

지하수 정보관리체계 고찰 및 Web-GIS 기반의 국가지하수정보지도 구축 모형

김규범^{1*} · 손영철¹ · 김종욱¹ · 김대호¹ · 이창원² · 김양희²

Building of Integrated Web-GIS System for National Groundwater Data Management

Gyoo-Bum KIM^{1*} · Young-Chul SON¹ · Jong-Wook KIM¹,
Dae-Ho KIM¹ · Chang-Won LEE² · Yang-Hee KIM²

요 약

본 연구는 국내 지하수 자료의 효율적 이용 관리를 위한 수량수질 정보의 통합관리 시스템인 “국가지하수정보지도” 구축을 위한 업무분석과 세부 설계를 실시하고 천안 및 대구지역에 시범 적용함으로써 그 효용성을 검토하고자 하였다. 본 시스템에는 지하수와 관련된 관측, 조사, 지구화학(이온분석 결과), 시설, 수질검사 및 도면 자료 등을 데이터베이스로 포함하고 있으며, 전국의 약 130만개 관정에 대한 상세정보를 기본 데이터로 활용한다. Web 환경의 GIS 시스템인 “국가지하수정보지도”에서는 자료의 검색뿐 아니라 시계열분석, 공간분석, 지층단면작성 등의 분석 기능이 포함되어 있어 지방자치단체 공무원뿐 아니라 현장 기술자에게도 유용하게 활용될 수 있다. 앞으로 본 시스템을 지하수에 대한 표준 모델로 발전시키고 단계적으로 확장해 나갈으로써 전국의 지하수 관리를 보다 체계적으로 수행 가능하게 될 것이다.

주요어: 지하수, Web 기반 지리정보시스템, 추세분석, 지질단면도

ABSTRACT

The main objective of this study is to develop a web-based Geographic Information System (GIS) application, IGIS(Integrated Groundwater Information Service System), for efficient management of groundwater data. This integrated system includes various groundwater measurements, monitoring data, well data, hydrogeochemical data, hydrogeological maps and diversely analyzed results including time series analysis data for water levels and quality. It will be used efficiently for local government officers to manage groundwater within their districts and also for drillers and investigators to develop wells and assess groundwater conditions.

2006년 6월 26일 접수 Received on June 26, 2006 / 2006년 9월 5일 심사완료 Accepted on September 5, 2006

1 한국수자원공사 국가지하수정보센터 National Groundwater Information Management and Service Center, KWATER

2 (주)넥스지오 NexGeo Co., Ltd.

* 연락처 E-mail: gbkim@kwater.or.kr

This web-based GIS system was implemented firstly for Cheonan and Daegu city. As a result, the system makes the efficient management, distribution and utilization of groundwater data possible by web-based GIS technology.

KEYWORDS : Groundwater, Web-based GIS, Trend-Analysis, Geological Cross Section

서 론

1993년 지하수법 제정·공포 이후 우리나라 지하수 개발은 제도권 내에서 관리가 이루어지게 되었으며, 지하수 개발자료, 조사 및 관측자료, 수질검사 자료 등 지하수 정보를 관리할 수 있는 기반이 마련되었다. 현재 지하수 관리는 지하수법에 따라 건설교통부에서 총괄하여 종합적으로 관리하고 있으나, 각 부처의 특성에 따라 세부적인 관리는 환경부(수질 분야), 행정자치부(온천 허가), 농림부(농촌 지하수 개발) 및 국방부(군사용 시설 관리) 등으로 나누어져 있다(건설교통부, 1996; 2002).

현재 각 중앙부처 및 지방자치단체에서는 기관별 업무특성에 따라 각 부처/기관별로 생성되는 지하수 개발, 조사 및 관측, 수질자료 등의 관리를 위해 지하수관리시스템을 별도로 개발하였거나, 개발할 계획으로 있어 중복 개발로 인한 예산낭비, 업무효율성 저하 등의 문제가 발생할 우려가 높다. 각 기관의 지하수 시스템을 연계하기 위한 지하수 정보 표준화 및 공동 활용을 위한 방안 구축은 무분별한 시스템 개발을 막기 위한 시급한 과제라 할 수 있다.

본 연구에서는 각 기관에서 구축된 지하수 관련 수량 및 수질 데이터베이스의 현황을 파악하고 상호 연계, 통합관리 및 대국민 서비스를 위하여 “국가지하수정보지도(IGIS; integrated groundwater information service system)”를 활용한 단일 시스템 모형을 수립하였으며, 시범지역(천안, 대구)에 대해 적용함으로써 지방자치단체 담당 공무원, 전문가 및 일반인 등을 위한 서비스 효율성을 검토하였다.

기존 지하수 시스템 현황

1. 지하수 정보관리 체계 구축 사업

1993년 지하수법이 제정되면서 각종 지하수 조사·개발 및 이용 관련 정보를 효율적으로 관리하고 일반인이 활용할 수 있도록 지하수 정보 종합관리체계 구축 사업을 시작하여 다양한 목적의 시스템 및 단위 프로그램들을 개발하였다. 2001년 지하수법 개정시 제5조의2에 지하수정보관리체계 구축에 관한 규정이 신설되면서 지하수 정보관리 체계 구축사업은 활성화되었으며, 관계 부처간 협의를 통하여 한국수자원공사내에 “국가지하수정보센터(GIMS; National Groundwater Information Management and Service Center)”를 설치, 운영하면서 국가 정보 통합관리의 기반을 마련하였다. 이와 같은 국가의 지하수 정보관리체계 구축사업은 표 1과 같은 단계별 추진 목표에 따라 시행되고 있다(건설교통부와 한국수자원공사, 2003a).

현재까지 건설교통부는 표 2에서 보는 바와 같이 5개의 주요 시스템을 개발하여 운영 중에 있다. 주 데이터베이스인 지하수정보관리시스템은 Client/Server 시스템으로서 관정 정보, 오염원 정보, 수질정보, 관측망 정보, 관측 데이터, 현장조사자료(검층, 탐사, 대수성시험, 주상도 등), 수문지질도 전산도면 정보, 시설 및 이용통계, 기상 수문 관측자료, 업체 현황 정보, 실시간 허가/신고 현황 정보 등 지하수에 관한 일체의 데이터를 보유하고 있다. 기타 단위 업무별 필요성에 따라 다양한 시스템을 구축하였으며, 국가지하수정보센터 홈페이지(www.gims.go.kr)를 통하여 제반 정보가 국민에게 서비스 되고 있다(건설교통부와 한국수자원공사, 1997; 1999; 2000).

TABLE 1. Plan for groundwater data management by the MOCT(Ministry of Construction and Transportation)

Stage	Target	Detailed contents
Stage I (1995~1999)	Construction of basic database and systems	<ul style="list-style-type: none"> • Groundwater Information System (developed in 1997) • DUREBAK program (1998) • Hydrogeological Map Management system (1999) • Homepage: "Groundwater World" (1999)
Stage II (2000~2005)	Development of application systems	<ul style="list-style-type: none"> • Establishment of GIMS : www.GIMS.go.kr ('04~) • Database building and system management • National Groundwater Monitoring Station Management System ('02~'04) • Data service and public relations
Stage III (2006~2011)	Policy support and data service	<ul style="list-style-type: none"> • Revitalization of GIMS • Extension of application systems and policy support <ul style="list-style-type: none"> - Integrated groundwater information service system • Database building and data services

TABLE 2. Groundwater information systems built by the MOCT (Ministry of Construction and Transportation) and the KWATER(Korea Water Resources Corporation)

Title	Function	Contents	Languages
Groundwater Information System	Integrated and main D/B	<ul style="list-style-type: none"> - Database building for text and map data - Data input and searching - Main database for groundwater 	Visual Basic
DUREBAK	Administrative affairs for local government officers	<ul style="list-style-type: none"> - Administrative affairs in local government - Inventory for groundwater use and wells ※ Durebak was changed into on-line program using a national superhighway information network in 2001 	Visual Basic
Hydrogeological Map Management System	Management of hydrogeological maps	<ul style="list-style-type: none"> - Input and search of hydrogeological maps and analysis using GIS tool 	Visual Basic
Homepage (www.GIMS.go.kr)	Data service	<ul style="list-style-type: none"> - Serve groundwater data into the publics - Support the local government affairs - P.R. and on-line education for groundwater 	HTML, ASP, AXL
National Groundwater Monitoring Managemet System	Management of monitoring wells	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection of monitoring wells - Management of well construction history - On-line data transmission and analysis 	HTML, ASP, AXL

2. 지하수 토양 정보시스템 구축 사업

환경부에서 추진하는 지하수 분야의 정보화 사업은 “환경정보화촉진시행계획”의 상하수도 정보화시스템에 포함되어 추진되었으며, 특히 지하수 수질 분야 정보화와 토양에 대한 정보화를 함께 추진하고 있는 것이 특징이다. 지하수와 토양은 상호 유사한 오염원에 의하여 영향을 받는다는 공통성을 갖고 있기 때문에 두 인자의 연계 관리는 필요하다(환경부와 국립환경연구원, 2001). 또한, 지하수는 토양 뿐 아니라, 대기, 수질, 폐기물 등과 밀접한 관련이 있으므로 이들 DB간의 상호 공유 및 연계 분석은 지하수 관리를 위하여 매우 중요하므로 DB의 공유를 위한 노력이 필요하다. 2005년 현재 환경부는 지하수토양 정보시스템 구축 사업을 진행중이며, 타 부서의 기존 시스템과의 중복성을 최소화하기 위하여 환경부 고유 업무인 지하수 수질, 오염원, 수질측정망, 토양 측정망 및 지하수/토양 연계 분석 등을 대상으로 GIS 기반의 시스템 구축을 추진중이다. 환경부는 지하수 토양정보 시스템 외에 먹는샘물의 효율적 관리를 위하여 먹는샘물 관리 시스템을 구축 운영중에 있다(이병대, 2004).

3. 시군구 행정종합정보시스템(지역개발 분야) 구축 사업

지하수 관정 인허가, 업체 등록 관리, 지역 지하수 관리 및 지하수 이용실태조사 등의 업무는 지하수법에 규정된 지방자치단체의 행정 업무에 해당한다. 1996년 국내 최초로 개발된 Stand-alone 방식의 두레박 프로그램은 지하수 이용실태조사 결과의 중앙부처 보고를 위하여 개발, 배포하였으나, 1999년까지 수차례의 기능 개선을 통하여 지하수 담당 공무원이 지하수법상의 제반 행정업무를 처리할 수 있게 하였다(건설교통부와 한국수자원공사, 1999). 그러나 결재 시스템과 연동되는 행정업무 처리 데이터의 On-line 관리 필요성이 대

두됨에 따라, 2001년 행정자치부에서 추진한 시군구행정종합정보시스템 구축 2단계 사업에서 기존의 두레박 프로그램을 기반으로 지역개발 분야 MIS(management information system) 시스템을 개발하게 되었다(행정자치부, 2002). 이로부터, 지방자치단체에서는 민원 시스템 및 결재시스템과의 연동이 가능해졌고 국가지하수정보센터에서는 전국 관정 관리 현황을 초고속정보통신망을 활용하여 실시간으로 수신 받게 되었다.

4. 기타 시스템 구축 사업

농촌지하수관리시스템 구축 사업은 농촌용수 지역에 해당하는 시군을 대상으로 10개년 계획으로 추진되고 있으며 농촌지역의 지하수 시설물과 수질·수량에 대한 현장조사 결과를 정보화함으로써 지하수 관리 및 개발의 기초 자료를 제공하여 농촌지역 지하수 개발시 성공률을 높임으로써 난개발을 방지하고 오염을 예방하는데 기여코자 하였다(농림부와 농업기반공사, 2003).

또한, 시군 단위의 일부 지방자치단체에서는 관할구역내의 지하수 관리의 효율성 제고를 위하여 GIS 기반의 지하수정보시스템 구축사업을 별도로 시행하고 있다. 지방자치단체별로 구축되는 본 시스템은 시군구행정종합정보시스템(지역개발)에 구축된 지하수 관정 현황을 기본 데이터로 연계 활용하며, 수문지질도, 지형도, 지적도 등의 공간 정보를 별도로 구축하게 된다. 이들 데이터를 토대로 GIS 기법을 이용한 관정 위치도, 등수위도, 폐공 위치도 등을 작성하며 지하수관측망 관리, 오염원 평가, 지하수 개발/이용현황 분석 및 지하수 개발가능량 등을 산정하여 지하수 인허가 근거 자료로 활용하는 등 지역 지하수 개발 계획과 지하수 업무 의사 결정에 활용된다(서울특별시와 서울시정개발연구원, 2002; 천안시와 한국수자원공사, 2003; 부산광역시와 한국수자원공사, 2003). 이와 같은 유사한 기능을 갖는 시

시스템이 각각의 시군단위별로 무분별하게 개발된다면 데이터의 중복 구축 등 예산 낭비의 요인으로 작용할 수 있다.

현행 시스템의 문제점 고찰

중앙부처 및 지방자치단체는 기관별 필요성에 따라 독자적인 지하수 정보시스템 구축 사업을 추진하고 있으나, 각 데이터베이스와 정보시스템들은 다음과 같은 문제점을 내포하고 있다.

첫째, 각 중앙부처에서는 업무의 필요성에 따라 독자적인 시스템 구축이 필요하나, 타 부서의 고유 업무로부터 생성되는 데이터의 DB 구축은 상호 인정하고 중복되지 않도록 하여야 한다. 또한, 이와 같은 상호 중복되지 않는 양질의 데이터는 단일화된 창구를 통하여 사용자들이 접근할 수 있도록 보장해 주어야 한다.

둘째, 대부분의 지하수 데이터는 현장에서 생성되며 데이터의 신뢰도는 매우 중요한 역할을 담당한다. 따라서, 데이터의 단일화된 검증 체계 구축은 데이터의 질적 보장과 오류의 균질성을 위하여 필요하다.

셋째, 제반 지하수 자료를 통합하고 실시간으로 신속히 분석하기 위해서는 자료의 실시간 송수신 체계 구축이 매우 중요한 인자가 된다. 현재 국가지하수관측망관리시스템, 시군구행정종합정보시스템 및 먹는샘물관리시스템 등이 실시간 송수신 체계를 보유하고 있으나 실시간 분석 및 평가 기능은 다소 미흡한 실정으로서, 구축 데이터의 활용체계 정착이 조속히 이루어져야 한다.

넷째, 1990년대 중반 일부 지방자치단체는 GIS 시스템의 필요성에 따라 독자적인 지하수 정보시스템을 구축하였으나, 위에서 언급한 각 기관간 데이터의 중복성(overlap), 연계성(networking), 신뢰성(reliability), 실시간 분석(real time analysis)과 같은 문제점들을 해결

하게 된다면 중앙의 대용량 데이터베이스로 연계가 가능하게 되고, 이와 같이 On-line으로 연계된 DB를 활용하면 시군구 및 대국민용 표준화된 Web-GIS 시스템 구축이 가능해진다. 이로부터 시군구별 업무를 표준화할 수 있을 뿐 아니라 사후 시스템 및 데이터 관리도 원활히 이루어지며, 무분별하고 비표준화된 개발에 따른 예산 절감도 가능해진다.

지하수 정보 구조 분석

1. 지하수 데이터 및 업무 재정의

현재의 지하수 관련 업무 및 데이터는 표 3과 같다. 지하수 관정 및 업체 정보는 지방자치단체의 고유 업무에 의하여 발생하는 자료로서 시군구행정종합정보시스템에 기본 데이터베이스로 구축되는 것이 바람직하며, 타 기관에서는 이들 데이터를 연계하는 방향이 효율적이다. 또한, 업무 특성상 필요한 농촌지하수관리시스템 및 지하수토양정보시스템 등의 데이터중 일반인에게 제공할 수 있는 정보는 장기적인 관점에서 국가지하수정보센터의 Web 창구와 연계하여 서비스 될 필요가 있다.

지하수 조사정보는 기관별 독자 사업에 의하여 발생하는 정보이거나 지하수영향조사를 통하여 발생하는 정보이므로, 기관별 특이성을 확보해 주어야 한다. 특히, 2005년 지하수법을 개정하면서 지하수 영향조사 자료는 관정 개발 허가시 DB 형태로 입력, 제출하는 것을 의무화 하였으며, 건설교통부에서는 지하수 영향조사관리프로그램을 개발, 배포한 바 있다. 이와 같이 표준화된 지하수 영향조사자료는 지방자치단체를 거쳐 국가지하수정보센터로 On-line 보고가 이루어지기 때문에 데이터 흐름이 체계화되어 있다(건설교통부와 한국수자원공사, 2005).

관측 정보는 기관별 설치 목적에 의하여 운영되는 지하수 관측정에서 취득된 자료로서, 국내 지하수 수문 특성을 고려할 경우 관측정

개수가 부족한 실정이므로 관측자료의 상호 연계 및 통합 분석이 필요하다.

2. 지하수 코드 분석

표 3에서 보듯이 지하수 자료들이 중복되어 있음을 알 수 있는데, 이는 유사한 성격의 자료들이 각 시스템에서 공통으로 사용됨을 의미한다. 따라서, 자료간의 상호 공유체계 구축을 위해서는 자료에 대한 코드 정의 및 표준화가 필요하다. 지하수 데이터 중에서 코드 정의 및 표준화가 필요한 기본적인 항목은 관정, 조사공, 관측정, 수질검사항목, 오염원, 수문지질도, 수문단위지도, 기상자료 및 수문자료 등이다. 현재 대부분의 항목에서 정부의 표준코드가 설정되어 있으므로 기존 코드를 적절히 사용하는 것이 필요하며 코드가 미흡한 경우에는 추가 코드의 표준화가 필요하다(표 4).

관정 및 조사공은 “지하수 기초조사 및 수문지질도 제작 관리 지침(건설교통부와 한국수자원공사, 2003b)”에서 국가 표준 코드를 설정하였으나 시군구행정종합정보시스템에서는 행정 편의를 위한 별도의 관정 코드를 갖고 있다(행정자치부, 2002). 환경부 및 농림부의 시스템내의 관정 및 조사공 코드도 건설교통부 및 행정자치부에서 정한 코드를 따르는 것이 데이터 공유 및 연동을 위하여 필요하다. 국가 지하수관측망은 “지하수 기초조사 및 수문지질도 제작 관리 지침”에 의하여 관정 및 조사공 코드와 동일한 체계를 갖고 있으나, 지표수 정보 및 수문단위지도와의 연계 활용을 위하여 추가적인 관측정 코드 체계를 갖고 있다(국무조정실, 2005). 한편, 지하수수질측정망은 “2005년도 지하수 수질측정망 설치 운영 계획(환경부, 2005)”에 의하여 코드화되어 있으나 코드의 보편성과 대표성이 미흡하고, 국가지하수관측망의 코드와 차이가 있으므로 수문단위지도와의 연계 활용을 위한 코드를 추가로 부여하여 표준화된 코드를 사용하여야 한다. 수질검사항목은 체계적인 코드화가 이루어지지

않은 경우로서, 수질검사기관 수질자료관리 시스템, 각 전문기관의 지하수 정보시스템 및 시군구행정종합정보시스템 등에서 각자 상이한 코드 체계로 운영되고 있다. 수질검사항목에 대한 코드 체계는 환경부에서 표준 코드를 수립하는 것이 데이터의 공유를 위하여 선결되어야 할 과제이다.

3. 지하수 주제도 표준화

지하수는 시간과 공간에 따른 변화를 체계적으로 일목요연하게 표시하기 위하여 지하수도면인 수문지질도(Hydrogeological map)를 작성한다. 그러나 대용량 정보를 단일 도면에 표현하는 것이 어렵기 때문에 세부적인 주제도(Thematic maps)에 구분 표현한다. 주제도 작성을 위하여 표준화가 요구되는 분야는 주제도 코드뿐 아니라 도면에 표시되는 점, 선 및 면 데이터의 속성 등이 포함되며, 최근 수문지질도 제작이 표준화됨에 따라 수문지질도 전산도면 제작을 자동화하기 위한 프로그램을 개발하기도 하였다(김규범, 1999; Kim 등, 2004; 김규범 등, 2005).

4. 지하수 수질 데이터베이스

지하수 수질 정보는 일반 관정의 개발과 이용에 따른 수질검사 자료, 각종 지하수 조사사업에서 발생되는 수질검사 자료, 지하수 측정망의 수질 관측 자료 및 기타 수질자료로 관리되고 있다. 그러나, 지하수 수질정보는 건설교통부, 환경부, 지방자치단체 및 농림부 등 각 기관의 지하수 정보시스템에 포함되어 관리되는 것으로 추진되고 있으나 지하수 시설 및 수량 정보에 비해 표준화가 되지 못하고 있다. 지하수 수질검사 자료는 수질검사기관에서 1차적으로 생성하고 있으므로 환경부 또는 단일 기관에서 각 검사기관의 자료를 연계 통합 관리한다면 수질 정보의 표준화도 함께 달성할 수 있다.

TABLE 3. Comparison of groundwater database in the current systems(○ built, △ partly built, ● planned)

1) Groundwater wells and company information

Data	Related affairs	System by the MOCT	System by the ME	System by the MAF	System by the MOGAHA	System by the local government
Well facilities	Permission and declared data for well development	○	●	○	○	○
Statistics for facilities	Inventory for groundwater use	○	●	△		△
Statistics for water use	Inventory for groundwater use	○	●	△		△
Company registration	Permission for drilling company registration	○	●		○	○
Quality in a well	Well management	○	●		○	○
Facility changes	Well management	○			○	○
Company registration changes	Changes of drilling company registration	○			○	○
Water use allotment	Imposition of water use tax	●			●	

Remark) MOCT: Ministry of Construction and Transportation, ME: Ministry of Environment, MAF: Ministry of Agriculture and Forest, MOGAHA: Ministry of Government Administration and Home Affairs

2) Investigation data

Data	Related affairs	System by the MOCT	System by the ME	System by the MAF	System by the MOGAHA	System by the local government
General data for survey wells	Basic survey in groundwater, Impact assessment data for well development and others	○	●	○		○
Physical exploration	"	○		○		○
Drilling data	"	○		○		○
Pumping test	"	○		○		○
Logging data	"	○		○		○
Geochemical data in the field	"	○	●	○		○
Quality test data in lab.	"	○	●	○		○

3) Quality test data from water quality inspection agencies

Data	Related affairs	System by the MOCT	System by the ME	System by the MAF	System by the MOGAHA	System by the local government
Location of well	Quality analysis		●			
Quality test data	Quality analysis		●			

4) Map information

Data	Related affairs	System by the MOCT	System by the ME	System by the MAF	System by the MOGAHA	System by the local government
Topographic map	GIS base map	○	●	○		○
Administrative map	GIS base map	○	●	○		○
Watershed map	GIS base map	○	●	○		○
Hydrologic unit map	Hydrology base map	○				
Hydrogeological map	Groundwater base map	○				○
Geological map	Geology base map	○				○
Water level map	Water level distribution	○		△		△
Lineament map	Lineament distribution	○				
Quality map	Quality distribution	○	●	△		△
Pollution source map	Pollution source distribution	○	●	△		△
Pollution map	Pollution vulnerability for land	○	●			△
Sumaekdo map	Map of groundwater survey by the MAF			○		

5) Groundwater monitoring data

Data	Related affairs	System by the MOCT	System by the ME	System by the MAF	System by the MOGAHA	System by the local government
Location of National Monitoring Well	Construction and management data	○				
Construction of the N.M.W.	Construction and management data	○				
Management of the N.M.W.	Management of monitoring well	○				
Monitoring data of the N.M.W.	Management of monitoring well	○				
Analyzing result of the N.M.W. data	Monitoring data analysis	○				
Location of Quality Monitoring Well	Construction of monitoring well	○	○			
Monitoring data of the Q.M.W.	Management of monitoring well	○	○			
Analyzing result of the Q.M.W. data	Monitoring data analysis	△	●			
Location of Bottled Water Monitor Well	Construction of bottled water monitoring well		●			
Management of the B.W.M.W.	Supervision of bottled water company		●			
Monitoring data of the B.W.M.W.	Supervision of bottled water company		●			
Location of Seawater Intrusion Monitor Well	Site features of seawater intrusion mon. well			○		
Construction of the S.I.M.W.	Construction of seawater intrusion mon. well			○		
Monitoring data of the S.I.M.W.	Management of monitoring well			○		
Location of Subsidiary Monitoring Well	Construction of subsidiary mon. well					○
Monitoring data of the S.M.W.	Management of monitoring well					○

6) Hydrology and atmospheric information

Data	Related affairs	System by the MOCT	System by the ME	System by the MAF	System by the MOGAHA	System by the local government
Rainfall/snow	Atmospheric information	○		○		○
Temperature	"	○		○		○
River water level	Hydrology information	○		○		○
Watershed data	"	○				
Stream data	"	○				

TABLE 4. Current codes of groundwater data in Korea

Contents	Detailed contents	Code compositions	Length of code
Groundwater well	Standard code	Location + Well type + Longitude + Latitude + Serial number	16 digits
	Code for Durebak program	Well type + Year + Yearly serial number	10 digits
Investigation well	Standard code	Location + Well type + Longitude + Latitude + Serial number	16 digits
Monitoring well	Standard code for the NGMN ¹⁾	Location + Well type + Longitude + Latitude + Serial number	16 digits
	Hydrologic code for the NGMN	First watershed + Second watershed + Well code + Serial number	7 digits
	Code for the GQMN ²⁾	1) Local government's GQMN : Si-do code + Si-gun-gu code + Serial number 2) Local environmental office's GQMN : Pollution source + LEO code + Serial number	3 digits 6 digits
Quality	-	No standard codes	
Hydrogeological map	Standard map code	Using 3-steps classification for hydrogeological features : First class. + Second class. + Third class.	5 digits

Remarks) NGMN: National Groundwater Monitoring Network, GQMN: Groundwater Quality Monitoring Network

TABLE 5. Softwares in the IGIS(Integrated Groundwater Information Service System)

Contents	Descriptions
DBMS	Oracle 10g
Operating system	Windows 2000 server
Server	Web server : IIS 5.0, Tomcat 4.1
GIS engines	ArcIMS 9.1, ArcSDE 9.1
Developing languages	Microsoft Visual Studio.Net, Java, ChartFX, DataGrid

국가지하수정보지도의 설계

위에서 언급한 현재의 시스템에 각 기관의 데이터를 연계할 수 있는 추가적인 네트워크와 통합 데이터의 서비스를 위한 애플리케이션이 보완된다면 국가 지하수 관리 체계는 첨단 IT와의 접목으로 효율성을 극대화할 수 있다.

최근 발전하고 있는 Web-GIS의 다양한 분석과 서비스 기능을 활용한다면 지하수 수량 및 수질 정보의 통합관리, 서비스 뿐 아니라 지하수 행정 및 기술업무에 필요한 분석 기능을 수행할 수 있다(Peng과 Tsou, 2003). 본 연구에서는 이와 같은 지하수에 대한 통합 시스템으로서 “국가지하수정보지도 (IGIS: integrated groundwater information service system)”를 구축하였다. 본 “국가지하수정보지도”는 기 운영중인 지하수정보관리시스템, 지하수관측망관리시스템, 시군구행정종합정보시스템 등이 독자적인 업무 목적에 따라 사용된 것과는 달리, 각 시스템의 모든 데이터를 서비스 중심의 Web-GIS 환경에서 구현하는 시스템이라 할 수 있다.

시군구행정종합정보시스템에서 관리되는 전국의 지하수 관정 현황이 초고속행정정보망을 통하여 국가지하수정보센터 서버에 On-line으로 연결되어 있다. 또한, 1990년대 중반부터 시작된 지하수 기초조사 사업을 통하여 40여 개 시군지역의 수문지질도의 전산화가 진척되었으며 기타 층적층조사 및 수맥조사 등을 통하여 전국 대상의 광범위한 지하수 관련 조사 자료의 전산화가 구축되어 있다. 이외에도 지하수 관측망 사업도 안정화 단계에 돌입하여 기관별로 신뢰성 높은 관측 데이터의 On-line 수집이 이루어지고 있다. 이와 같은 전산 환경의 변화, 기존 자료의 DB 구축 실적 및 기관별 업무 연계 등을 고려하여 On-line 국가지하수정보지도 구축을 위한 최적 모델을 아래와 같이 수립하고, 대구와 천안 지역을 대상으로 시범 적용하였다.

1. 시스템 환경

시스템의 주요 소프트웨어는 IIS 웹서버, GIS 서비스를 위한 ArcIMS, 공간DB와 Oracle과의 연계를 위한 ArcSDE 등으로 구성되며(표 5), 시스템의 네트워크 구성 및 하드웨어는 그림 1과 같다.

각 지방자치단체에서 보유한 데이터는 정부 전산관리소 대전센터를 통하여 한국수자원공사내 국가지하수정보센터 단일망으로 연계되어 있다. 방화벽을 통과한 후 지방자치단체의 데이터 수집용 서버를 거쳐 주 데이터베이스 시스템으로 전송된 후 분석에 활용되거나 대외 서비스된다. 또한, 국가지하수관측망의 데이터는 모뎀이나 CDMA 방식을 활용하여 관측 현장으로부터 한국수자원공사내 관측자료 수집 서버로 저장된 후 주 데이터베이스로 전송되어 분석에 활용되거나 대외 서비스되는 과정을 거친다(건설교통부와 한국수자원공사, 2004). 기타 외부 기관과는 Off-line 형태로 데이터가 연계되어 있으나, 향후에는 환경부의 수질 정보, 농림부의 농업지하수 데이터 등이 On-line으로 연계 가능할 것으로 본다.

2. 데이터베이스 설계

표 6은 이번에 시범 구축된 국가지하수정보지도의 데이터 연동성을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이, 건설교통부, 환경부, 농림부, 지방자치단체의 지하수 데이터를 통합할 수 있도록 구성하였다. 각 부처 또는 지방자치단체의 고유 업무에 의하여 생성되는 데이터는 각 기관에 보유토록 하되 국가지하수정보지도 데이터로 연계하여 사용하도록 구성함으로써 불필요한 DB 구축을 최소화하였다. 대표적인 사례로서, 지하수 관정의 제원, 소유주, 위치, 양수능력, 규격 등의 자료는 지방자치단체의 시군구행정종합정보시스템에 구축된 130만공의 관정 DB를 연계토록 하였다. 또한, 수질측정망 자료의 경우에는 환경부 운영 시설

TABLE 6. Groundwater database of the IGIS(Integrated Groundwater Information Service System)

Contents	From the MOCT	From the ME	From the MAF	From the local governments
Maps	<ul style="list-style-type: none"> • Topographic maps • Hydrogeological maps, • Hydrologic unit maps, • Watershed maps 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Su-maek maps^{*)} 	-
Investigation data	<ul style="list-style-type: none"> • Survey data by the Article 5 of the Groundwater Act 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Survey data related with Su-maek do 	<ul style="list-style-type: none"> • Groundwater impact analysis data by the Article 6 of the Groundwater Act
Well data	<ul style="list-style-type: none"> • Statistics for water use 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Permission or declared well data
Quality data	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Quality test data for wells
Monitoring data	<ul style="list-style-type: none"> • National groundwater monitoring network 	<ul style="list-style-type: none"> • Groundwater quality monitoring network 	<ul style="list-style-type: none"> • Seawater intrusion monitoring network^{*)} 	<ul style="list-style-type: none"> • Subsidiary groundwater monitoring network^{*)}
Pollution data	-	<ul style="list-style-type: none"> • Pollution sources^{*)} 	-	-
Others	<ul style="list-style-type: none"> • Other data such as administrative data, protection area 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Drilling company and other data

Remarks) *: Data connection is not completed yet.

TABLE 7. Main functions of the IGIS(Integrated Groundwater Information Service System)

Contents	Main functions
GIS module	Searching, Magnification/Reduction, Distance measurement, Area calculation, Target area selection
Data service module	Searching well data, investigation data, monitoring data and others, Data print and outputs
Analyzing module	Water level analysis Time series analysis, Statistical analysis for water levels for target area and position, Recharge estimation, Water-level depth estimation
	Quality analysis Trend analysis for target area and position, Statistical analysis for quality
	2-Dimensional analysis Vertical cross section of stratigraphy and geology, Well depth analysis, Hydraulic coefficients analysis
Statistics module	Statistics for water use, permitted/declared wells, well structures(diameter, depth, pipe size, etc) and others

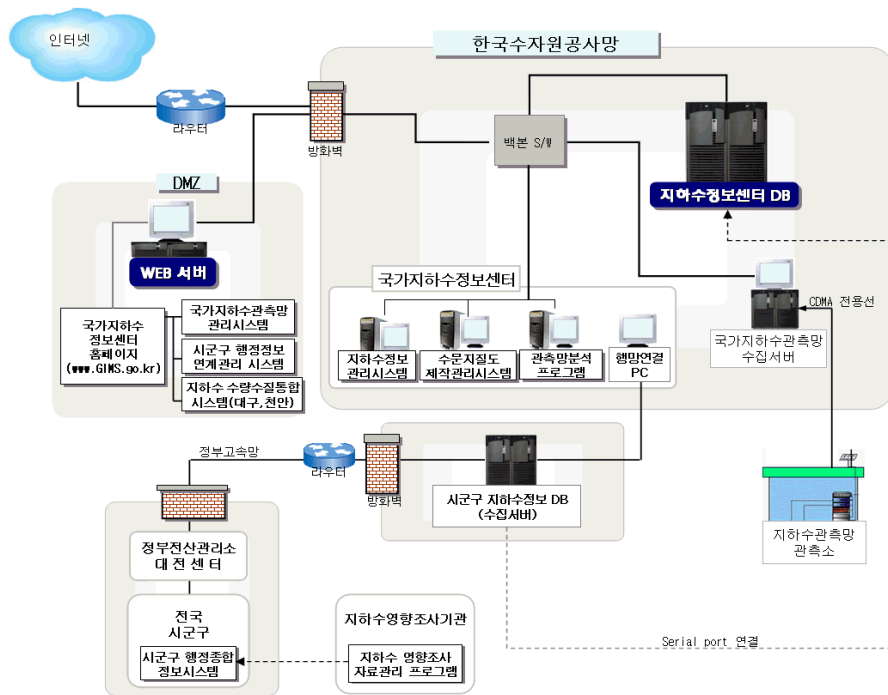


FIGURE 1. Hardware structure and networking scheme for the IGIS(Integrated Groundwater Information Service System)

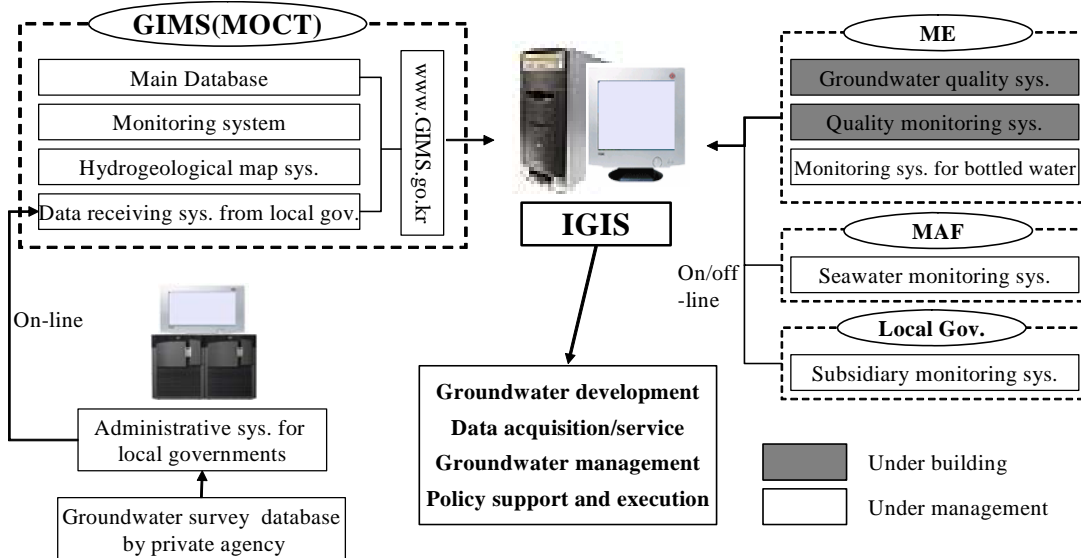


FIGURE 2. Data flow and concept of the IGIS(Integrated Groundwater Information Service System) database connected with the existing systems



FIGURE 3. Screen of the IGIS(Integrated Groundwater Information Service System) and an example of data searching for Cheonan district

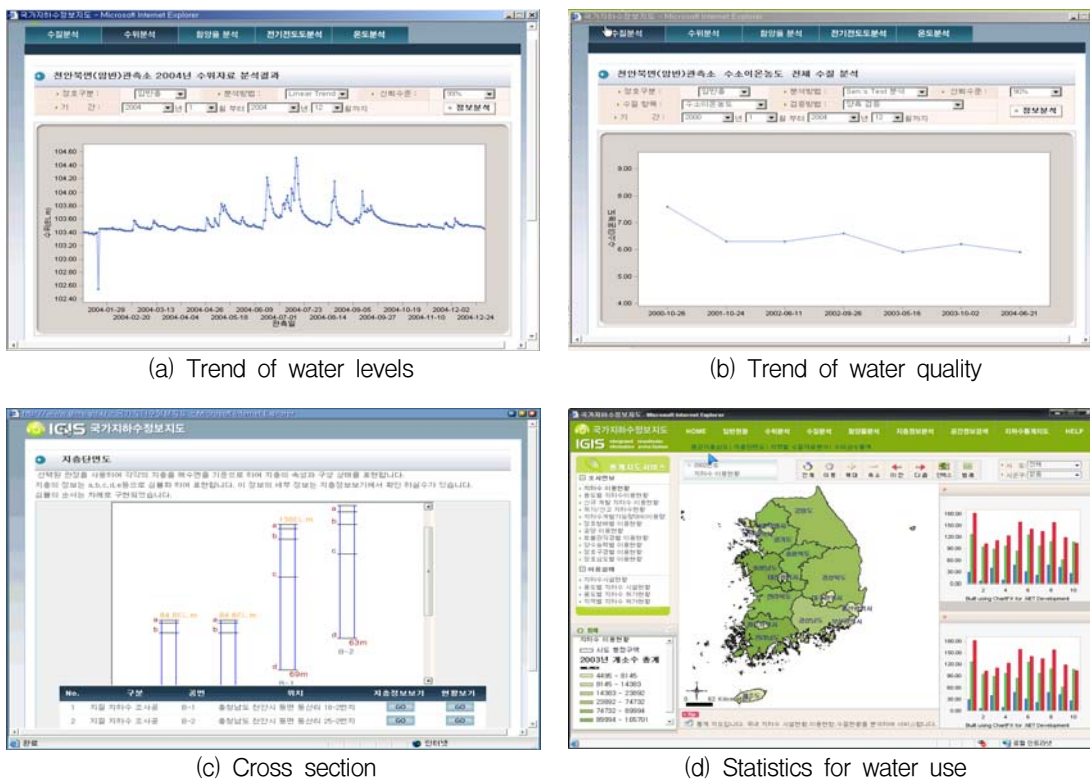


FIGURE 4. Example of trend analysis for groundwater levels and quality, cross section of geology and statistical analysis for water use in the IGIS(Integrated Groundwater Information Service System) for Cheonan area

이므로 환경부에서 일차적으로 구축된 데이터를 연동할 수 있도록 하였다.

3. 국가지하수정보지도 구축 모형

국가지하수정보지도의 주요 기능은 Web-GIS 기본 모듈, 기초자료 서비스, 분석자료 서비스, 통계자료 서비스로 구성된다(표 7).

그림 3은 천안지역을 대상으로 구축한 국가지하수정보지도의 기본화면을 나타낸 것으로서 다양한 주 메뉴를 확인할 수 있으며, 검색 기능을 활용하여 지하수 관측소의 자료를 검색한 사례를 보여준다(www.gims.go.kr/igis 참조). 아울러, 지방자치단체 지하수 담당 공무원이 사용할 수 있도록 해당지역의 행정, 인문, 사회 자료, 지형정보, 관정현황 및 GIS 검색과 통계 처리 등의 기능을 보여주며, 각종 주제도에 대한 선택도 가능하다.

분석 서비스 모듈에는 임의 지역을 선택하여 분석하거나 특정 시설을 선택하여 분석할 수 있는 2가지 분석 체계를 갖고 있다. 수위 자료 분석은 관측소별 시계열 수위자료의 선형 경향성분석과 영역별 수위통계분석으로 나누어진다. 선형경향성분석법(Linear trend analysis)은 그림 4a에서 보듯이 지하수위, pH, EC 등의 시계열관측자료의 선형추세를 파악하는 모수방법(Parametric method)으로서 선형 회귀모델 수립과 t-test를 이용한 기울기의 통계적 검정 두 단계 과정을 거친다(오광우 등, 2000; Yangxiao, 1992). 수위통계 분석은 사용자가 설정한 임의의 영역 또는 행정구역내의 모든 수위자료의 산술평균 등의 통계값을 보여준다. 수질자료는 년 2회 측정되어 데이터 개수가 적으므로 정규분포를 가정하는 모수적 방법의 시계열 분석 기법을 사용하기 어려우며, 또한 결측값과 이상값이 존재하기 때문에 비모수적 방법(Nonparametric method)인 Sen's Test 및 Mann-Kendall Test를 사용하였다(그림 4b) (Gibbons, 1994; Kim, 2005).

지하지층분석서비스는 선택된 시추공들의 시

추추상도의 자료를 활용하여 Web 화면에서 이미지 형태로 재구성하여 지층 단면을 보여주며 지층의 상세 내용을 텍스트 형태로 확인할 수 있다(그림 4c). 통계서비스는 허가신고 관정에서 구한 이용량, 개소수 정보를 지역별, 기간별, 시설별로 지도 또는 막대그래프 형태로 제공한다(그림 4d). 이외에도 하천과의 거리계산, 영향권 평가 등 다양한 분석 기능이 포함되어 있다.

결론 및 고찰

현재까지 중앙부처 및 각 기관에서 분산 구축되어온 지하수 관련 시스템은 데이터의 중복성과 낮은 접근성, 데이터의 검증체계 미흡, 관측정보의 실시간 관리체계 미흡 등의 문제점을 갖고 있어, 정보 활용의 극대화를 통한 지하수관리 효율성 제고에는 다소 미흡하다. 이를 위하여, 본 연구에서는 지하수 수량, 수질 및 관측 정보를 통합 관리·분석하고, 중앙과 지방자치단체 DB를 연동할 수 있는 시스템 모델을 구축함으로써 향후 지방자치단체별 독자적인 시스템 개발을 억제하고 국가 지하수 정보 관리를 일원화하고 표준화 할 수 있는 방향을 제시하였다. 또한, 초고속행정정보망을 통하여 전국 데이터를 연계하게 되었으며, Web-GIS의 다양한 기능을 최대한 활용하여 Client/Server 환경에서 요구되는 데이터 서비스, 연계, 분석 등의 기능을 구현하게 됨으로써 사용자 요구를 충족시킬 수 있게 되었다.

천안 및 대구지역을 대상으로 표준화된 국가 지하수정보지도를 구축한 결과, 지방자치단체 및 관련 기관의 담당자들은 각 기관이 자체 보유한 지하수 현황의 실시간 데이터 뿐 아니라 다양한 GIS 데이터와 타 기관의 자료도 함께 접근할 수 있는 장점이 있으며, 별도 시스템 구축이 필요하지 않게 된다. 이를 통하여 보다 많은 양의 데이터를 활용한 분석이 가능함으로써 과학적이고 합리적인 지하수 업무

수행이 가능하게 된다. 본 시스템은 전국의 지방자치단체를 대상으로 단계적으로 확대 구축될 계획으로서, 지방자치단체별 시스템의 중복 개발 방지, 데이터의 표준화 및 예산 절감 등의 효과를 얻을 것으로 본다. **KAGIS**

참 고 문 헌

- 건설교통부. 1996. 지하수관리 기본계획. 56쪽.
- 건설교통부. 2002. 지하수관리 기본계획. 112쪽.
- 건설교통부, 한국수자원공사. 1997. 지하수 정보 관리 시스템 보고서. 627쪽.
- 건설교통부, 한국수자원공사. 1999. 지하수 정보 관리 시스템 구축(4차) 보고서. 309쪽.
- 건설교통부, 한국수자원공사. 2000. 지하수정보시스템 유지보수 보고서. 162쪽.
- 건설교통부, 한국수자원공사. 2003a. 국가지하수 정보센터 설치·운영 계획 보고서. 65쪽.
- 건설교통부, 한국수자원공사. 2003b. 지하수 기초 조사 및 수문지질도 제작관리 지침. 129쪽.
- 건설교통부, 한국수자원공사. 2004. 국가 지하수 관측망 관리시스템 보고서. 411쪽.
- 건설교통부, 한국수자원공사. 2005. 지하수 수량수질 통합관리 시스템 구축 용역 보고서. 321쪽.
- 국무조정실. 2005. 물관리정보 표준. 60쪽.
- 김규범. 1999. 우리나라의 수문지질도 제작 및 관리 지침 수립. 한국수자원학회지 32(6):82-95.
- 김규범, 손영철, 김종욱, 이장룡. 2005. ArcView GIS의 AvenueTM language를 활용한 수문지질도 작성 알고리즘 개발 및 적용사례 연구. 한국지리정보학회지 8(3):107-120.
- 농림부, 농업기반공사. 2003. 농촌용수 물관리정보화 마스터플랜수립 보고서. 177쪽.
- 부산광역시, 한국수자원공사. 2003. 부산광역시 지하수 정보관리시스템 보고서. 542쪽.
- 서울특별시, 서울시정개발연구원. 2002. 서울시 지하수관정관리시스템 구축. 697쪽.
- 오광우, 이성덕, 이우리. 2000. 시계열 분석 입문 및 응용. 탐진출판사. 서울.
- 이병대. 2004. 먹는샘물-종합관리체계 필요하다; 환경부내 종합관리시스템 구축 시급. 워터저널 9월호:90-93.
- 천안시, 한국수자원공사. 2003. 천안시 지하수정보관리 시스템 보고서. 1212쪽.
- 행정자치부. 2002. 시군구행정종합정보시스템 구축 2단계 완료보고서. 234쪽.
- 환경부. 2005. 2005년도 지하수 수질측정망 설치 운영 계획. 26쪽.
- 환경부, 국립환경연구원. 2001. 상수도 정보화 장기종합계획. 495쪽.
- Gibbons, R.D. 1994. Statistical Methods for Groundwater Monitoring. John Wiley and Sons. 304pp.
- Kim, G.B. 2005. Nationwide monitoring and assessment of groundwater in Korea(Ph.D thesis). Seoul National University. Korea. 391pp.
- Kim, G.B., J.Y. Lee and K.K. Lee. 2004. Construction of lineament maps related to groundwater occurrence with ArcView and AvenueTM script. Computer and Geosciences 30:1117-1126.
- Peng, Z.R. and M.H. Tsou. 2003. Internet GIS. John Wiley and Sons. 679pp.
- Yangxiao, Z. 1992. Design and Analysis of Groundwater Monitoring System. unpublished lecture note. Delft University. 124pp. **KAGIS**