

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 8日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560807

研究課題名（和文） 扇状地地域における地下水利用型地中熱利用の最適設計法の研究

研究課題名（英文） Study on the optimum design of groundwater source heat pumps in the alluvial fans

研究代表者

大谷 具幸（Tomoyuki OHTANI）

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：20356645

研究成果の概要（和文）：扇状地地域における地下水利用型地中熱利用の最適設計法を検討するために、揚水井と還元井を同一帯水層に配置する場合と異なる帯水層に配置する場合に関して、地下水循環のフィールド試験とシミュレーションを行った。その結果、揚水井における温度上昇を避けるためには、同一帯水層に配置する場合には孔井間距離を36m以上とすること、異なる帯水層に配置する場合には26m以上とすることを確認した。

研究成果の概要（英文）：Field tests and simulations are performed in the cases of arranging production and injection wells in same and different aquifers to study on the optimum design of groundwater source heat pumps in the alluvial fans. From these results, the optimum distance between production and injection wells is estimated for the groundwater source heat pumps; more than 36m in the case of same aquifer and more than 26m in the case of different aquifer.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2011年度	200,000	60,000	260,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・地球・資源システム工学

キーワード：再生可能資源・エネルギー，地中熱利用

1. 研究開始当初の背景

(1) 地下水利用型に関する先行研究では、帯水層における熱の移動が明らかにされたものの、その地域の地質構造や地下水流動を最大限に活用した最適設計パターンを提案するには至っていなかった。

(2) 申請者は平野スケールの広域的な地質構造に基づいて地下水利用型の適地に関する

検討を行い、平野の縁辺部に分布する扇状地地域が適していることを明らかにした。

2. 研究の目的

地下水を揚水して熱利用し、利用後の地下水を地下に還元する地下水利用型地中熱利用において、扇状地地域に特徴的な地質構造と速い地下水流動を積極的に活用する最適設計パターンを構築する。

3. 研究の方法

(1) 地下水循環装置の構築と各種計測

扇状地地域において、薄い粘土層に挟まれた2層の帯水層が浅い深度に分布する地域を選定して、地下水循環装置を構築する。近接する2本の孔井を掘削し、浅部帯水層と深部帯水層からそれぞれの孔井で地下水を揚水（または還元）できるように設置する（図1）。この配置は、内部を二重管とした1本の孔井を用いて一方の帯水層から揚水しもう一方の帯水層に還元する方式を想定しており、検層機器の使用を容易とするためにあえて2本の孔井を水平距離で1m程度に近接させて設置するものである。また、掘削後には揚水試験等を実施する。

地上には揚水ポンプと温度制御装置を設置する。温度制御の方法は揚水した地下水をタンク内に貯え外気温に近づけることによって、冬季は温度低下、夏季は温度上昇をさせる。

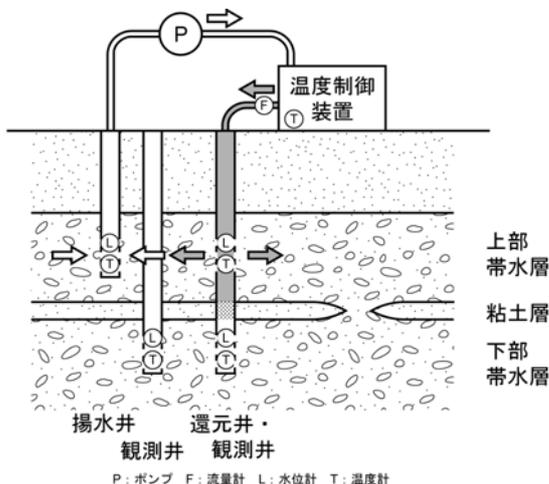


図1 地下水循環試験の概要（同一帯水層で揚水・還元を行う場合）

(2) シミュレーションによる現地モデルの作成

シミュレーションソフト WASY 社製 FEFLOW を用いて、地下水循環装置による地層中での水と熱の挙動について数値的に表現する現地モデルを作成する。なお、この段階では各地層の物性値等については一般的な値を用いる。

(3) 同一帯水層を用いた地下水循環試験

(1)で構築した装置を用いて地下水循環試験を行う。初年度は冬季に、上部帯水層で揚水・還元を行う試験を実施して、揚水井・還元井・観測井の水位・温度の変化を観測する。

(4) 異なる帯水層を用いた地下水循環試験

揚水井、還元井、観測井の組合せを入れ替えて、異なる帯水層を用いた地下水循環試験を実施する（図2）。試験は冬季と夏季に行い、一方の帯水層から揚水し、もう一方で還元を行う。試験では、浅部帯水層での揚水と深部帯水層への還元を実施する。

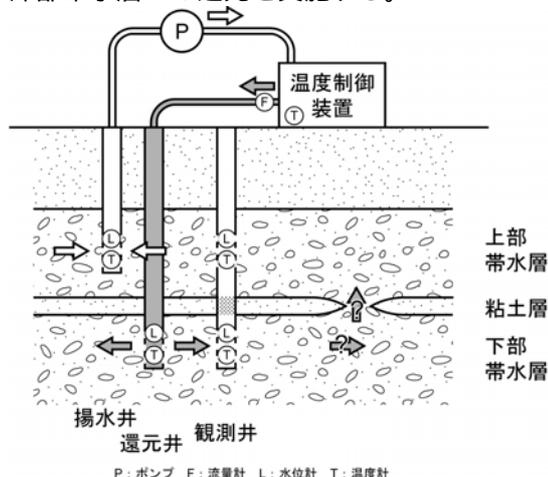


図2 地下水循環試験の概要（異なる帯水層で揚水・還元を行う場合）

(5) シミュレーションとのマッチング

(3)と(4)の地下水循環試験の測定結果に基づいて、(2)で作成した現地モデルを修正する。

(6) 扇状地地域における最適設計の提案

(5)で修正した現地モデルを用いて地下水流速流向、2本の井戸の配置等が異なる複数のパターンについて検討を行う。その結果に基づいて、扇状地地域における最適設計を提案する。

4. 研究成果

(1) 同一帯水層を用いた地下水循環試験の結果として、冬季の実験結果を図3、夏季の実験結果を図4に示す。浅部帯水層に位置する1号井より揚水した地下水を地表で温度変化させることにより同じ帯水層に位置する4号井に還元した。その結果、冬季の実験では4号井は最大で1 の温度低下を生じた。また、1号井は地下水循環期間中に最大0.3 の温度低下を生じ、温度変化させた地下水の還元の影響が揚水井まで及ぶことを確認した。なお、温度変化の影響は深部帯水層に位置する3号井にもわずかながら及んでいる。

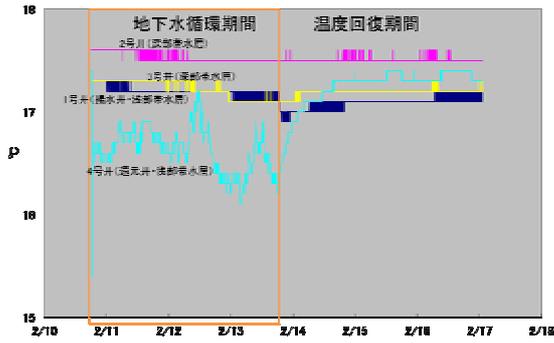


図3 冬季の地下水循環試験。揚水（浅部帯水層）- 還元（浅部帯水層）2011年

夏季の実験では4号井に最大2の温度変化を与えることができた。それに伴い、同じ浅部帯水層に位置する1号井では最大で0.4温度上昇することが確認された。なお、この実験では深部帯水層における温度上昇は確認されなかった。

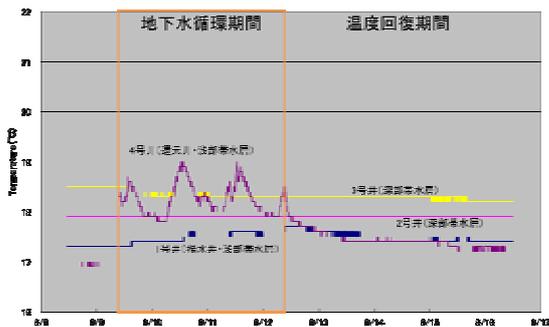


図4 夏季の地下水循環試験。揚水（浅部帯水層）- 還元（浅部帯水層）(2011年)

(2) 異なる帯水層を用いた地下水循環試験の結果として、夏季の実験結果を図5に示す。1号井より揚水した地下水を地表で温度変化させることにより深部帯水層に位置する2号井に還元した。その結果、2号井では最大1.5の温度変化を生じた。また、同じ深部帯水層に位置する3号井にも最大で0.6の温度変化が現れた。なお、浅部帯水層に位置する4号井にも最大で0.4の温度変化が現れた。

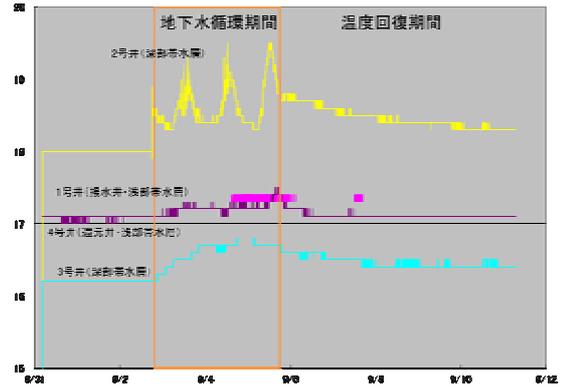


図5 夏季の地下水循環試験。揚水（浅部帯水層）- 還元（深部帯水層）(2012年)

(3) シミュレーションによる現地モデルの作成

FEFLOWを用いて地下水循環試験の再現を行った。その結果、同一帯水層への還元を想定した揚水井と還元井の水平距離が4mの場合を図6のように再現することができた。また、その結果をもとにして、異なる帯水層への還元を想定した揚水井と還元井の鉛直距離が1mの場合を図7のように再現することができた。

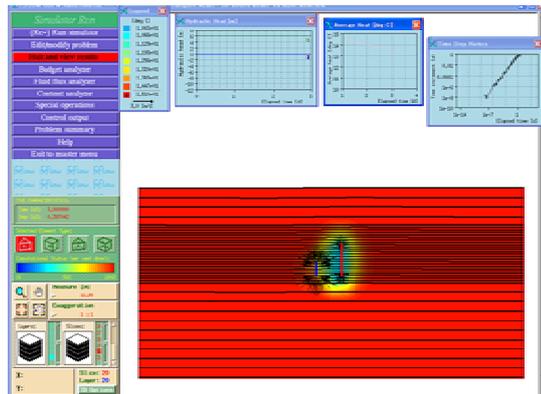


図6 揚水井と還元井の水平距離4m

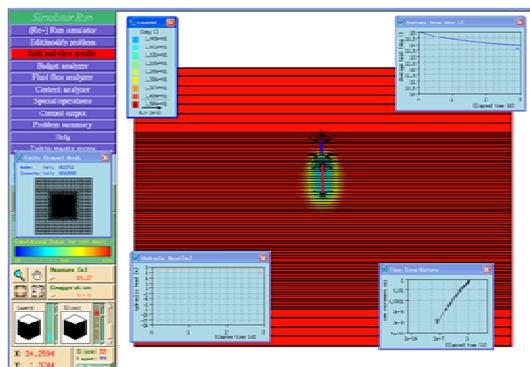


図7 揚水井と還元井の鉛直距離1m

(4) 扇状地地域における最適設計の提案

地下水循環試験の結果に基づいて、シミュレーション期間を実際の空調運転期間を想定して150日間とし、最適設計を検討した。その結果、同一帯水層を用いる場合には水平距離を36mとすることにより還元した地下水が揚水井に戻ってこないことを確認した(図8)。

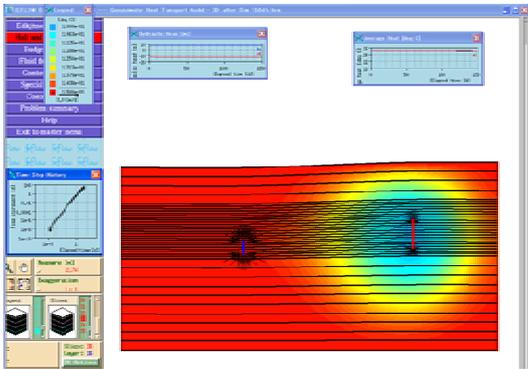
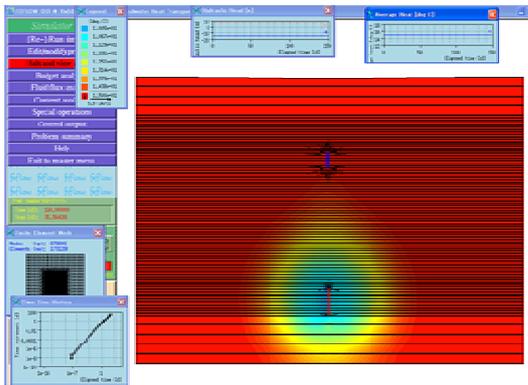


図8 同一帯水層を用い、シミュレーション期間を150日間とする場合

また、異なる帯水層を用いる場合には、図9に示すように揚水深度と還元深度を26m離れているようにすれば、還元した地下水が揚水井に戻ってこないことを確認した。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

大谷具幸、河地浩平、小嶋智、笹田政克、自然条件と社会条件を考慮した地中熱利用の広域的な賦存量と導入ポテンシャルの評価手法、日本地熱学会誌、査読有、35巻、2013、17-32

大谷具幸、神谷浩二、金井梢、澤村悠、小嶋智、山崎勲、香田明彦、戸塚雄三、地下水利用型地中熱利用の導入可能性評価の試み 遮水層の連続性と地下水水質に関する検討、応用地質、査読有、51巻、2011、257-264

〔学会発表〕(計5件)

大谷具幸、神谷浩二、香田明彦、戸塚雄三、日比野淳二、稲川哲也、下山淳二、長良川扇状地における地下温度の側方変化と地下水流動、日本地熱学会学術講演会、2012、湯沢(秋田県)

大谷具幸、堀江真一郎、小嶋智、気象条件と地下水流動を加味した地中熱利用のポテンシャル評価手法の開発、日本地熱学会学術講演会、2011、指宿(鹿児島県)

大谷具幸、河地浩平、地中熱利用に関するポテンシャル評価手法の開発、日本地球惑星科学連合2011年度連合大会、2011、幕張(千葉県)

大谷具幸、神谷浩二、小嶋智、山崎勲、香田明彦、戸塚雄三、地下水利用型地中熱利用の導入可能性評価の試み：地下水水質に関する検討、日本地熱学会学術講演会、2010、つくば(茨城県)

大谷具幸、河地浩平、自然条件と社会条件を考慮した地中熱利用のポテンシャル評価、日本地熱学会学術講演会、2010、つくば(茨城県)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www1.gifu-u.ac.jp/~tmohtani/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大谷 具幸(OHTANI TOMOYUKI)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：20356645

(2) 研究分担者

神谷 浩二(KAMIYA KOHJI)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：50252119

(3) 連携研究者

小嶋 智(KOJIMA SATORU)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：20170243

天満 則夫(TENMA NORIO)

産業技術総合研究所・メタンハイドレート

研究センター・副センター長

研究者番号：50357547