

港 湾 技 研 資 料

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

No. 23

ホッパーの沈澱効果に関する研究

—ドラグサクシヨン浚渫船海鵬丸のエコノミックローディング—.....

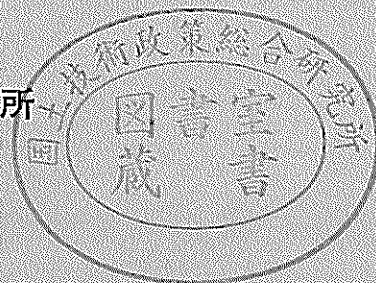
近藤 基・木原 純孝・青木 幸男
菊谷 徹

作業船調査報告 (その 6)

—海麟丸実船試験報告— 八木 得次・早乙女保二・笹谷 哲也
入江 義次・青木 幸男・石塚 浩次

昭和 41 年 4 月

運輸省港湾技術研究所



港 湾 技 研 資 料 No. 23

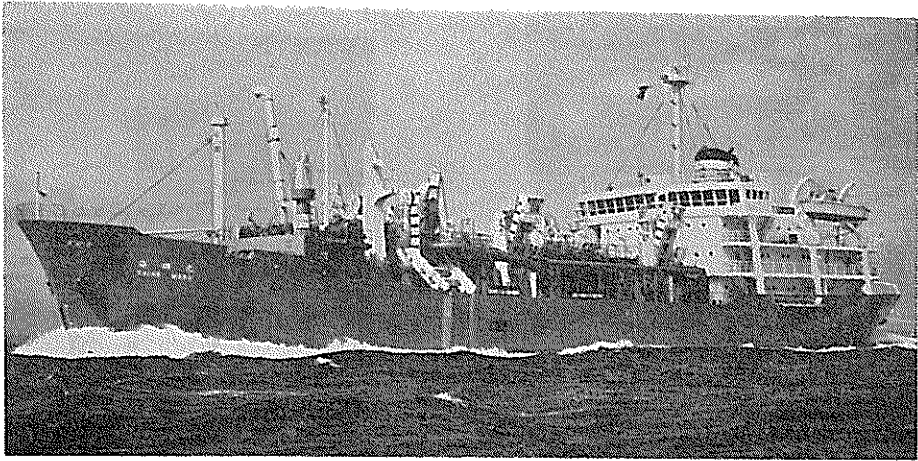
目 次

ホッパーの沈澱効果に関する研究.....	1~22
海麟丸実船試験報告.....	1~31

ホッパーの沈没効果に関する研究

—ドラグサクシオン浚渫船海鵬丸のエコノミックローディング—

近藤 基* 木原 純 孝**
青木 幸 男** 菊 谷 徹***



写真—1 海鵬丸 全景

* 機材部作業船研究室長
** 機材部流体輸送研究室
*** 機材部作業船研究室

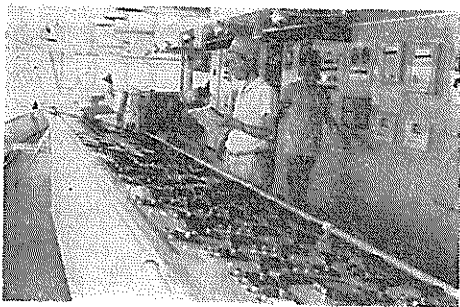


写真-2 操 舵 室

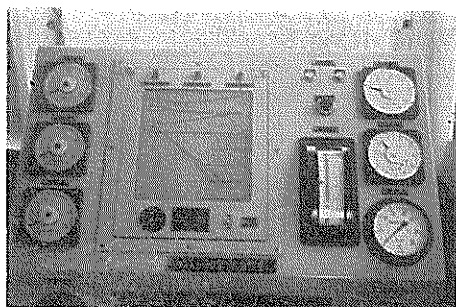


写真-3 ドラグアーム操作盤

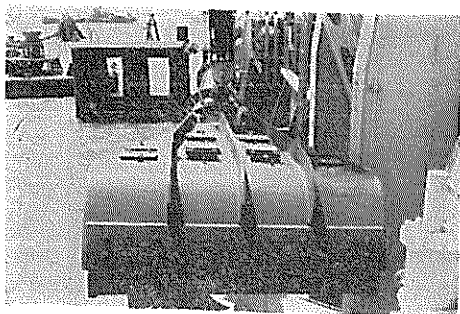


写真-4 ドラグヘッド (コラル型)

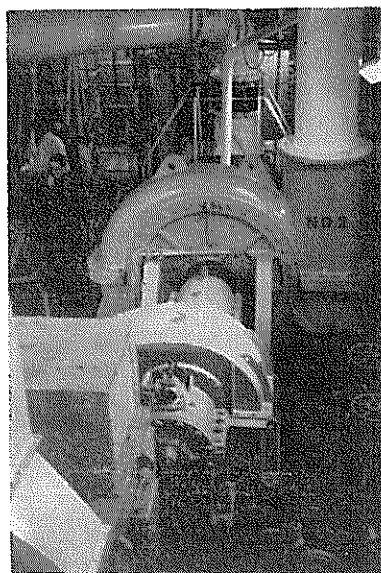


写真-5 浚 渫 ポ ン プ

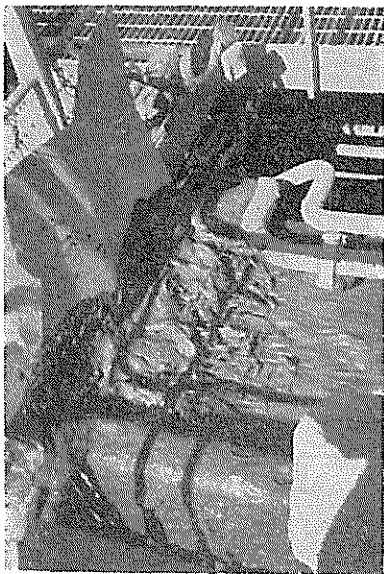


写真-6 軟泥の積載状況



写真-7 流量, 含泥率記録計

ホッパーの沈澱効果に関する研究

—ドラグサクシヨン後滞船海鵬丸のエコノミックローディング—

目 次

§ 1. ま え が き	4
§ 2. 海鵬丸の概要	4
§ 3. 調 査 方 法	4
3-1 記録資料によるもの	4
3-2 実船試験によるもの	5
§ 4. 記 録 資 料	5
§ 5. 実 船 試 験 結 果	7
§ 6. エコノミックローディング理論	8
6-1 積 込 効 率	8
6-2 平均積込効率	8
6-3 エコノミックローディング	9
§ 7. 海鵬丸のエコノミックローディング	9
7-1 軟泥のエコノミックローディング	9
7-2 砂質土のエコノミックローディング	13
§ 8. 結 論	14
§ 9. あ と が き	17

§ 1. ま え が き

海上交通の頻繁な航路や狭隘水路では、従来の浚渫船ではアンカーやスパッドを打つために、航行船舶の妨害になるのはもとより、種々の施行上の制約があった。

近年これらの航路の浚渫にドラグサクシオン浚渫船が活躍している。これらの浚渫船は自身に泥艙を有し、自航しながら浚渫し、泥艙内に土砂を積込む。満載になれば捨土地まで航行して船底扉を開いて捨土するか、あるいは浚渫ポンプによって舷外へ排送している。

また土砂を積込む場合、泥艙に泥水を吐出して積込むが、泥艙からオーバーフローを始めても、泥艙内の濃度を高め、浚渫能力を上げる目的からなおも泥水を吐出させる。

しかし一部の土砂がオーバーフローする水と共に舷外に排出し、泥艙内土量の増加量が低下する。

このため特に軟泥等では、満載になるまで積込むには長時間の浚渫時間が必要であって、経済的ではない。それよりも浚渫時間を短縮し、捨土回数を多くとる方が一日の浚渫土量は多くなるであろう。

これらの事から本報告では、現在関門航路で浚渫に従事している海鷗丸を選び、軟泥と砂質土にわけてエコノミックローディングの線図化を試みたものである。

ここでいうエコノミックローディングとは現在の作業状態において、一日の浚渫土量が最も多くなる積込方法という意味である。

§ 2. 海鷗丸の概要

本船は総屯数約 3,200 t、載荷重量約 3,500 t、双螺旋電気推進式の泥艙容量 2,000m³ サイドドラグ型浚渫船である。

また特に新しい浚渫用計器や航海用計器の装備と、広範囲な各種装置のリモートコントロール、機関部主要計器の監視および記録に関するオートメーションを採用する事により、きわめて合理的な浚渫作業が遂行できる。本船の主要々目は次のとおりである。

(1) 船 体 部

全 長	91.05m
垂線間長	85.00m
幅 (形)	16.00m
深 さ(形)	7.00m
満載吃水	5.80m
総 屯 数	3,212 t
泥 艙 容 量	2,052m ³
速力(最大)	13.27kt

(2) 浚 渫 機 部

浚渫深度	17.00m
陸排送距離	2,000m
浚渫ポンプ	5,000m ³ /h×17m (清水)×2台
吸込側口径	630mmφ
吐出側口径	560mmφ
回 転 数	183.5~248rpm

(3) 機 関 部

主発電用原動機	2,400PS×514rpm ×2台
補助発電用原動機	160PS×900rpm ×2台
推 進 器	2,700mmφ×240rpm 3翼 C. P. P×2器
ハウスラスト	推力 5.1 t

(4) 電 気 部

主 発 電 機	1,900KVA×3,200V ×60~ 2台
補助発電機	130KVA×440V ×60~ 2台
推進用電動機	1,000KW×3,300V 2台
浚渫ポンプ用電動機	500KW×3,300V 2台

§ 3. 調 査 方 法

3-1 記録資料によるもの

海鷗丸は各種の浚渫用計器を備え、必要なものは自動記録されている。例えば泥艙内の土砂量を知るための積載土量計は最も必要な計器の一つであり、その他ポンプの運転状態を知るための種々の計器は全て自動記録できる。

主要なる計器の原理の概略だけを説明する。

積載土量計は浚渫場所の海底の見掛比重を計器の比重目盛に合わせれば、本船の吃水変化から換算して積載土量が容積で示される。

流量計は電磁流量計で、電磁誘導の法則をそのまま流量計に応用したもので、導電性の流体をパイプに流すと、パイプの軸と磁場とに垂直な方向に起電力を生じる事から、その起電力を計器に導いたものである。

また含泥率計は γ 線を用い、 γ 線の減衰が透過量に関係することを利用して、吸込管内の含泥率を検出するので、流量計と組合せた浚渫土量計も装備されている。これらの記録された資料を後日解析すれば、適切な浚渫

作業を把握することができる。

本調査はこれらの貴重な記録を有効に活用し、適切な運転方法を見出すために昭和40年9月から11月にわたって行ったもので、表一1の記録資料を第四港湾建設局より送付してもらって解析した。

しかし、なにぶんにも長期間にわたったため膨大な資料になり、全部の資料を解析しえなかったが、この点は今後機会があったら整理してみたい。

表一1 記録資料一覧表

計器の種類別	測定計器
打点 アナログ記録	積載土量計 浚渫土量計 含泥率計 流量計 ポンプ回転数 ポンプ吸込圧力 ポンプ吐出圧力 ポンプ電動機電流
指示計器	吃水計(船首、尾)
その他	運転記録 浚渫土砂

3-2 実船試験によるもの

記録計器を全て信頼すれば必要のないものであるが、特に解析に必要な流量計の値がまちまちであり、その他

にも不明なる点が生じた結果、確認できる計器の補正係数を求めて前記の記録資料をより確実な記録とするために行ったもので測定項目を表一2に示す。期間は昭和40年11月16日～11月18日までの3日間であった。

この試験は特に流量の計測に重点を置いたもので、船速の影響を除外するため係船して行なった。計測方法は泥艙を柵とし、泥艙水位の変化量から求めた容積を計測時間で除して求めた。

なおこの時の泥艙からの漏水を考慮して、試験前土砂を少し積込み、しばらく経て土砂が底部に沈澱してから計測を開始した。その結果漏れ水量は泥艙水位にして毎分約8mm程度であり水面の上昇量と比較すれば無視できる値であった。

その外に実船試験には浚渫試験も併せて行なった。

§ 4. 記録資料

記録資料は海鵬丸の浚渫場所である関門航路中央水道、および南東水道における浚渫記録で図一1には関門航路の浚渫位置図を示す。

中央水道は主に貝殻混り中砂、南東水道は軟泥が主である。見掛比重は貝殻混り中砂で1.8、軟泥で1.4とした。表一3-1は貝殻混り中砂の浚渫記録、表一3-2は軟泥の記録である。

表一3-1、3-2共(3)欄は浚渫時間で旋回時間を除いたものである。(4)欄はポンプ揚土量で浚渫土量計より求めた。(5)欄はポンプ揚土量を浚渫時間で除し

表一2 実船試験計測項目

測定法の 大別	測定項目	測定方法	送水試験	浚渫試験
自動 記録	流量計	監視室アナログ記録	○	○
	含泥率計	" " "		○
	積載土量計	操舵室 " "		○
	浚渫土量計	" " "		○
	ポンプ吐出圧力	監視室 " "	○	○
	ポンプ吸込圧力	" " "	○	○
	ポンプ回転数	" " "	○	○
計器読取又は計測	ポンプモーターの電流	" " "	○	○
	吃水	操舵室指示計器	○	○
	泥艙内水位	ホッパー基準点から計測尺で計測	○	
	ポンプ吐出圧力	ポンプ室計器	○	
	ポンプ吸込圧力	" "	○	
	ポンプモーターの電力	操舵室指示計器	○	
	ポンプ回転数	タコメーター計測	○	
含泥率	操舵室指示計器		○	
流量	" "		○	

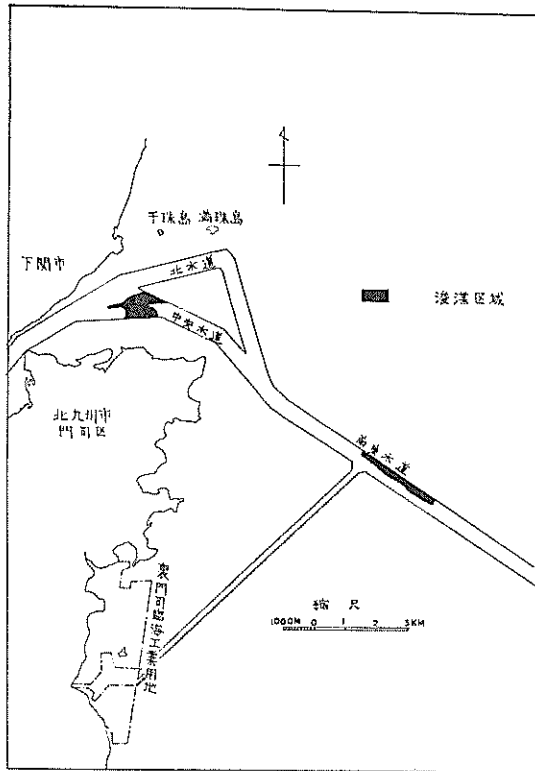


図-1 関門航路淤滞位置図

て平均単位時間当り揚土量として表わした。(6)欄は積込土量で日報の値をそのまま用いた。(7)欄は平均積込効率で後述するように積込土量をポンプ揚土量で除したものである。

表-3-1 貝殻混り中砂淤滞記録

(中央水道)

(1) 月日	(2) No.	(3) t min	(4) G_P m^3	(5) g_P m^3/min	(6) G_H m^3	(7) η_m %
10. 6	1	88	2,590	29.4	1,960	75.7
	2	81	2,320	28.7	1,840	79.3
	3	76	2,450	32.3	1,900	77.7
	4	87	2,570	29.6	1,940	75.5
	5	71	2,050	28.9	1,800	87.8
10. 7	1	82	2,280	27.8	1,880	82.5
	3	87	2,690	30.9	1,880	70.0
	4	92	2,260	24.6	1,900	84.2
	5	87	2,180	25.1	1,820	83.5
	6	91	3,190	35.0	1,860	58.3
10. 8	1	100	2,120	21.2	1,780	84.0
	3	100	2,280	22.8	1,900	83.3
	4	89	2,190	24.6	1,880	86.0

	5	66	1,694	25.7	1,500	88.7
	6	106	2,540	24.0	1,940	76.3
10. 21	2	84	2,070	24.7	1,900	91.8
	3	85	2,160	25.5	1,980	91.8
	5	79	2,240	28.4	1,940	86.7
	6	108	2,220	20.6	1,960	88.3
10. 22	2	78	2,080	26.7	1,950	93.7
	3	98	2,490	25.4	1,950	78.3
10. 23	3	100	2,400	24.0	1,920	89.0
	4	73	2,050	28.1	1,760	99.8
10. 26	1	81	1,934	23.9	1,880	97.2
	3	89	2,250	25.3	1,880	83.7
10. 27	1	84	1,930	26.1	1,830	94.5

表-3-2 軟泥淤滞記録

(南東水道)

(1) 月日	(2) No.	(3) t min	(4) G_P m^3	(5) g_P m^3/min	(6) G_H m^3	(7) η_m %
10. 14	1	40	3,170	79.3	1,640	51.7
	2	40	3,350	83.8	1,640	49.0
	3	40	2,020	67.3	1,600	79.3
10. 19	1	31	2,610	84.3	1,750	67.1
	2	28	2,630	94.0	1,780	63.6
	3	24	1,925	80.3	1,700	88.3
	4	28	2,850	101.5	1,750	61.5
	5	30	3,150	105.0	1,780	56.6
	6	28	2,450	87.5	1,760	71.8
	7	34	2,510	73.9	1,800	71.8
10. 20	1	22	1,980	90.0	1,820	91.8
	2	27	2,730	101.0	1,840	67.3
	3	25	2,560	102.4	1,840	71.8
	4	30	3,260	108.5	1,790	55.0
	5	35	2,710	77.4	1,740	64.2
	6	22	3,320	105.4	1,870	80.7
	7	31	3,160	101.8	1,850	58.6
	9	30	2,480	82.7	1,790	72.2
	10	29	2,610	90.0	1,750	67.0
	10. 28	3	25	2,110	84.5	1,750
4		27	2,770	102.4	1,800	65.0
6		25	2,640	105.5	1,760	70.4
7		24	2,110	88.0	1,920	91.0
8		20	1,873	93.5	1,660	88.5
9		20	1,900	95.0	1,720	90.5
10		30	2,770	92.3	1,760	63.5

10.29	2	27	2,560	94.8	1,800	70.3	
	3	23	2,030	88.3	1,810	89.2	
	4	25	2,080	83.3	1,720	83.7	
	5	22	2,490	113.0	1,700	68.3	
	6	23	2,140	93.0	1,860	87.0	
	7	23	2,290	99.5	1,840	80.4	
	8	20	2,440	81.4	1,740	71.4	
	9	25	2,240	89.7	1,780	79.5	
	10	25	2,060	89.4	1,840	89.5	
	12	25	2,190	84.8	1,860	85.0	
	13	25	2,420	96.8	1,800	74.4	
	10.30	1	30	2,290	76.3	1,800	78.7
		2	30	2,040	68.0	1,760	86.2
3		30	2,300	76.7	1,880	81.7	
4		21	2,430	115.6	1,800	74.0	
6		25	2,150	86.0	1,860	86.5	

表-4 送水試験結果

試験 No.	ポンプ No.	回転数 rpm	電動機電力 KW	全揚程 m	流量 m ³ /h
1	1	202	355	12.54	7,140
	2	203	380	14.02	
2	1	211	420	13.73	7,650
	2	212	445	15.10	
3	1	211	420	13.58	7,520
	2	213	450	14.73	
4	1	202	350	12.86	7,010
	2	205	380	16.44	

本船は泥船積込量と共に吃水が増加するために、流量、及び電動機電力は増加し、全揚程は低下する傾向がある。1号機（右舷）2号機（左舷）では電動機電力、全揚程にかなりの差がある。これは圧力計、電力計の誤差あるいは各ポンプの性能の相違と考えられる。

§ 5. 実船試験結果

流量測定を主としたものであるから、ここでは流量測定結果だけを記す。表-4は試験結果の平均値を示し、流量は泥船を舳として計測した値である。

付図-1は送水試験時の各計器指示値（流量は後述の補正を行ったもの）の時間変化を示す。

付図-1において同一時刻上の流量、電動機電力、及び全揚程を性能曲線図上にプロットし、これらの代表値を示したのが図-2であり、試運転時の性能曲線とはかなり相違している。特に目につく事は210rpmの計画使用

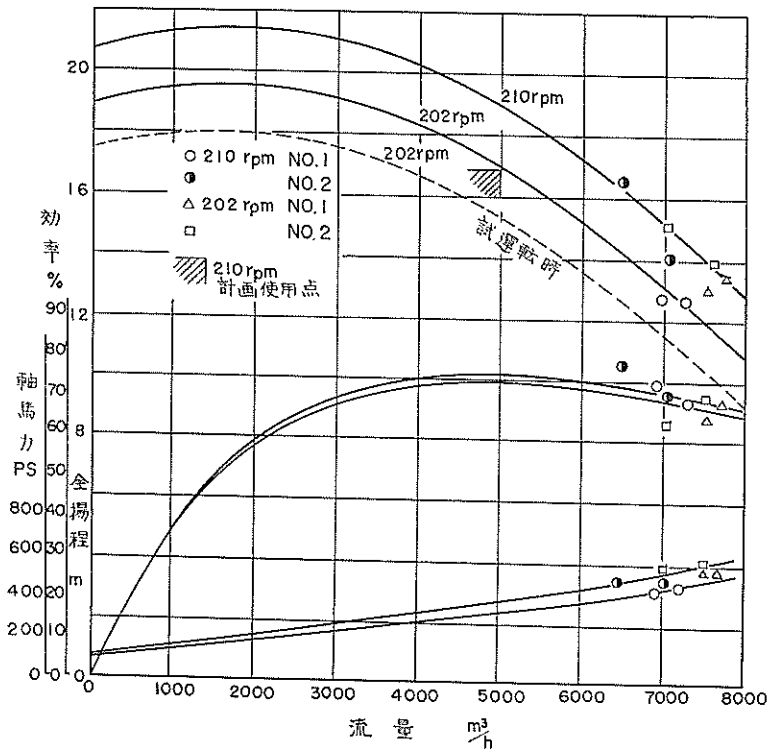


図-2 性能曲線

用点 5,000m³/h が 7,600m³/h と約 50% 増となっていることでも、設計時の抵抗損失算出にあたっては注意を払う必要がある。

以上の結果から 203rpm では試験 No. 1 と No. 4 の平均値 7,075m³/h, 212rpm では No. 2 と No. 3 の平均値 7,590 m³/h をとり、その時の流量計指示値の平均は 203 rpm では 6,170 m³/h, 212 rpm では 6,770 m³/h を指示したため補正值として流量計指示値に 1.13 を乗じた。

浚渫試験も同時に行ったが、その結果は後述する事にし、その運転記録だけを付図 2-1 ~ 2-4 に示す。

浚渫条件は次のようである。すなわちドラグヘッドは砂質土、軟泥共コラル型を使用し、接地圧は砂質土で 2 ~ 3 t、軟泥で約 1 t である。また船速は両方共 2.5 ノット程度である。

これらの図において含泥率が相当大きな値であるが、これは軟泥の見掛比重を 1.4 にしたためである。

また流量が送水試験の時と比較して約 1/2 に低下している事が分るがドラグヘッドがかなり土中に没しているためと考えられる。

§ 6. エコノミックローディング理論

6-1 積込効率

泥船内積込土量の増加量はポンプ揚土量、積込効率に左右され、一定の増加量を示さない。この積込効率は土質、流量、あるいは泥船形状に大きな影響を受けるものと考えられるが、その関係は今のところ明確ではない。また泥船内はトラフからの落下する泥水によって、常時攪乱され、かなり複雑な流れ方をする。このため土砂の沈澱過程も同様に複雑で未だ明確にできない。しかし本論ではエコノミックローディングを論じるのであるから積込効率の具体的な解析を試みず、主に結果論として考える。

図-3 はポンプ揚土量 G_P 、泥船積込土量 G_H の関係を図示したものである。オーバーフロまでは $G_P = G_H$ で表わされ、オーバーフロ後は漸次 G_P と G_H の差が大きくなっていく。すなわち $\Delta G_P / \Delta t = g_P$ が変わらないものとして考えれば、 $\Delta G_H / \Delta t = g_H$ が漸次小さくなっていくことになり、そして最後には $g_H = 0$ となり飽和状態に達する。

今積込効率を η とすれば次式で表わされる。

$$\eta = \frac{g_H}{g_P} \dots\dots\dots(1)$$

積込効率はオーバーフロするまでは 100% であるが、オーバーフロ以降は砂質土の場合は緩慢な曲線で下がり

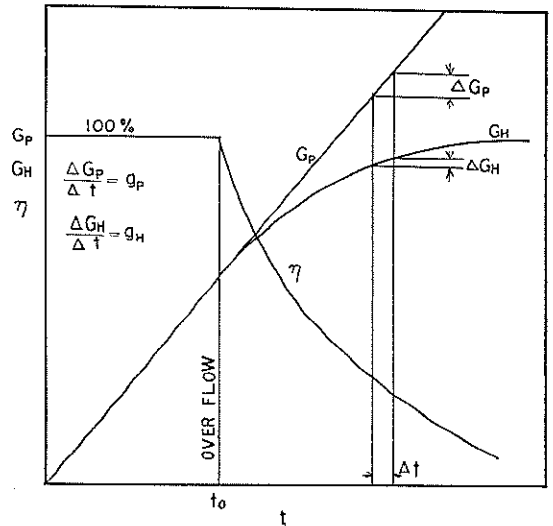


図-3 G_P 、 G_H 、 η の変化

始め、軟泥等の場合は急激に零に近づく傾向がある。

ここではもはや泥船内積込の意味をなさなくなり、ほとんど浚渫土砂が流出することになる。

6-2 平均積込効率

積込効率を計算するためには泥船内積込土量の単位時間当りの勾配を求め、ポンプ揚土量で除して計算しなければならないが、平均積込効率を計算するのは簡単である。これは浚渫開始からその時刻までの平均の積込効率を意味するから、その時間 t までの積込土量と総ポンプ揚土量の比で表わされる。

$$\eta_m = \frac{\int_0^t g_H dt}{\int_0^t g_P dt} \dots\dots\dots(2)$$

上式で今 g_P が浚渫開始からあまり変化がないとする $g_H = \eta g_P$ と、と表わせるから結局は

$$\eta_m = \frac{\int_0^t \eta dt}{t} \dots\dots\dots(3)$$

またオーバーフロするまでは $\eta = 100\%$ であることから

$$\eta_m = \frac{t_0 + \int_{t_0}^t \eta dt}{t} \dots\dots\dots(4)$$

但し t_0 は浚渫開始からオーバーフロするまでの時間。

積込土量は g_P の変動の激しい時には、 g_P も時間の函数と考えねばならないから次式で計算する

$$G_H = \int_0^t \eta g_P dt \dots\dots\dots(5)$$

g_p の変動を考慮せず一定と見なせば、平均積込効率を利用して次の式のように簡単になる。

$$G_n = \eta_m g_p t \quad \dots\dots\dots (6)$$

6-3 エコノミックローディング

オーバーフロ後の土砂流出はさげえないもので、どんな沈殿促進装置を用いたとしても、オーバーフロさせる限りはつきまとうものである。

積込効率を高めるために土砂流出量を低減させる方法も考えられるが、その前にその船の現在の状態において、経済的な積込方法を知るのが先決問題であると思う。

エコノミックローディングは泥船からオーバーフロすればすぐにポンプを停止するものと、満載になれば停止するものとの中間にあって、次の要素によって決めることができる。

- (a) 泥船の積込みに要する時間
- (b) 捨土地域までの往復時間
- (c) 浚渫のため旋回する時間
- (d) 浚渫物を捨土するのに要する時間

今 (a) = t , (b)+(c)+(d) = t' として次の仮定を設ける。

- (1) t' は各サイクル一定である。
- (2) ポンプ揚土量 g_p は変動しない。
- (3) $g_n = g_p f(t)$ と表わせる。
- (4) サイクル数 n は一日の作業時間を T とすれば $n = \frac{T}{t+t'}$ で表わせるものとする。

以上の事から一サイクルの浚渫土量は

$$G_n = g_p \int f(t) dt \quad \dots\dots\dots (7)$$

また一日の浚渫土量は

$$G_{nday} = n G_n = n g_p \int f(t) dt \quad \dots\dots\dots (8)$$

(4) の仮定から $n = \frac{T}{t+t'}$ を (8) 式に代入すれば

$$G_{nday} = \frac{T}{t+t'} g_p \int f(t) dt \quad \dots\dots\dots (9)$$

最もエコノミックなローディングは一日の浚渫土量が最も多い積込時間を求める事になるので $(G_{nday})_{max}$ は $\frac{d}{dt}(G_{nday}) = 0$ から求められる。

すなわち

$$f(t)(t+t') - \int f(t) dt = 0 \quad \dots\dots\dots (10)$$

(10) 式から

$$f(t) = \frac{\int f(t) dt}{t+t'} \quad \dots\dots\dots (11)$$

ここで $f(t) = \eta \int f(t) dt = \eta_m t$ と表わせるから

$$\eta = \frac{\eta_m t}{t+t'} \quad \dots\dots\dots (12)$$

また $\frac{\eta_m t}{t+t'} = \eta_e$ としてサイクル効率と名付ける。

結局 (12) 式より $\eta = \eta_e$ となるから積込効率曲線とサイクル効率曲線との交点が最も一日の浚渫土量が多い浚渫時間であるといえる。いいかえるとサイクル効率の極大点でもる。

ここでサイクル効率曲線は t' と η_m に大きく左右されるが、 t' は浚渫場所の条件によって決まってしまう。すなわち t' のうちで大きな割合を示める捨土地域までの往復時間は浚渫場所の地理的条件で決定される事から考えて、サイクル効率は自づから土質や浚渫地域によって決定される。

§ 7. 海鵬丸のエコノミックローディング

7-1 軟泥のエコノミックローディング

エコノミックローディングの研究の主な目的は軟泥浚渫のローディング時間を求める事である。

この理由は軟泥の積込効率は悪く、土粒子が細粒であればあるほど、いい替えれば沈降速度が小さければ小さいほど顕著なためである。

海鵬丸の軟泥のエコノミックローディングは浚渫試験から求めたもので、この軟泥の見掛比重は 1.4 として、その時の運転記録は前記の付図 2-1 ~ 2-4 までに示している。オーバーフロ後の泥船内積込土量の変化は図-4 に示す通りで、吃水変化を測定する事により計算した結果である。試験 No. 1 から No. 4 までの単位時間当たり積込土量の変化を図示したのが図-5 で、図-4 の単位時間の勾配変化から求めたものである。

以上は積込土量の変化であるが、ポンプ揚土量の変化は図-6 に示すように試験 No. 1 を除いて略々同じような傾向である。またオーバーフロ後は試験 No. 3 を除いてあまり大きな変化はないが、ここでは試験 No. 1 より No. 4 までそれぞれの平均値を採用した。

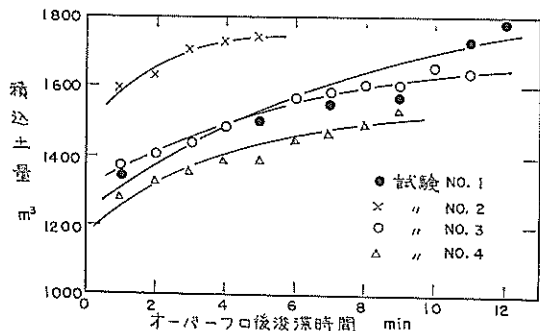
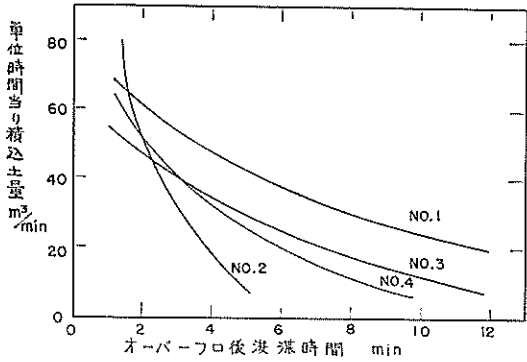
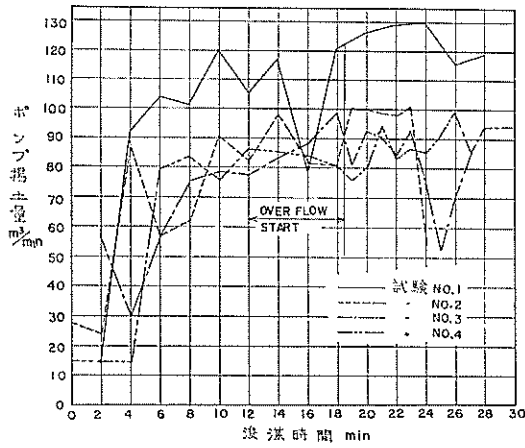


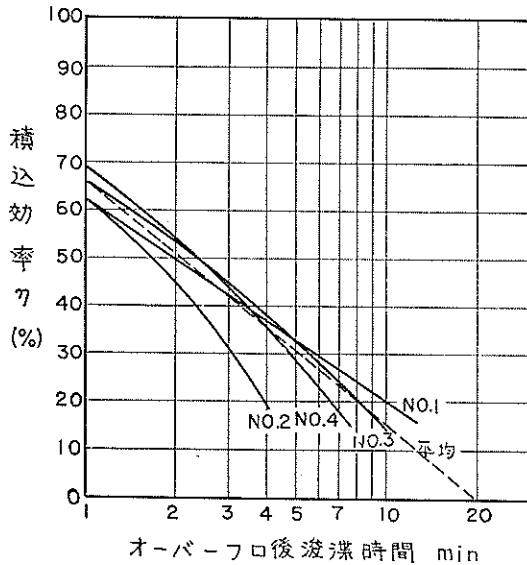
図-4 オーバーフロ後の積込土量の変化



図一五 単位時間当り積込土量の変化



図一六 ポンプ揚土量



図一七 軟泥の積込効率

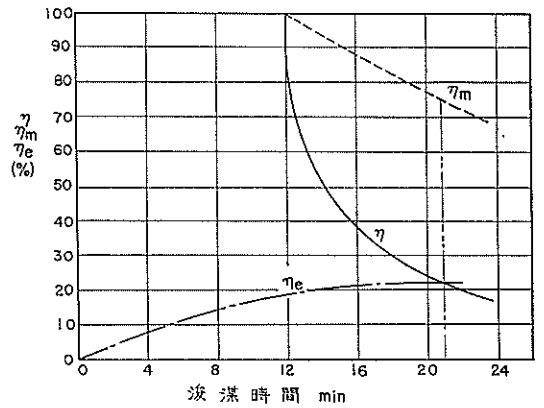
以上の事から単位時間当り積込土量とポンプ揚土量の比から積込効率を求めたのが図一七である。この図からオーバーフロ後の積込効率はオーバーフロ後の液滞時間を t_a とすれば、略々 $\log_{10} t_a$ に比例することが判る。

$$\eta \propto \log_{10} t_a \dots\dots\dots(13)$$

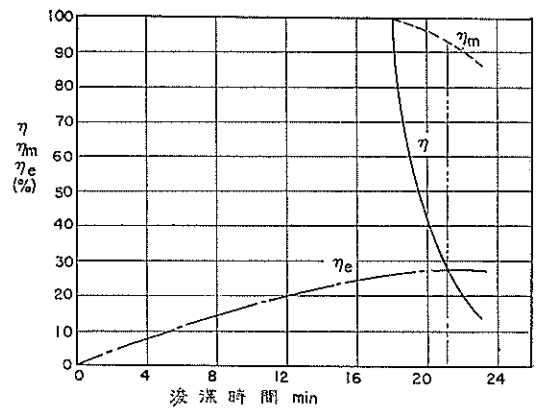
試験 No. 2 を除けば流量が 6,000 m³/h~10,000 m³/h までの範囲ではあまり大きな相違はないから No. 2 を除く No. 1~No. 4 までの平均値をとればこの土質に対してはオーバーフロ後の積込効率は

$$\eta = -0.507 \log_{10} t_a + 0.66 \dots\dots\dots(14)$$

試験 No. 2 の積込効率は他の試験に比較して、かなり悪い結果を示している。流量は No. 3 および No. 4 と略々等しく、No. 1 が最も大きいことから考えて、流量による影響とは思われぬ。ところが図一四で判るように、試験 No. 2 ではオーバーフロ時の積込量、すなわち泥船内の泥水濃度が、他の試験に比べて最も大きく、早



図一八-1 エコニックローディング線図 (試験 No. 1)



図一八-2 エコニックローディング線図 (試験 No. 2)

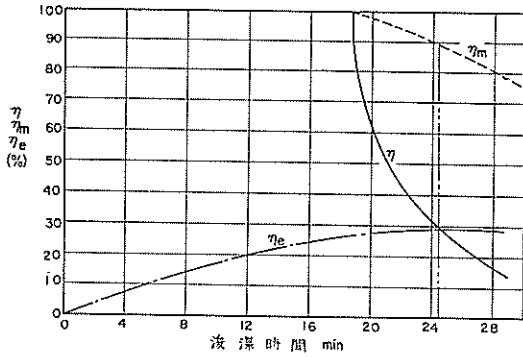


図-8-3 エコミックローディング線図
(試験 No. 3)

々と飽和限界に達したため、以後の積込量の増加が少なくなったものであろう。

次に海鰐丸の軟泥浚渫試験におけるエコミックローディング時間を求めたのが図-8-1~8-4である。

これらの図はすべて $t' = 50 \text{ min}$ とした。

図-8-1(試験 No. 1)を例にとれば、浚渫開始から 12 min でオーバーフロし、 η_e と η の交点すなわちエコミックローディング点までの浚渫時間は 21 min でそ

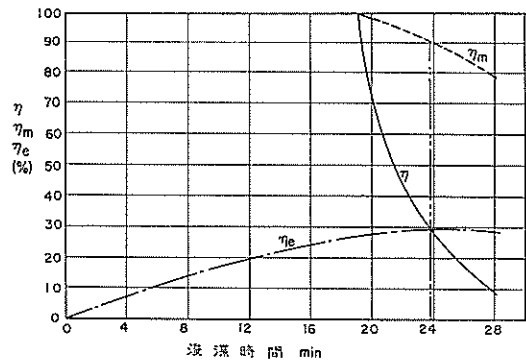


図-8-4 エコミックローディング線図
(試験 No. 4)

の時の η_m の値は 75% である。

以上はそれぞれ各試験ごとに求めたものであるが、(14)式の平均値を採用して線図化したものが図-9、10 である。図-9、10 共にこの土質に対してだけ利用できるものである。

図-9において η_e 曲線の太線は $\eta_m = 100\%$ の場合であるので、実際の η_e 線は細線で示したものである。この図の利用方法の一例を示すと 18 min でオーバーフロ

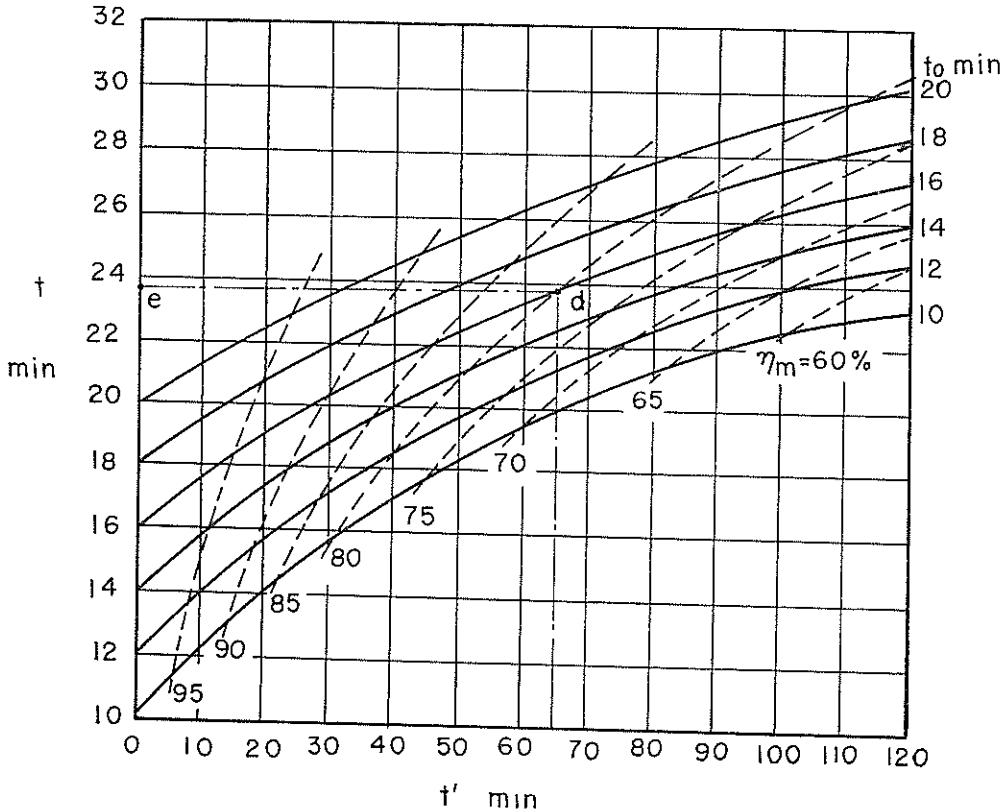
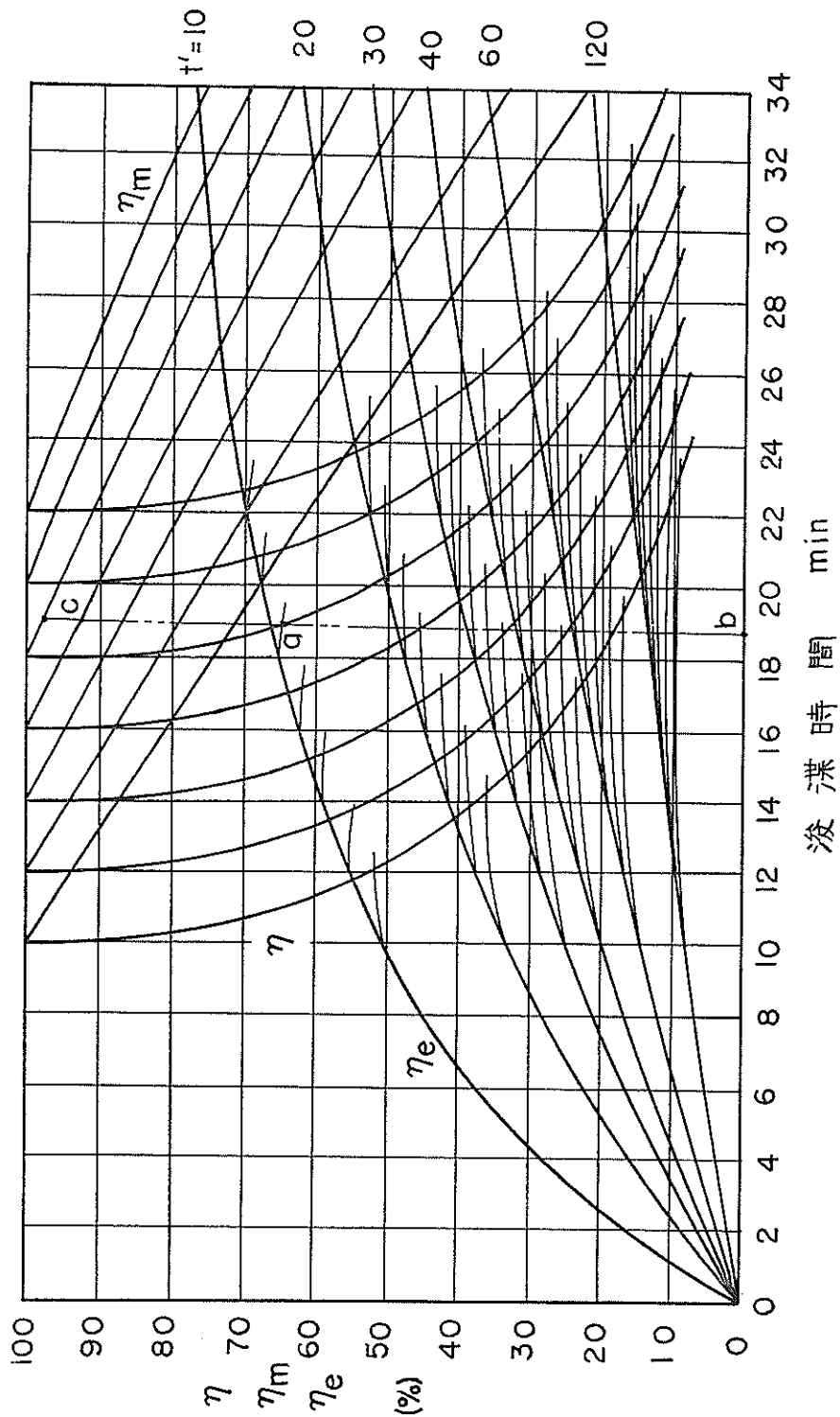


図-10 軟泥のエコミックローディング線図 (その2)



図—9 軟泥のエコノミックローディング線図 (その1)

し、 $t'=10$ min の場合をとれば、その時の η と η_e との交点は a 点で、エコノミックローディング時間は b 点、すなわち約 19 min であり、またその時の η_m は c 点で示され約 97% である。以上の事から浚渫土量は $G_U = \eta_m g p t = 0.97 \times 19 \times g p (m^3)$ から計算できる。

エコノミックローディング点だけを線図としたものが図-10である。この図で実線はエコノミックローディング時間を求める線で、点線はその時の η_m を求める線である。図-10は図-9より使い易い特長がある。一例を示すと、 $t'=65$ min 必要であり、 t_0 は大体16 min 位かかるものとすれば、その時のエコノミックローディング時間は、 $t_0=16$ min の線と $t'=65$ min から垂直に立てた線との交点 d をさらに t 軸まで延長して、 t 軸との交点 e がその時間を示すことになるので、すなわち $t=24$ min、 $\eta_m=80\%$ となる。

またこの図から浚渫時間 30min 以上積込む時は t' が 110min より大きいか、または t_0 が 20min より大きい場合だけで、海鵬丸の現在の状態では 30 min 以上積込む事はないといえる。次に平均積込効率 η_m はエコノミックローディングで積込んだならば 50% 以下になるのは殆んどありえない。

7-2 砂質土のエコノミックローディング

砂質土の場合は軟泥と違い沈降速度も大きく、積込状態も良好なので問題とする必要はないが、一応軟泥の場合と同様な事を試みてみる。

海鵬丸の中央水道の土質は図-11に粒徑加積曲線を示すが、この土質は貝殻が多くかなり大きめに表われている。海底の見掛比重は 1.8 とした。

記録資料より10月7日、8日、11日、12日のうち6点を選んで解析してみた。10月11日 No. 1、12日 No. 6 はいずれも片舷浚渫である。

単位時間当積込土量の変化を図-12に、浚渫時間と積込率との関係を図-13に示す。これらの図から気付く

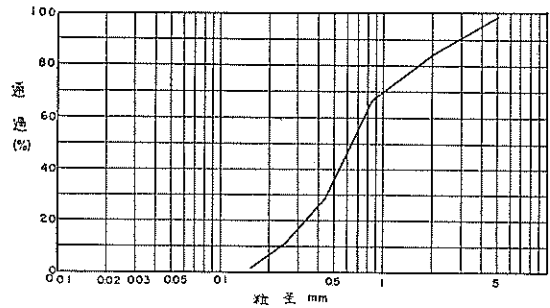


図-11 粒徑加積曲線

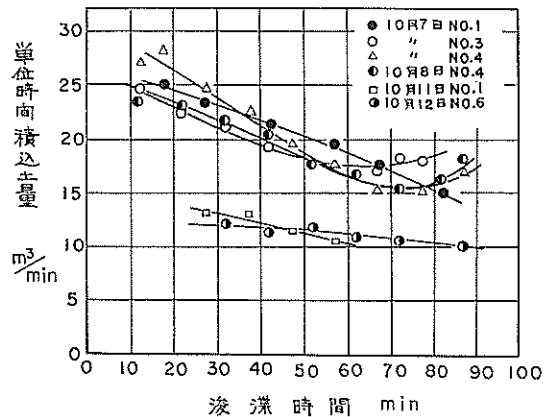


図-12 単位時間当積込土量の変化

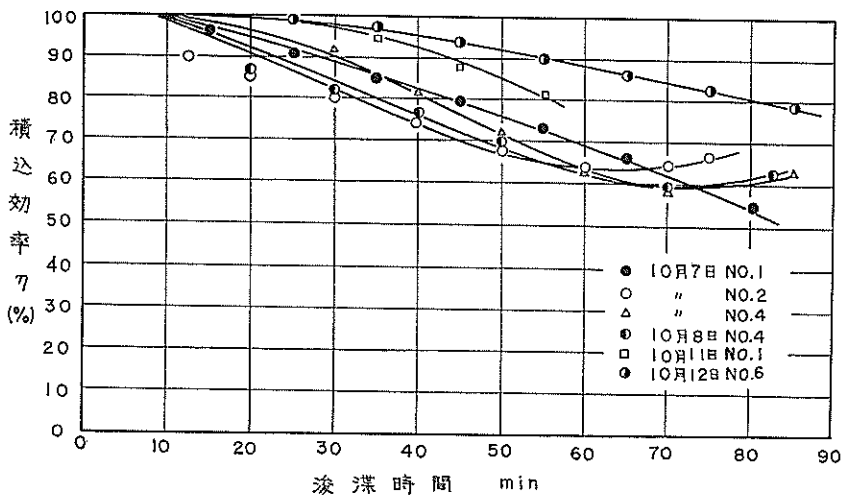


図-13 浚渫時間と η との関係

事は片舷浚渫を除けば、浚渫時間 70 min 位で積込土量または積込効率がもう一度上昇し始める。この時間では略々泥艙内土量は 1,500~1,600m³ となり、土砂の積込みが平均にゆきわたっていないためと、掃流砂により積込土の山ができ、丁度流れを遮る働きをするものと考えられる。

砂質土の泥艙内積込みはポンプ揚土量に対して大きく左右されるので、浚渫時間と積込効率との関係はポンプ揚土量を考えないと意味をなさなくなる。この事からある時点までの泥艙内総積込土量と積込効率との関係を示すと図-14のようになる。この図から流量が変化しても積込土量と積込効率との関係は略一定である。特に10月11日 No. 1, 12日 No. 6の片舷浚渫では流量は普通の浚渫の1/2であるが、この程度の流量変化でも略々一定の関係が保たれている。

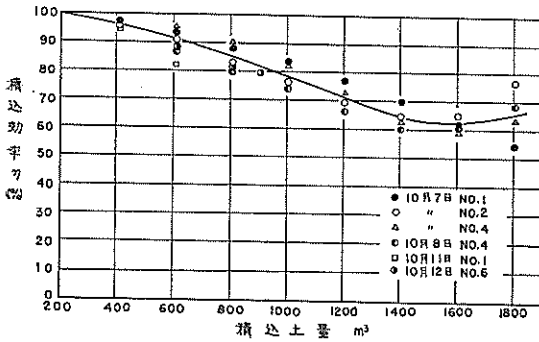


図-14 泥艙内積込土量とηの関係

しかしこの関係は土砂を泥艙に積込む方法が問題であり、すべての場合に適用するとは限らない。これらの点については今後再調査すべきものである。

そこでここでは上記の結果を用いて海鷗丸の中央水道の土質貝殻混り中砂で単位時間当たりポンプ揚土量を変えた場合のエコノミックローディング線図を求めることにする。図-14の結果より $\eta = F(G_H)$ とすれば次の関係が成立する。

$$\frac{\int_0^{G_H} F(G_H) dG_H}{G_H} = \frac{G_H}{g_P t} \quad \dots\dots\dots (15)$$

(15)式より時間 t は

$$t = \frac{G_H^2}{g_P \int_0^{G_H} F(G_H) dG_H} \quad \dots\dots\dots (16)$$

ここで(16)式に g_P と G_H を与えて図積分すれば、 G_H に達するまでの時間と積込効率が計算できる。

以上の計算式より $g_P = 10, 20, 30, 40 \text{ m}^3/\text{min}$ を与えて線図化したものが図-15, 16 である。図-15 も軟

泥の場合と同様にエコノミックローディング時間を求める一例を示すと $g_P = 20 \text{ m}^3/\text{min}$, $t' = 20 \text{ min}$ とすれば η と η_e との交点は a 点となり、その時の浚渫時間は b 点すなわち約 72 min となって、 η_m の値は c 点約 88% となる。

またこの図から次のことがいえる。 $t' = 10 \sim 20 \text{ min}$ の時には $\eta = \eta_e$ の点もあるが $t' = 30 \text{ min}$ 以上ではもはや $\eta = \eta_e$ なる点はなく無制限に積込んでよい事になる。しかし常識的にもその前に満載吸水線を越えるので、実際には満載になった後積込みを停止すべきことは明らかである。

エコノミックローディング点だけを線図としたものが図-16である。この図も実線はエコノミックローディング時間を求める線で、点線は η_m を求めるものである。見方は軟泥と同じであるので説明は省略するが、図-15で説明した事がさらに明瞭になる。たとえば $t' = 30 \text{ min}$ 以上ではもはやこのエコノミックローディング線図を描くことができない。

§ 8. 結 論

表3-1, 3-2の記録資料より η_m と t との関係を図示したのが図-17である。この図で軟泥の場合はオーバーフロ時間 18 min の η_m 線に、砂質土の場合は記録資料より g_P の平均値 $24 \text{ m}^3/\text{min}$ の η_m 線に大体のため今迄の解析が略々妥当なものといえる。

以上の事からエコノミックローディングの線図化を試みた結果、土質が与えられて実測すれば充分に利用できる線図を得ることができる。

しかし砂質土の場合 $t' = 10 \sim 20 \text{ min}$ 位は旋回時間だけで失われるものであるからエコノミックローディングを考慮する必要はなく、満載になるまで積込みを行えばよい。従ってエコノミックローディング時間は本例のような砂質土よりさらに細い砂、あるいは軟泥の時にだけ考えればよい事になる。

海鷗丸の軟泥浚渫は運転日報より略々 $t' = 80 \text{ min}$, $t_0 = 18 \text{ min}$ として考えると、図-9, 10より積込時間 $t = 26 \text{ min}$ となる。表-3-2を見れば満足させる積込時間と多過ぎる時間とが大体相半しているが、数点を除いては略々妥当な使い方といえる。

以上は海鷗丸だけの結果であるが今後各ドラブサクシオン浚渫船のエコノミックローディング線図を求めれば、なお一層の利用価値があると思われる。

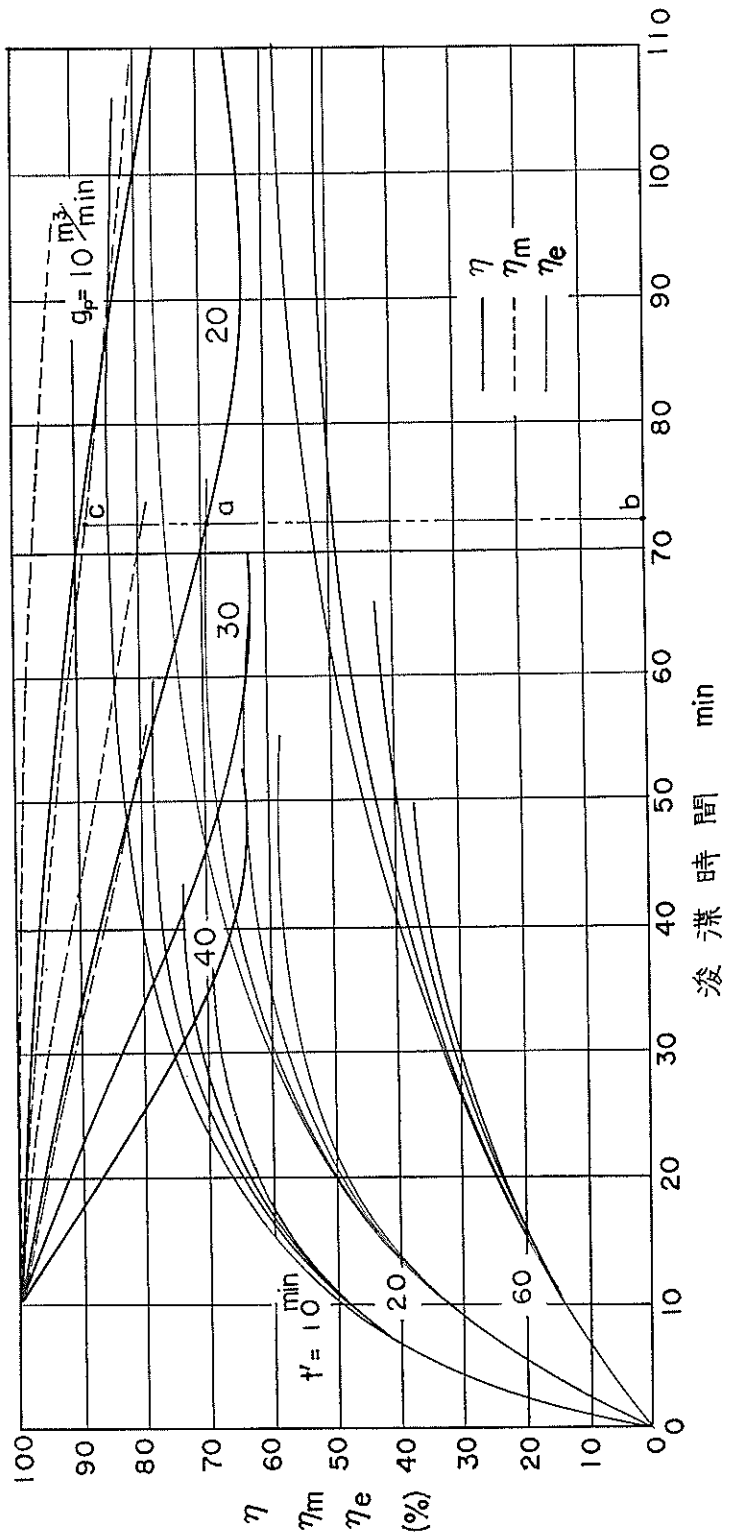


図-15 砂質土のエコノミックローディング線図(その1)

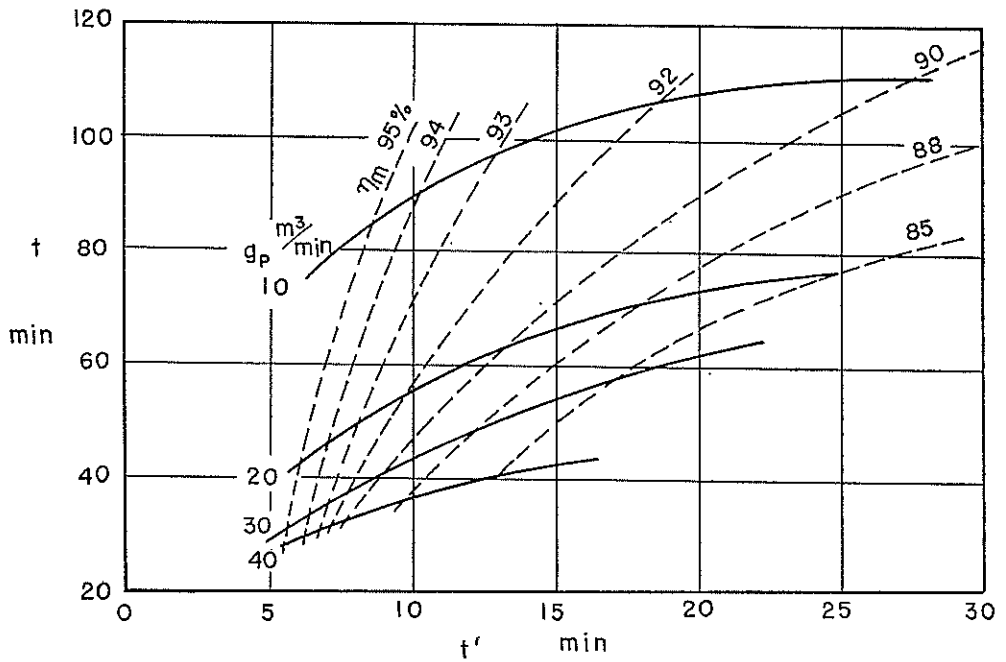


図-16 砂質土のエコノミックローディング線図 (その2)

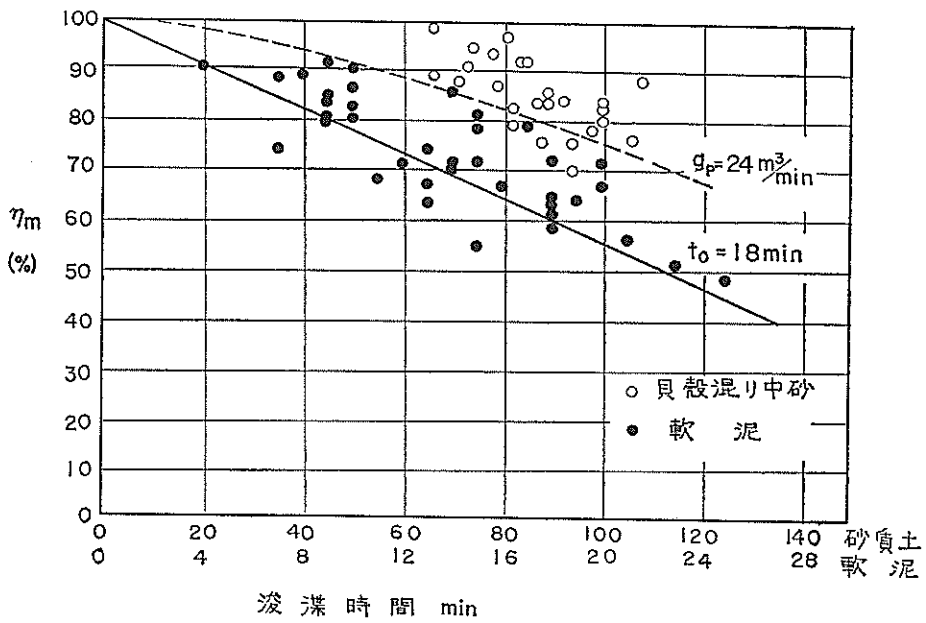


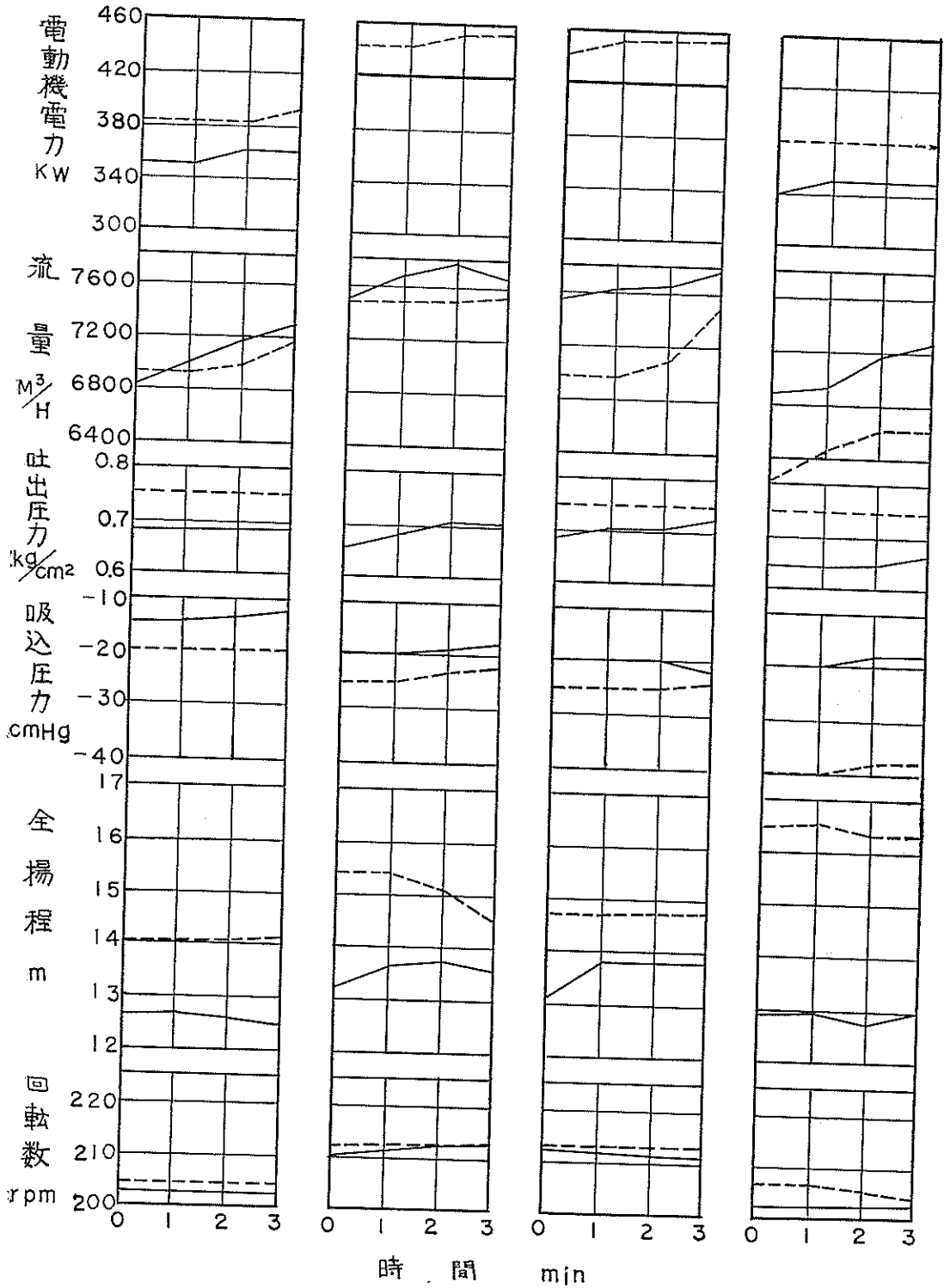
図-17 浚渫時間と η_m の関係 (軟泥はオーバーフロ後)

§ 9. あ と が き

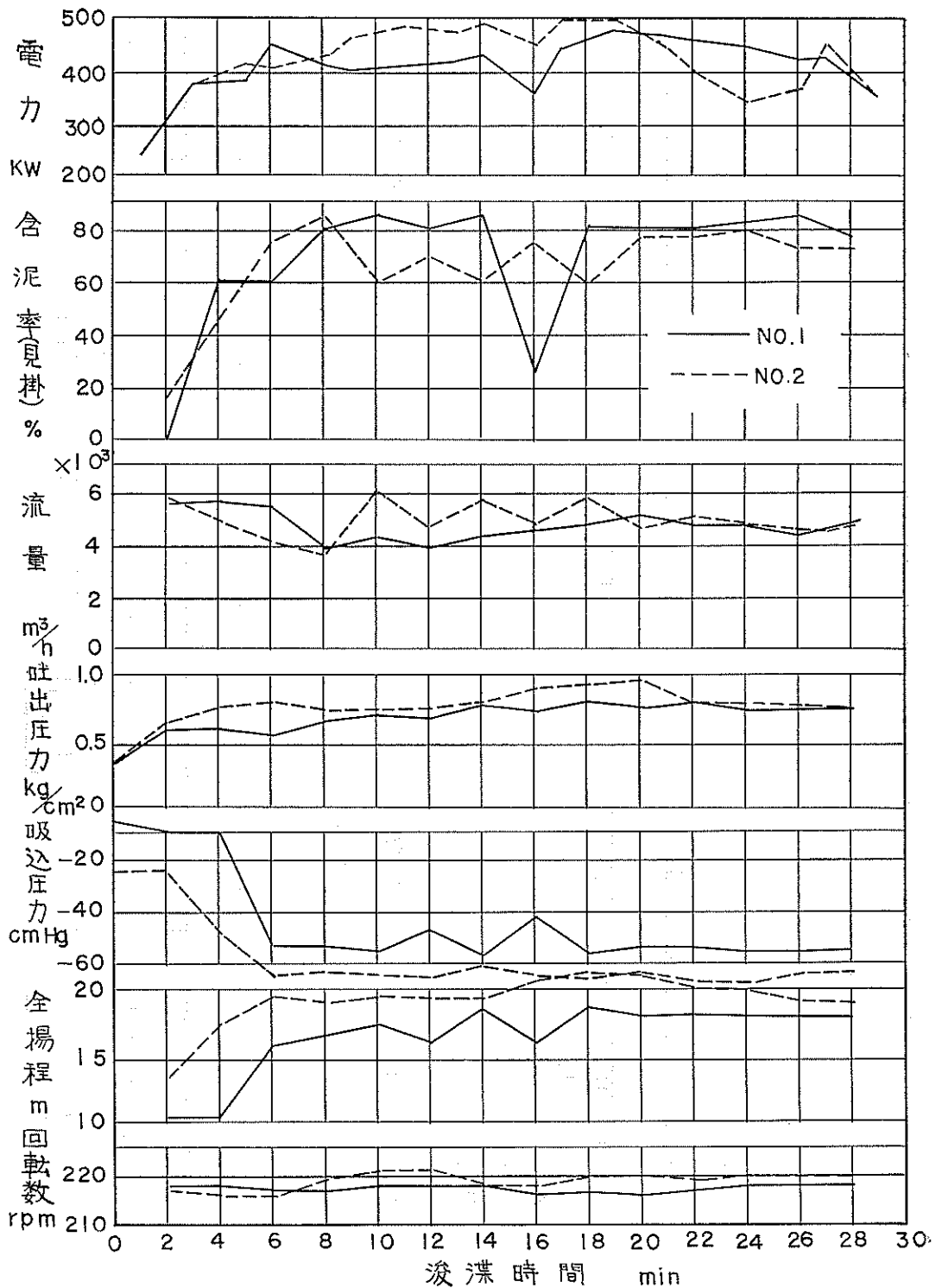
本調査報告の作成にあたって、種々御助言を頂いた松田機材部長、八木流体輸送研究室長、また、実船試験および資料収集に終始御協力頂いた第四港湾建設局関係各位ならびに海鷗丸乗組員の皆様に深謝の意を表する次第である。
(筆責 青木幸男)

参 考 文 献

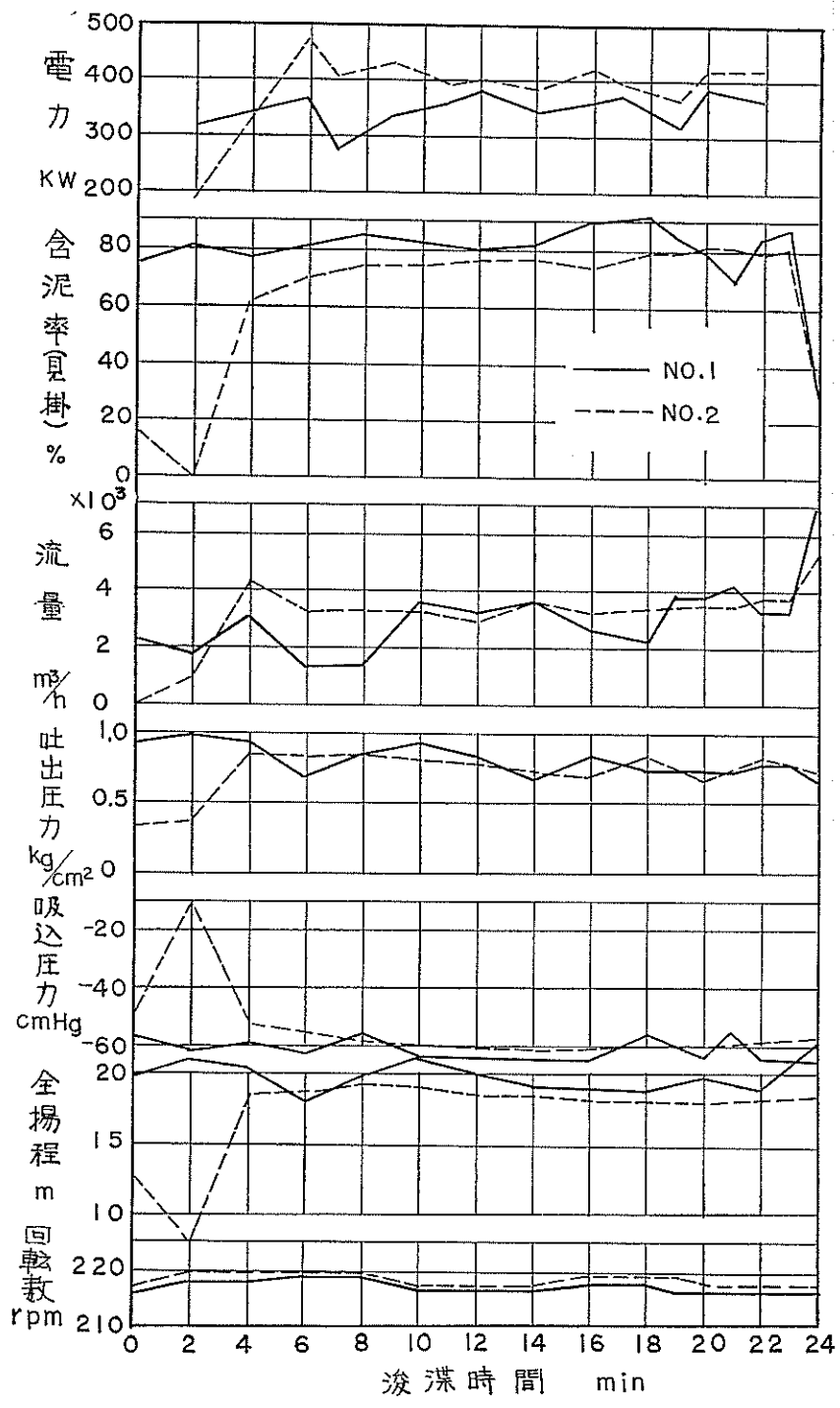
- (1) ドラグサクション調査団報告書(日本作業船協会) 昭和38年
- (2) 作業船調査報告(その1) 海竜丸浚渫試験報告 松田、八木外 港湾技研資料 No. 1 昭和38年 (昭和41年4月30日受付)



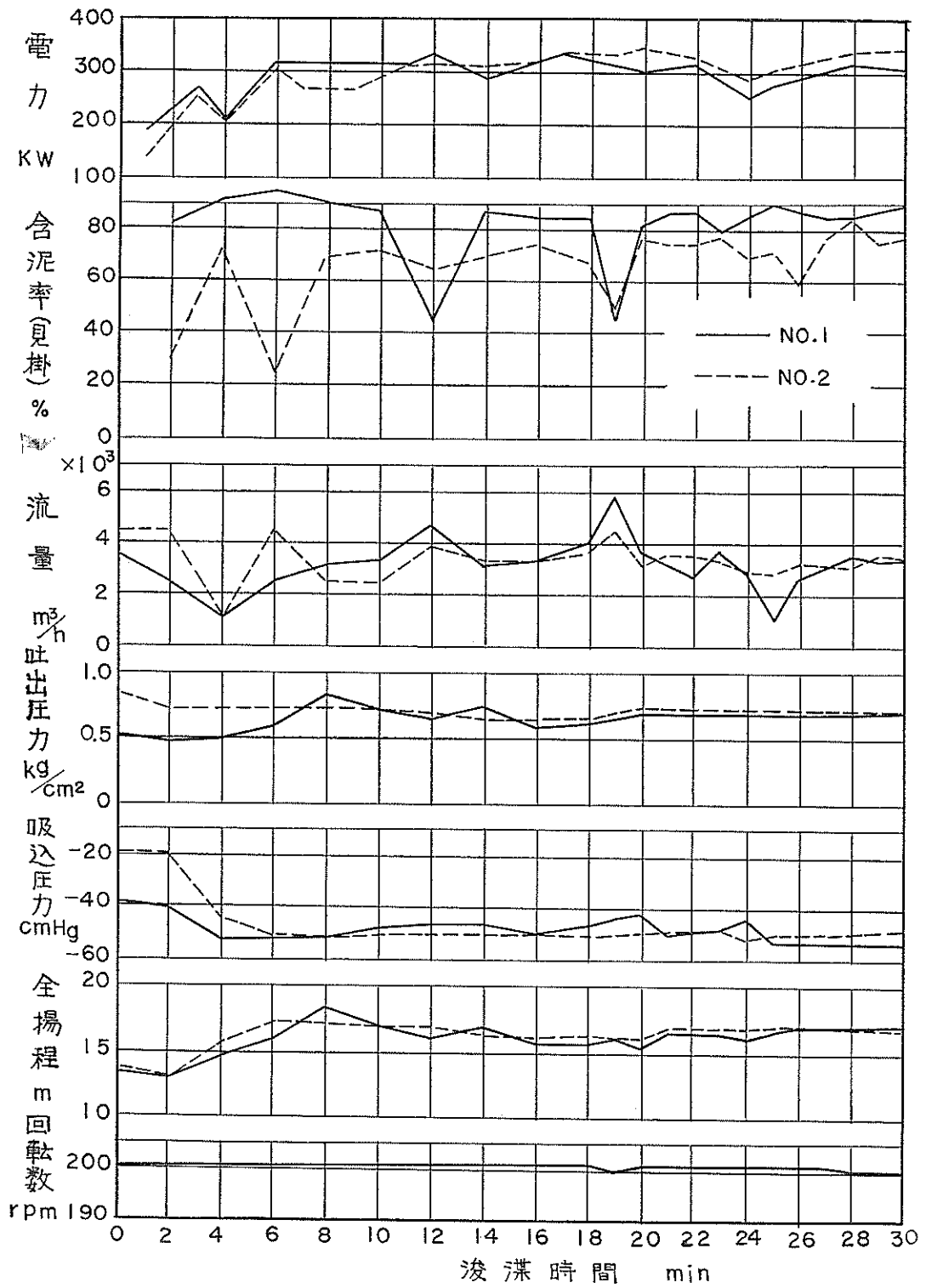
付図-1 送水試験結果 (左から No. 1, No.2, No. 3, No. 4)
 (実線は1号機, 点線は2号機)



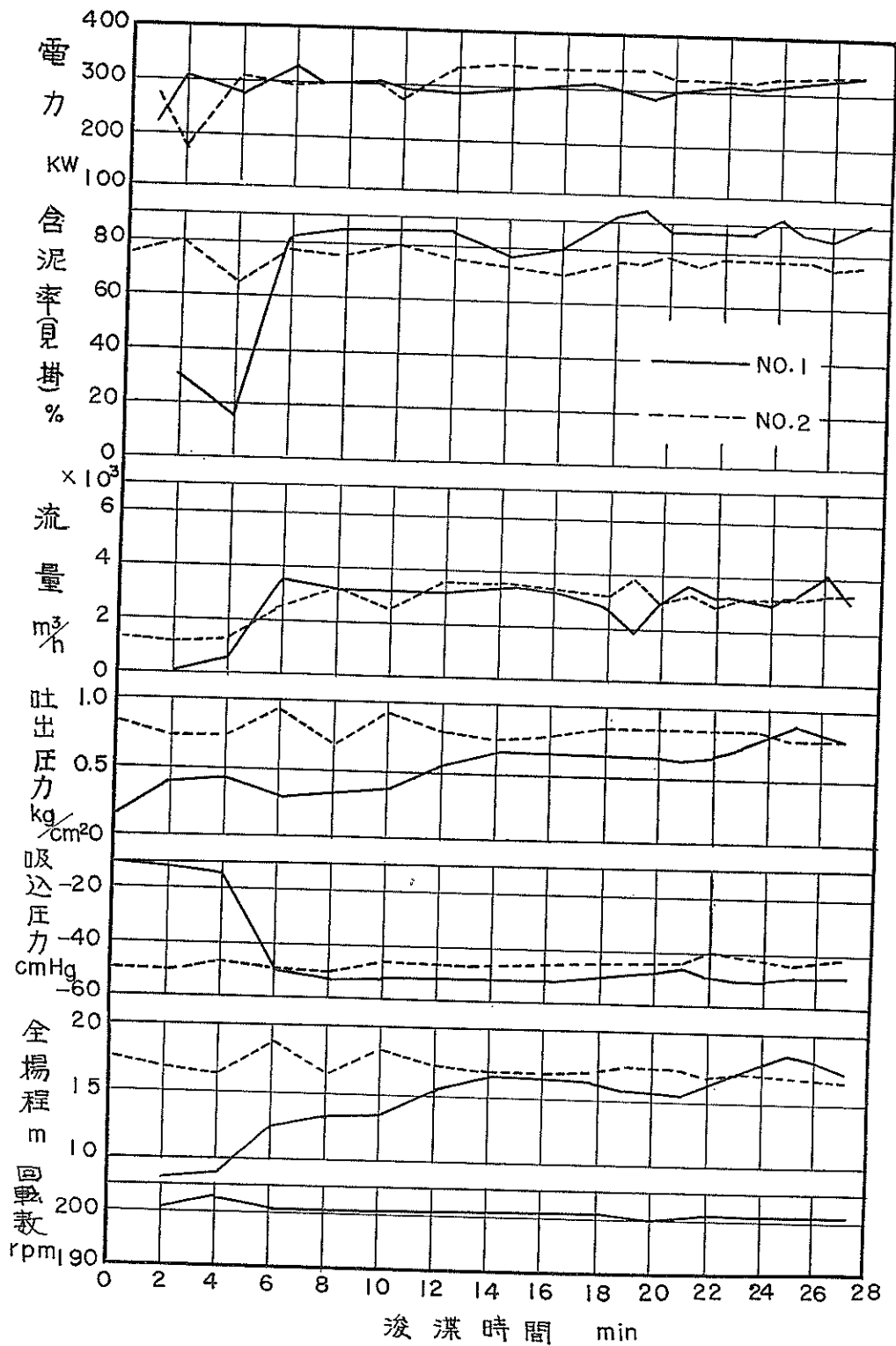
付図-2-1 軟泥浚渫ポンプ運転記録 (試験 No. 1)



付図一2-2 軟泥浚渫ポンプ運転記録 (試験 No. 2)



付図一2-3 軟泥浚渫ポンプ運転記録 (試験 No. 3)



付図-2-4 軟泥浚渫ポンプ運転記録 (試験 No. 4)