

大潟海岸における漂砂の観測

野 田 英 明・芝 野 照 夫

SOME OBSERVATIONS ON THE SAND DRIFT AT OGATA COAST

By *Hideaki NODA* and *Teruo SHIBANO*

Synopsis

Field investigations were conducted to find characteristics of the nearshore bottom configuration and sand drift off the Ogata coast. Some of the resulting data are discussed in this paper.

In order to map features nearshore, a new program of surveying the bottom topography was established and the first survey was made on July 20—25, 1967 by echo sounding methods. The survey showed that crescentic type bars, known as rhythmic bar pattern, are found in the surf zone. The relationship between wave action and topographic response, as shown by development and movement of such bars has not yet been made clear, but a short consideration of this problem is then followed with plans for future study.

In order to find the characteristics and volume of the suspended sediment, its concentration was measured by observations from a pier 300 meters long. The samples were used to estimate the diffusivity of sediment due to wave action and to compare the volume obtained by the bamboo sampler.

It is concluded that the value of the diffusion constant obtained from the estimate is of the order of $10^2 \text{ cm}^2/\text{sec}$, and that the sample volume by the bamboo sampler is approximately in proportion to the concentration of the suspended sediment.

1. ま え が き

海浜変形や漂砂に関する現地観測や実験的ならびに理論的研究はかなり古くからなされ、すでに数多くの論文や報告が発表されている。こうした研究は漂砂現象に関する知識を豊かにはしてきたが、しかしまだ海浜の変形過程や漂砂の移動機構に本質的な説明を与えるにはいたっていないように思われる。その原因については種々考えられようが、漂砂現象はきわめて複雑であり、かつ高波浪時に集中するため、観測が困難となり、現象の適確な把握ができないことも大きな原因と考えられる。こうした障害を打破するためには、高波浪時でも精度の高い現地観測ができる方法を開発することである。こうした試みの一つとして、井島ら¹⁾は投射型測深器を試作して海底地形を測量する方法を考案し、この方法で高波浪時の海底地形の変動を測定しようとした。しかしこの方法もいまだ実用化の段階には達していないようであり、また海底地形の変動を測定しても波や流れとの関連を見出すためには、海象・気象を含めた総合的な観測が必要である。したがって、高波浪時でも諸種の要素を測定できる方法が要請されるわけで、その方法の一つとして注目されるのは、海岸に突出した栈橋を利用することである。

大潟海岸には帝国石油K. K. 所有の長大栈橋があって、この海岸に昨年末防災研究所の大潟波浪観測所が開設され、この長大栈橋を利用して、海岸における諸現象を観測する計画が進められてきた。本報告はこの計画の一部として昭和42年に行なった漂砂、海底地形および底質に関する調査結果を述べ、さらに、こうした資料にもとづいて今後の観測法や研究方針をどのように確立するかを述べる。

2. 海底地形と底質

砂浜海岸では波や流れのために、海底の砂礫が移動し、その結果として海浜の地形が変動する。この現象を解明するためには、波や流れによる漂砂の運動機構、漂砂の移動方向や漂砂量と海浜変形の間関係を明らかにしなければならない。しかしこの現象はきわめて複雑であるため、漂砂の力学的運動機構にもとづいて海浜の変形過程を論じたものは、Eagleson, Glenne および Dracup²⁾ によってなされた沖浜領域の海浜縦断形状を解析的に求めようとする試み以外にはほとんどみられない。従来の海浜変形に関する研究はそのほとんどが実験的研究であって、米国における J. W. Johnson³⁾ の平衡勾配に関する研究、Rector⁴⁾, Watts⁵⁾, Scott⁶⁾ および Saville⁷⁾ の実験的研究、わが国における岩垣・樫木⁸⁾, 栗原・篠原・椿・吉岡⁹⁾, 本間・堀川・鮮干¹⁰⁾, および岩垣・野田¹¹⁾ などの研究を挙げることができる。しかしこれらの研究はそのほとんどが2次元水槽におけるもので、海浜変形に及ぼす波や底質の効果を定性的に明らかにしてきたが、多くの研究者が指摘しているように、実験結果と現地のそれとはかならずしも一致しない。これは現地での現象と実験でのそれがことなるためと考えられ、精度の高い現地観測を行なって、長期間にわたる資料を収集し、現象を適確に把握することが必要であると思われる。

また、最近、海岸地形の変動に影響を及ぼす諸要素の効果を、漂砂の力学的運動機構にもとづいて解明することが困難なため、現地海岸の調査記録から連続相関解析^{注)}によって求めようとする試みが Harrison および Krumbein¹²⁾ や Harrison, Pore および Tuck¹³⁾ によってなされた。さらに本間・鮮干 (Sonu)¹⁴⁾ や Russell および Sonu¹⁵⁾ は現地調査にもとづいて、海浜地形の形態特性や安定性と波の作用との関係を地形学的に考察しようと試みた。

以上のように、海浜変形や漂砂現象を取り扱う場合、現地調査や観測の重要性が次第に認識されるようになってきたが、こうした海岸調査には気象・海象などを含めた総合的観測が必要なうえ、さらに高波浪時の観測を欠かすことができないため、技術的に非常に困難が伴った。こうした悪条件を克服するために、とくに注目されるのは栈橋による観測であろう。

米国では、すでに Scripps pier として知られているように、研究用の栈橋を用いて Shepard および La Fond¹⁷⁾ や J. W. Johnson¹⁸⁾ が20数年以前にこうした観測を行ない、また最近では米国各地の海岸に存在する fishing pier を利用して盛んに観測が続けられている。

一方、わが国では、戦後まもなく、速水・石原・岩垣¹⁹⁾が鳥取県海岸の浸食調査をはじめてのち、各地で数多くの調査が行なわれてきたが、栈橋を用いた観測はいまだ行なわれていないようである。

前報²⁰⁾で詳述したように、大潟海岸には延長約 300 m の長大栈橋が海岸線にほぼ直角に突出し、さらに栈橋の東北、距岸 1.3 km の沖合および西北、距岸 2.5 km の沖合にそれぞれ第二および第三人工島があり、かつそれ以外には何ら人工の海岸構造物が存在しない。これは大潟海岸が自然海岸であることを示すものであって、これらの施設を利用して漂砂や海浜の変形機構を研究しようとする場合、大潟海岸はきわめて好都合な条件をそなえているといえよう。

この節では、大潟海岸における漂砂観測の第一段階として、また今後の観測指針を確立するという意味で、1967年7月に行なった深浅測量および底質採集の結果から、大潟海岸における長大栈橋付近の海底地形および底質の一般的特性について検討する。

深浅測量および底質採集は1967年7月20～25日に行なった。今後長期にわたり継続的に深浅測量を実施す

注) 樫木¹⁶⁾ は Sequential Regression Analysis を上記のように訳している。

る計画であるので、大潟海岸に半恒久的な測点を20個設けた。この測点を基準として、海浜の変形を明らかにしようとするものである。各測点は汀線より陸側に約100 m、長大栈橋を中心としてその両側約2 kmの区間に200 m 間隔で設置された。これらの測点から長大栈橋に平行に測線を延ばし、その測線に沿って音響測深器を用いて水深を測定した。Fig. 1 は今回行なった深浅測量（長大栈橋の両側1 kmの区域）の結果を示すものである。なお図中のハッチをほどこした部分は沿岸砂州を示している。Fig. 2 は Fig. 1 に示す測線上の海底断面形状を示したものである。これらの図から、この海岸の汀線はほぼ直線で、その方向はWSW~ENEであること、また沖浜領域にあたる水深7 mより沖側の等深線は、汀線にほぼ平行であり、その勾配もいずれの断面でも1/100 とほぼ一様であって、この海岸の沖浜は単純な形状をしていることがわかる。

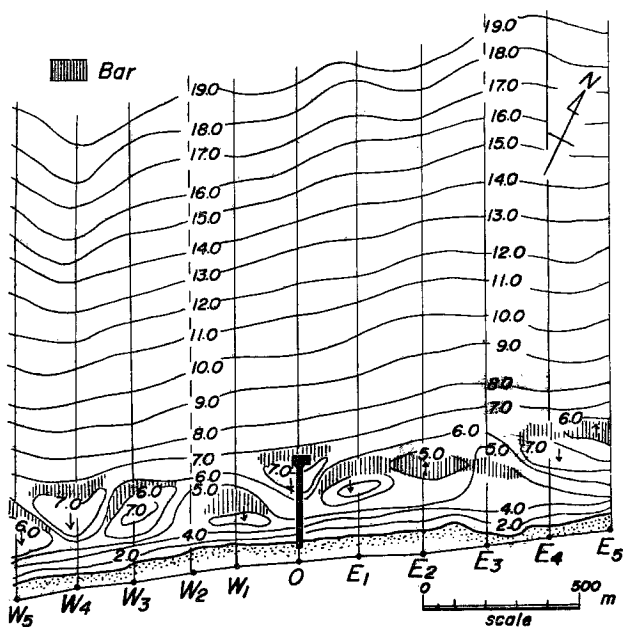


Fig. 1 Bottom topography near observational pier, echo sounding on July, 20~25, 1967.

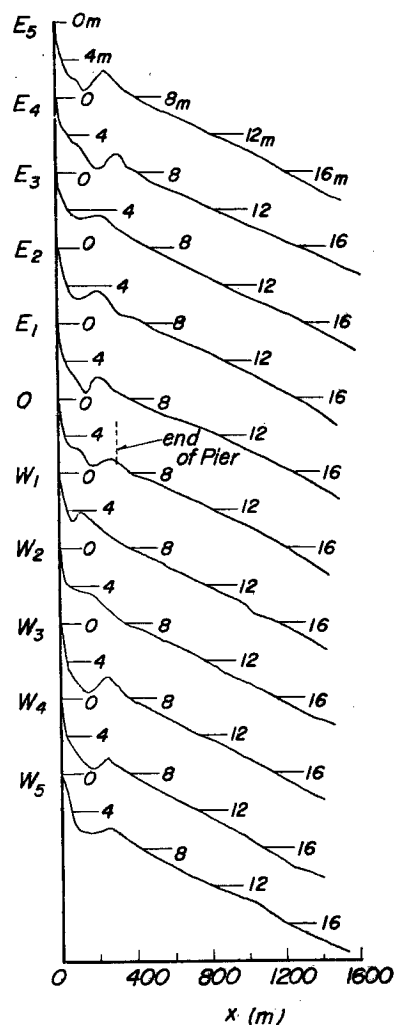


Fig. 2 Profiles of bottom topography near observational pier.

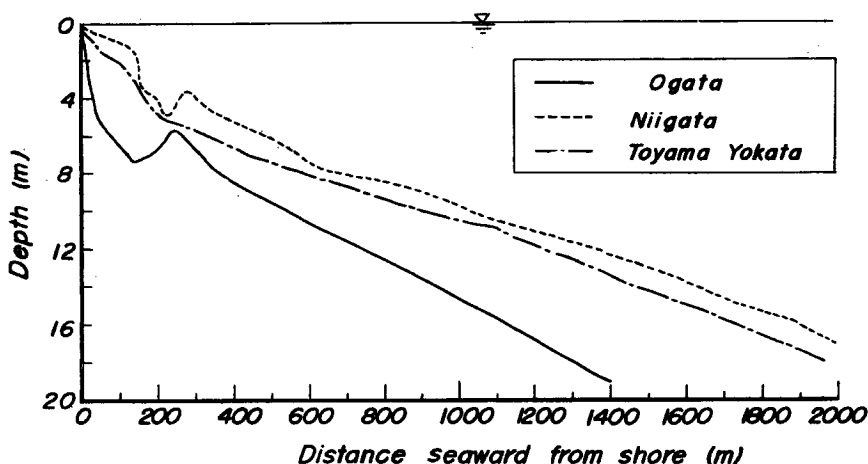


Fig. 3 Typical profiles of bottom topography in the Japan Sea.

Fig. 3 は新潟県西海岸，富山県四方海岸とともに大潟海岸の海底断面形状を示したもので，大潟海岸のそれはこれら日本海沿岸各地の沖浜断面形と比較しても，著しい相違はみられないようである。

一方，水深 7 m より岸側の外浜は単純な形状をもつ沖浜とはことなり，その様相はかなり複雑である。この領域でみられる特徴の一つは長さほぼ 200 m (最大は 500 m) の孤状の沿岸砂州である。このような海岸における海底縦断面形状は Fig. 2 の E_3 および W_2 で示される step 型のいわゆる正常海浜と，その他の bar 型のいわゆる暴風海浜とが混在する。孤状沿岸砂州の存在はすでに，King²¹⁾ による地中海沿岸の調査や本間・鮮干²²⁾ の日本各地の海岸調査によって報告されている。こうした沿岸砂州の発生・発達には 2 次元水槽による実験では説明できないし，また定説もないが，King はこれの発生・発達についてつぎのように説明している。すなわち，方向の異なる二組の波が海岸に来襲すると，それぞれの波面に平行な砂州が発生し，その相互作用の結果として孤状砂州ができる。また，本間・鮮干はこうした砂州を rhythmic bar pattern と呼び，何らかの原因でこれが存在すれば，当然波の屈折によって，波の収束・発散がおこり，さらにこうした砂州が発達するであろうと指摘している。またこの型の砂州は汀線に平行な方向にかなりの速さで移動することも King によって観測され，栈橋において，ある時間間隔で海底断面形を観測すれば，こうした移動の実態を測定できることが，Russell および Sonu によって示されている。

底質の採集は深淺測量と同じ期間に行なった。その採集地点は Fig. 4 に示す。採集された資料は炉乾燥のち，ふるい分け分析を行なった。ふるい分け分析の結果は Table 1 に示す。Fig. 5 A, B および C はそれぞれ測線 E_1 , 0 および W_1 に沿う底質の中央粒径と標準偏差の水深による変化を示したもので，同じ図面には海浜断面形も示してある。これらの図から，前浜における底質の中央粒径は 2~5 mm と大きく，かつ標準偏差の値も大きくて，淘汰度がよくないことがわかる。一方沖浜では粒径が小さくなり水深 10 m 付近ではほぼ 0.2 mm となること，標準偏差の値も小さくなるのがわかる。今回の観測では砂州頂部付近における底質が採集されていないので，Bascom²³⁾ が示したような，最終碎波点付近にみられる大きい粒径の分布はみられなかった。Fig. 6 は汀線砂の中央粒径と標準偏差が汀線に沿ってどのように分布しているかを示すものであるが，著しい傾向はみられない。Fig. 7 は測線 0 における水深 1 m, 5 m および 10 m の場所での底質の粒度加積曲線を示すもので，この図から明らかなように，前浜・外浜および沖浜では粒度組成がまったくことなり，それぞれの水深に対応した粒径の砂が存在するのみで，波のふるい分け作用の著しいことがわかる。こうした傾向を検討するために，採集された全資料の中央粒径と標準偏差との関係を水深別に示したのが Fig. 8 である。この図から，これらの関係はほぼ三つの部分に分けられることがわ

Table 1 (a) Sieve analysis of bottom materials.

Station	E ₁		E ₁		E ₁		E ₁		E ₁		E ₁	
Water depth (m)	1.0		2.0		3.0		4.0		5.0		6.0	
d (mm)	weight gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
>0.075									0.35	0.10	0.79	0.21
0.075~0.125							0.08	0.02	3.12	0.98	11.44	3.26
0.125~0.177							0.35	0.09	14.80	5.18	37.85	13.33
0.177~0.25							2.05	0.51	56.57	21.22	120.27	45.35
0.25 ~0.50	0.69	0.16					9.31	2.43	172.43	70.02	166.81	89.80
0.50 ~0.71	0.41	0.25			0.03	0.01	8.15	4.11	55.85	85.92	30.57	97.91
0.71 ~0.85	0.16	0.29	0.04	0.01	0.06	0.02	7.04	5.56	16.80	90.70	5.24	99.29
0.85 ~1.00	0.29	0.36	0.28	0.06	0.15	0.05	10.69	7.66	11.58	93.97	1.82	99.79
1.00 ~1.70	37.55	8.99	28.76	5.13	12.29	2.50	165.36	41.83	18.96	99.36	0.79	
1.70 ~2.00	53.80	21.35	29.89	10.40	21.14	6.71	82.39	58.80	2.35			
2.00 ~3.36	205.75	68.61	129.64	33.27	146.74	35.96	158.17	91.36				
3.36 ~5.00	51.52	80.49	104.31	51.68	103.41	56.55	24.25	96.30				
5.0 ~ 7.0	10.26	82.82	47.76	60.09	28.94	62.30	4.27	97.24				
7.0 ~10.0	14.72	86.20	92.38	75.92	65.73	75.45	9.49	99.18				
10.0 ~15.0	17.15	90.18	66.89	88.18	56.21	86.70	3.96					
15.0 ~25.0	42.86		66.89		67.13							

Station	E ₁		E ₁		0		0		0		0	
Water depth (m)	8.0		10.0		1.0		2.0		3.0		4.0	
d (mm)	weight gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
>0.075	2.82	1.17	5.54	1.83								
0.075~0.125	38.42	17.05	68.88	24.52								
0.125~0.177	81.21	50.74	161.19	77.62								
0.177~0.25	97.84	91.32	65.65	99.30					0.03	0.01	0.05	0.01
0.25 ~0.50	18.04	98.82	1.61	99.78					2.25	0.56	2.50	0.54
0.50 ~0.71	1.92	99.61	0.10	99.81					6.98	2.27	4.10	1.41
0.71 ~0.85	0.49	99.80	0.05	99.82					6.78	3.93	2.81	2.00
0.85 ~1.00	0.31	99.96	0.06	99.84	0.05	0.01	0.05	0.01	11.56	6.77	4.08	2.85
1.00 ~1.70	0.18		0.14	99.90	7.75	1.69	29.71	6.48	168.41	48.10	110.69	26.25
1.70 ~2.00			0.28		26.21	7.39	68.22	21.32	81.75	68.39	105.80	48.42
2.00 ~3.36					259.17	63.66	298.02	86.20	119.90	97.61	210.08	92.70
3.36 ~5.00					99.09	85.20	36.84	94.21	5.01	98.90	15.97	96.01
5.0 ~ 7.0					14.71	88.40	9.57	96.38	0.72	99.00	2.63	96.58
7.0 ~10.0					29.34	94.80	10.62	98.60	1.63	99.40	8.42	98.37
10.0 ~15.0					12.92	97.56	6.49		2.54		5.50	
15.0 ~25.0					11.37							

Table 1 (a) Sieve analysis of bottom materials.

Station	0		0		0		0		W ₁		W ₁	
Water depth (m)	5.0		6.0		8.0		10.0		1.0		2.0	
d (mm)	weight gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
>0.075	0.13	0.03	0.28	0.12	3.81	1.47	0.42	0.15	0.06	0.01		
0.075~0.125	0.48	0.15	1.06	0.58	41.97	18.19	58.47	21.58	0.85	0.20		
0.125~0.177	1.74	0.57	5.51	2.95	64.88	43.95	146.29	75.20	4.03	0.85		
0.177~0.25	8.55	2.61	24.52	13.52	109.01	87.30	65.11	99.02	12.41	2.99		
0.25 ~0.50	31.13	10.08	132.09	70.43	27.69	98.31	1.86	99.39	9.25	4.59		
0.50 ~0.71	32.28	17.80	47.06	90.70	2.83	99.39	0.28	99.87	0.36	4.65		
0.71 ~0.85	29.65	24.90	10.92	95.52	0.80	99.77	0.17	99.90	0.13	4.67		
0.85 ~1.00	45.52	35.80	5.26	97.76	0.38	99.90	0.09	99.94	0.14	4.70	0.10	0.02
1.00 ~1.70	182.64	79.36	4.75	99.82	0.28		0.11		26.77	9.32	31.14	6.52
1.70 ~2.00	22.97	85.07	0.47						54.26	18.68	56.90	11.92
2.00 ~3.36	16.51	89.00							252.36	60.50	291.79	79.59
3.36 ~5.00	5.23	90.28							67.46	73.85	77.31	95.78
5.0 ~ 7.0	3.87	91.20							19.99	77.40	11.97	98.26
7.0 ~10.0	8.76	93.32							48.68	85.70	8.32	
10.0 ~15.0	16.25	97.20							73.88	98.50		
15.0 ~25.0	11.81								9.00			

Station	W ₁		W ₁		W ₁		W ₁		W ₁		W ₁	
Water depth (m)	3.0		4.0		5.0		6.0		8.0		10.0	
d (mm)	weight gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
>0.075	0.03	0.01	0.21	0.06	0.42	0.14	1.01	0.30	6.81	2.02	4.82	1.54
0.075~0.125	0.44	0.12	7.67	2.34	5.97	2.05	15.50	4.82	47.94	16.21	52.89	18.40
0.125~0.177	3.59	1.02	28.56	10.82	26.06	10.43	37.02	10.81	71.39	37.35	100.24	50.35
0.177~0.25	14.83	4.72	163.44	59.38	114.92	47.37	130.89	53.84	194.03	94.78	153.72	99.32
0.25 ~0.50	56.80	18.92	133.50	99.15	149.79	95.50	146.91	96.77	15.57	99.29	1.91	99.96
0.50 ~0.71	18.33	23.51	2.79	99.80	11.75	99.28	8.96	99.40	1.45	99.80	0.11	99.98
0.71 ~0.85	6.47	25.20	0.32	99.96	1.44	99.75	1.42	99.79	0.36	99.94	0.04	99.99
0.85 ~1.00	6.21	26.73	0.12	99.99	0.56	99.93	0.48	99.97	0.20	99.98	0.06	
1.00 ~1.70	73.87	45.21	0.09		0.25		0.22		0.16			
1.70 ~2.00	44.36	56.30										
2.00 ~3.36	101.10	81.61										
3.36 ~5.00	23.07	87.43										
5.0 ~ 7.0	10.25	89.91										
7.0 ~10.0	16.09	93.90										
10.0 ~15.0	20.66	99.10										
15.0 ~25.0	3.02											

Table 1 (b) Sieve analysis of beach face materials.

Station <i>d</i> (mm)	E ₁₀		E ₉		E ₈		E ₇		E ₆		E ₅	
	weight gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
>0.50	6.33	1.72										
0.50~ 0.71	4.14	2.85										
0.71~ 0.85	1.11	3.16										
0.85~ 1.00	1.81	3.65	0.06	0.02	0.78	0.22	0.22	0.05	0.22	0.05	0.09	0.02
1.00~ 1.70	139.96	41.77	141.88	39.32	126.08	34.78	165.07	37.83	147.06	32.40	54.99	13.37
1.70~ 2.00	89.32	66.10	167.95	85.90	135.36	72.37	160.26	74.48	120.47	58.90	91.37	35.53
2.00~ 3.36	123.42	99.77	51.04		99.66	99.83	111.05	99.90	181.33	98.81	250.61	86.41
3.36~ 5.00	0.91				0.47		0.41		4.88	99.84	14.48	99.82
5.00~ 7.00									0.17	99.97	0.45	
7.00~10.0									0.25			
10.0 ~15.0												

Station <i>d</i> (mm)	E ₄		E ₃		E ₂		E ₁		0		W ₁	
	weight gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
>0.50												
0.50~ 0.71									1.42	0.27		
0.71~ 0.85					0.38	0.07	0.21	0.04	5.15	1.25		
0.85~ 1.00	0.16	0.03	0.09	0.01	2.45	0.50	0.20	0.07	7.35	2.65	0.16	0.03
1.00~ 1.70	52.09	10.47	7.36	1.22	99.28	18.01	73.67	13.43	157.32	32.60	155.99	25.16
1.70~ 2.00	81.05	26.73	60.40	11.08	94.56	34.67	181.31	45.30	137.29	58.76	218.50	60.38
2.00~ 3.36	357.68	98.47	424.93	80.46	254.41	79.52	303.07	99.48	205.83	98.00	231.65	97.77
3.36~ 5.00	7.78		75.99	92.89	75.57	92.90	2.80	99.82	7.16	99.30	12.49	99.76
5.00~ 7.00			14.78	95.58	16.14	95.70	—	99.82	0.83	99.53	0.89	99.80
7.00~10.0			20.37	98.58	20.75	99.40	0.53		1.56	99.89	0.55	
10.0 ~15.0			8.46		4.17				1.26			

Station <i>d</i> (mm)	W ₂		W ₃		W ₄		W ₅		W ₆		W ₇	
	weight gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
>0.50												
0.50~ 0.71												
0.71~ 0.85	0.08	0.01	0.06	0.01	0.03	0.01						
0.85~ 1.00	0.23	0.05	0.30	0.06	0.13	0.03	0.08	0.02	0.15	0.03	0.22	0.06
1.00~ 1.70	82.48	13.59	151.87	26.37	184.74	34.77	13.41	3.51	12.79	2.88	153.84	39.55
1.70~ 2.00	188.12	44.46	171.23	56.03	242.39	80.40	85.28	25.66	50.91	14.24	149.98	78.06
2.00~ 3.36	335.02	99.50	239.22	97.48	103.61	99.78	279.07	98.17	378.37	98.72	82.64	99.28
3.36~ 5.00	2.98		13.99	99.93	0.70		6.72	99.92	5.36	99.82	1.79	99.86
5.0 ~ 7.0			—	99.93			0.26		—	99.82	0.98	
7.0 ~10.0			0.38						0.36			
10.0 ~15.0												

Table 1 (b) Sieve analysis of beach face materials.

Station d (mm)	W_s		W_e	
	weight gr.	%	gr.	%
>0.50				
0.50~0.71			0.22	0.04
0.71~0.85			1.46	0.32
0.85~1.00			5.04	1.26
1.00~1.70			169.47	33.15
1.70~2.00	14.60	2.47	112.87	54.40
2.00~3.36	510.92	89.00	196.37	91.37
3.36~5.00	62.41	99.53	39.34	98.76
5.0 ~ 7.0	2.11	99.91	6.14	99.90
7.0 ~10.0	0.37		0.66	
10.0~15.0				

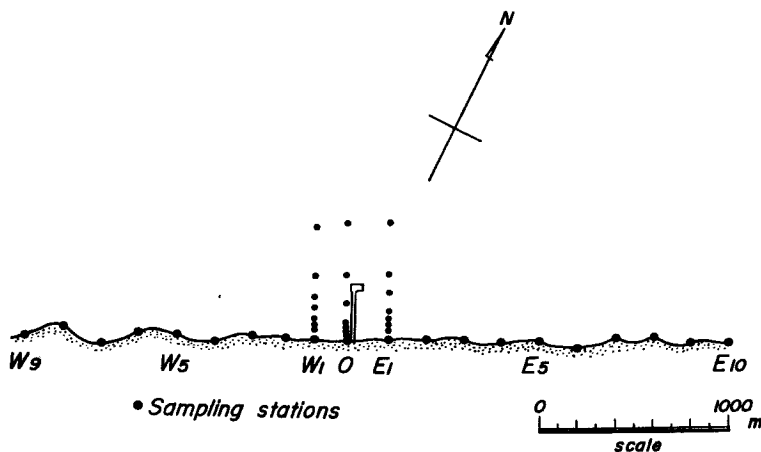


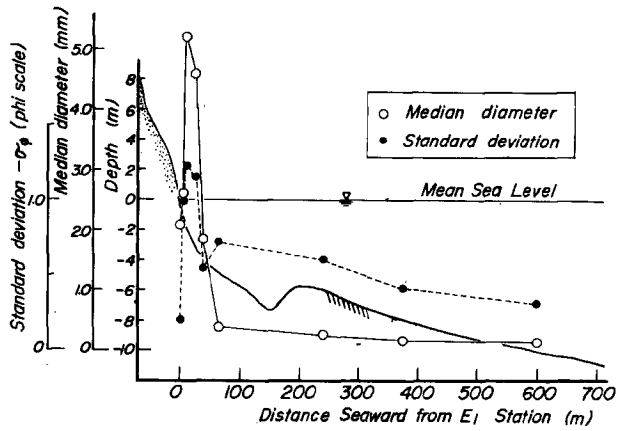
Fig. 4 Sampling stations of bottom and beach face materials.

かる。すなわち、中央粒径は 2~4 mm と大きい、淘汰度のよい前浜と、その粒径も大きく、淘汰度もよくない外浜と、粒径も小さく、淘汰度のよい沖浜に分けられる。こうした波によるふるい分け作用についてはまだよくわかっていないが、今後、高波浪時における漂砂の移動方向を観測することによって、明らかにする必要がある。

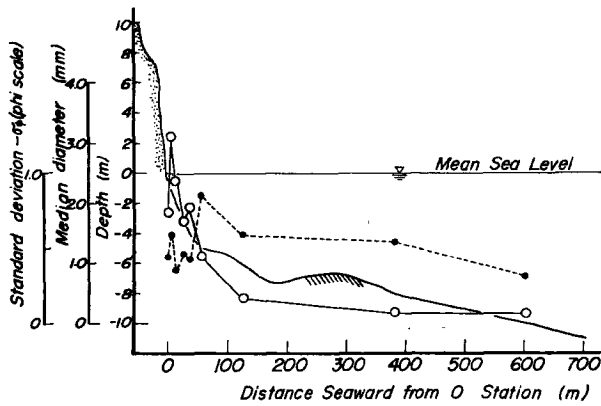
以上、大潟海岸における海底形状および底質の一般的特性について検討を加えてきたが、こうした海岸地形の変動およびその変動と波の作用との関係を明らかにするためには、ただ一回の観測では何ら成果をうることはできない。したがって今後、年に何回かの調査を続け、基礎的資料の収集をはからねばならないと考えている。

3. 浮 遊 砂

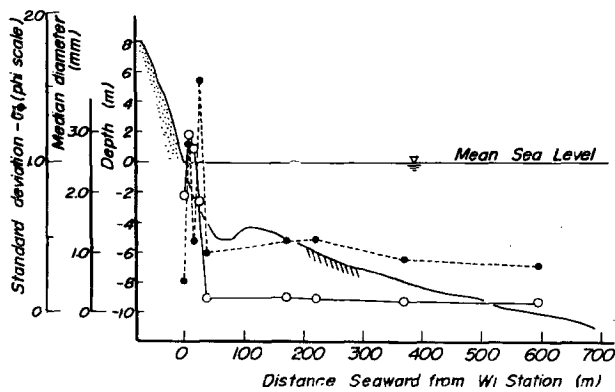
大潟波浪観測所開設以来、はじめての漂砂観測は浮遊砂に関するものであった。沿岸漂砂のように、底質が主として浮遊形式で輸送される場合には、波による底質の浮遊機構を解明し、浮遊漂砂量の鉛直分布や海浜断面に沿う分布を知る必要がある。北大の福島ら²⁴⁾によって開発された竹竿式捕砂器は、こうした分布を



(a)



(b)



(c)

Fig. 5 Distributions of median diameter and standard deviation of bottom materials along beach profile.

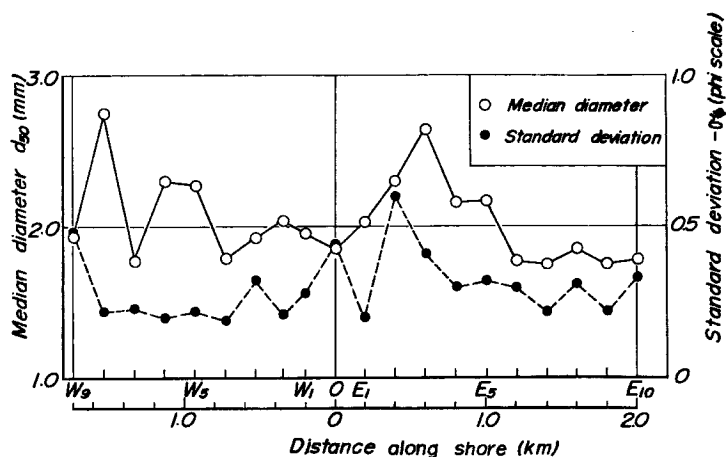


Fig. 6 Distributions of median diameter and standard deviation of beach material along shoreline.

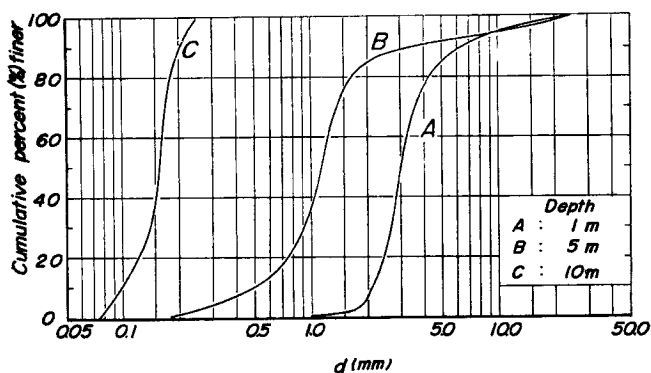


Fig. 7
Cumulative frequency curves for sand size in different depth.

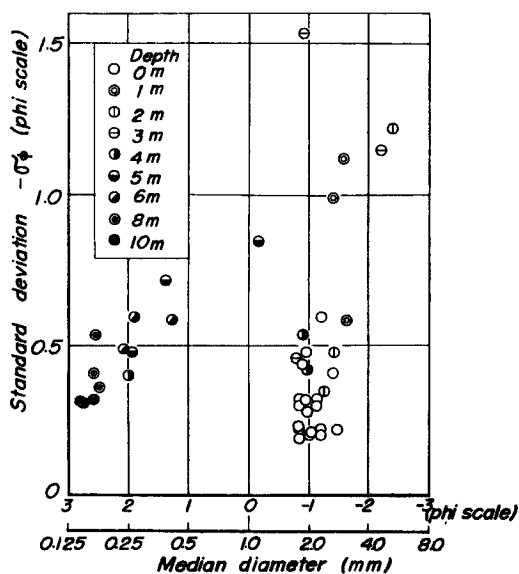


Fig. 8
Relationship between median diameter and standard deviation of beach sand.

測定するのにきわめて有効かつ簡便な方法であるが、その捕砂量が浮遊砂濃度とどのような関係にあるかは明らかでない。

今回の観測の目的は大湊海岸の棧橋において、海岸近くの浮遊漂砂の特性を調べることおよび竹竿式捕砂器の捕砂量と浮遊砂濃度の関係を明らかにすることであった。観測は昭和42年1月17日から20日までの4日間にわたり、棧橋に沿う海底断面形状、底質、波浪などの測定とともに、浮遊砂の濃度を測定した。Fig. 9は棧橋の平面図、観測期間中の棧橋に沿う海底断面形状の変動および底質の中央粒径の分布を示すもので、図中の $P_1 \sim P_6$ は階段抵抗式波高計の位置を示している。Fig. 10は観測期間中の有義波高および周期を示すもので、図中下端の数字は Table 2 に示す浮遊砂の観測期間を示している。

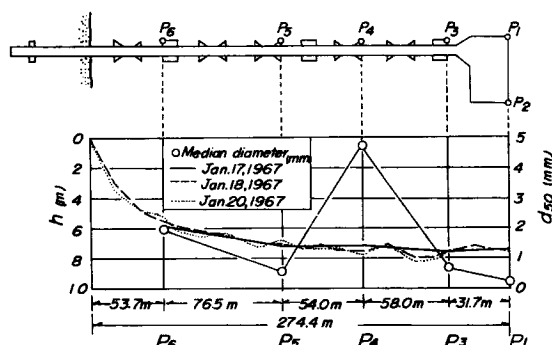


Fig. 9 Plan of pier, Profiles of bottom topography along pier and distribution of bottom materials.

Table 2

Sampling of suspended sediment by the method of bamboo-sampler

No.	period of sampling	Sampling time (hrs)	Location	Water depth (m)
1	from Jan. 17, 10hr to Jan. 18, 10hr	24	P_1	7.5
2	from Jan. 17, 10hr to Jan. 18, 10hr	24	P_3	7.5
3	from Jan. 17, 10hr to Jan. 18, 10hr	24	P_4	7.5
4	from Jan. 17, 10hr to Jan. 18, 10hr	24	P_5	7.3
5	from Jan. 17, 10hr to Jan. 18, 10hr	24	P_6	6.0
6	from Jan. 18, 14hr to Jan. 18, 17hr	3	P_5	7.0
7	from Jan. 20, 11hr to Jan. 20, 17hr	6	P_6	5.2

Sampling of suspended sediment by the method of sampling bottle

No.	period of sampling	Location	Water depth (m)
11	Jan. 18, 15hr	P_5	7.0
12	Jan. 20, 11hr	P_6	5.2
13	Jan. 20, 15hr	P_6	5.2

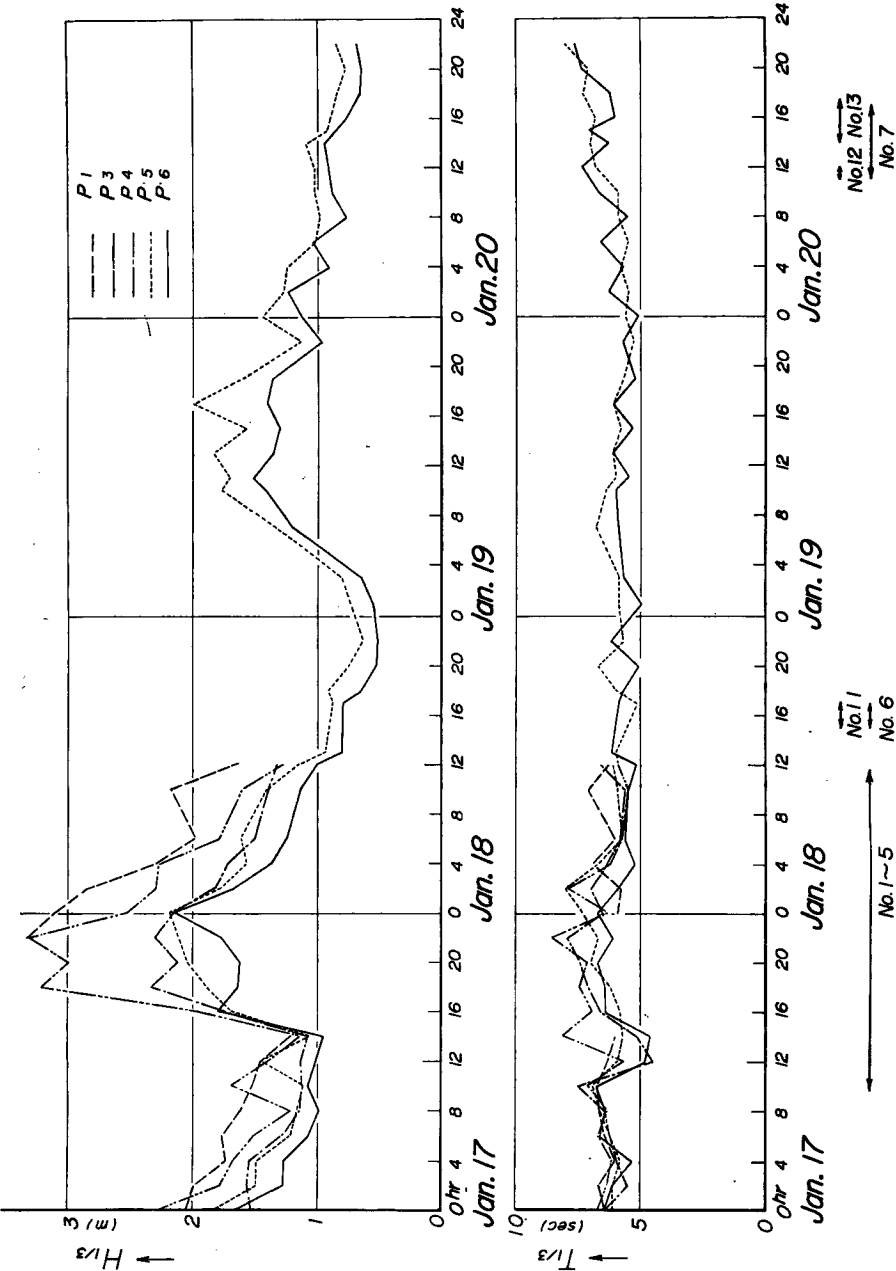


Fig. 10 Significant wave heights and periods during the period of observations on suspended sand.

Fig. 11 は17日10時から24時間の間の竹竿式捕砂器による捕砂量の鉛直分布とその中央粒径を採集地点ごとに示したもので、P₀地点も最終砕破点より沖側であるが、その分布形はいわゆる「く」の字形ではなく、ほぼ一様に減少しているようである。採集された浮遊砂の粒径は海底から海面までほぼ均一で、0.2~0.3 mm であるが、Fig. 9 に示す底質の中央粒径よりはかなり小さい。

Fig. 12 は汀線に直角に沖へ向って捕砂量がどのように分布しているかを示すために、上述の捕砂量から等捕砂量線を描いたもので、図には、観測期間中の有義波平均波高および平均周期も示してある。この図から明らかなように、栈橋先端および P₀ 地点の底面近くに捕砂量の多い部分がみられることがわかる。これ

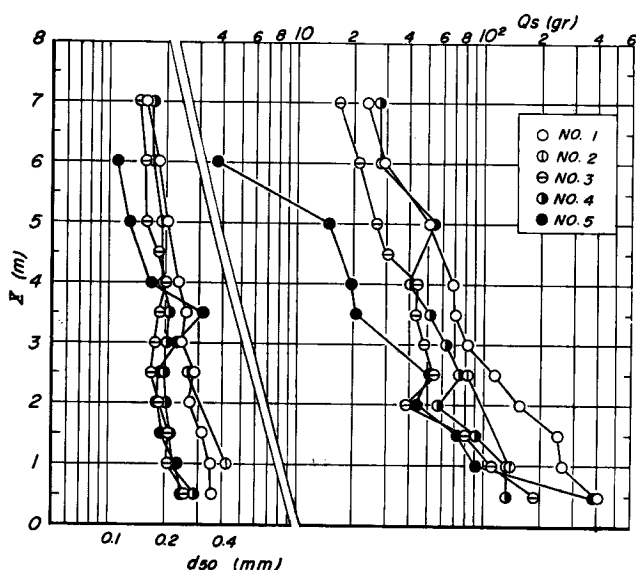


Fig. 11 Vertical distributions of sampling sediment by the method of bamboo-sampler measured on Jan., 17~18, 1967.

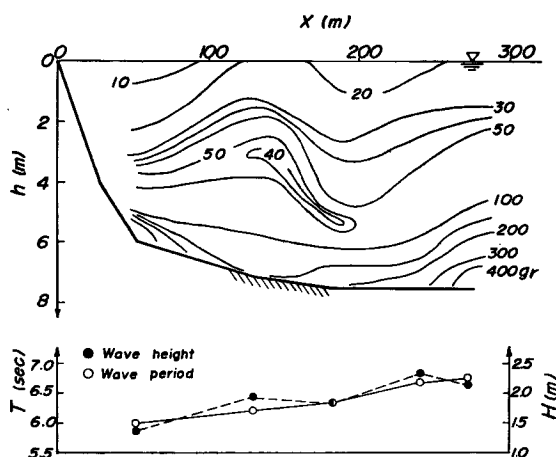


Fig. 12 Distribution of volume of suspended sediment sampled by the bamboo-sampler along observational pier.

は、Fig. 1 から明らかなように、棧橋先端の沖側に沿岸砂州が発達していることから第一碎波点がこの付近にあること、および、 P_0 地点の岸側に最終碎波点があることによるためと考えられる。

つぎに、竹竿式捕砂器の捕砂量と浮遊砂濃度の定量的関係を明らかにするために、採水器と捕砂器を併用して、同一地点で同時観測を行なった。この場合、捕砂器を海中に投入している間に波の条件が変われば、当然浮遊砂濃度も捕砂量とともに変化するので、定量的比較ができなくなる。したがって浮遊砂濃度が一定すなわち波の条件がほぼ一定の期間を選ぶ必要がある。Fig. 10 から明らかなように、18日および20日の実測はこの条件を満たしているといえよう。Fig. 13 (a) および (b) はそれぞれ18日に P_0 地点で、また20日に P_0 地点で行なった同時測定の結果である。これらの図から、浮遊砂濃度と捕砂量の間に密接な関係が存在するようである。

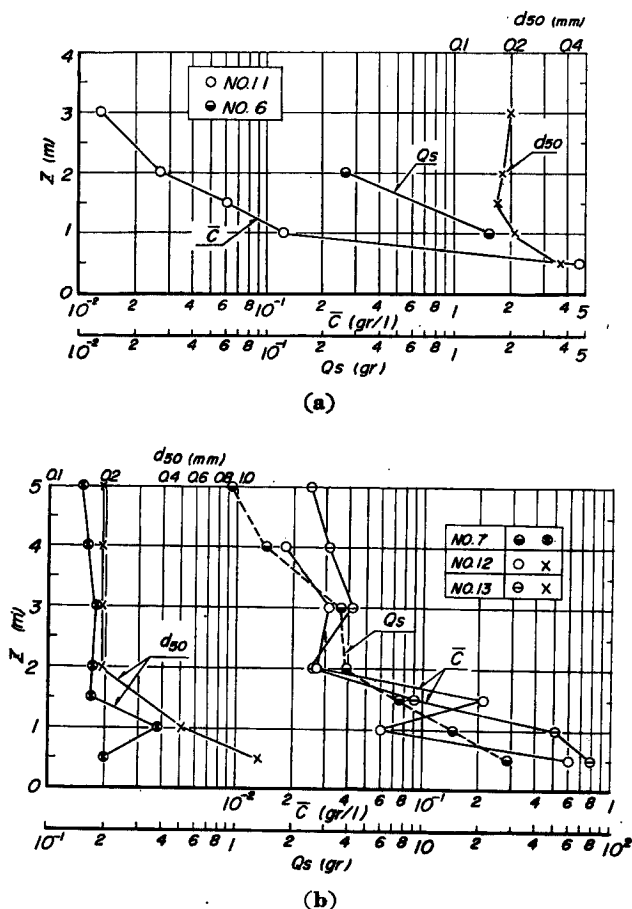


Fig. 13 Vertical distribution of suspended sediment sampled by sampling bottle and bamboo-sampler.

竹竿式捕砂器の浮遊砂捕集機構については福島・柏村²⁵⁾によって実験的に検討されているが、実測資料による検討はまだないようである。ここでは大湊海岸における実測資料にもとづいて、次元解析的に浮遊砂濃度と捕砂量の関係を考察する。

いま、竹筒入口の濃度を C_i 、出口のそれを C_o とすると、竹筒内における浮遊砂の捕砂率 E は

$$E = (C_i - C_0)/C_i \dots\dots\dots(1)$$

で与えられる。この E は竹筒内の流速 u ，砂粒の沈降速度 w_0 ，竹筒内の拡散係数 ε ，竹筒内の有効水深 h および竹筒の直径 D などの関数と考えられ，一般に

$$E = f(D/h, w_0 h/\varepsilon, u h/\varepsilon) \dots\dots\dots(2)$$

と表わせよう。ただし， h ， ε および u についてはよくわからないので，実用上は E と波の特性および砂粒の特性との関係が明らかになればよい。

一方，単位時間に竹筒内に流入する浮遊砂量 q_i は

$$q_i = C_i A u \dots\dots\dots(3)$$

である。ここに A は竹筒孔の面積である。したがって，単位時間あたりの捕砂量 q_s は

$$q_s = E q_i = E w_0 A (u/w_0) C_i \dots\dots\dots(4)$$

となる。いま $u/w_0 = (u h/\varepsilon) \cdot (\varepsilon/w_0 h)$ であるから E に含ませることができ，結局

$$q_s/w_0 A = E C_i \dots\dots\dots(5)$$

なる関係がえられる。(5) 式から明らかなように波の特性，浮遊砂の特性が一定でかつ竹筒の大きさも一定であれば， E は一定値をとり q_s は C_i に比例することがわかる。

Fig. 14 は18日および20日の資料から， $w_0 = 2.0 \text{ cm/s}$ および $A = 1.0 \times 5.0 (\text{cm}^2)$ として求めた， $q_s/w_0 A$ と C_i の関係をしめすもので，かなりのばらつきはあるが，両者はほぼ比例関係にあることがわかる。なおこうした資料をいろんな波の条件のもとで収集すれば E の値と波の特性との関係も求めることができよう。

つぎに，波による浮遊砂濃度の鉛直分布について，実測資料から若干の検討を加えよう。一般に，波の一周期に対する平均の浮遊砂濃度 $\bar{C}$ に関する基礎式は

$$\frac{d}{dz} \left(\varepsilon_z \frac{d\bar{C}}{dz} \right) + w_0 \frac{d\bar{C}}{dz} = 0 \dots\dots\dots(6)$$

である。ここに ε_z は鉛直方向の拡散係数であり， z は海底からの高さである。(6) 式を一度積分し，水面では砂粒が空中に飛び出さないという条件を入れると，一周期平均の拡散係数について，

$$\varepsilon_z = -w_0 \bar{C} / d\bar{C}/dz = -w_0 \bar{C} / \Delta \bar{C} / \Delta z \dots\dots\dots(7)$$

がえられる。したがって実測の浮遊砂濃度から (7) 式にもとづいて拡散係数を求めることができる。Fig. 15 はこうして求めた拡散係数 ε_z と z との関係を示すもので，本間・堀川ら²⁵⁾の値は東海村海岸における

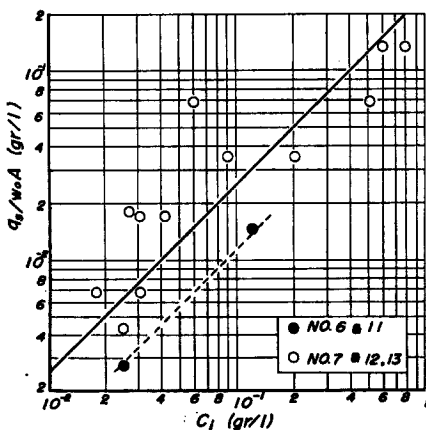


Fig. 14 Relationship between $q_s/w_0 A$ and C_i .

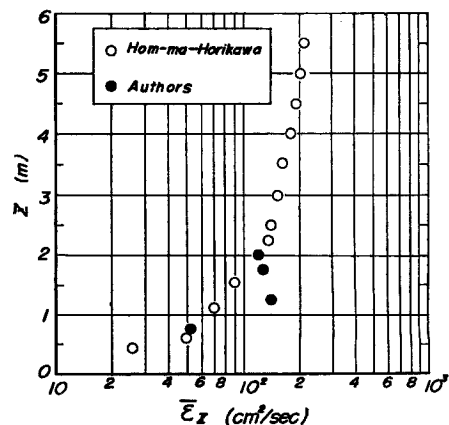


Fig. 15 Variation of value of ε_z depending to height above sea bottom.

もので、この時の波高は 67 cm, 周期 9.9 sec. であり、水深 6.2 m で測定されたものである。一方、著者の測定値は大潟海岸のもので、この時の波高は 90 cm, 周期 5.5 sec. であり、水深は 7.0 m であった。この図から明らかなように、 ε_x の値は海底からの高さによって変化するが、その関係はかなり複雑である。なお実験による ε_x の値は $1 \text{ cm}^2/\text{s}$ の order であるが、現地のそれは $10^2 \text{ cm}^2/\text{s}$ の order であることがわかる。

以上、浮遊砂の濃度分布を実測して、それより、各深度における拡散係数を算出したが、この拡散係数は波の特性によって変化するはずである。こうした点についてはいまだ十分明らかでないので、今後も測定を続け、その関係を一層明らかにしていきたい。

4. 結 語

大潟海岸における深浅測量・底質調査および浮遊砂の観測から、この海岸の特性や漂砂の挙動を検討してきたが、現状ではこうした観測の体制が十分でなく、明確な結論をうるにはいたっていない。今後継続的に観測を続け、種々の資料を収集して、漂砂現象の解析に努めるとともに、栈橋を用いた観測法の開発にも努めたい。

最後に、本観測に際し、終始御指導を賜った岩垣雄一教授ならびに観測に協力していただいた海岸災害研究室の諸氏に深謝の意を表する。なおこの研究は文部省科学研究費特定研究による研究の一部であることを付記する。

参 考 文 献

- 1) Ijima, T.: A Projection-type Sounder, Proc. of 9th Conf. on Coastal Eng., Lisbon. 1964, pp. 417—424.
- 2) Eagleson, P. S., B. Glenne and J. A. Dracup: Equilibrium Characteristics of Sand Beaches, Proc. A. S. C. E., Vol. 89, HY. 1, 1963, pp. 35—57.
- 3) Johnson, J. W.: Scale Effects in Hydraulic Models Involving Wave Motion, Trans. A. G. U., Vol. 30, 1949, pp. 517—525.
- 4) Rector, R. L.: Laboratory Study of Equilibrium Profiles of Beaches, B. E. B. Tech. Memo. No. 41, 1954, 38pp.
- 5) Watts, G. M.: Laboratory Study of Effect of Varying Wave Periods on Beach Profiles, B. E. B., Tech. Memo., No. 53, 1954, 19pp.
- 6) Scott, T.: Sand Movement by Waves, B. E. B., Tech. Memo., No. 48, 1954, 37pp.
- 7) Saville, T. Jr.: Scale Effects in Two Dimensional Beach Studies, Proc. of 7th General Meeting, I. A. H. R., Vol. 1, 1957, pp. A3.1—A3.10.
- 8) 岩垣雄一・樫木亨: 海浜の平衡勾配と碎波による砂移動に関する実験, 第2回海岸工学講演会講演集, 1955, pp. 99—105.
- 9) 栗原道徳・篠原謹爾・椿東一郎・吉岡益男: 波による砂移動に関する実験, 第3回海岸工学講演会講演集, 1956, pp. 151—158.
- 10) 本間仁・堀川清司・鮮干澈: 碎波および海浜地形の変動について, 第7回海岸工学講演会講演集, 1960, pp. 91—99.
- 11) 岩垣雄一・野田英明: 海岸変形の実験における縮尺効果の研究, 第8回海岸工学講演会講演集, 1961, pp. 139—143.
- 12) Harrison, W. and W. C. Krumbein: Interactions of the beach-ocean atmosphere system at Virginia Beach, Virginia, U. S. Army. Corps. of Eng., Coastal Eng. Res. Center, Tech. Memo. 7, 1964, 102pp.

- 13) Harrison, W., N.A. Pore and D.R. Tuck, Jr.: Predictor Equations for Beach Processes and Responses, J.G.R., Vol.70, No.24, 1965, pp.6103—6109.
- 14) Hom-ma, M. and C. Sonu: Rhythmic Pattern of Longshore Bars Related to Sediment Characteristics, Proc. of 8th Conference on Coastal Eng, Mexico, 1962, pp.248—278.
- 15) Sonu, C.J. and R.J. Russel: Topographic Changes in the Surf Zone Profile, Proc. of 10th Conference on Coastal Eng., Vol.1, Tokyo, 1966, pp.502—524.
- 16) 榎木亨: 最近の海岸漂砂の研究の動向について (第9回海岸工学会議より), 京都大学防災研究所年報, 第8号, 昭40, pp.407—414.
- 17) Shepard, F.P. and La Fond, E.C.: Sand Movement along the Scripps Institution Pier, American Journal of Science, 1940, Vol.238, pp.272—285.
- 18) Johnson, J.W.: 3) に同じ
- 19) 速水頼一郎・石原藤次郎・岩垣雄一: 漂砂対策調査報告書; 鳥取県漂砂対策調査委員会編, 昭25, 109p. p.
- 20) 岩垣雄一・樋口明生・野田英明・柿沼忠男: 大潟波浪観測所における観測施設と二, 三の観測例, 京都大学防災研究所年報, 第10号B, 昭42, pp.237—250.
- 21) King, C.M.: Beaches and Coasts, Edward Arnold Ltd., 1959, pp.331—337.
- 22) 本間仁・鮮干澈: 14) に同じ.
- 23) Bascom, W.N.: The Relationship Between Sand Size and Beachface Slope, Trans. A. G.U., Vol.32, No.6, 1951, pp.866—874.
- 24) 福島久雄: 漂砂測定法, 水工学に関する夏期研修会講義集B, 1965, 65—15, 10pp.
- 25) 福島久雄・柏村正和: 漂砂とその測定 (第5報), 第7回海岸工学講演会講演集, 昭35, pp.41—45.
- 26) 本間仁・堀川清司・小坂英治・渡辺晃: 砂れんによる流速変動に関する実験的研究, 第21回年次学術講演会講演概要, 昭41. pp.86—1—3.