

研究結果報告書

平成21年1月4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 温暖化でコーヒーの味が変わる？！

— 私たちの湧水「筑摩の泉」の継続調査より —

注)この研究対象の湧水は、学校の敷地内にこんこんと湧き出ている湧水です。

2 研究グループ名 5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

◇ 子どもの願い

私たちの筑摩小学校がある松本市の東部には緩やかな扇状地があり、美ヶ原高原からの伏流水が流れ込んでいます。そして、市街地には多くの湧水地が点在し、「松本湧水群」と呼ばれています。私たちの小学校の敷地内にも、「筑摩の泉」がこんこんと湧き出しています。昨年度は、その湧水に目を向けて、水質を中心に調査を重ねて、「筑摩の泉」の特徴を究明してきました。そして、「松本湧水群」と「筑摩の泉」との関係に迫ることができました。その研究成果が学校科学大賞にて評価されてからは、色々な所で「筑摩の泉」の語られ、職員室では「筑摩の泉」で入れるコーヒーについて話題が持ち上がったそうです。



その中で、「最近、『筑摩の泉』で入れるコーヒーの味が少し変わってきたような感じがするけど、気のせいだろうか…」と語ったA先生の感想に、私たちは着目しました。そして、「筑摩の泉」に何らかの変化が起きているのかどうか不思議に思い、みんなで考え合ってみました。

〈こんこんと湧き出ている「筑摩の泉」〉

【みんなの語り合いの様子】

- A 君 もしコーヒーの味が変わってきているとすれば、「筑摩の泉」の水質が変わってきているということじゃないかな。
- Bさん 私も、湧水の硬度が変わってきたからだと思う。それから、水温が違えば、飲んだ時に感じる味が違うから、水温も原因かもしれない。
- Cさん 硬度とか水温とかが変わると、コーヒーの味が本当に変わるのかどうか調べてみないと分からないから、硬度の違う天然水を用意して、温度も調節して、コーヒーとか紅茶とかを入れて、味を比べてみた方がいいと思う。
- D 君 これまで調査してきた（昨年度の）水質や水温のデータと比べてみれば何か分かると思う。
- E 君 もし湧水の味が本当に変わっているとしたら、温暖化のようなこと(?)が影響があるんじゃないかって思う。今年は、雪が全然降らなかったし、雨も少なかった気がするし、それって、温暖化か何かの原因なのかなって…。雪とか雨とかは伏流水のもとになるから、何か関係があるかもしれないでしょ。
- みんな あー、なるほど。その仮説いいねえ。

そして、私たちは、近年話題になっている飯田市南信濃の観音霊水（環境省が選定した名水百選の一つ）に起きている驚くべき現象に出合っていました。それは、硬度が「178.0mg/l → 225.5mg/l」と、一年間に47.5mg/lも数値が高くなったという事実です。私たちは、「筑摩の泉にも同様な変化が起きているんじゃないか」という予想を強くするとともに、「中信地域と南信地域という広範囲にわたって同じ現象が起きているとしたら、それはやっぱり温暖化のようなこと(?)が原因なのかもしれない」という仮説を持っていきました。

その中で、どうしても解決したい疑問を次の3つに絞り込みました。

【私たちの疑問】

〈疑問①〉昨年度と比べて、「筑摩の泉」は水質や温度が変化しているのか。

〈疑問②〉変化が起きているとしたら、その原因は何か。

〈疑問③〉コーヒー（お茶、紅茶）は水質や温度の違いによって味が変わるのか。

〈疑問①〉については、昨年度、継続調査をしてきたデータと比較検討しながら、「筑摩の泉」に起きているかもしれない変化を検証していくことにしました。特に、私たちは、味と密接に関わってくる要素として、「硬度」（ミネラル濃度）と「温度」に注目してみることにしました。さらに、昨年度の研究結果から、「筑摩の泉」と地下でつながっていると推察される「女鳥羽の泉」についても、同様に調査してみることにしました。

〈疑問②〉については、「もしかしたら温暖化のようなこと(?)が関係しているのかもしれない」というK君の提案をもとに、過去2年間の降水量（含積雪量）の様子に目を向けながら、変化に関わる要因に迫りたいと考えました。また、松本平の地下に存在する「大ろ過装置」のモデル実験に取り組み、ミネラルを溶かし込みながら地下に溜まっていく伏流水の生成過程を再現してみることを通して、「筑摩の泉」に起きているかもしれない変化のシナリオをまとめていくことにしました。

〈疑問③〉については、「筑摩の泉」の水質（主に硬度）や温度に少しでも変化が見られた場合には、水質や温度の違いが味覚にどう影響を与えるのか、いくつかの溶質（コーヒー、お茶、紅茶の粉末）を用いて、条件統一をしながら実験を繰り返す中で、比較検討していくことにしました。

以上のことから、私たちは、今年度の研究テーマを「温暖化のようなこと(?)が原因で、コーヒーの味が変わるのか」に据えて、自分たちの疑問を解決することを通して、真相に迫っていきたいと考えました。

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）

【昨年度と今年度の各月ごとの平均温度（水温）を比較してみると…】

〈追究の様子〉



【毎日測定し続けてきている湧水の温度グラフ】

	2008年 (昨年)	2009年 (今年)	増減
4月	12.6℃	13.3	1.7
5月	12.8℃	13.9℃	1.1
6月	12.9℃	14.3℃	1.4
7月	13.9℃	14.5℃	0.6
8月	14.5	14.9	0.4
9月	14.1	14.7℃	0.6

【みんなで算出した平均水温】

〈結果〉

— 「筑摩の泉」の月別平均水温の比較 —

	昨年度	今年度	増減
4月	12.6℃	13.3℃	+1.3
5月	12.8℃	13.9℃	+1.1
6月	12.9℃	14.3℃	+1.4

	昨年度	今年度	増減
7月	13.9℃	14.5℃	+0.6
8月	14.5℃	14.9℃	+0.4
9月	14.1℃	14.7℃	+0.6

〈考察〉

- ・昨年度（平成20年度）と今年度（平成21年度）の4～9月の6ヶ月間における月毎の平均水温を比べてみると、どの月においても、昨年度よりも今年度の方が平均水温が上回っていることが分かりました。私たちは、一年間を通して、ほとんど水温の変化が見られないと思っていた湧水に、このような変化が起きていたことを知って、とても驚きました。
- ・特に、6月は、その差が1.4℃にもなっており、私たちは、そこに着目しました。そして、その原因について、「今年度は昨年度よりも晴天が続き、梅雨も極端に短かったからではないか」と考えました。これまで継続的に調べてきた温度測定や天候観察の結果から、雨が降ると、気温や地温が低くなること（右のグラフ参照）が明らかになってきていたので、長雨が続き梅雨の時期が短いと、その分、気温や地温が上がって、湧水もその影響を受けて、水温が高くなるのではないかと思ったからです。 **〈大雨の日に気温が低い様子〉**



◎これらのことから、私たちは次のように推論してみました。

〔推論①〕

昨年度に比べて、今年度の「筑摩の泉」の平均水温が高くなっているのは、降水量の変化と関係しているのではないだろうか。そして、それは、もしかしたら広域的に影響を及ぼすような何らかの原因（例えば温暖化？）の影響を受けているのかもしれない。

さらに、私たちは、〔推論①〕をもとに、松本市の月別降水量と月別積雪量について、昨年度の様子と今年度の様子を比べてみることにしました。

【昨年度と今年度の各別降水量と月別積雪量（松本市）を比較してみると…】

〈追究の様子〉

・松本市の月別降水量と月別積雪量のデータは、気象庁のホームページ（過去の気象データ検索）より引用しました。

〈結果〉

— 松本市の月別降水量（1～8月）の比較 —

	昨年度	今年度	増減
1月	28.0 mm	52.0 mm	+24.0
2月	33.0 mm	54.5 mm	+21.5
3月	55.5 mm	85.5 mm	+30.0
4月	109.5 mm	86.0 mm	-86.5
5月	156.0 mm	82.0 mm	-74.0
6月	160.0 mm	105.5 mm	-54.5
7月	129.5 mm	186.5 mm	+57.0
8月	141.5 mm	98.0 mm	-43.5
平均	101.6 mm	93.8 mm	-7.8

- ・昨年度（1～8月）の平均降水量 $813 \div 8 \text{ヶ月} = 101.6 \text{ mm}$
- ・今年度（1～8月）の平均降水量 $750 \div 8 \text{ヶ月} = 93.8 \text{ mm}$
- ・昨年度と今年度の差違 $101.6 - 93.8 = 7.8 \text{ mm}$

— 松本市の月別積雪量（1～3月）の比較 —

	昨年度	今年度	増減
1月	29.0 cm	19.0 cm	-10.0
2月	43.0 cm	6.0 cm	-37.0
3月	2.0 cm	9.0 cm	+7.0
平均	24.7 cm	11.3 cm	-13.4

- ・昨年度（1～3月）の平均降水量 $74.0 \div 3 \text{ヶ月} = 24.7 \text{ cm}$
- ・今年度（1～3月）の平均降水量 $34.0 \div 3 \text{ヶ月} = 11.3 \text{ cm}$
- ・昨年度と今年度の差違 $24.7 - 11.3 = 13.4 \text{ cm}$

〈考察〉

- ・昨年度と今年度の月平均降水量を比べると、私たちの予想通り、昨年度よりも今年度の方が **7.8 mm** 少なくなっていることが分かりました。さらに、月平均積雪量を比べると、やはり昨年度よりも今年度の方が **13.4 cm** 少なくなっていることが分かりました。
- ・「筑摩の泉」は、美ヶ原高原の雪解け水や雨水が地下にしみ込んで、自然のろ過装置を

通って、「伏流水」として筑摩の地まで流れ着いた地下水であることから、昨年度よりも降水量や積雪量が少なくなっている今年度においては、伏流水そのものの水量が減少していることが推察できます。



〈残雪が見られない春の美ヶ原〉

◎これらの事から、私たちは、さらに推論を深めてみました。
(推論①→推論②)

[推論②]

今年度は、昨年度に比べて、晴天が多く、降水量や積雪量が少なかったことから、伏流水そのものの量が減少したり、地下水の平均水温が上昇したりしてしまったのではないだろうか。

つづいて、私たちは、湧水の味（甘味や苦味）に直接関係している硬度（ミネラル濃度）について調べてみることにしました。そこで、昨年度の10月時点での硬度と、今年度の10月の硬度とを比べてみることにしました。

【昨年度と今年度の10月時の硬度を比較してみると…】

〈追究の様子〉



〈ほらっ、見て!! 硬度40mg/lだよ。去年より高くなってるよ〉

- ・パックテスト（全硬度）による硬度測定をしました。
(より正確な結果を見出すために3回測定し、その平均値を出しました)

〈結果〉

— 昨年度と今年度の「筑摩の泉」における硬度結果と味の比較 —

	昨年度	今年度
硬度 (mg/l)	35 mg/l	40 mg/l
味 (感想)	<ul style="list-style-type: none"> ・甘くておいしい。 ・のどをすうっと通っていく感じがする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ちょっと苦くなったような感じがする。 ・のどに残る感じがする。

〈考察〉

- ・硬度は、昨年度よりも今年度の方が、**5 mg/l**高くなっていることが分かりました。
- ・**5 mg/l**は、わずかな変化のように思われますが、飲み味わってみると、昨年度に比べてやや苦みがあって、それがのどの奥に残るような感じがしました。このことから「筑摩の泉」の味が変化している（苦味が増している）ことが明らかになりました。
- ・一年間で**5 mg/l**の変化が見られたということは、何らかの要因（私たちの仮説では温暖化に伴う水温アップと降水量ダウン）がこのまま影響し続けられれば、さらに硬度の変化が進んでいくことが予想されます。

◎これらのことから、私たちは次のように推論してみました。

[推論③]

何らかの要因（温暖化？）が進むと、それに伴い、降水量や積雪量が少なくなり、伏流水の量が減少したり、地下水の平均水温が上昇したりするとともに、ミネラル濃度が高まって、地下水の硬度が高くなる。だから、「筑摩の泉」が苦くなるのではないだろうか。

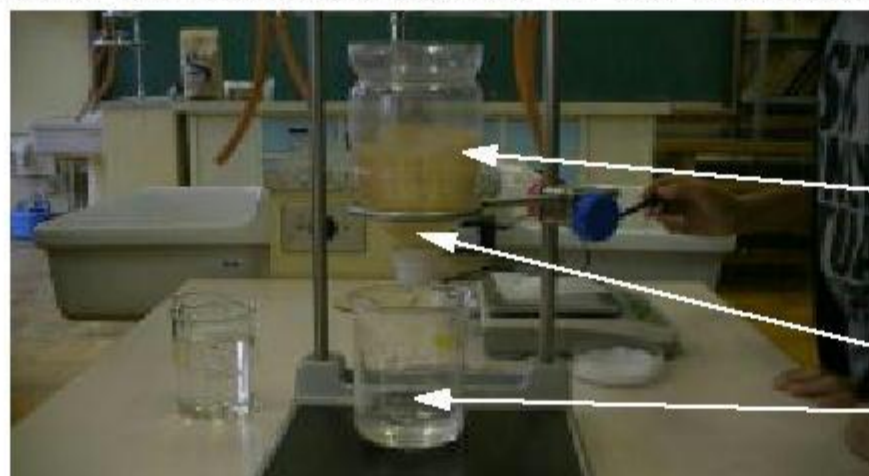
そこで、私たちは、降水量や積雪量が少なくなると、伏流水が減少すると、ミネラル濃度が増加して、硬度が大きくなるのかどうか、その因果関係を明らかにするために、再現実験を試みることにしました。

【食塩やさとうをミネラルに見立てて、雨を降らせて、自然の様子を再現してみると…】

◇再現実験①より

〈追究の様子〉

○ミネラル (Mg と Ca) に見立てた食塩をコーヒーフィルターに入れて、上から雨 (ビーカーに入れた水) を降らせて、ろ過されてたまった水にどれくらいの食塩がとけ込んでいるかどうかを調べます。降水 (積雪) 量が多い場合と少ない場合とでは、結果にどのような差が出るのか実験してみます。条件設定は次に示した通りです。



〈再現実験装置の様子〉

- ・降水 (積雪) 量…ビーカーの水
 [降水 (積雪) 量多] → 200 ml
 [降水 (積雪) 量少] → 100 ml
- ・自然の大ろ過装置…ペットボトル内に装着したコーヒーフィルター
- ・地中のミネラル…食塩 50 g
- ・地下水…ビーカーにたまるろ過水

〈結果〉

— 降水 (積雪) 量が多い場合と少ない場合における「ろ過した水」の味の比較 —

※すべてろ過し終わったところで、両方の味を比べてみました。

	降水量が多い場合 (200ml)	降水量が少ない場合 (100ml)
ろ過した水の味	・しょっぱかったけど、100mlのときと比べてみると、まだがまんできるくらいだった。	・すごくしょっぱかった。 ・食塩を思いっきり食べている感じがした。



〈再現実験をしている様子〉



〈ろ過した水の味を比べている様子〉

〈考察〉

・降水 (積雪) 量が多い状況を見立てた 200 ml の時よりも、降水量が少ない状況を見立てた 100 ml の時のろ過水の方が、食塩濃度が高かったことから、降水 (積雪) 量が少ないと、地下にしみ込む伏流水の水量が減少し、一定量の水にとけ込むミネラル濃度が相対的に高くなることが分かりました。つまり、その年の降水 (積雪) 量が少ないと、伏流水にとけ込んでいるミネラル濃度が高くなって、硬度が大きくなるということが考えられそうです。

○しかし、次のような課題が出てきました。

〔課題〕

食塩を用いて再現した実験だから、このような結果になったのかもしれない。もし、さとうをミネラルに見立てたらどうなるのだろう。それでも、食塩と同様な結果になったら、有意な実験結果として考えられるのではないか。

そこで、さとうをミネラルに見立てた再現実験にも取り組んでみることにしました。

◇再現実験②より

〈追究の様子〉

○ミネラル (Mg と Ca) に見立てたさとうを用いて、降水 (積雪) 量が多い場合と少ない場合とでは、結果にどのような差が出るのか調べます。条件設定は食塩の時と同様です。

〈結果〉

— 降水 (積雪) 量が多い場合と少ない場合における「ろ過した水」の味の比較 —

※すべてろ過し終わったところで、両方の味を比べてみました。

	降水量が多い場合 (200ml)	降水量が少ない場合 (100ml)
ろ過した水の味	・ほとんど無味だったけど、後から少しだけ甘い味がしました。	・200mlと比べて、最初から甘い感じがしました。

〈考察〉

・降水（積雪）量が多い状況（200ml）よりも、少ない状況（100ml）でのろ過水の方が、さとうの味が濃かったことから、やはり、降水（積雪）量が少ないと、地下にしみ込む伏流水が減少し、一定量の水にとけ込むミネラル濃度が相対的に高くなって、硬度が高くなるということが明らかになりました。



〈ろ過した水の味を比べている様子〉

◎けれども、また新たな課題が出てきました。

〔課題〕

美ヶ原から松本に至るまでの地下に広がる「自然の大ろ過装置」では、MgやCaなどのミネラルは地層や鉱脈の中に含まれている。でも、私たちが取り組んだ実験では、さとうをそのままろ過してしまったので、その結果には、自然の再現性があまり認められないといえる。だから、今度は土や砂の中にさとうを混ぜることで、さらに「自然の大ろ過装置」に近い条件で、降水（積雪）量の変化に伴うろ過実験をしてみるといいのではないだろうか。

そこで、ミネラルに見立てたさとうを土砂の中に混ぜ込んで、地下内部の状態により近づけた再現実験にも取り組んでみることにしました。

◇再現実験◎より

〈追究の様子〉

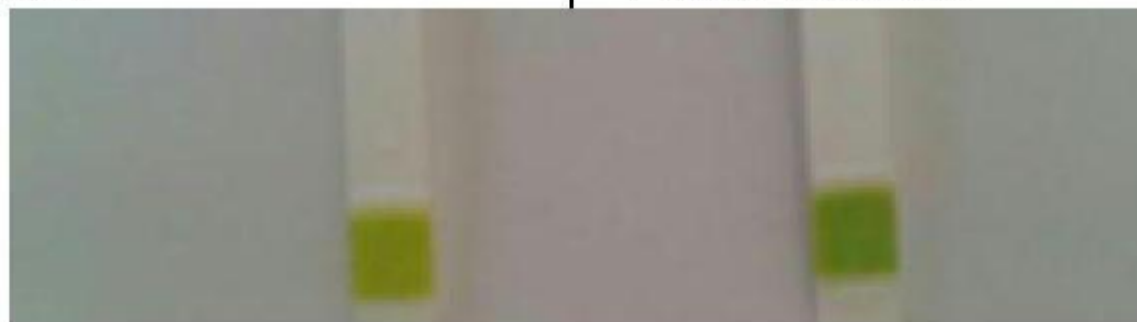
- ミネラル（MgとCa）に見立てたさとうを土砂に混ぜて、コーヒーフィルターに入れ、降水（積雪）量が多い場合と少ない場合とでは、ろ過の様子にどのような差が出るのか調べます。条件設定は今までの実験と同様です。
- 土砂の汚れがろ過した水に出てしまうことから、さとうの濃度は、糖度検出紙で検査する事にしました。糖度検出紙は、緑色が濃くなればなるほど、糖度が高いことを示します。

〈結果〉

— 降水（積雪）量が多い場合と少ない場合における「ろ過した水」の味の比較 —

※すべてろ過し終わったところで、糖度検出紙の反応を比べてみました。

	降水量が多い場合 (200ml)	降水量が少ない場合 (100ml)
ろ過した水の糖度反応の様子	・糖度検出紙は、うすい緑色に変色しました。	・糖度検出紙は、200mlよりも濃い緑色に変色しました。



〈糖度検出紙の反応の様子〉

〈考察〉

・降水（積雪）量が多い状況（200ml）よりも、少ない状況（100ml）でのろ過水の方が、糖度反応が濃かったことから、降水（積雪）量が少ないと、地下にしみ込む伏流水が減少し、一定量の水にとけ込むミネラル濃度が相対的に高くなって、硬度数値も高くなるということを検証することができました。



〈糖度検出紙を利用してろ過水の糖度を比べている様子〉

◎今までのことから、私たちは次のように結論づけてみました。

【これまでの結論】

(地球温暖化と気象変化の相関関係については、自分たちでの検証が困難なので、温暖化を原因として断定することはできないが) 温暖化のようなことが原因で、美ヶ原高原近辺の降水量や積雪量が少なくなり、伏流水の量が減少したり、平均水温が上昇したりしているのかもしれない。また、伏流水の減少は、地下水の硬度(ミネラル濃度)を高めることになり、やがて湧水として噴出している「筑摩の泉」の味に影響を与えることが明らかになってきた。今、「筑摩の泉」にやや苦みを感じるのはそのためであると考えられる。

さらに、私たちは、「筑摩の泉」に起きている変化が、決して局地的な現象ではなく、広域的に影響を及ぼすような何らかの原因(例えば温暖化?)によって生じているという「私たちの仮説」に少しでも迫るために、松本湧水群を代表する「源智の井戸」と「女鳥羽の泉」についても、硬度調査と水温調査を試みることにしました。

【「源智の井戸」と「女鳥羽の泉」の硬度と水温を調査してみると…】



〈追究の様子〉

○「源智の井戸」と「女鳥羽の泉」において、硬度と水温を測定し、昨年度の数値結果と比べてみる。より確かな数値を得るために、それぞれ3回測定し、平均値を求める。

〈結果〉

— 降水(積雪)量が多い場合と少ない場合における「ろ過した水」の味の比較 —

※すべてろ過し終わったところで、糖度検出紙の反応を比べてみました。

	源智の井戸	女鳥羽の泉
硬度	50 mg/l(昨年度)→ 60 mg/l(今年度) ※10 mg/lの上昇	35 mg/l(昨年度)→ 40 mg/l(今年度) ※5 mg/lの上昇
水温	16.7℃(昨年度)→ 17.7℃(今年度) ※1℃の上昇	15.0℃(昨年度)→ 17.0℃(今年度) ※2℃の上昇
調査の様子	 〈源智の井戸・・・60mg/l〉	 〈女鳥羽の泉・・・40mg/l〉

〈考察〉

・昨年度と今年度の硬度を比べてみると、「源智の井戸」では10 mg/l、「女鳥羽の泉」では5 mg/l、数値が高くなっていることが確認できました。さらに、昨年度と今年度の水温を比べてみると、「源智の井戸」では1℃、「女鳥羽の泉」では2℃も上がっていることが分かりました。これらのことから、湧水における硬度と水温の変化は、決して「筑摩の泉」だけに起きているのではなく、「源智の井戸」や「女鳥羽の泉」を含め、松本湧水群全体に起きているのかもしれないと、私たちは考えました。

・「女鳥羽の泉」での硬度変化(5 mg/l)の様子が、「筑摩の泉」と似ていることから、昨年度の研究で導き出した「『筑摩の泉』と『女鳥羽の泉』は、地下の水脈がつながっている」という仮説をより確かにすることができました。

◎今までのことから、私たちは次のようにまとめてみました。

【これまでの結論と課題】

「筑摩の泉」に限らず、少し離れた松本湧水群にも、硬度変化や水温変化が見られるということは、やはり、広域的に影響を及ぼすような何らかの原因(温暖化のようなこと?)に伴う気象変化が大きく関係していると考えられる。今後、硬度や水温の変化がコーヒー(お茶、紅茶)の味にどう作用するのか調べていくことで、私たちの仮説をさらに検証していくことができそうだ。

これまでに、硬度や水温の変化は、「筑摩の泉」だけでなく、他の湧水(源智の井戸、女鳥羽の泉)にも起きているということが明らかになりました。そこで、私たちは、硬度変化や水温変化がコーヒー(お茶、紅茶)の味に、どのような影響を及ぼすのか調べてみることにしま

した。そして、その背景について考えてみたいと思いました。

【硬度や温度の違いによる味の変化を調べてみると…】 ※コーヒー、お茶、紅茶を用いて
 ◇硬度の違いによる実験

〈追究の様子〉

○4種類の硬度の水（50 mg/l, 200 mg/l, 800 mg/l, 1468 mg/l）を用いて、
 コーヒー、お茶、紅茶のそれぞれを入れて、飲み比べてみることで、硬度の違いにより味
 が変化するのかどうか調べます。

— 条件統一 —

- 4種類の硬度の水は、蒸留水に市販のコントロールックス（硬度1468 mg/l）を加えて、ミネラル濃度を調整して作る。
- 温度（水温）は、どれも80℃にする。
- コーヒーの粉末は7gずつ、お茶と紅茶の葉は5gずつ、ペーパーフィルターに入れて、ペットボトルのろ過装置にセットし、お湯（200ml）を入れてこします（ろ過します）。



【右の写真を参照】

- それぞれをこした後は、温度変化を最小限に抑え（コーヒーなどをろ過して入れる実験）
 するために、発泡スチロールに入れて、保温しながら実験を進めます。

〈結果〉

— 4種類の硬度の水で「ろ過して入れたコーヒー・お茶・紅茶」の様子 —

		4種類の硬度 (味の濃さ: ■ 色の濃さ: ●)			
		50 mg/l	200 mg/l	800 mg/l	1468 mg/l
コ ー ヒ ー	味	■ 少しうすい感じ ※硬度が高くなるにつれて、味に苦みやドロツとした感じが増していった。	■■■■ ちょうどいい感じ	■■■■■■ ドロツとした感じ	■■■■■■■■■■ まずくて舌に合わない
	色	● 200 mg/l 50 mg/l	●● 200 mg/l	●●●● 800 mg/l	●●●●●●●● 1468 mg/l
		〈硬度が高くなるにつれて、色がだんだん濃くなっていく様子〉			
お 茶	味	■ 後味が苦なくて とってもおいしい	■■■■ 後味に少し苦みを 感じる	■■■■■■ 後味がすごく濃い 感じ	■■■■■■■■ 飲んだ瞬間から濃 い感じ
	色	●●●●●●●●	●●●●	●●	●
		〈硬度が高くなるにつれて、色がだんだんうすくなっていく様子〉			
		硬度 [低い] → [高い]			

	味	■ 甘みを感じるけど うす味	■■ ちょうどいい感じ おいしい	■■■■ 少しだけ苦みを感じ じる	■■■■■ 口全体に苦みが広 がる感じ
		※硬度が高くなるにつれて、紅茶の苦みが増していった。			
紅 茶	色	●●●●●●●	●●●●●●	●●●●	●
		〈硬度が高くなるにつれて、色がだんだんうすくなっていく様子〉			
					
		硬度 [低い] → [高い]			

〈考察〉

- ・コーヒーは、硬度が高くなるにつれて、味も色も濃くなるのが分かりました。これは、ミネラル成分が多くなればなるほど、コーヒー成分に何らかの影響が出るからじゃないかなと考えられます。
 - ・お茶とコーヒーは、硬度が高くなるにつれて、苦みや渋みが増していきましたが、反対に色はだんだんうすくなっていくことが分かりました。これは、ミネラル成分とお茶の成分とが何らかの反応を起こしているせいではないかと考えています。
 - ・いずれにせよ、硬度が変化するにつれて、コーヒーやお茶、紅茶の味も色も変わっていくことが明らかになりました。
- ◎今までのことから、私たちは次のように整理してみました。



〈4種類を飲み比べる様子〉

〔これまでの結論〕

「湧水の硬度が変化すると、コーヒーやお茶、紅茶の味も変わる。また、硬度変化によって、コーヒーやお茶、紅茶の色にも変化があらわれる」という事実が明らかになった。

◇水温の違いによる実験

〈追究の様子〉

○私たちは、コーヒー、お茶、紅茶の中で、自分たちにとって一番身近で、味の違いが分かりやすいお茶について調べてみることにしました。

水は、10℃、40℃、80℃に設定した「筑摩の泉」（200mlずつ）を用いて、今までの実験同様にペットボトルのろ過装置でお茶を入れます。（お茶の葉は10gずつにして条件統一しました）

そして、みんなで飲み比べてみました。



〈お茶を飲み比べる様子〉

〈結果〉

— 10℃、40℃、80℃の温度の水で「ろ過して入れたお茶」の様子 —

	温 度 (味の濃さ：■ 色の濃さ：●)			
	10℃	40℃	80℃	
味	■ うすい感じ	■■■■ ちょうどいい	■■■■■ 少し渋い感じ	
	温度が高くなるにつれてだんだん濃くなった。			
色	●	●●●●	●●●●●●	温度 [低い] → [高い]
	温度が高くなるにつれてだんだん濃くなった。			

〈考察〉

- ・温度が変化するにつれて、お茶の味も色も変わっていくことが明らかになりました。それは、コーヒーや紅茶の場合も同じなのではないでしょうか。
- ◎今まで検証してきたことを全て総括して、私たちは次のように結論づけってみました。

〔これまでの結論〕

広域的に影響を及ぼすような何らかの原因（例えば温暖化のようなこと？）は、気象変化、降水量や積雪量の減少という異常気象を引き起こし、「筑摩の泉」をはじめ広範囲に及ぶ湧水に「水温と硬度の上昇」という影響を及ぼしている。それに伴い、湧水を利用して入れる飲み物（コーヒー、お茶、紅茶など）の味や色に変化があらわれてきている。

6 研究のまとめと今後の課題

私たちは、これまでの調査や実験結果から、「最近、『筑摩の泉』で入れているコーヒーの味が少し変わってきたような感じがするけど、気のせいだろうか…」と語ったA先生の感想を検証することができました。「筑摩の泉」で入れているコーヒーの味に変化が感じられた背景には、次のようなシナリオがあるのではないかと思いついてみました。

〔私たちが推測する温暖化と湧水との関係〕 — 「筑摩の泉」の変化のメカニズム —

近年、世界各地において、様々な異常気象が起きています。その異常気象を引き起こしている原因（例えば温暖化のようなこと？）が、私たちの松本にも少しずつ押し寄せてきていることを、今、「筑摩の泉」は教えてくれているのです。

美ヶ原高原に降水や積雪があると、それらは地下にしみ込んで、自然の大ろ過装置を通りながら、地下へ地下へと進んでいきます。その過程で、地層や岩石の中に含まれるミネラルを取り込みながら、伏流水となって流れていきます。伏流水は、松本平に注ぎ込み、やがて湧水となって、私たちの前に姿をあらわすのです。それが「筑摩の泉」です。

今年は、何らかの原因で、1～3月の積雪がほとんどありませんでした。4月以降も雨の日が少なく、晴天が続きました。梅雨の時期もたいへん短く、あっという間に終わってしまいました。そのため、降水量や積雪量が例年よりも少なく、美ヶ原高原から地下にしみ込んでいく水資源が減少してしまったことは言うまでもありません。それは、伏流水の減少を意味します。溶媒としての伏流水が減少すると、相対的に一定量当たりのミネラル濃度を高めることになるので、地下水の硬度が高くなるのです。

「筑摩の泉」は5 mg/lの変化が見られました。飲んでみると、昨年と比べ、のどの奥にやや苦みを感じるようになってしまいました。また、気象の変化によって、「筑摩の泉」の平均水温も上がってしまいました。



〈私たちが思い描く「筑摩の泉」の仕組み〉

このような「硬度と水温の上昇」は、湧水を利用して入れる飲み物（コーヒー、お茶、紅茶など）に作用し、今のところわずかですが、その味や色を変化させてしまっています。

異常気象を引き起こす原因（例えば温暖化のようなこと）が波及すると…

- ①降水（積雪）量が減少する。
- ②少量になった水が地下にしみ込む。
- ③大ろ過装置を経て、ミネラルを取り込む。
- ④地下水は減少して、ミネラル濃度が高まる。
- ⑤硬度が高くなった伏流水が、湧水として噴出する。
- ⑥湧水を使って入れたコーヒー（お茶、紅茶）の味や色が変わる。



←「筑摩の泉」で入れた
コーヒー

7 その他

この研究に際して、善哉酒造さんはじめ、地域の方々にたいへんお世話になりました。

善哉酒造を訪ねて

「女鳥羽の泉」のとなりにあって、その湧水を使って、『善哉』や『女鳥羽の泉』などの有名な地酒を醸造している善哉酒造さんを訪ねてみました。

私たちは、「湧水の硬度や温度が変わってきていることで、お酒の味にも影響が出ているのではないか」という疑問をもったので、善哉酒造の社長さんに聞いてみることにしました。すると、社長さんは、次のように話して下さいました。



〈善哉酒造の社長さんと対話する様子〉

うちのお酒は、「女鳥羽の泉」という名水を使って、冷たい蔵の中で、お酒を醸造しているんですね。だから、湧水の水温が高くなったとしても、そんなに影響はないと思います。それから、硬度のことなんだけど、『女鳥羽の泉』の湧水は、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ですね。それは、硬度でいうと、35くらいなんです。それが変わってしまうと、お酒の味にも影響してくると思いますが、お酒造りでは、作り方とか、その年に収穫したお米の出来栄えがどうだったかとかいうことの方が、味とか質とかに大きく影響するんですね。今のところ、味は変わっていないので、みんなが言うようなことはあまり心配ないと思いますけど…。

私たちは、社長さんのお話を聞いて、ほっとした気持ちになりました。でも、これからも気象がおかしくなって、さらに、湧水の硬度や温度が変わってしまうと、お酒の味にも影響があるかもしれないと思ったので、そのことを社長さんに説明しました。社長さんは、「分かりました」と聞いてくれました。

【S君の日記より】

今日、松本湧水群の水質調査で、「硬度や水温が変わってきているかどうか」を調べました。「源智の井戸」と「女鳥羽の泉」について調べました。すると、硬度も水温も上がっていました。お酒屋さんで聞くと、「お酒の味には、まだ影響は出ていないよ」と言っていたけど、ぼくは、「気象をおかしくするような原因（例えば温暖化のようなこと？）が、これからは続いていくとすると、お酒の味も変わってくるはずだから心配だな」と思いました。今日は、今までの自分たちの仮説について振り返ることができてよかったです。

【T君の日記より】

今日、松本湧水群の調査で、「源智の井戸」と「女鳥羽の泉」に行きました。両方とも、硬度と温度が上がっていたから、「何か（温暖化のようなこと？）が原因で、雨とか雪とかが少ないと、硬度や温度が高くなっている」というぼくたちの仮説は、やっぱり確かなんじゃないかなと思いました。そこで、「女鳥羽の泉」を使ってお酒を造っている善哉酒造の社長さんに、「お酒の味は大丈夫かどうか」聞いてみました。すると、「まだお酒の味は大丈夫だよ」ということだったので、少し安心しました。でも、ぼくは、「今、何とかしないと、10年後とか20年後には湧水の味がすっかり変わってしまって、飲めなくなってしまうかもしれない」と心配だったので、「少しでもお酒の味が変わってきたら、すぐに教えて下さい」とお願いしてきました。これからは、自分たちに何ができそうか考え合っていきたいです。