

氏名	やま さと ひとし 山 里 平
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	論 理 博 第 1341 号
学位授与の日付	平 成 10 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Study on infrasonic waves associated with growth and collapse of dacitic lava dome and pyroclastic flow at Unzen volcano, Japan (雲仙火山におけるデイサイト質溶岩ドームの成長・崩落と火砕流に伴うインフラソニック波の研究)
	(主査)
論文調査委員	教 授 石 原 和 弘 教 授 尾 池 和 夫 助 教 授 須 藤 靖 明

### 論 文 内 容 の 要 旨

火砕流は、火山爆発あるいは溶岩ドームの崩落によって火山体斜面に落下した岩塊群が噴煙を放出しながら、高速で斜面を流下する現象であり、火山現象の中で最も危険な災害要因である。一般に、デイサイト(石英安山岩)やアンデサイト(安山岩)など粘性の高い溶岩を噴出する噴火活動に伴い発生する。1990年11月に雲仙普賢岳は、198年ぶりに噴火活動を開始して、翌年5月から約4ケ年にわたり山頂からデイサイト質溶岩を噴出した。その間、溶岩ドームの成長と溶岩ドーム崩落に伴う火砕流、いわゆるメラピ型火砕流を繰り返して発生した。申請者は、溶岩ドームと火砕流の流下域を取り囲むように、超低周波マイクロホンをもつ4ヶ所に設置して観測を継続して行い、火砕流および低周波地震発生に伴うインフラソニック波(超低周波音波)の記録を得た。インフラソニック波の記録を、地震動記録およびビデオ画像とあわせて解析して、インフラソニック波の励起現象を、溶岩ドームの成長・崩落過程および火砕流の流下過程に関連させて考察した。

第1部においては、火砕流発生に伴うインフラソニック波を解析して、音源の位置、放出エネルギー等を推定し、溶岩ドームの崩落、火砕流の流下過程との関連を考察した。申請者は、まず、マイクロホンで得られたインフラソニック波の記録をビデオ画像および地震記録と比較して、溶岩ドームから岩塊が剥離する時刻にパルス状の微小な音波が発生し、その数秒後、岩塊が斜面に落下した時刻から火砕流の流動がほぼ停止するまで連続的なインフラソニック波が発生することを確認した。また、火砕流の流下過程で発生するインフラソニック波の観測点間の波形の相互相関、および地震波の観測点間の振幅比の変化から、音波および地震波を発生する源が時間とともに移動することが推定された。申請者が、得られた記録を解析して得た主な結論は次のとおりである。(1) 最初のパルス状音波について、観測点間の到達時刻の差から求めた発生源の位置は、溶岩ドームの縁部の崩落地点と一致する。(2) 連続的に発生するインフラソニック波の特徴的な位相に注目して、逐次、観測点間の相互相関から到達時間差を求めて音源の位置を推定すると、その位置は火砕流の先端部とほぼ一致する。音源の平均移動速度は秒速10mから30mであり、ビデオ映像から推定された火砕流の流下速度とほぼ一致する。また、地震波の振幅分布から推定した振動源の位置も音源の位置とほぼ一致する。(3) 流下開始当初約10秒間のインフラソニック波の周期には観測点間で10数%の違いが認められた。ドップラー効果と解釈して推定した移動方向は目視観測結果とほぼ一致する。このことから、申請者は、流下開始当初は溶岩岩塊の粉碎とガスの噴出が連続的に発生していると考えた。(4) 流下中のインフラソニック波および地震波の振幅は流下開始から減衰していくが、数10秒後に再び増加する。この振幅が増大する場所は、流下経路毎に一定であり、滝など地形の勾配が急変する場所であることから、岩塊の顕著な粉碎とその結果としてのガスの噴出が生じたためと解釈し、地震波とインフラソニック波の励起に対する地形の効果は大きいと結論した。(5) 火砕流流下過程で放出されるインフラソニック波と地震波の総エネルギーを推定し、火砕流の流下距離との関係を調べた。両者のエネルギーはほぼ同じオーダーではあるが、両者の比と火砕流の到達距離には正の相関が認められ、インフラソニック波のエネルギーが地震波のエネルギーに比べて大きいほど到達距離が伸びることを見出した。このことから、火砕流の流動性は、単

に崩落した溶岩岩塊の量だけに依存するだけでなく、溶岩中に含まれる火山ガスの量や圧力にも関係していて、インフラソニック波と地震波のエネルギーの比が、火砕流の爆発性・流動性を評価する指標になりうると考えた。

第2部においては、新たな溶岩ドームが出現する前に多発する傾向のある低周波地震に伴って観測されるパルス状の音波の位置を求め、その発生メカニズムについて考察した。主な結論は次の通りである。(1) 音波および低周波地震の初動の走時から推定される発生時刻はほぼ一致する。(2) 低周波地震に伴う音波の発生源は、火砕流発生時に観測されるパルス状音波と異なり、溶岩ドームの中央部付近である。しかも、その後新たな溶岩が出現しようとする位置の周囲に音波の発生源が分布している。以上のことから、低周波地震発生に伴うパルス状音波は、新しいマグマの貫入により既存の溶岩ドームが破壊されて、その内部の火山ガスが噴出されていることに対応すると考えた。

参考論文13篇のうち、9編は火山性地震・微動の解析および発生機構、3編は噴火および火山性地震に伴う音波の発生、他の1編は降雨の火砕流に対する影響評価に関係するものである。

### 論文審査の結果の要旨

1991年から1995年にかけて雲仙普賢岳で発生したような、溶岩ドームから崩落した岩塊が破碎して火山灰・火山ガスを放出しながら高速で流下する、いわゆるメラピ型火砕流は、世界各地の火山でしばしば発生するタイプの火砕流である。しかし、その流動メカニズムは、従来、もっぱら、観察あるいは堆積物の地質学的分析に基づき、定性的に論じられてきた。

申請者は、火砕流の流下過程では、溶岩岩塊が粉碎される際の火山ガス噴出に伴い何らかの低周波音波が発生するであろうという推論に基づき、雲仙普賢岳において、溶岩ドームと火砕流の流下域を取り囲む低周波マイクロホンの多点観測を行った。その結果、火砕流発生に伴うインフラソニック波に加えて、溶岩ドーム成長過程で多発する低周波地震発生に伴うパルス状のインフラソニック波を観測した。地震観測データ、ビデオ画像と比較解析して、音波の発生源の位置等を推定し、溶岩ドームの崩落、火砕流の流下および溶岩ドームの成長と関連させて、インフラソニック波の発生原因について考察した。

第1部では、溶岩ドームからの岩塊の剥離から火砕流の流下過程で観測されたインフラソニック波について論じている。解析の結果、以下のような発見的事実を見出した。

(1) 火砕流の原因物質である溶岩岩塊が溶岩ドーム本体の縁部から剥離する時刻に、崩落部分で微弱なパルス状の音波が発生する。

(2) 溶岩岩塊が斜面に落下した時刻から火砕流が流動を続ける間は連続的なインフラソニック波が発生する。その音源の位置は時間とともに移動して、ビデオ画像との比較から音源の位置は火砕流の先端付近と一致することを示した。解析の結果得た音源の平均移動速度は毎秒10mから30mである。更に、地震波の発生源もインフラソニック波の発生源とほぼ同じ経路にそって移動することを示した。

(3) 火砕流の流下開始から、時間とともにインフラソニック波と地震波の振幅は減衰するが、数10秒後から再び振幅が増大して約100秒後に極大を示した。その時刻の音源の位置は谷など地形が急変する場所であり、ビデオ画像や目視観察により火砕流から顕著な噴煙が噴き上がることが確認された地点とほぼ一致している。このことにより、火砕流流下中の岩塊の粉碎と火山ガスの噴出の活発化に対する地形の効果は大きいことを示した。

(4) 火砕流の流下過程で放出されるインフラソニック波と地震波の総エネルギーを見積もり、両者の比と火砕流の到達距離の間に正の相関関係が認められることを示した。このことから、火砕流の流動性は、単に崩落した溶岩岩塊の大きさだけでなく、溶岩中に含まれる火山ガスの量、溶岩岩塊の粉碎度にも関係していることを示唆した。

第2部では、低周波地震発生と同時に観測される、火砕流発生直前に溶岩岩塊が剥離する際に観測される音波と類似した、微弱なパルス状インフラソニック波について調べ、その発生原因を論じている。

(1) このパルスの発生域は、溶岩崩落の際に発生するパルス状インフラソニック波の音源と異なり溶岩ドーム中央部にあることを示した。

(2) しかも、その後溶岩ドームを突き抜けて新たな溶岩が噴出する地点の周囲に音源が分布している。

このことから、低周波地震発生に伴うパルス状音波は、新たなマグマの貫入により既存の溶岩ドームが部分的に破碎されて、その内部の火山ガスが噴出することに対応すると推論した。

以上のように、これまで定性的にしか捉えられていなかったメラピ型火砕流の発生機構について、申請者は、インフラソニック波の観測に基づき、溶岩ドームの部分的崩落から火砕流の発生と流動にいたる過程に対して、はじめて具体的なイメージを与えた。また、溶岩中の火山ガスの存在と火砕流流動に対する火山ガスの役割を、観測に基づいて示した点でも火山学に寄与するところが大きい。更に、インフラソニック波の多点観測により、溶岩ドームの崩落個所と火砕流の流下経路を推定できること、また、新たに溶岩が噴出する地点を低周波地震に伴うインフラソニック波の音源の位置を求めることにより予測できる可能性があることを示した。このことは、火山噴火予知および火山災害軽減の観点からも高く評価される。

よって、本論文は京都大学博士（理学）の学位論文として価値あるものと認められる。なお、主論文および参考論文に報告されている研究業績に関連した研究分野、および外国語について試問した結果、合格と認めた。