

深 海 底 の 素 顔

木 下 泰 正 (海洋地質部)

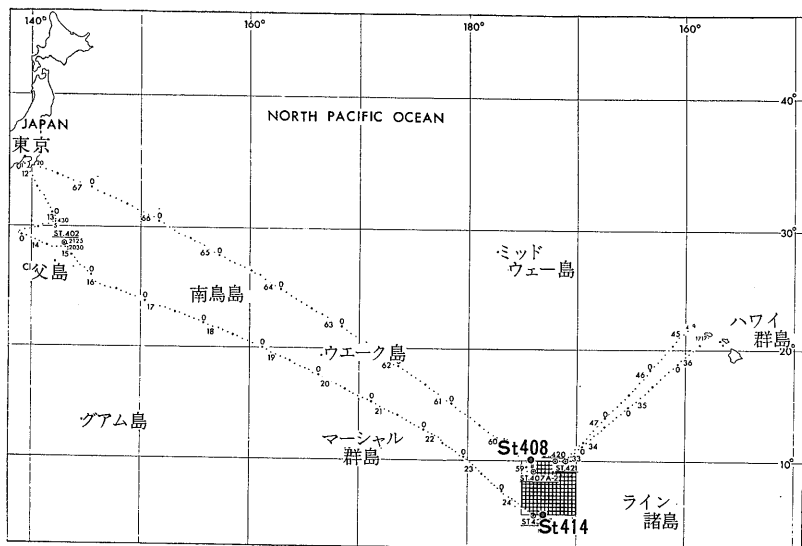
ま え が き

海底写真に限らず 水中での写真撮影の歴史は 1893年 フランスの海洋生物学者 Louis BOUTON が圧力補償球付き耐圧容器を使用し 5×7インチの乾板に撮影したのに始まる。その後 潜水技術の進歩にともない 1927年には海洋生物学者 W. H. LONGLEY が初めて水中天然色写真の撮影に成功した。第二次世界大戦以後 海洋の調査が進むにつれ 深海底の写真も数多く撮影されるようになったが 初期の海底撮影の目的はおもに海洋生物 とくに底棲生物の研究に関するものが多かった。近年海洋地質の研究にも海底写真は応用されだし とくに底質の詳細な研究がされるようになった現在では 不攪乱採泥器と海底カメラを併用し 堆積物の表層堆積構造や生痕の写真から堆積環境 堆積区の研究もさかに行なわれている。一方海嶺上での海底撮影も行なわれていて 1959年 J. Y. COUSTEAU らは大西洋中央海嶺上の地溝帯で溶岩流を撮影 プレートテクトニクス論者により“これぞプレートの湧出口”として喜ばせた。

またマンガンジュールの調査では 最近深海テレビや深海カメラなどの光学機器を中心とした資源的研究がさかに行なわれている。

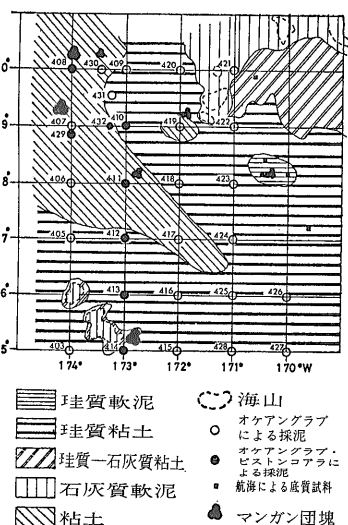
筆者は 1976年1月～3月 ハワイ南西海域で行なわれた深海底鉱物資源調査において St. 408 (水深 5,780 m) St. 414 (水深 5,380m) の2地点で (第1図 第2図) それぞれ148枚 300枚の海底写真の撮影に成功した。

海底撮影に使用したカメラは 米国 Benthos 社製 Edgerton Deep Sea Camera Model 372, Model 382 Flash である (第3図)。このカメラは35mm (空中では屈折率の違いにより 28mm となる) F3.5 水中画角42°×54°のレンズを使用し 28Vのニッケル-カドミウム電池を内蔵 タイマー または着底スイッチにより自動的に 35mm 30mのフィルムに約 750 枚の写真を撮影できる。撮影間隔は 最低3秒から任意に調整できる。フラッシュは カメラと同調し 100ワットセカンドの出力を持つ。両方ともステンレス製の耐圧容器におさまり 世界最深部でも使用が可能である。深海カメラの海底での位置確認のために 深海カメラ装置より37.5mうえにソナー・ピンガーを取付けた。このソナー・ピンガーは 12kHzの音を1秒間に1回 海中から水面の方向へ発振する直接波と 海底面方向へ発振する間接波を同時に発振し 船までの到達時間差を12kHzの測深機で受信し 海面下の装置の位置を確認するもの

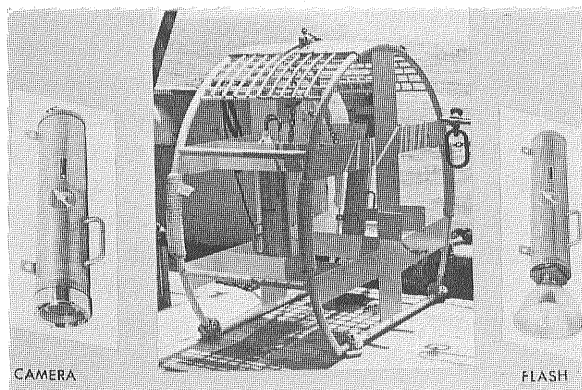


第1図

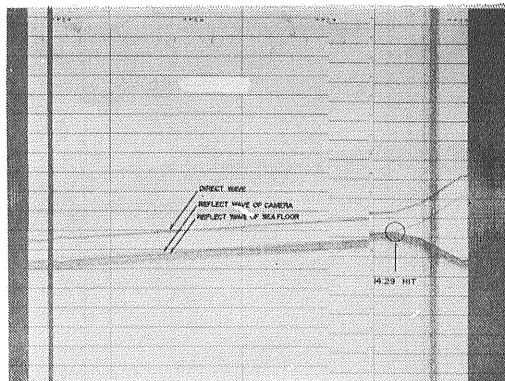
調 査 海 域 図



第2図 調査地点および底質図



第3図 深海カメラ装置



第4図 ソナー・ピンガー記録例

である。海底撮影中はこのソナー・ピンガーの記録(第4図)をたよりに深海カメラ装置が常に海底面上1~2mにあるよう操作した。

得られた写真からマンガンジュールの分布について写真画像処理装置を使用しマンガンジュールの被覆率を測定あわせてマンガンジュールの単位面積あたりの各粒度の個数を測定した。また St. 408 の写真についてマンガンジュールの形成時あるいは形成後に何らかの水理営力の影響を受けたか否かについてマンガンジュールの長軸の配列性を測定したがその配列性には統計学的に有意性は認められなかった。

小論では海底写真の情報を中心にマンガンジュールの分布について論じる。

またマンガンジュールと一緒にこれらの写真中には数多くの生痕や数種類の生物が認められた。A. SEILACHER (1967) は生痕は本来現地性のものであり形態的に類似する生痕は近縁種の生物により形成されたものであるがむしろ同一環境においては異種のもでも類似の生態を示し類似した生痕を残す。したがって現世の海底面に見られる生痕群も水深の変化に

より異なるとし現在の各水深ごとに分布する生痕群を堆積岩中に産する生痕群に対比させその堆積環境の変遷からカンブリア期以後の造山運動を推定した。このように海底に残された生痕は堆積岩の堆積環境を考察するうえに重要な情報を提供する。またまれに生痕を形成する生体が同時に撮影される場合もあり今後このような深海底写真からの情報が増せば古生態学にも大きく寄与できるものと考えられる。

今回撮影された生痕を形態上分類した結果 St. 408 と St. 414 では出現する生痕群が異なる事が判明した。また小論ではこれらの生痕について記載する。撮影地点水深及び撮影条件は第一表に示す。

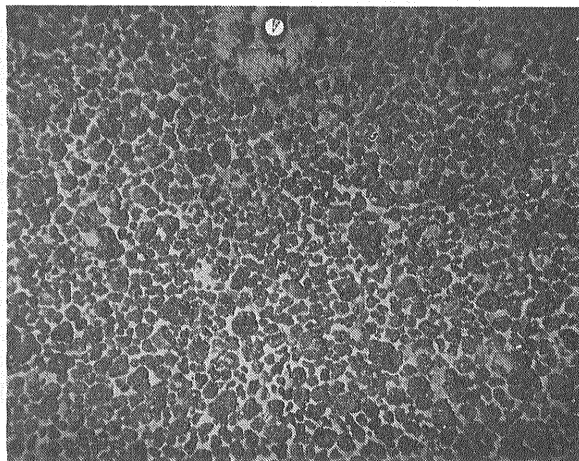
マンガンジュール

<St. 408>

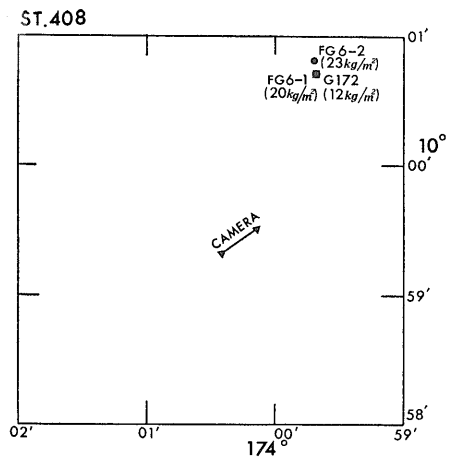
この地点では10秒間隔で2時間16分連続的に海底の撮影を行ない148枚の写真を得た。得られた写真中のコンパスから海底撮影中カメラは北東の方向へ

第1表 撮影地水深及び撮影条件

測点番号	St. 408	St. 414
位置	09°—59.3N 174°—00.5W	04°—59.1N 172°—59.0W
水深	5,780m	5,380m
撮影条件		
海底からの高さ	2m	2m
しぼり	5.6	5.6
フィルム	KODAK PLUS-Pan Film black-and-white 100ft ASA 125	KODAK PLUS-Pan Film black-and-white 100ft ASA 125
撮影間隔	10sec.	3sec.
撮影時間	2h 16m	23m



第5図 St. 408 の海底写真(水深5,780m)

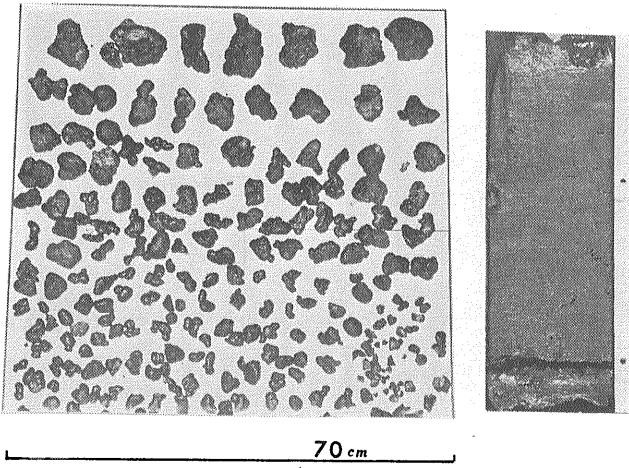


第6図 深海カメラおよび採泥地点図
 FG：フリーフォールグラブ採泥器
 G：オケアン70グラブ採泥器

約 0.15kt の速度で移動した。したがって間歇的ではあるが、約 630m の距離の海底が 148 枚の写真におさめられた。

これらの写真は高密度のマンガンノジュールの分布を示す(第5図 第23図)。これらのマンガンノジュールの上には有機物が付着し、わずかではあるが堆積物が覆っている。写真中のマンガンノジュールの部分的な濃淡の差は、おそらく生物の活動による堆積物有機物の部分的な削剝のためと考えられる。

マンガンノジュールの被覆率の測定には写真画像処理装置を使用した。この装置は、空中熱赤外線映像、資源衛星および空中写真映像の地質学的解析を目的としたもので、カラー・データシステムと接続し、白黒テレビで撮影した被写体の濃度レベルをデジタル変換し

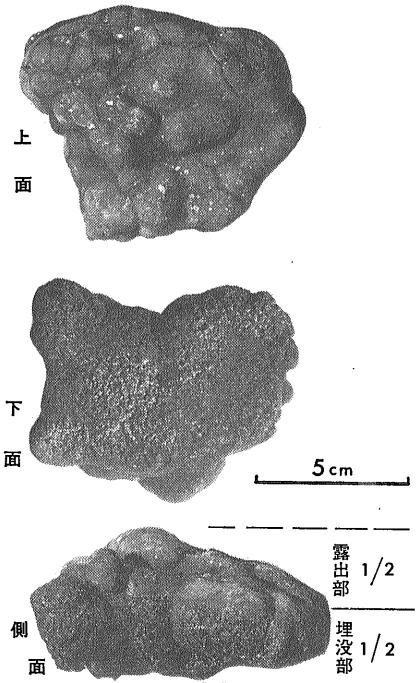


第7図 オケアン70グラブ採泥器で採取されたマンガンノジュールと堆積物の断面

て 12色の擬似カラーでカラーモニターに写し、その走査線で指定の色調部を積分し、面積を求めるものである。深海カメラで得られた写真を直接本装置にかけると、上記のような生物の活動によりつくり出された濃淡や撮影時の光源ムラの影響が大きく、誤差を生じるため、測定にはマンガンノジュール1個づつぬりつぶし濃度を一様にしたものを用いた。その結果、この地点では平均70%のマンガンノジュールの被覆率が得られた。

この地点で最初に撮影された写真から、最後に得られた写真間では、その被覆率は最大71%、最少68%とほとんどその被覆率の変化は認められなかった。すなわち St. 408に分布するマンガンノジュールは、北東-南西方向、約 630m の距離においては、ほとんど一様に分布する。

深海カメラ撮影地点より 1.5 海理、北東の地点で(第6図)フリーフォール・グラブ(採取面積 0.09m²)オケアン・70・グラブ採泥器(採取面積 0.5m²)によるマンガンノジュールおよび堆積物の採取を行なった。その結果、オケアン・70・グラブ採泥器では 12kg/m²、約35%の被覆率を示すマンガンノジュールが採取された(第7図)。海底写真で示されるものに比べ、かなり少ないが、フリーフォール・グラブで採取されたものはそれぞれ 20kg/m²、23kg/m² であった。このような採取量のバラつきは、採泥器の採取面積が小さすぎるため

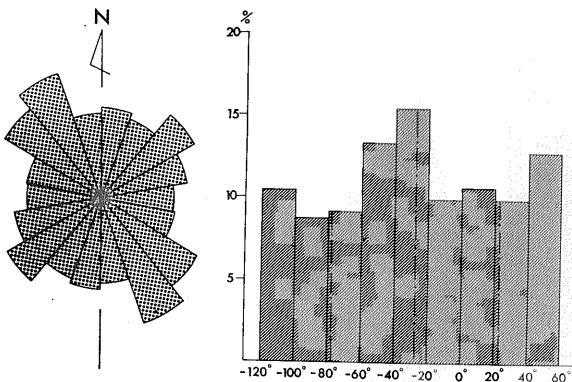


第8図 マンガン団塊の形態例

の影響がごく部分的なマンガンノジュールの分布変化か不明である。採取されたマンガンノジュールと写真中に見られるものは形態的に同一のものである。そしてそのマンガンノジュールは第8図のように約半分が海底に埋没している。

第2表には単位面積あたりの各粒度の個数を示す。各粒度では2.5cm~5.0cmの粒径が最も多く、全体の57%をしめ、2.5cm以上のものは全体の約95%である。このような各粒度の分布がマンガンノジュールの分布域の中心部とその縁辺部ではどういった変化があるか興味ある問題である。また今後マンガンノジュールの開発とくに連続バケット式採鉱などの基礎資料となるであろう。

河川および汀線付近に分布する礫などはその営力の方向を反映し、ある一定方向の長軸の配列性を示す。ということからマンガンノジュールの形成時あるいは形成後に何らかの水理営力の影響があったか否かについて海底写真中のマンガンノジュール1,049個を無差別に抽出し、その長軸の方向を測定した。その結果第9図に示すようにその平均値は -32.6° で標準偏差値は 50.5° である。1,049個の測定を行なった場合5%の確率でその配列性に有意性を認めるためには標準偏差値が 50.0° 以下でなければならない。したがってこの海域のマンガンノジュールの長軸配列性は統計学的には有意でなくマンガンノジュールの形成時および形成後においても何らかの水理営力の作用はなかったものと考えられる。またマンガンノジュールの形状は第10図のようにほとんどその核の形状に支配される。したがってこれらのマンガンノジュール



第9図 マンガンノジュールの長軸配列性

第2表 マンガンノジュールの粒度

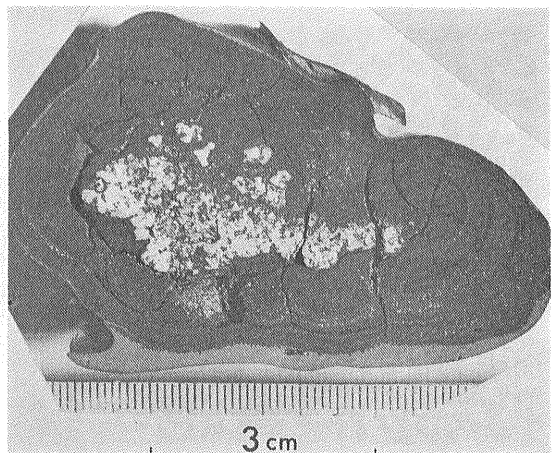
St. 408		
	フレーム番号 30	フレーム番号 110
10cm<	4 0.9%	4 0.8%
10 ~7.7cm	22 4.8%	25 5.2%
7.5~5.0cm	147 32.2%	155 32.4%
5.0~2.5cm	260 56.9%	272 56.9%
2.5cm>	24 5.3%	22 4.6%
計	457	478

St. 414		
	フレーム番号 17	フレーム番号 20
10cm<	0 0%	0 0%
10 ~7.5cm	9 5.8%	3 2.1%
7.5~5.0cm	24 15.4%	22 15.4%
5.0~2.5cm	85 54.5%	93 65.0%
2.5cm>	38 24.4%	25 17.5%
計	156	143

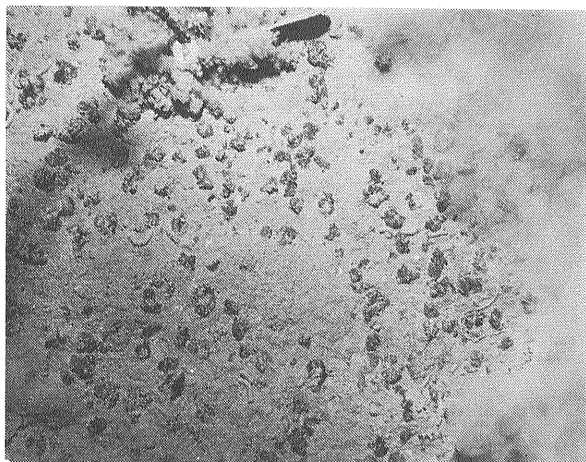
の核も水理営力の作用を受けたとは考えにくい。採泥器により採取されたマンガンノジュールの核はほとんど燐灰石よりなるものが多かった。

<St. 414>

この地点では3秒間隔で24分間海底の撮影を行なった。St. 408と同じように写真中のコンパスから深海カメラの移動を測定すると0.15ktの速度で北西へ移動していた。したがって得られた300枚の写真で約



第10図 マンガンノジュール断面



第11図 St. 414 の海底写真 (水深5,380m)

110m の距離の海底をとらえたことになる。

この地点の海底は (第11図 第24図) St. 408に比べマンガンノジュールの分布は少なく またマンガンノジュールの海底からの露出部も少ないように見うけられる。写真画像処理装置でマンガンノジュールの被覆率を測定した結果 25%~37%の値を得た。撮影開始後 数枚は37%の値を示すが それ以後 すなわち 撮影開始地点から北西の方向へは25%~28%と約10% その被覆率は減少する。

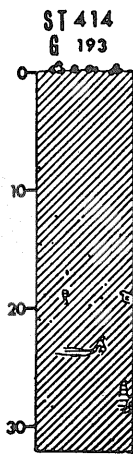
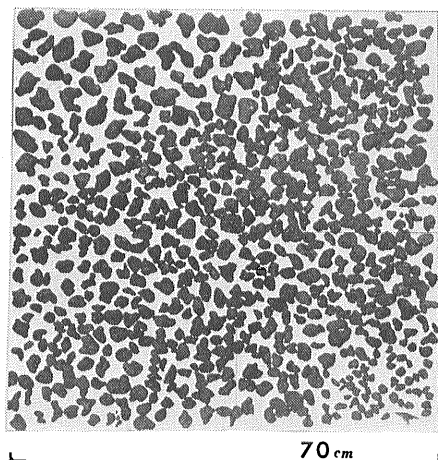
第12図には 深海カメラ撮影地点から北西へ約2海里的地点で オケアン・70・グラブ採泥器により採取されたマンガンノジュール 及び堆積物の断面を示す。採取されたマンガンノジュールの量は 11kg/m^2 被覆率約55%である。またこの地点では他に4地点でのフリーフォール・グラブによる採取を行ない 海域の西側で

はそれぞれ 16kg/m^2 17kg/m^2 と採取量が多く 東側では 3.5kg/m^2 2.2kg/m^2 と少ない結果を得た (第13図)。以上のことから この海域のマンガンノジュール分布の中心は 西側にあり 東側へ向って減少し 南東方向へは一旦減少するが 再び増加するものと考えられる。

第2表には 単位面積あたりの各粒度の個数を示すが この海域では 2.5~5.0cm のものが全体の55%~65%と最も多いが 第12図からもわかるように St. 408に比べ 5cm 以上のものが少なく 2.5cm 以下のものが18%~24%と全体に小径のものが多い。オケアン・70・グラブで採取されたものも 被覆率は St. 408 より大きいとその重量が少ないもの 小径のものが多いためだろう。

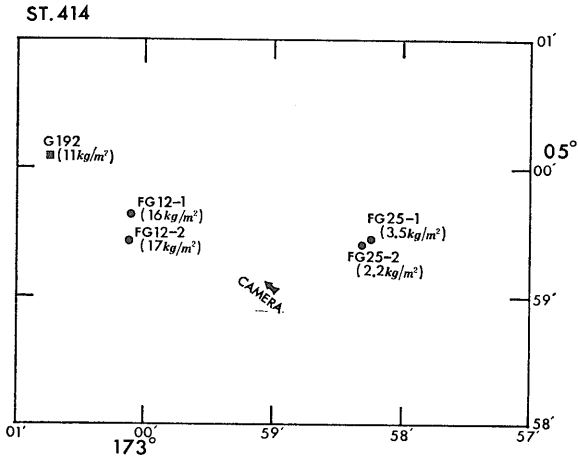
生 痕

St. 408で得られた写真に見られる生痕は ほとんど糞石で 巣穴 這跡などはあまり見られない しかし第7図の堆積物の断面中には 生物の巣穴と思われる穴が認められる。写真では巣穴は黒く写り マンガンノジュールが隙間なく分布するところでは確認が困難で また這跡などの生物活動は マンガンノジュール上の部分的な濃淡の差としてのみ残っている。これらの写真中の糞石は見かけ上の形態から 第14図 第15図 第16図に示すように8種類に区別できる。この海域で最も顕著な糞石は 長さ20~30cmで 幅1~1.5cmの縄状の形態を示し その一端は塊状で 他の一端は長くのびる。そして その全長は50~60cmにもなるA型と 幅3~5mmで紐を乱雑に積重なせた形状を示すE型で 148枚の写真中 それぞれ14枚 19枚に認められる。また写真中には これらの糞石がくずれたと思われる 土山が単位面積1~2個所みられる。



St. 414では 糞石の他に 巣穴 這跡などの生痕も数多く見られ 糞石には第18図 第19図 第20図の J~Qに示すような7種類に区別できる。この海域で最も顕著なのは J M L型である。とくにM型は最も多く単位面積あたり3~5個存在する。M. EWING (1967) は これらM型の糞石は 水深1,900~5,949mの間で見られたと報告している。L型に類似したものについてA. SEILACHER (1967) は 水深3,500mの現

第12図 オケアン70グラブ採泥器で採取されたマンガンノジュールと堆積物の断面

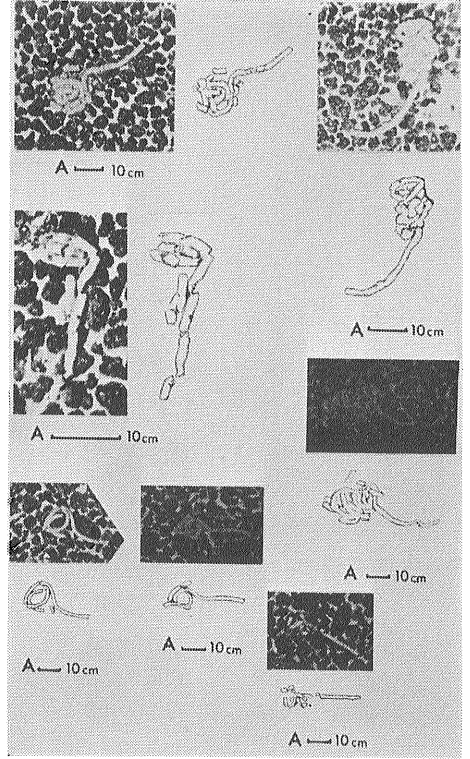


第13図 深海カメラおよび採泥位置図
 FG:フリーフォールグラブ採泥器
 G:オケアン70グラブ採泥器

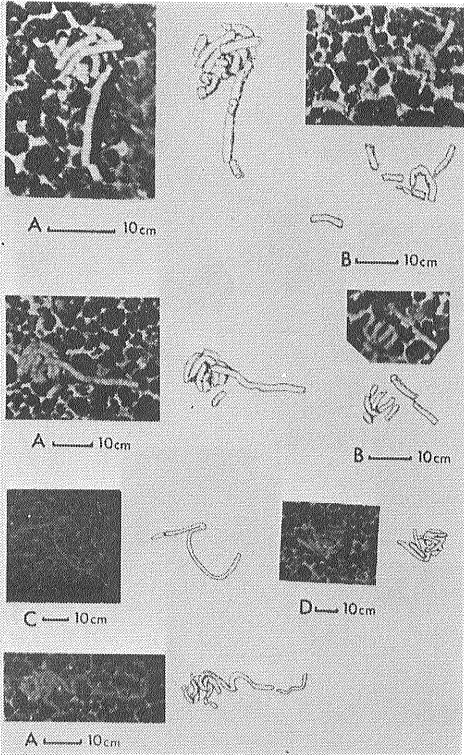
世の海底に見られ またそれは石炭紀ミシシッピー系の
 フリッシュ中に見られるものと酷似していると報告して
 いる。

その他 この海域に見られる生痕で Rは這跡 P
 Sは休み跡 Tは巣穴である。

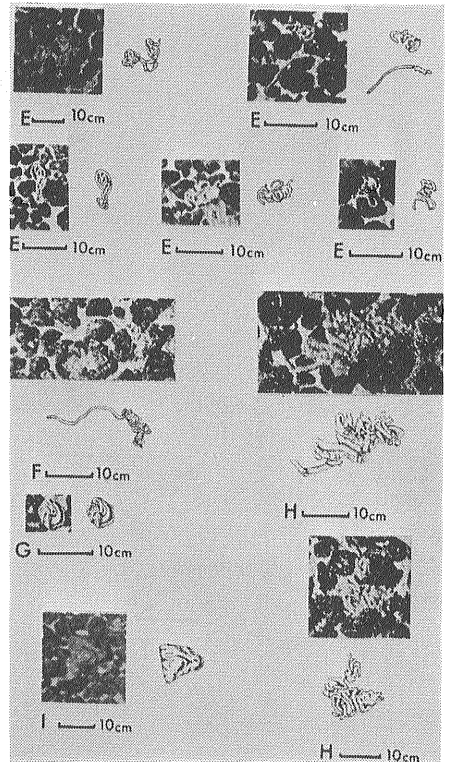
写真に撮影された生痕に限っていえば 明らかに St.



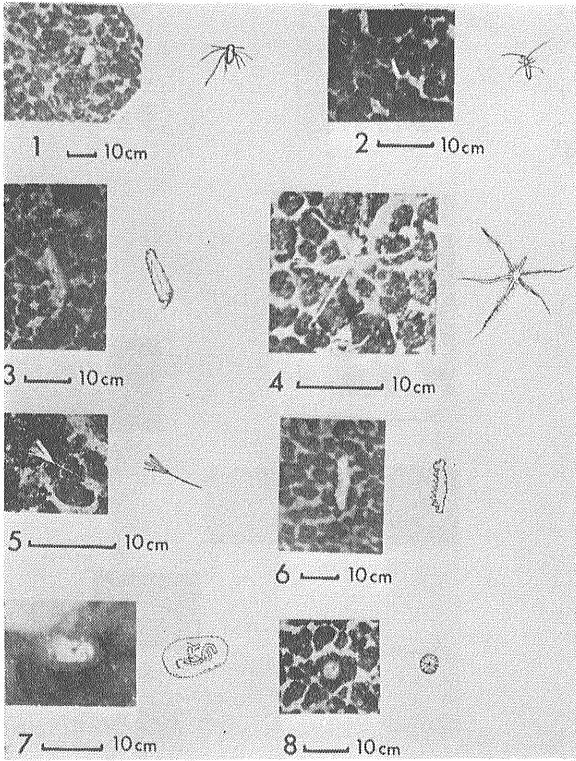
第14図 マンガン団塊の上に観察される生物の糞 (A型)



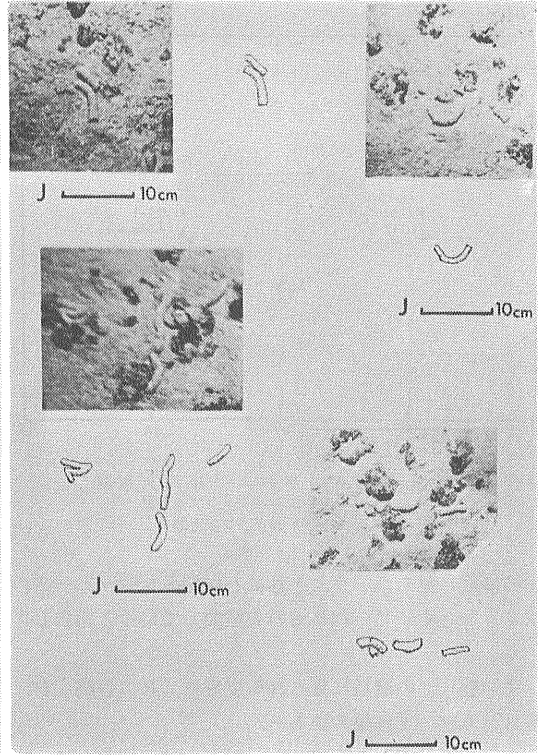
第15図
 マンガン団塊上に観察
 される各種形態の生物
 の糞 (A型 B型 C
 型 D型)



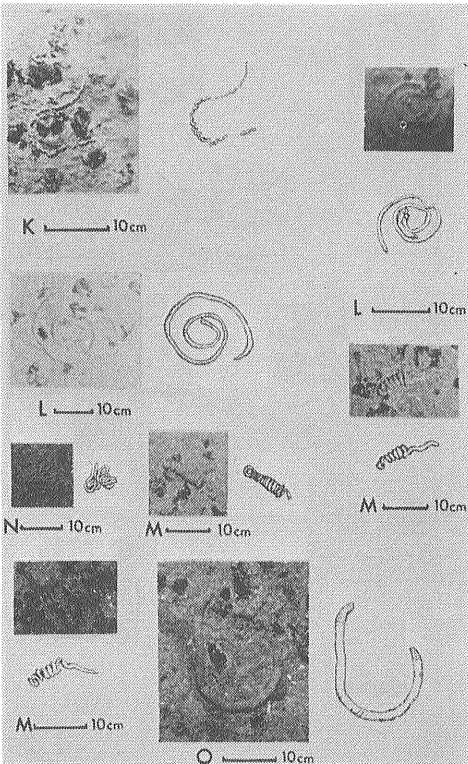
第16図
 同左 (E型 F型 G
 型 H型 I型)



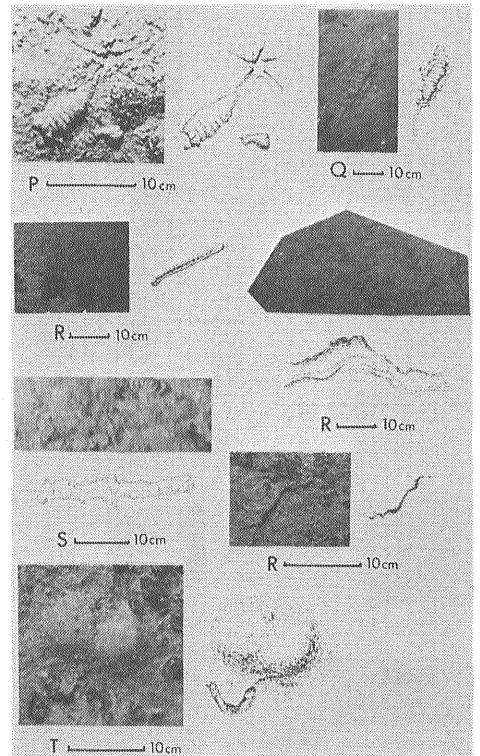
第17図 深海底生物の写真



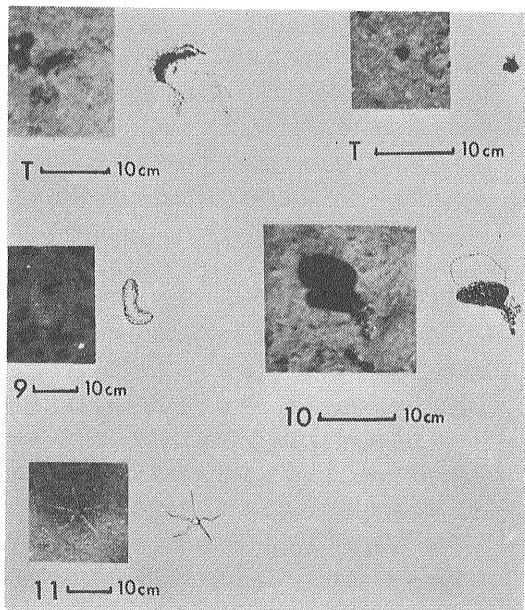
第18図 小さくちぎれた生物の糞(J型)



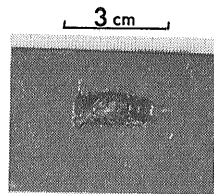
第19図 深海堆積物上に観察される各種形態の生物の糞 (K型 L型 M型 O型)



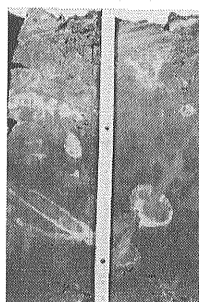
第20図 深海底堆積物表面における生物の生活痕



第21図 深海底堆積物表面における生物の生活痕



St. 416
堆積物中の巣穴 中に長径2~3mm
の糞塊が見られる

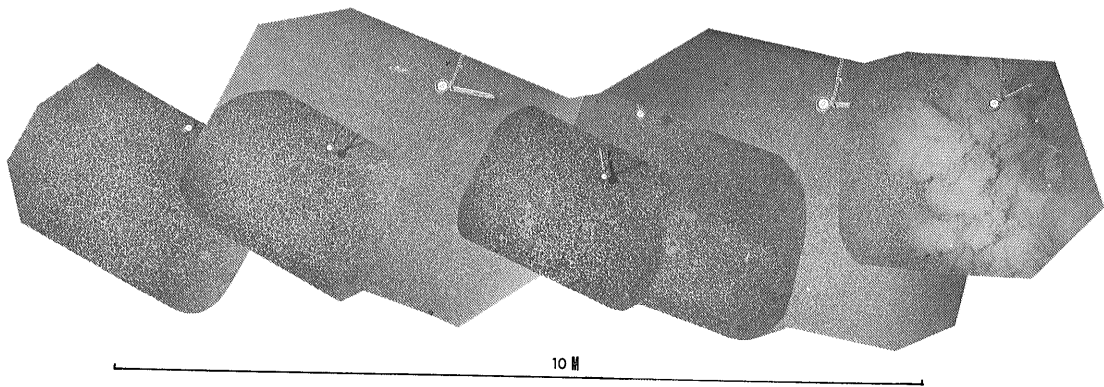


St. 410



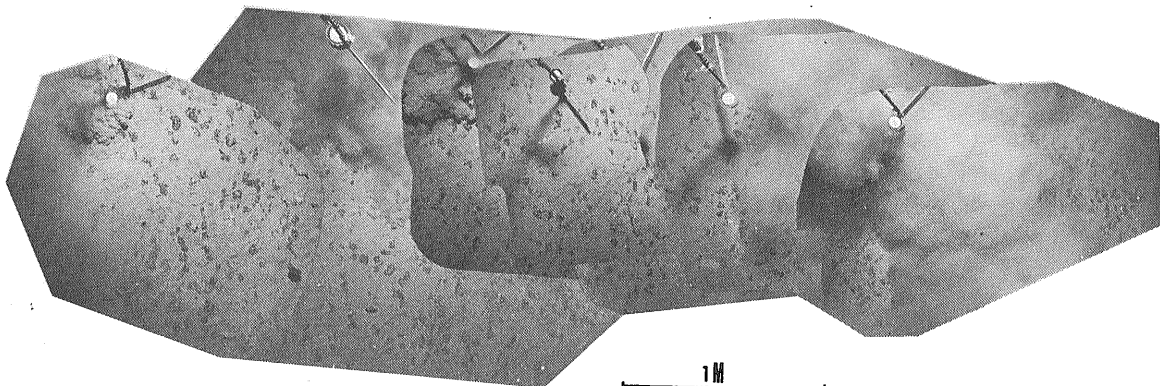
St. 420

第22図 堆積物断面



第23図

St. 408 の連続写真(水深5,780m)



第24図

St. 414 の連続写真(水深5,380m)

408と St. 414 とでは出現する生痕群集は異なる。これは第2図に示すように St. 408の底質は深海粘土で St. 414では珪質石灰質粘土でありまた St. 408ではマンガンノジュールが多く分布し St. 414では少ない。2地点間には緯度で5°水深差で500mあるが水温変化のあまりない深海底であり水深についていえば相対深度の1/10であるためむしろこれら生痕群の差は底質の粒度組成堆積速度によるところが大きいものと考えられる。

第17図及び第21図の1~11には2地点の写真で得られた生物を示す。

あとがき

これまでにマンガンノジュールの研究は数多くなされているがその地球化学的研究および資源量的研究が主体でマンガンノジュールの堆積学的研究とくにその海底での産状についての研究はほとんどなされていない。今後マンガンノジュールの分布域内における粒度分布密度形状の変異についてはマンガンノジュールの形成に関する研究および資源的研究上重要な問題となるであろう。今回2地点で得られた写真資料からマンガンノジュールの産状について検討してみたが St. 408では撮影範囲内には一様の密度分布を示したが St. 414では比較的狭い範囲でもその分布は変化

する。グラフ採泥だけでは1点でしかその分布を確認できないが面的な広がりを明らかにするために写真や深海テレビによる方法は重要でかつ不可欠のものとなるであろう。またマンガンノジュールが一様な分布を示さぬため採泥器で採取されたものがマンガンノジュール分布域のどこに位置するか検討する必要がある。

これまでにマンガンノジュールの産状についての研究があまりなされなかったのは水深が大きすぎマンガンノジュール採取には1地点でも長時間を要するため分布域内での詳しい調査が出来なかったためである。しかし最近では深海カメラテレビなどの光学機器を中心とした分布域内での詳しい調査も行なわれているため今後のマンガンノジュール形成および資源的研究に何らかの光明を期待できるのではなからうか。

今回深海底の写真中には数多くの生痕及び数種類の生物が得られたが深海底には予想以上の生物活動がなされていて第22図に示されるように現世においても生物によりさかんに堆積物の攪乱がなされている。

またマンガンノジュールの上にさえ生物はマンガンノジュールの下層から堆積物を運び上げている。このような生物による堆積物の時間的混合は特に堆積速度の遅い深海底の堆積物の古地磁気微化石の研究を行なう場合充分考慮してかかる必要がある。

[21頁からつづく]

のためにテレビ用ケーブルが必要となつて試錐作業を複雑にする欠点もまた考慮にいれねばならない。

最後にこれまでの試錐経験から得た改良工夫点を列記しよう。

- 1) もし試錐機の海底での位置が明確に把握できれば掘さく中の操船は現在よりもはるかに容易になる。そのため本体に簡単な方向探知装置をつけるとかブイを海上に浮べたり気泡をだして位置を知らせたりする工夫が考えられてよい。
- 2) 海底下にコアバレルが貫入したまま引き抜けなくなった場合あるていどの力がバレルにかかると折れるように工夫する。そうすればバレルは海底に取り残されることになるが試錐機本体を傷つけたりあるいはワイヤが切れて遺失したりすることはないであろう。

- 3) 試錐機が引き倒されても損傷がないように外枠をさらに補強する。単純に考えれば吊り鐘状の枠の内部に試錐機の作動部と制御部を格納した形がよいと思われる。
- 4) 試錐機が海底の岩塊等に引っかかったとき揚降ワイヤが切断されぬようにヒューズワイヤのとりつけを考える。
- 5) 掘進・引抜き状況を知るために簡単な構造の水の中カメラを試錐機の枠に取りつければ効果的であろう。

謝辞：試錐作業において操船に多大の努力をはらわれた白嶺丸奥村英明船長石井喜好一等航海士以下航海士の方々揚降作業一切をとりしきった吉岡隆甲板長以下甲板部員の方々ウィンチ関係で吉開繁男機関長吉野清一等機関士はじめ機関部の方々に厚く感謝の意を表します。また試錐機整備については東海大学海洋資源学科学学生原園昌三郎・江藤武紀両君甲板作業については同大学同学院院生岡本泰彦同学生坂田正実両君の尽力を得ました。