

桜島における土石流対策

永吉修平*

1 はじめに

桜島は、鹿児島（錦江）湾のほぼ中央に位置し、東西約12km、南北約10km、周囲約52kmで、約1万3千年前に出現したと推定される。有史以降、幾度となく大規模な噴火を繰り返しており、昭和30年代に再び火山活動が活発化したため、南岳火口から半径2km圏内への立ち入りが禁止された。また、活発化した火山活動の影響により土石流が頻発するようになり、昭和49年には土石流により鹿児島県の砂防工事関係者8名が犠牲となる災害が発生するな

ど、土石流対策は困難を極めた。

火山地帯における土石流対策は、多額の費用を要するだけでなく、火山活動中という特殊な条件もあり技術的に困難であった。そのため国による対策を求める声が高くなり、昭和49年から調査を実



写真1-1 噴火する桜島

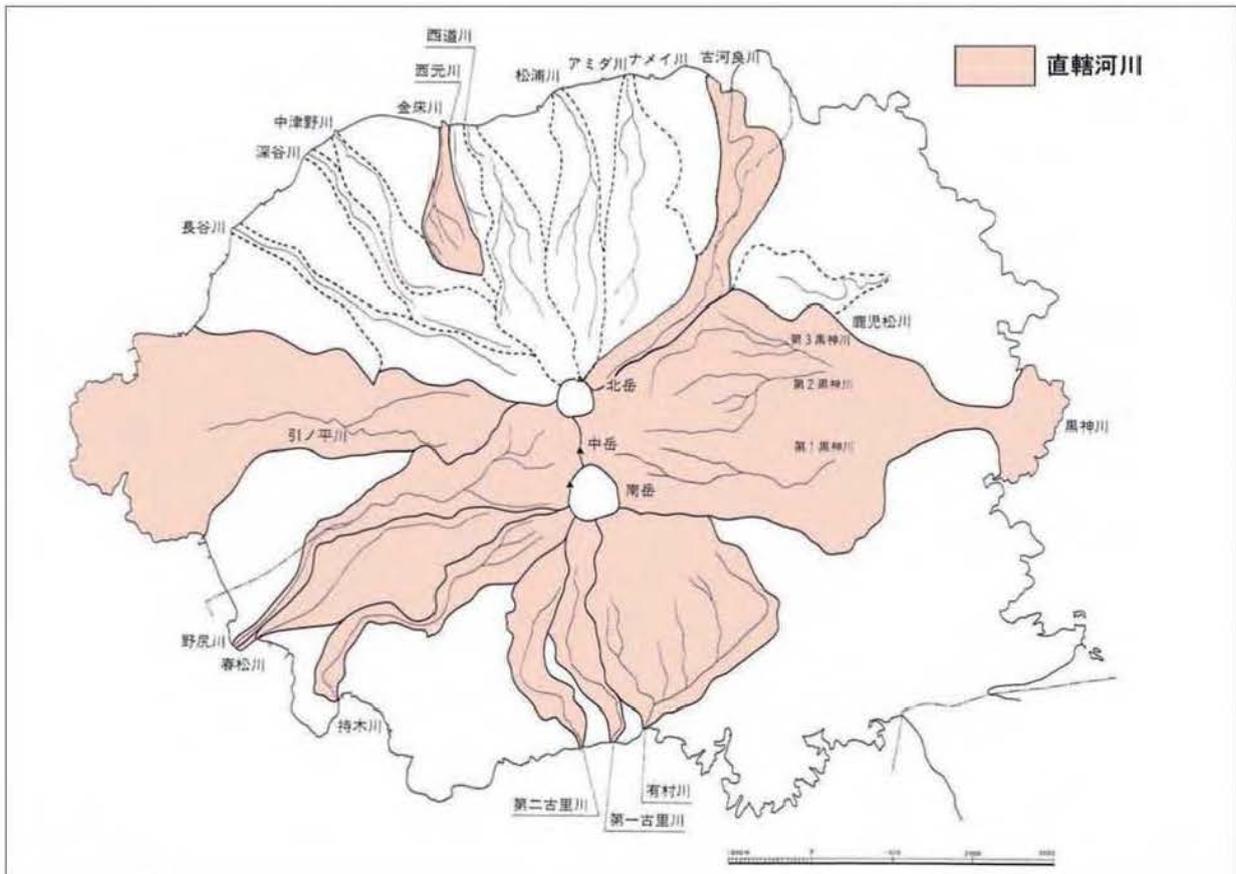


図1-1 河川位置図

* 国土交通省大隅河川国道事務所調査第二課長

施し、昭和51年度に直轄砂防事業として着手しており、現在では、島内19河川のうち野尻川等10河川で事業を実施している。

以下にその概要について説明する。

2 噴火及び土石流の概要

桜島は、約1万3千年前から活動を始め、何回かの大規模な噴火を繰り返した。有史以降における山頂噴火は南岳のみであるが、溶岩流を伴う大規模な噴火は山腹から発生している。記録に残されている規模の大きな噴火は、「文明」「安永」及び「大正」の大噴火であり、それぞれ多量の溶岩を放出した。大正3年の大爆発（溶岩流）では、桜島の南東側で

大隅半島と陸続きになった。

近年の活動としては、昭和21年に大きな爆発を起こし、昭和30年には南岳の噴火活動が活発化した。昭和47年以降にその活動が次第に激化し、噴石、火山灰、火山ガスなどを放出し爆発回数も激増した。降灰回数は、昭和47年は485回、昭和48年は678回、昭和49年は1,158回となり、農作物に著しい被害を及ぼした。このような火山活動の激化に伴い、各河川の流域には火山灰の多量の堆積と山腹の崩壊が起こり、少量の降雨で土石流が発生するという異常な状況になった。土石流の発生回数を見てみると、過去20年間の土石流平均発生回数は年間57回であり、特に野尻川では年間17回である（図2-1）。

表2-1 噴火災害年表

文明3～8年	火山爆発・溶岩流、人畜死傷・家屋埋没多数 (1471～1476)
安永8年 (1779)	火山爆発・溶岩流、海底噴火・噴火津波、 新島燃島生成、死者153名、家屋耕地被害
大正3年 (1914)	火山爆発・溶岩流、死者58名・負傷者112名、 消失家屋2,268戸
昭和21年 (1946)	火山爆発・溶岩流、死者1名、村落埋没消失
昭和30年 (1955)	火山爆発、死者1名・負傷者7名、 山林耕地被害
昭和59年 (1984)	約30cmの噴石が民家に落下し、11件の火災が発生。 民家近くの山手側に直径2mの噴石が落下
昭和61年 (1986)	古里町のホテルに直径2mの噴石が落下。 重傷2名・中傷2名・軽傷2名

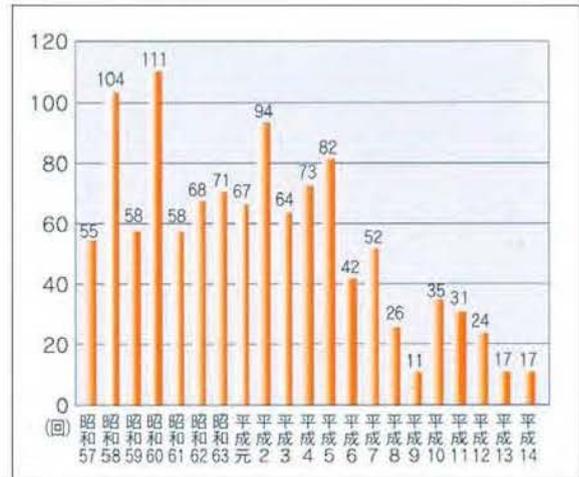


図2-1 土石流発生回数グラフ

表2-2 土砂災害年表

昭和21年5月10日	河川敷で土石流に巻き込まれ死者1名
昭和24年8月12日	海岸で船の引き上げ中、土石流に巻き込まれ死者1名
昭和39年7月19日	河口で薪拾い中、土石流に巻き込まれ死者1名
昭和49年6月17日	工事現場で土石流に巻き込まれ死者3名
昭和49年8月9日	河道内で工事中、土石流に巻き込まれ死者5名
昭和51年6月24・25日	死者1名、住宅全壊1戸、半壊1戸
昭和55年11月13日	土石流により家屋の浸水38戸
昭和58年2月2日	ホテル・住宅災害、国道に500m ³ 土砂氾濫
昭和59年8月25日	流出土砂量約30万m ³ を観測、野尻橋付近で5万m ³ の土砂が氾濫
昭和63年8月22・23日	国道へ3,500m ³ の土砂が氾濫し、砂防施設が被災
平成3年6月28日	桜島で20分雨量54mm、時間雨量で101mmを記録、各河川で土石流が発生、野尻川で砂防施設が被災



写真2-1 昭和57年7月24日（野尻川）



写真2-2 昭和61年2月18日（野尻川）

3 砂防事業について

3.1 砂防事業の方針

桜島における砂防事業の大きな特徴は、桜島が現在も活動中で南岳火口から2 km圏内が立ち入り禁止区域であり抜本的な発生源対策ができないことから、土石流の発生を抑制することではなく、土石流を安全に河口まで流すことを旨としている点にある。

3.2 土石流対策

(1) 施設整備

——土石流を安全に海域までに流すため

①これまでの土石流対策

流下土砂を捕捉・抑制するための砂防えん堤、床固工の整備、さらに安全に海域へ流すための溪流保全工の整備及び流下断面確保のための除石が事業の主体となる。

②特色のある工事

桜島の土石流は、発生回数が多くかつ破壊力が大



写真3-1 転石張工



写真3-2 土石流により極度に摩耗した砂防えん堤



写真3-3 野尻川4号底面水抜スクリーンえん堤



写真3-4 水中掘削に威力を持つバックホウ船

きいため、砂防施設の被害が著しく、砂防えん堤の水通し部や流路のコンクリートなどが簡単にすり減ってしまうため、その対策が求められた。そこで昭和55年から摩耗に強い対策を模索する試験工事が行われ、転石張工が良いとの結論を得た。

また、土石流のエネルギーを減殺する目的で、底面水抜スクリーンえん堤を施工した。このえん堤は、スクリーン上の除石や部材の損耗など維持管理上の問題があるものの、土石流フロント部のエネルギー減殺には効果が高い。

土石流が頻発する野尻川では、膨大な土砂が河口に堆積し、その堆積土砂の先端は1年に約20メートル沖合に進んでいる。その土砂を撤去するため水中ブルドーザーにより掘削を行っている。近年、より排土能力が高い土石処理船（バックホウ船）を使うようになり、その後には新技術であるソナーを使った水中掘削監視システムや機械を効率的に扱う制御システムを組み合わせることで、高い排土効果を得ている。

(2) 環境の保全と創出

——発生土砂を抑制するため

桜島では現在も噴火活動が継続しているため、南岳火口から半径2 km圏内は立ち入り禁止区域で、土石流発生源での対策を実施できない状況にある。そのため上流域一帯は緑のない荒廃地であり、無数の溝（ガリー）が発達している。そのガリーが拡大集合して、中には荒廃河川に変化しているものも存在する。現在、この地域に無人化施工の技術を応用した山腹工や緑化工などの施工を検討している。

事例として、黒神川流域の山腹斜面で実施している緑化工について説明する。

■黒神川・権現山の山腹緑化工（写真3-5）

黒神川流域内の特に荒廃の進行が著しい権現山の斜面は、雨水の侵食により無数の溝（ガリー）が発達し、下流へ大量の土砂を流出させている。そのため、下流域で除石・掘削した土砂を利用して溝（ガリー）を埋め戻し、試験施工の結果を踏まえて植栽を行った。

現場が植物の成育にとって厳しい環境であることから、黒神川流域で

は緑化工に先立って試験施工を行った。その結果、郷土種のうちクロマツ、ヒサカキ、シャリンバイの発芽育成が良好であり、植栽方法としては客土・樹皮堆肥・吸水泥炭改良材・固形林業肥料を組み合わせるのが良いという結果を得ている。

現在、クロマツが成長を始めている。

(3) 危機管理対策の推進

——いちちはやく防災情報を提供するため

①危機管理対策

活発な火山活動を続ける桜島は、火山噴火や土石流に伴う災害で、これまで数々の被害をもたらしている。桜島の火山観測は気象台・大学等で実施されており、国土交通省等の火山監視機器と情報を相互に交換し、島内の火山噴火・土石流の防災情報を一元管理し情報を提供する取り組みを行っている。

特に土石流については、検知と解明のために、各所に土石流の観測機器を設置して観測を実施している。発生した土石流を捉えた映像や様々なデータは桜島国際火山砂防センターで集約し、大隅河川国道事務所及び鹿児島県に伝送されて、防災に活用されている。

最上流の砂防えん堤などに設置した土石流発生検知センサーでは、土石流の発生を捉え警報を発するとともに、VTRカメラを自動起動させるトリガーに用いている。また、土石流の流量計算などに必要な水位・流速などの基礎データは、超音波式水位計・流速計にて測定している。

また、土石流の発生を検知するセンサーには、ワイヤセンサー等の接触型と振動センサーや光センサ

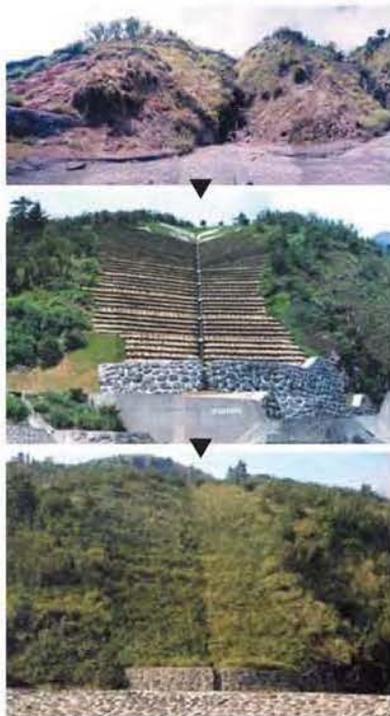


写真3-5 黒神川権現山の山腹緑化工



写真3-6 ハネルセンサー



写真3-7 小型レーザー雨量計



写真3-8 監視カメラ



写真3-9 ワイヤセンサー

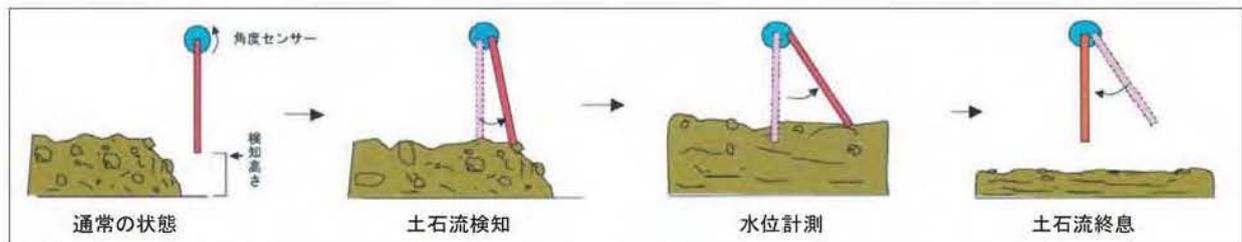


図3-1 ハネルセンサーの動作模式図

一等の非接触型の2タイプに大別できるが、おのこの繰り返し利用や規模確認、気象条件・ノイズによる精度低下等の運用上の課題があった。

当事務所職員の発案によるハネルセンサーは、繰り返し利用ができ、土石流規模の確認が可能である等の両タイプのセンサーの長所を併せ持つ、新しい土石流検知センサーとして平成11年に開発された(図3-1)。現在、現地での検証等により改良を重ね、実用化へ向けた段階として各河川に設置し、ワイヤセンサーとの併用により、一層の信頼性の向上を図ることとしている。

このようにして得られたデータや映像を解析することによって、かつては“幻の”と形容されたこともあった土石流の実態が、ようやく明らかになりつつある。

②桜島国際火山砂防センターの設立

国土交通省(当時建設省)では、平成11(1999)年6月、野尻川下流の国道沿いに桜島国際火山砂防センターを開設した。

この施設の目的の一つは、「土石流や火山活動の集中監視」であり、土石流検知センサーの情報や監視カメラの映像、テレメータ雨量、気象レーダーな

どのデータをこのセンターに集約し、警戒避難に活用している。

また、もう一つ大きな目的は、噴火時の対応施設としての役割である。センターでは、桜島内外からの情報を集約し現場に提供している。また、噴火の際には工事関係者など安全を確保する緊急避難施設としても位置づけている。

以上の機能をあわせ持った上で、さらに「火山活動や土石流に関する情報を、日常的に地域住民に提供する」ことも、この施設の目的である。平常時には火山や土石流、砂防事業に関する展示をしているほか、内外の研究者や研修生に対する情報提供も行っている。開館以降、地元の人々の来館はもとより、県内の小・中学生の学習見学も盛んに行われている。

(4) 新技術・新工法の取り組み——コスト・建物廃棄物縮減、そしてより効果をも高めるため

①ISM(現位置攪拌混合固化)工法(図3-2)

工事の安全性向上や施工の合理化による建設コストの縮減等を目的としてISM工法を採用している。施工箇所にある砂礫にセメントミルクを攪拌混合し構造物を構築するISM工法の採用により、掘削土砂



写真3-10 桜島国際火山砂防センター



写真3-11 展示室(2階)



写真3-12 ISM工法による作業

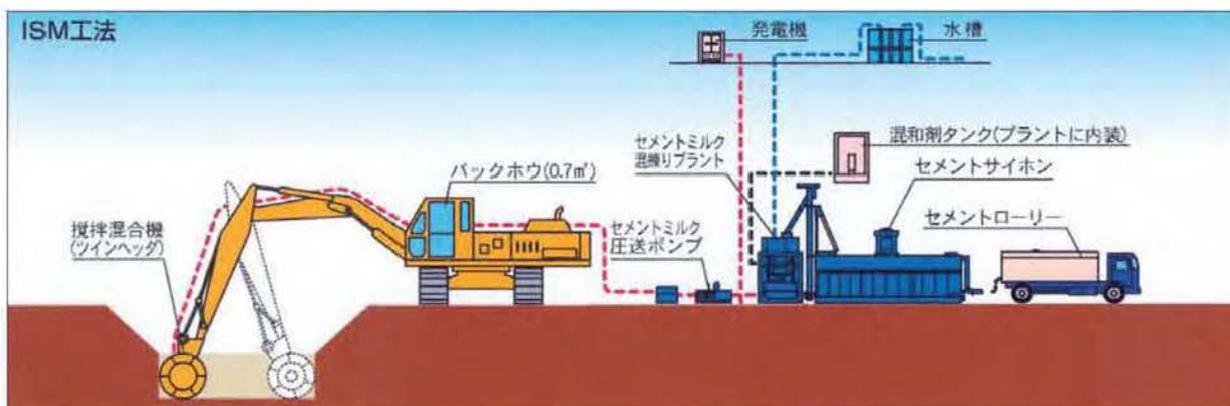


図3-2 ISM工法のイメージ図

(建設副産物)の搬出量を大幅に減少させ、汎用性の高い機械化施工を行うことにより、安全性の向上・建設コストの縮減等が図られる。

②ボラ捕捉施設 (図3-3)

黒神川より流失するボラ(軽石)は、海域まで流出し、漁業等に多大な被害を与えている。このボラ流出対策として、陸域において遊砂地・底面スクリーンによるボラ対策施設、海域にネットフェンスによるボラ流出防止対策を実施している。

③無人化施工 (試験施工)

活動中の火山での砂防工事は常に危険を伴い、また、南岳噴火口を中心とした半径2km以内は立ち入り禁止区域に指定されていることから、無人化施工の技術開発が望まれてきた。九州技術事務所が開発された簡易遠隔操縦装置(ロボQ)を使った、ISM工法の攪拌混合工程の無人化施工と無人ヘリコプターを使った山腹緑化工の試験施工を実施している。

3.3 地域との連携

桜島火山砂防事業では、火山災害・土石流災害等から地域の安全と安心を確保するとともに、地域が

目指す町づくりを支援するため、地元の人たちと対話と連携を図りながら事業を進めている。

また、火山砂防技術の国際的な普及のため、防災会議の開催を行うとともに、火山砂防における先進事例として海外研修生の視察なども受け入れている(写真3-14、15)。

4 今後の砂防事業展開

火山噴火に起因する土砂災害は、火砕流、溶岩流、火山泥流など、現象も多様で、短時間に甚大な被害が広範囲に及ぶことが特色である。そのため、対策としては、想定される噴火現象と被害予測にもとづいた危機管理計画を検討し、噴火前後の対策を備えておくことが被害を最小限に抑えるうえで重要である。そのため、火山噴火に起因する土砂災害に対処するソフト・ハード両面からの応急対策を含めた危機管理計画を策定するための検討に着手する予定である。

5 終わりに

活発な火山活動を続けているという火山砂防事業

として日本で唯一の特殊な事例である桜島火山砂防について、土石流対策を主題にしつつ網羅的に述べてきた。

今後とも地域と密接に連携しつつ、ハード対策及びソフト対策を進めていきたいと考えている。関係各位には、引き続きご指導ご鞭撻をお願いする次第である。

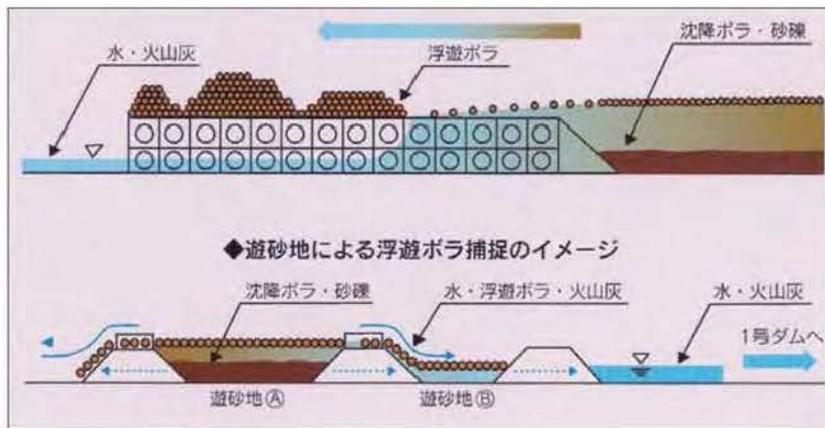


図3-3 浮遊ボラ捕捉のイメージ図



写真3-13 無人ヘリコプター



写真3-14 緑の復元を願って



写真3-15 海外からの研修生