

大阪市域における地盤沈下に配慮した帯水層蓄熱利用システムの利用試験

中央開発(株) ○大胡田 拓也, 前田 直也, 末宗 克浩, 杉原 普作

1. はじめに

沖積平野に位置する大都市圏では、地下水の採熱ポテンシャルが高いため、帯水層蓄熱技術の導入は省エネ・省CO₂に効果的と考えられる。しかし、戦後の高度成長期における大量揚水の結果、地下水低下に伴う地盤沈下が発生し、いまだに厳しい地下水採取規制が継続されている。大阪市では、ヒートアイランド現象の緩和や地球温暖化対策として、平成27年から産学官連携による大容量帯水層蓄熱利用システムの技術開発・実証事業（「帯水層蓄熱のための低コスト高性能熱源井とヒートポンプのシステム化に関する技術開発」環境省 CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業）に参画し、地盤沈下影響等の軽減に配慮した全量還水可能な切替え型熱源井を中心とした熱源システム(図-2)の開発とその適用試験を実施している。本稿では、実証事業の周辺環境影響のモニタリング等を通じて、揚水・還水時の地下水位変動と地盤沈下について解析・評価した結果を報告する。

2. 熱源システムの概要

今回の実証試験では、商業ビル空調への実装を想定した200RT(700kW)、揚水・環水量100m³/hの熱源システムを構築し、約2年半にわたり実証試験を行った結果、システム利用に一定の用途を付けることができた。大阪市内の熱源ポテンシャル量は、 2.8×10^7 ギガジュール/年¹⁾であり市内の年間エネルギー消費量の約15%に相当する。現在開発中のオープンループ型の帯水層蓄熱利用システムは、一対の熱源井を用い、揚水した地下水を100%環水することで、水位変化を最低限に抑えることができる。また、季節間または昼夜間で揚水・還水を切り替えることで効率的な熱利用が可能であり、省エネルギー・CO₂削減効果は非常に高い。実証試験において熱源利用する帯水層は第2洪積砂礫層(Dg2)を対象とし、図-3のように一対の熱源井を約120m 間隔で配置し、Dg2層から70～100m³/hの揚水・還水を行った。

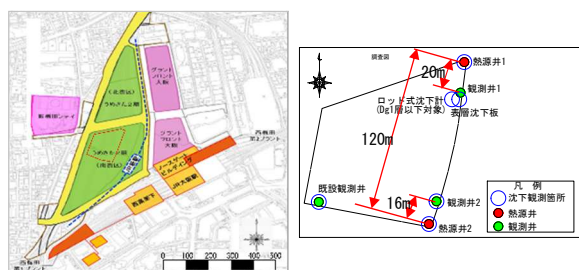


図-1 検討対象施設の場所及び調査位置平面図

3. モニタリングの内容

熱源井から、16~20m 離れた地点に観測井1と2を配置し、自記水位計と間隙水圧計を設置し、地下水位を連続で測定した(図-1)。地盤変化は、地表面で全沈下量を観測井1の直近に設置したロッド式沈下計で洪積第一砂礫層(Dg1)より下部で発生した洪積層の沈下量を水準測量により計測した。^{2),3)} 観測井設置時のボーリング調査等で確認した地下水位は GL-1~2m 程度と浅く、Dg2の透水係数は約 $1 \times 10^{-3} \text{m/s}$ で、上下に堆積する洪積粘土層(Ma12, Ma11)の圧密降伏応力 p_c は、弓型分布形状を示し、過圧密量は 150kN/m^2 以上ある。⁴⁾

4. 実証試験のモニタリング結果

(1) 熱源井の運転状況

実証試験では平成29年4月から平成30年7月にかけて最大流量100m³/hの揚水・還水の連続運転を行っており、これまで累積47.3万 m³(実運転期間4.5シーズンに相当)の地下水をDg2層から汲み上げ、全て同一層に還水できた(図-4)。

(2) 還水による地盤沈下防止効果

図-5に実証試験期間中の地下水位変動(観測井1, Dg2)と地表面およびロッド式沈下計による洪積層以深の地盤変化量(観測井1近傍)地盤変化量を示す. 熱源井1から揚水したと同時に同量の還水を熱源井2に行った場合(H30年2月~6月), 観測井1の地下水低下量は最大0.3mとなり

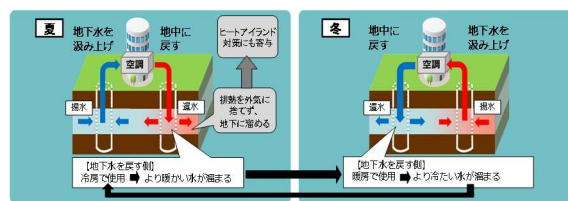
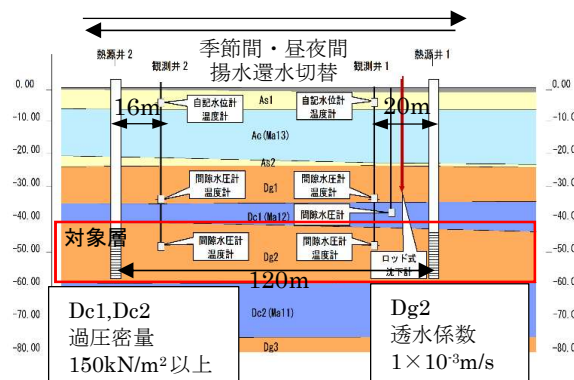
図-2 帯水層蓄熱利用システム ⁵⁾

図-3 地層断面図及びモニタリング内容

揚水のみを行った場合(H29年8月)の最大0.8mに比べて約半減された。同一層に還水することで地下水位低下量を小さくできると確認ができた。期間中の地盤高は、洪積層以深、地表付近ともに-2~+7mmで不規則に変動し、地下水位変化との相関は認められなかった。累積変化後は洪積層以深は+2mm、地表付近は+5mmで、地下水位の低下による地盤沈下は認められなかった。

5. まとめ

揚水・還水によるDg2の地下水位変動と地盤変動測定結果に連動性が見られないおよび累積変化が認められないことから、実証期間中においては地盤沈下が生じていないといえる。本帯水層蓄熱利用システムを用いて、全量還水することにより、地盤沈下を生じさせずに熱源利用が可能であることが示された。⁵⁾

6. おわりに

これらの結果に基づき、大阪市では2018年8月17日、内閣府に「帯水層蓄熱利用の普及に向けた国家戦略特区の規制緩和提案」を行っている。また、2019年2月8日、環境省に「大阪市域における地盤環境に配慮した地下水の有効利用に関する検討結果」を報告した。

最後になりましたが、本検討に当たっては、大阪市域の地下水有効利用に関する検討会において、西垣委員長(岡山大)、北田委員(GRI)、杉田委員(千葉商科大)、田中委員(筑波大)、環境省水・大気環境局土壌環境課、地球環境局地球温化対策課に様々なご意見やご指導を頂いております。ここに感謝の意を表します。

《引用・参考文献》

- 1) (株)ニュージェック：平成27年度 地中熱等導入促進事業調査業務委託その2(ポテンシャル調査等) 報告書, 2016. 2
- 2) 前田ら：大阪市域における地盤沈下に配慮した帯水層蓄熱利用システムの適用実験, 第53回地盤工学研究発表会, 2018. 7
- 3) 原ら：大阪市域における帯水層蓄熱利用に伴う地盤沈下等の評価方法について, 第53回地盤工学研究発表会, 2018. 7
- 4) 大島ら：うめ北2期地区の沖積、洪積粘土の土質特性, 第52回地盤工学研究発表会, 2017. 6
- 5) 大阪市：大阪市域における地盤環境に配慮した地下水の有効利用に関する検討結果報告書, 2019. 2

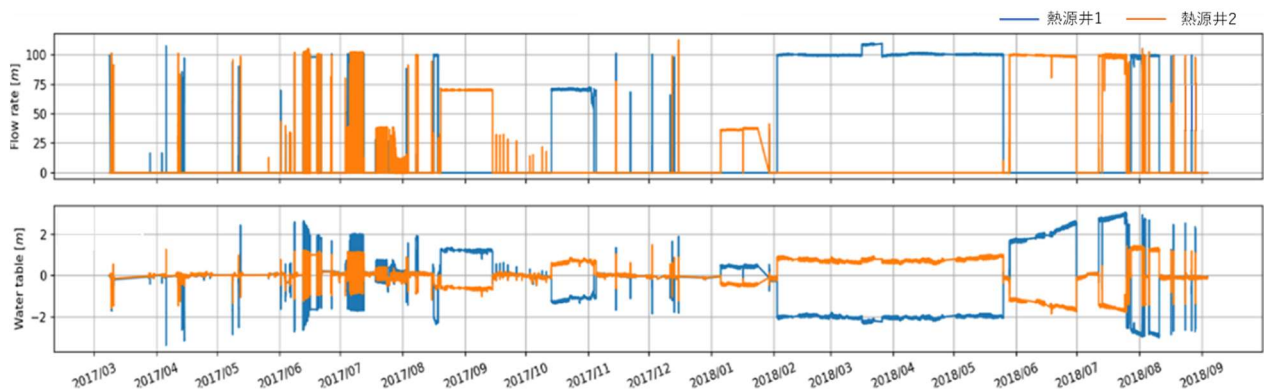


図-4 実証試験中の揚水・還水量と熱源井内水位

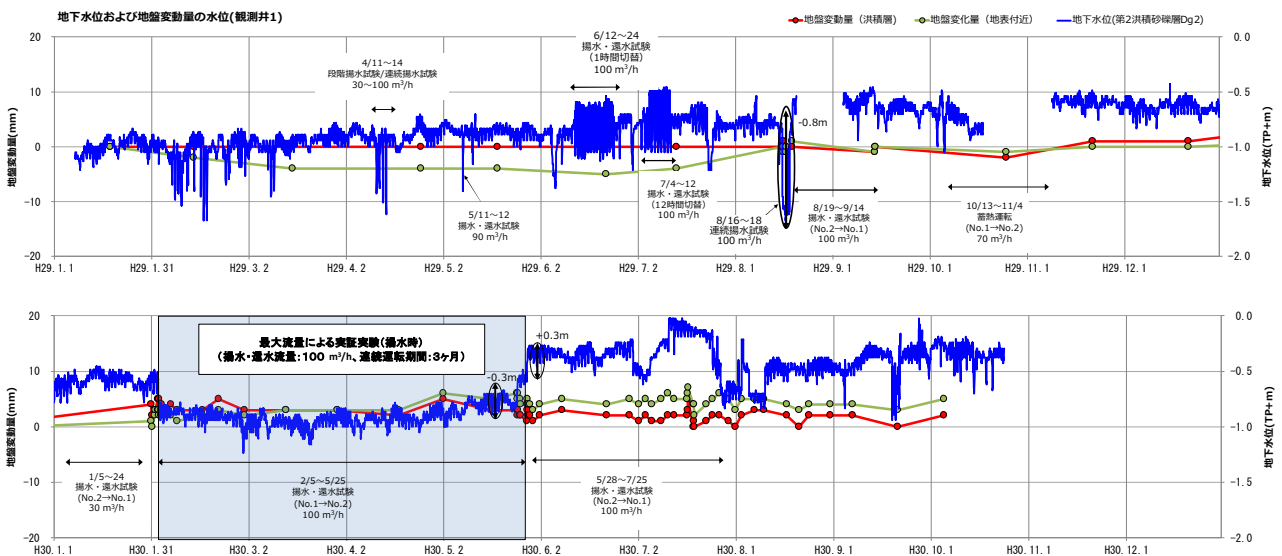


図-5 実証期間中の地下水位変動と地盤変動量(観測井 1)