

志摩國生浦灣の底質分布の原因と

それによつて知られる海底水の流動

奥村和夫

昭和十年八月、十一年四月及び十二年一月の三回の野外作業と其の後に付た實驗の結果により、志摩國生浦灣オウツラの底質分布とその原因に關して若干の考察をなし、更に沈積輪廻(Cycle of Sedimentation)の考を検討してみた。

生浦灣は鳥羽の南東約五軒にある小灣で、一〇〇米突内外の丘陵に取圍まれ、流入する河川には大きいものは全くない。

海底地形

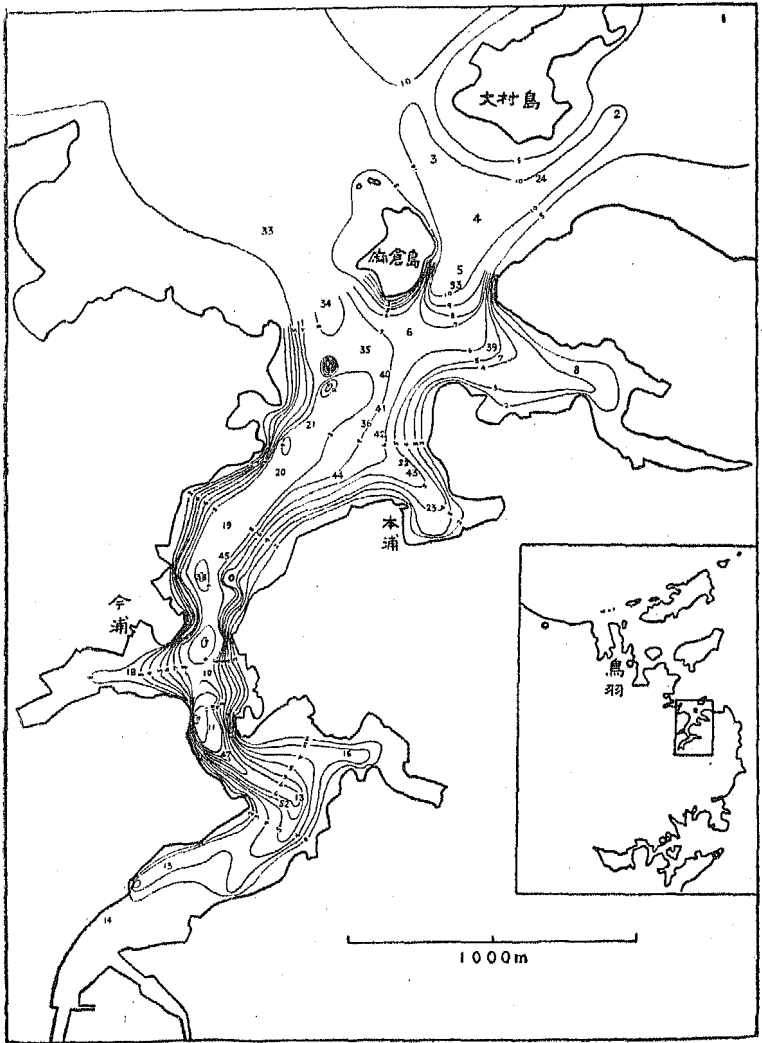
麻倉島オガラ以内の灣内に於いて一〇六箇所の測深を行ひ深度圖を作成した(第一圖)。潮位の變化の更正には次の様な方法を用ひた。先づ測深時

刻を記録し、一方本浦モトウラの突堤で三十分毎に潮位を測定して潮候曲線を描き、兩者を比較して潮位の更正をするのであるが、本浦突堤の高度を測定しなかつたから、海圖或は地形圖の基準面よりの深度を知ることが出来なかつた。それ故同じ日に鳥羽港驗潮儀の示した潮候曲線の最高潮位と本浦に於ける潮候曲線の最高潮位とが同一水準であると假定し、一方鳥羽港驗潮儀基準面と東京灣中等潮位とを比較して、東京灣中等潮位よりの最高潮位の高さを知り、したがつて東京灣中等潮位下の深度を求めることが出来た。

第一圖 生浦灣深度圖

(東京湾中等潮位下水深)

志摩國生浦灣の底質分布の原因とそれによつて知られる海底水の流動



今第一圖を見るに、灣の大部分は一〇米突以浅で、僅かに灣の中部の幅のせばまつた附近に於いて一〇米突以深が見られる。樹枝狀に分れた各支灣の灣奥は甚だ浅く干潮時には全く干上がる。灣口の麻倉島によつて分けられた東西兩水道の部分は深くゑぐられてゐる。尙東西兩水道の中、東の方が西の方よりも深度が大である。

底質採集及び機械分析方法

灣の内外で丸川式採泥器により五〇餘箇所の底質を採集した。この底質の篩分けによる粒度分析を行つたのである。底質には泥質のもの甚だ多く、乾燥して後篩分けすることは底質が凝固するため困難であつたから水篩した。尙水篩の前に約三十分間試料を攪拌器で攪拌した。篩は丸川式砂泥淘汰器を用ひたが、micro-metreによつてその網目の大きさを測定した。結果は次の如くであつた。

5mm, 3mm, 1mm, 0.5mm, 0.2mm

これらの篩の上に残つたもの及び〇・二粒の目

を通過したものを合はせて、次の如き六階級に粒度を區分することが出来た。

I	II	III	IV
>5.0mm	5.0-3.0	3.0-1.0	1.0-0.5
V	VI		
0.5-0.2	<0.2		

分析した試料の總重量は三〇瓦前後のものが多し。かく水篩したものを乾燥せしめ秤量して各階級の重量の百分率を算出した結果第一表を得た。

尙、水篩の際最後の篩(〇・二粒)を通過した物質は勢ひ多量の水を含むこととなり、その水を蒸發せしめる事は甚だ面倒である。それで本實驗では、篩分け後二〇時間ビーカーに入れて放置した上で、上澄液を取り去つて乾燥せしめた。念のため二種の試料に就き、サイフォンによつて棄てた上澄を更に二〇時間放置し、沈澱した物質を乾燥せしめて秤量し、これを加へて起る百分率の變化を驗してみた。その結果、第六の階級に於いて夫々〇・二%、一・〇%の増

第一表 生浦灣底質篩分表

底質番號	各 階 級 の 百 分 率					
	I >5mm	II 5mm— 3mm	III 3mm— 1mm	VI 1mm— 0.5mm	V 0.5mm— 0.2mm	VI <0.2mm
1	0.0%	0.0%	1.7%	4.0%	91.4%	3.1%
2	3.0	3.4	7.3	7.8	56.0	22.6
3	0.0	0.1	0.9	5.8	58.0	35.1
4	0.0	0.0	0.9	2.6	30.7	65.8
5	0.0	0.0	1.1	2.1	31.6	65.2
6	0.6	0.4	3.0	4.9	60.0	31.2
7	1.9	1.1	5.6	7.9	34.3	49.2
8	0.0	0.3	1.7	5.7	41.3	51.0
10	0.1	0.0	0.6	1.8	3.7	93.5
11	0.0	0.0	0.3	2.1	3.1	94.5
13	0.0	0.0	1.1	4.6	6.9	88.3
14	8.4	8.0	6.8	3.9	8.9	63.8
15	1.6	0.6	2.3	0.6	5.2	89.5
16	0.0	0.3	1.2	2.3	2.3	93.9
18	2.7	0.8	2.7	2.7	5.7	85.7
19	0.5	1.0	1.5	1.7	3.5	92.0
20	0.6	0.2	1.3	1.9	8.4	87.6
21	0.0	0.0	1.0	3.0	17.1	78.8
22	0.0	0.0	1.6	6.1	24.7	67.4
23	0.9	0.3	1.5	5.4	16.2	75.7
24	6.8	5.8	14.1	31.5	34.5	7.3
33	0.0	0.1	1.5	5.0	49.5	43.6
34	0.7	1.3	1.3	1.8	24.0	71.0
35	0.5	0.2	0.9	0.7	9.1	88.5
36	0.0	0.2	0.5	1.4	17.8	80.3
38	0.6	0.1	0.5	1.3	3.3	94.2
39	4.3	0.3	2.3	4.6	64.8	23.5
40	0.2	0.1	2.5	3.3	58.7	35.2
41	1.4	1.0	2.8	3.1	47.3	44.2
42	0.0	0.0	1.9	5.1	50.2	42.6
43	0.0	0.4	1.7	5.6	23.3	69.0
44	0.0	0.0	3.0	3.1	21.6	72.0
45	0.0	0.7	2.7	2.3	8.1	85.9
47	0.0	0.0	1.5	4.4	8.8	85.0
52	2.7	0.7	4.4	4.6	8.9	78.7
53	5.0	0.2	1.4	3.0	35.7	54.8

志摩國生浦灣の底質分布の原因とそれによつて知られる海底水の流動

加を來たした。この程度の誤差は本研究にあつては問題にならない。

底質の分布

今各階級別に粒度の分布状態を考察してみよう。第一、第二及び第三階級はその物質が大部分貝殻及びごみであつて、百分率も甚だ少く、その分布状態も不規則で一定の關係を見出せないから、これらは省くこととし、第四、第五及び第六階級に就いて考察を進めることとする。

第六階級（ $<0.2mm$ ）の分布——全體的にこの階級の百分率は甚だ大で、殊に灣の中部以南に於いては大部分九〇%以上を占めてゐる（第二圖）。圖により次のことに氣がつく。

一、灣口を境として灣外に著しく少く、灣内に著しく多く分布する。灣口を入れれば間もなく八〇%、九〇%の地域に入るが、灣口を出れば五〇%四〇%と急激に百分率は減少する。

二、灣内北部に於いては灣の軸を境として東部は西部に比し著しく分布が疎である。

第五階級（ $0.2-0.5mm$ ）の分布——第六階級の分布と全く正反對の分布を示す（第三圖）。灣口を境として灣外に密、灣内は著しく疎で中部以南は一〇%以下の地域である。灣北部に於いては灣の軸を境として第六階級の場合とは反對に東部は西部よりも著しく密である。

第四階級（ $0.5-1.0mm$ ）の分布——分布形態は第五階級と略等しいが、全體として百分率も少く、第五階級程分布形態も明瞭でない（第四圖）。

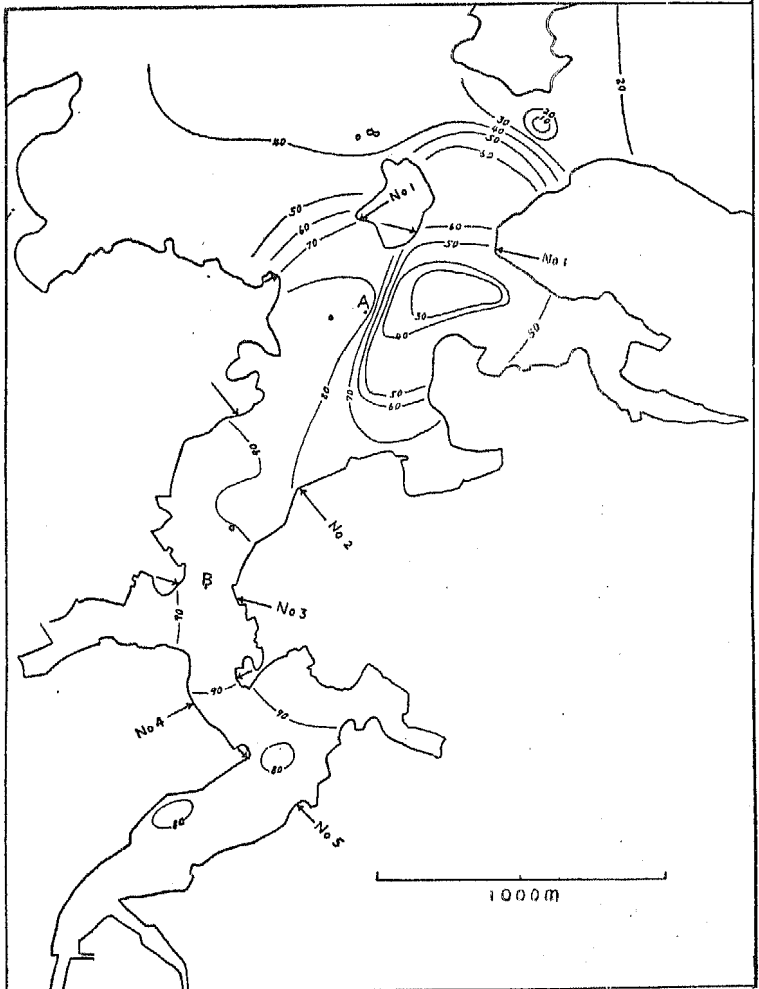
以上三階級の分布形態をみて注意すべきことは、第六階級から第五階級に移る間に大きな變化が存在することである。即ち第六階級と第四、五階級とは全く逆の分布を示す。換言すれば、灣口を境として灣外に粗物質が多く、灣内に細かい物質が多い。灣内では北部に於いて東半が西半よりも著しく底質が粗である。

底質分布の原因

次に上述の如き底質分布の原因に關して考察

第 二 圖

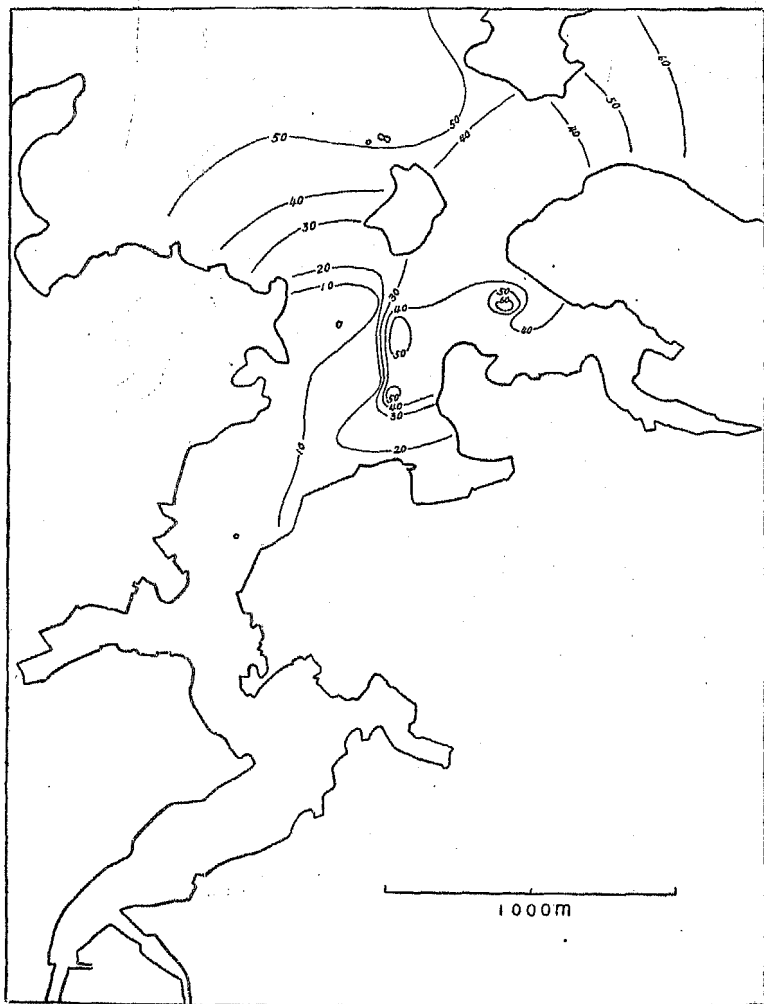
第六階級 ($<0.2mm$) の分布



志摩國生浦灣の底質分布の原因とそれによつて知られる海底水の流動

第 三 圖

第五階級 (0.5mm—0.2mm) 分布圖



地 球

第二十七卷

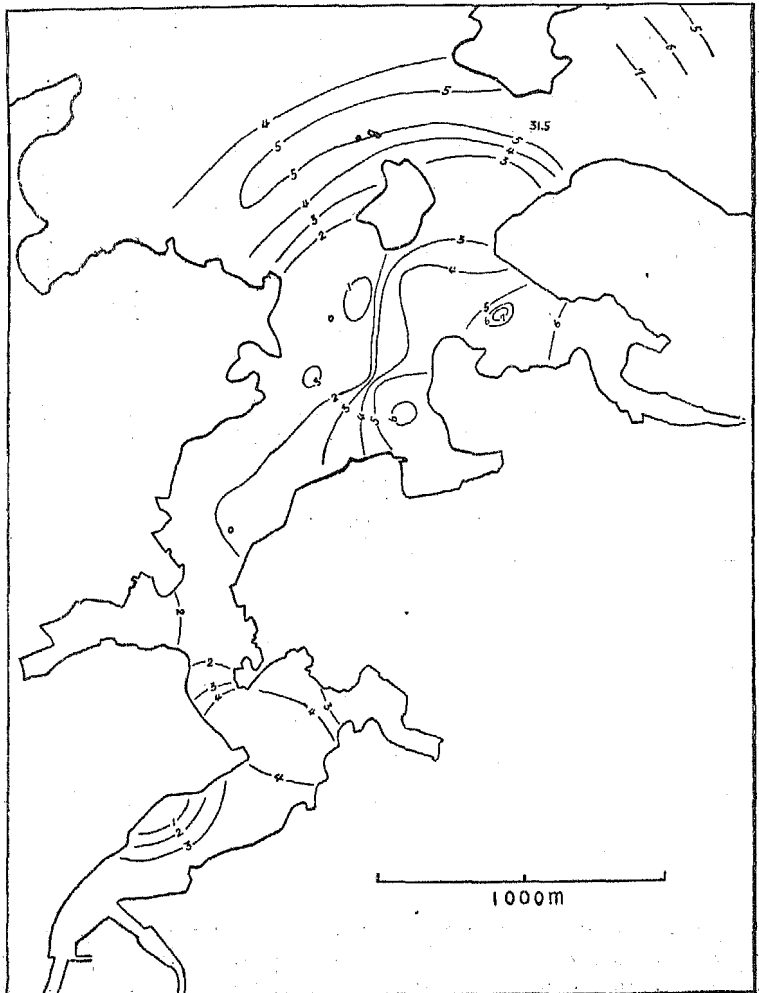
第六號

四〇

四〇

第 四 圖

第四階級 (1.0mm—0.5mm) 分布圖



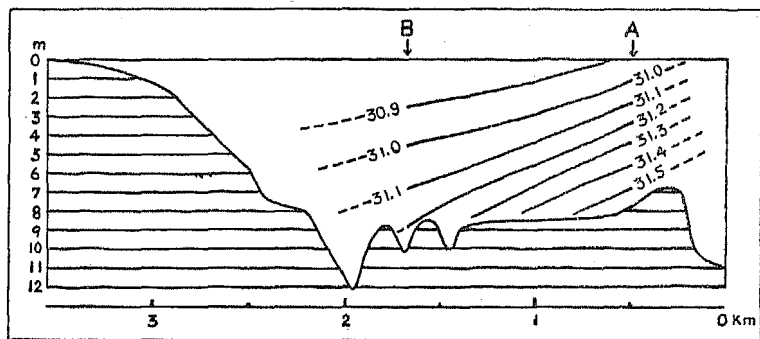
志摩國生浦灣の底質分布の原因とそれによつて知られる海底水の流動

しよう。これは主として物質の供給状態と海底水の流動による sorting とに關係するものと考へられる。

先づ河水のもつ運搬力と潮流、海流等による海水のもつ運搬力との關係を考察しよう。生浦灣にそゝく川は何れも短小で、灣に多くの物質を供給することはない。其の上河水の運搬力は海水との比重の差により灣内に於いては上層のみに限られる。したがつて灣内に川からの粗物質が堆積することは困難であると考へられる。今河水の及ぶ範圍をみるため、灣口及び灣中部の二箇所(第二圖A、B)に於いて表層水と底の水とを採り(昭和十二年一月三日、月齡二〇、落潮時の終頃)、その鹹度を驗して次の結果を得た。

A.	0m	30.91
	8m(底)	31.60
B.	0m	30.81
	10m	31.24

第五圖
灣縦断面に於ける鹹度分布



灣の長軸に沿つた断面にこの鹹度分布を大まかに記入すれば第五圖の如くなる。河水が上層部に進出してゐる状態が明かである。一方魚類、藻類の分布をみるに、河水の流れ込む灣奥部にはアジモを生じ、クロウナギ等が獲れる。之に反してエゴノ

リは灣の北部より外に、ヒジキ、ワカメは灣外、キスは灣口附近及び灣外で獲れる。

尙前述の如く灣の底質を構成する粗物質は大部分貝殻である。この貝殻は河のものでなく、又灣内海底全體に現在びつしり貝が棲息してゐるでもないから、貝殻の比重の小さいこと、考へ合はせて、これらの貝殻は海から運ばれたものと考へられる。このこと、前述の河水、海水の運搬力の差及び灣内に於ける底質の粒度分布の形態等から、灣内に於ける粗物質は主として海水の流動によつて持込まれたものと考へられる。

灣の斷面積と平均流速

底質の分布形態は主として海底水の流動状態によつて決定せられるのであるが、この流動の要素中重要なものの一つは潮流であらう。以下簡單な計算によつて灣の數箇所の斷面に於ける潮流の流速に關して推察してみよう。

先づ第二圖に位置を示した斷面 (No. 1-5)

を作圖し、プランニメータでその斷面積を測定した。

No 1	西灣口	1510 m ²	
	東灣口	2225	%
	計	3735	100
No 2		1725	46
No 3		1370	37
No 4		1405	38
No 5		840	22

西灣口斷面積 : 東灣口斷面積 = 68 : 100

次に各斷面以内の水面の面積をプランニメータで測定した。

No 1 以内	1500 000 m ²	100 %
No 2 //	735 000	49
No 3 //	545 000	36
No 4 //	425 000	28
No 5 //	215 000	14

次に灣の各斷面に於ける大潮時の平均流速を算出した。計算には下記の式を用ひた。

平均流速＝斷面以内の灣面積×大潮差

÷ 斷面積 ÷ 轉流と轉流との間の時間

大潮差は鳥羽港の一六米突をそのまゝ用いた。轉流と轉流との間の時間は六・二時間とする。かくして算出した平均流速は次の如くである。

	m/h	cm/sec	%
No 1	104	2.88	100
No 2	110	3.05	103
No 3	103	2.86	99
No 4	78	2.17	75
No 5	66	1.83	64

これらの値は平均流速であるから、斷面の各部分に就いても亦時間的にも平均された値である。上表によれば平均流速の急變は No 3—4 の間にみられる。この平均流速の急變と底質分布の急變とは場所的に完全には一致しないが、これは海水の流動現象中潮流のみを考へ、海流等を考慮に入れなかつたこと等の結果であらう。

要するに灣の北部に於ける底質分布の急變

は、灣内に入るにしたがつて海水の流動の速度が急激に減少する結果であらう。尙灣北部に於いて底質が東に粗であることは、東灣口を經由する海水の流動の速度が西灣口のそれよりも著しく大なるによるのであらう。西灣口の斷面積が東灣口のその六八%に過ぎぬことはこの事實を證據立てるものである。

實驗による海底水流動速度の推定

灣口部に於いて第六、五階級が逆分布を示すことは既に述べた。即ち灣内に入るにしたがつて、第六階級は急激に増加し、第五階級は急激に減少する。この事實は、灣口部に於ける海底水の流動の最大速度が第五階級の砂粒（〇・五粒—〇・二粒）を動かし得る最小流速に相當するものであることを示す。

依つて次の様な實驗によつて灣口部海底に於ける海水の流動の最大速度を求めた。

〔方法〕 徑六粒の硝子壘の中に第五階級の砂を入れ、水道栓の加減をすることによつて壘内

の流速を變へ得る様にした。壘内の空氣は悉く追出し水のみを充滿せしめた。尙壘の奥附近は渦動が強いから砂はなるべく出口に寄せた。かうして水道栓を加減しながら、砂粒が動き始める時及び流れ出始める時（下に受けたピーカーに砂粒の沈澱するのを見る）の流速を測定した。流速測定には、砂粒が動き始め又は流れ出始めた状態に於いて、壘より流出する水が五〇〇立方平方厘入のピーカーに満水する秒數を讀んだ。然る時は流速は簡單に計算し得られる。

〔結果〕 砂粒の動き始める流速は六回平均で 0.72cm/sec となる。流れ出始める流速は二回平均で 1.18cm/sec となる。

以上實驗によつて灣口部に於ける海底水流動の最大速度は 1cm/sec 程度のものであらうと推定される。この値は前記の計算によつて求めた平均流速の値と比べて釣合がとれてゐるものと思ふ。

尙參考のため灣口部に於ける第五、第六階級

の砂粒の平均比重 $\bar{\rho}$ を示せば次の如くである。

第六階級 ($<0.2\text{mm}$)

$\bar{\rho} = 1.76 \dots \dots$ 底質 No 5

$\bar{\rho} = 2.00 \dots \dots$ 底質 No 34

第五階級 ($0.5\text{mm} - 0.2\text{mm}$)

$\bar{\rho} = 2.57 \dots \dots$ 底質 No 6

$\bar{\rho} = 2.20 \dots \dots$ 底質 No 35

結 語

一、第四階級（一耗—〇・五耗）、第五階級（〇・五耗—〇・二耗）の砂粒と第六階級（ $<0.2\text{mm}$ ）の砂粒とは全く逆の分布形態をとる。灣口を境として第四、五階級の粗物質は灣外に急増し、第六階級の細物質は灣内に急増する。又灣北部に於いては灣の長軸の東部に第四、五階級のもの多く、西部に第六階級のものが多い。

二、灣口部に於ける底質分布の急變は灣口を経由し來たる海水の流動の速度がこの附近で急に減少するためである。灣の北部にて東半に粗物質が多いのは東灣口を経由する海水の流動現

象が西灣口のそれよりも著しいためである。

三、灣口部の底質分布が急變する場所に於ける海底水の流動の最大速度は第五階級の砂粒を動かす最小流速に相當する。この速度は實驗の結果約 1cm/sec である。

四、灣に注ぐ河川には大なるものがなく、粗物質(第四、五階級)を灣に供給することが少いこと、貝殻が海から灣内に持運ばれたと考へられること等は底質の分布形態と相俟つて本灣が主として河によつてなく海の方から埋められつゝあることを示す。

五、從來地質學上に用ひられてゐる沈積輪廻の考は灣内に於いては物質が河水によつてのみ排列されるといふ假定に基くもので、これは靜水に於ける限られた經驗に出發するものと思はれる。然るに Shepard の全世界に於ける底質分布の調査はかくの如き沈積輪廻の考が實驗に行はれてゐないことを明示し、又佐々理學士は沈積輪廻の順位によつてのみ對比を行ふことが危

險であることを證明せられた。これらは本論文に述べた如く底質が海水の流動によつて支配されることを考へれば自明のことであり、「現在に過去の鍵」である以上、現在の現象が徹底的に知られてゐなければ過去の、少くとも最近地質時代の現象は、たとへ材料を山積しても容易に解決されるものではないであらうと考へられる。

本研究には今村學郎先生及び吉村信吉先生より終始御懇篤なる御指導を賜つた。記して以て謝意を表す。

参考文献

(1) F.P. Shepard: Sediments of the Continental Shelves. Bull. Geol. Soc. Amer. 43 1932.

(2) 佐々保雄 北海道新生代層に關する二三の考察 地質學雜誌 四三 昭和二年