

三宅島1983年溶岩の温度測定

須藤 茂・阪口 圭一・鎌田 浩毅(地殻熱部)・加藤 完(環境地質部)
Shigeru SUTO Keiichi SAKAGUCHI Hiroki KAMATA Kan KATO

山本 隆志(東京都立三宅高校)
Takashi YAMAMOTO

1 はじめに

三宅島では1983年10月3日噴火が起こり 降灰と溶岩流出により多大の被害が出ました。噴火の様子は既に本誌第352号に紹介されています(曾屋ほか, 1983)。

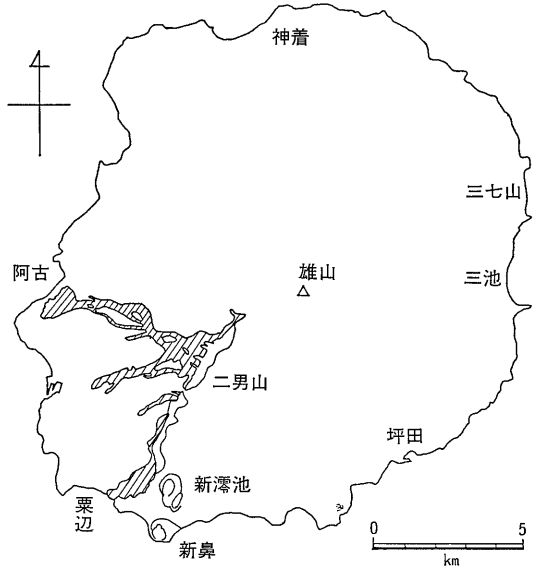
それによれば雄山の中腹の割れ目で噴火が起こり 降下火砕物は主に東-北東方向に分布し 溶岩の主流は西方の阿古地区と南方の栗辺地区とにそれぞれ流下しました(第1図)。

噴火後多くの研究者が現地で様々な調査を始めました。私達はこの噴火によってもたらされた様々な現象のうち特に溶岩の温度に注目し測定を開始しました。温度測定は今後もしばらく継続して行う予定ですのでここではその目的や方法並びに現場の様子についてのみ述べ詳しい結果は別に報告します。

2 なぜ温度を測るのか

溶岩の温度はそのいくつかの物性のうちの1つの重要な要素です。しかしながら実際にその温度を測定できた例はわが国ではそれ程多くはありません。その理由の1つは研究者が噴出する溶岩と対面できるチャンスが極めて少ないことです。今回の三宅島の噴火でもあの灼熱の溶岩の温度測定に間に合った研究者は残念ながら居なかったようです。噴出時の溶岩の温度測定はこのように困難なわけですが 噴出後冷却していく溶岩の温度を測定した例も多くありません。外国では例えばハワイのキラウエア火山のいくつかの溶岩湖ではその冷却史をたどる研究が行われていますが日本ではあまりなされていませんでした。

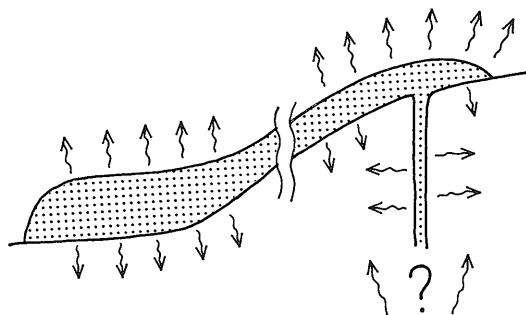
溶岩がどの程度の速さで冷却していくかは土木工事の関係者をはじめ行政担当者や地元の人々にとっても切実な問題です。1962年の三宅島噴火は島の東側で起こり溶岩流やシンダーユーンの生成によって道路は寸断されました。再び道路を通すまでに当時は2年かかりました。もちろん工事は温度の問題だけで遅れたわけではありませんが今回は1962年噴火よりはるかに家屋の被害は大きく一度溶岩流に覆われた土地の今後の利用の問題に対しても温度の情報は必要です。



第1図 三宅島の略図。1983年溶岩の分布は曾屋ほか(1983)を簡略化。

最近遠隔探査技術が進歩し様々なサーモカメラや航空機搭載のマルチ・スペクトル・スキャナー(MSS)が開発されています。それらの機器による調査は今回の噴火直後にも行われました。原理的にはこれらの機器は地上の物質の表面から発せられる電磁波の一部を捕えることによって温度情報を得ます。したがって日光の照射や風などの外的要因にも大きく左右され物質そのものの内部の温度情報を得るためには現地での確認測定(グランド・トゥース)が必要です。

ところで現在発電などに利用されている地熱の熱源としては多くの人は地下のマグマ溜りを想定しています。しかしながらそれを検証することは殆んど不可能ですから実際には間接的な測定やモデル計算を通して考えています。今回の噴火は地表にマグマが噴出したわけですから熱源のモデルとして実測値を得る恰好のフィールドになる可能性があります。今回の噴出物の模式的な断面を第2図に示します。噴出口の下には板状の貫入マグマがあり大量の熱エネルギーが地表や母岩にもたらされています。この状況を三次元的に把握すれば地熱の熱源としてのマグマ溜りの役割を検証することができるかもしれません。しかしながら現在の私達にとっ



第2図 1983年溶岩の模式的断面図。溶岩流の先の方では目に見える溶岩だけが熱源となる。噴出口付近ではなお地下に存在する熱源の評価が難しい。

ては その仕事は規模が大きすぎ また技術的にも困難な点が多すぎます。 それにマグマの一部は噴出活動の終了後地中へ戻ってしまい (drain back) 噴出口付近に立ってみても実際に噴出割れ目の幅や地中での形状を知るのには困難です。 それに対して地表を流下していった溶岩の場合は単純に考えることができそうです。 つまり板状の熱源がその上面から大気に向かって その下面からは地面に対して熱を伝え それ自身冷却していくというモデルであり その様子は実測することができそうです。

以上の様な考えを経て 私達は粟辺地区と阿古地区とで溶岩の温度を測定することにしました。

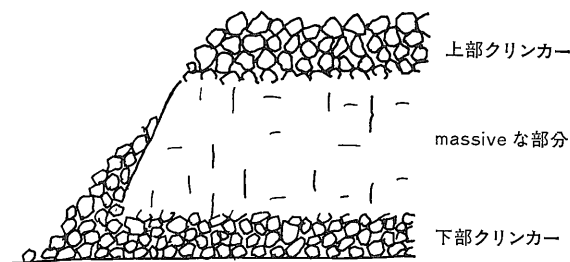
3 どんな方法で測るのか

基本的な考え方は上に述べた通りですが 実際に測定するにあたっては技術的に問題が生じました。

まず第一に今回測定する溶岩が典型的なアア溶岩であることです。 アア溶岩とは第3図に示すように流れの過程で表面がコークス状にブロック化したものです。 したがってその表面は隙間だらけで (第4図) どの部分の温度をどう測定したら良いものか迷ってしまいます。

次に測定機器の選定です。 測定開始は噴火後50日と決めましたが その時点で溶岩の温度は一体どの程度あるのでしょうか。 83年11月初旬 噴火後1ヶ月の三宅島の様子がいくつかのT.V. 番組で報道されました。 その中で現地であるリポーターが足下の溶岩のかげら (クリンカー) を手で拾い上げ「溶岩はまだ熱いです」と報告する件がありました。 実際に私達が持って行った温度計は以下の通りです。 上限100°C のガラス温度計50本 同じく200°C 30本 360°C 20本 500°C 5本 600°C 2本 上限350°C及び500°Cの熱電対温度計各1台。 これで私達が予想した溶岩の温度を推測して

1984年5月号



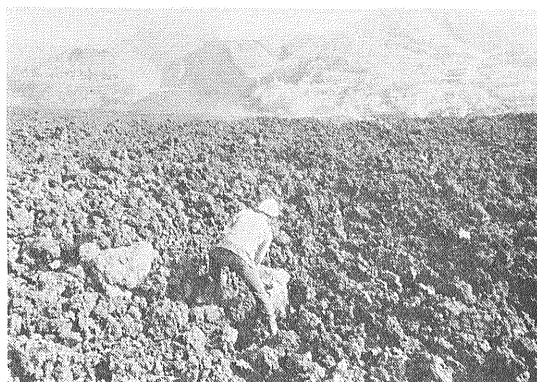
第3図 アア溶岩の模式的断面図。一般には下部と上部に発泡したブロック化した溶岩塊 (クリンカー) があり中央部はひと続き (massive) であることが多い。

下さい。

さて出発前に私達が得た情報の1つに 阿古 粟辺両地区とも溶岩の表面に仮設道路が建設され通行が可能になった事があります。 仮設道路はアア溶岩の表面を平らにならした上に砂利を敷いたものです。 したがってアア溶岩の表面は この道路の部分では厚さ数10cmのカバーがかけられたこととなります。 私達はこの仮設道路沿いでガラス温度計を用いて比較的浅い地温の測定をすることにしました。 また数10cm-1m程度の深さの穴をカバーのない普通のアア溶岩の表面に開け 熱電対を挿入して温度を測定する方法も同時に行うことにしました。

4 さて現地では一粟辺地区

噴火後50日 私達はまず粟辺地区の溶岩流に向いました。 そこで私達はいきなり予想しなかった光景を見ることになりました。 仮設道路の脇にいくつかの穴が掘られ その中から蒸気が立ち上り地獄のようになっていま



第4図 三宅島阿古地区のアア溶岩。表面にはゴツゴツした溶岩塊がありさらにそれらが全体として起伏に富んだ地形 (しわ) を作っています。

した。咄嗟には何が起きているのかわかりませんでした。実はこの穴は復旧工事の一貫として行われていた電柱建設のために掘られたものでした。掘削はよく道路工事で用いられるジャンボ・ブレーカーとパワーショベルとで行われていましたが、溶岩の内部はまだ高温であるために機械の損耗が激しく掘削は頻繁に中断されその都度容量4m³のミキサー車からその穴に注水していたのです(第5図)。したがって私達が最初に見たものはこの掘削作業中断中の穴だったわけです。この仮設道路沿いに10本の穴が掘削されていました。

丁度工事を担当している電電公社の方が見えたので話を聞いたところ熱のために掘削工事は非常に困難であり温度計で測定して高温と判断された穴には水を注入する事を繰り返しているとのことでした。ただし高温まで測定できる温度計がなく実際に溶岩がどの程度の温度を示しているのかは正確にはわからないとのことでした。試みに注水する前に紙や木片を穴の中に入れてと燃え上がってしまうそうです。

そこで私達は早速熱電対温度計で穴の中の温度を測ることにしました。恐る恐る穴の中に入って温度計のセンサーを溶岩の亀裂の中にさし込んでみました(第6図)。同時に電電公社の方がいつも測定しているガラス温度計を同じところに挿入しました。最初に得た温度は385°Cでした。ガラス温度計の方はそれより低い温度を示し接触面積が狭いために固い溶岩の測定には不向きであるように思われました。この穴は注水を何度も繰り返したとのことなので掘削中はこれよりはるかに高温だったわけです。穴は直径約2.5m 深さは最も深いもので約3mです。内壁はほとんど massive で上部のクリンカーは薄く1mを超えることはありませんで

した。10本の穴(第7図)のうち北西端及び南東端のものだけでは下部のクリンカーも見られましたが他は全て massive な部分で止まっていて下部のクリンカーには達していませんでした。

工事を進める都合上注水は頻繁に行われ私達の温度測定は常に冷却後の掘削中断時にのみしか行うことができませんでした。結局一連の工事用の穴の中で得た最高温度は436°Cでした。それは地表からわずか1m掘削した段階の支柱用の穴であり溶岩流の西端のものでした。主に温度測定は工事開始前の朝または終了後の夕方行いました。11月ですが風が常に強く地表に立っていると寒いのですが穴の中は全くの別世界で天然サウナ風呂の状態となっています。測定に用いた熱電対温度計(測定上限500°C)のセンサーの長さは10cmしかなくコードや温度指示部は高温の岩石に接触しないよう手持ちの状態にして測りました。うっかり腰を低くすると尻が熱くなり400°Cを超す穴の中では足の裏が熱くなり足踏みをしながらの作業となりました。それでも結局何度か地表に出て休憩しなければなりませんでした。

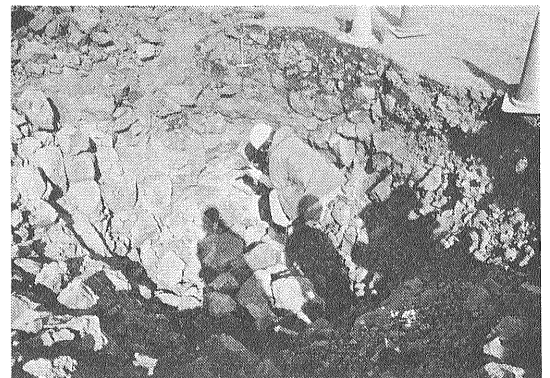
一方地表では東端の穴の近くで深さ約10cmで370°Cの温度が得られました。ここでは詳しい考察は抜きにして次に阿古地区での作業を紹介します。

5 阿古地区では

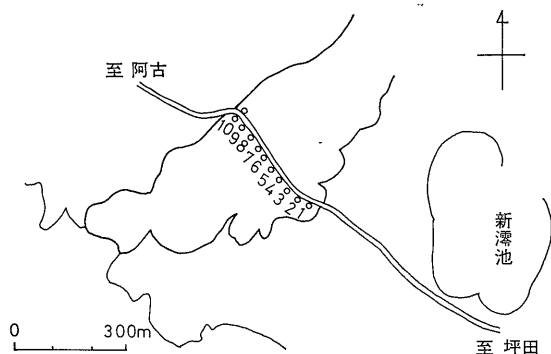
阿古地区の溶岩流の表面の様子は粟辺地区のそれとは少し異なります。まず目立つのは至る所から出ている噴気です。特に噴気孔(穴)があるわけではなくその位置は白色—黄色—赤黄色の昇昇物がついていることで確認されます(第8図)。また表面全体にわたって陽



第5図 粟辺地区の電柱建設用穴への注水。ミキサー車から穴の中へ水を入れると途端に蒸気が立ち上がり中はしばらく地獄の様な状態となるが数分で乾燥してしまう。11月23日撮影。



第6図 粟辺地区の電柱建設用穴の中での温度測定。11月23日撮影。



第7図 粟辺地区略図。電柱建設用の穴は道路の南西側に10本掘られ道路の反対側には支柱用の穴も掘られた。



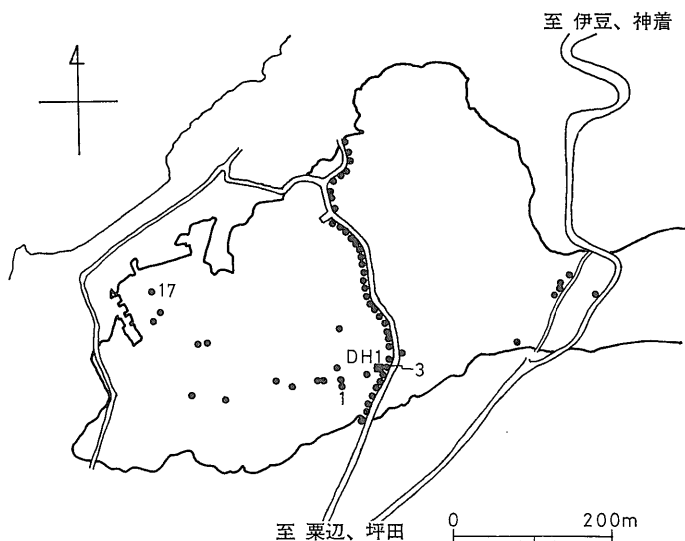
第8図 阿古地区の溶岩の表面に見られる昇華物(右)と噴気(左上)。1984年1月13日撮影。

炎が立っているのがよく見えます。粟辺地区ではクリンカーが薄いのに対しここでは厚そうでまた1m程度の起伏が多く見られます。

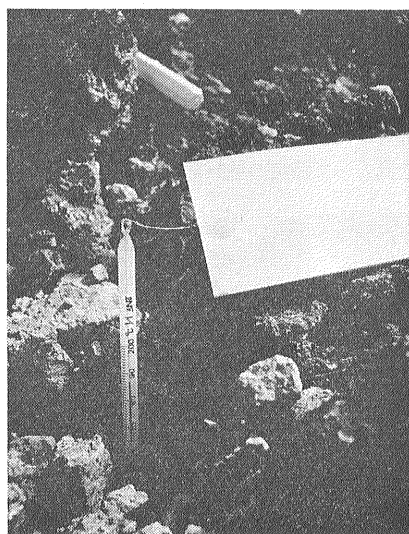
阿古地区では都道と阿古地区のほぼ中央部を貫く仮設道のほか 都道のすぐ下にはほぼ平行に水道管と電話ケーブルを埋め込んだ溝が溶岩の表面に建設されていました(第9図)。溶岩流を横断する上記の3つのルートでガラス温度計を用いて20cm深地温測定を開始しました。作業はまずタガネで穴を開けその中に温度計をさし込むという単純なものでした(第10図)。都道で9点 水道ルートで7点 中央仮設道で12点それぞれ測定しました。この20cmという深度はそれ程根拠のあるものではありません。粟辺地区で地表下浅部の地温勾配を測定した

ところ10cm深程度までは勾配がきつく 20cm深程度では緩いことが確認されました。また主に使用したガラス温度計が30cm長であるため 20cm深程度の埋め込みが適当と判断したものです。金属製の保護管を使用するとガラス温度計との間に砂が入り易いため 直接ガラス温度計を挿入しました。これは破損し易いという致命的な欠点があります。そのために全体的な温度の傾向は把握しきれませんでした。最低14°Cから最高422°Cまでの様々な値が得られました。

一方道路の通っていない溶岩の表面部では 1m程度の穴を開けて その中に熱電対温度計のセンサーを挿入する測定法がとられました。しかし溶岩の表面は第4図に示した様にゴツゴツして隙間だらけです。またそ



第9図 阿古地区略図。DH1はボーリング地点。黒小丸は1-2m深地温測定点。数字は本文中に出てくる1-2m深地温測定点の番号。



第10図 ガラス温度計による20cm深地温測定。都道ルート。11月24日撮影。

れらが更に全体として1m程度の起伏に富んだ微地形を造っています。したがって測定点の選定がまず問題になるわけですが 私達はとりあえず様々な条件の箇所を掘ってみることにしました。

1本目の測定点は溶岩が最も厚く10m近くに達すると予想された阿古小・中学校の校庭を選びました。まず表面のアア・クリンカーを数10cm取り除き次に直径約4cmの鉄パイプをハンマーで打ち込みそれを抜いた穴にセンサーを挿入します(第11図)。得られた温度は97°Cでした。当初の予想よりはるかに低温であったため私達とはまどいましたが以下次々と測定を続けました。

溶岩流の表面の微地形の谷部と尾根部とではどうか溶岩流の中心付近と縁辺部とではどうかいろいろ検討してみました。そのうちに私達は打ち込み用の鉄パイプがどんどん入ってしまう所があるのに気が付きました。そのためセンサーをより深くまで挿入できるように打ち込み用の鉄パイプを引き抜いた後に更に案内用の内径約12mm 外径約17mmの鉄パイプを打ち込むことにしました。この案内用の鉄パイプの長さは1m 1.5m 2mといろいろ使ってみました。遂に2.5mでもなお抵抗なく挿入されてしまう所が出てきました。鉄パイプを普通乗用車で運搬したためにこれより長い物は挿入できませんでした。この長さはクリンカーの部分の厚さにほぼ相当するものと考えられます。

しばらくはやみくもに打ち込んでいましたがそのうち特に高温部を捜し出して挿入することにしました。その指標の1つは前にも述べた昇華物でこれがあると殆んどそこは高温域でした。もう1つは理由はわかりませんが昇華物は付着していても周囲に比べて高温な部分は何箇所かあるのです。これを捜すためには姿勢を低くして陽炎の強い部分を見つけるか やみくもに

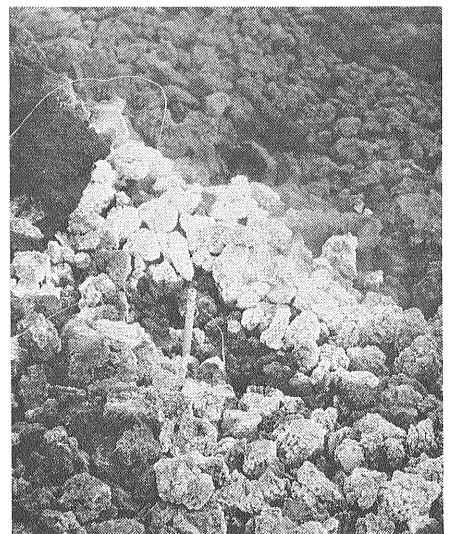


第11図 阿古小中学校校庭での温度測定の様子。第9図の17番地点。11月23日撮影。

歩き回り体にムツと熱気を感じる所を見つけるかします。最後には素手をかざして歩き回るとより高温な部分を見つけ出すことができます。これは中央の仮設道路沿いでも同じ事で 温度計で高温が測定された所は その上を歩いてだけで熱気が感じられました。

特に高温な所ではパイプを打ち込む時にできる細粉が熱気のために地表に噴き出し このような時に顔を近づけると砂ぼこりと熱気のために大変危険でした。またこれも原因はわかりませんが 測定番号3番では(第9図参照)案内用の長さ2mの鉄パイプを通して下からフツフツと奇妙な音が伝わってきました。この地点は地表下20cmで422°Cの温度を記録した所で後に述べるボーリング地点に選定されました。

結局噴火後50日に最高温度を記録したのは第9図のno.1の測定でした(第12図)。ここでは案内用の鉄パイプを2.5m挿入しましたがまだ massive な部分には達していないらしく中途半端な挿入となりました。この時は高温まで測定できる長いセンサー付きの温度計を持っていなかったため まず測定限界350°Cの熱電対温度計をソロソロと挿入しました。ところがこれはアツという間に限界温度を超えてしまったためにあわてて引き上げました。次に測定上限360°Cのガラス温度計を針金につるしてパイプの中に下ろしました。ところがこれは引き上げた途端にパシッと音を立てて壊れてしまいました。それではと上限500°Cのガラス温度計を同様に入れました。これは留点温度計ではありませんか



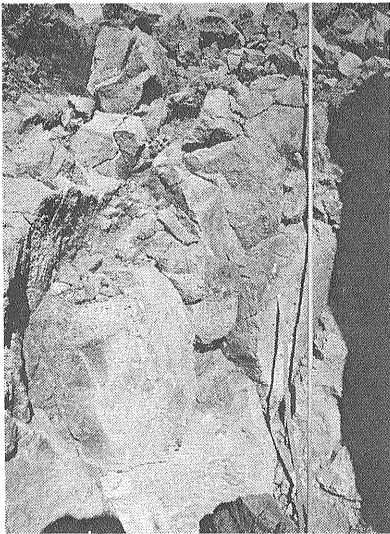
第12図 阿古地区の測点番号1地点。噴火後50日深度250cmで480°C以上であることが確認されました。11月27日撮影。

ら引き上げるとその温度は急激に下がります。その温度を素早く読み取るという正確さに欠ける測定でした。引き上げた時にガラス温度計の目盛りが丁度測定者の方に向いてないと困ります。回転させて見ようと軍手でガラスに触れると焦げて融けてついてしまう。顔を近づけて見ようと思わぬ熱気にたじろぐといった風でなかなか値が読み取れません。結局この測定では480°Cを記録しその後この温度計も壊れました。この値は急激に下がる途中の温度でしかありません。この時点で実際の坑底温度は500°C以上であったと推測されます。

6 電柱用の穴は

一方粟辺地区で溶岩中に掘削された電柱建設用の穴は急速に冷却しました。これには注水による冷却効果の他に空冷効果も大きく作用したようです。夜間には注水作業も休止しますがこの間一晩で約100°Cの温度降下が認められる穴もありました。かくて充分冷却した事を確認した工事担当者は電柱建設を始めました。まず深さ2.5mまでコンクリートを打ち込み次に穴の中心に直径約50cm高さ250cmのヒューム管を立てその周囲を掘り出した溶岩塊で埋め最後にヒューム管の中に電柱を立て隙間を砂でつめるという段取りです。

この穴を利用して温度測定を続けようと企てた私達



第13図 粟辺地区の電柱建設用の穴にパイプを立て掛けたところ。パイプの長さは2.5m。アクリンカーはこの写真の上端より更に上の部分でありここでは見えていません。11月25日撮影。

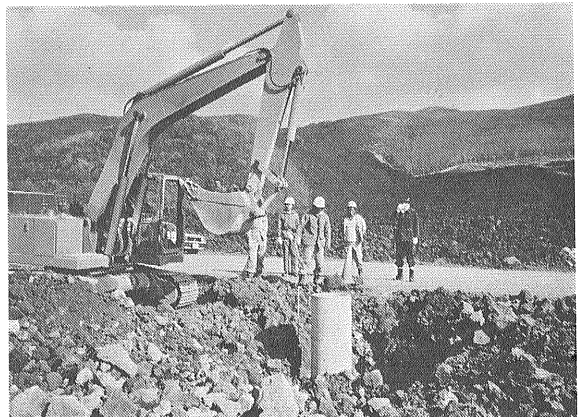
は工事が意外に早いのであわてて鉄パイプを買いに走りまわりました。つまり穴に溶岩片を埋め戻す前にパイプを入れて置こうというものです。残念ながら10本のうち5本の穴についてだけ間に合い鉄パイプを埋める事ができました(第13、14図)。第6図のno. 1から5までです。このパイプに熱電対を挿入して以後温度観測を継続することにしました。観測は週1回の割りで行い現在も進行中です。

7 作戦の練り直し

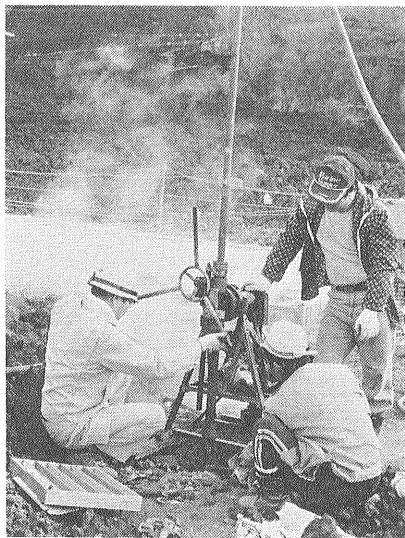
次回の測定を噴火後100日と決めた私達は測定の方法や機器について検討し直しました。とにかく相手はまだ冷えきってはいない測定する価値は十分あると判断し長い丈夫なセンサーを付けた熱電対温度計や長期的観測にふさわしいと思われる留点温度計等を用意しました。

しかし前回の測定での最大の弱点は地表近くの温度測定では何の温度を測っているのかよくわからないという事でした。また関係者の中からは高温であるのは溶岩そのものの熱ではなく溶岩に埋められている家屋等の燃焼によるのではないかという意見も出されました。私達は粟辺地区で下に家屋がなくしかもmassiveな部分がわずか2mしかない溶岩中で436°Cの温度を記録したことから溶岩それ自体の熱が保持されていると考えました。しかし論より証拠です。私達は阿古地区で溶岩流を貫く穴を開けて温度を測定することにしました。

幸い地質調査所には軽量な人力でも運搬できる簡易式錐機があります。7馬力のガソリン・エンジンを備え

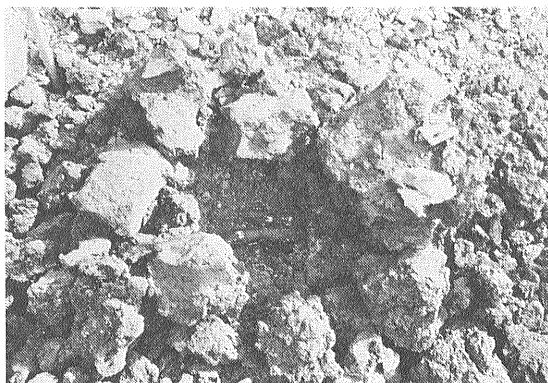


第14図 溶岩塊の埋め戻し作業。運転者は細い鉄パイプを破壊しないよう慎重に操作してくれました。11月25日撮影。

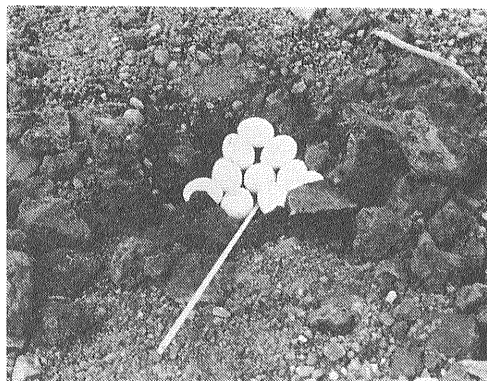


第15図 阿古地区でのDH-1のボーリング作業。注入した冷却水はすぐに地表に蒸気となって還元されてしまいます。1984年1月13日撮影。

た地質調査所製CK-Ⅲ型機 これでは何とか掘れそうです。さて掘削位置の選定ですが これには交通の便 水の便 溶岩流の厚さ 前回得た温度情報などを参考にしました。その結果 阿古中央の仮設道に面し 一番近い水道源までも100m以内で 前回地表下20cmで422°Cを記録した地点を選定しました。地主の方の諒解も得 同時に掘削地点付近の旧地面の微地形についての情報も得ました。そこでは溶岩の厚さは5m以上はあると予想し 掘削予定深度は10mとしました。



第17図 DH-1号井の脇に置いた芋。文字通りの石焼芋となりました。缶コーヒーなどは置く時間を間違えると熱くて持てなくなります。1984年1月27日撮影。



第16図 DH-1号井の脇の地面に置いた卵。温度計で100°C程度の“低温”な部分を捜して置きました。1984年1月14日撮影

8 うまく掘れるか

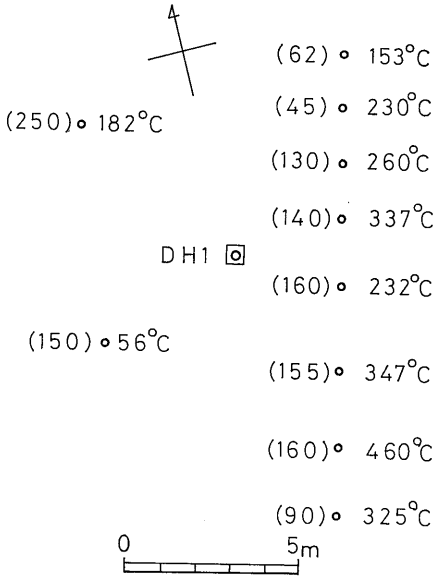
噴火後100日 期待と不安と多少の興奮の中で作業はスタートしました。今回は前回と同じ20cm深、鉄パイプを用いた1-2m深の温度測定を行い 更にボーリングを行う予定ですから かなり忙しく立ち働かねばなりません。

ボーリングは第9図にDH-1と示した地点で行いました。掘削予定地に平地を造り 試錐機 ボーリング用ポンプ及びホースを備え いざ掘削開始。スタート早々クリンカーの処置に困りました。結果的にはこの地点では厚さ2.2mのクリンカーがあることがわかりましたが これが掘削時に次々と崩壊するためにセメントを何度も投入し作業ははかばかしく進行しません。

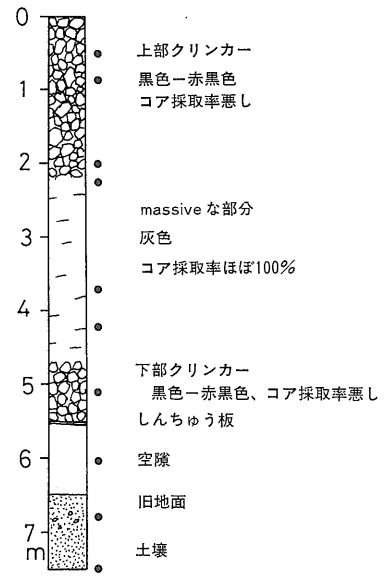
ビットの摩耗を防ぐために注入する冷却水は溶岩の熱で暖められ掘削機の周囲から蒸気が立ち上ります(第15図)。1月ですから風は冷たいのですが 座るととても暖かく 地表に置いた卵は しばらくすると蒸し卵になりました(第16図)。また噴火後110日 にはさつまいもを置いたところ おいしい石焼芋ができました(第17図)。

さて掘削が溶岩の massive な部分に入ると硬いため簡易試錐機は浮き上がり 掘削スピードは落ち込みました。結局この massive な部分を掘削し終わる段階で約10tの冷却水が注入されました。掘削地点を取り囲むように90cm深-230cm深の10本の鉄パイプが挿入され冷却水の効果が周囲に及ぶかどうかチェックしました。最も近い鉄パイプ孔でも3m離れていますが 冷却水の影響は掘削時には全く認められませんでした。

深度4.7mで下部のクリンカーに入り 掘削スピードが早くなりましたが 5.5mでまた固いものにぶつかりま



第18図 ボーリング地点周辺の鉄パイプ坑配置図。カッコ内の数字は温度測定点の深度単位cm。温度は1984年1月13日—17日の間の最高温度。



第19図 阿古地区のボーリングDH-1の柱状図。柱状図の横の丸印は挿入した熱電対の先端の位置を示します。

した。しかしこの硬い物質を抜くとボーリングのロッドはいきなり1m下がってしまいました。そして6.5mで旧地面に達しました。掘削作業は旧地面を1m掘り進んだ段階で残念ながら時間切れ終了となりました。

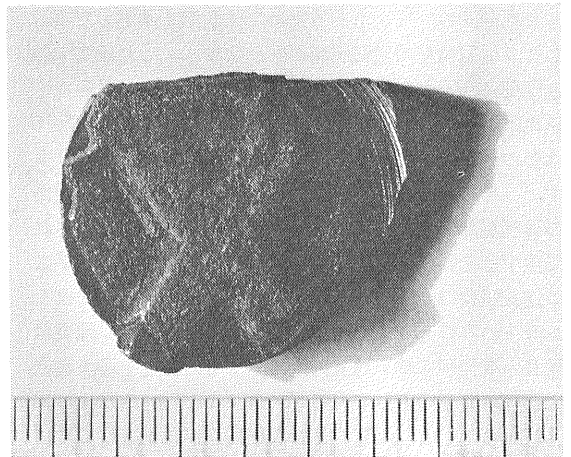
掘削はオールコアリングで行い、ビットは溶岩の massive な硬い部分ではダイヤモンドビットを、それ以外の部分ではメタルビットを使用しました。簡単な柱状図を第19図に示します。深度5.5mで遭遇した硬い物質は厚さ約5mmのしんちゅう片でした(第20図)。地主の沖山忠一郎さんによれば、掘削地点は庭であり、その脇には倉庫があり、中に漁船のエンジンやスクリュー、それにかつおのえさを入れる金属製の箱などが約1t置かれていたということです。おそらく溶岩流によってこれらは部品が押し出され、地面との間に空間を作ったものと思われます。近所の方が、ここには郵便ポストがあったので、その一部ではないかとも言われましたが、郵政省資材部受給課及び阿古と坪田の郵便局に問い合わせたところ、しんちゅうの部品は使っている可能性はあるが、厚さや模様から判断すると、それはポストの一部とは考えられないとのことでした。

9 センサーの埋め込み

掘削された深度7.5mの穴の中には崩壊を防ぐために1984年5月号

ロッドがそのまま残され、ひとまず蓋をかぶせました。そしてセンサーを出口で保護するための箱を支える鉄パイプ2本を埋め込んだ後、10日間放置されました(第21図)。この10日間は全く意味のないもので、準備不足から生じたものです。

さて10日後、熱電対10本を深度別に埋め込みました。ロッド内の空隙には砂をつめました。内径3.0cmのロッド内に外径3.2mmのセンサーを10本、砂をつめながら挿入するため、全てのセンサーの先端を予定深度に埋めることができず、埋め残しの部分がニョキニョキ出て



第20図 DH-1号井で溶岩の最下部から得られたしんちゅう片。直径約2.5cm。



第21図 掘削作業終了後のDH-1坑口の様子。中央の短いパイプがケーシングパイプの先端で両側の2本は観測箱を支えるためのパイプ。1984年1月16日撮影。

しました(第22図)。地表に出たセンサーを保護するためにステンレス製の箱を設置し以後観測が継続できるようにしました(第23図)。この結果は阿古地区で溶岩がどう冷却し逆に下の旧地面がどう暖められていくか貴重なデータとして得られるものと期待されます。

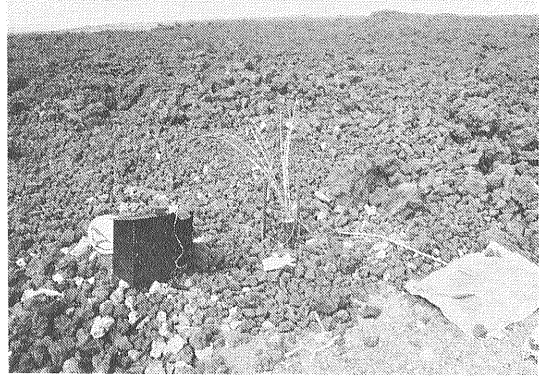
10 100日後の表面温度は

ボーリング中にも阿古地区では20cm深及び1-2m深の温度測定が時間の許す限り行われました。その結果20cm深では17-310°C 1-2m深では22-466°Cの値が得られました。

この結果前回噴火後50日に得られた最高温度“480°C以上”の480°Cは実際の最高温度よりはかなり低めであったのではないかと考えられます。

また前回のデータもあるために注意深く測定した事として地温勾配の逆転現象があります。これは文字通り深部に行くにしたがい温度が下がってしまう現象です。例えば地表下30cmで307°Cの穴が地表下105cmでは76°Cなどの値が得られその勾配はかなり急なものもあります。その原因としては仮設道路の脇の穴の場合道路の砂利が熱的キャプロックとなり熱が浅部に蓄積されて生ずるという案がまず考えられました。ところがこの逆転現象は全くカバーのないガサガサしたアア・クリンカーのみの部分でも頻繁にみられるのです。地表に激しい噴気があり地表付近で389°Cの温度を示す地点に鉄パイプを挿入してみると地下1-2mでは100°C台となってしまうなど奇妙な観測点が相次ぎました。つまり高温ガスの通り道は垂直とは限らないわけです。

以上のように噴火後100日の測定ではいくつか不明の点



第22図 DH-1号井に深度別に10本の熱電対を挿入したところ。1984年1月27日撮影。

も出てきましたが全体としての傾向は明らかになり今後も引き続き測定する価値があるものと判断されました。

11 他の溶岩の研究例

第2章にも書いたように噴出時の溶岩の温度やその冷却の過程を記録した例はあまり多くありません。その中で最もよく研究されまた知られているのはハワイのキラウエア火山でしょう。特にキラウエア火山では溶岩湖がしばしば形成されるので溶岩の冷却過程は綿密に調べられています。キラウエア火山を含むハワイの火山の紹介は本誌の第310 312 314 315 及び316号に掲載されています。その中でも曾屋ほか(1980)(本誌第314号)にはキラウエアの溶岩湖の紹介があります。



第23図 DH-1号井の口元に設けられた観測箱。黒色に塗装しましたが設置後1日で表面に灰色の昇華物が付くなど前途は多難のようです。1984年1月28日撮影。

溶岩湖の中でも特にキラウエア・イキとアラエの様子はよく公表されています(ペックほか1979; Peck 1978など)。それによれば1959-60年噴火によりキラウエア・イキ内に深さ100m以上の溶岩湖ができその生成直後から溶岩湖内の温度測定が開始されました。しかしながらこの溶岩湖はやや大きすぎ20年後にも内部の一部はまだ熔融状態であり全体が冷えきるまでにはまだ長い年月を要します。したがってその調査研究が完結するのはまだまだ先の話となります。それに対してその約8km東方にあるアラエ火口内に1963年噴火でできた溶岩湖については研究が一区切りつきました。というのはこの溶岩湖は深さが約15mであったために約1年後に溶岩は固結し4年後にはその温度は100°C以下になったのです。米国地質調査所の研究者達は多くのボーリングや測定を繰り返し行い冷却の過程を精密にたどることに成功しました。またこの研究で注目すべきことは降水量、溶岩の密度、孔隙率、熱伝導率などのデータも同時に測定し冷却モデルの計算を行ったことです。それらの結果は前掲の論文のほか本誌第314号の36ページにも簡単に紹介してあります。

さて国内ではどんな例があるでしょうか。私達が調べた範囲内では大島の三原山と秋田駒ヶ岳の報告があります。三原山では1950-51年噴火の後1952年9月から火口内表面付近の地温測定が行われました(諏訪ほか1957など)。その結果はかなり複雑で温度変化パターンは測定点ごとに異なり測定期間中に発生した小規模な噴火をきっかけに温度は上昇する所もあれば下降する所もありまた火山活動とは関係なく冷却する所もあるといった具合でした。このことは噴火予知を目標とした地温測定にはそれなりの下調べが必要でかなり困難であることを示しているものと思われま

す。一方秋田駒ヶ岳は1970-71年に女岳が噴火し1974年以来山頂付近を中心に1m深地温測定が行われました(狐崎1977など)。その結果女岳付近の高温異常域は噴火後7-8年経過してもなお増大するとか途中で新たな異常域が出現するとか複雑であることがわかりました。以上わが国での2例はいずれも温度変化の経過が複雑であったわけですがその理由は両者とも火口付近で測定を行ったためと思われる。つまり第2図に示したように噴出口付近では地下の熱源の実体は不明の部分が多く更にその熱源自体も変化移動する可能性もあり地表での温度変化パターンが複雑になるものと思われま

す。さて三宅島ではどんな測定例があるでしょうか。噴出時の温度測定を除くと注目すべきは津屋(1940)の報告であります。これは1940年7月の噴火についての1984年5月号

調査報告ですがその中に噴火3日後8日後及び9日後の温度測定データが報告されています。それによれば噴火後9日に測定した溶岩の割れ目の中の赤熱部分の温度は約950°Cでした。溶岩が冷却する時に一般には噴出直後には急激に温度が降下し次第にその降下の程度は緩くなると考えられています。私達の今回の測定は噴火後50日から開始しました。まだ測定自体も始まったばかりですが途中の見積もりによれば温度降下のパターンを説明するためには測定できなかった噴出時の溶岩の温度をかなり高温に仮定しなければなりません。1940年溶岩の報告は噴火直後にはそう急激な温度降下はなかった事を示すデータであり今回の測定値とも矛盾しないものと思われま

12 おわりに

この調査研究では東京都三宅支庁三宅村役場ボーリング地点の地主沖山忠一郎氏掘削時の冷却水を提供して頂いた沖山秀氏著者の1人の所属する東京都立三宅高等学校の佐藤俊一校長はじめ多くの地元の方々に御協力して頂きました。また今後も御世話になる予定です。地質調査所の小野晃司曾屋龍典宇都浩三の各氏からは全体にわたり多くの情報コメントを頂きました。同じく川村政和茂野博両氏からは温度測定の基本的知識を教えて頂きました。DH-1号井の温度測定用観測箱は技術部の青木市太郎氏に制作して頂きました。以上の方々に深謝の意を表しますとともに今後の測定にも宜しく御協力御配慮の程を御願い申し上げます。

文 献

- 狐崎長環(1977) 秋田駒ヶ岳火山における地温観測. 秋田大地下資源研報 44 p. 38-52.
- Peck D. L. (1978) Cooling and vesiculation of Alae lava lake, Hawaii. U. S. G. S. Prof. Pap. 935-B. p. 1-59.
- D. L. ペック T. L. ライト R. W. デッカー (1979) キラウエアの溶岩湖(荒牧重雄訳). サイエンス 1979年12月号 p. 86-96. (原著は Scientific American vol. 241 no. 4, p. 114-122B)
- 曾屋龍典・須藤茂・三村弘二・松久幸敬(1980) ハワイ・キラウエア火山(その3). 地質ニュースno. 314, p. 34-45.
- 曾屋龍典・宇都浩三・須藤茂(1983) 三宅島火山1983年10月3日の噴火. 地質ニュースno. 352, p. 10-21.
- 諏訪彰・田中康裕・田沢堅太郎(1957) 1955年1月-56年6月の大島三原山の火山活動に関連する火口内の溶岩温度の変動. 験震時報21, 4, p. 27-34.
- 津屋弘遠(1940) 昭和15年7月三宅島噴火調査概報. 地震 12, p. 435-484.