

山体崩壊による津波発生実験

古川 竜太¹⁾・七山 太¹⁾

1. 山体崩壊で発生する津波の重要性

産総研一般公開「つくばで火山を噴火させよう」の一環として、山体崩壊によって発生する津波の発生実験をおこなった。一般に津波は地震によって起こるという認識が強いが、山体が崩壊して、その崩壊物が水域に突入することでも起こる。活動的な火山が多く存在する日本のような島弧では、急峻な山岳が海や湖に面して存在していることが多い。活動的な火山は度重なる噴火によって自身を不安定な高さにまで成長させており、さらにその中心部は噴気活動や熱水変質などで、山体の強度を低下させていることが多い(例えばReid *et al.*, 2001)。また海溝沿いには巨大な地震が頻繁に起きるため、火山に限らず海溝に面する急峻な山体には、内部に断層が伏在して脆弱になっていることが予想できる。

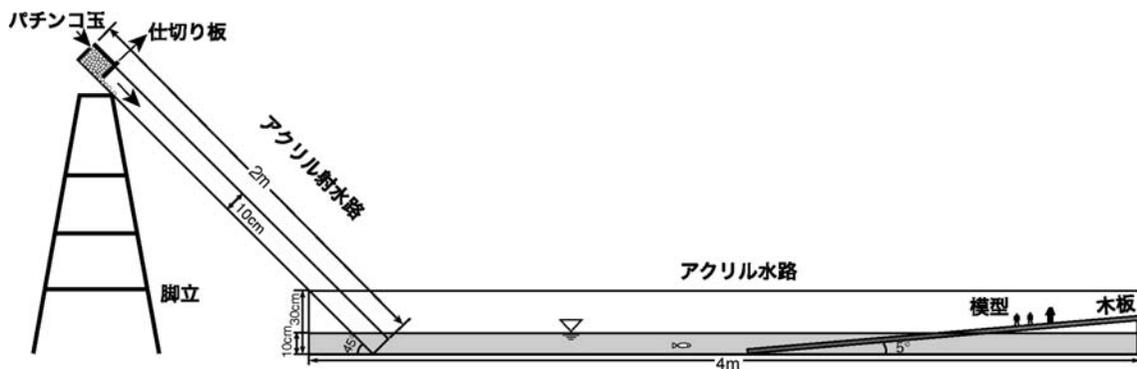
急峻な山体が地震や噴火、マグマの貫入などの不安定化要因によって、一挙に崩壊し、周囲の水域に突入することで、しばしば津波が発生する。山体崩壊

による津波は重大な災害要因であり、1792年(寛政四年)雲仙火山^{まゆやま}の山体崩壊で発生した津波は、山麓の島原でおよそ10,000名、有明海をはさんで約20 km離れた対岸の熊本でおよそ5,000名の犠牲者を生む被害をもたらした(片山, 1974)。これは日本の火山災害史上最悪の惨事であり、かつ崩壊源から離れた地域でも多くの犠牲者が出ていることが津波災害の危険性を示している。

今回の実験では地震だけではなく、山体崩壊によっても津波が起こることを観察者に実感してもらうことを目標とした。

2. 実験の概要

実験設備は傾斜させたアクリル製射水路と、水平に置いて水を張ったアクリル製水路、および反対側に差し込んだ木板からなる(第1図)。射水路から崩壊物を崩落させて、水面に突入させ、発生した津波を対岸に伝播・遡上させた。今回は射水路を45度に傾



第1図 実験装置の概要。仕切り板を引き抜くことで、パチンコ玉が射水路を転がり下り、水を張ったアクリル水路に突入する。対岸に緩傾斜の木板を差し込んであり、津波が遡上する。

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード：一般公開, 実験, 津波, 火山, 山体崩壊, 雲仙, アクリル水路, パチンコ玉

斜させ、崩壊物質として重量2～6kgのパチンコ玉を使用した。パチンコ玉は質量が大きいため、比較的少ない容量で大きな津波を発生できる点で実験上好都合である。また球形であるため、射水路との摩擦抵抗を極小にすることができる。射水路にはさらに摩擦を減らすためにシリコン潤滑剤を塗布する。実際の山体崩壊により近い崩壊物質として砂礫も用意したが、射水路との摩擦が大きくて十分に加速しないことと、実験後の回収に時間がかかることなどから使用しなかった。

実験の手順は以下の通りである。射水路の上端にパチンコ玉を装填し、仕切り板を素早く取り外す。パチンコ玉は射水路を重力加速しながら転がり下り、アクリル製水路に張ってある深さ10cmの水域に突入する。パチンコ玉が水域に進入して急激な体積変化を与えることにより、津波が発生する。発生した津波は対岸へと伝播し、対岸に約5度の傾斜で差しこんだ木板上を遡上する。さらに、木板上には人や家の模型を置き、遠浅の海岸が津波に呑まれる様子を表現した。津波の波形はアクリル製水路の側面から観察できる。水中に立てた板を素早く動かして地震による周期の長い津波を再現し、山体崩壊による孤立波の津波との簡単な比較もおこなえるようにした。

3. 実験結果

実験を始める頃に集まった観衆は、ほとんどが小学校低学年以下の子供たちと、その親であった(写真1)。そこで観衆の心をつかむため、まず子供たちに「お父さんがお酒を飲む時に食べるものはなんですか?」と尋ね、

「つまみ!」

と答えてもらってから説明を始めたが、まったく受けていなかった。子供たちの目は「早く“つまみ”を見たい」という期待に満ちていた。

水面に突入したパチンコ玉はアクリル水路底面を転がるが、ほぼ2m以内で停止する。一方、水面に発生した津波は最大波高10cm程に達する孤立波状の波形を示しながら4m以上伝播する(写真2, 3)。引き波は観察されない。パチンコ玉の量を2kg, 4kg, 6kgと変えると、津波の高さは増し、遡上域がより遠方に及ぶようになった。



写真1 射水路後方から見た実験当日の様子。この中から未来の津波研究者が現れるか。(及川輝樹氏撮影)。

観衆には遡上域となる板上に置いた人や家の模型がどこまで安全かを事前に予想してもらい、実際に津波が遡上して、家や人を飲み込む様子を観察してもらった。パチンコ玉6kgを使った実験では、木板上に設置した人形と家がすべて倒壊し、大災害となった。こうしてパチンコ玉が多くなるほど、津波の規模が大きくなることを理解してもらい、実際の山体崩壊は事前には規模が予測できないことを説明した。さらに海水浴など野外に行くときは、周囲の山や崖に注意するよう付け加えた。観衆は津波現象については理解できていたようだが、実際の災害と実験のイメージを結びつけるのが難しかったようで、説明が不足していたと感じた。

4. おわりに

公開当日は蒸し暑かったこともあり、子供たちは水があるというだけで集まって来るようだった。反省点を挙げると、ひとつ目は予想外に小学校低学年以下の子供たちが多かったため、津波の説明に工夫が必

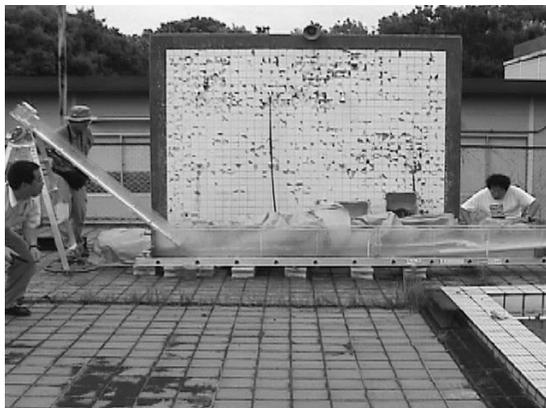


写真2 予備実験においてパチンコ玉5kgを水面に突入させ、発生した津波が木板上を遡上し始めた時点の様子。実験設備は一般公開でおこなった時と同様。



写真4 粗粒礫(粒径2-6cmの垂円礫)を使った実験で礫に生じたジグソークラック状割れ目。礫は凝灰質泥岩で、礫同士の衝突により破碎した。

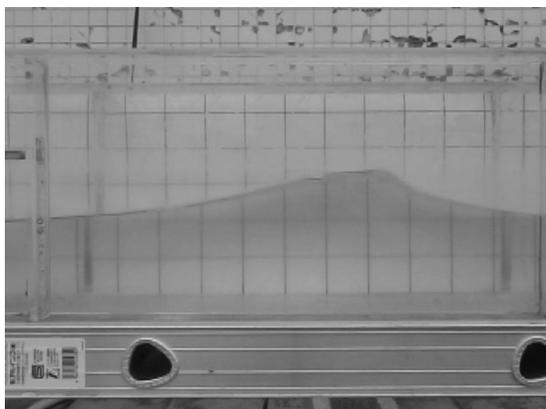


写真3 パチンコ玉3kgで発生した津波の波形。グリッドは5cm間隔で、水深10cmの部分から比高7cmの孤立波状の波が形成されている。進行方向は左から右。発生地点から約3mで、伝播速度は4.6m/秒程度。

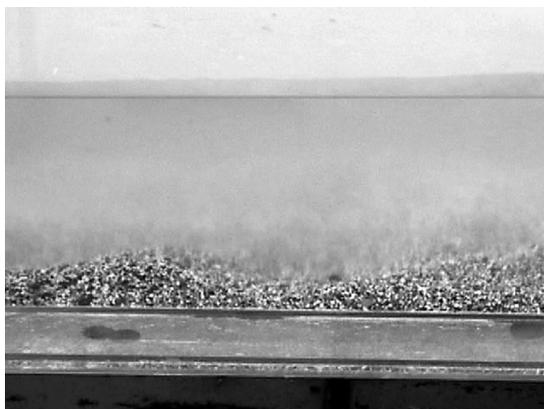


写真5 細粒礫(粒径2-4mm)での実験で形成された水底堆積物のデューン状地形。2つのデューンがあり、上流側(左)が緩傾斜、下流側(右)が急傾斜となっている。

要であると感じた。ふたつ目はアクリル水路の周りには子供たちで埋め尽くされてしまい、後ろの人には実験がよく見えなくなってしまう。水路を高く設置するなどの工夫が必要だろう。パチンコ玉を流すときは仕切り板を押さえながら、パチンコ玉を装填する必要があった。ひとりでは作業が難しいため、大きめの子供か、どこからともなく現れた中学生アシスタントのI君に手伝ってもらった。はじめは熱心に手伝ってくれたI君だが、最後の方には小学生といっしょに水遊びを始め、こちらの言うことを聞かなくなっていったのは興

味深い現象であった。実験後のパチンコ玉回収作業には多くの子供たちが参加してくれた。パチンコ玉に初めて触る子供もいたようである。

今回の一般公開を迎えるにあたり、普及イベントでは定評のあるナダレンジャーこと防災科学技術研究所の納口恭明氏が出演するイベントを見に行ったが、とても一朝一夕ではマネできないほど完成されたサイエンスショーであった。今回の私たちはかぶりものを用意する間もなく本番に臨んだが、子供たちからは絶大な支持を受けていたように感じた。私たちは産総

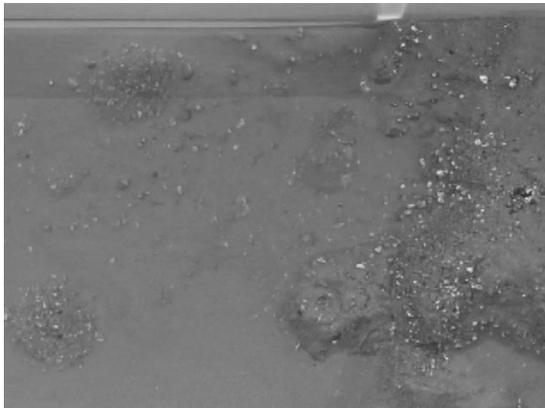


写真6 混合砂礫(粘土～細礫サイズ)を流下させて水面突入部付近に形成された水底堆積物の微地形。直径3-6cm, 比高1-3cmの小丘が複数生じており, 山体崩壊堆積物によく見られる流れ山地形に似る。進行方向は右から左。水を抜いた後に撮影。

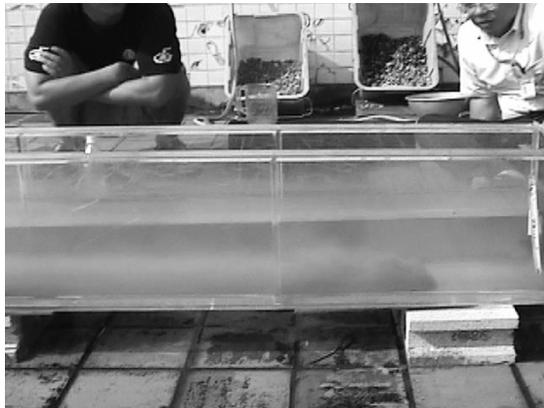


写真7 混合砂礫を流下させて, 発生したタービダイト様の重力流。水中に流入した地点から3mの時点で, 速度は1-2cm/秒。

研ツナミレンジャーとして, 来年も一般公開の日に復活することを心に誓った!

今回の津波実験は一般公開に備えて新規に計画したものであったが, 研究の面から見ても興味深い結果を観察することができた。その一部をここに紹介しておきたい。一般公開の前におこなった予備実験では, 様々な崩壊物質を使って実験をおこなった。一般公開の時と同じ実験装置で, 礫を使った実験ではジグソークラック状の破碎現象を観察した(写真4)。細粒礫の場合には水底に形成した堆積物の表面にデューン状の地形が現れた(写真5)。分級の悪い砂礫層を使用した場合には流れ山地形(写真6), タービダイトの発生(写真7)を観察した。こうした現象の多くは実際の山体崩壊を研究する上でも鍵となる現象である。今回は一般公開を目的として単純化した実験であるため, 崩壊物質の進入角度や粒度構成など, 実際の山体崩壊とは物理条件が大きく異なる。今後, より現実的な実験条件に改良をおこない, 一連の実

験が山体崩壊堆積物や津波現象の理解, そして防災対策に資することに希望を抱いている。

謝辞: 今回の実験は目代邦康(地質標本館), 関口智寛(筑波大学陸域環境研究センター), 池田 宏(元筑波大学), 山口正秋(地質情報研究部門)以上の諸氏に協力していただき実現した。記して心から感謝したい。

引用文献

片山信夫(1974): 島原大変に関する自然現象の古記録。九大理・島原火山観測所研究報告, 9, 1-45.
 Reid, M. E., Sisson, T. W. and Brien, D. L. (2001): Volcano collapse promoted by hydrothermal alteration and edifice shape, Mount Rainier, Washington. *Geology*, 29, 779-782.

FURUKAWA Ryuta and NANAYAMA Futoshi (2006): Analogue experiment of tsunami caused by mountain sector collapse.

<受付: 2006年10月10日>