

硫黄島周辺の海底地形†

加藤 茂*・池田 勉*

SUBMARINE TOPOGRAPHY AROUND IWŌ-ZIMA†

Shigeru Kato* and Tsutomu Ikeda*

Abstract

The submarine topographic survey around Iwō-Zima situated 1200 km south of Tokyo was carried out by the Hydrographic Department in 1981. By the result of this survey, a submarine topographic chart was drawn on the scale of 1 : 100, 000 (Fig. 2). The submarine topography around Iwō-Zima has some characteristics as follows;

- i) Iwō-Zima is located at the summit of a concentric volcano of more than 40 km in basal diameter, and more than 2000 m in elevation.
- ii) Iwō-Zima volcano has two big lateral volcanoes, Kaise-Nisi-no-Ba located at 15 km WNW of the island and Kaise-Minami-no-Ba located at 25 km south of the island. There are also many small lateral volcanoes on the south and west slopes.
- iii) Topographic chart of Iwō-Zima volcano exhibits a caldera of about 10 km in diameter, and Motoyama which is the northeast part of the island is the central cone of this caldera.
- iv) An abrasion platform fringing the island is formed by wave erosion faster than the uplift of which rate is 50 cm/year in maximum.
- v) Front slope of the abrasion platform has become shallow about 20-40 m for 47 years because of uplift and clastics mainly supplied by the erosion of abrasion platform.
- vi) It is considered that the high rate uplift of Iwō-Zima occurs at shallow waters but such uplift does not reach the caldera rim.

1. はじめに

火山列島硫黄島は東京の南約1200kmにある火山島で、七島・硫黄島海嶺とよばれる火山列の一角を占める。伊豆七島から南硫黄島まで直線上に点々と連らなる島々は、七島・硫黄島海嶺上の火山が海面上に顔を出したもので、最近でも三宅島、西之島、南硫黄島付近の福徳岡の場等で噴火活動が記録されている。硫黄島においても、島にいくつかある噴気孔から時々噴気現象が観察され、また島の周辺海域は火山性変色水が常時認められる。

† Received 30 November 1983

* 海洋調査課 Ocean Surveys Division

硫黄島では、1968年にわが国に返還された後、地学的調査が東京都、国土庁、国立防災科学技術センター等により、陸上部に集中して進められてきた。その結果、硫黄島にはいくつかの特徴ある現象が認められた。陸上部分は、元来火山体の頂上部分が海面に出ているに過ぎず、大部分を占める周辺海域のデータの重要性が認識されるに至り、1980年には航空磁気測量が、1981年には海底地形地質調査が、いずれも水路部により実施された。

ここでは、国土庁の協力により実施した、硫黄島周辺海底地形地質調査結果により明らかとなった同島周辺海底地形について、とりわけ、火山体としての特徴と海岸付近の海底地形形成過程についてまとめた。

2. 硫黄島火山の諸特性

- (1) 硫黄島は、元山と摺鉢山とよばれる2つの火山とこの間を連結し砂礫層からなる千鳥ヶ原によって構成されている。元山は海拔約120mの低平な火山体で、粗面安山岩熔岩の上に火砕岩(凝灰岩)が覆い、熔岩の露出域は限られている。熔岩の産状等から元山火山は、海底で形成されたと考えられている(津屋, 1936; 一色, 1976)。摺鉢山は、島の南西端にある海拔160mの円錐丘で、凝灰岩、角礫岩、粗面安山岩熔岩の上に陸上で建設された火砕丘である(一色, 1976)。このほか、島の東方には東岩、島と砂州で連結した釜岩の北には監獄岩とよばれる岩礁がある。

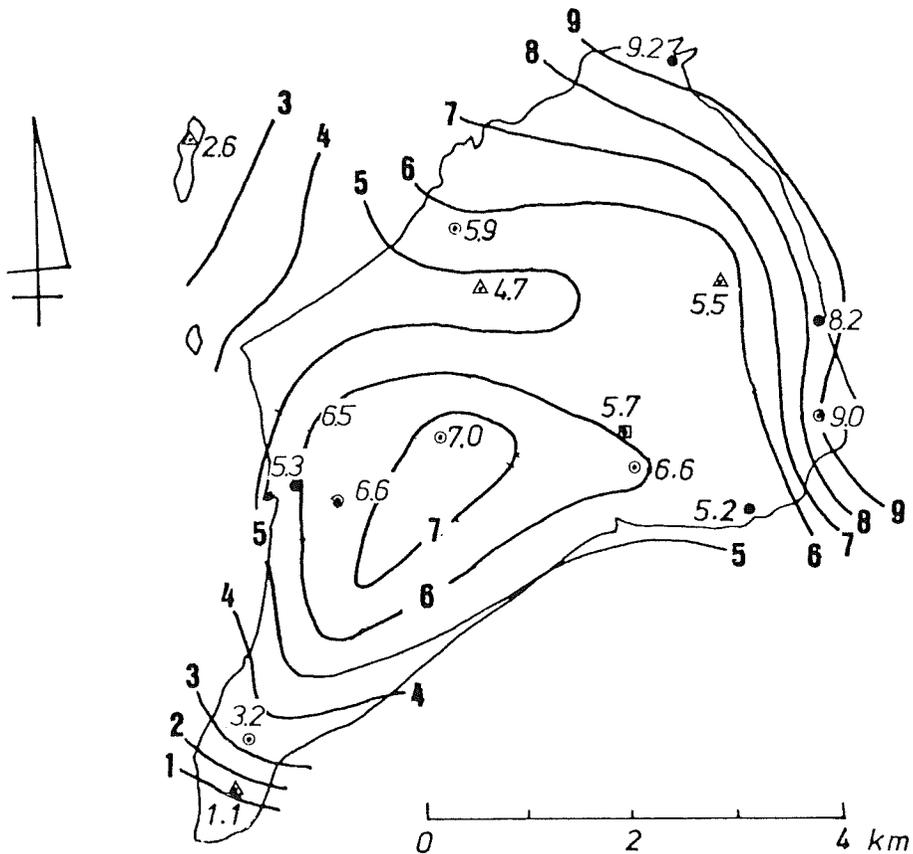


Figure 1 Distribution of values of recent uplift obtained by geodetic means: Isobase and individual values of uplift in meter during 16 years from 1952 to '68 (Kaizuka et. al., 1983).

- (2) 硫黄島の特筆すべき現象は激しい地殻変動であり、島全体が著しい隆起を継続していることである。国土地理院の水準測量による1952年～1968年の16年間の垂直変動量をみると、北東海岸で9 mを超える隆起が確認されている(辻ほか, 1969)。この隆起は1911年以後1968年まで継続しており、1952年以後は約30cm/年の隆起速度を示す(小坂ほか, 1979)。島の隆起分布は辻ほか(1969)の等隆起量図に、監獄岩の値等を参考にして貝塚ほか(1983)が描きなおしている(第1図)。これによると、元山北東海岸で隆起量が最も大きく、千鳥ヶ原にも隆起の大きい部分があるが、監獄岩や釜岩そして摺鉢山ではかなり小さいことがわかる。
- (3) 元山を中心に海岸段丘の発達著しいことが従来から指摘されていた(津屋, 1936; Swenson, 1948)が、貝塚ほか(1981, 1983)は、この海岸段丘を詳細に調査し、段丘形成史と地殻変動との関連等について論じた。これによると、元山の最高部も海岸段丘面であり、20段以上の段丘が識別された。また海岸段丘から求められた地殻変動は測地学的方法によって求められた変動パターンとよく一致し、約100年前から同様の変動が続いたと推定している。
- (4) 海岸線の変化も著しく、羽島・溝口(1982 a, 1982 b)は、釜岩との中のトンボ口の成長を中心に汀線変化について論じた。汀線は隆起に匹敵するほどの前進はなく、これは波浪の浸食によるものであり、浸食された土砂は沖の海底に堆積するとした。貝塚ほか(1983)は、1934年と1945年の水深の比較により、水深5～10mの平坦面に変化がほとんどないことから、ほぼ隆起分だけ波浪浸食により海底が削剝されたと推定した。
- (5) そのほか、隆起量に比べ地震活動がすくないこと(小坂ほか, 1979; 熊谷, 1976)、また島内には各所に地熱地帯があり、火山ガスの噴出、温泉、火山性湧水等がみられ(森本ほか, 1968)全島としての放熱量は莫大なるものであること(小坂ほか, 1979)などが明らかとなっている。

3. 海底地形地質調査

硫黄島周辺海底地形地質調査は、1981年6月8日～6月30日の23日間、測量船「昭洋」(船長中川久, 1900トン)で実施された。調査範囲は、概ね北緯24度33分から24度58分、東経141度0分から141度31分で囲まれた東西22～24km、南北24～30kmの海域で、この中心に硫黄島が位置する。外洋部では、東西方向に1海里間隔の主測線とこれと直交する南北方向4海里間隔の交差測線において、測深、エアガン方式による音波探査、3.5KHzの表層探査、地磁気、重力の測定及びドレッジによる採泥を行った。島周辺の沿岸部は、「昭洋」搭載測量艇「くろしお」により測深を行った。

調査の結果、硫黄島周辺海域について10万分の1の水深図、海底地形図、海底地質構造図、地磁気異常図、重力異常図、2.5万分の1の沿岸部水深図等が作成された。10万分の1の海底地形図を第2図に示す。

4. 硫黄島火山の地形

硫黄島は、水深2000m以深からそびえたつ直径40km以上の火山体で、第2図に示す今回の調査範囲におさまり切れない。硫黄島はこの火山体の頂上部に位置する。硫黄島火山は、島を中心とするほぼ同心円上の等深線がとり囲むが、火山体斜面は、北・東側の斜面は3～6度と急で、南・西側は緩斜面となっている。島から西北西約15kmには海勢西の場とよばれる高まりが、南方約25kmには海神南の場とよばれる高まりが目を見く。いずれも、直径10km前後の単独の高まりで硫黄島火山の側火山と考えられる。海勢西の場の頂上部は水深200～230mの平坦面となっている。頂部水深や地形から、この平坦面は海食により形成されたと考え

られる。この2つの大きな高まりのほか、元山を通る北西-南東の線より南西側には、直径2 km以下の小さな高まりが散在しており、これらの高まりも側火山と考えられる。側火山の分布域は、火山体の緩斜面域と一致している。

島の周辺部をみると、元山を中心として半径約5 kmの同心円上に高まりが数カ所認められる。元山西方の現在は島と陸続きとなった釜岩、その北の監獄岩、島の北方の水深70mの高まり、東方の東岩、そして南方の水深130mの高まりがそれである。地形的にみて、硫黄島火山はこれらの高まりを外輪山とするカルデラ地形を呈していると考えられる。これらの高まりが元山からほぼ等距離にあること、いずれの高まりもその嶺は元山を中心とする円弧状の尾根線を描いていること、東岩や監獄岩では内側(元山側)に急崖があることが根拠となる。

これらの考え方をもとに作成した地形学図を第3図に示す。カルデラはほぼ円形をしており、元山はこのカルデラ内の中央火口丘、摺鉢山はカルデラ外にできた側火山のひとつと考えられる。ただし、摺鉢山付近はカルデラ外縁線がはっきりせず、カルデラ外縁上に形成された火山かもしれない。

カルデラ外縁付近は、今回の調査で音波探査を実施していないので、地質構造に関する資料はないが、1980年の航空地磁気測定の結果は、これを裏付けるデータを提供しているようにみえる。すなわち、磁気異常分布から推定した帯磁モデルでは、島を中心とする直径約10km、最大深度2000mの非磁性領域が描き出され、この領域はキューリー温度より高温の岩体よりなると推定されている(大島ほか、1982)。この非磁性領域はカルデラの範囲とよく一致している。硫黄島周辺海域の地質学的、地球物理学的データは他にはなく、今後のデータの集積により明らかにならう。なお、これらの結果の一部は、既に速報として発表されている(海上保安庁水路部、1983)。

5. 海岸付近の海底地形

2の(2)で述べたように硫黄島では極めて大きな隆起が継続している。この隆起現象は陸部だけの現象とは考えられず、海域でも十分考え得る。この隆起現象の範囲はどこまで続いているのか、また硫黄島周辺の浅海域の地形形成過程に、この隆起現象はどのような影響を与えているのかについて若干の考察を試みることにする。

浅海域の海底地形について今回作成された海底地形図と過去の測量結果との比較を行った。過去に実施した測量結果で現在残っているのは、1934年海軍水路部の測量による3万分の1の海図及び1945年米軍の測量による2万分の1の海図である。1934年測量に関する資料は、1935年刊行の水路軍機第220号の海図のみでほかの資料はない。また1945年の米軍測量結果は、海図No. 97562として現在でも販売されている。比較にあたって、まず縮尺を2.5万分の1にそろえて、ファゾムで表わされた米軍海図はメートルに換算し、それぞれ等深線図を作成した。これに今回の測量結果を重ね、第4図に示す主要な測線について海底地形断面図を作成した。これを第5～10図に示す。なお、第二次世界大戦で戦場となった硫黄島では、新旧の図を重ね合わせるための三角点等の基準点がなかったので、南海岸沖の二ツ根、北東海岸沖の離岩、監獄岩西方沖の岩礁により一致させてみた。それぞれの岩礁のずれも図上2 mm、実距離50m以内におさまる。

地形の変化状況をみる前に、現在の海岸付近の海底地形をみてみよう。海底地形図(第2図)をみると、水深10-20mを外縁水深とする平坦面の発達がよく、この平坦面は摺鉢山周辺を除くと1 km前後の幅を持っている。この平坦面はその水深から現海面に対応する海食台及び堆積平坦面と考えられる。2.5万分の1の水深図からみると、南海岸の二ツ根から東まわりに北ノ鼻までは、この平坦面上に海岸と平行するように

南力諸島
硫黄島周辺海域
海底地形図

昭和56年5月～6月測量
横メルカトル図法 座標原点 { N 24° 47' E 141° 20' } 縮尺 $\frac{1}{100,000}$

基本水準面硫黄島平均水面下0.65m

- 備考
1. 岸線および沿岸部の海底地形図は昭和56年4月～5月測量を基として採り、
 2. 右速度の改正：海上保安庁水路部海洋資料センター保管の資料による。
 3. 等深線間隔は10mである。

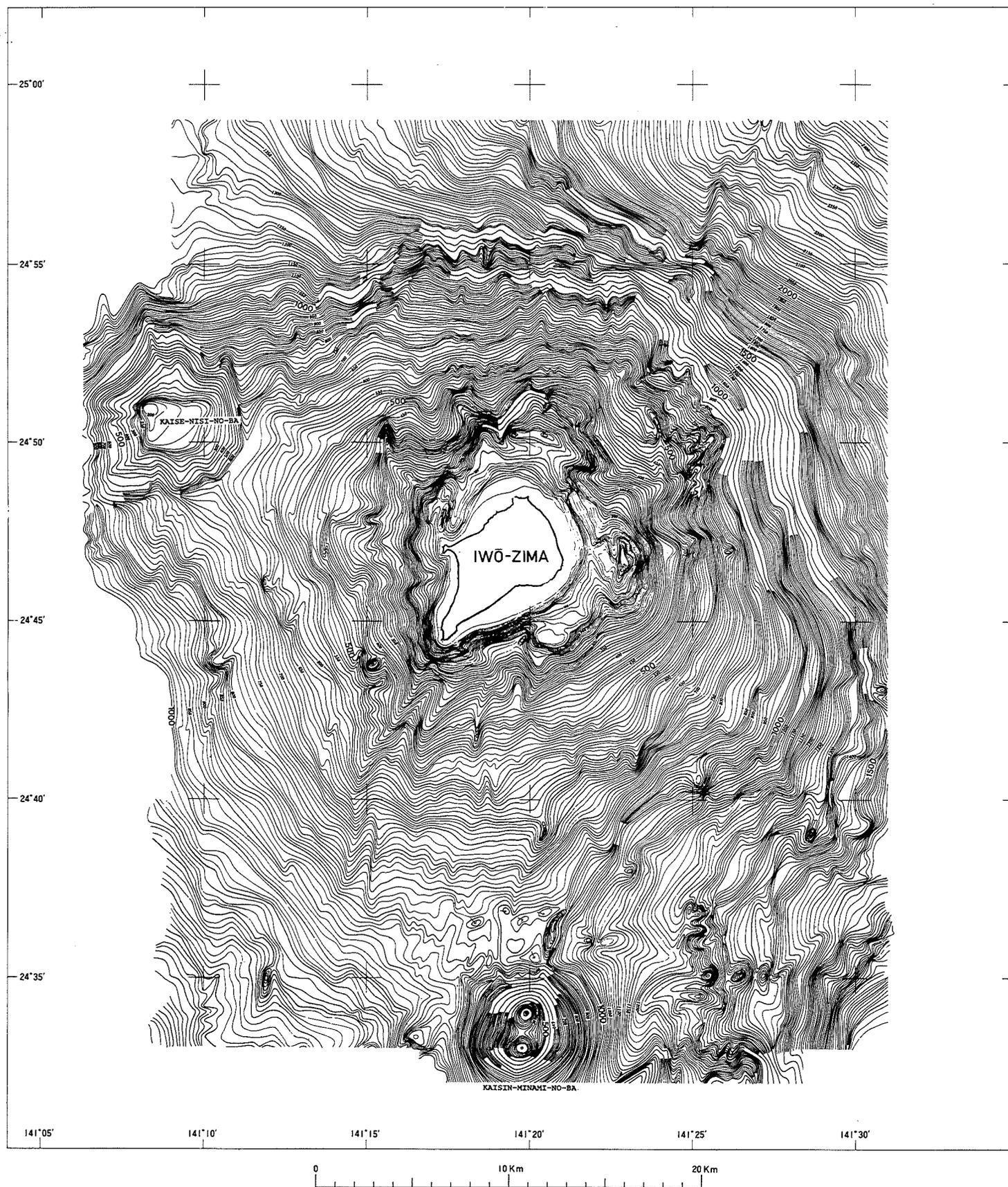


Figure 2 Submarine topographic chart at the sea around Iwō-Zima. Contour interval 10 m.

高まりが認められる。この高まりの内側には、やはり海岸と平行する窪みがあり、窪みと高まりとの比高は3~4 mある。

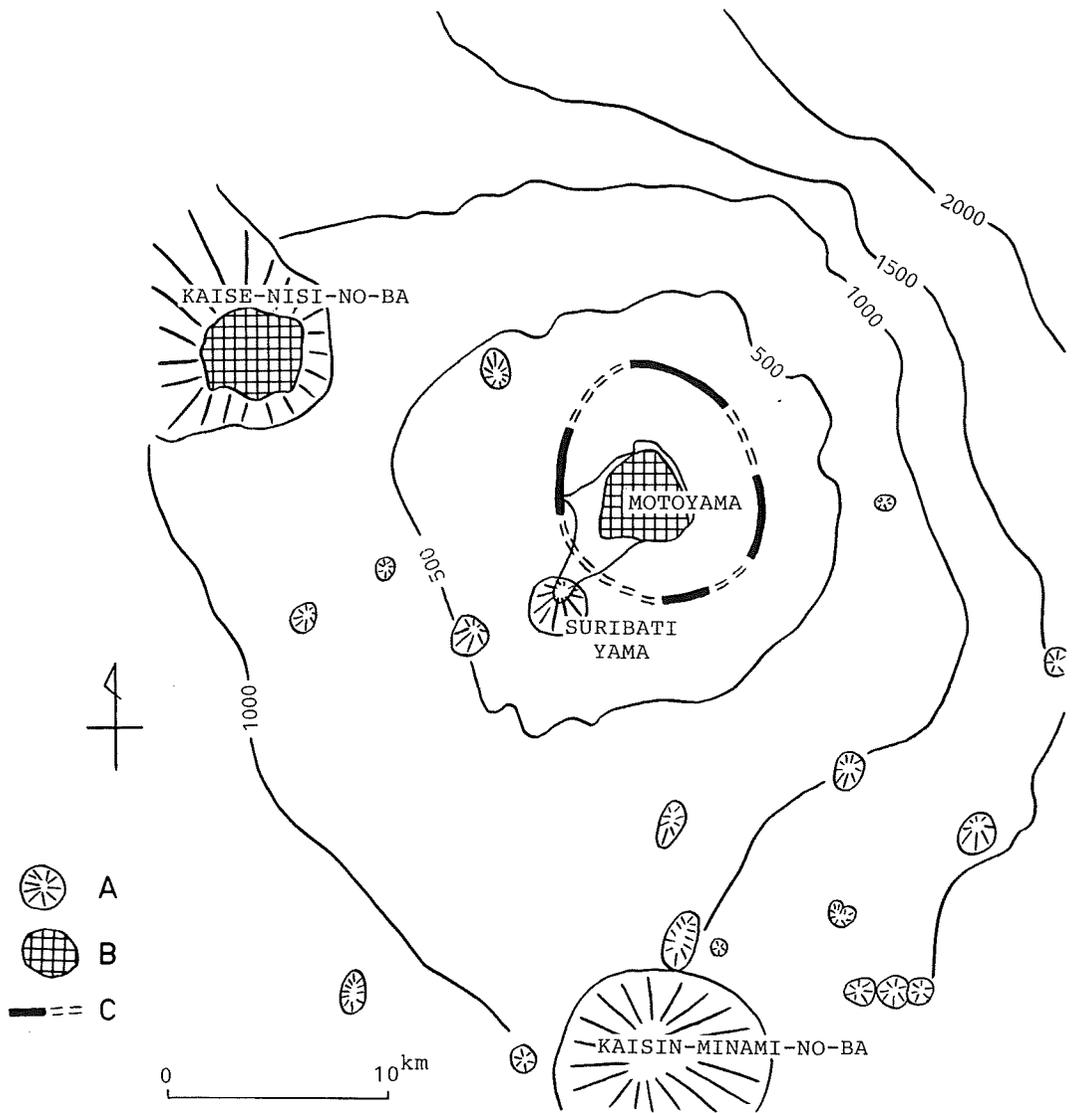


Figure 3 Geomorphological map of Iwō-Zima volcano.

A : lateral volcano, B : abrasion surface, C : caldera rim

1934年、1945年そして1981年の3回の測量結果により、海底地形の変化状況を第5~10図でみることにする。第5図は、現在島と陸続きとなっている釜岩を横切るほぼ東西断面(A)である。釜岩と島との間は、1934年には水深38mの海域であったが、1945年には水深20mに、1981年には陸域となり、この間著しく浅くなっていることがわかる。第1図の最近16年間の隆起量図では、この地点で約4 m隆起しており、この隆起速度が一定で1934年までさかのぼれるとすれば、1934-1981年の47年間の隆起量は約12mとなる。水深の変化はこの値を大幅に上まわる38m以上であるので、ここでは隆起に加え多量の堆積物の供給があったことになる。第6~10図(B~F断面)は、島を右まわりに海岸とほぼ直交する断面で、これらの図からは、水深

10m 前後までの平坦面では水深変化は数 m にとどまっており、これと対照的に、いずれの断面でも平坦面の沖の急斜面では非常に浅くなっていることがわかる。

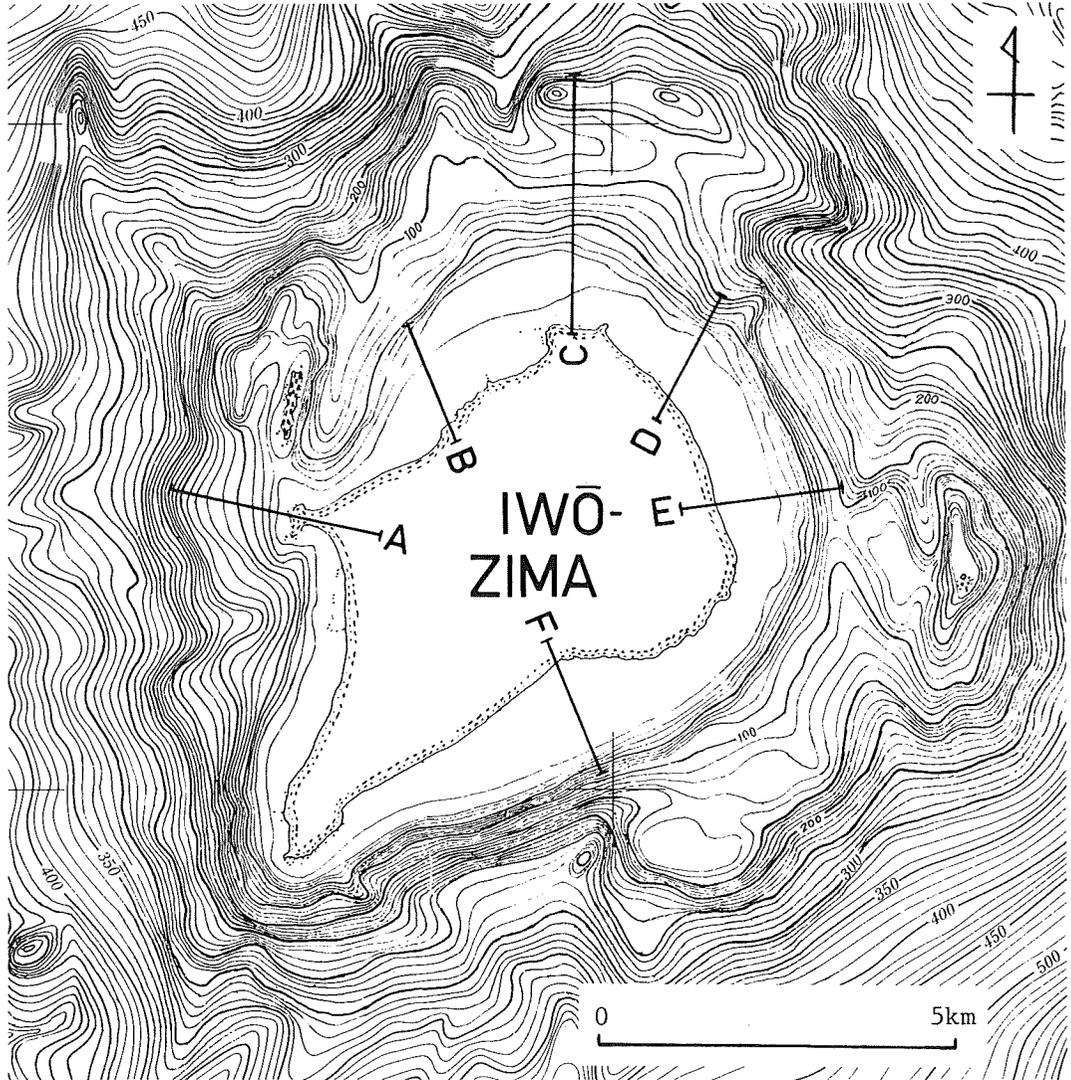


Figure 4 Magnification of Figure 2. A-F show the section lines of Figure 5-10.

これらの断面のうち、C（第7図）はかなり沖合まで水深変化を知ることが可能で、海岸から沖に3.5km付近には前述のカルデラ外輪山と考えられる高まりが認められる。そこで、この断面図について1981年までの推定隆起量を積算してみた。断面の位置に最も近い北ノ鼻付近の基準点での隆起量は、1952-1968年の16年間で9.2mある（第1図）。1934-1981年の隆起速度が一定であると仮定すると、1934-1981年の隆起量は約27m、1945-1981年の隆起量は約21mとなる。この隆起現象が海域部まで同じであるとして、1934年、1945年の地形断面をそのまま隆起量分持ち上げ、1981年の地形断面とを比較するとそれぞれ第11、12図となる。

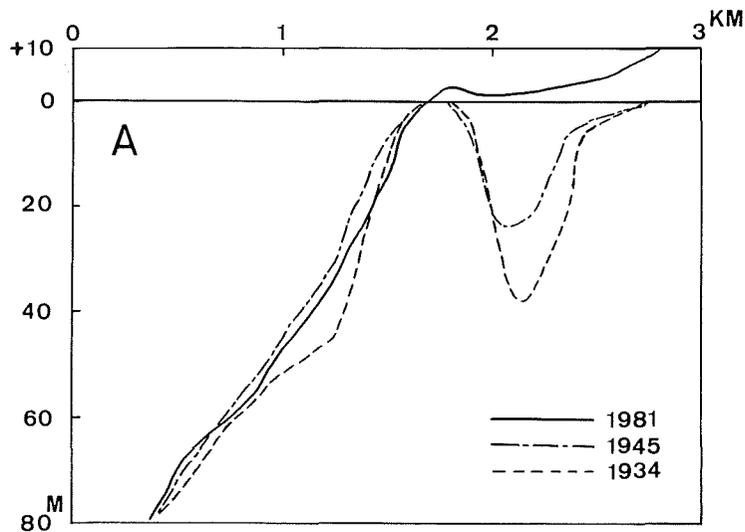


Figure 5 Topographic change across line A, 1934, 1945 and 1981.

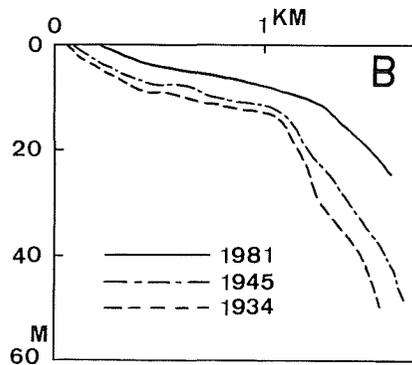


Figure 6 Topographic change across line B, 1934, 1945 and 1981.

両図とも類似した特徴が認められる。海岸から約1 kmまでは陸化しているはずが現在も海域であることがわかり、このことから、隆起速度に匹敵する海食作用によって削り取られたと考えられる。平坦面の前面の斜面域では、推定隆起量以上浅くなっており、隆起に加えて堆積作用を考えなければならない。さらに、沖合の高まり付近では、推定隆起量と同程度深くなっているので浸食を考慮することとなるが、水深80m前後のこのような高まりで一様に浸食されたとは考えにくく、従って、推定した隆起量が大きすぎ、地形的あまり変化がみられないことから、隆起はほとんどなかったと考える方がよい。

C断面を含む北側沿岸海域について地形変化の分布図を作成した(第13, 14図)。この図は、1934, 1945, 1981年の等深線図により、1934-1981年をそれぞれ比較したものである。測量密度や精度から細部の変化状況、特に島から離れるに従いやや疑わしい部分があるが、概略のパターンは確かなものと考えられる。両図とも同じ傾向を示し、海岸から(1)全体ではやや浅くなっているものの、その量は10m以内と小さい海域(海食台海域に対応)、(2)+20~+40mと極めて浅くなっている海域(平坦面外側の斜面域に対応)、(3)深くなっている海域(沖合の高まりの島に面する斜面付近)と海岸をとりまくように帯状の水深変化をしていること

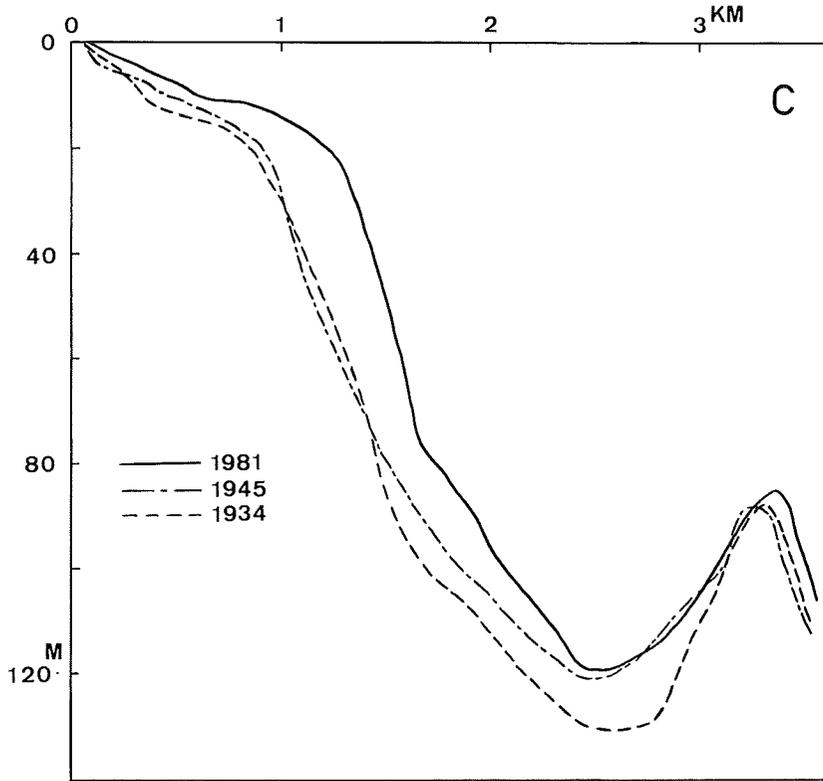


Figure 7 Topographic change across line C, 1934, 1945 and 1981.

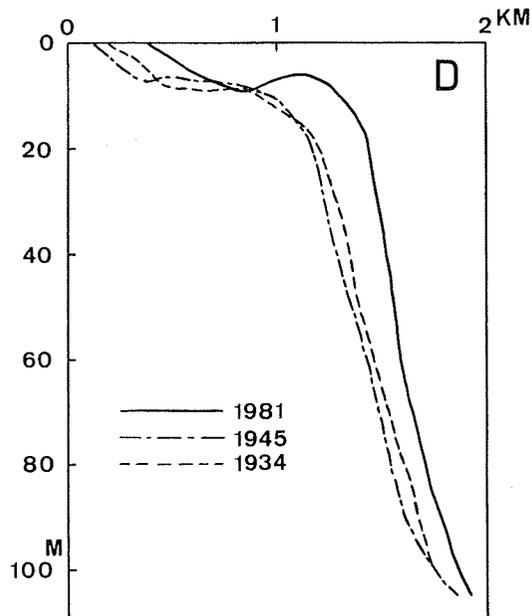


Figure 8 Topographic change across line D, 1934, 1945 and 1981.

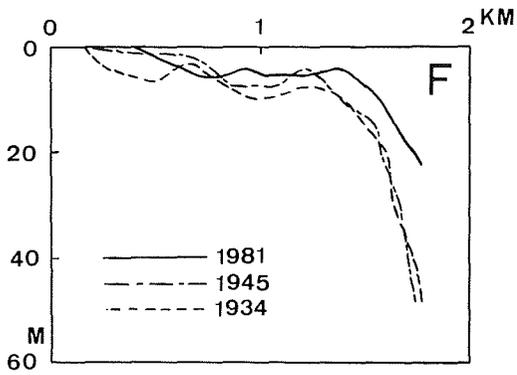


Figure 10 Topographic change across line F, 1934, 1945 and 1981.

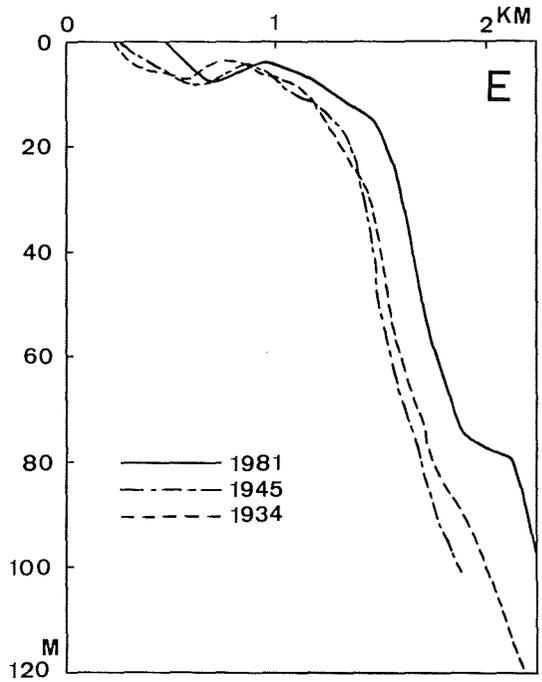


Figure 9 Topographic change across line E, 1934, 1945 and 1981.

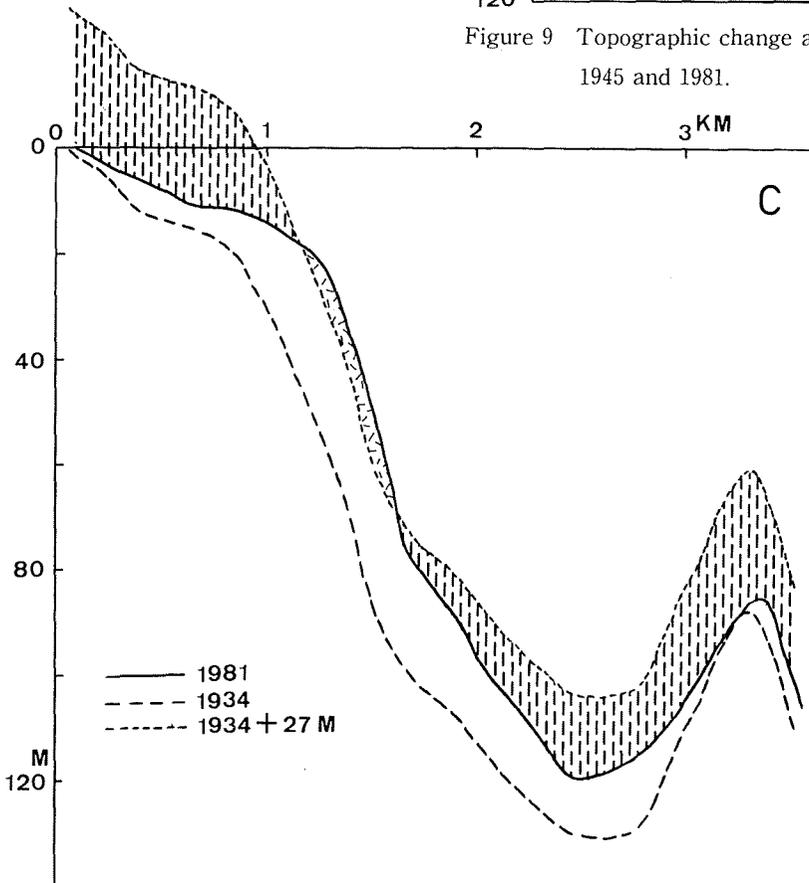


Figure 11 Comparison of topographic section between 1981 and 1934 added to estimated uplift value for 47 years.

がわかる。北海岸にとどまらず、B～Fの各断面の地形変化が類似していること、それぞれの断面位置では北海岸には及ばないものの47年間に15m以上の隆起が考えられることから、次の様にまとめることができよう。

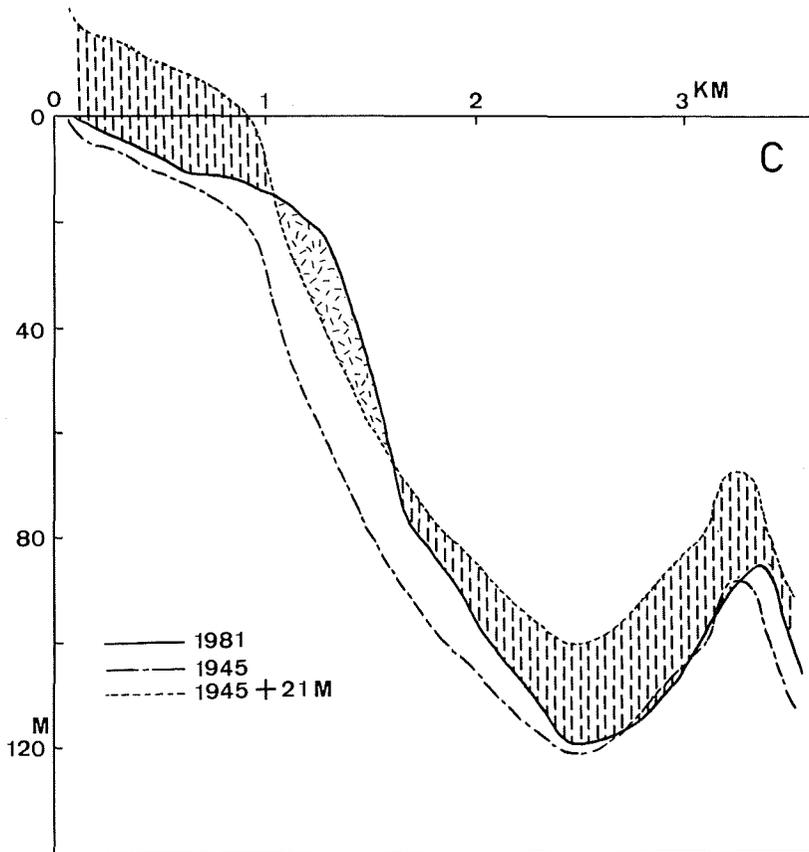


Figure 12 Comparison of topographic section between 1981 and 1945 added to estimated uplift value for 36 years.

海岸から水深10m前後の平坦面海域では、隆起速度に匹敵する波食作用で削られたので、1934年以後水深としてはあまり変化していない。平坦面外側の斜面域では、隆起に加え堆積が著しく、このため1934年以後極めて浅くなっている。この堆積物の起源はおもに前記平坦面での浸食により供給されたと考えられる。硫黄島の激しい隆起は、島周辺の海域に及んでいるものの、カルデラ外輪山と考えられる高まり付近までは達していないと推定される。なお、第1図をみると釜岩、監獄岩といったカルデラ外輪山と考えられる地域は、元山に比べその隆起量は小さく、カルデラ外に位置すると考えられる摺鉢山は更に小さい。これらの結果の一部は、貝塚ほか(1983)や羽島・溝口(1982b)が推定しており、これを裏付けたものとなる。

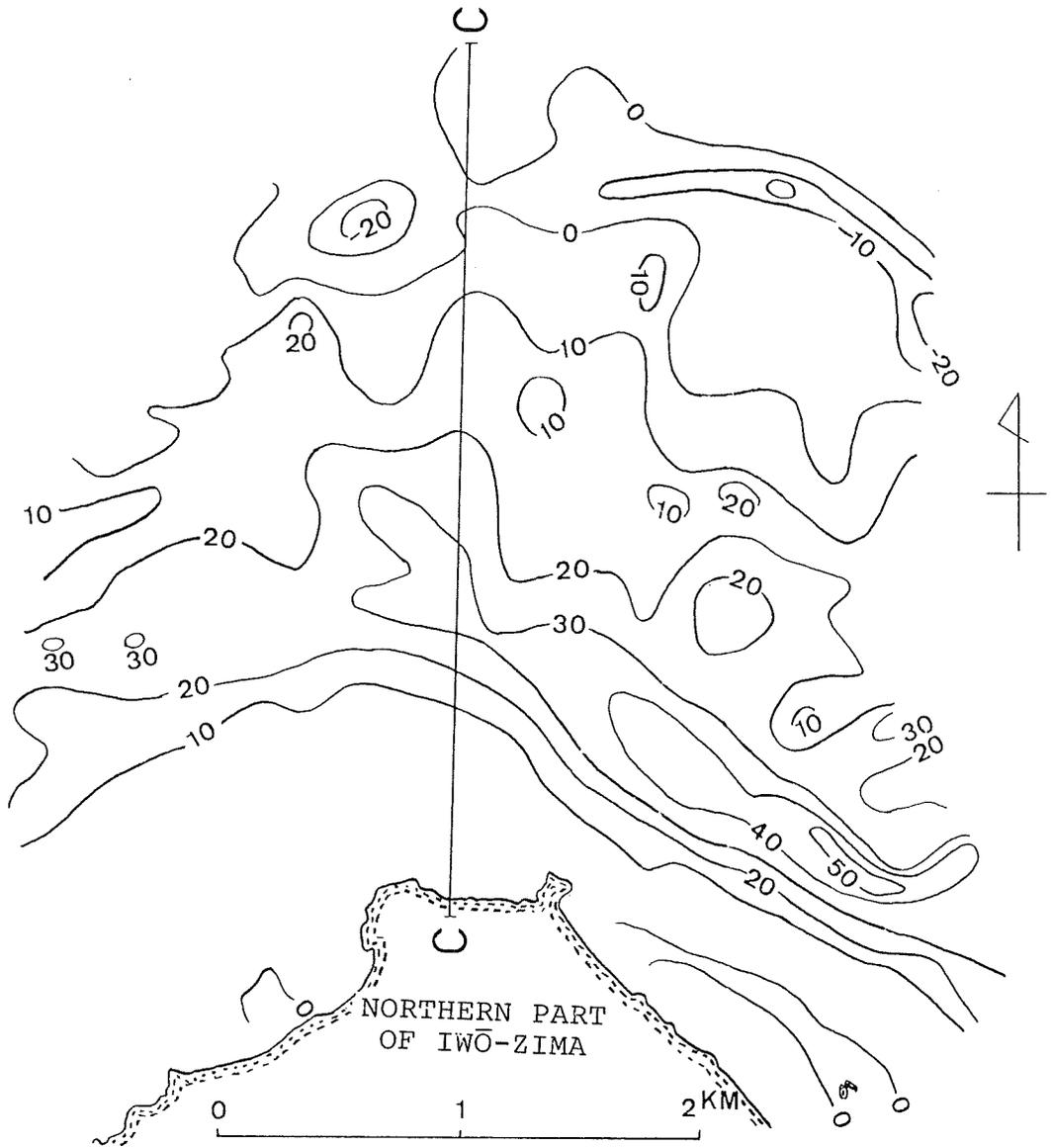


Figure 13 Depth change distribution from 1934 to 1981. Contour interval 10 m.

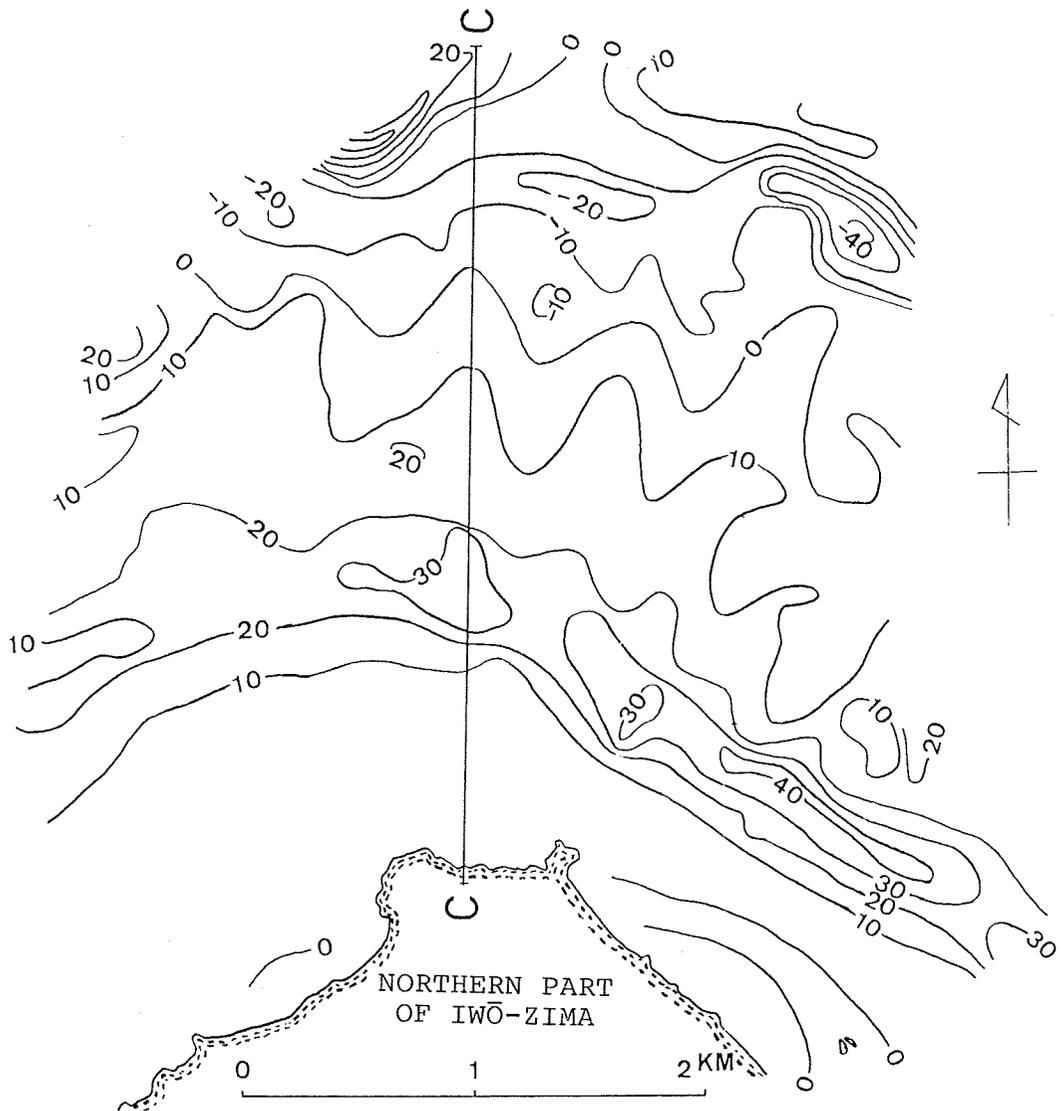


Figure 14 Depth change distribution from 1945 to 1981. Contour interval 10 m.

6. まとめ

1981年に水路部が実施した調査結果をもとに、硫黄島周辺の海底地形についてまとめると次のようになる。

- (1) 硫黄島は、水深2000m以深からそびえたつ直径40km以上の火山体の頂上部に位置する。
- (2) 硫黄島火山には、島の西北西約15kmと南方約25kmに直径約10kmのそれぞれ海勢西の場、海神南の場とよばれる側火山があり、この他にも小さな側火山がおもに南・西側斜面に点在する。
- (3) 海底地形図からみると、元山を中心とする直径10kmのカルデラ地形を呈し、元山はその中央火口丘と考えられる。

- (4) 硫黄島は幅1 km前後の平坦面で縁取られているが、この平坦面は年間最大50cmに匹敵する隆起を越える波浪浸食作用により形成された海食台と考えられる。
- (5) 平坦面の外側斜面は、47年間に20-40mも浅くなっており、隆起に加え海食台で浸食された碎屑物の堆積作用によるものと考えられる。
- (6) 硫黄島の著しい隆起現象は、周辺の浅海域まで達しているものの、カルデラ外縁までは達していないと推定される。

本報告に使用した1981年の硫黄島周辺海域の海底地形地質調査は、下記の測量班によるものである。また、国土庁地方振興局特別地域振興課の担当者には調査の推進に、海上自衛隊第四航空群硫黄島分遣隊の方々には現地調査に多大な協力をいただいた。更に、本報告をまとめるにあたり、東京都立大学理学部地理学教室貝塚爽平教授、水路部沿岸調査課佐藤任弘課長には、有意義なご指導、ご助言をいただいた。これらの方々に深く感謝する次第である。

測量班の構成

海上班 班長 池田 勉

班員 福島資介, 平尾昌義, 桂 忠彦, 本間憲治, 登崎隆志, 大谷康夫, 瀧之上清二

陸上班 副班長 小牧秀晴

班員 小川正泰

参考文献

- 羽島正紘・溝口裕 1982 a : 隆起する海岸におけるトンボ口の成長, *La mer*, 20, 231-236ページ
- 羽島正紘・溝口裕 1982 b : 硫黄島海岸の汀線変化, 防衛医科大学校進学課程研究紀要, 5, 55-82ページ
- 一色直記 1976 : 火山列島硫黄島の地質と岩石, 国立防災科学技術センター研究速報, 23, 5-16ページ
- 海上保安庁水路部 1983 : 硫黄島周辺海底地形・地質調査, 火山噴火予知連絡会会報, 26, 64-67ページ
- 貝塚爽平・長岡信治・宮内崇裕 1981 : 硫黄島の地形と地質, 小笠原諸島自然環境現況調査報告書(3), 昭和56年度, 東京都, 113-134ページ
- 貝塚爽平・宮内崇裕・長岡信治 1983 : 硫黄島の海成段丘・活断層と変動史, 小笠原研究, 9, 東京都立大学小笠原研究委員会, 13-45ページ
- 熊谷貞治 1976 : 火山列島硫黄島の地震活動 (1974.5-6, 1975.2), 国立防災科学技術センター研究速報, 23, 29-42ページ
- 森元良平・小坂丈予・羽島徳太郎・井筒屋貞勝・浦部和順・高橋善男・岡田義光・平林順一・伊佐喬三・磯部宏 1968 : 小笠原硫黄島の異常隆起と最近の火山現象について, 地学雑誌, 77, 255-283ページ
- 大島章一・兼子俊朗・小野寺健英・中川久穂・登崎隆志・三品正明・小坂丈予 1982 : 硫黄島周辺海域の地磁気測量結果と海底から採取された岩石の磁性, 水路部研究報告, 17, 289-315ページ
- 小坂丈予ほか 1979 : 小笠原硫黄島火山活動調査報告書(第III報), 東京都総務局三多摩島しょ対策室
- Swenson, F. A. 1948 : Geology and ground-water resources of Iwo Jima, *Bull. Geol. Soc. Amer.* 59, pp. 995-1008
- 辻昭治郎・栗山稔・鶴見英策 1969 : 小笠原諸島調査報告, 国土地理院時報, 第37集, 1-18ページ
- 津屋弘達 1936 : 火山列島硫黄島に就いて, 火山, 3, 28-52ページ