

546.79 (265)

## 日本島海域の太平洋海底における放射性元素の含有量について\*

V. I. Baranov, L. A. Kuzmina

小西 善 治 訳

きわめて僅か濃縮して海成堆積物中に存在する放射能元素の挙動は、海水中から沈積したマクロ成分の性質に基づく吸収・吸着過程で決定される。

放射性同位元素の大部分は、無定形珪素物質の細碎屑片かあるいは二酸化物の膠状粒子として海底に運び去られる。この種賦存状態は、Th, Io, Ra に特徴的であるが、傾度は劣るがU に対しても認められる。したがって海水から沈積して海底に吸着されている放射性化学元素とその同位元素の海成堆積物中における分布を、その規模について、また各地区について研究することは確かに興味がある。

瀬海地区では、堆積物の生成の合法則性は海蝕作用で著しく錯雑化される。

本研究の目的はソ連アカデミーの海洋学研究の探険隊が“Bityaz”号で日本列島区域の太平洋で採取した5個コアと7個の dreding 試料中の Mn, Fe, Si 含有量と Io の挙動との相関関係(従属性)を明らかにすることにあつた。この地区の海底は平均深度5,000~5,500m である。dreding sample とコア sample は、ほとんど海岸線に近い箇所(相当な深度をもっている)から始まって横断面について採取を行つた。堆積物の上方層準は一般にみられるように、暗肉桂色から淡肉桂色の色調にわたる軟泥か、または(沿海観測点3222および3443を除く)種々の粒徑をなす灰色砂地を覆う軟泥か、游泥質灰緑色軟泥で代表される。縦断面はまれに游泥を挟む灰緑色軟泥の雑色容貌を示している。層状コアは3506観測点(深度3,746 m)で求められた。この地点では軟泥の表面から140—150—160 cm の下部に粗粒および細粒游泥が認められた。

## 珪酸・鉄・マンガンの酸化物の決定法

珪酸・鉄・マンガンの決定は分析化学の普通の方法で行つた。

この種元素の存在量は第1表に示してある。

MnO の含有量はすべての試料を通じて、瀬海底観測点(3222, 3443)から深海底観測点(3476, 3495)にすすむに従つて規則的に増大し、その値は0.39から0.47%に達する。しかし深海底観測点地帯では観測点による本質的な変化は認められない。

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と SiO<sub>2</sub> の決定は5コアだけについて行つた。この含有量は本研究の主データとなっている。第1表にみられるように、堆積層上部のこの種酸化物の含有量には、僅か変動が認められるが、その変動には特徴的な規則性がみられない。

このように上部層における Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と MnO 酸化物の含有量は一定であつて、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.72%, SiO<sub>2</sub> 54.64%, MnO 0.45% (遠海(深海底)観測点)である。

SiO<sub>2</sub> と Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 酸化物の垂直分布は、瀬海地帯から相当離れた3495, 3481, 3530観測点では一定である(第1図)。この地帯のコア断面は、同種の粘土質軟泥からなっている。

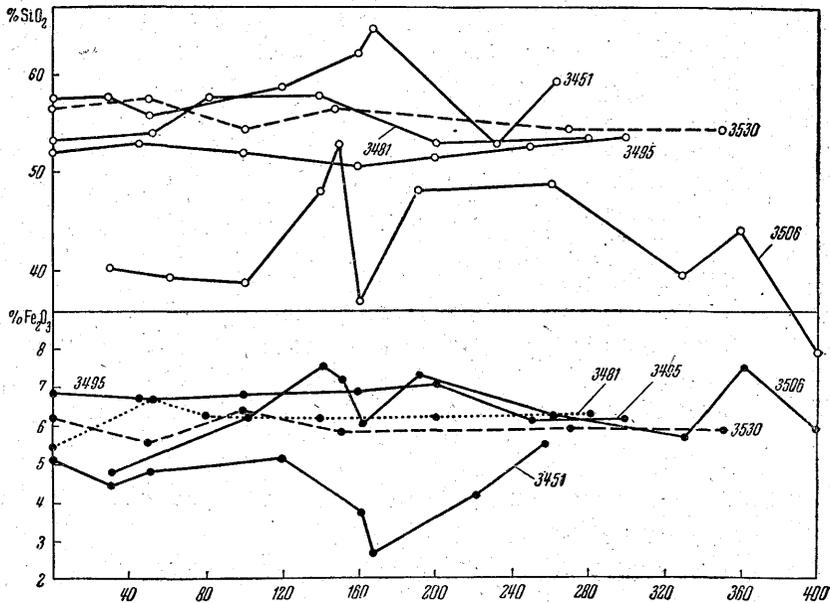
3506, 3451観測点で採取されたコアは極大変動を示している。この地帯は一層複雑な岩石組成地帯にあつている。例えば、3506観測点では、150~200 cm の深さに粗粒、細粒シルトの薄層が挟在し、320~400 cm の深さでは、シルトが粘土質軟泥中に混在し、一見して Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ならびに SiO<sub>2</sub> の含有量の変動が認められる。瀬海近くに分布する3451観測点でもシルトの間層および混在物が 166, 230cm の箇所に出現し、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と SiO<sub>2</sub> 含有量の著しい変動と一般

\* Баранов, В. И. & Л. А. Кузьмина: Содержание радиоактивных элементов в донных отложениях тихого океана в районе японских островов, Геохимия, No. 1, 1957

資 料

第 1 表

観測点	深 度 (m)	試料様式	堆積層の上部の特性	含有量		
				Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub>
3222	1455	dredger 試料	種々の粒径, 灰色	—	0.03	—
3443	1427	〃	游泥質軟泥, 灰緑色	—	0.03	—
3489	4596	〃	粘土質, 暗肉桂色, シルト, 砂	—	0.16	—
3476	5578	〃	軟泥, 粘土質, 肉桂色柔軟	—	0.39	—
3471	6076	〃	軟泥, 粘土質, チョコレート肉桂色	—	0.47	—
3456	6056	〃	軟泥, 粘土質, 褐・肉桂色	—	0.46	—
3451	5678	コ - ア	軟泥, 粘土質, 肉桂色柔軟	5.11	0.16	57.60
3481	6086	〃	軟泥, 粘土質, 肉桂色柔軟	5.43	0.30	53.26
3495	5154	dredger 試料	軟泥, 粘土質, 肉桂色, 砂シルト	—	0.47	—
3495	5214	コ - ア	軟泥, 粘土質, 暗肉桂色きわめて柔軟	6.87	0.42	52.00
3506	3746	〃	〃	4.95	0.19	40.60
3530	5024	〃	軟泥, 粘土質, 薄い層, 淡肉桂色	6.23	0.43	56.24



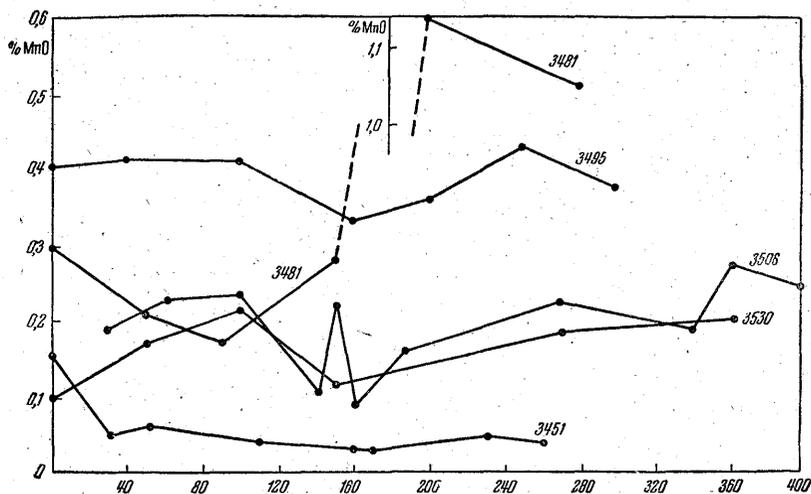
第 1 図 SiO<sub>2</sub> と Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量% (採取試料の深さ cm)

に一致している (第 1 図参照)。

MnO の垂直分布はあらゆる観測点を通じて, 著しい変動を示し, 上部層で選択的に富化されている。しかし 3481 観測点だけは MnO の含有量は 200~280 cm 層準で著しく上昇を示している (第 2 図)。

ウラン・トリウム・アイオニウムの決定

ウラン・トリウム・アイオニウム決定は, 一秤量試料について次の方法で行った。カルシウムを carrier として沈澱させたトリウムのアイソトープを化学処理し U はアルファ線 count



第2図 コア中における MnO の含有量% (採取試料の深さ cm)

第 2 表

観測点 (No.)	採取試料の位置	試料種類	含有量			適用例	
			Th γ/g	Io U単位γ/g	U γ/g	Th/U	Io/U
3471	34°03'N; 152°17'E	dredger	5.0	34.0	3.8	1.3	9
3456	34°51'N; 149°48'E	"	5.4	31.0	3.0	1.8	10.3
3495	26°16'N; 145°47'E	"	5	34.0	4.0	1.2	8.5
3222	40°47'N; 142°58'E	"	1.6	3.2	1	—	—
3489	30°06'N; 141°51'E	"	2.4	8.8	1.8	1.3	4.9
3443	40°59'N; 142°23'E	"	3.6	6.4	1.5	2.4	4.2
3476	31°29'N; 150°48'E	"	7.6	32	3.2	2.4	10
3506	23°15'N; 140°35'E	コア	6	13	2	3	7.5
3495	26°16'N; 145°47'E	"	5.4	20	1.8	3	10.1
3530	27°23'N; 131°30'E	"	6	20	1.4	4.3	14
3481	31°21'N; 145°43'E	"	6	23	2.4	2.3	9.6
3451	37°12'N; 146°52'E	"	2.2	9	1.1	2	9

により, Io は, ベータカウンターによりベータ線を決定し, Th はクツネツオの "Toron" 試薬で比色分析を行って決定した。

Io の決定は各コア試料 30~50cm ごとに行った。U, と Th の含有量は約 100cm ごとに決定した。

Th, ウランおよび Io (数例) の含有量は, きわめて少ないので, 含有量の決定精度は15~20%である。

コア試料とともに, dredger 試料中のこの種元素の決定を同時的に行った。コアおよび dredger 試料の上部層準から求められたデータを比較すると, コア試料の Io 含有量は規則通りに dredger 試料の 1/3 以下である。これは試料採取の際, 上部層が洗われ, 乱されるからである。求められた試料は第2表に示されてある。

放射性元素の存在量を見ると, 近海観測点の U, Th, Io の含有量は一層遠海観測点に比較して減少を示している。上部層の Th の含有量は  $5-6 \cdot 10^{-4}\%$  の変動を示している。U の濃縮度は下部の 2~3 倍であつて,  $2-3 \cdot 10^{-4}\%$  である。Th/U 比は 1.3 から 4.3 の範囲の変

動をなし、ある程度の厳密な法則性が認められない。

$I_0/U$  のこの値は一層安定し、近海地帯の観測点を除けば、平衡単位は $\sim 10$ の変動を示す。近海観測点では、平衡単位は4に低下し、海水から沈積した沈澱物が瀕海地帯から搬入された物質で著しく dilute されていることを明らかに示している。したがってあらゆる観測点を通じて、放射能平衡の乱れが明確に認められ、 $I_0$  はウランに常に卓越している。

この現象は、海底軟泥のアイオニウム<sup>238</sup>の垂直分布の研究後に行われた沈積速度決定の基礎となつている。以下には5観測点に関する詳細なデータが述べられている。

#### 観測点 3451 (37°12'N, 146°52'E)

観測点3451は海辺から最小距離にある観測点であつて、規則通りに粘土質軟泥からなり、166 cm の深さにはシルト層が挟在し、260cm の深さにはシルトが混在している。

上部層は下部層に比較して U, Th,  $I_0$  が若干乏しい。

岩石組成と放射性元素の含有量は第3表に示されてある。

第 3 表

深 さ (cm)	含 有 量			特 性*
	Th $\gamma/g$	$I_0$ U単位 $\gamma/g$	U $\gamma/g$	
0	2.2	10	1.2	粘土質軟泥, 肉桂色, 軟質
30	—	13	—	〃 灰色, シルトが混在する
52	—	9.1	—	粘土質軟泥, 灰色, 均質
166	—	3.8	—	シルト間層
230	—	8.8	—	灰色, 粘土質軟泥, シルトが混在する
260	2.4	4.4	2.0	灰色, 粘土質軟泥, シルト間層

\* 試料採取当時(水分含有状態)の記載による

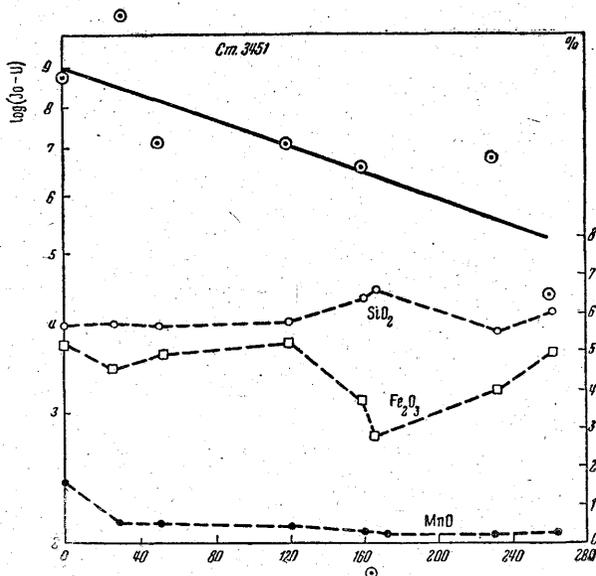
$I_0$  含有量が 166—260cm の深さで著しく減少するのは、シルト層が出現することで説明できるであろう。 $I_0$  の含有量はこの層準で特徴的にみられる  $Fe_2O_3$  含有量の低下と  $SiO_2$  濃度の上昇とに同時に対応している(第3表)。

上部層における  $I_0$  の不足は、上述の酸化物の含有量が次層よりも若干高いので化学的には説明できない。

Kröll の記載 (Repts, Swedish Deep-Sea Expedition, 1947—48, 10, No. 1, 1—32, 1955) によれば  $I_0$  の含有量は三二酸化物の1つ、例えば  $Fe_2O_3$  に普通入れられ、次にコアの深さ(単位 cm)と  $I_0/Fe_2O_3$  との比の相関関係を半対数図表に投影して軟泥の沈積速度を算出している。この場合  $I_0$  の濃度からは軟泥中に含まれているウランの壊変で生成される部分を控除している。

3451観測点のデータについて類似の算出手続を施したがなんらの肯定的な成果が得られなかった。反対に、 $I_0/Fe_2O_3$  比で求められた曲線は、 $I_0$  固有の壊変曲線で求められたものと比較して著しいバラツキを示している。したがって海底への  $I_0$  の沈積過程は三二酸化物ばかりでなく、現在まだ明らかにされていない他の因子で決定されることが考えられる。例えばシルト間層はあらゆる観測点を通じて  $I_0$  の含有量が低いから、粒径が重大な影響を与えることが推測される。したがって  $I_0$  の賦存深度と濃度との(相関)変化曲線を求めて沈積速度を算出すれば一層正確な値が得られる。

この曲線は第3図に示されてある。160と240層準に対応する点では曲線が低下する。このような現象を示すのはすでに述べたように、シルト層が挟在していることで明らかである(したがってこの点の値は沈積速度の算立にとり入れられない)。沈積速度の計算は中和曲線(Neutralized Curve)によつている。データのバラツキの大きいのは、岩石組成の多様性度が高く、時間層序における堆積物の沈積速度が異なつているためである。この種中和曲線によ



第3図 3451観測点における MnO, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量% (採取試料の深さ cm)

れば、精度が高いとはいえないが、一般的な形態で軟泥の沈積速度を評価することができる。求められた平均速度は1 cm—350年にあたっている。

観測点 3481 (31°21'N; 145°43'E)

本観測点は海岸線からさらに離れた地点にあつて、その地点のデータは第4表に示されている。

第 4 表

深度 (cm)	含有量			岩石学的組成
	Th γ/g	Io/ U単位γ/g	U/γ/g	
0	6	23	4.0	粘土質軟泥, 肉桂色, 軟質
50	—	12	—	淡肉桂色, 軟泥, 均質, シルトが混在する
85	—	4.7	—	暗肉桂色, 軟泥, シルトが混在する
150	5.8	11	2.1	粘土質軟泥, 淡肉桂色
200	—	7	—	粘土質軟泥, 淡肉桂色
285	5.6	7.6	2.5	粘土質軟泥, 淡肉桂色

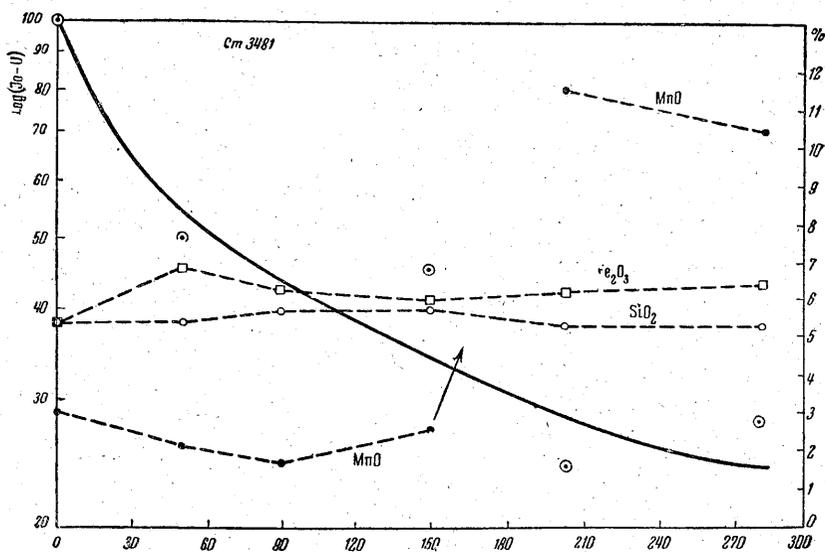
すでに述べたように本コアでは、酸化鉄と珪酸との含有量はかなり一定しているが、MnOの濃縮度は下部層で著しく上昇してくるのが特色となっている。Thの含有量は一定し5.5・10<sup>-4</sup>%の変動を示す。

85cmの深さではIoの濃縮度が著しく低下している。この現象は他のコアと同様シルト混合物が出現しているためであろう。

Ioの濃縮度—深度グラフからみれば、本コアの沈積速度は1 cm—1000年に相当することを示している(第4図)。

観測点 3506 (23°15'N; 140°35'E)

本観測点は岩石組成が複雑である。深さ140~190 cmの箇所では、粗粒・細粒のシルトが出現するがこれと同時にSiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnOの含有量の変動する。Th, IoとUの含有量は第5表に示してある。



第4図 3481 観測点の MnO・SiO<sub>2</sub>・Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量% (採取試料の深さ cm)

第 5 表

深 さ (cm)	含 有 量			岩 石 組 成 の 特 性
	Th γ/g	Io U単位 γ/g	U γ/g	
30	6	13	2	} 粘土質軟泥, 淡灰色, シルトが混在する
60	—	10	—	
100	4.6	10	3.4	} 粗粒, 黒色シルト 細粒シルト " "
140	—	6.6	—	
150	—	6	—	
160	—	5.1	—	
185	—	5.9	—	
270	—	5.8	—	} 粘土質軟泥, 淡肉桂色, 均質
340	—	5.5	—	
360	—	6.3	—	} 粘土質軟泥, シルトが混在する 粘土質軟泥
400	3.8	2.6	2.2	

第5表からみられるように、このコア柱では Th と U との含有量は不定である。Io/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> または Io/MnO の比から曲線を求めると著しいバラツキが認められる。平衡ウラン数を除外して、Io の変化によって沈積速度を算出すると 1 cm—700年の値が求められる (第5図)。

**観測点 3530 (27°23'N; 131°30'E)**

3530観測点では、著しく均質の薄い粘土質淡肉桂色軟泥が認められる。SiO<sub>2</sub> と Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量の変動範囲は小さいが、上部層準の MnO の含有量のみは次層の2倍以上に達する (第6図, 第6表)。

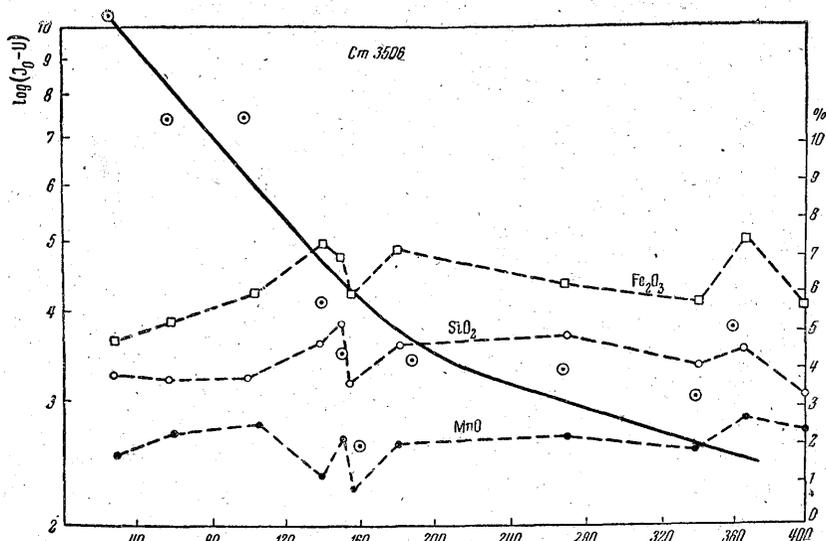
Th の濃縮度は一定で、 $6 \cdot 10^{-4}$  %である。

平均沈積速度は 1 cm—1000年である。

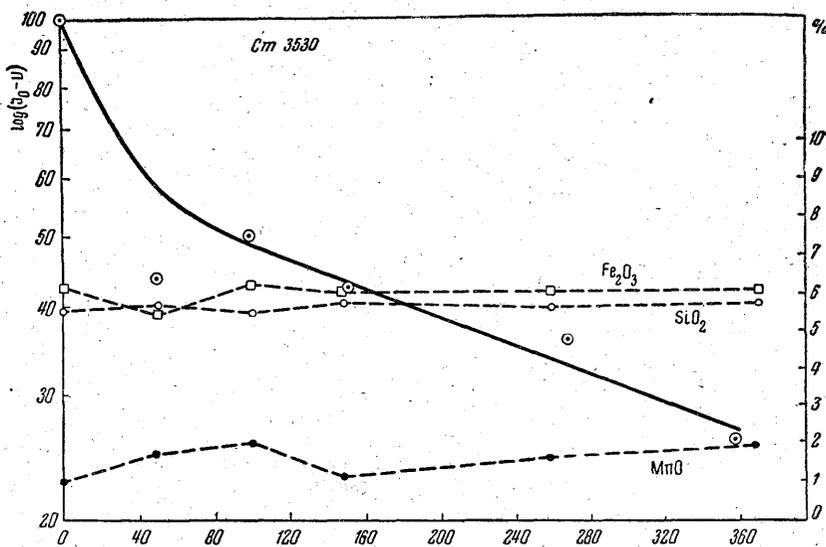
**観測点 3495 (26°16'N; 145°47'E)**

3495観測点のコア柱は、實際上全縦断面にわたつてきわめて軟質の粘土質暗肉桂色軟泥からなるのが特色となっている。SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO の含有量の変動範囲はきわめて低く、

Th の含有量の値もまたほとんど一定を示す。



第5図 3506観測点における MnO, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量% (採取試料の深さ cm)



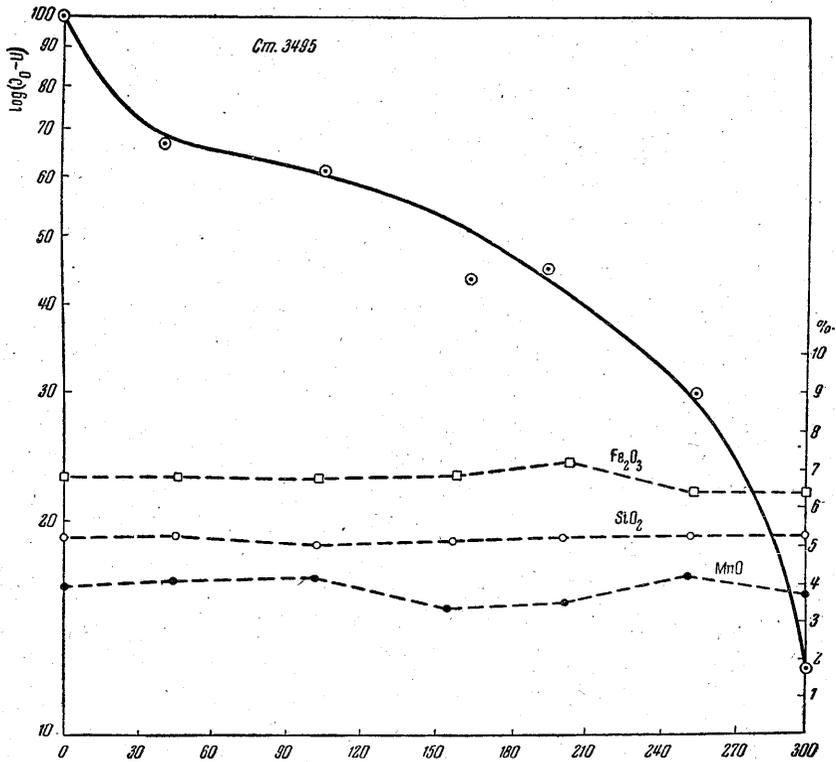
第6図 3530観測点における MnO, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量% (採取試料の深さ cm)

第 6 表

深  さ (cm)	含 有 量			特 性
	Th γ/g	Io U単位 γ/g	U γ/g	
0	6.0	20.0	1.4	粘土質軟泥, 薄い淡肉桂色を呈する
50	—	10.0	—	〃
100	—	11.0	—	〃
150	6.0	10.0	2.6	〃
270	—	8.5	—	〃
360	6.0	6.7	1.8	粘土質軟泥, 淡肉桂色を呈する

資 料  
第 7 表

深 さ (cm)	含 有 量			特 性
	Th γ/g	Io U単位 γ/g	Uγ/g	
0	—	20.0	—	粘土質軟泥, 暗肉桂色きわめて軟質
40	5.4	14.0	1.8	〃
100	—	13.0	—	〃
160	5.8	9.6	2.5	〃
200	—	10.0	—	〃
250	5.3	7.0	1.0	〃
300	—	4	1.0	軟土質軟泥, 暗肉桂色, 軟質



第 7 図 3495 観測点における MnO, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量% (採取試料の深さ cm)

1 g (Io-U) と深度との相関関係式ならびに 1 g (Io-U)/MnO と深度との相関関係式で求められた曲線は、一放射性元素の典型的な衰変例を示している。この式で算出された沈積速度は 1 cm—460 年にあたる (第 7 表, 第 7 図)。

結 論

求められたデータの分析結果によれば、コア柱を特色付ける共通の法則が認められる。まず全コアについていえば、Th の含有量の変動領域はきわめて低く、Th 同位元素、特に軟泥層中の Io 同位元素が移動しないことが考えられる。この仮説は、海底に両同位元素が同一方法で出現する条件の下でのみあてはまる。シルト層では規則的に Io の含有量の顕著な低下が認められる。この現象は粘土質の軟泥薄層中で Io が卓越的に増大することを示している。さらに雑多な岩石学的組成をもつコアアでは SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO の含有量の著しい変動がみ

られる。I<sub>0</sub>の濃縮度を I<sub>0</sub>/MnO または I<sub>0</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で表わし I<sub>0</sub>の含有量の補正を行う分析方法は肯定的な結果が得られない。反対に I<sub>0</sub>の絶対値は深さに比例して一層規則的に減少する。この現象は海底泥中における I<sub>0</sub>の沈澱増加が三二酸化物の単純な吸着よりも一層複雑な機構(上昇)によることを示している。

グラフ上に表われたデータによれば、大きなバラツキが認められる。この現象は多くの場合、深度に比例して I<sub>0</sub>の濃度が規則的に低下する傾向を示すものでなく、むしろ I<sub>0</sub>の減少傾向を意味している(3451観測)。このことは一方では相当高い沈積速度(1 cm— 350年)で、他方ではコアの岩石学的組成がきわめて雑多である点で説明できる。

第2の状態(組成の雑多)は3481と3506観測点のコアデータが大きなバラツキを示すことで明らかである。

3530と3495観測点のコアでは一定の岩石学的組成に対応してバラツキ度が著しく低い。求められた沈積速度値は1 cm— 350~1000年の範囲の変動を示す。

太平洋の公海海域から採取された赤色軟泥のコアに対して Ra 法(Kröllの前掲文献参照)で求められた沈積速度が1 mm 1000年と決定されている点からみれば、本データの1 cm— 1000年は一般的な沈積概念と矛盾していない。これは本調査のコア試料が常に一層高い沈積速度を示す近海海域から實際上採取されている点に留意すれば明らかである。