

岩手宮城内陸地震見学印象記

(株)畑村創造工学研究所

代表 畑村洋太郎

<見学の概要>

第1回目 2009年9月14日(月)晴れ, 15日(火)雨, 曇り, 地上踏査

2009/9/14 荒砥沢(あらとざわ)ダム, 駒の湯温泉, 栗原市長面談, 温湯(ぬるゆ)温泉(泊)

2009/9/15 温湯(ぬるゆ)地区関所跡, 道の閉塞部, 湯浜(ゆばま)温泉の円形劇場大崩壊, 湯の倉(上から見ただけ), 小川原(おがわら)の排水路工事

第2回目 2009年10月1日(木) 曇り ヘリコプタによる空中からの実見

見学ルート: 花山発, 小川原, 湯浜, 荒砥沢, 駒の湯, 産女(うぶすめ)川, 市野々原(いちののはら), 祭時(まつるべ)大橋, 栗駒山山頂, 花山着

第3回目 2009年10月16日(金)晴れ, 地上踏査

見学場所 : 祭時大橋

記録日:2009年11月12日(水), 19日(水)

A. 地震の概要

岩手宮城内陸地震は2008年6月14日に岩手県と宮城県の県境に近い栗駒山の近くを震央とする内陸の直下型地震である。この地震は大地が圧縮側に動いて起こる逆断層型である。大きな地形の変形が起こったが、幸いに人的被害は少なく死者17人、行方不明6人だった。

<岩手宮城内陸地震概要>

発生日時:2008年6月14日午前8時43分

マグニチュード:7.2

最大震度:6強

震央:岩手県

地震の種類:直下型地震(逆断層型)

人的被害:死者17名, 行方不明者6名, 負傷者448名 (2009年7月1日現在)

B. 実見の動機と経過

地震発生後、地形が大きく変化すると報道され、被害の様子を示す様々な写真が掲載され、映像が流された。山が波打っている写真や崩れた写真が報道されていたが、結局どれを見ても何が起きているのか皆目わからなかった。報道には“私たちが知りたいと思うことは何も知らされず、目先に見えたものだけが報道される”という特性があるが、この場合も地震に関する専門知識のない記者が撮影した

ものを報道するだけだったので、知りたいと思うことは何も知り得なかった。本当に何が起こったのかが知りたいと思うなら、自分で見たり、調べたり、考えたりして、頭の中に自分なりの像を作るしかない、と思うようになった。

そのためには空から見るのが一番良くわかるのではないかと思い、友人に話したところ、彼もそう思っていることがわかったので、2人でヘリコプタをチャーターして見に行こうという話になった。ヘリコプタをチャーターすると20～25万円/時程度かかり、岩手・宮城内陸地震の地域のヘリ視察には30～40万円程かかることがわかった。友人と費用を折半して一緒に見に行こうと話をしてしたが、残念ながら実現しなかった。

2009年6月に大谷崩れをヘリコプタに乗って上空から見ようとしたことがある。往きは東京のアーケルズの屋上から静岡ヘリポートまで東名高速に沿って松田、裾野、沼津、由比上空を飛んだ。地上で行ったことのある場所は上空から見ても大変よくわかった。例えば、松田はブルドーザーの実験のために行ったことがある。裾野にあるトヨタ研究所にも行ったことがあるし、沼津では津波防災施設の大型展望水門「びゅうお」を見学した。また、沼津の原駅付近のIHU(石川島運搬機械)にも実験のために行った。富士川の河口付近も見学したことがある。このときは、安倍川上空辺りで雲が多くなって有視界飛行ができなくなり、結局大谷(おおや)崩れに行くのは諦めた。このときに学んだことは、空から見ると色々なものが見えるが、自分の足で歩いたことのない場所、地上の景色を知らない場所は空から見ても何もわからないということである。

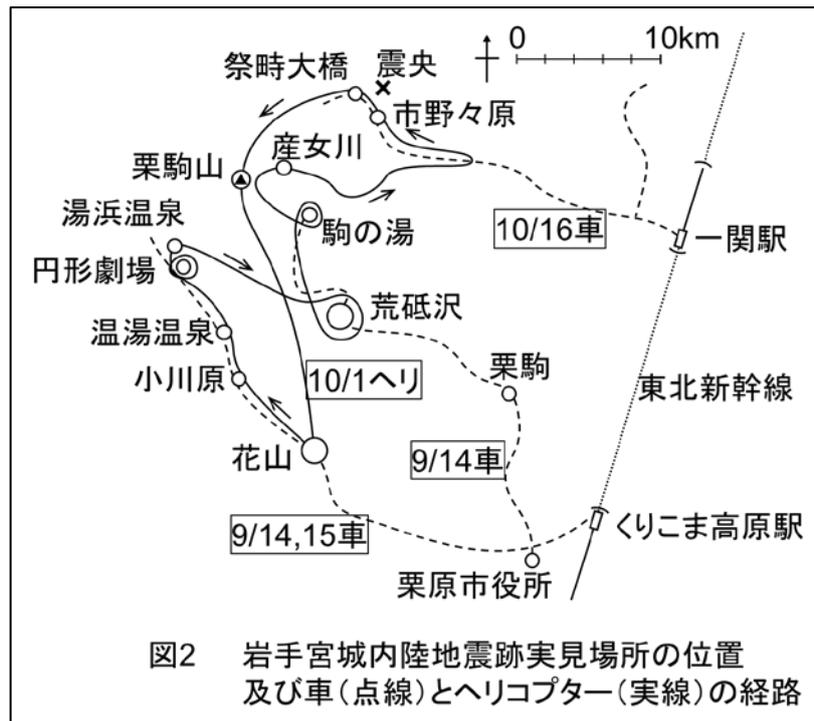
この経験から、現地を歩いて十分に学んでからヘリコプタで見に行くのがよいと考えるに至ったので、友人に頼んで見学の手配をしてもらった。その後、国交省東北地方整備局の好意で調査用のヘリコプタ乗せて戴けることになり、ヘリコプタで上空からも見る事ができた。地震で落橋した祭時(まつるべ)大橋だけは場所が少し離れているので、一連の地上踏査とは日を改めて、現場に行った。

このように地上と上空から現地を見て、様々な資料を読んで、この地震でどんなことが起こったのかという像を作ることができた。それぞれの実見の行程、そこでどんなものを見たか、また資料等でどんなことを知ったか、そして全体として何を考えたかということ等を以下に記す。ここで大事なのはただ見たものをそのまま書くのではなくて、実際に見た物事をどのように理解して頭の中に全体像を作ったかという“頭の中に考えを作る”プロセスが分るようにしたいということである。

C. 岩手・宮城内陸地震跡の実見の行程と実見対象概要

見学した場所を図1に示す。実地調査した場所の経路を図2に示す。9月14日、15日に実際に車で踏査した行程は点線で、10月1日にヘリポートで通ったところは実線で、また10月16日に車で踏査したところは点線で示してある。





1. 第1回地上踏査

国土交通省東北地方整備局の世話で第1回の地上踏査を2009年9月14日(月)～15日(火)に行った。以下が見学した被害箇所である。

(1) 荒砥沢の大地滑り:

滑り降りてきた山塊の先端地点から見学すると共に、山塊の滑り降りて引き裂かれた山塊頭部の地点へも行き、崩壊でできた崖を見た。幅0.9km、長さ1.3km、深さ方向に150mくらいの山塊が移動した日本で最大の地滑りである。

(2) 駒の湯跡

山腹崩壊と土石流で流された駒の湯跡の平地を視察した。

(3) 温湯(ぬるゆ)温泉

地震による道路閉鎖で休業し、まもなく再開することになっている温泉に宿泊した。また、宿の近隣にある江戸時代の仙台藩の関所跡、谷への落石等のため放棄された道路を見学した。

(4) 湯浜温泉

地震で温泉が止まってしまったため一時休業せざるを得なくなり、再開を期すランプの宿を道路から眺めた。

(5) 湯浜温泉下流の大崩壊(円形劇場)と天然ダム

円形劇場状に大規模に崩壊した崖と崩れ落ちた岩石によってできた天然ダムと湛水池を見学した。天然ダム破壊防止のための工事を行っていたが、あまりに急峻な谷底なため機械搬入や工事用道路の建設に非常に苦労していた。

(6) 小川原での流路工事

山腹崩壊で堰き止められた川の仮排水路と本流路工事の様子を見学した。

2. ヘリコプタによる上空からの実見

2009年10月1日(木)にヘリコプタによる上空からの実見を行った。花山の臨時のヘリポートから国交省の大形のヘリコプタ「みちのく号」に乗って(図3), 地上踏査した場所を見ただけでなく, 第1回地上踏査で見えていない磐井(いわい)川の支流の産女(うぶすめ)川上流(栗駒山山頂近く)で起った本地震による最大の山腹崩壊と土石流跡と今回の地震で最大の湛水量の市野々原(いちののはら)の天然ダムも見ることができた。



図3 調査用ヘリコプタ“みちのく号”

飛行経路は図2に実線で示してあるが, 以下の通りである。

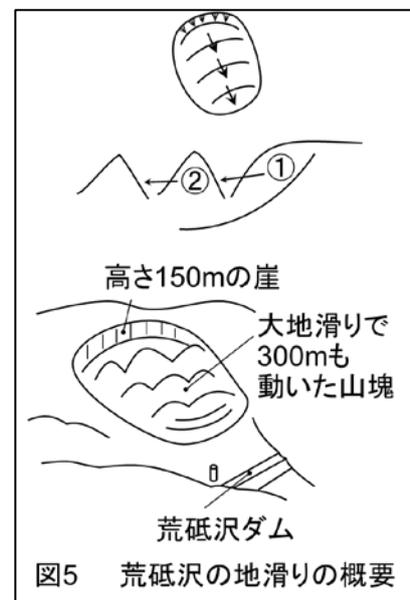
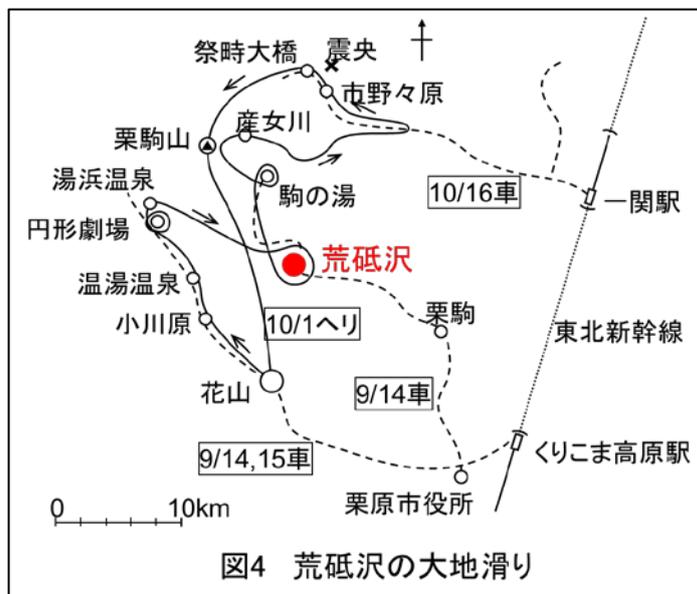
花山→小川原→温湯(ぬるゆ)温泉→湯浜(ゆばま)温泉下→円形劇場→荒砥沢→駒の湯→産女川(うぶすめ)→市野々原(いちののはら)→祭時(まつるべ)大橋→栗駒山山頂→花山

3. 第2回地上調査(2009-10-16)

2009年10月16日に2回目の地上踏査として, 橋を支える両岸の距離が地震で縮まったため橋桁(はしけた)が座屈破壊し落橋した祭時(まつるべ)大橋を実見した。

B. 主な見学内容

(1) 荒砥沢(あらとざわ)の大地滑り



荒砥沢の大地滑りの位置を図4に示す。

荒砥沢の大地滑りの概要および荒砥沢で観測された地震の規模は以下の通りである(図5)。

- 地滑りの規模

日本で起った最大の地滑り 6700 万 m^3 (0.7 億 m^3)

面積 98ha, 斜面長 1.3km, 幅 0.9km, 滑落崖の最大落差 150m

地滑りの最大移動量約 300m

土塊による津波 2.5mh

- 地震の揺れ

荒砥沢ダム底面で

1024Gal(水平),

右岸 1024Gal(上下)

谷底に比べ稜線部は2.5倍の G(余震観測時)

地震ではダム底面で水平方向に約 1G(1024Gal)が観測された。崩落せず残った山の稜線部では約 2.5倍の 2.5G が観測されているそうである。これも建築物と同様に、“**下が 1 なら上は 3 揺れる**”という法則通りである。また、公式記録には書かれていないことだが、実測された上下方向の加速度は 4000Gal(4G)だそうだ。

地上踏査では、地滑りの様子を移動した山塊の末端部(ダム側)から見た後、滑落崖(地すべりによって残った山の側にできた崖)からも見た。

図 6, 7, 8 はヘリコプタから撮影したものである。図 6 の写真を見ると、地滑りの頭部から見ると遠くに荒砥沢ダムがあり、そちらに山塊が移動したことがよくわかる。

図 7 の写真は、荒砥沢ダム側から移動した山塊を眺めたもので、崩れた山塊がダムに押し寄せている様子がわかる。また、地滑りの起こった地域の左の方でも山が崩れていることがわかる。

図 8 は斜め上(ダムの北西方向)から撮影したもので、荒砥沢の地滑り



図6 空から見た荒砥沢(あらとざわ)の大地すべり(1/3) ~頭部より見る~



図7 空から見た荒砥沢の大地すべり(2/3) ~下部より見る~



図8 空から見た荒砥沢の大地すべり(3/3) ~斜め上から見る~

全体の動きを見るにはこの方向から見るのが最も良い。右上に荒砥沢ダムがあり、真ん中の土地が右上の方に約300mも滑ったのである。また残された地盤がずり落ちたような様子もはっきり見える。

一方、地上踏査で撮影したものが次の3枚の写真である。

図9は末端部の工事現場である。ここでは移動した山塊が崩壊して土砂がダムに流入することがないように、大規模な土留めの工事を行っていた。1枚の写真には入りきらないので連続した写真を貼り付けて全体の様子が分かるようにした。

図10は滑落崖の上部から撮った写真である。山塊が約400m移動し、滑落崖の高さが150mくらいであった。

図11には大地滑りの証拠がそのまま残っている。地滑りで道路がちぎれたときに、ガードレールもちぎれ、移動した山塊に千切れた白いガードレールの一端がぶら下がっているのが見える。本当に山ごと動くなどとは信じがたいことだが、事実こんなことが起こったのである。何ともものすごい景色である。滑落崖の上部に立つ筆者の写真を図12に示す。足下が150mもの断崖絶壁になっているので、足が震えてこれより端には行けなかった。



図9 荒砥沢の大地滑りの末端部の工事現場



図10 荒砥沢(あらとざわ)の大地滑りの頭部 (荒砥沢ダムから2km上流位置より見る)



図11 荒砥沢(あらとざわ)ダムの約2km上流の大地滑り (大地滑りで約300m山塊が移動し、道路がちぎれた。)



図12 荒砥沢の大地滑りの頭部に立つ筆者

(2) 駒の湯の温泉跡

駒の湯は山の中にある温泉宿である(図13)。ここは地震で起こった山腹崩壊とその後に来た土石流によって埋め尽くされ、数名が亡くなった。温泉は30mの深い谷の脇の平地にあり、普通には安全と思われるような場所に建っていた。

駒の湯で起こったことを図14に示す。平面図で見ると良くわかるが、30mの深さの谷の東岸の山腹が崩壊し、その崩壊した土砂が対岸の平地まで谷を一気に埋め尽くした。そこに上流のジゾウ沢からの土石流が流れ込み、温泉の建物を埋め尽くしてしまったのである。右はその断面図である。図15、16は上空から撮ったものである。

ここは水はけが悪くて水がなかなか抜けず、救出するのも遺体を捜索するのも泥水の中でやらねばならず難渋を極めたそうだ。現在は水抜きが工事が終わってだいぶ乾いてきたため、ようやく色々な作業ができるようになっている。

図17は駒の湯付近から上流を見て、土石流の走ってきた経路を撮影したものである。上流のジゾウ沢から流下した土石流が曲がる毎に対岸の上の方まで駆け上り、また流下して次の曲線部で反対側の方に駆け上っていった(まるでボブスレーかスキーのスラロームのような形で落ちていった)跡が非常にはっきりと見える。この土石流は一番高いところで100mくらい対岸を駆け上ったとのことである。

土石流の速度を概算してみた。

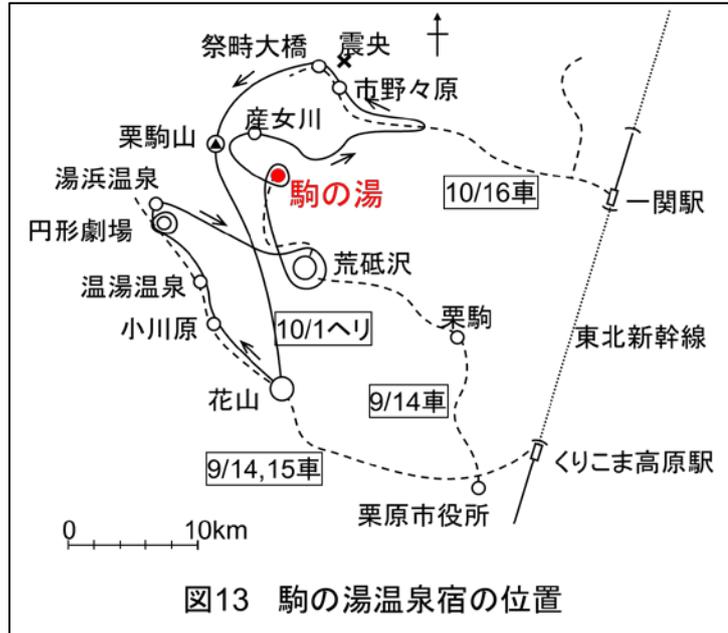


図13 駒の湯温泉宿の位置

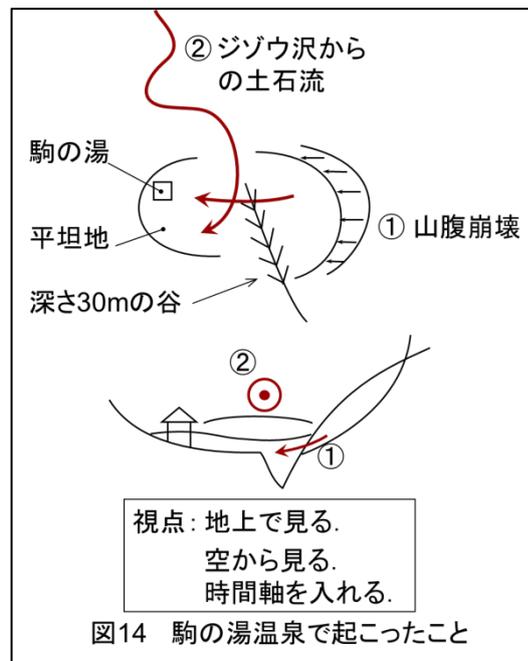


図14 駒の湯温泉で起こったこと

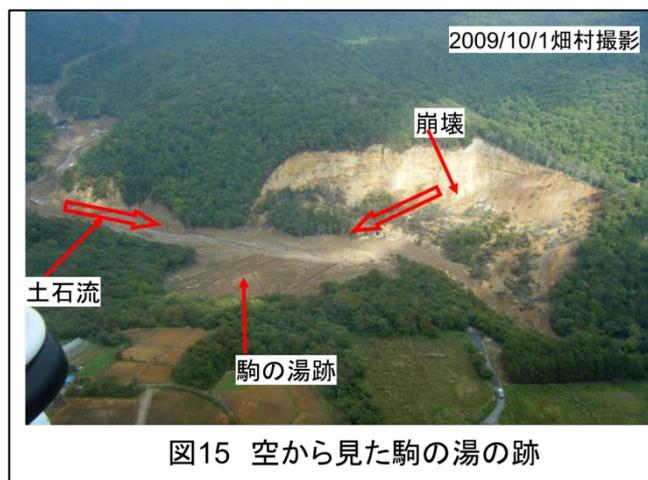


図15 空から見た駒の湯の跡



図16 真上から見た駒の湯跡



土石流は曲部で対岸に乗り上げながらボブスレーのように流れ下った。

図17 駒の湯を襲った土石流の経路



図18 ヘリコプタで駒の湯上流部から栗駒山山頂を望む



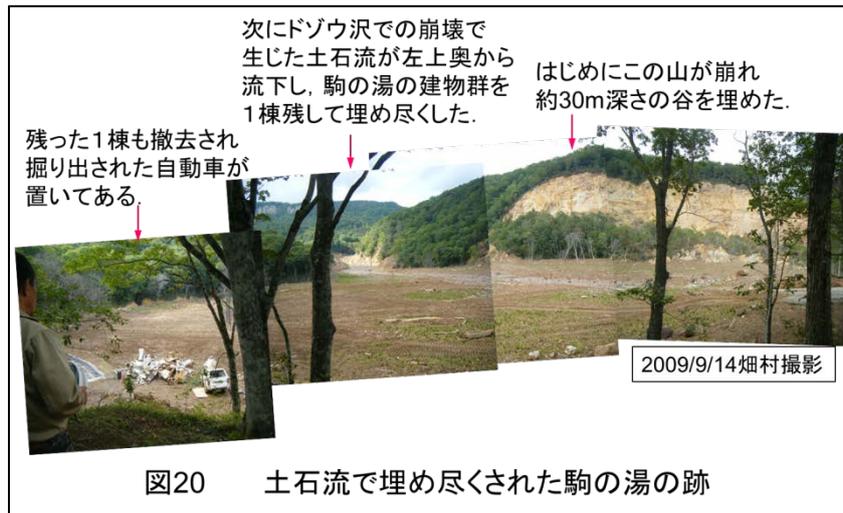
図19 ヘリコプタで見た紅葉真盛りの栗駒山山頂

100m の高さまで上がる運動エネルギーが位置エネルギーに変わるとすると、 $h=1/2GT^2$ で計算すると100m の高さからものが落ちるまでに約4秒かかることになる。4秒間にもものが落下するときの速度は約150km/hくらいになり、土石流は時速200～300kmの超高速で走ったことがわかる。土石流は普通に考えるよりはるかに大きい速度で流れ下りてくる。土石流は非常に速いことを頭の中に留め置かなければならない。

図18, 19はヘリコプタで駒の湯上流部を見た後に通った栗駒山山頂の景色である。栗駒山は地震がある毎にあちこちが崩れている山のように、何も今回だけのことではないという印象を強く受けた。山は崩れ、時間が経つと植生が地表を覆っていくが、地震などでまた崩れることを繰り返しているのだということがわかる。

地上踏査の際に駒の湯跡を撮影したものが図20, 21である。駒の湯のあった跡は平らな土地になっており、色々なものを掘り出して片付けていた。潰れた自動車が何台も脇に置いてあったので、いかに大きな力で土石流が押し寄せたかがよくわかった。

なお、土石流については岩手県真湯にある地震被害写真の展示場の写真が面白かった。図22はそ



の1枚であるが、“球状の巨岩発見”と書いてあった。土石流の中には丸くなった石がときどき見つかるのだという話があるが、富山の常願寺川には、氾濫後に流域で発見された“大転石(だいてんせき)”という角が取れて丸くなった大石が展示してある。また津波石も角が取れて丸くなっている。石垣島かどこかで50mか100mの断崖の上に丸い石が乗っているというのを写真で見たことがあるが、波に転がされて角が落ち、50mか100mの高さにまで波で運ばれてきたことを1個の岩の形から考えつくさなければならぬ。自然の力の恐ろしさを思い知らされるのがこの丸い石である。

(3) 栗原市長との面談

栗原市役所(図23)で佐藤勇栗原市長と面談することができ、行政がどのようにこの地震に相對したかの話を聞くことが出来た(図24)。

地域が地震のような大災害に見舞われたときには、命令系統を統一できるように、1つの機関が全てを統括して対応に当たるのが理想である。しかし、実際には関連する部署が県、国交省、農水省など多岐に亘り、実際の行政組織はそのような形にはなっていないので、対応の整合性を保つようには非常に大変だとのことであった。

この栗原市は2005年4月に10の市町村が合併してできた、できたての市である。地震が起きたときにはすでに統合されて栗原市になっていたから幸いだった。仮にこれがバラバラであったらまともな対応はできなかったのではないかという話を聞いた。佐藤市長は元々宮城県の県会議長を務めていた方で、平成の町村大合併でこの栗原市ができるときに頼まれて市長になった由である。どこをどうすればどう動くかを知り尽くした人が市長だったのは地震の対応という意味では非常にラッキーだったのではないと思う。

佐藤市長は、費用や時間がどれだけかかっても地震で亡くなった方の遺体を最後の1人まで探そうと決めていたそうだ。地震で崩落した非常に膨大な量の土砂や岩石に埋まっている遺体を捜索している中で、「もうこれ以上捜索はできない、これくらいで止めたい」と行政側から言うと、遺族や地域の住民に悔いが残ってしまうと考えたからだ。ほとんどの遺体を見つけることができたが、残りの3人くらいの遺族はあまりに膨大な土砂の量を見て、遺族が「これ以上は捜索しなくていいです」と言ってくれたそうである。遺体収容などについて合理性を前面に押し出すと、遺族にはそれがしこりになりかねない。とても難しいことだと思う。

(4) 温湯(ぬるゆ)温泉

第1回の地上踏査の1日目の夜は温湯山荘に泊まった(図25, 26)。宿は2~3週間後に1年半ぶりに営業を再開しようとしており、リハーサルとして泊めて戴いた。私達だけで全館借り切った

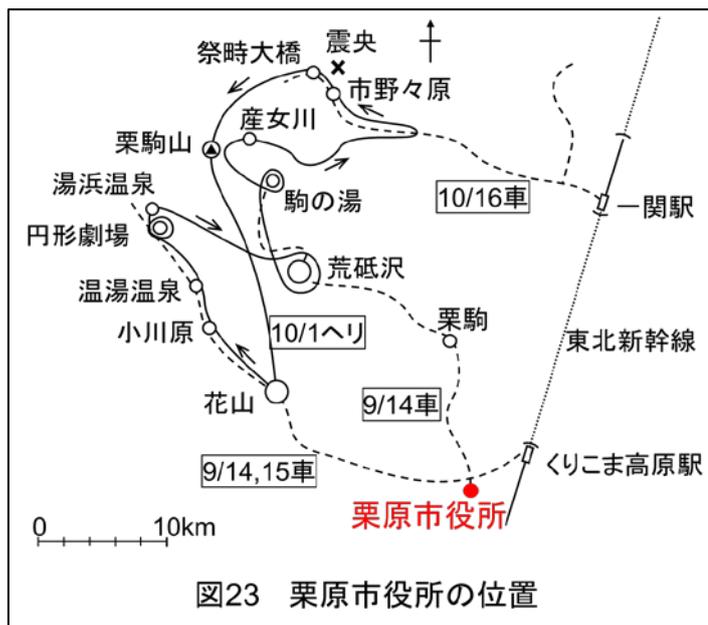


図23 栗原市役所の位置



図24 栗原市の佐藤市長と面談する筆者ら見学団一行

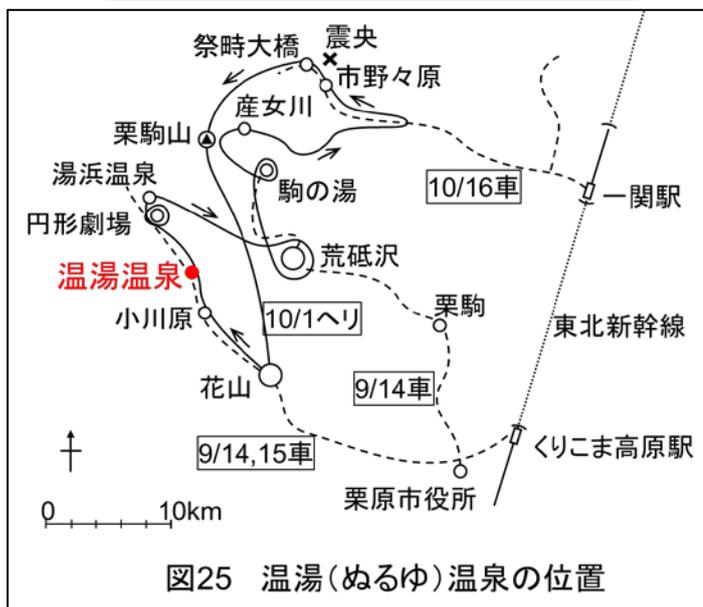


図25 温湯(ぬるゆ)温泉の位置



図26 空中から見た温湯(ぬるゆ)山荘



図27 宿泊した温湯(ぬるゆ)山荘

ようなものだから申し訳ない気もするが、宿も料理も温泉も、全てに満足することができた。ここで案内してくれた国交省の東北地方整備局の人達と色々な話のできたので、大変実りの多い宿泊であった(図27)。

温湯温泉のすぐ脇に仙台藩の関所跡の建物が残っていた。周囲の山があれだけ崩れているのに、建物は全く壊れていない。なんとも不思議な光景だ。ただ、山門は崩れていないのに、石柱は倒れていた(図28)。今回の地震は高い周波数成分の地震波が卓越した地震で、パルス状に大きな加速度が来たが、建物に影響を及ぼす周波数成分が大きくなかったため、建物の倒壊などの被害が非常に少なかったことが最大の特徴だということである。山が崩れるメカニズムと建物が壊れるメカニズムとは全く違う別のものと考えなければならないことを示している。高周波成分の非常に強い衝撃力によって、岩や土が普段とは違う挙動を示したと考えるべきではないだろうか。なお、温湯温泉から奥へ入る谷間の道は、図29でわかるように多くの箇所ですべて岩石や土砂の崩壊によって塞がれてしまったために復旧をあきらめ、別のルートで道を通すことにしたようだ。



倒れなかった門

倒れた石柱

2008/6/14の地震で門は倒れず、石柱は倒れた。地震波の短周期成分が勝っている証拠の由。

図28 温湯山荘脇にあった関所跡の門と石柱



復旧費用がかかりすぎるので別ルートを作るようになった。

図29 落石のため放棄された温湯(ぬるゆ)奥への林道

(5) 湯浜(ゆばま)温泉

川を遡って秋田の県境に近い辺りの谷間に湯浜温泉という“ランプの宿”があった(図 30, 31). 地震で元々の源泉が止まってしまったが, 新たな源泉を見つけたので再開するそうである.

湯浜温泉から 2km くらい下流で“円形劇場”と私が命名した大崩壊が起こっていた. その円形劇場形大崩壊の様子を平面図と見取り図で示す(図 32).

図 33, 34 は上空から撮影したものである. 谷の左岸が大きく崩れて谷を埋め, その上流側に水が貯まって湛水池(たんすいち)ができていた. この天然ダムが崩れると下流の栗駒市が甚大な被害を受け

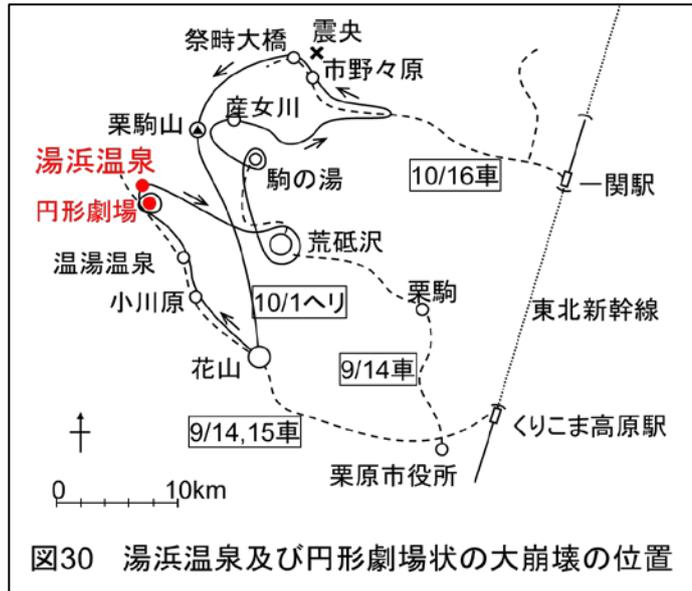


図30 湯浜温泉及び円形劇場状の大崩壊の位置



図31 谷の向うに見下ろした湯浜(ゆばま)温泉ランプの宿

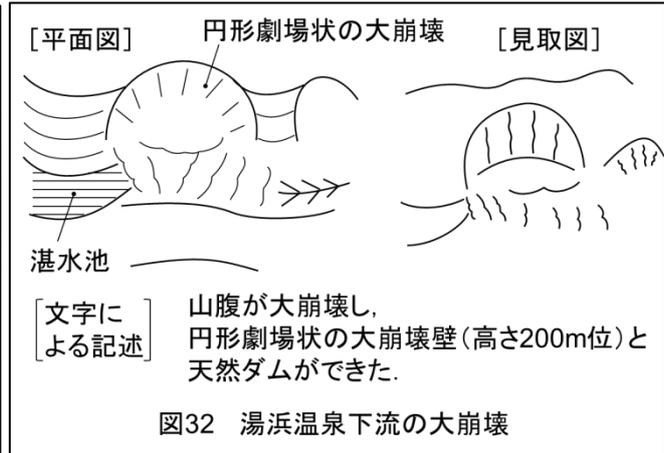


図32 湯浜温泉下流の大崩壊



図33 空から見た湯浜(ゆばま)温泉下流2kmの大崩壊と天然ダム

るので、湛水池の水抜きが必要であった。ところが、谷の右岸にある道路から谷に下りる道がない。そこで工事に無理矢理ジグザグの道を作ったが、一本目は途中で建設を諦め、もっと下流に別のジグザグの道を作ったようだ。

図 35 は下流の方から撮影したもので、崩れた土砂でダムができている様子がよくわかる。図 36 は崩壊箇所の真上から撮影したものである。これらの写真を見るとわかるように、どこか一部分だけを取り出しても全体像はわからない。結局、見取り図と全体が見えるものの両方を示したときに始めて全体像を捉えることができる。

30 度ほどの急傾斜地に無理矢理作った道が図 37 である。右の方に工事途中で放棄した道が見える。

このジグザグの坂道を四輪駆動車で下る最中に撮影したものが図 38 で、体をこわばらせて突っ張りながら無理矢理撮った写真である。スキーをする人ならわかると思うが、傾斜 30 度というのはほとんど谷底にまっすぐ落ちていくような感じである。四輪駆動の自動車でも全く同じような感覚だった。

谷底近くまで降りたときに車中から撮ったものが図 39 である。円形劇場状崩壊地のすぐ下流にも、崩壊が起こっていた。

谷底では湛水池の水抜きのために大規模な工事を行っていた(図 40)。直径 1.5m 位のコルゲート管のようなフレキシブルパイプや一辺が 1.5m くらいの土嚢がたくさん置いてあった。この工事を請け負っていたのは間組であった。



図34 空から見た湯浜(ゆばま)温泉下流の天然ダム



図35 湯浜温泉下流2kmに生じた大崩壊と天然ダム



図36 大崩壊崖の真上から見たダムとせき止め湖



図37 無理矢理作った谷底へ下るジグザグの工事用道路



図38 円形劇場状崩壊地に向かってヘアピンカーブが連続した急坂を4輪駆動車で下る



図39 大崩壊で円形劇場状の崖ができ、河道閉塞で天然ダムができた湯浜(ゆばま)温泉2km下流位置

余談であるが、応対してくれた現場所長からすごく嬉しい話が聞けた。所長は、自らが「失敗学のすすめ」を読んだだけではなく、息子さんも読んでおり、“先生が本当に来てくれたので大変嬉しい”と言って下さった。こういう人達が迎えてくれるから、私はいつも一番面白いところが見られるのだと感じた。きちんと情報発信して自分の考えを世の中に伝えておくことの重要性を実感した。

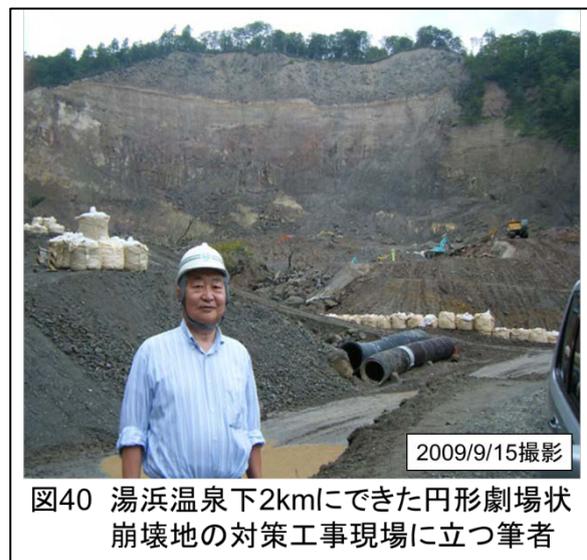


図40 湯浜温泉下2kmにできた円形劇場状崩壊地の対策工事現場に立つ筆者

図 41 は山が崩壊してできた天然ダムで撮影した写真である。写真の上の方に大形パワーシャベルが動いているのが見える。一方、下の方の天然ダムは岩と木とが絡み合っていてできていることがわかる。このように岩と木とがゴチャゴチャになっているために非常に扱い難いという話だった。たとえば、工事に必要な岩をここから採取しようとしても木が邪魔になるし、木が混ざるとそれだけが朽ちてしまうので混ざらないようにしなければならないからだそうだ。

図 42 は天然ダム上流の湛水池である。静かに水を湛えているように見えるが、仮に



このダムが崩壊すればこれが一気に悪さをすることになる。湛水池の状態を監視するために、できた直後から水位を測る必要があった。ところが、先ほど言ったように最初は谷底まで下りる手段がなかったため、水位計をヘリコプタから投下したのだそうである。図 43 は水面に浮いている水位計である。こんなことまでして水を常時監視しないと下流の地域を守ることができない。

これとは別に、山の上の道路脇にも監視カメラを設置してダムの状態を監視していた(図 44)。ここから情報を衛星に送信して地上で受信しているらしく、カメラのすぐ脇のところに送信用のアンテナと小屋があった。





図44 天然ダム監視カメラと衛星送信用アンテナ

(7) 小川原での流路工事

小川原での流路工事の位置を図 45 に示す. 川の脇の斜面の崩壊で流路が堰き止められできた湛水池の水をきちんと流す流路を作る必要がある. そのためには本流を作るまでの間, まず仮排水路を作って流路を確保した上で, それから本流を作る. 工事の様子を空中から撮ったものが図 46, 47 地上で撮影したものが図 48 である.

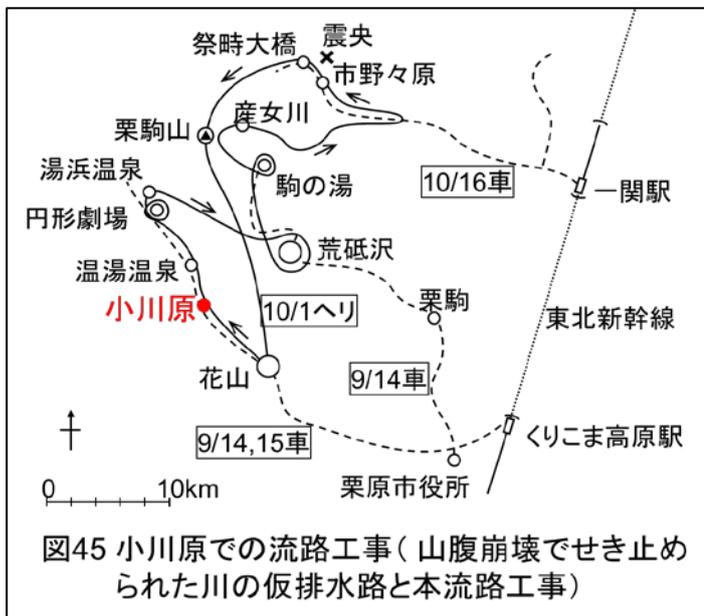


図45 小川原での流路工事(山腹崩壊でせき止められた川の仮排水路と本流路工事)



図46 空中から見た小川原地区の全景



図47 空中から見た小川原地区の詳細



図48 小川原地区での排水路工事

(8) 産女川(うぶすめがわ)の崩落と天然ダム

栗駒山の頂上の近くの山麓の産女川沿いで崩壊があった(図49). ここでも崩壊のために天然ダムができていたが, これは決壊の恐れがない. 山の奥でそこまでのアクセスが難しいので, 壊れる心配がないならほっておき, 特に対策を打たないそうだ. ただ非常に大きく崩れていた(図50).

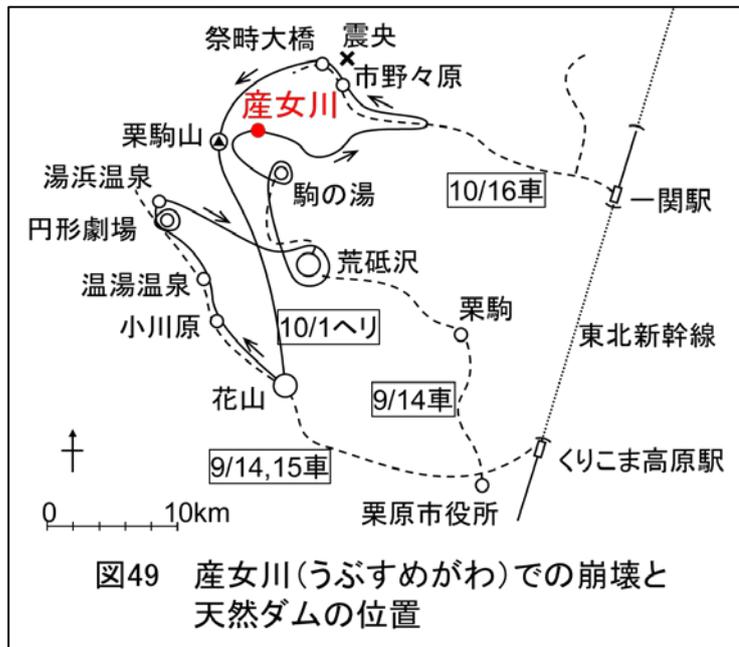


図49 産女川(うぶすめがわ)での崩壊と天然ダムの位置



崩壊土砂量1260万m³

図50 産女川(うぶすめがわ)地区の崩壊と天然ダム

(9) 市野々原(いちののはら)の天然ダム

市野々原地区では祭時大橋の近くで川がせき止められて深さ 20m の湛水池ができていた(図 51, 図 52). かなり深い谷間がダムになっていた.

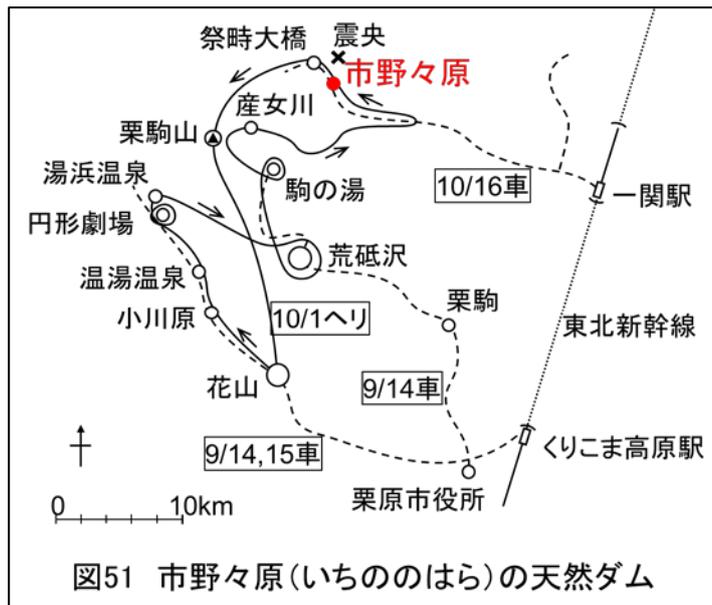


図51 市野々原(いちののはら)の天然ダム



図52 空から見た市野々原(いちののはら)地区の天然ダム

(10) 祭時大橋の落橋

祭時大橋は地震の震央から約1.5kmのところにある(図 53). 祭時大橋の橋脚の根元の脇のところを断層がよぎっており、橋の下の地面が桁の軸方向に動いて 10m 縮まった. 95m の長さの橋が軸方向に押されて座屈したために橋が落ちた(図 54, 55). 図 56, 57 はこれを空から撮影したものである. 仮橋上に被害の説明図(図 58)が設置されていた. 図 59,60 は車で橋を見に行ったときに撮影したものである.

この橋は後々地震災害のすごさを示す貴重なものとしてジオパークとして残すことになったそうである.

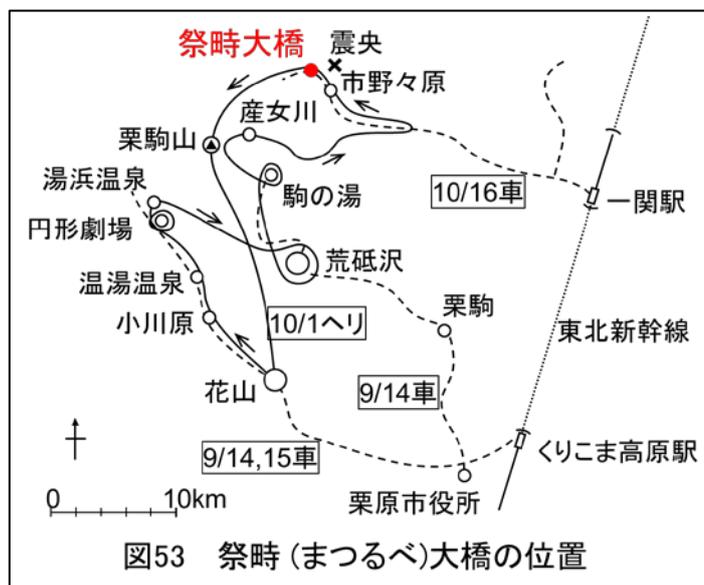
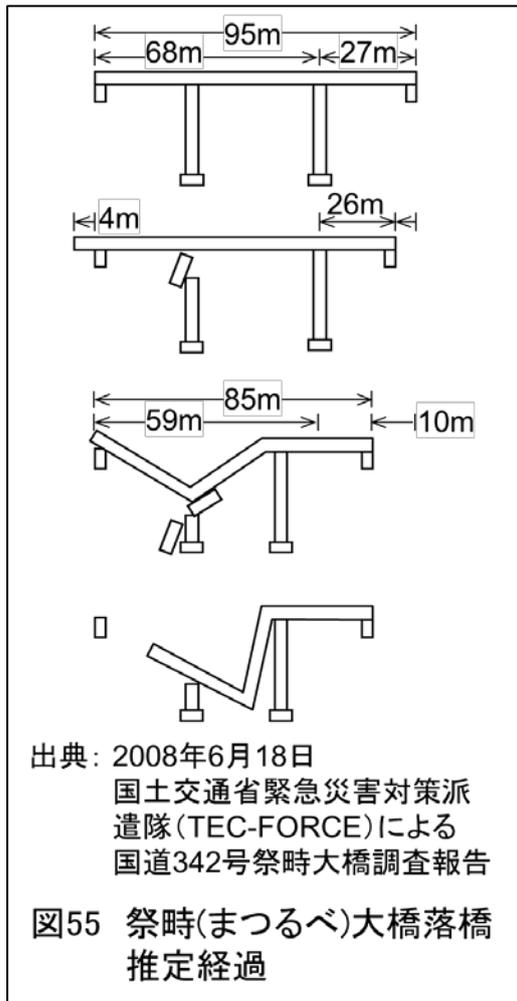
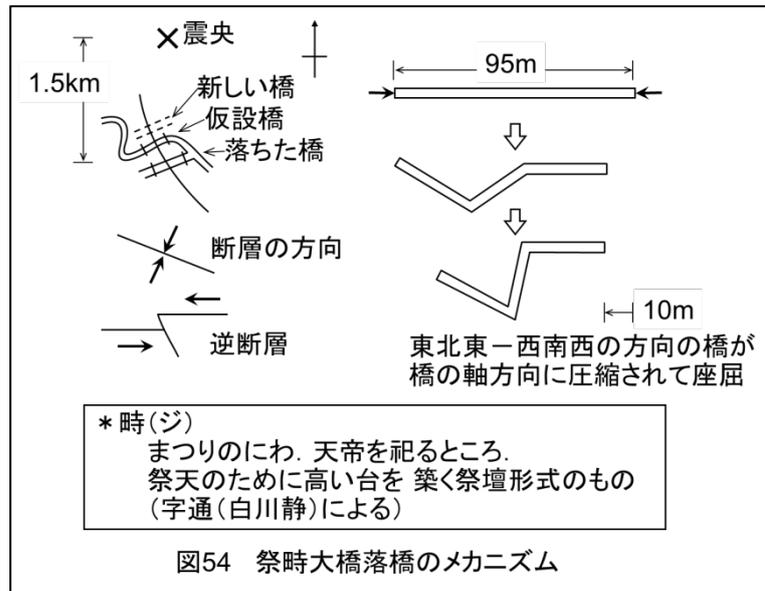
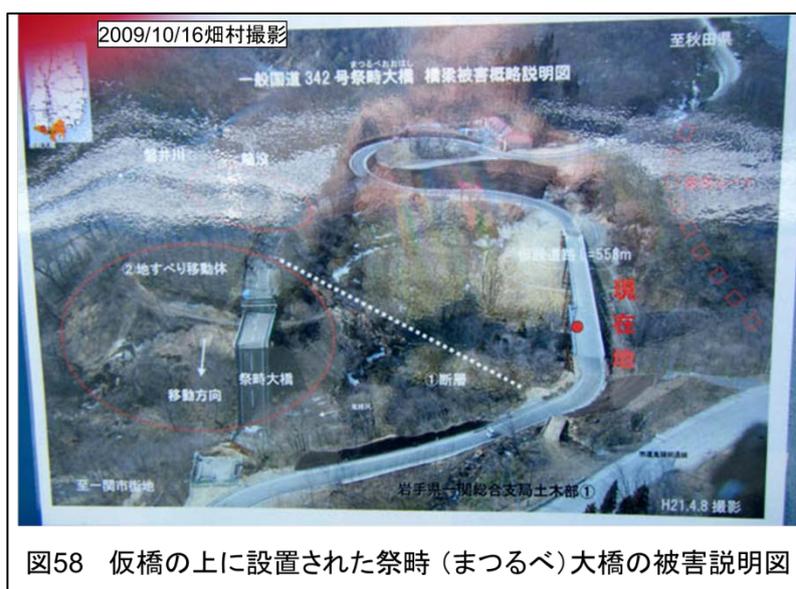


図53 祭時(まつるべ)大橋の位置





C. 資料などで知ったこと

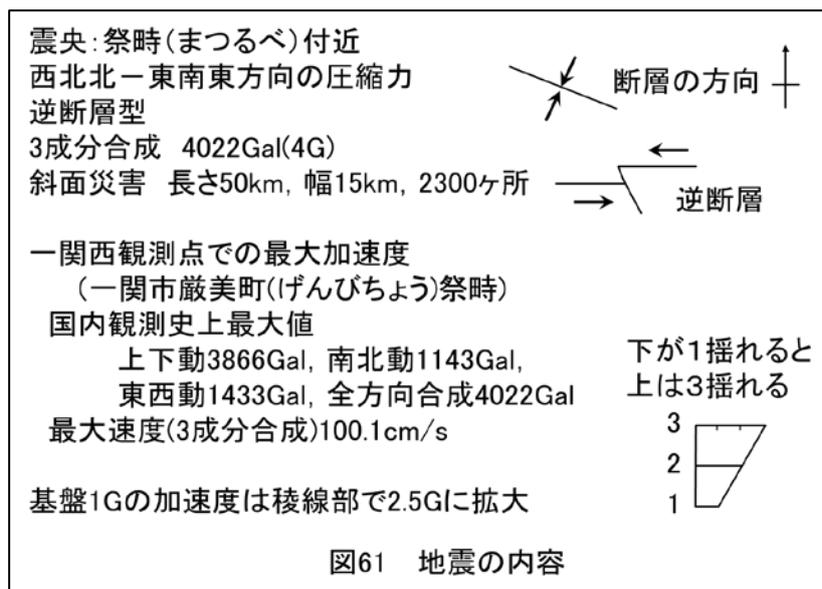
見学のために東北整備局が準備してくれた様々な資料が大変役に立った。

(1) 地震の内容(図 61)

地震のメカニズムは西北西から東南東の方向に圧縮軸を持つ逆断層型である。逆断層というのは両方向からの圧縮が働いて、一方がもう一方の上に乗り上げるような断層である。これが祭時大橋のすぐ脇のところでも起こったために、橋が座屈したのである。

ここで観測された3成分合成の最大の加速度は4022Galという日本で観測された最大の加速度である。この観測値は一関市の祭時で測定され、上下動の加速度が3866Gal、南北動が1143Gal、東西動が1433Gal、合成すると4022Galである。要するに上下方向に4Gが起こったのである。これは非常に大きな加速度であり、自重の4倍の力が働いたこと、セーのドスンが起こっていることが非常に大事なことである。また、最大の速度を計算すると3成分合成で1秒間に約100cmが動いていることになる。

基盤が1揺れると稜線部が2.5G揺れるというのは昔、東北の富士通の工場で学んだ“**基盤が1だと建物上部では揺れは3倍**”というのと同じカラクリである。



(2) 山地災害

山地災害の典型的なものが3つあるそうだ。地滑り、山腹崩壊、土石流である。これらの3つの中でも最も危険なのが土石流(河道閉塞の破堤も含む)である。これがあるからこそ、地震直後に色々な対策を至急打たなければならないのである。

今回の地震では山腹崩壊、地滑り、土石流を全て含めて3500箇所で山地災害が起こったそうである。不安定な土砂の発生量はトータルで1億3000万 m^3 という量である。1億3000万 m^3 がいかに大きいかは1辺1000mの正方形の土地に土を入れて130mの高さになるということである。130mというのは約30~40階のビルであり、そんな大きなものが動いたことになる。

湯浜地区の円形劇場で崩壊した土砂量は 216 万 m³ で、山腹崩壊では最大規模だそうである。この工事の担当は国交省である。

地滑りの最大のものが荒砥沢の地滑りで、移動した土砂の量が 6700 万 m³、幅 900m、長さ 1300m、面積 98ha、滑落崖の最大落差 150m、最大移動量が 300m ということである。これは日本で起こった最大の地滑りだそうである。この工事の担当は農水省である。

産女川地区の土石流や天然ダムは基本的には地方自治体が行うそうである。栗駒山周辺はほとんどが国有林なので基本的には農水省や営林局の管轄のようである。

また、市野々原地区の磐井川で起こった河道閉塞(天然ダム)は湛水量としては今回の災害最大のものだそうだ。

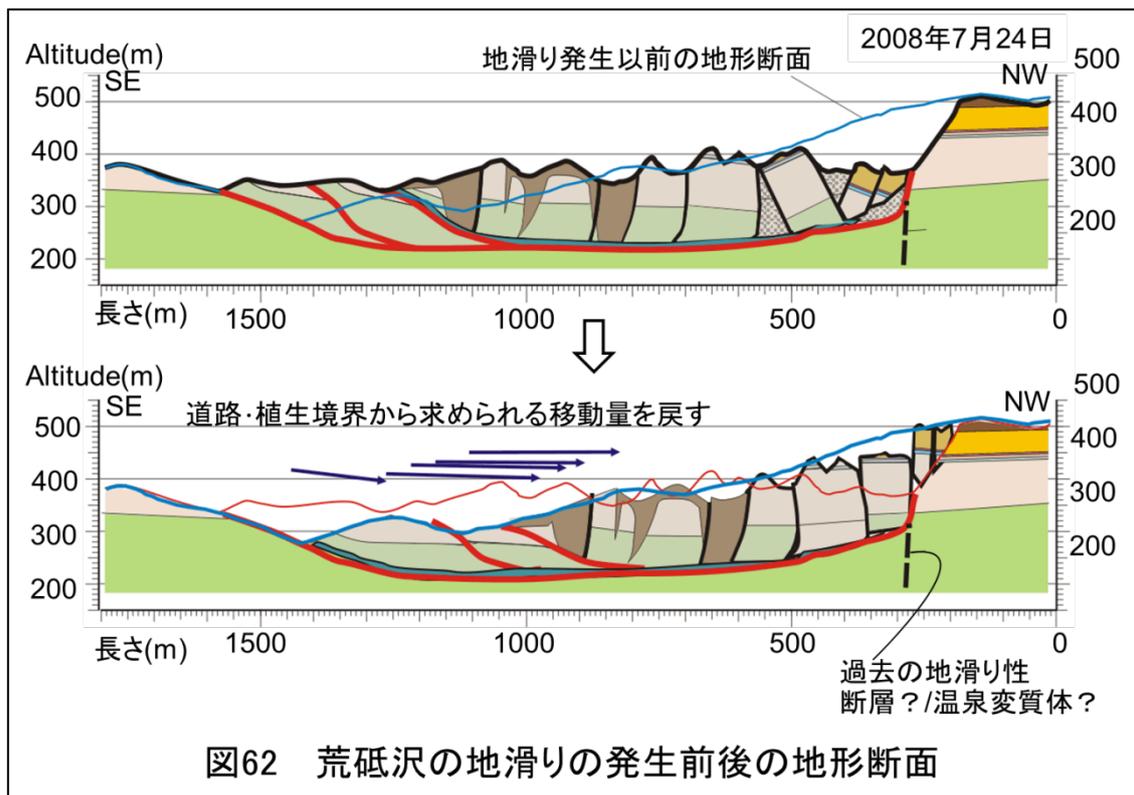
この地域の工事はほとんどが農水省の管轄で、復興も基本的に農水省が行うことになっているが、やりきらない部分を国交省が工事を行う形になっているようである。

実際には色々な対応は地方自治体である県が行うのが基本だそうだが、今回のような大きな災害の場合は、この様な対応ではおかしいように感じる。

(3) 荒砥沢の地滑りについて

荒砥沢の地滑りを上空から見たり、地上の滑落崖の上から見たり、移動下山塊の末端部から見たりと色々な角度から見たが、ここで一番大事なことはどんな断面で何が動いたかである。その断面についての資料を図 62 に示す。図 62 の上の図は地滑り発生後の状態を描いたもので、それを道路や植生の境界、岩石の接合部分などを考えて、元に戻して並べてみたのが下の図である。

まず、地滑り部分の最上部のブロックが約 300m ずれて下の方に動く。すると次々に崩れて下にずり落ちる形になっている。最上部のブロックは大きく斜めに傾いて下のブロックに寄りかかっている形にな



っているところが面白い。

下の方を見るとまた面白い。地滑り部分の末端は崩壊して隣の山にせり上がっている。そこにさらにその後ろの部分が覆い被さるように乗上げている。荒砥沢ダムの貯水池の脇の辺りではこれが 100m くらい上までせり上がっていると書いてあった。このような断面を見ることで地滑りがどのように起こったかがよくわかる。滑った部分の底面がどんな潤滑状態になっていたのかがとても気になる。

起こってしまった後の状態から前の状態を推察して引き算をすると移動量のベクトル分布図ができる(図 63)。これによれば最も大きく動いたのが中央部で両端の動きは少し違うことがわかるが、よく山の塊がこんなに動いたものである。大地の如く動かないという言葉があるが、その大地さえも動くのだということを考えておかなければならない。

* 図 62, 63 の出典:

2008 年岩手・宮城内陸地震によって発生した荒砥沢ダム上流部の地すべり調査報告

山形大学地域教育文化学部生活総合学科生活環境科学コース 川辺孝幸,

千葉県環境地質センター 風岡 修・香川 淳・楠田 隆・酒井 豊・古野邦雄・吉田 剛

<http://kei.kj.yamagata-u.ac.jp/kawabe/www/2008iwrtmyg/aratozawa/>



D. 実見を通じて考えたこと

1. 地震について

(1) 山地災害の見本がそろった。

今回の地震被害の実見で山地災害の見本をすべて見たように思う。地滑りでは日本で最大の地滑りである荒砥沢の大地滑り、山腹崩壊では湯浜温泉下の円形劇場形の山腹崩壊、土石流は、最大ではないが、典型的な形で起こった駒の湯の土石流などである。

都会に住んでいるとこんな災害が山地で起こっていることに考えが及ばないが、地震を契機にして地震だけではなく、台風や大水などの自然災害について考えるようになる。私はこういう山地災害で一番不安に思うのは立山のカルデラである。1858 年の飛越地震で鳶山が崩れてカルデラに大量の土砂が溜まり、その後何度も土石流となって常願寺川下流の富山市まで流下し、大きな被害を発生させている。また、土石流といえば、1984 年の長野県西部地震で御嶽山で山体崩壊が発生し、土石流となって約 10km を平均 80~100km/h で流下したということも思い出す。山奥で起こった土石流が下流まで超高速で走り下りてくることを知っておくことが非常に大事である。

(2) 天然ダム(河道閉塞)の恐ろしさを知る.

今から5年ほど前(2004年)の中越地震で新潟県の山古志村で河道閉塞が起こり、すぐに決壊を防ぐ対策が打たれた。決壊を防ぐ対策とはもちろん水抜きである。

山崩れなどによる河道閉塞は、そのまま放置すれば、必ず決壊して下流で大災害を引き起こすので、水抜きを必ずやらなければならないと本で読んだことがある。今まで水抜きをせずにそのままダムとして使われているものは国内に一つもないとも書かれていたように思う。ダムは元々非常に危険なもので、人工的に作ったダムであれ、天然にできたダムであれ、ダムが決壊すると下流に大被害をもたらす、数千人から数万人という多数の人を殺してしまうことになる。実際、過去にこのような大災害を数多く経験している。このような経験を知識にして、それを皆が持つことが大事なことである。もちろん知識として持つだけでなく実践が大事で、知識の実践が人の命を救うのである。

今回の災害対策でも、様々な機関がそれぞれ対応しているのを見て、行政も技術者も持っている知識を実践し、正しい方向できちんと動いているという印象を持った。また、砂防に関係する人達は社会の縁の下の力持ちという感じがした。砂防関係者に会うたびに、彼らが誇りを持って仕事をしていると感じるが、世の中もこの人達の仕事に敬意を払うべきだと思う。

(3) 壊れるところはいつも壊れる.

栗駒山を上空から見ると、山のあちこちに崩れた跡が白っぽく見える。この山地一帯はいくらでも崩れる場所のようである。

天然の地形と地質が持つ災害リスクという見方が必要である。この災害リスクはその土地の地形や地質で決まっていて、人間はその土地を利用するために、技術や富を使って自然にあるものを加工する。しかし、人間が施した加工を越す外力が加わると一気に災害リスクが顕在化し、大災害が起こるのである。

たとえば、400年前に徳川家康が計画した利根川の東遷事業で、東京湾に注いでいた利根川の流路を変えて、銚子に流すことになった。関東地方の水の流れは大きく変わったが、**利根川の東遷事業そのものが地形や地質が持つ災害リスクを忘れた所業のように思われてならない。水流がある量を越えれば、東京湾の方に流れようとするのが関東地方の地形の基本構造だと考えるべきだろう。**

1947年のカスリーン台風でそれが現実起こった。その後、中川放水路の開削やダムの完成、堤防の強化などのお陰で、大災害は起こっていない。しかし、**東京が災害に襲われなくなったわけではない。地形や地質が持つポテンシャルやそれによる災害リスクが同じだとすれば、どれだけそれを織り込んだ対策や対応を考えるかが非常に大事なのではないだろうか。最近頻繁に問題になる猛烈な短時間強雨に襲われたとき、東京は水没することが懸念される。**

(4) 複合要因まで考えられるのか?

駒の湯の場合は、川の対岸で土砂崩落が起こり河道を塞いでしまったところへ上流から土石流が流下し、旅館が土石流で埋まってしまったのである。このように往復ビンタでやられたら、もうひとたまりもない。1個の要因に対する策は考えられても、複合的な災害には手が付けられない。そこまで考えたら、日本中安心して住める場所はどこにもないのかもしれない。

(5) 実(げ)に地震は恐ろしい。

この地震では、4G もの上下の加速度が実測された。これは“セーノドスン”である。“セーノドスン”というのは地震の震動で大地の升(ます)が上方に 4G で動いているのに、下はものすごい力で下側に引っ張られて大地が引きちぎられる。そして浮き上がっていたものが重力加速度で落ちてくるときに、下が再び上に突き上げられて衝突する。この衝突による衝撃力を考えなければならない。

中越地震の新幹線の橋脚も“セーノドスン”の引っ張りで壊れたと私は考えているのだが、土木の技術屋はそんなことはあり得ない、こじり運動で切れたのだと言う。

上述の立山カルデラでも、砂防ダムの白岩堰堤が地震で壊れ、“セーノドスン”で地面が流動化して動き出すと、常願寺川の氾濫が再び起こって富山平野が埋めつくされるのではないかと不安になる。

2. 物の見方について

(1) 全体像を作るには必須の視点がある。

この実見をするときに、始めは空から見れば全体がわかるだろうと思ったが、途中でそれでは無理だということがわかった。まず地上を歩いて調査して、それぞれの場所について個別の知識を獲得し、全体を見る平面図に相当するものを組み上げた後に見取り図や鳥瞰図を作るという順番が大事だということに気がついた。そして本印象記もそのような記述の仕方をしてみた。

しかし、印象記を記述する際は、部分(地上踏査)→全体(ヘリ視察)という実際の順番とは逆の順で記述しないと理解しやすいものにはならないと考え、そのように記述した。ものごとを説明するときに、実際に起こった順に説明し、結果を後回しにすると、何のことだかわからない。今回の見学を通して、人間が理解に至る過程と理解したことを伝達する順番が逆になっていることに気がついた。

(2) 起こった結果を見て、現象を考える

何かが起こった結果として現在目の前にあるものを見て、どのような現象が起こったのかを考えることは、時間を遡る、または逆演算をするということである。荒砥沢がどのように動いたのかを時間軸を逆に辿って考えてみた。断面図が必要になるし、地形のどこどこが繋がっていたかを考える必要がある。また、ベクトル分布図も非常に有効である。

私たちが見ているものはほとんどの場合何かが起こった結果である。どういう経過を辿ったか、どういう要因がどう絡んでいたかは考えた人にだけわかる。このように時間軸を逆に辿るという考え方が大事である。

(3) 視点を変えただけではものは見えない。

ヘリコプタに乗って実際に上空から見ると、私は空から見ればすべてがわかると思っていたが、詳細を実地にきっちり見た後でなければ、単に鳥瞰してもわからないのだということに途中で気がついた。上空から見ただけでは平面図や模型を見たのと同じである。地上で詳細を見た上で上空から見るのであれば、何を見ればよいのかわからないし、何も理解することができない。

マスコミの報道では何もわからなかったが、マスコミは起こっていることをそのまま報道しているだけであり、人に理解させようとしているのではないのだと思えば、それはそれで仕方がないという気がする。

(4) マクロ現象の把握とマイクロメカニズムの推測

“マクロ現象の把握”と“マイクロメカニズムの推測”が大事である。全体像を捉えることは大事ではあるが、現象論だけに留まっていはいけない。それぞれの部分で何が起きているかを詳細に把握し、そのメカニズムを考えなければならない。物事を理解するためには、必ずマクロ現象の把握とマイクロメカニズムの推測が必要である。

(5) 全体像を掴むのにはやはり“3 現”。それから頭の中で構築。

マクロ現象を把握し、マイクロメカニズムを推測し、その上で全体像を把握するには、やはり現地・現物・現人の“3 現”が必要である。それらを実践した後、頭の中に全体像を構築していくのである。

3. 対応組織について

(1) 事業主体があんなに沢山あって大丈夫なのか。

まず、事業主体があんなに沢山あって大丈夫なのかという疑問を持った。農水省、国交省、地方自治体のそれぞれが動いている。元々別の組織をこのような大きな災害があったときにだけ統括して、果たしてうまく動くことができるのだろうか。全権を掌握してすべてに命令できる組織を仮に作ったとしても、実情をきっちりと把握することができなければ、かえって一つにまとめるのは無意味かもしれないし、おかしなことにもなりかねない。

個々の組織は独立して動き、お互いの理解や知識を共通のものにしなが、必要ときだけ連携し、全体をトータルに見る人を持つという形が一番正解かもしれない。

(2) 全体像を作りながら全体を統括している人が必要

そうすると全体像を作りながら全体を統括している人が必要になる。既存組織の構造で動かざるを得ないし、動くのが正しいとすれば、真のコーディネーターが必要になる。今回は栗原市の佐藤市長がその役割を果たしているように思えた。2000 年の有珠山噴火のとき、ハザードマップを準備して住民を啓発し、噴火の予兆を直前に掴み、噴火前に 15,000 人の住民を無事避難させた岡田弘北海道大学教授（当時）が果たした役割がこれと全く同じである。

全く同じように見えて、実は全体を統括している人がいなかったのが、有珠山噴火と同じ頃に起こっていた三宅島の噴火（2000 年）である。数時間前に避難することができたので結果的には成功事例のように見えるが、実は最後まで“誰も決断しない、何もしない”ということが起こっており、全く正しい対応にはなっていなかったのである。単なる結果オーライを成功事例としてしまい、きちんと学ばないと次にはとんでもないことが起こる。

2001 年に明石の歩道橋で起こった群衆雪崩事故はまさにそれが起こった例である。前年末の花火大会の際も同じ場所で同じような状況が発生したが、元気な成人男児が多かったために大事故には至らなかったようだ。このことに学んでしまったために、2001 年の事故が起こってしまったと考えることができる。2001 年のときは群集の中に女性、子供、高齢者が多く混ざっていたために大事故になったと考えられるからである。

4. 山地災害について

(1) 山地災害の典型は地すべり・山腹崩壊・土石流の3つ

山地災害の典型は地すべり・山腹崩壊・土石流の3つだと資料に書かれていた。3つの典型的な現象のマイクロメカニズムを自分なりに考えてみた。

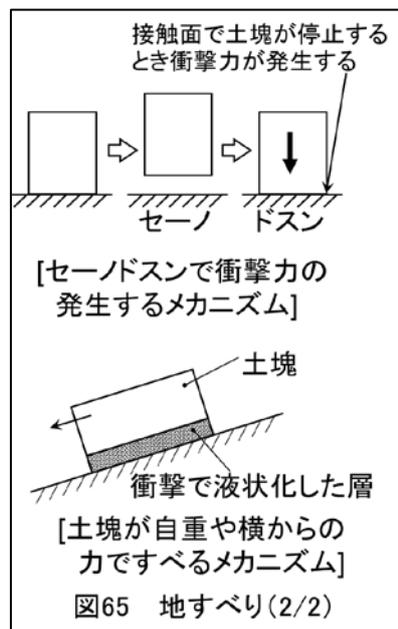
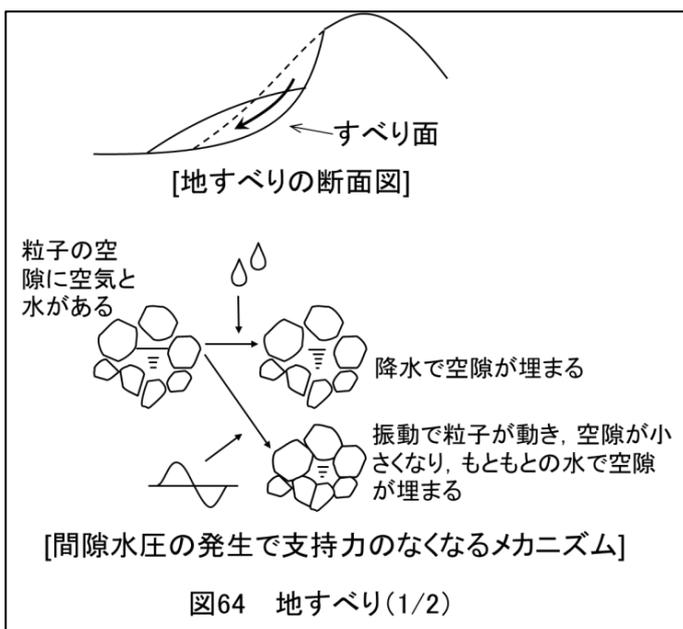
山地災害ではないが、津波も考えておかなければならない。岡田先生によれば、自然災害で最も多くの方が亡くなるのが津波だそうだ。たとえば日本では明治三陸大津波で22,000人もの方が亡くなっている。2004年のスマトラ沖地震では津波等で20万人を超える人が亡くなっている。これほど大勢が一度に亡くなる災害や事故は普通では起こり得ない。津波の危険を皆で共有しなければならない。イギリス人の女の子が津波の恐ろしさを学校で教わっていたために、家族が全員が助かったという話をテレビで見た。知識が人を助けるという好例である。

(2) 地すべりのメカニズム

地すべりの断面図を図64に示す。力のつり合いが崩れ、滑り面より上の部分が滑り面上を滑るとするのが土質力学の考えである。そのメカニズムは、多くの場合、多量の雨水が地下に浸透して、土粒子間の空隙が全部水で埋まってしまうと間隙水圧が上がり、土粒子の支持力が減って見かけの強度が減るために滑り出すというものである。

地震のときは上下動により“セーノドスン”が起こったり、ユッサユッサと地面が横に揺れたりするので、粒子の相対位置がずれて空隙が小さくなり全体が流動化する。これが地震のときに起こる典型的な液状化である。阪神の震災のときのポートアイランドの辺りに水が出てきたのはこの現象によるものである。

今回の荒砥沢の地すべりはもっとすごいメカニズムで起こったように思われる。そのメカニズムを推測したのが、“セーノドスン”理論である。図65に描いたように、1G以上の加速度で地震が起こると、ある境界面より上にある土塊が上がっているうちに、地面が下の方に動くので、空間ができる。上から落ちてくる土塊と下から突き上げる地面とがぶつかると、自重に関係なく、その運動量と静止するまでの時間の



積が衝撃力となる。上に突き上げられた土塊が下に落ちるときに衝撃波が出て、瞬間的には 1000 気圧という信じられない程高い圧力が発生している可能性がある。

この衝撃波で空気は圧縮され、水も空隙から逃げ出せず、瞬間的に高い間隙水圧が発生する。この水圧が土粒子を瞬間的に浮遊状態にするので、上に上がった土塊と地面との境界の層でこの現象が起こって液状化すれば、この層が潤滑剤になり、ほんのわずかな傾斜でも上部の土塊を滑らせることになる。

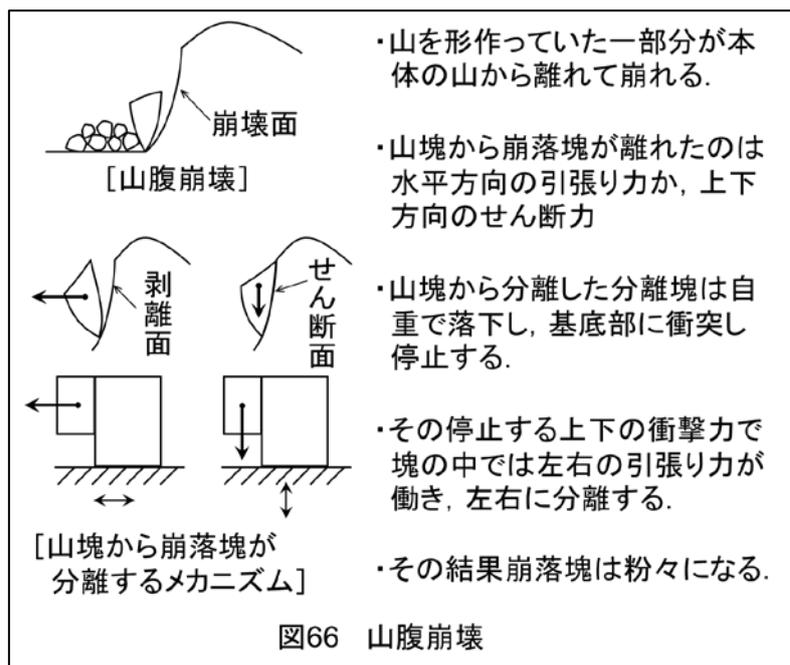
なお、これとは異なるが、爆縮(ばくしゅく)という現象がある。この爆縮はスーパーカミオカンデの光電子増倍管が壊れたメカニズムである。これは何かで空隙ができるとその部分に水が加速して一気に流入し空隙を埋めようとする。その時に水同士がぶつかって出る衝撃波で他のものが次々と壊れていく現象である。これは潜水艦を爆雷(ばくらい)で壊すときに使うメカニズムで、近くで起これば潜水艦は確実に沈められてしまうという恐い現象である。

(3)山腹崩壊

荒砥沢の地すべりの頭部で山腹崩壊が典型的に起こっていた。山体の一部が本体から剥がれて崩れる山腹崩壊のメカニズムを描いたものが図 66 である。

山腹崩壊では2つのメカニズムを考えなければならない。引張りで崩れるメカニズムとせん断で崩れるメカニズムの2つである。2つのいずれかの力によって山体から一部(崩落塊)が離れ、崩落塊は自重で落下して基底部に衝突し、衝撃力が発生する。その衝撃力で、塊の中では左右の引張力が働き、崩落塊は粉々になる。

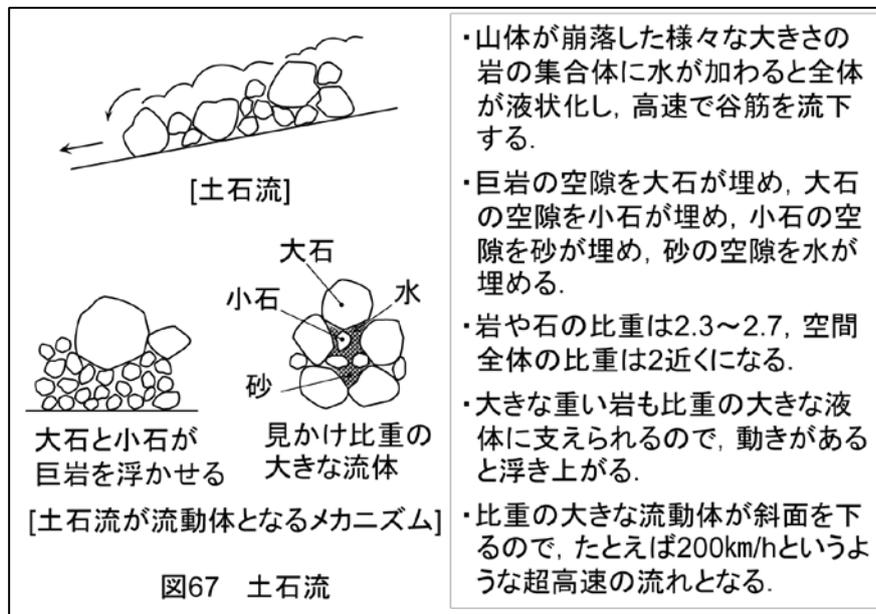
岩石力学では岩石がほとんど引張りを担保しないと考えているし、岩石が引張りで壊れるといっても誰も信用しないが、私は実際に起こっていると考えている。事実、中越地震のときに子供が閉じ込められた山体崩壊の現場に行ってみたが、岩石は横方向の引っ張りで切れたように僕には見えた。破面(はめん)が夕日に当たって非常に綺麗に光っていた。



(4)土石流

山体が崩壊した様々な大きさの岩の集合体に水が加わると全体が液状化して高速で谷筋を流下する土石流となる。このメカニズムを考えよう。まず、山体が崩壊した岩の集合体は、巨岩の空隙を大石が埋め、大石の空隙を小石が埋め、小石の空隙を砂が埋め、砂の空隙を水で埋めている状態と考えられる(図 67)。

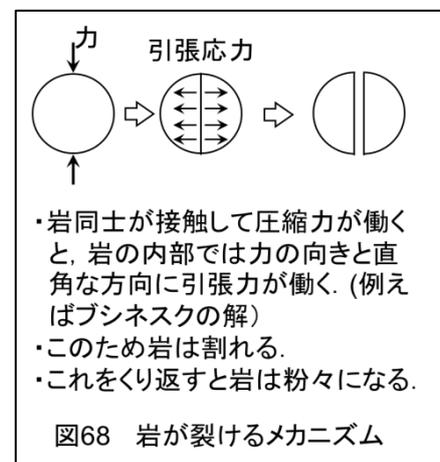
太平洋の海底にある玄武岩の比重が 2.7 で、大陸の下にある安山岩の比重は 2.3 と言われている。巨岩、大石、小石、砂が混じった土砂を考えると、液状化した岩の集合体は全体として比重が2程度と考えられ、それが土石流となって勢いが付いてくれば巨岩が浮いてしまうのが当然である。大きな岩でも比重の大きな液体に支えられるから、動きがあれば浮き上がる。そして比重の大きな液体が斜面を流れ落ちるので 200km/h という速度も不思議ではない。駒の湯に流れ下った土石流のスラロームのような軌跡は、いかにあれが高速で滑り下りていたかの証拠になっているように思う。大石はそうっと流されているのではなくて、固いものに擦れ、転がりながら落ちていくので、角が取れて丸い岩となる。



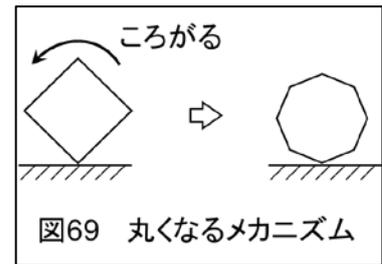
(5)岩が裂けるメカニズム・丸くなるメカニズム

円筒(えんとう)を横にして上から力を加えると面の垂直面に引張り応力が働く。これは弾性学(だんせいがく)というブシネスクの解なのだが、その引張り応力によって、岩が2つに割れ、上下に押せば左右に割れることを言っている理論である(図 68)。粒子と粒子の間の出張っている部分で力が集中して起これば、このメカニズムが働き、岩はどんどん細くなる。

もう一つは土石流などで岩が丸くなるメカニズムである(図 69)。土石流の巨岩も洪水や津波で流される巨岩も転がっていく間に角が取れていく、常願寺川の大転石(だいてんせき)や石垣島などにある津波石もみんな丸い。沼津市戸田にある東京大学の



戸田寮の外側の砂嘴にある岩も皆丸い。戸田寮の裏に津波が来る毎に、断崖絶壁をガラガラと転がりながらきた石が貯まったものではないかと私は秘かに考えている。津波は水だけが来るのではなくて、岩が転がりながら近づいてくるというモデルを考えないと津波の恐ろしさを考えることができない。戸田寮を見ていると、津波が来れば怖いという気がする。



謝辞

今回の実見では多くの人にお世話になりました。

まず毎回のことながら、見学依頼の連絡を取ってくれた友人や東北地方整備局で見学のお手配や説明をくださった皆様、祭時大橋に案内してくれた方々、多くの皆様の御蔭でこのような有意義な見学を実現することができ、山地災害について深く学ぶことができました。心より感謝いたしております。

どうもありがとうございました。

以上