

Geomorphology of Methana, Milos and Nisyros Volcanoes, Greece

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/2297/1519 |

ギリシャ, Methana, Milos, Nisyros 火山の地形

守屋 以智雄

GEOMORPHOLOGY OF METHANA, MILOS AND NISYROS VOLCANOES, GREECE

Ichio MORIYA

Abstract

Three Quaternary volcanoes — Methana, Milos, and Nisyros — in Greece have been geomorphologically studied. Methana volcano consists of more than 17 andesite-dacite lava domes formed during the last 1 Ma. The youngest eruption probably occurred in Holocene. Milos volcano is composed of 2 pyroclastic cones, 3 tuff rings, numerous small phreatic explosion craters and more than 10 lava domes. The rocks range from andesite to rhyolite. Nisyros volcano is a strato-volcano with a 2km-across caldera in the summit. The caldera formation was accompanied with pumice eruptions. Six lava domes stand in and out of the caldera.

I はじめに

1987年に文部省在外研究で、1993年と1994年に文部省国際学術調査で計3回、延べ50日、ギリシャの火山の調査を行った。調査はエーゲ海に浮かぶ10個の火山島の火山体の地形分類と、それに基づく火山体の形成・破壊過程を明らかにし、各々の火山体のタイプを分類して、ギリシャの火山の地形的特徴を明らかにすること、さらにその全体的特徴を他の島弧の火山体と比較することを目的として行った。ここではそれらのうち3つの火山についての地形的特徴の記載を行い、火山型の分類を行った。

著者は10年来地球の火山のタイプの分類を意図して研究を行ってきているが、これもその1資料として意義づけられる。

この研究にあたって、野津憲治(東京大)、松田准一(大阪大)、長尾敬介(岡山大)、北 逸郎(秋田大)、Mitropoulos, P. (Univ. Athens)、Vougiokalakakis, G. (Inst. Geol. Mineral. Res.)の諸氏に大変お世話になった。ここに深く感謝の意を述べたい。

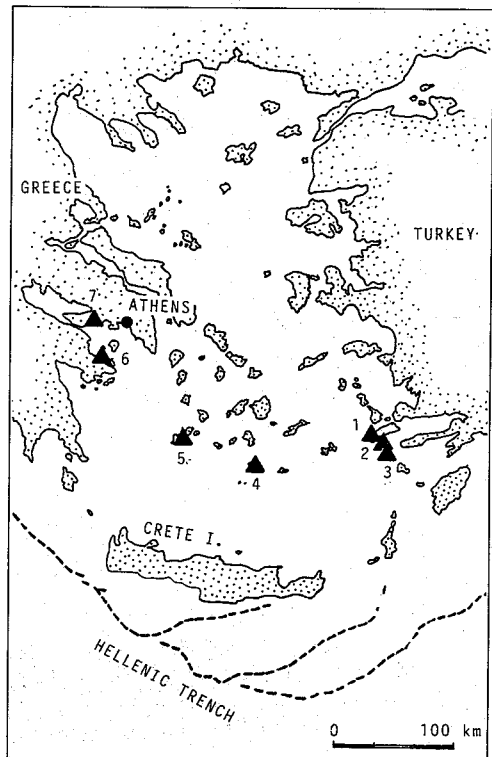


図1 ギリシャの火山の分布と海溝の位置

II 地域概要

地中海とその北方地域からトルコ・中東にかけて、ヨーロッパプレートとアフリカプレートが北と南から押し合い、ぶつかり合って形成された東西にのびる変動帯があるが、ギリシャ、エーゲ海地域もその変動帯内に位置し、多くの火山や地震が生じている。その南端はギリシャ本土ペロポネソス半島南端からクレタ島南端を通してトルコに至る海溝で、そこからアフリカプレートが北に向かって斜めに沈み込んでいると考えられている (McKenzie, 1970)。

海溝から約220km北に海溝とほぼ並行して第四紀

の火山が存在する。これらの火山の岩石の大部分は島弧型のカルクアルカリ岩質 (di Paola, 1974) で、圧倒的に安山岩が多い。これらの火山は西から Methana, Milos, Santorini, Kos, Yali, Nisylos の6火山である (図1)。またやや古く数100万年前に活動したと見られる浸食の進んだ火山体も見られるが、それらは海溝に平行した分布を示さない。これらのうち Poros, Aegina, Patmos, Lesvos の4火山を調査したが、これについては後の機会にのべたい。

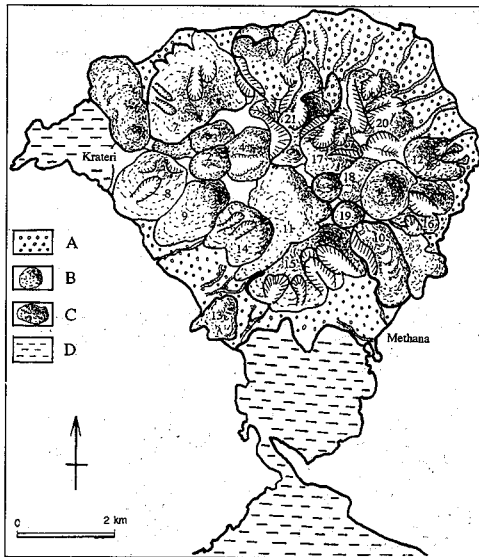


図2 Methana 火山の地形分類図

- A. 火山麓扇状地 B. 溶岩ドーム
C. 古い溶岩ドーム D. 基盤山地

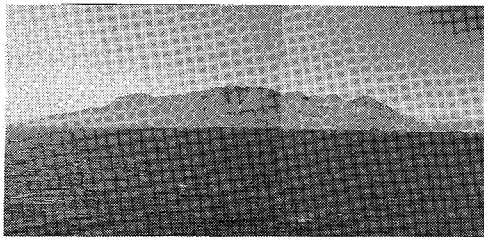


図3 北東海上から Methana 火山を見る

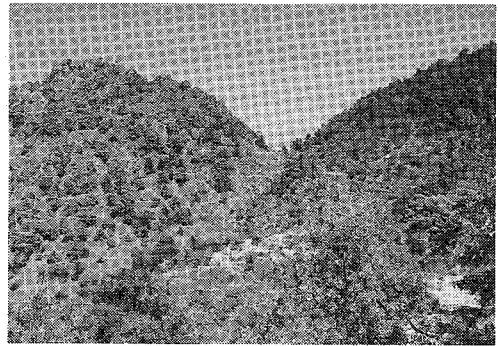


図4 Methana 火山北西部の最新溶岩ドーム
“Krateri” (図2-1)

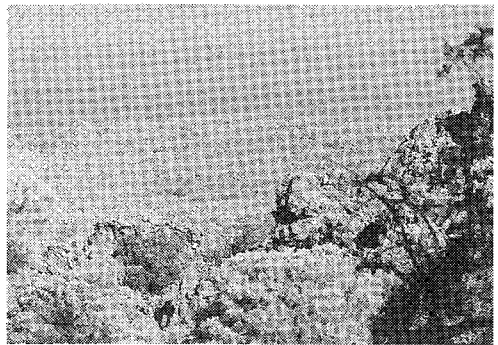


図5 Methana 火山北西部の最新溶岩ドーム
“Krateri” 頂部(手前)とそこから北に流出した溶岩流(遠方)

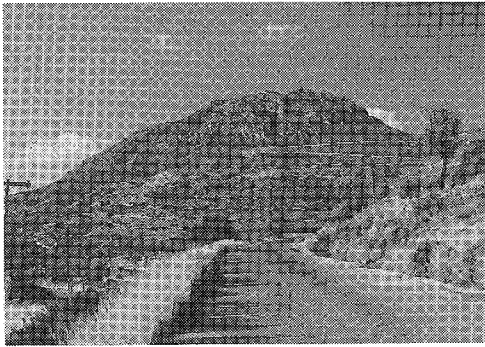


図6 Methana 火山東部の溶岩ドーム (図2-6)

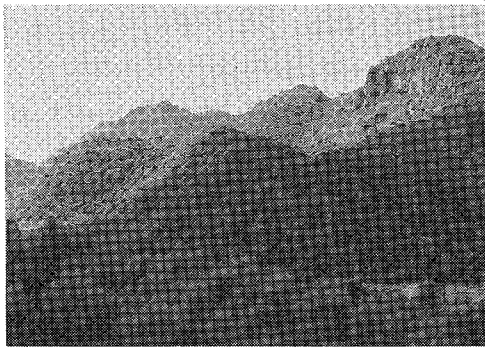


図7 Methana 火山中央部の溶岩ドーム (図2-4) その中央部では陥没している。

III 各島の火山の地形と形成史

第四紀に活動し、将来も活動すると考えられる新鮮な地形をもつ、Methana, Milos, Nisyros, Santorini, Kos, Yali の6火山のうち前3者の地形などについてのべる。

1 Methana 火山

Methana 火山はアテネ市の南40kmの海を隔てた対岸、ペロポネソス半島の東岸に形成された面積36km²のほぼ円形の火山体で、その南端がわずかにペロポネソス半島と接している。火山体は新旧20余個の溶岩円頂丘に分けられる(図2)。周辺には石灰岩を主とする基盤岩が露出し、火山体そのものの規模はそれほど大きくない。総体積は海上に顔を出している体積の2倍より少ないと考えられる。標高は最高峰のChelon 溶岩円頂丘(図2中の17)が740mで、

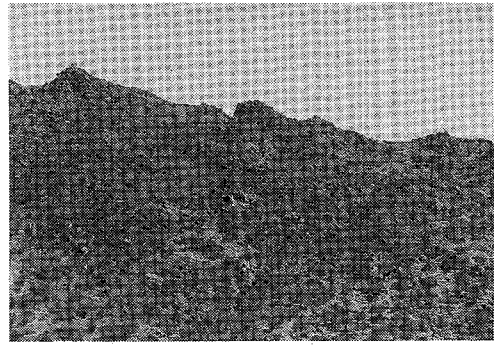


図8 Methana 火山東南部のMethana 市街地の北に隣接する溶岩流背部のしわ地形(図2-10)。

海底の火山体も考慮するとおよそ火山体全体の比高は1,000m程度と考えられる(図3)。20余個ある溶岩円頂丘はその地形の新鮮さから新旧がある程度区別できる。

もっとも新しいのは“Krateri”と現地では呼ばれている西北麓にある溶岩円頂丘(図2中の1)で、植皮がまばらで、鬼押し出し溶岩流のような溶岩塊が累重した様相を呈している。円頂丘頂部の陥没地形、北麓に流動した派生溶岩流の堤防地形など、形成時の形態がそのまま残り、浸食作用を全く受けていないことは明らかで、雨量の少ない地域であることを考慮しても、多分数1,000年以内に形成されたものであると考えられる(図4, 5)。

図2中の2, 3, 4, 5, 6の溶岩円頂丘も地形的には全く浸食を受けず、形成時の状態をそのまま保っているが、植被がやや“Krateri”に比べ多い。その点でより古い時期に噴出したものと考えられるが、それでも多分1万年以降と考えてよいであろう(図6, 7)。

図2中の7, 8, 9, 11の溶岩円頂丘は原型は残しているものの、植生に密に覆われ、多分数万年以前のものであると思われる。

図2中の10はMethana 市街地のすぐ北に流下した厚さ200-300m、長さ2.3km、幅1kmの溶岩流であるが、表面のしわ地形をよく残している(図8)。

図2中の12-18は原地形を浸食作用で失い、厚い

塊状の溶岩のみからなる構造的な特徴から、かつて溶岩円頂丘であったと考えられる山体で、その大きさも溶岩円頂丘と考えると都合のよい程度のものである。以上の溶岩円頂丘群は互いに接し合っひとつの火山体をつくり上げているが、北東部には小規模な火山麓扇状地が形成されている。これは図2中の12, 17の古い溶岩溶岩円頂丘の基部からゆるやかに海に向かって傾斜する斜面で、各々の溶岩円頂丘から崩落してきた火山の溶岩片と細粒物質からなる(図9, 10)。溶岩片はかなり円磨され亜角礫である。細粒物質は砂質でシルト、粘土はほとんど含まれていない部分も存在する。また茶褐色を呈し、赤色酸化した部分が認められない。これらの特徴からこの緩斜面を作る堆積物は土石流と考えられ、雲仙火山

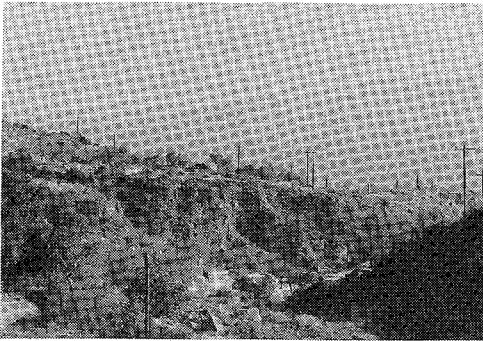


図9 Methana 火山東部の溶岩ドーム群基部に発達する火山麓扇状地(平坦面)とそれを切る谷



図10 Methana 火山東部の火山麓扇状地を構成する土石流堆積物。溶岩ドームをつくる溶岩片がわずかに円磨された亜角礫と、同質の細粒物質とからなる。

普賢岳溶岩ドーム形成と平行して発達している火山麓扇状地を構成する火砕流と土石流との互層とは異なると思われる。図2中の1-4の新しい溶岩円頂丘には雲仙火山に見られるような顕著な火山麓扇状地やその堆積物は認められない。したがってMethana 火山では溶岩ドームの形成に平行してメラピ型火砕流が発生することはほとんどなかったと考えられる。

図2中の6の溶岩ドームの北東基部で火砕流と思われる堆積物が認められるが、爆発的噴火を示す堆積物はここでは非常に少ない。溶岩ドーム形成初期には一般に小規模な爆発的噴火が伴われるが、それがMethana 火山ではほとんど見られないのは、新しい溶岩ドーム下に埋没したためと考えられる。

溶岩ドーム群の下の地下構造に関するデータは全くないが、他火山の例から類推すると、マグマと海水との接触でマグマ水蒸気爆発が起こったと考えられるので、それによると火山碎屑物がこの火山体の下部を占めていると考えられるはずであるが、ほとんど露出していない。この事実が全般的に沈降していることを示唆する。

この火山の年代値は少ない。Suesskoch, H. et al (1984) は4つのK-Ar年代測定を古い、地形が残っていない溶岩について行い、32万年、55万年、75-90万年前との値を得た。地上の露出している溶岩のうちもっとも古いと考えられる溶岩の年代が75万-90万年前であるので、海底に存在する火山体が、全体の5割に達しないという前記の推定を正しいとし、噴火速度が一定であったと仮定すると、この火山体の活動の開始は約150万年前にさかのぼる。

やや古すぎるとの感も否めないが、話をこれをもとに進める。火山全体の体積が 8.2km^3 なので、活動度は $0.005\text{km}^3/1,000$ 年で日本の成層火山の活動度の20分の1になる。

地形が残らない溶岩ドームのうちもっとも若い年代値は32万年前である。この年代値と地形がのこる

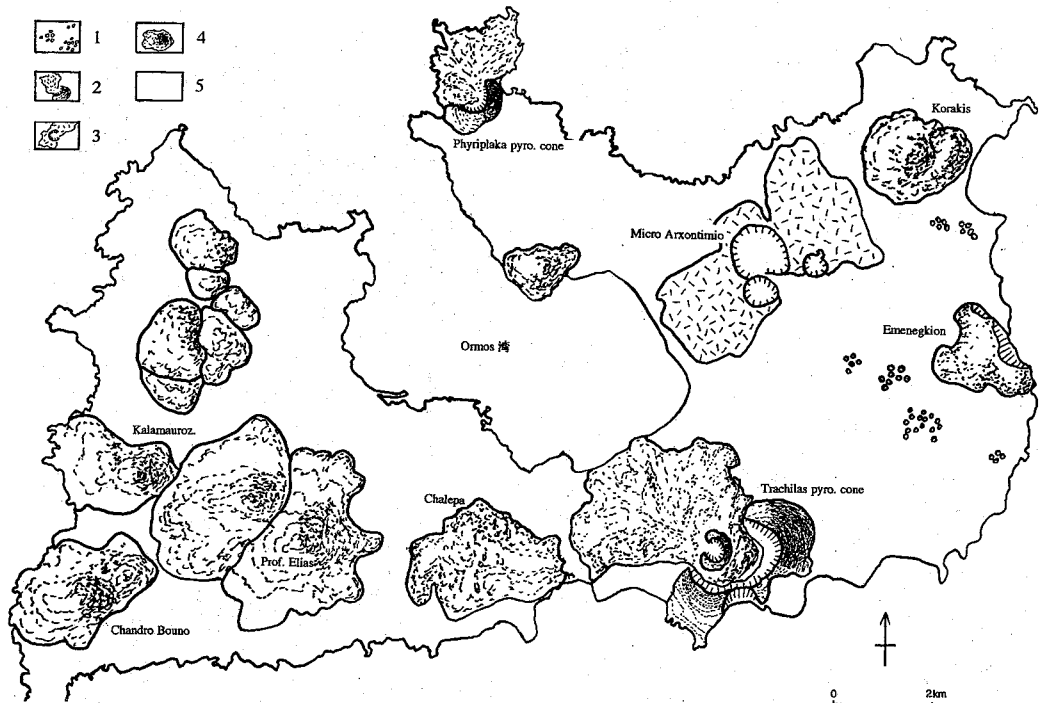


図11 Milos 島の火山地形分類図 1. 爆裂火口 2. 火砕丘と溶岩流 3. タフリングとマグマ水蒸気爆発放出物 4. 古い溶岩ドーム 5. 非火山斜面

図2中の5-12の溶岩ドームの年代値との間ほどの程度のギャップがあるかどうかかわからないが、新鮮な地形を持つ溶岩ドームの古い方の限界が30万年前とすれば、12個の溶岩ドームの平均的な体積を0.2km³とすると、合計で2.4km³の溶岩が30万年前に流出したことになり、1000年当たり0.008km³となり、あまり活動度は変わらないということになる。

岩質はSiO₂が58-70%の安山岩-デイサイト質であるが、後期のものほど安山岩質になる。これは初期にマントルからの加熱で、地殻下部が溶融、もっとも酸性のマグマが形成されたが、加熱が続き溶融が進むにつれ、苦鉄質のマグマが形成されるようになったためと考えられる。

2 Milos 火山

Milos 島は東西20km, 南北10km, の新旧の火山岩類からなる火山島である。南東にわずかに緑色片岩

などの基盤岩が認められる。

第四紀に活動したと見られる火山の地形がよく残っているのは、島の南と北にある2個の火砕丘と、北東部にある3個のマール、島東部にある無数の小爆裂火口群、それに島西部にある数個の溶岩ドームである。ただ溶岩ドームについてはかなり浸食が進んでいて原型は存在せず、突起としてのみ存在する。これらは火砕丘などにくらべや古い時期に活動したものと考えられる。

島の中央部には北西に開く Ormos 湾がある。この湾を囲むように島が広がり、一見カルデラにみえるが、北西-南東に平行してのびる火砕丘、マール、小爆裂火口群について現地調査と Fytikas (1977 a,b) の報告をもとに簡単にのべる。

Phyriplaka 火砕丘

島の北端にある底径1250m, 標高(比高)154mの火砕丘で、直径750m, 深さ50mの火口を持つが、火

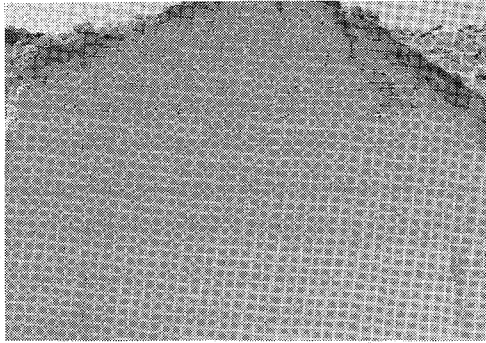


図12 Milos 島南部の火砕丘をつくるマグマ水蒸気爆発放出物。軽石質であるが、角ばっていて軽石質溶岩が破砕されたものであることを示す。

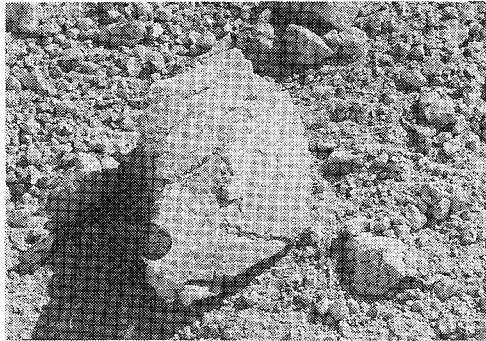


図13 Milos 島南部の Trachilas 火砕丘構成層中のパン皮殻状火山弾

砕丘の北西半分は失われている。火砕丘は軽石質の溶岩片とその細粉とからなる。北西に開いた火口内から海中に溶岩流が流出している。海上に見える溶岩流の総面積は3.4km²、平均層厚を80mとすれば、体積は0.272km³、火砕丘の体積が0.41km³程度で合わせて0.7km³程度の噴出量となる。

Trachilas 火砕丘

島の南端にある底径3.5km、高さ220m、火口径2km、深さ100mの比較的大きな火砕丘である。これをつくる岩石は黒雲母を含む流紋岩質の発砲のよい、軽石ともいえる溶岩片からなる(図12) 中にはパン皮殻状火山弾もふくまれる(図13)。

火口底にはもうひとまわり小さい火砕丘が存在する。この小火砕丘の底径は0.8km、比高60m、火口の直径は500m、深さ30mほどである。この小火砕丘を

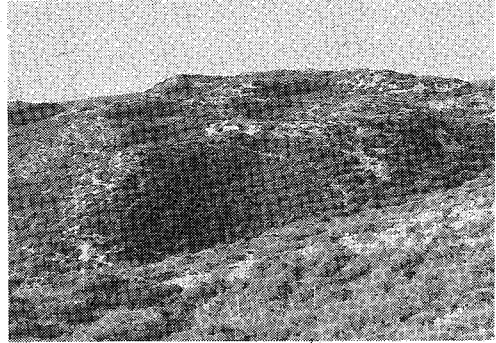


図14 Milos 島東部の強く変質した第3紀火山岩地域に形成された水蒸気爆発による小火口群

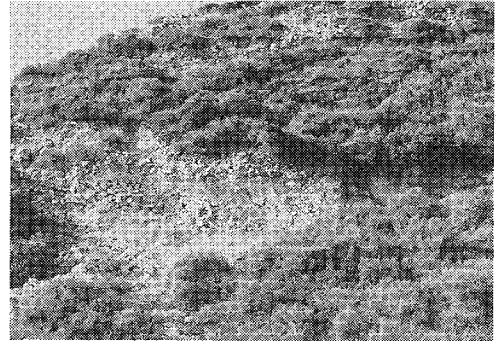


図15 Milos 島東部の水蒸気爆発で小火口群の周辺に飛散堆積した爆発角礫層

とつかこんで、大火砕丘の火口内を満たした流紋岩質溶岩流が北西方向に3.5km流下し、Ormos湾に流入している。この溶岩流はしわ地形など溶岩流のほぼ原表面の形態をよく残している。これらの形成前に噴出した火砕サージ堆積物が半径4-3kmの範囲に分布している。

タフリング群

島の北東部に3個の明瞭なタフリングの地形が近接して存在するのが認められる。Micro Arxontimio集落がある南のタフリングは直径600-700m、深さ10-20mの火口を持ち、周囲に広く火砕サージ堆積物を分布させている。すぐその北に隣接するタフリングはもっとも大きく直径1.1km、深さ50mあり、火口壁の輪郭もややなだらかになっている。その東部にすぐ分布するタフリングは円形ではなく、

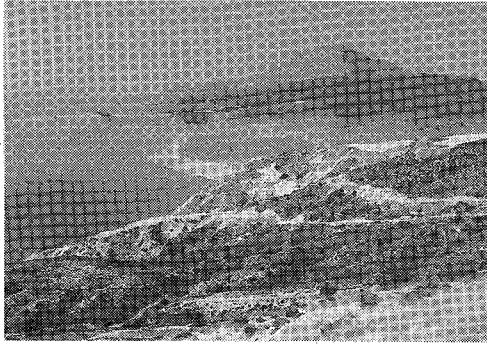


図16 Milos 島西部の Prof. Elias 溶岩ドームを東方より見る。

すくなくとも2個以上の火口が合体したものと考えられる。

これらのタフリングの周辺、半径およそ3kmの範囲内にタフリングから放出されたと思われるマグマ水蒸気爆発の堆積物が分布している (Fytikas, 1977)。

小爆裂火口群

島東部の強く変質した火山岩地域の数カ所に水蒸気爆発の痕跡と思われる直径100m前後、深さ10-

30mのすり鉢状の爆裂火口が存在する (図14)。これらの周囲に爆発によって飛散、堆積した変質火山岩が角礫層として認められる (図15)。これらの爆裂火口群の地形はいずれも皆かなり明瞭で、浸食作用をあまり受けていないように見える。したがってこれらの小火口群は同時期に、それも比較的最近1-2万年前以降に形成された可能性が強い。

溶岩ドーム群

全島にわたってやや浸食を受けた溶岩ドームが分布する。もとの溶岩ドームの地形は残していないが、その高まりの概形が現在も残っているものは10個をこえる。

これらは地形、岩質、形成年代などから3つに分けられる。もっとも古いと考えられるのは強く変質した溶岩からなるもので、島西南部の Chandro Bouno, Prof. Elias (図16) などの溶岩ドームがその例である。基盤には変質した溶結凝灰岩があり、周囲には溶岩ドームがあり、周囲には溶岩ドーム崩壊による崖錐、土石流などの堆積物が分布する。

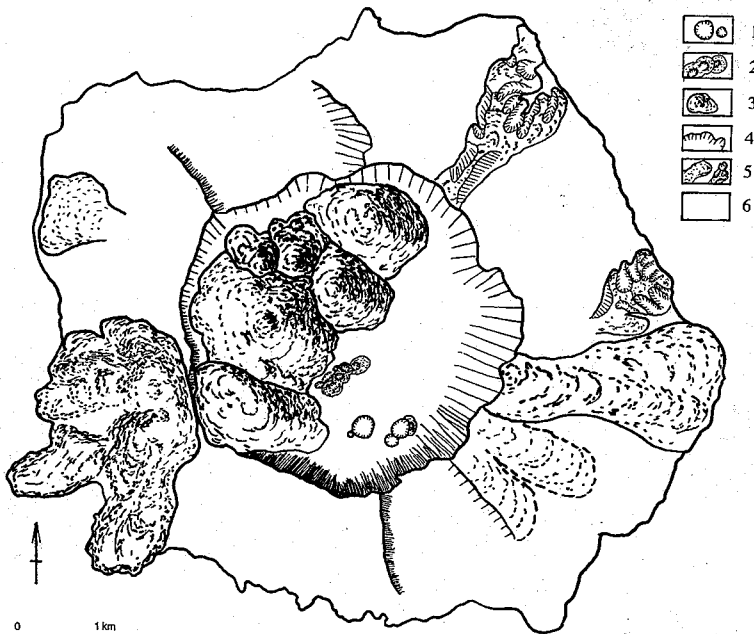


図17 Nisyros 火山の地形分類図 1. 爆裂火口 2. 火砕丘 3. 溶岩ドーム
4. カルデラ壁 5. 溶岩流 6. 外輪山斜面

地形的には標高600-700mの高まりをつくっているが、溶岩ドームそのものは現在比高200m程度である。底径も高まりとしては2km程あるがドームをつくる溶岩分布は1km以下にすぎない。

多く見られる溶岩ドームは島南西部の Kalamauroz, 北東部の Koraki などの安山岩-デイサイト質溶岩からなるもので、溶岩流を伴うことが多い。Kalamauroz 溶岩ドームは火砕流を伴っている。

3つ目は島南部の Chalepa, 東部の Emenegakio 溶岩ドームであるが、ドームというより溶岩平頂丘(守屋, 1978)とよべる形態をもつ。これはデイサイト-流紋岩質でしばしば黒耀岩質で流動性に富んでいたために盛り上がった後、水平方面にひ

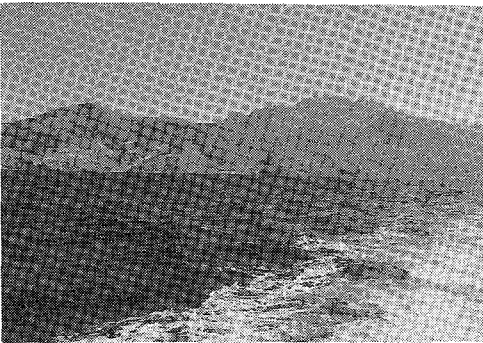


図18 Nisyros 島を北から見る。中央部手前に外輪山が低く見え、その向側に溶岩ドーム群がある。外輪山斜面上(写真左手)の明色の露頭は軽石層からなる。

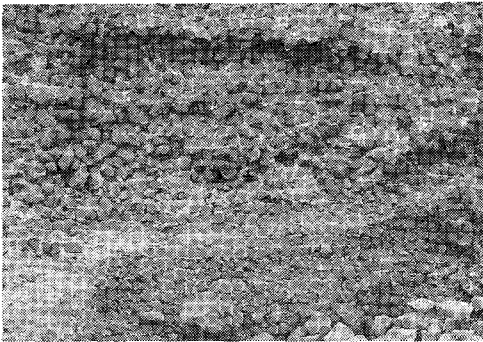


図19 Nisyros 島北西岸に見られる水冷破砕岩

ろがったと考えられる。Chalepa 平頂丘は直径が3-4km, 比高が250mほどに達する。

Milos 火山の火山型

上記の記載から第四紀に活動した Milos 火山は、安山岩-デイサイト-流紋岩質の火砕丘、溶岩ドームの集合体であることがわかる。この下位に存在する古い火山岩も、火砕流堆積物が存在するなど酸性マグマの活動が盛んであったこと、大きくみて第四紀の活動と性格は似ていたことを示唆する。

したがって玄武岩-安山岩-デイサイトへと変化する大型成層火山が存在していたことはなかったと考えられる。

3 Nisyros 火山

Nisyros 島は直径4km, 標高698mの成層火山の山頂部が海上に頭を出した火山島である。海底地形の詳細なデータがないので、火山体全体の地形はよくわからないが、比高1,000m程度の中型成層火山ではないかと考えられる。ここでは海上の部分にのみ言及する。

山頂には直径2km, 深さ200-500mのカルデラがあり、その内に溶岩ドームや爆裂火口、火砕丘が存在する(図17, 18)。

成層火山体

大きく見て火山島は円形をなすが、これは成層火山体が円錐形をなすためである。この成層火山は安

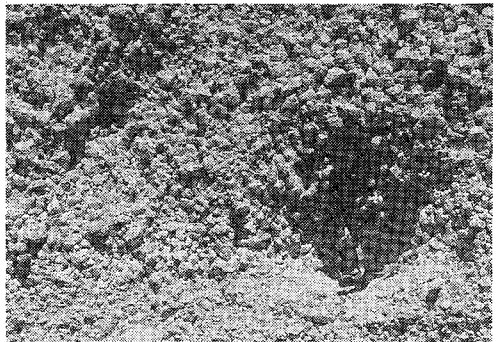


図20 Nisyros 火山外輪山斜面上に見られる降下軽石層

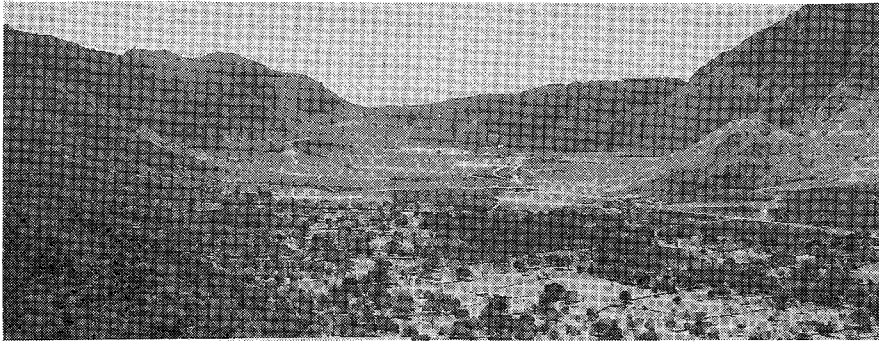


図21 Nisyros 火山頂カルデラを北外輪山より見る。右側は溶岩ドーム。その手前の小さな高まりは火砕丘。写真中央から左にかけカルデラ床にいくつかの火口群が見える。

山岩—デイサイト質の溶岩流（枕状溶岩，ハイアロクラスタイト（図19）を含む）と火砕岩の互層からなる。山頂部はカルデラ形成によって消失した。外輪山斜面はかなりの浸食を受け、原型はほとんど止めていないが、南東部、南西部に安山岩質溶岩流の原地形の一部を示すと考える高まりが存在する。

北と南斜面は西・東斜面との間に直線的な崖を隔ててやや低く、外輪山の尾根も西・東の尾根に比べ低い。これは南北に走る地溝が存在することを示している。この地溝内には軽石流堆積物が認められる。外輪山斜面の表層部には厚さ2m以上の降下軽石層（図20）が認められる。これはカルデラ形成時に放出された可能性が大きい。

カルデラ壁の観察から成層火山体内部の構造がわかる。それによれば玄武岩—安山岩質の溶岩流・スコリアから Vulcanian 噴火で生じたと思われる安山岩質の爆発飛散角礫層へと移化し、その上位に溶結凝灰岩・溶岩流が重なる。外輪山斜面からの観察からも同様の層位関係が認められる。これは Nisyros 火山が日本の第四紀火山と似たような発達と第四期まで遂げた成層火山であることを示している。

カルデラの形成と軽石噴火

山頂カルデラ（図21）は直径2kmあり、日本の成層火山の頂部に形成されるカルデラとほぼ同じ大きさである。このカルデラ形成と関連して放出された

軽石の大部分は海上に堆積してよくわからないが、2—3km³の噴出量が見積もられていて（Limburg and Varekamp, 1991）、海底にかなり顕著な緩斜面を形成していると思われる。

また噴出時期はかなりばらつきのある年代値が出されているが、2.5万年前（Limburg and Vare-

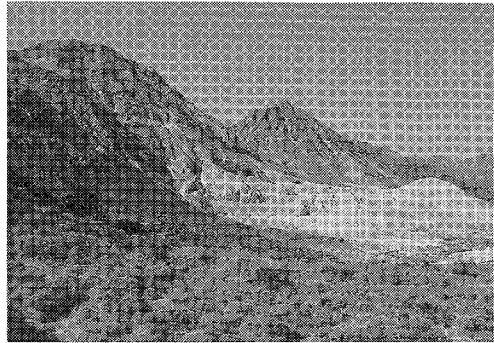


図22 Nisyros 火山頂カルデラ内の溶岩ドーム群と1871年噴火で生じた火砕丘群（白色）

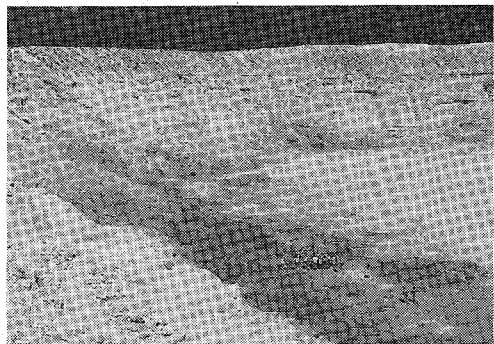


図23 Nisyros 火山頂カルデラ内に1871年噴火で生じた Polyvotis 爆裂火口

kamp, 1991) との考えもある。

溶岩ドーム群

カルデラの西半部に5個の、西外輪山上に1個のデイサイト質溶岩ドームが存在する(図22)。これらはいずれも底径1km前後、比高300-500mの規模をもち、浸食作用をほとんど受けず原型を保っている。したがってほぼ同時期に生じたと考えて差し支えない。

爆裂火口・火砕丘

カルデラの東半部は低平なカルデラ床からなるが、その南半部には10個の爆裂火口と4個の火砕丘が認められる。これらの大部分は1871年の噴火で生じたもの(Marini, et al., 1993)で、新鮮な地形を残し、なお中心にあるPolyvotis火口(図23)は噴気を上げている。いずれも強い硫黄作用があり、岩石は白色に変質している。

IV おわりに

本来はHelenic弧に沿って生じた第四紀火山を6個記載する予定であったが、紙数の関係で本論文ではMethana, Milos, Nisyrosの3火山に限って地形を主体とする記載を行った。したがってここでは結論らしきものは述べることはできない。

Methana火山は溶岩ドーム、Milos火山は火砕丘、溶岩ドームからなる火山で、規模も活動共それほど大きくない。Helenic弧の火山のうち他の3火山, Yari, Kos, Santorini, さらに第三紀末から第四紀にかけて活動したAegina, Patmos, Lesvosなどの古い火山はMethana, Milos火山同様の小規模な溶岩ドーム、火砕丘の集合体、またはカルデラ火山である。

その点でNisyros火山は日本に見られる成層火山とはほぼ同様の構造、地形、発達史をもち、Helenic弧の火山の中で特異な存在である。

この問題を含めて、さらに本論文で記載できなかった他の3火山も加えた上で、Helenic弧の火山

全体の特徴をプレート運動や地殻との相互関係などを考慮しつつできるだけ早い別の機会にあらためて議論したい。

文 献

- Di Paola, G.M. (1974) : Volcanology and petrology of Nisyros Island. Bull. Volcanol., 38, 944-987.
- Fytikas, M.D. (1977a) : Geological and geothermal study of Milos Island. Geol. Geophys. Res., 18, 1-228.
- Fytikas, M.D. (1977b) : Geological map of Greece, Milos Island. Inst. Geol. Mining Res.
- Limburg, E.M. and Varekamp, J.C. (1991) : Young pumice deposits in Nisyros, Greece. Bull. Volcanol., 54, 68-77.
- Lister, G.S., Banga, G., and Feenstra, A. (1984) : Metamorphic core complexes of Cordilleran type in the Cyclades, Aegean sea, Greece. Geology, 12, 221-225.
- Marini, L., Principe, C., Chiodini, G., Cioni, R., Fytikas, M. and Marinelli, G. (1993) : Hydrothermal eruptions of Nisyros (Dodecanese, Greece)-Past events and present hazard. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., 56, 71-94.
- McKenzie, D.P. (1970) : Plate tectonics of the Mediterranean region. Nature, 226, 239-243.
- 守屋以智雄(1978) : 溶岩円頂丘の地形. 駒沢地理, 14, 55-69.
- Suesskoch, H., Bannert, D., Kalkreuth, W., Walliner, P., Straus, M., Jacobshagen, V., Fytikas, M., Innocent, F., and Mazzouli, R. (1984) : Geological map of Greece. Methana. Inst. Geol. Mineral Exploration.