

## 수생태계 건강성 통합정보 분석을 위한 GIS DB 구축 및 활용에 관한 연구

조명희<sup>1</sup> · 이수형<sup>2</sup> · 최희락<sup>2</sup> · 장성현<sup>3\*</sup>

### Building a GIS Database for Analyzing the Integrated Information on Aquatic Ecosystem Health and Its Application

Myung-Hee JO<sup>1</sup> · Su-Hyung LEE<sup>2</sup> · Hee-Lak CHOI<sup>2</sup> · Sung-Hyun JANG<sup>3\*</sup>

#### 요 약

본 연구는 수생태계 건강성 변화에 대한 다각적인 분석이 가능하도록 정보를 제공하는데 필요한 자료를 수집하고, 상호 연계 또는 중첩, 활용할 수 있는 데이터베이스를 구축하는 방안을 모색하는데 목적이 있다. 특히 수생태계 건강성 정보를 기반으로 생태계를 구성하고 있는 개체 또는 개체군들 간의 상호작용 및 생태계 차원에서 일어나는 여러 가지 생태현상들을 그 지역의 환경변화(오염 발생원, 수변환경 변화 등)와 결부시킨 종합적인 분석이 가능한 DB를 구축하고자 하였다. 이를 위해 수생태계 건강성 조사 및 평가 결과자료와 한국형 Reach File(KRF), 하천자연도, 물환경정보시스템 자료 등을 수집하였다. 수집된 수생태계 건강성 조사 결과 및 한국형 Reach File, 하천자연도 등은 자료 DB 개별속성에 대해 상세 분석을 수행하였으며, 수집데이터의 형식이 다양하게 구성되어 있어 데이터형식별 구성현황 및 상세 데이터 내에 대해 조사 및 분류별 정리를 수행하였다. 본 연구에서는 개별데이터에 대한 핵심주제를 도출하였으며, 주제별 특성과 관련된 항목정보들을 추출하여 주제별로 분류 관련 엔터티를 도출하였다. 또한, 개별 주제별 엔터티간 연계를 위한 관계값을 가진 엔터티도 도출하였다. 본 연구에서는 수생태계 건강성 결과 자료의 효율적인 분석 및 보전, 복원을 위한 방안 제시를 위해 수생태계 건강성 조사 및 평가, 한국형 Reach File, 하천자연도 등의 자료를 이용하여 공간·속성·위상 데이터를 구축하였으며, 이를 기반으로 각 자료의 연계성을 분석하여 정확하고 과학적인 수생태계의 건강성 통합정보 분석방안을 개발하고자 하였다.

**주요어** : 수생태계 건강성, 한국형 Reach File, 하천자연도, 물환경정보시스템

2013년 11월 17일 접수 Received on November 17, 2013 / 2013년 12월 23일 수정 Revised on December 23, 2013 / 2013년 12월 26일 심사완료 Accepted on December 26, 2013

1 경북대학교 융복합시스템공학부 School of Convergence & Fusion System Engineering, Kyungpook National University

2 국립환경과학원 유역생태팀 Water Environment Research Department, National Institute of Environmental Research

3 (주)지오씨엔아이 공간정보기술연구소 Institute of Spatial Information Technology Research, GEO C&I Co., Ltd

\* Corresponding Author E-mail : shjang@geocni.com

## ABSTRACT

The purpose of this study is to build a GIS database that can be utilized to provide a multi-dimensional analysis of aquatic health ecosystem. Especially, it was to build a GIS database for comprehensive analysis using the aquatic ecosystem health. So we collected data on aquatic ecosystem health assessment, Korea Reach File(KRF), Stream Naturalness and Water Environmental Information System, and detailed analysis of the collected data was performed. In addition, the core objects were extracted from individual data and a related entity was derived by pulling out the items associated with thematic characteristics and classifying them. The establishment of GIS database makes it possible to support the decision making for the user to quickly understand the information of water environment. Therefore, the database will provide the information for the effective management on water environment.

**KEYWORDS :** *Aquatic Ecosystem Health, Korea Reach File, Stream Naturalness, Water Environmental Information System*

## 서 론

수생태계의 효율적인 보전·복원 및 관리 대책을 수립하기 위해서는 수환경의 물리적·생태적 특성을 정확하게 파악하는 것은 물론이거니와 다양한 환경 인자에 영향을 받는 수환경의 종합적인 현황 분석이 우선적으로 선행되어야 한다. 이를 위해 정부와 지방자치단체는 4대강 및 각 지류의 측정망을 운영하여 수질, 유량, 오염원 등을 평가하고 있으며, 환경부 국립환경과학원은 최근 기존 오염원에 대한 농도규제의 방안으로 새로운 패러다임의 수생태계 건강성 평가를 실시하고 있다.

수생태 건강성이란 수환경의 화학적, 물리적, 생물학적 요인들을 총체적으로 평가하여 수생태의 건강 상태를 진단하는 것이다. 이는 수질 목표를 수 환경의 일부를 통해 달성하는 것이 아니라 수환경의 총체적 건강성을 통해 달성하려는 것이며, 생태학적 총체성을 회복하고 유지함으로 수 환경을 보호하는데 있다. 이는 하천의 수질을 단순히 인간이 활용하기 위한 용수 공급 차원에서 관리하는 수질관리 체계에서 벗

어나 생태계에 존재하는 다양한 생물들의 건강성을 회복하고자 하는데 그 목적이 있다고 볼 수 있다(Seo, 2010).

수생태계 건강성 평가는 2007년부터 전국 수계(4대강 및 각 지류)에 걸쳐 조사가 진행되고 있으며, 방대한 분량의 건강성 자료들은 지속적으로 축적되고 있다. 따라서 이를 종합적으로 분석, 예측, 검증, 평가하는 통합기능을 수용할 수 있는 효율적이고 과학적인 시스템이 절실히 요구되고 있다. 지속적으로 쌓여가는 귀중한 자료들의 가치는 활용에 따라 수생태계의 보전 및 복원의 핵심 자료가 될 수도 있으며, 전혀 가치 없는 일회성 자료로 치부될 수도 있다.

최근 지리정보시스템(GIS) 등 공간분석 기법의 도입으로 인하여 하천을 더욱 효과적으로 관리할 수 있게 되면서 환경변화에 따른 수환경 생태계의 구조와 기능에 대한 변화 양상을 합리적으로 평가 관리하기 위한 방안들이 새로운 연구주제로 부각되고 있다(Park *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2008; Song *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2012)

따라서 본 연구는 수생태계 건강성 변화에 대한 다각적인 분석이 가능하도록 정보를 제공

하는데 필요한 자료를 수집하고, 상호 연계 또는 중첩, 활용할 수 있는 데이터베이스를 구축하였다.

## 수생태계 건강성 통합정보 분석을 위한 DB 구축

### 1. 자료 수집 및 분석

전국 4대강 및 각 지류를 대상으로 하천권역별 수생태계 건강성 조사 및 평가 자료, 한국형 Reach File(KRF), 하천자연도 정보 등을 수집하였다. 또한, 수집된 자료들의 도형정보 오류 확인 및 수정을 위하여 수치지형도(2.0)를 함께 수집하였다. 수집된 자료들의 특성은 표 1과 같다.

본 연구에서는 수치지형도 및 수생태계 건강성 조사 및 평가 자료, 한국형 Reach File, 하천자연도, 물환경정보시스템 자료 등을 유형별, 좌표계별, 구축된 속성데이터 항목별 등으로 상세 분석하였다. 수생태계 건강성 조사 및 평가 정보는 수생태계 건강성 및 생태가치에 대한 관심과 요구가 커지면서 생물 측정망과 하천의 생태적 복원을 위한 기초자료의 필요성에 의해

구축된 자료이다. 구축된 자료는 4대강 대권역(960개 하천구간 포함)을 대상으로 기초수환경, 부착조류, 저서대형무척추동물, 어류, 서식 및 수변환경 등 5개 분야에 대한 조사 결과이며, 도형자료는 구축되어 있지 않고 속성자료(Excel File)만 구축되어 있었다. 한국형 Reach File은 하천의 효율적인 수질관리를 위하여 수리학적 기초자료에 대한 공간정보를 한국하천지형의 특성에 맞추어 표준화한 자료이며, 전국 4대강 수계(국가하천, 지방하천 포함)를 대상으로 공간데이터 및 속성데이터가 구축되어 있었으나 Excel 자료는 구축되어 있지 않았다. 하천자연도는 하천을 원래의 자연스러운 하천상태로 복원할 때 신뢰성이 있는 하천의 물리적 구조의 질을 파악하기 위해 구축된 자료이며, 전국 수계를 대상으로 수로발달, 종단면, 횡단면, 하상구조, 저수로변 구조, 하천주변 등 6개 부분 19개 항목으로 평가한 정보를 공간 및 속성데이터로 구축되어 있었다. 물환경정보시스템은 수질 및 수생태계 환경을 기준으로 건전한 수생태계를 유지하고 물의 이용 목적에 적합한 수질을 보전하기 위하여 미래지향적이고 행정안전적인 정책목표 구성된 정보시스템

TABLE 1. Data collection and analysis

	Digital map	Aquatic ecosystem health	Korea reach file	Stream naturalness	Water environmental information
T	Spatial data	O	X	O	O
Y	Attribution data	O	O	O	△
P	Excel	X	O	X	O
E	Report	X	O	O	O
Characteristic	Geographic feature	Ecological	Hydraulic coefficient	Physical	Positional

TABLE 2. Projections and coordinate systems

Data	Projection	Ellipsoid	Point
Digital map	Transverse Mercator	Bessel	Central
Aquatic ecosystem health	-	WGS84	-
Korea reach file	Transverse Mercator	Bessel	Central
Stream naturalness	Transverse Mercator	GRS80	Central
Water environmental information	-	WGS84	-

이다. 본 연구에서는 기존 자료와의 연계성을 확보하기 위해 금호강 수계를 대상으로 수질측정 자료, 수리수문기상 자료, 환경기초시설물 자료, 비점원단위 자료 등을 수집하였다.

자료별 좌표계를 살펴보면, 수생태계 건강성 조사 및 평가 자료와 물환경정보시스템 자료는 경위도좌표계(WGS84)로 구축되었으며, 수치지형도와 한국형 Reach File은 Transverse Mercator 한국측지계 중부원점으로, 하천자연도는 Transverse Mercator 세계측지계 중부원점 등으로 구축되어 있었다(표 2).

### 2. 통합정보 분석을 위한 DB 설계

수집된 수생태계 건강성 조사 및 평가 자료

와 관련자료(한국형 Reach File, 하천자연도 등) DB의 개별속성에 대해 상세 분석을 수행하였으며, 수집데이터의 형식이 다양하게 구성되어 있어 데이터형식별 구성 현황 및 상세 데이터 내에 대해 조사 및 분류별로 정리하였다. 또한, 개별데이터 포맷에 관하여 다양한 분석방법을 이용하여 분류 및 정리, 정보간 상호연관계를 정리하여 데이터를 설계하였다.

개별데이터에 대한 핵심주제를 도출하였으며, 주제별 특성과 관련된 항목정보들을 추출하였고 데이터의 주제별 목록을 구성하고 목록별 각 항목에 대한 필드를 도출하여 개별필드에 대한 검토 및 분류를 수행하였다(표 3). 그림 1은 수생태계 건강성 정보와 관련자료(KRF, 하천자연도 등)에 대한 항목선정 및 관련 자료를 파악하여

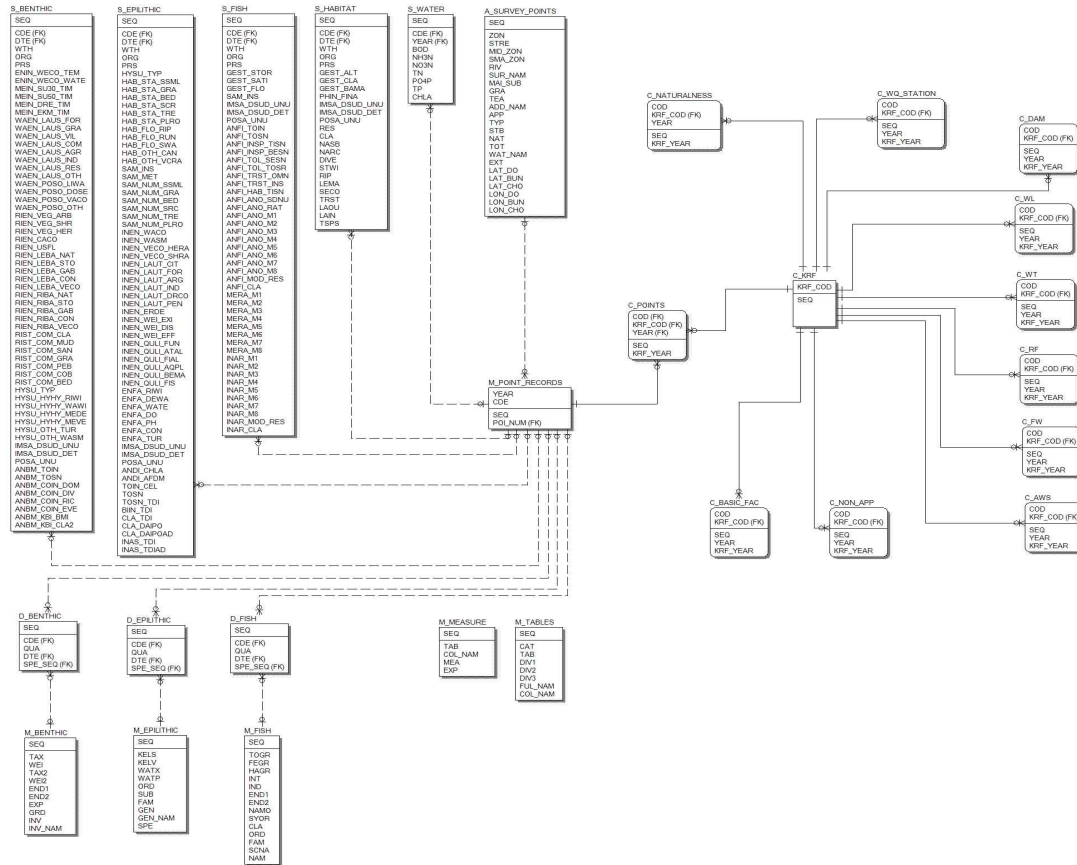


FIGURE 1. Entity-relationship diagram

TABLE 3. Subject catalog of data

Classification	Data	Characteristics
Bioassessment	Attribute	- Database of TDI (Diatom), BMI (Benthic Macroinvertebrates) and FAI(Fish)
Habitat & Riparian	Attribute	- Database of the investigation and the assessments of the riparian environments on the 4 River
Physiochemical Factors	Attribute	- Database of Water Temperature, DO, BOD, T-N, T-P, Chl-a, AFDM
Korea Reach File (KRF)	Spatial	- Geospatial Information for the Integrated use of Data
Stream Naturalness	Spatial /Attribute	- Waterway, Longitudinal Profile of River Bed, Transvers Section, Riverbed Structures, Sites of Stream Naturalness, Database of Assessment Stream Naturalness
Water Environmental System	Spatial /Attribute	- Water Quality Data, Hydrological Characteristics, Meteorological Factors, Sampling Sites in the Streams

엔티티를 추출하고 관련 DB를 구축한 논리 ERD(Entity-Relationship Diagram) 설계를 나타낸 것이다.

### 3. 통합정보 분석을 위한 공간 DB 구축

#### 1) 좌표변환

Transverse Mercator Bessel 중부원점 좌표계의 수치지형도 및 한국형 Reach File 자료와 WGS84 좌표계의 수생태계 건강성 결과 및

물환경정보시스템 자료들을 Transverse Mercator GRS80 중부원점 좌표계로 좌표변환을 실시하였다. 특히 수생태계 건강성 조사 및 평가 자료는 도형자료가 구축되어 있지 않아 새로이 구축한 후, Transverse Mercator GRS80 중부원점으로 좌표를 변환하였다(그림 2).

#### 2) 도형 DB 구축

도형자료는 임의의 한 점의 위치와 형태를 나타내는 자료이며, 임의의 한 점의 위치를 나

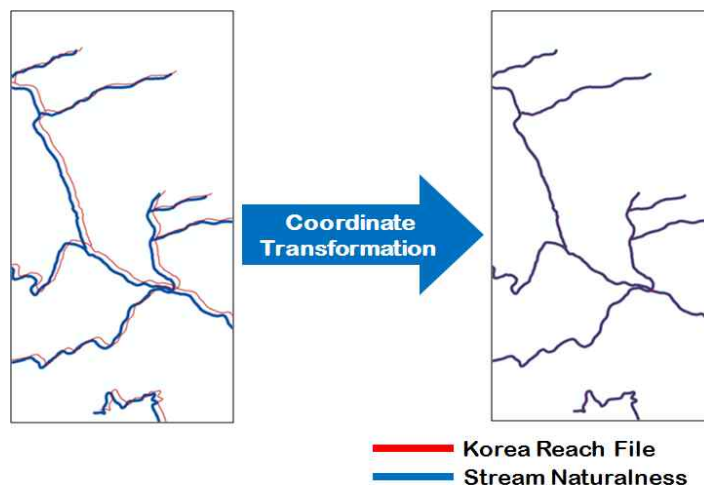


FIGURE 2. Coordinate transformation for database

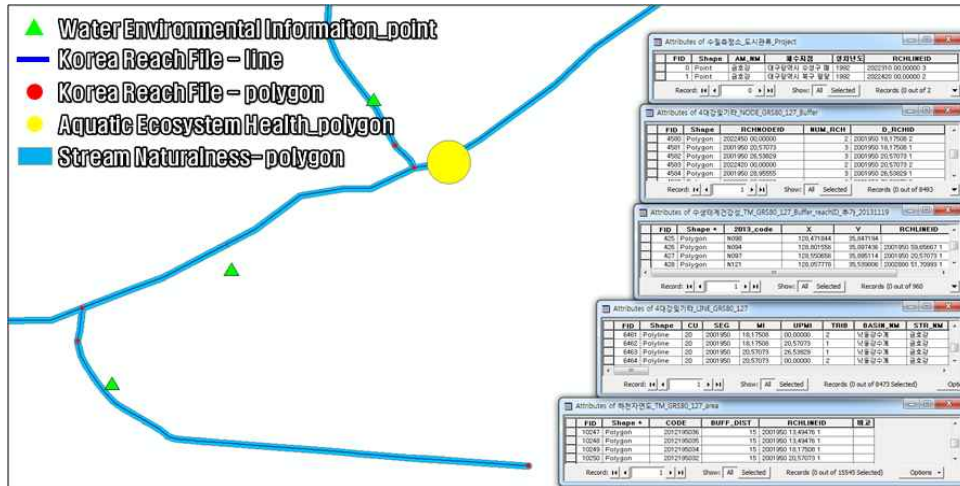


FIGURE 3. Overlap of graphic data

타내기 위해서는 좌표와 좌표계가 필요하다. 또한, 임의의 위치 형태는 불연속적 지형지물과 연속적 현상으로 구분되며, 점(point), 선(polyline), 면(polygon) 등으로 표현된다.

수치지형도는 점, 선, 면 등의 자료형태로 구축되어 있으며, 본 연구에서는 등고선, 하천 등의 자료만 추출하여 선형자료로 재구축하였다. 수생태계 건강성 조사 및 평가 자료는 구축된 도형자료가 없어 점형자료로 새롭게 구축하였으며, 하천의 수리계수적 구조를 선형 및 점형 자료로 표현한 한국형 Reach File 자료는 다른

자료들의 점선형 자료들과의 연계를 위하여 점형자료를 면형자료로 재구축하였다. 하천자연도 자료는 하천중심선을 기준으로 선형으로 구축되어 있어 다른 자료들과의 연계를 위하여 면형자료로 재구축하였으며, 점형자료로 구축된 물환경정보시스템 자료는 그대로 연계 활용하였다. 그림 3은 수생태계 건강성 및 관련 자료들의 변환된 도형자료 중첩 결과이다.

3) 속성 DB 구축

속성자료는 대상물의 성격이나 특성, 특징 또

Aquatic Ecosystem Health

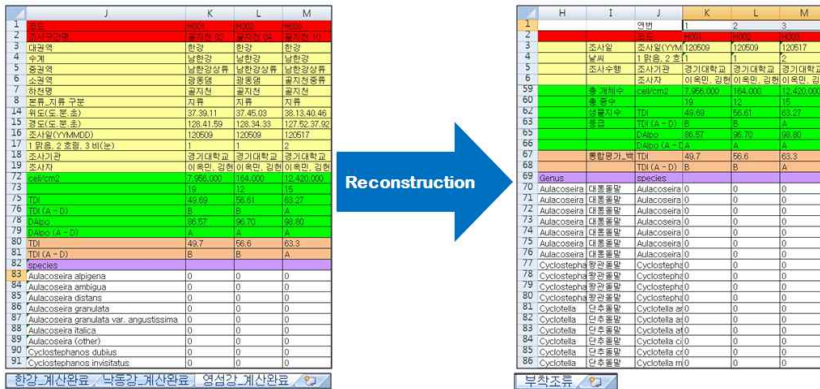


FIGURE 4. Reconstruction of data attribute



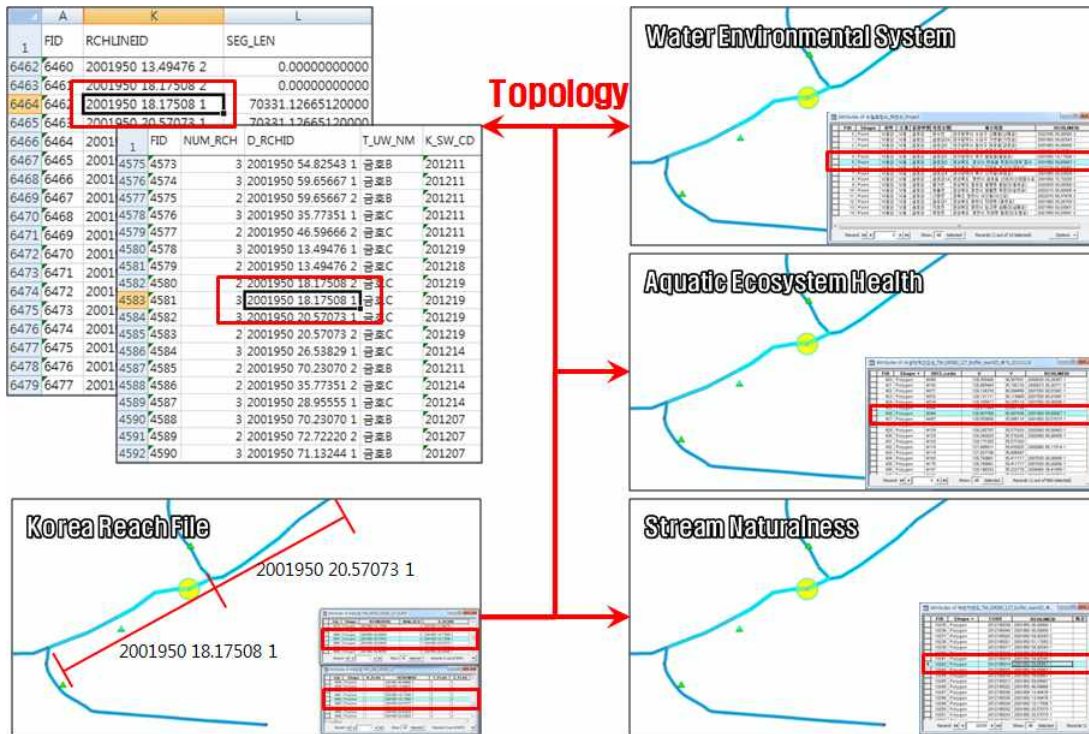


FIGURE 5. Topology of collected data

분을 조합한 각 Reach의 고유 ID이다. 본 연구에서는 점형자료의 위상자료를 추출하여, 엑셀자료 형태로 재구축하였다. 한국형 Reach File은 기존 구축된 속성자료 중 위상자료에 해당하는 자료를 구분, 엑셀자료 형태로 재구축하였다. 하천자연도는 구축된 면형 도형자료의 데이터베이스(DBF 파일)에 필드를 추가하여 재구축하였으며, 한국형 Reach File의 선형자료의 속성자료 중 RCHLINEID 항목을 각 면형자료에 연결 및 재구축하였다. 본 연구에서는 한국형 Reach File을 중심으로 하천의 상·하류 구분하는 시간적 위상관계를, 하천자연도의 하천유역도를 중심으로 공간적 위상관계를 구축하였다(그림 5).

본 연구에서는 기 구축된 자료들의 점, 선, 면 등 도형자료와 속성자료 및 위상자료들을 연계하였으며, 이는 공간분석에 필요한 기초자료로 활용된다.

## 수생태계 건강성 통합정보의 활용방안

### 1. 수생태계 건강성 통합정보 활용방안

본 연구에서는 구축된 DB를 활용하여 4대강 및 전국 수계를 대상으로 한 수생태계 건강성 결과들을 분석하였다.

먼저, 전국 4대강 및 각 지류에 분포하고 있는 참조하천(reference sites)의 특성을 분석하였다. 분석결과, 참조하천은 총 960개 지점 중 114개 지점으로 확인되었으며, 이 중 한강 수계에 48개 지점으로 가장 많이 분포하는 것으로 나타났다. 다음으로 낙동강 수계 29개 지점, 영산강·섬진강 수계에 20개 지점, 금강 수계가 17개 지점 등의 순으로 나타났다. 또한, 하천 차수별 참조하천의 분포 현황은 1차 하천에서 9개 지점이, 2차 하천에서 47개 지점, 3차 하천이 36개 지점, 4차 하천이 13개 지점,



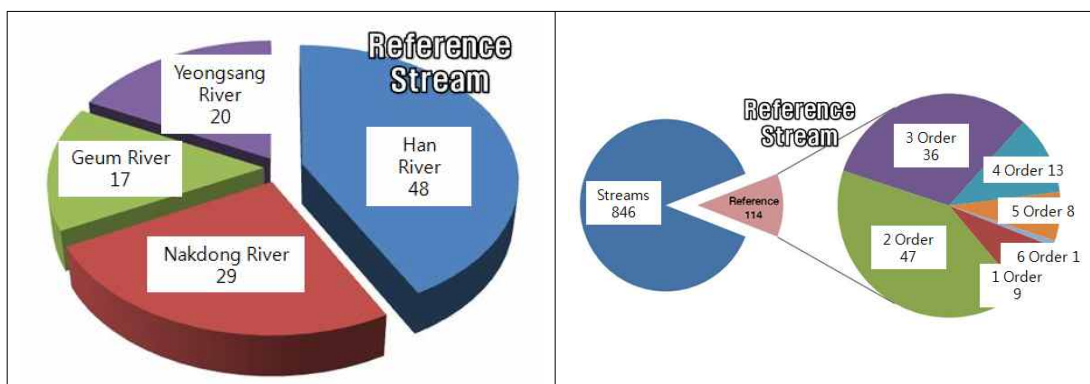


FIGURE 6. Analysis of reference streams

5차 하천이 8개 지점, 6차 하천이 1개 지점으로 나타났다(그림 6).

하천 차수(1차~6차) 별 참조하천의 출현 분류군(예, 부착조류)의 특성을 살펴보면 1차 하천에서는 *Achnanthes convergens*, *A. lanceolata*, *A. minutissima* 등이 주요 출현분류군으로 출현하였으며, 2차 하천에서는 *Achnanthes convergen*, *A. minutissima*,

*Gomphonema parvulum* 등이 주요 출현분류군으로 나타났다. 3차 하천에서는 *Achnanthes convergens*, *Cymbella minuta*, *A. minutissima* 등이, 4차 하천에서는 *Achnanthes convergens*, *Cymbella minuta*, *A. minutissima* 등이, 5차 하천에서는 *Achnanthes convergens*, *A. minutissima*, *Gomphonema clevei* 등이, 6차 하천에서는 다

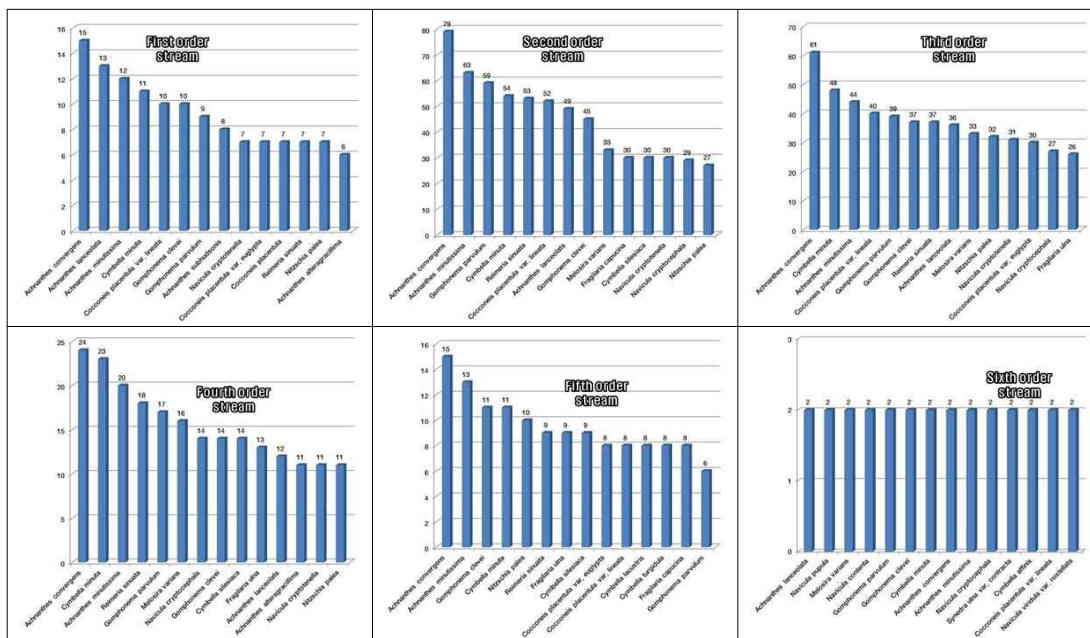


FIGURE 7. Periphyton communities considering stream order(ex. Diatom)

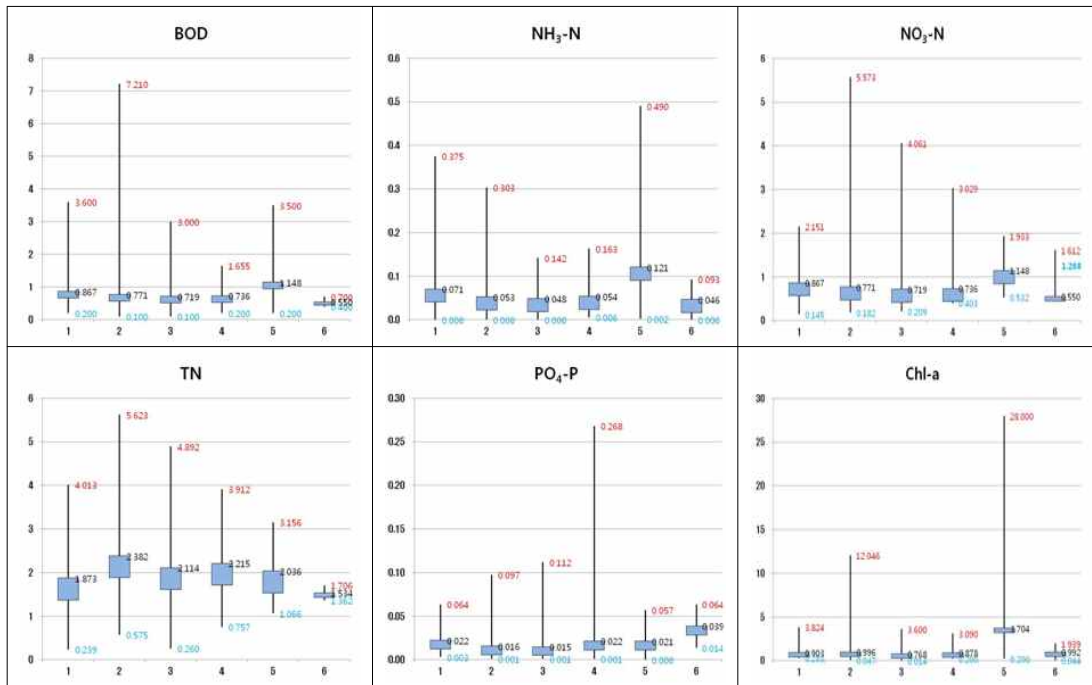


FIGURE 8. Physico-chemical characteristics of reference streams

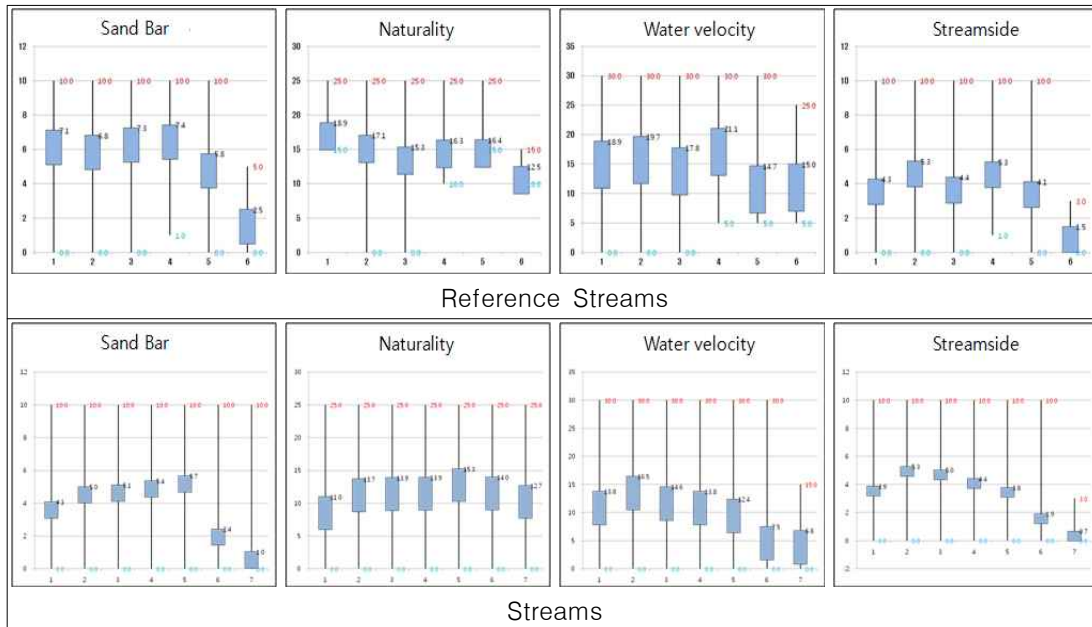


FIGURE 9. Comparing of habitat environmental characteristics in streams

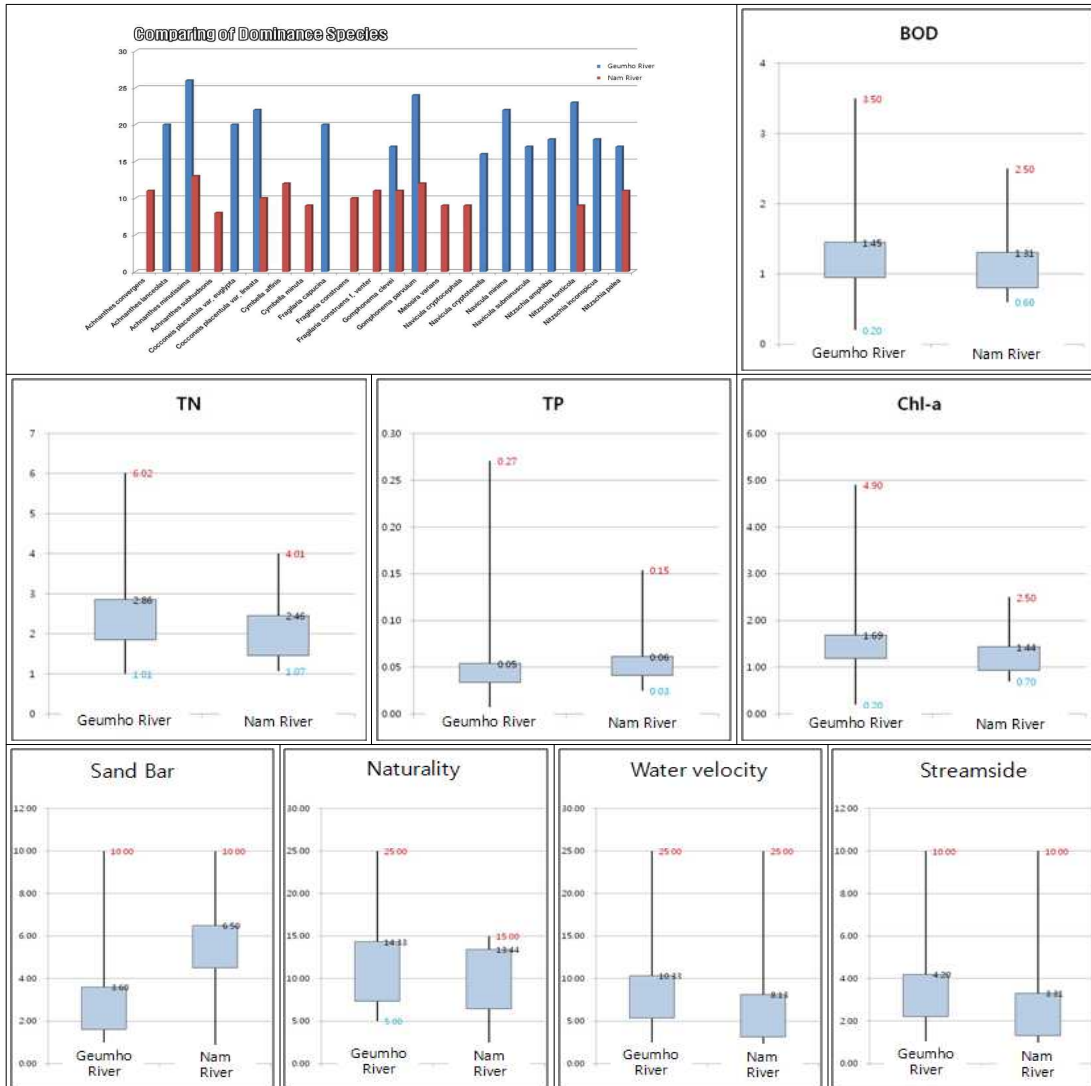


FIGURE 10. Distribution of dominant species and habitat characteristics in streams(ex. Kumho river & Nam river)

양한 종이 주요 우점 분류군으로 출현하였다(그림 6). 결과적으로 전국 수계의 참조하천에서는 *Achnanthes* 속의 *A. convergens*와 *A. minutissima*가 가장 중요한 분류군으로 확인할 수 있었다(그림 7).

기 구축된 DB를 활용하여 전국 참조하천의 수질과 서식 및 수변 경향성을 파악할 뿐만 아니라(그림 8, 9) 참조하천의 특성과 일반하천의

특성에 대한 비교, 분석도 쉽고 간편하게 할 수 있었다(그림 9). 또한, 수년간(2008년~2013년) 구축된 수생태계 건강성 자료 내 중권역 및 수계별 우점종에 대한 비교, 특정 수계에만 출현한 우점종 분석, 특정 우점종이 출현한 지점의 수질과 서식 및 수변환경 분석, 년도별 분류군 및 하천의 물리, 화학적 경향성 비교 등 다양한 분석이 가능하였다(그림 10, 11).

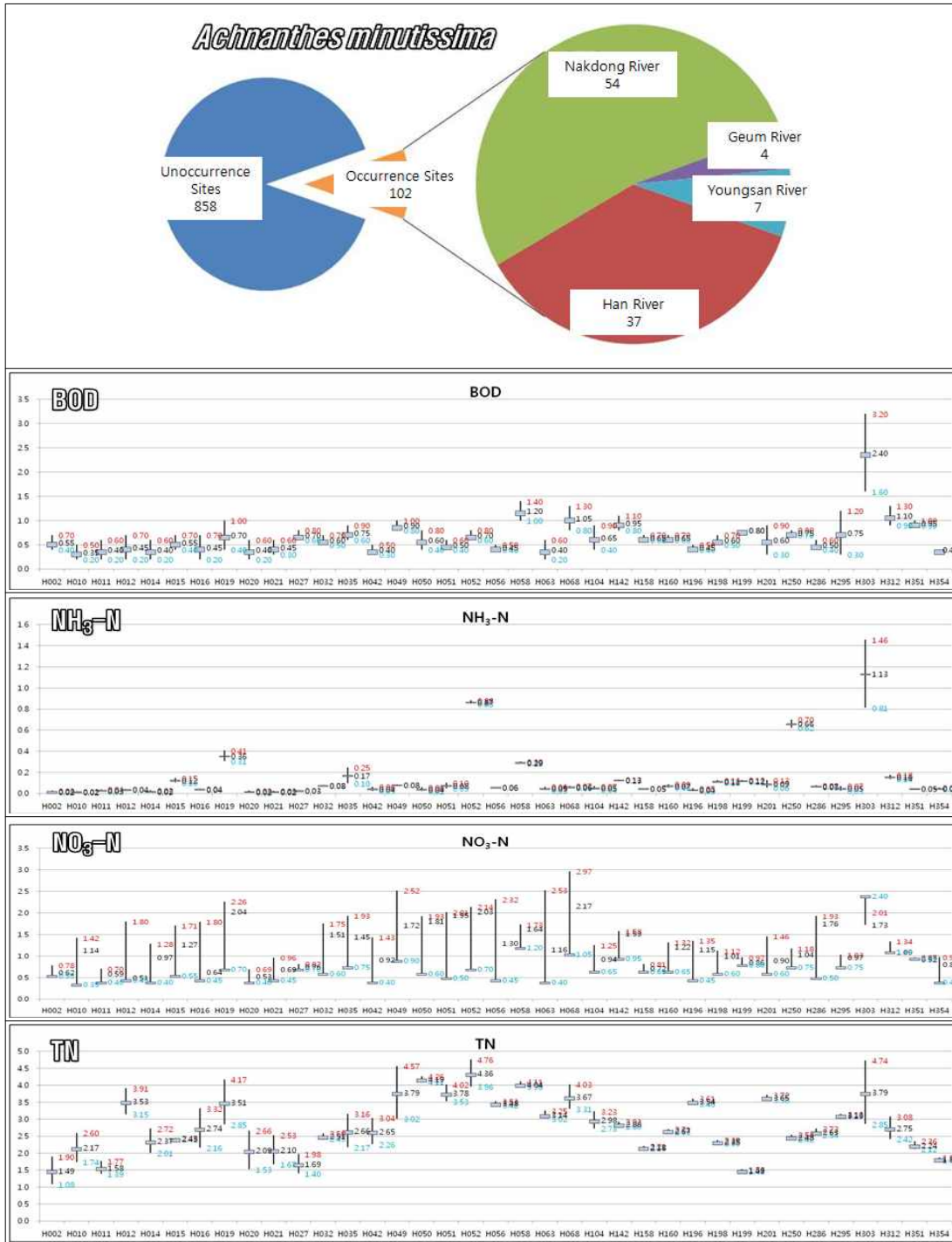


FIGURE 11. Spatial distribution characteristics of *Achnanthes minutissima*

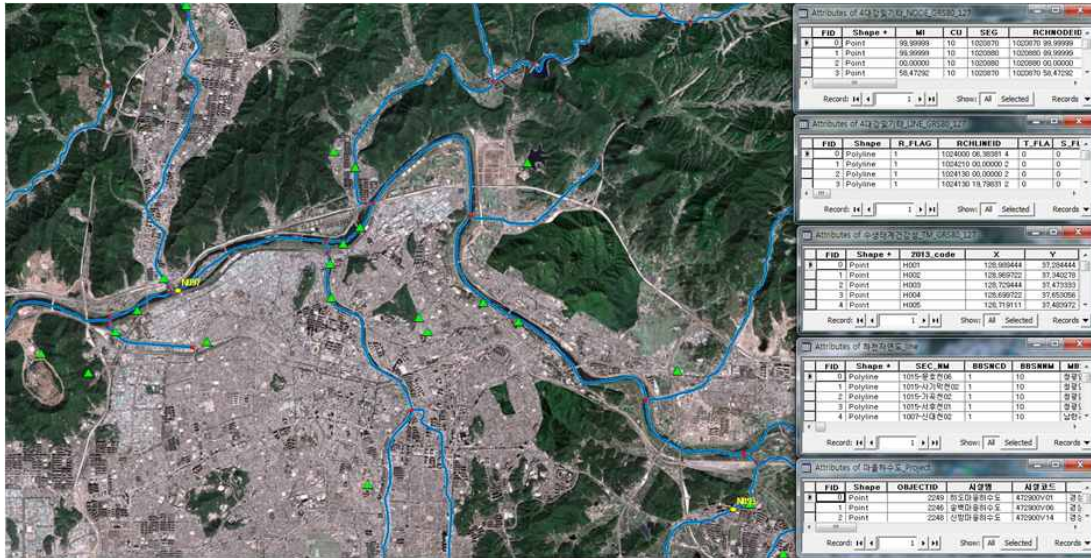


FIGURE 12. Constructing of the metadata information for aquatic ecosystem health assessment

## 2. 연계 방안을 위한 메타 정보 구축

본 연구에서는 수생태계 건강성 정보를 기반으로 한국형 Reach File, 하천자연도, 물환경정보시스템 자료 등의 정보를 연계하여 종합적인 수생태계 건강성 변화에 대한 다각적인 분석이 가능한 데이터베이스를 구축하고자 하였다. 따라서 독립된 관계형 DB가 서로 데이터를 연계할 수 있도록 공간분석 매칭을 기반으로 한 매칭 메타 정보를 구축하였다. 이는 서로 다른 DB상에 있는 개체들은 속성 데이터만으로는 관계성을 정의하기 힘들어 공간정보의 위치정보를 활용하여 인접한 개체를 하나의 관계로 맺어야 하기 때문이다. 따라서 관계형 DB마다 Primary Key로 사용하는 코드를 참조하여 공간분석을 통해 서로 매칭되는 개체의 실제 Primary Key 값을 같이 저장하였다. 또한, DB 운영에 따라 변경될 수 있는 코드에 대처할 수 있는 이력체계를 마련하였다. 서로 다른 DB일 경우 코드의 변경이 있을 수 있으며, 이러한 값 변경은 예전 매칭자료의 활용과 새로운 자료 갱신에서 데이터 공유의 혼란을 야기하므로 연도별 정보를 포함하여 연계정보를 구축하였

다(그림 12).

## 결론

본 연구는 수생태계 건강성 변화에 대한 다각적인 분석이 가능하도록 정보를 제공하는데 필요한 자료를 수집하고, 상호 연계 또는 중첩, 활용할 수 있는 데이터베이스를 구축하는 방안을 모색하는데 목적이 있다. 보다 실효성 있는 연구 결과를 도출하기 위하여 수생태계 건강성 자료 및 한국형 Reach File, 하천자연도, 물환경정보시스템 자료 등을 수집하여 데이터베이스를 구축하였다. 이 연구를 통하여 얻은 시사점은 다음과 같다.

첫째, 수집된 정보를 정보화기술을 이용하여 표준화 및 DB화함으로 수생태계 건강성에 대한 정보를 정확히 분석할 수 있는 기반을 형성하였다. 즉, 수생태계 건강성 관련 정보가 표준화된 형식의 데이터로 변환되어 DB로 구축됨에 따라 수생태계 건강성의 모습을 한눈에 파악할 수 있게 되었다. 특히 분류군별 건강성 결과에 대한 비교 분석, 연도별 건강성의 경향성, 권역·수계·지점별 변화 양상 등 수생태계의 건

강성에 대한 정보를 신속하게 분석할 수 있도록 정보를 제공하게 된다.

둘째, 수생태계 관련 자료 요청 시 쉽고 빠르게 필요한 자료를 적재적소에 제공함으로써 활용성을 제고시킨다. 현재 방대한 수생태계 건강성 정보는 검토 및 분석에 많은 시간이 소요되며, 분석 결과의 객관성이 저하되는 실정이다. 특히 수생태계 보전 및 복원 정책 시 구체적인 자료를 제시하기 어려우며, 생태하천 복원 및 조성, 하천개발 계획에 따른 수생태계 건강성 악화 및 훼손에 대한 실질적인 대책에 필요한 정보를 제공하기에는 많은 어려움이 있다. 따라서 본 연구에 의해 구축된 DB는 수생태계 관련 정책 및 계획, 사업 등의 수립에 필요한 실질적인 통계, 분석 자료를 제시하게 된다. 또한, 수생태계를 구성하고 있는 개체 또는 개체군들 간의 상호작용과 생태계 차원에 일어나는 여러 가지 생태현상들을 그 지역의 환경변화(오염발생원, 수변환경 변화 등)와 연계시킴으로 종합적인 분석이 가능함으로 보전 및 복원 시 필요한 구체적인 정보들을 제공하게 된다.

셋째, 지구온난화 및 기후변화에 따른 수생태계 건강성 변화 양상을 분석하여 대응하는 기반자료를 제공한다. 현재 전 세계적으로 큰 이슈 중의 하나는 환경문제이며, 특히 기후변화로 인한 생태계의 변화이다. 이러한 영향에 대한 종합적인 해석과 분석은 매우 복잡하고 어려운 일이다. 그러나 지속적으로 측정되는 데이터를 기반으로 변화양상을 꾸준히 비교 분석함으로써 생태계 변화가 가져올 부정적 또는 긍정적 영향에 대한 정보를 제공하게 될 것이다.

향후 수생태계 건강성 기반 보전 및 복원 등의 효율적인 관리와 활용을 위해서는 공간정보 분석 기술을 접목한 의사결정지원시스템 개발이 필요하며, 이렇게 구축된 시스템을 통해 4대강 및 각 수계의 건강성 현황을 표현하고, 관련 정보를 분석, 관리할 수 있는 제반 환경이 조성되어야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 환경부 국립환경과학원의 '수생태

계 건강성 통합정보 분석기법에 관한 연구'에 의해 지원되었으며, 이에 감사드립니다. **KAGIS**

## REFERENCES

- Kim, K.D., Y.J. Park and S.H. Nam. 2012. Analysis and prediction for spatial distribution of functional feeding groups of aquatic insects in the Geum River. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15(1): 99-118 (김기동, 박영준, 남상호. 2012. 금강 수계 수서곤충 섭식기능군의 공간분포 분석 및 예측. *한국지리정보학회지* 15(1): 99-118).
- Kim, M.K., H.J. Kim and J.C. Park. 2008. Development of the GIS-based stream hydromorphological structure assessment system for small and midium-size streams. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 11(2):93-107 (김만규, 김혜주, 박종철. 2008. GIS 기반 중·소규모 하천의 수문지형 물리적 구조 평가 체계 개발. *한국지리정보학회지* 11(2):93-107).
- Park, B.C., Y.C. Shin and A.S. Suh. 2002. An application and case study on the evaluation method of river naturalness using GIS. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 5(1):48-57 (박병철, 신영철, 서애숙. 2002. GIS를 이용한 하천의 자연성 평가-청주시 무심천 지역을 중심으로-. *한국지리정보학회지* 5(1):48-57).
- Seo, J.W. 2010. Stream health assessment with multi-level bioindicators on fish in the Gap stream, the 1st tributary of Geum River. *Korean Society on Water Environment*. pp.575-576 (서진원. 2010.

금강 제1지류인 갑천에서 어류의 다단계 생물지표를 이용한 하천건강성 평가. 한국물환경학회, 대한상하수도학회 공동춘계학술발표회 논문집. 575-576쪽).

Song, D.H., S.J. Lee, Y.Y. Kim, H.S. Kim and U.H. Jung. 2008. Strategies for the

integrated water management in Chungcheonnam-do linked with GIS. Chungnam Development Institute. 113pp (송동하, 이상진, 김영일, 김홍수, 정우혁. 2008. GIS와 연계한 충청남도 물통합관리 방안. 충남발전연구원. 113쪽). **KAGIS**