

研究航海報告：

東部中央太平洋海盆に関する深海底鉱物資源の研究

(GH 74-5 研究航海, 1974年 8月-10月)

水野篤行・中条純輔 (編)

要 旨

は し が き

中央太平洋海盆の珪質軟泥帯は Ni と Cu に比較的とむマンガン団塊の分布域の一つとみなされているが、その詳細については従来ほとんど報告されていない。その概要を把握するために、1974年夏から秋にかけて65日間、地質調査船白嶺丸による、さまざまな観点からの調査研究が、6°-10° 30'N, 164°30'-171°30'W の海域について行われた。これは、地質調査所による同海盆の団塊鉱床に関する継続的研究の第1段階にあたるものである。本報告では、上記海域への往復時に行われた物理探査結果と、航海後の室内分析結果の一部を含め、主として上記海域における船上の調査研究結果についてのべる。

I. 研究の概要 (水野篤行・中条純輔)

研究の対象とした海域のマンガン団塊については従来若干の分析値が知られているが、産状等については明らかにされていない。そこで、この研究航海においては、団塊鉱床の概要をとくに海底地形、堆積物、海底地質全般との関連の上で把握し、また、有望な鉱床域の輪かくの概要を把握することを目的とした。研究航海の参加者は計17名であり、そのうち、13名(3名の技術補助の非常勤職員を含む)が地質調査所研究員、3名が公害資源研究所研究員、1名が金属鉱業事業団職員である(表 I-1)。そのほか、深海底鉱物資源開発協会より、延べ6名がオブザーバーとして参加し、船上の研究に協力した。

1974年 8月14日の千葉出港、10月17日の千葉帰港に至る間の全航走距離は12,843.7海里、そのうち、調査海域内のそれは約 3,200 海里であった。全行程の詳細については表 I-2 および付表を、また往復ならびにハワイ調査海域の航跡については図 I-3, 4 を参照されたい。海上における調査研究方法は表 I-3 に示したが、諸方法のうち、とくにオケアン70グラフによる採泥、エアガン、3.5 KHz PDR 観測について注目を払った。ピストンコアによる柱状採泥ならびに深海カメラによる観察は補助的に行われた。動力・磁気探査はほとんど全行程について行われた。

図 I-5 に示すように、測点と測線は海域の西半部に重点をおいて配置し、さらに、西端の一部(Sts. 120-123, 136-140)については、諸種の方法による調査を小範囲にかけて行った。35測点における停船観測の結果を表 I-4 に示した。

調査海域についてはマンガン質物質は団塊とクラストの2つのタイプを含む。前者は北部・東部の海山に、後者は海域の大部分をしめる深海盆(水深5,000前程度)に分布する。

深海盆のマンガン団塊は、最表層の珪質-石灰質堆積物の下位に上部始新統-中新統のタービダイト厚層が発達する。地形的に平坦な東半部にはほとんど分布しない。しかし、西半部には広範囲に分布する。西半部は地形的には多数の深海丘の発達により特徴づけられる。団塊の賦存密度は地域的に大きく変化し、小範囲のなかでさえも変化が著しい。

団塊は、一般的に暗青黒色ないし黒色を示し、平均して、4-2 または 2-1 cm の直径のものが

多い。一般に、下半を堆積物中に埋没させて、海底表面に分布している。形態的には球状、亜球状その他多数である。

団塊の賦存密度は 1 kg/m^3 以下ないし最大 26 kg/m^3 の範囲でさまざまに変化している。深海丘群域では、団塊の発達は一般的に貧弱で、まれに豊富な分布域があっても面積的には非常にせまい。

一般的にいて、高賦存密度は珪質・石灰質粘土中に多く、また、賦存密度は 3.5 KHz PDR による透明層の厚さに関連する傾向がみられる。すなわち、賦存密度約 5 kg/m^3 以上は透明層の厚さ約 20 m 以下に関連し、さらに約 20 kg/m^3 以上は透明層の厚さ $10\text{--}20 \text{ m}$ にかざられている。また厚さ 10 m 以下の場合には団塊の形態が角状ないし板状のものが出現する傾向が認められる。このことは、 3.5 KHz PDR の透明層と賦存密度との間の関係が団塊の形成と探査にとって非常に重要であろうということを示している。

深海盆の団塊の予察的分析結果によれば、Mn, Ni, Cu それぞれについて、 $14\text{--}24\%$ 、 $0.5\text{--}1.3\%$ 、 $0.3\text{--}1.1\%$ である。有望な鉱床域は、北側の海山列の南側のやや広い平坦域と調査海域西端部の深海丘群域のなかの小平坦地であり、とくにこれらの団塊について、さらに詳細な金属組成、正確な鉱床の範囲の決定を行う必要がある。

II. 人工衛星航法システムについて (中条純輔・村上文敏)

本研究航海においては、測位のために主として人工衛星航法システム (NSS) が用いられた。とくに船上においては、ルーチ的な観測以外に、サト・フィックス (人工衛星測定) の使用状況と推測航法の誤差に関する 2 つの問題を検討した。千葉—ホノルルの 11 日間においては、平均して、衛星の電波は 1 日あたり、24.7 回受信され、そのうち、14 回が自動更新され、また非更新のものうち、3.73 回は手動的に更新された。自動更新の平均時間間隔は 1 時間 43 分であるが、たとえば、229 日の最大時間間隔は 6 時間 24 分 (表 II-4) であった。

本航海においては、水深が深いので、船の速度検出にはボトムロックを使うことはできなかった。推測航法の誤差を解析するには、サト・フィックスの S アップデートと非ボトムロックによる推測航法の比較によって行った。システムのメーカーによれば、推測航法の誤差は走行距離の約 10% といわれているが、この航海での平均誤差は、この値よりやや小さく、10% という値は妥当な数値と考えられる。

III. 海底地形について (水野篤行・石橋嘉一)

海底地形探査は NEC 製の 12 KHz PDR によって、全行程を通じて行った。本稿では、調査海域内の探査結果を、従来の海底地形に関するデータと合わせてのべる。図 III-1 に示したように、調査海域には深海盆が広くひろがり、それは北側、南側でクリスマス海嶺に属する比高 $1,000\text{--}1,500 \text{ m}$ の海山・平頂海山によって囲まれている。深海盆は約 $5,000 \text{ m}$ の水深をもち、Winterer, Ewing ら (1973) によれば、NW-SE 方向の線状配列の起伏 (深海丘、海山等) によって特徴づけられる。深海盆は、また、大局的には東半と西半との間に地形的に大きな相違がある。Chase et al. (1971) によれば、東半はほとんど平坦であるが、西半には多数の深海丘が存在し、その境界は調査海域の中央を NW-SE の方向で斜めに走っている。このことは、図 III-2 に示すように、今回の調査結果によっても明瞭である。

このような地形的相違は海域の北部では不明瞭となっているが、便宜上、西半を西部深海丘群域とよぶことにする。

IV. 重力測定 (村上文敏)

重力測定は、La Coste & Romberg 社製の船上重力計 Air-Sea Gravity Meter (測定精度: 1 mgal)

により、研究航海の全行程を通じて行った。測定値の陸上の重力値との接続は千葉港において行った。海上での測定は30分間隔で行い、測定結果より、ブーゲー異常とフリー・エア異常を求め、各測線ごとに地形と合わせて、プロファイルを作成し、また、調査海域については、ブーゲー異常、フリー・エア異常それぞれの水平分布図を作成した(図IV-1-11参照)。

調査海域内では、フリー・エア異常は全般的に南西部の海盆で低く、海盆の他域にくらべて、約10 mgal 低い。Sts. 132, 139, 142 の付近にフリー・エア異常の低異常帯(-20-40 mgal)がある。一方、ブーゲー異常は全般的に南西部の海盆で高いが、St. 139, 142 ではブーゲー異常も低異常を示している。

V. エアガンによる連続式反射法音波探査(本座栄一・玉木賢策)

音源としてボルト1900 B型のエアガンを用いた連続式反射法音波探査を調査海域内および往復の行程(主として東半部)・ハワイ調査海域について、地質層序・構造を明らかにする目的で行った。

調査海域においては、東半部に厚いタービダイト層が分布する(厚さ約0.5秒)。ここでは地形は深海平坦面とよべる程度に平坦であり、これは東方からのタービダイトによる埋積の結果と考えられる。タービダイト層の上位には透明層が、下位には細密互層、音響的基盤が横たわる(図V-3-a)。タービダイト層はその分布域の西端部、すなわち調査海域中央部の深海丘(西部深海丘群域の東縁部)の頂部、山腹では若い時代の構造運動によって変形され、また浸食されており(図V-3-b)、構造的変形は現世まで連続していると考えられる。

調査海域西半部では、上部透明層、細密互層、音響的基盤の音響的層序が認められる。上部透明層は南西部で厚く、また北西部ではやや成層する傾向にある。細密互層は北西部では不明瞭となる。このような変化は堆積相の変化によるものと思われる。

以上の音響的層序はDSDP Leg 17のエアガン記録、ボーリング結果(Winterer, Ewing et al., 1973)と対応させ、次のような対比が多分可能である。

(東半部域) 音響的基盤→基盤玄武岩; 細密互層→始新世前期-白亜紀後期チャート、石灰岩; 火山砕屑性タービダイト; タービダイト層→中新世-始新世中期タービダイト; 透明層→第四紀-中新世後期堆積物。

(西半部域) 上部透明層→第四紀-始新世中期放散虫軟泥; 細密互層→始新世初期および以前のチャート、放散虫軟泥、火山砕屑岩類。

房総沖-ハワイ間の測線においては、とくにシャッキー海膨とその付近、天皇海山群東側の深海盆で興味ある事実が観測された。調査海域-ハワイ間、調査海域-ウエーク島東方に関してほぼ連続的に資料を得た。

VI. 3.5 KHz PDR による探査(本座栄一・玉木賢策・石橋嘉一)

3.5 KHz PDR(サブボトムプロファイラ)による最表層堆積層の連続的音波探査は、研究航海のほぼ全行程を通じて行われた。詳細にみればいくつかの層が音響的に識別されるが、一般的には2つの層(上位の透明層と下位の不透明層)が容易に識別され、また追跡できる。

調査海域の深海盆においては、透明層は分布していないところもあるが、大体において分布する。しかしその厚さの変化は著しく、最大200m前後に達する。海域の東半部では、透明層はその西半に約60mの厚さで分布し、エアガンによるタービダイト層をおおい、また一部では深海峡谷によって刻まれている(図VI-1-A)。西部の海丘群域では、透明層の厚さは短距離のなかでさえも著しく変化する。これはある程度起伏のある地形に関係しているように思われるが、全体としてはかならずしもそうでなく、南西部で厚く(100-200m)、東部で50-100m、北部ではよりうすい傾向に

ある(図VI-1-B, C, D, VI-2), 3.5 KHz PDRによる音響層の地質学的解釈に関しては, 直接的な資料は得ていないが, エアガンの資料と同様にある程度, DSDPの資料から推定することができる。

VII. 深海カメラによる海底撮影(山門憲雄・宇佐美毅・半田啓二・木下泰正)

海底撮影は, 1970年に理化学研究所により作成された深海カメラシステム(松本ら, 1973)により, 調査海域内の3点(Sts. 118, 123, 137)において行われた。この3点のうち, St. 118, 137ではそれぞれマンガン団塊を伴わない海底, 最大87%の被覆度をもつ団塊分布地の多数の明瞭な写真が得られた(位置, 水深, 撮影条件については表VII-1参照)。

St. 118においては, 断続的撮影方法を採用した。撮影された海底は, 近接測点(St. 118)のサンプリング結果によれば珪質ないし石灰質軟泥と思われるが, 堆積物表面に非常に多数の底生動物の活動のあとが明瞭である(図VII-3)。St. 137においては, 連続的撮影法により, 約0.2海里にわたって165枚の撮影を行った。全写真を通じてマンガン団塊の高濃度濃集が認められ(図VII-4, 5), また団塊上に底生動物の活動のあとが多数認められる。デンシティ・スライシング法による測定の結果によれば, 86.6%の被覆度が算定された。

VIII. 深海テレビによる海底観察(中条純輔・木下泰正)

白嶺丸の深海テレビ(ハイドロプロダクツ社製深海テレビシステム)による海底観察は, 本格的には本研究航海ではじめて行われたものであり, 深海底調査に関する適用の方法について検討しながら, 3回の観測を行った。同軸アーマードケーブルの専用ウインチの不調ならびにテレビシステム自体の一部の不調があったが, 3回の観測のうち, 2回(St. 116, 120)の観測に成功した。海底観察は, 両測点において, それぞれ表VIII-1に示したような諸条件下で, ピンガーにより, テレビカメラと海底との距離を測定しながら, 約1時間にわたって行った。

とくにSt. 120(水深約5,400m)においては, 約2海里にわたって, 連続的に, マンガン団塊が海底をおおって存在することが確認された。被覆度は目視では60-70%と考えられた。なお, フレームの着底時に海底からまい上る泥雲が画面を流れる状況から, おそらく50 cm/sec. 前後程度の流れが海底直上に存在することが推定された。

IX. 深海底試料採取に関する技術的問題(木下泰正・丸山修司・本座栄一・山門憲雄・宇佐美毅・半田啓二)

底質試料にはいくつかのタイプの採泥器類を用いた。

深海底の最表層堆積物については, 21地点において, とくにマンガン団塊を含む堆積物の不攪乱試料を採取し, さらに団塊の賦存密度を算定することを目的として, 新しく作成したオクアーン70クラブによる試料採取を試み, 大部分の測定で, その目的を大体達することに成功した。本装置は利点・難点ともに有するが, その難点の一つは, クラブのリリースならびに閉鎖機構にあり, 他の一つは試料の一部分の乱れにある。この点については今後の改善を要する。

柱状採泥は, 4地点で, ピストンコア(3地点), グラビティコア(1地点)によって, マンガン団塊と堆積物の垂直的分布に関する資料を得る目的で行い, 2点(Sts. 114, 138)において, それぞれ, 4.61m, 5.66mの長さのコアを採取した。

ドレッジについては, チエンバッグドレッジ, 円筒形ドレッジ, 大型箱形ドレッジを用いた。これらのなかで前2者は海山・平頂海山においてクラストを伴う岩石試料の採取, ならびに3.5 KHz PDR記録により固結岩の存在が予想された深海盆の深海丘域の1点での採取のために使用した。

大型箱形ドレッジは本来C.L.Bシステムのために公害資源研究所で作成されたワイヤネットタ

イブのものであり、団塊の大量採取の実験を兼ねて4地点において使用されたが、かならずしも成功的ではなかった。主な原因は試料採取後の試料の海中への流出にあると考えられ、今後、とくにこの面に関して検討をすすめる必要が認められた。

X. 堆積物について (有田正史)

調査海域において、オケアン70グラブおよびコアラによって採泥した堆積物試料について、観察ならびに64 μ より粗粒な粒子について組成分析を行った。本海域の堆積物は、(1)石灰質軟泥、(2)珪質軟泥/粘土、(3)珪質ないし石灰質軟泥/粘土、(4)深海粘土に大別され、(1)は海山列周辺、(2)は海域南西部、(3)は(1)と(2)の境界部、(4)は海域北西端とほぼ中央部にそれぞれ分布する(図X-1)。これらの堆積物は、組成分析の結果、有孔虫・放散虫・魷物の含有比(図X-2、3)によって分類されたものである。堆積物の色調は、褐色を基調とし、その濃淡は着色した放散虫の含有率によって支配されている。堆積物の最表層10cmはほぼ均一であるが、その下位には多くの生痕が認められ、斑状を呈していることが多い。

ピストンコアラによる柱状試料の一部では、上半部にマンガン質マイクロジュールが含まれ、また一部では乱泥流堆積物様式の堆積構造が認められる(図X-4、5)。

マンガン団塊の賦存密度と堆積物の特性との関係については、5%以下の石灰質生物遺骸(有孔虫)を含む珪質ないし石灰質粘土に団塊が多く含まれている傾向があり、珪質軟泥/粘土には少ない。

X線回折分析の結果、堆積物中の粘土鉱物は、イライトを主成分とし、モンモリロナイト、クロライト、カオリナイトを含むことが明らかにされた(図X-6)。

なお、調査海域の北西方から得られた深海粘土のコア中には、十字沸石、不定形小角礫状玄武岩片が特徴的に認められた。

XI. 表層堆積物中の金属分布について (沢田賢二)

オケアン70グラブで採取された表層堆積物の15試料について、銅、ニッケル、コバルト含有量を原子吸光分光分析法によって分析した。それぞれの平均含有量は、Cu 288 ppm, Ni 234 ppm, Co 124 ppmであり、また範囲は、Cu 146-143 ppm, Ni 158-486 ppm, Co 89-158 ppmである。CuとNiは顕著な正の相関を示し、またそれらは深海粘土中に最も高く、珪質ないし石灰質軟泥中に最も低い。金属含有量は、一方では、有孔虫遺骸の量とは逆相関の関係にある。またマンガン団塊の賦存密度の高い地点の堆積物では、金属含有量が低い傾向が認められる。

XII. マンガン団塊について (丸山修二・野原昌人・有田正史・沢田賢二)

マンガン質物質としては、海山または平頂海山上のマンガンクラストと深海盆のマンガン団塊の2つのタイプが存在する。とくに後者についてくわしい研究を行った。調査は主としてオケアン70グラブによる採泥を主として、ドレッジ、コアラ、深海カメラ、深海テレビを補助的に用いた。また、12 KHz PDRと3.5 KHz PDRの記録を団塊鉱床の拡がりの推定に際して参考資料として用いた。採取された団塊試料については、グラブのなかでの産状観察、またとくに形態、大きさ、湿密度、内部構造の観察、賦存密度の測定を行った。

団塊は一般に堆積物の最表層に下半を埋没させて存在し、上半部の表面は多分水磨によって平滑であり、下半部の表面は団塊の成長を示して不規則に凹凸にとむ。形態は多様であり、また1測点においても多種のタイプが共存している。賦存密度が比較的高いところでは、polylobateあるいはsubangularのタイプが優勢である。通常、直径4-2cmないし2-1cmの比較的小型なものが多く、暗青黒色ないし黒色を呈する。各測点ごとの団塊の形状と詳細については表XII-1を参照されたい。

団塊は通常1あるいはいくつかの中心核を有する。中心核は玄武岩、風化した岩石の破片、粘土質物質、軽石粒などからなり、これらを中心として鉄マンガン質物質が帯状に成長している。団塊の湿密度は1.72-2.20 g/cm³の範囲で、平均1.95 g/cm³である。

海盆底の団塊中の Mn, Ni, Cu, Co に関する予察的な化学分析の結果によれば、Mn 14-24%, Ni 0.5-1.3%, Cu は Ni とほぼ同様、Co 0.1-0.3% (ただしクラストでは0.8-1.6%) である。

マンガン団塊の賦存密度は1 kg/m² 以下から 26 kg/m² にわたり、多様である。短距離の間でさえも大きく変化する。しかし、5 kg/m² 以上の地域はとくに St. 143 周辺に比較的広く分布し、そのなかに最大の 26 kg/m² が認められる。団塊の濃集は一般に珪質ないし石灰質粘土中に高い。

現在の資料によって、ある程度の拡がりをもった、期待される団塊の高濃集域を推定すると次の4地区になる(図XII-9) : (1) Sts. 143, 144, 129 を含む 10°N 付近の地区、(2) St. 126 の地区、(3) Sts. 120-123, 137, 139 を含む海域西端の地区、(4) Sts. 124, 125 の地区。これらについてはその正確な分布域を決定する必要がある。

XIII. クリスマス海嶺の平頂海山の岩石(野原昌人・有田正史)

クリスマス海嶺に属する未命名の平頂海山の3測点からドレッジによって得られた岩石(マンガンクラストによっておおわれる)にはカンラン石玄武岩ほかいくつかのタイプが含まれている。カンラン石玄武岩は DSDP Site 165 の試錐コアの最下部の白亜紀玄武岩の延長とみなされる。St. 112 から得られたチャートは、同時に得られた穿孔された凝灰質泥岩とともに、上記の Site 165 の始新世前期-白亜紀の堆積物の東方延長であろう。

XIV. 堆積とマンガン鉱床に関する結論(水野篤行・有田正史・本座栄一・木下泰正・丸山修二・野原昌人・沢田賢二・玉木賢策)

調査海域の東半部の深海底は深海平坦面とよべる程度に広域にわたって平坦であり、中新世-始新世中期のタービダイトが厚く発達している。上位には第四紀-中新世後期堆積物がエアガン、3.5 KHz PDR による透明層として存在し、下位には始新世前期-白亜紀後期のチャート、石灰岩、火山碎屑質タービダイトの細密互層をへて、基盤の玄武岩が存在する。細密互層と基盤玄武岩は西半部域にかけて広く分布するが、西半部域では、一般的にはその上位は始新世中期から第四紀におよぶ厚い軟泥からなる上部透明層におきかえられているようである。これらの諸層の上部は3.5 KHz PDR による透明層あるいは不透明層としてあらわされているが、その堆積層としての実体については不明確である。しかし、透明層は、DSDP のデータを参照すると、多分上部第三系-第四系をあらわしているものであろう。

堆積層の最上部である海底堆積物はいくつかの堆積相のタイプにわけられる。石灰質軟泥は、海域の北・東縁部にあり、基盤玄武岩および始新世前期-白亜紀後期の堆積岩類の一部からなると思われる海山・平頂海山域のみに分布する。海盆底においては、珪質軟泥/粘土、珪質ないし石灰質軟泥/粘土、深海粘土が分布するが、第1のものは西半部域に広く拡がり、第2のものは東半部域のほか中央部に舌状にのびている。第3のものは海域の中央北部に限られている。堆積物の最上部30 cm の範囲は多数の生痕を含み、また現在のさかんな生物活動の跡は深海カメラによっても確かめられた。

海盆底におけるマンガン団塊の分布の一般的傾向は次のようにまとめられる。1) 団塊は、珪質ないし石灰質堆積物が広く分布し、また厚いタービダイト層によって特徴づけられる、平坦な東半部の海底にはほとんど分布しない。2) 西半部では一般に分布するが、その量は地域的に変化する。3) 西半部は大部分海丘群地帯であるが、団塊はその内の小平坦地に分布し、賦存密度が大きいところでも、その水平的拡がり是非常にせまい。4) もっとも顕著な団塊分布域は北部海山列の南側の

かなり広い平坦域（水深5,000m前後）と、次いで海域西端の海丘群にとりかこまれたせまい凹地である。5) 団塊は大部分海水と堆積物の界面に分布する。6) 団塊は珪質ないし石灰質粘土中に多量に濃集している傾向を有する。

団塊は一般的に暗青黒色ないし黒色で、球形、亜球形、ブドウ房状、亜角状その他さまざまな形態を示す。最大10 cm以上の大きさであるが、ふつう4-2 cmないし2-1 cm径である。湿密度は平均1.95 g/cm³である。中心核は玄武岩、粘土状物質、軽石等の小破片からなり、通常1 cm以下の大きさをもつ。

賦存密度は、団塊分布域で、水平的に1 kg/m²以下から最大26 kg/m²の範囲で大きく変化する。賦存密度の分布は不規則であり、また短距離の間でさえも急激に変化する。しかし、前述の北部海山列の南側の海盆底では5 kg/m²以上の賦存密度がかなり広く認められる。団塊の賦存密度分布は堆積相のタイプと密接に関連しているほか、地形およびとくに3.5 KHz PDRによる透明層の厚さに関連しているように思われる。最後の点について詳細に検討すると（表XIV-1、図XIV-2.3）、次のような結論が得られる。1) 透明層30m厚以上では、賦存密度は約2 kg/m²以下である。2) 5 kg/m²以上の賦存密度は透明層約20m厚以下に関係している。3) 透明層約20m以下については、大局的には正の相関が認められ、20 kg/m²以上の賦存密度は透明層20m厚に限られている。4) 透明層厚約10m以下では角状のスラブ型の団塊が発達する傾向がある。

このような顕著な関係が海域の周辺全体にわたって認められるかどうかについては、その成因とともに、今後の検討課題であるが、もし、広域に認められるとすれば、3.5 KHz PDRの観測は少なくとも探査の初期段階において、団塊の量的探査の面で非常に効果的となるであろう。さらに、おそらく透明層の厚さは堆積速度を反映すると思われるので、団塊の多量の形成という問題を検討する上に一つの重要な基礎的資料を提供するであろう。

団塊の化学組成に関しては今のところ予察的な資料しかもっていないが、得られた資料では、Hornら（1973）によってまとめられた若干の既存分析資料と同様に、Ni（0.6-1.2%）、Cu（0.3-1.1%）の含有量を示している。

以上の検討から、調査海域内でのマンガン団塊鉱床に関するもっとも有望な地域は、第1に北部海山列のすぐ南側のほぼ10°N線にそう平坦な深海盆に期待され、また、第2に、小範囲ではあるが、西端部の海山群にかこまれた小海盆に期待される。これらについて、鉱床のより詳細な分布、性格をさらに検討することが必要と思われる。