

第2章 土砂災害対策

噴火直後においては、長崎県が中心となって土砂災害対策が実施された。被害が顕著になってきたのは1991（平成3）年からで、火山活動の長期化に伴い被害はさらに拡大した。長崎県は、建設省（当時）の支援を受けて懸命に緊急的な対策等を行ったが、度重なる火砕流、土石流により、被害は拡大の一途をたどった。そこで、1992（平成4）年に、県は国に直轄事業化を要望した。その結果、直轄事業化が認められ、平成5年度から建設省の直轄事業により対策が実施されることとなった。以下に、長崎県及び建設省による土砂災害対策並びに治山事業による緑化等について紹介する。

第1節 長崎県による対応

1 1991（平成3）年から始まった初動対応

(1) 委員会による検討と応急的な監視体制構築

長崎県は建設省の指導を得て、1991（平成3）年3月11日、雲仙普賢岳周辺の火山灰による土石流災害を防止するため、砂防工学、河川工学、火山学などの学識経験者からなる「雲仙岳緊急火山対策検討委員会」を設置して、火山灰を発生源とする泥流や眉山の山体崩壊に関する対策の検討をはじめた。同委員会は3月28日長崎県に対し、以下の提言を行った。

- 1) 水無川・赤松谷川に、土石流発生感知のためのワイヤーセンサー設置及び年度内における既設砂防えん堤の土砂排除
- 2) 平成3年度以降における土石流監視施設の増設
- 3) 災害予測図の作成と観測機器の充実

この提言を受けた県は、3月29日に赤松谷川及び水無川の両河川上流にワイヤーセンサーを1基ずつ設置するとともに、4月18日までに既設の砂防えん堤2基の除石作業を完了した。

委員会で指摘されたとおり、山腹一帯に降り積もった火山灰は、わずかな降雨でも周囲の土砂を巻き込みながら流下し始め、4月15日には水無川支流の赤松谷川上流で、小規模な土石流の発生が初めて確認された。5月15日未明、わずか時間雨量16.5mmで水無川の土石流発生監視装置が作動した。また、同月19日午後の土石流で、水無川上流の2橋が流失するなどの被害が生じた。この土石流は、重さ数十トンもの巨石とともに、被災した橋桁を巻き込みながら濁流

となって流下した。この土石流を契機に、島原市・深江町住民の117世帯461人の避難が始まり、その後、土石流が発生するたびに避難世帯が増加していった。

5月15日に水無川上流で発生した土石流は、それまで眉山崩壊対策を主対象としてきた防災対策が、土石流災害を想定した対策へと変更される契機となった(『雲仙普賢岳噴火災害記録集』、2002)。

(2) 除石作業と監視体制整備

その後も土石流は降雨のたびに発生し、5月20日には地獄跡火口の中に溶岩ドームが確認された。その後、溶岩ドームは成長・分割し、24日には溶岩塊が崩落して火砕流が発生し始めた。

気象庁雲仙岳測候所は、25日に臨時火山情報により、これが火砕流であることを明らかにした。

翌26日には、水無川の既設砂防えん堤の除石作業ができるかどうかを確認に行った現場作業員2人のうち1人が、火砕流の熱風により火傷を負った。このため、県による土石流対策としての既設砂防えん堤の除石作業や、新設の災害関連緊急砂防えん堤の建設作業は、中止に追い込まれた。

その後も火砕流は多発していたが、6月3日の16時8分に発生した火砕流は、火口から約4.3km下流の水無川と赤松谷川の合流点付近まで到達し、報道関係者が迫力のある火砕流の映像を撮影するための場所、いわゆる定点と呼ばれた付近において、報道関係者や警備中の消防団員等を含めて死者・行方不明者43人、負傷者9人を生じさせるという大惨事を引き起こした。

このような状況の中、早急な監視体制整備の一環として、溶岩ドーム及び火砕流を監視するために、岩床山と仁田峠にそれぞれ監視カメラが設置された。また、水無川の土石流発生感知のために、自衛隊の協力を得て、ヘリコプターから投下型土石流探知センサー3基が投下された。さらに、降灰の影響で土石流が発生する恐れのある湯江川と中尾川に、ワイヤーセンサーが設置される等、火砕流・土石流の監視体制が整備された。

(3) 火山災害予想区域図公表と遊砂地等の建設による応急対策

建設省砂防部(当時)と長崎県は、島原市に対して、早急に警戒避難体制を強化するためにハザードマップが有効であることなどを説明し、6月1日、島原市の要請を受けた長崎県は、(財)砂防・地すべり技術センターに作成を依頼した。この要請に基づいて、同センターは緊急に火山災害予想区域図を作成し、6月3日午後、同センターの担当者がこれを市に届けるべく、羽田空港で飛行機の搭乗待機中の16時過ぎに、多くの犠牲者を出した火砕流が発生した。

その後も、溶岩ドームの崩壊によって火砕流の流下距離がさらに伸びることが予想されたため、1991(平成3)年6月6日、国道57号水無川橋より上流区域は、災害対策基本法に基づく警戒区域に設定された。同日、島原市は、(財)砂防・地すべり技術センターが作成した水無川の火山災害予想区域図を公表した。その後、火山活動の変化にあわせてこの図を含めて合計8

回にわたり、火山災害予想区域図が作成された。

6月8日には、火砕流は水無川橋付近まで到達し、多くの家屋が炎上したが、警戒区域内は立ち入りが禁止制限されていたため人的被害は免れた。6月30日に、水無川では国道57号付近から土石流が直進し、河道を北側に外れて島原寄りに流下して海岸まで達し、島原鉄道は分断され、国道251号も通行止めとなった。1992（平成4）年1月28日には、火山噴火予知連絡会長の「火山活動が長期化する」とのコメントが発表された。1992（平成4）年2月8日に長崎県、は土石流対策として、1991（平成3）年6月30日に発生した土石流の流下方向に沿って、警戒区域外の国道57号と島原鉄道の間^{あんなか}に遊砂地を2基建設することを計画し、島原市安中公民館で説明会を開催した。2基の遊砂地は1992（平成4）年3月と4月に着工され、同年5月に完成した。

（4）直轄事業化要望

溶岩ドームはその後にも連続して出現し、火砕流、土石流が頻発したことから、長崎県は今後の復旧及び対策には国の直轄事業による対策の実施が不可欠であると判断し、直轄事業化を要望した。その結果、1992（平成4）年12月23日に、平成5年度からの国による直轄事業化が決定された。

2 災害関連緊急砂防事業などによる対策の実施

建設省の直轄事業による対策の実施が開始されるまでの間、長崎県は、砂防事業や災害復旧事業により雲仙普賢岳周辺の河川における土砂災害対策を鋭意実施した。

水無川水系では、既設砂防えん堤の除石を繰り返し行ったほか、1993（平成5）年2月25日には梅雨期に備えて3号遊砂地を完成させ、1・2号とあわせて合計63万 m^3 の容量を確保した。また、土石流に対する警戒避難体制強化のため、1993（平成5）年9月、小型レーダー雨量計を布津町^{つつみびら}堤平に設置した。

深江川水系については、支川の中の間川で火砕流の流下が想定されたため、熱風止めの防護柵を400mにわたって設置した。この火砕流の熱風に対して建設された防護柵は、世界でも類例を見ない。このほか、災害関連緊急砂防えん堤4基を1994（平成6）年3月までに完成させた。また、支川の内野川についても、火山砂防事業による砂防えん堤2基を完成させた。

中尾川水系については、1993（平成5）年6月23日に大火砕流が発生し、警戒区域が上折橋町まで拡大されたことから、災害関連緊急砂防事業が採択された。事業内容は、上折橋緊急堤防、砂防えん堤：3基、遊砂地：1基、締め切り堤（緊急嵩上げ）などであった。

また、湯江川については、平成3年度災害関連緊急砂防事業により4号砂防えん堤が建設された。その後、火山活動がさらに活発化し、1994（平成6）年2月ごろから湯江川源流部に火

砕流が流下し始めたことから、平成6年度に、同事業により既設4号砂防えん堤の嵩上げ2mが実施された。このほか、土黒川においても災害関連緊急砂防事業による対策が実施された。

3 砂防施設の基本構想

長崎県は1992（平成4）年2月22日に、抜本的な土石流対策として砂防施設の基本構想を発表した（図2-1）。この基本構想は「雲仙普賢岳火山砂防検討委員会」によって検討されたもので、発表後の22日から島原振興局、島原市役所、深江町役場において一般に公開された。その後いくたびかの地元説明会を経て、緊急対策としての遊砂地建設が長崎県により進められる一方、基本構想について、住民の理解を得るため公開水理模型実験が実施された。

実験は1993（平成5）年1月26日に、地元住民の代表者をはじめ、マスコミ関係者など多数の関係者が見守る中で実施され、基本構想に示されている砂防施設の効果が確認された。

逆ハの字の導流堤の効果や砂防事業の効果に疑問を持っていた人々も、この水理実験を見て砂防事業に対する理解を深めた。1月27日付けの長崎新聞1面トップの「土石流を防止」という見出しがそれを物語っている。

基本構想に示されている考え方は、

- 1) 想定規模の土砂移動現象に対し、水無川と赤松谷川合流点から上流に砂防えん堤を配置し、長期的に地域の安全を確保する。
- 2) 想定規模を超える土砂移動現象等から災害の範囲、程度を軽減するとともに、砂防えん堤の完成までの土砂移動現象から地域の安全を図るため、中下流部に導流堤等の施設を計画する。
- 3) 噴火中並びに沈静化直後の降雨による土石流災害から被害を防止・軽減するため、緊急遊砂地の整備を行う。

の3項目であり、計画対象の降雨としては、大雨による土石流に関して、1982（昭和57）年7月の長崎市における日雨量約530mm程度の雨に対応できるよう、砂防施設数と規模が計画された。具体的な計画内容は、水無川と赤松谷川の合流地点直下流に基幹となる水無川1号砂防えん堤をはじめ、上流部に27基の砂防えん堤群が配置されるとともに、1991（平成3）年6月30日に有明海まで直進した土石流の流下方向に、導流堤を建設するというものである。

この基本構想発表の後も火山活動は活発で、火砕流及び土石流が頻発した。1992（平成4）年3月25日には、第7溶岩ロープが普賢岳の南東方向に出現し、火砕流が赤松谷川方向に頻発するようになった。そのため、赤松谷川本川の荒廃が急速に進み、新たな土砂流出の危険性が高まった。これを受けて、1992（平成4）年2月22日に公表された水無川砂防基本構想が見直されることになった。基本的な考え方は当初計画と同様であるが、新たな火砕流堆積物からの土砂生産源に赤松谷川流域が追加され、この結果、計画砂防えん堤が40基に増やされて、水無川流域

からの流出土砂を処理する計画とされた。見直された砂防計画は、1992(平成4)年10月13日に、「水無川砂防計画の基本構想の変更」として長崎県により公表された。

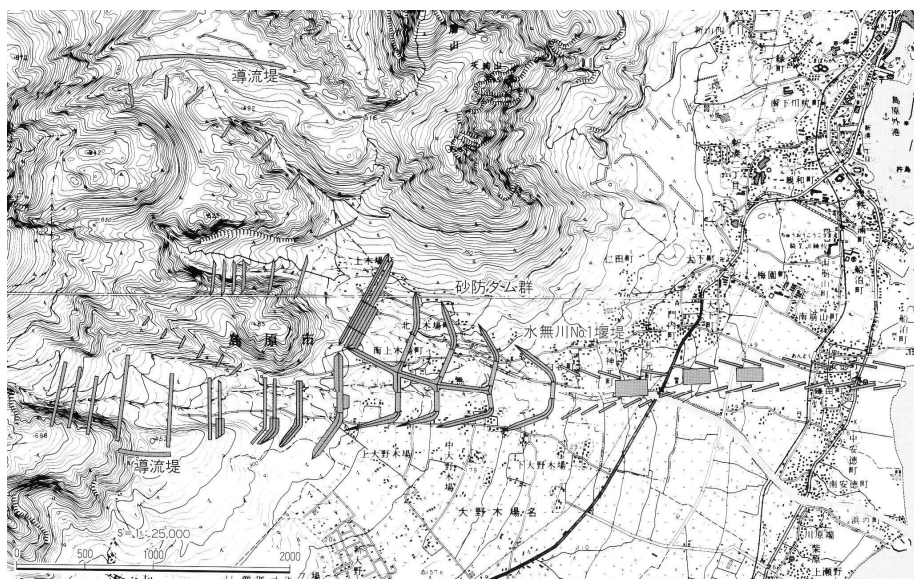


図 2 - 1 水無川砂防事業計画の基本構想

出典：『雲仙・普賢岳噴火と火山噴火対策砂防事業』

4 用地の「基準価格」提示

長崎県は砂防計画の基本構想及びその変更を発表する間、1992年(平成4)年5月には1号及び2号遊砂地を完成させるとともに、同年9月8日に3号遊砂地計画を発表した。

一方、被災者らは、相次ぐ火砕流及び土石流による被害の拡大と、避難生活の困難性や長期化への不安からできるだけ早く生活再建をしたいという要望を持っており、そのためには、生活再建の基本となる用地単価を一刻も早く知る必要性に迫られていた。長崎県は同年12月22日、このような状況を踏まえ、水無川流域の砂防事業予定地について、被災者の生活再建計画の基本となる用地買収単価の「基準価格」を提示した。この基準価格は、用地をいくつかの標準的なものに分類して、それぞれについて「公共用地の取得に伴う損失補償基準」に基づき、被災前の標準的な使用状況を前提とするとともに、今後の土地利用計画の動向、地域の復旧の時期、今後の災害の見通し、あるいは地盤、地質等の土地価格形成上の要素を総合的に勘案して算定されたものである。結果として、同価格は被災前価格の7割以上程度となった。

この価格はあくまで標準的な用地の分類を行って示されたもので、実際の「用地単価」は個々の土地の価格を調査し、算定されるものである。その実際の「用地価格」は翌年の1993(平成5)年4月22日に、水無川拡幅計画に関する価格が長崎県により発表されたが、正式な「用地価格」発表の前に、その目安となる「基準価格」が提示されたことは、被災者の生活再建支援を考慮した画期的な対応であった。

5 水無川の改修

水無川は土石流が頻発し、下流の小規模河川改修事業で改修済の2 km区間において河道埋塞被害が頻発したため、長崎県は災害復旧事業により除石工事を実施していた。

しかし、1992（平成4）年8月8日～15日の、台風第10号及び前線の活発化による豪雨により土石流が発生し、土石流は島原市、深江町の堤内地側へ氾濫し、住家全半壊39棟を含む257棟の家屋被害を出すなど甚大な被害が生じた。この災害を契機として、本格的な水無川の治水対策として、再度災害防止の観点から災害復旧助成事業が申請され、採択された。

この事業は8月8日～15日の災害を基本として申請されたが、災害費決定額13億2,000万円の内、約10億円は埋塞土砂の除去費用であり、既に事前着工され、現地査定時には除去が完了していたものである。現地査定では護岸工の約3億円分の査定のみとなり、埋塞分（除去費用）については写真による査定とされた。このような査定申請のあり方は、県としては初めてのことであり、全国的にも類例を見ないものであった。

この事業による水無川の河道計画の基本方針は、比較的小規模な降雨でも土石流が発生することを踏まえた上で、以下の方針とされた。

- 1) 水無川の河道特性を踏まえ、恒久的な改良計画として火山噴出物による土砂流出の増大に対処する。
- 2) 砂防基本計画との整合を考慮し、かつ細粒分の土砂が水無川へ流下してくることから、これらの土砂流出を考慮した上で治水安全度が確保できる改良計画とする。
- 3) 砂防基本計画において計画されている砂防えん堤群が完全に完成するまでにはかなりの年月を要することから、下流の水無川においては緊急的な洪水対策を行う。

とされた。このような方針のもとに、改修計画は以下のように計画された。

- 1) 降雨規模は、現計画（50年確率）を変更せず、計画洪水流量も現計画とする。
- 2) 既に改修が完了している区間は、現在の施設を極力いかした計画とする。
- 3) 水無川が急流河川で土砂の混入率が高いことから、極力計画洪水位を下げる。
- 4) 計画区間内にある橋梁7基については、土砂流下に支障にならないよう1スパンで横架する。

また、「緊急対策」として、1992（平成4）年8月の洪水氾濫状況を踏まえて、広域農道から国道57号の間を部分的に拡幅し、洪水のエネルギーを滅殺する「緩衝区間」を設ける計画とされた。以上、水無川の河道計画にあたっては「土砂流出」の影響が考慮されており、上流に計画されている砂防基本計画が実施され、大量に流下してくる土石流が捕捉されることで水無川の治水安全度が向上することを予測した計画とされつつも、特筆すべき点は、多量の土砂が混入した高濃度の洪水流に対しての河道計画とされたことであった。

6 安徳海岸埋立事業

噴火当初のころ、水無川や国道、市町道に土石流となって堆積した土砂の処分地は、工事を施工する土木・建設業者が任意に確保した民有地において残土処分を行っていた。しかし、火山活動が激しくなり土石流が頻発するにしたがって、大量の土砂が発生するようになり、近隣の民有地の処分地は埋め尽くされてしまった。さらに深刻な状況に至ったのは、民地に一度処分した土砂の一部が降雨等により流出し、二次災害の恐れが生じるようになったことである。民地のみでの残土処分は限界に達し、公的な残土処分地の確保が必要とされるに至った。

県では当時、基本構想の前提とされた、噴火以降10か年の間に発生する約1,000万 m^3 の土砂を処分する公的な処分地の確保について、土木部関係各課や島原市にも協力を呼びかけ、土砂処分計画を検討した。このうちの 하나가、安徳海岸の埋め立て事業である。

この事業は、水無川等の河川災害復旧事業や砂防事業に伴い発生する土砂の処分地として利用するため、平成4年度から長崎県により砂防激甚災害対策特別緊急事業（砂防事業）及び公有地造成護岸等整備事業（海岸事業）として実施された。これらの事業で新しく生まれた埋立地約26ha（埋め立て土砂約150万 m^3 ）は、復興の象徴である「雲仙岳災害記念館」や「島原復興アリーナ」、あるいは公園などとして利用されることとなった。なお、安徳海岸の埋め立て事業のほか、多良港や堂崎港などの埋め立て事業が展開されることとなった（『10年のあゆみ』、2000）。

第2節 建設省（国土交通省）による対応

1993（平成5）年4月6日に、建設省九州地方建設局「雲仙復興工事事務所」（以下「工事事務所」と略す）が開設され、水無川、中尾川、湯江川の砂防事業が直轄事業により実施されることとなった。これ以降、長崎県は直轄事業区域外、すなわち水無川本川（河川区間）と上流域の治山事業、中尾川下流部の河川工事と上流域の治山事業等を受け持つこととなった。

1 1993（平成5）年の土石流被害と緊急・応急対策

(1) 火砕流と土石流

1992（平成4）年に沈静化傾向を見せ始めていた雲仙普賢岳の噴火活動は、1993（平成5）年になって再度活発化の徴候兆候を見せ始めていた。さらに、直轄事業の開始直後の4月28日か

ら29日にかけて総降水量329mm、最大時間雨量42mmという4月の降雨としては既往最大の豪雨が島原半島を襲い、1991（平成3）年の噴火以来最大規模の土石流が発生した。

土砂の堆積量は95万m³に及び、1991（平成3）年6月30日の53.5万m³、1992（平成4）年8月8日～15日の53.3万m³を大幅に上回るものとなった。

1993（平成5）年の梅雨は全国的に降雨量が多く、長崎県も例外ではなかった。4、6、7月に200mmから300mmを越す大雨が続き、4月から7月までに水無川で6回の土石流が発生し、総流出土砂の推定量は約400万m³にも達し、土石流の氾濫範囲は拡大した（図2-2）。

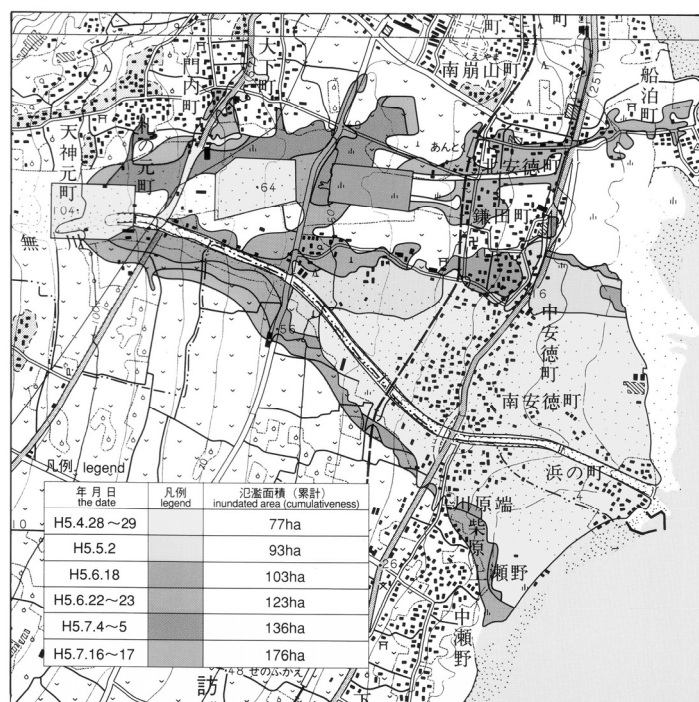


図2-2 土石流による被災範囲

出典：『活火山に挑む』

これらの土石流によって、住民たちの認識は大きく変わり、1993（平成5）年5月9日の長崎新聞の『「このままでは安中は壊滅する」との危機感、もはや住民の総意』という記事に見られるように、土石流災害は住民に大きな危機感を与えた。1992（平成4）年2月に公表された砂防・治山施設の基本構想に反対していた多くの住民団体は、これらの土石流の後、次々と構想に同意する方向に動き出した。

除石する間もないうちに、繰り返し被害を与えた1993（平成5）年の土石流は、水無川の河道断面全体を土砂で埋め尽くし、川は本来の機能を失い、強い雨が降るたびに土石流の氾濫範囲は広がっていった。また、溶岩ドームの崩落する方向が北側に移り始め、それまで火砕流に襲われたことのなかった中尾川の千本木地区方向にも火砕流が流下するようになり、6月23～24日には島原市千本木地区は大火砕流によりほぼ壊滅した。同地区では警戒区域が拡大され、県が計画していた遊砂地の建設が不可能となった。また、壊滅した千本木地区に堆積した火砕

流堆積物を発生源とする土石流や火砕流が中尾川を外れて県道愛野島原線を流路として市中心部が被災するのではないかという不安が高まった。

この大火砕流の2日後の6月26日には、水無川流域にも火砕流が発生し、それまで約2か月続いた土石流により形成された、深さ10m以上のガリーに沿って火砕流は到達距離を延ばし、初めて国道57号を越えた。また、中尾川下流では、土石流による被害がさらに拡大していった。以上のように、建設省の直轄事業化直後において、土石流と火砕流の被害はさらに拡大した。

(2) 緊急・応急対策

度重なる土石流による被害をそれ以上拡大させないために、工事事務所は、1993（平成5）年5月14日「雲仙・普賢岳土石流災害に関する緊急応急対策工法検討委員会」を開催し、緊急的な対応方策を検討した。この結果、応急対策として3号遊砂地に隣接する形で4号遊砂地の新設、水無川への矢板設置、3号遊砂地から左岸側への土石流氾濫を防ぐための仮設導流堤及び1号遊砂地下流兩岸の仮設導流堤設置などの方針が決まった。仮設導流堤という名称は、恒久施設としての導流堤に対応するもので、短期間で施工可能であること、恒久施設としての導流堤前面に施工することで、将来は根固め工として活用できるという利点などを考慮して計画された。1993（平成5）年6月6日には、地権者への説明会が行われたが、用地の確保がなされていないため早急な工事着手が困難であった。

こうした中、7月16日～17日の降雨で発生した土石流は導流堤建設予定範囲より島原市街地よりに拡大し、地形的に低い島原市街地方向へ土石流の氾濫がさらに拡大することが懸念された。工事事務所は、被害の拡大を食い止める仮設導流堤の一刻も早い工事着手のため、「早急な用地の協力が必要である」として、記者発表を通じて地権者の協力を求めた。工事事務所が仮設導流堤の一部工事に着手できたのは、1993（平成5）年8月5日であった。その後用地の協力が得られた箇所から逐次施工され、仮設導流堤は着手からほぼ1年後の1994（平成6）年7月30日に完成した。また、この間遊砂地に堆積した土砂を排除する工事が繰り返し行われた（写真2-1、2）。



写真2-1 国道57号地点付近の水無川から3号遊砂地を望む（1994（平成6）年6月12日）
（松井宗廣撮影）



写真2-2 写真2-1とほぼ同一地点での最近の状況（2006（平成18）年8月23日）
（松井宗廣撮影）

2 警戒区域内の用地調査

用地取得については、事業の緊急性から、用地先行取得制度によって長崎県及び島原市土地開発公社が先行取得を行った。この用地取得において、大きな障害となっていたのは警戒区域であった。

一般的に用地買収は、測量による個々の地権者の用地買収面積を確定することが大前提であるが、警戒区域内の用地は火砕流の危険があり、立ち入りが制限されるため用地測量が実施できない。一方、早期の工事着手と被災者の生活再建のためには、早急な用地買収が求められていた。このため長崎県は地上測量の代わりに、1992（平成4）年末には「写真測量」の可能性を示唆した。その後、長崎県が水無川拡幅計画に関する用地価格を1993（平成5）年4月22日に提示したのに次いで、工事事務所は事務所開設直後の同年4月29日に島原文化会館において水無川導流堤にかかる用地補償説明会を開催し用地価格を提示するとともに、航空写真を図化し用地境界を示した図面を7月と9月の2回にわたって、地権者約600人に閲覧した。この航空写真を用いた用地調査に多くの地権者や住民側が積極的に協力し、この図面を基に買収契約に応じた。しかし、一部の地権者は計画反対、価格不満、代替地要求などの理由で契約を拒否し、買収できない用地も残され、工事实施上の障害となった。

3 中尾川の砂防施設基本構想の発表

工事事務所は、発足直後からの連続する大規模土石流への対応とともに、1993（平成5）年に新たに被害が生じた中尾川水系砂防計画基本構想の検討をはじめ、砂防計画への住民の理解を深めるために、数多くの事前説明会を開催した。これは、住民同意までに紆余曲折のあった水無川砂防施設基本構想の合意形成過程における経験が生かされた結果といえる（図2-3）。工事事務所の呼びかけにより、1993（平成5）年9月28日夜、杉谷地区の町内会長や市議を対象とした「土石流に関する勉強会」が杉谷公民館で開催された。この説明にはスライドやビデオがふんだんに用いられ、土石流発生メカニズムなどがわかりやすく説明された。

説明後の質疑応答で住民からの質問に対し、工事事務所は「中尾川の拡幅は、数倍程度ではなく、相当に大きいものが必要」とおおむねの規模を示唆すると同時に、「計画内容を事前に説明し、住民の声を聞いて欲しい」との要望に対しても積極的に住民の要望を聞くという姿勢を表明した。その後も工事事務所は、勉強会などを集中して開催した。1993（平成5）年10月9～11日、3晩続けて杉谷地区町内会連合会との勉強会が開催され住民との意見交換が行われた。

いずれの会合においても、意見交換における質疑応答の中で、工事事務所から検討中の砂防計画の基本構想について概要が述べられた。その内容は、千本木地区には大規模えん堤を建設、釘原橋及び島原市立第四小学校（以下「四小」と略す）付近には遊砂地を設け、下流は川幅100

m程度という大規模な拡幅が必要となるというものであった。



図 2-3 中尾川砂防施設の基本構想

出典：『雲仙・普賢岳噴火と火山噴火対策砂防事業』

この当時、基本構想の検討を進める上で、特に、住民の意向を把握する必要があると考えた懸案事項が2つあった。

第1に、河川の線形を改良することによって島原市立第4小学校（以下、四小）の移転の必要が生じることと、これに対する住民の合意形成が可能かどうかという点であった。一般的に、小学校は地元住民にとって地域コミュニティの象徴ともいえる存在であり、これに対して相当に強い抵抗が生まれるのではないかという危惧である。

第2に、地権者や住民が事業用地を農地として利用したいと考えているかどうかということである。3日間の勉強会における意見交換を通じて、地元住民の意向は

1. 早期の計画発表と、できれば早く着工し、来年の梅雨期までに完成して欲しい
2. 四小については、技術的検討の結果として必要であれば事業対象となり、その結果として移転することもやむを得ない
3. 下流河道の拡幅が10倍を超えるものであっても、必要とあればやむを得ない
4. 上折橋上流の既に火砕流が到達していた区域よりやや広い範囲については「気持ちが悪くて住む気がしない」などという住民の意向があり、事業用地としてこの範囲程度が望まれている
5. 地役権設定（農地利用）は、あまり乗り気でなく、むしろ買収を望んでいる

などということであった。一連の勉強会から約1か月後の1993（平成5）年11月8～9日、24日には、同じく3地区を対象とする「中尾川火山砂防事業計画懇談会」が開催され、これまでの経過について説明された。この中で、1か月前の勉強会と同様に基本構想の概要について述べられたほか、具体的な今後の手順についても触れられた。質疑応答の中で「早く工事をして欲しい、いつごろ安全になるか」という住民の質問に対して、用地買収の進捗次第であることが説明され、住民に協力要請がなされた。

以上の勉強会、懇談会などは、いずれも基本構想の策定とほぼ同時並行で実施されており、このような形で、大規模な公共事業の計画内容を公式発表以前の検討段階で、住民に対して説明することは、極めてまれである。前例のない会合が繰り返し開催された背景には、とにかく被害の軽減のために一刻も早く砂防施設の整備を図る必要があること、そのためには、早急な砂防事業実施の必要性についての住民の理解と協力が必要であるという考えがあった。

1993（平成5）年12月20日夕方、島原市文化会館大ホールにおいて「中尾川水系に係わる砂防計画の基本構想の説明会」が開催された。住民など約800人に対して発表された基本構想の内容は、千本木地区における大型砂防えん堤の建設、中尾川の大幅な拡幅、遊砂地の設置、四小を含む約200世帯の移転が必要、というものであった。これらの内容は、既に事前の勉強会などで説明された内容と同じものであったため、説明会においては反対の声などはなかった。

4 警戒区域における有人施工

1993（平成5）年の、相次ぐ土石流による流出土砂を捕捉するために最も有効な位置にある3号遊砂地は、溶岩ドームの先端から約4km下流に位置しており、火砕流がこの地点まで数分で到達する危険な位置にあった。したがって、有人作業による除石工事には、作業員の安全確保が最重要の課題とされた。1994（平成6）年に入り、工事事務所は警戒区域内であっても、火砕流に対して工事を安全に施工する方法を検討するため、「雲仙・普賢岳直轄火山砂防事業に関する安全対策委員会」を2月に設置した。

同委員会では警戒区域内の工事に際して、火砕流に対する安全を確保するために監視・警報施設、避難対策、安全施設などの安全対策が検討された。安全対策は、フルプルーフ（単純で明快）などシステム安全工学の考え方が取り入れられた。すなわち、有人作業地点の近くに避難専用の車と運転手を配置し、火砕流が工事地点に達するまでの間に、あらかじめ決めておいた避難ルートに沿って安全な所まで避難するという

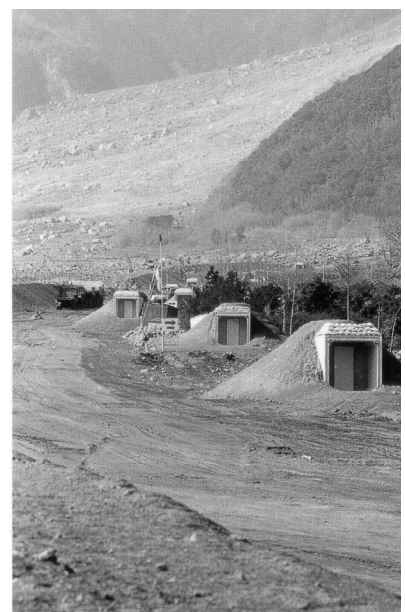


写真2-3 避難用シェルター
（1994（平成6）年5月12日）
（松井宗廣撮影）

単純・明快な仕組みとされた。さらに、避難時に予期せぬトラブルがあった場合でも火砕流(熱風)に対して、安全が確保できるシェルターが避難ルート沿いに50~100m間隔で設置された(写真2-3)。このシェルターは、1902年プレー火山で火砕流が発生した時に地下室で一命をとりとめた人間がいたことをヒントにつくられたもの(池谷、2003)で、室内には空気ボンベ、救急医薬品、水、毛布、無線機などが設置された。このようにして、火砕流本体が工事区域に達する時間(4~4.5分)における避難計画が立案され、避難シミュレーションによって避難の安全性が検証された。

この安全対策は、災害派遣されていた自衛隊が九大観測所において24時間体制で地震計を監視し、火砕流が発生するたびに無線で経過時間を情報発信していたことが活用された。具体的には、火砕流に対して安全な地点に設けた監視所に2人の監視員が常駐し、溶岩ドーム及び火砕流を目視とCCDカメラにより監視することに加えて、自衛隊による火砕流発生の通報を受け、サイレン、フラッシュライト、携帯無線により、即時に作業員に知らせて避難させる体制とされた(松井、2004)。

こうした安全対策を前提として、警戒区域内においても本格工事が可能となり、工事事務所は4月13日から仮設導流堤工事(写真2-4)を、6月20日からは除石作業を有人で開始した。工事にあたっては、自衛隊が既に施工していた高さ3mの土堤を活用・補強しながら、工事用道路を兼ねた仮設導流堤の建設が進められた。工事の安全のため、避難マニュアルが作成され、作業従事者に避難方法の周知徹底が図られるとともに、避難訓練を毎週1回定期的に行いながら建設が進められた。こうして仮設導流堤は、警戒区域外は1995(平成7)年5月22日、警戒区域内は7月30日に完成し、その総延長は4,834mに及んだ。

5 無人化施工

警戒区域内の有人での作業が鋭意進められたが、火砕流の到達時間が4~5分と短いことから、対策が実施できる範囲は限定された。一方で、土石流対策工事の早期実施が強く望まれた。そこで、世界に先駆けて無人の機械による工事实施が開発された。

1993(平成5)年7月建設省は除石工事の無人化施工に関して、「試験フィールド制度」を利用し、民間各社からの技術提案の公募を行い、1994(平成6)年3月に建設省として同制度を初めて適用した試験施工が試みられた。公募内容(表2-1)を満たしたもののうち、平成5年度に施工可能な6技術について、現地試験施工が実施された。



写真2-4 警戒区域内の矢板設置工事の状況
(1994(平成6)年5月12日)(松井宗廣撮影)

表 2-1 公募のための施工条件 (松井, 2004)

	技術の内容	技術水準
1	不均一な土砂の状態であつ、岩の破碎を伴う掘削と運搬	直径2~3m程度の礫の破碎が可能であること
2	現地の温度、湿度条件に対応可能	外圍条件として一時的には温度100℃、湿度100%程度の状況でも運行可能
3	施工機械を遠隔操作することが可能	100m以上の遠隔操作が可能なこと

6 技術とも内容は、ブルドーザによる押土・集土作業、バックホウによる掘削・積み込み作業、ダンプトラックによる土砂運搬を、すべて無線により遠隔操縦し除石工事を行うものである。この試験施工により明らかになったこととしては、①当初の想定より、はるかにスムーズな施工が行えたこと、②オペレータが操作に慣れるのは1週間程度で十分であること、③オペレータが機械を操作する場合、画像は数多くあっても、各局面においては1~2画面を見て操作すること、④夜間照明による作業では、有人なら作業可能な照度でも無人で実施することは困難であったことなどである。

また、課題として、①国道に近い工区で一般通行車の用いている市民無線（CB無線）の影響と思われる電波障害が生じたこと、②サイクルタイムは運搬機械の能力によって規制され、施工機械の組み合わせに検討すべき課題があったこと、などである。

試験施工を経て、1994（平成6）年6~8月に2技術により水無川3号遊砂地で約3万4千m³の緊急除石が実施され、さらに1994（平成6）年10月~1995（平成7）年3月に約20万m³の除石工事が実施され無人化施工が本格化した（写真2-5、2-6）。

これらの工事を経て、試験施工における課題も改良された。無人化施工の開発により、火砕流の到達する危険のある警戒区域内の除石工事が、安全に実施できるようになった。その後、1995（平成7）年9月に着工した土石流対策の要となる水無川1号砂防えん堤の建設にも、この無人化施工技術が適用された。

雲仙で1994（平成6）年に産声をあげた無人化施工技術は、最近では有珠山噴火災害2000（平成12）年3月、三宅島噴火災害2002（平成14）年7月などの火山砂防対策のみならず、一般の多くの災害現場等においても、有人では危険な作業環境下における有効な工事実施手段となっている。

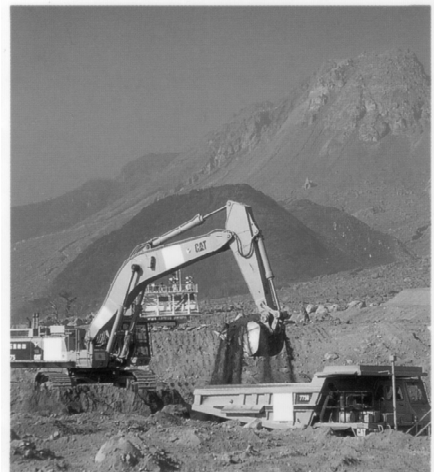


写真2-5 無人化施工による除石作業状況 (1995(平成7)年12月13日)

出典：『活火山にいでむ』



写真2-6 遠隔操作状況 (1995(平成7)年12月6日)

出典：『活火山にいでむ』

6 水無川1号砂防えん堤の建設

雲仙普賢岳の平成の噴火によってもたらされた火砕流堆積物は約1億7千万 m^3 にのぼり、その最も大きい影響を受けた水無川流域の赤松谷川では、元の溪床から最大で約120mの堆積が生じるなど、地形が大きく変貌した。土石流は、この火砕流堆積物を発生源として頻発し大きな被害を与えた。水無川1号砂防えん堤は、砂防施設群の基幹となる重要な砂防施設であり、早期の工事着手が望まれていたが、火砕流が施工予定地点にまで到達する状況が続き、計画策定から1995（平成7）年9月30日の着工までに3年半の年月を要した。1995（平成7）年5月、火山噴火予知連絡会は「火山活動はほぼ停止した」と発表したが、溶岩ドームは依然高温であり、その崩落の危険性が全くなくなったわけではない状況であることから、水無川1号砂防えん堤は無人化施工により建設された。

これは砂防えん堤としては我が国最初の無人化施工であり、砂防えん堤本体部は超固練りコンクリートを用いた工法が、両袖部は現地発生土砂にセメントを混合した工法がそれぞれ採用された。

本体基礎部の掘削、本体の建設材料である超固練りコンクリートのダンプトラックによる搬入・積み下ろし、ブルドーザによる敷きならし、無人振動ローラーでの転圧などの作業がすべて無人化施工により建設された。砂防えん堤本体部の構築にあたっては合理化施工を図るため土砂型枠が用いられ、超固練りコンクリートの構築に追従して上下流に土砂が活用された（松井、2004 写真2-7）。

1995（平成7）年9月30日に着手され、約2年半後の1998（平成10）年2月19日に完成した水無川1号砂防えん堤は、堤長870m、堤高14.9mの巨大な構造物であり、景観に与える影響を緩和するため、両岸袖部には土砂を盛って、えん堤前面の傾斜を緩くし、樹木を植えるなどの修景が施された。

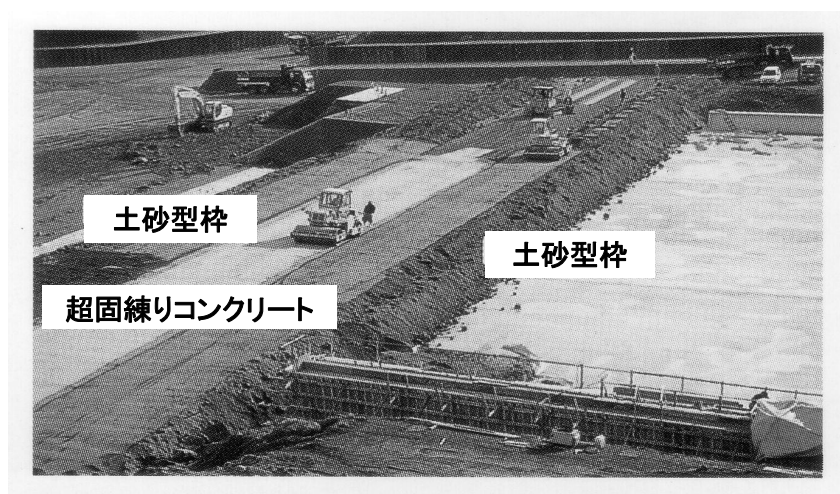


写真2-7 土砂型枠を用いた本体部の建設

出典：『雲仙復興工事事務所事業概要』

7 雲仙普賢岳火山砂防計画の見直し

雲仙普賢岳周辺の流域の状況は、現行の火山砂防計画の基本構想が策定された1992（平成4）年当時と比べて、土石流が発生する限界時間雨量が上昇し（図2-4）、発生回数や流出土砂量が減少するなど変化した（図2-5）。そこで、このことを考慮し、工事事務所は火山砂防計画を2001（平成13）年に見直した（『雲仙・普賢岳砂防基本計画』、2001）。

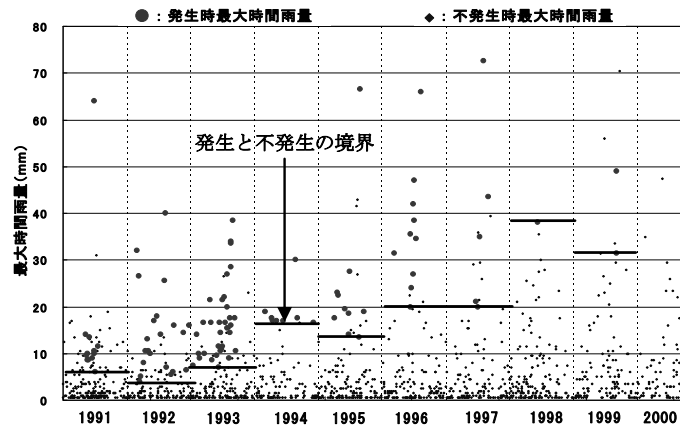


図2-4 土石流発生時の最大時間雨量の経年変化

出典：『雲仙・普賢岳砂防基本計画』

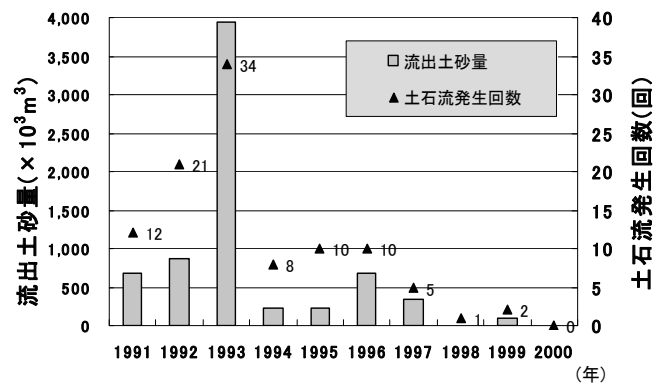


図2-5 土石流発生回数と流出土砂量

出典：『雲仙・普賢岳砂防基本計画』

(1) 水無川・中尾川

現行の火山砂防計画の基本構想においては、噴火活動の影響が大きいことから、噴火沈静化後の10年間に連続して発生する土石流の総流出土砂量と、豪雨により発生する大規模な土石流の流出土砂量に加えて、土石流の流下に伴う流木量の総量を計画対象土砂量としていた。

新計画では、豪雨時にはいまだ土石流が連続して発生している状況を踏まえるとともに、1993（平成5）年の土砂流出実績が考慮された。梅雨や台風に伴う豪雨により連続して発生する土

石流を想定し、出水期間（4～10月）において雨量の多い5か年を対象に、土石流発生限界時間雨量を30mm/hr以上とした場合に流出する土砂量を算定し、その平均値が計画の流出土砂量とされた。なお、この土砂量は、土石流危険渓流砂防計画において全国で一般的に採用されている、100年超過確率規模の24時間雨量で発生する土砂量よりも大きい値となっている。

また、火砕流の影響を受けた森林がいまだに回復しておらず、流出する土石流の中にほとんど流木が含まれないことから、土石流の発生に伴う流木量は見込まないこととされた(表2-2)。

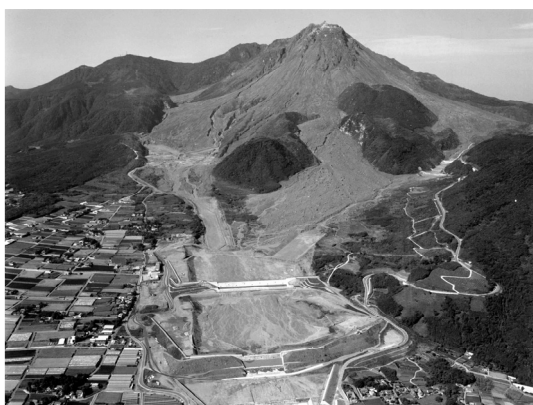


写真2-8 1994(平成6)年11月時点の水無川の施設整備状況

出典：『雲仙・普賢岳砂防基本計画』

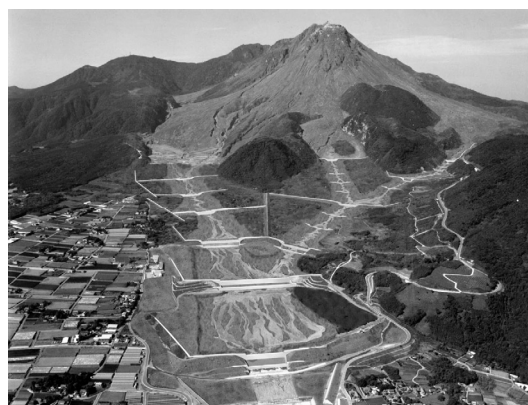


写真2-9 水無川の施設完成時のイメージパース

出典：『雲仙・普賢岳砂防基本計画』

表2-2 対象とする土石流の流出土砂量等の比較

流域名	現行の基本構想 対象土砂量(施設数)	新火山砂防計画 対象土砂量(施設数)
水無川	17,805 万m ³ (砂防堰堤等40基)	2,352 万m ³ (砂防堰堤等16基)
中尾川	11,429 万m ³ (砂防堰堤14基)	1,488 万m ³ (砂防堰堤12基)
湯江川	65.8 万m ³ (砂防堰堤1基)	34.4 万m ³ (砂防堰堤1基)

出典：『雲仙・普賢岳砂防基本計画』

(2) 湯江川

当初の湯江川の火山砂防計画の基本構想においては、噴火活動の影響が大きくなると想定し、豪雨により発生する大規模な土石流の流出土砂量、土石流の流下に伴う流木量の総量を計画対象土砂量としていた。

しかし、湯江川においては、噴火活動によって流域内に堆積した火砕流堆積物の量が比較的少なく、水無川や中尾川と比較して、土石流が連続して発生しにくい状況にある。このため、湯江川の火山砂防計画では、通常の土石流危険渓流で計画される計画規模と同様に、100年超過確率規模の24時間雨量で発生する土砂量を流出土砂量とされた。なお、湯江川流域では、火砕流の影響を受けた森林が少ないため、通常の渓流と同様に土石流の発生に伴う流木量が見込まれている。

これらのほか、この新計画では緑の復元や周辺環境に配慮され、火砕流及び土石流によって喪失した森林植生を復元することで表層土砂の浸食抑制を図り、合わせて周辺環境・景観を改善し良好な空間を創出することや、施設配置後の砂防指定地内の利活用に役立つ空間を創出することが盛り込まれた。

この新計画は2001（平成13）年5月に原案が公表され、6、7月に懇談会が開催され、住民等からの意見聴取とその結果を踏まえて、さらに検討が加えられ、12月中旬に最終的に改定された。

8 関係機関による土砂災害対策

長崎県及び建設省による対策以外にも、市、町単独の災害対策や治山、自衛隊による対策が行われた。以下に、これらの概要について紹介する。

1991（平成3）年以降、度重なった土石流は家屋損壊などの物的被害の拡大だけでなく、道路・鉄道の寸断によって島原市、深江町のみならず島原半島全体の通勤通学、物流、商工業など生活全般にわたって大きな影響を与えた。被害の拡大を防止・軽減するため、氾濫が始まる上流域における早急な応急対策の実施が強く求められていた。しかし、平成4年度までの長崎県による対応においても、また、建設省の直轄事業着手直後においても、火砕流が到達する危険性のある警戒区域内における工事の安全施工体制が構築されておらず、民間への工事発注が困難で、同区域内の対策工事着手に至らない状況が続いた。

こうした中で、警戒区域設定による対策工事着手の遅れを待てない住民の要望にこたえる形で、市・町職員、消防団、自衛隊による土嚢積みや鋼矢板の設置、盛土による築堤などが行われた。1992

（平成4）年に市、町独自の取り組みが始まり、4月に島原市は白谷町^{つつの}筒野バス停付近に「緊急防災土留め工事」を計画し、5月12日から延長60mの盛土と土嚢約2,000袋を表面に積む応急工事を行った。さらに、1993（平成5）年には島原市と深江町は、住民の要望に基づく緊急対策を相次いで実施した。これらのうち規模の大きいものとしては、自衛隊員、消防団員、消防署員、市職員により、1996（平成5）年4月11日から実施された白谷町における1,001mにわたる土嚢積み、自衛隊、消防団による1993（平成5）年5月20日から6月4日までの筒野バス停付近での鋼矢板約200枚の設置工事（図2-6）、7月からの深江町による水無川右岸の築堤工事がある。

平成5年5月19日(水)

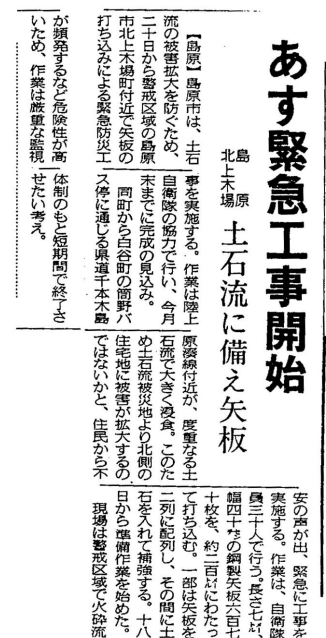


図2-6 長崎新聞

出典：長崎新聞 1993（平成5）年5月19日より転載

第3節 緑の回復と治山ダム

雲仙・普賢岳の噴火により周辺の森林は、火砕流、熱風、火山ガス等により森林の焼失、枯損等著しい被害を受けた。また、火砕流に伴う降灰により一帯は火山灰で覆われ、浸透能が著しく低下していたため地表流が発現した。この結果、山腹の浸食が発生して荒廃が急激に進行していたが、農林水産省及び長崎県による緑の回復への取り組みが進められるとともに、土石流被害を防ぐための治山ダムが施工された。

1 当時の状況

噴火から4年6か月が経過した1995（平成3）年5月、緑の回復を願い、ヘリコプターによる航空緑化を開始し、森林の再生へ向けた取り組みの第一歩を踏み出した。現地は新鮮な火山堆積物で厚く覆われ、保水力も養分もなく、強風にさらされ、夏は炎暑、冬は酷寒の火山灰の傾斜地という、およそ考えられる最悪の条件のもとでの緑化工事だった。本来の植生である豊かな照葉樹林の再生を目的としながら、治山技術の新たな分野を開拓するという技術者としての挑戦の始まりでもあった。

森林の被害面積は、2,640haに達し、その内訳は国有林が2,160ha、民有林が480haであった。現地に足を踏み入ると、火山噴出物で覆われた荒涼とした風景が広がり、一帯は雨のたびに浸食され土石流を引き起こす源であった。



写真2-10 航空緑化工の開始
（1995（平成3）年）

（（株）エースヘリコプター提供）

2 当時の制約条件と問題点

いつかは噴火が収まるとの信念のもと、対策工法の事前検討と、噴火が終息した時点で速やかに対応できるように、1992（平成4）年11月20日、第2回雲仙岳・眉山地域治山対策検討委員会において、雲仙普賢岳の緑化の検討を行った。当時東京農業大学助教授 山寺喜成氏より「雲仙・普賢岳の植生再生に関する考察と提案」（山寺、1990；山寺、1997）があり、この中で「生態系の早期回復に役立つ機能を持った木本群落の造成を目標にする」との指針が明示され、航空緑化工については次の3つのことが提案された。

- (1)破壊された生態系の早期回復には、先駆樹種を主体とする木本群落の造成を目標にすることが有利であること(山寺、1990;山寺、1997)。
- (2)施工方法は、水運搬に経費をとられる湿式工法より、植物の生育に必要な植生基材をより多量に投下できる乾式工法を主体とする工法が、植生の回復上も有効であること。
- (3)施工は、1回で終了せず2～3年かけて継続施工すること。

同時に森林総合研究所 土壌微生物研究室長 岡部宏秋氏から、土壌微生物であるAM菌根菌の重要性と必要性についてアドバイスを受けた。

事前試験として、ボタン山の火山灰を使って室内発芽試験と、当時砂漠緑化で使われていたペレット緑化資材による現地適応試験を行った。また、国有林で航空緑化の試験施工が赤松谷で実施された。それらの初期段階における結果は、いずれも良好であったが植生生育基盤の持続性が問題となった(写真2-11、写真2-12)。

当時の航空緑化は、大量の草本種子のほか、化成肥料、着色剤などを水で混合し、全面に均等に散布する湿式工法が主流であった。

この工法はヘリコプターで運ぶ重量の70%が水であり、大半は流失し、植物の発芽・生育とは無関係であった。また、草本を維持するために定期的な追肥・追播を行うのが主流で、在来草本や木本への自然な遷移を阻害する要因にもなっていた。

3 「生態系緑化」に向けた考え方

航空緑化の設計では、「雲仙・普賢岳の植生再生に関する考察と提案」(山寺、1990;山寺、1997)に基づき、単なる緑化ではなく、噴火前の生態系への回復を目標とした。被災地の本来の植生は照葉樹林であったが、スギやヒノキの造林地も多かった。

航空緑化工の常識であった「全面」を「均等」に「草本」で被覆する考え方を改め、混合水に替えて生育基盤となる有機物にAM菌根菌を加え、導入した草本や木本の生長はもとより在来の草本や木本をも呼び込むことができ、自然界の植生遷移を早める、との考えで乾式工法とした。



写真2-11 緑化3か月後の状況
(1995(平成3)年)(長崎県林務課提供)



写真2-12 ボタン山における現地試験
(原富太郎氏提供)

施工は、有機物主体の資材を島状あるいは筋状に播き、基盤材が生育拠点となって在来種を呼び込む「オアシス的な役割」を果たすことを期待して森林再生をめざした。

緑化の復旧方針が決まり、緑化メーカーに協力をお願いし斬新なアイデアを募った。提案された新工法のうち主な工法は、グリーンドット工法、キノパック工法、麻袋・ペレット工法、種バッグ工法、苗バッグ工法、ヤジリ工法及び乾式空中散布工法などの新工法と、従来工法である湿式工法を対照区として施工することとした。

4 施工直後に得られた成果と新工法への反映

乾式工法の施工をはじめてみると、思ってもみなかった結果が次々と起こった。まず、1か所に固まって落下し、うまく散布できなかつた。また、グリーンドット工法の塊は、水を含むと予想以上に崩れるのが早く、生育基盤にならなかつたり、キノパックの袋の強度が強すぎて芽が出なかつたり、苗の場合も時期を選ばないと生育しなかつた。

散布後、数回にわたる現地調査によって様々な生育状況がわかってきた。それは対照区としての湿式工法は、確かに生長は速かつたが2年目になると肥料分が欠乏し生長スピードが衰退する区域があつた。それに比べて、乾式工法では当初外来種に押されていた在来種は、乾燥・高熱にさらされる夏を越えた時点から生長が良くなり、木本のヤシャブシも発芽・成長し大地に根付いた。また、AM菌根菌の効果も生長の差として現れた。

被覆率は工法によってばらつきがあつたが、ミックス工法では60～75%に達し、その中には配合されていないエノコログサやツユクサ、サルトリイバラ、アレチノギクなどが見られた。このことから、生育基盤を築けば在来種を呼び込む効果があることが証明された。

こうして、工法ごとの長所・短所もわかり、次年度の1996（平成8）年は、調査結果から成績の良かつた種バッグと麻袋、それにペレットを組み合わせて散布した。ペレットは資材を広範囲にばらまくことができ、転石の周りや雨水が流れたリルに転がり込み、吸水した後は形状が崩れる機能を有しているため、面的な広がり期待して草本の種子を多く配合した。また、生育基盤材の量が多いバッグや麻袋には木本の種子を主に配合し、ペレットとバッグの同時散布により、木本の生育拠点を中心に周辺を草本で埋めることとした。

早期樹林化をめざすためには、木本の種子ばかりを播いても木本は育たない。すぐ育つ草本が地表を覆えば土壌の浸食を食い止めるとともに、地表に日陰をつくり、それが気温を下げる役割を果たし、枯れば土壌養分となり、土が肥えれば木本も育ちやすく、そして、樹木が育てばより豊かな生態系をつくるとともに地盤も安定する。双方のバランスを考えながら、種バッグ・麻袋とペレットの量と種子の配合を決定した。

5 現時点における評価（施工11年後）

1995（平成7）年5月の初回施工から11年が経過した2006（平成18）年12月の状況を見ると、草本は周辺地区でも分布しているススキが優占するようになり、木本はヤシャブシやマツが優占する中で、自然界の先駆樹種のアオモジやアカメガシワ、クマシデ等の郷土種も侵入・拡大傾向にある。また、昆虫類や小動物の生息も確認されて生態系の回復が見られている。特に植生は、火砕流堆積地はもとより、浸食谷の中まで侵入して来ており浸透能力は回復されている。これに伴って、表面流が減少し地表浸食が軽減されるなどの緑化の効果が見られた。

表2-3 緑化地全体における植生遷移の状況

植生区分		調査年		1997		2001		2004	
		面積ha	割合%	面積ha	割合%	面積ha	割合%		
緑化 施工 地	①外来草本群落 ウィーピングラブグラス等	311.72	63.8	118.15	24.2	112.76	23.1		
	②在来草本群落 ススキ等	5.80	1.2	169.89	34.8	156.09	31.9		
	③低木性木本群落 ヤマハギ等	30.35	6.2	31.65	6.5	46.80	9.6		
	④高木性木本群落 ヤシャブシ等	10.70	2.2	118.32	24.2	142.25	29.1		
⑤裸地		130.24	26.6	50.80	10.4	30.91	6.3		
合計		488.81	100.0	488.81	100.0	488.81	100.0		

出典：『雲仙岳・眉山地域治山対策検討委員会報告書』

緑化地の群落構成は、1997（平成9）年施工当時大半を占めていた導入外来種の草本群落が2001（平成13）年には減少し、在来草本群落割合を大きく伸ばしている（表2-3）。2004（平成16）年には木本群落の増加に伴わずかに減少しているが、導入外来草本から在来草本へ確実に変遷している。木本群落はハギ類等の低木を主体とする群落と、ヤシャブシやマツなど高木を主体とする群落に区分され、いずれも増加している。高木性木本群落は、在来草本群落に次いで群落が広がっている。

このような植生の質的変化の観点から工法別に見てみると表2-4になる。

表2-4 工法と群落区分別占有率

植生区分	工法	湿式工法			乾式工法(ペレット)			乾式工法(バッグ・ペレット)		
		調査値NO9			調査地NO33			調査地NO35		
		1996	2000	2005	1996	2000	2005	1996	2000	2005
①外来草本		49	48	15	0	65	20	0	5	5
②在来草本		51	51	72	100	27	47	100	90	76
③低木性木本		0	1	6	0	1	3	0	0	1
④高木性木本		0	0	5	0	7	30	0	5	23

単位：%

出典：『雲仙岳・眉山地域治山対策検討委員会報告書』

調査地によって若干の違いはあるものの、外来草本が減少し、代わって在来草本や木本が増加している。ただし、高木性木本類は、乾式工法に比べ湿式工法では顕著な増加傾向は見られなかった。この原因は大量の外来草本により全面を覆うため、施工後の地内は草本が繁茂し、地表まで光が到達しないため、木本の発芽・生育を阻害する要因になったものと考えられる。

これに対して乾式工法は、有機物主体の資材を島状あるいは筋状に散布し、有機物の塊が生育基盤をつくり、在来種を呼び込むオアシス的な役割を期待した工法である。そのため種子量を抑え、在来草本やほふく性の高い外来草本が、木本の生育に必要な適度な水分環境などを整え、木本の生育や自然侵入を促したものである。

以上のように、導入植生群落から本来の自然植生群落へ遷移するなど質的にも向上し、今後、土砂災害に強い山林が形成されることが期待されている。

6 治山ダム

溪流に流出・堆積した土砂と火山噴出物は、降雨により土石流となって流出するような状況下で各溪流は非常に危険な状態となっていた。そこで、国有林、民有林が一体となり設立した「雲仙岳・眉山地域治山検討委員会」から、治山計画の基本構想の提言を受けて、長崎県は、これに基づき全体計画を作成し、地元説明会を行った（写真2-13）。

2006（平成18）年3月までに雲仙普賢岳を源流とする溪流のうち、火山災害で土石流の発生のおそれのある水無川、中尾川、湯江川の各溪流と眉山地区において、国有林の全体計画277基に対して122基、民有林の全体計画70基に対して42基の治山ダムが施工され、土石流対策と溪流安定を図ってきた（写真2-14）。



写真2-13 治山計画基本構想模式図

(長崎県林務課提供)

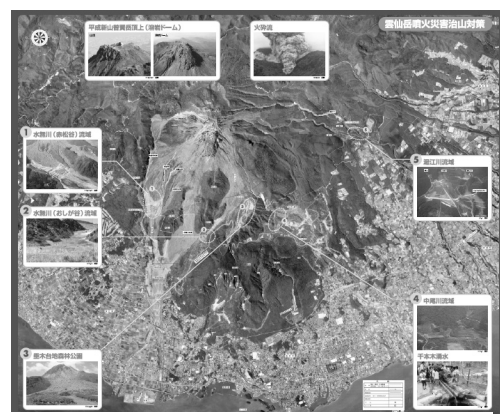


写真2-14 治山対策位置図

(長崎県提供)

この後、火山活動の活発化に伴い、赤松谷、水無川、中尾川では工事ができなくなり、活動範囲からわずかにはずれていた湯江川に本拠地を定め、治山ダム工事を国有林と民有林が一体となって進めた。その結果、1991（平成3）年にはスーパーチールダム、1993（平成5）年工期の短縮をねらい、現地発生土を中詰め土砂に利用し直線鋼矢板を使った円形セルダム（写真2-15）、1994（平成6）年から1995（平成7）年にかけて湯江川、三会川、西川の3溪流をまたぐ堤長562m、堤高14.5mのスーパー治山ダムが施工された。この中で円形セルダムは1996（平成8）年にダム間をつなぐ工法として中尾川治山工事で活用され、工事の早期完成に貢献した。その後も災害復旧の現場で着実に施工実績を延ばしており、災害対策工法としての幅を確実に広げた。

次に噴火活動（写真2-16）の沈静化に伴い、工事はおしが谷から赤松谷へと進んでいった。赤松谷では国土交通省で実施されていた無人化工法を導入し、2002（平成14）年から2006（平成18）年にかけて14基の治山ダムを施工した。したがって、手つかずで残っているのは、水無川本流のみとなった。

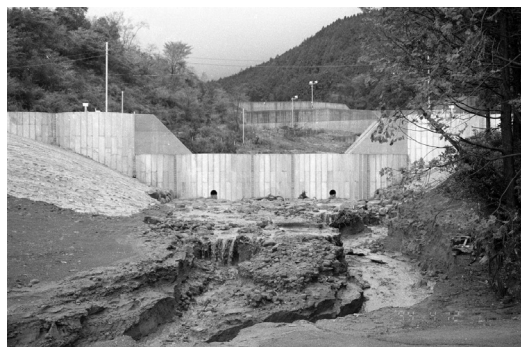


写真2-15 湯江川に施工した円形セルダム
（社）林業土木施設研究所 井上孝人氏提供



写真2-16 1993年5月21日に発生した
火砕流の爪跡

出典：『雲仙・普賢岳噴火災害と治山事業』