

平成 27 年度  
公益社団法人日本地すべり学会関東支部  
シンポジウム

富士山の斜面災害

概要集



期日：平成 27 年 5 月 8 日  
場所：東京大学武田先端知ホール



# 平成27年度 公益社団法人日本地すべり学会関東支部シンポジウム

## 富士山の斜面災害

期日：平成27年5月8日（金）14時～17時（総会終了後）

場所：東京大学武田先端知ホール（東京大学工学部）

東京都文京区弥生2-11-16 武田先端知ビル5F

東京地下鉄南北線「東大前」駅下車 徒歩8分、千代田線「根津」駅下車 徒歩5分

会費：支部会員・一般 2,000円

学生 1,000円（高校生以下無料）

次第：

1. 開会・支部長挨拶 14:00～14:05

2. 講演 14:05～15:25（80分、質疑応答を含む）

「富士山の土砂災害—富士山大沢崩れの3大謎を解くー」

国際航業株式会社 技術開発センター フェロー 中筋章人

3. 休憩 15:25～15:35（10分）

4. 講演 15:35～16:55（80分、質疑応答を含む）

「富士山で発生する雪崩」

防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター センター長 上石勲

5. 閉会 16:55

## 目次

● 「富士山の土砂災害－富士山大沢崩れの3大謎を解く－」 国際航業株式会社 技術開発センター フェロー 中筋章人	1
● 「富士山で発生する雪崩」 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター センター長 上石勲	16

## 講師略歴

**中筋 章人（なかすじ あきと）**  
国際航業株式会社 技術開発センター フェロー

1971年3月 信州大学理学部地質専攻科修了  
1971年4月 国際航業株式会社入社  
1981年4月 防災地質部長  
2001年4月 フェロー  
2003年9月 博士（学術）取得

**上石 勲（かみいし いさお）**  
防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター センター長

新潟大学自然科学研究科（後期課程 社会人入学）修了  
昭和59年4月 民間雪氷コンサルタント  
平成18年10月 防災科学技術研究所研究員  
平成25年3月 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター長

# 富士山の土砂災害 一富士山大沢崩れの3大謎を解く－

## Sediment Disaster in Mt.Fuji - solving three mysteries of Osawa Kuzure -

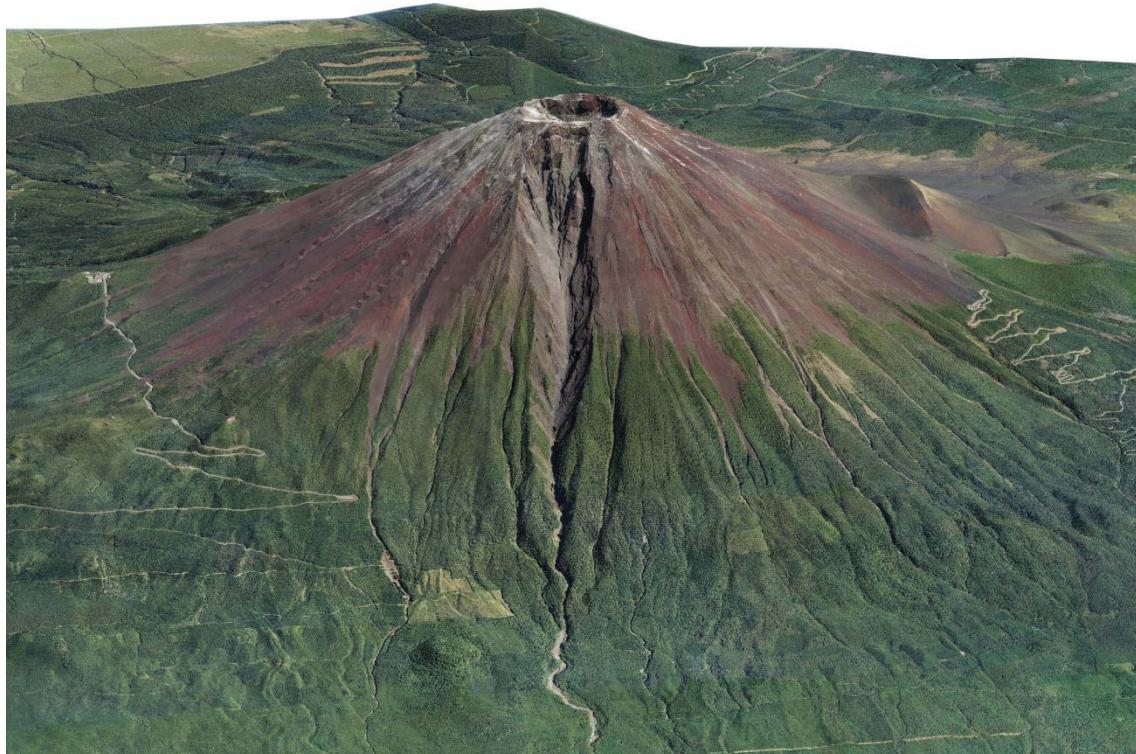
中筋章人（国際航業株）\*  
Akito NAKASUJI (Kokusai Kogyo Co.,Ltd)

キーワード：土砂災害、崩壊メカニズム、土石流  
Keywords : Sediment disaster、Collapse mechanism、Debris flow

### はじめに

富士山は、その神々しい景観によって、古くから日本人の心をとらえ、精神的な象徴となってきた。また最近では、2013年6月に世界遺産に登録されたことで注目され、2014年9月の御嶽山噴火災害により火山災害の面でも注目されている。

下の写真のように美しい円錐形をした富士山の中で、唯一の傷跡となっているのが正面の大沢崩れである。ここでは、富士山の生い立ちからはじまり、大沢崩れを中心として崩れの実態や将来予測、さらに土石流の発生メカニズムや火山災害予測図（ハザードマップ）まで、富士山をめぐる話題について広く紹介する。



富士山の全容と大沢崩れ（国際航業撮影、3D加工）

## 1. 富士山の生い立ち

富士火山の生い立ちに関する研究は、津屋弘達氏によって1930～1950年代に多くの論文が発表されたのち、1968年に富士山の地質図としてまとめられ出版された。この一連の研究でよく知られているのは、小御岳、古富士、新富士の3火山が、この順に重なりあって成立している（図1）という構造である（津屋、1938ほか）。

その3火山の中で最も古い小御岳火山は、富士山北側山腹（富士スバルラインの終点付近）の小御岳神社付近にあり、新しい富士山の溶岩の斜面から突出した高まりを指している。そこには火口と思われる地形とやや深い谷が刻まれた斜面があり、溶岩の構造は新しい富士火山のそれとは違うし、岩質も玄武岩質安山岩で富士火山のそれよりやや珪長質である。これらのことから小御岳火山は、富士山に先行する火山として区別され、数十万年前に愛鷹山や箱根山と同じように活動したと考えられてきた（図2の上）。

古富士火山の活動は、火山灰の研究から10万年前に始まったとされている。その噴出物は、富士山の南西麓や北麓に分布し、おもに溶岩からなる裾野より高い台地をなす堆積物とされている。津屋（1940）は、これを供給した火山は現在の富士山の下に埋もれていると考え、また新しい溶岩噴出との間に長い時間間隙があり、かつ岩質に違いがあるとして、その火山を古富士火山と呼んだ（図2の中）。

宮地（2007）は、10～1.1万年前までの爆発的な火山活動が継続した時期を古富士火山の活動期、新富士火山系のマグマが多量の溶岩として噴出を開始した1.7万年前以降現在までを新富士火山の活動時期とし、1.7万～1.1万年前までは両火山が共存した時期とした。

新富士火山の噴出物は、主に溶岩流からなるとされ、旧期溶岩、中期溶岩、新期溶岩に分けて記載された。このうち旧期溶岩は1.1万～0.8万年前、猿橋や富士川下流部、三島など富士山の中心から20kmを越す遠隔地まで流れた流動性の高い溶岩流を主体とする。それより新しい中期～新期の溶岩にはこれほど長く流れたものはない。

この間に、2900年前には富士山の東斜面が大規模な山体崩壊を起こし、岩屑なだれとなって東側の山麓一帯（現在の御殿場市や小山町）を埋め尽くした事件もあったが、その後も引き続く中央火口からの噴火が大崩壊の痕跡を埋めて、現在見られるような美しい円錐形の火山に変えてくれた。

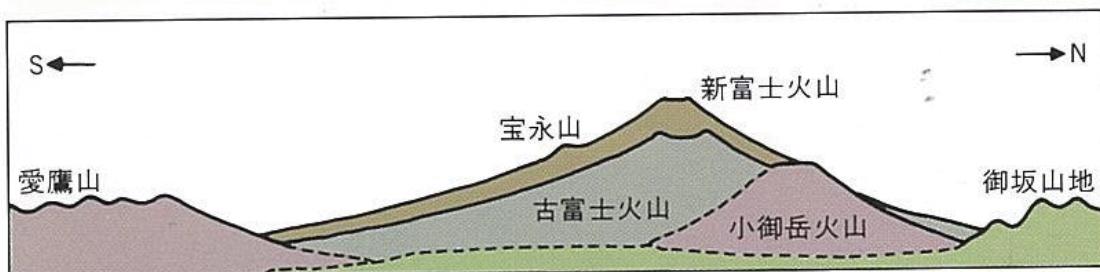
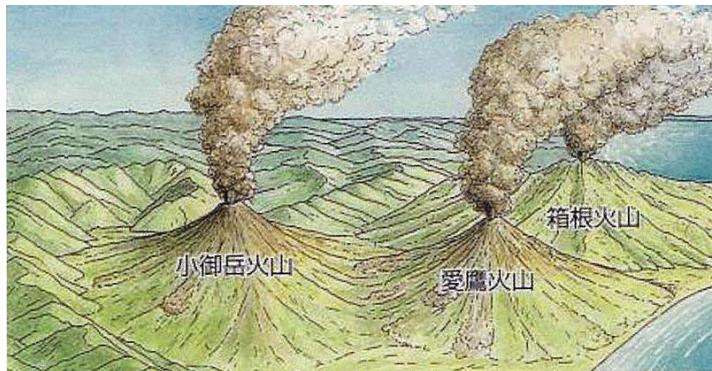
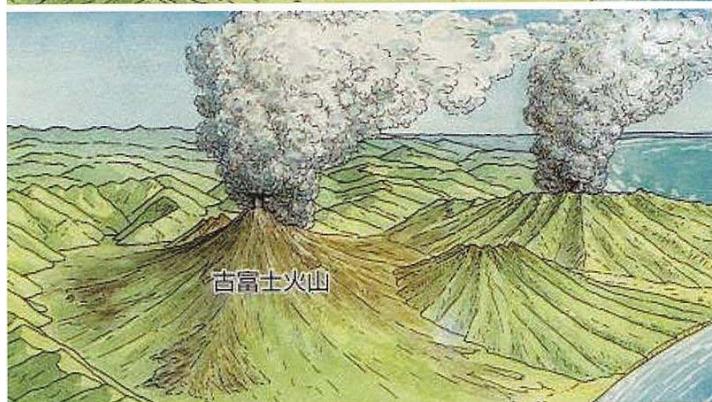


図1 津屋（1940）による富士山の構造断面図



#### 小御岳火山の時代

約 10 万～20 万年前、現在の富士山よりやや北側（富士吉田登山口 5 合目の小御岳神社付近）に小御岳火山が誕生した。



#### 古富士火山の時代

約 10 万年前、小御岳火山の中腹で古富士火山が噴火を開始した。古富士火山は、爆発的な噴火を繰り返し、少なくとも 3 回の山体崩壊を発生させた。



#### 新富士火山の時代

約 1 万年前、古富士火山を覆うようにして新富士火山が成長を開始した。新富士火山は、ねばりけの小さい玄武岩質溶岩を多量に流し続け、その一部は大月市や三島市付近まで到達した。

図 2 富士山のおいたち（富士砂防事務所ほか、富士火山防災ハンドブック 2000 より）

## 2. 富士火山の 7 不思議と大沢崩れの 3 大謎

富士火山は、大規模な玄武岩質成層火山であるが、高橋（2000）は富士火山特有の未解決課題について「7 不思議」として紹介している。この 7 不思議は、かなり専門的（火山学的）なものであるが、要約すると次のようになる。

- 1) 富士火山は、なぜ、このように大量の玄武岩質マグマを噴出しているのか？
- 2) なぜ、10 万年間にわたり、玄武岩質マグマばかりを噴出し続けたのであろうか？
- 3) なぜ、極めて分化した ( $\text{FeO}*/\text{MgO}$  比が大きい) マグマを多量に噴出したのか？
- 4) なぜ、1.3～0.8 万年前に割れ目噴火で大量の玄武岩質溶岩を噴出したのか？
- 5) なぜ、最近 5000 年間でも噴火様式（中心噴火と側噴火）の時期が変化するのか？
- 6) なぜ、1.8 万年前頃を境に玄武岩質マグマの液相濃縮元素が大きく変化（乏しいもの

から富むものへ) したのか?

- 7) なぜ富士火山は、それ以前に活動していた愛鷹火山や小御岳火山に比べて、圧倒的に規模が大きい火山に変化したのか?

高橋 (2000) は、以上の 7 つの未解決課題に対して、富士火山直下のマグマ供給システムミニ拡大海嶺モデルで説明できるとしているが、興味のある方は文献で確認していただきたい。

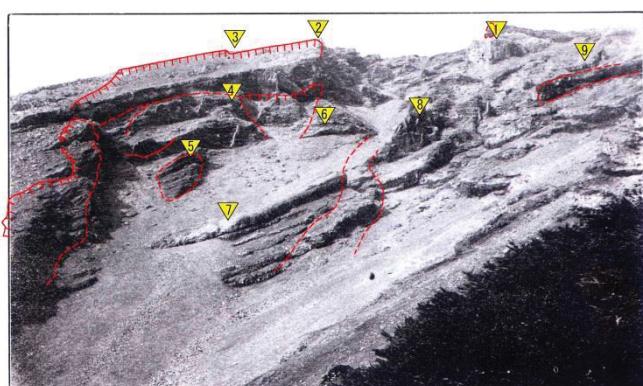
一方富士山大沢崩れの 3 大謎は、筆者 (中筋) が勝手に名づけたものであるが、要約すると次のようになる。

- 1) 富士山に八百八沢あると言われる中で、なぜ大沢だけが深くて巨大な崩壊地なのであろうか?
- 2) 100 年前までは「石の瀧」と呼ばれるほどギッシリと石で埋まっており、修験者が歩いて渡れたのに、なぜ今では空っぽになり渡れなくなってしまったのであろうか?(写真 1)
- 3) 新しい大沢扇状地の最下層には千年まえの木片が埋まっている。なぜ千年前から急に大沢の崩壊が拡大し、大量の土砂を流出させたのであろうか?

これらの解答は、講演のなかのパワーポイントで解くこととする。

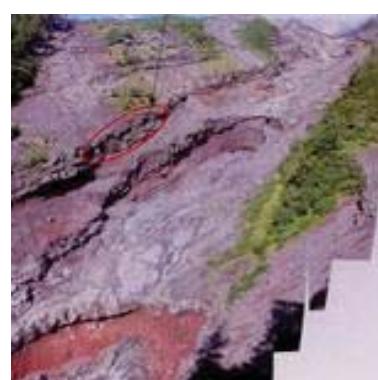
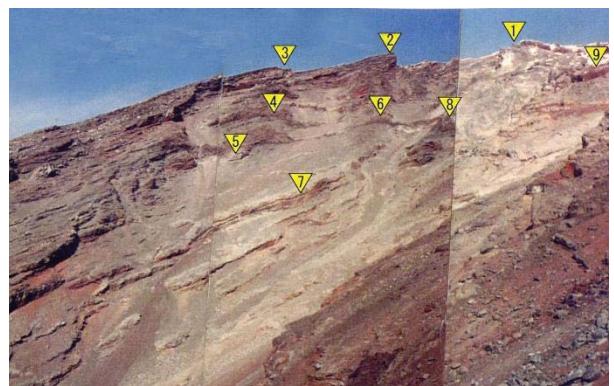
写真 1 雲切り不動岩から見た源頭部右岸と御中道の様子 (番号は同一ポイントを示す)

左の上下は明治 41 年 (1908 年) 荻澤文平撮影



富士山・大澤石瀧

右の上下は昭和 46 年 (1971 年) 中筋撮影



### 3. 富士山大沢崩れと大沢川の概況

大沢崩れは、図3に示すように富士山の西側斜面に位置し、富士山頂剣ヶ峰の北付近から標高2200m付近まで延長約2.1kmにわたり、最大幅約500m、最大深約150mをもった巨大な崩壊地である。また大沢崩れは「剣ヶ峰大沢」とも言われているが、富士山には「吉田大沢」、「表大沢」など「大沢」と呼ばれる谷はいくつかあり、その中でも剣ヶ峰大沢は別格の規模を誇っている。さらに、ここから土石流として流出した膨大な土砂は、山麓に広さ約5km<sup>2</sup>の大沢扇状地を発達させている。

大沢崩れに源を発する大沢川は、縦断的にみると図3右に示すように山頂～御中道が源頭部と呼ばれる40度以上の急勾配区間であり、さらに大滝（標高1530m）までが峡谷部、上井出林道（標高1260m）までが中流部、岩桶下流端（標高900m）までが岩槻部と呼ばれている。また岩槻下流端から大沢川大橋（標高500m）までが大沢扇状地であり、扇状地末端では約2°の河床勾配で潤井川に流入している。大沢川が潤井川となる大沢川橋までの流路延長は約14kmあり、潤井川に流入した流水は富士宮市から富士市を流下し田子の浦に注ぐ。また扇状地や河川施設が整備される以前には、大沢扇状地で氾濫した洪水の一部が芝川に流入し富士川に注ぐことであった。

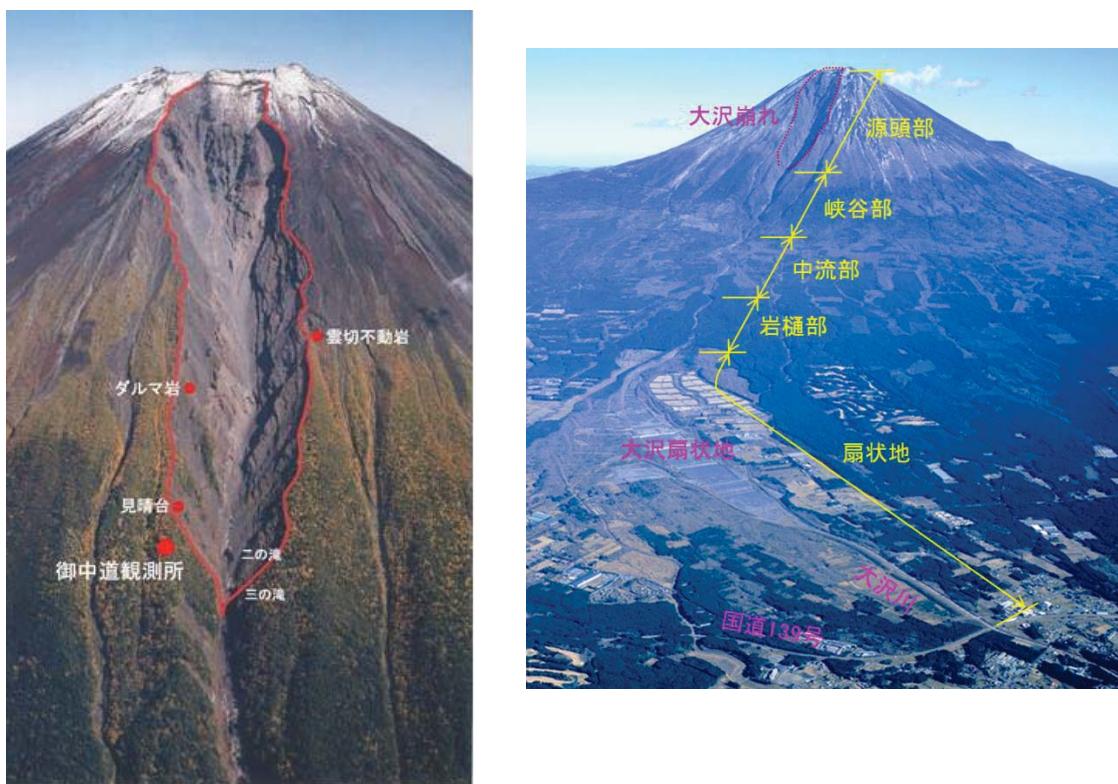


図3 富士山大沢崩れの全容（左）と大沢川の流域区分（右）

## 4. 大沢崩れの崩壊メカニズム

大沢崩れの崩壊形態は、場の条件（地形・地質など）の違いで様々なパターンに分けられる。斜面形態別の代表的な断面図を図4に示し、その崩壊メカニズムを要約すると以下のようになる。

- ① 左岸上部斜面：厚い溶岩層が60mの垂直崖を形成し、崖の背後に崖に平行する亀裂があり、重力の作用で徐々に開口し、数年おきにトップリング形態で岩盤崩壊が発生する。
- ② 右岸上部斜面：十数枚の溶岩とスコリアの互層からなる。溶岩層はやや逆傾斜で板状亀裂が発達するため、凍結融解作用による岩片の崩落（浮石型落石）を主とする。
- ③ 左岸中下部斜面：北向き斜面のため右岸に比べて急斜面をなす。溶岩とスコリアの互層部は凍結融解作用でスコリアが抜け落ち、溶岩部でオーバーハングが形成され、重力で亀裂に沿って溶岩片が崩落する。典型的な岩盤崩壊形態を示す。
- ④ 右岸中下部斜面：斜面上部は南向きの緩斜面で下部が急斜面をなす。溶岩とスコリアの互層を主とし、凍結融解作用による崩壊の進行形態は左岸中下部斜面と同じである。

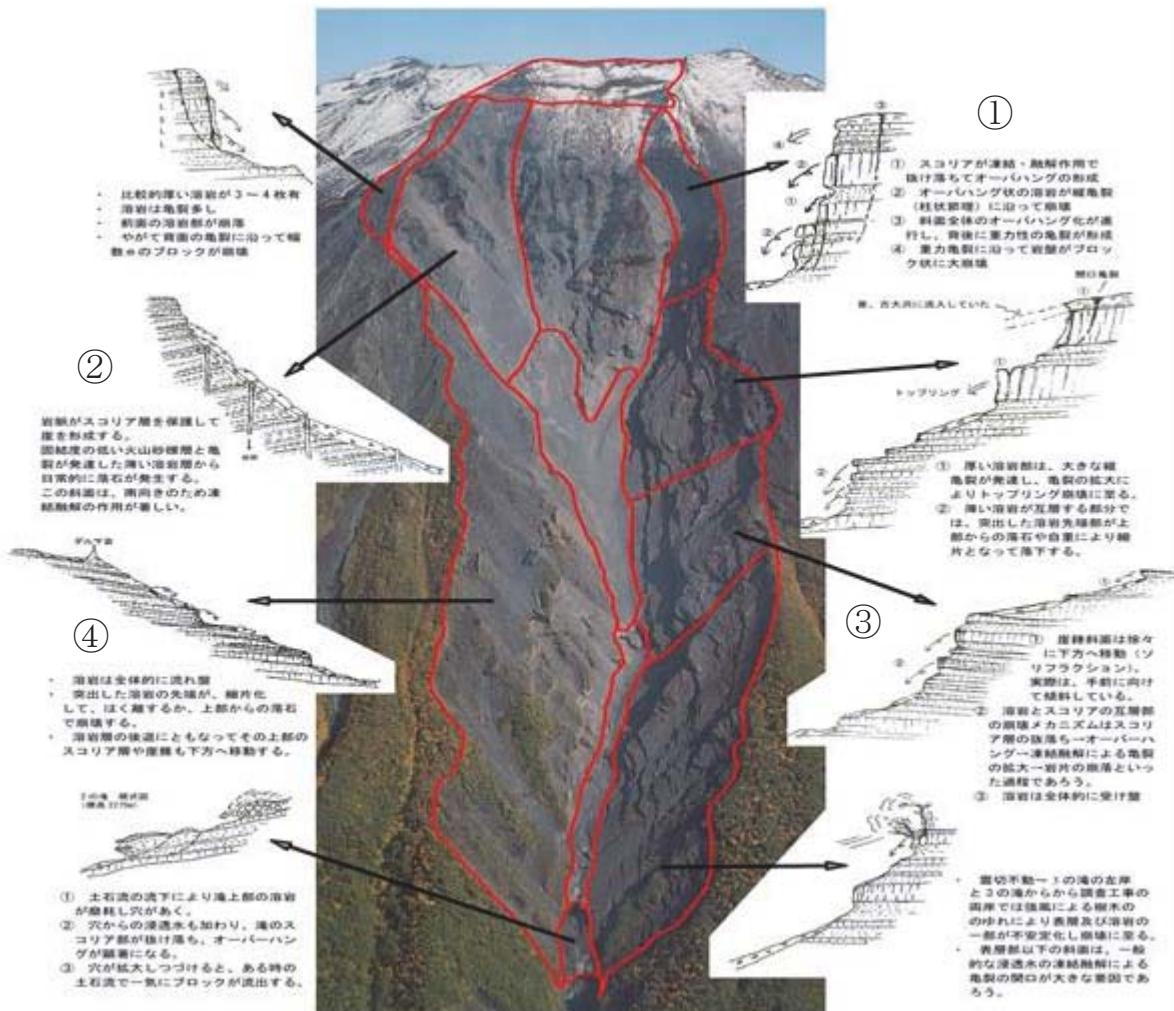


図4 現地観察による斜面形態別崩壊パターン（中筋・花岡、2003、原図）

## 5. 大沢崩れの崩壊速度からみた将来予測

富士山大沢崩れの崩壊量や崩壊速度については、花岡ほか（2007）をはじめ多くの関係者が学会等で発表したり、富士砂防事務所でも様々なパンフレットや冊子で紹介している。

### （1）富士山大沢崩れの崩壊量

富士砂防事務所では、昭和 44 年ごろから毎年富士山大沢崩れの空中写真を撮影してきた。撮影された空中写真を図化機にかけることで、撮影時期ごとの地図が得られる。また撮影時期ごとの同一地点（X・Y）の標高（Z）を比較することで変動量（崩壊量）も計測できる。計測結果から毎年の大沢崩れからの流出土砂量（崩壊量）を整理すると図 5 のようになる。計測期間の最大は昭和 47 年で、5 回の土石流に伴って、1 年間に約 80 万  $m^3$  もの土砂が流出した。また、過去 36 年間（S45～H18）の崩壊地の変動量を計測した結果、標高 3400m 付近の両斜面からそれぞれ約 100～110 万  $m^3$  の崩壊量があった。また、大沢崩れ全体では、斜面からは約 384 万  $m^3$ （年平均約 11 万  $m^3$ ）が生産され、約 511 万  $m^3$ （年平均約 14 万  $m^3$ ）の土砂が大沢崩れより下流に流出した。なお、10 年前からは、空中写真に代わりレーザ計測が行われているが、ここでは空中写真計測のみのデータで検討した。

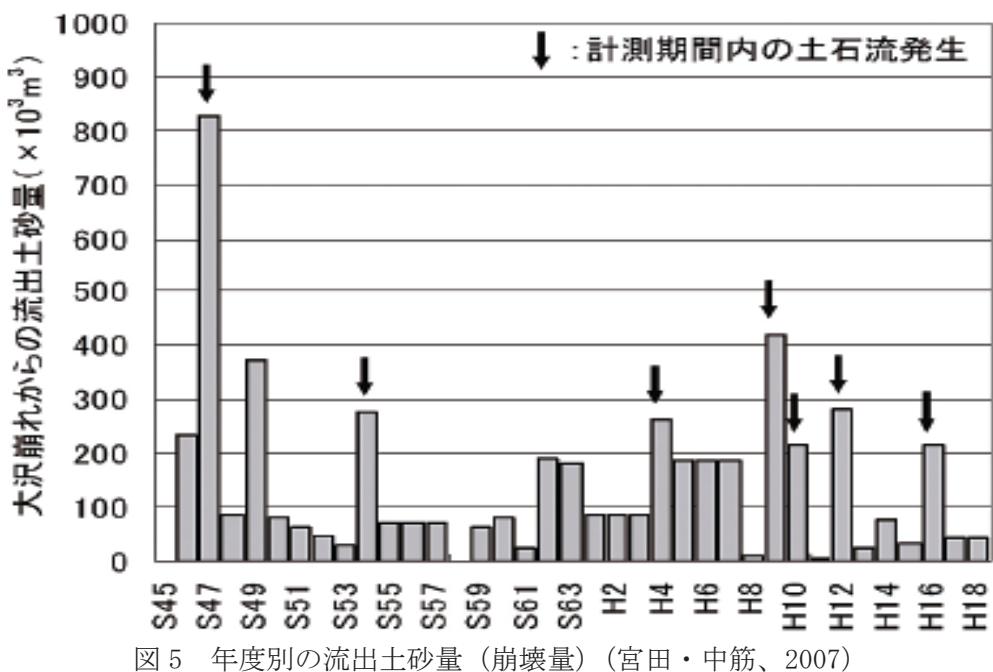


図 5 年度別の流出土砂量（崩壊量）（宮田・中筋、2007）

### （2）富士山大沢崩れの崩壊速度

図 6 のように、源頭部の最大傾斜方向に複数の断面線を設定し、昭和 46 年（1971 年）と平成 14 年（2002 年）の空中写真から空中横断測量をおこなった。この結果、図 6 に示すように、カマボコを切るような形で崖が後退していることが明らかとなり、その後退速度は、顕著な左岸の崖部で 30 年間に 30m であった。同様の手法で断面ごとの後退速度を算出し、断面毎に 50 年後・100 年後・200 年後と推定した。

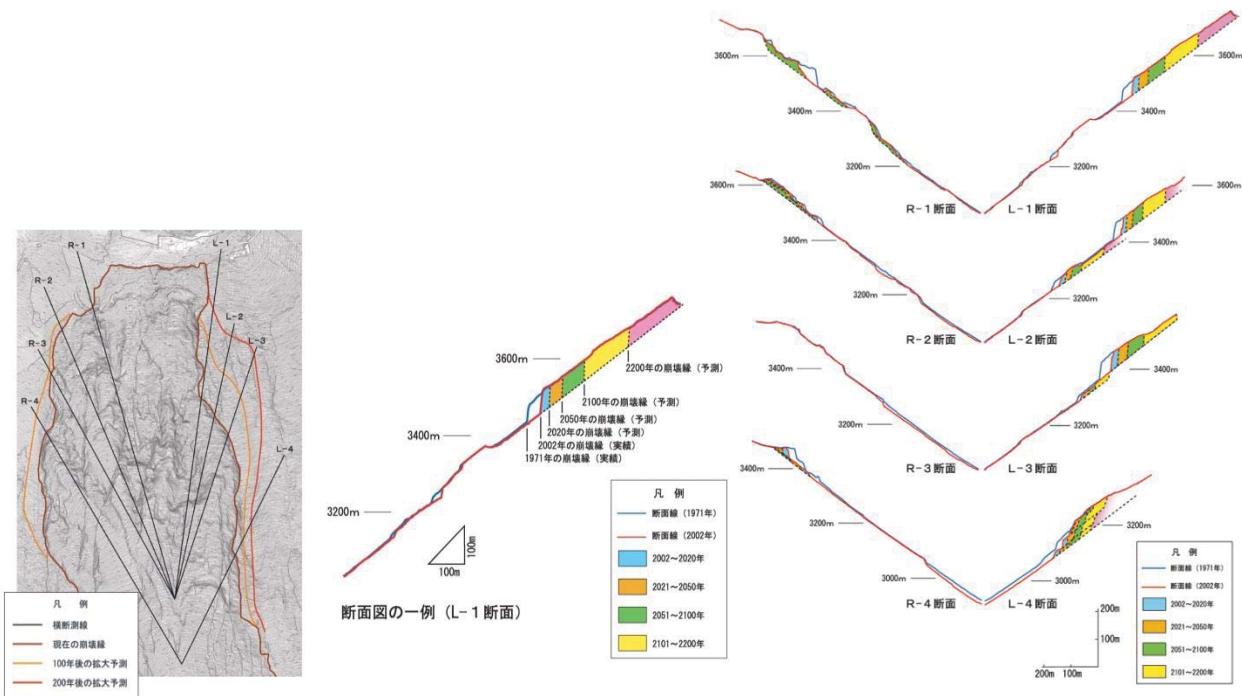


図 6 断面測線位置と崩壊拡大予測断面図(花岡ほか、2007)

なお、写真 1 に示したように明治 41 年(1907 年)と昭和 46 年(1971 年)の比較でも、ほぼ 60 年間で最大 60m の崖の後退(崩壊)が計測された。さらに明治 41 年(1907 年)の状態を 2007 年作成の地形図(1:2500)にプロットしたところ、やはり崩壊速度は 100 年間で 100m の拡大(崖の後退)であった。以上述べた空中写真計測やさまざまな写真から推定した富士山大沢崩れのフォトモンタージュを図 7 に示す。この図から、200 年前は現在より谷幅がかなり狭かったこと、200 年後の源頭部は左岸のみ著しく拡大すること、源頭部の拡大は火口カルデラ壁まで及ばないことを読み取っていただきたい。



図 7 過去 200 年前から 200 年後の富士山大沢崩れの変遷(富田ほか、2004)

### (3) 1000 年前の富士山大沢崩れ（古大沢）の再現

井上・田島（2000）は、大沢扇状地でのテストピット掘削と観察あるいは年代測定結果などから、現成の大沢扇状地が 1000～1500 年前頃から堆積し始めたこと、これらの堆積物は 40 枚程度（30 年に 1 回）に分けられること、つまり数年～数十年間隔で土砂流出が繰り返されてきたことなどを報告した。また岩塙・町田（1962）は、大沢扇状地の詳細な調査を行い、年代測定などから新規大沢扇状地の形成は、1000 年程前から始まったとした。一方大沢崩れでは、現在の大沢の谷地形形成に先立って、古くからこの位置にかなり深い谷が形成されていたことは、多くの資料から推察することができる。この谷を岩塙・町田（1962）は「古大沢」と呼び、激しい侵食のおきている現在の大沢と区別した。

筆者は、山頂から左岸にかけて湯船第 2 スコリア（2200 年前）を覆って流下している新しい剣ヶ峰溶岩（溶結火碎岩）が、大沢の中へ垂れ下がっているようにみえる（写真 2）ことなどから、図 8 のように古大沢の断面を推定した。現断面と古大沢の断面の差分を計算したところ、古大沢を浅めに推定（赤破線）したものが約 2800 万  $m^3$ 、深めに推定（黒破線）したものが約 2300 万  $m^3$  となった。つまり、約 1000 年間でそれだけ崩壊し、扇状地へ流出したと考えられる。この土砂量は、現成大沢扇状地（新規扇状地）の規模とそれほど矛盾していない。



写真 2 源頭部左岸

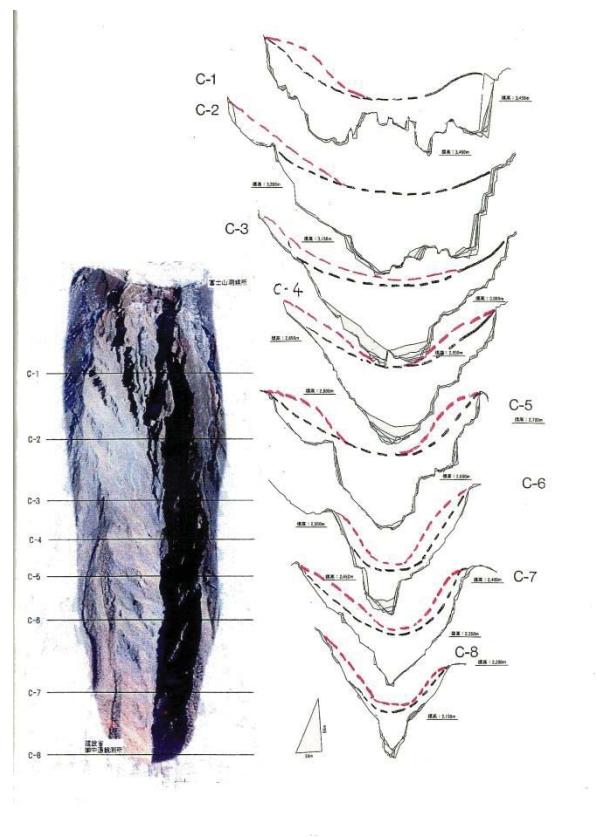


図 8 古大沢の推定断面

## 6. 富士山の土砂災害（土石流災害）

富士山の土砂災害には、山体崩壊など火山活動に伴うものその他に、降雨による土石流・洪水・落石・スラッシュ雪崩などがある。ここでは主に土石流について述べる。

表1に昭和44年以降の大沢川での土石流発生状況を示した。その主なものとして、昭和47年（1972年）5月1日及び5日の両日に合わせて300mmを超える降雨があり、それに加えて異常高温による融雪及び雪崩により源頭部に堆積していた土砂が一気に流下し、大規模な土石流が発生した。この時の土石流は主に扇状地に多量に堆積したが、さらに後続の泥流は潤井川を経て河口の田子の浦港まで達し、多量の土砂を堆積せしめた。さらに同年6月8日・7月12日にも豪雨に見舞われ土石流が発生し、富士宮市街地で河川施設や道路施設に被害を生じた。また昭和54年（1979年）に発生した土石流は、主に扇状地及び下流河道に堆積したが、一部の土砂は下流河川に再移動し、洪水氾濫による被害が生じた。昭和54年以降、大沢扇状地における砂防施設の整備が進んだことにより顕著な災害は発生していないが、大規模な土石流は近年もしばしば発生しており、とくに平成12年（2000年）11月に発生した土石流は、ピーク流量が観測史上最大規模であった。

表1 大沢川における土石流等の発生状況（富士砂防報告書より）

番号	発生年月日	誘因	流出規模	流出形態
1	昭和44年8月2日	台風		土石流
2	昭和47年5月1日	低気圧・融雪	25万m <sup>3</sup>	土石流
3	昭和47年5月5日	低気圧・融雪	30万m <sup>3</sup>	土石流
4	昭和47年6月8日	前線・融雪	15万m <sup>3</sup>	土石流
5	昭和47年7月6日	低気圧	不明	土石流
6	昭和47年7月12日	低気圧	15万m <sup>3</sup>	土石流
7	昭和49年8月25日	台風	不明	洪水
8	昭和51年3月29日	融雪	不明	土石流
9	昭和51年7月12日	梅雨前線	不明	洪水
10	昭和51年9月9日	前線・台風	不明	洪水
11	昭和54年4月8日	前線・融雪	不明	土石流
12	昭和54年5月8日	前線・融雪	不明	土石流
13	昭和57年8月1日	前線	不明	洪水
14	昭和57年11月30日	低気圧	不明	土石流
15	昭和62年5月23日	前線・融雪	不明	土石流
16	平成3年11月28日	低気圧	18万m <sup>3</sup>	土石流
17	平成4年12月8日	融雪	—	雪崩
18	平成7年3月17日	融雪	—	雪崩
19	平成8年3月30日	融雪	—	雪崩
20	平成9年6月20日	台風7号	19万m <sup>3</sup>	土石流
21	平成9年11月26日	低気圧	19.9万m <sup>3</sup>	土石流
22	平成10年4月15日	前線	2万m <sup>3</sup>	土砂流
23	平成11年11月1日	前線		土砂流
24	平成12年11月21日	前線	28万m <sup>3</sup>	土石流
25	平成16年12月5日	前線	17万m <sup>3</sup>	土石流

## 7. 富士山大沢での土石流発生メカニズム

富士山大沢での土石流の発生時期と降雨条件には大きな特徴がある。土石流の発生時期は晩春（5～7月）と初冬（11月）に限られている（図9）。また降雨条件では、初冬及び晩春の時期においては連続雨量が150mm程度の比較的少ない雨量でも発生しやすい傾向がある一方で、夏期では400mm以上の雨量でも土石流が発生しない場合もある（図10参照）。この理由は、季節による凍土層の変化が大きく係っている。つまり、夏は凍土層の分布高度が山頂付近まで上昇するため（図11）大沢崩れ内はいくら雨が降ってもすべて溶岩内に浸透し、表流水さえも流れない。一方、5月や11月は発生源付近（図11に図示）が凍土層に覆われているため降雨は地下に浸透せず、一気に表流水として谷底に集中し、土石流を発生させるのである。また、このとき谷底にある程度の堆積物がないと単に洪水だけが流下することとなる（図12）。このような理由で、材料が大量に溜まっていた昭和47年ごろと異なり、最近では数年に一度谷底に材料が溜まった時に発生しているのである。

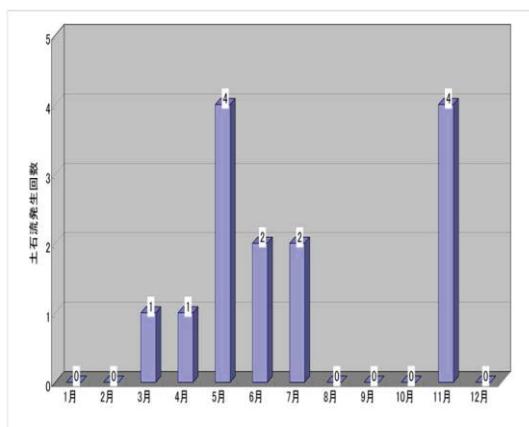


図9 月別の土石流発生回数

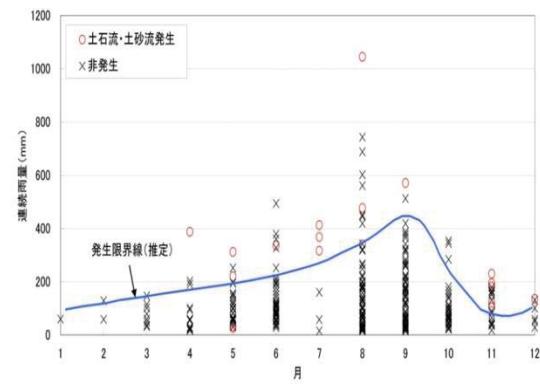


図10 土石流発生限界連続雨量

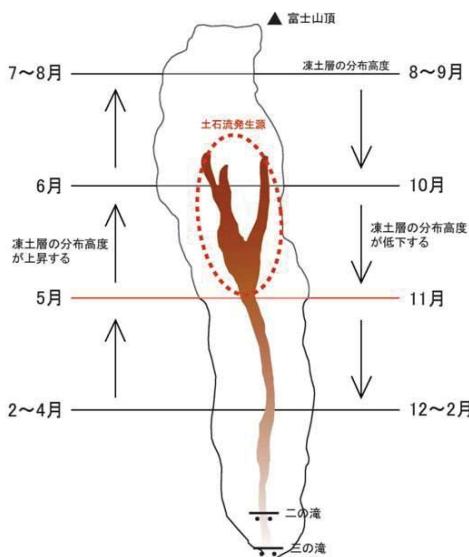


図11 季節による凍土層の移動模式図

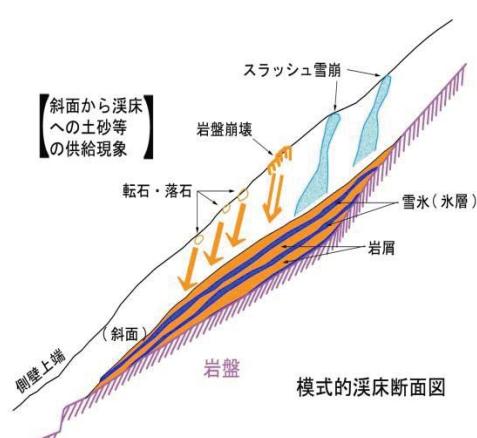


図12 土石流の発生概念図

## 8. 富士火山ハザードマップからリアルタイムハザードマップへ

2000年10月頃から、富士山直下で低周波地震が群発した（鵜川、2007ほか）。このことを契機として、2001年7月に、国および関係する都県市町村による富士山火山防災協議会の諮問に基づき「富士山ハザードマップ検討委員会」が設けられた（荒牧、2007）。3年あまりの議論と調整の末、2004年6月末には、富士山火山防災協議会へ最終報告を提出し検討委員会は解散した。富士山の火山災害を引き起こす火山現象（加害現象）には多くの種類があるが、検討委員会報告書では、次のような事象を採用している。

### 1) 火山防災マップを作成する事象

溶岩流・降灰（プリニ一式噴火による火碎物降下）・噴石（投出岩塊）・火碎流・火碎サージ・融雪型火山泥流・降灰後の降雨による土石流

### 2) 災害実績図のみにとどめる事象

岩屑なだれ・雪泥流

### 3) 文章などによる記述にとどめる事象

水蒸気爆発・火山ガス・空振・火山性地震・地殻変動・洪水氾濫・津波

ついで、対象とする噴火の規模は、火山防災の実用的見地から、噴火の規模を次の3段階に分けて考察している。

- ・小規模噴火噴出量  $0.02\text{km}^3$  以下
- ・中規模噴火  $0.02\sim0.2\text{km}^3$
- ・大規模噴火  $0.2\text{km}^3$  以上

さらに、それぞれの規模に対応した噴火のシナリオを検討している。大規模噴火の例として検討したのは、宝永噴火と青木が原溶岩にそれぞれ相当する噴火の2例である。これらのマップの代表として大規模噴火の溶岩流（図13）と、予想される噴火のタイプや災害の様式、情報・警報などの伝達方法、避難の方法などをわかりやすく図示した一般配布用可能性マップ（図14）を示す。

その後、レーザ地形図の作成が短時間で可能になったことやシミュレーションプログラムが進化したことをふまえて、中筋（2008）は、北海道有珠火山の事例をもとに紙媒体によるハザードマップの限界と電子媒体によるリアルタイムハザードマップの有効性を発表した。これをうけて富士山においても、噴火時の降灰による地形変化にも即時で対応可能なリアルタイムハザードマップが開発されつつある。これらのシステムは、富士山の噴火により地形変化が生じた場合において、降灰後土石流・融雪型火山泥流・火碎流・溶岩流による氾濫シミュレーション計算を速やかに行うために、地理情報システムエンジンを用いたデータ管理・操作システムからなる。火碎流計算結果のイメージ図を図15に示す。

なお、富士山火山防災マップでは扱ってはいないが、2900年前の御殿場泥流に代表される山体崩壊は、いったん発生すれば日本経済に大きな打撃を与える現象である。これに関しては、アメリカのセントヘレンズ火山の1980年噴火事例を、筆者が噴火直後に現地調査をした成果などをもとに講演で紹介する。

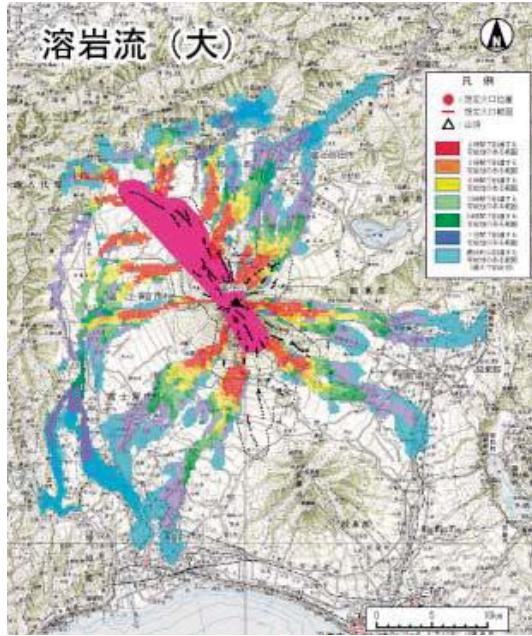


図 13

多くの火口から噴出した溶岩流のシミュレーション。大規模噴火の場合（富士山ハザードマップ検討委員会、2004）。

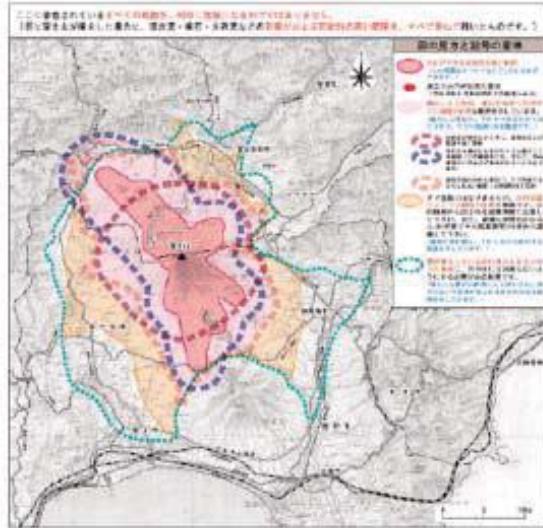


図 14

一般配布用の可能性マップ。複数の災害要因について示してある（富士山ハザードマップ検討委員会、2004）。

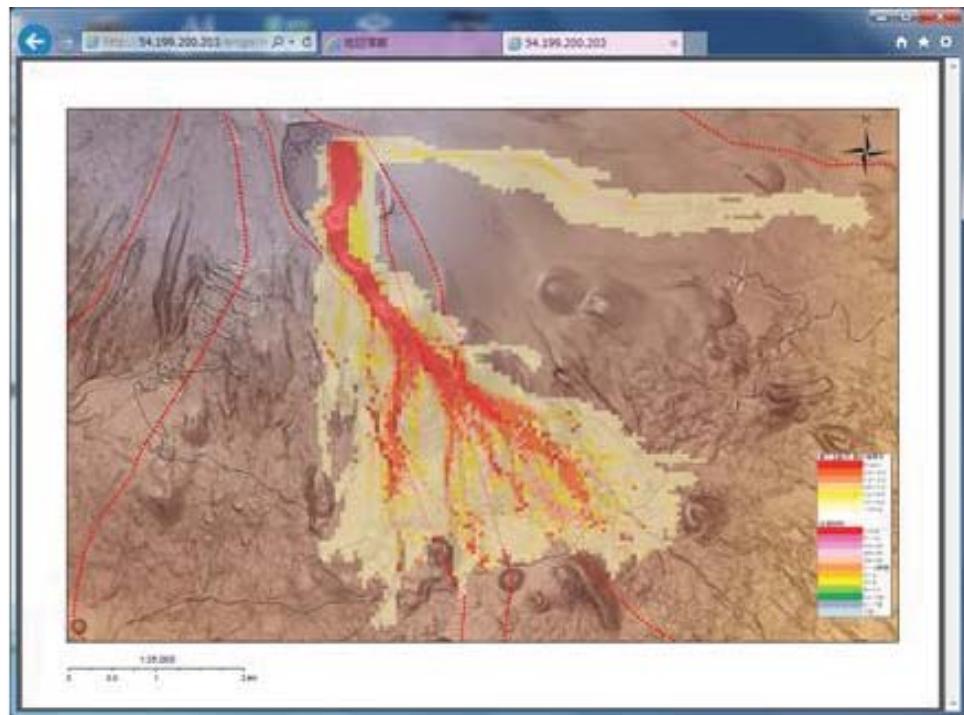
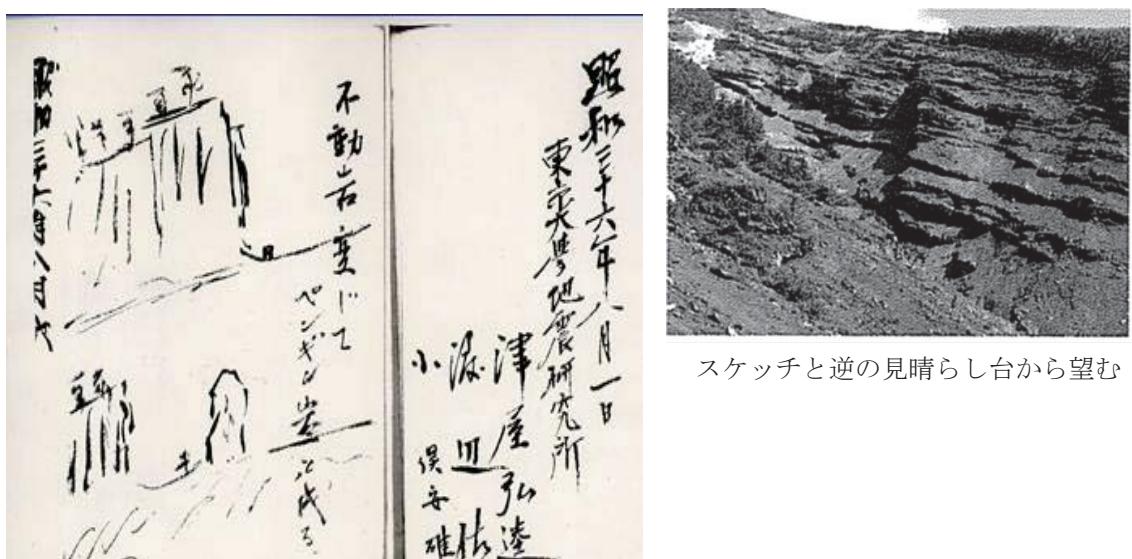


図 15 地形変化を考慮した計算結果の高速表示イメージ図

## おわりに

筆者は、ここ 10 年ほど大沢の現場から離れていることから、やや古い写真や資料となつてることを御容赦願いたい。かつ内容的にも、全体的にかなり散漫で推定の多い富士山と大沢崩れの紹介になってしまった。また残念ながら北海道有珠火山で実施されているハザードマップと一対となつた避難計画や防災教育にもふれる余裕がなかつた。

富士山大沢崩れの両岸を登りくだりして 30 年あまりになるが、この間、富士砂防事務所の歴代所長や調査課長・係長の皆様には大変お世話になりました。また現地調査で同行した国際航業㈱の先輩・後輩の方々にもお世話になりました。記して感謝いたします。



スケッチと逆の見晴らし台から望む

最後に、このスケッチは津屋弘達氏によって描かれたものであるが、この場所は雲切り不動岩と呼ばれる左岸の標高 2800m 地点である。昔は富士講と呼ばれる修験者のみの聖地であったが、私も大沢崩れの調査で十数回訪れている。この地点は現在、昭和 47 年の 5 回に及ぶ土石流で御中道が渡れなくなったため、一般の人々には目に触れる機会がなくなつた。富士山の地質図を作成した津屋弘達氏は、この場所も複数回訪れていることから、まるで修験者のように富士山を歩き回り地質調査をしていたことが伺える。

スケッチは、傾斜でわかるように雲切り不動岩を谷の反対側（山側）から見たものである。写真は右岸の見晴らし台からのものであるが、かすかに写っているペンギン岩も 47 年の大震で崩れてしまった。スケッチの崖下に表示してある不動岩の祠は、現在は 100m ほど下流に移されているが、誰の目にふれることもないであろう。

## 引用文献

- 津屋弘達（1938a）：富士火山の地質学的並びに岩石学的研究（I），1. 小御岳の構造。地震研究所彙報，16，452–469。
- 津屋弘達（1938b）：富士火山の地質学的並びに岩石学的研究（II），2. 青木ヶ原熔岩の分布と噴出中心。地震研究所彙報，16，638–657。
- 津屋弘達（1940）：富士火山の地質学的並びに岩石学的研究（III），3. 富士山の南西麓，大宮町周域の地質。地震研究所彙報，18，419–445。
- 津屋弘達（1968）：富士火山地質図（5万分の1），特殊地質図12. 地質調査所。
- 津屋弘達（1971）：富士山の地形・地質。富士山－富士山総合学術調査報告書。富士急行。
- 宮地直道（2007）：過去1万1000年間の富士火山の噴火史と噴出率，噴火規模の推移。「富士火山」（荒牧重雄，藤井敏嗣，中田節也，宮地直道編集），山梨県環境科学研究所。
- 国土交通省富士砂防工事事務所・山梨県・静岡県（2000）：富士山火山防災ハンドブック，26p.
- 高橋正樹（2000）：富士火山のマグマ供給システムとテクトニクス場 - ミニ拡大海嶺拡大モデル。月刊地球，8月号，p. 516–523。
- 花岡正明・富田陽子・伊藤誠記（2007）：大沢崩れと富士山の土石流。「富士火山」（荒牧重雄，藤井敏嗣，中田節也，宮地直道編集），山梨県環境科学研究所，p. 407–425。
- 芹澤文平（1908）：富士山中道眞景，郵便はがき。
- 井上公夫・田島靖久（2000）：富士山「大沢扇状地」の堆積構造と地形形成史，月刊地球8。
- 岩塚守公・町田洋（1962）：富士山大沢の発達－火山の谷の発達と侵食機構についての基礎的研究，地学雑誌，71，143–158。
- 中筋章人・花岡正明（2003）：富士山大沢崩れの崩壊メカニズムと崩壊速度，日本地すべり学会研究発表会。
- 富田陽子・小泉市朗・大西竜太・中筋章人・宮田直樹（2004）：富士山大沢崩れの崩壊速度から見た将来の形状予測，平成18年度砂防学会研究発表会概要集，456–457。
- 宮田直樹・中筋章人・石原慶一・荒木隆宏（2007）：富士山大沢崩れの崩壊経年計測とその解釈，先端測量技術，96号。
- 鵜川元雄（2007）：富士山の低周波地震。「富士火山」，山梨県環境科学研究所，p. 161–172。
- 荒牧重雄（2007）：富士山の火山防災マップと防災対策の展望。「富士火山」，山梨県環境科学研究所，p. 451–475。
- 富士山ハザードマップ検討委員会（2004）：富士山ハザードマップ検討委員会報告書。145p.
- 中筋章人（2008）：リアルタイム火山ハザードマップの必要性と有効性—北海道有珠火山を例として—，応用地質，第49巻，第5号，pp. 293–303，2008年12月。

# 富士山で発生する雪崩

(研)防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 上石 熊

## 1. 雪崩の分類と富士山で発生する雪崩

雪崩は、斜面の積雪が目に見えるほどの速度で流れる現象である（日本雪氷学会定義）。雪崩の形状は発生後の形状から①発生区、②走路、③堆積区の3つに分かれる（図1）。

雪崩は、上記の発生区の状況によって①発生区の形（点発生・面発生）、②発生区の積雪の乾湿（0℃：湿雪、マイナス：乾雪）、③滑る位置（表層・全層）の3つの条件（それぞれ2種類）の組み合わせで計8種類に分類される（表1）。

雪崩分類には「その他の雪崩現象」として次の5つがあげられている。

i) スラッシュ雪崩（大量の水を含んだ雪が流動する雪崩）。同様の現象で大量の水を含んだ雪がおもに溪流内を流下するものは「雪泥流」という。

ii) 氷河雪崩・氷雪崩

iii) ブロック雪崩（雪庇・雪渓等の雪塊の崩落）

iv) 法面雪崩（鉄道や道路などで角度を一定にして切り取った人工斜面の雪崩）

v) 屋根雪崩

たとえば、雪国で融雪期によく見られるのは、図2に示すような面発生湿雪全層雪崩である。

積雪の内部の弱層の上にさらに大量の降雪が積もって、弱層を境にその上の積雪が崩れる面発生乾雪表層雪崩である。2013年12月の富士県立山真砂岳で7名が犠牲となった雪崩は、面発生乾雪表層雪崩である（図3）。

表1 雪崩の分類（日本雪氷学会）

雪崩発生の形					
点発生			面発生		
雪崩層（始動積雪）の乾湿	乾雪	点発生乾雪表層雪崩	点発生乾雪全層雪崩	面発生乾雪表層雪崩	面発生乾雪全層雪崩
	湿雪	点発生湿雪表層雪崩	点発生湿雪全層雪崩	面発生湿雪表層雪崩	面発生湿雪全層雪崩
		表層（積雪の内部）	全層（地面）	表層（積雪の内部）	全層（地面）
雪崩層（始動積雪）のすべり面の位置					

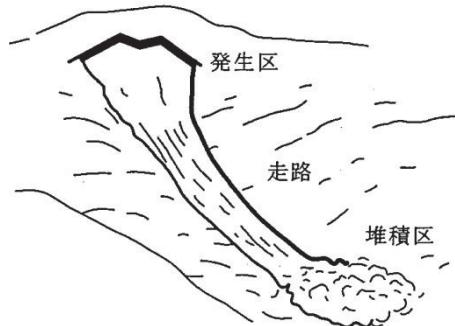


図1 雪崩の発生区・走路・堆積区



図2 面発生湿雪全層雪崩（新潟県長岡市）



図3 面発生乾雪表層雪崩（立山真砂岳）

## 2. 2014年2月の関東甲信大雪で発生した雪崩

2014年2月の南岸低気圧による大雪は、関東甲信地方を中心に、死者26人・負傷者数千人以上、約1,600億円の農業被害、数千か所の建物被害、150万戸の停電、130地区以上の長期孤立など人的・物的・社会的に大きな被害を及ぼした。多くの箇所で降雪が24時間以上続き、積雪が24時間で60cm～100cm増加した。短期間に多量の雪がもともとあまり雪の多くない地域に降ったことが、住家やハウス、駐車施設の倒壊、孤立を含む交通障害などの多くの被害をもたらした。また、山梨県内では時間積雪深差で18cmという高強度降雪も記録した。

### 2.1 雪崩による被害の発生状況

今回の南岸低気圧による大雪では、関東甲信越・東北地方太平洋側で多発した。山梨県内でも表層雪崩が多発し、県管理道路を山梨県の職員と応急点検を実施した。隣接した法面から雪が崩落し、埋積した例も多い。雪崩は落石防止用ネットを一部通過しているが、ポケットにはデブリが大量に堆積した状況も見られた(図4)。山間部で除雪が遅延し集落孤立が長期化したのは、大雪だけではなく、雪崩による堆積物が除雪効率を悪化させ、雪崩の危険性のため除雪作業が遅れたことも大きな原因となっているもの



図4 山梨県管理道路での雪崩発生(2014年2月)

と考えられる。

山梨県甲府市古関では、2月14日に4台の車両が雪崩によって埋り、4人がすぐに車から脱出し2人は救助されたが、あの2人は一晩中雪崩発生隣接箇所で救助を待った。埋まった車には15mもの雪崩デブリが堆積し(図5)、大破した車が5日後に発見された。被救助者からのヒヤリングによると「サー」という音とともに雪崩が複数回発生していたとのことである。聞き取り調査や新聞による情報では大災害に結び付く恐れのあった事例も多い。今回雪崩による人的被害は幸いにも少なかったが、少なくとも10名以上の方が雪崩遭遇直後の対応で九死に一生を得ている。山梨県内では道路に影響する雪崩が少なくとも数百か所に及んだ(図6)。

日光市栗原女夫淵～加仁湯温泉までの林道では大人1名子供3名が雪崩によって埋まった車に58時間閉じ込められた。一酸化炭素中毒防止のためのすぐにエンジンを停止し、空気穴をスコップで開けるなど冷静な行動により助かった。平素から車内に毛布、スコップを積んでいたことも命を救った要因である。雪崩は林道沿いに多数発生し、通常発生しない箇所でも大規模雪崩が随所で発生したということである。



図5 南岸低気圧による雪崩のデブリ(厚さ15m、甲府市古関 2014年2月)

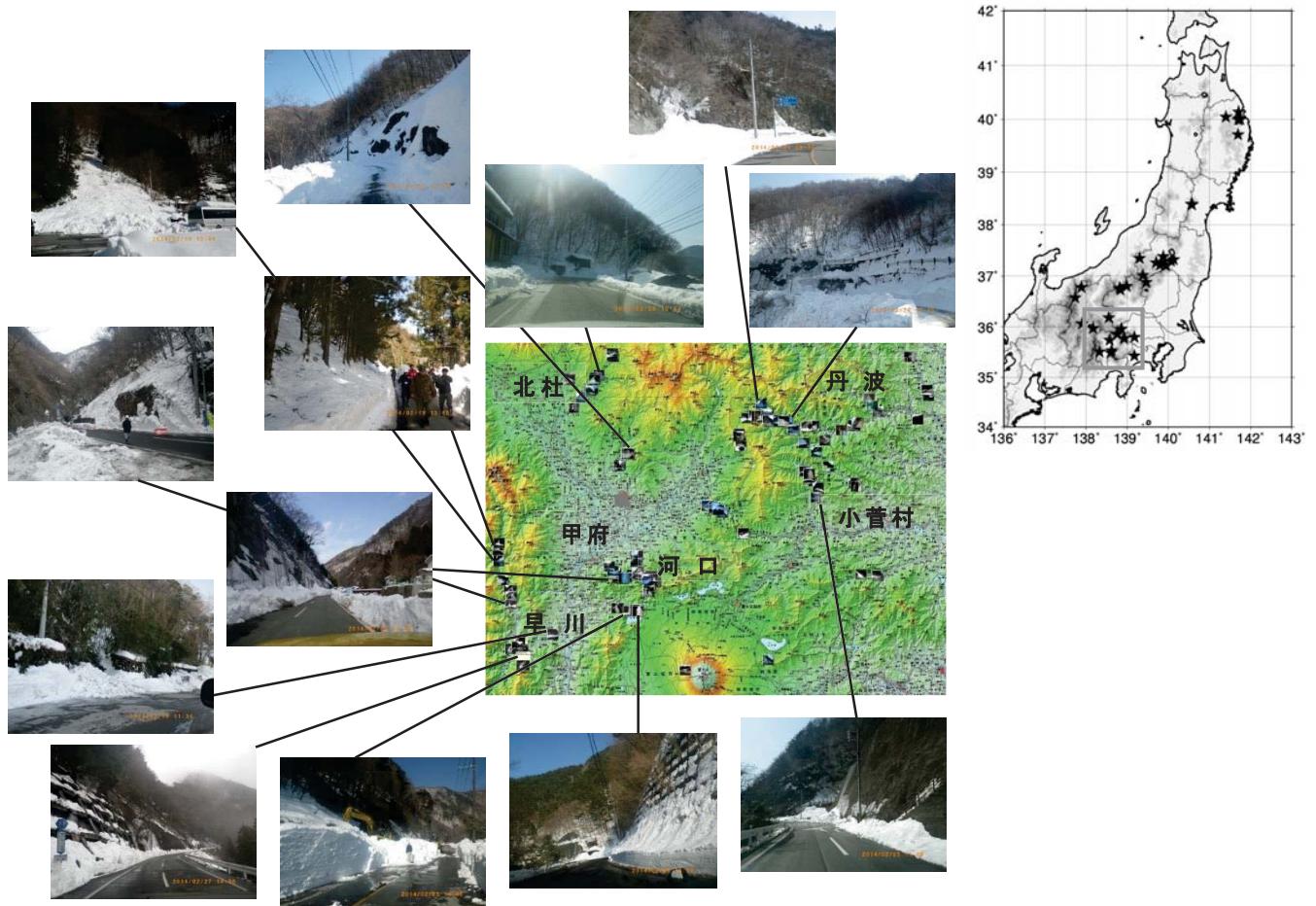


図 6 山梨県内の雪崩発生状況(2014年2月)<sup>1)</sup>

## 2.2 雪崩の発生原因と特徴

このように雪崩が多発したのは、南岸低気圧で降った雪が冬型で降ってくる樹枝状ではなく、鼓型、柱状のような雪結晶同士の結びつきが弱いグラニュー糖のようにさらさらとした崩れやすい降雪結晶だったことが原因だと推察される。図7は2014年4月5日に長野県諏訪市で採取した南岸低気圧による降雪結晶で、安息角は40度と測定された。

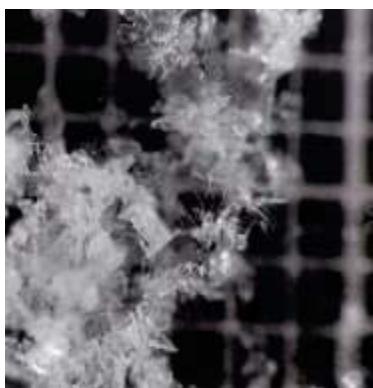


図 7 南岸低気圧による崩れやすい降雪

崩れやすい性質のため雪崩は比較的樹木が密生しているところでも発生し、樹木や雪崩予防柵をすり抜けて流下している。雪崩は長さ500m程度の大規模な雪崩も発生しているが、見通し角は35~40度と大きく、崩れやすいが停止しやすい性質であると考えられる。樹木や埋積した車の被災状況から、雪崩の規模にしては、流下速度が遅く、衝撃力も小さかったことが推定される。

## 2.3 雪崩の応急対策

防災科研では、山梨県内において、屋根からの落雪や全層雪崩の危険性について、地元報道機関の協力のもと、その周知を図った。大雪の危険情報は山梨県では1日中テレビのテロップとして流され、甲府市では防災無線を通じ市民に伝えられた。また、山梨県や甲府市職員と孤立集落への道路などを地上から点検し、雪崩危険箇所については雪堤等の応急対策を行った(図8)。



図 8 雪崩危険個所点検と応急対策  
(山梨県 2014 年 2 月)

### 3. スラッシュ雪崩の発生メカニズム

安間はつぎのように富士山のスラッシュ雪崩を模式的に示している<sup>2)</sup> (図 10). また、雪崩の挙<sup>3)</sup>にも詳しい解説がある.

また、NHK によると、スラッシュ雪崩発生後の状況で融解したスコリアと、その上に堆積していた積雪が流れているように見える.

富士山では「雪代」と呼ばれ主に春先及び初冬における積雪への降雨や融雪水により発生し、流動性に富むため渓流内の土砂を流動化させる.

最近、大沢において国土交通省富士砂防事務所で撮影された、スラッシュ雪崩の流下状況からは大量の水と雪、水と土砂が 1 日に数回流れている状況が映像として記録された(図 11)<sup>4)</sup>.



図 9 冬富士スラッシュ雪崩跡 (NHK)

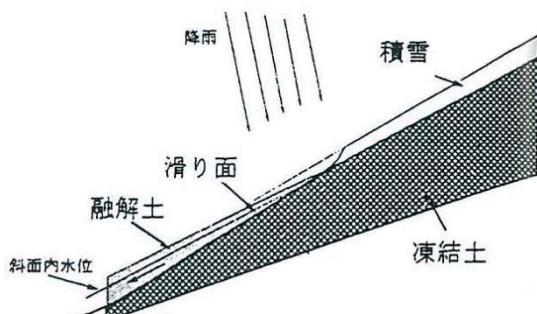


図 10 スラッシュなだれの発生機構

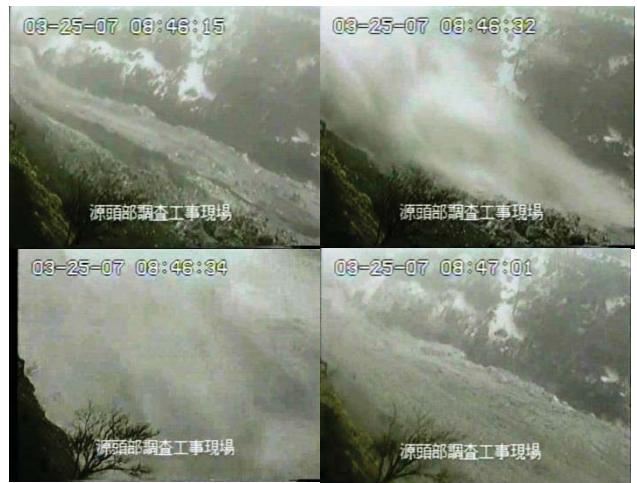


図 11 8 時 46 分に発生したスラッシュ雪崩

### 4. これまでのスラッシュ雪崩発生の記録整理

富士山では、地形・自然条件から、通常の雪崩とは異なる雪崩が発生し、多くの被害をもたらしてきた. 山岳信仰の山であるが故、雪崩の記録も古くから残っており、その歴史の長さは日本国内でも珍しい. たとえば、富士吉田市民族博物館の資料によれば天保 5 年 (1824 年) の雪代は未曾有の災害であったと公図等も残っている(図 12).

富士吉田市では古くからの雪代災害に対して市街地を流れる川の堤防工事がなされてきた(図 13).



図 13 富士吉田市内の雪代対策堤防

2000 年以前のスラッシュ雪崩に関する文献について整理した「富士山の雪氷事象記録台帳(社)日本雪氷学会」<sup>5)</sup>と 2000 年以降に発生した雪崩を整理すると、1545 年の記録から残っており、過去 450 年で発生箇所と発生時期が判っているものは約 20 事例もある(表 2, 図 14).

最近では、2007 年 3 月 27 日に、南斜面の富

士宮市富士山スカイライン五合目付近でスラッシュ雪崩が発生し、スカイラインの道路施設が破壊されるとともに、レストハウスが埋雪・被災し、2011年には、同じ個所で表層雪崩が発生

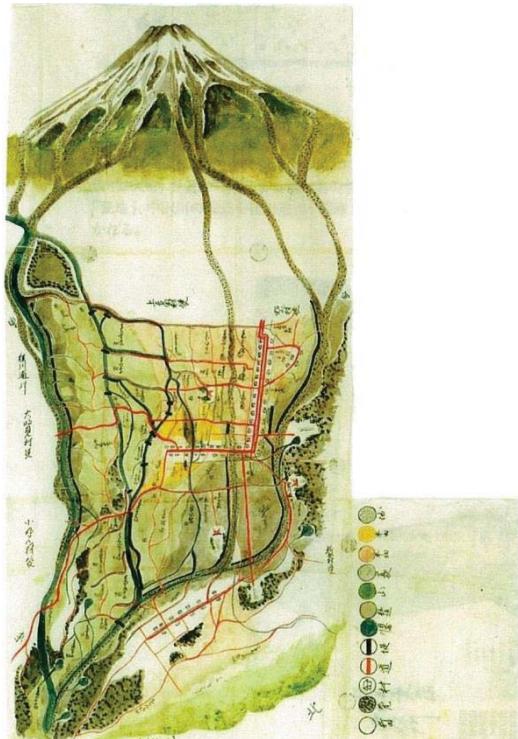


図 12 下吉田村 天保雪代災害図（「富士山雪代絵図」をもとに作成）<sup>6)</sup>

した。また、2014年2月は関東甲信を中心に大雪となり、富士山でも山梨県側で雪崩が発生し、雪代の危険性も高くなつたことから、富士吉田市では、雪代警戒態勢が採られた。

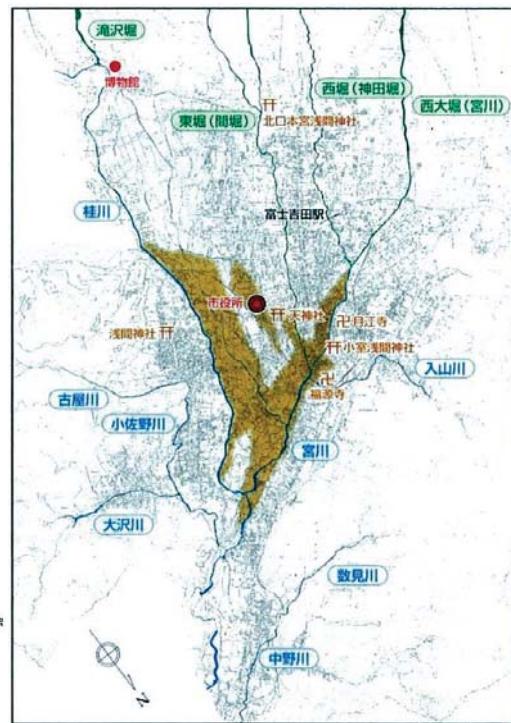


図 13 富士吉田市周辺地図

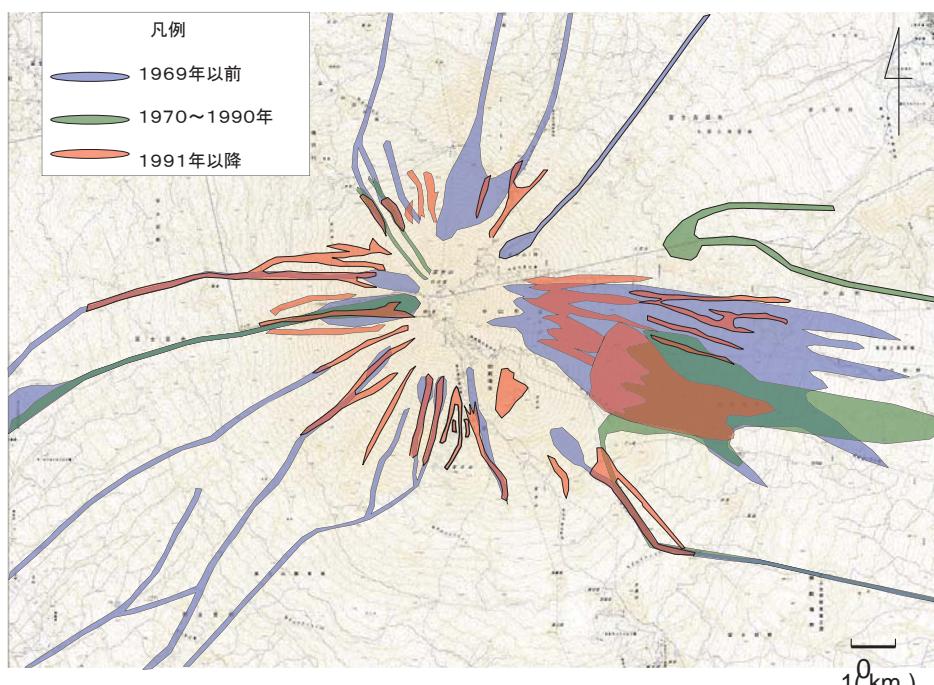


図 14 2000 年以前の富士山で発生した雪崩

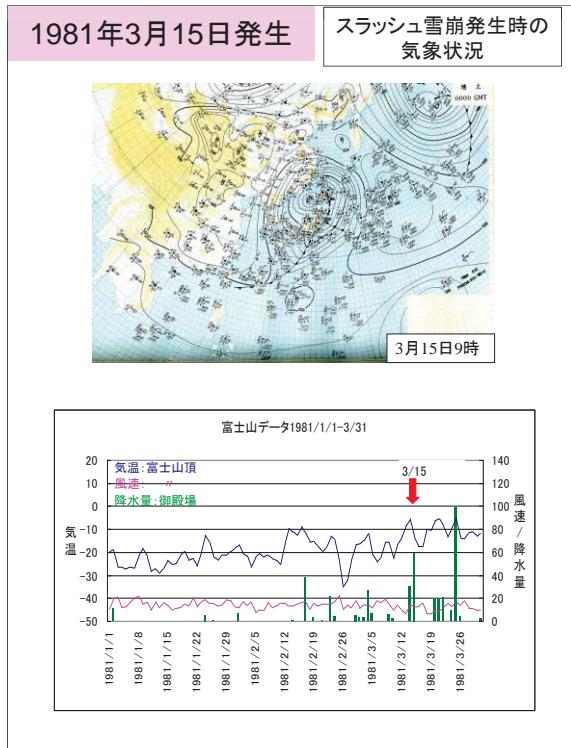
表2 富士山で発生した雪崩<sup>5)</sup>

事例	西暦	和暦	場所	規模	気象状況	被害等	資料	スラッシュ地図
1	1545/03/23	天文14/02/11	吉田	超大		人馬、冬水麦を押し流す	富士吉田市史 資料編 第二巻 古代中世p232,282	
2	1554/02~04	天文23/01~03	吉田	大		11回流出	富士吉田市史 資料編第二巻 古代中世p294,334	
3	1559/2/10	永禄2/01/申日	吉田			人馬、冬水麦を押し流す	富士吉田市史 資料編 第二巻 古代中世p341,384	
4	1560/01/04	永禄2/12/07	北北東 吉田	大		法ヶ堂皆流す		
5	1733/12	享保18/11	北北東					
6	1747/03~08	延享/02~07	西 富士大沢	大		富士山無限谷(富士大沢)より石砂押し出し潤井川に流入、二本桶用水埋まる。同年7月11日夜、厚原凡夫川にかかる二本桶のうち一本が砂の重みで崩壊		
7	1783/03	天明3/02	西 富士大沢					
8	1794/03/20	寛政6/02/29	北北東 下吉田田村	大		吉田の宮川通御普請所大破	富士吉田市史 資料編 第三巻 近世I p397~406	
9	1801/03/20	享和1/02/06	北北東 下吉田田村	大		桂川通り御普請所皆流出、田畠荒地化す		
12	1834/05/16	天保5/02	北北東 下吉田田村	大		大風雨で土砂・大石押しかけ、復旧中の田畠、民家再び荒れる	富士吉田市史 資料編 第三巻 近世I p397~406 富士山の雪代(ゆきしろ)災害の歴史(第3回静岡県地盤工学研究セミナー発表論文概要集)	s1834040 8.1.2.3
10	1834/05/16	天保5/04/08	南西 富士山南麓 富士山北側の富士吉田地方でも同時発生	超大		潤井川の川底が一時上がり、富士宮近辺の村々泥海 早朝から風雨強くなり、正午に大洪水となり田畠、民家に流出 稀に見る大災害であった。 4月から8月まで8回雪代おこる	静岡県史 別編2 自然災害誌p 594,602	

## 5. 富士山のスラッシュ雪崩発生条件

事例1~8は、1981年以降、発生状況が分かっているスラッシュ雪崩について、気温(富士山頂), 降水量(御殿場アメダス)の変化ならびに天気図を比較したものである。スラッシュ雪崩発生の気象条件はおおよそ次の場合が多い。

### 事例1 1981年3月15日 西, 南東, 東斜面 御殿場市営スキー場被害

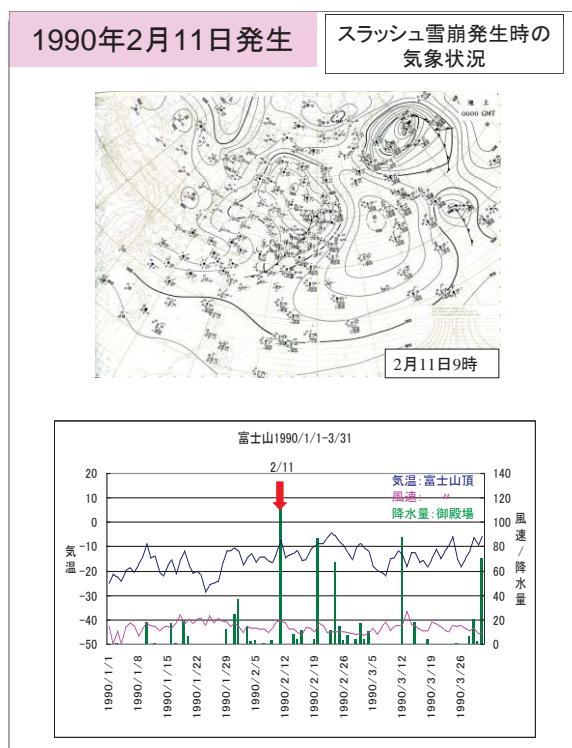


①寒冷前線を伴った低気圧が富士山から北側を通過

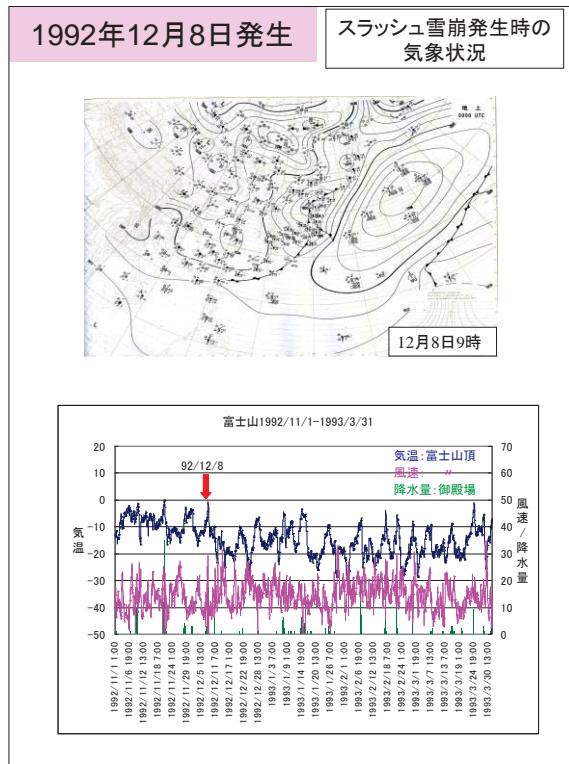
②大量の降雨(御殿場で総雨量 50mm, 1時間最大雨量 20mm以上)

③気温上昇(富士山でマイナス数度以上)

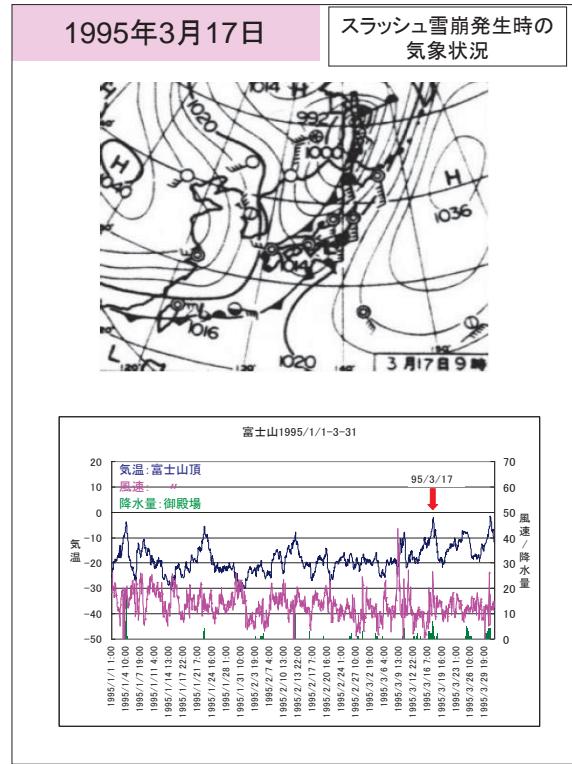
### 事例2 1990年2月11日 東斜面 御殿場市営スキー場被害



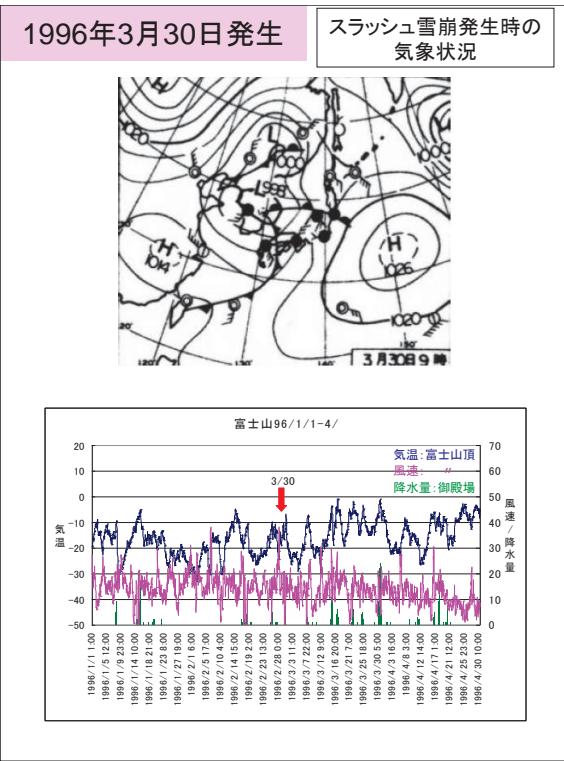
事例 3 1992年12月8日 全域で発生  
富士吉田口登山センター, 富士スバルライ  
ン被災



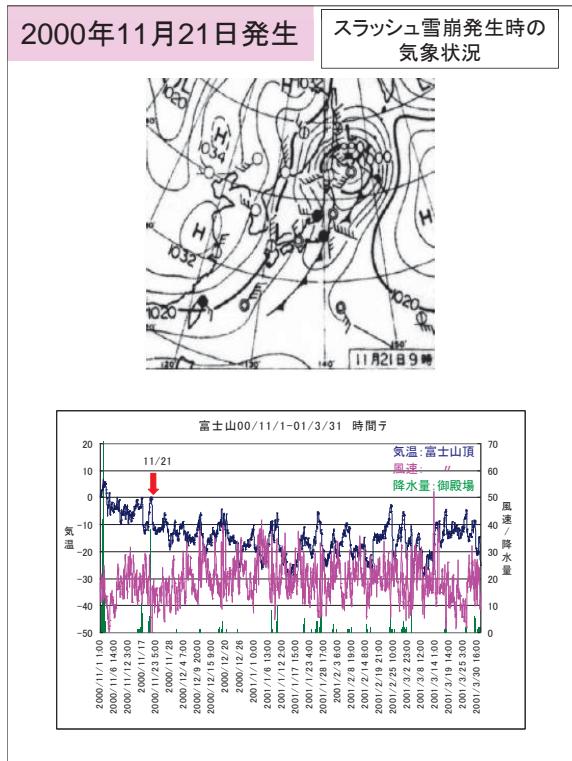
事例 4 1995年3月17日  
東斜面, 太郎坊, 表富士周遊道路被災



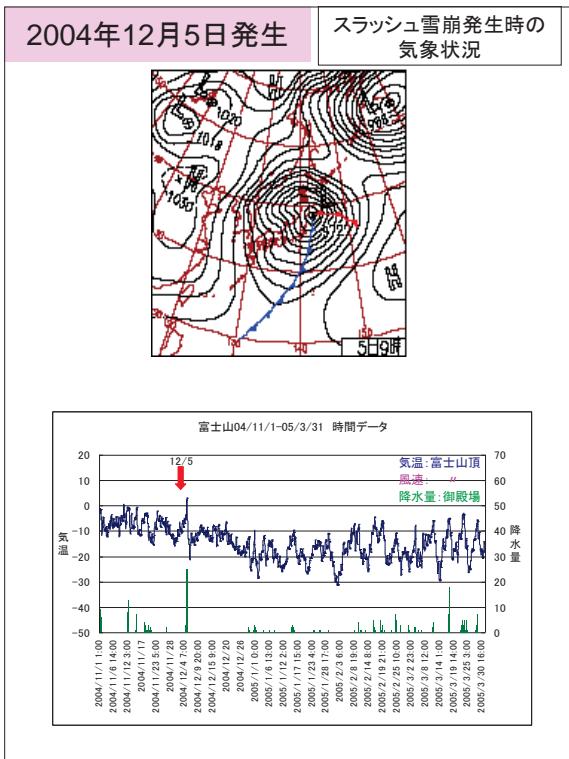
事例 5 1996年3月30日 東斜面, 御殿場



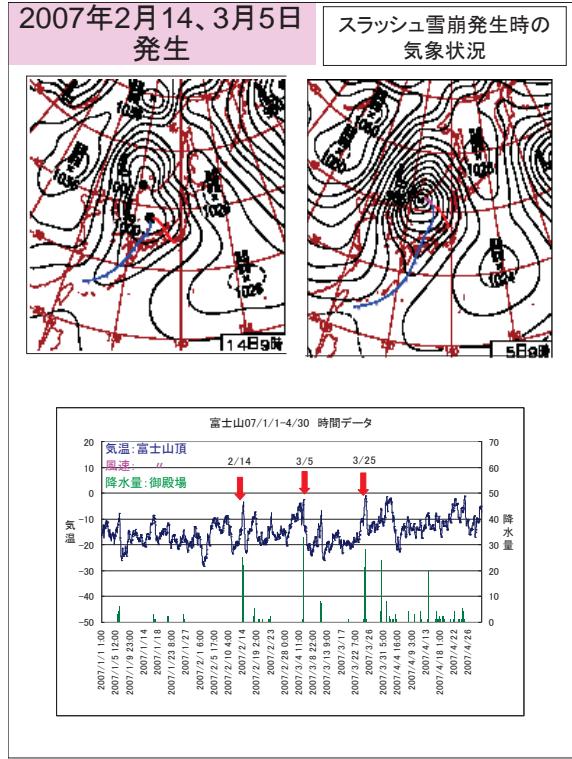
事例 6 2000年11月21日 西 富士大沢



事例 7 2004 年 12 月 5 日 北～西斜面  
富士スバルライン被災



事例 8 2007 年 2 月 14 日, 3 月 5 日  
東斜面で発生



## 6. 2012 年 3 月の雪崩

2012 年 3 月, 静岡県富士宮口, 富士山スカイライン 5 合目に設置してあった落石防護擁壁が雪崩によって被災し, 一部損傷した. 5 合目付近のインターバルカメラ撮影写真から, 防護擁壁が埋まってその上部から雪崩が溢れ出ている状況が把握された(図 15). 記録から雪崩発生の日時が 2012 年 3 月 17 日 16 時～17 時であると



図 15 2012 年 3 月 17 日発生の表層雪崩  
(富士山スカイライン 5 合目)

推定された. また, その時の御殿場での降水量は 30mm, 最大時間降水量 5.5mm であり, 上記の条件より少ない降水量でも発生している(図 16).

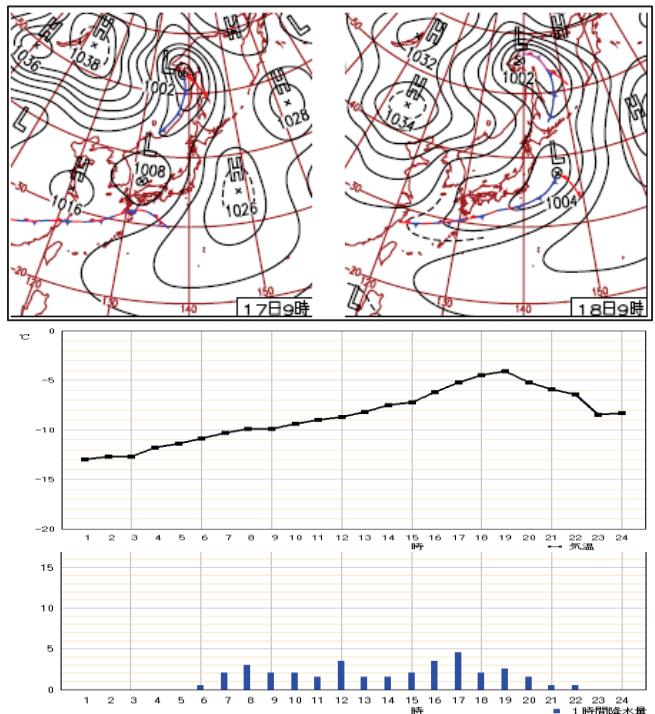


図 16 2012 年 3 月 17 日表層雪崩発生時の気象状況 (富士山スカイライン 5 合目)

## 7. 2014年冬期の雪崩発生

2014年3月は、富士スバルラインの2か所で大規模な表層雪崩が発生した。スバルライン4合目付近を襲った雪崩は、道路施設や建物を倒壊し、大量のデブリが道路に堆積した。山梨県ではその対策が検討されている(図17, 18, 19, 20, 21)。



図17 2014年3月発生の表層雪崩  
富士スバルライン4合目を襲う



図18 2014年3月発生の表層雪崩  
富士スバルライン4合目を襲う

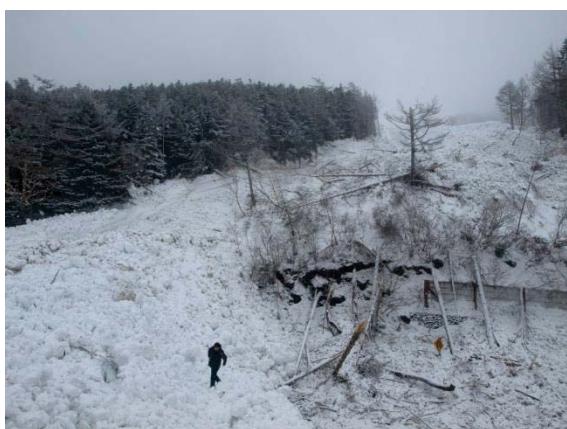


図19 スバルライン4合目付近のデブリ  
堆積状況(山梨県撮影)

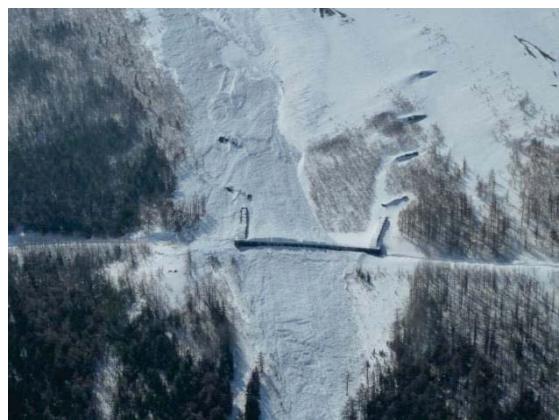


図20 2014年3月発生の表層雪崩  
青草洞門を溢れる(山梨県撮影)



図21 2014年3月発生の表層雪崩  
青草洞門(山梨県撮影)

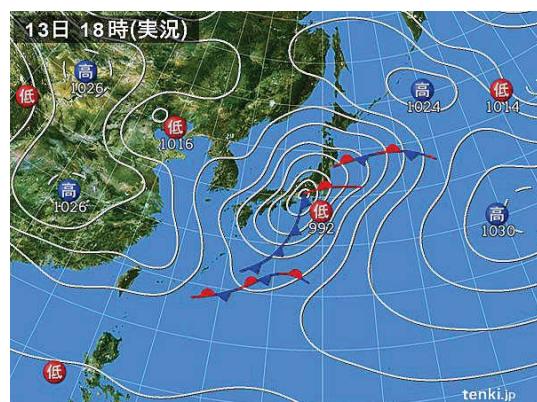


図22 2014年3月13日表層雪崩発生時の  
気象状況

雪崩は長さ 3km 程度と流下距離が長く大規模であった(図 23). また、御殿場での累計降水量は約 40mm と大きくはないが、2 月の関東甲信を中心とした大雪の際に積もっていた積雪も巻き込んで大量のデブリとなつたと推定される(図 22).

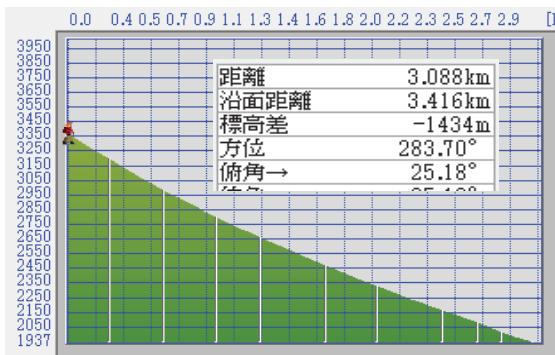
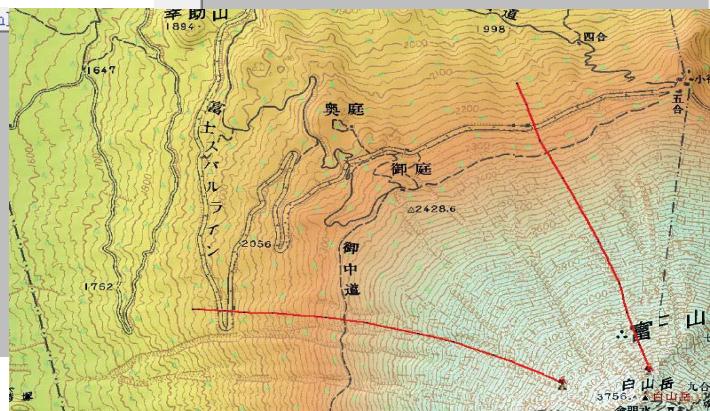
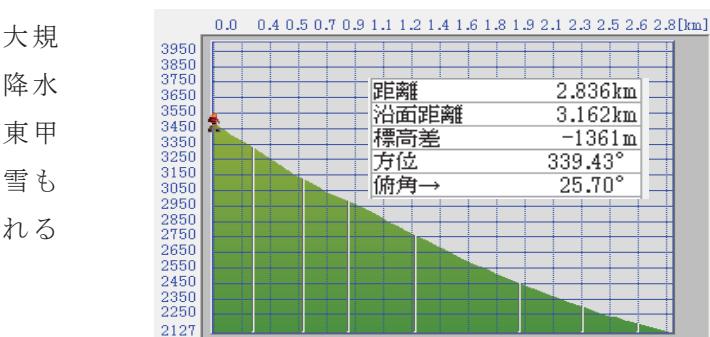


図 23 2014 年 3 月表層雪崩発生の  
流下経路と縦断図

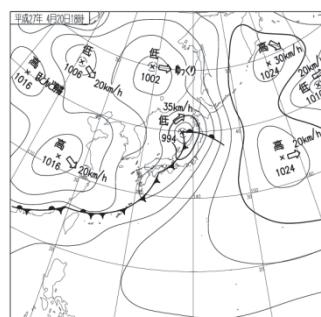


## 文 献

- 1) 上石勲, 中村一樹, 安達聖, 山下克也 (2014) : 2014 年 2 月の南岸低気圧の降雪による雪崩被害と関連する大雪災害. 2014 年 2 月 14-16 日の関東甲信地方を中心とした広域雪氷災害に関する調査研究, 119-125.
- 2) 安間莊 (2002) : 富士山の雪、凍土、雪代. 白雪に秘められたメッセージ ー富士山・ヒマラヤ・北極・南極ー, 9-23.
- 3) 若林隆三 (2007) : 雪崩の掟.
- 4) 石井靖雄 (2008) : 平成 19 年 3 月 25 日に富士山大沢崩れで発生したスラッシュ雪崩. 2007 富士山スラッシュ雪崩に関するフォーラム, 24-28.
- 5) (社)日本雪氷学会 (2003) : 富士山の雪氷事象記録台帳 (Ver. 1.00) .
- 6) 富士吉田市歴史民俗博物館 (2005) : 災害と復興一天保の雪代を中心にー.

## 追記

本原稿校正中、4 月 21 日 スバルライン青草洞門付近でスラッシュ雪崩発生が確認された。4 月 20 日より気象状況を注目していたが、富士山頂の気温が約 0°C、御殿場などの周辺の観測点では累計降水量が 100mm を超えていた。



2015年04月20日 富士山(フジサン)

時刻	気温	湿度	気圧
時	℃	%	hPa
1	-6.0	94	639.1
2	-7.0	89	638.9
3	-8.0	86	638.9
4	-8.9	85	638.5
5	-8.0	87	638.0
6	-7.6	93	638.0
7	-6.3	95	637.3
8	-5.8	96	637.9
9	-4.2	96	636.5
10	-3.5	96	636.4
11	-0.9	98	634.4
12	-0.7	99	633.9
13	-0.3	99	634.7
14	-0.1	99	632.6
15	0.1	99	631.4
16	0.1	99	630.6
17	0.1	99	632.5
18	0.1	100	632.6
19	0.3	99	631.9
20	0.3	100	634.0
21			
22			
23			
24			



平成 27 年度 公益社団法人日本地すべり学会関東支部 総会・シンポジウム・意見交換会  
平成 27 年 5 月 8 日 東京大学（東京都文京区）

### スケジュール

12 時 30 分～13 時 30 分	総 会（武田先端知ホール）
14 時 00 分～17 時 00 分	シンポジウム（武田先端知ホール） ＊一般に公開
17 時 30 分～19 時 30 分	意見交換会（山上会館）

### 会場案内図



平成 27 年度 公益社団法人日本地すべり学会関東支部 シンポジウム  
富士山の斜面災害

平成 27 年 5 月 8 日発行

発行者：公益社団法人日本地すべり学会関東支部（支部長：落合博貴）

〒105-0004 東京都港区新橋 5-26-8 新橋加藤ビル

公益社団法人日本地すべり学会事務局内

TEL : 03 - 3432 - 1878 FAX : 03 - 5408 - 5250





Kanto branch

平成 27 年度 公益社団法人日本地すべり学会関東支部シンポジウム  
富士山の斜面災害

平成 27 年 5 月 8 日 公益社団法人日本地すべり学会関東支部発行