

群馬県火山防災対策連絡会議（浅間山、草津白根山）における活動報告

○ 活動の概要	
派遣エキスパート	池谷 浩（政策研究大学院大学特任教授）
派遣先	群馬県火山防災対策連絡会議
派遣日	平成 26 年 3 月 18 日（火）
場所	群馬県庁 29 階会議室
参加者	群馬県火山防災対策連絡会議構成機関 各機関防災担当者約 60 名

《活動概要》

- 群馬県庁で開催された「群馬県火山防災対策連絡会議」において、同連絡会議構成機関の担当職員を対象に、池谷委員が、「火山活動に伴う災害とその対策」と題して講演を行った。

《講演概要》

■ 火山災害の特徴

❖ 『現象が多様である』

- 雲仙岳を例にすると、有史以来3回の噴火があった。1663年、1792年、そして1991年である。1663年の噴火では、溶岩流が発生し噴出量は約600万m³であった。1792年の噴火も同じく溶岩流が発生したが、噴出量は1663年の3倍以上の約2000万m³であった。島原大変肥後迷惑の語源になった「眉山の山体崩壊」が起こった災害である。岩屑なだれは有明海に流入し、それに起因する津波によって、対岸の熊本では、5000人の死者が出た。島原地方と併せて1万5000人が亡くなり、わが国では最も大きい噴火災害である。
- 1991年の噴火が始まった時にも、過去の実績から溶岩流の発生が予想された。ところが、溶岩自体は上昇してくるが流下しないで、ドーム状に固まり、そのドームが崩壊して火砕流が発生した。その堆積物や火山灰などで土石流も発生した。
- つまり、同じ火山でも噴火ごとに発生する現象は変わる。また、同じ現象でも、規模が違ってくる。このことを常に意識し、火山対策を進めていかなければならない。
- 火山泥流についても2種類あることを覚えておいていただきたい。積雪時に雪が解けて流れ出る融雪型火山泥流と、火口湖の水が飛び出す現象で発生する火山泥流がある。後者の有名な事例では、1919年のクルー山（インドネシア）の噴火がある。この現象による火山泥流で約5000人の死者が発生した。日本では、1663年の雲仙岳噴火で、熱水が飛び出し火山泥流となって、下流にあたる安徳地区で死者30名が発生した。
- 火山泥流の流下速度は一般に速く、1926年の十勝岳噴火での融雪型火山泥流は、火口から約6.5kmの地点に、わずか3分で到達している。
- このように、火山噴火では、さまざまな現象が起こることを意識しておかなければならない。例えば、草津白根山でも、過去の噴火で、湯釜から水が飛び出した事例がないか、調べておくことも必要である。

❖ 『災害が長期化する』

- 雲仙岳噴火では、火山噴火予知連絡会が噴火の停止宣言をするまでに、約 1,500 日かかっている。三宅島は全島避難から避難指示解除まで 4 年半要している。これだけ多くの時間が経過すると、これまでの人の生活形態は壊されると言っても過言ではない。これも火山災害の特徴である。
- 長期化の原因として、流出土砂量の経年変化を主な事例で見ると、ピナツボ山（フィリピン）で、10 年以上土砂が発生し続けた。セントヘレンズ山（米国）やガルングン山（インドネシア）でも 5 年から 10 年継続して発生している。雲仙岳では噴火は停止したが、土石流は、その後も発生し続け、水無川では 10 年間で約 60 回土石流が発生している。
- つまり、噴火は収まっても、その後も災害を発生させるのが、火山災害である。

❖ 『人的被害、特に死者が多い』

- 右表は、20 世紀の主な噴火災害での死者数と原因を整理したものである。
- 1985 年のネバドデルルイス火山（コロンビア）の噴火では、実際に現地調査に行った。まず驚いたことは、非常に正確な火山ハザードマップが出来ており、住民説明会まで行われていたことである。しかもマップに示されている火山泥流の予測範囲も、実際に流下した範囲とほぼ一致していた。にもかかわらず、25,000 人が亡くなっている。これは「火山ハザードマップがあれば人の命が助かるというものではない」一つの証明である。大事なことは、火山ハザードマップをいかに活用し、人を安全なところに避難させるかである。その適切な指導がなければ、ハザードマップが作成されていても何の意味もないのである。

火山名・国名等	年	死者数(人)	原因
1 プレー（マルティニク）	1902	29,000	火砕流
2 ネバドデルルイス（コロンビア）	1985	25,000	火山泥流
3 サンタマリア（グアテマラ）	1902	6,000	火砕流
4 クルー（インドネシア）	1919	5,110	火山泥流
5 ラミングトン（バブアニューギニア）	1951	2,940	火砕流

〈20 世紀の主な噴火災害〉

❖ 『災害が広域化する』

- 1707 年の宝永噴火（富士山）による降灰は、当時の江戸の町まで及んでいる。
- 火山灰の堆積が 1～2 cm になると、坂道では、車がスリップして動けなくなる。平坦な高速道路でも、2000 年有珠山噴火では、5 cm 程度で道路機能に支障が出て、生活物資の運搬などにも影響が出ていた。
- 火山灰は、雪と違って排除しない限り、融けずに、ずっと残ったままになる。とくに道路上の火山灰をどうするかという議論は、物資の輸送にも関連した大事なテーマである。
- また、火山灰はその後の雨で、土石流災害を引き起こす。宝永噴火の際に、火口から約 100 km 離れた帷子川（現在の横浜市保土ヶ谷区）で土石流災害が起こったという記録がある。つまり、浅間山や草津白根山が噴火した場合、その周辺だけが被災するのではなく、もっと広い範囲で大きな災害が起こり得ることも認識しておく必要がある。
- 現在の小田原市を流れる酒匂川では、噴火の翌年 1708 年 8 月に洪水氾濫が起こっている。火山灰が流れて川底に溜まり、川底が上昇するために、洪水氾濫が簡単に起きてしまう。1731 年、1802 年にも発生している。噴火から 100 年近く経っても火山灰は無くならず、降雨の度に氾濫を起こすということである。

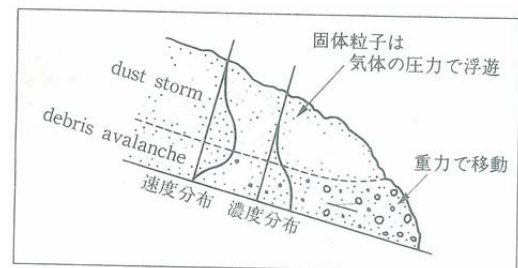
■ 噴火現象の発生メカニズムと性質

❖ 積雪と火山泥流

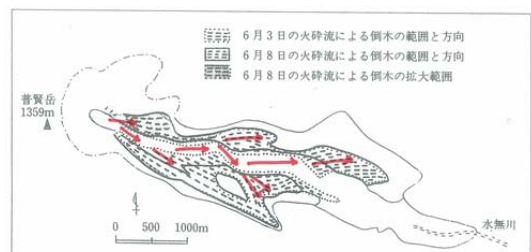
- 浅間山では、積雪 50cm（過去の平均値）を基準に融雪型火山泥流が検討され、火山ハザードマップも作成されているが、これは、あくまで一つの標準値として捉えておくべきである。今年の降雪だと、マップ通りになる可能性はまずないと考える。
- 火山活動がいよいよ活発になり、噴火警戒レベルが3から4に上がった段階あたりで、ぜひ積雪量を観測してもらいたい。仮に積雪が70cmや1mであれば、50cmの時の影響範囲をもう少し広げて避難してもらわなければならない。逆に、雪が少ない時は、火砕流が発生しても被害は少ないと判断できる。
- ただし、草津白根山の火口湖の水は、積雪とは関係ない。大きな噴火があれば、飛び出す可能性がある。クルー火山（インドネシア）では、火口湖の水を抜き、水の量を減らす対策をとっている。草津白根山の場合は、雪がなくとも火山泥流のことは考えておくべきである。

❖ 火砕流

- 火砕流は、高温の火砕物とガスの混合体で、固体と気体が混じった固気混相流である。
- 火砕流は高温である。29,000人の死者を出した1902年のプレー山（マルティニク島：西インド諸島）での火砕流は、温度は1,000°C近く出ている。雲仙岳噴火での火砕流は、約400°Cである。数百度の温度で木造家屋は簡単に燃える。流下速度は、プレー山では秒速で約100m、雲仙岳では、6月8日の火砕流が秒速で35mであった。いずれにせよ、火砕流は、非常に速く高温である。
- 雲仙岳の火砕流は、溶岩ドーム崩壊型（メラピ型）である。一度、溶岩が固まってできたドームが押し出され、壊れて、火砕流になる。もう一つは、噴煙柱崩壊型（スフェリエル型）といい、一旦、溶岩のかけらや火山灰が上昇するが、上方で保てなくなり、そのまま落ちて、斜面を走るといふケースである。溶岩ドーム崩壊型では、流れ出す最初の速度はゼロであるが、噴煙柱崩壊型では上昇して落下し、斜面に流れ出した段階で、すでに速度が生じている。同じ噴出量でも、噴煙柱崩壊型の方が遠くまで流れる性質がある。
- 火砕流の下部では、溶岩のかけらやガスが一体となって走っている。これが雲を巻き上げ、その雲（気体）の部分の動きを皆さんは見ているのである。なお、落下した溶岩等のボリュームによって、どこまで到達するかが推測でき、危険な範囲も判断できる。
- 溶岩のかけらや火山灰などの本体は、谷を流れ、谷に沿って曲がり走っていくが、上層の雲の部分は勢いもあって曲がらずに尾根を抜けていくという性質がある。
- 火砕流は一回の発生で、堆積物により谷を20～30m簡単に埋める。火砕流の本体は、低いところを流れようとする性質があるため、谷が埋まると、また違う低いところを流れようとし、流下する方向が変わってくる。つまり、危険な区域が、一回の火砕流の発生により、変化してくる。そのため、常に山や谷を監視してお



〈火砕流の流動模式図〉

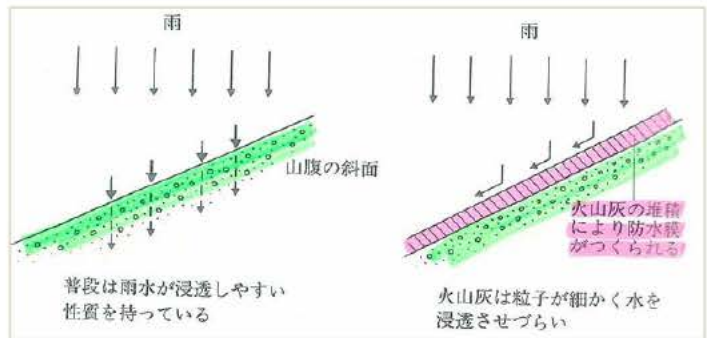


〈火砕流による倒木の範囲と方向(雲仙岳)〉

かなければならない。

❖ 噴火後の降雨による土石流

- 噴火による土石流発生の可能性は高く、しかも継続して長期間発生する。また、広域かつ同時多発的に、降雨の度に発生する。破壊力が大きいという性質もある。
- 火山地域は、一般に浸透性の高い地層でできている。少しくらいの雨では水は浸透する。浅間山や草津白根山でも、周辺に谷はたくさんあるが、常時、水が流れている谷は非常に少ないと思う。富士山も、谷はたくさん存在するが、ほとんどの谷は水が流れていない。伏流水は白糸の滝や柿田川の水源になっている。
- 浸透性の高い地層面に、細かい火山灰が堆積すると、防水膜となり、雨が浸透しにくくなる。浸透しても、細かい火山灰と一緒に浸透し隙間を埋めてしまう。こうなると表面を水が流れはじめ、火山灰も取り込まれて、土石流化してしまう。これが土石流発生メカニズムである。
- 雲仙岳では、噴火前の浸透能は、時間当たり139 mmだったが、1993年には14 mmとなり、ほとんど浸透しにくい状態になっていた。また、1995年に火山活動停止宣言が出されたが、その後も土石流は発生している。火山活動が終わったら災害がなくなるのではない。噴火現象が止っても起こり得る災害がある、ということをお考えおかなければならない。



〈火山灰による山腹斜面の雨に対する変化〉

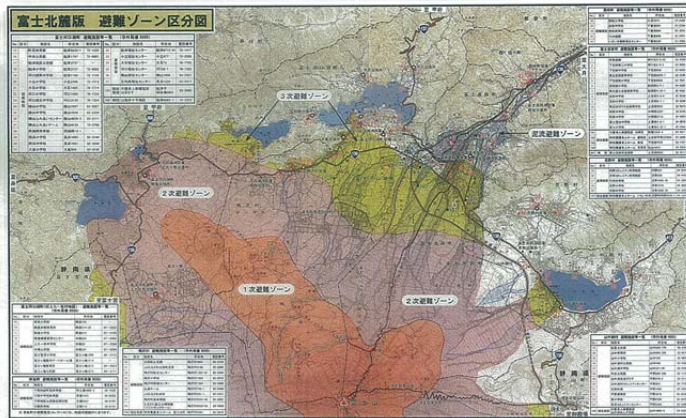


〈土石流による被害. 家屋の1階は完全に埋まっている(雲仙岳 1993.4.28)〉

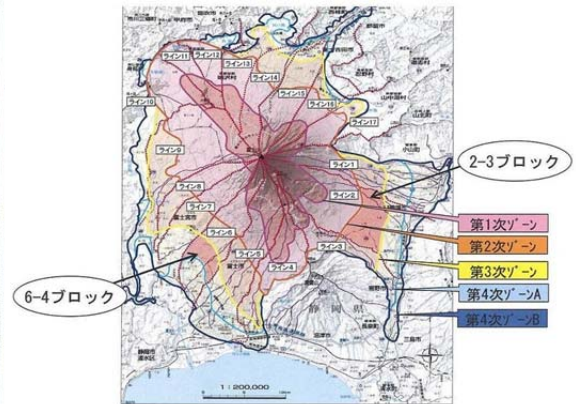
■ 富士山の火山災害対策

- 富士山火山防災避難マップでは、火口ができる領域を1次避難ゾーンとし、約3時間で現象が到達する範囲を2次避難ゾーンとしている。噴火現象は多様であり、実際には、噴火によってどのような現象が発生するか予測しにくい。そこで、時間経過で起こり得る現象を捉え避難ゾーンを設定している。
- 今年(平成26年)の2月6日に発表された富士山の溶岩流による避難計画では、富士山の全方位を17のラインに設定している。そのラインと各段階に応じた避難ゾーンを組合せ、ブロックを定め、火口の位置や状況を踏まえ、どのブロックを避難させるか、という避難の仕組みを作った。火口が分からない段階では、少し広い範囲が避難対象となり、火口が判明すれば、そのラインもしくはその両側のラインを対象に、避難対象となるブロックを特定し避難してもらうという対応になる。

- 富士山のハード対策は、4段階に分けて、第1段階は、噴火後の土石流対策、第二段階は、土石流と融雪型火山泥流対策、第3段階は、溶岩流1千万m³対応、第4段階は、2千万m³対応という目標をたて、ハード対策を進めていこうとしている。



〈富士山火山防災避難マップ（富士北麓版）〉



〈富士山の避難計画（溶岩流）〉

■ 雲仙岳の火山災害対策

❖ ソフト・ハード面の対策

- 1990年11月に火山噴火が始まると、すぐに長崎県が火山災害対策検討委員会を設置した。1663年と1792年の事例から溶岩流と土石流の発生を予想していたため、既設砂防堰堤の除石やワイヤーセンサーのアラームを設置した。
- また、溶岩流2千万m³の規模で火山ハザードマップ（予測図）を作成し、地元自治体に報告した。しかし、実際には溶岩は流れずに、溶岩が崩れ落ちて火砕流が発生した。6月3日に大きな火砕流が発生し、すぐに現地に行って熱赤外線カメラを設置した。火砕流がどこまで流れてくるかを予想し、アラームを出していく仕組みを作った。
- 火山ハザードマップも何度も作り直した。最終的にハザードマップをもとに警戒区域が設定された。人家が集中している地域で警戒区域が設定されたのは、わが国では初めてであった。警戒区域の設定は、住民の生活を奪うことになり、首長には大きな決断であったが、その結果、その後の火砕流では死者は出なかった。
- 仮設工事も同時に実施した。正規の工法では時間がかかる。十分に耐力のある構造物を作ろうとしても、危険な区域での作業になるため限界があった。そこで、矢板という鉄の板を打ち付け、後方には土砂を積んで緊急的な導流堤を構築した。火砕流や土石流が市街地に流れるのを何とか防ぎたいという思いであった。
- 無人化施工機械も開発した。土石流や火砕流を人家に到達する前にくい止めたいが、危険な区域には入れないため構造物は作れない。そこで、穴を掘り、土石流や火砕流が発生すれば、そこに落とし込むという考え方で、ダンプトラック、バックホーとブル



〈矢板と導流堤（雲仙岳）〉



〈無人化施工機械（雲仙岳）〉

ドーザーの3つの機種を、リモートコントロールで動かすシステムを考案した。モニターカメラでコントロールするもので、実際に目視で行うのと同じくらい効率的に掘削ができる。

❖ 雲仙岳マスタープラン

- 土石流対策に関する計画は、水理実験、数値シミュレーション、そして現地調査等を実施し策定した。
- 水理実験は公開とし、マスメディアや住民にも見てもらった。その場で、構造物をこのように配置すると被害が防げることなど、実験を通して理解を求めた。
- 数値シミュレーションは、1990年頃、まだ取り組みはじめてたところであったが、どこが危険になるかを算出し、その結果を踏まえて水無川上流の砂防堰堤群と下流の導流堤群を構築した。水無川の流れではない方向に導流堤を整備しているが、シミュレーションにより、大きく強い土石流の流れは、下流方向ではなく直線的に抜けていくという結果に基づいたものである。
- 一方で、水無川と導流堤の間が危ないと感じていた。そこで、この地域の地面を両側の水無川や導流堤よりも高くするために嵩上げし、区画整理も行った。三角形の上のあたりは、万が一、土石流が乗り越えても被害が最小限になるように農地としている。これが安中三角地帯で、地元住民と共同で地域づくりを進めていった。



〈安中三角地帯（水無川（左）・導流堤（右）、上奥に砂防堰堤群）

❖ 流言飛語対策

- 1991年頃、デマが飛び交った。「7月や8月に大きな噴火が発生する」「2万人の死者が出る」などで、中には紙に書いて、各戸のポストに入れていく人もいた。このことに関して、当時東京大学新聞研究所の広井脩教授とともに調査を行った。その結果、7割の人がこうしたデマを本当だと思っていると応えていた。噴火時という異常時であったため、普段は分別がつく人も、信じてしまうという状況だった。
- 大きな災害になると、こうした流言飛語が飛び交うことも想定しておくべきである。こうした場合を想定し、ぜひ、専門家にこれは本当かと聞く仕組みを作っておくことべきである。実際に、雲仙岳では検討委員会を作って、島原市を中心に、「今の段階では、噴火の兆候や山体崩壊の兆候は全くない」という広報を紙ベースで各戸に配った。

■ 伊豆大島土石流災害（2013. 10. 16）

- 発生原因について、ここでは4つに絞って示す。
- まず、真夜中の豪雨であったこと。24時間雨量で824mm。とくに午前1時から6時は、100mm近い降雨が続いた。真夜中で、しかも豪雨により、人は外に避難できない状況にあった。
- 2つ目は、伊豆大島が三原山という活火山により、火山堆積物で形成されていることである。土地は非常に浸透性が良いため、島ではあまり雨による被害を気にしていなかった。町長や住民にヒアリングを行ったが、「少々雨が降っても、水が出てくるわけではないから、雨のことは考えなくていいと思った」「台風で怖いのは風だと思っていた」との話を聞いた。つまり雨に対する危機感はなかった。近年、雨の降り方も過去と違い、より大きな量の雨が降ることが現実には発生している。その地域の限界を超えるような降雨によって、火山堆積物の土砂が動く可能性があることを、火山地域にいる皆さんは知っておいていただきたい。
- 3つ目として、谷の開析が未発達であるということ。一般に、水がどんどん流れると、表面を掘削し侵食して谷を形成する。ところが、伊豆大島は土地の浸透性が良いことで、しっかりとした谷ができにくい。その谷に大量の水や大きな土砂が流れるとすぐにあふれ、流域を変えて、違う方向に流れて行ってしまふ。
- さらに4つ目の災害を引き起こした要因として流木がある。山の木々が土砂と一緒に流れて橋に引っ掛かり流域を閉塞した。その結果、橋から土砂と水が横方向に道路を伝わり流れ出た。既存のハザードマップでは、被災した地区は、危険区域になっていなかったため避難もしていなかった。
- 伊豆大島は、山の斜面と人間の生活の場が近い距離にある。群馬県でも、こうした地域はたくさんあるはず。つまりどの地域でも起こり得る現象だと考える。

■ まとめ

❖ 『噴火災害を防ぐために』

- 活火山であることを理解して、火山ハザードマップでどのような危険がどこまでくるかを知ることが必要である。「火山を知る」ということである。
- 火山活動が始まったら火山情報、とくに噴火警戒レベルには、どういう意味があるかを理解して、情報の共有化を図ること。
- どうすれば安全な地域ができるか、つまり災害回避の手法を知ること。
- 浅間山も火山専門家と連携されているが、いわゆるホームドクターと連携して、また、住民と行政がお互い役割を分担して安全な地域づくりを進めていく。そのためにも人材育成が大切である。

❖ 火山防災協議会の必要性

- 火山災害では、多くの関係機関による対応が必要になる。そのとき、各機関が勝手に対応することは効果的でない。情報の共有化とともに、日ごろから顔の見える関係を築き、一緒になって火山防災対策を構築していくためにも、火山防災協議会は必要である。
- 協議会として、さまざまな視点から火山防災を検討していくことが重要であるが、具体的な対策として、とくに広域避難計画の作成は協議会として取組むことが必要である。
- 各機関も異動で担当者が変わる。人が変わるたびにゼロからスタートするということがないように、各機関や組織で情報をきちんとストックし、協議会のような場で、情報の共有や内容の確認を図っていくことが大事である。

- 群馬県は、火山県でもある。ぜひ安全な地域づくりのため、皆さんで火山のことを議論していただき、力を合わせて県民の命を守っていただきたい。

■ 参加者との質疑

参加者からは、次の質問があった。

- ① 浅間山周辺は風が強く、今年の大雪でも積雪量は地域によってかなり差がある。この積雪量の違いを、噴火時においてどのように判断していけばよいか。
- ② 乾いた雪、湿った雪など雪の性質によって、泥流の影響範囲は変わってくるものか。
- ③ 浅間山周辺には、牧場もあり家畜も多い。家畜の避難についてはどのような対策が必要か。

❖ 池谷委員回答

- ① 富士山でも、積雪量を 50cm として議論しているが、実際には、風の強い西側斜面と東側では、積雪の状態はかなり違ってくる。同じ東側でも、斜面と谷では雪の積もり方も相当違うので、非常に判断が難しい問題である。定点観測によって平均値を求めることになるが、それはあくまで目安として、噴火時には、その地区の積雪が多くなっているかどうかを把握して、避難範囲を広めにとるかどうかなどを決めていくことが必要である。
- ② (指摘のとおり) 雪の性質によって影響範囲は変わる。融雪型火山泥流のシミュレーションでも、雪の密度(空隙率)は考慮されていると考える。当然、(空隙に対する)水が含まれる量の違いで、火山泥流の影響範囲も変わってくる。
- ③ 新燃岳噴火の際には、早い段階で家畜の避難先を決め、対応していた。家畜の避難も重要であり、平時において、業者や団体間で事前協定により具体的な避難先を決めておくことが必要である。噴火時に行き先を探しては間に合わない。

❖ その他コメント等

- ① 本来は地形を計測するのに活用しているレーザー計測で、積雪量の把握を試みている。雪の無い状態を測っておき、降雪時において再度計測して差分を計算するというものである。地形によって、かなり積雪深が違うことがわかる。(利根川水系砂防事務所)

