

# 津波により地下水が塩水化した沿岸域におけるパッカー付き揚水装置を用いた揚水試験 Pumping test using a pumping device with packing for the aquifer that was contaminated by the sea water that was brought by the tsunami of the Great East Japan Earthquake

○石田 聡\*・白旗克志\*・土原健雄\*・紺野道昭\*・中里裕臣\*

ISHIDA Satoshi, SHIRAHATA Katsushi, TSUCHIHARA Takeo, KONNO Michiaki, NAKAZATO Hiroomi

## 1. はじめに

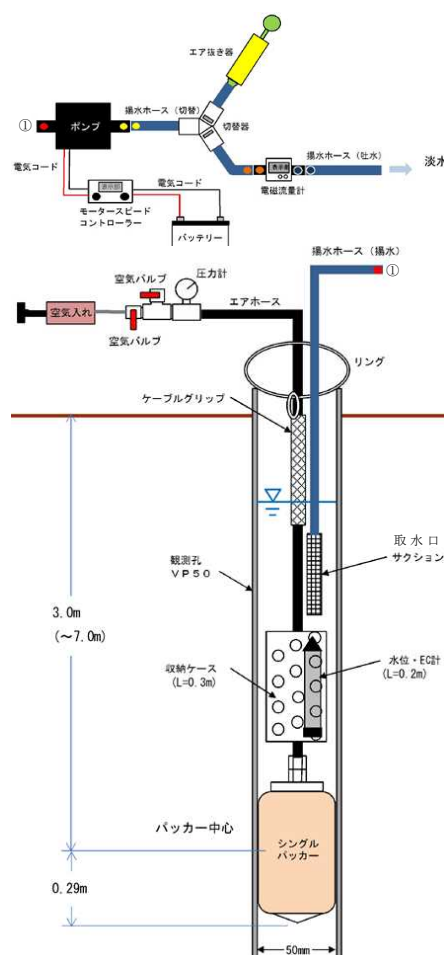
東日本大震災による津波で地下水が塩水化した宮城県南部の沿岸域では、その後の降雨等によって浅層に淡水層が形成されている。この淡水の利用可能性を明らかにするため、オールストレーナ井戸の塩水域と淡水域の境界部に空気パッカーを設置して井戸内の地下水流を遮断し、淡水域のみから揚水するパッカー付き揚水装置を作成し、現地で広く設置されている打ち込み式井戸を模した揚水試験を実施した。

## 2. 研究方法

調査地である宮城県亘理町の沿岸部では震災前から東北農政局によって分布的に口径 50mm の地下水観測井戸（以下井戸と呼ぶ）が設置されており（東北農政局，2015），本研究ではこれらを利用して試験を実施した。これらの井戸では地下水面下数 m まで EC が比較的低く（ここでは淡水域と呼ぶ），それ以深では EC が深度とともに上昇する。

**Fig.1** に今回製作した揚水装置の構成を示す。パッカー長は 0.5m とし、パッカーの上側に水圧・温度・EC 自記センサ（応用地質（株）製 S&DLminiEC メーター）および揚水ホースを配し、揚水には吸い込み式ポンプ（ニッパツジャブスコ（株）製 Flojet Pump），揚水量測定には電磁流量計（愛知時計電機（株）製 NW10-PTN），揚水強度の調整にはモータースピードコントローラを用いた。

揚水試験は 2017 年 3 月に実施した。試験では揚水前に井戸内の EC を深度別に測定し、淡水域の下端にパッカー中心を設置した後、2 時間の連続揚水を行った（地点 G のみ 4.5 時間）。パッカー中心から取水口までの距離は 1m である。**Table1** に今回試験を実施した塩淡境界を有する



**Fig.1** 揚水装置構成図  
Construction of pumping system

**Table1** 地下水位・揚水井戸諸元  
Specifics of wells, groundwater table, and depth of packing

地点	A	B	C	D	E	F	G
管頭標高	1.20	0.89	1.03	1.00	1.59	0.63	1.44
井戸深度	15	15	15	15	28	10	10
地下水位*	1.73	1.53	1.85	1.63	1.97	1.94	0.99
パッカー深度*	7.0	10.0	7.0	5.5	4.0	5.0	7.0

単位m, \* 管頭からの深度

\* 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門, NARO, Institute for Rural Engineering  
キーワード：地下水，パッカー，塩水化，アップコーニング，水質

井戸の諸元，揚水試験前の地下水位，パッカー設置深度を示す．揚水量は基本的に 9L/min 程度としたが，水位低下が大きい井戸では安定的に揚水できる量とした．海岸線からの距離は地点 A～D が約 3km，地点 E が約 1km，地点 F, G が約 0.4km である．試験中は揚水した地下水の EC, pH, DO, ORP, 水温を適宜測定した．また試験終了直後と翌日に井戸内の EC を深度別に測定した．

### 3. 結果と考察

Table2 に各地点における試験結果（揚水量，水位低下，EC 変化）を示す．また Fig.2 に D 地点と G 地点の揚水前後の井戸内 EC 鉛直分布を示す．

7 地点のうち 6 地点で揚水終了時の EC が揚水前の取水口付近の EC を下回った．特に地点 C, D, E における揚水終了時の EC は揚水前の井戸内 EC より低かった．また地点 D の揚水終了直後の地下水面付近の EC は揚水前より低くなっている (Fig.2 上段)．この結果は，揚水装置の構造は異なるが，2016 年 3 月に同じ調査地で実施された揚水試験 (石田ら, 2016) と同様であった．

Fig.2 より，揚水終了直後における井戸内の EC は取水口以深で上昇しており，その傾向は海岸に近く揚水時間が長かった井戸 G でより顕著である．これは浅層での揚水により，より深層に存在していた EC の高い地下水が上昇したことを示している．揚水された地下水は，井戸に向かって水平方向に流動する EC の低い地下水と，鉛直方向に流動する EC の高い地下水の混合物であり，揚水する地下水の EC は両者の混合バランスに依存すると考えられる．また，井戸内の EC 分布は，揚水翌日には揚水前の状態にほぼ戻っていることから，揚水による EC の上昇は一時的かつ可逆的であり，本試験による揚水量程度であれば，揚水によって EC が上昇しても，一定時間揚水を停止すれば再度 EC の低い地下水を揚水することが可能であると考えられる．

本研究における留意事項としては，揚水試験直後に観測された井戸内 EC 分布が，帯水層内の EC 分布を正確に反映していない可能性が挙げられ，今後検討していく必要がある．

**謝辞** 本研究の一部は住友財団環境研究助成，JSPS 科研費 15K07659 の支援を受けて実施した．また揚水装置の作成にあたっては (株) アオイテックの久保昌明氏，津坂喜彦氏に，試験の実施にあたっては東北農政局農村環境課の藤元栄一地質官らにご協力頂いた．ここに感謝の意を表す．

**引用文献** 1) 東北農政局 (2015), 海岸地域における地下水調査「東北地区」(H23～H26) 調査報告書, 19-20.  
2) 石田聡ら (2016), 平成 28 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 5-41

Table2 揚水試験結果  
Results of pumping tests

地点	A	B	C	D	E	F	G
平均揚水量	9	6	8	9	3	10	9
水位低下量*	0.67	4.11	1.66	0.47	1.30	0.76	0.53
揚水前井戸内EC**	195	115	60	51	106	104	73
揚水開始時EC	209	123	57	47	67	97	87
揚水終了時EC	188	114	49	40	45	89	87

揚水量単位L/min, EC単位mS/m, \* 終了時・単位m \*\* 取水口付近

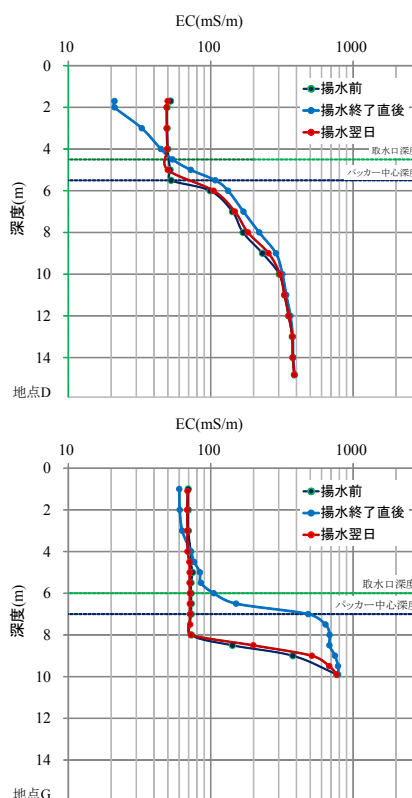


Fig.2 揚水前後の EC 鉛直分布  
Vertical distribution of EC in wells before and after pumping