

地下水の塩水化を抑止する二重揚水技術

A technique of pumping simultaneously from two depths to prevent saltwater upconing

○石田 聡*・白旗克志*・土原健雄*・吉本周平*

ISHIDA Satoshi, SHIRAHATA Katsushi, TSUCHIHARA Takeo, YOSHIMOTO Shuhei

1. はじめに

沿岸域の地下水は、帯水層の中で密度差によって淡水が塩水（海水）の上に存在し、塩淡水境界が形成されていることが多い。このような地域で淡水地下水の揚水を行うと、局所的な圧力減少によって塩水が淡水域に浸入（アップコーニング）することで帯水層が塩水化し、水資源の効率的な利用の妨げとなっている。水質が異なる 2 層の地下水を帯水層内で混合させない揚水方法として、水質が良好な層と水質が良くない層にそれぞれ井戸を設け、同時に揚水することで双方の領域の圧力を等しく保ち、境界面の変動を抑止する手法がある。この方法は水質の良くない層の深度が変化しないという前提で成り立つものであるが、沿岸域で塩水と淡水が微妙なバランスで混在し、降雨の多寡によって塩淡水境界深度が変動する場合には適用できない。本研究では塩淡水境界深度の変化に対応できる揚水方法を考案し、装置を試作して揚水試験を行った。

2. 研究方法

揚水装置は 1 本のオールストレーナ井戸の塩淡水境界深度に止水性の仕切り（エアパッカー）を設け、その上下からそれぞれ地下水を揚水する構造で、塩水域と淡水域からそれぞれ揚水を行うことで双方の領域の圧力を等しく保ち、塩淡水境界の上昇を抑止するものである。Fig.1 に 1 深度から揚水した場合と、2 深度から同時に揚水する本研究の方法を比較した概念図を、Fig.2 に今回製作した揚水装置の構成を示す。対応する井戸の口径は 100mm、パッカー長は 1m とした。パッカーは可動式であり、止水深度を自由に設定できる。パッカー上下にそれぞれ水中モーターポンプ（大起理化工業(株)製 DIK-670A-A1：φ 37mm・揚程 20m 時の最大揚水量 2.7L/min）、水圧・温

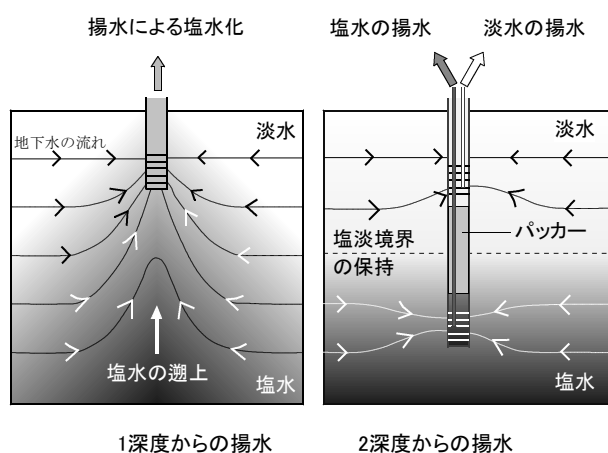


Fig.1 深度別揚水手法概念図

Comparison between single pumping and double pumping

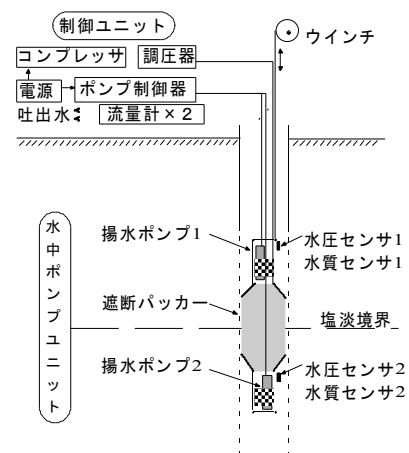


Fig.2 揚水装置構成図

Construction of pumping system

* 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所, National Agriculture and Food Research Organization, National Institute for Rural Engineering

キーワード：地下水，二重揚水，塩水化，アップコーニング，水質

度・電気伝導度センサ（応用地質(株)製 S&DLminiEC メーター）を配している。揚水量はポンプに接続された揚水チューブ末端に接続した電磁流量計（愛知時計電機(株)製 OF10ZAWP）によって測定し、揚水強度は可変インバータによって水中モーターポンプの電源電圧を変化させることによって制御している。

揚水に用いた井戸は農村工学研究所敷地内にあるオールストレーナ井戸で、保孔管の材質は硬質塩化ビニル管（VP-100）である。地質は上位より表土(層厚 0.9m)、ローム(層厚 2.6m)、凝灰質シルト層(層厚 2.0m)、第四紀更新世の砂質土である。観測孔内の地下水位は概ね GL.-8.4m であったが、ローム層および凝灰質シルト層中にはこれより高い水位を持つ地下水（宙水）が存在し、地下水質が若干異なる。本試験ではこの宙水を淡水に、通常の地下水を塩水に見立てた。試験時のパッカー設置深度はパッカー中心を GL.-10.4m（地下水面上 2m）とした。宙水の影響で、パッカーの設置によりパッカー上段の地下水位は約 1.8m 上昇し GL.-6.8m 程度となった。この状態でパッカー上部および下部より、2L/min の強度で 15 分間揚水を行い、その後 1L/min の強度で 45 分間揚水を行った。揚水強度を途中で変更したのは上段の地下水位低下によって揚水量の維持が難しくなったためである。揚水中は上段・下段それぞれの地下水について、適宜 EC, pH, DO, ORP の測定を行った。

3. 結果と考察

Fig.3 に揚水中のパッカー上下の水位を示す。パッカー上段の水位は揚水により急激に低下しているが、パッカー下段の水位は一定であり、上段・下段とも独立に揚水が行われていると考えられる。

Fig.4 に揚水した地下水の電気伝導度（EC）を示す。パッカー上段の地下水は浅い地下水の水であり EC が若干低い、揚水中も上段と下段の EC が一定の差を保ち続けた。また、図には示していないが、pH, DO, ORP についても測定を行っており、いずれもパッカーの上下で値に違いがあり、その差は EC 同様に揚水中もほぼ変わらなかった。さらに、パッカー上段のみ、パッカー下段のみで揚水を行った場合においても、揚水を行っていない側の水位に変化はなかった。

これらの結果は、作成した装置により 2 深度の地下水を別々に揚水することができることを示しており、塩淡境界を持つ帯水層に設置された井戸において、パッカーを塩淡境界深度に合わせれば、アップコーニングを抑止する揚水が可能であると考えられる。本装置の留意点としては、孔壁と保孔管の間を上下方向に地下水が流動する井戸では止水効果が十分でなくなるので、予めパッカー片側の揚水に対して、反対側の水位が反応するかを確認しておく。また、井戸を新設する場合は一定間隔で保孔管外部に止水措置を施すことが望ましい。

謝辞 本研究の一部は科研費（24580362）の支援を受けて実施した。また揚水試験の実施にあたっては（株）フジヤマの大久保昌明氏にご協力頂いた。ここに感謝の意を表す。

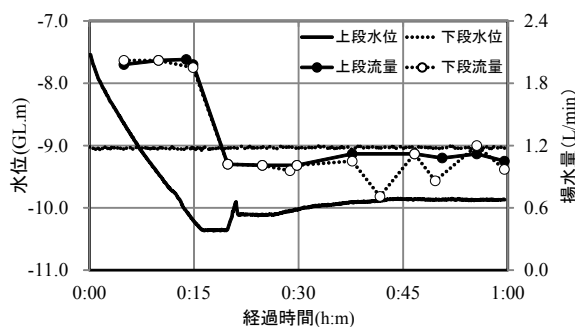


Fig.3 揚水量とパッカー上下の水位
Pumping rate and groundwater level

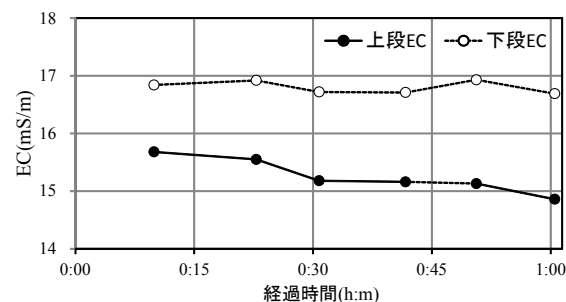


Fig.4 揚水中のパッカー上下の電気伝導度
Fluctuation of EC in groundwater