

太平洋の鉄・マンガン団塊

N.S.スコルニャコーバ (SKORNJAKOVA)

P.F.アンドルシチェンコ (ANDRUSHCHENKO)

盛谷智之 訳

本論文はソ連科学アカデミー海洋研究所編の“太平洋の海洋学研究総括シリーズ”第6巻「太平洋における堆積作用(第2分冊)」に含まれている。内容はソ連の海洋研究所がこれまで集めてきた太平洋の鉄・マンガン団塊の鉱物・岩石学・地球化学に関するデータおよび諸外国の報告をもとに、団塊の構造の特徴、その濃集量や含有化学成分量の地域的分布の規則性、そして成因についての検討を行なったものである。

それを要約すると、団塊の分布を規制する主要因は堆積速度であり、堆積速度が低い遠洋地域の有機物含有量の少ない酸化堆積物の環境に団塊はもっとも濃集している。団塊中の含有量について、マンガンは遠洋域のものに、鉄は大洋縁辺と島近傍域のものにそれぞれ極大濃度の部分をもち、互いが逆の関係にある。微量元素群はマンガンの分布に似る Ni・Cu・Zn・Mo と大洋中央の隆起部、島近傍に極大濃度部分をもつ Co・Pb の2グループに分けられる。構成鉱物はサイロメレーン鉱(この場合 δ -MnO₂ のことを指している。本文中の注参照)・轟石・パーネス鉱・加水針鉄鉱がおもなものである。団塊の構造は、層状・樹枝状・環状・コロフォーム縞状などが識別され、団塊が沈澱・続成のさまざまな過程で形成されたことを示している。鉱石物質はおもに水酸化物の懸濁物と溶液のかたちで搬入され、その供給源はおもに陸上の風化過程、一部は海底火山活動に関連している。

本論文の特色は、広大な太平洋の全域にわたっての組織的・系統的サンプリングあるいは既存データの収集という地味だが着実な方法で団塊の地域的分布の規則性を大局的に明らかにしたことにある。他方、ある地域内での地質学的諸条件と団塊分布との関連性、団塊の鉱物学的性質などの細部に立ち入った検討は、今後の調査研究に残された面が多い。しかし、そのことは本論文が太平洋の鉄・マンガン団塊について1つの貴重で基礎的な地質学的データを提供したという評価をそこなうものではあるまい。ここにその全訳を紹介することにしよう。原文は全部で66ページあるので都合上数回に分けて掲載し、図表番号は原著中の通し番号に従い、文献リストは省略する。なお「太平洋における堆積作用(第2分冊)」は井上雅夫ほか訳でラティス社から出版さ

れる予定なので、文献や関連論文はそれを参照していただきたい。最後に原著名をあげておく。

Н.С. Скорнякова, П. Ф. Андрущенко; Железо-марганцевые конкреции в Тихом океане, (Тихий океан. VI), vol. 2, p. 203~268, Изд. «Наука», 1970.

(訳者)

鉄・マンガン質の団塊 [nodule or concretion] や鉄皮 [crust] は、大洋深海堆積物の典型的な自生鉱物生成物である。太平洋における鉄・マンガン団塊の存在は、すでに前世紀末に発見され (マレー・ルナール MURRAY & RENARD, 1891) 以後各研究者の大きな関心を呼んできた。鉄・マンガン濃集体の構造・組成・分布および成因の研究は、大洋の堆積岩生成過程の特性の解明と堆積性鉄石形成作用の一般的課題の検討に対して、大きな理論的意義をもっている。それと同時に、他の随伴金属の同様な高含有量を特色とする鉄とマンガンの著しい濃集量の地域的分布の規則性を研究することは、実際面においても非常に大切である。

ソ連科学アカデミー海洋研究所には、太平洋の鉄・マンガン団塊に関する多くの資料が集められてきた。ここでそれらを堆積物の岩質に関する資料と併わせて検討することは、これらの鉄石生成物の構造・分布そして成因についての若干の新側面の解明を可能にするものである。

この論文はソ連科学アカデミーの海洋研究所 (イオアン IOAN) と鉄床岩石鉱物地球化学研究所 (イゲム IGEM) の各研究員の共同研究の結果によるものである。

太平洋の鉄・マンガン団塊の研究史

鉄・マンガン団塊についての最初の資料は、1873~1876年にかけ大西洋・太平洋・インド洋を横断する航路にそって採泥を行なった英国の“チャレンジャー”号学術探検によって得られた。このときとくに大規模な団塊の濃集が太平洋において認められ、すでに研究者達の注目をひいた。学術探検の試料について、マレーとルナール (MURRAY & RENARD, 1891) がはじめて団塊の化学組成と組織に関する報告を行なった。

19世紀末に“アルバトロス”号探検で行なわれた採泥資料からアガッシー (AGASSIZ, 1902) は 太平洋南東部における鉄・マンガン団塊の広範な分布を確かめ その分布図を作成した。この探検の資料に関連して 鉄・マンガン団塊の形態と内部構造の詳しい記載が 少し後になってマレーとリー (MURRAY & LEE, 1909) によってなされた。ずっと後になってディーツ (DIETZ, 1955) は太平洋北東部における鉄・マンガン生成物の組成と分布とを研究した。団塊についての新しく広範な資料は国際地球物理観測年の期間とそれ以後 ソ連と米国の各探検事業の結果得られた。

1957～1959年とそして1961年には ソ連科学アカデミー海洋研究所の“ピチャージ”号探検によって 太平洋北部および中央部において団塊が著しく濃集していることが確かめられた。同じ時期にスクリップス海洋研究所の“ダウンウインド (Downwind)” 探検の仕事によって太平洋南東部におけるマンガン団塊の大規模な濃集部が発見された。これらすべての仕事は 鉄・マンガン団塊の原物質組成と構造 そしてとくに分布と濃集度についての 広範で多面的かつ系統的な研究のはじまりであった。

鉄・マンガン団塊の分布の規則性について多くの研究が行なわれている。メナードとシペック (MENARD & SHIPEK, 1958) は“ダウンウインド”探検の資料によって 太平洋の南部海盆の底質表層における団塊濃集の特徴をあらわした。彼等はコア採泥による底質収集物 ドレッジ (訳注)この論文中には底質採取機器(手段)名の用語が4つ使われ 世界一般に通用している分類名とかならずしも一致しない。海底を引きずり攪乱試料を得るいわゆるドレッジについては 外国の調査の場合はドレッジ [драга dredge] が そしてソ連海洋研の調査の場合はトロール [трал trawl] が用いられている。後者は前者に同一か広義に含まれるが 訳は原文に従って区別して示した。堆積物をつかみとり不攪乱試料を得るいわゆるグラブ [grabs] についてはそれに当たる表現はなく代わりにスクープあるいはすくいとり [дночерпатель scoop (er)] が用いられ これはソ連海洋研使用の採泥器の機能的特徴を表わしているが ここでは広義に解しより一般的な名のグラブと訳しておいた。柱状採泥(器) [core(r)] については 採泥管 [трубка tube or pipe] とソ連では呼んでいるが 訳はコアまたはコアラーとした。) 採泥試料 海底写真をよりどころにして この地域のおよそ1/4 から 1/2 が鉄・マンガン団塊によって覆われているという結論にいたった。

メロー (MERO, 1959) は“チャレンジャー” “アルバト

ロス” および “ダウンウインド” の各探検によって得られた資料から 太平洋のマンガン団塊の推定鉱量の評価をはじめて行なった。後に彼は (MERO, 1960a, b, 1962, 1965) 若干の地域について 団塊の重量濃集量および面積濃集量 (被覆率) を測定した。

ソ連科学アカデミー海洋研究所では1961年に鉄・マンガン団塊の分布図作成の試みが計画された (スコルニャコバ・ゼンケビッチ SKORNJAKOVA & ZENKEVICH, 1961)。1964年に既存のデータの総括に基づいて 広大な大洋底面上の各区域の団塊の新しい分布図および濃集量図が作成された (スコルニャコバ・アンドルシチェンコ SKORNJAKOVA & ANDRUSHCHENKO, 1964)。

団塊の化学組成の問題は ディーツ (DIETZ, 1955) ゴールドベルグ (GOLDBERG, 1954) ゴールドベルグ・アーレニウス (GOLDBERG & ARRHENIUS, 1958) メロー (MERO, 1960a, 1962, 1965) スコルニャコバ・アンドルシチェンコ・フォミナ (SKORNJAKOVA, ANDRUSHCHENKO & FOMINA, 1962) その他によって解き明かされた。ゴールドベルグ (GOLDBERG, 1954) は 太平洋の鉄・マンガン団塊中のコバルト・銅・ニッケルの含有量が火山岩や現世堆積物中の場合と比較して高いことを示した。彼はこのことを鉄とマンガンのコロイドが 海水からいろいろな金属を抽出する原因となる吸収能をもつためだと説明した。

ライリーとシンハセニ (RILEY & SINHASANI, 1958) は“チャレンジャー”の資料によって団塊の化学組成の特徴を示した。彼らは3つのマンガン団塊について分光器・分光光度計および化学の各分析法を使って研究した。その組成は塩酸に可溶および不溶解の各部分について分析された。団塊の塩酸に不溶解な部分は事実上 重金属を含まないことが確かめられた。それはおもに粘土鉱物 そして少量の燐灰石・石英・黒雲母・長石からなる。可溶部分中の銅・コバルト・ニッケルの含有量は1%に近く これは火山岩中の平均含有量を著しくこえている。一方 Ga・Sr・Zn・Y・La・Cr・Tiのような元素は 火山岩中の濃度に相当する量で存在する。Sb・Bi・Be は検出されていない。

1960～1962年にカリフォルニア大学とスクリップス海洋研究所で 110 カ所の測点から集めた団塊の化学組成の研究が行なわれた。この研究でわかったのは 太平洋の地域のちがいでによって団塊の化学組成に著しい差があり そのさい同一地域内では 組成の一定性がた保れていることである。このことが メロー (MERO, 1962, 1965) が行なった団塊の化学組成による大洋底の分帯を

可能にした。

ウィリスとアーレンス (WILLIS & AHRENS, 1962) は太平洋・インド洋・大西洋の団塊の化学組成を研究した。彼らは大西洋の団塊の場合 鉄とニッケルの含有量が高く マンガン・コバルト・銅の濃度が小さいことを明らかにした。そして団塊中の諸元素の相関を調べ 太平洋の団塊の場合 ニッケルと銅の間にもっとも緊密な相関が また鉄とコバルトの間にも相関がそれぞれ存在するという結論にいたった。また 団塊中の諸元素の濃度が著しく分散することが指摘された。

これらと同じ年代(1959~1964)に ソ連科学アカデミーの海洋研究所と鉱床岩石鉱物地球化学研究所で太平洋の団塊の化学組成の研究が行なわれた (スコルニャコーバほか SKORNJAKOVA et al., 1962; スコルニャコーバ・アンドルシチェンコ SKORNJAKOVA & ANDRUSHCHENKO, 1964)。そのさい 団塊中のマンガン 鉄および微量元素含有量の平面(地域的)分布の特性および それらの鉱石生成物と母層堆積物中における相互関係が明らかにされた。

鉄・マンガン団塊の鉱物組成の研究は ブーザーとグルッター (BUSER & GRUTTER, 1956) およびブーザー (BUSER, 1959) によってなしとげられた。それらの資料によると 団塊を構成する各鉱物の結晶粒群のなかに認められるのは オパール・重晶石・ルチル・鋭錐石・針鉄鉱・ノントロナイトおよび若干の他の鉱物 そしてまたまだあまり多くは研究されていない3つの新しいマンガン鉱物 (δ - MnO_2 ・マンガン水マンガン鉱 [manganous manganite]・鉄水マンガン鉱 [ferrous manganite]) などである。

ペッターソン (PETTERSON, 1943) はラジウム法によって団塊の成長速度が平均1mm/1000年であることを定めた。フォンブッターとハウターマンス (VON BUTTER & HOUTERMANS, 1950) も同様な値を得た。ゴールドベルグ (GOLDBERG) がイオニウムトリウム法によって“ホライゾン (Horizon)” 団塊について測定した結果は 0.01mm/1000年の成長速度を示している。

E. I. エフィモワ (EFIMOVA) は 太平洋とインド洋の団塊 (“ビチャージ” の試料) の放射化学的研究に基づいて 団塊中の放射性元素の含有量が高いことを明らかにした。それらの元素はウラン (通常 $3.7 \sim 9.3 \times 10^{-6}$ g/g) イオニウム ($1.0 \sim 2.9 \times 10^{-9}$ g/g) ラジウム ($1.2 \sim 7.6 \times 10^{-11}$ ないし最高 12.7×10^{-11} g/g) およびトリウム ($13 \sim 91 \times 10^{-6}$ g/g) などである。このような U・Io・Th・Ra などの元素量の直接測定とそれらの比の解析とから著者は “成長時間” (団塊の形成において経過

した時間) と成長速度とを計算した。成長速度はラジウム法測定によると 0.6~1.8mm/1000年の範囲にある。イオニウム法とイオニウムトリウム法のデータによると 成長速度は 0.03~0.09mm/1000年である (ニコラエフ・エフィモワ NIKOLAEV & EFIMOVA, 1963; エフィモワ EFIMOVA, 1964)。

研究の資料と方法

この論文のためのおもな資料となったのは “ビチャージ” 号によって太平洋で採集された団塊の化学的および鉱物・岩石学的研究である。研究された団塊はおもに太平洋の北部熱帯域と中央部のものである。そのほかに諸外国の研究者達のデータも利用した。

鉄・マンガン団塊の分布の特性を示すために用いられた諸資料は 調査船 “ビチャージ” 号および “オビ” 号によるグラブ採泥試料の収集物 (約 500 の測点) “ビチャージ”・“ダウンウインド”・“ムンスン (Munsun)” の各探検調査によって撮られた海底写真 (約 70 の測定) および “ビチャージ”・“チャレンジャー”・“アルバトロス”・“ダウンウインド” の各探検で行なわれたトロール (ドレッジ) 採泥試料 などのものである。このようにほとんど 1,000 カ所の測点からの観察資料が利用された。これに加えて コアラによって団塊が採取された測点のデータも考慮に入れた。ここで指摘する必要があるのは 海底写真やグラブ採泥試料が海底における団塊の分布状態を反映しているのとちがって トロール試料は採取のさい底質層の厚さ 20~40cm までもつかむため 分布を表わす目的には利用できないことである。だが同時にそれは鉱石帯区分のために実質的な補足資料を提供するものである。

団塊の面積濃集量および重量濃集量の見積りは 海底写真とグラブ採泥試料によって行なった。

もっとも普遍性がありかつ確実な団塊の面積濃集量の測定方法は 海底写真によるものである (メナード・シペック MENARD & SHIPEK, 1958; ゼンケビッチ・スコルニャコーバ ZENKEVICH & SKORNJAKOVA, 1961)。“ビチャージ” 調査のさいは海底カメラ “PF” を用い 各測点で1回の降下ごとに10~12枚の海底写真が得られた (ゼンケビッチ ZENKEVICH, 1954)。フィルムの各こまは約 2.25m² の海底面をとらえた。撮影は1分間隔で行ない これは船の平均流程の場合10~15mの間隔に相当する。このようにして写真によって長さ100~150m 幅1.5m の (中斷箇所のある) 海底の帯状部分がとらえられた。

海底写真で団塊の重量含有量を算定するため グラブおよびトロール試料でチェックすることによって 写真上における団塊の平均サイズを計測した。 団塊の平均単位体積重量（密度）としては 1.95g/cm^3 の値を採った。 計算のさいはすべての団塊が球形であるものと仮定した。 実際には団塊の形は多くの場合扁平か卵形である。 したがって 球形の団塊として得られた重量含有量の数値を $1/2$ に減らした。 この方法によるとチェック計量が示すところでは 結果の値が実際にもっとも近似することがわかった。

団塊で被覆された面積の測定は写真によって行なった。 そのやり方は まず写真の団塊部分は墨で塗りつぶしそして基地の部分は清澄にした後 光電池と感受電流計を使って透視させる方法である。

“ビチャージ” 第 29・34 航海では 海底の団塊濃集量をグラブ採泥試料によって測定した。 この作業には 0.25m^2 の捕獲面積をもつ採泥器 “オーシャン (Ocean) -50” が利用された。 グラブ採泥器は底質と団塊を自然の産状のまま船の甲板上まで運び届けるので そのモデル試験面について面積濃集量と重量濃集量が高度の正確さをもって測定された (スコルニャコーバ SKORNJAKOVA, 1960)。 コアラールによって集められた底質試料は 海底面における団塊の存在頻度を表わすデータを得るためだけに利用した。

メロー (MERO, 1962, 1965) は大洋底面上の団塊濃集量の測定に採泥管 (径 5 cm) によって捕獲された団塊の数量計測にもとづいた統計学的解析法を用いた。 この場合 調査区域に団塊が同一の層をなして均等に分布するものと仮定している。 この方法は写真やグラブ採泥試料による濃集量測定法に比べると正確さは低い。

団塊構造の組織上の特性は薄片および研磨片により顕微鏡下で研究した。

団塊の鉱石物質の鉱物組成を知るためには 光学的方法とならんで X線回折と熱分析的研究法を用いた。

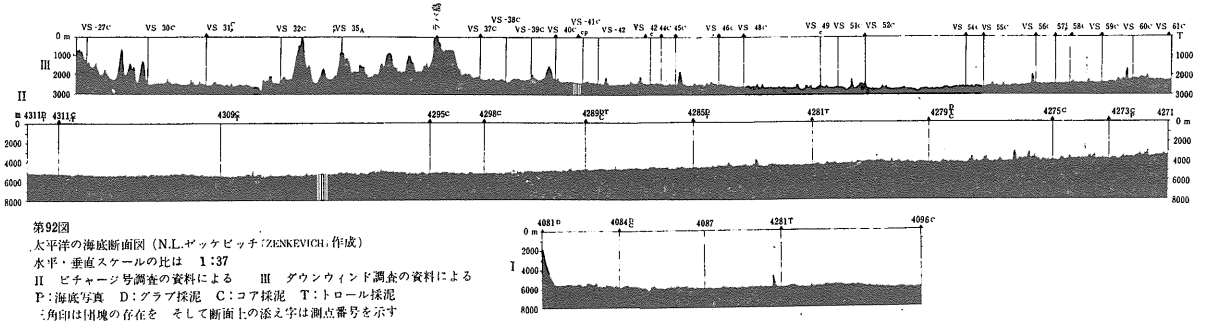
団塊の鉱物学・岩石学的研究は P. F. アンドルシチェンコ (ANDRUSHCHENKO) によって行なわれた。

団塊の化学組成の特徴づけのために使った資料は ソ連科学アカデミーの海洋研究所と鉱床岩石鉱物地球化学研究所の化学実験室で実施された化学分析のデータ (50 の測点についての約 70 の分析値) および外国の研究者 (メロー MERO, 1965) の蛍光 X線分析と化学分析のデータである。 分析したのは 通常は 団塊の鉱石殻 [ore shell] の部分である。 団塊の核 [nucleus] 部分が鉱石物質によってほとんど完全に置換されているような場合には その平均試料 ときにはいくつかの小団塊の平

均供試料が分析された。

化学分析で含有量を測定した成分は Si・Al・Ti・Ca・Mg・Na・K・Fe・Mn・Cu・P・Ni・Co そして若干の試料の場合の Ba・Sr・Pb および Corg などである。 ソ連科学アカデミー海洋研究所で用いた団塊の化学分析の方法はつぎのようなものである (スコルニャコーバほか SKORNJAKOVA et al., 1962)。 “主要秤取量” 中では $\text{SiO}_2 \cdot \text{TiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot \text{MgO}$ を定量し 個別秤量からは $\text{MnO} \cdot \text{NiO} \cdot \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ 、活性酸素・灼熱減量を定量した。 分析のために秤取した団塊試料は塩酸で分解し そのさいの不溶解沈澱物は炭酸ナトリウムで融解してそして主溶液に併わせ加えられた。 無水珪酸は数回の塩酸処理によって分別された。 珪酸のフッ化水素と硫酸処理後の残留物は炭酸ナトリウムで融解し そして主溶液に加えられた。 Fe・Ti・Al はクフェロン塩の後続分別物からピリジン塩として沈澱させた。 Fe の定量は重クロム酸塩法 Ti は比色法 Al はオルソ-ハイドロオキシキノリン塩法でそれぞれ定量された。 Mn・Co・Ni と Ca・Mg との分離は ヘキサメチレン・テトラミンの存在下で硫化水素によって実現された。 Ca と Mg は Ca は CaC_2O_4 として また Mg は MgNH_4PO_4 としてあらかじめ沈澱させ それぞれ重量法によって定量した。 Mn・Co・Ni・P・Cu は個別秤量試料から定量した。 全 Mn 量はヒ酸・硝酸塩法によって定量した。 活性酸素はシュウ酸ナトリウムを用いて Ni はジメチルグリオキシミンで Co はパイロ燐酸塩比色法によってそれぞれ定量された。 Co の含有量が大きい試料の場合は Co と Ni を塩酸ピリジンの存在下で硫化水素によって Co と Ni の硫化物にあらかじめ分別し Ni 含有量はジメチル・グリオキサミンをもって定量 Co はあらかじめ α -ニトロド- β -ナフトールで沈澱させた後 アントロピラートとして定量された。 P は燐モリブデン酸アンモニアの組成成分として沈澱させ 最終の結果は容量法によって得られた。

鉱床岩石鉱物地球化学研究所の実験室では 上述の元素のほかに $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}^- \cdot \text{H}_2\text{O}^+$ と また場合によっては PbO が定量された。 その方法は大体は上述のものに似ている。 根本的にちがうのは MnO が電位差計で定量され またチェックのための複分解の燐酸ナトリウムで MnO を沈澱させる重量法を併用したことである。 MnO_2 は活性酸素によって定量された。 Fe と Al はアンモニアで またマンガンがある場合は過硫酸アンモニアで沈澱させた。 Al はアルミナとして光電比色計で定量した。



第92図
太平洋の海底断面図 (N.L.マッケビッチ(ZENKEVICH)作成)
水平・垂直スケールの比は 1:37
II ビチャージ号調査の資料による III ダウンウインド調査の資料による
F:海底写真 D:グラブ採泥 C:コア採泥 T:トロール採泥
:角印は団塊の存在を、そして断面上の添え字は測点番号を示す

団塊の地域的分布の基本的規則性

鉄・マンガン団塊は太平洋においてきわめてさまざまな水深、つまり本州南部の陸棚上の114m (新野 NINO, 1959) から深海底の6,000m までの部分に認められる。だがその大部分は深海盆 (北東部・北西部・中央部・南部およびペルーの各海盆) の4,000~6,000mの水深に存在する。これらの海盆の地形は100m から1~2km までの間の比深の凹凸の刻みをもっている。北東部海盆と南部海盆の団塊分布区域における大洋底面の地形の特性は海底断面図 (第92・94図) にあらわれている。ここで興味深い特筆すべき点は太平洋北東部における広範な団塊分布域の限界が大洋底の著しい凹凸地形で特徴づけられる地帯の限界と合致していることである (メナード MENARD, 1955; ゼンケビッチ ZENKEVICH, 1961)。

大洋縁辺部の大陸斜面と堆積平原上には鉄・マンガン団塊はほとんど欠如している。鉄・マンガン団塊はおもに大洋底の最上表面に偏在している。

鉄・マンガン団塊濃集部はおもに赤色粘土と遠洋性生物源堆積物の中に、そして少程度には陸源堆積物の間に分布している。既存の資料によってさまざまな型の底質中における鉄・マンガン団塊の賦存頻度を多少とも客観的に算定することができる。“ビチャージ” (測点数504) “ダウンウインド” (測点数184) “チャレンジャー” (測点数122) および“アルバトロス” (測点数134) の各データから与えられた各堆積物型への団塊の偏在性に関する総括評価を第50表にあげる。

表からわかるように各堆積物型の総数中における鉄・マンガン団塊の存在率は赤色粘土で50% 放散虫軟泥で69%、そして炭酸塩質堆積物の場合17%である。既存のどの資料もが一致して示しているのは大洋成鉄・マンガン団塊はおもに大洋の遠洋域においてわずかでも反応力のあるような有機物の含有量の低い酸化堆積

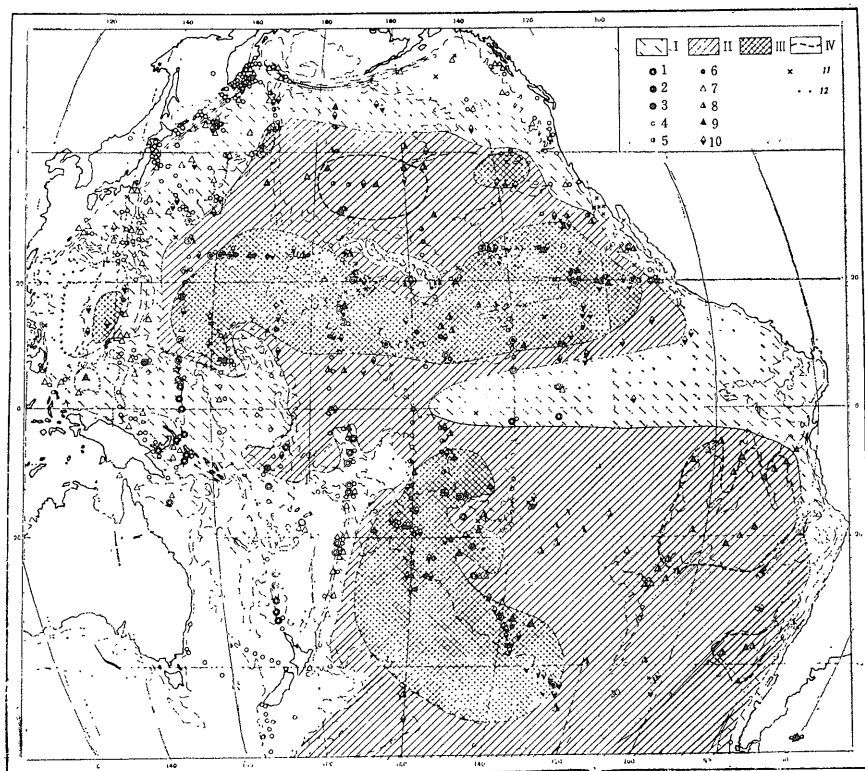
物の環境下で形成されているということである。大洋縁辺部では薄い酸化層をもつ陸源堆積物中に単に散点状に小団塊が存在するにすぎない。団塊が赤色粘土と遠洋性生物源堆積物、そして大洋底の凹凸地形帯に偏在することは、団塊形成にとって好ましい低堆積速度という条件に起因するものである。さらに堆積速度は大洋底上の団塊濃集量をも支配している。

酸化鉄と酸化マンガンの濃集作用の解明にとって大きな意義をもつのは大洋の各区域における鉄・マンガン団塊堆積物の量の見積りにもとづく資料である。近年に集まった事実資料から新しい太平洋の団塊分布図 (第93図参照) の作成と、また各区域における面積濃集量の近似的評価の実行とが可能になった。分布図上には“まばら”・“ひんぱん”・“鉱石級濃集度”の3段階の団塊含有量をもつ地帯を区別した。“まばら”な団塊含有量の海底地帯はおもに陸源、陸源-珪質、まれに炭酸塩の各堆積物が発達する大洋縁辺部を占めている。この海底域には散点状の小団塊が存在し、しばしば軽石やその他の碎屑物の表面を被覆した鉄・マンガン酸化物の薄膜のみのことがある。団塊と鉱皮 [crust] はこの地帯ではおもに海底隆起部に偏在している。少量の団塊 (おもに微小団塊 [micro-nodule]) はまた太平洋赤道帯にも存在する。

第50表 太平洋の海底表面における各タイプの堆積物中の鉄・マンガン団塊の分布

堆積物のタイプ	面積 (100万 km ²)	試料数	団塊を含む 試料		鉱石級濃集 度の試料		鉱石級 濃集度 の面積 (100万 km ²)
			数量	%	数量	%	
赤色粘土	57.71*	308	155	51	65	21	12.12
炭酸塩堆積物	62.15	395	67	17	19	48	2.98
放散虫軟泥	7.06	29	20	69	5	173	0.92
珪藻軟泥	—	56	5	9	—	—	—
陸源堆積物	—	204	6	3	—	—	—

* この論文集の第5章参照



第93図
太平洋の海底における鉄・マンガン団塊の量的分布

- I：まばら
- II：ひんぱん
- III：鉄石級濃集度
- IV：薄い底質層下の鉄石級濃集度の部分の輪郭

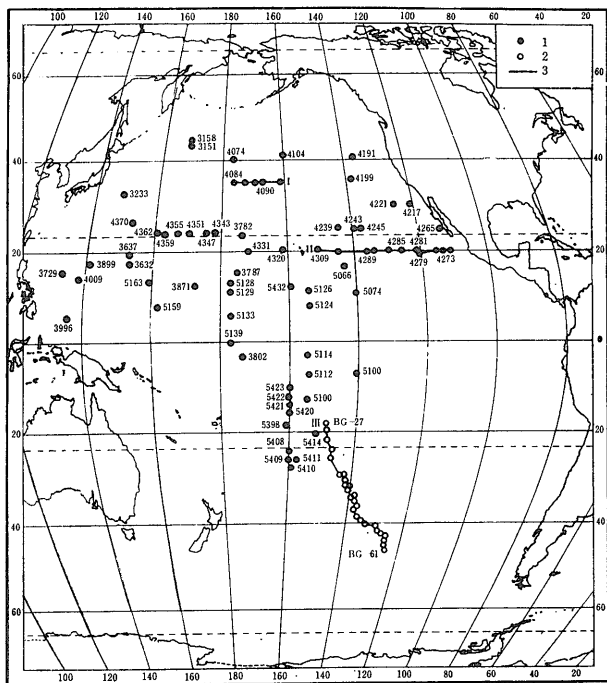
濃集度が見積られた地質測点：(海底写真により)

- 1：団塊は欠如する
- 2：存在する
- 3：鉄石級濃集度 (グラフ採泥により)
- 4：団塊は欠如する
- 5：存在する
- 6：鉄石級濃集度 (トロール採泥により)
- 7：団塊は欠如する
- 8：存在する
- 9：鉄石級濃集度
- 10：柱状採泥によって団塊が得られた測点
- 11：鉄石の採集あるいはその量の評価の示されていない諸外国の調査の測点
- 12：等深線

“ひんぱん”な団塊含有量の地帯は 団塊が普遍的に (ほとんどの測点でも) 発見される範囲にあたる。この地帯ではグラフ採泥器は数個づつの団塊を選び上げ コアラもまた多くの場合団塊を保持してきた。さらに 大洋縁辺域(“まばら”な含有量の地帯)とちがってここではほとんどすべてのトロール試料にも団塊が入っていた。この地帯の堆積物は赤色粘土・放散虫軟泥有孔虫軟泥である。

高い(“鉄石級”)濃集量の地帯は 団塊がその10~50%の面積を被覆する海底面である(第95図)。第51・52表には 海底写真とグラフ試料によって測定された団塊の面積濃集量と重量濃集量をあげた。

メロー (MERO, 1962) の資料によると 団塊の重量濃集量は太平洋東部で (32点の測定による) 0.1~2 平均で0.9g/cm² (9 kg/m²) 中央部で(33点の測定による) 0.4~4.0 平均1.8g/cm² (18kg/m²) である。太平洋におけるその最大値は 40kg/m² である (メロー MERO, 1952)。ここで留意すべき点は 写真が海底面に団塊の連続的な産状を示す場合 (測点4362 第95図参照) には もっと高い重量濃集量を期待できるということである。



第94図 団塊の研究が行なわれた測点および海底断面 (第92図) の位置図
1：ピチャージ号調査測点
2：ダウンウインド調査測点
3：海底断面の測線位置

ソ連および諸外国の既存の諸研究資料は 鉱石帯区分 (第94図参照)のための基礎データとなった。分帯輪郭線は地質測点のあるなし また当該の区域における堆積作用の特殊性の見積りに応じて ある程度条件つきで示された。この輪郭線内では 写真とグラブ採泥試料により海底面の10~20%が団塊で被覆され トロール試料は大多数の測点で莫大な量 (最大1トン)の団塊を運び上げた。そのさい 鉱石帯の範囲内において団塊分布がいちじるしく不均質な場合のあることを知る必要がある。たとえば 写真のデータによると団塊濃集量は海底表面の6~100%までの間を上下する。また 写真では団塊が見出されないが グラブやトロール採泥では同じ測点で団塊が多量に運び上げられるような場所も存在する。鉱床帯範囲内の堆積物は 赤色粘土・放射虫軟泥・有孔虫軟泥である。おもな鉱石級濃集帯は太平洋北部の北緯10°と30°の間 中央海域南部および南部海盆に認められる。これらの区域の海底写真とグラブ試料は海底の最表面に団塊の高濃集がみられることを示している。コアによっても堆積物の表面に団塊が見出されるような測点 が もっとも数多く集中するのはこの区域である。さらにトロール試料もこの区域における莫大な団塊の濃集を実証している。

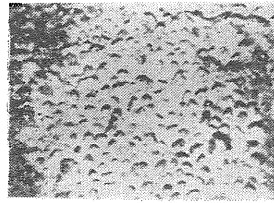
写真のデータ (第95図参照)によると 北部鉱石帯東部の カリフォルニア海岸とハワイ諸島の間では海底面の21~50% (平均37%)が団塊で被覆されている。重量濃集量はここで3.6から10kg/m²の範囲にあり平均して7.3kg/m²である。

この北部鉱石帯の西部では 団塊の面積濃集量は26から52% (平均37%) 重量濃集量は4.6から10kg/m² (平均7.3kg/m²)の間にある。グラブ採泥試料のデータによると 団塊濃集量は北部鉱石帯で4~50% 南部鉱石帯で10~90% ふつうは30%である。この場合 その最大濃集量は南部海盆の北東斜面にみられる。重量含有量は2.1から35.6 平均10.4kg/m²である。

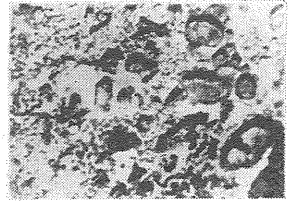
海底写真のデータによると この地帯の海底面の団塊による被覆率は23~46% (メナード MENARD, 1964) 重量含有量は10~40 平均で10kg/m²である (メナード・シベック MENARD & SHIPEK, 1958)。

団塊の鉱石級濃集帯はトロール試料によって 北部鉱石帯北方の北東海盆中央部およびペルーとチリ海盆にも区分されている (第94図参照)。

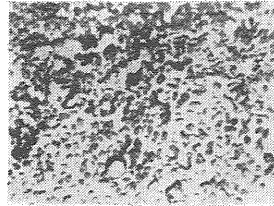
北東海盆ではグラブ採泥器とコアラーによって堆積物最上層 (3~5 cm の厚さ) から散点的に団塊が またトロールによってバッグに一杯の団塊が運び上げられた。



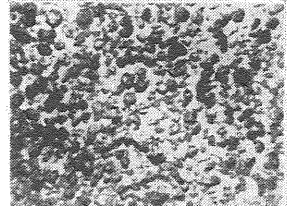
測点4275 水深3780m



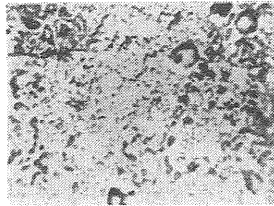
測点4279 水深4100m



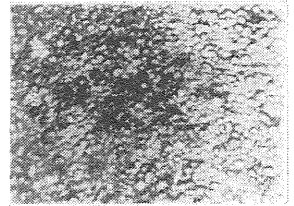
測点3632 水深5718m



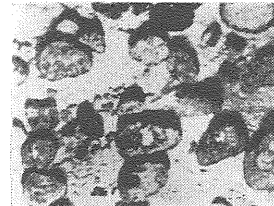
測点4359 水深5520m



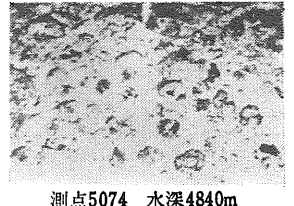
測点4287 水深4530m



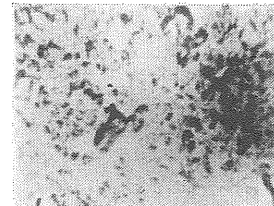
測点4362 水深3620m



測点3632 水深5718m



測点5074 水深4840m



測点4249 水深4975m

第95図
海底における鉄-マンガン団塊
および板状体の産状
N.L.ゼンケビッチ(Zenkevich)
の海底写真データによる

残念ながらこの区域で海底写真は撮られていない。トロールによる収集データからはこの部分での鉱床帯の区分が可能であるが おそらくそれは小規模な現世堆積物層によって隠されているのであろう。

ペルーおよびチリの海盆では 鉱床帯は単にトロールのデータによって区分できるだけである。メナード (MENARD, 1964) が示したように 団塊はおそらくこの

第51表 太平洋の底質表層中における団塊の面積濃集量および重量含有量（ビチャージ号調査のグラブ採泥試料による）

測点番号	緯 度	経 度	水 深 m	団塊が占める面積		団塊の重量含有量		
				グラブ採泥試料面上でcm ²	%	グラブ採泥試料中の全量g	g/cm ²	kg/m ²
4243	24°56' N	139°51' W	4,368	130	4.1	120	0.05	0.5
4245	25°19' "	137°19' "	4,645	500	20.1	450	0.18	1.8
4273	19°59' "	113°57' "	3,820	156	6.2	280	0.11	1.1
4285	19°57' "	126°06' "	4,576	625	25.0	570	0.23	2.3
4289	20°00' "	130°01' "	5,005	169	6.7	280	0.11	1.1
4343	24°00' "	179°58' "	5,815	560	22.2	1,000	0.40	4.0
4347	24°00' "	175°36' "	5,318	1,272	50.0	1,500	0.60	6.0
4351	23°57' "	170°58' "	5,817	256	10.0	430	0.17	1.7
4355	24°02' "	167°24' "	6,052	400	16.0	1,500	0.60	6.0
4359	24°01' "	163°02' "	5,542	900	36.0	2,500	1.0	10.0
5100	7°08' S	140°13'3" W	4,076	—	—	600	0.24	2.4
5110	12°59' "	154°06'3" "	5,222	—	—	1,900	0.76	7.6
5112	6°58'9" "	154°04'5" "	5,040	—	—	1,460	0.52	5.2
5126	11°17'1" N	154°07'5" "	5,142	—	—	1,200	0.48	4.8
5129	11°15'5" "	176°16'8" "	5,650	—	—	2,900	1.1	11.6
5163	13°26'8" "	159°57'5" E	5,638	—	—	1,600	0.64	6.4
5398	18°35'8" S	161°31'6" W	4,998	1,875	75	6,600	2.6	26.4
5408	24°00'0" "	159°55'4" "	4,947	2,250	90	8,950	3.6	35.6
5409	26°01'2" "	159°50'0" "	5,134	336	13	800	0.32	3.2
5410	27°57'8" "	158°46'0" "	5,163	256	10	540	0.21	2.1
5411	25°57'8" "	156°50'3" "	5,130	1,015	40	3,930	1.6	15.7
5414	20°29'5" "	152°14'0" "	4,375	1,521	62	7,100	2.8	28.4
5420	15°49'3" "	160°10'2" "	5,102	1,056	42	3,200	1.3	12.8
5421	14°03'9" "	160°22'0" "	5,102	1,554	62	6,520	2.7	26.8
5422	12°05'1" "	160°26'4" "	5,618	750	30	2,320	0.9	9.3
5423	10°00'6" "	160°01'3" "	4,833	897	36	3,000	1.2	12.0
5432	12°02'9" N	159°08'8" "	5,381	840	34	2,280	0.9	9.1
5437	26°07'5" "	157°46'8" "	3,802	400	16	1,120	0.4	4.5
平均					32.1		0.9	9.08

採泥器がつかむ面積は 0.25m²

第52表 太平洋の底質表層中における団塊の面積濃集量および重量含有量（ビチャージ号調査の海底写真データによる）

測点番号	緯 度	経 度	水 深 m	団塊が占める面積 %	団塊の重量含有量	
					g/cm ²	kg/m ²
3632	17°38' N	153°54' E	5,718	26	0.46	4.6
4249	25°55' "	132°18' W	4,975	25	0.95	9.5
4273	20°00' "	113°57' "	3,780	34—50	0.60—0.90	6.0—9.0
4279	19°40' "	120°16' "	4,104	38	1.00	10.0
4285	19°57' "	126°06' "	4,545	21	0.36	3.6
4331	19°57' "	171°39' "	3,680	50	0.89	8.9
4347	24°01' "	174°59' E	5,383	38	0.92	9.2
4359	24°01' "	163°02' "	5,573	52	1.90	19.0
4362	24°03' "	160°45' "	3,620	100	—	—
平均				42	0.88	8.8

区域でも同様に堆積層の下に埋められているのであろう。

堆積表層（0～20cm）中の団塊の分布を反映するグラ

ブ採泥試料は 団塊がおもに海底の最表面に賦存していることを証明する。太平洋北東部の赤色粘土帯で採取されたグラブ採泥試料の（その中に団塊が発見されたもの）38個のうち 28試料で団塊は 堆積物最表層に存在していた。9つの場合には堆積物もとの状態が乱れており そのため団塊分布についての判断は不可能であったが 2つの試料の場合だけは団塊が2～5cmの厚さの堆積物層によって被覆されていた。グラブ採泥試料から洗い出され またおもに堆積物表層から採取された各団塊群の重量を比較検討してみると 団塊は堆積物最表層中に最高

の濃集量を示す。たとえば 測点4355では45ℓの堆積物（グラブ採泥によるもの）の中に2.5kgの団塊が含まれ そのうち1.5kgは堆積物表層中に含まれていた。

測点4359では 同じ容積の堆積物から3.5kgの団塊が洗い出され そのうちの2.5kgが表層中にあった。

太平洋の海底面の ことにそこで区分される“鈹石帯”の範囲内での団塊分布の特殊性は、堆積条件ことに堆積速度によって規定されている。

熱帯および亜熱帯域に位置する最高濃集量の地帯は最小堆積速度の帯に一致する。前述のように(第3章 太平洋の海水中の懸濁物 参照)生物源と陸源の堆積物質の搬入にはみるべきものがない熱帯海域においては海表面から海底への懸濁物の濃集はわずかであり、このことから低堆積速度という条件も規定されている。北部熱帯域における堆積速度は約1mm/1000年である。(第20章 太平洋における堆積速度 参照)。太平洋南東部では0.3~0.5mm/1000年である。これらの条件のもとではもっとも典型的な遠洋性堆積物が形成される。これは赤色粘土と放散虫軟泥であり 自生鉱物(ゼオライト・団塊) 魚の骨片や歯(第10章 太平洋の底質の砂-シルト質粒径成分の鈹物組成 参照) 古期あるいは現世のサメの歯(ベリ、アエフ・グリクマン BELYAEV & GLIKMAN, 1965)などに富んでいる。これらの堆積物はまた Fe と Mn の高含有量と 有機物の最小含有量によって特徴づけられる。(第15章 底質中の有機物・第16章 太平洋の底質中の分散状の鉄とマンガン参照)。

陸源物質の搬入量がいちじるしく増大する大洋縁辺部では堆積速度は何10倍にも増加し 団塊量はいちじるしく減じるところによってはまったく消失する。生物学的生産性が高く 比較的高い堆積速度をもつ赤道帯でも団塊の存在はまたまれである。

単に萌芽的な団塊質生成物(微小団塊 岩片上の薄い鈹皮あるいは薄膜)だけが形成されるような 比較的高い堆積速度の条件下で堆積する堆積物中では 団塊は急速に堆積物質で埋められ その結果成長は急速に止んでしまう。

上にあげたデータは おもに太平洋の底質表層中における団塊分布の規則性を特徴づけるものである。しかしすでにふれたように 団塊の分布は大洋底表面のみには限られない(メナード・シベック(MENARD & SHIPEK, 1958; スコルニャコーバ・ゼンケビッチ SKORNJAKOVA & ZENKEVICH 1961; スコルニャコーバ・アンドルシチェンコ SKORNJAKOVA & ANDRUSHCHENKO, 1964; メナード MENARD, 1964)。

堆積層中の団塊分布の特性はコア試料によって判断することができる。“ビチャージ”調査およびスクリップス海洋研究所の収集物(メナード MENARD, 1964)の各

データによると 団塊はコアによって(赤色粘土と遠洋性生物源軟泥中に)106 個所の測点で見出されている。それらのうち 15個所の測点ではコアラーは堆積物の表面のみから団塊を運び上げ その下位部分には団塊は入り込んでいない。55個の測点ではより深い層準までも採取したが 団塊は表層中のみ存在した。18個の測点では団塊はコアの表層にもさまざまな層準にも見出された。17個の測点では団塊は堆積層(通常1~3mの長さのコア)の中だけに見出された。

このように 91個のコアのうち74個の場合に堆積物表層中に団塊が存在し 35個の場合にコアの1つあるいはいくつかの層準に見出された。これらのデータは堆積層中の団塊の存在がかなりいちじるしい頻度であることを立証している。“ビチャージ”号第29航海の資料によると 太平洋北東部の海底から採取されたコアの中で直径1~6cmのサイズの分散状の団塊が3mの深さまで見出された。

太平洋中央部における団塊の垂直的分布の特殊性についての興味深いデータが“ビチャージ”号第34航海のさいアンドルシチェンコ(ANDRUSHCHENKO)によって得られた。この地域における堆積物中の分散状団塊は7.5mの深度まで存在し そのさい大口径(19cm)コアラーによって採取された一連のコア中で 団塊にいちじるしく富んだ間層が発見された。たとえば 測点5112では団塊は赤色粘土中の間層として0~20cmおよび60~100cmの層準に多量に存在していた。測点5114では最大径2.5cmのサイズの団塊がコアの最上部に含まれその他に下部の130~150cmの深さに直径5cmのサイズの団塊に富んだ間層が見出された。測点5139ではコアの上部層準に多くの微小団塊が存在した。それに加えて玄武岩の碎片と団塊に富む間層が105~115cmの層準に識別された。団塊と岩片はここでは堆積物の20~30%を構成している。3×5cmサイズの板状団塊がまた745cmの深さに見出された。

上にあげた資料は団塊が太平洋の海底の表面だけでなく 海底堆積物の成層中にも広範に分布することを証明している。この場合 団塊濃集層は堆積層の種々の層準に偏在することがわかる。このようにして 大洋の地質時代において 鉄・マンガン団塊の生成にとってさまざまな度合の好ましい諸時期があったということが推論できる。(つづく) (訳者は地質部)