

009. 愛媛県西条平野における弘法水の湧出機構に関する研究

Discharge mechanism of Kobosui in Saijyo plain

○越智亮太・田中和広（山口大学），中野孝教（総合地球環境学研究所），徳増実（西条市役所）

Ryota Ochi, Kazuhiro Tanaka, Takanori Nakano, Minoru Tokumasu

1. はじめに

愛媛県西条市に広がる西条平野には扇状地が存在し、そこを流れる河川水は堆積物中に浸透し地下水となり、特定の範囲で自噴している。この自噴井(以下、被圧地下水と呼ぶ)の分布は、西条北断層(以下、断層と呼ぶ)¹⁾の南側に限定されているが、地域住民に弘法水として親しまれている湧水は、断層より北側に分布するにも関わらず湧出しており、その湧出機構については明らかとなっていない。そこで、地質構造と弘法水の湧出機構との関係を明らかにすることを目的に、ボーリング柱状図を用いた地下構造調査、潮汐変化に応じた弘法水の一般水質分析及び酸素水素同位体分析を実施した結果を報告する。

2. 弘法水について

日本各地にある弘法大師伝説が残る清水が多数存在しているが、これらの清水のことを”弘法水”と呼ぶ。弘法大師伝説は、次のとおりである。「弘法大師が日本各地を祈りながら巡っていたが、ある村で喉が渇いた大師が老婆に水を所望する。老婆は遠方から水を運び、快く水を提供した。そこで、大師は水に不自由なこの土地に同情し、御札に錫杖で地を突いて清水を出した。」²⁾

本調査地域では、西条市北部の河口付近の海底から湧出する淡水が弘法水として親しまれており、毎日多くの人々がその水を汲みに訪れている。

3. 地質概要

本研究の調査地域には、中央構造線断層帯に属する活断層である岡村断層を境に、北部は完新統、南部は後期白亜紀の和泉層群が分布している。また、西方より川上断層が西条市街地まで延長していると推定されており、地下水の被圧構造として重要な役割を果たしていると考えられている。さらに、推定断層を境に岡村断層と推定断層に挟まれた内陸側地下水盆、推定断層より北側の海側地下水盆に二分されている³⁾⁴⁾。

この推定断層に関しては、従来の位置とは異なる西条北断層の存在が示唆されている¹⁾。

また、加茂川から南北に複数の旧河道が延びている⁴⁾。



図-1 地質図と弘法水の位置

4. 調査結果

4.1. 地質、地質構造

弘法水を通る南北断面において、ボーリング柱状図の再検討を行い、地質断面図を作成した。その結果、弘法水を通る南北断面において、シルト層が海へ連続的に分布しており、被圧構造を形成していることが明らかとなった。

4.2. 地化学特性

4.2.1. 西条平野全域の地化学特性

調査地域の地下水水質及びその起源を明らかにするため、河川水、扇状地末端からの湧水、被圧地下水の採取を行い一般水質分析及び酸素水素同位体比分析を行った。その結果、水質は大部分が $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型を示し、浅層地下水、河川水起源である。しかし、被圧地下水の一部には NaCl 型を示すものがある。

河川水及び地下水の大部分は天水起源であり加茂川が涵養域であると考えられるが¹⁾、一部はデルタダイアグラム上で天水と SMOW (標準海水)との混合線上にプロットされる地下水もある。

弘法水は $\text{CaCl}_2 \cdot \text{CaSO}_4$ 型、被圧地下水は $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{NaHCO}_3, \text{NaCl} \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ 型を示し、両者の水質は異なる。また、弘法水の同位体比は、デルタダイアグラム上で天水と海水との混合線上にプロットされる。

4.2.2. 潮汐変化と地化学特性

弘法水は河口付近に位置しているため、地化学特性と潮汐変化は相関関係を示すと考えられる。このことを検討するために、2013年8月6日の10時18分から20時18分まで一時間おきに採水を行い、一般水質分析及び同位体分析を行った。その結果、潮汐変化とヘキサダイアグラムとの関係は見られず、水質は変化していないということが明らかとなった。

しかし、潮位と各溶存イオン量には相関関係が認められた。さらに、潮位と δD との関係も、同様に相関関係が認められた。加茂川左岸の嘉母神社の被圧地下水で同様の調査(2013年8月8日の8時47分から15時47分まで)を行ったが、弘法水とは異なり潮汐と地化学特性には相関関係は認められなかった。

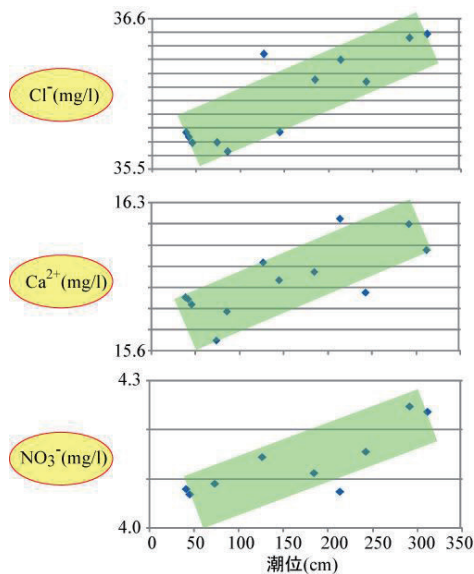


図-2 弘法水の一般水質と潮汐変化との関係

5. 考察

5.1. 弘法水の地化学的特徴

酸素水素同位体組成より、弘法水の組成は天水と海水が混合して形成されているものと考えられる。また、地化学特性と潮位との関係より、潮位が上昇すると溶存イオン量及び同位体比が大きくなり、海水の影響が大きくなると考えられる。以上より、弘法水の地下水流動に塩淡水境界が関係しているものと考えられ、弘法水を通る南北断面において、沿岸域に分布する不圧帯水層に塩淡水境界が形成されているものと考えられる。

5.2. 塩淡水境界付近の地下水流動

弘法水の水質の成因と湧出機構を検討するには、塩淡水境界付近の地下水流動が重要となる。塩淡水境界周辺の地下水流動モデルのうち、淡水地下水の動きを考慮した Hubbert モデル⁵⁾によると、大きな動水勾配を持つ淡水が大きく海側へはりだし塩水が海へ押し出されるため、塩淡水境界は海側に形成される。そのため、赤

丸で囲んだ範囲においては、海底から淡水が湧出しているものと考えられる。

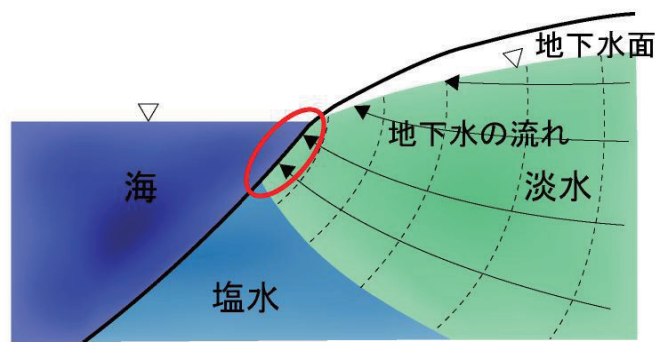


図-3 Hubbert による塩淡水境界モデル

5.3. 弘法水の地下水流動

西条平野には旧河道が複数分布しているが、これら旧河道が加茂川から弘法水までの地下水の流動経路となっている可能性がある。仮に、旧河道が地下水の流動経路となっているとした場合、不透水性を示す破碎帯を伴う断層¹⁾を横切る地下水流動が示唆される。

5.4. 弘法水の湧出機構

沿岸域の地下水流動は、海水に流動を妨げられ、塩淡水境界に沿って上昇し海底から湧出するものもあると考えられる。以上のことを踏まえ、弘法水の湧出メカニズムを次のように考えた。加茂川から浸透した河川水は地下水となり、埋没谷を埋積する不圧帯水層中を流動する。この地下水は、沿岸域の海水に流動を妨げられ、塩淡水境界に沿って上昇し海底から湧出する。この地下水が、弘法水であると考えられる。潮位の変化とともに塩淡水境界が移動するため、潮位の変化に伴って弘法水の地化学特性も変化するものと考えられる。また、沿岸域において井戸などを用いて淡水をくみ上げることによって周囲の塩水が井戸へと引き込まれるアップコーニング現象が起きている可能性がある。

文献

- 1) 越智亮太・田中和広・鈴木浩一・徳増実(2013): 西条平野の地下構造と地下水流動に関する研究, 応用地質学会講演論文集, p.9
- 2) 河野忠(2002): 弘法水の水文学的研究, 立正大学博士論文.
- 3) 後藤秀昭・中田高(1998): 中央構造線活断層系(四国)の川上断層・岡村断層の再検討-横ずれ断層の断層線認識の新たな視点とその意義-, 活断層研究, 17, pp132-140.
- 4) 西条市(2013): 道前平野地下水資源調査解析業務報告書
- 5) Freeze and Cherry(1979): Groundwater, Prentice-Hall, 604p.