

資 料

550.42 : 551.35 : 051 : 549.3 (266) = 81 = 956

太平洋北西部の海淵の堆積物における硫化鉄 および硫化水素の分布について*

E. A. Ostroumov & V. M. Shilov

小 西 善 治 訳

硫化鉄および硫化水素が、微生物作用によつて生成される海底における硫酸塩の還元はしばしば報告されている。極東海域では、この問題は、海洋研究所が研究を始めるまで問題として残されていた。

前論文では、筆者は、太平洋の北西部の海底堆積物における硫化鉄—水単硫鉄鉱、 $\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ —の生成を伴う硫酸塩の還元過程の存在を明らかにした。この論文では、公海(open sea)側の海淵から始まる堆積物の水単硫鉄鉱の分布を主としてとりあげた。しかし海淵自体の堆積物における硫酸塩の還元問題は単に一般的な形で取り扱った。しかし現世の地向斜帯の堆積物に関する知識は一般的にみて乏しい点を考へて、この問題はそれ自体興味がある。

太平洋の西部および北西部の現世の海淵は、地向斜地帯にあたる。この地帯には、日本—本州—列島、千島列島—島弧、カムチャッカの東海岸、コマンドール、アリューシャン島嶼群が分布する。

日本海溝の底質堆積物は、粘土質の低度の珪藻泥からなり、そのなかには主として火山灰源の淤泥が混在している。

千島、カムチャッカ海溝の堆積も、また主として低度の珪藻泥からなり、そのなかには火山灰が混在している。アリューシャン海溝の堆積物は、低度の珪藻泥で代表される。

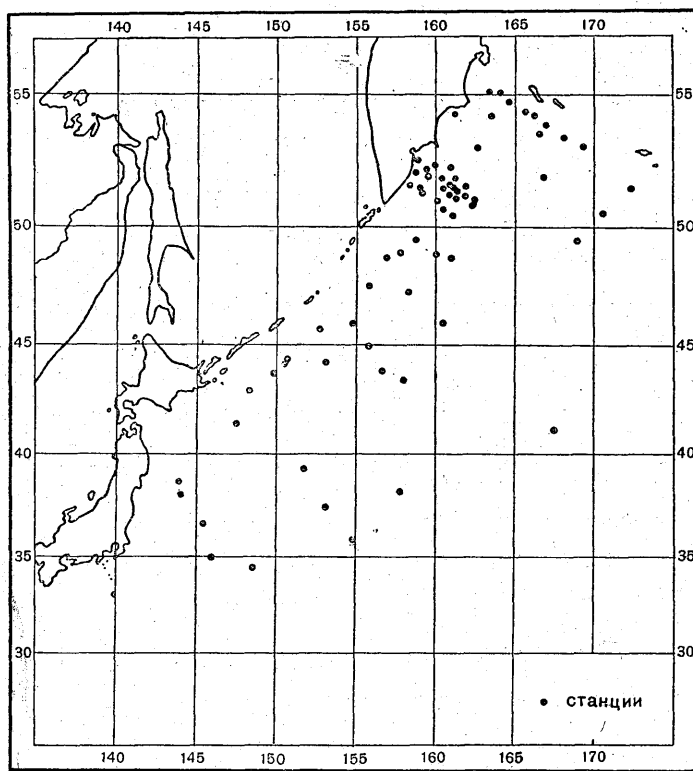
上述の海溝の底質堆積物研究によつて、堆積物には、水硫化鉄—水単硫鉄鉱—および硫化水素の存在することが確認されている。この種の現象はきわめて重要である。すなわち堆積物の総合連続変質作用性の変移過程は、酸化、還元反応と密接な関連性があるから、この領域の研究は、海底の自生鉱物生成を理解するために、きわめて重要である。海溝では、還元過程は、有機物質が堆積するために、堆積物の表面にきわめて近い部分にすでに始まる。褐色を呈する堆積層の上部酸化帯は、それ自体薄い被膜で代表され、その厚さは mm 程度である。ある場合例えば日本海溝では、上部酸化帯が数 cm に達する地域に 出会う。すでに述べたように、まず第一に鉄の還元が始まり、還元過程の発達にさらに進行すると、硫酸塩の還元が始まる。

硫化鉄および硫化水素の生成と存在とを研究するためには、柱状断面の各層準の堆積物をこの面から検討することが必要である。この目的のために、この地域に最も特徴的な海溝地域から試料を採取した。

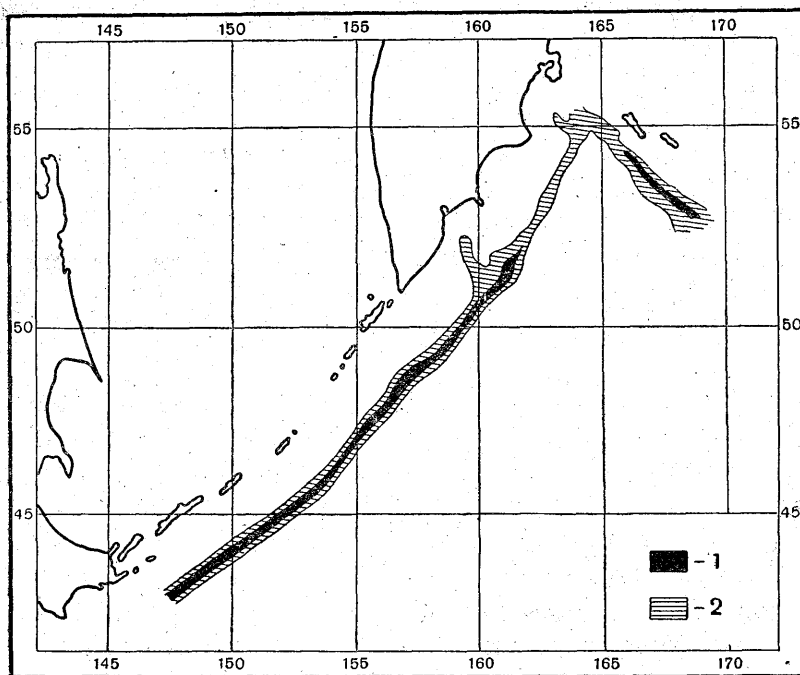
採取試料は特殊の pipe に入れ、空気はいらないように栓をした。求められた試料は、分析に附し、水分、硫化硫黄—水単硫鉄の形態で結合している硫黄—を決定した(乾量計算による)。しかしある種の試料については、さらに pH 値、酸化第一鉄、遊離硫化水素、炭酸塩類、有機物質の炭素をも決定した。水単硫鉄鉱が堆積物中出现する観測点および(多くの場合)遊離硫化水素のみられる観測点は、それぞれ第 1 図に示されてある。

千島、カムチャッカ海溝およびアリューシャン海溝の堆積物の水単硫鉄鉱と硫化水素との分布図を基礎にしてつくられた試料の量的研究データは第 2 図にかゝげられてある。この図には、硫化硫黄(水単硫化鉄の硫黄)の含量が 0.004 % 以上に増大する堆積物の占める地域が示し

* Остроумов, З. А. и В. М. Шилов: Распределение сернистого железа и сероводорода в отложениях глубоководных впадин северо-западной части тихоокеана, Академия Наук СССР, Геохимия, № 7, 1956

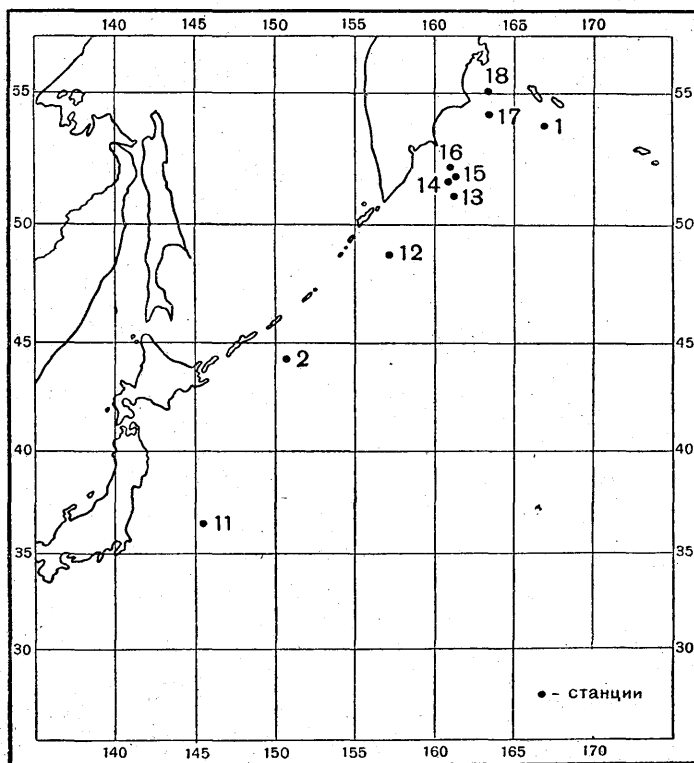


第1図 堆積物中に硫化硫黄, 多くの場合には遊離硫黄の形で発見される観測点



第 2 図

1. 堆積物が水単硫鉄鉱および硫化水素を含む地域
2. 堆積物が水単硫化鉄鉱を含む地域



第 3 図 観測点図、本報告の記載はこの観測点の基底堆積物の研究成果によるものである

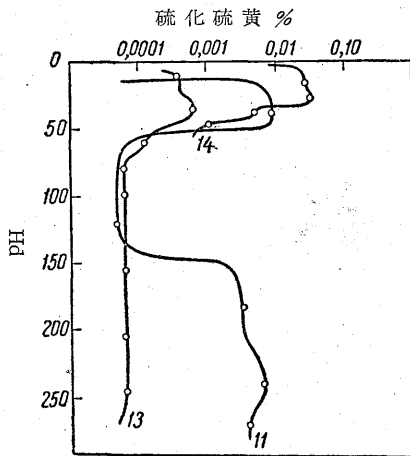
である。第 3 図には、海溝地域の多くの観測点で採取された最も典型的な試料の研究結果が示されてある。

表および図面上に記載されてある観測点の番号は、仮観測点である。表中の () 中の番号は真観測点の番号である。

表中の記載は、研究試料の分析値と特性とがあげられている。さらにこの値を基にして、半対数紙上に硫化硫黄—水単硫化鉄の硫黄—の値を投影して分布曲線を求めた。pH の値が同時に決定されている場合には、mm 刻の半対数紙にこの値を投影し、変動曲線を求めた。この曲線と水単硫化鉄の分布曲線とを比較することによつて、相互の関連性を追跡する可能性が与えられた。12 観測点では、この種の値以外に有機物質炭素の分布曲線と CO₂ 曲線を求めた。

日本海溝地域

観測点 11 (3213) : 柱状断面における硫化硫黄の分布曲線(第 4 図)は、硫酸塩の還元過程が 15 cm の箇所からすでに強度に開始されることを示している。52 cm 層準からは底質泥は、粘土質—淤泥質に移行し、硫化硫黄の含量は低下する。さらに約 150 cm 層準からは、底質泥は、粘土質に移行し、硫化硫黄の含量はふた

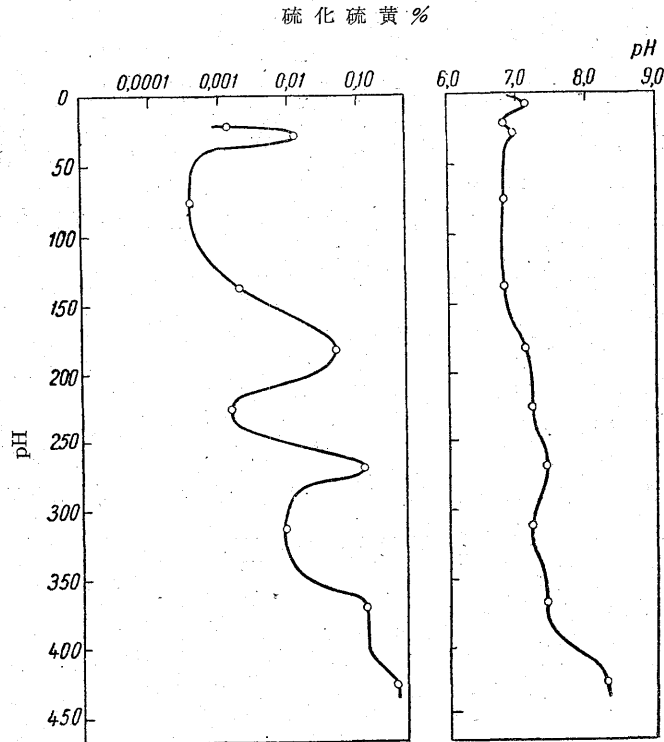


第 4 図 観測点 11, 13, 14 柱状断面における硫化硫黄と pH 値の分布曲線

び増大する。日本海溝の堆積物は、遊離硫化水素を含む。採取試料中では遊離硫化水素は、200 cm 層準以下で出現し、その含量は、海底泥の水分を考慮に入れると、0.002~0.004 % の範囲内である。

千島, カムチャッカ海溝地域

観測点 2 (3177) : 柱状断面における硫化硫黄の分布曲線は、硫酸塩の還元過程が 15 cm 層準からすでに強烈に始まることを示している (第 5 図)。しかしその分布は不規則であるが、一



第 5 図 観測点 2
硫化硫黄と pH 値の分布曲線

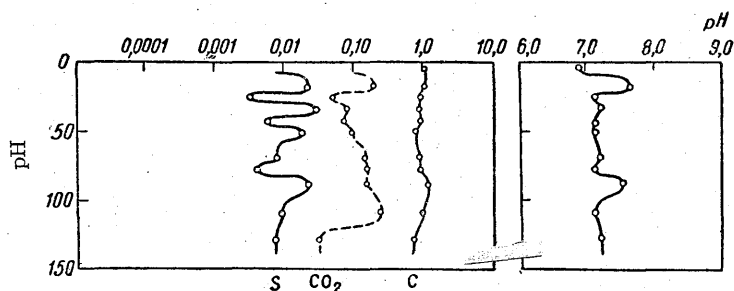
般には、游泥を含む底質泥では、硫化硫黄の含量が低下し、粘土質泥および粘土、珪藻質泥では上昇する。このような現象を示すのは、堆積物の泥質部分 (pelitic fraction) が比較的有機物質に富んでいるためである。264~274 層準および 320 層準以下では、底質泥が硫化硫黄で富化されているのは、游泥および砂を含む上位の層準からの水単硫化鉄の移動によるものである。遊離硫化水素は 350 cm 層準以下に出現し、その含量は約 0.005 % (泥の水分を考慮に入れて) である。

この柱状断面についてはさらに pH 値を決定した。有機物質が分解すると、分解産物は pH 値を高める。硫化硫黄の分布曲線と pH 値の変動曲線とを対比すると、多くの場合、硫化硫黄の含量と pH 値との増減には相関関係が認められる。このような相関関係は、硫酸塩の還元過程において生じる有機物質の分解産物の役割を強調している。223~232 cm 層準では、この種の関連性が認められない。このような現象は、水単硫化鉄が本層の形成後に下部層に移動したことによつて説明できるであろう。

観測点 12 (3257) : 柱状断面における硫化硫黄の分布曲線は、硫酸塩の還元過程がすでに 10 cm の層準の堆積物の上部層で始まっていることを示している。遊離 H₂S はすでに 15 cm 層

資 料

硫化硫黄; 有機物質の炭素, 炭酸塩



第 6 図 観測点 12

硫化硫黄, 有機物の炭素, 炭酸塩の分布曲線と pH 値の変動曲線を示す

準で出現している(第6図)。

各層の水単硫化鉄の分布は、有機物質の分解産物の分布に左右されるようである。このことは、pH の変動曲線で裏付けられる。47~53 cm 層準では、硫化硫黄の含量増加が pH 値と一致していないのは、その含量が約 0.01 % に達する遊離硫化水素の著しい増大によるものようである。

第 6 図には、有機物質の炭素および炭酸塩の分布曲線がかまげられてある。各層にみられる硫化硫黄の含量の変動は、有機物質の炭素含量のそれと一致しているが、2, 3 の層準では、この種の相関関係が認められない。CO₂ の含量に関しては、硫化硫黄と CO₂ との含量変化との間には一定の相関関係が認められない。このような相関関係は、柱状断面長の初めと最後の 1/3 の箇所(層準)とにのみ認められる。

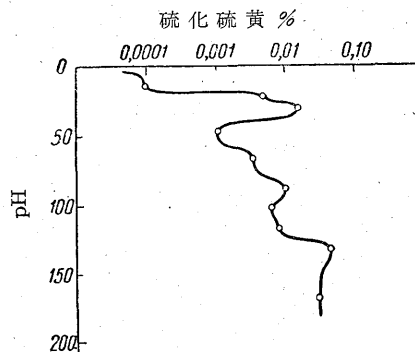
観測点 13 (3273) : 柱状断面における硫化硫黄の分布曲線は、硫酸塩の還元過程が堆積物の上位層、すなわち 7 cm 層準で始まり、30~45 cm 層で極大に達することを示している(第 4 図参照)。硫化硫黄の含量はこの層準から低下し、65 cm 層準では、含量は 0.00005 % (< 0.0001 %) オーダに減じるが、その層準からはその値は不変である。硫化水素の最大量は 240 cm 層準で認められる。

観測点 14 (3381) : 柱状断面における硫化硫黄の分布曲線(第 4 図参照)は硫酸塩の還元過程が堆積物の上位層—約 2 cm 層準—to 始まっていることを示している。硫化硫黄の極大値は 22~29 cm にみられ、その層準からその含量は急速に低下している。5 cm 層準から 43 cm 層準までは、遊離硫化水素を含み、14~20 cm 層で濃縮度は最大となり、0.01 % を示す(底質泥の水分を考慮に入れて)。

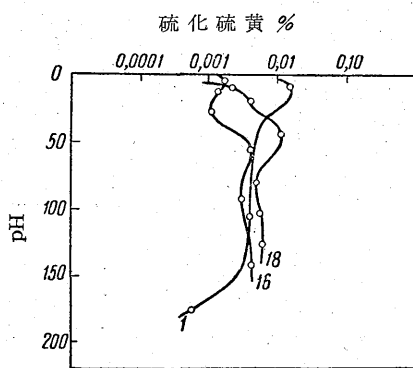
観測点 15 (3388) : 柱状断面における硫化硫黄の分布曲線は、硫酸塩の還元過程が堆積物の上位層、約 7 cm の層準で始まることを示している。硫化硫黄の含量は、水単硫化鉄に富む間層が挟在しているので変動を示す。

アパチャ入江を横にみる位置では、含 S 底質泥地帯—その表面はきわめて薄い酸化層からなり、水単硫化鉄を含む—は、カムチャッカ側へ著しく拡がっている。千島、カムチャッカ海溝の終端地域にあたるこの地域では、観測点 16 で試料採取が行われている。

観測点 16 (3403) : 硫化硫黄の分布曲線は、硫酸塩の還元過程が約 3 cm の層準で始まっていることを示している。次で硫化硫黄の含量は低下し、30 cm 層準でふたたび上昇する。こ



第 7 図 観測点 15
硫化硫黄と pH 値の分布曲線



第8図 観測点 1, 16, 18
硫化硫黄と pH 値の分布曲線

硫酸塩の還元過程が 5 cm の層準から始まっていることを示している。硫化硫黄の含量は 44 cm 層準まで増大し、42~46 cm 層で極大に達している。

アリューシャン海溝地域

観測点 1 (3340) : 硫化硫黄の分布曲線は、硫酸塩の還元過程が約 5 cm の層準から強度に行われることを示している。しかし還元過程は次第に消失する。硫化硫黄の分布曲線はこの特性を明瞭に示している。遊離硫化水素は、100 cm 層準から 135 cm 層準に認められ、その含量は 0.005 % である。

柱状断面における硫化硫黄の分布曲線自体を比較するならば、大洋底に発達する海溝には 1 つの特性をもっていることが容易に考えられる。硫酸塩の還元過程は、堆積物に有機物質が含量の高いことと関連して、強度に行われる。しかし薄い酸化薄層で覆われている場合には、堆積物の上位層で始まる。オホーツク海の研究結果が示すように、硫酸塩の含量は、堆積物の上位層から徐々に増加して極大となり、次いで一層下位層で低下を示す。

堆積物の沈積が緩漫に行われている地域では、この種の規則性が 2~3 m の厚さの堆積物について追跡される。沈積速度の高い地域—現世の厚い堆積物層—では、硫化硫黄の含量の低下は、きわめて深い層準ですでに認められる。

千島、カムチャッカ海溝の南部では、堆積物の沈降速度が高い。例えば、観測点 2 では、436 cm 層準でも、硫化硫黄の含量曲線は減少方向に達しない。

アリューシャン海溝の堆積物では、硫化硫黄の分布曲線が、変移点をもっているから、沈積速度が緩漫(前者に比較して)なようである。すなわち 241 cm の層準から柱状断面の下方に向かって、硫化硫黄の含量の減少が追跡できる。

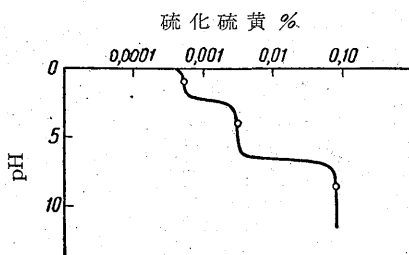
千島、カムチャッカ海溝の中部の堆積物では、有機物質の炭素は上方層に 1.20 と 1.04 % を含んでいる(観測点 2, 12)。日本海溝の堆積物(観測点 11)では 0.64 % を含んでいるが、アリューシャン海溝の堆積物では、有機物質の炭素が 0.60 % (観測点 1) である。このようにして千島、カムチャッカ海溝堆積物における有機物質の含量は、日本海溝およびアリューシャン海溝の堆積物に比較して高い。後者の堆積物には、外洋の堆積物に比較していくらか多量の有機物を含んでいる(観測点 8 (1) では有機物の炭素は 0.56 % である)。

さらに海溝堆積物は、外洋の堆積物よりも著しく多量の硫化硫黄を含んでいる。これは、酸

の海溝地域底質堆積物の特徴は、硫化硫黄の含量が上位層で著しくあがらないことである。

観測点 17 (3331) : カムチャッカ、千島海溝のこの地点では、深度 5,940 m に達し、dredge で半流体状の底質泥の試料が採取された。堆積物の柱状断面における硫化硫黄の分布曲線は、硫酸塩の還元過程が 1 cm の層準に始まり、急速に増大することを示している。海溝堆積物に特徴的なこの種現象は、曲線上に明らかに認められる(縦軸のスケールは、明確に表わすために 10 倍に拡大されている)(第 9 図)。

観測点 18 (3343) : 試料は海溝の北端から採取された。硫化硫黄の分布曲線(第 8 図参照)は



第9図 観測点 17
硫化硫黄と pH 値の分布曲線

資 料

素に乏しい環境—難通気帯条件—で分解して生成された有機物質が一定の形態で存在するためである。これに反して、外洋条件では、有機物質の分解産物は底質水塊が酸素を十分に供給するから、他の形態を示す。

柱状断面における有機物質の炭素の決定結果によると、硫化硫黄の含量と有機物質の含量との間には一定の相関関係が存在しない。すなわちある場合には相関関係がみられるが、ある場合には全然認められない。

有機物質の分解産物の1つは CO_2 である。しかし各層の炭酸塩含量もまた有機物質の分解過程—硫酸塩の還元過程に必要な中間分解産物—を示す信頼度の高い指標とならない。

多くの場合、硫化硫黄の含量の増大と平行的に、炭酸塩の含量が事実において増加する。しかし他の場合には、このような現象は認められない。これは第6図の曲線についてみられる。黒海で行われた研究成果によれば、多くの場合、有機物質に富む堆積物(層)は、きわめて僅かの硫化硫黄と多量の硫酸塩とを含んでいた。したがってこの場合硫酸塩の還元は、有機物質の含量が多いにもかかわらず、低度に行われた。

本研究の観察もまた前回の観察結果によると、硫酸塩の還元過程にとつては、分解の1階梯に対応する条件の下で明らかに生成される一定の形態の有機物質が存在することが重要である。

海溝堆積物における硫黄の分布と外洋堆積物のその分布とを比較すると、海溝堆積物における硫酸塩の還元が堆積物の最上位層ですでに始まるのが容易に考えられる。

結 論

1. 海溝堆積物では、硫酸塩の還元は、すでに上部層(平均 50 m 層準)で始まり、深度とともに急速に増大する。水単硫化鉄以外の海溝堆積物には、遊離硫化水素を含み、この点において外洋堆積物と著しく異なっている。外洋堆積物では、硫酸塩の還元は深部層中でのみ行われ、厚い酸化層で覆われている場合には、還元作用の到達深度は、ときには 3~4 m に達することがある。さらにこの種堆積物は、還元地域にみられる硫化水素を含んでいない。

2. 硫化硫黄および有機物質の炭素の存在分布の研究によつて次のようなことが考えられる。還元過程にとつては、有機物質が含有していることが必要であるばかりでなく、有機物質の分解の1階梯に対応する条件の下で生成される一定の形態の有機物質が存在することが重要である。