

鹿島海岸沖浜帯の浮遊砂について（第2報）

井 口 正 男*

1. ま え が き

沖浜帯における波による浮遊砂の研究は、捕砂竹などによる現地試料を中心とする方向と、水槽実験による方法の両方面から進められてきたといえるが、いろいろな困難が伴うためか、現地の観測値はいまだ豊富とはいえないのが現状であろう。この報告では、茨城県鹿島臨海工業地帯造成に関連して、1968年に調査された現地試料¹⁾に基づき、沖浜帯の浮遊砂について考察をする。とくに捕砂竹による捕獲砂の特性から計算される浮遊砂の拡散係数について述べたい。

2. 捕 獲 砂

浮遊砂の採取は、鹿島港近くの沖浜帯で捕砂竹を用いて行なった。この報告で取り扱うのは、そのうち水深15.8 m (station 1) の地点で第5回目に採取されたもの（試料番号 1~5）と水深 12.7 m (station 8) の地点で第8回目と第10回目に採取されたもの（試料番号それぞれ 8~8, 8~10）である。捕砂竹はAタイプとBタイプ（第1報²⁾参照）の二通りが同一地点に設置されたが、第1報と同じ理由で、Bタイプによる海底に近い位置での捕獲砂は考察から除外した。

捕獲砂の海底からの高さ (y), 捕砂率 (q), 粒度組成は表一1 のようである。この表で、3 試料とも 105~50 μ の粒径部分が少量であることが目立つが、105 μ より粗粒部と細粒部とは別の粒度分析方法を用いたこともその一因と思われる。捕獲砂の中央粒径 (Md) の値は鉛直方向にあまり変化していない。ただし 8~8 の上層部で粒径中央値が大きくでている高さがあるが、これは捕獲砂量が微量 (0.1~0.3 gr) であったため、粒度分析に精確が期しがたく、操作に基づく誤差が表われたおそれがなくもない。捕獲砂の粒度が鉛直方向へ著しく変化しない現地試料の例は野田³⁾、茨城県⁴⁾にも見られるが、筆者らの第1報²⁾の 8~8, 8~2 の例では海底から 100 cm ないし 150 cm 以低で捕獲砂の粒径中央値がとくに大きいことがあった。捕獲砂の粒度特性は捕砂期間中の波に当然関連しているはずである。1~5, 8~8, 8~10 の捕砂期間中の波は図一1 のようで、1~5, 8~8 の捕砂期

表一1 捕獲砂の高さ別粒度組成
試料番号 1~5

y (cm)	q (gr/hr)	粒 度 組 成 (残留百分率)								Md (μ)
		250	177	105	50	20	10	5	5 μ >	
31	1.23	2.98	5.77	33.84	15.68	29.08	9.72	1.15	1.78	74
67	.37	3.87	3.46	27.19	19.09	33.52	8.06	2.35	2.46	58
103	.12	0.62	5.70	24.49	13.35	43.90	7.20	2.11	2.63	42
142	.057	1.17	2.86	17.15	7.55	37.27	17.63	8.65	7.72	30
182	.030	0.60	9.51	24.65	4.78	26.93	16.98	6.91	9.64	35
221.5	.022	0.85	6.89	23.99	8.06	27.35	18.23	6.90	7.73	36
235	.029	0.54	6.48	22.14	4.58	30.75	18.45	8.62	8.44	32
260.5	.016	0.49	7.16	21.25	6.26	29.93	19.31	7.64	7.95	32
285	.018	0.47	8.96	21.82	5.82	27.24	19.46	8.23	8.00	34
335	.017	1.29	7.72	20.54	4.81	33.03	17.61	6.84	8.16	34
385	.015	0.86	8.66	28.40	4.73	24.87	16.85	6.85	8.78	38
435	.011	0.72	8.78	26.11	5.03	23.76	17.03	7.74	10.83	35
485	.009	1.46	9.89	28.72	5.19	23.17	14.74	7.97	8.14	42
535	.005	3.41	11.84	25.78	7.58	23.06	14.26	5.33	8.74	47
585	.006	5.43	18.17	21.14	6.54	19.57	13.07	5.64	10.44	11

試料番号 8~10

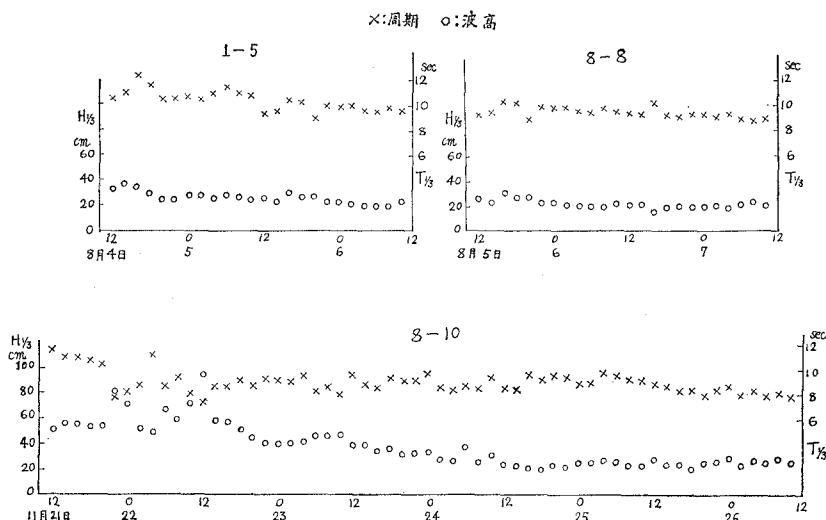
y (cm)	q (gr/hr)	粒 度 組 成 (残留百分率)								Md (μ)
		250	177	105	50	20	10	5	5 μ >	
37	4.27	8.35	6.2	25.4	8.2	36.45	10.5	3.2	1.7	47
74	0.220	5.2	5.4	10.9	2.6	56.3	10.5	5.2	4.1	33
109	.061	7.7	3.7	5.7	2.3	22.6	30.9	12.6	14.6	17
145	.041	7.7	2.3	3.1	1.9	23.4	31.0	11.1	19.5	15
180	.035	12.4	4.8	8.1	1.0	30.5	22.4	8.1	12.9	24
230	.028	8.3	2.1	3.6	0.3	28.0	29.8	11.0	17.0	17
280	.022	15.0	5.6	7.5	2.6	26.3	24.8	8.6	9.4	26
330	.019	15.5	5.2	7.8	3.0	31.9	21.1	6.5	9.1	30
380	.011	7.7	5.4	6.2	1.5	25.4	27.0	8.5	18.5	18
430	.020	15.8	4.7	8.5	2.4	20.2	23.3	9.7	13.4	26
480	.011	9.9	4.6	16.8	9.9	24.4	17.6	3.1	12.2	36
530	.009	9.6	8.7	8.7	2.2	30.8	19.2	7.7	12.5	28
580	.015	18.5	6.4	6.9	4.0	24.3	20.8	7.5	11.6	30

間は波高、周期ともにほぼ整一であったが、8~10 ではその初期に波高の大きい時期があった。

2. 浮遊砂の濃度分布

捕砂竹の浮遊砂捕獲機構はまだよくわからないが、捕砂率 q (単位時間当たり平均捕砂量) は浮遊砂濃度に単純に比例すると考え、Hom-ma, Horikawa の方法⁵⁾を用いると鹿島の場合には $C = 1230 q^{1.07}$ (C : 浮遊砂濃度, ppm, q : gr/hr) の関係が得られる。この関係を用いて表一1 から各粒径区分ごとに濃度分布を求めると図一2 となる。8~10 で各粒径とも底層と上層が別の関

* 正会員 東京教育大学助教授 理学部



図一 浮遊砂採取期間中の波 (茨城県鹿島港建設事務所資料から)

試料番号 8-8

y (cm)	q (gr/hr)	粒 度 組 成 (残留百分率)								Md (μ)
		250	177	105	50	20	10	5	5μ>	
37	0.826	7.54	11.03	17.85	3.94	37.58	18.26	2.88	0.92	39
78	.182	14.61	9.58	18.20	7.07	37.01	7.78	3.71	2.04	50
119	.072	3.59	8.68	19.76	2.40	28.44	20.36	8.68	8.08	31
163	.034	0	3.23	19.35	3.23	31.61	23.87	9.68	9.03	25
206	.020	0	10.34	22.99	4.60	25.29	19.54	9.20	8.04	33
244	.019	1.15	9.20	26.44	6.90	20.69	13.79	14.94	6.90	37
251	.012	0	8.93	21.43	5.36	21.43	17.86	10.71	14.28	27
294	.018	0	15.19	27.85	3.80	18.99	11.39	13.92	8.86	43
344	.013	0	12.70	28.57	4.76	19.05	9.52	14.29	11.11	42
394	.009	12.77	21.28	23.40	4.26	17.02	8.51	6.38	6.38	123
444	.007	0	13.89	28.89	5.56	13.89	11.11	11.11	5.56	110
494	.004	0	13.64	31.82	9.09	13.64	9.09	9.09	13.64	74
544	.004	0	16.67	33.33	8.33	8133	8.33	8.33	16.67	105
594	.003	0	14.29	28.57	7.14	14.29	7.14	14.29	14.29	50

係にわかれるのに対して、1~5 と 8~8 は底層から上層にいたるまで $C=my^n$ の一つの線によくのっている。後2者で n の絶対値が粗粒部から細粒部へと次第に大きくなる傾向にあるのは、捕砂期間中の波の強さが定常的であったことからみて当然といえよう。したがって、捕砂期間中の波の強さが定常的であれば、浮遊砂濃度の鉛直分布は一つの log-log 関係にあると考える。このことは河川などの open system における一方向流れの場合と同一の原則が成立している可能性を示すものである。

4. 考 察

以上に述べたことから、沖浜における表面波による浮遊砂の濃度と海底からの高さとの関係を

$$\log y = a \log C + \beta$$

とおくと

$$C = 10^{-\beta/a} y^{1/a} \quad (1)$$

となるから、浮遊砂の拡散係数

$$\epsilon_s = \frac{w_0 C}{dC/dy}$$

(w_0 : 浮遊砂の沈降速度) は式(1)を用いることによって

$$\epsilon_s = w_0 \alpha y \quad (2)$$

となる。したがって、 w_0 すなわち浮遊砂の平均粒径が y に関して const. であれば ϵ_s は完全に直線分布をし、運動量輸送係数に関する Kajiura⁶⁾ の仮定

$$\epsilon_m = k \tilde{U}_{*B} (y + y_0) \quad (3)$$

(y_0 : 粗度高) とよく対応することになる。別言すれば、浮遊砂の濃度分布に $y = bC^a$ の関係が成立していれば、浮遊砂の拡散係数 ϵ_s の分布は浮遊砂の粒度に完全に支配されることになる。式(2)に対して、岸ら⁷⁾ は浮遊砂の拡散係数はせん断速度の平均値に関連するとして

$$\epsilon'_m = \alpha k \tilde{U}_{*B} (y + y_0) \quad (4)$$

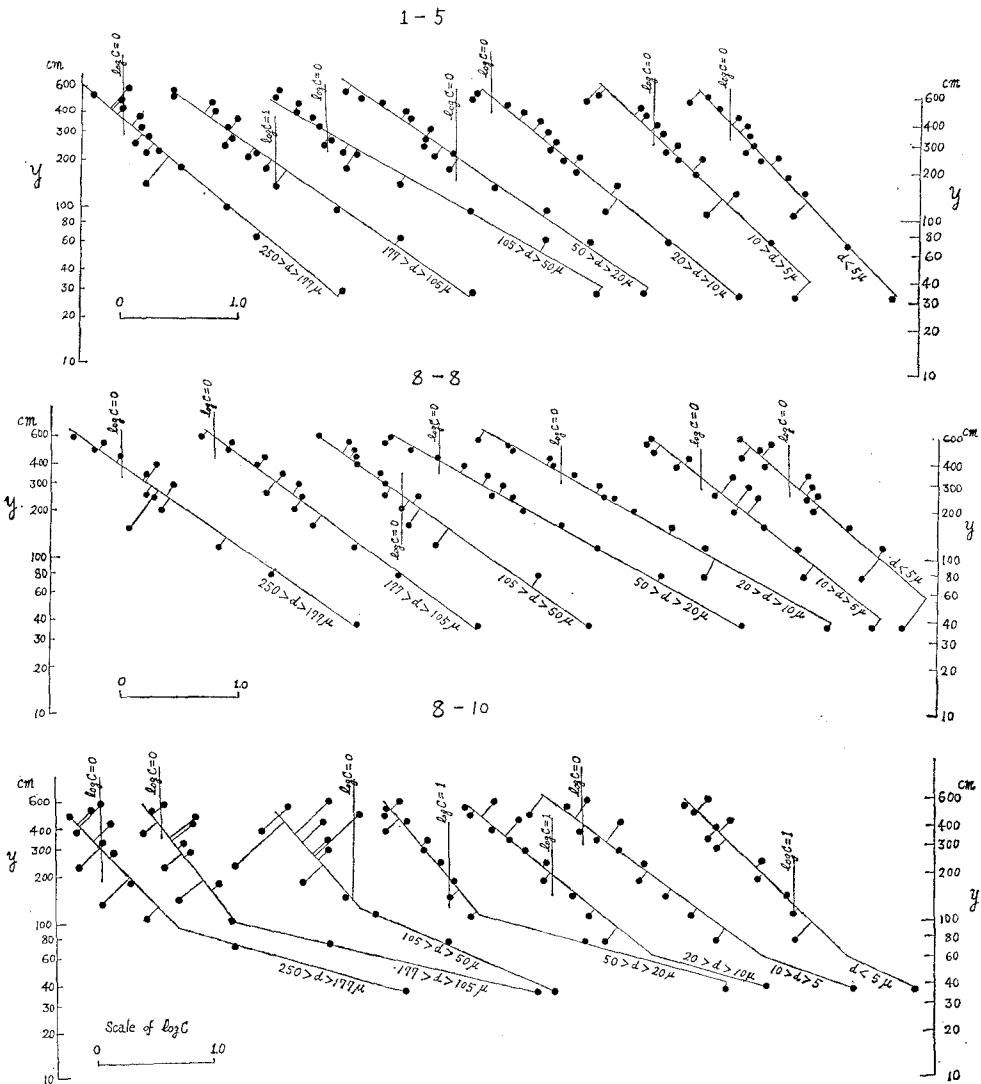
と考え、実験値から $\alpha = 0.5$ とした。

1~5, 8~8, 8~10 の捕獲砂の粒度は前述の通りで、式(2)を用いて拡散係数を求めると図-3のような分布をする。 $\alpha k = 0.2$ として式(4)から ϵ'_m を計算($y_0 = 0$ とした)すると同じ図の直線のようになり、1~5, 8~8 では両者は一応良好な対応を示している。ただし 8~8 の $y > 400$ cm で $\epsilon'_m \ll \epsilon_s$ となっているのは、前述したような粒度分析の誤差に基づくのかも知れない。8~10 では ϵ'_m と ϵ_s とが大きく違っている。この 8~10 は濃度分布でも他のものと違った特性がある。

また、図-3 で、とくに 8~8 と 8~10 の $y > 150$ cm の領域の ϵ_s の分布は本間・堀川らの仮定

$$\epsilon_m = \frac{1}{K} \frac{HL}{T \sinh kh} \frac{\sinh^3 ky}{\cosh^2 ky} \quad (5)$$

(K : 定数, H : 波高, T : 周期, L : 波長, $k = 2\pi/L$, h : 水深) の ϵ_m に適合しているようにもみえる。そし



C : 浮遊砂濃度 ppm
 y : 海底からの高さ
 図-2 粒径別浮遊砂濃度の分布

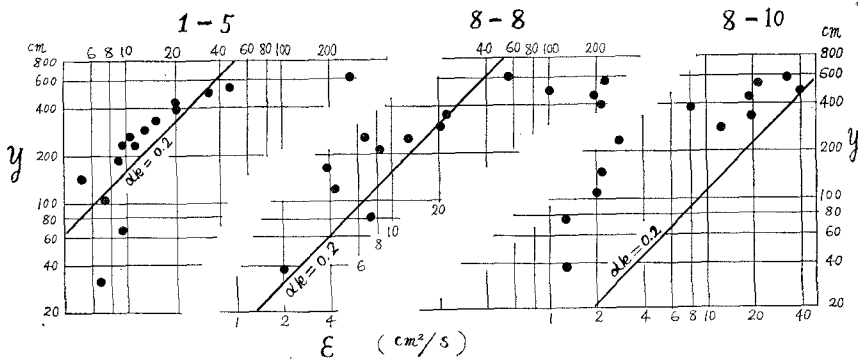


図-3 拡散係数の分布

て K の値を 8—1 では 6, 8—10 では 30 くらいにとれば両者の対応が最もよい。

5. あとがき

捕砂竹による捕獲砂から浮遊砂の拡散を論ずるには、いずれにしても限度があるから、現地で直接浮遊砂を採取する方法によって補う必要がある。

この報告で説明し得なかった8—10の濃度分布の特性、式(4)と式(5)の ϵ_m が実際の浮遊砂の拡散係数とどのように対応しているのかの点などについては、今後の現地での直接の測定にまところが多い。計算を手伝っていただいた東京教育大学大学院生目崎茂和、水谷宣明両君に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 茨城県・東京久栄：鹿島地区工業用水調査報告書，264 p. 1969.
- 2) 井口正男・町田 貞：鹿島海岸沖浜帯の浮遊砂について（第一報），地理評，43—9，pp. 535—547，1970.
- 3) 野田英明：波による底質の浮遊，第14回海岸工学講演会講演集，pp. 306—314，1967.
- 4) 茨城県：鹿島工業港の自然条条件について（漂砂特性），1963.
- 5) Hom-ma, M. and Horikawa, K.: Suspended Sediment due to Wave Action, Proc. 8 th Conf. Coastal Eng., pp. 168—193, 1963.
- 6) Kajiura, K.: On the Bottom Friction in an Oscillatory Current, Bull. Earthq. Inst., Vol. 42, 1964
- 7) 岸 力ほか：波動による底質の浮遊，土木学会学術講演会講演概要，1967.
- 8) 本間・堀川・鹿島：波による浮遊砂に関する研究，第11回海岸工学講演会講演集，pp. 41—45，1964.