

立山地獄谷

地熱活動のひみつを探る



地ごく谷ってどんなところ？

火山ってなに？

立山の「弥陀ヶ原」火山

水蒸気ふん火って？

どうしてばく発する？

地ごく谷の地下のすがた(ようす)をさぐる

ふくらむ地ごく谷

おわりに

火山を楽しむには

立山地獄谷地熱流体研究グループ編

地ごく谷ってどんなところ？

ここは立山の室堂平にある地ごく谷という場所です。
谷の中では地面のあちこちから白いけむりが立ちのぼっているのが見えます。
谷の中がどんなことになっているのか、えんま台からよく観察してみましょう。双眼鏡があると便利です。
どんな様子が目だけではなく、他の感覚も働かせて探ってみてください。



谷の周りは、地面を緑色の植物がおおっていますが、谷の中は岩や土がむきだしの灰色がかったあれ地になってみえます。
写真提供：佐伯栄祥氏



5月上旬頃の地ごく谷の様子です。立山はまだ寒く雪におおわれたままで、地ごく谷の中だけほとんど雪がありません。

この光景は美しいというよりはさびしいとか、おそろしいといった気持ちをもつ場所です。昔の人たちは、亡くなった人のたましいは山の彼方に旅立つのだと考えていました。そして立山のこの場所を、生前に悪い行いをした人が、その罪に応じたつらい責めを受ける、地ごくの様な所だと考えて、その名を付けたのです。立山を信仰するための古い立山曼荼羅という絵解き地図には、おにが亡くなった人を責め立てる様子がえがかれています。



地ごく谷の中にある池の様子です。青白くにぎったり、熱いどろをふき上げたりする池があちこちにあります。



地面にえんとつのようなものが立ち、頭の前から湯気をふき出している様子が見えます。いまは、くずれて無くなってしまいました。
写真提供：富山県立山カルデラ砂防博物館



地ごく谷の方からゴーという音が聞こえてくることがあります。また、たまごがくさったようなにおいや鼻の中がツンと痛くなるにおいが風に運ばれてくることがあります。



ここは地ごく谷の東どなりにあるリンドウ池のあたりです。ハイマツの葉がかれ落ちて、枝だけが残っています。

さらに映像で、中の様子をくわしく見てみましょう。



立山地獄谷の活動

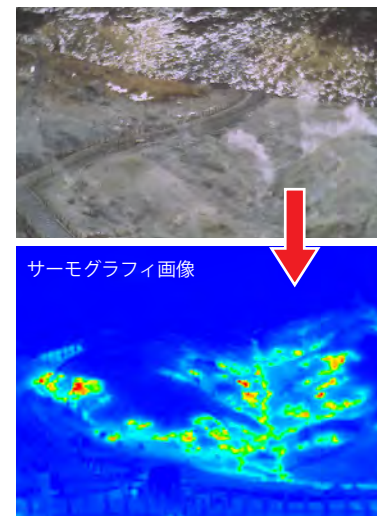


リンドウ池下の様子

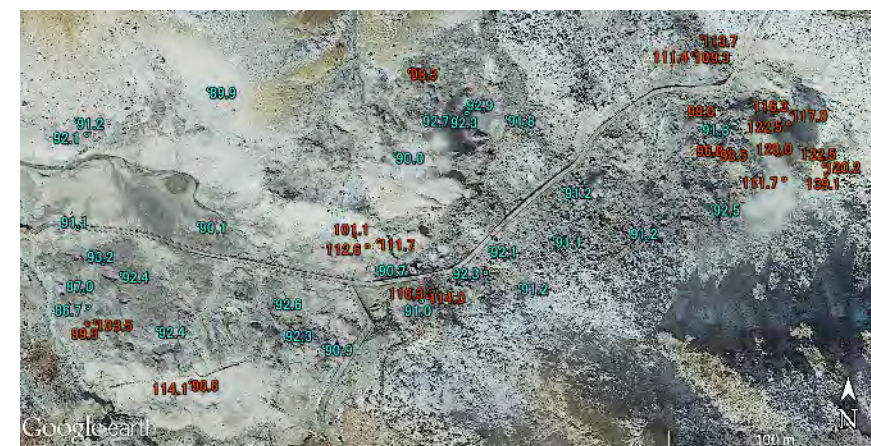


大安地獄の様子

これらの現象の原因は、地下からふき出してくる高温の気体（ガス）や温泉が関係しています。ガスには水蒸気が多くふくまれているため、空気中で湯気となって目にみえるのです。いったい何度くらいの温度になっているのか、サーモグラフィという特しゅな装置を使って地面の温度を測ってみました（サーモグラフィ画像）。また、ガスがふき出している穴に温度計を差しこんで測ってみました。100℃をこえる温度のガスがあちこちからふき出していることが分かります。



湯気があがっている地面の温度を測る



地ごく谷の中にあるガスがふき出ている穴の中と温泉の温度(測定：2015・2016年、ガス：赤字、温泉：青字)

高温のガスやふつとうする温泉はとても危険です。また高温であるばかりでなく、生物に有毒な成分がふくまれています。植物もこのようなかん境の中では育つことが出来ないのです。

地ごく谷にふき出す高温のガスやわき出る温泉は、火山の活動によって引き起こされていて、地熱活動と呼ばれています。これからその火山の不思議な活動の仕組みについて、探ってみましょう。

火山ってなに？

火山の活動は、地下からよう岩や火山灰をふき出したり、大地の形を変化させたりします。その力の源は、地下深くにかくれているマグマによってもたらされています。

マグマは 1000℃ くらいの高温でどろどろにとけた状態の石です。火山の下にはこのマグマが集まったマグマだまりと呼ばれる場所が存在しているのです。

火山がマグマをふき出す現象をふん火と呼びます。マグマは、地下に閉じこめられた状態では、石の成分の他に、水蒸気や二酸化炭素など気体（ガス）の成分もとけこんでいます。マグマが地下深くから地表近くまで上しょうしてくると、マグマから気体の成分が分かれて、マグマの中にたくさんのあわが混じり合った状態になることがあります。炭酸ジュースをよくふってからフタを開けると、ジュースが細かなあわと一緒に勢いよくふきだしてくる様子を見たことはありますか？ ジュースの中にとけていた二酸化炭素が、しゅん間的にたくさんのあわとなって表れる現象です。火山が激しくふん火する様子は、この現象ととても良く似ています。

日本には活火山（約 1 万年以内にふん火したか、活発なふん火活動がみられる火山のこと）が 110 あります。（2017 年 3 月時点※今後変更される可能性もあります）どこにでもあるという訳ではなく、いくつかの曲がりくねった帯を作るように並んでいて、火山が全くない地域もあります。富山県の弥陀ヶ原（みだがはら）火山も、その帯の中にあるのです。



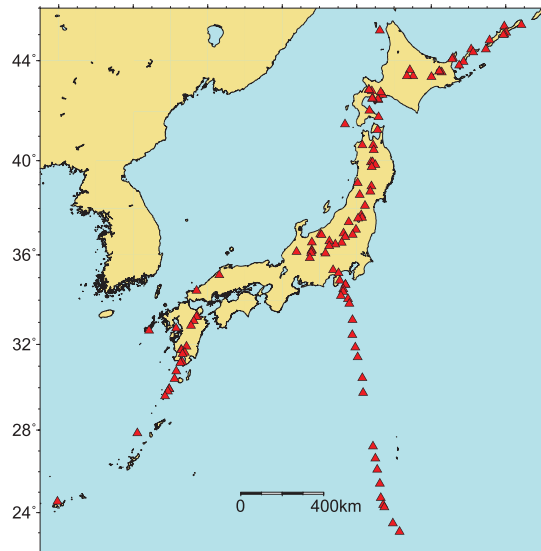
火山のふん火実験
写真・映像提供：増淵佳子氏



実験映像
QR コード



2011 年 新燃岳のふん火 写真提供：佐野徹郎氏



活火山の分布図

立山の「弥陀ヶ原」火山

ふん火によって出来た山や地形のことを火山と呼びます。ふん火が長い年月をかけて同じような場所でも何回もくり返されると、よう岩や火山灰を積み上げて、高く、大きな地形を作ります。

弥陀ヶ原火山は、およそ 22 万年前からふん火が始まりました。ちょうど私たちと同じ人類が、地球上に姿を現し始めたくらいのことです。では弥陀ヶ原火山とは、どの山のことかみなさん知っていますか？ その名

の通り、弥陀ヶ原の地名が付いている、立山や室堂平の西側にある、弥陀ヶ原が実は火山活動によって作られた地形なのです。

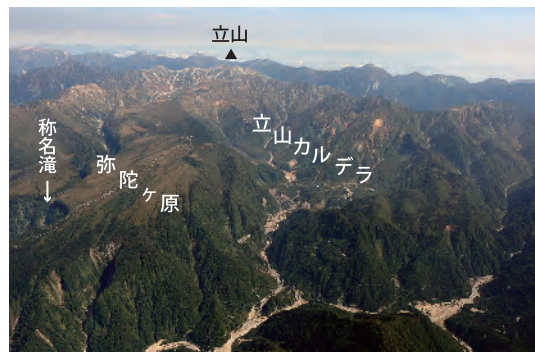
弥陀ヶ原の地面は、ふん火がくり返されたことで作られてました。その証は、室堂山展望台から見ることでできます。室堂駅からは、歩いて 1 時間半ほどの場所です。途中の登山道では、黒っぽい色をしたよう岩と、花こう岩という元々の立山の岩石である白っぽい岩がとなり合っている様子を観察できます。ここは室堂平に向かってよう岩が、花こう岩の上を流れ下ったふちの部分です。「板状節理」という、よう岩が冷えて固まるときにできた、うすい板を何枚も重ねたような割れ目を観察することもできます。展望台にとう着すると、目の前には大きくぼ地「立山カルデラ」が見えます。

立山カルデラの左側に見えるがけの向こうにはお花畑のきれいな五色ヶ原があります。そのがけの部分に見える横じま模様が、ふん火のくり返された証です。同じような模様は立山カルデラの弥陀ヶ原側のがけにもあります。横じまの同じ色模様をした 1 本、1 本が同時期にふん火して流れたよう岩や降り積もった軽石などでできていて、下から上へ順に新しいよう岩が積み重なって火山の高まりが成長していったのです。

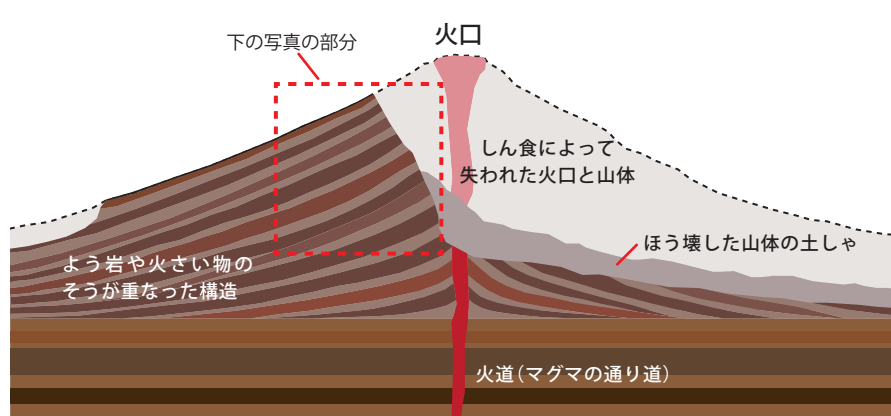
ふん火は、この立山カルデラの中にあつた標高 2,800m 以上の、火山で発生しました。しかし、大きな地しんがくり返されて山がくずされたり、常願寺川を流れる水の働きによってしん食されたりして、火山はその形を大きく変えられてしまいました。いまでも残っている火山の地形は、火山の山腹にあたる五色ヶ原や室堂山のあたりよりも低い場所だけになってしまっています。



室堂山への登山道で見られる色のちがう岩石



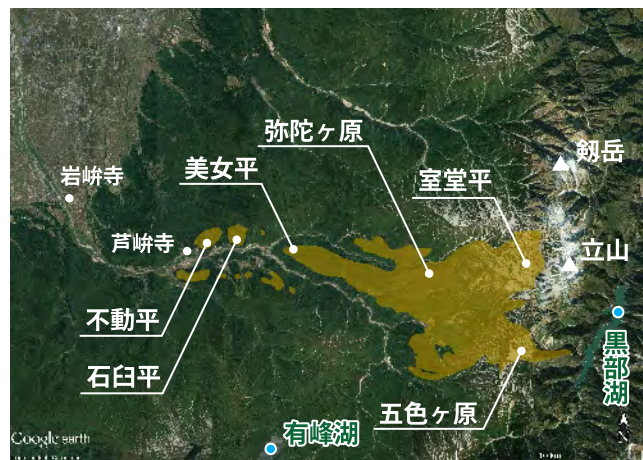
空から見た立山カルデラ



火山の断面構造



山がくずれて火山が積み重なって成長した中の構造が見えるようになっています



弥陀ヶ原火山のふん出物の分布はん図（黄色） 産総研シームレス地しつ図より

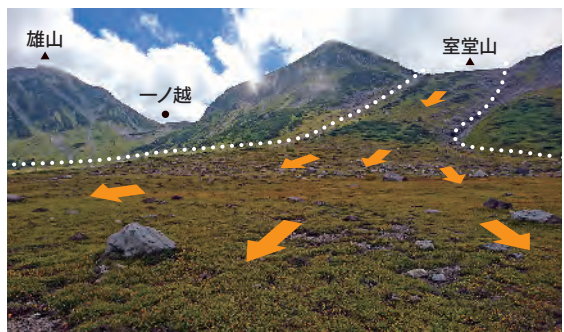
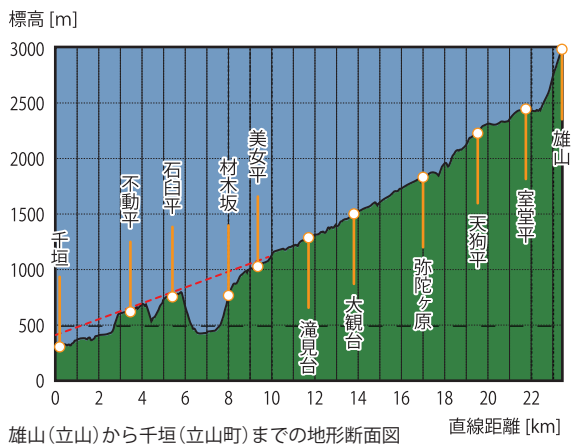
弥陀ヶ原の下り坂の地形の大部分は、くり返されたふん火の中でも、最も激しかった約 10 万年前のふん火によって出来上がりました。火山灰や軽石が一気に山をかけ下りるようにして流れる火さい流という現象が発生して、火山からふき出たものが大量に積み上がったのです。下り坂の地形は、美女平で途切れていますが、ふん火が終わった直後は、そこからさらに西側の石うす平や不動平までつながっていましたが、常願寺川の流れる水がしん食によって火山に深い谷を作り、たがいに分けへだてられてたのです。

よう岩が流れ出すふん火は、約 4 万年前に終わりました。そのよう岩は、室堂山を目指して登っていたときに見えた黒っぽい色の岩で、玉殿よう岩と呼ばれています。流れ下った玉殿よう岩は、室堂平の地面を形作っています。室堂平が歩きやすい平らな地面なのは、この玉殿よう岩のおかげといえます。

しかしふん火自体が終わったわけではありません。火山の活動場所が、立山カルデラから室堂平に移ってきました。室堂平を散策すると、ミクリガ池という美しい大きな池がみつかります。この池は、弥陀ヶ原火山の水蒸気ふん火という活動によってできた穴に、水がたまってできています。

室堂平には他にもリンドウ池、ミドリガ池、血の池などいくつもの池や水たまりになっている大きなへこみがあります。これらも全て水蒸気ふん火が開けた穴のあとなのです。地ごく谷もそうした地形のひとつです。いくつも穴がおたがいにくつつくような近さで開いた結果、ひとつの大きな谷の地形としてつながった場所です。

火山の熱は未だに立山の地下にねむっていて、地ごく谷のふん気活動や、水蒸気ふん火を引き起こす力を秘めています。



室堂平と周辺の地形 画像提供：立山砂防事務所 作成：アジア航測(株)

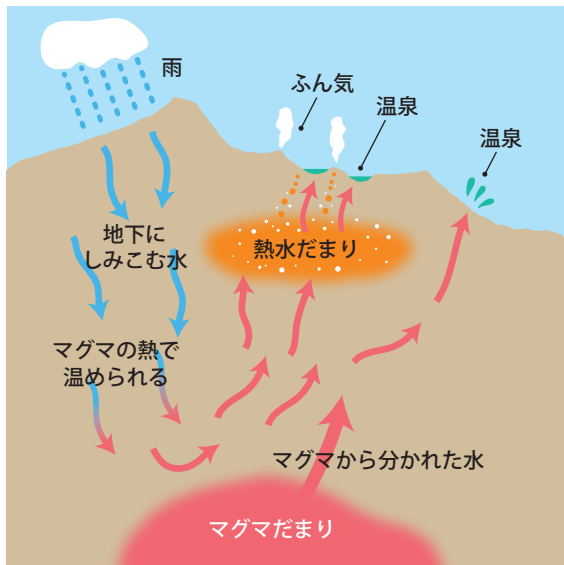
ミクリガ池と立山



水蒸気ふん火って？

ミクリガ池や地ごく谷の地形をつくった水蒸気ふん火は、高温の地下水が一気に水蒸気へと変化して、地下水の周りのかべや屋根となっている地面のねん土や砂、岩などといっしょになって激しくふき飛ぶ現象で、水蒸気ばく発とも呼ばれています。地下水に熱を加えているのは、地下水よりも深い場所にあるマグマそのものやマグマから分離した高温の火山ガスです。

水は 100℃まで温まると、ふっとうしてあわが出てきます。実験室のビーカーの中でふっとうする水は、加熱を続けると時間をかけて全て水蒸気になってしましますが、地下に閉じこめられた状態では、水は 100℃になってもふっとうできないのです(この性質は、中学 1 年理科で学習します)。ふっとうしない地下水は 100℃をこえてどんどん温められます。この水の状態を熱水と呼びます。熱水には、火山ガスがとけこんで強い酸性の温泉になっています。そのため、様々な物をとかしたり、別の状態に変化させたりする性質がとても強い特ちょうがあります。この特ちょうで熱水の周りの岩石は、時間が経つとぼろぼろになってねん土に変えられてしまうので、地ごく谷の中のあちこちにそのねん土が残っています。



地熱活動の仕組み(想像図)

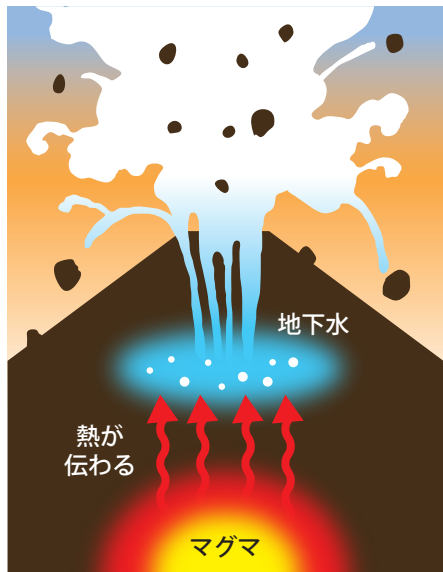


地ごく谷の地表に見えるねん土やぼろぼろになった岩石

どうしてばく発する？

閉じこめられた状態の熱水がどうしてとつ然ばく発するのか、その理由については、まだ良く分かっていませんが、想像することはできます。

熱水は、がんじょうな岩をねん土に変化させるので、閉じこめている岩のかべや屋根をもちろこわれやすくしています。温められた水は体積が増えぼう張します。ぼう張した熱水は、あるときもろくなった岩の屋根にひび割れをつくり、そこから外へ飛び出そうとします。ふっとうすることが出来なかった熱水は、これをきっかけとしてしゅん間的にふっとうします。水が水蒸気になると体積が急激にふくらむ(中学 1 年理科で学習します)ため、水蒸気ふん火というばく発的な現象の発生につながる、ということが地下で起こってしまうのかもしれません。



水蒸気ふん火の起こり方(想像図)

地ごく谷の地下のすがた(ようす)をさぐる

水蒸気ふん火では、マグマそのものが地表まで上しようするわけではなく、マグマは地下水を加熱するだけなので、ばく発する仕組みが複雑になっています。

そこで火山の研究者は、まず水蒸気ふん火が、どんな場所のどんな状態で発生するのか、というところから調べようとしています。その場所や状態を特定することができれば、水蒸気ふん火の小さな兆候を間近で観測し、ひ難に役立てられるようになるかも知れないからです。

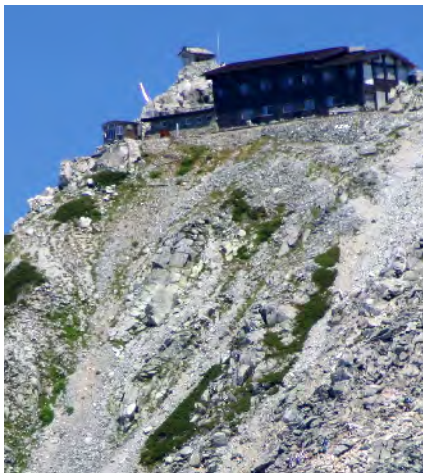
立山の地ごく谷は、過去に何度も水蒸気ふん火をくり返してきた場所なので、地下には今も熱水があって、これからも水蒸気ふん火が起きると予想されています。地下の様子はどのように調べられるのでしょうか？ 体の中を調べる装置があることを知っていますか。ちょう音波など、はなれた場所に伝わる音の信号や物の性質を利用して、内臓の病気やおなかの中の赤ちゃんの様子を調べる装置があり、体を傷つけず体内の状態を知ることができます。同じように、地面をほらずに調べる方法もいくつかあります。



その一つに、大地には電流を流しやすかったり、流しにくかったりする場所や状態がある、という性質を利用する方法があります。ものには電流が流れやすい性質のある金属などの導体、逆に電流が流れない性質の木や紙などの絶えん体があるので、地球の中に存在する岩石の種類やどんな状態の場所かによっても電流の流れ方にちがいがります。そのちがいから地下が何でできていて、どんな状態なのかを調べるのです。もちろん、電流の流れ方だけでは、予想できる状態の組み合わせがありすぎて特定できませんので、地ごく谷の地面や周辺の地形に現れている岩石や地そうが、どんな石や砂やねん土でできているのかということも調べて、予想をしぼりこむ手がかりに利用します。



地獄谷付近の玉殿よう岩



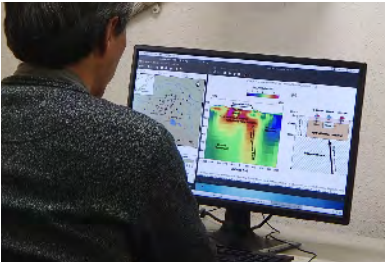
雄山付近の花こう岩



火さい流のたい積物

さらに地ごく谷にわき出る温泉水も調べます。温泉は様々なものがとけこんだ水よう液です。とけこんでいるものが何なのかを調べると、水がどこからやってきたかの、どこでその成分がとけこんだのかということが分かるのです。

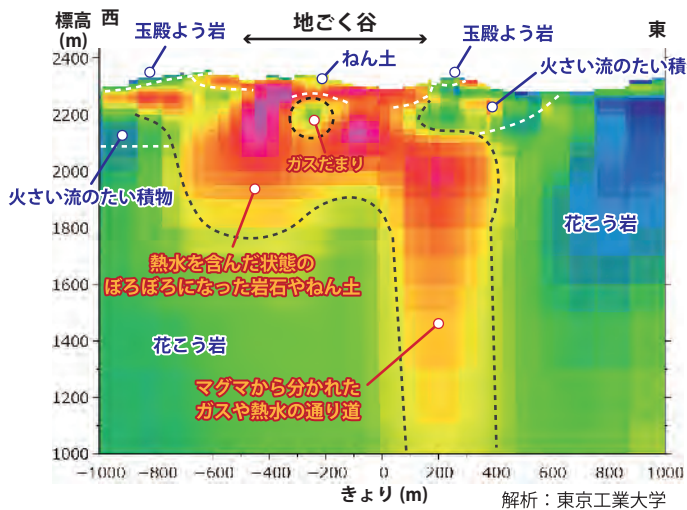
地ごく谷周辺の地下の、「電流の流れやすさ・流れにくさ」を測定し、コンピュータでその「広がり」を計算させた結果を色分けして表した図から、4つの特ちょうを読み取ることができました。それらの特ちょうを、地ごく谷周辺で見つかる石や砂やねん土の、「電流の流れやすさ・流れにくさ」と比べて、予想される地下の様子と合わせて整理しました。



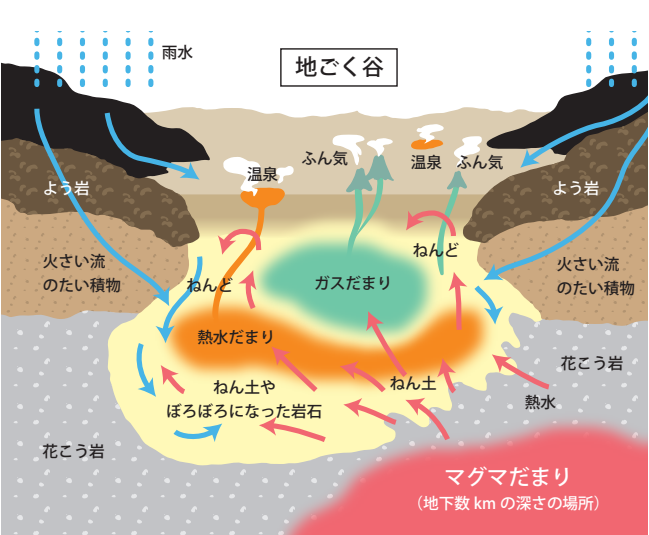
研究室のコンピュータで計算する

調査結果		予想される地下の様子
1	地ごく谷の地下に、 <u>電流の流れやすい広がり</u> がある。	温泉水で湿ったねん土やぼろぼろの岩石でできていたり、熱水がたまったりした状態である。
2	もう少し細かく見ると、地面近くに電流が流れやすい層があって、1の広がりといっしょになって、 <u>電流の流れにくい小さな広がり</u> を取り囲んでいる。	高温の水蒸気や火山ガスがたまっている。
3	1と2の性質の広がりにはさらにその外側の、 <u>電流の流れにくい性質のもの</u> に囲まれている。	かたくなかった、立山と同じ花こう岩でできている。
4	3の囲みは一部分開いていて、 <u>電流の流れやすい広がり</u> が地下深くに続いている。	地下深くのマグマだまりから、熱水として熱が地ごく谷に運ばれる通り道がある。

ねん土の中はすき間がほとんどないため、水や空気を通しにくい性質があります。2の状態は、お風呂の中へ洗面器を裏返しにしてしずめたときに、洗面器の中に空気がたまっただまになる様子と良く似ています。ねん土が裏返った洗面器の形のようになって、水蒸気や火山ガスが地面にうき上がってくるのをさまたげているのだと考えられます。そしてこの部分に、地下深くから熱がどんどん運ばれ、熱水やガスがもつとたまったり、温度が上昇したりすると、水蒸気ふん火が発生してしまうのではないかと考えられます。しかし、地ごく谷の地面からは、たくさんの火山ガスや水蒸気がふき出しています。火山の熱は地ごく谷の地下にたまる一方ではなく、ほとんどは地面から空気中へとにげていて、水蒸気ふん火が発生する程の熱はめったにたまることはないのです。



電気の流れやすさにくさの計算結果(赤色が流れやすく、青色が流れにくい範囲)とその理解(点線は岩石や状態が分かれるすい定の場所)



地ごく谷の地下のようす(すい定図)

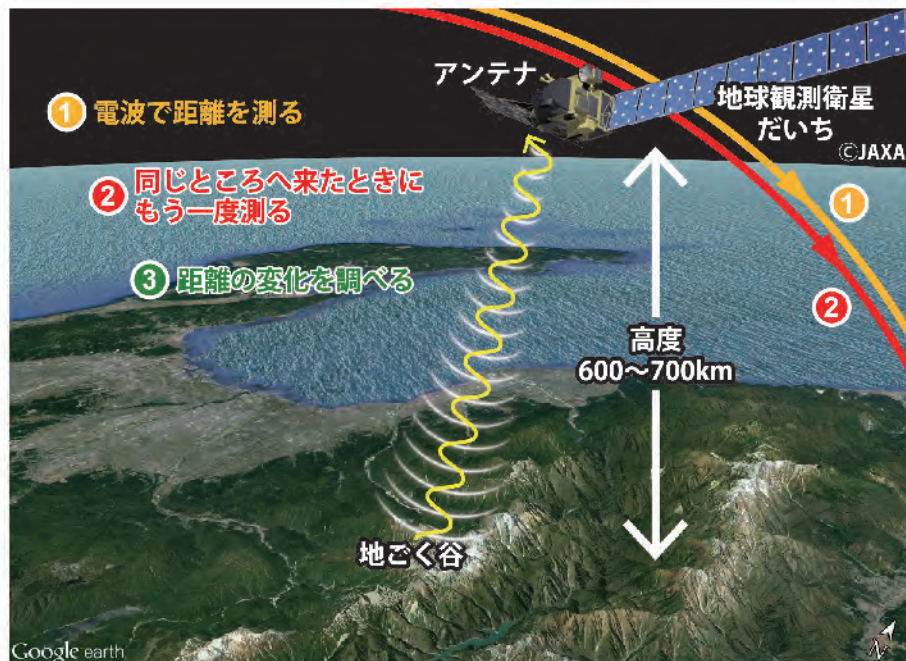
ふくらむ地ごく谷

2011 年ごろから地ごく谷にふき出す火山ガスの温度が上しようしたり、有毒な成分が増えたりしています。火山の研究者は、このふん気活動の変化が水蒸気ふん火の兆候ではないかと考え、地ごく谷で地形が変化していないかを調べました。しかし前に書いたように、水蒸気ふん火の兆候はほとんどの場合、とても小さな変化でしか現れません。そこで研究者は、人工衛星から地面までのきょりを、電波を使ってくり返し測る技術を使用して、その小さな変化を見つけようとしてしました。

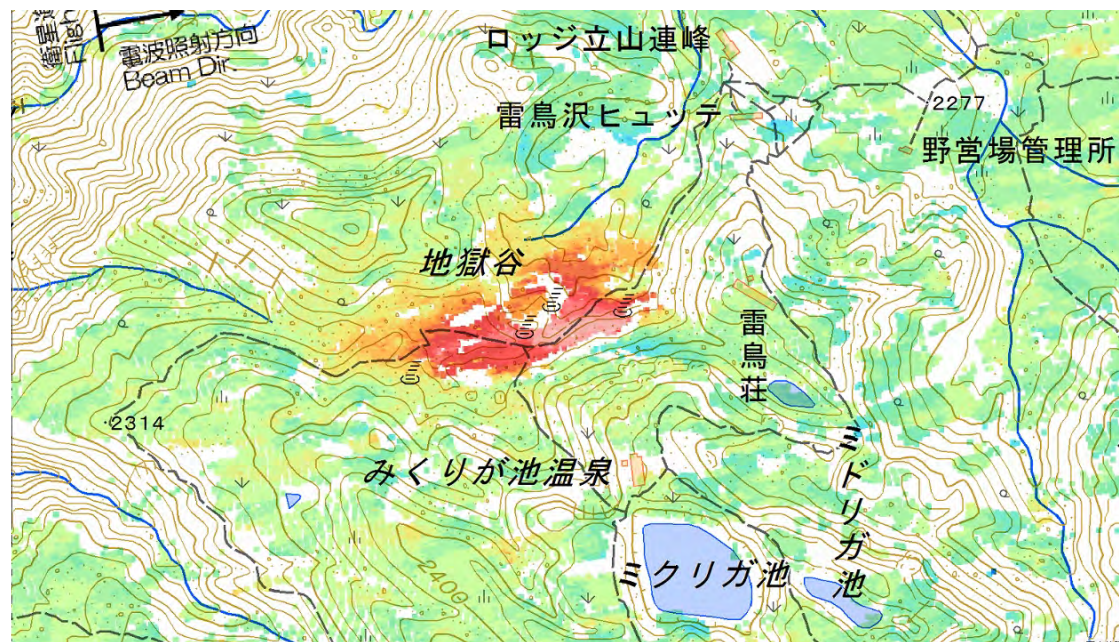
その結果、ふん気活動が盛んになる前の 2007 年から 2010 年の期間で、少しずつ地ごく谷の地面が焼いたときのもちのようにふくらんでいったことが分かったのです。しかもそのふくらんだ場所は、先の章で書いた、裏返しにした洗面器にガスがたまっているような状態の場所とほぼ同じでした。ただしその変化の大きさは、1 年間で最大 4cm というとても小さくゆっくりとしたものでした。

こうした地面のふくらみが、なぜ起きたのか、ふん気活動が盛んになったことと関係があるのか、そして将来起

きるかもしれないふん火と関係があるのか、などの疑問はつきません。しかし、くわしいことについては、残念ながらまだよくわかっていません。地ごく谷の火山活動をさらに理解するために、そして火山災害を少しでも軽減するために、これからいろいろな方法で研究を進めていかなければならないのです。



人工衛星から地形の変化を調べる仕組み(想像図)



解析：国土地理院

人工衛星と地面との間のきょりの変化(1 年間あたり) 地ごく谷の中に赤色のはん囲が広がっていて、地面が持ち上がったことが分かります。

おわりに

地ごく谷のふん気活動は、およそ 800 年前の平安時代から知られています。私たち人間と、地ごく谷の関わりはとても古くから始まっているのです。しかしその活動には、まだ多くのなぞが残されたままとなっています。火山の研究者は、そのなぞを少しでも明らかにしようとしています。その理由は、だれもが心の中に持つ不思議な自然現象を探究したいという想いであり、自然の脅威を正しく理解して、危険をさける方法を見つける役に立ちたいという想いでもあります。

火山の活動は、ゆう大な風景や資源を生み出し、おだやかな活動は、温泉保養や観光名所として私たちに多くの恩けいをあたえてくれる一方で、激しい活動に発展し、おそろしい火山災害に直結するかもしれない危険性も秘めています。でも危ないからといって、何も知らうとせずに、たださけるだけでは未知の脅威におびえるだけで、火山活動をふくむ自然現象はお化けやううれいといっしょの存在になってしまいます。自然と私たち人間との関わりは、どれだけ科学が発展したとしてもなくなることはありません。みなさんも、この弥陀ヶ原火山で自然のめぐみと脅威を調べて見て下さい。火山の研究者と想いを共有して、自然との上手な関わり方を見つけていきましょう。

火山を楽しむには

活火山の登山に必要なそう備・服そうとして、いっぱん的な登山と重複するものもありますが、突然起るふん火から身を守ることができるものがあります。できるだけ準備を心がけましょう。

タオル

ふん火によってまき上がった有毒な火山ガスやふんえん・火山ばいをきゅうしゅうじょ去するガスマスクとして機能します。火山ガスは水にとけやすいことと、のどのやけどを防ぐためにも、タオルをすぐにぬらすことが出来る様、飲料水を手のとどくはん囲に持参しましょう。

ヘルメット

ふん石が落ちてくるしょうげきから頭部を守ることができるため、火山の火口周辺ではいつでもかぶったままか、すぐにかぶれるようにしておきましょう。

飲料水

リュックサック

ヘルメット同様に、ふん石のしょうげきをやわらかくしてくれます。ふん火している方向にせ中を向けるか手に持ってたてにしつつ、なるべく身を小さくしてひなんしましょう。

ライト

ふんえんにかこまれてしまったときには真っ暗闇になります。足下の登山(ひなん)ルートを確認したり、ひなん者へのゆう導灯としても役立ちます。また移動がむずかしい場合でも点めつさせて救助を求めることが出来ます。



●活火山に登る前に

日本百名山のうち、32 座は活火山です。また活火山の周辺にも登山人気の高い名山はたくさんあります。登山対象の山やその近くに活火山があれば活動情報を事前に調べて、登山できるか判断しましょう。

◎事前準備 情報収集 (URL・QR コード)

パソコンやスマートフォンを使って、インターネットから火山活動の様子を調べましょう。



各火山の活動状況

□気象庁ウェブサイト

各火山の活動状況 <http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/volcano.html>

ふん火警報・予報(地図) http://www.jma.go.jp/jp/volcano/map_0.html



ふん火警報・予報(地図)

□日本火山学会ウェブサイト <http://www.kazan-g.sakura.ne.jp/J/index.html>

パンフレット「安全に火山を楽しむために」

大人向け http://www.kazan.or.jp/J/doc/kazan_anzen_high_q.pdf

子ども向け <http://www.kazan.or.jp/J/doc/2016kazan-anzen.pdf>



パンフレット
大人向け

●弥陀ヶ原火山の楽しみ方

◎火山の成り立ちやよう岩、火山地形はどこにいけば見られるのか、博物館で調べてみよう

富山市科学博物館

富山県立山カルデラ砂防博物館



パンフレット
子ども向け

◎地ごく谷温泉の熱を楽しもう

室堂平にある、ミクリガ池温泉、らい鳥荘、らい鳥さわヒュッテ、ロッジ立山連ぼうの山小屋では日帰り入浴が楽しめます。

温泉の成分がこいので湯あたり、湯ただれに注意しましょう。初めての人は入湯時間を 10 分以内、入り慣れた人でも短めがおすすめです。湯上がりの際にはあがり湯で温泉をあらう流しましょう。また湯ただれしてしまったときに備えて保しつクリームを持参すると良いでしょう。

立山地獄谷 地熱活動のひみつを探る

発 行 立山地獄谷地熱流体研究グループ

発 行 日 2017年3月31日

執 筆 者 丹保俊哉、神田 径、小林知勝、関 香織

レイアウト 有限会社コース



地ごく谷へ調査に向かう研究者

この冊子の研究成果は、日本学術振興会の科学研究費助成事業の助成金により得られています（科研費25350494）。

この冊子は、日本海学推進機構の日本海学研究グループ支援事業の助成を受けて作成しました。

この冊子は、非営利目的に限って自由に印刷・配布することができます。

QRコードは（株）デンソーウェブの登録商標です。