

## [Article]

## 충청도의 지열 데이터

항재홍<sup>1</sup>, 김형찬<sup>2</sup>한국지질자원연구원(KIGAM) 지질자원데이터센터<sup>1</sup>, 한국지질자원연구원(KIGAM)지질환경연구본부<sup>2</sup>

## Geothermal Data of Chungcheong-do

Jae-Hong Hwang<sup>1</sup>, Hyeong-Chan Kim<sup>2</sup>

Geoscience Data Center, Korea Institute of Geoscience and Mineral resources

Environmental Geology Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral resources

(Received: 13 December 2019, revised: 21 December 2019, accepted: 31 December 2019)

\*Corresponding author: Hwangjh@kigam.re.kr

**요약문:** 기존 지열 표현 기술을 사용하여 정확한 지열 정보를 위한 GIS 데이터 베이스를 구축해왔으며, 이를 바탕으로 본 연구에서는 충청도를 분석하였다. 충청도에 대한 GIS 구성 및 통계 분석을 구축하고 지역 목표를 계산하였다. 많은 수의 시추공 자료를 통한 지열 표현과 시추공 데이터 및 암석 표본을 이용한 충청도의 암석 특성 분석을 수행하였다. 이를 통해 지열 통계를 정리하고 충청도의 지열 특성에 대한 지역 분석 및 평가를 위한 지열 주제도 작성을 시도하였다.

**주요어:** 충청도, 지열, GIS, 열전도성

**Abstract:** Preexistence geothermal representation technology has been used to build a GIS database for accurate geothermal information. Based on this, Chungcheong-do was analyzed. GIS composition and statistical analysis of Chungcheong-do were established and regional targets were calculated. Geothermal representation was performed through a large number of borehole data. Rock characterization of Chungcheong-do was performed using borehole data and rock samples. Therefore, we attempted to summarize the geothermal statistics and create a geothermal theme map for regional analysis and evaluation of geothermal characteristics of Chungcheong-do.

**Keywords:** Chungcheong-do, geothermal, GIS, thermal conductivity

## 1. Introduction

충청도에서 암석 표본을 수집하고, GIS 데이터를 구축하여, 지열 목표를 계산하였다 (Kim and Hwang, 2015; Kim et al., 2015). 지열류를 알기 위해서는, 지온 구배 측정이 필수적이다. 이 구배는 암석 열 전도도 측정과 시추공 온도 데이터를 사용하여 알아낼 수 있다. 1969년에, 한국의 지열 연구는 광업분야에서 시작되었다(Chang et al., 1970; Mizutani et al., 1970). 이후 연구들은 한국의 지열류량(Han and Chapman, 1985), 한반도의 지열 분포(Lim et al., 1989), 암석 종류와 지질시대 사이의 지열 관계를 조사하였다(Kim et al., 2004; Kim and Lee, 2006, 2007).

그러나, 시추공을 통한 온도 측정은 물리적 특성과 암석 종류, 굴착 유체, 굴진 속도, 케이싱, 그리고 침투 깊이를

포함한 다양한 요인의 영향을 받을 수 있다(Lee and Han, 2001). 그래서, 다른 연구 방법과 장비에서 얻은 열물성 데이터는 오류와 불일치를 초래할 수 있다. 또한, 2005년 한국에 대한 지열 조사가 시작되었을 때 높은 비용 때문에, 시추공 굴착은 보통 지하수 및 온천 개발과 같은 특정 목적을 위해 시행되었다.

전체 지역을 세분화하기 위해 그리드를 100m × 100m으로 더 세분화 되었다. 지열 잠재력 분석에서, 각 지역의 잠재력은 대표되기에 너무 넓다. 주제도에서 어떤 위치가 위 또는 아래인지 지역에 따라 나타낼 수 있다. 그러나, 지역이 얼마나 높고 낮은지를 평가하기 위해서는 최소한 행정구역에 따른 지열 잠재력 평가가 필요하다.

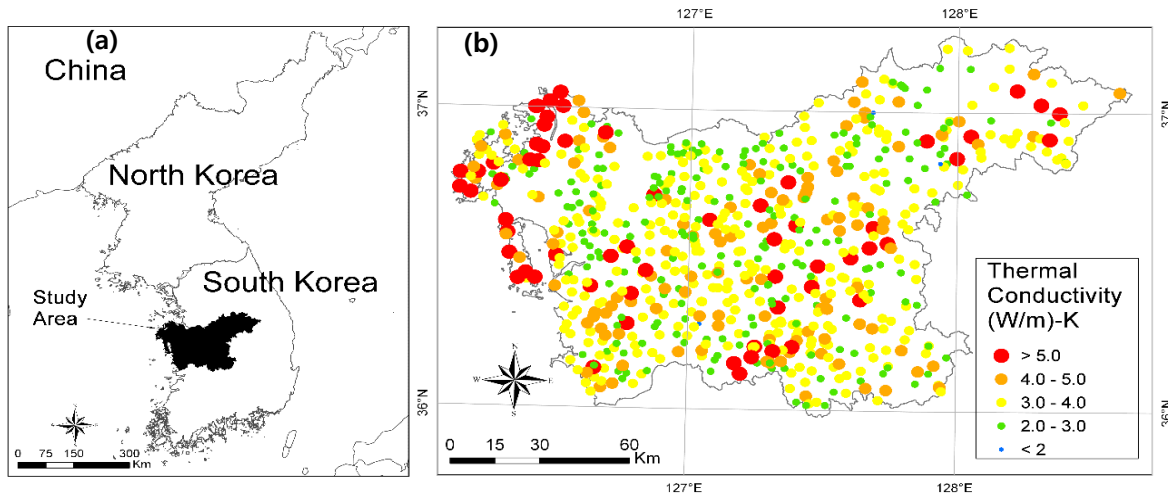


Fig. 1. (a) Study area, Chungcheong-do, Korea, (b) Thermal conductivity of Chungcheong-do

## 2. Geothermal GIS construction and Characteristics of Chungcheong-do

사용한 데이터는 충청도 742개의 열물성 표본이다. Fig. 1은 여러가지 지열 속성 중 전기전도도를 클래스에 따라 GIS DB로 도시한 것이며 Table. 1은 DB 스키마 내용이다

Table 1. Geothermal data schema of Chungcheong-do, South Korea.

No	ID	Longitude	Latitude	UTMx
1	AD-1-001	127.817583	36.60866	394254.332767
UTMy	Petrology	Petrology2	Density	Porosity
4052111.92706	담홍색화강암편마암	Granitic gneiss	2.58813	0.017752
Diffisivit	Spec_Heat	Conductvit	Period1	Period1
1.67	0.828	3.757885	백악기	Cretaceous

Table. 2는 충청도의 지열 특성을 한 눈에 조망하기 위해서, 지열자료 통계분석을 수행하였다. 충청도의 암석 밀도는 2.46~3.18 kg/m<sup>3</sup>의 범위를 가지며 평균 암석 밀도는 2.69 kg/m<sup>3</sup> 이다. 이는 우리나라 암석의 평균 밀도인 2.677 kg/m<sup>3</sup> 와 유사하다. 암석 열 확산율(Table. 2)은 범위가 0.60~3.24 mm<sup>2</sup>/sec 이며, 평균 암석 열 확산율은 1.51 mm<sup>2</sup>/sec 이다. 충청도의 평균 비열은 839 J/kgK로, 국가 평균 839 J/kgK 와 같은 비열값을 가진다. 암석의 열전도도는 위에서 언급된 밀도, 열 확산율 그리고 비열의 합으로 계산된다. 국가 평균 암석 열 전도도는 3.398 W/mK이고, 충청도의 평균 암석 열 전도도는 3.56 W/mK 이며 1.84~8.25W/mK 정도의 범위를 가진다. 위에서 언

급한 바와 같이, 열 전도도는 밀도, 열 확산율 그리고 비열에 비례한다. 따라서 충청도의 열 물성을 분석하는 것은 필수적이다. 암석의 열 전도 특성은 지열 흐름 특성의 주요한 요소이다.

열 생산율은 암석 내의 방사성 원소 U, Th, K의 함량에 의해 계산된다. 충청도의 온도 구배 분포는 15.00~46.15°C / km 범위이고 평균은 23.24°C / km 이며, 국가 평균 27.87 °C / km 와 비교했을 때 매우 낮은 값을 보인다.

### 3. Geothermal data statistics of Chungcheong-do

한국의 평균 열 생산율 2.049 μW/m<sup>3</sup> 과 비교했을 때, 충청도는 0.18~6.21 μW/m<sup>3</sup> 범위에 평균 2.13 μW/m<sup>3</sup> 값으로 약간 높다.

Table 2. Geothermal data statistics of Chungcheong-do, South Korea.

Thermal property data	Chungcheong-do		
	Count	Range	Average
Density (kg/m <sup>3</sup> )	742	2.46~3.18	2.69
Thermal diffusivity (mm <sup>2</sup> /sec)	742	0.60~3.24	1.51
Specific heat (J/kg K)	742	0.652~1.270	839
Thermal conductivity (W/mK)	742	1.84~8.25	3.56
Heat production rate (μW/m <sup>3</sup> )	31	0.18~6.21	2.13
Geometric slope (°C/km)	113	15.00~46.15	23.24
Geothermal Heat (mW/m <sup>2</sup> )	113	40.79~121.16	71.55
Average annual surface temperature (°C)	10	12.77~14.68	13.98

### 3. Conclusion and Discussion

기존 지열 주제도 시각화기술을 사용하여, 충청도 지역에 대한 GIS 데이터베이스를 구축하고 (Kim and Hwang, 2015; Kim et al., 2015) 통계분석을 수행하였다. 또한 이 연구에서, 충청도의 총 742개 지열 표본을 수집하여 분석하였다. 주요 공간 객체의 시각화 요소들은 암석 밀도, 열 확산율, 비열, 열전도도, 열 생성률, 지열 구배, 지열류량 그리고 표면온도이다. 각 주제의 속성값을 사용하여 각 포인트 유형의 지열 특성에 대한 주제도를 도시하여 통계분석을 수행하였다. 또한, 래스터 형태의 열 측정 주제도를 작성하기 위해 공간분석을 수행할 수 있다. 주로 사용하는 보간법으로 IDW(Inverse Distance Weighting)가 있다.

### 4. 참고문헌

Chang CC, Kim KH, Kong YS (1970) Heat flow in Korea. Korea Research Institute of Geoscience and Mineral Resources, Report of Geophysical and Geochemical Exploration 4(1): 30-37

Han W, Chapman DS (1985) On the regional heat flow around Korea and reduced heat flow. Journal of the Geological Society of Korea 21(2): 74-78

Kim HC, Hwang JH, Baek SK, Son M (2015) The Illustrated Geothermal Book of Southeastern Part of Korea. 979-11-85861-12-8(93450)

Kim HC, Hwang JH (2015) The Geothermal Thematic Map of Korea. 979-11-85861-13-5(93450)

Kim HC, Lee Y (2006) Interpretation of heat flow characteristics of Korea. Proceedings of the 7th Asian Geothermal

Symposium, Leyte, 25–26 July 2006

Kim HC and Lee, Y (2007) Heat flow in the Republic of Korea. Journal of Geophysical Research 112: B05413

Kim HC, Lee S, Song MY (2004) Geological characteristics and heat flow relationship in South Korea. Economic and Environmental Geology of Korea 37: 391-400

Lee CK, Han U (2001) Estimation of borehole temperature disturbed by drilling. Geosciences Journal 5(4): 313-318

Lim JU, Kim HC, Yum BW (1989) Regional pattern of heat flow in the Korean peninsula. Ministry of Science & Technology, Republic of Korea KR-89-(B)-12: 61

Mizutani H, Baba K, Kobayashi N, Chang CC, Lee CH, Kang YS (1970) Heat flow in Korea. Tectonophysics 10(1-3): 183-203

### 7. Metadata

구분	필드명	하위카테고리#1	하위카테고리#2	설명	비고	
필수	Title	충청도 지열 데이터		지열 열물성정보	무엇을	
	*DOI name			DOI name		
	*Category			ISO 19115 Topic Category		
	Abstract			요약 설명	어떻게, 왜	
	*Temporal Coverage				2005~2019(정보구축)	언제
					2005~2019(정보구축)	
	*Spatial Coverage	대한민국, 충청도 위도 36 °N ~ 38 °N, 경도 126 °E~ 129 °E 영역		점 (point)	WGS84	어디서
				선 (line)	WGS84	
				면 (polygon)	WGS84	
	*Personnel	등록자()/소유자 (지자연)		이름	김형찬, 황재홍	누가
			소속	한국지질자원연구원		
			이메일	hwangjh@kigam.re.kr		
*License				CC 라이선스 중 선택		
선택	*Project			수행과제명		
	*Instrument	-암석열확산율 산출기: LFA-447	MI	시료 샘플링후, 다양한 열물성 측정이론에 따라 데이터 확보		