

地球物理

第 4 卷 第 1 號

昭和 15 年 4 月

論 說

海 底 沈 澱 物 の 研 究

I. 海鹽の細泥沈澱に及ぼす影響^{*}

理學博士 野 滿 隆 治

理學博士 竹 上 藤 七 郎

I. 緒 言

河川の運ぶ細泥が海底に於て如何様に分布堆積すべきかは、海洋學上及び地質學上極めて重要な問題の一つである。細泥沈澱の事情を明かにするには、河口の流速分布や、流れと夫れが懸垂し得る泥粒の大きさとの關係等の力學的⁽¹⁾研究だけでは不充分で、海水鹽分の沈澱促進作用などの物理化學的研究も必要である。

一般に細粒子を懸垂せる液中に少量の鹽分を加ふるとき、細粒子が速かに凝結沈澱することは既に古くより知られて居る。Weule 氏によると、既に1837—1838年に Sidell はミシシッピー河の濁水を酌んで其のまゝに放置したところ、完全に沈澱が終るに數日を要したのであるが、それに少量の鹽分を加へると數時間にして沈澱することを知つたといふことである。其の後膠質化學の進歩に伴ひ鹽類の膠質溶液に及ぼす凝固作用の研究が盛にな

* 本文は著者の一人竹上の京大在學中セミナー課題としたものに、其後の實驗をも追補して纏めたものである。

(1) 例へば H. E. Hurst: The Suspension of Sand in Water, Proc. Roy. Soc. London, A, Vol. 124 (1929), 196.

(2) Ann. d. Hydrog. u. Mar. Meteor. Vol. 24 (1910), 402.

つた。然し海水鹽分の細泥沈澱に及ぼす作用を取扱つたものは殆んどなく、僅に Bodländer⁽³⁾ が陶土濁水の沈澱を研究したのがある位である。

河水の濁度、河口附近の流速、鹽分の分布といふやうなものは容易に測定し得る故、これ等の測定材料より海底に於ける沈澱泥土の分布を推測する方法を必要とする。その爲には、細泥沈澱に及ぼす流速の力學的影響を知るのみならず、海鹽の物理化學的作用即ち

(1) 海水の鹽分量による細泥沈澱速度の變化

(2) 最初の濁度(泥量)による細泥沈澱速度の相異

の如きを豫め實驗研究して置く必要がある。

世界の海の海水鹽分量は平均35‰で、Dittmar⁽⁴⁾ によれば其の主成分は次表に示す如きものである。

成 分	海水 1 リットル中瓦數	陽イオンの Normality
NaCl	27.218	$\text{Na}^+ = 1/2.16 \text{ n}$
MgCl ₂ MgSO ₄ MgBr ₂	3.807 1.858 0.076	$\text{Mg}^{++} = 1/18.5 \text{ n}$
CaSO ₄ CaCO ₃	1.260 0.128	$\text{Ca}^{++} = 1/95.4 \text{ n}$
K ₂ SO ₄	0.863	$\text{K}^+ = 1/78.3 \text{ n}$
計	35.000	

海水の鹽分濃度は勿論各海洋により特に沿岸に於て大に異なるが、各主成分間の比率は略ぼ上表に示す如き一定値を保ち、海水鹽分の著しい特徴とされてゐる。

懸垂粒子は一般に負電荷を有するが、この負電荷が鹽分の有する正電荷により中和され、爲に粒子が相互に集合して大きな塊りとなることが、鹽分の凝結促進作用となるものと考へられてゐる。従つて海中に於ける細泥の沈澱促進は、主として Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ イオンに依るは明かである。故に吾々は更に是等各イオンの相對効果、換言すれば

(3) 細泥沈澱に及ぼす海水鹽分中の各成分の單獨作用、及びその間の相對的重要度を定むる必要がある。上述の (1), (2), (3) の目的のために次の如き實驗研究をなした。

(3) Nachr. d. Gött. Ges. d. Wiss. 267 (1893).

(4) Challenger Reports: Physics and Chemistry I, p. 189.

II. 實 驗

1. 泥 の 試 料

泥の試料として次の四種を用いた。

- 1) 京都清水焼に使用する灰色粘土
- 2) 朝鮮産の白色陶土
- 3) 京都田中の赤色土
- 4) 京都白川の豪雨後の濁水

先づ試料 1), 2), 3) は乾燥後にそれを乳鉢にて摺りつぶし、更に 0.05mm 目の篩にかけて細微の泥粒子のみを選び分ける。この泥 5 gr を一定量の水に溶き、二三日放置の後用ふる。乾燥土が十分に水を含む迄の日数を経ないと、他の条件が同一でも鹽分の各微粒子に及ぼす作用が一樣でなくなり、沈澱實驗の一樣性を失ふ恐れがあるからである。

次に斯くして得た泥水を更に純水又は既知濃度の溶液適當量と混合して所要の濃度の鹽分を含む泥水を作る。之を測定用の他の容器に入れて、濁度の時間的變化を測り沈澱の進行を知るのである。測定法としては狀況に應じ次の如き二方法を適宜採用した。

2. 實 驗 方 法

(A) 光電池を用ふる法(第一法)

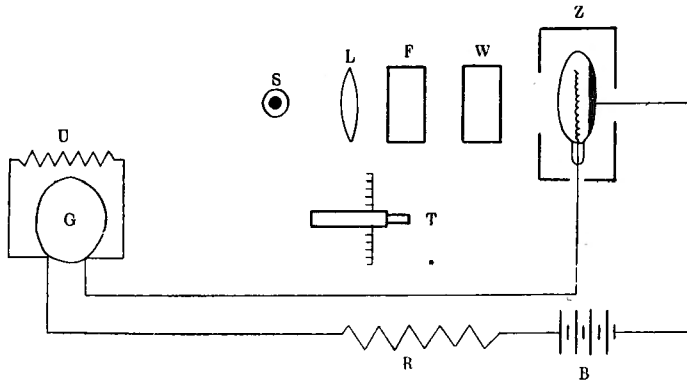
膠狀物質の凝固進展の狀況を測るには、從來一般に粘性の變化を測定してゐたが、近來は光電池を用ふる人も出て來た。⁽⁵⁾吾々も細泥の沈澱狀況を研究する第一法としては光電池を以て時間と共に濁度の變化を測定することとした。第 1 圖はその裝置を示す。

此の裝置で目的の實驗を始むる前に、豫め使用光電池の規格（即ち濁度と電流計のフレとの關係）を定め置く必要がある。依て吾々は先づ一定量の泥に種々の量の水を加へて濁度の違ふ泥水を作り、その都度手早く之を容器 W に入れて、一定光度の光源から光を送り電流計のフレを読み取る。斯の如き一聯の測定を行ふことにより、濁度と電流計のフレとの關係が得られるから、之を曲線にして此の測定裝置の規格曲線と稱し、將來は單に電流計のフレを読むだけで、容器 W 内の濁度を知るに便する。吾々の用ゐる泥は非常に微細な

(5) Lottermoser, Kolloidzeits. Bd. 15 (1914), 145; N. N. Kalitin, Ann. d. Hyd. u. Mar. Met., 1925, s. 326.

海底沈澱物の研究, I

第1圖 光電池による濁度變化測定装置



S: 200ワットの光源で、電源としては二次電池を用ひ、端電壓は抵抗器を以て調節し常に一定に保つ。

L: 収斂レンズ

F: W内の濁水中に對流の生じない様に熱を吸収せしむるフィルター

W: 試験用の濁水容器で、二枚の石英硝子板を内間隔 1.5 cm として平行に保たしめたものである。之に直径凡そ 3 cm の光束を、其の中心が濁水の自由表面下 4.5 cm の點を照す様に送る。

Z: カリウム光電池で、之を直径凡そ 2 cm の圓形窓を有する暗箱に入れる。窓は測定時のみ開く。

G: 非過期的電流計。感度 10^{-11} アンペア。

T: 望遠鏡

B: 45ボルトの乾電池

R: 約 10^5 オームの高抵抗

U: シャント抵抗

粒子より成つてゐるので、泥水を容器Wに入れ光を送り電流計のフレを読む迄の数秒間に沈澱する量は極微と思はれるから、上述の規格決定の實驗は充分の精密度を有するものと信ずる。

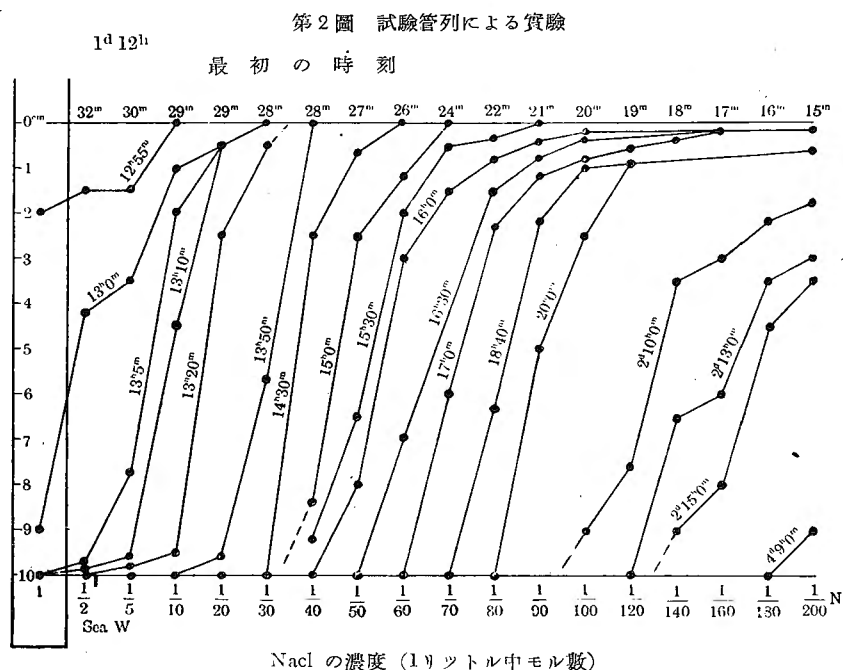
此の規格測定を終れば、始めて目的の海鹽効果實驗に移り、種々の量の泥と鹽分を含む濁水を作り、それを一つづつ容器 W に入れて、適當な時間間隔を置き電流計のフレを読む。このフレの読みを規格曲線に比較して各時刻の濁度を求め、細泥沈澱の進展狀況を知るのである。

(B) 多數の試験管を用ふる法(第二法)

第一法では、相當の鹽分があつて泥の沈澱が急速に進む場合でも、沈澱し終るまでの一回の實驗は少くとも二三時間を要する。沉んや鹽分が微量のときは、數日を經過しなければ一回の實驗が終了しないことになる。そのため泥の量を種々に變へ、又鹽分量をも種々と

り換へて、この方法にて多數の同様な實驗を繰返すには非常な勞力と日數を要することとなる。尙一回の實驗に餘り長時日を掛けるときは、その間に種々の不測の誤差、例へば光源光度の變化とか、乾電池の衰微に依る光電池感度の變化等が起る。従つて勞力の割合に満足なる結果が得られないこととなる。それ故、プリミティブな方法でも、同時に多くの實驗を行ふ必要がある。吾々は海水の透明度測定に用ふる Secchi 板と同じ原理で多數の實驗を繰返す方法をとつた。即ち試験管の一侧に他方から見透せる様な目盛尺を貼付けた。試験管としては出来るだけ太さの等しくて一様な（直徑 3 cm, 長さ 20 cm）ものを多數用意した。それに泥水の濃さや鹽分量の異なる液を入れると、初めの内は濁りの爲他方から目盛尺を見透すことは出来ぬが、時間の経過と共に沈澱が進むにつれて、上層より漸次目盛尺の目盛が読み取れるようになる。適當の時間間隔を置いて各試験管の見透せる目盛の最下部の目盛を読む。斯くて各試験管内で進む沈澱速度を測定し、初めの泥の濃さ、鹽分量の差異に依り、その速度が如何に變るかを知り得る。

第 2 圖は Na⁺ 溶液の影響を觀測した一例である。



初めの混濁度は水 1 リットルに泥 1.3 gr. 曲線に書き込んだ時間はその點に相當する目盛の見え出した時刻である。

然らば試験管の一方より目盛が丁度見え出したときの混濁度如何？

その近似値は第一法, 第二法の結果を比較して得られる。即ち光電池實驗で沈澱の進展する曲線より, 目盛の見え始むる時の混濁度を比較すればよい。

次に混濁度の一層精確なる値を知るには, 鹽分は含まぬが泥の濃さの異なる試験管數本を用意する。但し泥の濃さは上に得た近似値に大體等しいが, 少しづつ違ふ様にとる。この中の一方より丁度目盛の見えるものが, 求むる混濁度のものである。斯くて試料 1) の泥ではその値が 1.15 gr/L であつた。

勿論かゝる中間の状態を觀測の標準に取り, 完全に沈澱の終つた状態を取らないことの是非は甚だ疑問である。然し沈澱の完全に終了せる時期を精確に判別するは甚だ困難であつてその誤差は非常に大なるものである。敢へてこの方法を採用した次第である。

3. 實 験 の 結 果

(A) 第一法に依る實驗結果

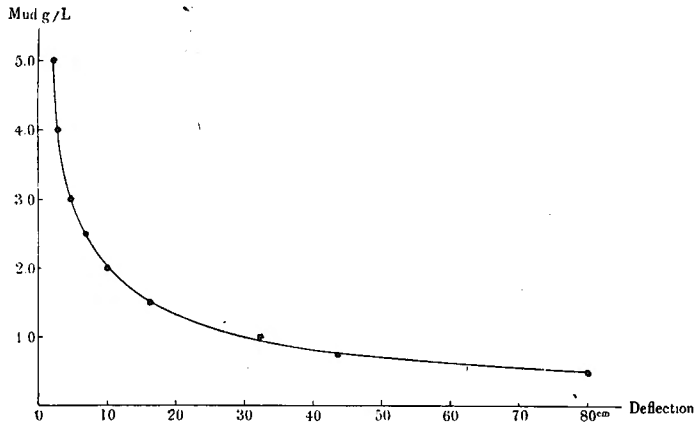
この方法にては 5 組の實驗を行つた。全然鹽分を含まぬものと, 標準海水の鹽分と同量だけの Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} 及び K^+ の一つを混じたるものとの五つである。始めの混濁度はどの場合も 5 gr/L とした。光電池の規格測定は各實驗の初めに一々行つた。第 1 表, 第 3 圖は Mg^{++} の實驗 (1) に對するものゝ結果である。

第 1 表 Mg^{++} 實驗前に行つた電流計の規格試験

泥 (水 1 リットル中互數)	電 流 計 の フ レ (cm)
5.0	2.0
4.0	2.8
3.0	4.8
2.5	6.9
2.0	10.0
1.5	16.2
1.0	32.5
0.75	48.5
0.5	80.0

海底沈澱物の研究, I

第3圖 Mg⁺⁺ 實驗直前に得た電流計の規格曲線



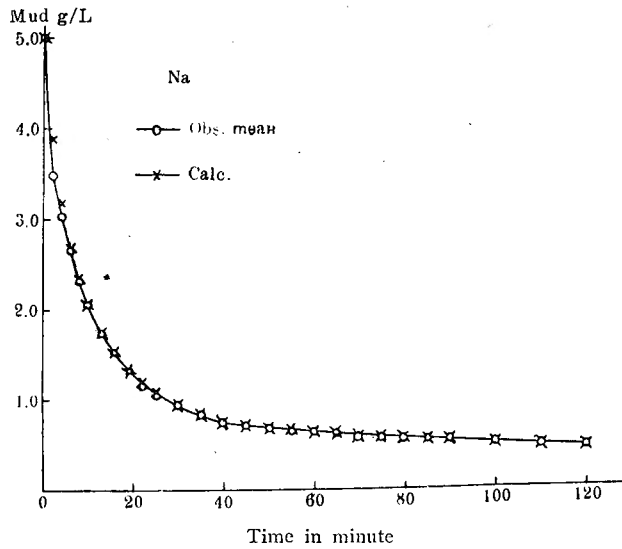
第一法に依るすべての實驗の結果は第2~6表, 第4~8圖にて表す。

第2表 Na⁺ の作用

時 間	(1)		(2)		(1)(2)の平均	
	電流計のフレ	泥 量	電流計のフレ	泥 量	観 測 値	計 算 値
min	cm	g/L	cm	g/L	g/L	g/L
0	—	—	—	—	—	—
2	3.6	3.63	4.4	3.35	3.49	3.88
4	4.7	3.13	5.7	2.90	3.02	3.19
6	5.8	2.75	6.7	2.62	2.69	2.70
8	7.3	2.38	8.4	2.26	2.32	2.34
10	8.4	2.18	10.2	1.98	2.08	2.06
13	11.6	1.80	12.7	1.72	1.76	1.76
16	15.1	1.52	15.7	1.52	1.52	1.58
19	18.2	1.35	20.8	1.27	1.31	1.35
22	22.0	1.22	25.3	1.13	1.18	1.21
25	26.7	1.08	30.2	1.02	1.05	1.10
30	33.5	1.00	36.3	0.92	0.96	0.95
35	40.0	0.84	42.3	0.79	0.82	0.84
40	45.1	0.74	47.1	0.74	0.74	0.75
45	47.6	0.73	52.2	0.70	0.72	0.73
50	51.4	0.71	55.2	0.68	0.69	0.70
55	54.0	0.68	60.3	0.64	0.66	0.68
60	57.0	0.66	63.4	0.62	0.64	0.65
65	59.7	0.65	66.7	0.59	0.62	0.63
70	63.0	0.63	70.1	0.56	0.59	0.60
75	65.2	0.62	72.5	0.55	0.58	0.59
80	68.1	0.60	75.0	0.53	0.56	0.57
85	70.5	0.58	76.8	0.52	0.55	0.55
90	72.5	0.57	78.6	0.50	0.54	0.54
100	77.0	0.54	84.3	0.47	0.50	0.50
110	80.2	0.52	87.0	0.44	0.48	0.48
120	83.2	0.50	91.5	0.40	0.45	0.46

海底沈積物の研究, I

第4圖 Na⁺ の作用

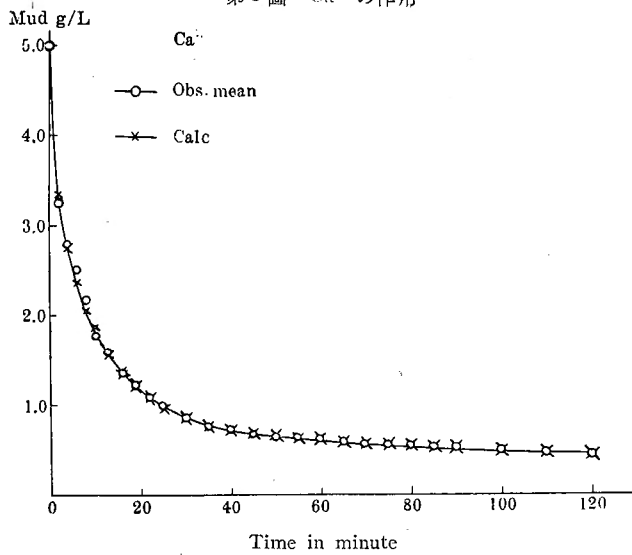


第3表 Ca⁺⁺ の作用

時 間	(1)		(2)		(1)(2)の平均	
	電流計のフレ	泥 量	電流計のフレ	泥 量	観 測 値	計 算 値
min	cm	g/L	cm	g/L	g/L	g/L
0	—	—	—	—	—	—
2	3.9	2.53	5.5	2.93	3.23	3.33
4	5.3	3.00	6.9	2.53	2.79	2.76
6	6.5	2.67	8.2	2.33	2.50	2.36
8	8.5	2.27	9.8	2.08	2.17	2.05
10	12.0	1.81	13.6	1.73	1.77	1.83
13	16.1	1.58	15.7	1.60	1.59	1.56
16	22.2	1.33	21.2	1.35	1.34	1.36
19	25.8	1.21	25.4	1.22	1.22	1.21
22	31.0	1.06	28.9	1.13	1.09	1.09
25	34.0	0.93	32.9	1.02	1.00	0.97
30	39.8	0.85	39.0	0.87	0.86	0.86
35	44.1	0.76	45.0	0.75	0.76	0.76
40	49.0	0.72	50.0	0.72	0.72	0.72
45	51.3	0.70	54.7	0.68	0.69	0.69
50	55.3	0.63	57.3	0.66	0.67	0.68
55	59.1	0.65	60.2	0.64	0.65	0.64
60	63.9	0.62	63.4	0.63	0.62	0.63
65	67.0	0.60	65.9	0.61	0.60	0.60
70	70.2	0.57	68.0	0.59	0.58	0.58
75	71.9	0.56	70.0	0.57	0.57	0.56
80	76.0	0.53	72.5	0.55	0.54	0.55
85	78.7	0.51	75.2	0.53	0.52	0.53
90	80.2	0.50	76.7	0.52	0.51	0.52
100	84.5	0.43	79.4	0.70	0.49	0.49
110	88.5	0.44	84.4	0.47	0.46	0.46
120	91.0	0.42	86.0	0.45	0.43	0.44

海底沈澱物の研究, I

第5圖 Ca^{++} の作用

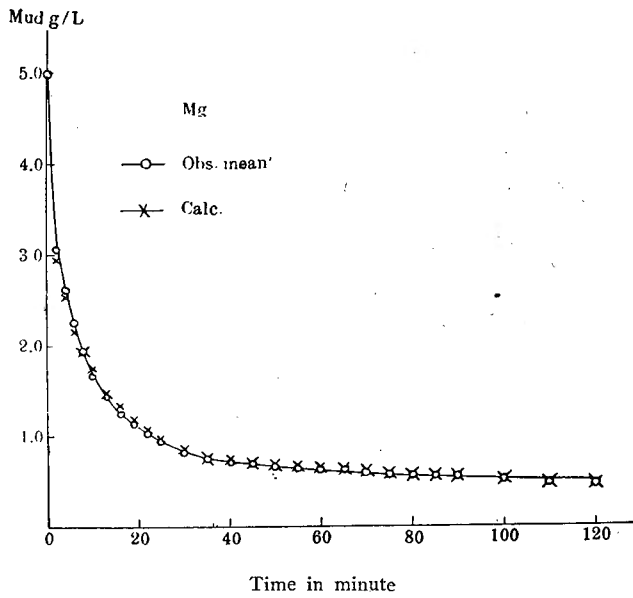


第4表 Mg^{++} の作用

時 間	(1)		(2)		(1)(2)の平均	
	電流計のフレ	泥 量	電流計のフレ	泥 量	観 測 値	計 算 値
min	cm	g/L	cm	g/L	g/L	g/L
0	—	—	—	—	—	—
2	4.9	2.98	4.2	3.22	3.07	2.94
4	6.5	2.57	6.2	2.65	2.61	2.54
6	8.4	2.22	8.0	2.30	2.27	2.17
8	11.6	1.84	9.8	2.10	1.97	1.93
10	14.3	1.63	13.2	1.72	1.68	1.73
13	18.5	1.10	17.7	1.43	1.42	1.49
16	23.7	1.22	22.0	1.27	1.25	1.32
19	23.4	1.08	26.7	1.13	1.11	1.18
22	31.4	1.02	31.4	1.02	1.02	1.07
25	34.1	0.93	33.0	0.93	0.94	0.97
30	39.0	0.84	42.0	0.78	0.81	0.85
35	43.2	0.75	46.0	0.73	0.74	0.77
40	47.2	0.73	49.7	0.71	0.72	0.74
45	50.2	0.71	54.5	0.68	0.70	0.71
50	52.5	0.68	58.0	0.66	0.67	0.69
55	56.7	0.67	61.2	0.63	0.65	0.67
60	59.8	0.64	64.5	0.61	0.63	0.65
65	61.7	0.62	67.5	0.59	0.61	0.63
70	62.7	0.62	70.5	0.57	0.59	0.61
75	65.6	0.60	73.4	0.55	0.57	0.59
80	68.3	0.58	76.7	0.53	0.56	0.57
85	70.2	0.57	77.3	0.52	0.55	0.55
90	72.2	0.55	79.5	0.50	0.53	0.54
100	76.0	0.53	83.2	0.48	0.51	0.52
110	78.2	0.52	85.4	0.46	0.49	0.49
120	81.0	0.49	88.0	0.44	0.47	0.47

海 底 沈 澱 物 の 研 究, I

第6圖 Mg^{++} の作用

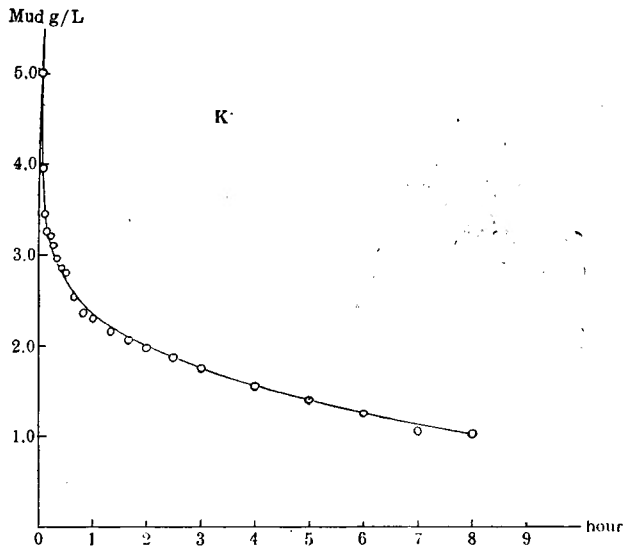


第5表 K⁺ の作用

時 間	電流計のフレ	泥 量	時 間	電流計のフレ	泥 量
min	cm	g/L	min	cm	g/L
0	—	—	60	8.1	2.80
3	3.2	3.95	80	8.8	2.17
6	4.2	3.43	100	9.7	2.05
9	4.6	3.25	120	10.3	1.98
12	4.7	3.20	150	11.7	1.85
15	5.0	3.10	180	13.3	1.72
20	5.4	2.95	240	15.9	1.54
25	5.7	2.85	300	18.9	1.39
30	5.9	2.80	360	22.5	1.25
40	6.9	2.53	420	28.5	1.07
50	7.7	2.37	480	31.0	1.03

海底沈澱物の研究, I

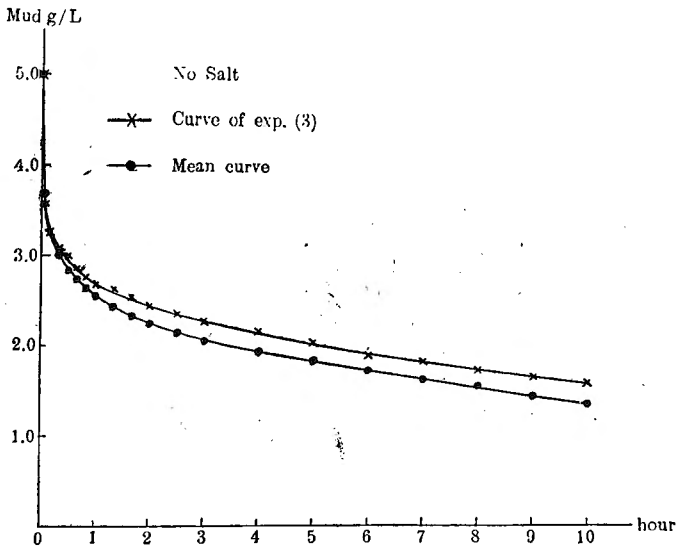
第7圖 K の作用



第6表 鹽分なき場合

時 間	(1)		(2)		(3)		(1)(2)(3) の 平 均
	電 流 計 の フレ	泥 量	電 流 計 の フレ	泥 量	電 流 計 の フレ	泥 量	泥 量
min	cm	g/L	cm	g/L	cm	g/L	g/L
0	—	—	—	—	—	—	—
5	2.5	4.00	2.9	3.47	2.5	3.57	3.68
10	4.2	3.33	4.6	2.18	4.1	3.27	3.26
20	5.0	3.03	5.5	2.88	4.6	2.07	3.00
30	6.0	2.72	5.9	2.77	4.8	2.00	2.83
40	6.0	2.72	6.3	2.67	5.2	2.87	2.75
50	6.5	2.58	6.9	2.52	5.6	2.75	2.62
60	7.0	2.47	7.4	2.40	5.9	2.68	2.52
80	7.5	2.37	8.0	2.30	6.1	2.63	2.43
100	8.0	2.27	8.8	2.13	6.6	2.52	2.31
120	8.3	2.23	9.4	2.07	7.0	2.43	2.25
150	9.0	2.10	10.1	1.97	7.4	2.33	2.14
180	9.5	2.03	11.1	1.87	7.7	2.28	2.06
240	11.0	1.88	12.5	1.75	8.5	2.15	1.92
200	12.0	1.80	14.3	1.62	9.4	2.02	1.83
360	13.0	1.72	15.7	1.52	10.4	1.90	1.72
420	14.5	1.62	17.5	1.43	11.2	1.82	1.62
480	16.0	1.53	19.9	1.32	12.0	1.73	1.54
540	18.0	1.43	21.7	1.25	13.0	1.66	1.45
600	20.1	1.33	24.6	1.15	13.8	1.60	1.36

第8圖 鹽分なき場合



これより見るときは Na^+ , Ca^{++} 及び Mg^{++} の影響が非常に顯著に現はれてゐる。この効果は明かに泥の粒子が陽イオンの中和と衝突とに依つて一群に集り大きな團粒となるためと考へられるから、二次の化學反應と類似なるものと考へて

$$\frac{dC}{dt} = kC^2 \dots\dots\dots (1)$$

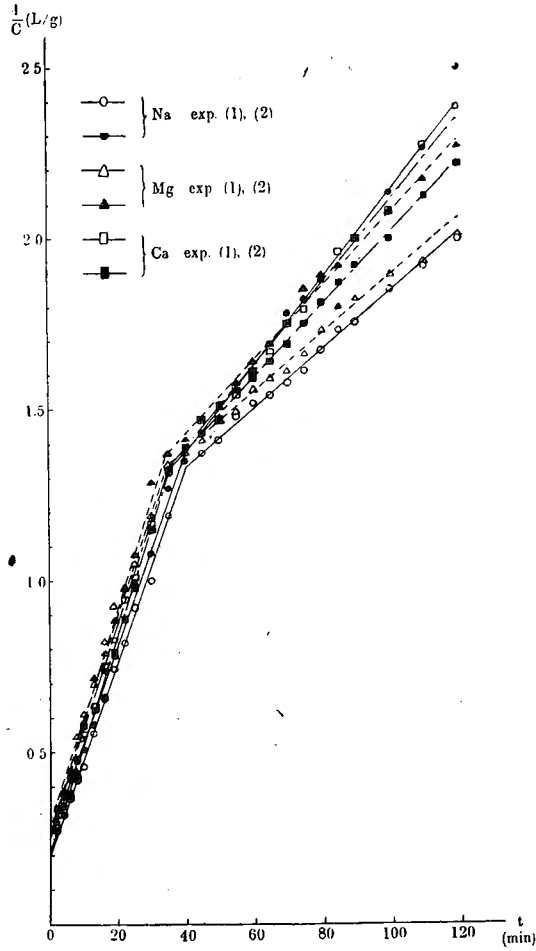
或は

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + kt \dots\dots\dots (2)$$

と假定する。但し C は時刻 t に於ける泥の濃さ、 k は泥の性質(形, 大きさ等)と使用せる陽イオンに依つて異なる係數、 C_0 は始めの泥の濃さである。

k , C_0 を實驗結果より定むるには、 $1/C$ と t との測定値を夫々縦軸, 横軸にとつた曲線を書く。第9圖はその結果を示す。

第9圖 $1/C$ と t との関係



この圖は $1/C$ と t との関係が或る點 ($1/C, t$) にて交はる二直線にて表はされることを示す。これより次の實驗式が得られる。

陽イオン	實驗番號	第一期段階	第二期段階
Na ⁺	(1)	$1/C = 2.000 + 0.230t$	$1/C = 12.200 + 0.087(t - t_1)$
	(2)	$1/C = 2.200 + 0.290t$	$1/C = 13.600 + 0.128(t - t_1)$
Ca ⁺⁺	(1)	$1/C = 2.200 + 0.312t$	$1/C = 12.200 + 0.122(t - t_1)$
	(2)	$1/C = 2.600 + 0.303t$	$1/C = 12.205 + 0.106(t - t_1)$
Mg ⁺⁺	(1)	$1/C = 2.000 + 0.235t$	$1/C = 12.250 + 0.085(t - t_1)$
	(2)	$1/C = 2.630 + 0.315t$	$1/C = 13.120 + 0.110(t - t_1)$

この式中 C と t の単位は夫々 gr/L 及び分であつて、 t_1 は Na^+ の實驗では40分、 Ca^{++} 、 Mg^{++} のそれでは35分である。この實驗式(1)、(2)にて計算せる C と t との平均値を第4、5、6圖に書き入れて示したが、觀測曲線との一致は満足すべきものと思はれる。但し係數 k 及び C_0 の數値は用ひた泥や陽イオンの性質にも依るが、始めの濃さに依ることも勿論である。

以上の實驗より、海水中に於ける泥の沈澱を促進する作用としては、 Na^+ は時刻 t_1 以前には他の二つより少しく弱い様に見受けられるが、先づ Na^+ 、 Mg^{++} 及び Ca^{++} の3イオンは殆んど同等の効果を有するものと見てよい。

第7圖に示す如く K^+ の効果は非常に小で、沈澱速度は鹽分を全然含まざる場合(圖8)と殆んど變りはない。即ち初めの濃さが 5 gr/L のものが、鹽分なき場合は 1.5 gr/L となるに10時間を、 K^+ の場合は 1.0 gr/L となるに8時間を要する。然るに標準海水濃度の Na^+ 、 Mg^{++} 或は Ca^{++} にては 0.5 gr/L となるに僅か2時間である。鹽分のない場合もそうであるが、 K^+ の場合の様な遅い沈澱現象は(2)式の如き簡單な式にては表し得ない。恐らくこの場合は沈澱作用に泥の細い粒子の性質や、帶電等が更に複雑に入り込んで居るものと思はれる。

終りに、強い陽イオンによつて泥の沈澱が急速に進展する時に係數 k が二つの異なる値を取るのは何故であらうか。

實驗に使用せる泥の粒子は全く性質(形、大きさ)の異なる二つの群 A、B より成ると考へられる。斯く假定すると、型Aの大きな粒子の大部分は初めの間に沈澱してしまふ。勿論B型の粒子もその間に沈澱はするが、その速度は遅いと見てよい。その結果初めの間は係數 k は大きな値 k' をとる。A型の大なる粒子がすつかり沈澱してしまつてもB型の残りの粒子は尙沈澱を続けるが、速度は小である。従つて k の値も小なる値 k'' をとるに到る。これが沈澱に第一段階、第二段階のある理由と思はれる。この説明は勿論唯一のものではないかも知れぬが、可なり妥當なものとして差支へるまい。

$k' \approx 3k''$ と云ふ事實は粒子混合の割合を示すものと思はれる。従つて狀況に由つては、三つ或はそれ以上の異なる k の値を有する泥があるかも知れない。

(B) 第二法に依る實驗結果

泥や陽イオンの始めの濃度を變へて、既述の第二法に従つて多數の實驗を行つた。第7～10表は斯くして得たる結果で、表中の時間は上層より 10 cm の目盛が見える迄の時間

海底沈澱物の研究, I

である。空所は夜中で読み取り得なかつたものである。又横線は其の附近が標準海水中の各イオン濃度に相當することを示す。

第7表 Na⁺ の實驗

鹽分濃度 N (ノルマル)	$\log_{10} \frac{1}{N}$	上部 10 cm の處が水を透して見える様になるまでの時間			
		水400cc.中に泥5g	水800cc.中に泥5g	水1200cc.中に泥5g	水1600cc.中に泥5g
1	0	日 時 分 19	日 時 分 32	日 時 分 37	日 時 分 25
$\frac{1}{2}$	0.301	19	48	42	26
$\frac{1}{5}$	0.699	25	1 20	47	27
$\frac{1}{10}$	1.000	30	1 20	1 20	58
$\frac{1}{20}$	1.301	36	2 1	1 40	1 40
$\frac{1}{30}$	1.477	1 30	2 2	3 0	2 10
$\frac{1}{40}$	1.602	2 0	3 30	3 30	5 10
$\frac{1}{50}$	1.699	2 0	4 0	4 30	5 10
$\frac{1}{60}$	1.778	—	4 30	4 30	7 40
$\frac{1}{70}$	1.845	4 0	6 20	6 30	—
$\frac{1}{80}$	1.903	5 0	7 40	7 0	—
$\frac{1}{90}$	1.954	6 30	21	—	—
$\frac{1}{100}$	2.000	6 30	1 1	—	23
$\frac{1}{120}$	2.079	21	1 1	22	1 8
$\frac{1}{110}$	2.146	1 1	—	1 7	2 0
$\frac{1}{160}$	2.204	2 4	—	1 20	—
$\frac{1}{180}$	2.255	3	1 22	2 8	—
$\frac{1}{200}$	2.301	3	—	3	—

第8表 Ca⁺⁺ の實驗

鹽分濃度 N (ノルマル)	$\log_{10} \frac{1}{N}$	上部 10 cm の處が水を透して見える様になるまでの時間			
		水400cc.中に泥5g	水800cc.中に泥5g	水1200cc.中に泥5g	水1600cc.中に泥5g
$\frac{1}{5}$	0.699	日 時 分 22	日 時 分 39	日 時 分 35	日 時 分 28
$\frac{1}{10}$	1.000	22	38	35	38
$\frac{1}{20}$	1.301	22	40	35	38
$\frac{1}{30}$	1.477	20	37	35	39
$\frac{1}{40}$	1.602	25	41	35	40
$\frac{1}{50}$	1.699	28	41	38	42
$\frac{1}{60}$	1.778	28	38	38	55
$\frac{1}{70}$	1.845	28	40	38	55
$\frac{1}{80}$	1.903	29	38	38	55
$\frac{1}{90}$	1.954	30	41	38	55
$\frac{1}{100}$	2.000	30	40	53	1 4
$\frac{1}{120}$	2.079	34	43	46	1 20
$\frac{1}{140}$	2.146	34	39	49	1 30
$\frac{1}{160}$	2.204	31	43	49	1 30
$\frac{1}{180}$	2.255	36	40	57	1 40
$\frac{1}{200}$	2.301	35	1 30	2 10	2 40
$\frac{1}{300}$	2.477	53	2 40	4 0	4 30
$\frac{1}{400}$	2.602	3 10	7 0	12	16
$\frac{1}{500}$	2.699	6 0	12	23	23
$\frac{1}{600}$	2.778	12	16	24	1 4
$\frac{1}{700}$	2.845	16	22	1 20	1 20
$\frac{1}{800}$	2.903	18	1 20	2	1 20
$\frac{1}{900}$	2.954	20	2 13	2	2
$\frac{1}{1000}$	3.000	2	2 17	2	3

海 底 沈 澱 物 の 研 究, I

第9表 Mg⁺⁺ の實驗

鹽分濃度 N (ノルマル)	$\log_{10} \frac{1}{N}$	上部 10 cm の處が水を透して見える様になるまでの時間			
		水400cc.中に泥5g	水800cc.中に泥5g	水1200cc.中に泥5g	水1600cc.中に泥5g
1	0	日 時 分	日 時 分	日 時 分	日 時 分
1/2	0.301	22	27	59	52
1/5	0.699	21	27	49	42
1/10	1.001	16	28	39	53
1/20	1.301	23	28	59	53
1/30	1.477	23	28	1 0	43
1/40	1.602	23	37	1 0	34
1/50	1.699	23	29	40	1 0
1/60	1.778	24	29	50	54
1/70	1.845	17	30	1 0	44
1/80	1.903	17	1 0	1 0	1 5
1/90	1.954	24	1 0	1 10	45
1/100	2.000	24	1 0	1 10	1 5
1/120	2.079	33	1 0	1 10	55
1/140	2.146	39	1 0	1 0	1 30
1/160	2.204	50	1 0	1 30	2 0
1/180	2.255	50	1 30	1 50	1 40
1/200	2.301	50	1 30	1 0	1 40
1/250	2.477	1 50	3 50	4 15	4 30
1/300	2.602	2 40	3 50	4 15	5 0
1/350	2.699	4 20	6 30	3 0	9 0
1/400	2.778	4 50	7 30	22	22
1/500	2.845	6 20	15 30	1 0	1 0
1/600	2.903	15	17 30	1 17	1 17
1/700	2.954	22	22 30	1 21	2
1/1000	3.000	1 1	—	—	—

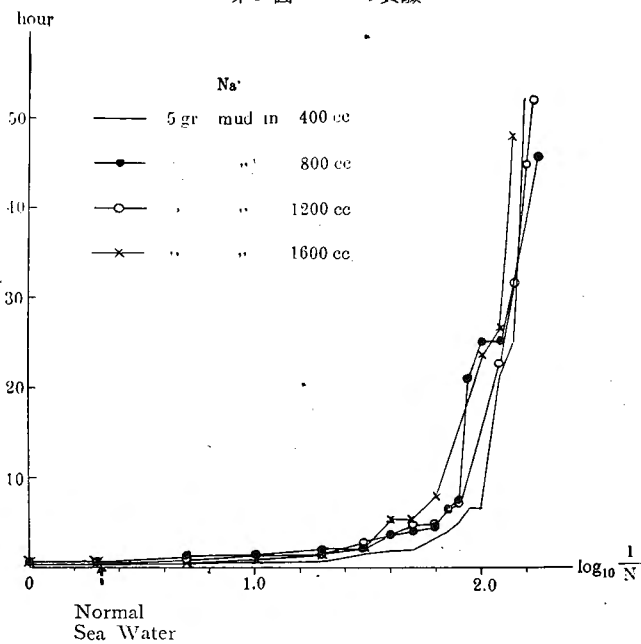
第10表 K⁺ の實驗

鹽分濃度 N (ノルマル)	$\log_{10} \frac{1}{N}$	上部 10 cm の處が水を透して見える様になるまでの時水			
		水400cc.中に泥5g	水800cc.中に泥5g	水1200cc.中に泥5g	水1600cc.中に泥5g
1/5	0.699	日 時 分	日 時 分	日 時 分	日 時 分
1/10	1.000	1 10	1 45	1 30	1 50
1/20	1.301	1 50	3 0	5 0	6 0
1/30	1.477	2 50	5 55	9 0	6 30
1/40	1.602	3 10	15 30	1 7	22 30
1/50	1.699	7 40	17 0	1 7	1 5
1/60	1.778	13 0	—	1 7	2 0
1/70	1.845	14 0	—	1 22	2 0
1/80	1.903	17 0	1 7	1 22	2 5
1/90	1.954	1 0	2 0	1 22	1 20
1/100	2.000	1 0	2 0	2 2	1 20
1/120	2.079	1 7	2 20	2 12	2 0
1/140	2.146	1 19	2 20	2 12	2 0
1/160	2.204	2 22	4 19	2 17	2 0
1/180	2.255	3 8	4 19	2 17	2 0
1/200	2.301	3 7	3 20	2 17	2 20
1/250	2.477	3 7	4 6	2 21	2 20
1/300	2.602	3 22	4 19	3 0	2 20
1/350	2.699	4 10	4 19	3 0	2 20

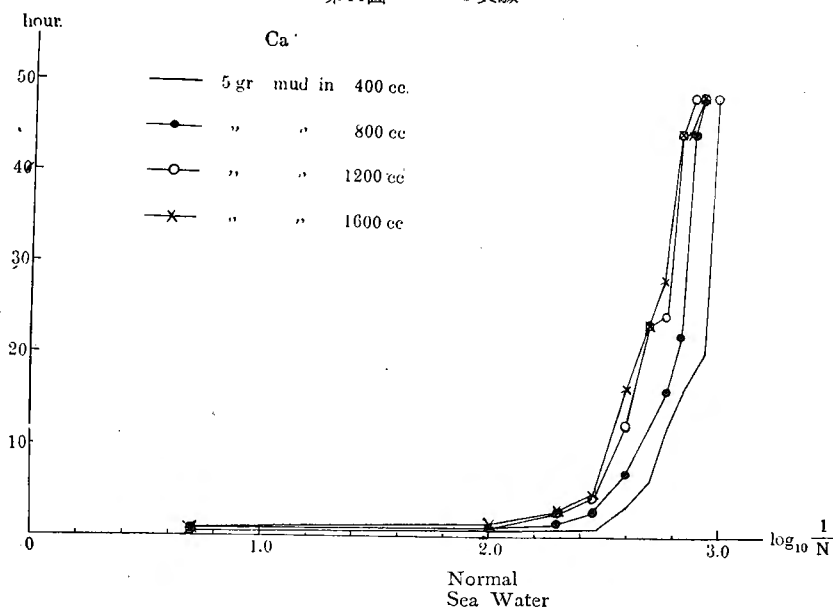
海底沈澱物の研究, I

この結果をグラフにて表はすには、陽イオン濃度の逆数の対数を横軸に取るが便利である。第10～13圖は斯くして畫いたものである。

第10圖 Na^+ の實驗

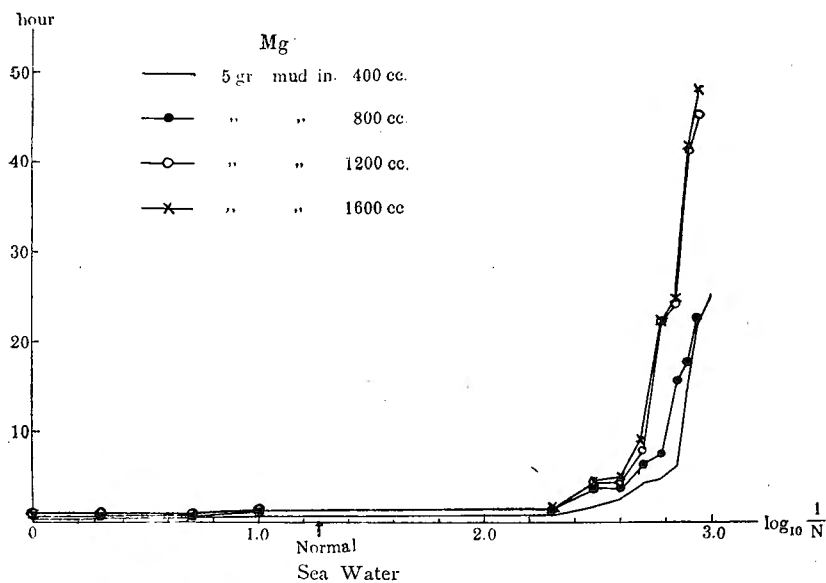


第11圖 Ca^{++} の實驗

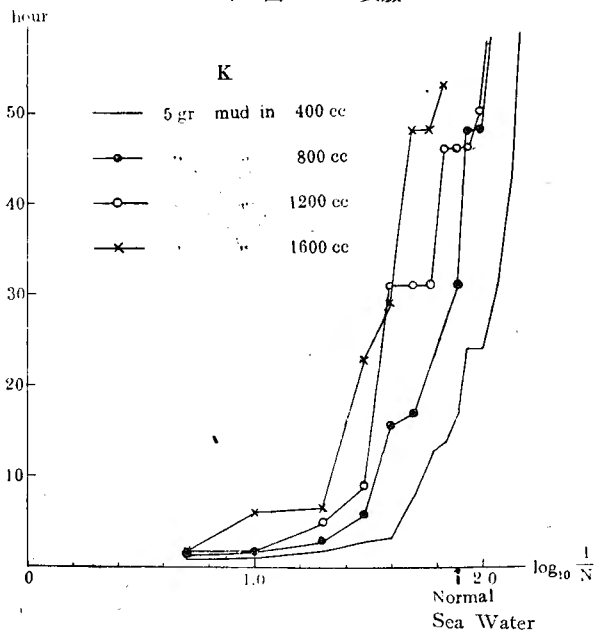


海底沈澱物の研究, I

第12圖 Mg⁺⁺ の實驗



第13圖 K⁺ の實驗



但し圖の混亂を避けるため始めは僅かの觀測値のみを書き入れてある方で、他の大部分は削除した。後の部分は沈澱に數日を要するのでこれも削除した。

上表及び圖より次の結論を得る。

- (1) 陽イオンや泥の量が充分なときは使用せる陽イオンの如何に拘らず、沈澱は常に非常に急速(二三十秒以内)に進展する。
- (2) イオンの濃度が減少すると、用いたイオンの種類に由る差異が明かとなり、如何なる場合にもイオンの作用が急激に減少し、沈澱が非常に遅くなり(數時間又は數日)、臨界濃度とも云ふべきものがある。
- (3) 沈澱促進効果は Mg^{++} 及び Ca^{++} が最も強く且つ兩者は略同等で、 Na^{+} がその次に位し、 K^{+} の作用は前二者に比して非常に弱い。
- (4) 泥の始めの濃さの程度に依り、沈澱速度に著しい違ひが現はれる。即ち泥の量が多い程、全部の沈澱を見る迄に要する時間は短い。恐らく初めの濁度が大きければそれだけ泥粒子の衝突が頻繁に行はれて早く大なる團粒になるためと思はれる。

上の實驗に補足して、標準海水と同じ濃度の各オインの相對効果をもこの第二法にて調べたが、第一法に述べたと同じ結果を得た。第11表は泥水を透して目盛の各 2 cm 毎が見得る迄の時間を示して居る。

第11表 標準海水に於ける各陽オインの相對效果(上より各目盛の見える迄の時間)

(初めの濁度: 水 400 cc. に泥 5 g)

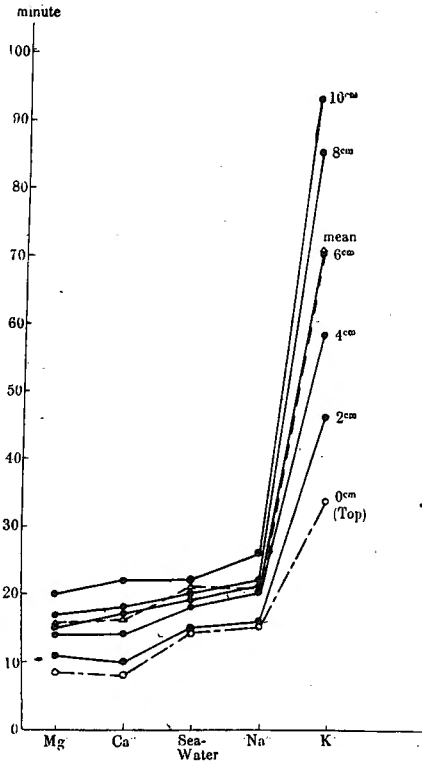
目 盛	Mg^{++}	Ca^{++}	Na^{+}	K^{+}	海 水
2 厘	11 分	10 分	16 分	46 分	15 分
4	14	14	20	58	18
6	15	17	21	70	19
8	17	18	22	85	20
10	20	22	26	93	22
平 均 (6 厘)	15.4	16.2	21.0	70.4	18.8
0 厘	8.3	8.0	15.0	33.5	14.0

表中列に書き込んだ“平均”は、管の全體を見透せる迄の平均の速さで沈澱が進んだならば、上層より 6 cm の目盛が見えるに如何程の時間を要するかと云ふ意味である。

第14圖は第11表に依つて引いたグラフで、その一般概況は第一法にて得た結果と一致する。即ち Mg^{++} 及び Ca^{++} は泥の沈澱に最も効果的で、 Na^{+} は少しく弱く、 K^{+} はそれよりぐつと下る。標準海水は Na^{+} と同程度である。

海 底 沈 澱 物 の 研 究, I

第14圖 標準海水に於ける各陽イオンの相対効果
(初めの濁度: 水400 cc に泥 5 瓦)



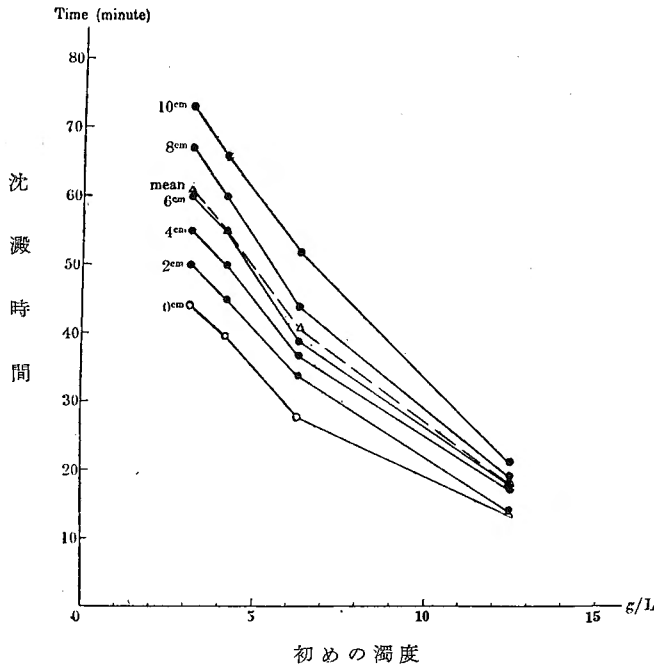
更に泥の量だけを種々變へ、標準海水にて同様な實驗を繰返した。第12表、第15圖はその結果である。これにより實際の海洋にては初めの混濁度が大なる程沈澱が早く完了するであらうといふ意外の事實を發見した。注意すべきことと信ずる。

尙茲に注意すべき現象がある。それは、鹽分の薄い水に微量の泥を入れた薄濁水では、沈澱に數日を要するが、其際幾つかの不連続層に分れ所謂層狀沈澱をすることである。この面白い現象は別の論文(本誌本號23頁)にて詳細に報告する。

第12表 初めの濁度と沈澱時間との關係(標準海水)

目 盛	初めの濁度 (泥 5 gr を下記水量に加へたもの)			
	1600 cc (3.13 g/L)	1200 cc (4.17)	800 cc (6.25)	400 cc (12.5 g/L)
2 瓦	50 分	45 分	34 分	16 分
4	55	50	37	18
6	60	55	39	19
8	67	60	44	20
10	73	66	52	22
平均 (6 瓦)	61	55.1	41.1	18.8
0 瓦	44	39.8	28.0	14.0

第15圖 初めの濁度と沈澱時間との関係



III. 結 論

河川の運ぶ泥が海中に入つた際、その沈澱が海水のため如何に促進されるかを確め、且つその結果より海洋學に於ける海棚上の堆積、地質學に於ける水成岩の形成の如き問題の一資料ともなはばと考へ、混濁度、鹽分濃度の種々異なる泥水の沈澱速度を實驗的に測定した。

實驗より得た主なる結果を列記すると

- (1) 陽イオン濃度が充分ならば、細泥は非常に迅速(二三十秒)に凝結して團粒となり、一様な速さで沈澱する。イオン濃度を減すると沈澱は遅くなり、或る臨界濃度(約 $\frac{1}{10}$ 規定液)に於てイオンの効果は急に減少し、その結果細泥の沈澱は非常に遅く長い時間(數日)を要する。
- (2) 細泥の沈澱促進効果は、 Mg^{++} 及び Ca^{++} が大體同程度で最も強く、 Na^+ が次に位し、 K^+ は前三者より遙に小である。
- (3) 細泥の初めの濁度と沈澱速度との關係は、初めの濁度の大なるほど沈澱が速い。鹽

海 底 沈 澱 物 の 研 究, I

分の薄い海水中に極く微量の泥を混入すると、沈澱するに頗る長い時間を要し、且つ往々にして所謂層狀沈澱の現象を生ずる。

終りに臨み本研究のため日本學術振興會が著者の一人(野滿)に寄せられた御援助を深謝するものである。