

増富温泉地域の本谷川右岸の未利用源泉群の調査

望月 映希 大森 雄貴 小林 浩

Survey of unused springs on the right bank of the Hontani River
in Masutomi spring area, Yamanashi prefecture

Eiki MOCHIZUKI, Yuuki OOMORI and Hiroshi KOBAYASHI

キーワード：増富温泉、未利用源泉

温泉水中の ^{222}Rn 濃度日本最高値が増富温泉地域のA9号泉で観測^{1,2)}されたことが示すとおり、増富温泉は全国有数の ^{222}Rn 含有濃度で知られており、年間約7万人が訪れる観光地であり、国民保養温泉地にも指定されている。

増富温泉では大正3年から学術的な調査が行われ³⁾、無数の源泉の調査結果が報告されてきた。

それら文献上の無数の源泉の内、湧出量の大きなくつかの源泉は入浴施設に利用されており、継続的な分析が行われている。しかし、その他の湧出量が小さな多くの源泉については、未利用のまま放置されており、ここ50年ほど、資源としても学術の対象としても関心を集めることはなかった。

特に本谷川右岸法面、大六天の湯付近に県道23号線を挟み上下に無数の源泉が並ぶ源泉群¹⁾ (A9号泉を含む) においては、平成13年5月20日の第52回全国植樹祭に合わせた県道拡幅工事、平成28年の県道上側法面養生工事により県道の上側の源泉が埋め立てられてその多くが消失、県道の下側の源泉は現況が不明となっている。

そこで本調査では、今後の温泉資源調査の資料とするため、県道より下の河原崎下の湯、日暮淵 (ひぐらしのふち)、日受水などと呼ばれる源泉群^{1,4,5)}の推定位置付近を調査し、文献上の源泉と比較し、その現況を明らかにすることとした。

調査方法

文献¹⁾を基に、本谷川右岸 (図1) において平成29年4,5月に一次調査として、源泉の探索を行った。令和2年4,5月に二次調査として、新たな源泉の探索及び一次調査で ^{222}Rn 濃度が100 Bq/kg以上となった源泉の分析を行った。

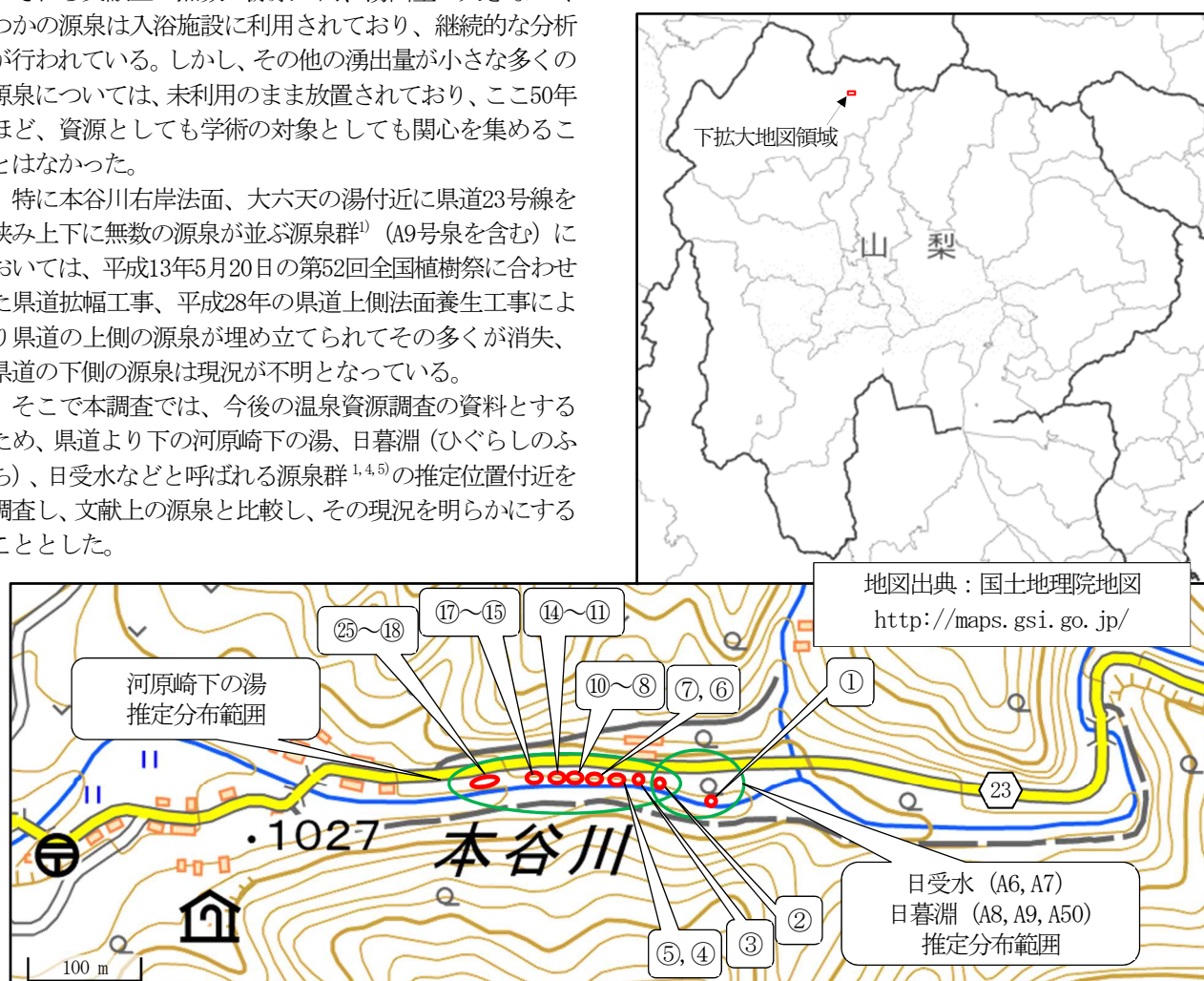


図1 山梨県地図、北杜市須玉町小尾地内拡大地図及び源泉位置 (拡大地図本谷川以南は比志)

発見された源泉は、次の方法で溶存物質質量及び湧出量を分析した。

泉温：標準温度計。湧出量：定量容器による測定。電気伝導率：交流二電極法。pH：ガラス電極法。 ^{222}Rn ：ゲルマニウム半導体検出器による温泉水中ラドン濃度測定方法^{6,7)}。 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 及び SO_4^{2-} ：イオンクロマトグラフ法。 HCO_3^- ：分離滴定法。ただし HCO_3^- は二次調査時のみ。

結果

一次調査時に25か所の源泉を確認した。本谷川上流側から順に①～②⑤と付番する(図1)。また、⑦付近に本谷川河床から気泡が断続的に湧いており温泉の湧出が疑われる地点が認められたが、湧出の確認及び採水する方法が無かったため観察にとどめ、付番も行わなかった。

二次調査では新たな源泉地点は認められず、⑤、⑨、⑬、⑯、⑰の5源泉において湧出量減少のため採水不可能、⑳は枯渇していた。

各源泉の分析結果及び現地情報を国土地理院地図航空写真に照らして得た緯度経度を表1に示した。

泉温は、湧出量が微量である、温度計の破損等の理由により欠測が多かったが、その他全て20℃未満であったため記載を省略した。

(1) 湧出地点の様子

①は湧出量のごく小さな湧出点から温泉水が水たまりへ流入しているが、水たまりからの流出量はそれ以上である。また、大きな水たまりの底から時折気泡が昇っているため、主な湧出点は水たまり水面下と考えられた。しかし、主湧出地点の特定が出来なかったため、水たまりの中央付近の上澄みを採水して試験に供した。⑯は法面から出ている塩ビ管から流出しているもので、真の湧出地点がどこか、複数の源泉の湯を集めているのか否かなどが不明である。そのほかの源泉は、岩の割れ目や土から水が湧いており、周囲に黄赤で泥状の析出物が付着していた。

①の写真を図2に、②～⑤の写真を図3に示す。

(2) 湧出量

湧出量は①については構造上測定不能、②の一次調査時は当時の携行品では測定不能、その他表1中で測定不能としたものは、微量であるため測定不能であった。

二次調査を行った源泉では⑧、⑭、⑱、⑳、㉔の5源泉で湧出量が増大し、特に⑱では8倍以上に増大している。④、⑪、⑬、⑯、㉕の5源泉では減少。⑤、⑨、⑮、⑰、㉓では採水不能まで減少若しくは枯渇しているなど、その変化状況は源泉によりばらばらであった。

(3) 溶存物質

温泉水中分析に必要な項目の分析を行っていないが、一

次調査分析値を基準値⁹⁾に照らすとすべての源泉が療養泉に相当し、③、⑥、⑦、⑫、⑳、㉓の6源泉はナトリウム-塩化物泉、④、⑧、⑮、⑰、⑱、㉒、㉔、㉕の9源泉が含弱放射能-ナトリウム-塩化物泉、その他の10源泉が含放射能-ナトリウム-塩化物泉に相当した。

二次調査における ^{222}Rn 濃度について①、⑩、㉒では上昇し、②、⑧、⑭、⑰、㉑では大きな変化なし、④、⑪、⑬、⑯、㉔、㉕の源泉では減少した。そのため⑪、⑬では含放射線-ナトリウム-塩化物泉相当から含弱放射線-ナトリウム-塩化物泉相当に泉質が変化していた。

(4) 文献上の源泉との比較

文献¹⁾上、本調査対象地域には昭和17年時点ではA6, A7, A8, A9, A50号源泉(日暮淵、日受水)及び少なくとも6つの源泉の属する源泉群(河原崎下の湯)が存在し、昭和32年にもA6, A7, A8, A9号泉が確認されている⁹⁾。地図上の位置から⑯以降が河原崎下の湯と推定されたが、文献上個別の源泉の位置や外観などの説明や図がないことから源泉を同定することはできなかった。

A6, A7, A8, A9号泉はいずれも湧出地点の模式図が文献に描かれている。

模式図¹⁾(図2)によるとA9源泉は湧出量の小さい湧出点aから湧出した温泉水が流路に赤黄色の堆積物を残しながら水たまりbに流入し、bの水面下でも湧出がみられ、浅い水路を経て本谷川cに流入する。この特徴は、①源泉の湧出状況に類似していた。文献地図上の位置に比べて①はやや東側にずれているが、おおむね近い位置にある。

しかし、泉質を比較すると、1943年時点ではpH 6.3程度、 Cl^- 4,100 mg/L程度、 ^{222}Rn 23,000~160,000 Bq/kg程度(中央値27,000 Bq/kg)であり、①の分析結果と比較すると Cl^- 及び ^{222}Rn 濃度に差異が認められ、同一の源泉とは断定できなかった。

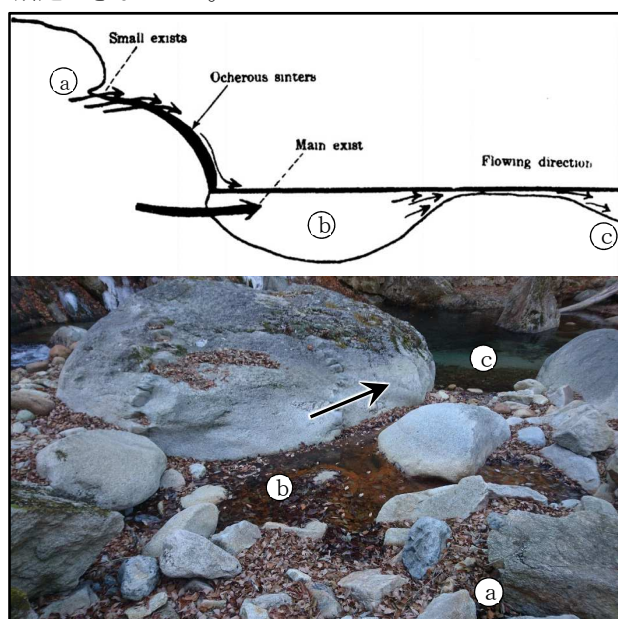


図2 A9源泉模式図¹⁾及び①源泉写真

A6, A7, A8源泉の模式図に類似した源泉は確認できなかった。

A50号泉は、文献上に湧出地点の特徴を示す記録が無く、現況と比較することはできなかった。

安全上の理由で法面の上部の調査が十分でないため、本調査で見落とした可能性もあるが、文献上にの源泉に類似した源泉は①以外に源泉は認められなかったことから、過去に確認された源泉はすでに枯渇している可能性もある。

一方、文献上に記載のない源泉も多く認められ、中には10,000 Bq/kgを越える²²²Rnを含有する源泉も認められた。

考 察

一次調査、二次調査において湧出量が8倍に増加した源泉もあれば枯渇した源泉もあるなど源泉毎にばらばらな湧出量の変化状況が認められること、文献上に記載のある源泉が認められず文献に記載の見られない源泉が認められたことなどから、本調査対象地域の源泉群では、地下におけるメカニズムは不明ながらも時間の経過により古い源泉の消失、新たな源泉の発生が起こっていることが示唆された。

本調査結果では④, ⑪, ⑬, ⑮の4源泉において湧出量と²²²Rn濃度が共に減少していた。同様の傾向は1942年11月から翌年2月にかけて行われたA9号泉の調査¹⁰⁾においても認められている。

しかし、増富温泉地域の²²²Rn源は地表浅い場所に位置する²²⁶Raを含有する沈殿岩から発生した²²²Rnであることが知られている^{11, 12)}。そのため、以前我々が調査した大六天下左、左岸源泉群（いずれも本調査対象地域近傍の源泉）においては湧出量が減少すれば、²²²Rn濃度は増大し、湧出量が増大すれば²²²Rn濃度は減少する傾向が認められた¹¹⁾。しかし本調査の④, ⑪, ⑬, ⑮の4源泉はこれに反している。

その他、降水量に関して²²²Rn濃度が変動する傾向が認められた丹生沢源泉（本調査対象地域から北西に400 mほど離れた位置にある源泉）もあるが^{11, 12)}が、本調査結果で同時期に調査を行った結果²²²Rn濃度の増減がばらばらであるため、これとも異なる。

本調査における²²²Rn濃度の変動についてはこれらとは別のメカニズムによるものと考えられたが、そのメカニズムを明らかにすることはできなかった。

まとめ

文献上の源泉と同定できる源泉を発見することはできなかった一方、25個の療養泉に相当する源泉を発見した。古い源泉の消失、新たな源泉の湧出といった入れ替わりが起こっていることが示唆された。

これら未利用の源泉の中には湧出量は多くないものの、高濃度に²²²Rn濃度を含有するものが認められ資源として活用できる可能性がある一方、湧出量や溶存物質濃度の変動も認められ、その原因も明らかではない。

これらのことから、今後も定期的な調査が必要と考えられた。

（この報告の一部は令和3年2月9日開催の令和2年度地方衛生研究所全国協議会関東甲信静支部第33回理化学研究部会総会・研究会で発表した）

参考文献

- 1) Kazuo KURODA : Strongly Radioactive Springs Discovered in Masutomi., Bulletin of the Chemical Society of Japan, **19**, 33-83(1944)
- 2) 野口喜三雄 : 温泉の化学成分, 温泉科学, **29**, 213-236(1979)
- 3) R. Ishizu : "The Mineral Springs of Japan", (1915), (三共株式会社)
- 4) 下方鉦蔵 : 本邦温泉のトリウム系元素の含量 (第2~3報), 日本化学雑誌, **77**(1), 4-12(1956)
- 5) 黒田和夫, 横山祐之 : K. Y. 式ローリツェン・ラドン計及びその地球化学における應用, 化学の研究, **3**, 29-68 (1948)
- 6) 静間清 : 標準ガンマ線体積線源を用いた地下水ラドン測定法の検討, RADIOISOTOPES, **64**, 631-638(2015)
- 7) 環境省自然環境局長通知, 平成27年3月12日付, 環自総発第1503124号, ゲルマニウム半導体検出器による温泉水中ラドン濃度測定方法について
- 8) 環境省自然環境局 : 鉦泉分析法指針(平成26年改訂)(2014)
- 9) 御船政明ら : 強放射能泉に生息する温泉植物 (第2報) 山梨県増富温泉の藻類, 温泉科学, **16**, 129-135(1966)
- 10) 黒田和夫 : "温泉の科学", p. 164-166(1949), (長谷川書店)
- 11) 望月映希, 小林浩, 早川拓哉 : 増富温泉地内自然湧泉の²²²Rn濃度の経時的変化について, 山梨県衛生環境研究所年報, **60**, 31-36(2016)
- 12) 望月映希, 小林浩, 早川拓哉 : 増富温泉地内自然湧泉の²²²Rn濃度の経時的変化について(II), 山梨県衛生環境研究所年報, **61**, 32-35(2017)

表1 各源泉分析値

番号	北緯 秒	東経 秒	一次調査 (平成29年4, 5月)						二次調査 (令和2年4, 5月)														
			湧出量 mL/min	EC S/m	pH	²²² Rn Bq/kg	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	湧出量 mL/min	EC S/m	pH	²²² Rn Bq/kg	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Cl ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L
①	55.7	21.2	不能	0.986	6.28	3,970	2,070	248	67.0	13.5	3,040	705	不能	1.13	6.18	6,450	2,330	325	270	19.8	3,200	503	1,320
②	55.9	19.6	欠測	0.873	6.07	10,700	1,800	225	65.1	17.7	2,350	439	624.6	0.894	6.10	11,500	1,780	264	224	19.7	2,390	407	1,340
③	56.1	18.7	61.8	1.17	8.00	<15	2,700	324	55.4	17.2	3,880	714	一次調査で100 Bq/kg未満										
④	56.2	18.0	30.7	0.751	6.43	320	1,470	174	51.5	11.2	2,110	456	24.0	0.662	7.32	151	1,310	193	122	10.2	2,010	182	703
⑤	56.2	18.0	10.8	1.02	6.41	1,100	2,090	252	50.4	14.2	3,050	539	微量につき採水不能										
⑥	56.2	17.6	178.1	0.415	8.41	<15	763	89.3	34.3	5.44	1,070	201	一次調査で100 Bq/kg未満										
⑦	56.2	17.4	147.5	0.512	8.39	<15	990	121	22.3	6.32	1,440	258	一次調査で100 Bq/kg未満										
⑧	56.4	16.9	429.5	0.399	7.26	249	702	80.3	57.9	5.38	956	154	716.3	0.339	7.33	238	566	86.9	143	8.34	854	127	452
⑨	56.4	16.8	不能	0.442	7.16	1,070	789	89.7	24.9	5.08	1,060	206	微量につき採水不能										
⑩	56.4	16.8	不能	0.623	6.68	2,150	1,160	116	56.9	9.12	1,690	306	不能	0.454	6.87	4,360	844	116	152	8.18	1,090	174	764
⑪	56.5	16.4	95.4	0.595	6.81	1,910	1,080	113	58.3	8.19	1,580	292	37.9	0.468	8.08	388	873	119	166	7.29	1,160	180	759
⑫	56.5	16.2	76.4	0.605	6.97	17	1,140	120	50.0	7.86	1,620	302	一次調査で100 Bq/kg未満										
⑬	56.5	16.0	48.6	0.989	6.17	1,160	2,050	240	52.3	13.6	2,940	512	25.7	0.963	6.97	445	2,060	292	220	16.3	2,820	435	1,180
⑭	56.5	16.0	671.1	0.982	6.09	1,200	2,060	288	87.6	13.7	3,000	512	987.3	0.972	6.31	1,350	2,030	286	221	13.6	2,750	425	1,170
⑮	56.5	15.1	74.4	0.271	6.35	648	357	35.3	88.4	6.58	558	122	微量につき採水不能										
⑯	56.4	14.9	13.8	0.272	6.54	2,720	358	34.1	78.5	7.23	605	119	微量につき採水不能										
⑰	56.4	14.7	83.4	0.265	6.97	506	378	56.8	141	6.90	599	121	微量につき採水不能										
⑱	56.3	13.8	576.3	1.08	6.38	1,570	2,150	217	49.8	15.8	3,340	575	328.5	0.953	6.76	966	1,970	275	245	17.5	2,730	423	1,140
⑲	56.3	13.8	不能	0.729	6.81	419	1,270	122	70.6	13.8	1,950	357	不能	0.643	7.43	343	1,240	175	195	8.35	1,670	269	923
⑳	56.3	13.7	15.6	0.641	7.68	80	1,150	107	44.5	10.6	1,790	320	一次調査で100 Bq/kg未満										
㉑	56.2	13.5	6.5	0.687	7.56	163	1,240	137	31.8	11.3	1,900	338	52.4	0.490	7.37	128	940	135	137	8.95	1,270	204	674
㉒	56.2	13.4	62.0	0.726	7.24	116	1,280	128	79.6	11.7	1,980	354	91.1	0.472	7.21	217	927	136	181	8.54	1,220	200	869
㉓	56.2	13.4	34.3	0.732	7.14	107	1,280	127	72.0	14.8	1,990	366	枯渇										
㉔	56.2	13.3	57.3	0.838	6.77	148	1,530	156	52.5	12.8	2,340	403	78.3	0.773	7.69	27	1,540	218	219	15.1	2,170	338	866
㉕	56.2	13.2	84.2	0.813	6.71	119	1,480	159	72.4	11.8	2,240	405	54.1	0.662	7.40	68	1,310	188	236	15.2	1,810	285	984

北緯、東経は度、分まで全地点共通であるため、次に示した表中では省略した。北緯35度51分、東経138度32分。

²²²Rn濃度基準値：鉱泉≧76 Bq/kg、療養泉(弱放射能泉)≧111 Bq/kg、療養泉(放射能泉)≧673 Bq/kg

<p>② 赤丸の箇所、岩の下の空間の奥から湧出。</p>	<p>② 赤矢印のさらに奥から湧出している。 堆積した赤黄色析出物の上を流れ本谷川へ流入。</p>
<p>③ 赤丸の箇所から湧出。 赤黄色析出物をほとんど認めない。</p>	<p>⑤④ 赤丸の箇所から湧出。</p>
<p>⑤左④右 岩の隙間から湧出。 いずれも赤黄色析出物を認める。</p>	<p>⑦左⑥右 赤丸の箇所岩の割れ目から湧出。 赤黄色析出物をほとんど認めない。</p>
<p>⑩⑨左⑧右 岩周辺の土から湧出。 ⑧は赤黄色析出物をほとんど認めない。</p>	<p>⑩左⑨右 岩周辺の土から湧出。 いずれも赤黄色析出物を認める。</p>

図 3-1 湧出地点周辺写真

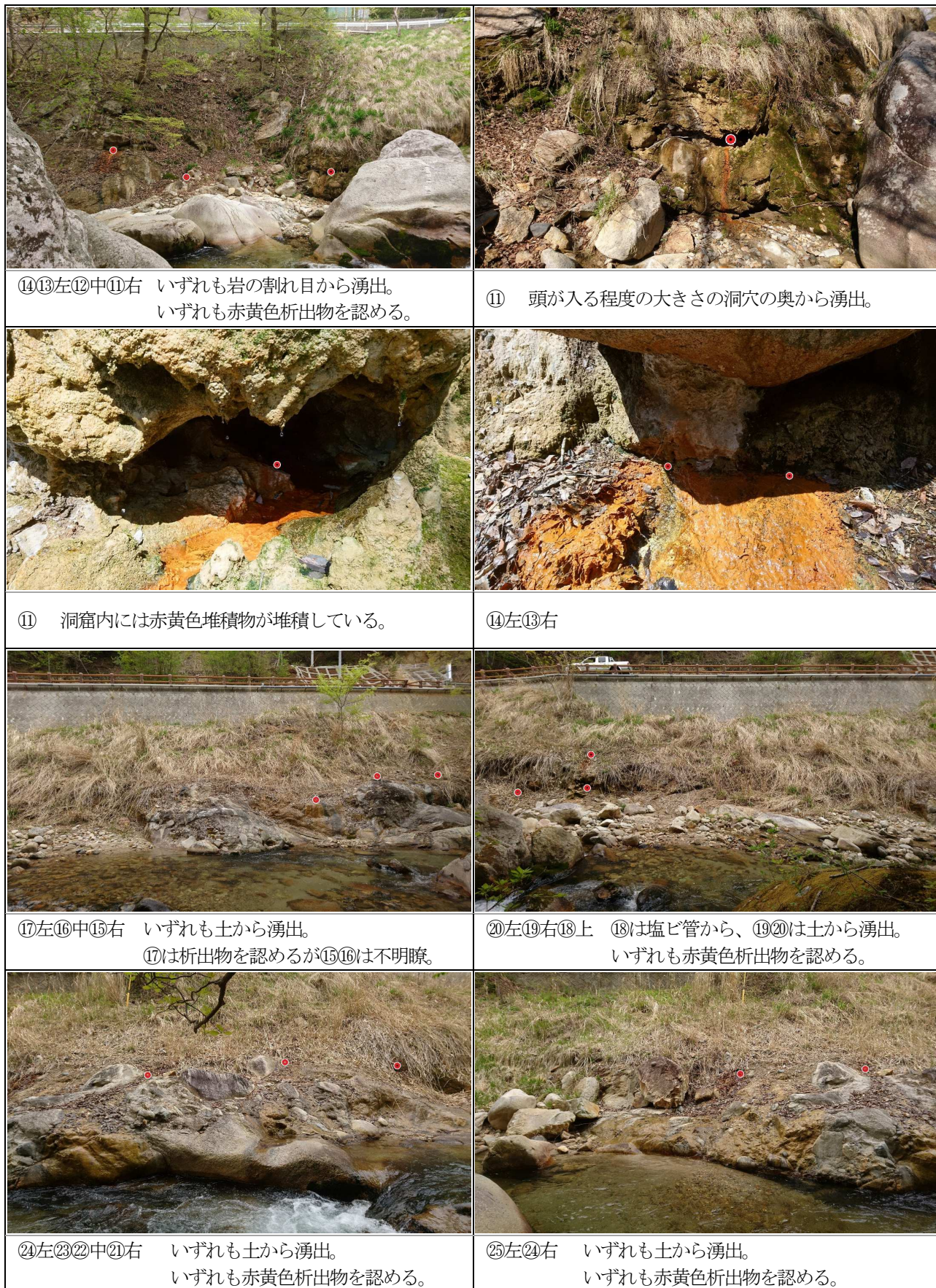


図 3-2 湧出地点周辺写真