

溶岩流冷却作戦

—1986年伊豆大島噴火に伴う支援消防活動—

東京消防庁

1. はじめに

火山国日本の宿命として、多くの火山災害が発生しているが、昭和61年11月21日の伊豆大島三原山の噴火（第二次噴火）は、その溶岩噴出の脅威によって全島民一万余名が島外避難するという未曾有の災害となった。

東京消防庁は、直ちに支援隊を編成し、溶岩流流下の危険にさらされていた元町地区を初めとする各地区の安全を確保するための諸活動を開始した。本稿では、そのうちの溶岩流冷却活動について述べる。

2. 溶岩流の状況

11月21日16時15分から始まった大規模な第二次噴火に伴う溶岩流は、外輪山わきの山の沢筋に沿って毎時150mの速度で流下し、23時には、大島で最も人口の多い元町地区まであと200mの地点に達していた。

溶岩流の流下は、林間部でしかも夜間であったため、地上からの先端部探索は困難を極め、先端部付近（以下「第1現場」という。）を確認したのは、翌朝7時40分であった。

溶岩は、とげとげしいコークス状に固化したクリンカーで覆われており、典型的な低粘性玄武岩質「アア溶岩」で、火葬場の上方約150mの林の中に位置していた。

溶岩流は厚さ約3mで、赤熱部が露出し、溶岩流に巻き込まれ或いは接している樹木や

下草が時折燃え上がる状況であった。

クリンカーが移動又は転動する際に発する「キンキン」という乾いた金属的な音と表面の剥離によって新たな赤熱部が次々と現われることから、溶岩流動が続いていることが確認された。

観測の結果、毎時1m以上の流速であったので、溶岩冷却の適否について、東大地震研究所大島火山観測所の見解を求めたところ、溶岩流にはっきりした流下があり、赤熱部分が目立つ高温時では、放水冷却を図っても溶岩の固定化は極めて難しいとのことであった。

そこで、当面は溶岩流周辺の山林火災の発生及び拡大防止を主体として、部分的に溶岩流及び隣接した樹木に放水することとした。

3. 初期の放水活動

11月22日10時30分には、第1現場まで消火栓からのホース延長が完了し、溶岩と樹木の接触部を中心に日没まで放水を行った。

翌23日朝の現地調査の結果、第1現場から沢に沿って約150m下った場所に最先端部（以下「第2現場」という。）が発見された。そこで、23日はさらに放水口数を増やして、両現場で山林火災拡大防止及び溶岩表面の冷却を図った。

この間、第1現場ではほとんど溶岩の動き

がなく、表面の赤熱部は視認できなくなり、放水に伴う水蒸気の発生 の 勢い も 次第 に 弱 ま った。また、溶岩周辺部の高さは6mで、発見当初の約2倍になっていた。

第2現場では、毎時約1mの流下が観測され、先端前壁の約30%が赤熱していた。放水により激しく水蒸気が発生し、放水を停止すると再び赤熱部が露呈する有様であった。

4. 溶岩流冷却作戦の開始

初期放水活動における溶岩流の状況観察結果と荒牧教授をはじめとする学識経験者の見解を基に、当庁支援対策本部で総合的に判断して、11月24日13時00分から溶岩流冷却活動を開始することが決定された。

冷却作戦開始に先だって、当庁から搬送したポンプ車2台、可搬ポンプ1台、10t組立水槽10基等が現地に到着し、大島町消防本部職員3名と一時帰島した大島町消防団員21名が加わって、52名からなる活動部隊が編成された。

大量放水を確保するため、火葬場に6基の10t組立水槽を設置して貯水基地とし、元町港から6.5tコンクリートミキサー車5台で海水をピストン輸送した。なお、海からの揚水は、海上自衛隊護衛艦「あつみ」の協力により効率的に行なわれた。

貯水基地からはポンプ車2台で、第1現場、第2現場に送水し、図1に示す①～⑧のノズル8口から放水した。

放水は、24日13時から開始され、日没まで約500tの海水が放水された。しかし、なお水蒸気の発生はすさまじく、たちまち気化してしまう状況であった。

翌25日朝7時に放水を開始したときには、

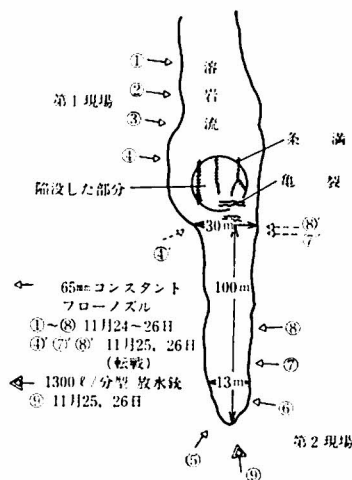


図1 防水位置図

先端部は昨日に比べさらに流下し、高さが約1.5m高くなっていることが確認された。

このことから、まだ後続溶岩流の押し出しがあること、先端部の冷却による堰止め効果が現われていることが推測された。

しかし、先端部がさらに流下する危険性があったので、午前中は24日と同じ態勢で海水を約450t放水した。

5. 溶岩の冷却状況

25日正午近くに、最先端部から上流100m付近に昨日まではなかった亀裂や数10mの条溝が幾重にも形成され、その部分が周囲に比べて陥没していることが確認された。

この亀裂は、溶岩クラックといい、溶岩の冷却により表面に近い部分の粘性が増し、斜面上の溶岩に対する重力が引延張力として作用するため、溶岩表層部が破断して生じたものである。また、条溝は、クリンカーで覆われた内部の溶岩が移動する際、部分的温度低下によって移動速度が一樣でなくなったため生じたと考えられる。⁽¹⁾

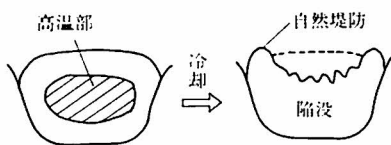


図2 陥没の生成

さらに、中央部表面の陥没は、冷えて固まった溶岩の内側の高温溶岩が流下した結果、自然堤防の形成を伴って生じたもので、溶岩流が終息段階にあることを示している。(図2)

これらの変化は、図1に示すように、第1現場下流の放水を実施していない地域で起こった。このことは、放水によって冷却が促進された上流側の溶岩の流動性が低くなったことにより、陥没箇所内部の高温溶岩が流下した後への溶岩流の供給が断たれた結果であると説明できる。

また、先端部の嵩上げ現象は、陥没部分から流下した溶岩に押し上げられて生じたもので、先端部における溶岩堤防の堰止め効果によることは明らかである。

6. 溶岩流冷却作戦の第2段階

放水冷却により第1現場、第2現場における溶岩堤防は、ほぼ形成されたと判断できた。しかし、この付近の平均斜度は約7度で、先端部に比べて上流部は幅員が大きく多量の溶岩が堆積しているため、相当な荷重が先端部にかかっていると推定され、さらに、再噴火が懸念される状況でもあったので、溶岩堤防の厚さを増すため、第1現場と第2現場の中間部にも大量放水することとした。

このため、ミキサー車のピストン輸送による貯水基地からの8口に加え、連続放水態勢を確立するため、元町港からポンプ車4台と

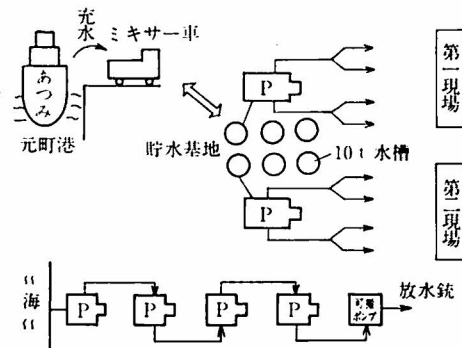


図3 放水体系図

表1 大島三原山噴火災害と三宅島噴火災害の比較

項目	大島三原山噴火災害	三宅島噴火災害
流出溶岩の種別	「アア溶岩」と呼ばれる低粘性玄武岩質の溶岩である。	
流出温度、時間	学者の見解によると、溶岩流出時の温度は約1,200℃、流出時間は約29日間であった。	
溶岩流先端部の幅	沢を流下したため狭い。(約10m)	平坦な場所なので幅が広い。(約360m)
溶岩流先端位置	元町港から1,400m、大島町役場から800m、海拔100mの山中。(直近の民家から160mの位置)	海岸線に達した。(阿古地区の民家に被害あり)
放水体系	ミキサー車による海水のピストン輸送とポンプ中継によるホース延長2,100mの送水体系をとった。	可搬式ポンプによる中継を行わず貯水槽を介した。(貯水槽から海までの落差は約10m)
放水時間、放水量	3日間(正味10時間48分)で1,590t水源からの距離及び消火栓の給水能力から放水量に限度があった。	3日間(正味16時間30分)で4,700t海岸線付近で防御したため、海水を大量放水することができた。
溶岩冷却面積	約2,400m ²	約20,000m ²

可搬ポンプ1台の中継体系による1300型放水銃使用の大量放水体系をとり(図3参照)、強固な溶岩堤防の形成を図った。

7. 溶岩流冷却活動の適用条件

我国で初めて当庁が実施した1983年10月の三宅島噴火の際の冷却作戦と、今回のそれを比較すると表1に示すとおりである。^(3, 5)

特筆すべきこととしては、今回は溶岩流先

端が三宅島の場合よりずっと狭かったため、放水量が三宅島の場合の1/3と少なかったにもかかわらず、単位面積当りの放水量は2.7倍を確保できたことである。

また、傾斜面では、溶岩流先端周辺部の溶岩堤防の隆起が、溶岩流停止の前兆現象であることが、今回新たに確認された。

2回の冷却作戦を実施して、次の4つの適用条件が必要であることを経験的に得た。

- (1) 大量放水可能な海、湖など無尽蔵の水利が近くにあるか、或いは、十分な給水態勢がとれること。
- (2) 水の浸透しやすい、クリンカーで覆われた「アア溶岩」であること。
- (3) 原則として、噴火現象が終息していること。噴火中は困難であるが、もし実施できるとすれば、流路変更制御活動が基本となると思われる。
- (4) 溶岩流の先端速度が鈍化していること。

8. おわりに

放水による冷却と自然冷却とを定量的に比較することは困難であるが、一つの試算として、注水による冷却のみを考えた場合の温度低下 ΔT は、次の熱収支式から推定できる。

$$\Sigma(M \cdot P \cdot C_p) \Delta T = (\Delta H + 100 - T) W$$

ここで、すべての放水が100℃の水蒸気になったと仮定して、M:注水部分の溶岩体積 $\sim 1.14 \times 10^{10} \text{cm}^3$ 、P:溶岩比重 $\sim 2.5 \text{g/cm}^3$ 、 C_p :溶岩比重 $\sim 0.3 \text{cal/g} \cdot \text{deg}$ 、 ΔH :蒸発潜熱 $= 539 \text{cal/g}$ 、T:水温 $\sim 10^\circ\text{C}$ 、W:放水量 $\sim 1.5 \times 10^9 \text{g}$ を代入すると、 $\Delta T = 110.3$ を得る。

すなわち、放水により溶岩の平均温度は約110℃低下したことになり、溶岩の粘性増大に

かなり貢献したと評価できる。

結果として、自然冷却によって溶岩流はある時期に停止したと考えられるが、少なくとも注水によってその完全停止の時期を早めることができたといえよう。

最後に、この冷却作戦は、大島町消防本部及び消防団の方々の活躍と、東大地震研の先生方の適切なアドバイスによって実現できたことを申し添えたい。

9. 文 献

- (1) 曾屋龍典，宇都浩三，須藤茂：三宅島火山1983年噴火と噴出物——とくに溶岩流について，日本火山学会，火山第2集第29巻（1984）三宅島噴火特集号，S230—S241
- (2) 荒牧教授談（11月29日，東大地震研大島観測所にて）
- (3) 荒牧重雄，中村一明：注水による溶岩流阻止の試み——三宅島1983年噴火の例，同上，S343—S349
- (4) 加茂幸介，石原和弘，井口正人：1983年三宅島噴火による阿古地区溶岩流の考察，昭和58年10月3日三宅島噴化および災害に関する調査研究（代表者，下鶴大輔），191—198
- (5) 東京消防庁：昭和58年（1983年）三宅島噴火災害に伴う支援活動

☆