

3-3 SBP調査

(1) SBP解析

海底面下の堆積物の分布状況を把握することを目的として、SBP調査を行った。使用したnSBPは記録分解能が高い装置ではあるが、対象とする海底面傾斜が 5° を超えると反射が得られないため、解析は山頂部から斜面上部の一部及び斜面裾部を対象とした。

記録紙上最下部の反射面を音響基盤面として、海底面との間の、透明層（モニター画像上の空白部分）あるいは不透明層—透明層（モニター画像上の着色部分）の互層部分全体の厚さを未固結堆積物に対応する厚さとして読み取り、その結果を海山毎に層厚図として表現した。音響基盤面は堆積層下の岩盤面だけでなく、未固結堆積層中の密な部分や礫を多く含む部分となっている場合もあり、実際の未固結堆積層厚はSBP記録によって示される層厚よりも厚い場合が多い。ここでいうSBP堆積層とは、海底面から音響基盤面までの厚さを指す。

SBP調査結果は山頂部地形に対応し、ドーム状平頂海山であるMS10、MS11、MS12地域の海山山頂中央部で厚くなる様相を示す。各海山とも山頂縁辺部には堆積層がほとんどなく、露岩していると推定される箇所が認められる。MBES音圧分布図は、斜面上部から下部に向かって順次音響反射強度が低下し、堆積物が多くなる傾向と推定されるが、その傾向をSBP記録から確認することは困難である。

MS13地域では、海山山頂部を除き全体に厚い堆積層に覆われている。山頂部に分布する多数のピナクル等により、露岩箇所と推定される箇所が散在し、ピナクル間の凹地に薄い堆積層が認められる。

(2) SBPタイプ分類

調査対象とした4地域のSBP記録の反射パターンを図3-3-1に示すような0-Type、1-typeの2種類に分類した。

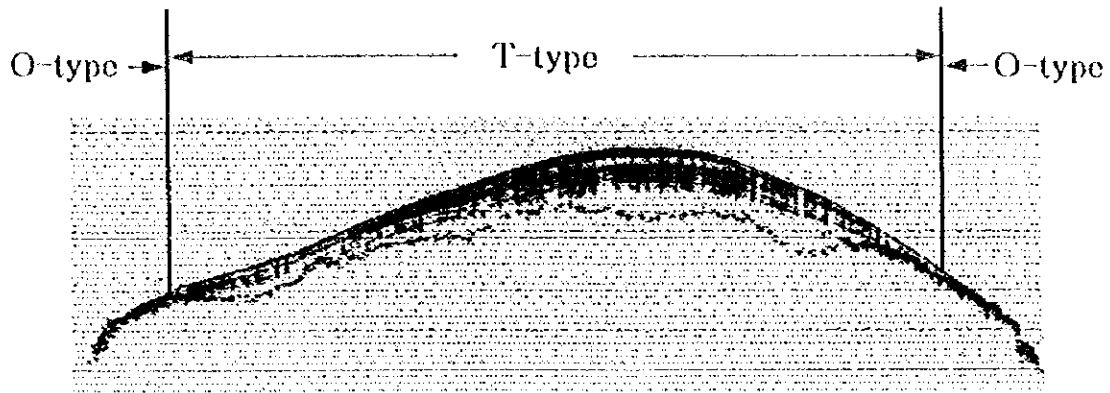


図3-3-1 nSBP記録の分類

1) O-Type

SBP反射パターンが不透明層のみからなる。

O-Typeは、平頂海山では山頂縁辺部から斜面で見られる。このO-Typeは、薄い未固結堆積物で被覆されている場合もあるが一般にクラストに対応する。

2) T-Type

透明層—不透明層の互層をなす。

T-Typeは、平頂海山の山頂部、テラス等で見られる。互層全体の厚さは10~80mと変化に富む。T-Typeは、未固結堆積物に対応すると考えられる。

(3) 各地域の特徴

1) MS10地域

海山山頂部のSBP断面図を図3-3-2(1)に、等層厚線図を図3-3-3(1)に示す。

山頂中央部全体はT-typeを示し、未固結堆積物で覆われている。その堆積層は縁辺部から頂部に向かい次第に厚くなり、概して約40mの厚さであるが、最も厚い所では50m以上に達する。ただし、12° 19' N沿いの山頂部にピナクルがあり、その周辺では堆積層はほとんど認められない。

斜面部では上部から中部にかけてはO-Typeであり、堆積層はほとんどなく、斜面部の広い範囲が露岩と考えられる。

2) MS11地域

海山山頂部のSBP断面図を図3-3-2(2)に、等層厚線図を図3-3-3(2)に示す。

山頂部全体がT-typeを示し未固結堆積物で覆われる。堆積層の層厚は、記録には明瞭に

現れていないが、最も厚い個所で100m以上になると推測される。全体に南側で堆積層は厚い傾向が見られ、 $10^{\circ} 50'$ N以南では90m以上に達している。また、山頂部にはピナクルが分布し、ピナクル周辺では堆積層が薄い場合や露岩している場合が認められるため、等層厚線は不規則な出入りを示している。

山頂縁辺部では、O-Typeであり肩部に沿って露岩が見られる。また、斜面上部でもO-Typeで堆積層はほとんど見られず、広い範囲が露岩と考えられる。

3) MS12地域

海山山頂部のSBP断面図を図3-3-2(3)に、等層厚線図を図3-3-3(3)に示す。

山頂中央部は $8^{\circ} 45'$ N沿いのピナクル及び海山西側の北と南に張り出した部分を除き、全体がT-Typeであり未固結堆積物で覆われている。堆積層は肩部から頂部にかけて次第に厚くなり、最大120m以上となっている。

山頂縁辺部は、東側及び南側斜面で肩部まで堆積層が見られるものの、西側及び北側ではO-Typeを示し露岩面となっている。

斜面部の堆積層は全般に薄く、特に、北及び西斜面では斜面中部まで露岩しているものと推定される。

4) MS13地域

山頂部のSBP断面図を図3-3-2(4)に、等層厚線図を図3-3-3(4)に示す。

山頂中央部は、多数のピナクルが存在する起伏の多い地形である。ピナクルに対応して露岩と考えられる音響基盤の露出部が点在する。北側山頂部は、緩やかな起伏を示す。ここでは、T-typeを示す未固結堆積物が散在し、局所的に層厚80mを超えるような部分も認められる。

3-4 SSS調査

SSS調査は、露岩部の微地形及び礫状物質の分布状況を把握することを主眼として実施した。このため測線は、主として山頂縁辺部の露岩部、特にテラス部を中心に配置した。

この結果、MS13海山を除く当海域の海山は、山頂縁辺部に幅が狭いテラス状の地形を持ち、そこには礫状クラストが分布する可能性を示す。

各地域で実施したSSS結果は以下に記述する。

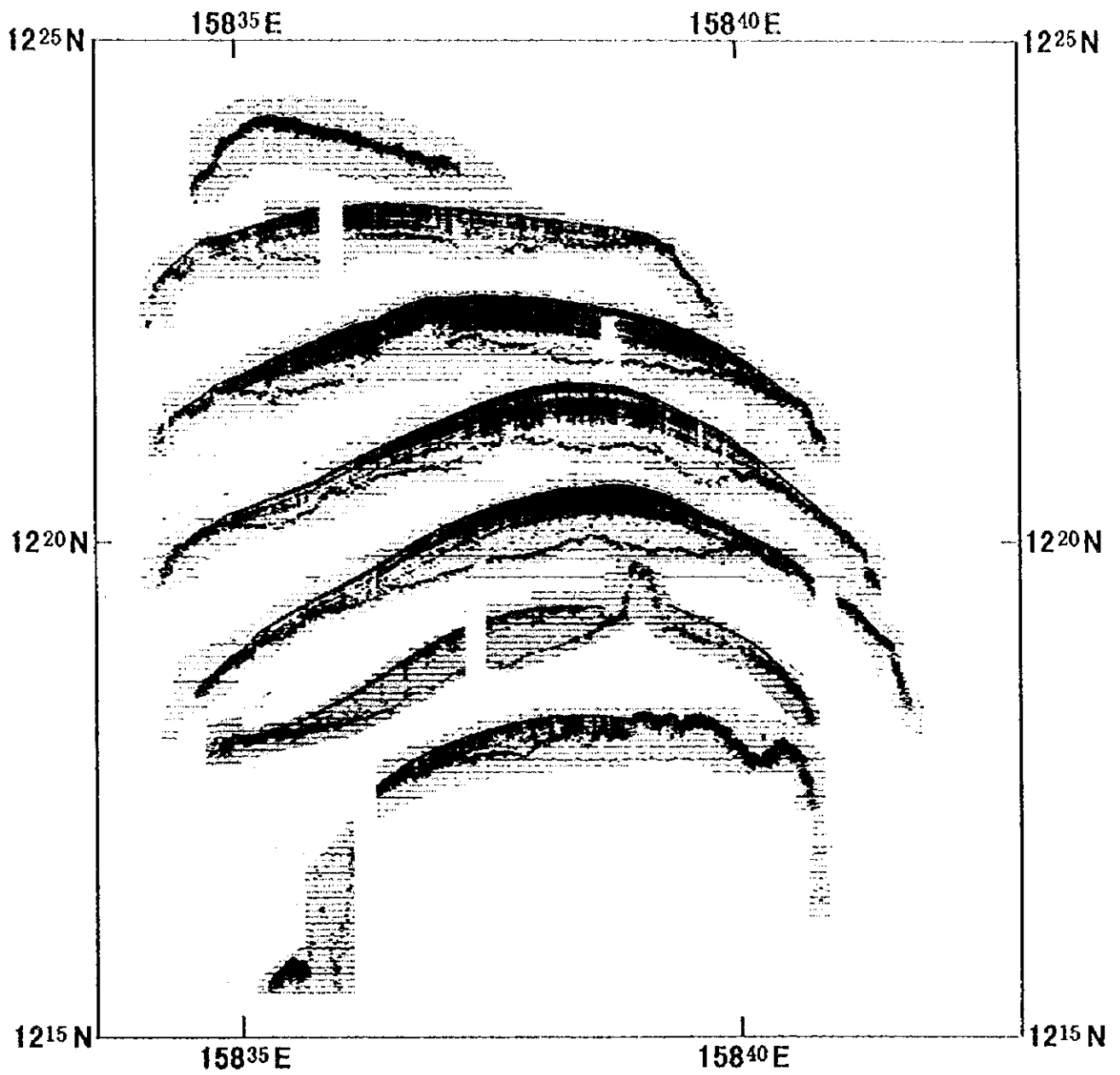


图3-3-2 (1) MS10地域SBP断面图

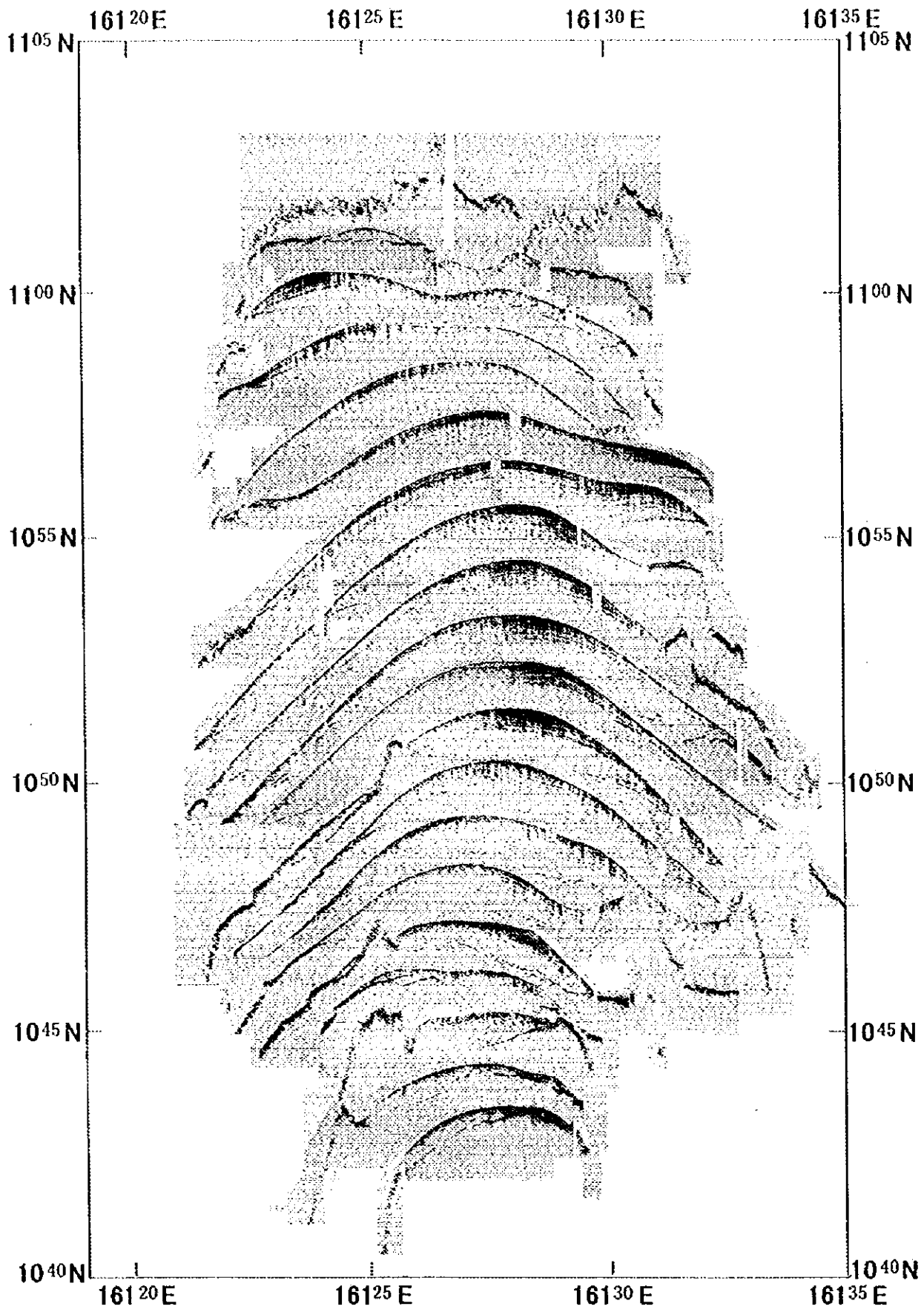


图 3-3-2 (2) MS11 地域 SBP 断面图

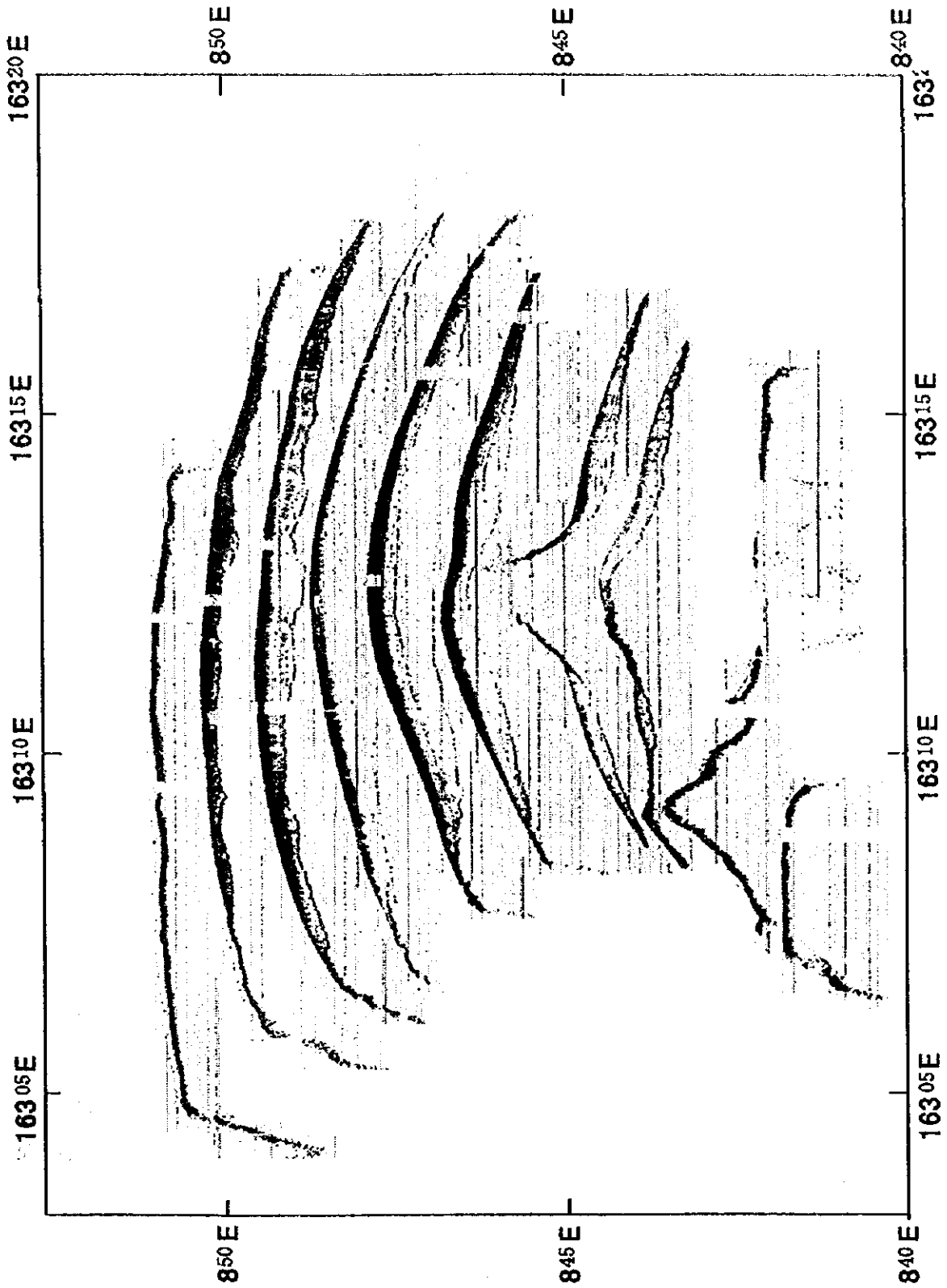


图 3-3-2 (3) MS 1 2 地域 SBP 断面图

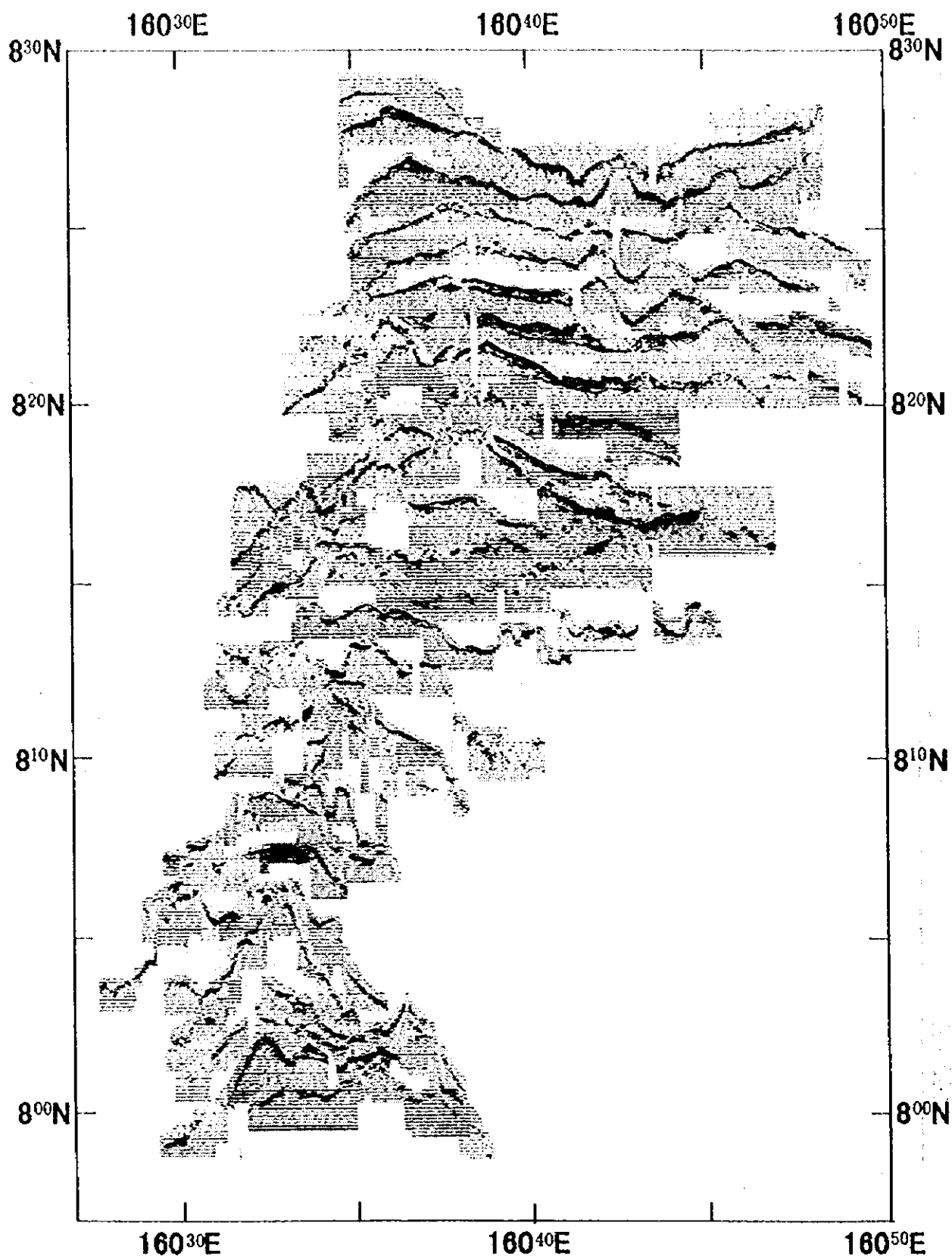


图3-3-2(4) MS13地域SBP断面图

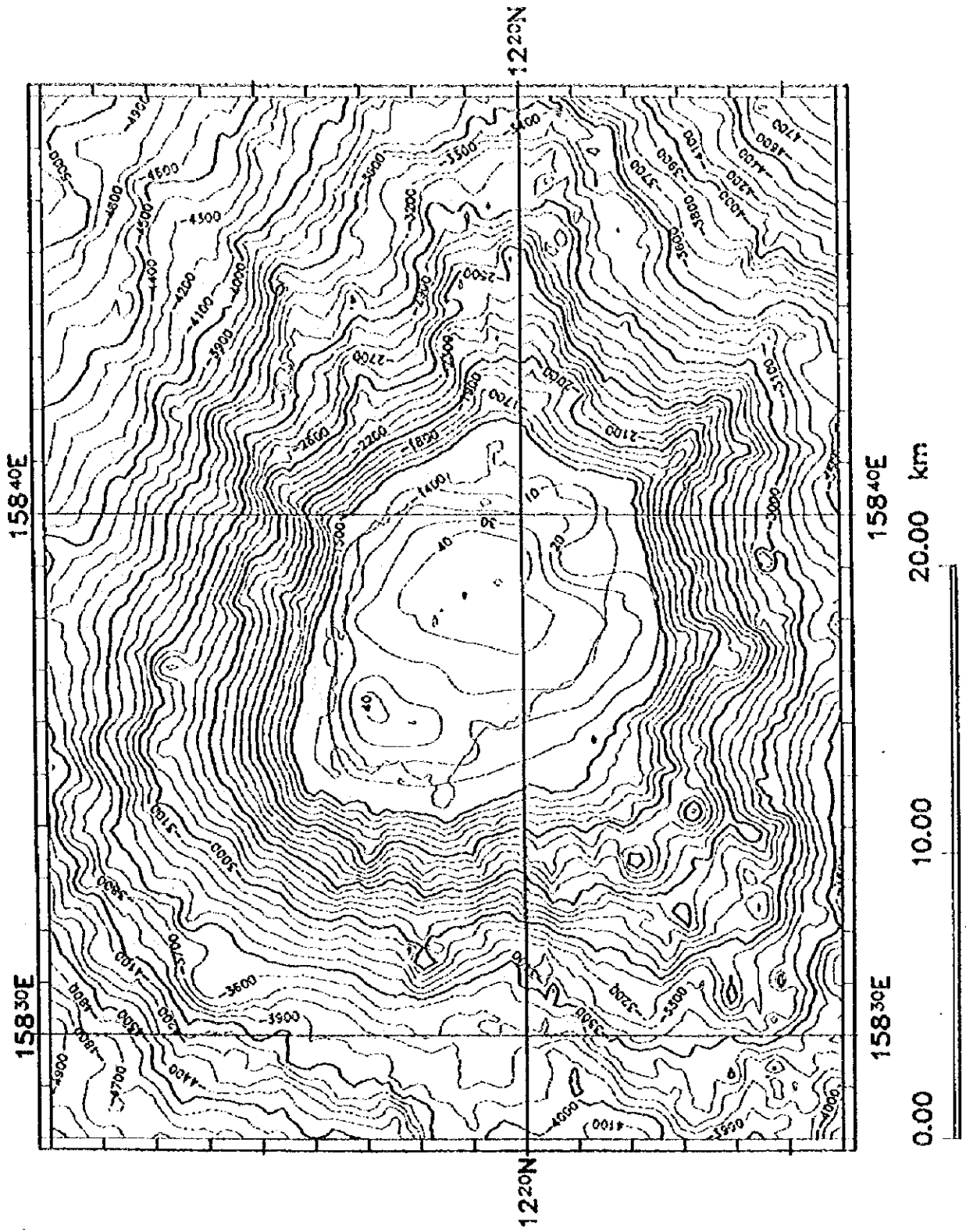


图3-3-3(1) MS10地域等層厚線図

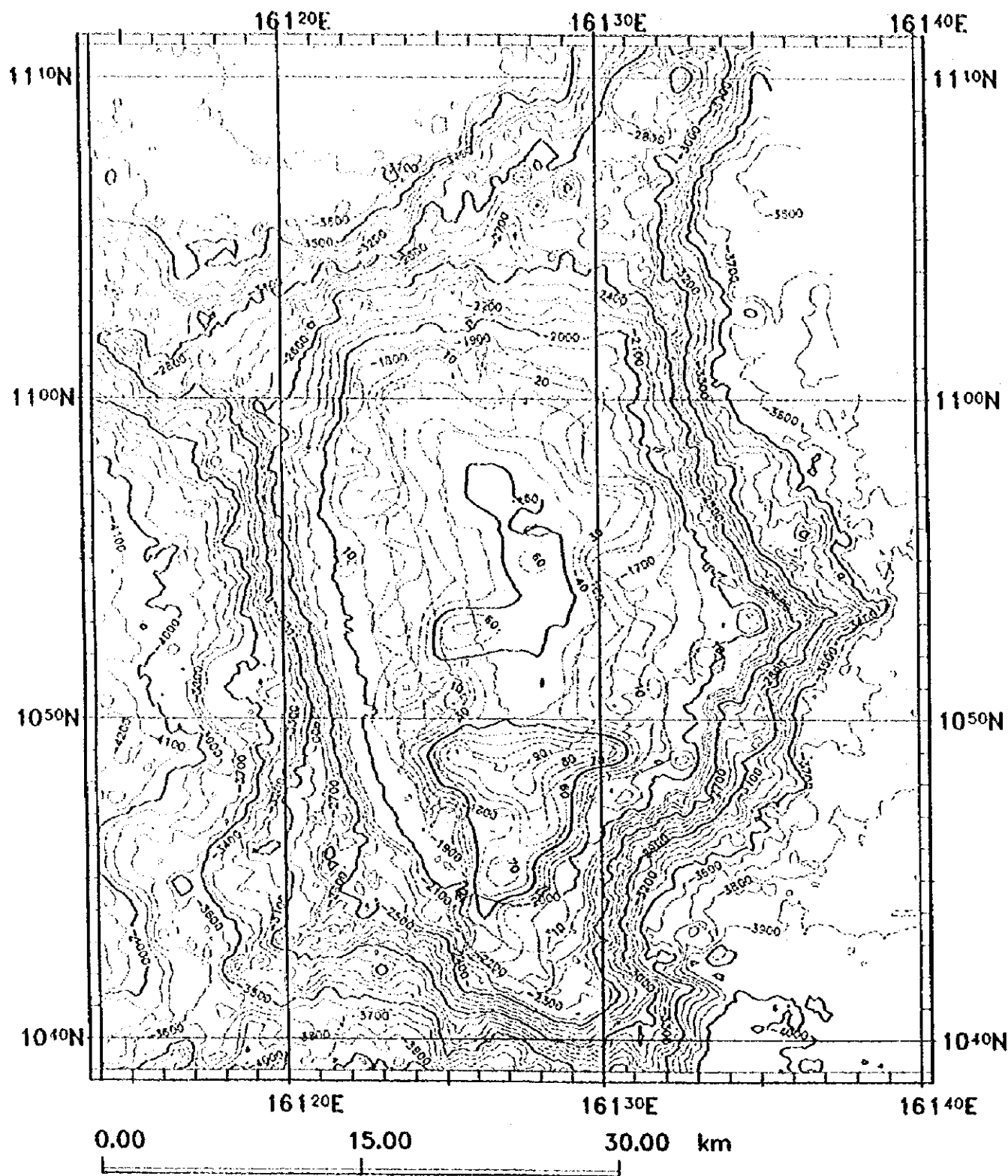


图3-3-3(2) MS11地域等層厚線図

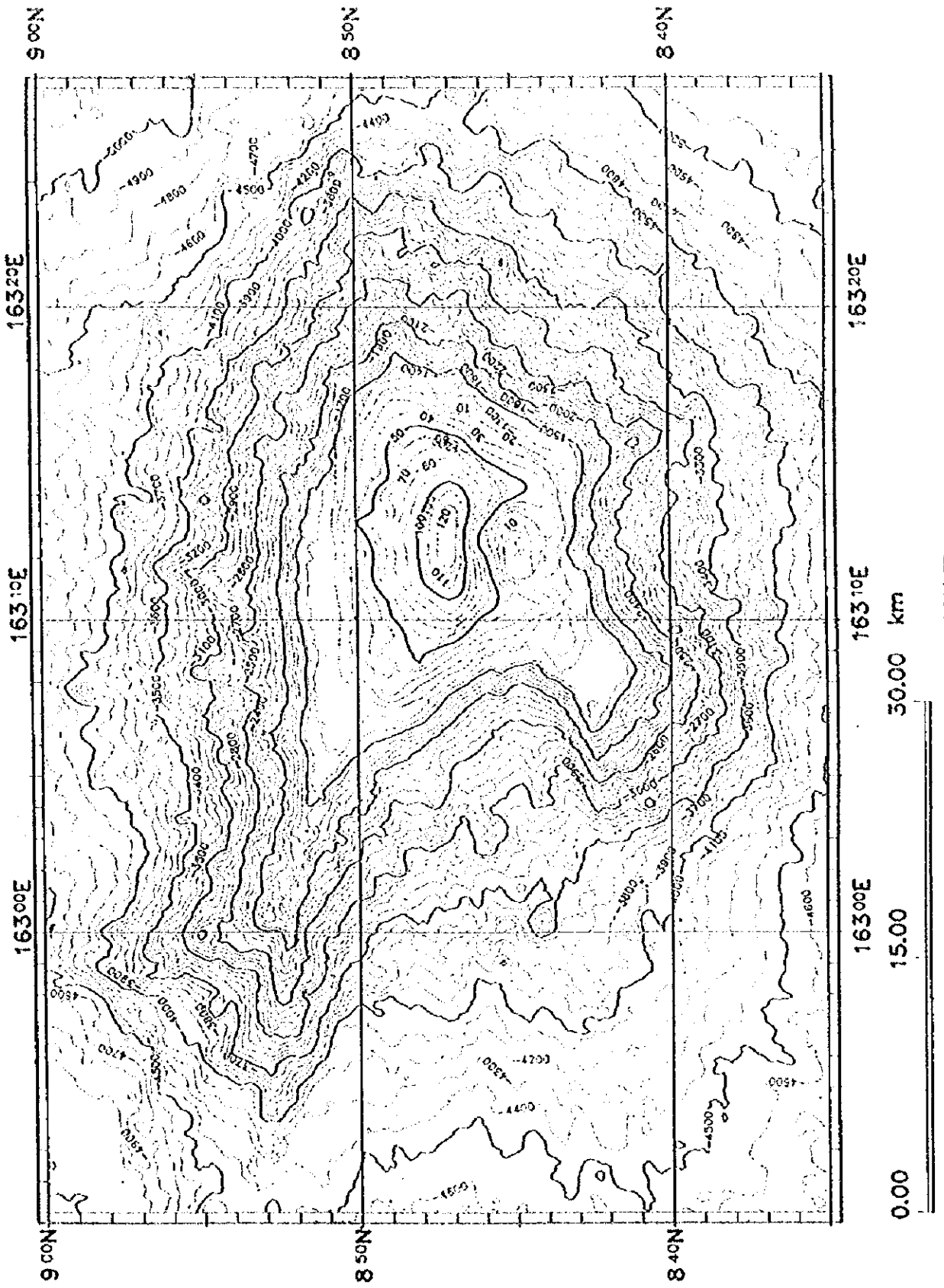


图3-3-3(3) MS12等層厚線図

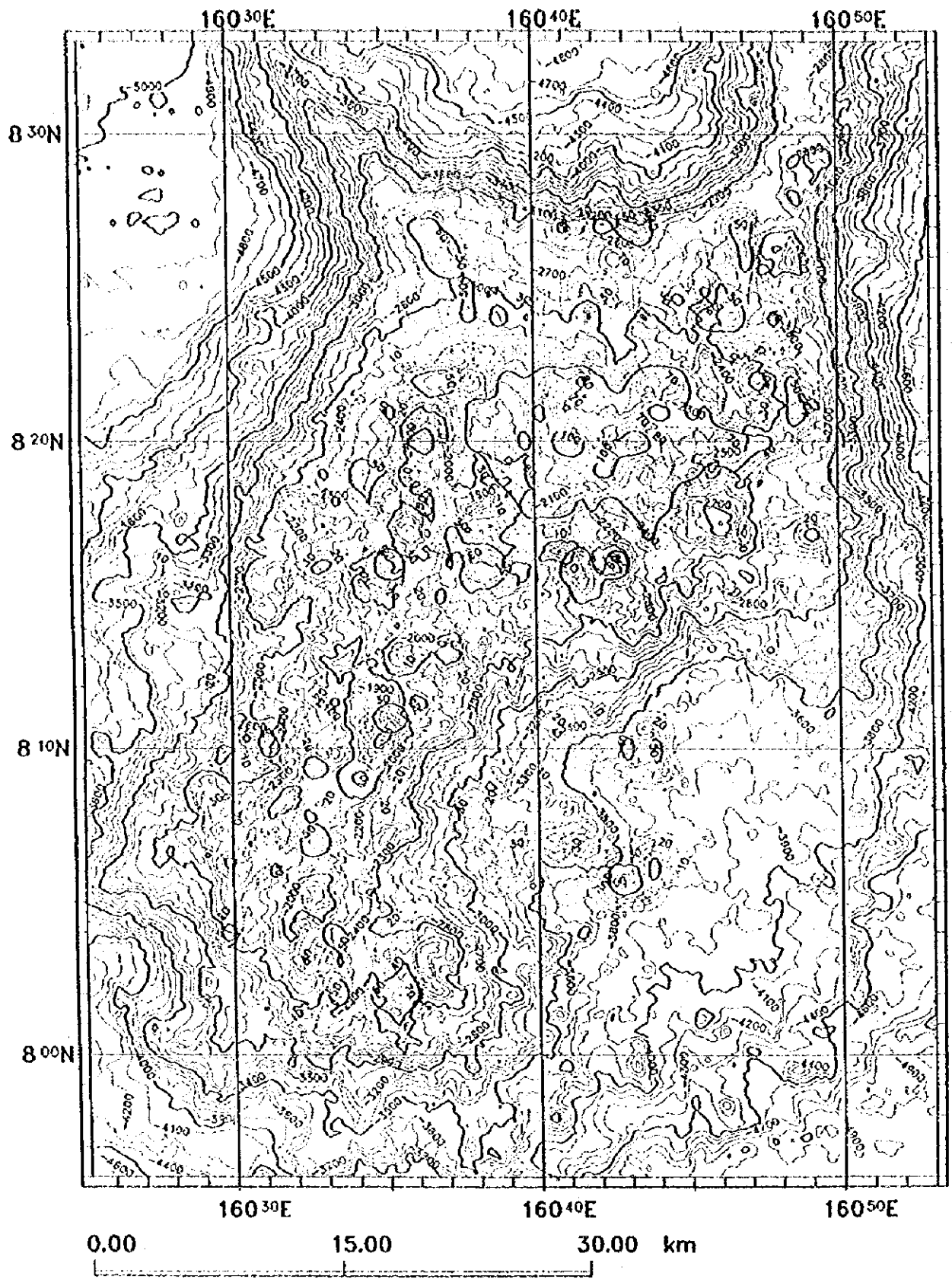


图3-3-3(4) MS13等层厚线图

MS10地域

MS10地域のSSS測線でのSSSイメージ、MBES音圧図、MBES海底地形図、曳航測線での海底地形断面図を図3-4-1(1)に示す。

山頂縁辺部の露岩及び礫状物質の分布を把握するために、南側山頂縁辺部に約5マイルの測線を設定した。測線の東端部及び西端部の縁辺部は、ドーム状の山頂部の平坦面より下にテラス状の地形が見られる。このテラス面に礫状の物質の存在を示す様に強い反射が認められる。測線西端部に近いAD08からは礫状クラストが得られており、このことを裏付ける。

MS11地域

MS11海山のSSS測線でのSSSイメージ、MBES音圧図、MBES海底地形図、曳航測線での海底地形断面図を図3-4-1(2)に示す。

MS11海山は山体の大きな海山である。山頂部肩から最浅部までの比高約700mと高いドームを形成し、岩体による尾根状の張り出しが山頂縁辺部に砲台状の地形を形成する。

SSS調査では、砲台状の高まりが顕著で、斜面部の傾斜が急な南東部における未固結堆積物の分布と礫状物質の分布の確認を目的に、約7マイルの測線を設置した。

SSS調査の結果、縁辺部は全般に淡色で肩部まで未固結堆積物に覆われている。これに対し、砲台状地形下側のテラスには一様な濃色の記録が認められ、礫状物質があることを示す。

MS12地域

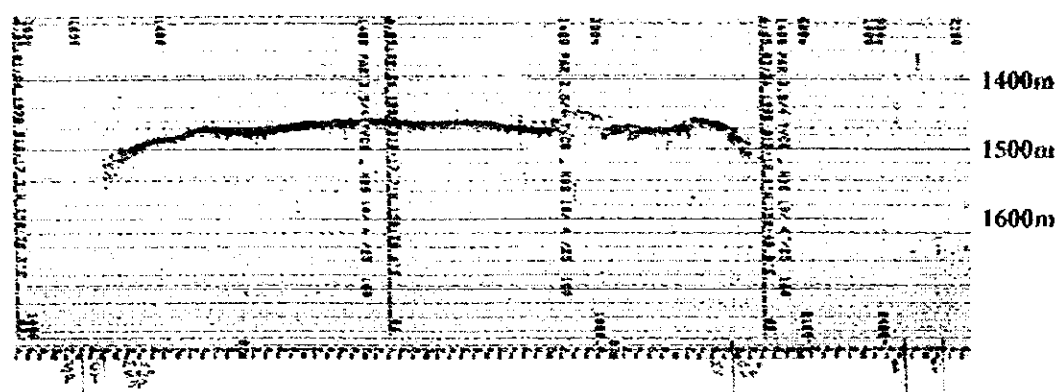
MS12地域のSSS測線位置でのSSSイメージ、MBES音圧図、MBES海底地形図、曳航測線での海底地形断面図を図3-4-1(3)に示す。

MS12海山はその平面的な地形分布から、南西-北東及び南東-北西に伸びる構造規制を受けたと考えられる。中でも、山頂中央部のピナクルから南東方向に伸びる山頂縁辺部のテラスの広がり、特徴的である。当海山でのSSS調査測線は、縁辺部でのテラスの発達状況及び礫状物質の分布状況を知ることが目的として、このテラス部の西端から張り出しの基部を通り、南側山頂縁辺部にいたる約7マイルを観察した。

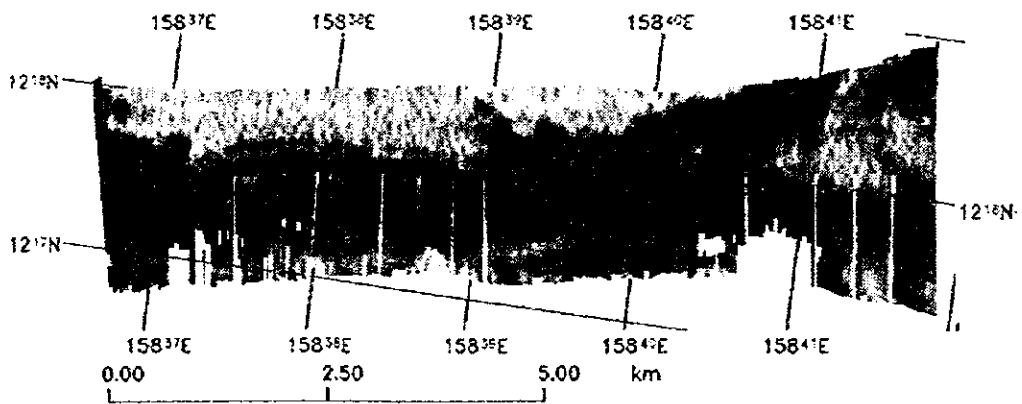
その結果から測線の北側部分は山頂部より一段下がったテラス面に当たる。山頂中央部側では、ドーム状を呈する未固結堆積物層が分布する。また、測線直下の南側にかけては南西端の張り出し部の面はこのテラス面の延長にあり、この中では比較的急傾斜な部分に



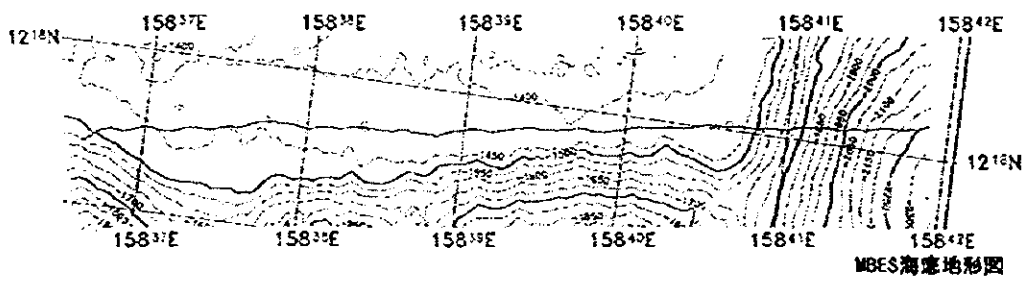
SSSイメージ図



SBC断面図



MBES音圧図



MBES海底地形図

図3-4-1(I) MS10地域SSS01解析図

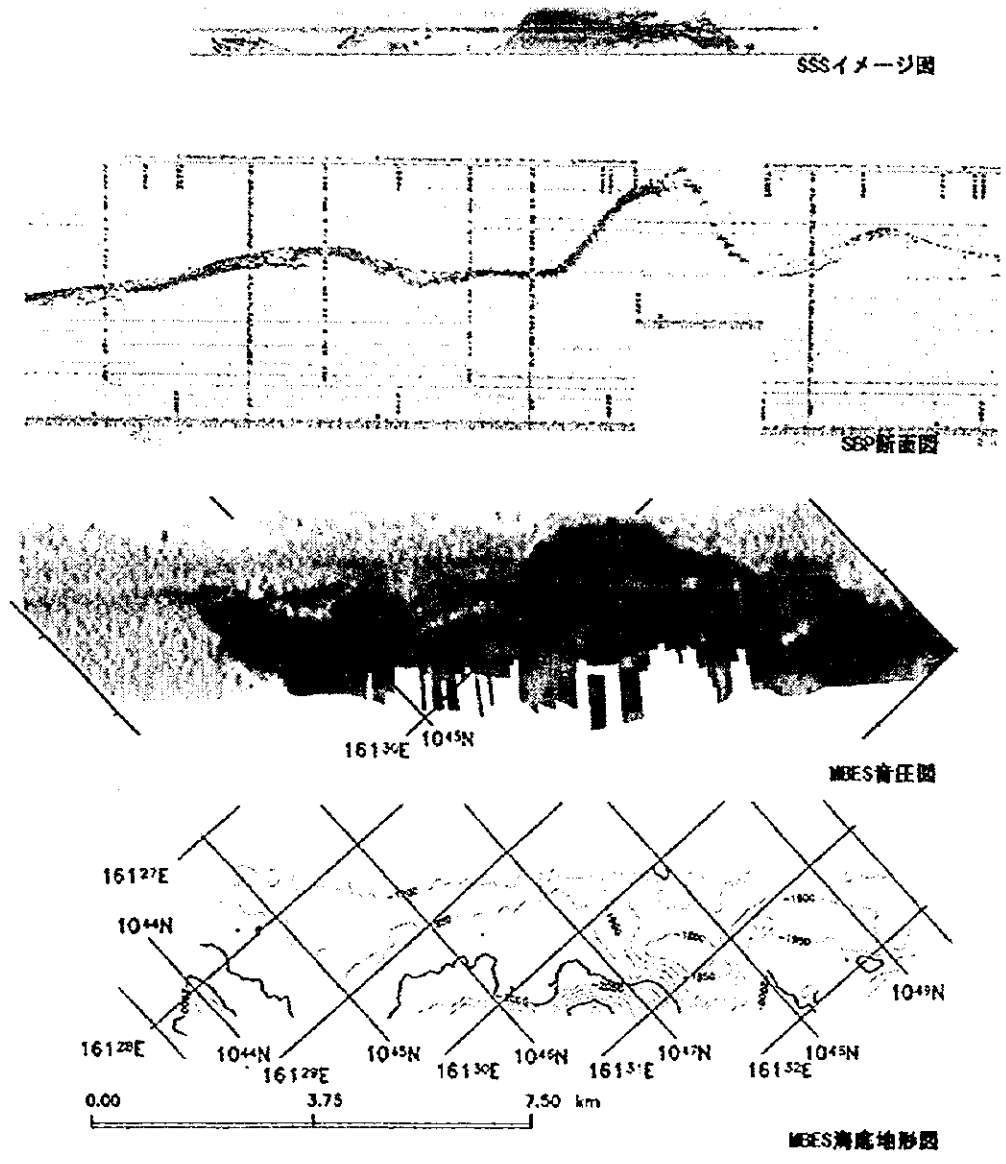


図3-4-1 (2) MS11地域 SSS01解析図

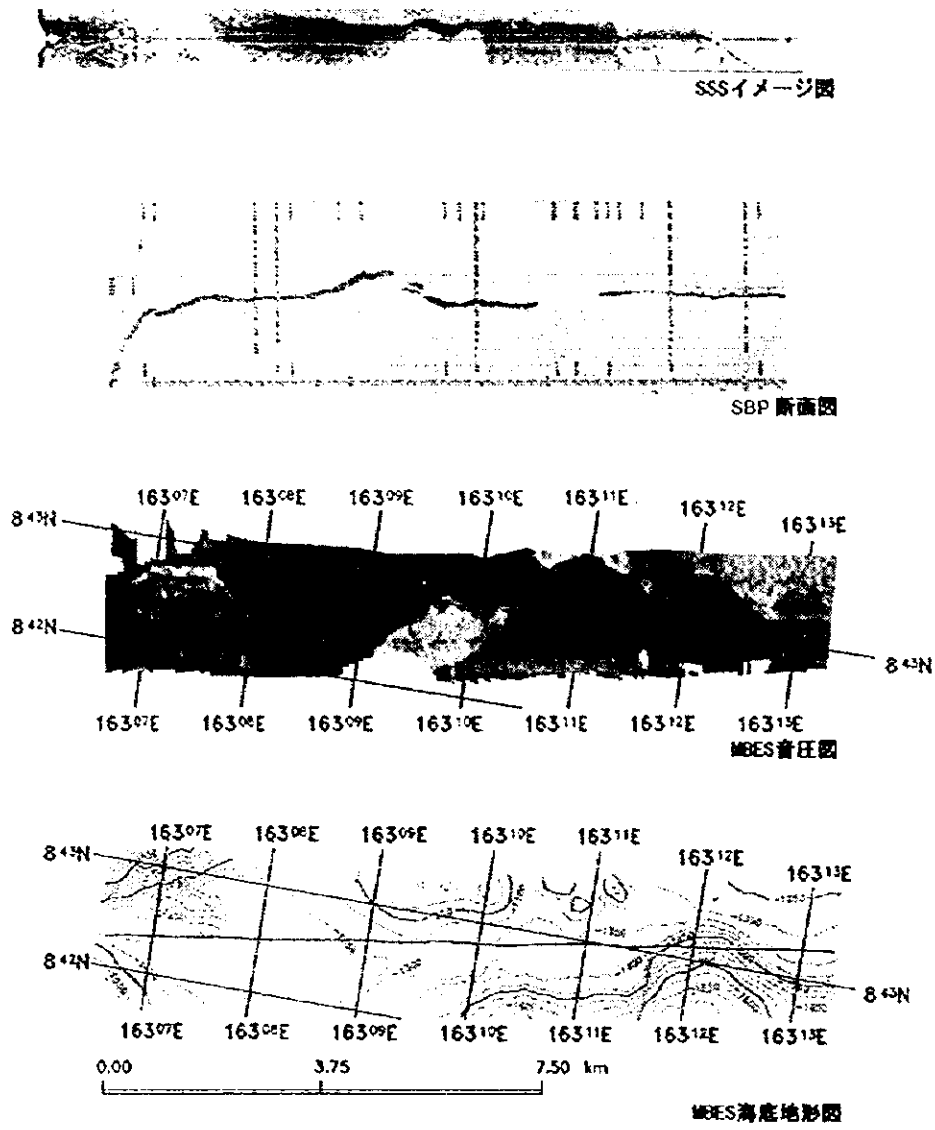


図3-4-1(3) MS12地域SSS01解析図

露岩が、傾斜が緩やかなところに未固結堆積物が、中間的なところで礫状の物質が分布するのが認められる。

MS13地域

MS13地域のSSS測線位置でのSSSイメージ、MBES音圧図、MBES海底地形図、曳航測線での海底地形断面図を図3-4-1(4)に示す。

当海山は未固結堆積物の被覆が少なく、山頂中央部にピナクル又は尾根地形に伴う2条の露岩部があることから、SSS調査は、凹地における礫状物質・未固結堆積物の分布を確認することとして、露岩部を横切るように約5マイルの測線を配置した。

ここでは $160^{\circ} 36' \sim 160^{\circ} 37' E$ の区間及び $160^{\circ} 37' \sim 160^{\circ} 38' E$ の北側に淡色となっているのを除き、全体に濃色で測線上ほとんどの箇所で見られる露岩しているものと考えられる。ピナクル間の凹地でも濃色の部分が広く認められ、未固結堆積物の分布は局所的であるとされる。

3-5 各地域の未固結堆積物の分布状況

MBES音圧分布図、SBP結果及びSSS結果を合せ、地域毎の未固結堆積物分布状況を総括する。

(1) MS10地域

海山山頂部は縁辺肩部から中央部まで未固結堆積物に覆われ、ドーム状地形を形成している。層厚は中央部ほど厚く、最も厚い頂部では50m以上に達している。縁辺部も薄くではあるが未固結堆積物が覆っており、山頂部で露岩している箇所はほとんど見られない。斜面部は上部が平均傾斜 20° 以上の急傾斜となっており、堆積物はほとんど見られず、広い範囲で露岩しているのが認められる。斜面は下部になるほど傾斜は緩くなり、それに合わせ、斜面を覆う未固結堆積層も漸次厚くなる。

(2) MS11地域

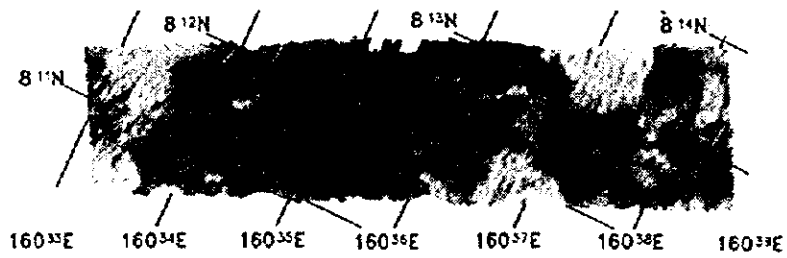
海山山頂部は、厚い未固結堆積物に覆われ岩盤深度が明瞭ではないが、未固結堆積物は中央部で最も厚く90mを超えるものと推定される。しかし、山頂部にはピナクルが点在しており、ピナクル周辺では露岩や堆積物の薄い箇所も認められている。また、縁辺部も全般に未固結堆積物が薄く覆っているが、谷地形を示す箇所等に露岩が認められる。



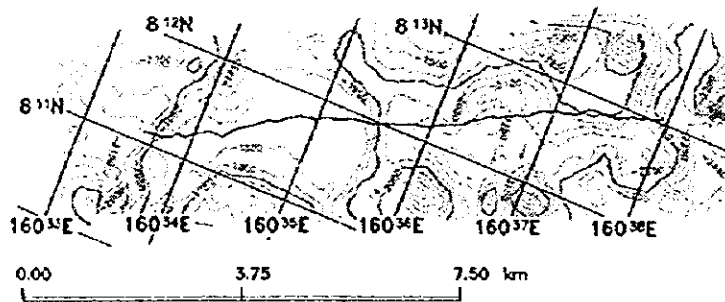
SSSイメージ図



NBS断面図



MBES音圧図



MBES海底地形図

図3-4-1(4) MS13地域 SSS01解析図

斜面部も上部の一部を除き全体に厚い未固結堆積物に覆われているが、斜面上のピナクルの斜面では、露岩している箇所もある。

(3) MS12地域

海山山頂部は厚い未固結堆積物に覆われ、ドーム状の地形を成し、堆積層は最も厚い頂部で120mに達している。しかし、堆積物の中心は山頂のやや北東部に偏っており、海山西側の南北の張り出し部並びに山頂南側及び西側の縁辺では、平坦な露岩面が認められる。また、斜面上部～中部は平均傾斜が17°以上の急斜面となっており、未固結堆積物はほとんど見られず、広範に露岩となっているものと考えられる。

(4) MS13地域

山頂部に平坦面のない凸凹状海山で、山頂の8°20' N以南の部分を除き、全体に厚い未固結堆積物で覆われ、山頂部から基底部までなだらかな山容となっている。8°20' N以南の山頂部では、点在するピナクルが露岩となっている。また、ピナクル間の凹地も未固結堆積物層厚が全般的に薄い。

4章 地 質

4-1 地質概要

マーシャル諸島の海洋島や海山などは、マントルの上昇部と考えられるホットスポットにおける火山活動により形成されたものである。これらが列をなして分布するのは、海洋プレートの移動に従い既成の火山は移動して火山活動を停止し、不動のホットスポット上では新しい火山が形成されることが繰り返されたためである。現在の太平洋プレートは東から西へと移動しているが、調査海域の海山が生成した時代には、その配列方向から太平洋プレートは南南東から北北西へと移動していたことになる。したがって、調査海域の海山列では、北側の海山ほど年代が古いといえる。

赤道付近の中央太平洋において、海洋底の火山活動は85~105Maに始まり、島化して礁が形成されたり浅海の火山活動が行われたのは80~85Maと考えられている (Hein et al., 1988)。このような海山を形成する火山岩は、海洋底を形成する海嶺玄武岩とは異なる特徴をもち、海洋島玄武岩 (OIB) と呼ばれる。

調査を実施した海山は、玄武岩及びその砕屑物からなり、石灰岩や堆積岩を伴う。海底面に露出する岩石の表面は鉄マンガン酸化物に覆われていることが多く、これはマンガクラスト (Manganese crusts) と呼ばれる。平頂海山の平頂部では、縁辺部、小丘部や傾斜地を除き、未固結の有孔虫砂が厚く堆積する。海山斜面部では削剥と流動による二次的堆積物が卓越すると考えられ、緩斜面部では有孔虫砂が堆積する。

本調査の調査対象は、岩石を覆い海底面に露出するマンガクラストである。マンガクラストは深海底に分布するマンガン団塊 (Manganese nodules) と同じような性質の鉄マンガン酸化物である。マンガクラストの特徴は、コバルトの含有量が0.5~1.5wt%とマンガン団塊の平均約0.2wt%に比べて高いことで、このためコバルトリッチ・マンガクラストと呼ばれることがある。また、プラチナの含有量が0.3~1.0ppmと高いことも注目されている。マンガクラストの厚さは、賦存箇所の大小の地形要素、地質及び水深、また海山の形状及び位置などに影響されて非常に変化に富む。調査海域の海山では一般に、マンガクラストの平均厚さは2cm前後で、最大厚さは10cmを越えることが多い。地質・岩石及びマンガクラストの調査結果については、本報告書の各章で後述する。

4-2 サンプリング結果

各地域において、チェーンバグドレッジ (CB) , アームドレッジ (AD) 及び重力式大口径コアラ (LC) を使用して、コバルトリッチクラスト、岩石及び未固結堆積物のサンプリングを行った。

今年度のサンプリングは、MS 10~13の4地域で計61点実施した。ドレッジは49点、大口径コアラは12点である。過年度と合わせたマーシャル諸島海域でのサンプリングは、13地域180点で、うちドレッジ127点、大口径コアラ53点である。

本章では、ドレッジ及び大口径コアラによって採取された岩石、未固結堆積物の観察記載及び地域別の採取物概要を以下に記す。

サンプリング位置図を図4-2-1(1)~(4)に、地域別地質概要を表4-2-1に示す。また、サンプリング結果概要を付帯第1表に示す。

4-3 採取物概要

(1) 岩石

採取された岩石は、玄武岩、石灰岩類 (磷酸塩化したものも含む) , 凝灰岩類及び軽石である (表4-2-1参照)。各地域の海山で採取された岩石と採取地点の水深を付帯第2表(1)~(4)に示す。採取した試料のうち、クラストや礫状クラストの母岩となっている玄武岩7試料、石灰質礫岩に含まれる玄武岩礫1試料及びハイアロクラスタイト2試料の計10試料については、薄片の顕微鏡観察を実施した。検鏡結果を表4-3-1に、また、採取された岩石の代表的な写真を図4-3-1(1)~(5)に示す。観察記載は付帯第3表に付す。

調査海域で採取された岩石の特徴を以下に記す。

1) 玄武岩 (図4-3-1(1)~(3)写真A~E)

調査を行った4地域全ての海山の山頂縁辺部から斜面部において玄武岩を採取した。

MS 13地域の海山では、山頂中央のピナクル周辺においてもハイアロクラスタイトと共に採取した。MS 10~MS 12地域の3海山において、厚いクラストや礫状クラストの母岩である玄武岩を採取し、コーティング程度の礫を採取したものは少ない。MS 13地域では、山頂中央部のピナクル周辺で玄武岩を母岩とする厚いクラストや礫状クラストを採取したが、山頂縁辺部や斜面上部で採取した玄武岩に付着するコバルトリッチクラストは比較的薄く、コーティング程度のものが多数であった。玄武岩は、MS 11を除く3地域で有孔虫石灰岩質礫岩中の礫としても採取している。

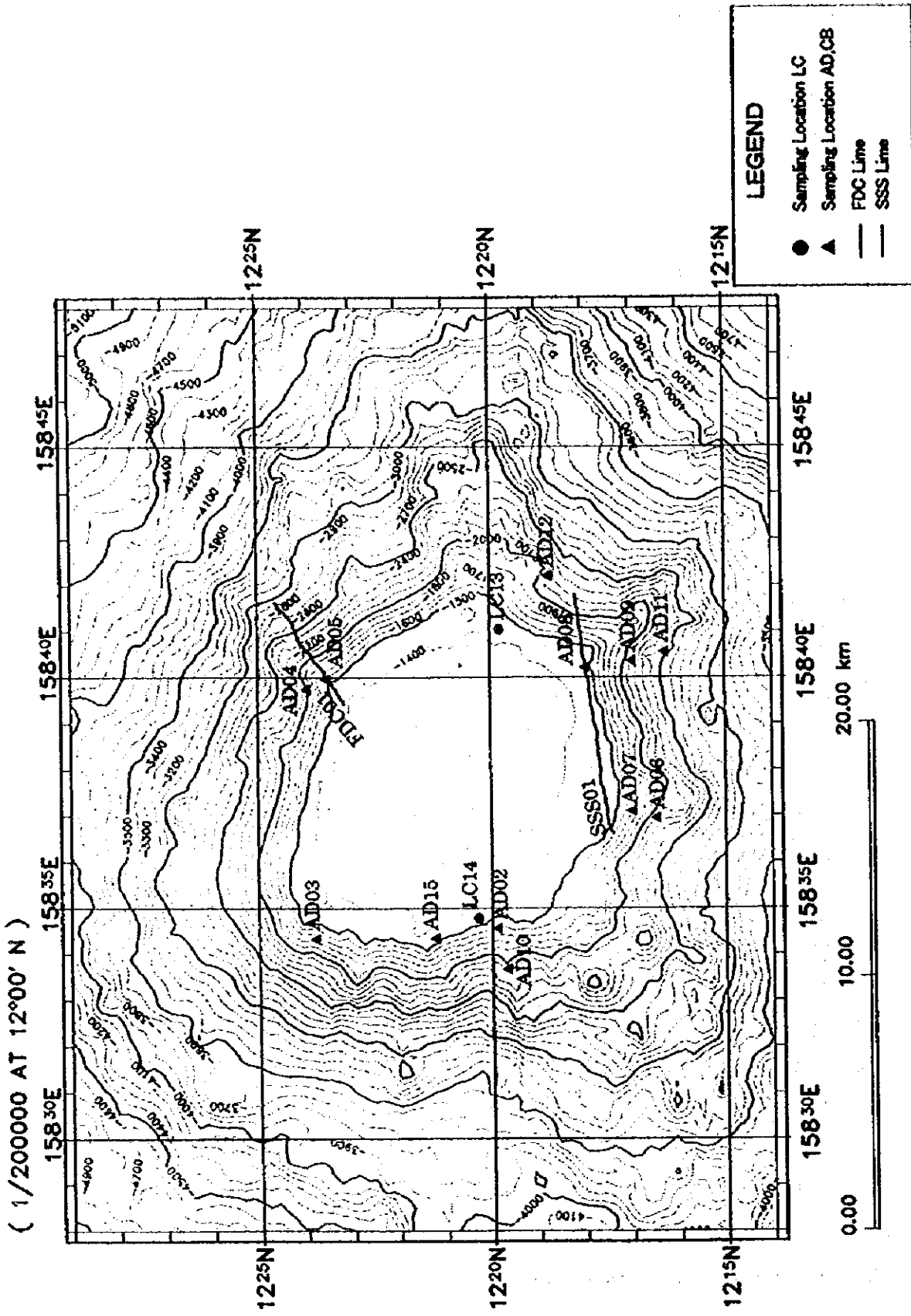


図4-2-1(1) MS10地域サンプリング位置図

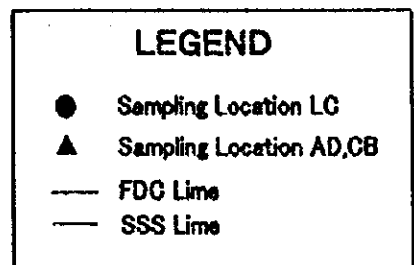
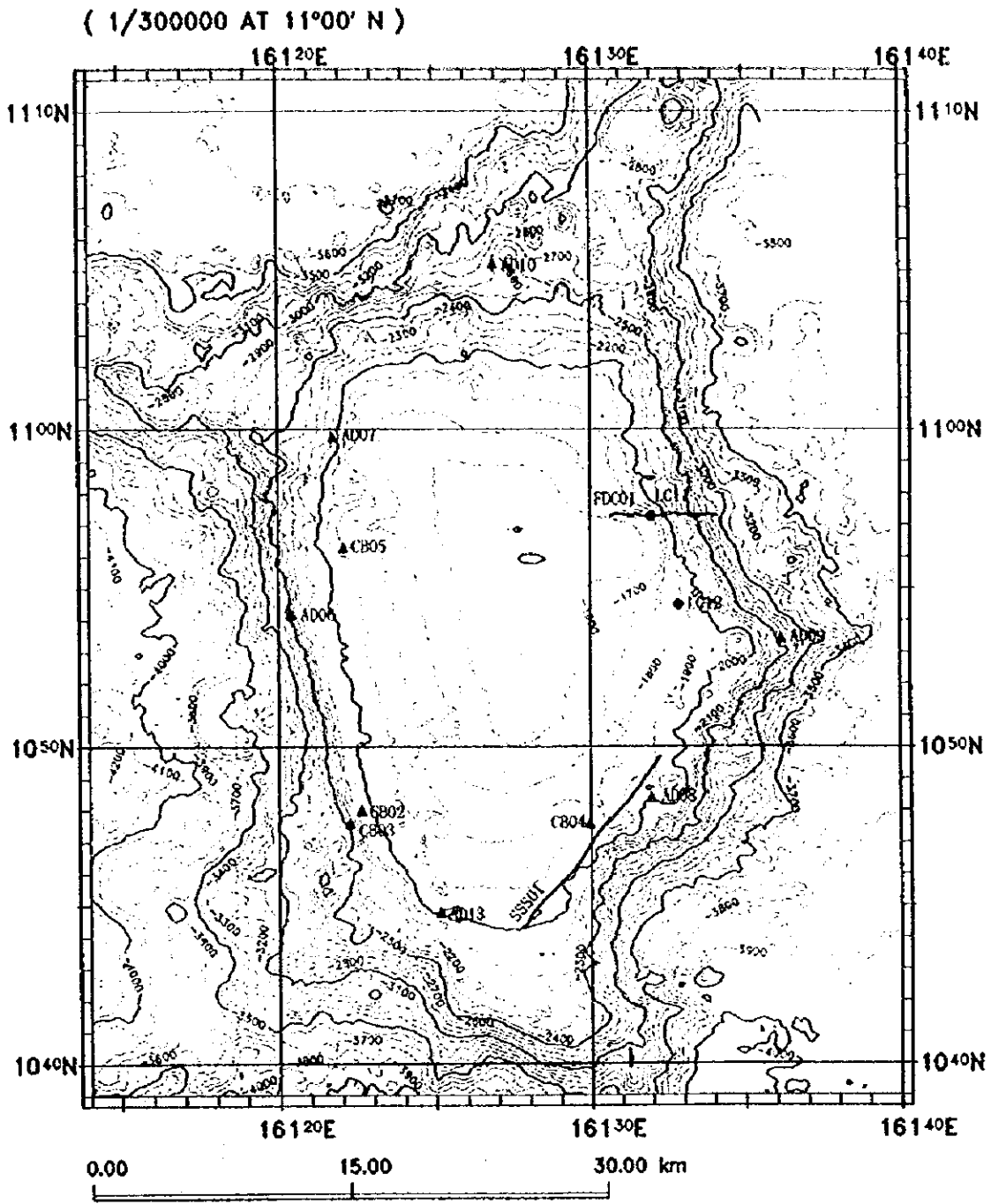


図4-2-1(2) MS11地域サンプリング位置図

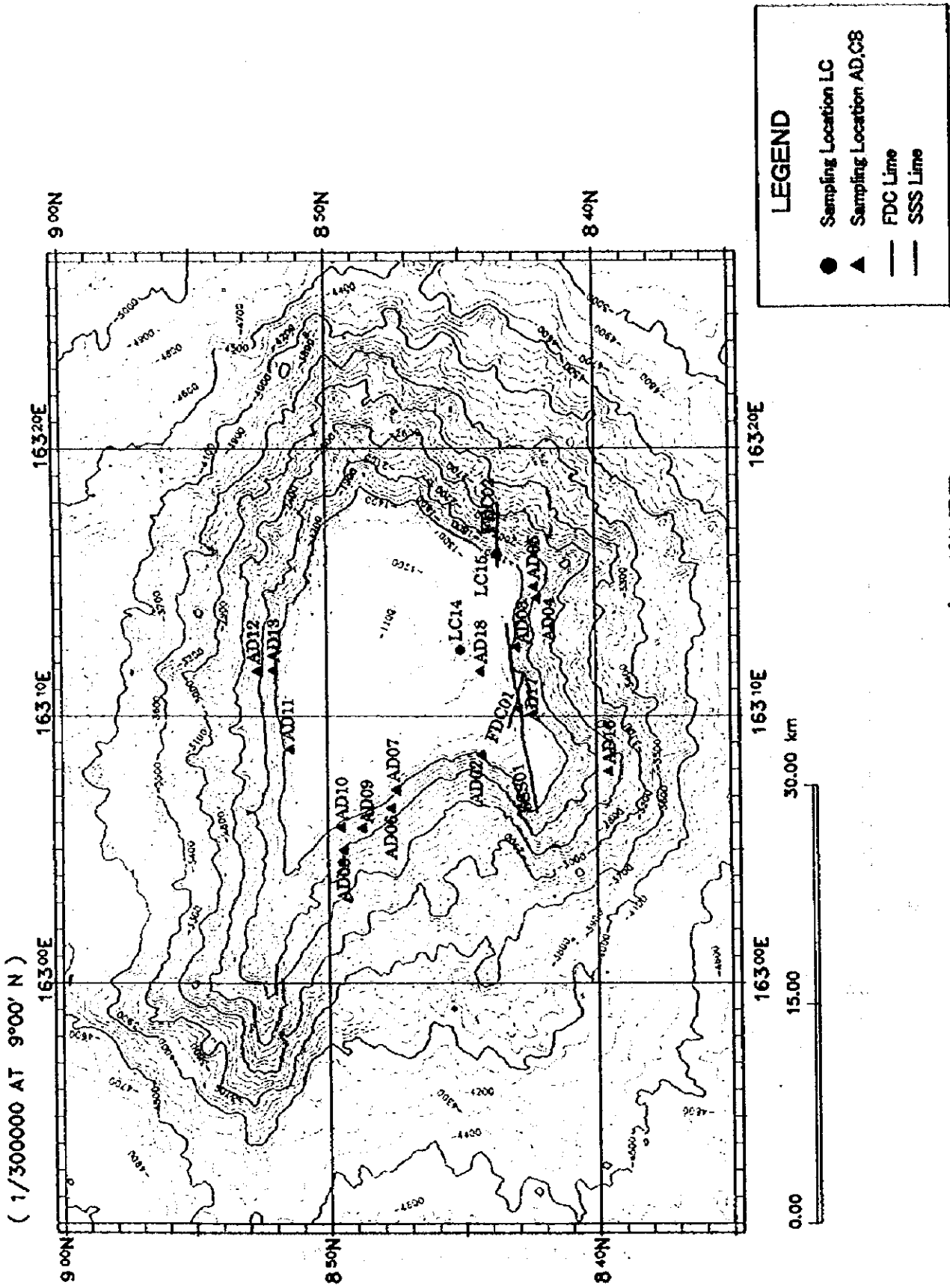


図4-2-1(3) MS12地域サンプリング位置図

(1/300000 AT 8°00' N)

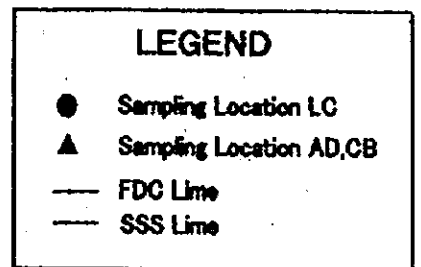
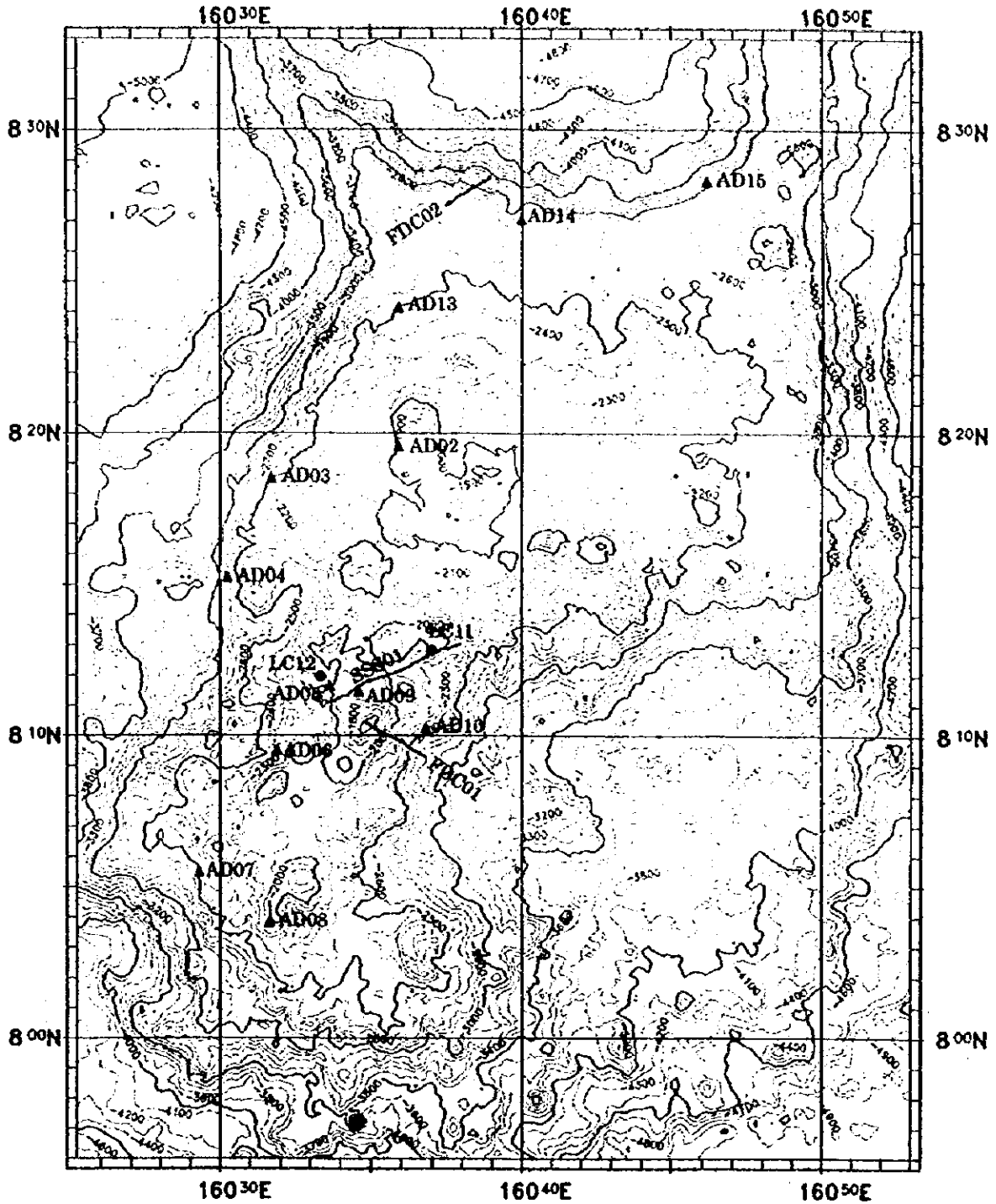


図4-2-1(4) MS13地域サンプリング位置図

表 4-3-1 岩石薄片の顕微鏡観察結果

採取地点 番号	試料 コード	試料 番号	岩石名	組織	結晶量	気孔量	硬質程度	鉱物										備考	肉眼記載		
								石英	斜方輝石	単斜輝石	不透明鉱物	スピネル	斜長石	カンラン石	単斜輝石	不透明鉱物	ガラス			スメクタイト	イテンクサイト
98S MS10AD03	F	T01	ガラス質玄武岩	斑晶状多気孔 強い流理構造 球果状～杏仁状組織。	10 ～ 20%		弱	◎								×			◎		斑晶は弱気質。石英のガラスは一部スメクタイト化。 赤褐色、線状、針状の斜長石が認められる。白色の微細脈が全体に発達。乳白色の粘土鉱物がみられる。
98S MS10AD05	F	T01	気質玄武岩	斑晶状 流理構造。	40 ～ 45%		強	◎	○										◎		石英、斜長石と気質が著しく発達。自砕状、赤褐色、白濁状、白色粘土質及び反気色粘土質の脈脈がガラスもほとんどがスメクタイト化。
98S MS10AD08	C	T03	ピクタイト質玄武岩	斑晶状 微斑晶状組織。	10%		中	○	○										○		斑晶は気質が著しく発達。石英の単斜輝石は未気質。白色微細脈が発達。斑晶の自形結晶片がみられる。白色微細脈が著しく発達。
98S MS11AD06	C	T01	斑晶質球果状かんらん石玄武岩	斑晶状 強い流理構造 ガラス質基質 球果状～杏仁状組織。	12%		強	○	○										○		赤褐色、多気孔、斑晶が著しく発達。斑晶の自形結晶片がみられる。表面に黒色網状斜長石が著しく発達。表面に黒色網状斜長石が著しく発達。
98S MS11AD09	D	T01	微斑晶質球果状かんらん石玄武岩	斑晶状 杏仁状組織。	20 ～ 30%		弱	○	○										+		赤褐色、多気孔、斑晶が著しく発達。斑晶の自形結晶片がみられる。表面に黒色網状斜長石が著しく発達。表面に黒色網状斜長石が著しく発達。
98S MS12AD04	H	T03	斑晶質球果状かんらん石玄武岩	斑晶状 ガラス質、多気孔 質、球果状～杏仁状組織。	40%		中	◎	○										+		赤褐色、多気孔、斑晶が著しく発達。斑晶の自形結晶片がみられる。表面に黒色網状斜長石が著しく発達。表面に黒色網状斜長石が著しく発達。
98S MS12AD07	A	T01	気質ハイアロクラスト	全体は角状。豆石、角状 状～球果状組織。			強												◎		斑晶は角状～角状斜長石質(玄武岩、泥質、粘土質、注気岩)の一部分は(周囲が)脱色化。斑晶は角状～角状斜長石質、白色斜長石。
98S MS12AD16	B	T01	玄武岩質火砕岩	ガラス質。	35%		弱	○											◎		赤褐色、線状。
98S MS13AD02	C	T02	ハイアロクラスト	シリカ鉱物の網状脈が 発達。			中												◎		斑晶状～巨塊のスメクタイト。褐色を呈する。部分的に孔開が認められる。
98S MS13AD03	A	T01	無斑晶多気孔玄武岩	無斑晶多気孔弱い流理構造 流理部分的に反白色充填物。			強												○		赤褐色、多気孔、斑晶。部分的に反白色充填物がみられる。

凡例 ◎:多量 ○:中量 ×:少量 +:微量

調査海域内で採取した試料の大半は、風化が進み褐色～灰褐色を呈し、暗灰色を呈する新鮮なものは希である。岩相は、無斑晶又は微細な斑晶を持つものが主体であり、明瞭な斑晶を持つものは少ない。斑晶は数mmの短冊状の斜長石が多く、希に2mm前後の輝石等の有色鉱物が認められる。粗粒の斑晶を持つものは、調査海域全体で数個確認された程度である。斜長石は比較的新鮮なものが多いが、輝石類は風化変質しているものがほとんどである。

基質は細粒又はガラス質で、緻密なものが多孔質のものに対しやや卓越している。多孔質のものは1mm程度の空孔が散在するものが大半であり、沸石や石英・オパールによって充填されることもある。

薄片観察では、MS10～MS12の3海山で採取した玄武岩にかんらん石の斑晶が認められるが、変質が進みほとんどが粘土化しているため、肉眼では確認できなくなっている。また、MS11地域の玄武岩の斑晶には普通輝石が認められなかったが、各海山の玄武岩とも斜長石を斑晶とし火山ガラス及び微細斜長石を石基とする組成で、薄片観察でも大きな差異は認められなかった。各海山の玄武岩とも肉眼観察で風化の進んでいない物を選び薄片観察の試料としたが、鏡下ではすべての試料に斑晶・石基の粘土化や融食が認められた。

2) 石灰岩類 (図4-3-1(4), (5)写真6～1)

石灰岩類は、各地域でクラスト及び礫状クラストの母岩、ノジュールの核及びコーティングされた礫として採取した。

MS10及びMS12地域では、海山の山頂縁辺部から斜面部にかけての広い範囲で、クラスト及び礫状クラストの母岩として採取したが、MS11地域では、海山の斜面上部の1サンプルを採取したのみである。また、MS13地域では、山頂部及び斜面上部のサンプリングでクラスト母岩として採取したが、玄武岩・ハイアロクラスタイト等の他の岩石に比べ採取量は少ない。

石灰岩類は、玄武岩礫を含む有孔虫石灰岩質礫岩を主体とし、マーシャル諸島海域の各地域の海山に分布する。採取した地域や箇所により、礫径や礫量、礫の形状が異なるため岩相は多様であるが、基質は全般に粘土質で白色～淡黄色を呈する。固結度が高く、比較的硬質なものも認められる。また、基質は磷酸塩化が進んだものが多く、淡黄色～淡桃色を呈する硬質の磷灰石となったものも多数認められる。有孔虫石灰岩質礫岩の礫種は、玄武岩の亜角～亜円礫を主体とするが、海山の斜面部では角礫を含むものも少なくない。

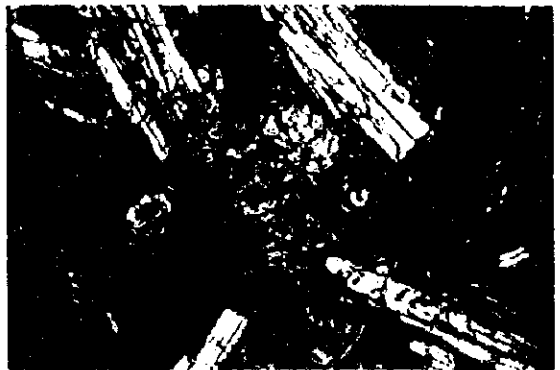
礫性石灰岩は、MS12地域の海山の山頂縁辺部で採取した。灰白色を呈し、全般に粗粒



A. 98SMS10AD05-C
 変質玄武岩
 自破砕状、石灰質の粘土が亀裂を充填



Open Nicol



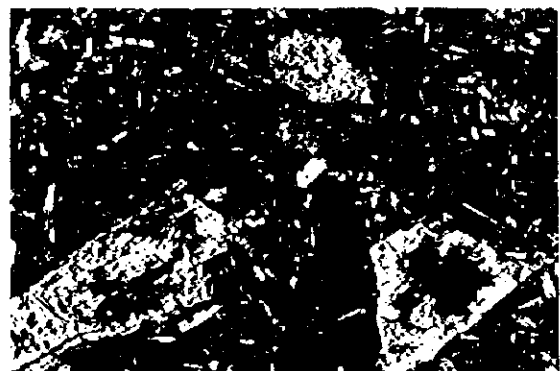
Crossed Nicol s



B. 98SMS10AD08-C
 カンラン石玄武岩
 微斑晶、球果状不透明鉱物が散在する

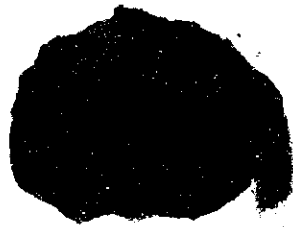


Open Nicol



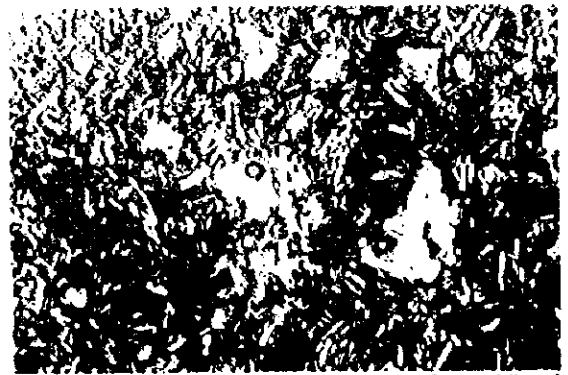
Crossed Nicol s

図4-3-1 (f). 岩石及び薄片顕微鏡写真



c
0 10 20 30 40 50mm
98SMS11AD060519

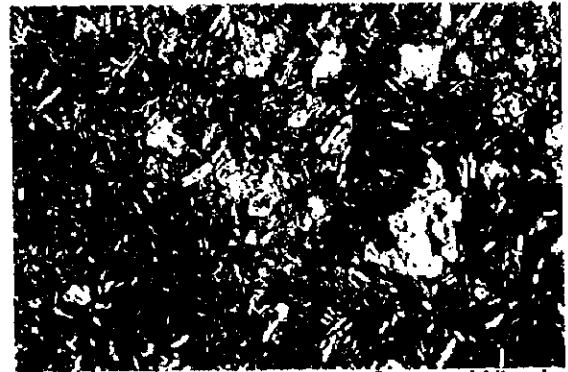
98SMS11AD060519



Open Ni col

C. 98SMS11AD06-C

斑晶質球果状カンラン石玄武岩
長柱状斜長石斑晶が認められる



Crossed Nicols



c
0 10 20 30 40 50mm
98SMS12AD040522



Open Ni col

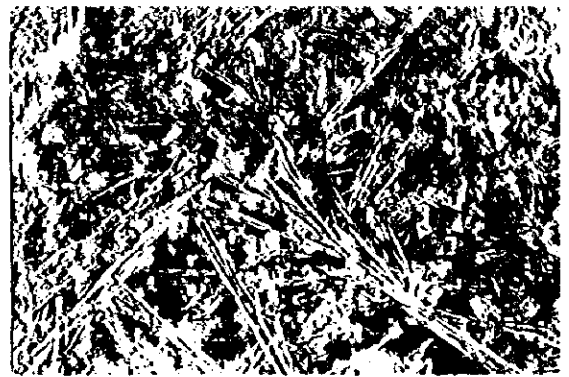
D. 98SMS12AD04-C

斑晶質球果状カンラン石玄武岩
多孔質、空孔は1~4mmの球状
一部の空孔は石灰質の粘土によって充填
される



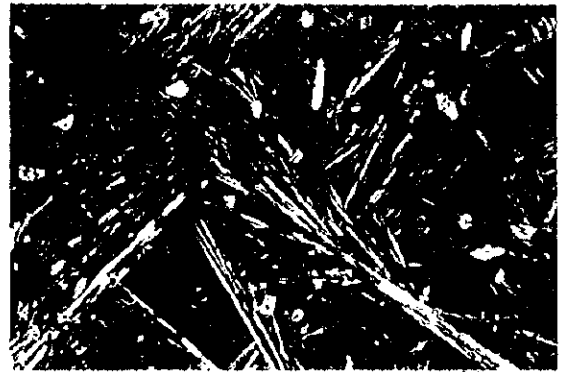
Crossed Nicols

図4-3-1(2) 岩石及び薄片顕微鏡写真

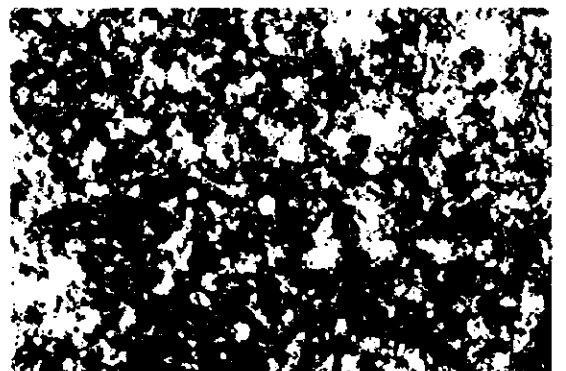
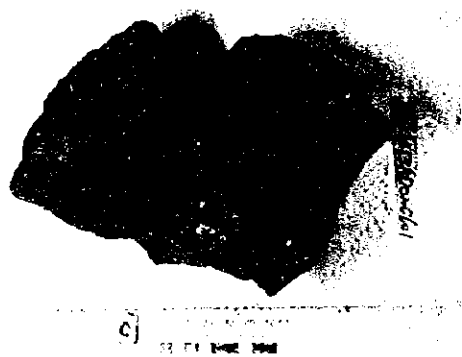


Open Nicol

E. 98SMS13AD03-A
 無斑晶質多孔質玄武岩
 多孔質(レンガ状岩相)で、基質はガラス質

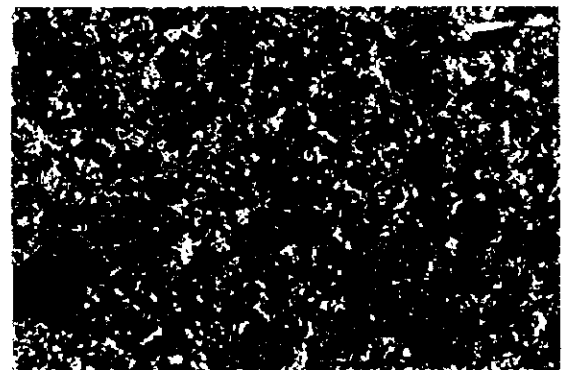


Crossed Nicol s



Open Nicol

F. 98SMS13AD02-C
 ハイアロクラスタイト
 ガラス質、網状の方解石脈が発達



Crossed Nicol s

図4-3-1(3) 岩石及び薄片顕微鏡写真



98SMS10AD05-B



98SMS10AD08-B



98SMS11AD09-B



98SMS12AD05-A

G. 98SMS10AD05-B

有孔虫石灰質礫岩、玄武岩垂円礫を含む

H. 98SMS10AD08-B

有孔虫石灰質礫岩、玄武岩垂円～角礫を含む

I. 98SMS10AD09-B

有孔虫石灰岩、リン酸塩化し硬質

J. 98SMS12AD05-A

有孔虫石灰岩、径1mm程度の白色斑が点在する
全体に溶脱による径数mmの空孔が認められる

図4-3-1(4) 岩石及び薄片顕微鏡写真

K



A
98SMS12AD13-0510

L



B
98SMS13AD14-0510

M



98SMS10AD04-0510

N



0 10 20 30 40 50

98SMS11AD06-0510

K. 98SMS12AD13-A

有孔虫石灰岩質礫岩、礁性石灰岩を礫として含む

L. 98SMS13AD14-B

有孔虫石灰岩、径数mmのパイプ状生痕を認める

M. 98SMS10AD04-A

凝灰角礫岩、玄武岩垂円礫を含む

N. 98SMS11AD06-I

凝灰岩、サンゴ片・貝殻片等の浅海性生物の化石を含む

図4-3-1(5) 岩石及び薄片顕微鏡写真

多孔質で硬質だが、一部洗脱によってスポンジ状となったものや、磷酸塩化によって淡黄色を呈するものも認められる。また、造礁珊瑚の構造が明瞭に残るものや貝殻片等の生物片に富むものも認められる。また、MC11地域の海山斜面上部で採取した凝灰岩にサンゴの破片が認められた。

3) 凝灰岩類 (図4-3-1(5)写真M,N)

凝灰岩類は、4地域全てにおいて採取した。過年度調査においても調査海域内の多くの地域で確認されている。今年度、調査地域内で採取したものは、砂質凝灰岩を基質とするものが大半である。

凝灰岩類は、ほとんどがコーティング程度の礫として採取したが、MS11地域の海山斜面上部とMS12地域の海山斜面中部においても、クラスト及び礫状クラストの母岩として若干採取した。MC11地域で採取したものは石灰質の粘土を含む、調査地域で唯一泥質で硬質なものであり、サンゴ片の混入が認められる。

凝灰岩類には、海山の斜面に広く分布する凝灰角礫岩とMS12及びMS13地域の海山山頂部の一部のピナクル周辺に分布する軽石凝灰岩とがある。いずれも基質は細粒の砂質凝灰岩で黄褐色～淡黄緑色を呈する。全般に風化が進み脆弱となったものがほとんどである。凝灰角礫岩は玄武岩角礫を含むほか、玄武岩の亜角～亜円礫も取り込んでいる場合も多い。

4) ハイアロクラスタイト (図4-3-1(3)写真F)

MS12及びMS13地域の海山で、クラスト及び礫状クラストの母岩、ノジュールの核として採取した。MS12地域の場合には、山頂縁辺部から斜面上部の3サンプリングにおいて数試料を採取したのみであり、まとまった分布はないものと考えられる。MS13地域の海山山頂中央部のピナクル間の凹地において礫状クラストの母岩として玄武岩とともに採取した。

MS12地域において採取したものの岩相は、玄武岩及び珪質岩の小角礫間を火山ガラスが充填するものであるが、基質の風化が著しく、角礫凝灰岩状を呈している。MS13地域で採取したものは、無斑晶の粗粒玄武岩状を呈する。薄片観察では両者とも風化変質が著しく、MS12の試料では魚卵状、MS13の試料では脈状のスメクタイトが認められる。

5) 軽石

発泡度が良く淡灰色を呈する。過年度調査では、MS05海山とMS07海山の2海山で採

取したのみであるが、今年度調査では4海山の全てで、未固結堆積物中の礫として採取した。

(2) 未固結堆積物

4海山で合計12地点の大口径コア（LC）によるサンプリングを実施した。

LCサンプリングは底質物の採取を目的とするほか、コバルトリッチクラストの採取と海底写真による海底面の状況観察を目的として、露岩と考えられる箇所でも実施することもあり、底質物を採取できない場合もある。今年度の調査では12地点のうち6地点で底質物を採取している。採取したLCコアの柱状図を付帯第4図(1)、(2)に示す。また、LCサンプリングによる採取物の概要及び海底写真によって観察された海底面の状況を表4-3-2に、底質堆積物と海底の代表的な写真を図4-3-2(1)、(2)示す。

採取した試料6地点の内訳は、海山裾部～基底部4地点、山頂縁辺部2地点となっている。海山裾部～基底部で採取した試料は暗褐色の粘土又は淡褐色の石灰質粘土である。

暗褐色の粘土は、MS10LC01（水深5,516m）及びMS12LC01（水深4,516m）で採取した。全般に均質であるが、表層部以外は含水率がわずかに低下し、試料の下側になるほど固結度が高くなる傾向が認められる。

石灰質粘土は、MS11LC01（水深4,353m）及びMS13LC01（水深4,017m）で採取した。細粒分を主体とするが、全般に1mm前後の球形の有孔虫砂を若干混入している。全般に含水率は低いが、軟質である。

MS10LC14（水深1,468m）及びMS12LC14（水深1,130m）の、山頂縁辺部において採取した試料は、白色～淡褐色の有孔虫砂である。粒子は粒径0.5～1.0mmの球形で、表層付近で形状は整っているが、深くなるに従い有孔虫殻は薄くなり、殻の壊れた物もみられるようになる。また、淡褐色を呈する場合が多くなる。全般に含水比は高く締まりは緩い。

過年度の調査においても斜面下部～裾部では、軟泥又は有孔虫砂混じりの軟泥が採取され、山頂部では有孔虫砂を主体とする試料が採取されている。

4-4 岩石の化学組成

薄片観察に供した玄武岩のうち、各地域から最も風化が進んでいないと判断された1試料を選んで化学分析を行った。

表 4-3-2 大口径コアによるサンプリング採取物と海底写真内容

地域名	採試点番号	採取点深度	採取物内容(cm)	ビット変形	海底面のクラスト露出率	海底面のクラストタイプ	海底面状況
MS10	LC01	5,494m	軟泥(352) / ジュール	無	95%	/ ジュール	直径数cmの/ ジュールによって被覆。
	LC13	1,433m	クラスト細片	有	0%	-	砂の堆積。
	LC14	1,488m	軟泥(78) / ジュール	有	0%	-	砂の堆積、/ ジュールは20~50cm間に 礫として含まれる。
MS11	LC01	4,353m	軟泥(226)	無	撮影不調	-	-
	LC11	1,690m	クラスト細片	有	65%	クラスト	アトク状、表面に砂が堆積。
	LC12	1,867m	クラスト細片	有	3%	クラスト	アトク状、表面に砂が堆積。
MS12	LC01	4,545m	軟泥(335) / ジュール	無	90%	/ ジュール	直径5cm前後の/ ジュールによって被 覆。
	LC14	1,177m	有孔虫砂(50")	無	撮影不調	-	-
	LC15	1,383m	クラスト細片	有	撮影不調	-	-
MS13	LC01	4,069m	軟泥(215) / ジュール	無	20%	/ ジュール	5cm以下の/ ジュールが散在する。
	LC11	2,029m	ビット先端に軟 泥が付着	有	撮影不調	-	-
	LC12	2,079m	ビット先端に有 孔虫砂が付着	有	撮影不調	-	-

*揚収時に採取物の一部が流出

(1) 分析方法

分析成分及び分析方法を表4-4-1に、分析成分及び検出限界を表4-4-2に示す。分析の前処理として、洗浄を行い恒量を確認できるまで十分に乾燥させ、試料調整を行った。

表4-4-1 分析成分及び分析方法

分析成分	分析方法
SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅	ICP発光分析法
FeO	滴定法
CO ₂	高周波誘導加熱赤外吸光光度計 (LECO)
H ₂ O ⁺ , H ₂ O ⁻ , LOI	重量法
Rb, Sr, Ba, Zr, V, Nb, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu	ICP質量分析法

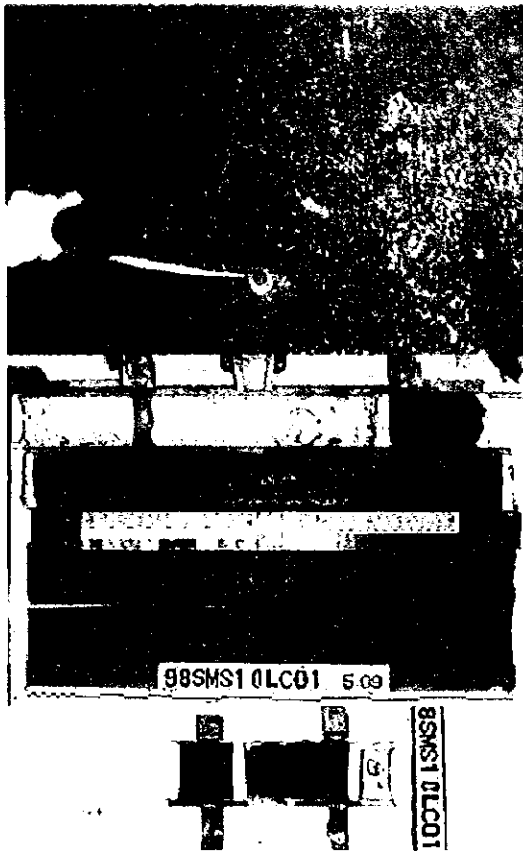
表4-4-2 分析成分及び検出限界

分析成分 (35成分)	主要成分 (14成分)	SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , CO ₂ , H ₂ O ⁺ , H ₂ O ⁻ , LOI	検出限界は0.01%
	微量成分 (21成分)	Sr, Ba, Zr, V, Y Rb, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu	検出限界は1ppm 検出限界は0.1ppm

(2) 解析結果

分析結果を表4-4-3(1), (2)に示す。分析結果を基に各種解析図を作成した。

以下に解析結果を述べる。



98SMS10LC01

海底写真：褐色の軟泥の海底面をノジュールが覆う

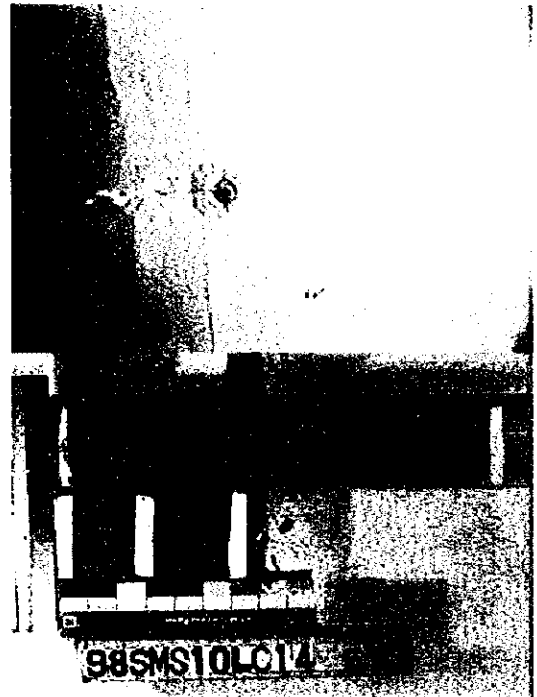
コア写真：褐色の軟泥(320cm)、表層部にノジュールがみられる



98SMS11LC11

海底写真：ブドウ状表面のクラストを堆積物が覆う

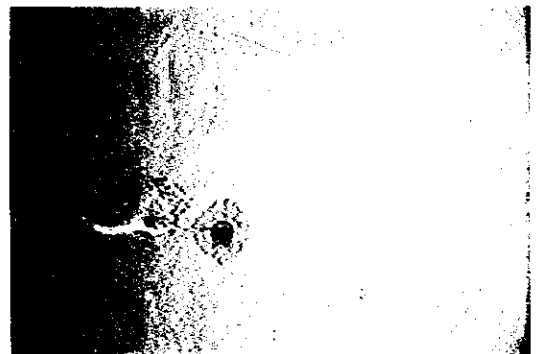
コア写真：コア採取されず



98SMS10LC14

海底写真：有孔虫砂が分布、表面にリップルマーク

コア写真：有孔虫砂(78cm)

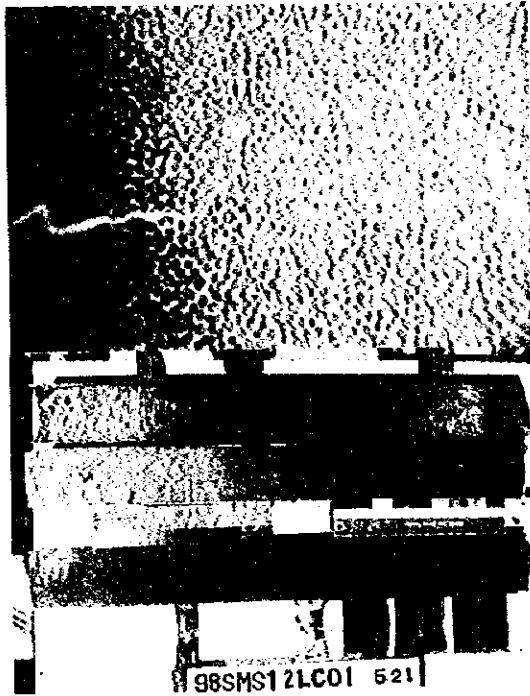


98SMS11LC12

海底写真：ブドウ状表面のクラストを堆積物が覆う、表面にリップルマーク

コア写真：コア採取されず

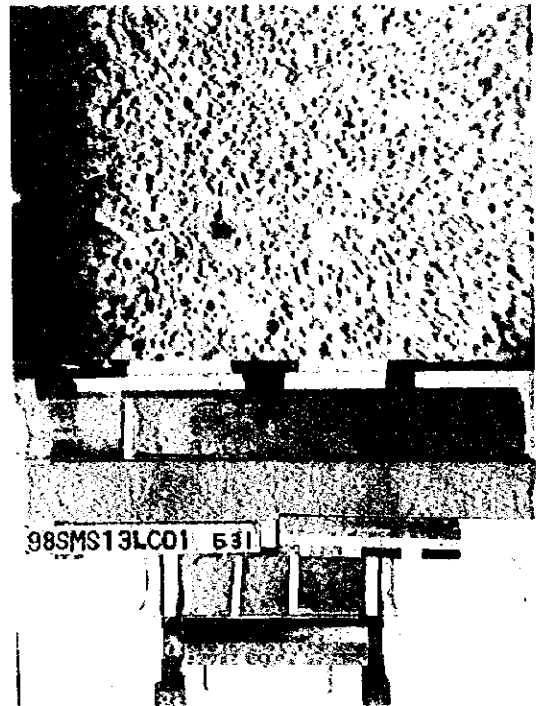
図4-3-2(1) 海底と採取物の写真(LCサンプリング)



98SMS12LC01

海底写真：褐色の軟泥の海底面をノジュールが覆う

コア写真：褐色の軟泥(325cm)、淡褐色のパッチ状・パイプ状の生痕がある



98SMS13LC01

海底写真：石灰質の粘土の上にノジュールが分布

コア写真：石灰質の粘土(215cm),全体にマイクロノジュールを含む

図4-3-2(2) 海底と採取物の写真(LCサンプリング)

1) ノルム計算結果

ノルム計算の結果一覧を表4-4-4に、また、ノルム計算結果三角ダイアグラムを図4-4-1に示す。

MS10地域の海山で採取した玄武岩は、かんらん石ソレイトの領域に含まれ他の3地域の海山で採取した玄武岩は、ソレイトの領域に含まれる。

MS10地域及びMS11地域の海山で採取した玄武岩は、ノルム燐灰石が高い値を示す。これは、内部の亀裂もしくは空孔に燐灰石が充填されているためと考えられる。また、MS10地域及びMS11地域で採取した玄武岩では、ノルム赤鉄鉱が高い値を示すが、これは、風化変質による影響と考えられる。

2) AFMダイアグラム

図4-4-2にAFMダイアグラムを示す。

AFMダイアグラムでMS10地域及びMS11地域で採取した玄武岩は FeO^* に富み、 MgO に乏しいソレイトの位置にプロットされる。MS12及びMS13地域で採取した玄武岩は FeO^* がやや少なくカルクアルカリ玄武岩の位置にプロットされる。

3) MORBで規格化した不適合元素のスパイダーグラム

各試料をで規格化したHFS元素とLIL元素のスパイダーグラムを示す(図4-4-3)。

規格化には、Benavins *et al.* (1984)のマイルORB値を用いた。

MS10地域及びMS11地域の玄武岩はRbにLIL元素のピークがあり、HFS元素のP、Yで高く、Zrで低い値を取るパターンを示す。

MS13地域で採取された玄武岩は、LIL元素のSrからBaまで上昇し、HFS元素のNbからYまでは下降するパターンを示す。

MS12地域で採取された試料は、RbにLIL元素のピークがあり、PでHFS元素のピークを取るが、全体ではNbからYに下降するパターンを示す。

各試料とも空孔や亀裂に充填した燐灰石の影響がパターンに認められ、各テクトニクス場における玄武岩のHFS元素とLIL元素の示す代表的なスパイダーグラムと単純に重ね合わせられないが、各スパイダーグラムとも海洋島ソレイト、海洋島アルカリ玄武岩が示すスパイダーグラムのパターンに類似する。

表 4-4-3 (1) 岩石の化学分析結果 (主成分)

試料番号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O+	H ₂ O-	CO ₂	LOI	TOTAL	FeO*	Mg#
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
98SMS10AD05CA01	34.19	1.41	12.74	10.04	<0.1	0.29	2.04	16.08	2.95	1.49	8.26	3.73	2.69	1.49	8.54	98.04	9.08	0.183
98SMS11AD09CA01	35.67	1.79	13.63	12.4	<0.1	0.21	1.04	14.97	2.71	1.65	7.27	3.06	2.42	1.03	7.07	98.41	11.21	0.085
98SMS12AD07CA01	45.58	1.88	15.16	7.6	1.40	0.15	4.5	9.09	3.4	1.15	1.81	5.15	1.97	0.26	7.7	99.43	8.24	0.353
98SMS13AD03CA01	47.11	2.56	15.69	7.91	0.70	0.05	2.73	5.25	3.57	1.77	1.12	6.87	2.51	0.13	10.43	98.92	7.82	0.259

表 4-4-3 (2) 岩石の化学分析結果 (微量)

試料番号	V	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
98SMS10AD05CA01	138	25	543	265	92	17	197	111	28	12.60	57.0	11.0	3.1	13.0	2.3	16.0	4.0	13.0	1.93	12.0	2.1
98SMS11AD09CA01	197	40	416	329	44	25	168	209	43	35.20	157.0	28.0	7.51	34.0	5.3	33.0	7.5	21.0	2.85	17.0	2.73
98SMS12AD07CA01	131	26	378	34	111	22	162	24	37	5.05	23.0	5.4	1.89	5.5	0.9	4.9	0.9	2.5	0.33	1.9	0.31
98SMS13AD03CA01	80	24	530	26	381	25	342	27	72	8.06	38.0	9.2	3.09	7.9	1.1	5.4	0.9	2.1	0.22	1.2	0.17

表 4-4-4 ノルム計算結果

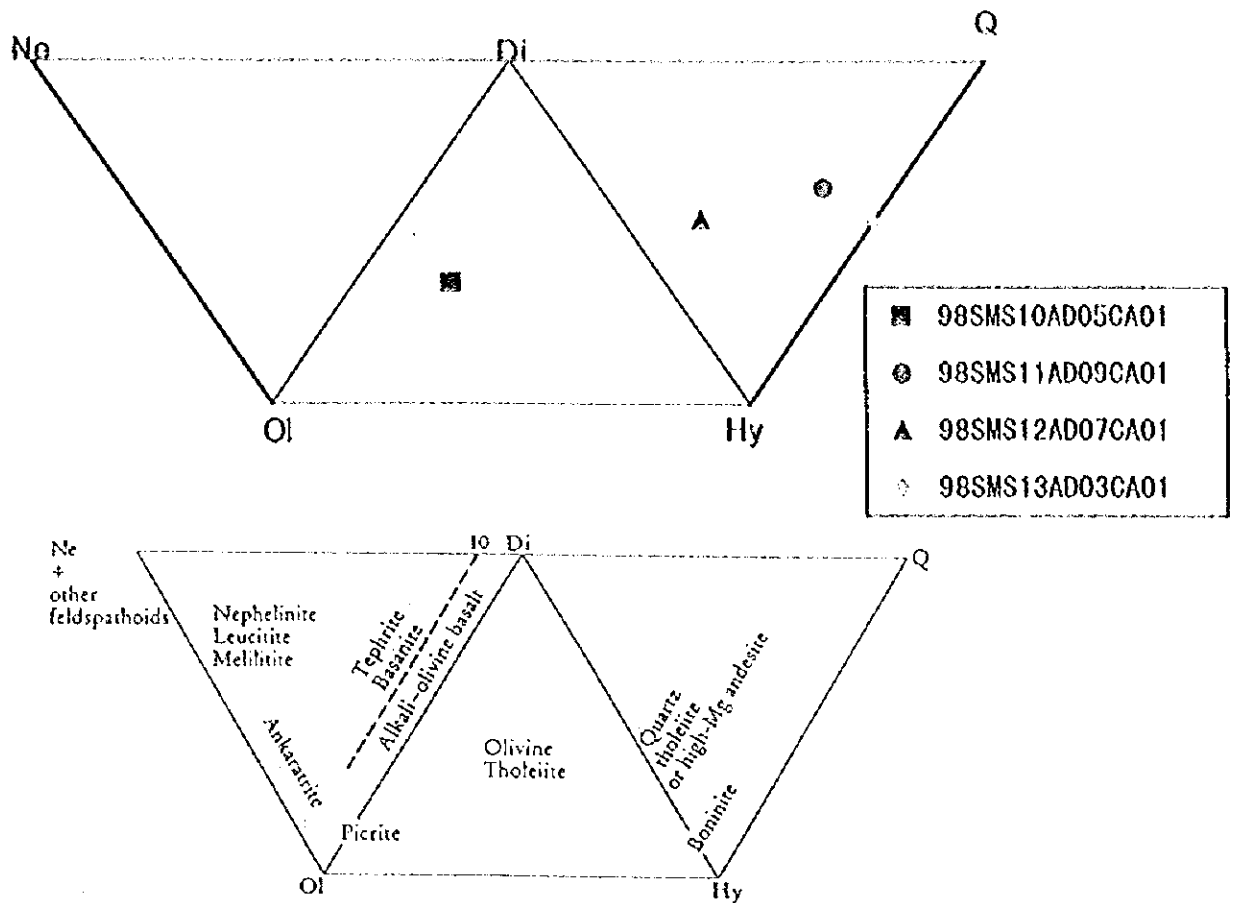
試料番号	Q	C	or	ab	an	wo-di	en-di	fs-di	en-hy	fs-hy	fo-ol	cs	mt	hm	il	tn	pf	ru	ap	cc
98SMS10AD05CA01	1.20	0.26	8.81	24.96	16.40	2.13	1.84		5.08		2.27			10.04	0.72	2.48	0.03	1.03	19.14	3.39
98SMS11AD09CA01	3.31		9.75	22.93	20.15	0.58	0.50		2.59					12.40	0.55	0.08		1.47	16.84	2.34
98SMS12AD07CA01	2.96		6.80	28.77	22.71	3.50	3.02		8.18					7.60	3.28	0.38			4.19	0.59
98SMS13AD03CA01	7.77	1.34	10.46	30.21	17.91				6.80					7.91	1.58			1.73	2.59	0.30

Q: 石英
C: コランダム
or: 正長石
ab: アルバイト
an: アノーサイト

wo-di: ウラストナイト-ディオプไซด์
en-di: エンスタタイト-ディオプไซด์
fs-di: フェロシライト-ディオプไซด์
en-hy: エンスタタイト-ハイバースン
fs-hy: フェロシライト-ハイバースン

fo-ol: ファイヤライト
cs: 正ケイ酸カルシウム
mt: 磁鉄鉱
hm: 赤鉄鉱
il: イルメナイト

tn: チタナイト
pf: ペロフアスキー石
ru: ルチル
ap: 燐灰石
cc: 方解石



The classification of basalts and related basic and ultrabasic magmatic rocks according to their CIPW normative composition expressed as Ne-Ol-Di, Ol-Di-Hy or Di-Hy-Q (after Thompson, 1984).

図 4-4-1 ノルム計算結果三角ダイアグラム

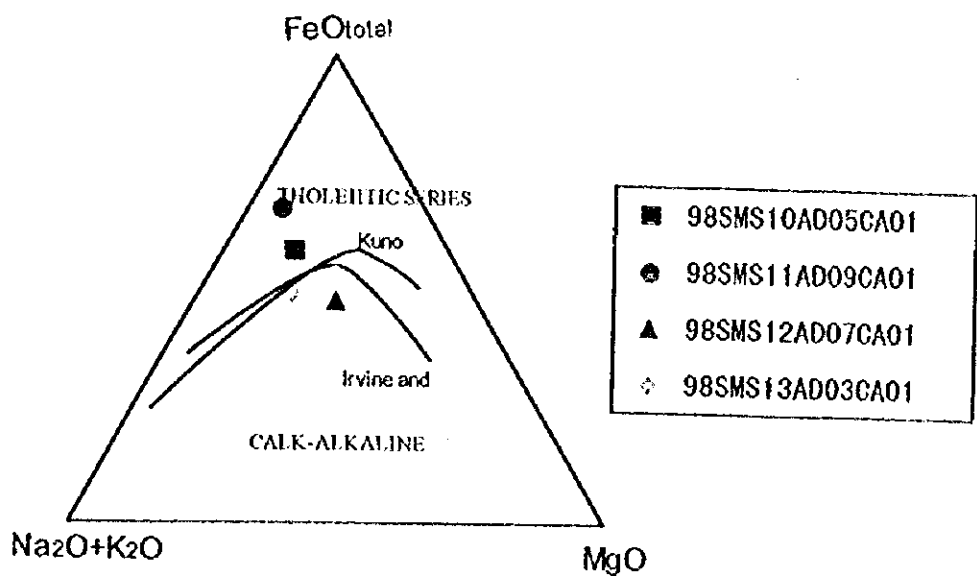


図 4-4-2 AFMダイアグラム

4) コンドライトで規格化した希土類元素のスパイダーグラム

各試料をコンドライトで規格化した希土類元素のスパイダーグラムを図4-4-4に示す。規格化には、Wakita *et al.* (1971)のコンドライト値を用いた。

MS10地域及びMS11地域の海山で採取した玄武岩には、Ceに顕著な負のピークが認められ、Eu以降でパターンの傾きがゆるやかである。MS12地域及びMS13地域で採取した玄武岩は直線的で急な傾きのパターンを示す。

各テクトニクスにおける玄武岩の希土類元素のスパイダーグラムとの比較を行うと、MS12地域及びMS13地域で採取した玄武岩は値、パターンとも海洋島アルカリ玄武岩に類似する。MS10及びMS11地域で採取した玄武岩はEu以降の値、パターン、Ceに顕著な負のピーク等の相違点が多いものの、海洋島アルカリ玄武岩に近いパターンを示している。

5) 特性及び区分の検討

その他各種判別図による玄武岩の区分は以下のとおり。

① TiO_2 - MnO - P_2O_5 図 (図4-4-5)

各試料とも P_2O_5 に富んだ海洋島アルカリ玄武岩の領域にプロットされる。

② Ti-V図 (図4-4-6)

各試料とも海洋島玄武岩及びアルカリ玄武岩の領域よりV値が低い位置にプロットされる。

③ Zr-Nb-Y図 (図4-4-7)

MS12地域で採取した試料は、E-type MORBの領域に区分される。

その他の3試料は、領域外にプロットされ、MS10地域及びMS11地域ではYに富む位置にプロットされ、MS13地域ではYが少なく、Nbに富む位置にプロットされる。

ノルム計算、AFMダイアグラム、HFS元素とLIL元素のスパイダーグラム、希土類元素のスパイダーグラム及び各種判別図による区分を表4-4-5に示す。

以上の結果から核地域で採取された玄武岩の区分を検討する。

MS10地域 (98SMS10AD05CA01)

採取試料はHFS元素とLIL元素のスパイダーグラム、希土類元素のスパイダーグラムの値、および TiO_2 - MnO - P_2O_5 図より海洋島アルカリ玄武岩と推定される。代表的な海洋島アルカリ玄武岩と異なる傾向がP, Zr, Y, Ceなどの元素に認められたが、これは本試料に白色粘土

質細脈が発達すること、変質が著しいことから、燐灰石の附加と変質による元素の置換によると考えられる。また、元素の置換によりノルムディオプサイトやハイパーシンが大きく算出されたために、ノルム計算やAMFダイアグラムではソレアイトに分類されたものと考えられる。

MS11地域 (98SMS11AD09CA01)

MS11地域で採取した玄武岩も海洋島アルカリ玄武岩と推定される。本試料は各区分図でMS10地域の試料とほぼ同じ傾向を示し、分析値も近い値を示す。薄片観察で認められた変質の程度は弱い、化学分析結果はMS10地域の玄武岩試料と同様の変質を受けたことを示唆している。

MS12地域 (98SMS12AD07CA01)

MS12地域で採取した玄武岩は風化・変質を考慮しても、アルカリ玄武岩とソレアイトの両者の性状が認められる。しかし、HFS元素とLIL元素のスパイダーグラムのパターン及び各元素の値にソレアイトと明瞭な相違が認められること及び風化変質の影響を受けにくい希土類元素のスパイダーグラムのパターンが海洋島アルカリ玄武岩のパターンに類似することから、本試料は海洋島アルカリ玄武岩に区分することが妥当と考える。本試料も変質の程度は弱い、化学分析結果はMS10地域の玄武岩試料と同様の変質を受けたことを示唆している。

MS13地域 (98MS13AD04CA01)

MS13地域で採取した玄武岩はHFS元素とLIL元素のスパイダーグラムと希土類元素のスパイダーグラム、各種判別図から、海洋島アルカリ玄武岩と推定される。また、化学分析での $\text{NaO}+\text{K}_2\text{O}$ が高い値を示していることもこれを裏付けている。本試料では H_2O が高い値を示しているが、これは薄片観察で認められた粘土化変質によるものである。

過年度の調査では、MS07地域を除くMS01～MS09地域の各海山で玄武岩を採取している。化学分析の結果、これらは全て海洋島アルカリ玄武岩に区分された。この結果、マーシャル諸島の海洋島及び海山等は、ホットスポットにおける火山活動によって形成されたものであり、太平洋プレートの移動によって現在の海洋島や海山の配列が完成したとする考えと調和的である。

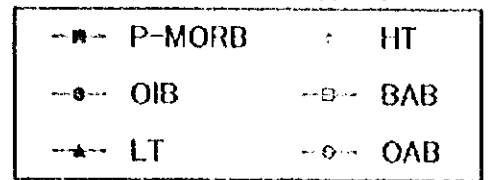
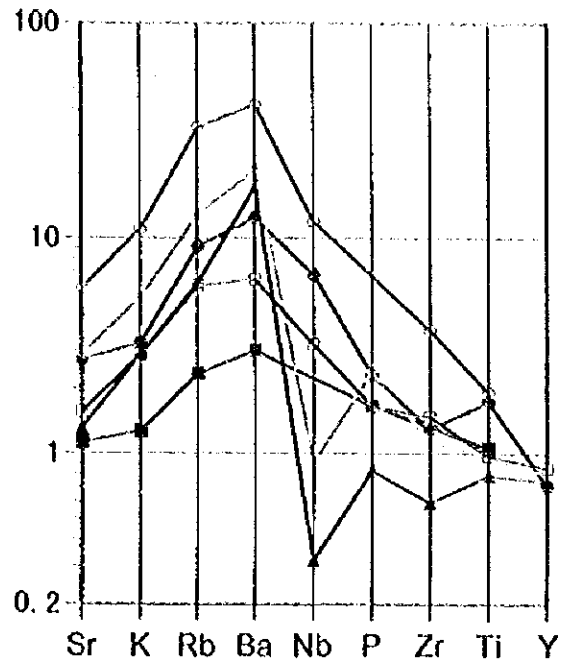
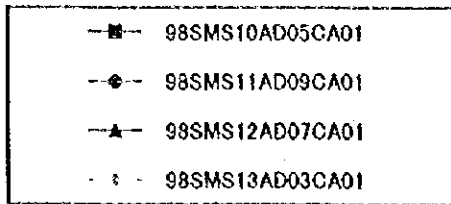
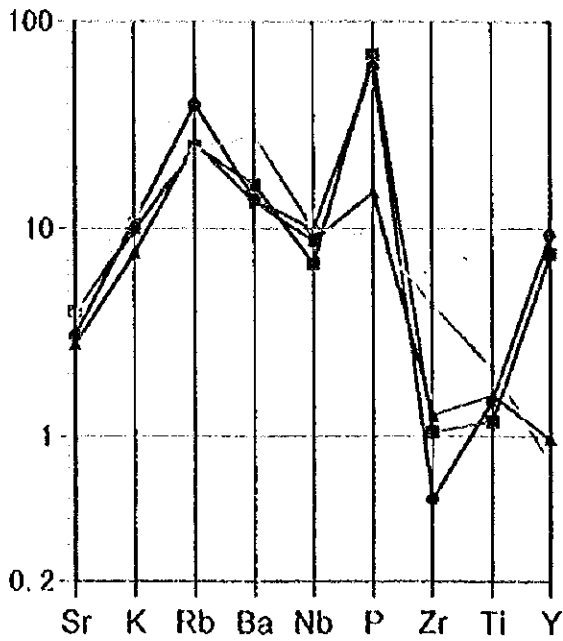
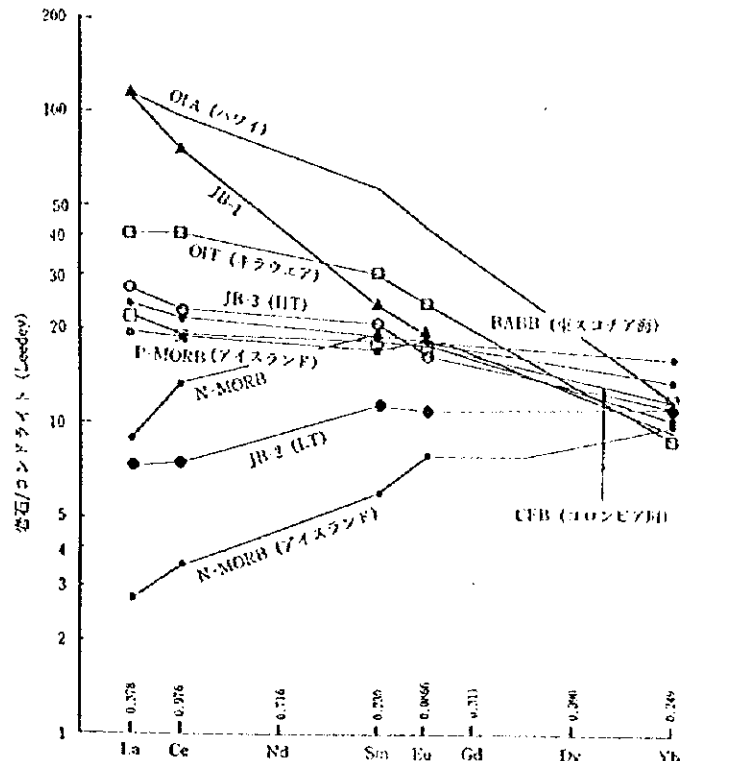
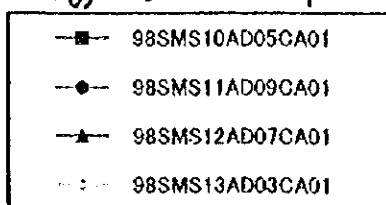
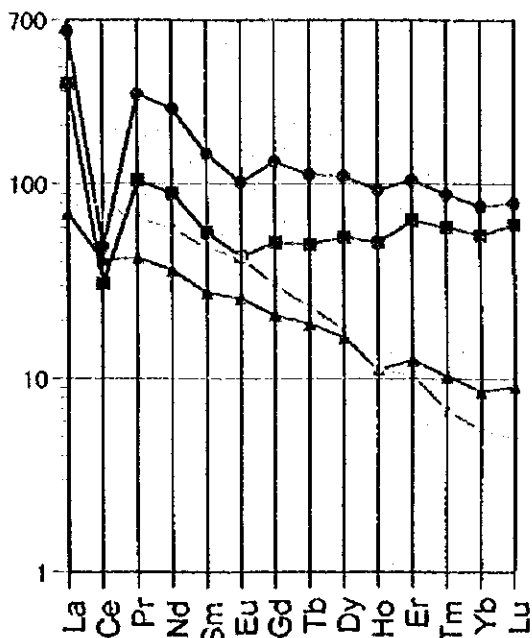


図 4-4-3 HFS 元素と LIL 元素のスパイダーグラム



Leedyコンドライト (Masuda *et al.*, 1973) で規格化したいろいろな岩石の REE パターン
 横軸: 規格にした Leedyコンドライトの値 (Masuda *et al.*, 1973); BABB: Sander-Tarney (1979); CFB・OIA・OIF: Wilson (1985); JB-1~3: Asato *et al.* (1987); N-MORB・P-MORB: Schilling *et al.* (1983)

図 4-4-4 希土類元素のスパイダーグラム

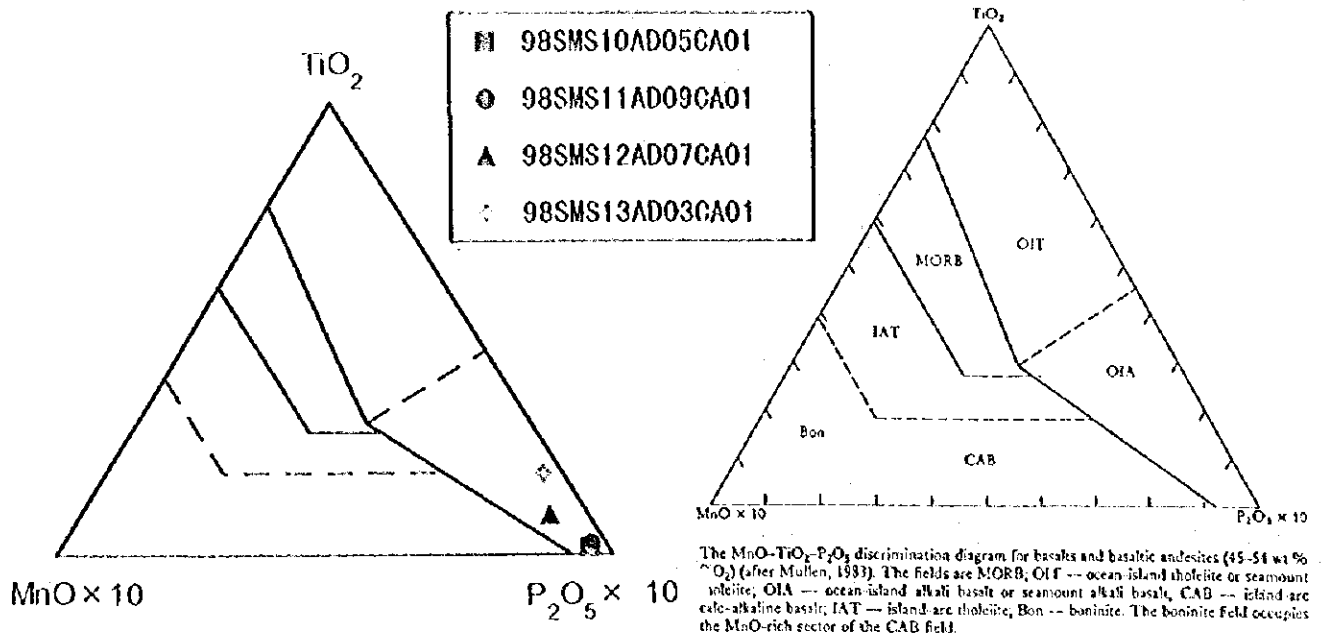
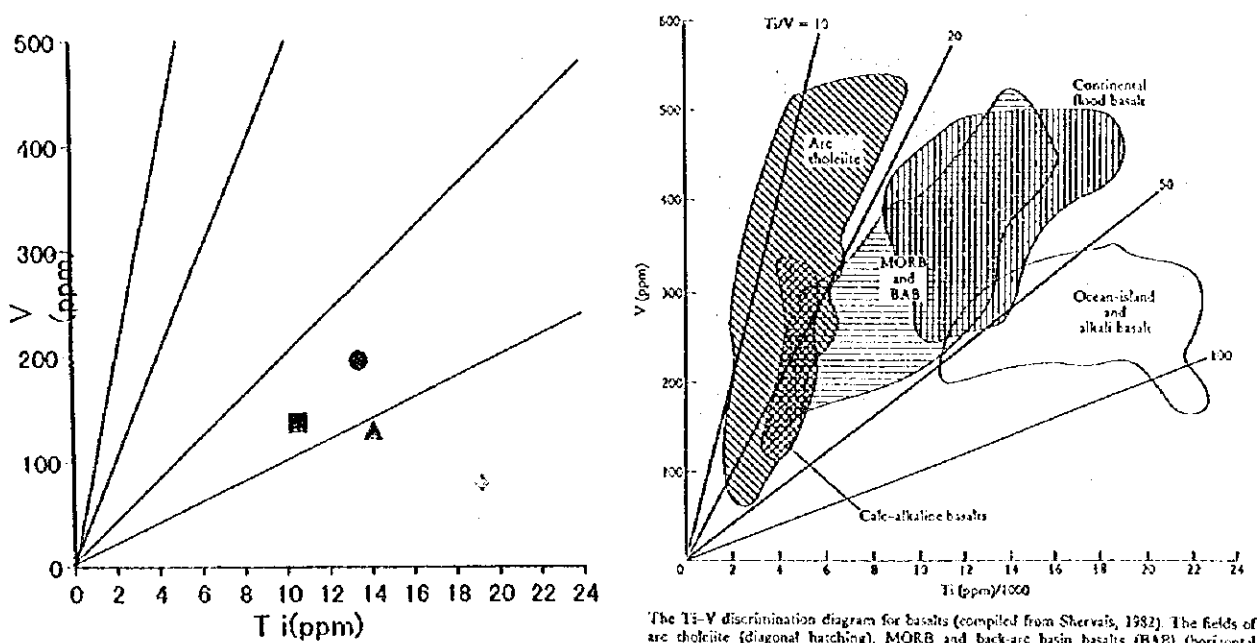


图 4-4-5 TiO₂-MnO₂-P₂O₅ 图



The Ti-V discrimination diagram for basalts (compiled from Shervais, 1982). The fields of arc tholeiite (diagonal hatching), MORB and back-arc basin basalts (BAB) (horizontal hatching), continental flood basalts (vertical hatching) and ocean-island and alkali basalt (unshaded) are recognized by their Ti/V ratio as shown. Calc-alkaline basalts (shaded) plot with low Ti concentrations with a wide range of Ti/V ratios.

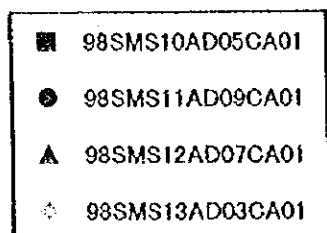
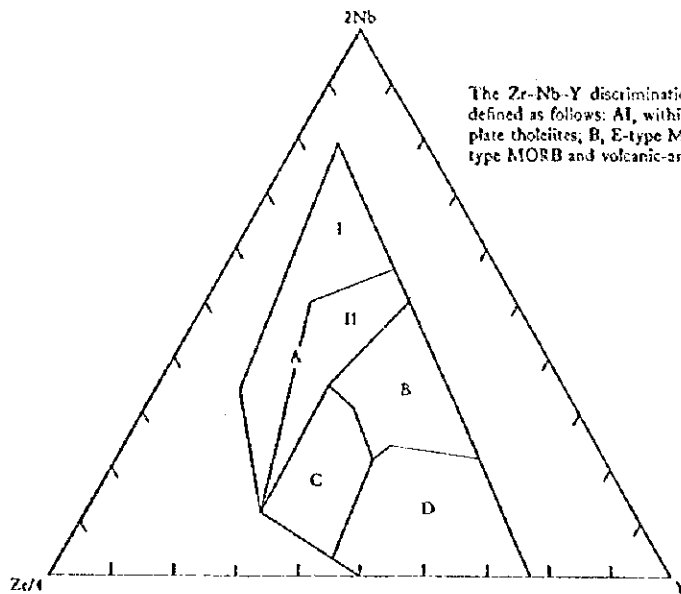
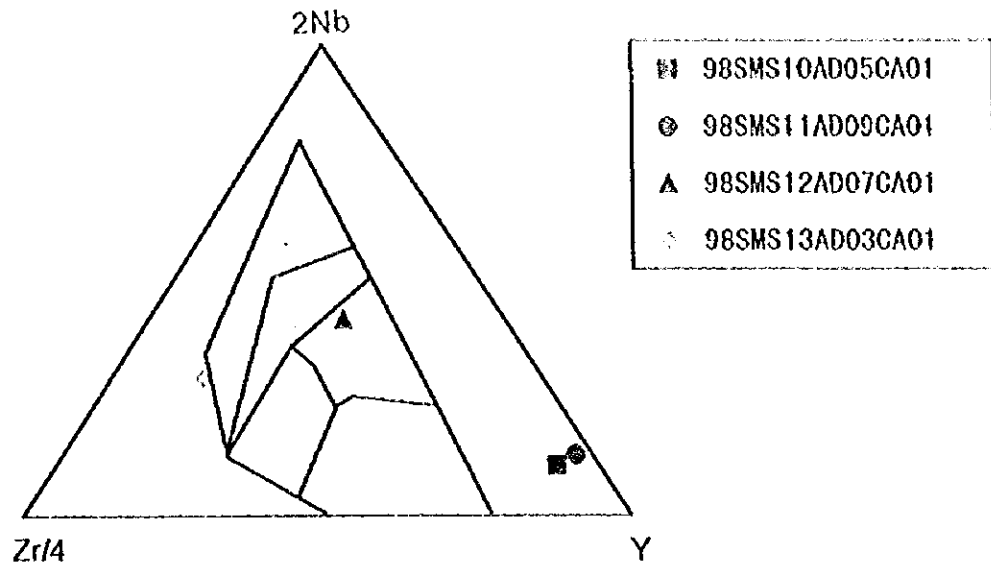


图 4-4-6 Ti-V 图

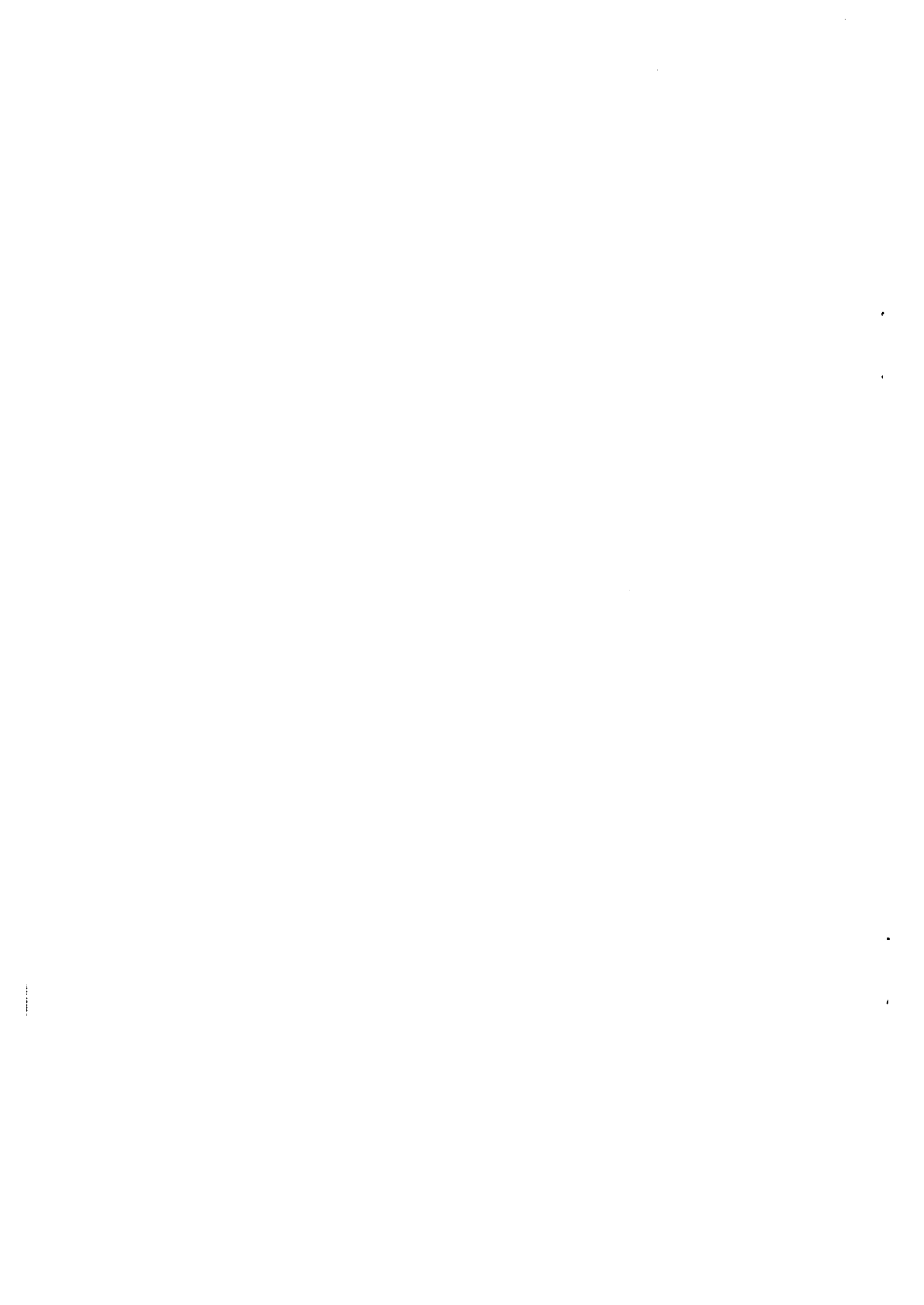


The Zr-Nb-Y discrimination diagram for basalt (after Meschede, 1986). The fields are defined as follows: I, within-plate alkali basalt; II, within plate alkali basalts and within-plate tholeiites; B, E-type MORB; C, within-plate tholeiites and volcanic-arc basalts; D, N-type MORB and volcanic-arc basalts.

図 4 - 4 - 7 Zn-Nb-Y 図

表 4 - 4 - 5 各種分類表による玄武岩区分結果

地域	薄片観察結果	ノルム計算による区分	AMFダイアグラムによる区分	HFS, LIL スパイダーグラムによる区分	REEスパイダーグラムによる区分	TiO ₂ -Mn-P ₂ O ₅ 図による区分	Ti-V図による区分	Zn-Nb-Y図による区分
MS10 地域	変質玄武岩	かんらん石 ソレアイト	ソレアイト	海洋島アルカリ 玄武岩	海洋島アルカリ 玄武岩	海洋島アルカリ 玄武岩	領域外	領域外
MS11 地域	微斑晶球果状 かんらん石 玄武岩	ソレアイト	ソレアイト	海洋島アルカリ 玄武岩	海洋島アルカリ 玄武岩	海洋島アルカリ 玄武岩	領域外	領域外
MS12 地域	玄武岩質 火砕岩	ソレアイト	カルクアルカリ 玄武岩	海洋島アルカリ 玄武岩	海洋島アルカリ 玄武岩	海洋島アルカリ 玄武岩	領域外	E-MORB
MS13 地域	無斑晶多孔質 玄武岩	ソレアイト	カルクアルカリ 玄武岩	海洋島アルカリ 玄武岩	海洋島アルカリ 玄武岩	海洋島アルカリ 玄武岩	領域外	領域外



4-5 岩石及び底質物の化石鑑定

ドレッジで採取した石灰岩類6試料，凝灰岩1試料及びLCサンプリングで採取した有孔虫砂1試料の計8試料に対して，有孔虫，放散虫，サンゴ及びその他の生物片の化石鑑定を行った。化石鑑定結果を表4-5-1と表4-5-2に，代表的な有孔虫及び放散虫化石の写真を図4-5-1及び図4-5-2に，化石の顕微鏡写真を図4-5-3に示す。なお，化石鑑定に供した試料はMS10～12地域で採取した試料である。

MS13地域においては堆積岩として有孔虫石灰岩質礫岩及び凝灰岩を採取したが，化石鑑定が可能な試料は採取できなかった。

表4-5-1 底質物及び岩石に含まれる化石鑑定結果

地域	採試点番号	試料番号	付番	採取深度(m)	試料内容	有孔虫		地質年代	放散虫	地質年代	サンゴ	地質年代	その他	地質年代
						浮遊性	底生							
MS10	AD05	Fr02	A	1,506	火山砕屑岩の充填物									
	AD08	Fr01	E	1,325	有孔虫石灰岩質礫岩	多		中期始新世						
	LC14	Fm04		1,468	有孔虫砂	多		後期鮮新世						
MS11	AD06	Fr02	I	2,284	凝灰岩	希					○	不明	貝殻片	
	AD09	Fr01	B	2,425	有孔虫石灰岩質礫岩	多		中期始新世						貝殻片
MS12	AD05	Fr01	A	1,629	礫性石灰岩	少	多	中期始新世			○	不明	貝殻片 ウニ 等	
	AD13	Fr01	A	1,626	火山砕屑岩の充填物	極少					○	不明		
		Fr02	A	1,626	有孔虫石灰岩質礫岩	多		中期始新世						

化石鑑定の結果を以下に概説する。

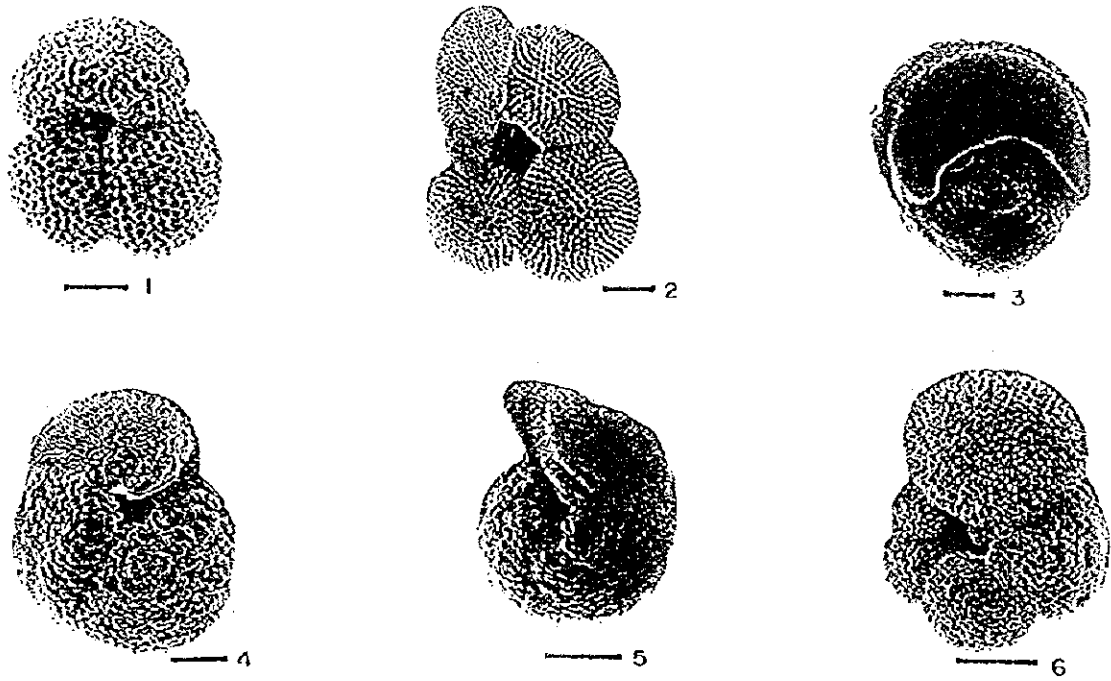
MS10～MS12の各地域の海山において採取した有孔虫石灰岩及び礫性石灰岩の空孔の充填物からは，古第三紀始新世中期の浮遊性有孔虫の化石群集が観察された。また，これら有孔虫石灰岩類にはマイクロジュールが含まれている。MS12地域の海山で採取した礫性石灰岩からは，サンゴ片・貝殻片・ウニの棘・貝形虫等の浅海性生物の化石が確認されたが，保存状況が悪く種の同定及び地質年代の確定はできなかった。ただし，前記の有孔虫石灰岩に，この礫性石灰岩がクラストコーティングされた礫として含まれることから，礫性石灰岩は古第三紀始新世以前に形成されたものである。MS11地域の海山斜面上部で採取した凝灰岩にもサンゴ片や貝殻片が認められたが，破片化・印象化しており，種の同定には至らなかった。また，MS10地域の海山山頂縁辺部で実施したLCサンプリングで採取した岩盤直上の有孔虫砂からは，鮮新世後期の有孔虫化石が確認された。

以上の結果から次のことが考えられる。

古第三紀始新世中期には，MS10～MS12地域の海山は沈降して山頂部は深海底にあっ

表 4-5-2 岩石及び底質物の化石鑑定結果

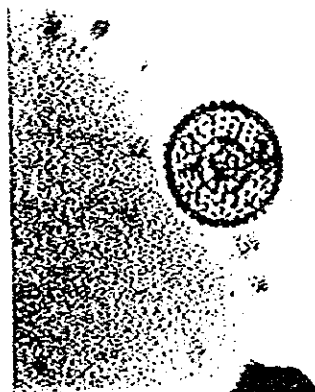
No.	地域名	採取番号	試料番号	採取水深 (m)	肉眼観察結果	化石鑑定結果	所感・考察
1	MS10	AD05	Fr02	1,506	火砕岩の亀裂の充填物	化石は確認されず。	この海山の斜面からトレッズされた岩石 (AD08, 1,325m) は海山の頂部付近に位置するが、浅海性の化石は含まれていない。この試料ではマンガンクラスタの破片が多量に含まれることから、海山の基盤およびその表面に形成されたクラスタが崩壊し、混入されたものと考えられる。したがって、中期始新世には海山が600よりは浅いがかなりの深さまで沈降していたものと推定される。
2		AD08	Fr01	1,325	火砕岩の亀裂の充填物 pelagic limestone マンガンクラスタの角礫状の破片を多く含む。	浮遊性有孔虫化石が多量に含まれるが、底生有孔虫化石はみつからない。産出する主要な浮遊性有孔虫の化石群集は、やや角張った <i>Chamber</i> をもつ <i>Truncorotaloides</i> 属、丸い形態の殻をもつ <i>Subbotina</i> 属が多量にみつかる。また、 <i>Morozovella spinulosa</i> , <i>Truncorotaloides rohri</i> , <i>T. topilensis</i> がみられる。この3種は P11 に出現し、中期/後期始新世の境界付近 (87.5~38.5Ma) で一斉に絶滅する (Bergeron et al., 1995)。	
3		LC14	Fm04	1,468	マンガン植物あるいは玄武岩片とみられる、黒色の不透明・不定形植物が少量含まれる。火山ガラス様の無色透明、多角不定形植物が極少量含まれる。	この堆積物中に産出する浮遊性有孔虫の化石群集は <i>Globigerinoides conglobatus</i> , <i>G. sacculifer</i> , <i>G. ruber</i> , <i>Globigerinita glutinata</i> , <i>Globorotalia menardii</i> , <i>Neoglobobulimina dutertrei</i> などである。また、 <i>Globigerina nepenthes</i> , <i>Globigerinoides obliquus extremus</i> , <i>Globigerinoides fistulosus</i> , <i>Globorotalia truncatulinoides</i> を産出することから、この群集は後期始新世 (1.77~2.0Ma) を示すと考えられる。	
4	MS11	AD06	Fr02	2,284	細粒の火山性堆積物サンゴ、貝の破片を含む。	サンゴ、貝の破片などがみられるが、化石の保存は悪く同定は難しい。しかし、浅海性のものが混入しているのは間違いない。浮遊性有孔虫化石もサンゴ化石の空隙を埋めた堆積物中にみられるが、破片化・印象化しているため、種の同定はできない。	この海山の斜面 (AD09, 2,425m) からトレッズされた石灰岩の地質年代も中期始新世である。AD06 (2,284m) は化石が含まれておらず、基盤の火山岩に起源をもつ堆積物が露出してきている。この海山でも中期始新世には遠洋性の石灰岩が形成される深度まで沈降していたことがわかる。
5		AD09	Fr01	2,425	pelagic limestone マンガンクラスタの角礫状の破片を多く含む。	浮遊性有孔虫化石は、保存状態がやや悪いが、 <i>Truncorotaloides</i> 属、 <i>Subbotina</i> 属が数多くみられ、 <i>Morozovella</i> 属は少ない。ここでも薄片の中には、 <i>Morozovella spinulosa</i> , <i>Truncorotaloides topilensis</i> がみられるので、中期始新世の中頃 (45.5~38.5Ma) の地質時代で低緯度地域の堆積環境を示すと考えられる。	
6	MS12	AD05	Fr01	1,629	基質を有孔虫で充填された wackestone 数mmの大きさで面円一部角礫状の石灰岩の破片を含む。破片からなる。	含まれる際には、貝殻片・ウニの棘・貝形虫・底生有孔虫など浅海性の化石を含む石灰岩の角礫。浮遊性有孔虫化石の薄層構造をなし、ラミナ状に産出して産出する。基質の部分は石灰岩の堆積物からなり、底生有孔虫や浮遊性有孔虫化石が散在的に含まれる。これらの観察から、この岩石は浅海で形成された石灰岩、周囲に堆積した遠洋性の石灰岩が崩壊して産出した堆積物であるといえる。含まれる様や化石の周囲には、表面にマンガンクラスタが形成されているので、崩壊が形成された時代と堆積物が産出した時代の間にはかなりの時間間隙があると考えられる。浮遊性有孔虫化石に関しては、個体数が少ないが、 <i>Morozovella</i> や <i>Subbotina</i> 属と思われる個体がみとめられるので、おそらく中期始新世であると考えられる。	この海山の斜面からトレッズされた岩石は、浅海性の化石の破片を含むもの (AD05, 1,629m) と火山岩層を含むもの (AD13, 1,626m) に分けられる。これらが中期始新世の化石を含む堆積物に混在しているのことがわかる。しかしながら、海山の基盤をなす火山岩の地質時代は不明である。したがって、この海山も第三紀になると沈降し、中期始新世には遠洋性の石灰岩軟泥で覆われたことがわかる。
7		AD13	Fr01	1,626	火砕岩の亀裂の充填物	化石は確認されず。	
8			Fr02	1,626	角礫を含む pelagic limestone 礫は1cm程度の火山岩質の角礫である。	この試料には浮遊性有孔虫化石群集は <i>Truncorotaloides</i> 属、 <i>Morozovella</i> 属が多く、 <i>Subbotina</i> や <i>Acarinina</i> 属は少ない。ここでも <i>Truncorotaloides rohri</i> , <i>T. topilensis</i> , <i>M. spinulosa</i> が産出するので、その地質時代は中期始新世の中頃 (45.5~38.5Ma) と判断される。堆積環境は低緯度地域であると考えられる。	



Scale bars: 100 μ m

1. *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny). Umbilical view, Sample from 98SMS10LC14Fm04.
2. *Globigerinoides sacculifer* (Brady). Umbilical view, Sample from 98SMS10LC14Fm04.
3. *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker and Jones). Umbilical view, Sample from 98SMS10LC14Fm04.
4. *Globorotalia ronda* Blow. Umbilical view, Sample from 98SMS10LC14Fm04.
5. *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny). Umbilical view, Sample from 98SMS10LC14Fm04.
6. *Globigerinella aequilateralis* (Brady). Apertural face, Sample from 98SMS10LC14Fm04.

図 4-5-1 底質物の代表的な有孔虫化石種



Thecosphaera sp.

98SMS10 LC14 Fm07

0.1 mm

図 4-5-2 底質物の代表的な放射虫化石種

たこと、また、海山の沈降完了と有孔虫石灰岩となる有孔虫の堆積年代にはコーティング程度にコバルトリッチクラストが成長できる時間差があったこと。

MS12地域の海山だけでなく、MS11地域の海山にもサンゴ礁が形成されていた可能性があること、及びMS12地域の海山のサンゴ礁は中期始新世以前に形成されたものであること。MS10地域の海山山頂縁辺部は、鮮新世後期以前は露岩であった可能性があること。

以上、化石鑑定の結果及び周辺の海山で採取した岩石の年代測定結果を考慮すると、調査地域の各海山の形成史は次のように推定される。

MS10～12地域の海山は、周辺の海山と同様白亜紀後期～古第三紀前期に形成されたものと類推される。山頂部は浅海にあって波食を受け、山頂平頂部が形成された。また、MS11及びMS12地域の海山では平頂部に珊瑚礁が発達したが、徐々に沈降を開始し、古第三紀始新世(37～58Ma)には、山頂部は深海底にあったものと考えられる。MS13地域の海山についても採取した岩石やコバルトリッチクラストの厚みからほぼ同様の形成、沈降の時期となるものと考えられるが、今回の調査で、MS13の地質年代を推定できる試料は採取されていない。

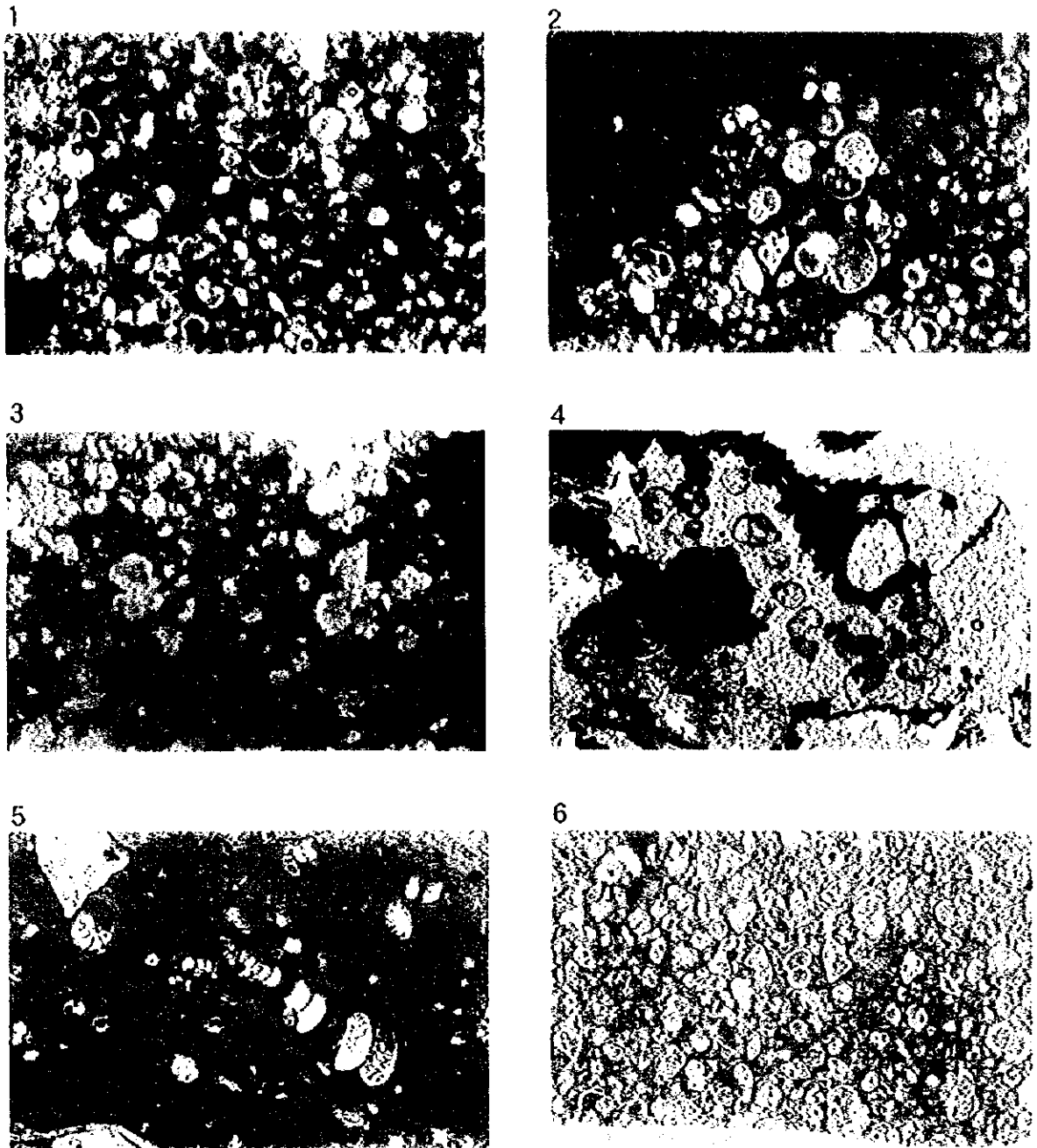
MS10地域の海山の山頂縁辺部の堆積面から78cm下方の岩盤直上から採取した底質物の有孔虫化石が、新第三紀鮮新世後期(1.77～2.0Ma)のものであったことは、鮮新世以前は露岩部があったことを示唆している。これは沈降完了時から鮮新世まで露岩であったことを意味するものではないが、鮮新世以前のある期間は露岩であったことを示し、堆積物の下にクラストが存在する可能性を示唆している。また、有孔虫砂等の未固結物の堆積速度は1,000年で0.4mmと緩慢であり、クラストの成長に有利な環境であったことを示している。

4-6 地域別のまとめ

MS10地域

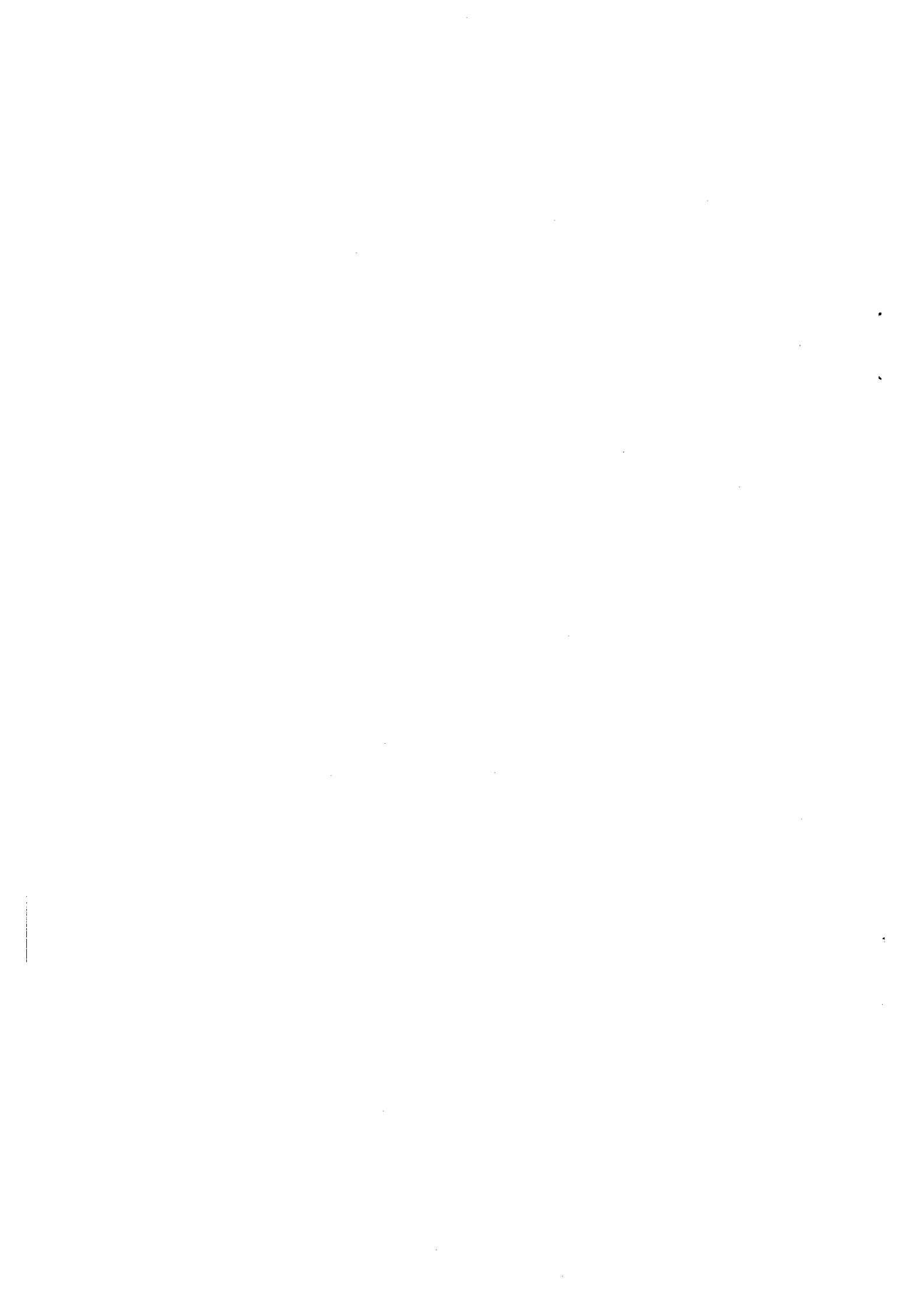
海山の地質は、山頂部や斜面部では玄武岩及び有孔虫石灰岩質礫岩が分布している。しかし、水深1,800m以深の斜面部では、凝灰角礫岩の分布が認められる。玄武岩はガラス質玄武岩で海洋島アルカリ玄武岩に区分できるものである。無斑晶または微斑晶質で斜長石、かんらん石、普通輝石の斑晶が認められる。全般に風化が著しく、空孔や亀裂には粘土等の充填が認められた。

有孔虫石灰岩質礫岩は、玄武岩の亜角～亜円礫を含むが山頂部付近で採取したものは、ほとんど亜円礫となっている。微化石鑑定では、始新世中期/後期境界付近(37.5～38.5



1. 浮遊性有孔虫(*Truncorotaloides topilensis*)中期始新世(98SMS10AD08)
2. 浮遊性有孔虫(*Subbotina Morozovella*属)中期始新世(98SMS10AD08)
3. 浮遊性有孔虫(*Truncorotaloides tipilensis*, *Subbotina*, *Morozovella*属)中期始新世(98SMS11AD09)
4. 浮遊性有孔虫(*Subbotina*, *Morozovella*属)中期始新世(98SMS11AD09)
5. 底生有孔虫(属不明)(98SMS12AD09)
6. 浮遊性有孔虫(*Acarinina*, *Morozovella*, *Truncorotaloides*, *Subbotina*属)中期始新世(98SMS12AD13)

図4-5-3 石灰岩及び凝灰岩の代表的な化石種



Ma) の浮遊性有孔虫が確認された。

周辺地域の海山の調査結果を考慮すると、本調査地域の海山は中期始新世 (45.5~38.5 Ma) 以前にホットスポットによる火山活動によって形成され、始新世後期には現在の水深付近まで沈降していたものと考えられる。

未固結堆積物は山頂部に有孔虫砂が分布し、斜面下部以深では有孔虫砂及び石灰質の粘土が分布する。斜面部上部から中部にかけての広い範囲が露岩と考えられる。山頂部の堆積層はドーム状山頂の頂部で最も厚く50mに達するが、縁辺部では数mである。また、微化石鑑定の結果から縁辺部は、鮮新世後期 (2~1.77Ma) 以前は露岩であった可能性を示唆している。

MS11地域

海山の地質は、全般に玄武岩が分布する。また、山頂部で泥質の凝灰岩、斜面部で有孔虫石灰岩を確認しているが共に分布は限られているものと考えられる。

玄武岩はかんらん石玄武岩を主体とし、MS10地域の海山と同様海洋島アルカリ玄武岩に区分される。無斑晶又は微斑晶質で斜長石、かんらん石、普通輝石の斑晶が認められる。全般に風化が著しく、空孔や亀裂には粘土等が充填する。

凝灰岩には、石灰質の粘土を多量に含む礁性サンゴの破片が確認された。これは山頂部にサンゴ礁が形成されていたこと、また、山頂部を覆う堆積物の下に石灰岩が分布する可能性を示唆している。

有孔虫石灰岩からは中期始新世 (45.5~38.5Ma) の有孔虫化石が確認されたが、クラスト片も混入しており、海山の沈降時期は中期始新世以前と考えられる。

本調査地域の海山は、ホットスポットによる火山活動によって形成され、山頂部はサンゴ礁が発達する水深以浅にあったものと考えられる。その後、沈降し中期始新世 (45.5~38.5Ma) 以前に現在の水深付近まで達していたものと考えられる。。

未固結堆積物は、海山全体に有孔虫砂及び石灰質の粘土が分布するが、山頂部のピナクル周辺及び斜面上部の一部に露岩部も認められる。

MS12地域

海山全般に玄武岩、有孔虫石灰岩質礫岩が分布し、山頂部では、礁性石灰岩の分布が確認された。また、山頂部のピナクル周辺及び斜面の一部に凝灰岩類の分布が認められた。

玄武岩はかんらん石玄武岩を主体とし、海洋島アルカリ玄武岩に区分されるものである。

全体に無斑晶のものを主体とするが、山頂部では斜長石、かんらん石、普通輝石の斑晶を持つものが採取された。全般に風化が著しく、新鮮なものは採取されなかった。また、山頂部に玄武岩質のハイアロクラスタイトも認められたが分布は局所的である。

礫性石灰岩は、水深1,600m以浅の山頂部に広く分布する。サンゴの化石年代は不明だが、始新世中期(45.5~38.5Ma)以前に礫は形成されていたものと推定される。また、有孔虫石灰岩からは中期始新世の有孔虫化石が確認されている。

本調査地域の海山はホットスポットによる火山活動によって形成され、山頂部にサンゴ礁を発達させた後に沈降し、中期始新世(45.5~38.5Ma)始新世後期以前に現在の水深付近まで達したものと考えられる。

未固結堆積物は、海山山頂中央部に厚い有孔虫砂の堆積が認められる。山頂縁辺部から斜面部にかけて広く露岩部が分布している。

MS13地域

海山の地質は、全般に玄武岩及び有孔虫石灰岩質礫岩が分布する。また、西側斜面上部には凝灰角礫岩も認められる。

玄武岩は無斑晶玄武岩を主体とし、海洋島アルカリ玄武岩に区分される。鏡下では微細な斜長石、かんらん石、普通輝石の斑晶が若干認められる。全般に風化が著しく、石基、斑晶とも粘土化している。また、ピナクル間の凹地では玄武岩質のハイアロクラスタイトの分布も認められる。

有孔虫石灰岩質礫岩は、玄武岩角礫を多量に含み、基質は礫をセメンティングする程度で脆弱である。

本地域の海山では、ホットスポットによる火山活動によって形成され、その後、沈降し現在の水深となったものと考えられる。本地域では、年代測定が可能な新鮮な玄武岩及び化石鑑定が可能な石灰岩類が採取されなかったため玄武岩、石灰岩類の地質年代測定は出来なかった。しかし、玄武岩の化学分析結果で得られた希土類元素のパターンはMS12地域の海山と類似しており、玄武岩の起源がMS12地域のもと同じものと考えた場合、海山の形成は古第三紀前期以前と推定される。

未固結堆積物は海山全体に有孔虫砂を含む石灰質の粘土が分布するが、山頂部に点在するピナクル周辺に露岩が認められる。また、ピナクル間の凹地の堆積物も比較的薄い。