Journal of Wetlands Research, Vol. 16, No. 1, pp. 73-83 (2014)

영산강 하구역 수질환경 관리를 위한 GIS기반 통합정보시스템 개발에 관한 연구

이성주 · 김계현+ · 박용길 · 이건휘 · 류재현

인하대학교 지리정보공학과

A Study on the Development of GIS based Integrated Information System for Water Quality Management of Yeongsan River Estuary

Sung Joo Lee · Kye Hyun Kim+ · Young Gil Park · Geon Hwi Lee · Jea Hyun Yoo

Department of Geoinformatic Engineering, Inha University, Incheon, Korea

요 약

최근 정부에서는 영산강 하구역 수질환경의 현재 상황 파악 및 미래 상황 예측을 위하여 모니터링 및 모델 연구를 진행 중에 있다. 그러나 모니터링 및 모델 자료는 대부분 수치 및 문자 형태로 이루어져 있어 사용자들의 이해도가 떨어지는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 하구역 수질환경의 현재 상황 파악 및 미래 상황 예측을 지원할 수 있는 GIS기반 통합정보시스템을 개발하였다. 시스템 개발을 지원하기 위하여 모니터링 및 모델 DB 수집, 모델 연계 방안 마련, 시스템 GUI 및 개발환경 정의, 시스템 구성 등을 수행하였다. 모니터링 자료는 2010 ~ 2012년 영산강 하구역을 대상으로 실시된 관측값을 사용하였으며, 모델 자료는 유역 지역을 모의하기 위한 HSPF(Hydrological Simulation Program-Fortran) 모델과 하천 및 하구 지역을 모의하기 위한 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모델 자료를 사용하였다. 최종적으로 모니터링 및 모델 자료를 시스템에 적용하여 관리 및 표출 방안에 대하여 제시하였다. 본 연구를 통해 개발된 시스템은 영산강 하구역 수질환경을 정량적으로 파악 및 예측하는데 지원할 수 있으며, 지도 기반 환경에 모니터링 및 모델 자료를 표출함으로써 사용자의 공간적 이해도를 높였다. 향후에는 영산강 하구역 수질환경 문제점에 대처 가능한 의사결정지원시스템으로 고도화하여 환경 평가 및 정책 수립에 지원할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 지리정보시스템, 모니터링, HSPF 모델, EFDC 모델, 느슨한 결합

Abstract

The government has recently carried out monitoring to attain a better understanding of the current situation and model for prediction of future events pertaining to water quality in the estuarine area of Yeongsan River. But many users have noted difficulties to understand and utilize the results because most monitoring and model data consist of figures and text. The aim of this study is to develop a GIS-based integrated information system to support the understanding of the current situation and prediction of future events about water quality in the estuarine area of Yeongsan River. To achieve this, a monitoring DB is assembled, a linkages model is defined, a GUI is composed, and the system development environment and system composition are defined. The monitoring data consisted of observation data from 2010 ~ 2012 in the estuarine area of Yeongsan River. The models used in the study are HSPF (Hydrological Simulation Program-Fortran) for simulation of the basin and EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code) for simulation of the estuary and river. Ultimately, a GIS based system was presented for utilization and expression using monitoring and model data. The system supports prediction of the estuarine area ecological environment quantitatively and displays document type model simulation results in a map-based environment to enhance the user's spatial understanding. In future study, the system will be updated to include a decision making support system that is capable of handling estuary environment issues and support environmental assessment and development of related policies.

Keywords *: GIS, Monitoring, HSPF Model, EFDC Model, Loose Coupling*

+ Corresponding author : kyehyun@inha.ac.kr

1. 서 론

1.1 연구배경 및 필요성

최근 정부에서는 하구역 수질환경의 현재 상황 파악과 미래 상황 예측을 위해 주요 논의가 되는 지점을 관측하는 모니터링 연구와 오염물질의 이동을 수치화함으로써 미래 하구역 상황을 예측하여 이해당사자간의 합리적 결과를 도출하는 모델 연구를 수행하고 있다(Korea Institute of Marine Science & Technology, 2011).

그러나 모니터링 및 모델 자료는 대부분 오염원 속성, 위치, 시간 등의 문자나 수치로 도출되기 때문에 사용자가 이를 즉시 인지하여 하구역 수질환경 관리를 위해 적용하기에는 어려움이 많다. 아울러 모니터링 및 모델 자료를 시스템에 적용하여 공간적 수질변화 양상이나 주변 환경과의 상호관계 등을 의사결정에 반영하여야 하나, 기존 환경에서는 이러한 모든 사항의 고려를 기대하기에는 어려운 실정이다(Lee and Kim, 2008).

이러한 문제점에 대해서 GIS(Geographic Information System) 기반의 하구역 통합정보시스템은 효과적인 대안이 될 수 있다. GIS는 관계형 결합(Relational join)을 통해 공간 및 속성 정보를 동시에 반영할 수 있으며 이는 모니터링 및 모델 결과 값을 시스템에 지도화하여 표출함으로써 앞서 제시한 문제점을 해결할 수 있다(Kim, 2007).

모니터링 자료를 GIS기반 시스템에 활용하여 개발한 연구 사례로는 Seo et al. (2009)이 수리/수문 DB를 오염원 DB와 연계하여 GIS기반의 물통합 관리시스템 구축 방안 연구를 진행하였으며, 국토교통부 산하의 홍수통제소 홈페이지에서 실시간으로 관측된 수위, 댐, 보 정보를 GIS 환경에서 전달하고 있으며, 환경부 산하의 물환경정보시스템에서 BOD, COD 등의 수질정보를 GIS 환경에서 제공하고 있다. 또한 해외의 경우 미국 체사피크만 프로그램에서 체사피크만의 수질을 관측한 결과 값을 체사피크만 주민에게 웹GIS기반으로 정보를 제공함으로써 수질환경의 통합적인 관리를 수행하고 있다.

아울러, 모델을 GIS기반 시스템과 연계한 연구 사례로는 1990년대 초부터 꾸준히 진행되어 왔으며 최근 연구사례를 살펴보면, Sen et al. (2010)은 WASP모델의 DB를 GIS DB로 변환하는 방안을 소개하였으며, WASP 모델이 GIS 시스템과 통합하기 위한 개념적인 시스템 설계를 제시하였다. Park et al. (2011)은 1차원 하천수질예측모델인 QUAL2E와 수문형 GIS 툴인 HyGIS를 연계한 시스템 개발을 구축하였으며, Lee et al. (2012)은 국내 수질오염총량제(Total Maximum Daily Load) 지원을 위해 QUAL2E 모델을 이용하여 수질모의 및 삭감시나리오 작성 지원이 가능한 GIS기반의 시스템 개발에 관한 연구를 수행하였다. Kim et al. (2012)은 EFDC, WASP7, ArcGIS를 결합한 통합적 다차원 지표수 환경 관리 체계 및 적용에 관한 연구를 수행하였다. 또한 해외의 경우 미국 환경보호청(United States Environmental Protection Agency, US EPA)에서 하천유역의 환경 및 생태계 연구를 보조하기 위한 시스템으로 BASINS(Better Assessment Science Integrating point and Non point Source)를 개발하였다. 특히 BASINS는 환경정보의 취득을 용이하게 하고, 유역환경 연구와 모델링의 통합된 틀을 제공하며, 점오염원과 비점오염원 관리 및 분석을 지원하고 있다.

이와 같이 모니터링 및 모델 자료를 GIS기반 시스템에 활용한 연구는 다양하게 진행 중이다. 또한 환경모델과 GIS기반 시스템의 연계를 통하여 GIS기반 환경에서 모의 결과를 표출함으로써 사용자의 의사결정에 지원이 가능한 제반 연구를 수행하고 있다. 하지만 하구역 수질환경의 모니터링 자료 및 모델 자료를 효과적으로 관리 및 표출하여 통합적으로 관리가 가능한 GIS기반 시스템은 부족한 실정이다. 선행된 연구로는 Lee et al. (2011, 2012)이 분야별로 산재된 영산강 하구역 모니터링 DB의 구축 방안 및 표출 시스템 개발 방안은 제시하였으며, 영산강 유역을 HSPF 모델을 활용하여 오염원의 모의가 가능한 시스템 개발 방안을 제시하였다. 그러나 선행 연구사례는 영산강 하천 및 하구 수질환경의 모의가 불가능하다. 특히 하천 및 하구 수질환경의 경우 유역 환경과는 다르게 수질오염문제가 다양하여 수층별로 모의결과가 생성되고 이를 사용자가 효과적으로 판단하기 위한 표출방안이 필요하다. 아울러 모니터링 및 모델 자료를 GIS기반 시스템에 적용하여 하구역의 현재 및 미래 상황을 통합적으로 관리 및 표출할 수 있는 시스템이 부재하다.

따라서 본 연구에서는 연구대상지역을 영산강 하구역으로 선정하고 선행 연구에서 제시된 문제점을 고려하여 GIS기반 영산강 하구역 통합정보시스템을 개발하였다. 시스템 개발을 위하여 영산강 하구역의 현재 상황을 판단할 수 있는 2010 ~ 2012년 모니터링 자료를 수집하고 이를 DB로 구축하여 시스템에 사용하였다. 또한 영산강 하구역에 적합한 모델을 선정하여 보정이 완료된 모델 자료를 수집하였으며, Loose coupling 연계 방법을 통하여 GIS기반 시스템과 선정

된 모델의 연계를 진행하였다. 최종적으로 GIS기반 영산강 하구역 통합정보시스템을 개발하고 모니터링 및 보정이 완료된 모델 자료를 적용하여 시스템 적용 및 표출 방안을 고찰하였다.

1.2 연구목적과 범위

본 연구의 주요 목적은 모니터링 및 모델 자료를 활용하여 영산강 하구역 수질환경의 현재 상황 판단 및 미래 상황 예측을 지원하기 위한 GIS기반의 통합 정보시스템을 개발하는데 있다. 이를 지원하기 위하여 영산강 하구역에서 관측된 모니터링 자료를 수집하였으며 하구역 상황에 적합한 모델을 선정하고 GIS 기반 시스템과의 연계방법을 마련하였다. 선정된 모델은 유역 지역을 모의하기 위한 HSPF(Hydrological Simulation Program-Fortran) 모델과 하천 및 하구 지역을 모의하기 위한 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모델로 선정하였다. 유역 지역을 모의하는 이유는 하구역이 유역에서 발생한 오염원이 해양으로 유입되는 통로이기 때문이다. 최종적으로 수집된 모니터링 및 모델 자료와 모델 연계 방법을 기반으로 시스템 개발을 진행하였다.

2. 연구 내용

2.1 연구대상지역

연구대상지역은 영산강 하구역으로 선정하였다. 영산강 하구역은 오랜 시간 호남지역의 산업 및 생활

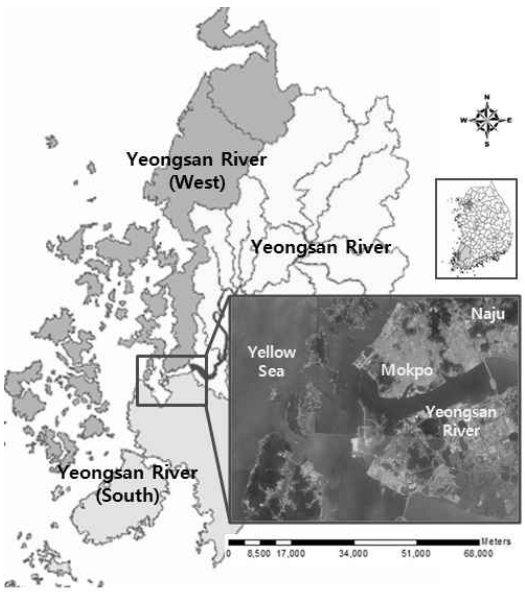

Fig. 1. Study area

활동의 중심지로 이용되어 왔다. 하지만 산업 활동 및 인간 생활 활동의 결과로 진행된 도시화, 하구둑 건설, 간척활동 등으로 인하여 수질환경 훼손이 심각한 지역이다. 특히 광주, 목포 등 인구가 밀집된 대도시와 국내 최대 곡창지대인 나주평야가 위치하고 있어 유역에서 유입되는 오염원의 영향에 민감한 특징을 지니고 있다(Fig. 1).

2.2 모니터링 DB 구축

연구대상지역인 영산강 하구역의 현재 상황을 파악하기 위하여 모니터링 DB를 구축하였다. 모니터링 DB는 2010년부터 2012년까지 실제 영산강 하구역에서 관측된 자료를 기반으로 수질, 생태, 유동/퇴적 항목으로 구성하고 속성 및 도형 DB로 분류하여 구축하였다. 수질분야에는 하구역의 종합적인 수질 및 저질 환경을 파악하기 위해 하천/하구호 수질 및 저질, 하구 수질 및 저질의 관측 데이터를 수집하였다. 또한 생태 분야는 하구역의 유기적인 생태관계를 파악하기 위하여 동물 및 식물 플랑크톤, 미생물 박테리아 등의 데이터를 수집하였다. 마지막으로 유동/퇴적 분야는 관측장비 ADCP, CTD를 사용하여 관측한 정점 연속관측 및 이동관측 데이터를 수집하였다. 구축된 모니터링 DB는 분야별로 데이터 형태, 속성정보, 관측년도, 정점개수, 좌표계 등의 메타 정보를 정리하여 Table 1에 나타내었다. 특히, 속성 정보 중에서 수심별로 조사된 항목을 표시하여 시스템에 적용하였다. 수집된 모니터링 데이터는 시스템 활용을 위해 모니터링 DB로 구축되었으며, 속성 DB와 도형 DB로 분류되어있다. 우선, 속성 DB는 개념적, 논리적, 물리적 DB 설계를 통하여 DB 구축을 수행하였다. 개념적 설계 단계에서는 관측항목의 속성을 정의한 분야별 엔티티간의 관계를 정의하였으며 논리적 설계 단계에서는 전체적인 데이터의 이해와 파악이 용이하도록 ERD(Entity Relation Diagram)를 작성하였다. 또한 물리적 설계 단계에서는 앞서 작성된 ERD를 통해 필드명, 테이블 길이, 필드 형태, 키 필드 등을 정리한 상세 테이블 내역서를 작성하였다(Lee et al., 2011). 여기서 키 필드는 속성 DB를 도형 DB와 연계하기 위해 정의된 Primary Key를 의미한다. 도형 DB는 관측지점에서 GPS 장비를 통해 획득한 좌표 정보를 ESRI사의 ArcGIS 소프트웨어를 통하여 도형 정점으로 생성하고 시스템 활용을 위하여 좌표계를 통일하였다. Fig. 2는 구축된 모니터링 DB에서 수질 분야의 주요 도형 DB를 연구 대상 지역에 표출한 화면이다.

Table. 1. Breakdown of Monitoring DB

Category	Field	Detail	Format	Attribute	Year	Num	Coordi.
Monitoring	Water quality	River/Lake	*.shp(point)	Do, SS, pH, Depth etc.	2010 ~ 2012	24	ITRF 2000
			*.mdb				
		Estuary	*.shp(point)	Temperature, TOC, T-P etc.	2010 ~ 2012	53	ITRF 2000
			*.mdb				
	Ecology	Benthic ecosystem	*.shp(point)	Appearance species, Concentration etc.	2010 ~ 2012	15	ITRF 2000
			*.mdb				
		Phytoplankton	*.shp(point)	chl-a, Species, Composition etc.	2010 ~ 2012	13	ITRF 2000
			*.mdb				
		Zooplankton	*.shp(point)	chl-a, Species, Composition etc.	2010 ~ 2012	12	ITRF 2000
			*.mdb				
		Microorganism	*.shp(point)	biomass avg, stdv etc.	2011 ~ 2012	11	ITRF 2000
			*.mdb				
		Nutrient	*.shp(point)	SOD, WOD etc.	2012	10	ITRF 2000
			*.mdb				
	Flow-sediment	Flow	*.shp(point, line)	Flow, Depth, Direction etc.	2010 ~ 2012	28	ITRF 2000
			*.mdb				
		Sediment	*.shp(point)	S, SSC, Depth etc.	2010 ~ 2012	29	ITRF 2000
			*.mdb				

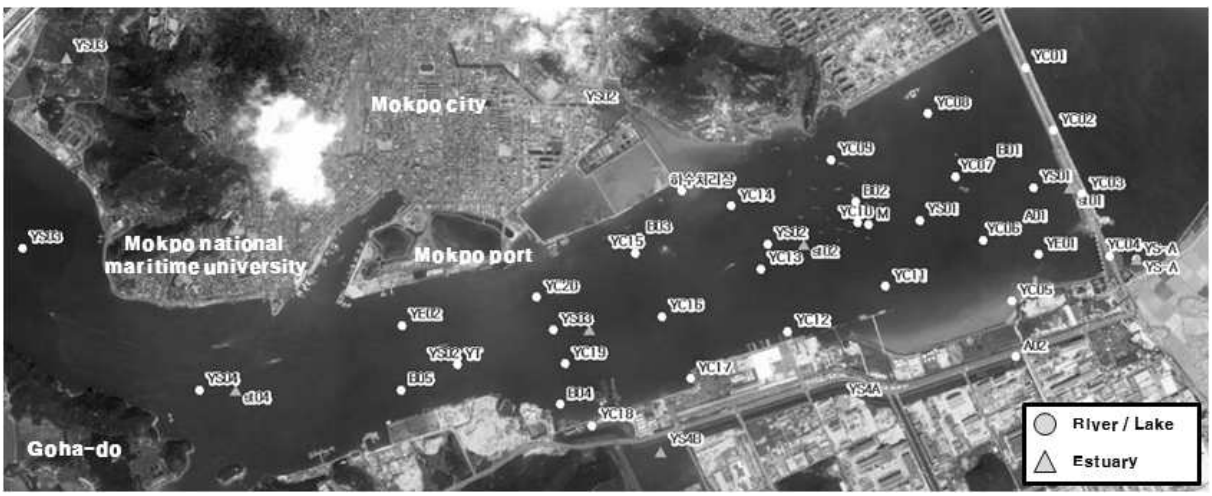

Fig. 2. Spatial DB of water quality

2.3 모델 연계 정의

본 연구에서는 EFDC 및 HSPF 모델을 통합정보시스템과 연계하여 시스템 개발을 진행하였다. EFDC 모델은 버지니아 해양환경과학 연구소(Virginia Institute of Marine Science)에서 개발된 3차원 수리동역학모델로써 유체의 이동, 염분 및 온도 모의 외에도 흡착성 또는 비흡착성 부유물질의 이동, 오염원 유입에 의한 희석, 부영양화 기작, 독성 오염물질의 이동/반응 등의 모의가 가능하다. 특히 EFDC 모델은 유동 부분 모의 영역에서 댐, 암거 등의 치수 구조물 해석뿐만 아니라 Wet/Dry 기법으로 조석간만의 영향이 큰 조간대 지역도 모의가 가능하다(An et al., 2009). 이에 따라 넓은 조간대 지역이 분포되어 있는 영산강 하구역에 적합하다고 판단하여 시스템에 연계하였다. 하지만 EFDC 모델의 모의 영역은 하천 및 하구 영역에 제한되어 있다. 하구역 수질환경의 미래 상황을 체계적으로 예측하기 위해서는 유역 지역의

모의가 수행 되어야만 가능하다. 이는 하구역의 공간적인 범위가 하구의 수역뿐만 아니라 수역에 영향을 미치는 유역을 포함하는 지역을 포괄하기 때문이다(Lee et al., 2008). 따라서 유역지역을 모의하기 위하여 HSPF 모델을 시스템에 연계하였다. HSPF 모델은 투수 지역과 불투수 지역이 혼재되어 있는 복잡한 유역의 수리 및 수질에 관한 오염물질들의 현상을 모의하기 위하여 미국 환경보호청에서 개발되어 수문 및 수질학적으로 광범위하게 사용되어 왔다(Albek et al., 2004). 국내에서는 유역 지역의 오염원 및 비점오염원, 유량 산정 모의에 많이 활용되고 있다(Jeon and Lee, 2012). EFDC 모델과 HSPF 모델 자료는 해양수산부 산하의 한국해양과학기술진흥원의 사업 과제에서 연구되어 모델 검증이 완료된 자료를 사용하였다. 모델 연계는 Fig. 3과 같이 Loose coupling 연계 방법을 선택하였다. Loose coupling 연계 방법은 사용자가 시스템 외부에 존재하는 수질모델에서 필요한 입력 및 출력 자료만을 GIS 시스템을 통하여 교환하는 방식이다. Loose coupling 연계 방법은 이미 신뢰도 높은 수질 모델을 사용함으로써 안정적이며, 사용자가 필요한 항목만을 선정하여 시스템에 적용함으로써 시스템을 개발하는데 시간 및 비용이 단축되는 장점이 있다.

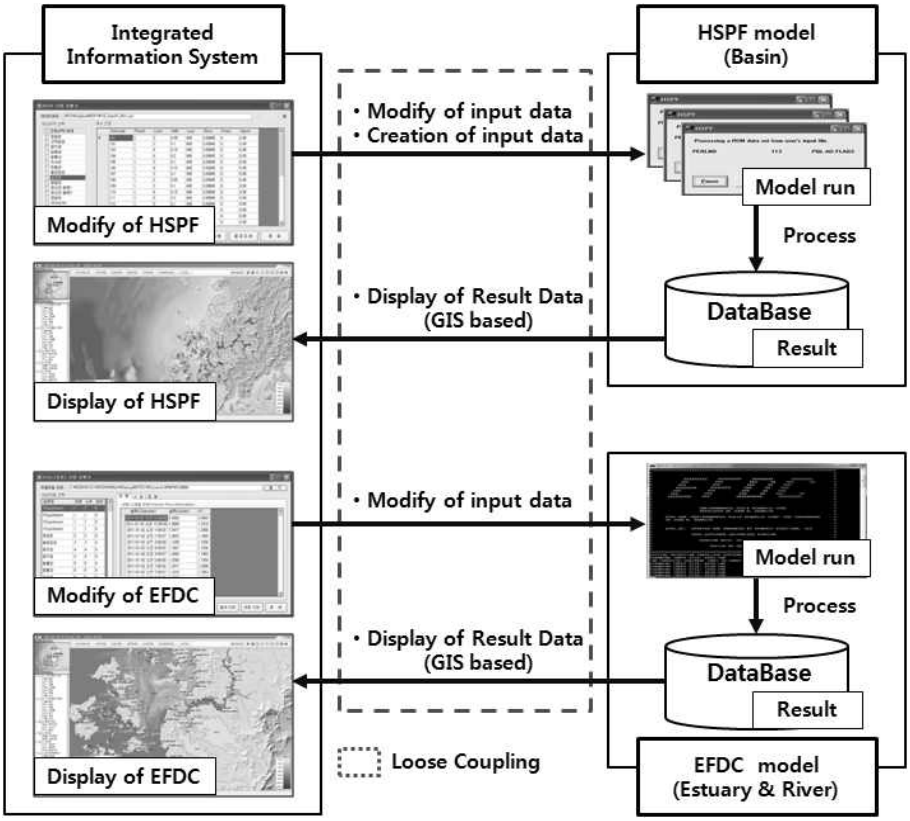

Fig. 3. Link Composition of system and model

3. 시스템 개발

3.1 시스템 개발환경 정의

GIS기반 하구역 통합정보시스템의 개발환경은 Fig. 4와 같다. 개발환경은 전세계적으로 널리 쓰이고 체계적인 지원체계를 갖추고 있어 기술지원이 용이한 MS사의 VB.NET 2010를 개발언어로 선정하였다. 또한 속성 및 도형 DB의 지도 기반 가시화를 위하여 ESRI사의 ArcObjects 10과 추이분석 지원을 위하여 Software FX사의 Chart FX 7을 컴포넌트로 구성하였다. 여기서 ArcObjects는 지리정보시스템에 대한 기능과 인터페이스를 구현하는데 탁월하며 Chart FX는 그래프 기능 구현에 특화되어 있는 컴포넌트이다. 아울러 시스템의 연계 모델은 유역 지역을 모의하기 위한 HSPF 모델과 하천 및 하구 지역을 모의하기 위한 EFDC 모델로 선정하였다. 모델과 시스템의 연계방법은 앞서 설명한 Loose coupling 연계방법을 적용하였다.

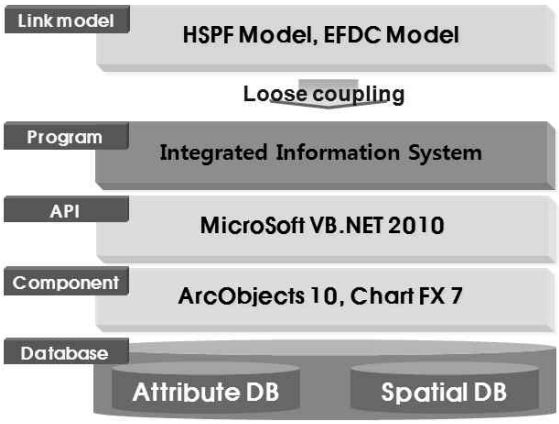

Fig. 4. Development environment

3.2 시스템 GUI

시스템 메인 GUI는 Fig. 5와 같이 메뉴, 트리뷰, 인덱스 맵, 맵 컨트롤, 지도조작 영역으로 구성하였다. 메뉴 영역에서는 모니터링 DB 다운로드, HSPF 및 EFDC 모델 실행기를 호출하여 사용자가 유역 및 하천/하구 지역의 수질 모의를 수행할 수 있다. 또한 트리뷰에서는 GIS 레이어와 모니터링 도형 DB를 사용자가 선택하여 맵 컨트롤에 표출할 수 있다. 아울러 인덱스 맵은 사용자가 맵 컨트롤에서 보고 있는 화면과 동기화하였으며, 간단한 지도조작 기능을 통하여 시스템 활용의 편의성을 높였다(Lee et al., 2012).

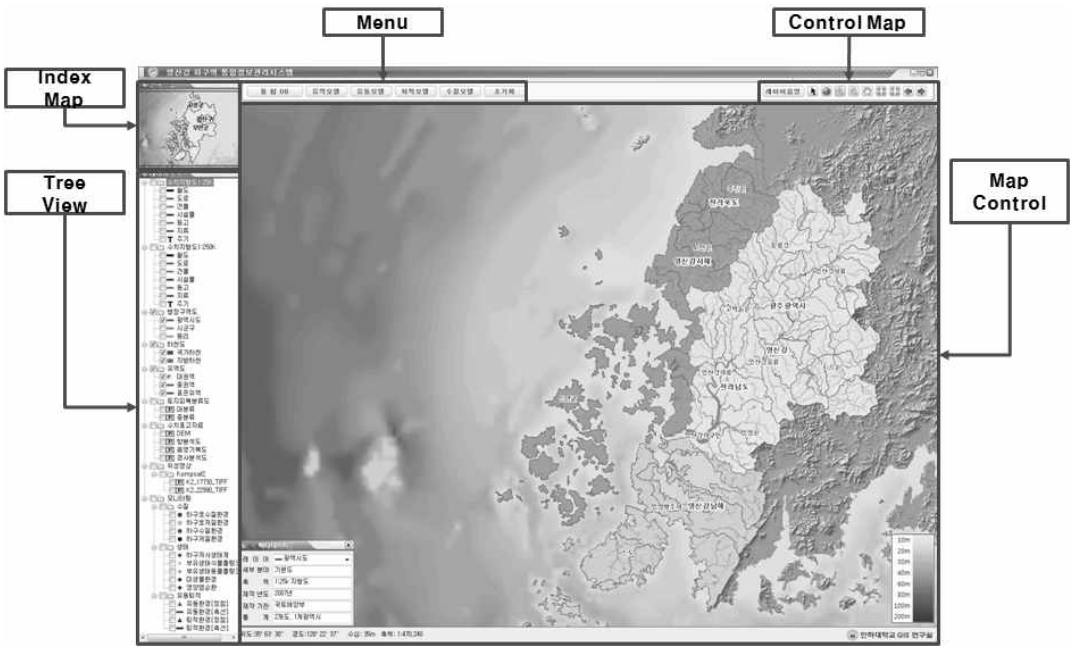

Fig. 5. Main GUI

3.3 시스템 구성

Fig. 6은 통합정보시스템 구성을 나타내며, 시스템은 크게 도형 및 속성을 저장하는 공간 DB 부분과 영산강 하구역의 현재 상황 파악 및 미래 상황 예측을 지원하기 위한 기능 부분으로 구분하였다. 공간 DB 부분은 수집된 모니터링, 모델, GIS 자료를 도형 DB 및 속성 DB로 구축하여 요구되는 시스템 기능에 맞추어 적용하였다. 기능 부분에서는 사용자 요구분석을 수행하여 다섯 가지 주요 기능으로 구성하였으며, 세부적으로 지도 조작, 메타데이터 조회, 모니터링 DB 조회, HSPF 모델 연계, EFDC 모델 연계 기능을 포함시켜 개발하였다. 지도 조작 기능은 사용자가 시스템을 편리하게 활용하기 위하여 지도 확대, 축소, 이동 기능과 현재 활성화된 화면의 축척 및 마우스 포인터의 좌표를 표시하는 기능이다. 메타 데이터 조회는 시스템에 입력된 공간 DB를 조회할 수 있으며 사용자가 모니터링 DB의 초기 데이터를 다운로드 받을 수 있는 기능이다. 모니터링 조회는 수질, 생태, 유동/퇴적으로 구성된 모니터링 DB를 지도기반 환경에서 조회할 수 있는 기능이다. HSPF 모델 연계는 Loose coupling 연계방법으로 시스템과 연계하여 사용자가 입력자료 수정, 모델 실행, 결과자료 조회 기능을 수행하는 기능이다. EFDC 모델 연계는 HSPF 모델 연계와 비슷하지만 결과자료 변환 기능이 추가된 점에서 차이가 있다. 결과자료 변환 기능이란 텍스트 형태의 EFDC 모델 모의 결과를 이미지 형식으로 출력하는 기능을 의미한다.

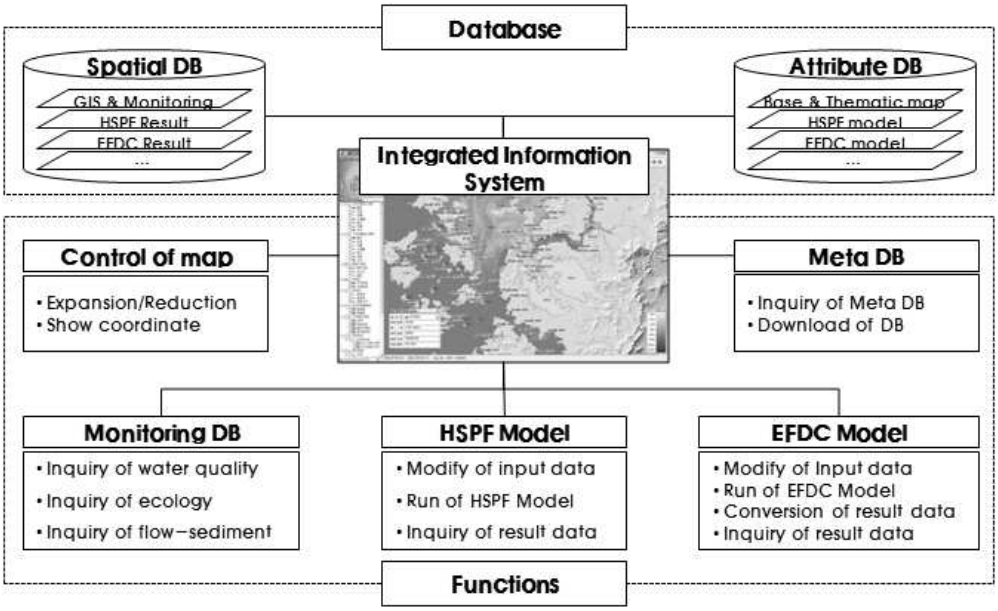

Fig. 6. Composition of System

3.4 시스템 적용

영산강 하구역을 관측한 모니터링 DB와 모델 DB를 시스템에 적용하여 GIS기반의 시스템 적용 및 표출 방안에 대하여 고찰하였다. 먼저 영산강 하구역의 현재 상황을 판단할 수 있는 모니터링 DB는 트리뷰에 관측 분야별로 분류하여 표시하였다. 표시된 모니터링 관측 분야를 선택하면 맵 컨트롤에 모니터링 관측 정점을 나타내는 도형 DB가 표출되며, 관측 정점을 선택하면 관측 정점에 대한 속성 정보를 표출하는 속성창이 Fig. 7과 같이 나타난다. 속성 창은 '관측년도', '관측정보', '관측날짜', '수층', '깊이'를 검색항목으로 분류하여 사용자가 원하는 시간 및 지역에 대하여 영산강 하구역 수질환경을 나타내는 수질 관측 항목을 확인할 수 있다. 이를 통하여 사용자는 영산강 하구역 수질환경의 현황을 파악할 수 있으며 관측 항

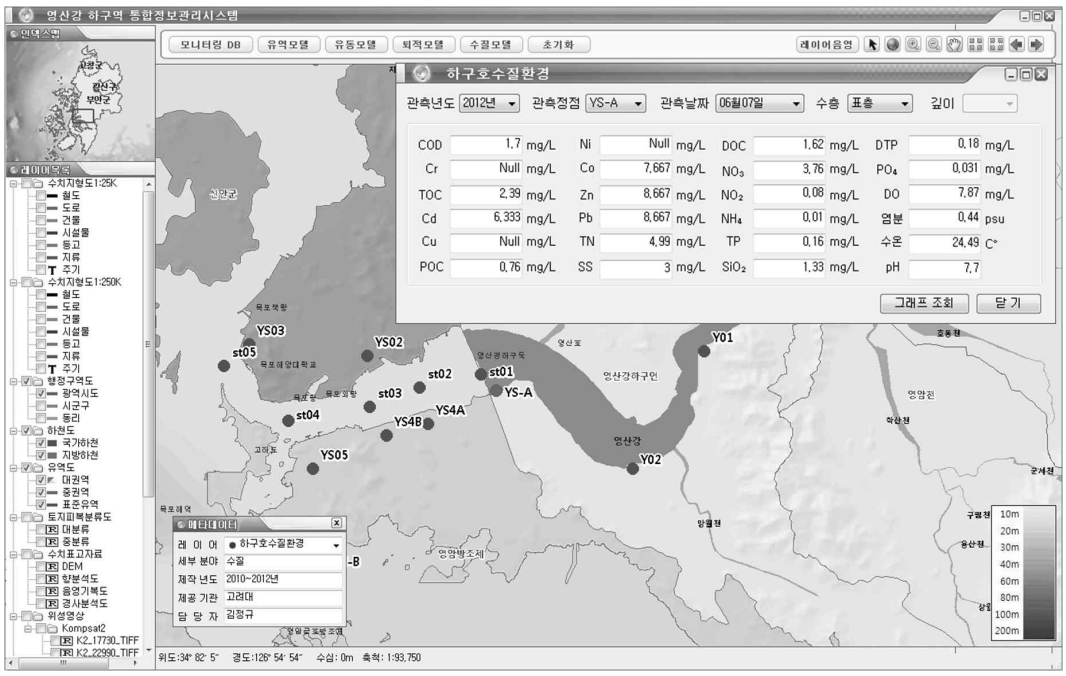

Fig. 7. Inquiry of Monitoring DB

목의 비교 및 분석을 통하여 수질문제를 제시할 수 있다. 또한 토지피복도, 위성영상 등의 GIS 레이어의 중첩을 통하여 사용자는 연구 대상지역의 수질환경에 영향을 미치는 토지 사용 현황을 파악할 수 있다.

미래 하구역의 현황을 예측하기 위해서는 하구역의 지리적 특성으로 인하여 유역 지역의 모의가 필수이다. 따라서 본 연구에서는 유역 지역을 모의하기 위하여 HSPF 모델을 시스템과 연계하였으며, 보정이 완료된 HSPF 모델 자료를 활용하여 시스템 활용방안을 살펴보았다. 시스템에서는 HSPF 모델의 오염원 자료 수정 및 모델을 실행하여 유역 지역에 대하여 모의를 수행할 수 있다. 또한 모의 결과는 유량, 수온, BOD, 질산성질소, 인산염인, T-N, T-P 등이며 도서지역의 경우 면적비를 적용하여 결과를 산출하였다. Fig. 8은 HSPF 모델 모의 결과를 하천 및 하구의 경계 지점에 Color Ramp 함수를 통하여 맵 컨트롤에 표출한 화면이다. Color Ramp에 사용된 색인은 환경부에서 정의한 수질색인표를 활용하여, 수질오염이 심각한 지역은 빨간색으로 양호한 지역은 파란색으로 표시하였다. 이를 통하여 유역 지역의 다양한 예측이 가능하며, 모의 결과를 하천 및 하구 경계지역의 입력값으로써 활용이 가능하다.

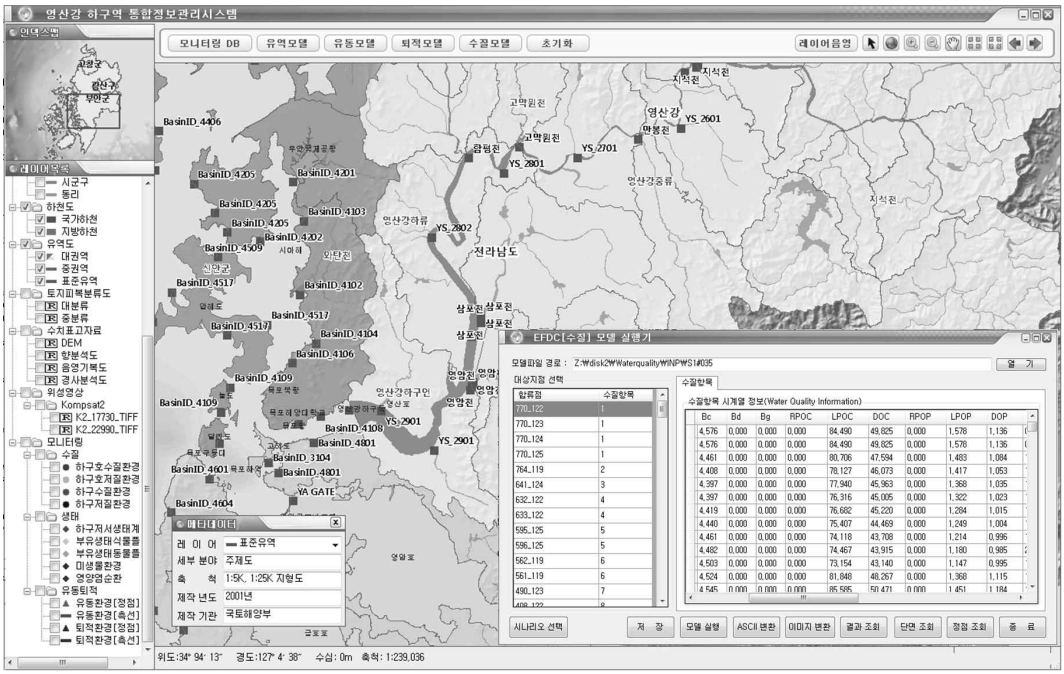

Fig. 8. Inquiry of input Data

하천 및 하구 수질오염 문제를 효과적으로 예측하고 활용하기 위해서는 수층별 모의 결과가 생성되어야 한다. 하지만 기존의 연구에서는 수층을 고려하여 하천 및 하구의 수질오염 문제를 신속하게 판단하기 위한 표출방안이 부재하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 수체의 유동 및 물질수송을 3차원으로 모의가 가능한 EFDC 모델을 시스템과 연계하여 하천 및 하구의 수층별 수질환경을 예측이 가능하게 하였다. 시스템에서는 입력 자료를 수정 및 구성할 수 있으며, 수층별로 모의가 완료된 T-P, T-N, 용존산소 등의 모의 결과를 지도, 텍스트, 그래프 기능을 활용하여 GIS 기반의 표출 방안을 제시하였다.

Fig. 9는 문자 및 수치 형태로 출력된 모의 결과를 표층과 저층의 차이값을 지도 형태로 변환한 후 모의 결과 이미지를 출력하여 시스템에 표출한 화면이다. 이와 같이 표층과 저층의 모의 결과 차이를 지도화하여 시스템에 표출함으로써 사용자는 하천 및 하구의 수질 환경을 예측할 수 있으며, 모의 결과의 공간적 분포를 파악할 수 있다. 또한 모의 시간 및 간격에 따라 연속적인 이미지를 출력하는 애니메이션 기능을 활용하여 사용자는 수질 변화양상의 시계열 분석이 가능하다. 아울러 모의 결과 이미지를 맵 컨트롤에 표출함으로써 모니터링 DB 및 유역 지역을 모의한 HSPF 모델 모의 결과와 중첩 분석이 가능하다.

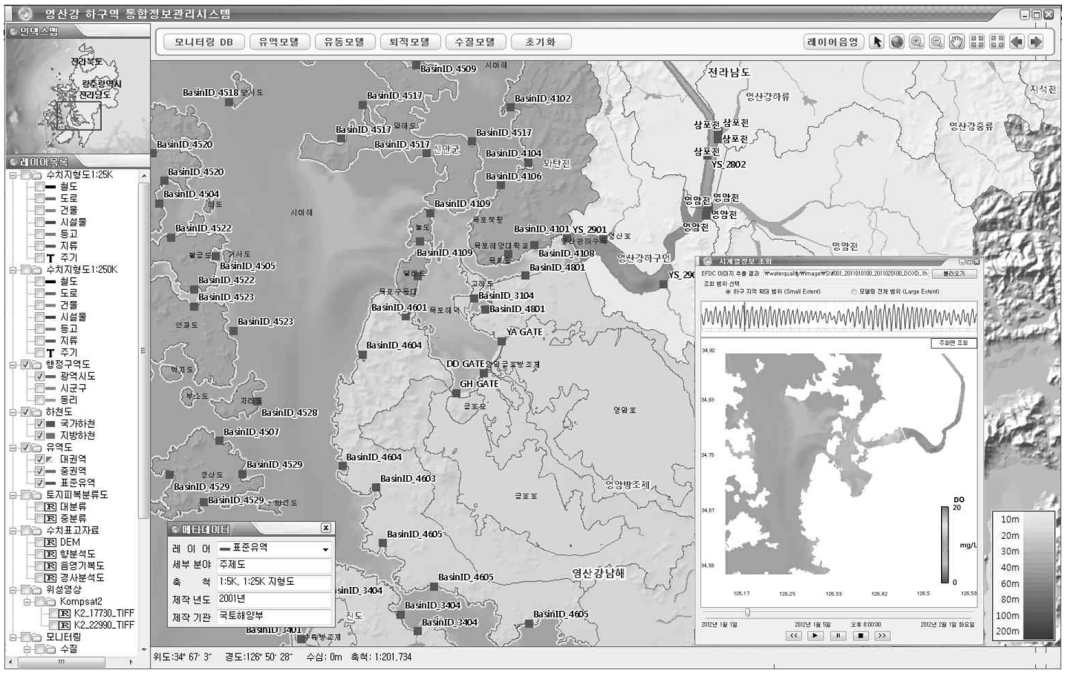

Fig. 9. Inquiry of spatial distribution

Fig. 10은 EFDC 모델 모의 결과의 주요 정점에 대한 수층별 결과를 텍스트 형태로 출력한 화면이다. 사용자는 텍스트 형태로 출력된 모의 결과와 모니터링 조회를 통한 모니터링 DB와 HSPF 모델 모의 결과를 비교하여 수질환경에 대하여 정량적으로 판단할 수 있다.

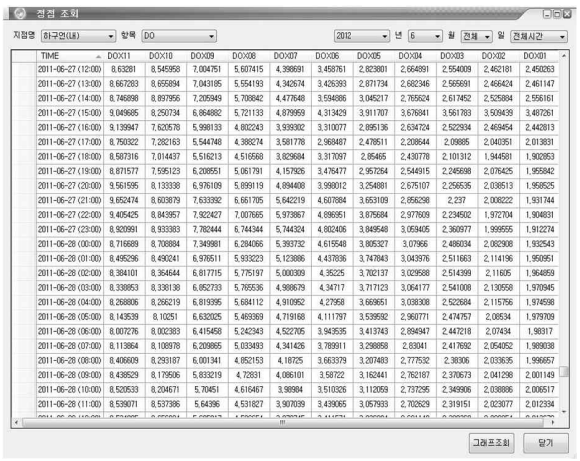

Fig. 10. Inquiry of figures

아울러 Fig. 11과 같이 사용자는 그래프 조회를 통하여 수층별 모의 결과를 파악할 수 있다. 특히 애니메이션 기능을 활용하여 모의 시간 및 간격에 따라 수층별 모의 결과의 추이를 파악할 수 있으므로 수질오염 문제를 분석시 효과적일 것으로 판단된다.

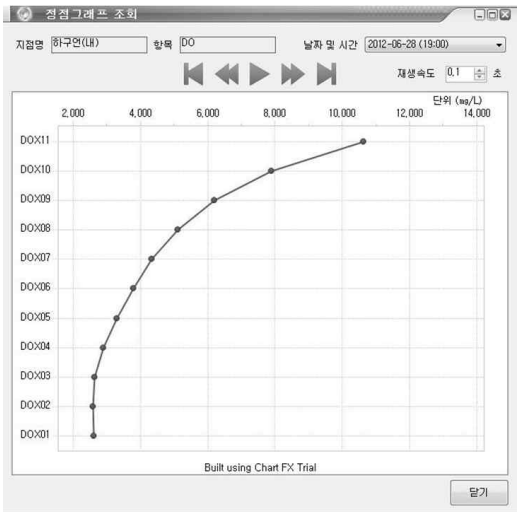

Fig. 11. Inquiry of graphy

4. 결 론

본 연구에서는 영산강 하구역 수질환경의 현재 상황 파악과 미래 상황예측을 지원하기 위한 GIS기반 하구역 통합정보시스템을 개발하였다. 이를 위하여 모니터링 자료 등 관련 자료를 수집 및 구축하였으며, 유역 지역을 모의하기 위한 HSPF 모델, 하천 및 하구 지역을 모의하기 위한 EFDC 모델을 시스템과 연계하였다. 또한 시스템 개발환경을 정의하고 구축된 DB를 기반으로 지도 조작, 메타데이터 조회, 모니터링 DB 조회, HSPF 모델 연계, EFDC 모델 연계 기

능을 개발하였다. 이와 같이 본 연구를 통해 개발된 시스템은 영산강 하구역의 현재 상황 파악과 유역, 하천, 하구를 포괄하는 하구역의 미래 상황 예측을 지원할 수 있다. 이는 향후 영산강 하구역 수질환경 변화에 대해 통합적인 관리 방안 마련의 근거로 활용이 가능하다. 특히, 수층별로 결과가 생성되는 EFDC 모델의 모의 결과를 지도, 텍스트, 그래프 표출 기능을 활용하여 모의 결과를 표출함으로써 사용자의 공간적인 이해도를 높일 수 있을 것으로 판단된다. 아울러 하구역 수질환경 관리를 위한 BMPs(Best Management Practices) 수립에도 직접 활용이 가능할 것으로 기대된다.

그러나 본 연구에서는 모니터링 및 모델 자료를 활용하여 영산강 하구역의 현재 상항 판단과 미래 상황 예측을 효과적으로 지원하는 시스템 개발은 완료하였지만, 수질 오염 및 관리를 위한 실용적인 시나리오는 적용되지 않았다. 부영양화, 성층현상, 빈산소수괴의 등의 다양한 수질 문제를 해결하기 위해서는 반드시 관리 시나리오가 적용되어야 한다. 또한 향후에는 사용자의 사용자의 의사결정에 실질적 근거자료가 되는 GIS기반의 의사결정 지원시스템이 개발되어야 한다. 이를 위해서는 사용자의 실무적용에 대한 활용방안 및 GIS 기반의 관리 시나리오 연구 및 고찰이 지속적으로 수행되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 해양환경기술개발사업의 일환인 “하구역 종합 관리시스템 개발연구”와 공간정보 전문 인력 양성사업, 그리고 인하대학교의 지원에 의하여 연구 되었습니다.

References

Albek, M, Ogutveren, UB and Albek, E (2004). Hydrological modeling of seydi suyu watershed (Turkey) with HSPF, *J. of Hydrology*, 285, pp. 260-271.

An, GH, Yum, GT, Ban, YJ, Son, BY, and Byun, CY (2009). Status and development direction of water quality model at reservoir in domestic and foreign area, *Magazine of Korea water resources association*, 42(8), pp. 83-92.

Chesapeack Bay Program, http://www.chesapeakebay.net/.

Jeon, JH and Lee, SB (2012). Automatic calibration for noncontinuous observed data using HSPF-PEST, *J. of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 54(6), pp. 111-119.

Kim, JH, An, SY, Park, MW, and Yoo, HJ (2012). An integrated multidimensional management system of surface water environment through the combination of EFDC, WASP7, MFEMWASP, and ArcGIS, *J. of the Environment*, 9(1), pp. 45 -56.

Kim, KH (2007). *Environmental Geographic Information System*, munundang, pp. 188-194.

Lee, CH and Kang, DS (2008). Emergy evaluation of the estuarine areas of Yeongsan River, Seomjin River, and Han River in Korea, *J. of The Korean Society of Marine Environment & Safety*, 14(2), pp. 135-143.

Lee, CY and Kim KH (2008). Development of GIS based water quality simulation system for Han River and Kyeonggi Bay Area, *J. of Korea Spatial Information System Society*, 10(4), pp. 77-88.

Lee, CY, Kim, KH, Lee, H, and Ryu, KH (2012). A study on the development of GIS based mitigation scenario support system using QUAL2E model for TMDL, *J. of Korean Society of Environmental Engineers*, 34(3), pp. 177-188.

Lee, SJ, Kim, KH, and Seo, JT (2011). A study on the development of GIS based integrated DB management system for ecological environmental management of Yeongsan estuary, *J. of Korean Wetlands Society*, 13(3), pp. 593-602.

Lee, SJ, Kim, KH, Lee, CY, and Lee, GH (2012). A study on the development of GIS based water quality simulation system using HSPF in basin of Yeong-san River, *J. of Korean Wetlands Society*, 14(4), pp. 645-656.

Ministry of environment, Water information System, http://water.nier.go.kr/.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Han River Flood Control Office, http://www.hrfco.go.kr/.

Ministry of Oceans and Fisheries, Korea Institute of Marine Science & Technology (2011). *Development of Integrated Estuarine Management System*.

Park, IH, Kim, KT, and Ha, SR (2011). Development of Qual2E interface system coupled with HyGIS, *J. of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 14(2), pp. 96-108.

Sen, P, George, F, and Xin-hua Z (2010). Integration of USEPA WASP model in a GIS platform, *J. of Zhehiang university-SCIENCE*, 11(12), pp. 1015-1024.

Seo, DJ, Song, DH, and Lee, SJ (2009). Strategies for the integrated water management system based on GIS, *Proceedings of the 2009 Conference of The Korea Contents Association, Korean Wetlands Society*, pp. 463-466.

United States Environmental Protection Agency, http://epa.gov/.

○ 논문접수일 : 2013년 11월 18일
○ 심사의뢰일 : 2013년 11월 20일
○ 심사완료일 : 2013년 12월 31일