

# 港 湾 技 研 資 料

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

No. 122      June. 1971

海麟丸の掘削用ジェットの効果について

八	木	得	次
波	谷	洋	一
是	石	昭	夫
岡	山	義	邦

運 輸 省 港 湾 技 術 研 究 所



# 海麟丸の掘削用ジェットの効果について

## 目 次

要 旨	
1. ま え が き .....	3
2. 試 験 概 要 .....	3
2.1 供試船「海麟丸」 .....	3
2.2 試験日程とその種類 .....	3
2.3 測定項目と測定方法 .....	4
2.4 試験条件 .....	5
(1) 浚渫試験区域と海底土質 .....	5
(2) 海気象条件 .....	6
3. 試 験 結 果 と 考 察 .....	6
3.1 送水試験 .....	6
(1) 送水時の吐出量 .....	6
(2) 吸込圧力 .....	6
(3) 掘削用ジェットの圧力 .....	7
3.2 浚渫試験 .....	9
(1) 浚渫時間および浚渫深度 .....	9
(2) ポンプ吐出平均含泥率 .....	9
(3) 積込土量 .....	10
(4) ジェットおよび船速の影響 .....	11
4. ま と め .....	12
5. あ と が き .....	12

参 考 文 献

附 表 ・ 附 図

# On the Effect of the Pressure Water Equipment of the Hopper Dredger "Kairin-Maru"

Tokuji YAGI\*  
Yoichi SHIBUYA\*\*  
Akio KOREISHI\*\*\*  
Yoshikuni OKAYAMA\*\*\*\*

## Synopsis

A hopper dredger has widely been employed in the field of dredging works as it has superior mobility and works efficiently against high waves.

It is predicted that requirements for adopting it for dredging works will increase in the future and its work conditions will become more difficult.

In order to meet these requirements, it is important to grasp the present dredging capacity which mainly depends on the type of soil to be dredged. At present, it has become a major problem to keep up and raise its capacity against firmly packed sandy bottom.

The hopper dredger "Kairin Maru" is installed with pressure water equipment for the preparation of soil to be dredged, and a field test was conducted to investigate the effect of its equipment.

Since the test seems to have carried out against soft surface materials with the N value of less than 20, its actual dredging capacity against firmly packed sand was not made clear.

The result of this test, however, will suggest to us to conclude that both pressure water for the preparation of soil to be dredged and the ship's speed have a great influence upon the production of a hopper dredger.

---

\* Chief, Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division

\*\* Member of the Machinery Section, Machinery Division

\*\*\* Member of the Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division

# 海麟丸の掘削用ジェットの効果について

八 木 得 次\*  
 渋谷 洋 一\*\*  
 是 石 昭 夫\*\*\*  
 岡 山 義 邦\*\*\*

## 要 旨

ドラグサクシヨン浚渫船は、機動性および耐波性の有利な面から航路浚渫や維持浚渫工事に従事しているが、今後益々その工事要請は増大するものと予測される。と同時に、作業条件も厳しいものとなるであろう。それには、現状の浚渫能力を十分把握しなければならないが、その能力は主として対象土質によって大きく左右され、特に固く締った砂質土においての能力の維持、増加が問題となる。

本船には、掘削用ジェットを装備しているので、この点からドラグ浚渫能力を調べた。今回の試験では、 $N$ 値20以下の表層部の浚渫に終り、硬砂に対する浚渫能力まで至らなかったが、ジェット並びに船速が揚砂能力に及ぼすものとしての資料を得た。

## 1. ま え が き

近年、港湾工事における航路浚渫および維持浚渫工事にドラグサクシヨン浚渫船が取り入れられ、その機動性および耐波性の面を活用して浚渫作業の能率向上が計られている。さらに、今後港湾工事の増大に伴い大量の浚渫工事、厳しい作業条件の工事要請は増える傾向からして増々ドラグサクシヨン浚渫船の活躍が期待されるであろう。

海麟丸は、昭和40年3月竣工して以来新潟港を基地港として秋田・酒田の各港の浚渫作業に従事し大いに効果を上げています。しかし、各港によって浚渫土質は異なり浚渫能力も大巾に変わっている。特に秋田港での締った砂質土の浚渫区域においては、本船の浚渫能力の維持、増加に努力がはらわれており、このような硬砂浚渫に対処するため、昭和42年度にさらにジェットポンプを1台増設計2台として掘削用ジェットによる海底面の切り削しが試みられている。

今回の試験は、主として硬砂に対する掘削用ジェットの効果を検討するため、8月24日～8月26日の3日間新潟東港の港外において実施された。以下、十分とは云えないが1つの資料として試験結果を報告する。

## 2. 試験概要

### 2.1 供試船「海麟丸」

本船の能力、性能等については既に詳しく紹介<sup>(1)</sup>されているのでここでは主要目のみを示す。

全長	7 6.50 m
長さ(垂線間)	7 0.00 m
巾(型)	13.50 m
深さ(型)	6.00 m
満載喫水(沿海)	4.70 m
総屯数	2 14 2.4 3 t
載貨重量	2 01 8.78 t
泥艙容積(オーバーローレベル上段)	1 35 5.41 m <sup>3</sup>
最大浚渫深度(整荷時)	17.5 m
速力(作業時航海)	11.78 kt
主機関	1400 PS×720 rpm 2台
浚渫ポンプ	300 m <sup>3</sup> /h×16m×250 rpm 2台
浚渫ポンプ用電動機	250 kW×1200 rpm 2台
	定格回転数の約20%まで制御可能
ジェットポンプ	160 m <sup>3</sup> /h×30m×30 kW 2台
ドラグヘッド	自動調節式

### 2.2 試験日程とその種類

本試験の主眼は硬砂浚渫に対する能力を調査することであり、その主眼に沿うべき締った砂地盤となると試験場所は一建管内において秋田および新潟東港があげられる。今回は、新潟西港で浚渫作業中の本船を新潟東港に回航して3日間にわたって試験を行なった。その実施内容については、上述の調査目的からして次のように決められた。一般に、浚渫土質が砂質土の場合、ドラグサクシヨン浚渫船の能力は、泥艙に積込まれる土砂の沈没効率つまり、積込効

\* 機材部流体輸送研究室長  
 \*\* 機材部機械課第二設計係長  
 \*\*\* 機材部流体輸送研究室

率よりもむしろ低揚程、短管路の船の浚渫機構からすればドラグヘッドおよび浚渫ポンプによる揚砂能力によって大きく左右されるものと考えられる。その揚砂能力に影響を及ぼすものとしてドラグヘッドの形状は勿論のこと、掘削用ジェット使用の有無、船速（対地）、接地圧、浚渫ポンプ回転数等があげられるが、試験期間および目的からして今回の試験は、ジェットおよび船速と揚砂能力との関係に絞って実施した。この時のドラグヘッドは両舷共カリフォルニア型のもので、接地圧を一定、浚渫ポンプ回転数を最大ポンプノッチとした。ここで、浚渫距離は1450mの距

離であり、この区間1回の浚渫で1つの試験を終了させ、1往復でジェット使用、未使用による揚砂能力の試験を行った。さらに、船速と揚砂能力との関係から片舷浚渫を左舷、右舷各1回試みた。これは、現状の動力関係では両舷浚渫時に高速が得られないことから片舷に切りかえたものである。表-1に試験日程とその種類を示す。なお、送水試験の前にジェットポンプの圧力をノズル側で測定した。ただし、表-1に示した数値は設定値或は目標値であって実際には若干の変動が見られた。

表-1 試験日程とその種類

試験日	Test No.	運 転 条 件				備 考
		掘削用ジェット	船速(kt)	ポンプノッチ	接地圧 (ton)	
8/24	AM	試験日程の打合せ				
	PM	W-1	—	7	—	計器取付調整, ジェット水圧力測定
8/25	AM	T-1	有	1.5		
		T-2	無	1.5	7	3.2
	PM	T-3	有	2.5		
		S-1	有	3.5	7	3.2
8/26	AM	T-5	有	1.5		
		T-6	無	1.5	7	3.2
	PM	T-7	有	2.5		
		P-1	有	3.5	7	3.2

(注) W-: 送水試験 T-: 両舷浚渫試験 S-: 右舷浚渫試験  
P-: 左舷浚渫試験 船速は対地速度

### 2.3 測定項目と測定方法

試験中に測定した項目、方法および場所は表-2に示す通りである。

測定はできるだけ本船搭載計器を利用し、読み取りを必要とするものは操舵室からの指令により1分間隔で同時計測した。スエールコンベンセータの変位量および船体動揺の測定には、あらかじめ当研究所で用意した検出器を取り付け、これを電磁オシログラフに導いて自動記録した。含泥率については、本船に装備された含泥率計によって検出さ

れ記録されているが、さらに、オーブントラフおよびオーバーフロゲートからバケツにより土砂水を適宜採取して含泥率を算出した。このバケツに採取した土砂は分析試料とした。この他、オーバーフロ水位、残水量、泥倉内堆積土量等についても浮子および測深錘を用い適宜測定した。

なお、今回の試験は浚渫能力に主眼をおいたので、機関その他の動力関係についての計測は行なわなかった。

表 - 2 測定項目と測定方法

測定項目	測定方法	測定場所	備考
積載量	排水量計	ブリッジ	自動記録計
喫水	測深錘	泥	計測終了時各舷4点計測
浚渫深度	深度計	ブリッジ	各舷
スエルコン空気圧	圧力計	ブリッジ	各舷
スエルコン変位	ポジションメーター	上甲板	電磁オンロ記録各舷
船体動揺	圧力変換器	#	#
浚渫ポンプ	吸込圧力	真空計	ポンプ室
	吐出圧力	圧力計	監視室
	回転数	回転計	#
	入力	電力計	#
	含泥率	含泥率計	#
オーバーフロー	バケツ	オープントラフの吐出口	随時数回
残水量	浮子	#	計測前 各舷2点計測
船速	ストップウォッチ	ブリッジ	標識間航行時間より

2.4 試験条件

(1) 浚渫試験区域と海底土質

今回の浚渫試験は、新潟東港西防波堤側の港外で海岸線より沖合い500mの処、1450mの距離で行なった(図-1参照)。図-1の等深線は、昭和45年5月に測深されたもので、これからみみると試験区域は-10~-12mの深度である。一方、土質においては、当区域でのボーリング資料がなく昭和37年7月に行なっている西防波堤附近のボーリング調査資料を参考にした。附図-1にはこの資料から試験区域に最も近い2点をもって示した。これより水深-11m附近の海底はN値20以下の砂質土となるが、この区域は以前浚渫工事がなされていないので、表面層は軟かい土

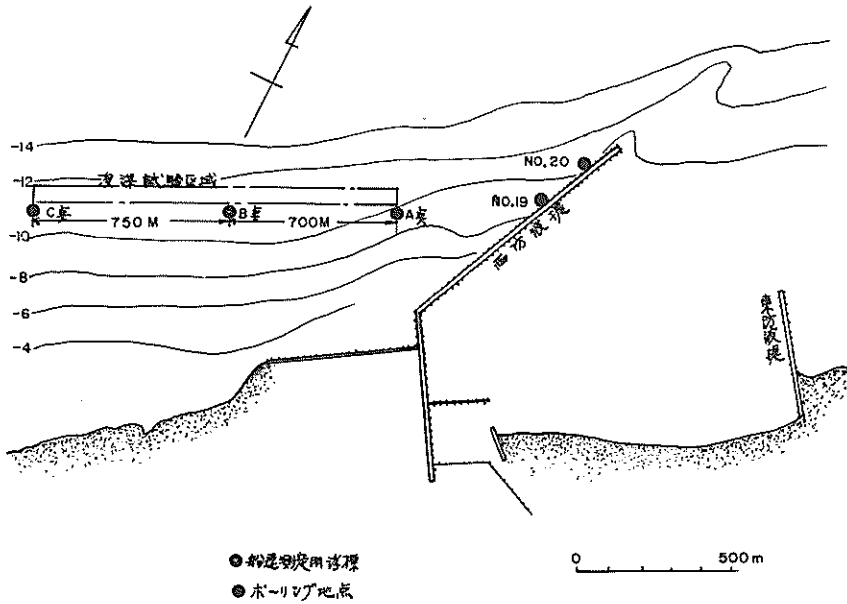


図 - 1 新潟東港の浚渫試験区域

砂が若干堆積しているものと思われる。今回の土質を知る1つの資料として各試験毎に土砂を採取し篩分分析して附図2～3に示した。これからみて殆んど細砂に属し一部シルトを含んでいることが判る。特にオーバーフロからのものは大部分がシルトである。これはオーバーフロ土砂水を採取する時ゲート直前で上水を拘ったために若干片寄ったものと思われる。

次に採取試料の比重測定結果を採取場所別に平均値をもって表-3に示す。この表中の見掛比重測定においては、200mmI ビーカーに水で飽和させた状態で行った。初

表-3 浚渫土砂比重

採取場所	トラフ	ホッパ	オーバーフロ
真比重 $\gamma_s$	2.65	2.71	2.69
見掛比重(粗) $\gamma_a$	1.62	1.75	1.42
見掛比重(密) $\gamma_a$	1.87	1.95	1.59

めに粗状態つまり試料をビーカーに入れ懸濁して10数時間自然沈積させた状態で計測した。次に粗状態のものに振動を与えて締め固め密の状態にして求めると平均1.91となった。本試験における土砂の見掛比重は、以前の資料<sup>1)</sup>を考慮して1.90とする。

(2) 海気象条件

試験期間中の海気象は非常によく、海上は穏やかであった。しかしながら、本区域近辺に波高計が設置されていないため波浪の資料は得られなかった。

3. 試験結果と考察

3.1 送水試験

(1) 送水時の吐出量

本船の浚渫ポンプの揚水量試験は、以前に詳しく<sup>1)</sup>行なわれており、送水時特性および同曲線上での使用点が求められているので、本試験では、ポンプの吐出量を確認するのにとめた。

試験は、両舷同時に最大のポンプノッチ(7ノッチ)で2回行った。この時の浚渫ポンプ回転数は245~250 rpm であり、ポンプ吐出量は、泥艙内から残水量を差引いた積込容積とこれに要した積込時間から求めたもので表-4に示す通り約4000 m<sup>3</sup>/h となった。また、喫水から排水量を求め吐出量を算出しても大差はなかった。表-5に示す。ただし、これらの吐出量は平均吐出量である。なぜなら、泥艙内の積込みによって喫水が変化しポンプの吸込実揚程が変るため吐出量は一定ではない。ここで、積込時間はポンプ起動後泥艙に注水を始めてからオーバーフロ開始までとし、排水量は排水量曲線からのものとした。なお、本船の排水量計指示値から吐出量を算出してみると先

表-4 送水時のポンプ吐出量(容積より)

Test No.	$t_0$ (sec)	$\Delta V$ (m <sup>3</sup> )	$V$ (m <sup>3</sup> )	$Q_w$ (m <sup>3</sup> /h)	$V_s$ (m/s)	$V_d$ (m/s)
W-1	448	372	983	3950	3970	5.40
W-1	444	370	985	3990		

(注)  $Q_w = \frac{V}{t_0} \times 3600 / 2$

$t_0$ : 積込時間  $\Delta V$ : 残水量  $V$ : 積込容積  
 $V_s$ : 吸入管流速  $V_d$ : 吐出管流速

表-5 送水時のポンプ吐出量(喫水より)

Test No.	$t_0$ (sec)	軽荷重量	オーバーフロ時重量	積込重量	ポンプ吐出量 ( $Q_w$ )
W-1	448	2,357	3,335	978	3,634
W-2	444	2,333	3,352	1,019	4,030

(注)  $\text{ポンプ吐出量} = \frac{\text{積込重量}}{t_0} \times \frac{3600}{2}$

に求めた表-5の値とでは約10%の差があり、小さな吐出量となる。これは、軽荷時での喫水と排水量計指示値とが合わないためであるが、満載喫水時になると約20 ton 程度の差に納まる。写真-1は排水量記録計である。

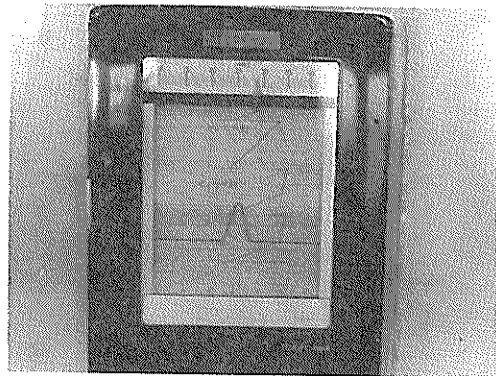


写真-1 排水量記録計

本試験における浚渫ポンプの使用点を前回の試験による特性曲線上にプロットしたのが図-2である。これからすると前回の使用点よりほぼ6%程度の低下が見られる。これは、1つにポンプの損失が大きくなっているものと思われる。

(2) 吸込圧力

一般に泥艙を有する浚渫船では、泥艙内の積込みによって喫水が変り、吸込実揚程、吐出量、吸込圧力等の変化を起す。

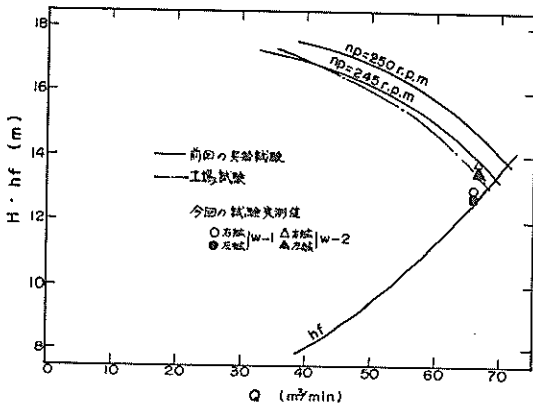


図-2 送水時の揚水量曲線

いま、吐出量は変わらないものとし、吸込実揚程の影響のみを考慮して吸込圧力を理論的に求めてみる。

吸込圧力  $V_{gw}$  は一般に次式で表わされる。

$$V_{gw} = (hs + hrs + \frac{V_s^2}{2g}) \gamma_w = \gamma_w (hs + hrs')$$

$$hrs = (\lambda s \frac{Ls}{Ds} + fD + \Sigma f_B) \frac{V_s^2}{2g}$$

$hrs$  は前回の試験結果<sup>1)</sup>によると  $1.93 \frac{V_s^2}{2g}$  から

$$V_{gw} = \gamma_w h_s + 3.0 \times \frac{V_s^2}{2g} \dots \dots \dots (1)$$

(1)式において前提条件から  $V_s^2/2g$  は一定となるので、 $V_{gw}$  は吸込実揚程  $h_s$  のみの函数となる。そこで、 $h_s$  を求めるにはポンプ位置での喫水  $dp$  が必要である。ポンプは船喫水計取付位置から 7.8 m、艀側から 4.6 m の位置に設置されているので  $dp$  を次式より求めた。

$$dp = df + (dA - df) \frac{7.8}{5.44}$$

ただし、 $df$ : 船喫水  
 $dA$ : 艀喫水

次にポンプ基準面は船底より 1.8 m の高さであるから、 $h_s = 1.8 - dp$  となる。故に、(1)式は

$$V_{gw} = \gamma_w (1.8 - dp) + \frac{5.4}{2 \times 0.8} = \gamma_w h_s + 4.46 \dots \dots (2)$$

式(2)から吸込圧力は理論的に求め、 $W-1$ 、 $W-2$  につき実測値と計算値を比較したのが図-3である。これからして吸込圧力と吸込実揚程の関係がほぼ直線的であると見

なされるであろう。なお、図中の黒印は、浸漑試験においてポンプ起動時の土砂の混入しない時点のものである。図で判るように喫水が深くなるにつれて計算値は実測値を下廻るが、これは吐出量一定としての計算値であるため実際

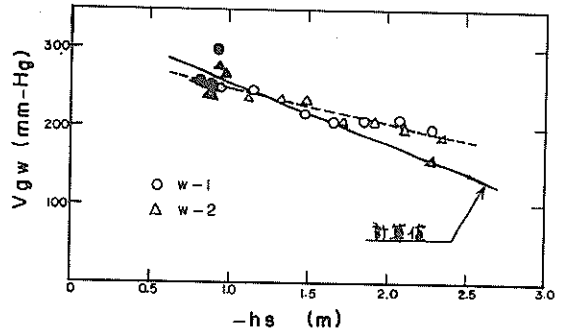


図-3 吸込圧力と計算との比較

には喫水増加に伴う吐出量増加によって、点線のように吸込圧力は減少する。

送水試験時の各測定項目の記録を附図-4に示す。ただし、ポンプの吸込、吐出圧力はゲージの指示値をポンプ中心位置に位置補正したものである。また、左舷の吐出圧力は指示計の零点が約  $0.2 \text{ kg/cm}^2$  ずれていたため右舷ポンプより低く記録されている。ポンプ電力は電力計の記録値そのままとした。

(3) 掘削用ジェットの圧力

ドラグサクソン浸漑船の場合、浸漑能力は特に対象土質によって大きく左右されることは前項で述べたが、締った砂地盤に対処するために本船ではジェットポンプが2台装備され、各ドラグヘッドに取付けられているジェットノズルにより海底の切り削しを行なっている。一方、海底の土質に対して最適な圧力および流量についてまだ明確な資料、文献等は見当たらない現状である。

本船のジェットポンプの要目は、 $30/60 \text{ m} \times 160/80 \text{ m}^3/\text{h} \times 30 \text{ kW}$  であり、ポンプの吐出口における圧力は最高で  $7.3 \text{ kg/cm}^2$  である。今回は、吐出圧力を確認する意味において最高圧力時におけるノズル直前の圧力を測定した。測定方法としては厳密なものではないが、右舷ドラグヘッドのノズル6個のうち左端から3番目のノズルを盲にして外径 6 mm 銅管(長さ約 5 m)から圧力計に導き計測した(写真-2)。この時のドラグアームおよびヘッドは甲板上 1.5 m の位置の水平状態とした。図-4にジェット水配管図を示す。測定結果は  $5.0 \text{ kg/cm}^2$  となり、流量を概算してみると約  $63 \text{ m}^3/\text{h}$  となった。





写真-2 ジェット水圧力の測定

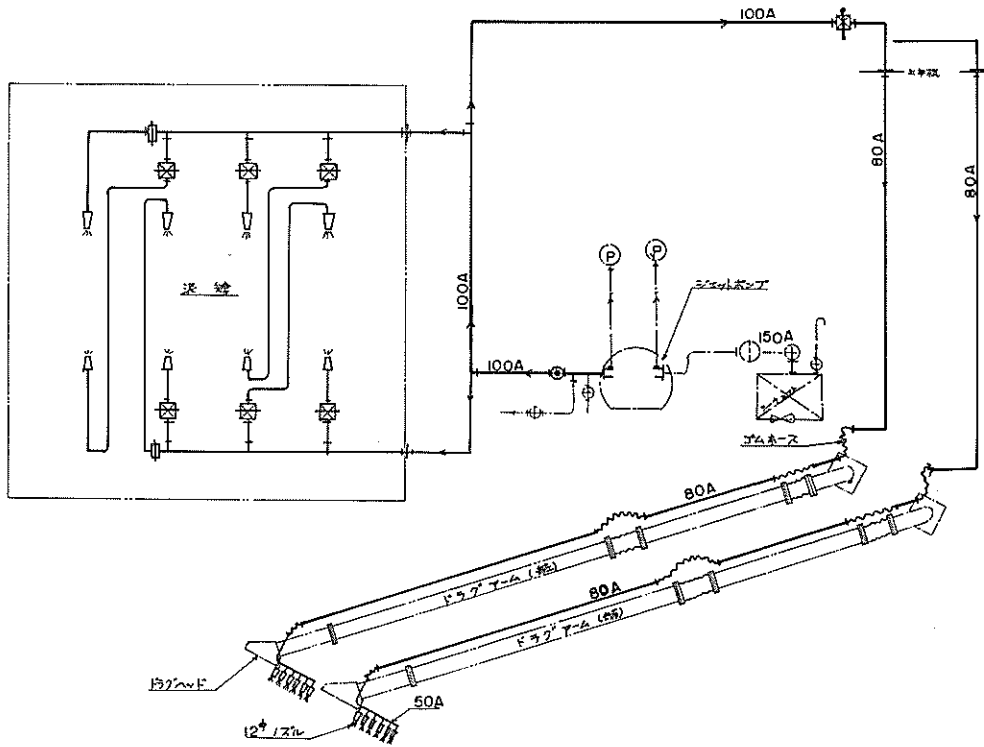


図-4 ジェット圧力水配管図

### 3.2 浚渫試験

試験は図-1に示す区域において1行程を1試験として行ない、1行程で満載にならなくとも浚渫を切り上げ試験終了とした。今回の浚渫試験の主眼は、掘削用シエットの

効果並びに船速の影響についてであり、ジェット使用の有無の下に船速を変えて行なった。各試験の結果をまとめて表-6に示したが、以下各項について検討する。なお、各測定項目の記録は附図-5~18に示した。

表-6 浚渫試験結果

試験番号	両舷浚渫								片舷浚渫	
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	S-1	P-1
浚渫時間(min)	37.8	38.0	20.9	20.6	33.7	32.7	20.8	18.8	21.2	20.0
オーバーフロ開始時間(min)	8.9	8.2	8.8	8.8	8.5	8.2	9.1	9.2	21.0	16.6
浚渫深度 $\left(\frac{max}{min}\right)$ (m)	-13.2 -11.0	-12.8 -11.3	-12.7 -11.8	-12.8 -11.8	-12.6 -11.0	-13.0 -11.8	-12.1 -10.6	-13.7 -13.0	-13.4 -12.1	-13.9 -11.4
ポンプ吐出平均含泥率(%)	8.5	7.2	9.3	8.7	8.4	7.3	11.1	10.0	8.0	9.4
泥艙内平均含泥率(%)	24.4	24.2	17.6	16.3	23.1	18.8	18.9	14.3	6.7	8.1
積込土量( $m^3$ )	330	327	239	220	313	254	256	194	81	114
ポンプ回転数 <sup>1)</sup> (rpm)	245 248	245 248	245 249	245 249	245 248	246 248	247 248	247 248	245 -	- 248
船速 <sup>2)</sup> (kt)	1.41	1.51	2.28	2.39	1.50	1.50	2.39	2.70	2.87	3.84
ジェット有無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	有
土質及び見掛比重	細砂(シルト混り) $\gamma_a = 1.90$									

- (注) 1) 上段の数値は右舷ポンプ、下段が左舷ポンプ  
2) 1行程2区間の平均船速

#### (1) 浚渫時間および浚渫深度

浚渫時間は、ホッパー注水開始からホッパーバルブ閉じまでの時間とした。ただ、計測はポンプ起動からとしてホッパー注水開始まで10秒かかった。なお、試験中において2.5ktの目標船速以上では満載終了でなく計測終了時間である。特に片舷浚渫では1行程でほぼオーバーフロ開始時となった。

浚渫深度は、ドラグヘッド深度の最大最小に試験時の潮位補正を行なったものである。附図からみれば海底面は大きな起伏もなくならなからであることが判る。

#### (2) ポンプ吐出平均含泥率

本船では、アイソトープ式の含泥率計が用いられ浚渫中の含泥率の変化が刻々記録されているが、今回は、短時間の試験行程からして指示計の値を1分間隔で直読して含泥率とした。この時の計器に設定されていた見掛比重は2.0であるが、本試験における比重は1.90であるため、次の

ように補正を行なった。附図は直読値をそのままプロットしたものである。

$$X_i = \frac{2.0 - \gamma_w}{\gamma_a - \gamma_w} X_i' = 1.114 X_i'$$

ただし  $X_i'$ : 指示計における含泥率

$\gamma_a$ : 見掛比重 1.90

$X_i$ : 補正含泥率

さらに、オーブントラフから吐出する土砂水をオーバーフロ開始まで各舷3~4回バケツで採取して含泥率を求めた、結果を附表-1に、また泥艙をマスとしてオーバーフロ開始までに積込んだ土砂水の重量つまり、積込重量からも求めて附表-2に示した。

今回は、以上の3つの算術平均をもってポンプ吐出平均含泥率とした。なお、オーバーフロ含泥率は、オーバーフロ土砂水をゲート直前で採取して求めたもので附表-1に

併記した。この時の土砂水は上水のものが多いため、採取回数も少なく計測にバラッキがあるが、ほぼ2~3%の含泥率である。

(3) 積込土量

積込土量は、喫水変化から積込重量を知り泥艙内の平均含泥率を算出すれば泥艙容積から求まる。結果を附表-3に示す。ただし、積込重量の算出において次のことを考慮した。軽荷重量はポンプ起動前の喫水からとし、試験終了時喫水はポンプ停止直後のものでまだオーバーフロ水を含

んでいるとした。これが載荷重量であり、オーバーフロ水位重量を除いたものが真載荷重量である。ここで、泥艙水平面は約200<sup>m</sup>であるのでオーバーフロ水位がわかればその重量は求まる。また、泥艙内の残水量は土砂水に置換されるとした。

なお、浚渫終了後、直ちに測深錘を用いて泥艙内の測深を行ない、沈積土砂量を求めた。測点はホップドア毎に1点とし計8点で、その平均値をもって実測土量とした。これらの土量を比較してみると表-7に示すように概して実測土量の方が大きく、ほぼ10%の差となっている。

表-7 計測終了時積込土量と実測値

Test No. 土量(知)	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	S-1	P-1
喫水よりの土量	330	327	239	220	313	254	256	194	91	110
実測土量	300	355	249	235	343	278	267	200	97	112

表-8 実測土量による見掛比重

Test No.	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	S-1	P-1
Ge (ton)	1,678	1,675	1,597	1,582	1,662	1,611	1,613	1,558	1,469	1,485
$\Delta V D$ m <sup>3</sup>	300	355	249	235	343	298	267	200	97	112
$\Delta V w$ (ton)	1,081	1,025	1,134	1,148	1,037	1,104	1,115	1,184	1,289	1,274
$\gamma_a$	1.99	1.83	1.86	1.85	1.82	1.83	1.86	1.87	1.86	1.88

これは測点が少ないのとホップ積込終了と同時に測深したので土面の不安定な粗の状態によるものと考えられるが、積込土量を求める際の見掛比重1.90に起因するやもしれない。この時、泥艙内の土砂面測深において測深錘の多少の埋没を考え合せると、泥艙内土砂の見掛比重は1.90よりやや小さな値と思われる。そこで、実測土量から比重を次式により求めてみると表-8に示す如く平均1.88となった。

$$\gamma_a = \frac{Ge - \Delta V w}{\Delta V D} \dots\dots\dots (3)$$

ただし Ge : 積込重量

$\Delta V w$  : 泥艙内海水重量 =  $(V_H - \Delta V D) \gamma_w$

$V_H$  : 泥艙容積  $\Delta V D$  : 実測土量

いずれにしても積込土量を増すには浚渫土量を大にすることである。それには1つには吐出量と含泥率のかねあいを考慮して最適点で運転するよう心掛けねばならない。特に

ドラッグアクション浚渫船の場合は、管路系が短かく、低揚程ポンプであるため浚渫時の抵抗増加つまり、含泥率の増加が直ちに吐出量低下となってあらわれるであろう。そこで、本船には流量計がなく刻々の流量変動を知ることは出来ないが、オーバーフロまでの時間と積込重量から平均吐出量を求めて各試験中の平均含泥率との関係を調べた。表-9に結果を示す。これと先に求めた送水時の吐出量  $Q_w$  との関係を図示したのが図-5である。これからみても含泥率に対する流量はほぼ直線的に低下することが判る。ただ、片舷浚渫試験のものが、この低下曲線から大きくづれているが、測定誤りによるものかどうか不明である。

次に、浚渫土量に対する積込土量の割合すなわち、積込効率が1つの重要な要素となってくる。しかし、今までの試験からみても砂質土の場合は、軟泥等に比べて沈降速度が大きいので余り問題はなく、むしろ船側の喫水制限を受けて浚渫作業が打ち切られている。このような場合は、オーバーフロゲートの切換えによって泥艙容積を減少させ上

表-9 浚渫時における流量

Test No	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	S-1	P-1
$t_0$ (sec)	535	494	525	529	507	495	547	551	1,260	993
$V$ (m <sup>3</sup> )	994	1000	1,000	998	987	1,009	1,005	1,011	996	1,005
$Q_m$ (m <sup>3</sup> /h)	3,344	3,644	3,429	3,396	3,504	3,669	3,307	3,303	3,846	3,644
$X$ (%)	8.45	7.20	9.27	8.66	8.44	7.31	11.10	9.99	7.99	9.40

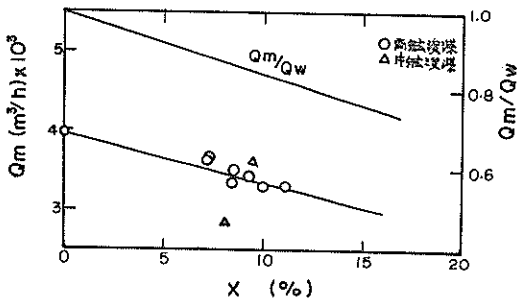


図-5 流量低下

水を減らすことで積込土量の増加を計った方がよいとされている。今回の土砂水の積込みは、上段ゲートであり、この時の積込効率をバケツによって採取したオーバーフロ土砂水の平均含泥率から試算すると平均7.3%となった。

表-10 船速

Test No	浚渫方向	所要時間		船速		
		(min-sec)	(sec)	(m/s)	(kt)	平均(kt)
T-1	C → B	18-34	1,114	0.673	1.31	1.41
	B → A	14-56	896	0.781	1.52	
T-2	C → B	19-00	1,140	0.658	1.28	1.51
	B → A	12-57	777	0.901	1.75	
T-3	A → B	9-15	555	1.261	2.45	2.28
	B → C	11-30	690	1.087	2.11	
T-4	A → B	8-25	505	1.386	2.69	2.39
	B → C	11-39	699	1.073	2.08	
S-1	A → B	8-42	522	1.341	2.61	2.87
	B → C	7-46	466	1.609	3.13	
T-5	C → B	16-10	970	0.773	1.50	1.50
	B → A	15-12	912	0.768	1.49	
T-6	C → B	14-18	858	0.874	1.70	1.50
	B → A	17-28	1,048	0.668	1.30	
T-7	A → B	8-05	485	1.443	2.80	2.39
	B → C	12-20	740	1.014	1.97	
T-8	A → B	7-24	444	1.577	3.06	2.70
	B → C	10-23	623	1.204	2.34	
P-1	C → B	6-45	405	1.852	3.60	3.84
	B → A	5-33	333	2.102	4.08	

(注) 浚渫距離 C ~ B間 750m  
A ~ B間 700m

(4) ジェットおよび船速の影響

ドラグサクシオン浚渫船の能率向上を計るには、主として浚渫能力を十分把握しなければならない。それには、浚渫能力に影響を及ぼすドラグヘッド形状、接地圧、土質、船速、ジェット等の諸因子と能力の相互関係について究明する必要がある。

今回の試験からこれらのすべてを追求出来ないが、船速並びにジェット使用が含泥率に及ぼす影響についての調べてみる。

一般に、船速がおそい場合は、ポンプの吸込能力と土砂供給量のアンバランスで含泥率が低く、逆に早過ぎるとドラグアームの揚力のためヘッドの接地状態が悪くなり有効な吸込みが出来なくなるとされている<sup>2)</sup>。これが軟泥等の比較的軟かい土質では影響は少ないであろうが、締った土質になると影響は顕著に現われるといえるであろう。したがって一定土質に対しては自づと最適速度が決まってくる筈

である。

本試験では、目標船速を1.5、2.5、および3.5 ktと変えて行ない、船速は試験区間に設けられた浮標間の通過時間を測定して求めたもので1行程2区間の平均値とした。表-10に結果を示したが、S-1およびP-1は片舷浚渫である。これは本船の動力方式がディーゼルに直結共用方式（推進器、発電機を同一機関で直結駆動）であり、機関馬力に余裕もないので、両舷浚渫で高速になると発電機と推進器とのトータル負荷で機関が過負荷となる。このためドラッグを片舷のみにし抵抗を半減させて高速を維持したものである。図-6は、船速( $V_s$ )と含泥率(X)の関係をプロ

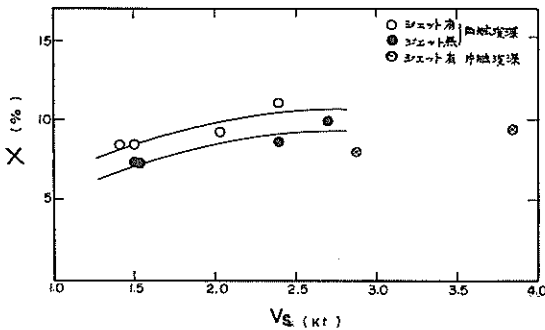


図-6 ジェットおよび船速と含泥率

ットしたものである。図からわかるように測点が少なく断定的なものとはつかみ得ないが、敢えて言えば船速の増加と共に含泥率は増す傾向で2.5~3.0 ktの間にピークがうかがえる。このことは、ドラッグサクソン浚渫船海竜丸が鹿島港で行なった試験結果<sup>(2)</sup>を考え合せるとなづけるものと思われる。

最近ドラッグサクソン浚渫船の浚渫作業においても固く締った砂質土の浚渫が増えているが、これに関連してドラッグヘッドからの土量の吸込み低下の問題が起ってくる。ヨーロッパにおいては、特殊なヘッド<sup>(3)</sup>例えば垂直軸に2つのContra-rotating Cutterを装備したもの、或は水平のCutting edgeを1個以上着けたもの等のヘッドを開発して硬い砂質土における土量の増加を計ったが、摩擦とか曳引力の増大等の大きな欠点が附随したため、これら欠点をカバーする1つの方法としてジェット水による海底面の切りくずしが考えられヘッドからの吸込みを容易にする方法がとられている。

本船には、吐出圧力7.3 kg/cm<sup>2</sup>のジェットポンプが2台装備されており、その効果が期待されているが、ジェット使用による揚砂能力に及ぼす影響、或は効果については資料も乏しい現状である。本試験もこの意味においてジ

ェット使用の有無で試験を行ない影響を調べた。図-6からジェットの効果について即断するのは難があるが、ジェット未使用の状態より約10%の含泥率増加が見られる。ただし、この時の土質は前項で述べたように表面の軟かい堆積土砂が若干混在していたものと思われる。これは、泥船に積込まれた土砂の状況と含泥率が若干高く出ている点とを考慮してのことである。

しかし、最終的にはジェットの効果が幾らかあったとしても動力等の経済性を加味しなければ浚渫能力の増大とは云えないであろう。

以上は、揚砂能力に対する船速およびジェットの影響についての1つの資料であり、今後は対象土質の範囲をひろげて試験をする必要があろう。

なお、試験中の接地圧は本船側で決めてある数値<sup>(4)</sup>にセットした。これは、ポンプの揚砂能力を考慮し最も能率的に施工する数値として経験的に求められたもので、土質が軟泥の場合は14~17 kg/cm<sup>2</sup>、細砂で12 kg/cm<sup>2</sup>のアクュームレータ圧力としている。今回は12 kg/cm<sup>2</sup>の圧力であり、接地圧は、ほぼ3.2 tonとなるが、試験中変動は見られなかった。

#### 4. まとめ

今回の試験は、特に硬砂浚渫に対するジェット使用の効果について試みられたものであったが、短期日の試験で測点数も少なく、断定的な結論を得るには至らなかった。しかしながら、本船の1つの能力としての資料を得られたものと思う。以下結果についてまとめてみると、

(1) 今回の主目的であるジェット使用が揚砂能力に及ぼす影響については、断定的なことは言えないが、ジェット未使用時より約10%程度含泥率の増加がみられた。ただし、試験区域は浚渫に対しては処女地であり、海底表面には軟かい土砂が若干堆積していたのではないと思われる。

(2) 船速の影響も上述の土質の範囲で考えるなら増加と共に含泥率も増加し、2.5~3.0 kt間にポンプ通過含泥率のピークがうかがえる。

(3) 送水時のポンプ吐出量は約4000 m<sup>3</sup>/hで、前回試験時より6%程度の低下が見られた。

(4) 船体動揺の測定においては、差圧式の方法による簡単な動揺計を試作し、これを用いてローリング角および周期を測定した。試験中、波浪は殆んどなく、ローリング角は最大で0.4°(半巾)と小さな値であった。しかし、精度的に十分かどうかは次の機会に期待したい。

#### 5. あとがき

以上は、新潟東港において海龍丸で行なった浚渫試験の

結果に若干の所見を加え検討したものである。今後の港湾工事の増大が高効率の浚渫船の稼働を要求するものとして現在の技術および能力の向上を計る意味から本資料が参考にできれば幸いである。

最後に、本試験を実施するにあたっては、第一港湾建設局、新潟港工事々務所、新潟機械整備事務所、海鷗丸乗組員の方々に格別の御配慮、御協力をいただいた。関係各位にここであらためて御礼申し上げます。

#### 参 考 文 献

- 1) 八木得次、入江義次、他：作業船調査報告(その6) 海鷗丸実船報告、港湾技研資料 4623, 1966年4月
- 2) 八木得次、奥出律、他：ドラグサクシオン船の鹿島港への適用性、港湾技研資料 4667, 1963年3月
- 3) Ir.A.Hadjidakis: Increasing the output of trailing dredgers when working in compacted fine sand, M.T. I, Holland.
- 4) 第一港湾建設局：ドラグサクシオン浚渫船の技術的問題点、第15回港湾機械技術研究会資料, 昭和43年10月

附表-1 含泥率及び土砂水採取時刻場所

Test No.	吐 出 口				オーバーフロゲート			備 考
	試 料 No.	試験開始 後 (分)	ポンプ含泥率 (%)	採取場所	試 料 No.	試験開始 後 (分)	オーバーフロ 含泥率 (%)	
T-1	P 1	3	7.73	S.D	01	9	0.5	
	P 2	3	5.04	P.D	02	14	0.2	
	P 3	12	* 2.23	S.T	03	26	2.7	
	P 4	12	11.71	P.T				
	P 5	28	-	P.T				
	平均		8.16	.	平均		1.1	
T-2	P 6	4	7.50	S.D	04	10	4.2	
	P 7	4	4.33	P.D	05	20	6.2	
	P 8	9	6.91	S.D	06	34	5.0	
	P 9	9	10.54	P.D				
	P10	30	-	S.T				
	P11	30	6.44	P.T				
	平均		7.14		平均		5.0	
T-3	P12	3	7.15	S.D	07	10	4.7	
	P13	3	10.19	P.D	08	20	1.5	
	P14	8	9.61	S.D				
	P15	8	* 2.34	P.D				
	平均		8.98		平均		3.1	
T-4	P16	2	7.15	S.D	09	10	-	
	P17	2	8.32	P.D	010	13	1.3	
	P18	5	7.26	S.D	011	17	5.9	
	P19	5	6.91	P.D				
	P20	8	10.66	S.D				
	P21	8	6.44	P.D				
	平均		7.79		平均		3.6	
S-1	P22	2	* 2.69	S.D				右舷のみの片舷 浚渫
	P23	5	6.33					
	P24	8	9.37					
	P25	12	13.00					
	P26	17	11.60					
	P27	20	3.63					
	平均		8.13			平均		
T-5	P28	2	9.49	S.D	012	8	3.5	
	P29	2	5.74	P.D	013	13	-	
	P30	5	5.74	S.D	014	23	2.8	
	P31	5	* 2.81	P.D				
	P32	21	6.56	P.T				
	平均		6.88		平均		3.2	
T-6	P33	3	-	P.D	015	10	-	
	P34	4	6.56	S.D	016	17	2.0	
	P35	7	* 2.23	P.D	017	31	0	
	P36	8	3.98	S.D				
	P37	23	8.67	P.D				
	平均		6.40		平均		2.0	

Test No.	吐 出 口				オーバーフロゲート			備 考
	試 料 No.	試験開始 後 (分)	ポンプ含泥率 (%)	採取場所	試 料 No.	試験開始 後 (分)	オーバーフロ 含泥率 (%)	
T-7	P38	3	14.06	S.D	018	9	0	
	P39	3	* 17.57	P.D	019	14	1.5	
	P40	6	14.29	S.D	020	21	1.4	
	P41	6	10.54	P.D				
	P42	8	8.32	S.D				
	P43	20	10.07	P.T				
	平均		11.46		平均		1.5	
T-8	P44	2	13.82	S.D	021	10	0.8	
	P45	3	3.40	P.D	022	15	0	
	P46	6	7.38	S.T	023	16	3.8	
	P47	6	15.46	P.D				
	P48	8	8.20	S.D				
	P49	20	10.89	P.T				
	平均		9.86		平均		2.3	
P-1	P50	2	* 1.76	P.D				左舷のみの片舷 浚渫
	P51	2	-	S.D				
	P52	4	8.08	S.D				
	P53	6	-	P.D				
	P54	9	11.83	P.T				
	P55	11	* 2.34	S.D				
	P56	16	7.15	P.T				
平均		9.02						
全 平 均					2.63			

但し S.D: 右舷吐出口      S.T: 右舷オープントラフ  
P.D: 左舷吐出口      P.T: 左舷オープントラフ  
平均値は、\* 印の数値を除いたもの



附表-2 平均ポンプ通過含泥率

Test %	軽荷喫水 (m)			軽荷重量 (ton)	オーバーフロ時喫水 (m)			載荷重量 (ton)	積込重量 (ton)	残水量 (m <sup>3</sup> )	積込容積 (m <sup>3</sup> )	$\bar{\gamma}_m$ (ton/m <sup>3</sup> )	$\bar{X}_H$ (%)	備考
	船首	船尾	平均		船首	船尾	平均							
T-1	2.55	3.80	3.18	(1) 2,314	4.35	4.65	4.50	(2) 3,410	(3) 1,096	361	(4) 994	(5) 1,103	(6) 8.87	
T-2	2.55	3.80	3.18	2,314	4.30	4.65	4.48	3,389	1,075	355	1,000	1,075	5.71	
T-3	2.50	3.80	3.15	2,293	4.30	4.65	4.48	3,389	1,096	355	1,000	1,096	8.11	
T-4	2.50	3.80	3.15	2,293	4.30	4.63	4.47	3,382	1,089	357	998	1,091	7.57	
S-1	2.50	3.85	3.18	2,314	4.35	4.65	4.50	3,410	1,096	359	996	1,100	8.62	
T-5	2.50	3.84	3.17	2,311	4.30	4.69	4.50	3,407	1,096	368	987	1,110	9.76	
T-6	2.45	3.82	3.14	2,278	4.25	4.68	4.47	3,384	1,106	346	1,009	1,096	8.11	
T-7	2.42	3.80	3.11	2,263	4.23	4.70	4.47	3,384	1,121	350	1,005	1,115	10.33	
T-8	2.40	3.80	3.10	2,255	4.30	4.64	4.47	3,384	1,129	344	1,011	1,117	10.48	
P-1	2.40	3.82	3.11	2,263	4.27	4.65	4.46	3,376	1,113	350	1,005	1,108	9.43	

(注) (1)、(2) 排水量等曲線より直接読んだもの

(3) (積込重量) = (載荷重量) - (軽荷重量)

(4) (積込容積) = 1355 - (残水量)

(5)  $\bar{\gamma}_m$  = 積込重量 / 積込容積

(6)  $\bar{X}_H = \bar{\gamma}_m - \gamma_w / \gamma_a - \gamma_w$

附表-3 試験終了時積込土量

Test No.	軽荷重量 (ton)	残水量 (ton)	試験終了時喫水(1)			載荷重量 (ton) (2)	オーバーフロ水位重量 (ton) (3)	真載荷重量 (ton) (4)	積込重量 (ton) (5)	$\gamma_{mH}$ (ton/m <sup>3</sup> )	X <sub>mH</sub> (%)	積込土量 (m <sup>3</sup> )
			船首	船尾	平均							
T-1	2,314	370	4.74	4.90	4.82	3,690	68	3,622	1,678	1,238	24.37	330
T-2	2,314	364	4.75	4.91	4.83	3,697	72	3,625	1,675	1,236	24.15	327
T-3	2,293	364	4.62	4.80	4.71	3,595	69	3,526	1,597	1,179	17.55	239
T-4	2,293	366	4.60	4.78	4.69	3,577	68	3,509	1,582	1,167	16.26	220
T-5	2,311	377	4.67	4.89	4.78	3,655	59	3,596	1,662	1,227	23.07	313
T-6	2,278	355	4.60	4.85	4.73	3,607	73	3,534	1,611	1,189	18.78	254
T-7	2,263	359	4.57	4.86	4.72	3,585	68	3,517	1,613	1,190	18.86	256
T-8	2,255	353	4.50	4.79	4.65	3,528	68	3,460	1,558	1,150	14.29	194
S-1	2,314	368	4.35	4.66	4.51	3,415	0	3,415	1,469 <sup>(6)</sup>	1,084	6.74	91
P-1	2,263	359	4.28	4.67	4.48	3,389	0	3,389	1,485 <sup>(7)</sup>	1,096	8.11	110

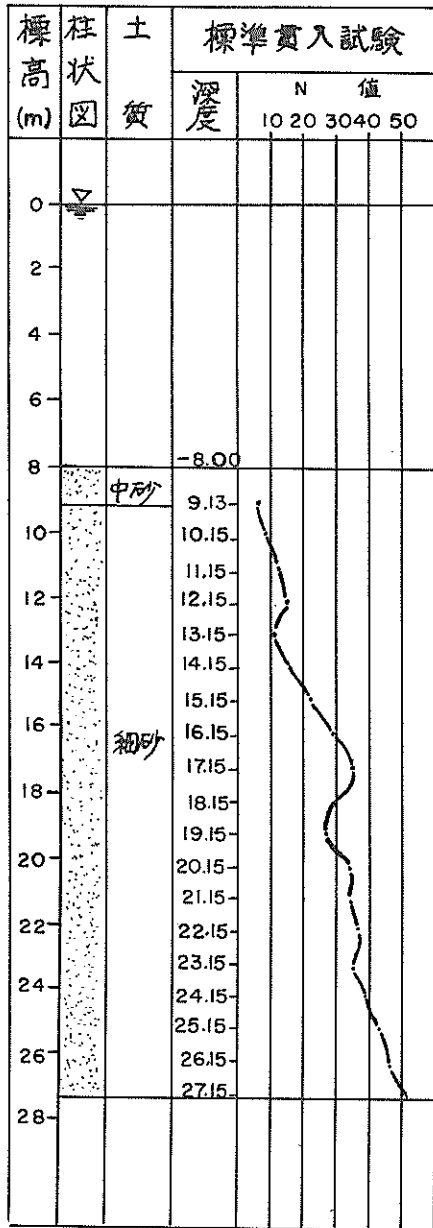
(注) (1)、(2): オーバーフロ水を含んだもの

(3): 計算値

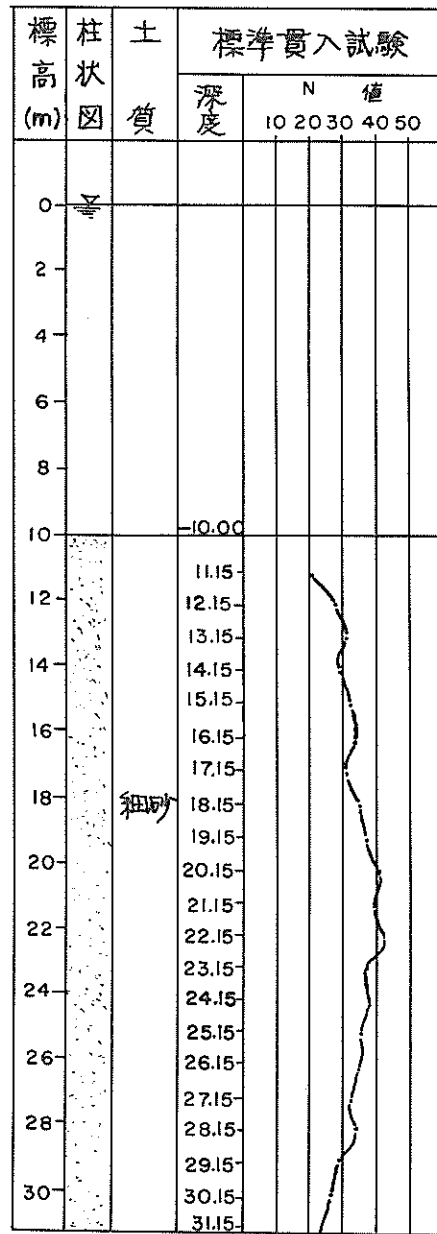
(4): (真載荷重量) = (載荷重量) - (オーバーフロ水位重量)

(5): (積込重量) = (真載荷重量) - (軽荷重量)

(6)、(7): (泥艙内土砂水重量) = (積込重量 + 残水量)

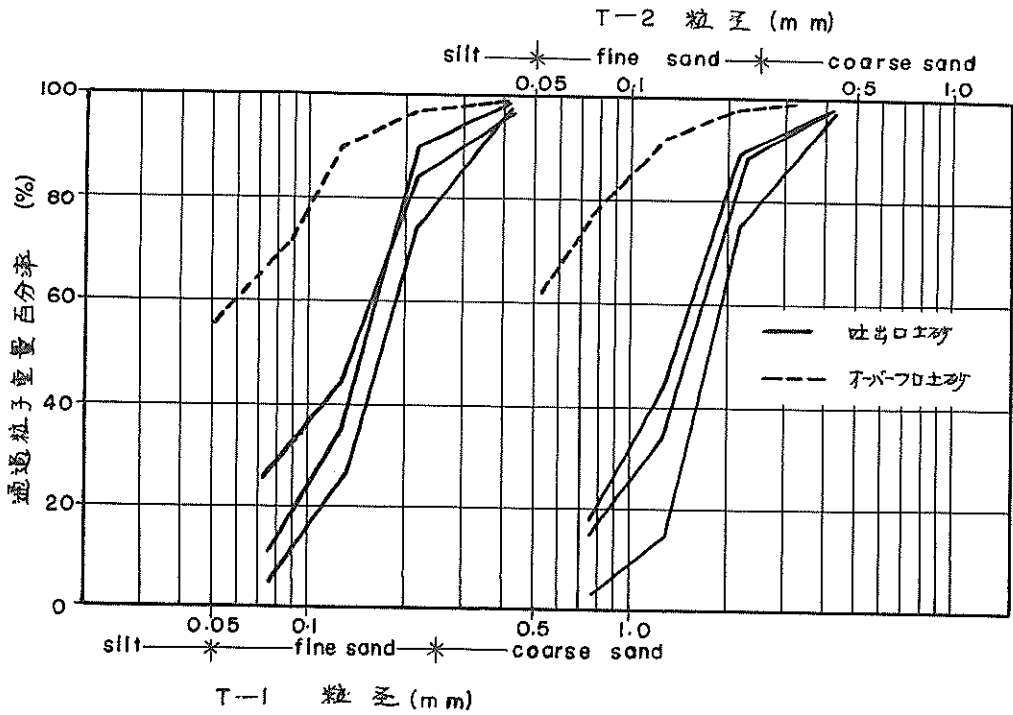


NO.19

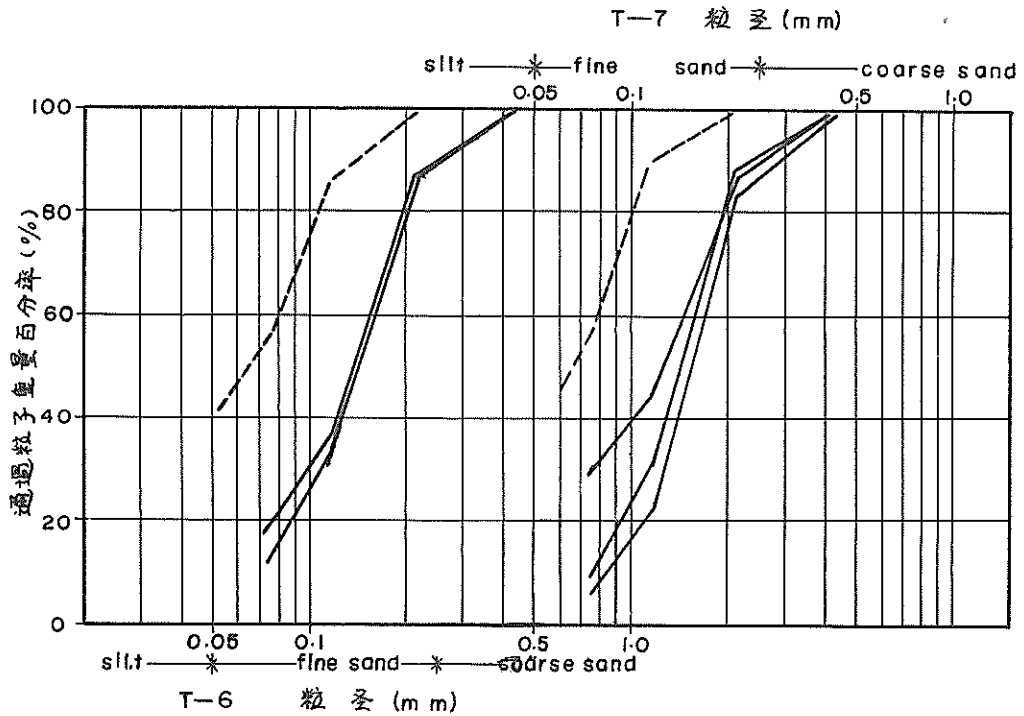


NO.20

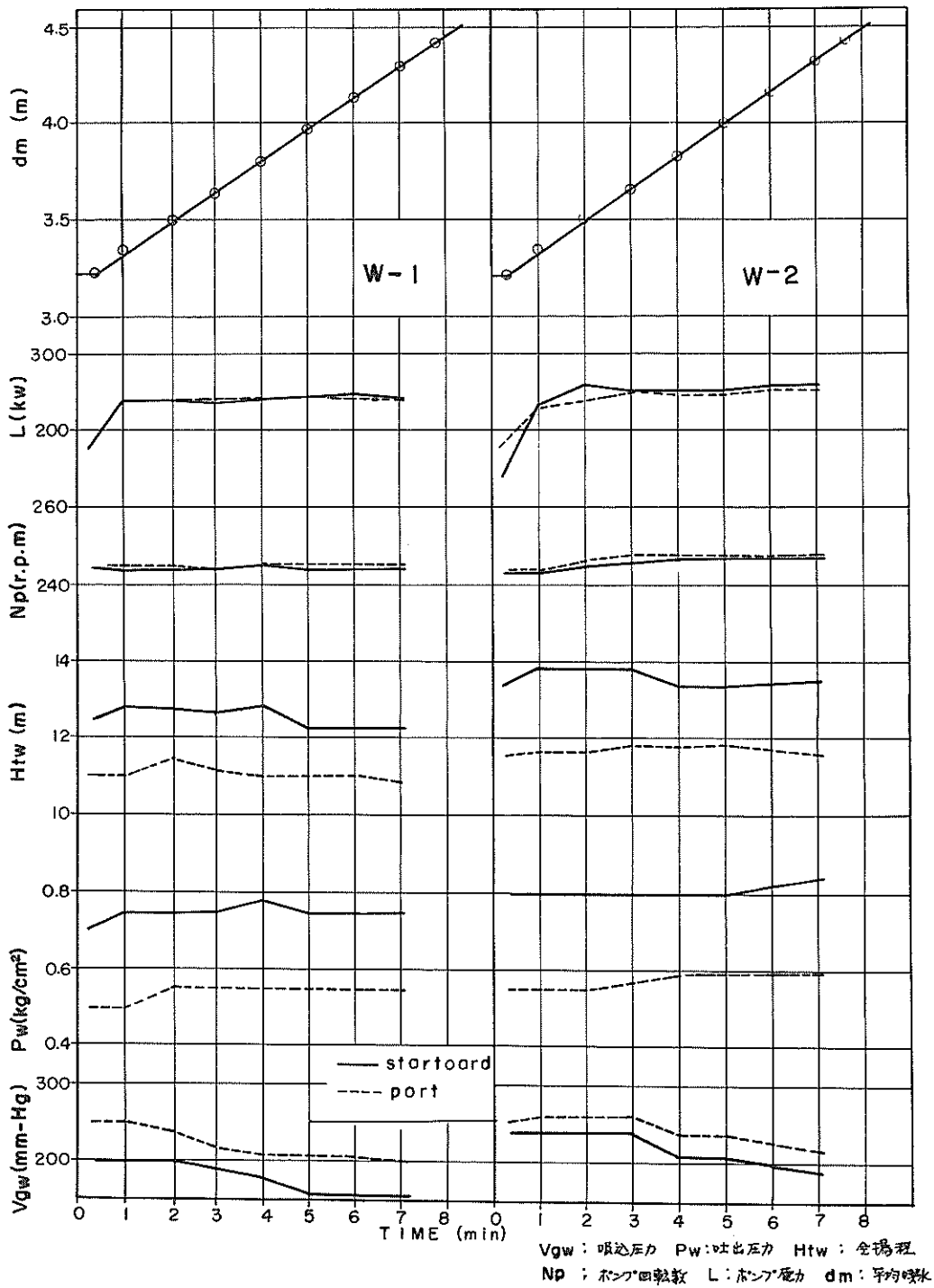
附圖一 新潟東港土質柱状図 (調査昭和37年7月)



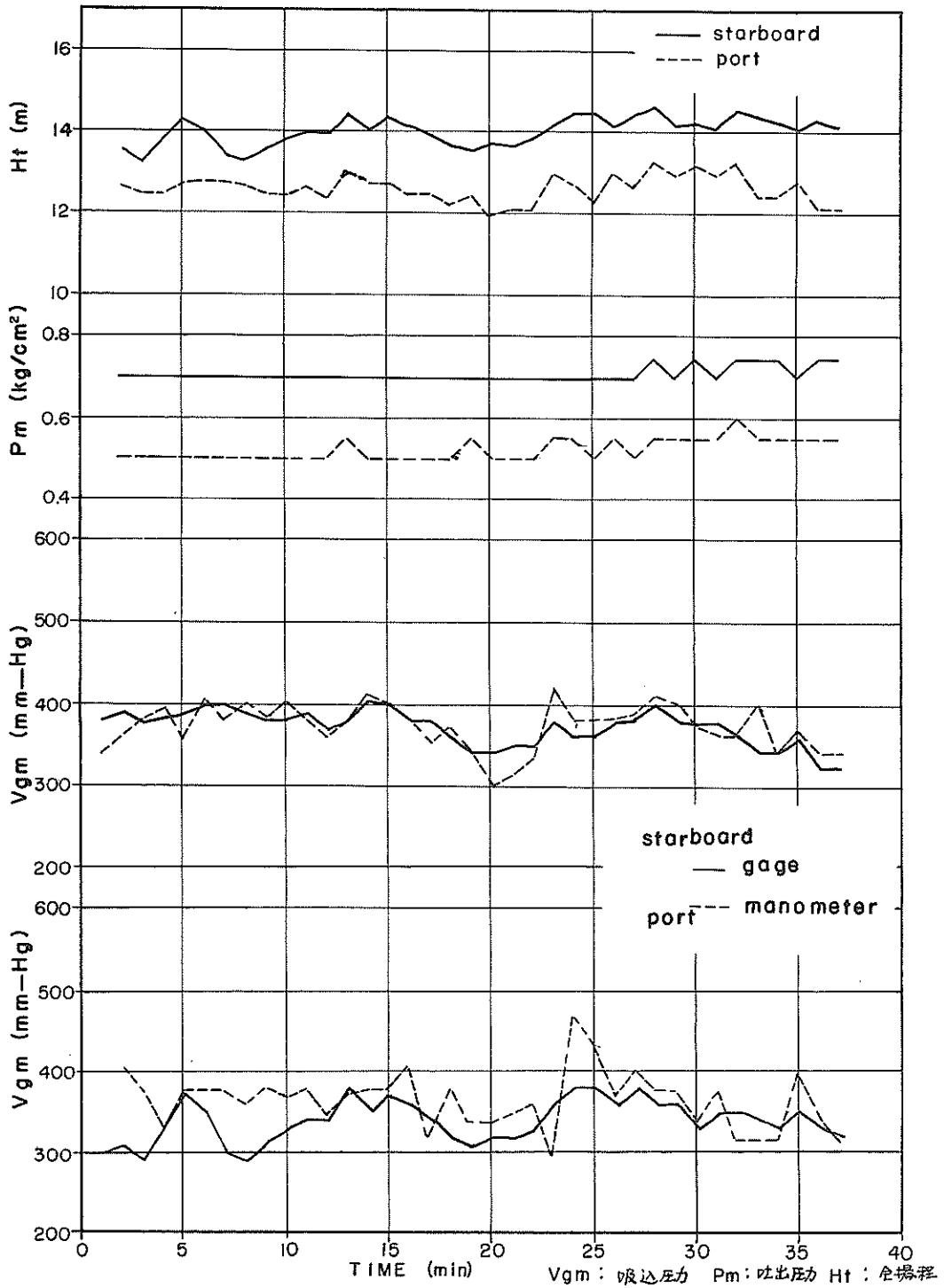
附図-2 採取土砂の粒経加積曲線 (採取日 8月25日)



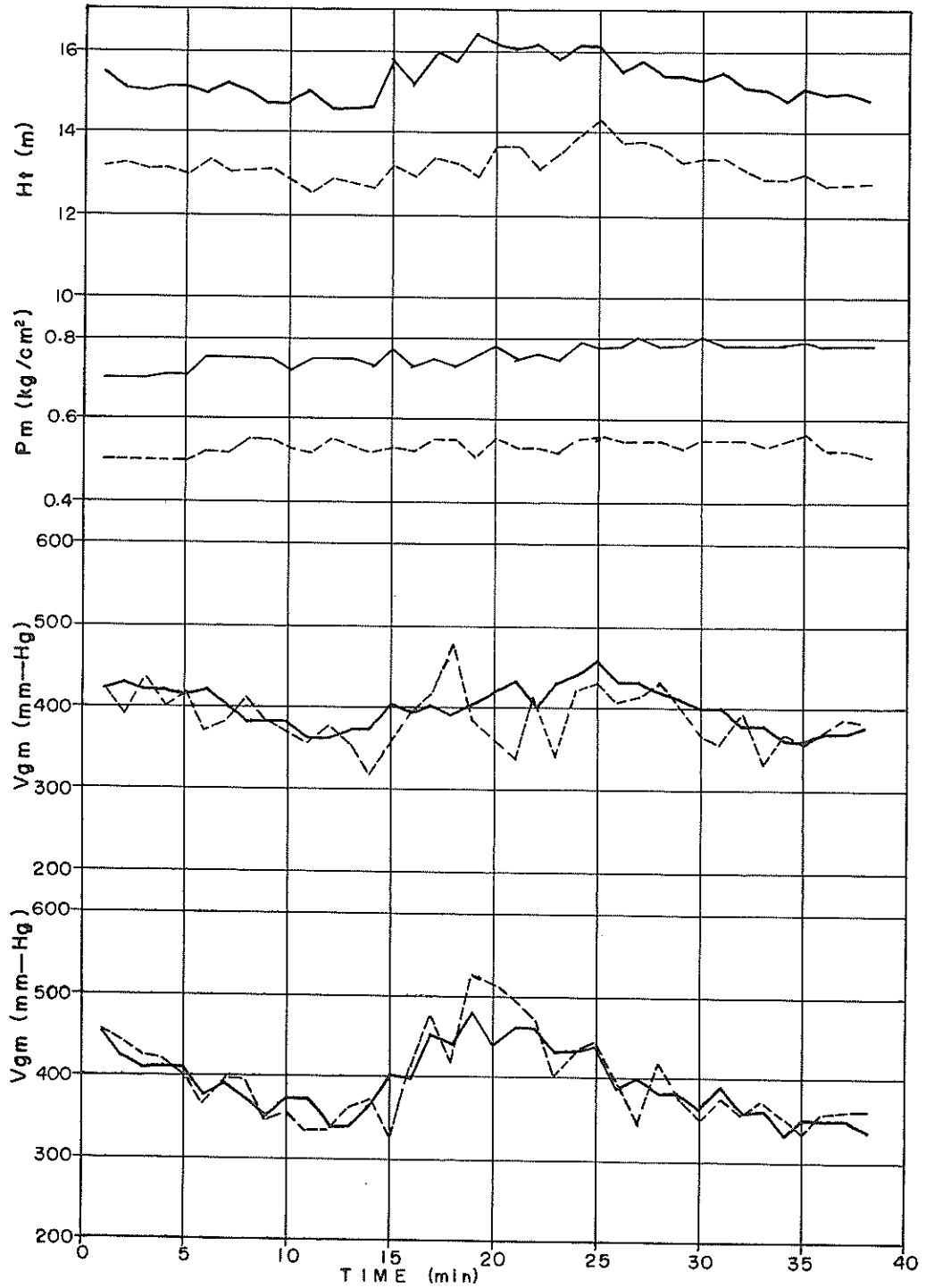
附図-3 採取土砂の粒経加積曲線 (採取日 8月26日)



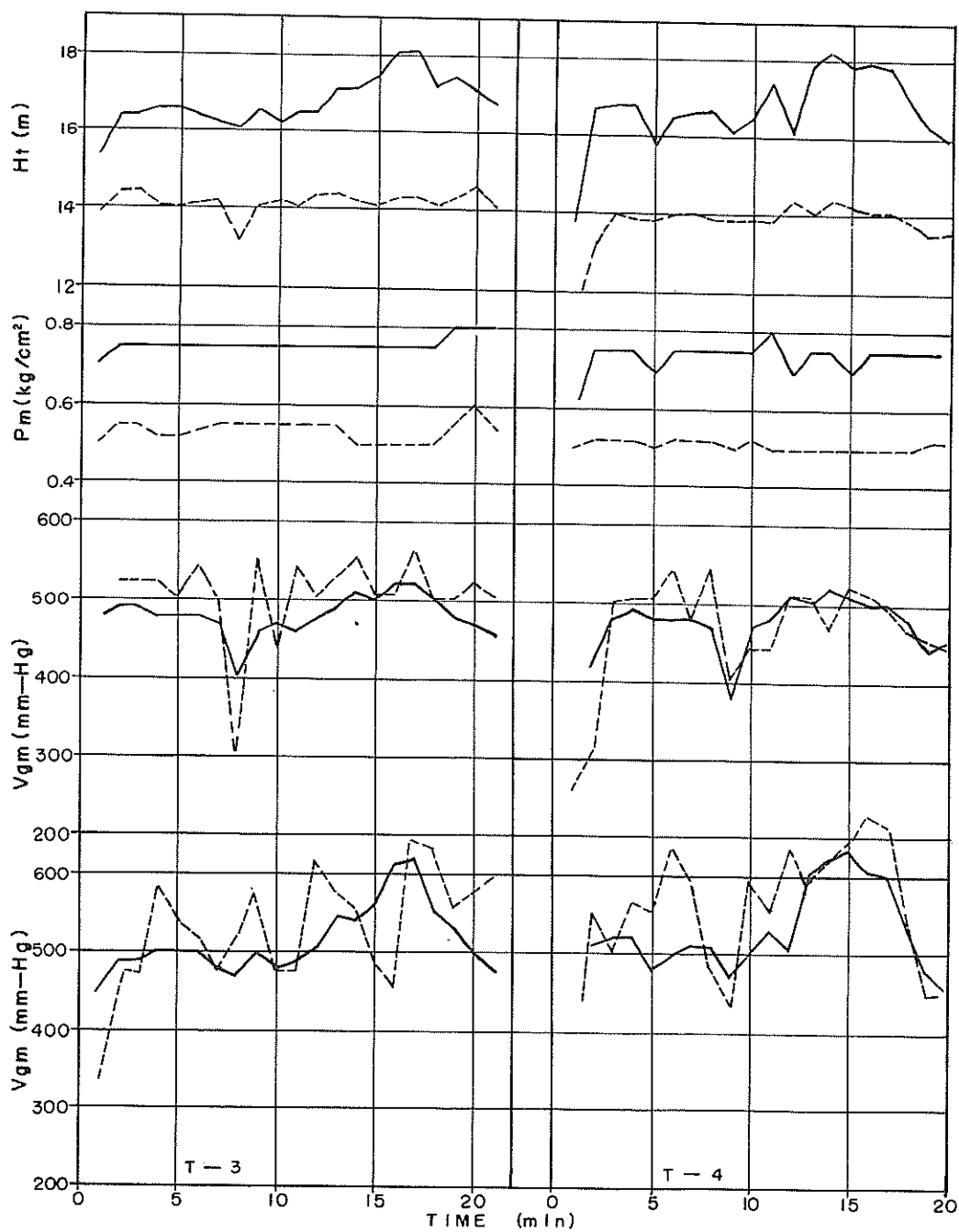
附図-4 送水試験記録(8月24日W-1、W-2)



附図-5 浚渫ポンプ関係試験記録(8月25日T-1)

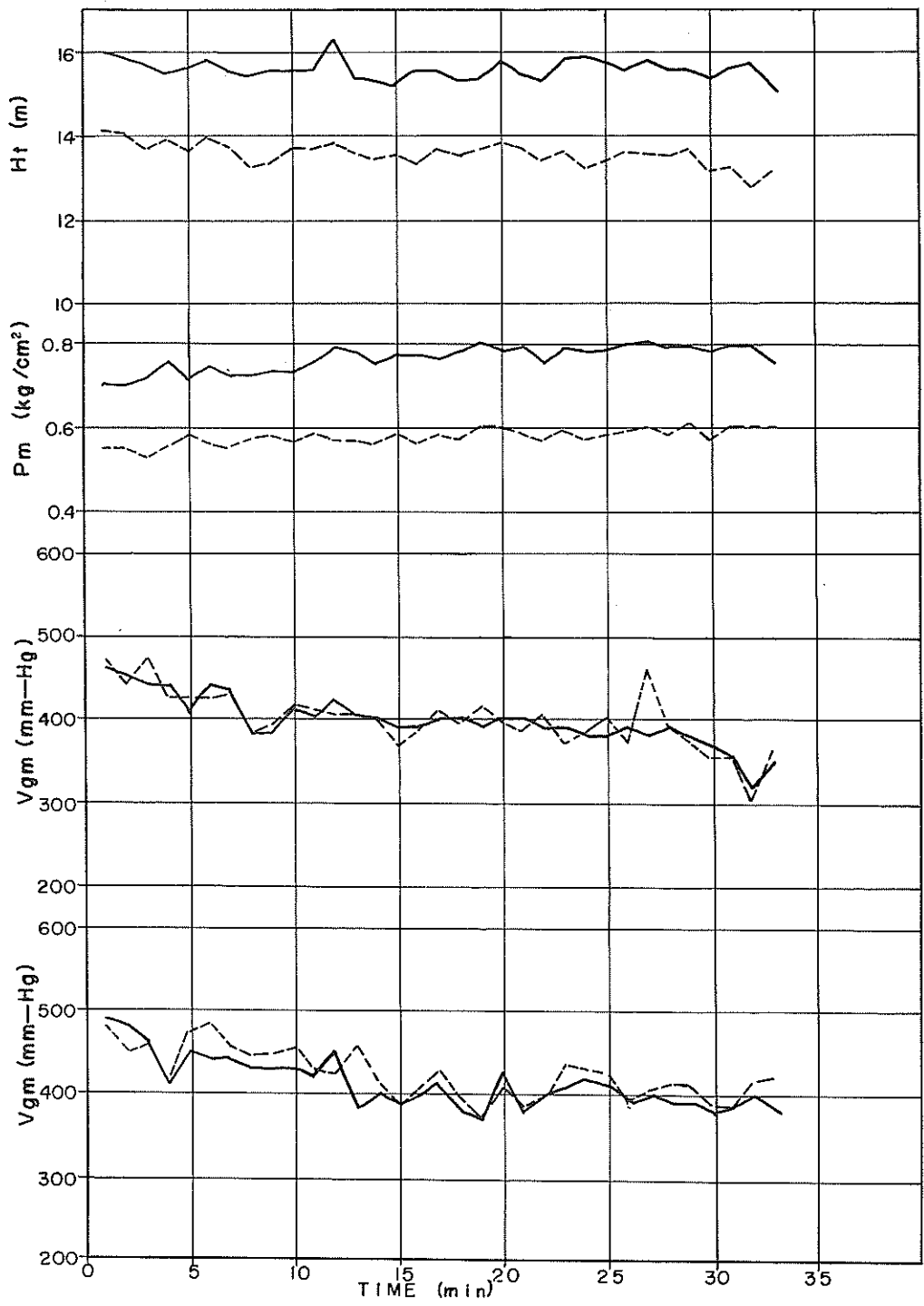


附図-6 浚渫ポンプ関係試験記録(8月25日T-2)

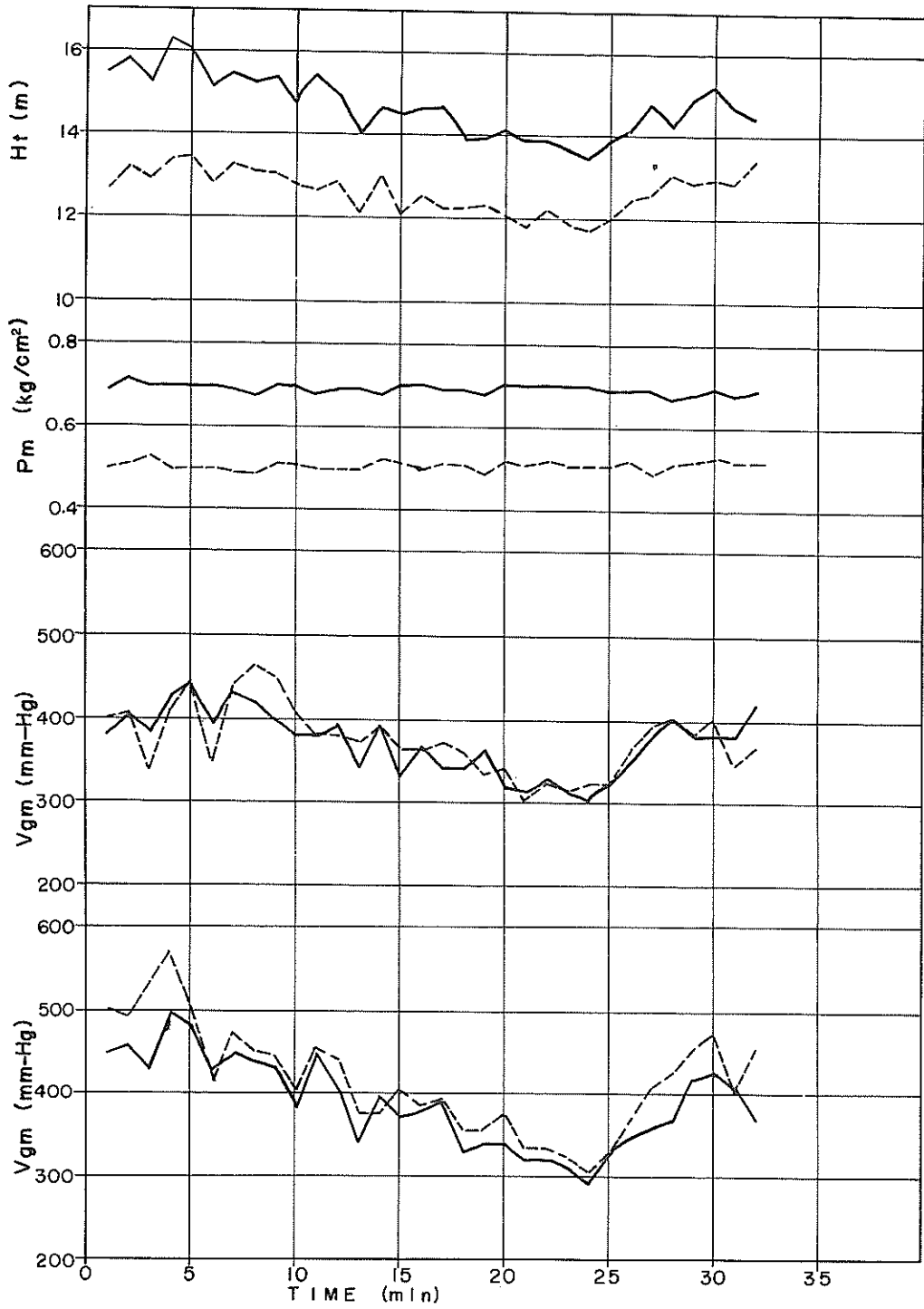


附図-7 液漕ポンプ関係試験記録(8月25日T-3、T-4)

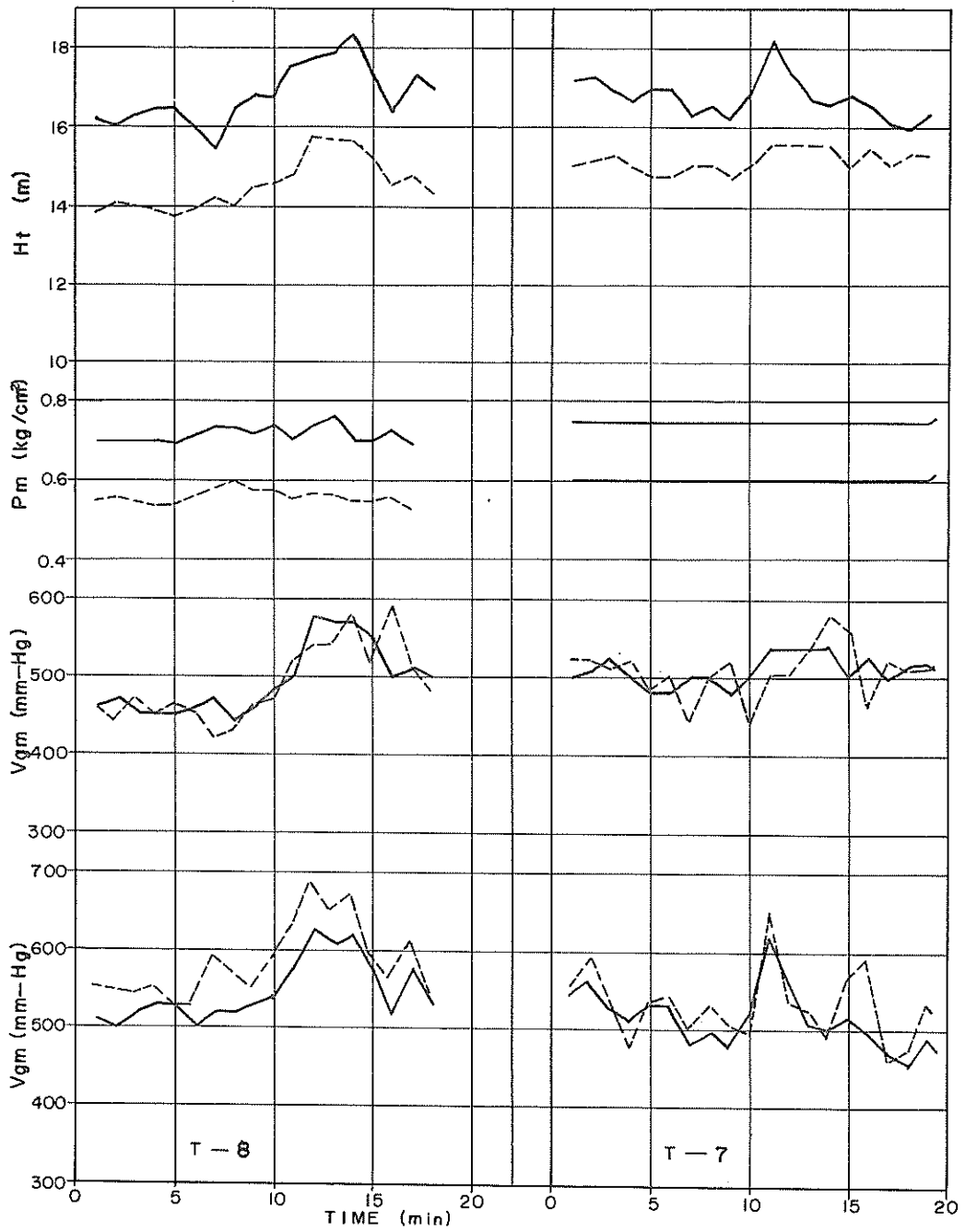




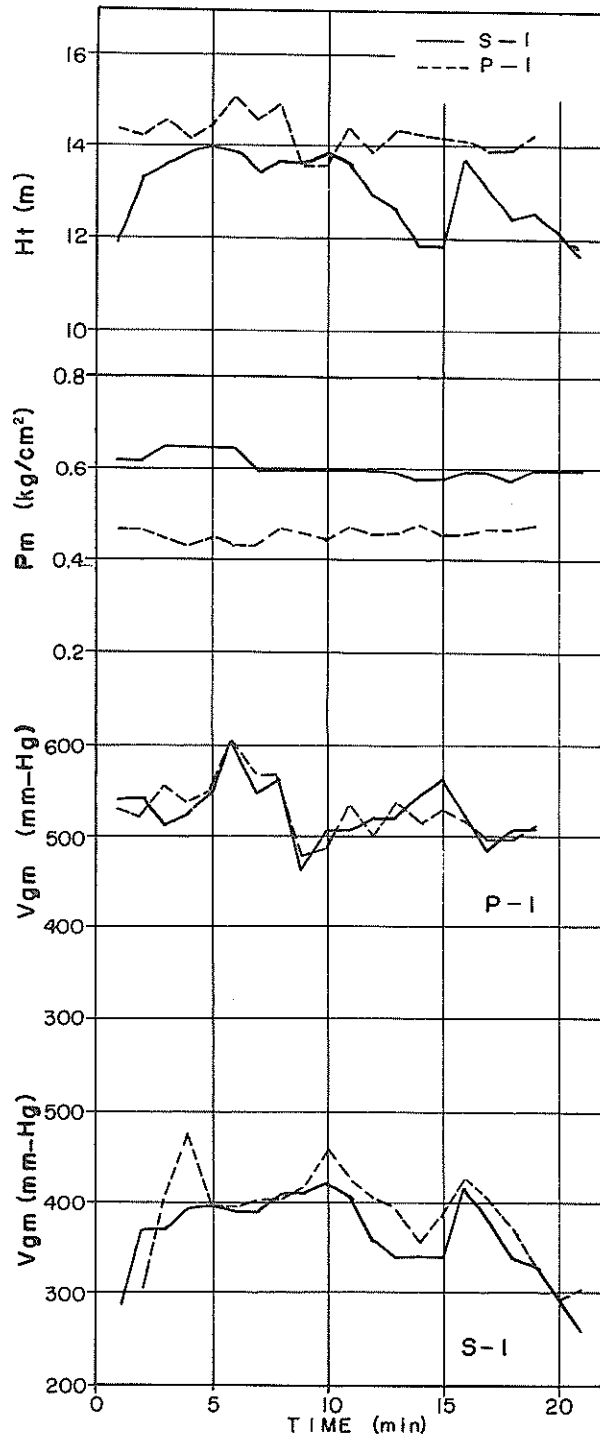
附図-8 浚渫ポンプ関係試験記録(8月26日T-5)



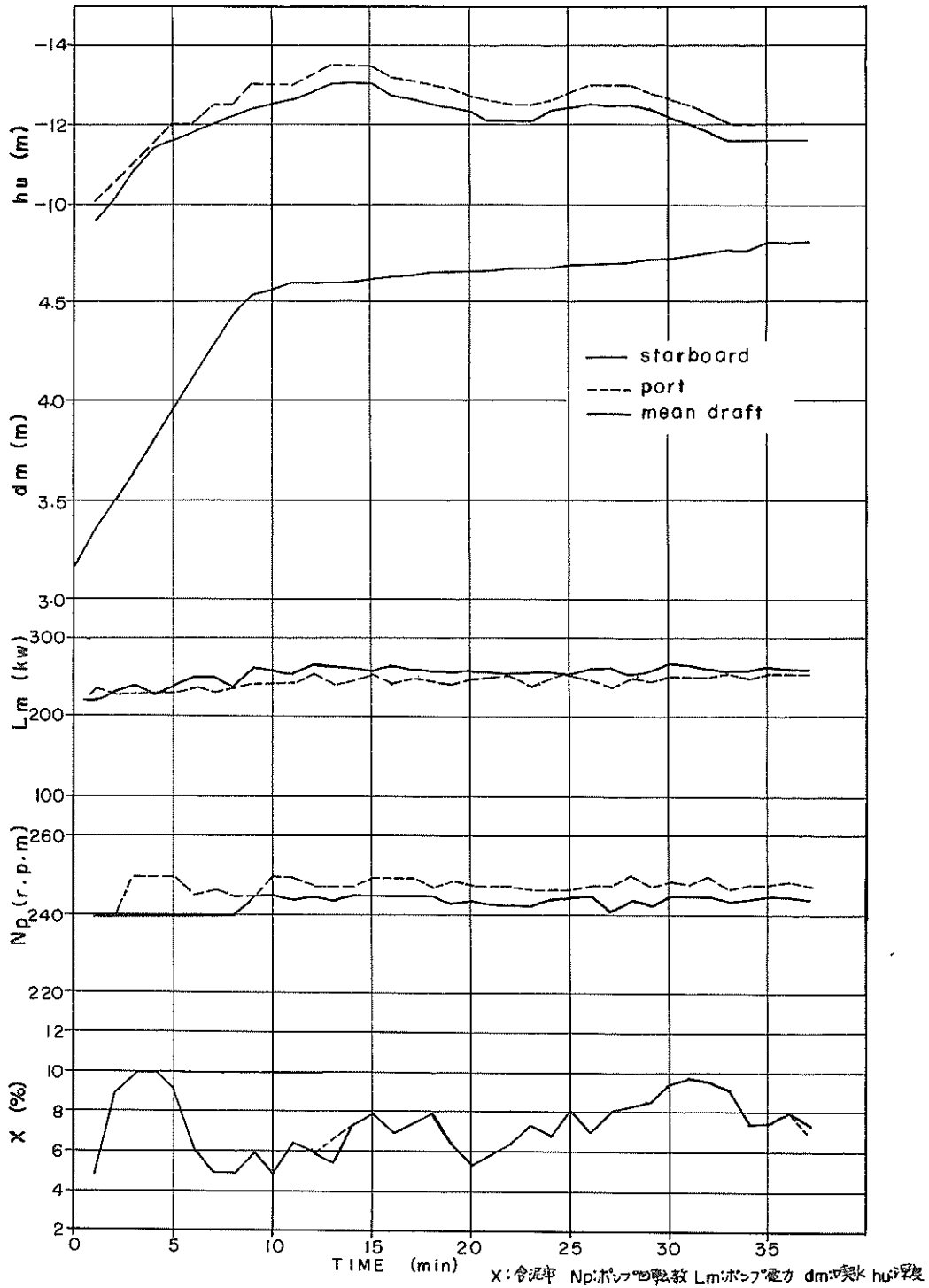
附図-9 浚渫ポンプ関係試験記録(8月26日T-6)



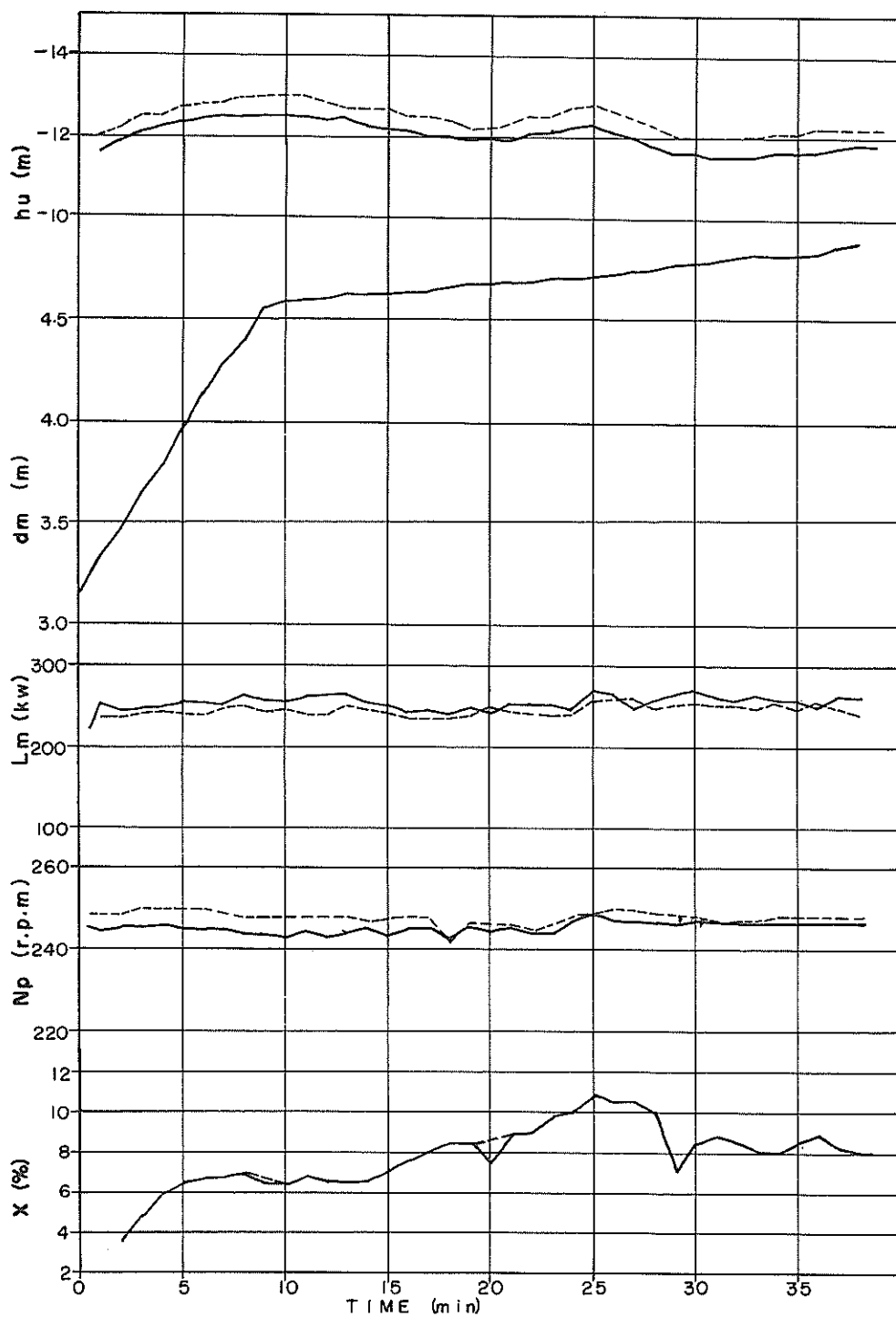
附図-10 浸漉ポンプ関係試験記録(8月26日T-7、T-8)



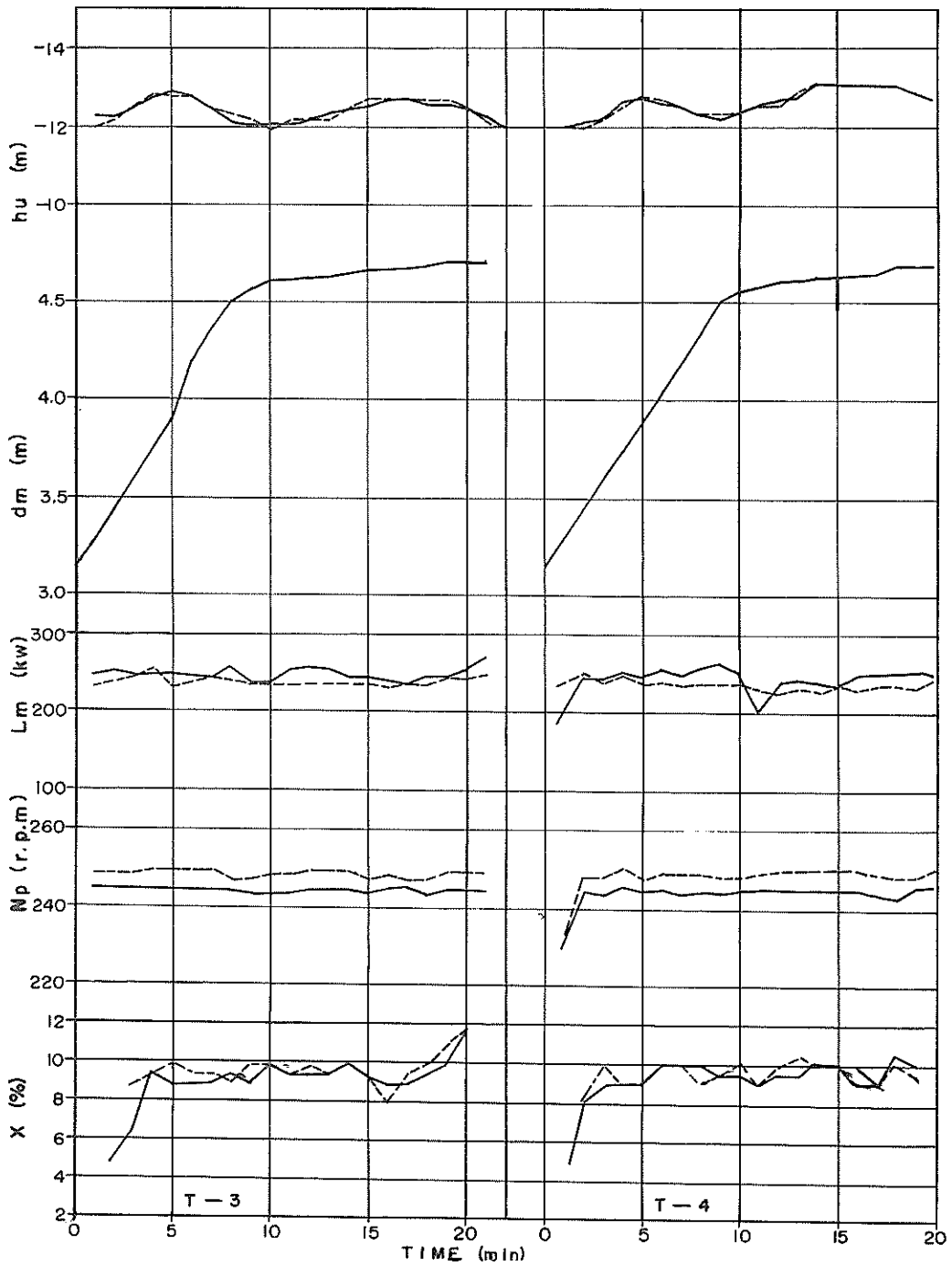
附圖-11 浸漬ポンプ関係試験記録(8月25日S-1、8月26日P-1)



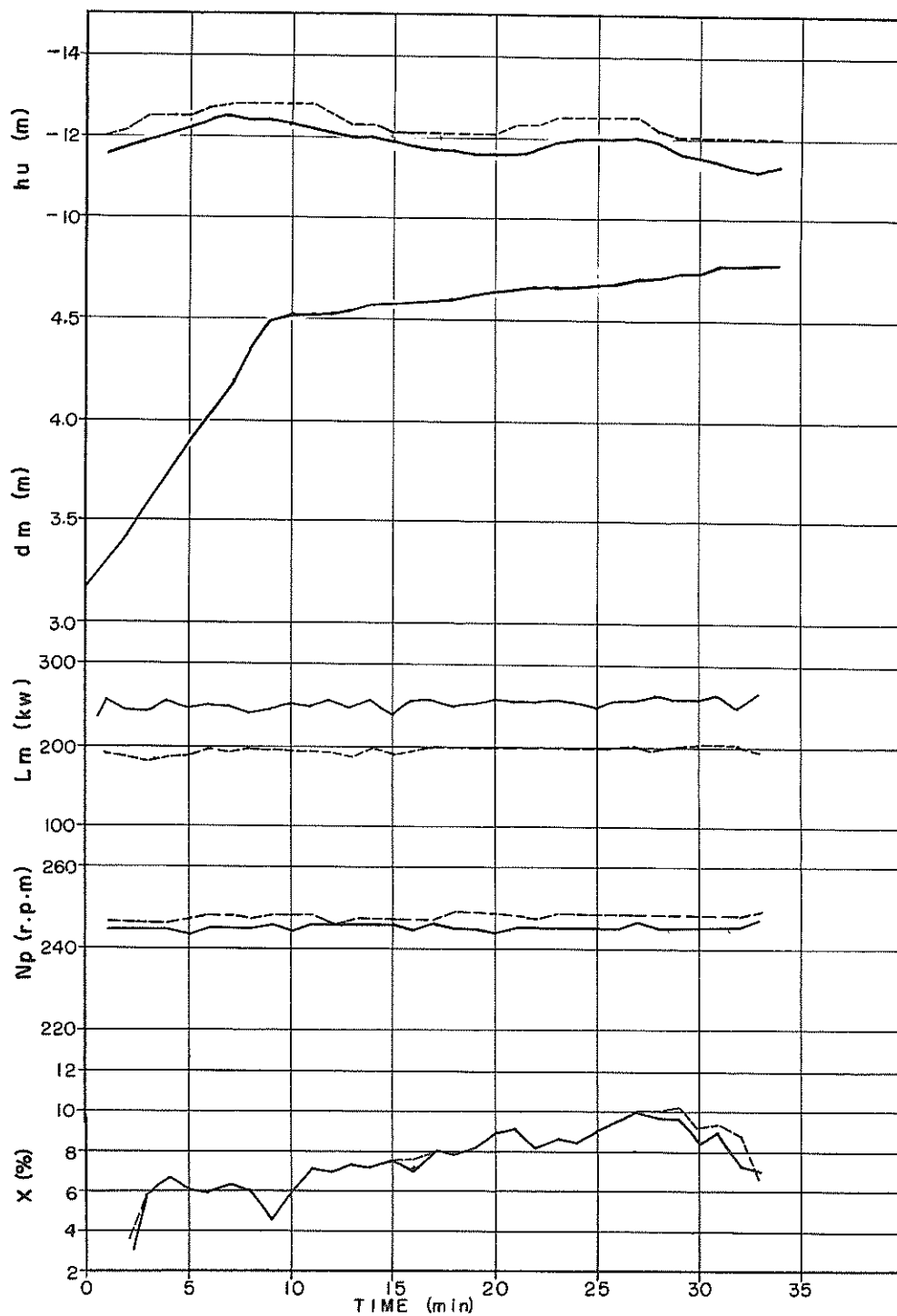
附図-12 喫水、深度、含泥率および動力関係試験記録(8月25日T-1)



附図-13 喫水、深度、含泥率および動力関係試験記録(8月25日T-2)

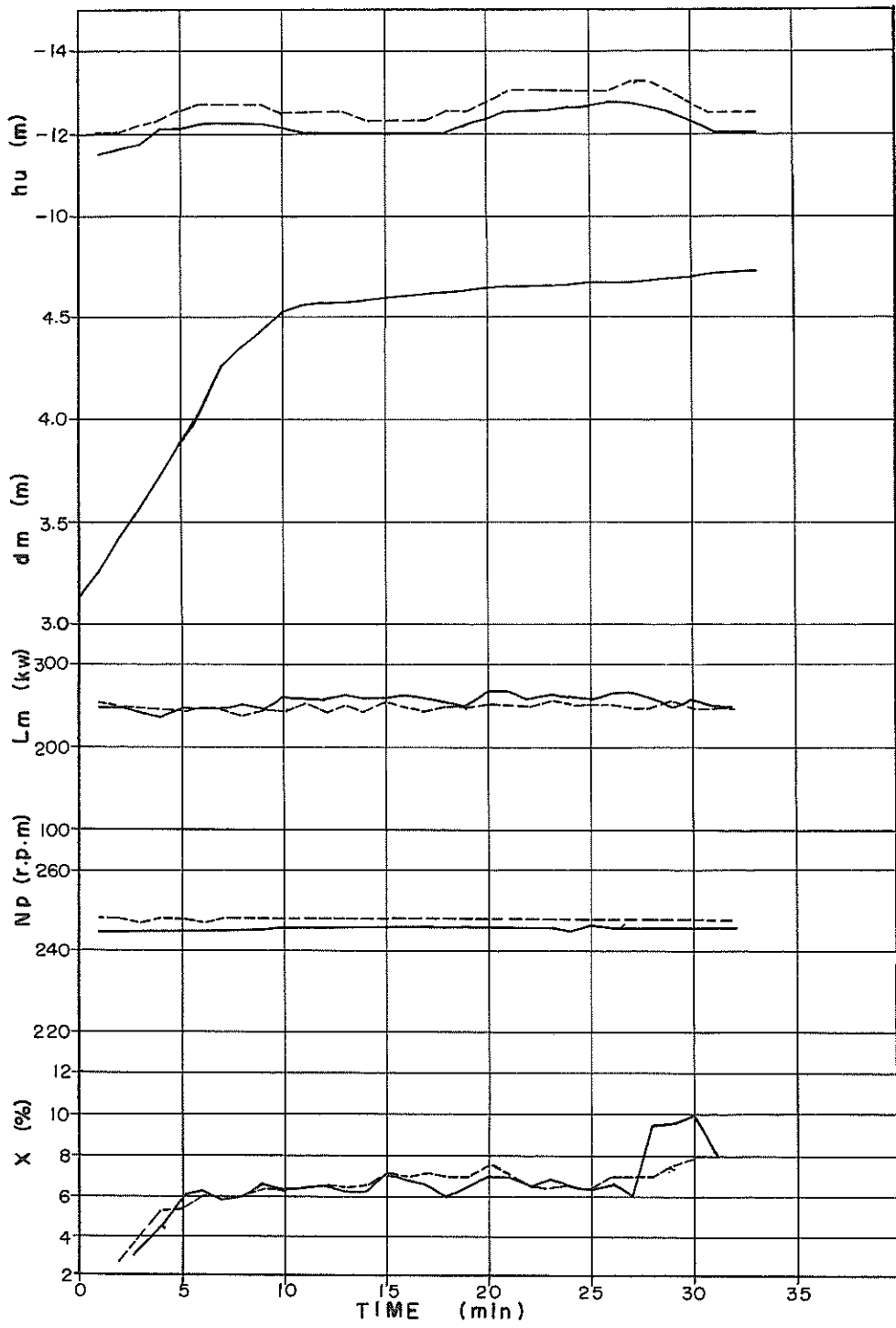


附圖-14 湧水、深度、含泥率および動力関係試験記録(8月25日T-3、T-4)

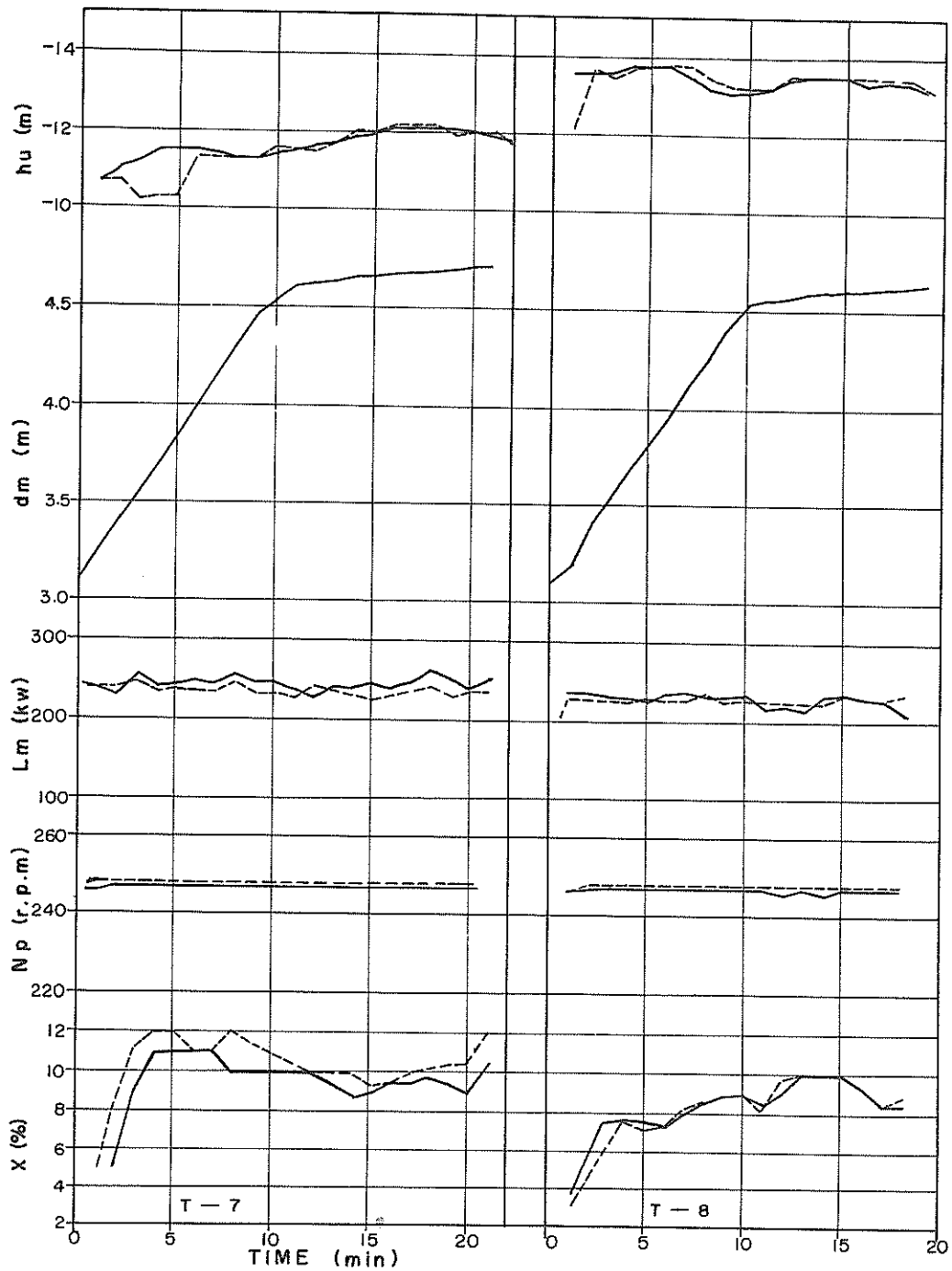


附図-15 喫水、深度、含泥率および動力関係試験記録(8月26日T-5)

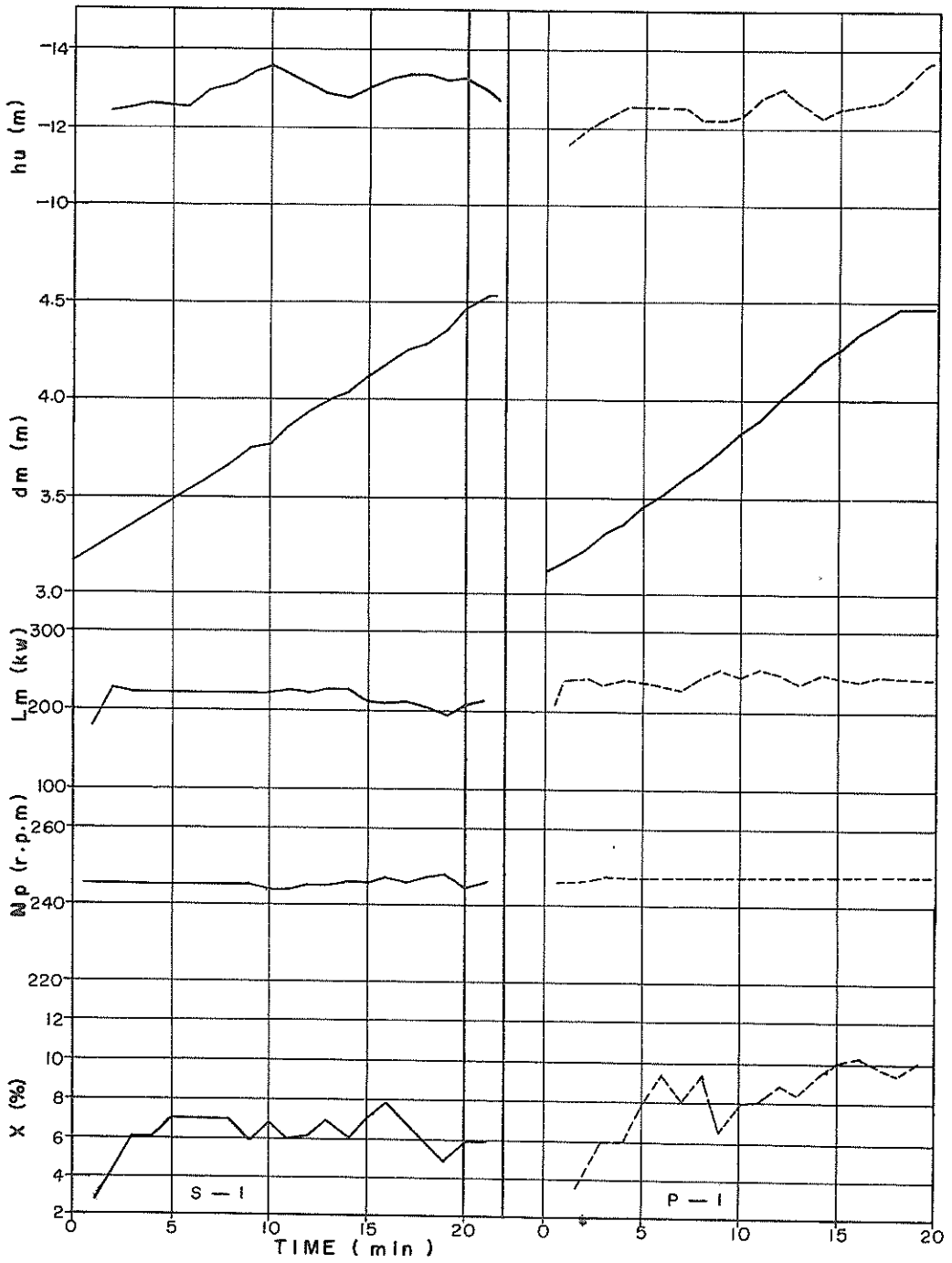




附圖-16 喫水、深度、含泥率および動力関係試験記録(8月26日T-6)



附圖-17 喫水、深度、含泥率および動力関係試験記録(8月26日T-7、T-8)



附図-18 噴水、深度、含泥率および動力関係試験記録(8月25日S-1、8月25日P-1)

港湾技研資料 No. 122

1971・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 株式会社 東京プリント  
東京都港区西新橋3-24-9 飯田ビル

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