

地下水循環空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの開発に関する研究（その6） 地下水利用のポテンシャル検討

地下水 空調システム 掘削技術 正会員 ○奥村 建夫* 同 大岡 龍三**
 地中熱 既存井戸 同 南 有鎮*** 同 柴 芳郎****

1. はじめに

我が国で地中熱利用ヒートポンプシステムを普及させるためには、掘削コストの削減が課題であると言われ続けているが、岩盤の上部に未固結層が覆う複雑な地盤特性から、この克服にはいまだ至っていないのが現状である。しかし、未固結地盤は複雑な地質構成である一方で、多くの地下水が賦存している。この豊富な地下水を利用することが我が国で地中熱利用を普及させる上で有効であると考えられる。

本研究では、地下水利用による高効率の空水冷ヒートポンプシステムの研究開発を行っている。本報では既存の井戸データを用い、間接利用(クローズドループ)方式による地中熱利用方法とのイニシャルコストの比較と、揚水量からのポテンシャルの検討結果について述べる。

2. 掘削技術と地下水利用の現状

本研究では地下水を揚水し、採熱あるいは放熱した後同一地盤に注水する地下水循環方式を採用している。安定したシステムの運転のためには、目詰まりが生じにくく、より多くの揚

水が可能な井戸であることが望ましい。

井戸掘削方法は、土木分野での技術も含めた図-1. に示す方法があるが、このうち、従来の井戸工法が最も確実な方法であると考えられる。

さく井工事実績調査によれば、従来工法ではロータリー、

パーカッション、エアハンマーの順で実績が多く、これらの合計件数は全体の 97%、工事費で全体の 98%を占めている¹⁾。このうち、ロータリー工法は、他の方法に比べて工事費が高くなるものの、あらゆる地層に対応できるとともに掘削径や掘削深度も幅広く適応可能な工法であることから、従来から最も多く用いられている。

全国地下水資料台帳データ²⁾より、登録されているだけ

で 5 万本以上の既存井戸が全国各地に設置されており(図-2.)、これらの井戸から、年間約 123 億 m³の地下水が利用されている³⁾。

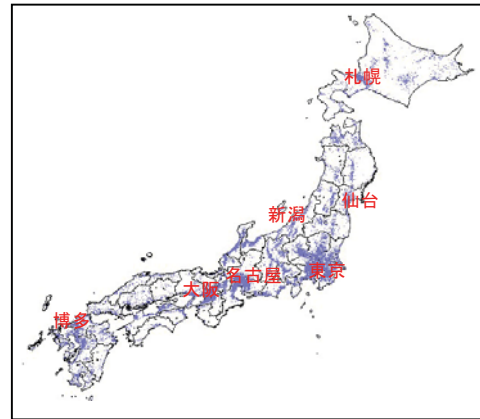


図-2. 井戸の分布状況(参考資料 2)を元に作図)

これらの井戸の中には、深さが 100m 以下の井戸であっても 500L/min 以上の揚水できるものが 45%あり、比較的浅い井戸でも多量の地下水が利用可能である。

3. クローズドループとのイニシャルコストの検討

イニシャルコストについて、地中熱利用で最も多く用いられているクローズドループ方式(Uチューブ方式)と地下水利用方式とを比較検討した結果を図-3. に示す。

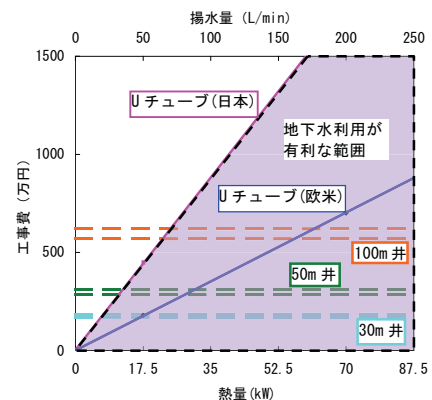


図-3. 施工コストの比較(オープンループとクローズドループ)

井戸掘削単価は、地盤条件、井戸深度、井戸径および周辺環境などにより大きく異なるが、ここでは前述のさく井工事実績調査¹⁾を参考に、ロータリー工法の平成 17

と 18 年度の単純平均単価を用いた。地下水利用の単位熱交換量(放熱量)は、本研究のフィールド実験と同じ温度差 5°C から得られる 0.35kW/(L/min)を用いた。また、U チューブ方式の工事単価と単位採熱量(放熱量)は、10,000 円/m と 40W/m とした。なお、図中には欧米での工事単価 4,000 円/m も示した。

図-3. から、30m 井で 20L/min、50m 井で 34L/min、100m 井で 71L/min 以上の揚水量が得られれば、イニシャルコストは、同じ採熱量を得るための U チューブ方式の工事費に比べ安価となり、その割合は既存井戸の 90%以上である(表-1.)。

表-1. 地下水利用が有利な既存井戸

井戸台帳 全データ	井戸深100m以下			
	0m~30m以下	30m~50m以下	50m~100m以下	
52847本	20L/min未満	159	328	513
		0.5%	1.1%	1.7%
	20~34L/min	129	258	316
		0.4%	0.9%	1.1%
	34~71L/min	263	745	871
		0.9%	2.5%	2.9%
	71~200L/min	473	1426	2592
	1.6%	4.6%	8.7%	
200L/min超	1458	5143	15025	
	4.9%	17.3%	50.6%	

4. 地下水利用のポテンシャル

既存井戸の揚水量から、地域ごとの年間利用可能熱量と、U チューブ方式に対する個々の井戸の有利性(コスト比)の分布図を作成した。この分布図の濃尾平野から琵琶湖南部地域までの拡大図を図-4. に示す。

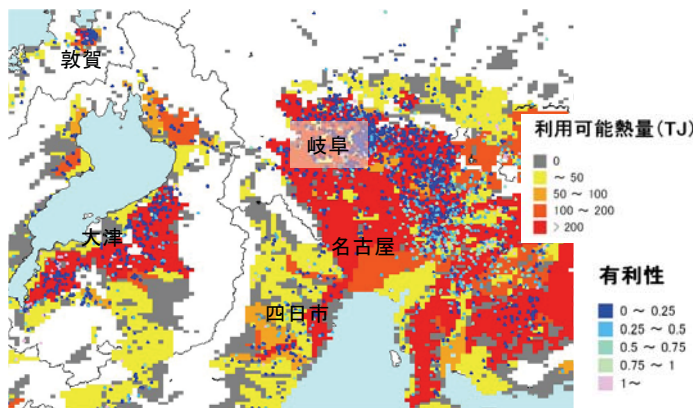


図-4. 地下水利用の有利性と地域の利用可能熱量

年間利用可能熱量は、1km メッシュ微地形の連続した範囲を 1 区画として、その微地形区画内での既存井戸の総揚水量から、前述のコスト比較と同様に温度差 5°C で熱利用するとして、以下のように求めた。

年間利用可能熱量(TJ)=地域内の総揚水量(m³)×利用温度差(°C)×比重(kg/m³)×定圧比熱(4.186×10⁻³MJ/kg・°C)

有利性は個々の井戸に対して、同一熱量を得るための U チューブ方式との工事費の経済性を比較したものである。例えば有利性 0.5 とは、クローズド方式の 0.5 倍の費用で、同一の熱量が得られることを意味し、ほぼ欧米並みの U チューブ方式の工事費に相当する。

既存井戸は山地部や海岸低地の都市部を除いた地域に広く分布している。図-4. から、年間利用可能熱量が多く、有利性も高い地域が広範囲に分布する岐阜市や大津市、比較的狭い範囲ではあるが年間利用可能熱量、有利性両方とも高い敦賀市などの識別が可能となる。

5. おわりに

地中熱利用を検討するにあたり、事前の地盤情報は欠くことのできないものである。また、地下水利用状況の把握はシステム検討の上で重要な情報となる。

全国での地下水熱利用の可能性とその有利性についての検討を行った結果、多くの地域で熱利用のポテンシャルが高く、従来の U チューブ方式に比べて経済的に有利となる地域が多く見られた。

空調需要の多い都市部では、地盤沈下等の対策として地下水の揚水が規制されている場合が多く、新規の井戸掘削は困難な状況である。しかし、本研究開発で取り組む循環方式の地下水利用は、一旦地下水を汲み上げるものの、熱利用後直ちに同じ地下水を地下へ涵養するため、地盤沈下の原因である地下水位の低下は生じないと考えられる。今後は、これらを実証していくとともに、水質について地下水利用の適合性の評価を行っていく予定である。

本研究は、平成 19 年度 NEDO『エネルギー使用合理化技術戦略的開発/エネルギー使用合理化技術実用化開発/地下水循環型空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの研究開発』により実施したものである。

【参考資料】

- 1) 社団法人全国さく井協会;平成 18 年度「さく井工事実績」「改修工事実績」調査結果報告書、さく井 329 号 pp.57~67、2008
- 2) 国土交通省土地・水資源局国土調査課、全国地下水資料台帳データ
- 3) 国土交通省;「平成 20 年版 日本の水資源」2008 年
- 4) 国土交通省国土計画局参事官室、国土数値情報、<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 5) 若松加寿江、久保純子、松岡昌志、長谷川浩一、杉浦正美、日本の地形・地盤デジタルマップ、2005 年、東京大学出版会。

*東邦地水株式会社

**東京大学生産技術研究所 准教授 工博

***東京大学大学院 日本学術振興会特別研究員 DC

****ゼネラルヒートポンプ工業株式会社

*Toho Chisui Co.,Ltd.

**Asso.Prof., Dr. Eng., Institute of Industrial Science, University of Tokyo.rganization

***JSPS Research Fellow, Graduate School of Eng., Univ. of Tokyo

****Zeneral Heat Pump Co.,Ltd.