

# 港 湾 技 研 資 料

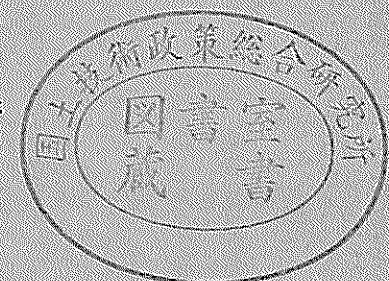
TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No.390      Sept. 1981

ポンプ浚渫船のカッタによる濁りの模型実験

白	鳥	保	夫
増	田	勝	人
加	藤	英	夫
山	内		栄

運輸省港湾技術研究所



## 目 次

要 旨 .....	3
1. ま え が き .....	3
2. 模型の速度縮尺の選定 .....	4
2.1 模型 I .....	4
2.2 模型 II .....	4
3. 供試土砂の性状 .....	5
3.1 沈降圧密試験 .....	5
3.2 供試汚泥の基本的性質 .....	6
4. 実験装置と実験方法 .....	6
4.1 実験装置 .....	6
4.2 実験方法 .....	7
4.3 実験パラメータ .....	7
5. 計測項目 .....	8
5.1 濁度と懸濁物質量の関係 .....	8
5.2 含泥率の測定 .....	9
5.3 流速分布 .....	10
6. 実験結果と考察 .....	10
6.1 カッタ周辺の濁り .....	10
6.2 周辺の濁り .....	14
6.3 浚渫能力 .....	15
6.4 濁りの発生量と運転条件 .....	17
6.5 模型間の濁りの発生量比較 .....	22
7. 結 論 .....	23
8. あ と が き .....	24
参 考 文 献 .....	24
記 号 表 .....	24

## Model Experiment on Turbidity Caused by Pump Dredging

Yasuo SHIRATORI\*  
Katsuto MASUDA\*\*  
Hideo KATO\*\*  
Sakae YAMAUCHI\*\*

### Synopsis

It is one of the important problem today in dredging and reclaiming work to control the water pollution which occurs around the dredging and reclamation area.

Cutter suction pump dredges are a popular equipment and have a good property in respect of the water pollution control from its dredging mechanism.

In this study, authors carried out the model experiment on turbidity due to pump dredging to investigate the relationship between turbidity and operating conditions. Model bottom material consists of Flyash and Benthite and real sea bottom deposits are used as test materials. Suspended solids concentration is used as a indicator of turbidity. Authors obtained the following results.

- (1) Vertical distribution of turbidity around the cutter head is expressed by the exponential function. The SS concentration at the right side of cutter head is greater than the other side regardless of the swing direction. Turbidity is given approximately by the linear function of  $|V_c - V_s|$ , where  $V_c$  is peripheral velocity of the cutter and  $V_s$  is swing velocity. From observation of cutting mechanism, turbidity is generated mainly in the right swing.
- (2) The ratio of unpumped to cutter's excavated soil, which relates the turbidity with dredging conditions, depends on the parameter  $\phi$  ( $=V_c / V_s$ ).
- (3) The amount of dredging turbidity,  $W$  depends on both  $|V_c - V_s|$  and  $\phi$ . Relationship between  $W$  and  $\phi$  is given by the following equation.

$$W = \beta 10^{0.025 \phi}$$

where,  $3 < \phi < 20$  and  $\beta$  depends on tidal current and suction velocity of the dredging pump.

- (4) The converting formula of turbidity proposed by authors gives equal value to the field data.

---

\* Chief of the Sludge Treatment Laboratory, Machinery Division

\*\* Member of the Sludge Treatment Laboratory, Machinery Division

# ポンプ浚渫船のカッタによる濁りの模型実験

白鳥保夫\*

増田勝人\*\*

加藤英夫\*\*

山内 栄\*\*

## 要 旨

汚泥の浚渫埋立工事では、濁りの厳しい規制がとられ、水質汚濁の防止対策が重要な課題となっている。ポンプ浚渫船は、はん(汎)用性のある浚渫機であり、浚渫機構上、汚濁防止対策の施しやすい利点がある。

今回、1/10 模型のポンプ浚渫船を用いて濁りの模型実験を行い、濁りの発生量と運転条件の関係について検討した。供試土砂に模擬汚泥と現地汚泥を用い、濁りの量としては、SS量を用いて評価した。その結果、今回の実験範囲では、次の諸点が明らかになった。

(1) カッタ回りの鉛直分布は、ほぼ指数関数で表される。その大きさは、スイング方向にかかわらず右側面が大きく、カッタ周速度とスイング速度によるパラメータ $|V_c - V_s|$ によって直線近似できた。また、カッタによる濁りの発生機構を検討した結果、右スイング時の濁りが主であることがわかった。

(2) 浚渫能力と濁りの発生量を関連づける残土率は、パラメータ $\phi (=V_c/V_s)$ によって表示できる。

(3) 濁りの発生量 $W$ は、 $|V_c - V_s|$ および $\phi$ によって整理した。 $W$ と $\phi$ については次の関係式で表せる。

$$W = \beta \cdot 10^{0.025\phi}$$

ただし、 $3 < \phi < 20$ であり、 $\beta$ は潮流およびポンプ吸込流速に依存する係数である。

(4) 濁りの発生量の換算式を提案した。これによって実機での濁りの発生原単位を試算した結果は、現地データとほぼ一致した。

## 1. まえがき

へどろなどの汚泥の浚渫埋立工事では、工事にもなう濁りについて厳しい規制がとられている。これは、浚渫によって浮遊した微細粒子や有機物およびこれらに付着している有害物などが、濁りとなってともに拡散する恐れがあるためである。また、シルトや粘土などで構成されている微細土砂についてさえも漁業への影響や美観などの問題から濁りの規制がとられている例がある。

このように濁りを生じる浚渫埋立工事では、環境保全の立場から濁りの規制値を設け、汚濁防止策を講じる必要がある。すなわち、水質汚濁の防止対策が浚渫

工事での重要課題となり、特に汚泥除去の浚渫工事では二次公害の発生防止と汚泥の完全除去の問題が浚渫機選定のキーポイントとなる。

浚渫による濁りの発生機構の解明および発生量の把握は、水質汚濁防止上重要であり、濁りの発生が少ない浚渫機および工法の開発の基本となるものである。浚渫による濁りの発生原因としては、浚渫工法による要因(浚渫機の種類、能力など)、周辺状況による要因(潮流、海底地形、波浪など)そして浚渫土砂による要因(粒度組成、固結状態、比重など)が上げられ、これらの要因が絡み合っ

\* 機材部 汚泥処理研究室長

\*\* 機材部 汚泥処理研究室

カタ式ポンプ浚渫船による濁りは、浚渫機構上カタによる海底土砂の攪乱やスイングによる水流の乱れによって発生する。その発生量が、カタ回転数、スイング速度、浚渫土厚そしてポンプ吸込量などの運転条件に影響されることは容易に想像できる。

ポンプ浚渫船は、浚渫工事に広く使われている浚渫機であり、吸泥部分を改良し汚泥除去用としても用いられている。しかしながら、汚泥除去用に開発されたり改造された浚渫機は、一般に粒径の比較的大きい土質や硬い土質には不向きである。このため種々の土質の浚渫に効果的で、しかも隻数の多いポンプ浚渫船に着目し濁りの発生状況を調べた。

過去に行ったカタ式ポンプ浚渫船の汚濁調査では、運転条件と濁りの発生量の関係について調べられている<sup>1),2)</sup>。

しかしながら、潮流や浚渫区域の地形などの影響が大きく、明確な結論を得るまでに至っていない。

以上の点を考慮して本研究では、模型実験によりポンプ浚渫船のカタによる濁りの発生機構と発生量を把握して汚濁防止技術の基礎資料を得るものである。

## 2. 模型の速度縮尺の選定

原型と模型の間に力学的相似を成立させることは、模型実験で必要とされる要件である。しかしながら濁りの発生機構については十分に明らかにされておらず、濁りの発生量とスイング速度およびカタ速度の関係を示す資料も少ない。したがってここでは試みとして、スイング速度を長さの縮尺と等しくした場合と、長さの縮尺の平方根に等しくした場合の2つの模型を選定した。以下前者を模型Ⅰ、後者を模型Ⅱという。

### 2.1 模型Ⅰ

カタの回転とラダーの水平運動によってカタの刃先は、トロコイド曲線を描く。トロコイド曲線は、その転がり円と刃先円の直径比 $K$ が一定であるならば、二つのトロコイド曲線は相似形となる。相似形の軌跡を描く刃先は、それによる土砂の掘削形状が等しく、掘削土量が相似となる。

トロコイド曲線を構成する直径比 $K$ は、(2.1)式で表される。

$$K = \frac{d}{D} = \frac{V_s}{\pi N_c D} = \frac{V_s}{V_c} = \frac{1}{\phi} \quad (2.1)$$

ここで、 $D$ ：カタ刃先円直径、 $N_c$ ：カタ回転数、 $d$ ：転がり円直径、 $V_s$ ：スイング速度、 $V_c$ ：カタ周速度である。

(2.1)式よりスイング速度の縮尺 $V_{s,r}$ は、

$$V_{s,r} = \frac{V_{s,R}}{V_{s,M}} = \frac{N_{c,R} D_R}{N_{c,M} D_M} \quad (2.2)$$

となる。

ここに、原型と模型の関係を(2.3)式のようにおく。

$$l_r = \frac{x_R}{x_M} = \frac{y_R}{y_M}, \quad h_r = \frac{h_R}{h_M}, \quad D_r = \frac{D_R}{D_M}, \quad V_r = \frac{V_R}{V_M} \quad (2.3)$$

$x, y$ ：海域の水平座標、 $h$ ：水深、 $V$ ：潮流である。また、添字 $R, M$ はそれぞれ原型、模型を表し、 $r$ は縮尺を意味する。

ここで原型と模型でのカタ回転数を等しくおけば、

(2.2)式より

$$V_{s,r} = V_{c,r} = D_r \quad (2.4)$$

となり、速度の縮尺が長さの縮尺と同じになる。

また、浚渫ポンプの吸込流量の縮尺は、管内の含泥率が同じとすると、掘削量の縮尺で与えられ(2.5)式となる。

$$Q_r = b_r \cdot t_{s,r} \cdot V_{s,r} = D_r^3 \quad (2.5)$$

ここに、 $b_r, t_{s,r}$ はそれぞれカタ幅、浚渫土厚の縮尺である。このような模型を以下、模型Ⅰという。

一方潮流の縮尺は、フルードの相似の条件として(2.6)、(2.7)<sup>(3)</sup>式で与えられる。

$$V_r = h_r^{1/2} \quad (2.6)$$

$$T_r = l_r \cdot h_r^{-1/2} \quad (2.7)$$

しかるに、浚渫に関する時間縮尺は(2.8)式で与えられる。

$$T_r' = \left( \frac{y}{V_s} \right)_r = l_r D_r^{-1} \quad (2.8)$$

したがって、 $h_r = D_r$ の模型では拡散に関する時間縮尺と浚渫に関する時間縮尺は異なる。

汚濁の拡散において、汚濁物質の沈降を考慮すると、沈降速度についても縮尺を考慮しなければならない。

沈降速度のフルード律による縮尺は $h_r^{1/2}$ である。原型の供試土砂に近いものを使用しているため沈降速度の縮尺は満足していないが、ここでは主として濁りの発生量の問題を取扱うことから沈降速度については二次的な扱いとした。

### 2.2 模型Ⅱ

(2.7)式は、フルード律を合わせる関係式であり、時間スケールの縮尺を与えている。 $h_r = D_r$ の条件下で、

表-2.1 縮尺の関連

	水平座標	水深	カッタ直径	スイング速度	カッタ周速度	潮流	ポンプ流量	ポンプ吸込流速	時間	
	$x, y$	$Z$	$D$	$V_s$	$V_c$	$V$	$Q$	$V_p$	$T_r'$	$T_r$
模型 I	$l_r$	$h_r$	$D_r$	$D_r$	$D_r$	$h_r^{1/2}$	$D_r^3$	$D_r$	$l_r D_r^{-1}$	$l_r h_r^{-1/2}$
模型 II	$l_r$	$h_r$	$D_r$	$D_r^{1/2}$	$D_r^{1/2}$	$h_r^{1/2}$	$D_r^{5/2}$	$D_r^{1/2}$	$l_r D_r^{-1/2}$	$l_r h_r^{-1/2}$

表-2.2 原型と模型の寸法関係

	スイング幅	水深	スイング速度	カッタ周速度	潮流	ポンプ流量	ポンプ吸込流速
	$B$ (m)	$Z$ (m)	$V_s$ (m/min)	$V_c$ (m/min)	$V$ (m/min)	$Q$ (m <sup>3</sup> /h)	$V_p$ (cm/s)
原型	11.0	4.0	6 ~ 10	60 ~ 120	18	4200	45.8
模型 I	1.1	0.4	0.6 ~ 1.0	6 ~ 12	5.7	4.2	4.58
模型 II	1.1	0.4	1.9 ~ 3.6	19.0 ~ 37.9	5.7	13.3	14.5

(2.7)式と(2.8)式を一致させるためスイング速度をフルードの相似律によって規定すると、

$$V_{s,r} = D_r^{1/2}$$

となる。また、掘削軌跡の相似条件よりカッタ周速度の縮尺は、

$$V_{c,r} = V_{s,r} = D_r^{1/2}$$

となる。

浚渫ポンプ流量の縮尺は2.1節と同様の方法により、

$$Q_r = D_r^{5/2}$$

で与えられる。このように設定した模型を以下、模型IIという。

模型実験では、 $l_r = 10$ ,  $D_r = 10$ ,  $h_r = 10$ の縮尺を使用した。表-2.1に縮尺の関連について表-2.2に原型と模型の寸法について示した。

### 3. 供試土砂の性状

海底に存在する汚泥は、浮泥、沈泥、堆積泥と層をなし、その堆積厚さは、一般に数10cm~数mといわれている。表層部にある浮泥は、含水比が非常に高いのが特徴で、400~500%程度の汚泥も見られ、攪乱などによって簡単に舞い上がる。しかも微細粒子であるため長時間濁りとなって海中に存在する。

浚渫土砂の粒度組成、含水比、比重などの汚泥の性状は、浚渫による濁りの発生規模や拡散領域を左右する。

以下に、実験に用いた汚泥の性状についてみる。

供試汚泥は、フライアッシュとベントナイトから成る模擬汚泥と現地汚泥である。

#### 3.1 沈降圧密試験

水底にある模擬汚泥は、時間の経過とともに間隙にある水を自重によって排除して含水比の低下を進行させ圧密する。模擬汚泥は、飽和状態の含水比が60~70%と現地汚泥に比べて小さく、間隙比が小さい。そのため圧密過程が速い傾向にある。

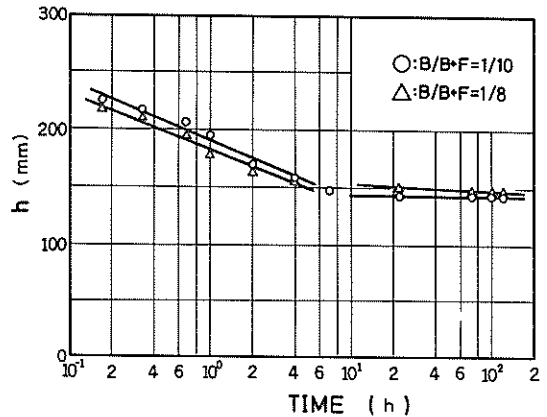


図-3.1 模擬汚泥の沈降特性

図-3.1は、沈降試験の結果である。初期含水比130%、フライアッシュ(F)とベントナイト(B)の混合割合を重量比(B/B+F)で、1/10, 1/8の模擬汚泥を用いた。両試料ともども経過時間が10時間以上で圧密過程に

入っている。

また、含水比の変化により土のせん断強度が変化することから圧密の状態を土のせん断強度で評価した。混合割合を前記の二種類、含水比を 50, 60, 100 % の三種類の合計 6 種類の模擬汚泥を試料とした。各試料を一様に混合し、内径 300mm 高さ 500mm の円筒容器に入れたのち静かに清水を加えて静置させ、所定の時間にペーンせん断試験機で表層と下層のせん断強度を測定した。

その結果を図-3.2 および付図-3.1 に示す。

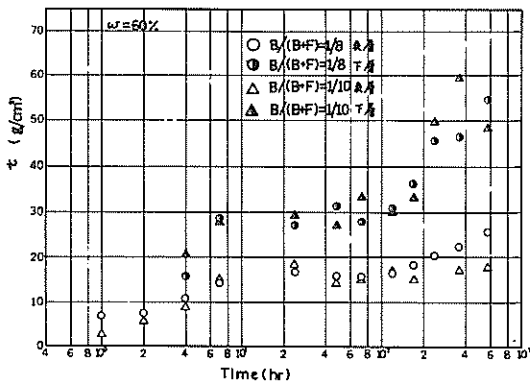


図-3.2 模擬汚泥のせん断強度 ( $w = 60\%$ )

せん断強度は、時間の経過とともに増加する。特に、含水比が 50 % の試料は圧密の進行が著しい。含水比が 60 % の試料では、表層、下層とも経過時間が 10 ~ 100 時間において、せん断強度がほぼ一定値を示し供試ベットとして良好な特性といえる。含水比が 100 % の試料も同様の傾向にあるけれども試料の飽和含水比が 60 ~ 70 % であるため試料の初期段階では飽和状態に達するまで界面沈降過程と考えられる。したがって、飽和含水比以上の試料では実験時の含水比は、試料調整時より低下する。

以上より浚渫による濁りの実験用模擬汚泥には含水比 60 %, 混合割合 1 / 8 で調整したものを用いた。

### 3.2 供試汚泥の基本的性質

表-3.1 に供試汚泥の物性を示す。

表-3.1 供試汚泥の物性

	真比重	単位体積重量 ( $g/cm^3$ )	含水比 (%)	強熱減量 (%)
模擬汚泥	2.21	1.52(1.52)	60 ~ 70	0 ~ 5
現地汚泥	2.22	1.13(1.15)	230 ~ 290	30 ~ 35

汚泥の真比重は、有機物含有量と密接に関係し、有機物量(または強熱減量)をより多く含有するほど減少する<sup>(4)</sup>。現地汚泥は、有機物を多量に含んでいることが多く、真比重が 2.0 前後のものも認められる<sup>(5)</sup>。シルトや粘土などの鉱物質の比重を 2.70, 有機物の比重を 1.5, 強熱減量を 30 ~ 35 % とすると関係式<sup>(4)</sup>より汚泥の比重は 2.11 ~ 2.18 となり測定結果とほぼ一致する。

単位体積重量は、(5.2)式に示すとうり含水比の増加とともに減少し、汚泥下層部では 1.2 ~ 1.4  $ton/m^3$  程度が多く分布している<sup>(5)</sup>。表-3.1 中の ( ) の値は、(5.2)式から求めた値で、ほぼ測定値と一致している。

図-3.3 に供試汚泥の粒径加積曲線を示す。これは、コールタカウンタによって 1 ~ 100  $\mu m$  の粒径範囲で求めた値である。また、図-3.4 に沈降速度の加積曲線を示す。

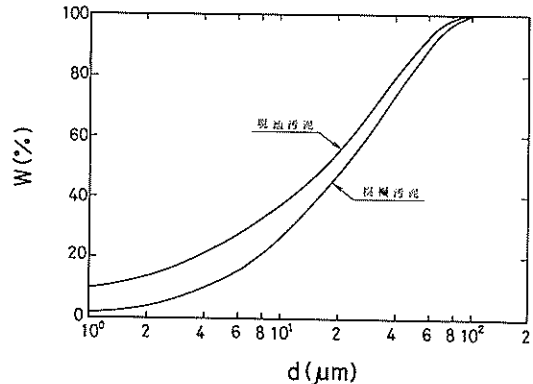


図-3.3 供試汚泥の粒径加積曲線

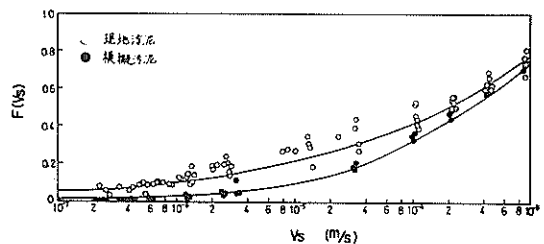


図-3.4 供試汚泥の沈降速度加積曲線

## 4. 実験装置と実験方法

### 4.1 実験装置

図-4.1 に実験装置の概略を示す。実験装置は、試験水槽①、循環水槽②、浚渫装置③そして循環ポンプ④などから構成されている。試験水槽①は、全長 6.8m, 幅 1.5m, 深さ 1.5m の形状であり、供試土砂ベット⑤は長さ 1.5m

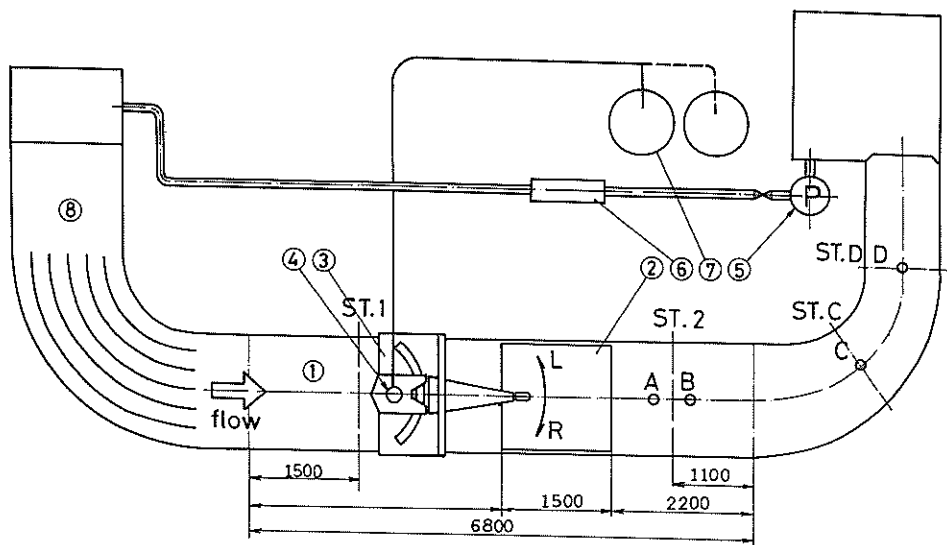


図-4.1 実験装置の概略

幅 1.4m, 深さ 0.2m である。カッタは、クローズ型を採用し、マウスに向かって巻込み水流を作るようにしている。

以下に各装置の仕様を示す。

(1) 浚渫模型装置③

浚渫ポンプ：0.035 m<sup>3</sup>/min × 10 m × 0.75 kW  
(模型Ⅰ)

0.50 m<sup>3</sup>/min × 5 m × 2.2 kW  
(模型Ⅱ)

スイング幅：1.10 m

スイング速度：0～3.6 m/min

カッタ周速度：0～10.74 m/min (右回転)

カッタ形状：180 mm φ × 150 mm, クローズ型

ポンプ吸込口径：25 mm (模型Ⅰ),

50 mm (模型Ⅱ)

(2) 循環ポンプ⑤

4.2 m<sup>3</sup>/min × 20 m × 11 kW × 1450 r. p. m.

(3) 濁度計測器

吸光式透過率計：0～100%, 3段切換

(S.S換算 0～220 mg/l)

散乱光式濁度計：0～1000 ppm, 4段切換

採水装置：真空式

4.2 実験方法

実験水位は 40 cm, 水槽内の潮流は循環ポンプ⑤で所定の値を得た。浚渫は、1スイングのみの浚渫と連続8

スイングの浚渫の二種類を合わせて1ケースとした。連続スイングの際の前進距離は、100 mm である。

おのおのの浚渫は、濁りのバックグラウンド値が十分に小さく、安定した状態で開始した。だが、潮流の速い例ではバックグラウンドに若干影響し、バックグラウンド値の上昇がみられた。

濁りの検出は、カッタ回り6点とA, B点おのおの4点C, D点およびバックグラウンド各1点の合計17点において濁度計もしくは採水によって行った。図-4.2に各点の配置を示す。

カッタ回りの採水は、1スイング浚渫の場合にスイング中央で、また連続スイング浚渫では5スイングめの中央点で行った。前者は、左スイング時であり、ほかは右スイング時の採水で左右両スイング時の濁りの比較に用いた。AおよびB, C, D点での採水は、濁りが到達したころ合いを見計らって適宜1回行った。また、A1およびA4, B1点では散乱光式濁度計で、C, D点では吸光式透過率計で濁りの連続測定をしている。

4.3 実験パラメータ

浚渫による濁りは、カッタによる汚泥の攪乱が主要因であるため実験パラメータとしてカッタ周速度、ラダースイング速度そして発生した濁りが周辺水域に拡散していく要因として潮流を選んだ。また、浚渫土厚の影響を調べるため若干のケースについて土厚を変化させている。

実験は、模型ⅠおよびⅡについて行った。



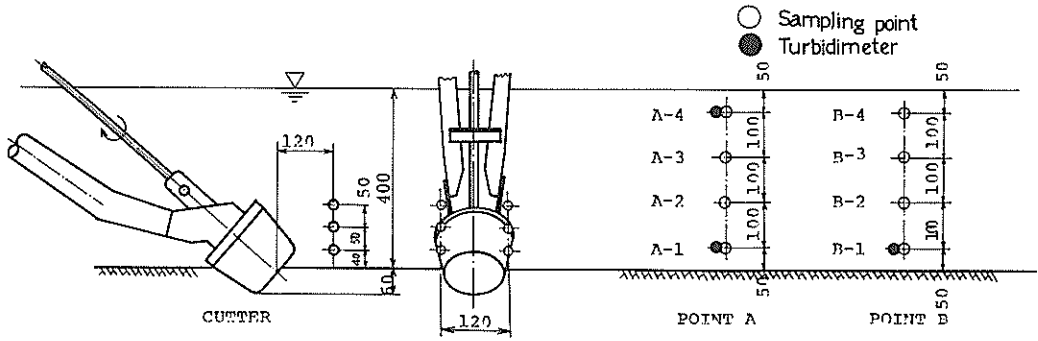


図-4.2 採水点，濁度測定点の配置

模型Ⅰの実験は，カッタ周速度 $V_c$ が0～10.74m/minの4種類，スイング速度 $V_s$ が0.3～3.6 m/minの6種類，潮流 $V$ が1.39～5.70 m/minの3種類の合計23ケースについて行った。さらに，現地汚泥についても5ケースの実験を行った。

模型Ⅱの実験は， $V_c$ が1.25～10.74 m/minの4種類， $V_s$ が0.9～3.6 m/minの3種類， $V$ が0.69～5.70 m/minの4種類の合計18ケースについて行った。土厚は，カッタ直径の1/2，1/3，1/6厚さとした。

## 5. 計測項目

### 5.1 濁度と懸濁物質量の関係

濁りの検出用の計測器は，吸光式透過率計と散乱光式濁度計である。光の透過率や散乱率などは，水中の懸濁物質や溶存物質の粒径の大きさや色調に影響される。

したがって，光の透過率や散乱率の変化を計測原理と

している濁度計では指示値から水質の濁度を求めるには注意が必要である<sup>(6)</sup>。

懸濁物質（以下，SSもしくはSS量という）は，単位容積当たりの浮遊物質の重量で定義され，細粒子による濁りの表示に適していると考えられる。したがって，本実験での濁りの評価をすべてSS量で行った。

懸濁液中の吸光度は，細粒子の遮蔽効果が支配的であり，SS量との間に強い相関関係があることが知られている。図-5.1，5.2は，供試土砂に用いた模擬汚泥および現地汚泥を試料として作成した検量線である。

濁度測定各点に到達する粒子の組成と供試土砂の粒度組成とはかなり異なるため，各測定点で採水した試料を用いている。

吸光度はSS量に反比例している。また，散乱光式濁度計の指示値もSS量に比例して，いずれも強い相関が認められる。

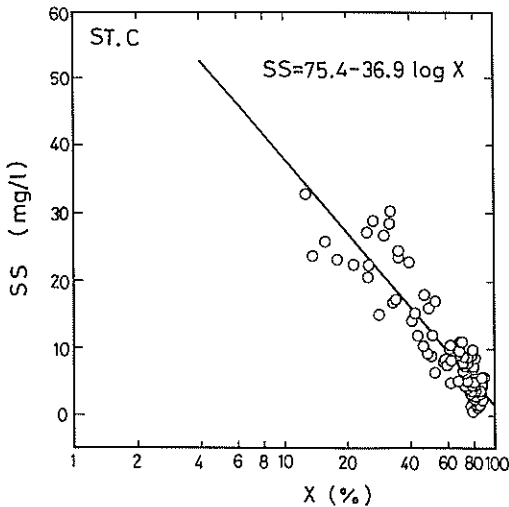


図-5.1(a) 吸光度とSSの関係（C点，模型Ⅱ）

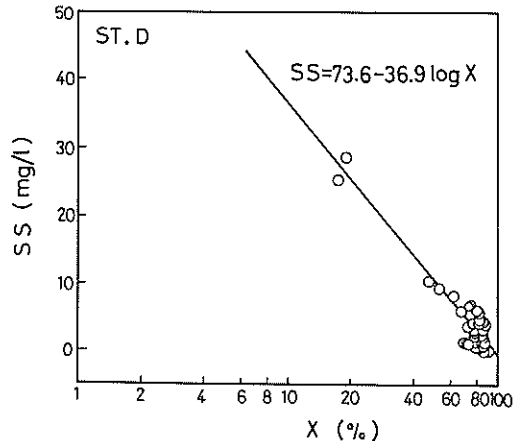


図-5.1(b) 吸光度とSSの関係（D点，模型Ⅱ）

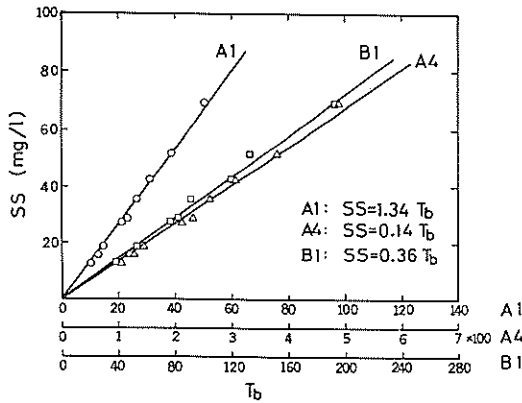


図-5.2 濁度とSSの関係 (AB点, 模型II)

### 5.2 含泥率の測定

浚渫土量を知る上で管内含泥率は重要なファクターである。本実験での含泥率の測定は、従来の混合比重量を求める方法によらず、浚渫した懸濁水のSS量の平均値  $S_D$  から管内の平均含泥率を求める方法をとった。

SS測定は、懸濁物質の粒径が2mm以下を対象としており、前記の粒径加積曲線などから模擬汚泥、現地汚泥どちらも粒径が小さく2mm以上の粒子による補正は必要ない。

今、懸濁液の定義上の含水比を  $w$  とすると、 $S_D$  は、(5.1)式で表される。

$$S_D = \frac{100 \cdot G_s \cdot \gamma_w}{w \cdot G_s + 100 G_w} \times 10^6 \quad (5.1)$$

ここに、 $G_s$ 、 $G_w$ 、 $\gamma_w$  はそれぞれ汚泥、溶媒の真比重および清水の単位体積重量である。

また、水底に堆積している状態の汚泥を考えると、その単位体積重量と含水比の関係は、

$$\gamma_a = \frac{G_s \cdot \gamma_w (1 + w_h/100)}{1 + e} \quad (5.2)$$

$$e = \frac{G_s \cdot w_h}{S_r}$$

で表わされる。

ここに、 $\gamma_a$  : 堆積状態での単位体積重量 (g/cm<sup>3</sup>)

$w_h$  : 堆積状態での汚泥の含水比 (%)

$e$  : 堆積状態での汚泥の間隙比 (-)

$S_r$  : 堆積状態での汚泥の飽和度 (%)

長時間水底に堆積する土砂の飽和度は100%に近いため  $S_r = 100$  として計算を行った。

図-5.3は、模擬汚泥の含水比と単位体積重量との関係を示している。

図中の実線は、(5.2)式で与えたものである。実験直後の供試汚泥の含水比は、模擬汚泥作成時の含水比で

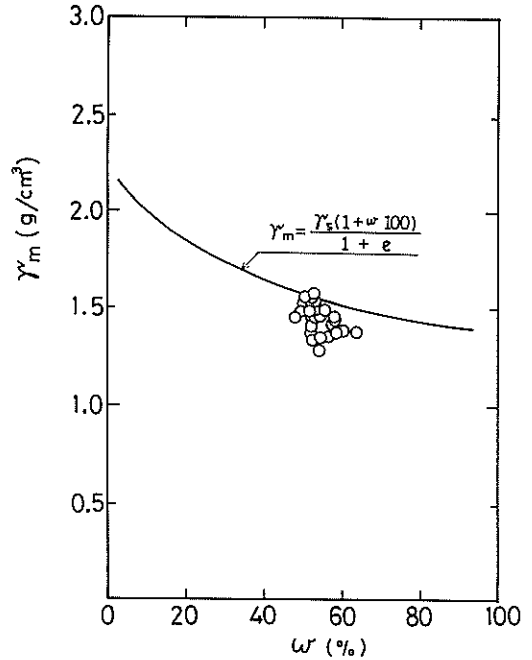


図-5.3 含水比と単位体積重量

ある60% とほぼ一致している。

(5.1)式の含水比と真容含泥率、さらに真容含泥率と見掛含泥率の関係は(5.3)、(5.4)式で表される。

$$X_v = \frac{100 \cdot \gamma_w}{\gamma_w + \gamma_s \cdot w/100} \quad (5.3)$$

$$X_a = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_a - \gamma_w} X_v \quad (5.4)$$

ここに、 $X_v$ 、 $X_a$  はそれぞれ真容、見掛含泥率である。(5.1)と(5.3)式および(5.2)と(5.4)式から管内の真容含泥率が求められる。おのおの汚泥についての関係式を列記すると以下のとおりである。

#### (1) 現地汚泥

$$w = 100(10^6/S_D - 0.450)$$

$$X_v = \frac{100}{1 + 2.22 w/100}$$

$$X_a = 9.10 X_v$$

#### (2) 模擬汚泥

$$w = 100(10^6/S_D - 0.452)$$

$$X_v = \frac{100}{1 + 2.212 w/100}$$

$$X_a = 2.33 X_v$$

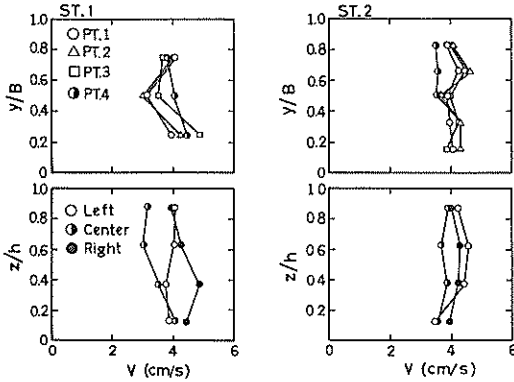


図-5.4(a) 流速分布 ( $\bar{V} = 4.2 \text{ cm/s}$ )

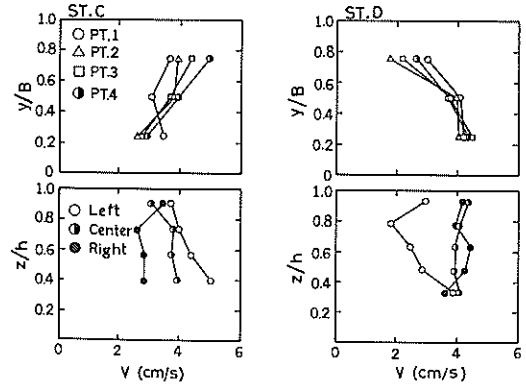


図-5.4(b) 流速分布 ( $\bar{V} = 4.2 \text{ cm/s}$ )

### 5.3 流速分布

流速測定は、供試ベット上流側 (ST. 1) および下流側 A, B 点の中間 (ST. 2), C, D 点で行った。

図-5.4 に各点での流速分布の一例を示す。下の図は鉛直方向分布であり、上の図は幅方向分布である。平均流速は  $4.2 \text{ cm/s}$  である。

流れの幅方向成分がわずかであることから水槽の長手方向成分のみを示した。循環水路の湾曲部に整流板が設けられているが、二次流れの影響が現れ、ST. 1 では水槽右側の流れが速くなっている。

さらに流下した ST. 2 では、二次流れによる流速分布の不均衡が弱まり、流速は幅方向、鉛直方向とも放物線状の分布である。流速の大きさは、開表面よりわずかに深い点で最大値を示している。

以下の計算で用いる流速分布は、鉛直方向を放物線分布とし長手方向に一樣な流れとした。

C, D 点における流速は、水路の湾曲や水深の変化のため乱れが激しく、複雑である。そのため発生した濁りがかなり混合される。

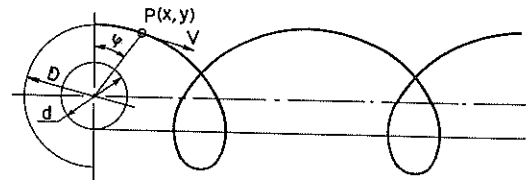


図-6.1 カッタ刃先の軌跡

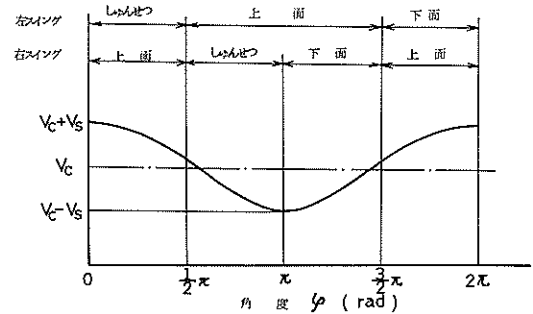


図-6.2 カッタ刃先の速度と浚渫状態

## 6. 実験結果と考察

### 6.1 カッタ周辺の濁り

#### (1) カッタ刃先の運動<sup>(7)</sup>

カッタ刃先の軌跡は、図-6.1 に示すようなトロコイド曲線を描き、任意点  $P(x, y)$  は (6.1) 式で表される。

$$\begin{aligned} x &= \frac{d}{2} \varphi + \frac{D}{2} \sin \varphi \\ y &= \frac{D}{2} \cos \varphi \end{aligned} \quad (6.1)$$

ここに、 $d$  : 転がり円直径、 $\varphi$  : 刃先の回転角  
 $D$  : カッタ刃先円直径

転がり円直径は、直線上をすべりを生じないで転がる時の周速度がスイング速度と等しくなる直径で  $d = V_s / \pi N_c$  の関係にある。

浚渫時の前進方向に向かって右側方向へのスイングを右スイングという。この場合、カッタ刃は上から下へ切下げるようにして土砂を掘削する。同様に左側方向へのスイングを左スイングという。左スイングの刃先の軌跡は図-6.1 の上下を逆にした形となり、下から上へと切上げるように掘削する。

一枚の刃によって掘削される土砂量は、前後二枚の刃先の軌跡の差として表される。したがって、掘削土厚は右スイングで、始めに大きく食い込みしだいにその厚さ

を減らして0となる。左スイングでは逆に0からしだいに増加して最大厚さとなって掘削を終了する。

カッタ刃先の速度は(6.2)式で表される。

$$V = (V_s^2 + V_c^2 + 2V_s V_c \cos \varphi)^{1/2} \quad (6.2)$$

図-6.2に示すとおり、刃先の速度は、右スイング時では $\varphi=0$ で最大 $\varphi=\pi$ で最小となる。掘削は、 $\varphi=\pi/2$ において行い、 $\varphi=3/2\pi \sim 5/2\pi$ の速度の高調期に浚渫土面より上の水中を回転することになる。左スイングでは、便宜上 $\varphi$ のとり方を右スイングの場合と $\pi$ だけずらすと刃先の速度は図-6.2と一致する。したがって、 $\varphi=0 \sim \pi/2$ において浚渫し、 $\varphi=\pi/2 \sim 3/2\pi$ の速度の低調期に水中を回転する。このようなスイング方向の違いによる掘削の特徴は、含泥率や濁りの発生に大きく影響する。

(2) カッタ周辺の濁り

図-6.3にカッタ周辺の濁りの鉛直分布の一例を、また付表-6.2にほかのデータを示す。図中のSINGLEとは1スイングによる浚渫であり、左スイング時のものである。MULTIとは連続スイングによる浚渫を意味する。MULTIスイングの採水は、右スイング時のものである。しかも、水流があるため連続スイング中の前スイングによる濁りは流下して採水時点では右スイングによる濁りのみを捕らえている。すなわち、図-6.3の上下の図はスイング方向が異なる場合の濁りの鉛直分布を示している。

スイング方向の違いによる濁りの発生状況を比べるとSS量の絶対値は、総じて右スイング時に大きい。

また、カッタ右側面、左側面の濁りは、指数関数状の分布をしており、その大きさはスイング方向のいかんにかかわらず右側面の値が大きい傾向にある。

右スイング時の分布において、両側面での値が似かよったりあるいは逆転している場合さえあるが、これは採

水方法に原因があった。すなわち、採水管はカッタとともに移動するためカッタ右側面で発生した濁りを左の採水管で捕らえる例が潮流とスイング速度の関係で起こりうるためである。

カッタ周辺の濁りは、供試土面より15~20cm程度の所でバックランドの値となっていることからカッタ回りの採水点でのSSの平均値 $\bar{S}_c$ は、カッタによって発生した濁りの代表値とみなすことができる。

カッタを円筒形とすると、回転するカッタ周辺の流れは自由渦流れと考えられ、軸からの距離に反比例した速度を有する旋回流である。また、スイングによってもカッタに付着した土粒子は相対的に一様流を受ける。

すなわち、カッタ刃先のもつ速度に相対する流れが、カッタ近傍で存在すると考えられる。この水流によってカッタに付着した土粒子が、濁りとなって浮遊するとなれば、その発生量は、スイング速度やカッタ周速度の影響を強くうける。

図-6.4、6.5に $\bar{S}_c$ に与える $V_s$ 、 $V_c$ の影響の1例を示す。スイング方向の違いによって $V_c$ の影響が異なり、右スイングの場合、 $V_c$ の増加によって $\bar{S}_c$ は増大するが、左スイングでは逆の現象を呈する。一方 $V_s$ の増加にともなって両スイングとも $\bar{S}_c$ の増加がみられる。

土粒子を付着したカッタが上面にある区間のカッタ刃先の左右両スイングの代表速度をそれぞれ $V_c - V_s$ 、 $V_c + V_s$ として $\bar{S}_c$ を整理したものが図-6.6である。

この代表速度は、左スイングのスイング速度を正とした場合のカッタ刃先の最上面での相対速度 $|V_c - V_s|$ である。

$\bar{S}_c$ は、 $|V_c - V_s|$ の増加にともなって増大する。しかもこのパラメータで整理すると、スイング方向にかかわらず、直線で近似できる。そして、カッタの左右側面での濁りの差が明らかになり、右側面での濁りが高くなっている。

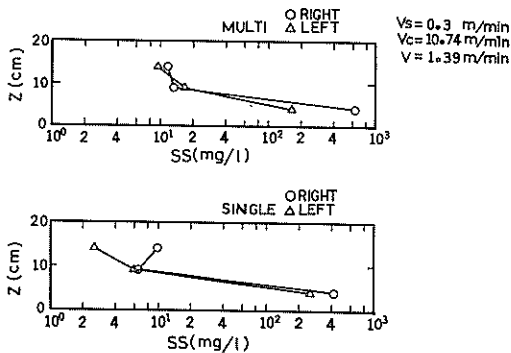


図-6.3(a) カッタ回りの濁りの鉛直分布(模型1)

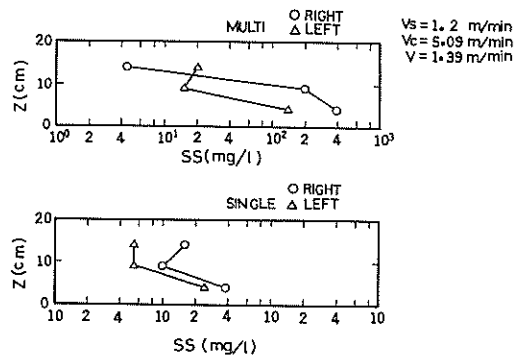


図-6.3(b) カッタ回りの濁りの鉛直分布(模型1)

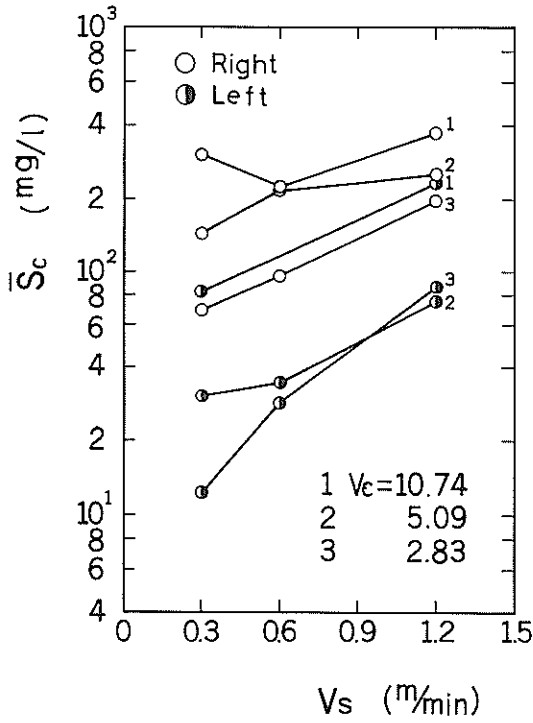


図-6.4(a)  $V_s$  とカッタ回りの濁り (右スイング)

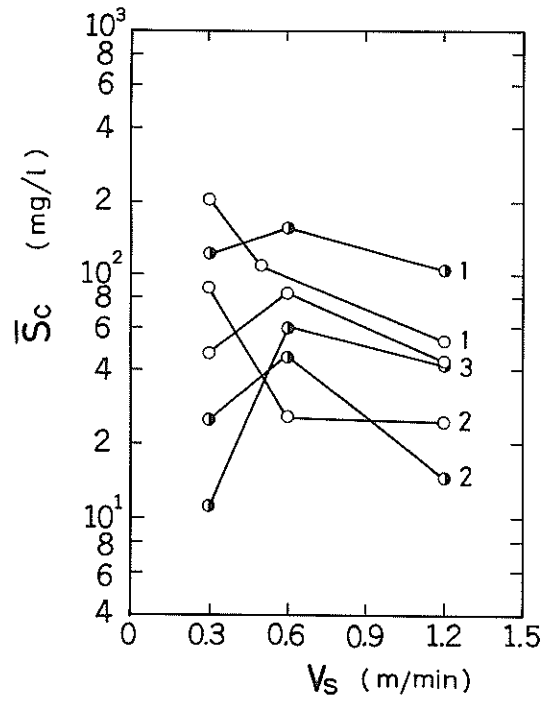


図-6.4(b)  $V_s$  とカッタ回りの濁り (左スイング)

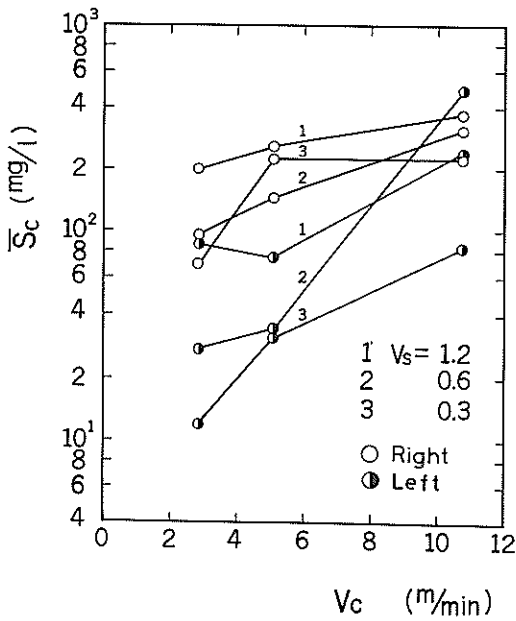


図-6.5(a)  $V_c$  とカッタ回りの濁り (右スイング)

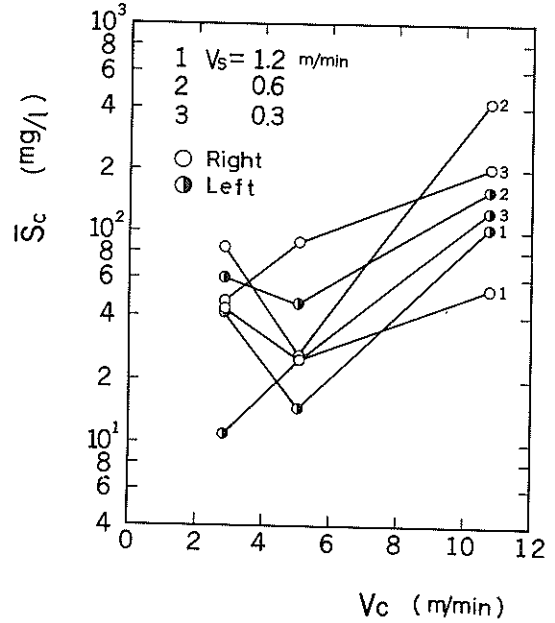


図-6.5(b)  $V_c$  とカッタ回りの濁り (左スイング)

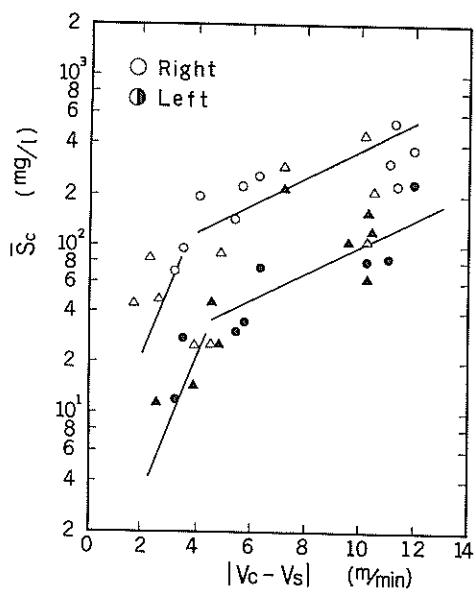


図-6.6  $|V_c - V_s|$  と  $\bar{S}_c$  の関係 (模型 I)

### (3) 濁りの発生機構

カッタによって削り取られた土砂がポンプによってすべて吸い上げられれば、浚渫による濁りのおもな問題は解決する。浚渫ポンプの吸込流速は、数 m/s 程度でありカッタ先端ではかなり小さな値となる。この流速では沈澱している土砂をすべて吸い上げることはむずかしい。

掘削される土砂を分類すると、カッタに付着するもの、マウスに吸込まれ浚渫されるもの、そして排土されて掘り残し土砂となるものがある。

カッタによって掘削される土量は、スイング方向のいかにかわかわらず同一であるため、カッタに付着した土砂を含め掘り残し土砂の大小が濁りの発生量に関係してくる。

図-6.7にカッタによる濁りの発生機構の概要を示す。

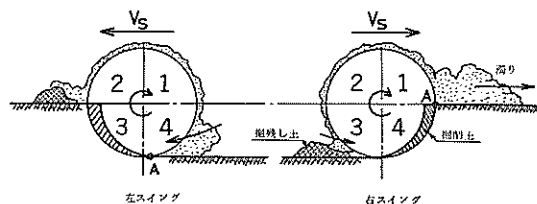


図-6.7 濁りの発生機構の概要

まず、左スイングについて考えてみる。

③の領域で切り取られた土砂は、その一部が前方および横方向に排土される。ほかは、カッタによって持ち上

げられ②～①の領域にかけて水流に乗った土砂は浚渫される。②～①の領域での付着土砂は、遠心力と旋回流れによって濁りとなって舞い上がる。回転が進み④の領域では、吸込みきれない土砂団塊が水底に沈み、掘り残し土砂となり堆積する。その際、土面との衝突によっても濁りを生じる。

一方、右スイングでは、④で掘削された土砂のうち浚渫されない土砂は、③の領域で掘り残しとなって排土されるか、もしくはカッタに付着した状態で②～①に進む。

②～①の領域での濁りは、左スイングと同様の理由によって発生する。その発生量は、前記の理由によって左スイングの場合より大きい。

土砂が浚渫される領域は、左スイングではおもに③～②、右スイングでは④～③領域である。右スイングの場合、そのまま掘り残しとなるのに反して左スイングでは次の刃の掘削土砂に付加される。したがって、左スイングでは掘り残しの少ない状態となり含泥率の良い浚渫となる。

このように、一般に左スイングに比べて右スイングで浚渫効率の悪いのは周知のとおりであり、この点からも右スイング時に多くの濁りを発生させることが想像できる。

最も濁りを発生させる点は、土砂を付着させたカッタが掘削を始めるA点であり、新たな土砂と付着土砂およびカッタの衝突が濁りを発生させる。A点の位置の違いによって、左右スイングでの濁りの発生量は異なる。

左スイングのA点は、切り込み量が0から最大となるため、付着土砂と接触する土砂が少ないこと。また、A点が浚渫土面より低い位置にあるため濁りは④領域で集中的に発生すること。そして、浚渫ポンプは抵抗の多い③領域よりは④から水量を供給する傾向があるため、吸込口の左方向への移動によって、その濁りの一部は舞い上がろうとせず、カッタの移動に付いていく形となり吸込まれる。このため、あまり濁りを発生しないといえる。

一方、右スイングのA点は浚渫土面にある。カッタに付着した土砂と土面との衝突により発生した濁りは、スイング方向と同じく右側に進むことになる。したがってその量はスイングが進むにつれて増大し、潮流によって拡散していく。

また、浚渫ポンプの吸込水は、左スイングとは逆に③の領域から、より多く供給されるためカッタの左側の濁りは、きわめて少ない特徴がある。これらの状況例を写真-1, 2に示す。

以上の発生機構の概要は、一般的なクローズ型のカッタの場合であり、吸込口の位置やカッタ刃の形態によ

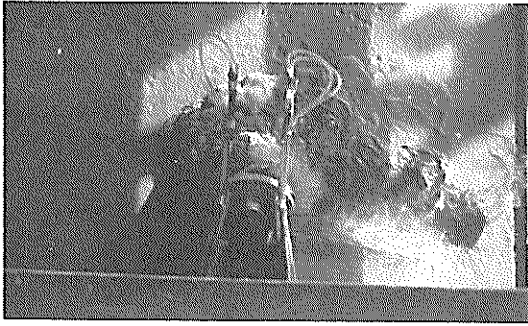


写真-1 濁りの発生状況(左スイング)



写真-2 濁りの発生状況(右スイング)

て濁りの発生機構は異なる。また、上記の説明は、カッタが右回転によるための現象であり、左回転のカッタの場合には、上記の逆の現象を生じることになる。

### 6.2 周辺の濁り

前記の流速分布からカッタによって発生した濁りは、おおよそ長手方向に一樣に流れ、混合拡散していく。スイングによって汚濁源は幅方向に移動することから水槽中央部での濁りをその断面での濁りの代表値とした。

図-6.8に、水槽中央部におけるA、B点の濁りの鉛直分布の一例を示す。ほかのデータは付表-6.3に示す。

各スイングともその鉛直分布は、水深の減少とともに指数関数的に減少している。しかも濁りが多量に発生しているMULTI スイング時でさえも濁りが水面まで舞い上がることはなく、最上段の採水点の値はバックグラウンドに近い。

図-6.9にA1およびA4、B1点での濁りの経時変化の一例を示す。ここで示しているSS量は、5.1節で求めた検量線によって換算した値であり、バックグラウンド値を差し引いている。MULTI スイングではスイングご

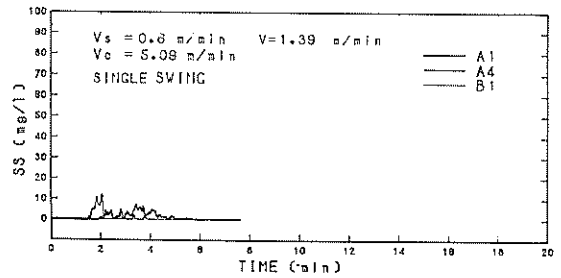


図-6.9(a) A、B点の濁りの経時変化(模型I)

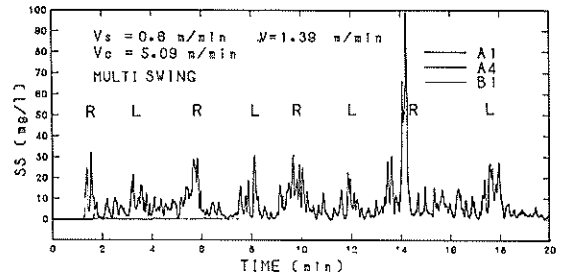


図-6.9(b) A、B点の濁りの経時変化(模型I)

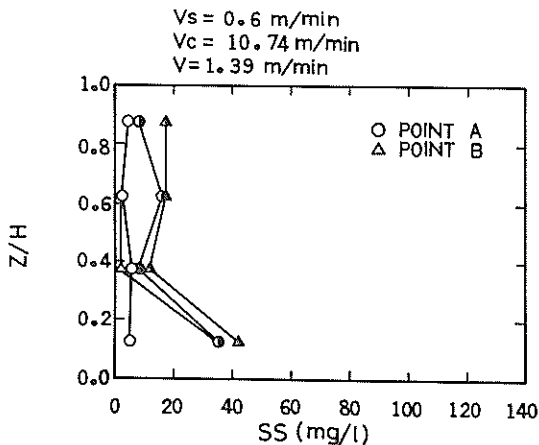


図-6.8(a) 濁りの鉛直分布(模型I)

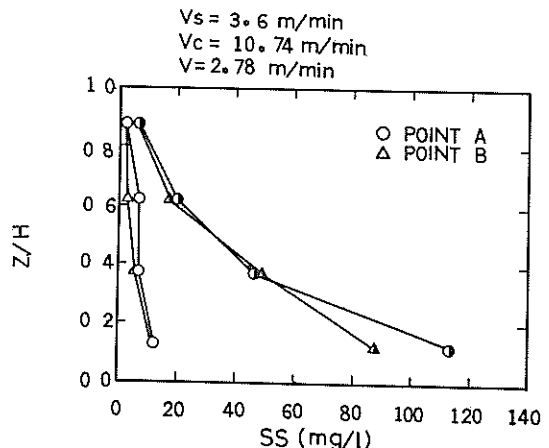


図-6.8(b) 濁りの鉛直分布(模型I)

とに発生する濁りをとらえて、スイング数に当たる8つのピークが見られる。A4の最上段の濁りは、まったく検出できないケースが多かった。

図-6.10に、C、D点の濁りの経時変化を示す。C点のMULTI スイングでの濁りは、ピークが半減し、濁りの混合が進んだことを示している。

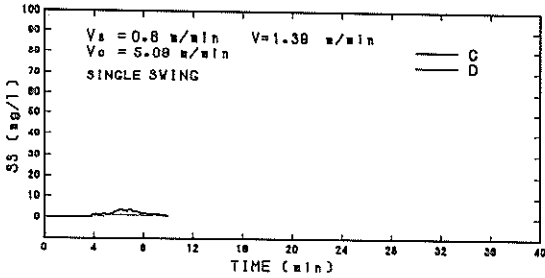


図-6.10(a) C,D点の濁りの経時変化(模型I)

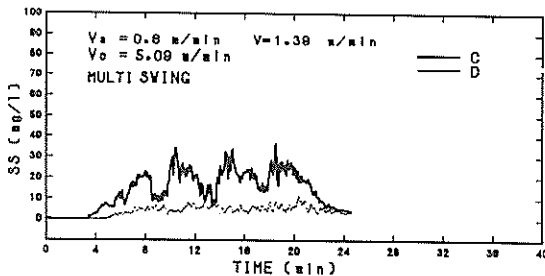


図-6.10(b) C,D点の濁りの経時変化(模型I)

### 6.3 浚渫能力

#### (1) 含泥率

含泥率の測定は、懸濁水のSS測定値から求める以外に掘り跡断面を測定することによって概略値を知ることができる。

掘り跡の長手方向の平均断面積を $S$ とすると、見掛けの平均含泥率 $X'_a$ は、(6.3)式で表される。

$$X'_a = \frac{S V_s}{n Q} \quad (6.3)$$

ただし、 $n$ はスイング回数である。

実験範囲の含泥率は、10%以下と比較的小さいため掘り跡から求めた含泥率を参考値としてSS量から求めた含泥率の妥当性を確かめた。

図-6.11は、二種類の 방법으로求めた含泥率の相関関係を示している。わずかながら、掘り跡から求めた値が大きいが、寄切り時に横方向に排斥される土量や最終スイング時の前方に排斥される土量を考慮すると、ほぼ正比例の関係にあることがわかる。

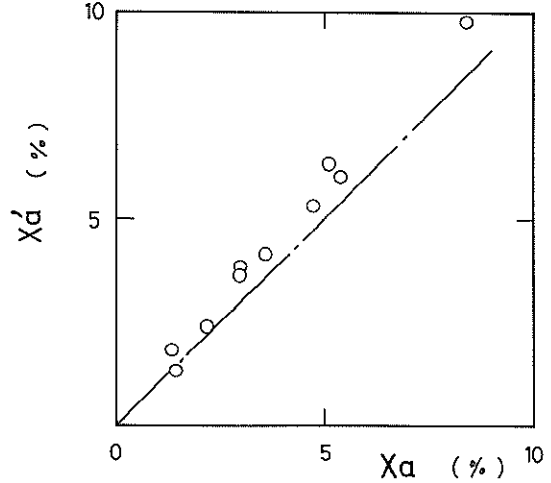


図-6.11 SSおよび掘跡から求めた含泥率の相関

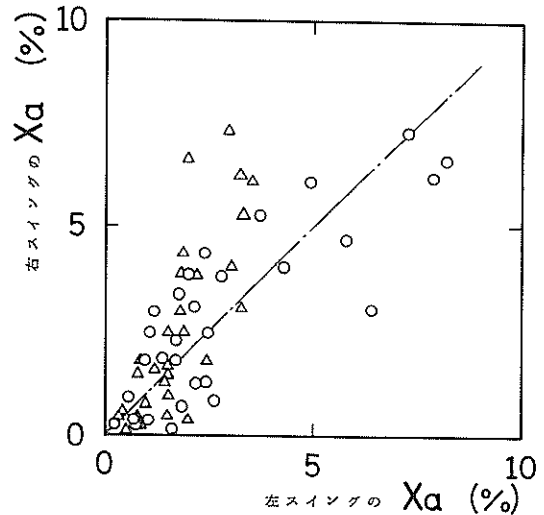


図-6.12 スイング方向による含泥率の違い

図-6.12は、左右スイング時の含泥率の相関を示している。6.1節では、右スイングより左スイングのほうが一般に浚渫能力が良いことを説明したが、この図では、右スイングのほうがわずかに含泥率が良いことを示し逆の傾向が見られる。この原因としては、対象土砂が軟質土で比重が小さく、また浚渫土厚が小さいため上掘り、下掘りの特徴が表れにくいものと考えられる。

さらに、普通一般の浚渫では、同一場所で深さ方向に数回スイングすることによって1スパットの浚渫を終了させ、次のスパットへと前進する。それに反して、実験では1スパット、1スイングの平面掘削である。

平面掘削での左スイング浚渫時に排斥される土砂は、左方向および前方に排土される。左方向に移動した土砂は



同スイングの次の刃の掘削土厚に付加される。また、前方に排斥された土砂は、次の右スイングの土厚に付加され実際の土厚増をもたらす。土厚の増加によって浚渫土量は増大する。実験範囲では、含泥率の増加による流量低下は、ほとんど認められず、浚渫土量の増加は含泥率の増大を意味する。そのため、右スイング時の含泥率が大きくなったものと考えられる。

浚渫能力である浚渫土量（または、含泥率）は、浚渫土厚およびスイング速度の影響を受ける。これらの積  $t_s' \cdot V_s$  をパラメータとして含泥率の変化を図-6.13に示す。カッタの切り込み断面を考慮して  $t_s'$  は  $2 \cdot t_s/D$  とする無次元土厚である。

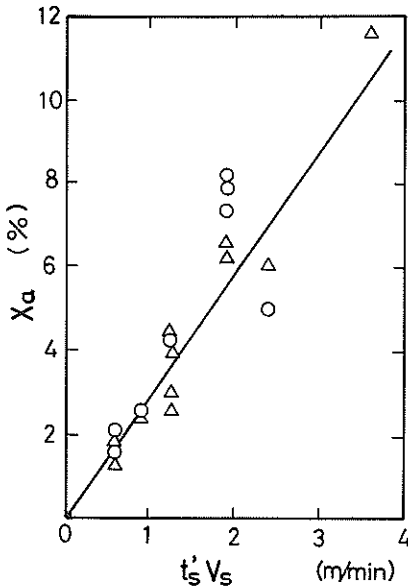


図-6.13 能力パラメータと含泥率

含泥率は、ほぼ能力パラメータに比例して増加し、その関係は、実験結果から

$$X_a = 3 \cdot t_s' \cdot V_s \quad (6.4)$$

となる。

### (2) 残土率

濁りにかかわる運転能力の一つに残土率<sup>(1)</sup>（もしくは有効吸込率<sup>(2)</sup>）がある。カッタのスイングによって排除される土量のうち掘り残される土量の大小が濁りの発生量に影響を与える。

カッタのスイングによる排土量が、すべて浚渫ポンプによって吸込まれたとすると、その管内の換算含泥率  $X_c$  は、(6.5)式で与えられる。

$$X_c = l_a \cdot t_s' \cdot V_s / Q \quad (6.5)$$

ここに、 $l_a$  : 1 スパット前進距離 (m)

$Q$  : 浚渫ポンプ流量 ( $m^3/min$ )

しかし、実際には掘削された土砂の一部は、浚渫跡に残ったり、また海水中に浮遊して濁りの原因となる。

実際に測定された含泥率を  $X_a$  とすれば、有効吸込率は  $X_a/X_c$  で表され、残土率  $R$  は、(6.6)式のように定義されるものである。

$$R = 1 - \frac{X_a}{X_c} \quad (6.6)$$

実験では、平面掘削であるためカッタで切り込む断面積は、三角形となり(6.5)式の土厚を修正する必要がある。ここでは、 $t_s' = 1/2 t_s$  とおいて  $X_c$  を求めた。

### (3) 掘り跡

含泥率の増加は、残土率の減少をもたらすため、含泥率に影響を与える運転条件は、掘り跡の形状にも影響を与える。

掘削面の滑らかさは、カッタの掘削速度によるものであり、トロコイド曲線を作る転がり円直径が小さいほど、一定距離を浚渫する間に土面をカッタ刃が掘削する回数が増し、滑らかさが増すと考えられる。

浚渫幅  $B$  を浚渫するときに、カッタ刃の掘削数  $N$  は、(6.7)式で表される。

$$N = \frac{B Z V_s}{\pi D V_c} = \frac{B Z}{\pi d} \quad (6.7)$$

ここで、 $Z$  : カッタの刃数

(6.7)式より  $V_s$  に対して相対的に  $V_c$  が大きい場合に滑らかな掘削となる。実際のポンプ船は、 $V_s = 6m/min$ 、 $V_c = 100m/min$ 、 $D = 1.8m$  とすると  $d = 0.108m$  である。

図-6.14に掘削断面の形状を示す。また、写真-3、4にその状態を示す。

$d$  が小さい場合の掘削断面は、切り込み形状である三角形は目立たず、滑らかな形状となる。

スイングごとの掘り跡を観察すると、左スイングによる掘り跡が右スイングによる値に比べて深くなっている。

これは、6.1(3)項で記したように、右スイングでは、掘り残し土砂がそのまま掘り跡に堆積するためである。

$d$  が大きくなると、掘り跡形状は不規則となり、またカッタの刃形が、そのまま残る部分も多くなる。

図-6.13に示すようにスイング速度の増加は、含泥率の増加につながるけれども、この関係は、 $V_s/V_c$  がある程度一定の条件が必要である。すなわち、 $V_s$  の変化に比べて  $V_c$  が十分に大きい場合に(6.4)式の関係が成り

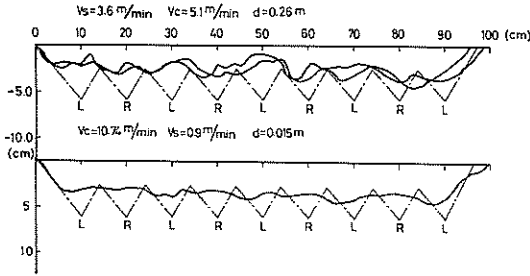


図-6.14 掘り跡形状(模型Ⅱ)

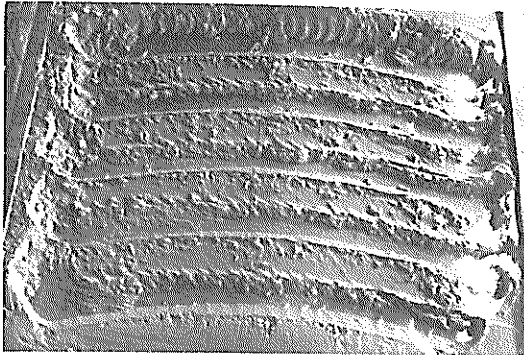


写真-3 掘り跡形状( $d=0.015$  m)

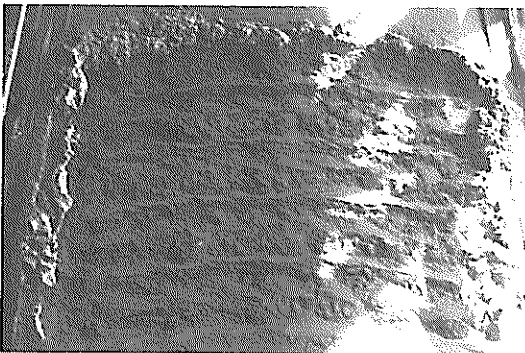


写真-4 掘り跡形状( $d=0.274$  m)

立つ。

十分に大きな $V_c$ がとれない場合には、含泥率は、 $V_c$ の大きい領域で比例関係から外れて山成りの状態となる。

#### 6.4 濁りの発生量と運転条件

##### (1) 濁りの発生量

濁りの発生量は、下記の方法で求めた。

A, B点での濁りの平均濁度 $\bar{S}$ は、(6.8)式で与えられる。

$$\bar{S} = \frac{1}{T} \int_{T_0}^{T_0+T} S(t) dt \quad (6.8)$$

ここに、 $T_0$ ：波濺開始から濁りが検出されるまでの時間

$T$ ：濁りの発生時間

$\bar{S}$ をA,B各点の代表値とし、潮流を $V(z)$ とすると、1波濺当たりの濁りの発生量 $W$ は、

$$W = BT \int_0^{h_0} V(z) \bar{S}(z) dz \quad (6.9)$$

で与えられる。 $B$ ：波濺幅 (m)

$h_0$ ：水深 (m)

濁りの経時変化は、両点とも最下層のみで測定しているため $\bar{S}(\omega)$ は、次のように与える。

$$\bar{S}(\omega) = \alpha \bar{S}(z_1) \quad (6.10)$$

ここに、 $z_1$ ：最下層採水点の水深、 $\alpha$ は比例係数で、A, B点の濁りの鉛直分布から求めた。すなわち、 $\alpha = S_z/S_{z_1}$ である。

また、流速は5.3節により放物線近似とした。

$$V(\omega) = \left\{ 1 - \delta \left( \frac{z}{h_0} \right)^2 \right\} V(h_0) \quad (6.11)$$

したがって、(6.9)式は、次のようになる。

$$W = BT \sum_{i=1}^M \left\{ 1 - \delta \left( \frac{z_i}{h_0} \right)^2 \right\} V(h_0) \bar{S}(z_i) \Delta z_i$$

$$\Delta z_i = (z_{i+1} - z_{i-1}) / 2$$

$$(6.9)'$$

ただし、 $M$ は鉛直方向分割数、 $Z_0 = -Z_1$ 、 $Z_{M+1} = 2h_0 - Z_M$ とおく。

一方、C, D点での濁りの発生量は、濁りが、C, D点で十分に混合されたと考えれば、(6.10)式の係数 $\alpha$ は1となり、(6.9)'式は(6.12)式となる。

$$W = B h_0 \bar{S} T \sum \left\{ 1 - \delta \left( \frac{z_i}{h_0} \right)^2 \right\} V(h_0)$$

$$(6.12)$$

付表-6.4に(6.9)', (6.12)式で求めた発生量を示す。

濁りの発生状態を表すものに濁りの発生量という概念がある。これは、取扱い土量の単位体積当たりの濁りの発生量を意味する。すなわち、

$$W_0 = \frac{W V_s}{Q X_a B} \quad (6.13)$$

である。ここに、 $W_0$ ：濁りの発生量 (kg/l),  $Q$ ：ポンプ流量 (l/min),  $B$ ：浚渫距離 (m),  $X_a$ ：含泥率 (%)

(2)  $|V_c - V_s|$  の影響

MULTI スイングでは、連続スイングのため左右両スイングによる濁りの合計値として発生量が現れる。ここでの発生量および発生原単位は、右スイング1スイング当たりの量としている。濁りが、カッタ刃の速度の影響を受けるため運転条件のパラメータとして  $|V_c - V_s|$  を用いた。

図-6.15に、濁りの発生量に与える  $|V_c - V_s|$  の影響を示す。そのほかの例を付図-6.6に示す。図-6.15(a), (b)の値は、A, B点で求めた発生量の平均値である。同様に、図-6.15(c)は、C, D点での平均発生量である。

A, B点での発生量は、 $|V_c - V_s|$  との間に直線関係が認められ漸増傾向にある。当然のこととして、それらは、潮流の影響を受け、傾きおよび初期値が異なり、流速が大きいほど高い。C, D点での発生量は、漸増傾向にあるもののA, B点で求めた発生量に比べて潮流の影響が明確ではない。

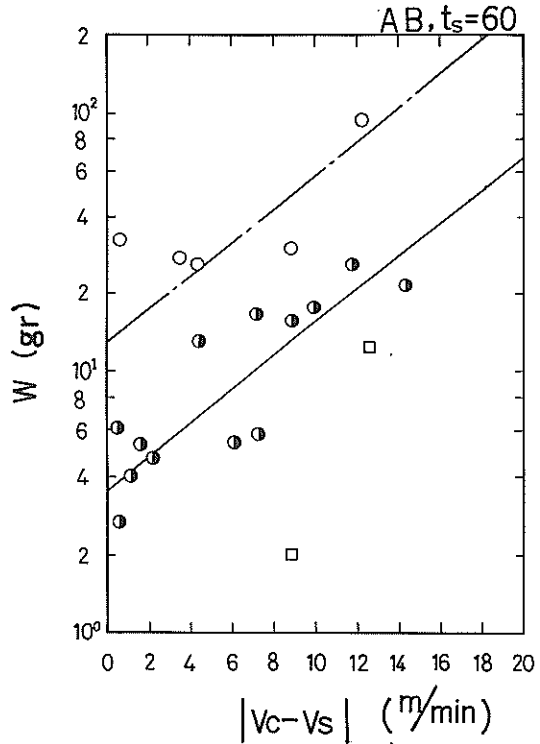


図-6.15(b) 発生量と  $|V_c - V_s|$  の関係 (模型 II)

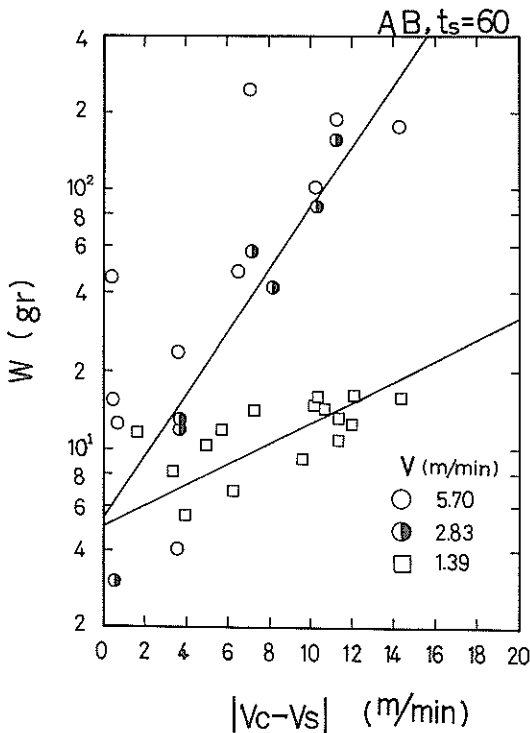


図-6.15(a) 発生量と  $|V_c - V_s|$  の関係 (模型 I)

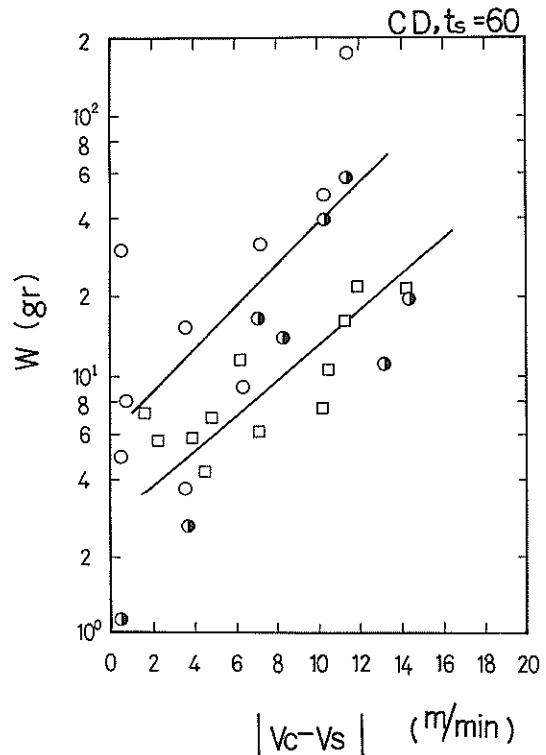


図-6.15(c) 発生量と  $|V_c - V_s|$  の関係 (模型 I)

模型ⅠとⅡの実験では、浚渫ポンプ流量が異なっている。流量の大きな模型Ⅱの場合は、浚渫土量も多く、潮流が同一流速での発生量を比較すると模型Ⅰの発生量より小さな値を示している。また、土厚が異なる場合の発生量は、土厚が大きい時に発生量の傾きが急であり、濁りやすくなっている。現地汚泥については、実験例が少なく、運転条件の明確な影響は見られなかった。

再浮遊限界流速に相当する粒径は、 $V = 5.7, 2.78, 1.39$  m/min の潮流でそれぞれ  $d_s = 56, 14, 3.5$   $\mu$ m である。潮流が 5.7 m/min では、粒径加積曲線からかなりの粒子が浮遊することになるが、供試ベツトが整地された状態では粒子間の粘着力などにより安定し浮遊はみられない。しかし、カッタによって掘削され水中に持ち上げられた土粒子は水流によって濁りとなる。

したがって、潮流を考慮して発生量を表すと図-6.16 のようになる。横軸に  $V + |V_c - V_s|$  を用いると発生量は、ほぼ直線で表される。

### (3) $\phi$ の影響

濁りの主たる原因は、カッタと供試土面との衝突であり、カッタ刃の土面との接触回数は、 $V_c/V_s$  に比例することからパラメータとして  $\phi (=V_c/V_s)$  を用いた。

図-6.17 に発生量と  $\phi$  の関係についての 1 例を示す。ほかの例は付図-6.8 に示す。

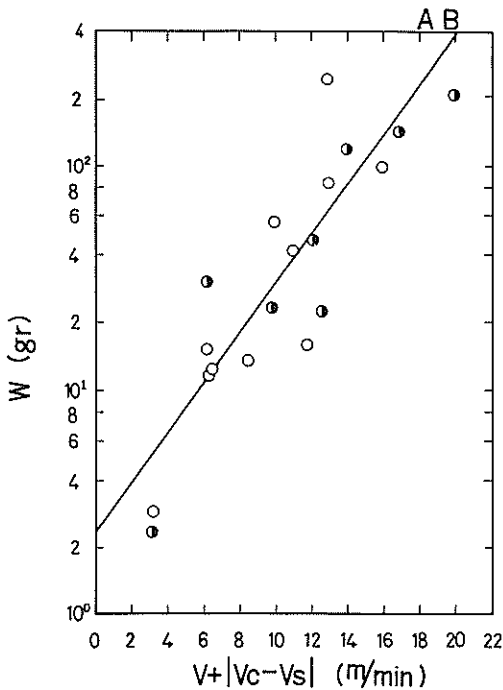


図-6.16 発生量に与える運転条件の影響

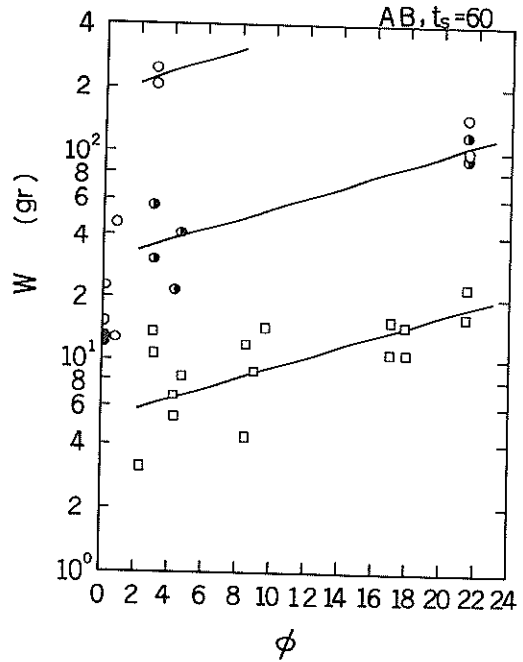


図-6.17(a) 発生量と  $\phi$  の関係 (模型Ⅰ)

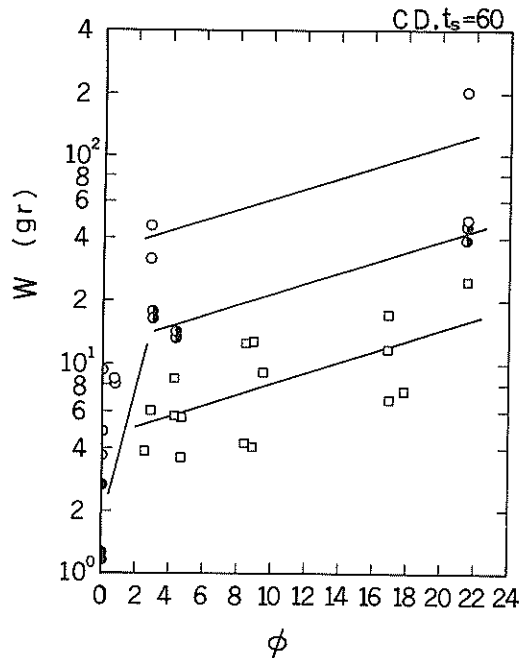


図-6.17(b) 発生量と  $\phi$  の関係 (模型Ⅰ)

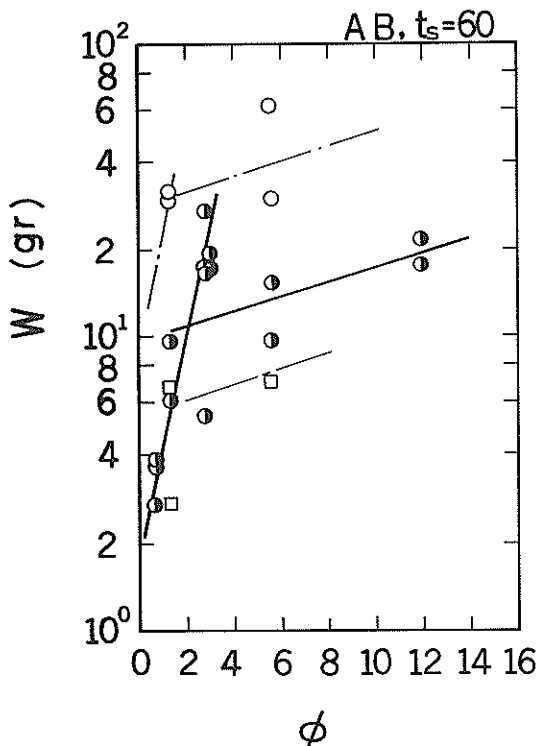


図-6.17(c) 発生量と $\phi$ の関係(模型Ⅱ)

発生量は、 $\phi$ の増加とともに増大する。初期値は潮流や土厚などによって異なっているが、直線の傾きはいずれのケースもほぼ同一であった。すなわち、 $\phi$ による濁りの発生量の増加割合は同じであることを意味する。

発生量と $\phi$ については、実験結果から(6.14)式の関係で表される。

$$W = \beta \cdot 10^{0.025\phi} \quad (6.14)$$

ただし、 $3 < \phi < 20$

係数 $\beta$ は、流速や土厚の影響を受ける。また、供試土砂の粒径分布によっても、その効果が異なる。図-6.18に $\beta$ と潮流 $V$ の関係を示す。 $\beta$ は、 $V$ によって直線的に変化し、(6.15)式で表される。

$$\begin{aligned} \beta &= 1.9 \cdot 10^{0.36V} \quad (\text{模型Ⅰ}) \\ \beta &= 3.3 \cdot 10^{0.16V} \quad (\text{模型Ⅱ}) \end{aligned} \quad (6.15)$$

ポンプの吸込流速の大きい模型Ⅱは、模型Ⅰに比べて傾きが小さく、潮流の影響を受けにくい。これは、ポンプの吸込流速は、濁りに関して潮流と逆の作用があるためであろう。

濁りの発生量は、 $\phi$ によって(6.14)式のように表されたわけであるが、 $\phi$ が3以下の極端に $V_c$ が小さい場

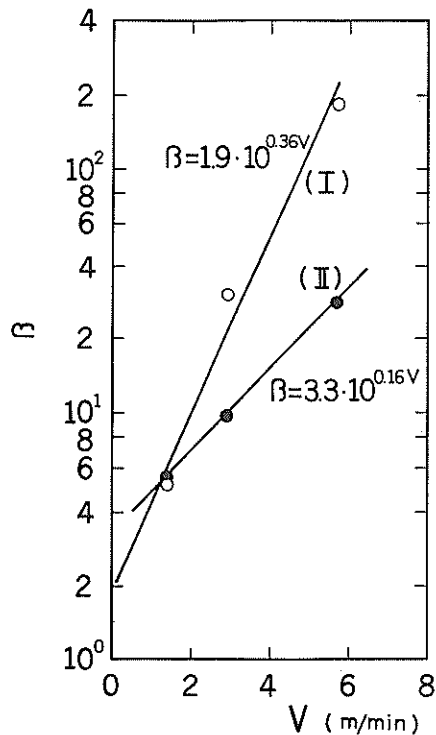


図-6.18 潮流と $\beta$ の関係

合には、相対速度 $|V_c - V_s|$ の影響が強く表れると考えられる。

#### (4) 濁りの発生原単位と運転条件

濁りの発生状況を表すのに濃濁土量単位体積当たりの発生量、すなわち発生原単位を用いるべきである。

図-6.19に、発生原単位 $W_0$ と $|V_c - V_s|$ の関係の一例を示している。漸増傾向は、認められるものの図-6.15の関係に比べて、かなりのばらつきがある。

図-6.19(b)(c)は、ほぼ同様の値を示し、発生原単位で濁りの発生量を表せば、土厚の影響が弱められるものと考えられる。含泥率は、土厚に比例するため濃濁土量も土厚が大きくなることによって増大する。一方、土厚の増加は、取扱い土量を増大させ、濁りの発生量の増大をもたらす。したがって、土厚の影響が、弱められる。

図-6.20に、発生原単位と $\phi$ の関係例を示す。図中の直線の傾きは、(6.14)式で与えている傾きと同じである。

$\phi$ が小さい領域では、 $W_0$ が異常に高い値を示し、図-6.20のデータからは、漸増傾向というよりも一定値を表している。

含泥率が、土厚とスイング速度の積に比例するのは、 $\phi > 3 \sim 4$  (または、 $d < 0.06$ )の領域である。 $\phi$ が小

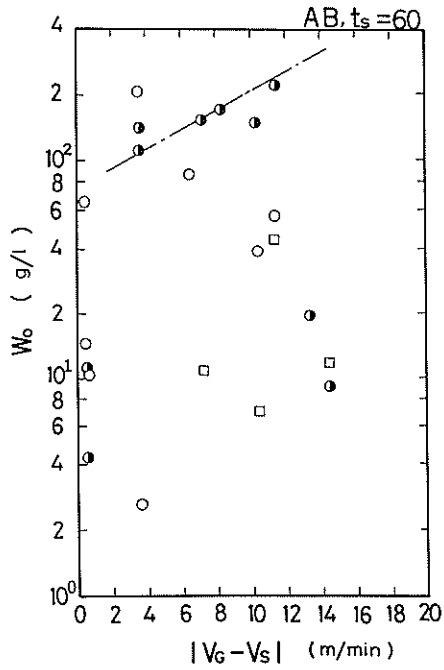


図-6.19(a)  $W_0$  と  $|V_c - V_s|$  の関係 (模型 I)

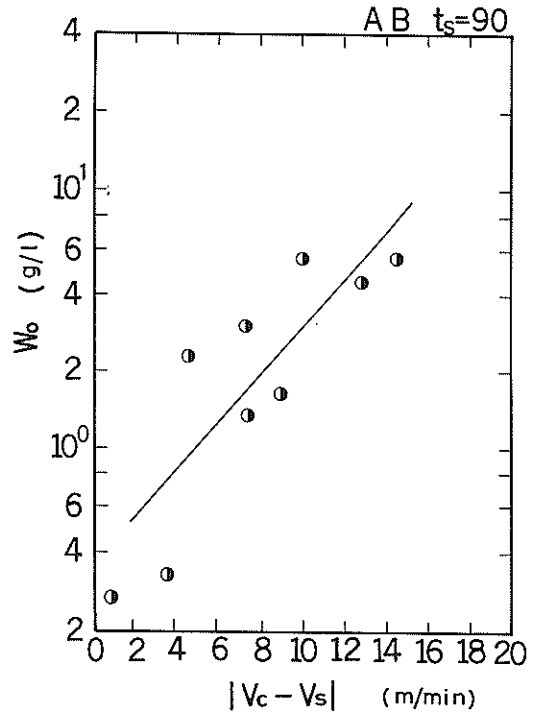


図-6.19(c)  $W_0$  と  $|V_c - V_s|$  の関係 (模型 II)

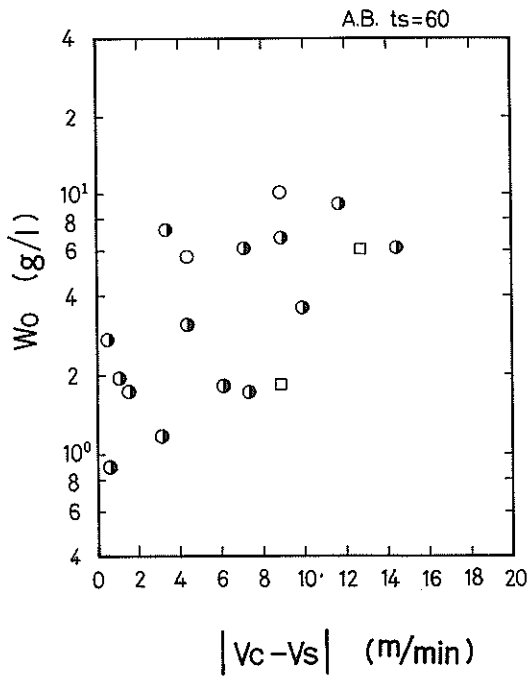


図-6.19(b)  $W_0$  と  $|V_c - V_s|$  の関係 (模型 II)

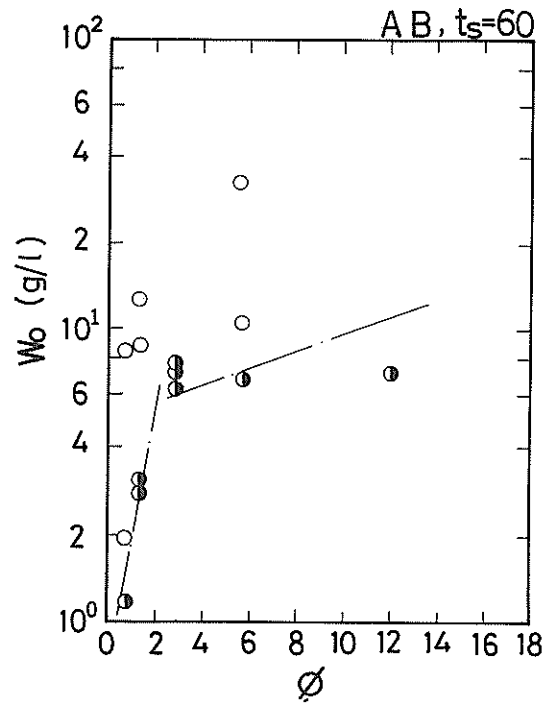


図-6.20(a)  $W_0$  と  $\phi$  の関係 (模型 I)

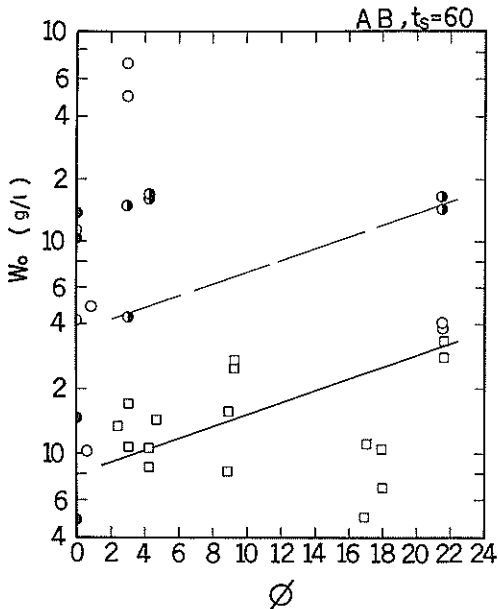


図-6.20(b)  $W_0$  と  $\phi$  の関係 (模型Ⅱ)

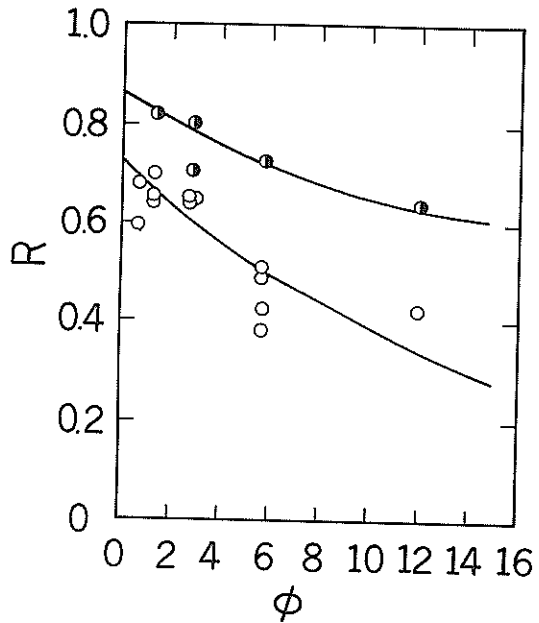


図-6.21(a) 残土率と  $\phi$  の関係 (左スイング)

さい領域では、含泥率がスイング速度に比例しなくなり、浚渫土量が極端に低下する。その結果として発生原単位が高くなる。したがって、浚渫効率の悪い  $\phi < 3 \sim 4$  以下の発生原単位は、あまり意味をなさない。

発生量が、(6.14)式で与えられ、含泥率が(6.4)式で表される  $\phi$  の領域では、浚渫土量が、 $BQ t_s / D$  と一定値をとるため発生原単位は、(6.14)式と同じ形式で表されるべきである。

今回の実験範囲では、 $\phi > 4$  となるデータが少ないためその傾向は、十分に明らかにすることができなかった。

#### (5) 残土率と $\phi$

図-6.21に、スイング別の残土率  $R$  と  $\phi$  の関係を示

左スイングの残土率は、 $\phi$  の増加につれて減少するが、右スイングでは逆に、増加傾向にある。また、浚渫土厚の変化による残土率に与える効果は、左スイングにのみ現れ、土厚の大きい方が、残土率は高い。

$\phi$  と発生量の関係から  $\phi$  の大きい領域は、濁りの発生量が大きいことを意味することから、左スイングでは、 $\phi$  を大きくとることによって濁りも大きくなるが、掘り残しも減少させることができる。ところが、右スイングの場合、 $\phi$  を大きくとることによって、濁りの増大を引き起こすと同時に掘り残しも増大させ、好ましい浚渫といたい。

以上の点から濁りの発生量を少なくしかも掘り残しを少なくさせる一案として、スイング方向によって運転条件を変えさせる必要がある。つまり、左スイングでは、

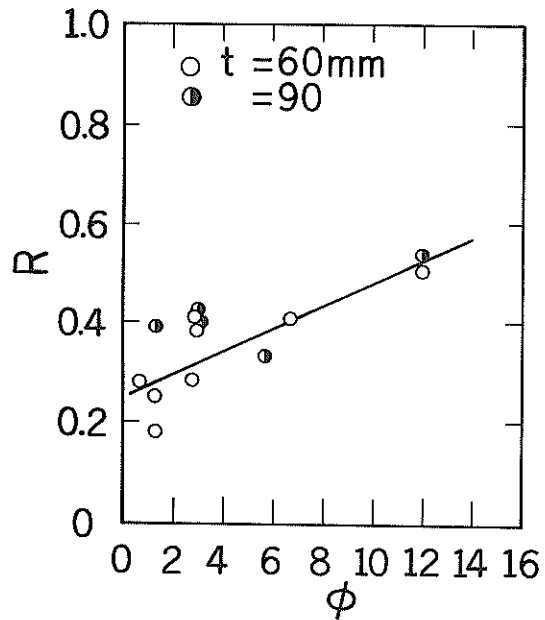


図-6.21(b) 残土率と  $\phi$  の関係 (右スイング)

カッタの回転数を上げ、含泥率の向上に努め、右スイングでは、カッタ回転数を小さくして  $\phi$  を減少させ、濁りを少なく、しかも含泥率を多くさせることなどが考えら

#### 6.5 模型間の濁りの発生量比較

実際のポンプ浚渫船の運転パラメータ  $\phi$  は、10～15

と比較的大きい。φが大きい範囲において、発生量もしくは発生原単位は(6.14)式で表された。この関係式を用いて、実機の濁りの発生状況について検討してみる。

添字は、実機をR、模型をMとし、またrを縮尺を意味するものとする、発生原単位の縮尺 $W_{0,r}$ は、

$$W_{0,r} = \frac{\beta_R}{\beta_M} 10^{0.025(\phi_R - \phi_M)} \quad (6.16)$$

で表される。模型I、IIともに $\phi_R = \phi_M$ であることから、

$$W_{0,r} = \frac{\beta_R}{\beta_M} = \beta_r \quad (6.16)'$$

となる。βは、土粒子の浮遊にかかわる係数であり、潮流およびポンプによる吸込速度、供試土砂の粒径分布などに依存するであろう。ここでは、おもな影響要素として、潮流と吸込流速を考える。両者は、濁りの発生に関して逆の作用すること。また、次元が同じであることから、β<sub>r</sub>を(7.2)式のように仮定する。

$$\beta_r = V_r \cdot V_{pr}^{-1} \quad (6.17)$$

ここに、V<sub>pr</sub>は、吸込流速の縮尺であり、ポンプ流量とカット吸込断面積の縮尺から求まる。

すなわち、V<sub>pr</sub> = Q<sub>r</sub>/D<sub>r</sub><sup>2</sup>であり、各模型についての縮尺は、表-2.1に示している。したがって、(6.16)'(6.17)式よりW<sub>0,r</sub>は、模型I、IIでそれぞれ

$$W_{0,r} = h_r^{1/2} D_r^{-1}, h_r^{1/2} D_r^{-1/2}$$

である。実機の濁りデータとの比較において、運転条件の細かいデータがないので平均的な運転条件を設定して、発生量のオーダー・チェックを行う。

実機の運転条件の設定値

$$V_s = 6 \sim 10 \text{ m/min}$$

$$V_c = 60 \sim 120 \text{ m/min}$$

$$\phi = 10$$

模型実験から求めた濁りの発生量を換算すると表-6.1のようになる。模型IとIIでは、発生原単位に大差なく、現地のデータ範囲内にある。その関係を図-6.22に示す。

横軸には、濁りの発生に関する因子として対象土砂の粘土含有パーセントをとっている。土質の差によって、

表-6.1 実機の発生原単位  
φ = 10, D<sub>r</sub> = 10

	W <sub>0</sub> (kg/l)	W <sub>0,r</sub>	W <sub>0,R</sub> (t/m <sup>3</sup> )	W <sub>0,R</sub> <sup>*</sup> (t/m <sup>3</sup> )
模型I	7.0 × 10 <sup>-3</sup>	$h_r^{1/2} D_r^{-1}$	2.2 × 10 <sup>-3</sup>	5.43 ~ 45.23 × 10 <sup>-3</sup>
模型II	9.6 × 10 <sup>-3</sup>	$h_r^{1/2} D_r^{-1/2}$	9.6 × 10 <sup>-3</sup>	

(\*) 現地データのうち対象土砂が、粘土およびシルト質粘土のものについて。

発生原単位のオーダーが異なることに注目する必要がある。

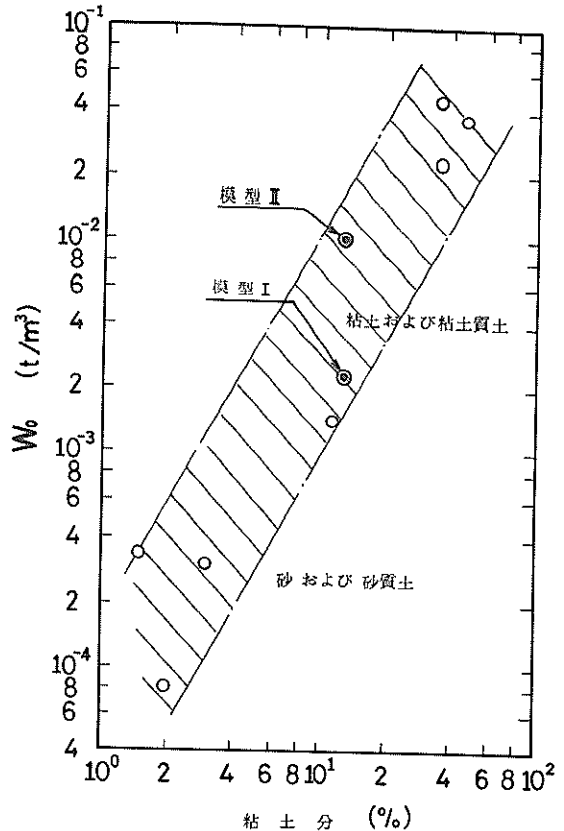


図-6.22 発生原単位と粒度組成

## 7. 結論

1/10模型のポンプ浚渫船を用いて濁りの模型実験を行った。供試土砂にベントナイトとフライアッシュから成る模擬汚泥と現地汚泥を使用し、濁りの量は、SS量を用いて評価した。

その結果、次の諸点が明らかになった。

(1) カット回りの濁りの鉛直分布は、ほぼ指数関数で表される。その大きさは、スイング方向にかかわらず右側面で大きく、そして|V<sub>c</sub> - V<sub>s</sub>|をパラメータとすると直線で近似できた。

(2) 浚渫能力と濁りの発生量を関連づける残土率は、パラメータφに依存し、スイング方向によってその傾向は異なる。左スイングの場合、φの増大によって残土率は低下する。一方、右スイングでは逆の現象を呈する。

また、掘り跡形状は、φを大きくとることによって滑らかさを増す。

(3) 濁りの発生量Wは、パラメータ|V<sub>c</sub> - V<sub>s</sub>|およびφによって表すことができ、漸増傾向にある。φによる



関係式は、

$$W = \beta \cdot 10^{0.025 \phi}$$

である。ただし、 $3 < \phi < 20$ の範囲である。 $\beta$ は、潮流およびポンプ吸込流速に依存する係数で、潮流が大きいほど、吸込流速が小さいほど $\beta$ は大きい。

(4) 模型による濁りの発生量を実機での濁りの発生量を換算する式を提案し、それによって求めた実機での濁りの発生原単位は、現地データとほぼ一致した。

## 8. あとがき

今回、浚渫による濁りの発生量と運転条件についておにも検討し、その関係についてある程度明らかになり、汚濁防止対策の参考となるのであろう。例えば、右スイングなら $\phi$ を小さく、左スイングなら $\phi$ を大きくするようにスイング方向によって運転条件を変えることも一つの方策である。

また、二種類の模型を設定したわけであるが、濁りの発生量は、模型Ⅰ、Ⅱで大きな差はなかった。今後、速度の縮尺が1の場合について実験を進め、実機との検討をしていきたい。また、発生量の検討を進める過程で係数 $\beta$ の縮尺を仮定しているため、この仮定の妥当性の検証が今後の課題として残されている。

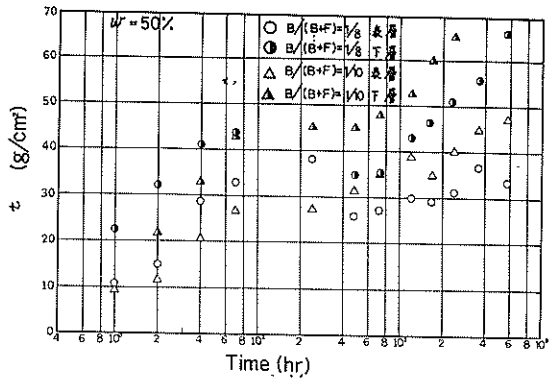
さらに、発生した濁りの拡散現象も重要な課題であり、特に土粒子の沈降と拡散現象についても検討を進めるつもりである。 (1981年6月30日受付)

## 参考文献

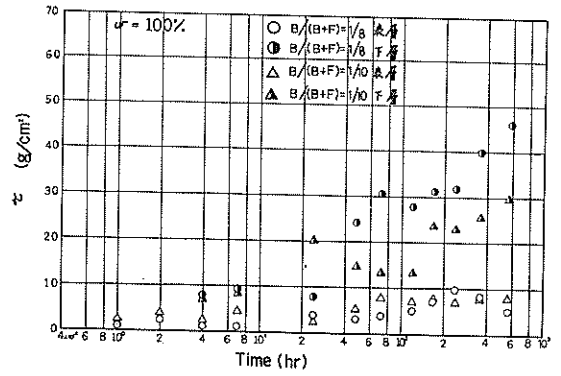
- (1) 八木得次, ほか; ポンプ浚渫船の運転条件が浚渫能力及び濁りに及ぼす影響, 港湾技研資料, No. 228, Sept. 1975
- (2) 中園, 浜田, ほか; ポンプ浚渫船の運転条件と濁りの関係, 港湾技研資料, No. 305, Sept. 1978
- (3) 金子安雄, ほか; 大阪湾の潮流と物質拡散に関する模型実験, 港研報告, Vol. 12, No. 3, Sept. 1973
- (4) 喜田大三; 室内試験による底質の特徴について, ヘドロ No. 18, 1980. 2
- (5) 嘉門雅史; ヘドロの工学的性質について, 土と基礎, 26-1, 1978. 1
- (6) 宮崎昭児, ほか; 濁度測定における粒径の影響について, 港湾技研資料, No. 284, Mar. 1978
- (7) 岩田尚生; ポンプ浚渫船のカッタについて, 作業船 No. 8, 1960. 3

## 主要記号表

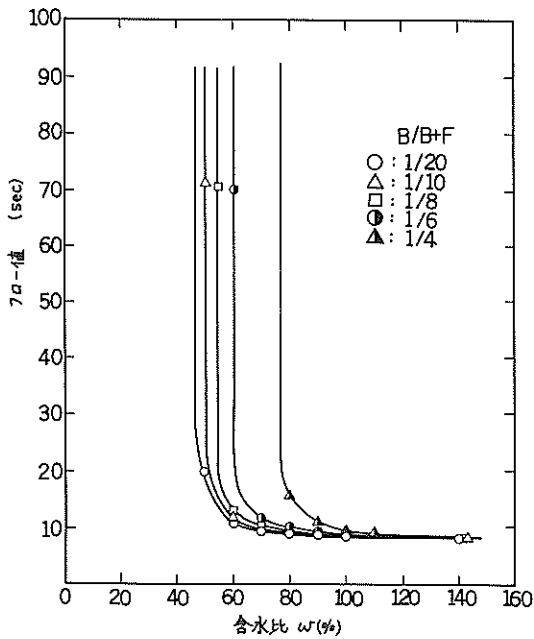
$B$	: スイング幅	(m)
$d$	: 転がり円直径	(m)
$D$	: カッタ刃先円直径	(m)
$e$	: 間隙比	
$G_s$	: 汚泥の真比重	
$G_w$	: 溶媒の真比重	
$h_0$	: 水深	(m)
$K$	: トロコイド曲線を構成する直径比	
$l_a$	: 1 スパッド前進距離	(m)
$N$	: カッタ刃の掘削数	
$N_c$	: カッタ回転数	(rpm)
$Q$	: ポンプ流量	(t/min)
$R$	: 残土率	
$R_0$	: 潮流を再浮遊限界流速とする粒径に相当する加積率	
$S$	: 掘り跡の長手方向の平均断面積	(m <sup>2</sup> )
$\bar{S}_c$	: カッタ周辺のススの平均値	(mg/l)
$S_D$	: 浚渫含泥水の平均懸濁物質量	(mg/l)
$S_r$	: 堆積汚泥の飽和度	(%)
$t_s$	: 1 スイング土厚	(m)
$V$	: 潮流	(m/min)
$V_c$	: カッタ周速度	(m/min)
$V_p$	: ポンプの吸込流速	(cm/s)
$V_s$	: スイング速度	(m/min)
$W$	: 1 ケース当たりの濁りの発生量	(gr)
$W_0$	: 濁りの発生原単位	(kg/l)
$X_a$	: 見掛けの平均含泥率	(%)
$X_c$	: 管内の換算含泥率	(%)
$\dot{X}_v$	: 真容積含泥率	(%)
$Z$	: カッタの刃数	
$\alpha$	: 比例係数	
$\beta$	: 流速の影響をうける係数	
$\gamma_w$	: 汚泥の湿潤状態における単位体積重量	(g/cm <sup>3</sup> )
$\gamma_w$	: 清水の単位体積重量	(g/cm <sup>3</sup> )
$\varphi$	: 刃先の回転角	(rad)
$\phi$	: 運転条件にかかわるパラメータ	
$w$	: 含水比	(%)
$w_h$	: 汚泥の湿潤状態における含水比	(%)
添字		
$M$	: 模型を表す	
$R$	: 実物を表す	
$r$	: 縮尺を意味する	



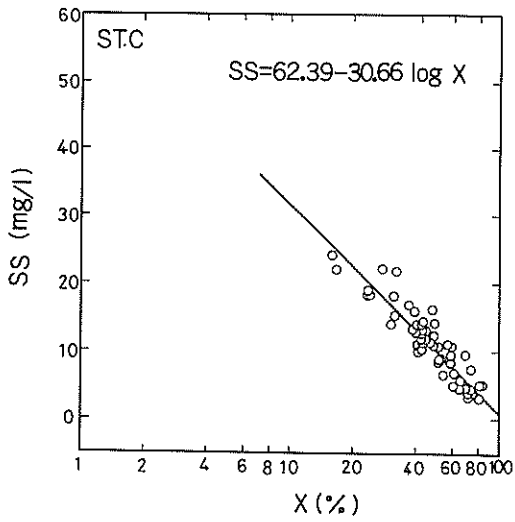
付図-3.1(a) 模擬汚泥のせん断強度 ( $\omega = 50\%$ )



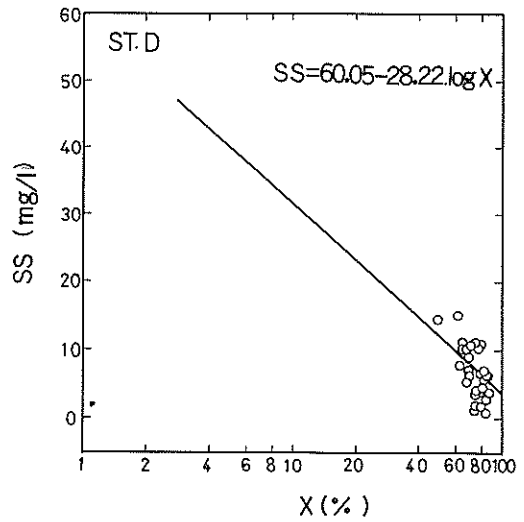
付図-3.1(b) 模擬汚泥のせん断強度 ( $\omega = 100\%$ )



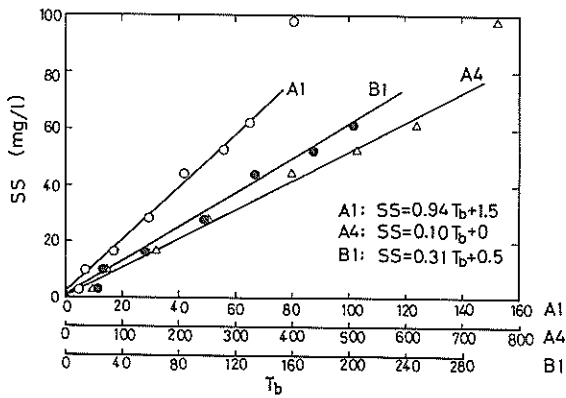
付図-3.2 含水比とフロー値



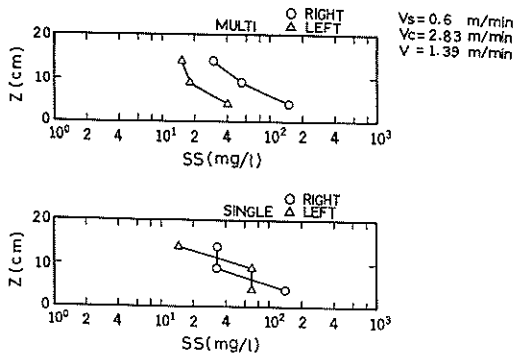
付図-5.1(a) 吸光度とSSの関係(C点, 模型I)



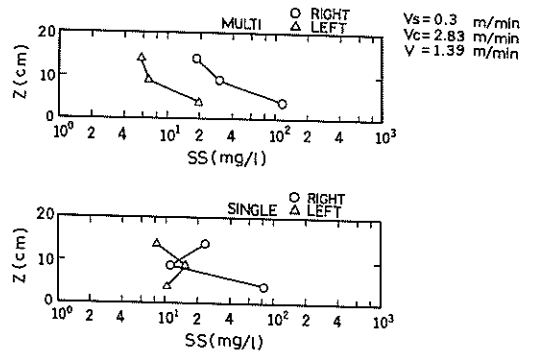
付図-5.1(b) 吸光度とSSの関係(D点, 模型I)



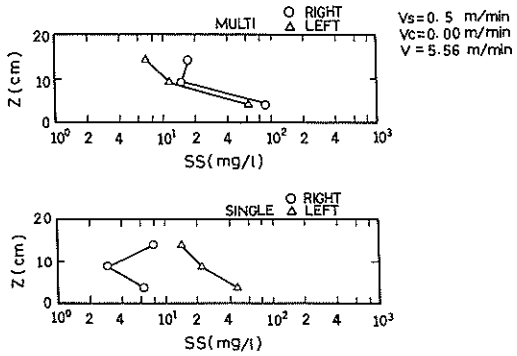
付図-5.2 濁度とSSの関係(A B点, 模型I)



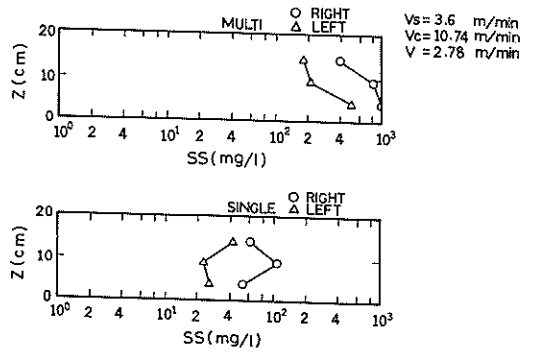
付図-6.1(a) カッタ回りの濁りの鉛直分布(模型I)



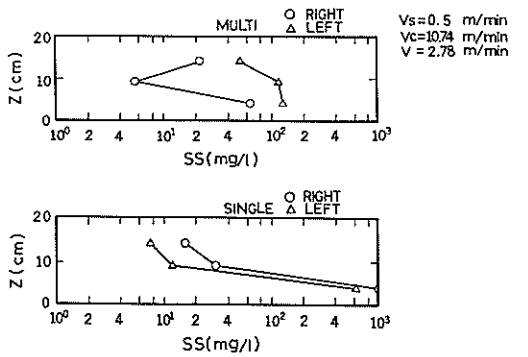
付図-6.1(b) カッタ回りの濁りの鉛直分布(模型I)



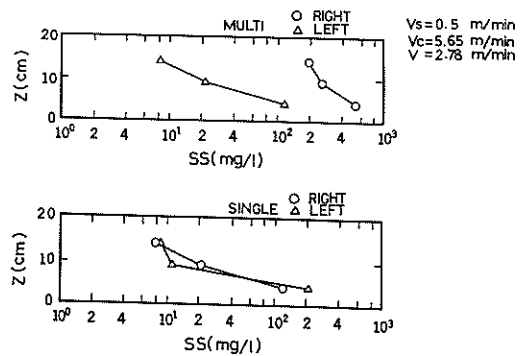
付図-6.1(c) カッタ回りの濁りの鉛直分布(模型I)



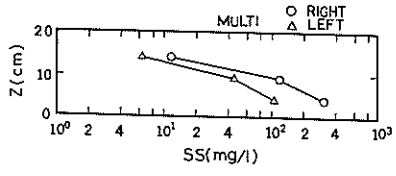
付図-6.1(d) カッタ回りの濁りの鉛直分布(現地汚泥)



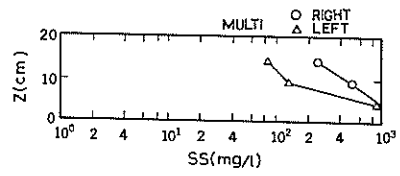
付図-6.1(e) カッタ回りの濁りの鉛直分布(現地汚泥)



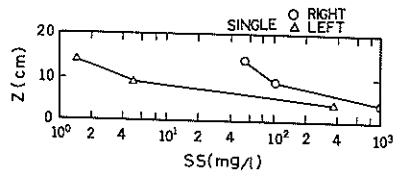
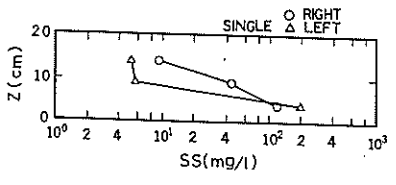
付図-6.1(f) カッタ回りの濁りの鉛直分布(現地汚泥)



$V_s = 0.5$  m/min  
 $V_c = 2.83$  m/min  
 $V = 2.78$  m/min

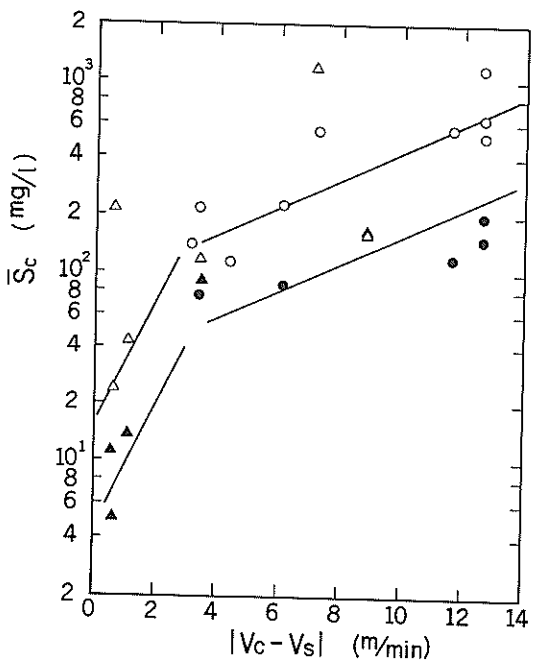


$V_s = 2.0$  m/min  
 $V_c = 10.74$  m/min  
 $V = 2.78$  m/min

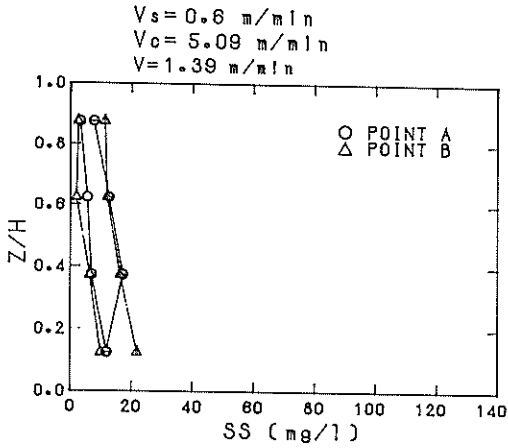


付図-6.1 (g) カッタ回りの濁りの鉛直分布 (現地汚泥)

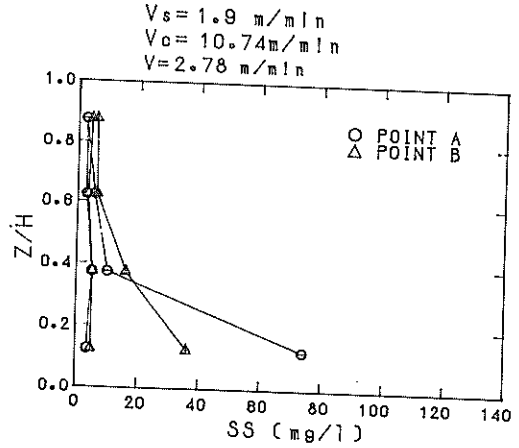
付図-6.1 (h) カッタ回りの濁りの鉛直分布 (現地汚泥)



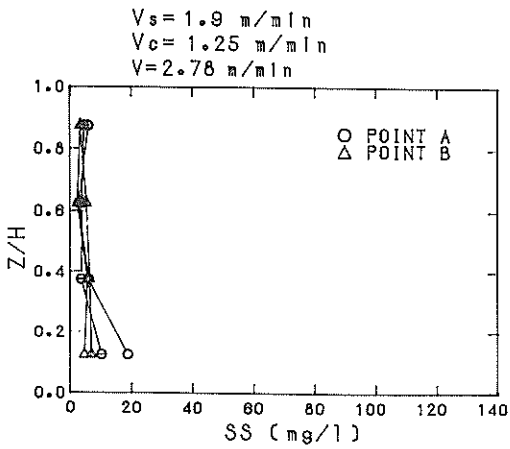
付図-6.2  $|V_c - V_s|$  と  $\bar{S}_c$  の関係 (模型 II)



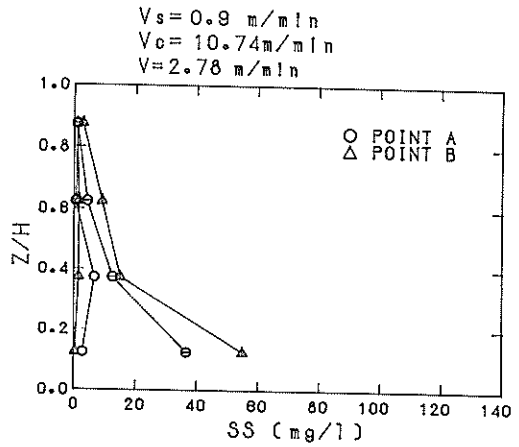
付図-6.3(a) 濁りの鉛直分布(模型Ⅰ)



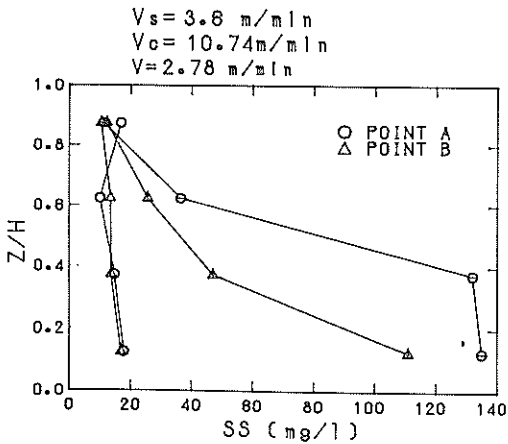
付図-6.3(b) 濁りの鉛直分布(模型Ⅱ)



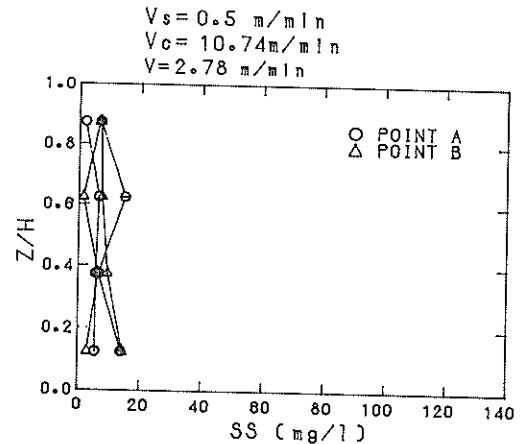
付図-6.3(c) 濁りの鉛直分布(模型Ⅱ,  $t_s = 90$ )



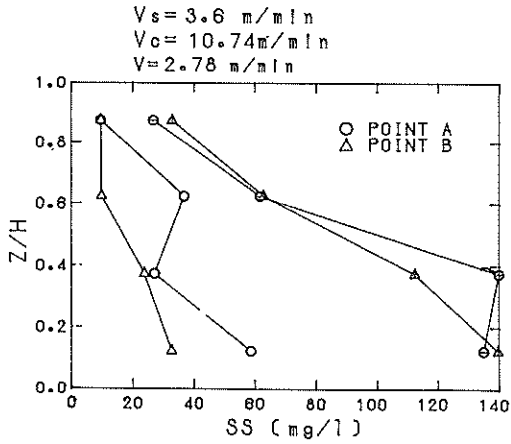
付図-6.3(d) 濁りの鉛直分布(模型Ⅱ)



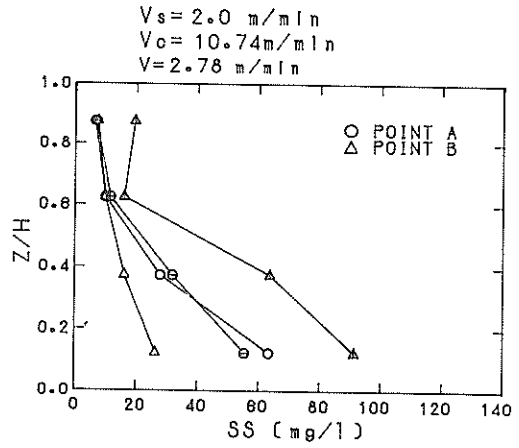
付図-6.3(e) 濁りの鉛直分布(模型Ⅱ,  $t_s = 90$ )



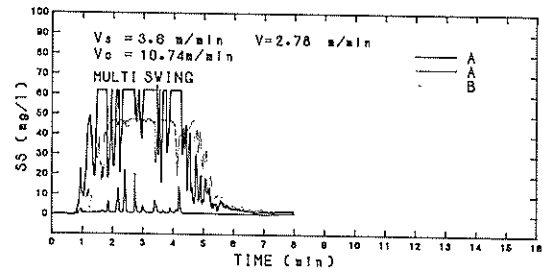
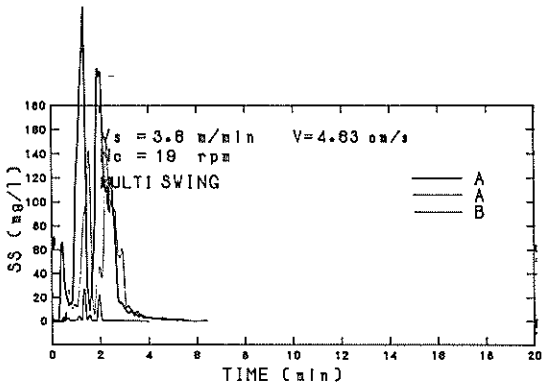
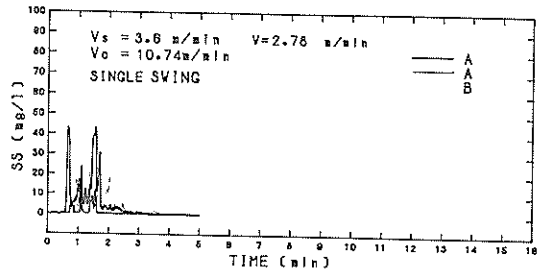
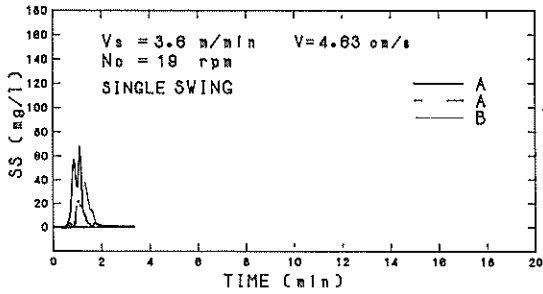
付図-6.3(f) 濁りの鉛直分布(模型Ⅱ,  $t_s = 90$ )



付図-6.3(ロ) 濁りの鉛直分布 (現地汚泥)

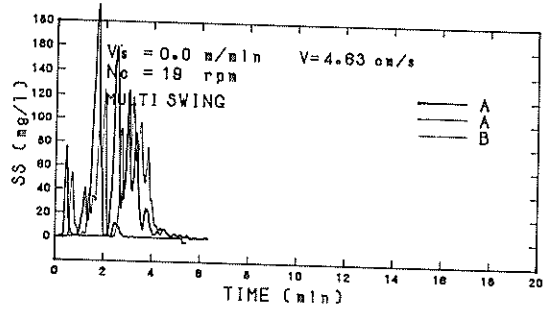
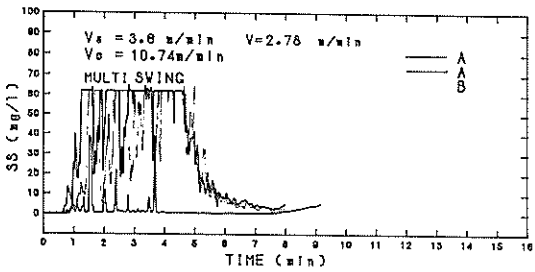
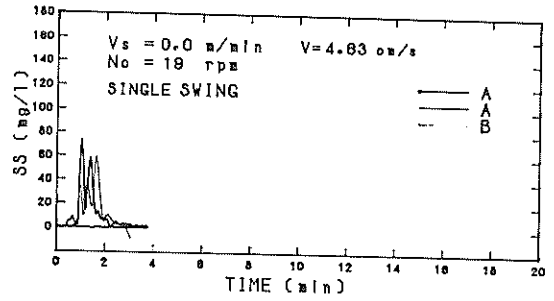
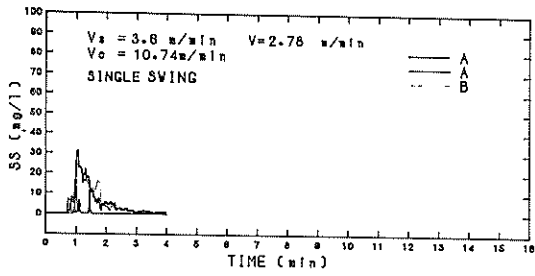


付図-6.3(ハ) 濁りの鉛直分布 (現地汚泥)



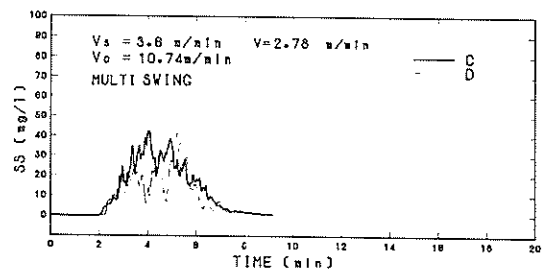
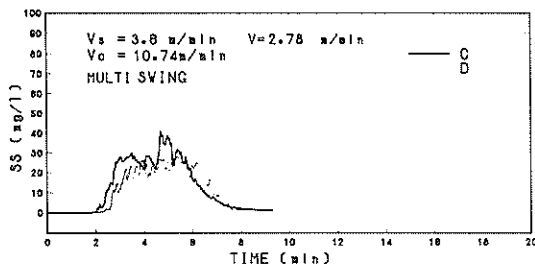
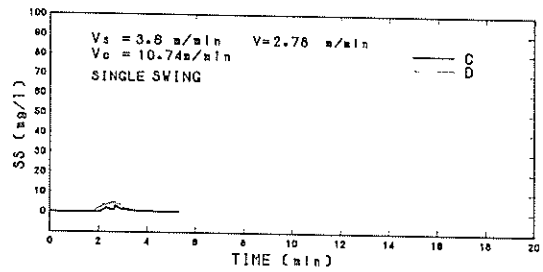
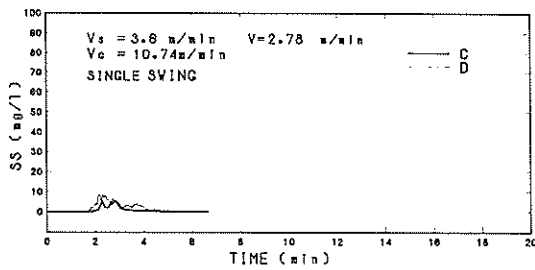
付図-6.4(a) A, B点の濁りの経時変化 (模型 I)

付図-6.4(b) A, B点の濁りの経時変化 (模型 I)



付図- 6.4 (c) A, B点の濁りの経時変化 (模型Ⅱ)

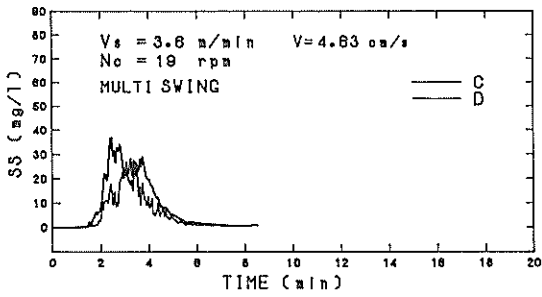
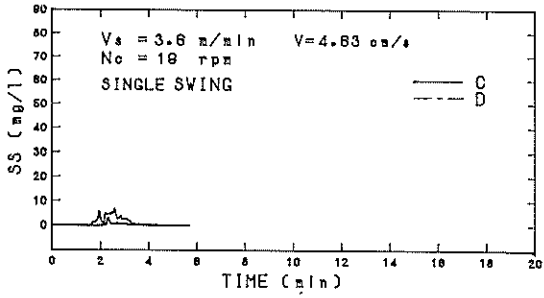
付図- 6.4 (d) A, B点の濁りの経時変化 (現地汚泥)



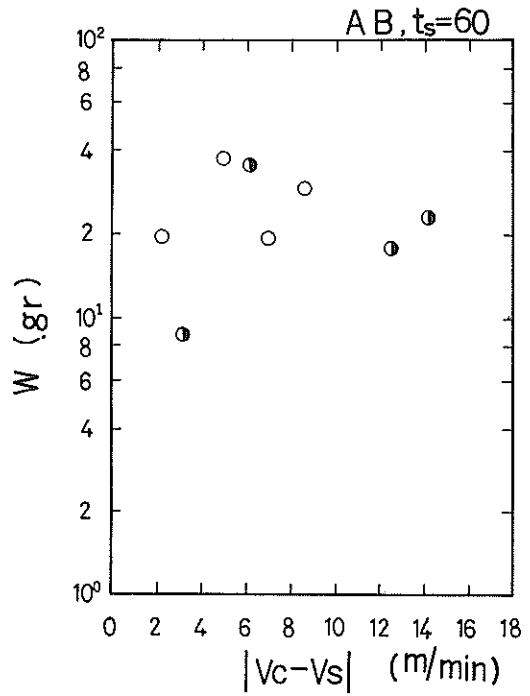
付図- 6.5 (a) C, D点の濁りの経時変化 (模型Ⅱ)

付図- 6.5 (b) C, D点の濁りの経時変化 (模型Ⅱ)

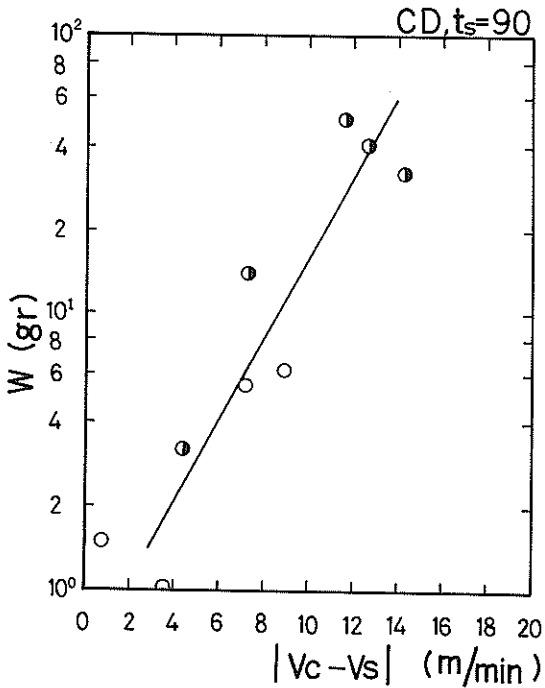




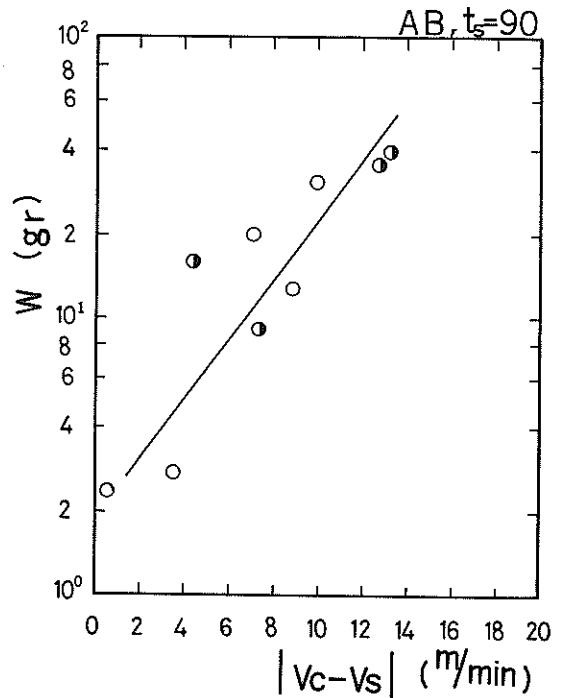
付図- 6.5(c) C, D点の濁りの経時変化(現地汚泥)



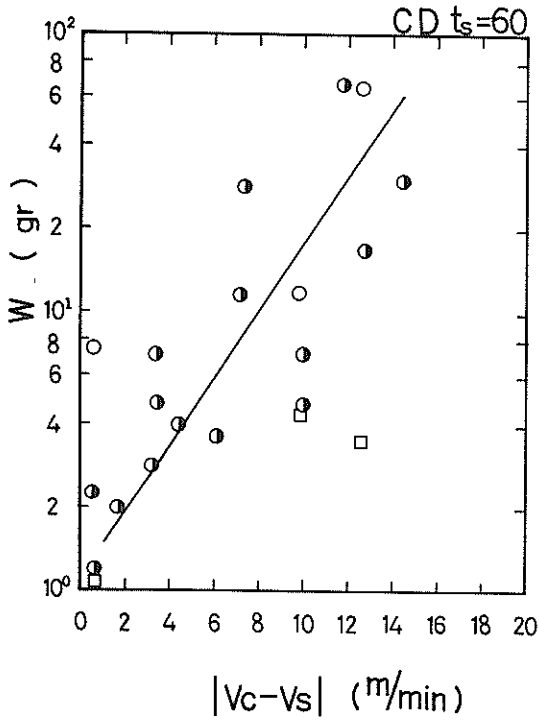
付図- 6.6(a) Wと $|V_c - V_s|$ の関係(現地汚泥)



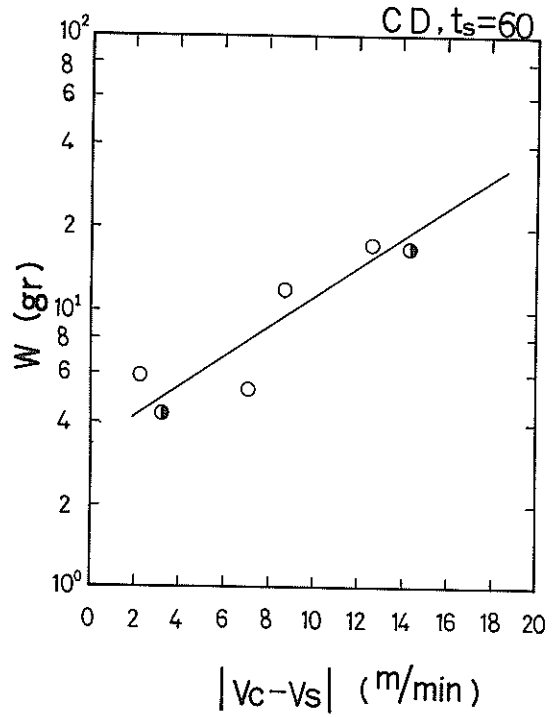
付図- 6.6(c) Wと $|V_c - V_s|$ の関係(模型II)



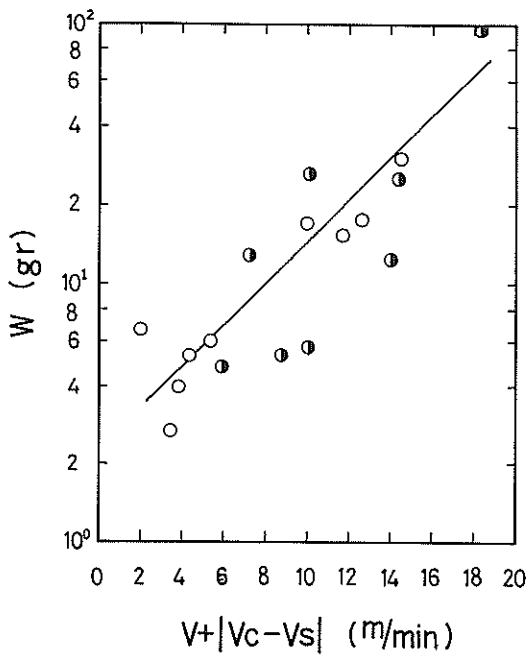
付図- 6.6(b) Wと $|V_c - V_s|$ の関係(模型II)



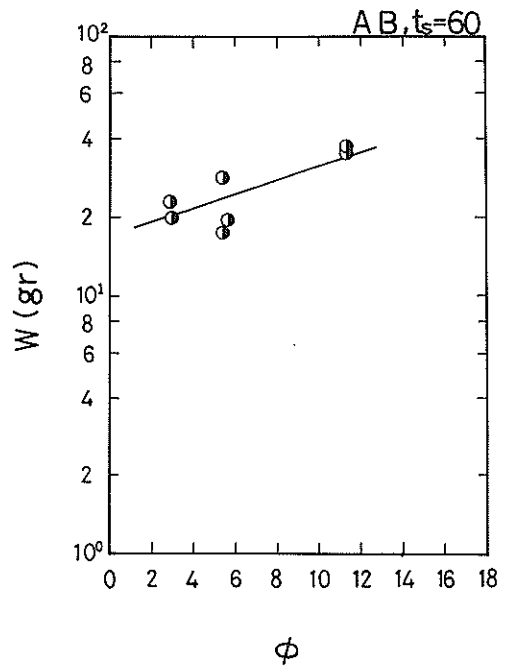
付図-6.6(d)  $W$ と $|V_c - V_s|$ の関係(模型Ⅱ)



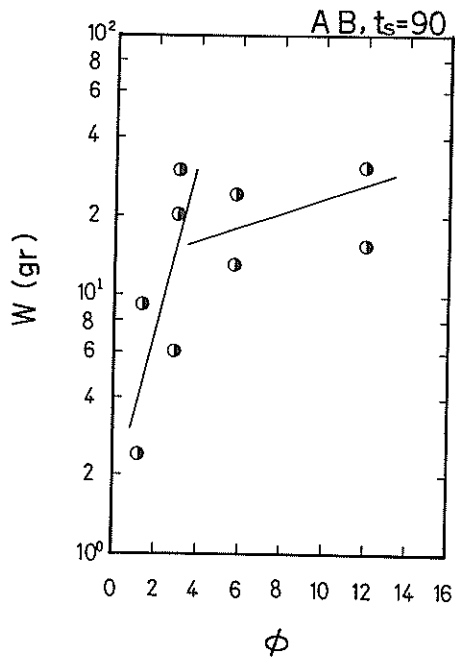
付図-6.6(e)  $W$ と $|V_c - V_s|$ の関係(模型Ⅱ)



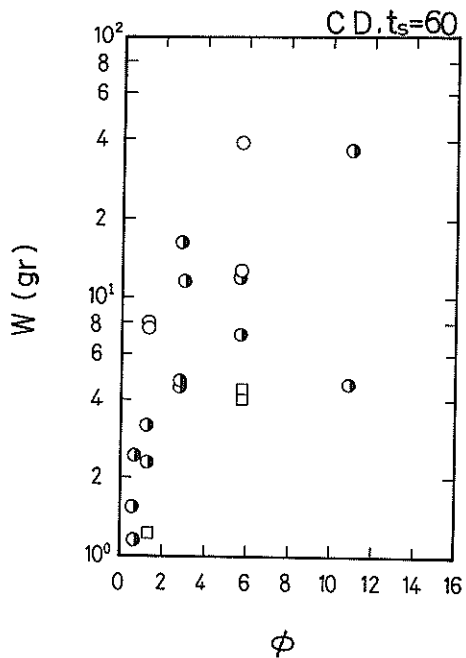
付図-6.7 発生量に与える運転条件の影響(模型Ⅱ)



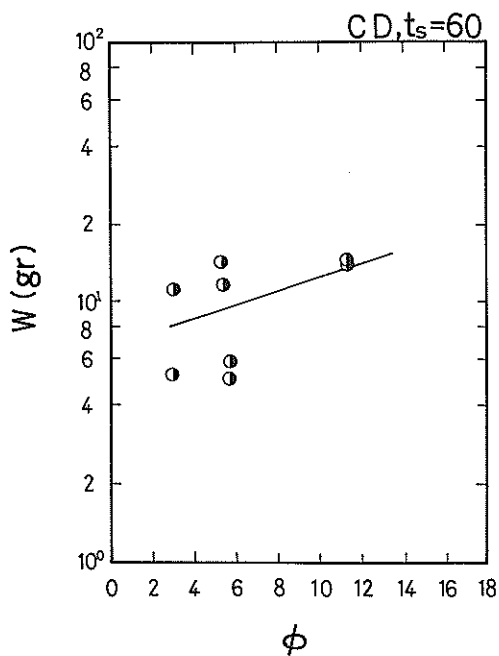
付図-6.8(a) 発生量と $\phi$ の関係(現地汚泥)



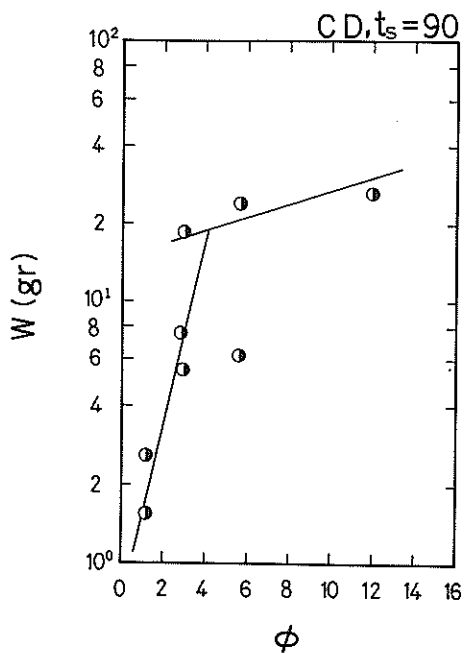
付図- 6.8(b) 発生量と  $\phi$  の関係 (現地汚泥)



付図- 6.8(c) 発生量と  $\phi$  の関係 (模型 II)



付図- 6.8(d) 発生量と  $\phi$  の関係 (模型 II)



付図- 6.8(e) 発生量と  $\phi$  の関係 (模型 II)

付表-6.1 運 転 条 件

機 型 I

NO	*VS*	*VC*	*V*	D(CM)	VC-VS	VC+VS
1	2.50	10.74	2.78	60.00	8.24	13.24
2	0.50	10.74	2.78	60.00	10.24	11.24
3	3.60	10.74	2.78	60.00	7.14	14.34
4	3.60	0	2.78	60.00	-3.60	3.60
5	0.50	0	2.78	60.00	-0.50	0.50
6	3.60	10.74	5.56	60.00	7.14	14.34
7	0.50	10.74	5.56	60.00	10.24	11.24
8	3.60	0	5.56	60.00	-3.60	3.60
9	3.60	2.83	5.56	60.00	-0.77	6.43
10	0.50	0	5.56	60.00	-0.50	0.50
11	0.50	10.74	1.39	60.00	10.24	11.24
12	3.60	10.74	1.39	60.00	7.14	14.34
13	3.60	10.74	2.78	60.00	7.14	14.34
14	0.50	10.74	2.78	60.00	10.24	11.24
15	0.50	5.65	2.78	60.00	5.15	6.15
16	0.50	2.83	2.78	60.00	2.33	3.33
17	2.00	10.74	2.78	60.00	8.74	12.74

機 型 II

NO	*VS*	*VC*	*V*	D(CM)	VC-VS	VC+VS
1	1.90	10.74	5.70	60.00	8.84	12.64
2	1.90	10.74	2.78	60.00	8.84	12.64
3	1.90	10.74	1.39	60.00	8.84	12.64
4	1.90	5.36	2.78	60.00	3.46	7.26
5	1.90	2.50	2.78	60.00	0.60	4.40
6	3.60	10.74	2.78	60.00	7.14	14.34
7	1.90	1.25	2.78	60.00	-0.65	3.15
8	0.90	10.74	2.78	60.00	9.84	11.64
9	3.60	2.50	2.78	60.00	-1.10	6.10
10	0.90	2.50	2.78	60.00	1.60	3.60
11	1.90	2.50	5.70	60.00	0.60	4.40
12	1.90	2.50	1.39	60.00	0.60	4.40
13	1.90	10.74	2.78	90.00	8.84	12.64
14	0.90	10.74	2.78	90.00	9.84	11.64
15	1.90	5.36	2.78	90.00	3.46	7.26
16	3.60	10.74	2.78	90.00	7.14	14.34
17	1.90	2.50	2.78	90.00	0.60	4.40
18	1.90	10.74	0.69	60.00	8.84	12.64

NO	*VS*	*VC*	*V*	D(CM)	VC-VS	VC+VS
1	1.20	10.74	1.39	60.00	9.54	11.94
2	0.60	10.74	1.39	60.00	10.14	11.34
3	0.30	10.74	1.39	60.00	10.44	11.04
4	1.20	5.09	1.39	60.00	3.89	6.29
5	0.60	5.09	1.39	60.00	4.49	5.69
6	0.30	5.09	1.39	60.00	4.79	5.39
7	1.20	2.83	1.39	60.00	1.63	4.03
8	0.60	2.83	1.39	60.00	2.23	3.43
9	0.30	2.83	1.39	60.00	2.53	3.13
10	1.20	10.74	1.39	90.00	9.54	11.94
11	0.30	10.74	1.39	30.00	10.44	11.04



付表-6.2 (続)カッタ回りの濁り

TEST CASE= PUMP 1

SINGLE SWING

TEST NO	S.S.(MG/L)										
	R-1	R-2	R-3	L-1	L-2	L-3	H(CM)	S-AVE(R)	S-AVE(L)	φ	
1	78.3	39.5	16.4	212.7	11.7	7.0	4.0	53.4	104.2	8.95	
2	901.0	10.1	12.7	338.9	1.0	1.5	4.0	424.2	159.0	17.90	
3	429.0	6.6	10.0	258.0	6.0	2.6	4.0	203.5	127.4	35.80	
4	39.4	10.1	16.2	24.9	5.5	5.5	4.0	24.8	14.5	4.24	
5	44.1	13.2	9.6	96.2	9.7	6.5	3.0	25.6	45.7	8.48	
6	180.0	25.1	56.2	48.1	2.3	12.2	4.0	89.7	25.3	16.97	
7	90.5	1.2	5.9	84.7	5.2	5.7	4.0	43.5	42.2	2.36	
8	143.0	33.1	35.6	69.7	70.2	14.7	4.0	64.2	60.1	4.72	
9	82.4	11.1	23.4	10.4	15.3	8.3	4.0	46.4	11.8	9.43	
10	*****	99.1	7.5	*****	434.0	11.5	1.0	60.9	258.0	8.95	
11	37.2	38.9	78.3	11.1	12.2	8.6	7.0	43.7	11.0	35.80	

MULTI SWING

TEST NO	S.S.(MG/L)										
	R-1	R-2	R-3	L-1	L-2	L-3	H(CM)	S-AVE(R)	S-AVE(L)	φ	
1	744.0	59.9	20.8	438.0	68.5	36.4	4.0	370.5	234.3	8.95	
2	478.5	7.0	10.9	1040.0	33.5	10.0	4.0	226.6	496.8	17.90	
3	634.0	13.3	11.7	164.1	16.7	9.5	4.0	301.2	83.9	35.80	
4	398.0	205.0	4.6	141.3	15.5	20.6	4.0	258.8	74.8	4.24	
5	489.0	36.1	22.3	55.5	5.4	46.0	3.0	225.1	34.4	8.48	
6	302.0	9.0	10.6	56.0	10.8	5.3	4.0	145.3	30.8	16.97	
7	385.0	52.0	11.1	144.2	48.1	16.2	4.0	199.3	87.0	2.36	
8	151.2	55.1	30.6	40.9	18.3	15.5	4.0	95.3	28.3	4.72	
9	117.9	30.8	18.9	19.8	6.8	5.8	4.0	69.1	12.7	9.43	
10	*****	2590.0	16.7	*****	137.0	31.6	1.0	1517.0	95.1	8.95	
11	250.0	21.1	52.4	29.4	40.9	11.8	7.0	153.6	30.2	35.80	

付表-6.2 (続)カッタ回りの廻り

TEST CASE= PUMP 2

SINGLE SWING

S.S(MG/L)										
TEST NO	R-1	R-2	R-3	L-1	L-2	L-3	H(CM)	S-AVE(R)	S-AVE(L)	φ
1	406.0	76.8	120.6	169.2	8.0	6.7	0.5	181.3	53.7	5.65
2	416.0	8.9	10.5	44.0	3.1	2.9	2.0	161.9	168.4	5.65
3	129.0	7.1	2.6	137.0	4.1	3.5	2.0	51.9	53.8	5.65
4	275.0	10.7	37.6	227.0	6.5	4.1	2.3	118.5	92.1	2.82
5	511.0	14.5	37.6	21.2	4.1	4.7	2.5	217.7	11.1	2.98
6	2170.0	850.0	71.4	822.0	332.0	165.0	2.0	1167.8	481.0	2.98
7	61.3	6.9	5.5	5.1	5.1	4.6	1.0	23.9	5.0	0.66
8	63.8	4.6	5.0	24.7	1.1	1.8	1.0	23.5	8.8	11.93
9	82.7	30.3	8.1	15.9	8.4	21.0	1.4	43.4	13.7	0.69
10	2990.0	57.9	15.3	125.7	10.9	8.7	1.4	1051.6	49.7	2.78
11	5680.0	92.0	66.1	25.4	13.8	13.2	1.0	1864.1	17.4	1.32
12	178.5	13.5	7.2	28.9	6.0	6.9	2.0	76.1	14.8	1.32
13	*****	1960.0	85.0	*****	268.5	97.1	3.0	1774.1	214.9	5.65
14	*****	93.2	29.8	*****	35.5	16.6	3.0	73.4	29.6	11.93
15	*****	9.3	14.7	*****	7.2	4.6	4.0	10.8	6.5	2.82
16	*****	14.6	43.5	*****	9.7	7.7	4.0	116.5	9.1	2.98
17	*****	2290.0	49.5	*****	23.1	16.8	4.0	1667.6	21.3	1.32
18	*****	16.7	18.7	*****	9.7	7.6	4.0	17.3	9.1	5.65

MULTI SWING

S.S(MG/L)										
TEST NO	R-1	R-2	R-3	L-1	L-2	L-3	H(CM)	S-AVE(R)	S-AVE(L)	φ
1	2680.0	749.0	200.0	287.7	69.5	143.0	0.5	1170.0	149.3	5.65
2	1340.0	324.0	27.3	374.0	96.5	95.8	2.0	643.2	200.4	5.65
3	1300.0	53.8	13.3	110.0	22.4	36.5	2.0	512.7	58.2	5.65
4	1020.0	377.0	6.4	350.0	180.0	42.2	2.3	552.6	218.3	2.82
5	261.0	25.0	7.5	175.0	92.4	58.5	2.5	115.9	118.7	1.32
6	940.0	32.7	23.1	1820.0	14.0	1.0	2.0	370.9	688.5	2.98
7	364.0	26.3	59.7	330.0	370.8	25.7	1.0	141.3	279.2	0.66
8	1470.0	205.0	3.7	353.0	13.4	5.5	1.0	561.8	119.7	11.93
9	614.6	26.0	26.2	130.6	68.3	58.4	1.4	227.4	87.4	0.69
10	529.6	83.5	10.2	185.1	28.6	4.9	1.4	220.0	76.9	2.78
11	*****	101.4	33.1	625.0	80.4	62.3	1.0	4190.0	249.6	1.32
12	63.1	8.7	18.8	228.6	61.7	7.5	2.0	31.2	112.9	1.32
13	*****	1182.0	207.6	*****	399.4	201.7	3.0	877.5	337.6	5.65
14	*****	565.3	34.5	*****	19.5	16.5	3.0	399.4	18.6	11.93
15	*****	838.0	101.4	*****	102.6	109.2	4.0	633.7	104.4	2.78
16	*****	1930.0	825.0	*****	592.0	385.0	4.0	1623.1	534.5	2.98
17	*****	63.6	20.8	*****	113.8	54.6	4.0	51.7	97.4	1.32
18	*****	35.0	27.1	*****	58.2	26.9	4.0	32.8	49.5	5.65

付表-6.3 A, B点の濁りデータ

模型 I

(mg/l)

Test No	A								B							
	SINGLE スイング				MULTI スイング				SINGLE スイング				MULTI スイング			
	PT1	PT2	PT3	PT4	PT1	PT2	PT3	PT4	PT1	PT2	PT3	PT4	PT1	PT2	PT3	PT4
1	16.3	11.5	18.4	6.7	51.4	142.0	8.9	18.1	16.7	10.9	14.2	6.5	26.9	71.9	22.6	9.4
2	3.7	5.1	2.9	2.7	74.2	10.1	5.6	2.6	5.0	5.2	3.4	4.4	36.3	16.2	6.4	6.1
3	2.4	5.3	1.8	1.5	14.7	5.9	7.5	5.6	3.7	2.6	7.0	4.2	3.7	2.6	7.0	4.2
4	6.1	4.8	3.9	2.7	9.6	6.3	1.1	3.0	3.0	2.3	3.6	1.8	6.8	6.9	5.2	2.3
5	6.7	2.3	10.0	2.6	8.9	1.2	3.8	30.3	6.2	6.1	4.1	3.5	5.6	6.1	4.6	4.8
6	12.4	7.0	6.9	2.5	113.0	46.3	20.0	6.8	11.5	5.5	3.0	2.2	87.4	49.1	17.2	6.3
7	18.9	6.1	3.0	6.1	10.3	3.8	4.0	4.7	4.7	5.8	2.5	3.5	7.0	6.5	5.5	3.4
8	2.9	6.7	0.6	1.2	36.8	12.6	4.4	1.0	0.4	1.6	1.6	1.0	55.2	15.2	9.2	2.9
9	7.4	6.8	10.0	10.1	20.5	12.0	10.6	6.2	12.5	7.7	6.5	9.1	17.8	18.8	8.9	10.8
10	49.2	8.0	8.2	6.7	7.7	28.5	12.1	6.4	11.9	9.3	8.5	8.4	25.9	6.8	14.6	20.3
11	18.4	16.2	14.7	11.7	17.5	24.2	18.7	9.3	17.7	15.7	10.0	9.1	15.2	14.8	13.9	6.7
12	6.5	5.0	2.4	2.4	4.9	3.2	3.1	2.7	4.1	4.5	3.0	2.3	8.2	5.3	2.6	3.1
13	3.9	9.0	3.4	3.4	35.2	29.4	20.9	5.0	9.3	2.8	4.0	2.0	42.9	26.1	11.8	2.9
14	12.6	14.3	7.2	10.6	92.3	20.3	30.8	6.2	12.2	9.5	10.9	6.5	43.4	18.5	5.4	6.4
15	3.4	3.4	2.8	3.6	10.9	11.8	4.1	2.7	3.4	3.2	2.4	2.3	36.0	10.4	10.5	3.6
16	17.9	14.9	10.1	17.0	239.0	132.0	36.6	11.2	17.0	13.8	13.6	10.5	111.0	47.2	25.8	12.4
17	8.1	12.8	6.4	5.8	15.9	16.0	15.2	8.1	16.1	12.5	8.6	5.4	18.1	16.3	11.8	10.6
18	7.5	6.4	5.5	4.8	32.8	16.1	8.3	6.3	8.0	6.1	5.5	7.2	9.6	11.3	8.8	7.6

付表-6.3 (続) A, B点の濁りデータ

模型 I

(mg/l)

Test No	A								B							
	SINGLE スイング				MULTI スイング				SINGLE スイング				MULTI スイング			
	PT1	PT2	PT3	PT4	PT1	PT2	PT3	PT4	PT1	PT2	PT3	PT4	PT1	PT2	PT3	PT4
1	7.0	3.5	3.1	6.0	22.8	17.3	31.5	10.0	14.3	19.1	6.4	11.6	19.5	24.7	17.6	10.0
2	5.1	5.6	2.5	4.5	35.5	8.1	16.2	8.4	34.8	2.0	2.1	5.0	42.2	11.8	17.5	17.5
3	16.0	12.6	6.5	9.0	3.0	1.5	3.6	1.5	12.1	14.9	9.0	7.0	5.6	5.4	5.0	6.1
4	13.6	10.6	8.1	2.0	28.6	9.1	17.2	4.0	8.9	6.1	6.5	2.0	14.5	12.1	22.9	9.9
5	12.0	7.0	5.6	3.3	11.9	17.3	12.7	7.8	10.0	6.4	2.0	2.6	22.0	16.4	12.1	11.4
6	7.5	2.6	1.5	1.2	20.3	7.6	3.9	2.9	3.4	2.6	4.1	1.8	12.2	8.6	3.5	3.5
7	5.0	18.2	4.0	4.5	20.8	9.6	5.7	2.9	4.3	2.4	7.0	2.4	7.7	5.4	4.0	3.2
8	8.9	14.5	2.1	5.8	16.9	43.6	21.8	9.7	9.9	7.6	4.3	12.3	21.7	30.0	8.4	12.6
9	9.0	6.6	5.8	5.2	8.4	8.0	7.3	6.0	12.5	8.2	9.0	7.0	9.3	9.4	9.1	7.5
10	3.7	9.1	4.5	4.1	13.1	9.4	3.5	2.0	3.2	3.8	3.3	1.7	10.7	5.9	5.0	1.4
11	12.6	23.4	7.8	5.6	18.7	16.7	11.1	16.8	17.3	16.4	6.8	6.4	32.7	21.6	13.8	12.4



付表-6.3 (続) A, B点の濁りデータ

(mg/l)

模型 II

Test No	A												B											
	SINGLE スイッチ				MULTI スイッチ				SINGLE スイッチ				MULTI スイッチ											
	PT1	PT2	PT3	PT4	PT1	PT2	PT3	PT4	PT1	PT2	PT3	PT4	PT1	PT2	PT3	PT4								
1	42.4	14.6	17.7	17.7	64.8	23.7	9.6	8.9	68.7	29.3	26.0	24.7	47.0	29.9	17.0	8.8								
2	81.7	53.1	33.1	20.4	25.5	29.3	23.7	8.6	81.5	63.1	31.1	14.9	65.2	22.3	15.0	130.5								
3	25.7	18.5	18.3	13.3	132.8	50.5	31.0	12.4	13.2	8.8	6.6	8.8	151.0	40.6	26.5	15.2								
4	3.5	3.0	10.0	4.0	4.0	10.9	7.1	4.5	5.0	3.1	4.1	5.2	5.5	7.6	6.1	5.7								
5	3.0	2.0	3.5	2.0	6.0	7.0	8.1	16.8	4.1	2.6	1.5	2.5	8.3	6.0	6.0	10.8								
6	34.2	10.0	5.1	4.6	72.2	42.4	54.5	8.6	62.1	19.2	24.3	81.8	84.0	163.7	96.0	102.1								
7	8.9	10.6	8.9	8.5	59.5	61.6	41.7	9.2	14.1	10.1	11.8	9.3	48.2	50.1	45.8	27.0								
8	16.4	11.6	9.8	3.1	22.3	13.7	15.5	5.3	7.9	9.2	4.8	5.3	21.5	26.2	13.7	9.5								
9	11.1	16.5	3.5	7.5	17.7	9.7	10.2	4.1	84.8	5.5	9.7	11.7	3.5	16.7	6.2	12.9								
10	9.5	3.6	5.4	4.0	4.2	7.1	6.8	8.0	5.1	2.0	7.4	7.4	20.7	12.0	11.1	7.5								
11	23.0	14.2	14.4	14.1	33.5	21.7	27.0	21.6	33.5	19.0	12.9	16.7	33.3	20.3	14.9	15.8								
12	20.2	18.2	11.2	7.1	98.4	19.4	33.5	24.3	26.7	13.3	7.8	6.3	142.6	37.8	27.5	45.5								
13	58.8	27.2	36.9	9.6	208.2	139.9	61.8	26.8	32.8	23.9	9.9	9.7	139.7	112.4	63.0	33.0								
14	5.6	5.7	6.5	2.0	14.1	6.7	15.1	7.0	3.0	6.5	1.5	6.6	14.5	9.6	7.6	7.1								
15	40.0	31.3	9.1	5.1	36.8	70.6	25.5	6.9	10.9	17.4	13.1	5.5	19.7	41.4	41.8	9.8								
16	6.2	2.4	1.8	1.2	5.8	5.9	3.0	1.5	2.7	3.9	2.1	0.9	4.4	2.9	1.8	1.2								
17	63.5	28.0	10.0	6.6	55.6	32.0	11.6	7.0	26.5	16.3	10.0	7.5	91.4	63.9	16.2	19.6								

付表-6.4 濁りの発生量 (A, B点)

模型 I

POINT A	SINGLE SWING				MULTI SWING			
	*S, AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S, AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*
1	23.35	133.0	0.230E 03	0.459E 02	44.51	324.0	0.330E 03	0.1604E 03
2	30.42	157.0	0.318E 03	0.747E 02	43.69	991.0	0.712E 03	0.1058E 04
3	19.95	121.0	0.268E 03	0.4861E 02	60.76	299.0	0.466E 03	0.2091E 03
4	2.35	70.0	0.052E 02	0.0634E 01	4.71	350.0	0.143E 03	0.7528E 02
5	1.86	57.0	0.297E 02	0.2540E 01	0.90	574.0	0.261E 02	0.2248E 02
6	84.04	118.0	0.122E 04	0.2154E 03	141.82	280.0	0.325E 04	0.1363E 04
7	8.24	166.0	0.321E 03	0.7895E 02	57.81	706.0	0.156E 04	0.1647E 04
8	0.81	61.0	0.188E 02	0.1719E 01	9.94	361.0	0.236E 03	0.1276E 03
9	4.34	68.0	0.141E 03	0.1440E 02	10.15	253.0	0.222E 03	0.8629E 02
10	1.42	128.0	0.312E 02	0.5999E 01	3.30	968.0	0.193E 03	0.2803E 03
11	6.14	202.0	0.398E 02	0.1206E 02	11.50	1266.0	0.810E 02	0.1538E 03
12	10.46	117.0	0.666E 02	0.1169E 02	4.032	304.0	0.186E 03	0.8463E 02
13	23.79	64.0	0.243E 03	0.2330E 02	79.72	184.0	0.756E 03	0.2086E 03
14	1.49	82.0	0.240E 02	0.2955E 01	11.42	147.0	0.358E 03	0.3489E 02
15	14.64	161.0	0.141E 03	0.3417E 02	21.73	540.0	0.377E 03	0.3055E 02
16	11.22	179.0	0.946E 02	0.2540E 02	8.98	508.0	0.114E 03	0.8697E 02
17	20.08	109.0	0.154E 03	0.2512E 02	36.20	301.0	0.312E 03	0.1408E 03

POINT B	SINGLE SWING				MULTI SWING			
	*S, AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S, AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*
1	12.92	190.0	0.126E 03	0.5605E 02	35.06	361.0	0.347E 03	0.1877E 03
2	23.12	256.0	0.245E 03	0.9408E 02	34.01	1016.0	0.555E 03	0.8456E 03
3	27.36	121.0	0.353E 03	0.6399E 02	84.38	334.0	0.584E 03	0.2926E 03
4	9.79	73.0	0.155E 03	0.1702E 02	10.94	352.0	0.227E 03	0.1197E 03
5	2.55	73.0	0.302E 02	0.5309E 01	0.76	586.0	0.164E 02	0.1444E 02
6	51.55	124.0	0.145E 04	0.2700E 03	99.66	265.0	0.497E 04	0.1976E 04
7	13.97	187.0	0.419E 03	0.1176E 03	18.41	701.0	0.611E 03	0.6429E 03
8	2.09	61.0	0.673E 02	0.6158E 01	15.09	352.0	0.465E 03	0.2456E 03
9	6.09	94.0	0.732E 02	0.1035E 02	16.50	252.0	0.175E 04	0.6616E 03
10	2.83	143.0	0.116E 03	0.2445E 02	5.85	1022.0	0.135E 03	0.2067E 03
11	10.32	231.0	0.572E 02	0.1933E 02	18.73	1249.0	0.107E 03	0.2012E 03
12	17.79	127.0	0.812E 02	0.1547E 02	45.80	297.0	0.183E 03	0.8140E 02
13	22.24	43.0	0.234E 03	0.1572E 02	42.48	217.0	0.480E 03	0.1563E 03
14	1.49	79.0	0.401E 02	0.4755E 01	6.12	151.0	0.744E 02	0.1685E 02
15	8.86	157.0	0.174E 03	0.4708E 02	13.31	532.0	0.349E 03	0.2789E 03
16	3.67	153.0	0.596E 02	0.1367E 02	5.41	596.0	0.574E 02	0.5130E 02
17	21.72	94.0	0.224E 03	0.3156E 02	37.38	280.0	0.353E 03	0.1377E 03

S, AVE : A, B点での平均濁度 TD : 濁りの発生時間 W : 濁りの発生量 (gr)

付表-6.4 (続) 濁りの発生量 (A, B点)

模型 I

POINT A	SINGLE SWING					MULTI SWING					
	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*
1	5.47	164.0	0.347E 02	0.8548E 01	22.49	570.0	0.183E 03		0.1568E 03		
2	6.20	291.0	0.490E 02	0.2138E 02	15.09	990.0	0.852E 02		0.8968E 02		
3	6.16	261.0	0.385E 02	0.1508E 02	10.46	2005.0	0.761E 02		0.7289E 03		
4	4.66	155.0	0.266E 02	0.6187E 01	12.65	515.0	0.587E 02		0.4535E 02		
5	3.50	194.0	0.173E 02	0.5047E 01	8.29	1013.0	0.790E 02		0.1201E 03		
6	7.66	184.0	0.293E 02	0.8091E 01	10.49	1974.0	0.402E 02		0.1191E 03		
7	6.32	120.0	0.918E 02	0.1653E 02	7.91	559.0	0.333E 02		0.2796E 02		
8	5.87	215.0	0.470E 02	0.1502E 02	5.16	874.0	0.643E 02		0.8429E 02		
9	6.37	264.0	0.428E 02	0.1693E 02	8.56	1893.0	0.673E 02		0.1911E 03		
10	2.02	145.0	0.268E 02	0.5819E 01	14.33	647.0	0.691E 02		0.6706E 02		
11	15.07	134.0	0.135E 03	0.2708E 02	19.56	569.0	0.151E 03		0.1286E 03		

POINT B	SINGLE SWING					MULTI SWING					
	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*
1	4.66	153.0	0.382E 02	0.8756E 01	16.39	641.0	0.138E 03		0.1322E 03		
2	6.14	291.0	0.172E 02	0.7500E 01	10.04	989.0	0.478E 02		0.7094E 02		
3	3.74	281.0	0.303E 02	0.1276E 02	8.23	2082.0	0.741E		0.7291E 03		
4	3.20	157.0	0.191E 02	0.4509E 01	7.61	580.0	0.711E		0.6189E 02		
5	2.37	214.0	0.112E 02	0.3603E 01	6.48	1093.0	0.414E 02		0.6782E 02		
6	4.98	212.0	0.397E 02	0.1242E 02	7.82	2064.0	0.403E 02		0.1246E 03		
7	3.81	128.0	0.325E 02	0.6242E 01	4.29	569.0	0.256E 02		0.2188E 02		
8	4.62	301.0	0.362E 02	0.1636E 02	3.25	1279.0	0.248E 02		0.4753E 02		
9	3.57	362.0	0.238E 02	0.1292E 02	5.12	1951.0	0.443E 02		0.7296E 03		
10	1.43	168.0	0.122E 02	0.3080E 01	7.90	928.0	0.383E 02		0.5333E 02		
11	9.42	229.0	0.579E 02	0.1989E 02	15.82	674.0	0.881E 02		0.8911E 02		

付表-6.4 (続) 濁りの発生症 (A, B点)

模型 II

POINT A	SINGLE SWING					MULTI SWING				
	CASE	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	
1	12.61	63.0	0.382E 03	0.3614E 02	0.109E 04	21.85	356.0	0.109E 04	0.5837E 03	
2	5.73	113.0	0.102E 03	0.1728E 02	0.121E 03	21.85	381.0	0.121E 03	0.6918E 02	
3	0.95	148.0	0.995E 01	0.2209E 01	0.849E 02	16.38	366.0	0.849E 02	0.4658E 02	
4	15.09	91.0	0.197E 03	0.2688E 02	0.211E 03	72.36	418.0	0.211E 03	0.1370E 03	
5	3.62	82.0	0.532E 02	0.6543E 01	0.177E 03	7.76	358.0	0.177E 03	0.9485E 02	
6	11.34	111.0	0.119E 03	0.1987E 02	0.440E 03	59.45	282.0	0.440E 03	0.1854E 03	
7	1.84	109.0	0.149E 02	0.2242E 01	0.421E 02	4.20	489.0	0.421E 02	0.3086E 02	
8	3.28	114.0	0.589E 02	0.1008E 02	0.183E 03	27.40	709.0	0.183E 03	0.1942E 03	
9	1.75	91.0	0.372E 02	0.5071E 01	0.805E 02	7.38	334.0	0.805E 02	0.4031E 02	
10	3.69	116.0	0.242E 02	0.4208E 01	0.232E 03	7.10	625.0	0.232E 03	0.2174E 03	
11	5.48	152.0	0.170E 03	0.5872E 02	0.472E 03	12.65	405.0	0.472E 03	0.2868E 03	
12	4.95	151.0	0.281E 02	0.6365E 01	0.404E 02	6.28	412.0	0.404E 02	0.2498E 02	
13	4.96	114.0	0.115E 03	0.1964E 02	0.356E 03	30.53	489.0	0.356E 03	0.2614E 03	
14	17.85	121.0	0.286E 03	0.5188E 02	0.135E 03	18.50	720.0	0.135E 03	0.1453E 03	
15	1.76	66.0	0.512E 02	0.5092E 01	0.129E 03	10.46	353.0	0.129E 03	0.6812E 02	
16	8.03	133.0	0.123E 03	0.2443E 02	0.489E 03	67.08	401.0	0.489E 03	0.2943E 03	
17	1.07	97.0	0.200E 02	0.2910E 01	0.119E 03	7.51	509.0	0.119E 03	0.9084E 02	
18	0.98	156.0	0.361E 01	0.8450E 00	0.321E 02	14.66	340.0	0.321E 02	0.1076E 02	

POINT B	SINGLE SWING					MULTI SWING				
	CASE	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	
1	6.69	85.0	0.180E 03	0.2301E 02	0.760E 03	16.64	359.0	0.760E 03	0.4092E 03	
2	3.75	144.0	0.616E 02	0.1331E 02	0.145E 03	18.01	395.0	0.145E 03	0.8600E 02	
3	0.78	138.0	0.843E 01	0.1745E 01	0.104E 03	9.60	427.0	0.104E 03	0.6647E 02	
4	7.06	165.0	0.115E 03	0.2843E 02	0.195E 03	13.11	461.0	0.195E 03	0.1349E 03	
5	1.69	151.0	0.247E 02	0.5600E 01	0.940E 02	5.46	415.0	0.940E 02	0.5851E 02	
6	9.15	122.0	0.797E 02	0.1458E 02	0.255E 03	30.97	320.0	0.255E 03	0.1226E 03	
7	1.27	104.0	0.203E 02	0.3174E 01	0.597E 02	2.72	484.0	0.597E 02	0.2680E 02	
8	2.01	154.0	0.107E 03	0.2461E 02	0.127E 03	19.00	763.0	0.127E 03	0.1454E 03	
9	1.44	100.0	0.188E 02	0.2816E 01	0.657E 02	4.56	334.0	0.657E 02	0.3293E 02	
10	2.16	137.0	0.315E 02	0.6477E 01	0.531E 02	4.48	745.0	0.531E 02	0.5936E 02	
11	4.36	142.0	0.121E 03	0.2570E 02	0.273E 03	8.77	442.0	0.273E 03	0.1809E 03	
12	6.37	142.0	0.337E 02	0.7182E 01	0.297E 02	5.61	442.0	0.297E 02	0.1969E 02	
13	3.88	123.0	0.341E 02	0.6285E 01	0.188E 03	21.40	448.0	0.188E 03	0.1266E 03	
14	3.09	144.0	0.451E 02	0.9749E 01	0.955E 02	12.52	746.0	0.955E 02	0.1069E 03	
15	1.46	76.0	0.221E 02	0.2523E 01	0.525E 02	6.95	350.0	0.525E 02	0.2755E 02	
16	5.85	124.0	0.861E 02	0.1603E 02	0.353E 03	44.31	344.0	0.353E 03	0.1820E 03	
17	1.26	83.0	0.151E 02	0.1885E 01	0.662E 02	4.63	583.0	0.662E 02	0.5789E 02	
18	0.07	259.0	0.268E 00	0.11041E 00	0.276E 02	6.20	385.0	0.276E 02	0.1593E 02	

付表-6.5 濁りの発生源 (C, D点)

模型 I

POINT C	SINGLE SWING						MULTI SWING					
	*S_AVE.**	*TDX	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S_AVE.**	*TDX	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S_AVE.**	*TDX	*U(Z)S(Z)*	*W*
1	1.43	191.0	0.262E 02	0.7493E 01	9.12	404.0	0.167E 03	0.1011E 03	13.99	1010.0	0.254E 03	0.3876E 03
2	6.94	295.0	0.127E 03	0.5616E 02	13.85	335.0	0.253E 03	0.1273E 03	13.85	335.0	0.253E 03	0.1273E 03
3	1.08	182.0	0.198E 02	0.5392E 01	1.12	288.0	0.209E 02	0.8859E 01	1.12	288.0	0.209E 02	0.8859E 01
4	0.56	118.0	0.102E 02	0.1813E 01	0.45	471.0	0.823E 01	0.5814E 01	0.45	471.0	0.823E 01	0.5814E 01
5	0.20	156.0	0.366E 01	0.8559E 00	31.61	248.0	0.118E 04	0.4408E 03	31.61	248.0	0.118E 04	0.4408E 03
6	2.00	90.0	0.750E 02	0.1012E 02	41.63	774.0	0.156E 04	0.1812E 04	41.63	774.0	0.156E 04	0.1812E 04
7	5.98	184.0	0.224E 03	0.6187E 02	3.84	285.0	0.144E 03	0.6154E 02	3.84	285.0	0.144E 03	0.6154E 02
8	0.10	77.0	0.375E 01	0.4230E 00	4.09	259.0	0.153E 03	0.5956E 02	4.09	259.0	0.153E 03	0.5956E 02
9	0.23	67.0	0.862E 01	0.8665E 00	2.26	89.0	0.847E 02	0.1110E 03	2.26	89.0	0.847E 02	0.1110E 03
10	0.20	85.0	0.750E 01	0.9559E 00	10.91	1165.0	0.995E 02	0.1740E 03	10.91	1165.0	0.995E 02	0.1740E 03
11	2.25	283.0	0.205E 02	0.8715E 01	19.10	428.0	0.174E 03	0.1250E 03	19.10	428.0	0.174E 03	0.1250E 03
12	1.77	283.0	0.162E 02	0.6856E 01	12.03	342.0	0.226E 03	0.1129E 03	12.03	342.0	0.226E 03	0.1129E 03
13	0.65	94.0	0.119E 02	0.1676E 01	1.24	228.0	0.227E 02	0.7756E 01	1.24	228.0	0.227E 02	0.7756E 01
14	0.20	91.0	0.366E 01	0.4993E 00	9.67	611.0	0.177E 02	0.1421E 03	9.67	611.0	0.177E 02	0.1421E 03
15	2.31	262.0	0.422E 02	0.1660E 02	3.23	534.0	0.591E 02	0.4732E 02	3.23	534.0	0.591E 02	0.4732E 02
16	0.84	178.0	0.154E 02	0.4102E 02	14.13	477.0	0.258E 03	0.1655E 03	14.13	477.0	0.258E 03	0.1655E 03
17	2.29	193.0	0.419E 02	0.1212E 02								

POINT D	SINGLE SWING						MULTI SWING					
	*S_AVE.**	*TDX	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S_AVE.**	*TDX	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S_AVE.**	*TDX	*U(Z)S(Z)*	*W*
1	3.05	202.0	0.538E 02	0.1690E 02	8.52	417.0	0.156E 03	0.9746E 02	8.52	417.0	0.156E 03	0.9746E 02
2	2.46	322.0	0.450E 02	0.2173E 02	13.38	1034.0	0.245E 03	0.3795E 03	13.38	1034.0	0.245E 03	0.3795E 03
3	5.16	193.0	0.944E 02	0.2732E 02	16.41	360.0	0.300E 03	0.1627E 03	16.41	360.0	0.300E 03	0.1627E 03
4	0.72	174.0	0.132E 02	0.3437E 01	1.16	345.0	0.212E 02	0.1098E 02	1.16	345.0	0.212E 02	0.1098E 02
5	0.32	163.0	0.585E 01	0.1431E 01	0.45	476.0	0.823E 01	0.5876E 01	0.45	476.0	0.823E 01	0.5876E 01
6	7.24	130.0	0.271E 03	0.5292E 02	29.84	269.0	0.112E 04	0.4513E 03	29.84	269.0	0.112E 04	0.4513E 03
7	3.78	199.0	0.119E 03	0.3558E 02	32.42	781.0	0.122E 04	0.1424E 04	32.42	781.0	0.122E 04	0.1424E 04
8	0.73	169.0	0.274E 02	0.6937E 01	4.76	322.0	0.178E 03	0.8616E 02	4.76	322.0	0.178E 03	0.8616E 02
9	1.89	143.0	0.708E 02	0.1520E 02	4.85	283.0	0.182E 03	0.7716E 02	4.85	283.0	0.182E 03	0.7716E 02
10	0.86	181.0	0.322E 02	0.8752E 01	3.21	925.0	0.120E 03	0.1670E 03	3.21	925.0	0.120E 03	0.1670E 03
11	0.73	249.0	0.666E 01	0.2488E 01	8.24	1062.0	0.752E 02	0.1198E 03	8.24	1062.0	0.752E 02	0.1198E 03
12	1.41	267.0	0.129E 02	0.5153E 01	15.47	443.0	0.141E 03	0.9384E 02	15.47	443.0	0.141E 03	0.9384E 02
13	2.55	127.0	0.466E 02	0.8884E 01	7.83	301.0	0.143E 03	0.6465E 02	7.83	301.0	0.143E 03	0.6465E 02
14	0.63	139.0	0.115E 02	0.2402E 01	1.88	246.0	0.344E 02	0.1269E 02	1.88	246.0	0.344E 02	0.1269E 02
15	1.84	251.0	0.337E 02	0.1267E 02	4.82	528.0	0.882E 02	0.6982E 02	4.82	528.0	0.882E 02	0.6982E 02
16	1.28	217.0	0.234E 02	0.7620E 01	2.14	580.0	0.391E 02	0.3405E 02	2.14	580.0	0.391E 02	0.3405E 02
17	2.56	164.0	0.468E 02	0.1152E 02	7.32	355.0	0.135E 03	0.6727E 02	7.32	355.0	0.135E 03	0.6727E 02

付表-6.5 (続) 濁りの発生量 (C, D点)

模型 I

POINT C		SINGLE SWING						MULTI SWING					
CASE	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	
1	1.38	252.0	0.126E 02	0.4760E 01	11.88	714.0	0.10RE 03	0.1161E 03					
2	0.77	257.0	0.703E 01	0.2603E 01	6.36	1095.0	0.580E 02	0.9532E 02					
3	2.40	445.0	0.219E 02	0.1462E 02	12.05	1853.0	0.110E 03	0.3056E 03					
4	1.37	226.0	0.125E 02	0.4238E 01	10.18	699.0	0.292E 02	0.6739E 02					
5	1.12	342.0	0.102E 02	0.5243E 01	8.95	1205.0	0.817E 02	0.1476E 03					
6	1.36	297.0	0.124E 02	0.5528E 01	6.05	2091.0	0.552E 02	0.1731E 03					
7	2.27	243.0	0.207E 02	0.7550E 01	4.34	679.0	0.346E 02	0.4035E 02					
8	1.94	218.0	0.177E 02	0.5788E 01	2.31	1130.0	0.211E 02	0.3573E 02					
9	2.04	422.0	0.186E 02	0.1178E 02	7.71	1957.0	0.763E 02	0.2065E 03					
10	0.34	166.0	0.310E 01	0.7225E 00	11.24	729.0	0.103E 03	0.1127E 03					
11	2.20	282.0	0.201E 02	0.8491E 01	5.54	674.0	0.565E 02	0.5111E 02					

POINT D		SINGLE SWING						MULTI SWING					
CASE	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	
1	1.11	218.0	0.101E 02	0.3312E 01	10.38	613.0	0.947E 02	0.8705E 02					
2	2.21	408.0	0.202E 02	0.1234E 02	6.71	1020.0	0.612E 02	0.9367E 02					
3	1.10	417.0	0.100E 02	0.6278E 01	6.19	1796.0	0.565E 02	0.1522E 03					
4	1.54	343.0	0.141E 02	0.7230E 01	4.50	628.0	0.411E 02	0.3848E 02					
5	0.69	339.0	0.650E 01	0.3601E 01	3.83	1074.0	0.348E 02	0.5650E 02					
6	1.80	328.0	0.164E 02	0.8081E 01	4.25	1767.0	0.388E 02	0.1028E 03					
7	2.30	213.0	0.210E 02	0.6705E 01	2.50	623.0	0.228E 02	0.2132E 02					
8	1.61	245.0	0.147E 02	0.5399E 01	1.72	960.0	0.157E 02	0.2260E 02					
9	1.38	353.0	0.126E 02	0.6667E 01	3.19	1826.0	0.291E 02	0.7972E 02					
10	1.16	286.0	0.106E 02	0.4541E 01	7.48	707.0	0.683E 02	0.7238E 02					
11	3.16	290.0	0.288E 02	0.1254E 02	5.92	659.0	0.540E 02	0.5259E 02					

付表-6.5 (続) 測りの発生量 (C, D点)

模型 II

POINT C										
SINGLE SWING										
CASE	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*
1	2.16	102.0	0.810E 02	0.1239E 02	17.54	391.0	0.657E 03	0.1239E 02	17.54	391.0
2	1.02	148.0	0.187E 02	0.4141E 01	10.31	431.0	0.189E 03	0.4141E 01	10.31	431.0
3	2.20	180.0	0.201E 02	0.5420E 01	7.00	517.0	0.639E 02	0.5420E 01	7.00	517.0
4	1.21	109.0	0.821E 02	0.3618E 01	14.52	466.0	0.266E 03	0.3618E 01	14.52	466.0
5	0.51	155.0	0.933E 01	0.2169E 01	2.19	456.0	0.401E 02	0.2169E 01	2.19	456.0
6	1.72	157.0	0.315E 02	0.7408E 01	16.59	405.0	0.303E 03	0.7408E 01	16.59	405.0
7	0.01	100.0	0.183E 00	0.2743E 01	1.05	620.0	0.197E 02	0.2743E 01	1.05	620.0
8	0.78	242.0	0.143E 02	0.5178E 01	18.83	759.0	0.344E 03	0.5178E 01	18.83	759.0
9	0.19	97.0	0.347E 01	0.5056E 00	2.30	325.0	0.455E 02	0.5056E 00	2.30	325.0
10	0.21	106.0	0.384E 01	0.6107E 00	2.10	685.0	0.397E 02	0.6107E 00	2.10	685.0
11	0.86	120.0	0.322E 02	0.5803E 01	2.73	391.0	0.102E 03	0.5803E 01	2.73	391.0
12	0.41	114.0	0.374E 01	0.6397E 00	2.07	374.0	0.169E 02	0.6397E 00	2.07	374.0
13	0.92	120.0	0.168E 02	0.3029E 01	18.33	440.0	0.335E 02	0.3029E 01	18.33	440.0
14	0.45	180.0	0.823E 01	0.2222E 01	12.93	777.0	0.236E 03	0.2222E 01	12.93	777.0
15	0.25	118.0	0.657E 01	0.8093E 00	6.70	428.0	0.128E 03	0.8093E 00	6.70	428.0
16	1.04	135.0	0.190E 02	0.3794E 01	15.60	403.0	0.285E 02	0.3794E 01	15.60	403.0
17	0.38	106.0	0.695E 01	0.1105E 01	1.74	416.0	0.318E 02	0.1105E 01	1.74	416.0
18	1.07	836.0	0.490E 01	0.6148E 01	1.37	693.0	0.605E 01	0.6148E 01	1.37	693.0

POINT D										
SINGLE SWING										
CASE	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*
1	1.71	115.0	0.641E 02	0.1106E 02	10.33	390.0	0.387E 03	0.1106E 02	10.33	390.0
2	2.40	154.0	0.439E 02	0.1013E 02	6.49	403.0	0.119E 03	0.1013E 02	6.49	403.0
3	1.22	207.0	0.111E 02	0.3458E 01	2.52	433.0	0.230E 02	0.3458E 01	2.52	433.0
4	1.19	178.0	0.218E 02	0.5811E 01	6.54	448.0	0.120E 03	0.5811E 01	6.54	448.0
5	0.60	144.0	0.110E 02	0.2370E 01	1.84	467.0	0.337E 02	0.2370E 01	1.84	467.0
6	3.18	184.0	0.582E 02	0.1605E 02	15.83	341.0	0.290E 03	0.1605E 02	15.83	341.0
7	0.22	82.0	0.402E 01	0.4949E 00	1.06	432.0	0.194E 02	0.4949E 00	1.06	432.0
8	0.64	229.0	0.117E 02	0.4021E 01	9.30	762.0	0.170E 03	0.4021E 01	9.30	762.0
9	0.44	148.0	0.805E 01	0.1786E 01	1.71	368.0	0.313E 02	0.1786E 01	1.71	368.0
10	0.63	193.0	0.115E 02	0.3335E 01	1.61	758.0	0.292E 02	0.3335E 01	1.61	758.0
11	1.07	153.0	0.401E 02	0.9323E 01	2.89	418.0	0.108E 03	0.9323E 01	2.89	418.0
12	0.09	155.0	0.821E 00	0.1909E 00	1.37	400.0	0.125E 02	0.1909E 00	1.37	400.0
13	2.12	161.0	0.388E 02	0.9363E 01	12.35	476.0	0.226E 03	0.9363E 01	12.35	476.0
14	0.01	243.0	0.183E 00	0.6697E 01	6.77	756.0	0.124E 03	0.6697E 01	6.77	756.0
15	0.39	103.0	0.713E 01	0.1102E 01	3.38	453.0	0.618E 02	0.1102E 01	3.38	453.0
16	2.25	113.0	0.411E 02	0.7098E 01	13.07	359.0	0.239E 03	0.7098E 01	13.07	359.0
17	0.44	160.0	0.805E 01	0.1931E 01	1.51	453.0	0.276E 02	0.1931E 01	1.51	453.0
18	0.59	787.0	0.270E 01	0.3191E 01	0.84	585.0	0.385E 01	0.3191E 01	0.84	585.0

POINT C										
MULTI SWING										
CASE	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*
1	1.71	115.0	0.641E 02	0.1106E 02	10.33	390.0	0.387E 03	0.1106E 02	10.33	390.0
2	2.40	154.0	0.439E 02	0.1013E 02	6.49	403.0	0.119E 03	0.1013E 02	6.49	403.0
3	1.22	207.0	0.111E 02	0.3458E 01	2.52	433.0	0.230E 02	0.3458E 01	2.52	433.0
4	1.19	178.0	0.218E 02	0.5811E 01	6.54	448.0	0.120E 03	0.5811E 01	6.54	448.0
5	0.60	144.0	0.110E 02	0.2370E 01	1.84	467.0	0.337E 02	0.2370E 01	1.84	467.0
6	3.18	184.0	0.582E 02	0.1605E 02	15.83	341.0	0.290E 03	0.1605E 02	15.83	341.0
7	0.22	82.0	0.402E 01	0.4949E 00	1.06	432.0	0.194E 02	0.4949E 00	1.06	432.0
8	0.64	229.0	0.117E 02	0.4021E 01	9.30	762.0	0.170E 03	0.4021E 01	9.30	762.0
9	0.44	148.0	0.805E 01	0.1786E 01	1.71	368.0	0.313E 02	0.1786E 01	1.71	368.0
10	0.63	193.0	0.115E 02	0.3335E 01	1.61	758.0	0.292E 02	0.3335E 01	1.61	758.0
11	1.07	153.0	0.401E 02	0.9323E 01	2.89	418.0	0.108E 03	0.9323E 01	2.89	418.0
12	0.09	155.0	0.821E 00	0.1909E 00	1.37	400.0	0.125E 02	0.1909E 00	1.37	400.0
13	2.12	161.0	0.388E 02	0.9363E 01	12.35	476.0	0.226E 03	0.9363E 01	12.35	476.0
14	0.01	243.0	0.183E 00	0.6697E 01	6.77	756.0	0.124E 03	0.6697E 01	6.77	756.0
15	0.39	103.0	0.713E 01	0.1102E 01	3.38	453.0	0.618E 02	0.1102E 01	3.38	453.0
16	2.25	113.0	0.411E 02	0.7098E 01	13.07	359.0	0.239E 03	0.7098E 01	13.07	359.0
17	0.44	160.0	0.805E 01	0.1931E 01	1.51	453.0	0.276E 02	0.1931E 01	1.51	453.0
18	0.59	787.0	0.270E 01	0.3191E 01	0.84	585.0	0.385E 01	0.3191E 01	0.84	585.0

POINT D										
MULTI SWING										
CASE	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*	*U(Z)S(Z)*	*W*	*S,AVE.*	*TD*
1	1.71	115.0	0.641E 02	0.1106E 02	10.33	390.0	0.387E 03	0.1106E 02	10.33	390.0
2	2.40	154.0	0.439E 02	0.1013E 02	6.49	403.0	0.119E 03	0.1013E 02	6.49	403.0
3	1.22	207.0	0.111E 02	0.3458E 01	2.52	433.0	0.230E 02	0.3458E 01	2.52	433.0
4	1.19	178.0	0.218E 02	0.5811E 01	6.54	448.0	0.120E 03	0.5811E 01	6.54	448.0
5	0.60	144.0	0.110E 02	0.2370E 01	1.84	467.0	0.337E 02	0.2370E 01	1.84	467.0
6	3.18	184.0	0.582E 02	0.1605E 02	15.83	341.0	0.290E 03	0.1605E 02	15.83	341.0
7	0.22	82.0	0.402E 01	0.4949E 00	1.06	432.0	0.194E 02	0.4949E 00	1.06	432.0
8	0.64	229.0	0.117E 02	0.4021E 01	9.30	762.0	0.170E 03	0.4021E 01	9.30	762.0
9	0.44	148.0	0.805E 01	0.1786E 01	1.71	368.0	0.313E 02	0.1786E 01	1.71	368.0
10	0.63	193.0	0.115E 02	0.3335E 01	1.61	758.0	0.292E 02	0.3335E 01	1.61	758.0
11	1.07	153.0	0.401E 02	0.9323E 01	2.89	418.0	0.108E 03	0.9323E 01	2.89	418.0
12	0.09	155.0	0.821E 00	0.1909E 00	1.37	400.0	0.125E 02	0.1909E 00	1.37	400.0
13	2.12	161.0	0.388E 02	0.9363E 01	12.35	476.0	0.226E 03	0.9363E 01	12.35	476.0
14	0.01	243.0	0.183E 00	0.6697E 01	6.77	756.0	0.124E 03	0.6697E 01	6.77	756.0
15	0.39	103.0	0.713E 01	0.1102E 01	3.38	453.0	0.618E 02	0.1102E 01	3.38	453.0
16	2.25	113.0	0.411E 02	0.7098E 01	13.07	359.0	0.239E 03	0.7098E 01	13.07	359.0
17	0.44	160.0	0.805E 01	0.1931E 01	1.51	453.0	0.276E 02	0.1931E 01	1.51	453.0
18	0.59	787.0	0.270E 01	0.3191E 01	0.84	585.0	0.385E 01	0.3191E 01	0.84	585.0

港湾技研資料 No.390

1981・9

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  
横浜賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント

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