

二宮良太^{*1}・難波あゆみ^{*1}・宮下雄次^{*1}

by

- 51 -

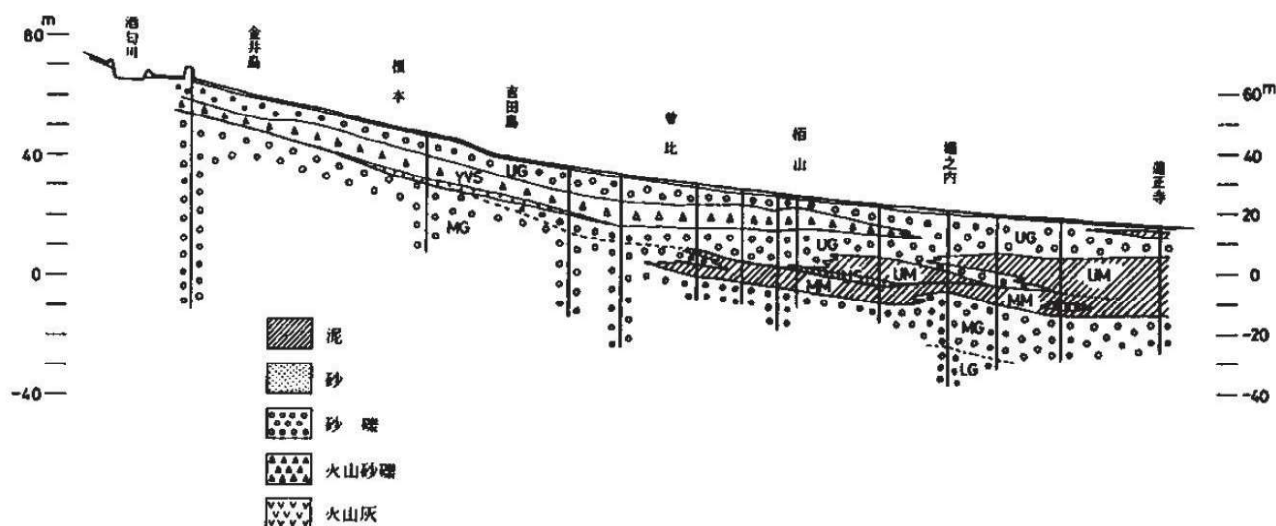


図2 足柄平野の地質縦断面図（小沢ほか、1982）

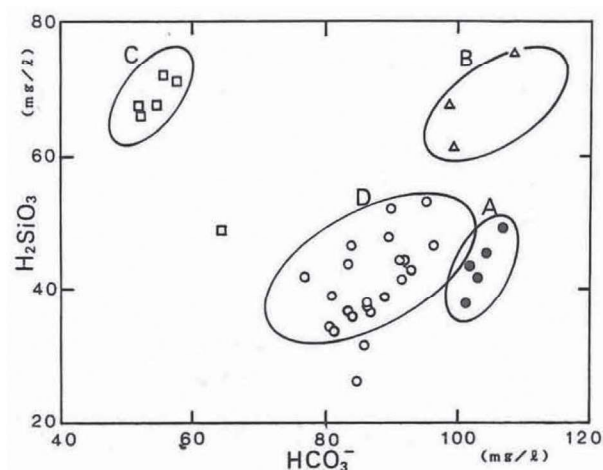
て炭酸水素イオンの濃度が少なく、メタケイ酸が多い特徴があり（図3）、箱根水系の地下水の水温は15℃台と平野部の地下水の16℃台に比べて低い傾向にある。狩川沿いの被圧地下水では、狩川からの涵養よりも、箱根火山側からの涵養が多くなされている地域がある（藪崎ほか、2000）。これまでの足柄平野の自噴井戸の実態調査により、自噴帯の分布範囲や自噴量の経年変化について報告されている（日比野ほか、1999や宮下、2013など）。被圧帯水層の分布を把握する試みとして、微動観測装置を用いたS波速度構造探査による地下の土質分布の把握が報告されている（宮下、2023）。

以上より、自噴井戸の水質を調べることで足柄平野における地下水系の推定が可能である。本研究では、これまでの実態調査では調査が行われていない足柄平野の中流部の自噴井戸について調査を行った。この自噴井戸は日常的な地下水の利用が無いとため孔内カメラによる観察ができ、自噴井戸と同一敷地内におけるS波速度構造探査も実施が可能であった。井戸の水質、自噴量、自噴高さなどを調べる地下水調査に加えて、孔内カメラによる内部構造の観察及びS波速度構造探査を行い、対象地付近の被圧帯水層の分布状況について検証したので報告する。

2. 方法

2.1. 調査地点

2023年3月3日、小田原市小台に位置する自噴井戸1地点を対象に現地調査を実施した（図1）。微動アレイ探査は同年7月10日に実施した。自噴井戸は、足柄平野中流部の狩川沿い（左岸）に位置している。



Relationship between hydrobicarbonate and meta-silicic acid contained in flowing well waters in Ashigara plain (A: Groundwater in the upper part of flowing area, B: Groundwater along Oiso hills, C: Groundwater on the foot of Hakone volcano, D: Groundwater in the middle and lower part of the Ashigara Plain).

図3 足柄平野自噴井戸の水質による分類（横山、1999）

2.2. 調査手法

現地では一般的な地下水調査（水温、pH、電気伝導率、自噴量及び自噴高の測定および採水）のほか、孔内カメラによる井戸構造の調査、微動アレイ探査を行った。現地にて採水したサンプルは、実験室にてイオンクロマ

トグラフ及び ICP 発光分光分析法を用いて溶存成分量を測定した。自噴量は容積法により測定を行い、自噴高は井戸管に接続したホースを立ち上げ、地表からの高さを測定した。井戸構造の調査には、レアックス社製孔内カメラを使用した。カメラ映像を通して目視によりストレーナの位置等を確認しながら、孔内カメラのケーブルに記載されたメジャーから孔底及びストレーナの深さを確認した。

対象地直下における S 波速度構造明らかにするため、自噴井戸から南方向に 12 m の地点を中心とした微動アレイ探査を行った。微動観測装置は白山工業株式会社製 JU410 を使い、サンプリングレートを 200 Hz で行った。微動探査は、中心及び中心から距離 0.6 m の位置に微動計 3 台を等間隔に配置する極小アレイ配置に、中心から距離 5 m の位置に 2 台の微動計を配置する異形アレイ配置を組み合わせで行った（図 4）。また微動探査結果の解析は、先名ほか（2014）の方法に従い、S 波速度と地質の関係から地下構造の推定を行った。

3. 結果

3.1. 自噴井戸の地下水調査結果

地下水の水質分析結果を表 1 に示す。横山ほか（1999）は、炭酸水素イオンとメタケイ酸の溶存濃度の関係から地下水系を分類しており、足柄平野水系は箱根水系に比べて、メタケイ酸の溶存濃度は 60 mg/L 未満と少ないものの、炭酸水素イオンの溶存濃度は 80-100 mg/L と多い傾向がある（図 3）。箱根水系の水温は 15℃台であるのに対し、足柄平野水系の水温は 16℃以上である。これらの特徴と比較すると、自噴井戸の水質は炭酸水素イオンが 82.4 mg/L、メタケイ酸は 56.2 mg/L であり、水温は 17.1℃であることから足柄平野水系の特徴と一致する。主要溶存成分の組成を示すトリリニアダイ

表 1 調査結果一覧

調査日	2023年3月3日
気温(℃)	8.5
水温(℃)	17.1
pH	7.78
電気伝導率(mS/m)	19.0
湧出量(L/min)	5.5

溶存成分量 (mg/L)

陽イオン成分			陰イオン成分			遊離成分		
ナトリウムイオン	(Na ⁺)	8.32	塩化物イオン	(Cl ⁻)	4.65	メタケイ酸	(H ₂ SiO ₃)	56.2
カリウムイオン	(K ⁺)	1.55	硫酸イオン	(SO ₄ ²⁻)	13.2	メタホウ酸	(HBO ₂)	0.17
マグネシウムイオン	(Mg ²⁺)	7.00	硝酸イオン	(NO ₃ ⁻)	5.70	遊離二酸化炭素	(CO ₂)	2.20
カルシウムイオン	(Ca ²⁺)	23.7	炭酸水素イオン	(HCO ₃ ⁻)	82.4			
			炭酸イオン	(CO ₃ ²⁻)	0.40			

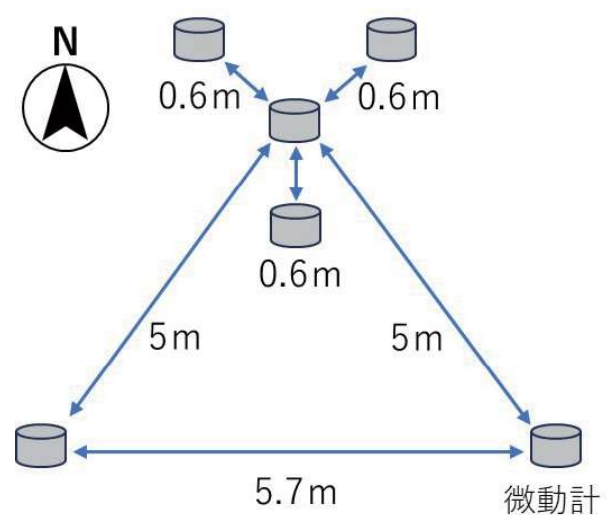


図 4 微動計の配置図（極小アレイ配置、異形アレイ配置）

アグラム（図 5）によると、本調査の結果（赤色丸印）は、日比野ほか（1999）にて報告されている自噴井戸の測定結果（青色三角印）と同様のアルカリ土類炭酸塩（Ca-HCO₃ 型）の領域にプロットされている。自噴量は 5.5 L/min、地表面を基準とした自噴高は 51.5 cm であった。日比野ほか（1999）によると小田原市小台の調査対象井戸の約 8 割が自噴量 10～49 L/min であることから、本調査の自噴井戸の自噴量はこの地域の井戸の中では少ない部類に入る。

3.2. 自噴井戸構造と孔内カメラによる観察

自噴井戸の周辺状況として、内径 50 mm の塩ビパイプ製井戸管の孔口を囲って内径 47 cm、高さ 60 cm の陶管が立てられている。井戸管から湧出した地下水は、陶管内部を満たし、陶管の側面に開けられた吐出口から

流出している。流出した地下水は隣の三段の水舟に導水され、敷地外を流下する水路へと排水される構造となっている（図 6、7）。湧出水を生活用水に利用している場合、一般に地下水くみ上げ用の揚水管が井戸管内に挿入されていることが多く、孔内の観察や自噴量の測定が困難である場合が多いが、調査対象の井戸は日常的に利用されていないため、詳細な調査を行うことができた。孔内カメラによる計測の結果、地表面を基準とした孔底の深さは 30.2 m であった。地下水を孔内に取り入れるため、深さ 26.48 m から 30.2 m（孔底）までの範囲に 8 方向の千鳥状の有孔管が設置されていた（図 8）。孔底部には珪砂の堆積が確認されたが、これは井戸掘削時に井戸管と地盤の隙間に充填されていたものと考えられる（図 9）。

3.3. 微動アレイ探査による土質調査の結果

微動アレイ探査の結果を図 10 に示す。地盤の S 波速度は、地表から深さ 25 m 付近までが 200 ～ 300 m/sec 程度、深さ 25 m から 50 m 付近が 450 ～ 500 m/sec であり、前者が表土・粘土・シルト、後者が砂・礫層からなることを示す結果であった。深さ 50 m 以深の S 波速度は、一部低下がみられるが、概ね 450 ～ 500 m/sec であり砂・礫層が厚く堆積していることを示す結果であった。これらのことから、調査対象地の地下は表土・粘土・シルト層の下に砂・礫層が分布しており、その境界が深さ 25 m 付近にあることが明らかとなった。調査対象井戸のある小田原市小台地区周辺において、深さ 25 m 以深に厚く堆積する砂・礫層が被圧帯水層としての機能を果たしていると推察され、孔内観察により確認された自噴井戸の取水深度が概ね深さ 26 m ～ 30 m であったこととも整合的である。

4. 被圧帯水層と地質縦断面図の比較

足柄平野の地質縦断面図によると、小台地区に隣接する堀之内地区の地質は厚さ 10 m ほどの表土や砂・礫層の下に厚さ 10 ～ 20 m の泥・シルト層が分布しており、その下には再び砂・礫層が厚く堆積している。堀之内地区にも多くの自噴井戸の分布が確認されており、泥・シルト層が不透水層の役割を果たし、その下の被圧帯水層の形成に寄与していると考えられる。小台地区は、堀之内地区と同程度の標高にあり、西に約 1 km の距離に位置している。微動アレイ探査の結果から推定された小台地区の地下構造は、地質縦断面図に示されている堀之内付近の地質断面と概ね整合的であり、堀之内地区と同様の機構により自噴帯が形成されているものとみられる。

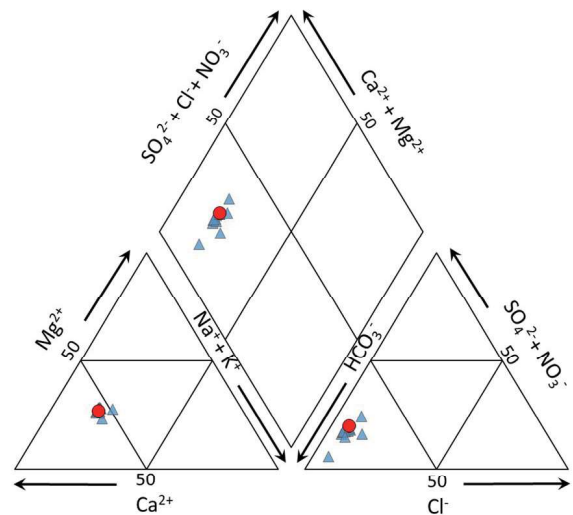


図 5 トリリニアダイアグラム（単位：当量％）

赤色丸印は本調査地点を示し、青色三角印は（日比野ほか、1999）にて報告されている調査結果 14 地点を示す。



図 6 自噴井戸の外観



図 7 自噴井戸の内部



図8 孔内カメラの画像（深さ 27 m 付近）

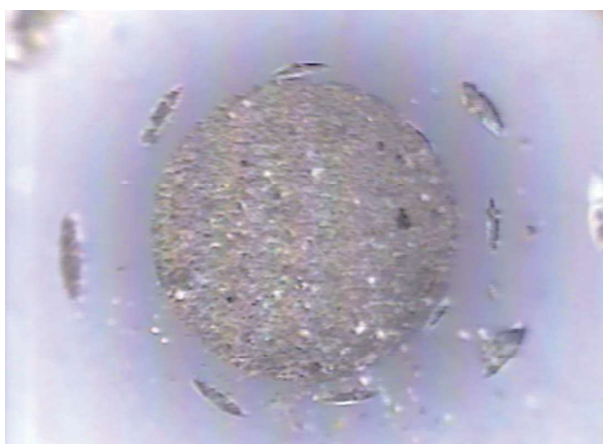


図9 孔内カメラの画像（深さ 30 m 付近）

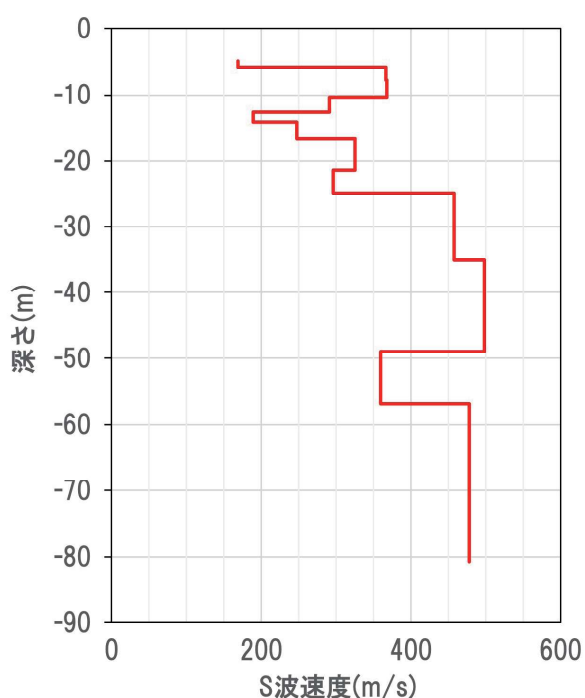


図10 微動アレイ探査の結果

5. まとめ

小田原市小台の自噴井戸について、水質、井戸構造、地盤構造等の調査を実施した。この井戸から湧出する地下水の水質は先行研究による足柄平野水系の地下水と同等であった。調査地点は深さ 25 m 付近を境に粘土・シルト層から砂・礫層への地質の変化が見られ、自噴井戸の有孔管の設置深度と概ね一致していることから、砂・礫層が被圧帯水層であることが明らかとなった。自噴井戸の長期的なモニタリングにより、年間を通じた季節的な変動を捉え、自噴井戸の湧出量や水温に与える影響を明らかにすることが今後の課題といえる。

謝辞

本調査は自噴井戸の所有者のご協力により実施することができました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 日比野英俊・栗屋徹・板寺一洋・横山尚秀・長瀬和雄・平野富雄 (1999) 酒匂川右岸地域の自噴井戸，神奈川県温泉地学研究所報告，Vol.30, No.1-2, 19-32.
- 宮下雄次 (2013) 神奈川県足柄平野における自噴井の分布と自噴域の変化，日本地球惑星科学連合 2013 年大会，AHW27-03.
- 宮下雄次 (2023) 極小微動アレイ探査による地下水位測定手法の検討，日本地球惑星科学連合 2023 年大会，AHW24-P07.
- 小沢清・荻野喜作・横山尚秀 (1982) 足柄平野の地質（その 1），神奈川県温泉地学研究所報告，Vol.13, No.5, 83-90.
- 先名重樹・長郁夫・藤原広行 (2014) 微動を用いた浅部構造探査の高度化（その 2）自動読み取りアルゴリズムの適用，日本地球惑星科学連合 2014 年大会，SSS35-P02.
- 藪崎志穂・嶋田純・宮岡邦任・宮下雄次・吉田誠 (2000) 安定同位体を用いた足柄平野における地下水流動系の区分，日本水文科学会誌 Vol.30, No.1, 3-13.
- 横山尚秀・板寺一洋・日比野英俊 (1999) 足柄平野の地下水賦存特性と自噴帯，日本水文科学会誌，Vol.29, No.2, 81-92.