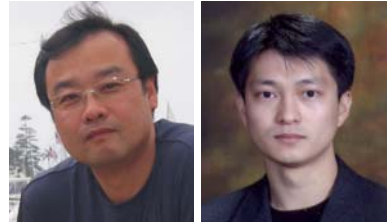


# 수자원 GIS와 프런티어 사업의 HyGIS

김 경 탁\* · 최 윤 석\*\*

\*한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원

\*\*한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원



## 1. 서 론

이제 GIS(Geographic Information System)라는 용어가 특정분야에서 한정된 사람만이 이용하는 뭔가 특별한 것이라는 느낌은 들지 않는다. 물론, 일반인 중에는 아직 GIS라는 용어를 모르는 사람들도 있을 것이다. 하지만 이들도 인터넷을 통해 제공되는 전자지도서비스라던가 차량용 길 안내시스템(Navigation System) 등을 통해 이미 자연스럽게 GIS와 접하며 생활하고 있다.

GIS기술은 1960년대 캐나다에서 토지 및 환경정보시스템 구축 사업에서 처음 소개된 후 벌써 40년이 넘게 발전되어오고 있다. 초기에는 선진국의 전유물이었던 것이 표준화와 더불어 80년대 초 Intergraph, ESRI와 같은 거대기업이 탄생하게 되면서 발전을 거듭하여, 이후로는 개발도상국 등으로 확대 보급되기 시작하였다.

수자원 분야에서도 GIS 기술은 수문현상에 영향을 미치는 토양, 토지이용, 유역의 지형학적 특성인자 등의 정보를 객관적인 방법으로 시간과 인력을 절약하며, 획득하기 위한 수단으로 사용되기 시작하였으며 그 효용성은 다각적으로 입증되고 있다. 본 고에서는 수자원분야에서 이용되고 있는 GIS의 의미를 살펴보고 이와 관련하여 저자가 참여하고 있는 연구팀에서 개발하고 있는 HyGIS(Hydro Geographic Information System)에 대해 소개하고자 한다. 이는 21세기 프런티어 연구 사업단의 하나인 『수자원의

지속적 확보기술 개발 사업단』의 지원으로 이루어지고 있는 과제로 순수 국내기술로 GIS DB를 기반으로한 수자원 모형 연계 시스템을 개발하고자 하는 과업이다.

## 2. 수자원 GIS

GIS는 지형정보시스템, 지리정보시스템 또는 지리정보체계 등 여러 가지 용어로 번역되어 사용되기도 한다. 『수자원 GIS』는 수자원과 관련된 지리, 지형 정보에 대한 시스템이라 할 수 있다. 여기서 정보라는 말을 살펴보고 넘어갈 필요가 있다. 일반적으로 컴퓨터 용어로 데이터(data), 정보(information), 지식(knowledge)이라는 단어가 사용되는데 “데이터”란 정보작성을 위해 필요한 자료를 말하는 것으로 이는 아직 특정의 목적에 대하여 평가되지 않은 상태의 단순한 여러 가지 사실이다. 이것을 일정한 프로그램에 따라 컴퓨터가 처리·가공함으로써 특정 목적을 달성하는데 필요한 “정보”가 생산되고, 또 “지식”이란 이와 같은 동종의 정보가 집적되어 일반화된 형태로 정리된 것으로, 어떤 특정 목적의 달성에 유용한 추상화되고 일반화된 정보라 할 수 있다.

한편, 건설교통부 『물 정보화 사업』에서도 수자원 관리를 위한 정보화를 위해 크게 기초자료관리시스템, 분석시스템, 정책지원시스템을 단계별로 개발하고자 노력하고 있다. 이들 단계에서 분석시스템은 기초자료관리시스템에서 제공하는 “데이터”를 이용하여 새로운 “정보”를 얻고자

하는 것으로 이들에 해당되는 것으로는 물수지분석시스템, 용수수요추정시스템, 홍수예경보시스템, 수문·수질분석시스템 등이 해당된다. 현재까지 건설교통부에 의해 GIS와 관련된 수자원 정보화 추진 현황을 살펴보면 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS), 수자원단위지도, 하천관리지리정보시스템(RIMGIS), 전국하천망전산화 등을 들 수 있으며 이들은 결국 기초자료관리시스템들의 역할을 수행하는 것들이라 할 수 있다.

따라서, 이들 시스템을 효율적으로 연동하여 분석시스템을 개발하기 위해서는 DB(Data Base)기반으로 시스템이 운영되도록 개발되어야 할 것이며, 본 고에서 소개하고자 하는 HyGIS의 개발은 GIS DB를 기반으로 운영되는 분석시스템의 기본 틀을 만들고자 하는 노력에서 시작 되었다고 할 수 있다.

초기, 수자원 분야에서의 GIS 활용은 수문분석을 위한 모형의 입력 자료 생성과 모의 결과를 가시화 하는데 주로 이용되어 왔다. 그러나 최근 들어 모형과 GIS의 통합운영, 공간 DB와 시계열 DB의 통합운영 및 모형과의 연계 등을 토대로 유역의 수리·수문·수질 분석시스템과 유역관리 시스템을 구축하기 위한 핵심기술로 발전하고 있다. 이와 같이 수자원 분야에서 GIS DB를 활용하기 위한 기술은 주로 미국을 중심으로 발전하여 왔으며, 최근에는 시공간 DB의 통합 운영 모델인 ArcGIS Hydro Data Model (2002)이 발표되었으며 이 데이터 모델(Data Model)을 구현하기 위한 툴인 ArcTools 및 이를 기반으로 GIS와 기존의 수리·수문·수질 모형을 연계 운영할 수 있는 많은

시스템들이 개발되고 있다.

### 3. HyGIS

#### 가. HyGIS의 개요

HyGIS는 앞에서 언급하였듯이 순수 국내 기술로 GIS DB 기반으로 수자원 분야의 다양한 응용프로그램을 손쉽게 적용하여, 수리·수문·수질 분석 및 유역관리 분야에서 편리하고 유용하게 활용하기 위해 개발되었다. HyGIS에서는 수문학적 DEM 분석 및 공간정보 생성, 선형참조 (Linear Referencing)가 가능한 하천 네트워크 생성, 유역 시설물 관리 등의 기능을 제공한다. 따라서 HyGIS는 HyGIS 자체적으로 활용될 수도 있으나 GIS DB 기반의 분석시스템 및 하천네트워크 기반 유역관리시스템으로 활용될 수 있다.

HyGIS는 GDK(GEOMania Development Kits)와 Visual Basic을 이용하여 개발 되었고, 국산 GIS Engine 인 GEOMania Pro/3D의 확장모듈로 제공되고 있으며, 시스템의 확장성을 확보하기 위해 컴퍼넌트 기반으로 개발 되었다.

#### 나. HyGIS 데이터 모델

HyGIS는 DB를 기반으로 하는 시스템이며, 유역의 시공간 DB를 통합 운영할 수 있다. 공간 DB는 GEOMania의 고유 DB인 GSS를 이용하고, 비공간 DB와 시계열 DB는 MDB를 이용하고 있다. 이와 같이 DB 기반의 시스템을 설계하기 위해서는 반드시 그 시스템의 목적에 맞는 데이

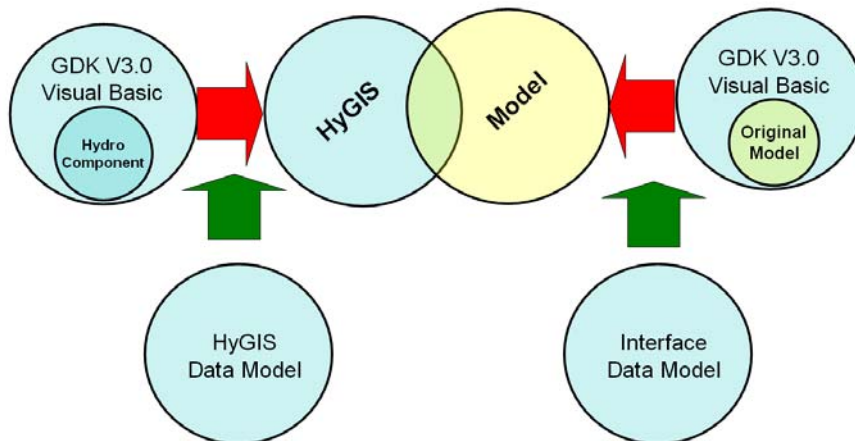


그림 1 HyGIS 데이터 모델의 개발 개념

터 모델의 개발이 필요하다. 특히 수자원 분야에서 필요로 하는 지리정보시스템의 구축을 위해서는 수자원 정보만이 갖는 독특한 특성을 구현할 수 있는 데이터 모델의 개발이 선행되어야 한다.

HyGIS 데이터 모델은 현재 미국에서 연구 중인 ArcGIS Hydro data model(David R. Maidment, 2001, David R. Maidment, 2002)을 벤치마킹 하였으며, 이를 국내의 상황에 적합한 형태로 변환하였다. 즉, 국내의 기본지리정보 데이터 모델 표준 및 수자원 기본지리정보 데이터 모델에 대한 연구를 반영하여 개발한 것이다. HyGIS 데이터 모델은 공간 DB와 시계열 DB로 구성되어 있으며, 각각의 DB는 고유한 식별자를 이용하여 하천 네트워크와 유기적으로 연계된 형태로 운용될 수 있다. 또한 그림 1과 같이 HyGIS와 다양한 수리·수문·수질모형을 표준화된 형식으로 연계 운영하기 위해 HyGIS 데이터 모델에서 정한 표준화 방안을 준수하는 형태로 인터페이스 데이터 모델을 개발하여 각각의 모형들을 원활하게 상호

연계 운영할 수 있도록 하였다.

#### 다. HyGIS의 유역공간정보 생성 기능

수자원분야에서 유역의 지형인자는 유역에 대한 수리·수문·수질분석과 유역관리를 위하여 반드시 필요한 자료이다. DEM(Digital Elevation Model)은 고도 값을 가지는 일정한 크기의 격자를 이용하여 유역의 형상을 나타내고 있으며, 이를 이용하여 하천망을 추출하고 유역을 분할함으로써 유역의 다양한 지형인자를 계산할 수 있다. 이러한 DEM을 활용한 기술은 실측된 수치자료가 없는 유역을 대상으로 지형자료를 객관적인 방법으로 제공할 수 있을 뿐만 아니라, 분포형 수문모형에서도 유용하게 사용될 수 있다.

HyGIS에서는 DEM을 분석하여 유역의 다양한 공간정보를 생성할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 이를 위하여 DEM이 가지고 있는 sink와 flat area와 같은 수문지형학적 오류를 보정하는 전처리 과정을 거치게 된다. HyGIS에

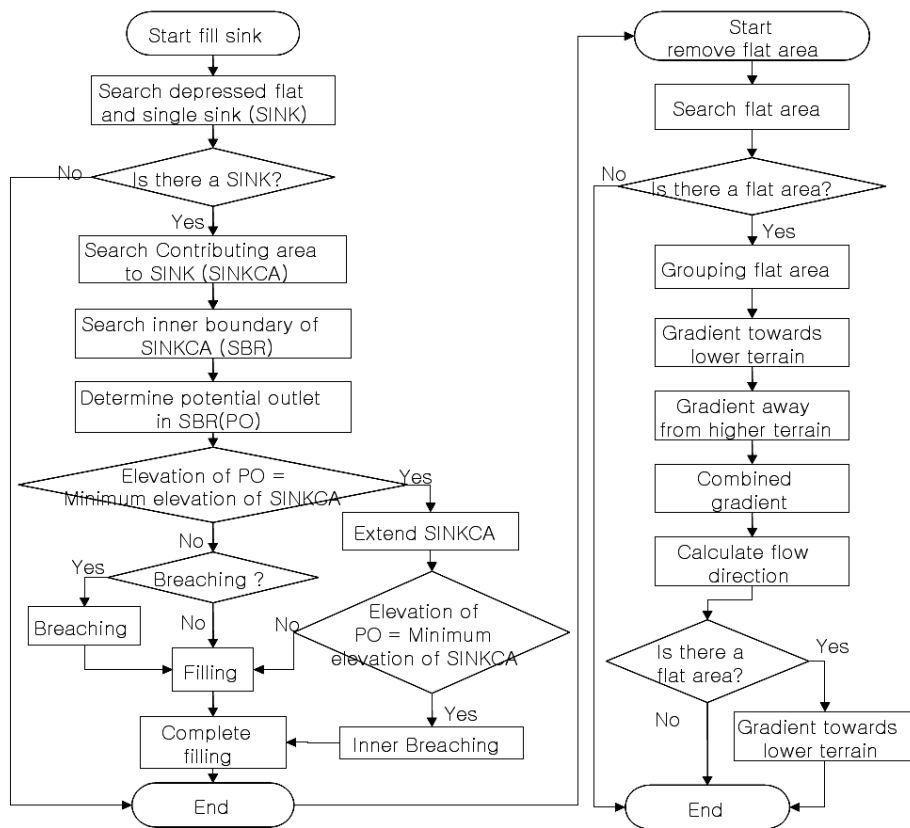


그림 2 HyGIS의 DEM 전처리 과정



그림 3 공간 DB의 속성

서는 breaching 알고리즘이 포함된 filling 알고리즘으로 sink를 제거하고, combined gradient 알고리즘을 이용하여 flat area를 제거하고 있으며, DEM 격자의 흐름방향은 D8-method(O'Callaghan과 Marck, 1984)를 이용하고 있다. 그림 2는 HyGIS에서의 DEM 전처리 과정을 나타내고 있다.

HyGIS에서는 유역과 하천의 지류에 대한 지형인자를 계산할 수 있으며, 이를 위해서 전처리된 DEM을 이용하여 하천망을 추출하고 유역경계를 결정하는 기능을 포함하고 있다. 생성된 자료는 그리드와 벡터형태인 공간 DB로 저장되며, 계산된 지형인자는 공간 DB의 속성값으로 저장된다. 그림 3은 유역과 하천망의 공간 DB의 속성을 조회한

것을 나타내고 있다. 유역의 지형인자로는 유역면적, 유역 평균경사, 평균지표유하거리, 유역둘레길이, 형상계수, 유역평균고도, 하천밀도, 최대유하거리, 최대유하거리경사, 최대하천연장, 최대하천연장경사, 최대하천차수 등이 있으며, 하천의 지형인자로는 하천지류의 길이와 경사, 하천차수 등이 있다.

라. 하천 네트워크 기반의 프레임워크 공간 DB 생성 기능

수문모형, 수리모형, 수질모형 등 모든 수자원관련 모형을 이용하기 위해서는 반드시 상·하류를 고려하여 필요한 자료를 입력하여야 한다. 이때 모형에서는 흐름의 방향에 따라 상류에서 하류로 이동하며 원하는 지점에서의 유출량 및 수질, 유속 등을 모의하게 된다. 또한 하천관리를 위해서도 관련 시설물들의 하천에서의 상대적 위치를 파악할 수 있어야 한다. 따라서 수자원의 분석과 효과적인 유역의 관리를 위한 시스템에서는 어떤 지점이 상류이며, 하류인가를 판단할 수 있는 구조인 하천 네트워크를 기반으로 선형적 참조가 가능한 위상관계가 제공되어야 한다.

HyGIS에서는 유역의 공간정보를 이용하여 자동으로 하천 네트워크 기반의 프레임워크 공간 DB를 생성하며, 모든 정보는 DB로 저장된다. 하천 네트워크는 node와 reach로 구성된다. Node는 하천이 합류하거나 분기하는 지점 또는 수위관측소와 같은 수문학적인 분석에서 중요한 지점으로 선정될 수 있으며, reach는 node와 node를 연결하고 있다. HyGIS에서 구축된 공간 데이터는 고유한 HydroID를 가지고 있으며, 이를 이용하여 하천 네트워크와 연계성을 유지하게 된다. 이와 같이 유역내의 모든 공간

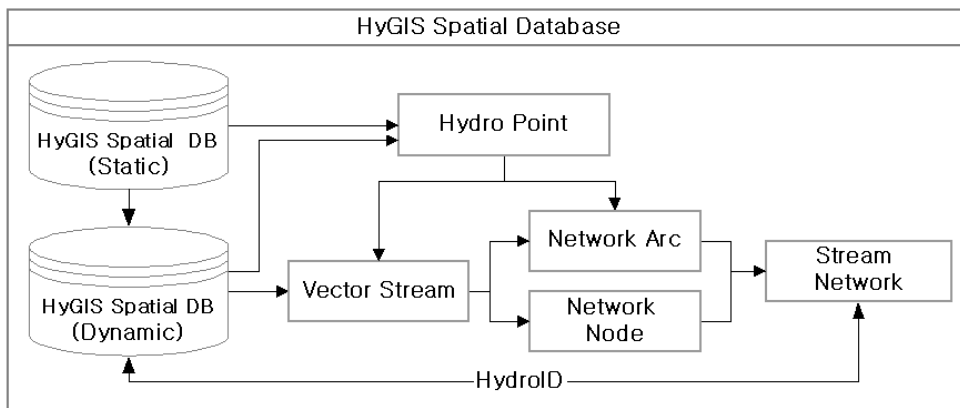


그림 4 하천 네트워크 기반의 공간 DB의 구성

객체는 node 및 reach와 연계성을 유지하고 있으며, 이들 node와 reach는 하천 네트워크에서 선형참조를 통하여 유기적으로 연결되어 있다.

그림 4는 하천 네트워크 구축을 위한 시스템에서의 개념도와 구축 사례를 나타낸 것이다. 이와 같이 HyGIS는 하천 네트워크 기반의 유역관리시스템을 구축할 수 있는 기능을 제공함으로써 기존의 시스템과 달리 상호 유기적이며, 동적으로 유역 관리를 수행할 수 있도록 하였다.

다. HyGIS를 이용한 응용 프로그램

HyGIS는 COM(Component Object Model)을 기반으로 개발된 시스템으로 다양한 사용자에게 의해 개발된 컴포넌트를 연계하여 시스템의 기능을 확장 할 수 있게 설계되었다. HyGIS의 응용프로그램을 개발하기 위해서는 GDK(GEOMania Development Kits)와 Visual Basic을 이용할 수 있으며, HyGIS에서 DLL 형태로 제공되는 다양한 기능을 이용할 수 있다. 또한 HyGIS는 공간정보와 비공간정보의 통합 DB 시스템으로 설계되었으며, GIS를 기반으로 하는 수리·수문·수질 분석시스템(HyGIS-Model)과 선형참조 기능이 필요한 하천 네트워크 기반 유역관리 시스템의 개발에 유용하게 활용될 수 있다.

1) HyGIS-Model

HyGIS-Model이란 HyGIS와 연계하여 운영되는 모형들을 총칭하여 부르는 것이다. HyGIS-Model에서는 공통된 DB(spatial or non-spatial DB/static or dynamic

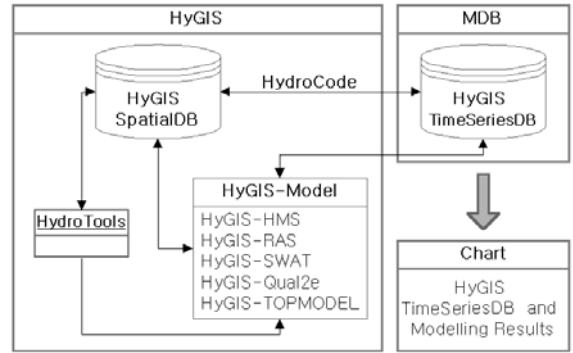


그림 6 HyGIS-Model의 입출력

DB)를 통하여 수리·수문·수질 모형에 필요한 입력 자료를 제공하며, 모형 수행결과를 다시 DB(spatial or non-spatial dynamic DB)로 저장하여 DB를 기반으로 통합 운영이 가능한 시스템이다. 그림 5는 HyGIS-Model의 통합운영 개념도를 나타낸 것이고, 그림 6은 입출력 개념도를 나타낸 것이다.

현재 HyGIS-Model로는 HEC-HMS, HEC-RAS, SWAT2000, Qual2e, TOPMODEL이 HyGIS와 연계되어 운영할 수 있게 개발 중에 있으며, 그림 7은 각각의 모형이 HyGIS에 addon 된 화면을 나타내고 있다.

2) HyGIS-SWAT

지면 관계로 본 절에서는 HyGIS-SWAT을 중심으로 HyGIS-Model의 개발 사례를 간략히 살펴보고자 한다. HyGIS-SWAT은 SWAT2000을 HyGIS와 인터페이스

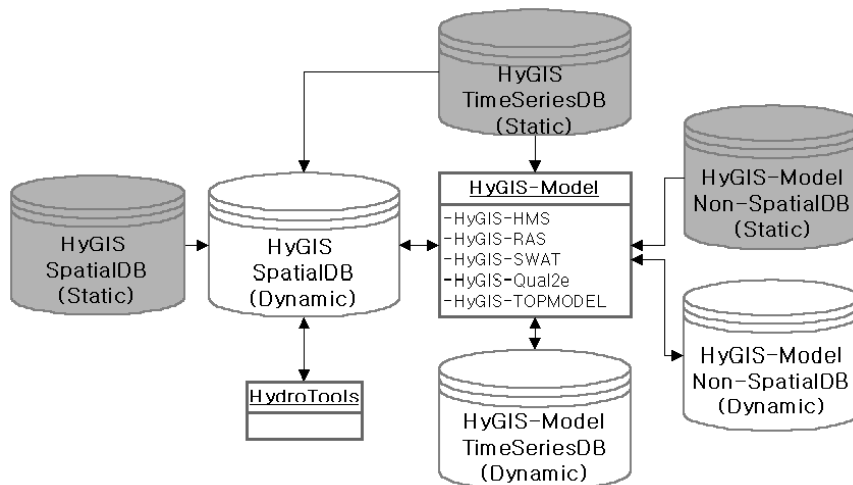


그림 5 HyGIS-Model의 통합 운영

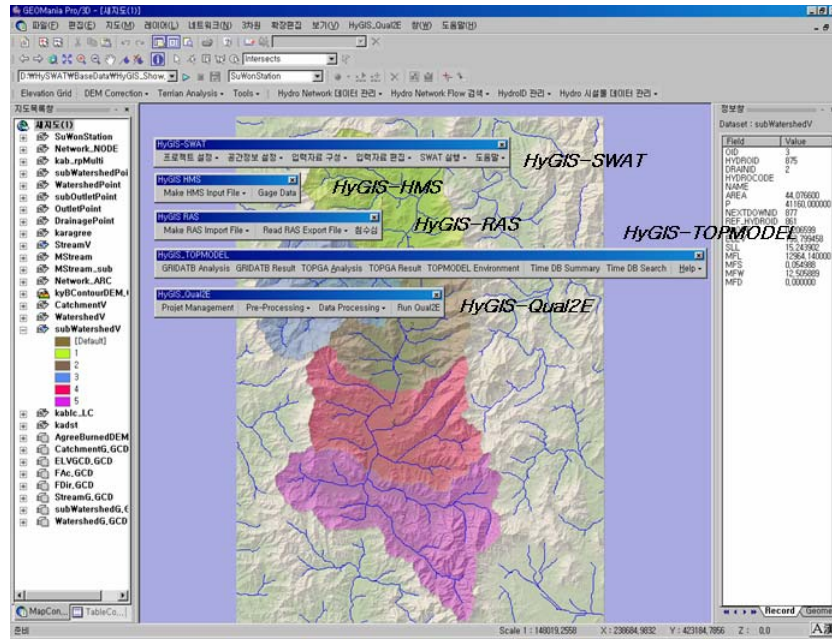


그림 7 HyGIS-Model의 addon 화면

수준에서 연계 운영할 수 있도록 개발된 시스템이다. 이를 위하여 SWAT 모형의 분석과 기준에 사용되던 GIS와 연계된 SWAT 시스템을 분석하였으며, 이를 기반으로 HyGIS-SWAT에서 필요로 하는 DB를 설계 및 구축하였다. HyGIS-SWAT의 공간 데이터 모델, 비공간 데이터 모

델, 시계열 데이터 모델의 구조와 운영은 HyGIS 데이터 모델과 HyGIS-Model의 통합운영 표준을 준수하였다. 따라서 HyGIS-SWAT은 HyGIS에서 운용되는 시공간 DB를 완전 연계된 형태로 이용할 수 있다(김경탁과 최운석, 2006b). 그림 8과 그림 9는 HyGIS-SWAT의 운영절차

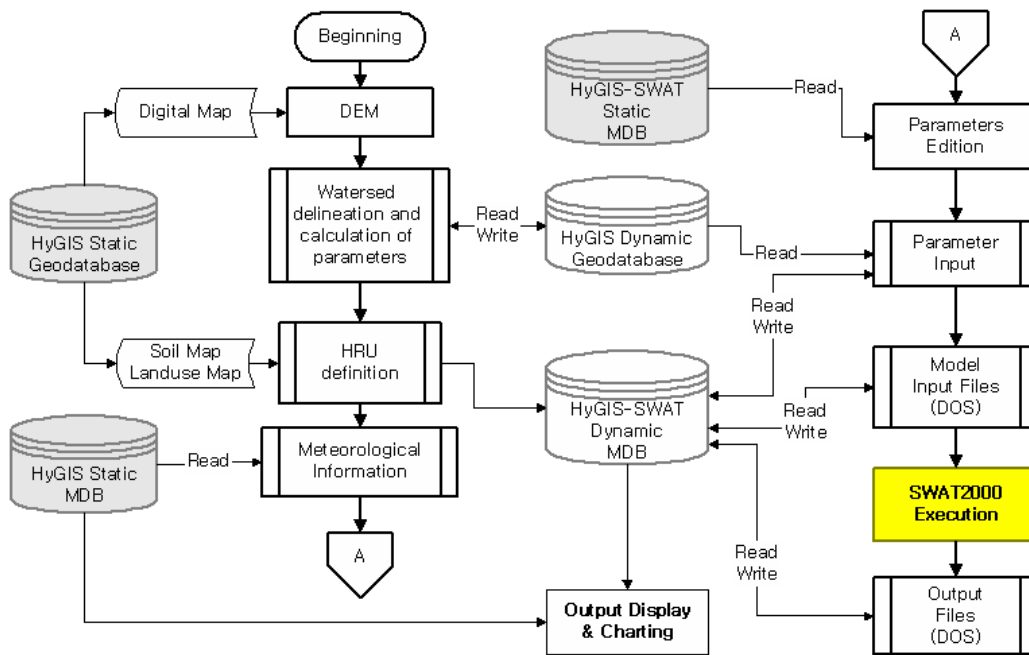


그림 8 HyGIS-SWAT의 운영절차

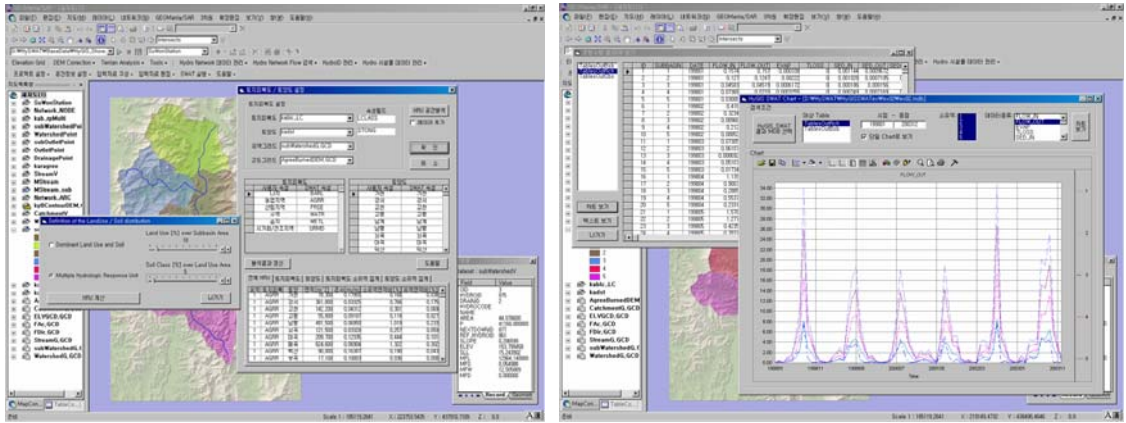


그림 9 HyGIS-SWAT의 수행 화면

와 수행화면을 나타낸 것이다.

#### 4. 맺음말

본 고에서는 순수 국내 기술로 개발 중에 있는 HyGIS에 대하여 간략히 소개하였다. HyGIS는 수리·수문·수질 분석 및 유역관리 분야에서 편리하고 유용하게 활용할 수 있으며, GIS를 기반으로 하는 응용프로그램 개발시 기반 시스템으로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

HyGIS 데이터 모델은 GIS DB를 기반으로 운영되는 HyGIS의 설계 개념을 제시하고 있다. HyGIS에서는 이를 구현하기 위한 다양한 공간정보 생성기능과 하천 네트워크를 기반으로 유역을 구성할 수 있는 기능을 개발하여 제공하고 있으며, 이러한 기술은 수자원을 비롯한 여러 분야에서 GIS 기반의 응용프로그램을 개발할 때 다양하게 응용될 수 있는 기반 기술의 역할을 수행할 수 있을 것이다.

또한 본 연구를 통하여 GIS와 시계열 및 비공간 DB를 통합 운영할 수 있는 기술을 확보할 수 있었으며, 향후 지속적인 연구를 통하여 HyGIS의 안정화 및 기반 기능의 개선을 통해, 수자원 분야에서 유용하게 활용될 수 있는 시스템으로 자리 잡을 수 있기를 기대한다.

#### 감사의 글

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발 사업인 『수자원의 지속적 확보기술 개발 사업』(과제번호: 1-2-2)의 연구비 지원에 의해서 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. David R. Maidment(2001). ArcGIS Hydro Data Model - Second Draft Data Model and Book Manuscript. GIS in Water Resources Consortium, Held at the 21st Annual ESRI User Conference in San Diego, California. 3(1)-6(21).
2. David R. Maidment(2002). Arc Hydro-GIS for Water Resources. ESRI.
3. Kyung Tak, Kim and Yun Seok(2006). "Development of Korean Hydro Geographic Information System". 2006 Spring Speciality Conference on GIS and Water Resources IV. AWRA. Houston, Texas.
4. 과학기술부(2004). 시공간자료 활용기술 개발, 21세기 프런티어연구개발사업 수자원의 지속적 확보기술개발사업.
5. 김경탁, 최윤석, 김주훈(2004). "하천 네트워크 기반의 유역 관리시스템 개발을 위한 프레임워크 공간 DB 구축에 관한 연구". 한국지리정보학회지. 7(2). pp. 87-97.
6. 김경탁, 최윤석(2005). "DEM에서의 sink와 flat area 처리 알고리즘에 대한 비교 검토". 한국지리정보학회지. 8(4). pp. 91-101.
7. 김경탁, 최윤석(2006a). "한국형 수자원지리정보시스템 HyGIS의 개발". 건설기술정보. 한국건설기술연구원. 2006년 9월호.
8. 김경탁, 최윤석(2006b). "HyGIS와 수문모형의 연계 시스템 개발을 위한 데이터 모델링에 관한 연구". 2006년 한국수자원학회 학술발표회 논문집. pp. 874-878.
9. 최윤석, 김경탁(2006). "HyGIS와 SWAT2000 모형의 연계 시스템(HyGIS-SWAT) 개발". 2006년 한국수자원학회 학술발표회 논문집. pp. 370-374.