

## 지열자원 정보시스템의 설계

\*백 승균<sup>1)</sup>, \*\*김 형찬<sup>2)</sup>, 박 정민<sup>3)</sup>

### Design of Geothermal Resource Information System

\*Seunggyun Baek, \*\*Hyoungchan Kim, Jeongmin Park

**Key words** : Geothermal resource(지열자원), GIS(지리정보시스템), Thermal property(열물성), Geothermal gradient(지온경사), Heat flow(지열류량), Heat content(열부존량)

**Abstract** : 최근 유가 폭등으로 관심이 고조되고 있는 청정 재생에너지인 지열자원의 효과적인 개발 및 활용을 위하여 그동안 축적된 지열조사 및 연구정보를 체계적으로 저장, 관리, 도시할 수 있는 GIS 기반의 지열자원 정보시스템을 개발하고자 하였다. 이를 위하여 열물성, 지온경사, 지열류량, 열생산율, 열부존량 등 지열조사 자료를 수집 및 분석하여 공간적 특성과 역할에 따라 기본정보, 참조정보, 분석정보, 부가정보의 4개 자료군, 39개 단위데이터로 분류하였고, 각 단위데이터의 속성 선정과 연계를 위한 GIS 데이터 모델링을 통하여 공간데이터베이스를 설계하였다. 지열자원 정보시스템은 도면표시, 자료조회, 분석/통계 등 전반적인 GIS 기능을 이용하여 지열자료의 조회 및 분석이 용이하도록 설계하였다.

### 1. 서 론

최근 폭등하는 유가로 인해 청정 재생에너지인 지열자원에 대한 관심이 고조되고 있다. 지열을 활용하는 방법은 천부 지중열을 이용한 중소규모 냉난방과 심부 지열에너지를 활용하는 대규모 지역 난방플랜트로 구분할 수 있다<sup>(1)</sup>.

열물성, 지온경사, 지열류량, 열생산율 등과 같은 지열정보는 지열자원의 효과적인 개발 및 활용을 위한 가장 기초적이고 중요한 자료로서, 전국에 걸쳐 지속적인 조사, 연구를 통한 데이터베이스 구축이 절실히 요구된다.

이 연구의 목적은 그동안 축적된 지열조사 및 연구정보를 체계적으로 저장, 관리, 도시할 수 있는 GIS 기반의 지열자원 정보시스템을 설계하는데 있다.

### 2. 본 론

#### 2.1 GIS기반 데이터베이스 설계

GIS기반 데이터베이스 설계절차는 자료취합 및 분류단계, 분석 및 단위데이터군 선정 단계, GIS데이터모델 설계 단계로 이루어진다.

자료 취합 및 분류단계에서는 한국지질자원연구원 지하수지열연구부에서 현재까지 조사, 관측한 지열관련자료와 지질관련자료들을 수집하였다.<sup>(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)</sup> 수집된 지열 관련 정보에는 텍스트기반의 수치자료와 GIS포맷의 공간자료

형태로 구분된다. 공간자료는 크게 벡터(vector)와 래스터(raster) 자료로 분류되며, 벡터 데이터는 다시 점(point), 선(line), 폴리곤(polygon) 형식으로 세분된다. 텍스트 기반의 열물성(thermal property) 정보, 지온경사(geothermal gradient) 정보, 지열류량(heat flow) 정보, 열생산율(heat production) 정보는 특정 위치에서의 조사정보이므로 점 형식의 공간자료로 변환하였다. 열물성 공간자료의 속성정보에는 밀도(density), 공극율(porosity), 열확산율(heat diffusivity), 비열(specific heat), 열전도도(thermal conductivity) 등 세부 조사항목을 포함하며, 지온경사 공간자료의 속성정보에는 초기온도(initial temperature), 공저깊이(bottom depth), 공저온도(bottom temperature), 지온경사 등 세부항목으로 구성된다. 선형식의 공간자료에는 단층(fault), 선구조(lineament) 데이터가 포함된다. 폴리곤 형식의 자료에는 1/250,000 수치지질도(digital geological map)와 지체구조 경계(tectonic boundary) 데이터가 포함된다.

한편 래스터 자료에는 암석 열전도도 분포도, 지온경사 분포도, 지열류량 분포도, 열생산율 분

1) 한국지질자원연구원 지하수지열연구부  
E-mail : sgbaek@pknu.ac.kr  
Tel : (042)868-3074 Fax : (042)868-3358  
2) 한국지질자원연구원 지하수지열연구부  
E-mail : khc@kigam.re.kr  
Tel : (042)868-3074 Fax : (042)868-3358  
3) 충남대학교 지질학과  
E-mail : min2000u@naver.com  
Tel : (042)868-3074 Fax : (042)868-3358

포도, 심도별 Geotherm 분포도, 심도별 지온경사 분포도, 모호면 분포도, 지표면온도 분포도 등이 포함되며, 상기한 점 형식의 공간자료로부터 공간적 상관성에 의한 내삽기법을 적용하여 작성한 분석주제도들이다.

Table 1 Lists of geodatabase layer.

Group	No	Layer Name
Group-1 Basic Info.	1	meta_info
	2	thermal_property_info
	3	geothermal_gradient_info
	4	heat_flow_info
	5	heat_production_info
Group-2 Reference Info.	6	geologic_map
	7	fault_map
	8	lineament_map
	9	tectonic_boundary_map
	10	moho_depth_map
	11	surface_temperature_map
	12	air_magnetic_map
	13	air_gravity_map
	14	hotspring_map
	15	adm_sido
	16	adm_sigungu
	17	adm_umd
	18	adm_ri
Group-3 Analysis Info.	19	anal_thermalconductivity_map
	20	anal_geothermalgradient_map
	21	anal_heatflow_map
	22	anal_heatproduction_map
	23~27	anal_geotherm_map (1/2/3/4/5km)
28~32	anal_heatcontent_map (1/2/3/4/5km)	
Group-4 Additional Info.	33	road_map
	34	rail_map
	35	river_map
	36	DEM_map
	37	slope_map
	38	shaderelief_map
	39	satelliteimage_map

분석 및 단위데이터군 선정 단계에서는 수집된 자료들을 공간적인 특성 및 역할에 따라 기본정보, 참조정보, 분석정보, 부가정보의 4개 자료군(Group)으로 구분하였다. Group-1 기본정보는 데이터베이스의 가장 핵심적인 관리 및 운영 대상정보로서 열물성정보, 지온경사정보, 지열류량정보, 열생산율정보가 포함된다. Group-2 참조정보는 기본정보와 함께 활용하여 분석을 수행하거나 Group-3을 작성하는데 이용되며, 지질도, 단층도, 선구조도, 지체구조경계도, 온천개발현황도, 모호면 분포도, 지표면온도 분포도, 항공자력탐사도, 항공중력탐사도, 행정구역도가 포함된다. Group-3 분석정보는 Group-1과 Group-2 자료군에 대하여 공간분석기법을 적용하여 작성한 분석주제도로서 열전도도 분포도, 지온경사 분포도, 지열류량 분포도, 열생산율

분포도, 심도별 Geotherm 분포도, 심도별 열부존량 분포도가 포함된다. Group-4 부가정보는 상대적인 위치 파악 및 지열과 간접적으로 관련이 있는 정보로서 지도제작, 종합 검토 시 도움이 되는 정보군이다. 여기에는 도로망도, 하천망도, 철도망도, DEM, 지형경사도, 음영기복도, 위성영상 등이 포함된다.

GIS데이터모델 설계 단계에서는 데이터베이스 목록(Table 1)을 토대로 각 단위데이터의 속성선정, 주키 설정, 참조키 설정, 유일식별자 지정과 속성연계를 위한 각종 코드설계를 기반으로 GIS데이터모델을 작성한다(Fig. 1).

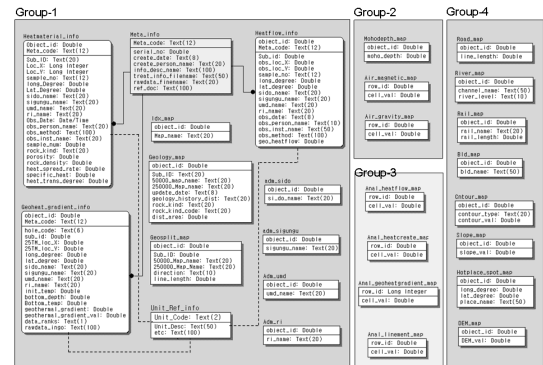


Fig. 1 Entity-Relationship Diagram of Physical Data Model.

## 2.2 지열자원 정보시스템 설계

지열자원 정보시스템 구축은 지열 관련 자료의 수집 및 공간데이터베이스 설계를 거쳐 단독 실행 장비에서 실행되는 관리시스템을 우선 개발하며, 향후 웹정보시스템으로 확대 개발한다.

Fig. 2는 지열자원 정보시스템 개발을 위한 설계 내용을 나타낸다. 시스템의 설계절차는 시스템 요구사항 분석 단계, 시스템 기능설계 단계, 화면설계 단계, 하드웨어 및 소프트웨어 설계 단계로 구분된다.

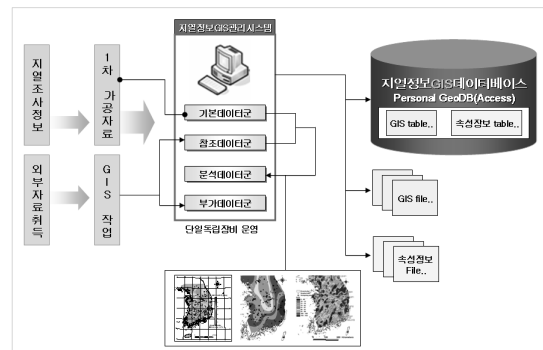


Fig. 2 The design of geothermal resource information system.

시스템 기능설계는 요구사항분석을 통하여 이루어지며, 도면표시, 조회 검색, 편집, 출력, 분석/통계 등 전반적인 GIS 기능들에 대한 설계가 이루어진다(Table 2).

Table 2. The required functions for geothermal resource information system.

Function	Specification
Map Display	Zoom In/Out, Pan
	Display attribute by pointing the feature (point/line/polygon)
	Display cell value by pointing on grid layer
	Layer overlay on/off, arrange layer order
	Monitoring coordinates by moving the pointer
	Measuring the distance or area
Data Query	Search location by attribute of feature
	Draw chart with selected attribute of feature
	Query by typing the coordinates and display the result by centering
	Query by selecting county and display the result by centering
Editing	Manage the feature (creation, edit, delete)
	Edit the attribute of feature
	Join and edit with Excel data and feature
	Export as new file from query result
Printing	Map join and separation, geoprocessing
	Annotation (North Arrow, Scale Bar, Legend, Text Input)
Analysis/Statistics	Print and save the thematic map
	Create the interpolated map for specified area on point data layer
	Map algebra and statistics
	Draw profile graph by setting the guide line on raster data layer
	Relationship analysis between point and grid data

도면표시 기능에서는 기본정보, 참조정보, 분석정보 자료군의 단위데이터들을 중첩표시하거나 관심 지역의 측정값이 표시되도록 설계하였다. 조회 검색 기능에서는 행정구역, 좌표, 지도 영역 등 지정에 의한 자료 조회와 결과의 엑셀 파일 저장이 가능하도록 하였다. 편집 기능에서는 데이터의 위치 및 속성 수정과 외부 속성정보를 추가할 수 있도록 설계하였다. 분석/통계 기능에서는 열전도도 분포도, 지열류량 분포도 등 래스터 자료의 검색 결과에 대하여 평균, 분산 등의 통계값이 표시되도록 하였고, 결과를 그림파일과 엑셀파일로 저장할 수 있도록 설계하였다. 특히 열물성, 지온경사 등 점형 데이터의 세부항목들에 대하여 입의 영역 보간분석 및 주제도 생성이 가능하도록 설계하였다. 또한 점형 데이터와 래

스터 데이터 사이의 그래프 작성을 통한 상관 분석이 가능하도록 하였다.

관리시스템의 화면설계 내용은 Fig. 3과 같다. 화면 상단에 풀다운메뉴와 메뉴아이콘을 배치하여 기본적인 화면조작과 공간속성정보 등을 조회할 수 있게 하였다. 화면 좌측에 레이어 목록, 인덱스맵, 검색창을 두어 레이어 중첩 표시와 검색이 용이하도록 설계하였다.

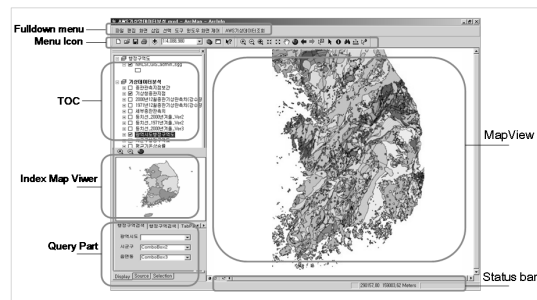


Fig. 3 The layout of geothermal resource information system.

### 3. 결론

이 연구에서는 그동안 축적된 지열조사 및 연구정보를 수집하여 특성에 따라 자료군과 단위데이터로 분류하여 공간데이터베이스를 작성하고, 도면표시, 자료조회, 분석/통계 등 전반적인 GIS 기능을 이용하여 지열자료의 조회 및 분석이 용이하도록 지열자원 정보시스템을 설계하였다.

이번 연구에서는 단독실행 장비에서 실행되는 관리시스템을 우선 개발하는 것으로 목적으로 하였으며, 향후 웹GIS 정보시스템으로 확대 개발하면 지열관련분야에 필요한 정보를 즉시 제공함으로써 지열에너지 개발에 적극 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 후 기

본 연구는 에너지관리공단의 에너지·자원기술 개발 사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

### References

- [1] 송윤호, 김형찬, 이철우, 황세호, 조병욱, 이태종, 심병완, 안은영, 2005, "지열자원 부존특성 규명 및 활용기반기술 연구", 한국지질자원연구원 보고서, OAA2004018-2005(2), 101p.
- [2] 김형찬, 송윤호, 류충렬, 박영수, 임무택, 염병우, 박덕원, 이태종, 이사로, 이종철, 이철우, 임형래, 김용제, 고동찬, 박인화, 손정술, 이병태, 이홍진, 임성근, 장우석, 2004, "지역난방시스템에 활용 가능한 김해, 양산지역의 심부 지열자원조사에 관한 연구", 한국지질자원연구원 보고서, 97p.
- [3] 송윤호, 김형찬, 이철우, 황세호, 조병욱, 이태종, 심병완, 안은영, 2005, "국내 지하

- 열 자원 활용기술 개발의 증장기 계획”, 한국지질자원연구원 보고서, 2004-R-NC02-01-0-000, 104p.
- [4] 송운호, 이창범, 박덕원, 김형찬, 이철우, 이성근, 박인화, 이태중, 심병완, 조병욱, 염병우, 이승구, 황세호, 이상규, 이윤수, 김통권, 이진수, 안은영, 윤옥, 김연기, 임현철, 이병대, 서정희, 2006, “심부 지열에너지 개발 사업”, 한국지질자원연구원 보고서, OOA2003001-2006(4), 190p.
- [5] 이태중, 송운호, 이창범, 박덕원, 김형찬, 조병욱, 이승구, 김통권, 황세호, 윤옥, 이상규, 이철우, 이영민, 이성근, 박인화, 심병완, 이윤수, 장찬동, 2007, “지열수 자원 실용화 기술 개발”, 한국지질자원연구원 보고서, GP2007-002-01-2007(1), 161p.
- [6] 김형찬, 2004, “남한의 지열류량과 지질자료를 이용한 지열 이상대 해석”, 충남대학교 박사학위논문, 123p.
- [7] 박정민, 김형찬, 이영민, 송무영, 2007, “경기도, 강원도, 충청도 일대의 암석 열물성 특성 연구”, 자원환경지질, Vol. 40, No. 6, pp. 761-769.
- [8] 김종찬, 2008, “한국의 화강암 열물성과 한국의 열생산을 분포 및 그 해석”, 공주대학교 대학원 석사학위논문, 97p.