

砕波帯内における浮遊砂分布の一観測例と その観測方法について

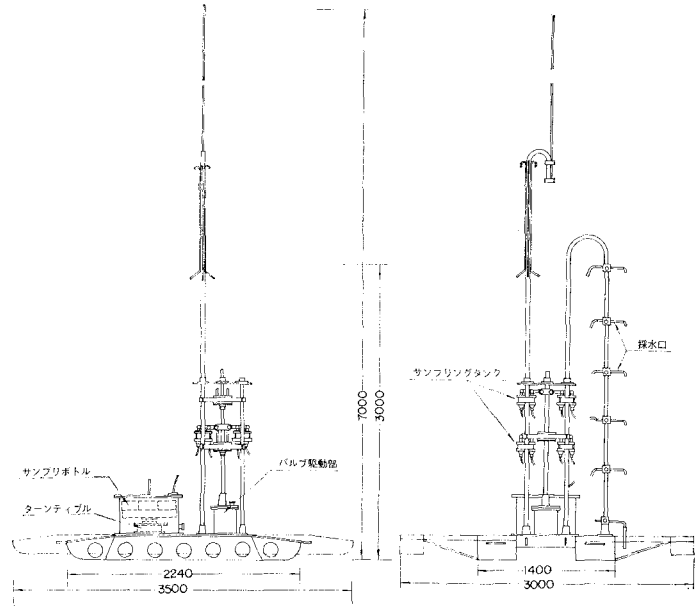
田 中 則 男*

1. はしがき

過去の実験的研究等から、沿岸漂砂のうち多くの部分が砕波帯内に分布していることが知られており¹⁾、漂砂現象を論ずるに当たって、砕波帯内での現象の解明がきわめて重要であることは衆知されているところである。近年砕波帯内部における沿岸流系や地形構造に関する研究が活発に行なわれ始め、わが国においても堀川、佐々木等による沿岸流の研究²⁾、日野による沿岸流系モデルの研究³⁾等の先駆的な研究成果が挙げられている。漂砂問題の研究も、これらを軸として新しい局面が開かれようとしているかに見える。このような砕波帯内の現象の研究において、現地観測結果の積み上げが、きわめて重要不可欠であることは、論を待たないところであろう。しかし砕波帯内の現象の複雑さと現地観測の困難さのゆえに、過去における成果は決して十分なものとはいえない。砕波帯内の浮遊砂濃度に関してのみいえば、過去の報告事例は、野田らによる大湊海岸の例⁴⁾、入江らによる新潟西海岸⁵⁾および酒田港の事例を数えるにすぎない。

砕波帯内の現象には、地形、波浪、流れ、水位、底質移動等々の要因が複雑に関与し、かつ、現象が空間的にきわめて変動性に富んでいるものと考えられる。したがって、その調査に際しては、多種の要因に対して総合的に、かつ空間的な広がりを持った同時観測が行なわれなくては、現象の全容を把握することは困難であろう。このような意味では、過去に得られた数少ない調査結果も決して十分なものではない。

著者は、このような問題意識の下に、砕波帯内の同時総合観測の手法の開発を志して来ているが、本報告ではその中から浮遊砂濃度分布測定のために試作した新しい採水装置とこれを用いて実施した現地観測の一例について述べる。



図—1 新しい採水装置の外観図

2. 新しい採水装置の試作

採水装置の概要

図—1 は今回試作した採水装置の概観図を示すものである。カヌー状の安定脚をもったソリの上に、後述する採水器5組が搭載され、1地点において鉛直方向5点の同時採水が行なわれる。この架台は、砕波帯中で引き回され、5地点で合計30個の試料を採取後陸上に引き上げられ、試料瓶の交換が行なわれる。採水器および架台を含めた重量は空中638kg、水中183kgであり、採水可能な最大水深は、排気孔を集めた排気柱の高さによって制限され7~8m程度である(砕波帯外にあっては、排気柱に代えて排気ブイを取り付けることにより、より深い水深まで適応出来る。砕波帯内では安定性と強度の観点からブイの使用はむづかしい)。

採水機構

新しい採水装置はその採水機構を図—2に示すように、採水地点の水圧によって自然採水を行なうものである。すなわち図において、レバー(a)が押し上げられる

* 正会員 運輸省港湾技術研究所水工部漂砂研究室長

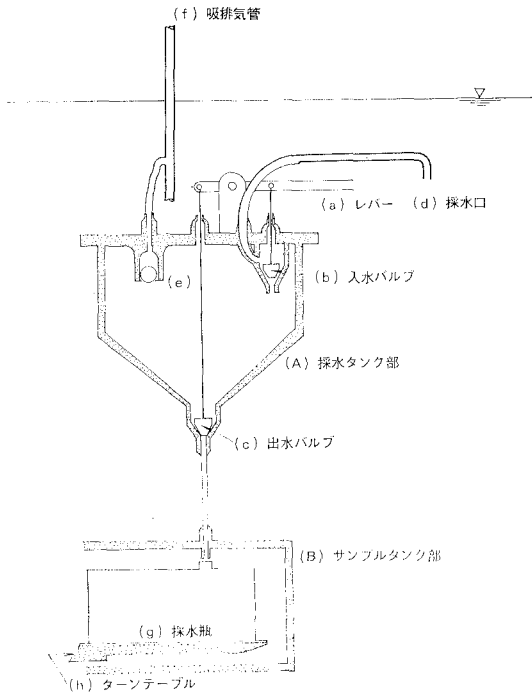


図-2 採水機構図

と、バルブ (b) が開きバルブ (c) が閉じる。この結果、採水孔 (d) から水圧によって海水が採水タンク (A) に流入し、タンク中の空気は排気管 (f) から抜ける。採水タンク中に水が流入されるとストップボール (e) が浮上し、排気孔を閉塞し、このために採水は自然に停止される。

逆に、レバーが引き下げられるとバルブ (b) が閉じ、(c) が開く。これによって採水タンク中の海水はサンプルタンク (B) 中に並べられた試料瓶 (g) に流入し、排気孔 (f) から空気が採水タンク中に流入する。

試料瓶 (g) はターンテーブル (h) 上に並べられており、一度の採水が完了するとこのターンテーブルは一定角度回転し、空の試料瓶が準備される。

採水タンク

図-3 は採水タンクの詳細図を示す。ボトル容量は約 1 リットルである。採水タンクの形状は試料中の砂泥分の付着およびタンクからの排水時に砂泥分が完全に洗い流されることに留意し、簡単な室内テストの結果図示したような円錐形とした。材質は真鍮である。バルブは 10m の水圧に十分耐え得ることを確認した。

前述の採水機構では、採水タンクと採水孔口との相対位置によって採水速度に差異が生ずるはずである。これを確認したのが 図-4 である。これによるとバルブ部分の水頭損失が大きいためか、採水タンクにかかる水頭高が 1m 以上になると採水時間は水頭高にあまり左右されず、ほぼ 3sec 程度であった。したがって、採水タンク

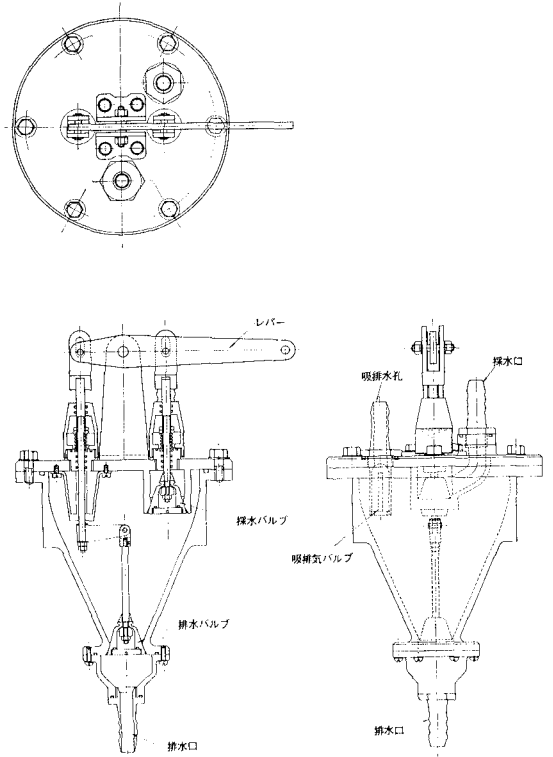


図-3 採水タンク詳細図

クが水面近くに位置する場合にはほぼ 1 周期、水面から 1m 以上になると 1/2~1/4 周期の間に採水されることになる。採水孔およびこれと採水タンクを連結する塩ビ管の内径は 15mm であるから、採水タンクが相当浅い場合でも管内流速は 50cm/sec 程度になっていることになる。

採水器のコントロール

採水に当たってのレバー (a) の上下およびターンテーブルの回転にはモーター (おのおの RM 10S40 および SH-301) を用い、試作一号機においてはその動力と制御信号はケーブルによって陸上から送った。送電および信号電送のために、非鍍装のキャブタイマーケーブルに浮子を数 m ごとに取りつけたものを用いた。一地点すなわち A 点での採水終了後、採水孔から採水ボトルの間は

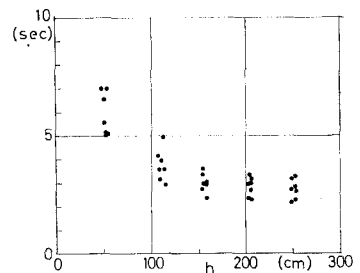


図-4 採水タンクへの海水流入速度

A点の海水によって充滿され、他地点Bにおける採水までにこれを排除する必要がある。このため、B地点で一度採水を行ない、これを試料タンクの底部に捨てた後、本採水が行なわれる。

採水装置の牽引は、砕波線の沖に浮いた漁船(80馬力程度の底曳き船)と浜上のブルトーザーの間にナイロンロープを張り、これによって行なった。ただし、船にはデリケートな動きを期待できない。したがって沖向きに引く場合でも、高速移動をさけるために、陸上のブルトーザーと海上の船との間で引き合せて、ブルトーザーの前進速度でソリが動くようにコントロールした。

3. 大洗海岸における観測例

昭和48年11月8日、茨城県大洗町夏海海岸において現地観測を実施した。この海岸は銚子港から大洗港までの間の約70kmにわたって続く、いわゆる鹿島海岸の北部に当り、大洗港の南約5kmの地点である。図-5に示すように、海岸線背後はほぼ300m程度の距離で標高50m弱に達する砂丘が発達し、海岸線および等深線は大体円滑に南北に走っている。汀線の沖250~300m地点には頂高-1.5m前後の沿岸砂州が続き、その岸側100mには水深-4.5m前後のトラフが連らなっている。

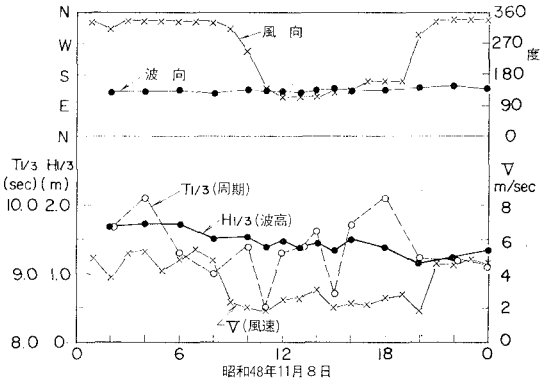


図-6 観測当日の波と風

観測当日の海況と採取点の状況

観測日当日の波および風の状況を図-6に示す。波高および波向は、大洗港沖-20m地点における超音波式波高計およびSG型波向計による記録である。当日は早朝 $H_{1/3}=1.7m$ 程度、周期9秒強のうねりがあったが、波高は徐々に減少し、観測期間の9時~16時の間は $H_{1/3}=1.3\sim 1.5m$ 程度のうねりであった。波向は大体SE方向である。風は終日弱くほとんど問題にならない。

浮遊砂の採取位置を写真-1および図-7に示した。

写真-1は、当日9時30分から10時30分までの間にわたって写真の南北半面を交互におのおの約2分間隔で撮影した空中写真を合成したものであり、図-7は、これらの写真から、波が砕波を始めようとしている地点および白波の分布地点の分布を図示したものである。図には、この観測から1月後の昭和48年12月の深淺図に見られる沿岸砂州の頂部とトラフの底の位置が同時に示されている。

これらに示すように、当日は汀線の沖約250m程度の線(沿岸砂州の頂部付近と思われる)に第一砕波線があり、汀

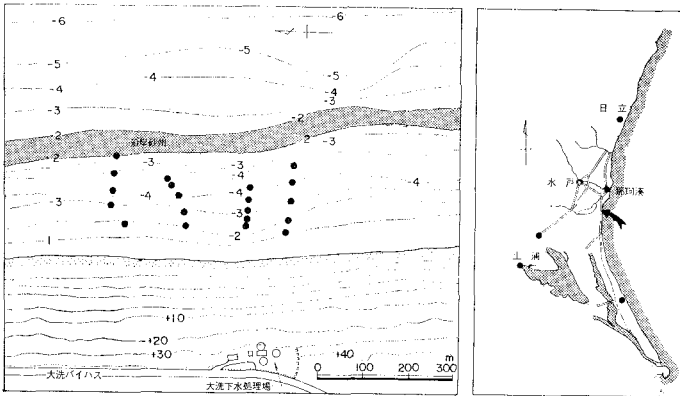


図-5 現地観測位置図

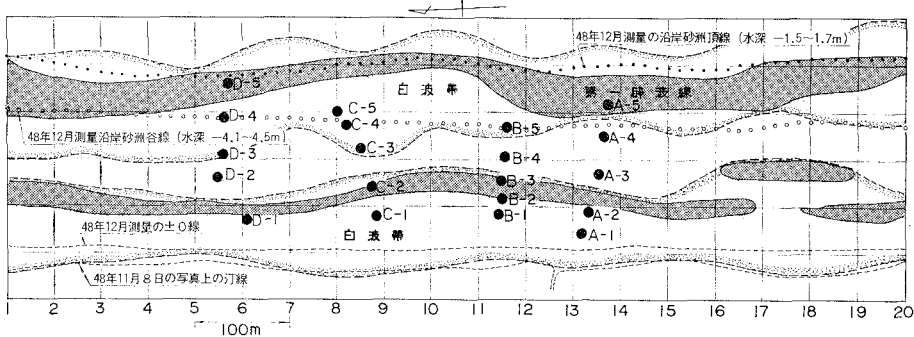
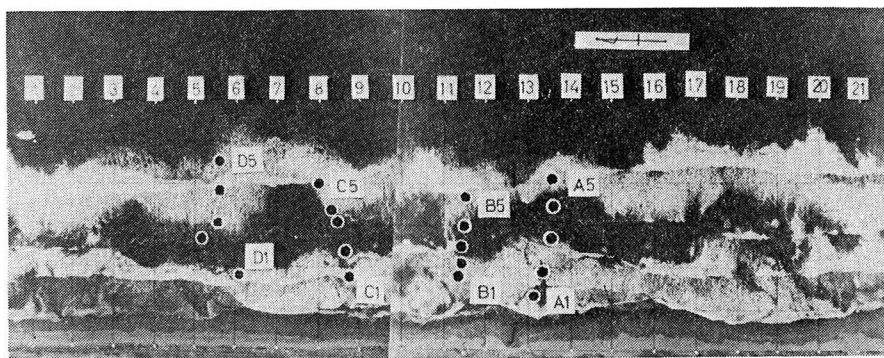


図-7 採水位置図



写真—1 観測当日、観測地域の砕波

線の沖約 100 m 程度の位置に第二砕波点がある。沖合の第一砕波点の分布位置は約 500 m 前後で大きく波打っており、測線 No. 8~10 付近で汀線から遠く、測線 No. 0~1 および No. 11~13 で岸に近い。一方岸側の第二砕波線は波長約 400 m 程度で波打っている。さらに白波の分布について見ると第一砕波については、砕波点分布より短い 150~200 m ほどの波状分布が見られるが、第二砕波線については砕波点分布のパターンと白波分布のパターンは一致している。写真に撮られている茶色の濁りは、この白波分布の沖側の縁、特に白波分布が沖に張り出す位置に集中して分布している。採水点はこのような砕波帯の真っただ中に分布しているが、前述した砕波状況との関連で採水点の状況を分類すると表—1 のとおりである。

浮遊砂濃度とその鉛直分布型

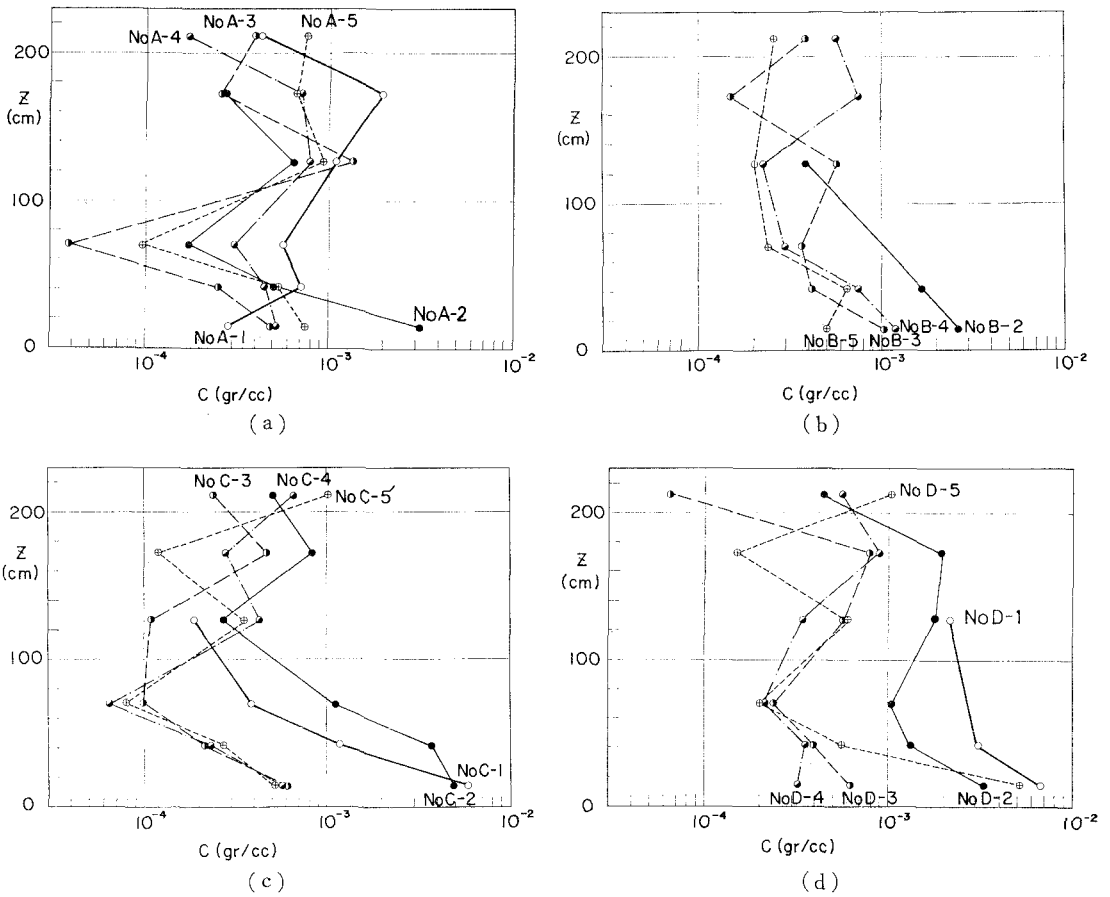
採水試料は沓紙を用いて沓過し、沓紙上への残留物上に清水をそそいで塩分を洗浄した後、乾燥した浮遊砂の重量を求め、これを採水量で除して浮遊砂濃度を求めた。採水孔口が高い位置に設置されている場合には、波の谷

の間で採水孔口が空中に露出するなどのために、採水量が少ないケースもあったので、採水量が 200 cc 以下のデータは無視した。このようにして求めた浮遊砂の鉛直分布を 図—8(a)~(d) に示した。

図によると、採水点が第二砕波帯内に位置する点(表—1 参照)については、A-1 点を除き、多少の値のばらつきはあっても片対数グラフ上ではほぼ L 字型の分布をしているが、他の地点では海底面上 1.0 m 前後に濃度の極小値があり、その極小点より深くとも、また浅くとも濃度が増加するいわゆる平仮名の「く」字型の分布をしている。このような分布型は、島田・吉高による宮崎海岸の観測事例⁹⁾に見られる。観測当日の空中写真や現地の砂丘上からの観察によれば、砕波に伴って局所的に舌状の濁りが目視できる地域が生じ、これが沖に広がって消えていく状況が観察される。砕波帯で水深がある程度の値を持った地点では、底層と表層に異なった水流の運動機構が存在し、このために、浮遊砂濃度に不連続な差異が生ずることは考え得ると思われる。しかしこれに関しては、採水時間と現象の周期性との間の関係の適

表—1 採水位置と砕波状況との関係

第二砕波帯内部	砕波線上	砕波線の凸部	C-1, B-3, B-2
		砕波線の凹部	D-1, A-2
第二砕波帯内部	砕波線より岸側	砕波線の凸部	C-1, B-1
		砕波線の凹部	A-1
第一砕波帯内部	砕波線上	砕波線の凸部	D-5
		砕波線の凹部	
	砕波線の岸側, 白波帯内	砕波線の凸部	C-5, C-4
		砕波線の凹部	D-4, D-3, C-5, C-4, C-3
	砕波線の岸側, 白波帯外	砕波線の凸部	D-2
		砕波線の凹部	
	砕波線の岸側, 白波帯外	砕波線の凸部	D-2
		砕波線の凹部	
	砕波線の岸側, 白波帯外	砕波線の凸部	D-2
		砕波線の凹部	



図—8 浮遊砂濃度の鉛直分布

否など採水技術上の問題もあり(鳥田・吉高の観測例でも捕砂竹による分布型とポンプ採水による分布型が著しく異なっている), 流れの観測を行っていないので現象を正しく把握しているとは断言し切れない点が残っている。

浮遊砂全量の分布

各地点における浮遊砂の鉛直分布を高き方向に積分して, 底面積 10 cm×10 cm の鉛直な水柱中に含まれる全浮遊砂量を求めると表—2 のとおりである。今回の観測では最も上部の採水孔は海底面上 2.1 m の地点にあったから, 表示した浮遊砂全量は表—2 凡例に示した考え方にしたがって海底面上 2.32 m までの水柱中に含まれる浮遊砂量を意味する。ただし水深が浅く, 上部の採水孔では採水されなかった場合には, 水柱高さを試料の採れた上端の採水孔が代表する高さまでに止めてある。

これによると, 第二碎波線より沖では中央部の BC 測線で浮遊砂全量

が少なく, 第二碎波線より岸側では, 北側の測線ほど浮遊砂全量が多いことがわかる。このような傾向は 図—7 に示した碎波線の分布に見られる長い波長のリズムカル地形に関連しているのかもしれない。

また各測線共, 岸に近いほど浮遊砂全量が大きく, 次第に減じて, さらに第一碎波線に近づくと再び浮遊砂全量が増大する傾向があるが, これを示したのが 図—9 である。図中には, 昭和 48 年 12 月測量結果から求めた各測線の断面形状が同時に示されている。図のように, 浮遊砂全量は第一碎波線までの間で, 沿岸砂州のトラフに極小値を持つ U 字型の分布を示している。

表—2 各採水地点の浮遊砂全量

	A		B		C		D	
	S ₀	S ₃	S ₀	S _B	S ₀	S _B	S ₀	S _B
1	(18.69)	(5.17)			(22.93)	(21.94)	(50.68)	(39.23)
2	(15.46)	(11.99)	(18.42)	(16.40)	35.89	29.13	33.60	17.84
3	12.24	2.23	9.77	5.76	6.19	2.27	10.56	4.17
4	11.58	4.04	13.16	6.75	8.50	2.48	10.31	2.79
5	13.04	4.00	7.24	4.23	8.89	2.59	24.35	16.43

UNIT: GR/100CM²

$$S_0 = \sum_{h_1}^{h_2} C_i \cdot h_i$$

$$S_B = \sum_{h_1}^{h_2} C_i \cdot h_i$$

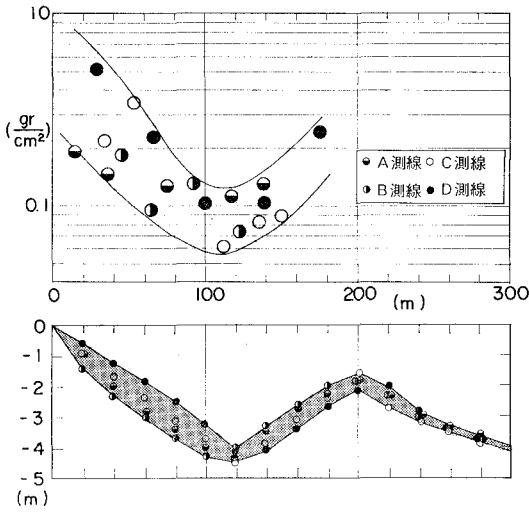


図-9 浮遊砂全量の分布

4. 結 語

ただ一回の観測結果から何らかの結論が得られるほどに、砕波帯内の現象は単純ではない。したがって本報告は、浮遊砂量分布の一つの観測例を示したに止まっている。しかし、今回の観測例は近年主張される沿岸現象のリズミカルパターンに関連して、かなり示唆的な内容を含んでいるように著者は考えている。今後は、前述したように砕波帯内の諸現象の総合的、空間的把握を目標として、さらに観測を計画している。

理想論としては、この装置はいくつかの改良点を持っている。その第1は、コントロールのためにケーブルを引いており、浜上でのケーブルの取り扱いがかなりの作業となることである。このために、観測能率が相当に阻

害されている。第二には、採水時間3秒程度と現象に対して中途半端な長さになっている点である。少なくとも数波の間の平均濃度を測定するために、一地点で採取する1lを何度も分けて間けつ的に採水する等の方法を考えなくてはならないだろう。さらに基本的には、水中走行車等による自走方式の開発も検討しなくてはならないと考えている。

逆にこの装置は、基本的には砕波帯内の走行機器の一つと考えると、各種の測定機たとえば簡便な採泥機、波高計、流速計などの搭載が可能である。また、排気柱に目盛りを打ってこれを測量することによって水深の測量が、8m/mカメラによる撮影によって波高および水位の観測が確実に可能である。

このように、この装置は砕波帯内の現象の総合観測機としての可能性を持つものであり、現在その方向で改良整備を計画中である。

参 考 文 献

- 1) たとえば Saville, T., Jr.: Model Study of Sand Transport along an Infinitely Long Beach, Trans. A.G.U., Vol. 31, No. 4, 1950.
- 2) たとえば堀川清司・佐々木民雄他: 海浜流に関する研究(第I報)―観測方法と湘南海岸における観測例―第18回海岸工学講演会論文集, 1971.
- 3) たとえば Hino, M.: Theory on Formation of Shore Current System and Systematic Deformation of Coastal Topography, Tech. Report No. 13, Department Civil Eng., Tokyo Institute of Technology, 1972.
- 4) 野田英明: 波による底質の移動, 第14回海岸工学講演会講演集, 1967.
- 5) 片山猛雄・入江 功・川上俊雄: 新潟海岸の離岸堤の効果, 第20回海岸工学講演会論文集, 1973.
- 6) 島田米夫・吉高益男: 波による浮遊砂の濃度測定について, 第21回海岸工学講演会論文集, 1974.