

## 活断層と地震がつくった安曇野（2022年6月26日）

信州大学名誉教授、放送大学長野学習センター 所長 大塚 勉

私、生まれは名古屋ですが大学は信州大学で、それから他所の大学経由で平成元年に教員として信州大学に戻ってまいりました。信州の地質が世界の変動や地質構造の形成につながっていて面白く、ここを見ると世界が見えてくるという魅力に取りつかれて、長くこの地の野外を歩いています。

その最中に阪神淡路大震災が起こったり、中越地震が起こったりしました。いろいろ震災が重なって、地元に還元できるような地質の情報の取り方はできないか、役に立つ地質学はできないかということで、最近では活断層と地震に軸足を移して仕事をしております。そういった中で得られた情報、特に安曇野市・松本市関連の情報を皆様を紹介し、将来に役立てていただきたいと思っています。（※講演会で使用した画像は、本号65ページより掲載しています。）

## 安曇野市の際立つ地形

今日は「活断層と地震がつくった安曇野」というタイトルで構成しました。

内容は安曇野市の極端な地形。これ（画像1）は、長峰山から西の山の方、北アルプスを見たものですが、こういう地形はなかなか例がなく、世界的にも誇れる風景だと思います。単に平地があって山があるだけではなく、地質の生い立ちがわかると、このような際立つ地形のおもしろさを感じます。地元で長く住んでいると、これが貴重なものであるかどうか気づかないことが多いのですが、これは誇るべき風景ではないかと、特に最近強く感じています。まず、安曇野をはじめとして、長野県の盆地がどのようにしてできてきたのか、その地質と地形、そして信州に起こった地震などの地質関係の災害、さらに安曇野市の洪水と土砂災害ということに関しても整理してみたいと思います。

洪水や土砂災害の背景には、こういう極端な地形があります。この地形は地質の運動の結果です。土砂災害や洪水は気象だけに関わることと思っていられる方も多いのではないのでしょうか。その背景にはこの地質があって、このような災害が起こる、という話をさせていただきます。

これ（画像2）は、画像1とは反対の西側から東を眺めたところです。下の方に三郷の小倉の集落が見えています。展望台があって、そこからはたいへん良い眺めです。向こうに家が立て込んでいるのが松本の市街地です。その向こうに美ヶ原や鉢伏山があります。さらに向こうには八ヶ岳が少し見えています。実はこの風景の中に日本の中では断トツで巨大な境界が一本走っています。松本市街地に引かれた線に沿って糸魚川—静岡構造線という大断層が走っています。日本列島をバツサリと縦断する、最もよくわかりやすい活断層です。その向こうの方に見えている2,000メートルに達する山地がありますが、これがフォッサマグナ地域の山となります。一方手前は、今から2億年、場合によっては3億年くらい昔の岩石が出ている山地です。この手前の山と向こうに見えているフォッサマグナ地域とは大きな地質の違いがあります。その間にあるのが松本盆地であり、安曇野と呼ばれる地域です。そして、地質の境界となっている断層が糸魚川—静岡構造線です。この写真は、たいへん大きな地質の境界をまたいで見ていることとなります。

## 長野県の盆地

あざやかな色に塗られている地図が出てきました（画像3）。これは私たちがよく使っている地質図という図面です。普通、地図というと、等高線や色の濃淡で地形を表わしたものですが、これは山の表土や植生を全部除いてしまうと、下からどういう岩石が表れてくるかを示した図面です。どういう種類の岩石や地層が出ているのかを示す色使いにはだいたいの決まりがあって、このように塗り分けられています。松本盆地、安曇野市はこのあたりになりますが、これをご覧になって、南北に細長い松本盆地両側の色の違いにお気づきになったでしょうか。盆地の西側は赤、オレンジ、灰色などのちょっと重い色で塗られています。これは古くて固い地層、岩石が出ているということを示しています。盆地の東側は明るい黄色系ですね。所どころ火山が噴出していて、濃い色も塗られています。新潟を含む広い地域が明るい色で塗られています。これは大きな地質の違いがあることを示しています。ここに線を入れてみましょう。南北に一本の太い線が入りました。これが糸魚川—静岡構造線と呼ばれている断層です。この断層の西側が古い地質で、この東側には若い地質が出ています。若い地質が広がる地域の名前をフォッサマグナと呼んでいます。フォッサマグナは大きな溝という意味です。明治時代にドイツ人のナウマン博士がラテン語で名前を付けました。当時のヨーロッパではラテン語名が普通でした。糸魚川—静岡構造線を隔てて東が若く、西が古いのですが、安曇野市はこの断層をまたいだところにあります。長峰山から、あるいは小倉の展望台から見た風景がそれになります。

これ（画像4）は犀川の河原からの風景です。手前は安曇野市、向こうが松本市で、アルプス公園の高い建物がここに見えています。国道19号あるいはJR篠ノ井線に沿って急斜面が延々と連なっています。これもやはりここら辺の地質の運動を反映した地形です。この犀川に沿って大きな断層、先ほどの糸魚川—静岡構造線が走っていて、向こうの方が大きく隆起してこのような急傾斜地を作っています。この一番上にある長峰山や光城山などは断層運動が作った山です。それは、断層で持ち上がって高くなっているところで、別の言い方をすると、たいへん不安定な場所にあると言えます。

## 松本盆地の地形と地質

安曇野市がここで、このあたりが豊科・穂高でしょうか（画像5）。これが烏川ですので、今いる堀金がこのあたりということになります。ここが松本市街地、「○」印が信州大学の位置です。これも地質図で、やや詳細に地質を表した図です。図を見てもらうと真ん中がちょっと白っぽい、淡い色です。西の方に重い色、東の方に緑や黄色、あるいはピンクで示された地域があります。この白いところは、ごく最近の若い時代に堆積した砂利や泥ですね。そういったものが堆積してかなり平らな地形を作ります。平らなところの西側にあるこの非常に重い色で描かれているところには、険しい山がそびえている北アルプスまでつながっています。私は昔、このあたりの地質をもっぱら調査・研究していたのですが、だんだん活断層とか若い年代の地層の研究にシフトしていき、糸魚川—静岡構造線などがどこを走っていて、地形・地質にどのような影響を与えているかということに興味を持って今に至っています。

こちらの緑・黄色で塗色された部分は、先ほど触れましたフォッサマグナ地域の若い年代の地層です。どういう岩石が出ているか見ていきましょう。

これ（画像6）は生坂村の方ですが、川にはこのように岩石が露出しているところが随所にあります。私たちが地質を調べる時には、樹木や表土に覆われているとなかなか情報が得られません。ですから、こういう川で削られたところ、あるいは人工的に削られたところを重点的に調べて、何があるかという情報を持ち帰ってきます。こういう露頭は貴重です。地層がぐんにゃり褶曲していますし、そもそも地層というのは水平に溜まっていますが、これは90度近く立っています。随分強い変動を受けたという

感じがします。その中からはこのような二枚貝の化石が出てきます。化石を調べてみると、海に生きていた生物一貝（軟体動物）が普通に含まれています。フォッサマグナは大きな亀裂に海が入ってきて、そこに多量の土砂が溜まりました。土砂の中には海に住んでいたこういった動物たちの化石が入っています。

これ（画像7）は松本市の例ですが、四賀地域も化石がたくさん出るところです。例えば左下は海棲哺乳類のトドの上顎・下顎です。これはワニのように見えますがマッコウクジラ、「シガマッコウクジラ」と呼ばれています。原始的な鯨の姿をしている貴重な、ほぼ全身骨格が出ています。これはかなり有名な化石で、長野県の県宝にも指定されています。これは松本市四賀ですが、そこから近い田沢、大口沢には採石場があります。一部学校のグラウンドになっていますが、あそこは魚・イルカなど非常に貴重な化石が出る場所でもあります。こういった海に住んでいた生物の証拠がフォッサマグナの地層から産出します。

フォッサマグナはどのようにしてできたのでしょうか。日本列島の中の亀裂なのですが、1,500万年くらい前には日本列島はまだできていませんでした（画像8）。その頃、大陸の一部が割れるような形で太平洋の方に漂い出てきたのが日本列島の始まりです。このように反るような形で漂い出てくることにより、中央部が空いてしまうわけです。ちょうど観音開き式の扉を開けたような状態になります。ここが大きな亀裂になって、簡単に言うと、それがフォッサマグナと呼ばれるものになります。その西側の断層がかつての糸魚川—静岡構造線になります。この図のピンクのところは古い年代の地質、この亀裂が先ほどの鯨などが泳いでいた海を示しています。この断層はその昔、1千万年以上昔にもできていましたが現在もまだそれは生きています。まだ活動をしている、活断層となっているのです。

これ（画像9）は美ヶ原に登っていく途中から松本市を経て、さらに向こうの穂高岳を見ている写真です。家がたくさん建っているところが松本の市街地で、信州大学もこのあたりにあります。美ヶ原あたりの地質はフォッサマグナ地域の地質です。松本市の西側から北にある山は城山公園、そしてアルプス公園、さらにずっと行くと山田を超えて光城山、そして長峰山へと続いて次第に高くなっていきます。松本市街地から始まるこの山の列も、先ほどの糸魚川—静岡構造線の活動によってぐっと持ち上がってできた山です。この風景を見るだけで、この地域がいかに大きな変動にさらされているかということが分かります。向こうには扇状地が見えていますね。これは黒沢の扇状地でしょうか。こちらは烏川の扇状地になります。このように平らな地形が続いています。

安曇野の向こう側の山を作っているものを簡単に紹介します。松本市の山奥、安曇白骨温泉には石灰岩という岩石が出ています（画像10の左上）。この年代は2億数千万年前です。先ほどのフォッサマグナが1,500万年前以後の地層ですので、それに比べると一桁古い年代の地層が出てることになります。白骨温泉、お湯が白いですよね。なぜ白いののでしょうか？ あれは温泉がこの岩石の中を通過して出てくる時に、その主成分であるカルシウムを溶かし込んでいきます。そのお湯が噴出した時に溶解度が下がって炭酸カルシウムが沈殿するため、白いお湯になります。この石灰岩の中にはこのようなフズリナという同心円状の構造を持った、長さ1センチくらいの化石が入っています（画像10の右下）。こういった化石が石灰岩を作っているのです。白骨温泉が白いのには2億数千万年前の化石が、炭酸カルシウムでできていたことによります。

これ（画像11）は岐阜県での写真ですが、チャートというたいへん固い岩石が出てきます。これは火打岩としても使われた硬い岩石で、鉄で上手に叩くとその鉄の破片が燃えて火花となって火を着けることができます。松本梓川、倭の神社の境内に火打岩という岩が出ています。それもこのチャートです。チャートという岩石は硬くて山の頂上をよく作ります。例えばこちらの黒沢山というちょっとしたピー

クがあります。あるいは天狗岩という安曇の山があります。これらのピークはこの硬いチャートが作っています。

(画像11の) 右下に見慣れない物体が写っています。放散虫という、「虫」と書きますが、昆虫ではなくて単細胞の微生物です。珪質の殻を持った放散虫が海底に長年、数千万年、ひよっとすると1億年近く堆積したわけですが、それがチャートとなって、いま安曇野の三郷・堀金の山を作っています。なぜ深海底に溜まったものがこのような山にあるのでしょうか？ それは今日のテーマではありませんが少しお話しておきます。海洋プレートが作る大洋底は4千メートルくらいの深さです。その上にプランクトンである放散虫の殻が長年堆積することが数千万年から1億年くらい続きました。それがプレートとともに移動して大陸の縁<sup>へり</sup>で沈み込んで行きます。そのとき沈み込みきれなかった部分が大陸の縁にくっつくように残りました。それがチャートで、付近の山に露出することになりました。白骨温泉の石灰岩も同じようなでき方で、昔の火山島に発達したサンゴ礁です。それがプレートに乗ってやってきて、大陸の縁<sup>へり</sup>にくっついたものです。そういう地質と今お話しした東側のフォッサマグナの地層は、まるっきり年代もでき方も岩石の種類も違ってきます。地質学の勉強をするためには、この安曇野市というのはたいへん有利なところですよ。信州大学の教育でも時々訪れて利用していましたが、教材には事欠かないところですよ。そういったものを強調した教育施設が出来てもいいかなと思うこともあります。

繰り返しになりますが、西側の古い山、オレンジ色のところは古い岩石からできている山です(画像12)。青いところがフォッサマグナ地域、東の縁<sup>へり</sup>はまた古い年代の地層や岩石が出てきます。関東山地は、ちょうど離れ小島になったような古い年代の地質が出ている場所です。松本から東京まで電車で行きますと、甲府を過ぎてから八王子に行くまで結構トンネルが続きます。あれはここで「古い」と言っている関東山地を貫いている最中ということですよ。あそこを通過してトンネルが長いなあと感じたら、ここは古い年代の地層だと思いついていただければと思います。

これ(画像13)は、冒頭にも示した長峰山の写真ですよ。なかなか天気の良い時に巡り合わないのですが、昨年たまたま訪れた時、都合の良い写真を撮ることができました。手前はフォッサマグナ地域の地層ですよ。向こうは古い年代の岩石や地層が出ています。ここが松本盆地、松本平、安曇野などと呼ばれているところですよ。川が見えていますね。下を流れているのは犀川ですよ。向こうの方から流れてくるのは高瀬川でしょうか？ こっちから流れてくるのが乳川でしょうか？ さらに烏川が合流してきます。大町の方からは、ちょっと影になっていますが高瀬川が流れてきます。どのような地形になっているのか、色をあえて入れて、地名を入れてみました(画像14)。川がこのように流れ込んできます。このあたりの川はほとんど西側の山から流れ出してきて、犀川は盆地の一番東の縁<sup>へり</sup>、フォッサマグナ地域を流れています。ここ明科までやってきて、フォッサマグナの山を貫いて長野盆地、そして新潟の方まで流れていきます。とにかく、川の水は盆地の西側に集まってきて、一本の川となって山を削って長野まで流れていきます。

ここ(画像14)に黄色をさした部分が「扇状地」という地形ですよ。扇状地とはなんですよ？ 扇状地とは扇状の<sup>おうぎ</sup>恰好をした地形という意味ですよ。なぜ扇型になるのでしょうか。川が山から平地に流れ出てきます。山というのは急傾斜ですから、砂利を運ぶたいへん強い力を持っています。普段はさほどではないのですが、大雨が降りますと、土石流を伴うような強い流れが生じます。川は傾斜が緩くなった所に砂利を落としていきます。これが、ここでは烏川の扇状地になります。もう少し北の方に行きますと、穂高川(一中房川とも言うようですよ)の扇状地があります。逆に南の方に行きますと、黒沢、そして梓川の扇状地ができています。このように、いくつかの扇状地が西の山から流れ出した川によって作られています。このような扇状地が連続した状態を「複合扇状地」と呼びます。当然、扇状地の上

は標高が高くて、次第に低くなってこちらの西の山の縁まで達しています。ここ（画像14）に緑色を付け加えてみました。ここに穂高のわさび農場があります。わさび農場というのは皆さんご存じのとおり水が大事で、大量の地下水が無いと育てられません。この扇状地の端に地下水がやってきてそこから湧き出しています。ちょっと掘ればどこでも水が出るという、これも安曇野のたいへん貴重な財産ですね。地下水の使い方というのはあまりきちっとしたルールがない、ということで、それを何とか末永く使う、そして安曇野の魅力・価値を維持するためにいろんなルール作りが必要だと聞いています。このようなところにわさび田は成り立っています。

上から見た画像で、ここが明科、ここに長峰山があります。この写真（画像15）は、西の方を見たものになります。ここに川の筋がいくつか見えていますね。南から、この太い川が犀川。二番目に太いのが高瀬川です。そして烏川が流れてきます。こちらからは乳川が流れてきます。南の方からは黒沢が流れてきています。ここに地形を重ね合わせてみますとこのようになります（画像16）。これが芦間川の扇状地、穂高川の扇状地、そして烏川の扇状地、さらに梓川が作る扇状地です。松本盆地は平地といってもそのほとんどが扇状地です。扇状地が盆地の大半を占めているのです。もちろんその扇状地を作ったのは、西側の3,000メートルに至らんとする高い山々が侵食されて、その土砂を川が運んできたのです。河川は普通の状態とはどのようなのでしょうか？ 雨が降っていない時の川を見てもあまり水は流れていません。もちろん、砂利もほとんど運ばれてくるような状況ではありません。しかし、河原を見れば大きな石がいっぱい落ちています。しかも、地形を見れば広大な扇状地が作られています。ですから、これは洪水の時、台風とか大雨の時に川が氾濫してできた地形、それが扇状地ということになります。氾濫は決して珍しいことではなく、私たちが使う地質学的なスケールの年代ですね、10年、20年ではなくて千年、一万年、十万年それ以上の単位で考えるわけですが、そういう年代の単位で見れば頻繁に土石流は発生していて、扇状地が出来上がってきたのをこの図（画像16）は示しています。先ほどの繰り返しになりますが、扇状地の砂利の中を伏流してきた水が、扇状地の端で顔を出してわさび田を作ることが可能になります。養魚場もできます。水産試験場もなぜ明科にあるのかというと盆地の水を利用しているからです。

これ（画像17）は、松本盆地全体の地形を色分けしてみました。800メートル以上のところは全部こげ茶色に塗られています。それ以下のところは50メートルごとに色分けしてあります。そこに扇状地の概要を白い括弧で示してあります。この黒い矢印は扇状地を作る川の流路です。こちらの南の方からは奈良井川や鎖川がやってきます。このあたりでは梓川がやってきます。ここでは烏川、こちらでは芦間川、乳川です。北の方からは高瀬川がやってきます。この一番低いところに向かって水は流れてきます。これはどこでしょう？ 明科ですね。明科が一番低いので全ての水はここに集まります。川が運ぶ土砂もそこに向かって流れてきます。この東には糸魚川—静岡構造線が走っています。

先ほど安曇野市は、例えば東から見た場合、手前はフォッサマグナ地域、向こうに古い岩石、それらの間に盆地があると申しました。その東の縁に巨大な活断層が走っています。これはフォッサマグナが出来た当時からほぼこの場所にあり続けた断層で、糸魚川—静岡構造線と呼んでいます。特に活断層を強調する場合は、「糸魚川—静岡構造線活断層帯」という言い方をすることもあります。この場所は盆地の東の縁にあたりますが、この東の縁の活断層のようす、盆のでき方、まわりに高い山がある理由などを説明した図がこの左（画像17の中央の断面図）です。このあたりでは何をイメージしたかということ鍋冠山、黒沢山などの山をイメージしてここに描いてあります。これらの山は穂高岳などの3,000メートル級の山につながります。それが急に東に向かって高さを減じて盆地の中に姿を没しています。そして東の方、ここは緑で描かれていますがフォッサマグナの若い年代の地層が断層によってグーっと上がっ

ています。ここに断層が2本描かれています。糸魚川—静岡構造線です。この松本盆地というのは東の古い基盤となる岩石がずっと沈み込んでいますが、東の方からはフォッサマグナの岩石や地層が、この赤い太い断層によって前進するとともに上昇してきている、それがこの断面です。山の縁、国道19号かJR篠ノ井線が走っているのがちょうどこのあたりです。先ほど犀川から見て崖が連なる写真（画像4）をお見せしました。あれはこの断層が作った地形とも言えます。西の方から沈み込む、東の方からはのし上がる、ここに大きな窪地が出来てしまいます。この窪地に何も溜まらなければどうなるでしょう。眼も眩むような深い谷になっていたはずですが、実際はそうはなっておらず平らになっています。何が詰まっているかという、川が運んできた土砂によって埋めつくされています。基本的には扇状地の堆積物がここを埋め尽くしています。ちょうどここが崖っぷちのようになっていますが、ものが溜まっていなければもの凄く深い溝が存在していたはずですが、平らに見える安曇野とか松本平と言われる地形は、実は溝の上を土砂が埋めた結果です。

ここにひょっこり地下の岩石が顔を出しているように描かれたところがあります。先ほど紹介した梓川村倭のチャートからなる火打岩は、この下に存在する山の頂上ではないかと考えています。この山の頂上もかつては高いところにあったのですが、今どんどん沈み込んでいるのでそのうち顔を没して見えなくなってしまいます。ここで「そのうち」というのは数万年単位です。これが松本盆地の、地下を含めた地形です。

## 信州の地震

では、ちょっと目を広げて長野県全体の地形を見てみましょう。この白い線で囲まれた範囲が長野県です（画像18）。急傾斜の山は濃い緑色で描かれています。その中にいくつかの白い地域が広がっています。これが平らな場所、松本盆地のような地形の場所です。長野県はこうやって見ますと、ここに松本平・安曇野があります。南の方に伊那谷があります。この細長い平は伊那盆地です。ここに諏訪盆地があります。ここに飯山まで含めた長野盆地があります。あと、ここは上田及び佐久盆地です。長野県はだいたい山がちですが、山にはほとんど人は住めませんので、平らなところが集合して一つの県が作られているといった感じです。この山がちな地形の中で、人が生活できる平らな地形がどのようにしてできたのかを一つずつ見てみたいと思います。その前に赤い線を入れてみました（画像18）。これは何でしょうか。活断層です。盆地の縁には活断層がほぼ確実にある、そう言っているかと思えます。松本盆地には先ほどの糸魚川—静岡構造線が、このように伊那谷にもあります。

もう少し具体的に見てみましょうか。これ（画像19）は長野盆地です。西側に活断層が通っています。これは南から北を見たところですが、ここに断層が走っています。こちらの方から犀川が盆地の方にやってきて、千曲川から信濃川になって日本海に流れていきます。松本あたりでは西から東にのし上がる断層でしたが、ここでは東から西にのし上がる断層があって、この谷間にベージュ色や水色で表現された土砂が溜まることによって盆地が作られています。これも活断層で、今から約170年前、弘化4年（1847年）に善光寺地震を起こしました。この断層は、善光寺さんのちょうど真下を通過して信州大学の教育学部、さらに南では長野県庁の真下を通過しています。長野県庁の背後にある段差は活断層の地形です。

この写真（画像20）では、向こうに中央アルプス（木曾山地）が見えています。空木岳、木曾駒ヶ岳、伊那谷ですね。陣馬形山という山がありますが、そこから見た風景で手前に開けた地形が広がっています。ここには天竜川が少し見えています。伊那谷にはあまり平らなところがありません。これは全部扇状地で、本当に平なところは僅かです。扇状地の中に大きな谷が切れ込んでいるので、昔の国道や飯田線はΩ（オメガ）状のカーブで曲がって、この切れ込みを勾配でクリアしながら走っています。ここに

は活断層が走っています。一つは木曾山地の麓、一つはちょうどこの段丘を作っている扇状地をずらしている断層です。全てではありませんが、だいたい二本あって、そして向こう側の山が手前の方に向かって、西側が東に向かってのし上がってきています。この動きは長野盆地とほぼ同じです。これ（画像21）は、この部分の東西方向の断面図です。木曾山地が断層で上昇してきます。上昇の結果、地形的に高くなったところから大量の土砂が運ばれて天竜川に流れ下っていきます。山麓には土砂が堆積して扇状地が出来ます。伊那谷は背後の山が近いので、一部屋あるくらいの巨大な転石がいろいろなところにあります。これが伊那谷の特徴です。活断層運動でできた窪地に土砂が運ばれてかろうじて人が住めるような平地ができています。伊那谷も、安曇野や長野盆地と同じでした。

では、諏訪盆地を見てみましょう（画像22）。諏訪湖は地盤が悪いという話を聞いているのではないのでしょうか。この地盤が悪くて地震になれば大きな被害が出るというところに、私はこの4月から日中はそこにいます。居るところはこの赤い線の近く、活断層のすぐ横で、窓から眺めると急斜面がありまして、ここはいかにも断層が作った地形だなと思われるところがあります。気の休まらない職場というのはこのことかと思えます。諏訪湖の周りを取り囲むように二本断層が分かれて走っています。諏訪湖の上流側、こっちは横川が流れ込んでいるあたり、天竜川で流れ出していきますが、諏訪湖の両側は、細長く尖ったような形の平地です。諏訪盆地はどのようにしてできたのでしょうか。

糸魚川—静岡構造線という断層は、本当は一本だったはずですが、それがあつたもののいたずらで、こういうふうになつてしまった。あるもののいたずら、これはNHKのプラタモリで取り上げられていました。あるものとは、活断層である中央構造線です。この中央構造線がちょっと活動して、活断層である糸魚川—静岡構造線をずらしました。でも、糸魚川—静岡構造線は活断層ですから、これも動くことになります。その食い違った糸魚川—静岡構造線が動くとき真ん中が引っ張られて落ち込み、窪地になってしまいます。できた窪地には何が溜まりますか？ まず、水が溜まります。水が溜まって深い湖になるのですが、今諏訪湖の深さはせいぜい7メートルちょっとです。結構面積は広いのですが、本当に浅い水溜まりです。周りの山から土砂が急速に運ばれてきて、断層が作った窪地があつという間に埋め尽くされて今のような姿になります。もうちょっと経つと—これも地質学的な年代なので用心して聞いてください—もうちょっと経ちますと、これも沼地のような形になって、場合によっては埋め尽くされてしまうかもしれません。でも、大丈夫です。また、湖は復活します。糸魚川—静岡構造線は活断層ですので、また動きます。そうすると深い落ち込みがまたできます。結果として、水が溜まって深い水を湛えた諏訪湖がよみがえります。ただし、その時は大きな地震がここで起こります。活断層が諏訪盆地という生活の場をもたらしめています。しかし、それは活断層による地震被害を必ず伴う場所です。

地質断面図を見ますと、両側に緑と赤の古い地質があり、真ん中が落ち込んで水色や灰色の堆積物が分厚く溜まっています（画像22）。これは500メートル近く落ち込んで、軟弱な土砂が溜まっていることを示しています。水が多量に含まれているので地震が起きると揺れが大きくなって、諏訪湖付近だけ震度が高くなります。6月20日に能登半島でマグニチュード5の地震がありましたが、このあたりでは感じましたか？ 私はその時、諏訪市にある放送大学にいましたが、一緒にいる人は皆「あ、揺れている」と感じていました。周囲はだいたい震度1でしたが、諏訪だけは震度2でした。このように地盤の良し悪しによって、同じ地震の揺れが伝わっても、そこで感じる揺れの強さが違ってきます。諏訪という場所はそういう場所です。

これは先ほどお話した松本盆地です（画像23）。安曇野市の断面にほぼ相当します。この断層があつて東側が上昇してきて、その結果できた窪地に土砂が溜まっています。その土砂を運んできたのが、いま扇状地を作っている西の山から流れ出る川たちです。

上田は活断層がないし、地震も少なく安心だと言われることもあります。この中に上田出身の方はいらっしゃるでしょうか？ 最近私のところにいた大学院生がたいへん熱心に山を歩いて、活断層があることを明らかにしました。ここ（画像24）は、上田市、東御、小諸、佐久ですが、こういった山の縁には顕著な活断層があって、真ん中には柔らかい地層が溜まっています。このように落ち込んだような窪地ができて、そこに砂利が溜まっています。ここは手前に八ヶ岳、向こうに浅間山があります。ここには火山の噴出物が大量に運び込まれていることがほかの盆地とは違っていています。最後までわからなかった上田盆地ですが、活断層が作った窪地に土砂が溜まっているということを、自信を持って言うことができるようになりました。活断層が作った窪地、東信もその一つでした。

私たちが住む信州にはいろいろな盆地があります。活断層の運動が作った窪地に土砂が溜まっていることでは松本、伊那、佐久、善光寺、そして諏訪、全部共通です。

では、それを作った活断層を見ていきます。これ（画像26）、安曇野の活断層が見えているところです。これは以前、堀金の啼鳥山荘の裏にあった土取場です。今は緑化されています。写真はまだ土取場が稼働している時です。私は、ここを見せてもらった時に目を疑いました。今までで最も顕著な活断層を見たこととなります。ここに線がありますが、これはベンチが切つてあるところです。こちらの下のグレーの所と、この上の茶色の所の間に境界がありますね。ここに白いものもちょっと見えています。線を重ねると、このように活断層が走っています。この横方向の長さは百数十メートルあります。砂利を取るために、断層調査を意図したわけではないのですが、活断層が見えてしまった例です。下が古い地層、上が若い地層で、ここが断層です。この断層を私たちは「信濃坂断層」と呼んでいます。信濃坂というのは中房温泉に行く途中にある地名ですが、断層はそこを通過して南方のここまで連続します。これ（画像27）が断層に近寄ったところです。ここで学生がこの断層を調べています。ちょうどこの線ですね、右上と左下では全く異なって見えます。左下が古い年代の地層、右上が新しい地層です。新しいと言っても47,000年前のものです。下は桁違いに古くて約2億年以上昔の地層です。その間が見事な断層によって境されています。どちらがどの方向に動いたかも、断層を調べることで分かりました。現在は緑化されて断層は見えてはいません。樹木と表土の一部を、窓を開けるように掘れば、また断層は簡単に観察することができるでしょう。教育とか防災に関する普及のポイントとして使えないだろうかとも考えられます。

もう一つ、これ（画像28）は犀川の光橋のあたりです。向こうがちょっと雪を被って煙っていますが、手前に犀川が流れています。冬は水位が下がるので、こういったところを見るのに好都合です。光橋の上から見ると、川の西側にマレットゴルフ場がありますね。そのマレットゴルフ場の近くの川岸に、川が削った新鮮な露頭が見えています。そこに行きますとこんな感じで、グチャグチャに乱された物質が川底に出ています。これは、元は固くて、しっかりした地層なのですが、ここでは激しくかき乱されて、「破碎帯」と言っているものになっています。映画『黒部の太陽』の中で破碎帯から水が大量に出て苦労したという場面が山場になっていますが、破碎帯というのは断層が動くことによって岩石が破碎されて出来た脆い地質のことです。破碎というのは「破られ、碎かれる」と書きます。岩石が断層運動で大きな力を受けると、固い岩石もバラバラに砕かれてしまいます。この露頭（画像29）を見てみますと、これは見事な破碎帯です。色調の違いがあり、断層の面もわかります。その中でも特にここをご覧ください。この黒い矢印で示した線より左側は古い地層、右側は犀川が運んできた砂利です。それがこのシャープな境界で接しています。これは断層ですが、単なる断層ではなくて活断層です。なぜかという、この河原の砂利はつい最近堆積したものです。ここでも注意してください。私の「最近」は数万年前でもそうですから。でもこれは本当につい最近溜まった砂利の地層です。そこに古い年代の地層がの



し上がっているのです。ということは新しい年代の地層が溜まってから、本当につい最近、この断層は動いたということになります。河原の砂利の層が切られているわけですから。

これ(画像30)は光橋です。この近くを長野道が通っています。今ご紹介した活断層は、ちょうどこの光橋のたもとを横切って長野道の明科側の下を通り抜けています。ちょうどこのあたりに松糸道路も作られるということで、おそらくこの断層の存在が考慮されることになるかもしれません。私がここで申し上げたいのは、断層の南にいきますと、広域下水処理施設アクアピアがありますね。この施設は断層破碎帯の真上に建っています。断層はこのように、アクアピアの東の縁<sup>へり</sup>を通っています。こういった活断層の真上にある施設、これが被害を受けたらどうなるのか、あるいは被害をできるだけ軽減するような方法はあるのかを考えて対策することが日本全国で急務になります。この場合、安曇野のかなり広い範囲の下水を処理していますので、これが完全にストップするとトイレが使えなくなる可能性があります。

これ(画像31)は松本市の例になりますが、国道158号が梓川を波田から安曇の方に渡るところがあります。その橋が新渕橋です。掛け替え工事当時の写真を見ますと、この左側の白い破線と右側の白い破線が同じ地層、同じくこの茶色の地層と茶色い地層は同じものです。上に河原の砂利が堆積しています。この茶色い地層は河原の砂です。どこが断層かわかりますか？ 線を入れてみるとこうなります。この人の頭の上から右下にかけての線を境として、右側が左上の方にのし上がっています。これも光橋の例と同様、河原の砂利ですので、ごく若い年代の地層です。波線で示した断層は活断層と言えます。橋脚が一本立っていますが、この橋脚の下の基礎工事のところは活断層で、あえて活断層の上に橋脚を立ててしまったことになります。

活断層の例を三つほどこの近傍で紹介しましたが、活断層の定義というのは、「最近の地質時代に繰り返し活動し、将来も活動することが推定される断層」ですが、ちょっと曖昧です(画像32)。活動した年代を12、3万年前以降とすることが最近では多いです。12、3万年前という年代は最近なんです。断層の寿命というのは、糸静線だったら1,500万年、中央構造線だったら1億年くらいですから、なかなか寿命が尽きません。12、3万年前に動いたらもうあとこれからも当然動くだろうということで、このような使われ方をしています。阪神淡路大震災の時に活断層が動いて大きな被害が出ましたが、この写真は、その活断層の断面を作って皆さんに見てもらっているところです。

松本平あたりで、これまで現場で確認できた活断層を図に描いてみます。このようになります(画像33)。ここが松本市街地、安曇野市がだいたいこの範囲、明科はここです。東の方にある断層が一番大きいのですが、西の方にも先ほどの信濃坂断層とか、あるいは鹿島—満願寺断層といった活断層が存在しています。こういう活断層に囲まれた場所が松本盆地であって、安曇野市は、盆地の両側にある断層をまたいでいることになります。

活断層のうち、おもだったものだけを図に示しますとこのようになります(画像34)。安曇野市はここで、糸魚川—静岡構造線、そしてこれが信濃坂断層、これが伊那谷の断層です。そのほかの断層を白線で図示してあります。活断層の配置がなんとなく「X字型」に似ていませんか？ これはなぜX字型なのでしょう？ これには意味があります。コンクリートの強度を調べるための実験で、円柱状のコンクリートをギュッと圧縮するとこういう割れ目ができることがあります。これはX字型をしていて、「共役割れ目」と呼びます(画像35)。固い地質がギュッと押されるとどうなるのでしょうか。ここは水平面だと思ってください。両方から押されると、こういう二方向の割れ目ができることがよくあります。この共役割れ目のパターンはさきほどの活断層パターンとよく似ています。この日本の中部地方、長野県を含めた中部地方にある活断層のX字型を示すことは、東西方向の圧縮の力を受けた結果と考えられ

ます。

では、これはどういった力が元になっているのでしょうか？ 太平洋プレートの押す力です。フィリピン海プレートの押しもそこそこ強いけれど、なんと言っても太平洋プレートが強く、ほぼ東西に押しています（画像36）。日本列島、あるいはユーラシア大陸に対して年間10cmくらいのスピードで押しています。大半のエネルギーはこの白で描いた海溝のところで解消されてしまいます。それが2011年の東日本大震災だったわけですが、一部は内部に伝わって内陸に影響を与えます。それがさきほどの「X字型」の割れ目になる活断層だと、おおまかに理解していただいて間違いはないと思います。

少しまとめてみますと、活断層は12万年前以降に活動したものとされ、信州には多くの活断層が存在する、盆地の縁には活断層が「X字型」をなす、それはプレートの東西方向の圧縮の結果作られ、私たちは活断層が作った生活の場である盆地に住んでいます。その周りには活断層が必ずあることとなります。活断層に感謝しましょうというわけではありませんが、活断層がなければ私たちの生活の場も恐らくなかったでしょう。

活断層があると地震が起こると先ほど申しましたが、こんなことも起こります。最初に気を付けなければいけないことは、先ほどの下水処理場の問題にも関連します。これ（画像38）は台湾で1999年に起こった地震で、「集集地震」と呼ばれています。ここではダムが壊れていますね。また、このように川の中に段差ができて滝になっています。活断層が川を横切る形で動いて、ちょうどそこにあったダムが壊れてしまったという例です。ダムは揺れにも強く、震度7にも耐えられると言われますが、その下で活断層が動けば、ダムは脆くも壊れます。こういったことに注意して、これからの社会作りをしていく必要があります。

活断層の真上にいろいろなものを作らないということを法律で決めている地域もあります。これはカリフォルニア州です（画像39）。通称「活断層法」と呼ばれる法律があって、原則として活断層から15メートル以内の範囲には新築禁止、あるいは地質調査が必要、売買には告知義務が伴うことが定められています。例えば、ここ（画像40）はサンフランシスコの新興住宅地です。ここに緑のゾーンがずっと続きますが、これは公園です。黄色いところが活断層で、そこにはものを作らずに公園として使われている例です。これは手本とすべき例だと思います。この活断層は、サンアンドレアス断層という、太平洋の東岸を通る最大クラスの活断層です。サンフランシスコやロスアンゼルスは、数十年に一度大きな地震被害を受けているところです。

では、このあたりの話に戻ってきます。明科では、犀川がここを流れています（写真41）。高瀬川とここで合流しています。ここには押野がありますね。この山は押野山で、眺めがいいところもあります。ここから山が始まって、次第に高くなりながら鷹狩山まで続いています。こちら（西側）は低い場所です。たくさんの赤い線が引かれていますが、国土地理院の出版物に示された糸魚川—静岡構造線を作る活断層です。ここで断層が確かめられている例を紹介します。ここで地層が切れて不連続です（写真42）。これは産総研による押野でのトレンチ作業で出てきた活断層です。初めは地形や周りの地質の状況から活断層を推定しますが、どうしても最後に確認すべきことがあれば、実際に溝—トレンチを掘ってそれを確かめます。4年前、高家でも実施されました。押野山から明科、田沢を眺めた様子ですが、ここ（画像42の赤破線）を断層が走っています。この断層はずっと先の光橋の下を通ることになります。こういった場所に安曇野市の東の端の明科があります。上から見ると単なる「よい風景」かもしれませんが、もうちょっと掘下げてみると地質・地形、トレンチ結果から見てどういう場所であるのかということがわかります。これは押野山の眺めの良い所にある露頭です。ここに白い砂利が見えています。学生が調べているところですが、この白い砂利、結構新鮮な砂利が山の上に乗っています。この砂利は何

かという、高瀬川を作っていた川の砂利です。石を見ると高瀬溪谷を作っている花崗岩類が多いんです。この石が押野にあるということは、ここ（低地）にあった砂利がこの断層（赤い線）によって今、ここまで数十メートル持ち上げられていることになります。このような事例がこのあたりの何か所かで確認できます。ここを訪れると、この丘陵はどのようにしてできたのか、この地域はどのような地質条件なのかを知ることができます。

長野県神城断層地震が2014年に起こりました（写真45、46）。この時、道路に断層のズレが現れました。以前から糸魚川—静岡構造線が走っていることは知られていましたが、糸静線が初めて実際に目の前で動いて姿を現した最初の例です。朝の夜明け前の暗がりの中でこれを見つけ、非常に驚きました。それに先立っていくつか地震がありました（写真47）。長野県北部地震が2011年、3.11東北地方太平洋沖地震の翌日にありました。同じ年の6月に、地下活断層が動いた松本市南部の地震がありました。この頃、未知の活断層が、あるいは既知の神城断層などの活断層が動きました。

近い過去で、内陸と日本海東縁部で地震が起こった場所は、このように連なります（画像48）。順番に見て行きますと、善光寺地震、新潟地震、日本海中部地震、ここが北海道南西沖地震です。このように地震が起こりやすいところがあって、「日本海東縁変動帯」と呼ばれています。長野県付近では最近ではどうかというと、やや小さい地震が起こっています。次に大きな地震がどこで起こるのかは気になるところです。最近起こったところは黄色ですので（写真47）、起こってない領域、A、B、C、D、Eのどこかで起こるに違いないと考えるのが普通です。実際はどこで起こったかということ、2004年の中越、2007年の能登半島、2007年の中越沖、2011年の長野県北部と、まさにここで起こり続けています。ほかで起こった地震を省いてあるわけではありません。これで4回ですね。もうたくさんだと思っている時に2014年の神城断層地震が起こりましたし、ここでは山形県沖地震も起こっています。領域Dの周辺で地震が起こっていることになります。長野県中・北部がDの範囲に含まれます。

また、別の図で示しますと、ここに地震がよく起こる場所があります（写真49）。これは「新潟—神戸ひずみ集中帯」と呼ばれ、先ほどの日本海東縁変動帯から続いてきて、中部地方の北をかすめて大阪まで行きます。阪神淡路大震災をもたらした兵庫県南部地震もそこで起こった地震です。2018年には大阪府北部地震（マグニチュード6.1）もありましたが、それもここで起こっています。長野県の中信地方はその範囲に入っています。さっきの変動帯と同じで、その延長でもあります。このように、基本的には安曇野市も含めて、このあたりでは大きな地震が起こりやすい状態にあるのではないかと考えた方がいいと思います。これは気象庁がまとめているものです（写真50）。安曇野市はここですが、記録がある地震がこの黄色い範囲で起こっています。中信、北信、どうやら地震が起こりやすい場所です。ここでは、1791年にマグニチュード6.5の地震が安曇野市より南で起こっています。実態がよく分からないのですが、松本市の石垣が崩れた地震です。マグニチュード6.5ですから家屋が密集した町で起これば、そこそこ被害が大きくなる地震と思われれます。

これ（写真51）は、2015年に長野県がまとめた地震被害想定です。ホームページでも見るができますし、役所などにも置いてありますのでご覧になった方もいらっしゃると思います。ここでは、あえて最悪の状況を想定して、どのような被害が出るかということを各市町村、あるいは長野県全体に関して公表されています。とにかく隠さず最悪の場合を直視する、それが大原則でした。長野県中部をほぼ南北に走る糸魚川—静岡構造線が、最大規模で動くと、全県では最悪の場合死者が7,000人、全壊焼失家屋が10万棟になります。これは発生時間、季節、天候、風の強さ、さらに観光地に人がいるかどうかということも全部考慮してあります。安曇野市ではどうかというと、最悪の場合死者が200人と資料には示されています。特に1981年以前に建てられた耐震性の低い家屋に被害が大きくなります。被害の計

算では重要なポイントです。

### 安曇野市の洪水と土砂災害

きつい話ばかりしましたので一息入れて温泉の話です。ここ（画像52）に中房温泉、ほりで一ゆ〜、ファインビュー室山と主だった温泉施設を示してみました。じつはこれらの温泉はすべて活断層の真上にあります。中房温泉は九十度以上の熱いお湯が出ますし、お湯から沈澱した珪化は天然記念物になっていてなかなか見応えがあります。そしてほりで一ゆ〜、これは先ほどの大きな土取場跡の断層露頭の近くです。また、露頭はありませんが、地形から推定するとファインビュー室山の西側にも断層が推定されます。すべて活断層である信濃坂断層から湧く温泉ですが、温泉を楽しみながら断層のことも考えてはどうでしょうか。今すぐ地震が起こるから危ないですよ、と言っているわけではなく、楽しみの一環として断層を学んではいかがでしょうか？ これは11年前に安曇野市のお手伝いをさせていただいた時の天然記念物の資料ですが（画像53）、こういったところに信濃坂断層があって、そこに交わる別の断層があります。そこから温泉が大量に湧き出しています。これが中房温泉の様子です。

### 土砂災害について

ハザードマップというものがあります。土砂災害に触れておきたいと思いますが、国交省の「重ねるハザードマップ」というのがあって、ウェブサイトでも誰でも簡単に利用することができます。いろいろな災害の種類をそこで重ねていくという機能があります。これは水害だけですが（画像54）、安曇野市を中心とした地域の水害予想がこのようにマップで示されています。赤いところが浸水の高さが高いところ。ここ明科ですと、最悪の場合5メートルを超えます。扇状地が西から発達してきて東が低くなっています。断層によって松本平の東側が落ち込んでいますから、盆地の東の縁で被害が大きくなります。私がいる松本市の駅あたりはほとんど水浸しになる可能性があります。松本の駅は地盤の悪い湿地帯に土地があったので、明治30年代に駅が作られたと聞いています。これは拡大したところです。それに土砂災害とか地形情報も重ねてみるとこのようになります（画像55）。ここが先ほどと同じ浸水の可能性が高いところ。そして黄色いところは土石流の危険性が高いところ、オレンジのところは急傾斜地です。土砂災害防止法という法律によって、特別警戒区域と警戒区域が急傾斜あるいは土石流に関して設定されています。それがすべての自治体のハザードマップに活かされていますが、今一度ご自分のお住まいの地域のハザードマップをご覧ください。これは安曇野市の防災マップで、また明科の例になってしまいますが、水に最も深く浸かることが予想される範囲がこの紫色のところ。そしてこの扇型に描かれている範囲は土石流の発生を示しています。その背後の住宅地の後ろにあるこういった山は急傾斜の警戒区域、あるいは特別警戒区域になっています。昨年、岡谷市や茅野市で土石流災害があり、現場を調べました。問題のあるところに家があった例もありました。今、住んでいる場所がどういうところかということ振り返って、どういう行動が必要になるかを考えていただきたい。ハザードマップをもう一度ご覧になっていただければと思います。

明科にはこのように断層があって、ここが落ち込んで東側（<sup>へり</sup>緑の部分）が持ち上がっています（画像57）。ここが一番地形的に低いので水が集中してきますし、ここは急傾斜ですので、当然のように扇状地が山麓にできます。低いところから浸水しますから、どうしてもこの山沿いに人は生活の場を求めることになります。山沿いは、土石流や急傾斜地の崩壊の影響を受けることもあります。東の明科の話ばかりでしたが、西の方を少しご覧にいます。穂高、堀金、三郷とピンクの扇状地が一面に広がっています（画像58）。扇状地が重なり合っています。複数の川による扇状地が複合しています。これは土石

流の危険地域です。警戒区域がオレンジあるいは黄色の場所です。

なぜこんな山の縁に災害が多いのでしょうか。他の例を振り返ってみます。広島で2014年に76人が亡くなった大災害がありました。これ（画像59）をご覧ください。この地形はなんですか？ 全部、扇状地です。背後の山地は、マサという風化してボロボロになった花崗岩の地質です。マサが作った複合扇状地が徹底的に利用されてぎっしりと住宅が建っています。こういう土地利用の問題は誰の責任か指摘されないことが多いのですが、そこを直視しないと次の災害がまたやってくることになります。

これ（画像60左）は、平成18年に岡谷市の湊3丁目で起こった災害です。ここも扇状地です。後ろの方から土石流がやってきて、このあたりの家が被害を受けました。やっぱりここも場所がないから、湖を埋め立てるか扇状地の上に人が住むしかないという事情があります。その事情を踏まえて、それなりの対応も必要になります。これ（画像60右）は南木曾の土石流ですがこれも同じです。この場合は後ろが花崗岩であるということで、広島と同じ地質条件でした。ここにどうして生活の場が出来たのでしょうか？ それは実は活断層によって隆起した山地から多量の土砂が供給されて生活できる場ができたのです。そういった活断層が作る地質や地形は、土石流災害にも直結しています。断層による地形がなければ、あるいはそういった種類の地質がなければ、こういった土石流には繋がらないのですから。私たちの身の回りにはかなり極端な地形があると言いました。これは学問的に面白いのですが、同時にそれは生活する上で十分注意をすべき事柄が見えているということにも気づいていただきたいと思います。

今日のまとめですが、安曇野市というところは大きな地質境界、現在も断層が活発に活動する場であるとともに、新潟―神戸高歪み速度帯の中でもあります。地形と地質の事情で土砂災害も起こりやすいことを今日はお話いたしました。

最後になりますが、南信の大鹿村を通るリニア新幹線、南アルプストンネルに関連して、今残土の置き場の問題で色々取り沙汰されています。私も実は心配しております。残土は多くの場合、谷底に置きます。それを管理すると言っても未来永劫に鉄道会社が管理するわけではなく、あとは自治体に戻ってきますので、それを負の遺産として今後受け継いでしまうことになります。自分たちの世代だけではなく、次の世代も人が住む場所で何が起こるかということキッチリと作る方も説明する、あるいは住民側も過去に何が起こったかを勉強する必要があります。昭和36年に三六災害という大災害が南信で起こりました。全国で300人以上が亡くなりましたが、あの時は谷という谷が土砂を出しました。谷に溜まっていた堆積物が大量の雨によって流されたのです。身近なところでも、災害の元になる材料を谷底に提供しないことを祈るばかりです。