

# 令和元年度 活動報告

## WG-III「交通への影響」に関するワーキンググループ

三田 和朗 / 榎ホウセイ・技研

### 1、はじめに

本ワーキンググループは、平成 29～30 年度に鹿児島市街地に多量の降下火砕物（軽石や火山灰）が堆積した場合の対策を検討し、令和元年度は、多量の火砕物が降る可能性が高い大隅半島の交通対策について検討した。これらの検討結果は、地震火山地域防災センターのホームページに公開中である。

検討の過程で、大隅半島の惨状がこれまで、見過ごされていることが解った。大正噴火では、多量の軽石と火山灰が降り積もったので、大隅半島で少なくとも 25 名の方が亡くなり、住宅や生活基盤である耕地を失い、肝付郡内で約 6000～7000 名の方々が、移住を余儀なくされた。多量の軽石が降った地域では、住民の生活は困難になり、土石流が頻繁に発生した現在の国道 220 号（垂水～牛根間の約 19Km 区間）は、噴火した年に復旧することを断念している。

現在までの大噴火の被害が、鹿児島市に住む人の視点で書かれ、桜島の次に被害が大きかった大隅半島の被害が見過ごされていることが明確になった。このため、大隅半島の大噴火対策は進んではいない。このため、ワーキンググループでは、大隅半島の減災対策の重要性を述べた。

### 2、活動経過

大隅半島に関わる会議などの実施経過を大隅半島の検討を始めた平成 30 年度から記載する。

- ・第 13 回検討委員会 平成 30 年 7 月 30 日 大隅半島の被害抽出
- ・第 14 回検討委員会 平成 30 年 11 月 30 日 大隅半島の被害抽出
- ・第 15 回検討委員会 平成 31 年 1 月 25 日 被害軽減対策検討 提言検討
- ・第 16 回検討委員会 平成 31 年 2 月 22 日 提言検討 ハザードマップ検討
- ・桜島火山東方地域ハザードマップ作製（防災関係者用）公開 平成 31 年 3 月
- ・暫定レポート作成公開 作成 令和元年 4 月～6 月 公開 令和元年 7 月 23 日
- ・垂水市役所内セミナー 令和元年 7 月 30 日 総務・土木・消防など 20 数名出席
- ・鹿児島ロータリークラブ講和 令和元年 8 月 30 日 解ってきた大隅半島の噴火被害
- ・自然災害科学「桜島大規模噴火を考える（特集）」の陸上交通を執筆 令和元年 9 月
- ・防災担当者セミナー 令和元年 10 月 23 日 国土交通省・自衛隊・九電・市町村防災担当などに桜島大噴火が近代社会で起きた場合に考えられる惨状と対応策案を説明
- ・垂水市防災訓練参加 令和 2 年 1 月 11 日

### 3、研究の成果

桜島の大正噴火の被害は、「地震と噴火活動で 58 名が死亡し、桜島と大隅半島が陸続きになった。」と語られる事が多く、その被災地域として桜島と鹿児島市がクローズアップされ、噴火被害が矮小化されてきた経緯がある。ところが実際には、プリニー式噴火の降下火砕物が厚く堆積した大隅半島地域では、鹿児島市以上の大きな被害があった。それにもかかわらず、大隅半島の甚大な被害が適切な文章量で記載されていなかったため、大隅半島の惨状が広く認識されることは無かった。このため、桜島大噴火対策は、桜島に限定されることが多く、大隅半島まで対策が考慮されることは無かった。下記に、ワーキンググループの研究で改めて解った大隅半島の被害について述べる。

#### 3.1 大隅半島の死者行方不明

大隅半島では、多量の降下火砕物堆積後には、土石流や洪水が頻発した。このために、死者が発生している。「櫻島爆發肝属郡被害始末誌（1915）」では、2 回目の御下賜金（被災関係者への給付金）が、防風雨による死者行方不明者 23 名を対象に給付したに記載されている。この 23 名

は、噴火現象で直接被害を受けたものでは無いが、噴火による土石流と洪水の激化が無ければ、死亡者は発生しなかったと考えられるので、噴火の被害者と考えられる。なお、23名の記録の他にも死亡者があり、岩松（2019）は、大噴火による大隅半島の死者を25名としている。これまでの58名に追加すると桜島大正噴火による死者は少なくとも**83名**である。

### 3.2 大隅半島の道路被害

大隅半島で10 cm以上の厚さで、軽石や火山灰が堆積した地域では、自動車や馬車などの通行が困難になった。路面に降り積もった降下火砕物を除去できた道路では通行可能になったと推定されるが、土石流や洪水が頻発する道路の回復は、長期に亘って困難であった。特に道路被害が著しかった現在の国道220号の桜島に近い19 km区間は、道路を復旧しても土石流で破壊されることが繰り返され、噴火した年は道路の復旧を諦めざるを得ない状況であった。

大噴火後の道路被害の様子は、郡始末誌（p.428）の交通被害を記載した冒頭の文章に要約されている。冒頭部分を現在の言葉に直すと次の記述がある。

- ・天地が転覆するようだと思われるばかりに砂石を降らせ、一大修羅場を現出した。
- ・そのために、交通機関は途絶し、一時は近隣の情報すら知ることが出来なかった。
- ・降下火砕物の堆積後は、道路が閉塞し、徒歩さえも通行困難になった。
- ・道路には、崩壊した山岳の土砂、岩石、樹木が押し流されてきた。
- ・さらに、道路は埋没、破壊、流出などの大災禍を重ね、橋梁や暗渠も破壊流出した。
- ・佐多街道（現在の国道220号）はもちろん、百引街道も降下火砕物で閉塞された。特に百引二川間の17 km区間は、全く閉塞し牛根村の村民を兵糧攻めにした感がある。
- ・佐多街道の牛根垂水間のうち19 km区間は、応急工事を行い、代道を作り代橋を架けることに、2万円を費やしたが、水泡に帰するため、当分の間危険区域として放棄した。

この記述から、現在の垂水市北部地域における唯一の主要道路である国道220号の復旧が、大噴火の年には諦められたため、現在の牛根付近に住む少なくとも8,000名の住民は、物流や移動経路としての道路を失ったことが解る。

その他、鹿児島県記録では、表-1に示した道路途絶箇所が記録されているが、この表の「安楽、夏井間」は、降下火砕物の堆積量が10~20 cmの地域である。この区間は平地が多いにも関わらず、交通が途絶しているため、当時は、10 cm以上の厚さで降下火砕物が堆積した多くの地域で、交通が途絶したと推定される。

表-1 県記録に記載されている交通途絶箇所  
(桜島大正噴火誌 p.233)

路線名	途絶箇所
佐多街道	垂水村界二川間
百引街道	二川、百引間
高隅街道	市成、高隅間
岩川街道	志布志、岩川間
末吉街道	松山、岩川街道分岐点間
鹿屋街道	安楽、夏井間

道路被害は、降下火砕物の堆積により走行不能となる直接的な被害の他に、それを原因とした斜面崩壊、土石流、洪水などにより、**山岳斜面が崩壊して土砂・岩石・樹木などを押し流し、道路の埋没、破壊、流出、橋梁と暗渠の破壊が繰り返り起きた。**

当時の被害の甚大さは、表-2に示した垂水村の記録からも把握できる。垂水村には、噴火した年に土石流が11回発生しているが、そのうち3月6日の記録は、最も被害規模が大きい。道路の被害延長は、16箇所2,450間(4,410m)に及び、流出や埋没した橋梁は10橋に及ぶ。なお、特筆すべき点は、この日の日雨量は42.4 mmに過ぎず、土石流が1年間に11回発生したのは、11か所で土石流が発生したのではなく、同時多発的な土石流が1年間に11回発生したと考えられる点である。

牛根村も繰り返す土石流で甚大な被害を受けたが、降下火砕物の堆積厚さが数cmの内之浦村でも、台風通過による大雨で橋梁の流出と破損がそれぞれ3橋、合計6橋が被害を受けている点にも注意する必要がある。降灰量が、大隅半島よりも少なかった始良地域でも、降灰後は土石流が発

生しているため、数cmの降灰量でも看過できない被害が発生している。

表-2. 堤防・道路・橋梁の被害（3月6日）垂水村郷土誌

種別 字名	2006 堤防						道路						橋梁		
	決壊		破損		計		流失・埋没		破損		計		流失・破損		
	個所	延長	個所	延長	個所	延長	個所	延長	個所	延長	個所	延長	流失	浸水	破損
田神	—	—	—	—	—	—	—	—	1	10間	1	10間	1	—	—
市木	4	1,200間	4	60間	8	1,260間	2	900間	5	900間	7	1,800間	—	—	—
中俣	2	4,320間	—	—	2	4,320間	—	—	1	10間	1	10間	—	—	—
海瀉	3	300間	—	—	3	300間	3	180間	—	—	3	180間	—	—	—
新御堂	5	140間	3	20間	8	160間	1	130間	—	—	1	130間	2	—	—
高城	1	70間	—	—	1	70間	—	—	1	60間	1	60間	3	—	—
本城	7	700間	—	—	7	700間	—	—	2	260間	2	260間	4	—	—
計	19	6,730間	7	80間	26	6,810間	6	1,210間	10	1,240間	16	2,450間	10	—	—

この他、桜島大正噴火では、次の道路被害が発生している。

- ・桜島から流出した溶岩による道路埋没
- ・洪水発生による道路通行不能（少なくとも10年に亘って洪水は発生している）
- ・海岸地域での地盤沈下による道路の通行不能
- ・洪水による湛水で池が出来たための道路通行不能

### 3.3 道路回復に影響を及ぼす大噴火時の降灰特性

本WGの研究で防災上重要と考えられる次の2つの点が明らかになった。一つは、噴火中に視界を取れない事であり、もう一つは大正噴火の火山灰が細粒である点である。それらについて記載する。

#### 3.3.1 噴火中の視界

大噴火では降下火砕物のために視界は不良となり、数日におよぶ噴火継続中には、復旧作業も困難になる。大正噴火では、降下する軽石や火山灰のために、太陽光が遮断され昼間でも真っ暗になる日があるなど、ほとんど太陽が見えなかった期間を、県の大隅郡役所は旬日（10日間くらいの日数）としている〔櫻島爆發肝属郡被害始末誌 p.160〕。

表-3に、大隅半島に降った降下火砕物の性状と期間を示す。大正噴火は、1914年1月12日午前10時頃始まり、噴火初期の段階では軽石が降下していたが、翌日には砂状に変化し、噴火5日目からは火山灰が降下している。火山灰は軽石噴火に続く連続噴火やブルカノ式噴火で放出され、しだいに量を減らしながら1年余り継続した。風下の大隅半島側では、噴煙活動で昼間でも真っ暗な日々が続いたとみられる。この状態では、噴火後5~7日間は、一般車両は勿論、消防車や警察車両もとえ道路が清掃されていても視界不良で通行できないと考えられる。さらに、道路復旧や停電の解消に従事する工事車両の通行も困難となる。

表-3.1 大正噴火の降下物の変化 出典：櫻島爆發肝属郡被害始末誌 1914

パソ	軽石降下開始時刻	軽石の降下激甚	砂状に変化	降砂最盛期	灰状
高隅村	12日午前10時半頃	12日午後2時から	13日午前3時	16日最も盛ん	17日から
百引村	12日午前11時半頃	12日午後2時より	14日より灰砂状	15日まで	17日から
牛根村	12日午前10時より	12日午後2時ごろ最も盛ん	13日午前3時	砂状~灰状 16日まで盛ん	
垂水村	牛根と同じ時間で軽石降下無し				

#### 3.3.2 停電を発生させやすい細粒の火山灰

大正噴火時の火山灰の降下量が減ると、視界が確保できるようになり、道路啓開と道路復旧が急がれるが、噴火開始からすでに5日から一週間程度経過していることになる。したがって、十分な生存物資（水・食料・その他）が整っていない家庭があれば、生命の危険が迫っている状態である。仮に幹線道路の啓開が噴火から5日間経過した時点で開始されたとすると、一般道の啓開は幹線道路の啓開が終了した後となるため、道路の不通はさらに長い期間継続することになる。



図-1 降灰が付着して垂れ下がる杉の枝

道路警戒作業の阻害要因として、火山灰特有の対策も必要である。エンジンに空気を供給するエアフィルターが目詰まり、作業員の日や呼吸器の障害など一般的に知られている障害もあるが、桜島の大噴火では、特に停電の発生が指摘される。停電は、地震発生でも起きるが、軽石の降下が終了し、火山灰になった段階で、発生する危険性が一段と高くなると考えられる。

特に危険性を指摘する理由は、桜島大正噴火の火山灰が、図-2 に示した様に通常噴火の火山灰より相当程度細粒であることと、火山灰の性質が「漆喰」「セメント質」「鍬で火山灰を取り除く」などで表現されるように、電線や碍子に付着し容易には剥がれない性質があるとみられるためである。図-1 は、噴火後の牛根村の杉林の写真であるが、火山灰が付着し、杉の枝が折れている。この様な状況は、湾北部でも記録されており、通常のブルカノ式噴火では見られないが、大正噴火後は一般的に発生していたと推定される。

大正時代は、電力は、室内灯の電源として一般家庭では利用される程度であったので、社会問題にはならなかったが、現代社会では、**停電により社会機能が完全にストップする**。情報・通信・パソコン・水道などが停止し、病院・警察・消防署・復旧機関の機能がダウンする。このことは、道路復旧においても復旧を指揮する機関と現場との情報交換が困難になり、復旧作業員を宿泊させることで支援するホテルや作業所の機能もダウンすることを示唆している。

全国的には、例えば緊急時の非常電源は3日程度機能すれば十分と考えられているが、**桜島周辺地域では3日間程度の自家発電設備の稼働では到底間に合わない**。同時多発的に停電が発生する可能性があるが、その際の復旧も、軽石が降り積もった山道を登り、碍子にへばり付いた火山灰を取り除く作業をしなければならない。県を超えて広範囲に同じ現象が発生する可能性が高く、停電後の復旧は時間を要するため、停電を起こさない送電方法の対策検討が必要である。

### 3.4 大噴火対策

ワーキンググループの検討の過程で、桜島大噴火対策がこれまで「桜島からの避難」に重点が置かれ、噴火した場合に約8割の確率で多量の火山灰が降下する大隅半島の防災対策がほとんど実施されていない現実に危機感を感じた。その原因が、桜島火山のハザードマップが桜島に限定されているか鹿児島県全体に広域的に被害の危険性を指摘していた2種類であったためと推定した。大隅半島の噴火対策が進むためには、大隅半島に特化したハザードマップが必要と判断し、防災専門家向けの「桜島火山東方地域ハザードマップ(降下火砕物の被害)」を委員会で作成し、平成31年3月に地域防災センターのホームページに公開した。同時に、湾岸地域の行政担当者と関係機関にハザードマップを配布した。

この後、大正噴火後に最も被害が大きかった垂水市で、市役所職員を対象にしたセミナーを開催し(令和元年7月30日) 総務・土木・消防など20数名の出席を得た。100年前の被災地な

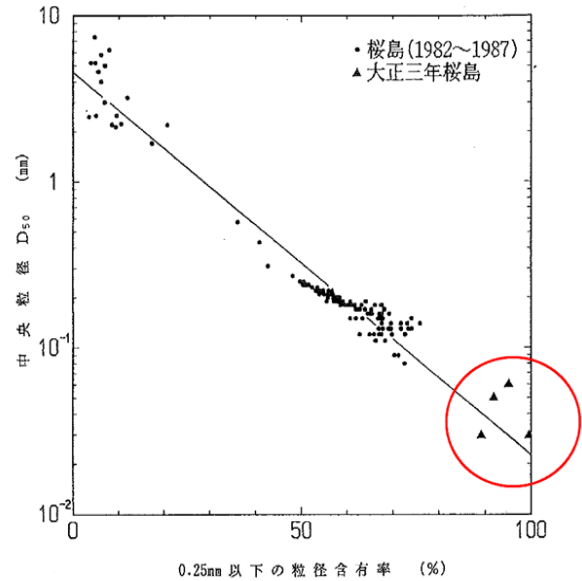


図-1 0.25mm以下の粒径含有率と中央粒径D<sub>50</sub>の関係

図-2 大正3年噴火の火山灰の粒径  
出典 下川(1991)

ので、祖先からの伝聞で当時の惨状が伝えられているかと想像したが、セミナーで初めてその惨状に触れ、危機感を持った職員が多い状況であった。

道路交通に関して大噴火対策を考慮した場合、次の対策が重要である。

① 道路啓開と復旧手法の検討

大噴火後の道路啓開には日数を要するため、噴火中に道路啓開が可能になれば、プリニー式噴火終了後に直ちに救援作業や道路復旧を実施可能となる。現時点では、ほぼ視界が無い状態で重機が稼働できる技術は確立していないが、近い将来ICT技術の進展で、土木分野でも視界が無い状態で作業が可能と考えられる。このような技術を各道路で具体的に取り入れる方向が有用と考えられる。

② 砂防対策

桜島に近い地域で頻発する土石流に対しては、通常の100年確率程度の降雨を考慮した砂防施設を整備中であるが、事実上桜島の大噴火に対応した砂防施設は無い。一方、国内で同様の危険性を有する火山（樽前山・北海道駒ヶ岳・有珠山・十勝岳）では、大噴火時の土石流から被害を抑制する施設を整備中である。国道220号は、現在の状況では、大正噴火後と同じように頻繁に不通となり、同時に、山麓の集落も甚大な被害を受けるとみられるので、ハードとソフトを含め何らかの対策が必要であろう。

③ 道路放置車両

噴火前後に一般車両が避難し、道路に放置車両が発生すると、道路啓開や道路復旧を行う過程で放置車両は障害物となり、同時に道路を通行できないことで救援部隊の到着や救援物資の運搬にも重大な影響を与える。雪道でも埋没車両撤去に多くの時間を要するが、掘っても再度崩れる降下軽石に埋もれた車両を救出するにはさらに多くの日数が必要となる。事前に、道路規制や噴火時の対応策の検討が必要である。

3.5 提言

本ワーキンググループでは、地震火山地域防災センターの設立目的が「減災」であると認識し、桜島大噴火対策が進まない現状に対し下記の提言を行いホームページで公開した。

- 提言 1 桜島は現在100年余りの間隔で、大噴火を繰り返しているため、必ず大噴火する前提で、次の噴火に対する備えを行うことが重要である。
- 提言 2 桜島の大噴火被害が、数年間に亘って大隅半島に継続的な被害をもたらしたことを県民に周知する必要がある。
- 提言 3 鹿児島県全域に甚大な被害を及ぼす桜島大噴火に対し、減災の取り組みが不十分である。行政機関の実践的な対応部署を明確にし、減災と救援・復興の検討を早急に開始する必要がある。
- 提言 4 桜島の大噴火を想定した特例法を制定する必要がある。
- 提言 5 電気・上下水道・道路・情報網などの社会基盤が高度に整備された社会の近郊で起きる大噴火は、世界に事例が無い。このため、未知の災害として大混乱の発生が予想される。したがって、あらゆる事態を想定した事前防災が必要となる。
- 提言 6 扇状地や狭い谷底平野および背後に大きな集水域を持つ海岸平野では、大噴火後に繰り返す土石流や洪水が発生するため、道路は頻繁に不通になる。このため、住民の生活基盤の



図-4 桜島火山東方地域ハザードマップ

保全も含め、砂防対策や河川対策および道路保全対策が必要である。

提言7 道路・航路・空路は、噴火中ないし、噴煙活動中には利用出来ない事態に陥ると考えられる。

提言8 桜島の大噴火後は、活発な噴煙活動が長期間続くので、道路に降り積もった火山灰や堆積物の除去が長期間にわたって必要となる。

提言9 桜島の大噴火を考慮した大隅半島の砂防計画は、降下火砕物の特性を考慮する必要がある、汎用的な指針に加えて地域特性を考慮した規定が必要である。

#### 4. あとがき

桜島の大噴火は、桜島のみならず周辺地域にも大惨害をもたらす巨大災害である。大正噴火の死者数を参考に、当時でさえ100名以下の地域災害であり、現代の科学水準であれば被害をさらに軽減化できるとの認識は誤りである。大正時代には、自宅周辺に井戸があり、生命維持に必要な物資を自宅周辺で確保出来た。現代社会は、大正時代と異なり、電気・水道・道路・流通網が発達し、生活や生存の手段を自分以外の他人や組織に依存する社会に変化している。例えば停電になるだけで、水道・ガス・冷蔵庫・パソコン・携帯電話など便利な現代社会の利器がすべて使用不能となる。大噴火の場合は、その期間が長期に亘る。現代社会では、一歩対応を誤ると想像もできない大災害をもたらす。この様な高度に発達した都市や市街地で大噴火が起きた事例が世界に無いため、対策の検討だけでも相当の時間を要すると考えられる。このため、平常時である現時点で対策を検討する必要があることを本ワーキンググループでは示した。

本ワーキンググループの委員は、土木技術に精通した民間の技術士と大学関係者からなり、さらに行政担当者からの助言も頂いた（詳細は、暫定レポート2019年6月版参照）。特に、民間組織のボランティアとして検討にあたった上小鶴氏、古閑政秀氏、松元慎二氏、柴山修一氏と大学と行政関係者には、深く感謝申し上げる。

最後に、令和2年1月11日に垂水市が、33機関と連携して、自衛隊・海上保安部・漁協・警察・医療機関・住民などと、同市始まって以来の大掛かりな訓練を行った。鹿児島市も本格的な訓練を継続している。ワーキンググループとしても対策が進展する方向性を嬉しく感じ、大噴火への準備が南九州を中心として広域的に進み、次の大噴火で被害が出来るだけ少なくなることを願うものである。

#### 引用文献

鹿児島県肝属郡役所 1914 桜島爆發肝属郡被害始末誌

鹿児島県 1927 桜島大正噴火誌

下川悦郎・地頭蘭隆・小林哲夫 1991 大正3年桜島大噴火が火山周辺域の侵食に及ぼした影響  
交通への影響ワーキンググループ 2019 桜島大噴火時の交通対策暫定レポート