

Edifice Types of the Quaternary Volcanoes in Italy

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/2297/1533

イタリアの第四紀火山体のタイプ

守屋 以智雄

Edifice Types of the Quaternary Volcanoes in Italy

Ichio MORIYA

Abstract

The geomorphology and evolutions of 20 Quaternary volcanoes in Italy have been studied. The Quaternary volcanoes are divided into 5 types — 11 stratovolcanoes, 4 caldera volcanoes (Vulsini, Latera, Sabatini, Campi-Phlegrei), 2 lava dome and pyroclastic cone volcanoes (Ischia, Lipari), 1 shield volcanoes (Etna) and 2 small shield volcanoes (Pantelleria, Vulcano). The stratovolcanoes are subdivided into 3 subtypes — simple subtype (Stromboli, Salina, Alicudi, Filicudi), subtype accompanied with a caldera (Vico, Colli-Albani, Roccammonfina, Vesuvius, Vulture), and subtype composed of a pile of lava domes and thick lava flows (Amiata, Cimino).

1 はじめに

筆者は地球上の火山の地形発達史を明らかにし、その特徴とそれぞれの地域の地学的特徴 — テクトニクスなどと関連づけることを目的として研究を行ってきたが、本論文ではその一環としてイタリア半島および周辺海域の火山を取り上げる。

イタリアの火山あるいは火山地域はその分布・形態・岩質などから (1) 細長く北西—南東に伸びるイタリア半島の西海岸に沿って帯状に分布する Roma, Napoli 近辺の成層火山・カルデラ火山群, (2) Tyrrhenia 海南部に点在する Stromboli, Vulcano などの Aeolian 諸島の火山群, (3) Sicily 島の東部に噴出した Etna 火山, (4) Sicily 島とアフリカ大陸の間の, 数100万年前から拡大を始めた海底の裂け目上に噴出した Pantelleria 島の火山の4つに大別される。

筆者は1985年と1987年の2回にわたってイタリアの火山を訪れ調査を行った。近年イタリアの火山の地質・構造・岩石・年代などについて急速にデー

タが集積した。これらの現地調査・地形図・空中写真・衛星写真・文献などのデータをもとに得られたイタリアの火山の地形・発達史の概要をのべる。

2 イタリア半島および周辺海域の概要

100万年程前まで Adria 海からイタリア半島北東岸下へプレートが沈み込んでいたが、旧ユーゴスラビア側のプレートがイタリア半島と衝突して沈み込みが止まり (Royden et al., 1987), 内弧側の Tyrrhenia 海で拡大 (Nigro and Sulli, 1995), 沈降が起こるにつれ, Apenine 山脈はその高さを維持できず, Tyrrhenia 海側に滑動し山脈自体現在見られるように低平化した (Pappone and Ferranti, 1995)。Apenine 山脈の西側に火山列が走る。この火山は正断層に切れられ, 張力場に生じたと推定される。火山列はそのまま拡大している Tyrrhenia 海に連なる背弧盆に相当する平野部に噴出しており, 背弧火山列と見なしてよい (Fig.1, 2)。噴出マグマは高カリウム岩系に属する (Rogers

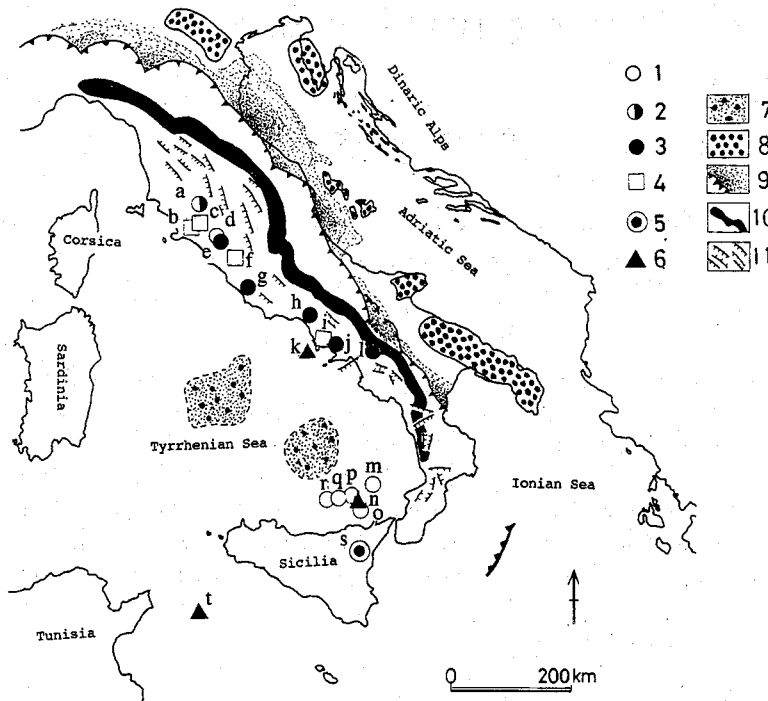


Fig. 1 Geotectonic map of Italy and the surrounding regions (modified from Royden et al., 1987)
 1. Typical stratovolcanoes 2. Dome type stratovolcano 3. Stratovolcanoes with a caldera 4. Caldera volcanoes 5. Shield volcano 6. Lava dome and pyroclastic cone volcanoes 7. Basaltic lava fields in the sea bottoms 8. Outer-rise segments 9. Apennine foredeep basin and thrust faults 10. Topographic divide of Apennines 11. Normal faults. "a~t" correspond to "a~t" in Table 1, respectively.

et al., 1987)。Tyrrhenia 海の拡大は南半分では南東方向に進み、Tyrrhenia 海側のプレートはアフリカプレートの上へのし上がり、新たにエーゲ弧をつくった。その結果 Stromboli, Vulcano などのカルクアルカリ岩系からなる島弧型の Aeorian 火山群が生じた (Ninkovich and Hays, 1972)。

イタリア半島とその周辺地域の地震・重力・地殻熱流量など地球物理学的データ (Ponziani et al., 1995; Gamberi and Arguani, 1995; Berrino, 1994) も上記の事実と調和的である。イタリア半島下には100km以浅の地震はなく、ベニオフ帯も認められない。Adria 海側に地震が少なく地殻熱流量も小さいのにくらべ、Tyrrhenia 海側では地震も地殻熱流量も多い (Calcagnile and Scarpa, 1985)。これらの事実は現在 Adria 海側でのプレート運動

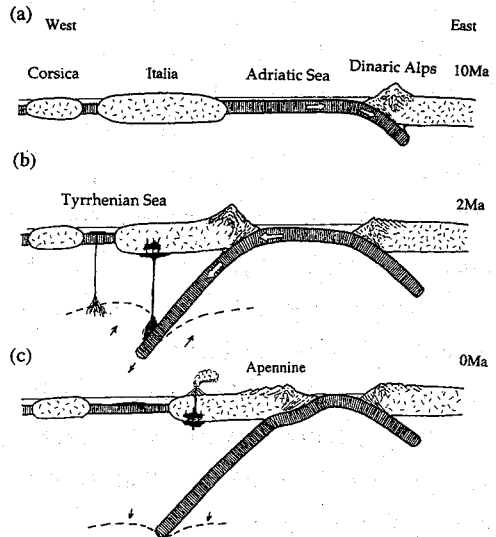


Fig. 2 Schematic sections showing the stop of subduction of Adria slab, spreading of Tyrrhenian Sea, and change of volcanic activity.

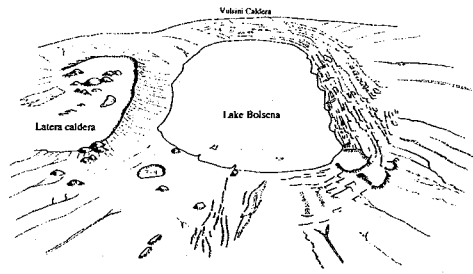


Fig. 3 Sketch of Vulsini and Latera caldera volcanoes from the south.

はほとんど起こっておらず、逆にイタリア半島の西側の Tyrrhenia 海で活発な動きが見られることを示唆する。

3 イタリアの火山の地形・構造・岩石・年代

イタリアの火山は前記のように4つの火山あるいは火山地域に分けられるが、それぞれの地域の主だった火山について、その地形・構造・岩石・年代などについて述べる。

3-1 イタリア半島の火山

Amiata 火山

Lardellero 地熱地帯 (Bullard, 1962) のすぐ南に Amiata 地熱地帯があり、その中央部に29-18万年前に活動した Amiata 成層火山がある。標高1,738m、底径15kmの火山体は中型で、大部分はデイサイト-流紋岩質の厚い溶岩流からなる (Duchi et al., 1987)。頂部は火口がなく、溶岩ドームで形成されているように見える。溶岩の間にはサージ堆積物

が見出されることが稀でなく、ほかの火山でもよく見られる溶岩ドーム形成直前にマグマ水蒸気噴火が起こるパターンが見られると考えた方が良さそうである。

Vulsini カルデラ火山

ローマ市の北西90kmに径40-50kmの Vulsini カルデラ火山がある。その中央部に径17kmのカルデラがあり、その底に Bolsena 湖がある (Fig. 3, 4)。カルデラの外側は外に緩く傾く広大な平滑斜面で、阿蘇や十和田、洞爺などのカルデラの外輪山をなす火砕流台地とほぼ同じ形態を示すが、火砕流堆積物以外に、東や北の外輪山上には溶岩流が多くの露頭で観察され、溶岩流が平滑な緩斜面をつくっていると考えざるを得ない部分がかかなり広い範囲にわたっている。そして火砕流堆積物と溶岩流との境界が地形的にはまったく認められず、連続的なひとつの面としてつながっている。このような事実は日本のカルデラ火山、あるいはアメリカ、メキシコなどの Valles 型カルデラ火山には認められない。溶岩流は比較的流動性の大きいベイサナイト質で、薄く遠くまで流れている。カルデラの縁は急なカルデラ壁で境されているのでなく、複数の環状の断層崖 (Fig. 5) が同心円状に Bolsena 湖を取り巻く。この環状断層に沿ってベイサナイト質のマグマが噴出、スコリア丘が列をなして並び、そこから溶岩流が外輪山緩斜面上にひろがったり、カルデラ底に向かって階段状の断層崖を流下したりしている。このような幾重もの環状断層に沿ってカルデラが陥没し、その環

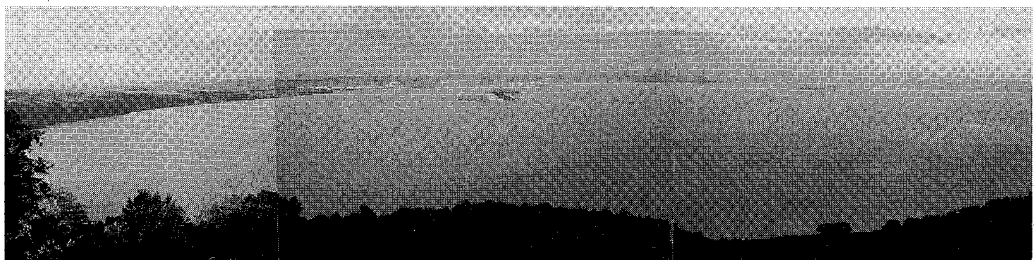


Fig. 4 Southern part of Vulsini caldera (Lake Bolsena).



Fig. 5 Fault scarps on the western part of Vulsini caldera wall.

状断層沿いにマグマが噴出するようなことは、Galapagos 島の Fernandina カルデラなどハワイ型の楯状火山でよく見られる。したがって Vulsini カルデラ火山は日本やアメリカ、メキシコのカルデラ火山とハワイのような楯状火山の中間型の特徴をもつ。

この Vulsini カルデラ火山では、環状断層崖のほかに、カルデラの中心を通過して南北に走る直線的な断層系がある。これはいずれも正断層で、中央部が落ち込み地溝をなしていて、この地域が東西に広がる張力場にあることを示す (Varekamp, 1981)。

この火山は発達史の点でも日本のカルデラ火山とはかなり異なる。90万年前頃に始まったこの火山の活動は粗面玄武岩質の溶岩流、火砕流を噴出、カリウムの量が急増してテフライト質の火山灰や溶岩流

が噴出した。この一連の噴出物の間に湖成層が挟まることから、この時期40–50万年前頃から沈降が始まったことが推定される。40–30万年前頃になるとややマグマの分化が進んだ粗面安山岩–フォノライト質の溶岩流と火砕流が流出し、その結果カルデラが誕生した。最後のステージでは環状断層崖に沿ってスコリア丘が数多く形成され、南東外輪山上、Bolsena 湖中ではタフリング、マールが認められる (Varekamp, 1980)。最後の活動が26万年前との値が出されている (Turbeville, 1992)。

Latera カルデラ火山

Vulsini カルデラのすぐ西隣りにある径6–7kmのカルデラを持つ火山で、38万年前から20万年前にかけて繰り返し噴出した火砕流や降下軽石がカルデラ周辺地域を広く覆っている。これらは粗面岩質–フォノライト質で総体積は8km³以上に及ぶ。カルデラ内には原形を保つ溶岩流、その流出口一帯に分布するタフリング、スコリア丘などがあり、そこからは降下スコリア、サージ堆積物などが約15万年前に噴出したことが Ar-Ar 年代測定法で明らかになっている (Turbeville, 1992)。

Vico 火山

この火山は山頂に径6.3kmのカルデラを持つ標高1,100mの成層火山で、かつては富士山型の典型的な円錐形コニーデ火山で1,400–1,500mの山頂高

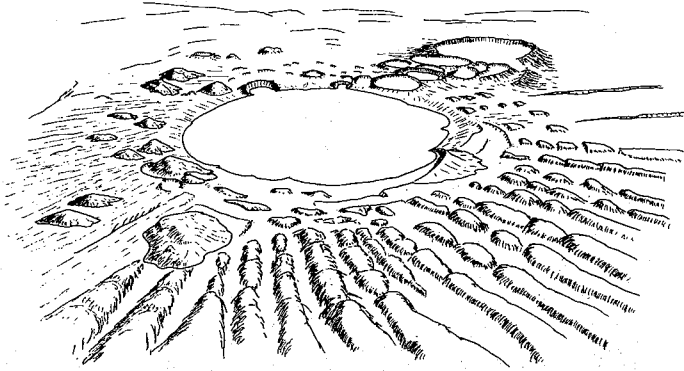


Fig. 6 Sketch of Sabatini caldera volcano from the southwest. Note the circular faults, lava domes and maars.

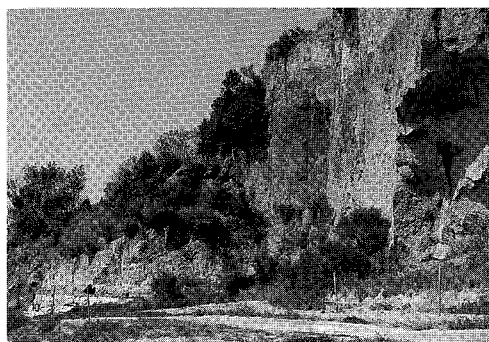


Fig. 7 Pyroclastic flow deposit from Sabatini caldera volcano.

度を持っていたと推定される。この成層火山体は40-30万年前に繰り返し流出したテフライトーフォノライト質の溶岩流からなり、現在も20度の傾斜を保持している。その後、分化が進んだフォノライト質のマグマによる爆発的噴火が少なくとも4回あり、それぞれプリニアン噴火による降下軽石、火山灰、マグマ水蒸気爆発によるサージなどの堆積物、それに火砕流堆積物が生じた (Sollevanti, 1983)。10km以上山頂から離れた山麓にはかなりの量の軽石質火砕流堆積物が広く分布、緩斜面をつくっている。最後の火砕流は約14万年前に噴出した。山頂カルデラの形成時期はよくわかっていないが、最後の火砕流噴出前後に火山豆石を多く含んだサージが盛んに発生していたことから、すでにカルデラが形成されていたと推定される。最後にカルデラ内にフォノライト質の Mt. Verene 溶岩ドームが形成される。火口原に Vico 湖が存在する。この火山体の発達史は円錐形成層火山-火砕流カルデラ-溶岩ドームという順序で、赤城火山など日本の第四紀火山の発達とよく似る。

Sabatini カルデラ火山

Roma 市のすぐ北西にひろがる径60kmの大カルデラ火山で、その南東麓の緩斜面は膨張する Roma 市街の一部となっている。火山の中心部には径15kmのカルデラがあり、Brecciano 湖を湛えている。こ



Fig. 8 Pumice fragment in the pyroclastic flow deposit from Sabatini caldera volcano. Note the large cavities.

のカルデラも Vulsini カルデラと同様、環状の断層崖に囲まれ、階段状に落ち込んでいる (Fig. 6)。カルデラ形成と関連して放出された火砕流堆積物 (Fig. 7) は広くカルデラの周辺に分布するが、それらの多くは茶褐色で弱く溶結し、2-3個の泡が連なったような形状を持つ数cmの大きさの孔隙を持つ軽石 (Fig. 8) を主体としている。白色で数mm以下の細かい孔隙が密に存在する日本の軽石とは異なる構造を持つ。これは噴火時に地下で発泡が起きてから、噴出するまでにイタリアのカルデラ火山では日本にくらべ、ゆっくり上昇、泡が合体する余裕があったことを示しているように見える。このことはカルデラが階段状に落ち込んでいて、陥没がゆっくり起こったことと符号するし、全般的に火砕流堆積物の溶結度が日本の火砕流堆積物にくらべ高く、上空高く打ち上げられなかったという従来の推定 (Schmincke and Swanson, 1968) と調和的である。

Sabatini 火山の北東斜面には Sacrofano など数個のカルデラともいえる大きさを持つタフリング・マールがある。これらは周辺に大量のマグマ水蒸気爆発の堆積物を残している (di Filippo, 1993)。Vulsini 火山でも、また後述する Colli-Albani 火山にもカルデラの外に同様のタフリング・マールが認められ、日本のカルデラと趣を異にする。火山体

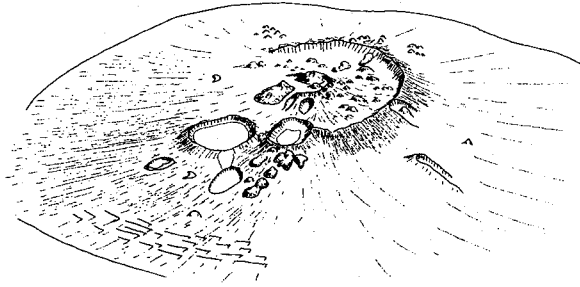


Fig. 9 An aerial view of Colli-Albani volcano from the south.

直下の石灰岩の存在が原因である、地下水が流れる鍾乳洞にマグマが侵入してマグマ水蒸気爆発を惹き起こした結果の産物である、と推定されている (de Rita 氏個人談話)。

Colli-Albani 火山

Colli-Albani 火山は底径35-45km、山頂に径10kmのカルデラを持つ成層火山である。カルデラ形成前には富士山型の円錐形火山体が存在したことを暗示する20度前後の急斜面を持つ、標高900m前後の外輪山がカルデラの北-東縁を半円形に取り巻く (Fig. 9)。外輪山の構成物は降下スコリアや溶岩流などで、富士山を始め日本の第四紀火山発達の初期段階の火山体構成物と似る。カルデラは西開きの馬蹄形凹地にも見えるが、西麓に流れ山を持つ岩屑なだれ堆積物が認められないこと、カルデラ西縁にタフリング・マール (Fig. 10) があり、カルデラ壁が破壊された可能性があることなどから、山体大崩壊跡か火砕流噴出に伴う円形の陥没カルデラであるか否かは断定できない。カルデラ形成前後に噴出した火砕流は前述のように山麓の広い範囲に堆積していて、その総体積は数10km³あるいは100km³を超すかも知れない。この推定が正しければ、日本の成層火山から噴出した火砕流の量とくらべて異常に大きく、重要な問題点を含んでいるのかも知れない。カルデラ形成後、カルデラ内に溶岩と火砕物が交互に噴出、小型の成層火山が生じた。その後また大きな噴火があつて小成層火山頂に径2.5kmの小カルデラまたは

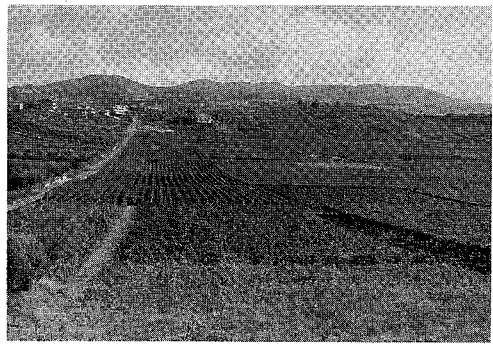


Fig. 10 Colli-Albani volcano from the west. The flat summit shows the existence of summit calderas. The closed grape field extends in a maar on the western slope of the volcano.

大火口ができる。さらにその内部と縁に4個のスコリア丘が形成された。最末期活動として西・南の中腹斜面でマグマ水蒸気噴火が起こり、9個のタフリング・マールがつくられた (de Rita et al., 1988)。Nemi湖、Albano湖はその中に水がたまつたものである (Fig. 11)。

1989-1990年の約1年間に Colli-Albani 火山の山頂カルデラの西縁の6 * 12km²の範囲内の地下2-8km付近でM1.5-4.0の地震が約3,000回発生した (Amato et al., 1994)。ここは2.7万年前に起きた Colli-Albani 火山最新の噴火の跡であるタフリングが存在する場所である。この事実は Colli-Albani 火山の中心部の地下5-6kmにマグマが貫入したことを思わせ、まだこの火山が死んでおらず、将来の噴火を起こす能力を秘めていることを示して

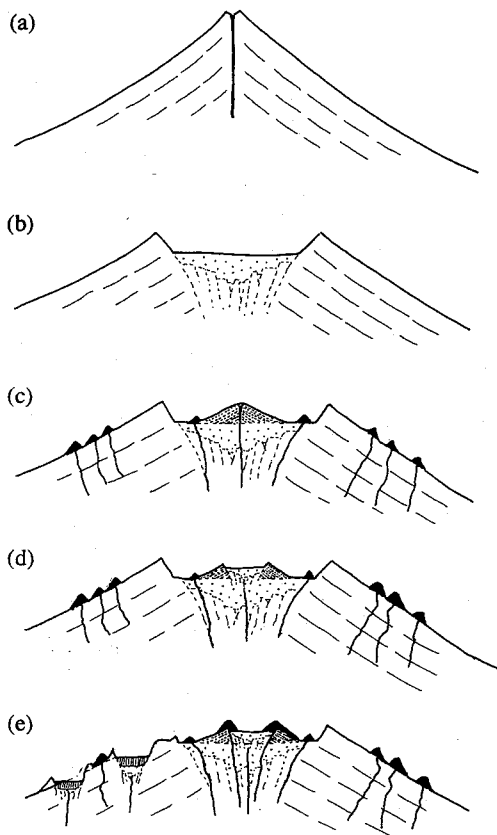


Fig. 11 Schematic sections showing the evolution of Colli-Albani volcano.

(a) Typical stratovolcano stage (b) Caldera forming (c) A central small stratovolcano within the caldera was built up, accompanied with parasitic scoria cones forming (d) A younger caldera in the summit of the central small stratovolcano (e) Building up of new scoria cones along the younger caldera wall and opening of new vents on the southern slope to form 2 big maars.

いる。

Roccamonfina 火山

この火山は Napoli 市の北西約 50 km にある成層火山で山頂に径 5 - 6 km のカルデラを持つ。外輪山はリュウサイト斑晶を多く含んだ非常にカリウムに富むマグマに由来する溶岩流、降下スコリアなどからなり、154 万年前から 34 万年前にかけて、ストロンボリ式噴火など比較的穏やかな噴火を行って、富士山のような円錐形成層火山を形成したと推定され

ている。100 万年以上にわたる長い活動期間中に 100 - 120 km³ のマグマを噴出したが、その末期には爆発的な噴火が起こりはじめ Campaniola Tuff と呼ばれる降下軽石や火砕流などが噴出、北斜面に馬蹄形の凹地が形成された。これは以前陥没カルデラと考えられ、現在では山体大崩壊によって岩屑なだれが発生した跡と考えられているが、山麓に流山を持つ緩斜面や岩屑なだれの堆積物がみつからないのでいずれとも断定できない。34 万年前以降噴出するマグマはカリウムが比較的少ない粗面岩質にかわり、噴火のスタイルも爆発的になりプリニアン噴火がしばしば起こり、火砕流も山麓に流下、緩斜面を形成した。軽石質のサージ堆積物も多く噴出、この頃にはすでに山頂カルデラができていて、カルデラ湖中からマグマ水蒸気噴火が起こったことを示している。山頂カルデラの形成時期は断定できないが、34 万年前のマグマの性質が変わった時期に近いと考えられる。約 30 万年前に最大規模の噴火が発生、Galluccio Tuff と総称されている降下軽石、火砕流堆積物、サージ堆積物などが噴出した (Fig. 12)。カルデラ中には、現在も溶岩円頂丘 (Fig. 13) や火砕丘の地形が残されているが、これらは爆発的活動期の後半に形成されたもので、そのうち最新と考えられる溶岩円頂丘の年代は 53,000 年前である (Cole et al., 1992, 1993)。カルデラ内の火口原を切って Savone 川が谷を刻むが、その谷壁に湖成層、サージ堆積物などが露出し、カルデラ内にタフリングが形成され、爆裂火口中には火口湖もできたことなどを物語っている。

以上のように Roccamonfina 火山の岩石は高カリウム岩系で日本のような島弧の火山のカルクアルカリ岩系とは異なるが、円錐形成層火山体、山体大崩壊による馬蹄形凹地、山頂カルデラ、カルデラ内溶岩円頂丘などの形成や、穏やかな噴火から爆発的な噴火への移行など、地形・噴火様式・発達点で日本の成層火山と酷似している。

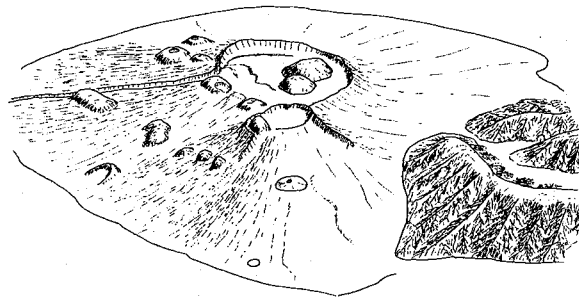


Fig. 12 An aerial view from the northeast of Roccamonfina volcano.

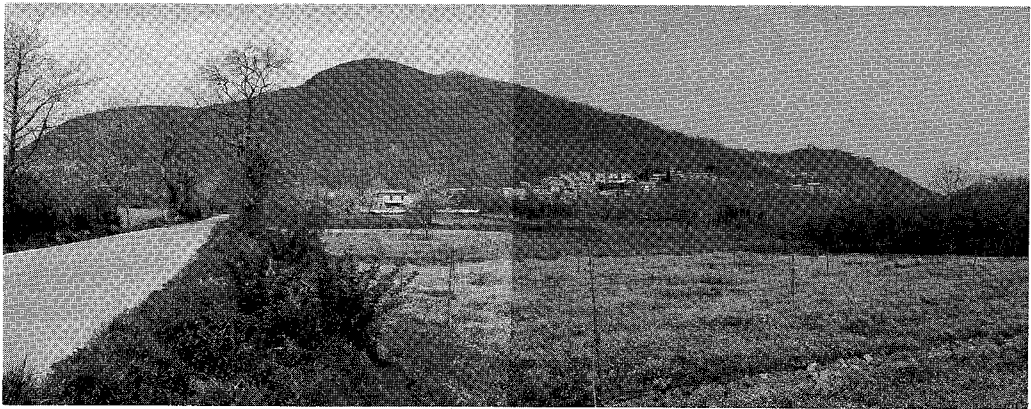


Fig. 13 A lava dome within the caldera of Roccamonfina volcano

Campi-Phlegrei カルデラ火山

Napoli市のすぐ西にあるこのカルデラ火山の南半分は海底にあるが、北半分は比較的カルデラ壁や火砕流台地などの地形が残っていて、径10-12kmのカルデラが存在したことを示唆する。ここからは3.6万年前と1.2万年前に巨大な噴火が起こって、大量の軽石が火砕流として放出され、Napoli市周辺、Campania地方を広く覆った。その面積は80km平方以上、体積は80km³に及ぶ (Rosi et al., 1996)。この軽石は地中海の底にも広く見つかっている (Federman and Carey, 1980)。この軽石質の火砕流堆積物のうち溶結している部分は建材として古くから利用されている。この時の噴火の様子はカルデラ壁に露出する噴出物中に明瞭に残されていて、非常に爆発的な噴火が何回も発生したこと、時には

海中からも噴火が起こったこと、同時に数箇所から噴火が起こり、それが陥没カルデラの形成につながったことなどが推定されている。この噴火活動はその後も長く続き現在にまでいたっている。カルデラの中にはカルデラ形成後に生じたタフリング、スコリア丘などの小型火山が20個以上存在している (Fig. 14)。1538年にはこのカルデラ内で噴火が起こり、一週間で高さ150mの火砕丘が形成された (di Vito et al., 1987)

Vesuvius 火山

Vesuvius 火山は底径18km、比高1,281mの成層火山である。噴出するマグマは高カリウム岩系であるが、分化していないマグマに由来する溶岩流、スコリアを主体とする円錐形の成層火山体を形成した後、馬蹄形凹地を山頂部につくり、それを取り巻く

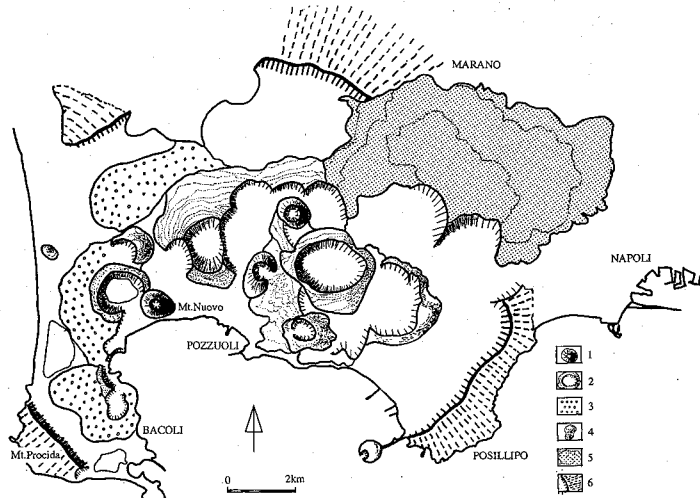


Fig. 14 Geomorphologic map of Campi-Phelegrei caldera volcano
 1. Scoria cone 2. Tuff ring and tuff cone 3. Surfaces of pyroclastic flows
 4. Lava domes 5. Flat lava 6. surface of caldera-forming pyroclastic flows

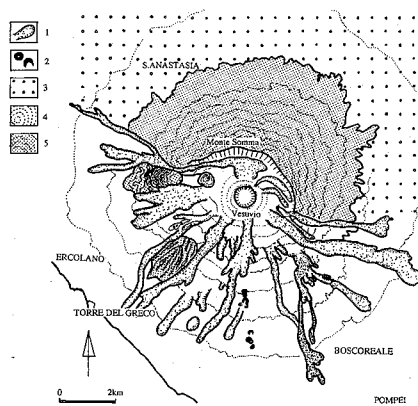


Fig. 15 Geomorphologic map of Vesuvius volcano
 1. Lava flow 2. Scoria cone 3. Debris flow surface 4. Surface of younger cone 5. Surface of older cone

外輪山が Mt. Somma と呼ばれた。その後、爆発的噴火に変わり、プリニアン噴火、火砕流の発生を繰り返す、現在の中央火口丘 Vesuvio をつくった (Rittmann, 1933)。噴火様式はときどき大規模プリニアン噴火をし、その間に中小規模のサブプリニアン噴火、ヴルカノ式噴火を行い、溶岩も流出させた (Fig. 15)。

ここ2.5万年前から現在までに、西暦79年に起きた有名なポンペイ噴火 (Carey and Sigurdson,

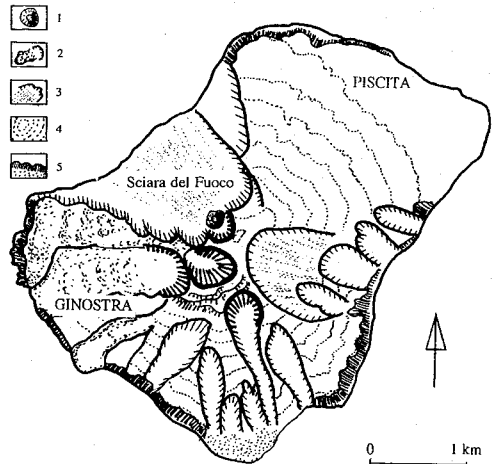


Fig. 16 Geomorphologic map of Stromboli volcano
 1. Scoria cone 2. Crater and lava flow
 3. Collapse wall and talus deposits 4. Initial surface of the volcano 5. Marine steep scarps

son, 1987) を含め、8回の大規模なプリニアン噴火が起きている (Civetta et al., 1991)。3,700年前の Abellino 噴火 (Rolandi et al., 1993a)、7,900年前の Melcato または Ottaviano 噴火 (Rolandi et al., 1993b) など、Pompei 噴火と同じように、降下軽石、火砕流堆積物、サージ堆積物からなる一連の大噴火であった。このような大噴火は平均して3,000年に1回起きているが、Pompei 噴火の後、



Fig. 17 Stromboli volcano from the south

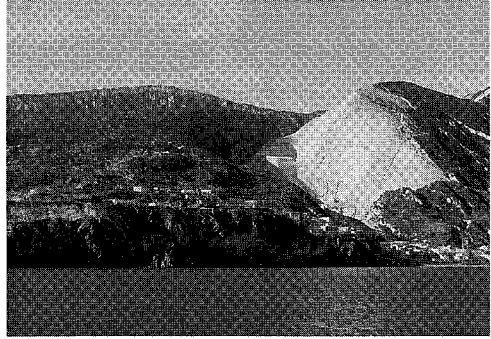


Fig. 19 Lilalo pyroclastic cone and Rocche Rosse lava flow.

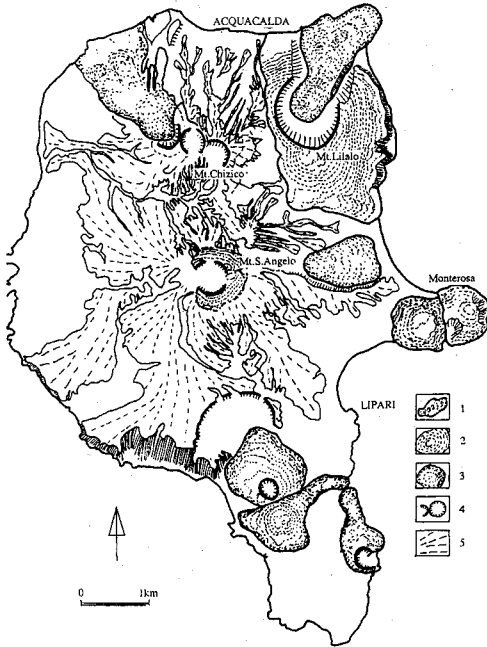


Fig. 18 Geomorphic map of Lipari volcano
1. Lava flow 2. Tuff cone 3. Lava dome
4. Crater 5. Pyroclastic flow surface.

現在まで2,000年を経過している。その間噴火は休んでいるわけではなく、顕著な噴火だけでも20回を超えている(Scandone et al., 1993; Bertogani et al., 1991)。このような噴火様式では規模の点で多様な噴火が起こっている。たとえば1631年の噴火では火山灰の噴出に続いて中規模のプリニアン噴火が起こり、火砕流も繰り返し発生するようになった。最後は火山灰の放出で終わっている(Rosi et al., 1993)。一方1944年の噴火では溶岩噴泉が生じ、

溶岩が流出、スコリアが降下した(Hazlett et al., 1991)。

Mt. Sommaに大火口が生じたのは1.7万年前と考えられている。

Vulture 火山

Napoli市の東約80kmにあるこの火山は高カリウム火山帯の最南端を占める底径14km、標高1,326mの中型成層火山で、山頂に馬蹄形凹地、円形カルデラが重なって存在する。成層火山の形成開始はおおよそ50万年前にさかのぼる。成層火山体はテフライト質の溶岩流を主体として構成されていて、火山体中央部の急な斜面をつくった。その最後の時期に馬蹄形凹地が形成された。成層火山形成末期にはテフライト-フォノライト質の火砕流が噴出、最後にカルデラが形成されたと考えられる。この頃山体の侵食も盛んで山麓に土石流が流下、裾野をひろげた。火砕流の噴出の盛んな頃、カルデラが陥没したと考えられる。カルデラの中に厚い溶岩流と溶岩ドームが形成され、その後溶岩ドームの大部分はマグマ水蒸気爆発で吹き飛ばされ、その後径2kmの爆裂火口が2個つくられた。最後の活動は約4万年前と考えられる(Guest et al., 1988)。

3-2 Aeolian 諸島の火山

Ionia 海からの沈み込みにもなって生じた新しい島弧型火山群で7個の島からなる。噴出するマグマは弱アルカリ岩系からカルクアルカリ岩系へと変化し (Ellam et al., 1988), 多くは成層火山をつくるが, Lipari 島は溶岩ドーム・火砕丘などの集合体である。

Stromboli 火山

Aeolian 火山群の最東端にある標高924m, 底径4kmの Stromboli 島は成層火山の山頂部が海上に頭を出しているもので, 全島急斜面からなる (Fig. 16, 17)。山頂には径400m弱の火口があり, その中にスコリア丘が存在し, 数分置きに火山弾を噴き上げている。3,000年前から同じようなストロンボリ式噴火活動が繰り返され, 山頂火口まで玄武岩-安山岩質マグマが絶えず補給され, 火道が保持され続けていることを物語る。Sciara del Fuoco は浅い馬蹄形凹地で, かつて山体大崩壊が起こったことを示唆する。現在それを埋めるように火口から空中に放出された火山弾が転動・堆積している (Capaldi et al., 1978)。西と北東斜面上に溶岩流の地形が数本見られる。

Lipari 火山

9個の流紋岩質溶岩ドーム群からなる。島の中央部に St. Angelo と呼ばれる山頂火口を持った標高594mの溶岩ドームが存在する。その四周には火砕流堆積物からなると思われる緩斜面が広がる (Fig. 18)。島の北西部には Chizico 火山がある。これは山頂に西北西-東南東に並ぶ3個の爆裂火口を持ち, その西北西端の火口から海岸にまで達する幅1km, 長さ1.5km以上の溶岩流が流出している。火口群周辺には火砕流堆積物からなると思われる緩斜面が存在する。島の北東部には6世紀の活動で形成されたと考えられる (Pichler, 1980) 底径2-3km, 比高476mの Lilalo 火砕丘がある。これは数cmの比較的そろった粒径で, 破断面を持つ多孔質の流紋岩質

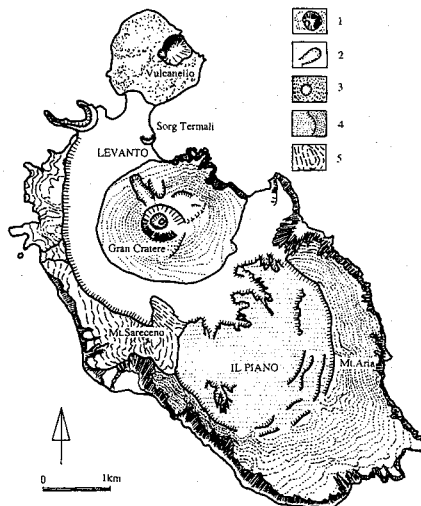


Fig. 20 Geomorphologic map of Vulcano volcano. 1. Scoria cone 2. Lava flow 3. Crater and cone slope 4. Caldera and Lava lake 5. Slope of older cone.



Fig. 21 Vulcanello small shield volcano from the summit of the Grand Crater of volcano.

溶岩片からなり, 不明瞭な成層構造を持つ。この地形・堆積物はほぼ固化しかけた流紋岩質溶岩が海水と接触してマグマ水蒸気噴火を起こした結果形成されたものと考えられる。この火砕丘は直径約1kmの火口を持つが, その中から長さ約2km, 最大幅1km, 最大厚約100mの黒曜石溶岩流が海中まで流出している (Fig. 19)。

Vulcano 火山

Vulcano 島はそれぞれがカルデラを持つ2つの楕状火山とスコリア丘を持つ小楕状火山に三分され

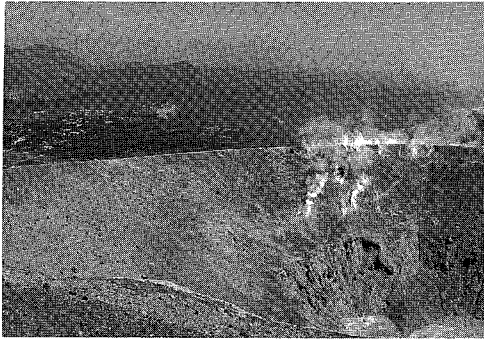


Fig. 22 Grand Crater of Vulcano.



Fig. 23 Etna volcano from the east.

る (Fig. 20)。ほぼ北西-南東に延びる Vulcano 島の最北端にある Vulcanello 火山体 (Fig. 21) は玄武岩質溶岩流からなる径1.3kmの小楯状火山で東北端部にスコリア丘が存在する。その形成はBC 183年と考えられている (Keller, 1980)。

島の中央部には径3kmのカルデラを持つ楯状火山があり、カルデラ中に有名な Vulcano 火山がある。これは山頂に径約500m、深さ100mの火口 (Fig. 22) を持つ複式の火砕丘で、北斜面に黒曜石溶岩流、爆裂火口が並ぶ。北麓の港には径200m、標高27mの溶岩ドームがあり、その半分は後の爆発で飛散し、跡の凹地に泥温泉が形成されている。

南端の火山体は底径3km、比高500m前後の楯状火山に近い成層火山体で、中央部に径2kmのカルデラがある。その中には数段の溶岩からなる段丘が存在する。これは何回かにわたって形成された溶岩湖の名残りと考えられる。溶岩の厚さはそれぞれ十数

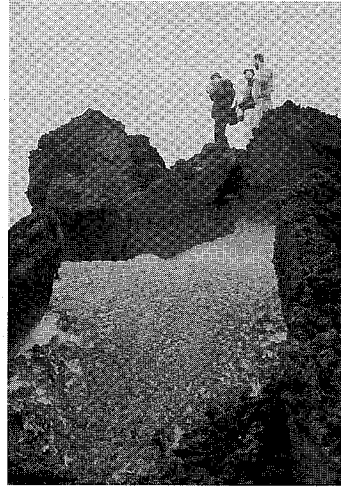


Fig. 24 Incandescent lava flow from a bocca of the 1984 lava flow on the southern slope of Etna volcano.

mである。

Vulcano 火山は玄武岩-安山岩質溶岩流を主としているが、単純な成層火山ではなく小楯状火山、火砕丘、楯状火山に近い成層火山からなる。

3-3 Etna 火山

この火山は Sicilia 島東部にあり、トランスフォーム断層上に噴出した楯状火山と考えられている。底径40km、比高3,300mの大型楯状火山で、玄武岩質の溶岩・スコリアを毎年のように噴出する。火山体の大部分は溶岩流 (Fig. 23, 24) で、山頂部・中腹斜面上に多くのスコリア丘が存在する。東斜面には長さ10km、幅4km、深さ500mの馬蹄形凹地がある。山頂部からの新しい噴火で流下した溶岩流が流入し、一部凹地を埋めているが、その概形は残されている。その形成については議論があるが、火山体大崩壊によって形成されたとの考えがある (Chester et al., 1985)。

3-4 Pantelleria 火山

Sicilia 島とチュニジアの間にある Sicilia 海峡に浮かぶ火山島で、海底に存在する北西-南東方向

Table. 1 Types, petrography, ages etc. of the volcanoes in Italy

Volcano name	Volcano type	Alti.	R.height	B.width	Volume	Petrography	Age	Geomorphology
a Amiata	Stratovolcano	1738	1200	15	30	RD	0.29-0.18Ma	L D
b Latera	Caldera volcano	664	300	30	100+	TA L Tph Ph	0.38-0.15Ma	C M L SC PF
c Vulsini	Shield-Caldera	612	500	40	200+	TB TA T Tph Ph	0.9-0.26Ma	C(F) SC L TC PF M
d Cimino	Stratovolcano			12		RD L	1.35-1.1Ma	L D PF
e Vico	Stratovolcano	965	700	25	80+	Ph Tph	0.4Ma-	C D PF SC ST
f Sabatini	Caldera volcano	610	300	60	200+	Tph T L	2.5-0.08Ma	C(F) D M PF
g Colli-Albani	Stratovolcano	956	956	45	200+	Lc	0.7-0.27Ma	C D SC PF ST M
h Roccamonfina	Stratovolcano	1006	900	24	80	TB TA T Tph Ph Lc	1.54Ma-53Ka	C D SC M PF ST HC
i Campi-Phlegrei	Caldera volcano	458	458	30	100+	TB L T Ph	36Ka-1538	C D SC M PF
j Vesuvius	Stratovolcano	1281	1281	18	35	T L B Tph Ph Lc	-25Ka-1944	C L SC PF ST
k Ischia	Dome-Maar volcano	721	721	8	18		0.84Ma-1302	C D TC
l Vulture	Stratovolcano	1320	800	13	11	Tph Ph	1Ma-4Ka	C D HC M VC ST
m Stromboli	Stratovolcano	924	924	4+	4+	A S	0.5Ma-	SC L ST
n Lipari	Dome-Maar volcano	602	602	4	1	A D R L	-AD6C	D L TC PF
o Vulcano	Stratovolcano	500	500	6	6+	TB TA S R	-1968	D SC L SS TC SS
p Salina	Stratovolcano	962	962	4	8+	B A D	0.5Ma-13Ka	L ST
q Filicudi	Stratovolcano	774	774	3.5	1.3+	B BA A	1-0.23Ma	D ST
r Alicudi	Stratovolcano	675	675	2	0.5+	B BA A	?	D ST
s Etna	Shield volcano	3200	3200	36	1000	B	0.3Ma-	L SC HC
t Pantelleria	Small shield	805	805	11	15	B T P	55Ka-1891	C D L M SC SS

"a,b,c...t" correspond to "a,b,c...t" in Fig.1

Units Altitude (m) Relative height (m) Basal width (km) Volume (km³)

Petrography A:Andesite B:Basalt BA:Basaltic andesite Ba:Basanite D:Dacite Lc:Leucitite P:Pantellerite Ph:Phonolite R:Rhyolite RD:Rhyodacite L:Latite S:Shoshonite T:Trachyte TA:Trachyandesite TB:Trachybasalt Tph:Tephrite

Geomorphology C:Caldera C(F):Caldera accompanied with circular faults D:Lava dome HC:Horseshoe-shaped caldera L:Lava flow M:Maar PF:Pumiceous pyroclastic flow surface Sc:Scoria cone SS:Small shield ST:Initial surface of stratovolcano TC:Tuff cone VC:Volcanic fan

の地溝の上に噴出した数個の小楯状火山体からなっている。

中央部には二重のカルデラが存在する。外側の径8 kmのカルデラは9.3万年以上前に形成された。内側の6 km径のCinque Denti カルデラは5.5万年前にGreen Tuff とよばれる粗面岩質の降下溶結火砕物の噴出とともに形成された。その約6,000年後、カルデラの中に Mt. Gibel と呼ばれる粗面岩質の小楯状火山が形成されている。最南端のCuddia Attalora 小楯状火山は2つのカルデラの形成の中間の時期、7.2万年前に形成されている (Mahood and Hildreth, 1983 ; Civetta et al., 1988)。

4 イタリアの火山の地形的特徴

第3章でイタリアの個々の火山の地形・構造・岩石・年代などに関する特徴の概要 (Table 1) をのべたが、それをもとにそれぞれの火山のタイプを検討すると、イタリアの火山は次のように分類される。

①成層火山: Amiata, Cimino, Vico, Colli-Al-

bani, Roccamonfina, Vesuvius, Vulture, Stromboli, Salina, Alicudi, Filicudi, Vulcano

②カルデラ火山: Latera, Vulsini, Sabatini, Campi-Phlegrei

③小型ドーム・火砕丘火山: Ischia, Lipari

④楯状火山: Etna

⑤小楯状火山: Pantelleria

成層火山は12個あるが、その中で地形・発達段階などの違いから次のように細分できる。

Amiata 火山は流紋岩-デイサイト質溶岩ドームと厚い溶岩流の累積からなり、アメリカ合衆国のSt. Helens 火山、メキシコのMalinche 火山と似た構造をもつと考えられる。Vico, Colli-Albani, Roccamonfina, Vesuvius 火山は山頂にカルデラを持ち、山麓に火砕流・土石流からなる緩斜面が広がるなど、地形・構造・形成史が赤城・榛名など日本の第4期まで発達した成層火山に酷似する。しかし形成されるカルデラの大きさや噴出した火砕流の量は赤城・榛名などの日本の第4期まで発達した

成層火山のそれにくらべかなり多く、むしろ阿蘇・十和田など大規模カルデラ火山のそれに近い。

Vulture 火山は馬蹄形凹地を山頂に持ち、山体大崩壊が起こったことを示す成層火山である。

Stromboli, Salina, Alcudi, Fidicudi, Vulcano 火山は海面から山体上部のみを出しているに過ぎないので、その形態だけから火山型の決定することは難しいが、その活動の特徴、山体上部の地形・構造などの特徴などから第1, 2期の発達段階にあるものと判断される。

カルデラ火山はイタリア半島の Vulsini, Latera, Sabatini, Campi-Phlegrei の4つに限られ、Aeolian 諸島など他地域には見られない。Vulsini, Sabatini 火山ではカルデラの周囲に環状断層が5-10数本見られ、陥没が緩慢に起こったことを示唆する。Vulsini 火山ではカルデラ周囲の緩斜面が火砕流堆積物と溶岩流とからなる、カルデラ火山と楕状火山との中間的性格をもつ事実が見いだされた。このような火山の存在を筆者は他に知らない。同様の火山を他にも存在するか否かを確かめることと、このような火山がどのようにして形成されるのか、その要因を探ることが必要である。

成層火山とカルデラ火山が多いイタリア半島の火山帯の中で、Ischia 火山のみが火砕丘・溶岩ドームの集合体である。近くの酸性火砕流を多く噴出した Campi-Phlegrei 火山の存在が関与しているのかも知れない。

Etna 火山は大量の玄武岩溶岩流を噴出し続ける大型楕状火山であるが、噴出様式や噴出物の性質、火山体の地形・構造に変化があまり見られないことは、ホットスポット的性格を持つ火山であることを強く印象づける。

Pantelleria 火山は海洋底の拡大が起こっていると思われる場所に噴出しているながら、流紋岩に近い分化の進んだと考えられるマグマが多く噴出する点で、注意を要する火山である。地中海の海洋底が太

平洋の海底と異なる性格を持つのか否かを含めて今後検討していく必要がある。

5 おわりに

イタリアの火山の地形・構造・岩石・年代などの概要をのべ、火山のタイプを明らかにしたが、研究の目標としたこれらの火山の時代的変遷とプレートテクトニクスとの関係を十分に考察するだけのデータが得られなかった。今後さらに検討を深めたい。

この研究を行うにあたって、データの提供など多くの援助と下さった M.F. Sheridan, Donatella de Rita, R. Funicello, 調査の機会を与えて下さった竹内啓一の方々に深く感謝の意を表したい。

文 献

- Amato, A., et al. (1994) : The 1989-1990 seismic swarm in the Alban Hills volcanic area, central Italy. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 61, 225-237.
- Berrino, G. (1994) : Gravity changes induced by height-mass variations at the Campi-Flegrei caldera. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 61, 293-309.
- Bertogianini, A., et al. (1991) : The 1906 eruption of Vesuvius : from magmatic to phreatomagmatic activity through the flashing of a shallow depth hydrothermal system. *Bull. Volcanol.*, 53, 517-532.
- Bullard, F.M. (1962) : Volcanoes in history, in theory, in eruption. *Univ. Texas Press*, 441p.
- Calcagnile, G., and Scarpa, R. (1985) : Deep structure of the European-Mediterranean area from seismological data. *Tectonophys.*, 118, 93-111.
- Capaldi, G., et al. (1978) : Stromboli and its 1975 eruption. *Bull. Volcanol.*, 41, 260-285.
- Carey, S. and Sigurdsson, H. (1987) : Temporal variations in column height and magma discharge rate during the 79 A.D. eruption of Vesuvius. *Geol. Soc. Ame. Bull.*, 99, 303-314.
- Chester D., et al., (1985) : Mount Etna, the anatomy of a volcano. *Chapman and Hall*,

- London, 404p.
- Civetta, L., et al (1988) : The eruptive history of Pantelleria (Sicily Channel) in the last 50 ka. *Bull. Volcanol.*, 50, 47-57.
- Civetta, L., et al. (1991) : Magma mixing and convective compositional layering within the Vesuvius magma chamber. *Bull. Volcanol.*, 53, 287-300.
- Cole, P.D., et al. (1992) : Postcollapse volcanic history of calderas on a composite volcano : an example from Roccamonfina, southern Italy. *Bull. Volcanol.*, 54, 253-266.
- Cole, P.D., et al. (1993) : The emplacement of intermediate volume ignimbrites : A case study from Roccamonfina volcano, southern Italy. *Bull. Volcanol.*, 55, 467-480.
- de Rita, D., et al. (1988) : 1:50,000 in scale geological map of the Colli-Albani volcanic complex. *Consiglio Nazionale delle Ricerche*.
- di Filippo, D. ed. (1993) : 1:50,000 in scale geological map and explanatery text of Sabatini volcanic complex. *Consiglio Nazionale delle Ricerche*, 109p.
- di Vito, M., et al. (1987) : The 1538 Monte Nuovo eruption (Campi-Flegrei, Italy). *Bull. Volcanol.*, 49, 608-615
- Duchi, V., et al. (1987) : Chemical composition of thermal springs, cold springs, streams, and gas vents in the Mt. Amiata geothermal region (Tuscany, Italy). *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 31, 321-332.
- Ellam, R.M., et al. (1988) : The transition from calcalkaline to potassic orogenic magmatism in the Aeolian islands, southern Italy. *Bull. Volcanol.*, 50, 386-398.
- Federman, A.N. and Carey, S.N. (1980) : Electron microprobe correlation of tephra layers from eastern Mediterranean abyssal sediments and the island of Santorini. *Quatern. Res.*, 13, 160-171.
- Gamberi, F. and Argnani, A. (1995) : Basin formation and inversion tectonics on top of the Egadi foreland thrust belt (NW strait of Sicily). *Tectonophys.*, 252, 285-294.
- Guest, J.E., et al. (1988) : Monte Vulture volcano (Basilicata, Italy) : an analysis of morphology and volcanoclastic facies. *Bull. Volcanol.*, 50, 244-257.
- Hazlett, R.W., et al. (1991) : Geology, failure conditions and implications of seismogenic avalanches of the 1944 eruption at Vesuvius, Italy. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 47, 249-264.
- Keller, J. (1980) : The island of Vulcano. *Ital. di Mineral. Petrol.*, 36, 369-414.
- Mahood, G. and Hildreth, W. (1983) : Nested calderas and trapdoor uplift at Pantelleria Strait of Sicily. *Geol.*, 11, 722-726.
- Nigro, F. and Sulli, A. (1995) : Plio-Pleistocene extensional tectonics in the western Peloritani area and its offshore (north-eastern Sicily). *Tectonophys.*, 151, 295-305.
- Ninkovich, D. and Hays, J.D. (1972) : Mediterranean island arcs and origin of high potash volcanoes. *Earth and Planet. Sci. Letters*, 16, 331-345.
- Pappone, G. and Ferranti, L. (1995) : Thrust tectonics in the Picentini Mountains, southern Apennines, Italy. *Tectonophys.*, 252, 331-348.
- Pichler, H. (1980) : The island of Lipari. *Ital. di Mineral. Petrol.*, 36, 415-440.
- Ponziani, F., et al. (1995) : Crustal shortening and duplication of the Moho in the northern apennines : a view from seismic refraction data. *Tectonophys.*, 252, 391-418.
- Rittmann, A. (1933) : Die geologisch bedingte Evolution und Differentiation des Somma-Vesuviumagma. *Zeitschr. für Vulkan.*, 15, 8-94.
- Rogers, N.W., et al., (1987) : Sediment subduction and the source of potassium in orogenic leucitites. *Geol.*, 15, 451-453.
- Rolandi, G., et al. (1993) : The Avellino plinian eruption of Somma-Vesuvius (3,760y. B.P.) : the progressive evolution from magmatic to hydromagmatic style. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 58, 67-88.
- Rosi, M., et al. (1993) : the 1,631 Vesuvius eruption. A reconstruction based on historical and stratigraphical data. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 58, 151-182.
- Rosi, M., et al. (1996) : Interaction between caldera collapse and eruptive dynamics during the Campanian Ignimbrite eruption,

- Phlegrean fields, Italy. *Bull. Volcanol.*, **57**, 541-554.
- Royden, L., et al. (1987) : Segmentation and configuration of subducted lithosphere in Italy : an important control on thrust-belt and foredeep-basin evolution. *Geol.*, **15**, 714-717.
- Scandone, R., et al. (1993) : Mount Vesuvius : 2,000 years of volcanological observations. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **58**, 5-25.
- Schmincke, H.-U. and Swanson, D.A. (1967) : Laminar viscous flowage structures in ash-flow tuffs from Gran Canaria, Canary Islands. *J. Geol.*, **75**, 641-664.
- Sollevanti, F. (1983) : Geologic, volcanologic, and tectonic setting of the Vico-Cimino area, Italy. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **17**, 203-217.
- Turville, B.N. (1992) : $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages and stratigraphy of the Latera caldera, Italy. *Bull. Volcanol.*, **55**, 110-118.
- Varekamp, J.C. (1980) : The geology of the Vulturnian area, Lazio, Italy. *Bull. Volcanol.*, **43**, 487-503.
- Varekamp, J.C. (1981) : Relations between tectonics and volcanism in the Roman province, Italy. Self, S. and Sparks, S.J. (eds), *Tephra studies*, 219-225. *D. Reidel Publ. Company*.