

# Geomorphological Development and Classification of the Volcanoes in Costa Rica

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	<a href="http://hdl.handle.net/2297/1541">http://hdl.handle.net/2297/1541</a>

## 中米コスタリカの火山の地形発達と分類

守屋以智雄

Geomorphological Development and Classification of the Volcanoes in Costa Rica  
Ichio MORIYA

### Abstract

Geomorphological evolutions of the volcanoes in Costa Rica have been studied by interpretation of aerial photographs and topographic maps in scale of 1/50,000. Sixteen volcanoes range in the direction of NW-SE 500km long on a line from El Hacha to Turrialba volcanoes. Most of them are stratovolcanoes except only one Guayabo caldera volcano. The volcanic zone has been divided into three (Prosser and Carr 1987). In the northwestern part the stratovolcanoes have edifices composed mainly of thick andesite lava flows and domes with explosive craters suggesting that strombolian and vulcanian eruptions predominantly occurred. Guayabo caldera and Miravalles stratovolcano have complicated evolutions which erupted repeatedly lava flows and pyroclastic flows, forming at least 5 caldera. In the central part of the volcanic row Tenorio and Arenal volcanoes stand in the Arenal graben which suggests that this area is in a tension stress field. But the two are very different in volcanic type. Tenorio volcano is composed of thick andesitic lava flows and domes while Arenal volcano is a simple cone like Fuji volcano. In the southeastern part 5 evolved, compound volcanoes Platanar, Poas, Barva, Irazu and Turrialba volcanoes range in the direction of NW-SE, contacting each other. The each volcano is elongated in the N-S trend. They have 20-30km-long vent rows suggesting the fissures where magmas penetrate into. The fissures could be formed by shearing of left lateral motion. Subduction of the Cocos ridge and a transform fault running on the Caribbean Sea floor may affect for the fissure opening.

**Key Words:** Volcano, Costa Rica, Geomorphology, Quaternary, Evolution, Aerial photograph

### I はじめに

中米グアテマラからパナマにかけて、Middle America Trench からのプレートの沈み込みに伴う島弧型の火山がほぼ北西-南東方向に1列の火山帯を形成する。これらの火山についてこれまでこのような研究がなされている。1958年に国際火山学会(IAV)から刊行された火山カタログ

(Mooser et al, 1958, 133p)には、Orosi, Rincon de la Vieja, Miravalles, Poas, Barva, Turrialbaのみが記載され、それも山頂付近の簡単な地形的記述、数少ない岩石の鉱物化学組成分析結果、最近の活動の要約程度にすぎない。スミソニアン博物館から出版された火山カタログ第版 (Sinkin and Siebert 1994, 136p) には13個の火山が記載

されている。Bergoing et al (1978, 1983)はコスタリカの火山の地形的記載を行い、縮尺 1/100, 000 の地形分類図も作成している。火口や火山麓扇状地など、火山体の大まかな分類はなされているもの、火砕流、溶岩流、岩屑なだれなど、細部にわたる分類はなされていない。Castillo (1984)はコスタリカの7火山の最近の活動状況を概観している。Michael J. Carrは一連の論文(Stoiber and Carr 1973, Carr 1976, Carr and Stoiber 1977 など)の中で、沈み込みプレートの断裂で中米の火山列に乱れが生じていることを主張している。個々の火山については Arenal, Poas, Irazu 火山などの最近の活動報告 (たとえば Krushensky and Escalante 1967, Melson and Saenz 1973, Prosser and Carr 1987, Oppenheimer 1992, Rowe Jr. et al. 1992 など) を含めて少なくない。

これらの研究を踏まえ、コスタリカの第四紀火山の地形・地質の調査から、その地形・構造・発達史を明らかにした。それをもとに個々の火山のタイプを分類、その形成に関与した要因についてテクトニクスと関連づけて考察した。

研究には 1/50, 000 地形図と空中写真を利用して地形分

類図を作成、一部の火山については現地調査でそのチェックを行った。その地形分類図の半読により火山の地形特性・発達史・構造などを明らかにし、火山のタイプを決定した。この研究はこれまで筆者が 20 年来行ってきた「地球の火山の地形発達・分類」の一環である。そして太平洋東西両縁の比較、島弧同士の火山の比較などの研究において重要なデータとなる。

この研究に際して、大矢雅彦 (日本建設コンサル)、帰山吉雄 (OCS)、清水長正 (明治大)、Randervaat, R., Rojaz, E., Gonzalez, E., Fernandez, E. (Univ. Nacia. Costa Rica) の諸氏には大変お世話になった。紙面を借りて深い感謝の意を表する。

## II 地形地質概要

コスタリカはカリブ海・太平洋に挟まれて北西—南東方向に伸び、約 400km の長さ、100-200km の幅を持つ。太平洋側では Cocos プレーートの沈み込みで、海岸から 100km 前後の沖合に最深 6000m を超える Middle America 海溝が存在する (Fig. 1, Drummond et al. 1981)。海溝からコスタリカ下に 45 度の角度で 130km の深さまで年速 8-9cm で

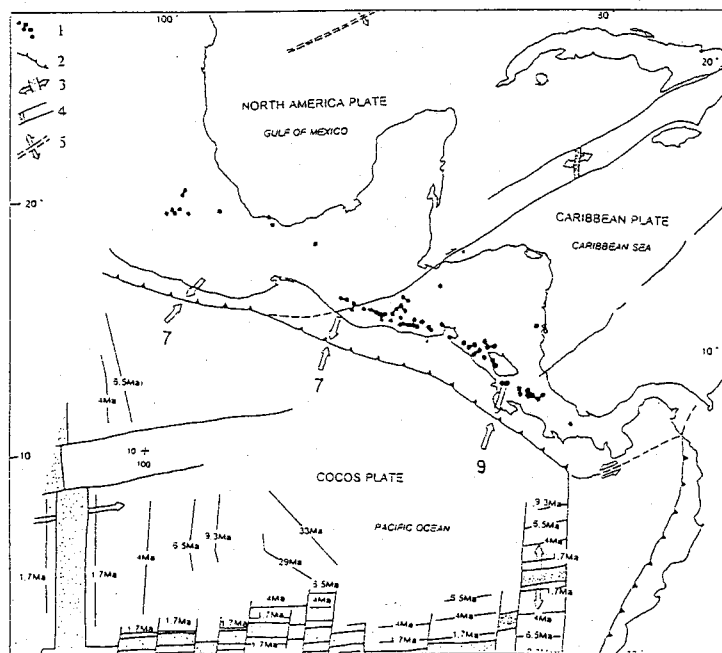


Fig.1 Geotectonic map of Central America. (Drummond et al.1981)  
1.Volcanoes 2.Subduction zone 3.Spreading ridge 4.Transform faults 5.Spreading center

沈み込んでいるスラブが震源分布から追跡できる。ちょうど追跡できなくなる深さ(120-130km)の直上に火山列が存在する。そこは海溝から160-170kmの距離にある(Fig. 2, Gonzalez et al. 1989)。

コスタリカの地形はカリブ海側から太平洋側まで平野—火山列—中央山地—低地帯—太平洋岸山地の海溝・島弧の方向に平行して配列する5つの地形区に分類できる。中央山地は第三紀の火成岩・堆積岩を主体とし、太平洋側の海岸山地は白亜紀の堆積岩・火成岩・変成岩からなる。Santa Erena 半島には緑泥岩化したかんらん岩が露出する(Fig. 3 Pichler and Weyl 1975)。

第三紀中新世から鮮新世までの間に安山岩を主とする島弧型の火山活動があった。その時の火山フロントの位置は現在の火山フロントよりやや海溝寄りであった。300万年ほど前に北西部で大規模な火砕流が噴出、現在なお広い平坦な火砕流台地を形成している。

### III コスタリカの各火山の地形

コスタリカには16個の火山があるが、その大部分が複数の火道を持ち、複雑な構造を示す複合火山である(守屋1999)。特に西方のPoas, Irazuなどの5火山は火山列にほぼ直角方向の火口列が約20kmの長さで南北に伸び、火山体自体も南北方向に伸張している。これらの地形の特徴を、北西端に位置するEl Hacha火山から南東端のTurrialba火山まで順を追って概観する。

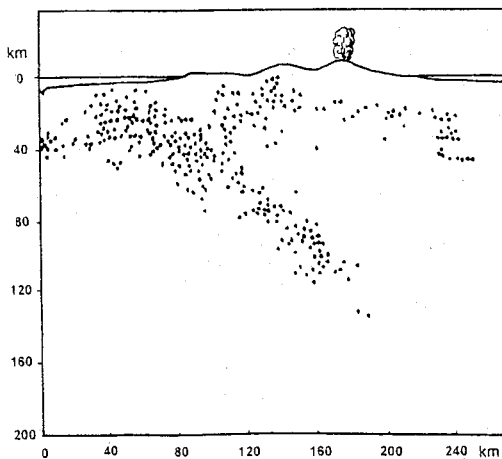


Fig.2 Vertical distribution of earthquake foci( $M > 3$ , 1984-88) under Costa Rica(Gonzalez et al. 1989).

#### 1) El Hacha 火山

コスタリカの火山列の最北西端に位置する径5km, 比高400m, 標高617mの小型火山で、東西2つの火道から盛り上がった2個の溶岩ドームが合体したように見える。溶岩は側方に流動して、長さ1km 足らずのロープを四週に回っている。西の溶岩ドームには2個の爆裂火口が認められる。以上から第2期まで発達した前期型成層火山(A1型)と考えられる。

#### 2) Orosi 火山

Orosi 火山は溶岩流、火砕物の互層からなる径4km, 比高800m, 標高1440mの主山と、その西から北にかけて扇状に広がる火砕流、土石流の堆積物からなる緩斜面とから構成される中型成層火山である。無数の放射谷が刻まれているが円錐形の原形はほぼ保存されている。山頂には3個の馬蹄形の爆裂火口(若干侵食で拡大)がある。地形からは判断しにくい第3期の発達段階まで到達した後期型成層火山(A2型)と考えられる。

#### 3) 東Orosi 火山

Orosi 火山の東隣りに接して形成された成層火山(標高1231m, 比高900m, 径12km)で地形図には地名がないので、東Orosi 火山と仮称した。山頂に径1kmの火口が重なって2個存在する。山頂の北東3kmにはカルデラ壁とカルデラ床と考えられる平坦地があり、壁の曲率から径5~6kmの円形カルデラの一部と見なされる。このカルデラ形成後に2個の爆裂火口をもつ小型成層火山が中央火口丘としてカルデラ内に生じた。中央火口丘には明瞭な溶岩流地形は認められず、存在したとしても厚い火砕物に覆われていると推定される。外輪斜面には溶岩流らしい地形が認められるが、火砕流、土石流で薄く覆われているように見える。多分、火砕流がカルデラ形成時に噴出したのであろう。したがってこの火山は後期型成層火山(A2型)と考えて差し支えない。

#### 4) Cacao 火山

Cacao 火山は底径18km, 比高1400m, 標高1658mの溶岩流を主とする成層火山である。山頂から南西, 東に開いた2個の馬蹄形カルデラがあり, 原形を著しく破壊しているが, 他の斜面は溶岩流地形をよく保存している。山頂周辺を作る溶岩流は幅200-300m, 長さ1-3km, 厚さ50-80mであるが, 山麓を作る溶岩流は幅1-1.5km, 長さ8-10km, 厚さ50-70mと大規模である。古い大規模な溶岩流の下位にもさらに溶岩流が認められるが, それを覆って火砕流または土石流の堆積物が存在し, 末端崖だけが認識できる。この火砕流がCacao 火山起源か, または西のニカラグア湖方面からの大規模火砕流の堆積物の一部なのかは判定で

きない。山頂から南東に開いた馬蹄形カルデラ内には, 4個の溶岩ドームが形成されている。溶岩ドームのすぐ南には側噴火による溶岩流出地帯が存在する。以上のようにCacao 火山起源と考えられる明瞭な火砕流地形が認められないので, とりあえず第2期まで発達した前旗型火山(A1型)としておく。

#### 5) Rincon de la Vieja (Santa Maria) 火山

東西25km, 南20km, 比高1600m, 標高1916mの大型火山である(Fig. 4)。その中心部を含め大部分は山頂から流下したそれほど厚くない, 多分玄武岩-安山岩質の溶岩流からなる。溶岩流の数は表面に見えるものだけで100を超

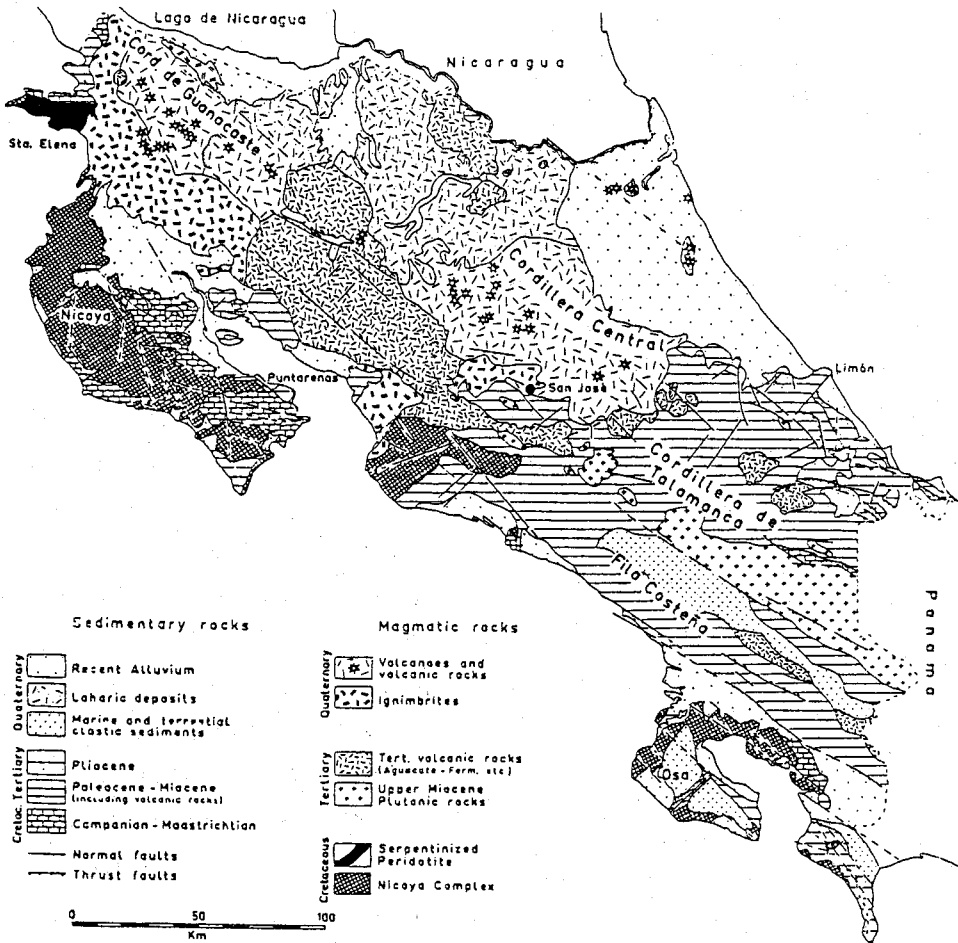


Fig.3 Geological map of Costa Rica(Prosser 1986).

える。山頂には6個の火砕丘、6個の爆裂火口が存在する。火砕丘のうちSanta Mariaが最大である。火砕丘・爆裂火口・溶岩流の地形はいずれも新鮮で、最近の噴火で生じたこと示す。山頂火口列の南に最大幅3.5kmの南開きの侵食凹地が存在する。そこに山頂から新しい溶岩流が流れ下っている。その凹地の下には大きな火山麓扇状地が広がる。火口列東部にも北に開いたらしい凹地(幅は約3km)が認められるが、その中に新しい溶岩流が流入している。これらの地形的特徴から、この火山は第1期から第2期の発達段階までさしかかっている前典型成層火山(A1型)と考えられる。

#### 6) Guayabo (Mogote) カルデラ火山

このカルデラ火山は径11km、深さ100mのカルデラと、その外に広がる開析された火砕流堆積面とからなる(Fig. 5)。平坦なカルデラ床と温原・湖沼がひろがる。火砕流はカルデラ南部ではカルデラ壁から20km以上離れたところまで到達している。落差は500mで平均傾斜は1/40となる。分布面積を200km<sup>2</sup>、平均厚を50mとすると、体積は10km<sup>3</sup>、北麓などにも分布したとすれば20-30km<sup>3</sup>の噴出量があったと考えられる。外輪山として残されている部分

が小さいため、カルデラ形成前の地形はよく分からないが、起伏に富むことから一大成層火山が存在していたのではなく、中小型火山が群生していたと考えられるのでカルデラ火山と判定した。

#### 7) Miravalles 火山

Miravalles 成層火山は、Guayabo カルデラの東半分を埋めて成長した。この火山の地形・構造は複雑で、少なくとも新旧5個のカルデラが形成され、その都度、その上に新たに成層火山が生じた。その発達史の概略を述べる。Guayabo カルデラの外側、南東部で、新たにGota de Agua 成層火山が成長を始めた。これは溶岩を流出させながら大きくなったが、その最大成長時に山体大崩壊を起こし、岩屑なだれが南麓を襲った。その後火砕流噴火もあり、山頂にカルデラが形成された。それをGota de Agua カルデラと呼ぶ。このカルデラは径10kmに及ぶが、外輪山南端が残存するだけなので詳細は明らかでない。Gota de Agua カルデラの内部、北東よりに新たにGiganta 成層火山が形成された。その成層火山体の標高は2000m前後に及んだと推定される。このカルデラの北側の外輪山は、その部分の

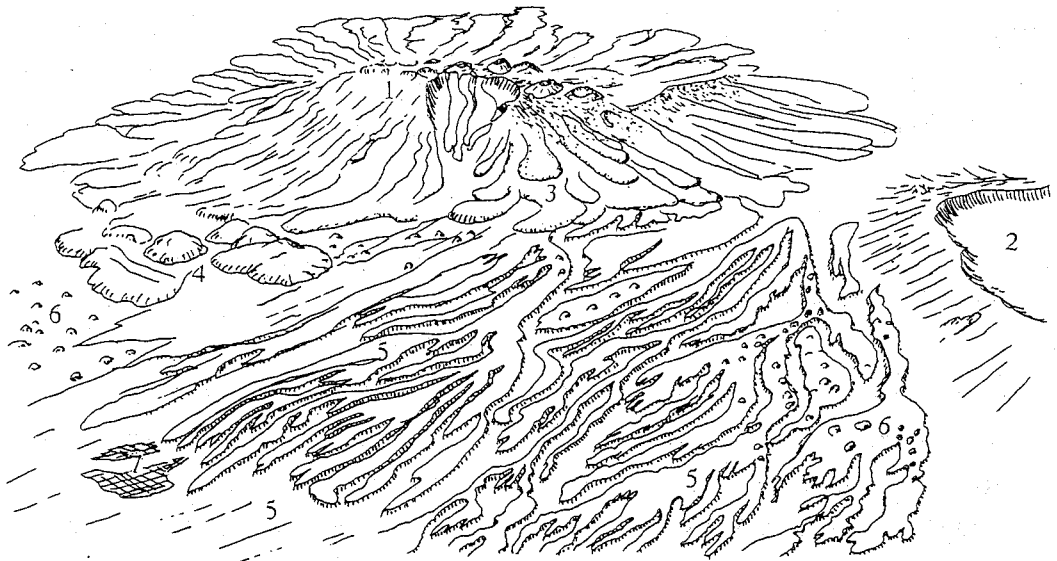


Fig. 4 Bird's-eye view of Rincon de la Vieja volcano(1) and Guayabo caldera(2) from the south.  
3.Lava flows 4.Lava domes 5.Debris flow surfaces 6.Debris avalanche surfaces 7.Liberia

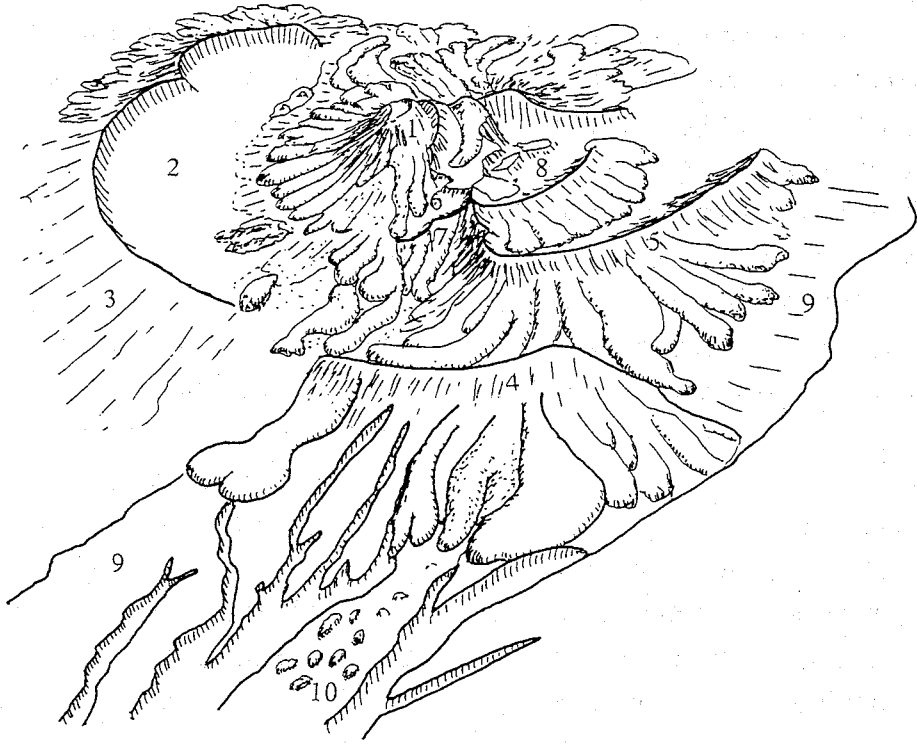


Fig.5 Sketch of Miravalles volcano(1) and Guayabo caldera(2) from the south.  
 3.Guayabo somma 4.Gota de Agua somma 5.Giganta somma 6.Los Chiqueros caldera 7.Cabro Moco somma 8.Rio Apote caldera 9.Debris flow surfaces 10.Debris avalanche surfaces

地形図が空白なためよく分からないが、空白部周囲の等高線から、推定等高線を引くと径6km程度の円形のカルデラが存在することがわかる。さらに Giganta カルデラ内の南部と北外輪山上及び西斜面に3個の小型成層火山が形成された。西外輪山斜面に Cabro Moco 成層火山頂に Los Chiqueros カルデラ (径4km) が、Giganta カルデラ南部と北カルデラ壁上に噴出した2個の成層火山の間に Rio Zapote カルデラ (径4km) が生じた。Miravalles 成層火山が最後に噴出、溶岩流を大量に流下させ、大きな火山体に成長した (Fig. 5)。

Miravalles 火山斜面では地形的に安山岩質溶岩流 (幅300-400m, 長さ4-6km, 厚さ70-80m) が20本以上認識できる。山頂部に径500mの爆裂火口が開いている。またそのすぐ東に比高最大100mの湾曲した急崖があり、山頂部が、南西方向に大崩壊しかけて、辛うじて止まっていることを示すと考えられる。

以上からこの火山は数回のカルデラ形成をともなう第4期まで発達した後期型成層火山 (A2型) と考えられる。

#### 8) Tenorio 火山

径20km, 比高1700m, 標高1916mの溶岩流を主体とする成層火山である。山頂には径300m, 深さ100mの円形爆裂火口がある。山頂から放射状に流下する溶岩流は山体上部で幅200-300m, 厚さ60-80mほどであるが、下に行くほど、幅広く、厚くなり、末端では幅1kmを超え、厚さも100mを超えるものが少なくない。各々の溶岩流の地形はよく残されている。北北東中腹から北麓にかけて、溶岩ドームが4個認められる。北東麓、南西麓には火砕流、土石流の堆積面が広がる (Fig. 6)。

この火山は Arenal 地帯の北西端に位置し、山体の一部は断層崖で切られている。火砕流は溶岩流より噴出したもので、山頂から10km前後流下している。既存の溶岩流の

凹凸を埋めきるほど大規模なものではなく、成層火山形成初期の溶岩ドーム崩壊型火砕流である可能性が高い。

以上火砕流・溶岩ドームの存在から Tenorio 火山は第4期まで発達した後期型成層火山 (A2 型) と考えられる。

#### 9) Tierras Morenas 火山

Tenorio 火山の南南東に相接して、Tierras Morenas 火山 (仮称) がある。従来この火山体は無名であったので、火山体南西中腹にある町の名をとって名づけた。山頂に径 2km のカルデラがあり、そのカルデラ南東麓、北麓に沿って新たに形成された 3 個の小型溶岩丘が並ぶ。この火山の最高峰は Jilcuero 溶岩丘 (標高 1221m) である。山頂カルデラは火口原を流れる河川名をとって San Lorenzo カルデラと仮称する。外輪山は古く、かなり侵食が進んでいるが、溶岩流を主体として形成されたと推定される。Arenal 地溝内に噴出したため、東西両斜面は段層崖で切られている。南西麓には広い緩斜面が広がり、火砕流・土石流が流下したことを示すが、その上に流石山が多く存在し、岩屑などが発生したことを物語っている (Fig. 6)。小カルデラ、また、そこから噴出したと考えられる火砕流・溶岩ドームの存在は、この火山が第4期まで進化した後期型成層火山 (A2 型) であることを示す。

#### 10) Arenal 地溝と古い火山

Arenal 地溝は幅約 12km、長さ 30km、深さ 300m の北西—南東方向に伸びる地溝で、平行して走る 10 余本の正断層で限られている。地溝の両外側は外に傾く。大きく見て数 10 条の溶岩流が、地溝から流出、両外側へ溢流したように見える (Fig. 6)。アイスランドの裂目噴火の溶岩流と類似する。

ただ溶岩流の起伏は大きく玄武岩質ではなく安山岩質と考えられる。地溝内では溶岩はブロックに破碎され、不規則な径 1km 前後の丘が多数認められる。

#### 11) Arenal 火山

Arenal 地溝の南東端に噴出した標高 1633m、比高 1200m、径 8km の典型的な円錐形成層火山で、コスタリカ富士ともいうべき、美しい姿を示している。山頂火口から常時溶岩を流出、溶岩流の末端がしばしば崩壊、火砕流となって流下することも観察される。溶岩流、火砕流の微地形がよく観察される。山麓にはブルカノ噴火による灰黒色火山礫層が厚く堆積している。東麓には径 25 km、比高 400m の Chato 火砕丘があり、爆裂火口 (径 600m) 内には火口湖が存在する (Fig. 7)。Arenal 火山は誕生して間もない第 1 期の発達段階にある前期型成層火山 (A1 型) である。

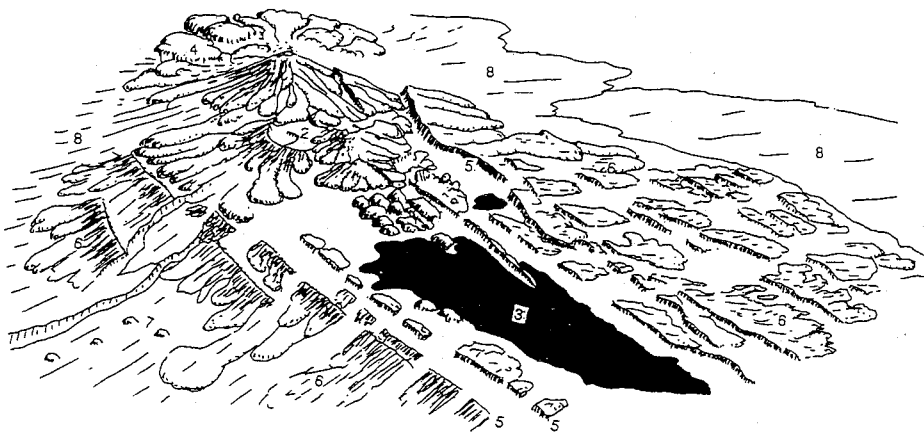


Fig.6 Sketch of Tenorio(1) and Tierras Morenas(2)volcanoes and Arenal graben(3) from the south.  
4.Lava domes 5.normal faults 6.Older volcanoes 7.Hummocky hills(Debris avalanche surface)  
8.Debris flow surfaces



## 12) Planatar (Pelon) 火山

5 個の成層火山と 1 個のカルデラ火山が複合したもので最高峰は Pelon 峰 (2320m) である。南北 30km にわたる一線上に火道が並ぶ大型複合火山体で、南北 60km、東西 20km、標高 2320m の規模を持つ。北麓は火山麓扇状地が海岸まで伸びる一方、南麓は標高 700m の高原、西麓は標高 600-1300 m の山地、東麓は Poas 火山列に限られている。南部には山頂カルデラを持つ成層火山が 1 個とカルデラ火山が 1 個重なるように相接している。最南端の山頂カルデラを持つ成層火山は南麓の都市 Naranjo の名をとって Naranjo 火山と呼ぶ。山頂に径 3km、深さ 50m 前後のカルデラがあり、Toro 川が北東カルデラ壁を破って流出している。カルデラ床はこの河の浸食で半分ほど消失している。中央火口丘は形成されなかったらしい。このカルデラは Rio Toro カルデラと呼ぶ。外輪山は斜面はカルデラの西へ南に発達するが浸食が進み、放射状の尾根が当時の原形を示しているに過ぎない。上部の急斜面は溶岩流あるいはそれと互層する火砕物からなると考えられる。下部は徐々に緩くなり、火砕流、土石流からなると考えられるが、地形からは明瞭に区別できない。分布面積は  $7 \times 12 \text{ km}^2$ 、比高約 1000m である。径 3 km のカルデラの形成時には  $1 \text{ km}^3$  の体積の軽石が放出されたと考えられるが、地形からはよく分からない。

Rio Toro カルデラの北西に相接して径 5-6km、深さ 50m 前後のカルデラがある。平坦なカルデラ床がまた残るが、半分以上の面積が数本の河川に刻まれ、深さ 50-100m の谷になっている。そのうちの最大の河川 Rio Tapasco の名をとって、Tapasco カルデラと呼ぶ。カルデラ内には中央火口丘は形成されていない。カルデラの西側は浸食され、カルデラ壁は消失している。外輪山は東側のみ発達、浸食作用を受けているが、原斜面は一部残されている。不明瞭ではあるが火砕流台地と考えられる。この外輪山斜面を切つて長さ 6km、比高 50-100m の東落ちの断層崖が 2 本、北北西-南南東方向にのびている。

2 個のカルデラの北には溶岩流を主体とする南北にのびる成層火山があるが、その中心山頂間に南北にのびる幅 3km、長さ 10km、深さ 500-600m の地溝状の凹地あるいは谷があり、その急崖に沿って西側に 3 個、東側に 2 個、計 5 個の成層火山体が形成され、これら全体が増徴した 2 個のカルデラを含め、Platanar 火山体をつくっている。

この地溝状凹地は単なる浸食、あるいは山体大崩壊によって形成された馬蹄形カルデラではなく、東に平行して走る断層崖、北麓に南北に並ぶスコリア丘などの小型単成火山の存在、東隣りの Poas, Barva 両火山が南北の火道の配

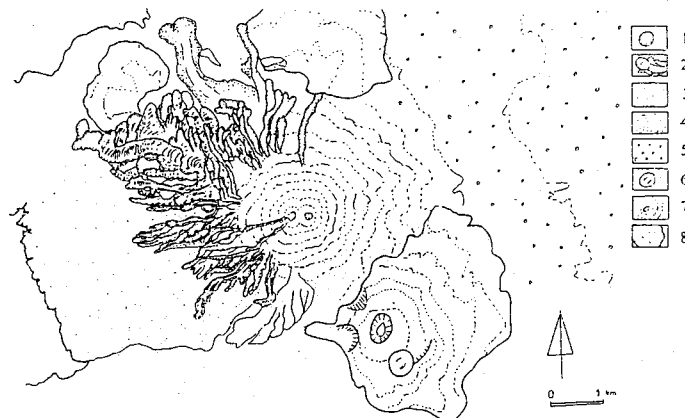


Fig. 7 Geomorphological map of Arenal volcano, Costa Rica  
 1. Crater walls 2. Andesite lava flows 3. Pyroclastic flow surfaces 4. Slope of main cone  
 5. Debris flow fan 6. Scoria cone 7. Slope of Chato cone 8. Basements

列を持つ複合火山であることを考え合わせると、この火山体下に南北にのびるマグマの通路すなわち割れ目の存在を示すものと推定される。5個の成層火山がいずれもこの急崖の上に火道を持ち、流出した溶岩流は両側で流下していることも、この考えを裏付ける。

この地帯で沿って噴出した5個の火山の地形的特徴について略述する。地溝西側を限る崖の北部に噴出したPlatanar火山は、標高2183m、径8-9km、比高300-500mの溶岩流を主体とする成層火山で、山頂で径600mの爆裂火口を持つ。火山体表面に見られる溶岩流は、長さ5-10km、幅300-500m、厚さ50m前後のものが多く、50本以上に達し、その大部分は安山岩質と考えられる。北麓に長く流下しているが、東の地帯内にも数本の溶岩が流入している。

Porvenir火山(標高2260m)はPlatanar火山のすぐ南に接して噴出した溶岩流を主とする成層火山で、山頂に2個の大小の爆裂火口が重なって存在し、最近の活動を物語る。一部の溶岩は地帯内に流入しているが、大部分は西に流下、8-10kmの距離にまで達している。いずれも幅200-400m、厚さ50m程度の溶岩流である。

Pelon火山は標高が2320mあり、この複合火山の最高峰をなす。前二者と同様に安山岩質と思われる厚さ50m前後の溶岩流を主体として形成されている。東に断層崖、カルデラ壁に切られているが、西にその斜面は発達している。

Chococuela火山(標高1939m)は山頂で径2kmのカルデラを持つ溶岩流を主体とした成層火山である。カルデラは新たな噴出物によって埋められ、その一部は東に溢流している。カルデラの西に四半分は中央溶岩丘の頂部とともに地溝の東を限る急崖で断ち切れ、消失している。この火山体の北麓には火砕流、土石流堆積物からなると見られる緩斜面が広がる。その上にはスコリア丘が二列南北に並んでいる。スコリアはかなり風化していること、火口など原形が失われていることから、その形成年代は10万年以上前と考えられる。

南北麓には流れ山が多数認められ、この火山の成長の過程で複数回の山体大崩壊、岩屑なたれが発生したことが明

らかであるが、その年代、発生場所の詳細は不明である。この火山の構造は複雑で、初期に玄武岩質の成層火山が形成されたかは分からないが、火砕流の噴出、カルデラの形成、岩屑なたれの発生を経て、溶岩流出、溶岩ドームの形成に至っている(Fig. 8)。個々の火山体に細分した場合、それぞれ多様であるが、全体を1個のPlatanar火山とみた場合は第4期まで発達した後期型成層火山(A2型)と判定される。

### 13) Poas 火山

Poas火山は南北60km、北西15kmの平面形を持ち、長さ20kmの南北一線と並ぶ6個の爆裂火口が示す火道がつくった4個の成層火山体が接合した複合火山である(Fig. 8)。南北麓には各々10-20kmの長さの火山麓扇状地が広がり、その中に流れ山も認められることから、成層火山体の大崩壊が起こったことが分かるが、対応する馬蹄形凹地は新たな成層火山の成長により埋積され不明になっている。

Poas火山体の主峰は複合火山体の最南端を占め、2708mの標高を持つ。山体頂部には径5kmのカルデラが生じたが、浸食や新たな中央火口丘の成長で外輪山のかなりの部分が失われ、火口原はその南西にわずかな平地を残しているに過ぎない。

外輪山斜面は深さ100mを超える放射谷が無数に発達。火山原面の地形を推定することは難しいが、尾根の傾斜から山腹には山頂カルデラ形成時に噴出したかなりの規模の火砕流が堆積、比較的緩やかな斜面をつくっていたらしいこと、外輪山上部は急傾斜で、溶岩流の累積で成層火山体の主峰が形成されたらしいことを示している。山頂カルデラの中央部からやや南西よりに溶岩丘が中央火口丘として形成されたが、そこから外輪山を越えて15本前後の溶岩流が流出している。溶岩丘の頂部には径700m、深さ100mの円形の爆裂火口が開き、Poas湖が存在する。この頂部は溶岩ドームの形態を持つ。山頂カルデラの北西部は浸食あるいは爆発による馬蹄形凹地による形成で深く刻まれ、



Fig.8 Bird's-eye view of Poas and Platanar volcanoes from the north.

- 1.Debris avalanche surfaces 2.Debris flow surfaces 3.Rio Cuarto maar 4.Hule maar 5.Cerro Congo volcano 6.Poas volcano 7.Poas caldera 8.Pyroclastic flow surfaces 9.Toro caldera 10.Tapasco caldera 11.Pelon lava dome 12.Porvenir lava dome 13.Platanar lava cone 14.Chocosuela volcano 15.Viojo lava dome 16.Scoria cones 17.Aguas Zarcas 18.Alajuela 19.Grecia 20.Naranjo 21.San Ramon

失われたが、その凹地を埋めて新たに溶岩が流出、東西両斜面に流下した。その火道は Poas 火口が形成されている。

この火口底には硫黄分を含んだ強酸性の空色の湖水をたたえた火口湖が存在、噴気が各所から上がっており、近年（1992-93年）もしばしば水蒸気噴火を行い、1952-57年噴火では溶岩流や火砕流も放出している（Sinkin and Siebert, 1993）。周辺の斜面には、黄白色に変質した火山灰薄層が土壌層にはさまれて縞状に露出し、過去にも繰

り返し、同様の強酸性火口湖内で水蒸気噴火が発生したことを物語る。

北山腹には2個の中型成層火山体が南北に並ぶ。南の火山体は無数の溶岩流を流出させた安山岩質の成層火山であるが、北の火山体（Congo 火山、標高 2014m）はより平滑な斜面からなり薄い溶岩流、火砕物の互層からなる火山体に見える。山麓の線斜面とも連続的で、富士山のような典型的な円錐形成層火山であったと考えられる。ただ山頂に爆裂火口が浸食で拡大したらしい2個の深い谷がその山

容を崩している。このCongo火山の北麓で径2km、深さ100mのマールがある。内径で径500m、比高約200mのスコリア丘、そこから流出した溶岩流が認められる。新鮮な地形を保ち、ここ数1000年以降の活動で生じたものと思われる。この北麓は多分断層崖と思われる比高が100-150mの西北西-東南東方向の崖で限られ、それから北には海岸平野まで、緩やかな火山麓扇状地が広がる。その中に径800~900mのRio Cuarto マールが存在する。

数個の火山体が複合したPoas火山は、個々の火山体が前期型であったり、後期型であったり細部で多様性を持つが、全体を1個の火山と見た場合には、かなりの規模の火砕流の存在から後期型成層火山(A型)と見なされる。

#### 14) Barva火山

南北50km、東西20km、標高2880m、比高の成層火山である(Fig. 9)が、その山頂に東開きの馬蹄形火口、長さ4.5km、幅2.5km、深さ100~150mがある。その西半分は平坦な火口底を残し、径2kmの円形カルデラがあったと考えられ、それが東の馬蹄形凹地が合体したものと推定される。馬蹄形火口の大部分は新たな溶岩錐、溶岩流で埋められている。溶岩流は谷中を10km流下している。山頂から300~500m下の北斜面で径2.5kmの円形火口がある。火口北縁は浸食などで欠けているが平坦な火口底の存在から円形火口で閉じていたことが分かる。その中には2個の火砕丘があり、山頂から流下した2本の溶岩流が通過している。

山頂には径500m以下の小溶岩丘・火砕丘が3個相接して東西に並ぶ。そこから南北に溶岩流が流下している。山頂から流下する溶岩流は幅200-300m、長さ2-5km、末端崖の比高100m前後のものが多く安山岩質と考えられる。その表面は平滑で、火砕物が薄く覆っていると推定される。南麓は火砕流、土石流堆積物から構成されると考えられる緩斜面が7~8kmの長さで広がる。北斜面には南北一線に並ぶ5個の火道から流出した凸凹の少ない玄武岩質と思われる溶岩流が流出、南北にこの似た山体をつくっている。北麓には岩屑なだれ堆積面と考えられる流れ山を残す緩斜

面が認められる。東斜面は深く刻まれ、地形面はほとんど残っていない。

山頂から北東へ10kmにはCacho Negro火山がある。これは5kmの溶岩流を主とした小型成層火山で、山頂に1km強の爆裂火口がある。溶岩流は幅300m前後、長さ2-5km、厚さ50m弱で約20本確認できる。この成層火山の東には火砕流、土石流堆積物からなると考えられる緩斜面が5kmほどの長さで広がる。山頂から7-8km南西にCerro Tibas火山がある。径7-8km、比高500m、標高2179mの角礫の進んだ火山で、山頂には径2~2.5km、深さ300~400mの爆裂火口が拡大した浸食カルデラである。火道を示すスコリア丘、火口などは南北にこのびる18kmの線に16個認められ、Barva火山は20kmほどの南北の磨れ目に沿って噴出したマグマで形成された複合火山である。Cacho NegroとTibas火山はBarva火山に含めず、すぐ東に南北に並ぶ1火山列と見なすことの方がより合理的かもしれない。Barva火山は小カルデラ、火砕流堆積面などの存在から第4期まで進化した後期型の成層火山(A2型)と見なせるが、北斜面に存在する玄武岩質マグマの複合火山体の存在は赤城山とは異なり、日本にはないタイプである。強いて挙げれば西斜面に側火口列が並ぶ鳥海火山、北は横岳から南は羅山まで10余個の成層火山・熔岩ドームが並ぶ八ヶ岳連峰、浅間-鳥帽子火山列などがこれに類している。このような火口列は火山体の下に長さ20km以上の火山列に直交または斜交した地殻の磨れ目の存在を暗示している。

#### 15) Irazu火山

Irazu火山は南北70km、東西25kmのさしわたしをもち、比高2500mの大型成層火山である(Fig. 9)。山頂にはほぼ東西に約10kmの長さにとわって爆裂火口などの火道が一列に並ぶ。中央部には径1.5kmのカルデラがあり、その中に径500、600mの2個の爆裂火口が存在する。そのうち東のDiego de la Hayaとよばれる火口は深さは150~200mあり、その火口底に緑色の湖水が湛えられている。各所に

噴気が見られる。火口壁は降下火山灰、火山礫層が厚い層をなす様子が明瞭に認められ、ブルカノ式噴火が最近継続していることを物語る。これらの層はいくつもの不整合面をもち、過去に噴火と休止とが繰り返されたことを示す。

これらの火口のすぐ西には山頂の稜線から北に向かって4km、東西3.5kmの円形に近い凹地がある。この底は平坦でなく、深さ500-600mの3本の谷と、その間の尾根が南北に走り、浸食カルデラと考えられるが、はじめは円形カルデラで平坦な底面を持っていたものが、浸食作用で深く刻まれた可能性もある。爆裂火口の東にも同様の凹地が北に馬蹄形をなして存在する。西側の凹地は比べやや大きく、幅5km弱、長さ6kmである。深さ約500mの谷が2本あり、その間に谷からの比高300mの尾根がある。したがって馬蹄形ではあるが、山頂大崩壊によって形成されたものではなく、谷の浸食、拡大によると考えられる。北麓の緩斜面上に流れ山が存在しないこともこの考えに調所的である。爆裂火口あるいは円形カルデラであったものが、

浸食拡大した可能性はある。この凹地の南西部の幅広い底を持つ谷は、山頂のスコリア丘から流出した溶岩流が、凹地で流入したことを示していると考えられる。

山頂の南側数100m(水平距離1-2km)の斜面はガリ浸食による細めい“ひだ”が数多く刻まれていて、軟らかい表面物質すなわち最後に降下した火砕物質に覆われていると推定され、山頂爆裂火口壁に見られる堆積物の組成構造と調所的である。中腹、山麓も厚い火砕物が現地調査で観察されるが、その厚さは10m程度と考えられる。地形的に降下火砕物の被覆もかわらず、溶岩流の地形が随所で見られる。この火山は基本的に幅200-500m、長さ5-10km、厚さ50-100mの安山岩質溶岩流とブルカノ噴火で生じた降下火山灰、降下火山礫の互層からなると思われる。

山頂から南麓にかけてほぼ10kmにわたって17個のスコリア丘、ランパート、爆裂火口が一線に並び、そしてそれから流出した玄武岩質溶岩流が線上の小起伏堆積面をつくって、南麓の緩斜面まで到達している。スコリア丘などの地形が新鮮であることから、ここ数万年~数千年の活



Fig.9 Sketch of Irazu(1) and Turrialba(2) volcanoes from the south.  
3.Scoria cones 4.Basalt lava flows 5.Pyroclastic flow surfaces 6.Debris flow surfaces  
7.Andesite lava flows 8.Cartago 9.Praiso 10.Turrialba

あることを示す。大きく見ると溶岩流が集合した地形を持っていて、玄武岩の盛んな流出が起こった初期の成層火山形成期のものと考えられる。

南北麓には火砕流あるいは土石流の流下、堆積で形成されたと考えられる緩斜面が広く存在する。南麓ではこの平坦面上に Cartago, San Jose などの都市が成立している。これらの地域では1963-65年噴火では降灰・土石流による深刻な被害を蒙った(Waldron, 1967)。

#### 16) Turrialba 火山

Irazu 火山のすぐ東に隣接している大型成層火山でその地形もよく似ている。その標高は3329m, 比高約2800m, 南北55km, 東西20kmのさしわたしがある。山麓部から北東にマンゴーフルーツ状の平坦面形を持ち、深さ500mの凹地がえぐられている。その南西端、最も山頂に近い凹地内に5個の爆裂火口が、(径400m以下)が南西、北東方向に重なって並ぶ。その位置から流出した溶岩流が3本、凹地底を埋め、さらに谷を14km下って、北麓の火山麓扇状地まで達している。この溶岩流は谷壁によって規制されることもあるが、400~800mの幅、厚さ50~100mで、安山岩質と考えられる。山頂近い5個の爆裂火口はこの溶岩流の火道にあり、流出と平行して起こった水蒸気爆発またはブルカノ噴火で形成されたと考えられる。マンゴーフ

フルーツ状の凹地は一見山体大崩壊で形成された馬蹄形カルデラに見えるが、山頂から遠去るにつれ開かず逆閉じていること、下流の火山麓扇状地上に流れ山地地形が認められないことから、馬蹄形カルデラではなく、爆裂火口の浸食拡大によるものと思われる。山から南西2.3kmには径300m, 比高50mの2個のスコリア丘が並び、凹地の5個と合わせ、南西-北東方向の4kmの距離の線上に7個の火道が並ぶ。

成層火山体の大部分は溶岩流で覆われている。溶岩流は山頂部の南西-北東方向の約7kmの線上に並ぶ火道から流出し、放射状に斜面を流下した分布を示している。多くの溶岩流は幅300-400m, 長さ5-15km, 厚さ50-100mで安山岩質と考えられる。前述のマンゴーフルーツ状の凹地の他、北、西斜面に3個の深いしゃもじ状の谷(凹地)が存在し、それらに溶岩流が流入、堆積している。この事実、違う年代に流出した溶岩流が似たような地形、性格を持つことを示している。山麓に火砕流あるいは土石流の堆積物が広い火山麓扇状地をつくっている。これらの多くは溶岩流に被覆され、また谷によって深く刻まれ台地化している。この事実、火砕流の噴出、土石流の発生が盛んに行ったのは溶岩流出以前のことであることを示す。

#### IV コスタリカの火山の地形発達とタイプ分類

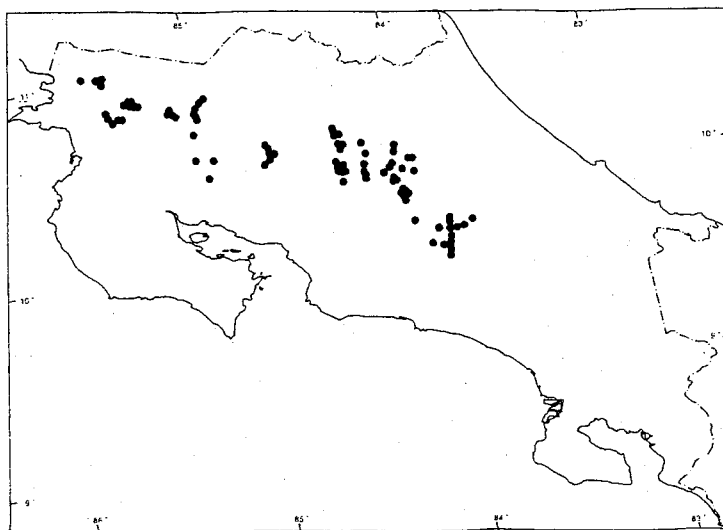


Fig. 10 Distribution of the volcanic vents in Costa Rica.

以上 16 個の火山について地形的特徴をのべたが、それらからコスタリカの火山は次のようにまとめられる。

1) 火山のタイプについては、玄武岩質マグマの活動による熔岩原・小楯状火山は認められず、成層火山が 15 個、カルデラ火山が 1 個という特徴が明瞭で、コスタリカの火山は島弧的性格が非常に強いことを示す。

2) 成層火山は後期型が圧倒的に多く 11 個を数える。前期型とされた 4 火山のうち El Hacha, Cacao の 2 火山は熔岩ドーム火山、後期型成層火山である可能性もあり、確実に前期型といえるのは、Rincon de la Vieja, Arenal の 2 火山のみである。

南東火山列に属する Poas, Irazu などの 5 成層火山はすべて第 3 期、第 4 期の発達段階にある後期型の成層火山である。いずれも南北に 20-30km の長さをもつ火口列がずれ目に沿って噴出した複合火山である (Fig. 10, 11)。

3) Prosser and Carr (1987) はコスタリカの火山列をその中央部にある Arenal 火山と北西部の Cordillera de Guanacaste 火山地域と南東部の Cordillera Central 火山地域とに三分しているが、周辺の地形・火山の特徴から、この火山列の区分は妥当であると考えられる。

南東火山列と北西火山列がほぼ一直線上に並ぶが、その間の Arenal 火山がある中央火山列 (長さ 60-70km) は 20-30km 南西に平行移動したように食い違っている。そ

こでは Arenal 湖がある Arenal 地溝やその周辺の正断層群が存在し、この地域が張力場であることを示す。またここは北のカリブ海底を北東-南西方向に走るトランスフォーム断層の延長線上にある。

4) Platanar, Poas, Barba, Irazu, Turrialba の 5 火山はそれぞれ 10 余個の火道が一線上に並び、それらが複合した楕円形の火山体をつくる。それらの火道はスコリア丘・マール・タフコーン・熔岩ドーム・爆裂火口や熔岩を流出する寄生火山など多様な形態を示す。Platanar, Poas, Barba, Irazu の 4 火山は個々に南北に細長くのびながら、全体的に併接して北西-南東方向の火山列を形成する。ただ最南東端の Turrialba 火山だけが同様の形態を持ちながら東西方向に火道がのびている。

このような火口列の成因については、トランスフォーム断層延長線上の左横ずれ運動と Cocos Ridge の沈み込みが合わさって、断層面に沿って開口割れ目が生じ、そこを通路としてマグマが上昇したと筆者は考えているが、プレートの沈み込みによる南北方向の強度の圧縮力によるとの考えや、Stoiber and Carr (1973) が指摘した沈み込みスラブの断層によるとの考えも否定できない。

5) 標高 3000m 級の Talamanca 山脈の存在とそこが無火山帯であることには Cocos Ridge の存在が大きいと考えられる。この付近では両側の深海底より 1000m 以上高い Cocos

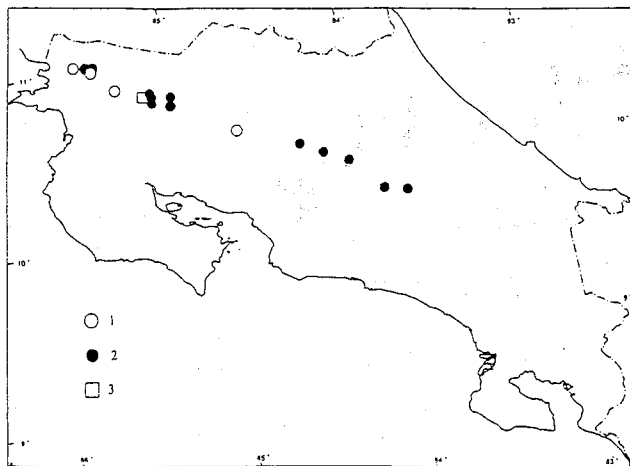


Fig. 11 Distribution of the volcanoes classified by edifice types  
1. Non-evolved stratovolcanoes 2. Evolved stratovolcanoes 3. Caldera volcano

ridge が内弧側に向かって突出しながら沈み込むため、強い圧縮力が働いて山脈を高く支え、マグマを地表に出させないように封をしているのかも知れない。

## V おわりに

コスタリカの第四紀火山の地形・構造・発達についてその特徴を明らかにし、火山体のタイプの分類を行った。それをもとにテクトニクスの関係についても考察を行い、いくつかの知見を得たが、年代値・火山層序など基本的データが不足し、なぜ後期型成層火山が多いか？火山のはいづから形成をはじめたか？など、多くの未解決の問題を残した。今後さらに詳細な調査が必要と考えられる。

## 参考文献

- Bergoeing, J. P. (1978): La fotografia aerea y su aplicacion a la geomorfologia de Costa Rica. Inst. Geogr. Nacion. Costa Rica, 122p.
- Bergoeing, J. P. et al. (1983): Geomorfologia del Pacifico Norte de Costa Rica (Explicacion del mapa geomorfologico 1:100,000). Inst. Geogr. Nacion. y Dept. Geogr., Univ. Costa Rica, 110p.
- Carr, M. J. (1976): Underthrusting and Quaternary faulting in Central America. Geol. Soc. America Bull., 87, 825-829.
- Carr, M. J. and Stoiber, R. E. (1977): Geologic setting of some destructive earthquakes in Central America. Geol. Soc. America Bull., 88, 151-156.
- Castillo, M. R. (1984): Geologia de Costa Rica (Una sinopsis). Editor: Univ. Costa Rica, 188p.
- Drummond, K. J. et al. (1981): Plate-tectonic map of the Circum-Pacific region-northeast quadrant 1:10,000,000 in scale. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources.
- Gonzalez, V. et al. (1989): Catalogo de Temblores. Inst. Investg. Observ. Vulcanol. Sismol. Costa Rica Univ. Nacional Ovsicori-UNA, 143p.
- Kruehensky, R. D. and Scalante, G. (1967): Activity of Irazu and Poas volcanoes, Costa Rica, November 1964-July 1965. Bull. Volcanol., 31, 75-84.
- Melson, W. G. and Saenz, R. (1973): Volume, energy and cyclicity of eruptions of Arenal volcano, Costa Rica. Bull. Volcanol., 37, 416-437.
- Mooser, F., Meyer-Abich, H. and Birney, A. R. (1958): Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatara fields-Pt. VI Central America. Intern. Volcanol. Assoc., 146p.
- 守屋以智雄(1999): 太平洋東西両縁の火山のタイプの比較研究 文部省科研費基盤研究 (C) 成果報告書 38p.
- Oppenheimer, C. (1992): Sulphur eruptions at Volcan Poas, Costa Rica. J. Volcanol. Geotherm. Res., 49, 1-21.
- Pichler, T. H. and Weyl, G. R. (1975): Magmatism and crustal evolution in Costa Rica. Geol. Rundschau, 64, 457-475.
- Prosser, J. T. (1986): Geology and medium term temporal magmatic variation found at the summit region of Poas volcano. Bull. Vulcanol. Hredia, Costa Rica, 15, 21-39.
- Prosser, J. T. and Carr, M. J. (1987): Poas volcano, Costa Rica; Geology of the summit region and spatial and temporal variations amongst the most recent lavas. J. Volcanol. Geotherm. Res., 33, 131-146.
- Rowe Jr., G. L. et al. (1992): Fluid volcano interaction in an active stratovolcano: the crater lake system of Poas volcano, Costa Rica. J. Volcanol. Geotherm. Res., 49, 23-51.
- Simkin, T. and Siebert, L. (1994): Volcanoes of the



world (Second edition). Smithsonian Inst. 349p.  
Stoiber, R. E. and Carr, M. J. (1973): Quaternary  
volcanic and tectonic segmentation of Central  
America. Bull. Volca. nol. ,37, 304-325.

Waldron, H. H. (1967): Debris flow and erosion  
control problems caused by the ash eruptions of  
Irazu volcano, Costa Rica. Geol. Survey bull.  
1241-I, 1-37.