

研究結果報告書

平成22年12月16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 湧水で地震予知？！

— 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 6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

これまでの3年間にわたる継続調査の中で、子どもたちは、ずっと疑問にしたままで全く触れずにいたことがありました。研究—その2—では、それについて追究してみたいと考えました。それは、年間を通して「筑摩の泉」の温度の様子をたどってみると、季節的気候的変化(寒暖の変化)による影響はあまり受けずに、水温は一定(13~15℃)に保たれているのですが、年に何日か“不可思議な水温変化”が見られるということです。「どうしてそこだけ水温が変化しているのか」—以前からずっと気になっていたことでした。



〈毎朝8時に行われる温度調査の様子〉

そこで、子どもたちは“不可思議な水温変化”が見られた問題の日の周辺に、どんなことがあったのか調べてみました。すると、何と偶然にも子どもたちの松本平に有感地震が起きていたことが分かってきたのです。さっそく、みんなて話し合ってみると、「地震によって、湧水の温度が変化するんじゃないか」、「もしかしたら湧水と地震で深い関係があるのかもしれない」という大きな仮説が生まれてきました。そして、子どもたちはその仮説に迫るために追究していきたいことを出し合いました。

※ “不可思議な水温変化”が見られた問題の日(全10日)

- ① H20.6.14 ② H20.7.20 ③ H20.10.3 ④ H21.2.19 ⑤ H21.8.10 ⑥ H21.8.11
⑦ H21.10.7 ⑧ H21.10.25 ⑨ H21.12.13 ⑩ H22.2.3

【追究していきたいこと】

〈追究1〉不可思議な水温変化が見られた日(①~⑩)の水温の様子には、どのような特徴があるのだろうか。

〈追究2〉湧水の水温変化と地震との関係はどうなっているのだろうか。

〈追究3〉今後、地震が起きた時に、湧水にどのような変化が見られるだろうか。

〈追究1〉については、これまでの水温データを見返して、①~⑩のグラフを比較検討しながら、水温変化の特徴をつかんでいきたいと思っています。

〈追究2〉については、気象庁より過去の地震データを集積し、①～⑩との関連について考察したいです。また、実際にフィールド調査（松本の地層見学）を行ったり、学校建設の際のボーリング資料を観察したりするなど、地下の情報を収集し、それらの情報もとにしながら、松本平の地下の様子を水そう内に再現していきたいです。そして、自作の「地震発生装置」を用いて、繰り返し地震実験（高精度標準温度計による温度変化の計測）を行なってみることを通して、松本平の地下内部で起きるメカニズム（地震による地下水の状態変化）について明らかにしていきたいと思っています。



〈使用する高精度標準温度計〉

〈追究3〉については、「もしかしたら湧水と地震は深い関係があるのかもしれない」という仮説をもとに、「筑摩の泉」の水温の様子を継続測定していくことで、湧水と地震との関係に、より科学的に迫ってきたいと思います。

以上のことから、子どもたちは、研究課題を「地震発生が発生すると、湧水にどのような影響が見られるのか？」に据え、実験や観察を繰り返して行うことを通して、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）

【不可思議な水温変化が見られた日（①～⑩）の水温の様子を比べてみると…】

①H20.6.14

不可思議な日の周辺	H20.6.11	H20.6.12	H20.6.13	H20.6.14	H20.6.15	H20.6.16
「筑摩の泉」の温度（℃）	12.9	12.9	12.9	14.1	13.0	12.9

②H20.7.20

不可思議な日の周辺	H20.7.17	H20.7.18	H20.7.19	H20.7.20	H20.7.21	H20.7.22
「筑摩の泉」の温度（℃）	13.8	13.9	13.9	14.9	14.0	14.0

③H20.10.3

不可思議な日の周辺	H20.9.30	H20.10.1	H20.10.2	H20.10.3	H20.10.4	H20.10.5
「筑摩の泉」の温度（℃）	13.7	13.7	13.7	14.5	13.8	13.7

④H21.2.19

不可思議な日の周辺	H21.2.16	H21.2.17	H21.2.18	H21.2.19	H21.2.20	H21.2.21
「筑摩の泉」の温度（℃）	12.4	12.5	12.4	13.5	12.5	12.4

⑤H21.8.10／⑥H21.8.11

不可思議な日の周辺	H21.8.7	H21.8.8	H21.8.9	H21.8.10	H21.8.11	H21.8.12
「筑摩の泉」の温度（℃）	14.8	14.8	14.9	16.1	16.0	14.9

⑦H21.10.7

不可思議な日の周辺	H21.10.4	H21.10.5	H21.10.6	H21.10.7	H21.10.8	H21.10.9
「筑摩の泉」の温度（℃）	14.6	14.5	14.5	15.8	14.5	14.6

⑧H21.10.25

不可思議な日の周辺	H21.10.22	H21.10.23	H21.10.24	H21.10.25	H21.10.26	H21.10.27
「筑摩の泉」の温度（℃）	14.5	14.4	14.5	15.8	14.5	14.4

⑨H21.12.13

不可思議な日の周辺	H21.12.10	H21.12.11	H21.12.12	H21.12.13	H21.12.14	H21.12.15
「筑摩の泉」の温度（℃）	13.5	13.4	13.5	14.7	13.6	13.5

⑩H22.2.3

不可思議な日の周辺	H22.1.31	H22.2.1	H22.2.2	H22.2.3	H22.2.4	H22.2.5
「筑摩の泉」の温度（℃）	13.0	13.0	13.0	14.2	13.1	13.0

〈考察〉

• これまでの湧水調査の中で、不可思議な水温変化が見られた日（①～⑩）前後の水温の様子を比較してみると、それまで一定だった水温が急激に0.8～1.3℃の範囲で上昇していることが分かります。そして、再び変化前の水温に戻っています。これまでの調査活動から、湧水の水温は、「その日の気象状況によって急激に変化することがないこと」や、「季節的な移り変わりによって少しずつ変化していくこと」を特徴としているので、子どもたちは、これら（①～⑩）の水温変化がやはり不可思議なもので、何か他に原因があるのではないかと考えました。

◎これらのことから、子どもたちは次のように推論してみました。

[推論①]

不可思議な水温変化が見られた日（①～⑩）の水温の様子を比べてみると、やはりどれも急激にかつ一時的に上昇していることから、原因は特異的なことであると考えられる。それは、もしかしたら松本平の地下で、何らかの原因（例えば地震？）の影響を受けているのかもしれない。

さらに、子どもたちは、[推論①]をもとに、長野県やその近辺で発生している地震データについて調べてみることにしました。

【不可思議な水温変化が見られた日（①～⑩）の地震情報を検索してみると…】

〈追究の様子〉

• 松本市とその近辺で発生した地震情報については、気象庁の「震度データベース検索」より引用しました。

〈結果〉

“不可思議な水温変化”が見られた問題の日（全10日）と地震発生データ

①H20.6.14

- 2008年6月13日 11:21:32.6 地震発生
- 震源地は長野県南部 震源の深さ 13km マグニチュード 4.7 松本は震度2

②H20.7.20 → 有感地震なし

③H20.10.3 → 有感地震なし

④H21.2.19

- 2009年2月18日 06:47:7.0 地震発生
- 震源地は岐阜県美濃中西部 震源の深さ 9km マグニチュード 5.2 松本は震度1

⑤H21.8.10 / ⑥H21.8.11

- 2009年8月9日 19:55:52.1 地震発生
- 震源地は東海道南方沖 震源の深さ 333km マグニチュード 6.8 松本は震度1

⑦H21.10.7

- 2009年10月6日 07:49:30.8 地震発生
- 震源地は長野県南部 震源の深さ 8km マグニチュード 3.9 松本は震度1

⑧H21.10.25

- 2009年10月24日 21:53:37.8 地震発生
- 震源地は長野県南部 震源の深さ 9km マグニチュード 3.9 松本は震度1

⑨H21.12.13 → 有感地震なし

⑩H22.2.3 → 有感地震なし

〈考察〉

• 「不可思議な水温変化が見られた問題の日（①～⑩）」と「地震発生データ」とをつき合わせてみると、（②H20.7.20 ③H20.10.3 ⑨H21.12.13 ⑩H22.2.3）の直前に発生した有感地震は一つもありませんでしたが、（①H20.6.14 ④H21.2.19 ⑤H21.8.10 ⑥H21.8.11 ⑦H21.10.7 ⑧H21.10.25）の直前には、震度1以上の有感地震があったことを確認することができました。そこで、子どもたちは、「もしかしたら湧水の急激な温度上昇は、地下で起きている地震と何か関係があるのかもしれない」という自分たちのあやふやな 予想を、改めて新たな「仮説」に据えて追究していくことにしました。そして、子どもたちは、理科学習（地層見学）で学んだ“断層により発生する摩擦熱”と“それによって生じる断層境界面の粘土”のことを想起して、次のように推論してみました。

[推論②]

「筑摩の泉」の温度が急激に変化（一時的な上昇）したのは、長野県内やその近隣で起きた地震と関係しているのではないだろうか。そして、それは、松本平の地面や地下深くの地層を揺さぶって、それによって発生した摩擦熱が地下水の温度上昇に関与しているのかもしれない。

【松本平の地下の様子を再現し、地震実験を繰り返して、その様子を観察してみると…】

◇「松本平の地下の様子を再現しよう①」より

〈追究の様子〉

- ・松本平の様子を水そう（衣装ケース）内に再現するために、松本の地下の様子が観察できるフィールド（露頭）を調査したり、業者がボーリング調査により採取したサンプルを観察する。

〈結果〉

— フィールド（露頭）調査より —

- ・下層から上層へと全ての地層を採取すると…



〈それぞれの地層を採取する〉

— ボーリングにより採取したサンプル観察より —

- ・筑摩小学校を建てる時に採取したボーリング資料を観察すると…



〈地下40mからのボーリング資料〉

〈考察〉



- 校庭の表土
- 校舎西側の砂利
- 畑の軽土
- 砂場の砂
- 花壇の土
- 砂場の砂
- 花壇の土
- 学校田の粘土

- ・子どもたちは、フィールド調査（露頭観察）とボーリング資料の観察から、松本の地下の様子を推測してみました。そして、それらの地層に見立てた砂や土、砂利などを学校の敷地内から採取して「地層再現実験」に取り組んでみることにしました。

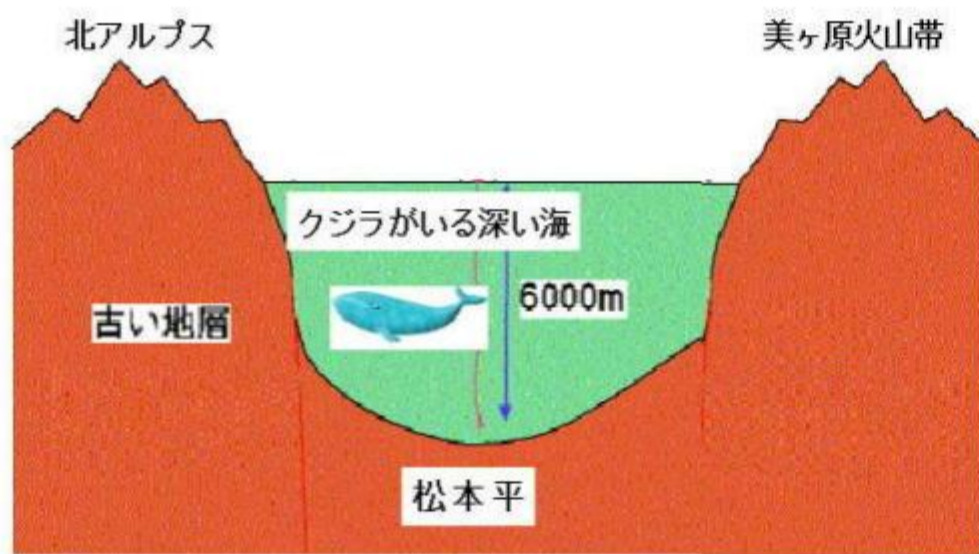
〈子どもたちが地層に見立てた完成予想図〉

さらに、子どもたちは、地層に見立てたものを使った「完成予想図」をもとに「地層再現実験」をしました。

◇「松本平の地下の様子を再現しよう②」より

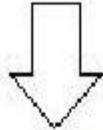
〈追究の様子〉

- ・初めに子どもたちは、理科の学習で学んだことを整理してみました。それから、“現在の松本平ができるまで”のプロセスを次のように再現してみることにしました。



長野県の地下にはフォッサマグナがあります。そのフォッサマグナは6500万年前には、まだ深い海の底でした。その時代のフォッサマグナの様子を太平洋側から見てみると、衣装ケースのような形をしていました。左側には北アルプスの山々があり、右側には美ヶ原火山帯がありました。そして、真ん中の海の底が松本平でした。6500万年前に深い海の底にあった松本平でしたが、地殻変動に伴って、北アルプス側からは、たくさんのレキや土砂、泥などが流れる水のはたらきによって、どんどんと運び込まれていきました。

〈6500万年前の松本の様子〉



そこで、「衣装ケース」の中に“地下の様子を再現してみました。”



〈北アルプスからのレキや土砂などの流入を再現する〉



〈美ヶ原火山の噴火による火山灰に見立てた軽土を降らせる〉

〈結果〉



〈堆積した地層の様子を観察する〉



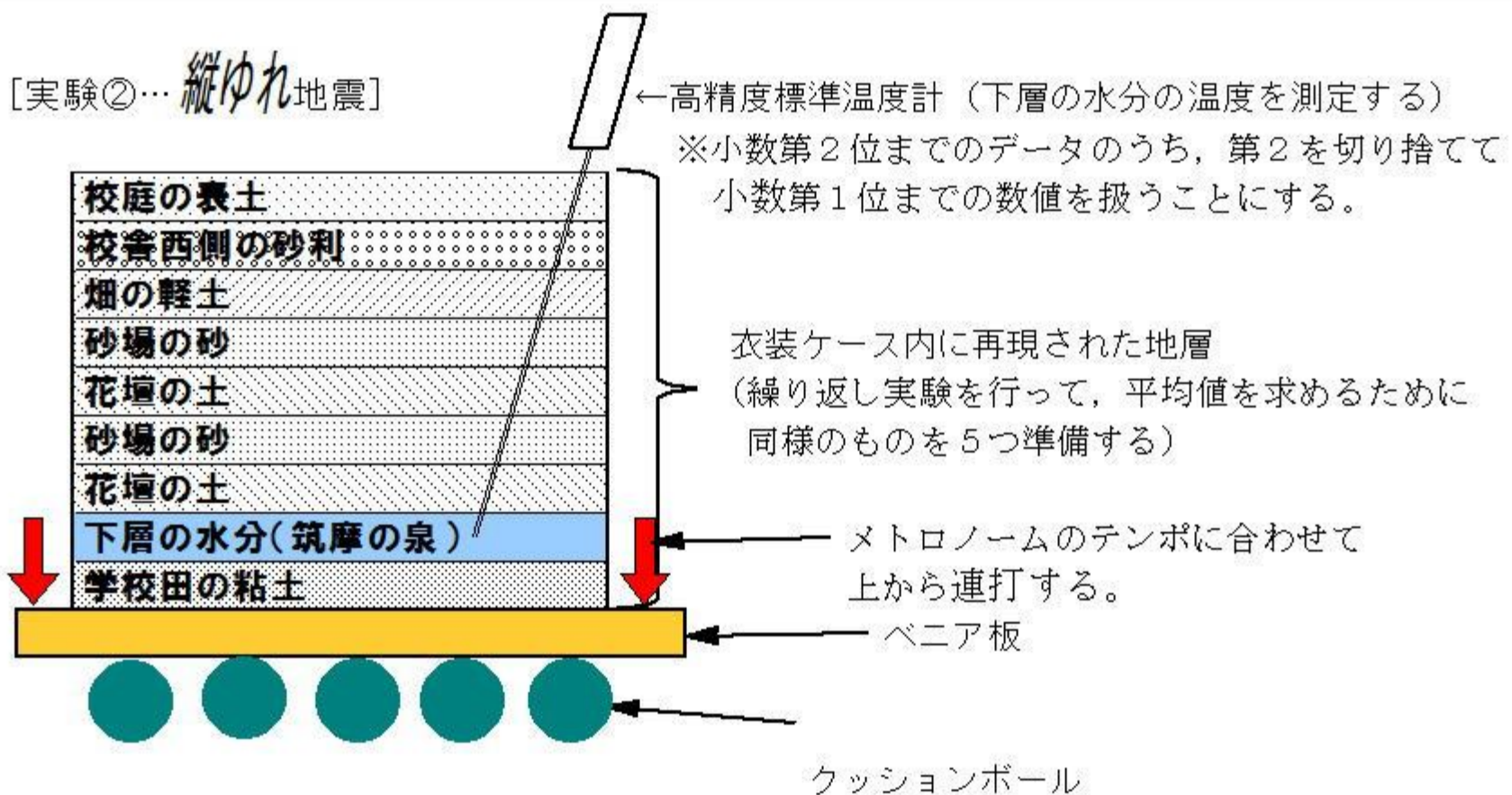
〈衣装ケース内に再現された地層の様子〉

次は、いよいよ「地震実験」(衣装ケース内の地層に地震を起こして、下層の水分における温度の様子を測定する実験)をして、自分たちの仮説を検証してみることにしました。

◇「地震発生実験」より

〈追究の様子〉

- ・次のように実験方法(縦ゆれ, 横ゆれ, 縦ゆれ+横ゆれ)を設定して、繰り返し実験してみました。



- ①クッションボールの上にベニア板を置き、その上に地層を再現した衣装ケースを乗せる。
ベニア板の四隅を上から握り拳で連打して地震を発生させる。
- ②地震の規模を「マグニチュード：M」として「1～7段階」設定する。
- ③揺らし方（地震の規模）はメトロノーム（♩＝？）に合わせる。



マグニチュード (M)	1	2	3	4	5	6	7
メトロノームの速さ (♩＝?)	40	60	80	100	120	160	200

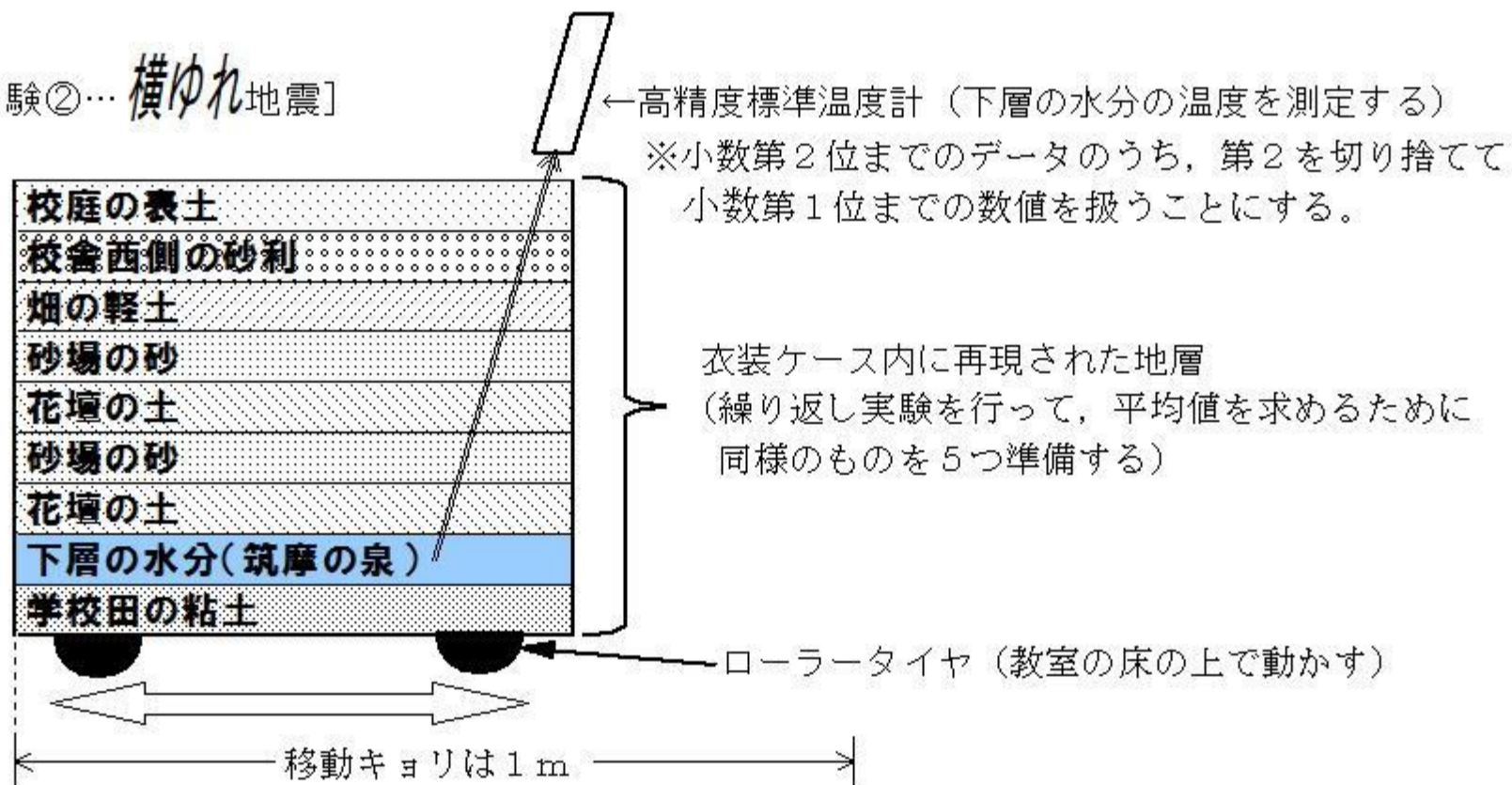
※メトロノームのテンポに合わせてながら、ベニア板を連打する。

- ④1分間叩き（連打し）続ける。
- ⑤高精度標準温度計を使って、実験前後で下層の水分（筑摩の泉）の温度を測定し、その温度変化を算出する。
- ⑥5回の実験を行い、それらの平均値を求める。
- ⑦結果を表やグラフに表して考察する。



〈縦ゆれ実験の様子〉

[実験②…横ゆれ地震]



- ①前後に揺らして地震を発生させる。
- ②地震の規模を「マグニチュード：M」として「1～7段階」設定する。
- ③揺らし方（地震の規模）はメトロノーム（♩＝？）に合わせる。



マグニチュード (M)	1	2	3	4	5	6	7
メトロノームの速さ (♩＝?)	40	60	80	100	120	160	200

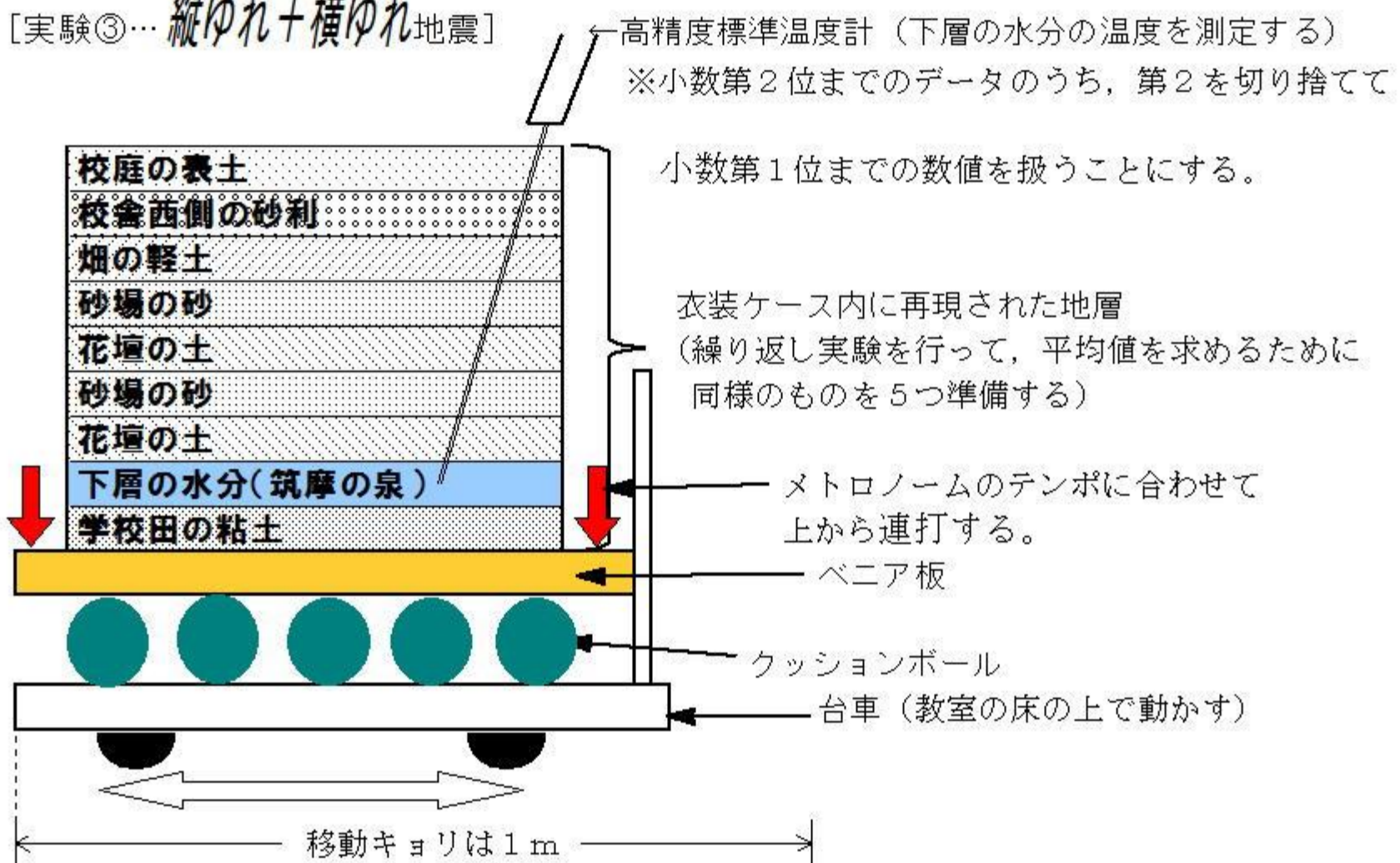
※メトロノームのテンポに合わせてながら、衣装ケースを前後に移動する。

- ④1分間揺らし（往復移動し）続ける。
- ⑤高精度標準温度計を使って、実験前後で下層の水分（筑摩の泉）の温度を測定し、その温度変化を算出する。
- ⑥5回の実験を行い、それらの平均値を求める。
- ⑦結果を表やグラフに表して考察する。



〈横ゆれ実験の様子〉

[実験③… 縦ゆれ+横ゆれ地震]



- ①クッションボールの上にベニア板を置き、その上に地層を再現した衣装ケースを乗せる。さらにそれらを台車に乗せる。
- ②《縦ゆれ発生》ベニア板の四隅を上から握り拳で連打して地震を発生させる。
※1分間叩き（連打し）続ける。
- ③《横ゆれ発生》縦ゆれ直後に、台車を前後に揺らして地震を発生させる。
※1分間揺らし（往復移動し）続ける。
- ④地震の規模を「マグニチュード：M」として「1～7段階」設定する。
- ⑤揺らし方（地震の規模）はメトロノーム（♩=?）に合わせる。



マグニチュード (M)	1	2	3	4	5	6	7
メトロノームの速さ (♩=?)	40	60	80	100	120	160	200

- ※《縦ゆれ》メトロノームのテンポに合わせてながら、ベニア板を連打する。
※《横ゆれ》メトロノームのテンポに合わせてながら、台車を前後に移動する。

- ⑥高精度標準温度計を使って、「縦ゆれ+横揺れ」実験前後で、下層の水分（筑摩の泉）の温度を測定し、その温度変化を算出する。
- ⑦5回の実験を行い、それらの平均値を求める。
- ⑧結果を表やグラフに表して考察する。



〈縦ゆれ実験の様子〉



〈横ゆれ実験の様子〉 〈結果〉

— 地震発生実験の様子を表やグラフに表してみると —



〈地層下部にある湧水の温度を測定する様子〉

《縦ゆれの様子… 5回の再実験を行った平均値》

想定したマグニチュード(M)	1	2	3	4	5	6	7
メトロノームの速さ(♪ = ?)	20	40	60	80	100	120	200
地震発生実験前後の温度変化(°C)	0.3	0.5	0.9	0.9	1.1	1.7	1.7

※断層や地割れは確認できなかった。

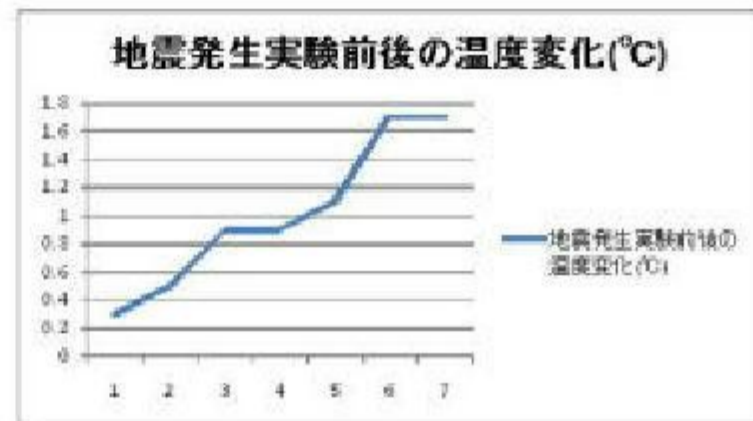


〈地震実験前の乾いた地表面〉



〈地表面に下層の水分が飛び出してきた〉

《縦ゆれの様子をグラフ化してみると…》



《横ゆれの様子… 5回の再実験を行った平均値》

想定したマグニチュード(M)	1	2	3	4	5	6	7
メトロノームの速さ(♪ = ?)	20	40	60	80	100	120	200
地震発生実験前後の温度変化(°C)	0.2	0	0.2	0.5	0.4	1.8	1.5



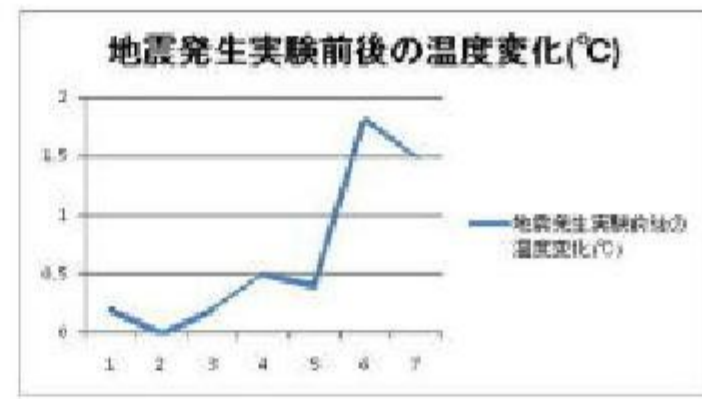
〈表面にだけ地割れが発生〉



〈地層の下の方まで達する断層が出現〉



《横ゆれの様子をグラフ化してみると…》



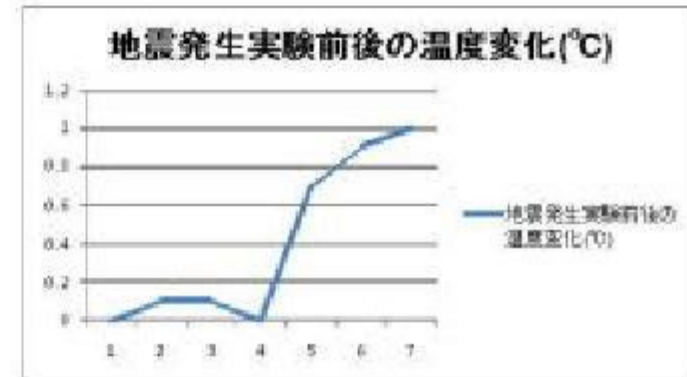
《縦ゆれ+横ゆれの様子…5回の再実験を行った平均値》

想定したマグニチュード(M)	1	2	3	4	5	6	7
メトロノームの速さ(♪=?)	20	40	60	80	100	120	200
地震発生実験前後の温度変化(°C)	0	0.1	0.1	0	0.7	0.9	1.0



〈地表面に下層の水分が噴出した〉 〈地表面近くにあったレキが転がり出てきた。断層も出現〉

《縦ゆれ+横ゆれの様子をグラフ化してみると…》



〈考察〉

- ・縦ゆれは、横ゆれに比べて、地震のエネルギーが小さい時（実験ではM3～4の時）に、地下水の温度変化に関与していることが分かりました。また、縦ゆれでは、断層や地割れによる「大地の変化」はあまり見られませんでした。その上下運動によって、地下水が地表面に噴出し、液状化現象を引き起こすことも分かってきました。
- ・一方、横ゆれは、縦ゆれに比べて、地震のエネルギーが大きい時（M6以上の時）に、地下水に多大な影響を与えて、その温度を急激に上昇させることが分かりました。これは横ゆれでは、その規模が大きくなればなるほど、地層の重なり面が横に（水平方向に）滑って、擦れ合うことで「摩擦熱」が発生するからではないでしょうか。その証拠に、横ゆれ実験では、下層部まで達する断層が確認できました。
- ・最後に、“縦ゆれ+横ゆれ実験”の様子を観てみると、横ゆれが始まるまでに縦ゆれのエネルギー（摩擦熱）がなくなってしまうのか、縦ゆれの影響が温度変化にあらわれてきませんでした。グラフの様相も、“横ゆれ実験”のグラフと似た形になり、“縦ゆれ実験”のグラフとは異なった形になりました。



〈思いがけない液状化現象の様子に驚く〉

◎今まで検証してきたことを全て総括して、子どもたちは次のように結論づけてみました。

【これまでの結論】

長野県やその近隣の地下で地震が発生すると、縦ゆれによって、地下水が上下に揺さぶられ、水温が上がるとともに、液状化現象を引き起こす。また、地震の規模が大きい時には、横ゆれによって、地層の重なり面がスライドして擦れ合い、摩擦熱を生じる。その摩擦熱が地下水に伝わることで、水温が上昇する。これらのことが要因となって、「筑摩の泉」の温度に異変（急激な温度上昇）が起きているのではないだろうか。

つい最近では、平成22年10月4日の湧水の温度に急激な変化（温度上昇）が見られた。それは、10月3日午前9時26分ごろ、新潟県上越地方を震源として発生した地震（震源の深さは約22km、マグニチュードは4.7）に要因があると推定される。

6 研究全体のまとめ

子どもたちは、これまでの調査や実験結果から「『筑摩の泉』は、季節的気候的变化（寒暖の変化）による影響をあまり受けずに、年間を通して水温が一定（13～15℃）に保たれているが、年に何日か“不可思議な温度変化（急激な温度上昇）”が見られる」という事象の要因について検証することができました。「筑摩の泉」が急激な温度上昇を見せる背景には、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。

【子どもたちが推測する地震と湧水との関係】

— 「筑摩の泉」の変化のメカニズム —

子どもたちの松本平には、いくかも断層が点在しています。長野県や近隣で地震が発生すると、これらの活断層がうずいて、松本平の地下が震動しやすくなっているのではないかと、子どもたちは予想しています。

実際に「地震が発生した」と仮定してみましよう。まず、縦ゆれによって、地下水が上下に揺さぶられ、その時に「水の粒子」があっちへこっちへと動き回ります。そうして、地下水そのものに熱が生じるのではないかと推論できます。また、それと同時に、縦ゆれによって、地下水は地表に噴出し、「液状化現象」を引き起こします。

さらに、規模の大きい地震では、横ゆれによって、地層の重なり面同士がスライドして擦れ合い、莫大な摩擦熱が発生するのではないかと考えられます。そして、その熱が地下水へと伝わって、湧水の急激な水温上昇をもたらしているのではないのでしょうか。ほとんどの場合に、地震発生の翌日になってから、湧水の温度上昇が確認されています。それは、「水は温まりにくい」という性質があるからかもしれません。

7 感想とこれからの課題

筑摩小学校の中庭に、絶え間なくこんこんと湧き出ている「筑摩の泉」は、子どもたちの大切な宝物です。学校生活の様々な場面で、子どもたちは、この「筑摩の泉」に親しんだり利用したりしています。これまでに「『筑摩の泉』についてもっと知りたい」と願った子どもたちは、3年間にわたって、毎日欠かさず、湧水の調査を続けてきました。その中で、子どもたちは、「筑摩の泉」の表情やつぶやきを感じ取って、そこに起きているわずかに変化に目を向けながら、根気強く調査を進めることができました。そして、「わずかな温度変化」を引き起こしていると考えられる要因に、子どもたちなりに迫ることができたことをうれしく思っています。

これからも、子どもたちは、「筑摩の泉」の様子に目を向けたり、小さなつぶやきに耳を傾けたりして、そこに起きているわずかな変化を見落とさずに、「筑摩の泉」をしっかりと守り続けていきたいです。そして、自分たちの研究を、たくさんの人たちに伝え残していきたいと思っています。

8 その他

この研究に際して、地域の方々にたいへんお世話になりました。