

8. 富士市周辺湧き水の全硬度測定

静岡県立吉原高等学校 2 年

相澤誌織 井出さくら 稲垣萌香 加賀美舞 佐野実祐 鈴木香帆 鈴木康修 鳥居明弘 渡辺千花

1 はじめに

私たちの住んでいる富士市は、水が豊富であり、それらは主に製紙工場などで工業用水として使われていたり、井戸水として使用されていたりする。今回、硬度に着目して調査を行った。富士山周辺の湧き水の詳細な硬度を知ることによって、地域の産業に適した水か、飲み水として適した水であるかなどを判断することができる。また、その地形との関係を調べることで、湧き水のしくみの解明にもつながると考える。

2 目的

- ① パックテストを使って富士市周辺の湧き水の全硬度を測定する。
- ② 詳細に硬度を調べるために、キレート滴定で全硬度、Ca 硬度、Mg 硬度を測定する。

3 原理

水の硬度は、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} の含まれる量によって決まる。EDTA 1 mol は金属イオンの種類に関係なく 1 mol と反応するので、滴定した EDTA の滴定量から金属イオンの量を知ることができる。

4 実験①パックテストによる全硬度の測定

(1) 方法①

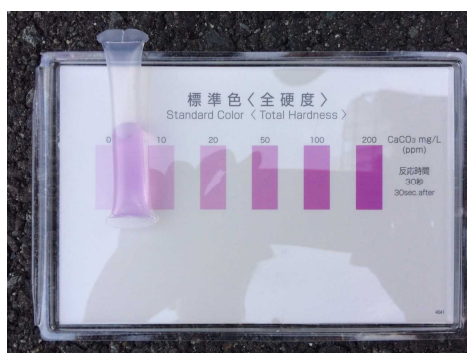
- ① 湧水の水源に温度計の先をつけ、値を読み取る。
- ② 容器を共洗いした後、水源からコップに湧水を採る。水源がわからない場合、水に手を入れ、水流を確認し、上流から採取する。
- ③ pH メーターの先に標準液を滴下し、基準を設定する。
- ④ コップからスポイトで水を吸い取り、pH メーターの先に滴下し値を読み取る。
- ⑤ パックテストのチューブ先端のラインを引き抜く。
- ⑥ チューブの穴を上にして、指でチューブの下半部を強くつまみ、中の空気を追い出す。
- ⑦ そのまま穴をコップの中に入れ、チューブ半分ほど水を吸い込む。
- ⑧ 液がもれないように注意しながら、軽く 10 回ほど振る。
- ⑨ 30 秒後に標準色シートの上のにのせ比色し、値を読み取る。

(2) 結果①

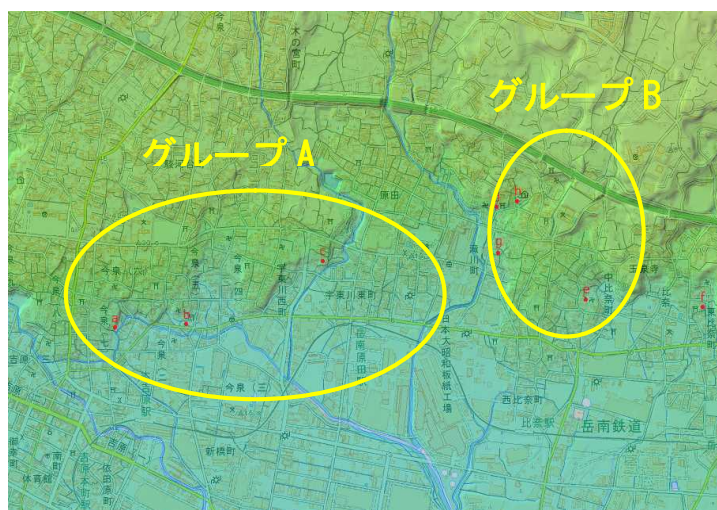
表1 パックテストによる全硬度一覧

	場所	日時	時刻	pH	水温[℃]	全硬度
a	山恭製紙北側	8/5	17時08分	7.2	15.0	20~50
b	おやしきの湧き水	8/5	17時22分	7.1	15.0	20~50
c	宇東川	8/5	17時37分	7.2	14.5	20~50
d	滝不動	8/5	18時02分	7.5	14.5	10~20
e	題唱寺北側	8/5	18時23分	7.3	14.5	0~10
f	医王寺	8/5	18時49分	7.0	14.5	20~50
g	滝川公会堂前	8/27	14時06分	7.1	14.0	10~20
h	かがみ石	8/27	14時00分	7.2	14.0	10~20

パックテスト画像1 題唱寺パックテスト結果



地図1 パックテストグループ分け



(3) 考察①

硬度が 0~120 までの水を軟水、120 以上を硬水と呼ぶ。(参考 1)すべての地点において全硬度の値が 0~50 であるため、富士市周辺の水は軟水であることがわかる。これらの地点を、表 1、地形、湧き水の様子などからグループ分けしてみる。(地図 1)

a・b・c 地点 (グループ A と呼ぶ)

a・b・c 地点は、パックテストによる全硬度の値の範囲がすべて同じあること、また a・b 地点付近には田宿川、c 地点付近には松原川があり、それぞれの川は合流し沼川となりっていること、また傾斜が類似していることから同じ水源の湧き水ではないかと考えられる。

d・g・h 地点 (グループ B と呼ぶ)

d・g・h 地点は、パックテストによる全硬度の値の範囲がすべて同じであること、また地点が近いことから同じ水源の湧き水ではないかと考えられる。

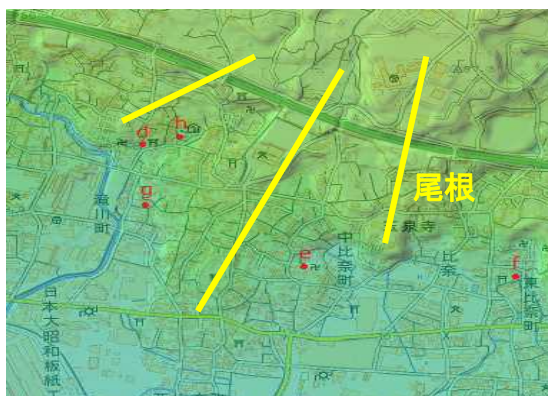
e・f 地点 (その他のグループ)

e・f 地点は、高度がほとんど変わらない二点であるにもかかわらず値に差があるため、同じ水源ではないと考えられる。

e 地点は、グループ B と f 地点との中間地点にあるにもかかわらず、低い値の範囲を

示している。日時などの条件は同じであるから、e 地点の結果は、測定ミスであると考えられる。

また、f 地点はグループ B からの距離が離れているうえ、高い値の範囲を示していることから、グループ B とは異なる水源であると考えられる。そして、地点と e 地点の間には尾根と思われる地形が見られるため、東西で水源が異なると考えられる。(地図 2)



f

地図 2 地形考察

5 実験② キレート滴定による全硬度 (Ca^{2+} と Mg^{2+}) の測定

(1) 方法②

- ① ホールピペットで検水を 50ml 正確に測りとり、コニカルビーカー (200ml) に入れる。
- ② 硫化ナトリウム (Na_2S) 2ml (xmol/L) を(1)の溶液に加える。これは、 Mg^{2+} と Ca^{2+} 以外の金属が EDTA と反応しないようにするためである。
- ③ さらに、pH10 緩衝液 1ml を(1)に加える。これは、BT 指示薬の変色域にするためかつ、指示薬とキレート錯体を作るためである。
- ④ さらに、EBT (1ml) を(1)に入れる。これは pH10 で錯体を作ると赤色になり、錯体を作らないと青色になる性質を使い終点を求めるためである。
- ⑤ EDTA (0.01mol/L) をビュレットにとり、2Na 標準液で滴定する。
- ⑥ 赤色が青色になったときに終点なので滴定を中止する。
- ⑦ (1)～(6)の作業を 3 回繰り返し平均をとる。

キレート滴定によるカルシウム硬度の測定

- ① ホールピペットで検水を 50ml 正確に測りとり、コニカルビーカー (200ml) に入れる。
- ② 水酸化カリウム aq8mol/L 4ml を(1)に加える。これは、pH を 12～13 にして EDTA と反応させないようにするためかつ、指示薬とキレート錯体を作るためである。
- ③ Na_2S 2mol を(1)に加える。これは、 Mg^{2+} と Ca^{2+} 以外の金属が EDTA と反応しないようにするためである。
- ④ NN 指示薬約 0.1g を(1)に加える。これは、pH12～13 で錯体を作ると赤紫色になり、錯体を作らないと青色に変色する性質を使い終点を求めるためである。また、NN 指示薬は溶液にすると不安定になるため固体粉末を使用する。
- ⑤ ビュレットで EDTA を 0.01mol/L とり、2Na 標準液滴定する。
- ⑥ 赤紫色が青色になったときに終点なので滴定を中止する。
- ⑦ (1)～(6)の作業を 3 回繰り返し平均をとる。



(2) 結果②

A～H は実験①と同じ。 I:八王子 J:吉原高校水道 K:富士吉田 L:裾野不動の湧水 M:弁当場 N:三島白竜公園

結果から以下の公式を使い全硬度、Ca 硬度、Mg 硬度を求めた。

キレート滴定

$$\text{全硬度} = a \times \frac{1000}{I} \times 1.001 \times f \quad \text{Ca 硬度} = a \times \frac{1000}{I} \times 1.001 \times f$$

$$\text{Mg 硬度} = \text{全硬度} - \text{Ca 硬度}$$

a:0.01mol/L EDTA の滴定量(ml) I:検水量(m)

f: 0.01mol/L EDTA のファクター(f=1.000) 同仁化学研究所製造

1.001: 0.01mol/L EDTA 1ml に含まれる CaCO₃ 量(g)

全硬度、Ca 硬度、Mg 硬度一覧

	全硬度 (mgCaCO ₃ /L)	Ca 硬度 (mgCaCO ₃ /L)	Mg 硬度 (mgCaCO ₃ /L)	実験日
A	73.7	46.8	26.9	12月27日
B	56.5	33.4	23.1	1月7日
C	52.8	35.8	17.0	1月8日
D	39.8	20.6	19.2	1月7日
E	53.6	28.0	25.6	1月8日
F	69.8	45.8	24.0	12月27日
G	41.4	25.4	16.0	1月8日
H	40.2	22.0	18.2	1月7日
I	69.2	44.6	24.6	12月27日
J	70.0	43.8	26.2	12月24日
K	41.8	26.6	15.2	1月5日
L	40.8	23.4	17.4	1月5日
M	47.8	29.0	18.8	1月5日
N	63.8	41.6	22.2	1月5日
平均	54.4	32.3	21.0	

6 考察②

d, g, h 地点の値が近いことがわかる。このことから、やはり d, g, h 地点の水源が同じものだと考えられる。また、この3点の硬度が平均より低いことがわかる。これらの3点の地域の傾斜は急であるため、(資料1)地面にしみ込んでいる時間が短くなったのでミネラル分を多く含む水にはならなかったと考えられる。

k, l, m 地点の値も硬度が平均より低いことがわかった。これは、3地点の標高が高い(表C)ので水が地下を流れる時間が短いからであると考ええる。

e 地点と f 地点の硬度の差が大きいので水源が別のところであると考えられる。e 地点の全硬度の値は中間だが、Mg 硬度が高いことがわかる。これは、e 地点の地質が鉄やマグネシウムを多く含む非アルカリ苦鉄質火山岩類であるからだと考えられ

る。

また a, i, f 地点も同じ地質なので Mg 硬度が高いと考えられる。a, b, c の地点の水源はパックテストの結果より同じ場所だと思ったが、a 地点の値が b, c 地点より高いので a 地点の水源は違うものであり、b 地点と c 地点の硬度の値が近いことから水源が同じものだと考えられる。

8 月に行ったパックテスト（表パックテスト 1）と比べると、ほとんどすべての地点において 12 月、1 月の全硬度の値が高いことがわかる。それは、冬は乾燥しているため水が蒸発しイオン濃度が高くなったからと考える。

7 展望

標高によって水の硬度に差があり、標高が高いほど硬度は低く、低地になればなるほど硬度が高くなる傾向があることがわかった。また、地質や地形によって硬度が変わることもわかった。

これは、低地に湧き出ている水ほど地下を長く通る分、土に含まれる栄養分やミネラルを多く吸収するためと考えられる。今後、詳細に傾斜や地質と硬度の関係を調べるため、その土地の土や溶岩を採集し、実験室内に模型などを作成し、水を流して硬度がどのように変化するか実験を行ってみたい。また、今回の実験は、パックテストが夏、キレート滴定は冬に行ったため、硬度と季節の関係性は正確につかむことができなかった。そのため季節と硬度の関係性を確かめるために、1 年計画で行ってみたい。

8 謝辞

今回の実験では山崎財団に助成金をいただいて様々な薬品の購入をさせていただきました。様々な方々の支えがなければ、私たちは今回の研究ができませんでした。ありがとうございました。この場をお借りして、お礼申し上げます。