

ハワイの火山

熊大・教育 渡 辺 一 徳

I はじめに

今年夏、ハワイのヒロ市において「プレート内火山作用及び海底火山作用に関するハワイシンポジウム」と題して火山学に関する国際シンポジウムが開催された。スケジュールが巡検会に重点をおいてあったこともあってか、日本からも多くの火山学関係者が出席した。私もその一員として参加してハワイの生々しい火山に接し、多くの刺激を受け感動をおぼえた。旅行中に撮ったカラースライドは700コマ以上にのぼっているが、その中からいくらかを選んで紹介する。ハワイの火山をいくらかでも理解していただければ幸いである。

旅行日程は次の通り。

7月13日(成田発)→同日(ホノルル着)
7月14日～15日(オアフ島巡検会)→
7月15日(ヒロ市着)→7月16日～22日
(学会とハワイ島3コース巡検会とが一日交代)、
7月23日～27日(ハワイ島・マウイ島・モロカイ島からアイ島の島めぐり巡検

会)→7月28日(ホノルル発)→同29日(成田着)、11泊12日間。25日以降は日本人グループのみの行動で東大の荒牧重雄・中村一明両先生の案内で行なわれたものである。両先生には大変お世話になった。記して謝意を表する。

II ハワイ火山の概略

具体的な露頭の紹介をする前に予備知識として、ハワイの火山の概略を少し説明しておく。なお、この項はおもに荒牧(1970)によっているので詳しくはそれを参照されたい。

ハワイ諸島の火山は海洋域の火山の代表である。特にハワイ島の火山の一つ、マウナ・ロア火山は、その形が中世の西洋の楯をふせた形に似ることから楯状火山の好例として、よく教科書などに使われている。

ハワイ諸島の年令は北西方のものほど古く現在活動しているのは東南端のハワイ島の火山である(図-1)。ハワイ諸島から天皇海山群へ向って時代が古くなるのである。これ

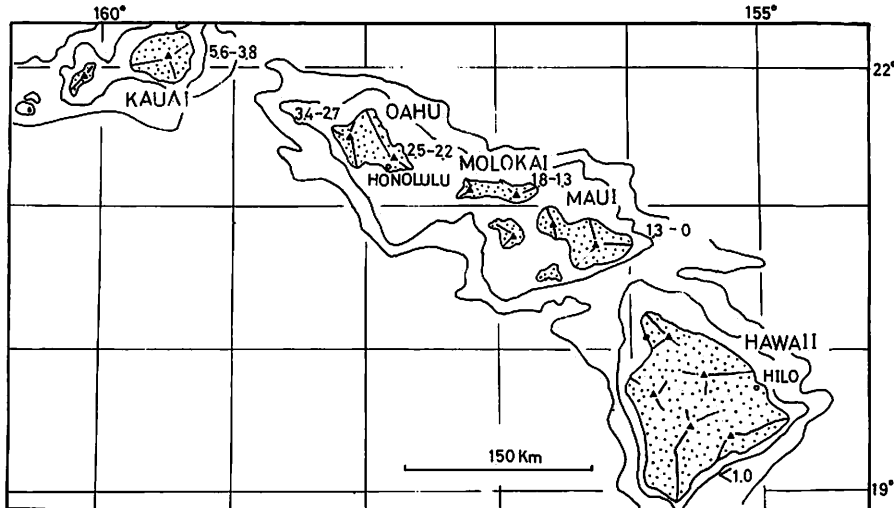


図-1 ハワイ諸島南東端の火山島群。太線はリフトゾーン。数字はK-Ar年代($\times 10^6$ 年)(荒牧, 1970より)

は、プレートテクトニクスにより、よく説明されているのでご存知のことと思うが、太平洋の底が西北西方向へ移動していることと調和している。すなわち、現在のハワイの位置に存在すると考えられているホットスポットの上に火山が生じ、それがリソスフェアに乗って移動しているので、つぎつぎと新しい火山が生じるというわけである。

ハワイの火山の規模を理解していただくために、マウナ・ロア火山と富士山とを比較した図を図-2に示した。マウナ・ロア火山は世界最大の火山であり、キラウエア火山とともにハワイ諸島の中で最も東南よりにあり、現在も活動している。海拔高度は4,169mあり、海洋底からはかれば1万mをこえることになる。

ハワイ諸島全体の噴出物量は 2.2×10^4 km³に達し、これは陸上のデカン台地、コロンビアリバー台地に匹敵する規模である。

ハワイの火山の成長史

ハワイの火山の成長史を荒牧(1970)の図(図-3)に従って説明する。

「海底火山の時期」(図-3の1)

海中に噴出した溶岩は高い水圧と、海水と溶岩との間に生ずる水蒸気存在のために爆発せず、大きな液滴となって噴出し、いわゆる枕状溶岩となって累積していく。

「火山島初期」(図-3の2)

海底火山が成長し、その頂上が海面に達すると水圧が低下し、マグマが爆発的に噴火したり、水蒸気爆発をおこしたりする。このようにして、水際で多量の火山砕屑物がつくられ、それは枕状溶岩の上をおおって堆積する。

「楯状火山の成長と山頂カルデラの形成期」(図-3の3)

海面上に出た火山体が成長をつづけると大

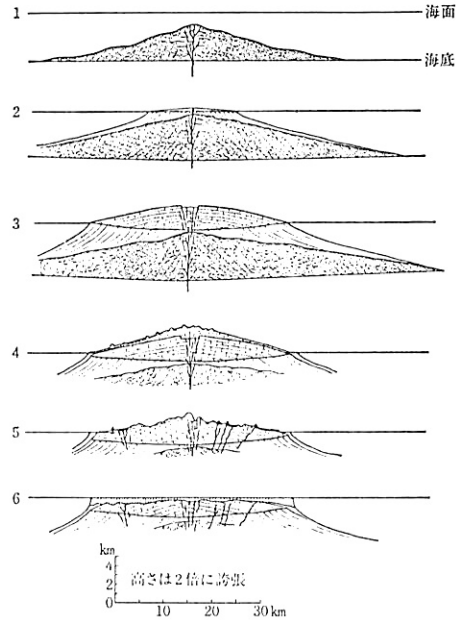


図-3 ハワイの火山の生長史の模式図 (荒牧, 1970)

きな火山島になる。海面上の部分はゆるく上に凸な、なだらかな曲線となり、きわめて優美な山体をつくる。これが楯状火山である。このような時期の楯状火山を primitive shield とよぶことがある。このような楯状火山が十分に成長するころには山体の平面的な形は円形ではなく三角形に近くなる。これは火山体の成長とともにリフトゾーン(割れ目帯)とよばれる尾根が山頂から2~3方にできて、そこからマグマが流出して火山体が成長するためである。また山頂には小型のカルデラを生ずる。これはキラウエア型カルデラとよばれるもので、火山体内部に形成されたマグマ溜りが周期的に収縮することによって生ずるものである。マウナ・ロア火山やキラウエア火山は現在、この時期にある。

「火山島中期」(図-3の4)

楯状火山が完成する時期になると、マグマの成分が変化し、それまでのソレイライト質

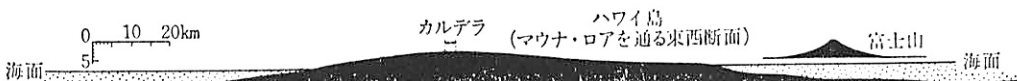


図-2 ハワイの火山(Mauna Loa)と富士火山の断面の比較(上下と横方向は同一縮尺) (荒牧, 1970)

のものから、 Na_2O に富み、 SiO_2 に乏しいアルカリ玄武岩質マグマに移行する。このマグマは量が少なく、溶岩流は厚くて短かいものが多くなるため、山腹の傾斜は急になる。また爆発的な噴火も多く、火山砕屑丘をつくっていることが多い。したがって、山頂カルデラはすっかりおおわれてしまって、凹凸の著しい地形となり、カルデラの存在がわからなくなる。マウナ・ケア火山はこのような時期の火山である。

「火山島後期」(図-3の5)

上部マントルからのマグマの供給はほとんど停止し、火山体は急速に浸食されていく。火山体の自重による沈下もすすみ、火山体の高度が低下する。この時期に小規模な火山活動がおこることがあり、噴出されるマグマは、中期のものより、さらに Na_2O に富み SiO_2 に乏しいものになる。これらの強アルカリ岩類は、古い火山体の上に著しい不整合で重なっている。

「浸食による海没」(図-3の6)

火山活動が停止し、侵食と沈降によって火山体は海面から没し、暖海であればサンゴ礁におおわれることになる。

キラウエア火山の断面

現在活動中であるキラウエア火山やマウナ・ロア火山は楯状火山が成長し、山頂カルデラが生じているステージであるが、その典型的な例としてキラウエア火山の断面を図-4に示した。

山頂及び山腹からの噴火のメカニズムについて興味深い点もあるが、ここでは省略するので、荒牧(1970)を参照されたい。

図-5にハワイ諸島最大の島ハワイ島の火山の地図を示した。以下に具体的な写真を示しながら説明を加える。

III ハワイの火山紹介

楯状火山の断面(写真-1)

オアフ島東端のマカプーポイント。古い楯

状火山の断面にみられる溶岩流。無数の厚さ数 m の溶岩が重なっているようすがわかる。岩質はソレイアイト。溶岩流の傾きが陸側であることは、楯状火山の中心は海側にあること、大きく浸食されたことを示すものである。

ワイミア峡谷(写真-2)

カウアイ島西部にある名所の一つ。一見、グランドキャニオンを思わせる大峡谷が発達する。写真にみられるうすい、ほぼ水平な溶岩流は約400万年前の、径が20kmもあったという古いカルデラをうめた溶岩流である。ハワイの女神ペレーの最初の住み家とされて

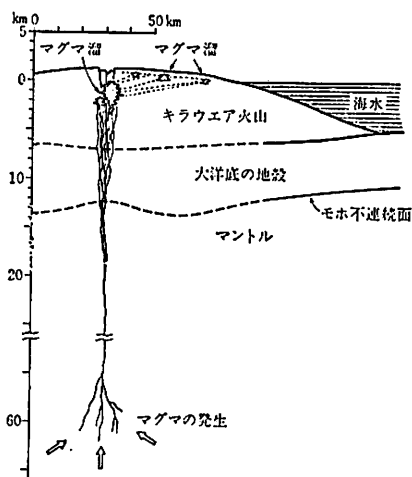


図-4 キラウエア火山の模式断面図 (荒牧, 1970)

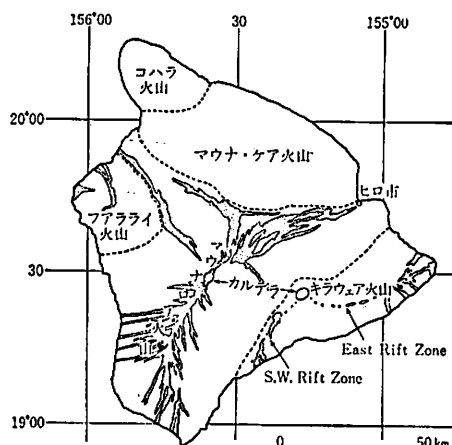


図-5 ハワイ島の5個の火山。点を打った部分は歴史時代の溶岩流(荒牧, 1970)

る。これは、ハワイ諸島のうちの大きな島々で最も西方にあることを考えるとまことに当をえた伝説である。

ダイヤモンドヘッド(写真一)

ホノルル空港に近づくと、機の窓から、火口の大きい、一見して噴石丘とわかる地形がみえてくる。これが有名なダイヤモンドヘッドである。ハワイの観光写真には、このダイヤモンドヘッドをバックにワイキキの浜に遊ぶ、ビキニ姿の美女が、おさだまりである。約40万年前に形成された噴石丘であるため、写真に見えるようにコーンの外側に成層した噴出物が見える程浸食が進んでいるのである。このようないわゆるタフコーンはオアフ島にはいくつも見られるが、いずれもマグマが地下水(海水)にふれて爆発的な噴火をすることによってつくられたものである。コーンを構成している噴出物には、水冷却されたマグマ片やサンゴの破片が多量に含まれている。同様なコーンの一つソールトレイククレーターではマントル物質と考えられている超塩基性岩のゼノリスを採集できる。岩質は楕状火山のものよりずっとアルカリ度の高いものである。火口内は軍の施設で立入禁止。

岩脈(写真一)

オアフ島西岸。ワイアナエカルデラをうめたブレッチャーを切る岩脈。岩脈に特徴的な冷却面に垂直な節理が見事である。同様なダイクは楕状火山が浸食された所ではあちこちで見ることができる。

リットラルコーン(写真二)

ホイニキ島。モロカイ島東岸にある小島である。古い楕状火山をつくった溶岩流が海中に流れ込み、爆発をおこして生じた島で、このようにして生ずる火砕丘をリットラルコーンとよぶ。

プラグドーム(写真三)

写真中央やや左に見える部分。マウイ島西部のウタメハメ峡谷の楕状火山の断面に見えるもの。楕状火山の活動の途中で侵食された



写真一 楕状火山の断面



写真二 ワイミア峡谷



写真三 ダイヤモンドヘッド



写真四 岩脈

火口をうめて貫入している粗面岩のドームである。写真では見えないが、説明書によると貫入によって、まわりの溶岩が上方に曲がっているという。

ハレアカラ火山（写真一七）

マウイ島のカウアイ空港より望む。マウイ島の東部の楯状火山。山頂にはハレアカラカルデラをもっているがこちらからは見えない。

ハレアカラカルデラ（写真八—九）

ハレアカラカルデラの全景（写真八）と月世界を思わせる中央火口丘群（写真一九）。山頂のカルデラ内にはカルデラ形成後のアルカリ度の高いマグマの溶岩流や写真のような噴石丘がみられる。カルデラ壁の成層した溶岩流は楯状火山ステージのものである。

マウナ・ケア火山全景（写真一〇）

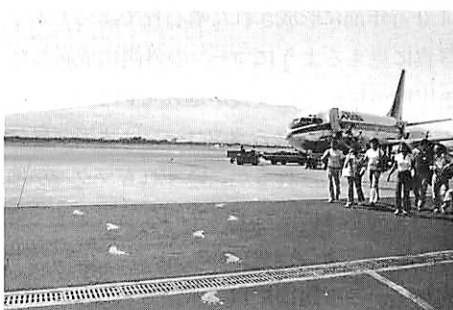
マウナ・ケア火とそのスロープ。ハワイ島東端ヒロ市から望む。マウナ・ケア火山も巨大な楯状火山であるが、写真一〇に示されているマウナ・ロア火山の優美な姿と異なり、山頂部はゴツゴツした地形を示す。これは最初に述べたように、楯状火山の形成の終り近くにあつて、アルカリ度の高いマグマが噴出して噴石丘をつくっているからである。海岸は浸食による崖をなしているが、流動性の高い玄武岩の溶岩流のつくった山腹斜面は見事である。

マウナ・ケア火山の山頂部（写真一一）

マウナ・ロアと、マウナ・ケア火山の界の峠より見たもの。山頂部の地形については写



写真一六 プラグドーム



写真一七 ハレアカラ火山



写真一八 ハレアカラカルデラ全景



写真一五 リットラルコーン



写真一九 ハレアカラカルデラの中央火口丘群

真一10の説明参照。草原の手前の黒色部はマウナ・ロア火山から流出した1935年溶岩。

マウナ・ロア火山遠景(写真一12)

北北西方向からみたもの。マウナ・ロア火山は、前述の活動史の中でFig.3-3に示すステージの火山で、山頂には約6×3kmのカルデラをもっている。海拔4,169m。典型的な楕状火山であるが、ハワイではこれはドーム形と呼んでいるので注意を要する。近景の丘はマウナ・ケア火山の寄生火山である。

マウナ・ロア火山の北東スロープ(写真一13)

プー・フルフル(フルフル噴石丘)から見たもの。植生の差、色調のちがいは、溶岩流の年代のちがいを示している。溶岩流はいずれもマウナ・ロア火山の北東リフトゾーンから流下したものである。

マウナ・ロア火山の南西リフトゾーン(写真一14)

リフトゾーンとは前述したように楕状火山の中心から2~3方向に発達した割れ目帯であり、山腹噴火はここからおこる。従って、リフトゾーン上には火口が生ずるのでその回りには噴石丘やそれが長くつらなるスパッターランパートなどが生ずる。写真に見える小さい丘はそれらを示している。プー〇〇という名はほとんど噴石丘につけられた名称である。

プー・ハバイマヌ(写真一15)

マウナ・ロア火山の南西リフトゾーン上にある小さな噴石丘。

スパッターランパートの断面と供給岩脈(写真一16)

スパッターとは可塑性のある噴石で、それらが土手をつくったものをスパッターランパートとよんでいる。(写真34)。写真はその断面で、中心部に溶岩の噴出した火道が残されている。噴石の上に溶岩が乗っておりこの溶岩を供給した岩脈である。案内者の説明によれば、今見えている溶岩は上から逆流



写真一10 マウナ・ケア火山の全景



写真一11 マウナ・ケア火山の山頂部



写真一12 マウナ・ロア火山遠景



写真一13 マウナ・ロア火山の北東スロープ

(drain back)して生じたものであることを強調していた。いずれにしてもこのような見事な供給岩脈を見るのは初めてであった。

パホイホイ溶岩 (Pahoehoe lava) について

パホイホイ溶岩は玄武岩溶岩の一つの形態である。表面はなめらかで、内部の発泡は均一である。厚さは一般にうすく数m以下。場合によっては10cm以下。流動に伴ってすでに固化した表面が破片になることはないので、アア溶岩のような表面と基底の破片状の部分はない。うすく固化した表面が内部の流動によりしわがよりロープをねじった形になると縄状溶岩と呼んでいる。パホイホイ溶岩は温度低下によってアア溶岩(後述)に変わることがある(写真-17-31)。

パホイホイ溶岩(写真-17)

1973年にキラウエア火山の東リフトゾーンの火口列から流出したパホイホイ溶岩流。表面はギラギラした金色又は銀色に輝やいており、その形態の異様さと相まって何か別世界の感がある。表面は手を切るようなガラスの皮膜(引きのぼされて繊維状であるが)でおおわれている。局部的に縄状溶岩も生じている。カメラのシャッター音しきり。フィルムがすぐなくなってしまう。

パホイホイのトウ(写真-18)

1974年、キラウエア火山東リフトゾーンのマウナ・ウルの噴火の溶岩。パホイホイ溶岩の先端。これをトウ(つま先)と呼んでいる。キラキラ光るガラス皮膜に注意。内部は多孔質である。

溶岩流による道路の破壊(写真-19)

1973~74年のマウナ・ウルの噴火による溶岩流によるアスファルト道の破壊。手前はパホイホイ溶岩によるが前方はアア溶岩による。道路は完全にしゃ断され利用できない。

パホイホイ溶岩の流下の跡(写真-20)

オヒア(この付近によく生えている樹名)



写真-14 マウナ・ロア火山の南西リフトゾーン



写真-15 プー・ハバイマヌ



写真-16 スパッターランバートの断面と供給岩脈



写真-17 パホイホイ溶岩

の林を流下した跡。木の根に溶岩表面の固化しはじめた殻（crust）が引っかかっている。溶岩流の“水位”はこの引っかかりの高さであったと思われるが、まわりは流下してしまって低くなっている。オヒヤは焼えつきて倒れていることもある。木のぬけたあとには溶岩樹型が残る。

溶岩樹型（写真一21）

キラウエア火山の東リフトゾーンにある「Lava tree state park」。1840年の溶岩で生じた溶岩樹型。公園として保存されている。高さ数mの樹型の林は見事である。溶岩の“水位”はこの高さまであったわけである。内部には木の皮のあとがついている（写真一22）。

溶岩樹型内の樹皮のあと（写真一22）

木の皮のあとがきれいに残されている。これから樹種もわかる。

うすいパホイホイ溶岩の重なり（写真一23）

マウナ・ロア火山の南西リフトゾーンの1868年溶岩。パホイホイ溶岩の間に生じている空隙は一枚の溶岩流の中心にあり、一枚一枚の数え方には注意が必要である。

パホイホイ溶岩中でのオリビンの沈降（写真一24）

23と同じ溶岩中で、一枚の溶岩の中で斑晶オリビンが重力沈降したもの。中心部は溶岩中の空洞。溶岩の粘性の低さがうかがわれる。



写真一19 溶岩流による道路の破壊



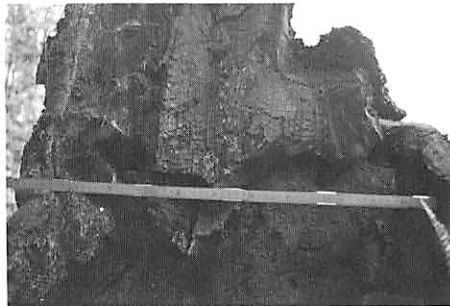
写真一20 パホイホイ溶岩の流下の跡



写真一21 溶岩樹型



写真一18 パホイホイのトウ



写真一22 溶岩樹型内の樹皮のあと

パホイホイ溶岩内の気泡（写真-25）

写真-17と同じ溶岩。内部はきわめて多孔質で、丸い気泡が特徴。これは溶岩の粘性がきわめて低いため、気孔がつぶれないためである（左上すみの気泡はややつぶれかけているが）。

溶岩鐘乳石（写真-26）

写真-23と同じ溶岩流。パホイホイ溶岩の空隙中に生じた溶岩鐘乳石。空隙が生じた時にまだ天井が流動性を有していたか、又は、空隙中でガスが燃焼して天井の表面が溶けたかのいずれかで生じたものである。溶岩トンネル内によく見られる。

パホイホイ溶岩とアア溶岩の重なり

（写真-27）

マウナ・ロア火山の南西リフトゾーンに見られるもので、一枚の厚さのちがいに注意。

火砕丘の火口内の古い溶岩湖（写真-28）

ハパイマヌ火砕丘の火口中に広がった溶岩湖。写真正面のくぼ地から流出したパホイホイ溶岩が手前へ広がって湖をつくった。

“Shelly pahoehoe lava”（写真-29）

写真-28の溶岩湖の表面はこのように薄いパホイホイ溶岩の殻からできており、不用意に乗ると踏みぬくので危険である。このように薄いクラストの発達したパホイホイ溶岩を Shelly pahoehoe lava（貝殻状パホイホイ溶岩）と呼んでいる。

縄状溶岩（写真-30）

パホイホイ溶岩の表面のうすい殻が、内部

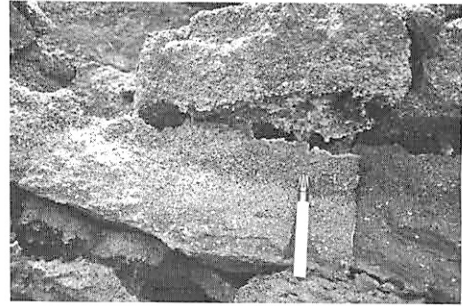


写真-24 パホイホイ溶岩中でのオリビンの沈降

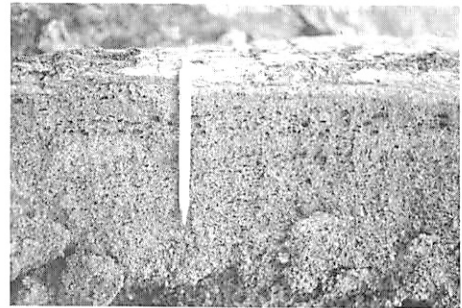


写真-25 パホイホイ溶岩内の気泡



写真-26 溶岩鐘乳石



写真-23 うすいパホイホイ溶岩の重なり



写真-27 パホイホイ溶岩とアア溶岩の重なり

の流動のためにゆっくりねじれて生じたものでこのような縄状溶岩はパホイホイの表面のいたる所で見ることができる。1935年のマウナ・ロアの溶岩流の表面の一例。

縄状溶岩の生じ方(写真-31)

マウナ・ロアの北斜面での観察。溶岩の年代は不明。流速が大きい所では流れ下だった跡(すじ)が生じているが、流れがゆるくなる所で、後からおされゆっくり広がった所にできている。

スパッターコーン(写真-32)

溶岩の液滴がとびちって積み重なって生じるもので、スパッターコーンと叫んでいる。

パホイホイ溶岩の一部がやぶれてそこに二次的な噴出口をつくって内部の溶けているものが噴出して積み重なる。内部は中心に孔が生じ、その中は溶岩鐘乳石でつまっていた。

岩滓集塊岩(写真-33)

噴出口近くでスパッターが落下してくっつき合ったもの。腹わたをつみ上げたような感じがする。キラウエア火山の東リフトゾーン上の火口列の1973年の噴出によるもの。

スパッターランパート(写真-34)

写真-33と同じ場所。火口列の両側に生じたスパッターの累積した土手。このように土手のように長くのびたものをスパッターランパートと呼ぶ。火口には、溶岩が逆流した跡がすじとして残されている。

アア溶岩について

アア溶岩はハワイの土語に由来する玄武岩



写真-29 Shelly pahoehoe lava



写真-30 縄状溶岩



写真-31 縄状溶岩の生じ方



写真-28 火砕丘の火口内の古い溶岩湖



写真-32 スパッターコーン

溶岩の形態の一つである。表面に小さい刺が密集してあって、凹凸に富む。多くの場合表面は本体から遊離したコークス状の岩塊からおおわれる。厚さはパホイホイに比して厚い(写真35~38まで)。

アア溶岩とパホイホイ溶岩(写真-35)

マウナ・ロア火山の北斜面の3,700m付近。古いパホイホイ溶岩の表面をおおうアア溶岩の末端部。遠くから見ても、アア溶岩の部分は反射能が低く黒々として見える。

マウナ・ロア気象観測所(写真-36)

マウナ・ロアの約3,300m地点にある気象観測所と、まわり一面のアア溶岩。遠方の地平線はマウナ・ロアの山頂方向。3,700m付近まで登ったが、どこまで行ってもこのような地形で山頂がどの辺か全くわからない。教科書に出てくるハワイでの大気中のCO₂濃度の増加のグラフはここで測られたものである。

アア溶岩の末端(写真-37)

キラウエア火山の東リフトゾーンから1977年に噴出した溶岩流の末端。コークス状のブロックの積み重なった高さ数mの急崖をなしている。前面のブロックは溶岩が前進する際くずれ落ちて溶岩流の下にしかれていく。

アア溶岩の表面(写真-38)

写真-37の表面。コークス状の岩塊でおおわれており、大変に歩きにくい。岩塊の内部は写真のように気泡が引きのばされて(つぶれて)いる。これは粘性が大きくなり、気泡が生じた後にゆっくり動いて気泡が変形した



写真-34 スパッターランバート



写真-35 アア溶岩とパホイホイ溶岩

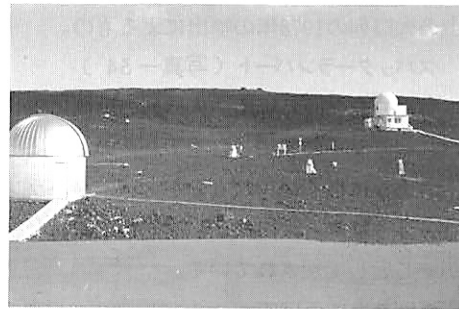


写真-36 マウナ・ロア気象観測所

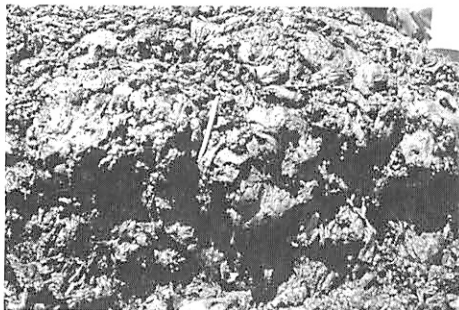
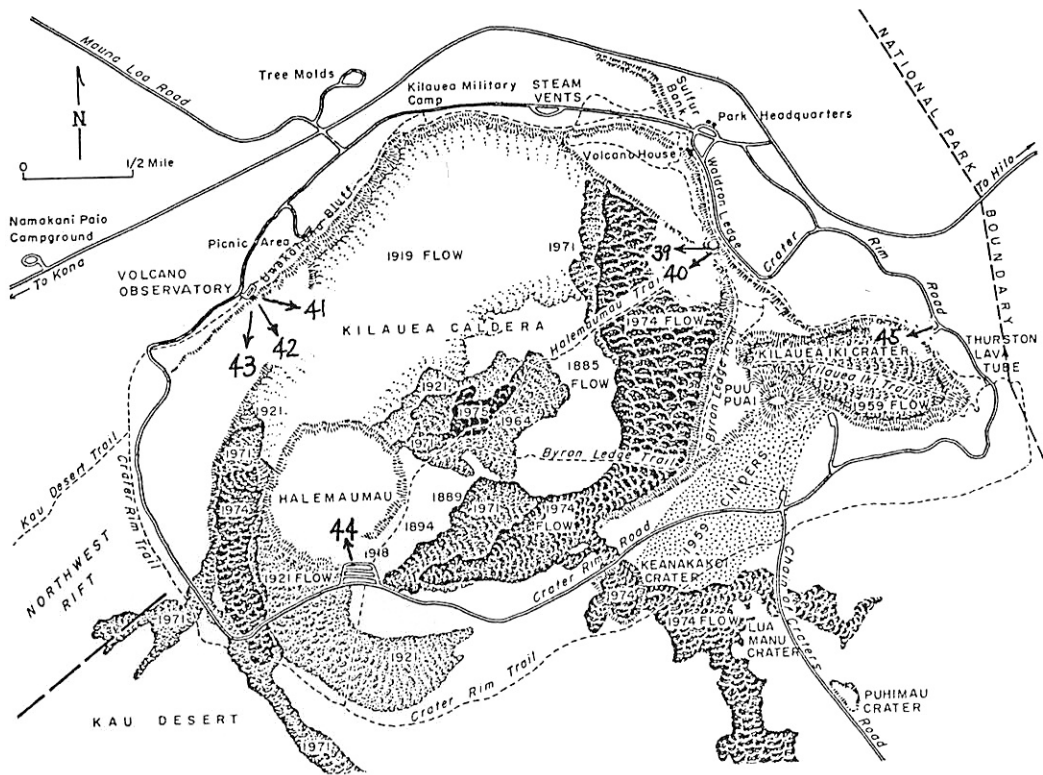


写真-33 岩滓集塊岩



写真-37 アア溶岩の末端



図一六 キラウエアカルデラ付近の地図と写真撮影場所 (Stearn, 1978)

ものである。

キラウエアカルデラ

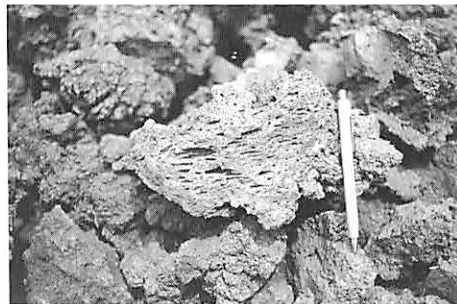
キラウエアカルデラは、図一六に示す通り径が4.8×3.2Kmと大きいのでその全体を一枚の写真で見ていただくことは困難である。図一六に写真一39から45までの撮影地点と方向を示した。

キラウエアカルデラ北端部(写真一39)

カルデラ内はパホイホイ溶岩でうめられており、逆光に光るその表面の様子はまさにパホイホイの海である。遠景はマウナ・ロアの斜面。

キラウエアカルデラ中央部(写真一40)

左右の遠くの崖がカルデラ壁。中央右手の黒い所にハレマウマウクレーターが見える。カルデラ底の黒いすじは、観光用の歩道であり、ハレマウマウクレーターに向かう。



写真一38 アア溶岩の表面



写真一39 キラウエアカルデラ北端部

キラウエアカルデラ東部(写真-41)

キラウエアカルデラの東半部。中央の低い火砕丘は1959年の噴火で生じたプー・プアイ。その左おくの方にキラウエア・イキクレターがある。

ハレマウマウクレター(写真-42)

キラウエアカルデラ内の南西よりに、径約1 Kmのハレマウマウクレターがある。1924年以前にはクレターの底に赤熱した溶岩湖の活動がみられたが、それ以後は静かである。現在は表面が固化しているが、噴気が立っている。

同心円状の陥没(写真-43)

ハレマウマウクレターの東よりには写真のような同心円状の陥没が見られる。キラウエアカルデラ内で入れこ状に落ち込んでいることがよくわかる。

ハレマウマウクレターの壁と底

(写真-44)

溶岩湖の“水位”の変化によって生じた火

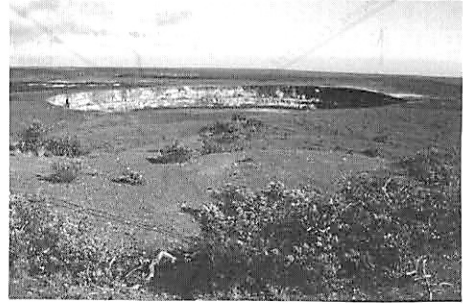


写真-42 ハレマウマウクレター



写真-43 同心円状の陥没

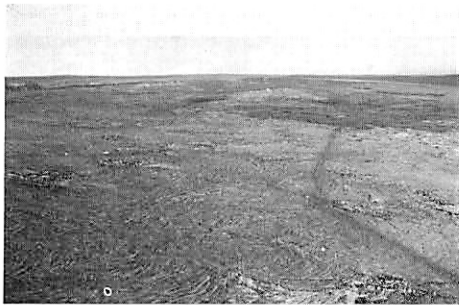


写真-40 キラウエアカルデラ中央部



写真-44 ハレマウマウクレターの壁と底



写真-41 キラウエアカルデラ東部



写真-45 キラウエア・イキの溶岩湖

口壁の段差。パホエホエ溶岩でうまる火口底。遠景はマウナ・ロア火山。

キラウエア・イキの溶岩湖(写真-45)

1959年の噴火で生じたこの溶岩湖は、1977年現在で、表面から約45cmくらいが固化している。ハワイ火山観測所では、この表面からボーリングを行って岩石の分化などの解明の研究を行なっている。まさに天然の実験室である。谷のむこうはキラウエアカルデラ。

文 献

荒牧重雄(1970): ハワイの火山——火山学の最前線——。科学, 40巻, 6号, 318-324頁。

Macdonald, G. A. and Abbott, A. T. (1977) Volcanoes in the sea.

University of Hawaii Press. P441.

中村一明(1978)火山の話。岩波書店 228頁。

Stearns, H. T. (1978). Road guide to points of geologic interest in the Hawaiian Islands. Pacific Book's Publishers. 100 P.

*

ここにかけた文献の他に学会のために作成された巡検ガイドブックが多数私の所にあります。もし、ハワイへお出かけになる人はご利用下さい。