

第1章 火山

日本列島は火山国である(図1-1)。

火山地域は多くが国立公園に指定されている(図1-2)。観光資源と呼んで良い。

雲仙が最初の国立公園指定地であった。

火山は資源の宝庫でもある(金属、水、地熱)。

農業に適した火山灰土壌も資源と言えるだろう。



大谷川から見た日光火山群

火山地域には珍しい地形や温泉も多く、日光のように観光地となっている例が多い。しかし火山体の激しい侵食によって大量の土砂が生産されるため、大谷川は河床礫の多い荒れ川となっている。

人間生活と密接な関係にある

いままでは何の意味もないと思っていた、ふつうの身近な眺めが、実は大地の変動の記録であり、国土の歴史が秘められていることに気が付こう！

火山の分布の規則性に気が付こう！

- ・火山のある地域
- ・火山のない地域

ランダムでない分布には意味がある

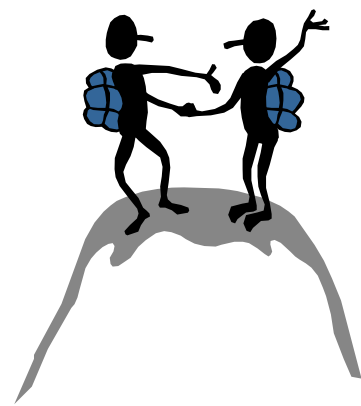


図1-1 日本列島の火山の分布
 学校地図帳では火山をしばしば▲印で表示しているが、この図では火山体を正確に表現するために火山岩の分布を示している。火山は図1-3のプレートとの関係で帯状に分布する。日本列島の多くの火山は、安山岩質・流紋岩質の熔岩を噴出する、爆発する火山である。国土地理院(1990)『新版・日本国勢地図帳』を簡略化。

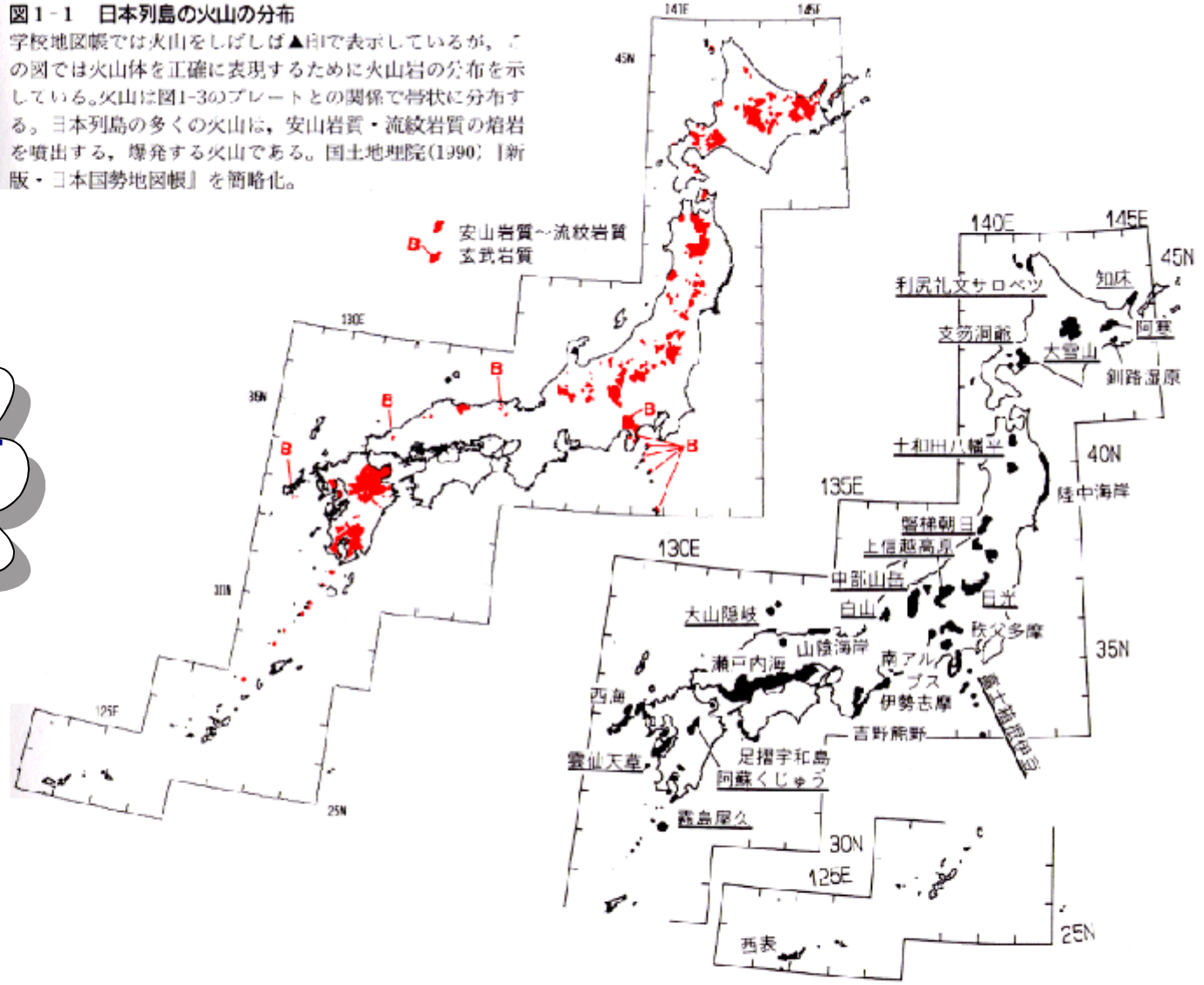


図1-2 日本の国立公園 (1986年現在)
 火山がある国立公園を下線で示した。過半の国立公園が火山地域にあることがわかる。温泉も火山地域に多く、観光地になっている。国土地理院 (1990)『新版・日本国勢地図帳』を簡略化。

火山の分布と国立公園

1.1 火山の自然

- ・日本の火山は大局的には環太平洋火山帯の一部をなす(世界の火山分布)

- ・ここでは、大陸プレートに海洋プレートが押し寄せてくる

プレートテクトニクス

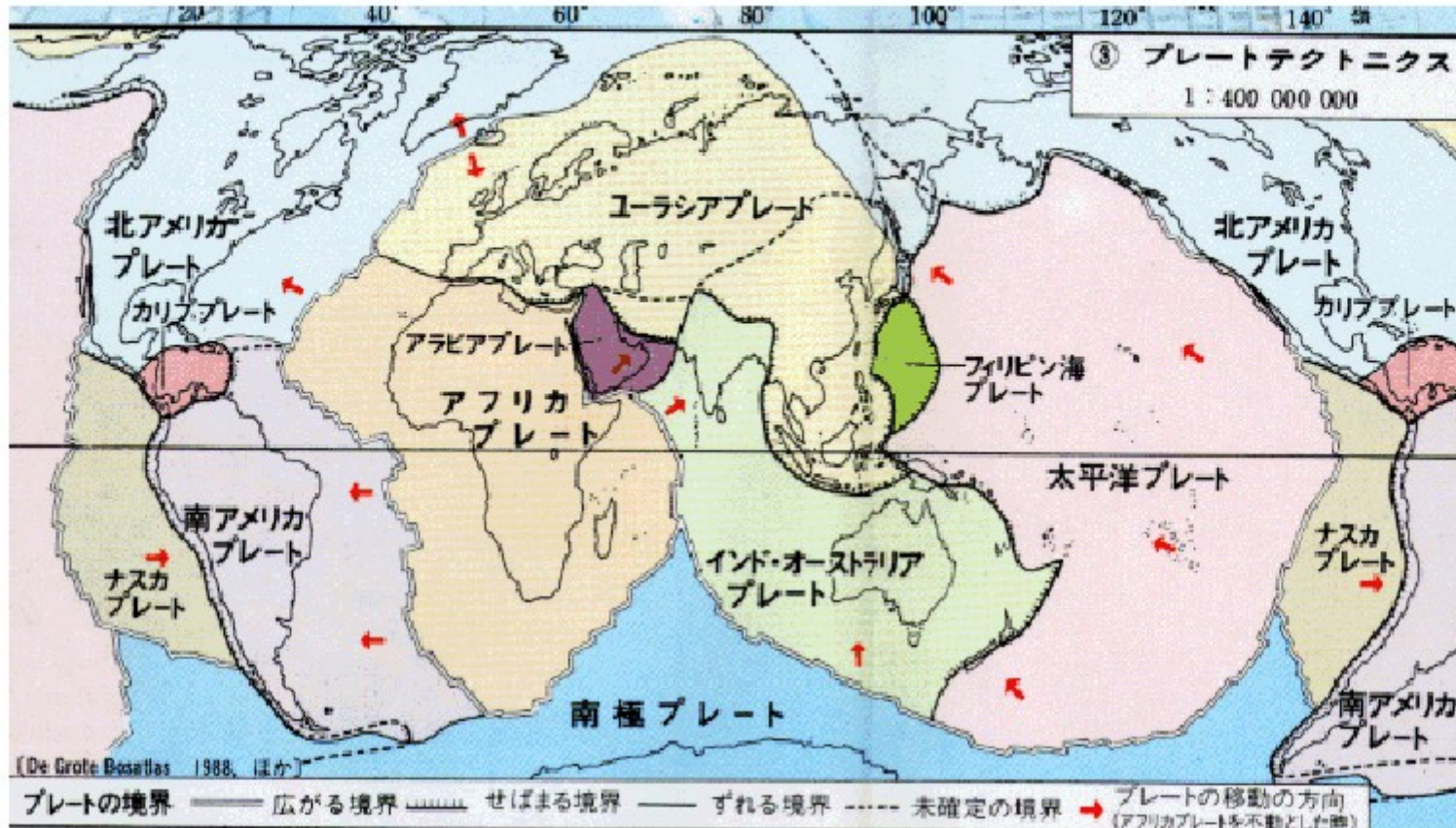
キーワード

- ・日本列島周辺では太平洋プレートとフィリピン海プレートが、ユーラシアプレートと北米プレートの下に低角度で潜り込んでいる(図1-3)

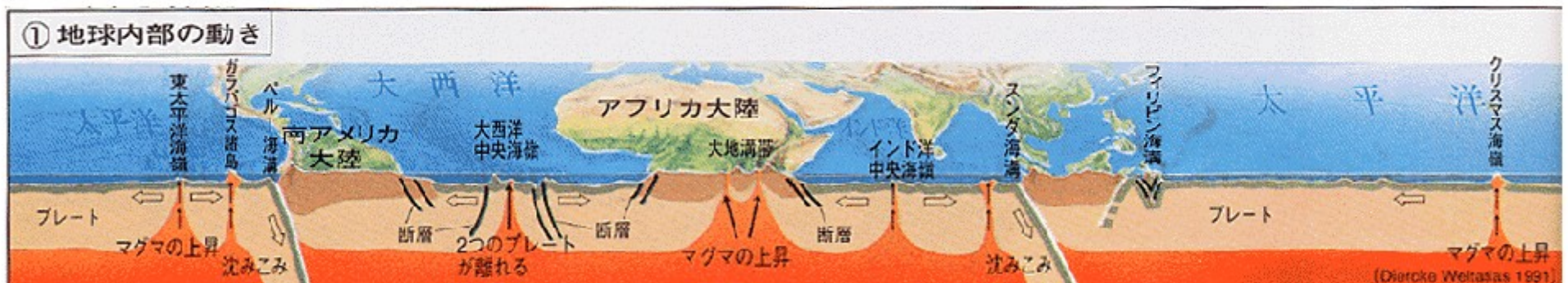
- ・潜り込む場所は海溝あるいはトラフと呼ぶ深海になっている

- ・北米プレートとユーラシアプレートとの境界はフォッサマグナと呼ばれる大陥没帯

- ・フォッサマグナは西南日本と東北日本を分ける



プレートテクトニクス



火山フロント

- ・海溝軸より大陸側では潜り込むプレートの摩擦で地震が多発
- ・潜り込みが深くなると岩石が融解し、火山が噴出

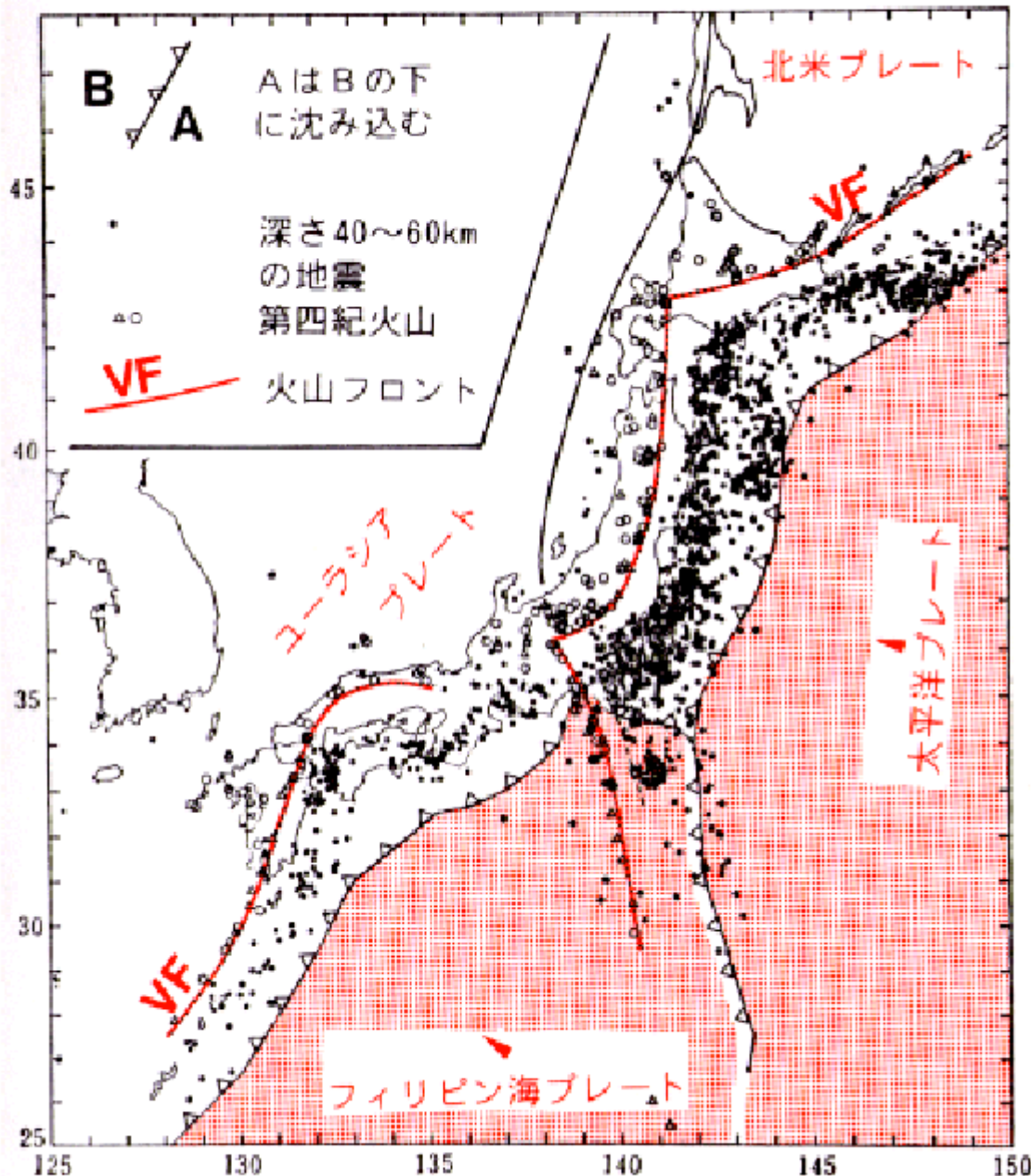
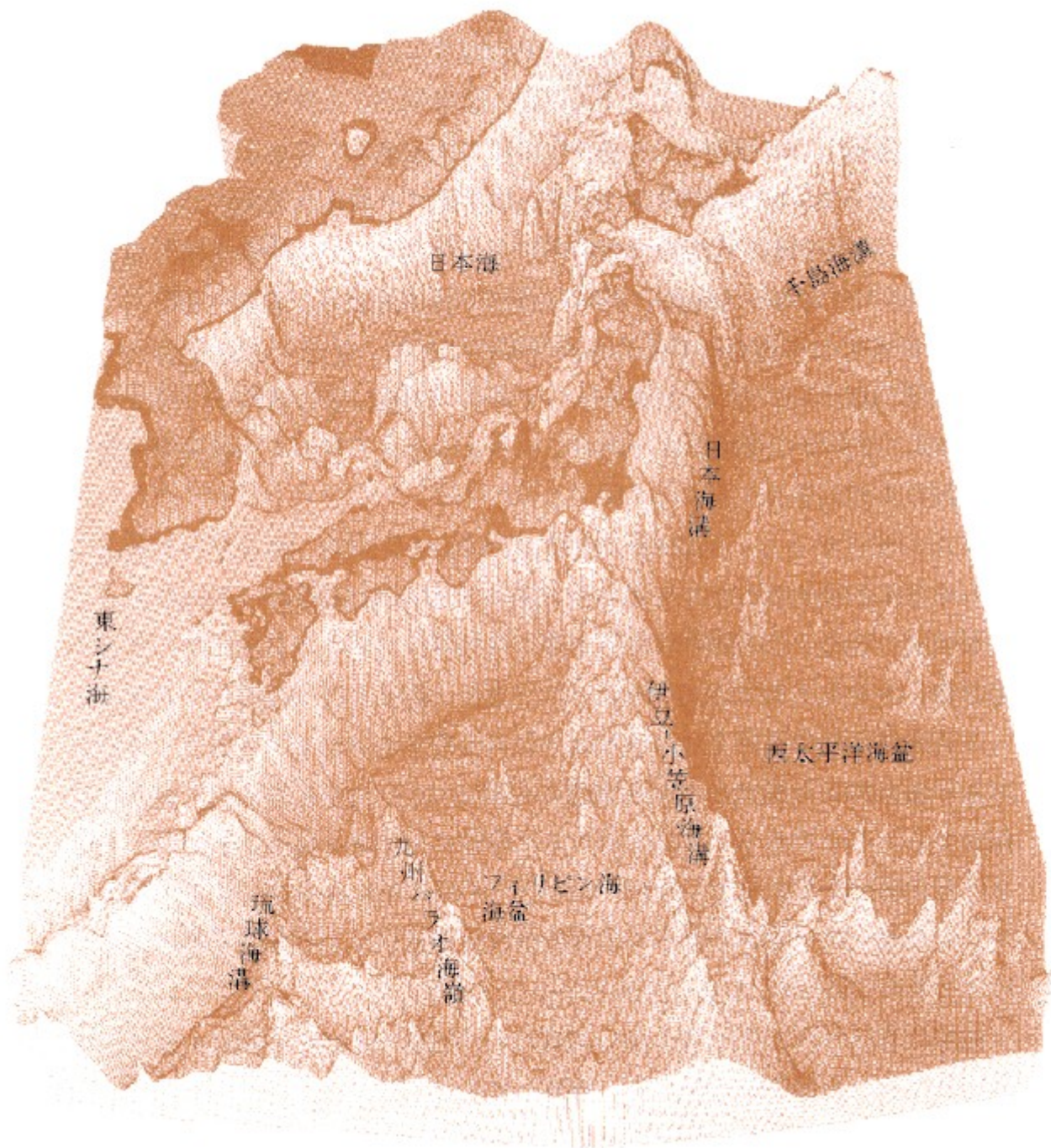


図1-3 日本とその周辺のプレート運動と火山フロント

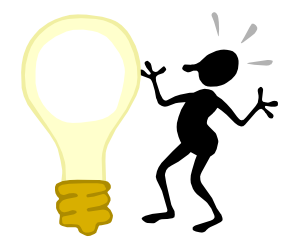
地球表面は、プレートとよぶ巨大な板状の岩盤が、敷石のように多数集合してできている。海洋底は薄い海洋プレートから、大陸は厚い大陸プレートからできていて、相互に水平運動している。これらがぶつかっている日本列島周辺では、海洋プレートが大陸プレートの下に潜り込み、その摩擦で地震が多発する。プレートの潜り込みがある深さに達すると、岩石が溶融してマグマとなり、火山が噴出する。吉井（1978）に加筆。



海水を除いてみた日本
付近の大地形

高さは水平の40倍に誇
張

日本海溝の深さは
10km、すぐ近くの日本
列島には3kmもの高さ
の山地がある。このこと
の意味に気が付こう！





火山は世界の中では限られた地域に分布している。特に東アジア、東南アジア島嶼部は火山が地域の特徴を担っている。

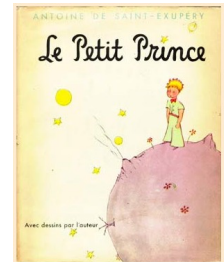
プレートテクトニクスとの関連

・噴火の様式は岩質によって決まる(図1-1)

・**安山岩質・流紋岩質溶岩**は粘性が高く、火口に栓をした状態になりやすい

・火山内部の圧力が高まると爆発的に噴火し、溶岩流の他に火砕流や火山灰を噴出して、突出した火山帯を形成

[典型例] 1990年雲仙普賢岳



レイナル・セチコック社フランス語版カバー

・**玄武岩質溶岩**は粘性が低く、割れ目から吹き出すような穏やかな噴火
・溶岩の平原を形成しやすい

[典型例] ハワイ、キラウエア



・目に見えないが重要な活動に、地下深部で岩の間に貫入したマグマが徐々に冷却して、**花崗岩**や**閃緑岩**を生成する

雲仙火山



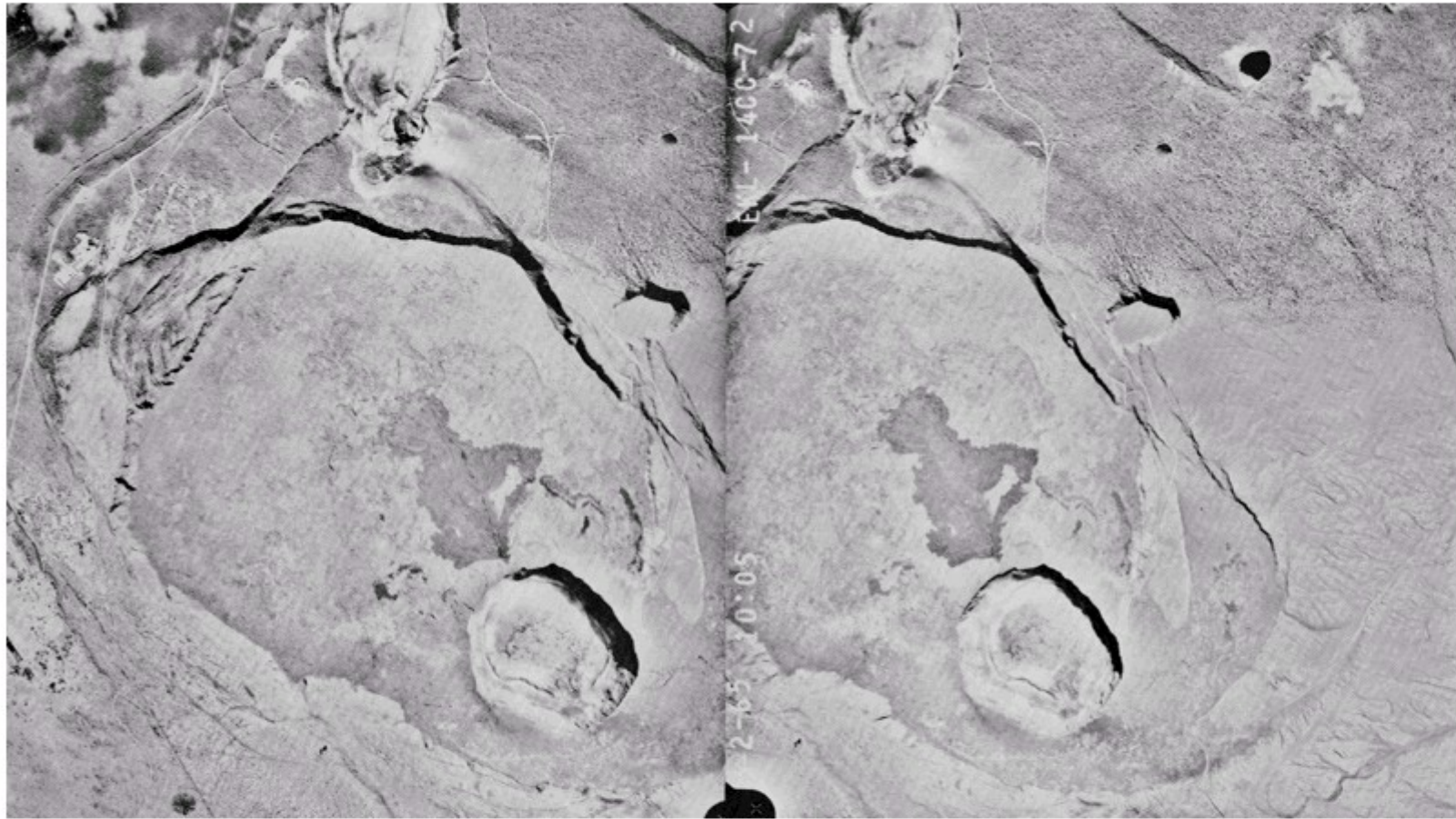
1990年に約200年ぶりに活動が再開した雲仙普賢岳は、翌年5月に頂上に溶岩ドームが出現、その後、ドームの崩壊に伴う火砕流が頻発した。

91年6月3日には火砕流によって43名が犠牲になり、6月30日には大規模な土石流が有明海まで到達した。



ハワイ型盾状火山 キラウエア

数万～数十万年をかけて、深さ5000mの深海底から成長したものの



雲上のマウナロア

1.1.2 火山の一生

・火山には一回の噴火でできる小さな**単成火山**(例:**大室山**)と長期にわたる噴火でできる**複成火山**(例:**富士山**)がある

・円錐火山の一生(図1-5)

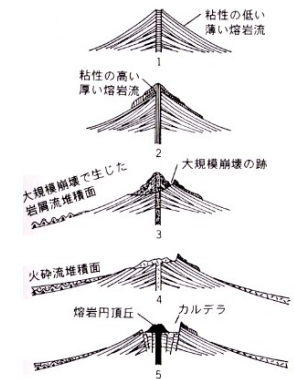
①初期に粘性の低い溶岩を噴出し、円錐形の火山帯が成長
[典型例]富士山、年齢8万年ほどの若い火山

②溶岩の粘性は次第に高くなり、厚い溶岩流が重なった階段状の山腹斜面形成

③火山帯の成長に伴い、しばしば山頂部が大崩壊、山麓に岩屑流堆積面形成

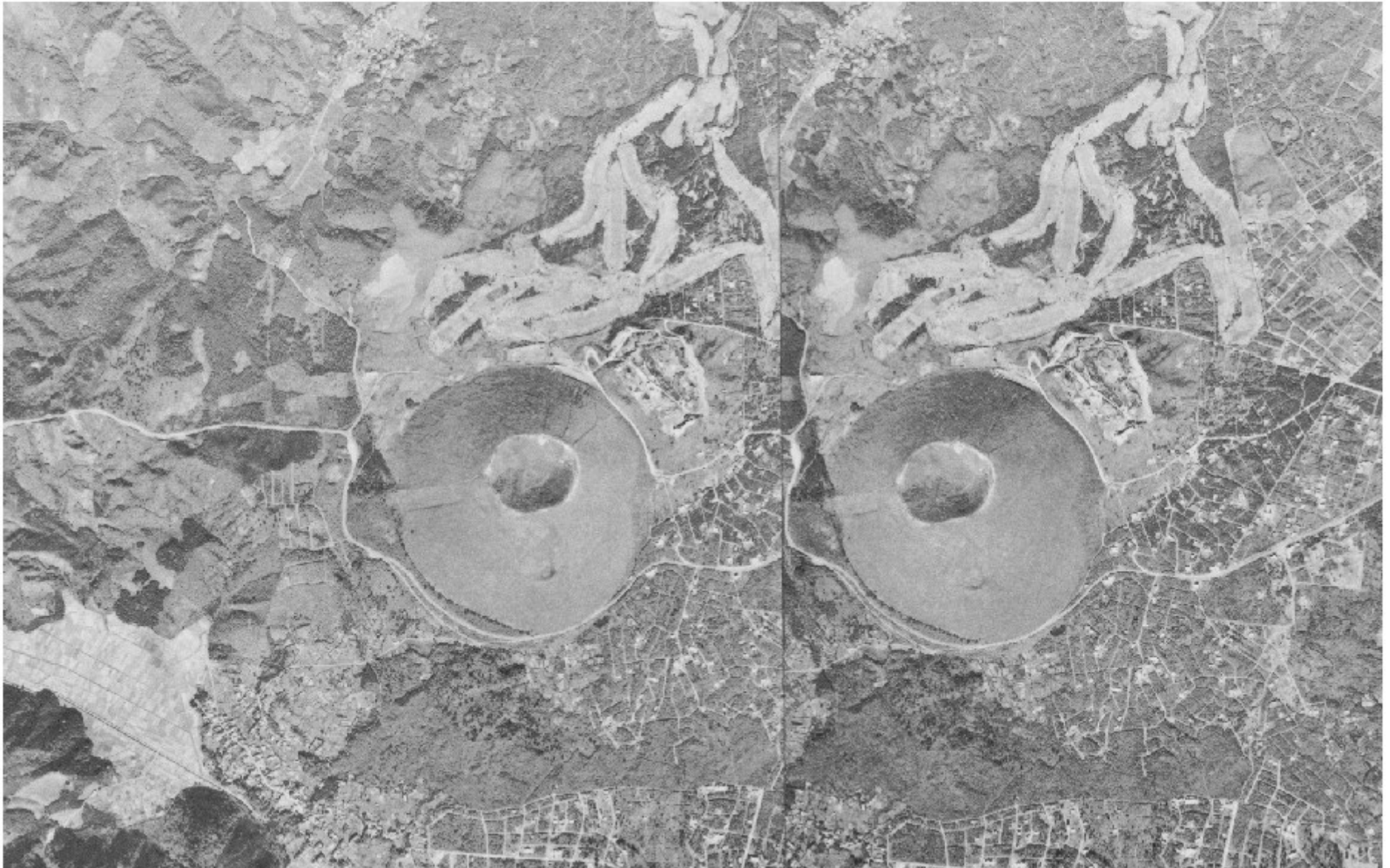
④噴火様式が爆発的になり、多くの火砕流を発生。火山帯の周囲に火砕流台地が形成

⑤大量のマグマを放出し、カルデラ形成、さらに溶岩円頂丘形成
[典型例]箱根火山、推定年齢40万年



単成火山-伊豆大室山- 3万~3千年の間に形成されたスコリア丘

スコリア: 火山碎屑物の一種で、特有の外形を持たず、多孔質の内部構造を持ち、暗い色を呈するもの



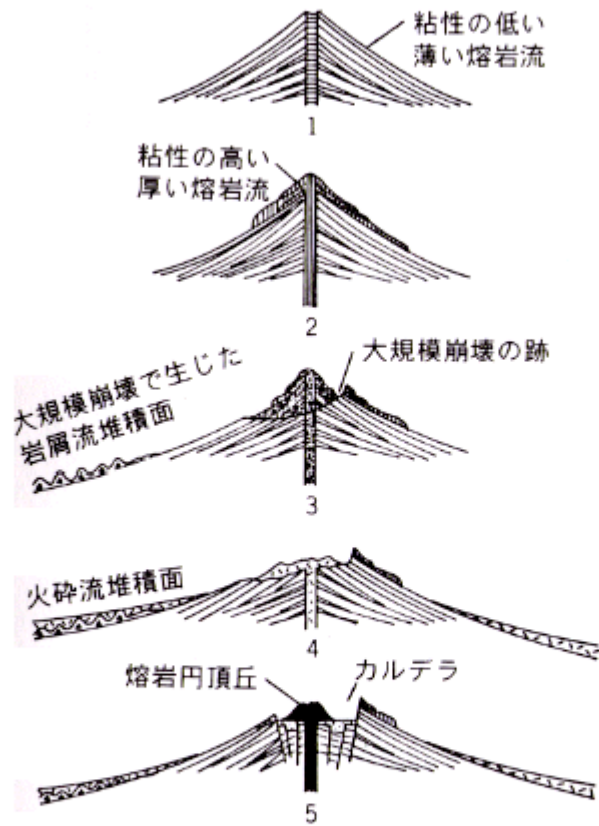


図1-5 円錐火山の発達過程

火山の一生の中では熔岩の岩質が変化していき、それに応じて1～5の順で火山体が発達していく。整った円錐形の富士山は初期段階にあり、カルデラを持つ箱根火山は末期段階にある。守屋（1983）による。

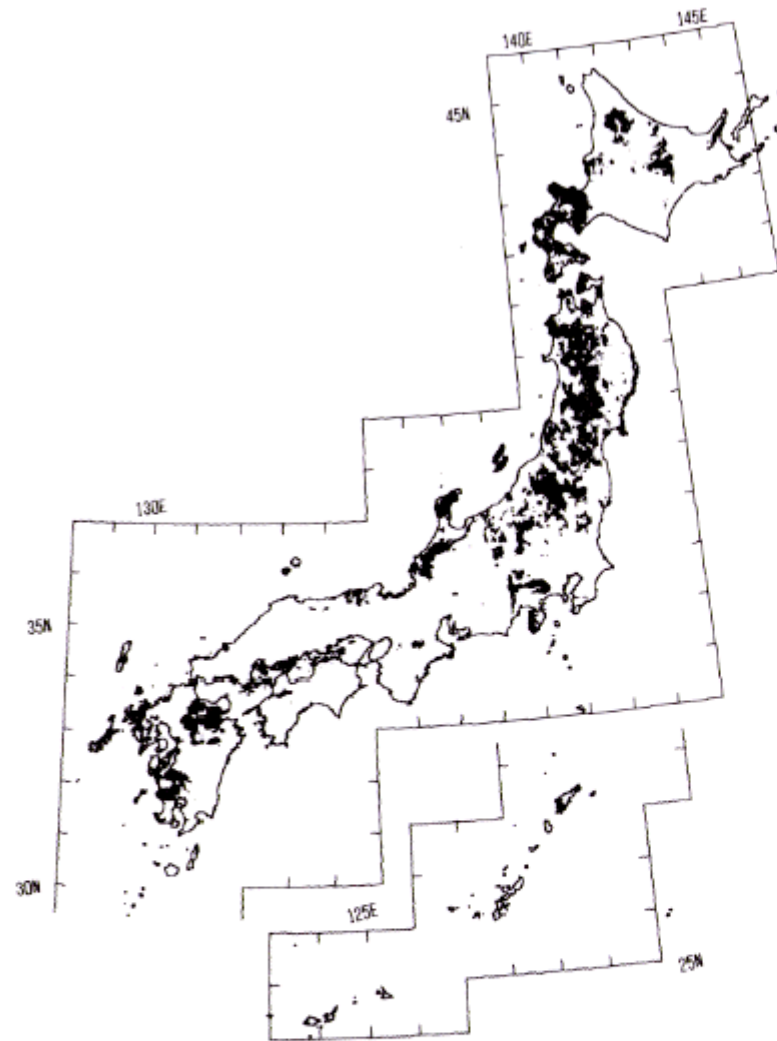


図1-6 第三紀に噴出した火山岩の分布

第三紀、とくに中新世（約2500万～1500万年前）は、日本海の誕生と拡大が起こるという大変動の時代で、現在の火山帯とほぼ平行する広い範囲で激しい火山活動があった。現在ではその噴出物は一部で侵食され、一部で第四紀の堆積物に覆われている。国土地理院発行「国土数値情報」よりコンピュータで作図。



(参考) 年代区分

地層の層序区分に基づいてたてられ、化石に基づいて識別される
古生代約5.7~2.3億年前、中生代約2.3億年~6500万年前

新生代 第四紀 完新世
更新世
第三紀 鮮新世
中新世
漸新世
始新世
暁新世

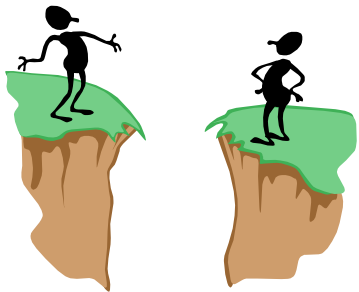
中生代 白亜紀
ジュラ紀
三畳紀
古生代 二畳期
石炭紀
デボン紀
シルル紀
オルドビス紀
カンブリア紀

ほ乳類の時代
被子植物の出現
恐竜類全盛、鳥類出現
は虫類の全盛期
両生類時代、裸子植物
両生類時代、シダ植物
陸上の動植物の繁栄始まり、魚類時代
陸上に植物進出

無脊椎海生動物の時代

- ・火山活動が終息すると、火山帯は急速に侵食
- ・数10万年で断片的な溶岩や、火砕流堆積物が存在するだけとなる
- ・日本では第三紀～第四紀前半(数千万年前～100万年前)の古い火山が広く分布する(図1-6)

[典型例] 妙義山



1.1.3 大カルデラ火山

- ・九州南部には大カルデラ火山が南北に列をなしている(図1-7)
- ・その発達過程は円錐火山とは異なり、始めから大規模火砕流を噴出して大カルデラを形成した

[始良カルデラ]

- ・約22000年前の大噴火で形成
- ・地表では1000°Cの高温の火砕流が噴出し、南九州を埋め尽くした(図1-8: 入戸火砕流)
- ・その体積は150km³(1500億m³)
- ・マグマに含まれる水蒸気等の圧縮されたガスは地上に噴出すると発泡し、ガラス質の軽石を生成、すべての動植物を焼き尽くす...

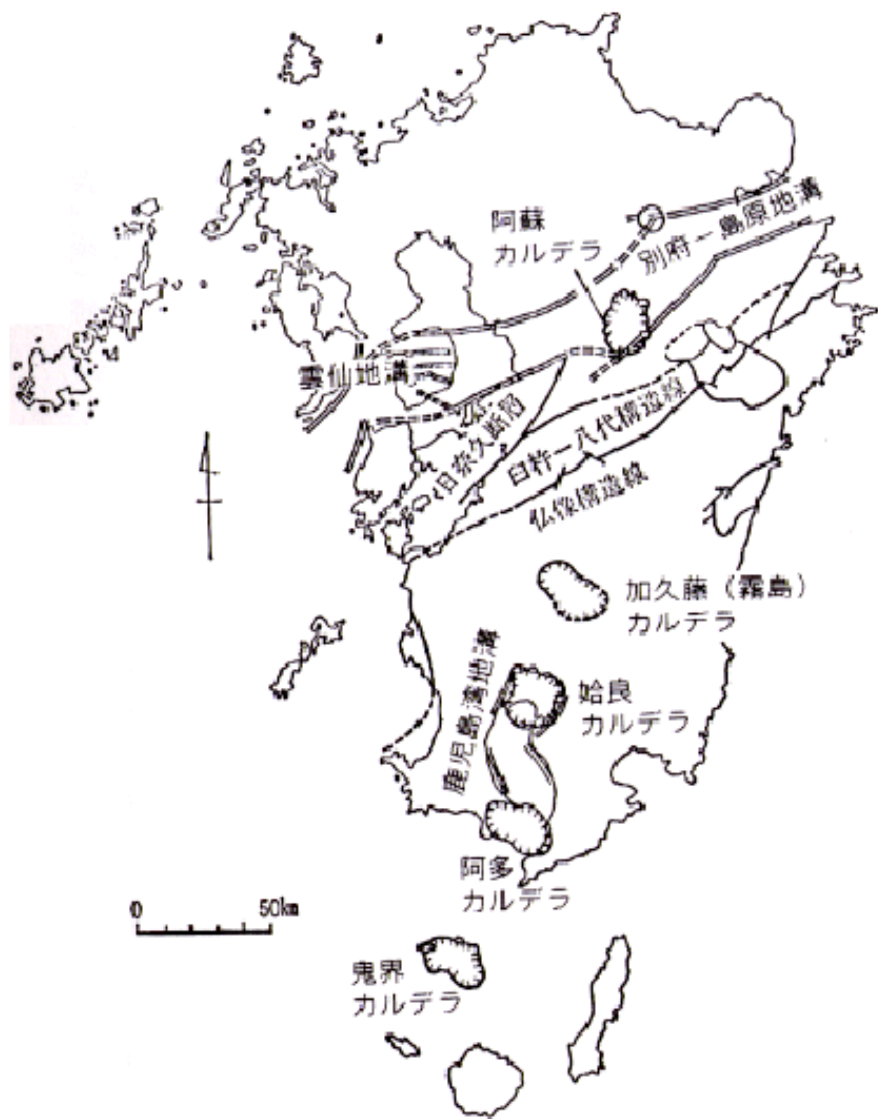


図1-7 九州の大カルデラ火山と別府-壱原地溝
九州中南部には南北に列をなして大カルデラ火山があり、これらはいずれも想像を絶する巨大噴火によって形成された。松本(1981)を簡略化。

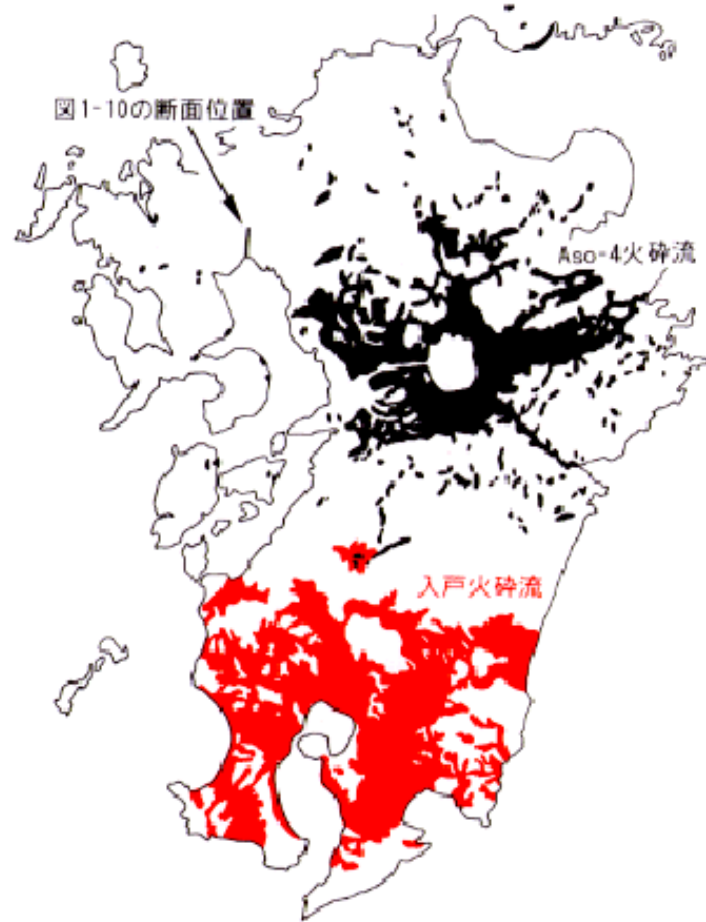


図1-8 九州における大規模火砕流堆積物の分布
阿蘇、始良の大カルデラ火山の周辺には火砕流堆積物が広大に分布し、過去の巨大噴火の激しさを示している。いわゆるシラス台地は、主に入戸火砕流堆積物を指す地方名称で、脆い軽石からできている。小野(1984)、Aramaki(1984)による。

- ・火口からは成層圏に達するほどの巨大な噴煙柱を立ち上げ、偏西風に乗って東に吹き流され、日本列島とその周辺では火山灰が降り注いだ

[テフロクロロジーの発達] (図1-9)

- ・テフラの堆積面は同一の時間面である。

[全球的な寒冷化]

大噴煙は寒冷化を引き起こしたかもしれない。1991年のフィリピン、ピナツボ火山の噴火ではその後全球的に気温が下がった

- ・シラス台地はこの時に形成された火山灰台地

- ・桜島は約1万年前から始良カルデラ内で活動を開始し、現在も活動中

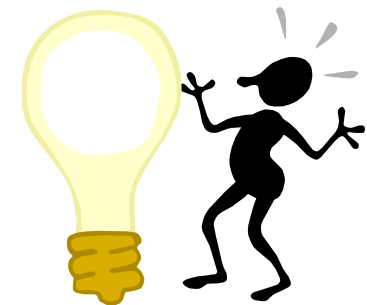


[阿蘇カルデラ]

- ・約7万年前に形成
- ・大規模なAso-4火砕流を放出、その堆積物は100km離れた築紫平野で厚さ10mに達する(図1-10)

[別府－島原地溝帯](図1-7)

- ・九州が南北に引っ張られてできた裂け目
- ・別府から雲仙にかけての火山はこの割れ目にマグマが噴出したもの
- ・現在も拡大中(図1-11)

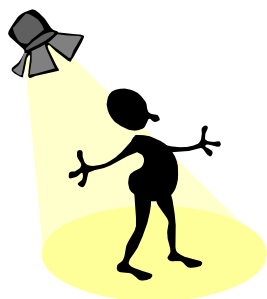


[鬼界カルデラ]

- ・6300年前に形成
- ・周囲では幸屋火砕流、広域火山灰では**鬼界アカホヤ火山灰**(K-Ah)が噴出
- ・この噴火で南九州にあった寒ノ神(せのかん)式土器文化が滅び、北九州から轟式・曾畑式土器文化持つ人々が移住してくるまで、無人化した

[その他の歴史時代の火砕流]

- ・1783年浅間山鎌原村の被災
- ・群馬県子持村付近で6世紀の榛名山噴火による被災。農耕集落や馬の蹄跡が出土



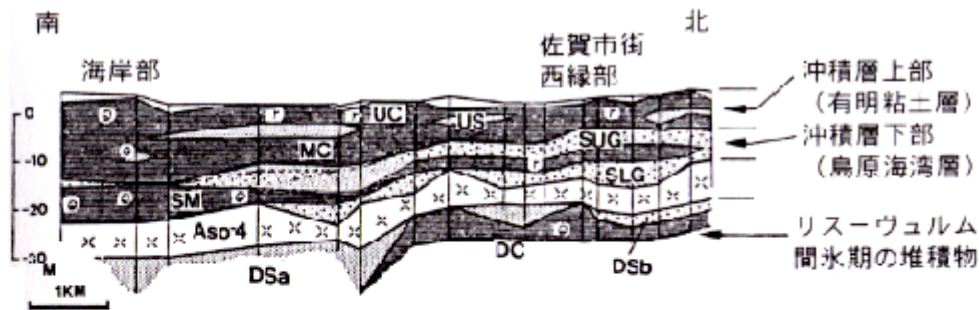


図1-10 筑紫平野地下の Aso-4火砕流堆積物

ボーリング・データから解明された、平野中央部から海岸部にかけての縦断方向の地層断面で、その位置は図1-8に示した。Aso-4火砕流堆積物は最大10mもの層厚を持つ。この層は固く締まっているので、軟弱な有明粘土層に覆われた筑紫平野では建築物の支持層にされている。下位のDC, DSa, DSbはリソ-ヴェルム間氷期の堆積物で、沈降運動によって地下深く埋没している(→4.3.1)。杉谷(1983)による。

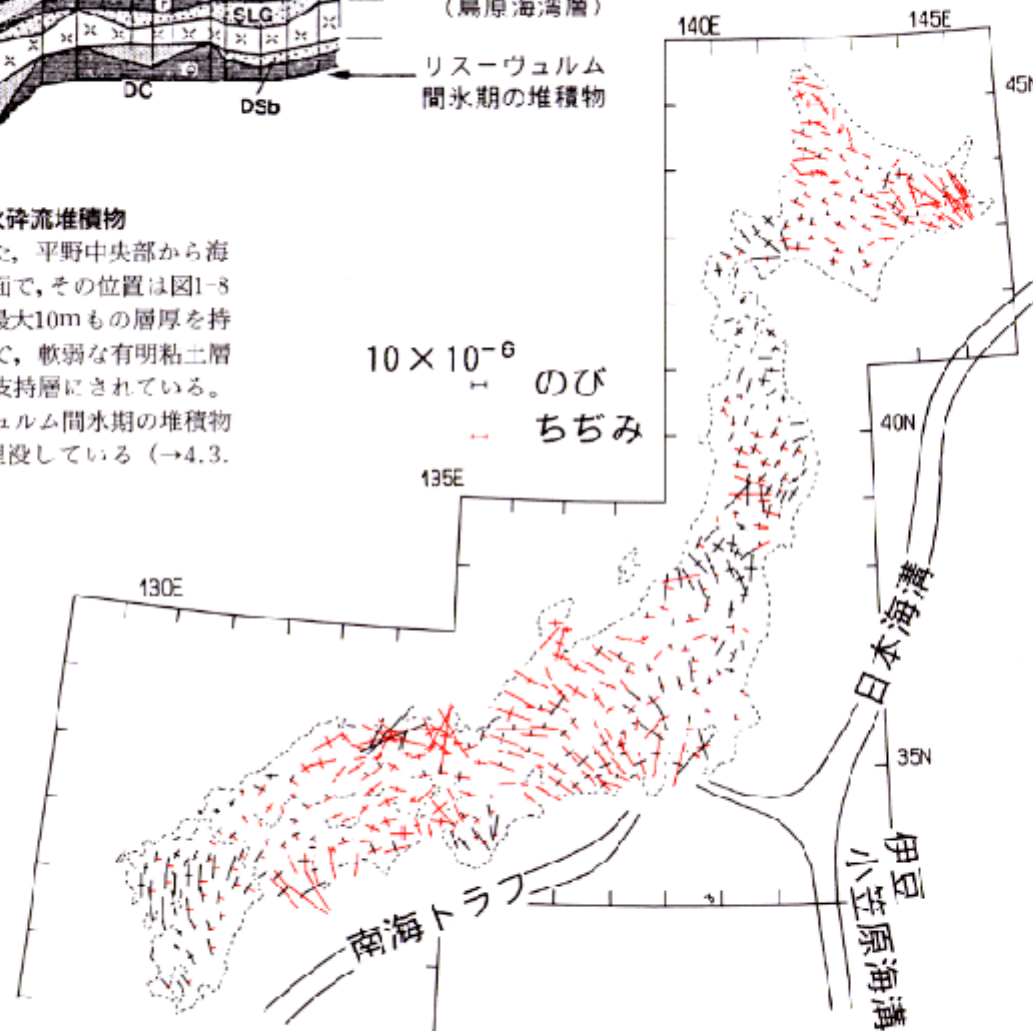
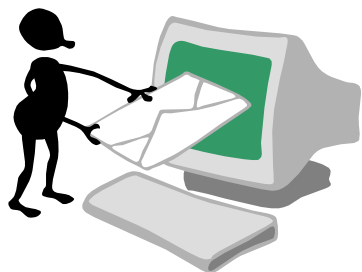


図1-11 1883~1985年間の日本列島の水平ひずみ

精密三角測量の結果によれば、日本列島は現在も変形を続けており、海洋プレートが押し寄せてくる方向に縮み、それに直交する方向に伸びている。九州中部は南北に引き裂かれて地溝を形成している。国土地理院(1990)『新版・日本国勢地図帳』を簡略化。



1.1.4 富士・伊豆の火山

- ・富士山から伊豆諸島の火山は粘性が低い玄武岩質の溶岩を噴出する火山
- ・よって、始良火山のような激しい噴火は起こらない

[1986年伊豆大島三原山噴火]

- ・割れ目噴火が観察

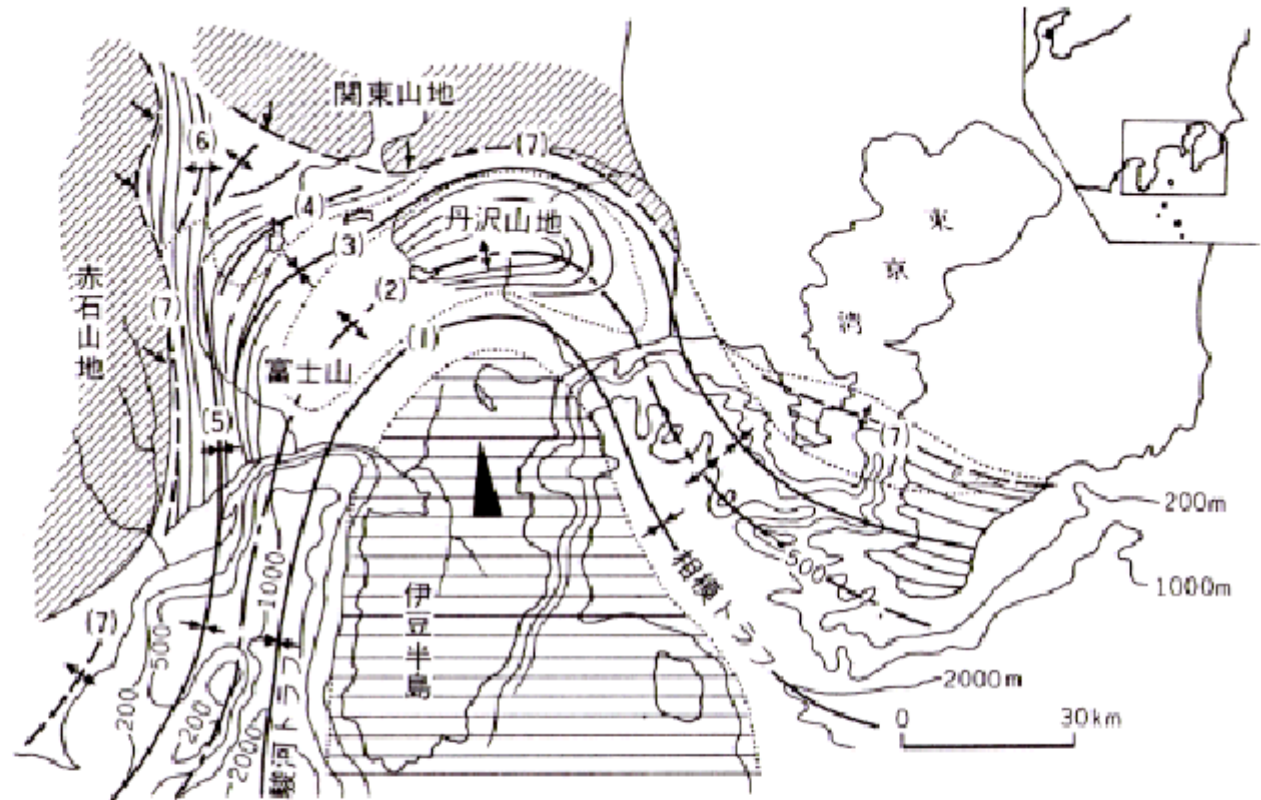
[なぜ富士山が形成されたか]

- ・北米、ユーラシア、フィリピン海の3枚のプレートが富士山の位置で会合して、地質的な弱点(割れ目)をなした
- ・しかも、そこを火山フロントが横断
- ・このような特異点は世界でここしかない



図1-12 フィリピン海プレートの衝突と周囲の山地の隆起

フィリピン海プレートの衝突によって、周囲の山地が隆起しつづけている。三浦半島や房総半島南部もその隆起帯の一部である（→4.3.1）。富士山は、プレート境界と火山フロントが重なる位置に噴出している。1923年の関東大地震は、東側のプレート境界である相模トラフでの断層運動で発生した。松田（1984）による。



[伊豆半島の起源、丹沢山地の成因]

- ・伊豆半島はフィリピン海プレートに乗って運ばれてきた火山島が約200万年前に本州に衝突してできた
- ・そのため、本州側が圧縮され、丹沢山地が隆起してできた

[相模トラフ]

- ・公称は相模舟状海盆
- ・相模湾西部から南東へ伊豆大島の東側にいたり、東南東へ向きを変えて日本海溝と伊豆小笠原海溝の合するところへいたる海底の凹地。
- ・この海盆を境にフィリピン海プレート北東端が北西へ潜り込み、その低角右づれ逆断層の運動に伴って関東地震、元禄地震などが生じたと考えられる。

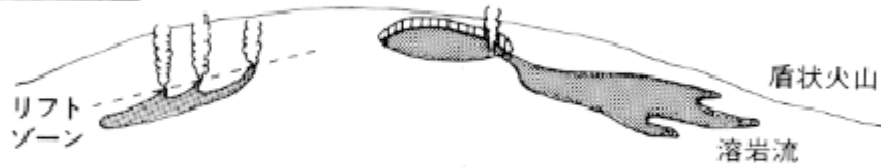
[駿河トラフ]

- ・公称は駿河舟状海盆
- ・駿河湾頭から富士山の下を経て酒匂川にいたる地帯は駿河トラフと相模トラフを結ぶフィリピン海プレートの境界と見なされる

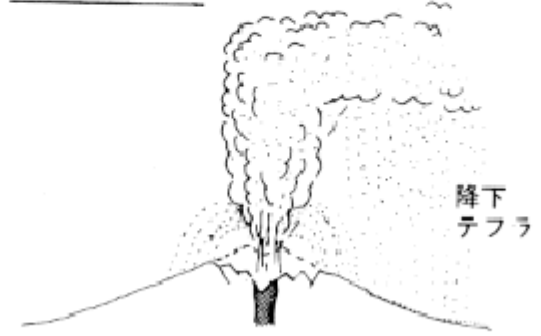
- ①多量の火砕流流出・陥没で生じたカルデラ地形。まわりに火砕流の埋積平坦地が発達。
- ②浸食を上回る山頂からの溶岩・スコリアの堆積で富士山型をなす(例:羊蹄山)
- ③山体上部が大崩壊し、馬蹄形カルデラを生じる。麓の崩壊物質斜面は表面には流山(磐梯山・雲仙眉山)。
- ④山頂カルデラ形成後、活動が低下し、外輪山に深い谷が形成。麓には土石流堆積物で火山麓扇状地ができる(赤城山・榛名山・八ヶ岳・雲仙岳)。
- ⑤馬蹄形カルデラ内にふたたび火山体成長(鳥海山・浅間山・渡島駒ヶ岳)。しばしば火砕流を噴出する。
- ⑥スコリア丘や溶岩流の単成火山群(神鍋・阿武)。溶岩流が小型で盾状の火山地形を生じる(富江・福江・隠岐)。
- ⑦火口上に溶岩が盛り上がっただけの火山。
- ⑧マグマと水の接触による水蒸気マグマ性噴火(マグマ水蒸気爆発)で生じる。
- ⑨深い水底では水圧のため水と接触したマグマは爆発せず、水中溶岩・水冷破碎岩となる。海山の成長につれ水蒸気マグマ性噴火がおこる。海面上にできるとマグマは水と接触しなくなり、スコリア丘・溶岩流などを生じる。
- ⑩昔の火道が浸食で洗い出されたもの。

噴火の様式

ハワイ式噴火



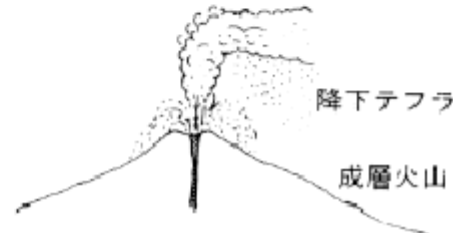
プリニー式噴火



ストロンボリ式噴火



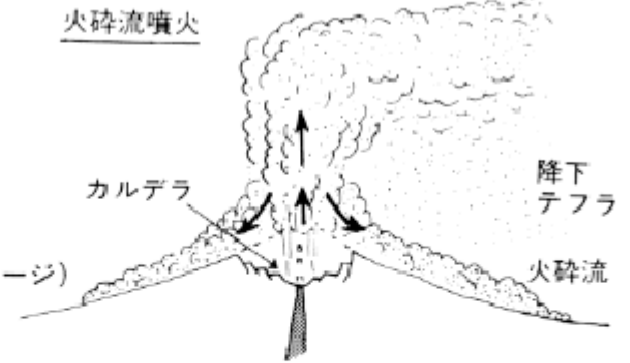
ブルカノ式噴火



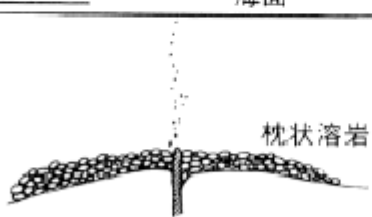
水蒸気爆発と
山体崩壊



火砕流噴火



深海底噴火



浅海底噴火

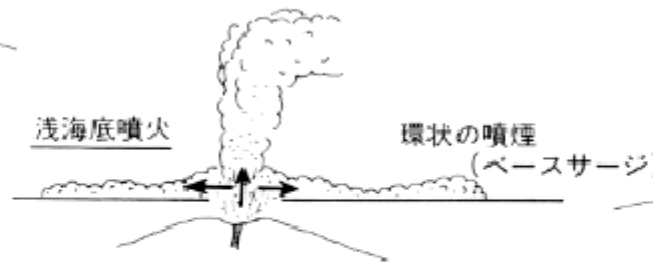
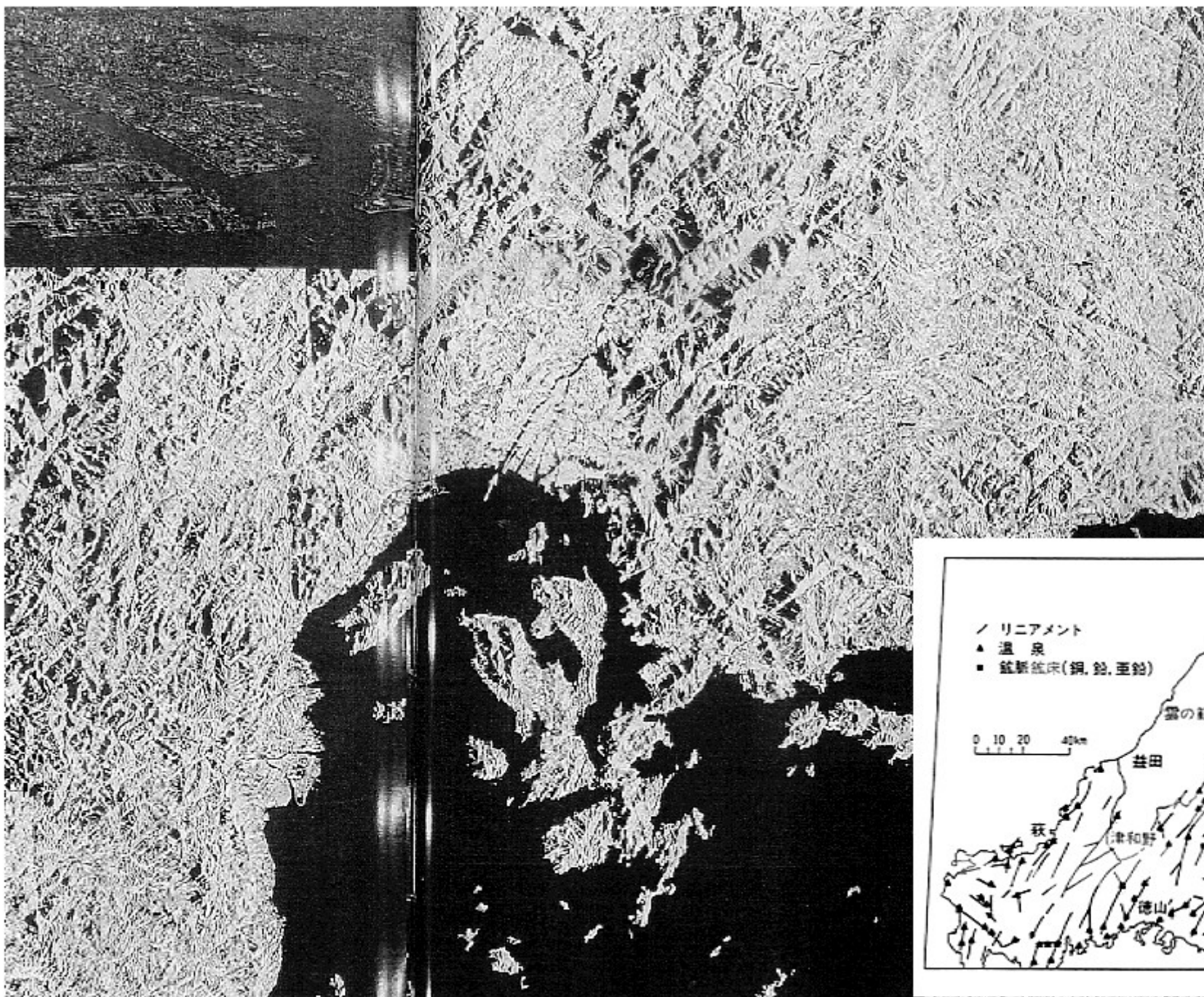


図2 いろいろな噴火様式。

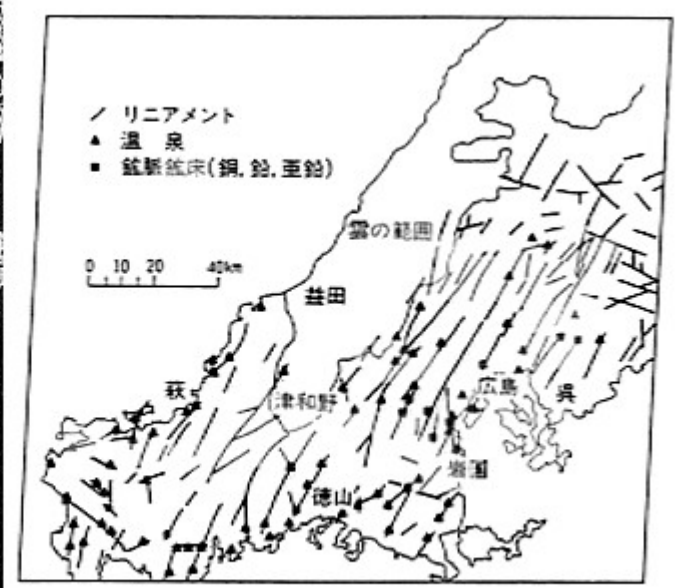
1.2 火山の恵み

1.2.1 火山地域の金属資源

- ・重い金属元素は地球生成時に内部に沈み込んでしまった
- ・火山活動にはこれらの資源を地下深くから持ち上げるという重要な働きがある
- ・マグマが地表付近に上昇すると成分分化を起こして、金属に富む鉱床を生成する
- ・金属が高温の地下水(熱水)に溶け込んで岩の割れ目に浸透していき、そこで沈殿・濃縮して鉱脈を形成することがある
- ・採算面では鉱床が浅くて採掘しやすいことが重要。そのためには火山体の浸食が進んだ古い火山地域が適している



温泉や鉱床はリニアメント沿いや、交差点部に多い



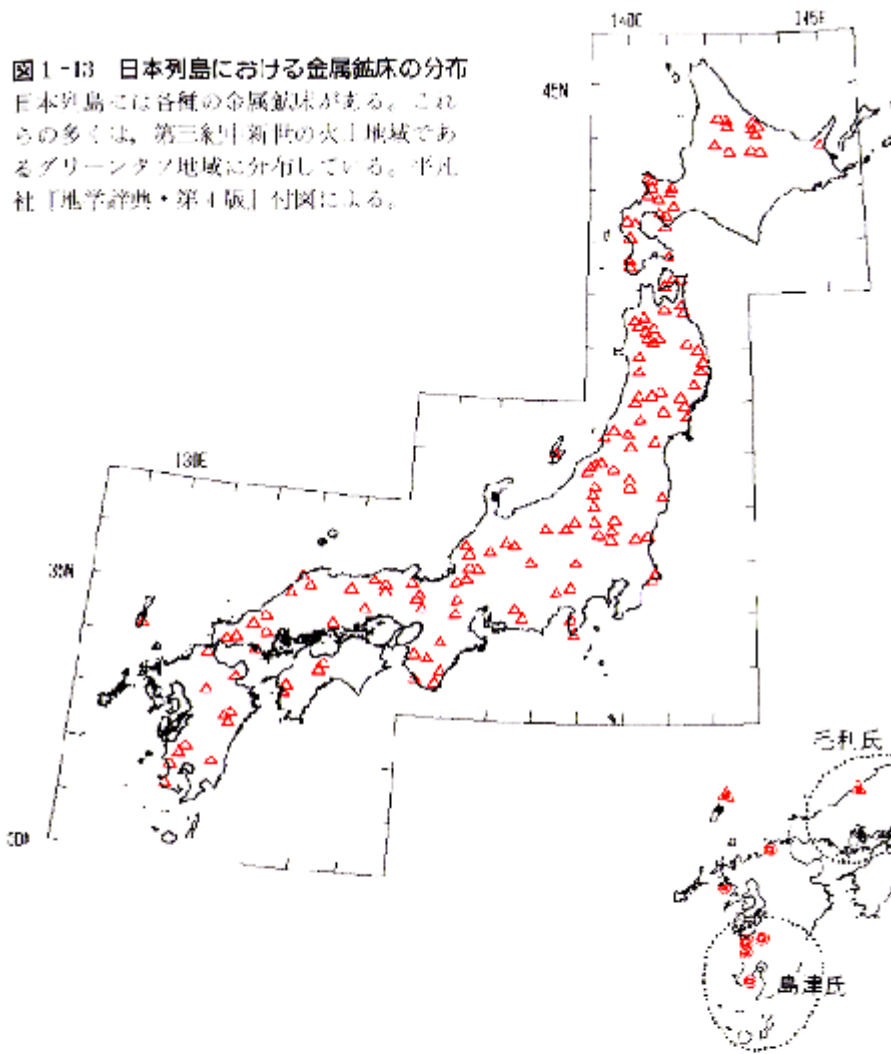
日本列島の金属鉱床(図1-3)

- ・産出量は少ないが、多種多数の金属鉱床が存在
- ・金属資源の観点から重要な火山地域はグリーンタフ(緑色凝灰岩)地域
- ・グリーンタフ地域では第三紀中新世(約2500万年～1500万年前)に激しい火山活動があった

千島弧内帯(北見区)、石狩低地帯以西の西南北海道、本州弧内帯、九州-琉球弧内帯およびフォッサマグナ帯

- ・この時期に日本海が誕生し、日本列島が大陸から分離した

図1-13 日本列島における金属鉱床の分布
日本列島には各種の金属鉱床がある。これらの多くは、第三紀中新世の火山地域であるグリーンタフ地域に分布している。平凡社『地学辞典・第4版』付図による。



日本の鉱床はほとんどグリーンタフ地域(第三紀中新世の火山地域)にある

金鉱山と銀鉱山の分布

武田の金鉱山は有名

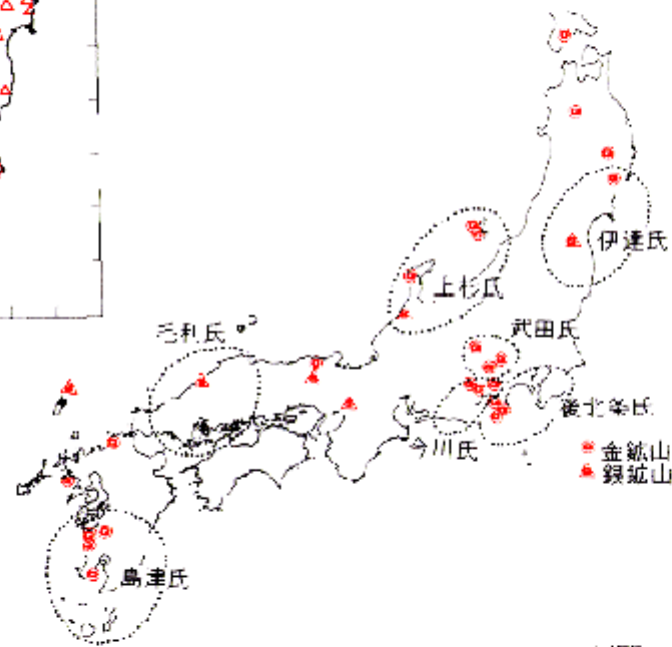
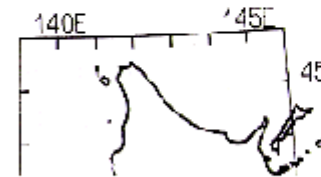


図1-14 戦国大名による金・銀鉱山の開発
戦国大名は、経済基盤を確立するために鉱山開発に力を入れた。当時の日本は世界有数の金産出国となった。大石(1977)を簡略化。



1.2.2 歴史時代の金属資源

- ・金属は歴史を動かす重要な要素(図1-14)
- ・古代では青銅器
 - 初期は中国大陸や朝鮮半島産の青銅を利用
 - 8世紀初頭の和同開珎から国産されるようになった
 - 8世紀半ばの東大寺大仏プロジェクトでは山口産の銅を利用
- ・鉄器は弥生時代に渡来
 - 当初は輸入
 - タタラ製鉄は花崗岩やその風化物に含まれている砂鉄を利用
 - もののけ姫
 - タタラ製鉄では森林を破壊し、自然災害や地形変化を引き起こした
 - 農業生産性の向上と同時に武器としての利用
 - 西洋式の製鉄は幕末から

・金

中世の奥州藤原氏、黄金の国ジパング伝説誕生

戦国大名による開発→甲州武田氏（図1-14）

幕末には銀に対する金の価値が低かったため、大量の金が国外流出
→デフレ、世界経済の洗礼

鉱山としては鹿児島島の菱刈金山が有名 鉱石1tあたり約70g

・硫黄

化学工業の原料

石油から大気汚染防止のために分離された硫黄が利用されるようになり、日本における採掘は終了

1.2.3 火成岩の利用



- ・石材としての利用

- ・最古の利用 黒曜石とサヌカイト

- ・黒曜石

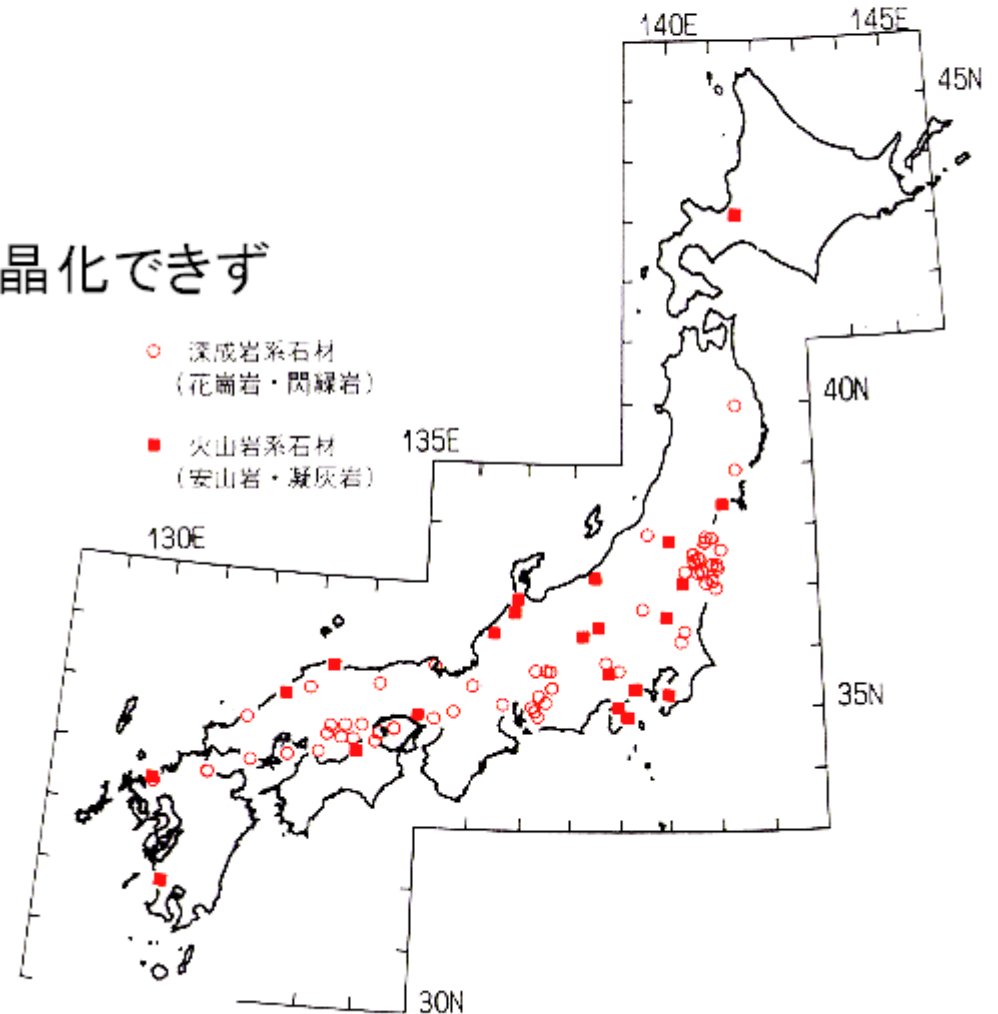
黒曜石は火山ガラス
マグマが急冷したため、造岩鉱物が結晶化できず
全体がガラス質に

- ・サヌカイト(安山岩の一種)

讃岐地方の特産
打楽器

図 1-15 日本列島における火成岩系石材産地の分布

石材はビル壁面や石垣、敷石などに多用されている。花崗岩産地の愛知県岡崎市は、古くから石灯籠などを加工する「石の町」として有名である。中江(1991)、服部(1991)より作成。



- ・サヌカイトは古い溶岩台地がキャップロックとなり浸食から残されたもの



サヌカイトの石器と正倉院に残る古代楽器

- ・石材 安山岩、花崗岩・閃緑岩(御影石)

- ・大谷石

高温の火砕流が堆積後に融けて固まった熔結凝灰岩
軽くて加工が容易

→ 陥没事故



大谷石の成因

グリーンタフ変動

中新世(約2000万年前)に火山爆発により噴出した物質が海底に堆積、凝固

・鹿沼土

園芸用として利用

約3万年前に赤城山から噴出した鹿沼軽石層の商品名

・佐賀県有田町の陶磁器産業

豊臣秀吉の朝鮮侵略の時、連れ帰った朝鮮人陶工が発見

古い貫入岩が風化したもの、これも中新世

現在の主力は量産品のタイルや電気絶縁材で原料は天草から移入(図1-16)



貫入岩

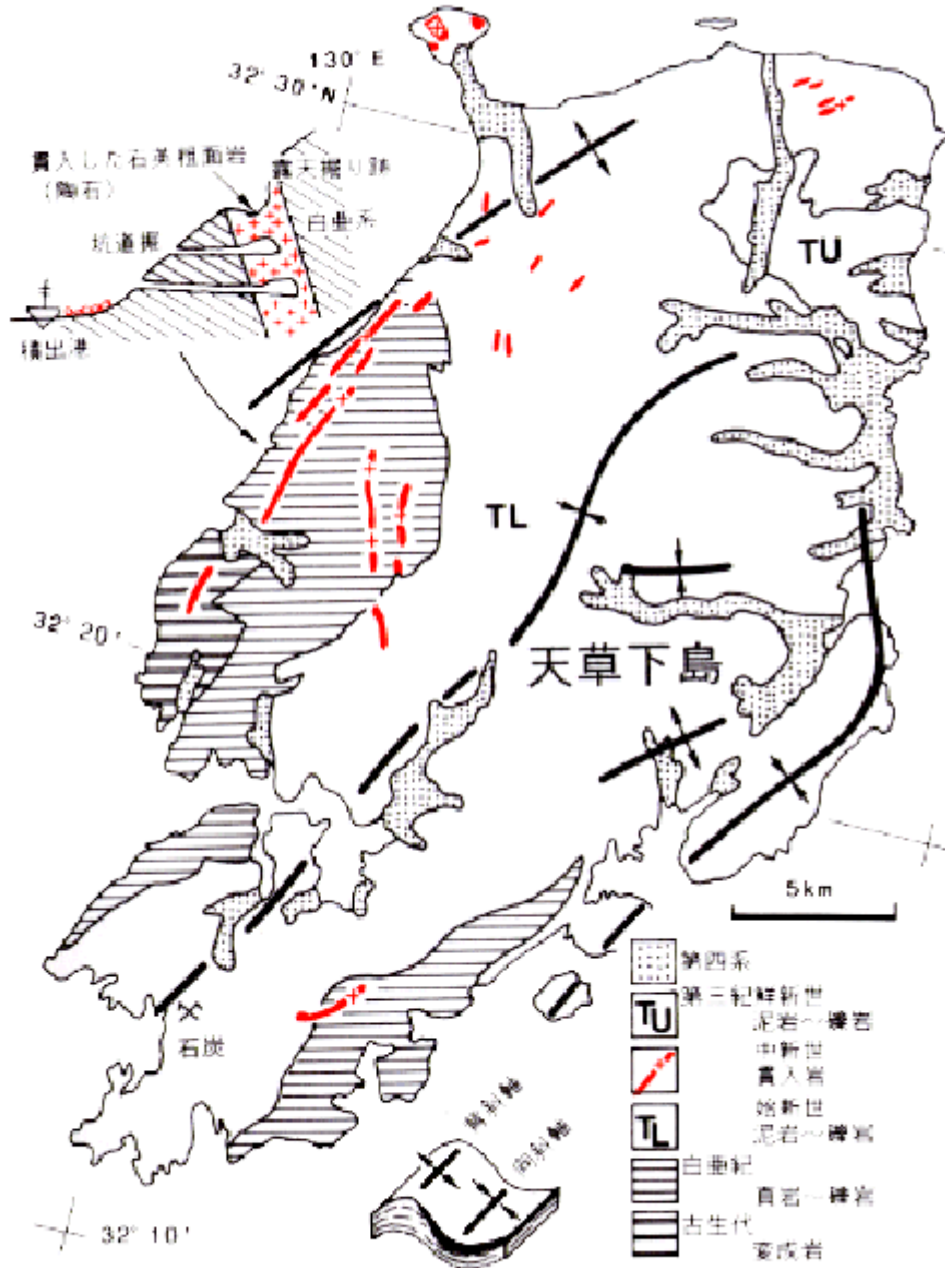


図 1-16 天草下島の地質

有田磁器の原料である天草陶石は、中新世の火山活動で貫入した石英粗面岩が風化したものである。貫入岩体が地質図で線状に表現されているのは、板状の岩体の断面を見ているからである。陶石は船で有明海上を運ばれ、佐賀県白石町で陸揚げされる。その後、粉砕、整形、絵付け、焼成などが分業体制で行われる。

天草下島の大部分は褶曲した第三紀の地層からなり、南部の堆積盆地には石炭を埋蔵している。日本の石炭は、このように生成が新しいのが特徴である。〔熊本県地質図〕および下半尾 (1978) より作成。

1. 2. 4 火山地域の工業・農業

水資源

- ・火山体はスポンジのような岩相で、降水は地下水として蓄えられる
- ・だから、火山体の上部には水系が生じにくい
- ・その代わりに、山麓では地下水が豊富



- 静岡県三島市柿田川湧水
- ・富士山の三島溶岩流を流下した地下水が湧出
 - ・その量は日量100万 m^3

このような湧水は富士山周辺に多数存在する

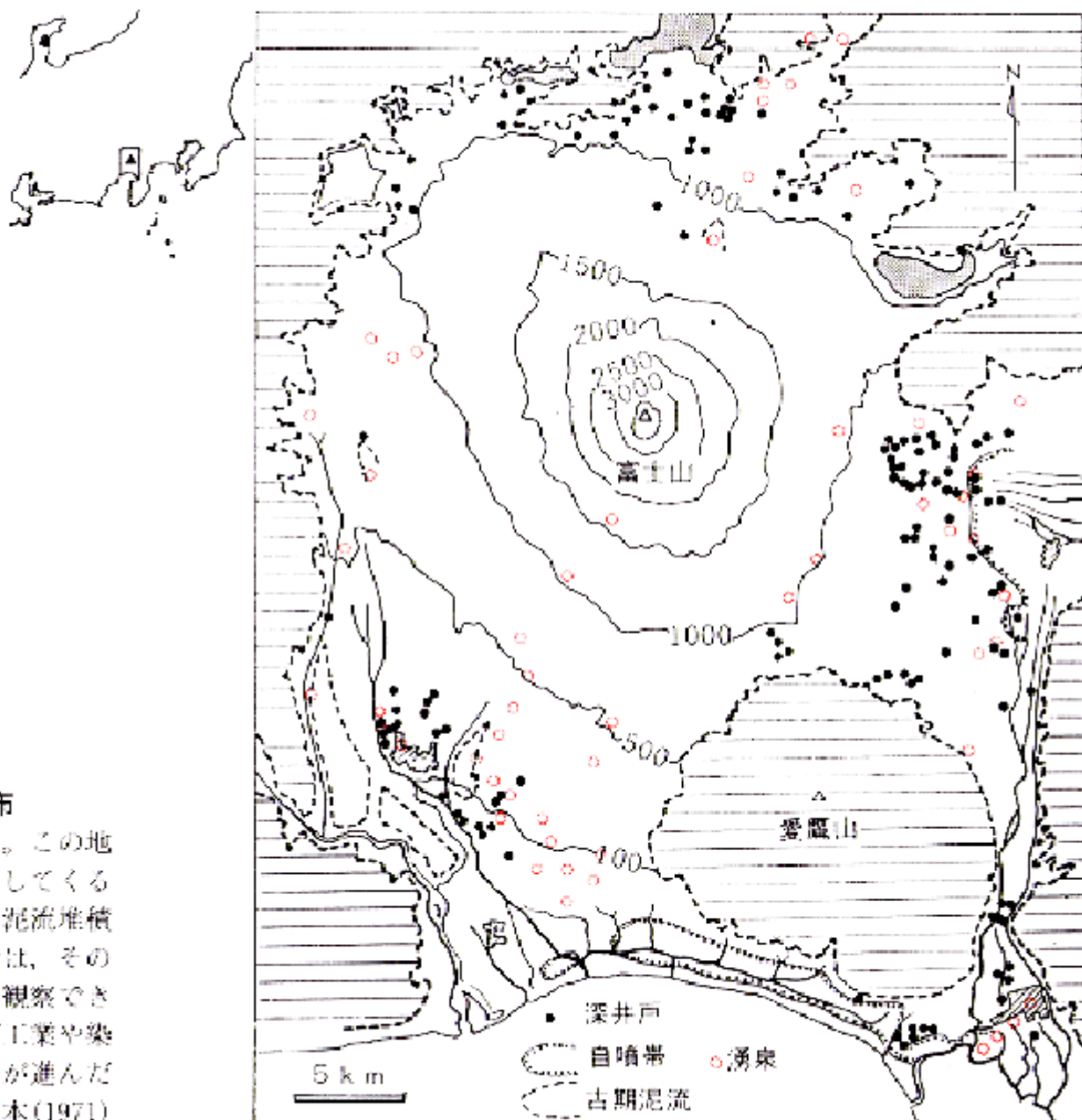


図 1-17 富士山麓の深井戸と湧泉の分布

富士山麓には、豊富な地下水湧出がある。この地下水は、空隙の多い火山噴出物を浸透してくるもので、帯水層の下は不透水性の古富士泥流堆積物で限られている。観光地の白糸の滝では、その地層境界から地下水が湧出してくるのが観察できる。この豊富な地下水を利用してパルプ工業や染色業が立地している。近年は山麓の開発が進んだため、地下水枯渇が問題化している。山本(1971)による。

火山山麓の豊富な湧水は人間生活にも大きな影響を及ぼしている

- ・古くから人間が居住し、水神を祭るなど、水の文化を育む
- ・パルプ工業、染色業、最近では半導体生産に利用
→九州は世界有数の半導体生産地
- ・最近では過度の揚水による地下水位低下や、汚染の問題が発生
→有機塩素系化合物による汚染
→地下水位低下により生産調整

火山灰は人間に恵みをもたらす(図1-6)

- ・火山灰が風化してできた土壌は日本国土面積の16%、6万m²を占める
- ・火山灰土壌は腐食物質を大量に含むため黒く柔らかいので**黒ボク**という
- ・火山灰土壌は根菜類の栽培に向く
→桜島大根、練馬大根、鹿児島や川越のサツマイモ、千葉の落花生、十勝のジャガイモ、等
- ・酸性が強く、栄養を吸収しにくいので石灰で中和
- ・火山山麓は水に乏しいため、開発は戦後

分布に地域性がある

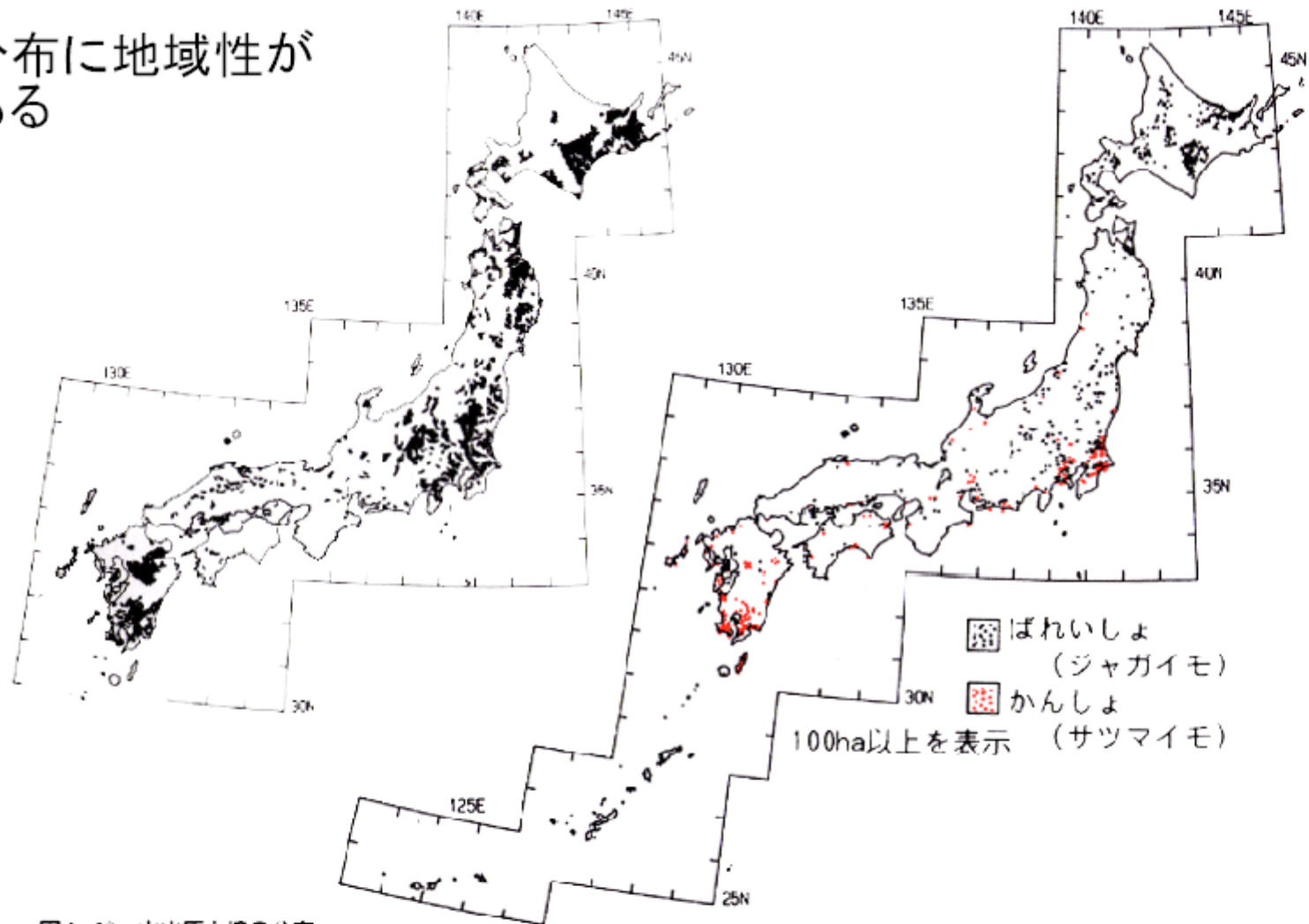


図1-18 火山灰土壌の分布

日本列島には、多量の火山灰が堆積して土壌化している。火山灰は、河川の氾濫原や山腹斜面では侵食されやすいので、台地面上に多く残存している。関東ローム層もそのひとつで、富士山および箱根火山の噴火によるものである。火山が少ない近畿、中国、四国地方には少ない。松井（1976）を簡略化。

図1-19 イモ類作付地の分布（1984年）

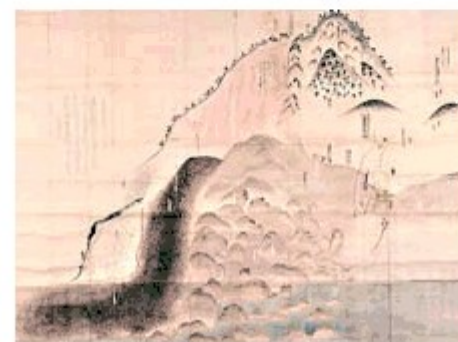
火山灰土壌の台地では、南方ではサツマイモが、北方ではジャガイモが多く栽培されている。国土地理院（1990）「新版・日本国勢地図帳」による。

1.3 火山災害

1.3.1 火山体の大規模崩壊

・成層火山は溶岩と火山灰の互層で形成されており、もろく、火山灰が粘土化すると滑りやすくなる。そのため、山体が大崩壊を起こすことがある

雲仙眉山(1792年)・・・雲仙大変肥後迷惑



- ・普賢岳の噴火の後、眉山が大地震とともに崩れ落ち、有明海に大津波を引き起こし、肥後で15000人に及ぶ犠牲をだした
- ・画像左には崩壊によって形成された流山が多数見える

磐梯山噴火 1888年

山体は大崩壊し、その岩屑流
堆積物が多数の湖沼を形成した

→五色沼

→檜原湖



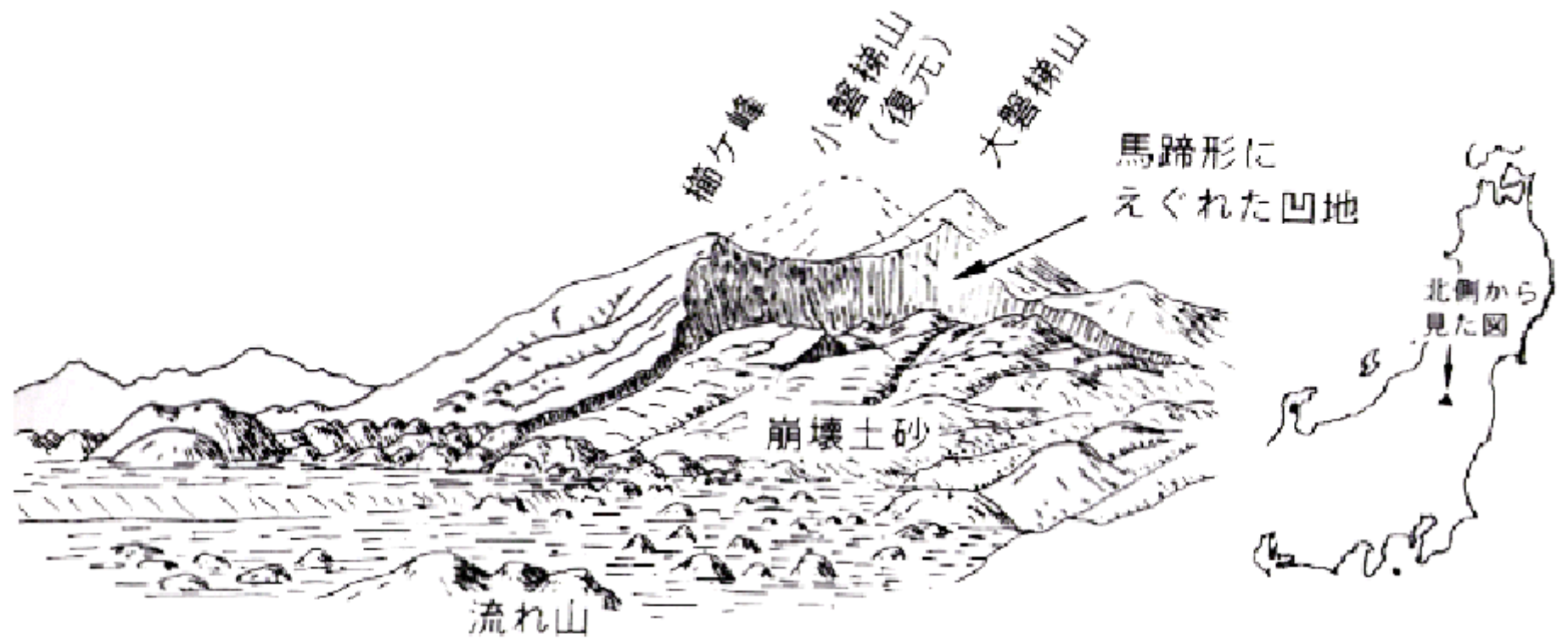


図1-20 磐梯山大崩壊のスケッチ

1888年に当時存在した小磐梯という峰が大崩壊した。その岩屑流堆積物は山麓を埋め、流れ山という特徴的な地形をつくった。崩壊跡は巨大な凹地になっている。Sekiya and Kikuchi 原図，守屋（1990）に加筆。

1. 3. 2 火山地域の土砂災害

- ・火山体は上方へ急成長した地形で岩相ももろいので浸食されやすい
- ・ということは、土砂災害が頻発する地域であるということでもある

→日光の大谷川や稲荷川は流送土砂が多い
→そのため、山腹には砂防ダムが建設

