# sabo

Vol.120　2016 Summer

▶巻頭言

「想定外」と土砂災害

▶現場から

平成 28 年熊本地震により発生した熊本県阿蘇地方の
土砂災害

▶トピックス

自然災害からの復興
－雲仙普賢岳火山災害から25年を経て－

▶寄稿

火山噴出物の健康影響

インフラ・ツーリズム
土木観光はマニアだけのものか

▶技術ノート

鋼製砂防構造物について⑦
礫径調査のはなし

▶歴史探訪

斜面環境　山の辺の道「9」
フォッサマグナ北縁の里山異変と「稀有な天助」

一般財団法人 砂防・地すべり技術センター

ISSN-1345-6997

sabo
Vol.120 2016 Summer

1 巻頭言
「想定外」と土砂災害
太田 猛彦　東京大学名誉教授

2 現場から
平成 28 年熊本地震により発生した熊本県阿蘇地方の土砂災害
加藤 誠章・相楽　涉・藤澤 康弘
（一財）砂防・地すべり技術センター　砂防部　斜面保全部　総合防災部

8 トピックス
自然災害からの復興 ―雲仙普賢岳火山災害から 25 年を経て―
池谷　浩　（一財）砂防・地すべり技術センター　研究顧問

12 寄　稿
火山噴出物の健康影響
石峯 康浩　国立保健医療科学院

16 インフラ・ツーリズム
土木観光はマニアだけのものか
―砂防施設と周辺景観を「地域の歴史を語るインデックス」として活用するために―
河野 まゆ子　（株）JTB 総合研究所

22 連 載 エッセイ❺
動物園へ行く
小橋 澄治　京都大学名誉教授

24 研究ノート　地震地すべり・連載③
地震地すべりの安定度評価に関わる数値シミュレーションの現状と課題について
道畑 亮一　（一財）砂防・地すべり技術センター　斜面保全部

26 連 載 寄稿　災害と地名・連載④
大和川亀ノ瀬の地滑りを考察する ―火山性土壌と地滑り・活断層の関係は？―
楠原 佑介　地名研究家

30 技術ノート　鋼製砂防構造物について⑦
礫径調査のはなし
嶋　丈示　（一財）砂防・地すべり技術センター 砂防技術研究所

36 講演会報告
平成 28 年度　砂防・地すべり技術センター講演会報告
（一財）砂防・地すべり技術センター

40 歴史探訪　斜面環境　山の辺の道「9」
フォッサマグナ北縁の里山異変と「稀有な天助」
中村 三郎　防衛大学校名誉教授

46 海外事情
韓国訪問
安養寺 信夫　（一財）砂防・地すべり技術センター 総括技師

48 スイス・ルツェルンで開催されたインタープリベント 2016 参加報告
厚井 高志　（一財）砂防・地すべり技術センター 砂防部

52 世界の土砂災害（第 18 回）
（一財）砂防・地すべり技術センター 企画部国際課

53 コラム【世界の街角から】
スリランカ　弁当事情

54 CENTER NEWS

56 編集後記 —— 市ヶ谷便り

撮影者：相楽　涉
（一財）砂防・地すべり技術センター
斜面保全部課長代理

撮影日：2015年8月28日
場　所：山形県最上郡大蔵村
銅山川地すべり集水井工俯瞰

巻頭言

# 「想定外」と土砂災害

東京大学名誉教授
太田（おおた） 猛彦（たけひこ）

また「想定外」の熊本地震が発生した。私たちばかりでなく地震学の専門家も信じていた「本震は最初に発生するもの」という想定が覆され、4月14日の震度7（マグニチュードM6.5）は本震ではなく、約1日遅れて発生した震度6強（後に震度7に訂正、M7.3）が本震であったと気象庁が発表したのだ。「本震は最初に発生するもの」という想定がなかったら、最初の強い地震の後「もっと大きな地震が来るかもしれない」と身構えて、本震の被害をもう少し小さくすることができただろう。

2011年の東北地方太平洋沖地震による巨大津波被害が思い出される。あの時も気象庁は最初、津波の規模は3m程度と予測していた。連動型の海溝型地震は想定外の出来事だったのだ。昨年9月の鬼怒川の洪水氾濫災害でも二、三の想定外が起こった。特に堤防決壊の翌日、決壊現場から10㎞ほど離れた常総市役所に置かれていた災害対策本部が水没したことが市民ばかりでなく市の関係者にとっても想定外だった。

私は想定外にもいくつかパターンがあるように思う。第一はこうした自然現象がまだ十分に解明されていないために起こるものである。物理学や化学などの物質科学の原理に基づくものつくりの技術に比べ、地球科学や生命科学にかかわる現象は複雑なので、現代科学による解明はプレート・テクトニクスの理論やDNA二重らせん構造の発見以降の高々半世紀ほどの経験しかない。つまり、たった50年ほどの知識の積み重ねでしかないのである。私たちはまだ何も知らないと言ってもよいかもしれない。したがって、想定外の災害はこれからも起こりうる。警戒・避難の重要性を改めて認識せざるを得ない。

第二は常総市の洪水氾濫のように、地域の人々が過去の経験を忘れてしまったために想定外となってしまうパターンである。この場合は地域の歴史に基づく防災教育や防災訓練で回避できるので、近年自然災害に襲われた経験を持たない地域でも早急にその体制を構築して、このような想定外を皆無にすべきである。最近国交省は想定しうる最大規模の降雨に基づく洪水浸水想定区域を次々に公表している。これは地域社会が忘却した過去の経験を思い起こすのと同様の意味があると思われる。

ところで、砂防事業で扱う大規模崩壊や土石流は豪雨の際には毎年のように発生するので、通常は想定内の災害と思われている。しかし、被災する場所が山腹の狭い範囲や一つの渓流の下流部（あるいは小さな沢の出口）など局所的であるうえ、その候補地となりうる土砂災害危険箇所はある程度予測されているが、具体的な一つの豪雨や地震の際にすべての危険箇所が被災するわけではなく、そのどこかが被災するわけで、現在の防災科学では実際に被災する箇所を特定できない。そのため、実際に被災した住民にとっては想定外の出来事になってしまう。被災した人は必ず「この場所は今まで崩れたことがなかった」というようなこと話す。

彼らの経験はたかだか、二、三世代の間の経験でしかないのに対し、ある特定の山腹や渓流において大規模崩壊や土石流が発生するのは数百年あるいは数千年に一度という程度である。したがって、普段から防災を意識していない多くの人々にとって土砂災害はほとんど想定外の災害になってしまう。激甚土砂災害の重要な特徴の一つとして理解しておきたい。このような状況から、砂防の世界では以前からソフト対策、とりわけ警戒・避難の重要性を強調してきたのである。

想定外が起こる要因はほかにもある。一つは地球温暖化などによる気候変動によって想定外の気象現象が発生する可能性があることである。その他にも私たちの社会の変化、特に開発あるいは土地放棄による土地利用の変化などが考えられる。したがって、土砂災害、洪水氾濫、津波などのほか、火山災害、豪雪、高潮、竜巻なども含めて、予知・予測技術のさらなる向上とともに、想定外を十分意識した「防災施設の設置と警戒・避難対策」の充実が今後の基本方針となるだろう。

近年の激甚災害の多発を思うと、それらの防災対策を半世紀の経験しかない科学技術の知見のみに頼ってきたのが誤りだったのかもしれない。一方で私たちと自然との付き合いは農耕社会になってからでも2000年を超える。その間の知見を積み重ねた地域の経験こそ50年間の科学技術より確実な部分もあるだろう。

警戒・避難に関しては、もう少し日本人が自然との固い結びつきの中で暮らしていた時代の経験に学ぶべきだと思う。私たちはその経験を生かして多重防御を進めるべきである。

# 平成28年熊本地震により発生した熊本県阿蘇地方の土砂災害

加藤 誠章（かとう のぶあき）・相楽 渉（さがら わたる）・藤澤 康弘（ふじさわ やすひろ）
（一財）砂防・地すべり技術センター　砂防部　斜面保全部　総合防災部

## 1. はじめに

平成28年4月14日21時26分に熊本県熊本地方を震源とする最大震度7となるマグニチュード6.5の地震が発生した。当初は本地震が本震と想定されていたが、その後4月16日1時25分に同地方を震源とする最大震度7となるマグニチュード7.3の地震が発生した。熊本県及び大分県では、この地震の前震あるいは余震と考えられる地震が多数発生しており、6月2日時点において、最大震度5弱以上を観測した地震は18回に及んだ。

これらの一連の地震により、熊本県を中心として死者69名、重傷者345名、軽傷者1,318名、住家全壊6,990棟、住家半壊20,219棟、住家一部損壊85,635棟もの甚大な被害が発生した[1]（消防庁公表値、5月31日時点）。また、地震に伴い発生した土砂災害も多数発生し、土石流等54件、地すべり9件、がけ崩れ62件が報告されており[2]（国土交通省調べ、5月16日時点）、9名の方の命が奪われた[2]（国土交通省調べ、5月16日時点）。

当センターでは、4月23、24日に（公社）砂防学会の平成28年熊本地震に係る第一次調査団として職員（砂防部：加藤、斜面保全部：相楽、総合防災部：藤澤）が調査に参加した。（公社）砂防学会による緊急調査の調査内容は限定されるが、ここでは、現地調査等に基づき確認された現地状況について報告する。

## 2. 土砂移動実態

### 2.1　土砂移動の発生範囲

平成28年4月14日～6月2日の期間に最大震度5弱以上を観測した地震の震央の分布及び防災科学技術研究所が、2016年4月16日・19日・20日の空中写真、及び情報通信研究機構（NICT）が作成した2016年4月17日の航空機SAR画像を元に判読を実施した土砂移動分布[3]を**図-1**に示す。4月14日及び16日に発生した2つの地震は、阿蘇山から南西方向に位置する布田川・日奈久断層帯の活動により発生した内陸型地震であり、余震を含めた一連の地震は、宇土半島から別府湾を結ぶ北東・南西方向に帯状に発生している。また、土砂移動現象は、阿蘇山の中央火口丘及び西部のカルデラ壁に集中して発生していることが確認される。

一連の地震の内、**写真-1**に示した阿蘇大橋地区、本稿にて現地状況を報告する河陽地区、火の鳥温泉地区等の人的被害が発生した土砂災害は、4月16日1時25分の本震に伴い発生したものと考えられている。本震の震央は、熊本地方に位置し、西原村小森及び益城町宮園において震度7が観測されている。土砂移動現象が多く見られた阿蘇カルデラ付近では、南阿蘇村河陽において震度6強が観測された他、阿蘇市内牧、一の宮町、南阿蘇村中松、河陰において震度6弱が観測された。

阿蘇地域においては、平成24年7月に九州北部を中心に発生した平成24年7月九州北部豪雨により、阿蘇市、高森町、南阿蘇村において、85件（熊本県調べ）の土砂災害が発生した。**図-2**に、九州北部豪雨前後に熊本県が衛星画像・航空写真判読を実施した結果を示す。平成24年災害においては、阿蘇山外輪部北部では、土砂移動痕跡は東部に集中する一方で、最大時間雨量のピークは東側で観測されたものの、総雨量は西側の方が多く、強雨域と土砂移動の確認された箇所は必ずしも一致しない結果であった[4]。一方、熊本地震に伴う土砂移動現象は、

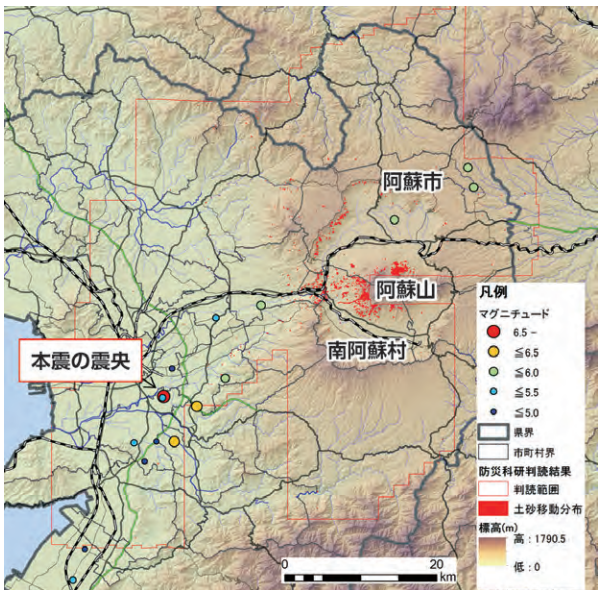



**図-1　震源分布及び土砂移動分布図**

写真-1　南阿蘇村阿蘇大橋地区の斜面崩壊発生状況（国際航業株式会社・株式会社パスコ撮影）

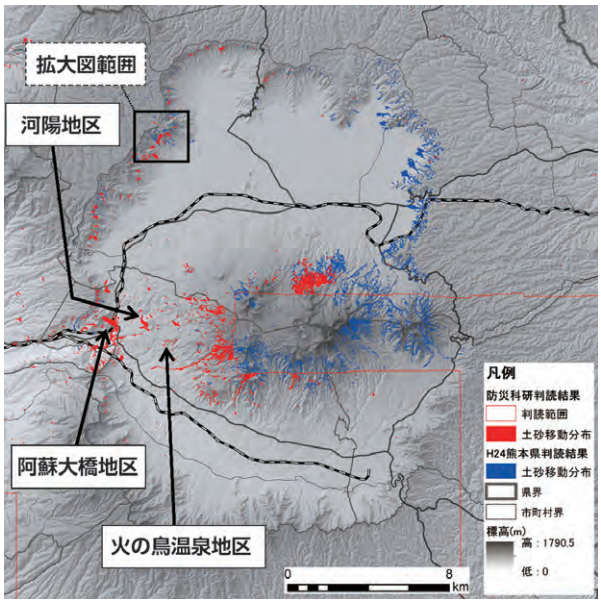



図-2　平成24年九州北部豪雨災害時及び熊本地震時の土砂移動分布図

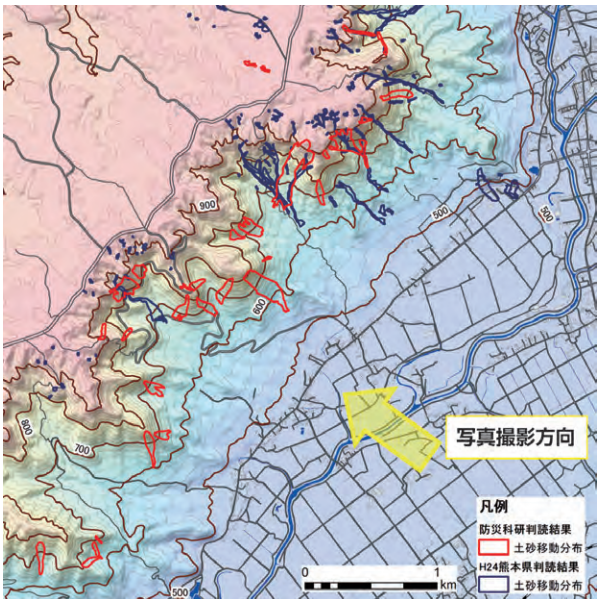



図-3　平成24年九州北部豪雨災害時及び熊本地震時の土砂移動分布図（阿蘇山外輪部の一部を拡大）

図-2に示すとおり、中央火口丘西部及び外輪部の西側に集中しており、震度の相対的に大きかった地域と概ね一致している。

また、外輪部の北西部の一部においては、平成24年の土砂移動と熊本地震による土砂移動箇所が隣接している地区が存在する。図-3に拡大図を、写真-2に平成24年の九州北部豪雨後及び平成28年の熊本地震後に撮影した写真を示す。九州北部豪雨においては、谷部を中心に土石流が発生したのに対し、熊本地震においては、集水地形を呈さない斜面において崩壊が発生している状況が確認出来る。

## 3. 現地調査結果

4月23、24日に実施された（公社）砂防学会による第一次緊急調査では、緊急的課題を中心テーマ、即ち二次災害防止や応急的な対策の基礎となる考え方について整理するために阿蘇地域及び周辺地域を対象として概略的な調査を実施するとともに、成果を基に緊急提言[5]を実施している。また、（公社）砂防学会では、5月28日までの期間に第二次、第三次の調査を実施しており、学術的

平成24年8月24日撮影（ は平成24年九州北部豪雨による土石流発生箇所）

平成28年4月24日撮影（ は平成28年熊本地震による土砂移動現象発生箇所）

**写真-2　平成24年九州北部豪雨後及び平成28年熊本地震後のカルデラ壁の状況**

な詳細な調査については、今後砂防学会誌等で公表される予定である。

本稿では、第一次調査の対象地区の内、以下の地区を対象として、現地調査結果を簡単に紹介する。

- 南阿蘇村河陽地区周辺
- 南阿蘇村火の鳥温泉周辺

### 3.1　南阿蘇村河陽地区の事例

河陽地区では、京都大学火山研究所の立地する円頂丘の北側、及び西側斜面にて地すべりが発生した（**図-4**）。本円頂丘は、その頂部の標高が567mであり、地質は、第四紀の溶岩流である火山研究所溶岩、及び沢津野溶岩を主体としている[6)]。

以下に、本地区にて発生した地すべりの概要を記す。

**【北側斜面地すべり】**

北側斜面にて発生した地すべりは、2ブロックに大別される。ここでは北側よりD、Eブロックとする。

Dブロックは、幅約110m、長さ約200m、Eブロック幅約40m、長さ約110mの規模を呈する。現地調査の結果、いずれのブロックにおいても頭部背後の上方斜面に多数の亀裂が存在しており、今後の地震、豪雨の際には地すべり範囲が拡大する可能性が示唆される（**写真-3**）。

**【西側斜面地すべり】**

西側斜面の地すべりは3ブロックに大別される。ここではA、B、Cブロックと定義する。Aブロックの地すべり規模は幅約180m、長さ約570mであり、その土砂移動により高野台地区の家屋が被災し、多くの人命が失わ

**図-4　南阿蘇村河陽地区の地すべり発生状況**

**写真-3　Dブロック上方斜面の亀裂**

写真-4　Aブロック末端部からみた地すべり状況

れた（**写真-4**）。滑落崖の高さから、地すべりの深さは概ね10～15m程度と推定される（**写真-5**）。地すべり土塊を構成する物質は黒ボク土と褐色～白色の降下火山灰であり、降雨等による水分の供給で非常に泥濘化している（**写真-6**）。

Aブロックの地すべり頭部上方斜面には、その背後10～15mにわたって幅0.1～0.2m、深さ1m程度の亀裂が連続しており、今後その拡大の可能性がある（**写真-7**）。

Bブロックは幅約70m、長さ約360m、Cブロックは幅約80m、長さ約300mの規模を呈し、濁川に向かって移動した。いずれの地すべり土塊も、構成物質はAブロックと同様の黒ボク土、降下火山灰であり、今後の降雨等による流動化が懸念される（**写真-8**）。

以上のように、今般の地震にて滑動した本地区地すべりの周辺には多数の亀裂が生じており、今後の地震、降雨にて現在のブロック範囲が更に拡大する可能性が示唆される。その様な状況を踏まえて、亀裂における伸縮計によるモニタリング等の必要性が指摘されている。

また、本地区周辺には多数の崩壊、亀裂等が発生しており、詳細な調査の必要性が指摘されている[5)]。

写真-5　Aブロック頭部滑落崖の状況

写真-6　Aブロック滑落崖直下の地すべり土塊性状

写真-7　Aブロック滑落崖背後の亀裂

写真-8　B、及びCブロックの地すべり地塊の状況

### 3.2　南阿蘇村火の鳥温泉地区の事例

火の鳥温泉地区は、カルデラ内の中央火口丘群の西側山麓に位置し、西方及び南西方向に延びた尾根地形に挟まれ、西南西方向に開いた谷地形を呈している。周辺地域の地質は、基盤岩が約3～7万年の溶岩及び火山砕屑岩からなり、それを覆うように褐色のローム層と黒色の腐植土層、および阿蘇火山からの火山灰（九州南部からの火山灰も含まれる）が厚く堆積している。

火の鳥温泉地区には4箇所の崩壊が確認されたが、そのうち崩壊規模が最も大きく2名の尊い命が奪われたログ山荘火の鳥周辺の崩壊を調査した（**図-5**）。この地区での崩壊は、谷地形の源頭部から発生した比較的大きな崩壊と、左岸側の尾根地形の斜面下端での2ヶ所の小さな崩壊がある。比較的大きな崩壊は、尾根の平坦部から谷地形源頭部への遷急線付近から発生し、崩壊幅約50m、平均深さ約4m、斜面長約100m、崩壊面の勾配は約35°である（**写真-9**）。移動土塊は主にローム、腐植土、火山灰からなり、多数の流木を伴っている。小さな崩壊地では、著しく変質し、白色粘土化した火山砕屑岩が認められ（**写真-10**）、震動を与えると容易に軟弱化して液状となる。この強変質した火山砕屑岩は、大きな崩壊の崩壊地直下でも認められる（**写真-9**、遠望で判断）。

また現地での概略計測ではあるが、比高差約95m、水平距離約310mと、比高差に比べて移動距離が大きい。これは他の調査地点でも多数認められ、この流動性が高い現象は、火山灰等が厚く堆積している斜面崩壊の特徴と考えられる。

崩壊地の背後の緩斜面および平坦部には、遷急線と平行に多数の亀裂（幅10～50cm、深さ20～100cm）が認められ（**写真-11・12**）、東側に隣接する崩壊地の背後およびその延長にまで約200m以上連続している。ま

**図-5**　火の鳥温泉地区の崩壊発生状況

**写真-9**　火の鳥温泉地区の崩壊の状況

**写真-10**　強変質により白色粘土化した火山砕屑岩(左上：拡大写真)

写真-11　崩壊地直上部で認められる亀裂

写真-12　崩壊地背後平坦面で認められる亀裂

写真-13　尾根稜線部で認められる亀裂

た崩壊地を挟んで延びる尾根稜線部にも、遷急線付近に等高線と平行するように多数の亀裂（幅30 ～ 50cm、深さ50 ～ 100cm）が認められた（**写真-13**）。さらに尾根先端付近の斜面には、雁行状の亀裂（幅約20cm、深さ約30cm）も認められた。

以上のように、崩壊地周辺の尾根部およびその斜面は亀裂だらけの状況にあり、今後の余震や降雨による拡大が懸念されている。そのため二次被害防止のため、亀裂等のモニタリングの重要性が提言されている[5)]。

## 4. おわりに

本稿では、公開されている空中写真判読結果と地震動の位置関係や平成24年九州北部豪雨による土砂移動痕跡との位置関係を示すとともに、2地区の概要を紹介した。

熊本地震では、多くの尊い人命が失われたほか、原稿作成段階において多くの方が未だ避難生活を強いられている状況にあります。本地震で亡くなった方のご冥福をお祈りするとともに、被災地の早期の復興を祈念いたします。


**参考文献**

1) 消防庁災害対策本部（2016）：熊本県熊本地方を震源とする地震（第57報）（2016年5月31日時点）、http://www.fdma.go.jp/bn/1605310930【第57報】熊本県熊本地方を震源とする地震.pdf（参照日：2016年6月2日）.
2) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部（2016）：平成28年熊本地震による土砂災害の概要≪速報版≫（平成28年5月16日時点）、http://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/h28dosha/160516_gaiyou_sokuhou.pdf（参照日：2016年6月2日）.
3) 国立研究開発法人防災科学技術研究所（2016）：熊本地震による土砂移動分布図（2016.5.13更新）、http://www.bosai.go.jp/mizu/dosha.html（参照日2016年6月17日）
4) 加藤誠章、宮瀬将之、中山雅晴、元田耕精、中村寿宏（2013）：平成24年九州北部豪雨で発生した熊本県阿蘇地域の土砂災害の実態、平成25年度砂防学会研究発表会概要集、pp.B294-295.
5) 公益社団法人砂防学会（2016）：平成28年熊本地震による土砂災害緊急調査に基づく緊急提言、http://www.jsece.or.jp/survey/20160421/20160506kinkyu_teigen.pdf（参照日2016年6月17日）
6) 小野晃司・渡辺一徳（1985）：火山地質図No. 4「阿蘇火山地質図」、地質調査所

トピックス

# 自然災害からの復興

## －雲仙普賢岳火山災害から25年を経て－

池谷（いけや）　浩（ひろし）
（一財）砂防・地すべり技術センター　研究顧問

### 1．はじめに

平成３年６月３日雲仙普賢岳で発生した火砕流により、長崎県島原市と深江町（現南島原市、以下同じ）に位置する水無川流域で災害を取材していたマスコミ関係者や地元の消防団員など43名が犠牲となり多くの家屋が被災した。加えて、現地では降雨により火山灰や火砕流の堆積物が土石流化して地域の被害を拡大させていった。その結果、水無川流域だけでも2,000棟を超える家屋が被災し、約1,500日にわたって警戒区域が設定され、住民は長い間自宅での生活ができない状況が続くなど、広域かつ長期間にわたって災害との闘いが続いた。その悲惨な火砕流災害から今年で25年が経った。

自然災害の多発している我が国では、火山災害だけでなく地震災害や豪雨災害など多様な災害が発生している。そこで、自然災害により被災した地域のその後の復旧・復興はどのようになっているのか雲仙普賢岳の例をもとに検証してみたい。

なお、本文で使用する復旧と復興とは以下のように定義している。

復旧とは、災害前と同じまたは同じレベルの基盤となるインフラやライフラインに戻ること、住民の居住環境についても災害前と同等のレベルに戻ることをいう。例えば道路が元の機能を有する道路になることである。これにより住民にとっては生活の基盤が災害前と同じになることを意味する。

一方、復旧により生活基盤が同じになっても住民の生計基盤は同じになるとは限らない。すなわち、住民の生計基盤が同じもしくはそれ以上になることが住民の生活にとって災害からの復興、すなわち災害前と同じかそれよりよい状況となることと定義することにする。なお、この場合の住民とは、被災地の住民だけを指すのではなく、非被災地の住民も含めた一つの市町村内の住民すべてを指すこととする。

### 2．雲仙普賢岳火山災害からの復旧

噴火開始後、火山災害に対して火山災害予想区域図の作成等のソフト対策や長崎県による土石流、溶岩流の発生を念頭においたハード対策が実施されたが、６月３日の火砕流災害を境に対応は一変した。特に多発する火砕流や雨のたびに発生した土石流による二次災害を防止するための対策は国による防災対応へと変わっていった。平成５年には当時の建設省（現国土交通省）が島原市に雲仙復興工事事務所を新設し、昼夜をわかたぬハード・ソフトの防災対策を実施した。

一方、６月３日の火砕流災害を受け、島原市や深江町では災害対策基本法第63条に基づく警戒区域の設定をした。そして、その後の火砕流や土石流による被害、特に人的災害を最小にした。

このような国、県、市町一体となった火山防災対策は、当時の九州大学教授太田一也先生の指導もあって、その後の新たな被害の防止・軽減を可能にしたのである。特に国による砂防指定地の買い上げや安中三角地帯への捨て土は地域の災害からの復旧のみならず、復興にも大いに役立ったことと思っている。その結果、火砕流の発生が停止した後も発生し続けた土石流による被害も防止するなど対応がなされ、島原市や深江町の住民は火山災害発生前の安全を確保することができた。また、島原鉄道の再開や国道の復旧により生活の基盤も整備されたのである。

### 3．島原市の復興

災害から25年が経ち、災害からの復旧はほぼ終了した。雲仙普賢岳の防災対策も溶岩ドームの変化に注意しながら、ドームの崩壊による被害を防止・軽減することと大雨による土石流災害の防止に主眼が置かれるようになってきた。特に火山は変化しているので、常に監視をしていくことが大切である。このように今後も安全・安心のための努力は続けられていく必要があるが、これまでの対策により街は災害前と同じような姿を取り戻していると言えよう。しかし、本文で定義した復興は図られたと言えるのであろうか。今、復興というと東日本大震災による東北地方の各市町村での復興がなにかと話題になっている。

東日本大震災からの復興に関しては、平成23年７月に東日本大震災復興対策本部（復興庁）から出された「東日本大震災からの復興の基本方針」により、各市町村で具体的な復興計画が策定され実行されている。

例えば、宮城県女川町の復興計画※1によると、基本理念として「町民の皆さんのいのちを守る『減災』という考え方を基本として、豊かな港町女川の再生をめざします。」が示され、基本目標には「とりもどそう　笑顔あふれる女川町」という復興まちづくりの前提が示されている。

女川町復興計画の方針は、

① 震災の教訓を忘れることのないよう
「安心・安全な港町づくり《防災》」

② 基幹産業である水産業を中心に、新しい視点や試みを取り入れた
「港町産業の再生と発展《産業》」

③ 安全で暮らしやすい場所での生活再建を最優先にした
「住みよい港町づくり《住環境》」

④ こどもから高齢者まで誰もが安心して暮らせるための
「心身ともに健康なまちづくり《保健・医療・福祉》」

⑤ 町の発展を支えるための
「心豊かな人づくり《人材育成》」

となっている。

街のほとんどが被災した女川町にとっては、津波対策を主とした防災を基盤として、街の再生・発展を担う産業から人材育成までを復興と位置づけている。

一方、街の一部が被災した島原市では女川町の復興計画方針でいう①~③を主に復興がなされることとなったと考えられる。ちなみに、同じ島原の火山災害でも江戸時代、寛政４（1792）年のいわゆる島原大変時には、住民は混乱し経済的にも打撃を受けて、ある意味では藩の存亡の危機という壊滅的な被害が生じた。このときの災害対応では人命救助を直ちに開始し、被災家屋に家の坪数に応じた普請料が支給された。また、藩の祭神である神社の再建、道路や白土湖の排水対策など街の基盤整備を役人、町人一体となって実施している。特に時の島原藩主松平忠馮（ただより）は寛政５年藩校としての稽古館を創設し、先をみた人材育成を実行した。そして、藩の財源確保としてはロウの原料ハゼの実の買い上げ量を増加し、大阪商人に売るという経済対策も実施しているのである※2。まさに街の再生から人材育成まで実施していたのである。

島原大変ほど地域全域ではないが、大きな被害が生じた平成の大変に対して、防災や住環境面での対応は復旧対策によりなされたと考えられるが、特に産業という視点で見たとき、復興は図られたと言えるのであろうか。

島原市の主な産業である観光という視点で復興を見てみよう。**表-1**は島原市を訪れた観光客の動向（長崎県統計年鑑）を示したもので、長崎県全域と長崎市の観光客数も参考のため併記した。島原市を訪れた観光客数は、火山災害前の平成元年には約90万人であったものが、災害が報じられた平成３年には約53万人に減少し、その後、観光客数は災害前の約80%程度まで回復（平成20年約70万人、約77%）した状況で推移している。

（注：平成20年から島原市では統計手法を変更しており、観光客数の延数が大きく変化している。しかし、平成20年の手法変更後の数値は約160万人であり、その後も150~170万人を示していてその数はほぼ横ばい状況を保っていることを考えると、統計手法変更前の平成20年の観光客数約70万人という数のもつ意味はその後も大幅に変化していないと推定される。）

一方、島原市での宿泊者数は平成元年の約54万人から平成26年には約30万人と約55%に減少するなど低い水準にあり、長崎県全体の宿泊数の平成元年に対する平成26年の値（88.4%）や長崎市の値（69.2%）に比べて回復率は小さいと言えよう。

**表-1　観光客数（宿泊数）**　（単位：人）

| | 長崎県 | | 長崎市 | | 島原市 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 観光客数 | 宿泊数 | 観光客数 | 宿泊数 | 観光客数 | 宿泊数 |
| 平成元年 | 24,500,368 | 13,212,523 | 5,004,658 | 3,961,041 | 907,937 | 543,018 |
| 2年 | 26,457,564 | | 5,659,481 | | 838,277 | |
| 3年 | 24,989,291 | | 5,010,590 | | 530,546 | |
| 4年 | 28,115,615 | 13,459,773 | 5,701,337 | 3,435,265 | 495,087 | 337,760 |
| 5年 | 28,394,763 | | 5,594,861 | | 542,340 | |
| 6年 | 29,168,341 | | 5,374,419 | | 629,126 | |
| 7年 | 29,257,730 | 13,416,172 | 5,261,200 | 3,049,500 | 636,553 | 395,563 |
| 20年 | 27,882,096 | 11,154,695 | 5,559,500 | 2,460,100 | 698,352<br>（注）1,603,489 | 329,809<br>329,809 |
| 22年 | 29,100,913 | | 6,108,300 | | 1,541,920 | |
| 23年 | 28,198,126 | | 5,944,700 | | 1,455,658 | |
| 24年 | 29,666,311 | 10,223,036 | 5,952,900 | 2,586,860 | 1,483,653 | 285,970 |
| 25年 | 31,163,405 | | 6,078,000 | | 1,604,257 | |
| 26年 | 32,654,164 | 11,686,132 | 6,306,800 | 2,741,500 | 1,689,679 | 297,929 |
| （H26年/H元年）比較 | 133.2% | 88.4% | 126.0% | 69.2% | 186.1% | 54.9% |

（注）平成20年より統計手法が変更された。　（長崎県統計年鑑による）

これら観光客の動向は、被災地のみならず非被災地にも大きな影響を与えているものと考えられる。

## 4. 被災地域と非被災地域の確執はないか

復興という視点で島原市内を、災害を直接受けたいわゆる被災地とそうでない地域に分けて見てみよう。まずは被災地に観光客は訪れているのであろうか調べてみよう。**図-1**は火山災害の啓発と災害の伝承を目的として、平成14年7月に設立された雲仙岳災害記念館の年間入館者数を示したものである（公益財団法人雲仙岳災害記念財団調べ）。被災地の復興に大きなインパクトを与えると考えられている災害記念館の入館者数もはじめの2~3年に比べ10年もすると半数以下となっている。この意味するところは災害が風化することにより被災地を支援する力が減少していることを意味するだけでなく、火山災害についての知識や情報の伝承が途切れることとも考えられるのである。特に地域経済への影響という点では、ジオパークなど活動はされているが地元での経済活動を支える火山としてより役立つために何が必要か改めて問うことが必要と考えられる資料と言えよう。

一方、火山災害の被害を直接受けていない非被災地ではどうであろうか。非被災地の代表的観光スポット島原城の入場者の推移を災害前と最近の数を比較して見たものが**図-2**である（長崎県統計年鑑より作成）。災害前の平成元年や平成2年には50万人を超す人々が入場していたが、被災中の平成3年には約28万人と半減した。その後一時は、入場者数が30万人台半ばまで回復したが、平成22年以降約20万人と低いままで安定的な数値を示している。これらの数値はなぜか島原市の宿泊者数の値と近似している。

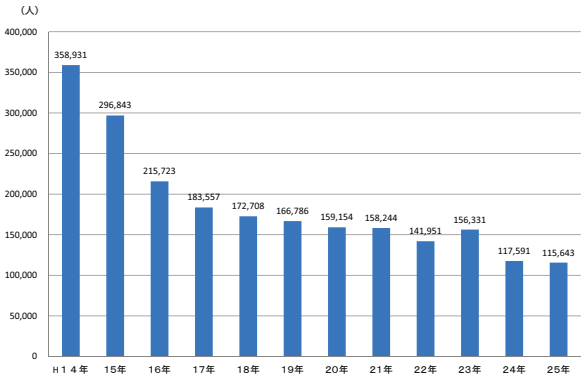



**図-1　雲仙岳災害記念館の年間入館者数（雲仙岳災害記念財団調べ）**

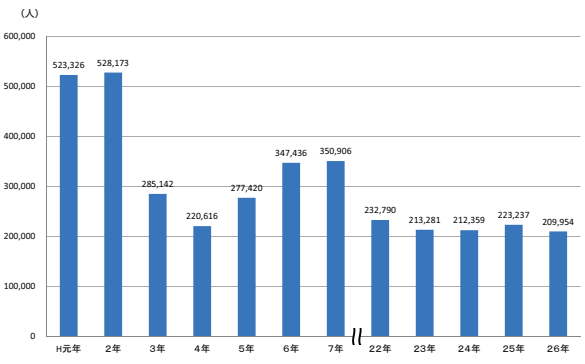



**図-2　島原城入場者数（長崎県統計年鑑による）**

このように島原市内を被災地と非被災地とに分けて見てみると、明らかに被災地以外にも火山災害の影響は及んでいることが見て取れる。被災を受けた地域住民は災害中はもとより地域の復旧の過程で充分ではないもののいろいろな支援を受けることができた。一方、直接被災していない地域の住民にとっては災害の支援を受けられないだけでなく、その後の復興、例えば島原で言えば観光客の数が戻らず経済的にも打撃を受け続けるという厳しい現実が生じていると考えることができる。

これらから同じ行政区内の住民間で確執が生ずることが考えられる。真の災害からの復興とは、これら住民間の確執を取り除くこととも言えるのである。

## 5. 火山災害後、四半世紀を経た島原

火砕流とともに雨のたびに発生した土石流により、水無川流域特に安中地区では多大の被害を被った。また、中尾川流域でも同様の災害が発生し、杉谷地区でも被害が多発した。

災害による人口の減少は地域の活力も減少させることになりうる。そこで、島原市での人口の変化について調べてみた。特に被害の大きかった安中地区については、島原市の兼元善啓氏による安中地区の世帯数の推移が参考となる※3。これによると災害前の平成2年に2,417世帯あったものが、平成5年には2,254世帯と減少している。その後平成6年の2,125世帯を最小値として、世帯の増加が見られ、平成26年には2,609世帯と災害前の108%に増加している（**図-3**参照）。

この理由としては、砂防事業により水無川第1号砂防堰堤などの施設ができ、地域の安全が確保されたことや島原中央道路が完成して交通の利便性が得られたことなどが考えられている。

一方、島原市の地区ごとの人口の変化をみたのが**表-2**である。表より火山災害の直接的な被災地である安中地区（21.9%減）や杉谷地区（24.3%減）での人口減少が目立っている。しかし、同時に直接被災していない霊丘地区（22.4%減）と白山地区（22.9%減）でも安中地区などと同じ割合で人口が減少している。これについては現地をよく知る島原市民によると、公務員や転勤族の方々が家族を帰して通勤にしたり、別の場所に移転したりしたことが考えられるとのことであった。

長崎県全体の平成元年に比して平成25年の人口数は11%の減（長崎県統計年鑑）であることを考えても平

表-2　島原市地区別人口の推移※4　（単位：人）

| | 三会 | 杉谷 | 森岳 | 霊丘 | 白山 | 安中 | 小計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平成　3年1月 | 5,328 | 5,039 | 8,701 | 7,676 | 9,462 | 8,303 | 44,509 |
| 平成13年1月 | 5,450 | 4,145 | 8,258 | 6,972 | 8,362 | 7,137 | 40,324 |
| 平成24年3月 | 4,935 | 3,817 | 8,354 | 5,960 | 7,299 | 6,483 | 36,848 |
| （平成24年－平成3年） | ▲ 393 | ▲ 1,222 | ▲ 347 | ▲ 1,716 | ▲ 2,163 | ▲ 1,820 | ▲ 7,661 |
| （減率） | 7.4% | 24.3% | 4.0% | 22.4% | 22.9% | 21.9% | 17.2% |

（参考）有明地区平成２年 12,394 人、平成 24 年 11,291 人
平成 24 年－平成２年▲ 1,103 人 減率 8.9%

成の火山災害による人口の減少は地域の活力を低下させていると考えられる。なお、安中地区では世帯数は増えても人口が減少していることから、核家族化が進んでいる一つの事例が示されている。

これまで述べてきたように地域の主産業である観光という視点で見てみると明らかに災害前の状態に戻っているとは言いがたい状況が示された。それは、被災地だけでなく非被災地においても同じことが言える。

ちなみに島原市だけが観光客が減少しているのではなく、長崎県としても減少しているのではという疑問に対しては、**表-1**に示したように平成元年に約2,450万人であった観光客数は平成３年には約2,500万人、平成26年には約3,260万人と微増傾向にあり、延宿泊者数も平成元年約1,300万人、平成26年には約1,170万人と島原市での数値のような減少は見られていないのである。

加えて島原市の観光客の減少という点では、今年発生した熊本地震による影響が出ないことを願っている。というのも島原へのルートの一つに熊本・天草と結ぶルートがあるからである。

観光客数の増減だけが復興を示す指標ではないが、一つの見方として島原市の主産業である観光を取り上げ検討してみた。雲仙普賢岳の火山災害からの復興という面で島原市のデータから言えることは、大きな災害を受けた地域では災害から長い時間が経ち災害復旧により地域の安全が取り戻せたとしてもまた住民の生活基盤が元のように戻ったとしても、地域の経済状況は必ずしも元に戻っていないという事実であった。そこで火山を活用した復興や地域の特産品など地域の特性を活かした産業の活性化が今後もなされることが街の復興には必要になっているのではないだろうか。そして、主産業である観光についても観光客が災害前の状態に戻り経済への影響が災害前と同じ状況になることが望まれるところである。

## 6. おわりに

災害を風化させることなく、復旧・復興に努めると災害直後は必ず言われる言葉である。しかし、実際にそうであろうか、新たな災害が発生するとその災害に眼が向けられ、過去の災害は世の中から忘れ去られてしまっていないだろうか。

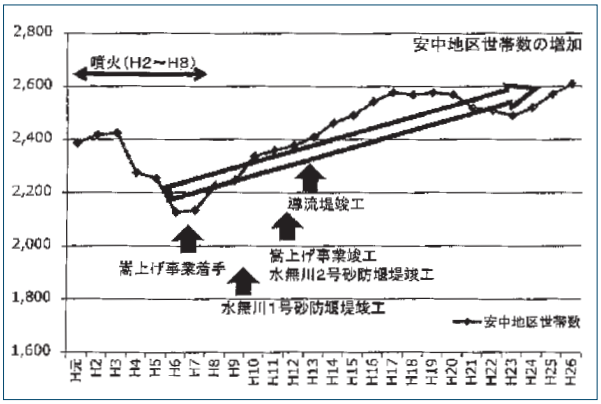



図-3　安中地区世帯数

今年の３月11日で東日本大震災から５年が経ち、東北各地の復旧・復興の様子がテレビやラジオそして新聞などマスコミで特集されている。たしかに平成23年３月11日の巨大地震による災害は多くの犠牲者を出し、また地域を破壊していったことからも国全体で地域の復興を支援していくことが大切である。しかし、全国で自然災害により被災した人々は、東日本大震災の被災者だけではない。平成23年３月以前もまた以後も豪雨や地震・火山噴火等により災害を受けた地域は全国各地に存在している。これらの人々の復旧・復興に対しても忘れることなく応援をしていきたいものである。それが災害大国日本に住む国民の役割ではないだろうか。

災害からの復旧・復興は単に現在の生活を災害前の生活に戻すことという意味だけではなく、後世の時代に再び地域が災害に見舞われたとき、先人の災害に対する思いを活かした対応ができる一つの財産となる。「温故知新」という後世へのメッセージの意味でも我々一人一人が災害と正面から向き合い、出来ることをしていくことが大切である。

### 参考文献

※１　宮城県女川町；女川町復興計画、平成23年９月
※２　池谷 浩；火山災害、中公新書、2003年２月
※３　兼元善啓；雲仙・普賢岳噴火災害以降の復興状況とストック効果、砂防と治水、№228、2015年12月
※４　島原市；島原市勢要覧、平成24年、なお一部地区別人口は杉本伸一氏の資料による

寄 稿

# 火山噴出物の健康影響

いしみね　やすひろ
**石峯 康浩**
国立保健医療科学院
健康危機管理研究部　上席主任研究官


## はじめに

火山噴火では火山灰や火山ガスが大量に大気中に放出されることがある（**写真-1**）。本誌をお読みの方々には、伊豆諸島の三宅島で火山噴火が発生した2000年以降、応急復旧対策等で同島を訪問し、火山ガス濃度に気を配りながら作業を進めた経験を持つ方も多いだろう。小規模な爆発的噴火を繰り返す鹿児島県の桜島火山でも周辺地域には頻繁に火山灰が飛散し、地域社会に大きな影響を与え続けている（**写真-2**）。

これらの火山噴出物は、砂防施設をはじめとした社会基盤に大きな被害をもたらすばかりでなく、人体にも作用し健康に悪影響を及ぼすリスクがある。そのため、火山噴火が発生した際には、噴出物による健康影響が周辺住民らにとって大きな懸案材料になる。しかし、日本国内ではこれらに関する調査研究は極めて限られており、実態の把握が不十分という観が否めない。

私は、三宅島の2000年の噴火災害以降、火山噴出物の健康影響に関する国際的な研究グループである「国際火山災害健康リスク評価ネットワーク（International Volcanic Health Hazard Network；これ以降、IVHHNと略す）」の活動に協力し、同ネットワークの日本語版ホームページの公開や、同ネットワークが作成した一般市民向けパンフレットの翻訳・配布等の活動を手掛けてきた。このような経緯から、本稿においても火山噴出物が健康にもたらす影響について、概要を紹介させていただきたい。

## 火山灰の健康影響と対策

### ① 火山灰の毒性評価

火山灰は、噴火の勢いで火口から噴き飛ばされた細かい岩石の破片である。2014年の御嶽山の噴火災害のように大きな岩片の直撃を受けて死亡することはあるが、火山灰そのものの毒性は一般的に低い。少なくとも火山灰を吸い込んだり飲み込んだりして体内に取り込んだことが直接的な原因となった急性の死亡事例は知られていない。長期暴露による慢性的な影響に関しては調査報告事例が少なく、詳細はよく分かっていないというのが現状である。しかし、火山灰を吸い込むと、のどの不快感や息苦しさが生じることがあるのは事実である。喘息等の呼吸器に持病がある方の発作を引き起こす恐れもある。火山灰が直接、目や皮膚に接触することで炎症を起こす可能性もある。

IVHHNがまとめたパンフレットによると、火山灰によって引き起こされる呼吸器の急性症状の主なものは、鼻・のどの炎症、のどの痛み、乾いた咳、痰、鼻水、息切れである。喘息や気管支炎の患者の場合には気道が刺激され、息切れや喘鳴（ぜいぜいという音を伴う呼吸）、激しい咳等の症状が出る

写真-1　2011年の新燃岳噴火（古園俊夫氏提供）

写真-2　桜島火山からの降灰の中、
鹿児島市中心街を歩く市民ら（鹿児島市提供）

ことがある。細かい火山灰に長年、暴露されることで、塵肺が起こりうると指摘する専門家もいる。二酸化硫黄や塩化水素等の火山ガス成分が火山灰表面に付着している場合には、気管支への刺激が強く悪影響が大きいものと考えられる。目に入ると角膜を傷つけ、充血やひりひり感、まぶしく感じること等がある。異物感が残り、涙や目やにが出ることもある。皮膚に付着して炎症を起こす場合もある。特に、金属アレルギーの方々に症状が出やすいと言われている。

火山灰の中で特に呼吸器への影響が大きいと考えられているのは、$PM_{10}$と呼ばれる10ミクロン以下の細かい粒子である。$PM_{10}$は気管支にまで到達し、さらに細粒で$PM_{2.5}$と呼ばれる2.5ミクロン以下の粒子の場合には肺の奥深くの肺胞にまで入り込む（エアロゾル研究等の分野で大気汚染を議論する場合、大気中を長時間、浮遊し続ける100ミクロン程度より小さい粒子のみを扱うことが多い。そのため、これらの業界では10ミクロンより大きい粒子は粗大粒子と呼び、2.5ミクロン以下のもののみを微小粒子と呼ぶ）。$PM_{2.5}$に関しては、近年、諸外国の都市部における大気汚染に関連して健康影響に関する調査・研究が活発化しており、日本においても2009年に環境省によって環境基準が制定された。この基準は主に工場排煙等の人為起源の粒子を想定して設定されてはいるものの、1日平均値で35$\mu g/m^3$以下を維持することが適切な健康保護のために望ましいとされている。

火山噴火時に浮遊する火山灰の健康影響が詳細に調べられた最初の事例は、米国・セントヘレンズ火山の1980年噴火である。最大規模の噴火が発生した同年5月18日には総計5億トンの火山灰が大気中に放出されたと見積もられている。同火山の東北東約135㎞に位置するヤキマ市は、風に流された噴煙の主軸上に位置し、噴火の際に8mm以上の厚さの火山灰が堆積した。大気中の浮遊粒子濃度に関しては、当時は米国でも$PM_{2.5}$や$PM_{10}$の基準が設置されていなかったため、総浮遊粉じん（TSP）に基づく検討が行われた。それによると、噴火当日のTSPの一日平均値は33,402$\mu g/m^3$に達し、その後1週間にわたって1,000$\mu g/m^3$を超えていた（当時の米国におけるTSPの環境基準は一日平均値で260$\mu g/m^3$以下である）。これに伴い、喘息発作による救急外来の患者数が前年同期の約4倍、気管支炎では約2倍に達し、COPD（慢性閉塞性肺疾患）の患者の多くも症状が悪化したと報告されている※1。

一方、1955年以降、火山灰放出を伴う活発な噴火活動を続ける鹿児島県の桜島火山周辺では、顕著な健康被害は報告されていない。これは、桜島火山における噴火が小規模で、火山灰の噴出量が多い時期でも1か月積算量が100万トン程度と少量であることが主な原因だと考えられる。他の火山に比べると$PM_{2.5}$に分類される微小粒子の割合も小さい。鹿児島県が測定している$PM_{2.5}$濃度は噴火直後の1時間値が一過性の上昇を示すことがあるものの、日平均濃度に関しては環境基準の超過は確認されていない。また、火山灰の化学分析によって、他の火山と比べて桜島の火山灰には健康に悪影響を及ぼす可能性が高い鉱物等の含有量が少ないことも示されている※2。

上の2例だけを見ても明らかだが、火山噴火は火山ごと、噴火ごとに噴火の規模や継続時間が数桁も異なる。そのため、火山噴火による健康影響を評価するには噴出量や継続時間と同時に、火山灰の組成や微小粒子の割合ならびに風向きや影響範囲における暴露人口等について迅速に把握することが重要である。その上で、それぞれの状況に応じて、火山灰による健康被害を最小限に抑えるための臨機応変な対応が必要となる。

**② 火山灰への対処方法**

火山灰が健康に及ぼす影響は一般的に小さいと考えられるが、降灰中はなるべく屋内に留まり、火山灰への暴露を極力、抑制するのが好ましい。呼吸器疾患等の持病がある方を中心に異常を感じる場合がある上、火口から数キロ以内では火山灰に混ざって数センチ以上の噴石が飛んでくるなどの付随する危険性が考えられるからである。降灰中はドアや窓の開け閉めを最低限にとどめたり、建物に入る前に上着を脱いで火山灰を払い落としたりして、屋内に火山灰が入り込まないようにすることも重要である。細かい火山灰の侵入が気になる場合には、ドアや換気扇等の隙間や通気口に目張りをすることも有用である。

やむを得ず降灰中に外出する場合には、マスクやハンカチ等を使って口や鼻を防護することをお勧めする。復旧作業や清掃作業等を行う際には、可能な限り防じん性の高いマスクを選ぶ。ゴーグル等で目を保護することも有用である。万一、火山灰が目に入った場合には、不用意に手でこすらずに水で洗い流す。コンタクトレンズを利用しているとレンズと目の間に火山灰が入り込んで角

膜を傷付ける危険性があるため、可能な限り眼鏡等で代用することが望ましい。火山灰が飛散している間は、見通しが悪く自動車のスリップ事故が増える。さらには、自動車は降り積もった火山灰を巻き上げる作用も大きい。これらのことを勘案し、自動車での外出も最低限にすべきである。

小・中規模の火山噴火の際の傷病者の発生事例として報告が多いのは、清掃作業中の転倒・転落事故による負傷である。火山灰はいったん降り積もると風が吹いたり自動車が通ったりするたびに何度も舞い上がり、長時間、周辺地域に滞留する。地面がアスファルトやコンクリートで覆われている都市域では特にその傾向が強い。また、屋根に積もった火山灰の重みで建物が倒壊するという事例も海外の火山噴火で報告されている。そのため、ある程度、火山灰が積もったら、除去作業が必要となるが、火山灰で足元が滑りやすくなっている中での重労働となるため、バランスを崩しやすい。そのため、作業中に骨折や打撲をしてしまう方が多い。

特に高い場所での作業は危険が大きいため、屋根の上等での火山灰の除去作業は専門技術を持つ作業員に依頼することが望ましい。足場を組む、命綱を着用する等の十分な安全対策を取った上で、落下事故の際には素早く対応ができるように複数人で作業を行うべきである（**写真-3**）。カーポートやビニールハウスは比較的、少量の火山灰が積もっただけで倒壊するリスクがあることにも留意が必要である。これらの構造物を不用意に水洗いすると屋根にかかる荷重がさらに増大する点も認識しておくべきである。

## 火山ガスの健康影響と対策

### ① 二酸化硫黄

火山ガスに含まれる組成は古くから研究されており、急性暴露による中毒事故に関する報告も多い。健康への影響が大きいガス成分は、二酸化硫黄や硫化水素、二酸化炭素、塩化水素である。

火山活動が活発な場合に問題になることが最も多いガス成分は二酸化硫黄である。熊本県の阿蘇火山では、火口周辺に観光に訪れた一般市民が二酸化硫黄による中毒で死亡する事故が1990年代に相次いだ。事故当時、周辺では5ppmを超える濃度の二酸化硫黄が観測されており、喘息等の呼吸器系の持病を持つ方が発作を起こして死亡したと報告されている。これを受けて、現地では火山ガスの監視体制を整え、高濃度の二酸化硫黄ガスが観測された場合は立入規制をする等の対策を講じて、観光客の安全確保を図っている。

伊豆諸島の三宅島では、2000年の噴火で山頂部が陥没して直径が1.6kmに及ぶ大きな火口が形成され、大量の火山ガスが放出された。この結果、島内の居住地区で5ppmを超える二酸化硫黄がたびたび観測され、住民への深刻な健康影響が懸念されたため、2000年9月から約4年半にわたって全住民が島外避難を余儀なくされた。2014年の御嶽山の噴火災害の際にも高濃度の二酸化硫黄ガスが検知され、捜索活動が難航する大きな要因の一つになった（**写真-4**）。

**写真-3　2011年の新燃岳噴火時の屋根の清掃風景**
**（古園俊夫氏提供）**

二酸化硫黄は無色で独特の刺激臭がある不燃性の気体である。水に接触することによって亜硫酸を生じるため、目や鼻、のどの粘膜を強く刺激する。気管支収縮作用があるため、喘息等で気管支が過敏になっている場合には、0.2ppmから0.5ppm程度の濃度の二酸化硫黄ガスを吸入することで発作を引き起こす危険性がある。5ppmを超えると、健康な人でも息苦しさを感じて咳き込んだり、目や鼻、のどに痛みを感じたりする。米国産業衛生専門家会議（ACGIH）が生命または健康にただちに危険を及ぼす値として提示しているIDLH（Immediately Dangerous to Life or Health）は100ppmとなっている。

二酸化硫黄ガスの発生が想定される地域に立ち入る場合には、検知器とガスマスクを携行することが原則である。万一、ガスマスクを持たないまま二酸化硫黄ガス濃度が高い状況に遭遇した場合は、タオル等を濡らして口と鼻を覆うことを心がけていただきたい。二酸化硫黄は水に溶けやすいため、呼吸器への悪影響を軽減する効果が期待できる。

### ② 硫化水素

硫化水素も火山ガスに含まれる危険なガスである。死亡事故に至る事例数は二酸化硫黄よりも明らかに多い。1971年に草津白根山近くのスキー場で6人が死亡したのをはじめ、箱根、霧島、安達太良山等の周辺で登山者や温泉客が死亡する事故がたびたび報告されている。温泉施設の保守作業中に死亡事故が発生するケースも頻発している。1950年以降だけでも日本国内において火山ガス起源の硫化水素によって20件以上の死亡事故が発生し、40人以上が犠牲になっている。

硫化水素は無色で可燃性の気体である。低濃度の場合、「卵の腐ったような臭い」と表現される特徴的な臭

写真-4　御嶽山の山頂付近における救助活動
（長野県ホームページより引用）

いがするが、高濃度の硫化水素ガスは人間の臭覚を麻痺させる。そのため、健康に悪影響が生じる20ppm以上の濃度では臭いを感じない場合があり、注意が必要である。分子量は34程度で大気よりはやや大きいという程度だが、低温で発生する場合が多いため、くぼ地にたまりやすい性質がある。

ちなみに、マグマ中の硫黄が水と共存する場合、温度が高いと水分子中の酸素原子と結合して二酸化硫黄となる方が安定であり、温度が低いと水素原子と結合して硫化水素となる方が安定である。火山ガスの温度が約80℃以上の場合、二酸化硫黄として噴出される割合が多く、それ以下の温度では硫化水素として噴出する割合が多くなる。そのため、二酸化硫黄ガスは分子量が約64と硫化水素よりも大きいが、火山ガス中に比較的、高濃度に含まれている場合でも、一般的には熱膨張の効果が卓越して浮力によって上昇しながら周囲と混ざり合って希釈される。したがって、人間の活動範囲に高濃度で滞留することは比較的少ない。逆に、硫化水素は火山活動が低調な時期に低温でゆっくりと噴気孔から噴出することが多く、くぼ地等にたまりやすい。特に、雪の積もった環境等では噴気孔付近にできた空洞に高濃度で滞留していることがあり、死亡事故を引き起こす状況を発生させやすい。

ACGIHの提示しているIDLHは二酸化硫黄同様、100ppmである。750ppmを超える高濃度の硫化水素ガスを吸うと一瞬で意識を失ってしまう。そのため、硫化水素中毒で急に倒れた人を助け出そうとした家族や同僚が一緒に犠牲になる事例が過去に数多く発生している。硫化水素中毒が疑われる場合は不用意に近づかず、迅速に消防隊等に救助を要請することが重要である。

### ③ 二酸化炭素

二酸化炭素による死亡事故も火山地域でいくつか報告されている。最も有名な事例は、1986年にアフリカ・カメルーンのニオス湖周辺で1700人が窒息死したケースである。ニオス湖は火山活動で生じた深さ約200mの火口湖であり、現在でも定常的に湖底から二酸化炭素が噴出している。湖の深層に溶解した高濃度の二酸化炭素が何らかのきっかけで急激に放出され、周辺の村々に達し、約20キロの範囲で大量の死者が出た。ちなみに、日本にも数多くの火口湖が存在するが、日本のような温帯地域では冬季に湖面から強い冷却を受けて対流が発生するため、湖底での二酸化炭素の高濃度の集積は起こりにくいと考えられている。

火山地域の窪地に溜まった二酸化炭素で中毒事故が発生する事例も、国内でもいくつか報告例がある。例えば、1997年に八甲田山で深さ約8mの窪地に溜まった火山性の二酸化炭素によって訓練中の自衛隊員3人が死亡する事故が発生している。事故直後の調査によって、体積分率で13%から16%の二酸化炭素を含む火山ガスが噴出する噴気孔が窪地内で見つかっている。

二酸化炭素は、ほとんどの火山では水蒸気の次に多量に含まれる火山ガスの主成分であり、噴気孔周辺では高濃度で観測されることが多い。無色無臭で空気よりも重く、窪地に溜まりやすい。体積分率で5%を超えると呼吸が苦しくなり、頭痛や発汗等の症状が現れる。10%で意識喪失、25%以上では痙攣が起き、数回、吸い込むだけで意識を失って死亡すると言われている。

### ④ その他の有毒ガス

この他、火山ガスに含まれる塩化水素やフッ化水素、ラドン等も健康に悪影響があると考えられている。塩化水素は二酸化硫黄同様、火山ガスの主成分の一つで水に溶けやすく、強い酸性を示す。目やのど等の粘膜に強い刺激を与え、せきや呼吸困難を引き起こす。皮膚に炎症を引き起こす場合もある。フッ化水素は水に溶けてフッ素中毒を引き起こす危険性がある。家畜の例ではあるが、1995年のニュージーランドのルアペフ火山の噴火では数千頭の羊がフッ化症で死亡したとの報告例がある。火山ガスや火山起源の温泉水には放射性元素であるラドンも少量ながら含まれている。ラドンは肺がんのリスク要因として知られており、鹿児島県の桜島火山周辺や鳥取県の三朝温泉の周辺で影響調査が行われている。活火山周辺で作業を行う場合には、これらの火山ガスの影響にも十分に注意を払う必要があることを理解して、環境基準を参照しながら継続的に状況把握に努め、必要に応じた対策を取ることが重要である。

**参考文献**

※1　Baxter, P. J., Ing, R., Falk, H., Plikaytis, B. （1983） Mount St. Helens Eruptions: The acute respiratory effects of volcanic ash in a North American Community, Arch. Environ. Health, 38（3）, 138-143

※2　Hillman S. E., Horwell, C. J., Densmore, A. L., D. E. Damby, D. E., Fubini, B., Ishimine, Y. and Tomatis, M. （2012） Sakurajima Volcano: a Physico-Chemical Study of the Health Consequences of Long-Term Exposure to Volcanic Ash, Bull. Volcanol., DOI 10.1007/s00445-012-0575-3

寄 稿

インフラ・ツーリズム

# 土木観光はマニアだけのものか

## ー砂防施設と周辺景観を「地域の歴史を語るインデックス」として活用するためにー

河野 まゆ子（こうの まゆこ）
（株）JTB総合研究所　主任研究員

長野県・火山防災のあり方検討事業における「あり方検討会」委員（平成28年度）
内閣府・噴火時等の避難計画の手引き作成委員（平成27 ～ 28年度）
内閣府・中央防災会議　火山防災対策推進ワーキンググループ委員（平成26年度）

### 観光資源としての巨大人工構造物の再発見

10年ほど前に生まれた「工場萌え」という言葉を聞いたことがある人もいるだろう。コンビナートや工場の夜間照明、煙突・配管・タンク群の重厚な構造美を愛でる人々の趣向を指す言葉だ。インターネット等を通じてこの言葉が流布するのにあわせ、工場鑑賞を趣味とする市場規模は拡大し、工場夜景に関する写真集も多く出版された。これは、工場の内部で製造工程などを見学・体験する産業観光とは主眼が異なり、ひたすらにかたちと色の美しさを再発見する動きであった。

工業地域やコンビナートを有する地域では、これまで想定していなかったものが新たに観光資源として着目されたことを契機に、見学ツアーが開催されるようになった。北九州工業地帯を抱える北九州市は2010年より夜景観賞バスツアーを開始。現在でも海岸沿いの工場や関門海峡の夜景を船上から観賞する『夜景観賞定期クルーズ』が実施されている。富士商工会議所では、「富士工場夜景倶楽部」という団体が主催となり、カメラマンの指導を仰ぎながら工場夜景を撮影するツアーを実施し、女性からも好評を博している※1。

1970年代、公害問題が顕在化したのち、安全性の向上や緑化、公園化の推進を経て、現代の工場は住民にとって害をなすものという認識ではなくなった。更に、産業観光や“大人の社会見学”というニーズが拡大し、デジタルカメラの普及で誰でも容易に美しい夜景を撮影できる環境が整う中で、工場は改めてその機能美や構造美を見直されてきたものと考えられる。

### 土木観光（インフラ・ツーリズム）の普及

工場に端を発した巨大人工構造物を愛でる観光スタイルは、その対象物の範囲を広げている。観光資源として揺るぎない人気を誇るのは、やはりダムである。写真集も多く出版されているほか、『ダムカード』の認知度は年々高まり、2014年にはダムの魅力を知った高校生の女の子が主人公の『ダムマンガ』まで登場した。かつては、鉄道やアニメと同様に、一部のマニアによる垂涎の対象であったダムは、いまやそのファン層の裾野を大きく広げた。

本年5月、国土交通省総合政策局は、全国にあるダムや橋といったインフラ設備の見学・体験ツアー情報サイト『インフラツーリズムPOTAL SITE』※2を公開した。国内のインフラ拠点を観光資源化する取り組みの一環として、インフラツーリズムを積極的に促進、活性化していくことを目的としている。ここで紹介するインフラツアーは、管理者が主催する現場見学のほか、旅行会社の企画による有料ツアー（民間主催）を含む全269件（2016年5月6日、サイト開設時）。「パネルコーナー」では説明資料が多数公開され、時期に応じて旬のツアーの掲載も行っている。例えば、「大井川鐵道で行く“長島ダム”の小旅行」では、ダムの内部を見学できるだけでなく、大井川鐵道が私鉄引退車両を再整備後に運行していることを紹介。各ツアーの詳細を知り、申し込みを行うことができるよう公式サイトとリンクさせている。

当該ポータルサイトに並ぶツアーや体験プログラムを見てわかる通り、掲載事例の多くを発電用のダムが占めるが、治水や農業に関する遺産や道路など、対象となる資源のバリエーションは多い。実際は、ポータルサイトに掲載される以外にも、より広範な土木遺産が観光の対象となり、対象物に応じて来訪目的も様々に異なってくる（**表-1**）。

これらの主要な土木観光コンテンツの中において、砂防施設はどちらかというとマイナーな部類となる。その主たる要因が、立地環境の不便さや通常時の整備環境にある。発電用のダムは管理者が施設周辺に常駐しており、入場可能な箇所を制限することによって安全性の担保も可能だ。ダム湖を遊覧船や手漕ぎボートで遊覧できるこ

※1『富士市工場夜景』http://www.fuji-cci.or.jp/yakei/
※2『インフラツーリズムPOTAL SITE』http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/infratourism/

表-1　土木遺産観光のタイプ

| 土木遺産観光のタイプ | 主な事例 |
|---|---|
| スケールや形態、機能に優れた土木インフラを鑑賞する | ・黒部ダム（富山県）<br>・本州四国連絡橋<br>・東京スカイツリー（東京都墨田区）<br>・河津七滝ループ橋（静岡県）<br>・首都圏外郭放水路（埼玉県） |
| 土木インフラの建築工事現場を見学する | ・「東京湾トンネル」おとなのトンネル工事現場見学（東京都） |
| 歴史的な土木インフラを鑑賞・見学する | ・デ・レーケの大谷川堰堤（徳島県）<br>・祖谷のかずら橋（徳島県）<br>・通潤橋（熊本県）<br>・錦帯橋（山口県） |
| 土木インフラを他の用途で活用する | ・神岡レールマウンテンバイク（岐阜県）<br>・碓氷峠「アプトのみち」（群馬県）<br>・札幌大通り公園での雪まつり（北海道） |

とも多く、観光地としての整備が進んでいる。また、橋や道路はアクセスルートそのものであるため、目的地に辿り着くのも容易である。一方、砂防施設は地盤のよくない箇所や山奥にあることが多く、設置完了後は職員常駐による管理がなされないケースが多いため、アクセスルートが未整備であったり、安全性・快適性の高い見学エリアを設け、維持することが困難であるという特性を持つため、観光資源としての転用は遅れている。

写真-1　高落差流路工（長野県小谷村）

写真-2　土谷川鋼製セル堰堤（長野県小谷村）

## 砂防施設観光の事例

**＜小谷村　ドボクアート砂防ダムめぐりバスツアー＞**

1911年（明治44年）の稗田山崩れで甚大な被害を受けた長野県小谷村は地すべり地帯とも言われ、多種多様な砂防施設が数多く所在する、言わば砂防施設のメッカだ。古い神社仏閣は、地盤の動きを察知したり近隣に地滑りが発生したりする度に、曳家をしてその被害を免れていたという。

観光地としての小谷村は、冬期のスキー場や栂池自然

写真-3　カクレ沢ブロック堰堤（長野県小谷村）
（神城断層地震の痕跡）

園の水芭蕉群落など、自然資源やウインタースポーツの魅力を打ち出してきた。とはいえ、スキー人口が年々減少している昨今、冬期観光需要の大幅回復を見込むのは困難だ。更に、野草の開花や紅葉などの自然環境頼みの観光需要は不安定になりやすい。こうした背景のなかで、小谷村は2013年より着地型観光商品として「砂防ダムツアー」を開発した（**写真-1･2･3**）。土地の性質と防災の歴史、砂防技術の進歩や社会的意義を来訪者に伝えることができる、他の地域では模倣できない小谷村ならではのコンテンツとして育てている。開催は夏期のみで毎年4回程度催行している。朝9時から夕方16時頃まで、流路工等を含む砂防施設以外の一般的な観光プログラムは組み込まないという目的特化型の行程で、県で砂防関連事業に携わってきたOBによる解説付きという緻密に手の込んだプログラムだ。参加者は20～30代が中心で男女比は半々程度。女性比率の多さは主催者にとっても意外だったという。

今でこそ密やかな人気と高い評価を得ている小谷村の砂防ダムツアーだが、商品化の実現に際しては多くの課題があった。冬期の雪により劣化・寸断した道路の復旧や夏期の雑草繁茂への対応、来訪者を未舗装路でも安全に輸送するための4WD車の手配など、来訪者を安全に見学させる体制を整えるだけでも一苦労である。これらの条件整備に関することは、市の観光担当部局と国・県の砂防事務所、及び域内民間事業者との緊密な連携のもとで体制が整えられた。また、土木マニアの質問にも対応できるインタープリターの選定と帯同に関する仕組みについても、国・県砂防事務所の協力なしには確立できないものだ。「公共事業の重要性と意義は、何種類もの砂防施設が集積している小谷村だからこそ伝達できる」という主催者の想いは地域の砂防事務所にも共通しており、複数組織を横断した連携事業として実現させることが可能となった。

**<美馬市　デ・レーケ大谷川砂防堰堤>**

明治期に日本に招聘されたお雇い外国人のひとりであるヨハネス・デ・レーケが遺した砂防施設は国内に数多く存在する。中でも、徳島県美馬市の大谷川にあるデ・レーケ砂防堰堤は規模が大きいもののひとつで、1994年に県がダム本体の保存整備を開始し、今も現役で機能している。頭脳集団であるお雇い外国人の指導を優先的に仰ぐべき地域として選定されたという面からも、吉野川流域への対策が全国的にみて極めて重要と位置付けられていたことが窺える。

徳島県は江戸時代から阿波藍の産地として知られる。藍は連作障害が起きやすく、通常の畑では高品質な藍を安定供給することは困難であるため、農産物としての価値が高かった。暴れ川として有名な吉野川流域は、毎年洪水に見舞われるため稲作には不向きな土地であった。しかし、洪水により肥沃な土壌が更新されることは、連作を嫌う藍栽培にとってはまたとない好条件だ。江戸期以降、吉野川の水運が廃れるまで、当地は長らく藍の産地として栄えた。デ・レーケ砂防施設からほど近い脇町は、阿波藍の舟運による集散地として栄え、当時の商家などが建ち並ぶエリアは「うだつの町並み」として重要伝統的建造物群に選定され、徳島県における代表的な観光地のひとつとなっている。

現在のデ・レーケ砂防堰堤周辺は公園化されており、春にはチューリップが咲き乱れる。大谷川の水量が少ないときには堰堤の上まで歩いていくことが可能で、長い年月を経て水流で削られた積み石の美しいカーブを間近で見ることができる。解説版にはデ・レーケの記念碑が立つが、残念ながら眼前の堰堤に関する説明は乏しく、デ・レーケ自身を記念する内容になっている。公園状の整備はなされているが、ここを訪れた人が、吉野川の特性とそれを活かした地域の生業の歴史、そして安全な暮らしを担保する後世の砂防対策に繋がる歴史的な潮流、それによるまちの構造の変遷を一連のストーリーとして理解することは困難だ。こうした歴史的な土木遺産は、後世に継承することを目的として凍結保存されたり公園化することが多い。だが理想を言えば、土木遺産を巡っての環境整備は保存するためだけに行われるべきものではない。土木、歴史、観光など様々な側面からみた資源の意義を通じて来訪者がその地域のありようを理解し、

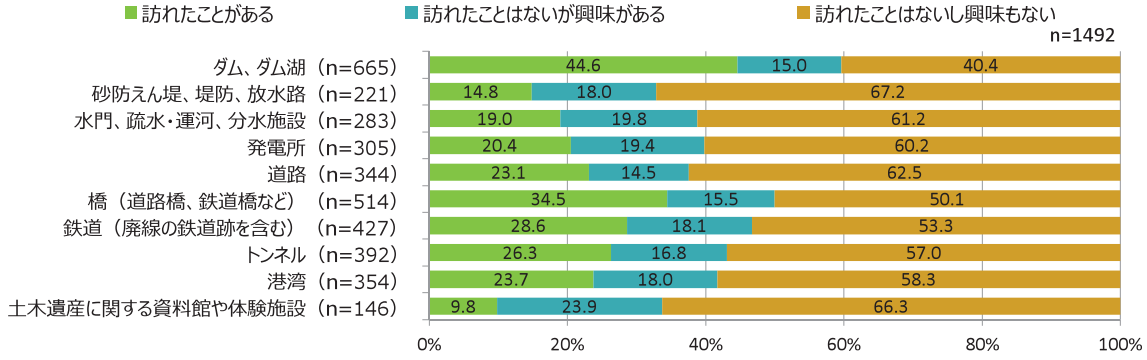



**図-1　観光目的での土木遺産訪問経験**

住民が土地に誇りを抱くための視覚的なきっかけ、証拠品として成立させるために行われることが望ましい。

## 土木観光の実態とターゲット

実際に、消費者はどのようなタイプの土木遺産を訪れているのか。弊社が本年5月に実施した調査によると、【ダム、ダム湖】を過去に訪れたことのある人は44.6%と半数近くにのぼり、次いで【橋】が34.5%と高い。【砂防堰堤、堤防、放水路】は15%程度と経験値は低くとどまる（**図-1**）。

これらを訪問した際の主な理由については、【ダム、ダム湖】は「その地域の主要な観光スポット」「周辺の景色がきれい」の比率がそれぞれ20%弱と高く、地域の一般的な観光資源としてダムやその周辺景観の活用が促進されていることがわかる（**図-2**）。【発電所】と【資料館・体験施設】は「修学旅行や社会見学、合宿」の比率が高く、万人にとっての日々の生活との密接性や環境・エネルギー学習の重要性の高まりなどから、学習の対象として捉えられている。【砂防堰堤、堤防、放水路】については、「土木遺産の形・見た目が魅力的」が他の資源と比較し最も高く、砂防施設自体の機能美を好む「ツウ」や「マニア」が来訪しているだろうことが想像できる。なお、いずれの資源についても、「もともと土木遺産が好きでよく訪れる」という人は10%未満と僅かであった。

見学方法については、「自由に見学」が過半数を占める。「旅行会社のツアー行程に含まれていた（ガイドによる説明あり）」が10%前後と最も多く、特に【発電所】や【資料館・体験施設】など常時有人管理されている施設でその傾向が強い（**図-3**）。「現地到着後、施設や地域が主催する見学ツアーに参加」の比率は低く、出発前から予め来訪を決定しているケースが多いことが想定される。これには、ツアー出発時間が決まっている、要予約制のものが多い、ツアー実施回数がそもそも頻繁ではな

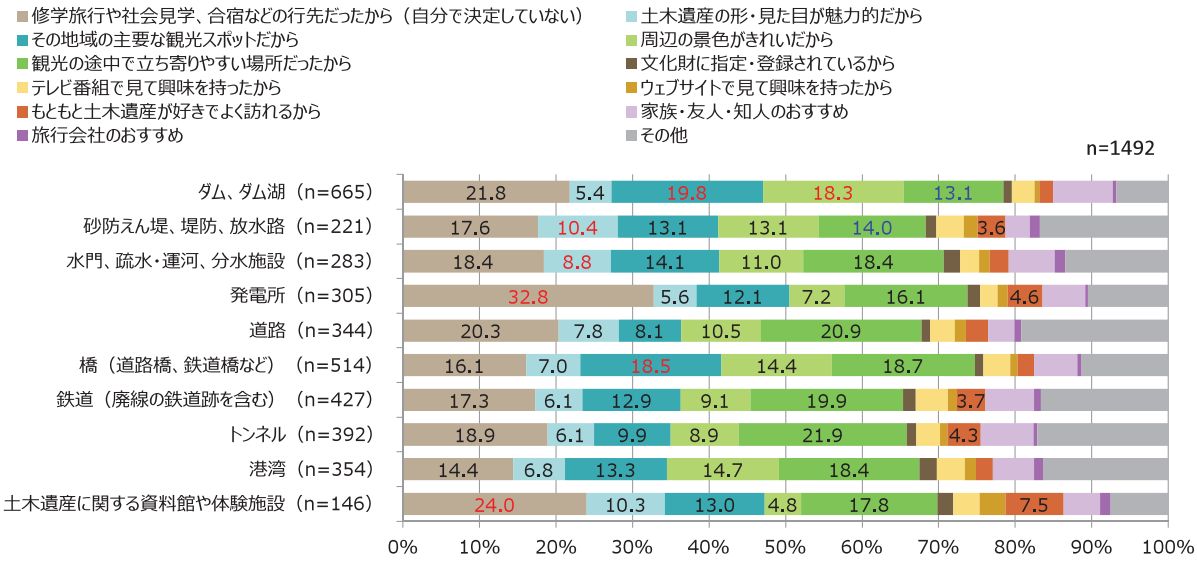



**図-2　直近の、土木遺産訪問理由**

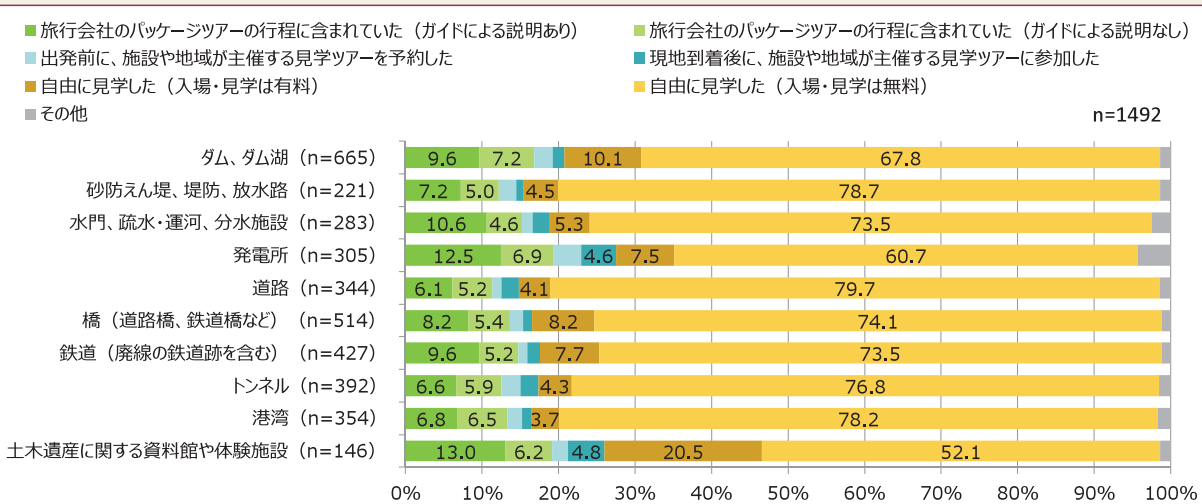



**図-3　直近の、土木遺産訪問時の見学方法**

い、など複数の要因が考えられる。ダムや資料館、発電所など有人の施設においては観光・見学が“売れる”コンテンツとして機能しているものの、砂防施設などの防災インフラや道路、港湾等の交通インフラについては、それを見学させる観光コンテンツがビジネスとして成立するまでには至っていないと捉えることができる。

直近訪問時の同行者について、【資料館・体験施設】を除いてみると、【砂防堰堤、堤防、放水路】で「ひとり」の比率が高く、23.5%を占めた。「夫婦・カップル」の比率が高いのは【港湾】25.1%、【ダム、ダム湖】23.8%。周辺の自然景観や夜景を楽しめる場所であるとともに、船に乗ったりアクティビティが楽しめたり、食事ができたりなどの付帯施設が整っている場所の人気が高い。「家族」が多いのは【ダム、ダム湖】32.9%、【橋】が26.3%、【水門、疏水、運河、分水施設】25.1%などである（**図-4**）。

観光資源活用が進んでいる【ダム、ダム湖】と立地や見学環境などの側面で来訪者に不便を強いることになりがちな【砂防堰堤、堤防、放水路】について、同行者別に来訪目的を比較した（**図-5**）。いずれも、ひとりで来訪した人は「土木遺産の形・見た目が魅力的」の比率が高く、【砂防堰堤、堤防、放水路】では特にその傾向が強い。また、「夫婦・カップル」は「周辺の景色がきれい」の比率が高く、人工景観と自然景観とのマッチングに価値を見出している可能性がある。「ひとり」や「夫婦・カップル」は、目的は様々でも積極的に土木遺産の来訪を決定していることが窺われ、「テレビで見た」「ウェブサイトで見た」などメディアで収集した情報をきっかけとした人も比較的多い。一方、家族や友人・知人については、「その地域の主要な観光スポット」「観光の途中で立寄りやすかったなど、目的性が低い傾向にある。

現状では、砂防堰堤等については、所謂「マニア」と呼ばれる人々がその構造美を愛でるために来訪する傾向が強い。これらの、目的が明確な人ほど「ひとり」または気心の知れた「夫婦・カップル」で訪れている。さらに、「夫婦・カップル」においては周辺の景色などのロケーションを楽しめることも重要な動機となっている。一方、歴史的価値のある土木遺産については訴求力が低く、文化財指定・登録の有無は来訪意欲にあまり影響を与えていないことがわかる。

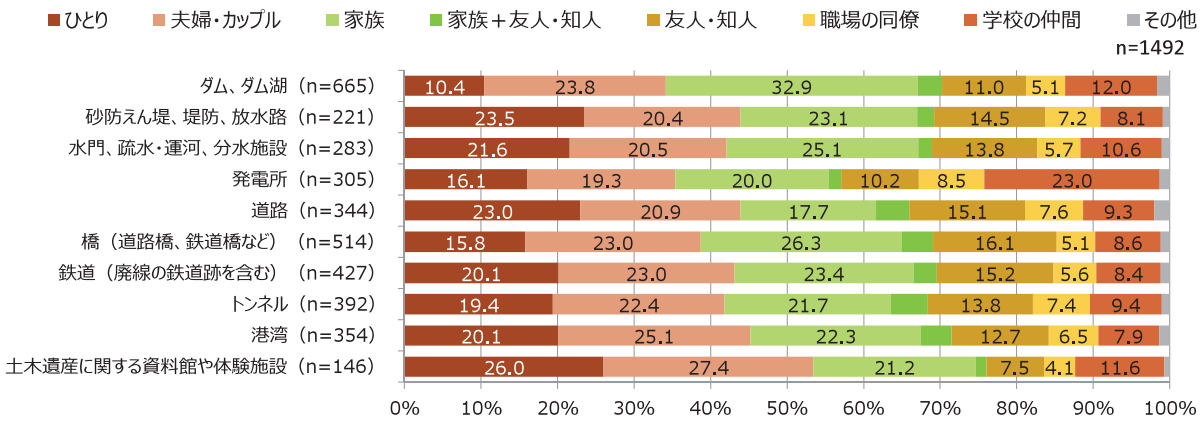



**図-4　直近の、土木遺産訪問時の同行者**

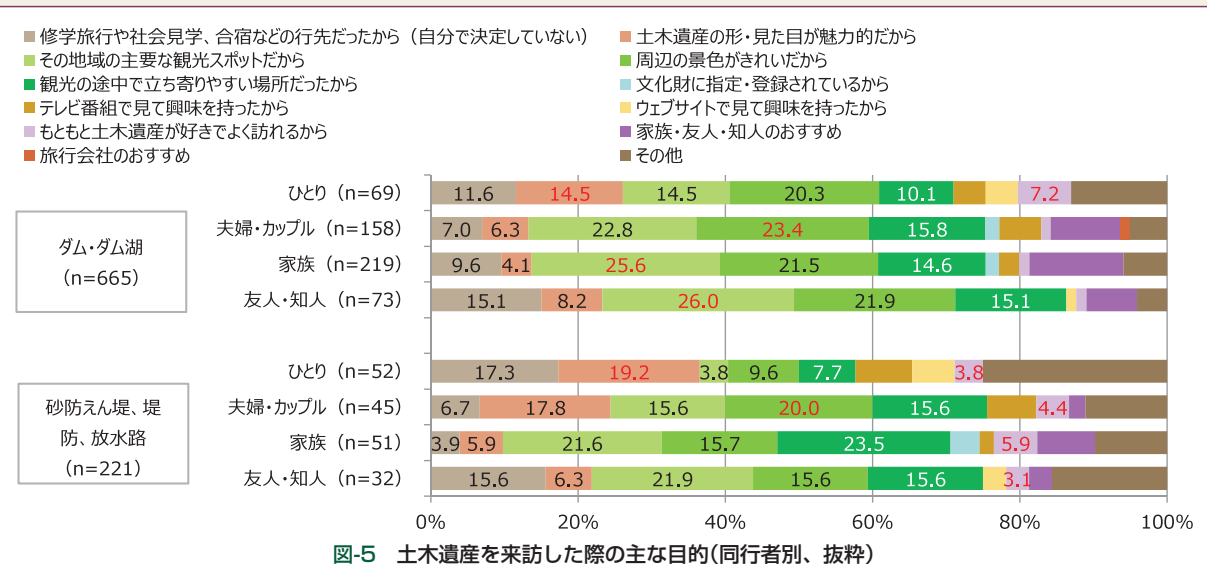



**図-5　土木遺産を来訪した際の主な目的（同行者別、抜粋）**

## 求められるのは土地に根付く「物語性」

土木遺産の価値概念は、よく「用・強・美」という言葉で表される。「用」は機能・技術やスケールの素晴らしさ、「強」は災害対応力、長持ちすること、管理システムの素晴らしさ、「美」は構造物自体の形状や構造、材質の美しさのみならず、周辺環境と調和した景観独自性などを包含する。そして、明確な目的を持って土木観光をする現在の市場は、これらの中でも特にその「美」を主な来訪動機としていることは明らかだ。

土木遺産の有する「用・強・美」という価値は、その土地に立地する施設という完成品を通じて人々の目に触れる。土木観光を通じて地域が来訪者に伝えたいことは、災害とそこに暮らす人々の生業との戦いの歴史や、これらの構造物が創り出されるに至った時代背景など、その構造物の見た目の「用・強・美」の中に収まりきらないものたちだ。

『地下神殿』と呼ばれ近年マスメディアでの露出が高まっている首都圏外郭放水路（江戸川河川事務所管理）は、世界最大級の地下放水路だ。一般にも公開され、特別見学会も実施されている。来訪者はメディアでその壮大なスケールの施設を知り、純粋にその空間をカッコイイと感じその場所に立ってみたいと思い、なかなか来訪できない特別感のある場所に行ける（人に自慢できる）、という期待を持って見学を申し込む。そして地下空間の深さと寒さに驚き、ライトアップされた美しい写真を撮って満足し、施設の構造や意義の説明を受けて感嘆する。しかし、これだけでは土地のものがたりや施設の奥深い価値を伝えるには至らない。「利根川東遷事業」は江戸時代から開始されている。徳川家康の時代から取り組まれていた土壌改良、新田開発、都市開発、水運の整備、危機管理・防災…など広範にわたる江戸とその周辺地域のまちづくり事業が連綿と現代まで続き、いまの外郭放水路に繋がっている。自然と共生してきた人々の生業があり、その後災害対策が強化され、インフラ整備と深い連関を持つ地域の人々の暮らしや生業は変化する。その背景には防災事業が不可欠であった政治・経済等の背景や戦略があった。そして、インフラの開発や維持管理には、それに関わった人々の苦労や技術進歩の歴史があり、今も未来に向けて新たな技術が日々生み出されていく。

こと砂防施設に関してみると、それは山奥や山裾に位置し、何百年に一度あるかないかの自然の脅威を防ぎながら、遠い将来のいつかは自然と溶け込み一体化していくことが期待される、壮大且つひそやかな性質を持つ。発電用ダムのように、管理棟や周辺環境が完璧に整備されていては、その存在の本質からむしろ遠ざかるというジレンマがある。現役で活躍中の砂防施設を観光資源として満喫するためには、その土地における砂防との戦いの歴史と必然性、砂防施設の構造物としての美しさを生む機能面での理由や、その場所に設置される意義などについての正確で簡潔なインタープリテーションが重要だ。だが、施設の視覚的なインパクトとインタープリテーションの内容を来訪者がきちんと記憶に刻むために、舞台装置を整えすぎてはいけない。「用・強・美」を理解の入り口にしながら、自然への畏敬や地域のものがたりについて、各々の季節に、昼に夜にと時間帯を変えて様々な景色と環境の中で見せることで、砂防事業が見据える過去と未来の長い時間のなかの一瞬を感じて貰うことができれば、と願う。自然景観と土木構造物とが調和した景観が、これらの背景を理解した目で見ることで、“きれいだね”“かっこいいね”を超えた感動を生み出す。そのときに、土木遺産は「一部の土木マニアのための観光資源」の枠を超えていける。

そうした丁寧なコンテンツを構築していく際に不可欠なことは、土木観光を通じて、社会に、そして地域自体にどのような価値を創出したいのかというビジョンを地域内で共有するステップを経ることだ。土木観光をビジネスとして成立させるのか、普及啓発という社会的効果を狙った地域の取組として推進するかという方針を定め、地域行政や関係する事業者間でその認識を共有しておくことが重要である。丁寧なインタープリテーションを通じて価値を伝達するスタイルの観光コンテンツは、環境整備やガイドの教育・配置等に係るコストが増大する。ビジネスとして成立させるのであれば、企業団体などの「大人の社会見学」の中の目玉コンテンツとして磨き上げ、地域ならではの手の込んだ食事や快適な宿泊施設滞在とともに高付加価値パッケージ化したり、企業等の会員組織に所属する上位顧客向けのこだわり特別プランとして個人商品を展開するのもよい。コストを放出してでも社会的効果や教育的側面を重視したい場合は、地域の博物館や他地域の土木遺産と連携したシンポジウムや普及啓発イベント等を通じてその存在意義を社会に周知させるとともに、別の目的で地域を来訪した人が気軽に土木遺産に触れることができるよう、情報のコンタクトポイントや案内ガイドの数、所要時間に応じた行程のバリエーションを増やし、間口を広げていくことが重要だ。

とはいえ、ひとりのマニア（の端くれ）として、砂防ダムの“自然の奥深くで凍りついたような美しさ”があまり人に知られないままひっそりと保たれ続けていて欲しいな、とつい願ってしまうことは内緒だ。

---

**「土木遺産に関する調査」概要**
調査対象者：
首都圏（埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県）、
中京東海圏（岐阜県、静岡県、愛知県、三重県）、
関西圏（滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県）
在住の20～69歳男女 計1500サンプル
調査期間：調査期間：2016年5月16日（月）～18日（水）

※調査協力：株式会社バルク

連載エッセイ 5

# 動物園へ行く

小橋 澄治（こばし すみじ）
京都大学名誉教授

南禅寺に近く、疏水沿いと云う、京都の一等地に小さな京都市動物園がある。明治 36 年開園（創立以来 113 年）、で全国で 2 番目の歴史があるそうで、「近くて、楽しい動物園」を目指しているそうである。「近くて」というのは、狭い面積というハンデを逆手にとって動物と観客の距離を近くするという意味もあるそうだ。高齢者は無料と云うこともあって、散歩のついでに時々覗きに行く。いつも親子、遠足の子ども達が満ち溢れている印象がある。団体の子ども達が引き揚げる3時過ぎにやっと隙間ができる感じがする。

●

私の小学生の時代は大戦中と重なり、動物園の猛獣たちは空襲対策で殆ど殺されるという悲惨な時代であり、動物園と聞いても楽しい思い出は全くない。私の子どもが小さい時代に何度も動物園へ連れて行った記憶はあるけれど、動物達についての記憶は全くない。動物園に来ている親子を観察すると、親は子供に動物を見せることに一生懸命で、動物を観るヒマは無いようである。要するに動物園に来ても、親は自分の子供しか見ていないのが普通らしい。

●

最近、興味があるモノはしげしげと眺めたい、と思うけど、綺麗なご婦人や不思議なオーラを醸し出すご老人をしげしげと眺めることは危険であると、家内に厳に戒められている。この点、動物園の動物はしげしげ眺めることが許される、まれなるモノである。トラやライオンなどの猛獣類は退屈を極めて、あられもない姿態で爆睡していることが多い。巨大なるオスゴリラはまさに傍若無人、自由にお暮らしのようだが、所詮囚われの身、余り楽しそうではない。タンクのごときカバが差し迫った顔つきで 10 mほど疾走し、ザンブと水槽に飛び込んだ瞬間を目撃した。等々、心ゆくまでゆっくり動物達を眺めていたいが、そうはいかない。動物園の主役は子ども集団であり、彼らを優先すべきは当然で、老人が彼らを押しのけるような、親のヒンシュクを買う行為は厳禁で、彼らの後ろで慎ましく眺めているべきである。というより動物園の雰囲気に興奮した子ども集団は奇声を発し、走り回る野獣集団と化すから、なるべく近寄らない方がよい。

●

時たま動物園に行ってみようと思うのは、普通には遭遇しない動物達に対面し、日常的には湧き起こらない感情、感覚を得たいためだろう。巨大なゾウのしわしわ、ゴリラの顔面の詳細、スットボケたダチョウの顔など、動物体の不思議な部分に、私は興味がある。出来ればそういう特異な部分の写真を撮って、絵にしたいと思っているが、静止した石や樹木を撮るのと違って、動き回る動物のある部分をタイミング良く、敏捷にカメラで切り撮るには高度の技術を要し、私には不可能である。従ってそういう絵を描けることはない。動物園の観客の中には、スケッチブックを開いた画学生らしき人も結構居られる（その出来栄えを覗きこむ無作法はできないが）。動いている動物を素早くスケッチする能力のない私には羨ましい。

●

動物園に来園する子どもや若い親達の興味の判断基準は「カワイイー」にあるようだ。ペンギンや猿山のアカゲザル、ゴリラの子は観て「カワイイー」叫ぶのに異論はない。だけどライオンやヒョウといった猛獣類の成獣をみて「カワイイー」と断ずるのはどうかと思う。彼らにとって好ましい感情が湧きあがることをすべて「カワイイー」と表現するようであり、別に非難するほどのことではないが、日本のこ

とば文化を貧困化させないために、形容詞の語彙を豊かにして欲しい。

●

動物園は動物達と幼い子ども（親子づれと遠足の子ども集団）が混然一体となった世界であり，その渦中に紛れ込んだ私は、永らく疎遠になっている「子ども」について考えてしまう。わが国の国家財政上、大きな課題は年々膨れ上がる医療・福祉関係の経費である。その主たる対象は子どもと老人であるのはいうまでもない。子どもと老人は多額の税金を消費する集団であり、国の経費削減の見地から、どっちをどうかするかといえば、当然わが国の将来を担う子ども集団を大切にすべきだろう。というより少子高齢化の言葉通り、数量的に見て、子ども集団より老人集団の方が圧倒的に多く、老人集団が遠慮する方が効果は大きい、われわれ老人集団は無益な長生きを避け（具体的方法は知らない）、税金を浪費しないように、健康でヒッソリと暮らすべきである。

●

動物達を眺めていると、彼らは囚われの身で、一体何を考えて日々暮らしてているのだろうかという素朴な疑問が湧く。考えるということは、意識があると云うことで、自らの意識を自覚するかしないかで、人間と他の動物の境界線があるという。だけど「意識」の定義は難しいし、少なくとも霊長類には意識があるという説もある。10 年ほど前に和訳された、J. ジェインズの「神々の沈黙」という本があり、それによれば人類に意識が芽生えたのは高々 3000 年前だという。それ以前の人間は「右脳に囁かれる神の声」に、従順に従い行動していた。本能に従い迷いなく暮らす他の動物と同様に。やがて神の声は聞こえなくなり、人間は文字と意識を得たという。「ほんまかいな?」と思う反面、数々の例証が興味深い本である。高齢期にある私の周囲には当然ながら認知症的症状を示す人も現れつつある。彼の合点の行かぬ行動を理解するには 3000 年前に聞こえなくなった神の声が彼の右脳に復活したと思えば良いのかもしれない。彼の不審な行動を理解できた訳ではないが、何故か納得した気分になる。

●

老人性うつ病や認知症の症状緩和に幼児やペットとの交流が効果があると云う話を聞く。「カワイイー」が老人にも有効ということか。そういう意味で、高齢者が動物園へ出掛けることは望ましいことではないかと思う。しかし将来、動物園が老人達に占領される光景は見たくはなく、子ども達と老人がほどほどに混在する情景の方が好ましいと思う。それには老人達に子ども達と良好な関係を結べる訓練を施す必要がある。現状ではジジイが不器用に子ども達に近づけば、「変なジジイ」と指弾されるだけである。

（絵も著者）

研究ノート

地震地すべり・連載③

# 地震地すべりの安定度評価に関わる数値シミュレーションの現状と課題について

みちはた　りょういち
道畑 亮一
(一財)砂防・地すべり技術センター
斜面保全部課長代理

2016年4月に入り、熊本県では大地震に見舞われました。当初4月14日の発災時には、顕著な斜面災害は報告されていませんでしたが、後に本震となる16日の地震において、阿蘇地方を中心に大きな斜面災害が発生しました。これらの斜面災害の状況は、本号P2～7『現場から』の頁に詳述されておりますので参照ください。

さて、地震地すべりの連載3回目にあたり、上述したような地震時の斜面災害が発生する「箇所」や発生した場合の「影響」を数値シミュレーション等により予測・評価する必要性を再認識した訳でありますが、前回の連載において、数値シミュレーションによる評価手法の概要について述べましたので、今回は、現状の概ねの到達点とその課題について述べたいと思います。

## 1. 地すべり活動中の斜面？　変動していない斜面？

今回の阿蘇地震において規模が大きかった斜面災害発生箇所の例として、京都大学火山研究所が位置する火山円頂丘周辺で発生した地すべりがあります（**写真-1**）。別途報告の現地写真からも概要を見て取ることが可能と思いますが、本発生箇所は、もともと地すべり地形を呈しておらず、発災前に変動が発生していたという報告もありません。いわゆる「初生地すべり」という分類に相当する現象と言えます。

ここで、地震地すべりの発生箇所の評価の話に戻りますが、数値シミュレーション等を用いて発生箇所の評価を実施する場合、上述したような「現在の変動状況の有無」によって大きく精度やアプローチが変ってくることを強調したいと思います。

「現在変動が確認されている斜面」、いわゆる「活動中の地すべり地」では、多くの場合変動を観測するための機器が設置されており、合わせてボーリング等の調査も実施されています。これら調査の成果として、すべり面の深度や変動ブロックの形状、地質情報が概ね把握できていることが多いと言えます。一方、「現在変動が確認されていない斜面」は、すべりの発生の要因となる弱層の分布等、地盤内の状況がほとんどの場合調査されておりません。よって、数値シミュレーションを実施する上での入力条件の精度に大きな開きがあるということとなります。

**写真-1　京都大学火山研究所遠景（STC職員撮影）**

## 2. 現在変動が確認されていない斜面の安定度評価

「現在変動が確認されていない斜面」では、上述のとおり、いわゆる「活動中の地すべり地」と比べ、調査データが少なく、個別斜面の調査データはほぼ存在しません。このため、周辺のトンネル施工時の調査資料や地質毎の地盤強度の一般値などを適用し、数値シミュレーションを実施することとなります。もとより地盤強度が一般値ですので、変動が発生する「限界安全率」に対し、どの程度地盤強度が上回っているか分かりません。このように、地盤内の土や岩の強度の設定精度に限界がある状況であるため、土や岩の破壊、変形といった過程における「強度」を踏まえた安定度評価は困難となります。

そこで、現状では、数値シミュレーションにより算定した斜面内の「加速度」や「せん断応力」を用いて評価することが主として実施されています。例えば、2004年新潟県中越地震で発生した地すべり地を教師データとし、発災前の地形を復元した地震応答解析による研究事例[1)]では、中越地震時の地震地すべり発生箇所は、斜面上部では加速度が大きく、斜面下部ではせん断応力が大きな箇所となる場合が多いことを指摘しています（**図-1**）。

今後、地震地すべり発生時の事例を用いて同様の解析を実施し、事例の蓄積を図ることが望まれますが、本アプローチの最終的かつ理想的なアウトプットは以下のようなものとなる（理想）と思います。

『地質Aを有する斜面での既往事例をもとに分析した結果、地震時に斜面内で「最大加速度Xgal以上」、「最大せん断強度Y N/m$^3$以上」が発生する場合、斜面変動が発生する面積割合がZ%以上となる。』

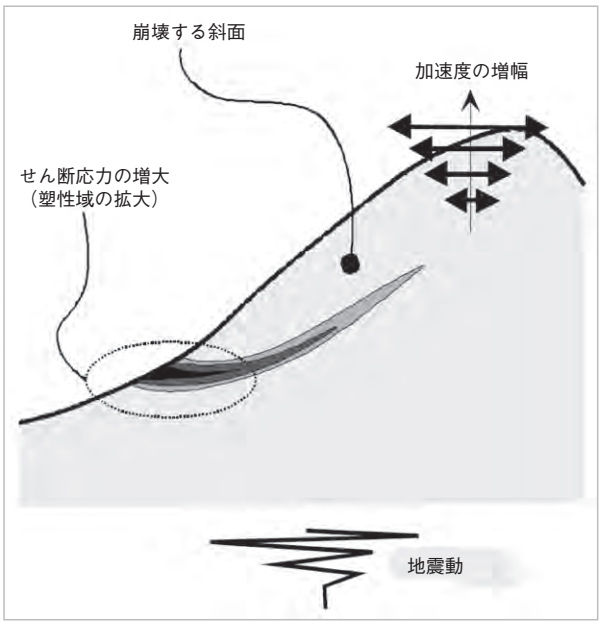



**図-1　地震地すべり発生箇所と関係する地震応答解析結果のイメージ**

## 3. 阿蘇の災害発生箇所を予測することは可能であったか？

上述のとおり、京都大学火山研究所での地すべりは、「現在変動が確認されていない斜面」かつ「地すべり地形」を呈していない斜面でありました。このような条件を持つ斜面において、地震時に変動する危険性を評価するような研究はほとんど記憶にありませんが、既往事例ですと、第1回連載で紹介した葉ノ木平地すべりがあります。この場合、すべり面となる粘土化した火山噴出物由来の風化土層が流れ盤に沿って連続的に分布し、弱面が形成されていたという状況が分っています。このような特徴的な地質・土質条件が今回の事例でも素因となっているのか、検証を行う必要があります。

いずれにせよ、今回の地すべりは火山地における特徴的な地質・土質条件が素因となっているものと想定されますので、このような地質・土質の地震時の強度特性をまず調査することが必要と考えられます。その上で、同様の地形・地質・土質条件を持つ斜面が火山地に普遍的に存在するか等の評価・検討が必要になっていくものと考えられます。

## 4. 現在変動している、いわゆる「活動中の地すべり地」での安定度評価

「活動中の地すべり地」では、上述のとおり、調査成果が多く、地すべりの縦断形状の情報と、変動が加速する水位条件等の情報が把握されております。よって、これら情報を活用することにより、現状のすべり面強度を何らか設定することができるということになります。こういった地すべり地に、今後対策工が施工された場合の条件にて、近傍で発生しうる地震動が伝播した場合の数値シミュレーションを実施し、安定かどうかを評価することができます。

ただし、上述の条件では、現状の変動状況から、ほぼ限界安全率となるすべり面強度を適用するため、現状の対策工の条件で地震時数値シミュレーションを実施した場合、不安定となる評価となる場合も生じます。

よって、これまでに観測された地震時の地すべり変動量をもとにすべり面の物性値のキャリブレーションを実施し、より地震時の実態に即したすべり面物性値を適用する必要があります。

## 5.「活動中の地すべり地」に地震が来ても動かない…すべり面物性値設定の課題

「活動中の地すべり地」では、すべり面強度がほぼ限界安全率相当となっているため、地震時に斜面下方に揺さぶられる度に、斜面下方へと変動するものと想定されますが、実際には、ほとんど動かない事例が大多数です。もちろん、地すべり観測の期間が限られていますので、経験した地震動の規模が小さいということものありますが、ほとんど変動しないことの説明にはなりません。

この答えの一つとして、中村[2]は、粘性土のせん断強度の速度依存性が影響していると解釈しています。これは、移動を開始してもすぐにブレーキがかかるということです。

ただし、中村は、どの地すべりでも地震時に「ブレーキ」がかかるとは想定しておらず、岩盤の脆性破壊（小さな力でパキッとわれる現象）、シルト岩等でのひずみ軟化（変動に伴い強度が低下する現象）、砂質土壌等での液状化現象等を考慮する必要性を指摘しております。このようにすべり面の材料に応じ、地震時に発現する強度（強度の変化特性）を適切に設定するための研究の進展が望まれているところです。

近年、すべり面の強度特性の評価をサンプル試験等により評価しようという研究が活発化しているように思います。上述の速度依存性やひずみ軟化特性の他、粘土含有率の違い、粘土鉱物の違い、場の条件のバラツキの影響、過剰間隙水圧の発生の影響等様々な観点からの研究が実施されており、さらにこれらを俯瞰的に評価しようという試みも実施されています（例えば、中村真也）[3]。これら知見を踏まえた検討を実施していくことが継続的な課題と言えます。

**参考文献**

1）若井明彦ら、2008：中山間地の地震時斜面崩壊リスクを評価するための有限要素法に基づく広域被害予測システム、日本地すべり学会誌、Vol.45,No.3,pp.207-218.
2）中村浩之、2011：技術者の疑問に答える地すべり・崩壊、総合土木研究所発行、pp.80-81.
3）中村真也、2015：すべり面研究の動向と展開、（公社）日本地すべり学会シンポジウム―すべり面の形成過程と認定における根拠―、pp.2-5.

寄 稿

災害と地名・連載 ④

# 大和川亀ノ瀬の地滑りを考察する

－火山性土壌と地滑り・活断層の関係は？－

楠原 佑介（くすはら ゆうすけ）
地名研究家　地名情報資料室110番主宰

京都大学文学部史学科(地理学)卒業。
出版社勤務を経て著述・評論活動に入る
主な著書：「こんな市名はもういらない！」「この駅名に問題あり」など

## 大地が動く“天変地異”が突如発生

昭和6年～7年は、日本の暗黒時代の始まりだった。大陸では満州事変・上海事変が勃発。政友会・犬養毅内閣が成立したが、血盟団による井上準之助・団琢磨の暗殺が相次ぎ、7年5月15日、犬養首相自身も海軍青年将校の凶弾に斃（たお）れた。

そんな騒然とした世情を背景に、仰天すべき事態が発生した。大阪府中河内郡堅上（かたかみ）村（現・柏原（かしわら）市）大字峠で大規模な地滑りが発生し、南側の大和川方向へ大量の土砂が押し出したのである。この場所は生駒山地と金剛山地の中間地点で、大和川が先行谷を形成して峡谷を刻み、亀ノ瀬の急湍（きゅうたん）がある。

この地滑りの発生は各種の記録では昭和6年末のこととされているが、「大阪朝日新聞　縮刷版」昭和6年12月分には該当記事は見当たらない。翌昭和7年1月8日付の2面に、「大和川河畔に　突如、大地割れ　家は傾き戸はしまらず　徹宵警戒する峠区民」と題する記事が掲載されている。記事中には、「旧臘来の地辷りのため地面に亀裂を生じ…」とある。あるいは、内外の重要事件が輻輳し、地滑り発生当初の記事は掲載されなかったのかもしれない。

## カメ(亀)のつく地名は浸食地形を表す

この亀ノ瀬の地名について、各種の地名辞典類はすべて、「亀の背の形の大岩があるから」と記す。見立て地名は、見る人しだいでいかようにも解釈できるが、この地の場合、「亀ノ瀬」という表現からはむしろ「噛め瀬で激流に浸食される瀬」と見るべきだろう。動詞カム（噛）が浸食を表現する例は、今でも「岩を噛む激流」とか「砂を噛む白球」などと使われる。爬虫類のカメ（亀）も餌を捕食し自身を守るために噛みつく行動をとることもあるらしいが。

動物名のカメ（亀）の語源は、動詞カム（噛）の已然形カメが地名化したものか、あるいはカム（噛）の語幹に鳥獣名語尾のメが付いた語形か。または、背甲骨（はいこうこつ）と腹甲骨によって半球状に覆われた体形を器物の甕（かめ）になぞらえたものか。

弥生時代、九州北部では二つの甕を半分に割り、片方に遺体・遺品を詰め、もう片方を接合して地中に斜めに埋葬した。これを甕棺墓（かめかんぼ）という。

甕という設備は、古代以前からの竪穴式住居の側壁にしつらえた貯水槽が起源だったろう。竪穴住居の類似した施設に竈（かまど）があるが、こちらは土器（のち金属器）の鍋・釜を架けて煮炊きした設備だった。甕と竈（釜）は同語源の言葉である。その証拠に九州北西部の佐賀県唐津市や長崎県西海市の「七ツ釜」は水平・垂直に穿（うが）たれた海食洞であり、沖縄でも鍾乳洞を「～ガマ」と呼んでいる。

なお、カマ地名は史上何度も津波に襲われた神奈川県鎌倉市が代表例だが、カマ（「噛む」が語源）とクラ（「刳（く）る」が語源）と類義の言葉を重ねた地名である。

大字峠とその南の大和川亀ノ瀬付近の地滑りに関する記事はその後、連日にわたって紙面に登場する。大陸での戦況や相撲協会の脱退騒ぎとともに、関連する記事が載らない日はない、という有様だった。

## 大和川と亀ノ瀬の歴史地理上の重要性

地滑り災害の詳細に立ち入る前に、大和と摂津・河内・和泉の大阪平野を結ぶ大和川と、その水運上の一大障壁だった亀ノ瀬について、『角川地名大辞典「奈良県」』により歴史地理学的考察を加えておこう。奈良盆地（歴史的には「大和国中（くになか）」）の水はすべて、大和川を通じて大阪平野に流れる。大阪平野のほうからすれば、大和川筋は大和国（奈良盆地）に至る最も自然な入口のはずだった。ところが、その通路には一つ、大きな障壁があった。それが亀ノ瀬の急湍である。

大和川が奈良盆地西端の王寺町藤井一丁目付近で標高が約36m、約8km下流で大阪平野に出た柏原市大正三丁目付近の標高は約14m、その間の標高差は22mある。

内燃機関など機械ならば、何ということもない標高差だが、水流に逆らって舟を進めるのはなかなか容易ではない。

慶長15年（1610）、徳川家康から大和竜田（たつた）藩2万

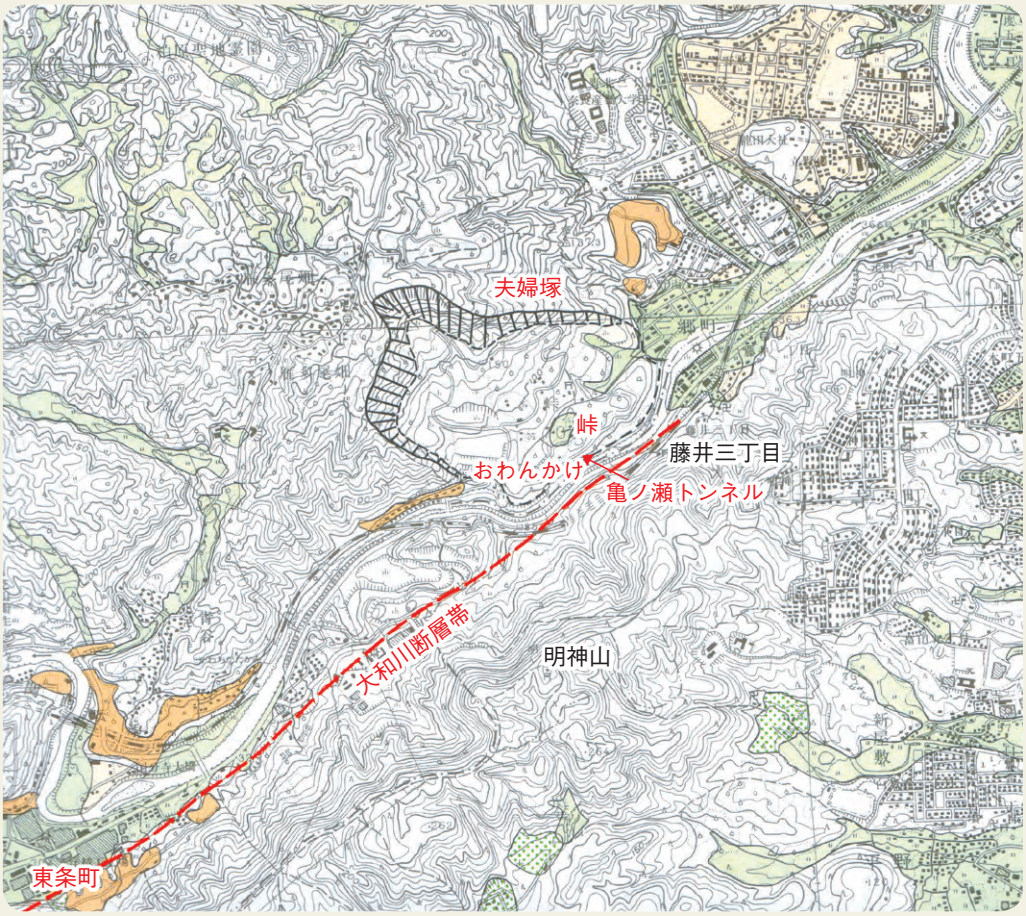



**図-1　2万5000分「都市圏活断層図　大阪東南部」（平成8年）**（80%に縮小）　赤字地名は著者記入

8000石を安堵された片桐且元は、京都の角倉家に依頼して亀ノ瀬を開削した。以後、大坂から剣先船が王寺町藤井まで遡り、そこから上流へは魚梁舟に荷を積み替えて奈良盆地各地へ運送した。

この亀ノ瀬開削以前は、柏原あたりで陸揚げした荷を人の背中に担いで竜田越えし、藤井まで運んだのであろう。

なお、荷ではなく人間が越える道としては、古代から金剛山地北部の二上山南方の竹内峠（標高289m）を越える竹内街道がよく使われていた。とくに古代王権が飛鳥や藤原京にあったころは、河内の近つ飛鳥と結ぶ主要道路だった。また、二上山北麓の穴虫峠（標高103m）もよく利用された。

ほかに生駒山（標高642m）南方の鞍部の暗峠（標高455m）も大坂や河内と大和を結ぶ重要な街道だった。とくに和銅3年（710）から70年間（途中、5年間の山城国恭仁宮への遷都期を除く）、平城京が置かれてからは、暗越えが平城京三条大路に直結する最短ルートとなった。近世には暗越奈良街道は、伊勢参宮道を兼ねた主要街道として大いに賑わった。標高455mの山地を古代人が利用したか、疑問もある。ただ街道というものは、いつの時代でもランドマークとしての要素が必要で、特徴ある生駒山の山容を目印にたどる道は古代から機能したはずである。

『続日本紀』に、和銅5年（712）、「高見峰・春日峰に飛火嶺を始めて置く」とあるが、この高見峰は生駒山頂の一峰で、平城京の東西の要地に烽火台を設置したのであろう。

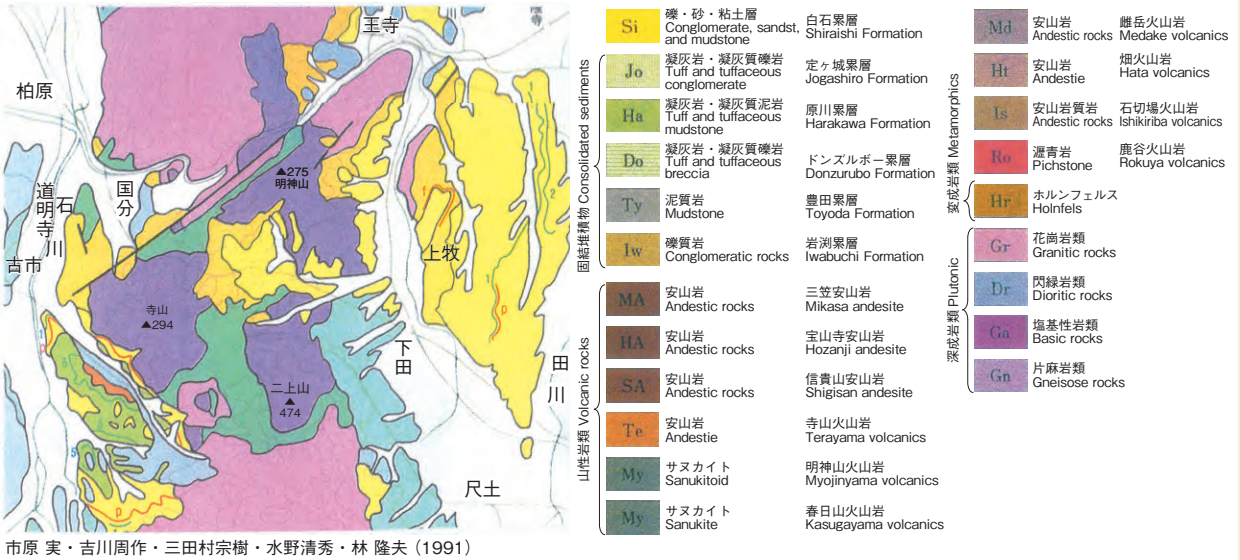
生駒山の名は、すでに『万葉集』にいくつも登場している。また『日本書紀』神武天皇即位前紀の東征の条に、東征軍が「河内の草香邑の青雲の白肩之津」に上陸したが、長髄彦と激戦になり、紀伊国熊野に迂回したとある。内陸深く入り込んだ潟湖（ラグーン）を利用して上陸を図ったこと自体、生駒山の山容がランドマークとして機能したことを意味している。

## 関西本線亀ノ瀬トンネルの大崩壊

昭和7年1月、堅上村峠地区では倒壊したり、傾いて住めなくなる住宅が日々続出、地区内の比較的安全な地に避難所が開設された。

峠地区住民の安否もさることながら、一番の問題は地滑り地帯の直下を走る国鉄・関西本線の亀ノ瀬トンネルの存在だった（**図-1**）。

鉄道省・大阪鉄道局でも意見が錯綜したが、とりあえず補強工事を施し様子を見ることとなった。レールをアーチ状に曲げてトンネル内壁に巻き付け（当時、この工法を「レール・センター」と呼んでいた）、補強するものであった。ところが、トンネルの内壁に貼ったレン




市原 実・吉川周作・三田村宗樹・水野清秀・林 隆夫（1991）
12万5千分の1「大阪とその周辺地域の第四紀地質図」. アーバンクボタ No.30,
（株）クボタ（80%に縮小）

**図-2　大和川断層帯工業技術院地質研究所『日本地質図大系 近畿地方』より**

ガが剥がれ落ちたり、内部のレールが随所で浮き上がったりした。また当時は蒸気機関車が運行していたが、その煙がトンネル上部の亀裂を突き抜けて山肌から漏れ出すという珍現象も発生した。そこで、1月23日から下り線トンネルの使用を停止し、上り線だけの単線運転とする非常措置が採られたが、亀裂が新しい亀裂を呼ぶ有様で、崩落は止まなかった。

学者・技術者の間でも見解はまちまちで、「これ以上、拡大することはなかろう」とする者、「いや大崩落もありうる」とか「亀ノ瀬付近の大和川河床の隆起」を指摘する声など錯綜した。

物見高い世間はこれに反応し、1月23日午前中だけで見物人が1万人も殺到した、という。

## 地震学の権威・今村明恒博士も視察

この地滑り災害は当時の関西地方では“大事件”で、前記した「大阪朝日」は2月21日、号外を発行し、総選挙の開票速報とともに「地変の峠区南平　大崩壊を開始す　地鳴りと共に断崖百坪あまり　大和川床に落込む」と題した特報を併載している。

それより先、2月1日には急遽、徹夜でトンネル東口と西口に仮駅舎が設営され、その間1.6kmを乗客は徒歩で連絡することになった。かなりの急坂で、所要時間は30分を要したという。

前東京大学教授で地震学の権威・今村明恒博士もすでに1月9日、現地に入り、調査の結果、「基盤の第三紀層の匍状運動（クリーピング・ムーブメント）だから、大した被害はなく安定するだろう。関西本線のトンネルにも異状はない」と予測している。

今村博士は大正12年9月の関東大震災の直前、上司の大森房吉教授の意向に反し、「地震の緊急性が高く、その対策の必要性」を説いて注目を集めた“泰斗”だった。だが地震と地滑りはおのずから別種の地殻変動であり、所与の知識・知見で一概に論じてよいものではあるまい。

今村博士は2月4日、下り線大倒壊の当日、現地調査に入り、峠地区北部の夫婦塚付近を頂点とする「馬蹄形の地盤全体が南の大和川北岸の“おわんかけ”付近にかけて緩慢な地塊運動を起こしている」と述べている。

さまざまな学者・技術者の説を総合して、「大阪朝日」は大和川亀ノ瀬から南に6km離れた二上山火山の噴出物が「腐食安山岩」となり、地下に辷り面を形成しているのだとする。無機質の安山岩が「腐食する」とは奇妙だが、地中の圧力によって粘土化することはありうるだろう。（**図-2**）

## 大和川南岸にも異変が…

徒歩連絡するのなら、バスで南岸に渡るという手もあったはず。ところが厄介なことに、南岸の奈良県側に急遽、県道を新設する工事の最中、近くの明神山（標高247.9m）の山麓が数カ所で隆起するという異常が発生した。

亀ノ瀬北方の峠地区の地滑りとほぼ同時に、約2.5km南西で大和川南岸の南河内郡国分村の東條地区（現・柏原市国分東条）でも、規模はずっと小さかったが同様の地滑りが発生し、ブドウ畑が陥没するなどの被害が出ていた。だから、大和川南岸をバス輸送で中継すればよいという結論には簡単にはならなかったのである。

鉄道当局はそれでも、かなり早い段階で、①大和川北岸沿いに軽便鉄道を通す。②峠地区の地滑り地帯を避けて線路を北に迂回させる。③地滑り地帯より東で大和川南岸に新線を通し、地滑り地帯の西端を過ぎて北岸に戻し従来の線路と接続する。という3案を樹て、検討して

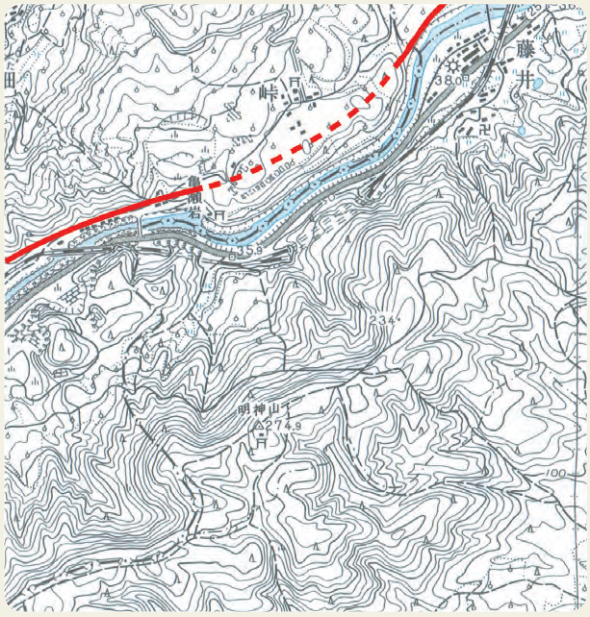



**図-3　大和川南岸に移設された関西本線ルート**
赤線は旧亀ノ瀬トンネル（著者記入）　2万5000分1「大和高田」（昭和42年改測、同44年発行）（75%に縮小）

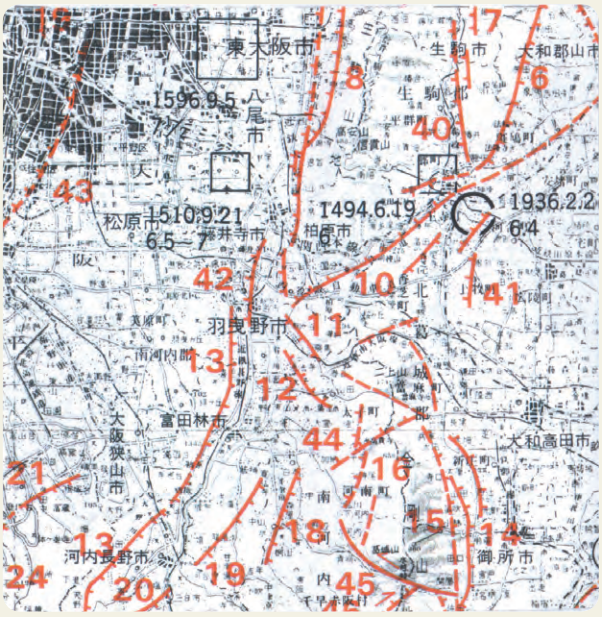



**図-4　大和川断層帯（図の数字10）**
活断層研究会『新編 日本の活断層』（東京大学出版会、1991 年）（75%に縮小）

いたらしい。結果的には③案が採用され、昭和7年12月に新線が開通した。（**図-3**）

## 二つの傾動地塊を横切る大和川断層

当時の「大阪朝日新聞」はこの地滑りの調査に訪れた三高・江原教授の説を紹介し、亀ノ瀬や国分村東條を走る断層を「槇尾断層」と呼んでいるが、近年著された活断層研究会編『新編　日本の活断層』（東大出版会、1991年）を見ると、この断層帯はさらに奈良盆地北部にまで延びる「大和川断層帯」に相当するものと思われる。（**図-4**）

生駒山地・金剛山地はともに西側の傾斜が急で、東側が比較的なだらかな傾動地塊で、山麓には南北方向にいく筋も断層線が走る。それらに対し、この大和川断層は北東の奈良市方面から南西方向に斜めに走っている点がきわめて特徴的である。

この活断層図によれば、亀ノ瀬の東北東約3.5km地点のJR王寺駅付近を震源として明応3年（1494）にM6、昭和27年（1952）にM6.8の地震が起きている。ただし、昭和6年～7年の地滑りとこれらの地震が関係しているのかどうか、私にはそれを論じるに足る知識は何もない。

一方、平成8年（1996）発行の2万5000分1都市圏活断層図「大阪東南部」では柏原市国分東条町方面から北東に延びた断層線は奈良県北葛城郡王寺町藤井三丁目あたりで消えている。（**図-1**参照）

皮肉なことに、この断層線は昭和7年末に新設された関西本線の付け替え新線ルート部分とぴったり重なっている。すでに昭和7年当時、大和川南岸の明神山北麓では、県道新設工事に伴い、地面の隆起や崩壊が発生していた。

なお、北葛城郡王寺町中心部の九度は古語クドレル（崩）に由来するが、かつてこの付近でも崩壊が起きたものか。関ケ原の戦後、真田昌幸・幸村父子が配流された和歌山県伊都郡九度山町は、直線状の紀の川構造谷南縁線が高野山から流れ出た丹生川の谷によって大きく崩された部分である。

## 義務教育段階から地学教育を徹底せよ

近年、防災意識の高まりは目覚ましいものがある。

昭和40年代「公害」が大社会問題になった。当時、東京湾も私の郷里の岡山県児島湾も、水質汚染がはなはだしかった。郷里の波止場で釣ったハゼが何匹も背骨が曲がっているのに気づき、愕然とさせられた経験があった。

その後、政・官・財・学の各界が懸命に努力した結果、環境改善は大いに進み、今や日本は“環境対策最先進国”と評されるに至った。実はその陰で、小中高校の理科教師の日常的な草の根の啓蒙活動が寄与した、と信じている。

子供たちは、昆虫や魚介類、水の汚染には本能的に敏感である。教師たちは、その子供たちにごく簡単な装置で何が異常か、なぜそうなったかを、目に見える形で実証してみせた。

同じことは、自然災害にも当てはまる。義務教育・中等教育段階の理科は生物・化学・物理が中心で、地学は社会科地理と重なるため、とかく軽視されやすい。

小学校段階から理科や社会科の枠外に「生活防災科」を設けて、もろもろの気象災害、火山噴火、地震・津波、崖崩れ・地滑りなどの地異現象について基礎知識と最新の現況を日ごと教えるべきであろう　彼ら地学教師は、地域の防災情報・防災対策の最前線要員になる。そこまで徹底しなければ、災害列島の現実はいつまでも改善されないだろう。

技術ノート

鋼製砂防構造物について⑦

# 礫径調査のはなし

嶋　丈示（しま　じょうじ）
（一財）砂防・地すべり技術センター
砂防技術研究所　次長

## はじめに

透過型堰堤は、コンクリートスリットのような堰上げタイプと鋼製透過型砂防堰堤のような閉塞タイプがあります。堰上げタイプは、洪水時に堰堤上流を湛水させ一旦土砂を貯留しますが、洪水後期に土砂がスリットから抜けます。このため、土石流区間では堰上げタイプは使われず、確実に石礫を捕捉する閉塞タイプが用いられています。閉塞タイプの部材間隔は最大礫径の１～２倍です。最大礫径より広くしても礫が捕捉されるのは、アーチアクションが働くからです。さらに，巨礫は土石流フロント部に集中するため、巨礫をアーチアクションで捕捉できれば、開口部が目詰まりして、後続の細粒土砂も捕捉することができます。（**図-1**・**写真-1**）

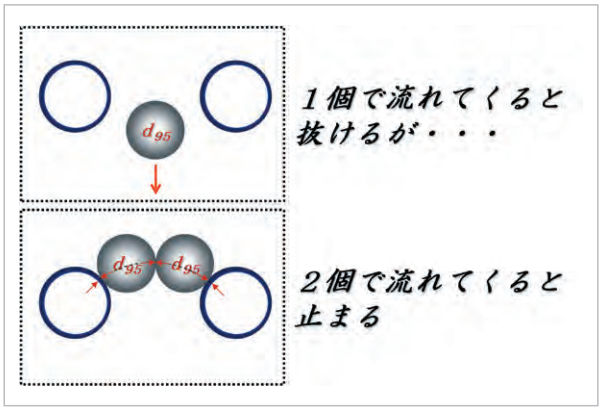



**図-1**

部材間隔を礫の2倍より広くすると、アーチアクションを発揮させるためには礫が3個以上必要になります。3個以上でもアーチアクションは発現しますが、維持が難しくアーチが崩れ礫が再移動してしまうため、土石流の捕捉性能が極端に落ちます。閉塞タイプは土石流中の巨礫を確実に捕捉する必要があるため、アーチアクションを起こす部材間隔に設定する必要があります。

このように最大礫径は、透過型砂防堰堤の機能を決定する最重要因子ですが、部材間隔の設定に用いる最大礫径は現地に点在する巨礫の最大値ではありません。最大礫径の現行の求め方ですが、堰堤設定予定箇所の上下流200mを測定対象とし、土石流の痕跡と思われる礫堆積群を目安に、その堆積群の中から100個または200個

**写真-1**

の礫をランダムに選びます。この礫の2辺（長辺、短辺）あるいは3辺（長辺、中辺、短辺）の平均値を礫径として累加曲線を描き、この曲線の95%を最大礫径（$d_{95}$）と定義しています。「最大礫径=$d_{100}$」にしないのは、数が少ないため、$d_{100}$のような礫径で部材間隔を設定するとアーチアクションが発揮されず、礫が部材の間を通過してしまうからです。

礫径分布から求めた$d_{95}$は、測定した礫の上から6番目（100個測定）または11番目（200個測定）の礫になります。鋼製透過型砂防堰堤の土石流捕捉性能を決定する部材間隔は、この1個の礫径によって決定しているわけです。礫径のばらつきの度合や頻度といった現地の礫分布の特徴がまったく考慮されていません。例えば、現実には巨礫が数個しかなく累加曲線を描くために必要な100個を測定することが難しい場合や、大半の礫が開口部の閉塞に寄与しないような小礫であっても、大きい方から6番目（11番目）の礫がそれなりの大きさであれば$d_{95}$が設定できてしまいます。この結果、開口部を埋めるほどの礫が無くても部材間隔を設定できてしまうこ

写真-2

写真-3

とになります。次項で、部材間隔と礫径の関係、礫径調査の方法について詳しく見ていくことにします。

## 1．部材間隔と礫径

**写真-2**の石は３辺平均すると隣のゴルフボールと同じ外径です。この２つを水路上流から転がすと**写真-3**のようにゴルフボールのみ引っかかりました。「石の長径＞ゴルフボール＞石の短径」であり、これが部材に引っかかるかどうかは平均径より実際にはどのように流れてくるかの方が重要ということです。透過型堰堤の設計では、最大礫径に対して部材間隔を決定しますが、平均した外径にこだわりすぎる必要はありません。礫同士の絡みや礫個数、礫径分布の方が需要ですが、現行ではこれらが設定されておらず、最大礫径のみで透過型の最も重要な礫捕捉機能を決定しています。

## 2．一次閉塞と二次閉塞

**写真-3**のように礫が単独で流れてくれば、礫径より部材間隔が広いと通過してしまいますが、土石流のように巨礫が群体で流下してくれば、鋼管に衝突した礫は絡み合い、部材間隔より小径でもアーチアクションが発揮され捕捉されます。これが透過型堰堤が土石流を捕捉できる所以なのですが、この機能がわかっていないと「透過型堰堤は土砂が通過してしまうから不安だ」ということになりますので、詳しく述べます。

部材が巨礫を捕捉すると、開口部は捕捉された巨礫により狭くなり、これが新たな開口部形状になります。そして、さらに小さい礫径が捕捉されます。こうしたことが繰り返されると、不透過型の砂防堰堤と同様の土砂捕捉効果が発揮されます。ここで、鋼管部材に捕捉されるときを一次閉塞、その次の閉塞を二次閉塞、その次の閉塞を三次閉塞、その次の閉塞を四次閉塞…と定義します。開口部が礫により閉塞されると連鎖反応により開口部がどんどん狭くなり、捕捉される礫径はベキ乗則に則って小さくなります。この結果、部材間隔が１m以上ある透過型堰堤でも、細粒分を含む土砂も捕捉できることになります（**写真-4**）。ただし部材間隔が広すぎて一次閉塞が生じないと、それ以降の二次閉塞も生じません。例えば、昔の堰堤で横材がなく柱間隔を最大礫径の2倍に設定していた頃は、土石流フロント部の巨礫は捕捉されるため開口部は土石流波高あたりまでは閉塞しますが、それより上方は空いたままといった形態が多く見られま

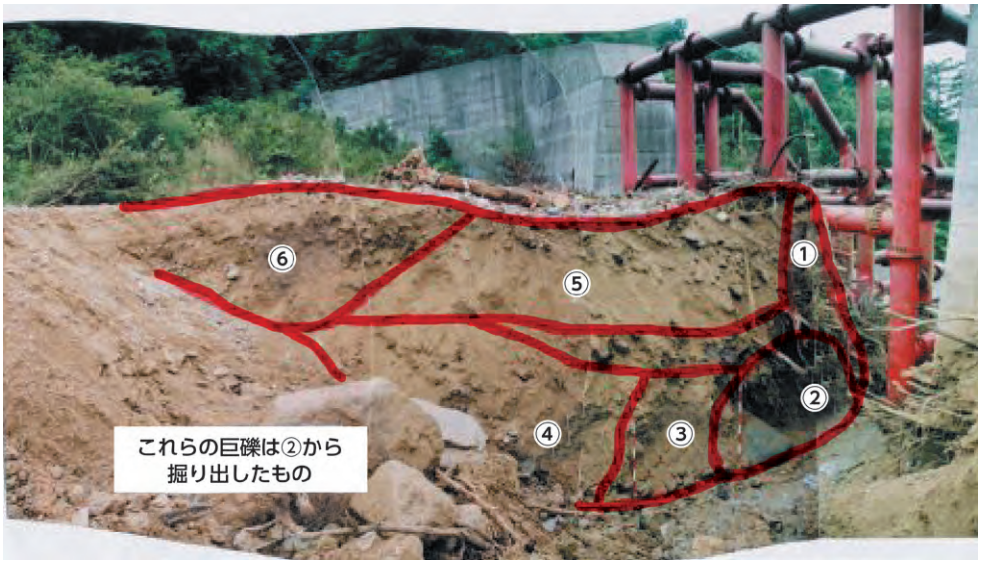



写真-4

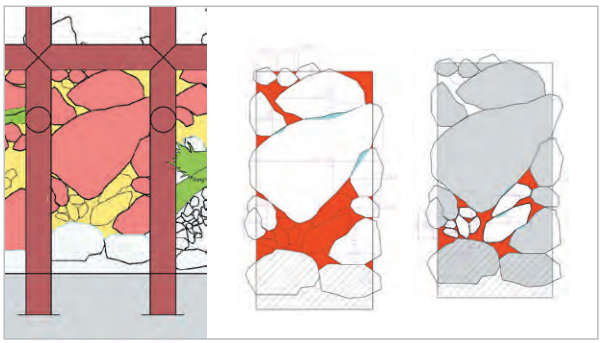


図-2

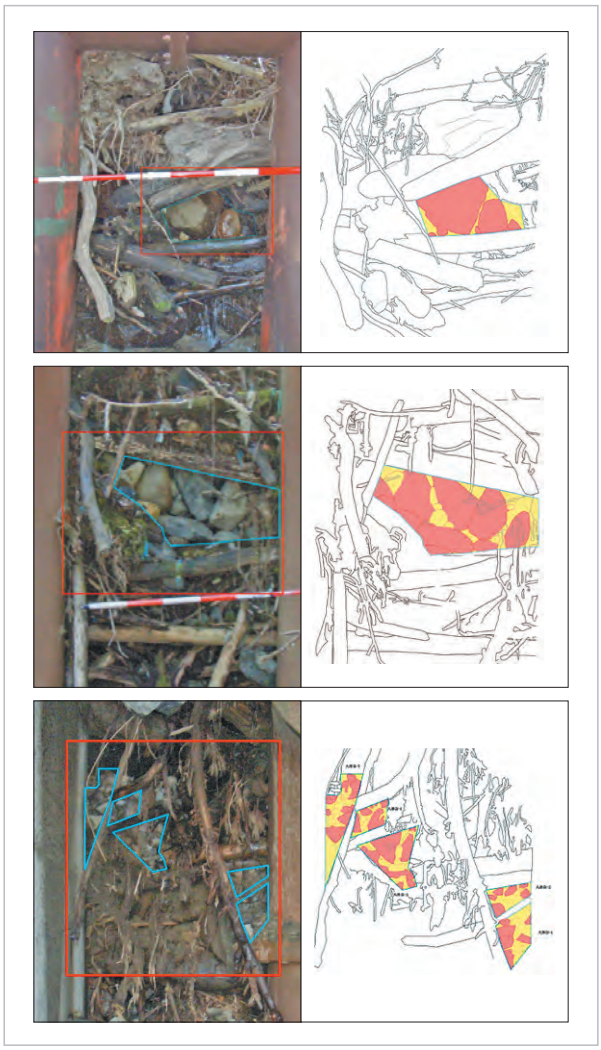


図-3

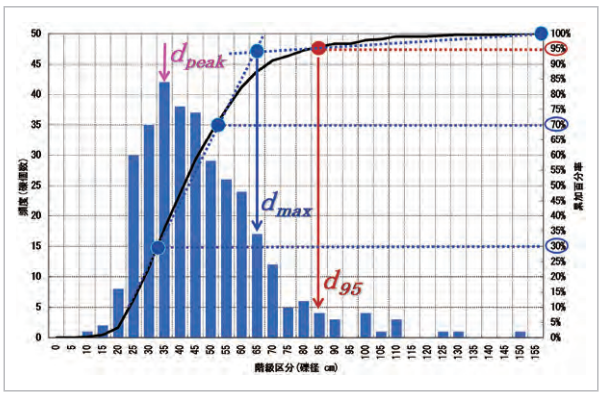



図-4

した（**写真-4**）。

一次閉塞している礫の大半は部材間（二次閉塞では礫間になる）に１～２個なので、アーチアクションが発揮される礫径と部材間隔の関係は、一次閉塞、二次閉塞に係わらず、「礫径×２>開口幅」になります。一次閉塞が発揮されても礫個数が少ない現場では、二次閉塞が生じず堰堤直上流には空隙の多い礫群が堆積することになりますが、これは透過性の高いロックフィルダムができたようなもので、別に悪いわけではありません。

一次閉塞によって閉塞する面積は最初の開口面積の70%程度で、部材で捕捉される礫は$d_{95}$近傍の大きな礫ですが、この礫が捕捉されると、さらに小さい礫も捕捉されるので$d_{95}$より小さい礫も閉塞に寄与することになります。

**図-2**は閉塞された開口部を図化したものです。鋼管部材に捕捉された礫によって開口部は相当小さくなっています(真ん中の図の赤部分)。その開口部をさらに小さな礫が捕捉されています（右端の図の赤部分)。残った開口部はさらに小さな礫によって捕捉されますが、図化できないほど小さな礫です。つまり、二次閉塞まで生じれば開口部は閉塞されたと言って良いでしょう。礫径調査で測定した礫（$d_{100}$～$d_1$）を見ると、一次閉塞と二次閉塞に寄与している礫に相当します。つまり、礫径調査によって求めた礫径分布は開口部の閉塞を左右する礫であり、$d_{95}$より小さい礫径の分布状況や個数が開口部の閉塞にとって重要であることがわかります。

これまで礫の捕捉について述べましたが、鋼製透過型堰堤の捕捉事例を見ると、ほとんど流木も捕捉しています。流木は部材に捕捉されやすいですから、流木が捕捉されると捕捉される礫径は一気に小さくなります。これは一次閉塞、二次閉塞などが同時に起こったようなもので、実際の鋼製透過型堰堤の捕捉事例を見れば、とても捕捉できないような小さな礫しかなくても、流木が捕捉されればほぼ確実に開口部は閉塞されます。**図-2**　ただ、今の基準では流木捕捉を考慮していませんが、流木捕捉を考慮した計画になれば透過型堰堤の捕捉機能に懐疑的な人でも、安心して使えるのではないでしょうか。

## 3. 最大礫径と最多礫径

土石流堆積区間や谷出口などの土石流のフロント部を形成しにくい場合など、礫が各個運搬されると$d_{95}$を対象礫径に設定しても、アーチアクションが発揮されない可能性があります。そこで現地にそれなりの個数があり、かつ大きい礫を基に部材間隔を決めてやれば土石流の流下形態に関わらず、土砂捕捉効果が発揮されやすくなります。このような礫径は累加曲線の最多礫径帯から求めることができます。累加曲線は不連続な曲線であるため、$d_{100}$と$d_{95}$を結んだ直線と、最多礫径帯に相当する礫径帯である$d_{30}$と$d_{70}$を結んだ直線の交点を最多礫径

帯の最大値（$d_{max}$）とします。**図-4**は礫径の頻度と累積を同時に図化したものです。礫の最頻値（dpeak）と$d_{95}$では礫径に相当の開きがあります。最頻値（dpeak）を基に部材間隔を決めると間隔が土石流が来る前に透過が閉塞してしまうことが考えられます。しかし、最多礫径帯の最大値（dmax）なら設計可能な部材間隔に収まります。

渓床勾配と流域面積で最大礫径、最頻値、最多礫径帯の最大値の関係をみると**図-5**や**図-6**のようになります。流域面積の大小、径床勾配の緩急によって前後しますが、ほぼ最多礫径帯の最大値は$d_{80}$近辺になります。そこで、土石流の堆積区間や、保全対象の直上流など、確実に礫を捕捉したい場合、最多礫径帯の最大値$d_{80}$を部材間隔の設定に使うことが考えられます。

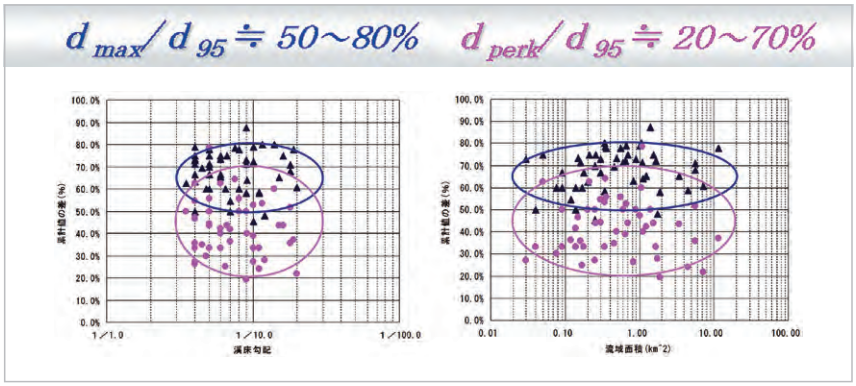



図-5

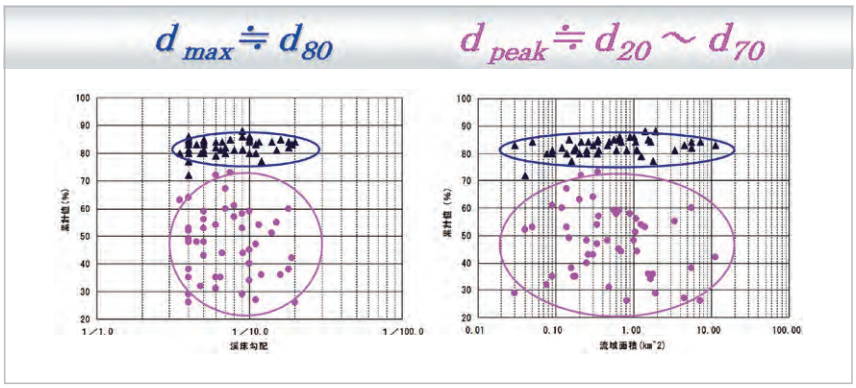



図-6

透過型堰堤はアーチアクションが発揮されることが大事と言いましたが、現行指針では部材間隔は$d_{95}$の1倍です。$d_{95}$と$d_{80}$を比較すると**図-7**のようになり、$d_{95}\times1$で部材間隔を決めるということは、$d_{80}$のアーチアクションを期待できるということです。つまり$d_{95}$が動かなくても現地に多数ある$d_{80}$によってアーチアクションが働き、開口部は閉塞されます。

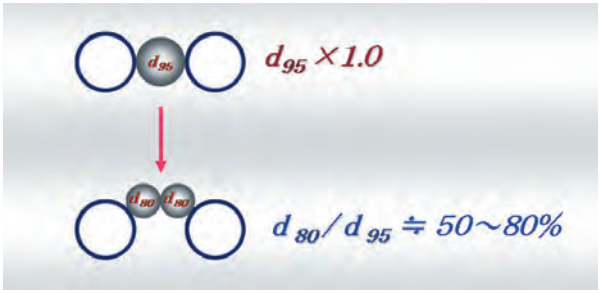



図-7

## 4. 礫径調査の極意

礫径調査では、現地に点在している礫群の性状を把握するため調査対象区間の礫の全体を網羅するようランダムに礫を選定しますが、この礫の選定自体に個人差があります。礫の選定に客観性を持たせる方法として線格子法などの調査方法があります。透過型堰堤を建設する箇所には礫が無数に点在している方が少なく、このような場合に線格子法で礫を選択すると、200個選定できず、最大礫径が選択から漏れることもあります。線格子法は誰がやっても同じ値を導く意味では客観的なのでしょうが、ランダム法は作為的ではあっても線格子法より巨礫の分布を把握するには向いています。

ランダム法の問題は測定者の主観で礫を選択することですが、やり方次第で客観性を持たせることができます。普通に人が礫を測る場合、大きな礫を優先的に選ぶ傾向があり、実際の礫分布より大きめに設定される傾向にあります。また、大きめの礫を選択するため時間も掛かかります。しかし、測定する礫個数が多くなってくると選んでいる暇はなくなってきます。そうなると目に止まった礫を測るようになります。つまり、意識的ではなく、無意識に礫を選択するようになるということです。こうなると、礫群から無作為に礫を選択するため測定者ごとの差が小さくなります。この境地に達するには測定個数を多くすることです。

**図-9**は日光砂防の日向堰堤の堆砂敷で礫径調査したときのものです（位置は**図-8**参照）。測定はA、Bの2チームに分け、Aチームには上記のような説明をして、できるだけ目の前にある礫を測定するよう指示し、Bチームには説明をせず礫径を測定するよう指示しました。①から⑨へ下流から上流に向かって調査していったのですが、$d_{95}$と$d_{50}$を比較するとAチームよりBチームの方が大きめになっています。累加曲線を見ると下流（①、②）より上流（⑧、⑨）の方が頻度分布の傾向が似かよってきているのがわかります。

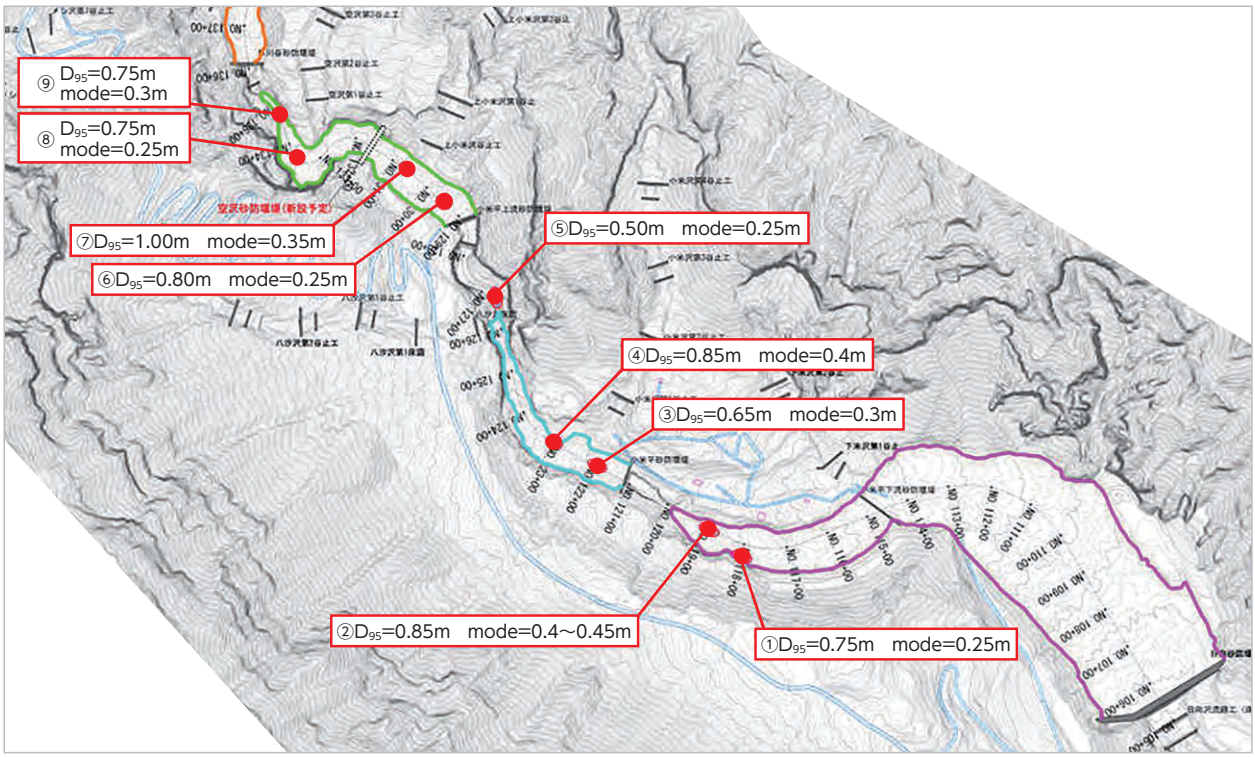
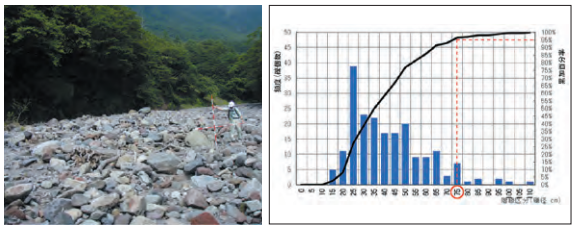
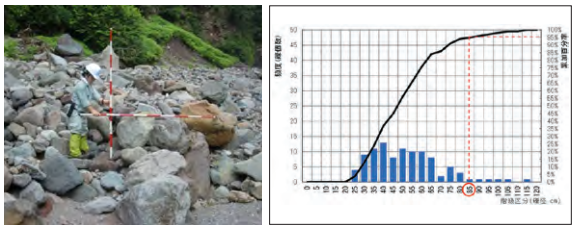


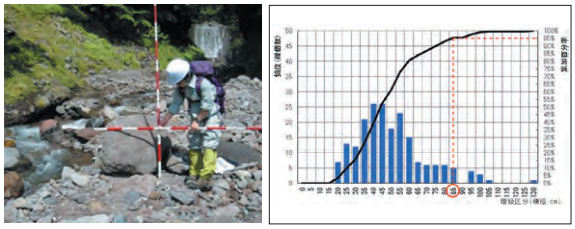

図-8



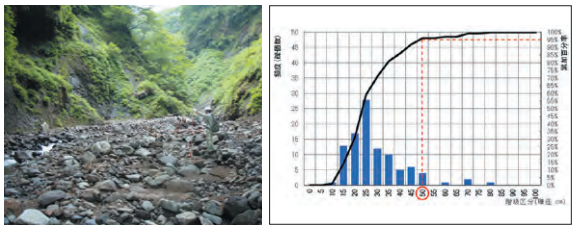
①小米平砂防堰堤下流 1



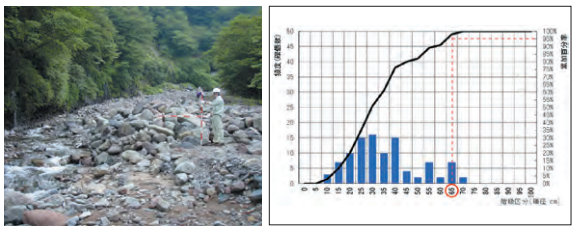
④小米平砂防堰堤上流 2



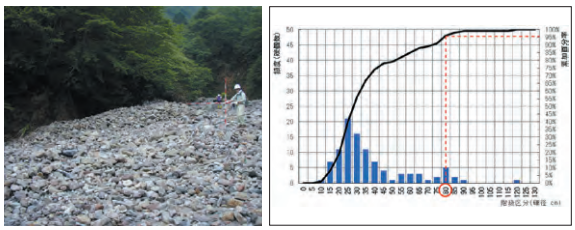
②小米平砂防堰堤下流 2



⑤小米平上流砂防堰堤　下流狭窄部



③小米平砂防堰堤上流 1



⑥小米平上流砂防堰堤上流（空沢計画堰堤下流 1）

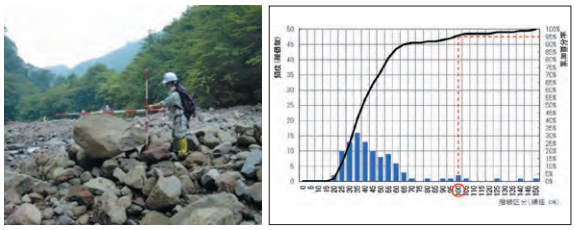
図-9

| Aチーム | Bチーム |
|---|---|
| ①$D_{95}$=0.75m　$D_{50}$=0.35m | ②$D_{95}$=0.85m　$D_{50}$=0.45m |
| ③$D_{95}$=0.65m　$D_{50}$=0.30m | ④$D_{95}$=0.85m　$D_{50}$=0.50m |
| ⑤$D_{95}$=0.50m　$D_{50}$=0.30m | —— |
| ⑥$D_{95}$=0.80m　$D_{50}$=0.25m | ⑦$D_{95}$=1.00m　$D_{50}$=0.35m |
| ⑧$D_{95}$=0.75m　$D_{50}$=0.25m | ⑨$D_{95}$=0.75m　$D_{50}$=0.30m |

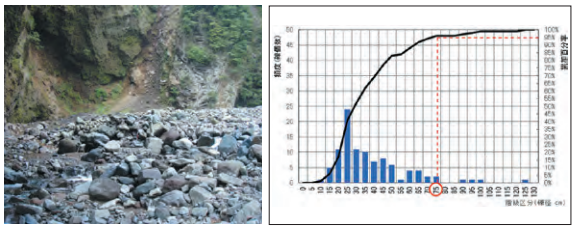
1箇所目は礫を選んで測りますが、2箇所目、3箇所目になると、めんどくさくなって選ばなくなります。このように作業が多くなれば選んでいる暇はなく、目に飛び込んだ礫を淡々と測るようになります。意識的に判断するより無意識で行った方が五感をすべて使って最適な行動をとるようです。この無意識を作り出すために頭を使わないようたくさん作業させることで、考えるより動いたほうがよい状態を作り出すことができます。このような状態になると放っておいてもベストな礫選定になります。

この境地になるのが何個とは言えないのですが、無意識に測るためには、測定個数が多いほど良いでしょう。指針で100個から200個に変更になったのは、客観性の向上にもなっていると思います。

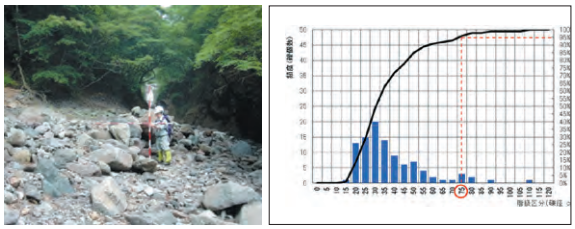
ただし、今ではUAVを用いて自動で計測できるシステムもあり、これらを使えばこのような心配は無くなります。まことに技術革新は人を楽にはしますが、工夫もしなくなるので、基礎となる考え方は十分理解して望みたいものです。



⑦小米平上流砂防堰堤上流（空沢計画堰堤下流 2）



⑧小米平上流砂防堰堤上流（空沢計画堰堤上流 1）



⑨小米平上流砂防堰堤上流（空沢計画堰堤上流 2）

## おわりに

礫径調査をもとに設定する最大礫径は、透過型砂防堰堤の機能を規定する最も重要なパラメータです。しかし、礫径調査において礫の選定に個人差があり、礫形状は無視し長辺、短辺の平均を礫径としているなど、礫調査には曖昧さがつきまといます。さらに、$d_{95}$自体が現地では頻度分布の少ない礫になっています。閉塞タイプの透過型堰堤は開口部を閉塞する礫が重要ですから、開口部で何を捕捉するのか、どのように捕捉するのかを十分理解して、最大礫径の他に礫径分布や礫個数などの現地の状況を考えて、適切に最大礫径を設定する必要があるでしょう。

例えば、土石流の流下区間では部材間隔を$d_{95}$×1倍に設定しておけば$d_{80}$でアーチアクションが働き、礫径調査した礫群はほぼ捕捉されます。また、土石流の堆積区間のように土石流フロント部が形成されにくい箇所では、部材間隔を$d_{80}$×1倍にすることで捕捉機構を発揮することができるでしょう。このように透過型堰堤は安全に効率良く土石流を捕捉するには、どの礫を捕捉対象にするのか機械的に決めるだけではなく、「何が流れてくるのか」、「何を流して良いのか」、礫径分布を眺めて捕捉イメージを掴むことも必要ではないでしょうか。

なお、日向堰堤の礫径調査にあたり、国土交通省日光砂防事務所に多大なるご協力を頂きました。誌面をお借りして感謝の意を表します。

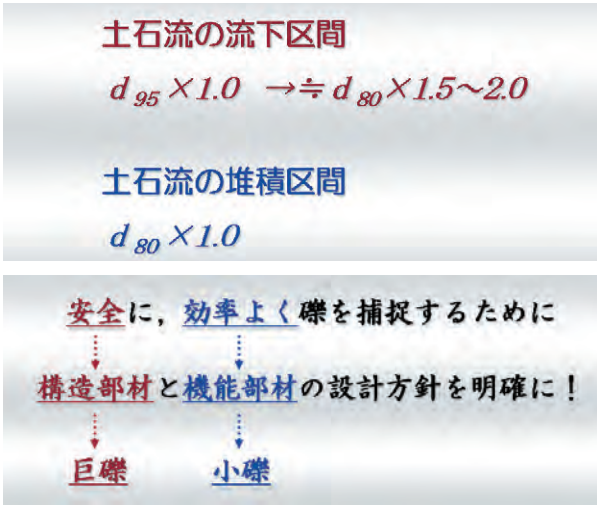



図-10

# 平成28年度
# 砂防・地すべり技術センター 講演会報告

（一財）砂防・地すべり技術センター

平成28年6月14日砂防会館シェーンバッハサボーにおいて、恒例のセンター主催講演会を開催しました。この講演会は、砂防を中心に多方面にわたる防災に関わる知見の周知を趣意として、平成14年より毎年行っているものです。今年度も、来賓に国土交通省西山砂防部長を迎え、245名の参加が熱心に聴講する中、盛会に終わりました。以下にその概要を掲載いたします。

発表 1

## ヒル谷での天然ダム決壊実験

里深好文（さとふか よしふみ）
立命館大学システム工学科教授

### 1. 背景

2004年の中越地震以降、2008年の岩手・宮城内陸地震など大規模な天然ダムが立て続けに形成されている。

天然ダムが形成されることで、上流側では湛水による浸水被害、下流側では河道閉塞の決壊による洪水・土石流被害の恐れがある。こうした天然ダムによる被害を最小限とするためには、危険度の的確な評価及び迅速かつ適切な応急対策を実施することが必要であるが、天然ダムの決壊過程を明らかにし、下流への影響を予測することが不可欠であると考える。

越流侵食による天然ダムの決壊過程及び下流へ流出する洪水のハイドログラフは、これまでの土石流から掃流砂までをひとつの河床変動モデルで解析する手法を応用することで計算可能と考えられたが、実現象と数値計算に大きな違いがないか検証が必要であった。

### 2. 現地実験

#### (1) 現地実験の意義

現地実験を行う意義として、①比較的大きなスケールの実験が可能、②実験水路では表現しきれない計算条件をより実現象に近づけることができる、③若手技術者の育成に有用、がある。

①及び②について、実験水路では理想的な条件下での実験はできるが、不飽和土における吸着力や透水能、河床や側岸を通じた水の移動などを表現することが困難であり、実現象と異なる部分も多い。また、数値計算と水路実験はほぼ整合することが確認できているが、数値計算のパラメータはある程度想定のもと、設定せざるを得ないものもある。そのため、実験水路を用いた実験と規模の大きい現地実験の組み合わせが必要である。

③について、学生や若手技術者は実現象に向かい合う経験が不足しがちであるが、チームで実験準備を行って決壊過程を記録することで、達成感と連帯感が得られるとともに、リーダーシップやコミュニケーション能力が向上する。論文を読むことで成功事例は知ることができるが、失敗原因やそれを回避する実験テクニックなどは、実験でしか学ぶことができないと考えられる。

#### (2) 現地実験の概要

京都大学防災研究所附属流域災害研究センター穂高砂防観測所は岐阜県高山市奥飛騨温泉郷に位置し、昭和40年から現在に至るまで、山岳流域の土砂流出実態の解明を目指し様々な観測が行われている。その中でも、神通川水系足洗谷支川の「ヒル谷」では、これまで重点的に実験が行われてきており、谷の中腹には土砂を捕捉しその量を計測するための試験堰堤が設置されている。ヒル谷の流域面積は0.85km$^2$で、現在でも活発に土砂を生産する裸地斜面が存在しており、降雨流出に伴って大量の土砂が下流へ輸送されている。

ヒル谷は通常の電源が使用できるほか、実験に用いる資機材を運搬するための道路があり、試験堰堤のゲート操作により流量を調節できるという利点もあることから、

以上を踏まえ、天然ダムの決壊実験を実施している。

### (3) 現地実験の手順

実験はおおよそ、①3Dスキャナ等を用いた実験サイトの測量、②天然ダム形成時に障害となる渓流水をバイパスさせるための仮排水管の設置、③所定の縦断形状となるように天然ダムを土砂で作成するとともに、天端中央部付近に越流開始地点となる切り欠きを設置、④計測機器（ビデオカメラ）の設置、⑤仮排水管を閉塞させ、湛水・越流・決壊状況を計測、という流れで実施した。

### (4) 実験の留意点

実験はやり直しができないために、特に計測機器の準備・設置には注意が必要であり、結果的に無駄になったとしても機材を余分に用意しておくことが重要である。

また、周辺環境への影響を極力小さくするためには、天然ダム作成に用いる土砂は同一流域の下流部で採取されたものを使用しているほか、渓流魚の産卵時期と重ならないよう実験時期を選んでいる。

### (5) 実験条件及び実験結果の一例

2011年度には高さ約1mの天然ダムを設置し、天然ダムの下流のり勾配を1/2と1/3とした2ケースの越流決壊実験を行った。これは、数値計算において、下流のり勾配が重要なパラメータとなることから実施した。また2012年度には、堤体の規模を大きくしたほか、天端に幅を持たせた台形形状での実験を行った。

2011年度の実験では、流出流量のピークは下流のり勾配が急なケースの方が大きくなっており、下流のり勾配が1/2のケースではピーク時には流入流量の8倍近い値となった。また、2012年度の実験では、当初、台形形状のケースの方がピーク流量が小さくなることを想定していたが、実際には天端で侵食された土砂が下流に溜まらず緩勾配を形成しないことから、天然ダムの高さが同じであればピーク流量も同程度となることが分かった。

## 3. 今後の展望

現地実験によって、天然ダムの形状が流出洪水に影響することなどが示されたほか、検証に必要な多くのデータも収集することができた。

現在は、越流決壊のみならず、進行性崩壊やすべり崩壊など多様な崩壊プロセスを再現できる解析モデルの開発に取り組んでおり、より高度な洪水ハイドログラフの予測につながるものと期待している。

発表 2

# 広島県の砂防行政について

脇田光浩（わきた みつひろ）
広島県土木建築局　砂防課　主査

## 1. 広島県の土砂災害の特徴

### (1) 広島県の土砂災害履歴

広島県では、概ね10 ～ 20年に1回の頻度で死者10名以上の大規模土砂災害が発生している。

戦後間もない昭和20年9月の枕崎台風による風水害は、原爆被害の復旧もままならない状況下で2,022名の犠牲者をもたらした。

昭和42年7月の集中豪雨は、呉市において最大時間雨量74.7mmに達し、各地でがけ崩れを発生させ、死者・行方不明者は159名に及んだ。この甚大災害を契機に急傾斜地法が制定された。

平成11年6月に広島市・呉市で発生した最大時間雨量81mmに達する集中豪雨は、死者・行方不明者32名の他、社会基盤への甚大な被害を与え、土砂災害防止法制定のきっかけとなった。

そして、平成26年8月に広島市を襲った集中豪雨は、安佐南区・安佐北区を中心に多数の土石流災害を誘発し、76名の死者を出す甚大災害となった。平成11年の災害に引き続き同地方で再発したこの甚大災害（8.20土砂災害）は、国の重要施策にも影響を及ぼし、土砂災害防止法の改正に至った。

このように、広島県における土砂災害対策は、県政における重要課題となっている。

### (2) 広島県における土砂災害をもたらす特性・要因

広島県が、甚大な降雨災害を被りやすい特性・要因（素因・誘因）として、次のような点が挙げられる。

**降雨特性**

広島県は、平野部が狭小で海岸線近くまで山地が迫っている。山間部も北東－南西方向に切れ込んだ谷地形が連続する特徴的な地形が分布する。平成26年8月の広島土砂災害では、地形分布に沿った狭い範囲に積乱雲が連続的に発生するバックビルディング現象が発現した。このような環境が、集中豪雨を多発させる要因となっている。

**地質要因**

広島県には瀬戸内沿岸から内陸まで、花崗岩類が基盤岩類として広く分布している。これら花崗岩類は風化が進行すると、急速に質的変化を起こしマサ土になるこ

とから、土砂が崩れやすくなる。

**地形と土地利用状況**

山地が海岸線まで迫っていることが、土地利用条件にも影響を与えており、山裾付近まで産業拠点の進出や宅地化が進んでいる。また戦中から戦後にかけて、伐採による山地の裸地化も進行した。

その結果、山地の保水能力が低下し、浸食域が拡大する一方、浸食域と流下域の接近、保全対象区域の拡大が顕著となった。これらの要因が重なったことにより、被害が大きくなっている。

## 2.「8.20土砂災害」── 現状と課題・対応

### (1) ハード対策

平成26年8月20日の土砂災害に対し、同年12月までに行った調査を基に、12月2日、災害関連緊急砂防事業・災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業に係る「砂防・治山施設整備計画」を公表した。当該対策事業は、平成26年度から翌年平成27年度にかけて実施された。整備計画の概要は以下のとおりである。

**整備計画の対象箇所**

・国土交通省が実施した緊急点検調査で緊急的な対応が必要（A評価）とされた77箇所
・急傾斜地で緊急的な対応を行う20箇所
・A評価以外で農林水産省が緊急事業を行う2箇所

以上を対象箇所とし、緊急事業57箇所、通常事業42箇所とした。

**整備計画の内容**

・国・県・市等の事業主体
・各機関で実施する事業の進め方
・各機関で実施する事業の概ねの工事内容

平成28年度以降は、通常事業による整備を計画している。砂防については、通常の砂防事業等の加速化を図る。がけ崩れ対策については、急傾斜地崩壊対策事業にて実施進捗を図る計画である。

### (2) 土砂災害警戒区域等の指定促進

広島県全域の土砂災害危険箇所を有する小学校区（総数450校区）を対象として、「基礎調査」を平成30年度末までに、また「区域指定」を平成31年度末までに完了させる計画を策定し、現在実施中である。8.20土砂災害で特に被災規模の大きかった緑井・八木地区については、平成26年度中に指定を完了した。

### (3) ソフト対策

ソフト対策として、防災・減災に向け公助・共助・自助の取組強化のため、次の施策を推進している。

1) 専任組織の編成：県民減災総ぐるみ運動の展開や土砂災害警戒区域等の早期指定に対応するため、危機管理監と土木建築局に、専任の事業責任者「担当課長」を配置し、防災減災に向けた取組を強化する。
2) TVデータ放送の活用：NHKのデータ放送を通じ、土砂災害危険度情報をリアルタイムに発信する（平成26年12月より開始）。これは、高齢者等の災害時要支援者をサポートし、緊急時における適切な情報伝達・情報取得を行う。
3)「土砂災害啓発・伝承プロジェクト」の推進：「啓発」・「防災教育」・「伝承」を3本柱とし、県民の防災意識醸成により危険箇所・区域に対する理解を得る等、地域防災力の向上を促進する。

## 3. その他（砂防アクションプラン2016）

8.20土砂災害を踏まえ、「ひろしま砂防アクションプラン2016」を策定した（平成28年3月）。

これは、ソフト・ハード一体となった総合的な土砂災害防止対策を促進させるとともに、既存施設の適切な維持管理による安全・安心の確保を目指す土砂災害防止対策プランである。

発表 3

# 対流促進型国土の形成 ー第２次国土形成計画の推進に向けてー

奥野信宏（おくの のぶひろ）
中京大学　理事

## はじめに

第2次国土形成計画は、「安全で、豊かさを実感」することのできる国、「経済成長を続ける活力」ある国、「国際社会の中で存在感」を発揮する国を目標に策定された。第2次国土形成計画は、昭和37年の全国総合開発計画から数えて、第7次の計画に相当し、全国計画、広域地方計画、新しい北海道総合開発計画からなっている。

経済協力開発機構（以下OECD）は、第2次国土形成計画について「人口減少、高齢化の移行期間を如何に運営するかが将来の繁栄を左右する」、「近い将来、類似の課題に直面する他のOECD諸国に貢献、模範になる」として高く評価した。

計画の全体を貫くテーマは「対流」である。国土計画の基本理念は、「交流・連携が新しい価値を生み出す」

ことにある。それを今の時代に体現するのが「対流」であり、人・モノ・情報の内外での双方向の流動を促すことによって、東京一極集中の是正、各地の地域力、都市の国際競争力を高めることを目指している。

国土形成計画で提起されている対流の熱源として、「コンパクト＋ネットワーク」、「主要都市圏とスーパーメガリージョン」、「東京オリンピック・パラリンピック」、共通のエネルギー源としての「多様な主体の参加」がある。

### 1. コンパクト＋ネットワーク

地方都市では、人口減少による機能低下が危惧されている。生活支援機能の中心部への誘導、外縁部地域の居住に一定の制限、シャッター街等の空家対策を行う、「あじさい型」や「団子と串型」の都市のコンパクト化に向けた施策が大都市圏も対象に実行されてきている。また、コンパクトになった都市の連携ネットワーク化により、近隣都市が、相互に補完し一体として機能し、高度な都市機能を維持することができる。一方、大都市においては、国際競争力のある都市圏づくりとして、英語圏の住民が英語で生活してストレスを感じない「グローバルにビジネス活動が展開できる街」、「高齢者が住みやすく、子供が生まれる街」、「環境に優しく、歴史・文化が感じられる街」、「安全・安心な街」を目指している。

### 2. スーパーメガリージョン

スーパーメガリージョンは、リニア中央新幹線の開業を見据えた2050年の姿である。第2次国土形成計画で国家プロジェクトに位置づけられ、東京・名古屋・大阪圏が一体となり、日本の牽引力として期待されている。リニア中央新幹線は、2027年に東京・名古屋間で開業予定であり、人口6千万人の鉄道による日帰り交流圏が誕生する。2045年には大阪まで開業が予定されており、東京と大阪は約1時間、名古屋と大阪は約15分の日本をブレークスルーする事業として期待されている。既に名古屋圏では、名古屋駅周辺を中心とした整備構想が固まり、具体的な実施計画の検討段階に入っている。その一方で、集積する機能を名古屋駅地区だけで受け止めることができるかどうかという課題も出てきており、副都心の整備が話題に上りつつある。関西圏では、複眼型国土構造の実現を目指し、リニア中央新幹線の早期全線開業を、北陸圏においても、中央日本と北陸圏を含むスーパーメガリージョンのための公共交通網の整備が期待されている。

### 3. 多様な主体の参加

対流に共通のエネルギー源となるのは、多様な担い手がつくる人の繋がり、それによって生まれる「共助社会」である。国土計画では、昭和62年の第4次全国総合開発計画から、「地域住民、ボランティア団体、NPO、企業等の多様な主体の参加による地域づくり」が謳われるようになった。平成20年の国土形成計画ではそれが「新たな公」、第2次国土形成計画では「共助社会」と呼ばれるようになった。共助社会の特徴は、普通の人、民間が公共を担うことである。行政機能の代替・補完では、大規模自然災害への対応と避難経路の整備、防災訓練等の実施、地域での子供の教育・介護等、安全・安心、防災・減災においても威力を発揮している。稼げる国土になるために、NPOや社団・財団法人、株式会社の形態で、ソーシャルビジネスを活用した特産品の開発・販売、観光資源の発掘・事業化等の実施、東日本大震災の際には、釜石プラットフォーム（キッチンカープロジェクト）のような復旧・復興での役割も担っている。しかし課題として、組織が脆弱であること、企画・立案できる人材育成を大学に期待するも教授が少ない等の人材育成の課題、資金提供の仕組みが未成熟、社会からの信頼性の醸成などの課題がある。

### おわりに

第2次国土形成計画は、人口減少と高齢化が同時進行する社会にあって、人の繋がりの構築によってほどよい成長に支えられた「先進国に相応しい安定感ある社会」としようとするものである。

斜面環境　山の辺の道「9」

# フォッサマグナ北縁の里山異変と「稀有な天助」

なかむら さぶろう
中村 三郎

防衛大学校名誉教授
地すべり学会顧問
東北大学理学部卒業（理学博士）・日本地すべり学会会長・
横浜市立大学・早稲田大学・成蹊大学・法政大学大学院講師等歴任

## 1. はしがき

フォッサマグナ北縁、犀川支流の土尻川源流域を西へ移動し山間を越え、ようやく北アルプス山麓、白馬村の里へ出ました。ご指導を頂く八木健三先生に「今日の目標は小谷村だよ、頑張れよ」と励まされながら、先生方が採集する岩石資料等の運搬と整理を手伝いつつ懸命に後に従いました。地元大学の碩学、小林国夫・平林照雄先生も同行されていました。諸先生が現地で討議されている問題や内容については十分理解し得ないまま、調査行の後に従っていた当時大学3年次の私にとっては、初めてのフォッサマグナ糸魚川・静岡構造線のフィールドワークでありました（図-1）[1]。

図-1　フォッサマグナ北部・西縁部等の位置図(2012)

その後「秋津州二つに分ける大割れ目あくまで究む身の続くまで」という大塚弥之助博士の歌を知りました。博士は1945年太平洋戦争直後の混乱期、47才の若さで惜しまれつつ世を去られましたが、当時の博士の心意気が感じられます[2]。「二つに分ける大割れ目」というのは大断層とフォッサマグナを指しております。古第三紀末期～鮮新世にかけて、日本列島はユーラシア大陸から離れ移動しつつ大きく二つに割れ、それに伴い形成されたフォッサマグナ（大地溝帯）と幾多の断層や山並みが造り出されています。1940年代以降、多数の先達によって、地域の「自然と人」に関わる優れた成果も累積報告されています。

## 2. 謙信の置きみやげ ――「塩市」そして「飴市」

山国育ちで海を見たことのない小学6年生の時、糸魚川で初めて日本海を見てその広さに驚嘆し、さらに海水を舐めて「この水、しょっぱいぞ」と再度驚かされた時の思い出は今も懐かしい、そしてその時「塩は海水から作り出されること」「塩は私たちの生活にとって不可欠であること」を先生から教えてもらいました。

その後歴史の授業で、越後の上杉謙信と甲斐の武田信玄が戦っていた約400年前の戦国時代、遠江の今川や相模の北條の戦略によって、南（太平洋側）から信濃や甲斐へ入っていた塩（南塩）が断たれたことを習いました。これは海から隔たった甲斐や信濃の人々にとっては一種の兵糧攻めであって、地域の人々は大いに苦しんだと言

図-2 「塩の道」千国街道（小谷村観光連盟）

われます。これを見かねた謙信は信玄と話し合いの上「これは戦いとは別の問題である」として、北方経由の塩（北塩）を送ったという、いわゆる謙信の「義塩」という話であります。

フォッサマグナ西縁、糸魚川・静岡構造線沿いの山間には、いくつかの谷や峠を結ぶ「山の辺の道」があります。糸魚川で陸揚げされた「北塩」は、牛方と歩荷の手によりこの山の辺道を辿り、松本・塩尻に運ばれました。例えば越後側の山口番所から大網峠を越え下り湯原へ、戸土から安房峠を経て中谷・小谷温泉へ、山の坊から湯原を経て千国の番所へ向かうという幾筋かの街道を辿り「北塩」は松本へと運ばれました（**図-2**）。この地方の冬は日本海側気象の影響を受けて積雪が多く、小谷村中土での2月の記録では平均4.39mといわれ、当時千国街道沿いと小谷村は雪崩や地盤災害の絶えない地域で、塩や物資を運ぶ牛方や歩荷の苦労はたいへんなものでありました[3]。

そして1569（永禄12）年1月11日「北塩」を積んだ牛が千国街道を経て松本の町に着いた時、人々は歓喜したと伝えられています。この「義塩」が到着した日を記念し忘れることのないよう、信州の人々は1月11日を「塩市」の日として今日なお伝え続けています。その市では「塩俵」に似せた飴も売っていたことから、その後「飴市」などとも呼ばれ、地域の人に親しまれています。子供の頃父親に連れられ、松本の女鳥羽河畔の縄手通りで遊び歩いた楽しい飴市のことを懐かしく思い出します。400年来続いているこの塩市は、信濃の人々にとって謙信の素敵な置きみやげとなり、今年も1月9日（土）10日（日）に市が開かれて賑わっていました。

## 3. 稗田山崩壊と「稀有の天助」

白馬岳（2,932m）をはじめ北アルプスの山々に囲まれた小谷村は、フォッサマグナ北縁、長野県最北端に位置し、古来豊かな自然が残された地域であります。北小谷の山々を穿ち姫川に合流する浦川の源流域に稗田山（1,428m）があります（**図-3**）。小谷村誌[4]によると、1911（明治44）年の8月8日午前3時頃、この稗田山で大規模な山体崩壊が発生しました。当時は鳶山（1858年）、磐梯山（1889年）の山体崩壊に次ぐわが国三大崩壊の一つとも言われていました。

稗田山は60～75万年前、第三紀の来馬層群上に形成された稗田山火山の一部と推測されており、溶岩と火砕質物等の互層により成る山塊と考えられています[5]。稗田山山塊の大崩壊の状況については、2011年開催の「稗田山崩れ100年シンポジウム」資料により次のようにまとめられています。「1911年8月8日稗田山西斜面一帯（長さ3km、幅1km、高さ300m）が楕円形に大崩壊し、岩塊化・土石流化し、浦川を6km流下し、姫川との合流点の突出部、松が峰を乗り越え、姫川・来馬に達した。合流点に堆積した岩塊・土砂は、姫川本川の河道を閉塞し、姫川に高さ63mの天然ダムを形成し、3km上流の“下り瀬集落”まで浸水した。また浦川の河床は土石流によって80～150m上昇した。土石流により石坂集落は被災し、下の集落では17人、浦川尻では6人の人々が死亡した」[6]と記載されています（**図-4**）。その後稗田山は1912年2回、3回と崩壊しましたが、家屋・人的被害はありませんでした。しかし1912年7月の稗田山4回目の崩壊時に、天然ダム（長瀬湖）の決壊もあり、来馬河原に押し出した土石流によって来馬地域は再度被災しました[7]。また姫川下流域における被災により、日本海までの橋梁はすべて流出してしまうという大災害でありました。

牛方：小谷村観光連盟

稗田山崩壊に関わる現象や話題は多数ありますが、過日、幸田 文著「崩れ」[8]の中で拝見した話題は忘れられま

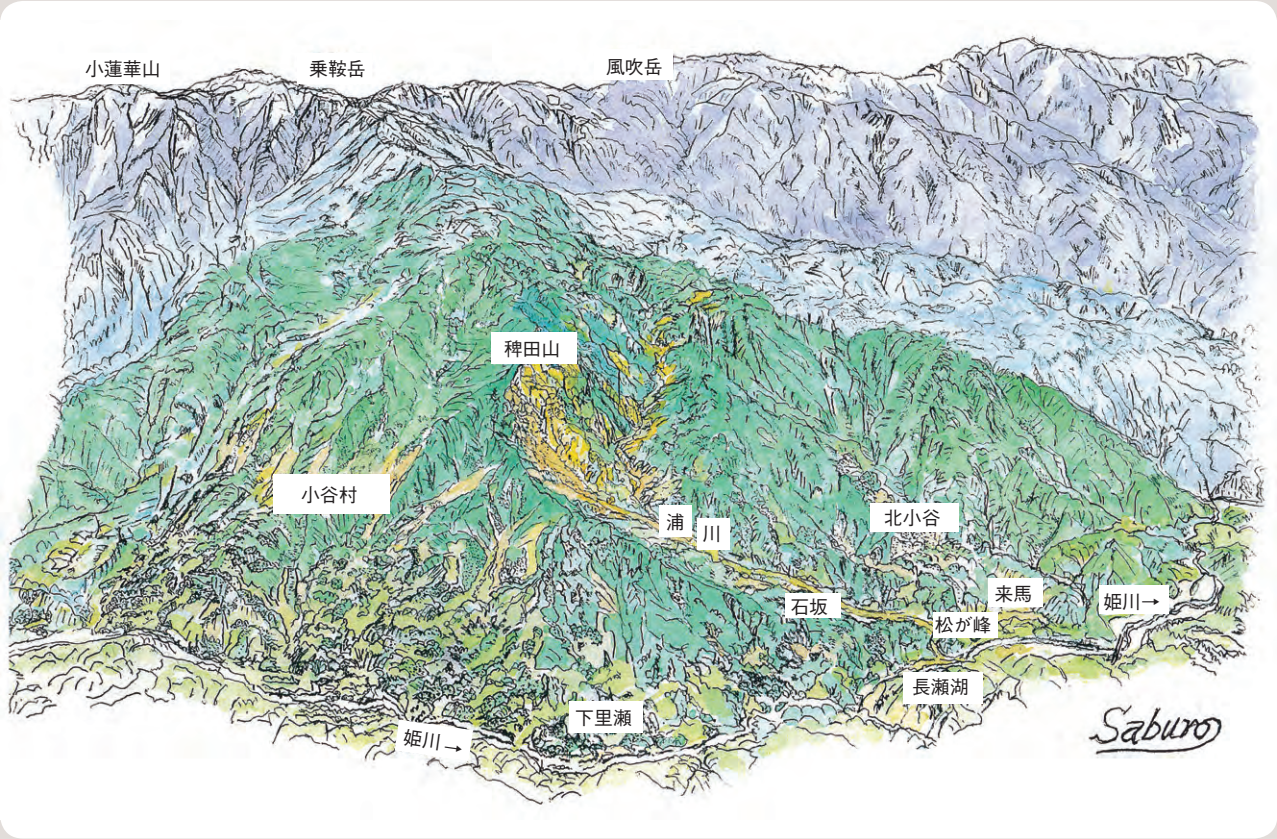



図-3　稗田山崩壊域と姫川～北アルプスの一部（中村、2015）

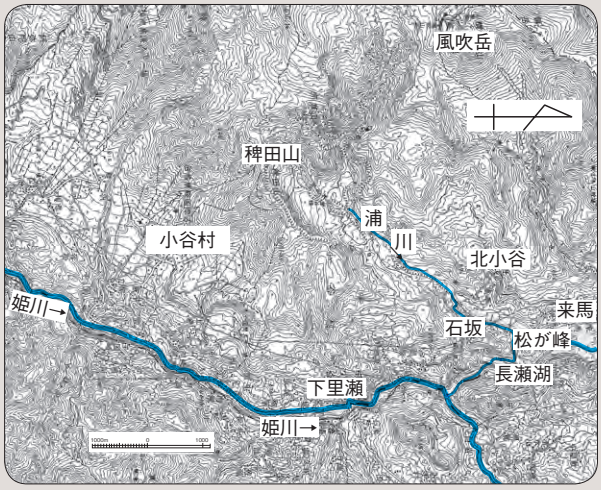



図-4　小谷村と周縁地図

せん。幸田さんが稗田山崩壊現地を訪ねた折、背負子を負った、仕事の途中と思われる一人のご婦人から聞いたという話であります。そのご婦人は当時66歳で災害の時はお母さんの胎内であったといいます。「稗田山の崩れは午前三時でまだ真っ暗、眠っていたお母さんはたぶん、ごうっという土石流の轟音で驚いたろうが、その時は何が何だかわからないまま、その恐るべき土砂の流れに乗せられていた。どういうわけでそうなったのかはわからない。ただ、土石流の上に乗ったまま流されて、対岸に打上げられ、無事みごとに助かったのである。なぜ転々する土石の急流の上で、土中に巻き込まれることなく、ふわふわと上表にいることができたのか、万雷のような大音響の流下の中で、どうして錯乱もせず無事にいられたか、気丈でもあろうし、稀有な好運、奇蹟でもあろうか[8)] …。」と幸田さんは記しております。そして当時お会いし話を伺ったそのご婦人のお人柄について「おだやかな人という感じであり、ここにこうして稀有の天助をうけた一人の人が、静かに落ち着いた暮らしを続けていると思うと、崩壊と荒涼と悲惨ばかりを見歩いてきた私には、なにかしきりに有難くて、うれしくてほのぼのと身にしむ思いがあった[8)]。」と記載されております。ここで気になることは、稗田山大崩壊由来の岩屑・土石流体の表面に載せられたまま移動搬送された始点と着地点は何処だったんだろうかということであります。仮に石坂地区で土石流の表面に載せられ、対岸直近の松が峰付近の山腹近くに搬送し残されたのだろうか、あるいはやや遠く姫川の対岸まで搬送されたのであろうか。土石流体に呑み込まれ巻き込まれることなく搬送され、そして生存し得たことは、まさに「稀有な」例であり、その幸運を喜ぶものであります。

このような大崩壊に際して、北小谷周縁において何らかの予兆・地変はなかったのでありましょうか。前出のシンポジウム資料では次の2つの現象を取り上げています。

①1911年より数年前に稗田山の山塊には亀裂が生じ、火山性鳴動が確認され数十回の地震があったということ

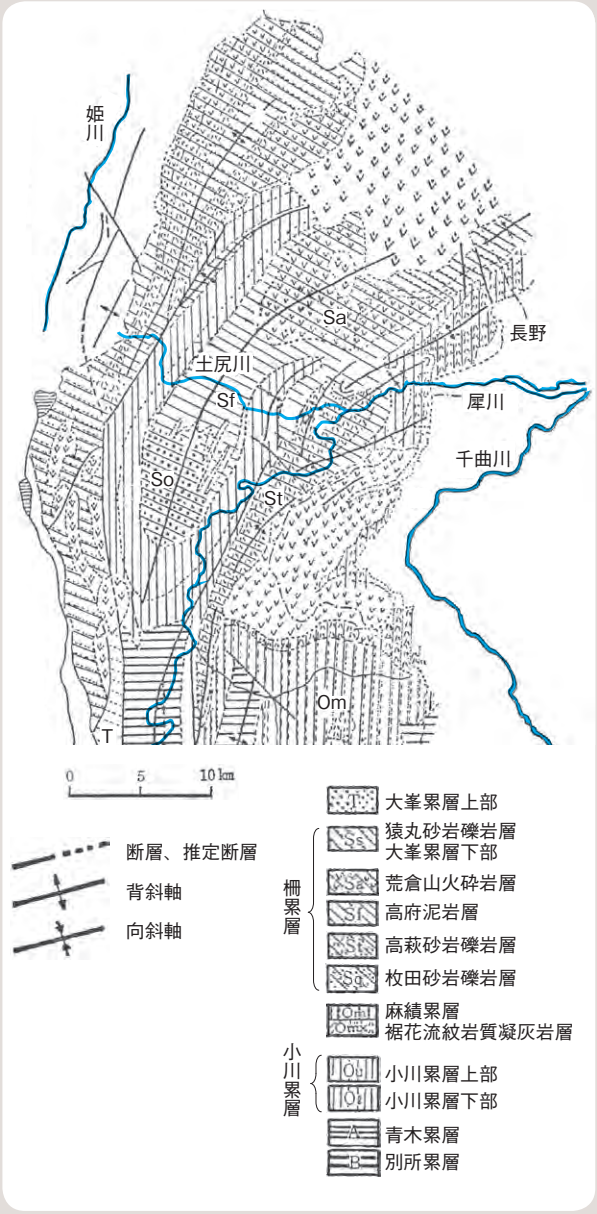



図-5　犀川沿川山地地質略図
（長野県地質図、1962による）

図-6　犀川流域の切峰面と地すべり、地質構造、
侵食面との関係（中村、1963）

②1910年石坂地区においては、稗田山から大きな震動音が聞こえたということ、

等が報告されております。最近頻発する地震・火山活動等においても、この種の予兆例を参考にしたいものであります。

## 4. 斜面環境と埋積・埋没谷

フォッサマグナ北縁の第三紀層地帯は典型的な地すべり多発地であり、犀川・土尻川・裾花川（すそばなかわ）流域には約350箇所の地すべり等防止区域があります（長野県1995）（**図-5・6・7**）。泥質岩の卓越する青木層・小川層および高府層地域に全地すべり地の70%以上が集中し発生しています。対象地域には900～950mの大峰面と呼ばれる洪積世の浸食面群、ほぼ等高度の山頂や陣馬平山・虫倉山などに代表される残丘状の山塊が発達しています。この部分は硬質な火砕岩または礫岩によって構成され、下位の緩傾斜面は泥岩・砂質泥岩が卓越しています（**図-8**）。

地域における地すべり等の地変は次のような地質・地形との関わりが考えられる。

1）泥質岩より成る山腹・緩傾斜面では一般に徐動性の地すべりが発生しやすい

2）標高900～950mに発達する大峰面群や火砕質物より成る残丘状山塊の周縁部には、しばしば大規模な崩壊性地すべりが多発している。

上記1）と2）のこの特徴は、フォッサマグナ地域の第三地層の山地における共通の特徴と考えられます[9]。

最近各地において、地震時における大規模な地盤の被災例が報じられております。当地域においても1847年の善光寺地震時山腹・山塊の大規模な「抜け」が記録さ

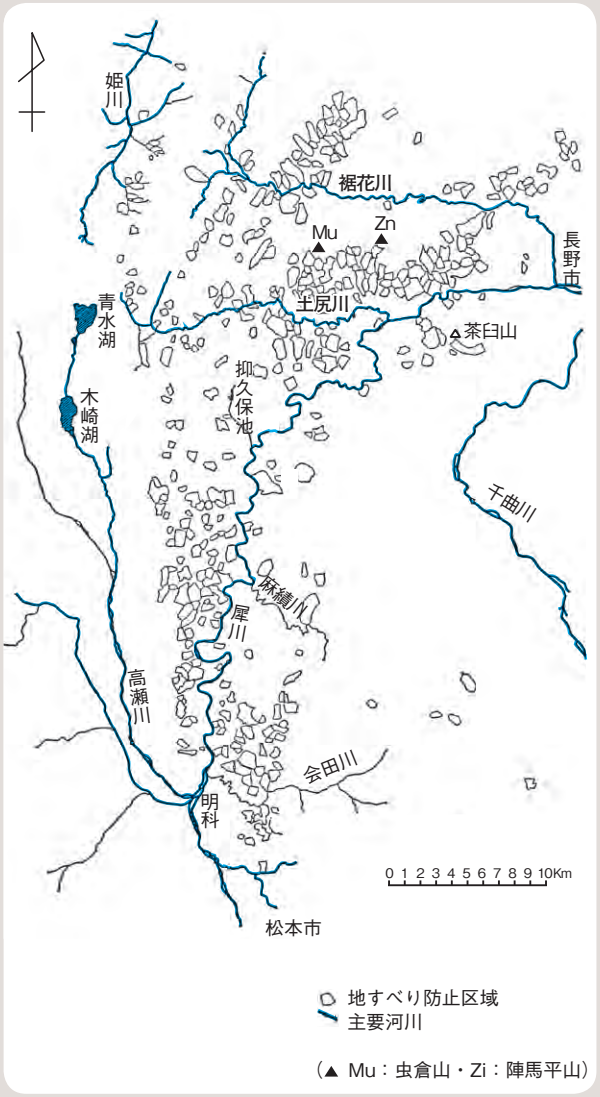



図-7　フォッサマグナ北縁・犀川沿川における地すべり分布図（望月、1995）

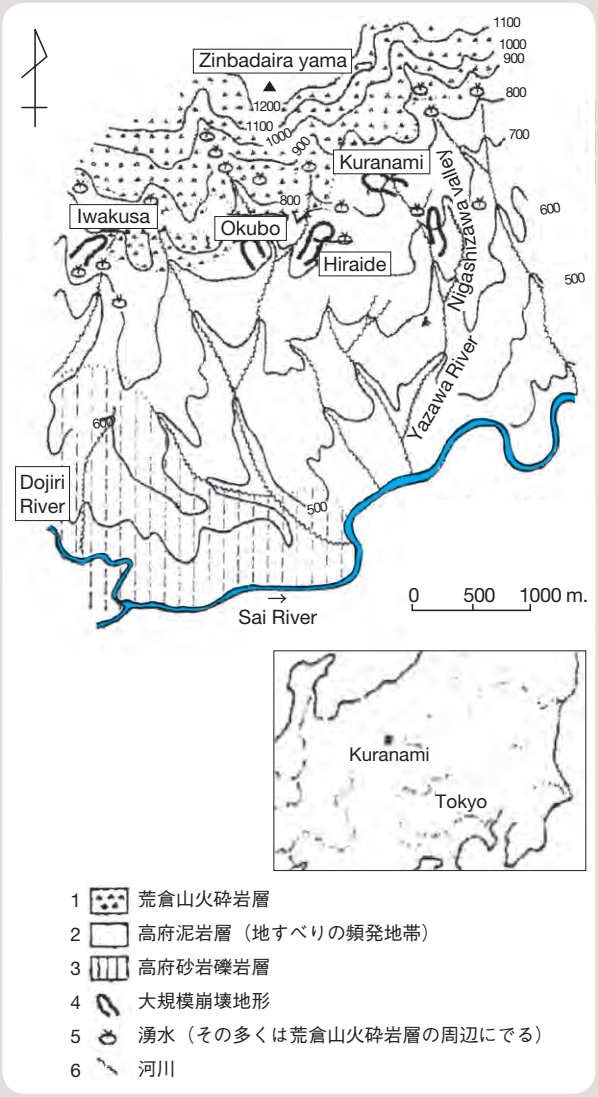



図-8　犀川北部(長野)の大規模地すべり地の地形の分布（中村、1969）

れております[10]。虫倉山直下に位置する山里藤沢地区の例では、集落背後の大規模崩壊によって、25戸あった民家の内18戸が一瞬にして埋没してしまったといいます。そして埋没域下方には狭長な緩斜面地形が形成されています（**図-8・9・写真-1**）この種の埋積埋没谷[11)、12)]は、当地方の侵食面や残丘状山塊の周縁各地に潜在し、形成されています。今日これが典型的ないわゆる「地すべり地形」を作り上げており、倉並・平出・大久保等の各地で観察することが出来ます。

地質・地形の分野では、「現在は過去の鍵」「過去は未来の鍵」という思考があります。地震や後氷期の異常気象時、大量に挙動する崩壊堆積物は、しばしば周縁の河谷や谷地を埋積し、埋没谷を形成しています。この種の大小の地塊域あるいは一部を私達は「地すべり地形」として認識しています。この地塊は一時安定しているが、潜在する埋積・埋没谷の存在が、その後の地塊の異常や周縁の不安定化を助長しているということも考えられます[11)、13)]。

自然を環境として成立させる主体は人間でありますが、私達は自然の挙動と人との関わり、より確かな地盤条件把握のため日常の次のことを目安に自然に対する認識を深めたいものであります。

1）身辺の地盤・地形は、地球の歴史の果ての「長い時間軸上」の一コマであるという認識
2）自然は人間の理解を遙かに超える複雑なシステムを持ち合わせていること
3）自然の人間に対する「脱桎梏（だっしっこく）のツケ」を常に承知し、自然に対処すること
4）生活の中で自然の息吹をも感じ取る五感の力を高め、常に「計り知れない自然の都合」にも思い巡らせること

**謝辞：**本小文記載にあたり、資料収集でお世話になりました林田健治氏に篤くお礼申し上げます。

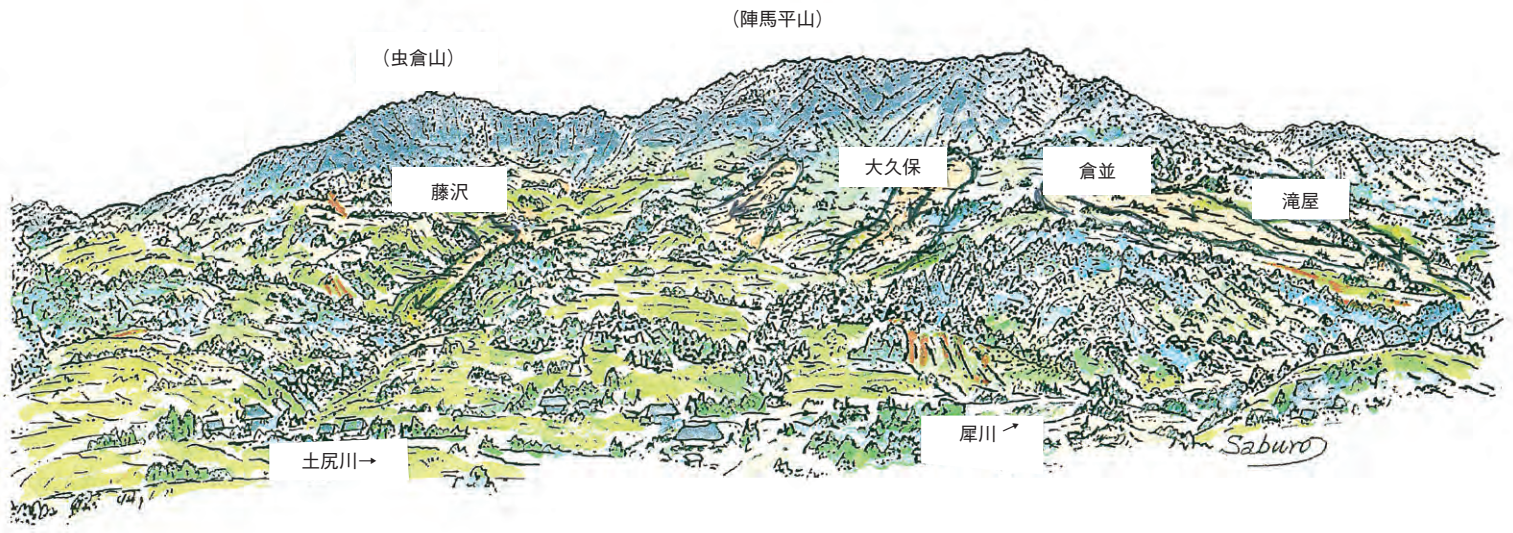



**図-9　犀川・土尻川北部の景観と地すべり地塊（写真-1参照）**
陣馬平山・虫倉山等の火砕質物により成る山塊は、地震や異常気象時の大規模崩壊により山麓に埋積谷緩斜面地形がつくられている。倉並・大久保・藤澤等の各地には、水田や古い集落地も発達している。（中村、1990）

**写真-1　虫倉山山麓の崩壊堆積面の例（中村、1990）**
残丘状の虫倉山塊は地震時、しばしば崩壊し、周縁の山里地域には埋積埋没谷と広い緩斜面が作られている。（図-8・9 参照、藤沢・大久保・倉並等の地区）

## 参考文献


1）中村三郎(2012)：「塩の道・千国街道」での記憶、sabo vol.110
2）諏訪兼位(2010)：科学を短歌に詠む、学士会報885
3）郷津弘文(1986)：千国街道から見た日本の古代、栂池高原ホテル
4）小谷村誌(1995)：小谷村誌刊行
5）町田洋(1984)：巨大崩壊、岩屑流と河床変動、地形5巻3号
6）稗田山崩れ100年シンポジウム事業実行委員会(2011)：稗田山崩れ100年シンポジウム実行委員会
7）松本宗順(1949)：來馬変遷38年史、小谷村公民館
8）幸田文(1993)：「崩れ」、講談社文庫
9）中村三郎・望月巧一(1995)：斜面災害、大明堂出版
10）斉藤豊・中村三郎・望月巧一他(1994)：善光寺地震と山崩れ、長野県ボーリング地質業協会
11）中村三郎他(1995)：潜在する地体条件との共生、地すべり対策技術協会講演集
12）中村三郎他(2004)：地すべり用語解説集、日本地すべり学会
13）中村三郎・檜垣大助(1990)：地すべり地塊の形成と変動の反復特性、地すべり学会シンポジウム、論文集

海外事情

# 韓国訪問

安養寺 信夫（あんようじ のぶお）
（一財）砂防・地すべり技術センター　総括技師

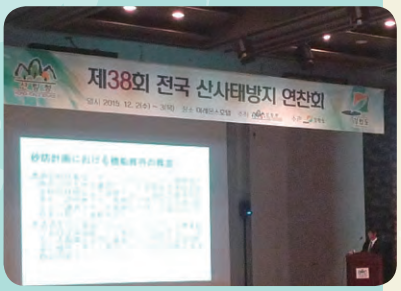


写真-1　講演中の著者

写真-2　雪岳山（ソラクサン）の雪景色

## はじめに

2015年10月に当センターと韓国砂防協会との間で「砂防技術及び技術協力に関する覚書」を取り交わしました（本誌119号）。その一環として筆者が招請を受け、2015年12月に韓国を訪れて砂防技術について講演してきたので報告します。

## 全国大会と講演

韓国山林庁が主催し、山林科学院、砂防協会等が共催して毎年砂防・治山技術者の報告会が開かれています（韓国語の直訳では全国山崩れ防止研鑽会）。2015年は通算第38回を数え、江原道（カンウォンドン）の束草（ソクチョ）市で12月2・3日に開催されました。参加者は山林庁から72名、地方自治体（道）から267名、その他協会等の支援団体から55名、計394名でした。その他に砂防関係の大学教官もゲストとして多数見えていたので、400名を超える技術者・研究者が一堂に会したことになります。

初日は参加機関からの発表・報告が行われ、山崩れ・災害予防対応の優秀事例が11題発表されました。また、次年度の山地災害防止対策の重点的推進課題が紹介されました。夕方には懇親会が催され、旧知の江原大学全槿雨教授や車斗松教授にも再会しました。

2日目は筆者が砂防施設の土砂処理機能の回復と管理について講演し（**写真-1**）、韓国全南大学のアン・ヨンサン准教授が砂防事業の設計監理について解説しました。

その後案内された、ソクチョ郊外にある雪岳山（ソラクサン）国立公園では生憎の雨で、岩嶺群の絶景は一部しか眺めることができませんでしたが、峨々たる山容に雲がかかった風景は山水画のようでした（**写真-2**）。

## 砂防の現場

訪韓初日は羽田から金浦までの最短ルートで、ソウル到着後に希望していた牛眠山（ウミョンサン）を訪れました。日本でも報道され多くの砂防関係者の関心を集めた土石流災害の跡地です。2011年7月26-27日、連続雨量338mm、最大時間雨量68.5mmの集中豪雨で17個所の崩

**第38回　全国山崩れ防止研鑽会　概要（2015年12月2～3日）山林庁江原道**

| 内　容 | | 所　属 | 氏　名 |
|---|---|---|---|
| 初　日 | | | |
| **山崩れ災害予防対応の優秀事例発表** | | | |
| 1 | 環境に優しい砂防事業及びソウル型砂防教育の開設 | ソウル特別市 | ガン・インギュ |
| 2 | 山崩れで脆弱な生活圏の地域完結事業の実現 | 慶尚南道 | ゴ・ヨンドク |
| 3 | 過去と現在が共存する伝統的砂防地の復元 | 南部地方山林庁 | ハン・ヘスク |
| 4 | 自然と交わった 2015 年度砂防事業 | 仁川広域市 | ジム・デェチョル |
| 5 | 林地山崩れ復旧事業の推進 | 慶尚北道 | イ・ドング |
| 6 | 地域特性合ったオーダーメード型の山崩れ予防体系の模索 | 東部地方山林庁 | チョン・ヨンビン |
| 7 | 私たちの現場は安全な仕事場なのか？ | 京畿道 | オム・テグン |
| 8 | 住民の生命と財産を守る典型的な砂防事業 | 全羅南道 | チョン・ムンジョ |
| 9 | 危機の中で迅速な対策方案の模索を痛恨した山林災害予防の実現 | 北部地方山林庁 | チョン・ヨンイル |
| 10 | 歴史の息づかいが宿った青南台を砂防事業が守る | 忠清北道 | イ・サンヨン |
| 11 | 山崩れ現場予防団運営の効果 | 江原道 | パク・チョンヘム |
| **山崩れ防止対策の重点的推進方向など** | | | |
| | 2016 年度山崩れ予防対策の重点的推進方向 | 山林庁山崩れ防止課長 | チョ・ヘテグ |
| 第2日 | | | |
| | 日本における砂防施設の機能維持と土砂災害警戒避難の課題 | （一財）砂防・地すべり技術センター | 安養寺信夫 |
| | 砂防事業における設計・監理の代価基準の模索等（直訳） | 全南大学准教授 | アン・ヨンサン |

**写真-3　現在の牛眠山被災現場**

壊によって崩土は土石流化して直下の市街地を襲いました。死者16名、負傷者50名を出した韓国では最大級の土砂災害でした[1)]。

現在は砂防施設が整備され災害の様子を伺うことはできませんが、斜面直下に片側4車線の道路が横断し、交通量もかなりのものです。また道路を挟んでマンションやビルが立ち並ぶこの地区は高級住宅街だそうです。さらに牛眠山は市民の散策路が整備されていることから、砂防施設も景観や環境に配慮して規模が小さく割石積構造でした（**写真-3**）。

日本のような計画規模の考え方は充分に浸透していないと感じました。

韓国では土砂災害の発生頻度が少ないが、砂防施設整備とともにソフト対策も今後充実させたいとのことで、日本の技術や情報発信に大きな関心をもたれています。多方面での今後のさらなる技術交流の進展を期待したいと思います。

## 謝辞

今回の訪韓で下記のほか大勢の方々のお世話になりました。記して感謝申し上げます。

山林庁　山林保護局長　チョィ・ビョンナム氏
山林庁　地すべり・土石流対策部長　チョ・ワトェク氏　ほか
砂防協会　会長　ソ・スンジン氏
砂防協会　専門委員長　キム・シジュン氏、調査部長　キム・ミンシク氏
ほか

**参考文献**

1)　全槿雨・金錫宇・金判錫・江崎次夫：2011年ソウル市牛眠山山崩れ地域の復旧対策、平成24年度砂防学会研究発表会概要集、p714-715、2012

## 「平成28年度 砂防地すべり技術研究成果報告会」のご案内

**開催日時：平成28年11月22日（火）** 13:30～17:00
**会　　場：砂防会館　別館シェーンバッハ・サボー**（1階：淀・信濃）

プログラム（予定）　※詳細・参加申込は後日ホームページに掲載予定です。

| | | |
|---|---|---|
| 13:30 | 開会挨拶 | |
| 13:35 | 来賓挨拶 | |
| 13:40 | 発表1 | シナリオシミュレーションシステムを用いた低頻度災害時における避難行動要因の解明<br>伊藤 英之（岩手県立大学 総合政策学部） |
| 14:10 | 発表2 | 深層崩壊前微動土塊の干渉SAR広域探索調査・崩壊危険度評価手法の確立に向けた検討<br>水野 正樹（新潟大学 災害・復興科学研究所） |
| 14:40 | 発表3 | 渓床堆積物再移動型土石流の発生につながる伏流水の変動特性と降雨指標による発生領域評価<br>山田　孝（三重大学 生物資源学研究科） |
| 15:10 | 休憩（15分） | |
| 15:25 | 発表4 | TDR（時間領域反射測定法）による流砂量連続観測手法の開発と流砂観測網高精度化への活用<br>宮田 秀介（京都大学 防災研究所） |
| 15:55 | 発表5 | 湧水シグナルの高度利用化による付加体堆積岩山地における深層崩壊予測精度の向上<br>小杉 賢一朗（京都大学 農学研究科） |
| 16:25 | 発表6 | 大規模地震発生後の警戒・避難基準雨量の設定とその解除時期に関する研究<br>平松 晋也（信州大学 農学部） |
| 16:55 | 閉会挨拶 | |
| 17:30 | 終　了 | |

海外事情

# スイス・ルツェルンで開催されたインタープリベント2016参加報告

厚井 高志（こうい たかし）
（一財）砂防・地すべり技術センター　砂防部　主任技師

## 1. はじめに

2016年（平成28年）5月30日から6月2日にかけてスイス・ルツェルンで開催された国際会議インタープリベント 2016に参加し研究発表を行った（**写真-1・2**）。ここでは、研究発表と現地見学会（エクスカーション）の概要を報告する。

インタープリベントは、オーストリアに本部を置き、土石流や雪崩、洪水などに伴う自然災害の防止・軽減に関する学際的な調査研究について情報交換を行うことを目的とする学会である。1967年に本部があるオーストリア・クラーゲンフルトで第1回会議が開催されて以降、4年に1度の頻度で開催されており、今回で13回目を数える。スイスでの開催は、1992年にベルンで開催されて以来2回目である。なお、ヨーロッパ地域で開催される本会議の中間年にあたる2002年からは環太平洋地域において地域会議が4年に1度開催されている。

会議が行われたルツェルンは、スイス第4の都市でスイス中央部に位置し、チューリッヒからスイス国鉄の急行（IR）で約1時間の距離にある湖畔の町である。今回の会議では、ヨーロッパ、アジア地域の20カ国から370件あまりの研究発表があり、総参加者は550人と公式発表されている。研究発表の件数を国別にみると、開催国スイスが最も多い149件、次いでオーストリアの85件、日本29件、イタリア28件が続く。アジア地域からは、日本の他、台湾（22件）、インドネシア、カザフスタン、韓国、パキスタン、香港、マレーシア（各1件）からの発表があった。

## 2. 研究発表

インタープリベント2016は、自然災害に対するリスク管理や警戒避難関係、現象の観測およびモデル化、ハザード評価などに関する6つのセッションで構成され、発表アブストラクトのエントリー後に実行委員会によりセッションごとに口頭発表、ポスター発表に振り分けられた。研究発表は、1日目、2日目、4日目に行われ、3日目は研究発表がなく、現地見学会（エクスカーション）が開催された。全て同じ会場で行われた口頭発表は3日間で全40件あり（日本から2件）、ポスター発表は全日コアタイムが設定されていた。発表者は、大学や研究機関の研究者、行政防災担当者、コンサルタントの技術者などで、発表言語はドイツ語と英語が多かったが、フランス語、イタリア語での発表もあり、各言語への同時通訳があった。その他、1日目には6件の基調講演と公開の講演会があった。

研究発表は、山地域で発生する崩壊や土石流、落石、雪崩、扇状地で発生する洪水氾濫など多岐にわたる現象を対象としており、現地観測に基づく土砂移動の実態把握、数値計算や水路実験による現象の再現、再現結果を踏まえたハザード評価に関する研究発表が多かった。また、スイス国内では2005年に豪雨による災害が各地で発生しており、この災害を対象とした研究発表も目についた。

筆者は、音響式パイプハイドロフォンによる掃流砂観測データに基づいた火山地域における土砂動態についてポスター発表（タイトル: Sediment discharge from mountain catchment in volcanic area, Japan）を行った。掃流砂量を間接的に観測する手法の類似研究としてはイタリアにおけるジオフォン（堰堤水通しの底面に金属板を貼

写真-1　会場となったKKL Luzernの外観

写真-2　オープニングセレモニーの一コマ、楽器の演奏がありました

写真-3　船上での説明の様子

り、そこでの音響で掃流砂量を推定）による出水時の掃流砂量観測事例の発表があった。その中で日本の音響式パイプハイドロフォンを設置して、両手法による観測結果を比較する試みも紹介された。残念ながら大規模出水時に巨礫により鋼管が破損しうまくいかなかったようであるが、今後も音響式パイプハイドロフォンによる掃流砂観測技術をさらに発展させていくためには、日本で培われた観測技術や、観測結果を活用した土砂移動実態の把握、防災対策への活用事例などを、国内外問わず発信・情報交換していくことが重要であると感じた。

流木災害に関する研究発表もスイスから複数件あった。日本でも土砂災害に付随して発生する流木による被害がたびたび問題となっているが、スイスでも流木災害が深刻な自然災害の一つとして認識されており、実際に流木災害が発生した流域における流木対策施設の設置状況と流木の有無による上流堆砂域の土砂堆積状況の違いを水路実験により検証した研究発表のほか、橋脚を閉塞させる流木の特徴を整理するとともに、閉塞により氾濫域が拡大する数値計算結果を示した研究、透過型堰堤の流木捕捉効果を検証した研究、流木対策施設における流木の集積状況の変化とこれに伴う施設上流の水深上昇との関係を実験により定量的に示す研究などが発表されていた。

また、スイスやオーストリアのいくつかの研究発表では、土石流や洪水の対象規模として通常日本で想定される100年超過確率規模より大きい300年超過確率規模の現象まで検討されていた。これは降雨規模や地形、保全対象の位置・数など日本との地域性の違いにより100年超過確率規模の現象では大きな被害が生じない想定結果となっていることに起因していると考えられ興味深かった。

## 3. 現地見学会

3日目は発表がなく、エクスカーションが開催された。全10コースで行われたエクスカーションのうち、筆者は、ルツェルン湖を挟んで対岸のWeggisにおいて、過去に土砂災害が発生した地域での対策状況やハザードマップの整備を始めとする防災に関する取り組みについて見学するエクスカーション（EX1: Risk management in the municipality of Weggis）に参加した。参加者は7ヵ国30人である。各箇所で、地質の専門家や現地のエンジニア、防災担当者（消防士）からパネル等を使いながら詳細な説明を受けた。

Weggisは、古くから観光地として親しまれているRigi山（標高1798m）の南斜面に位置する湖畔の町で、主な住居は湖近くに多いが、急な斜面上にも家屋が点在している。この地域の主な土砂災害は、1795年に発生した大規模な土石流のほか、2005年にも豪雨により崩壊、土砂流出があった。いずれの土砂災害も人的被害は発生していないが、複数の家屋が被害を受けたとのことである。また、特徴的な地形・地質により岩塊の崩落による家屋被害が発生しており、2014年11月には落石対策費に公金投入するかどうかを巡る住民投票（結果は可決）が実施されている。

朝8時にチャーターされた船で約1時間かけてWeggisに渡り、5台のバンに分乗して見学箇所間を移動した。船上では、専門家からスイスや対象地域における地質について説明があったほか、今回のエクスカーションの概要について全景を確認しながら説明を受けた（**写真-3**）。スイスの地質は東西方向に帯状に分布する北部、中部、南部の3つの地質帯に大きく分類され、対象地付近は主にジュラ紀の石灰岩が分布する北部パートの南縁付近に位置するが、Weggis周辺は基盤岩である礫岩層

**写真-4　トップリング岩塊の伸縮計によるモニタリングの様子**

**写真-5　保全対象直上のカルバート**

が露出しているところが特徴的で、いくつかの断層面が船上からも肉眼で確認できた。一つ目の土砂災害形態として、この断層面からトップリングに伴う岩塊の崩落が挙げられる。

Weggis 上陸後、現場でヘルメットを着用して、まず崩落が発生する箇所におけるモニタリング状況、対策実施状況について説明を受けた。この崩落が発生する範囲の下部は急勾配を呈し対策が難しいことから、一部居住が制限されるとともに、発生源対策としてアンカー工による岩塊の固定、および伸縮計により岩塊の挙動をモニタリング（**写真-4**）していることが紹介された。現場では、岩塊が数cm程度の礫とマトリックスで構成されたかなり軟弱な岩塊であることが確認でき、2013年7月に実際に落石が発生した事例について、2009年9月の倒れ始めから崩落するまでモニタリング結果なども示された。現地確認後に行われた座学では、Weggisにおける土砂災害ハザードマップ整備の経緯等が説明された。

昼食後は、1795年7月に土石流（泥流）が発生した地区における防災対策の実施状況の見学と緊急対策のデモンストレーションがあった。先に紹介したとおり1795年災害では人的被害は発生しなかったものの、約30軒の家屋が被害を受けたとのことである。この地域では、2005年の降雨でも土砂災害が発生しており、災害後の対策として砂防施設が建設されている。今回の現地見学会では、対策施設としては最も下流に設置されたカルバートを見学した（**写真-5**）。現地での説明と個別に質問した事項をまとめると、上流には2基の底面スクリーン堰堤が設置されており、下流カルバートには土砂と分離した泥水のみ（最大流量12m$^3$/sec）を流下させることを想定しているとのことである。この対策の整備完了により市街地での氾濫範囲が減少し、2009年にハザードマップが修正されたことも紹介された。

一方、流量が12m$^3$/secを上回る出水時（計画流量は不明）には、カルバート直上左岸側のシャッターを開放し、道路上を導流する緊急対策を実施する計画となっている。緊急対策を実施する消防士長の説明の後、付近の道路を一時通行止めにして実際にシャッターの開放および道路上の導流工設置のデモンストレーションが消防隊（参加者も手伝った）により実演された（**写真-6・7**）。導流工は、高さ30cm程度の木製の板を鋼製クリップや土嚢で連結・固定して並べるもので、消防士12人が作業して5分で設置可能とのことだった。こうした緊急対策は、他の箇所でもいくつか計画されており、実施手順書として整理されているようである（**図-1**）。実際に対策としてどの程度の効果があるか不明ではあるが、緊急対策として迅速、かつ簡易に設置でき実行性が高く、住民にとっては少なからず安心感があるのではないかと感じた。

夕方、歴史ある観光船のパドルスチーマーで再びルツェルン市街に戻ると、紀元前470年の大地震に伴いルツェルン湖を挟んで対岸で発生した山体崩壊により、崩壊土塊が湖に流入し津波が発生、崩壊発生から5分後にルツェルン市街に到達したことが説明された。また、ルツェルンは、旧市街が固い基盤岩上に形成されているのに対して、新市街は基盤岩上に100m以上の厚さで堆積した土砂上に形成されており、2012年2月に発生した地震では新市街の方が大きく長く揺れることが確認されている。こうした事情を踏まえ地震災害に対するハザードマップ（危険度に応じたゾーニング）が作成されていることが紹介された。

## 4. おわりに

インタープリベント2016では、近年発生した自然災害だけではなく、現象の発生頻度を数百年スケールで遡って明らかにしようとする研

**写真-6　緊急対策のデモンストレーション1**
**（左岸シャッター取り外しの様子）**

**写真-7　緊急対策のデモンストレーション2**
**（道路上での導流工設置の様子）**

究発表も多かった。また、現地検討会では200年以上前に発生した土石流災害や海のないスイスで紀元前に発生した津波災害なども紹介された。日本に比べ災害の発生頻度や発生密度が小さいヨーロッパでは、自然災害の発生事例をより多く収集蓄積し、対策に活かそうとしていることの表れと考えられる。一方、既存の手法やモデルを用いた現象の再現に関する研究発表が多く、新しいモデルの考え方や革新的な技術開発に関する研究発表はそれほど多くないように感じた。

また、今回、日本と異なっていると感じたことの一つとして、生命保険会社の土砂災害を含む自然災害への関わりが上げられる。インタープリベント2016では日本でも有名なスイスの保険会社が筆頭の後援企業として名を連ねており、基調講演では1975年以降の自然災害発生件数と災害に伴う損失補償額の変化（1990年台以降2015年まで比較的高い金額で推移）や関係機関と協力した自然災害に対する取り組みが紹介された。自然災害による被害が減少すれば保険会社が支払う損失補償額も減少し、保険会社と地域住民（被保険者）の間でいわゆる"Win-Winの関係"が生じると考えられ理にかなっていると感じた。

2018年には環太平洋地域で開催されるインタープリベント地域会議が富山で開催される。今回の会議閉会にあたり富山県から次回開催の挨拶と会議参加の呼びかけがあった。

海外における砂防に関する調査研究の情報収集と、我が国における土砂災害に関する防災技術を、海外に発信できるいい機会であり、日本からも多くの発表や参加者が期待される。

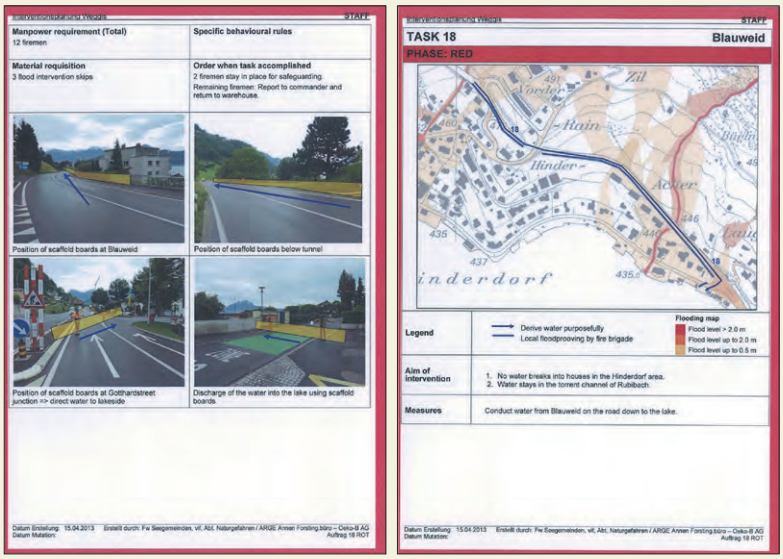



**図-1　デモンストレーション実施箇所における緊急対策の実施手順書**

## 旅のつれづれ　Switzerland

### スイス“生活サイクル”

ルツェルンと日本の時差は−7時間（現在はサマータイム）で、日本より緯度が高いこともあり21時過ぎまで明るいです。スイス人の1日の生活サイクルは朝8時前後から動き出し、18時頃まで働くといった感じで基本的に日本とあまり変わりません。ただし、レストランやバー以外の店舗（スーパー、土産物屋、キヨスクなど）も駅中以外はほとんど全て18時半で閉まってしまいます（木曜日のみほとんどの店舗が21時過ぎまで営業）。学会中の諸々のスケジュールから総合的に判断すると18時過ぎから21時前までは食前酒や軽食を楽しみ、21時頃から本格的な？夕食が始まるようです。町中には日本のように24時間営業のコンビニはなく、ジュースの自動販売機もなく、夕飯後、水分をとるため時差ぼけの体にむち打って駅まで水を買いに行きました。ちなみにホテルの水道水はアルプスの天然水で飲めるようですが硬水です。

21時頃の市内の様子。まだまだ明るい

海外事情

# 世界の土砂災害（第18回）2015/10/1〜2016/3/31

（一財）砂防・地すべり技術センター 企画部国際課

| 発生日 | 国　名 | 種　別 | 概　要 |
|---|---|---|---|
| 2015年<br>10月1日 | グアテマラ | 崩壊 | 首都グアテマラ（Guatemala）市郊外の町サンタ・カタリナ・ピヌラ（Santa Catarina Pinula）内のエル・カンブレーII（El Cambray II）村で、1日21時半頃、住宅地に隣接する斜面で崩壊が発生し、約125戸の家屋を数mの厚さで覆い尽くした。これにより、少なくとも350人が死亡、277人が行方不明になった。自治体が移転勧告をしていたが、住民たちは移転先がないため拒否していた。行方不明者の捜索は10月11日で打ち切られ、斜面の安定化と河積確保の工事に切り替えられた。 |
| 10月12日 | ミャンマー | 崩壊 | モンスーン豪雨により、11日午後にミャンマー東部のカヤ（Kayah）州ファ・サン（Hpa-saung）郡マウチ・タン・ポー（Mawchi Taung Paw）村とロカロ（Lokhalo）村間で崩壊が発生、60戸の人家を飲み込んだ。28名が死亡、30名が行方不明となったほか、360名が小学校や病院などに避難した。 |
| 10月13日 | パキスタン | 落石 | カラチ（Karachi）市グリスタン・ジョホール（Gulistan Johar）市地区のスラム街の人工崖で岩盤ブロックが崩落し、崖下の掘っ立て小屋に住んでいた13名が亡くなった。崖は土取り場だったところで勾配が90度に近く、建設業者の採石後の法面処理不備が問われている。 |
| 10月19日 | フィリピン | 崩壊 | 台風24号（Typhoon Koppu）がルソン（Luzon）島北部に停滞したため、洪水氾濫が938箇所で生じたほか、北部山岳地域に属するコルディリェラ行政地域（（Cordillera Administrative Region;CAR）のバンゲット（Benguet）村やイフガオ（Ifugao）村など数カ所で斜面崩壊が発生し、計14名が亡くなった。 |
| 10月27日 | インドネシア | 地すべり | 西部ジャワ（Jawa Barat）州ボゴール（Bogor）県ナングン（Nanggung）県ポンコール山（Gunung Pongkor）で、豪雨により崩壊が発生し、12名が亡くなった。周辺は国営鉱山アンタムの金鉱採掘場で、採掘中の鉱夫が被災したもの。 |
| 11月3日 | ネパール | 崩壊 | 首都カトマンズ（Kathmandu）北に位置するラスワ（Rasuwa）県ラムチェ（Ramche）村チリメ（Chilime）の国道で崩壊が発生し、通行中のドゥンチェ（Dhunche）に向かうバスを谷底へ押し流した。これにより少なくとも35名が死亡、51名が負傷した。 |
| 11月13日 | 中国 | 崩壊 | 浙江（Zhejiang）省麗水（Lishui）で、前日からの豪雨により斜面崩壊が生じ、下方の住宅をなぎ倒して38人が死亡した。崩壊した斜面は宅地造成のために切り取られたもので、下部には法枠工が施工されていたが、それより上部の自然斜面が崩壊したもの。 |
| 11月21日 | ミャンマー | 地すべり | 北部カチン（Kachin）州のひすい鉱山で地すべりが発生、90名が死亡、少なくとも100名が行方不明となった。地すべりが起きたのは鉱滓残土の山で、鉱山作業員の宿舎70棟以上が巻き込まれた。<br>さらに、2016年1月13日に、同じ鉱山の残土山（高さ90m以上）で新たに地すべりが発生、40名以上が行方不明となった。 |
| 12月3日 | インドネシア | 崩壊 | 前夜から続く豪雨により、午前1時45分頃にブンクルー（Bengkulu）州北ブンクルー（North Bengkulu）準州ナパル・プティ（Napal Putih）県ルボン・タンダイ（Lebong Tandai）村カラン・スル（Karang Sulu）地区のドリアン農園の裏斜面が崩壊し、宿泊棟を埋め、20名が死亡した。 |
| 12月20日 | 中国 | 地すべり | 広東（Guangdong）省深圳（Shenzhen）市光明（Guangming）新区の恒泰裕（Hengtai Yu）工業団地で大規模な地すべりが発生し、居住用団地を含む建物33棟を押し流し、73名が死亡、9人が行方不明となった。工業団地背後の丘陵の採石場跡に建設残土が100m以上の高さで盛り立てて投棄されており、これが崩れた。 |
| 2016年<br>3月11日 | ブラジル | 地すべり | 前日から降り続く大雨でサンパウロ近郊のフランシスコ・モラトで地すべりが発生し、住宅が土砂に埋まり、8名が死亡した。その他、周辺のマイリポランで10名、イタチーバで2名、グアルーリョスで1名、カジャマールで1名、フランコ・ダ・ロッシャで1名の総計25名が洪水や地すべりにより亡くなっている。10日から11日の24時間雨量は87.2mmと、平年の半月分以上に相当するものだった。 |
| 3月19日 | パキスタン | 雪崩 | 北西部のカイバル・パクトゥンクワ（Khyber Pakhtunkhwa）州スソム（Susom）村付近で、19日午後に雪崩が発生し、家屋が飲み込まれ、11名が命を落とした。　他に、国家防災管理局（National Disaster Management Authority、NDMA）によると、全国で豪雨に見舞われ、9日から少なくとも土砂崩れや家屋の崩壊により79人が死亡、101人が負傷し、被害家屋は240戸に上っている。 |
| 3月24日 | インドネシア | 地すべり | 雨期末期の中部ジャワ（Central Java）州バンジャルヌガラ（Banjarnegara）県マドゥカラ（Madukara）郡クラパー（Clapar）村で、24日18時頃と25日13:30頃に地すべりが滑動し、9軒の家屋が全壊、34軒が半壊の被害を生じたほか、218人の住民が避難を余儀なくされた。滑動がゆっくりだったため、幸いにも犠牲者は出ていない。幅は100〜200m、広さは8ha程と見込まれる。 |

# スリランカ弁当事情

スリランカに着任して既に約1年9ヶ月経過（2016年7月時点）。当初予定の任期の2年まであと少しですが、少し延長になると思います。思い返せば、着任当初は食生活に困っていました。私は辛いものが苦手…。毎日、カレーもとい「カリー」を食べる生活かと思いきや、慣れるにしたがって、夜は自炊、昼はあまり辛くないものを選んで食べています。今日は少しスリランカの弁当についてご紹介させて頂きます。

先ずは勤務先の国家建築研究所：NBRO（National Building Research Organization）の食堂（キャンティーン）の弁当です。大変申し訳ありません。プロジェクトの日本人メンバーが一度食べて辛いと聞きましたので、私は一度しか食べていません。やはり私には辛すぎました。ちょうど海外青年協力隊（JOCV）としてNBROに来ている岡村さん（日特建設からの企業派遣の協力隊員）が毎日食べていますが、彼はそれほど苦も無く毎日食べています。彼は手で食べる術を

写真-1
NBROの食堂のチキンカレーランチ(Rs100)

写真-2
Tasty スペシャルランチ
(Rs300)

身に着けています（**写真-1**参照）。値段はRs100（日本円で約75円程度。スリランカの普通の人々のランチはRs100が相場です。

贅沢をしているつもりはありませんが、着任してからいろいろなお店のランチを試してみました。その中で一番私に合った（辛くない）弁当を食べることが多くなりました。Tastyというお店のランチで、店で食べることもできますが、ランチパックとして持ち帰ることもできます。私の場合はランチパックで持ち帰って、NBROの執務室で食べることが多くなりました。良く食べるメニューは、スペシャルランチ（スリランカカリー）、タイヌードル、チキンブリヤーニ、ナシゴレン（**写真-2～5**参照）。ということであまりカリーを食べることなく過ごすことも可能です。値段はRs300～400ぐらいです。スリランカのランチとしては高いとのことです。写真を見てもらうと分かるかもしれませ

写真-3
Tasty タイヌードル
(Rs350)

写真-4
Tasty チキンブリヤーニ
(Rs400)

写真-5
Tasty ナシゴレン
(Rs300)

写真-6
一般的なフライドライス
(Rs100程度)

んが、スリランカのランチパックは、新聞紙、箱あるいはプラスチックの容器に薄いビニールのシートを置いて、その上に直接ランチを載せて包装するのが一般的です。お弁当箱でランチを持って来て、帰って洗って再使用するということはほとんどありません。

これらの他、一般的にはフライドライスも良く食べられているようです(**写真-6**参照)。これは高速道路の法面崩壊の現地調査を行った時に、高速道路の管理会社でごちそうになったものです。普通ランチは新聞紙にくるまれているのが一般的ですが、このような箱に入っているものはちょっと？高級なもののようです。因みにおかずは無く、野菜と小さい肉が少し入っているぐらいで、日本で言うチャーハンのようなものです。写真のランチはRs100程度と聞きました。

最後に、3月まで災害後の住民行動のヒアリング調査を手伝ってもらっていたスリランカ人女性のお弁当が（**写真-7**）です。毎日お母さんのお弁当を持って来ていました。やはりお母さんのお弁当が一番おいしいとのこと。値段は Priceless です（某カード会社のCMのセリフではありませんが…）。

（判田 乾一・JICA専門家）

写真-7　サチさんのお母さんのお弁当(Priceless)

## 優良業務及び優秀技術者表彰

**【優良業務及び優秀技術者表彰】**

**◆優良業務名「月山地すべり対策検討業務」新庄河川事務所長表彰**

**◆優良業務名「H27譲原地すべり対策工効果検討業務」利根川水系砂防事務所長表彰**　優秀技術者：道畑　亮一

**◆優良業務名「新宮川水系砂防計画調査業務」紀伊山地砂防事務所長表彰**　優秀技術者：池田　暁彦

## 行事一覧（1月～7月）

◆◆協賛（後援）

2月4日、5日　「第20回震災対策技術展・横浜」（後援）
6月1日～　「平成28年度土砂災害防止月間」（後援）
6月21日　「平成28年度砂防ボランティア全国の集い」（後援）
6月2日、3日　「第3回震災対策技術展・大阪」（後援）
7月1日　第40回「水の週間」行事（協賛）

## 平成28年度　（一財）砂防・地すべり技術センター研究開発助成

5月25日（水）行われた標記委員会の厳正な審議を経て、応募総数20件のうち、本年度の助成該当者6件が下記のように決定いたしました。

| 氏　名 | タイトル | 所　属 |
|---|---|---|
| 里深 好文 | 天然ダム崩壊プロセスの違いが流出-ハイドログラフに与える影響に関する研究 | 立命館大学 |
| 小山内 信智 | 土砂災害規模の定量的評価手法に基づく大規模災害の特徴と社会的影響に関する研究 | 北海道大学 |
| 堀口 俊行 | 鋼製透過型砂防堰堤の縦材純間隔が流木混じり土石流の捕捉機能に及ぼす影響について | 防衛大学校 |
| 浅野 友子 | 鉄砲水や土砂流出による災害発生予測精度向上にむけた出水時の山地河川の水理特性解明 | 東京大学 |
| 牛山 素行 | 水害・土砂災害危険箇所と人的被害の関係に関する基礎研究 | 静岡大学 |
| 堀田 紀文 | 材料特性を考慮した土石流扇状地の形成過程に関する水路実験と評価手法の開発 | 筑波大学 |

## 評議員会及び理事会の開催

**【平成27年度第3回理事会】** 平成27年度第3回理事会が定款第36条に基づく手続きにより行われ、常勤理事の選任を目的事項とする評議員会を開催することが平成28年2月16日決議されました。

**【平成27年度第2回評議員会】** 平成27年度第2回評議員会が定款第20条に基づく手続きにより行われ、大野宏之氏の理事選任が平成28年3月10日決議されました。

**【平成27年度第4回理事会】** 平成27年度第4回理事会が平成28年3月25日に開催され、平成28年度事業計画及び収支予算等の審議が行われました。また、専務理事の選定が行われ、大野宏之理事が選定されました。

**【平成28年度第1回理事会】** 平成28年度の第1回理事会が平成28年5月20日に開催され、平成27年度の事業報告、収支決算及び公益目的支出計画実施報告書等について審議が行われました。

**【平成28年度定時評議員会】** 平成28年度の定時評議員会が、平成28年6月22日に開催され平成27年度の収支決算及び任期満了に伴う評議員の改選等について審議が行われました。審議の結果、第2期の評議員に以下の方々が選任されました。

**【第２期評議員】**

◆石川　幹子　中央大学理工学部人間総合理工学科教授
◆伊東　尚志　富山県上市町長
◆亀江　幸二　（一財）砂防フロンティア整備推進機構理事長
◆小林　英昭　岩田地崎建設（株）顧問
◆田中　　淳　東京大学大学院情報学環教授　総合防災情報研究センター長
◆田村　孝子　（公社）全国公立文化施設協会副会長
◆布村　明彦　（一財）河川情報センター理事長
◆藤井　敏嗣　東京大学名誉教授、NPO法人環境防災総合政策研究機構専務理事環境防災研究所長
◆丸井　英明　新潟大学災害・復興科学研究所　特任教授
◆水山　高久　政策研究大学院大学　特任教授
◆吉野　清文　（一社）国際建設技術協会理事長

## 人事異動

◆◆3月31日付

【退　　職】 萬徳 昌昭　砂防技術研究所上席研究員（国土技術政策総合研究所土砂災害研究部深層崩壊対策研究官）
斉藤 祐巳　企画部調査役
【委嘱解除】 安養寺信夫　砂防技術研究所長の委嘱を解く
【出向期間終了】 藤澤 康弘　総合防災部技術課技師

◆◆4月1日付

【採　　用】 浦　　真　砂防技術研究所上席研究員（福井県土木部長）
友部 秀器　企画部調査役（(独) 国際協力機構）
【配置換え】 福池 孝記　砂防部技術課技師（企画部企画情報課技師）
上森 弘樹　企画部企画情報課技師（砂防部技術課技師）
【委　　嘱】 池谷　浩　研究顧問に委嘱
大野 宏之　砂防技術研究所長に委嘱
安養寺信夫　総括技師に委嘱

◆◆4月15日付

【採　　用】 藤澤 康弘　総合防災部技術課主任技師（新規採用）

◆◆5月31日付

【出向期間終了】 西内 卓也　砂防部技術課技師
板野 友和　砂防部技術課技師
廣橋 典明　斜面保全部技術課技師
今城 貴弘　総合防災部技術課技師
皆木 美宣　総合防災部技術課技師
武田 一平　砂防技術研究所技術部技術開発研究室研究員

◆◆6月1日付

【配 置 換】 厚井 高志　砂防部技術課主任技師（総合防災部技術課主任技師）
【昇　　任】 杤木 敏仁　総合防災部次長（総合防災部技術課長）
嶋　丈示　砂防技術研究所技術部次長（砂防技術研究所技術部技術開発研究室長）
嶋　大尚　砂防技術研究所技術部技術開発研究室長（砂防部技術課課長代理）
【新規出向】 角田 皓史　砂防部技術課技師
関 英理香　砂防部技術課技師
伏木　治　砂防部技術課技師
本多 泰章　砂防部技術課技師
高澤 忠司　斜面保全部技術課技師
小野 秀史　総合防災部技術課技師
高橋 秀明　総合防災部技術課技師
山内 秀基　砂防技術研究所技術部技術開発研究室研究員

## 平成28年度（公社）砂防学会通常総会・研究発表会

5月18日から19日にかけて（公社）砂防学会主催　砂防学会通常総会ならびに研究発表会が、富山県民会館において行われました。当センターからは下記のように14題の発表を行いました。

| 所属部 | 発表者 | タイトル |
|---|---|---|
| 企画部 | 福池 孝記 | UAV撮影画像を用いた河床礫径の粒度分布把握手法の検討 |
| 砂防部 | 五十嵐 勇気 | 梓川上流域（上高地）における流量特性について |
| | 菊井 稔宏 | 降雨量によらないで発生する土砂災害のデータ整理 |
| | 上森 弘樹 | 梓川上流域（上高地）における降雨特性について |
| | 垣本　毅 | 土砂災害警戒情報の空振りを抑える方策に関する一考察 |
| | 板野 友和 | 熊野川における平成23年台風12号後の土砂移動実態－台風12号後に実施した現地調査結果の報告－ |
| | 浅原　裕 | 土砂移動現象に伴い発生する地盤振動の特徴 |
| 総合防災部 | 藤澤 康弘 | 桜島火山における降灰特性と土石流発生形態について |
| | 皆木 美宣 | 無人航空機（UAV）レーザ計測システム（TOKI）を用いた新たな調査ツールとしての考察 |
| | 厚井 高志 | 山地流域における降雨と土砂流出の応答関係に着目した土砂動態の把握 |
| | 小林 拓也 | 伊豆大島における崩壊斜面への適合性を考慮した初期導入樹種の選定方法 |
| | 近藤 玲次 | 火山灰の層厚が浸透能に及ぼす影響の調査 |
| 砂防技術研究所 | 池田 暁彦 | 焼岳火山における緊急ハード対策計画について |
| | 武田 一平 | 細粒分が砂防ソイルセメントの圧縮強度に及ぼす影響 |

さて何食べよ? 界隈食べある考

番外・スイス

## アルプラーマグロネン

スイスといえばチーズとチョコレートを思い浮かべますが、ワインも絶品でした。スイスワインは国内消費が主であまり国外には出回らないようです。写真はインタープリベント2016（本文p48参照）エクスカーションの昼食で出された料理です。メインはBBQスタイルで焼き上げたステーキでしたが、スイスの伝統料理というÄlplermagronen（アルプラーマグロネン）が付け合わせで出てきました。たまたま隣あわせたスイス人参加者から、食材の運搬が簡単で体が温まるので、山岳地域で広く食べられているものだと教えてもらいました。マカロニ、ジャガイモ、タマネギ、チーズなど山でも手に入りやすい材料でそれ自体はポテトグラタンに近いのですが、特徴は、写真右中のガラス小鉢です。これはリンゴジャムで、塩気と甘味を一緒に食べるのが一般的らしいです。食後のデザートはケーキとアルコール入りのコーヒー（この地域特有の飲み方）が振る舞われました。このコーヒーはあらかじめ投入されたザラメが沈殿しており、最初は混ぜずに、次に混ぜて甘みを楽しむのが作法のようです。

Älplermagronen（皿手前）

ちなみにNETで調べてみたところ、Älplermagronenは「アルペンの牧夫のマカロニ」の意で、アルペンの小屋で牧夫が手元にあった食材で作ったのが発祥となった料理とありました。（K）

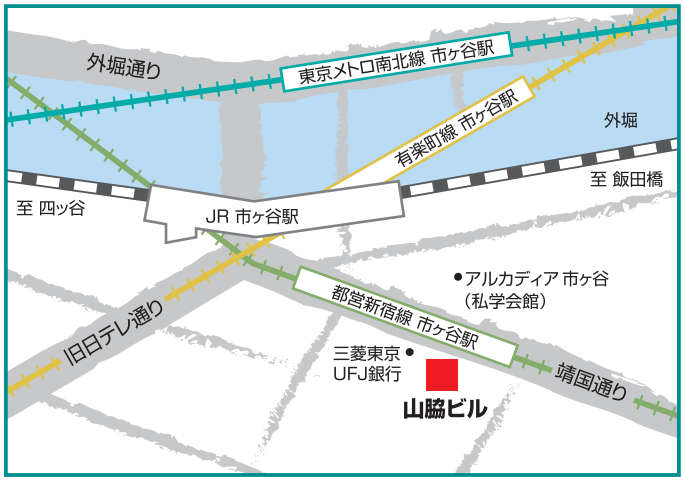
## 編集後記 | 市ヶ谷便り

残暑の日差しは朝から強く、通勤時にも思わず知らず日陰のできる道筋を選んでいます。まだ照り返しの残る帰り道は、買い物を済ませつつ心急く「最短地図」、暮らしの中でいつの間にか、その人独自の地図ができているものですね。同じ町内に暮らしていても、季節ごとに咲く花を楽しむ「花見地図」や、庭先のワンちゃんを巡る「犬見地図」という人もいて百人百様です。お気に入りのパン屋さんに美味しいお豆腐屋、道すがら見つけた喫茶店、、、、人生を豊かにしてくれるのは、案外そんなささやかな喜びの積み重ねではないでしょうか。そして引っ越したら新しい土地で、またこつこつと自分地図を組み上げていき、その地図が詳細になればなるほど土地への愛着は深まっていくのでしょう。

そんなかけがえのない熊本地方の暮らしの地図を、この春起こった大地震と続く余震が、足下から揺るがせました。市民の誇りであった熊本城の美しい石垣は崩れ、追い打ちをかけるように梅雨の大雨が引き起こした土砂災害は、人々の地図を瓦礫と土塊で茶色に塗りつぶしてしまいました。亡くなられた方々のご冥福をお祈りし、未だ不安な日々を過ごされる被災地の方々が一日も早くもとの生活を取り戻されることを願うばかりです。

俯瞰地図で見る日本列島は、知床半島の角を生やして釧路から襟裳岬へと口を大きく開き、沖縄まで長く尾を引く「龍」の姿を思わせます。災害報道を耳にするたび、私たちの暮らしは、この龍の背にびっしりと張り付いた鱗の一つに過ぎないことを痛感してしまいます。四季の恵みを施しその背で慈しんでくれる自然という火龍は、噴火や地震や津波などの気まぐれな一震いで、私たちを絶望に落とすこともあるという事実を思い知らされるのです。

龍の挙動を予測し、対応できるようにと研究や技術が開発されていますが、昔話に出てくる「龍の子太郎」のように自在に乗りこなすことは未だ難しいのが現状です。私たちが忘れてならないのは、火龍への「畏れ」、被災地も私たちもその同乗者という「共感」、そして暮らしの地図にもう一つ「私のハザードマップ」を付け加えること、ではないかとつくづく感じるこの頃です。（J）




アクセス：JR総武線市ヶ谷駅徒歩1分
東京メトロ有楽町線・南北線市ヶ谷駅（A2出口）徒歩１分
都営地下鉄市ヶ谷駅（A2出口）徒歩１分

千代田区九段南４-８-２１山脇ビル６・７階

**「sabo」についてのご意見、ご感想をお待ちしています。**

「役に立った」「印象に残った」記事、あるいは「こんな記事が読みたい」など、
みなさまのご意見、ご感想を、FAXやメールなどで下記の事務局までお寄せ下さい。

**『sabo』バックナンバーはホームページからダウンロードしてご覧ください。**

**「sabo」事務局宛**
**FAX:03-5276-3391／e-mail:sabo-kikanshi@stc.or.jp**
**http://www.stc.or.jp/**

# sabo

Vol.120 2016 Summer

平成28年8月1日発行　ISSN-1345-6997

編集／sabo編集委員会

発行／一般財団法人　砂防・地すべり技術センター

〒102-0074　東京都千代田区九段南4-8-21　山脇ビル6・7階

総務部・企画部(6F)｜TEL:03-5276-3271　FAX:03-5276-3391

砂防部(7F)｜TEL:03-5276-3272　FAX:03-5276-3392

斜面保全部・総合防災部(7F)｜TEL:03-5276-3273　FAX:03-5276-3393

砂防技術研究所(7F)｜TEL:03-5276-3274　FAX:03-5276-3394

http://www.stc.or.jp/　ホームページからバックナンバーがご覧になれます。