

大阪平野の水文環境図と 地中熱ポテンシャルマップを同時公開 ～大阪平野の地下水資源ポテンシャルの見える化に向けて～

井川 怜欧¹⁾・吉岡 真弓¹⁾・内田 洋平²⁾

※本稿は、2019年6月14日の産総研プレスリリースの内容を一部改編したものです。

1. はじめに

産総研地質調査総合センター地圏資源環境研究部門地下水研究グループと福島再生可能エネルギー研究所再生可能エネルギー研究センター地中熱チームは、今年の6月14日に大阪平野における水文環境図と地中熱ポテンシャルマップをwebにて同時公開しました(産業技術総合研究所, 2019)。水文環境図は町田ほか(2019)において記載されている通り、地下水の地図であり、散在している地域の地下水に関連する資料を年代ごとに整理して、見やすく編集したものです。一方、地中熱ポテンシャルマップは、地質構造や帯水層構造を考慮して作成した地質構造モデルを用いて、地下水流動解析ならびに熱輸送解析を実施し、その結果を図示したものです(第1図)。

本稿では、作成に至った背景などを含めて、両マップから読み取れる情報や利用方法について簡単にご紹介したいと思います。なお、大阪平野における水文環境図と地中熱ポテンシャルマップは、それぞれ以下のURLからどなたでもご覧いただけますので、ぜひ、ご自身の目で確認いただき、ご自身の興味のある地域や場所についてよりご理解を深めていただければと思います。

水文環境図 No. 11「大阪平野」: <https://gbank.gsj.jp/WaterEnvironmentMap/contents/osaka/osaka.htm>

GSJ速報「大阪平野における地中熱ポテンシャルマップ」: https://www.gsj.jp/data/interim-report/GSJ_DOC_INR_078_2019.pdf

2. 背景

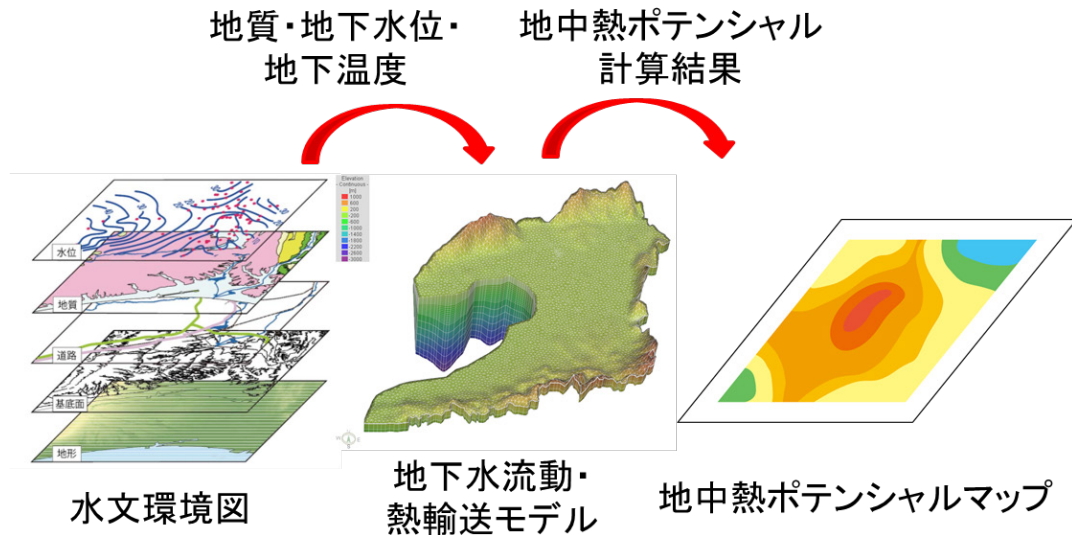
大阪平野では、昔から工業用水や農業用水として大量の地下水を利用していました。しかし明治時代以降、地下水の過剰な汲み上げに伴う地盤沈下が徐々に進行し、太平洋戦争後の復興期に地盤沈下や、それに伴う塩水化の影響が

非常に大きくなりました。そこで、1957年には兵庫県尼崎市が、そして1959年には大阪府大阪市が工業用水法による地下水取水規制対象地域となりました。その後、順次規制地域が拡大しました。取水規制により地下水位は定常状態まで回復したものの、現在でも大阪府内の18市町村と兵庫県内の3市が規制対象地域となっています。大阪ではこのような過去の地下水障害の反省から、産学官が連携し、“地下水地盤環境に関する研究協議会”を作り、新たな地下水利用を含めた地下水地盤環境の保全を目的とした情報収集や管理、研究などを行っています。

地中熱ヒートポンプシステムは1970年代のオイルショックを契機に欧米で導入が進んだ一方で、日本では広く普及しておらず、その一番の要因は導入コストと言われています。両者におけるコストの違いを生む一因として本システムのエネルギー源となる地下地質の違いがあげられます。地殻活動が安定している欧米では熱伝導率の高い岩盤が地質の主体をなしている一方で、都市が集中する平野や盆地部において厚い第四紀堆積物が主体となる日本では、礫・砂・粘土を主体とする第四紀層の熱伝導率が岩盤の半分程度となるため、必要な「熱交換器の長さ」が長くなり、結果としてコストがかさむため、地中熱システムの普及には不利な地質条件と考えられてきました。しかしながら、第四紀層内を流れる豊富な地下水が熱の移流効果を高めることで、見かけの熱伝導率を上昇させることが明らかとなり(内田ほか, 2019)、必ずしも岩盤と比較して不利な地質条件ではないことがわかりました。さらに、地中熱利用は、その省エネルギー性能の高さやCO₂排出量の削減効果に加え、ヒートアイランド現象の抑制にも有用なことがわかっています。近年、日本では、冬季の暖房利用時の燃料コストの削減目的から北海道や東北地方を中心に導入が進んでいます。大阪府と大阪市では2011年の東日本大震災以降、「おおさかエネルギー地産地消推進プラン」を策定し、再生可能エネルギーの普及拡大や省エネの推進

1) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門
2) 産総研 エネルギー・環境領域 再生可能エネルギー研究センター

キーワード：大阪平野、水文環境図、地中熱ポテンシャルマップ、クローズドループ、オープンループ



第1図 地中熱ポテンシャルマップ作成に至る概念図

を進めており、地中熱利用システムの普及にも積極的に取り組んでいます。事業者や住民が求める導入コストの指標となるものがありませんでした。

このような背景から大阪平野における地下水資源の「見える化」の一環として、水文環境図と地中熱ポテンシャルマップの作成に取り組みました。

3. 研究の内容

3.1 水文環境図「大阪平野」

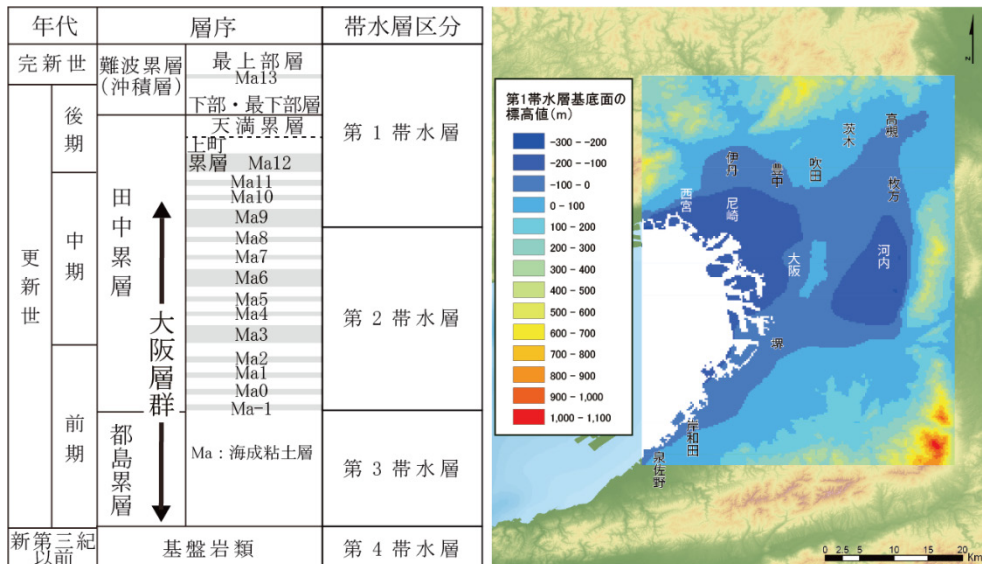
大阪平野の水文環境図は、既存の報告書や論文から地下水に関連するデータを抽出し、精査して取りまとめて作成しました。水文環境図の編集指針や作成の意義については町田ほか(2010, 2019)などを参照してください。大阪平野を形成する古い基盤岩(花こう岩など)とその上の更新世以降の堆積物には数多くの粘土層が挟在しており、とくに完新世の難波累層から田中累層にかけては名前のないものを含めておよそ20枚の海成粘土層が存在しています(第2図)。地下水が流れている地層である帯水層の区分は、研究対象となる地域の大きさ(面積)や地下水の深度、また目的などにより異なりますが、本水文環境図では、大阪平野全体を対象地域とし、かつ温泉水を含めた大深度地下水も対象としたため、平野全体に厚く分布している粘土層を中心として新たな帯水層区分を行いました。まず最初に第1帯水層と第2帯水層の境界面をMa9層の下面とし、次に海成堆積層である田中累層と淡水成堆積層である都島累層との境界面であるMa-1層下面を第2帯水層と第

3帯水層の境界面としました。最後に、山地の高標高地に露出している基盤岩を含めて、基盤岩類を第4帯水層としました。それぞれの帯水層について地下水の比湧出量、水質、基底面の深さなどの特徴を取りまとめました。第2図に水文環境図の一例として、大阪平野の帯水層区分と、第1帯水層の基底面(層序「Ma9」の下面)の標高線を示します。西宮から大阪にかけての沿岸部と河内を中心とした内陸部には、濃い青色で示した第1帯水層の基底面が深い場所があり、窪地状となっていることから大阪平野の地下には、2つの盆地状で多量の地下水が貯留されるような構造があることがわかります。

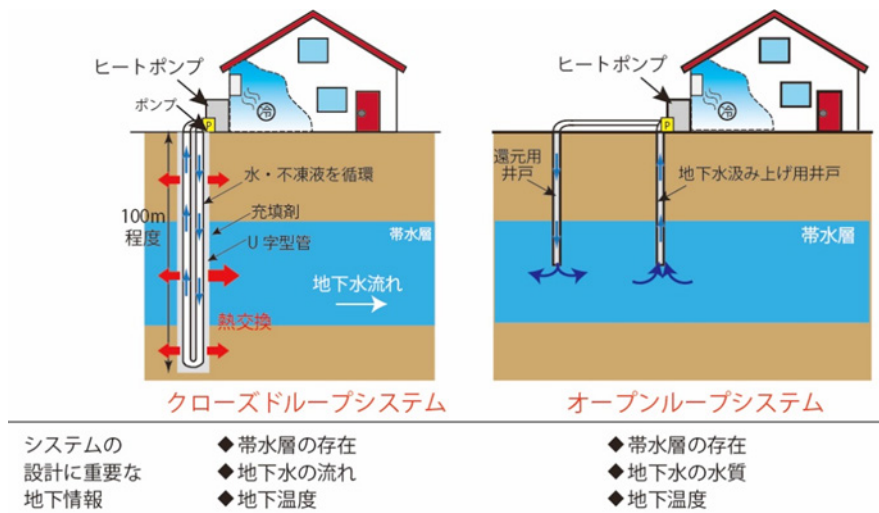
3.2 大阪平野における地中熱ポテンシャルマップ

今回、第3図に示したクローズドループ型とオープンループ型の2種類の地中熱利用システムに関するポテンシャルマップを作成しました。両マップの詳細な作成過程については内田ほか(2019)にて公開されているため、ここでは触れませんが、冷房需要を主体とする地域に対し、両方のシステムのポテンシャルを評価したマップとしては、日本で初めてのものです。

本研究では、「クローズドループ」と「オープンループ」の2種類の地中熱利用システムについて、それぞれ「必要熱交換器の長さ」のマップや「適地」のマップを作成しました。一例として第4図に大阪平野の「クローズドループ」地中熱利用システムについての地中熱ポテンシャルマップの例を示します。この図には、大阪平野の平均的な気象条件で、一般的な戸建住宅1軒の冷暖房需要を賄え



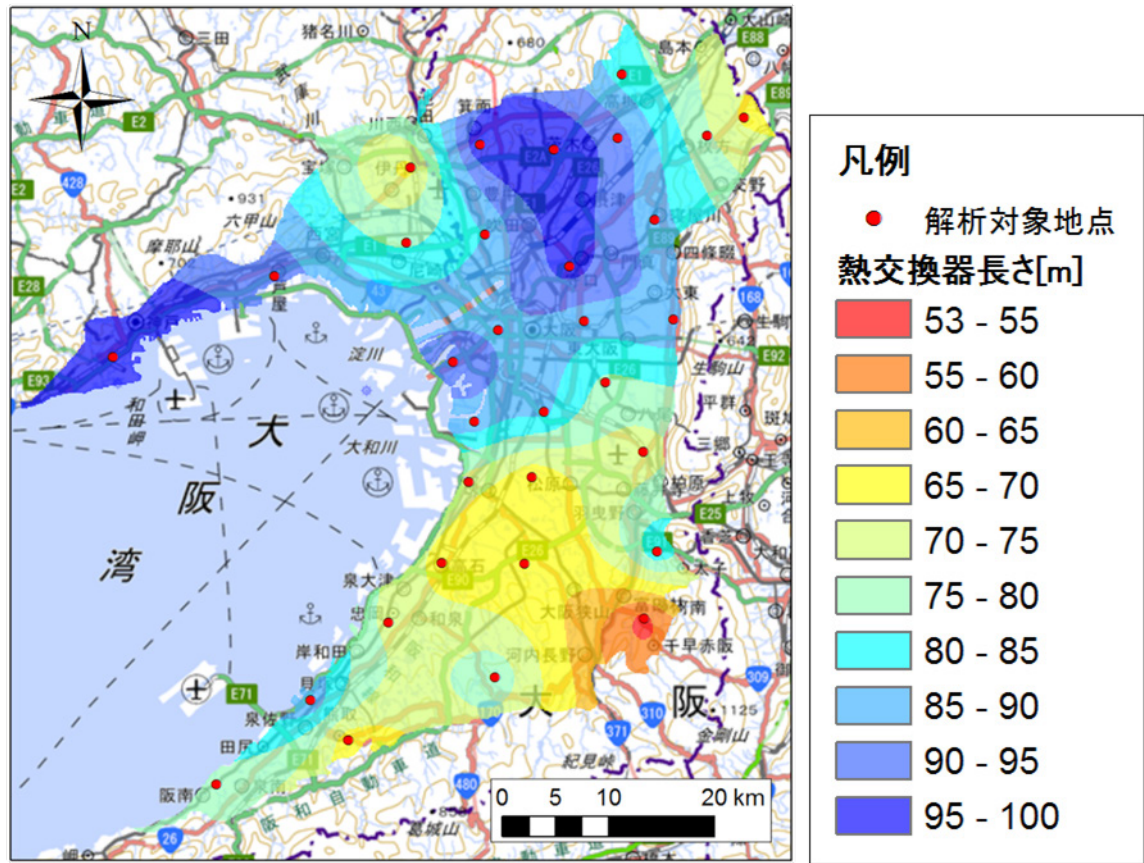
第2図 大阪平野の帯水層区分(左)と第1帯水層の基底面標高図(右)
右図において基底面の標高の高い地域を暖色系の色で、標高の低い地域を寒色系の色で示しています。



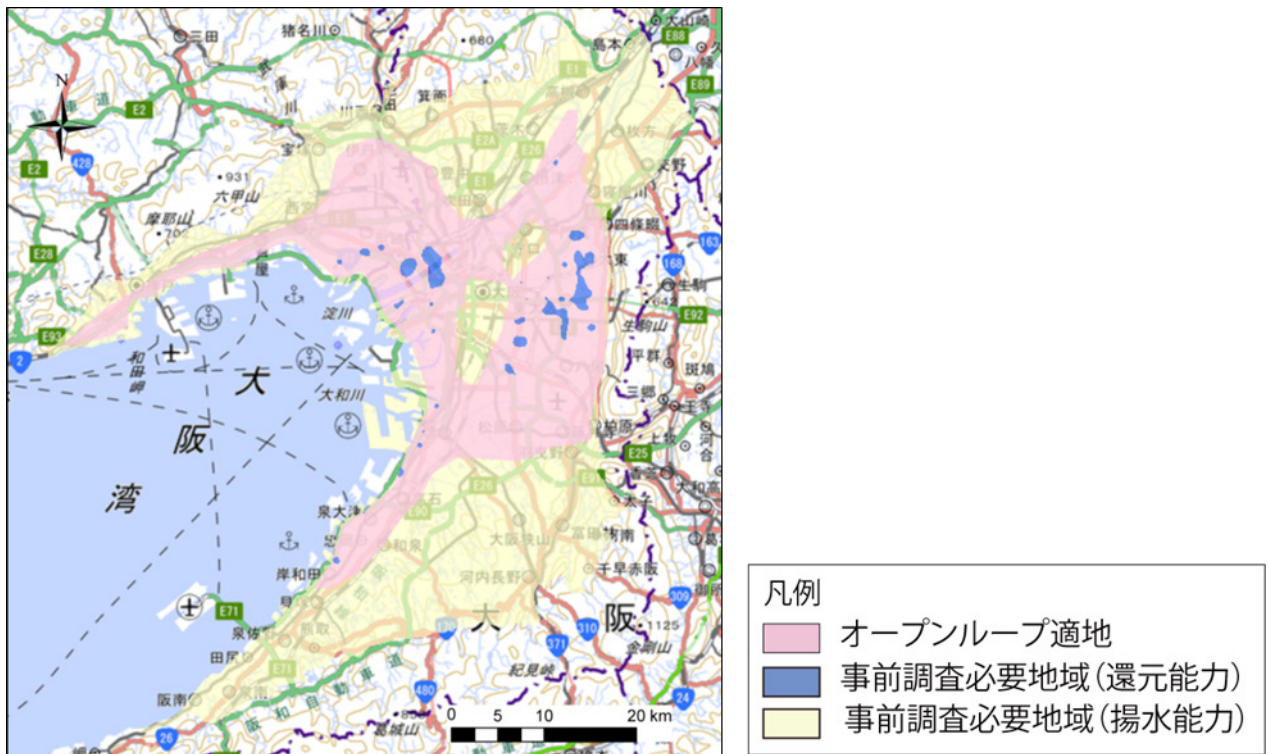
第3図 地中熱システムの概念図. クローズドループは、地下に埋設した熱交換器を介して地上と地下での熱交換を行い、得られた熱を地表にあるヒートポンプで必要な温度領域に変換して冷暖房を行うシステムであり、オープンループは、地下水を直接汲み上げて、地表にあるヒートポンプで熱交換を行うシステムである。

るクローズドループの地中熱利用システムに必要な「熱交換器の長さ」の分布が示されています。一般に、地下水流動の速い地域ほど効率的に熱交換できるため、地中熱利用システムに必要な熱交換器の長さは短くなります。上述したように熱交換器の長さが短いほど設置コストが安くなるため、地中熱ポテンシャルが高いと言えます。大阪平野全体では、地下水流動が活発な富田林市や河内長野市の周辺(第4図の赤やオレンジ色で示された地域)で熱交換器の長さが最も短くなる傾向が見られました。クローズドループの地中熱ポテンシャルマップとしては、熱交換器長さの

分布図のほか、100 mの熱交換器を設置した際の採熱量と排熱量をそれぞれ示した2つのマップも作成・公開しています。第5図は「オープンループ」地中熱利用システムの適地を示す地中熱ポテンシャルマップです。オープンループを導入するには地下水の揚水能力や還元能力を把握する必要があります。そこで今回、帯水層の層厚が20 m以上の地域を、十分な地下水を確保できる適地と評価し、本図では、丘陵や台地などの帯水層が薄くて揚水能力が相対的に低い地域を黄色で示しています。また湧水帯など地下水が上向きに流動していて揚水した水が帯水層に戻



第4図 クローズドループに関する地中熱ポテンシャルマップ
必要な熱交換器の長さが短い地域を暖色系の色で、長い地域を寒色系の色で示している。



第5図 オープンループに関する地中熱ポテンシャルマップ
帯水層厚と地下水流動から判断されたオープンループの地中熱利用システムの適地をピンクで示している。

りづらく還元能力が相対的に低いと判断される地域を青色で示しました。それ以外のピンクで示された地域はオープンループの適地と判断された地域です。この図に示した適地は、第2図(右)に示した多量の地下水が貯留されるような構造をもつ地域(青色系で塗られた範囲)とおおむね一致しており、帯水層の構造が強く反映された形となっていることがわかります。

4. まとめ

今回の研究では、西日本最大の都市である大阪を中心とした地域の地下水資源情報を「見える化」しました。これまで散在していた地下水に関する情報を水文環境図としてまとめられたことで、大阪の地下水の現状を把握することができました。これは災害時の非常用水源を含む今後の健全な水循環を考慮した地下水の利活用に資するものであると考えています。また地中熱ポテンシャルマップについては、冷房需要の高い大阪平野において初めて評価手法を適用できたことで、他の西日本地域でも冷房需要を想定した地中熱ポテンシャルマップの整備に展開できる可能性を見出すことができました。また、大阪平野の水文環境図と2種類の地中熱ポテンシャルマップから分かるように、地域ごとの地下環境に適した地中熱利用システムが定量的に「見える化」できたことで、地中熱利用システムの導入コストや設置を具体的に検討しやすくなり、これにより、地域ごとの地下環境に最適なシステム設計の促進にも繋がることを期待しています。

文 献

- 町田 功・伊藤成輝・内田洋平・井川怜欧・丸井敦尚・田口雄作(2010)水文環境図の編集指針—ユーザーが求める情報を提供するために—。地質調査研究報告, 61, 75-83.
- 町田 功・井川怜欧・吉岡真弓・小野昌彦・松本親樹・丸井敦尚(2019)誰でも簡単に利用できる地下水の情報発信へ向けて。日本水文科学会誌, 49, 27-41.
- 産業技術総合研究所(2019)大阪平野が持つ地中熱ポテンシャルを見える化—地下水資源を活かした新たな都市づくりに向けて—。産総研プレスリリース, https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20190614/pr20190614.html (参照日 2019年8月16日)
- 内田洋平・吉岡真弓・シュレスタ ガウラヴ・富樫 聡・石原武志(2019)大阪平野における地中熱ポテンシャルマップ。地質調査総合センター速報, no. 78, 1-36. <https://www.gsj.jp/publications/pub/prompt-rep/index.html> (参照日 2019年8月16日)

IKAWA Reo, YOSHIOKA Mayumi and UCHIDA Yohei (2019) Simultaneous release of hydrological environment map and shallow geothermal potential map of Osaka Plain -To visualize the potential of groundwater resources in Osaka Plain-.

(受付:2019年8月23日)