

地中熱利用システムのためのポテンシャル評価

—地中熱エネルギーの活用について—

土壌・地下水・地盤担当 濱元栄起

1 はじめに

再生可能エネルギーのひとつである「地中熱エネルギー」の活用が期待されています。特に「地中熱利用システム」の一種である「地中熱ヒートポンプシステム(図1)」は、冷暖房や給湯の用途に適した温度を得ることができるため、米国やEUでそれぞれ100万台以上、中国でも50万台以上が設置されており、広く普及しています

(Lund, 2010)。これに対し国内での利用は、500台程度(環境省,2010)にとどまっています。この原因のひとつとして、日本では、適切な設計や施工に必要な地下環境についての情報の整備が遅れていることが挙げられます。特に日本は、大陸地域に比べて地質構造が複雑であるため情報整備の必要性が高いと考えられます。こうした

背景から、県レベルの広域的な地下環境情報(地質、地下温度、地下水特性などの情報)を社会に提供することは、地中熱利用の普及を促進するという観点から必要であると考えられます。そこで本研究では、埼玉県内における地下環境について、既存情報の収集や新たな調査を実施し、地下環境の情報を整備することを第一の目的としました。また、地中熱ヒートポンプシステム導入の初期段階においては、採熱率(地層1m当たりから得られる熱エネルギー量)の把握に「地中熱利用ポテンシャルマップ(採熱率を指標とした分布図)」が役立つことから、その作成を第二の目的としました。

2 地下環境情報の整備

地中熱利用システム(以下「システム」と記載します)は、深さ数十~百m程度の熱交換井を使って、周辺の地層と熱交換し採排熱するシステムです。このため、設置点近傍の地層の熱の採りやすさ(地質、地下温度、地下水特性などの違いで異なります)によって、掘削深度や熱交換井の本数を変える必要があります。

埼玉県における「地質情報」については、県内4,000箇所の地質情報を当センターが資料集として既に刊行し、建設・土木分野等で幅広く利用されています(環境科学国際センター, 2008)。さらにシステムを設計・施工する分野での活用を促すため、地下温度情報等も追加した改訂版を2012年度

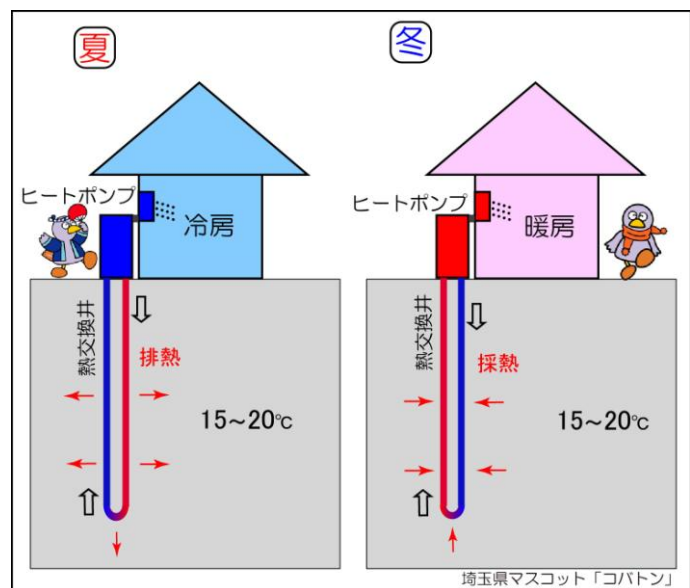


図1 地中熱ヒートポンプシステム概念図

末に刊行する予定で作業を進めています。

地下温度情報については、これまで一般向けに公開されているものが、ほとんどありませんでした。このため本研究で埼玉県平野部の地下温度観測井（25 地点）を活用し、最新の地下の温度分布の測定を実施しました（図 2）。測定した深さは、場所によって異なりますが、平均 200m です。一般に熱交換井の深さは 100m 程度のもので多く、システムの設計上は本研究で測定した深さの温度情報で十分であると考えられます。測定は、高い精度の温度センサーを信号線の入ったケーブルで、吊りおろし、地上部の表示器で 1～2m 間隔で温度を読み取る方法で行いました。さらに地下温度の時間的な変動を調べるため、同一の観測井で各年度 1 回（季節の差を考慮して）地下温度を測定しました。このような調査によって、埼玉県の地下の温度はおよそ 15℃～20℃の範囲にあり、地域ごとに特徴があることが分かりました。図 2 に深度 75m と 150m の水平断面について温度分布を示します。深度 150m の断面から、地下温度は埼玉県の北東部で高く南部で低めとなっていることが明らかになりました。一般に、地下温度が高ければ、暖房利用時の効率が高くなり、地下温度が低ければ、冷房利用時の効率が高くなります。このような情報を、システムの設計の際の運転状況シミュレーションに取り入れることで、高精度な設計深度等の推定が可能になると考えられます。

次に「地下水特性」の把握について述べます。一般には、熱交換井付近で地下水流動が速ければ、熱交換率が高くなる傾向にあります。しかし地下水流動を直接測定することは難しい場合がほとんどです。そこで本研究では、地形や広域的な地下水位の情報を用いたモデルにより地下水流動を推定しました。具体的には、浅層（表層から 25m 程度まで）の推定は地形勾配を、深層（25m 以深）の推定には、地下水の水位を用いて、地下水の流速を推定しました（図 3B）。

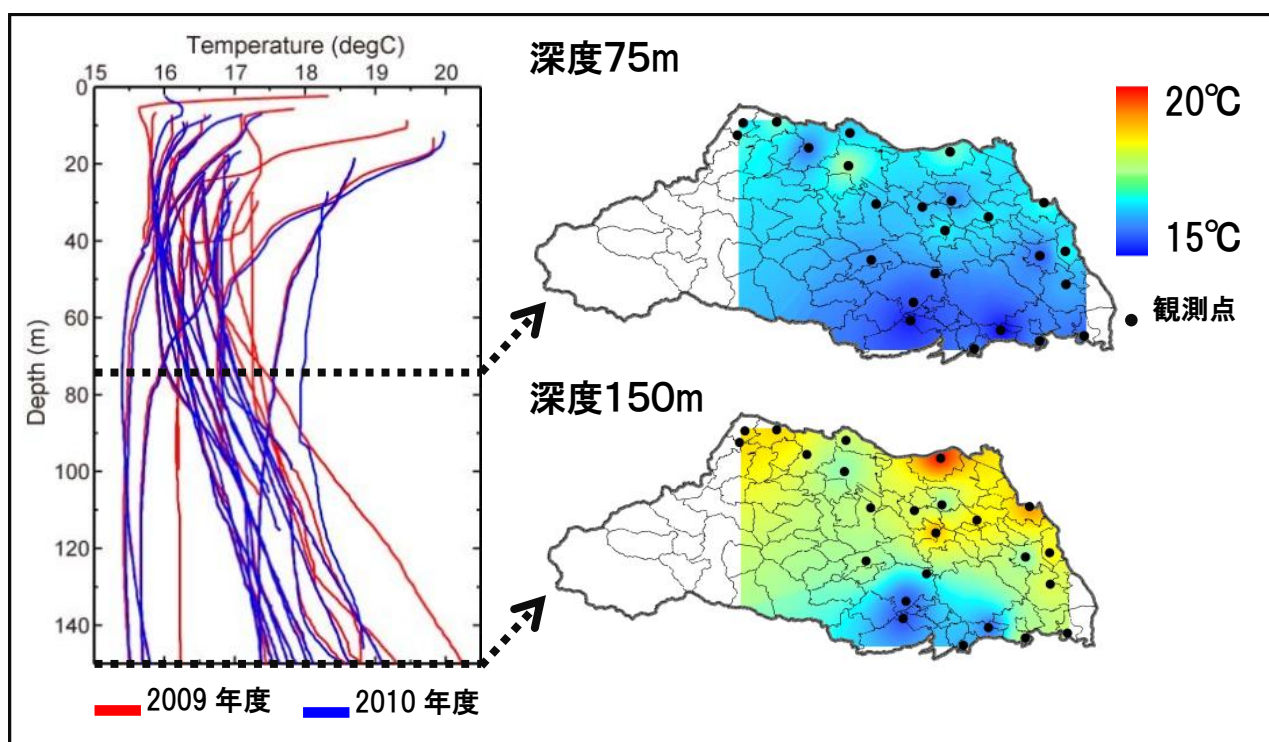


図 2 地下温度分布

左図：25 地点の地下水観測井の深さ方向の温度分布

右図：埼玉県の地下温度の水平分布

3 地中熱利用ポテンシャルの評価

一般に、システム導入の初期段階において、規模等の設計のために設置地点における採熱量の目安を把握する必要があります。これには、地中熱の利用可能性を表す「地中熱利用ポテンシャルマップ」が役立ちます。そこで、本研究で収集した既存情報や調査した結果をもとに、地中熱利用ポテンシャルの評価を行いました。ここでは、採熱率を地中熱利用ポテンシャルの指標とし、深度25mまでと50mまでの2通りについて評価しました(図3A)。この評価には埼玉県の地盤モデル(速度構造モデル)を用いるとともに、ドイツの工業指針(Verein Deutscher Ingenieure (2000-2002))に基づく典型的な地質ごとの採熱率の指標も参考にしました(表1)。この結果、埼玉県東部の低地に比べ、中央部の台地で、地中熱利用ポテンシャルが高めであることが分かりました。ただし、県西部のようにボーリングの掘削深度が浅く深部の地質情報が少ないところや、山間部のように掘削による地質情報そのものがない地域もあるため、このような場所では平均的なポテンシャルを見積もることができませんでした。しかし、今回評価を行った人口密度の高い埼玉県南東部を対象に、地中熱利用ポテンシャルを高い分解能で面的に評価できたことは、社会的に大きな意義があると考えています。

表1 地質と採熱率との関係

	土質・地質	記号	採熱率(W/m)
沖積世	腐植土	Ap	20
	粘性土	Ac	35
	砂質土	As	60
	礫質土	Ag	60
洪積世	崩積土層	Dt	60
	ローム	Lm	35
	粘性土	Dc	35
	砂質土	Ds	60
	礫質土	Dg	60

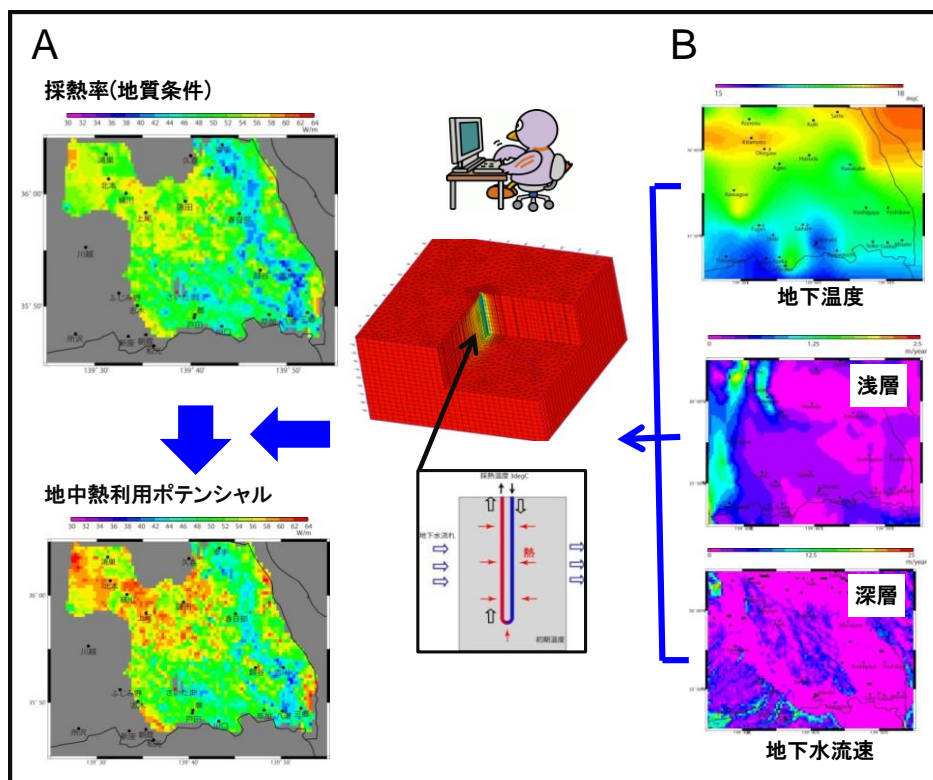


図3 地中熱利用ポテンシャル評価(暖房利用時)

A: 深度50mまでの採熱率評価例

B: 対象地域における地下温度及び地下水流速の推計例

4 研究成果の活用事例と発展性

本研究で示された地下環境の調査手法や解析手法、ポテンシャルの評価手法は、他の地域・自治体にも適用できるため、一つのモデルケースとしても役立つと考えています (Hamamoto et al., 2010)。このため、国内外の学術講演会や各種研究会等で研究の成果を随時報告しています。さらに、本研究の成果は、実際に地中熱の導入を検討している一般の方々にも役立つ情報であるため、新聞記事 (埼玉新聞) や当センターの刊行物 (ニュースレター等)、講演会等で成果を公表しています。さらに本研究で調査したデータを整理し、「地質地盤資料集」の改訂版 (2012年度末刊行予定) に掲載を予定しています。

また、埼玉県では、県の産業労働部が複数地点で「ふれあい拠点施設」の建設を進めています。このうち、本研究開始前に設計・建築された「東部地域ふれあい拠点施設 (春日部市)」では、既にシステムが導入され稼働しています。今後も、同様の施設の建設が検討されており、現在、より高効率なシステムの導入をめざすために、本研究で得られた成果を担当部署 (産業労働部) へ情報提供するなどしています。

文献

Hamamoto, H. et al. (2010) Establishment of database of subsurface environment for the ground heat exchanger, Abstract U23A-0015 presented at 2010 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 13-17 Dec.

Lund, J.W. (2010) Direct Utilization of Geothermal Energy. *Energies*, 3, 1443-1471.

Verein Deutscher Ingenieure (2000-2002) Thermal Use of the Underground. – Technical guideline VDI 4640, Düsseldorf/Berlin

埼玉県環境科学国際センター (2008) 埼玉県地質地盤資料集

環境省 (2010) 地中熱利用にあたってのガイドライン, pp.80

謝辞

本発表は、当センターの自主研究事業「低温地熱資源情報整備を目的とした地中熱利用地域特性解析」の一環として実施した研究成果をまとめたものです。調査の一部は、産業技術総合研究所、秋田大学、東京大学との共同研究によって行いました。共同研究者である宮越昭暢博士 (産総研)、林武司准教授 (秋田大)、山野誠准教授 (東京大) には、調査の同行や技術的な御助言を頂きました。また埼玉県環境部水環境課には地下水観測井の調査への御協力を頂きました。さらに、環境部エコタウン課、産業労働部産業拠点整備課にはエネルギー全般について情報交換をさせて頂きました。ここに記して謝意を表します。