

# 102 貯水池を用いた火砕流防止工

宮崎大学農学部 谷口義信

## 1 はじめに

雲仙普賢岳では1991年6月3日に発生した大規模火砕流によって43名の犠牲者が出、さらにその後同年6月8日、9月15日、1993年6月26日にも大規模な火砕流が発生し<sup>1)</sup>、住民を大きな不安に陥れた。そして火砕流の最も際だった特徴は、それが非常に高速であると同時に、恐るべき破壊力をもった熱エネルギーにある。この中でも特に高温に対する恐怖心は大きい。なぜなら現在このような高温によってもたらされる火砕流の巨大な破壊力を阻止、軽減するための有効な防止技術はまだ確立されていないからである。

昨年度までの研究においては、実験的な観点から流下に伴う火砕流の速度変化、および温度変化について調べた。そこでは火砕流そのものが本体中心部の高熱部分の噴き出し、冷却による繰り返し運動によって作られる複数の合成波の流下現象であるため、水路の中では目に見える程の大きな速度低下、温度降下は起こらないことがわかった。したがってここではそれを防止するための一つの方法として谷出口の適当な場所に大きなプールを作って、これに水を張っておき、ここに火砕流を突入させることを考えてみる。すなわちこうすれば、貯水池によって火砕流は大きくエネルギーを奪われるので、その運動は急速に終息に向かうのではないかと考えられる。そのためここでは実験的手法により、貯水槽による火砕流の温度降下を調べることを試みた。すなわち貯水槽の水量の変化が火砕流の運動にどのような影響を与えるのかを知るため、特に火砕流の速度・温度と貯水量の関係について調べた。

## 2 実験装置

実験装置の概略は図-1に示すように、幅5cm、深さ10cm、長さ50cmの超小型水路と、水路上流端に取り付けた高温降下火砕物投入ホッパー（容量が450mlで下端に開閉弁をもつ）、および水路下流端に取り付けた勾配0°の超小型貯水槽（模型貯水池）の3つより成る。

水路は一定勾配の10°に設定し、水路本体の底面から約1mmの隙間を空けて、その上に1mm

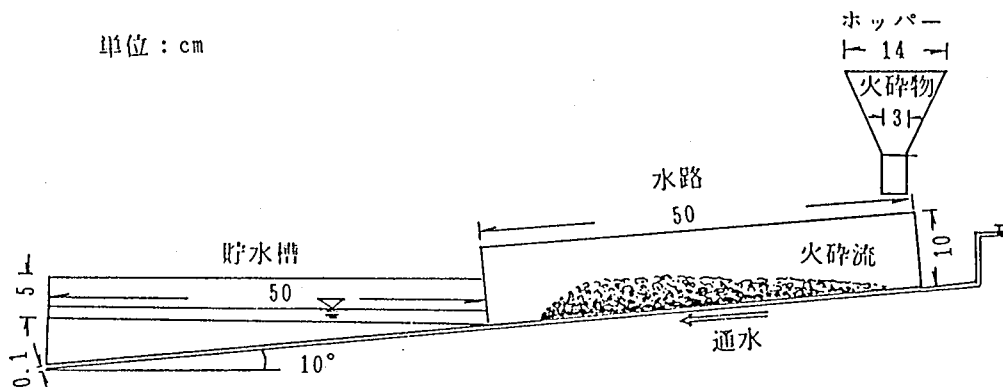


図-1 実験装置

メッシュの金網を張り、さらにこの金網の上を布張りし、これがその下を流れる水に接して吸湿し、火砕流に水分を供給するようにした。そしてこれを実際の水路底面（地表部）とした。貯水槽の諸元は幅が20 cm、長さが50 cm、深さが5 cmである。なお水路と貯水槽には、水路は縦断方向に10 cm、貯水槽は縦横5 cm刻みに目盛線をいれ、テレビ画面上で速度及び堆積面積の読み取りをおこなう場合の長さの基準値とした。

### 3 実験方法

雲仙水無川で採集した火砕流堆積物100 cm<sup>3</sup>をガスバーナーで300℃以上に熱し、これを火砕物ホッパーから、一気に水路に投入する。このとき水路は底面の布が完全に湿る程度に少量の水を底層から連続供給するようにした。実験では放射温度計を用いて、ホッパー内と、水路下端の貯水槽入り口の2定点の温度を測定すると同時に、貯水槽内の火砕流の運動速度を測定した。すなわち1/30秒の撮影スピードで火砕流の流下状況をビデオカメラにより撮影し、テレビ画面上で送りコマ数と移動距離から運動速度を求めた。

### 4 実験結果

図-2および図-3は貯水槽内（貯水池）の水量をパラメータとした火砕流のフロント速度および

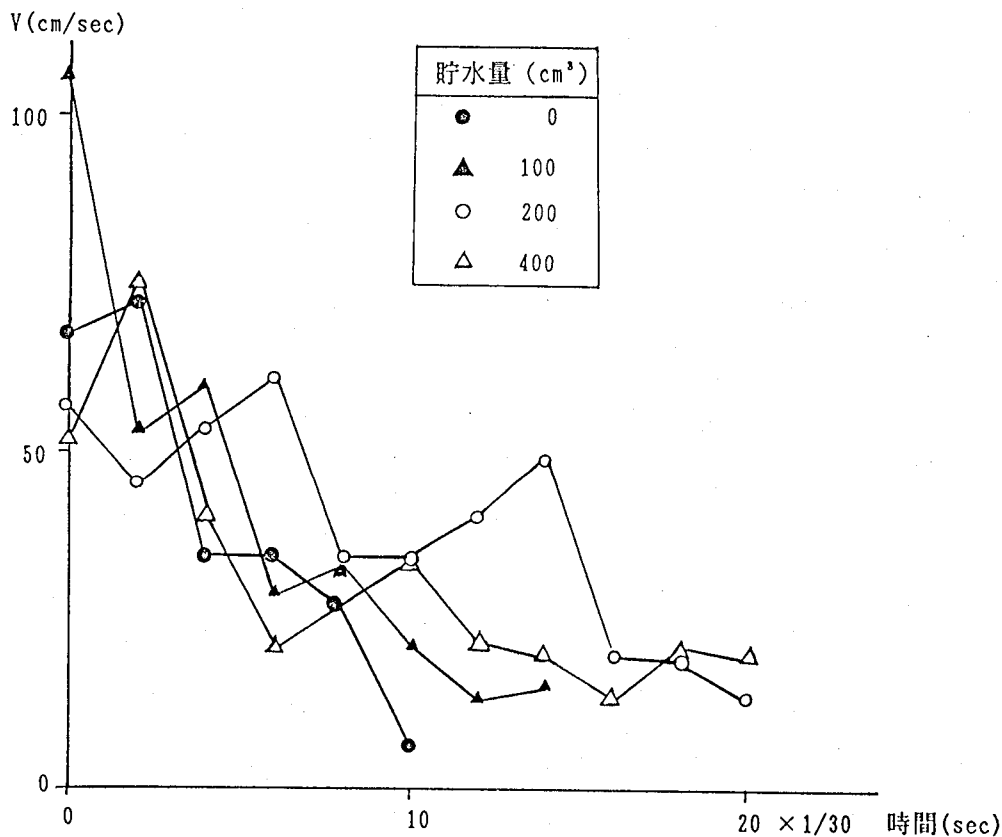


図-2 貯水槽に突入した火砕流の速度変化

温度の時間経過にともなう変化を示したものである。ここに横軸は、火砕流が貯水槽に突入した時点からの経過時間を、図-2では $2 \times 1 / 30$ 秒単位で、図-3では10秒単位（貯水量200ccと400ccは1秒単位）で示してある。

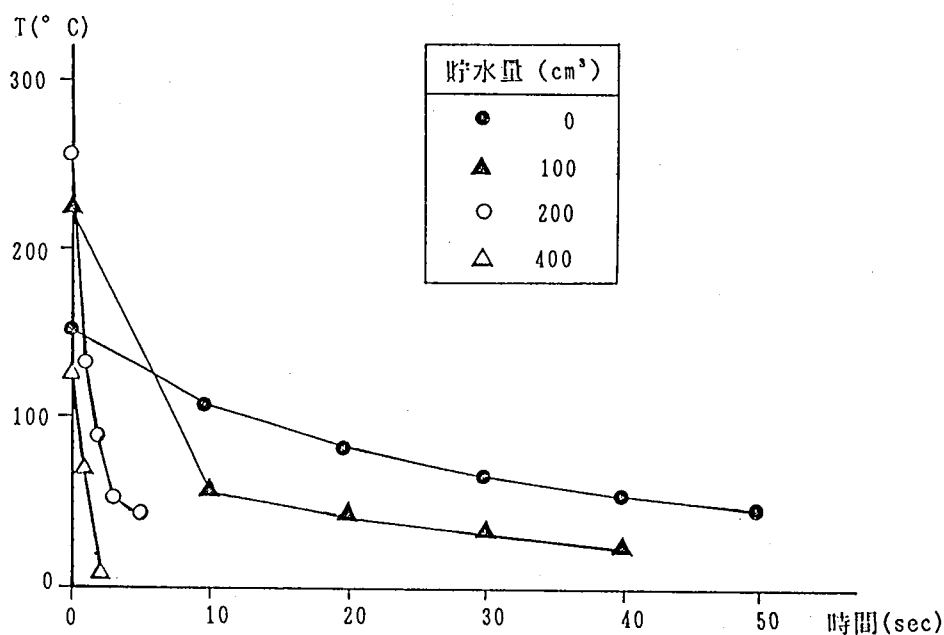


図-3 貯水池に突入した火砕流の温度降下

#### 5. 貯水池による火砕流の速度低下

図-2にみられるように、貯水量0ccの場合、火砕流は貯水槽に突入すると、 $2 \times 1 / 30$ 秒で急速に減速し、 $12 \times 1 / 30$ 秒経過後には完全に停止している。これに対し貯水量が100ccの場合は、突入速度は4種類の実験の中では最高の $106 \text{ cm/sec}$ を示した。これは貯水池に少量の水を張っておくことはかえって火砕流の運動を加速し、危険要因として作用することを示している。しかしさらに水量が増加して、200ccとなると、突入時の速度は貯水量0ccの場合よりも小さくなる。ただこの場合は100ccよりも長い時間にわたってある程度の速度を保って運動を維持することがわかる。しかもこの場合、 $6 \times 1 / 30$ 秒のところ、突入時の速度よりも大きくなり、減少とは逆に増加の起こるのが認められる。この傾向は400ccの場合もほぼ同じであるが、速度増加は200ccの場合よりも小さい。このように貯水量と火砕流速度との間には必ずしも貯水量が増加すれば、火砕流の速度は一様に低下するというような単純な比例関係が成立するとは限らない。したがって速度低下という観点からみた場合、貯水池による火砕流の防止については、やはりまだまだかなり危険性のあることは確かなようである。

#### 6 貯水池による火砕流の温度降下

火砕流の大きな破壊力がその高温性にあることは前述のとおりである。そしてこれまでの火砕流災害からもこのことは明らかである。すなわち火砕流が最も恐れられているのはその高温のためである。

したがって火砕流災害防止の目的の大きな一つはその温度降下をいかに有効に図るかであろう。

空気中における火砕流堆積物の温度降下については、雲仙普賢岳の火砕流流出礫の温度測定結果によれば、これが指数関数で表されることが明らかになっている<sup>2)</sup>。静止した状態における火砕流物体の個々の粒子は、基本的にはこのような冷却過程をたどるものと考えられる。しかし水中に突入した火砕流温度の降下過程の機構は現在不明である。すなわちこれは火砕流物質の供給量と貯水量の大小関係によって、その過程は非常に複雑に変化するものと考えられる。

ここでは現象をできるだけ単純化するため、火砕流物質の供給量は100ccで一定とし、貯水量をいろいろと変化させた場合の火砕流の温度降下について調べた。ただここではできるだけ初期温度をそろえるために、ホッパー内の温度をほぼ300°Cとするようにしたが、その温度にはかなりのバラツキが生じた。

図-3の結果から明らかなように、貯水槽の水量が0ccと100ccの場合は、火砕流の温度降下は非常に緩やかである。これに対し200ccと400ccの場合は、急激な温度降下が起こっている。特に400ccの場合はほとんど瞬間的に常温にまで下がっている。このような現象が一般的に起こるものであることは、200ccの場合初期温度が相当高いにもかかわらず、急激に降下していることからある程度予測することができる。

以上のように火砕流の最も恐ろしい温度要因については、貯水池によりかなりその低下効果が期待できることがわかった。さらにこれは貯水池突入後の火砕流の運動にも非常に大きな影響を与えると考えられる。つまり火砕流の運動を維持するための主因が温度であることを考えれば、エネルギーの著しい減少は、火砕流に速度低下を引き起こさせる大きな要因となるからである。さらに防災の観点からみた場合、高温という火砕流の最も大きな危険要因の除去にも大きく寄与することになる。

## 7 まとめ

谷出口の適当な場所に貯水池を設けることによって火砕流災害を防止しようとする場合、貯水量がある程度少なくなると、火砕流の運動は加速されることがあり、かえって危険性を増加させることがわかった。ただ一般的には貯水量の増加によって速度は減少するが、ある程度影響範囲が拡大する傾向がみられた。一方温度要因については、貯水池を設けることにより大きな低下効果が期待できることがわかった。このことは火砕流の運動を維持するための大きな原動力である熱エネルギーを完全に減殺することを意味し、ひいてはこれによって火砕流の速度低下も期待でき、さらには火砕流のもつ高温という最も大きな危険要因の除去にも寄与するであろう。もちろんこれらは小規模な実験結果であり、今後はもっと大規模、かつ詳細な実験を繰り返す必要のあることは言をまたない。

## 引用文献

- 1) 中田節也(1994): 雲仙普賢岳の火砕流、砂防学会ワークショップ(谷口義信代表)、P.P. 4
- 2) 谷口義信(1994): 火山泥流のレオロジー的・水理的特性と火砕流の流下距離について、文部省科研総合研究(A)研究成果(05302071平野宗夫代表)、P.P. 37