韓國環境復元技術學會誌 21(2) : 13～26(2018)
J. Korean Env. Res. Tech. 21(2) : 13～26(2018)
DOI : https://doi.org/10.13087/kosert.2018.21.2.13
ISSN 1229-3032

국내 수생태계 훼손 원인 진단체계 구축을 위한 사회 · 경제적 특성의 상대적 중요도 분석* **

안경진[1] · 김수연[2] · 이상우[1]

[1] 건국대학교 산림조경학과 · [2] 건국대학교 대학원 환경과학과

Analysis of Relative Importance of Socio · Economic Factors in Establishing Diagnosis Systems for Impaired Stream Ecosystem* **

An, Kyung-Jin[1] · Kim, Su-Yeon[2] and Lee, Sang-Woo[1]

[1] Department of Forestry and Landscape Architecture, Konkuk University,
[2] Department of Environmental Science, Graduate School, Konkuk University.

ABSTRACT

The restoration of the impaired stream ecosystem is an important part of river policies in Ministry of Environment (MoE). However, the diagnosing the impairment sources of stream ecosystem has been omitted on the current river projects and policies. This phenomena lead the remaining impairment sources keep influencing on negative effects on streams. Hence, it is critical to construct a diagnosis system of impairment sources in order to increase the efficiency of various river restoration projects and policies. Moreover, it is also important to understand the relative impact of socio-economic factors of the impairment of stream ecosystems so as to build a domestic diagnosis system in place. Therefore, the study aims to analyse the relative effects of socio-economic factors which are the source of the stream ecosystem impairments through implementing the Analytic Hierarchy Process (AHP). In order to achieve the goal, a list of socio-economic factors influencing the stream health has been derived. On the basis of the derived causes list, AHP questionnaire were carried out to the experts of aquatic

* 이 논문은 2017년도 건국대학교 우수연구인력 양성사업 지원에 의한 논문임.
** 이 성과는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.NRF-2016R1B1015569)
First author : An, Kyung-Jin, Department of Forestry and Landscape Architecture, Konkuk University, Tel : +82-2-450-0444, E-mail : dorian@konkuk.ac.kr
Corresponding author : Lee, Sang-Woo, Department of Forestry and Landscape Architecture, Konkuk University, Tel : +82-2-450-4120, Fax: +82-456-7183, E-mail : swl7311@konkuk.ac.kr
Received : 19 February, 2018. **Revised** : 19 April, 2018. **Accepted** : 12 April, 2018.

ecology. The study results could be implemented to analysing the relative influence of socio-economic impairment causes in domestic stream environments. In addition, more case study investigation is needed to cross-check if the derived impairment causes and weights are applied in the field as well as to develop more reliable indicators.

Key Words : *Stream Ecosystem, Impairment, Diagnosis System, Socio-Economical Factor, AHP*

I. 서 론

도시화, 산업화 및 농축산업, 생활하수 등은 하천생태계의 다양한 교란 원인이 되며(Kang and Son, 2011), 지속가능한 하천 및 수생태계를 위해서는 이러한 원인을 관찰하고 복원 및 관리 방향을 설정 할 수 있도록 하천 평가(assessment)가 선행되어야 한다. 국내 하천 환경에 대한 법적 근거는 대부분 수질환경을 등급으로 나누어 평가하고 있어 산업화 도시화의 진행에 따른 해당 하천의 평가도 수질 위주로 이루어져왔다 (Cho et al., 2012). 하천에 대한 평가는 하천의 현 상태에 대한 중요한 정보를 제공하지만, 하천의 생태적 건강성 회복을 위한 복원사업 혹은 권역별 물관리 기본계획 등의 관리 계획에 직접적으로 목표를 제공하지 못한다. 미국 EPA의 CADDIS (The Causal Analysis/ Diagnosis Decision Information System)에 의하면 진단은 1) 원인과 훼손의 인과관계, 그리고 2) 훼손의 전이체계 규명이라는 측면에서 평가와 구별된다(EPA, 2017). 즉, 하천 평가는 수생태계 훼손의 정도에 대한 정보를 제공하지만 훼손의 원인과 전이체계에 대한 정보는 제공하지는 않는다. 따라서 하천 평가에서 거론되지 않는 훼손의 원인을 밝히는 진단은 하천의 지속가능한 보전을 위해 중요한 과제라고 할 수 있다.

훼손된 수생태계의 건강성을 증진시키기 위해서는 수생태계 훼손의 원인과 전이체계를 규명하는 진단(diagnosis)이 필요하나 이에 대한 국내 관련 연구나 사례는 극히 미미한 실정이다. 기존의 국내 진단 관련 문헌을 살펴본 결과, 1)진단 관련 연구가 매우 적다는 것과, 2) 기존의 국내 '진단' 관련 연구들은 진단보다는 평가(assessment)에 초점을 둔 연구로, 많은 연구에서 '진단'이라는 용어를 혼용하고 있는 것을 알 수 있다(e.g. Myung et al., 2002; Lee et al., 2003; Lee et al., 2016; Lee et al., 2011). 이는 진단(diagnosis)에 대한 개념이 조사 · 평가 실무나 학계에서 명확히 정립되지 않았기 때문으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 몇몇 연구들은 훼손원인과 훼손전이체계에 대해 언급하고 있어 진단에 대한 개념을 어느 정도 반영하고 있는 것으로 판단 할 수 있다 (e.g. Lee et al., 2007; Shin et al., 2016).

미국 EPA의 CADDIS(EPA, 2017)나 호주의 Eco Evidence(Nichols et al., 2011)와 같이 기 운영 중인 해외 진단체계에서 토지이용, 유역 특성, 인구 특성, 산업 유형 등은 수생태계 훼손의 근본적 원인(Source)에 해당한다. 이러한 요소들은 유역의 사회 · 경제적 특성에 의해 결정되며, 따라서 유역의 물리적 특성은 유역의 사회·경제적 특성이 공간상에 투영된 결과라고 할 수 있다. 따라서 대부분의 수생태계 훼손원인은 유역의 토지이용, 산업특성, 인구특성과 같은 사회·경제적 특성에서 기원하며, 효과적인 하천복원 및 관리를 위해서는 하천뿐만 아니라 유역과 해당 유역의 사회 · 경제적 특성까지 고려해야 한다.

수생태계 훼손에 대한 원인 진단은 향후 하천 관리를 위한 기초정보 활용 할 뿐 아니라 수질 개선 방향, 오염물질 유입 방지 대책 등 다양한

복원 방향 설정에도 사용 할 수 있다. 따라서 다양한 분야의 체계적 지표가 필요하며, 수질 개선의 우선순위를 결정하기 위한 진단 기준 마련이 필요하다(Park et al., 2012a). 그러나 기존 하천과 관련된 사회·경제적 측면의 연구는 대부분 자연 재해에 기인한 인문・사회적 취약성 분석과 지표 도출에 관한 연구로(Fekete,2009; Ge et al.,2013; Witter et al., 2006; Zahran et al.,2008; Tate,2012; Boruff et al.,2005), 하천의 훼손 지표 선정과 일부 유사한 면이 있으나 대부분의 연구가 국지적인 사례를 중심으로 하고 있어 그 결과를 일반화하여 수생태계 훼손원인 진단 과정에 활용하기 어렵다. 뿐만 아니라, 수생태계 훼손 원인에 대한 이해가 매우 중요함에도 불구하고, 훼손원인의 근본에 해당하는 사회・경제적 요인에 관한 연구는 현재 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 1) 수생태계 진단 및 사회・경제적 요인의 영향에 대한 국내 선행연구 사례분석과, 2) 수생태계 훼손의 근원인 다양한 사회・경제적 요인들의 상대적 중요도 분석에 있다. 수생태계 진단에 대한 국내 선행연구 혹은 사례분석은 국내 수생태계 진단체계 구축을 위한 기초분석이라 할 수 있다. 또한 다양한 사회・경제적 요인들의 수생태계에 대한 상대적 중요도를 이해하는 것이 우리나라의 고유한 특성과 생태적 특성을 반영하는 수생태계 훼손 진단체계 구축을 위한 시발점이라 할 수 있다.

본 연구의 결과는 수생태계 훼손 진단 시 근원적 훼손원인인 사회・경제적 측면의 원인을 평가할 수 있는 도구로 사용될 수 있을 뿐만 아니라 훼손된 하천의 물리적 복원 및 관리에 있어 훼손의 근원인 사회경제적 요인을 조절할 수 있는 방안을 마련하는 데 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 선행연구 고찰

본 연구는 국내 수생태계 진단체계 수립을 위한 기초 연구로, 수생태계 훼손에 영향을 주는 사회경제적 요인의 상대적 중요도를 분석하는 것을 목적으로 하고 있다. 앞서 살펴본 바와 같이 미국의 CADDIS, 호주의 ECO Evidence 등 수생태계 진단체계가 수립되어 있는 국외와 달리 국내에는 통합된 수생태계 훼손 진단체계가 수립되지 않았다. 따라서 선행연구 고찰을 통해 수생태계 훼손원인 진단, 유역의 통합평가 방안에 관한 국내 선행연구와 관련 사례들을 조사하여 국내 수생태계 진단에 관한 연구의 진행 현황을 파악하고자 하였다. 자료 분석은 한국 교육 학술 정보원에서 제공하는 RISS (Research Information Sharing Service)와 KISS (Korean studies Information Service System) DB를 이용하였다.

1. 수생태계 훼손원인 진단

국내 진단관련 선행연구를 조사한 결과 수생태계 훼손원인 진단에 대한 선행연구는 극히 미미한 것으로 나타났다. 특히 하천 생태계 훼손에 대한 사회경제적 접근방법은 전무한 것으로 나타나 수생태계 훼손의 근원에 대한 인식이 매우 낮은 것으로 판단할 수 있다. 다만 하천의 건강성과 관련하여 진단의 개념에 유사한 몇몇 연구들이 수행되었다. 예를 들어 Lee et al.(2007)은 어류 모델 메트릭, 물리적 서식처 변수 그리고 수질 특성을 이용하여 섬진강의 건강성을 평가하고 건강성에 영향을 미치는 변수들을 분석하여 변수들의 영향 과정을 진단하였다. 해당 연구에서 저자는 특정 지점에서의 하천 건강성이 매우 낮은 것을 관찰하였는데, 연구 결과 높은 TN 농도가 주원인으로 나타났으며, 이에 대한 원인은 해당 지점 인접 상류부로 연결되는 지천의 생활하수와 농업용수 유입에 의한 것으로 진단하였다. 이와 유사하게 Kim et al. (2010)은 생태평가모형을 이용하여 삽교천 수계를 진단하였다. 이들의 연구 결과에 의하면 삽교천 하류지역은 생물학적 건강성이 매우 낮게 나타났으며, 그 주요 원인은 하상구조 특성, 하천의

유량, 그리고 인공 보의 유무에 의해 결정되는 것으로 보고 하였다. Shin et al.(2016)은 부산광역시 하수 처리 수 방류구의 거품발생 원인을 분석하여, 주요 원인을 낙차와 난류에 의한 조석현상, 수중 유기물의 농도 그리고 수온의 변화로 지적하고 그 원인들이 어떻게 거품을 발생시키는지를 진단하였다.

훼손원인 진단에 대한 국내 선행연구에 나타난 특징은 아래와 요약될 수 있다. 첫째, '진단'이라는 용어와 '평가'라는 용어의 혼용이다. 위 몇몇 연구에서 진단 개념에 가까운 선행연구들이 수행 되었지만, 대부분의 경우 평가(assessment) 혹은 평가 (evaluation)에 관한 연구들 이었다. 많은 선행연구에서 국문으로 '진단'이라는 표현을 사용하였지만, 영문으로는 'assessment' 혹은 'evaluation'으로 표기하였으며, 위에서 기술된 몇몇 연구들만이 'diagnosis'로 표현하였다. 또한 대부분의 국내 연구에서 'assessment'와 'evaluation' 모두 국문으로 '평가'로 표기하는 것으로 조사되었다. 그러나 'assessment'는 개체 수 혹은 빈도와 같이 '상태에 대한 단순한 서술'과 같이 한정된 개념으로 볼 수 있으며, 'evaluation' 는 'assessment'에 '좋음', '불량' 등과 같은 의미를 부여한 것이다. 한편, 진단(diagnosis)은 상태(assessment)나 의미(evaluation)뿐만 아니라 상태의 원인(causes)과 전이 과정(pathways)까지를 밝히는 것으로 이해되어야 한다. 하지만 국내 선행연구를 분석한 결과 몇몇 연구를 제외한 많은 연구에서 평가와 진단이 명확히 구분되어 사용되지 못하고 혼용되고 있는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 수생태 분야에 아직 '진단'이라는 개념이 확립되지 않았으며, 이와 관련한 선행 연구도 많지 않기 때문으로 보인다. 따라서 연구자들 간에 혼용되고 있는 용어, 특히, '평가'의 용어 표준화가 필요하며, '진단'이라는 개념의 명확한 정립도 필요하다.

둘째, 체계화된 진단 방법의 부재이다. 비록 진단의 개념에 가깝게 연구가 수행되었다 하더라도, 대부분의 연구들은 진단의 방법, 특히 훼손원인과 훼손과의 인과관계나 훼손의 전달체계를 직접적으로 검증하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 체계화된 훼손과 원인 간 관계를 검증하기 위해서는 현장 조사 항목, 조사 지점, 조사 시기 및 빈도, 분석 방법 등 정교한 현장조사 계획과 자료 분석 과정이 필요하나, 대부분의 선행연구들은 훼손의 원인을 대상지에 대한 지식 혹은 선행연구에 기반 하여 추정하는 것으로 나타났다. 이러한 접근방법은 일반적인 연구나 진단을 위한 하나의 방법으로 사용될 수 있지만 실제적인 훼손하천의 생태적 건강성 증진을 위한 복원사업이나 관리계획 작성에는 한계가 있으며, 보다 정교하고 체계화된 진단방법이 필요한 것으로 보인다.

2. 유역의 통합평가 방안

유역의 특성이 하천에 미치는 영향을 평가하기 위한 조사 연구들은 대부분 수생태계에 대한 사회 · 경제적 요인의 영향에 관한 기초 연구를 근거로 다양한 유역 특성을 반영할 수 있도록 제안하였다.

예를 들어, Park et al.(2012a)의 연구에서는 내 하천 오염실태 진단 시 BOD, DO 와 같은 단일 항목을 일반적인 지표로 사용하는 것에 대한 문제점을 지적하면서, 하천 수질의 종합적 상태를 나타내기 위한 평가 항목으로 크게 배출부하량, 유역 면적, 배출부하량 밀도, 수질, 유량, 유달부하량 등 6개 평가 분야를 도출하고 각 평가 분야에 대한 하위 항목 20개를 선정한 후 전문가 집단을 대상으로 AHP Analytic Hierarchy Process) 기법을 활용하여 지표 간 상대적 중요도를 도출하였다. 평가 결과 유달부하량, 수질, 유량, 배출부하량 밀도, 배출 부하량, 면적 순으로 중요도가 나타났다(Park et al., 2012a). 또한, Hong et al.(2012)의 만경강을 대상으로 습지형 구하도 보전 및 복원을 위한 평가에 관한 연구에서는 pH, DO, BOD 등의 수질 및 희귀성, 식

생 토양, 수량 등의 서식처 평가와 더불어 인간 활동, 토지이용, 친수시설 및 활동 등의 평가 항목에 대한 고려가 일부 이루어지기도 하였다.

이렇듯 지금까지의 유역 평가에 관한 기존 연구는 하천 물리적 요소, 구조적 질, 생태 환경적 요소에 관한 연구 위주로 이루어져 사회경제적 특성을 포함하는 유역의 통합적 평가 방법에 대한 연구는 부족하였으나 2014년 환경부가 발간한 “생태하천 복원 조사평가 및 진단 매뉴얼”에서 유역의 물리적 속성뿐만 아니라 다양한 사회경제적 특성까지 조사하도록 제안하였다. 하지만 유역평가에서 물리적 특성뿐만 아니라 사회경제적 특성을 포함하는 방법론 또한 이들 간의 하천에 대한 상대적 중요성들에 대한 연구는 극히 미흡한 것으로 나타났다.

III. 연구방법

수생태계의 훼손은 다양한 훼손 원인들과 그러한 원인 사이의 복잡한 관계에 의해 나타나는 것으로 보인다. 이러한 관점에서 사회경제적 요인들과 수생태계 훼손을 직접적으로 연결하여 해석하는 것은 복잡한 훼손 간의 관계에 대한 이해 없이는 불가능하다. 하천 평가에 관한 선행 연구는 대부분 화학적, 물리적, 생태적 평가를 중심으로 이루어졌으며, 일부 토지이용, 친수 이용 등의 요소가 고려되기는 하였으나 사회・경제적 훼손원인을 도출을 위한 연구는 미비하다. 이에 본 연구는 기존 선행 연구와 달리 하천의 훼손원인 중 사회・경제적인 요소를 도출하고자 하였으며, 복잡한 훼손전달체계에 대한 이해를 돕기 위해 수생태계 전문가들이 인지한 수생태계 훼손에 대한 사회경제적 요인들의 상대적 영향을 측정하였다. 이와 같은 접근 방법은 조사분석이 용이할 뿐만 아니라 의사결정자들의 우리나라 하천 환경에 대한 전문지식과 경험을 분석에 반영할 수 있다는 장점이 있다. 이를 위한 연구의 방법 및 절차는 Figure 1과 같다.

Purpose	Research method
1. Deriving the socio-economic factors.	• Deriving socio-econmic factors through literature review and expert meetings.
2. Weight analysis among the derived factors	• Drawing up AHP construction plan • AHP questionnaires for experts • Weighting through analysis of AHP questionnaires results

Figure 1. Research purpose and method

우선, 하천 훼손의 사회・경제적 요인을 도출하기 위하여 하천 훼손 및 하천 평가 기법에 관한 국내외 선행 연구들을 검토하였다.

이를 통해 선행 연구에서 공통적으로 훼손원인으로 언급되는 요인들을 도출하고 전문가 회의 및 검토를 거쳐 공통적으로 중요도가 높고 객관적으로 평가 가능한 요인들을 선정하여 6개 분야 세부 21개 항목으로 목록화 하였다. 선정된 항목들 간의 중요도를 평가하기 위해 본 연구에서는 AHP(Analytic Hierarchy Process: AHP) 기법을 활용하였다. 분석적 계층화법으로 불리는 AHP 기법은 인간의 의사결정에 개입하는 다층적 판단 구조를 반영한 것으로, 불확실한 상황이나 다양한 평가기준을 필요로 하는 곳에 쓰이는 분석방법이다. 여러 요소들에 대한 평가 기준들이 쌍대비교행렬로 구성되어 있으며, 그 해석에 있어서 기술모델의 측면과 규범모델의 측면이 공존하는 모델로 평가받고 있다 (Kinoshita and Oya, 2012). 수생태계에 영향을 미치는 사회・경제적 훼손원인들에 대한 중요도 평가는 여러 차원과 항목에 대한 다양한 경험을 가진 전문가들의 다 기준 의사결정이 필요하기에 정량적 평가와 정성적 평가가 동시에 반영될 수 있는 AHP 분석을 활용하였다.

분석을 위해 먼저AHP 구조도를 작성하였으며, 6개 분야별 세부 2～4개의 세부 항목에 대한 상대적 중요도 평가를 위해 통상적으로 사회심리학적 근거하여 사용되는 9점 평가척도(verbal scale)를 활용 하였다. 데이터 수집은 2015. 11. 17～12. 3까지 전문 조사 기관(코리아 리서치)을 통해 수생태, 조경, 수자원 관련 분야의 전문가들을 대상으로 설문 조사하여 이루어졌다. 다수의 전문가를 대상으로 조사해야 하는 특성 상 사전 전화 연락 후 e-mail을 통한 web조사 방식을 활용하였으며, 최종적으로 총 59명의 전문가가 설문조사에 참여하였다.

쌍대비교를 통해 평가가 완료된 자료에 대해서는 비일관성 비율 (C.R: in Consistency Ratio)을 사용하여, 일관성 값이 0.2 미만인 35명을 전문가 표본으로 구성하였다. 나머지는 타당성 확보를 위해 결측 처리하였다. 이러한 절차를 거쳐 분석에 활용된 전문가 표본 구성은 다음과 같다(Table 1). 한편, 훼손원인 항목에 대한 전문가들의 최종 가중치 값은 기하평균 하여 종합하였으며, AHP 분석은 엑셀(MS Excel 2010)을 활용하여 이루어졌으며, 이후 오픈소스 프로그램을 통해 해당 값을 검증하였다.

Table 1. Questionnaires sample composition

Division		Sample size(n)	(%)
Total		35	100.0
Gender	Male	32	91.4
	Female	3	8.6
Age	30s	7	20.0
	40s	17	48.6
	50s	11	31.4
Affiliation	Public enterprise	6	17.1
	National research center	2	5.7
	University	14	40.0
	Private/business	13	37.1
Major	Aquatic ecology	16	45.7
	Landscape architecture	13	37.1
	Water resources	4	11.4
	The others	2	5.7
Work period	<10	10	28.6
	11～20	13	37.1
	21～30	12	34.3
Public service	Yes	32	91.4
	No	3	8.6

IV. 결 과

1. 하천의 사회 · 경제적 훼손원인 목록 도출

하천의 사회 · 경제적 훼손원인들을 도출하기 위하여 선행 연구를 고찰하였다(Table 2).

우선 개념적 차원에서 수생태계에 대한 사회경제적 특성의 시스템적 영향을 분석한 연구들은 많지 않은 것으로 나타났다. 수생태계와 유역의 사회경제적 특성 간의 관계는 대부분 하천의 생태계 서비스 혹은 친수 측면(e.g., Ahn et al., 2015; Kim et al., 2015; Kim and Yi, 2015; Kang et al., 2015) 그리고 하천경관 (e.g. Choi et al., 2013; Yang and Cho, 2008) 분야의 연구가 주를 이루고 있는 것으로 조사되었다. 선행연구에서 나타난 수생태계와 사회 · 경제적 특성과의 관계는 주로 하천 생태계가 주민들에게 제공하는 선호경관이나 하천 이용과 같은 하천의 물리적, 심리적, 시각적 서비스에 관한 것들에 초점이 맞추어져 있다. 기존 연구들은 대부분 사회경제적 특성이 하천에 미치는 영향 보다는 그 역의 관계인 하천이 제공하는 넓은 의미의 생태계 서비스에 주된 관심이 있음을 알 수 있다.

다양한 사회 · 경제적 요인들 중 토지이용/피복과 하천 수질 혹은 수생태계 건강성과의 관계에 대한 연구는 다른 요인들 보다 상대적으로 많은 선행연구가 수행된 분야로 보인다. 많은 선행연구에서 유역 내 도시화 면적, 불투수 면적, 도로, 농경지 등을 포함한 개발지 면적 비율이 높을수록 수질과 수생태 건강성은 악화되고, 초지 혹은 산림과 같은 식생지역의 비율이 높을수록 수질과 수생태 건강성은 양호해 지는 것으로 나타났다 (Joo et al., 2007; Park, 2003; Choi et

Table 2. Literature review of socio-economic factors

Category	Literatures*																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Population		O					O	O															O			O		O
Policy and facilities																								O				
Primary industries								O		O	O						O		O			O		O				
Secondary industries			O	O												O				O	O						O	
Tertiary industries	O											O	O	O										O				
Urbanization and Land use		O			O	O		O	O		O				O			O							O			

*(1. Ahn et al., 2015; 2. Boruff et al., 2005; 3. Cho and Song, 2010; 4. Choo et al., 2008; 5. Choi et al., 2013; 6. Cutter et al., 2003; 7. Fekete, 2009; 8. Ge et al., 2013; 9. Hong et al., 2013; 10. Hwang, 2008; 11. Joo et al., 2007; 12. Kang et al., 2015; 13. Kim et al., 2015; 14. Kim and Yi, 2015; 15. Lee, 2013; 16. Lee et al., 2008; 17. NIER, 2014; 18. Park, 2003; 19. Park et al., 2012b; 20. Seo et al., 2008; 21. Seo et al., 2009; 22. Song et al., 2008; 23. Tate, 2012; 24. Witter et al., 2006; 25. Yang and Cho, 2008; 26. Yohe and Tol, 2002; 27. Yu et al., 2010; 28. Zahran et al., 2008)

al., 2013, Lee, 2013, Hong et al., 2013). 토지피복/이용은 유역 내 인구 수 혹은 인구밀도가 물리적 현상으로 나타난 지표로 이해 할 수 있다.

최근의 연구 경향을 살펴보면, 단순히 이러한 토지피복/이용의 유역 내 비율뿐만 아니라 그들의 공간적 패턴 또한 하천 수질과 수생태에 영향을 주는 것으로 보고하였으며 (Lee, 2013). 제외지 경작활동 (Song et al., 2008)과 특수한 경작 방법에 의한 고랭지 밭(Joo et al., 2007)의 부정적 영향이 심각한 것으로 나타났다.

유역에서의 토지이용/토지피복은 하천에 대해 위와 같이 비점오염원으로 작용하여 하천의 수질과 수생태계에 부정적 영향을 주는 것으로 보고하고 있다. 토지의 지목별 비점오염 발생부하량은 다른 것으로 알려져 있는데, 대지의 연 평균 BOD, TN, TP발생부하는 전, 답, 임야 등 다른 지목에 비해 월등히 높은 것으로 보고된 바 있다 (NIER, 2014). 축사에 의한 비점오염 발생 또한 하천의 수질과 수생태에 부정적 영향을 주는 것으로 보고되고 있으며 (Hwang, 2008; Park et al., 2012b), 축사 운영방식에 따라 그 차이가 크지만 일반적으로 소 축사에서의 발생량이 다른 가축에 비하여 월등히 높은 것으로 알려져 있다 (Hwang, 2008). 다른 연구에서는 BOD의 경우는 젖소가, TN과 TP의 경우는 돼지 축사가 가장 높은 비점오염을 발생시키는 것으로 보고 하기도 하였다(Park et al., 2012b). 한편 광산은 주변 토양뿐만 아니라 하천의 독성농도와 매우 밀접한 관계를 보이며 하천의 생태적 건강성에 직접적으로 부정적 영향을 주는 것으로 보고하고 있으며 (Seo et al. , 2009; Lee et al., 2008; Seo et al., 2008), 하천 침전물의 이화학적 특성을 변화시키는 것으로 보고하고 있다 (Choo et al., 2008; Yu et al., 2010). 산업단지에 의한 하천에 대한 영향은 환경영향평가의 주요 대상으로 많은 관련법에 의하여 규제를 받고 있다. 산업단지의 하천에 대한 영향이 매우 큼에도 불구하고 사후영향평가 등에서 건강보호 항목인 중금속 항목들에 대한 조사 누락과 수질조사 범위의 불명확성 등의 문제가 있는 것으로 보고하고 있다 (Cho and Song, 2010).

이처럼 유역의 사회경제적 특징은 유역의 토지이용/피복 (LULC: Land Use/ Land Cover), 불투수층, 인구 수, 인구 밀도, 주산업 유형, (폐)광

산, 하천 관련 정책 혹은 관리 정도 등 상당히 다양한 지표로 표현될 수 있다(Yohe and Tol, 2002; Cutter et al.,2003; Boruff et al., 2005; Witter et al., 2006; Cutter and Finch, 2007; Zahran et al., 2008; Fekete, 2009; Meyer et al., 2009; Ebert et al., 2009; Flanagan et al.,2011; Tate,2012; Meyer et al.,2012; Ge et al.,2013).

선행 연구 고찰을 통해 도출된 항목들을 바탕으로 전문가 회의를 진행하였다. 전문가 회의를 통해 항목별 분야 분류와 세부 훼손원인 항목을 결정하였으며, 사회경제적 수생태계 훼손 요인을 측정 가능한 변수로 바꾸었다 (Table 3). 회의를 통해 사회 · 경제적 수생태계 훼손원인을 평가할 수 있는 항목은 인구문제, 정책 및 시설, 1차 산업, 2차 산업, 3차 산업, 도시화의 6가지 분야로 분류 되었다.

첫째, 인구문제는 유역 내 인구 밀도와 인구 증감에 따른 하천의 훼손 영향을 예측하기 위한 판단 기준이 되는 분야이다. 둘째, 정책 및 시설은 하천과 관련된 국가 정책, 시민단체 활동 등의 영향에 의한 하천의 훼손 정도를 판단하기 위한 분야로, 세부 항목은 해당 하천을 관리하는 지방자치단체의 하천 관련 예산 규모, 유역 대비 하수종말처리시설 용량, 시민단체와 NGO의 예산 규모의 3가지로 선정하였다. 셋째, 1차 산업과 관련된 사회 · 경제적 훼손원인으로, 하천에 영향을 줄 수 있는 농업, 어업, 축산업 등 1차 산업 현황을 평가하기 위해 훼손 원인의 세부 항목으로 유역 내 논 면적의 비율 총합, 유역 내 밭 면적의 비율 총합, 유역 내 양식장 규모의 총합, 유역 내 가축 두수의 총합의 4가지 항목을 도출 하였다. 넷째, 채광, 골재 채취 등과 같은 2차 산업과 관련된 하천의 사회 · 경제적 훼손 원인의 세부 항목은 유역 대비 채광 면적, 유역 면적 대비 연간 골재 채취 규모, 유역 면적 대비 하천 관련 발전시설 규모, 유역 면적 대비 공업단지 면적으로 선정하였다. 다섯째, 축제, 음식점 등과 같은 3차 산업에 의한 하천 훼손 영향

Table 3. Socio-economic aquatic ecosystem impairment factors

Category	Details
Population	• Population density • Population fluctuation
Policy and facilities	• Budget scale of local streams • Sewage terminal treatment facility • Budget scale of civic group and NGO
Primary industries	• Rice field area • Field area • Scale of farm • Number of livestock
Secondary industries	• Mining area over • Size of aggregate extraction area • Scale of power production facilities • Scale of industrial complex
Tertiary industries	• Number of water sports users • Number of users of local fair • Number of accommodations • Number of restaurant
Urbanization	• Commercial area ratio • Residential area ratio • Road area ratio • Green area ratio

을 판단하기 위한 세부 내용은 유역 내 수사스포츠시설 이용자 수, 유역 내 지역축제 연간 이용자 수, 유역 내 숙박시설의 개수, 유역 내 음식점 개수의 4가지 항목으로 도출하였다. 마지막으로 상업지, 도로 면적 증가 등 도시화에 따른 하천 훼손 정도를 판단하기 위해, 유역 면적 대비 유역 내 상업지역 면적, 주거지역 면적, 도로 면적, 국/군/도립 공원을 포함한 녹지 면적의 4가지 세부 항목을 도출하였다. 최종적으로 선정된 6개 분야 별 21개의 세부 항목들은 Table 3과 같다.

2. 하천의 사회 · 경제적 훼손원인의 가중치 분석

하천의 사회·경제적 훼손원인으로 도출된 6개 분야 21개 항목에 대한 종합 가중치를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 우선 “유역 내 광산, 골재 채취, 발전시설, 공업단지 등 2차 산업”(0.200)과 “지자체나 시민단체의 예산규모, 하수처리시설 등 관련 정책 및 시설”(0.199)의 중요도가 다른 훼손원인들에 비해 상대적으로 높은 것으로 분석되었다. 그 밖에 “유역 내 논, 밭, 양식장, 가축 등 1차 산업” 0.172, “유역 내 상업지역, 주거지역, 도로, 녹지면적 등 도시화” 0.156, “유역 내 수상스포츠시설, 지역축제, 숙박시설, 음식점 등 3차 산업” 0.146 등으로 분석된 가운데, “유역 내 인구밀도, 인구증감 등 인구문제”는 가중치가 0.127로 다른 훼손원인에 비해 상대적으로 중요도가 낮은 것으로 평가되었다. 수생태계 훼손에 영향을 미치는 인구문제와 관련된 세부 항목들은 “유역 내 인구밀도”와 “유역 내 인구증감”등으로, 본 조사에 참여한 전문가들은 인구밀도 (0.638)가 인구증감 (0.362)에 비해 중요한 것으로 판단하였다. 수생태계 훼손에 영향을 미치는 정책 및 시설 관련 세부기준은 “지방자치단체 하천 관련 예산규모”, “유역 대비 하수종말처리시설 용량”, “시민단체와 NGO의 예산규모” 등으로, 분석결과 하수처리시설 용량에 대한 가중치가 0.500으로 가장 높게 나타났다. 그 밖에 지자체 예산은 0.387로 분석되었고, 시민단체 등의 예산은 0.113으로 비교적 중요도가 낮은 것으로 나타났다. 수생태계 훼손에 영향을 미치는 1차 산업과 관련한 세부 항목으로는 “유역 대비 논 면적”, “유역 대비 밭 면적”, “유역 내 양식장 규모”, “유역 면적 대비 유역 내 가축의 두수” 등이 평가되었다. 2차 산업에 대한 세부 훼손원인은 “유역 대비 채광 면적비”, “유역 대비 골재 채취 규모 (톤/년)”, “유역 대비 하천 관련 발전 시설 규모(㎡)”, “유역 대비 공업단지 면적비” 등으로, 가중치 산출 결과를 살펴보면, 공업단지 면적비 (0.378), 골재 채취 규모 (0.262), 채광 면적비 (0.215), 발전 시설 규모 (0.145) 순으로 분석되었다. 수생태계 훼손에 영향을 미치는 3차 산업에 대한 세부 훼손원인으로는 “유역 내 수상스포츠 시설 연간 이용자 수”, “유역 내 지역축제 연간 이용자 수”, “유역 내 숙박시설의 개수”, “유역 내 음식점의 개수” 등이 평가되었다. 수생태계 훼손에 영향을 미치는 도시화 수준에 대한 세부 훼손원인은 “유역면적 대비 유역 내 상업지역 면적비”, “유역면적 대비 유역 내 주거지역 면적비”, “유역면적 대비 유역 내 도로의 면적비”, “유역면적 대비 유역 내 국/군/도립공원을 포함한 총 녹지 면적비” 등으로, 가중치 분석 결과 상업지역 면적비 중요도가 0.430으로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 주거지역 면적비(0.241), 도로 면적비 (0.211), 녹지 면적비(0.119) 순으로 나타났다. 즉, 세부 훼손원인 별 결과를 살펴보면, 인구 문제에서는 “인구밀도 (0.638)”, 정책 및 시설 중에서는 “하수 처리 시설 용량 (0.500)”, 1차 산업에서는 “가축 두수 (0.508)”, 2차 산업에서는 “공업 단지 면적비 (0.378)”, 3차 산업에서는 “음식점 개수 (0.409)”, 도시화에서는 “상업지역 면적비 (0.403)”가 상대적으로 높은 가중치를 보였다.

본 연구를 통해 도출된 사회경제적 특성별 상대적 중요도는 향후 수생태계 진단체계 수립 시

Table 4. AHP questionnaires analysis result

Category	AHP weight	Ranking	Sub Category	Weight by category	Rankings by category	Overall weight	Overall rankings
Population	0.127	6	Population density	0.638	1	0.081	3
			Population fluctuation	0.362	2	0.046	9
Policy and facilities	0.199	2	Budget scale of local streams	0.387	2	0.077	4
			Sewage terminal treatment facility	0.500	1	0.099	1
			Budget scale of civic group and NGO	0.113	3	0.022	19
			Rice field area	0.129	4	0.022	20
Primary industries	0.172	3	Field area	0.142	3	0.024	17
			Scale of farm	0.221	2	0.038	11
			Number of livestock	0.508	1	0.087	2
Secondary industries	0.200	1	Mining area	0.215	3	0.043	10
			Size of aggregate extraction	0.262	2	0.052	8
			Scale of power production facilities	0.145	4	0.029	15
			Scale of industrial complex	0.378	1	0.076	5
Tertiary industries	0.146	5	Number of users of water sports	0.161	4	0.024	18
			Number of users of local fair	0.170	3	0.025	16
			Number of accommodations	0.260	2	0.038	12
			Number of restaurant	0.409	1	0.060	7
Urbanization	0.156	4	commercial area ratio	0.430	1	0.067	6
			residential area ratio	0.241	2	0.038	13
			Road area ratio	0.211	3	0.033	14
			Green area ratio	0.119	4	0.019	21

사회 경제적 주 훼손 원인 선정 및 진단체계 수립을 위한 기초자료로 활용할 수 있으며, 나아가 생태하천 복원 사업 대상지 선정이나 성과평가와 연계하여 활용할 수 있을 것이다. 한편, 이번 조사에서는 수생태계와 관련된 다양한 전문가들의 의견을 수렴하였는데, 성, 연령대, 소속, 전공분야 등을 구분하여 분석하더라도 전반적으로는 큰 차이를 발견하기 어려웠다. 이러한 양상에 대해서는 수생태 관련 전문가들의 의사결정 기준이 비교적 일치하는 것으로도 볼 수 있는데, 보다 신뢰성 있는 결과 해석을 위해서는 사례 수 확대 혹은 반복적인 조사와 분석이 진행될 필요가 있다.

V. 결 론

하천 진단 체계를 수립하기 위해서는 하천 훼손에 대한 물리적, 화학적, 생물적 평가도 중요하지만 훼손의 근원을 찾기 위한 사회 · 경제적 원인 규명이 중요하다. 그러나 하천의 훼손 정도의 평가 및 훼손원인 분석은 일부 연구되어 왔으나 화학적, 물리적 접근방식이 대부분 이었

다. 또한 하천 훼손의 근본 원인인 사회・경제 분야의 하천 훼손 지표는 심도 있게 연구되거나 의미 있는 지표로서 개발되지 못했다.

본 연구는 사회·경제적 측면의 수생태계 훼손원인과 각 원인 간의 가중치를 선행 연구 고찰 및 전문가 회의를 통해 계층적 분석 과정(Analytic Hierarchy Process: AHP)을 활용하여 수생태계 건강성에 영향을 미치는 사회·경제적 훼손원인 목록을 도출하였다. 또한 도출된 사회·경제적 수생태계 훼손원인 항목들을 바탕으로 하천 건강성 진단 시 근원적 훼손원인인 사회·경제적 측면의 원인을 평가할 수 있는 기초자료를 제시하였으며, 도출된 결과를 활용하여 수생태계의 사회·경제적 훼손원인을 보다 정확한 수생태계 진단체계를 구축하는데 기여하였다. 그러나 본 연구는 사례수가 작아 전문가 집단의 분야별 차이가 나타나지 않았는데 추가적인 연구에서는 사례수를 늘려 분야별 차이점에 관한 연구가 필요할 것이다. 또한 보다 정확한 훼손원인 가중치 도출을 위해서는 훼손원인 항목을 도출하는 과정에서 수생태계에 긍정적 영향을 주는 요인과 부정적 영향을 주는 요인을 구분하여 접근할 필요가 있을 것으로 사료된다. 향후 도출된 훼손원인과 중요도가 현장 적용이 가능한지 검증하기 위해 정량적 비점오염원 자료와의 연계를 통한 연구가 필요하며, 신뢰성 있는 결과 해석을 위해 보다 많은 하천 지점에 대한 조사 및 분석 과정이 필요할 것이다. 또한 외국 진단체계에 기초하여 우리나라 고유의 진단체계 구축을 위해서는 국내 현실을 반영할 수 있도록 주요 항목에 대한 근거를 뒷받침하기 위한 국내 연구가 필요하다.

References

Ahn S. E.・Kim J. E.・Rho P. H. and Kwon Y. H.. 2015. Development and Application of Integrated Measurement System to Assess Freshwater Ecosystem Services in Korea (2). Korea Environment Institute. pp.149-319.

Boruff et al (2005)Erosion haard vulnerability of US coastal counties, Journal of Coastal Research, Vol 21 No 5, 932-942.

Cutter, S. L. andFinch, C., 2007, Temporal and spatial changes in social vulnerability tonatural hazards, PNAS, Vol105 No7, 2301-2306.

Cutter, S. L.・oruff,B. J. and Shirley, W. L.,2003, Social vunlerability to environmental hazards, Social Science Quarterly, Vol 84 No 2, 242-261.

Cho, H. N. and Song, Y. I., 2010, Guidelines for Establishment of the Following Water Quality Impact Scope when Developing Industrial Complexes, Korea Environment Institute Working Paper. (in Korean with English summary)

Cho Y. H.・Kim J. K.・Song J. M.・Jeong K. S.・Suh Y. C.・Lee Y. W.・Kim C. and Kim H. W.. 2012. Development and Application of an Evaluation Method of Stream Naturalness. Korean Society of Water Quality/Korean Society of Water & Wastewater. Vol.2012; 930-931.

Choe J. Y. and Jang S. H.. 2003. The Development of Imperviousness Index for Effective Watershed Management. Korea Environment Institute. (in Korean with English summary)

Choi Y. E.・Lee J. A. and Chon J. H.. 2013. A Comparative Study on the Preference and Visual Characteristics of Stream Landscape According to Hydromorpological Structures. Journal of Wetlands Research. 15(3); 301-315.

Choo C. O.・Lee J. K. and Jeong G. C.. 2008.

Dissolution Mechanism of Abandoned Metal Ores and Formation of Ochreous Precipitates, Dalseong Mine. The Journal of Engineering Geology. 18(4); 577-586.

Chung J. Y. and Yoon T. K.. 2008. A Study on the Preference Analysis of Apartment Purchaser using AHP Method. Journal of The Korean Institute of Construction. 8(3); 51-58.

Ebert, A. · Kerle, N. and Stein, A. (2009) Urban social vulnerability assessment with physicalproxies and spatial metrics derived from air-and spaceborne imagery and GISdata, Nat Hazards, Vol 48, 275-294.

Flanagan et al. (2011)A social vulnerability index for disaster management, Journal of Homeland Security and Emergency Management, 8(1).

Fekete, A., 2009, Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. Natural Hazards and Earth System Sciences, 9(2), 393-403.

Ge et al (2013)Assessment of social vulnerability to natural hazards in the Yangtze RiverDelta, China, Stoch Environ Res RiskAssess, Vol 27, 1988-1908.

Hong H. J. · Park Y. H. and Yoo H. S.. 2013. A Preliminary Study on Developing Environmental Assessment Methods in Urban Stream Watersheds. Korea Environment Institute.

Hong I. · Kang J. G. · Kang S. J. and Yeo H. K.. 2012. Functional Assessment for Preservation and Restoration of Wetlandtype Old River Channel: Mangyoung River. Journal of the Korean Society of Civil Engineers. 32(4); 213-220.

Hwang B. G.. 2008. Study on computing appropriate numbers and capacity of wastewater treatment plants on stock. Engineering Technology Research. Vol.2008; 1-10.

Joo J. H. · Jung Y. S. · Yang J. E. · Ok Y. S. · Oh S. E. · Yoo K. Y. and Yang S. C.. 2007. Assessment of Pollutant Loads from Alpine Agricultural Practices in Nakdong River Basin. Korean Journal of Environmental Agriculture. 26(3); 233-238.

Kang, BH and Son, JK. 2011. The Study on the Evaluation of Environment Function at Small Stream : In the Case of Hongdong Stream in Hongsung-gun. Journal of Korean Env. Res. Tech. 14(5) : 82～101 (2011).

Kang H. S. et al., 2015. Sustainability Assessment of Water Infrastructure and Its Services (2), Koera Environment Institute. (in Korean with English summary)

Kim H. J. · Koo Y. M. · Kang H. S. · Ahn J. H. and Jeong A. Y.. 2015. A Study on Water Environment Policy under Changing Water Demand for Environmental Flow and Recreation Water. Korea Environment Institute. Vol.2015.

Kim J. B. · Cho Y. G. · Cho G. T. and Kim Y. B., 2004. Development of new consistency criteria to overcome limitation of 9 scales in the AHP. Management Science and Financial Engineering, 175-178.

Kim J. H. · Yeom D. H. and An K. G., 2010. Diagnosis of Sapkyo Stream Watershed Using the Approach of Integrative Star-Plot Area, Korean Journal of Ecology and Environment, 43 (3): 356-368

Kim Y. H. and Yi G. C.. 2015. The Effects of the Residential Environment for Urban Stream Restoration in Busan Area. Korea

Environmental Policy. 23(2); 97-117.

Kinoshita E. and Oya T. (2012). Strategic Decision-making Methods AHP. Cheogram Book. pp. 17.

Lee B. M.·Bae E. T.·Park D. H.·Kim D. W.·Hong Y. G.·Kim B. R. and Moon B. H.. 2016, Assessment of Pollutant State of River Into Masan Bay Using Flow-Load Relationship. Korean Society of Water Quality/Korean Society of Water & Wastewater. Vol.2016; 265-266.

Lee C. S. and Rhee J. W.. 2009. Research on River Landscape Design by Analyses of Urban River Design - Focus on Landscape Designing of Yoe Chon River -. Korea Digital Design Society. Vol.24; 475-486.

Lee E. K.·Lee B. Y.·Yang J. E.·Ok Y. S.·Kim S. C. and Kim D. K.. 2008. Abandoned Mine Effects on Soil and Water Quality in Han-River Watershed in Kangwon Province. The Korean Society of Environmental Agriculture. 2008(2); 239.

Lee E. H.·Choi J. W.·Lee J. H. and An, K. G., 2007, Ecological health diagnosis of sumjin river using fish model metric, physical habitat parameters, and water quality characteristics Korean Journal of Ecology and Environment, 40(2): 184-192.

Lee K. B.·Kim C. H.·Kim J. G.·Lee D. B.·Park C. W. and Na S. Y., 2003. Assessment of Water Purification Plant Vegetation for Enhancement of Natural Purification in Mankyeong River. The Korean Society of Environmental Agriculture. 22(2), 153-165.

Lee S. W.. 2013. Testing Non-Stationary Relationship between the Proportion of Green Areas in Watersheds and Water Quality using Geographically Weighted Regression Model. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture. 41(6); 43-51.

Lee W. S.,“ A Study on Diagnosis and Ecological Restoration of River Environment in Korea: Based on the Nakdong River”. Ph. D. Dissertation, Keimyung university, Daegu, 2011.

Meyer, V., Scheuer, S.and Haase, D. (2009) A multicriteria approach for flood risk mapping exempliedat the Mulde river, Germany, Nat. Hazards,Vol 48, 17-39.

Meyer, V. Priest, S.and Kuhlicke, C. (2012) Economic evaluation of structural and non-structuralflood risk management measures: examples from the Mulde River, Nat Hazards, Vol 62, 301-324.

Myung H.·Kwon S. Z. and Kim C. H.. 2002. Diagnosis of Vegetation for the Ecological Rehabilitation of Streams. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture. 30(5); 98-106.

NIER, 2014, Technical Guidelines for Water Pollution Management, National Institute of Environmental Research Report. (in Korean with English summary)

Nichols S., Webb A., Norris R., and Stewardson M., 2011. Eco Evidence analysis methods manual: a systematic approach to evaluate causality in environmental science. eWater Cooperative Research Centre, Canberra.

Park G. H.. 2003. The Impact of Environmental Characteristics in the Geumho River Watershed on Stream Water Quality. The Korean Association of Geographic Information Studies. 6(4); 85-98.

Park J. S.·Moon B. S.·Kim K. S. and Rhee K. H.. 2012. Determine of Assessment Criteria for Priority on River Water Quality

Improvement using AHP. Korean society of civil engineers. 2012(10); 476-479.

Park K. J. · Kim Y. S. · Park B. K. · Hwang H. S. · Chun S. U. and Shong S. H.. 2012. Characteristics of the Nutrient and Organic Matters of Livestock Waste. Korean Society of Water Quality. Korean Society of Water & Wastewater. 792-793.

Seo J. H. · Kang S. W. · Ji W. H. and Jung J. H.. 2009. Toxicity monitoring of effluents from acid mine drainage treatment plants. Korean Society of Water Quality/Korean Society of Water & Wastewater. 203-204.

Seo J. Y. · Shin M. H. · Choi Y. H. · Kim K. C. · Lim K. J. · Choi J. D. and Jun M. S.. 2008. Investigation of Pollution Sources for Gongjichun Watershed. Korea water resources association, 2051-2055.

Shin J. K. · Cho Y. S. · Kim Y. S. and Hwang S. W.. 2016. Cause Diagnosis and Reduction Measures of Foaming in the Treated Wastewater Outlet of D Wastewater Treatment Plant. Korean Journal of Ecology and Environment. 49(2); 124-129.

Shon T. S. · Cho E. Y. · Lee T. S. and Shin H. S.. 2011. Computation of Non-point Source Pollutant Loads based on Hydrological Model according to Land Uses in Residential Area. Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation. 11(6); 331-339.

Son J. J. · Lee J. E. · Kim H. G. · Chang N. I. · Kim D. H. and Kim K. S.. 2008. Pollution Occurrence According to Cultivation in Yeong-San River Waterfront. The Society For Environmental Technology In Korea. 9(4); 222-229.

Song J. I. · Lee J. H. and Yoon S. E.. 2008. Development of Stream Assessment Technique for Restoration and Management of Urban Stream. Journal of the Korean Society of Civil Engineers B. 28(3); 283-296.

U.S. EPA. 2017. CADDIS: The Causal Analysis/Diagnosis Decision Information System. https://www3.epa.gov/caddis/

Witter, J. V. · vanStokkom, H.T.C. and Hendriksen, G. (2006) From river management to river basin management: a water manager's perspective, Hydrobiologia,Vol 565, 317-325.

Yang Y. G. and Joe K. R.. 2008. A Study on the characteristics and preference of the urban riverscape - Focused On the Shincheon in Daegu. Journal of the regional association of architectural institute of korea. 2008(1); 59-62.

Yu H. S. · Kwon B. H. · Kim P. S. · Kim G. H. · Kang D. H. and Kim B. W.. 2010. Water qualities monitoring and run-off mass of heavy metals in acid mine drainage. Korean Society of Water Quality/Korean Society of Water & Wastewater, 627-628.

Yohe, G. and Tol, R.(2002) Indicators for social and economic coping capacity-moving toward aworking definition of adaptive capacity, GlobalEnvironmental Change, Vol 12, 25-40.

Zahran et al. (2008)Social vulnerability and the natural and built environment: a model of floodcasualties in Texas, Disasters, Vol32 no. 4, 537-560.

Tate, E. (2012) Uncertainty analysis for a social vulnerability index, Annals of the Association of American Geographers, Vol 103 No. 3,526-543.