

温水リチャージの長期耐久性に関する考察

(株) 竹中工務店 正会員 清水 孝昭
 (株) 竹中工務店 非会員 青木 雅路
 (株) 竹中工務店 非会員 中村 慎

1. はじめに

省エネルギー対策技術の一つとして期待される帯水層蓄熱システムを実用化するためには、リチャージ井戸の目詰まり特性を把握し、システムの長期耐久性を確保することが必要不可欠である¹⁾。本報では、集合住宅用帯水層蓄熱システムを想定して、60 の温水を帯水層へ蓄熱、回収する実験を原位置にて実施した結果より、リチャージ井戸の長期耐久性について検討した。

2. 実験概要

実験サイトの地盤と実験施設の概要を図-1 に示す。地盤は、地表面から GL-6m までローム (L_m) 層および粘土 (D_c) 層が堆積し、GL-6m から GL-40m 以深まで、洪積細砂 (D_s) 層が連続して堆積している。地下水位は、GL-8.3m であり、細砂層を対象とした揚水、注水兼用のディープウェル (DW) を 20m 間隔で 2 本設置した。ケーシングは、耐食性に富んだステンレス製とし、スクリーン設置深度は GL-14m ~ GL-30m とした。また、ケーシング内には、揚水ポンプを GL-30m に、注水管を GL-24m まで設置した。さらに、高温井戸の近傍には、観測井戸を 3 本設置した。地上部の施設は、揚水した地下水中の SS を除去するためのろ過装置、地下水温度を調整するための冷温水発生器、および熱交換器を設置した。施設の運転方法は 2 種類あり、蓄熱運転においては、中低温井戸より揚水した 16 の地下水を 60 となるよう熱交換し、高温井戸へ注水した。熱回収運転においては、高温井戸より揚水した高温地下水を 16 に熱交換して、中低温井戸へ注水した。蓄熱運転、熱回収運転における揚水量と注水量は同量とし、高温井戸設置直後に実施した段階注水試験の結果より²⁾、限界注水量 ($0.14\text{m}^3/\text{min}$) よりも十分小さく、かつ集合住宅 80 戸規模の利用を想定して、 $0.08\text{m}^3/\text{min}$ とした。実験スケジュールを表-1 に示す。帯水層蓄熱システムの季節間運用を想定し、蓄熱期間、熱回収期間をそれぞれ 1~3 ヶ月程度とした。そして、蓄熱運転前、蓄熱運転後、熱回収運転後に表-2 に示す試験を実施し、定期的に高温井戸の健全性を確認した。なお、ディープウェルのメンテナンスとして、2004 年 6 月にスワビングによる井戸洗浄を実施した。

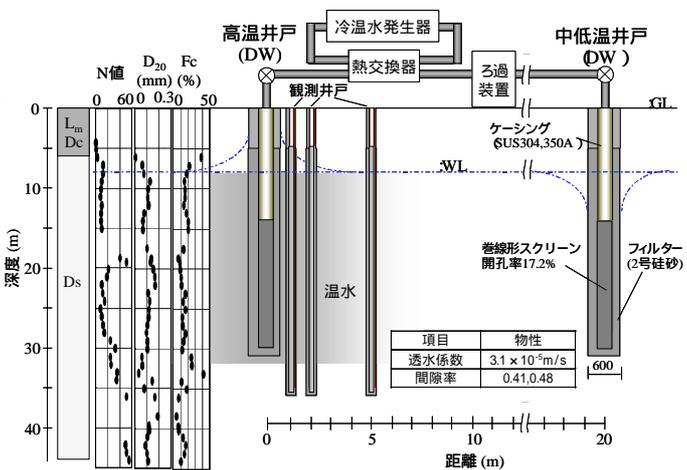


図-1 地盤および実験施設概要

表-1 実験スケジュール

	2001	2002	2003	2004	2005
蓄熱運転 (注水)		-	-	-	
熱回収運転 (揚水)			-	-	-
事前調査 試験 等	-	▽▽▽	▽	▽▽▽	▽▽▽

表-2 試験概要

確認項目	試験方法	試験条件
リチャージ能力	前日より中低温井戸を全開で揚水し、揚水量の一部を高温井戸へ注水する。注水量を段階的に増加させ、流量と井戸内水位を計測	注水量 $0.05 \sim 0.4\text{m}^3/\text{min}$ ($@0.05\text{m}^3/\text{min}$) 1 時間/1 段階 × (6~7) 段階
井戸内状況	高温井戸内にボアホールカメラを挿入し、井戸内の状況を撮影	撮影深度 GL-14m ~ -29m ($@0.5\text{m} \times 31$ 深度) 撮影範囲 $340^\circ/1$ 深度 揚水、注水停止時 揚水ポンプ稼働時
地下水質	小口径揚水ポンプにより高温井戸内 GL-20m の深度から、 $10\text{L}/\text{min}$ の流量で 5 分間連続揚水後、採水し、水質を分析	SS、鉄分、BOD、COD

3. 実験結果

段階注水試験により得られた高温井戸における注水量と井戸内水位上昇量の関係を図-2 に示す。黒抜きの

キーワード リチャージ工法、帯水層蓄熱、井戸の目詰まり

連絡先 〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 (株) 竹中工務店 TEL 0476-47-1700

凡例は、井戸設置直後および蓄熱運転（高温井戸への連続注水）後を示し、白抜きの凡例は熱回収運転（高温井戸からの連続揚水）後を示す。ここで、注水量に対する井戸内水位上昇量が小さい方が、注水能力が高いとみなす。注水能力は、蓄熱運転後と熱回収運転後で異なっており、蓄熱運転後には、注水能力が低下しているものの、熱回収運転後には、注水能力が回復する傾向がみられる。また、どちらの運転の場合も、井戸設置直後よりは注水能力が向上しており、運転の繰り返しによる経年的な能力低下はみられない。蓄熱運転後と熱回収運転後の注水時における井戸周辺水位分布を図-3 に示す。図中の凡例の数値は、注水量を示す。これより、注水井戸から 1m 以上離れた点においては、蓄熱運転後と熱回収運転後の水位上昇量の差異がみられないものの、注水井戸内水位についてのみ、両運転時の水位上昇量に差異が見られる。これは、各運転時における注水能力の変動の原因が、注水井戸の中心から 1m 以内の極近傍にあることを示すものと考えられる。図-4 に高温井戸内状況の撮影結果を示す。注水・揚水停止時において、スクリーンの劣化、目詰まり等の経年変化は見られず、60 の温水を注水しても、設置当初の健全性を維持しているものと思われる。揚水ポンプ稼動直後は、2002 年 9 月 4 日において、細粒分の流入による濁りからスクリーンが見えない。しかし、経年的に濁りの度合いは低下し、2005 年 1 月 20 日においては、濁りがほとんどみられず、高温井戸近傍からケーシング内への細粒分の流入量が減少していることが分かる。図-5 に高温井戸内地下水の水質の経年変化を示す。温水を注入することによる水質の悪化はみられず、井戸の目詰まりの原因となりうる SS、鉄分、BOD、COD とも経年的に低下していることが分かる。これは、蓄熱運転、熱回収運転の繰り返しにより、井戸近傍の細粒分が経年的に除去され、かつ、水質も良好となり、井戸の目詰まり原因が低減しているものと考えられる。

4. まとめ

井戸に負荷の少ない流量で、蓄熱運転、熱回収運転を繰り返すことにより、リチャージ井戸の能力を損なうことなく、温水を注水可能であることを確認できた。最後に本実験は、経済産業省「資源循環プロジェクト」による補助事業により得られた成果である。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 清水・中村：建築建物直下を利用した帯水層蓄熱技術，地下水技術，Vol.43, No.1, pp24-36, 2001.
- 2) T. Shimizu, M. Aoki : A study on clogging characteristics of recharge well depended on hydraulic gradient, Proceedings of IS-OKAYAMA2003, pp.409-415, 2003.

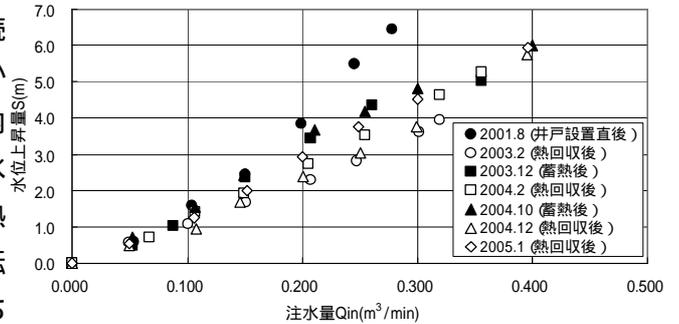


図-2 注水量と高温井戸内水位上昇量の関係

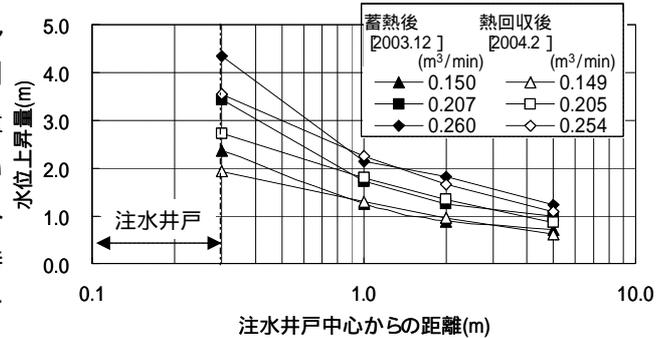


図-3 注水井戸（高温井戸）周辺水位分布

撮影日	注水・揚水停止時	揚水ポンプ稼動直後
2002年 9月4日		
2004年 2月9日		
2005年 1月20日		

図-4 高温井戸内撮影結果（GL-25m 付近）

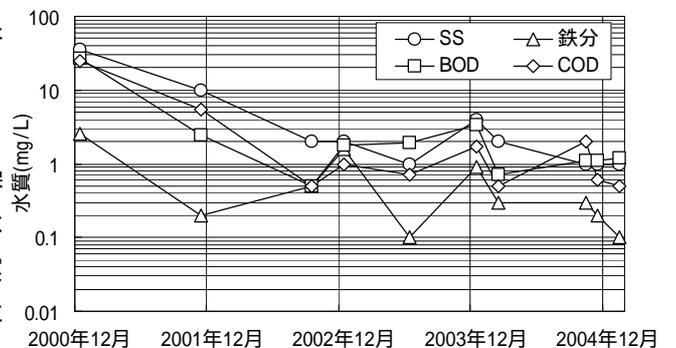


図-5 高温井戸内地下水の水質分析結果