

帯水層の蓄熱利用に関する研究 その１ 蓄熱実験について

関西電力(株) 篠持和洋 朝川 誠
(株)ニュージェック 竹澤請一郎 伊藤成輝 新田 昭

1. はじめに

関西地方では、夏季昼間の電力ピークが尖鋭化し、電力の年間負荷率は約 54%（平成 10 年度）と他の地域に比べても低い水準にある。発電設備はピーク時にも安定供給ができるように設置するため、負荷平準化は設備運用の効率化を推進する上で非常に重要な課題である。地下帯水層を利用した蓄熱システムは、大容量の蓄熱が可能であるため、大幅な負荷率改善の可能性がある。本報告では、大阪平野における冷熱帯水層蓄熱技術の確立のために行った蓄熱実験結果について述べる。

2. 研究のフロー

研究全体のフローを図-1 に示す。大きな流れとしては、最初の実験で短期蓄熱特性について検討し、シミュレーションによる再現を行った後に、長期蓄熱シミュレーションにより、長期蓄熱特性を調べる。その結果をもとに種々の検討を加えてシステム設計標準を作成する。

3. 実験の概要

(1) 実験サイトの概要

実験は、大阪市中央区に建設中であった関西電力(株)上二変電所の直下の帯水層を利用して実施した。この地点は大阪平野中央部を南北方向に延びる上町台地上に位置し、実験の対象となった帯水層は層厚が約 7m で GL-50～-57m（O.P.-28～-35m）に存在する。

(2) 実験設備の概要

冷水を帯水層に注揚水することにより、①どれだけの熱量を帯水層に蓄えることができるか（蓄熱容量実験）②注水した冷熱をどれだけ回収できるか（蓄熱効率実験）③対象地盤（帯水層）の透水係数の鉛直分布はどのようなになっているか（透水係数実験）を調べる実験を行った。実験を行うために、上二変電所の最下階に地下水を注揚水するための 2 本の井戸（井戸 1,2）を掘削し、その周辺に水位変化および温度変化を観測

するための 5 本の観測孔（観測孔 a～e）を設けている。井戸 1,2 の間隔は 8.1m である。井戸 1,2 内には揚水用の水中ポンプのほかに、注揚水圧の変化と注揚水温度を観測するために水位計と温度センサーが設置されている。観測孔には水位変化を観測するための水位計が 1ヶ所に、深度ごとの温度変化をとらえるための温度センサーが 1m 間隔で 8ヶ所に設置されている。また、観測孔内には、周辺の地盤環境に近づけるために砂を充填した。実験の概要を図-2 に示す。

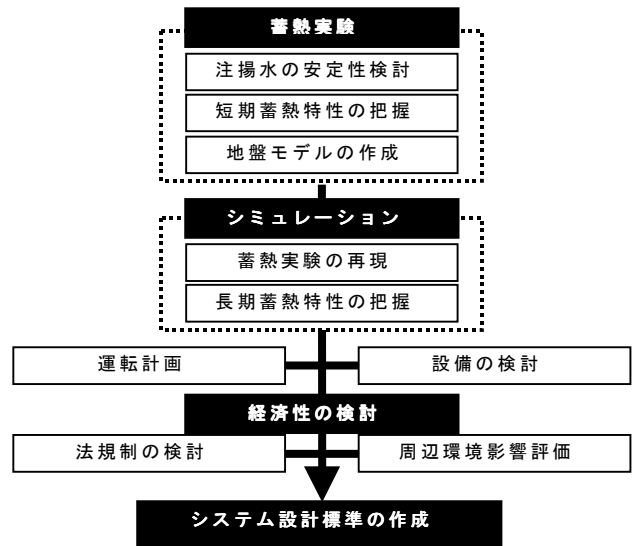
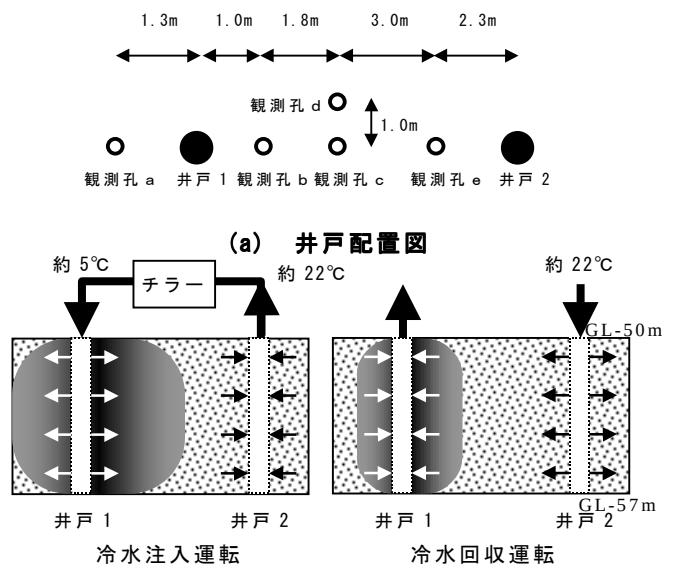


図-1 研究フロー



(b) 実験時の運転方法

図-2 実験概要図

キーワード：帯水層蓄熱、蓄熱効率、蓄熱容量、帯水層、蓄熱実験

連絡先：関西電力株式会社 〒530-8270 大阪市北区中之島 3 丁目 3 番 22 号 TEL06-7501-0409 FAX06-6446-6464

(3)蓄熱容量実験

本研究では蓄熱容量を「蓄熱ロスなく投入できる最大の熱量」としている。つまり、井戸1に注入した冷水が井戸2に到達した時点で蓄熱容量に到達したとみなした。実験方法は、冷水注入運転を継続的に実施し、井戸2からの揚水温度が低下傾向を示す時点までに注入した熱量を算定して蓄熱容量とした。

(4)蓄熱効率実験

蓄熱効率は「帯水層に投入された熱量のうち、回収することのできた熱量」と定義している。ここで、注入・回収熱量は井戸1に設置した温度センサーの値と注揚水量をもとに算出している。実験は2,4,8時間の3つのサイクルタイムで行い、各ケースについて3～4サイクルの繰返し運転を実施した。

(5)透水係数実験

従来の帯水層蓄熱における数値解析では、帯水層は均質な一つの層であるとする場合が多い。しかし、本実験地点では、地質の異なる層が互層状に重なっていることが、予備調査により分かっている。そこで、冷水をトレーサーとして利用し、帯水層の各深度ごとに設置した温度センサーが感知した温度変化からその層構造を明らかにする手法を考案した。なお、透水係数の鉛直分布の算出手順は、「帯水層の蓄熱利用に関する研究 その2」で述べる。

4. 実験結果

(1)蓄熱容量実験

井戸2の揚水温度の経時変化を図-3に示す。図から読み取れるように、実験開始後73時間の時点から温度低下傾向が現れている。よって、本実験で使用した井戸1,2に対する蓄熱容量は、次のように計算できる。

$$(\text{蓄熱容量}) = (73 \text{ 時間での注入水量}) \times (\text{温度差}) \times (\text{水の熱容量}) = 7.9 \times 10^9 \text{ (J)}$$

(2)蓄熱効率実験

実験から算定された各ケースの蓄熱効率を図-4に示す。各ケースの蓄熱効率を比較すると、サイクルタイムが増すごとに蓄熱効率が低下する事が分かった。これは、サイクルタイムの増加により、注入した冷水と地盤との熱交換量が大きくなるとともに、損失熱量が増大したためと考えられる。各ケースについてみると、サイクル数を重ねるごとに蓄熱効率が改善される傾向が見られた。また、3,4サイクル目における蓄熱効率の上昇分が、それほど大きくないことから、3,4回の繰返し運転によって、ほぼ定常に近い蓄熱効率値

が得られているものと考えられる。

(3)透水係数実験

水平透水係数の鉛直分布算定結果を、表-1に示す。この結果から透水係数は深度によって異なり、最大と最小のものが約2.2倍の開きがあることが分かった。

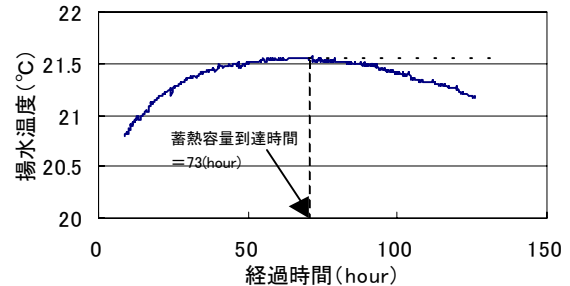


図-3 揚水温度の経時変化

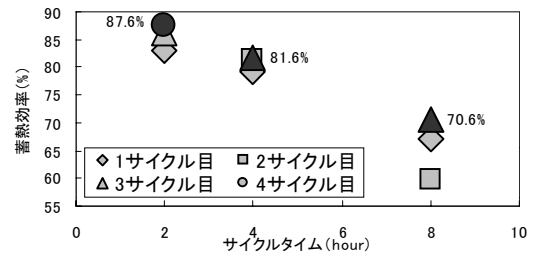


図-4 蓄熱効率実験結果

表-1 透水係数算定結果

深度 (GL -m)	透水係数 (cm/s)
50.5	2.1×10^{-2}
51.5	1.6×10^{-2}
52.5	1.4×10^{-2}
53.5	2.1×10^{-2}
54.5	1.2×10^{-2}
55.5	1.1×10^{-2}
56.5	9.7×10^{-3}
全層平均	1.5×10^{-2}

5. まとめ

- (1)今回の実験条件(井戸間隔 8.1m、帯水層厚 7m)に対して、 $7.9 \times 10^9 \text{ J}$ という蓄熱容量が得られた。
- (2)蓄熱効率はサイクルタイムが大きくなるに従い低下する傾向を示すが、サイクル数を増加するごとに改善されることが分かった。8 時間サイクルにおける蓄熱効率は約 71%であった。
- (3)本研究で考案した水平透水係数の鉛直分布を算定する手法を適用したところ、一つの帯水層であっても、深度によって2倍以上の差があり、蓄熱容量に影響を及ぼす可能性があることが分かった。

6. 謝辞

本研究を実施するにあたり、岡山大学環境理工学部西垣教授からご助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。