

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 141 June 1972

第一特浚丸における掘削用ジェットおよび爪の効果

松 田 任
八 木 得
奥 出 次
是 石 律
岡 山 夫
菊 谷 昭
東 海 義
林 谷 徹
 幸



運輸省港湾技術研究所



第一特浚丸における掘削用ジェット および爪の効果

目 次

要 旨	3
1. ま え が き	3
2. 試験の概要および日程	4
3. 浚渫区域と自然条件	4
4. 試 験 結 果	5
4.1 結果の概要	5
4.2 浚渫土量と積載土量	10
4.3 船速と浚渫能力	11
4.4 動力関係	14
5. ま と め	17
6. あ と が き	18

Dredging Effects of Water-jets and Teeth equipped with
the Trailing Suction Head of the Tokushun-maru No.1

Jin MATSUDA* Tokuji YAGI**

Tadasu OOKUDE*** Akio KOREISHI***

Yoshikuni OKAYAMA*** Toru KIKUYA****

Hideyuki SHOJI*****

Synopsis

This paper presents the results of the field test on the dredging effects of water-jets and teeth equipped with the trailing suction head of the Tokushun-maru No.1.

The main value of this test would be that the Hydrogist was used to measure the accurate location and trailing speed of the ship, resulting in collection of reliable data totaling over 900 points.

The similar tendency in the relationship between the ship's speed and the solid concentration of dredged mixture was recognized for both tests with and without water-jets, and tests with and without teeth. The maximum solid concentration was identified at the ship's speed of between 3 and 4 knots.

It was revealed that water-jets were always effective for both cases with and without teeth, but that the ratio of excess effect would decrease along with the increase of the speed of ship, and that little could be expected for the speed at over 4 knots.

Within this test conditions, teeth were proved unbenefitable because the head with teeth showed comparative decrease in solid concentrations. This may be partly because in spite of the fact that they are useful for digging the sea bed they apt to make clearance between the sea bed and the grate of head resulting in deterioration of scouring effects due to the decrease of the flow-in velocity of mixture into the head.

-
- * Ex-Head of the Machinery Division
 - ** Chief of Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division
 - *** Member of Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division
 - **** Member of Working Craft Development Laboratory, Machinery Division
 - ***** Member of Dredger and Construction Equipment Laboratory, Machinery Division

『第一特浚丸の浚渫能力試験』の結果の中、掘削用ジェットおよびドラグ底面の爪の有無による浚渫能力に及ぼす影響を主眼にして述べたものである。勿論、本データによって、それらの効果を一般的に評価することは出来ないが、一つの参考資料として報告するものである。

なお、今回の試験で特記しておくべきことは、試験中本船の浚渫位置および船速をより明確に把握するため、ハイドロデイストを用いたことである。

2. 試験の概要および日程

試験は、先づ送水状態において関連計器の指示値を確認した後浚渫作業に入り、浚渫区域内を約1000～2000m（浚渫時間にして約15～20分）を浚渫する間に、ブリッジからの司令にもとずいて1分間隔に各

測定項目を同時計測した。これら試験中、浚渫ポンプの回転数は4ノッチ（約155rpm）、ドラグヘッド接地荷重の設定値は10tonとした。測定項目および測定方法は前回の試験の場合と同様であるが、特に今回はジェットおよび爪を用いることによって附带的に生じる動力変化を調べるために、主機関負荷計、c/p 翼角計および主発電機電力計の各計器を追加するとともに、ハイドロデイストを用いて船位を確認した。

試験日程および主要な設定条件は、表1に示す通りである。試験当時、本船の運航は浚渫距離、捨土距離および浚渫能力の関係で1サイクル約4時間を要し、浚渫作業は2往復（4行程）で行われていた。ドラグヘッドは両舷ともカルフォルニアタイプのものを装着し、前半2日は爪無、後半2日を爪有の状態とし、ジェットは常時左舷（2号）のみを使用した。

表 1 試験日程

日付	試験番号	運 転 条 件		
		船 速 (kt)	爪の有無	そ の 他
7. 19		試験の打合せ、計器調整		
7. 20	D-1	3.5 ; 4.5	無	○ジェット左舷のみ使用 ○ポンプ回転数=4ノッチ ○スエルコン圧力=20Kg/cm ²
	D-2	2.5 ; 1.5	"	
7. 21	D-3	4.5 ; 1.5	"	
	*D-4	3.5	"	
7. 22	**D-5	4.5 ; 3.5	有	
	D-6	1.5 ; 2.5	"	
7. 23	D-7	4.5 ; 3.5	"	
	D-8	1.5 ; 2.5	"	

* D-4 第2行程開始直後、右舷ドラグアームウィンチ故障のため試験中止。

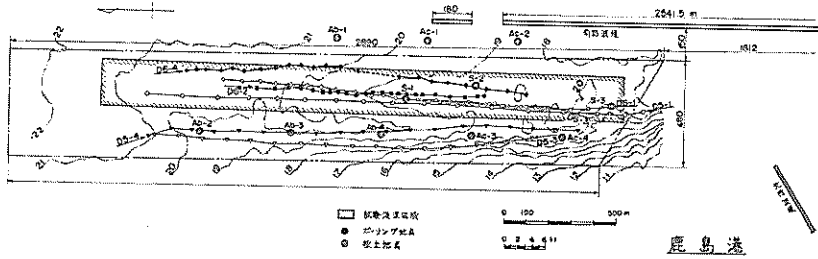
** D-5 第2行程および第3行程前半は、ハイドロデイスト故障のため、レーダにて船位を計測。

3. 浚渫区域と自然条件

試験当時の本船の浚渫区域は、図1に示すように、南防波堤に平行な幅480m、長さ約3000mの梯形区域であったが、この中試験に供された区域は図中の斜線で囲まれた範囲である。図中の等深線は測深記録をもとに描いたもので、試験区域内における深度は約-18～-21mの範囲であった。また、図にはハイドロデイストで測定した1分毎の船位と航跡の例を示してあるが、航跡は入出港船や工事用作業船を避けるため、試験区域を外れたものもあった。浚渫距離は船速および積載量の関係で適

宜変更し、船速4.5ktの場合約2000m、1.5ktで約1000mであった。

浚渫土質については前回の報告書に記載してある土質調査資料以上のものがないので適確な判定は困難であるが、既存の資料および採取土砂の分析結果から判断すれば、おむねシルト混り細砂で、N値は20以下のものと思われる。なお、土質判定の一助にするため、写真1に示すような採泥器を用いて試験区域内3ヶ所（図1のs1～s3）にて海底表面の土砂を採取するとともに、試験中は泥船、オーブントラフおよびオーバー・フロ・ゲ



図一 浚渫区域と浚渫航跡の例

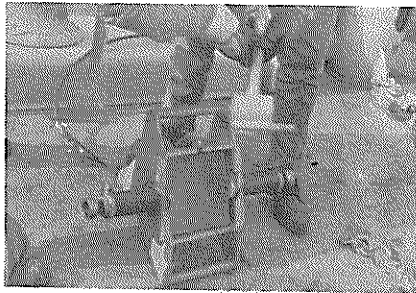


写真1 採泥器

ートにおいて浚渫土砂を採取した。これらの篩分分析の結果は附図1に示す通りであり、前回試験時の土砂 ($d_{50} \approx 0.15 \text{ mm}$) よりやゝ細かい。また、表2は採取土砂の比重測定結果を採取場所毎の平均値として示してある。

試験期間中の風浪は、 $\frac{1}{2}$ 波高で1m以下、風速は10 m/s以下であって、本船の浚渫作業には殆んど影響がなかったと言えよう。

表2 浚渫土砂の比重

採取場所	トラフ	オーバー・フロ・ゲート	泥 船	試 験 区 域
試 料 数	16	8	5	4
真 比 重	2.67	2.66	2.75	2.66
*見掛比重(粗)	1.72	1.60	1.82	1.67
**見掛比重(密)	1.86	1.77	1.96	1.80

* 試料を十分に懸濁した後、自然沈殿させ、20時間後計測。

** 粗状態に振動を与え、締め固めて計測。

4. 試験結果

4.1 結果の概要

先に述べたように、今回の試験は掘削用ジェットおよびドラグ底面の爪が浚渫能力に及ぼす影響を調べたものである。すなわち、試験番号D1~D4は爪無、D5~D8は爪有で、いずれの場合も船速を1.5~4.5ktに変えて、各2行程づつ浚渫を行なった。

爪は、図2に示すように、ドラグヘッドのヒール部に高さ150mm幅100mmのもの4個、グレート面に高さ100mmのもの8個を取付けた(写真2参照)。

ジェット・ノズルはドラグヘッドのヒール近辺に径30mmのもの6個を一列に配置し、800mm/h \times 150m

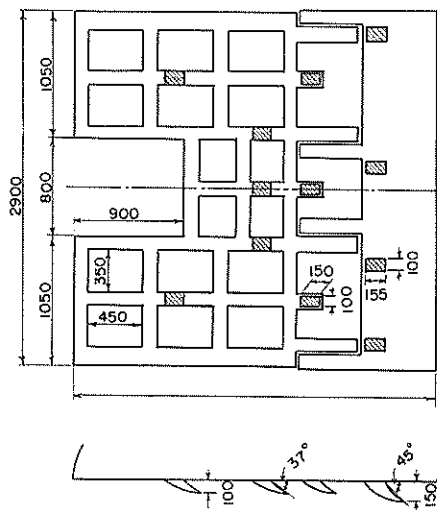


図2 ドラグヘッドのグレート面と爪の取付箇所

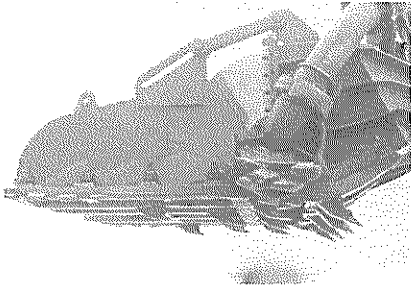


写真2 爪をつけたドラグヘッド

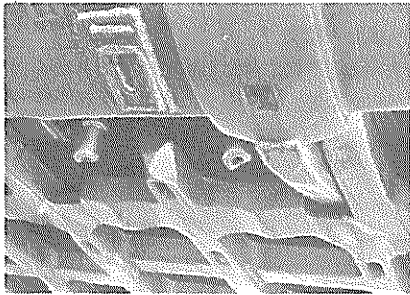


写真3 ジェット・ノズル

のポンプによって給水された(写真3参照)。浚渫試験に先立ち、ドラグヘッド底面を海面上に降してジェット水圧力を測定した所、機側で 1.55 Kg/cm^2 、ノズル直前で約 1.3 Kg/cm^2 であった。

表3は各試験行程における主要な測定値および計算値を示す。以下表中の各項目について説明を加える。

(1) 試験番号 (D) および行程 (S)

試験当時、本船のは2往復(4行程)で満載になるような運航状態であったため、これを1回の試験として Test 6 に記した。

行程番号上の*印は港内より港外に向って浚渫したもので、無印のものは逆方向に浚渫したことを示す。なお、D4の第2行程以後は右舷ドラグアーム・ウインチが故障したため、試験を中止した。

(2) 浚渫時間 ($4T_b$) およびオーバーフロ時間 (T_o)

浚渫時間は各行程中における泥艙バルブの開から閉までの時間、すなわち泥艙内に土砂水を積込んでいる時間である。しかし、左舷のバルブゲートは昇降不能の状態であったため、ポンプ起動後間もなく低含泥水が泥艙内

に流入し、厳密な意味での積込時間にはならない。

オーバーフロ時間とは、オーバーフロが始まってから浚渫終了までの時間であって、これとオーバーフロ開始までの時間(τ_o)の和が1サイクルにおける全浚渫時間になる。

オーバーフロ開始までの時間は各試験によって著しく相違しているが、これはトラニオン部からの空気没入を防いで浚渫ポンプの安定運転を図るため、浚渫作業に入る前、あらかじめ泥艙内に適当量の海水を注入しておいたことによるものである。

(3) 浚渫深度 (hu)

試験浚渫区域内の測深深度は図1で判るように、 $-18 \sim -21 \text{ m}$ の範囲である。表3には各行程中における各舷ドラグヘッド深度の平均値を示す。

(4) スエルコン圧力 (P_s) およびポンプ回転数 (n_p)

今回の試験においては、スエルコン圧力および浚渫ポンプ回転数の初期設定値は、それぞれ 20 Kg/cm^2 (接地荷重約 10 ton)、4ノッチ(約 155 rpm)としたが、浚渫負荷による変動範囲は、スエルコン圧力で $17 \sim 21 \text{ Kg/cm}^2$ 、ポンプ回転数で $153 \sim 157 \text{ rpm}$ であった。表3には各舷の平均値を示す。

(5) ポンプ吐出量 (Q_m) およびポンプ通過含泥率 (C_{vp})

本船装備の電磁流量計およびアイトープ式含泥率計による連続記録から求めた浚渫時間内における各舷の平均値を示した。但し、含泥率は土砂の真比重を 2.65 とした真容積含泥率である。図3は1行程中におけるポンプ吐出量と含泥率の記録例であり、両計器の設置位置および記録ペンの相対距離によるタイム・ラグを修正してある。図の2つの記録例は、爪有で同程度の船速であるにもかかわらず著しく含泥率が異なる。試験番号D5-3およびD5-4の試験時にはたまたま入港船舶があって、これを避けるべく航跡が試験区域を外れて陸側に片寄せたため、より硬い土質に逢着したと思われる(図1参照)。したがって、以後の結果の検討に当っては、これらのデータを除外した。

送水時のポンプ吐出量はチェックの意味で、各舷2回づつ行なったが、前回の試験結果にほぼ一致した。なお、送水時における左舷泥艙バルブ故障による泥艙への洩水量は約 $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ で、2号ポンプ吐出量の約 32% に相当する。

含泥率と吐出量は1行程中であっても刻々変化するが、両者の変動状態は極めて密接な関係にあることは図3より明らかである。これら記録中、顕著な変動対応点を抽出して含泥率に対する吐出量比をプロットしたのが図4である。但し、吐出量は船の喫水によっても変るから、

表 5 波濺試験結果一覽表 (1)

TEST 名	D-1				D-2				D-3				D-4			
	1*	2	3*	4	1	2*	3	4*	1	2*	3	4*	1	2	3	4
行程 s	19-50	22-25	16-15	15-10	22-10	23-11	25-05	18-40	13-55	10-20	17-30	22-45	17-25	—	—	—
波濺時間 ΔT_b (min-sec)	57-13				78-36				57-50				8-51			
オーバーフロ時間 T_o (min-sec)	16-27				10-30				9-40				8-34			
波濺深度 1号 hu (m)	21.1	21.7	21.9	21.7	22.2	21.9	21.9	23.0	20.0	19.2	20.2	19.1	21.3			
(平均) 2号	20.4	20.1	21.2	21.4	21.4	22.4	21.6	21.4	20.0	18.8	18.9	20.6	20.7			
スェルコン圧力 1号 P. (kg/cm ²)	17.5	19.2	19.1	19.0	18.3	18.6	18.4	18.5	19.0	18.4	19.3	18.8	19.5			
(平均) 2号	18.4	19.3	19.7	19.5	18.0	18.1	17.9	18.3	17.5	17.2	18.6	18.2	18.0			
ポンプ回転数 1号 n _r (rpm)	157	155	154	155	154	154	155	154	156	155	155	155	155			
(平均) 2号	156	156	154	154	156	155	155	154	156	155	155	155	155			
ポンプ吐出量 1号 Q _m (m ³ /h)	8240	8500	8500	8680	9190	9370	8890	9320	9050	7520	10610	9610	8630			
(平均) 2号	6680	7960	8270	8180	7240	8240	8200	8250	7710	7330	8680	8820	7940			
ポンプ通過含泥率 1号 C _{vp} (%)	12.1	13.5	14.6	14.9	9.4	8.6	8.9	9.1	9.7	17.0	6.1	8.7	11.8			
(平均) 2号	14.7	14.7	13.6	14.9	14.5	12.4	13.1	13.8	13.2	17.9	11.3	9.6	13.1			
波濺土量 ΔG_b (mg)	330	429	336	327	319	311	331	264	204	220	189	317	296			
1号	325	437	305	308	388	395	449	354	236	226	286	321	302			(598)
2号	1.6	4.9	5.6	2.5	2.6	3.7	2.6	0.3	—	7.3	0.4	4.9	—			
オーバーフロ含泥率 C _{vo} (%)	1.17	2.33	2.72	31.4	12.1	16.5	24.9	30.5	10.0	15.7	1.90	2.40	1.24			
泥船内平均含泥率 C _{vn} (%)	4.80	4.71	1.60	17.3	4.96	1.79	3.43	2.29	4.07	2.37	1.34	2.02	5.08			(508)
積載土量 ΔG_n (mg)	3.19	3.08	4.22	4.24	2.11	2.08	1.28	1.73	4.38	3.59	1.63	1.51	3.71			
船速 (平均) V _s (kt)	10	8.5	12	12.5	8.5	9	9	9	11	12	7.5	8.5	10.5			
cpp 翼角 α (deg)	10	10	10	12	8.5	9	9	8	11	12	7.5	8.5	10.5			
(平均) 2号	10	10	12	12.5	8.5	9	9	8	11	12	7.5	8.5	10.5			
波高 H _{1/2} (m)	0.90				0.70				10.2				0.70			
周期 T (sec)	7.7				8.0				7.8				8.0			
風速 V _w (m/s)	—				8.0 (NW)				8.0 (NNE)				4.0 (E)			

表 5 波濺試験結果一覽表 (2)

TEST 項	D-5				D-6				D-7				D-8			
	1*	2	3*	4	1*	2	3*	4	1	2*	3	4*	1	2*	3	4*
行程 s	15-30	16-25	17-45	18-35	22-00	20-45	21-07	21-00	15-15	14-40	18-50	17-50	21-55	21-45	20-55	20-35
波濺時間 ΔT_b (min-sec)																
オーバーフロ時間 T_o (min-sec)	55-40				74-27				57-05				76-48			
オーバーフロ開始までの時間 τ_o	12-35				10-25				9-30				8-22			
波濺深 1号	1.98	2.00	2.00	2.03	2.04	2.11	2.10	2.22	2.02	1.90	2.02	1.97	2.13	2.12	2.10	2.10
(平均) 2号	1.86	1.98	1.97	1.97	1.99	1.99	2.00	2.17	1.99	1.92	2.09	1.93	2.06	2.06	2.06	2.07
スエールコン圧力 1号	1.88	1.89	—	—	1.84	1.85	1.89	1.88	1.89	1.92	1.88	1.93	1.92	1.97	1.95	1.98
(平均) 2号	1.87	1.93	—	—	1.95	2.00	2.00	2.01	1.89	1.79	1.91	1.92	1.99	1.98	1.98	2.04
ポンプ回転数 1号	1.57	1.55	1.55	1.54	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.54	1.55	1.53	1.54	1.54	1.54	1.54
(平均) 2号	1.56	1.55	1.55	1.54	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.54	1.53	1.54	1.55	1.54	1.54	1.54
ポンプ吐出量 1号	6800	9180	10960	11000	9400	9710	9800	9200	9090	8830	9450	9230	9530	10510	9980	9550
(平均) 2号	7240	8280	10370	9430	8270	8800	8630	8100	7890	8160	8160	8270	7890	8870	8580	8760
ポンプ通過含泥率 1号	1.68	1.06	4.6	4.5	7.1	8.4	8.3	11.0	8.8	1.34	1.01	1.22	7.7	5.5	8.4	9.9
(平均) 2号	1.18	1.27	5.2	8.2	8.7	9.6	11.4	14.2	1.20	1.34	1.38	1.40	1.13	9.3	11.4	11.7
波濺土量 1号	295	266	149	153	245	282	286	354	203	289	300	335	268	210	292	324
2号	221	288	160	239	264	292	346	403	241	267	353	344	326	299	341	352
				(1771)				(2472)				(2332)				(2412)
オーバーフロ含泥率 C_{vo} (%)	2.2	3.2	—	—	—	1.7	3.3	5.3	0.5	7.3	4.0	—	1.0	—	3.0	2.0
泥濺内平均含泥率 C_{vb} (%)	1.19	1.76	2.04	2.38	9.0	1.63	2.33	34.5	10.2	17.1	24.7	31.7	6.1	16.2	24.4	31.7
積載土量 ΔG_H (m^3)	485	235	113	141	370	298	283	459	418	281	310	287	248	415	334	301
				(974)				(1410)				(1296)				(1296)
船速 (平均) V_s (kt)	4.47	4.62	3.64	3.45	1.19	1.48	2.27	2.24	3.96	4.43	3.22	3.40	1.38	1.41	2.14	2.47
cPP 翼角 1号 α (deg)	1.25	1.35	1.0	1.0	9.5	10	10.5	12.5	1.25	1.3	1.2	1.2	9	9	11	11
(平均) 2号	1.25	1.35	1.0	1.05	9.5	10	10.5	12.5	1.25	1.3	1.2	1.2	9	9	11	11
波高 $H_{1/3}$ (m)	0.66				0.70				0.57				0.60			
周期 T(sec)	8.9				9.0				7.7				9.0			
風速 V_w (m/s)	3.0(NNE)				4.5(NNE)				4.5(SW)				7.5(SW)			

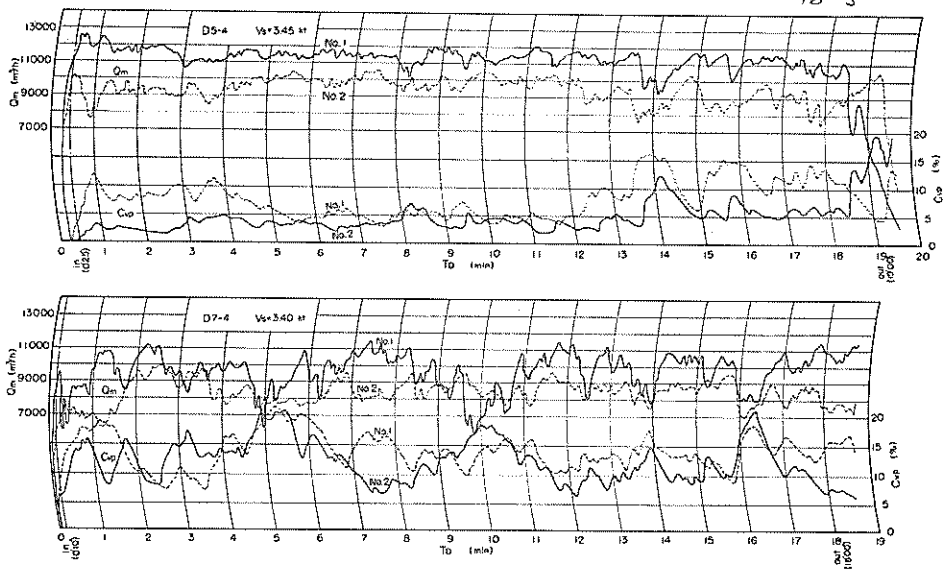


図3 含泥率およびポンプ吐出量の記録例

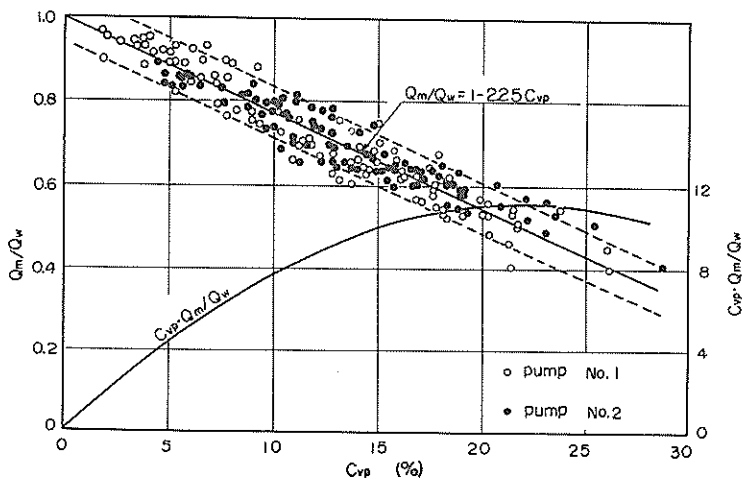


図4 含泥率によるポンプ吐出量の低下比

喫水変化の大きい第1行程の記録は含まれていない。図4から、吐出量は含泥率に反比例して低下することが判り、次式で表わすことが出来る。

$$Q_m / Q_w = 1 - K \cdot C_{vp} \dots\dots\dots (1)$$

但し、Kは吐出量低下係数で、浚渫土砂の粒径によって変る。また、図4の $C_{vp} \cdot (Q_m / Q_w)$ は浚渫土量を示すファクタであるが、式(1)よりの計算値では $C_{vp} = 22.2$

%において最大值を示す。実際には殆んど $C_{vp} < 20\%$ で浚渫されるから、含泥率の増加は即浚渫土量の増加と考えて差支えない。

(6) 浚渫土量 (d Gb)

1行程中における浚渫土量は、上記ポンプ吐出量およびポンプ通過含泥率の積の総和である。表3には吐出量および含泥率の記録から集計した値を示すが、附表1にはデジタル浚渫土量計に示された値も併記してある。こ

れら土量は、土砂の真比重を2.65とした真容積である。

(7)オーバーフロ含泥率 ($C_{v,o}$)

オーバーフロ含泥率はオーバーフロ・ゲートより流出する土砂水をバケツで採取して求めたが、この方法では表面水のみを採取する傾向にあるので、求めた含泥率は実際のものよりかなり低い値になる。

(8)泥艙内平均含泥率 ($C_{v,h}$) および積載土量 (AGH)

積載土量は各行程前後の喫水変化から求めたものと、積載土量計指示値の平均をもって示し(附表2参照)、また、最終行程欄の括弧内は全積載土量を示す。

泥艙内平均含泥率は、泥艙容積を4091 m^3 として上記積載土量から逆算したものである。

(9)船速 (V_s) および c_{pp} 翼角 (α)

浚渫中の船の対地速度は浚渫能力に影響を及ぼす一因である。前回の試験では南防波堤上に3点の標識を定め、この間の通過時間から平均船速を求めたが、標識間における速度変動はかなり大きいことが認められた。そこで、今回はハイドロディストを用いて1分毎の船位と船速を常時確認し、これらをもとに c_{pp} 翼角を操作して船速変動を出来るだけ少なくするように努めた。附表3は各行程中における1分毎の船速と浚渫開始および終了時点における北防波堤先端からの船の位置を示す。

表3には附表3から得た平均船速と、1分毎に測定した c_{pp} 翼角の平均的な値を示す。

(10)波高 ($H_{1/2}$)、周期 (T) および風速 (V_w)

波浪観測のデータ数は少ないが、一般に試験期間中の風浪は穏やかで、本試験に影響を及ぼす程のものではなかったと言えよう。表3には8時計測のものを午前、14時計測のものを午後の代表値として示してある。ちなみに、前回の試験期間中における $1/2$ 波の最大値は3.27 m、周期は9.0 secであった。

4.2 浚渫土量と積載土量

浚渫土量および積載土量は本船に装備された土量計によって知ることが出来るが、これらとは別に、浚渫土量についてはポンプ吐出量および含泥率の記録紙からも求め、また積載土量は船の喫水変化から算出し、それぞれ比較してみた。

まず、浚渫土量計にデジタル表示された各行程毎の浚渫土量をAとして附表1に示した。一方、各行程中のポンプ吐出量と含泥率の平均値から算出した浚渫土量と、1分間毎の平均含泥率および吐出量低下式から求めた浚渫土量とは大差がなかったため、それらの平均値をBとして附表1に示した。AとBの比較に際し、試験D1およびD5の第1行程では浚渫土量計のセットが若干遅れ

たためこれを除けば、全般的に2~10%、平均約5%土量計指示値の方が少ない。これは、デジタル式は端数が表示されないためと思われ、この点を考慮すれば、土量計の指示値はほぼ正しいものとしてよいだろう。

各行程毎の浚渫土量を浚渫時間で割った単位時間当りの平均浚渫土量 (g_D) と、行程中の平均含泥率の関係を示したのが図5である。爪の有無にかかわらずポンプ1(ジェット無)の方がポンプ2(ジェット有)より、同一 C_{vp} に対して g_D は大きい。これは両ポンプの吐出量に原因している。このことは、図6に示すように、ポン

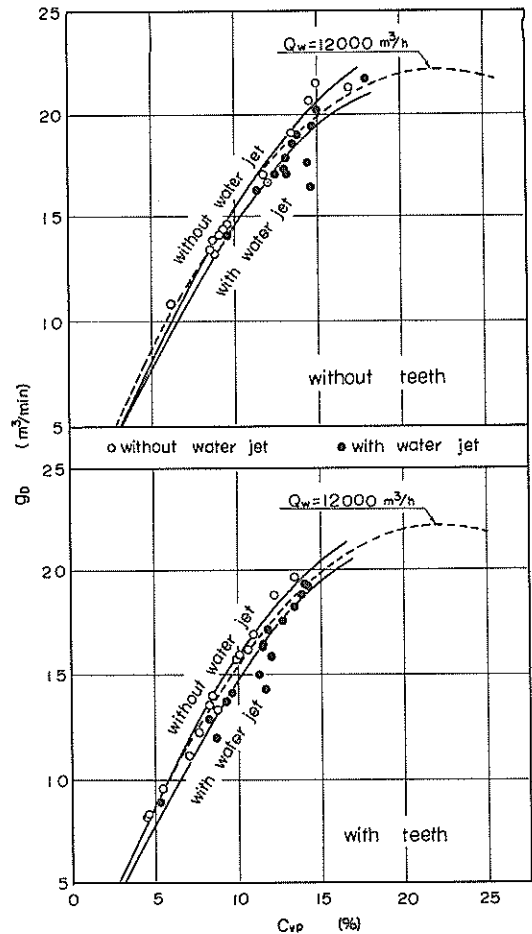


図5 含泥率に対する単位時間当り浚渫土量

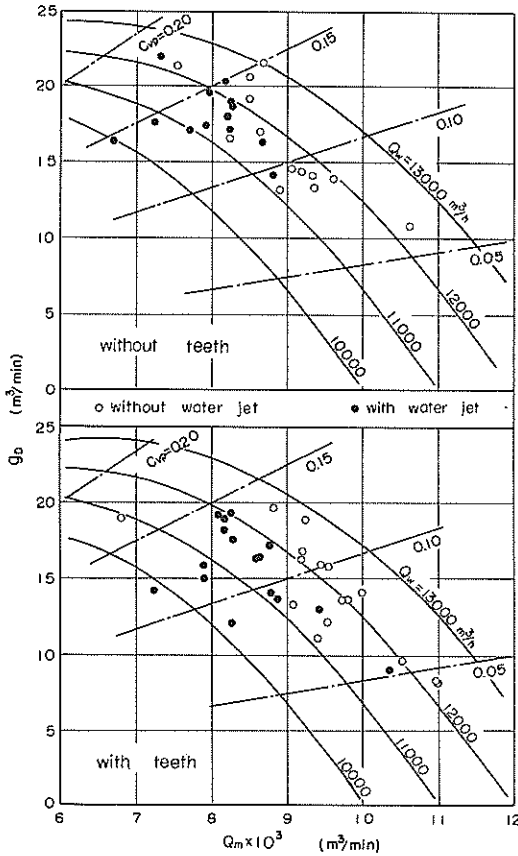


図6 ポンプ吐出量に対する単位時間当り浚渫土量

ブ吐出量 (Q_m) と g_a の関係に示せば、より明白に理解される。しかしながら、図5において、ポンプ1および2の g_a の差が前回の試験結果に比べて少ないのは、今回の試験ではポンプ2の側のみジェットを使用したため、ポンプ吐出量が少ないにもかかわらず浚渫能力が増大したことを示す。

次に、積載土量は船の喫水変化から求めることが出来るが、喫水計測は船体動揺あるいは船の航行に伴う造波の影響を直接受けるため、精度と云う点では他の計測

項目に比べかなり劣る。本船の場合、喫水1cmの変化は排水量にして約17tonになるので、喫水読み取りの際の精度を喫水計最小目盛の1/2すなわち5cmとすると、排水量で約85tonの差となり、これを積載土量に換算すると53 m^3 (但し、 $r_s = 2.65$) となる。また、本船に装備されている積載土量計は喫水変化を電流量に変換し、これを排水量に換算して記録されるものであるから、誤差は同程度と考えてよからう。

今回の試験は浚渫サイドの問題を主眼にしたことあるので、ここでは積載土量計の指示値および喫水から計算された積載土量を附表2に併記しておくに止どめる。

4.3 船速と浚渫能力

浚渫能力に影響を及ぼす関連要因には、土質、海気象などの外的条件の他、船側のもとして船速、吸込口流速、ドラッグヘッド形状、ドラッグヘッド接地荷重、爪またはジェットの有無などがある。これら要因の中、今回の試験では吸込口流速 (ポンプ回転数約155rpm)、ドラッグヘッド形状 (カルフォルニヤ型) およびドラッグヘッド接地荷重 (約10ton) は常時一定とし、船速および爪またはジェットの有無による影響を調べた。

浚渫能力への効果を端的に表わすものの一つは、ポンプ通過含泥率である。そこで、図6に示すような各行程の含泥率の記録から1分間毎の平均含泥率を求め、それらに対応するハイドロディストから得られる船速の関係を調べた。但し、含泥率記録において各行程の開始および終了近辺の含泥率は漸増または漸減傾向になって定常的な浚渫状態とはみなし得ないから、以下の集計に際しては、それらを除いてある。

以上のようにして求めた含泥率および船速の関係を単純にプロットしてみると、測定値のバラツキはかなり大きい。これは、外的条件としての海気象条件は殆んど問題にはならないであろうが、土質については実際には局所的な変化があることや、海底地形の凹凸およびスエルクンペンセータの追従性に起因するドラッグヘッドの海底地盤への接触状態の不定性などによって、常時試験状態を一定に保ち得ないためであろう。局所的な土質変化を判定する資料は得られていないが、ドラッグヘッドの接地状態はスエルクン圧力によって判断の目安が与えられよう。ここでは、D5-3およびD5-4 (含泥率が著しく低い) 以外については土質条件を一定とみなし、スエルクン圧力18~20Kg/cm²の範囲外の測定値は除かれた。このようにして選択された1分間毎の測定値は両舷合せて778点であり、これらについて船速を0.5kt毎に区分して、それぞれの含泥率および船速の平均値を求め

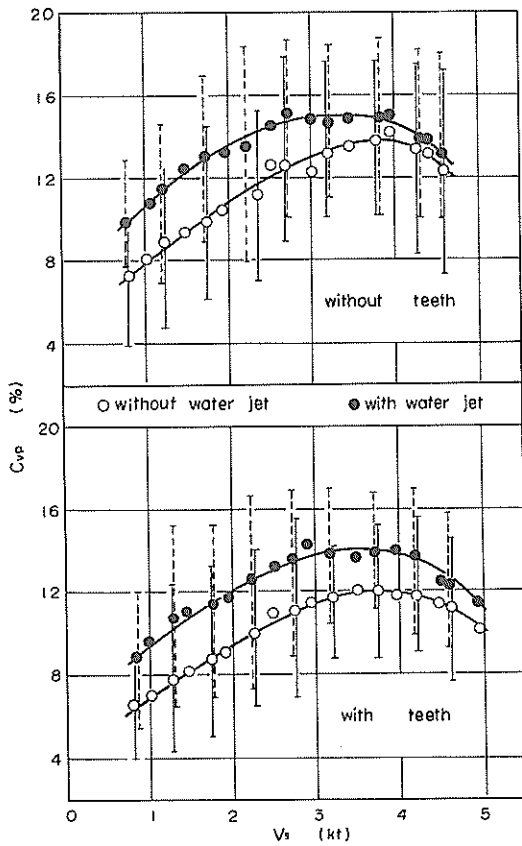


図7 船速に対する含泥率

た。この場合、船速の区分による特異性を避けるため、区分を2通りにして集計し、その結果を附表4に示した。

図7は各船速区分毎に求めた平均船速に対する平均含泥率とその区分内の最高および最低値を、爪の有無とジェットの有無別に示したものである。いずれの曲線も船速3~4 ktにおいて最大値を示すが、前回の試験結果(AC間において最大約10%、BC間において最大8%)より大幅に増加しており、土質特にN値の相違に起因するものであろう。図から判るように、爪の有無にかかわらずジェット使用による含泥率の増加は明らかであり、爪は逆に含泥率の低下をもたらした。

以上は含泥率についての比較であるが、これを単位時間当たり浚渫土量の比較として示したのが図8である。図中の曲線は図5および図7から求めたものであり、これ

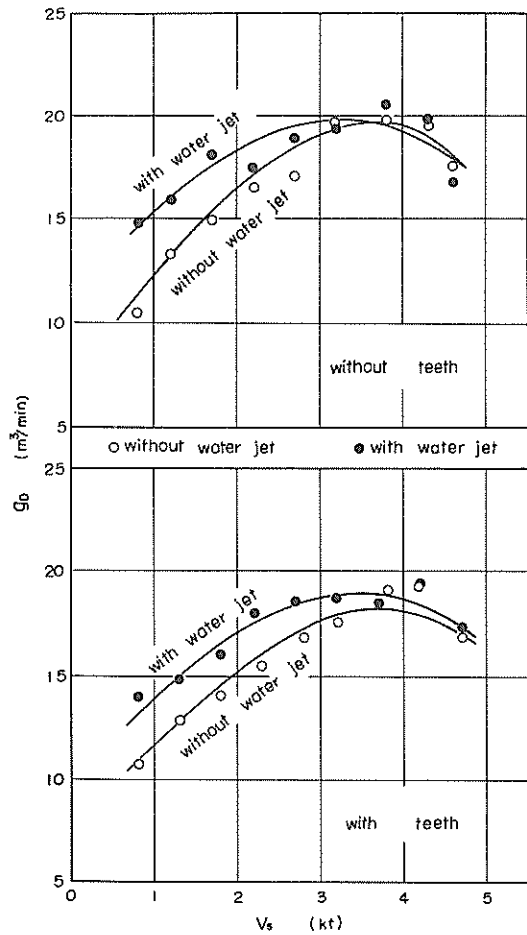


図8 船速に対する単位時間当たり浚渫土量

は図7および吐出量低下式から得られるものとほぼ一致する。図8は図7と同じ傾向であって、含泥率の増加すなわち浚渫土量の増加と考えると差支えないことが判る。しかしながら、ジェットの有無による効果は含泥率曲線で見られる程顕著に現われていない。これは、先に述べたようにポンプ吐出量に差があるために生じたものである。

図9は爪およびジェットの効果をより明白にするため、爪およびジェットが無い場合の含泥率を基にして、それ

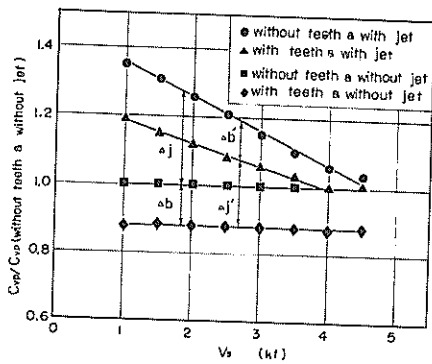


図9 含泥率の比較

それぞれの含泥率との比を示したものであり、図中 db , db' は爪の, dj , dj' はジェットの効果をもそれぞれ表わす。

以上の各図から明らかのように、爪をつけた場合には、ジェットの有無にかかわらず、爪の無い場合より含泥率はむしろ低く、本来期待された効果よりは逆の結果を生じていることが判る。軟かい堆積土砂を浚渫する場合には、グレート面は海底地盤に接触または土中に埋没した状態になるから爪の有無による差はないが、土砂が締まってくると、爪は土砂を掘削攪拌する能力を助勢する一方、グレート面と地盤間の空隙を大きくすることもある。本試験例では特に後者の影響が著しく、グレート面近辺の流入速度が減少して流体による土砂の scouring 効果が低下したものと考えられる。図9において、ジェットを用いない場合、爪は試験範囲で約12%のデメリットを生じていることはこのことを物語り、ジェット有の場合は、船速増加に伴ってジェットの効果がこれを補っているものと解される。

一方、ジェットは爪の有無にかかわらず含泥率を増加させる効用があることは図より明らかであるが、船速の増加とともにその増加割合は低減してくる。船速が遅い場合はジェットによる掘削攪拌が地盤に対して十分な深さにまで達し、しかもこれらを吸込むに足る十分な時間の余裕があるが、船速が増加するにしたがって掘削深さが減少し、4~4.5 kt 以上になると海底地盤に対するジェットの掘削持続時間が極めて短くなって、その効果は殆んど期待し得なくなる。

次に、1行程中における平均浚渫土厚 (d) を次式から算出した。

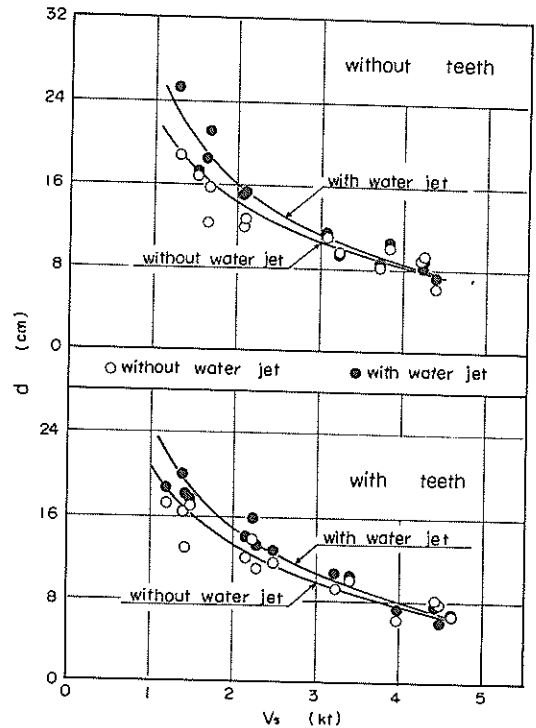


図10 平均浚渫土厚

$$d = \frac{g d'}{3.086 B_a \cdot V_s} \dots\dots\dots (2)$$

$$g d' = g d \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_a - \gamma_w} \dots\dots\dots (3)$$

但し、 $g d'$ = 浚渫土量 (海底状態における見掛土量) (m^3/min)

B_a = 浚渫幅 (m)

γ_s = 土砂の真比重 (2.65)

γ_a = 土砂の見掛比重 (2.0)

γ_w = 海水の比重 (1.025)

ここで、浚渫幅はドラッグヘッド幅 2.9 m とし、 $g d$ および V_s は各行程における平均値 (表3) を用いて d を求め、 V_s に対して示したのが図10である。低船速になると d は急激に増加しているが、実際には船速が遅いと浚渫幅が増加するから、図に示す程には d は増加しない。このことを考慮すれば、1行程当りの d は 10~15 cm 程度であると思われる。

4.4 動力関係

(1) 浚渫時の動力配分

浚渫中の動力は、主として推進、浚渫ポンプおよびジェットポンプ動力によって構成される。それぞれの動力は、推進については c_{pp} 翼角から、浚渫ポンプおよびジェットポンプについては電動機の電圧電流から、さらにこれらポンプ電動機用発電機については電力から求められた。また、各動力を主機関出力軸において比較するために、 c_{pp} 翼角から求めた推進動力については総合伝達効率を 0.92 とし、主発電機効率を 0.95 として、それぞれ機関出力軸馬力に換算した値を用いた。

動力関係の図表に示される各動力の符号は次の通りである。

$$N_M = N_{PR} + N_G$$

N_{PR} = 推進動力

N_G = 主発電機入力

N_P = 浚渫ポンプ電動機動力

N_J = ジェットポンプ電動機動力

$K_{PR} = N_{PR} / N_M$ = 推進動力比

$K_P = N_P / N_M$ = 浚渫ポンプ動力比

$K_J = N_J / N_M$ = ジェットポンプ動力比

表 4 は各行程における N_M および N_{PR} の平均値と、 N_M に対する各動力比を左右舷別に示したものである。表中、D1 および D2 は N_G が直接測定されていなかったため、 $N_G = N_P + N_J$ としての値を示してある。

次に、船速に対する各動力の変化を調べるために、含泥率の場合と同様、船速を 0.5 kt 毎に区分して平均値を求めた。図 11 は各動力を左右舷別に船速に対してプロットしたものである。図の N_M は $N_{PR} + N_G$ であり、これは各動力の総和と近似しなくてはならないが、全体的に動力の総和は N_M より右舷で 2~3%、左舷で 6~7% 程度低い。 N_J は船速および爪の有無に関係ないから、ほぼ一定である。この図で注意すべきことは、図 7 で示したようにポンプ通過含泥率は船速に対して大幅に変化するにもかかわらず、 N_P すなわち浚渫ポンプ動力は殆んど変わらないことである。ポンプ動力は一般に

$$N_P = C \frac{Q \cdot H}{\eta_P} \dots\dots\dots (4)$$

いま、添字 w を送水時、 m を浚渫時とし、ポンプ動力が変わらなるとすると、

$$\frac{Q_m}{Q_w} = \frac{H_w}{H_m} \cdot \frac{\eta_{pw}}{\eta_{pm}} \dots\dots\dots (5)$$

ここで、 Q_m / Q_w は式(1)で求められているから、

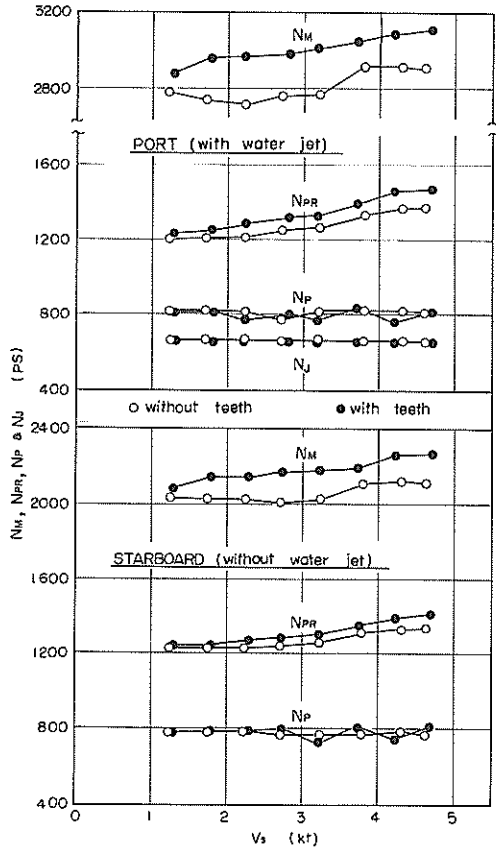


図 11 船速に対する各動力

$$\frac{H_m}{H_w} = \frac{1}{1 - 2.25 C_{vP}} \cdot \frac{\eta_{pm}}{\eta_{pw}} \dots\dots\dots (6)$$

浚渫土砂が細砂で $\eta_{pw} \approx \eta_{pm}$ とすれば、 Q の低下量と H の増加量は相殺されねばならない。しかし、実際には土砂混入時のポンプ効率 η_{pw} は送水時のそれより低下するから、 H の増加量は式(6)で示す程にはならない。前回の試験結果の浚渫ポンプ作動点から逆算すれば、効率の低下率は含泥率 10% において送水時の 4~6% 程度になる。

表 5 各行程別動力配分表

TEST 系		NO1 STARBOARD					NO2 PORT SIDE					V _s (kt)
		N _M (°)	N _{PR} (°)	K _{PR}	K _P	K _J	N _M (°)	N _{PR} (°)	K _{PR}	K _P	K _J	
D-1	1	1983	1256	0.64	0.36	0	2673	1261	0.47	0.28	0.25	3.19
	2	2013	1237	0.62	0.38	0	2779	1287	0.46	0.30	0.24	3.08
	3	2132	1348	0.63	0.37	0	2903	1397	0.48	0.29	0.23	4.22
	4	2159	1370	0.64	0.36	0	2929	1426	0.49	0.28	0.23	4.24
D-2	1	2014	1225	0.61	0.39	0	2670	1209	0.45	0.30	0.25	2.11
	2	2010	1235	0.62	0.38	0	2710	1226	0.45	0.30	0.25	2.08
	3	1992	1234	0.62	0.38	0	2713	1227	0.45	0.30	0.25	1.28
	4	2020	1236	0.61	0.39	0	2707	1203	0.44	0.31	0.25	1.73
D-3	1	2115	1300	0.62	0.38	0	2960	1330	0.45	0.28	0.22	4.38
	2	2170	1349	0.62	0.38	0	3041	1395	0.46	0.27	0.22	3.59
	3	2060	1214	0.59	0.38	0	2840	1189	0.42	0.27	0.23	1.63
	4	2054	1226	0.60	0.38	0	2847	1210	0.43	0.29	0.23	1.51
D-4	1	2085	1277	0.61	0.37	0	2799	1294	0.46	0.29	0.23	3.71
D-5	1	2203	1383	0.63	0.35	0	3044	1431	0.47	0.26	0.22	4.47
	2	2271	1441	0.64	0.35	0	3168	1518	0.48	0.26	0.21	4.62
	3	2121	1266	0.60	0.38	0	2935	1279	0.44	0.29	0.22	3.64
	4	2110	1271	0.60	0.38	0	2944	1288	0.44	0.28	0.22	3.45
D-6	1	2037	1234	0.61	0.38	0	2829	1225	0.43	0.28	0.23	1.19
	2	2086	1257	0.60	0.37	0	2900	1260	0.43	0.28	0.23	1.48
	3	2105	1275	0.61	0.37	0	2948	1307	0.44	0.26	0.22	2.27
	4	2213	1377	0.62	0.36	0	3063	1427	0.47	0.27	0.21	2.24
D-7	1	2207	1359	0.62	0.36	0	3028	1409	0.47	0.26	0.22	3.96
	2	2301	1438	0.63	0.35	0	3143	1511	0.48	0.26	0.21	4.43
	3	2191	1338	0.61	0.36	0	3016	1373	0.46	0.28	0.22	3.22
	4	2199	1342	0.61	0.37	0	3047	1394	0.46	0.28	0.22	3.40
D-8	1	2073	1229	0.59	0.38	0	2831	1216	0.43	0.28	0.23	1.38
	2	2091	1238	0.59	0.38	0	2862	1231	0.43	0.29	0.23	1.41
	3	2143	1286	0.60	0.38	0	2962	1314	0.44	0.28	0.22	2.14
	4	2140	1284	0.60	0.38	0	2936	1299	0.44	0.28	0.22	2.47
		mean	0.61	0.37	0	mean	0.45	0.28	0.23			

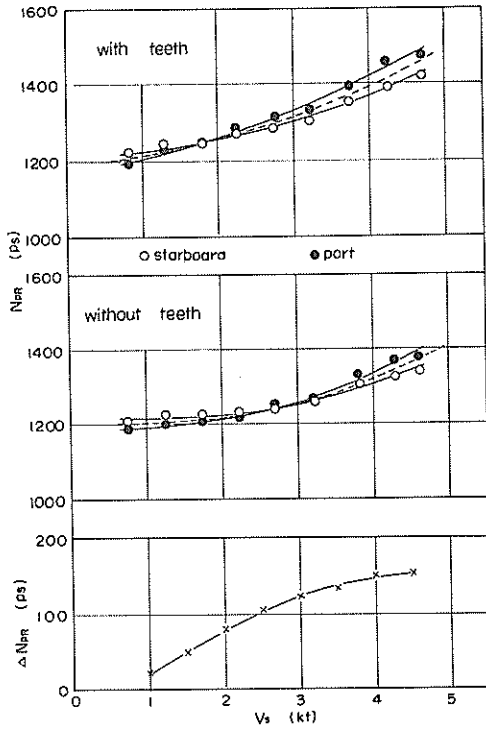


図 12 船速に対する推進動力

グレート面に爪をつければ、ドラグヘッドの曳引抵抗が増し、当然推進動力が増加する。図 12 は爪の有無別に船速に対する推進動力を示したもので、左右舷では若干その増加傾向は異なる。また、両舷合せた全推進動力を爪の有無による差として示したのが図 12 の下段の図である。船速が遅い場合にはドラグヘッドの全周から土砂を吸込むために爪による土砂の引掻抵抗が少なく、船速の増加に伴ってヒール部からの吸込みが減少してヒール部の爪の引掻抵抗が増加する。さらに船速が増加すれば、ヒールの前方に土砂が蓄積運土されるようになり、爪の引掻抵抗より運土抵抗の方が顕著になって推進動力の爪の有無による差は殆んど影響されなくなるものと思われる。

(2)消費動力当り毎分浚渫土量

ジェットおよび爪の効果は含泥率または浚渫土量の増減となって現われるが、同時にこれらを使用することによって消費動力は増加する。これらの効果を動力を含め

て示すために、1馬力当りの浚渫土量で比較してみた。この場合、毎分当り浚渫土量は図 8 の g_D 曲線を用い馬力としては $(N_{PK} + N_P + N_J)$ を用いた。但し、先に述べたように、 N_P および N_J はほぼ一定とみなされるから、右舷については $N_P = 780 \text{ P.S.}$ 、左舷については $N_P = 800 \text{ P.S.}$ 、 $N_J = 620 \text{ P.S.}$ とした。また、図中にプロットされた各点は船速を 0.5 kt 毎に区分して求めた平均値である。

図 13 はジェットの効果を示すもので、破線はジェットによる浚渫土量の増加が全くないとした場合の曲線である。したがって、これとジェット有の曲線との差 $\Delta e_j'$ は、ジェットによる浚渫土量の増加が船速に対してどのように変化するかを示すものである。ジェット有無による実際の浚渫土量の差 $\Delta e_j'$ は $3 \sim 4 \text{ kt}$ 近辺で最大となり、 4 kt 以上の船速ではジェット有の曲線は次第に破線に近づく。すなわち、ジェットの効果は殆んど期待出来なくなることを意味する。以上の傾向は含泥率および浚渫土量曲線と同じであり、船速の増加とともに推進動力も増加するが、 $3 \sim 4 \text{ kt}$ までは動力の増加量以上に浚渫土量が増加すると言うことである。また、図ではジェット無の方がジェット有より全般的に高い。こ

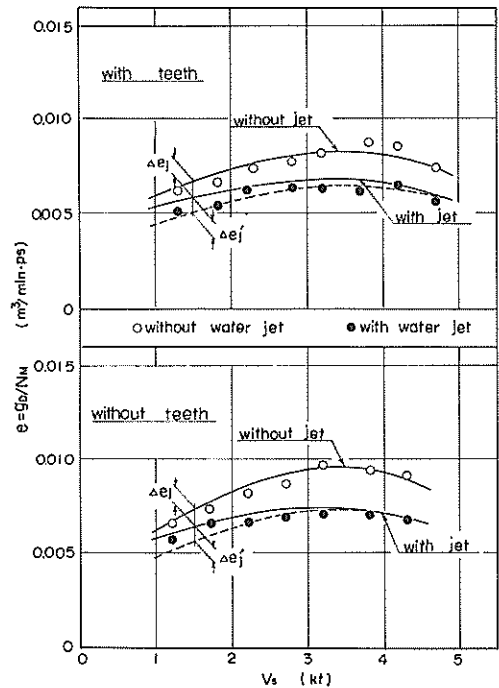


図 13 馬力当り毎分浚渫土量 (ジェットの効果)

これはポンプ吐出量が異なることも一因ではあるが、本試験時の土砂に対してはジェット無でもかなり浚渫出来ることを意味する。勿論、以上は動力にのみ結びつけた能力の比較であって、実際にジェットによる含泥率や土量の増加があると言うことは、工期の短縮その他を含めた全体的な評価で判断されなければならない。

図14は、同様な方法で、爪の有無について比較したものである。この場合の破線は爪をつけたことによって推進動力は増加するが、浚渫土量は爪の無い場合に等しいとしたものである。図において、 $\Delta e_b'$ は爪をつけたことによる浚渫土量の低下分を示し、実際の爪の有無による浚渫土量の差 Δe_b と $\Delta e_b'$ の差は爪によって増えた付加動力に伴う低下分を示す。本来、爪は土砂の掘削を期待して装着されるものであるから、図の破線の上位に位置すべきであるが、本試験例ではむしろ逆の効果になっていることを意味する。

5. ま と め

本報告はドラッグサクシオン浚渫船の船速、ジェットおよびドラッグ底面の爪の浚渫能力に与える効果を述べたも

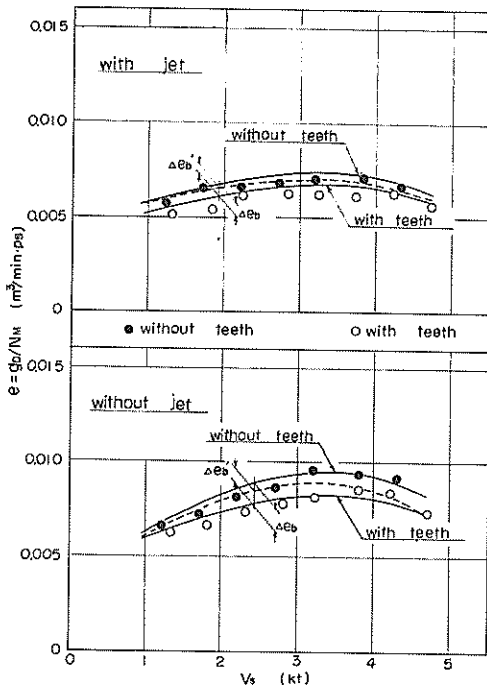


図14 馬力当り毎分浚渫土量(爪の効果)

のであるが、特にハイドロデリストを用いて船位および船速を確認して浚渫試験を行なったことは、この種の現地試験では画期的なものであったと言えよう。したがって、整理対象となる測点数は従来の試験に比べて飛躍的に増加した。しかし一方、土質の局所的な変化や海底地形の凹凸によるドラッグヘッドの接地状態の不定性などのため、測定値のバラツキは避け難かった。試験結果の整理に当たっては、1分毎の測定値を各行程別または船速0.5kt毎に区分して平均値を求め、これらを基に検討を進めた。

主な結果を要約すれば、次の通りである。

- (1)ポンプ通過含泥率および単位時間当り浚渫土量は、爪およびジェットの有無にかかわらず船速3~4ktにおいて最大値を示した。
- (2)爪をつけた場合の含泥率および単位時間当り浚渫土量は、爪の無い場合よりむしろ低かった。本試験の場合、爪をつけたことによって推進動力が増加しているから、爪が土中に喰込んでいたことは確かであるが、同時にグレート面と地盤間の空隙増加のため、流入水による土砂のscouring効果が減少し、結果的には逆効果になったものと考えられる。このことは勿論土質如何であり、scouring効果を多く望めないような土砂に対しては爪は能力増大の一手数であるが、そのような場合でも爪の形状や取付け位置などについては十分に研究考慮する必要がある。
- (3)一方、ジェットは図7の含泥率曲線で見られるように、十分に効果のあることが立証された。しかし、この効果は船速の増加とともに減少する。これはジェットの移動速度が早くなるにしたがって、同一地盤面に対するジェットの持続時間が少なくなって掘削能力が低下するものと解される。また、今回ジェットを用いたのは左舷のみであり、ポンプ吐出量は右舷のそれより少ないから、単位時間当り浚渫土量を直接比較することは当を得ない。むしろ両ポンプ吐出量が同じであれば、ジェットの効果はむしろ一層拡大されよう。
- (4)爪有の推進動力は、爪無のそれより約4~6%大きく、爪が或る程度の掘削に供されていたのは事実である。馬力当り浚渫土量は、いずれの場合も船速3~4ktで最大値を示し、ジェット有のものはジェット無より低い。この差はポンプ吐出量の相違以上であって、動力的にのみ限って言えば、ジェットの使用は必ずしも利得にならない。換言すれば、ジェット無でもかなりの浚渫量が期待され得る土質であったと言えよう。しかしながら、これらは全体的な作業の工程その他を勘案した上でないと、最終的な経済性を論議すること

は出来ない。

6. あとがき

本報告は、特殊浚渫株式会社よりの委託試験結果から、ジェットおよびドラグ底面の爪の効果についてのみ抜萃したものであり、これがドラグサクシオン浚渫船の能率向上に役立てば幸いである。

なお、試験に際しては特殊浚渫株式会社および石川島播磨重工業株式会社の協力のもとに行われたこと、さらに第2港湾建設局鹿島港工事事務所から資料の提供その他の御援助を頂いたことを附記し、感謝の意にかえる次第である。

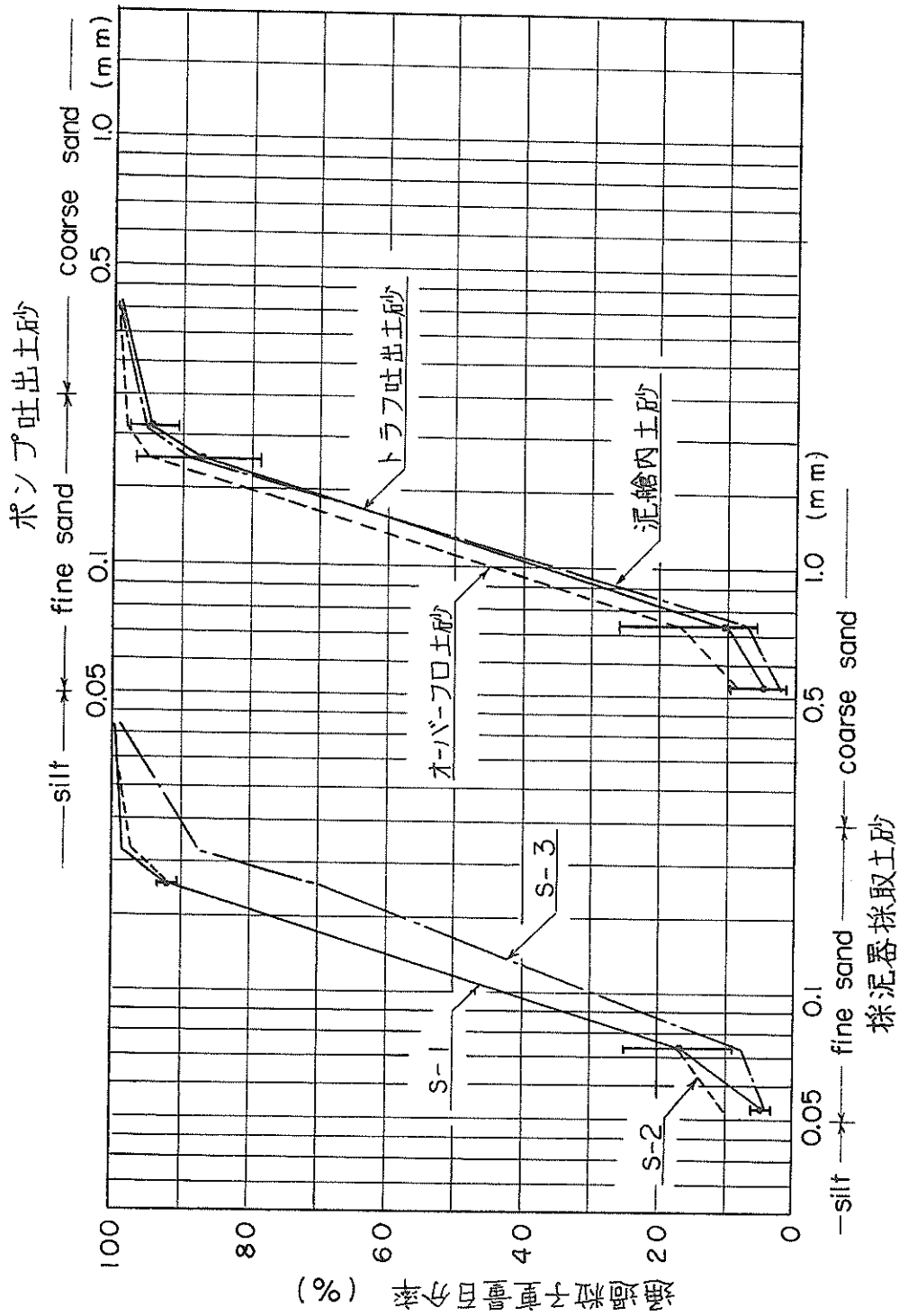
参 考 文 献

- 1) "Hopper Dredge Improvement Program, Item VII Drag Design," U.S. Army Engineer District Philadelphia, Aug. 1970.
- 2) Wolfram Witt, "Pressure Water Supplied Trailing Suction Heads," Proc. of WODCON '67, May 1967, pp. 133~172.
- 3) 八木得次, 渋谷洋一, 是石昭夫, 岡山義邦, "海嶼丸の掘削用ジェットの効果について," 港湾技研資料 Ⅱ 122, 1971年6月, 34P.
- 4) 松田任他6名, "第一特浚丸浚渫試験報告", 港湾技研資料Ⅱ 123, 1971年6月, 30P.
- 5) 藤井喜一郎, 守口照明, "水噴流による水中の岩盤の掘削特性について," 港湾技術研究所報告 Vol. 9 Ⅱ 2, 1970年6月, pp. 147~162.

記号表

A_b = ボーリング地点
 A_c = ボーリング地点
 B_a = ドラグヘッド幅 m
 d_b, d_b' = 爪による含泥率の低下率
 C = 式(4)中の定数
 C_{vh} = 泥倉内平均含泥率 %
 C_{vo} = オーバーフロ含泥率 %
 C_{vp} = ポンプ通過含泥率 %
 D = 試験番号

d = 平均浚渫土厚 cm
 e = 馬力当り毎分浚渫土量 $m^3/min \cdot ps$
 d_{ej}, d_{ej}' = 図14における記号
 d_{eb}, d_{eb}' = 図15における記号
 G_D = 浚渫土量 m^3
 dG_D = 1行程中の浚渫土量 m^3
 G_H = 積載土量 m^3
 dG_H = 1行程中の積載土量 m^3
 g_D = 単位時間当り浚渫土量 m^3/min
 g_D' = 海底状態における単位時間当り浚渫土量 m^3/min
 H = 浚渫ポンプの揚程または波高 m
 H_m = 浚渫時の浚渫ポンプの揚程 m
 H_w = 送水時の浚渫ポンプの揚程 m
 h_u = 浚渫深度 m
 d_j, d_j' = ジェットによる含泥率の増加率
 K = 式(1)における係数
 K_j = ジェットポンプ動力比
 K_p = 浚渫ポンプ動力比
 K_{PR} = 推進動力比
 N_g = 主発電機入力 ps
 N_j = ジェットポンプ電動機動力 ps
 N_M = $N_{PR} + N_g$ ps
 N_p = 浚渫ポンプ電動機動力 ps
 N_{PR} = 推進動力 ps
 n_p = 浚渫ポンプ回転数 rpm
 P_s = スエルコン圧力 Kg/cm^2
 Q_m = 浚渫時の浚渫ポンプ吐出量 m^3/h
 Q_w = 送水時の浚渫ポンプ吐出量 m^3/h
 S = 浚渫行程または採土地点
 T = 波浪周期 sec
 dT_D = 1行程中の浚渫時間 min
 T_o = オーバーフロ時間 min
 V_s = 船速 kt
 V_w = 風速 m/sec
 α = c_{pp} 翼角 deg
 γ_a = 海底状態における土砂の見掛比重
 γ_s = 土砂の真比重
 γ_w = 海水の比重
 τ_o = オーバーフロ開始までの時間 min
 η_{pm} = 浚渫時のポンプ効果
 η_{pw} = 送水時のポンプ効率



附属 1 採取土砂の粒径加積曲線

附表-1 浚深土量の比較 [m³]

$r_s = 265$

TEST 号		PUMP NO 1			PUMP NO 2			G _B (m³)
		* A	** B	B/A	A	B	B/A	
D-1	1	260	330	1.27	300	325	1.08	655
	2	410	429	1.05	430	437	1.02	866
	3	330	336	1.02	300	305	1.02	641
	4	330	327	0.99	310	308	0.99	635
			(1330)	(1422)	(1.07)	(1340)	(1375)	(1.03)
D-2	1	310	319	1.03	380	388	1.02	707
	2	300	311	1.04	380	395	1.04	706
	3	300	331	1.10	430	449	1.04	780
	4	240	264	1.10	340	354	1.04	618
			(1150)	(1225)	(1.07)	(1530)	(1586)	(1.04)
D-3	1	200	204	1.02	230	236	1.03	440
	2	210	220	1.05	220	226	1.03	446
	3	180	189	1.05	270	286	1.06	475
	4	290	317	1.09	300	321	1.07	638
			(880)	(930)	(1.06)	(1020)	(1069)	(1.05)
D-4	1	290	296	1.02	300	302	1.01	598
		(290)	(296)	(1.02)	(300)	(302)	(1.01)	(598)
D-5	1	220	295	1.34	190	221	1.16	516
	2	260	266	1.02	270	288	1.07	554
	3	140	149	1.06	160	160	1.00	309
	4	150	153	1.02	220	239	1.09	392
			(770)	(863)	(1.12)	(840)	(908)	(1.08)
D-6	1	240	245	1.02	250	264	1.06	509
	2	260	282	1.08	280	292	1.04	574
	3	280	286	1.02	330	346	1.05	632
	4	340	354	1.04	400	403	1.01	757
			(1120)	(1167)	(1.04)	(1260)	(1305)	(1.04)
D-7	1	200	203	1.02	240	241	1.00	444
	2	270	289	1.07	260	267	1.03	556
	3	280	300	1.07	340	353	1.04	653
	4	320	335	1.05	340	344	1.01	679
			(1070)	(1127)	(1.05)	(1180)	(1205)	(1.02)
D-8	1	250	268	1.07	310	326	1.05	594
	2	200	210	1.05	290	299	1.03	509
	3	260	292	1.12	320	341	1.07	633
	4	300	324	1.08	350	352	1.01	676
			(1010)	(1094)	(1.08)	(1270)	(1318)	(1.04)

*A = 浚深土量計指示値

**B = 流量, 含泥率の記録紙および流量低下曲線より求めた浚深土量計算値

附表-2 積載土量の比較 [mm]

$r_s = 2.0$

計測値	TEST S	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8
* A	1	1015	895	725	900	820	635	730	640
	2	735	295	385	—	455	515	460	630
	3	320	640	180	—	155	495	535	595
	4	350	405	415	—	285	920	490	545
			(2420)	(2235)	(1705)	(900)	(1715)	(2565)	(2215)
** B	1	585	757	630	794	798	597	663	188
	2	835	303	405	—	327	479	478	753
	3	212	503	266	—	221	446	499	519
	4	225	356	258	—	184	609	467	459
			(1857)	(1919)	(1559)	(794)	(1530)	(2131)	(2107)
B/A	1	0.576	0.846	0.869	0.882	0.973	0.940	0.908	0.294
	2	1.136	1.027	1.052	—	0.719	0.930	1.039	1.195
	3	0.663	0.786	1.478	—	1.426	0.901	0.933	0.872
	4	0.643	0.879	0.622	—	0.646	0.662	0.953	0.842
			(0.767)	(0.859)	(0.914)	(0.882)	(0.892)	(0.831)	(0.951)
*** C	1	800	826	678	847	809	616	697	414
	2	785	299	395	—	391	497	469	692
	3	266	572	223	—	188	471	517	557
	4	288	381	337	—	235	765	479	502
			(2139)	(2078)	(1633)	(847)	(1623)	(2349)	(2162)

* A = 積載土量計指示値

** B = 平均喫水から求めた積載土量

*** C = (A+B) / 2

附表3-1) ハイドロデリストによる船速

(kt)

Test * L ** t (min)	D 1				D 2				D 3				D 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2		
	1038	3088	1031	3021	2450	850	2420	1498	2875	880	2170	920	2980	905		
(min)	~2934	~985	~2820	~1232	~1060	~2286	~1446	~2495	~880	~1954	~1262	~1962	~960	~1039		
1	0.78	3.73	3.70	3.24	3.24	1.78	2.37	3.08	3.57	3.47	0.65	2.66	3.76	2.37		
2	4.05	3.24	4.34	3.60	2.43	1.98	1.15	2.30	4.08	3.96	1.07	2.50	3.79	2.27		
3	4.70	3.18	3.96	3.89	2.24	1.72	1.00	2.11	4.31	1.23	1.23	2.17	4.18			
4	4.54	3.05	4.47	3.99	1.88	1.81	1.30	1.88	4.25	3.73	1.69	1.69	4.47			
5	3.79	3.14	4.12	4.28	2.04	1.94	1.62	1.26	4.70	3.63	1.88	1.23	3.86			
6	3.21	2.69	4.25	4.34	2.07	2.30	1.65	1.26	4.96	3.89	2.14	0.55	3.53			
7	2.69	2.85	4.51	4.47	2.24	2.43	1.26	1.59	5.12	3.70	2.04	0.68	3.21			
8	2.24	2.69	4.34	4.41	2.40	2.88	0.88	1.39	4.41	3.89	1.88	1.20	3.31			
9	2.56	2.66	4.64	4.50	2.37	2.33	1.43	1.81	4.25	4.05	1.72	1.56	3.11			
10	2.69	2.79		4.25	4.25	1.62	2.75	1.53	1.75	4.12	4.21	1.52	1.00	3.11		
11	3.28	3.05		4.57	1.94	1.91	1.59	1.62	4.34		1.00	1.30	3.76			
12	3.28	3.31	4.38	4.38	2.43	1.04	1.69	1.94	4.21		1.72	1.62	3.24			
13	2.69	2.63	3.86	4.73	2.01	1.36	1.56	1.59	4.54		1.72	1.88	3.83			
14	3.01	2.63	4.05	4.67	1.78	1.75	1.26	1.52	4.31		1.81	1.69				
15	2.95	2.76			1.88	2.01	0.71	1.62	4.57		1.78	1.33	3.76			
16	3.14	2.63			2.14	2.37	0.94	1.62			1.78	1.04	3.83			
17	3.31	2.76			1.88	2.17	0.88	1.65			1.94	1.20	3.99			
18	3.34	2.63			2.17	1.98	0.88	1.52			1.75	1.31	4.12			
19	2.69	3.27			1.78	1.98	0.97	1.46								
20	2.89	3.86			1.85	1.91	1.62					1.36				
21		3.47			1.81	2.17	1.23					1.13				
22		3.66			2.01	2.43	0.81					1.59				
23		4.08				2.69	1.26					2.72				
24							1.30									
25							1.52									
max	4.70	4.08	4.64	4.73	3.24	2.88	2.37	2.30	5.12	4.21	2.14	2.72	4.47	2.37		
min	2.24	2.63	3.70	3.24	1.62	1.04	0.81	1.26	3.57	3.47	0.65	0.55	3.11	2.27		
mean	3.21	3.08	4.22	4.24	2.10	2.08	1.30	1.66	4.38	3.84	1.63	1.51	3.71	2.32		

* L: 北防波堤先端からの距離

** t: 計測時間

*** (): ハイドロデリスト故障のため、レーダー計測による

附表3-2) ハイドロテストによる船速

Test t (min)	D 5				D 6				D 7				D 8			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	630 ~2791	~ (790)	750 ~1320	2860 ~886	775 ~1602	2315 ~1321	950 ~2472	2637 ~1145	3074 ~1140	860 ~2858	3013 ~1142	916 ~2760	2611 ~1638	1600 ~2590	2690 ~1407	1049 ~2668
1	2.53	—	*** (3.89)	2.92	2.98	2.59	2.56	1.43	3.05	3.47	2.24	3.01	1.72	1.00	1.56	1.39
2	4.08	—	(3.24)	3.37	2.72	1.94	1.91	1.46	3.57	3.92	2.43	3.11	1.81	1.52	1.00	2.24
3	4.83	—	(3.89)	3.08	1.71	1.91	2.04	1.88	3.01	4.41	2.59	3.73	1.26	0.81	0.84	2.20
4	5.28	(4.86)	4.05	3.18	1.27	1.91	2.40	1.78	2.82	4.57	2.89	3.83	0.84		1.46	2.79
5	5.22	(4.21)	3.99	3.57	0.97	1.39	2.56	1.94	3.24	4.70	3.31	4.08	0.84	1.43	1.69	3.63
6	4.87	(3.89)	3.89	3.66	1.00	1.04	2.76	2.33	3.24	4.77	3.05	3.14	1.43	1.33	2.24	2.72
7	4.70	—	3.57	3.96	1.33	0.94	2.43	2.01	3.70	4.80	2.40	3.41	1.78	1.62	2.24	2.14
8	4.70	—	3.47	3.73	1.26	1.23	2.01	1.98	4.08	4.67	2.79	3.31	1.49	1.59	2.40	1.49
9	4.28	—	3.63	3.54	1.17	1.39	2.27	1.78	4.67	4.50	2.98	3.31	0.84	1.17	2.66	1.94
10	4.08	(3.89)	3.60	3.27	0.78	1.33	2.17	1.65	4.77	4.44	3.60	2.98	0.88	1.59	2.85	1.69
11	4.38	(5.18)	3.60	3.41	0.19	1.04	1.46	1.75	4.57	4.34	3.83	2.37	1.26	2.17	2.66	2.63
12	4.05	(5.18)	3.57	3.57	0.55	1.36	1.78	2.24	4.77	4.54	3.96	3.05	1.56	1.94	2.56	3.37
13	4.05	(4.86)	3.83	3.47		1.20	1.81	2.72	4.44	4.50	3.86	3.47	1.49	1.59	2.43	2.79
14	4.67	(5.18)	3.63	4.34	0.71	1.13	2.43	2.90	4.70	4.54	3.57	3.83	1.20	0.91	2.66	2.20
15	5.02	(4.54)	3.37	3.15	1.23	1.17	2.76		4.25	4.28	3.57	3.89	1.88	1.43	2.66	1.94
16	5.03	(4.21)	3.41	3.57	1.26	1.26	2.11	2.82	4.50		3.66	4.02	1.78	1.85	2.30	2.40
17		(4.86)	3.41	3.15	0.78	1.30	2.07	2.11			3.70	3.57	1.49	1.85	1.85	2.43
18			3.41	3.18	0.62	1.46	2.46	2.33			3.63	3.01	1.23	1.30	1.46	2.69
19				3.37	0.71	2.04	2.20	2.53			3.14		1.36	0.88	1.85	2.72
20					1.20	2.14	2.24	2.88					1.49	1.04	2.59	3.24
21					1.30	1.78	2.66	2.98					1.43	0.97	2.89	2.66
22					1.49	0.97	2.69	2.79					1.69	1.26	—	2.27
23					1.68								1.04	1.65		
max	5.28	(5.18)	4.05	3.96	2.98	2.59	2.76	2.98	4.77	4.80	3.96	4.08	1.88	2.17	2.89	3.63
min	2.53	(3.89)	3.24	2.92	0.55	0.94	1.46	1.43	2.82	3.47	2.24	2.37	0.84	0.81	0.84	1.39
mean	4.47	(4.62)	3.64	3.45	1.19	1.48	2.27	2.24	3.96	4.43	3.22	3.40	1.38	1.41	2.14	2.47

附表4 船速で区分した平均船速と平均含泥率

V _s の範囲 (kt)	Pump 系	without teeth			with teeth		
		\bar{V}_s (kt)	\bar{C}_{VP} (%)	データ数	\bar{V}_s (kt)	\bar{C}_{VP} (%)	データ数
0.50~0.99	*1	0.81	7.2	8	0.81	6.5	18
	**2	0.79	9.8	5	0.85	8.8	15
1.00~1.49	1	1.22	8.8	24	1.30	7.7	39
	2	1.23	11.4	26	1.31	10.6	41
1.50~1.99	1	1.74	9.8	45	1.77	8.7	31
	2	1.74	13.0	38	1.78	11.3	33
2.00~2.49	1	2.36	11.1	18	2.26	9.9	30
	2	2.22	13.5	25	2.25	12.6	29
2.50~2.99	1	2.69	12.6	16	2.76	11.0	30
	2	2.71	15.1	21	2.75	13.6	32
3.00~3.49	1	3.20	13.1	15	3.22	11.7	14
	2	3.21	14.6	17	3.20	13.8	16
3.50~3.99	1	3.79	13.8	12	3.77	12.0	13
	2	3.82	14.9	15	3.74	13.9	14
4.00~4.49	1	4.27	13.4	25	4.22	11.8	13
	2	4.31	13.9	24	4.22	13.7	15
4.50~4.99	1	4.59	12.3	9	4.65	11.2	16
	2	4.57	13.2	8	4.62	12.3	18
				(351)			(427)
0.75~1.24	1	1.02	8.0	15	1.02	7.0	28
	2	1.08	10.7	15	1.01	9.5	26
1.25~1.74	1	1.49	9.3	36	1.48	8.1	36
	2	1.48	12.4	32	1.46	11.0	40
1.75~2.24	1	1.94	10.4	33	1.93	9.0	35
	2	1.97	13.2	35	1.98	11.6	37
2.25~2.74	1	2.52	12.7	18	2.50	10.9	28
	2	2.54	14.5	24	2.54	13.2	30
2.75~3.24	1	3.01	12.2	16	2.95	11.4	26
	2	3.00	14.8	17	2.93	14.3	25
3.25~3.74	1	3.45	13.5	8	3.52	12.0	11
	2	3.45	14.8	11	3.50	13.6	13
3.75~4.24	1	3.95	14.3	15	3.99	11.8	14
	2	3.96	15.0	15	3.98	14.0	14
4.25~4.74	1	4.41	13.2	28	4.50	11.4	17
	2	4.40	13.8	28	4.51	12.6	21
4.75~5.24	1				4.97	10.2	10
	2				4.96	11.5	11
				(346)			(422)

* without jet

** with jet

港湾技研資料 No.141

1972・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 日青工業株式会社

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.