

黒部川扇状地沿岸部における地下水塩水化の数値実験

富山県立大学大学院 学生会員 ○松浦 拓哉
いであ株式会社 正会員 北 隆平
富山県立大学大学院 正会員 手計 太一

1. はじめに

地下水は貴重な水資源の一つとして古くから世界中で利用されている。近年では、良質で豊富な地下水を生活用水、工業用水、農業用水として利用している。一方、過剰揚水による地盤沈下や地下水の塩水化といった地下水障害が社会・経済問題として顕在化している地域も多くある¹⁾。

本研究グループでは、黒部川扇状地において、2011年10月から継続的に、自噴量の計測、水温、電気伝導率(EC)、pH、溶存イオン量の調査を実施している。その結果、沿岸部では地下水の塩水化が進行していることが観測された²⁾。

本稿では、非定常3次元地下水モデルを用いて黒部川扇状地沿岸部における地下水塩水化の原因を明らかにする。

2. 研究対象地点

図-1(a)に本研究で対象としている自噴井「清水庵の清水」の位置を示す。この自噴井では2013年10月から電気伝導率ロガーを用いて、長期・継続的な水質調査を実施している。図-1(b)に「清水庵の清水」の柱状図を示す。「清水庵の清水」は深度64.5～69.0 mと80.5～82.0 mに粘土層が存在しており被圧帯水層を有している。

3. 清水庵の清水の観測結果

図-2は2002～2015年の「清水庵の清水」における定期観測とロガーを用いた連続観測によるEC、富山湾観測潮位(気象庁)を示している。本図には2002年1月～2013年3月までに行われた新川広域圏事務組合の水博物館によるECの定期観測結果も併記した。2013年夏期にピークを迎え、その後は約400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 付近を推移している。また、溶存イオンの分析の結果、海水の主成分である Cl^- と Na^+ が夏期に上昇することが分かった。以上から「清水庵の清水」の自噴井に海水が浸透していると考えられる。

図-3は2002年³⁾と2011～2015年の「清水庵の清



図-1 黒部川扇状地と調査位置；(a) 採水地点、(b) 清水庵の清水の柱状図

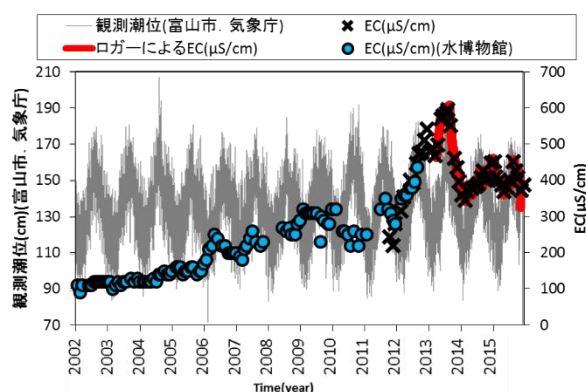


図-2 2002～2015年の清水庵の清水におけるECと富山湾観測潮位

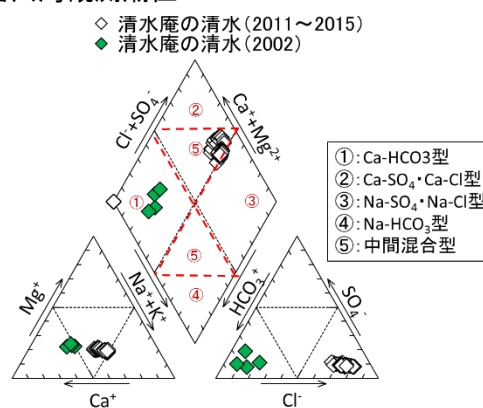


図-3 2002年と2011～2015年の清水庵の清水におけるトリリニアダイアグラム

水」のトリリニアダイアグラムである。2002年の「清水庵の清水」の水質は Ca-HCO_3 タイプに位置している。一方、2011～2015年の水質は中間混合タイプと Na-Cl 又は Na-SO_4 タイプの境界線上に位置しており、過去10年で水質タイプが偏移していることがわ

キーワード 塩水化、トリリニアダイアグラム、地下水、黒部川扇状地

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 TEL. 0766-56-7500 E-mail : t217036@st.pu-toyama.ac.jp

かる。

4. 地下水モデルの概要

本研究では SEAWAT を利用して、非定常 3 次元地下水モデルを構築した。モデル領域は、 $X:Y=3500\text{ m}:2500\text{ m}$ と設定し、 $50\text{ m}\times 50\text{ m}$ メッシュの DEM データを使用して表現した。地層構造は 6 層に分類し、それぞれの地下水理パラメーターを表-1 に示した。境界条件は富山湾川に観測潮位、生地と金屋に観測地下水位を設定した。

5. 解析結果

塩水化の要因として考えられるのは、黒部川扇状地の地下水位の低下、富山湾の潮位の上昇、地下水取水が挙げられるので、表-2 の CASE.1~CASE.5 のように塩水化の要因分析を行った。図-4(a) は各 CASE における第二帯水層の塩化物イオン濃度の時系列である。CASE.2 と CASE.3 では塩化物イオン濃度は年間を通して約 10 mg/L と変動がない結果となった。一方、CASE.1, CASE.4, CASE.5 は年々上昇している結果となり、「清水庵の清水」における塩水化を定性的に再現することができた。図-4(b) は CASE.1~CASE.5 の第二帯水層における地下水位の時系列である。図-4 から地下水位を上昇させた場合は、塩化物イオン濃度は上昇せず、地下水位を減少させた場合は塩化物イオンの濃度が上昇した。従って、「清水庵の清水」の塩水化は地下水位の低下が主な要因であると考えられる。

次に取水規制について検討する。2010 年 1 月から「清水庵の清水」においてバルブで自噴量を抑制することを想定して、観測値の自噴量を 10~100 %削減して数値実験を行った。図-5 は自噴量を削減した場合の「清水庵の清水」の第二帯水層における塩化物イオン濃度の時系列である。2010 年 1 月を境に塩化物イオン濃度が減少するのは、現在の自噴量の 60 %(146 L/min)以上の取水制限を設けた場合であることが分かった。

謝辞：本研究の一部は Y K K 株式会社黒部事業所の助成を受けている。本研究の遂行にあたり、富山県環境科学センターと黒部市役所と入善町役場からデータや情報の提供を受けた。合わせてここに謝意を表す。

参考文献

1) 矢田恒晴(1970)：静岡県岳南地域における地下

表-1 地下水理パラメーター

	透水係数(cm/s)	比貯留係数(1/m)	比産出率	層厚(m)
第一帯水層	0.01	5.0×10^{-4}	0.35	64.5
粘土層	1.0×10^{-6}	8.0×10^{-5}	0.2	4.5
第二帯水層	0.01	5.0×10^{-4}	0.35	11.5
粘土層	1.0×10^{-6}	8.0×10^{-5}	0.2	2.7
第三帯水層	1.0×10^{-4}	8.0×10^{-5}	0.25	50
不透水層	1.0×10^{-5}	8.0×10^{-5}	0.2	69.5

表-2 数値実験の概要

	潮位	地下水位	自噴量
CASE1	観測値	観測値	観測値
CASE2	最大値一定	最大値一定	観測値
CASE3	最大値一定	最小値一定	観測値
CASE4	最小値一定	最大値一定	観測値
CASE5	最小値一定	最小値一定	観測値

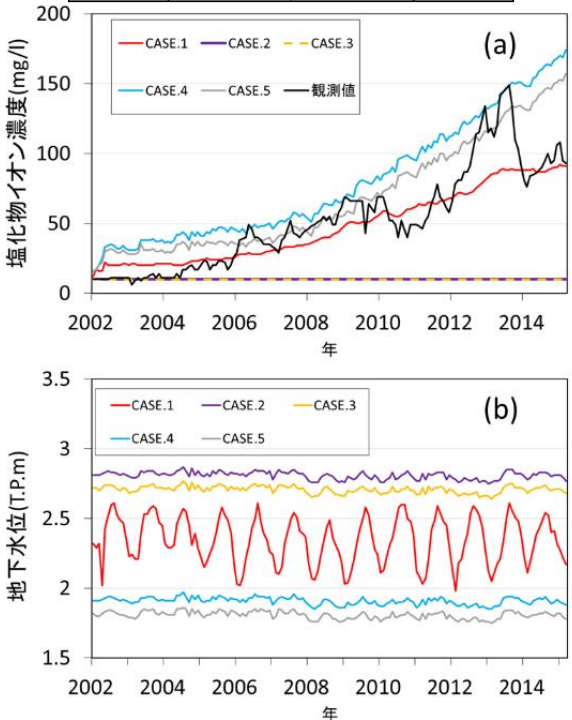


図-4 各 CASE の第二帯水層における塩化物イオン濃度(a)、地下水位(b)の時系列

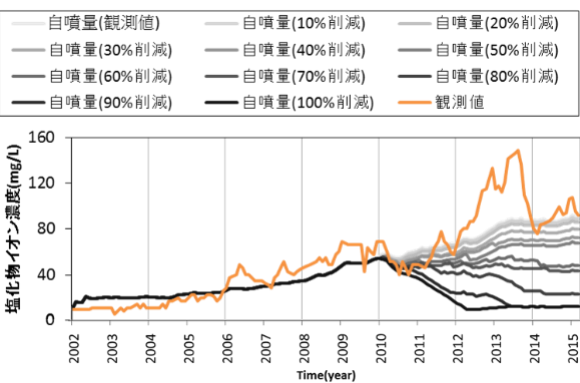


図-5 自噴量を削減した場合の清水庵の清水の第二帯水層における塩化物イオン濃度の時系列

水塩水化現象，地理学評論，Vol.43, No.9, pp.567-571.

- 2) 手計太一，北隆平，南優平 (2015)：黒部川扇状地扇端部における自噴井の塩水化，土木学会論文集 G (環境) Vol.71, NO.5, 地球環境研究論文集第 23 巻, pp.I_95-I_101.
- 3) 入善町(1991)：入善町地下水流量等調査業務報告書，p.169.