

港 灣 技 研 資 料

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

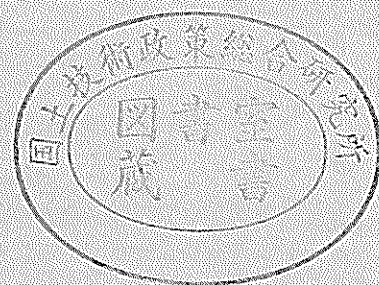
No. 279 Dec. 1977

ドラグサクシオン浚渫船の浚渫時における汚濁調査

八 木 得 次
早 乙 女 保 二
中 園 嘉 治
河 野 茂

増 田 勝 人
浜 田 賢 二
佐 藤 義 博
斉 藤 勝

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. ま え が き	4
2. 調 査 概 要	4
3. 供試船『海鵬丸』の概要	5
4. 試 験 条 件	6
4.1 浚渫区域と土質	6
4.2 運 転 条 件	6
4.3 海 気 象 条 件	6
5. 測定項目および測定要領	6
5.1 汚 濁 関 係	7
5.2 能 率 関 係	8
5.3 使 用 機 器	8
6. 試 験 結 果	9
6.1 浚 渫 記 録	9
6.2 浚渫能力と積込効率	15
6.3 濁度と懸濁物質量の関係	16
6.4 ドラグヘッド周辺の濁り	17
6.5 浚渫海域周辺の濁り	19
6.6 濁りの拡散	25
7. ま と め	36
8. あ と が き	37
参 考 文 献	37
記 号 表	38
付 録	39

— The Investigation on Turbidity due to the Drag Suction Dredger —

Tokuji YAGI*
Yasuji SAOTOME**
Yoshiharu NAKAZONO***
Shigeru KONO***
Katsuto MASUDA***
Kenji HAMADA****
Yoshihiro SATO****
Masaru SAITO***

Synopsis

The relationship between dredging performance and turbidity due to the drag suction dredger "Kaiho-maru" was investigated.

The most important point of this paper is to grasp the effects of the anti-pollution apparatus, which is installed to this dredge for expecting the turbidity reduction around sea surface.

The dredged materials were classified into sand and silty sand.

When the dredge is in operation the turbidity are generated the excavation of sea bed due to the drag head and the solid-water mixtures through the over-flow gate.

As the result of this investigation, the followings are pointed out.

- 1) The diffusive area of turbidity changes with the nature of dredged materials. In case of sand, the turbidity is not recognized around the drag head, but it increases with the continue of dredging process.
- 2) The relationship between loading efficiency, or over-flow losses and turbidity is cleared, which is used to find the optimum operational point with high loading efficiency and low turbidity.
- 3) The anti-pollution apparatus is not effective on the decreases of turbidity in case of sand, but the effects is remarkable in case of silty sand.
- 4) The diffusive coefficient is $1.1 \times 10^3 \sim 7.3 \times 10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$.

The numerical calculation with the assumption of gaussean distribution as the original concentration distribution in this paper showed the qualitative coincidence with the experimental results.

* Chief of the Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division
** Chief of the Sludge Treatment Laboratory, Machinery Division
*** Member of the Sludge Treatment Laboratory, Machinery Division
**** Member of the Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division

ドラグサクシオン浚渫船の浚渫時における汚濁調査

八 木 得 次 *
早 乙 女 保 二 **
中 園 嘉 治 ***
河 野 茂 ***
増 田 勝 人 ***
浜 田 賢 二 ****
佐 藤 義 博 ****
斎 藤 勝 ****

要 旨

本調査は、ドラグサクシオン浚渫船の通常浚渫状態における浚渫能率と浚渫周辺海域での汚濁拡散の関係について調べたものであり、対象船として第四港湾建設局所属の海鵜丸を選んだ。調査の重要点は、海面汚濁防止装置の使用、不使用の違いによる汚濁の状態の変化である。

調査は、浚渫土質が「砂」、「シルト質砂」の二種類について行なわれた。ドラグサクシオン浚渫船の浚渫時の濁りの発生は、ヘッドによる海底土の攪乱とオーバーフロ水によるものである。前者については、(1)土質によって拡散範囲が異なり、「砂」の場合は、濁りはほとんど検知されないが、「シルト質砂」の場合は浚渫行程が進むにつれて濁りの滞留蓄積が認められた。後者については、(2)拡散効率（もしくはオーバーフロ・ロス）と濁りの関係が明らかになり、比較的汚濁の少ない効率の良い点が見い出せた。また、(3)D点の結果から判断すると、海面汚濁防止装置の効果は、「砂」の場合あまり見られなかったが、「シルト質砂」の場合には顕著であった。(4)この海域での拡散係数は、 $1.1 \times 10^3 \sim 7.3 \times 10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$ であった。さらに拡散の数値計算を初期濃度分布を正規分布と仮定して行なった結果、定性的にはよく一致した。

* 流体輸送研究室長

** 汚泥処理研究室長

*** 汚泥処理研究室

**** 流体輸送研究室

1. まえがき

浚渫工事に伴う汚濁は、港湾工事の進捗を左右する重要な課題である。浚渫工事に用いられる浚渫船は機種によって浚渫機構が異なるから、濁りの発生機構も機種によって異なることは当然である。したがって汚濁防止対策を講じるに当たっては、各種浚渫船による濁りの発生機構の解明ならびに現地条件による濁りの拡散実態を十分に把握しておくことが必要である。

本調査は、『港湾工事公害防止技術調査』の一環として行われたものであり、すでに、昭和49年度にポンプ浚渫船、昭和50年度にグラブ浚渫船について実施しており昭和51年度にはドラグサクシオン浚渫船を対象とした。

ドラグサクシオン浚渫船による浚渫時の濁りの発生原因は、ドラグヘッドによる海底土の攪乱およびオーバーフロ水によるものである。従来の調査は¹⁾²⁾、浚渫区域あるいは捨土区域周辺部の水質調査が主体であって、発生源や運転能率との関連で濁りをとらえた例は数少ない。

い。

本調査では、対象船として第四港湾建設局所属のドラグサクシオン浚渫船『海鷲丸』を選び、通常の浚渫状態において浚渫能率、ドラグヘッド周辺部の濁りおよび浚渫周辺海域での濁りの拡散状態を調べ、濁りの発生源やその拡散影響範囲を検討した。

2. 調査概要

ドラグサクシオン浚渫船の濁りの発生原因は、ドラグヘッドによる海底土の攪乱およびオーバーフロ水によるものであり、浚渫土質は勿論、船速、接地圧、ポンプ流量等の運転条件の影響を受ける。

本調査では、当初これら運転条件と濁りの関係を調べるよう計画したが浚渫区域が図-1のように関門航路の東口に当り船舶が輻輳し、かつ急潮流であることから浚渫作業の工程および安全性を考慮して、運転条件は通常の浚渫状態とし海面汚濁防止装置の効果を主体に調査した。

ドラグヘッド周辺の濁りは、濁度計センサを仮設船上に設置して濁度を検出し、またオーバーフロ含泥率

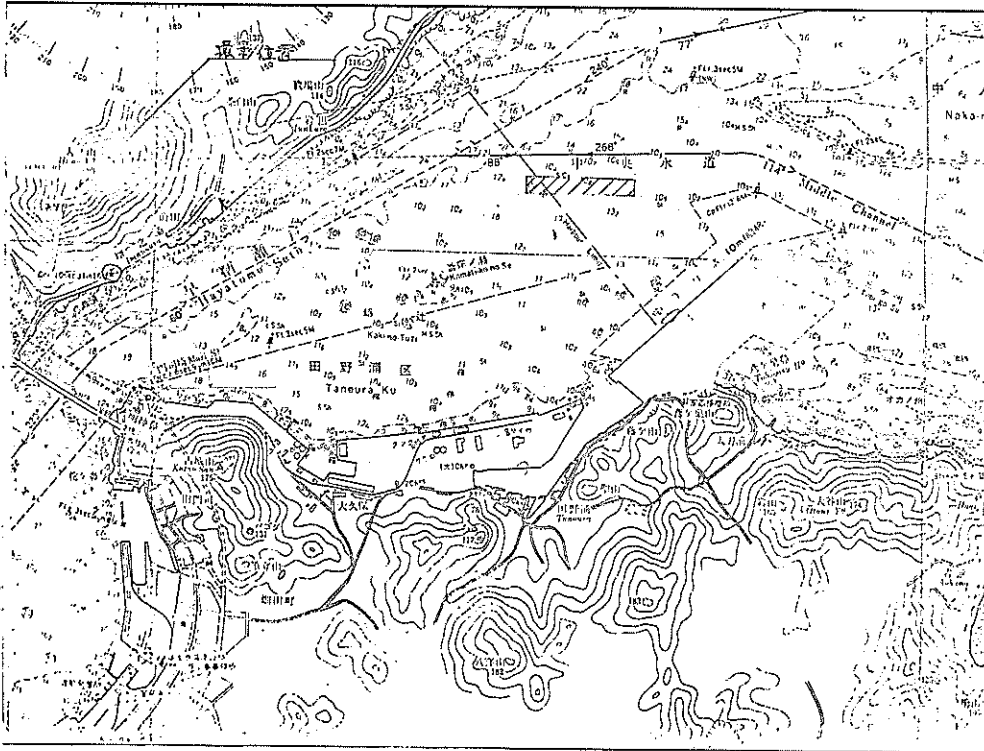


図-1 浚渫海域周辺図

表 - 1 作 業 日 程

日付	作 業	時 刻 →										備 考		
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
11/9	浚 漑 航 行 捨 土 係 船				C1							C2		汚濁防止装置 不使用
11/10	送 水 試 験													回転数3段階 左右依別
11/11	浚 漑 航 行 捨 土 係 船				C3							C4		汚濁防止装置 使用
11/12	浚 漑 航 行 捨 土 係 船				C5									汚濁防止装置 前半 不使用 後半 使用

については直接採水秤量するとともに浚漑・積載土量からも求めるべく関連項目を測定した。これらによる濁りの拡散状態は、浚漑区域下流に配置した4隻の調査船によって鉛直分布を、また火の山山頂から写真撮影によって水平方向の拡がりを調べた。

浚漑試験は、表-1に示すように合計5ケース行なった。海面汚濁防止装置の使用、不使用についてそれぞれ2ケース行ない、残りの1ケースは前半不使用、後半使用とした。またポンプ流量のチェックのため、各舷ポンプの揚水量試験を行った。

3. 供試船『海鵬丸』の概要

本調査の対象船海鵬丸の主要諸元は次のとおりである。

船体寸法	85.0m×16.0m×7.0m
満載喫水	5.8m
総トン数	3,199t
泥艙容積	2,024.3m ³
浚漑ポンプ	5,000m ³ /h×17m×500kW ×2台
主発電用機関	2,400PS×514rpm×2台
主発電機	A.C.3,300V×1,900kVA ×2台
推進電動機	1,000kW×1,200rpm×2台

本船には、図-2³⁾に示すような海面汚濁防止装置が装備されている。泥艙から溢出したオーバーフロ水は隣接したトラフ内に入り、整流板を通過する間に気泡が分離される。また、トラフ内の水位は、オーバーフロ・シュート入口に設けられた制御弁の弁開度操作によって適当に保たれる。トラフ内に溜った濁水は、この水位によって船底から海中深く放出されるから、浚漑船周辺の海面付近の汚濁が防止される。

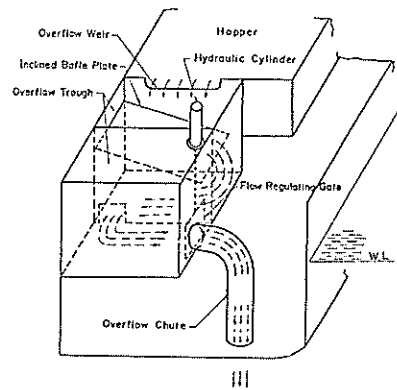


図 - 2 海面汚濁防止装置

4. 試験条件

4.1 浚渫区域と土質

浚渫区域は、図-1および図-3に示すように、閘門航路中央水道に位置し、東西500m、南北60mの矩形区域であり、水深は-11~-13mである。

浚渫区域の土質は、泥艀およびドラグヘッドにて採取した土砂により判断した。表-2は採取土の分析結果である。泥艀から採取した土砂はいずれも『砂』であるが、採取場所が泥艀上部のビーム上であったため、細粒分が流れ去り、結果的には全試料ほとんど同一組成を示したものであると思われる。一方、ドラグヘッドに付着した土砂(C-4のみ)は細粒分が多く『シルト質ローム』であった。

さらに、オーバーフロ水に含まれる微粒分の分析結果によると、C-1、C-3、C-5のグループとC-2、C-4のグループとは明らかに異なった土質であることを示唆している。

以上の分析結果ならびに測定結果を考慮すると、調査期間中の浚渫土質は2種類に大別される。すなわち、C-1、C-3、C-5は『砂』、C-2、C-4は『シルト質砂』と判別される。

4.2 運転条件

本調査では、主として海面汚濁防止装置の効果を調べることにし、浚渫船の運転条件は通常の浚渫作業時におけるものとした。すなわち調査期間中の主要な運転条件は、浚渫ポンプ回転数200~210rpm、ドラグヘッド接地圧3~4トンであった。さらに、海面汚濁防止装置を使用する場合は、オーバーフロ・トラフ内水位を4.0~4.5mに保つよう弁開度を調節した。また船速はほとんど潮流に左右され、東西方向とも対地速度にして1~4ノットの範囲であった。なお、ドラグヘッドは両舷ともコラルタイプであった。

4.3 海気象条件

浚渫海域の潮流は激しく、特に調査の後半は風も加わり濁り測定用の調査船の配置、固定には苦慮した。また、最終日を除いてほとんど曇天であり拡散状態の写真撮影には良好な状況とは言えなかった。

表-3は、浚渫試験実施中の海気象条件の平均的な記録である。

5. 測定項目および測定要領

浚渫試験中に測定した項目、使用機器及び測定場所を

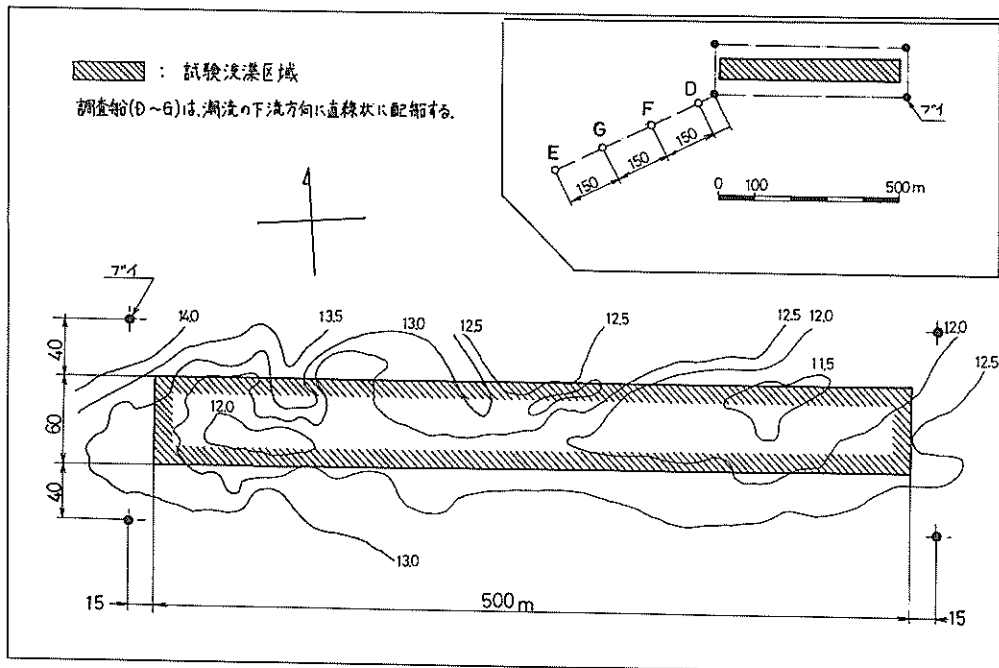


図-3 試験浚渫区域図

表 - 2 浚 渫 土 質

テスト No.	採取場所	土質名	真比重	組 成 (%)				d ₅₀ (mm)	均 等 係 数	* 微 粒 分 体 積 率
				レキ分	砂 分	シルト分	粘土分			
C 1	泥倉ビーム上	砂	2.727	2	95	1	2	0.34	2.4	682
C 2	同 上	砂	2.713	2	94	2	2	0.32	2.7	2,585
C 3	同 上	砂	2.749	0	98	0	2	0.29	2.9	504
C 4	同 上	砂	2.750	0	97	1	2	0.28	2.7	2,363
	ドラッグヘッド	シルト質 ローム	2.645	3	13	77	7	0.012	1.8	
C 5	泥倉ビーム上	砂	2.749	0	98	0	2	0.29	2.9	720

* オーバーフロー水に含まれる微粒分 (2.1μ ~ 30μ) の体積率でコールターカウンタにより測定。

表 - 3 海 気 象 条 件

日 付	テスト No.	浚 渫 時 刻 (h - min)	風		潮 流				波 高 (m)
			(方向)	(m / s)	早 柄 類 戸		調 査 船 (D , E)		
					(方向)	(kt)	(方向)	(kt)	
11/9	C 1	10・20 ~ 12・30	E ~ SE	6 ~ 8	W	6 ~ 8	WSW	1.2 ~ 1.9	30 ~ 40
	C 2	15・05 ~ 17・00	E	5 ~ 8	E	2 ~ 4	E ~ ENE	0.6 ~ 1.2	20
11/11	C 3	9・20 ~ 12・10	N ~ NNW	5 ~ 9	W	2 ~ 6	WSW	1.0 ~ 2.1	20 ~ 30
	C 4	14・55 ~ 16・35	N ~ NNW	6 ~ 10	W ~ E	0 ~ 2	W ~ E	0 ~ 0.5	30
11/12	C 5	10・05 ~ 12・00	NE	8 ~ 11	W	2 ~ 5	WSW	1.2 ~ 2.1	50

表 - 4 に示す。また、汚濁関係及び能率関係のそれぞれの測定要領は次のとおりである。

5.1 汚濁関係

浚渫中の濁りは、本船上 (A ~ C 点)、調査船上 (D ~ G 点) および火の山山頂 (H 点) の 3 か所で測定した。

測定箇所(A)は、ドラッグヘッド周辺の濁りを対象とし右舷ヘッド上に仮設した櫓 (写真 - 1) に濁度計センサー四個を取付け、さらに、その中の一点には採水用チューブも併置した。(詳細位置は図 - 14 参照) 濁度記録は浚渫開始から終了まで連続的に行い、採水は C - 3 および C - 5 について 2 分間隔で行った。

測定箇所(B)は、バックグラウンド用であって、右舷ドラッグアームのトラニオンから約 10 m の位置に取付けたが、濁度計センサーに不具合か所があったため実際には測定できなかった。

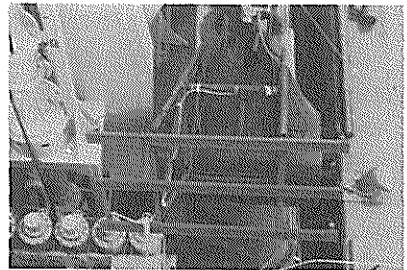


写真 - 1

測定箇所(C)は、オーバーフロー水に含まれる土砂の含泥率を測定するもので、浚渫中約 3 分間隔で左舷側トラフにて採水秤量した。

測定箇所 (D ~ G) は、調査船上での濁度測定である。調査船の位置は、本船からの指示によって潮流方向に応

表 - 4 測 定 項 目

測 定 項 目		使 用 機 器	測 定 場 所	
濁 り 関 係	A	濁度(4), 採水(1)	濁度計, 電磁オシロ, 採水ポンプ	右舷ドラッグヘッド
	B	濁度(1)	濁度計	右舷ドラッグアーム
	C	オーバーフロ含泥率	台 秤	左舷オーバーフロ・トラフ
	D, E	濁度(6), 採水(1), 潮流 海水比重, 水温	濁度計, 電磁オシロ, 採水ポンプ 流速計, 比重計, 温度計	調査船
	F, G	濁度(1)	濁度計, 電磁オシロ	同 上
	H	濁りの拡散	カメラ 望遠レンズ	火の山山頂
能 率 関 係	ポ ン プ	垂直管差圧(2)	差圧ヘッド, ペンオシロ	ポンプ室
		吸入圧力(2)	圧力ヘッド, ペンオシロ	同 上
		流 量(2)	電磁流量計	ブリッジ
	喫 水(2)		喫 水 計	同 上
	浚渫深度, 接地圧(2)		深度計, 圧力計	同 上
	汚濁防止装置調整弁, 水位		弁開度指示計, 水位計	同 上
	船 速		ストップウォッチ	同 上
泥倉内サウンディング			泥 倉	
そ の 他	採 泥			同 上
	潮 位, 風		観測資料	

じて浚渫区域の下流側に直線状に配した。図-3に示してある調査船の位置は東潮流の場合の概略位置である。

測定箇所(D, E)では、濁度計センサ6個を約2.5m間隔で吊り下げ、最底部のセンサ位置(海底から約1m上方)には採水用チューブを取付けた。濁度は浚渫開始から濁りが、ほぼ流れ去るまで(浚渫終了20~30分後)連続的に記録した。採水は測定箇所(A)と同様に行った。なお、この間に潮流、海水比重および水温を適宜測定した。

測定箇所(F, G)では、1個のセンサを上下させて鉛直方向の汚濁分布を測定した。すなわち、最底部(海底から約1m上方)にて1分間測定した後、約2mつり上げて再び1分間測定すると言う方法を繰返した。

測定箇所(H)は火の山山頂(標高268m, 浚渫区域から水平に約2,700mの地点)に位置し、浚渫海域の濁りの拡散状態を約5分間隔で写真撮影した。

5.2 能率関係

浚渫能率に關係する重要項目は、浚渫ポンプの流量、含泥率および積載土量である。

ポンプ流量は本船装備の流量計の記録によることとした。含泥率については、ポンプの垂直吐出管部の差圧と流量から求める方式を試験的に試みると同時に、含泥率に密接な関係にある吸入負圧も同時に記録した。

積載土量を求めるための喫水、浚渫深度、接地圧およびオーバーフロ・トラフ水位等については本船搭載計器の指示値を1分間隔で読みとった。

船速は、浚渫区域を示すブイ間の航走時間から平均対地速度として求めた。

この他、泥倉内残水量の測定、泥倉内積載土砂のサウンディングおよび採泥等は適宜行った。

5.3 使用機器

本調査に用いた主な機器の要目を次に示す。ただし、一般的な計測器類は省略した。

(1) 濁度計 (センサ19個)

形 式: 散乱光方式

測定レンジ: 50, 100, 500, 1000ppm

精 度: 2% (フルスケール)

(2) 流速計 (2台)

形式：プロペラ式（CM-2型）
測定範囲：強 0.1~3.0m/s（0.1m/s
目盛）
弱 0.1~1.5m/s（0.05m/s
目盛）

(3) 採水ポンプ（3台）

形式：渦巻ポンプ
容量：30 l/min × 4m × 4.5W

(4) その他

望遠レンズ：200, 300, 500mm

6. 試験結果

6.1 浚渫記録

浚渫中、本船上で測定した主要項目の各行程間における平均値または代表値を表-5に示す。各テストケースの第1行程（C-4については第2行程）の前半は、オーバーフロまでの諸測定値である。また、1欄中に示す二つの値は、上段が右舷側、下段が左舷側の諸測定値である。以下各項目について説明する。

(1) 行程

一ケース当りの積載土量の目標を1300~1400m³としたため土質、潮流等の外的条件によって行程数は増減した。また、作業時間の関係で目標土量に達しない前に浚渫を終了した場合もあった。

表-5において、奇数行程は西から東へ、偶数行程は東から西へ浚渫したことを示す。

(2) 正味浚渫時間

正味浚渫時間とは、泥艙への吐出バルブが開いてから閉じるまでの時間、すなわち積込時間に相当する。

浚渫区域は長さが僅か600mで、しかも急潮流箇所であったため浚渫時間は、順潮時最小約4分、逆潮時最大約17分と著しく相違した。以上のように浚渫時間が短かったために回頭回数が多くなり、表-6に示すように全浚渫時間中に占める正味浚渫時間と回頭時間の割合は約6:4であった。なお、1回当りの回頭時間は、平均6分30秒であった。

(3) 浚渫深度および接地圧

浚渫深度は、本船の左右舷深度計の指示値を潮位補正した値であり、おおむね11~12mであった。

(4) トラフ水位

海面汚濁防止装置は、オーバーフロ・トラフ内で気泡が分離されたオーバーフロ水を船底部から海中に放出し浚渫海面附近の汚濁をできるだけ少なくしようとする

ものである。この場合、放出効果を上げるためにトラフ内水位を調整するが、本調査では、水位を4~4.5m（オーバーフロ・シュート上端から）に保持するよう流量制御弁の開度を調節した。なお、制御弁開放の場合のトラフ内水位は、1m弱であった。

(5) ポンプ流量

浚渫ポンプの流量は浚渫能力および泥艙内の沈澱効果に影響を及ぼす重要な要因である。本船には電磁流量計が装備されているが、なお正確を期するため揚水試験を行って、それらの値を修正した。

揚水試験は左右舷別に行い、ポンプ回転数を3段階に変えて、それぞれ5分間泥艙に吐出したのち喫水および泥艙内水位を測定して平均流量を求めた。表-7は、その結果で以後の検討に当っては表中の補正係数を用いて電磁流量計の測定値を補正した。

表-5に示す値は、流量計の記録から求めた各行程間における平均流量である。図-4はC-2、C-3の第1行程から第3行程までのNo.1ポンプ（右舷側）の流量変動を示したものである。図から判るようにC-2とC-3では流量の変動様相が著しく異なる。これは4.1で述べたように浚渫土質の相違が表われたものであり、したがって表-5の平均流量もC-2、C-4のものは、C-1、C-3、C-5の値に比べて、全般的に低流量である。特にC-4の第5~7行程でのNo.2ポンプ（左舷側）の流量低下は著しく、浚渫終了後においても正常流量に復元しなかった。また、C-5の第3行程後半は低流量を示しているが、これは積載土砂の不具合による船体横傾斜を修正するためにNo.1、2ポンプとも左舷側にのみ吐出し、この間、回転数を下げたことによるものである。

(6) 吸入負圧

図-4から判るように、吸入負圧と管内含泥率との関係はポンプ流量とそれとの関係の逆の現象を呈している。すなわち、高負圧・低流量は含泥率が高いことを意味している。前項で述べたC-4の第5~7行程におけるNo.2ポンプの平均吸入負圧は7~9m-Aqであり、流量変動をも併せ考えれば、左舷サクションラインが閉塞気味であったことは明らかである。事実、C-4終了後、ドラグヘッドのグレート面の一部は粘土塊によってつまっていたことが確認された。

(7) ポンプ含泥率および浚渫土量

ポンプ含泥率は浚渫能力を端的に示す要因である。本船には含泥率計が装備されていないため調査に当っては鉛直吐出管の差圧と流量から求める方式を試験的に試

表 5 - ① 浚 渫 記 録

テ ス ト No.	C 1 (Nov. 9)									C 2 (Nov. 9)							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*	1	2	3	4	5	6	7
行 程 Run																	
正味浚渫時間 T_D (min-s)	6-10	6-20	4-30	14-08	5-14	12-40	5-45	11-18	6-00	7-30 (79-35)	7-28	9-07	9-32	14-30	12-10	9-54	7-42 (72-58)
浚 深 深 度 h_u (m)	11.7	11.6	11.4	11.4	10.9	11.4	11.5	11.4	11.4	11.4	11.4	11.7	11.5	11.4	11.4	11.3	11.4
接 地 圧 P_0 (t)	11.9	11.7	11.2	11.8	11.4	12.1	11.5	12.1	11.4	11.4	11.5	11.8	11.7	11.4	11.4	11.2	11.4
トラフ内水位 h_0 (m)	3.3	3.3	3.3	3.5	3.2	3.2	3.4	3.1	3.2	3.4	3.7	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6
ポンプ流量 Q_m (m ³ /h)	6350	6070	6500	6550	6130	6430	6370	6230	6000	6280	5640	5700	6110	6270	5960	5680	6500
吸 込 圧 力 V_m (m-Aq)	6800	6600	6430	6400	6560	6220	6670	6430	6760	5980	5340	5850	6430	6100	6230	6380	5880
ポンプ含泥率 X_p (%)	335	365	343	355	417	470	391	390	393	361	517	582	563	491	487	513	549
浚 深 土 量 G_p (m ³)	323	314	297	323	288	339	318	351	331	345	702	562	626	546	580	614	566
オーバーフロ含泥率 X_0 (%)	96	108	66	71	96	156	126	133	176	132	191	241	244	164	150	211	274
積 載 土 量 G_H (m ³)	9.1	6.1	6.7	8.8	6.7	12.3	8.4	12.7	7.9	17.3	241	70	168	86	135	153	121
船 速 V_s (kt)	628	692	322	1095	513	2118	769	1560	1056	1036	1341	362	2114	1591	2272	2584	2568
潮 流 V_e (kt)	636	425	223	1326	383	1615	537	1538	534	1293	1603	121	1493	878	1990	1958	1274
備 考	* 第1行程6'10"にてオーバーフロ開始 。 汚濁防止装置不使用																
	* 第1行程7'28"にてオーバーフロ開始 ** 第7行程開始後1'にして一旦ポンプ停止 。 汚濁防止装置不使用																

表 5 - ②

テスト No.	C 3 (Nov. 11)											C 4 (Nov. 11)								
	*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	*	2	3	4	5	6	7
Run	6-22	5-02	5-55	13-36	3-43	14-40	4-34	13-13	4-45	15-45	4-53	9-40	7-02	0-20	7-48	8-09	8-32	9-47	8-50	7-18
T_D (min-s)											(102-28)									(57-46)
h_w (m)	122	120	113	118	113	115	113	114	112	115	114	116	115	116	114	117	115	118	113	116
P_0 (t)	118	116	119	116	120	114	118	113	115	115	116	115	115	116	116	115	118	116	114	116
	32	32	33	32	33	34	32	34	31	33	32	33	34	32	32	34	33	32	34	33
	32	29	29	31	29	32	31	33	34	34	29	33	35	36	36	37	37	36	37	36
h_0 (m)		45	42	43	42	43	45	44	43	43	45	44			40	43	40	40	36	42
		43	43	43	44	41	44	43	44	43	45	44			40	43	40	39	35	41
Q_m (m ³ /h)	6400	6330	6400	6550	6680	6370	6520	6400	6560	6400	6130	6370	5530	6100	5530	6470	5910	5940	6450	6020
	6560	6740	6250	6540	6710	6580	6480	6770	6580	6640	6780	6610	5720	6460	6540	6620	6440	5090	2970	3810
V_m (m-Aq)	338	335	295	309	298	307	303	328	298	338	388	397	501	485	574	480	581	637	554	585
	366	332	353	362	363	354	390	374	334	365	361	361	574	550	512	509	553	680	*922	787
X_p (%)	11.0	9.6	5.8	6.9	5.9	8.7	8.3	10.8	8.8	12.5	18.9	17.4	22.3	15.0	24.3	10.1	2.23	2.60	1.72	2.45
	10.6	3.4	8.4	6.8	5.7	6.6	10.0	7.0	7.2	8.6	8.0	9.4	17.9	8.0	5.4	5.2	9.1			
G_p (m ³)	747	509	367	1024	244	1355	412	1560	45.7	191.8	94.2	178.7	144.5	50	1788	888	1874	2517	1633	1794
	738	192	51.8	1008	237	1062	493	1070	37.5	136.8	44.1	100.1	1200	27	469	468	883			
X_0 (%)		1.0	1.6	1.7	1.7	2.1	2.4	2.0	1.4	1.8	2.0				1.6	1.8	2.2	2.6	3.0	2.2
G_H (m ³)	148.5	594	749	1577	386	1778	627	1784	54.3	209.2	85.4	162.8	264.5	7.7	152.7	85.3	155.0	248.3	138.7	162.8
											(1410)								(1216)	
V_s (kt)	1.65		3.06	1.31	3.62	1.20	3.86	1.30	3.48	1.11	3.42	1.81	2.40	2.14		2.00	1.98	1.78	1.79	2.37
V_c (kt)	1.07		1.36	1.71	1.38	1.57	1.91	1.88	1.70	1.82	1.83		0.23	0.19		0.19	0.14	0.16	0.38	
		(WSW)	(WSW)	(WSW)	(WSW)	(WSW)	(WSW)	(WSW)	(WSW)	(WSW)	(WSW)		(W)	(W)		(WNW)	(NE)	(ENE)	(E)	
備 考	* 第1行程6'22"にてオーバーフロー開始 。汚濁防止装置使用											* 第2行程0'20"にてオーバーフロー開始 ** 第6, 7行程 左舷ヘッド閉塞気味 。汚濁防止装置使用								

表 5 - ③

テ ス ト No.	C 5 (Nov. 12)									
	* 1		2	** 3		4	5	6	7	8
T_D (min-s)	6-55	7-21	4-39	3-00	13-45	3-41	11-42	4-08	13-10	3-43 (72-04)
h_u (m)	11.6 11.6	11.5 11.3	11.2 11.7	11.7 11.8	11.6 11.4	11.1 11.5	11.4 11.4	11.3 11.4	11.6 11.5	11.3 11.6
P_0 (t)	3.2 3.3		3.4 3.1		3.3 3.3	3.0 3.4	3.4 3.2	3.1 3.1	3.2 3.2	3.2 3.2
h_0 (m)								4.3 4.3	4.5 4.4	4.2 4.2
Q_m (m ³ /h)	5940 6070	6130 6560	6220 6630	6270 6660	4900 5410	6170 6750	6650 6910	5740 6590	6610 6750	6160 6770
V_m (m-Aq)	3.98 4.56	3.82 4.68	3.58 4.77	3.79 4.86	2.49 3.23	3.93 4.60	3.52 4.50	4.30 3.93	3.90 4.38	4.60 4.17
X_0 (%)	12.9 11.0	9.2 6.0	7.6 6.1	8.5 6.6	11.2 5.5	11.2 5.4	4.7 3.8	17.5 3.2	7.2 4.7	16.0 3.8
G_p (m ³)	88.4 77.0	69.1 48.2	36.6 31.3	26.6 22.0	125.8 68.2	42.4 22.4	60.9 51.2	69.1 14.5	104.4 69.6	61.1 16.0
X_0 (%)		14	13		1.2	1.3	1.7	1.2	1.3	2.0
G_H (m ³)	165.4	105.6	54.5		193.7	46.6	69.9	62.1	124.0	54.1 (876)
V_s (kt)		1.26	3.73		1.05	4.52	1.48	4.48	1.37	4.54
V_c (kt)		1.27 (WSW)	1.41 (WSW)		1.62 (WSW)	1.74 (WSW)	1.83 (WSW)	2.00 (WSW)	1.99 (WSW)	1.98 (WSW)
備 考	* 第 1 行程 6'5 5"にてオーバーフロ開始 ◦ 汚濁防止装置使用 ** 第 3 行程後半, 船体傾斜修正のため, 左舷側にのみ吐出 ◦ 汚濁防止装置不使用									

表 - 6 浚渫時間と回頭時間

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
行 程 数	9	7	11	7	8
正味浚渫時間 (min-s)	79-35	73-08	102-28	57-46	69-31
回 頭 時 間 (min-s)	51-10	39-30	65-30	39-24	46-36
全浚渫時間 (min-s)	130-45	112-38	167-58	97-10	116-31

表 - 7 送水時のポンプ流量

	n_p (rpm)	Q_w (m^3/h)	Q_{aw} (m^3/h)	Q_{rw} (m^3/h)	Q_w / Q_{aw}		Q_w / Q_{rw}	
Pump No. 1	197	5509	5403	5651	1,019	} 1.024	0.975	} 0.983
	214	6776	6575	6879	1,031		0.985	
	217	7049	6898	7130	1,022		0.989	
Pump No. 2	196	5472	5163	5321	1,054	} 1.058	1,028	} 1,031
	210	6511	6175	6325	1,054		1,029	
	215	6785	6407	6560	1,059		1,034	

Q_w : 喫水及び泥船水位から求めた流量
 Q_{aw} : 流量指示計の値
 Q_{rw} : 流量記録紙の値

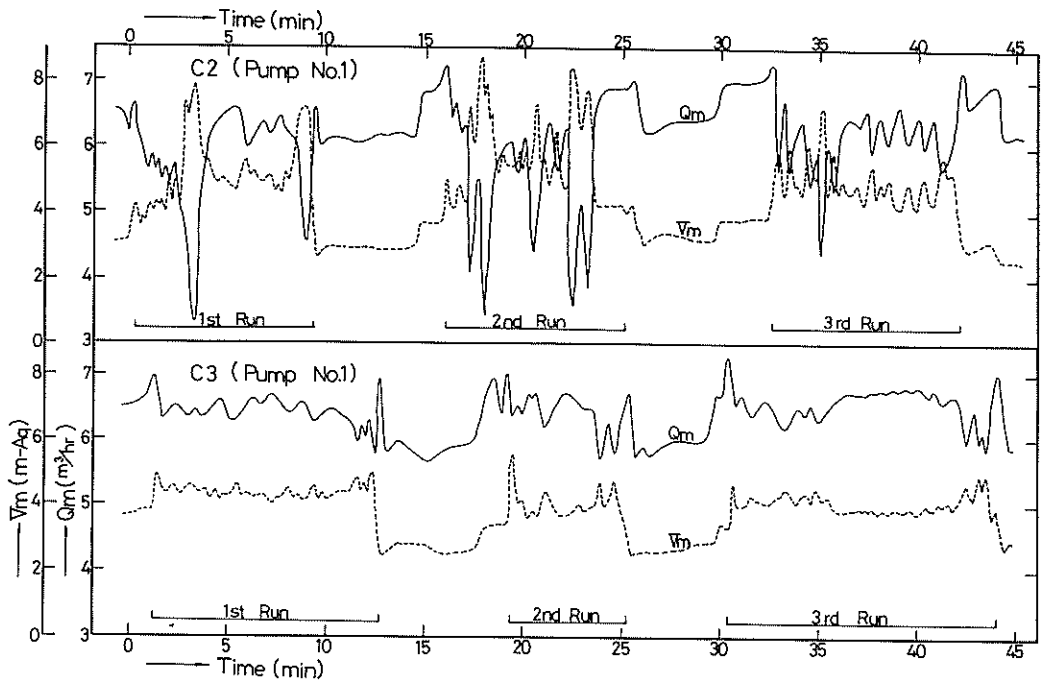


図 - 4 ポンプ流量及び吸入負圧の測定記録例

みた。鉛直上昇管における差圧と含泥率との間には次の式が成り立つ。

$$C_v = \frac{h_m - h_w}{L(\gamma_s - \gamma_w)} \dots\dots (1)$$

- ここに、 C_v : 真容積含泥率
 L : 圧力取出口間の距離
 h_m : 浚渫時の L における損失水量
 h_w : h_m と同一流量の送水時の L における損失水頭
 γ_s : 土砂の真比重
 γ_w : 海水の比重

あらかじめ送水時の $Q-h_w$ の関係を確認しておけば、浚渫時の h_m を測定することにより式(1)から含泥率が求まる。図-5はNo.2ポンプの測定例でありポンプ流量や吸入負圧との相対的变化の対応は、かなり良く出ている。しかしながら、本調査では差圧測定部と流量計との相対位置によるタイムラグ或いは圧力取出口の閉塞等があったため十分に信頼性のある含泥率を得るには致らなかった。したがってここではポンプ流量および吸入負圧をもとにしてポンプ含泥率を推算してみた。図-4で判るようにポンプ流量と吸入負圧は極めて密接な関係にあり、それらの変動は主として吸入管内の含泥率によるものである。

ドラッグサクシヨン浚渫の吸入管内含泥率は、

$$x_p = \frac{(1-\xi)V_m - V_w}{(-h_s + h_{u0} + \beta h_{rs})(\gamma_s - \gamma_w)} \dots (2)$$

で与えられる。

- x_p : 見掛容積含泥率
 V_m : 浚渫時の吸入負圧
 V_w : V_m と同一流量送水時の吸入負圧
 h_s : 吸入実揚程
 h_{u0} : 実浚渫深度
 h_{rs} : h_m と同一流量送水時の吸入管損失水頭
 β : 土質係数
 γ_s : 土砂の見掛比重
 ξ : ドラッグヘッドの埋没係数

ドラッグサクシヨン浚渫船では積載土量に応じて喫水すなわち吸入実揚程が変り、また浚渫深度も海底の不陸によって変化する。本調査では、これらの連続記録を行わなかったのて以下各行程間の平均的な諸数値から含泥率を求めた。

送水時の吸入管損失水頭 (h_{rs}) については回頭時の

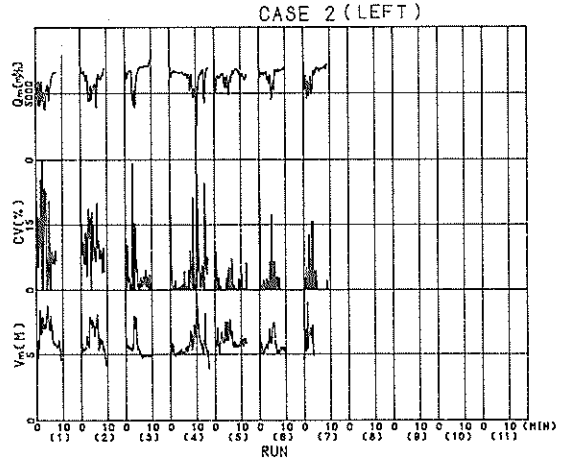


図-5 差圧方式による含泥率の測定記録

ポンプ流量と吸入負圧から各舷の吸込管特性を求め浚渫時の流量に対する h_{rs} を求めた。土質係数 (β) については過去行われた現地試験の結果^{4),5),6)} および表-2を参考にして、 $\beta = 2.5$ とした。埋没係数 (ξ) とはドラッグヘッドが土砂中に埋没したために生じる負圧増加分の全負圧に対する割合を言い、本調査ではC-1, C-3, C-5の砂質土に対して $\xi = 0$ 、C-2, C-4のシルト質砂に対して、 $\xi = 0.05$ ⁴⁾ とした。

以上のような仮定のもとに式(2)からポンプ含泥率を求め、さらにこれとポンプ流量および浚渫時間から浚渫土量を算出しそれぞれ表-5に示した。なお、C-4の第5~第7行程No.2ポンプは閉塞気味であるため除いた。

一般的にNo.2ポンプの含泥率はNo.1ポンプより低い。特に、C-4およびC-5では差が著しく、浚渫が進むにつれて片荷状態となったため両ポンプの片舷吐出あるいはジェット水を用いて船体横傾斜を修正した。

(8) オーバーフロ含泥率

ドラッグサクシヨン浚渫船による海面汚濁の主要因は、オーバーフロ水である。本調査では左舷オーバーフロ・トラフにおいて採水秤量したが、前項で述べたように左右舷のポンプ含泥率が著しく異なったため、表-5に示すオーバーフロ含泥率を平均値あるいは代表値と見做すことはできない。しかしながら、全般的にはC-2, C-4の含泥率は他のケースより高いことが認められよう。

(9) 積載土量

積載土量は各行程前後の喫水から求めた。なお各ケースにおいて浚渫終了後艀内の土砂堆積状態をみるため各艀艀扉上(12か所)でサウンディングを行った。

図-6は測定結果の一例であり、船尾側(吐出)から船主側(オーバーフロー)にかけての堆積状態を示す。

10 船速および潮流

船速は浚渫区域を示すブイ間の航走時間より求めた対地速度であり、潮流によって著しく影響を受けた。

潮流は、調査船DおよびEにおいて測定され、それらの平均値は表-3に示した。

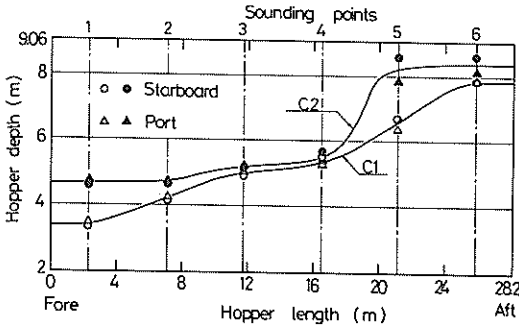


図-6 泥船における土砂の堆積状態

6.2 浚渫能力と積込効率

ドラッグサクシヨン浚渫船の浚渫能力に影響を及ぼす運転条件は、ドラッグヘッド接地圧、ポンプ流量、船速等である。また泥船内における積込効率は、浚渫能力に関わることは勿論、汚濁に関する重要な問題である。

ここでは、表-5のデータに基づいてそれらを検討した。

図-7はポンプ含泥率と単位時間当りの浚渫土量(g_p)

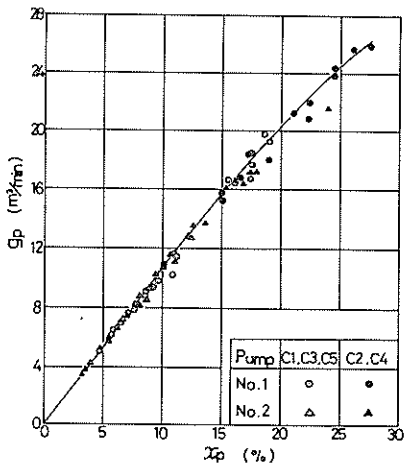


図-7 ポンプ含泥率と単位時間当りの浚渫土量

の関係を示している。左右舷ポンプとも含泥率の増加に伴って浚渫土量は増加するが、含泥率が高くなると流量低下の影響で浚渫土量の増加率は低減する。しかしながら、本調査の範囲では、高含泥率は高浚渫能力として差支えない。

図-8は、左右舷ポンプの平均含泥率に対する単位時間当りの積載土量(g_H)の関係である。積載土量は、含泥率や泥船内の土砂の堆積状態にもよるから、図-7で見られるような明瞭な相関性はないが、ポンプ含泥率の影響がかなり顕著であることが判る。

図-9は船速に対するポンプ含泥率をプロットしたものである。砂質土の場合には、通常3~4ノットにおいて最高含泥率を得ると言われているが⁶⁾、図-9からは

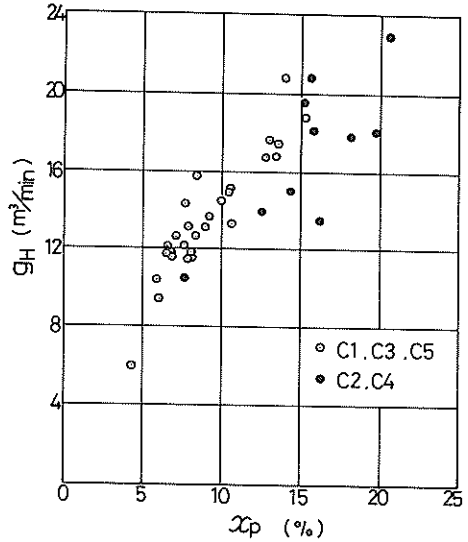


図-8 ポンプ含泥率と単位時間当りの積載土量

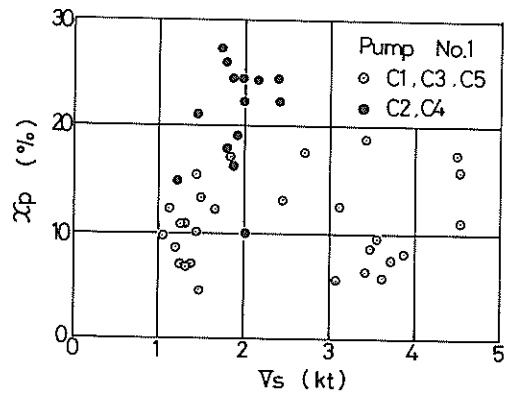


図-9 船速とポンプ含泥率

船速の影響を示す傾向的なものは見られない。

本調査の場合、浚渫距離が短かく、かつ潮流の影響が著しいために、定常的な浚渫状態を保つ時間が極めて短かかったことに起因している。

さて、ドラグサクショ浚渫船では浚渫時間の大半はオーバーフロ浚渫である。したがって、この間に浚渫された土砂を効果的に泥艙に沈澱堆積させることが、高能率を保証し、海域汚濁の低減につながる。

泥艙の積込効率 (η_L) は、次のように定義される。

$$\eta_L = g_H / g_P \quad \dots\dots (3)$$

また、オーバーフロ・ロス (overflow loss) (L_0) は、

$$L_0 = 1 - \eta_L \quad \dots\dots (4)$$

で与えられる。積込効率は、土質は勿論のこと、ポンプ流量や含泥率、泥艙の大きさや形状等多くの要因によって影響される。⁸⁾ 図-10は、左右舷ポンプの平均含泥率 (\bar{x}_p) に対する積込効率を示す。ポンプ含泥率、すなわち浚渫土量が増加すると、積載土量が増加する傾向になることは、図-7、図-8で示したが、同時に積込効率は減少傾向になることを図-10は示している。したがってポンプ含泥率の増加を一義的に高能率に結びつけることはできない。

一方、泥艙内の積載土量が蓄積されてくると、遊水容積が少なくなるから積込効率の低下を招くことは当然考えられることである。図-11は、累積積載土量 (G_H) に対する積込効率を示す。積込効率は土質によって減少パターンが異なるが、累積積載土量に強く依存すること

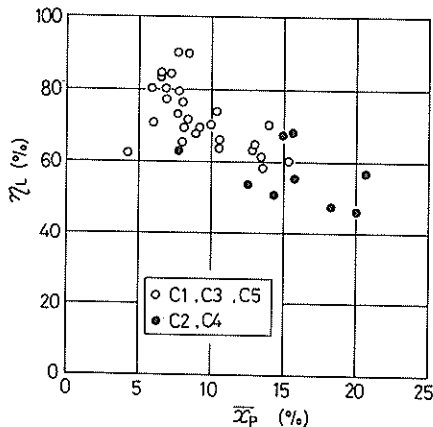


図-10 ポンプ含泥率と積込効率

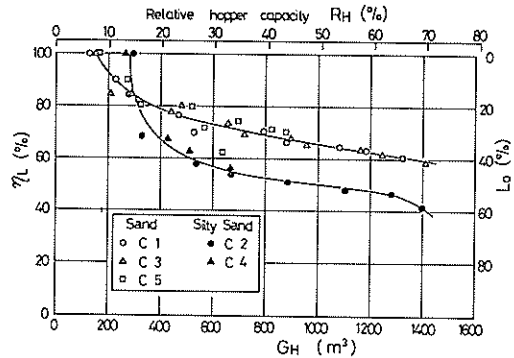


図-11 積載土量に対する積込効率の変化

がわかる。『砂』の場合は、オーバーフロ開始後ゆるやかな漸減傾向を示すが、『シルト質砂』の場合は、オーバーフロ開始後急激に低下し、以後漸減傾向をたどる。

なお、オーバーフロ開始時点が土質によって異なるのは、ポンプ含泥率および流量低下の相違に起因する。

一般に、ドラグサクショ浚渫船の積込効率は、浚渫時間の経過とともに双曲線状に低下し、ある点を境にして急激に低下すると言われている。⁹⁾

本調査では、両土質とも最大積載土量は約1,400 m³であり、相対泥艙容積 (R_H) にして約70%である。図-11から判るように、砂の場合はまだ漸減傾向にあるがシルト質砂の場合はすでに急激に低下する傾向を示している。以上のことから、ドラグサクショ浚渫船では、累積積載土量または相対泥艙容積が運転上の重要な一指標になると言えよう。本例の場合、『砂』で $R_H = 75 \sim 80\%$ 、『シルト質砂』で $65 \sim 70\%$ をそれぞれの目標として浚渫を行えば、比較的高能率でかつ汚濁の少ない運転が期待できる。

6.3 濁度と懸濁物質質量 (S.S) の関係

本調査では、濁度計センサ19個を用い、ドラグヘッド周辺および浚渫海域の濁度を測定した。しかしながら、濁度は、汚濁物質の粒子の大きさや色彩、さらには測定方式によっても指示値が異なるから、より一般的な汚濁指標であるSS濃度との関係を明らかにしておく必要がある。

ドラグヘッド周辺(A)および(D,E)において採水した試料からSS濃度を求め、これと同一箇所測定した濁度記録とを比較した。採水は間欠的であり、また濁水が採水チューブ内を流れるために、濁度記録とは時間的

ずれが生ずる。したがって濁度は、記録上において、このずれ時間を修正するとともに、採水時間内の平均値を用いた。なお、ずれ時間は、(A)で7.8秒、(D)及び(E)で1.2秒とした。図-12は、以上のようにして求めた濁度をSS濃度との関係をプロットしたものである。

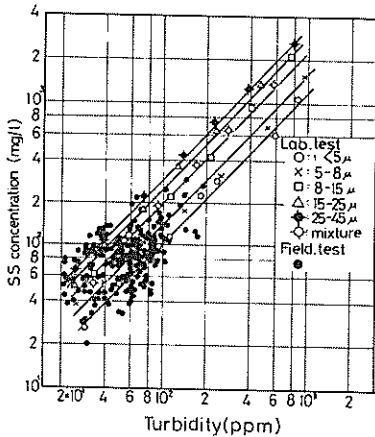


図-12 濁度とSS濃度の関係

相関係数は0.5であって、本図から両者の関係を知ることはできない。今回の測定では、濁度の範囲が狭くかつ絶対値が低いこと、また採水チューブ内を流れる粒子の大きさによって、ずれ時間が異なってくることなどのため、両者の相関が悪くなったものと思われる。

濁度とSS濃度の関係は、汚濁物質によって多少異なるが、有機物がほとんどない場合には、かなり良い相関を得られることが確かめられている。¹⁰⁾そこで、それらの関係をより明確にするために、現地の汚濁物質(オーバーフロ土砂)を用いて、室内実験を行った。汚濁物質を粒径(d_s)によって、 $d_s < 5 \mu$ 、 $5 \sim 8 \mu$ 、 $8 \sim 15 \mu$ 、 $15 \sim 25 \mu$ 及び $25 \sim 45 \mu$ の5種類に分け、それぞれの試料について濁度とSS濃度の関係を調べた。その結果が図-12の直線群であり、同一SS濃度でも粒径が小さくなるにつれて濁度は大きく表われる。これは光学的濁度計の場合、光量の減少は粒子の断面積による遮へい効果が支配的であることから容易にうなずけることである。図-13は濁度とSS濃度の比(T_u/SS)に及ぼす粒径の影響を示したものであり、若干のばらつきがあるが、次式の関係が得られる。

$$T_u/SS = 1.21 d_s^{-0.38}$$

実際の汚濁物質は各種粒径の粒子が混合したものであるが、粒径加積曲線 $\phi(d_s)$ 上の各粒径において、式(5)

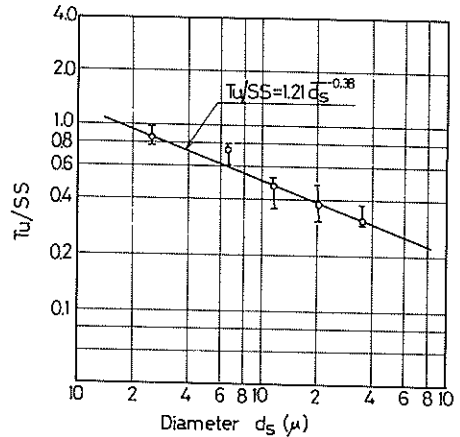


図-13 粒径と T_u/SS の関係

が成り立つとすれば、混合粒子群の T_u とSSの関係は次式で示される。

$$T_u = \{1.21 \sum \Delta \phi_i \cdot d_i^{-0.38}\} \times (SS) \dots \dots (6)$$

前記の分類した土砂を調査して現地土砂の粒径加積曲線に沿う試料を作成し、これを用いて測定した結果を図-12の○印で示した。図から判るように、これらの測定値は、式(6)から求めた関係曲線と極めて良く一致している。以上のことから、有機物を含まない汚濁物質の場合には、上記のような簡単なテストによって、濁度とSS濃度の関係を比較的精度良く知ることができる。

6.4 ドラグヘッド周辺の濁り

ドラグヘッド周辺の濁りは、右舷ドラグヘッド上面から上方へ2m (Pt.1)及び3m (Pt.2)の位置にセンサを設置して測定した。

図-14は、C-3及びC-4の濁度の時間的变化である。なお、その他のテストケースについては、付図-1に示した。これらの図からヘッド周辺の濁りは、土質によって著しく相違していることが判る。C-3は土質が『砂』であり、ヘッド上面から2mのPt.1において検出されるが、その上方1mのPt.2においては、ほとんどバックグラウンドの値に近い。しかもPt.1の濁度は全行程中ほとんど変動が少ない。一方C-4の場合は土質が『シルト質砂』であり、Pt.2とも顕著な濁りを示している。特にC-3と異なる点は、淡漑行程が進むにつれて、濁度が大きくなることである。これは微細粒子の滞留蓄積によるものであるが、特にC-4の場合は、潮流が極めて僅かであり、一層その傾向が促進

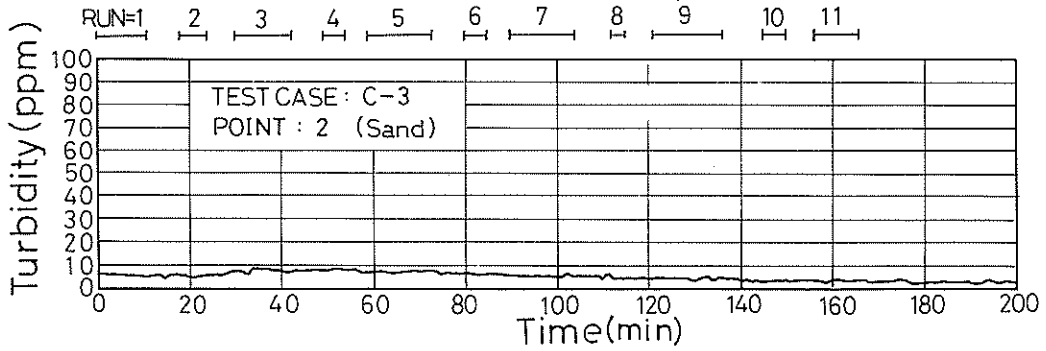
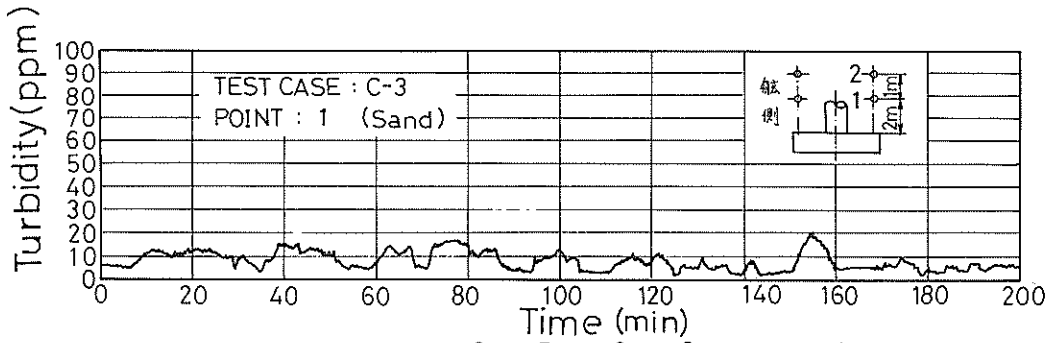


図-14(1) ドラグヘッド周辺の濁り (C-3)

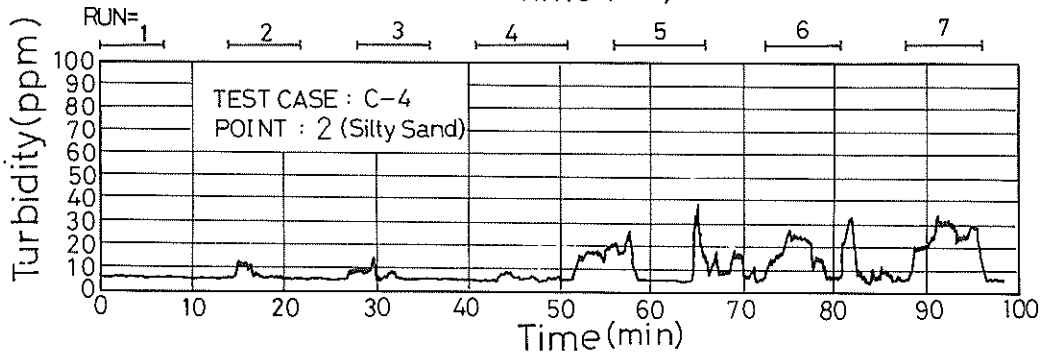
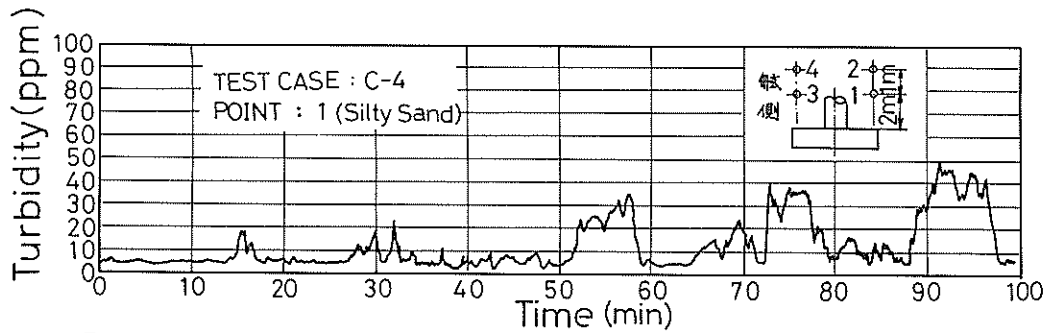


図-14(2) ドラグヘッド周辺の濁り (C-4)

されたものと思われる。

図-15は、行程数に対する浚渫時間内の平均濁度 (Pt.1) の変化を示したもので、『砂』の場合 (C-1, C-4, C-5) はバックグラウンドよりやや大きく各行程ともほぼ一定の値を示しているのに対し、『シルト質砂』の場合 (C-2, C-4) は行程が進むにつれて濁度が増加する。このような微粒子の残存傾向をより明らかにするために、平均濁度の残留率を示したのが図-16である。ここで、濁度残留率 (R_T) を次のように定

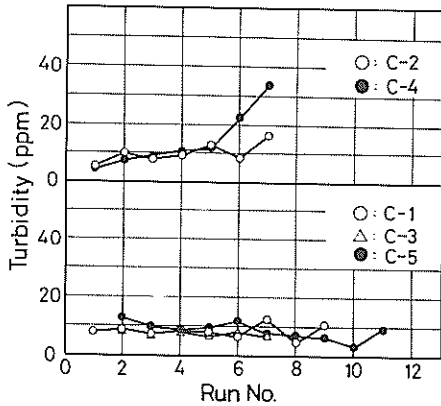
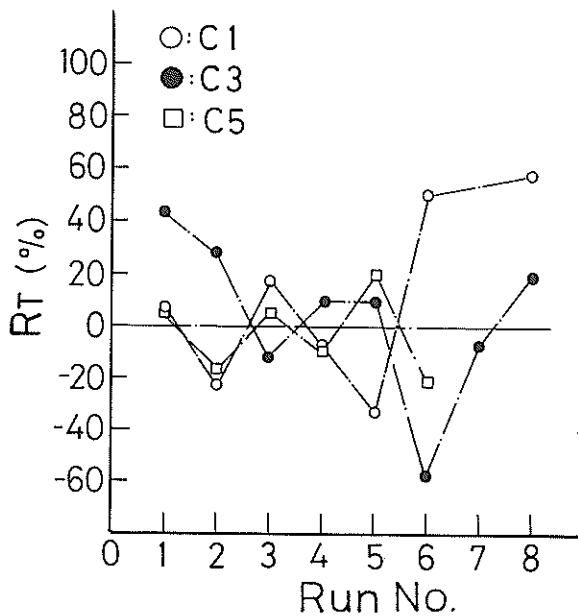


図-15 A点における平均濁度の変化



義する。

$$R_T = \frac{T_u(i+1) - T_u(i)}{T_u(i)} \times 100 (\%) \dots (7)$$

但し、 $T_u(i)$: i 回目の行程における平均濁度

$T_u(i+1)$: $(i+1)$ 回目の行程における平均濁度

$R_T < 0$ ならば、浮遊粒子は次の浚渫行程までに沈澱又は、流下していることを示す。『砂』の場合には各行程ごとの残留率のばらつきは大きいですが、全行程をみれば、ほぼ0に落ちつく。一方『シルト質砂』の場合はすべて $R_T > 0$ であり、濁りの蓄積を意味している。

以上のように、ドラグヘッドによる汚濁発生量そのものは、比較的少ないが、粘土、シルト等微細粒子を多く含んだ土質の場合には、浚渫区域内において濁りの蓄積があるから、浚渫行程を計画する上で充分な注意が必要である。

6.5 浚渫海域周辺の濁り

ドラグヘッド及びオーバーフロによる汚濁が浚渫周辺海域に拡散していく状態を把握するため、潮流の流下方向に調査船4隻を配置して濁度の計測を行った。

(1) D点における濁り

D点は浚渫区域から流下方向約150mの位置であり、

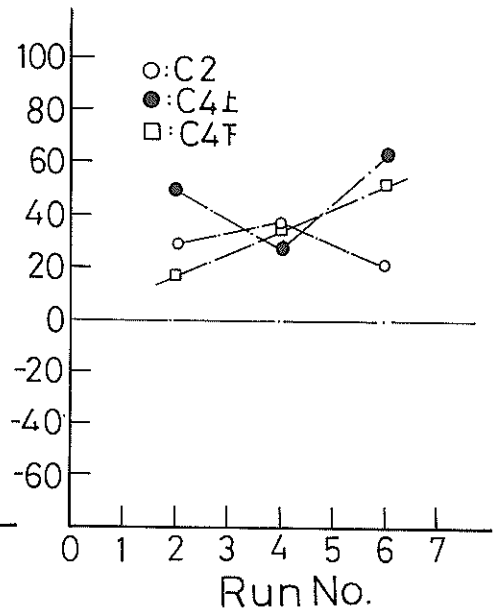


図-16 平均濁度の残留率の変化

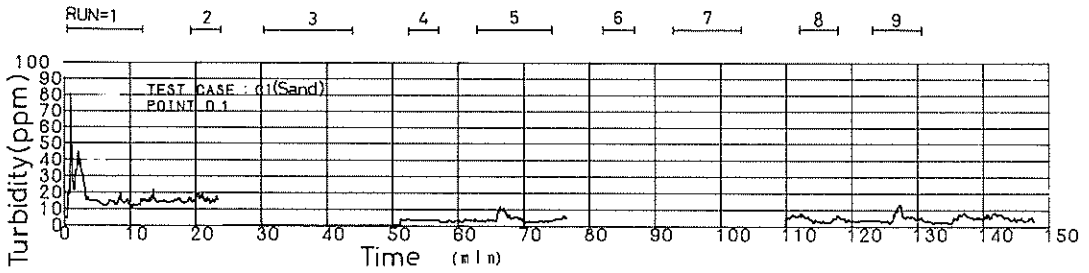
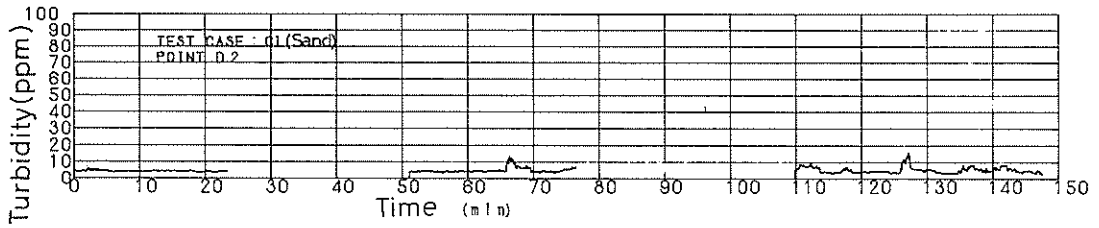


図-17(1) D点における濁りの変化 (C-1)

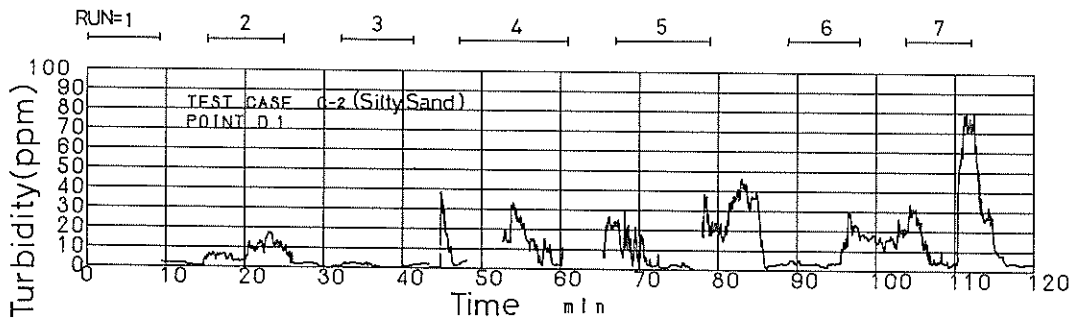
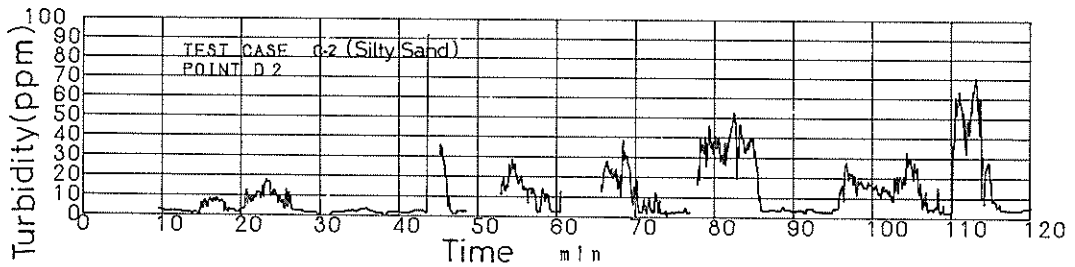


図-17(2) D点における濁りの変化 (C-2)

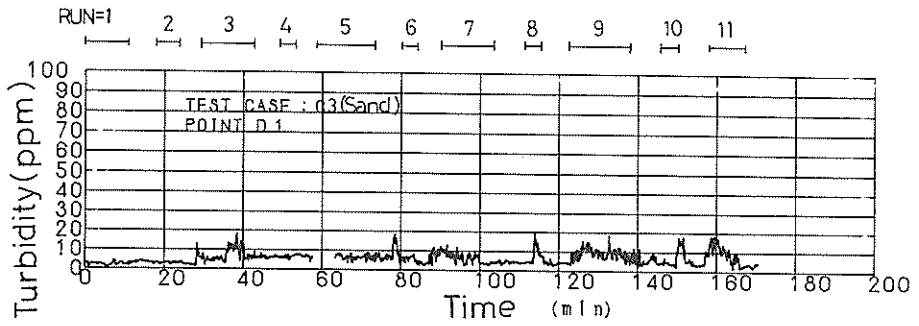
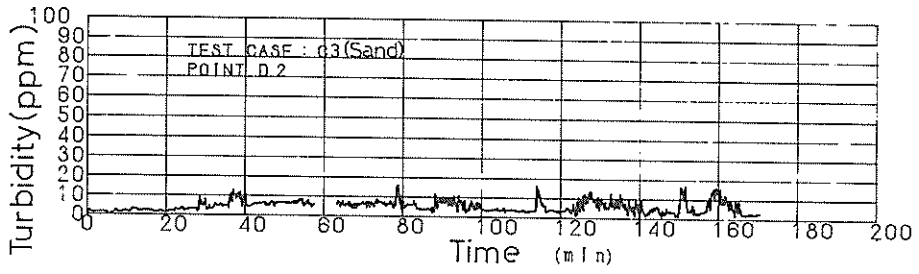


図-17(3) D点における濁りの変化(C-3)

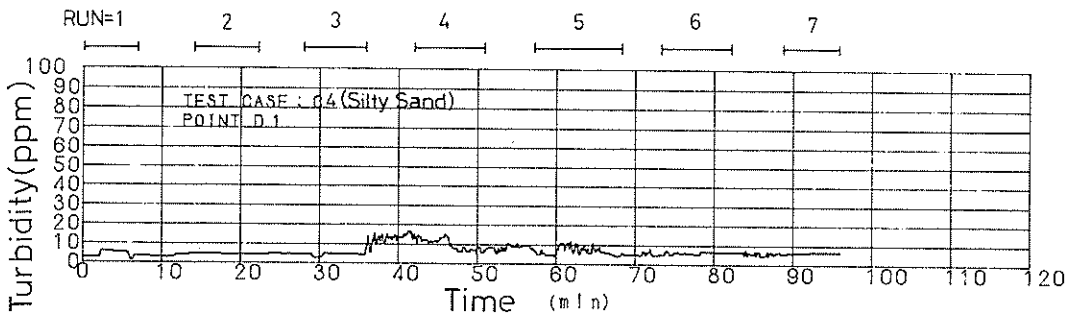
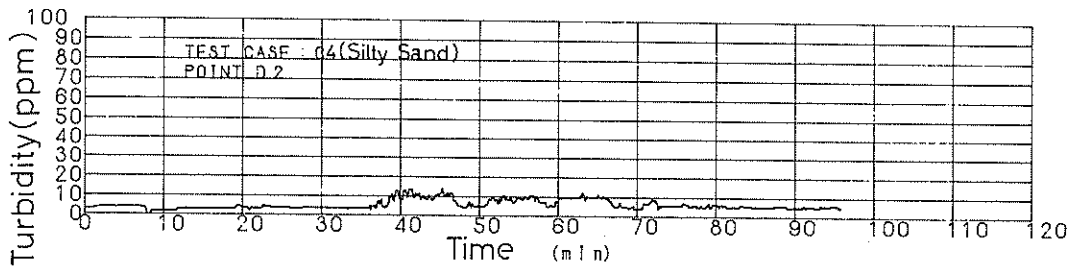


図-17(4) D点における濁りの変化(C-4)

鉛直方向に6個のセンサを吊り下げて、濁度を連続記録した。

図-17は表層2点(Pt.1, 2)の濁度記録である。鉛直方向6点の濁度の変動パターンは、いずれも類似しているので、ここでは表層2点の記録のみを示した。海面汚濁防止装置をしない場合(C-1, C-2)は、土質による濁りの変化の相違が極めて顕著に表われている。C-1『砂』の場合の濁りは極くわずかであり、全行程間での変動も少ないがC-2『シルト質砂』の場合は、浚渫行程が進むにつれて濁度が増加している。このような変動パターンは6.4で述べたドラッグヘッド廻りの濁度変化と極めて類似している。

ところが、海面汚濁防止装置を使用した場合(C-3, C-4)では、その様相が異なってくる。すなわちC-3『砂』の濁度は、汚濁防止装置を使用しないC-1とほとんど同程度であるが、一方、C-4『シルト質砂』の場合はドラッグヘッド廻りで最も濁りが多く、しかも高含泥率のオーバーフロ水を排出しているにもかかわらず、ほとんど濁りを検出していない。

次に、図-18は各行程の平均濁度を示したものである。ドラッグサクシジョン浚渫船の浚渫時の汚濁は、主にオ

ーバーフロ水によるものとすると、先に示した、図-10のオーバーフロ・ロス汚濁発生源であり、浚渫行程の経過とともに漸増傾向にある。これを図-18と対比してみると、『砂』の場合、汚濁防止装置の使用、不使用にかかわらず、D点の濁度はオーバーフロ・ロスの増加傾向を必ずしも反映しているとは言えない。すなわち、粒子の大半は、D点に到達する以前において沈降することを意味している。一方、『シルト質砂』の場合、汚濁防止装置を使わないと、オーバーフロ・ロスの増加とともに、D点の濁度も上昇するが、汚濁防止装置を使用すると、著しく濁度が低下することが判る。なお、図-18-(1)のC-2の場合、奇数・偶数行程で平均濁度の変化が著しく異なるので、区別して直線を描いた。

以上D点での測定結果からみると次のことが言えよう。『砂』の場合には沈降速度が速いために、顕著な汚濁は見られず、したがって汚濁防止装置の使用、不使用の差はほとんどない。そのことは、C-5では汚濁防止装置を前半不使用、後半使用としたが、濁度がほとんど変わっていないことからもうなずける。『シルト質砂』の場合はオーバーフロ・ロスの漸増傾向を反映して、汚濁防止装置を使わないと、浚渫行程が進むとともに濁度は増加

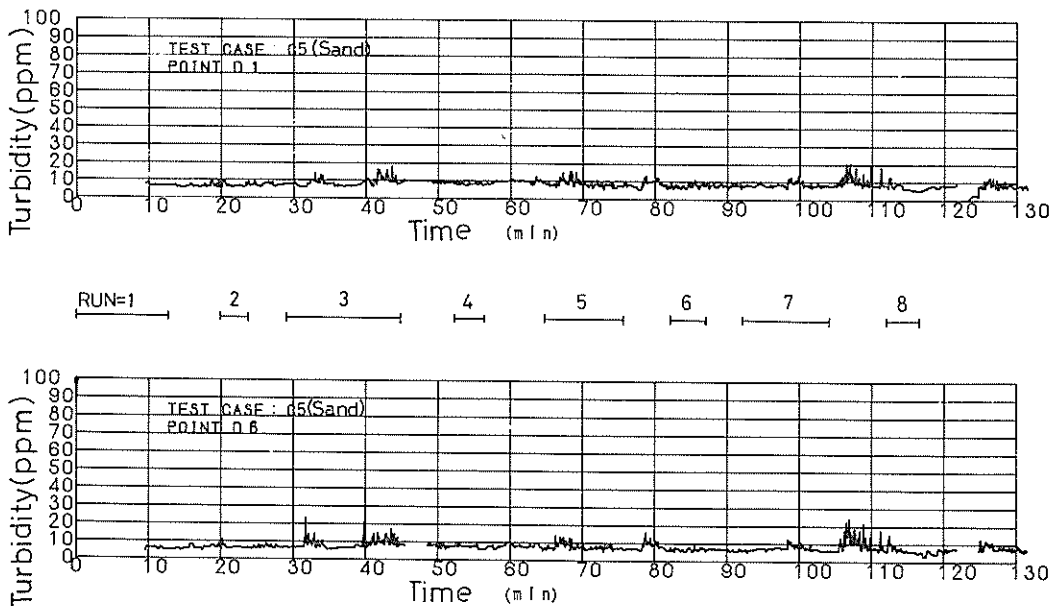


図-17(5) D点における濁りの変化(C-5)

するが、汚濁防止装置を使用すると濁度は著しく低下するとともに増加傾向もほとんどなくなる。結局、汚濁防

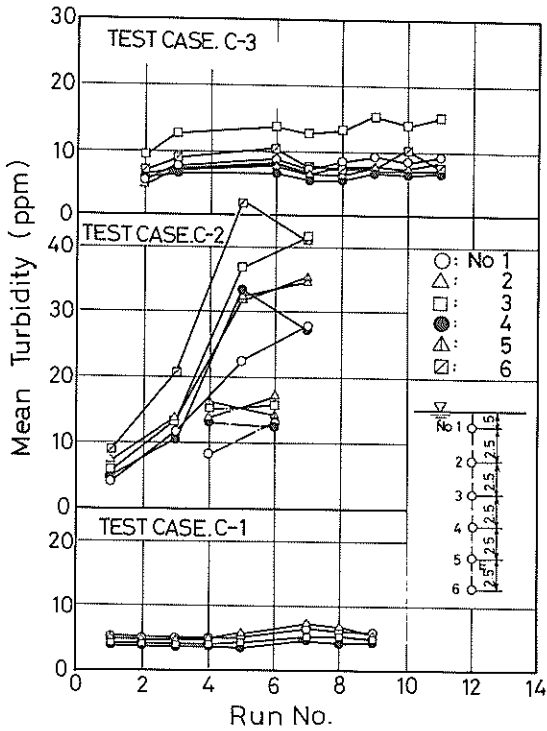


図-18 (1) D点における平均濁度の変化

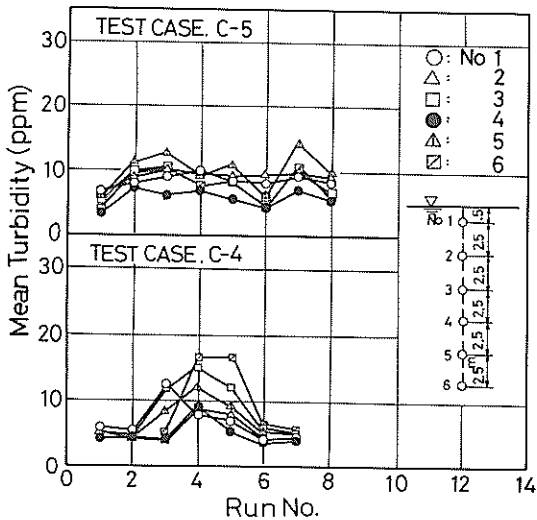


図-18 (2) D点における平均濁度の変化

止装置は微細粒子を含む土砂に対して著しく効果を発揮するものと言えよう。

(2) 濁りの鉛直分布

調査船DおよびEにおいて、潮流と濁度の鉛直分布を測定した。

図-19と付図-6は、D、E点の潮流の垂直分布であり、放物線もしくは、 $1/7$ 乗則で近似される。海面での流速が最も速く、したがって濁りの到達は、海面近い点で最初に検出される。

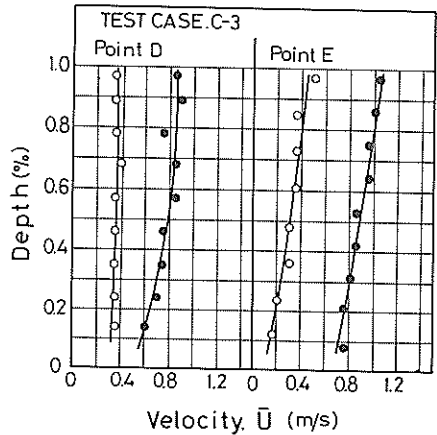


図-19 流速分布

図-20は、各測定点の平均濁度を海面の濁度 T_1 で割って無次元化した垂直分布である。この場合、平均濁度は、濁りが到達した時からその行程における浸滞時間に相当する時間内の平均とした。

これらの図から判るように、C-1、C-3、C-5の『砂』グループとC-2、C-4の『シルト質砂』グループとは、分布のパターンが著しく異なっている。『砂』の場合は、オーバーフローロスが比較的小さく、D点に到達する過程で大部分の粒子が沈降してしまい、少量の微粒子によって濁りが形成されるから全体的に見れば均一分布に近い。一方『シルト質砂』の場合は、汚濁防止装置の効果によって絶対値は著しく相違するが、鉛直分布のパターンは類似しており、底部は表面部の2倍近い値を示している。また微粒子が多いので潮流の影響を受け易く、『砂』の場合に比べてバラツキが大きい。

(3) E点における濁り

E点は、潮流の流下方向の最後尾に位置し、D点と同様の計測を行った。付図-2はE点の濁度記録である。D点の記録と異なり、実験中ほとんど変化は見られず、バックグラウンドに近い値を示した。E点の配船状況は

C-1を除くとほぼ当初の計画に近い直線状の配置であり、流下方向に最も近い場所でパイから600m、遠い場所で1.3kmであった。拡散した汚濁粒子がE点を離れたこともあったが、E点が、汚濁の拡散方向に位置している場合でも、汚濁粒子が以外に早く沈降したために顕著な濁りを記録するまでに到らなかった。次にD点の解析と同様に各行程に対する平均濁度を求め鉛直分布を図-21に示す。どのテストケースにおいても平均濁度は5~10ppmと低い値となったため、D点のような土質の違いをこれから得るまでには到らず、一様分布を呈している。

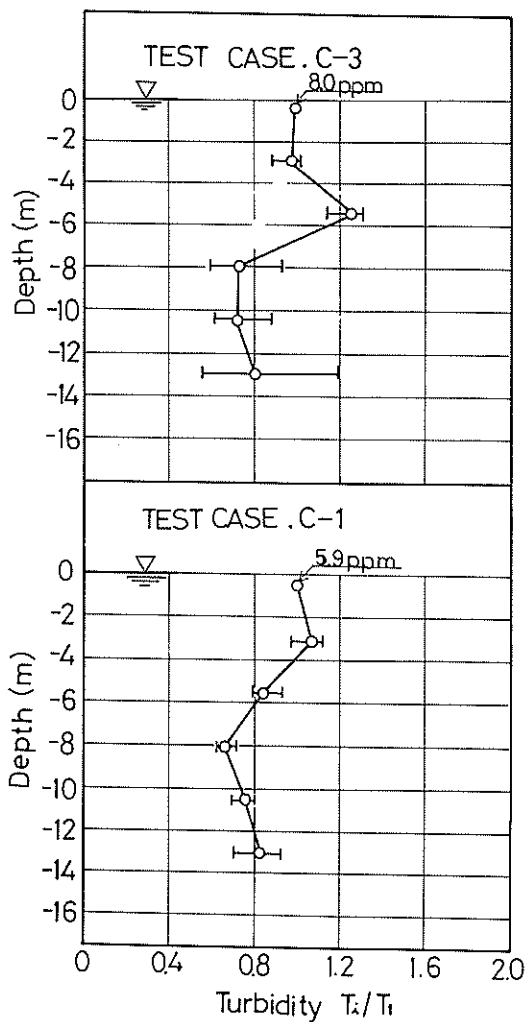


図-20(1) D点における濁度の垂直分布

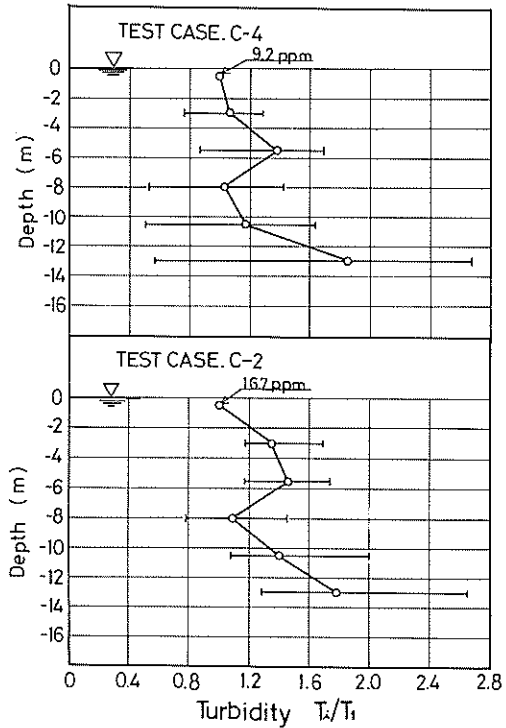


図-20(2) D点における濁度の垂直分布

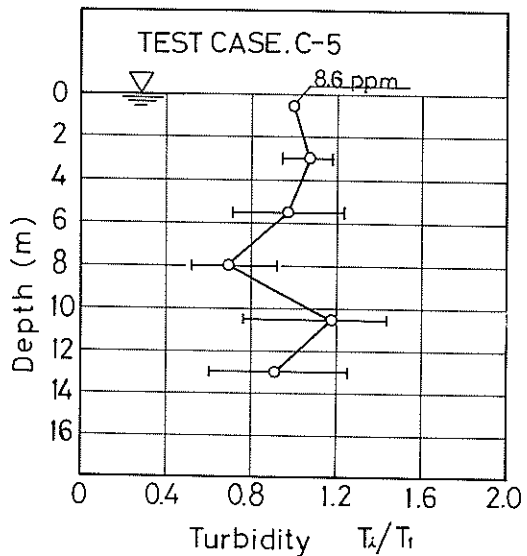


図-20(3) D点における濁度の垂直分布

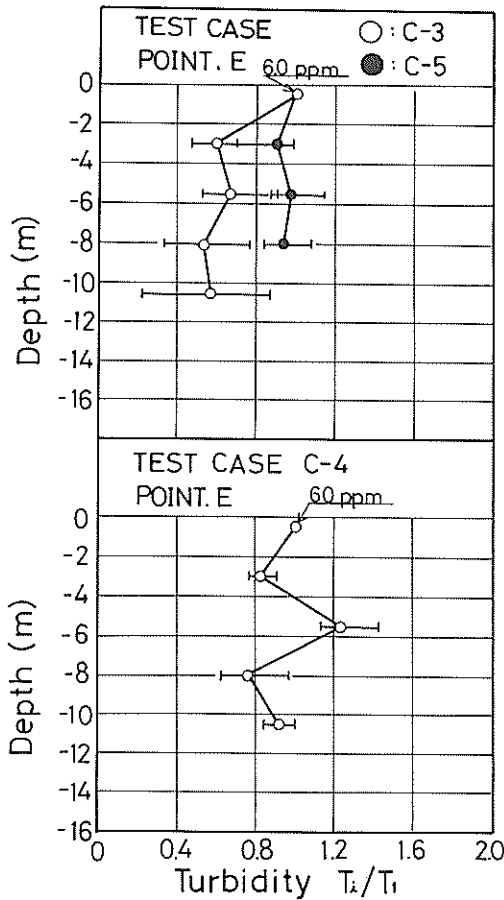


図 - 21 E 点の濁度の垂直分布

(4) F, G 点の濁り

F, G 点の濁度測定は、1 分ごとにあらかじめ定めた水深の濁度を 1 個の濁度計にて測定した。測定点は水深 2 m ごとの 8 ~ 9 点であった。付図 - 4 に F 点、付図 - 5 に G 点の濁度記録を示す。図からもわかるように、濁度は周期的に記録されている。同一水深での測定間隔は平均約 10 分程度であり、たまたま浚渫時間内に当たった測定点にのみ濁りが記録された結果となった。したがって、D, E 点のように濁度の垂直分布を確めることはできなかった。

6.6 濁りの拡散

ドラグヘッドおよび浚渫区域周辺の汚濁状況の測定結果から、汚濁の主たる主因は、オーバーフロ水にあり、

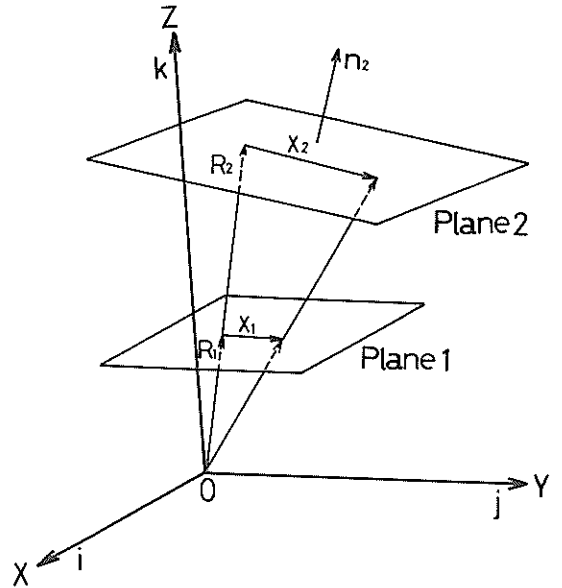


図 - 22 座標変換説明図

実際、かなり広範囲に拡散していることが予想される。ここでは、観測データから汚濁の拡散範囲および現地の拡散係数を求め、さらに拡散方程式の解¹⁰⁾を利用して拡散の数値計算を試み、測定結果と比較検討を行った。

(1) 観測写真の座標変換

供試船『海鶴丸』が浚渫している状況は、下関側の火山展望台から写真観測を行った。斜め上方からの撮影であるため、写真中の対象物の実長を得るために座標変換が必要となる。まず、図 - 22 の状態を考える。平面 1 を写真とし平面 2 を座標変換後の面とすると平面 2 上の任意ベクトル x_2 は次式で与えられる。

$$x_2 = \frac{n_2 \cdot R_2}{n_2 \cdot (R_1 + x_1)} (R_1 + x_1) - R_2 \quad (8)$$

ここに、 R_1, R_2 ; 直角座標の原点 0 から見た位置ベクトル

x_1, x_2 ; 平面 1, 2 上の任意ベクトル

i, j, k ; 直角座標の各成分の単位ベクトル

n_2 ; 平面 2 の法線ベクトル

さらに、 $x_1 = (x, y, z), x_2 = (x', y', z')$ として式(8)を成分表示すると、

$$x' = \frac{a_1 x + b_1 y + c_1}{a_2 x + b_2 y + 1} \quad (9)$$

$$y' = \frac{a_3 x + b_3 y + c_3}{a_2 x + b_2 y + 1} \quad (9)$$

となる。この式は8個の未知数を含んでいる。もし、ここで平面1上の4点とそれに対応する平面2上の4点が既知であれば、式(9)より8元の連立一次方程式が得られ、未知数 a_i, b_i, c_i が求められる。¹¹⁾したがって座標変換は平面1の任意点 (x, y) について式(9)を用いて行えばよい。今回の調査では浚渫区域を示しているブイを用いて未知数を求めている。以上によって座標変換された図を図-23と写真2に示す。

CASE 2
NO. 5
(MESH 50 M)

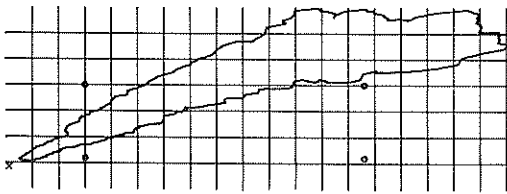


図-23(1) 写真-2の変換後の拡散図



写真 2

図中の×印は海鵜丸の船央の位置を示している。ここで示されている拡散の状況は表層に関する拡散である。また付表-1に拡散面積の相当半径を示す。

(2) 拡散係数

拡散方程式を実際に用いる場合、いかに合理的に簡略化するかという事が重要であり、それと並んで重要なのは拡散係数をどのように評価するかという事である。ここではFick型の拡散係数 K を用いる。鉛直方向の拡散係数 K_z は水平方向のそれに比べて十分に小さい¹²⁾とし

て無視し、二次元拡散として取扱い x, y 方向の拡散係数は等しいとする。現地調査による水平方向の拡散係数 K の求め方は図-24の t_{i-1}, t_i における周辺濃度が等しいと仮定すると、

$$K = \frac{r_1^2 - r_{i-1}^2}{8(t_i - t_{i-1})} \quad (10)$$

で与えられる。その結果は、

$1.1 \times 10^3 \sim 7.3 \times 10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$ で平均値 $3.3 \times 10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$ であった。過去の実験による資料¹⁾として荻田沖の拡散係数 $K = 1.7 \sim 9.6 \times 10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$ があり、今回の結果はこれに近い値となった。

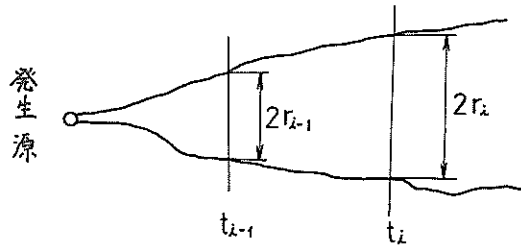


図-24 連続汚濁源の場合の拡散

(3) 拡散の数値計算

沈降を考慮した拡散の方程式は次式で表わされる。

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + v \frac{\partial s}{\partial y} + w \frac{\partial s}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial s}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial s}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial s}{\partial z} \right) - w_0 \frac{\partial s}{\partial z} \quad (11)$$

ここで、 u, v, w は流速の各成分速度、 K_x, K_y, K_z は、 x, y, z 方向の拡散係数、 w_0 は土粒子の沈降速度である。

Z 方向の拡散係数 K_z は、海洋においては、 x, y 方向のそれと比べてかなり小さく、一般に海洋における拡散現象の解析では無視される。ここではさらに x, y 方向の拡散係数を等しいと考えると、式(11)は簡略化されて、

$$\frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + v \frac{\partial s}{\partial y} = K \left(\frac{\partial^2 s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 s}{\partial y^2} \right) - w_0 \frac{\partial s}{\partial z} \quad (11)'$$

となる。また濁り発生時の初期濁度分布を次のように設定する。

CASE C-1
 NO. 1~3
 (MESH 50m)

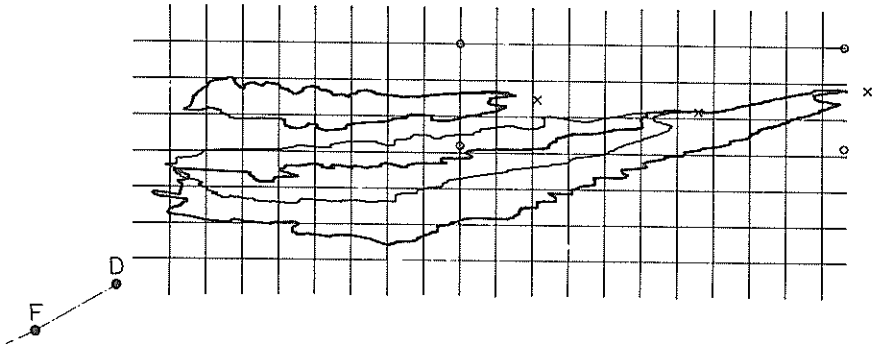


図-23(2) 写真の変換後の拡散図

CASE C-1
 NO. 4~6
 (MESH 50 M)

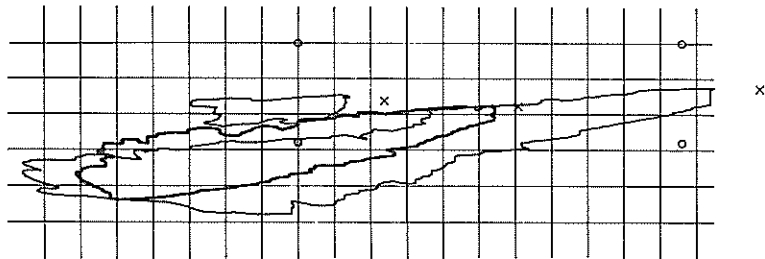


図-23(3) 写真の変換後の拡散図

CASE C-1
 NO. 7~8
 (MESH 50 M)

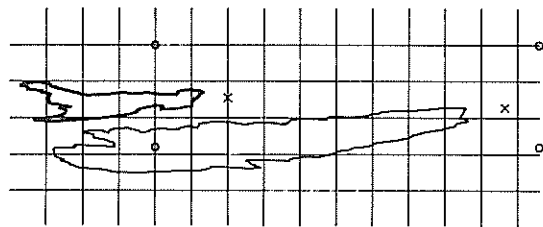


図-23(4) 写真の変換後の拡散図

CASE C-2
 NO. 2~5
 (MESH 50 M)

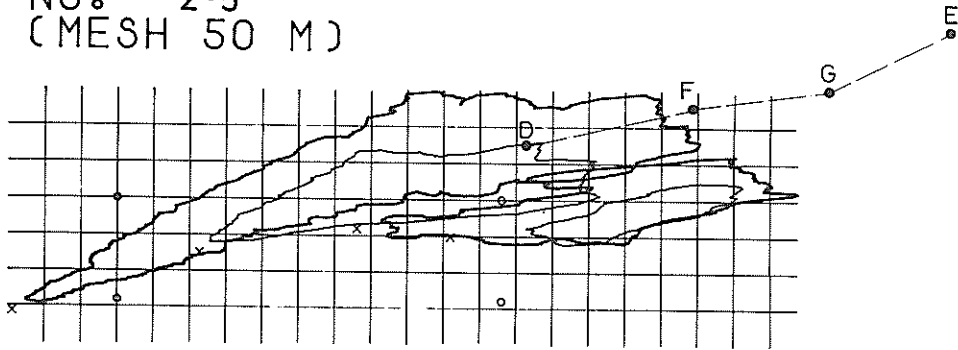


図-23(5) 写真の変換後の拡散図

CASE C-2
 NO. 6~7
 (MESH 50 M)

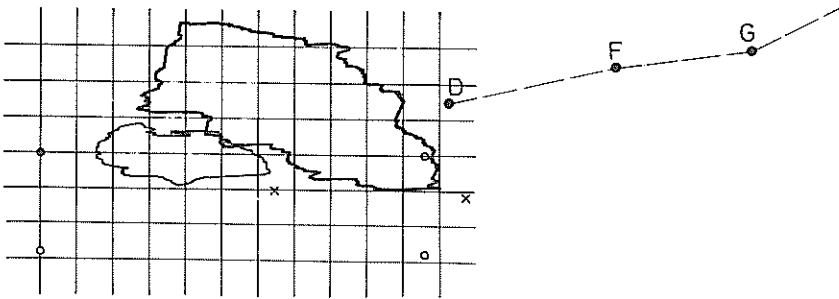


図-23(6) 写真の変換後の拡散図

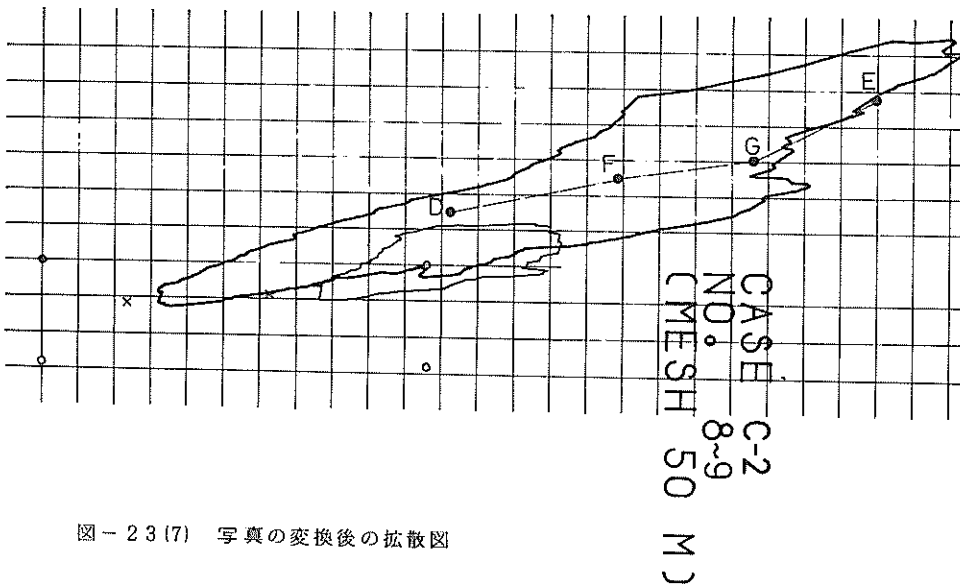


図-23(7) 写真の変換後の拡散図

CASE C-4
 NO. 2~4
 (MESH 50 M)

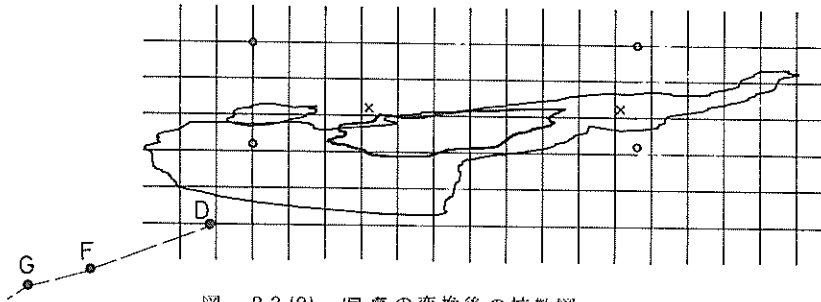


図-23(8) 写真の変換後の拡散図

CASE C-4
 NO. 5~6
 (MESH 50 M)

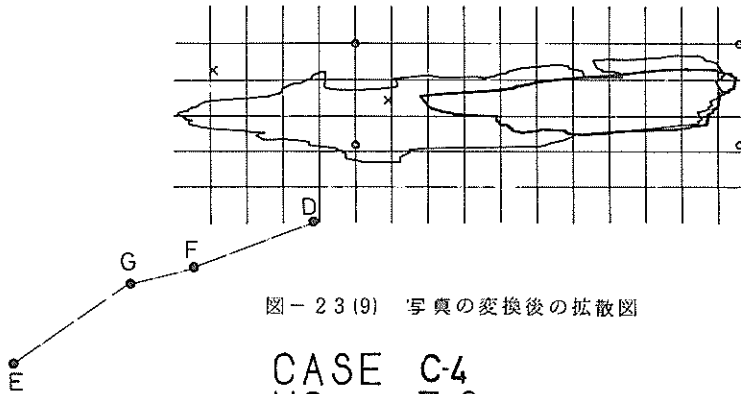


図-23(9) 写真の変換後の拡散図

CASE C-4
 NO. 7~8
 (MESH 50 M)

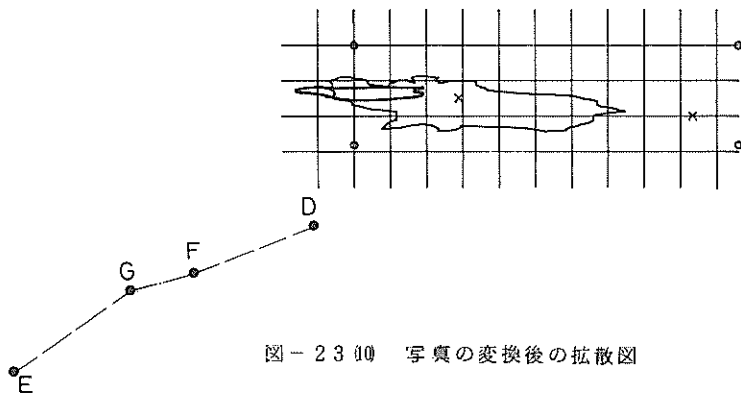


図-23(10) 写真の変換後の拡散図

CASE C-4
 NO. 10~9
 (MESH 50 M)

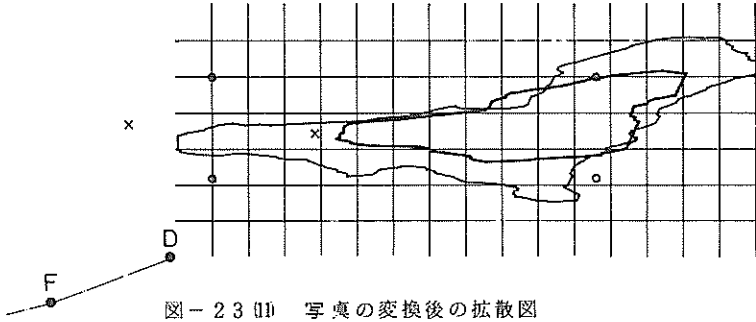


図-23(11) 写真の変換後の拡散図

CASE C-4
 NO. 13~11
 (MESH 50 M)

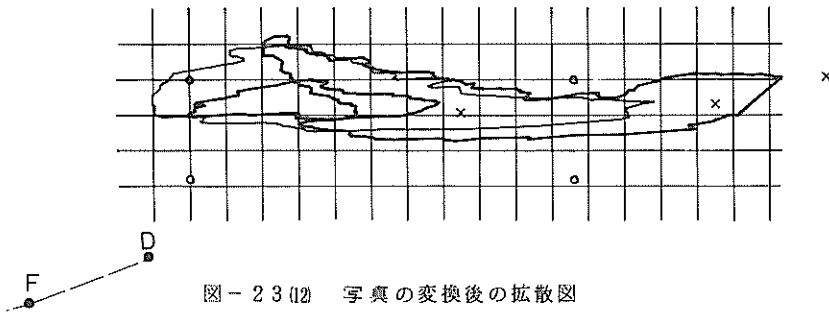


図-23(12) 写真の変換後の拡散図

CASE C-5
 NO. 1~4

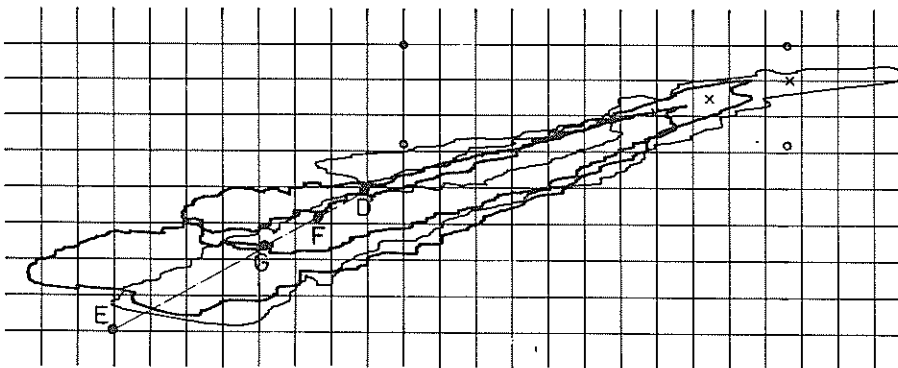


図-23(13) 写真の変換後の拡散図

CASE C-5
 NO. 5~7
 (MESH 50 M)

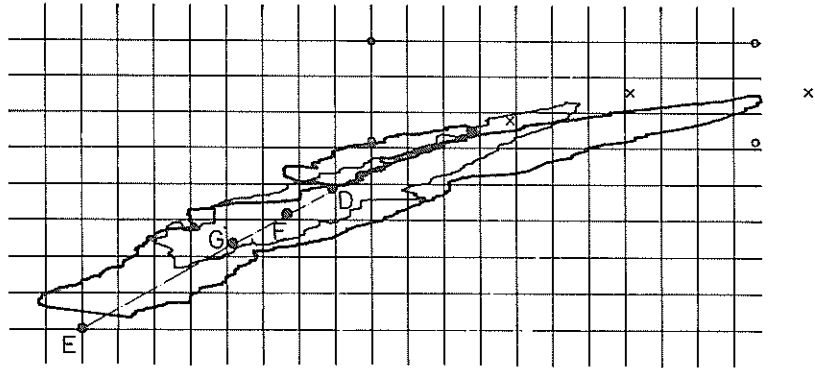


図-23 (14) 写真の変換後の拡散図

CASE C-5
 NO. 8~10
 (MESH 50 M)

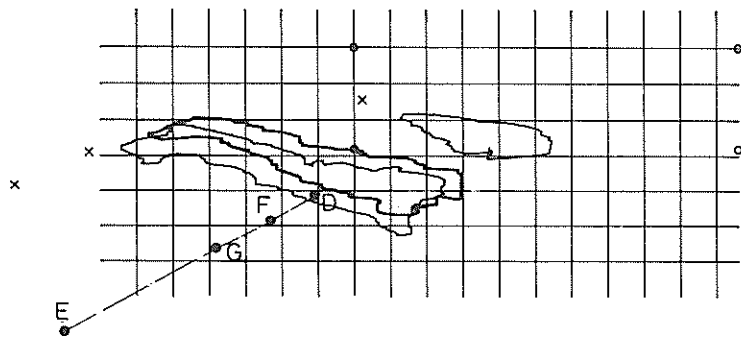


図-23 (15) 写真の変換後の拡散図

CASE C-5
 NO. 12~11
 (MESH 50 M)

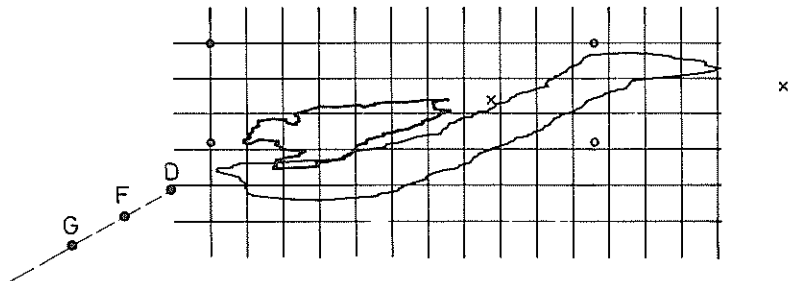


図-23 (16) 写真の変換後の拡散図

$$S_0(x, y, z) = C_0(z) \exp\left(-\frac{r^2}{a_z^2}\right) \quad (12)$$

ここに、 r は中心からの距離、 a_z は濁度分布の減衰の割合を示すものである。

さらに、 u, v, K を z のみの関数とすると、式(11)'の解⁽¹⁰⁾は、

$$S(x, y, z, t) = \frac{C_0(z - w_0 t)}{f(z, w_0, t)} \exp\left[-\frac{\{x - \alpha(z, w_0, t)\}^2 + \{y - \beta(z, w_0, t)\}^2}{a^2 f(z, w_0, t)}\right] \quad (13)$$

となる。ここに、

$$f(z, w_0, t) = 1 + \frac{4 \int_{z-w_0 t}^z \frac{1}{w_0} K(\xi) d\xi}{a_z^2}$$

$$\alpha(z, w_0, t) = \int_{z-w_0 t}^z \frac{1}{w_0} u(\xi) d\xi$$

$$\beta(z, w_0, t) = \int_{z-w_0 t}^z \frac{1}{w_0} v(\xi) d\xi$$

である。

拡散係数 K は、時間ならびに場所の関数と考えられるが、本試験のように拡散物質の沈降を無視し得ない場合の拡散は比較的短時間で、また狭い領域内において終了するので、時間 t および x, y についての K の偏微分量は 0 と考えられる。また鉛直方向において塩分濃度に変化している密度流中の拡散において、拡散係数は z の関数として表わされるが、これは河口等の真水の流入によるものである。したがって河川からの流入がない所では拡散係数の鉛直方向の変化分 $\left(\frac{\partial K}{\partial z}\right)$ は 0 に近い。すなわち、ここでは、拡散係数は一定とする。

次に流速分布であるが、測定結果から次式の放物線がよく近似されている。

$$u(z) = u_0 \left\{ 1 - \delta \left(\frac{z}{h}\right)^2 \right\} \quad (14)$$

ドラグサクシオン浚渫船の汚濁はオーバーフロに伴う連続汚濁発生源によるものである。しかし式(13)で与えられる解は、瞬間発生源による汚濁を表わしたもので、この式をオーバーフロによる汚濁に適用するには、連続汚濁発生源を離散的な汚濁源の重ね合わせと考える必要がある。

単位時間当りに発生する汚濁量を式(12)で与え、船が速度 V で潮流 u と角度 α の方向に浚渫している時、点 $A(x, y, z)$ の t 秒後の濁りの濃度は、

$$S(x, y, z, w_0, t) = \sum_{i=0}^n S(x - V \cos \alpha \cdot i, y - V \sin \alpha \cdot i, z, w_0, t - i) \quad (15)$$

で与えられる。ここで船速 V は潮流の進行方向を正としている。土粒子の沈降速度 w_0 は、粒子によって異なる。実際の浚渫土に対して式(15)をより正確に適用するためには粒径加積曲線を考慮する必要がある。

与えられたオーバーフロ土砂の粒径加積曲線を M 分割し、 j 番目の代表粒径を d_j 、その沈降速度を w_{0j} 、重量割合を Δp_j とすると式(15)は、

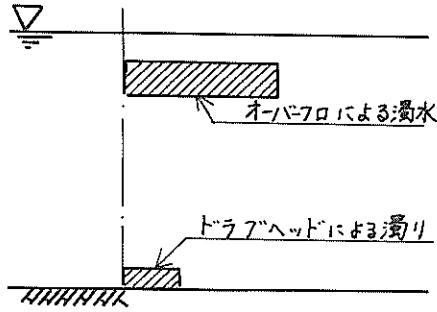
$$S(x, y, z, t) = \sum_{j=1}^M \sum_{i=0}^n S(x - V \cos \alpha \cdot i, y - V \sin \alpha \cdot i, z, w_{0j}, t - i) \Delta p_j \quad (16)$$

と変形される。式(16)を用いて D 点の濁りを求めてみる。まず初めに式(12)の初期濃度の設定が問題である。

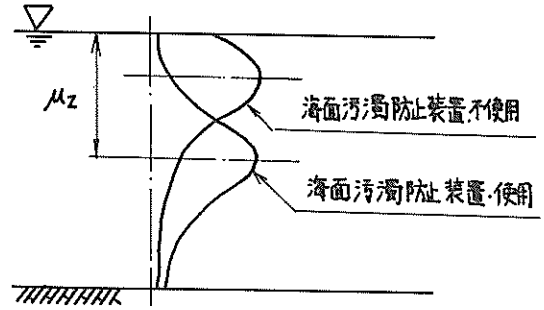
オーバーフロ水の排出は、トラフ内の水位と海面との水位差によって行われるが、その制御弁の位置によって、流出特性が異なる。今回使用した汚濁防止装置は制御弁が高い位置にあり、弁を通過した排水は、種々の損失を受け制御弁の絞り度合にかかわらず一定速度で流出する。しかし、トラフ内にオーバーフロ水を一度貯留することによって汚濁防止装置は、気泡をオーバーフロ水から抜くことができ、それによって排出土砂を海面に浮上させることを少なくすることができる。以上の点を考慮すると排出直後の濃度分布は、図-25-(1)よりも図-25-(2)に示されるパターンを考える方が妥当と思われる。図-25-(2)は式(17)で与えられる正規分布を考慮する。

$$C_0(z) = \frac{D_s}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(z - \mu_z)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (17)$$

ここに、 μ_z は濃度分布の平均値、 σ は不偏分散、 D_s は $z = \mu_z$ における SS 濃度である。 μ_z は海面汚濁防止装置の使用、不使用によって、前者は $\mu_z = 6.8$ m、後者は $\mu_z = 2$ m とした。なお、 σ は 2.0, 3.0, 4.0 m として 3 種類の計算を試みた。また D_s の値は式(12)と式(17)から求めた。したがって、単位時間にオーバーフロし



(1)



(2)

図-25 初期濃度分布のパターン

た土砂重量 G_0 kg は、

$$G_0 = \int_0^{\infty} \int_0^H \frac{D_s}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{z-\mu_z}{\sqrt{2}\sigma}\right)^2\right\} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{r}{a_z}\right)^2\right\} \cdot 2\pi r \cdot dr \cdot dz = \delta \pi a_z^2 D_s$$

で表わされる。ここに、

$$\delta = \int_0^H \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{z-\mu_z}{\sqrt{2}\sigma}\right)^2\right\} \cdot dz$$

H : 水深

一方、 G_0 は浚渫土砂量と積載土砂量との差として求められる。表-8は、C-2とC-3について求めた結果である。ここでは $a_z = 3\text{m}$ としている。 a_z は濃度分布の減衰の割合を示すものである。表-8によると D_s は高い値を示している。しかし、採取したオーバーフロ水の分析結果から求めたオーバーフロ土砂重量は $1/100$ のオーダーとなっている。これは、分析が 30μ 以下を対象とした結果であり、これ以上の土砂粒子を多く含んでいることを示している。ここでは浚渫土砂量と積載土砂量とから求めた値を用いた。また、計算上の座標軸の原点は、各テストケースの第1行程の浚渫開始地点とし、潮流の流下方向を X 軸の正とした。さらに、浚渫時間は、各テストケースにおいて、奇数行程、偶数行程とに分けて、それぞれの平均時間を用いて計算上の便宜を計った。その結果、C-2では、奇数行程、9分47秒、偶数行程11分28秒、C-3では13分28秒、4分31秒、C-4では8分04秒、8分30秒であった。最後に、積込効率を考慮した行程ごとに D_s の値を適当に増加した。以上の初期条件のもとに、式(15)を用いて任意点 (x, y, z) の t 秒後の濁り (SS

濃度) が求められる。

図-26はC-4についての1行程浚渫によるD点の濁りの計算結果である。計算結果は $1/100$ の大きさで示し、また計算結果の濁度は式(10)を用いてSS濃度を換算している。さらに、バックグラウンドを0としている。

濁りの大きさは、 σ の値によって異なっている。また濁りの発生は、水深にあまり影響されず、ほぼ同一時刻に確認された。C-2、C-3についての計算結果は付図-8に示してある。なお、C-2とC-4は同一組成の土砂として計算した。

濁りの発生形態に及ぼす影響要因としては、初期濃度分布 $C_0(z)$ の平均水深 μ_z が第一に上げられる。C-4の計算では、 μ_z を水深の中心付近に持ってきたため、水深が深まるにつれて濁りは大きくなる傾向がある。これは、計測結果と類似している点である。しかしC-2の場合は、海面部において大きな濁りを示しているが、水深が深まるにつれて減少し、計測した結果と逆の現象を示した。

水深による濁りの変化は、図-27によって明確にされる。図-27は、図-26から求めた平均濁度を基にして示した垂直分布である。ここで、平均濁度は、発生した濁度の総計を浚渫時間で除した値である。図中には前述のD点での鉛直分布も併記している。C-4の場合には、傾向的には一致しているが、C-2の場合は逆の現象を示し、初期濃度分布に近い曲線を示した。この垂直分布は、初期濃度分布 $C_0(z)$ を大きく反映した結果となっている。これによれば、C-2の場合の初期濃度分布はC-4で与えた分布に近い形のものと考えられる。

表-8 オーバーフロ土砂重量

テストケース. 3

Run		2	3	4	5	6	7
液 濁 土 量 G_P (m^3)		360.7	246.9	426.2	454.2	384.2	248.3
積 載 土 量 G_H (m^3)		209.2	131.9	217.1	217.2	178.4	117.0
オーバーフロー土量 (m^3)		15.15	115.0	209.1	287.0	205.8	131.3
オーバーフロー土量 G_0 (kg)		2695×10^3	2047×10^3	3727×10^3	4219×10^3	3663×10^3	2337×10^3
G_0' (kg/s)		493.0	357.8	427.8	576.3	616.7	505.8
D_s (ppm)		348×10^4	253×10^4	303×10^4	408×10^4	436×10^4	358×10^4
分 析 値	G_0' (kg/s)	4.60 kg					
	D_s'	3.25 ppm					

Run		1	2	3	4	5	6	7	8
G_P (m^3)		70.1	88.5	203.2	48.1	241.7	90.5	263.0	83.2
G_H (m^3)		59.4	74.9	157.7	38.6	177.8	62.7	178.4	54.3
オーバーフロー土量 (m^3)		10.7	13.6	45.5	9.5	63.9	27.8	84.6	28.9
G_0 (kg)		19×10^3	242×10^3	810×10^3	169×10^3	1137×10^3	495×10^3	1506×10^3	514×10^3
G_0' (kg/s)		63.5	68.2	99.2	76.2	128.9	179	185.2	18.0
D_s (ppm)		0.449×10^4	0.48×10^4	0.70×10^4	0.54×10^4	0.91×10^4	1.26×10^4	1.31×10^4	1.28×10^4
分 析 値	G_0'	0.89 kg							
	D_s'	63 ppm							

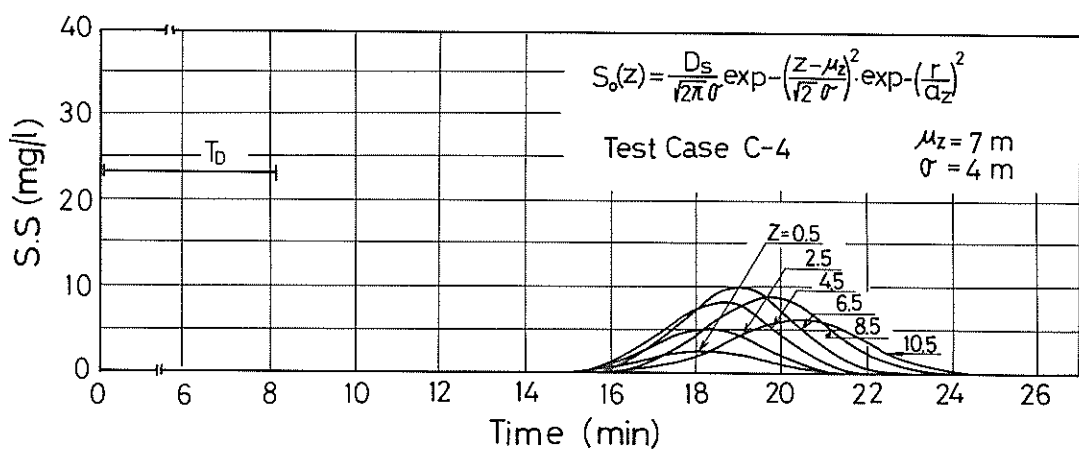
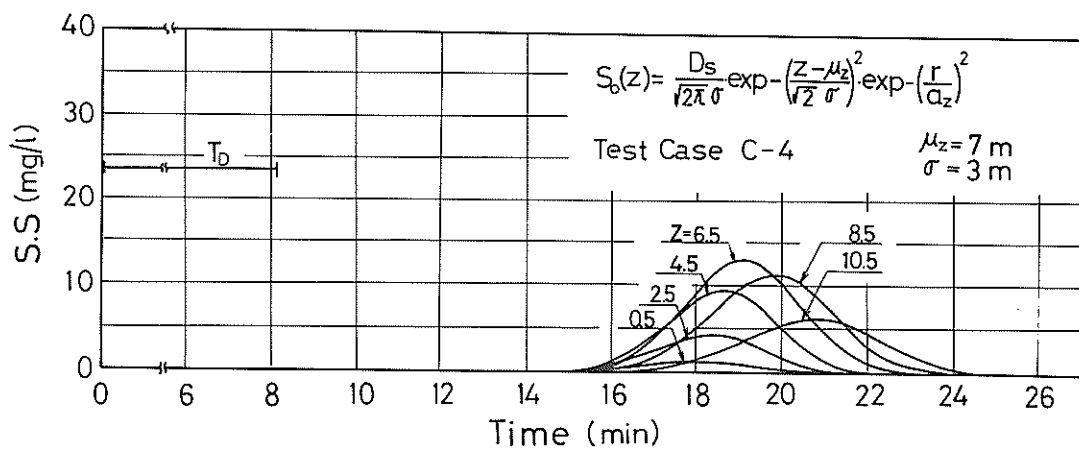
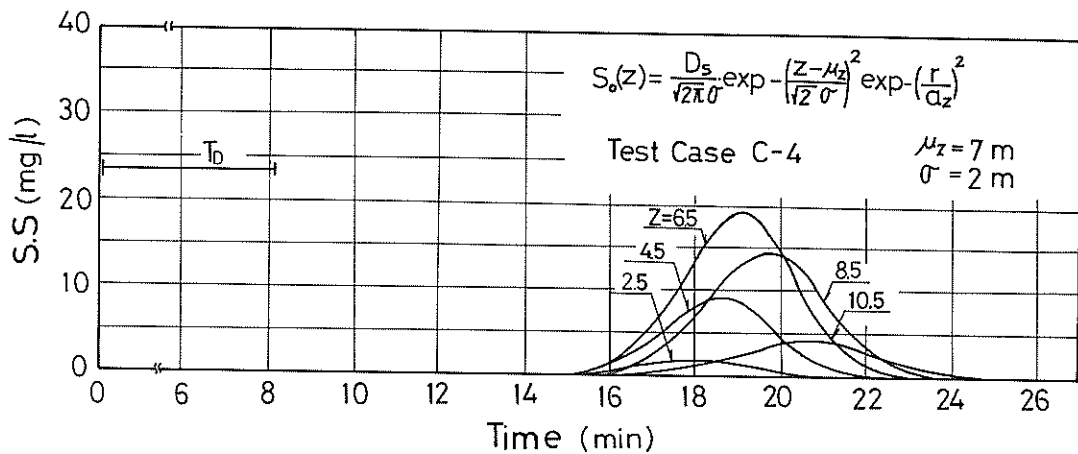


図-26 1行程浚渫によるD点の濁り

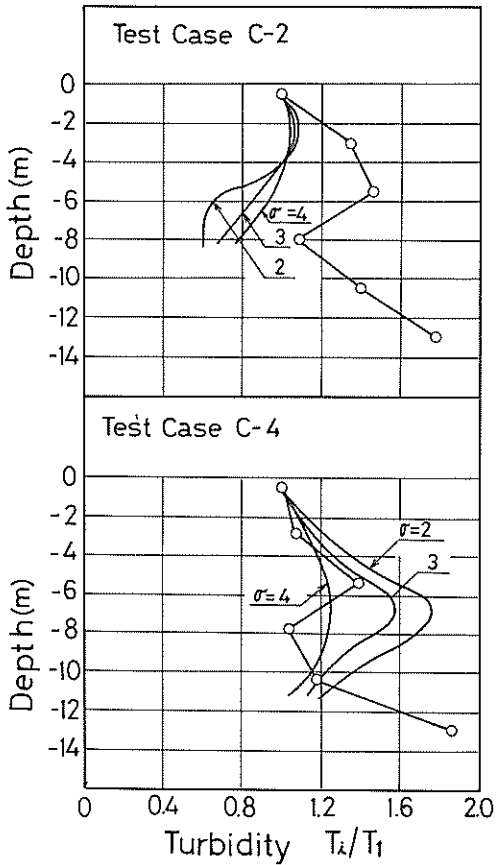


図-27 濁りの鉛直分布

7. まとめ

採取土の分析結果及び浚渫記録から、浚渫土質を2種類に分類できた。すなわち、C-1、C-3、C-5は『砂』、C-2、C-4は『シルト質砂』である。これらの土質に対して次の結果が得られた。

① 濁度とSS濃度の関係。現地での濁度記録及び採水試料の分析結果からは、それらの関係を明らかにすることはできなかったが、粒径別に分別した試料についての測定結果をもとにすれば、極めて良い相関が得られることが確認された。

② ドラグヘッド周辺の濁り。『砂』の場合は、Pt.1（ヘッド上面から2m）において若干の濁度変動が検知されたが、Pt.2（ヘッド上面から3m）ではほとんどバックグラウンドの値に近かった。『シルト質砂』の場合

は、Pt.1、Pt.2とも浚渫行程に対応した濁度が検知され、しかも、浚渫行程が進むにつれて増加し、濁りの滞留蓄積が認められた。

③ オーバーフロ・ロス。ポンプ含泥率よりも、むしろ累積積載土量との関係において、より明確にとらえることができた。オーバーフロ・ロスは、累積積載土量の増加とともに漸増傾向を示すが、そのパターンは土質によって明らかな相違が見られた。『砂』の場合には相対泥船容積75~80%、『シルト質砂』では65~70%をそれぞれ目標積載土量にすれば、比較的高効率で且つ汚濁も少ない浚渫を行うことができる。

④ 周辺海域における濁り。オーバーフロ・ロスおよび海面汚濁防止装置の影響を受ける。『砂』の場合には沈降速度が速いため、オーバーフロ土砂の多くはD点へ到達するまでは沈降するものと思われる。したがって、海面汚濁防止装置の使用、不使用による濁度の相違、あるいは浚渫行程の経過に伴う濁度の増加傾向はほとんど見られない。『シルト質砂』の場合は、海面汚濁防止装置の効果は顕著である。防止装置を使わないと、浚渫行程の経過とともにオーバーフロ・ロスの漸増傾向に見合っ

た濁度も増加するが、防止装置を使うと、濁度は著しく低減し、しかも漸増傾向もほとんど見られない。また、濁度の垂直分布は、『砂』の場合には、D点に到達する以前に沈降したと思われ、上下の差はなかった。しかし、『シルト質砂』の場合には、下方程大きな濁りを示した。

⑤ 濁りの拡散。海域での浚渫時の濁りの確認として写真を用いたが、写真中に4箇所以上の定点が存在するならば、写真によって平面への座標変換が可能であり、現地での拡散係数の把握に有効な手段である。今回の試験では、汚濁の拡散範囲は、付表-1に示すとおりであり、『砂』の場合で相当半径が40~140m、『シルト質砂』で50~300mであった。また座標変換した図をもとにして求めた拡散係数は、 $1.1 \times 10^8 \sim 7.3 \times 10^8 \text{ cm}^2/\text{s}$ であり、平均 $3.3 \times 10^8 \text{ cm}^2/\text{s}$ であった。

⑥ 拡散の数値計算。式(12)の初期濃度分布において、式(13)の理論解を用いて数値計算を行ったが、初期濃度分布 $C_0(z)$ に、その結果は左右される。特に $C_0(z)$ の平均水深 μ_z による影響が著しい。今回は μ_z を仮定して計算を行っているが、定性的にはよく一致しており、計算手法の妥当性がうかがえる。今後 μ_z および分散 σ の値が正確に把握されるならば、有効な手段となると思われる。この $C_0(z)$ は、オーバーフロ水の排出機構に依在するものであり、海面汚濁防止装置の使用はこの分布の

μ_s を海面上より海中の方に引き下げることであり、拡散領域の減少を意味する。したがって、海面汚濁防止装置の有効性がこの数値計算からもうかがえる。

8. あとがき

今回の調査は、浚渫区域が関門航路であったため、通航条件上の制約、調査船の配置、固定等各種の問題があった。しかしながら、たまたま2種類の土質について調査することができ、海面汚濁防止装置の効果及び積込効率と濁りの関係を明らかにすることができた。浚渫時の濁りの問題は、機種は勿論、各種施工条件によって様相が異なるから、一つの測定結果から他を類推評価することは難しい。この種の調査の積み重ねが必要とされるゆえんである。さらに数値計算は初期値の設定に多くの仮定があり、今後の研究によって、これらの仮定の妥当性を確認していく必要がある。

終わりに、本調査は本省機材課及び第四港湾建設局の御協力のもとに実施されたものであり、特に現地において器材の調達、準備にあられた門司港工事事務所、下関機械整備事務所及び海鷗丸の関係各位に甚深なる謝意を表する次第である。

参 考 文 献

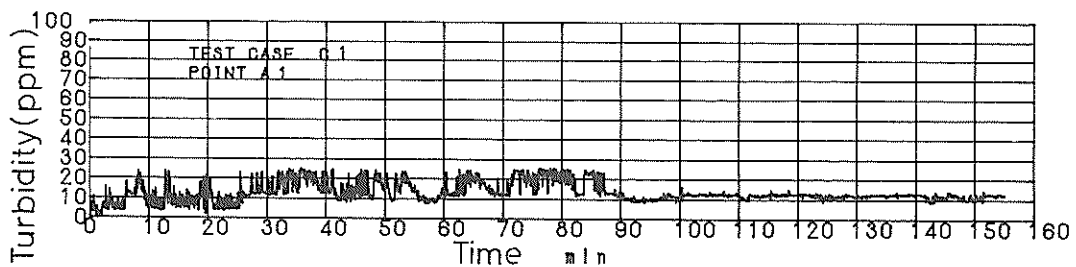
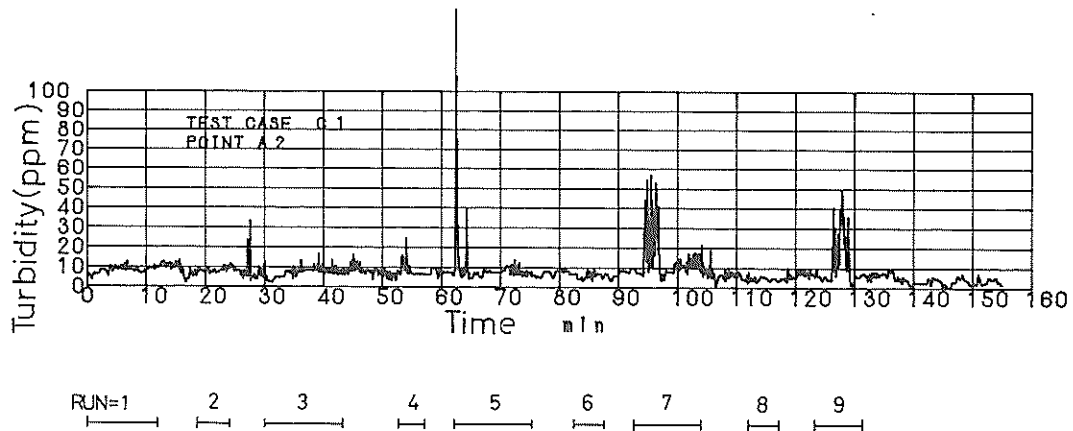
- 1) 第四港湾建設局，下関調査設計事務所；浚渫埋立影響調査報告書，下関資料，No.71，1974年12月，255 p.
- 2) 第五港湾建設局；衣浦港・名古屋港・四日市港浚渫及び土捨に伴う影響調査，名調資料，No.27，1975年2月，330 p.
- 3) 尾藤一郎，石松直司；泥船付浚渫船の海面汚濁防止型オーバーフロ・システム，作業船，No.108，1976年11月，pp.30~35
- 4) 八木得次，他；海鷗丸実船試験報告，港湾技研資料，No.23，1966年4月，31 p.
- 5) 八木得次，他；ドラグサクシオン浚渫船の鹿島港への適用性，港湾技研資料，No.67，1969年3月，80 p.
- 6) 松田任，他；第一特浚丸浚渫試験報告，港湾技研資料，No.123，1971年6月，30 p.
- 7) 松田任，他；第一特浚丸における掘削用ジェット及び爪の効果，港湾技術資料，No.141，1972年6月，24 p.
- 8) S.E.M.de Bree；The Loading of Hopper Dredgers, Ports and Dredging & Oil Report, No.92, 1977, pp.4~8
- 9) 入江義次，青木幸男；ホッパーの沈澱効果に関する研究 — ホッパーの積込効率について —，港湾技術研究所報告，Vol.6, No.3, 1976年1月，pp.33~34
- 10) 小岩，宮崎，中園，他；グラブ浚渫船の運転条件が濁りに及ぼす影響，港湾技研資料，No.257，1977
- 11) 奥山，他；水域計画手法に関する研究，昭和51年度港湾講演会集

記 号 一 覧 表

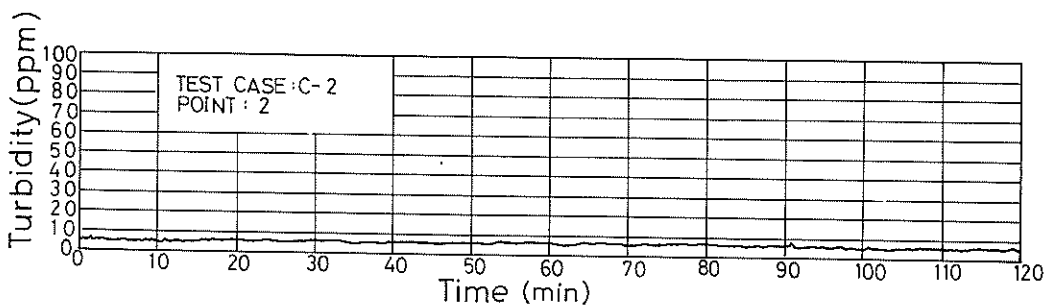
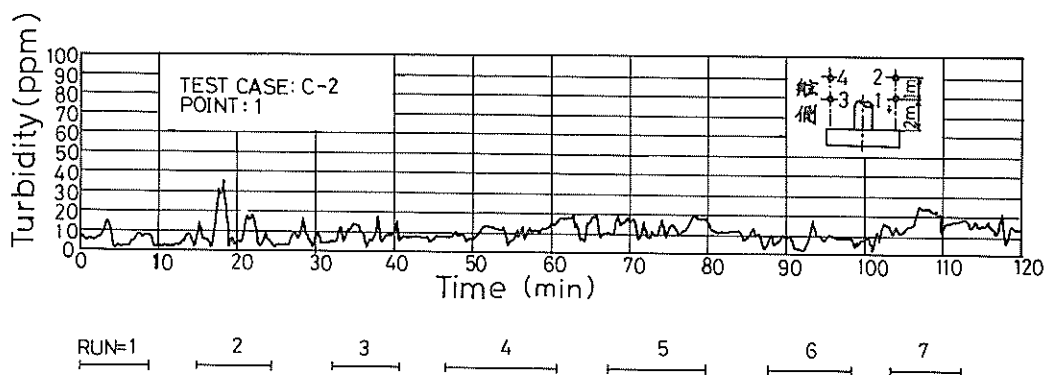
- C_v : 真容積含泥率(%)
 d_s : 粒 径
 G_H : 累積積載土量 (m³)
 g_H : 積載土量 (m³)
 g_p : 浚渫土量 (m³)
 h_m : 浚渫時における損失水頭
 h_{so} : 実浚渫深度
 h_{rs} : 送水時の吸込管損失水頭
 h_s : 吸込実揚程 (m-aq)
 h_w : 送水時の圧力取出口間の距離における損失水頭
 K_x, K_y, K_z : x, y, z 方向の拡散係数
 L : 圧力取出口間の距離 (m)
 L_0 : オーバーフローロス
 R_H : 相対泥船容積 (m³)
 R_T : 濁度残留率
 SS : 懸濁物質質量 (mg/l)
 $T_u(i)$: i 回目の行程における平均濁度 (ppm)
 $T_u(i+1)$: ($i+1$) 回目の行程における平均濁度 (ppm)
 u, v, w : 流速の各成分速度
 V_m : 浚渫時の吸入負圧 (m-Aq)
 V_w : 送水時の吸入負圧 (m-Aq)
 W_0 : 土粒子の沈降速度
 X_p : 見掛容積含泥率(%)
 i, j, k : 直角座標の各成分ベクトル
 R_1, R_2 : 直角座標の原点 0 からみた位置ベクトル
 x_1, x_2 : 平面 1, 2 上の任意ベクトル
 β : 土質係数
 γ_s : 土砂の見掛比重
 γ_s : 土砂の真比重
 γ_w : 海水の比重
 ξ : ドラグヘッドの埋没係数
 η_L : 積込効率

付 表 1

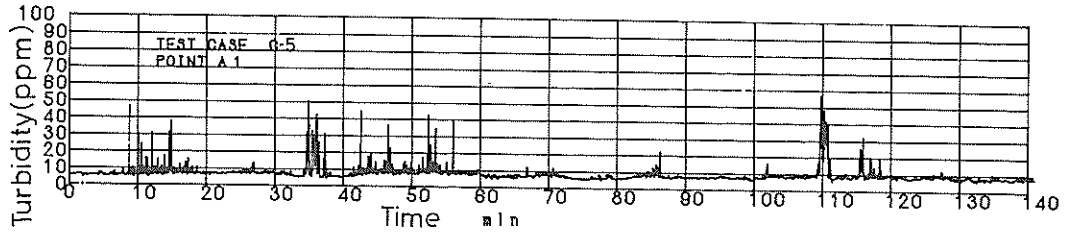
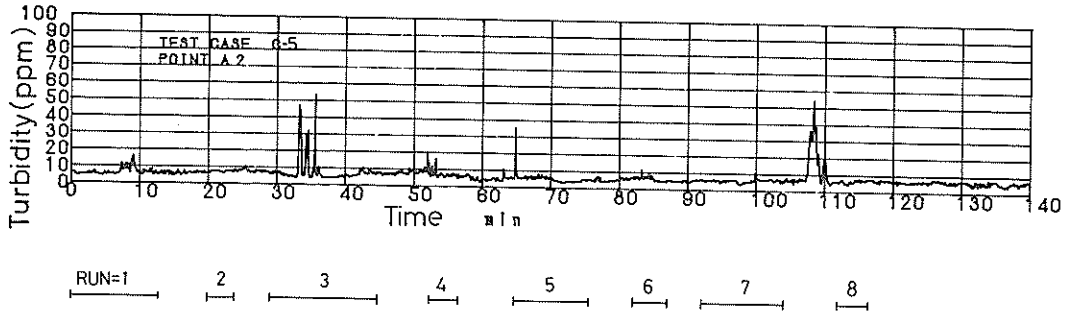
C-1				C-2				備 考
写真 No.	相当半径 R	Run	Start からの時間 (s)	写真 No.	相当半径 R	Run	Start からの時間 (s)	
1	73.28	5	122.6	1	104.57	-	-	
2	115.16	"	436.0	2	58.42	2	45.0	
3	143.17	"	735.6	3	102.00	"	128.0	
4	44.11	7	14.7	4	110.30	"	289.0	
5	106.63	"	40.9	5	162.15	"	-	
6	140.47	"	7.93	6	64.17	3	56.3	
7	43.39	9	85.0	7	131.45	"	87.1	
8	91.75	"	403.0	8	81.38	-	-	
				9	193.30	-	-	
				10	497.02	-	-	
				11	286.88	-	-	
				12	48.07	5	36.5	
				13	90.10	"	72.8	
				14	131.51	"	-	
				15	139.41	-	85.9	
				16	59.73	-	-	
				17	187.96	-	-	
				18	42.89	-	-	
				19	79.57	-	-	
				20	108.13	-	-	
C-4				C-5				備 考
写真 No.	相当半径 R	Run	Start からの時間 (s)	写真 No.	相当半径 R	Run	Start からの時間 (s)	
1	88.91	-	-	1	80.21	3	-	
2	27.70	3	18.0	2	76.60	"	61.4	
3	64.60	"	42.4	3	117.98	"	75.4	
4	145.80	"	73.3	4	156.5	"	91.9	
5	90.67	4	46.4	5	159.02	"	1,287	
6	142.10	"	7.92	6	30.67	4	14.3	
7	27.52	5	15.5	7	79.23	"	-	
8	76.85	"	45.4	8	50.02	5	25.2	
9	99.54	6	40.0	9	97.65	"	42.6	
10	146.19	"	62.5	10	137.33	"	74.8	
11	59.02	7	32.2	11	49.20	6	-	
12	119.74	"	53.7	12	80.26	"	-	
13	122.48	"	-	13	85.32	"	-	
14	185.43	-	-	14	64.45	7	49.8	
15				15	104.73	"	1,016	
				16	75.69	8		
				17	93.08	"		



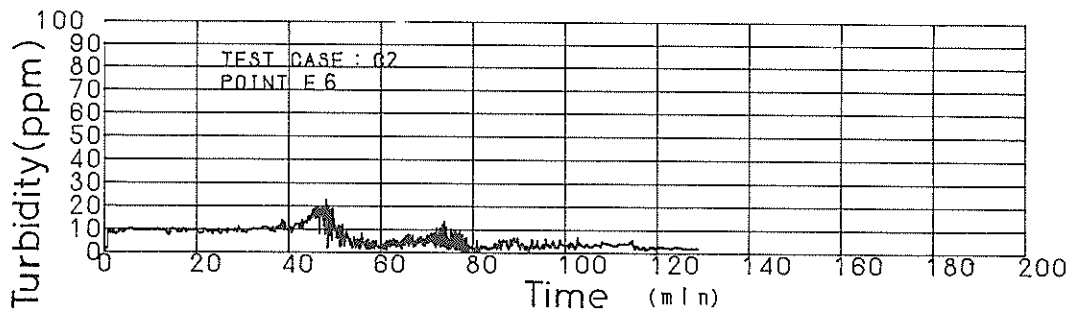
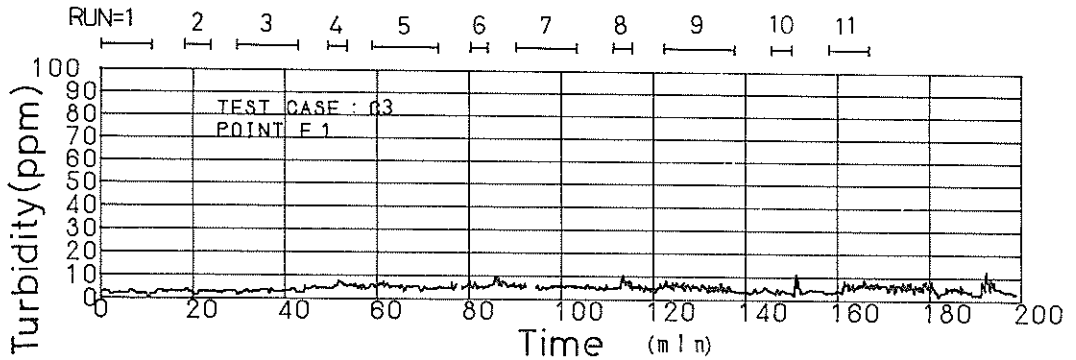
付図-1-(1) ドラクヘッド周辺の濁度記録 (C-1)



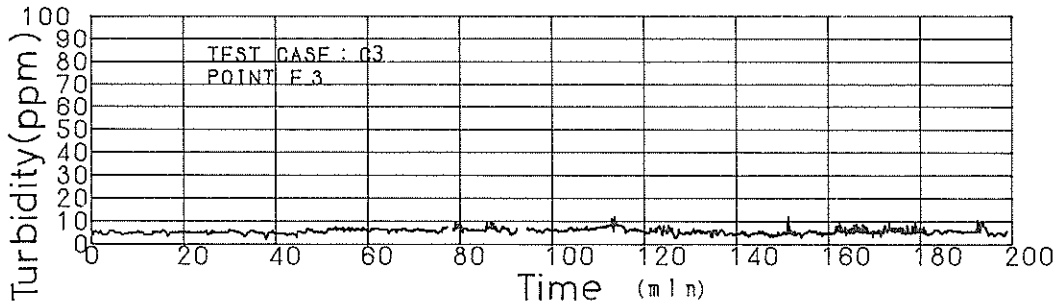
付図-1-(2) ドラクヘッド周辺の濁度記録 (C-2)



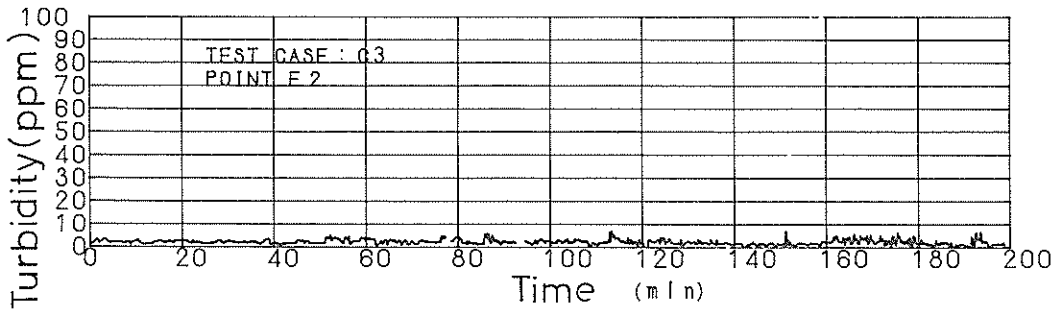
付図-1-(3) ドラクヘッド周辺の濁度記録 (C-5)



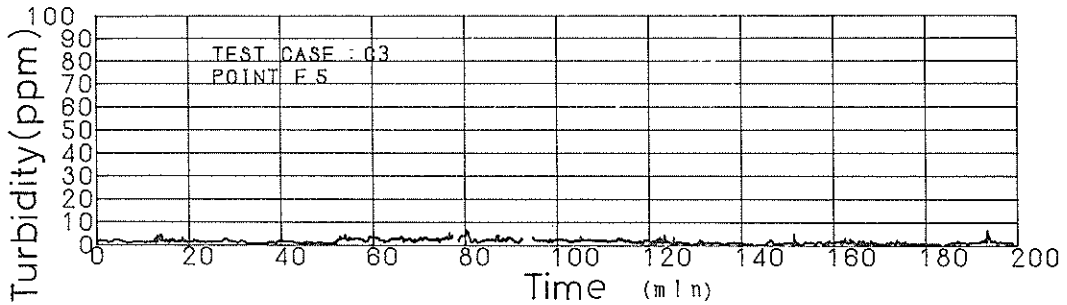
付図-2-(1)~(2) E点の濁度記録



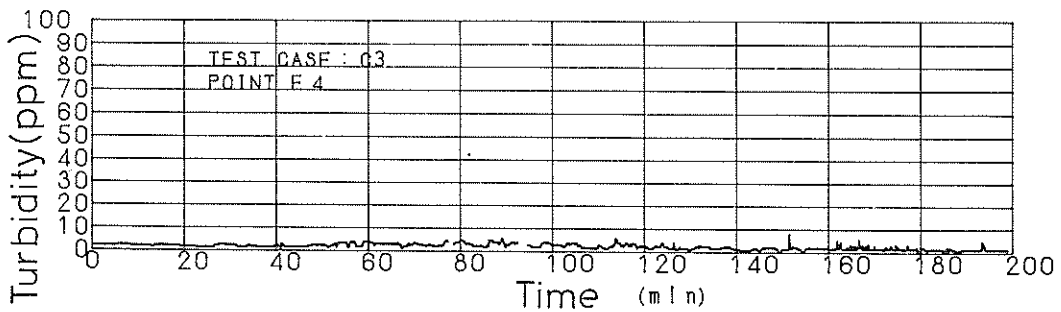
RUN=1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11



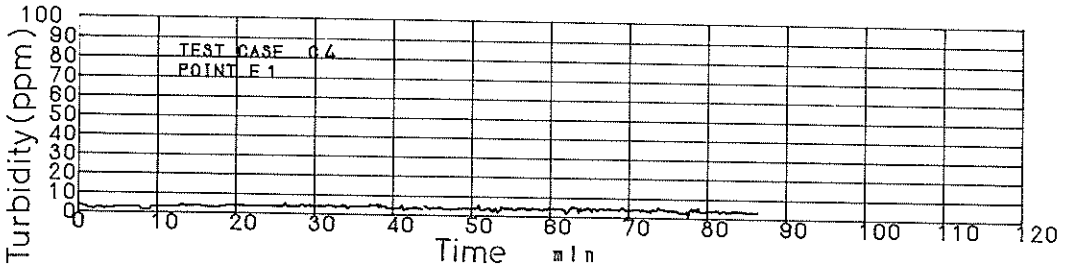
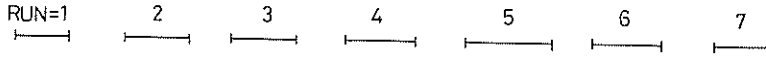
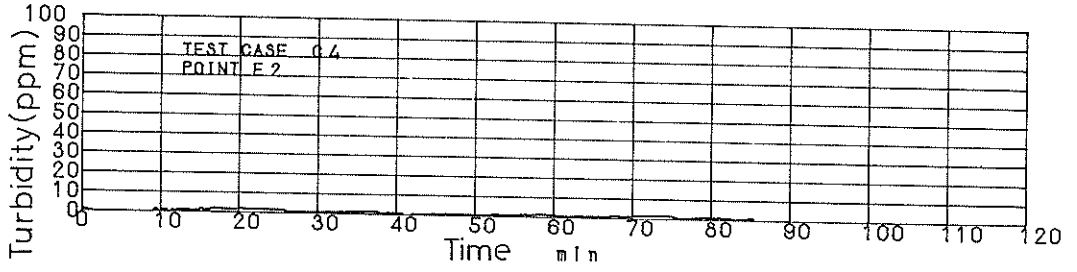
付図-2-(3)~(4) E点の濁度記録



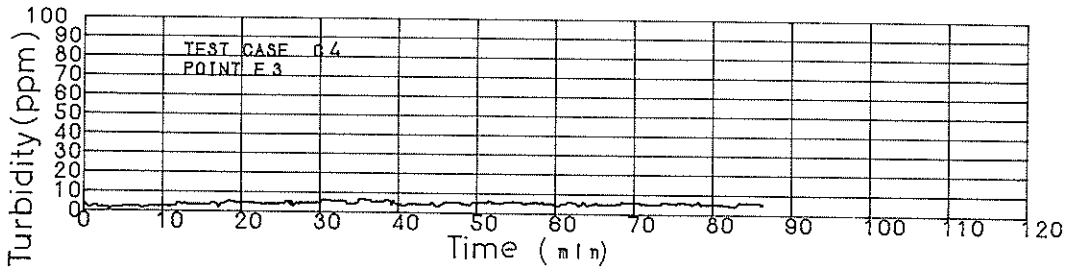
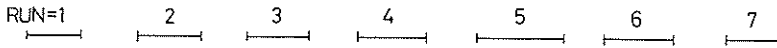
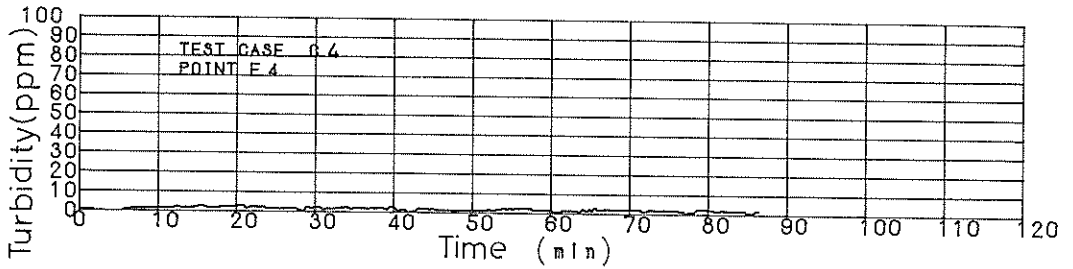
RUN=1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11



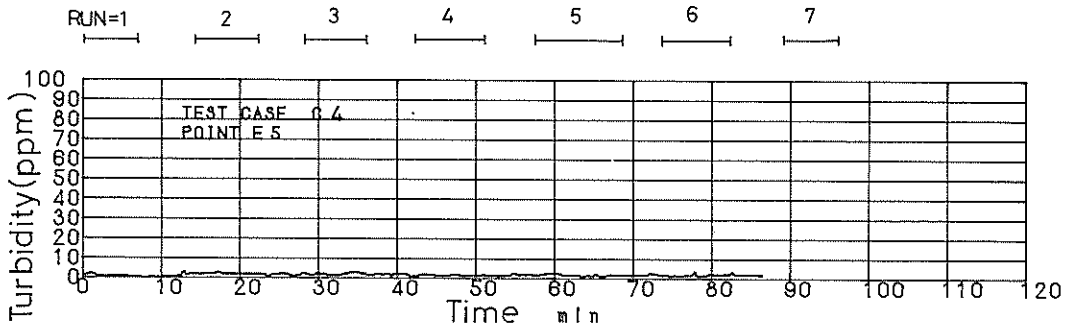
付図-2-(5)~(6) E点の濁度記録



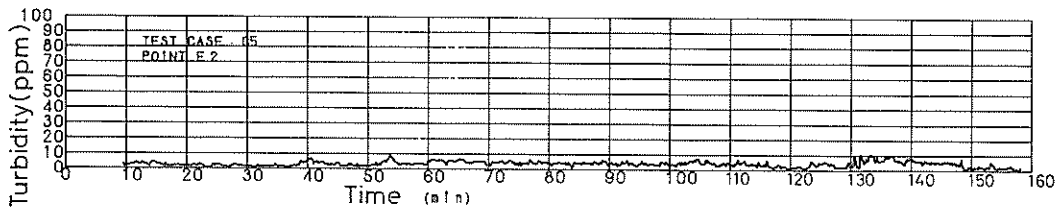
付図-2-(7)(8)



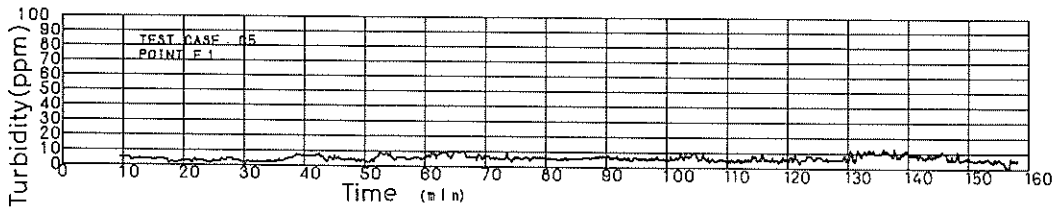
付図-2-(9)(10)



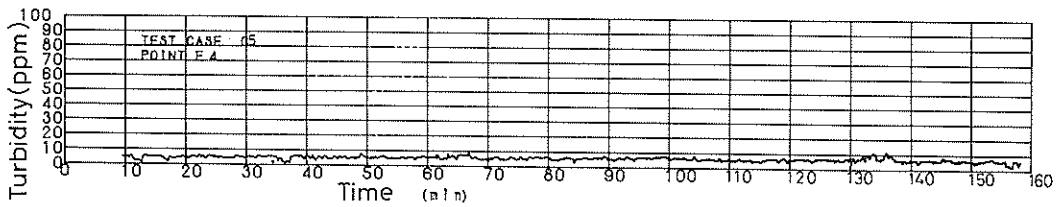
付図-2-(11)



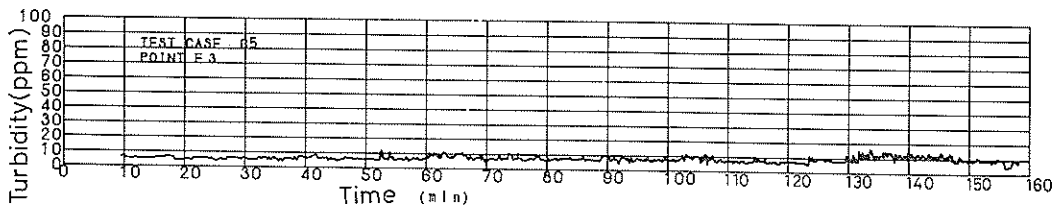
RUN=1 2 3 4 5 6 7 8



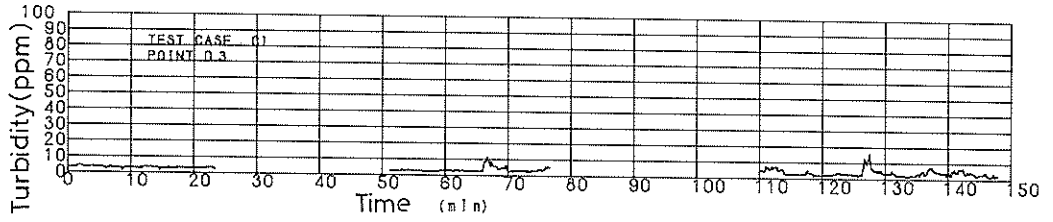
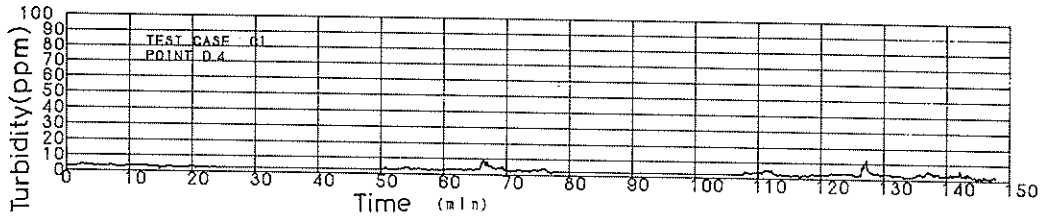
付図-2-(12)(13)



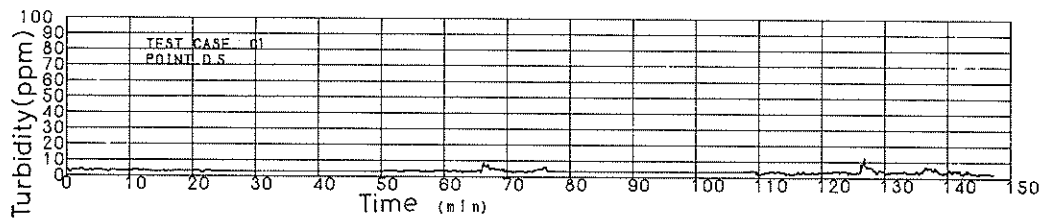
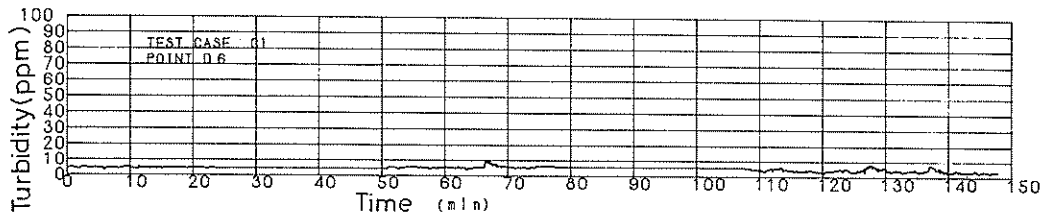
RUN=1 2 3 4 5 6 7 8



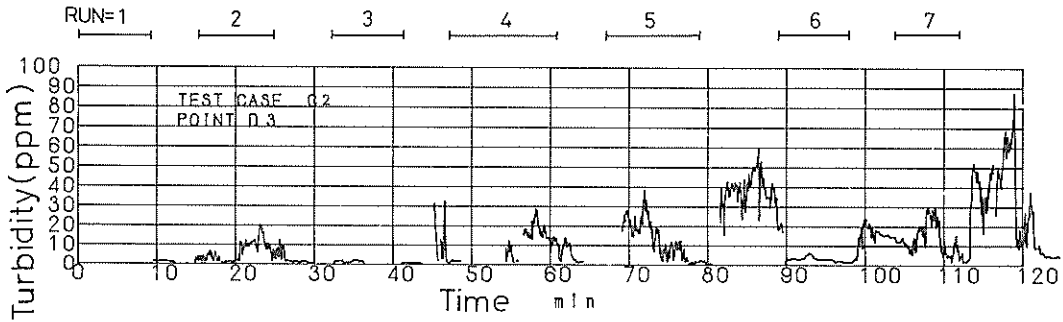
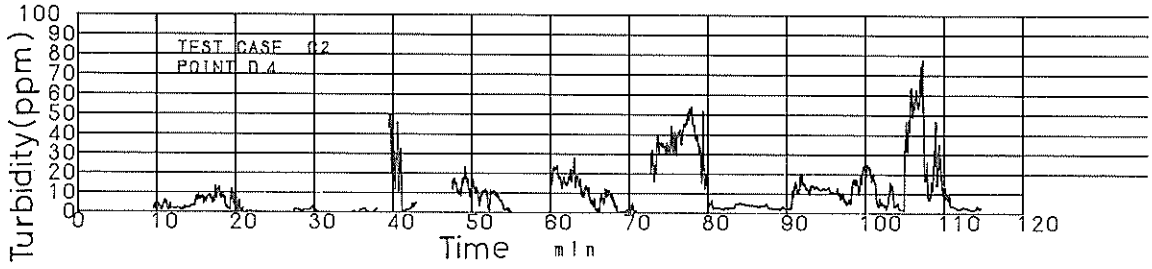
付図-2-(14)(15)



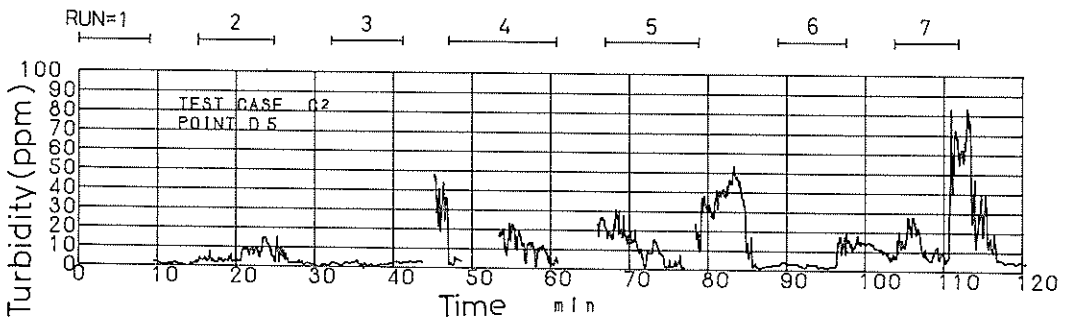
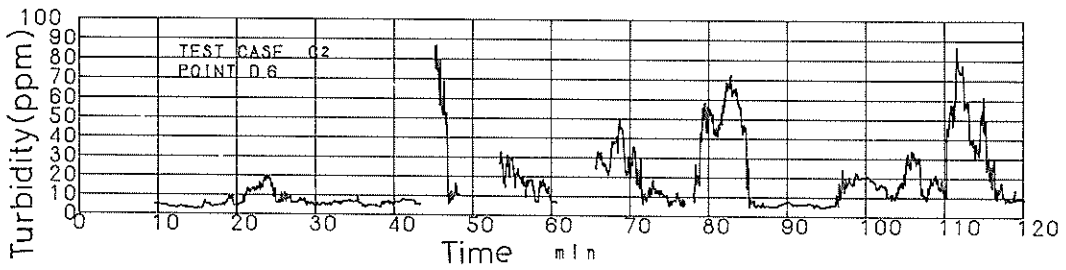
付図-3-(1) D点の濁度記録(C-1)



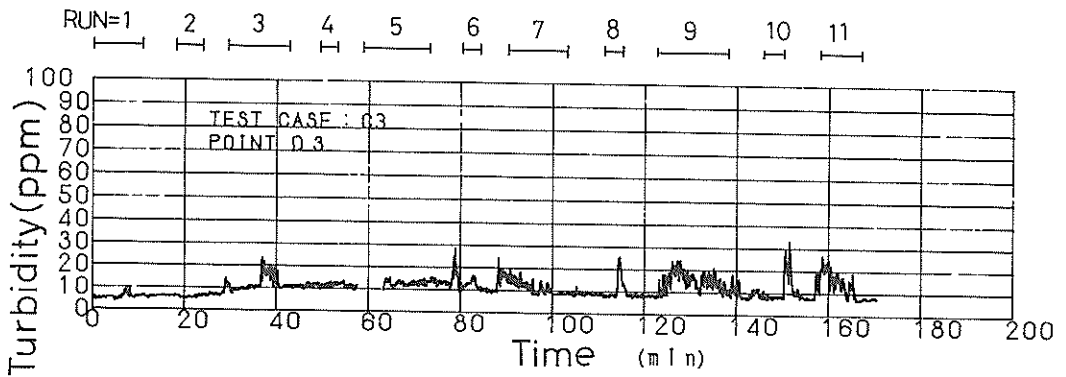
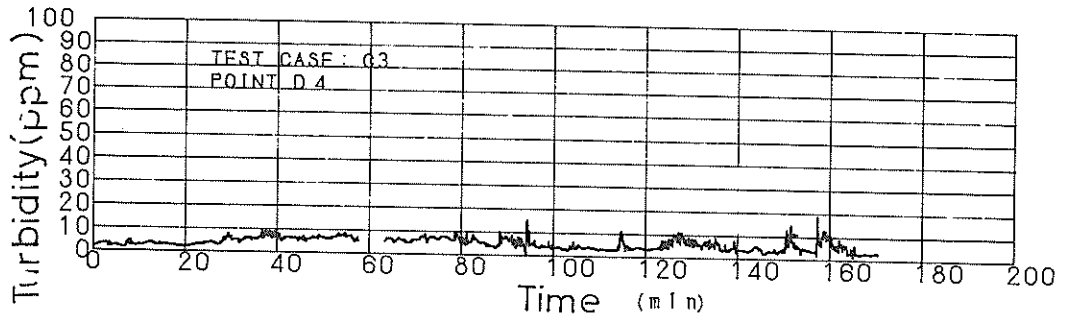
付図-3-(2) D点の濁度記録(C-1)



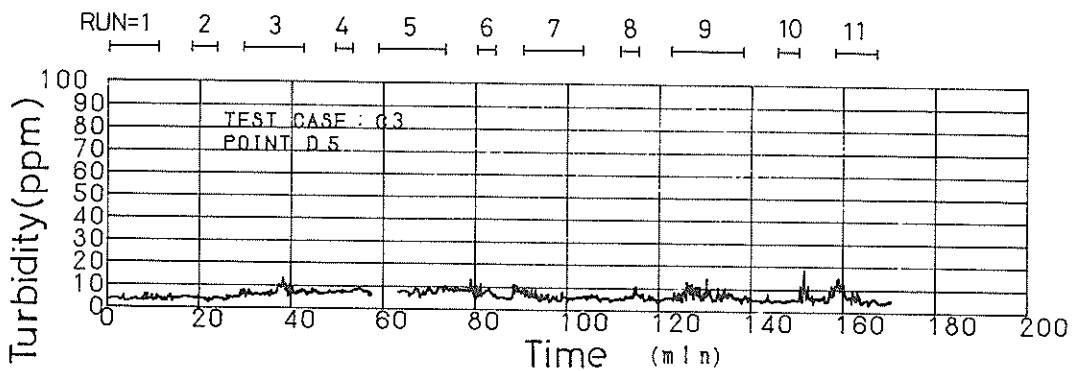
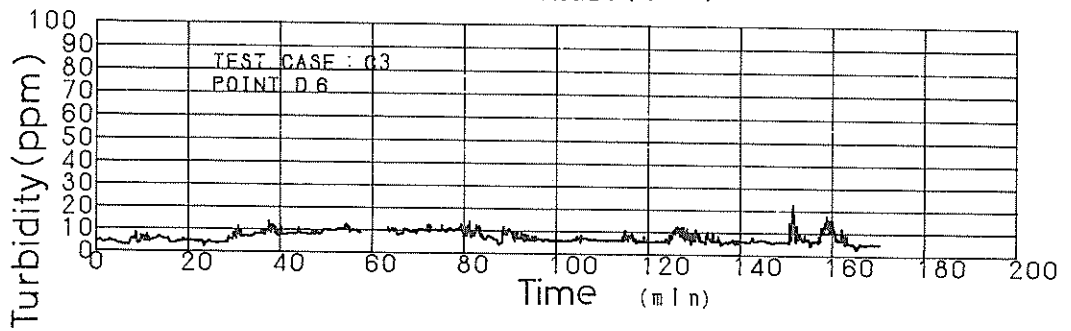
付図-3-(3) D点の濁度記録 (C-2)



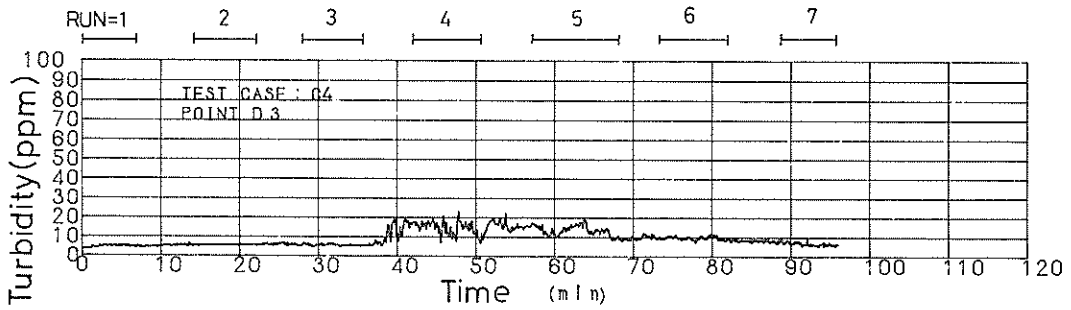
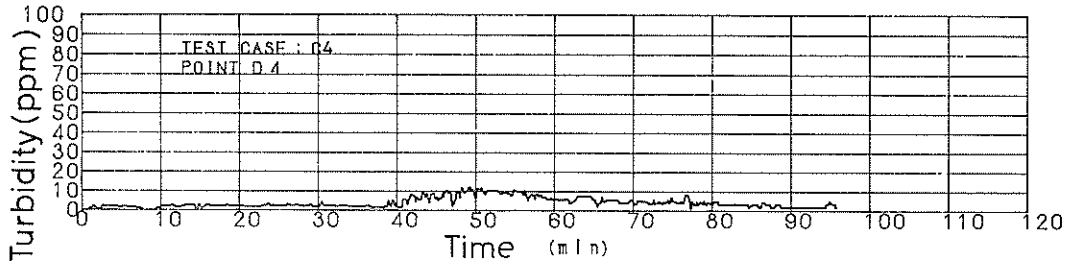
付図-3-(4) D点の濁度記録 (C-2)



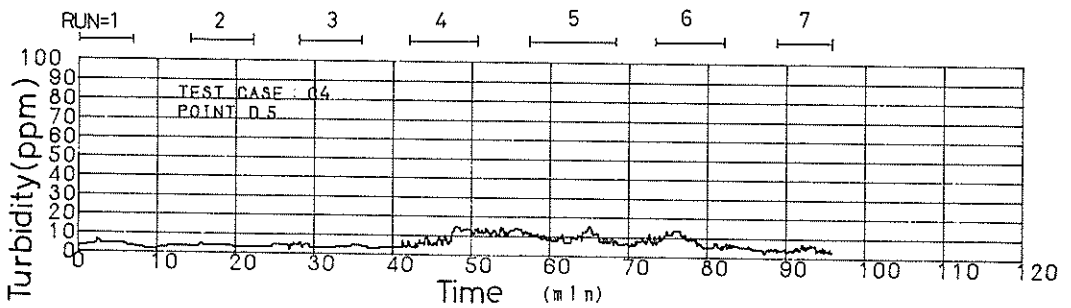
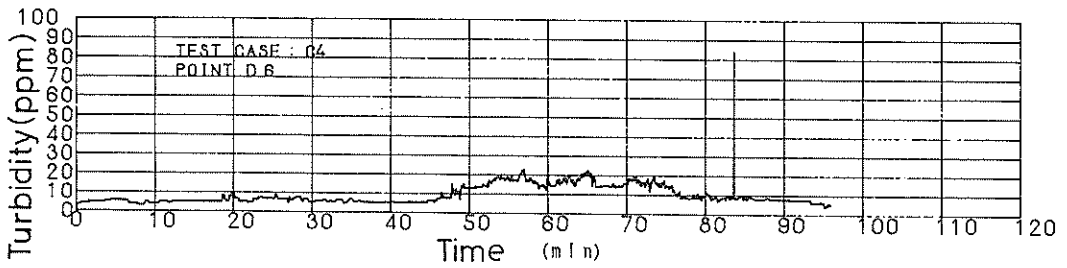
付図-3-(5) D点の濁度記録 (C-3)



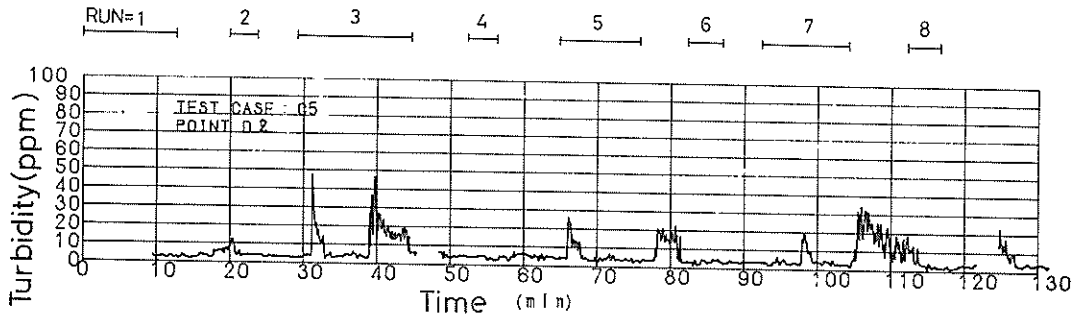
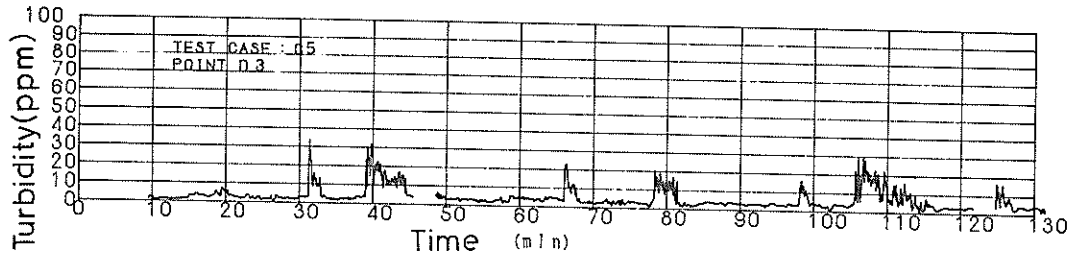
付図-3-(6) D点の濁度記録 (C-3)



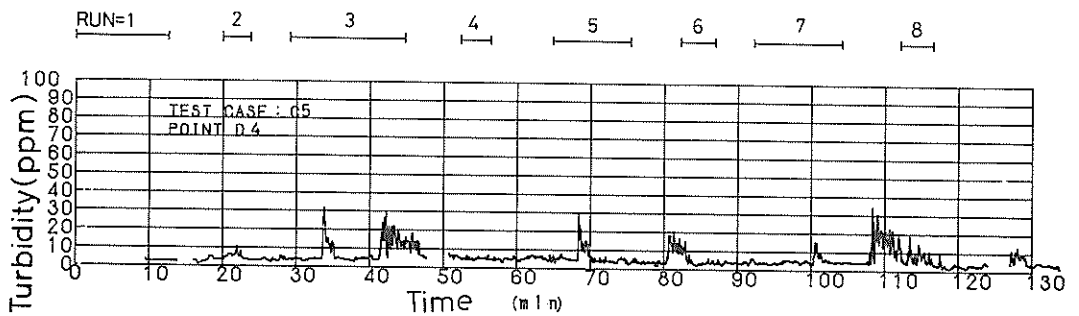
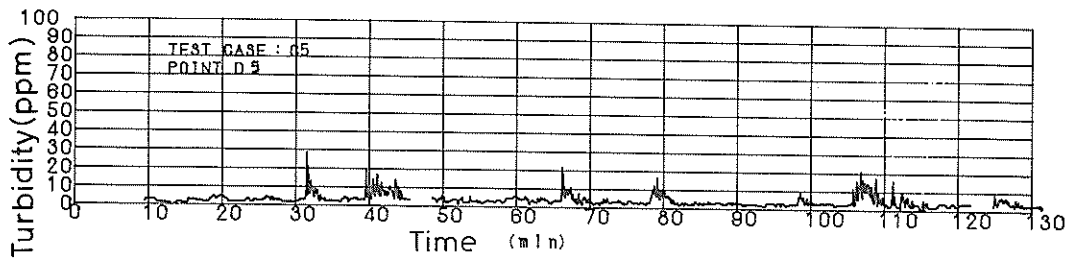
付図-3-(7) D点の濁度記録 (C-4)



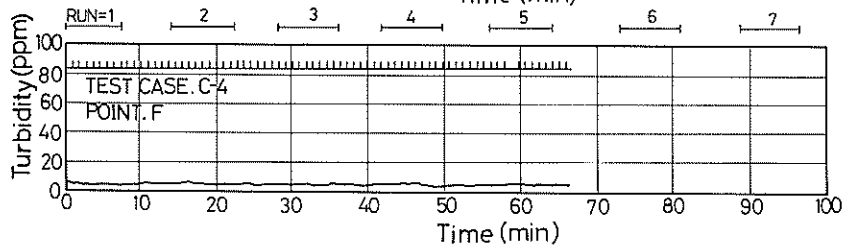
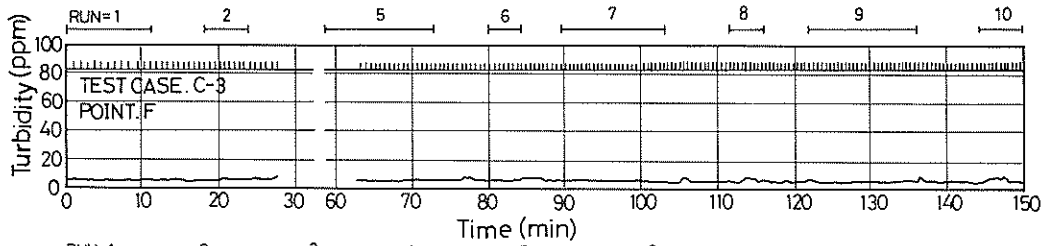
付図-3-(8) D点の濁度記録 (C-4)



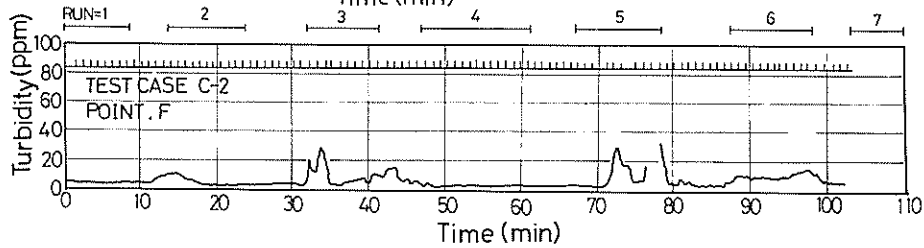
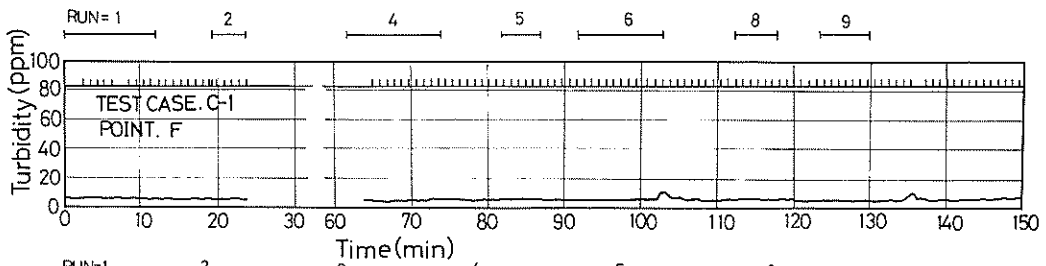
付図-3-(9) D点の濁度記録 (C-5)



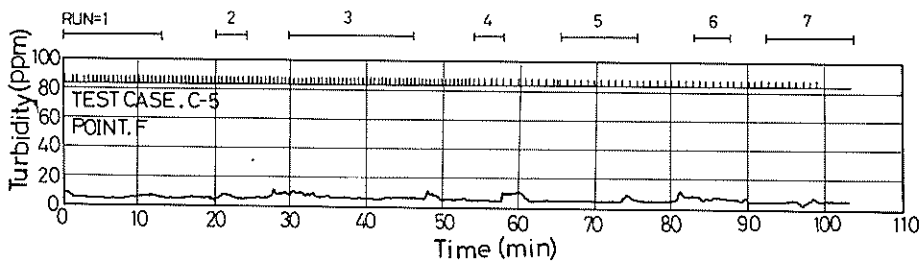
付図-3-(10) D点の濁度記録 (C-5)



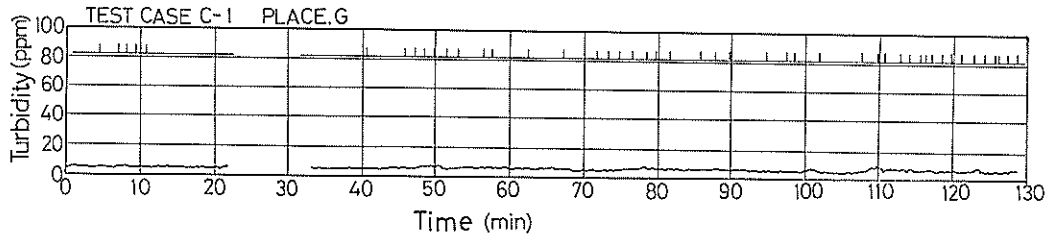
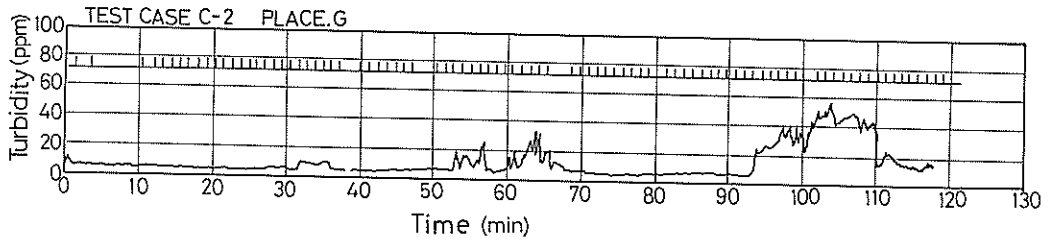
付図-4-(1) F点の濁度記録



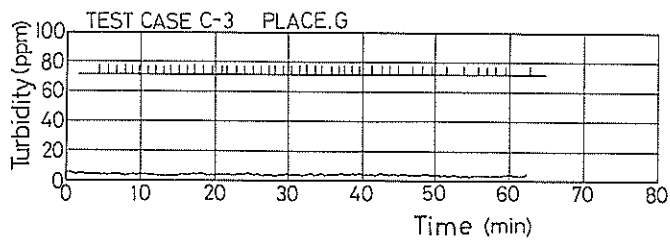
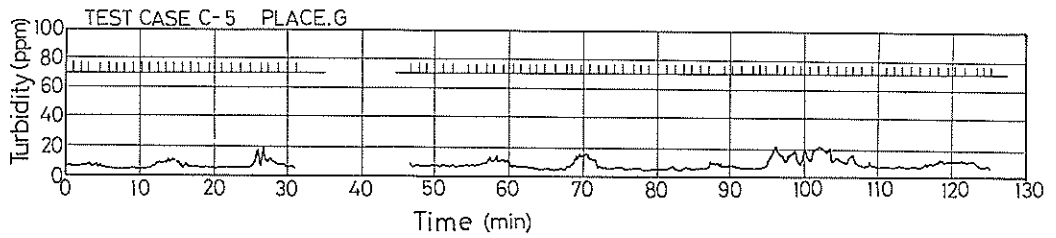
付図-4-(2) F点の濁度記録



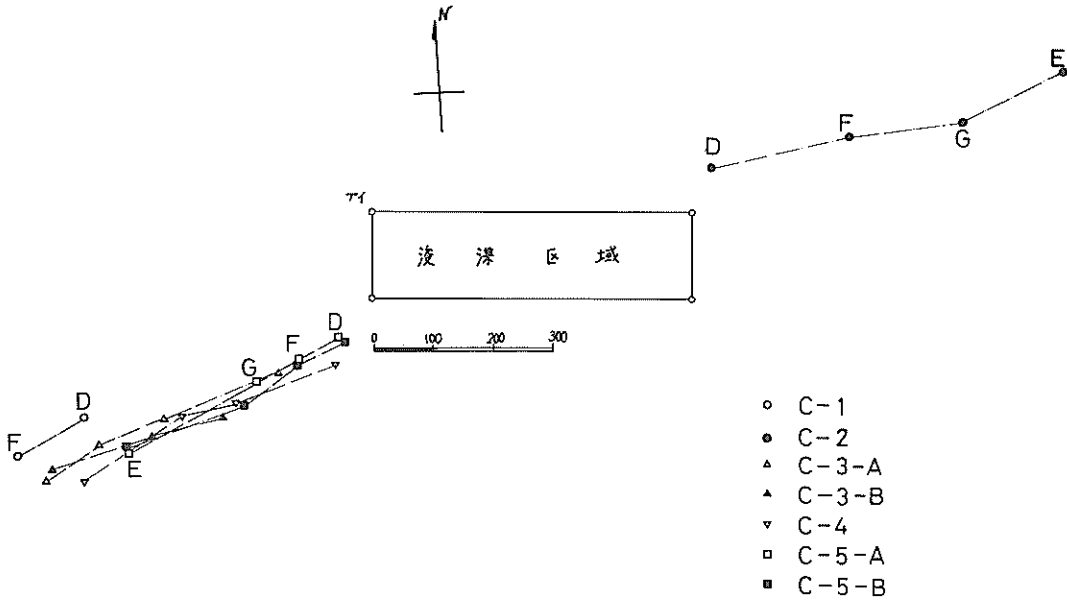
付図-4-(3) F点の濁度記録



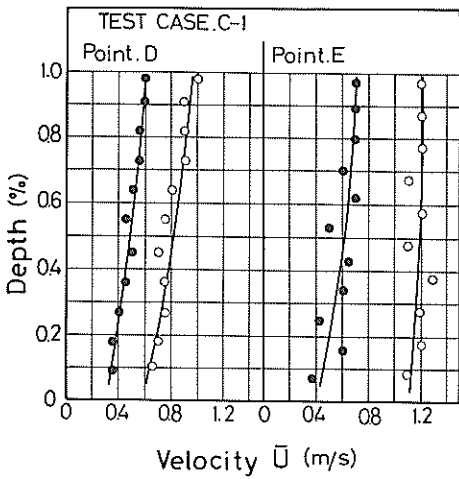
付図-4-(4) F点の濁度記録



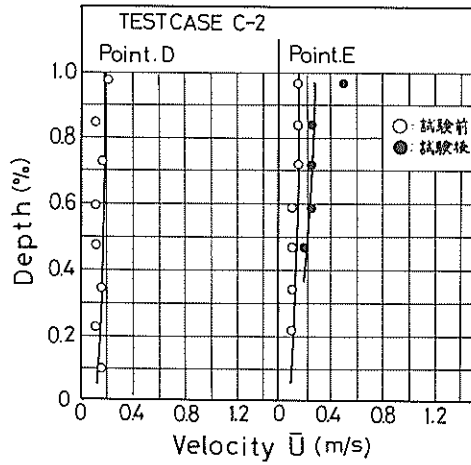
付図-4-(5) F点の濁度記録



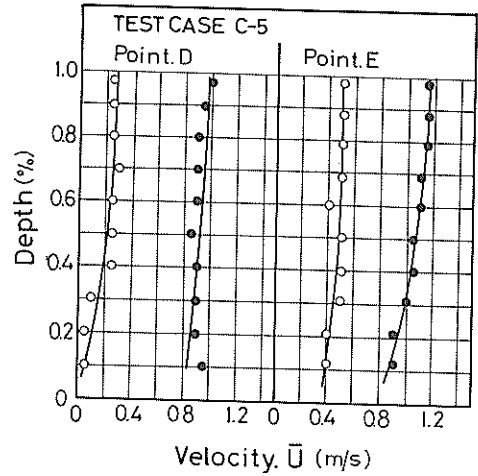
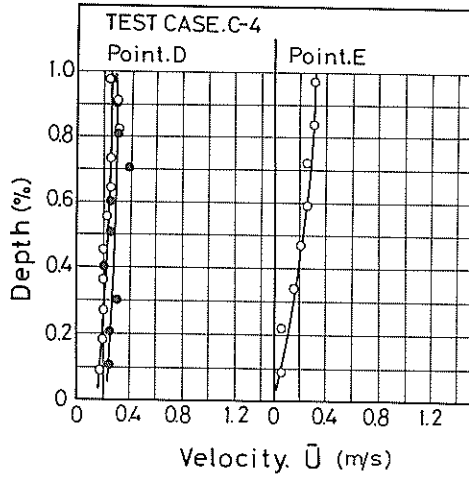
付図-5 調査船の配置状況



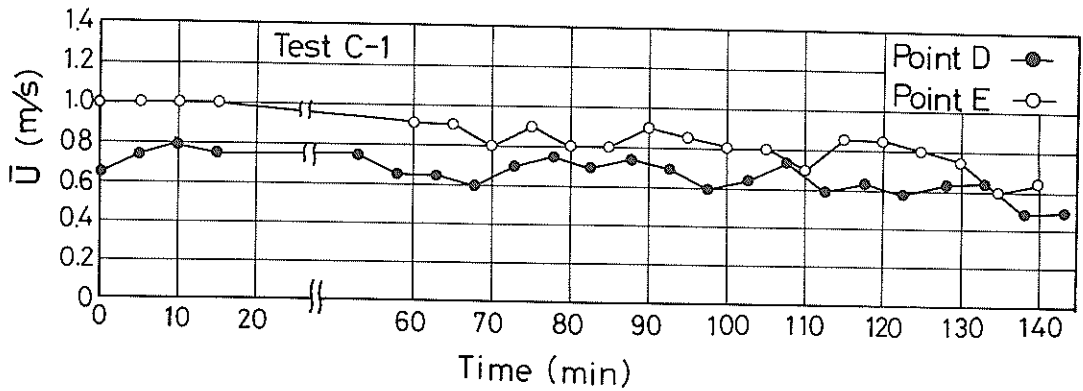
付図-6-(1) D, E点における流速の鉛直分布 (C-1)



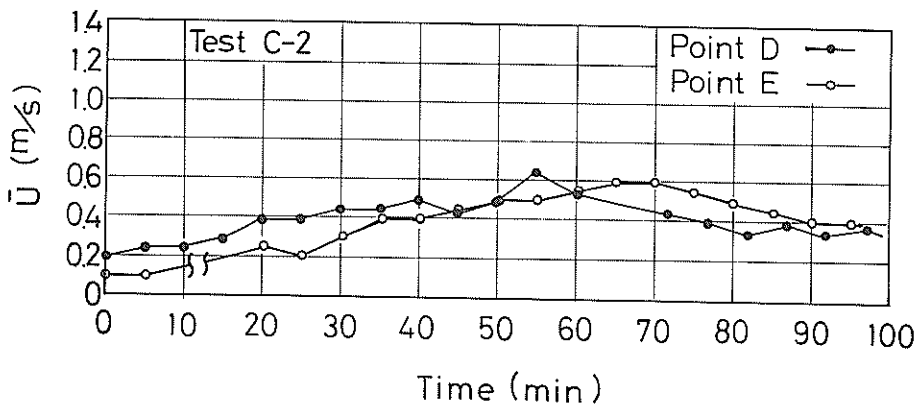
付図-6-(2) D, E点における流速の鉛直分布 (C-2)



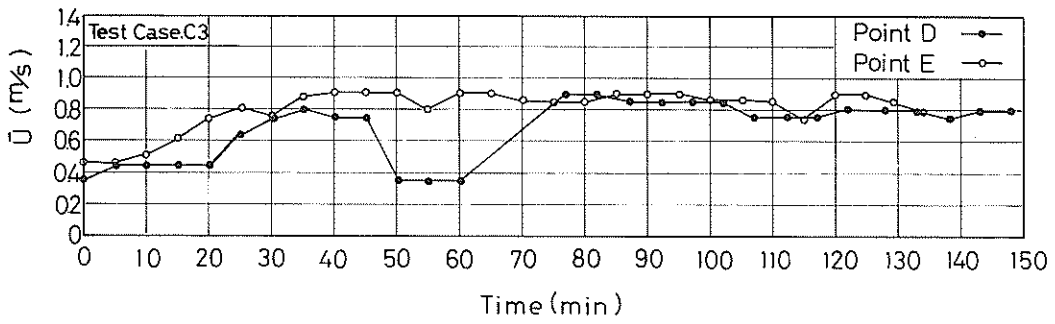
付図-6-(3) D, E点における流速の鉛直分布 (C-4) 付図-6-(4) D, E点における流速の鉛直分布 (C-5)



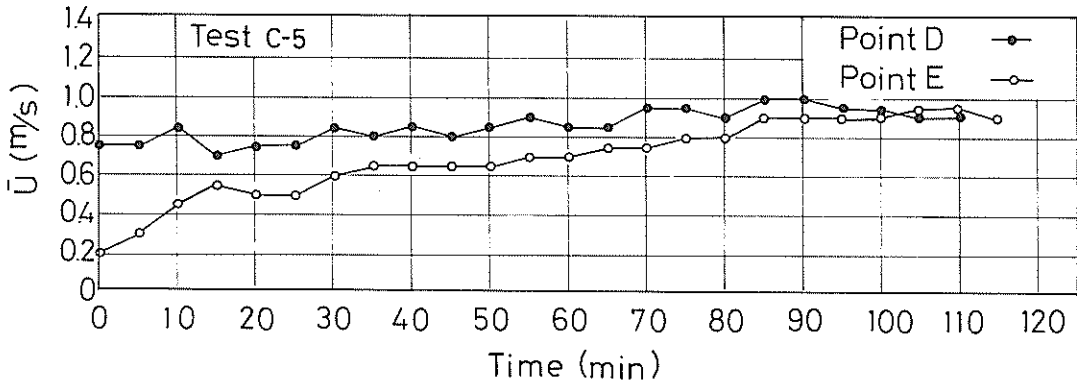
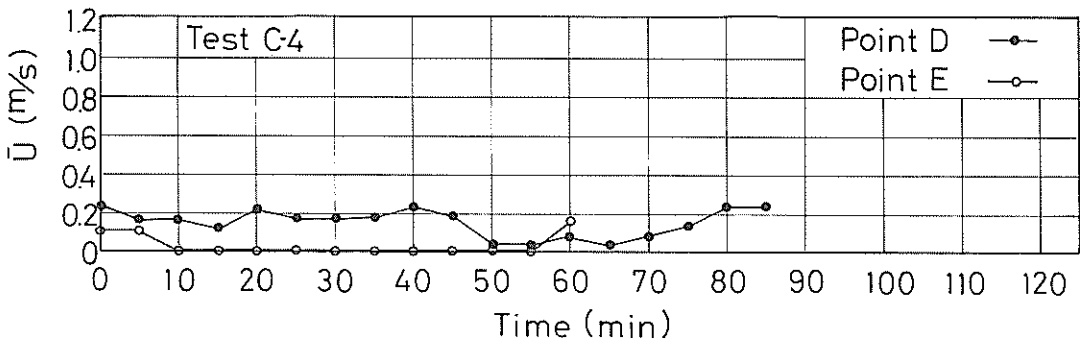
付図-7-(1) 流速の時間的变化 (C-1)



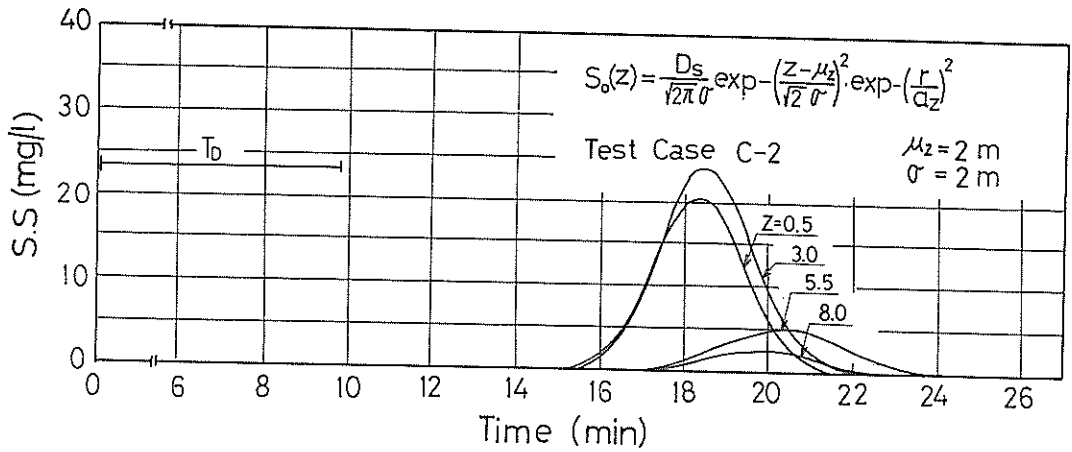
付図-7-(2) 流速の時間的变化 (C-2)



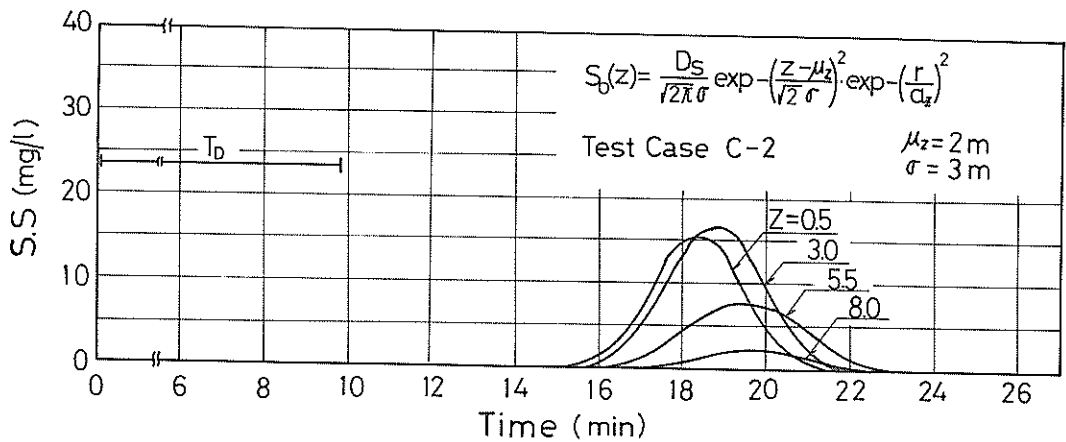
付図-7-(3) 流速の時間的变化 (C-3)



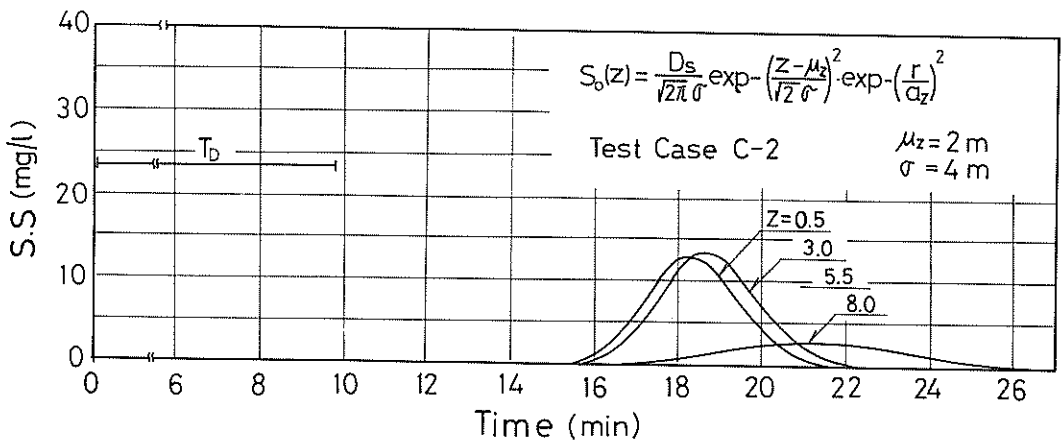
付図-7-(4) 流速の時間的变化 (C-4)



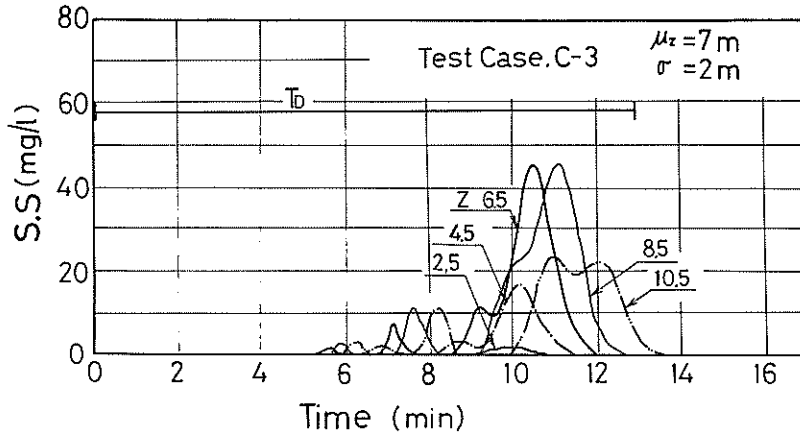
付図-8-(1) 1行程浮滞中のD点の濁り (C-4)



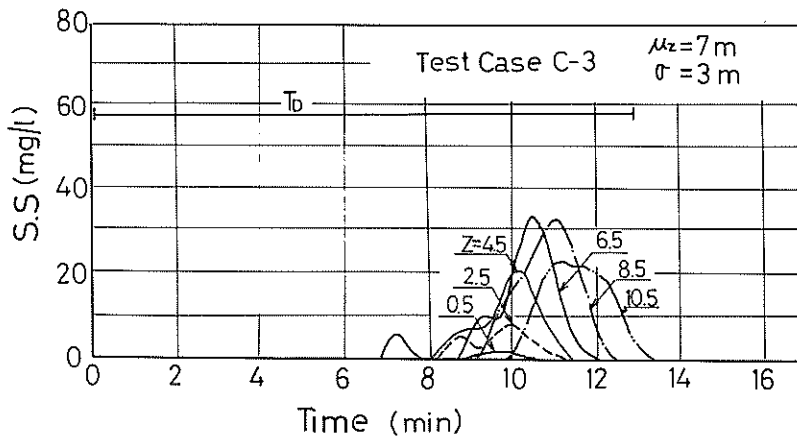
付図-8-(2) 1行程浮滞中のD点の濁り (C-4)



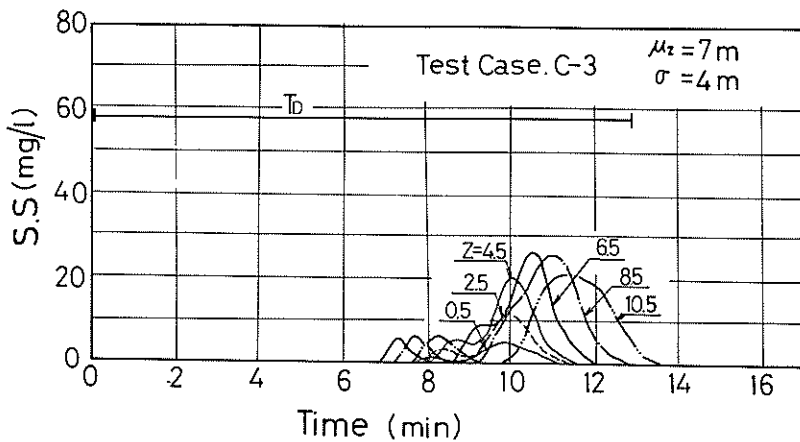
付図-8-(3) 1行程浮滞中のD点の濁り (C-4)



付図-8-(4) 1行程浮滞中のD点の濁り (C-3)



付図-8-(5) 1行程浮滞中のD点の濁り (C-3)



付図-8-(6) 1行程浮滞中のD点の濁り (C-3)

港湾技研資料 No.279

1977・12

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.