

見えてきた！殿上山断層帯

～正確なルート追跡に向けた地下水調査の試み～

福井県立武生高等学校 青山勇葵 上坂敬生 大友由奈 古田桃子 星野泰誓

[Abstract] We investigated the route of the Denjozan Fault, a reverse fault which extends in a north-south direction in the middle part of the Reihoku region in Fukui Prefecture. We confirmed the existence of its fault zone composed of multiple faults by analyzing the concentration of hydrogencarbonate ions and fluoride ions contained in groundwater and spring water as tracers, succeeding to the researching method by Akiyama et al. (2024). However, groundwater scarcely seeps in mountainous areas and we had not been able to investigate the route enough in Mt. Sanriyama. In this situation, we measured gamma rays and we found that it differs by location. From these datas, we confirmed the applicability of measuring the amount of radiation to reserching the route and presumed the route across Mt. Sanriyama.

キーワード：断層破砕帯 断層帯 炭酸水素イオン フッ化物イオン ラドン

1 はじめに

福井県嶺北地方には、活断層が何本も分布しており、福井市南部から越前市にかけて南北方向に伸びる鯖江断層もその1つである。この断層は西側が上がった逆断層で、最新活動は500～3000年前と考えられており、その後の活動記録はなく、断層が存在すると考えられる一帯は、長年地震の発生が確認されていない地震の空白域として注目されている(岡本ほか,2010)(図1)。この鯖江断層に関しては、本校の先行研究で、地下水や湧水中のフッ化物イオン濃度を測定し、比較することで、ルートが解明されていなかった範囲のルートを特定した(石塚ほか,2020;大友ほか,2021;安達ほか,2022)。

また、鯖江断層周辺の地震の空白域に向かって殿上山断層が東西方向に伸びている。岡本拓夫らは、殿上山断層をはさんで、福井平野東縁断層帯の走向と根尾谷断層系の走向が変化することに注目し、殿上山断層が地震活動の境界として機能しているのではないかと指摘している(岡本ほか,2008)(図2)。実際、1948年の福井地震や、1891年の濃尾地震では、殿上山断層を境界に、それより先へは断層破壊がお互いに進行していないことがわかっている(岡本ほか,2008)。殿上山断層は、福井市南東部から鯖江市東部にかけて伸びる、横ずれ成分をもつ北側上がりの逆断層である。この断層に関しては、2022年から本校でルートの調査が行われており、地下水や湧水中の炭酸水素イオン濃度を測定し、比較することで、断層が国土地理院による活断層図に示されたルートよりもさらに西側に伸び、鯖江断層の約1800m東側まで達していることを解明した(秋山ほか,2024)(図3)。また、この断層の南側にも、地下水中の炭酸水素イオン濃度が周囲と比べて高い地点が列状に並んでいるように見える部分があり(図4)、断層帯を形成している可能性を指摘したが、活断層図に示されていない断層であるとともに、地下水のデータ数が十分ではないため、今後の課題となっていた。

地震の空白域を伴う鯖江断層の防災対策を考える上で、鯖江断層の直前まで伸びている殿上山断層との関係は、共役関係や連動を考慮すると極めて重要な情報となる。そこで、私たちは、先行研究で課題として指摘されている殿上山断層帯の存在を確認し、ルートの全容を解明することで、住民の防災意識を高めるとともに、鯖江断層周辺の防災対策においても協力したいと考え、この研究を行った。

2 研究方法

断層の調査には、ボーリング調査やトレンチ調査といった大がかりな調査が行われることが多く、このような調査方法は高校生には難しい。そこで、本校では、高校生にもできる断層の調査方法を考え、2019年から地下水や湧水中の特定のイオン濃度を調べることで、断層のルートを推定する研究を行っている。以下、これまでの結果の概略を示す。

2019年度：鯖江断層の調査法としてフッ化物イオンの重要性を示し、湧水中のフッ化物イオン濃度を調べることで、鯖江断層が越前市村国山を通過していることを確認した(石塚ほか,2020)。

2020年度：越前市村国山で鯖江断層の断層破砕帯の一部を発見するとともに、湧水中のフッ化物イオン濃度を測定し、比較することで、村国山における鯖江断層のルートを解明した(大友ほか,2021)。

2021年度：岡田(1979)の記載を参考にすることで、沖積層に覆われ、地表では断層の痕跡が確認できない断層であっても、地下水中の特定のイオン濃度の調査がルート解明に有効なことを示した。また、地下水中のフッ化物イオン濃度を比較することで、鯖江断層のルート未解明部のルートをほぼ解明した(安達ほか,2022)。

2022年度：地下水に含まれる炭酸水素イオン濃度を調べることで、殿上山断層のルート調査に、炭酸泉が由来する炭酸水素イオンが有効なことを示し、断層が国土地理院による活断層図に示されたルートよりも西側に伸びていることを指摘した。また、殿上山断層が、鯖江断層の直前で止まり、鯖江断層の方が優勢であることも指摘した(榎谷ほか,2023)。

2023年度：殿上山断層のルート調査に、地下水中の炭酸水素イオンのほかにフッ化物イオンも補助的に利用できることを示した。また、地下水中のこれらのイオン濃度を測定し、比較することで、殿上山断層のルートを解明するとともに、このルートの南側にも断層があり、殿上山断層帯を形成している可能性があることを推測した(秋山ほか,2024)。

私たちは、これらの先行研究の中で示されている、炭酸水素イオンとフッ化物イオンの以下のような特徴を利用し、先行研究では調査できなかった地点の地下水中の各イオンの濃度を測定し、比較することで、殿上山断層帯の存在を確認できるのではないかと考えた。

フッ化物イオン：フッ素は、蛍石などの特殊な鉱物に多

く含まれる元素で、鯖江市や越前市の地表付近の岩石や堆積物には少ないため、地表付近の地下水や伏流水にはフッ化物イオンは僅かしか含まれていない。先行研究では、濃度の比較の基準に、武生高校周辺の地下に広く分布する日野川の伏流水(武生高校の地下水)を用いているが、この伏流水中に含まれるフッ化物イオンの濃度は 0.028mg/L(榎谷ほか,2023)である。しかし、日本列島は、海洋プレートの沈み込みによって形成された付加体で、海底の堆積物が基盤となっているため、地下深くの地下水には海水の成分が多く含まれている。そのため、海水に多く含まれるフッ化物イオンも多く含まれている。地下深くの地下水は、岩盤に遮られて、通常は地表付近に上昇してくることはない。しかし、地下に断層があると、地下深部の圧力で、断層破砕帯を通過して地下水が上昇する。これに伴い、フッ化物イオンも地表に向かって移動する。したがって、地下水に含まれるフッ化物イオンの濃度が高い地点は、断層に沿って列状に並ぶと考えられ(石塚ほか,2020; 大友ほか,2021; 安達ほか,2022)、殿上山断層のルート調査では、濃度が 0.050mg/L を超える地点は局所的で、分布が列状になったと報告されている(秋山ほか,2024)。

炭酸水素イオン：先行研究で比較の基準に用いている日野川の伏流水(武生高校の地下水)に含まれる濃度は 33.6mg/L(榎谷ほか,2023)である。また、セメント等から溶け出すことも考えられるが、榎谷ほか(2023)にはセメントのアンダーパス内(越前市瓜生町)の湧水の炭酸水素イオン濃度が 22.4mg/L と記録されており、影響は少ないと考えられる。一方、炭酸泉には、マグマから発生する二酸化炭素が高濃度で溶け込んでおり、榎谷ほか(2023)によれば、鯖江市や越前市の東部で湧出する炭酸泉(図5)には、フッ化物イオンが含まれず、高濃度の炭酸水素イオンが含まれている(鯖江市上河内鉱泉で 2977.8mg/L)。この炭酸泉は、殿上山断層の断層破砕帯を通過して上昇していると考えられ、断層破砕帯の中を横方向にも広がっていき、地下水に混じり、地下水の炭酸水素イオン濃度を上昇させることがあると考えられる。したがって、地下水に含まれる炭酸水素イオンの濃度が高い地点は、断層に沿って列状に並ぶと考えられ、榎谷ほか(2023)で、炭酸水素イオンが殿上山断層のトレーサーとして有効であることが確認されている。また、秋山ほか(2024)では、地下水に含まれる炭酸水素イオン濃度が 100mg/L 以上を超える地点は局所的で、分布が列状になったと報告されている。

そこで、調査地域(図6)の山林や民家をまわり、地下水や湧水のサンプルを採取し、含まれる炭酸水素イオンやフッ化物イオンなどの濃度を測定し、比較することで、殿上山断層のルートを調査した。なお、炭酸水素イオン濃度は、環境省自然環境局(2014)にしたがい、プロモクレゾールグリーン/メチルレッド・エタノール溶液を試薬とし、0.1mol/L 塩酸を用いた中和滴定で分析を行い、その他のイオン濃度はイオンクロマトグラフィーで分析した。

ただ、地下水中のイオンを利用する調査は、地下水を利用している民家や湧き水が見られる地域でないで行えない。そのため、先行研究では、山中での調査を十分行うことができなかった。そこで、ラドンによる放射線に注目した。ラドンは、地下深部に存在するラジウムが壊変することで発生する放射線の気体で、地中から空気中にも放出される。特に、地下に断層があると、断層破砕帯を上昇してくる地下深部の地下水に含まれる

ラドンによって、周囲と比べて放射線量が高くなることが予想される。また、湧き水が見られなくても、地下に地下深部から上昇してきた地下水があれば、断層の存在を推測する手がかりになるのではないかと考えられる。そこで、殿上山断層が横切っている可能性が高い三里山(図6参照)で、シンチレーションカウンターを用いた放射線量の測定を行うことで、断層のさらなるルート解明を試みた。なお、測定は地表面から1mの高さで行い、各地点で5回分のデータをとり、平均値を求めた。

3 結果

先行研究では、東西方向の走向をもつ殿上山断層のルートを調べるために、図6に示した赤枠の範囲を調査している。私たちは、先行研究で今後の課題として残されていた、殿上山断層の2本目のルートの存在を確かめるために、特に、図6中の青色の枠内を調査した。地下水の調査では、採取した地下水は 50mL の遠沈管に入れ、測定の日まで5℃で冷蔵保存した。なお、半年間保存した試料でも、イオン濃度はほとんど変化しなかった。測定結果は、イオン濃度を5段階に色分けし、地形図上に表示した。図7は炭酸水素イオン濃度の段階区分、図8はフッ化物イオン濃度の段階区分を示している。図9と表1は2022年の先行研究(榎谷ほか,2023)の採水地と測定結果、図10と表2は2023年の先行研究(秋山ほか,2024)の採水地と測定結果、図11と表3は私たちが採水した78ヶ所の採水地と測定結果を示している。また、図12は先行研究のデータを含む309ヶ所の炭酸水素イオン濃度の分布、図13は同じ309ヶ所のフッ化物イオン濃度の分布を示している。なお、図12と図13では、先行研究の採水地231ヶ所は三角形(▲)、私たちが採水した78ヶ所は丸(●)で示した。また、放射線量の測定では、測定した215地点の測定結果を放射線量の強さによって6段階に色分けし、地形図上に表示した(図14)。

4 考察

(1) 殿上山断層帯は存在するか

先行研究では、図3中に茶色の点線で示したように、国土地理院による活断層図に示されている殿上山断層のルートの西端から、さらに西側に伸びるルートを解明した。また、併せて、そのルートの南側にも活断層図には示されていない断層が存在する可能性があることを指摘している(図4)。私たちの調査では、図15に紫色の点線で示したように、地下水中の炭酸水素イオン濃度が周囲と比べて高い地点が列状に並んでいるのが確認できる。また、フッ化物イオン濃度の分布を示した図でも、図15の紫色の点線とほぼ同じ位置に、地下水中のフッ化物イオン濃度が周囲と比べて高い地点が列状に並んでいるのが確認できる(図16)。したがって、この紫色の点線に沿った地点では、上河内鉱泉から炭酸泉が移動してきていると考えられ、地下に断層破砕帯が存在している証拠となる。

この結果より、上河内鉱泉から西の方向に向かって三里山まで伸びる新たな断層が存在し、殿上山断層が、炭酸水素イオンで追跡できる2本の断層を含む殿上山断層帯を形成していることが確認できた。地形図を見ると、2本の断層は谷に沿って分布しており、このことは、断層に沿って谷が形成されやすいという特徴とも一致している。

(2) 塩化物イオンとナトリウムイオンの補助的利用

先行研究を含めた309ヶ所の地下水のイオン分析結果を詳細に確認したところ、塩化物イオン濃度が他の

地点と比べて非常に高い地点が8ヶ所含まれていた(図 17)。これまでの先行研究で、イオン濃度の比較の基準に使われている日野川の伏流水(武生高校の地下水)の濃度が7.0mg/Lであるのに対し、これらの地点では、図 17 に示したとおり25mg/Lを超えている。また、いずれも私たちが引いた断層のライン付近に存在している。もし、この塩化物イオンが、地下深部の地下水に多く含まれている海水の成分に由来するならば、ナトリウムイオン濃度も高くなると考えられる。そこで、これらの地点の地下水中のナトリウムイオン濃度を測定してみた。その結果を示したのが図 18 である。この結果を見ると、炭酸泉にはナトリウムイオンが含まれていないことがわかる。一方、炭酸泉以外の5ヶ所中3ヶ所では、基準としている日野川伏流水中のナトリウムイオン濃度(5.5mg/L)と比べて高い濃度のナトリウムイオンが検出されている。したがって、これらの3地点の近くでは、地下深部の地下水が上昇しやすくなっており、地下に断層破碎帯が存在することを裏付けていると考えられる。ただ、炭酸泉やナトリウムイオンが検出されなかった2ヶ所の地下水にナトリウムイオンが含まれない理由は今後の課題とする。

(3)ラドンによる放射線量測定の有効性

図 14 を見ると、三里山の測定場所によって放射線量に違いがあることがわかる。特に、三里山の中央部で他の地点と比べて放射線量が高くなっている。このことは、これらの地点の地下に、ラドンを多く含んだ地下深部の地下水が上昇してきている可能性があること、すなわち、断層破碎帯が存在する可能性があることを示している。それを裏付ける証拠として、三里山では、以前、炭酸泉が湧き出していた(現在は炭酸泉といえる濃度ではなくなっている)。その位置を図 19 に写真を入れて示す。

この結果より、私たちは、殿上山断層の南側の断層が、図 19 に示した青色の矢印のように三里山を横切っているのではないかと推測した。ただ、まだ測定を行っていない範囲があり、さらに、ラドンによる放射線量が地表の岩石やセメント等によって上昇することがあるため、まだ推測の段階である。今後、測定場所や測定時期を変えながら、多くの地点でデータを取り、周囲の地下水のイオン濃度分布と併せて考察する必要がある。

5 結論・課題

私たちは、この研究で、次の3点を明らかにすることができた。

- ① 殿上山断層が2本の断層を含む断層帯を形成していること。
- ② 殿上山断層のルート調査に、炭酸水素イオンのほかに、フッ化物イオン、塩化物イオン、ナトリウムイオンなども補助的に利用できること。
- ③ 地下水が利用できない三里山での断層のルート追跡に、ラドンによる放射線量測定が有効である可能性があること。

6 謝辞

本研究を進めるにあたり、地震や断層に関する多くのご教示をいただいた福井工業高等専門学校岡本拓夫名誉教授、地下水のイオン分析でお世話になった福井県教育総合研究所理科教育課の今澤泰秀課長に御礼申し上げます。

7 参考文献

安達美悠ほか,2022.地下水の分析は断層のルート解

明に有効である～沖積層に覆われた断層のルート解明に挑む～.武生高校課題研究論文集:28-37.
秋山唯翔ほか,2024.殿上山断層のルートを追う～地下水中の2つのイオンに着目した断層のルート調査～.武生高校課題研究論文集:28-38.
石塚千夏ほか,2020.動き出した?鯖江断層～湧き水を用いて断層のルートを探る～.武生高校課題研究論文集:26-35.
環境省自然環境局,2014.鉱泉分析法指針(平成26年改訂):163pp.
榎谷ほか,2023.殿上山断層は鯖江断層と交差するか～炭酸水素イオンをトレーサーとした断層のルート追跡～.武生高校課題研究論文集:22-29.
岡田篤正,1979.愛知県の地質・地盤(その4).愛知県防災会議地震部会.
岡本拓夫ほか,2008.2007年12月21日に鯖江市東部付近で発生したM4.5について.月刊地球,30(10):431-438.
岡本拓夫ほか,2010.福井県鯖江市付近に認められる低地震活動域とそのテクトニクス.福井高専研究紀要(44):35-40.
大友奈々ほか,2021.鯖江断層は越前市村国山を通る～湧き水を用いて村国山における断層のルートを解明～.武生高校課題研究論文集:28-31.
<https://www.gsi.go.jp/top.html>(国土地理院ホームページ)

8 図表・画像

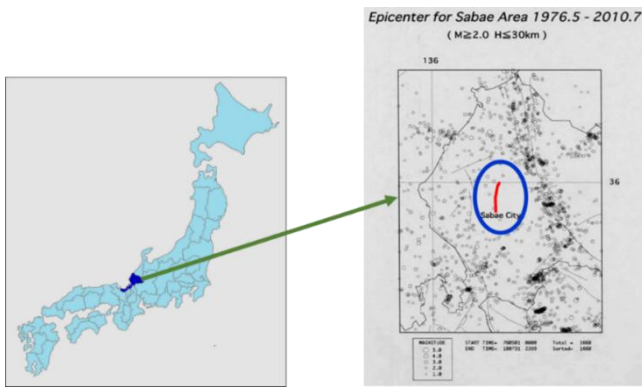


図1 鯖江断層周辺の地震の空白域(○の範囲)
(岡本ほか, 2010 より引用)

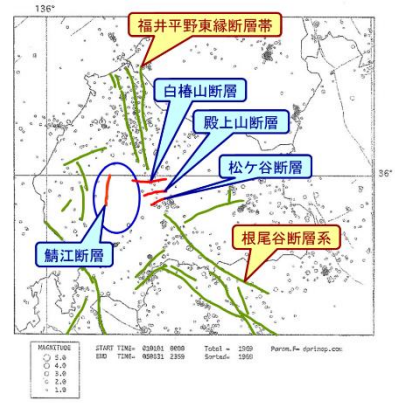


Fig. 6 Distribution of earthquakes with $M \geq 1.0$, $h \leq 30\text{km}$ after Okamoto et al., 2007

図2 福井県嶺北地方の活断層
(岡本ほか, 2008 より引用)

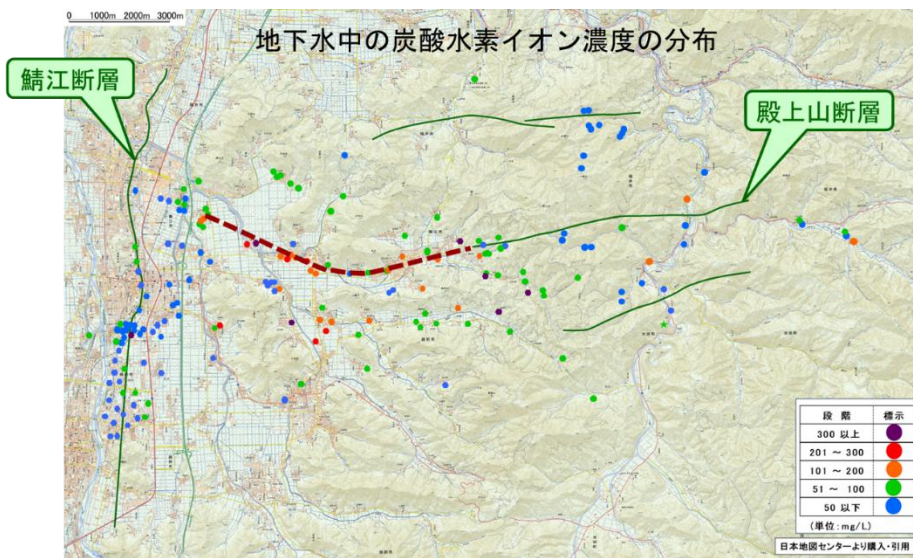


図3 秋山ほか(2024)で明らかになった殿上山断層のルート(茶色の点線)

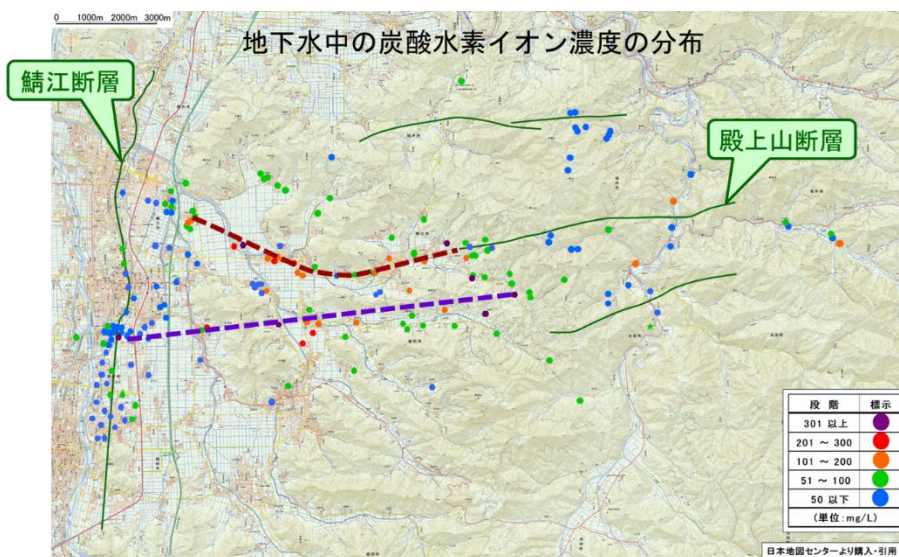


図4 秋山ほか(2024)で存在の可能性を指摘した新たな断層(紫色の点線)



図5 鯖江市および越前市東部の炭酸泉湧出地 (榎谷ほか, 2023 より引用)

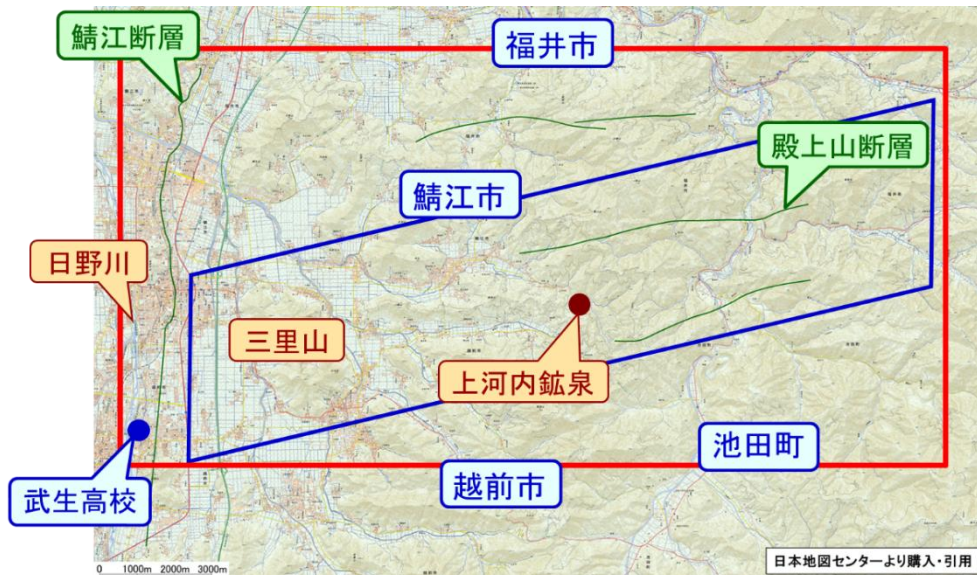


図6 調査範囲(青色の枠内)(赤色の枠は先行研究の調査範囲)

段階	標示
301 以上	●
201 ~ 300	●
101 ~ 200	●
51 ~ 100	●
50 以下	●
(単位: mg/L)	

図7. 炭酸水素イオン濃度の段階区分

段階	表示
0.101 以上	●
0.076 ~ 0.100	●
0.051 ~ 0.075	●
0.026 ~ 0.050	●
0.025 以下	●
(単位: mg/L)	

図8. フッ化物イオン濃度の段階区分

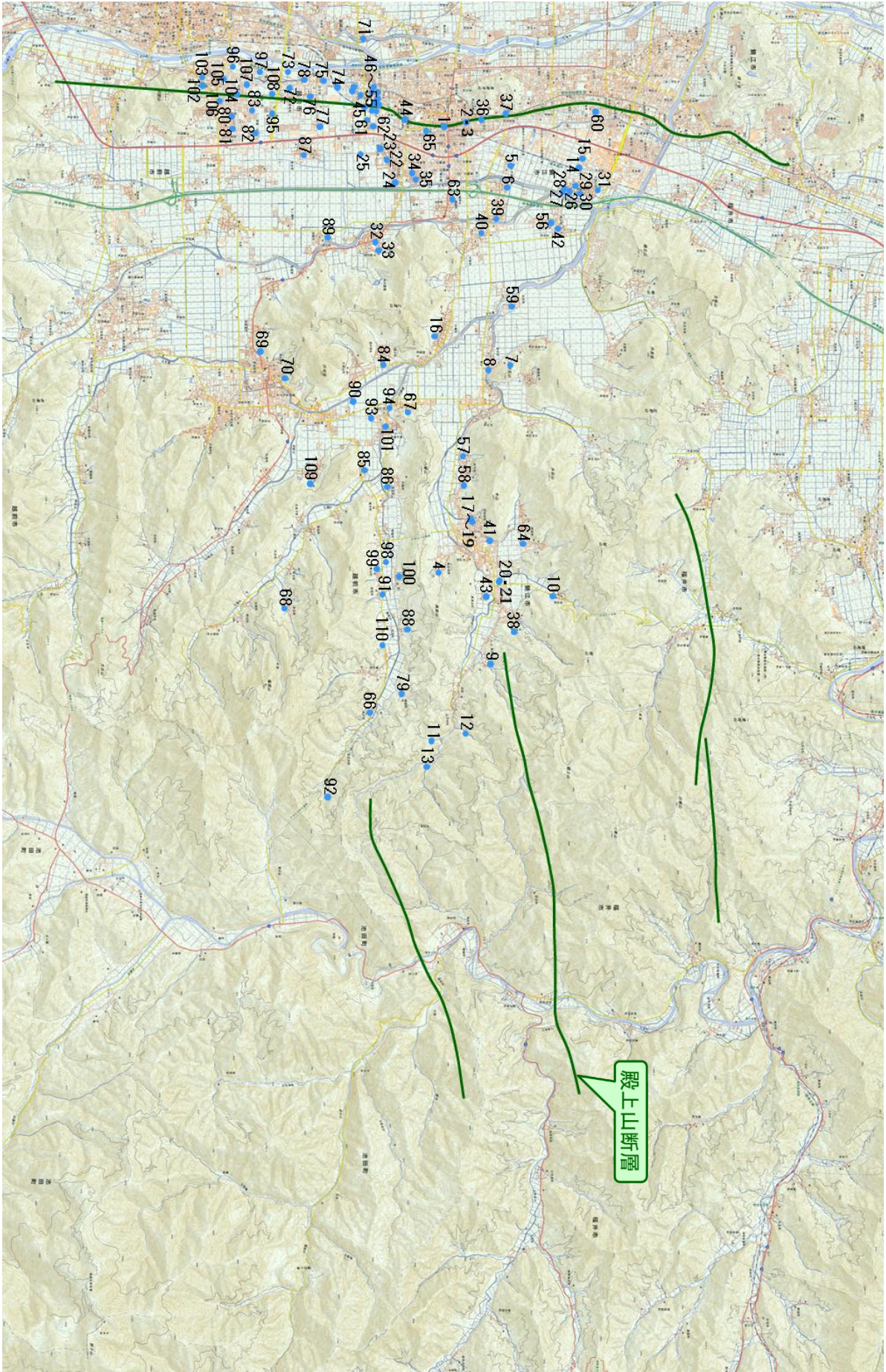


図9 2022年度の採水地(榎谷ほか,2023より引用;地形図の右側が北方向)

表1 2022年度の各採水地のイオン濃度測定結果
(樫谷ほか,2023より引用;表中のNo.は図9の各地点の番号に相当)

No.	採水地	採水日	イオン濃度 (mg/L)		No.	採水地	採水日	イオン濃度 (mg/L)	
			F-	HCO3-				F-	HCO3-
1	鯖江市旭町2	2022.9.6	0.023	14	56	鯖江市舟枝町	2022.9.10	0.051	109.8
2	鯖江市旭町4	2022.9.6	0.333	9.8	57	鯖江市別司町	2022.9.11	0.042	31.7
3	鯖江市旭町4	2022.9.6	—	15.3	58	鯖江市別司町	2022.8.21	0.040	58
4	鯖江市蒔生田町	2022.8.21	0.024	101.3	59	鯖江市松成町	2022.9.10	0.074	440.6
5	鯖江市上河端町	2022.9.10	0.001	34.8	60	鯖江市水落町4	2022.9.17	—	19.5
6	鯖江市上河端町	2022.9.10	—	34.2	61	鯖江市宮前2	2022.9.12	—	42.1
7	鯖江市落井町(弁財天山)	2022.7.30	0.043	45.8	62	鯖江市宮前2	2021.11.4	0.030	36.6
8	鯖江市落井町	2022.8.21	0.127	168.4	63	鯖江市横越町	2022.9.10	0.049	37.8
9	鯖江市尾花町	2022.8.21	0.033	112.9	64	鯖江市西袋町榎坂	2022.9.11	0.040	68.3
10	鯖江市金谷町	2022.9.11	0.191	79.3	65	鯖江市日の出町(鯖江駅地下道)	2022.9.12	—	37.2
11	鯖江市上河内町(上河内鉱泉)	2022.4.29	—	2977.8	66	越前市相木町	2022.8.21	0.026	89.1
12	鯖江市上河内町(三場坂清水)	2022.8.21	0.039	70.8	67	越前市赤坂町(湧水)	2022.8.11	0.024	58.6
13	鯖江市上河内町(桃源清水)	2022.8.21	0.008	65.9	68	越前市赤谷町(瓜割清水)	2022.8.11	0.023	50
14	鯖江市神中町1	2022.9.17	0.013	50	69	越前市粟田部町(御題目岩の水)	2022.8.11	0.001	47.6
15	鯖江市神中町2	2022.9.17	—	35.4	70	越前市粟田部町(皇子ヶ池の水)	2022.7.30	0.015	59.2
16	鯖江市川島町	2022.8.19	—	4.3	71	越前市家久町	2022.9.12	0.027	70.8
17	鯖江市河和田町	2022.8.21	0.066	133	72	越前市稲寄町	2022.5.26	0.023	48.8
18	鯖江市河和田町	2022.8.21	0.065	85.4	73	越前市瓜生町	2022.5.26	0.059	30.5
19	鯖江市河和田町	2022.8.21	0.079	89.7	74	越前市瓜生町(ハビ'ライオンタ'ーパス)	2021.9.19	0.022	22.4
20	鯖江市北中町	2022.8.21	0.047	90.9	75	越前市瓜生町	2022.5.26	0.025	16.3
21	鯖江市北中町	2022.8.21	0.032	90.3	76	越前市瓜生町	2022.5.26	0.053	50.9
22	鯖江市五郎丸町	2022.9.12	0.029	37.8	77	越前市瓜生町	2022.5.26	0.024	42.7
23	鯖江市五郎丸町(許佐羅江清水)	2022.7.16	0.034	35.4	78	越前市瓜生町	2022.5.26	0.036	38.6
24	鯖江市定次町	2022.9.12	—	34.2	79	越前市清根町	2022.7.30	0.020	1587.7
25	鯖江市定次町	2022.9.10	0.008	40.3	80	越前市国高1	2022.9.15	0.032	48.3
26	鯖江市下河端町	2022.9.17	0.061	96.4	81	越前市国高2	2022.9.15	0.076	93.7
27	鯖江市下河端町	2022.9.17	—	37.8	82	越前市国高3	2022.9.15	0.032	51.6
28	鯖江市下河端町	2022.9.17	—	34.2	83	越前市国高3	2022.9.15	0.051	30.5
29	鯖江市下河端町	2022.9.17	0.036	50.7	84	越前市国中町	2022.7.18	—	502.8
30	鯖江市下河端町	2022.9.17	0.012	26.9	85	越前市朽飯町	2022.8.21	0.014	67.7
31	鯖江市下河端町	2022.9.17	0.012	54.9	86	越前市高岡町	2022.7.30	0.043	137.9
32	鯖江市下新庄町	2022.9.17	0.006	58.6	87	越前市高木町	2022.5.27	0.031	46.3
33	鯖江市下新庄町	2022.7.18	0.112	299	88	越前市寺地町	2022.7.30	0.076	107.4
34	鯖江市新横江2丁目	2022.9.12	—	42.7	89	越前市中新庄町	2022.9.10	0.024	12.2
35	鯖江市新横江2丁目	2022.9.12	0.021	31.7	90	越前市中津山町	2022.6.18	—	292.3
36	鯖江市長泉寺町1丁目(お清水)	2022.9.6	0.194	62.2	91	越前市波垣町	2022.9.11	0.029	53.7
37	鯖江市長泉寺町2丁目(中道院)	2022.6.18	0.510	81.2	92	越前市西河内町(石堂の水)	2022.8.7	0.010	67.1
38	鯖江市寺中町(河和田神社裏)	2022.4.30	—	1751.3	93	越前市西庄境町	2022.7.30	0.111	268.5
39	鯖江市中野町	2022.9.10	0.018	25.6	94	越前市西庄境町	2022.7.30	0.043	113.5
40	鯖江市中野町	2022.9.10	0.018	28.1	95	越前市馬上免町	2022.5.26	0.062	57
41	鯖江市西袋町	2022.8.21	0.036	109.2	96	越前市八幡1-25-15(武生高校)	2022.7.12	0.028	33.6
42	鯖江市橋立町	2022.9.10	0.082	96.4	97	越前市八幡2	2022.6.9	0.068	36.6
43	鯖江市東清水町	2022.9.11	0.051	175.7	98	越前市春山町	2022.9.11	0.033	83
44	鯖江市舟津町1丁目(舟津神社)	2022.9.6	0.028	21.4	99	越前市春山町	2022.9.11	0.026	65.3
45	鯖江市舟津町4丁目(ペ'ラ'地下道)	2022.8.12	0.208	648	100	越前市東樫尾町	2022.7.30	0.031	91.5
46	鯖江市舟津町4	2021.11.4	0.034	41.4	101	越前市東庄境町	2022.7.30	0.042	107.4
47	鯖江市舟津町4	2021.11.1	0.025	58.7	102	越前市村園1	2022.10.27	0.041	34.6
48	鯖江市舟津町4	2021.11.1	0.023	24.4	103	越前市村園2	2022.10.27	0.038	25.4
49	鯖江市舟津町4	2021.11.4	0.031	10.9	104	越前市村園3	2022.6.9	0.039	41.4
50	鯖江市舟津町4	2021.11.4	0.052	21.1	105	越前市村園3	2022.6.9	0.045	41.4
51	鯖江市舟津町4(畑)	2021.11.4	0.029	39.2	106	越前市村園3	2022.6.9	0.038	38.6
52	鯖江市舟津町4	2021.5.26	0.036	24.4	107	越前市村園3	2022.6.9	0.042	19.6
53	鯖江市舟津町4	2021.11.4	0.025	43.6	108	越前市村園4	2022.6.9	0.037	56.3
54	鯖江市舟津町4(畑)	2022.7.16	0.052	48.8	109	越前市山室町(白山神社前)	2022.8.11	0.020	79.9
55	鯖江市舟津町4	2021.11.1	0.022	32.7	110	越前市横住町(榎清水)	2022.8.11	0.032	78.7

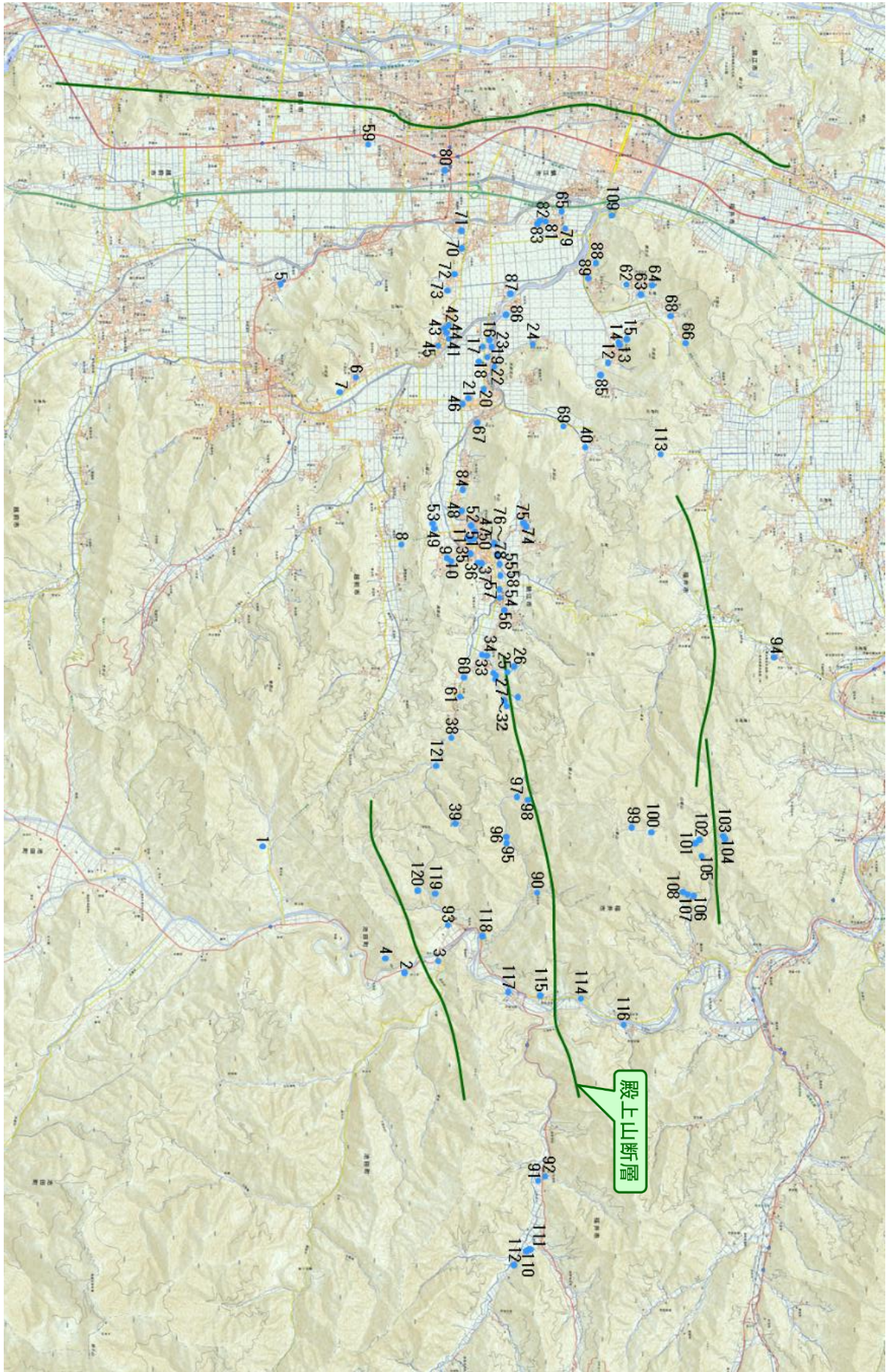


図 10 2023 年度の採水地
 (秋山ほか,2024 より引用;地形図の右側が北方向)

表2 2023年度の各採水地のイオン濃度測定結果

(秋山ほか,2024より引用;表中のNo.は図10の各地点の番号に相当)

No.	採水地	採水日	イオン濃度 (mg/L)		No.	採水地	採水日	イオン濃度 (mg/L)	
			F-	HCO3-				F-	HCO3-
1	池田町清水谷	2023.5.27	-	58	62	鯖江市四方谷町	2023.12.9	0.045	86.7
2	池田町松ヶ谷(部子神社)	2023.5.20	0.021	27.5	63	鯖江市四方谷町	2024.2.17	0.055	35.4
3	池田町松ヶ谷	2023.5.20	0.021	27.5	64	鯖江市四方谷町正ヶ谷神社	2023.12.9	0.013	36.6
4	池田町松ヶ谷白栗トンネル破砕帯	2023.5.21	0.041	69	65	鯖江市下河端町	2024.1.28	-	65.3
5	越前市戸谷町	2024.1.25	0.070	54.9	66	鯖江市大正寺町文珠山登山口	2024.2.17	-	55.5
6	越前市中津山町(北)	2023.12.9	0.001	12.2	67	鯖江市戸口町(お清水)	2023.5.27	-	78.7
7	越前市中津山町(南)	2023.12.9	0.002	2.4	68	鯖江市南井町(畑)	2023.12.9	0.004	23.8
8	越前市領家	2023.12.16	0.056	95.2	69	鯖江市中戸口町	2023.5.27	0.008	61
9	鯖江市蒔生田町	2024.3.9	-	148.3	70	鯖江市中野町	2023.12.9	0.016	53.7
10	鯖江市蒔生田町	2024.3.9	-	143.4	71	鯖江市中野町	2024.3.5	0.092	31.1
11	鯖江市蒔生田町	2024.2.17	0.006	167.8	72	鯖江市中野町原	2023.12.16	0.012	65.9
12	鯖江市大野町(お清水)	2023.5.27	-	68.3	73	鯖江市中野町原日吉神社	2023.12.9	-	28.7
13	鯖江市大野町	2023.5.27	0.026	83	74	鯖江市西袋町	2024.2.17	0.002	10.4
14	鯖江市大野町	2023.5.27	0.121	81.8	75	鯖江市西袋町	2024.2.17	-	69
15	鯖江市大野町	2023.5.27	0.030	82.4	76	鯖江市西袋町	2024.2.17	0.042	131.8
16	鯖江市落井町	2023.12.20	0.059	600.4	77	鯖江市西袋町	2024.2.17	-	180
17	鯖江市落井町	2023.12.20	0.093	402.7	78	鯖江市西袋町	2024.2.17	0.038	122
18	鯖江市落井町	2023.12.17	0.079	330.7	79	鯖江市橋立町	2023.7.17	0.054	86.4
19	鯖江市落井町	2023.6.11	0.124	251.4	80	鯖江市東鯖江3	2023.7.17	0.035	29.9
20	鯖江市落井町	2023.6.17	0.059	267.3	81	鯖江市舟枝町	2023.7.17	0.091	124.5
21	鯖江市落井町	2023.6.12	0.070	178.2	82	鯖江市舟枝町	2023.7.17	0.058	94
22	鯖江市落井町	2023.6.17	0.115	189.2	83	鯖江市舟枝町	2023.7.17	0.045	87.9
23	鯖江市落井町	2023.6.17	0.063	161.1	84	鯖江市別司町	2024.3.9	0.022	69.6
24	鯖江市乙坂今北町	2023.12.9	0.034	113.5	85	鯖江市別所町(お清水)	2023.5.27	0.021	53.7
25	鯖江市尾花町A	2023.8.12	0.012	16.5	86	鯖江市松成町	2023.12.9	0.079	500.4
26	鯖江市尾花町B	2023.8.12	0.018	62.9	87	鯖江市松成町	2023.6.17	0.100	205
27	鯖江市尾花町C	2023.8.12	0.014	56.1	88	鯖江市吉谷町(西出のお清水)	2023.12.16	0.032	74.4
28	鯖江市尾花町D	2023.8.12	0.015	53.1	89	鯖江市吉谷町	2023.12.16	0.050	53.1
29	鯖江市尾花町E	2023.8.12	0.021	57.4	90	福井市赤谷	2023.5.14	-	52.5
30	鯖江市尾花町F	2023.8.12	0.017	50	91	福井市小当見(湧水)	2023.6.17	0.028	40.3
31	鯖江市尾花町G	2023.8.12	0.012	53.7	92	福井市小当見	2023.6.17	0.016	76.3
32	鯖江市尾花町H	2023.8.12	0.025	56.7	93	福井市折立町	2023.5.20	0.042	41.5
33	鯖江市尾花町	2024.2.17	0.010	84.8	94	福井市城戸ノ内町(瓜割湧水)	2023.5.20	0.028	59.8
34	鯖江市尾花町	2024.2.17	-	38.4	95	広域基幹林道美山線A	2023.5.28	-	45.2
35	鯖江市片山町	2024.3.9	0.050	87.9	96	広域基幹林道美山線B	2023.5.28	0.009	48.8
36	鯖江市片山町	2024.2.17	-	77.5	97	広域基幹林道美山線C	2023.5.28	-	25.6
37	鯖江市片山町	2024.2.17	0.003	98.2	98	広域基幹林道美山線D	2023.5.28	-	35.4
38	鯖江市上河内町	2023.7.2	0.036	72.6	99	広域基幹林道美山線E	2023.5.28	0.053	22.6
39	鯖江市上河内町	2023.8.19	0.031	79.3	100	広域基幹林道美山線F	2023.5.28	0.009	15.9
40	鯖江市上戸口町(刀那湧水)	2023.5.20	0.022	63.5	101	広域基幹林道美山線G	2023.5.28	0.003	15.9
41	鯖江市川島町	2023.7.17	0.027	42.7	102	広域基幹林道美山線H	2023.5.28	-	15.9
42	鯖江市川島町	2023.7.17	0.066	30.5	103	広域基幹林道美山線I	2023.5.28	0.003	22.9
43	鯖江市川島町	2023.7.17	0.006	26.2	104	広域基幹林道美山線J	2023.5.28	-	27.5
44	鯖江市川島町	2023.7.17	0.014	19.5	105	広域基幹林道美山線K	2023.5.28	-	46.4
45	鯖江市川島町	2023.7.17	0.032	97	106	広域基幹林道美山線L	2023.5.28	-	23.8
46	鯖江市川島町	2023.6.17	0.068	185.5	107	広域基幹林道美山線M	2023.5.28	-	39.7
47	鯖江市河和田町	2024.3.9	0.013	130.6	108	広域基幹林道美山線N	2023.5.28	-	30.5
48	鯖江市河和田町	2024.3.9	-	72.6	109	福井市徳尾町(酒湧水)	2023.5.27	0.031	74.4
49	鯖江市河和田町八幡山A	2023.8.19	0.002	43.3	110	福井市中手町	2023.5.4	0.022	47.6
50	鯖江市河和田町	2024.2.17	0.067	192.8	111	福井市中手町	2023.5.4	0.018	53.1
51	鯖江市河和田町	2024.2.17	0.029	126.3	112	福井市中手町(伊自良湧泉)	2023.5.4	0.872	195.3
52	鯖江市河和田町	2024.2.17	-	108.6	113	福井市西大味町(旧戸口トンネル入口)	2023.5.27	-	46.4
53	鯖江市河和田町八幡山B	2023.8.19	-	40.3	114	福井市西河原(梨木の湧水)	2023.5.4	0.048	118.4
54	鯖江市北中町	2024.3.9	-	615.7	115	福井市西河原町	2023.5.4	0.016	33
55	鯖江市北中町	2024.3.9	0.020	97.6	116	福井市東天田町	2023.5.20	0.033	45.8
56	鯖江市北中町	2024.3.9	0.005	118.4	117	福井市東河原町	2023.5.4	0.032	42.7
57	鯖江市北中町	2024.3.9	0.030	77.5	118	福井市横越町	2023.5.27	0.063	122
58	鯖江市北中町	2024.3.9	-	1060.5	119	林道美山-上河内線A	2023.7.2	0.011	11
59	鯖江市五郎丸町(鯖江市水道水源)	2023.8.27	0.032	36.6	120	林道美山-上河内線B	2023.7.2	0.029	48.8
60	鯖江市沢町	2023.8.20	-	75.1	121	林道美山-上河内線C(五右衛門洗い水)	2023.7.2	0.029	69
61	鯖江市沢町	2023.8.20	0.018	86					

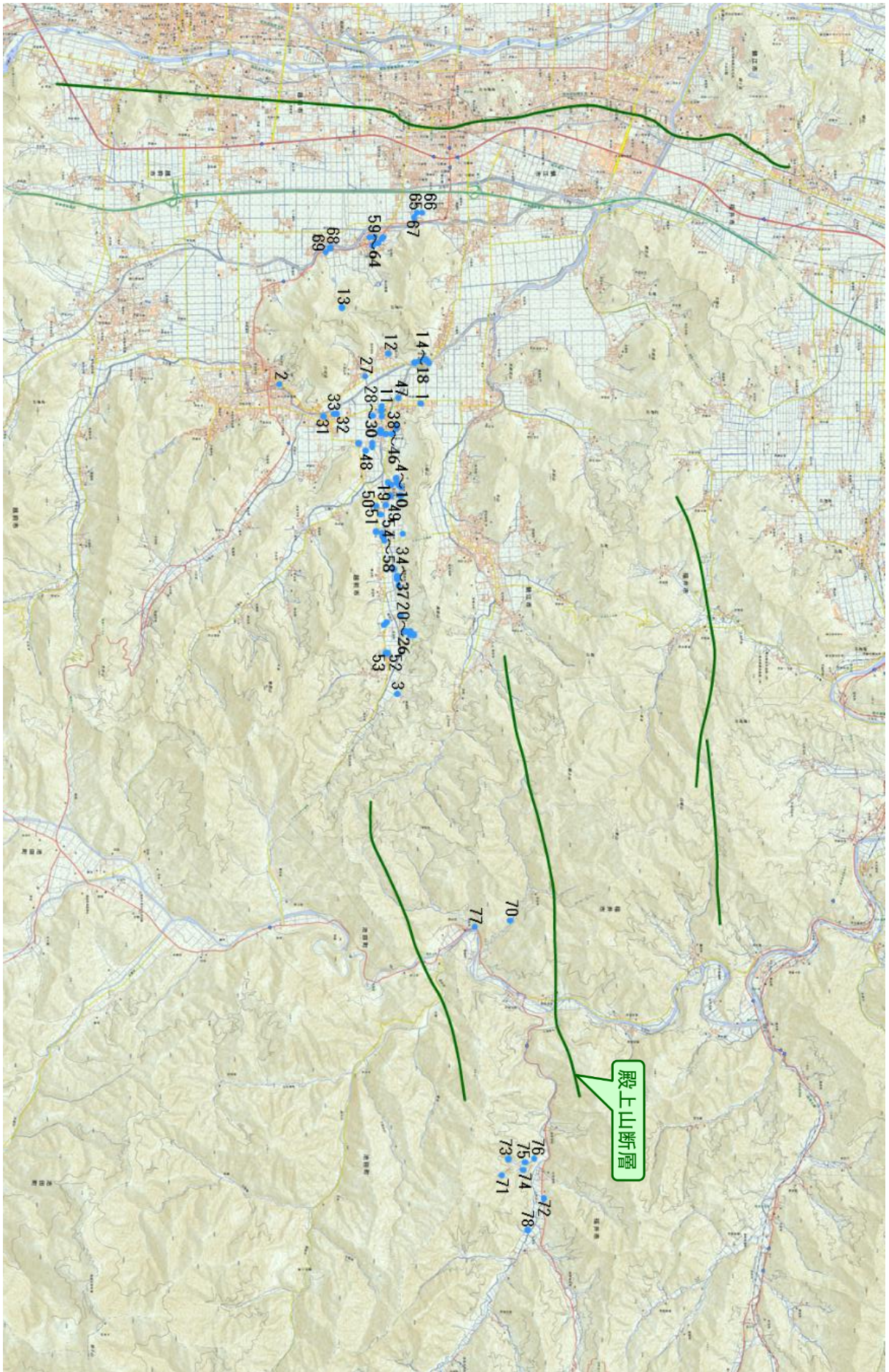


図 11 2024 年度の探水地(地形図の右側が北方向)

表3 2024年度の各採水地のイオン濃度測定結果
(表中のNo.は図11の各地点の番号に相当)

No.	採水地住所	採水日	イオン濃度 (mg/L)		No.	採水地住所	採水日	イオン濃度 (mg/L)	
			F-	HCO3-				F-	HCO3-
1	越前市赤坂町	2024.6.8	0.075	180.0	40	越前市東庄境町	2024.6.8	0.064	129.4
2	越前市栗田部町	2024.7.20	0.066	93.4	41	越前市東庄境町	2024.6.8	0.061	99.5
3	越前市清根町	2024.4.21	0.093	499.8	42	越前市東庄境町	2024.6.8	0.053	58.6
4	越前市朽飯町	2024.5.25	0.090	247.1	43	越前市東庄境町	2024.6.8	0.034	45.2
5	越前市朽飯町	2024.5.25	0.027	96.4	44	越前市東庄境町	2024.6.8	0.099	181.2
6	越前市朽飯町	2024.5.25	0.068	84.2	45	越前市東庄境町	2024.6.8	0.065	158.7
7	越前市朽飯町	2024.5.25	0.020	133.0	46	越前市東庄境町	2024.6.8	0.046	255.1
8	越前市朽飯町	2024.5.25	0.076	252.6	47	越前市赤坂町(畑)	2024.6.8	0.025	62.2
9	越前市朽飯町	2024.5.25	0.005	89.7	48	越前市東庄境町	2024.6.8	0.058	141.6
10	越前市朽飯町	2024.5.25	—	6.7	49	越前市藤木町	2024.6.15	0.032	227.0
11	越前市国中町	2024.6.8	0.127	308.2	50	越前市藤木町	2024.6.15	0.043	74.4
12	越前市国中町	2024.7.20	0.021	17.1	51	越前市藤木町	2024.6.15	0.096	176.3
13	越前市三里山(泰澄の湧水)	2024.5.18	—	6.7	52	越前市横住町	2024.4.21	0.031	100.1
14	越前市新堂町	2024.7.20	0.030	26.8	53	越前市横住町	2024.4.21	0.028	94.0
15	越前市新堂町	2024.7.20	0.039	33.0	54	越前市領家	2024.5.5	0.025	82.4
16	越前市新堂町	2024.7.20	0.099	53.7	55	越前市領家町	2024.6.15	0.043	146.4
17	越前市新堂町	2024.7.20	0.045	32.3	56	越前市領家町	2024.6.15	0.024	58.6
18	越前市新堂町	2024.7.20	0.087	31.7	57	越前市領家町	2024.6.15	0.034	78.7
19	越前市高岡町	2024.5.25	0.060	138.5	58	越前市領家町	2024.6.15	0.058	98.2
20	越前市寺地町	2024.4.21	0.049	58.0	59	鯖江市下新庄町	2024.8.9	0.085	45.2
21	越前市寺地町	2024.5.25	0.012	88.5	60	鯖江市下新庄町	2024.8.9	0.055	88.5
22	越前市寺地町	2024.4.21	0.038	101.3	61	鯖江市下新庄町	2024.8.9	0.056	58.0
23	越前市寺地町	2024.4.21	0.015	66.5	62	鯖江市下新庄町	2024.8.9	0.086	65.9
24	越前市寺地町	2024.5.25	—	107.4	63	鯖江市下新庄町	2024.8.9	0.051	40.3
25	越前市寺地町	2024.5.25	0.024	62.2	64	鯖江市下新庄町	2024.8.9	0.022	25.6
26	越前市寺地町	2024.5.25	0.009	69.6	65	鯖江市新町(畑)	2024.8.9	0.041	56.7
27	越前市中津山町	2024.7.20	0.069	125.1	66	鯖江市新町(畑)	2024.8.9	0.048	53.7
28	越前市西庄境町	2024.6.15	0.122	260.6	67	鯖江市新町	2024.8.9	0.034	76.3
29	越前市西庄境町(畑)	2024.6.15	0.131	294.7	68	越前市中新庄町	2024.8.9	0.053	29.3
30	越前市西庄境町	2024.6.15	0.053	97.6	69	越前市中新庄町	2024.8.9	0.023	16.5
31	越前市野岡町	2024.7.20	0.112	144.6	70	福井市赤谷町(赤谷鉱山跡)	2024.4.28	0.003	17.1
32	越前市野岡町	2024.7.20	0.111	232.5	71	福井市小当見町(小当見鉱山坑道)	2024.5.3	—	78.1
33	越前市野岡町	2024.7.20	0.093	183.7	72	福井市小当見町	2024.5.3	0.040	88.5
34	越前市東檜尾町	2024.4.21	0.035	59.8	73	福井市小当見町A	2024.4.28	0.001	22.0
35	越前市東檜尾町	2024.4.21	0.002	85.4	74	福井市小当見町B	2024.4.28	—	27.5
36	越前市東檜尾町	2024.4.21	0.037	121.4	75	福井市小当見町C	2024.4.28	—	66.5
37	越前市東檜尾町	2024.4.21	0.021	105.6	76	福井市小当見町D	2024.4.28	—	72.6
38	越前市東庄境町(畑)	2024.6.8	0.073	108.0	77	福井市折立町	2024.4.28	0.013	50.0
39	越前市東庄境町	2024.6.8	0.039	20.1	78	福井市中手町(樺八幡宮)	2024.4.28	—	72.0

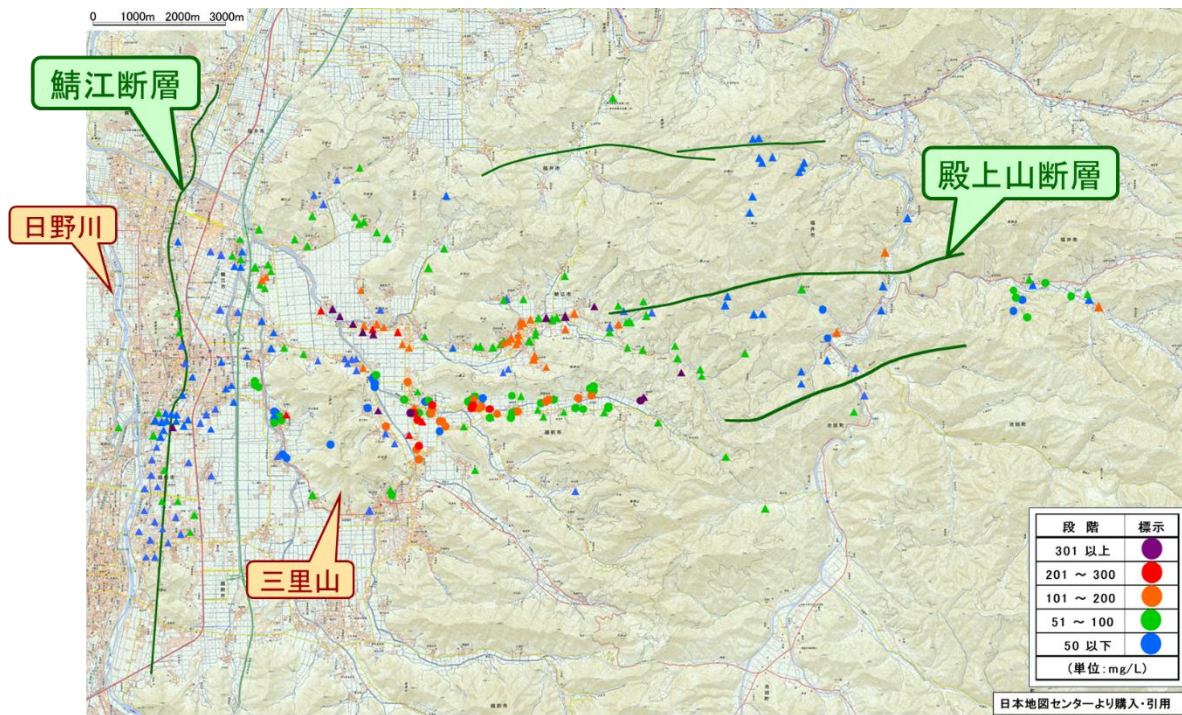


図 12 地下水中の炭酸水素イオン濃度分布

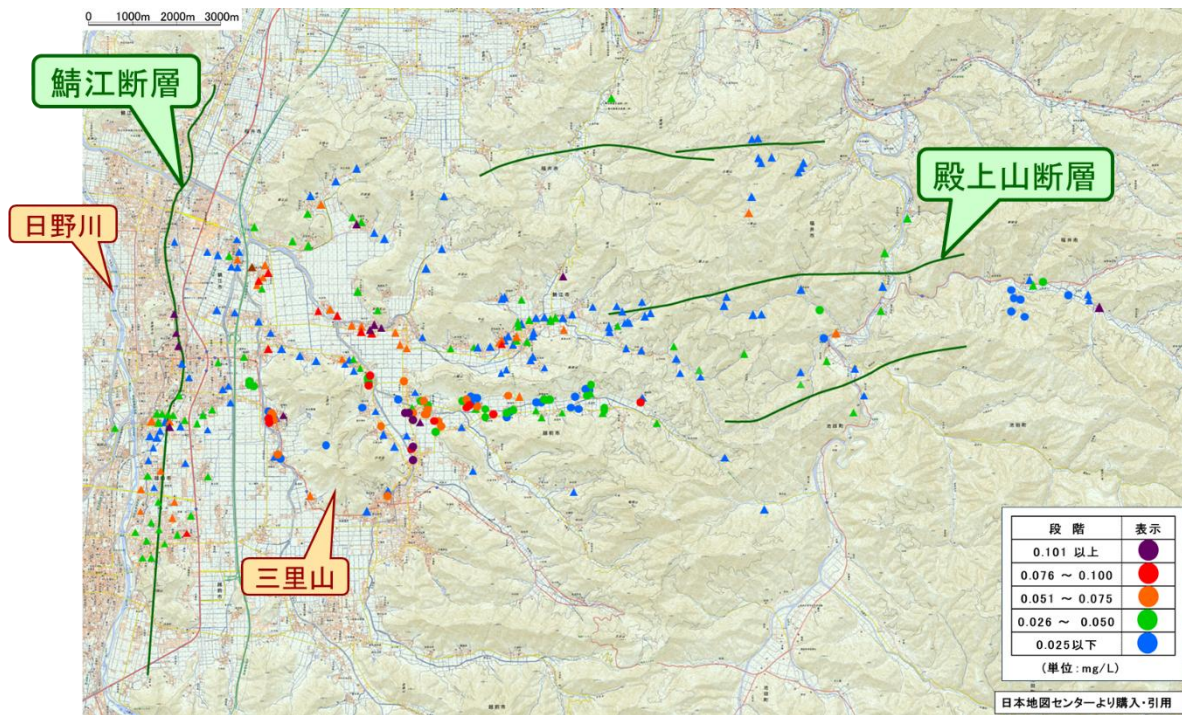


図 13 地下水中のフッ化物イオン濃度分布

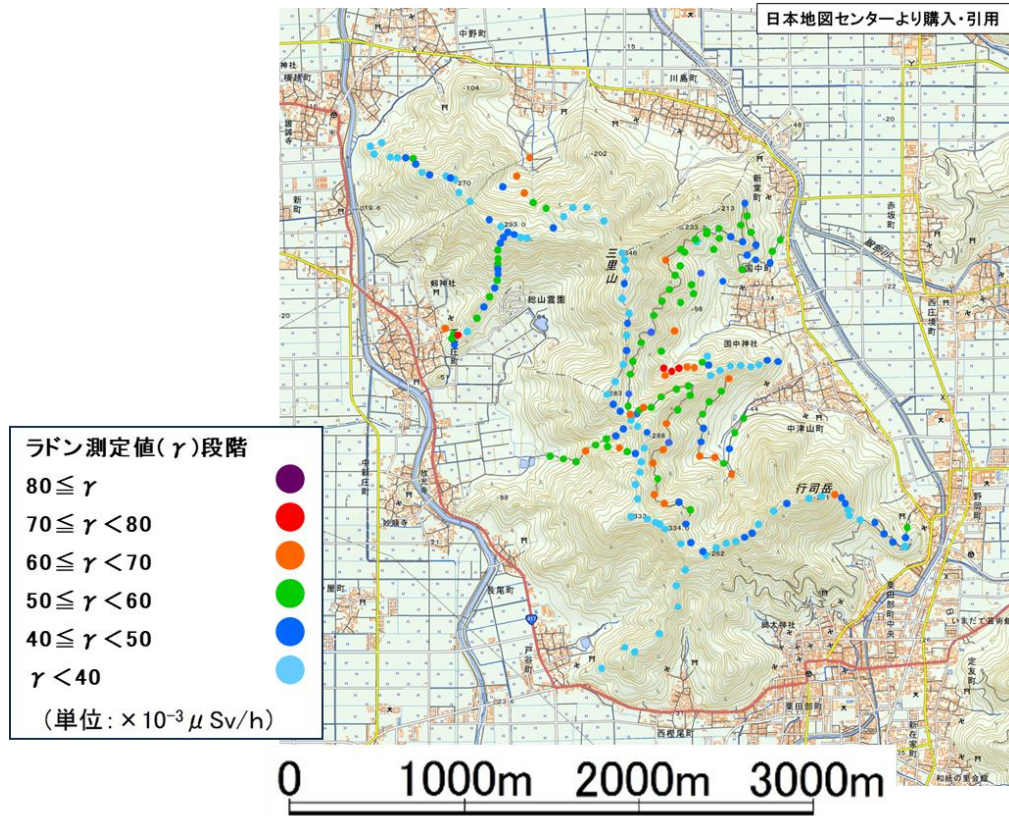


図 14 三里山における放射線量の測定結果

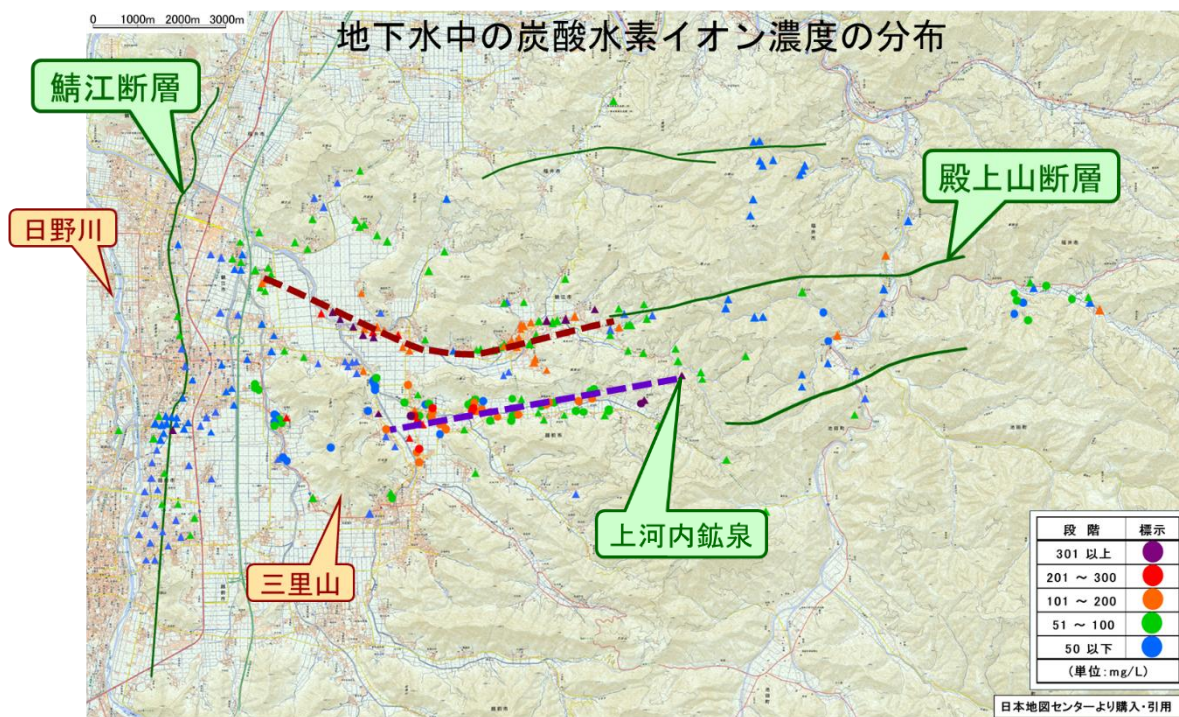


図 15 殿上山断層の南側に列状に並ぶ炭酸水素イオン濃度が高い地点(紫色の点線)

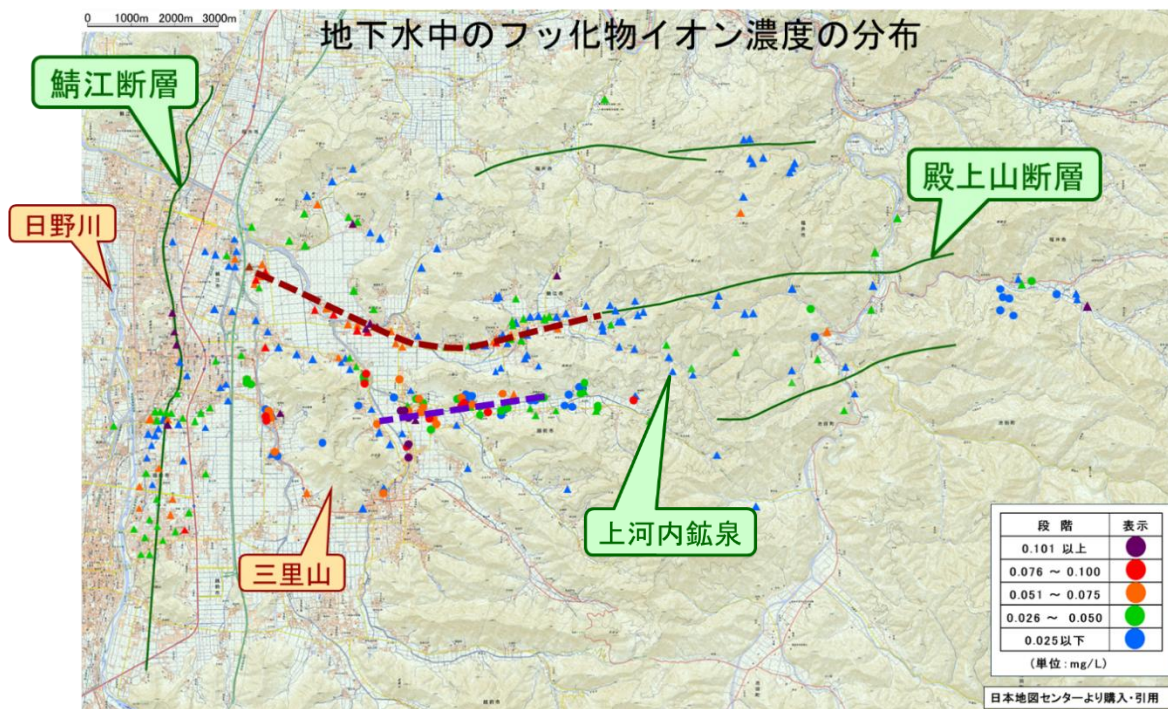


図 16 殿上山断層の南側に列状に並ぶフッ化物イオン濃度が高い地点(紫色の点線)

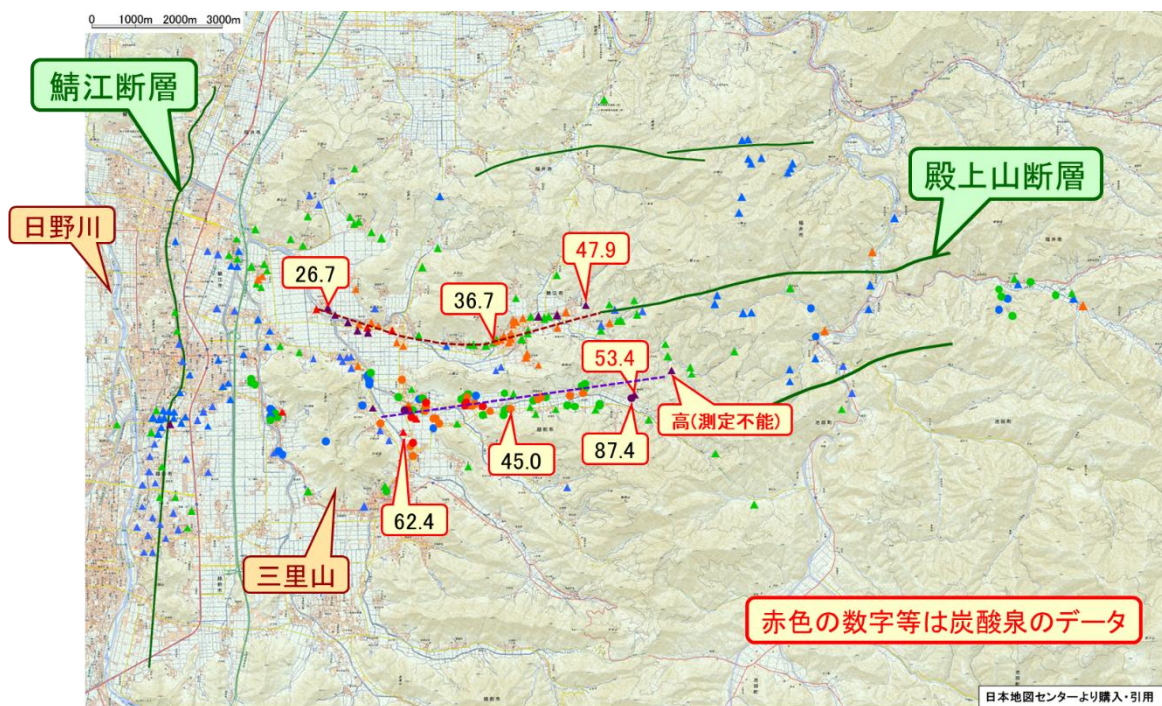


図 17 塩化物イオン濃度が高濃度の地点と塩化物イオン濃度(単位:mg/L)

(注) 地形図中のプロットは炭酸水素イオン濃度の段階を示す。

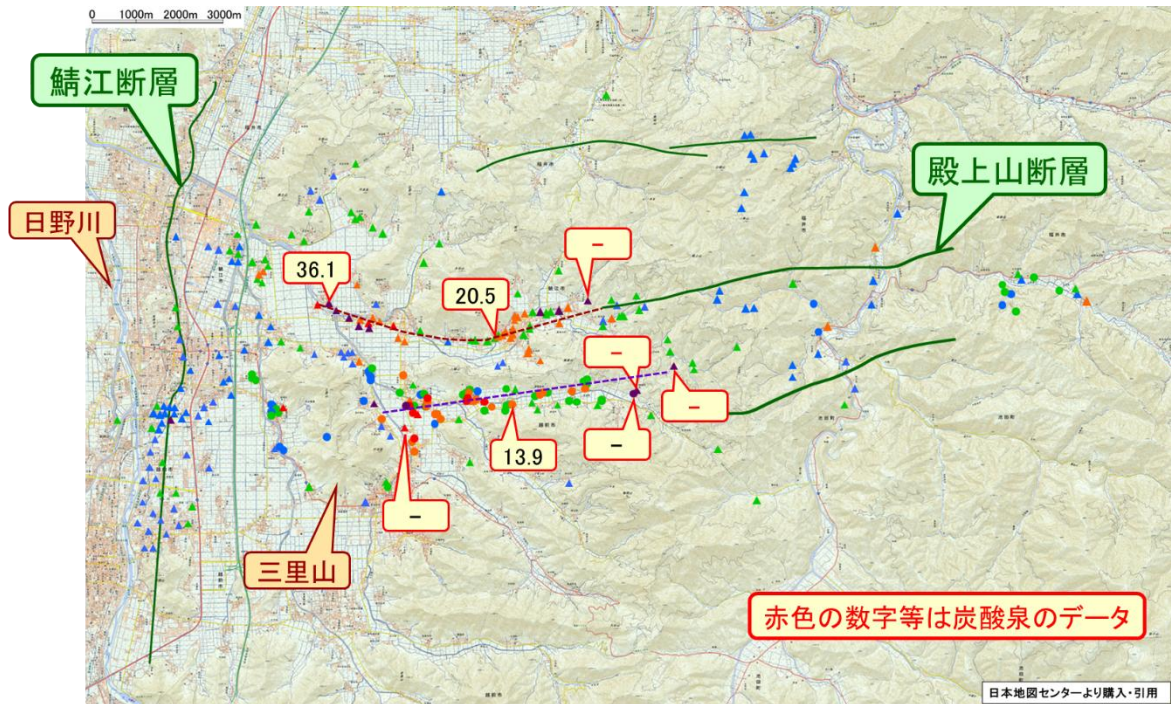


図 18 図 17 の各地点のナトリウムイオン濃度(単位:mg/L、検出されなかった場合は-で表示)
 (注) 地形図中のプロットは炭酸水素イオン濃度の段階を示す。

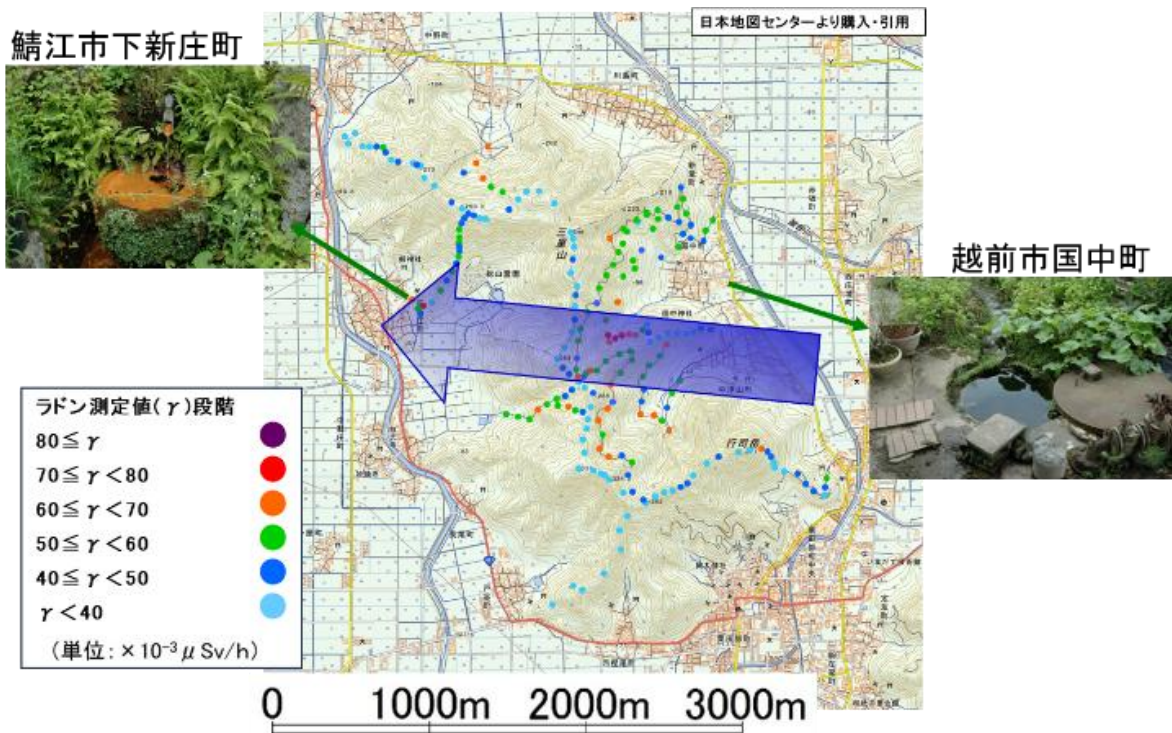


図 19 三里山を横断する殿上山断層のルート(青色の矢印)(推測)