

津波により地下水が塩水化した沿岸域における淡水地下水揚水試験

Pumping test of single scavenger well 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*

ISHIDA Satoshi, SHIRAHATA Katsushi, TSUCHIHARA Takeo

1. はじめに

宮城県南部の沿岸域では東日本大震災による津波でもたらされた海水の浸透によって地下水の塩水化が発生した。沿岸域の地下水は動水勾配が小さく流速が極めて遅く、塩水化した地下水が海に流れ去るまでに長い期間を要するが、震災から5年が経過し、その間の降雨によって浅層に新たな淡水層が形成されつつある。このような淡水を利用するためには、深部の塩水を引き込まない揚水手法が求められる。本研究では1本の井戸の塩水域と淡水域の境界部に設置した空気パッカーにより井戸内の地下水流を遮断し、塩水域と淡水域から別々に揚水することで両者の混合を抑止する装置(二重揚水装置)を作成し、現地揚水試験によってその有効性を検証した。

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地下水観測孔が設置されており、継続的な地下水調査が実施されている(東北農政局, 2015)。揚水試験を実施した2箇所(地点A, 地点B)はいずれも海岸から約3kmの位置にあり、地下水位はGL-2mよりやや高く、地下水のECは深度2~5mでは63~70mS/mでありそれ以深は徐々に高くなる。本研究では淡水の定義を、地下水の主な用途であったイチゴ栽培に適した塩分濃度(ECで70mS/m未満)とした。

Fig.1に今回製作した揚水装置の構成を示す。調査地は地下水位が比較的高いため、揚水には地上に設置した吸込み式ポンプ(フジサワ製作所(株)製小型ダイヤフラムポンプ)を用いた。井戸は口径50mm、深度15m、パッカー長は1.5m、パッカー設置位置は地下水のECが70mS/mとなる深度とした。パッカーの上下では水圧・温度・ECを自記センサ(応用地質(株)製S&DLminiECメーター)で記録し、揚水量は電磁流量計(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ポンプの電源電圧を変化させることによって制御した。

Table1に揚水試験前の地下水位と揚水装置の各部位の設置深度を示す。揚水試験は2016年3月に実施した。揚水時間は3

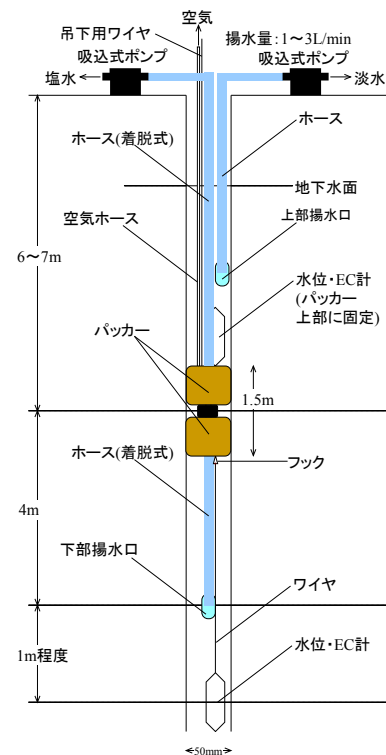


Fig.1 揚水装置構成図
Construction of pumping system

Table1 地下水位・揚水装置設置諸元(数字は深度 m)
Groundwater table, and position of pumping system (GL-m)

地点	地下水位	パッカー上端	上部揚水口	下部揚水口
A	1.94	6.2	5.4	10.9
B	1.75	5.2	4.4	9.9

* 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, National Agriculture and Food Research Organization, 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

時間とし、揚水量は地点 A では開始～ 2 時間後まで 1L/min, 以後 2L/min とし、地点 B では開始～ 1 時間後まで 1L/min, その後 2 時間後まで 2L/min, 以後 3L/min とした。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, 水温の測定を行った。

3. 結果と考察

揚水開始から 1, 2, 3 時間後の地下水位低下量は、地点 A でそれぞれ 0.52, 0.51, 1.15m, 地点 B でそれぞれ 0.07, 0.13, 0.20m であった。Fig.2 にパッカー上下から揚水した地下水の EC を示す。地点 A, B ともパッカー上段の揚水前の井戸内の EC は 60 ~ 70mS/m であったが、揚水した地下水の EC は徐々に低下し、2 地点とも 50mS/m 弱で安定した。このことは帯水層内の地下水の EC が井戸内の EC より低いことを示していると考えられる。下段から揚水した地下水の EC は地点 A で 120mS/m 弱、地点 B で 230mS/m 前後であったが、いずれも揚水中の変動は小さかった。

Fig.3 に揚水前および揚水翌日の井戸内の EC 鉛直分布を示す。揚水による EC の変化は次のとおりである。
パッカー上段：地点 A では深度 6m 以浅で EC が低下したのに対し、地点 B では深度 5m 以浅で EC がやや上昇した。地点 A は水位低下量が大きく、鉛直方向の流れが発生し井戸内の水が帯水層内の地下水と置き換わったと考えられる。
パッカー下段：地点 A では深度 8m 以深で殆ど変化がなかったのに対し、地点 B では揚水口より浅い領域で EC が低下し、深い領域では上昇した。地点 B では揚水口より上部から EC が比較的低い浅部の地下水を引き込むと同時に、揚水口より下部から EC が比較的高い深部の地下水を引き込んだと考えられる。

地点 A では揚水中の EC の変動が殆どなく、揚水後に井戸内の EC も上昇していない

ことから、今回の条件で二重揚水による淡水の供給が可能であると考えられる。地点 B では揚水中の EC の変動は殆どないものの、井戸内の EC 鉛直分布が揚水前後で変化している。地点 B のように、揚水前の状態で深度が増すにつれて EC が高くなる地点については、揚水口の配置や揚水条件等について更に検討の余地があると考えられる。

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。また揚水試験の実施にあたっては東北農政局農村環境課の森一司地質官, 藤元栄一地質官, (株)アオイテックの大久保昌明氏, 津坂喜彦氏にご協力頂いた。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.

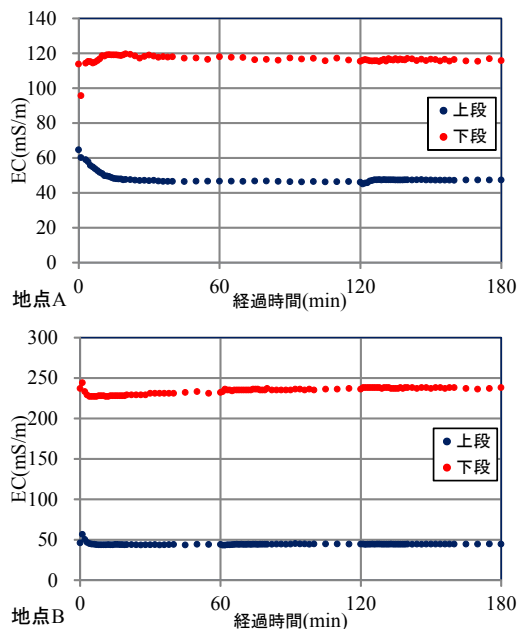


Fig.2 パッカー上下から揚水した地下水の EC Fluctuation of EC in groundwater

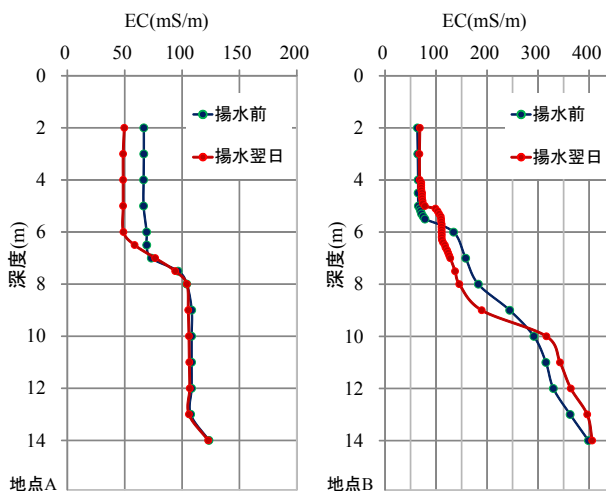


Fig.3 揚水前後の EC 鉛直分布 Vertical distribution of EC in wells before and after pumping