

# 港 湾 技 研 資 料

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

No. 465      Sept. 1983

埋立時の土砂の沈降挙動に関する実験（その4）

白 鳥 保 夫  
加 藤 英 夫  
竹 内 孝 之

運輸省港湾技術研究所



# 目 次

要 旨	3
1. まえがき	3
2. 実験概要	4
2.1 実験手法	4
2.2 実験装置	5
2.3 供試土砂	5
3. 埋立の進行とその影響	7
3.1 埋立の進行	7
3.2 余水のSS濃度	9
3.3 埋立地内のSS濃度分布	10
3.4 埋立地内の堆積土厚	10
4. 埋立地の型式と原水濃度による影響	12
4.1 余水のSS濃度	12
4.2 埋立地内のSS濃度分布	15
4.3 埋立地内の堆積土厚	17
5. 結 論	19
6. あとがき	19
参 考 文 献	19
主要記号表	20

## Sedimentation of Dredged Material in Diked Containment Area (Part-4)

Yasuo SHIRATORI\*

Hideo KATO\*\*

Takayuki TAKEUCHI\*\*

### Synopsis

In case of reclamation with pump-dredged soft bottom materials, it is important to estimate the level of Suspended Solids concentration in the effluent from the overflow weir. In some cases reasonable effluent treatment methods must be adopted suitable for the SS concentration level and environmental quality standard.

Authors carried out model tests to study the relationship between the effluent SS concentration and the state of progress of the reclamation work. And authors also carried out tests to study the influence of the type of the basin and the SS concentration of the influent on that of the effluent. The model diked containment basin has 6.8 m × 2.5 m area and 0.1 m depth. The testing materials were fly-ash and Kibushi clay which have the wide range of settling velocity distribution, and overflow rate was  $0.69 \times 10^{-5}$  m/s. In the former tests, influent SS concentration was 100 g/l and in the latter tests it ranged from 1 g/l to 100 g/l.

In the former tests, it is observed that the effluent SS concentration increased greatly in the latter period of the reclamation work and the level varied greatly according to the formation of the water path. In the latter tests, an experimental equation of the effluent SS concentration which was represented in authors' last report could also be applied.

As for the sedimentation in the basin, fly-ash did not disperse so widely and sedimented even above the water level around the inlet zone. Its sedimentation slopes were around 5 ~ 7 %. On the other hand Kibushi clay did not sediment so high above the water level as fly-ash and its sedimentation slopes were around 1 %.

---

\* Chief of the Sludge Treatment Laboratory, Machinery Division

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

# 埋立時の土砂の沈降挙動に関する実験（その4）

白鳥保夫\*  
加藤英夫\*\*  
竹内孝之\*\*

## 要 旨

へどろや粘土などのようにその土粒子の沈降特性が悪い土質のものをポンプ浚渫し、これを海面埋立処分にする場合には、余水吐より流出する余水のSS濃度を予測しておくことが重要である。すなわち環境保全などのために適用される排水基準によっては適当な余水処理などの対策を講じなければならない場合もみられる。

現在までに当研究室では、余水のSS濃度を予測する手法を開発する一環として模型実験を行ってきた。これは模型実験により、余水濃度を予測する実験式を求めたり、模型実験と現地調査データにより数値モデルを開発したりすることを目的としている。本報は、埋立の進行に伴い遊水面積と水深の減少が余水のSS濃度に及ぼす影響と埋立地の型式と原水濃度が余水のSS濃度に及ぼす影響を模型実験により調べたものである。埋立地模型の大きさは6.8m×2.5m、深さは0.1mであり供試土砂にはフライアッシュと木節粘土を用い、水面積負荷は $0.69 \times 10^{-5}$  m/sである。埋立の進行による影響を調べた実験では、原水濃度を100 g/lとし1日7時間の通水をフライアッシュの場合5回、木節粘土の場合3回それぞれ重ね、合計通水時間は35時間と21時間であり、埋立はほぼ完了に達した。埋立地の型式と原水濃度の影響に関しては埋立地の型式は5種類で原水のSS濃度は1~100 g/lとし合計16ケースについて実験を行った。

埋立の進行による影響については、遊水面積や水深の減少による影響は少なく、埋立末期になり余水吐へ短絡する流れの影響が大きくなり、余水のSS濃度は急増する。

埋立地の型式と原水濃度の影響については、埋立地の型式と土質による係数 $a$ と土質のみによる定数 $b$ をもつ次の実験式でまとめられた。

$$C/C_0 = a \cdot \epsilon^2 \cdot 10^{-b(1-\epsilon)}$$

$\epsilon$ は原水濃度の関数で間隙率であり、 $b$ はフライアッシュで80、木節粘土で40となった。

埋立地内の堆積土厚については、フライアッシュの場合では排砂管吐出口近くでの堆積が多く、その勾配は5~7%程度である。木節粘土の場合では吐出口にも一部堆積するが、埋立地全面にゆるやかに堆積する傾向が強く、その勾配は1%程度である。

## 1. まえがき

港湾工事や海域環境の保全のために粘土やへどろなど沈降特性が悪い土質のものをポンプ浚渫しこれを海面埋立処分する場合には注意を要する。すなわち浚渫土質が良質の砂質土などであれば、余水による埋立地近辺の水質汚濁は問題とはならないが、粘土やへどろの場合には余水の濁りに注意を要する。海域の利用状況などによっ

ては、工事期間や使用するポンプ浚渫船の大きさに制約を受けたりすることもある。また余水の水質を改善するために凝集剤の添加、土砂水の投入制限や余水処理施設を設けたりするケースも見られる。いずれにしても埋立地から放流される余水の水質、特に浮遊物質（SS：Suspended Solids）の濃度をより適確に予測することが肝要である。

上下水道の沈殿池についてはHazenやCampらの古

\* 機材部 汚泥処理研究室長  
\*\* 機材部 汚泥処理研究室

くからの研究があり、参考となる資料も多い。<sup>1),2),3)</sup>しかし埋立地の場合は土砂水(濁水)の流入部(排砂管吐出口)及び流出部(余水吐)の大きさが比較的小さく、点状と見なせる場合が多い。また埋立地の面積に対し水深が小さくかつ埋立の進行により遊水面と水深が減少するなどの特徴があげられる。このため埋立地に関する研究も行なわれ<sup>4),5)</sup>2次元モデルや実験式などが提案されているが必ずしも十分とは言えないのが現状である。

筆者らはへどろの埋立処理に関する研究の一環として埋立地内での沈降促進方法及び余水のSS濃度の予測手法の開発のために、昭和54年度から模型実験と現地調査を進めてきた。これらの模型実験と現地調査データにより数値モデルを開発し、最終的にSS濃度を予測するものである。

沈殿池の模型実験についてはその手法に問題点も残されており、<sup>10),11),12)</sup>さらに埋立地の模型では原型に対してだいぶ小さなものとなりがちなため、余水のSS濃度について定量的に結論するには検討の余地も見られる。前回までの埋立地内に中仕切堤などを設けた実験、<sup>10),13)</sup>排砂管などの配置や構造を変えた実験<sup>14),15)</sup>ではともにフライアッシュを用い原水となる泥水濃度を約10g/lとしてそれぞれの型式による沈降促進効果を比較した。また原水濃度を0.2g/lから100g/lまで変化させた実験<sup>10),17)</sup>では土砂水原水の供試体としてフライアッシュと木節粘土を用い余水のSS濃度と土質及び原水濃度の関係を調べ実験式を得た。本報告では埋立の進行に伴い遊水面積と水深が減少した場合の余水のSS濃度及び埋立地の型式と原水濃度を変えた場合の余水のSS濃度などについて模型実験を行いとりまとめたものである。

## 2. 実験概要

### 2.1 実験手法

#### (1) 模型の相似則の簡略化

沈殿池に関する模型実験の手法がまだ十分に確立されていないことは先にも述べたが、本実験でも前回までの実験と同じように相似則の簡略化を行った。すなわち今回の実験も具体的な原型に対する模型実験ではなく、また一般的に沈降粒子の模型化は困難であることから、原型の土砂粒子を用いる手法とし相似則としては水面積負荷の一致を主とした。このため流体力学的な相似すなわちうずや流速分布などの流況については従的に扱い、HazenやCampらの理想的な2次元沈殿池での土粒子の沈降の相似を主としたものである。この場合には模型の幾可学的相似についての制約は特にないが、重力落差を利用する余水吐をもつ埋立地などの模型では、水面積

負荷を相似とすると深さ方向にひずませることが必要である。しかし今回の実験でも余水吐については所定の水面積負荷に対する余水の流出量を確保するため鉛直方向のみひずませたが埋立地の水深についてのひずみは特に考慮していない。また排砂管出口流速については泥水の落下と密度流などを考慮してFroudeの相似に合わせ、管径を大きくしたものをを用いた。

#### (2) 実験のパラメータ

今回の実験の内、埋立の進行による余水のSS濃度などの変化を調べるものでは埋立時間のみを変数とし、余水のSS濃度が埋立原水の濃度と同程度になるまで継続するものとした。従って実験に長時間を要するため、埋立地の型式は前回までのA型のみとしたが、埋立の進行に伴い必要に応じ排砂管の吐出口は移動させた。また原水の吐出流量は118ml/s(Q5)、原水濃度は100g/lとしパラメータとしては供試土砂をフライアッシュと木節粘土の土質2種類とした。

また埋立地の型式と原水濃度による余水のSS濃度などに対する影響を調べる実験では埋立時間を変数とし、原水の吐出流量は118ml/s(Q5)のみとした。パラメータとしては埋立地の型式、原水濃度、供試土砂(フライアッシュと木節粘土)であり、各実験ケースとこれらを表-1に示す。

表-1 実験ケースとパラメータ

実験ケース	埋立地の型式	原水濃度 (設定) (g/l)	供試土砂*	通水時間 (h)	吐出流量 (設定) (ml/s)
I-1	A	100	F3	35	118
I-2	A	100	O2	21	
II-1	e	1	F2	7	* F2, F3: フライアッシュ O2:木節粘土
II-2	e	100	F2	7	
II-3	e	1	O2	7	
II-4	e	10	O2	7	
II-5	e	100	O2	7	
II-6	j	1	F2	7	
II-7	j	10	F2	7	
II-8	j	100	F2	7	
II-9	B	1	F2	7	
II-10	B	100	F2	7	
II-11	B	10	O2	7	
II-12	B	1	O2	7	
II-13	B	100	O2	7	
II-14	H	1	F2	7	
II-15	H	100	F2	7	
II-16	A	10	F2	7	

## 2.2 実験装置

埋立地（沈殿池）の模型の大きさは、幅  $b=2.5\text{ m}$ 、長さ  $l=6.8\text{ m}$  の長方形で深さ  $h=0.1\text{ m}$  とし、余水吐は幅  $B=4\text{ cm}$  の四角せきである。図-1に埋立地の型式を示

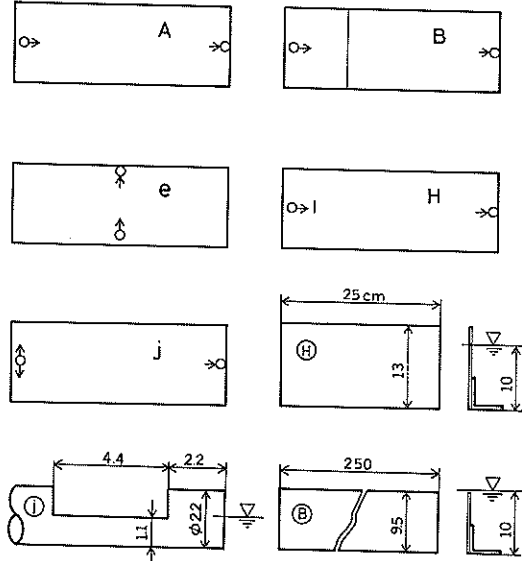


図-1 埋立地の型式

すが、j型を除くと排砂管の吐出口は内径2.2cmの円管の開放端である。j型の場合は内径2.2cmの円管の先端を閉じ、図-1に示すように上部を切欠き開放したものである。B型は③の全幅せきを越流するもので、H型は④の25cm幅の板を排砂管吐出口近くに設けたものである。e型は横手方向に排砂管吐出口と余水吐を配置したもので、前回までの実験で埋立地内での土砂の沈降除去効果が最も劣る型式のものである。

実験装置全体の概略は図-2に示すが、土砂水原水は調整タンク（ $0.6\text{ m}^3$ ）内に所定の割合で供試土砂と水道水を入れかく拌し、循環移送ポンプにより原水タンクに移した。原水タンク（ $0.6\text{ m}^3$ ）内の原水はかく拌機にてかく拌され、原水ポンプ及び管路により所定の流量を埋立地に排送し、一部は原水タンクに戻るようにセットした。

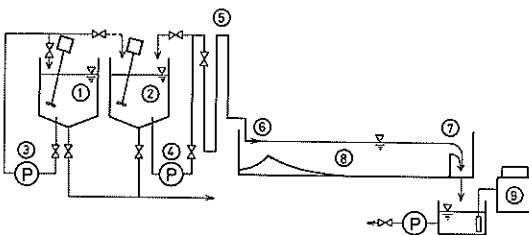


図-2 実験装置系統図

埋立地内の初期設定は、余水吐のせきの上端まで水道水を満たし静置するものであり、泥水の通水時間は1日7時間の連続とした。埋立地内の採水には直径0.6cmのパイプの下端から1cm上部に0.2cm幅の半円スリットを設けた銅管を3本セットし、所定の3層から採水する採水管を用い、真空ポンプと三角フラスコを使った方法により、また余水は自動採水器により採水した。模型の諸元及び縮尺比を $r_h=100$ と想定した場合の原型の諸元を参考のために表-2に示す。

表-2 模型と想定原型の諸元

模型	流量 $Q$ ml/s	118
$l = 680\text{ cm}$	余水吐 $H$ cm	1.4
$b = 250\text{ cm}$	排砂管直径 $D$ cm	2.2
$B = 4\text{ cm}$	水面積負荷 $m/s$ $V_0$	$0.69 \times 10^{-5}$
$h = 10\text{ cm}$	流量 $Q'$ $\text{m}^3/\text{s}$	1.18
$v_{in} = 30\text{ cm/s}$	余水吐 $H'$ m	0.295
原型（想定）	排砂管直径 $D'$ m	0.708
$r_h = 100$		
$l' = 680\text{ m}$		
$b' = 250\text{ m}$		
$B' = 4\text{ m}$		
$h' = 10\text{ m}$		
$v'_{in} = 3\text{ m/s}$		

## 2.3 供試土砂

沈降に関する模型実験では、沈降粒子の模型化が実験の手法上重要な要素であり、粒径を調整したものを用いたり、比重の異なる材質のものを用いる場合も見られる。しかし粒径や沈降速度が分布しているものについては模型化が難かしいため、原型のものを用いる手法も採用されている。本実験では原型となるものを特に定めてはいないが、沈降速度が分布しているケースを想定し、実験上扱いやすいフライアッシュと木節粘土を用いた。

本実験で用いたフライアッシュには、3の埋立の進行による影響を調べたもの（これをF3とする）と4の埋立地の型式と原水濃度による影響を調べたもの（これをF2とする）とがある。比重はそれぞれ2.1、2.0であるが、個々の粒子には色の異なるものも見られ、全体的にはF2の方がF3より黒みを帯びている。木節粘土の比重は2.5でありほぼ均質のもの（これをC2とする）である。コーンカウンターによる粒径加積曲線を図-3に示すが、 $30$ 、 $100$ 及び $200\text{ }\mu\text{m}$ のアーペーチャを用い $0.8 \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 帯の粒径分布である。水中での各供試体の単位乾燥重量当たりの容積は、試料の量などの影響を受ける

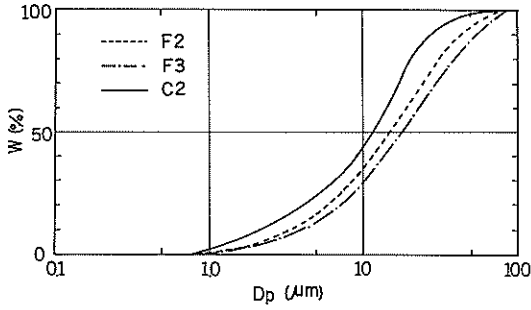


図-3 供試体粒径加積曲線

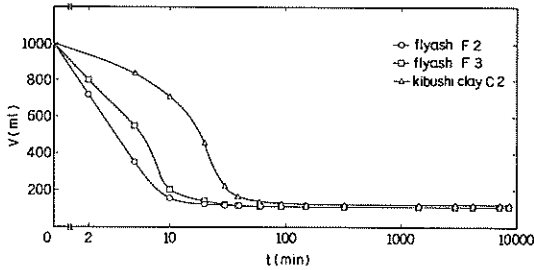


図-4 供試体の界面沈降特性

が、図-4に供試体100gを1lのメスシリンダに入れ、水道水を加えて1lの泥水としたものの界面沈降から求めた結果を示す。静置後24時間ではフライアッシュF2、F3ともに1.11ml/g、木節粘土C2で1.22ml/gである。

土粒子の沈降速度は土粒子の濃度の影響を受け、一般に濃度が高くなると沈降速度は小さくなると言われる。筆者らは粒径が分布している土砂などの沈降特性を調べるために、直径30cm、高さ100cmの沈降筒を用いて試験を行っている<sup>10)</sup>。その結果原水濃度が1g/l程度以下の場合には初期濃度の影響は見られなかった。今回も同様の試験を行い各供試体の沈降速度加積曲線を求めこれらを図-5、6、7に示す。なお初期の採水深度は30cmであるが、1回の採水量が0.5lであるので、採水深度は順次減少する。

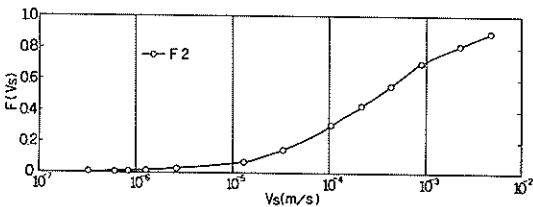


図-5 フライアッシュ(F2)の沈降速度加積曲線

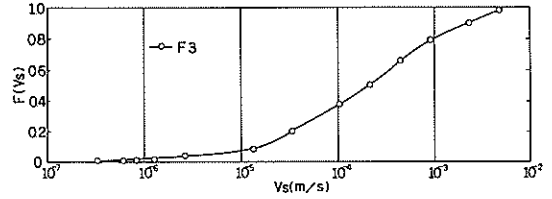


図-6 フライアッシュ(F3)の沈降速度加積曲線

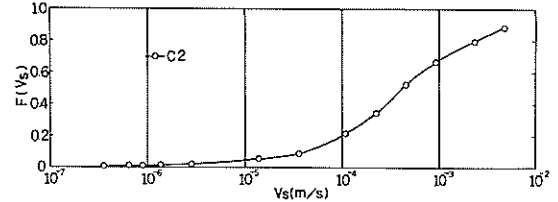


図-7 木節粘土(C2)の沈降速度加積曲線

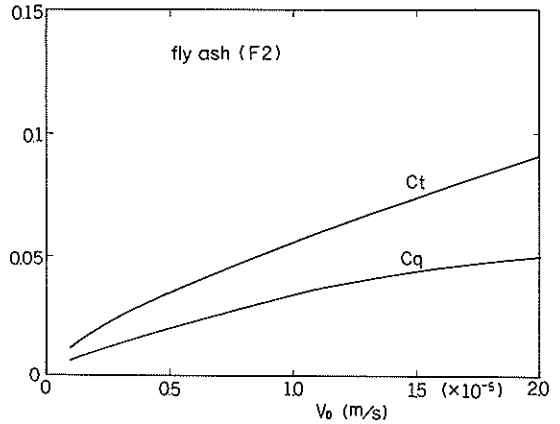


図-8 フライアッシュ(F2)の流出率

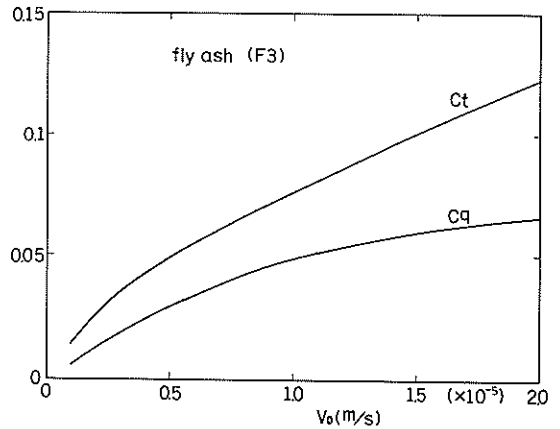


図-9 フライアッシュ(F3)の流出率

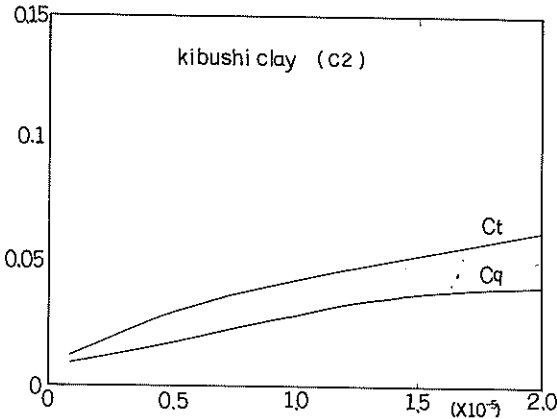


図-10 木節粘土(C2)の流出率

図-5, 6, 7などの加積曲線をもとに、理想的な静的沈殿池におけるHazen, Campらの式を用いたSS流出率  $c_q$  および完全混合としたHazen, Molinaらの式を用いたSS流出率  $c_l$  を求めた結果を図-8, 9, 10に示す。ここでSS流出率とは余水のSS濃度  $C$  と原水のSS濃度  $C_0$  との比とし、除去率  $r$  とは次の関係を有するものである。

$$c = C / C_0, \quad c = 1 - r$$

$c_q$  (静的) と  $c_l$  (完全混合)は次式にて求める。

$$c_q = \frac{1}{V_0} \int_0^{V_0} F(v_s) dv_s$$

$$c_l = \frac{1}{V_0} \int_0^{\infty} F(v_s) \cdot e^{-v_s/V_0} dv_s$$

ここで  $V_0$  : 水面積負荷

$v_s$  : 土粒子の沈降速度

$F(v_s)$  : 供試体の沈降速度加積率

### 3. 埋立の進行による影響

#### 3.1 埋立の進行

本実験に用いたフライアッシュ (F3) と木節粘土 (C2) では埋立の進行、特に埋立地内での堆積形態や排砂管吐出口近くでの堆積形態に差異が見られる。すなわち図-3に示すようにフライアッシュの方が木節粘土より粒径の大きなものを多く含むため、埋立地内の堆積勾配が大きく、排砂管吐出口近くでは堆積土面が埋立水面より高くなるのが見られる。このため埋立の進行により排砂管の吐出口を埋立地内で移動させたが、フライアッシュの場合、図-11に示す  $I_1$  から  $I_2, I_3, I_4$  の順であり、通水時間はそれぞれ14, 7, 7, 7時間である。木節粘土の場合では同じく  $I_1$  から  $I_2$  へと移動したが通水

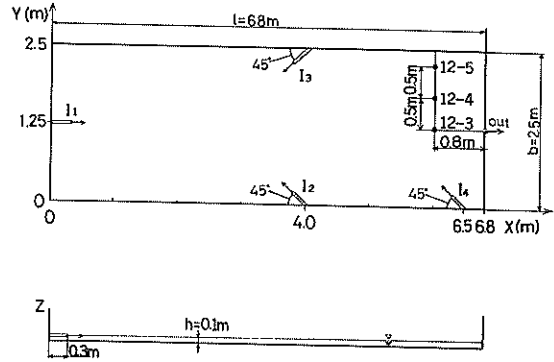


図-11 埋立地模型

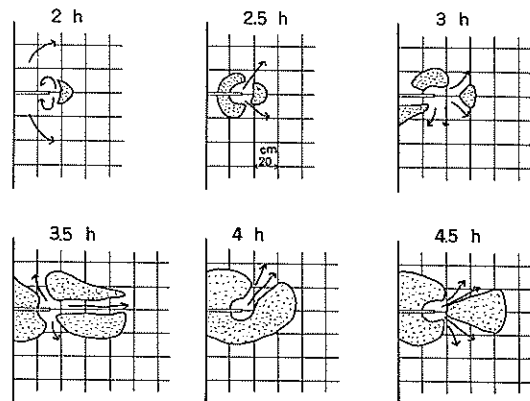


図-12.1 F3, 2h~4.5h

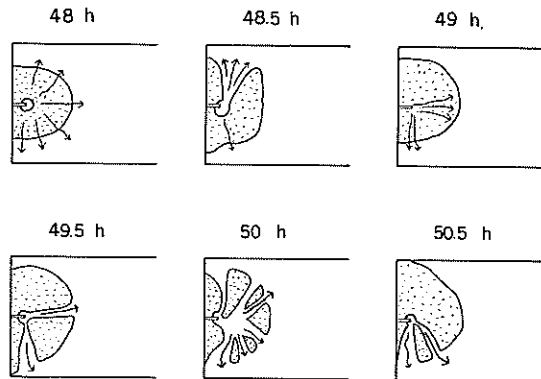


図-12.2 F3, 48h~50.5h

時間はそれぞれ14,7時間である。

埋立の進行により排砂管吐出口近くの堆積形状や泥水の流れが変化するがこの状況を図-12.1~12.4及び図-13.1~13.4に示す。



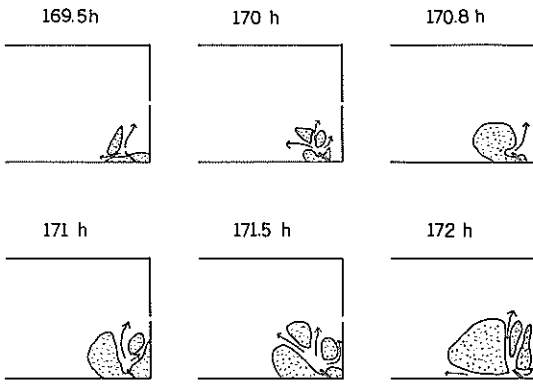


图-12.3 F 3, 169.5h~172h

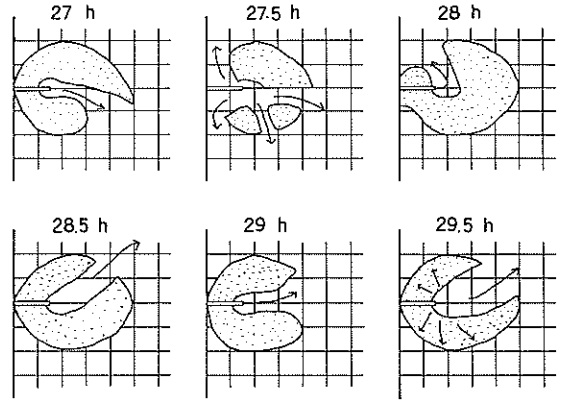


图-13.2 C 2, 27h~29.5h

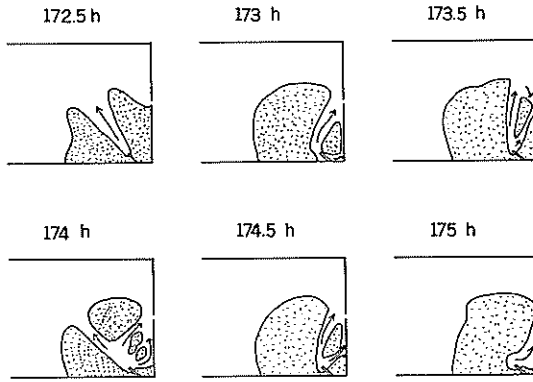


图-12.4 F 3, 172.5h~175h

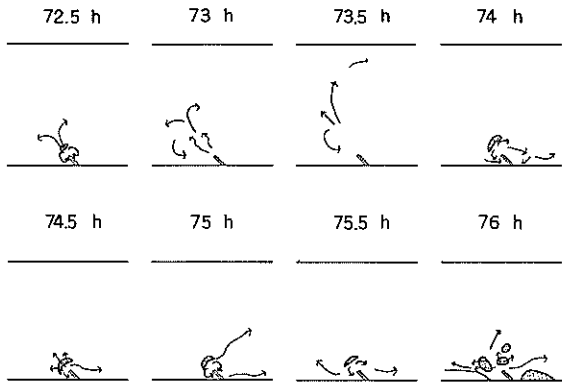


图-13.3 C 2, 72.5h~76h

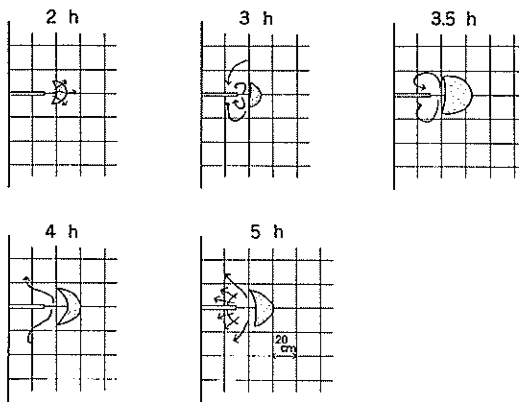


图-13.1 C 2, 2h~5h

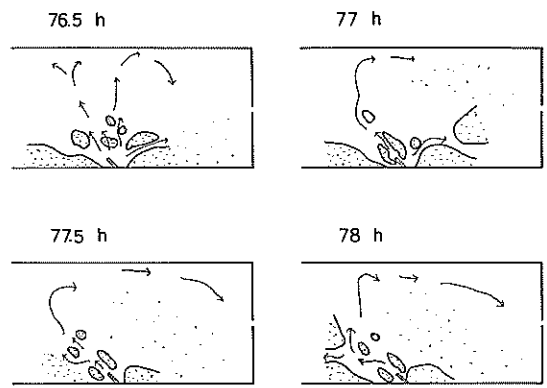


图-13.4 C 2, 76.5h~78h

図-12.1~12.4はフライアッシュ(F3)についての、泥水の通水時間は実験開始から7時間、48時から55時、72時から79時、96時から103時、168時から175時までの合計35時間である。図-12.1~12.4に示す以外のものは付図-1.1~1.7に示す。フライアッシュの場合には図-12.2の48時から49時に示されるように排砂管吐出口近くの堆積土の表面上をカバーするように流れたものの一部が泥水の流れにより洗われ水道(みずみち)ができる。水道を流れる水流は急であるが時間の経過とともに水道も堆積土により消え、表面上を流れたり又は別の水道ができる。これを繰返しながら排砂管吐出口の堆積土厚は大きくなる。

木節粘土の場合も図-13.1~13.4に示されるようにフライアッシュと似た傾向を示すが、排砂管吐出口近くの堆積状況はフライアッシュの場合より排砂管の高さ以上の盛り上がりが多く、堆積勾配も緩やかであり水道の形状なども急ではない。泥水の通水時間は実験開始から7時間、24時から31時、72時から79時までの合計21時間であり、図-13.1~13.4以外のものについては付図-2.1~2.4に示す。

### 3.2 余水のSS濃度

余水吐から流出する余水のSS濃度 $C$ 及び流出量 $Q$ ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )を30分ごとに、また原水のSS濃度 $C_0$ を1時間ごとにサンプリングした。これらの結果をフライアッシュ(F3)について図-14.1と14.2に、また木節粘土(C2)について図-15.1と15.2に示す。

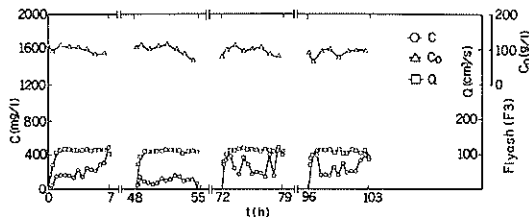


図-14.1 余水のSS濃度(F3)

フライアッシュの場合、通水時間が0~7時の間では余水のSS濃度は前半150 $\text{mg}/\text{l}$ 程度であったものが、後半250~300 $\text{mg}/\text{l}$ へと上昇している。48時から55時の間は最低で50,最高で160,平均で100 $\text{mg}/\text{l}$ となり、0~7時の間の値よりも小さくなっている。これについては、フライアッシュに含まれる浮上物が2昼夜のうちに水面に浮上し幕状となったため、原水に含まれる浮上物の流出が制限されたことも考えられる。55時までの14時間の通水で排砂管吐出口近くの堆積土厚が15 $\text{cm}$ 程度になったため、72時から79時の通水は土

砂水の吐出口の位置を $I_2$ に移動した。この場合にも水面一面に浮遊幕が見られたが、余水のSS濃度は100~500 $\text{mg}/\text{l}$ ,平均270 $\text{mg}/\text{l}$ 程度と0から7時までの通水時の後半の値とほぼ同程度である。96時から103時まで

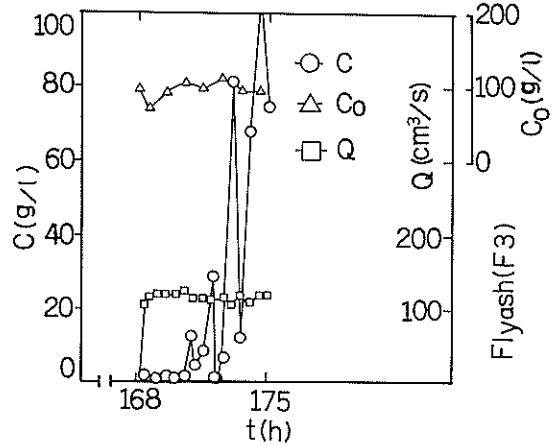


図-14.2 余水のSS濃度(F3)

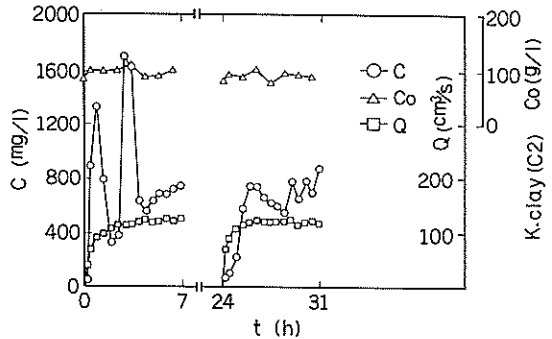


図-15.1 余水のSS濃度(C2)

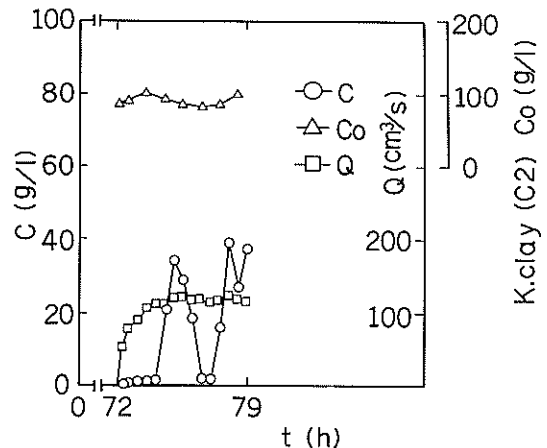


図-15.2 余水のSS濃度(C2)

の通水は I<sub>2</sub> 部の堆積土厚が埋立地水面よりも上がったため I<sub>1</sub> へ移設した。この場合には 72 時から 79 時の場合と同様に余水 SS 濃度の変動が見られ 200 から 400 mg/l 程度の値となるが、平均では 72 時から 79 時までの場合と同じ 270 mg/l である。実験開始後 168 時間からの 7 時間の通水でも前回と同様の理由により泥水の吐出口を I<sub>1</sub> に移した。埋立地内の遊水面は前回までの 28 時間の通水により約半分となっているが I<sub>1</sub> 側の水面を分離されていると考えると約 1/3 程度に減少している。余水の SS 濃度は 168~170.5 時までは 600 から 1200 mg/l 程度であったものがこれ以後は急激に高くなるのが見られる。これは余水吐に短絡する水道ができると著しく、原水と同程度の値のものも出現し、水道の方向や流れの緩急の変化に余水の SS 濃度は強く影響される。実験終了時での遊水面は約 2.5m<sup>2</sup> であり、実験開始時の 15% である。

木節粘土 (O2) の場合もフライアッシュの場合と同様の要領で実験を行った。まず実験開始から 7 時間の通水では、1 時間後と 3 時間後に余水の SS 濃度は 1500 mg/l 程度の大きな値のものが見られるが、全体的には漸増傾向が見られ、4~7 時では 600~700 mg/l である。24 時から 31 時までの通水も排砂管吐出口は I<sub>1</sub> のままであり、余水の SS 濃度は 500~800 mg/l 平均値は約 700 mg/l で 0~7 時の後半と同程度である。72 時から 79 時までの通水は I<sub>2</sub> から泥水を吐出したものであり、いままでの 14 時間の通水により全般に水深は小さくなっており I<sub>2</sub> では 4 cm 程度である。72 時からの通水開始から 74 時までの間は余水の SS 濃度は 1000 mg/l 程度であり 31 時までと同レベルであったが 74~76 時の間は排砂管吐出口前で水面まで堆積した土砂のため泥水の流れが後方の余水吐の方へ流れるようになり余水の SS 濃度は 20000~30000 mg/l と急増する。76 時から 77 時では泥水の吐出方向が前方となり、埋立地の水深は全体的に浅くなっているが表層を広く流れ、余水吐へ短絡する水道は顕著なものではないため一時的に 2000 mg/l 程度へ減少する。しかしその後は水道の生成に応じて余水の SS 濃度も高まり 40000 mg/l 程度に達した。木節粘土の場合の堆積状態は勾配が少なく全面的に堆積し軟弱である。

### 3.3 埋立地内の SS 濃度分布

埋立地内の SS 濃度分布は土粒子の沈降挙動や埋立地内での除去効果を調べる上で重要な調査の一つであり、<sup>10), 14), 16)</sup> 同様の事柄について筆者らは前回も調査を行っている。

今回は埋立を進行させるため全面にわたる調査は不可能であるため、余水吐近くの 3 点のみの経時変化を調べ

た。採水位置 3 点は余水吐の手前 0.8 m の横手方向とし、図-11 に示す中心部 (12-3) とこれから I<sub>1</sub> 側へ 0.5 m ずつ離れた 2 点 (12-4, 12-5) とした。これら 3 点での採水結果を表-3 に示すが、採水時刻はそれぞれの供試体での実験開始からの時間、水深は水面からの深度 (cm) を示す。

表-3 SS 濃度分布

供試体	採水位置	水深 cm	採水時刻 (h) SS 濃度 (mg/l)				
			5.5 <sup>h</sup>	53.5 <sup>h</sup>	77.5 <sup>h</sup>	101.5 <sup>h</sup>	173.5 <sup>h</sup>
F3	12-3	1	58	28	106	308	-
		5	96	45	149	316	-
		9	123	84	192	336	-
	12-4	1	66	102	160	201	-
		5	86	76	174	175	-
		9	128	91	196	173	-
	12-5	1	56	50	128	174	611
		5	96	83	141	124	269000
		9	109	109	205	-	-
O2	12-3		2 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	29.5 <sup>h</sup>	76.5 <sup>h</sup>	
		1	573	518	411	83600	
		5	873	814	59700	259000	
	12-4	1	608	441	380	-	
		5	892	728	19800	-	
		9	1070	1420	239000	-	
	12-5	1	521	409	377	-	
		5	900	828	1510	-	
		9	1170	1470	184000	-	

フライアッシュについて見ると 77.5 時までは横手方向での差異は少く、水深が大きくなる程 SS 濃度が高くなる傾向が見られる。101.5 時では水深方向での差異は少くなり、横手方向の差異がやや見られる。173.5 時では土砂の堆積のため採水はほぼ不可能であった。これら 3 点 3 層の値の平均値と先の余水の SS 濃度の結果を比較して見ると 5.5 時の場合は前者が小さくなっている他はほぼ妥当な値と言える。

木節粘土の場合もフライアッシュの場合と同様な傾向が見られ、横手方向の差異は少なく、水深が大きくなると SS 濃度が高くなる傾向が見られる。余水の SS 濃度との比較では 2 時及び 6 時についてはほぼ妥当な値となり、29.5 時については 10000 mg/l 以下のものの平均値を採用すればほぼ妥当なものとなる。

### 3.4 埋立地内の堆積土厚

フライアッシュの場合、7 時間の連続通水を 5 回、通

算 35 時間、木節粘土の場合同様に 3 回、通算 21 時間  
行い、それぞれ通水停止後約 17 時間静置し堆積土厚を  
測定した結果を図-16, 17 に示す。図-16 はフライア

125	115	109	100	93	90	108	139	132	116	96	67	58	75
140	145	125	104	72	78	105	118	117	101	92	93	83	82
150	157	130	110	78	68	97	105	99	92	94	101	106	101
148	143	125	102	100	85	100	120	110	95	102	117	132	129
142	143	112	97	95	103	102	131	128	118	114	122	140	133

図-16 堆積土厚 (F3)

88	85	86	85	82	80	80	78	79	77	76	74	73	71
96	91	83	85	82	80	81	78	79	76	75	72	70	75
103	110	103	82	83	80	87	90	80	75	75	74	69	68
91	90	87	82	88	88	92	92	87	83	78	80	72	70
87	90	82	87	98	88	95	96	95	90	83	85	80	76

図-17 堆積土厚 (O2)

ッシュの場合であるが、排砂管の吐出口近辺などで吐出口  
の設定高さ 10 cm よりも高く堆積しているのが示されて  
いる。また隣接する 2 点間の高低差が大きく堆積勾配  
が大きいこともうかがえる。通水 7 時間ごとの堆積状態  
を  $I_2, I_4$  側の側面 ( $Y=0$ ) と、 $I_3$  側の側面 ( $Y=2.5$ ) で  
観察した結果をそれぞれ図-18.1, 18.2 に示す。a, b, c,  
d, e はそれぞれ通水時間 7, 14, 21, 28, 35 時間の値である。  
堆積形状は排砂管吐出口の位置の影響を強く受けて  
おり、堆積勾配は 3~7% の範囲で見られるが、5% 程  
度の勾配が多い。

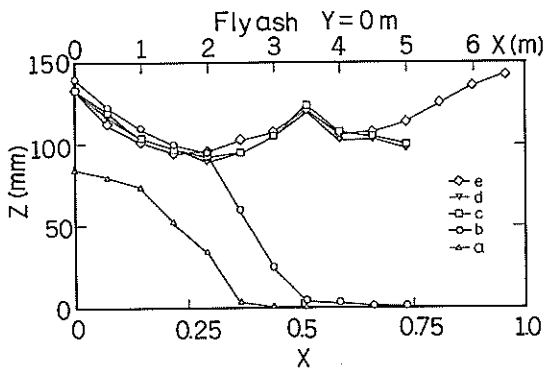


図-18.1 側面 ( $Y=0$ ) 土厚 (F3)

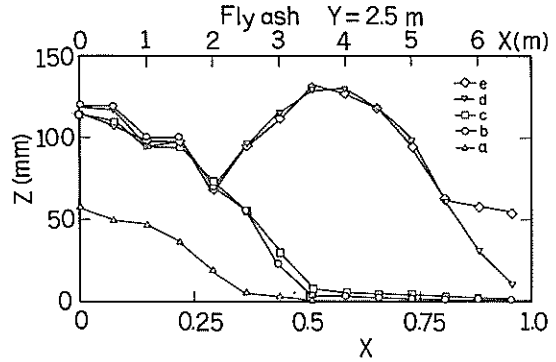


図-18.2 側面 ( $Y=2.5$ ) 土厚 (F3)

木節粘土の場合の堆積土厚分布は図-17 に示すように  
排砂管吐出口  $I_1, I_2$  の近辺では 2~4% の勾配が見られ  
るものの、その他では 1% 以下である。また 14 時間の  
通水を行った  $I_1$  において、水面の高さに設置された排砂  
管の高さ以上の盛り上りもフライアッシュの場合に比較し  
て小さい。フライアッシュについての図-18.1~18.2

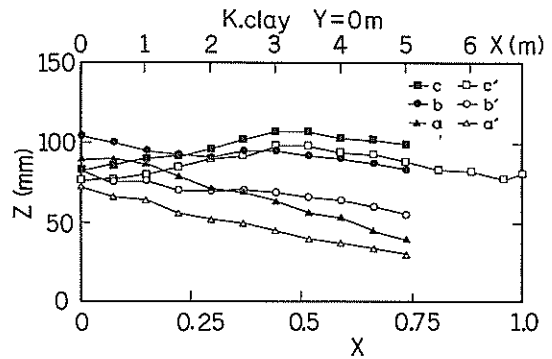


図-19.1 側面 ( $Y=0$ ) 土厚 (C2)

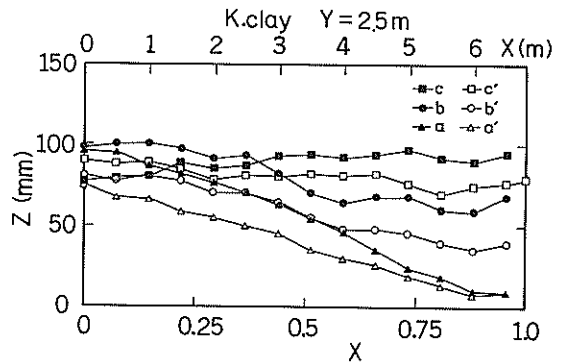


図-19.2 側面 ( $Y=2.5$ ) 土厚 (O2)

と同様に木節粘土について作図したものが図-19.1~19.2である。木節粘土は堆積土厚の圧密変化が大きいため、通水停止直後の値を a, b, c で、その 17 時間後の値をダッシュを付けて示す。堆積勾配は 0.5 ~ 2 まで見られるが、1 % 程度のものが多い。

#### 4. 埋立地の型式と原水濃度による影響

##### 4.1 余水の SS 濃度

埋立地から流出する余水の SS 濃度は埋立地の形状などや埋立原水の SS 濃度の影響を受けることが筆者らが先に行った模型実験により示されている。ここでは図-1に示されている埋立地の型式 B, e, H, j について原水の SS 濃度と供試体を変えてこれらの影響を調べた。

図-2.0.1~2.0.5 は B 型についての実験結果であるが図-2.0.1~2.0.2 はフライアッシュを用いたもので原水濃度は 1 g/l と 100 g/l であり、図-2.0.3~2.0.5 は木節粘土を用い原水濃度はそれぞれ、1, 10, 100 g/l である。図-2.0.2 の通水開始後 300 分で余水の SS 濃度が急増しているのは浮遊物が流出した影響が大きいものである。原水濃度が 10 g/l 以上では中仕切潜堤の上部から越流した濁水が仕切堤に添って下降し、底面を這う

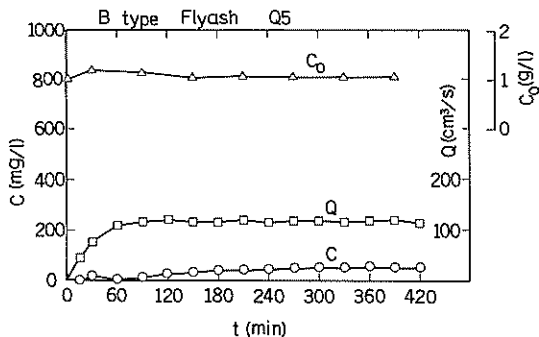


図-2.0.1 B型, F 2,  $C_0 = 1$  g/l

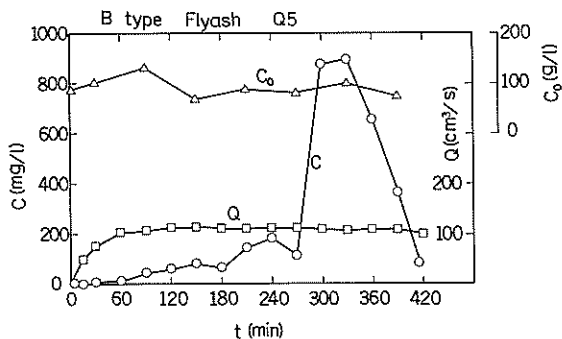


図-2.0.2 B型, F 2,  $C_0 = 100$  g/l

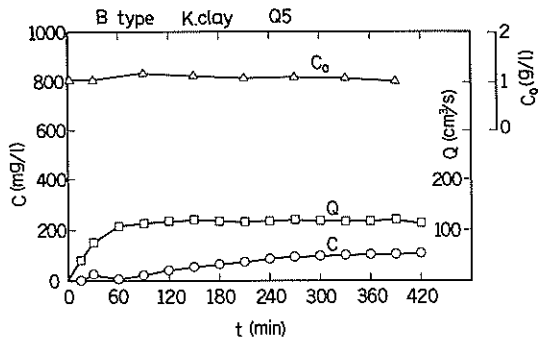


図-2.0.3 B型, C 2,  $C_0 = 1$  g/l

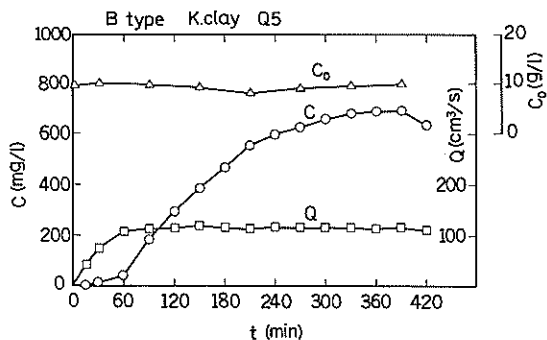


図-2.0.4 B型, C 2,  $C_0 = 10$  g/l

ようにして流下するのが見られ、木節粘土のケースでは原水濃度 10 と 100 g/l では余水の SS 濃度はほぼ同様な傾向を示した。

e 型の埋立地についての実験結果を図-2.1.1~2.1.5 に示すが、e 型の埋立地は泥水の流入口と余水の流出口

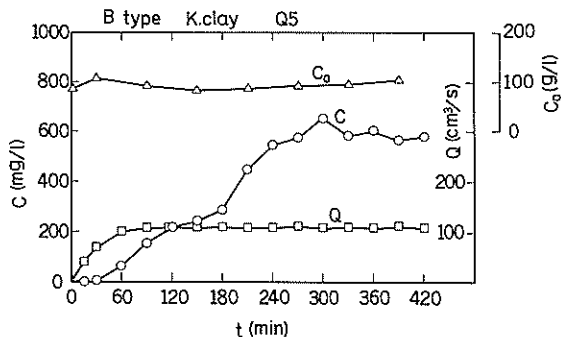


図-2.0.5 B型, C 2,  $C_0 = 100$  g/l

が近く、土砂粒子の沈降効果は過去の実験例中ではもっとも低い型式のものである。供試土砂がフライアッシュの場合、原水濃度が 1 g/l でも余水の SS 濃度は定常的

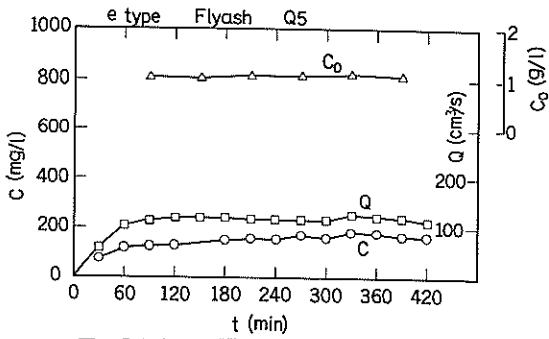


図-2.1.1 e型, F 2,  $C_0=1 \text{ g/l}$

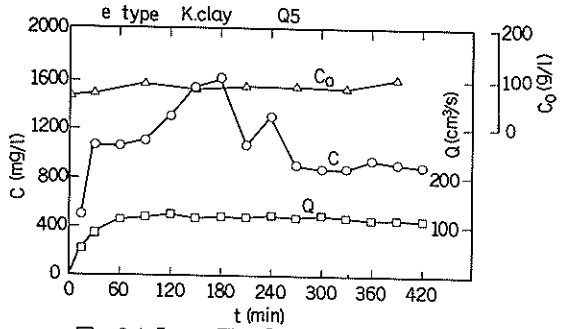


図-2.1.5 e型, C 2,  $C_0=100 \text{ g/l}$

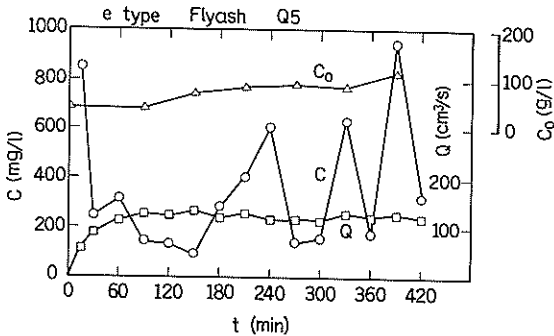


図-2.1.2 e型, F 2,  $C_0=100 \text{ g/l}$

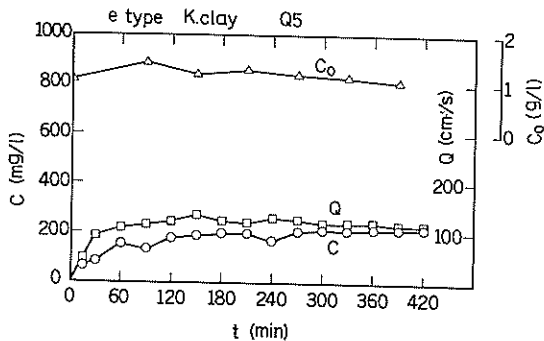


図-2.1.3 e型, C 2,  $C_0=1 \text{ g/l}$

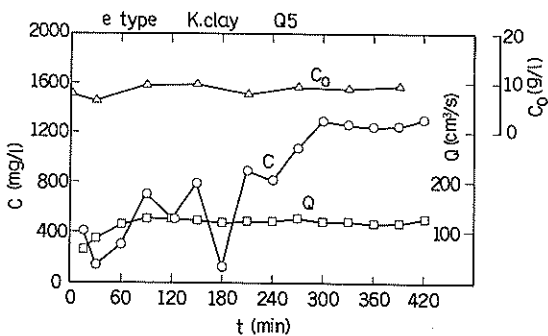


図-2.1.4 e型, C 2,  $C_0=10 \text{ g/l}$

になる。しかし100 g/lでは通水時間の経過とともに排砂管吐出口前面の土砂の堆積が進み、このため水道の生成変化とともに余水のSS濃度も大きく変動する。原水濃度が低い場合には埋立地の左右で埋立地内に沿う旋回流が見られるが、原水濃度が100 g/lになるとこの旋回流は見られない。木節粘土の場合では原水濃度が1,10 g/lでは余水の濃度はほぼ定常的になるが、図-2.1.5の100 g/lのケースでは増加後減少しその後定常的になる。これは前面堆積土が整流板の効果をもたらしたため余水のSS濃度が低下したものである。

H型の埋立地について、今回はフライアッシュ原水濃度1 g/lと100 g/lのものについてのみ行い、その結果を図-2.2.1~2.2.2に示す。 $C_0$ が1 g/lでは安定した状態を示すが、100 g/lの場合には前面堆積土のために左右に水道が生じ多少不安定な余水の状態となり、7時間の実験時間中に漸増傾向を示す。

図-2.3.1~2.3.3にj型の埋立地についての実験結果を示すが、フライアッシュ原水濃度が100 g/lのケースでは余水のSS濃度は漸増傾向を示し、360分まではH型とほぼ同様の値を示している。

今回実験に用いた埋立地の各型式について見ると、原水濃度 $C_0$ が1 g/lの場合ではどの型式のものでも7時間の実験時間内でほぼ定常的な余水のSS濃度に変じて

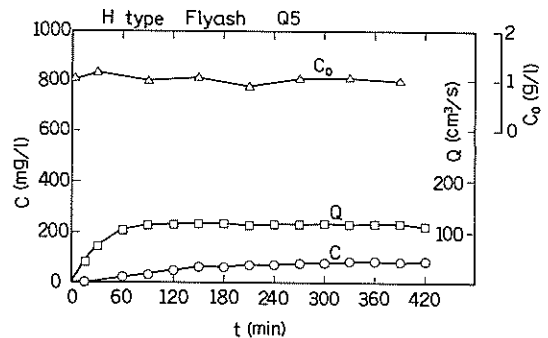


図-2.2.1 H型, F 2,  $C_0=1 \text{ g/l}$

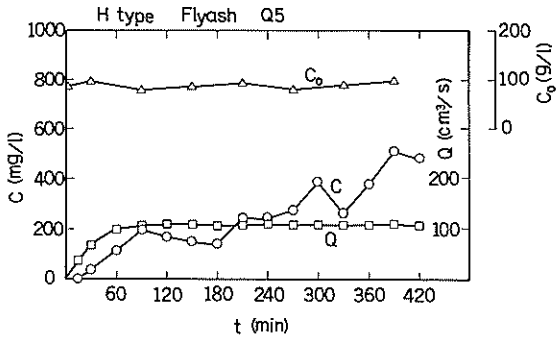


図-2.2.2 H型, F 2,  $C_0=100 \text{ g/l}$

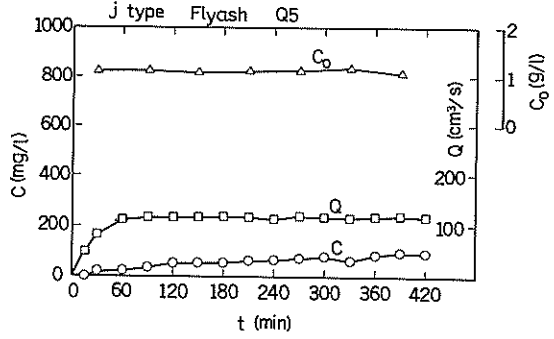


図-2.3.1 j型, F 2,  $C_0=1 \text{ g/l}$

いる。埋立地内での沈殿除去効果の高い型式はB型であり、続いてH, j型が同程度、e型は最も低いものである、供試土砂の比較では木節粘土の方がフライアッシュよりも余水のSS濃度は高い。

$C_0$ が10 g/lのものについては今回実験ケースが少ないが、木節粘土の場合には実験開始から5時間程度は余水のSS濃度は漸増しその後定常的な状態に達している。B型とe型の比較では $C_0=1 \text{ g/l}$ と同様にe型の方が余水のSS濃度は約2倍高いものとなっている。

$C_0$ が100 g/lでは原水の吐出口のまわりに堆積部が発達するが、水道の生成変動のパターンが供試体の種類によっても異なる。フライアッシュの場合は水道が顕著に見られるものであり、このためe型では原水の吐出口と余水の流出口が近い水道の変動の影響を受けやすく、余水のSS濃度の変動も大きい。j型とH型とはほぼ同様の効果を示した。B型の5時間以後とj型の最終時に余水のSS濃度が高いのは浮遊物が余水に流出したためである。フライアッシュの場合にはいずれの型式でも余水のSS濃度は通水時間の増大とともに漸増する傾向が見られる。一方木節粘土の場合には堆積部がゆるやかな傾斜となり水道の生成も顕著なものとならず、かえって整流効果を与えるため、e型でも5時間以後は安定した余水濃度となっている。B型では5時間ほどは余水のSS濃度は漸増するのが見られるが、その後は定常的になり、かつe型と較べても $C_0$ が1~10 g/lの時程差異は大きなものとはならない。

以上の結果を埋立地の型式と供試体ごとにまとめたものを図-2.4.1~2.4.6に示す。図中の丸印以外は前年度までの実験結果を参考のためにプロットしたもので、供試体はフライアッシュ(F1)である。なお各供試体の粒径分布、沈降速度分布などを付図-3.1~5に、またA型の埋立地における余水のSS濃度特性を比較したものを付図-6~8に示す。

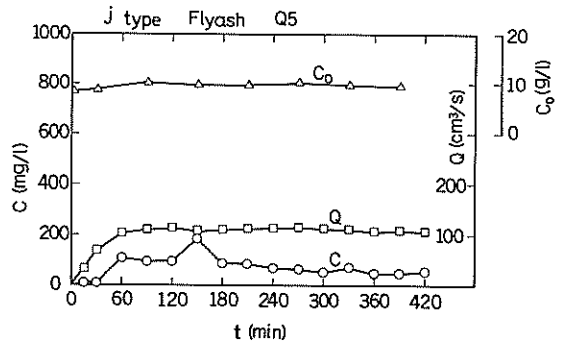


図-2.3.2 j型, F 2,  $C_0=10 \text{ g/l}$

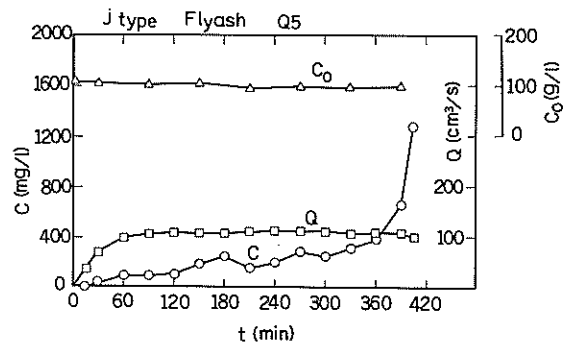


図-2.3.3 j型, F 2,  $C_0=100 \text{ g/l}$

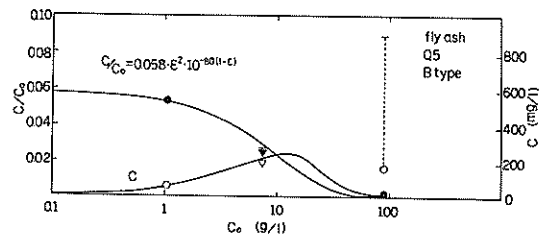


図-2.4.1 B型, F 2

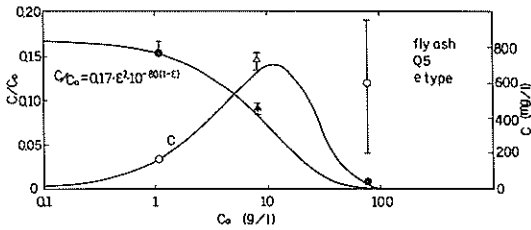


図-2.4.2 e型, F 2

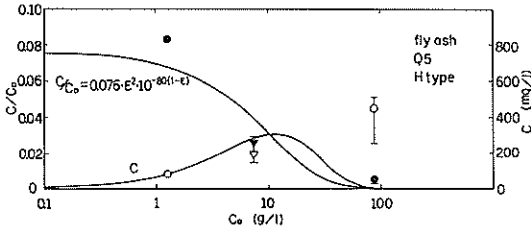


図-2.4.3 H型, F 2

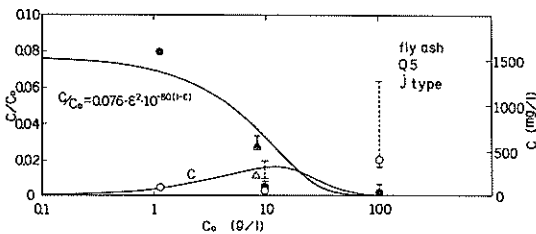


図-2.4.4 j型, F 2

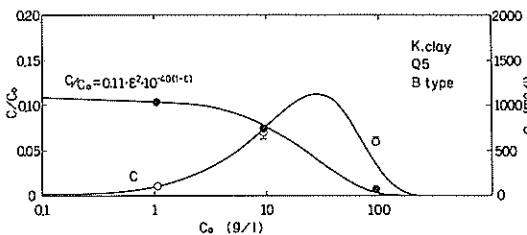


図-2.4.5 B型, C 2

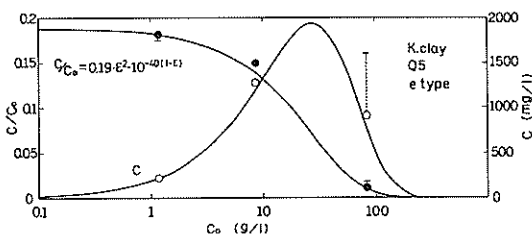


図-2.4.6 e型, C 2

図-2.4.1~2.4.6中の $C/C_0$ と $C$ の曲線は前年度と同様に原水濃度 $C_0$ の影響をまとめたものである。

$$C/C_0 = a \cdot \epsilon^2 \cdot 10^{-b(1-\epsilon)}$$

ここで $C/C_0$ は流出率,  $a$ ,  $b$ は土質や水面積負荷などによる係数,  $\epsilon$ は間隙率で次式により定義されたものである。

$$\epsilon = (V - V_s) / V$$

$$V_s = w_s / \gamma_s$$

$$C_0 = w_s / V$$

$$\therefore \epsilon = 1 - C_0 / \gamma$$

ここで  $V$  : 原水容積

$V_s$  : 土粒子容積

$w_s$  : 土粒子重量

$\gamma_s$  : 土粒子の単位体積重量

$C_0$  : 原水濃度

フライアッシュを用いた, H型およびj型については $C_0 = 10 \text{ g/l}$ 程度のデータが不足していることと水面積負荷の大きさからA型と大差はないと見られるので前年度と同じ $a$ ,  $b$ の値をそのまま用いたものである。B, e型については埋立地の型式上特色があるので, 係数 $a$ のみを実験的に求めたものである。

木節粘土については界面沈降特性や粒径分布特性が前年度のものとは多少異なるので, 係数 $a$ ,  $b$ についてはあらたに実験的に求めたものである。

これら実験式については木節粘土の場合 $b$ の値は40とすることにより, 流出率と余水濃度の両方について良い近似が得られた。しかしフライアッシュについては特に余水のSS濃度に関して良い近似は得られなかった。

#### 4.2 埋立地内のSS濃度分布

埋立地内に排出された土砂水中の土粒子の沈降挙動に関して土砂水原水の濃度と埋立地の型式の影響を検討するため, 埋立地内のSS濃度分布を調べた。これらの結

B type K. Clay Q5

277	291	133	76
306	140	132	141
304			149
176	102	76	77
279	126	115	121
301	126	145	122
334	38	132	79
342	139	139	119
327	164	165	116

$C_0 = 1.1 \text{ g/l}$

図-2.5.1 B型, C 2, ( $C_0 = 1 \text{ g/l}$ )



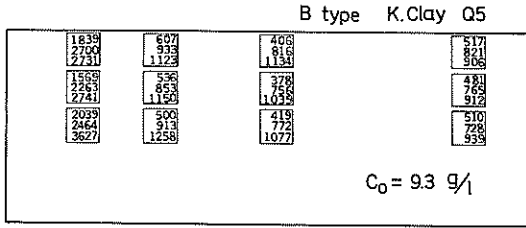


図-2.5.2 B型, O2, ( $C_0 = 10 \text{ g/l}$ )

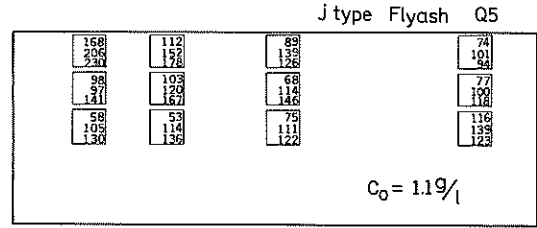


図-2.7.1 j型, F2, ( $C_0 = 1 \text{ g/l}$ )

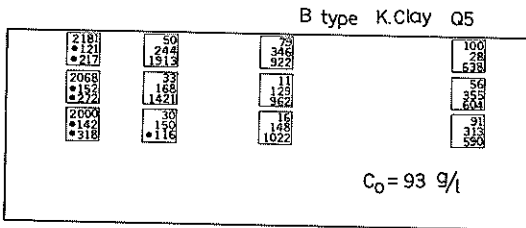


図-2.5.3 B型, O2, ( $C_0 = 100 \text{ g/l}$ )

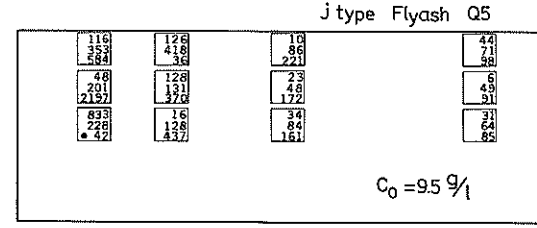


図-2.7.2 j型, F2, ( $C_0 = 10 \text{ g/l}$ )

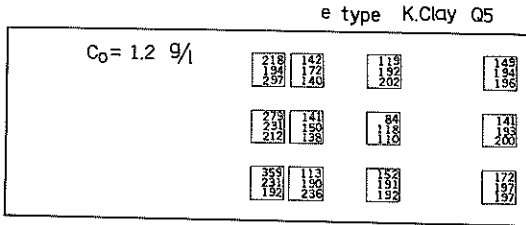


図-2.6.1 e型, O2, ( $C_0 = 1 \text{ g/l}$ )

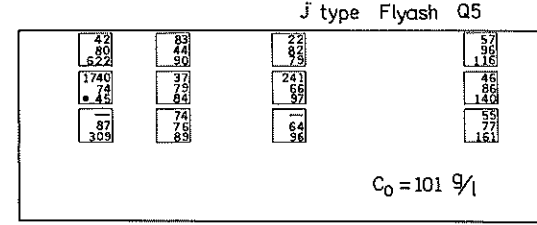


図-2.7.3 j型, F2, ( $C_0 = 100 \text{ g/l}$ )

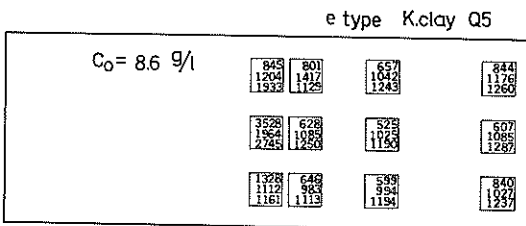


図-2.6.2 e型, O2, ( $C_0 = 10 \text{ g/l}$ )

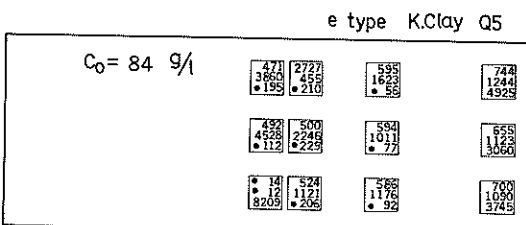


図-2.6.3 e型, O2, ( $C_0 = 100 \text{ g/l}$ )

果を図-2.5.1~2.7.3 および付図-9.1~1.1.2に示す。採水時刻は原水濃度が設定値  $100 \text{ g/l}$  の場合は通水開始から2時間後、 $1 \sim 10 \text{ g/l}$  の場合は6.5時間後である。図中の小枠の3段の数字はそれぞれ上, 中, 下層のSS濃度を示し, 単位は  $\text{mg/l}$  であるが, 数字の前に黒丸のついたものは  $\text{g/l}$  単位である。上, 中, 下層はそれぞれ水面下 1, 5, 9 cm での採水でありと同様な採水方法を採っている。

図-2.5.1~2.5.3 の埋立地の型式B, 木節粘土供試体のケースについて原水濃度の影響を見ると,  $C_0 = 9.3 \text{ g/l}$  のケースではY軸方向での差異がやや見られるがその他ではY軸方向ではほぼ一様である。原水濃度が  $1.1 \text{ g/l}$  と  $9.3 \text{ g/l}$  のものではほぼ原水濃度に比例した同様の傾向を示す分布となっている。すなわち流下するに従いX軸方向の変化は少くなる。かつ中下層差異も少なくなり, 上層のSS濃度は中, 下層の $\frac{1}{2}$ 程度である。しかし  $C_0$  が  $9.3 \text{ g/l}$  の場合ではX軸方向での流下に従い下層の値が減少する傾向が大きくなる。上・中層では流下側の方

が上流よりも大きいという逆転傾向が見られるが、これは余水のSS濃度から検討すると時間の経過が不十分であったことが考えられる。各層間では水深が大きくなる程SS濃度も高くなる傾向が顕著である。

型式eについては図-2.6.1~2.6.3に示されるが、この型式はY軸方向に流下するものである。 $C_0$ が1.2と8.6g/lのものではほぼ原水濃度に比例した同様のパターンを本型式も示す。排砂管吐出口と余水吐を結ぶ測線上では複雑な分布を示すが、それ以外では中・下層の値はほぼ等しく、上層はやや低目の値となる。 $C_0$ が84g/lでは鉛直方向の濃度差が顕著になり下層ほど大きくなる傾向が一般的に見られる。吐出口と余水吐を結ぶ測線上では鉛直方向の濃度差が顕著であり中層の値は $C_0=8.6$ g/lの場合よりも大きくなるが上層の値は逆に小さくなっている。これら以外での分布では上・中層の値は $C_0$ が8.6g/lのケースとほぼ同じ程度であるが、余水の濃度を比較して見ると、長時間経過時点ではこれらの分布値より一般的に低下することが考えられる。

フライアッシュを用いた例としてj型についての結果を示したものが図-2.7.1~2.7.3である。 $C_0$ が1.1g/lのケースについては木節粘土を用いたB型のケースと同様の傾向が見られるが、 $C_0$ が9.5g/lのケースは余水のSS濃度の結果と同様に全般的に低目の値となっており、かつ流下方向での減少傾向および水深が大きい程SS濃度も高くなる傾向を示している。 $C_0$ が101g/lのケースでは全面的な傾向は見られないが、下流では下層ほど濃度が高くなる傾向は明白である。

上記以外のケースについては付図-9.1~11.2に示すがフライアッシュを用いたB型では $C_0$ を90g/lとしたものでは流下するに従い鉛直方向の差異が木節粘土の場合より小さいのが特徴といえる。しかしe型の $C_0$ が76g/lでは下層程濃度が高くなる傾向は木節粘土を用いた場合と同様に顕著に見られる。H型の $C_0$ が88g/lのケースでは中・下層はほぼ等しく、上層の値はこれらの $\frac{1}{2}$ 程度になっている。

#### 4.3 埋立地内の堆積土厚

埋立地に排出された土砂の堆積形状は土砂の粒径分布などにより大きく異なることが前章でも示されたが、ここでは埋立地の型式との関連について調べる。水面積負荷を相似にすれば理想的な沈殿池における土砂の堆積形状は原型と模型とで相似になる。しかしこれだけでは流況の相似及び堆積土砂の圧密沈降などの点で十分とはいえない面もあるが、模型実験の結果を図-2.8.1~2.9.5に示す。

B type Flyash  $C_0=1.1$  g/l Q5

05	10	10	05	02	02	02	02	01	01	01	01
05	05	10	05	02	02	02	02	01	01	01	01
80	120	10	05	02	02	02	02	01	02	01	01
100	120	10	05	02	02	02	02	01	02	01	01
05	05	05	05	02	02	02	02	01	02	01	01
05	05	05	05	02	02	02	02	02	01	02	01

図-2.8.1 B型, F 2, ( $C_0=1$  g/l)

B type Flyash  $C_0=90$  g/l Q5

820	880	550	08	05	01	01	01	01	01	01	02
1010	920	630	05	07	01	01	01	01	01	01	02
840	1250	1020	08	07	01	01	01	01	01	01	01
950	890	490	10	08	02	02	01	01	01	01	01
720	600	400	15	10	09	02	02	03	01	01	01
		260	8.9								

図-2.8.2 B型, F 2, ( $C_0=100$  g/l)

B type Kclay  $C_0=1.1$  g/l Q5

10	10	10	05	04	02	01	01				
10	10	15	06	04	03	02	01	01			
		09	05								
30	25	09	06	03	05	01	01	01			
05	06	08	10	02	03	01	01	01			
05	05	09	10	05	05	05	05	01	01	01	01
		09	06								

図-2.8.3 B型, C 2, ( $C_0=1$  g/l)

B type Kclay  $C_0=9.3$  g/l Q5

70	75	75	80	25	20	20	20	20	15	15	20	20
			80	25								
70	75	80	90	30	20	20	20	20	15	15	15	20
			80									
60	720	130	90	25	20	20	20	15	15	15	20	15
			220									
80	70	80	85	20	20	20	20	20	15	15	20	15
			80									
			80	30	20	20	20	15	15	15	20	15
			20									

図-2.8.4 B型, C 2, ( $C_0=10$  g/l)

B type Kclay  $C_0=93$  g/l Q5

780	770	740	720	330	310	280	250	240	210	180	130	50
			630	380								
			900									
			640	400								
780	750	700	700	350	340	320	330	330	310			

図-2.8.5 B型, C 2, ( $C_0=100$  g/l)

e type Flyash  $C_0=11 \text{ g/l}$  Q5

0.5	10	0.9	10	10	12	15	10	0.7	0.9	0.8	10	0.5
					2.0							
0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.5	15	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4
					3.0							
0.5	0.5	0.2	0.3	0.2	0.3	20	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
					4.0							
0.5	0.4	0.5	0.3	0.5	0.5	10	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.5
					4.0							
0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3	0.5
					5.0							

図-29.1 e型, F2, ( $C_0=1 \text{ g/l}$ )

e type Flyash  $C_0=76 \text{ g/l}$  Q5

10	20	20	30	50	10.0	14.0	10.0	70	30	30	20	20
					10.0							
10	20	30	40	20.0	40.0	32.0	25.0	13.0	30	20	20	20
					35.0							
10	20	50	17.0	40.0	80.0	80.0	60.0	30.0	80	20	20	20
					88.0							
10	20	22.0	44.0	50.0	107.0	116.0	94.0	43.0	17.0	20	20	20
					121.0							
20	40	30.0	65.0	55.0	114.0	126.0	105.0	70.0	30.0	50	30	10
					100.0							

図-29.2 e型, F2, ( $C_0=100 \text{ g/l}$ )

e type K.clay  $C_0=1.2 \text{ g/l}$  Q5

10	10	0.8	0.9	0.9	12	16	10	0.6	0.8	0.6	0.7	0.6
					18							
0.9	0.9	0.3	0.6	0.4	0.9	15	0.5	0.1	0.1	0.2	0.4	0.8
					15							
0.8	0.5	0.2	0.3	0.4	0.5	10	0.5	0.1		0.1	0.2	0.5
					20							
0.8	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	20	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
					30							
0.5	0.9	0.7	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
					12.0							

図-29.3 e型, F2, ( $C_0=1 \text{ g/l}$ )

e type K.clay  $C_0=8.6 \text{ g/l}$  Q5

30	30	40	40	40	48	60	50	4.5	30	40	30	30
					80							
30	30	35	40	30	40	100	30	35	36	37	27	30
					40							
30	30	35	40	30	35	15.0	37	32	30	29	30	30
					15.0							
20	30	30	30	30	30	40	30	30	30	35	28	30
					18.0							
20	20	30	25	26	20	30	30	30	30	30	25	28
					28.0							

図-29.4 e型, F2, ( $C_0=10 \text{ g/l}$ )

e type K.clay  $C_0=84 \text{ g/l}$  Q5

290	330	340	360	370	370	370	370	370	400	350	300
280	320	310	400	380	370	350	330	330	370	370	290
250	320	410	430	430	440	460	370	390	400	390	330
270	330	410	470	500	560	390	510	450	430	430	390
140	330	440	520	520	560	630	550	560	490	480	440

図-29.5 e型, F2, ( $C_0=100 \text{ g/l}$ )

図-28.1~28.5はB型の埋立地についてのものであり中仕切堤の前後で堆積土砂に段差が見られ、土砂の堆積についても中仕切堤の効果がうかがえる。しかしその効果は土砂の性状により差異があり、フライアッシュの方が木節粘土より効果が顕著である。

e型の埋立地では、原水濃度が低い場合には吐出口から余水吐に向う流れが、一部余水吐の前面で左右に分かれ、壁面に沿った大きな旋回流が2つ見られる。この現象は土砂の堆積状況からもうかがうことができる。すなわち図-29.1及び29.3に示されるように、フライアッシュ、木節粘土ともに原水濃度が1g/l程度では、吐出口から余水吐に向う線上で土厚が大きい。また壁際も左右に流下するにしたがい小さくなるのが見られ、埋立地左右の中心のよどみ部では土厚が小さい。原水濃度が10g/l程度では吐出口から余水吐に向う線上では土厚は大きく、流下するにしたがい小さくなる傾向と、余水吐から左右の壁沿いで土厚の大きい所が見られるが、その他は全面的に土厚はほぼ一定である。原水濃度が高い場合の例が図-29.2と29.5であるが、フライアッシュの場合は同心円状で勾配の大きな堆積状態となっている。一方木節粘土の場合ではX軸方向に細長い楕円状となり堆積勾配もゆるいものとなっている。

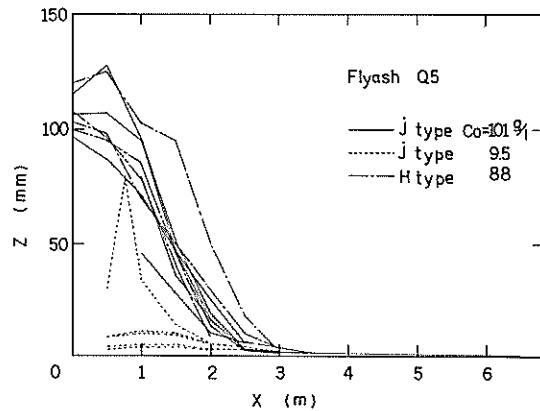


図-30. 堆積土厚の勾配 (F2)

H型及びj型の結果については付図-12.1~13.3に示すが、これらのX方向の各測線についてまとめたものが図-30である。これらはフライアッシュ(F2)の場合であり堆積土厚の大きい部分の勾配は4~9%であるが、7%程度のものが多く、先のフライアッシュ(F3)よりやや大きめとなっている。

## 5. 結 論

本研究では埋立地（沈殿池）の模型実験により、埋立の進行に伴い遊水面積と水深の減少が余水のSS濃度に及ぼす影響についてフライアッシュと木節粘土を用いそれぞれ調べた。また埋立地の型式と原水濃度が余水のSS濃度に及ぼす影響については、埋立地の型式4型式と供試体として木節粘土とフライアッシュを用い合計16ケースについて実験を行った。これらの実験結果をまとめると次のようになる。

### (1) 余水のSS濃度 — 埋立の進行による影響を調べる実験

埋立の進行による影響については、両供試体ともに埋立末期になり急激に余水のSS濃度が上昇する。すなわち、埋立の初期・中期では埋立の進行による遊水面積や水深の減少による影響には鈍感であった。余水のSS濃度は水道の生成の影響を強く受け、余水吐へ短絡する水道が生ずると急増する。

### (2) 余水のSS濃度 — 埋立地型式と原水濃度による影響を調べる実験

埋立地の型式と原水濃度の影響については、余水のSS濃度はその双方の影響を受け、前報で得た形式と土質による係数と土質のみによる定数をもつ実験式が適用できた。この式から余水のSS濃度はいずれの場合も原水濃度が10~30g/l程度で最大となることが示され、最大値は、最も除去効果の悪いe型は良いB型の2~3倍程度になった。

### (3) 埋立地内のSS濃度分布

原水濃度が10g/l程度以下では埋立地内のSS濃度分布はほぼ原水濃度に比例した値となる。原水濃度が100g/l程度では水深方向での濃度差が顕著になり、下層ほど濃度が高い。

### (4) 埋立地内の堆積土厚

実験に用いたフライアッシュと木節粘土ではそれぞれ特徴的な堆積性状を示した。すなわちフライアッシュは木節粘土より粒径が大きく50%粒径が20 $\mu$ mであり、界面沈降速度も大きく圧密はしにくいものである。一方木節粘土は50%粒径が10 $\mu$ mであり5 $\mu$ m以下の割合も多く、界面沈降速度が小さく圧密過程が見られる。前報の実験に用いたものではこれらの傾向がさらに顕著であり、水中でのふくらみも大きい。

これらの土質性状の違いが堆積状況にも現われ、フライアッシュの場合は排砂管吐出口付近での堆積が進み、水面より上方へ発達する傾向が見られる。また水道もよく生成し流れも急である。堆積勾配は3~9%の範囲で

見られるが5~7%のものが多い。

木節粘土の場合はフライアッシュとは対照的であり、排砂管吐出口付近での堆積は顕著ではなく埋立地全面にゆるやかな勾配で堆積する傾向が強い。すなわち吐出口付近での堆積は水面より上部にはあまり発達せず、勾配も小さいため水道も広く流れもフライアッシュの場合の水道のそれよりもおだやかである。堆積勾配は吐出口の付近で2~4%のものも見られるが、その他では全般的に0.5~2%の範囲で見られ、1%程度のものが多い。堆積土厚の圧密減少量は17時間で20~30%程度見られた。

## 6. あとがき

本実験シリーズは昭和54年度から開始されたものであり、供試土砂の入手が数回に分かれたためその性状に相違が見られた、このためデータの解析に当っては一貫性が劣り、前回までのデータを完全な補間として用いることができなかつた。また模型実験では原水濃度の最大でも100g/lであるが、これ以上とした場合も含めて排砂管吐出口付近での土砂水の挙動を詳しく観察する模型実験を進めたい。さらにこれまでの模型実験・現地調査データを基に数値モデルでの検討を加え本実験シリーズのとりまとめを行う予定である。

(1983年6月30日受付)

## 謝 辞

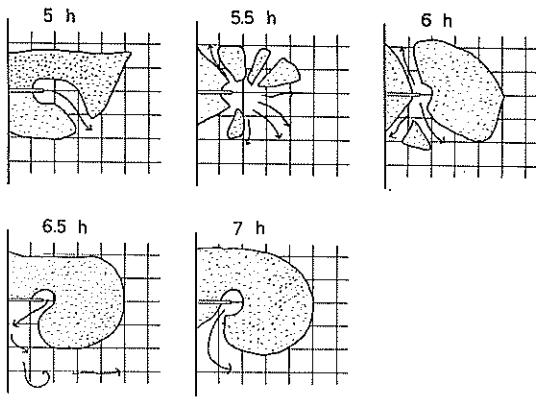
本実験は環境庁の国立機関公害防止等試験研究費による「ヘドロの埋立処理に関する研究」の一環として行ったものであり、関係各位の御厚意に感謝する。

参考文献

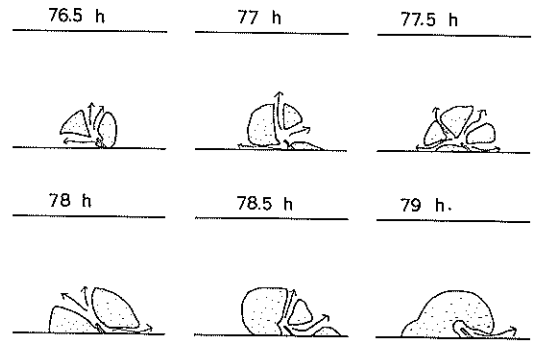
- 1) Camp, T.R.: Sedimentation and the Design of Settling Tanks, *Transaction, ASCE*, Vol. 111, No. 2285, 1946, pp. 895~923
- 2) Clements, M.S.: Velocity variations in rectangular sedimentation tanks, *Proc. Instn. Civil Engrs.*, Vol. 34, June 1966, pp. 171~200
- 3) Cordoba-Molina, J.F.: Settling in Continuous Sedimentation Tanks, *ASCE*, Vol. 104, No. EB6, Dec. 1978, pp. 1263~1275
- 4) 中園嘉治・早乙女保二・加藤英夫・増田勝人・白鳥保夫 : 有害物質を含む汚水の余水処理に関する研究, 環境保全研究成果集, 昭和 53 年度
- 5) 吉田龍夫 : 埋立て用沈殿池の設計諸元について, *ヘド*, No. 3, 1975, pp. 4~7
- 6) 二階堂清 : 浚渫埋立工事における余水処理施設とそのコンパクト化(i), 環境技術, Vol. 8, No. 1, 1979, pp. 67
- 7) 波多野倫 : 埋立地における汚濁防止対策と設計手法, *ヘド*, No. 22, 1981, pp. 45~49
- 8) Walski, T.M.・Schroeder, P.R.: Weir Design to Maintain Effluent Quality from Dredged Material Containment Areas, Technical Report D-78-18, Environmental Laboratory U.S. Army Engineer Waterway Experiment Station, May 1978, pp. 63~64
- 9) 白鳥保夫・増田勝人・加藤英夫・山内 栄・中園嘉治 : 埋立時の土砂の沈降挙動に関する現地調査, 港湾技研資料, No. 389, Sept. 1981
- 10) 白鳥保夫・増田勝人 : 埋立時の土砂の沈降挙動に関する実験(その1), 港湾技研資料, No. 340, June 1980
- 11) Thompson, D.M.: Scaling laws for continuous flow sedimentation in rectangular tanks, *Proc. Instn. Civil Engrs.*, Vol. 43, July 1969, pp. 453~461
- 12) Discussion: *Proc. Instn. Civil Engrs.*, Vol. 46, July 1970, pp. 387~393
- 13) 白鳥保夫・加藤英夫・増田勝人・山内 栄 : *ヘド*の埋立処理に関する研究, 環境保全研究成果集, 昭和 54 年度
- 14) 白鳥保夫・増田勝人・加藤英夫・山内 栄 : 埋立時の土砂の沈降挙動に関する実験(その2), 港湾技研資料, No. 388, Sept. 1981
- 15) 白鳥保夫・加藤英夫・増田勝人・山内 栄 : *ヘド*の埋立処理に関する研究, 環境保全研究成果集, 昭和 55 年度
- 16) 白鳥保夫・増田勝人・加藤英夫・山内 栄 : 埋立時の土砂の沈降挙動に関する実験(その3), 港湾技研資料, No. 410, Mar. 1982
- 17) 白鳥保夫・加藤英夫・増田勝人・山内 栄 : *ヘド*の埋立処理に関する研究, 環境保全研究成果集, 昭和 56 年度
- 18) たとえば用水廃水便覧編集委員会 : 用水廃水便覧, 丸善株式会社, 昭和 53 年度, pp. 168

主要記号表

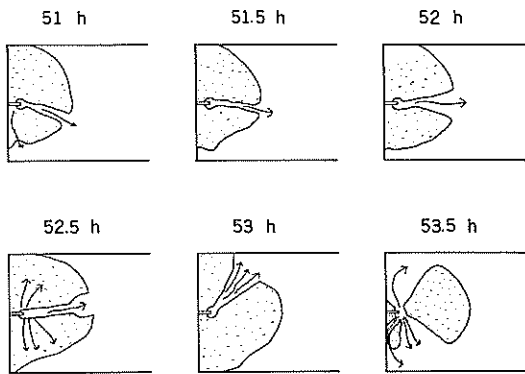
$a$	: 流出率の係数
$B, B'$	: 余水吐の幅( ' は原型を示す )
$b, b'$	: 埋立地の幅
$b$	: 土質による係数
$C$	: 余水, 採水の SS 濃度
$C_0$	: 土砂水原水の SS 濃度
$c$	: 流出率 (= $C/C_0$ )
$c_q$	: 理想的な場合の流出率
$c_s$	: 完全混合の場合の流出率
$D, D'$	: 排砂管の吐出口直径
$D_p$	: 土砂粒子の粒径
$\epsilon$	: 間隙率
$F(v_s)$	: 供試体の沈降速度加積率
$\gamma_s$	: 土粒子の単位体積重量
$H, H'$	: 余水吐の越流高さ
$h, h'$	: 埋立地の水深
$l, l'$	: 埋立地の長さ
$Q, Q'$	: 土砂水流入(流出)量
$r$	: 除去率
$r_h$	: 水平方向の縮尺比
$S$	: 採水深度
$V$	: 原水容積
$V_0$	: 水面積負荷
$V_s$	: 土粒子の容積
$v_{in}, v_{in}'$	: 排砂管吐出口流速
$v_s$	: 土粒子の沈降速度
$x, X$	: 埋立地の $x$ 座標
$y, Y$	: 埋立地の $y$ 座標
$Z$	: 堆積土厚
$W$	: 供試体の重量加積率
$w_s$	: 土粒子重量



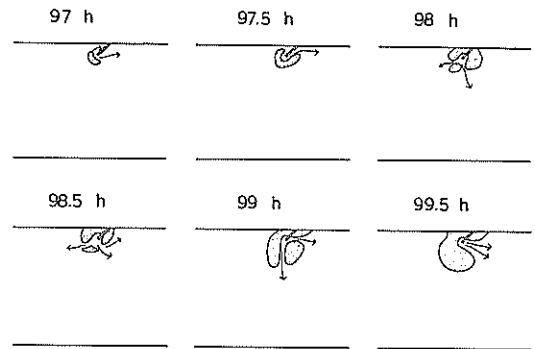
付図-1.1 F3, 5h~7h



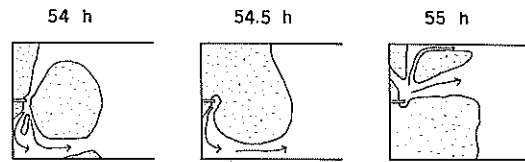
付図-1.5 F3, 76.5h~79h



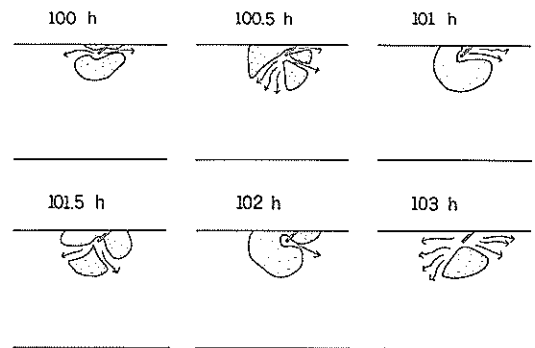
付図-1.2 F3, 51h~53.5h



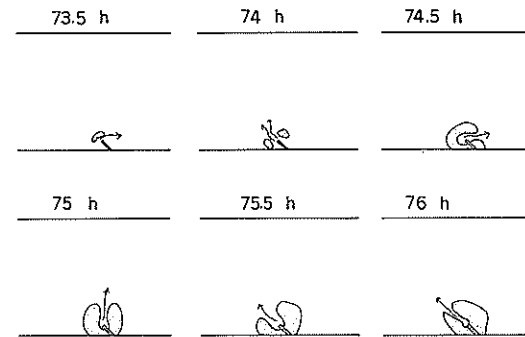
付図-1.6 F3, 97h~99.5h



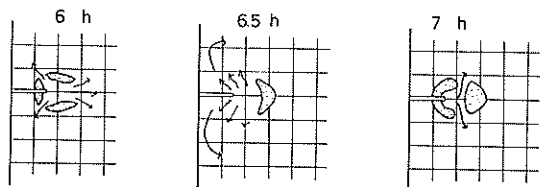
付図-1.3 F3, 54h~55h



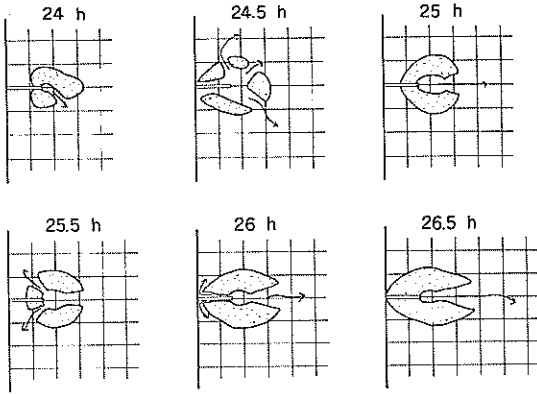
付図-1.7 F3, 100h~103h



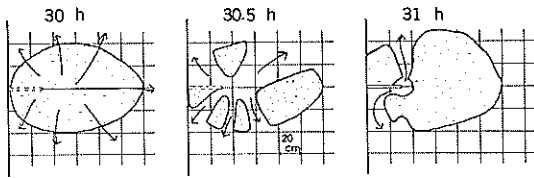
付図-1.4 F3, 73.5h~76h



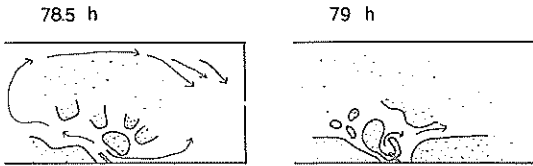
付図-2.1 C2, 6h~7h



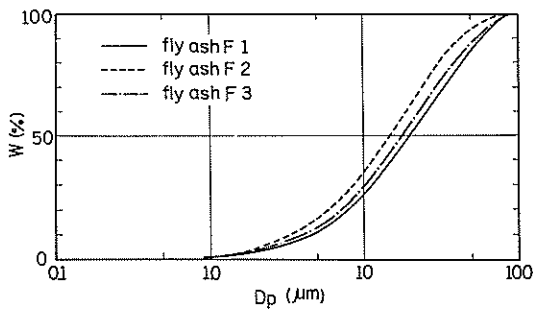
付圖-2.2 C2, 24 h~26.5 h



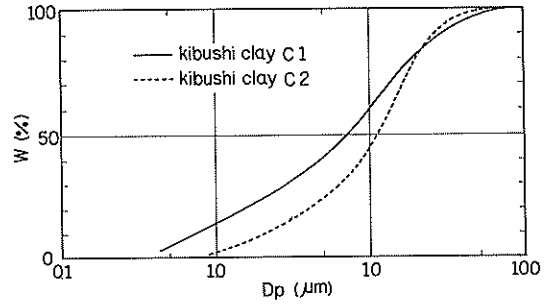
付圖-2.3 C2, 30 h~31 h



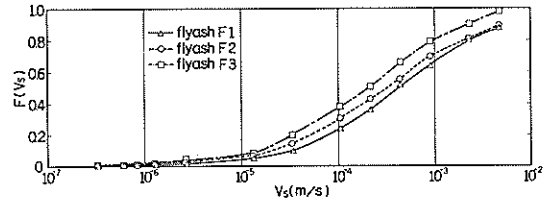
付圖-2.4 C2, 78.5 h~79 h



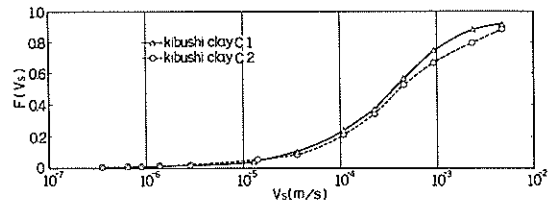
付圖-3.1 粒徑加積曲線 (F1, F2, F3)



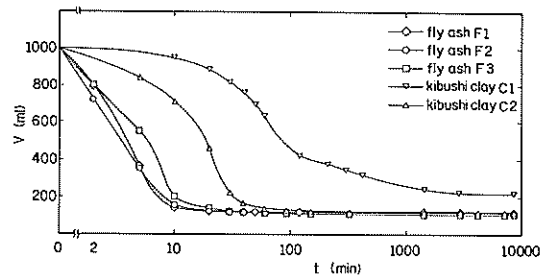
付圖-3.2 粒徑加積曲線 (C1, C2)



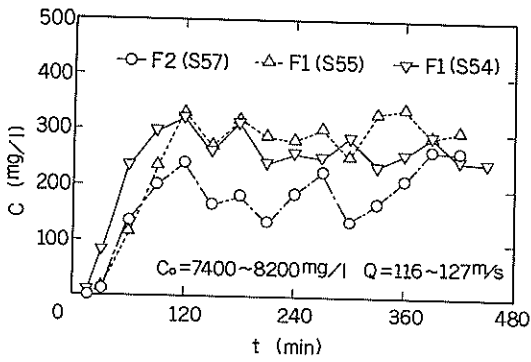
付圖-4.1 沈降速度加積曲線 (F1, F2, F3)



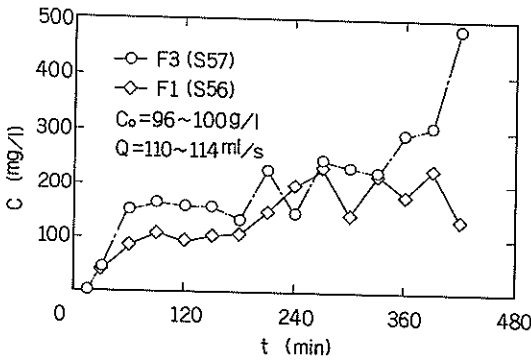
付圖-4.2 沈降速度加積曲線 (C1, C2)



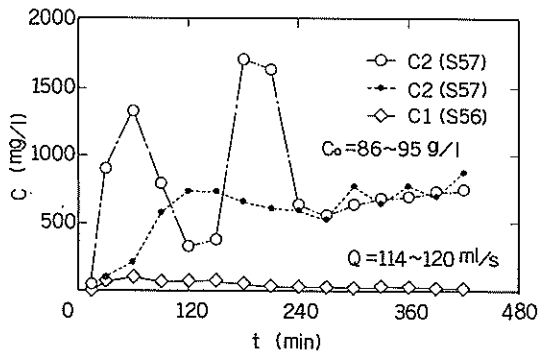
付圖-5 界面沈降特性 (F1, F2, F3, C1, C2)



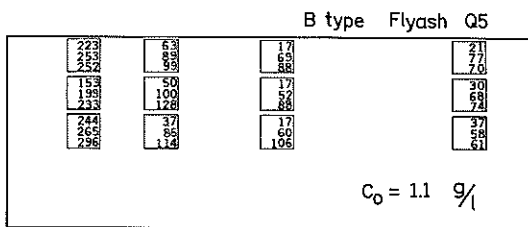
付図-6 F1, F2 ( $C_0=100\text{ g/l}$ ) Q5



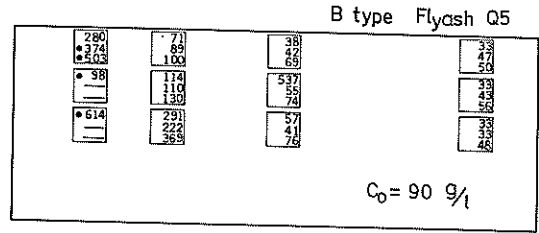
付図-7 F1, F3 ( $C_0=100\text{ g/l}$ ) Q5



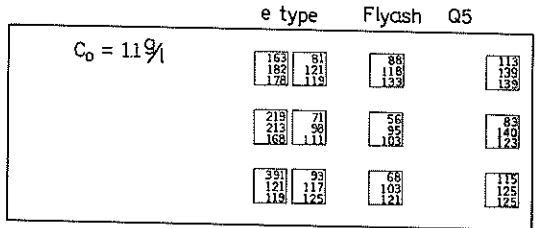
付図-8 C1, C2 ( $C_0=100\text{ g/l}$ ) Q5



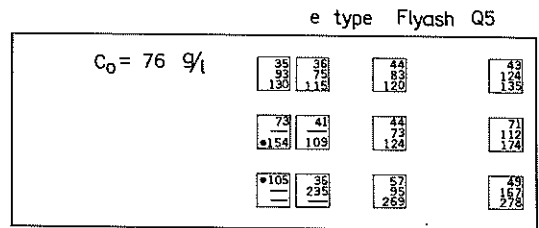
付図-9.1 B型, F2, ( $C_0=1\text{ g/l}$ )



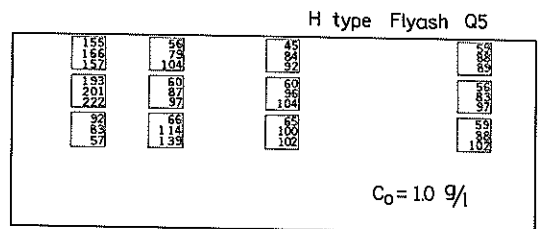
付図-9.2 B型, F2, ( $C_0=100\text{ g/l}$ )



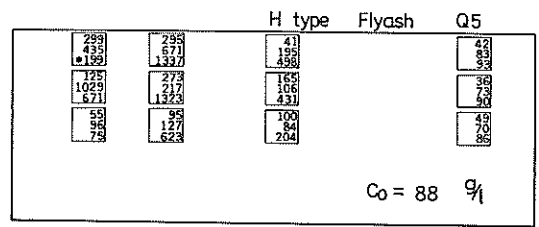
付図-10.1 e型, F2, ( $C_0=1\text{ g/l}$ )



付図-10.2 e型, F2, ( $C_0=100\text{ g/l}$ )



付図-11.1 H型, F2, ( $C_0=1\text{ g/l}$ )



付図-11.2 H型, F2, ( $C_0=100\text{ g/l}$ )



H type Flyash  $C_0=10 \text{ g/l}$  Q5

1.0	0.9	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1.0	3.0	0.2		0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.2	2.5	0.2		0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.2	6.0	0.2	1.0	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
0.2	0.5	0.5	0.3	0.9	0.2	0.9	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1

付図-1.2.1 H型, F 2, ( $C_0=10 \text{ g/l}$ )

H type Flyash  $C_0=88 \text{ g/l}$  Q5

103.0	98.0	70.0	50.0	30.0	10.0	3.0	2.0	2.0	1.0	1.0	0.8	0.5	0.5
100.0	95.0	85.0	45.0	13.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.5	0.5
103.0	103.0												
120.0	125.0		50.0	18.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.3	0.5
130.0	130.0	95.0											
108.0	96.0	78.0	4.0	8.0	2.0	1.8	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5
82.0	70.0	57.0	30.0	7.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5

付図-1.2.2 H型, F 2, ( $C_0=100 \text{ g/l}$ )

J type Flyash  $C_0=11 \text{ g/l}$  Q5

0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
0.1	0.2	1.0	0.9	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
15.0	3.0	1.9	1.0	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
18.0													
0.1	1.0	1.0	1.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2					
0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1					

付図-1.3.1 j型, F 2, ( $C_0=1 \text{ g/l}$ )

J type Flyash  $C_0=95 \text{ g/l}$  Q5

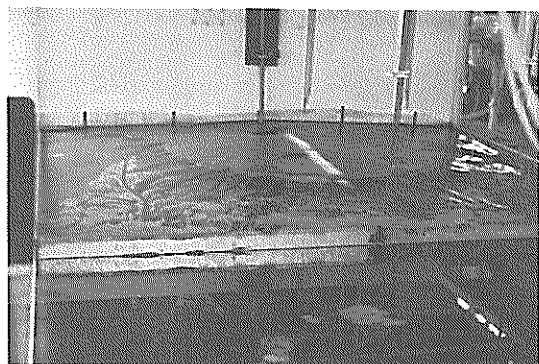
4.0	5.0	5.0	3.0	3.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
8.0	11.0	10.0	5.0	4.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
30.0	34.0	14.0	5.0	4.0	3.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
8.0	10.0	9.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0
3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5

付図-1.3.2 j型, F 2, ( $C_0=10 \text{ g/l}$ )

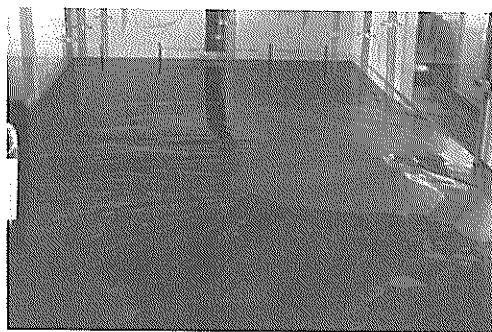
J type Flyash  $C_0=101 \text{ g/l}$  Q5

97.0	87.0	71.0	46.5	25.6	5.0	4.0	1.5	1.8	1.1	5.0	0.9	0.8	0.9
105.5	107.0	95.0	50.5	19.0	3.1	2.0	1.6	1.5	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9
115.0	128.0	96.0	46.0	14.0	2.5	1.5	1.7	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2
68.0	79.5	36.0	16.0	2.8	2.0	1.6	1.8	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
		46.0	28.0	10.0	5.5	4.0	2.5	1.8	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9

付図-1.3.3 j型, F 2, ( $C_0=100 \text{ g/l}$ )



付図-14.1 B型, F2, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



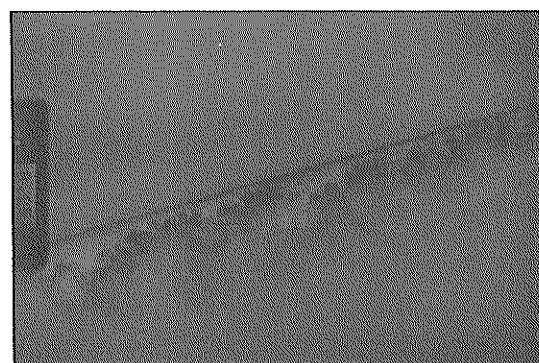
付図-14.4 e型, F2, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



付図-14.2 B型, C2, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



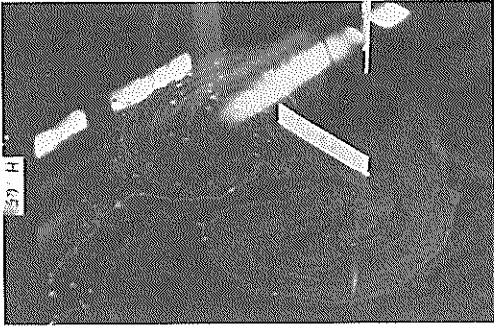
付図-14.5 e型, C2, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



付図-14.3 B型, C2, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



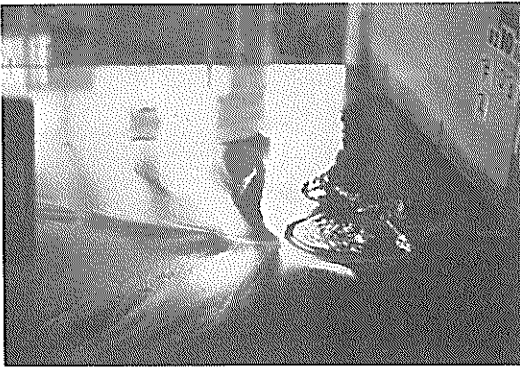
付図-14.6 j型, F2, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



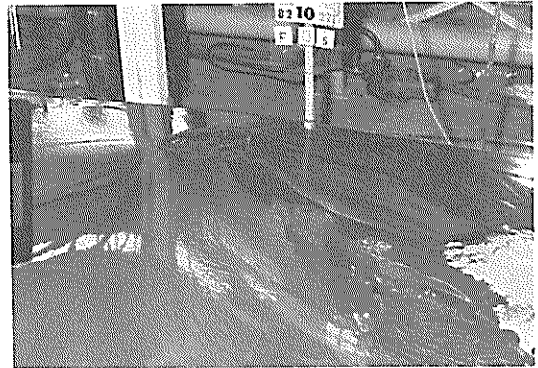
付図-14.7 H型, F2, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



付図-15.3 A型(I<sub>2</sub>), F3, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



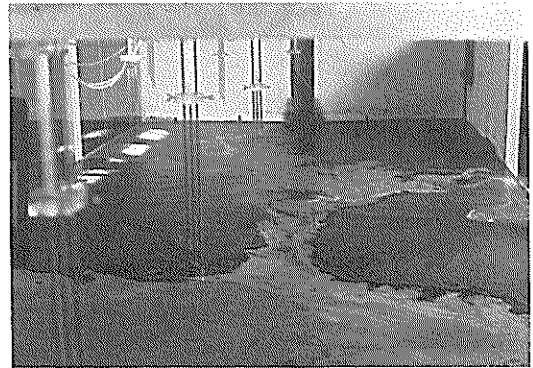
付図-15.1 A型(I<sub>1</sub>), F3, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



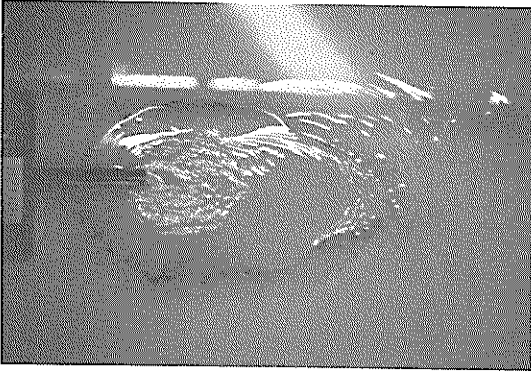
付図-15.4 A型(I<sub>3</sub>), F3, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



付図-15.2 A型(I<sub>1</sub>), F3, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



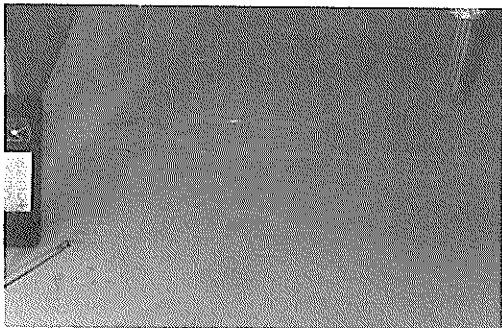
付図-15.5 A型(I<sub>4</sub>), F3, ( $C_0=100\text{g/l}$ )



付図-16.1 A型(I<sub>1</sub>), O2, (C<sub>0</sub>=100 g/l)



付図-16.2 A型(I<sub>1</sub>), O2, (C<sub>0</sub>=100 g/l)



付図-16.3 A型(I<sub>2</sub>), O2, (C<sub>0</sub>=100 g/l)

港湾技研資料 No. 465

1983・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  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント

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