

桜島火山体構造探査に参加して

観測班 山崎友也
機器運転班 市川信夫
機器開発班 富阪和秀
機器運転班 加茂正人

1. はじめに

2008 年 11 月に人工地震による桜島火山体構造探査が実施された。この計画は第 7 次火山噴火予知計画に基づくもので全国の研究者・関係者が一堂に会し、その人数は 90 名に及んだ。探査実施時、桜島観測所には 2 名の技術職員が在籍しているが大規模な観測であるため技術室（宇治）より 4 名の技術職員が観測点設置作業の支援を行った。本観測では本番作業のみならず計画・準備段階においても多大な苦労があったとのことである。桜島の両技術職員が準備段階から携わっており、その苦労について言及される別の機会もあることと思われる。本報告では観測点設置作業を中心に報告したい。

2. 観測概要

火山体構造探査は、人為的に発生させた地震の波を多数の地震計で記録し、その到達時間や振幅などから火山の地下構造を推察するために実施される観測である。解析の結果得られる地下構造の情報からは、マグマ溜まりやマグマの経路の正確な状態推定、地震源の位置決定の精度向上などが期待される。図 1 に模式図を示す。

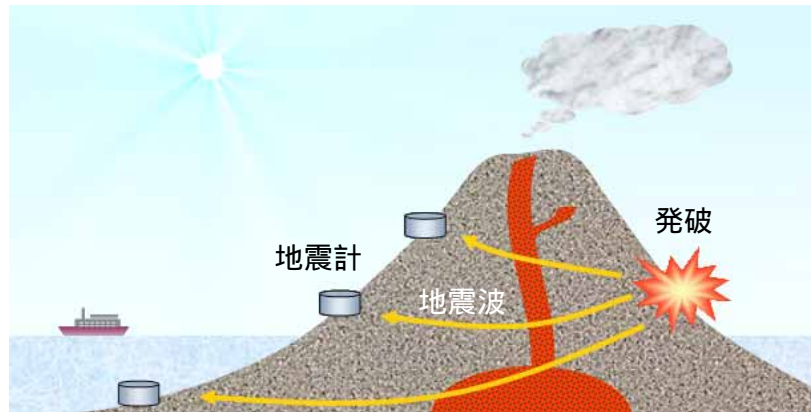


図 1 構造探査概要

桜島は近年、爆発回数が減少し表面上は静穏な状態

にあるものの、従来の研究結果から地下ではマグマの供給がすすんでいると見られている。2006 年 6 月には南岳東斜面の昭和火口が 58 年ぶりに噴火し、その後もしばしば噴火活動が見られ、2008 年 2 月には火砕流の発生が観測された。こういった状況からより正確な火山噴火予知が求められており、構造探査の成果への期待は大きなものとなっている。

図 2 は地震計設置点と発破点の位置を示したものである。桜島、姶良カルデラ（鹿児島湾）を中心としたエリアに地震計約 650 台、海底地震計 32 台（投入・回収には桜島フェリーとクレーン付き漁船を 6 日間借り上げた）が計画的に配置された。発破点は 15 箇所設けられ、爆薬量が 20kg もしくは 200～300kg と規模が分けられる。これらの発破点において正確な時間管理の下に順次発破を行い、各観測点で到達する地震動が記録された。

3. 観測風景

観測点のうち車両が進入できない山地、溶岩地帯の点については移動及び機器設置に時間を要するため、発破日の10日ほど前に予め設置作業を行った。この事前設置の支援に技術室から4名が派遣された。用いた機材は、人工地震探査で標準的に使用される地震計 L22D（上下動）記録器 LS8000SH である。電源には乾電池を使用した。設置の作業手順をまとめると以下の通りとなる。

設置予定地へ移動

地震計の設置

データロガー（記録器）の接続、
作動

観測点位置の測量

このように現場の作業としては非常に簡潔であるが、これは設置台数が膨大であるため機材の吟味や事前の準備が十分なされていたおかげである。上記手順で最も労力がかかったものは現地への移動である。設置予定地の座標は予め与えられておりポケット GPS ナビを利用し目的地へ向う。しかし今回天候が悪く、また起伏にとんだ地形や植生に阻まれ困難な行程となった。予定地にたどり着けないケースもあったが、この場合は前後の設置点との距離関係を考慮しつつ、出来る限り接近する努力をすることになる。

地震計の設置は地中への埋設か、石膏を用いた岩着の方法をとる。桜島の山体や溶岩地帯は岩着に適した印象がありそうだが、実際は大半が土中埋設であった。桜島および周辺域にはイノシシが生息しており、このように埋設した機器を掘り起こす習性が備わっている。結果としてやはりイノシシにケーブルを切られたり、掘り返されたりする被害が見られた。カラス（と思われる）に GPS アンテナを裏返しにされていた点も数箇所あった。こうしたことから何らかの害獣対策や点検のための見回りは必要であるが、発破の時刻までにすべての準備が完了している必要があり、時間的な制約から全ての観測点を点検するのが難しい状況にあった。

4. 発破について

震源となる発破を実施する際に懸念されることはタイミングのずれと自然地震の発生である。その対策のために、発破時は専門業者の他に人員を各ショット点（発破点）に配置し指揮所（観測所内本部）との連絡及び時間管理にあたる。

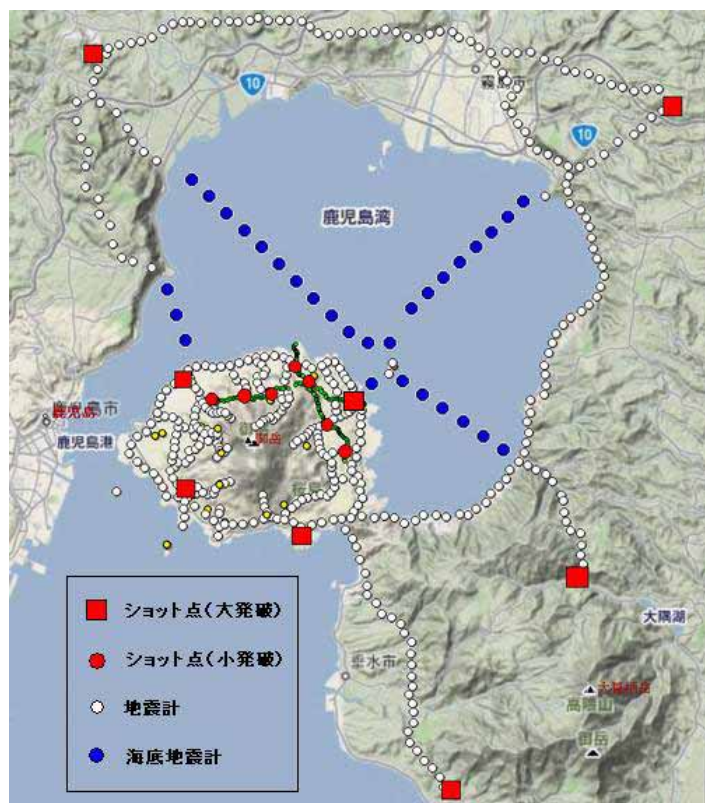


図2 観測点・ショット点全体配置

タイミングのずれで問題となるのはデータロガーの測定開始前に発破してしまうことである。データロガーには各ショット点での発破予定時刻に合わせて観測を開始するようスケジュールされている。ロガーの測定開始から発破までは 10 秒ほどの猶予が与えられているが、正確を期すため担当者は電波時計などで時間を管理し 1 分前からカウントダウンを行う。発破時刻の記録には専用のデータロガーを使用し、入力には乾電池の定電圧が接続されている。この回路が雷管の破裂とともに断線することで電圧が 0V に下がり、その時刻が発破時刻として記録される仕組みとなっている。

桜島火山は活発に活動中であるため火山性地震・微動が頻発しているが、人工地震の観測中にこういった自然地震が発生するとターゲットの震動が埋もれてしまい解析が困難となる。そのため指揮所となる火山観測所では常設観測点のリアルタイム地震波形を常に監視し、各ショット点と観測所は発破 2 分前より電話（発破点の電話器は全般的に携帯電話を使用するが、圏外の点は衛星携帯を、衛星携帯も通じない点では臨時の NTT 一般回線を引いて完全な連絡網を確保）をつなぎっぱなしにして対応する。対応とは、地震が発生した場合にその時刻の発破を中止し予備時刻にまわすことである。今回は自然地震の発生もなく、すべての発破が予定通りに実施された。なお、発破は交通ノイズなどが少ない深夜に実施された。

5. 参加者コメント

以下に、今回技術室から支援として観測に参加した各技術職員のコメントを記載しまとめる。

機器運転班 加茂

桜島の人工地震探査の出張は、私の今までの防災研究所での仕事の中で一番過酷であった。火山観測は相手が山なので、地震計の設置も当然、登山が主体になってくる。そのため、今回の設置では車で行ける所は少なく、ほとんどが山を登ったり下ったりしての設置であり、道なき道を行くところや、道幅 30cm 程度で両側が崖になっている尾根を歩くようなところもあった。また、私は登山経験もないため、一つ数キロはあるデータロガーを数個担いでの登山は本当に厳しかった。さらには、荷物が重いだけでなく、足場が悪い中、荷物を載せた背負子が木の枝に引っかからないように体をあらゆる方向に傾けてかわさなければならず、かなりの体力を必要とするものであった。

このように私は今回の出張を本当に過酷であったと感じたのだが、一番驚いたのは桜島観測所の教職員や学生は設置前の下見などを合わせると 2,3 回現地に行っていると聞いた事である。一度行くだけでも過酷だと感じたのに、その道程を何度も行っていることには驚かされると共に感銘すら覚えるほどである。隔地観測所の方々の研究にける情熱と行動力はすごいと感じた。今回の出張は体力的にきつい面も多かったが、隔地観測所の方々の苦勞や日々の仕事を知る良い機会となり、私自身も学ぶべき事が多いものとなった。

機器開発班 富阪

桜島火山観測所は私が訪れた隔地観測所としては 7 番目である。桜島火山観測所は現在も宿直が行われているだけあって施設設備が充実していた。今回の支援内容は桜島人工地震探査プロジェクトで臨時観測のための地震計設置であった。本番の 2 週間前に設置に赴かなければならない理由は、火口付近の設置点は道路がなく徒歩で設置作業に当たらなければならず、設置に時間がかかるからである。私が設置を担当したのは桜島の南東部 16 点であった。しかし、作業が難航したため結果として 2 日間で 13 点しか設置することはできなかった。

1 日目は生憎雨天で、雨具を着用しての作業となった。雨具とヘルメットを着用し、計測機器などの入ったコンテナの設置点 3 点分を背負子で担いでの移動は想像以上に過酷であった。設置を予定していた地域は写真 1 のような茂みの中が大半で、体や背負子に蔦が絡みついたためなかなか前に進めず、さらには生い茂る木を押し分けながらの移動が続いたのでわずか数百メートルの距離を進むだけでも体力を消耗させられた。おそらく私がこれまでに経

験した仕事の中でもトップクラスに位置する過酷さであった。しかし、汗だくになり肩で息をしながら設置点に到着したときにふと脇を見ると、多田技術職員は汗ひとつかかず、涼しい顔をしていた。私は自分の体力の無さを実感するとともに、彼はこの 1 年間でかなり鍛えられたのだと感じた。1 日目は設置点間の移動に時間を要したため 8 点設置の予定が 6 点しか設置することができなかった。2 日目は雨も止み気温も下がっていたので気候的な条件は良かった。地震計設置点は溶岩でできた岩山が火山灰に覆われた平坦な道（写真 2）であった。前日とは打って変わって茂みはなく、岩山を登ったり平坦な道を歩くことが多かった。これが 1 日目であつたら過酷な作業に感じたと思うが前日があまりに過酷だったのでそれほどには感じなかった。この日は岩山の設置に時間を要し、予定していた 8 点のうち 6 点と、前日設置できなかった 2 点のうちの 1 点しか終えることができなかった。

以上のように作業の過酷さを強調して書いたが、フィールドワークの真髄を実感できた出張であった。



写真 1 茂みを行く



写真 2 扇状地を行く

観測班 山崎

今回、私は事前設置と探査本番の２回、桜島に出張した。前年まで２年間桜島観測所でお世話になっており多少持ち合わせている土地勘を期待されてのことだと思う。構造探査は私が桜島で経験する観測では最も大きな規模のプロジェクトであった。現場作業中はそれほど規模をあまり感じていなかったが、発破の夜にショット点で地震波形をモニターしてはるか 20km 離れた湾外にある別のショット点からの地震波形が見られたときに、これはすごいことだとの印象が残った。

今回の観測は、悪天候の中での藪こぎや、ひっ迫したスケジュールでの作業などの理由からかなり骨の折れる内容であった。そんな中、班をリードする状況にあって自分で何らかの判断をするということは非常に難しいことがわかった。具体的には、時間的な制約がある中での作業のペース配分であるとか、また設置予定点にたどりつけない場合にどの時点で妥協するかといったことなどである。発破後、観測点回収時にも不測の事態はあって、これらは今から思い返せばもう少し要領よくできたのではと残念に思える。それまでは基本的に人のあとにくっついて仕事をしていることが多く、随分楽をしていたものだと思感した。構造探査に限らず今後の業務の反省にしたい。

機器運転班 市川

以前から聞いていた、桜島東部に広がる地獄河原を今回の行動で初めて見る事が出来、自然のなせる業に畏敬した。地獄河原は昭和火口からの溶岩流によって出来た溶岩原であったはずだが、今は昭和火口やその周辺の谷々からの土石流によって、火山灰の堆積した荒涼たる平原となっていた。その姿は衛星写真からも見てとれる。近くの黒神の集落を始め海岸域にある集落は小高い堤防によってこれらの土石流から守られていた。盛んに爆発する昭和火口から黒神の集落までの距離は四キロ弱との事、住むには他の土地もあるかとも思うのだが、御岳と共にこれまで生活をして来た集落の人々の執念か、この島に住み続けることに人間の性なるものを感じた、今回はそんな出張でもあった。



写真 3 地獄河原と黒神集落



写真 4 地震計設置風景