

댐유역 하천생태계평가를 통한 생태보전우선지역설정

- 용담다목적댐 유역을 사례로 -

임현정* · 이명우**

*전북대학교 대학원 조경학과 · **전북대학교 조경학과

Prior Eco-preserve Zoning through Stream Ecosystem Evaluation on Dam Basin

- A Case of Yongdam-dam Watershed, Jeollabukdo Province -

Lim, Hyun-Jeong* · Lee, Myung-Woo**

*Dept. of Landscape Architecture Graduate School, Chonbuk National University

**Dept. of Landscape Architecture, Chonbuk National University

ABSTRACT

The purpose of this study is to specify the prior eco-preserve zone by establishing the eco-landscape unit on the stream corridor and evaluating the stream ecosystem in the dam basin. The fundamental ecological data was surveyed and collected through "the ecosystem project on Yongdam multipurpose dam watershed" from 2008 to 2009. The Youngdam Dam Watershed has several streams, Jujacheon, Jeongjacheon and Guryangcheon, of which the area is 930 km², stretching to Jinangun, Jangsugun and Mujugun Jellabukdo. In spite of being used for drinking purpose, the dam water quality and ecosystem is threatened by in-watershed pollution produced by development, golf course grounds and sports complex, etc.

The landscape unit of stream corridor was zoned across by 250m, 500m, and 750m from the vicinity line of stream, which was decided to the accuracy of mapping and surveying. Types of evaluation are the Stream Corridor Evaluation(SCE) and the Vegetated Area Evaluation(VAE). In the process of SCE, several indices were analysed, fish species diversity, species peculiarity, and stream naturality. Indices for VAE were forest stand map, vegetation protection grade, species diversity and peculiarity for wild bird and mammal life. The importance of the ecological items is categorized into three levels and overlapped for specifying the prior preserve zone. The area at which legally protecting species appeared is categorized as absolute preserve area.

This study might be meaningful for proposing the evaluation process of a stream corridor ecosystem, which can synthesize a lot of individual ecological surveys. We hope further research will be actively performed about the ecotope mapping which is based on a individual wildlife territory and habitats and also their relationships.

Key Words: Stream Corridor Evaluation(SCE), Vegetated Area Evaluaion(VAE), Legally Protecting Species

Corresponding author: Hyun-Jeong Lim, Dept. of Landscape Architecture Graduate School, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea, Tel.:+82-63-270-2598, E-mail: solsoli93@hanmail.net

국문초록

본 연구의 목적은 댐 유역 하천코리도 생태경관 구역의 설정과 하천생태계평가를 통해서 생태적 가치가 높은 보전지역을 설정하는데 있다. 본 연구는 2008년에서 2009년까지 수행된 “용담 다목적 댐 및 저수지 주변지역 생태조사”의 일환으로 수행된 연구결과에 기초하였다. 연구대상지역인 용담호는 그 유역면적이 930km²로서 진안, 장수, 무주에 걸쳐 있으며, 주요 유입하천에는 주자천, 정자천, 진안천, 구량천 등이 있다. 이 댐 호는 상수원으로 이용되고 있으나, 유역 내 팔프장, 체육공원 등의 난개발이 발생하여 수질오염 및 생태계 훼손이 우려되는 지역이다.

하천코리도의 경관단위구역은 조사 및 도면 정밀도 등을 고려하여 250m, 500m, 750m의 3단계 세부구역으로 구분하였다. 하천생태계 평가는 하천환경평가와 코리도권 식생환경평가의 2가지로 구분하였다. 하천환경평가에서는 어류 및 저서생물의 종다양성과 고유화 빈도, 하천환경의 자연도 평가를 수행하였다. 식생환경평가에는 임상도, 식생보전등급, 조류 및 포유류의 종다양성과 법정 보호종의 유무 등에 대해서 평가하였다. 각각의 생태공간정보를 그 중요도에 따라 3등급화하였고, 최종적으로 이를 중첩하여 보전우선 가치가 높은 지역을 설정하였다. 법정 보호종 출현지점은 절대보전지역으로 설정하였다.

본 연구는 자연환경지역의 보전가치를 평가하는 댐 유역 하천생태계 평가방법을 제시하여, 개별적 생태조사의 결과를 통합할 수 있는 틀을 제시하였다는데 의의가 있다. 야생동물의 행동권과 계절별 서식환경, 생물종 간 관계 등에 대한 연구와 이를 바탕으로 한 예코톱과의 관련성에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단한다.

주제어: 하천환경평가, 식생환경평가, 법적 보호종

I. 서론

21세기에 들어서 생물다양성 확보 문제와 생물서식지 보전에 대한 국가적 관심과 인식이 더욱 높아지면서 지속가능한 정책 마련과 환경계획 수립 등이 요구되고 있으며, 또한 활발히 추진되고 있는 상황이다. 그러나 용담댐은 1992년에 착공되어 2001년에 사업이 완료되면서 2002년부터 담수화가 된 곳으로 여러 지역에 상수원을 공급하고 있으나, 지자체의 반대로 상수원 보호구역으로 지정되지 않아 수질오염과 자연경관의 훼손 등 댐호 주변은 각종 개발압력으로부터 보호를 받고 있지 못한 실정이다.

또한 유수역 환경에서 정수역 환경으로 바뀌면서 댐, 보와 같은 인공구조물에 의해 서식지의 편평화와 단순화가 이뤄지고, 깊은 수심과 넓은 수면적의 저수지는 주변 생물상의 행동패턴과 변화에 영향을 미치고 있다. 용담호 일대에 대한 한국수자원공사(2008)의 생태환경조사 결과에서도 댐 건설 이후 지역을 대표할 만한 고유종들의 감소가 진행되고 있음을 알 수 있었으며, 이에 따라 보전관리를 위한 생태환경에 대해 통합적인 접근과 집중적인 관리 대상지 선정이 시급한 상황이다.

이러한 문제들은 단지 댐 호 주변뿐만 아니라 자연환경지역에서 가지고 있는 공통의 문제이기도 하며, 자연환경지역에서 진행되고 있는 각종 개발사업에 의한 생태경관의 훼손을 최소화하고, 생태적 가치를 보전하기 위해서 비생물환경과 생물환경 간의 상호연관성이 파악되고, 차후 통합적 관리방안이 도출

될 수 있는 평가모델이 필요하였다.

국내에서 진행되고 있는 비오톱 평가에 대한 연구는 주로 도시지역의 토지이용 형태를 중심으로 이루어졌으며, 일부 경관생태학적 측면을 고려하여 식물, 동물, 기후, 토양 등 다양한 관점에서 접근하였으나, 주로 산림지역을 제외한 시가지화 지역과 농경지역에 초점이 맞추어져 있다(김정호와 한봉호, 2006).

자연환경지역의 생물 서식환경 특성을 고려하여 보전가치를 평가하기에 도시환경에서와 같이 비오톱 유형 분류를 통한 경관단위에서 비오톱 평가 방법을 적용한다는 것은 한계가 있어 하천이라는 지형적 특성과 그 주변 생물환경 특성을 고려하여 예코톱 차원의 경관단위가 필요하였다. 예코톱에 관한 연구로는 나정화와 이정민(2003)이 있으나, 도시를 대상으로 한 예코톱 유형분류에 관한 것으로 대동물권역의 자연환경 특성 평가에 적용하기는 어려운 실정이며, 국내·외 연구 사례가 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 자연지역의 통합적 차원의 보전 관리에 적용할 수 있도록 자연생태환경 특성을 고려한 하천생태계 평가 방법을 제시하고자 한다.

II. 연구방법론

1. 연구대상지 및 연구범위

용담댐 유역은 전라북도 진안군, 장수군, 무주군 3군에 걸쳐

있으며, 유역면적은 930km²로 전체 금강유역면적의 약 9.5%를 점유하고 있다. 국내에서는 소양감댐, 충주댐, 대청댐, 안동댐에 이어 다섯 번째 규모이며, 1읍 5개면 68개의 마을이 수몰된 대형 다목적댐이다(한국수자원공사, 2008). 본 연구 대상지는 용담댐 유역 중 댐 호 주변지역으로 주요 유입하천인 주자천, 정자천, 진안천, 금강 상류, 구량천을 중심으로 하고 있으며, 댐 건설로 말미암은 생태환경에 미치는 영향과 환경변화를 파악하기 위해 2008년 여름부터 2009년 봄까지 시행된 「용담 다목적댐 저수지 및 주변지역 생태환경조사」 데이터를 근거로 하고 있다(그림 1 참조). 또한, 생물상 분야별로 각 현장조사 단계에서 직접 참여함으로써 생물상의 서식환경 특성을 수집하였다. 본 연구를 위해 수치 표고모델(Digital Elevation Model: DEM)은 국토지리정보원에서 발간하는 1:25,000 수치지형도를 활용하였으며, 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)의 하천공간정보와 환경부의 생태자연도를 기초 데이터로 활용하였다. 평가 및 결과도출을 위해 Arc GIS 9.2(ESRI Inc. 2006)를 활용하여 수행하였다.

2. 이론적 고찰

1) 비오톱과 에코톱의 개념

본 연구에서 생태계를 평가하기 위한 경관단위의 기준을 설정하기 위하여, 먼저 비오톱(biotope)과 에코톱(ecotope)에 대한 고찰이 필요하였다.

비오톱은 도시적 공간의 작은 물웅덩이와 가로수 식재 공간, 작은 연못 등 그 영역에 포함시킬 수 있는 폭넓은 의미로 적용성을 가지게 되며, 자연환경보전법에서 소생물서식공간, 소생태계로 풀이되는 개념으로 주로 경관생태계획을 수립하기 위한 공간의 단위로 사용된다(한국조경학회, 2008).

김귀곤과 조동길(2004)에서 비오톱의 개념은 'geotope'과 'biotope'의 결합을 'ecotope'으로 설명하였으며, 장래익과 이명

우(2009)에서도 에코톱은 비생물적 경관(physiotope)과 생물적 경관(biotope)으로 이루어진 공간 생태계로 정의하고 있다. 비생물적 경관은 지형(morphotope), 토양(pedotope), 수문(hydrotope), 기후(climatope)에 의해 구별되는 경관을 지칭한다.

비오톱 관련 문헌을 살펴보면 비오톱 차원의 평가는 도시를 대상으로 토지이용현황, 토양피복현황, 식생구조현황을 이용한 비오톱 유형화 및 평가 연구들(서울특별시, 2000; 나정화 등, 2001; 성남시, 2004; 김정호와 한봉호(2006); 최일기와 이은희, 2007)은 도심지역에서는 체계적이고 일관성 있게 유형분류를 통한 평가가 가능하나, 동물의 이동성과 서로 다른 행동반경(노백호와 박해경, 2004) 등의 자연환경지역의 생물 서식환경 특성이 고려되어야 하는 경관 단위에 적용하기는 한계가 있다. 이에 김정호(2007)는 산림지역에 대한 생태계 평가기법을 연구하였으나, 식생의 특성이 중심이 된 비오톱 유형에 초점이 맞추어져 있으며, 홍석환과 한봉호(2009)의 산림지역에 대한 소유역 개념을 도입한 비오톱 유형별 야생동물의 서식처 평가는 우리나라와 같이 다양하고 복잡한 자연경관의 생태계 가치를 종합적 측면에서 평가하고자 하였으나, 대동물 권역 특성이 반영되지 못했다.

Edward and Hubert(1994)에서는 도시의 자연보전 전략을 마련하기 위해 비오톱의 개념을 도입하였으며, 보호가치가 있는 비오톱에 대해서는 선택적 맵핑을, 도시 환경이라는 맥락 속에 토지 이용 특성을 토대로 포괄적 맵핑 방법을 연구하였으나, 상대적으로 동물보다 식물을 대상으로 연구하기가 쉽기에 일반적으로 식물상에 초점이 맞춰질 수밖에 없다고 하였다. Richard T.T. Forman(1995)에서는 에코톱은 가장 작은 동질의 토지 단위로 기질 조건, 잠재적 자연식생, 잠재적 생태계의 기능이 동질한 공간의 개념으로 사용하였으며, 비오톱은 일반적으로 식물이나 동물들의 특정한 군집에 요구되며, 생활권에 초점이 맞추어 있다고 하였다. 그러나 이러한 개념은 혼용되어 사용되기도 하며, 에코톱은 비오톱의 일부분이거나 그 이상이 될 수도 있다고 하였다.

에코톱 관련 문헌으로 Almo(1997)는 에코톱 유형화를 위한 생태학적으로 타당한 정보가 불충분하여 생태지표와 같은 생물학적 독립체를 이용할 수 있다고 하였고, 에코톱 유형화에 표준은 없으며 목적에 의해 각기 다른 관점의 해법이 적용되며, 한 가지 잣대로 분류를 적용하는 것은 무의미하다고 하였다. 무엇보다 가장 중요한 것은 유형화를 위한 경관 규모를 인지하는 것이라 하였다.

에코톱 관련 문헌은 국내·외적으로 미흡한 실정으로 자연환경지역에 대한 물리적 환경 및 생물적 조사 자료의 구축이 어려웠던 점에 기인한 것으로 보인다.

비오톱과 에코톱 개념의 비교 고찰을 통해 살펴보았듯이 대상지의 특성과 목적에 따라 경관의 범위를 인지하는 것이 중요

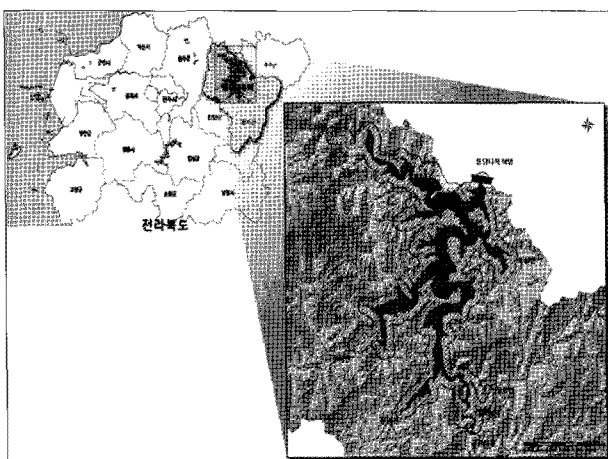


그림 1. 연구대상지

하겠으나, 도시지역은 비오톱 차원에서 자연환경지역은 예코톱 차원의 경관단위에서 접근하는 것이 적절하다고 판단된다. 최영국 등(2002)에서도 소생물권 특성을 보여주는 비오톱지도는 1:5,000 이하의 축척으로 시·군 계획 단위의 작성에, 자연환경지역과 광역적 계획단위에서는 대동물영역권의 개념으로 축척 1:25,000 이상의 예코톱 지도가 적용되게 된다고 하였다. 따라서 비오톱 개념은 소생물 서식공간의 개념으로써 도시적 토지 이용을 기반으로 하므로 댐 유역의 자연지역에 적용하기에는 부적절하다.

본 연구에서 댐 유역의 물리적 환경 및 생물상에 대한 기초 자료의 수집 및 적용 가능한 자료의 한계로 말미암아 지형과 식생을 결합한 본래의 예코톱 개념을 도입하기에는 한계가 있었다. 따라서 생태보전우선지역을 설정하기 위해 용담댐 유역의 수공간을 중심으로 하천 코리도를 중심으로 하천 환경성과 어류, 식생 특성과 조류라는 두 가지의 토표를 결합시켜 각 조사지역의 상대적인 보전가치를 통합적으로 평가하여 하천생태계평가방법을 구축하였다.

2) 생태보전우선지역의 개념

생물다양성이 풍부하여 생태적으로 중요하여 보전할 가치가 큰 지역을 생태보전지역으로 정의하였으며, 자연환경보전법 제12조에서는 '생태·경관보전지역'의 개념은 자연상태가 원시성을 유지하거나 생물다양성이 풍부하여 보전 및 학술적 연구가치가 크고 자연경관이 수려하여 특별히 보전할 필요가 있는 지역이라고 규정하고 있다.

본 연구에서는 법적 보호종이 분포하고 있는 지역은 절대보전지역으로써 자연환경보전법 34조, 생태자연도 1등급 권역에 해당하는 환경부 지정 멸종위기 야생동·식물의 주된 서식지·도래지에, 상대보전지역은 환경성 평가에 의해 상대적으로 생물다양성이 높고 천연기념물, 멸종위기종 및 보호종과 같은 특이종과 고유종이 풍부하게 나타난 지역에 대해서 적용하였다. 법적 보호종의 절대보전지역과 환경성 평가에 의해 나타난 상대보전지역을 중첩과정을 거쳐 법적 조건과 상대적 조건을 만족하는 지역에 대해 생태보전우선지역으로 정의하였다. 또한, 용담댐 유역의 생태보전우선지역으로 설정된 지역은 생태환경에 대해 통합적인 접근과 집중관리 대상지가 되게 된다.

3. 하천생태계 평가방법론 구축

1) 경관 단위 설정

생태자연도 지침의 등급평가 최소면적인 62,500㎡는 가로 250m×세로 250m의 격자 표기를 기준으로 하고 있다. 본 연구에서 활용한 1:25,000 수치지형도 스케일 단위 1cm의 실제거리와 생태자연도 작성 지침에 근거하여 경관의 최소 단위는

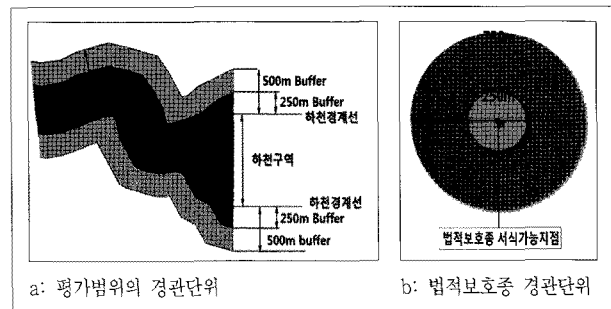


그림 2. 경관단위 구분

250m로 어류의 생물다양성 평가 범위이다. 또한, 연구대상지는 금강 수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률(2009)에 적용을 받는 지역으로 제4조에서 수변구역에 대한 범위를 지정 고시하고 있으며, 그 관리 대상은 하천 경계로부터 500m 이내 지역이다. "하천경계"에 대한 기준은 하천법 제10조에 하천구역결정 등에 근거하였다. 범위 500m 경관단위는 하천을 중심으로 하여 코리도된 식생평가와 행동권이 넓은 조류와 포유류의 생태환경 조사범위의 기준이 되었으며, 생물다양성 평가에 의한 상대보전지역을 설정하는 기준이 된다. 또한, 법적 보호종의 경관단위는 멸종위기야생동·식물 I급에 해당하는 종은 서식지 가능지점(출현지점)으로부터 지름 750m, II급종은 지름 250m의 원심형이다. 이는 연구 대상지 내 법적 보호종 출현지점에 대한 절대보전지역을 설정하는데 기준이 된다(그림 2 참조).

2) 하천환경 평가 기준

하천생태계 평가는 하천환경평가와 코리도된 식생환경평가 2가지로 구분하여 시행하였으며, 하천환경 평가항목으로는 공간의 자연성 평가와 어류 및 저서성 대형무척추동물의 생물환경 특성을 적용하였다. 하천환경의 물리적 환경에 대한 상대적 보전가치는 공간의 자연성 평가를 통해 제안하고자 하였으며, 물리적 환경은 지형, 토양, 수문, 기후 등이 고려되어야 하나, 이러한 기초 자료를 적용하기 위한 생물 경관과의 관계성에 대한 연구가 미흡한 관계로 본 연구에서는 수공간의 공간적 특성을 간단하게 파악하는 방법을 통해 평가를 수행하고자 하였다.

조용현(1997)의 하천자연도 평가방법은 하천환경의 자연성 정도를 평가하는 것으로써 본 연구의 대상지에 적용 가능하며, 간단한 현장조사를 통해서도 평가할 수 있는 항목을 선정하였다(표 1 참조). 따라서 여러 생물종의 다양한 서식환경을 제공하는 수경관에 대한 공간자연성 평가는 하천 주변의 대표적인 항목만을 선정하여 평가하고자 하였기 때문에 간이 하천자연도 평가방법으로써 제시하였다.

평가 범위는 하천경계선으로부터 수직거리 250m이며, 현장 조사를 통해 하천의 물리적 특성인 하상의 재료, 유속의 정도, 하천 유형과 주변 환경의 토지이용현황 및 토지 피복 특성을

표 1. 간이 하천자연도 평가방법

평가항목	점수	기준
하천주변 토지이용	3	대부분이 산림지역, 인위적인 이용이 거의 없음
	2	대개는 산지와 농지, 생태공원
	1	제방주변으로 주거지역 인접, 농경지
하천의 형상	3	자연계류, 하중도, 사주가 많음
	2	넓은 홍수터, 사주, 일부 구간 제방, 하중도 적음
	1	하도정비, 준설, 홍수터가 거의 없음, 직선형
흐름의 다양성	3	여울과 소 출현이 많음, 수심 차이가 다양
	2	여울 및 소 출현이 보통, 수심의 차이가 보통
	1	여울 및 소가 거의 없음,
하상재료	3	바위, 자갈
	2	잔자갈, 모래
	1	실트
횡구조물	3	보가 없거나 돌보
	2	어도 효율이 높은 보이거나 자연형 우회로 있음
	1	어도효율이 낮음, 어도가 없음
수질	3	물이 매우 맑으며, 유속이 빠름, 부착조류 매우 적음
	2	물이 맑으며 유속은 약간 빠름, 부착조류가 약간 있음
	1	물이 약간 혼탁, 유속은 느림, 부착조류가 많음
하천면 식생	3	하천 고유의 자연식생 및 관목림, 수생식물이 풍부
	2	갈대 등 초지는 있으나 버드나무류 간헐적 출현
	1	질경이류만 있거나, 식생이 거의 없음
합계	17~21점 (I 등급), 12~16점 (II 등급), 7~11점 (III 등급)	

토대로 구별되는 리치(reach) 단위의 평가구역을 나눴다(그림 3 참조). 인터넷 다음(Daum)에서 제공하는 50cm급 고해상도 항공사진 서비스를 활용하여 하천구역으로부터 250m 범위에 대한 사진 정보 입수와 현장조사를 통해 각 평가항목에 따라 점수를 부여하였다.

각 항목의 평가기준은 자연성에 가까운 정도에 따라 3점, 2점, 1점 순으로 적용 후 그 값을 합산하여 등 간격으로 가장 높은 점수대는 I 등급부터 낮은 점수대는 III 등급으로 가치 정도를 평가하며, 이렇게 등급화 된 하천환경 자연성 평가 결과와 법적 보호종 분포지역의 물리적 환경 특성을 비교하였다.

어류는 다양도(Diversity index)와 고유화 빈도(Peculiarity frequency)에 의해, 저서성 대형무척추동물은 다양도와 EPT지수(%)에 의해서 다양성을 평가하였다. 다양도는 식 1과 같이 산출하며 Margalef(1958)에 의하여 유도된 Shannon-Wiever function(Pielou, 1969)을 사용하여 군집 내 종이 풍부한 정도와 개체수의 상대적 균형성을 의미하며 군집의 복잡성을 나타낸다.

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i (\ln P_i) \quad P_i = \frac{n_i}{N} \quad \text{식 1}$$

H': 다양도; S: 전체 종수;
 P_i: i번째에 속하는 개체수의 비율;
 N: 군집내의 전 개체수, n_i: 각 종의 개체수

어류의 고유화 빈도는 전체 종수 중에서 고유종의 비율로 특정 장소나 지역에서만 발견되며, 그 지역이 가지고 있는 고유성을 함께 평가할 수 있는 지표이다(식 2 참조).

$$P = \frac{\text{고유종 총개체수}}{N} \times 100 \quad \text{식 2}$$

P: 고유화빈도(%), N: 총개체수

EPT지수는 조사된 저서성 대형무척추동물 중 비교적 깨끗한 환경에서만 서식하는 하루살이목(Ephemeroptera)-강도래목(Plecoptera)-날도래목(Trichoptera)의 수서곤충이 차지하는 개체수의 백분율 지수를 나타내며, 하천 환경을 알 수 있는 실용적인 평가방법이다(황인이, 2004).

어류와 저서성 대형무척추동물의 생물환경의 각 평가 점수치는 1~3점으로, 각 항목에 대한 점수를 합산하여 높은 순으로 I 등급, II 등급, III 등급으로 3등분하여 가치 정도를 평가한다(표 2 참조).

각각의 평가항목에 대한 평가 기준 수치는 상대평가이며, 대상지에 따라서 다소 차이가 날 수 있다. 이 기준은 각 조사구에

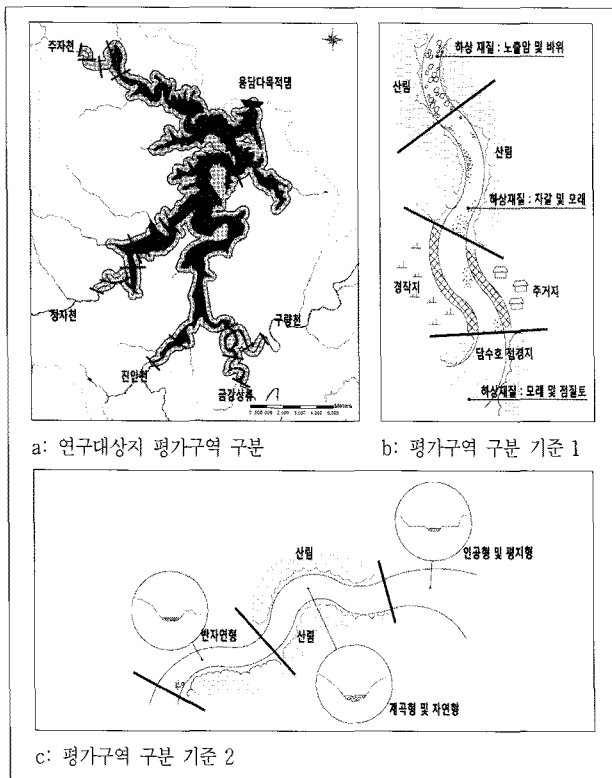


그림 3. 리치단위 평가구역 기준

표 2. 어류 및 저서성대형무척추동물의 생물환경 평가 기준

평가항목	평가내용	점수	기준
어류	다양도	3	1.8 이상
		2	1.6~1.8 미만
		1	1.6 미만
	고유화 빈도	3	60% 이상
		2	30~60% 미만
		1	30% 미만
저서성 대형무척추동물	다양도	3	2.8 이상
		2	2.4~2.6미만
		1	2.4 미만
	EPT(%)	3	80% 이상
		2	60~80% 미만
		1	60% 미만
합계		10~12점 (Ⅰ등급), 7~9점 (Ⅱ등급), 4~6점 (Ⅲ등급)	

서 나타난 값을 최댓값과 최솟값을 비교하여 최적의 값을 적용한 수치이다.

3) 코리도권 식생환경 평가 기준

식생환경 평가를 위한 생물환경의 평가항목으로 식생, 조류, 포유류, 양서·파충류, 육상곤충류 등을 대상으로 하여야 하나, 본 연구에서는 생물상 연구의 기초 자료의 부족 및 연구 대상지의 조사지역 간 평가항목의 형평성을 위하여 식생, 조류를 대표적인 평가항목으로 하였다. 특히 양서·파충류 및 육상 곤충류는 하천생태계와 밀접한 관계를 가지고 있음에도 조사 초기 단계부터 서식환경 특성에 따라 생물환경을 구성하는 모든 생물종에 대해 조사방법에 대한 고려가 충분히 고려되지 못했다.

식생에 대한 평가 항목은 임상, 영급, 식생보전등급으로 장래익과 이명우(2009)에서 적용한 항목과 같이 야생동물의 은신처, 휴식처, 번식처, 먹이원이 제공 가능한 정도에 따라 활엽수림, 참나무림과 영급 5~6등급, 식생보전등급 4~5등급은 3점을 부여하고, 나머지 그 이하는 2점, 1점 순으로 점수를 부여하였다. 각 항목에 대한 점수를 합산하여 높은 순으로 I등급, II등급, III등급으로 3등분하여 가치 정도를 평가하였다(표 3 참조).

조류의 평가항목은 식 1에 의한 다양도와 특정종 출현 종수이며, 표 3과 같은 기준에 의해 I~III등급으로 평가하게 된다. 특정종은 천연기념물, 환경부지정 멸종위기동물·식물 및 보호종에 해당하는 종으로 종수로 구분한 기준은 연구대상지 전체에 출현한 특정종의 수를 상대적으로 고려하여 적용하였다.

한반도에 서식하는 포유류는 무리를 지어 살아가는 종보다 가족 단위나 단독으로 생활하는 종이 대부분이라 조류와 같이 다양도를 나타내기에는 한계가 있다. 또한 서식 여부는 분변,

표 3. 식생 및 조류의 생물환경 평가 기준

평가항목	평가내용	점수	기준
식생	임상도	3	활엽수림, 참나무림
		2	침활혼효림, 소나무림
		1	기타
	영급	3	5~6영급
		2	3~4영급
		1	1~2영급
	식생보전등급	3	4~5등급
		2	3등급
	합계		7~9점 (Ⅰ등급), 5~6점 (Ⅱ등급), 3~4점 (Ⅲ등급)
조류	다양도	3	3.0 이상
		2	2.6~3.0 미만
		1	2.6 미만
	특정종 출현종수	3	5종 이상 출현
		2	2~4종 출현
		1	1종 출현 / 없음
합계		5~6점 (Ⅰ등급), 3~4점 (Ⅱ등급), 2점 (Ⅲ등급)	
포유류	특정종 출현종수 / 출현지역(대형동물출현종수의 한계)		

죽적, 로드킬 등에 의한 흔적을 통해서, 서식 범위는 출현종의 행태특성을 고려하여 예측하는 정도이다. 따라서 보전 대상인 특정종을 중심으로 보전평가를 하게 되며, 지역별로 특정종의 출현종수가 다수라면 상대평가가 가능하지만 본 연구 대상지에는 수달(*Lutra lutra*) 외에는 서식 여부가 밝혀지지 않아 별도의 평가 기준을 제시하지 않았으며, 수달은 주요 서식지가 하천을 대상으로 생활하는 종으로 하천환경의 법적 보호종으로 구분하였다.

4. 법적 보호종의 분포지역과 하천생태계 평가

댐 호 주변지역을 경관단위의 기준에 따라 하천환경과 코리도권 식생환경으로 구분하여 하천생태계 평가를 하게 되며, 평가에 의해 각 조사구의 서식환경의 보전가치 정도를 판단하게 된다. 또한, 상대적 보전가치를 평가한 결과와 법적 보호종의 출현지점을 기준으로 지름 250m, 750m의 분포지역에 절대보전지역을 적용하여 서식환경의 특성을 파악하게 된다(그림 4 참조).

물에 의해 직접적인 영향을 받는 어류나 수달과 같은 생물종의 서식 특성을 고려하여 하천환경으로 구분하고, 조류 및 포유류와 같은 생물종은 코리도권 식생환경으로 구분하여 맵핑을 하게 된다.

이러한 절차는 하천환경과 생물다양성 등 생물환경의 상대

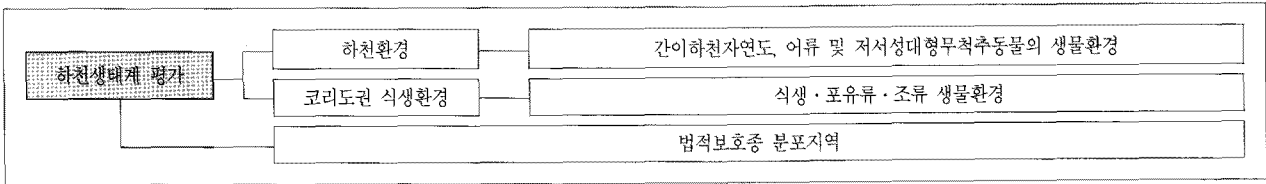


그림 4. 하천생태계 평가 과정

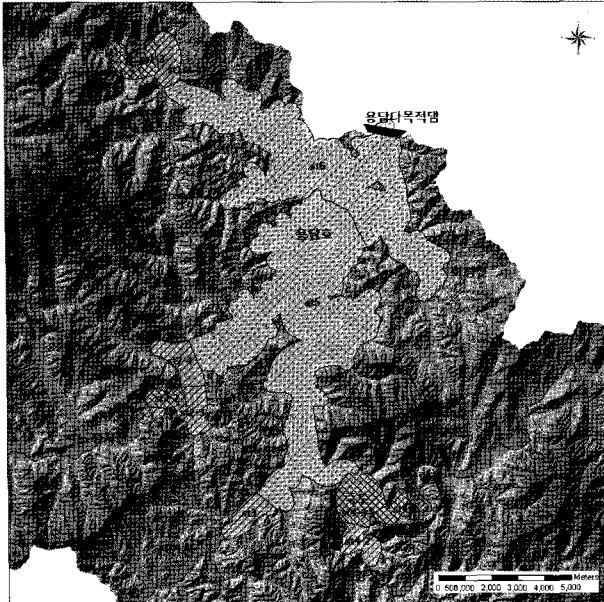


그림 5. 간이 하천자연도 평가

법례 : I등급, II등급, III등급

적 가치 평가 결과에 의해 법적 보호종이 분포하고 있는 지역의 생태적 환경 특성을 해석해 볼 수 있다. 생물환경 평가에 의해 나타난 I등급 지역의 상대보전지역들과 법적 보호종의 출현 지점을 기준으로 맵핑하고, 각각의 도면을 중첩함으로써 법적 보호종의 출현지점의 생태적 보전가치를 평가하게 된다.

따라서 하천생태계 평가방법은 댐 호 주변지역 서식환경의 변화에 대한 법적 보호종 및 서식지 보전과 생물 다양성을 위한 보전 관리방안에 유용하다고 판단된다.

III. 하천생태계 평가방법론 적용

1. 하천환경

간이 하천자연도 평가를 위해 댐 호는 2개의 수역으로 구분하였으며, 주요 유입하천인 주자천과 정자천 일대는 4개 구역으로 죽도 일대를 기준으로 동쪽의 구량천과 남쪽의 금강 상류 지역은 3개 구역으로 구분하였다. 진안천 일대는 조사 당시 대규모 생태학습원 조성공사 중으로 교란되고 있어 접경수역 1개 구역만을 평가대상지로 하였다. 평가 결과, 주자천 상류 지역과

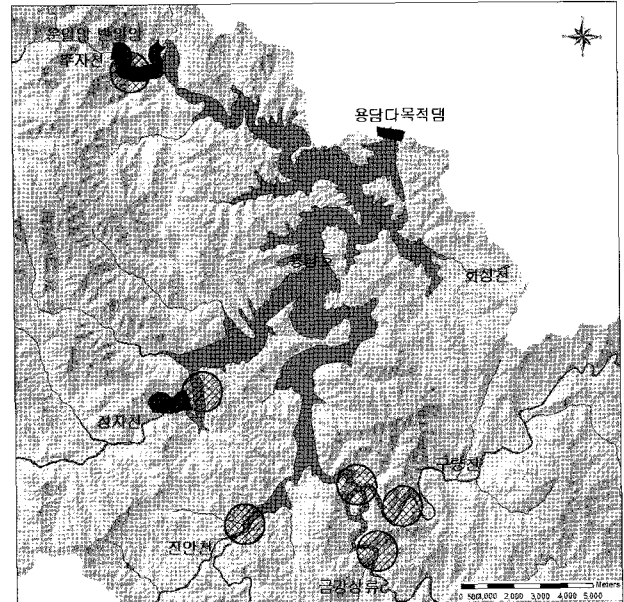


그림 6. 하천환경 법적보호종 분포

법례: 어류(감돌고기), 포유류(수달)

구량천과 죽도 일대가 I등급 지역으로 나타났다(그림 5 참조). 주자천 상류지역은 시각적 경관이 뛰어난 관광 명소인 운일암 반일암이 위치한 곳이며, 하류의 제내지에는 생태공원이 조성되어 있으나, 식생이 정착 초기 단계에 있는 상황이다.

하천환경에서 주자천 일대와 정자천 일대는 환경부지정 멸종위기야생동·식물 I급 중인 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*)가 서식하고 있으며, 주요 유입하천 모두에서 수달의 흔적이 있었다(그림 6 참조). 감돌고기는 금강 중·상류, 만경강, 웅천천에 서식하고 있는 것으로 알려져 있으며, 최근 들어 웅천천에서는 전멸하였다고 한다(한국수자원공사, 2008). 또한, 유수역에서 정수역으로 바뀐 수경관에 영향을 덜한 수달에 비해 댐과 저수지의 축조로 말미암아 감돌고기는 서식환경이 줄어들면서 개체수가 급감하고 있는 실정이다. 주자천 일대와 정자천 일대는 감돌고기 최대 서식지이지만, 일부 낙차공에 의해 이동에 장애요인을 가지고 있다.

어류 및 저서성 대형무척추동물의 생물환경 평가 결과, 보전 가치가 높은 I등급 지역과 수달의 서식 조건을 만족하는 지역은 주자천 일대와 죽도 및 구량천 일대로 나타났다(그림 7 참조). 주자천 일대는 어류의 고유화 빈도와 저서성 대형무척추

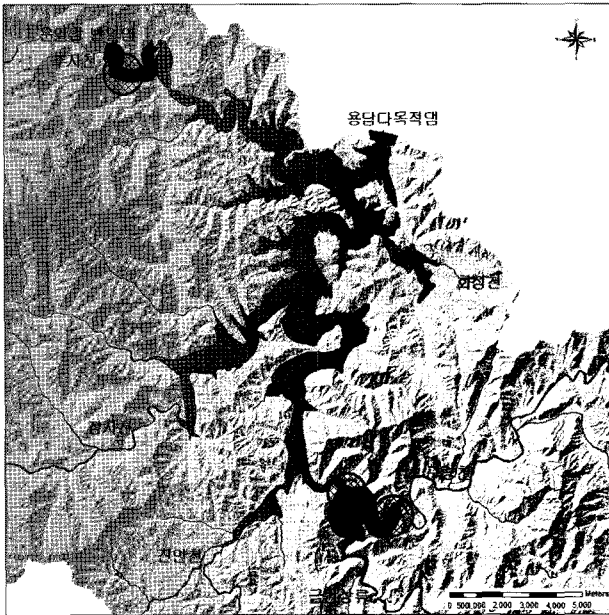


그림 7. 하천환경 생물환경
 범례: 어류/저서성대형무척추동물 평가등급 ■ I 등급지역

동물의 다양도가 가장 높은 점수를 받은 반면 죽도 및 구량천 일대는 어류의 다양도와 저서성 대형무척추동물의 EPT 지수가 가장 높게 나타났다. 특이할 점은 I 등급 지역으로 나타난 2개의 지역 중 주자천은 하천 연장 거리는 15km로 연구 대상지의 계곡형 상류가 인접해 있으며, 다른 유입하천 비해 상대적으로 고유종의 빈도가 높고, 죽도 및 구량천 일대는 구량천과 금강 상류가 합류하는 지점으로 하천 연장거리가 가장 길며, 27km 정도로 다양성이 가장 높게 나타났다는 점이다. 또한, 연구대상지의 지표종이라 할 수 있는 감돌고기의 서식지로 주자천과 정자천 일대는 절대보전지역으로써 주자천은 생태적 보전가치가 높은 I 등급 지역으로 나타난 반면 상류지역에 하천 정비가 이루어진 정자천 일대의 생물환경은 II 등급으로 서식지의 질 개선이 요구된다.

2. 코리도권 식생환경

식생환경에서는 조류와 포유류만이 평가대상이 되었으나, 식물상의 보전 가치 또한 중요하다. 그러나 광범위한 산림지역의 식물상 다양도를 맵핑할 수 있는 표본 조사구 및 조사 상의 한계와 연구 대상지 내 법적 보호종 또는 학술적 가치가 있는 식물상이 미흡하여 평가항목에서는 제외시켰다. 식생에 대한 생물환경 평가 결과, 주자천 일대에서 일부만이 I 등급 지역이 나타났으며, 죽도 및 금강 상류와 구량천 일대는 전반적으로 고르게 걸쳐서 II 등급 지역임을 알 수 있다.

조류에서 10종의 법적보호종이 서식하는 것으로 나타나, 출현지점을 중심으로 250m, 750m 원심형으로 맵핑하였으며, 주

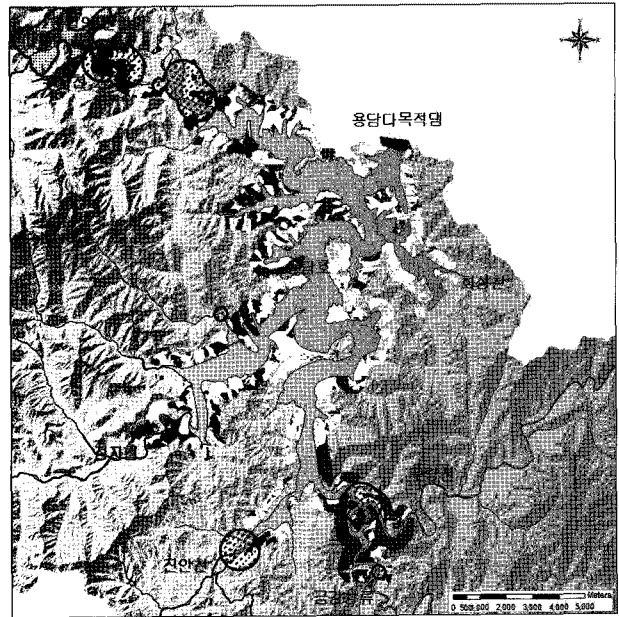


그림 8. 조류의 법적보호종 분포
 범례: [Pattern] 조류 법적보호종 분포

자천 일대에서는 문화재청 지정 천연기념물 제327호 원앙(*Aix galericulata*), 제323-2호 붉은배새매(*Accipiter soloensis*), 제323-4호 새매(*Accipiter nisus*), 제323-8호 황조롱이(*Falco tinnunculus*) 4종과 환경부지정 멸종위기야생동·식물 II 급에 해당하는 말뚝가리(*Buteo buteo*) 1종 외 다수 보호종이 가장 많이 서식하고 있는 것으로 나타나고 있다(그림 8 참조). 주자천 일대 연구대상지에 근접한 산림지역은 기존의 산림조수서식 및 애호지구의 보호구역으로 지정되어 있는 곳이기도 하여 연계된 보전관리가 필요하다.

조류의 생물환경 평가에서 I 등급으로 평가된 주자천 및 금강 상류와 구량천 일대이다. 공간자연성 평가에서도 주자천과 죽도 및 구량천 일대는 I 등급 지역에 속하는 곳이기도 하다(그림 9 참조).

3. 법적 보호종 분포지역과 하천생태계 평가 결과

주자천 일대와 금강 상류 및 구량천 일대는 하천생태계 평가 과정을 통해 도출된 하천과 식생환경 대한 상대적 보전가치가 높은 곳이자 법적 보호종의 분포지역이 집중된 지역으로써 생물자원 및 생태환경 보전가치가 뛰어나 집중적인 보전 관리가 요구되는 생태보전우선지역이라 하겠다(그림 10 참조).

특히 하천생태계 평가 결과, 생태보전우선지역인 주자천 일대는 감돌고기, 수달의 서식지로서 생물다양성 및 공간의 자연성이 높게 평가되고 있으나, 운일암 반일암의 관광명소가 있으며, 금강 상류와 구량천 일대의 합류지점인 죽도지역 또한 유원지로서 서식지 훼손 우려가 커 앞으로 생물종 감소 요인으로

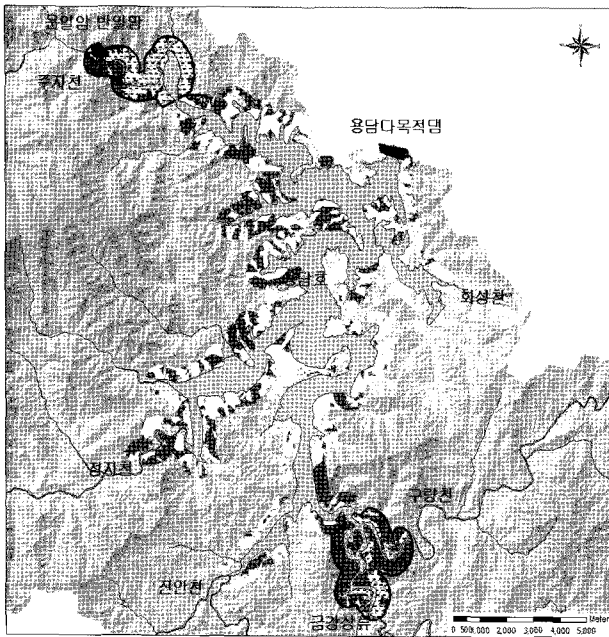


그림 9. 식생환경
 범례 : 식생상대보전평가등급 ■ I등급, ▨ II등급, □ III등급
 조류생태보전평가등급 ▨ I등급

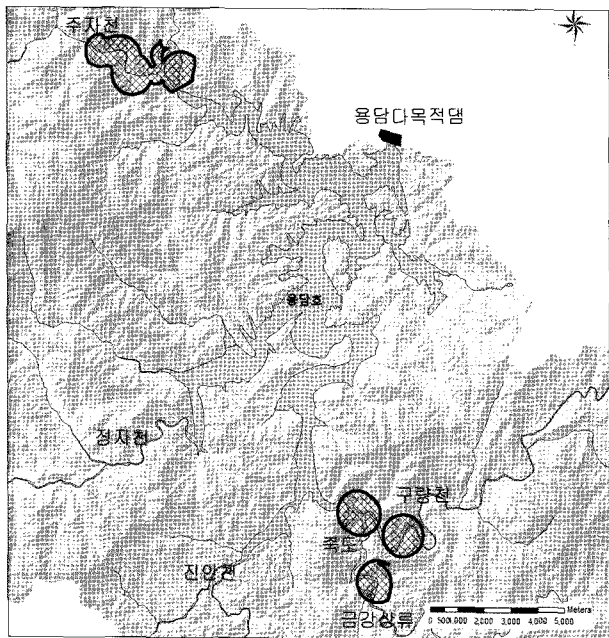


그림 10. 생태보전우선지역
 범례 : ▨ 생태보전우선지역

작용할 수 있다.

이미 댐 축조 이후 생태환경 조사결과 서식환경 변화로 말미암아 돌상어(*Gobiobotia brevibarba*)와 꾸구리(*Gobiobotia macrocephala*)와 같은 법적 보호종이 더 이상 출현하지 않고 있다. 감돌고기의 최대 서식지인 주자천 일대와 정자천은 감돌고기 서식지에 대한 보전 대책도 시급히 마련되어야 할 것이다.

IV. 결론

본 연구에서는 도시를 중심으로 진행되고 있는 비오톱 평가 방법과 달리 자연지역 에코톱 차원의 생태환경에 적합한 평가 방법을 위한 하천생태계 평가방법을 제안하였다. 평가 범위는 공간적 특성과 생물적인 특성, 법적인 조건을 고려하여 경관단위를 설정하였다. 평가항목으로는 하천환경에서 간이하천자연도 평가와 생물상의 다양도 및 특정종의 출현빈도나 종수를 선정하였다. 대상지의 보전 가치 조건을 토대로 I~III등급으로 평가하였다. 또한, 이러한 평가과정을 거쳐 생물상의 서식특성에 따라 식생환경과 하천환경으로 구분하여 생태 환경특성을 파악하고, 법적 보호종의 분포지역에 적용하였다. 연구 대상지인 용담댐 유역 중 주요 평가 대상지였던 댐 호 주변의 유입하천 4지역 중에 주자천과 금강상류 및 구랑천 일대에서는 하천환경과 식생환경에서 생물환경 보전평가 결과, 상대적으로 보전가치가 높은 것으로 나타났다. 특히 주자천 일대는 법적 보호종인 감돌고기의 최대 서식지이자 관광명소인 윤일암 반일암이 위치하고 있어 서식지 훼손에 대한 우려가 있어 중점적으로 보전 관리 대책이 강구돼야 하며, 하천환경과 식생환경이 연계된 통합적인 관리가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 자연환경 지역 내 댐 건설에 따른 유수역에서 정수역 환경으로 바뀐 후 법적 보호 장치가 미흡하여 지역 경제 활성화라는 명분으로 골프장 건설, 유원지화, 각종 오염 유발 시설 난립이 우려됨에 따라 보전 방안을 마련하기 위해 시작하였으며, 이에 따라 법적 보호종의 분포 지역과 하천생태계 평가를 통해 생물다양성 확보와 생물종 보전을 위한 보전관리 대상지역인 주자천 일대와 구랑천 및 금강 상류 일대를 생태보전 우선지역으로 설정할 수 있었다.

그러나 본 연구는 자연환경지역의 생태환경을 물리적 환경과 생물상의 서식 조건 특성을 통합적으로 접근하여 평가방법을 마련하고자 시도되었음에도 비오톱 개념과 혼동되어 사용되고 있는 에코톱 정의에 명확한 개념화가 부족하였으며, 에코톱의 유형화에 대한 연구의 한계가 있었다. 따라서 향후 연구되어야 할 과제는 첫째, 대동물권역의 특성이 고려되어야 하며, 둘째, 식물상과 동물 서식공간의 상관관계에 대한 연구, 셋째, 하천 및 지형 특성 등 물리적 환경과 생물상과의 관계성을 통한 에코톱 유형화와 넷째, 유역단위의 생태계평가 및 소규모 에코톱 평가 방법에 관한 연구가 요구된다.

인용문헌

1. 김기근, 조동길(2004) 자연환경·생태복원학 원론, 서울: 아카데미 서적, p. 272.
2. 김정호, 한봉호(2006) 도시생태계 구조를 고려한 비오톱 유형 구분, 한국조경학회지 34(2): 1-17.

3. 김정호(2007) 비오톱 유형을 고려한 산림지역 생태계 평가기법 개발. 한국환경복원녹화기술학회지 10(3): 38-51.
4. 나정화, 이정민(2003) 경관생태적 측면에서의 도시 에코톱의 분류방법 및 특성분석. 한국환경과학회지 12(12): 1215-1225.
5. 나정화, 사공정희, 류연수(2001) 비오톱 연계망 구축을 위한 서식공간 평가: 대구시 수성구를 중심으로. 한국조경학회지 29(1): 67-79.
6. 노백호, 박해경(2004) 경관생태학에 의한 야생동식물 서식공간 설정방안 연구. 한국정책평가연구원.
7. 서울특별시(2009) 2010 서울시 도시생태현황도 정비: 1차년도. 서울특별시.
8. 성남시(2004) 비오톱 등급평가 및 도시생태현황도(Biotop Map)GIS 구축. 성남시.
9. 장래익, 이명우(2009) 생태경관다양성과 시각경관민감도를 적용한 GIS 중첩평가 계획기법. 한국조경학회지 37(4): 22-31.
10. 조용현(1997) 생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
11. 최영국, 이승복, 박인권, 김현수, 변병설(2002) 국토계획과 환경계획 체계의 연계방안 연구. 국토연구원 pp. 201-203.
12. 최일기, 이은희(2007) 독일의 비오톱 유형분류에 대한 고찰. 한국조경학회지 35(5): 73-81.
13. 한국수자원공사(2008) 용담다목적댐 저수지 및 주변지역 생태환경조사. 한국수자원공사.
14. 한국조경학회(2008) 조경계획1. 서울: 기문당. pp. 349-352.
15. 황인이(2004) 저서성 대형무척추동물의 생물지수를 이용한 수질평가. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
16. 홍석환, 한봉호(2009) 소유역권 동물생태계 평가를 통한 택지개발지역의 종합적 생태계 평가 연구. 국토계획 44(7): 201-213.
17. Almo, Farina(1997) Principles and Methods in Landscape Ecology. Kluwer Academic Publishers. pp. 13-15.
18. Edward, A. Cook and N. van Lier Hubert(1994) Landscape Planning and Ecological Networks. Elsevier Science B.V. pp. 97-103.
19. Forman, Richard T. T.(1995) Land Mosaics. Cambridge University Press. p. 38.
20. Margalef, R.(1958) Information theory in ecology, Gen. Syst. 3: 36-71
21. Pielou, E. C.(1966) Shannon's formula as a measure of diversity. Amer. Nat. 100: 463-465.

원 고 접 수 일: 2010년 9월 30일
 심 사 일: 2010년 10월 18일(1차)
 2011년 3월 30일(2차)
 계 재 확 정 일: 2011년 3월 30일
 3 인 의 명 심 사 필