

地 向 斜 玄 武 岩 ②

陸と海の火山および火山岩

服部 仁

プ ロ ロ ー グ

火山 この言葉から人はなにを連想するであろう。

なだらかなスロープをもつ優雅な姿の火山 雄々しい姿で君臨する火山 満々と水をたたえた湖 どれ一つとっても絵心をそそり 歌になり 詩になり 信仰の対象とさえなつて われわれの生活と密接な関係を作り出している。

今は 眠れる山だが だれもが知っている秀峰富士 それは万葉の昔からメカニックに生きる今日の社会に至るまで いつの世にも人々の心に生き続けてきた山だ。

江戸時代の画家 北斎の描いた富嶽36景 その中でも赤富士の毅然とした姿は特に有名だ。また 梅原竜三郎も富士 浅間 桜島を好んで描いている。これらの山々も 火山なのだ。

地上における火山は 衆知の通り爆発に伴い溶岩を流し 火山弾をうち上げ 広域にわたつて灰を降らす。

しかし もし 海中で火山の噴火が起きて大洋の深海底に溶岩が流れたらどうなるだろうか。土砂のたまる巨大な凹地(地向斜)の中にも火山は出来るだろうか。

今回は 陸の火山 海の火山 玄武岩の種類 古い時代の火山岩などを中心に話を進めてみよう。

7. 陸 の 火 山

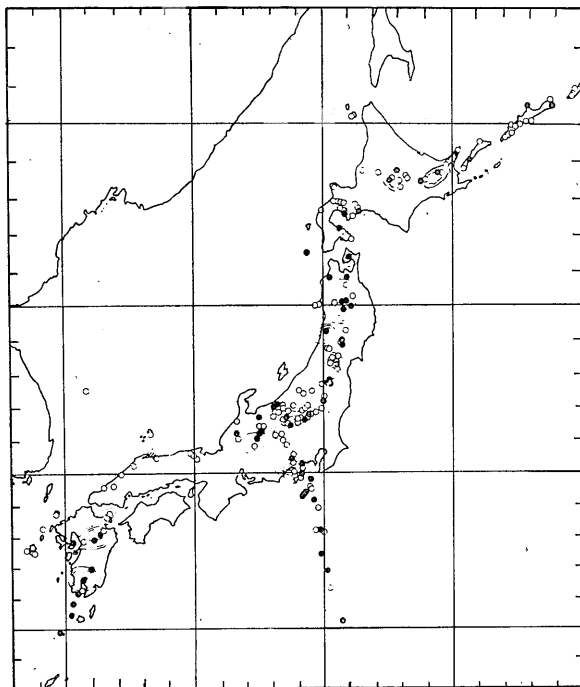
容姿端麗な火山といえば すぐ富士山が頭に浮かぶ。富士山で代表される円錐型火山は 北の方から順に羊蹄山(蝦夷富士) 岩木山(津軽富士) 岩手山(南部富士) 伯耆大山(出雲富士) 開聞岳(薩摩富士)と なになにに富士の名で呼ばれるほど日本には多い。なかには複雑な山容に包まれてポツンと可愛い円錐型の小さな寄生火山が頭をもたげていることもある(榛名富士)にはあるが。その反面 アバタ面の火山の代表は 民謡でも知られた 会津磐梯山であろう。1888年(明治21年)7月1日に大爆発を起こし 小磐梯を破壊し 水を吸ってふくれた岩層は泥流となって次第に低きに向かい 山麓の川をせき止め ついにたくさんの湖沼を作ったといわれる。

多量の火山物質を放出すると 火山体の中心付近がやがて大きく陥没して 円形の凹み つまりカルデラになる。カルデラは傾斜の急な壁で取り囲まれており 小

さいものでは 磐梯山の直径 2km 位から 阿蘇や始良のように 20km を越すものもある。これらの火山はカルデラがジャンボサイズであるばかりでなく 裾野がきわめて広く、火山体そのものは直径 100km をゆうに越すほどである(第15図)。

これらの比較的好く知られた火山のほかにも 種々の火山体が知られているが なかでも 二次元的に巨大な広がりを見せる溶岩台地は別格であろう。インドのデカン高原の玄武岩がそれで 分布の東と西の端は 実に 1,000km も離れていて 日本の面積の 1.5 倍の広さにあたる(第17図)。これが今まで知られている中で世界最大の玄武岩台地である。日本でも 小規模ではあるが “かんかん石” で有名な高松市屋島付近の安山岩台地や北西九州の北松浦玄武岩台地がある。

天に怒りそびえ立つような荒々しい姿の火山と比べると 円錐型の火山の裾野は優雅でいかにも溶岩がゆるゆると斜面をはって流れ出たことを物語っている。流れやすさ 別の言葉でいうと 粘り気(粘性)を支配する

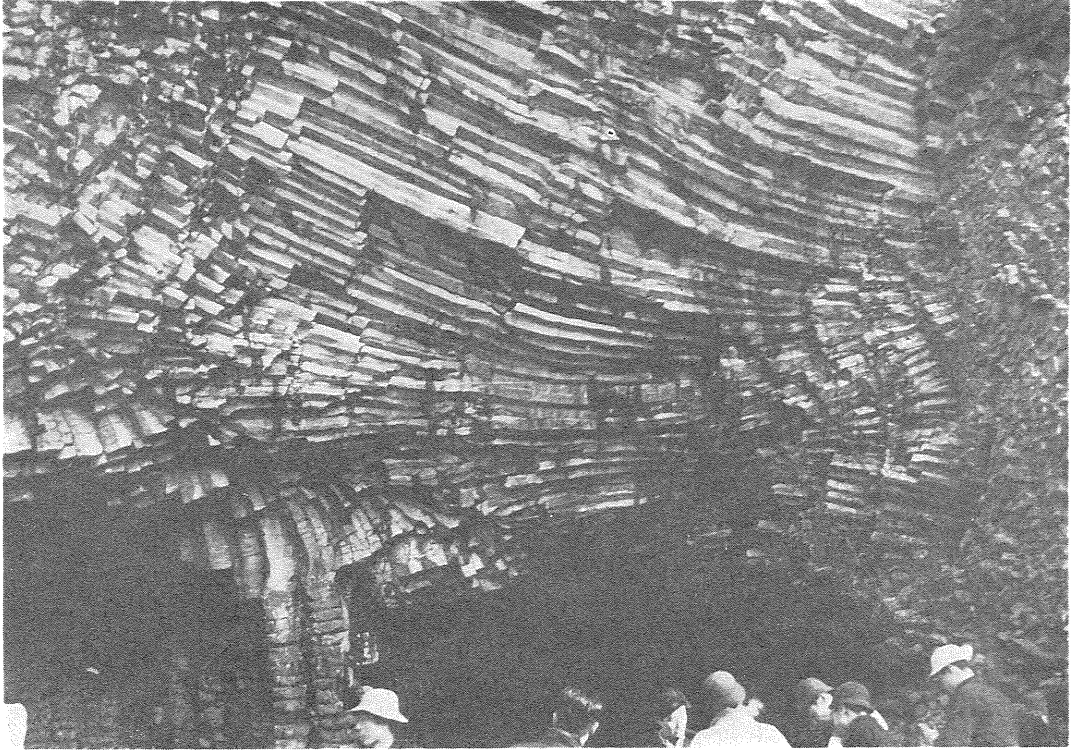


第15図 日本の火山と量的分布 黒丸は活火山 白丸はその他の第四紀火山 コンターは分布をならした火山物質の厚さで 20m 隔 (上田・杉村 1970)

要素は何であろうか。普通の固体でも熱してゆくと溶け始めはかゆ状でねばねばしていても次第に緩くなるように溶岩の場合でも温度が高いほど粘性は小さくなって水のように流れやすくなる。もっとも流れやすい高温状態といっても量が少なればすぐ冷やされてしまって広がらない。だからいつも流れやすい状態という温度が十分高くしかも多量の溶岩が流出す

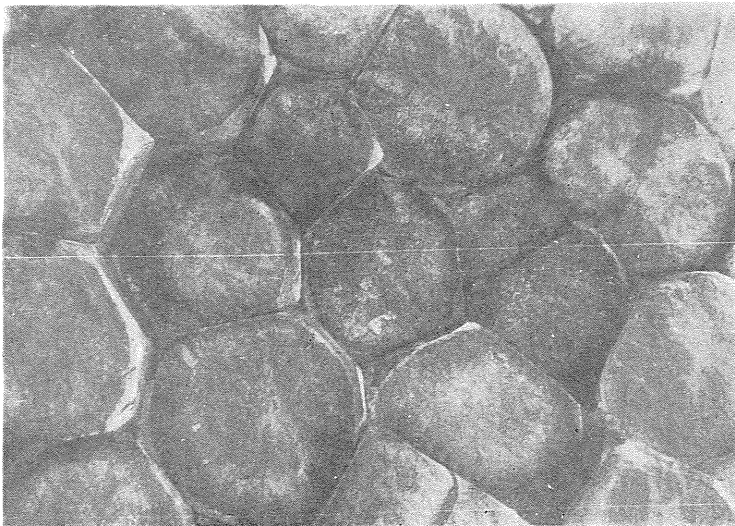
るような条件が必要になるわけである。上の2つの要因に加えて重要なことは溶岩の化学組成(SiO_2 量の大小)によっても粘性が影響を受けて変化することである。

粘性の小さい溶岩が引き続いて何回も噴出すると順次積み重なってやがて富士山のような円錐型の成層火山に成長する。粘性が若干大きくなるとドーム状の



↑ 第16図A

玄武岩の名由来の地 玄武洞（城崎温泉近くの兵庫県豊岡市赤石 天然記念物）にみられるみごとな柱状節理 かんらん石を含むアルカリ玄武岩である（1954年 筆者撮影）



第16図B

柱状節理の断面は3~8角形を示すが 亀甲模様をあしらったような 6角形がもっとも普通 直径40~50cm（筆者撮影）

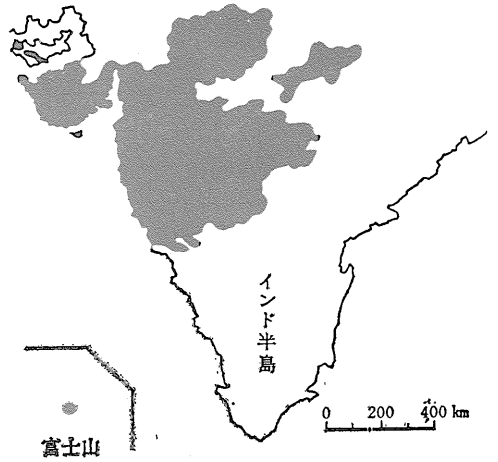
丸屋根をもつ火山になる。 極端に粘性が大きいと 溶岩として地表に流出する前に地下で固まってしまい 全体がゆっくり押し上げられ 昭和新山のような火山体になる (第18図・第3表)。

一般に 低粘性の溶岩は玄武岩質で SiO₂ に乏しく 高粘性のものは流紋岩質で逆に SiO₂ に富む つまり石英成分の多い溶岩なのである。

実際には 火山は溶岩流ばかりでできているわけではなく 火山灰層などが溶岩と交互に重なっていることもあれば 溶岩がなくてほとんど火山灰や火山礫などが厚く重なり合っている場合もある。 火山ガスの爆発とともに多量の噴出物が吐き出され 火山灰や軽石や礫などとなって山腹や谷を埋め あるいは黒煙となって遙かかなたにまでたなびいてゆく。 これを火砕岩とよぶ。 関東地方で ごく普通にみられる赤土 (関東ローム) がそれで 雨が降ればぬかるみ 風が吹けば黒い砂塵となって舞い上がる とかく厄介な代物なのである。 関東ロームは独特の赤黒い色からも判る通り 鉄に富み SiO₂ に乏しい火山砕屑物である。

南九州に集中豪雨のたびに土砂崩れや河川氾濫・道路埋没などの災害に襲われて しばしば貴い人命が失われているシラス台地がある。 関東ロームとは対照的に鉄に乏しく SiO₂ に富み パサパサして白っぽく厚く堆積している石英安山岩質の火砕岩である。

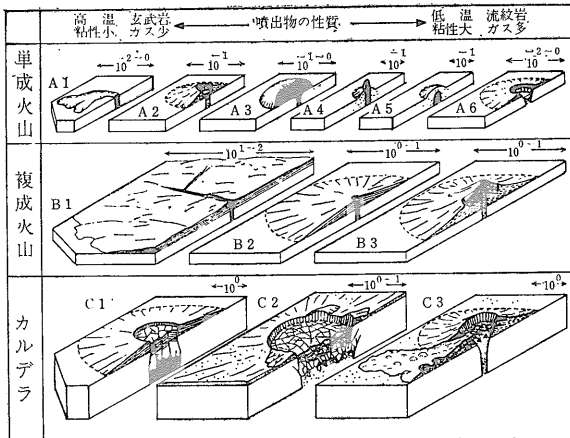
直径 20km 以上の巨大なカルデラをもっている火山の活動は それよりもひと回り大きい火山体をなし 遠方まで火山灰や軽石を流出している。 その形成機構は明らかに溶岩が流下するのとは違っている。 また火口から空中へ高く飛び出した火山物質が まもなく近傍に落下して厚く堆積するような様式や あるいは 風によって遠くまで運ばれまんべんなく薄く広く沈積するような



第17図 インド・デカン高原の溶岩台地の広さと富士山との比較 (久野 1961)

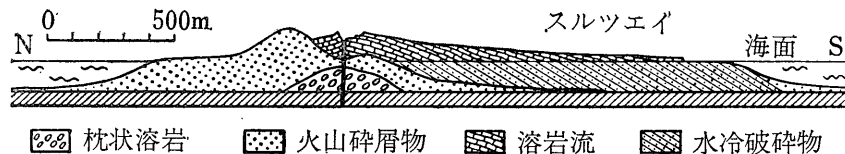
機構 (関東ロームの例) でもない 全く別のでき方によっている。 これには高温のガスが重要な役割りを果たすものと理解されている。 火口から噴出する多量の高温ガスが同時に噴出してくる微小な粉塵と混じり合って あたかも霧が降るように重々しく 火山の斜面をはい谷を埋めながら移動降下する。 この現象が熱雲・軽石流といって 火砕流の名で総称されているものである。 非常に流動性に富み 高速で何kmも移動する一種の粉体流なのである。 火砕流には大小種々の岩塊を運搬するエネルギーがあって 大量の軽石などは簡単に遠方に動かしてしまう。 粉塵とか軽石は マグマが液状のまま固化した火砕物質で 火山ガラスの1つの形態なのである。 なかには噴火時のマグマが固まったものでなく既存の周囲の岩石が破壊されて角礫状になった岩片や岩塊が取り込まれていることもある。

第3表 第18図の説明 (鈴木 1971)



| 火山の基本型 | 箱根火山にみられる例 | 他の火山にみられる例 |
|----------------|------------------------------|----------------|
| 単成火山 | | |
| A1: 溶岩流 | 真鶴岬 丸山 箱根神社付近 | 浅間鬼押出し(1783年) |
| A2: 砕屑丘 | | 伊豆大島岳の平 |
| A3: 溶岩円頂丘 | 二子山 駒ヶ岳, 1325m峰, 小塚山, 台ヶ岳 泰山 | 三瓶山 小浅間山 |
| A4: 火山岩尖 | | 昭和新山 モン・ペレー |
| A5: 潜在火山 | 聖岳 | 明治新山 |
| A6: マール | | 一ノ目湖 |
| 複成火山 | | |
| B1: 溶岩台地 | | デカン高原 |
| B2: 楯状火山 | 新期外輪山・群嵐山 鸛巣山 浅間山 碓氷峠 | 火砕岩の堆積 |
| B3: 成層火山 | 古期外輪山 金時山 神止 | 富士山 岩木山 |
| カルデラ | | |
| C1: 溶岩流型陥没カルデラ | 火砕流台地 関本丘陵 東濃原 | シラス台地 |
| C2: 陥没カルデラ | 新期カルデラ | 支笏 十和田 阿蘇 |
| C3: 礫岩カルデラ | '大涌谷噴裂火口' | 磐梯山 |
| その他 | 火山岩頭 | 湯河原火山 |
| | 冠ヶ岳 | シップ・ロック(アリゾナ州) |

第18図 陸上の火山の分類 名称と具体例の説明は第3表に 図中の数値の単位は km (鈴木 1971)* * 印は原著の用語を若干変えたことを示す



第19図
アイスランド南方スルツエイ火山島の断面図(中村・宝来 1971)

火砕流は堆積の場に到達した時でもなお十分高温を保っていて、しかも後の火山爆発が続き熱雲などが訪れ、順次上へ積み重なると、既に降下定着していた火砕流堆積物は高温のまま押し潰されてしまう。軽石などに含まれる気泡は、熱と圧力のため失われたり、軽石ばかりでなく、他の岩片も扁平に伸ばされ、さらに互いに溶接されるように固くくつき合い、一見して溶岩と区別することがむずかしいほど似たような外観を示す。

この種の火砕岩を溶結凝灰岩とよぶ。

シラスのように柔くて水を含むと泥水のようになる火山灰でも、もし堆積のとき高温の状態で溶接されたとなると、固い溶結凝灰岩になったであろう。しかし、残念なことに溶結しなかったばかりに、シラスは今日なお自然災害の一因となって住民を苦しめているのである。自然のいたずらとはいえ、溶結作用の有無が人間生活に重大な影響を及ぼしていることが判る。

これに対して、阿蘇は膨大な量の溶結凝灰岩が特徴的である。その分布は裾野ばかりでなく、およそ半径100km四方に広がり、西ないし西南方では有明海を越えてカルデラの中心から70km(雲仙岳東麓の島原付近)―100km(天草下島本渡市近くの五和町)に及んでいる。

8. 海の火山

火山のもととなる高温の液状物質マグマが冷えて火山岩になる過程は、たとえるならば、ガラスの出来方や割れ方にも似る。火山岩の割れ目の形態や破片の形を調べると、冷却過程を推定するのにたいへん役立つのである。溶岩が水中に流れ込んだら、マグマに水がしみ込んだら、海面に頭を出してくる火山島には、どんな現象が起こるだろうか。

伊豆諸島には、古くからの火山活動が歴史に記録されている。ほとんどの島が火山活動によって生まれたといっても過言ではない。御神火で知られた大島三原山や三宅島の火山活動に比べ、調査船第5海洋丸の乗組員(研究者9名を含めて)31名の命を奪った明神礁

[明神礁火山:直径約10kmのカルデラ内に起きた火山で、1946年の噴火の時に海面に姿を現わし、噴火・冠水をくり返しながら、1952年9月―10月の大爆発があった。ついで、1954年、1960年、1970年に噴火があった]の大爆発は、水中における火山活動の恐ろしさを強く印象づけた(当時の模様は

後で紹介する)。太平洋の楽園といわれるハワイもかつての海底火山が噴火を続けて成長した諸島からできている。同じく楽園のタヒチ島やダーウインの「種の起源」で有名な特殊な動植物の生存しているガラパゴス諸島なども火山島である。太平洋の深海にそびえ立つ海山は、10⁴個以上あるといわれるが、これらも海底火山活動によって生まれたと考えられている。太平洋に限らず、大西洋・インド洋にも、海底火山活動によってできた海山や火山島はとて多い。なかでもアイスランドの南の沖合25kmに現われたスルツエイ島(Surtsey:黒い島)は、最も詳しく観察された海底噴火ではないだろうか。

東京大学地震研究所中村一明氏の研究に従って、スルツエイ島の噴火成長の模様をややぐだいて解説してみよう。1963年11月14日朝、水深約150mの海底で噴火が始まり、翌朝には火山島となった。1,200°C位の高温の玄武岩マグマが海水と直接触れるため、初めの1ヵ月間噴火は完全に爆発性であった。噴出物は火山弾、スコリア(黒っぽい軽石)などの碎屑物(ガラス質)と多量の水蒸気であった。おそらく明神礁の爆発もこれと似たものではなかったか。この時期の生成物が次第に積み重なって断面図(第19図)にみられる火山碎屑物の高まりに成長した。海面に顔をみせた時の地形は、底の広い茶碗を伏せたような丘であったという。碎屑丘といわれるものである。噴煙はときに10kmに達したなびいて火山灰を降らせた。溶岩が直接に地表に出て碎屑丘の上を流れたとしても、すぐ海水と接して激しい水蒸気爆発を誘発した。

このようにしてできる溶岩の破片の集りは水中自破砕溶岩とよばれ、断面図には水冷破砕物とされている。水冷破砕物が次々と重なると、溶岩がもう海水と接しない位に火口の海水準は高まり、あるいは火口内に海水が入らなくなるように、固い溶岩の堤防ができると、噴火の様相は一変してしまった。1964年4月4日から安定した溶岩の流出と穏やかなスコリアの噴出とが始まった。

これはもう水の介在しない陸上の玄武岩火山の噴火と同じである。溶岩が広がって海岸へ到達すると、そこでは白煙を立てながら、まだ水冷破砕物ができ続け、海

岸を埋め島の面積を大きくしていった。こうして噴火は1967年5月5日まで続いて テーブル山(卓状火山)に似た火山体を作った。

スルツェイ火山島の生い立ちは アイスランドにたくさん見られる 卓状火山・楯状火山などの成因解明に大いに役立ったばかりでなく 他の火山島や海山 さらに深海底の火山活動を探る貴重な手懸りを与えたのである。

アイスランドのスルツェイ島が噴火している頃 フィリピン マニラの南約60kmのタール火山が噴火した。1965年9月28日のことである。

このタール火山の噴火を観察した中村一明氏は低温・横なぐりの噴煙と表現された。タール湖内に起きた玄武岩の火山噴火は 穏やかな溶岩流出をいつも想像しがちな私たちに マグマあるいは溶岩に水が加った時の爆発の激しさを改めて教えてくれた。水は湖水のような淡水であっても 海水であっても構わないのである。富士山北西麓において 800 A. D. 頃本栖湖に溶岩が流入したときにも また他の火口湖の場合でも スルツェイ島やタール火山と同様の爆発や噴煙が生じたであろう。

火山体が海面に姿を現わす直前の噴火の様子はどうなっているのだろうか。以下は明神礁噴火のときの生々しい目撃談(森本 1969)から抜粋したものである。

「…………… なんだか それとおぼしいあたりの海面から 1・2回 噴煙らしいものが 細くあがっているのに気づいてから もの5秒もたったころ 突然 その海面の1ヵ所がもりあがり 紺碧の水が黒ずんだと見るまに もりあがった海水ドームの先端をつき破って 火山弾が海水を引いて飛び出し まるで たくさんのたけのこが もりあがった土のなかから いっぺんに突き出たようである。 つぎの瞬間には 下からもくもく噴煙がわきだし 海面上に千数百メートルにわたって 花キャベツにも似た水煙のかたまりが生じた。この雲塊は つぎつぎに不気味なひろがりをつづけ 全体が徐々に上昇しはじめると その下に太い脚があらわれはじめ 典型的な原爆雲を思わせる きのコ型の雲を形成した。このきのコ型の雲は上昇を速め 6,000メートルほどに達し やがて風下に向かってしだいにくずれはじめ 風下には火山灰が 黒い煙幕を張ってスコールのように降下する。噴火によって生じた水蒸気のかたまりは 水中を離れて空中高く上昇しはじめ 残された空間を1・2条のたつまきが立ちのぼって天地をうすぐらいひもてつなぐ。すでに噴煙は跡形もなく 海面には ながれ出された大小の熱い軽石が 白く水蒸気をあげながら浮遊し 海流の方向に静かに流れはじめた。さしもの水中

噴火をも 忘れてしまったかのような平穏が 再び付近の海面におとずれる。……………」

火山研究史上未曾有の悲劇 海上保安庁水路部測量船 第5 海洋丸の遭難は この目撃の翌日(1952年9月24日)の出来事であったという。また 1970年1~4月の噴火では その噴火の直前 水没していた明神礁の上を通った漁船が魚群探知機で海底の異常を認め 緊急にその海域から脱出したと伝えられている。何れも 間一髪死の危険を免れた貴重な体験談といわねばなるまい。

さて 4,000mや5,000mの深海底からドレッジされた火山岩はどのように噴火したのか。 そんな高水圧下で 一体 火山爆発は起こるのだろうか。 アイスランドやタール火山やあるいは明神礁のように 互いに水蒸気の温度の違い あるいは海面直下と湖水という条件の差は あっても どちらも地表近くで起きた高温マグマと水とによる爆発的噴火現象なのである。水蒸気爆発は 深海底では存在しうるであろうか。

ちょっと脇道にそれるが 海底における火山噴火の状態を推定するため 水蒸気について少し考えてみよう。水は1気圧では100°Cで沸とうするが 高い山に登ると気圧が下がり沸点が低下することをよく体験している。海洋時代といわれるこの頃では シートピアとかシーラボとかいって 海中で生活する実験が行なわれているがこのような水中では 地表条件の1気圧に加えて水の圧力 つまり静水圧が加わって圧力が増大する。水深10mでは 水圧1気圧を合わせて2気圧 地表と比べて2倍の圧力を受けることになる。そうすると水の沸点は120°C位に上昇する。水深10mでは 115°Cで水は沸とうしないことになるが もっとも沸とうしなくても沸点に近いので気相と混じり合っていることはいうまでもない。大ざっぱにいつて 沸点は 水深100mでは180°C 1,000mでは320°C 2,000mでは水の臨界温度の374°Cに近づく。

水深5,000mのような深海底では 1,200°C位の玄武岩マグマが噴出し海水と接すると そこでは水の臨界温度を越えるので当然沸とうしてガス相が生まれるにちがいない。しかし水は熱伝導率が低いので 対流によって熱の拡散が行なわれるであろう。高温のガス相は上昇しながら周囲の水に冷やされて まもなく気相・液相に移化し やがて元の深海底の水温(0°C)まで低下する。こうした対流が起こる範囲は噴出するマグマの量とその広がる面積にもよるが おそらく薄く広がって熱い海水層ができるのではないかと。熱水層の厚さはマグマの中に溶けている揮発性成分の量(数%の水が溶ける

らしいが 平均0.5%といわれている)によってもまた変わるが 200m のオーダを越す厚い層に発達することはまずないだろう。

深海底といわず 比較的浅い海でも 水のこのような性質のために 沸とうした水が地表に噴き出すことつまり火山爆発にまで発達するのはまれではないだろうか。スルツェイ島の火山爆発が水深 150m 位で起こり始めたことや 明神礁での観測事実は 上述のマグマと海水との関係をうまく説明すると思われる。

地表近くで海水と接すると爆発的な自破碎を起こす玄武岩マグマでも 高水圧下では熱水層にはばまれて爆発を起こすことが少ない。深海底では 玄武岩マグマは噴出すると あたかも水中で水銀がころころ転がって玉状に分離するように 熱い海水層内で俵状の楕円体をなして次々と分離し 転がりながら噴出を続けるようである。俗に車石とか俵石とかよばれる枕状溶岩(第20図)はこうしてできるらしい。

先に スルツェイ火山島の成長過程を紹介したが 海底爆発を起こし 海面上に頭をもたげてくる以前の すなわち水深 150m より深い海底の火山活動は枕状溶岩を形成しつつ 次第に火山体を高めてきたものらしい。ハワイの火山島の発達史もほぼ同様に MOORE・FISKE (1969) によってまとめられている(第21図)。

最近 大洋中央海嶺付近からドレッジされる玄武岩にたくさんの枕状溶岩が発見されていることは アイスランドあるいはハワイ島における枕状溶岩の産状とうまく合うわけである。枕状溶岩は以上述べたように一般に

深海底や やや深い海にできやすいのであるが 陸上で噴出した玄武岩の溶岩が水中に流れ込んでも 出来るるか 出来ているとかの報告もないわけではない。

海の火山については 国際的な研究 JOIDES などによって着々と新発見がもたらされてはいるものの 解明を要する事柄は依然として少なくない。

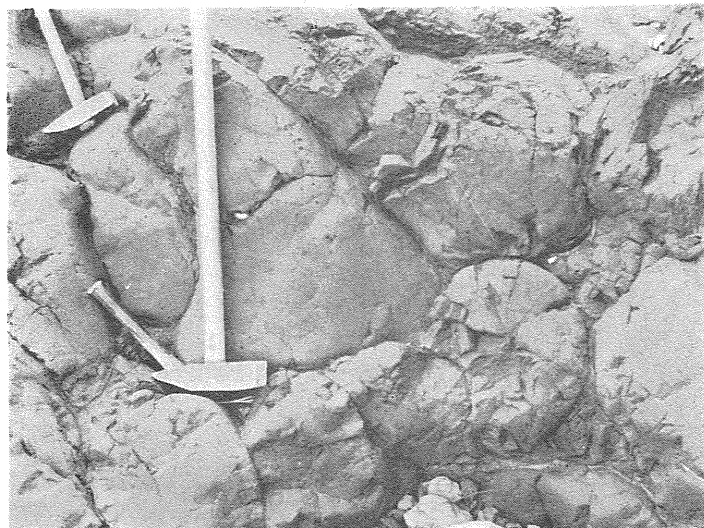
ここで 東京大学地震研究所荒牧重雄氏による 陸と海の火山を比較した表と図を紹介しておこう(第4表・第22図)。詳しいことは掲載誌 科学を読んでいただきたい(荒牧 1970)。

9. 地質時代の日本の火山

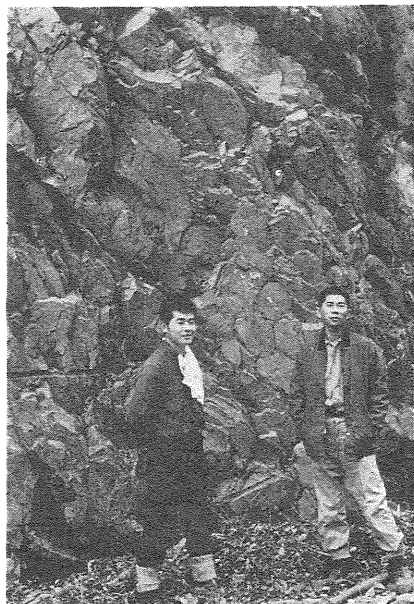
現在ときどき噴煙をあげ溶岩を流出させる活火山と有史時代爆発の記録のなかった火山とは 風雪に耐えた年数も違って 古い火山では輪郭がひどく崩されているのが判るであろう。最近の社会問題として 富士山の大沢崩れが大きくクローズアップされているが こうした侵蝕の1つの好い例であろう。

時代をさかのぼると 侵蝕と削刺が一層進んで やがて火山体が失われ 火山の根元が現われるまで削られたり あるいは逆に 火山地域が沈降して泥や砂に埋められてしまうこともある。

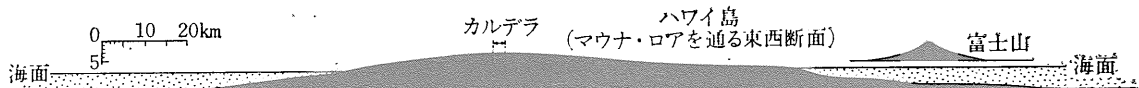
現在から中新世初期までの火山物質の噴出量の変化は SUGIMURA ら(1963)によると 第23図のように見積られている。この図からよく判ることであるが 火山国といわれる日本列島では 現在よりも 2,000~2,600万年以前の火山活動の方が はるかに盛んであった。単



第20図A 枕状溶岩の露頭(徳島県佐那河内 杉崎隆一氏撮影)



第20図B 枕状溶岩の露頭の前で 杉崎(右)と田中の両氏(岩手県久慈市南西10km 馬渡川 1969年 水谷伸治郎氏撮影)



第22図 ハワイ島と富士山の比較 (荒牧 1970)

第4表 陸と海の火山の比較表 (荒牧 1970)

位時間当りの噴出量は第四紀の5～6倍に達し 噴出総量は1桁以上も多かったと推定されている。この推算値の基礎データの一部となった大沢 (1963・1968)によると 中新世の火山活動がさらに細かく分けてある (第24図)。

その中でも 若くなるにつれて 火山活動が衰え 噴出する火山の性質も変化する傾向が明らかにされている。

中新世を中心とする火山活動を含む変動は グリーンタフ変動 (井尻 1960) とよばれ 第25図のように広い地域に火山岩を噴出させた。これらの火山岩の大部分はグリーンタフ地向斜の海 (第26図) に噴出し また同時代の泥や砂などの堆積物に埋もれている。

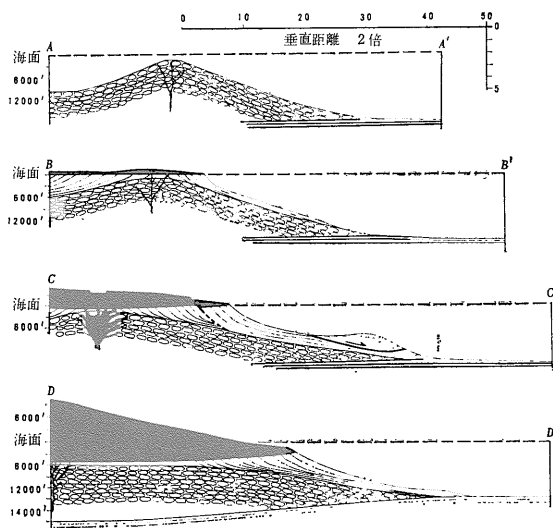
グリーンタフ分布地域の地質が諸分野から詳しく研究された背景には 地質学的興味のほかにも経済的事情もあったのである。実はこの地域は第27図にみるように黒鉱といわれる特殊な鉱石の産出するところで 明治時代から盛んに採掘された。黒鉱は一般に外観が黒く銅2～3% 鉛2% 亜鉛5%含まれており 現在では

| | 陸の火山 | 海の火山 |
|----------|-------------------|---------------------|
| 火山体の大きさ | 比較的小型 | 大型のもの多し |
| 火山体の斜面分布 | 急傾斜 火山帯に集中 | 緩傾斜 帯状に集中する度合は弱い |
| マグマの性質 | 玄武岩質から流紋岩質まで変化大きい | 大部分玄武岩質で単調 |

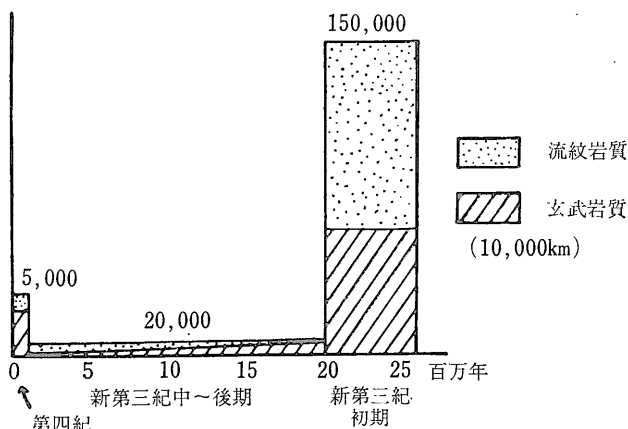
休眠山する鉱山が増えているが 日本の主要な銅・鉛・亜鉛産出地帯なのである。金属鉱床ばかりでなく 鉱床を包む地層・火山岩の上の時代の新しい堆積岩は石油や天然ガスの母岩という特質からも古生物学的研究や堆積岩の研究の対象となった。さらにこの地域の地質には 従来の地向斜の概念や構造地質学的通説では解釈のつかない多くの地質現象が認められている。これをもっと大きなスケールのグリーンタフ変動の立場から 断裂・沈降・火山活動の張力テクトニクスを統一的にとらえる見解も提出されている (第28図・生出・大沼 1960)

グリーンタフ変動期の火山活動の性質は 以上のように各分野の研究から次第に明らかになってきている。最近では第四紀の火山・活火山に関係する ネオテクトニクス (島弧変動) は グリーンタフ変動と異なるというので両者を区別する考え方も出されている (藤田 1970)。

中新世からさらにさかのぼると 火山体の復元はさらにむずかしくなる。その上 グリーンタフ地域と違って火山岩研究の客観的事情は良くなくあまり進んでいる



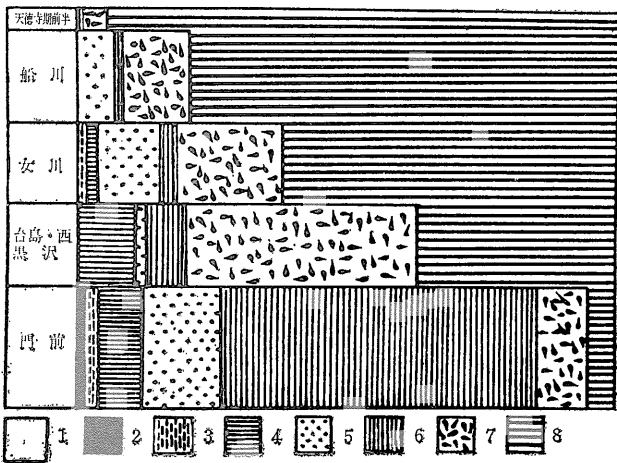
第21図 ハワイ島東側 キラウエア火山とマウナキア火山の East Rift Zone を横断する模式断面図
 A-A' : 水中噴火 斜面の傾斜は10°
 B-B' : 陸上噴火→海中に流入
 C-C' : 陸上噴火 キラウエア山頂を通る断面
 D-D' : マウナキア火山の北東部の断面 キラウエア火山より古く キラウエア火山の未来像と推定されている。
 (MOORE, FISKE 1969)



第23図 日本の新生代の火山岩噴出量 (SUGIMURA ち 1963)*

とはいえ、日光・中禅寺湖・足尾鉾山近くには溶結した流紋岩が多量に見つかり、男体山などの新しい火山におおわれた部分を入れると、その分布範囲は東北—南西方向の長軸 80km と 最大幅 40km に達し約 1,400km² の面積に広がっていたらしい。厚さを平均 700m とすると容積は 1,000km³ 位となる。奥日光流紋岩類(河田 1966)とよばれているが、おそらく白亜紀のある時期(およそ 1 億年前)に陸の火山活動が行なわれたと考えられている。

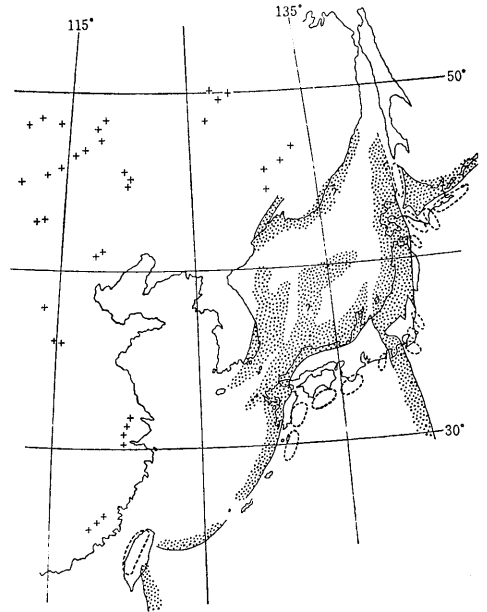
中部地方の中央アルプスと北アルプスの西方には 恵



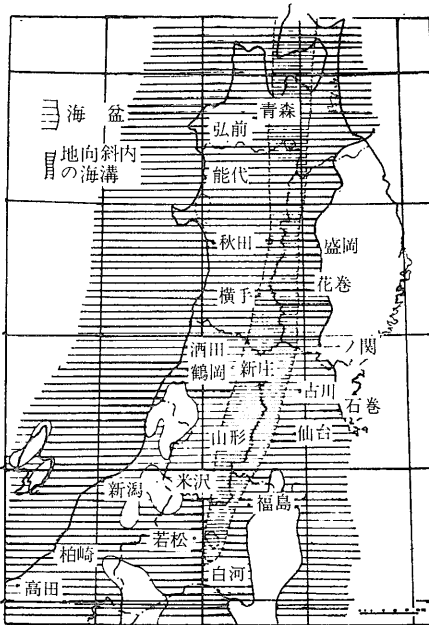
第24図 東北日本の中新世火山岩類の量比 1:100km³ 2:アルカリ玄武岩 3・4:(ノレイアイト質)玄武岩 5・6:安山岩 7:流紋岩 8:堆積岩(火砕岩を除く)
(大沢 1968の凡例の説明を簡略にした)*

那山 御岳西方 高山 庄山下流にかけて約130km 幅最大 40km に流紋岩類を主とする溶結凝灰岩が噴出している。河田ら(1961)はこれを濃飛流紋岩類とよんだ。

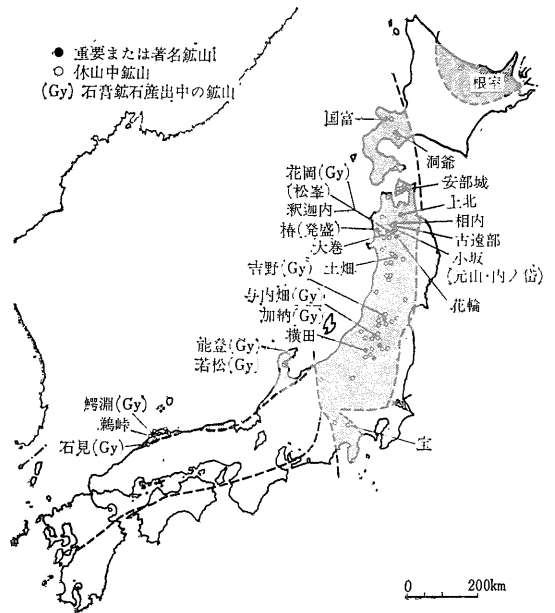
その分布面積は 5,000km² と推定され、琵琶湖の面積の約 7.5 倍に当り、奥日光流紋岩類の数倍の広がりを持っている。平均の厚さを仮りに 600m とみなし、噴出



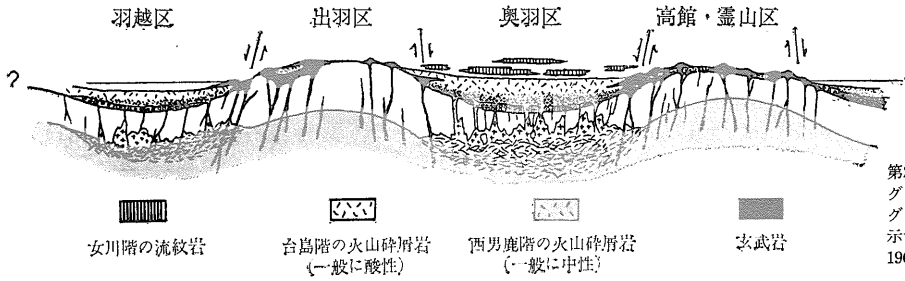
第25図 グリーンタフ変動の地域 十字印は大陸地域における玄武岩の噴出場所(藤田 1972)



第26図 グリーンタフ地向斜の中に予想された深海(北村 1959の原図から大沢1968が複製)



第27図 グリーンタフ内の黒鉾鉾床(渡辺 1966)



第28図
グリーンタフ地向斜内のマグマの形成と噴出の機構を示す概念図(生田・大沼 1960)

物の全容積は 3,000m³ と試算された。最近の研究では もっと厚く見積られているようなので 膨大な噴出量であることは疑いなく 規模としては世界的といえよう。濃飛流紋岩類は白亜紀の陸上火山活動の産物であるが 第四紀の阿蘇の約 180km³ と比べて オーダーが 1桁上で ニュージーランド北島における世界最大規模のタウポ火山帯の ignimbrite とよばれる溶結凝灰岩類の約 8,000km³ に匹敵するものである。

を経てさらに西方へ 中国山脈の骨格をなして点々と分布しており 岩石の種類も安山岩質の火山岩が多産するようになる。またほぼ同時代の花崗岩類も頻繁に露出する(第29図)。みかげ石の通称で親しまれている花崗岩はこの時代に貫入固結したもので 六甲山の麓でしかも “灘の生一本” で知られた神戸市東灘区の御影という地名に由来している。白亜紀の火山岩は大部分流紋岩(～石英安山岩)の溶結凝灰岩からできているが なかには典型的な流紋岩の溶岩や安山岩溶岩も若干産出する。

同じ白亜紀の火山岩類は琵琶湖周辺 生野鉾山・姫路



第29図 白亜紀を中心とする 火山岩と花崗岩および領家・三波川変成帯の分布図(HARTROTT 1968)

分布図から判るように散らばって分布しているので 個々の岩体は小さく見えるが 全体の量はジャンボサイズの濃飛流紋岩類をはるかに上回っている。

小野・礪見(1967)の計算によれば 日本の白亜紀後期の火山岩と花崗岩の分布面積は それぞれ 14,000km² および 24,000km² で 日本列島全体に占める割合は3.8%および6.5%の面積比になる。 両者を合計すると10%を越える面積比である。 この数字から 白亜紀後期の珪長質マグマの量が桁はずれで いかにか大きいか明らかであろう。

火山岩の各岩体が小さくて散在すること 頻繁に花崗岩に貫かれたりまた花崗岩をおおったり あるいは下位に向かって安山岩の量が増加するなどの観察事実から 白亜紀の陸上の火山は噴火後次第に削りとられて 火山体の底部が少しずつ地表に露出するようになったのだといえる。 したがって このような条件では 古い地質時代の火山を元の火山体に復元することはとてもむずかしい話なのである。 それでも 反面 火山体の下部構造を直接観察できるかも知れないという望みもある。 そうはいうものの 実際に火山噴火当時の基盤の形状や花崗岩との関係を調べることは簡単ではないのである。

噴出口がどこにあったかということすらはっきり指摘した例がまれなのである。

昔から 中国地方の白亜紀の花崗岩と火山岩との類縁性すなわち 同一の珪長質マグマから一部は地表へ噴出

第5表 北米における地質時代別の花崗岩の生成量 Knopf (1956) による

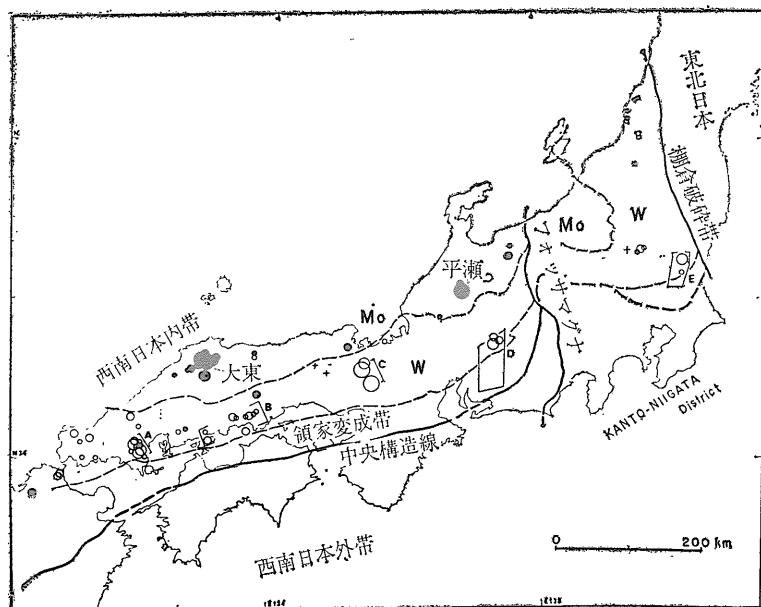
| | 時 間 百 万 年 | 分 布 面 積 平 方 マイル | 形 成 の 割 合 平 方 マイル / 百 万 年 |
|---------------|--------------|--------------------|---------------------------------|
| 第 三 紀 | 70 | 52,000 | 740 |
| 中 生 代 | 130 | 230,000 | 1,770 |
| 古 生 代 | 300 | 69,000 | 230 |
| 先カンブリア 時 代 | 3,000 | 2,000,000 | 670 |

し別の部分は火山体の下で固化し花崗岩になるという可能性が話題になりながら今だに確証が挙っていないのである。 マクロにみて 火山岩と同時代の花崗岩は 浅い所では局部的に溶結凝灰岩の中に貫入し もう少し深い所では火山岩噴出初期の基盤である古生層やその変成岩に接触して大規模な熱変成作用を与えて領家変成帯を作ったことはまず間違いない。 火山岩自体にはほとんど鉱床を生まない不毛の地域ではあっても とくに領家帯を離れた北側の花崗岩地帯には 日本の主要な Mo と W の鉱床がある(第30図 ISHIHARA 1971)。 しかも鉱床と関連のある花崗岩はとくに SiO₂ に富むマグマで一番後に貫入してくる(石原 1971)。 その上 火山体の底近くで比較的浅所に侵入してくる部分に鉱床が濃集するようである。 古い火山の下部構造を研究するのは こういう経済的見地からもおそろかに出来ないことなのである。

白亜紀を中心に形成した火山岩や花崗岩 つまり SiO₂ に富む珪長質のカルクアルカリマグマ(いわゆる酸性の)は 前に述べたように膨大な量に達している。 このことは日本ばかりでなく 花崗岩に限っても 北米では単位時間当りの容量は 中生代がとび抜けて高い(第5表)。 この現象は地球の歴史のなかでも 世界に共通の特記すべきことといわれる。

中生代初期から古生代中期における火山岩は大部分が地向斜の海底に噴出したもので 堆積物におおわれたりその上に噴出したり現象が長い時代にわたってくり広げられた。 その活動様式は多分にグリーンタフ変動期のそれに似ている。

勘米良(1971)の総括による



第30図 西南日本内帯におけるモリブデン(黒丸)とタングステン(白丸)の鉱床区 丸の大きさは 産出量に比例する (ISHIHARA 1971)

と 第31図のような古地理図と火山活動の地域が示されている。陸地や列島状の高まりの近くには 礫岩や粗粒砂岩相などができ 石灰岩はさんご礁の出来る縁海などの浅い海的环境下で大部分できたのであろう。地向斜の中でも沈降の中軸部に近くなると 海の水深も深くなりそこにたまる堆積物も細粒の砂とか泥が多くなる。

火山活動は浅い海でも深い海でも活発であって おもに玄武岩が噴出した。この火山活動はハワイ島やアイスランドにおけるような海底噴火の様式に似て多量の枕状溶岩を作っている。ただ 違う点をあげると 噴火の場所が少しづつ沈降したり 泥や砂が頻繁に運び込まれ火山岩を埋めていったことではなかったか。

なかでも“みかぶ帯”といわれる地域(第1図)には二疊紀初・中期頃にかけて 膨大な量のソレイアイト質玄武岩マグマが噴出した。枕状溶岩が多量にできているばかりでなく 同じ玄武岩マグマから冷却固化した粗粒岩相のはんれい岩や粗粒玄武岩が広く分布している。“みかぶ帯”全体としてまとめると 四国で幅 4 km 延

第6表 佐野河内・大杉地区のみかぶ緑色岩類の構成

| 地 区 | A 帯 超苦鉄質岩・輝 緑岩を伴うオフ イオライト | B 帯 枕状溶岩を主と する | C 帯 はんれい岩を主 とする |
|----------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 佐 那 河 内 | 12.8km ² 26% | 20.5km ² 42% | 15.5km ² 32% |
| 大 杉 (概算) | — 15 | — 75 | — 10 |

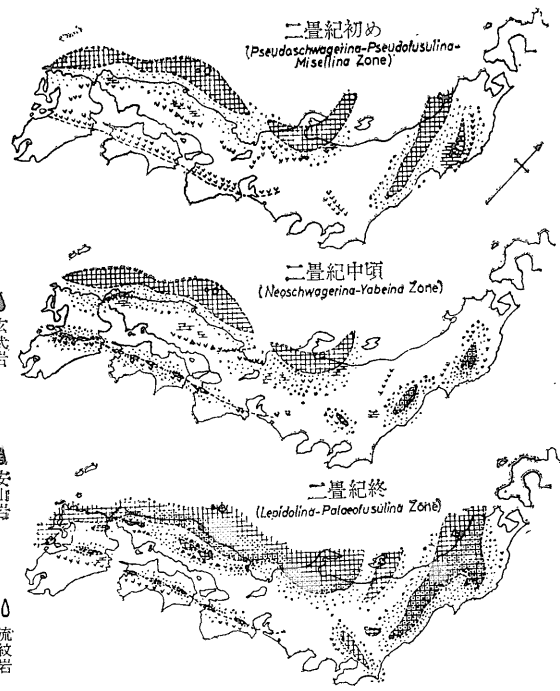
(岩崎 1969)*

長 30km の岩体が一線上に連らなって(第32図A 岩崎 1969) 紀伊半島を経て関東地方まで続いている。小さい岩体でも幅 1km 延長 1km 位はある。東四国の2つの大きな岩体の例から 個々の岩体の内部配列をもう少し詳しく紹介しよう。これらの岩体(第32図B)は北側の三波川結晶片岩と南側の弱変成古生層(秩父帯)とに挟まれ岩体の内部は3帯に区分できる。北側のA帯では緑色片岩に変わっているが 超苦鉄質岩(蛇紋岩)輝緑岩のレンズ状小岩体が多産し チャート・石灰岩を伴う玄武岩類の地域。これら岩石は1つのセットとして帯状分布をなして産出する特徴からオフィオライト

* [オフィオライト (ophiolites) : 語源を調べるとギリシア語の

| 時代 | 地 域 | 中国 | | | | | | | | | |
|------------|-----------|-------------|-----------|----|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 中 | 西 | 舞 | 舞 | 飛 | 美 | 北 | 上 | 西 | 南 |
| 地 域 | 地 域 | 中 | 西 | 舞 | 舞 | 飛 | 美 | 北 | 上 | 西 | 南 |
| | | 部 | 部 | 小 | 小 | 美 | 上 | 部 | 部 | 南 | 部 |
| 時 代 | 地 域 | 中 | 西 | 舞 | 舞 | 飛 | 美 | 北 | 上 | 西 | 南 |
| | | 部 | 部 | 小 | 小 | 美 | 上 | 部 | 部 | 南 | 部 |
| 二疊紀 | Up. | Phätian | | | | | | | | | |
| | Up. | Nörian | 皿貝 | | | | | | | | |
| | | Carnian | 佐川 | | | | | | | | |
| | Mid. | Ladinian | 藤平 | | | | | | | | |
| | | Anisian | 伊里前 | | | | | | | | |
| | Low. | Spathian | 津谷 | | | | | | | | |
| Smithian | | 魚成 | | | | | | | | | |
| 三疊紀 | Up. | Chidruan | 球磨 | | | | | | | | |
| | Mid. | Guadalupian | 赤坂 | | | | | | | | |
| | | Artinskian | 鍋山 | | | | | | | | |
| | Low. | Sakmarian | 坂本 | | | | | | | | |
| | Up. | Gzhelian | 氷川 | | | | | | | | |
| | | Mid. | Moscovian | 栗木 | | | | | | | |
| Bashkirian | 秋吉 | | | | | | | | | | |
| 石炭紀 | Low. | Namurian | 上室 | | | | | | | | |
| | Up. | Visean | 鬼丸 | | | | | | | | |
| | | Tournaisian | 大平 | | | | | | | | |
| | Up. | Famennian | 有住 | | | | | | | | |
| Frasnian | | 日明市 | | | | | | | | | |
| ペルム紀 | Mid. | Givetian | 中野 | | | | | | | | |
| | Low. | Eifelian | 大野 | | | | | | | | |
| | | Emasian | 高瀬 | | | | | | | | |
| | Siegenian | 川内 | | | | | | | | | |
| シルル紀 | Up. | Ludloyian | | | | | | | | | |
| | Mid. | Wenlockian | | | | | | | | | |

第31図A 古生代と初期中生代の火山活動 (勘米良 1971)*



第31図B 二疊紀の古地理図(勘米良 1971)*
 網目：陸地 千島模様：おもに玄武岩 黒三角：おもに流紋岩 点：砂・礫など堆積物 レンガ積み：石灰岩 (イタリックはフズリナの化石名)

óphis からきており 英語では serpent (へび) と訳されている。lite はギリシア語の lithos (stone : 石) からきており 通例 -o- に続いて名詞語尾として用いられる。フランスやイタリアでは蛇紋岩の意味に用い また古今書院の旧版地学辞典でも蛇紋岩と訳していた。

地向斜の玄武岩質火山活動によってできたもので 超苦鉄質岩 (かんらん岩・蛇紋岩など) とチャートを伴う いわゆる trinity (三位一体) の組み合わせで用いられる。装飾用石材に用いられる “ジャモン” といわれる暗緑色の岩石は蛇紋石を含む大理石や 方解石を多量に含む蛇紋岩であって 蛇灰岩とよばれ ophicalcite と書く 層とよばれている。

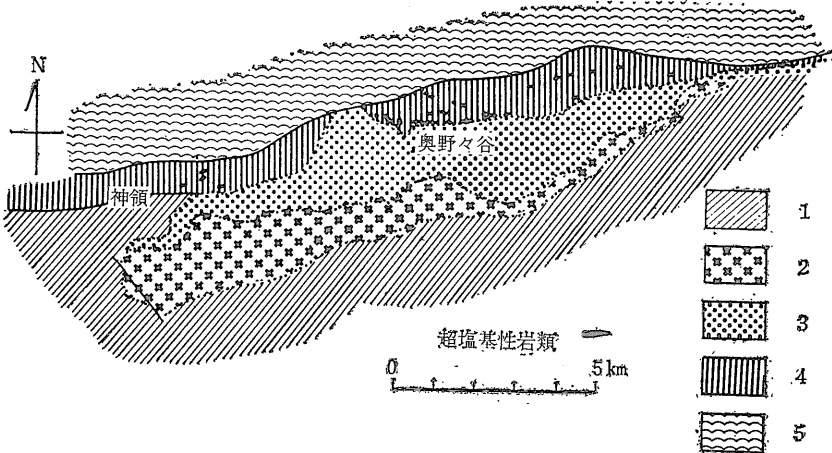
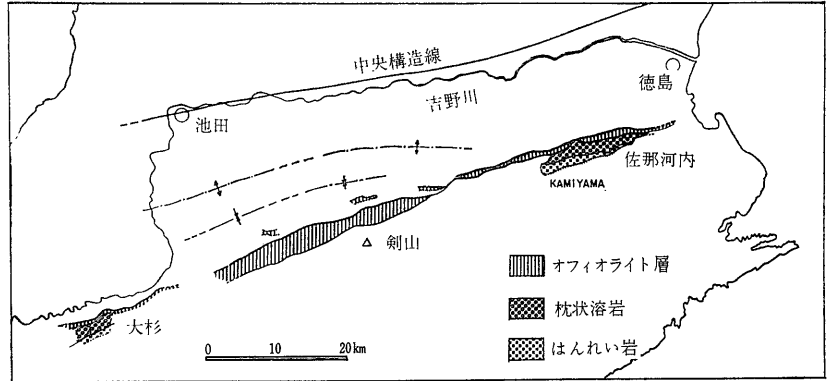
真中のB帯では枕状溶岩やその破片集合体 (角礫岩) からなり 一番南側のC帯では粗粒相のはんれい岩で特徴づけられている。両地域における各岩相の占める面積と割合は第6表の通りで “みかぶ帯” におけるこれらの岩石を一括して “みかぶ緑色岩類” とよぶ。

第1回で述べたように 私たちは主成分 Rb と Sr および REE などの化学組成の特徴と分布の地域性から地向斜内に噴出した玄武岩類 (地向斜玄武岩) には

大づかみにいって 2種類あることを明らかにした。地質の特徴からも “みかぶ緑色岩類” のように広い幅で本州の半分位の距離にわたって延々と連なるような大構造に支配された巨大な岩体と もう1つは小さな噴出岩体として不規則に点在するものが認められる。私たちの指摘した2種類の地向斜玄武岩は このような産状の違いとよく合うのである。そこで 前者を “みかぶ型の地向斜玄武岩” 後者を “美濃型の地向斜玄武岩” と名付けたわけである。自分たちの命名した言葉にこだわるわけでないが 地向斜内の火山活動の性格を端的に表現するという見地からは “みかぶ型の地向斜玄武岩” はいい語感をもっていると思う。蛇足ながら 似たような用語のたくさんある中で ニューゼaland地球物理学研究所の所長 T. HATHERTON 氏が提唱した “Miogeosynclinal” andesites はいささか特殊である。ここには詳しく紹介しないが 地球物理学者らしい面白い発想から生まれた言葉ではないだろうか。

さて 話を再び元へ戻そう。みかぶ型地向斜玄武岩によく現われる粗粒相 (はんれい岩) の成因について

第32図A
東四国における “みかぶ帯” (岩崎 1969) *

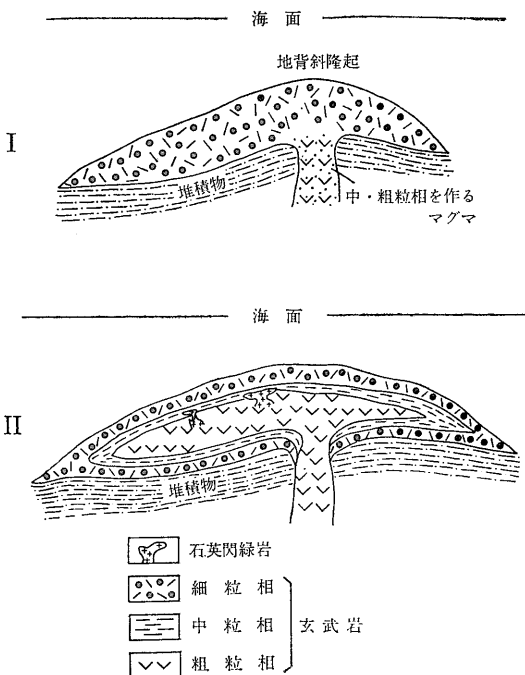


第32図B
徳島市近くの佐那河内における “みかぶ緑色岩類” の分布 (岩崎 1969)
1: 秩父帯の弱変成古生層
2: C帯 3: B帯 4: A帯
5: 三波川結晶片岩
2~4は みかぶ緑色岩類

鈴木ら (1971) は第33図のような機構を考えた。貫入の場所が全体にやや隆起し 割れ目に沿ってまずより浅所から玄武岩マグマが噴出し 一部で枕状溶岩を作りながら全体が急冷して細粒の玄武岩ができた。引き続きやや深部でできたマグマが上昇し 既に噴出した細粒相の中へ ちょうど風船をふくらませるように侵入して中・粗粒相を作った。

美濃型地向斜玄武岩の噴出様式は 一枚の玄武岩層の厚さが通常数 10—100m だから きわめて小規模の火山活動といえる。もし鈴木ら (1971) のモデルで噴出量を説明すると 第1段階の細粒相を作った少量の玄武岩マグマが噴出した程度に相当しよう (第34図)。

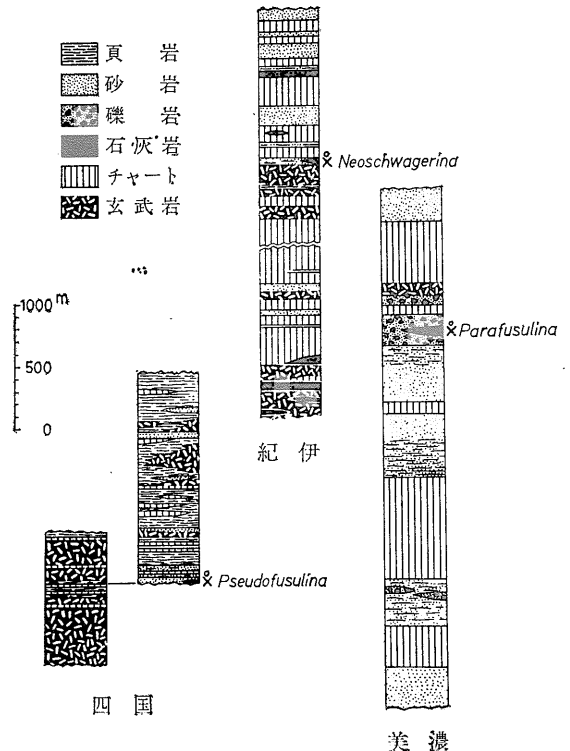
みかぶ型地向斜玄武岩は 三波川結晶片岩と隣り合っていて 同じ性格の高圧型の広域変成作用を受け パンペリー石や藍閃石が晶出しているのが普通である。三波川結晶片岩内にも 緑色片岩の多い三纏層があり その原岩は みかぶ型地向斜玄武岩と同じような火山活動によって ほぼ同時期に生じたと考えられている。この三纏層には層状で銅を多く含む黄鉄鉱の鉱床 (キースラガー) がたくさんある。最近休山の伝えられた別子銅山 (愛媛県新居浜市) は 屈指の大鉱山で 元禄3年 (1690年) から採掘され 産出銅量は60万トンを超えている。日本の代表的名鉱山というばかりでなく 規模からも学術上でも世界的に知られている。



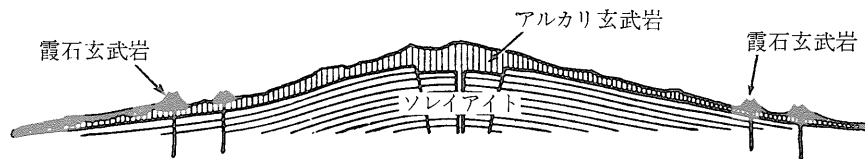
第33図 愛媛県大洲市における みかぶ型地向斜玄武岩の形成機構 (鈴木ら 1971)*

見方によっては キースラガーはみかぶ型地向斜玄武岩との関連から 成因論が展開されてゆくかも知れない。私たちが 西南日本の古生代地向斜のモデルを模索していた時 現在の地球上でもっとも性格の似た張力テクトニクスの場合はどこかと考えて それは紅海の地質構造と噴出した玄武岩の性質に近いと想像した。3億年ほど昔の日本列島は 現在の紅海に似ているのではないかと考えたのである。その紅海の深海底中軸部近くから銅・亜鉛・鉄などの重金属に富む堆積物と濃厚塩水が最近発見された (1965年2月)。紅海におけるこのような重金属の産出は 上に述べたキースラガーと2種類の地向斜玄武岩の分布様式・岩質との関係を考察する上で いろんなヒントを与えてくれそうであり 興味をそられる問題である。似たような鉱床でも "グリーンタフ" 内の黒鉱の場合は 若干生成条件が違っているようである。すなわち 玄武岩ではなくて 珪長質 (流紋岩) の火山作用と海水と堆積域との関連で追及されているからである。堀越 (1971) は 紅海の重金属の産状を紹介しているが その中で黒鉱とキースラガーを含めて これらの鉱床の成因をプレートテクトニクスの立場から論じている。

大まかではあるが 以上述べたように 地向斜玄武岩の性質 すなわち古生代の火山活動の様式を解明すると



第34図 二疊紀の玄武岩の火山活動を示す柱状図 (SUGISAKI ら 1972) (イタリックはフズリナの化石名)



第35図
ハワイ島におけるアルカリ玄武岩とソレイアイトとの関係 (久野 1961)

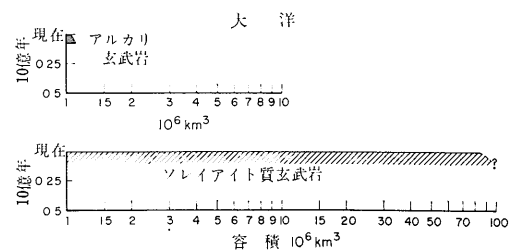
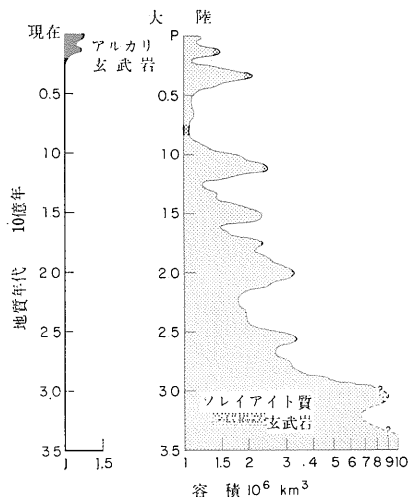
いう地道な研究も 人間生活にとって重要な地下資源の問題と決して無縁ではないことが理解できるであろう。

10. 玄武岩とテクトニクス：陸と海と

陸と海の火山とは 第4表のようにたいへん趣を異にしている。玄武岩のみに問題を絞ってみると ENGEL ら (1965) の主張のように 玄武岩といわれるものの中でも SiO_2 に乏しくアルカリに富む玄武岩 (アルカリ玄武岩) が海の火山にはきわめて少なく [太平洋上の火山島にアルカリ玄武岩やアルカリ岩 (粗面岩や流紋岩) が多いのは 勝井・吉井 (1971) が説明したようにハワイ島 (第35図) と同じく火山体下部に膨大な量のソレイアイトが潜在し 海面上にほとんど露出しないことに原因があるかも知れない] SiO_2 に富み アルカリに乏しいソレイアイト質玄武岩 (アルカリ玄武岩以外の玄武岩で 高アルミナ玄武岩 高アルカリソレイアイト 低アルカリソレイアイトも含める) の量

が圧倒的に多い (第36図)。同じ玄武岩の中でも わずかながらこうした差の生まれる原因は 結晶分化作用のみでは説明がつかない。マグマ発生場の深さとその場における物質および状態の問題としても 今後究明されてゆくであろう。

どの噴火の場合でも 玄武岩の場合とはくに 陸と海とを問わず割れ目噴火が主張されている。インド洋のカールスバーグ海嶺はアデン湾を経て紅海の割れ目につながっていることから判るように かつて大陸であった所でも また海であっても 引っぱり張力テクトニクスが働けば割れ目が発生し そこから火山噴火が起こるのである。大洋中央海嶺 紅海 アフリカ大地溝帯 ハワイ諸島 伊豆諸島 火山帯のフロントなど 多少規模は違ってもすべて張力場の割れ目噴火によって特徴づけられている。噴火の途中圧縮を受けて 溶岩などが大規模に変形した事実はあまり発見されていない。張力による割れ目が海の底にできて 陸の上にもできて 割れ方が同じ様式ならば またマグマ発生場における物質が似ておれば 結果として似たような玄武岩が噴出して来るであろう。ただ その場所に水があったかあるいは始めはなくても後から水が侵入するよう環境が変化するかによって マグマの性質も 噴火様式も さらに玄武岩の組成も違ったものになる。



第36図 大陸および大洋におけるアルカリ玄武岩とソレイアイト質玄武岩の噴出量の移り変わり (ENGEL ら 1965)

私たちが地相斜モデルを作るに当たり 以上述べたような張力テクトニクスを大きな拠所にしたのである。グリーンタフ変動の地相斜は 玄武岩から流紋岩まで各種多産するので 火山活動の性質は古生代地相斜のものやや違ってはいるが 張力テクトニクスの場であったとの主張は古くからあって 本質的には古生代地相斜と大差ないものと考えられる。

地相斜玄武岩の場合は 海の火山という意味で陸の火山と化学組成が大変違って来る。それは $H_2O(+)$ の多いこと 炭酸塩鉱物が多量に産出することではっきりしている。このような成分は 一般に陸上の玄武岩では噴出後変質を受けて始めてふえる性格のもので 噴出時の玄武岩マグマと異なる起源の水が加わったとみなされる。これに対して 海の場合 多分噴出時に高温の熱水と高い水蒸気圧の存在のもとで 玄武岩マグマが冷却固化したため 最初から含まれていたと思われる。

地向斜玄武岩に特有な $H_2O(+)$ や炭酸塩鉱物の起源は揮発性成分の多い玄武岩マグマの成因とともに 地向斜生成と発展の歴史を究明する上において 避けることのできない超一級の研究テーマではないだろうか。

エピローグ

地質学の言葉はきわめて多く その上記憶するのがむずかしい。 歴史上の重要人物や事件・地名などはまだ事柄が明白なので理解しやすく したがって覚えることもそれほど困難ではない。 ところが 地質学の言葉はしばしば内容が抽象的になるため 実感を伴わなくて余計判りにくい。 極端にいうならば 数値表示や記号化することが簡単でなく またたとえても しばしば個人的感覚や経験で決まる要素が少なくない。 たとえば色 形 模様 固さ 量などの性質を表わす時 直観的印象に大きく左右されがちでまちまちになることがある。 それほどに個人誤差を生みやすい体質をもっている言葉なのである。

花崗岩といえば もっとも普通には すぐに見なれたみかげ石を思い浮かべて 内容を細かく検討しなくてもイメージは比較的確りしていると思う。 けれどつつこんで 詳しく花崗岩を定義すると なかなか厄介であって 厳しくしないで広い意味で便利に使うことが多い。 花崗岩類などと書くのは この手の用例だと思う。

ある土地の住民が何気なく口にした言葉や地名・人名が糸口になって術語に用いられたいあるいは詳しい研究の結果定義される言葉もあろう。 これらの術語や定義の内容はすべて人為的に決められたものであって もともと自然界はもっと多様性に満ちていることに気付くべきではなからうか。 しかし そうはいうものの何んらかの枠を設けて なるべく簡略に内容を表現する道を講じなくてはならない。 この辺りのかねあいがむずかしいのである。 枠をはめて内容を限定すると ときおり枠にはまらないものがでてきて 例外を認めねばならぬ場合も当然起きてくる。 枠のはめ方も 時代とともに研究手段が変わり 内容が豊かになったり質的に違ってくる 変更の必然性も生まれてくる。 必ずしも最初の定義通り使われない言葉がでてくる。

このような事情では 対象とする事柄をできる限り具体的に明らかにした上で 誰の定義に従うとか近いかを述べないとよく混乱が起る。 その点 鉱物名は単体というわけか 岩石名と比べてまだ判りやすい方であろう。 内容が具体的でない時に 術語のことだけにこだわるのも好ましいことではない。 むずかしくて 判り

にくく しかも記憶にとどまらないような術語は いったんそのこと目をつぶって なるべく花崗岩のように あるいは玄武岩のように 広くて概括的な名称を活用した方がかえって内容が充実するのではないかと開直りたくもなる。

本文をまとめるとき いつもこのことを念頭におき 厳密な検討を済ませた上でないと使えない術語はつとめて避けたつもりである。 このために表現がやや粗雑になったり 通俗的になり過ぎたおそれがなくはない。 それは すべて筆者一人の責任であって 甘んじてご批判を受けねばならないと思っている。

第2回の本稿をまとめるに当り 色んな方々からご教示やら忠告や さらに写真の提供を受けた。 特に記名しないが 厚くお礼申し上げたい。 原図の複製作業は例によって正井義郎氏によった。 (筆者は 地質部)

文 献

- 荒牧重雄：科学 40 318—324 (1970・6)
 藤田至則：島弧と海洋 1—30 東海大出版 (1970)
 藤田至則：科学 42 212—220 (1972・4)
 T. HATHERTON: Earth Planet. Sci. Lett. 4 441—447 (1968)
 堀越 敏：科学 41 617—625 (1971・11)
 井尻正二：地球科学 第50—51号 6—8 (1960)
 S. ISHIHARA: 地質雑 77 441—452 (1971)
 石原舜三：地調報告 第239号 (1971)
 岩崎正夫：地質学論集 第4号 41—50 (1969)
 勘米良亀齡：地質学論集 第6号 97—110 (1971)
 勝井義雄・吉井敏尙：科学 41 199—208 (1971・4)
 河田清雄：地球科学 第84号 6—13 (1966)
 河田清雄・山田直利・磯見博・村山正郎・片田正人：地球科学 第54号 20—31 (1961)
 北村信：東北大理・地質古生物学・邦文報告 49 (1959)
 A. KNOPF: Geol. Soc. Amer. Special Paper 62 685—702 (1955)
 J. G. MOORE・R. S. FISKE: Geol. Soc. Amer. Bull. 80 1191—1202 (1969)
 森本良平：海洋科学 1 82—86 (1969・11)
 中村一明：科学 36 85—87 (1966・2)
 中村一明・宝来帰一：科学 41 185—198 (1971・4)
 生出慶司・大沼晃助：地球科学 第50—51号 36—55 (1960)
 小野千恵子・磯見博：地調月報 18 467—476 (1967)
 大沢 穠：岩 鉱 50 167—184 (1963)
 大沢 穠：グリーン・タフ(緑色凝灰岩) ラテイス (1968)
 鈴木隆介：箱根火山 7—42 日本火山学会編 創造社 (1971・11)
 鈴木堯士・杉崎隆一・田中剛：地質学論集 第6号 121—136 (1971)
 上田誠也・杉村新：弧状列島 岩波書店 (1970)
 渡辺武男：科学 36 70—80 (1966・2)