

研究結果報告書

平成20年1月25日

財団法人 長野県学校科学教育奨励基金
理事長 田 幸 淳 男 様

学校名 松本市立筑摩小学校
学校長名 唐 澤 喜 市 印

1 研究テーマ わたしたちのわき水“筑摩の泉”のひみつ

— わたしたちの学校のわき水にはどんな特徴があるのだろうか —

注)この研究対象のわき水は、学校のしき地内にこんこんとわき出ているわき水です。

2 研究グループ名 4年1組26名

3 指導者 教諭 馬場英晃

4 研究の動機及び目標

今年、わたしたちが住んでいる松本平に数多く湧き出ているわき水（まつもと城下町湧水群）が、環境省の選定する「平成の名水百選」（第三位）に選ばれました。今日も松本の城下町では、生活の様々な場所でわき水が利用されています。例えば、源智の井戸や女鳥羽清水はその代表的な湧水地で、いつも地域の人たちがポリタンクを持ってわき水をくみにきています。松本の城下町周辺（東側）には、ゆるやかなせん状地があり、伏流水がしやすい地形になっています。



〈源智の井戸の水を利用する人々〉

伏流水というのは、雨水や雪どけ水などが流れる途中で地中にしみ込んで、地下を流れていく水のことをいいます。松本の城下町に流れ込んでいる伏流水は、せん状地よりもはるか上にある美ヶ原高原から流れてきているのだそうです。

4月。総合の授業で、松本の名物として注目されているお豆腐とコーヒーとお酒に出会いました。「富成伍郎（とみなりごろう）商店のお豆腐」と「半拘亭（はんくてい）のコーヒー」と「善哉（よきかな）酒造の日本酒（女鳥羽の泉）」です。そこで、先生が、「この3つに共通していることは何だろう」と問いかけたので、みんなで考え合ってみました。そして、それぞれに“わき水を使っていること”が共通点であることに気づきました。わたしたちは、豆腐づくりやお酒づくり、そしてコーヒーにどうしてわき水を使っているのか疑問に思いました。

【わたしたちの疑問—その①】

水道水でなく、わざわざ地下水をくみ上げて使っているのはなぜだろう。
水道水とわき水では、どこか違うところがあるのだろうか。

そして、もう一つ、大きな疑問が生まれてきました。それは、学校のくじら池に湧き出ているわき水のことです。松本の城下町に程近い、わたしたちの学校にも、わき水が絶えることなく流れ出ています。校歌にも、「♪こんこんわくよ ながれるよ きよいわきみず まなびやの～」と歌われ、みんなが“筑摩の泉”と呼んで親しんでいます。今では、学校一番の宝物です。けれども、そのわき水がいったいどんな水なのか。飲めるのか飲めないのか。どんな特徴があるのか。「まつもと城下町湧水群」のわき水とは同じものなのか——誰も知りません。詳しい調査報告なども残っていないのです。わたしたちの中に、「自分たちで、“筑摩の泉”ならではの特徴を明らかにしたい」という気持ちがどんどんふくらんできました。



〈わたしたちの学校の宝物「筑摩の泉」〉

【わたしたちの疑問—その②】

わたしたちの学校の宝物“筑摩の泉”にはどんな特徴があるのだろうか。

そこで、今年度は、わたしたちのわき水“筑摩の泉”に目を向けて、水温を中心に継続的に調査をしていくことを通して、その特徴を究明していこうと考えました。

水質については、〈① pH（水素イオン濃度） ② 残留塩素濃度 ③ りん酸体りん（リン酸濃度） ④ しょう酸体窒素（しょう酸濃度） ⑤ 亜しょう酸体窒素（亜しょう酸濃度） ⑥ BOD（生物化学的酸素要求量） ⑦ COD（化学的酸素要求量） ⑧ ORP（酸化還元電位） ⑨ 透明度 ⑩ 水温 ⑪ 硬度 ⑫ 味〉の各ステージにおいて、くわしく調査をしてみることで、“筑摩の泉”ならではの特徴を明らかにしていきたいと考えました。

さらに、他の湧水地（源地の水源地、源智の井戸、徳武の井戸、薬祖神社の井戸、妙勝寺の井戸、女鳥羽清水など）のわき水や雨水、水道水などの水質と比較検討することで、わたしたちの湧水“筑摩の泉”の特徴をより明確にしていくことができるかもしれないと考えました。

また、“筑摩の泉”を用いて、様々な視点からの観察実験*に取り組んでいくことを通して“筑摩の泉”のひみつにせまっていきたいと思いました。

◇様々な視点からの観察実験*について

- ・種子（ヒョウタン、カイワレダイコンなど）の発芽率
- ・沸騰する様子（沸点までに要する時間）
- ・凍る様子（凝固点までに要する時間）

5 研究内容の概要（方法と結果、考察を、追究の流れにそってまとめてみました）

— 一部抜粋 —

【温度変化の様子を見つめることで「筑摩の泉」と「水道水」を比較する】

〈温度変化の様子は、「筑摩の泉」と「水道水」ではちがうのだろうか — 実験方法 —〉

- ① 毎朝、8時00分に気温と水道水と筑摩の泉の温度を測定する。（5分間）
- ② それぞれ3本の温度計を使って測定し、その平均値をとる。
- ③ 気温は、学校の敷地内にある百葉箱に設置した温

度計を使う。

④水道水は、しばらくビーカー内に流しっぱなしにして、水温が安定した頃に測定する。

⑤筑摩の泉がわき出ている所に直接温度計を入れて測定する。

⑥測定値は、その都度グラフに書き込む。

〈筑摩の泉の温度測定をしている様子〉



〈追究の様子〉



〈グラフにあらわした温度変化を見ながら語り合う様子〉 〈地震発生の日、水温が変わった!!〉

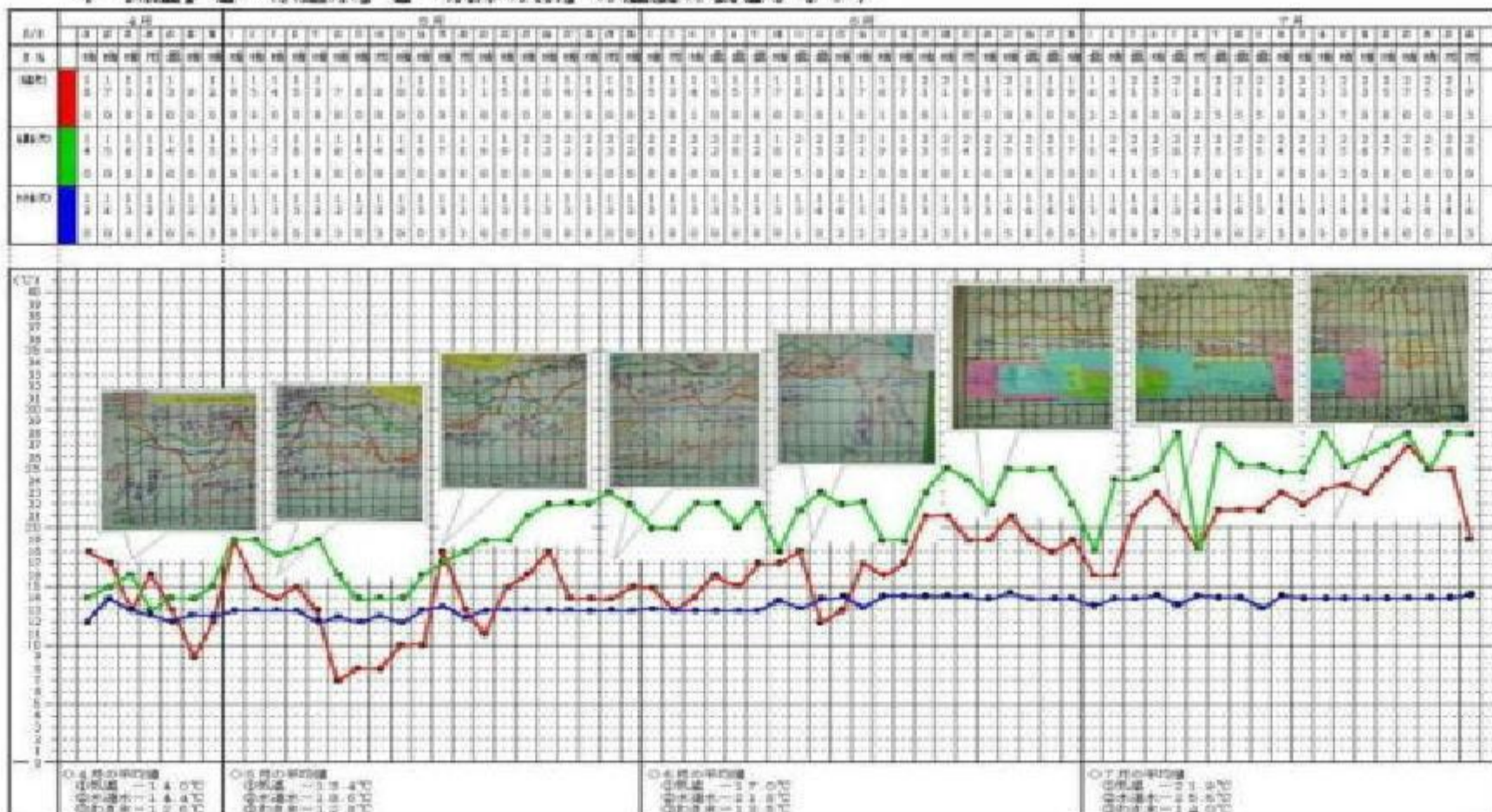
わたしたちは、水道水が気温の変化に準じて大きく変動するのに対して、「筑摩の泉」の温度は、ほぼ一定であることに気づいていきました。また、地震発生の日の前後で、一定だった「筑摩の泉」の水温が変動していることも発見して、みんなで驚きました。

〈結果〉

— 「筑摩の泉」と「水道水」の温度変化を見つめて —

※ 4月～7月の温度変化の様子をグラフにまとめてみました。

〈「気温」と「水道水」と「筑摩の泉」の温度の表とグラフ〉



〈考察〉

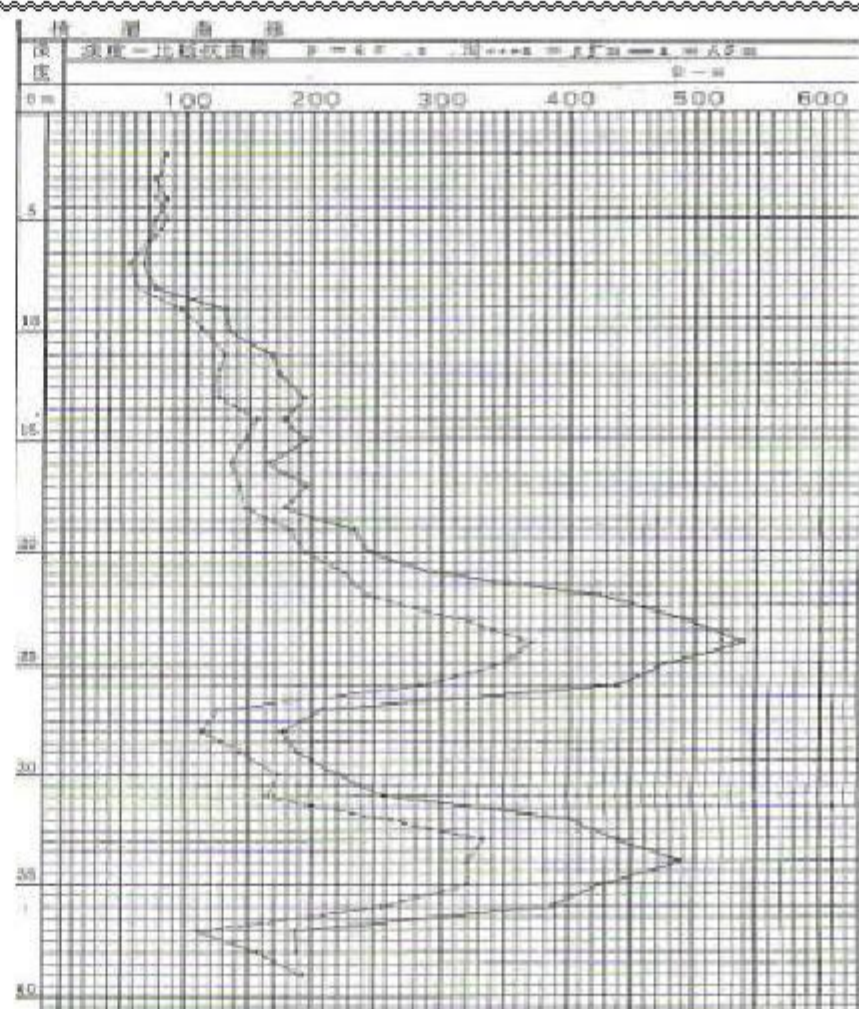
- 水道水は、気温の変動に合わせてるように、変化している。つまり、水道水の温度は、気温につられて動いているといえる。一方筑摩の泉は、外の気温には影響されずに、ほぼ一定の動きをすることが分かった。筑摩の泉の「月別平均水温」は次の通りである。

4月の平均水温… 12.6℃
5月の平均水温… 12.8℃
6月の平均水温… 13.5℃
7月の平均水温… 14.0℃

- 筑摩の泉は、およそ13℃～14℃の間で一定の温度を保っているが、それは、地下38mの深い位置に水脈があるからだと考えられる。(図1の検層曲線参照)

地下深くにある水脈から、わき水をくみ上げていているということは、外の気象状況の影響を受けずらいということになるのではないだろうか。

- 松本市教育委員会が出版している「松本盆地の生い立ちを探る」を参考にして、伏流水をつくり出している松本平の地下の様子を、みんなで思い描いてみた。それが図2である。わたしたちは、地下で積み重なっている地層と地層の間に伏流水としてたまった地下水(わき水)の水脈があるのではないかと考えている。そして、その水脈は、



〈図1 湧水のボーリング工事による検層曲線〉



〈図2 わたしたちが想像する地下の様子〉

- 図2のように、地層と地層にはさまれて、いくつも存在しているのではないだろうか。
- 6月12日に地震が発生した。その前後のグラフを見てみると、それまでずっと一定だった「筑摩の泉」の水温に異変が起きていることが分かる。それは、地震によって地層がゆれ動いて、その間にある水脈がまさつ熱を受けて、水温に変動が見られたのではないかと、わたしたちは考えている。
- 「水温がほぼ一定であること」は、富成伍郎商店のお豆腐作りや魚の養殖などのように温度変化の影響を受けたくない事業にとっては、とても大きなメリットがある。そういう意味で、わき水である「筑摩の泉」は、注目していいと思う。

わたしたちは、温度測定の結果から、気温(気象)の影響を受けやすく、温度の変動が大きい「水道水」に対して、地下深く(地下38m)に水脈がある筑摩の泉は、外からの影響を受けにくく、水温がほぼ一定(13℃～14℃)であることを見い出すことができました。そこで、わたしたちは、そのことを“筑摩の泉ならではの特徴(よさ)”の一つとして定義していこうと考えました。

【まつもと城下町湧水群の水質調査を行い、「筑摩の泉」と比較する】

〈「まつもと城下町湧水群」と比べて「筑摩の泉」はどんな水なのだろうか〉

◇まつもと城下町湧水群の調査地マップ

※まつもと城下町湧水群の調査地……A.源地の水源地 B.源智の井戸 C.徳武の井戸
D.薬祖神社の井戸 E.妙勝寺の井戸 F.女鳥羽清水

◇実験方法（水質調査の方法の詳細）

- (1) 各調査地A～Fにて、わき水をサンプリングする。
- (2) パックテストや簡易測定器などを用いて、①～⑫項目の水質調査をする。
 - ① pH（水素イオン濃度） ② 残留塩素濃度 ③ りん酸体りん（リン酸濃度）
 - ④ しょう酸体窒素（しょう酸濃度） ⑤ 亜しょう酸体窒素（亜しょう酸濃度）
 - ⑥ BOD（生物化学的酸素要求量） ⑦ COD（化学的酸素要求量）
 - ⑧ ORP（酸化還元電位） ⑨ 透明度 ⑩ 水温 ⑪ 硬度 ⑫ 味
- (3) 「水道水」，「筑摩の泉」，「雨水」，「富成伍郎商店のわき水」についても、同じように水質調査をする。
- (4) それぞれの結果を表やグラフにまとめて考察する。
- (5) 各調査地において聞き込み調査を行い、地元の人たちから、それぞれの「わき水」についてお話を聞く。

<p>〈追究の様子〉</p>	
<p>A. 「源地の水源地」での調査の様子</p> 	<p>B. 「源智の井戸」での調査の様子</p> 
<p>C. 「徳武の井戸」での調査の様子</p> 	<p>D. 「薬祖神社の井戸」での調査の様子</p> 

E. 「妙勝寺の井戸」での調査の様子



F. 「女鳥羽清水」での調査の様子



学校の「筑摩の泉」での調査の様子



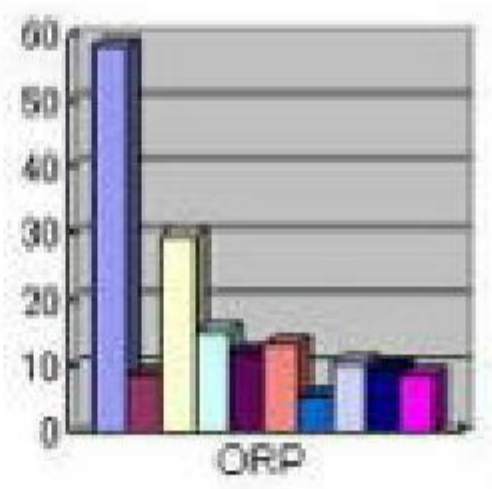
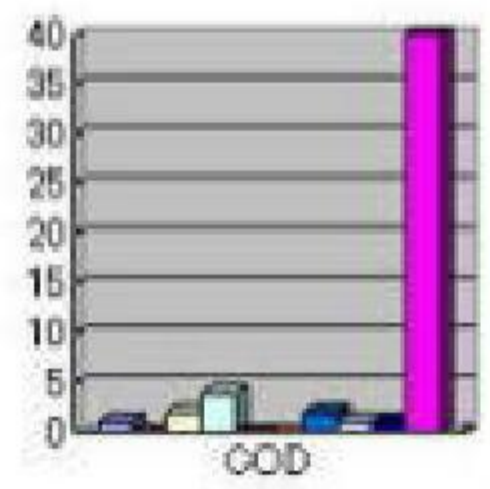
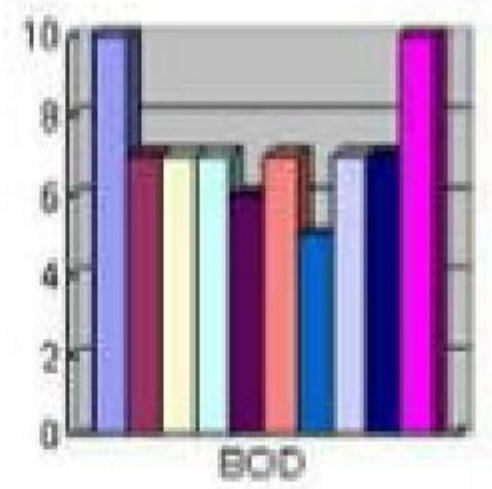
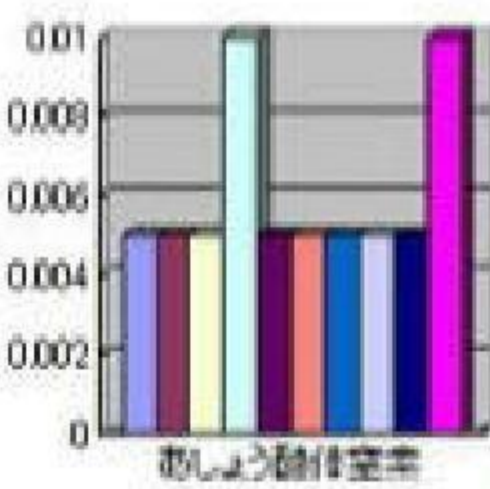
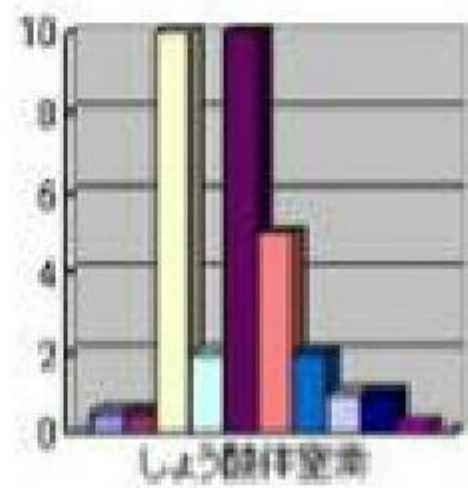
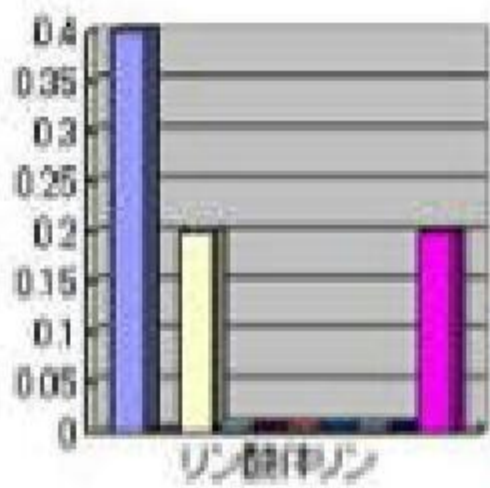
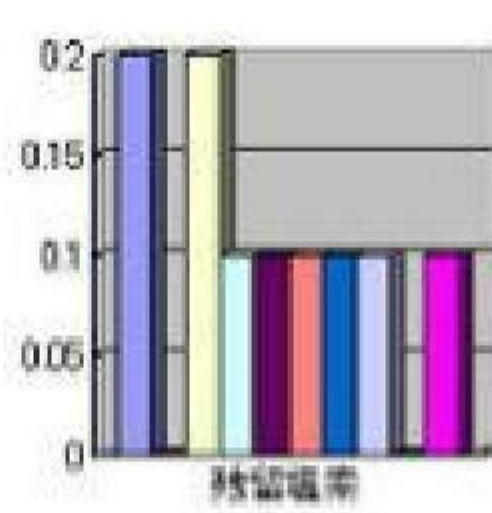
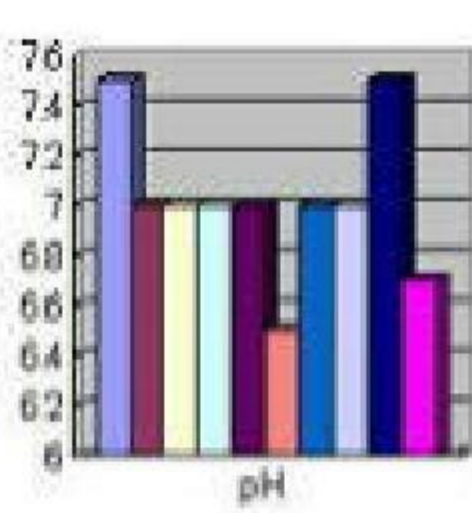
〈結果〉

— わたしたちの水質調査の結果を表にまとめてみました —

筑摩のわき水と松本の湧水群を比べてみて(調査日 7/23)

調査する水 調査する方法	すまき川							女鳥羽川		雨水
	水道水	筑摩の泉	源地の水源池	源智の井戸	徳武の井戸	美祖神社の井戸	妙勝寺の井戸	女鳥羽の泉	富成商店	
① pH	7.5	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5	7.0	7.0	7.5	6.7
②残留塩素 (mg/l)	0.2	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1
③リン酸りん (mg/l)	0.4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.2
④しょう糖体たん (mg/l)	0.5	0.5	10.0	2.0	10.0	5.0	2.0	1.0	1.0	1.0
⑤ほう糖体たん (mg/l)	0.005	0.005	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.01
⑥ BOD (mg/l)	10	7	7	7	6	7	5	7	7	10
⑦ COD (mg/l)	1	0	2	4	0	0	2	1	1	40
⑧ ORP (mV)	58.2	8.8	29.9	15.2	12.0	13.4	5.6	10.5	9.8	8.8
⑨ 透明度 (cm)	30cm以上	30cm以上	30cm以上	30cm以上	30cm以上	30cm以上	30cm以上	30cm以上	30cm以上	10.0
⑩ 水温 (℃)	24.0	15.0	17.0	16.7	17.1	17.0	19.0	15.0	15.0	20.0
⑪ 硬度 (mg/l)	35	35	75	50	75	75	50	35	35	5
⑫ 味	清潔っぽい	やわらかくておいしい	ちょっと清潔っぽい	ちょっと甘い	ちょっと甘いけどおいしい	ちょっと甘いけどおいしい	ちょっと甘い	やわらかくておいしい	やわらかくておいしい	
その他 (気づいたことや 地元の方々から 聞いたこと)		地下35m		地下60m	地下60m	地下60m	水の中に白っぽいものが浮いてた。	地下31.5m	地下32m	

— わたしたちの水質調査の結果を、調査項目ごとにグラフにまとめてみました —
 ※「pH」と「とう明度」以外は、グラフの数値が大きければ大きいほど汚れていることを表しています。



〈考察〉

- ・ pHの数値を比べてみると、「筑摩の泉」は7.0で、一番体にとってよいと思われる。
- ・ 残留塩素濃度を比べてみると、「筑摩の泉」は0で、塩素がまったく入っておらず、一番よい。
- ・ リン酸体リンの数値を比べてみると、「筑摩の泉」は0.05で、一番低い数値を示しているので、一番かびくさくないといえる。
- ・ あしう酸体ちっ素の数値を比べてみると、「筑摩の泉」は0.005で、一番低い数値を示しているので、プランクトン（び生物）の発生も少ないと考えられる。
- ・ BODの数値を比べてみると、「筑摩の泉」は、一番低い数値5を示している妙勝寺の井戸にはかなわないが、7という比較的よい数値を示している。
- ・ CODの数値を比べてみると、「筑摩の泉」は、0で、水中のよごれが一番少ないことが分かった。
- ・ ORPの数値を比べてみると、「筑摩の泉」は、一番低い数値5.6を示している妙勝寺の井戸にはかなわないが、8.8という比較的よい数値を示しており、“元気になる水”ということが分かった。
- ・ とう明度の数値を比べてみると、「筑摩の泉」は、30cm以上で、一番よい数値を示しており、とつてもすき通っていることが分かった。
- ・ 水温を比べてみると、「筑摩の泉」は、15℃で、一番冷たい温度をたもっていることが分かった。
- ・ 硬度を比べてみると、「筑摩の泉」は、35で、一番数値が低く、軟水でやわらかい味がすることが分かった。

以上のことから、「筑摩の泉」は、まつもと城下町湧水群や富成商店の井戸水と比べてみても、水質的に“より優れたわき水”であるといえる。

水質調査をしていく中で、わたしたちは、「筑摩の泉」と「女鳥羽の泉」と「富成商店のわき水」の3ヶ所の数値が似ていることに気づきました。そして、「源地の水源地」、「源智の井戸」、「徳武の井戸」、「薬祖神社の井戸」、「妙勝寺の井戸」の数値が似ていると感じました。それは特に、水温と硬度において、前者と後者の2つのグループに分けられます。

前者のグループ（筑摩の泉、女鳥羽の泉、富成商店のわき水）を「筑摩グループ」とし、後者のグループ（源地の水源地、源智、徳武、薬祖神社、妙勝寺の井戸）を「湧水群グループ」とした場合、「筑摩グループ」は、硬度が35で「超軟水」を示し、水温が15℃と低温であるのに対して、「湧水群グループ」は、硬度が50～75で「やや軟水」を示し、水温がおよそ17℃以上と比較的高い温度になっています。

わたしたちは、これはどういうことだろうと、聞き込み調査を試みました。すると、わき水をくみ上げている深さがそれぞれちがっていることがわかってきました。

◇筑摩グループ	「筑摩の泉」・・・地下38m 「女鳥羽の泉」・・・地下31.5m 「富成商店」・・・地下32m
◇湧水群グループ	「源智の井戸」・・・地下60m 「徳武の井戸」・・・地下60m 「薬祖神社の井戸」・・・地下60m

これらのことから、わたしたちは、やはり「筑摩グループ」と「湧水群グループ」の2つのグループに分けられるのではないかと考えるようになりました。

そこで、水質調査の結果や各井戸の地理的位置から、地下の様子を思い描いてみることにしました。それを「研究のまとめ」として紹介したいと思います。

6 研究のまとめと今後の課題

わたしたちは、これまで「筑摩の泉にはどんな特徴があるのか」について継続追究してきました。そして、「筑摩の泉」には、次のような特徴があることが分かってきました。

特徴①・・・中性で、残留塩素がまったく入っておらず、とてもきれいな水です。

特徴②・・・外の気象に影響されずに、ほぼ一定の温度を保っています。
(13～14℃)

特徴③・・・不純物がふくまれていないので、沸点が水道水より高く(100℃)、沸とうにやや時間がかかります。また、凝固点も水道水より低く(-1℃)、凍るまでにやや時間がかかります。

特徴④・・・不純物がふくまれていないので、氷結結晶した形(六角形)がはっきりと見えます。

特徴⑤・・・他の湧水地に比べて2～4℃ほど水温が低く硬度も低い(35mg/l)です。そのため、冷たくてやわらかい味だといえます。

以上のことから、わたしたちの学校の宝物である「筑摩の泉」は、たいへん優^{すく}れたわき水であると考えられます。

さらに、わたしたちは、「筑摩の泉」が安心して飲めるかどうか、大腸菌群の検査をしてみることになりました。大腸菌群の検査は、自分たちでは行えないので、長野県薬剤師協会に依頼して検査を行いました。その結果、基準値以上の大腸菌群は検出されないという結果が出ました。わたしたちは、みんなで歓声をあげて、さっそく「筑摩の泉」を飲んでみました。やっぱり、思った以上に冷たくて、甘くて、さっぱりとして最高の味でした。 <「筑摩の泉」飲んでみた様子>



〈わたしたちの学校の宝物「筑摩の泉」〉



最後に、わたしたちが想像している松本平の地下の様子を紹介して、研究報告を閉じたいと思います。

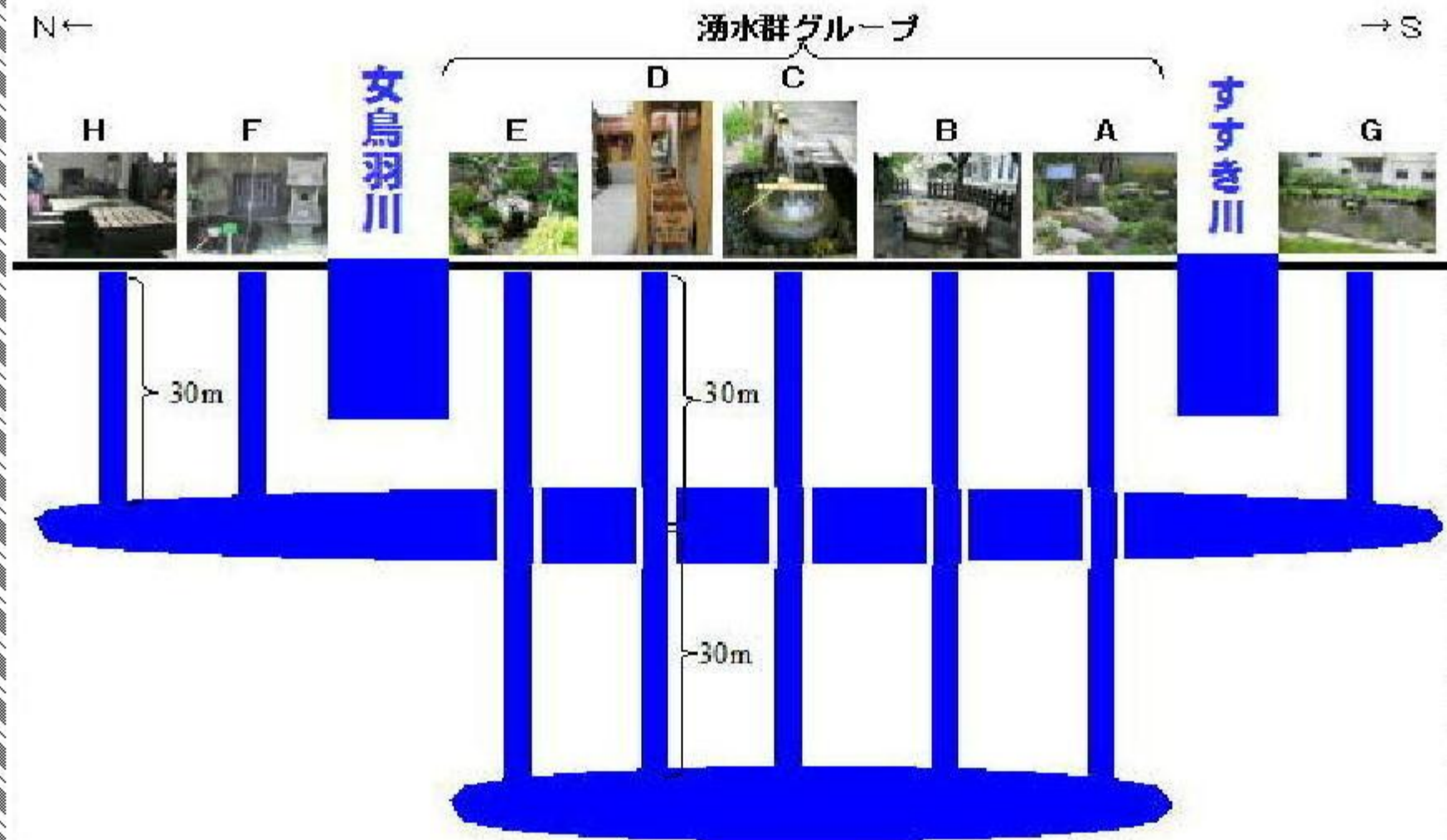
【わたしたちが想像する松本平の地下の様子】 — 筑摩の泉の起源^{もと} —

「筑摩グループ」(筑摩の泉、女鳥羽の泉、富成商店のわき水)は、15℃の冷水で、硬度35mg/lの「超軟水」であることと、地下およそ30mの地点よりくみ上げていることが共通点としてあげられます。そのうちの「筑摩の泉」は、すすき川にほど近く、そのすぐ南側にわき出ている。また、「女鳥羽の泉」と「富成商店」は、女鳥羽川にほど近く、そのすぐ北側よりわき出ている。

一方、「湧水群グループ」は、水温が比較的高く、硬度50～75mg/lの「やや軟水」であることと、そのほとんどが地下およそ60mの地点よりくみ上げていることが共通点です。地下60mというのは、「筑摩グループ」の2倍の深さに相当します。そして、「湧水群グループ」は、すすき川と女鳥羽川にはさまれた地域に点在しています。

これらのことから、地下の様子を思い描いてみました。

※ A…源地の水源地 B…源智の井戸 C…徳武の井戸 D…薬祖神社の井戸
 E…妙勝寺の井戸 F…女鳥羽の泉 G…筑摩の泉 H…富成商店のわき水



上の図に示したように、「筑摩グループ」（筑摩の泉、女鳥羽の泉、富成商店のわき水）は地下30mの同じ水脈からわき出ているのではないかと。また、「湧水群グループ」（源地の水源、源智の井戸、徳武の井戸、薬祖神社の井戸、妙勝寺の井戸）は、地下60mの同じ水脈からわき出ているのではないかと。そして、「湧水群グループ」は、「筑摩グループ」に比べて、地下の水脈がより深いところにあるので、地下にしみ込んでいく途中で、より多くのミネラルを取り込んだのではないかと。わたしたちは、このように思い描いてみました。

これから、わたしたちは、これから「筑摩の泉」をはじめ、「まつもと城下町湧水群」の様々なわき水が大切に守られていくように、自分たちの研究を、たくさんの方々に伝え残していきたいと思っています。

そして、「筑摩の泉」に関しては、超軟水で冷たい「筑摩の泉」を利用して、軟水に適した“お豆腐作り”や“お酒作り”にも取り組んでみたいと思っています。また、軟水は“お茶”とも相性がいいそうなので、「筑摩の泉」で入れたお茶を商品化していこうと考えています。

7 その他

この研究に際して、たくさんの方々にお世話になりました。感謝申し上げます。

〈資料〉

女鳥羽の泉のとなりにあって、そのわき水を使って、“善哉”や“女鳥羽の泉”などの有名な地酒をしょう造している善哉酒造さんを訪ねてみました。

善哉酒造の社長さんは、次のように話してくださいました。

「豊かで清らかな名水『女鳥羽の泉』を使って、冷たいくらの中で、伝統の技と気持ちをこめてつくった清酒が“善哉”や“女鳥羽の泉”です。わき水の『女鳥羽の泉』は、地下30mの地層からくみ上げていて、お酒造りによく合う軟水なんすいなんですね。それは、硬度でいうと、35くらいなんです。それから、一年間を通して、温度が15℃くらいで、ずっと一定なので、お酒を造りやすいんですね」

わたしたちは、「筑摩の泉」もお酒造りにぴったり合うんじゃないかなと思いました。



〈善哉酒造を訪ねて〉