

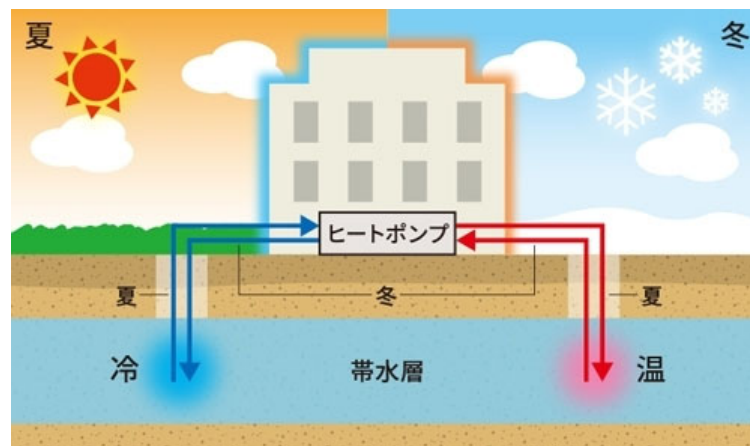
## 技術紹介

### 帯水層蓄熱と地質調査

「帯水層蓄熱システム」とは、地下水から熱エネルギーを取り出し冷暖房エネルギーとして利用する技術であり、冷暖房の排熱を大気に放出せず帯水層に蓄えることで効率的に利用し、省エネ・省CO<sub>2</sub>・ヒートアイランド現象の緩和を図るシステムです。揚水した地下水を熱回収後に全量還水するため、システムの導入にあたり、地盤や地下水の調査・解析やさく井など高い技術や豊富な経験が求められます。

#### (1) システムの概要

下図に帯水層蓄熱システムの原理を示します。夏季には地下水から揚水井を通じて冷熱を取り出し、冷房に利用した後の温熱を還水井から帯水層に注水し蓄えます。一方、冬季には揚水井と還水井の機能を切り替えて帯水層の温熱を利用します。夏季に排出される温熱を冬季の暖房熱源に、冬季に排出される冷熱を夏季の冷房熱源として利用することができるため、効率の高いエネルギー利用が可能となります。



■ 帯水層蓄熱システムの原理<sup>出典※1</sup>

#### (2) システム導入における課題

##### 1) 地盤・地下水条件

地下水の汲み上げと還水を長期間連続的に行うため、透水性が良い帯水層を選定する必要があります。一方で、帯水層に蓄熱をさせるため、地下水流速の早い場所

には適さないことがあります。汲み上げた地下水の全量を還水するため、広域的な地盤沈下は問題となりません。しかし、局所的な沈下に対しては、揚水・還水による水位変動や周辺地盤の圧密特性等との関係を把握しておく必要があります。

## 2) 井戸構造

熱利用後の地下水を帯水層に全量還水させるため、揚水井と還水井の一对の井戸が必要となります。季節間で機能の切替えを行うため、各井戸は、揚水井および還水井の両方の機能を有する必要があり、揚水井ではスクリーン周辺の土粒子がほとんど移動しない井戸、還水井では長期間の還水においても目詰まりが生じない井戸を構築する必要があります。また、お互いの井戸で蓄えた熱塊が干渉しないよう十分な離隔をとる必要があります。

地下水のコンタミネーションや熱の移流を防止するため、別の帯水層と確実に遮水する必要があります。さらに、汲み上げた地下水の水質変化や気泡の発生を防止するため、井戸管および配管を密閉して、一定の加圧状態を維持する井戸構造とすることも必要です。

## 3) 環境配慮

本システムは全量還水を基本としているため、地下水位低下による周辺井戸の井戸涸れや地盤沈下等は発生し難くなっていますが、地下水環境へ与える影響に対して慎重に取り組む必要があります。

例えば、システムの効率的な運用のため、季節間の冷熱量および温熱量をバランスさせる必要があります。しかし、熱利用バランスの不均衡やシステムの不具合、地下水環境の変化等により、熱量のバランスが崩れると、冷水塊あるいは温水塊の一方が年々拡大することとなり、システムの長期安定運用への影響のみならず、周辺の地下水環境に悪影響を及ぼす可能性が懸念されます。

### (3) システムに係る地質調査技術

#### 1) 資料等調査

帯水層蓄熱システムは、都市部を中心に多くの地域でその導入が期待されています。しかし、導入の可能性については、関連資料を収集し総合的に判断する必要があります。

## ① 地下水規制

地域により、取水の禁止、許可・届出制となっている場合があるため、法令等による制限の有無を確認する必要があります。このため、工業用水法や建築物用地下水の採取の規制に関する法律（ビル用水法）のほか、各地域の条例等の確認が必要となります。

## ② 地盤情報

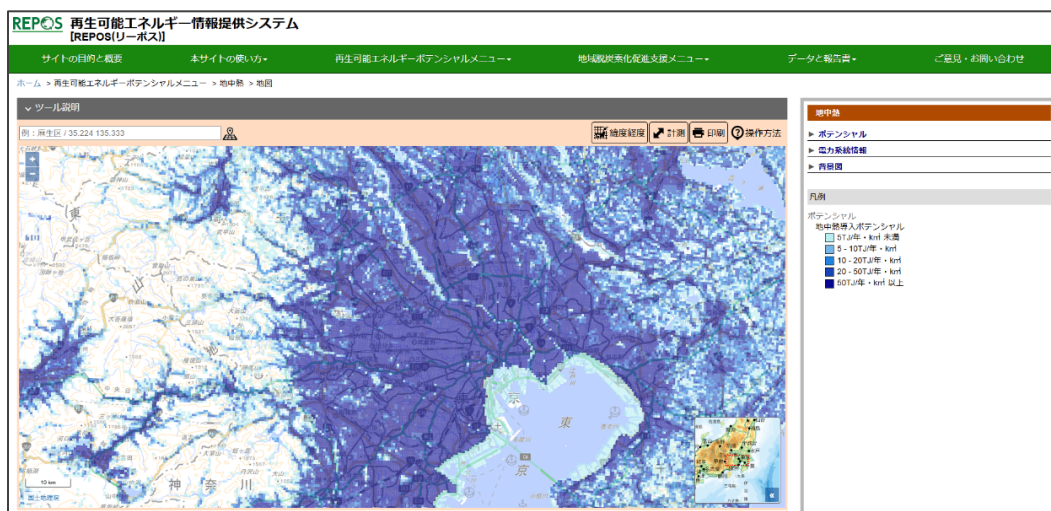
計画地周辺の地盤情報として、地質図、地質文献、地盤図、ボーリング柱状図、井戸台帳、さく井工事資料などを収集します。

ボーリング柱状図など地盤や土質に関するデータベースは、国土地盤情報データベース (<https://ngic.or.jp/>) や地方自治体のサイトで閲覧できます。また、さく井工事資料では、地質、地下水位、地下水温、井戸構造、揚水量、水理定数、水質、ポンプ仕様等を確認できます。なお、地下水の賦存状態は、帯水層、時代、季節によっても変化することを考慮して、資料を収集する必要があります。

収集した資料から、地下水位、帯水層の深度や層厚、透水性などの工学的特性、帯水層周辺の粘土層の圧密特性、帯水層毎の水理定数や水質、水位や水頭などを整理して、井戸構造や揚水量（還水量）などを検討します。

## ③ 地中熱ポテンシャルマップ

環境省の REPOS（再生可能エネルギー情報提供システム）のほか、東京都、埼玉県、神奈川県、大阪府、大阪市などの地方自治体では、地中熱に関するポテンシャルマップが公開されています。



■「REPOS」の地中熱導入ポテンシャル表示画面 出典※2

#### ④ 地下水障害履歴，土壌・地下水汚染の状況

地下水位の変動や地盤沈下の状況については，環境省全国地盤環境情報ディレクトリ (<https://www.env.go.jp/water/jiban/directory/index.html>)，地方自治体のサイト等で確認できます。また，土壌・地下水汚染の状況も，地下水水質調査結果として地方自治体の Web サイトから確認できます。

#### 2) 地下水等調査

帯水層蓄熱システムの導入が可能と判断した場合には，計画地において，施工条件調査，井戸調査，ボーリング調査，検層・原位置試験，水質試験，地下水影響調査，還水（注水）試験等を行います。

##### ① 施工条件調査

工事機械等の設置スペース，搬入路，架線状況，地下埋設物の有無，工事用水，近隣状況などについて確認して，井戸の施工方法について検討します。

帯水層蓄熱システムでは，各井戸が熱干渉しないようシミュレーションにより井戸間の離隔を検討して，この離隔も施工条件に加えます。

##### ② 井戸調査

システム導入による近隣既設井戸への影響についても検討する必要があるため，周辺の既設井戸について，井戸構造，ポンプ仕様，運転状況などを調査します。

##### ③ ボーリング調査

設計時には，ボーリング調査，揚水試験，水質試験等を行い，井戸仕様の詳細を決定します。調査位置については，地盤の影響範囲など水理特性のほか，揚水井および還水井の位置，帯水層蓄熱システムや導入施設の配置を考慮して決定します。

ボーリング調査では，主として地層構成，水理特性，物理特性，圧密特性などを調査します。細粒分を多く含有する地層では，通常透水性が低くシステム効率が低下するほか，井戸の目詰まりを起こし易いため，スクリーンを設置する帯水層としては，細粒分の混入が少ない層を選定します。

##### ④ 検層・原位置試験

ボーリング孔を用いて，地下水位，地下水温の測定，電気検層，揚水試験や現場透水試験，採水（水質試験）などを行います。必要に応じて，井戸洗浄の効果確認やフィルター材を選定するため，浮遊微粒子量の分析等も行います。

#### ⑤ 水質試験

地下水環境基準，水質汚濁防止法の排水基準および地下浸透基準等に示す項目について分析して，有害物質等の有無を把握します。基準値を上回る場合には対策します。

#### ⑥ 地下水影響検討

周辺の既設井戸などに影響を与える可能性がある場合には，地下水シミュレーション等により地下水位低下量と影響範囲，熱影響範囲などを検討します。

#### ⑦ 還水（注水）試験

段階試験および連続試験から，必要水量を継続して還水できる井戸構造と本数を決定します。

還水井は長期の運転に伴い，還水能力が徐々に低下することがあります。このため，帯水層，掘削方法，スクリーン形状，フィルター材，井戸洗浄方法の選定は特に慎重に行います。

〔引用および参考資料の出典元〕

- ・ 出典※1：「帯水層蓄熱について」，2025.1 閲覧，環境省

[https://www.env.go.jp/water/jiban/post\\_98.html](https://www.env.go.jp/water/jiban/post_98.html)

- ・ 出典※2：REPOS（再生可能エネルギー情報提供システム），2025.1 閲覧，環境省

<https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/>