

図 3 - 1 - 6 海底地形、MBES音圧反射強度及びAD試料採取状況 (05SMC12AD28 - AD29).

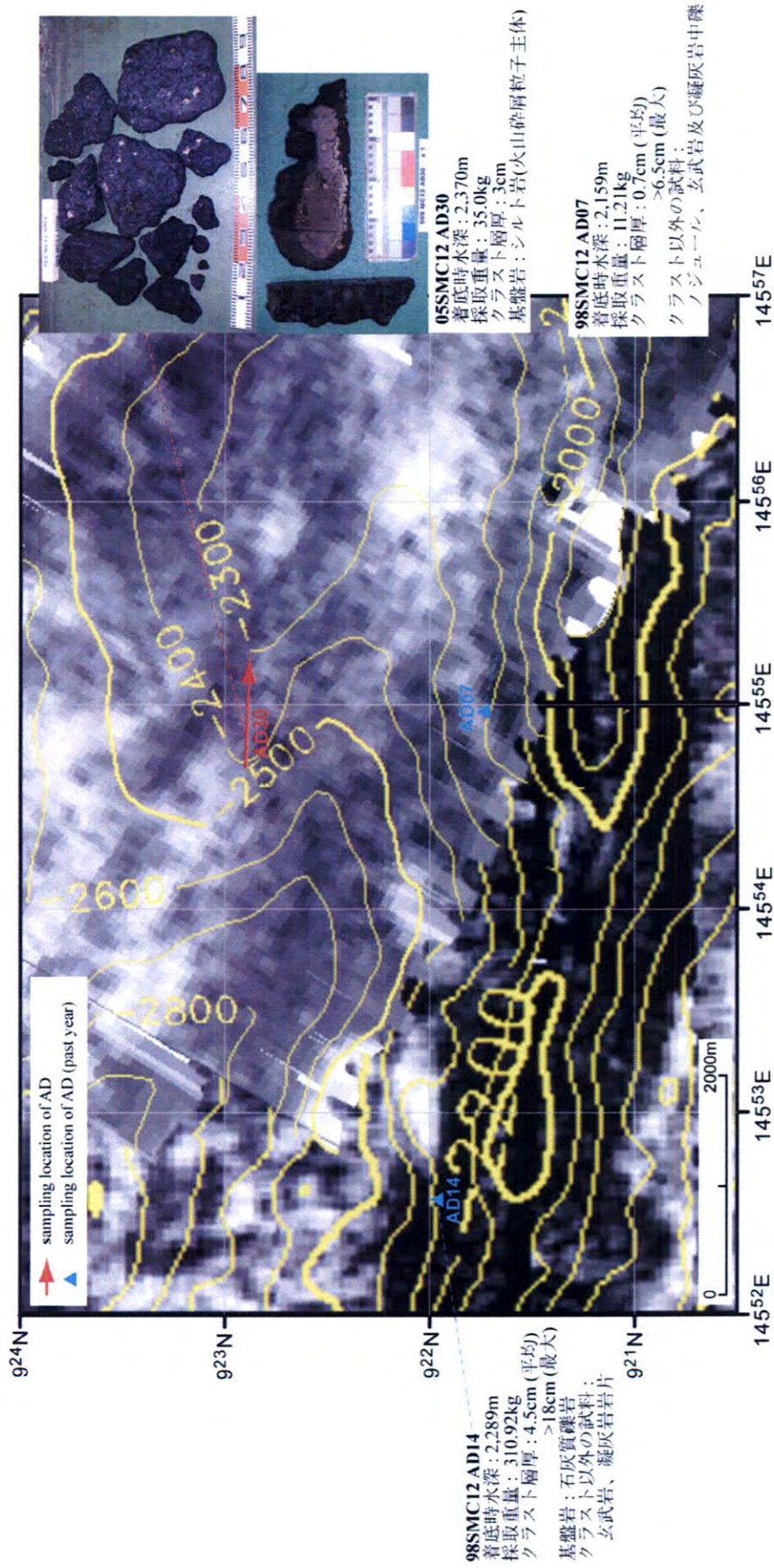


図3-1-7 海底地形、MBES普圧反射強度及びAD試料採取状況 (05SMC12AD30)。

では発達が悪く、層厚が薄い、又は岩石表面をフィルム状に被覆する程度の産状の場合が多いと推定される。一方、北斜面では、過年度調査と同様に、クラストの層厚が水深の増加とともに増す傾向が認められた。

3) 水深 1,500m 程度まで、クラストの発達状況は弱い傾向が認められた。

3-1-4 室内試験

AD 調査で採取された試料について、基盤岩の性状の検討のために、薄片観察、全岩化学分析、X 線回折試験、化石鑑定を、そしてクラスト資源の性状の検討のため、各種の室内試験を実施した（表 2-1、添付資料 5 に詳述）。

(1) 基盤岩の性状

MC12 海域の海山を構成する岩石は、上部の石灰岩と下部の火山岩類、さらにこれらを覆う未固結堆積物が認められる。

火山岩類は、薄片観察（4 件）、全岩分析 4 件）、X 線回折試験（2 件）の室内試験の結果、ほとんど未変質の無斑晶玄武岩で、プレート内アルカリ玄武岩に属すと考えられる。岩石の年代は、過年度の K-Ar 年代測定で、 $71.1 \pm 3.6\text{Ma}$ が得られている。

石灰岩は、微化石鑑定（浮遊性有孔虫と石灰質ナノ化石、6 件）と大型化石鑑定（5 件）の結果、白亜紀、古第三紀、さらに第四紀を示す化石種が同定されたが、これらが混在することから堆積過程での混合の可能性が示唆される。しかし、おおよその石灰岩の形成年代は、始新世～中新世と推定される。

基盤岩類を覆う未固結堆積物は、化石鑑定（2 件）の結果から、第四紀の下部漸深海帯の堆積物と推定されている。

(2) クラストの性状

クラストは、研磨薄片観察（12 件）の観察結果から、塊状～斑状組織を呈し、コロフォーム組織も特徴的に認められる試料が多く、下部へ向かって粒径 0.03mm 以下の岩石破片・鉱物粒を含有する傾向が認められる。

鉱物同定（X 線回折試験、5 件）から、マンガン酸化物は、**vernadite**($\delta\text{-MnO}_2$)と同定され、海水起源を示唆している。さらに、クラストの品位分析データを解析した $(\text{Cu}+\text{Ni}) \times 10 - \text{Fe} - \text{Mn}$ 図、コンドライト規格化 REE パターン図からも、マンガン酸化物の海水起源を支持する結果が得られている。

(3) クラストの層厚と品位

AD 調査、で得られたクラスト試料について、品位分析（32 件）を実施した。分析元素は、36 成分であったが、そのうち、Co、Ni、Pt の 3 元素を資源量ポテンシャル検討

対象の有用元素とした。

1 個所の AD 測点で複数個の試料を分析した場合は、それぞれの分析データを層厚で加重平均した平均品位を計算した。今年度の調査と過年度の AD 調査地点の層厚と平均品位（表 3-1）、その採取位置（図 3-1-1）を示す。

3-1-5 考察

(1) クラストの多様性

1) クラストの分布と層厚変化

今年度の AD 調査は、FDC 調査の観察結果に基づく AD 調査を実施している。特に、FDC02 測線は、音圧強度の高い尾根上で実施している。

そこでは、水深 1,562m (AD20) までのクラスト発達状況は層厚 1cm 以下と弱いこと、その下の水深 1,772m の AD17 では 4.0cm、水深 1,873m の AD19 では 4.9cm、さらに水深 2,004m の AD16 では 9.1cm、そして 2,437m の AD15 では本海山の最大層厚 10.4cm と、水深が増すとともにクラストの層厚の発達状況が次第に好転する傾向が認められた。

一方、谷筋で実施した FDC03 の観察では、音圧反射強度の高い範囲には、崖錐様物質とその間を埋めるような未固結堆積物が発達することが多く、クラストの発達する岩盤の分布が少ないことが判明した。

さらに、過年度 14 箇所、今年度 16 箇所、合計 30 箇所の AD 調査結果をまとめると、クラストの層厚は、最大 10.4cm (AD15) からフィルム状の被覆する程度のもので変化し、層厚 1cm 以下の AD 地点が 17 箇所を占め、その多くが、水深 1,500m 以浅と海山の南斜面に分布する傾向がみられる。一方、北斜面では、比較的層厚の厚い (>3cm) クラストが採取された AD 地点が多い。

このように、クラストの発達は、大きくみると、海山の北斜面で水深が 1,500m から 2,400m へ深くなるにつれて層厚が増す傾向と尾根上に発達する傾向がみられる。

2) クラストの品位

クラスト層厚が 1cm 以上の AD 調査地点、13 箇所の Co、Ni、Pt の有用 3 元素の品位（表 3-1）について統計解析を試みた。

その結果、これら 3 元素のうちの 2 元素は、ほぼ正の相関を示すが、なかでも Pt に富む地点 (AD08、AD17、AD22) が認められる (図 3-1-8)。これら 3 箇所の AD 地点は、水深が 1,736 から 1,822m という狭い範囲に入るという共通点がある。

クラストの品位と層厚とは、層厚 6cm を境に、それ以上の層厚部分の 3 元素の品位は、相対的に低品位であり、13 地点の平均品位を算術平均した場合と層厚加重平均した場合

表3-1 MC12海山クラスト品位一覧表

	試料番号	水深 (m)	タイプ	層厚		平均層厚 (cm)	基盤岩種	表面組織	分析試料	Co (%)	Ni (%)	Pt (ppm)
				min/max (cm)								
1	98SMC12AD03	1903	cobble	0.1/15		9.3	石灰岩	ブドウ状	バルク	0.27	0.29	0.21
2	98SMC12AD05	1218	cobble	0.1/5		2.6	石灰岩	ブドウ状	バルク	0.58	0.34	0.41
3	98SMC12AD06	2474	crust	0.1/19		10.1	ハイアロク ラスト	ブドウ状	バルク	0.17	0.15	0.18
4	98SMC12AD08	1736	crust	0.5/7		4.5	凝灰岩	ブドウ状	バルク	0.94	0.35	0.67
5	98SMC12AD09	1106	cobble	0.1/4		1.3	サンゴ石灰 岩	平滑	バルク	0.52	0.34	0.30
6	98SMC12AD14	2289	crust	1.2/18		4.5		ブドウ状	バルク	0.26	0.20	0.25
7	05SMC12AD15	2437	crust	7/14		10.4	火山砕屑岩	ブドウ状・ コークス状	バルク	0.20	0.18	0.20
8	05SMC12AD16	2004	crust	8/11		9.1	石灰質礫岩	ブドウ状	バルク	0.24	0.19	0.12
9	05SMC12AD17	1772	fragment	4/4		4		コークス状	バルク	0.69	0.31	1.02
10	05SMC12AD19	1873	crust	3/7		4.9	砂岩	ブドウ状	バルク	0.30	0.24	0.18
11	05SMC12AD22	1822	fragment	3.5/3.5		3.5		コークス状	バルク	0.76	0.32	1.28
12	05SMC12AD29	2385	crust	3.5/14		8.4	石灰質砂岩	コークス状	バルク	0.33	0.26	0.34
13	05SMC12AD30	2370	crust	2.5/3		3	シルト岩	ブドウ状	バルク	0.33	0.35	0.16
				1.1~		(5.8)				0.35	0.24	0.33

クラストの層厚1cm未満あるいは品位0.1%Co未満を除く

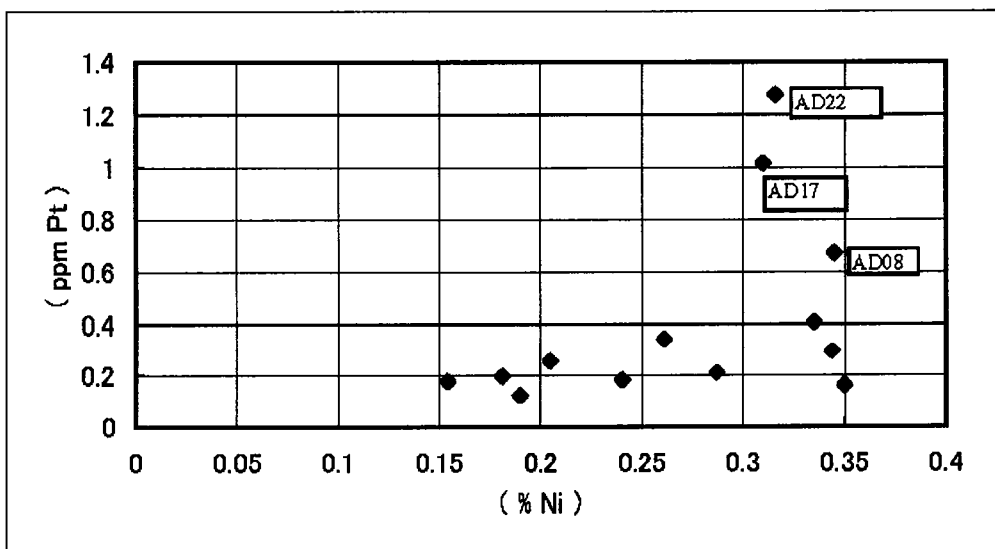
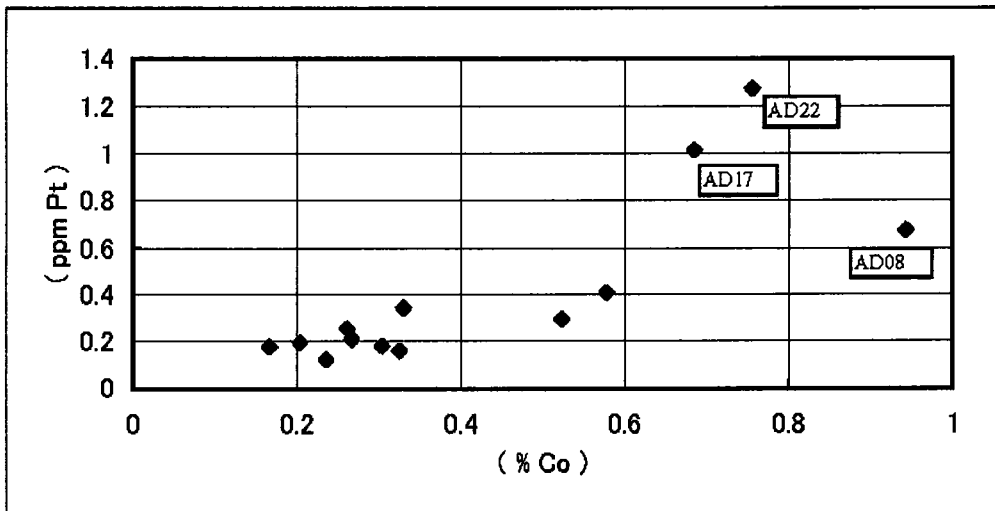
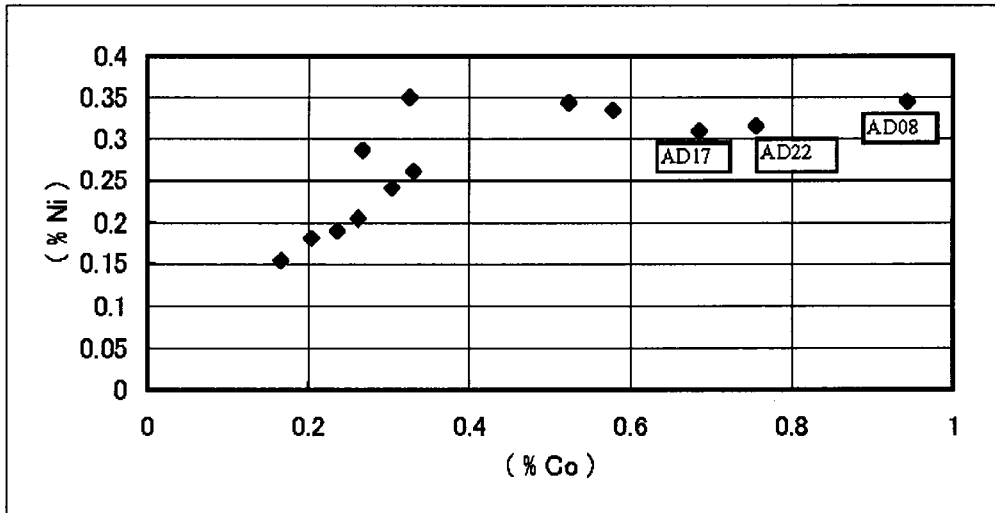


図 3-1-8 MC12 海山の主要元素散布図 (n=13, Co-Ni-Pt)

では、明らかな差が認められる。

このように、有用 3 元素の品位は、互いに正の相関を示すこと、水深 1,800m 前後の試料に Pt が富化する可能性があること、層厚の厚い試料は相対的に低品位の傾向が認められることが考えられる。

(2) クラストの概略資源量の検討

過年度の調査で、MC12 海山は、山頂部水深 1,141m の海嶺状の海山で、ほぼ東西に伸びる長さ約 60km、最大幅約 20km の規模を有し、その水深 2,500m 以浅の広い範囲に、音響反射の強い部分が認められ、クラストが、その範囲中に岩盤を覆って発達すると考えられた。

しかしながら、今年度の FDC 調査と AD 調査を系統的に組み合わせた調査の結果、クラストの産状は、海山斜面の向き（方位）、水深などの要因を反映した多様性のある発達状況が認められ、一定の層厚のクラストが斜面全体を覆って分布するのではないと推定されるに至った。

すなわち、斜面の形態が、尾根あるいは谷ではクラストの発達状況が全く異なり、クラストは、尾根上で良好に発達する傾向が認められ、さらに、発達するクラストの層厚も、岩盤表面をフィルム状に被覆するものから最大 10.4cm まで変化し、層厚 1cm 以上のクラストは北斜面に多く分布する傾向が認められたこと、さらに水深の増加とともにクラストの発達状況が好転する傾向も認められた。そして水深 1,800m 前後の特定の部位に Pt の富化する可能性も示された。

AD 調査のうち、層厚 1cm 以上のクラストが認められた 13 箇所の分析データから、その層厚は 1.1～10.4cm、層厚加重平均品位は 0.35%Co、0.24%Ni、0.33ppmPt が得られた。これらのクラストは約 100 km²の範囲に、MC12 海山の水深約 1,500 から 2,500m の主に北斜面尾根部に分布すると考えられる。本海域の海山の規模を考慮すると、海山全体として膨大な資源量が見込めようが、その分布状況の多様性を考慮すれば、資源量の推定には、今後、より密度の高い詳細な調査が求められる（図 3-1-9）。

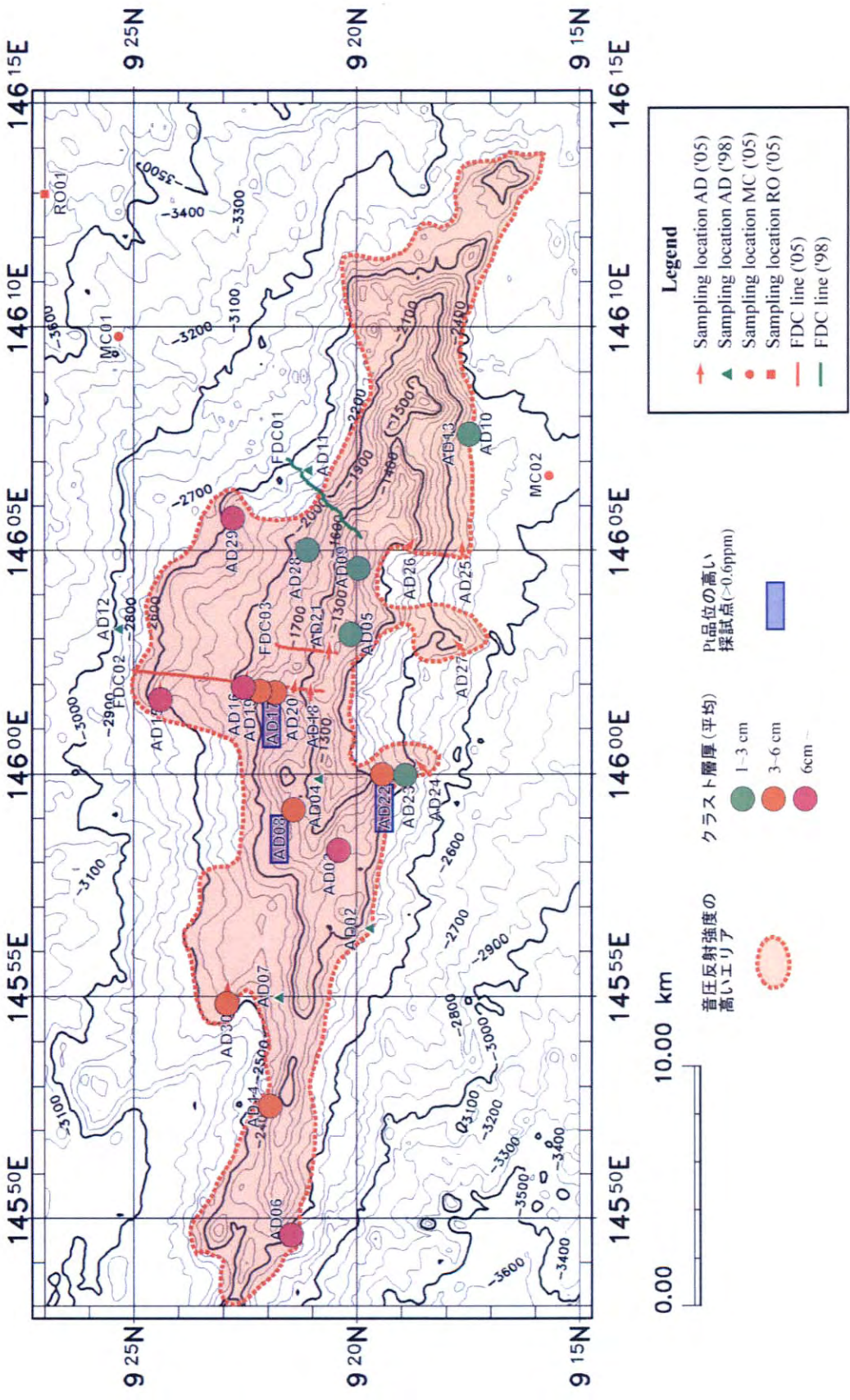


図 3-1-9 総合解析図 (MC12海山)

3-2 MC13 海山の調査

3-2-1 MC13 海山の概要

MC13 海山海域は 10° 20' N、145° 00' E 付近を中心とする東西 45km、南北 45km 程度の範囲である。MC13 海山は、最浅部水深 1,656m、海底からの比高約 2,200m、水深 4,000m の海台上に形成されたものである。山頂部は、平面的に 10km 程度の広がり認められ、いくつかの山頂ピークからなり、さんご礁石灰岩が形成されている。同海山の北東部斜面は急斜面で、断層崖の様相を呈する。

3-2-2 過年度の調査

本海域の過年度調査は、平成 11 年度（1999）に音響調査、FDC、AD、CB、LC が実施されている（表 4-1）。

音響調査では、水深 2,500m 以浅の山頂部と縁辺部に強い音響反射範囲が認められ、AD・CB 調査によってクラスト試料が採取されている。その層厚は、海山頂部で数 cm、東部の山頂部で 8cm である。10~14cm の大きさのクラスト片が、山頂部の北と東の斜面で収集されている。クラストの主要元素の平均品位は 0.37%Co、0.29%Ni、及び 0.22ppmPt (n=12) が得られている。クラストを胚胎する基盤岩類は、さんご礁石灰岩、ハイアロクラスタイト及び玄武岩が認められた。

3-2-3 今年度の調査

今年度の調査は、岩盤の露出規模がより大きい MC12 海山を調査対象海域としたため、MC13 海山を対象とした調査は、FDC 調査が 1 測線、AD 調査地点が 2 箇所と限られた（表 1-1、図 3-2-1）。

FDC 調査は、水深 3,000m 以深のクラストの発達と岩盤状況の観察を、そして、AD 調査は過年度 FDC 調査結果に基づくクラスト試料採取を目的とした。

(1) FDC 調査（図 3-2-2~3）

05MC13FDC02 測線：MC13 海山の北西端部近く、水深 3,120m の海山基部から水深 3,880m の深海底へ至る斜面、距離 1.4nm

水深 3,120m から 3,140m 付近まではほぼ平坦な海底で、未固結堆積物が全面に分布する。

水深 3,140m 付近から斜面に入りだし、同 3,170m まで、表面がブドウ状様を呈し、クラストが被覆するようにみえる岩盤が観察される（平均岩盤露出率 50%）。

水深 3,170m~3,880m まで、火山岩類様岩盤が急崖と平坦面を形成するような階段状の急斜面が観察される。平坦面には、未固結堆積物が発達する。階段状斜面の一部には、角礫状火山岩・集塊岩などの岩石が崖錐様に堆積したような緩やかな斜面もみられる。

岩盤平均露出率は、平坦面に未固結堆積物が発達するので 50%程度である。岩盤の表面は、ブドウ状表面を呈せず、火山岩類岩盤そのものの表面で、マンガクラストは発達しないものと推測される。水深 3,880m からは平坦な深海底に入り、未固結堆積物が全面に発達する。

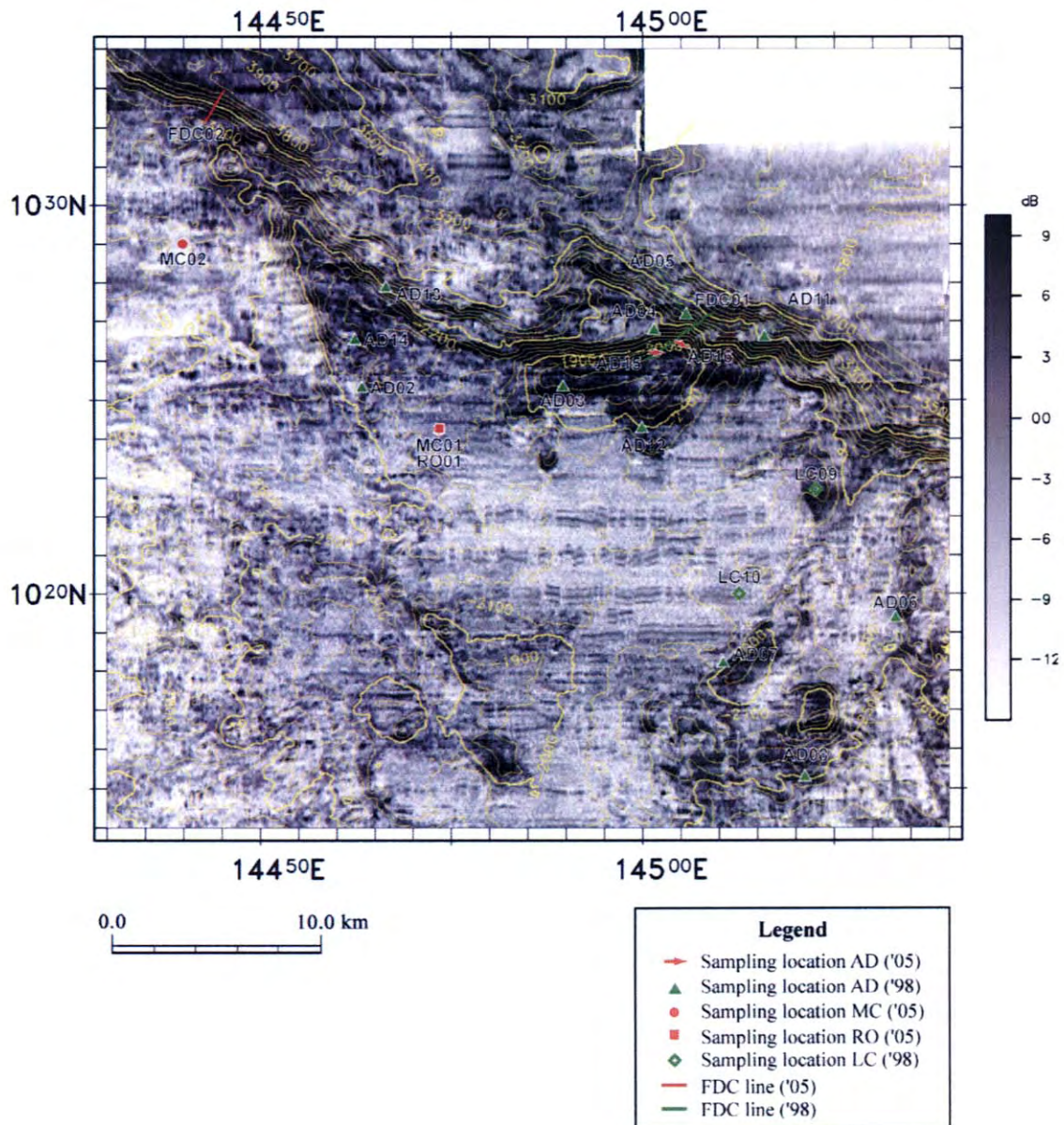


図 3-2-1 海底地形図、MBES 音圧反射強度分布図及び調査位置図 (MC13 海山)

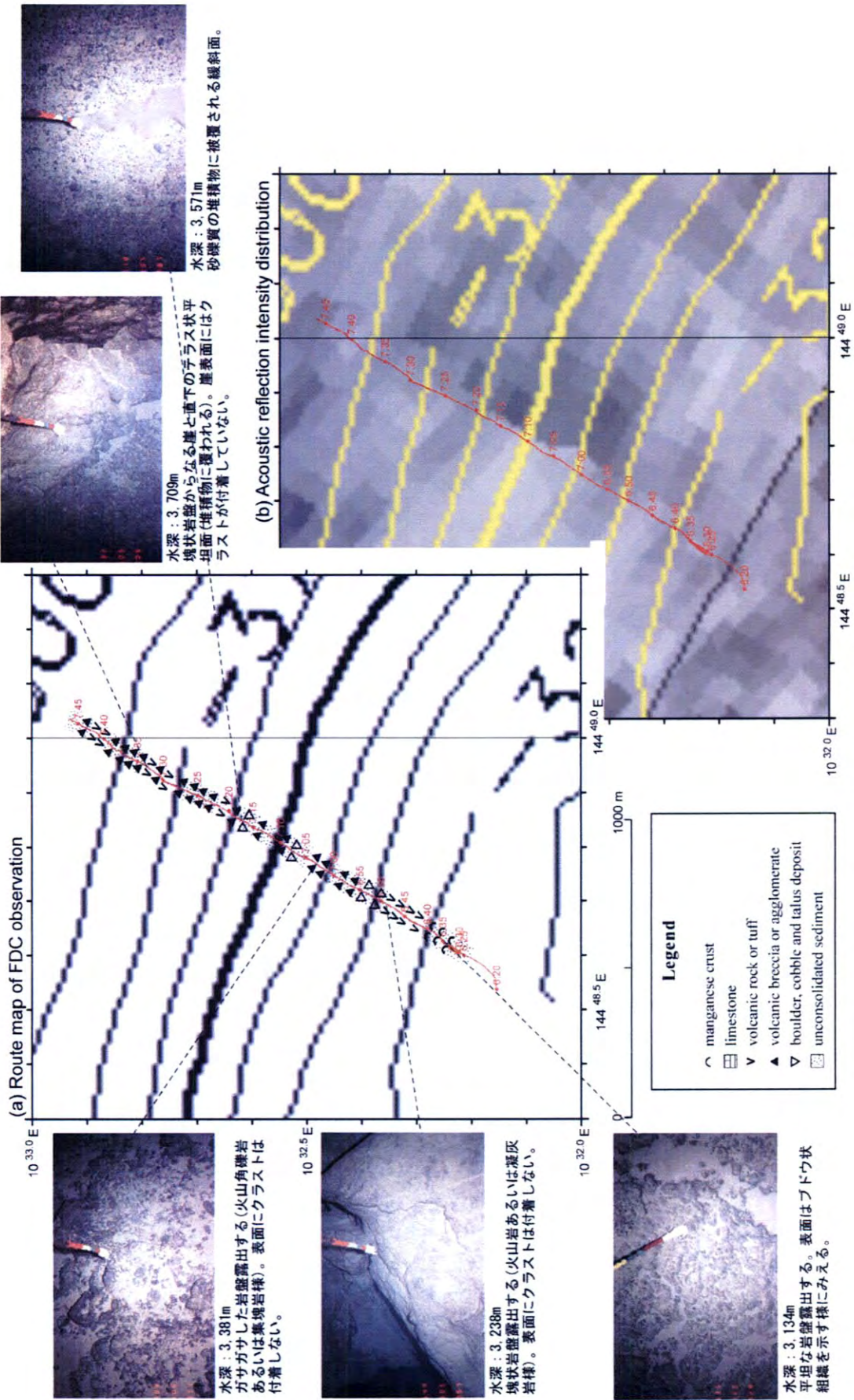


図3-2-2 FDC海底観察結果及びMBES音圧反射強度との比較 (05SMC13FDC02)

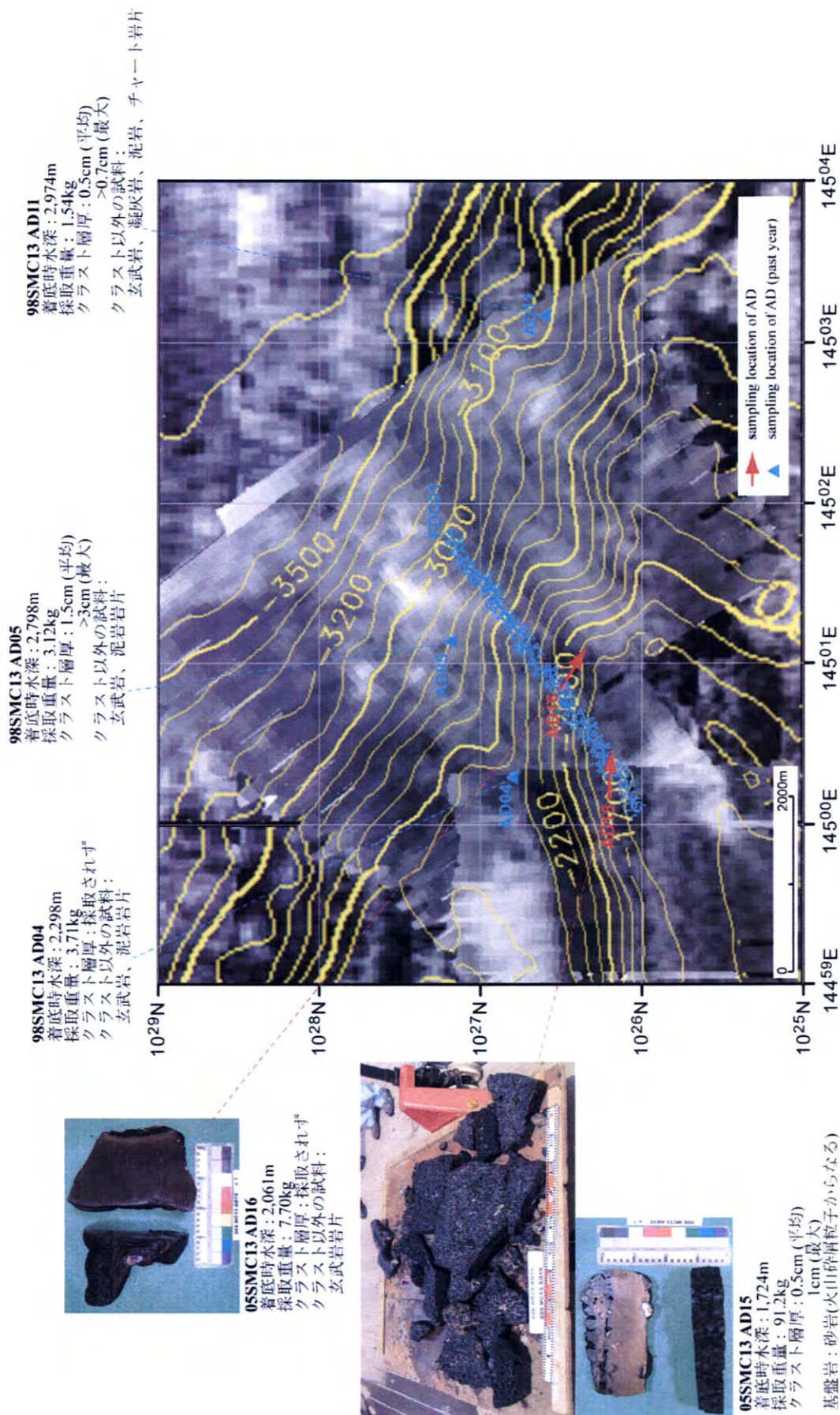


図3-2-3 海底地形、MBES音圧反射強度及びAD試料採取状況 (05SMC13AD15 - AD16)

(2) AD 調査

MC13 海山の AD 調査は、過年度の FDC 調査結果から、山頂近くの表面がブドウ状を呈するクラストの発達が認められた位置 (AD15) とその下部の崖錐の認められる位置 (AD16) で実施した (図 3-2-1)。

3-2-4 室内試験

AD 調査で採取された試料について、基盤岩の性状の検討のために、薄片観察、全岩化学分析、X 線回折試験、化石鑑定を、そしてクラスト資源の性状の検討のため、各種の室内試験を実施した (表 2-1、添付資料 5 に詳述)。

3-2-5 考察

(1) 基盤岩の性状

MC13 海山を構成する岩石は、上部の石灰岩と下部の火山岩類、さらにこれらを覆う未固結堆積物が認められる。

火山岩類は玄武岩で、プレート内アルカリ玄武岩に属すと考えられるが、島弧型寄りの性格も持つ。岩石の年代は、過年度の K-Ar 年代測定で、 $56.8 \pm 2.8\text{Ma}$ が得られている。石灰岩は、微化石鑑定と大型化石鑑定の結果から、おおよその形成年代は、始新世と推定される。基盤岩類を覆う未固結堆積物は、後期鮮新世～第四紀の下部漸深海帯の堆積物と推定されている。

(2) クラストの性状

過年度 14 箇所、今年度箇所 2 箇所、合計 16 箇所の AD 調査をまとめると、クラストの層厚は、最大 6.0cm (AD03) からフィルム状の被覆する程度のもので変化し、層厚 1cm 以下の AD 地点が 11 箇所を占める。クラストの層厚が 1cm 以上の 5 地点は、本海域北部中央に位置する水深 1,656m、なだらかな山頂の海山と、南東方の小突起様海山に認められる。

これら 5 箇所の Co、Ni、Pt の有用 3 元素の品位は、MC12 海山のデータと同様の傾向を示す (表 3-2、図 3-2-4)。3 元素は、正の相関を示すが、Pt に富化が認められる地点 (AD03、AD12) がある。この 2 箇所の AD 地点は、水深が 1,750m と 1,975m と MC12 海山と同様の狭い範囲に入る。

表3-2 MCI3 海山クラスト品位一覧表

	試料番号	水深 (m)	タイプ	層厚 min/max (cm)	平均層 厚 (cm)	基盤 岩種	表面組織	分析試料	Co (%)	Ni (%)	Pt (ppm)
1	98SMCI3AD02	2299	crust	0.1/2.5	1.1	泥岩	ブドウ状	バルク	0.25	0.24	0.15
2	98SMCI3AD03	1750	cobble	<0.01/12	6	リン酸 塩岩	ブドウ状	バルク	0.29	0.24	0.21
3	98SMCI3AD06	2347	cobble	<0.01/10.5	5	石灰 岩	粒状	バルク	0.44	0.32	0.15
4	98SMCI3AD07	2043	cobble	<0.01/10	3.2	石灰 岩	ブドウ状	バルク	0.33	0.28	0.14
5	98SMCI3AD12	1975	cobble	<0.01/14	4	-	粒状	バルク	0.33	0.29	0.26
				1.1~6.0	(3.9)				0.34	0.28	0.19

クラストの層厚1cm未満あるいは品位0.1%Co未満を除外

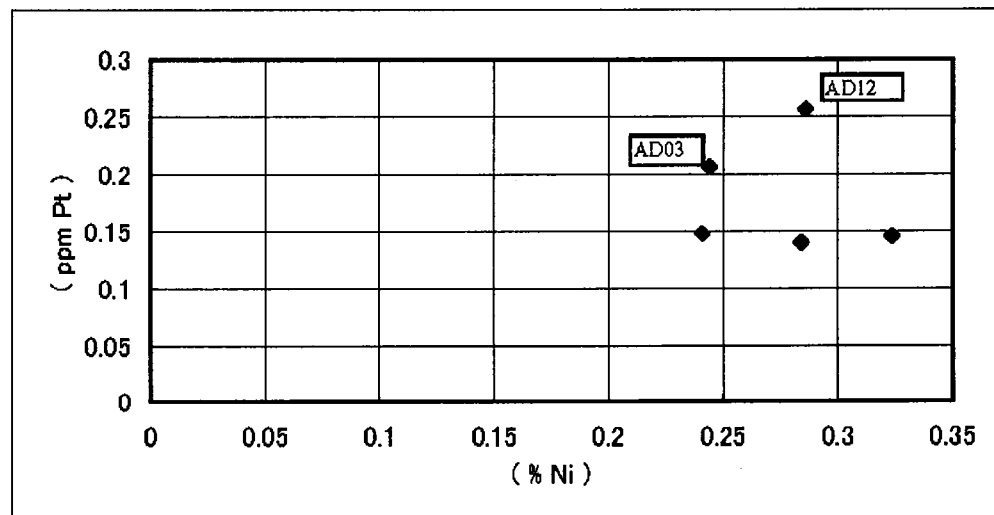
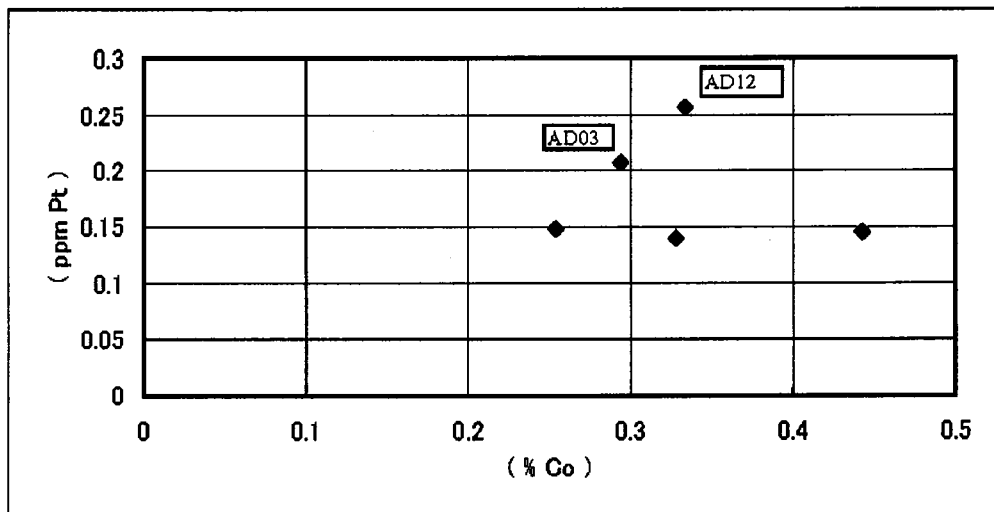
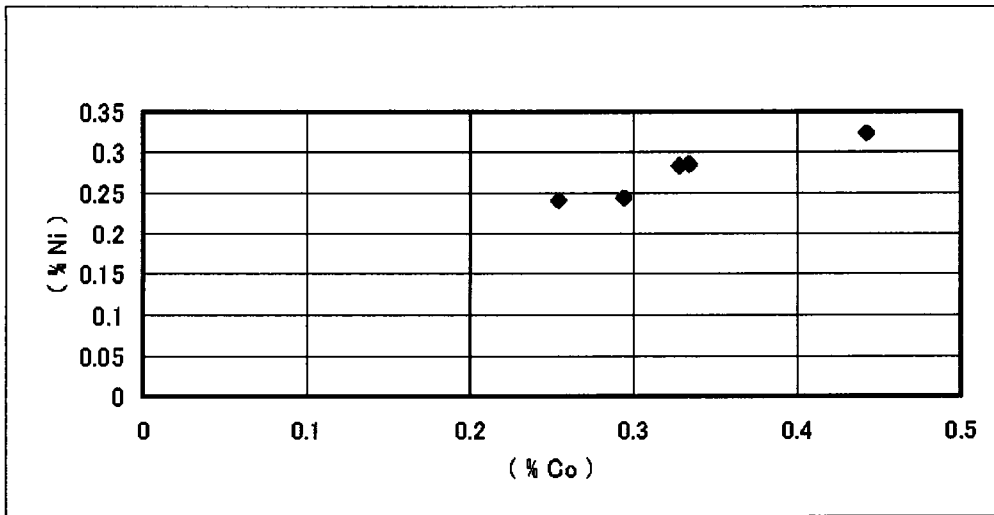


図3-2-4 MC13海山の主要元素散布図 (n=5, Co-Ni-Pt)

(3) クラストの資源量の検討

MC13 海山のクラストは、調査海域の北部中央の水深 1,656m のなだらかな山頂の海山とその周辺に約 70 km²にわたって露出しているものと考えられる。クラストの層厚が 1cm 以上の 5 地点の AD データら、その層厚は 1.1~6.0cm、層厚加重平均品位 0.34%Co、0.28%Ni、0.19ppmPt が得られた。海山規模を考慮するとかなりの資源量が見込まれるが、調査密度を考慮すると、資源量の推定には、今後、より密度の高い詳細な調査が求められる (図 3-2-5)。

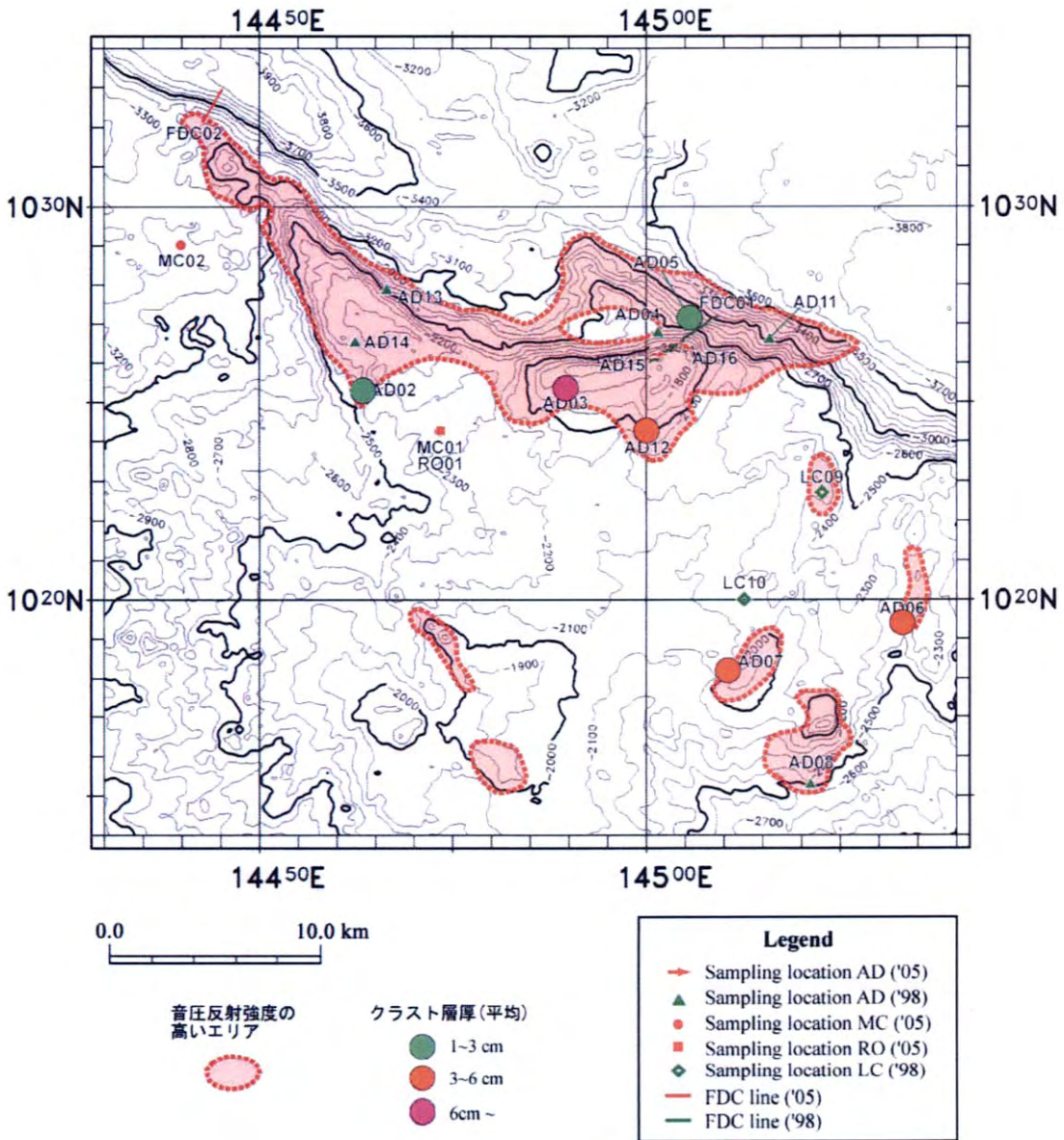


図 3-2-5 総合解析図 (MC13 海山)

3-3 環境調査

3-3-1 調査結果

水質・浮遊性バクテリア調査では、水温・塩分は MC12 海山と MC13 海山ともに同様な鉛直分布傾向が認められた。水深 100m 付近までは混合層が形成され、水深 100m から 300m では躍層がみられたが、300m 以深での水深変化に伴う水温・塩分の大きな変化はなかった。栄養塩類に関しては、リン酸態リン・硝酸態窒素が両海山ともに同様な鉛直分布傾向が認められた。いずれも水深 100m までは非常に濃度が低く、水深 100m から 500m で濃度が高くなり、500m 以深はほぼ高濃度で安定していた。珪酸態珪素はリン酸態リン・硝酸態窒素とほぼ同様の鉛直分布傾向が認められたが、両海山とも、水深 1,000m で顕著に高濃度となり最大値を示した。浮遊性バクテリアの鉛直分布は、水深 100m までの個体数が多いが、水深 100m から 300m にかけて急減して、300m 以深では非常に少なく、大きな変化は見られなかった（図 3-3-1～2）。

底質調査では、05SMC12MC01 と 05SMC12MC02、05SMC13MC01 と 05SMC13MC02 での有機態炭素、全窒素の鉛直分布の傾向はほぼ類似しているが、05SMC13MC01 では 05SMC13MC02 に比べ有機態炭素、全窒素の表層付近の値は低かった。また、05SMC13MC01 での含水率は他の測点に比べ全層にわたり低かった。底生性バクテリア調査では 05SMC13MC01 は他の測点に比べ全層において細胞数が多かった。メイオ・マクロベントス調査では 05SMC13MC01 が他の測点に比べ、メイオ・マクロベントスの総出現数が少なかった。（図 3-3-3～6）

3-3-2 考察

水質・浮遊性バクテリア調査では、水温・塩分・栄養塩の鉛直分布が MC12 海山と MC13 海山の両海山で類似していた。浮遊性バクテリアの鉛直分布は両海山ともに水温の鉛直分布と類似していた。これらのことから、両海山における水柱環境の差はほとんどなく、安定した海域と推察される。

底質調査では、有機態炭素、全窒素、含水率の結果から 05SMC13MC01 が他の測点とは異なる分布を示し、05SMC13MC01 は他の測点とは質的に異なる底質環境であることが推察される。底生バクテリア調査では 05SMC13MC01 が他の測点に比べ底生バクテリアの細胞数が多く、メイオ・マクロベントス調査の結果と逆の結果になった。これは 05SMC13MC01 でのメイオベントスのバクテリアに対する摂食圧の低下が原因の一つとして考えられる。

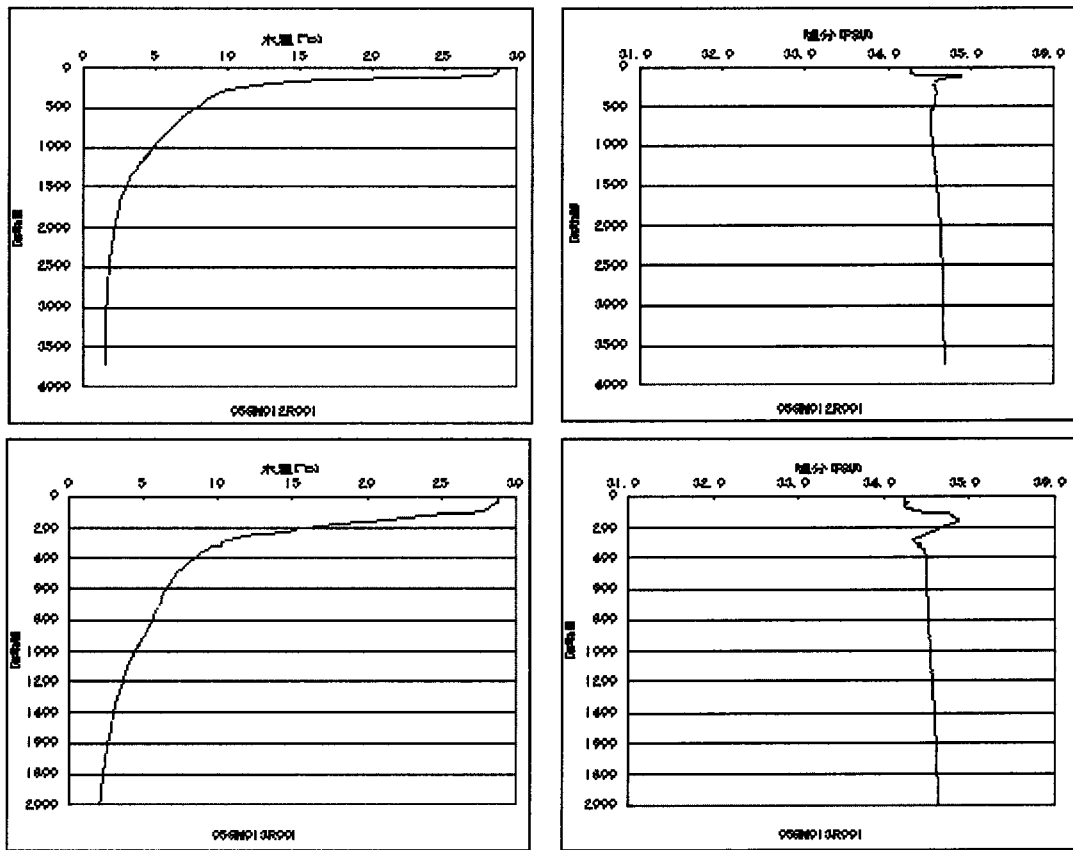


図 3-3-1 水温・塩分鉛直分布図

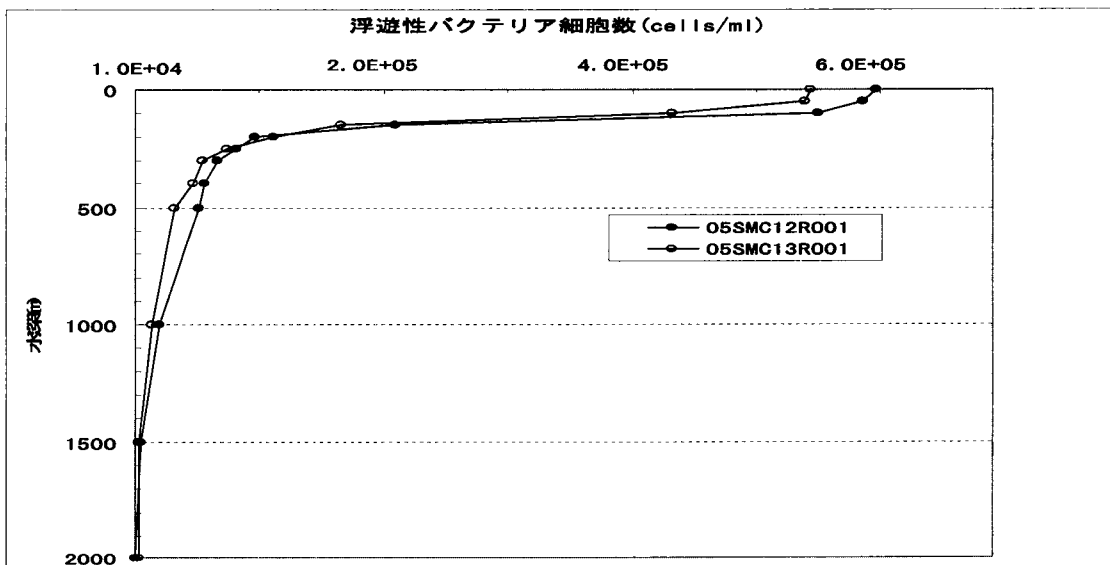


図 3-3-2 浮遊性バクテリア細胞数の鉛直分布図

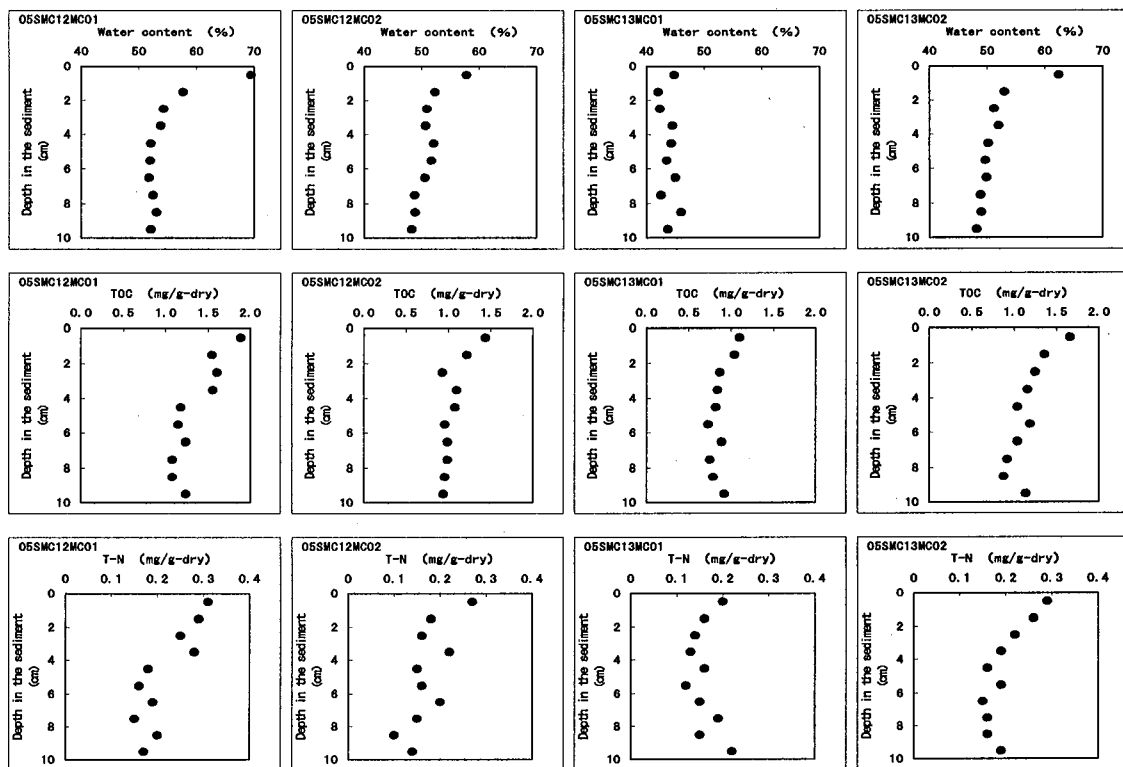


図3-3-3 各底質の鉛直分布図

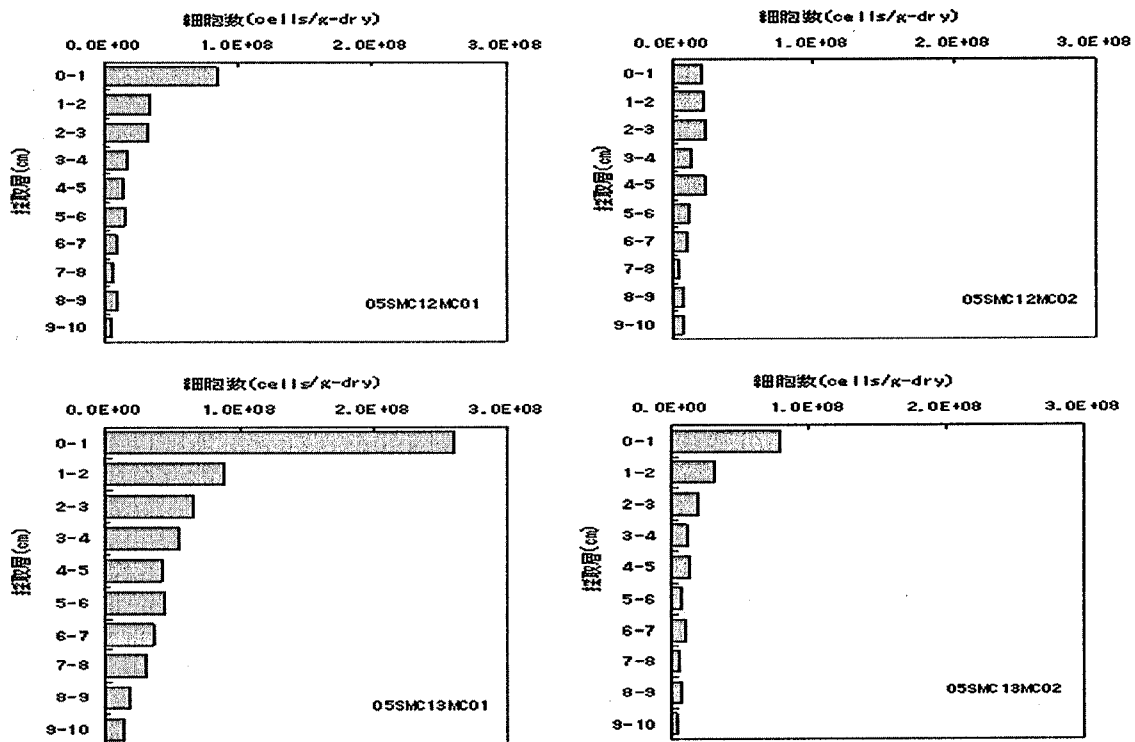


図3-3-4 底生性バクテリア細胞数の鉛直分布図

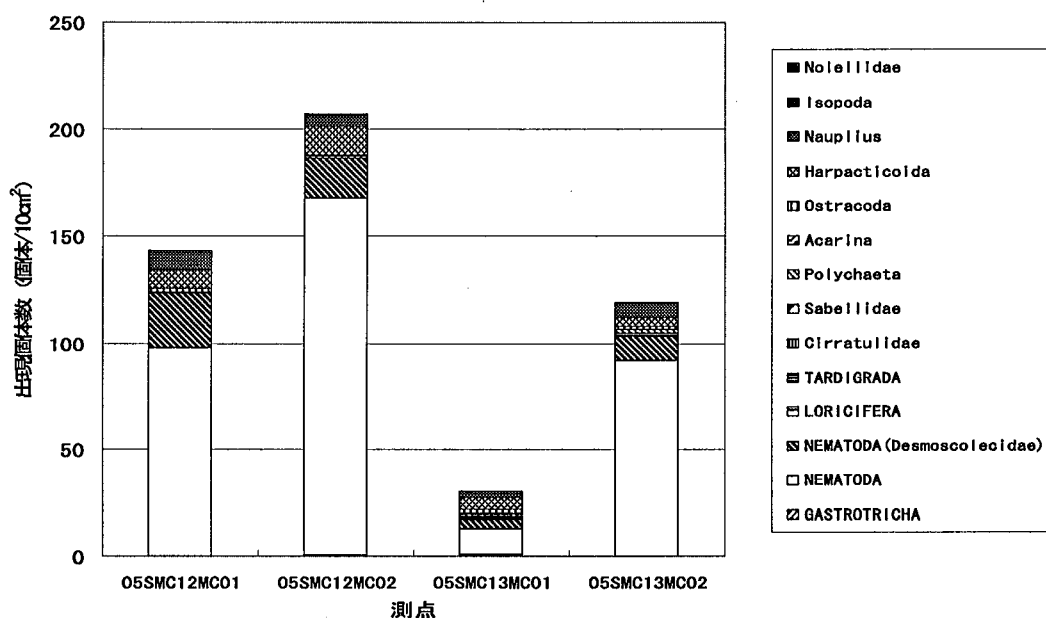


図3-3-5 測点別のメイオベントス出現個体数

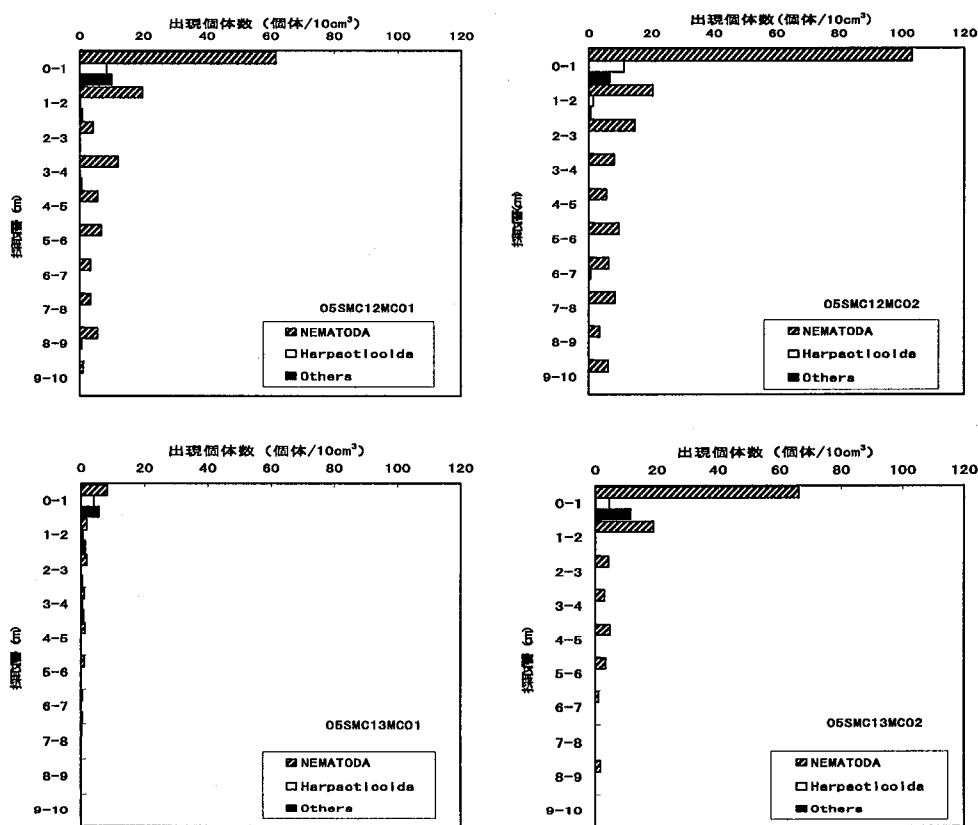


図3-3-6 測点別メイオベントスの鉛直分布

(図中の Nematoda は、添付資料 6、表 4-3-1 の「Nematoda」と「Nematoda(Desmoscolecidae)」を合計したもの)

4章 結 論

4-1 クラスト資源

4-1-1 MC12 海山

本海山は、山頂部水深 1,141m の海嶺状の海山で、ほぼ東西に伸びる長さ約 60km、最大幅約 20km の規模を有する。その水深 2,500m 以浅の広い範囲に、音響反射の強い部分が認められるが、今年度の調査の結果、クラストの産状は、海山斜面の向き（方位）、水深などの要因を反映した多様性のある発達状況が認められ、一定の層厚のクラスト斜面全体を覆って分布するのではないことが判明した。

AD 調査地点、30 箇所のうち、層厚 1cm 以上のクラストが認められた 13 箇所の分析データでは、クラストの層厚は 1.1~10.4cm、層厚加重平均品位は 0.35%Co、0.24%Ni、0.33ppmPt が得られた。これらのクラストは、主に、MC12 海山の水深約 1,500 から 2,500m の斜面尾根部に分布すると考えられる。また、水深 1,800m 前後で Pt 品位の高くなる傾向があった。

本海山の規模を考慮すると、全体として膨大なクラスト資源量が見込めるが、その発達状況の変化が大きいことから、資源量の推定には、今後、より密度の高い詳細な調査が求められる。

4-1-2 MC13 海山

MC13 海山海域のクラストは、主に同海域北部中央に位置する MC13 海山の水深 1,656m のなだらかな山頂部に分布しているものと考えられる。

これまでの AD 調査地点、16 箇所のうち、層厚 1cm 以上で品位が 0.1%Co 以上の 5 地点の AD データから、その層厚は 1.1~6.0cm、層厚加重平均品位 0.34%Co、0.28%Ni、0.19ppmPt が得られた。海山規模を考慮するとかなりの資源量が見込まれるが、調査密度を考慮すると、資源量の推定には、今後、より密度の高い詳細な調査が求められる。

4-1-3 海山斜面のクラストの探査

過年度調査では、海山斜面に形成されたクラストは、海山斜面の性状、水深などによって発達状況に差異があるようで、分布状況が必ずしも明らかにされたわけではない。

このため、今年度の調査は、過年度実施の音響調査で得られた音圧図をもとに、クラストを胚胎する山体の性状、すなわち海山斜面地形と岩盤状況及び水深とクラストの発達状況などを、FDC を用いた海底観察を実施した後に、クラスト分布状況の確認に効率的な試料採取計画を立案し、資源ポテンシャルの把握に努めた。

(1) FDC 調査

FDC 調査は、過年度の音響調査で高い反射率を示し、岩盤が分布すると考えられる範囲で、調査期間が限られていることと調査時の海象条件を考慮して、MC12 海山の北斜面の尾根とそれに平行して隣接する谷のそれぞれに 1 箇所、MC13 の深海斜面部に 1 箇所、計 3 箇所に測線を設定して海底観察を行った。

その結果、音圧図では一様な反射強度を示す海底面でも、FDC 調査では、音響調査の分解能（水深 1,500m で約 50m 平方）以下の細かい海底観察が可能で、より細かな AD 位置を設定できる。

- 1) 尾根地形では、地形の傾斜面の緩急に応じた未固結堆積物が発達し、急傾斜部分は未固結堆積物の発達は弱く、クラストの発達・成長の障害とはならない。
- 2) 凹地（谷）地形では、強い反射強度の部分に、崖錐が大規模に発達する可能性がある。
- 3) 海底基盤を直接観察することで、音圧と地形からでは判断できないような、クラストの発達状況を直接的に観察できる。
- 4) FDC 観察結果による地形特徴とクラスト分布状況を、地形図・音圧図の解釈に反映させて、AD 調査位置を効果的に選定できる。
- 5) さらに、今年度の調査で、クラストの発達する水深が、ほぼ 3,100m 以浅と示唆され、地形図、音圧図に加えて、海底観察が調査対象範囲の抽出に有効であることが示された。

(2) AD 調査

AD 調査は FDC 調査結果を踏まえ、それぞれの海域で実施した。

具体的には MC12 海山では、今年度の FDC 観察結果を反映させた同測上で、さらに、過年度 AD 調査を考慮して、音圧の高い範囲内で、平面的・水深的に変化をもたせた位置を選定した。その結果、ほぼ東西に伸びる海山山頂尾根の北側と南側、さらに水深の違いによって、クラストの発達状況は、以下の傾向が認められた。

- 1) FDC 調査結果を考慮して選定した AD 調査では、海底観察で認められたものと同様・類似の試料が採取され、FDC による AD 位置選定が、地形・海底岩盤状況に応じた試料採取が実施でき、従来の音圧と地形データのみで AD 実施位置を選定することより、精度の高い AD 調査が実施できる。
- 2) ほぼ東西に伸びる海山の北斜面と南斜面でのクラストの発達状況が異なり、南斜面では発達が弱く層厚が薄い、又は岩石表面をフィルム状に被覆する程度の産状と推定される。一方、北斜面では、過年度調査結果同様に、クラスト層厚は浅部から深部へ増大する傾向が認められた。具体的には、音圧の高い範囲で、一様なクラストが発達するわけではなく、海山斜面での地域性が認められた。

3) 一方、MC13 海山では、過年度の FDC 調査結果から、山頂近くに表面がブドウ状を呈するクラストの発達認められた位置とその下部の崖錐の認められる位置で AD 調査を実施した。その結果、FDC 調査での観察を反映する試料が採取された。

(3) 海山斜面の調査

今年度の MC12 海山と MC13 海山を対象とした調査により、海山斜面に発達するクラストの分布は、音圧図と地形図の解釈に加えて、海山斜面の方向、水深の相違などで、高い音響反射の範囲に一樣に分布するものではなく、こうした海山斜面の探査手法の一つとして、以下の系統的な調査手法の実施が挙げられる。

1) 概査：

音響調査で高い音響反射を示す基盤岩露出域の抽出 (MBES)

……準精査範囲の抽出

2) 準精査：

基盤の性状・微地形とクラストの発達状況の確認 (FDC と AD)

……岩盤露出域でのクラストの良好な発達域の抽出、
精査手法の検討

3) 精査：

海山斜面の地形特性、クラストの発達状況を考慮した試料採取 (AD)

……クラスト分布域の詳細調査

→資源ポテンシャルの推定と将来の採選鉱に向けた試料の採取

4-1-4 今後の調査への提言

今年度の調査は、過年度調査で実施した 13 海山 (図 1-1、表 4-1) のうち、有望な MC12 海山と MC13 海山の 2 海山を選定し、実施した。

一方、ミクロネシア連邦の EEZ 全体をみると、これら 13 海山のほかにも多くの海山が分布することがわかっている (図 1-1)。しかし、これら海山については未だ詳細な海底地形調査や音響調査が実施されていない。今後、これら海山について、上述のような系統的な手法の調査を計画することを提言したい。

4-2 環境調査

水質・浮遊性バクテリア調査では、水温・塩分の鉛直分布が、MC12 海山及び MC13 海山ともに類似した傾向を示した。栄養塩に関しては、リン酸態リン・硝酸態窒素が両海山とも同様な鉛直分布を示した。珪酸態珪素はリン酸態リン・硝酸態窒素の鉛直分布と似ているが、両測点とも 1,000m で顕著に高くなり最大値を示した。浮遊性バクテリ

アの鉛直分布は両測点とも水温の鉛直分布と類似していた。このことから、両測点における水柱環境の差はほとんどなく、安定した海域と推察される。

底質調査では、05SMC12MC01 と 05SMC12MC02、05SMC13MC01 と 05SMC13MC02 での有機態炭素、全窒素の鉛直分布の傾向はほぼ類似しているが、05SMC13MC01 では 05SMC13MC02 に比べ有機態炭素、全窒素の表層付近の値は低かった。また、05SMC13MC01 での含水率は他の測点に比べ全層にわたり顕著に低かった。底生性細菌調査では 05SMC13MC01 は他の測点に比べ全層において顕著に細胞数が多かった。メイオ・マクロベントス調査では 05SMC13MC01 が他の測点に比べメイオ・マクロベントスの総出現数が少なかった。これら底質・底生生物の結果から、05SMC13MC01 の底生生物群集は他の測点とは異なる底質環境を反映した結果であると推察された。05SMC13MC01 と 05SMC13MC02 は同一の MC13 海山にもかかわらず、底質環境に差がみられたのは、海流や海底地形の違いにより質的に異なる堆積作用の影響も考えられる。

表 4-1 ミクロネシア連邦海域の調査実績総括表

調査手法	年度		H9FY (1997)		H10FY (1998)		H17FY (2005)		合計	総計
	調査海域	MC01・10	MC02, MC11・13	MC12	MC13					
音響探査	NBS	6,346.0	2,329.4	250.4	51.7	302.1	8,977.5			
	SBP	6,346.0	2,329.4	250.4	51.7	302.1	8,977.5			
	MBES	6,346.0	2,329.4	250.4	51.7	302.1	8,977.5			
	SSS	18.6	17.4	.	.	.	36.0			
	TD	.	40	.	.	.	40			
	CTD	8	4	4	3	7	19			
	FDC	7,32.40	10,39.10	2,10.93	1,2.59	3,13.52	20,85.02			
	LC	24	9	.	.	.	33			
	AD	9	32	16	2	18	59			
	CBD	95	1	.	.	.	96			
試料採取	RO	.	.	1	1	2	2			
	MC	.	.	2	2	4	4			
	X線回折	30	.	7	1	8	38			
	マンガン酸化物薄片観察	3	7	12	.	12	19			
	品位分析	163	69	32	1	33	265			
	岩石薄片観察	52	.	4	2	6	58			
	火成岩の化学分析	19	4	4	1	5	28			
	堆積物の微化石鑑定	32	1	2	2	4	37			
	石灰岩類の微化石鑑定	.	9	6	2	8	17			
	石灰岩類の化石鑑定	32	.	5	.	5	37			
室内試験	K-Ar年代測定	13	2	.	.	.	15			
	Be年代測定	3	3			
	14C年代測定	.	2	.	.	.	2			
				

表4-2 ミクロネシア連邦EEZの調査概要

No.	海山	最浅部水深 (m)	山体規模 (km)		クラスト層厚 (mm)		平均品位				調査量			概要	
			山頂部	斜面部	平均	最大	Co (%)	Ni (%)	Pt (ppm)	AD	CBD	LC	FDC		
1	MC01	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0	0	0	0	過年度データから抽出されたが、未調査
2	MC02	1,080	1,134	2,257	21.0	50.0	0.35	0.33	0.50	1	2	4	0	0	クラストの分布は限られるが、比較的厚い
3	MC03	510	625	7,051	8.0	47.0	0.48	0.36	0.33	4	8	4	1	1	クラストの層厚は厚いが分布域が限定される、水深は浅い
4	MC04	100	0	3,798	1.0	20.0	0.47	0.32	0.23	0	18	3	1	1	水深は浅いが、クラストは薄い
5	MC05	190	504	4,730	1.0	1.0	N.A.	N.A.	N.A.	0	8	1	0	0	クラストの発達が悪い
6	MC06	740	0	1,496	3.0	20.0	0.47	0.36	0.28	0	8	0	0	0	クラストは比較的薄いが、CoとNiの品位が高い、水深も浅い
7	MC07	1,423	278	1,548	5.0	14.0	0.48	0.31	0.19	4	6	5	1	1	FDC観察では、層厚の厚いクラストが発達するようだが、試料は未採取
8	MC08	1,583	216	2,069	20.0	90.0	0.36	0.32	0.37	0	16	3	1	1	Co品位は低いが、厚く発達し、海山は大規模である
9	MC09	1,096	154	2,610	7.0	23.0	0.49	0.30	0.14	0	12	1	1	1	クラスト分布域は深く、地形的な凹凸も激しい、クラストは相対的に薄いが、Co品位は高い
10	MC10	1,412	1,401	4,523	20.0	155.0	0.33	0.30	0.27	0	17	3	1	1	CoとNiの品位は低いが、厚く発達し、露出率も高い、海山は大規模で、資源量も大きい
11	MC11	1,777	94	1,716	36.1	55.0	0.61	0.43	0.26	5	0	1	1	1	CoとNi品位は高く、厚い
12	MC12	1,141	35	1,866	40.0	190.0	0.38	0.27	0.27	13	0	1	1	1	厚いマンガンクラストが分布する
13	MC13	1,656	825	1,608	45.2	140.0	0.37	0.29	0.22	11	0	3	1	1	厚いマンガンクラストが分布する

平成10年度及び平成11年度国際協力事業団・金属鉱業事業団報告書より

AD : Armed dragger CBD : Chain backed dredge LC : Large corer FDC : Finder-installed deep-sea camera

文 献

- Akimoto, K. (1990) Distribution of Recent benthic foraminiferal faunas in the Pacific off Southwest Japan and around Hachijojima Island. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd ser. 60 (2), 139-223.
- Akimoto, K., 1994, Cenozoic Benthic Foraminiferal Biostratigraphy, Paleobathymetry, Paleoenvironments and Paleoceanography of the New Hebrides Island Arc and North D'Entrecasteaux Ridge area, Vanuatu, Southwest Pacific Ocean. *Proceedings of Ocean Drilling Program (Scientific Results)*, 134, 265-291.
- 秋元和實 (1999) 遠州灘・熊野灘における現生底生有孔虫群集の分布と海洋環境. *JAMSTEC 深海研究*, 14号, 389-410.
- Akimoto, K., and Torii, M. (1996) Distribution of Recent benthic foraminiferal assemblages in the surface sediments of the Hyuganada area, off Kyushu and Shikoku, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*. 47, 41-59.
- Be, A. W. H. (1977): An ecological zoogeographic and Taxonomic review of Recent planktonic foraminifera. In Ramsay, A. T. S. (ed.), *Oceanic Micropaleontology*. London, Academic Press, vol. 1, p1-100.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Flynn, J. J. and Van Couvering, J. A., (1985): Cenozoic Geochronology. *Geol.Soc. Am. Bull.*, v. 96, p1407-1418.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C., C., III and Aubry, M.P., (1995) A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *SEPM Special Publication No. 54*, p. 129-212.
- Blow, W. H. (1969): Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Bronniman, P. and Renz, H. H. (ed.), *Proc. 1st Int. Conf. Planktonic Microfossils*, Genova, 1967, Leiden (EJ. Brill), 1, p199-422.
- Cande, S. C. and Kent, D.V., 1995: Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *J. Geophys. Res.* 100(B4): 6093-6095.
- Cushman, A.J., Todd, R. and Post, J.R. (1954) Recent foraminifera of the Marshall Islands. *Geological Survey Prof. Paper*, 260-H, 319-384.
- Graham, J.J. and Militante, J.P. (1959) Recent foraminifera from the Puerto Galera area, northern Mindoro, Philippines. *Stanford Univ. Publ., Geol. Sci.*, vol. 6, no.2., 130 p.
- Hickey-Vargas, R., 1998, Origin of the Indian Ocean-type isotopic signature in basalts from Philippine Sea plate spreading centers : An assessment of local versus large-scale processes. *Jour. Geophys. Res.*, vol.103, p.20963-20979.

- Inoue, Y. (1989): North Pacific foraminifera as paleoenvironmental indicators. *Sci. Rep. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Sec. B*, 10, 57-162.
- Kaiho, K. (1992) Comparative taxonomy and Faunal provinces of benthic foraminifera from late Eocene intermediate-water. *Micropaleontology*, 38, 363-396.
- Kaiho, K. and Nishimura, A. (1992) Distribution of Holocene benthic foraminifera in the Izu-Bonin Arc. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 126, 311 - 320.
- 国際協力事業団、金属鉱業事業団、1998、海洋資源調査 SOPAC 海域、資源開発協力調査報告書、ミクロネシア連邦
- 国際協力事業団、金属鉱業事業団、1999、海洋資源調査 SOPAC 海域、資源開発協力調査報告書、ミクロネシア連邦
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R., and Zanettin B., 1989, A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford.
- Martini, E., 1971: Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In Farinacci, A. (Ed.), *Proc. 2nd Planktonic Conf. Roma, 1970 Proc. 2: Roma (Tecnoscienza)*, 738 - 785.
- Meschende, M., 1986, A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chem. Geol.*, vol.56, p.207-218.
- Mullen, E.D., 1983, MnO/TiO₂/P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol.62, p.53-62.
- 尾田太良 (1978) : 試料処理と標本の作成, □. 有孔虫・貝形虫. 高柳洋吉編, 微化石研究マニュアル. 34-46, 朝倉書店.
- Pearce, J.A., and Cann, J.R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol.19, p.290-300.
- Perch-Nielsen, K., 1985: Mesozoic calcareous nannofossils, Cenozoic calcareous nannofossils. *Plankton Stratigraphy*, 329-554
- 佐藤時幸, 2000 : 微化石からみた日本海側油田地域の古環境変遷と油田の形成. 石油学会誌 43(3), 173 - 181.
- Sato, T., Kameo, K. and Takayama, T., 1991: Coccolith biostratigraphy of the Arabian Sea. In Prell, W. L., Niitsuma, N., et al., *Proc.ODP, Sci. Results*, 117: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 37-54.

佐藤時幸・亀尾浩司・三田 勲, 1999: 石灰質ナノ化石による後期新生代地質年代の決定精度とテフラ層序. 地球科学 53(4), 265-274.

Sissingh, W., 1977: Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw*, 56, 37-65.

Takayama, T. and Sato, T., 1987: Coccolith biostratigraphy of the north Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 94. In Ruddiman, W.F., Kidd, R.B., Thomas, E., et al., Init. Repts. DSDP, 94 (Pt. 2): Washington (U.S. Govt. Printing Office), 651-702.

van Morkhoven, F, Berggren, W.A. and Edwards, A.S. (1986) Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic foraminifera. *Bull. Centres Resh. Explor.-prod. Elf Aquitaine*, Mem. 11; 421p., Pau.