

資料 - 6 汚濁防止対策の考え方

6-1 概要

濁りの汚濁防止対策の考え方と種類の概要は、表 6-1 に示すとおりであり、開放水域では濁りの発生を抑制する方法と沈降の促進を図る方法がある。

また、埋立地への土砂投入時においては、埋立地そのものを沈殿池として活用することにより、濁りを除去することが一般に行われている。

表 6-1 汚濁防止対策の概要

適用場所	汚濁防止対策の概要	
開放水域	濁り発生の抑制	施工速度を落とす方法
		工法を変える方法
		対象土砂を濁りの発生が少ないものにする方法
	沈降の促進	汚濁防止装置(汚濁防止膜、汚濁防止枠等)を用いる方法
沈降剤を使用する方法		
埋立地内	沈降の促進	埋立地そのものを沈殿池として活用する方法 汚濁防止装置、沈降剤を併用することも考えられる。

6-2 開放水域における対策

(1) 汚濁防止対策の種類

1) 濁りの発生抑制

(a) 施工速度を落とす方法

施工速度を落とし、時間あたりの工事量を少なくすることにより、濁り発生を抑制する。また、濁りを発生する工事が重複している場合には、それらの工事工程が重複しないよう工事工程を変更することも考えられる。

(b) 工法を変える方法

濁りを発生しにくい工法を採用することにより、濁り発生を抑制する。

例 .	浚渫工事の場合
	ポンプ船 軟泥浚渫船
	グラブ船 密閉グラブ船
	埋立工事の場合(余水吐からの排水量を少なくする)
	ポンプ船 軟泥浚渫船
	グラブ船

(c)対象土砂を濁りの発生が少ないものとする方法

捨石、敷砂工では粘土・シルト分等の微細な土粒子を洗い落とした材料を用いて濁りの発生を少なくすることが考えられる。

また、埋立てにおける土取りが目的の浚渫で軟泥層の下層に良質土があるような場合、下層地盤を浚渫することが考えられる。

2) 沈降の促進

(a)汚濁防止装置の使用

風、波浪、潮流の影響による粒子の舞い上がり防止と沈降促進を目的として、工事水域に汚濁防止装置を設置して、一定区域内で濁り拡散を止める方法である。

汚濁防止装置としては、汚濁防止膜や汚濁防止枠を使用することが多い。その特徴及び設置イメージは、表 6-2～表 6-3 に示すとおりである。

表 6-2 汚濁防止装置の使用法等

汚濁防止装置名	使用法	汚濁防止の主効果
汚濁防止膜	工事船周辺や工事区域周辺などに設置する。 設置方法は、海面から垂下する方式と海底から自立させる方式を基本とする。 一般には、海面から垂下させる方式が用いられることが多い。 自立方式は、大規模事業などで垂下方式との組み合わせで用いられることが多い。	流れを遮断することによる設置場所の濁り粒子の沈降促進
汚濁防止枠	グラブ浚渫船等の工事箇所を汚濁防止枠で囲う方法。 汚濁防止枠は、フロート付の方形枠で、枠には汚濁防止膜が設置されており、工事船に接続して使用される。	

表 6-3 汚濁防止装置の設置イメージ

固定式	フロートが発泡ポリスチレンまたは合成樹脂により構成された浮沈機能がない汚濁防止膜である。	
垂下型	海面からフロートでカーテンを垂下するタイプである。	
自立型	海底面からフロートでカーテンを立ち上げるタイプである。	
中間フロート型	干満差が大きい場合にカーテンが干満差に対応できるように中間フロートを取り付けたタイプである。	
通水型	通水性のある材料をカーテンに用いた垂下型のタイプである。	
枠型	鋼管フロートを枠状にし、その周囲にカーテンを垂下するタイプである。	
浮沈式	フロートがゴム等の気密材料により構成された浮沈機能を有する汚濁防止膜である。	
垂下型	海面からフロートでカーテンを垂下するタイプである。	

出典：汚濁防止膜の設計・施工要領 平成 11 年 5 月 海洋工事汚濁防止協会

(b)沈降剤の使用

凝集剤を添加することにより濁りを構成する微細粒子を結合してフロックを形成させ沈降促進を図る。凝集剤の種類使用法を表 6-4 に示す。

表 6-4 凝集剤の種類と使用法

工法	凝集剤の名称	主な使用法
埋立工	無機凝集剤	<ul style="list-style-type: none"> ・ 埋立地の余水の濁水処理にシャワー方式で使用
	高分子凝集剤	<ul style="list-style-type: none"> ・ 埋立地の余水の濁水処理にシャワー方式で使用 ・ 排砂管の浚渫泥水の濁水処理に直注方式で使用
	無機凝集剤 + 高分子凝集剤	<ul style="list-style-type: none"> ・ 埋立地の余水の濁水処理にシャワー方式で使用 ・ 排砂管の浚渫泥水の濁水処理に直注方式で使用

(2)汚濁防止装置による濁りの除去率

汚濁防止装置による濁りの除去率については、汚濁防止膜設置の内側と外側において測定したSS濃度より、次式により表されることがある。

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{S_{out}}{S_{in}} \right) \times 100 \cdots (式A)$$

ここで ε : 除去率 (%)
 S_{in} : 汚濁防止装置内側のSS(mg/L)
 S_{out} : 汚濁防止装置外側のSS(mg/L)

ここで、(式A)に基づく除去率は、汚濁防止装置による内側での濃縮された状態を勘案していないことに留意する必要がある。

なお、既往の環境影響評価(昭和60年4月～平成12年3月に行われた30ha以上の公有水面埋立事業に係る環境影響評価77事例)についてこの除去率の値を調べたところ、汚濁防止対策を実施し、かつ、除去効果を見込んだ事例は41事例であり、また、この41事例うち除去率50%の値が用いられていた事例は38事例と大半であった。

また、この(式A)に基づく除去率について既存の調査データをもとに算定した結果、除去率は40-80%(SS20mg/L以上)であった。

(式A)に基づく除去率について、既存の調査データをもとに算定した例を事例-1に、既存の報告例を事例-2に示す。

また、汚濁防止膜により工事箇所が囲われた状態での汚濁防止膜の効果を現地調査により確認した事例を事例-3に示す。

同事例においては、(式A)に基づく除去率の他に、汚濁防止膜展張範囲内の濁り総量の時間変化に基づいた汚濁防止膜の効果の算定も行っており、その結果も併せて示した。

: 汚濁防止装置内側でのSSが濃縮された状態を勘案した濁りの除去率は、汚濁防止装置を設置しない場合と設置した場合のSS濃度差から、次式により表される。

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{S_s}{S_0} \right) \times 100$$

ここで ε : 除去率 (%)
 S_0 : 汚濁防止装置を設置しない場合のSS(mg/L)
 S_s : 汚濁防止装置を設置した場合のSS(mg/L)

上式により、除去率を表現するためには、濁り発生量、濁り対象土砂の性状、流況、水深などが同一となる条件で、汚濁防止装置を設置しなかった場合と設置した場合の濃度の差に基づいて計算する必要がある。

1) 事例 - 1 横浜港、平良港の調査事例

調査時の条件等について、表 6-5 に示す。

汚濁防止膜効果の表現方法としては、いくつかの方法が考えられるが、ここでは、汚濁防止膜内側の SS と外側の SS とを比較することによって除去率を求めた。

その結果は、図 6-1 に示すとおりであり、平良港における汚濁防止膜内側と外側の SS を一次回帰して得られた近似式の傾きは、約 0.28 となっており、これは内側に対して 0.28 倍の SS が防止膜外側に流出することを示している。つまり、除去率は約 72% となる。

また、横浜港の事例においても、データ数が少ないものの内側 SS と比較して外側 SS は数十%の低下がみられた。

また、同じデータを用いて、前述の(式 A)により求めた除去率と汚濁防止膜内側の SS とを比較し、図 6-2 に示す。

その結果、平良港の事例では、汚濁防止膜の内側の SS が 20mg/L 以下の場合には除去率のばらつきは大きい、20mg/L 以上の値では除去率は 40-80% であった。

横浜港の事例においても、データ数が少ないものの、平良港と同様に除去率 40-80% の値が得られた。

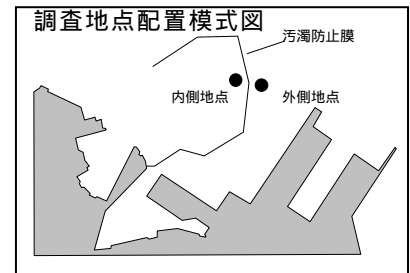
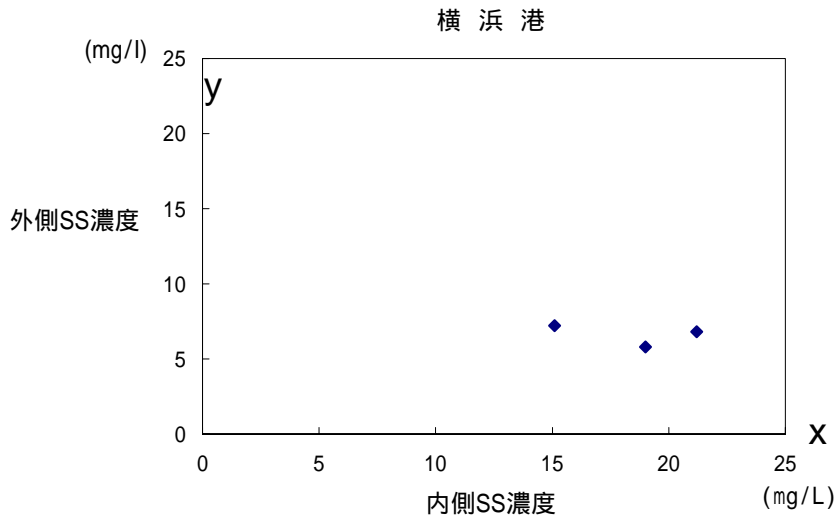
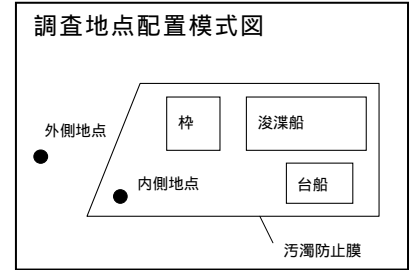
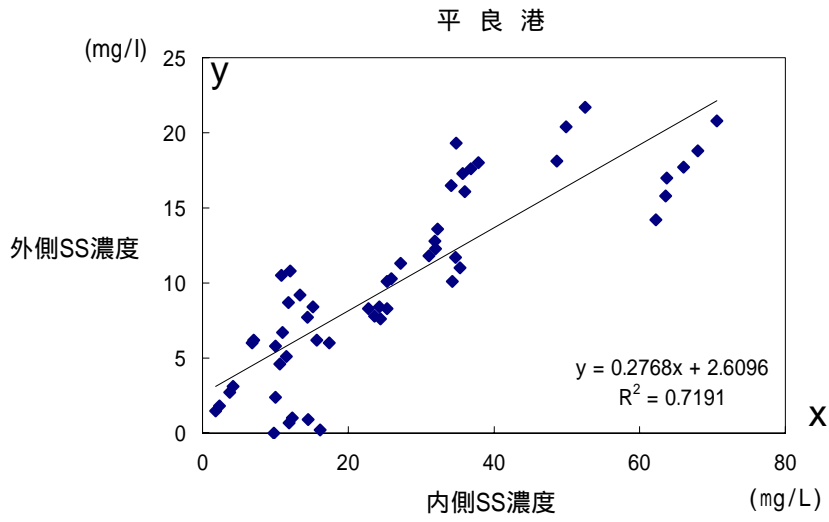
表 6-5 汚濁防止膜効果の検討に用いた既存調査の条件等

施主(当時)	濁りの発生源	水深(m)	流速(cm/s)	出典
平良港	グラブ船による床掘、航路浚渫	床掘：20-25m 航路：2-4m	5 以下	1)
横浜港	グラブ船浚渫	平均水深 9.0m	上層：15～19 下層：3～6	2)

(出典)

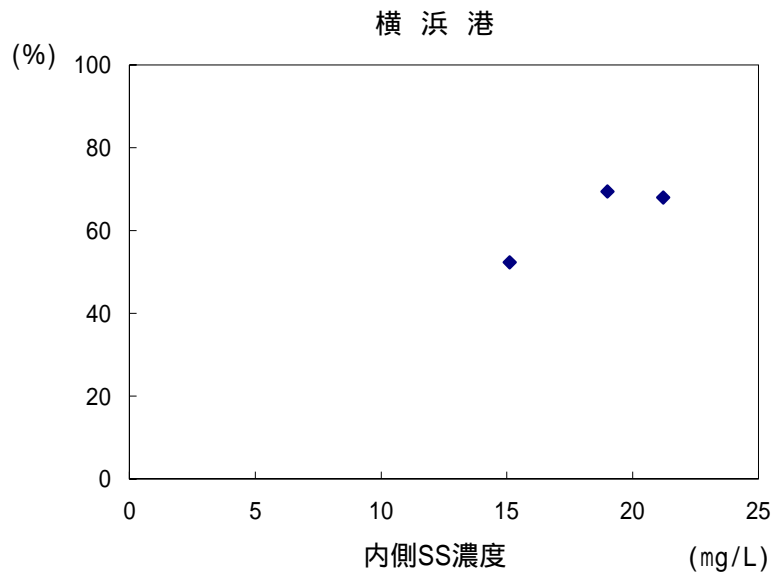
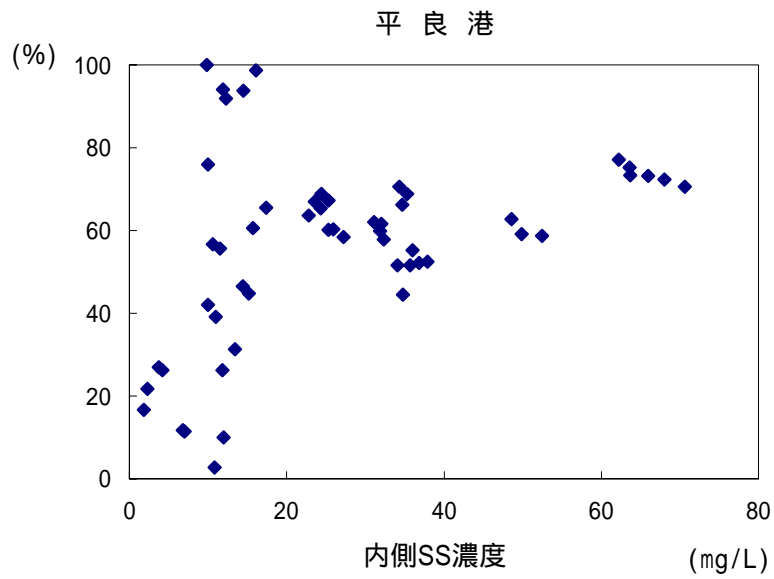
- 1) 平成 4 年度平良港汚濁防止対策技術調査報告書 平成 4 年 11 月 沖縄総合事務局平良港工事事務所
- 2) みなとみらい 21 中央地区 埋立護岸建設工事汚濁調査報告書 昭和 59 年 6 月 30 日 横浜市港湾局みなとみらい 21

：汚濁防止膜内側の濁りは、汚濁防止膜の影響により防止膜を展張しない場合に比べて大きくなることも考えられるが、その程度を適切に設定できる知見がない。そのため、本検討ではそれらを考慮(補正)せず内側の SS をそのまま外側の SS と比較した。



注：横浜港の事例は複数地点の上層、中層、下層の平均を示す。調査地点配置模式図には代表的な地点を示した。

図 6-1 横浜港及び平良港における汚濁防止膜内外の SS 濃度の比較

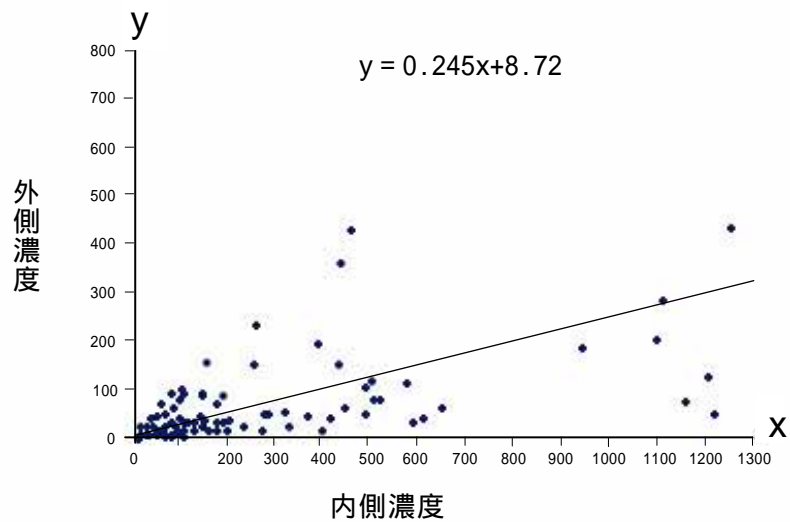


$$\text{除去率 (\%)} = \{1 - (\text{汚濁防止膜外側の SS}) / (\text{汚濁防止膜内側の SS})\} \times 100$$

図 6-2 平良港及び横浜港の汚濁防止膜効果(除去率と内側 SS 濃度)

2) 事例 - 2 除去率整理例

汚濁防止膜効果(内側濁度と外側濁度の比較)を行った事例を図 6-3 に示す。また、この文献によると、平均除去率(内外の比較による)は約 75~80%であるとされている。



出典：岩田尚生(1993)「海洋工事における濁りの発生とその対策」へドロ
No.56.p65-p74.

注：ここでの濁りの指標は、原典のとおり濁度で表示した。

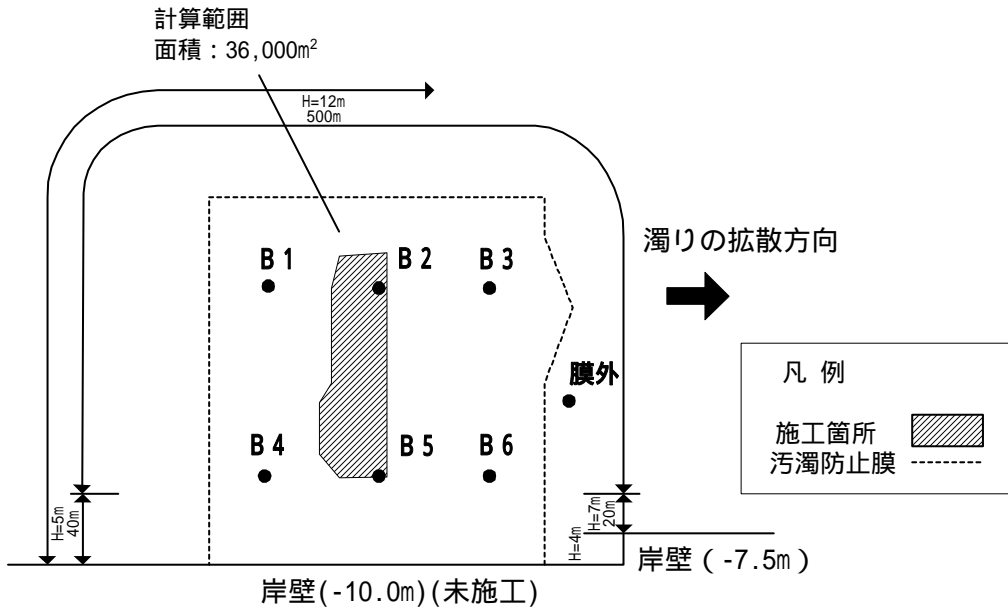
図 6-3 除去率整理例

3) 事例 - 3 石垣港の調査事例

調査時の概況等

出典	「平成 13 年度石垣港濁り発生原単位外 1 件調査報告書」 平成 14 年 3 月 沖縄総合事務局石垣港湾工事事務所
汚濁防止膜仕様	延長 580m 垂下式(海面下 4m、5m、7m、12m)
水深	0.4m-10.4m(汚濁防止膜内深浅測量結果)
流況	流向：岸壁側は SSW を中心とした流れ。沖側は安定していない。流速分布をみると、工事箇所を中心とした時計回りの還流傾向にある。 流速：上層 1.8～19.0cm/s、中層 3.1～12.9cm/s、下層 2.2～11.7cm/s
工種	グラブ(5m ³)浚渫

汚濁防止膜の展張状況及び施工位置



汚濁防止膜内外に位置する地点における調査結果の比較

汚濁防止膜内外の調査地点でのSSを比較した結果を表6-6に示す。

除去率は、各層、各調査時間帯において多少のばらつきはみられるものの、平均は約70%であった。

表 6-6 石垣港の事例における除去率

調査区分	項目 層	SS濃度		除去率 (1-外/内) × 100 (%)
		防止膜内 B6 (mg/L)	防止膜外 (mg/L)	
工事終了後	上層	5.51	0.18	67
	中層	6.33	1.84	
	下層	5.59	3.80	
	平均値	5.81	1.94	
工事終了60分後	上層	5.32	0.66	73
	中層	6.20	0.80	
	下層	4.30	2.80	
	平均値	5.27	1.42	
工事終了120分後	上層	10.80	1.42	81
	中層	8.52	0.24	
	下層	11.40	4.10	
	平均値	10.24	1.92	
工事終了180分後	上層	7.76	1.28	66
	中層	2.02	1.16	
	下層	7.22	3.30	
	平均値	5.66	1.91	

注：SS濃度は、バックグラウンド(BG)値として工事施工前の値(0.5mg/L)を差し引いた値である。

(3)汚濁防止対策検討上の注意事項

1) 浮泥の発生

粒子が沈降して水底面に沈殿した初期は、その含水比が大きく流動状態を呈する。この状態は沈降試験において自重圧密が終わるまでの期間に相当する期間と推察され一般に浮泥と呼ばれる。浮泥は水深の浅い側から深い方へ移動し、また、潮流によっても運ばれる。

浮泥は、シルト・粘土分の多い土砂の浚渫、埋立時に発生しやすいと考えられるが、港湾工事に伴う浮泥の環境への影響について、報告された例はなく、一般には問題とはなっていないものと考えられる。

しかし、浮泥は潮流、波浪の影響で容易に再浮上し、濁りの発生源となる可能性があること、また、再浮上しない場合でも海底に沿って移動することも考えられることから、工事区域近傍に藻場等の影響を受けやすい生物の生息場が存在するような海域で、浮泥が発生しやすい工事を行う場合には、汚濁防止対策検討時に十分留意する必要がある。

2) 潮汐、潮流及び恒流について

潮汐の大きい海域で汚濁防止膜を使用する場合、下げ潮時に防止膜下方を通過して底質を舞い上がらせることがあり注意を要する。また、汚濁防止膜継ぎ手部からの漏水を考慮する必要がある。

濁りは潮流方向に拡散し、流向変化によって往復移動するが全体的にみて恒流成分に相当する距離だけ発生源から遠ざかっていく。汚濁防止対策の計画に際しては、濁りが潮流によって移流することのほか恒流による移流の方向についても濁りの拡散を考慮し、汚濁防止効果を高めるように配慮することが必要である。

6-3 埋立地内における対策

埋立地からの余水を対象に濁りの影響予測を行う際には、余水の当該地区における環境監視のための管理目標水質を設定の上、負荷量を算定することが行われる。

埋立工事は、この管理目標水質を満足できるよう計画する必要がある。

基本的には埋立地を沈殿池として活用し、埋立土砂投入により発生した濁りを沈降させることにより、余水排水濃度が管理目標水質を満足できるよう計画する必要がある。

その基本的な計画の考え方の流れは、図 6-4 に示すとおりである。

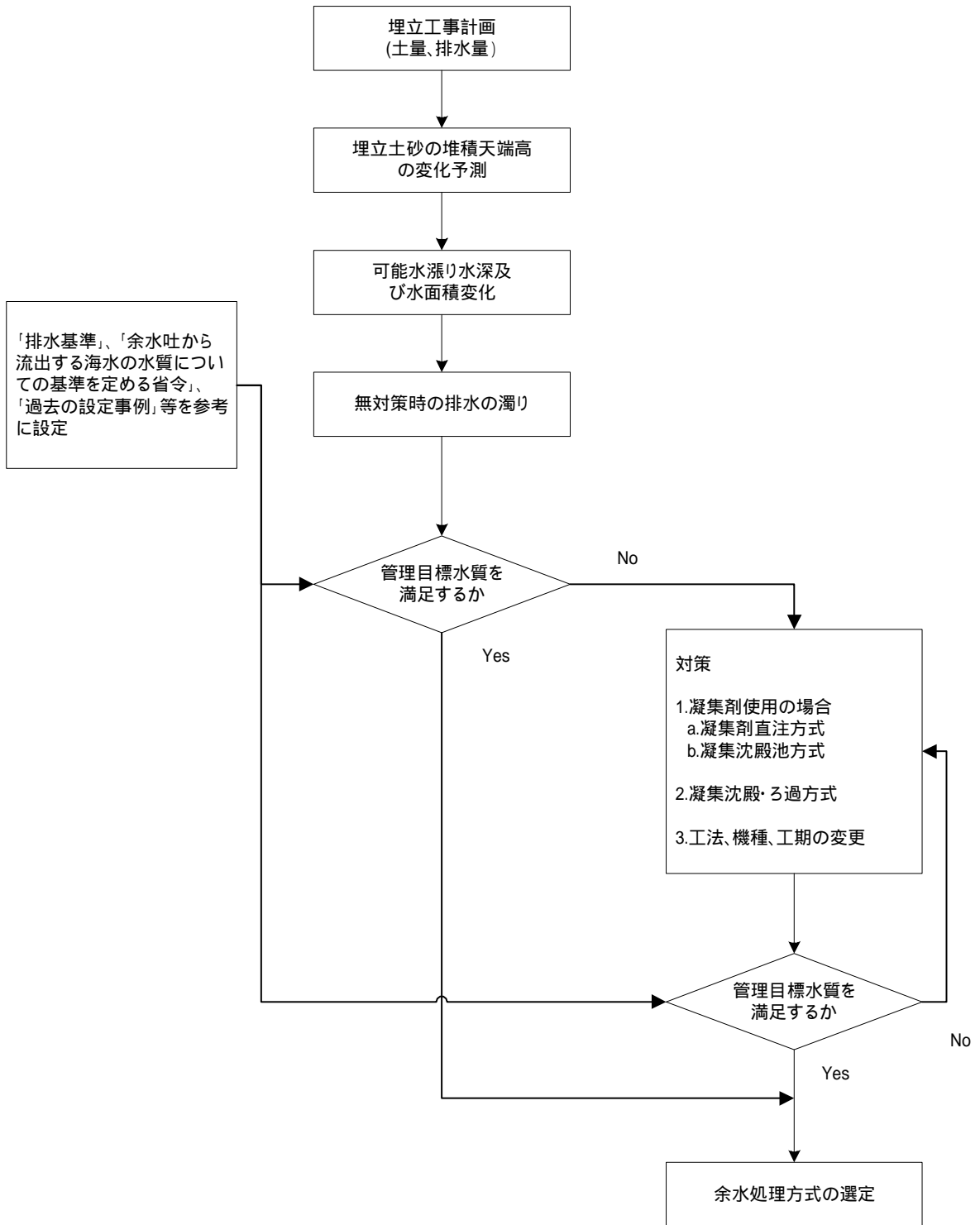


図 6-4 余水処理対策の検討フロー

(1)埋立泥の自重圧密計算

埋立地における埋立泥天端は、図 6-5 において実線 H のように変化する。この埋立泥天端 H を予測するには、初期条件 H_0 を基本として、次の計算を行う。

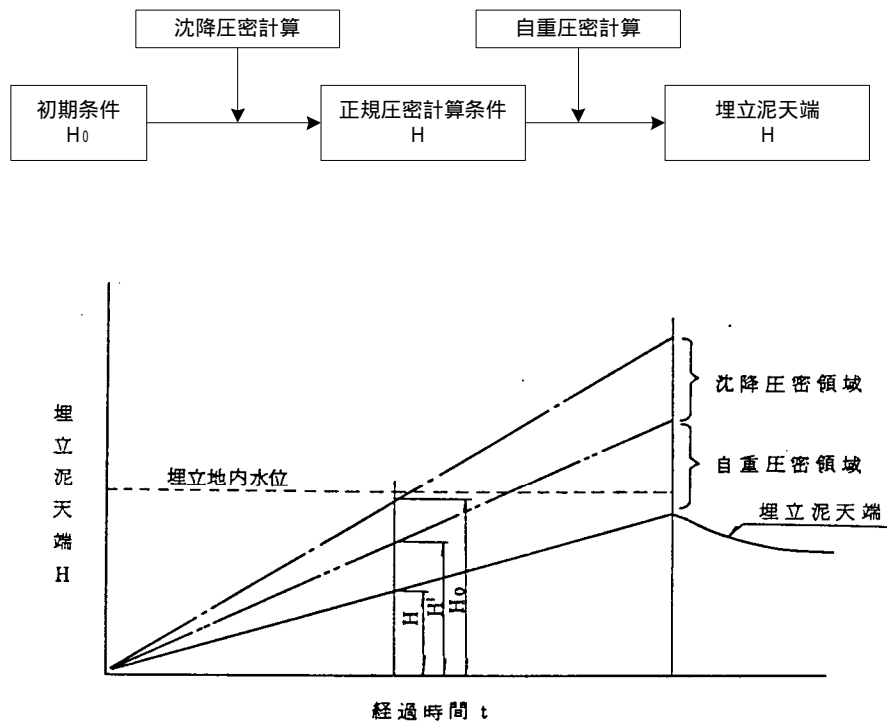


図 6-5 埋立泥天端の変化

初期条件 H_0 は、埋立泥表層泥の最終圧密状態に相当し、図 6-6 のような沈降試験における沈殿堆積泥の間隙比 e_0 により与えられる。

沈降圧密領域は、圧密速度が一般の圧密理論に従わない範囲で、初期条件 H_0 から一般の圧密計算式を用いて計算すると圧密時間が大となり、実際の埋立泥天端高よりも高い値 H が得られ、埋立終了後の沈下予測値にも見込み違いが生じる。埋立泥の自重圧密計算は次の手順による。

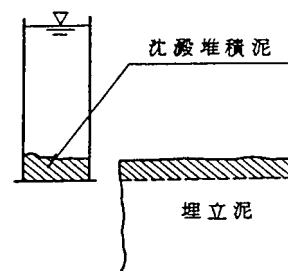


図 6-6 沈降試験との関係

1) 沈降圧密領域の計算

$$S_1 = K_0 \frac{\gamma'_{t0}}{\gamma_w} \cdot t$$

$$H = H_0 - S$$

$$\xi = \frac{H'}{H_0} = \frac{1+e'}{1+e_0}$$

ここに

- S_1 : 沈降圧密の沈下量
- K_0 : 初期透水係数
- γ'_{t0} : 初期単位体積重量(水中) = $\gamma_{t0} - \gamma_w$
- γ_w : 水の単位体積重量
- t : 時間
- H' : 沈降圧密終了時の埋立泥層厚
- H_0 : 初期埋立泥層厚
- ξ : 体積変化率
- e_0 : 初期間隙比
- e' : 沈降圧密終了時の空隙比

出典：土と基礎 27-4「圧密沈下を考える」土質工学会 1979 他

2) 自重圧密領域の計算

$$S_2 = \frac{e' - e}{1 + e'} \cdot H'$$

$$t = \frac{H'^2}{C_v} \cdot T_v$$

ここに

- S_2 : 自重圧密領域での沈下量
- e : 最終空隙比
- e' : 沈降圧密後の空隙比
- H' : 沈降圧密後の埋立泥層厚
- t : 圧密時間
- C_v : 圧密係数
- T_v : 時間係数

上記 1)、2)の計算により初期層厚 H_0 からの沈下量 ($S_1 + S_2$) が求まり、埋立泥天端高の年次変化図が作成できる。

(2) 可能水張り水深及び水面積の変化

埋立泥天端高の変化に基づき、埋立地内の可能水張り水深 (d_1, d_2) と水面積 (流下距離 $l \times$ 埋立地幅 B) が図 6-7 に示す形で設定できる。

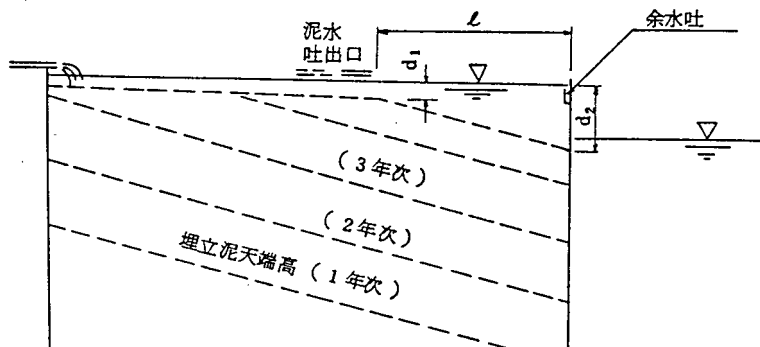


図 6-7 埋立泥天端高の変化と水張り水深模式図

水中において埋立泥の堆積勾配は経験的に次の値が得られている。

粘土質土砂の堆積勾配 1/50 ~ 1/500

砂質土砂の堆積勾配 1/5 ~ 1/50

次に上記の埋立地内の水面積、水張り水深に対して、余水吐からの排水濃度 (SS で表示) を予測する方法として、一般に次に示す水面積負荷法が用いられている。

1) 水面積負荷法

(a) ハーゼン・フェアの沈殿除去式

$$E = 1 - \left\{ 1 + \frac{1}{n} \cdot \frac{v}{Q/A} \right\}^{-n}$$

ここに、

- E : 沈降速度 v の粒子の除去率 (%)
- n : 池の混合の程度を示す定数
- v : 粒子の沈降速度 (m/s)
- Q : 流量 (m³/s)
- A : 沈殿池の床面積 (m²)
- Q/A : 表面負荷率 (m/s)

(b)実験式

a) 水面積負荷 $u < 0.05\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ の時

$$R = 100 \times 10^{(A_0 u + B_0 u)}$$

$$A_0 = 27.6581 \log V - 25.726$$

$$B_0 = 0.2851 \log V - 0.289$$

b) 水面積負荷 $0.1 > u > 0.05\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ の時

$$R = A_1 \cdot \log u + B_1$$

$$A_1 = 0.62(\log V)^2 + 38.97 \log V - 37.51$$

$$B_1 = 0.97(\log V)^2 + 67.25 \log V + 34.76$$

ここに、

- R : SS 除去率 (%)
 V : 平均沈降速度 (m/h)
 u : 水面積負荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)

(3)凝集剤使用の場合の対策

余水処理方法として大別すると、次の方法が挙げられる。

- ・ 埋立地自体で処理する
- ・ 埋立地のほかに沈殿池を設ける
- ・ 埋立地のほかに沈殿池と機械装置(ろ過器等)を設ける

それぞれの方法の概要は、以下に示すとおりである。

1) 対策の概要

(a)埋立地自体で処理する方法

埋立地が十分大きく、汚濁の沈降速度に比し、滞留時間が十分大きく取れる場合に埋立地内で汚濁を沈降させてしまうもので、排水規制が緩やかな場合はこの方法がとられる。しかし、埋立初期には汚濁流出防止が効果的に行えるが、埋立後期になると余水吐付近まで土砂が埋立てられ、汚濁は余水吐より流出することになる。したがって、埋立て後期には何らかの余水処理を行う必要がある。

a) 自然沈殿

広大な埋立処分地がある場合及び埋立土の大部分が細砂以上の粒度の場合に行われる。埋立地を効率よく使用するために埋立地内で汚濁防止膜を使用する場合もある。

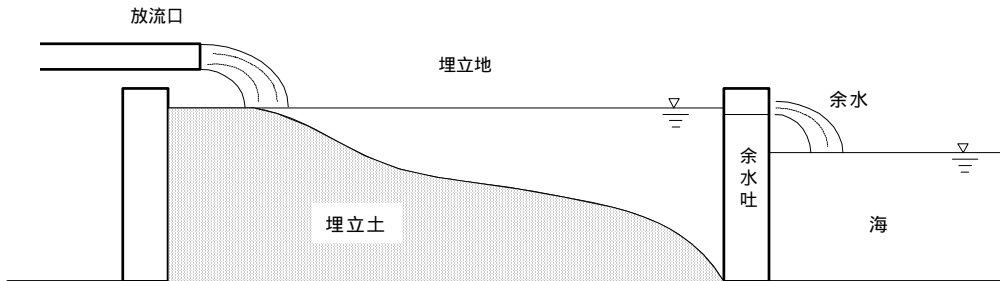


図 6-8 自然沈殿

b) 凝集沈殿

埋立地の大きさにある程度の制限を受けたり、埋立土にシルト・粘土粒子が含まれている場合には自然沈殿だけでは完全に沈降除去できない。そこで、排砂管の浚渫泥水に直接凝集・沈降剤を添加(直注方式)し、埋立地内での沈降を促進する。

a) と同様汚濁防止膜を併用する場合がある。

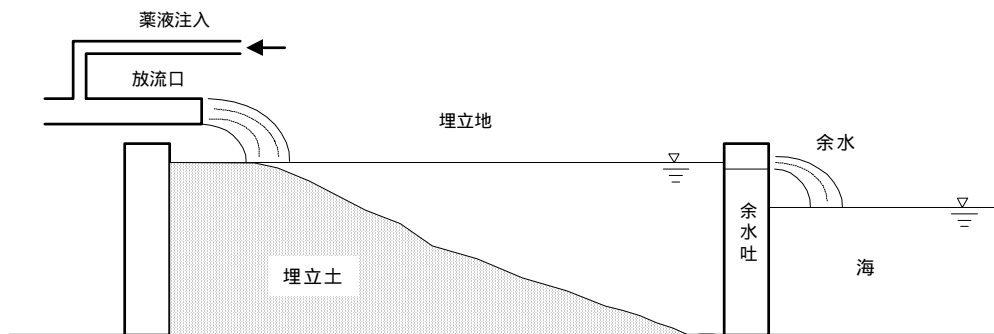


図 6-9 凝集沈殿

(b)埋立地のほかに沈殿池を設ける方法

埋立地自体で処理をしようとするれば埋立後期には余水吐より汚濁水が流出するおそれがある。このような欠点をなくすために埋立地のほかに沈殿池を設け、埋立地からの余水の懸濁粒子を沈殿池で除去するものである。ただし、沈殿池に堆積された懸濁粒子はある一定期間ごとに除去し、埋立地などに戻し、常に沈殿池の機能を持続させる必要がある。

a) 自然沈殿

埋立地を数区画に分割し、または仕切って濁りの拡散を防ぎながら徐々に埋立を行う。埋立地及び沈殿池を効率よく使用するために汚濁防止膜を使用する場合もある。

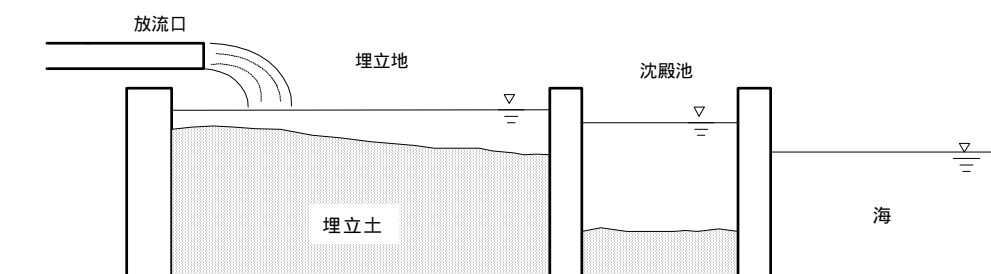


図 6-10 自然沈殿

b) 凝集沈殿

(a) b) と同様に、沈殿池の大きさにある程度の制限を受け、埋立地より流出する余水に懸濁粒子が含まれ、自然沈殿だけでは完全に除去できない場合には埋立地より流出する余水に凝集・沈降剤を添加(シャワー方式)し、沈殿池内での沈降を促進する。

さらに厳しい排水基準に対応するために、前述の浚渫泥水に直接凝集・沈降剤を添加する直注方式とシャワー方式とを併用することもある。

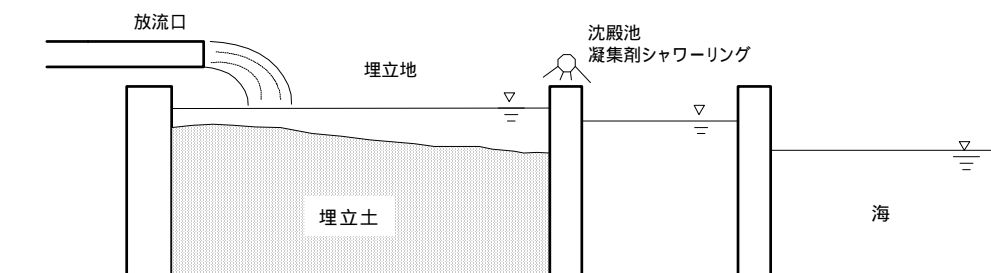


図 6-11 凝集沈殿

(c)埋立地のほかに沈殿池及び機械装置を設ける方法

(a)、(b)の方法で埋立地から沈殿池に放流される余水の SS 濃度は 30 ~ 100mg/L が限度である。しかしながら、排水規制が厳しい場合や除去底質に有害物質が含まれている場合には、排水基準を満足できないことが生じる。そこで、沈殿池からの余水を凝集沈殿濾過槽等でより厳しい排水規制に対応しなけ

ればならない。しかし、この方法を採用するに当たっては膨大な設備費、運転費を要するため特定の工事に限って使用される。

2) 凝集剤の種類

凝集剤は、その構造により無機凝集剤と有機高分子凝集剤(一般に高分子凝集剤という)に区分される。

(a)無機凝集剤

無機凝集剤の主なものは、表 6-7 に示すとおりである。

建設工事で用いられている無機凝集剤はポリ塩化アルミニウム(PAC)、ポリ塩化第二鉄(PFC)、硫酸アルミニウムなどである。

表 6-7 無機凝集剤の分類

種別	分類		薬品名	略号	規格	最適 pH 範囲
	区分	細別				
凝集剤	無機高分子系	アルミニウム塩	ポリ塩化アルミニウム	PAC	JIS K 1475	6.0 ~ 8.5
			ポリ硫酸アルミニウム	PAS		6.0 ~ 8.5
		鉄塩	ポリ塩化第二鉄	PFC		4.0 ~ 11
			ポリ硫酸第二鉄	PFS		4.0 ~ 11
	無機低分子系	アルミニウム塩	硫酸アルミニウム	AS	JIS K 1450, K1423	6.0 ~ 8.5
			塩化アルミニウム	AC		6.0 ~ 8.5
			含鉄硫酸アルミニウム	MIC		6.0 ~ 8.5
			アンモニウムミョウバン	AA	JIS K 1472	6.0 ~ 8.5
			カリウムミョウバン	KA	JIS K 1473	6.0 ~ 8.5
		鉄塩	硫酸第一鉄		JIS K 1446	8 ~ 11
			硫酸第二鉄	FS		4.0 ~ 11
			塩化第二鉄	FC	JIS K 1447	4.0 ~ 11
			塩化コッパラス			4.0 ~ 11
		亜鉛塩	塩化亜鉛	ZC	JIS K 1428	9 ~ 10.5
			硫酸亜鉛	ZS		9 ~ 10.5
		マグネシウム塩	酸化マグネシウム			9.5 ~
	炭酸マグネシウム			JIS K 1413	9.5 ~	
	金属電解生成物	その他	電解水酸化アルミニウム			6.0 ~ 8.5
			電解水酸化鉄			6.0 ~ 8.5

出典：建設工事に伴う濁水対策ハンドブック 昭和 60 年 1 月 社団法人日本建設機械化協会

(b)高分子凝集剤

高分子凝集剤は化学構造、水溶液中でのイオン性、重合度、活性基等の違いからその種類も多い。主なものは、表 6-8 に示すとおりである。

建設工事で用いられている高分子凝集剤は主にノニオン性、アニオン性のポリアクリルアミドである。

表 6-8 高分子凝集剤の分類

分類		イオン性		
		ノニオン	アニオン	カチオン
天然高分子	デンプン系		コンスターチ デキストリン 各種デンプン	
	マンナン		コンニャク	
	海藻類		アルギン酸ソーダ 寒天、ふのり	
	植物粘質物	グアーゴム、トラガン、トゴム、ガラヤゴム、アラビアゴム		
	微生物による粘質物		デキストラン レーブン	
	タンパク質系		ゼラチン(アルカリ側) ニカワ(アルカリ側) カゼイン	ゼラチン(酸性側)、キトサン、ニカワ(酸性側)、キチン
半合成高分子	セルロース系	ヒドロキシエチルセルロース(HEC)	カルボキシ・メチル・セルロース(CMC)	
	デンプン系		カルボキシメチルデンプン(CMS)	ジアルデヒド・デンプン 変性カチオニックデンプン
合成高分子	重合型	ポリアクリルアミド ポリビニルアルコール ポリアクロレイン	ポリアクリル酸ナトリウム ポリアクリルアミド部分加水分解物 ポリアクリルニトリル部分加水分解物 ポリスチレンスルホン酸ソーダ マレイン酸共重合物	ポリアクリルアミドのカチオン変性物 ポリピニルピリジン塩酸塩 ポリビニルイミダゾリン ポリビニルベンジン・トリメチル・アンモニウムクロライド ポリアミノアクリレート ポリジメチル・ジアリル・アンモニウムクロライド
	縮合及び重縮合型	ポリオキシエチレン ポリオキシプロピレン 水溶性尿素樹脂		ポリエチレンイミン ポリエチレン・アミノ・トリアゾール ポリアルキレンポリアミン・エピクロルヒドリン縮合物 ポリチオ尿素酢酸塩 水溶性アニリン樹脂

出典：建設工事に伴う濁水対策ハンドブック 昭和 60 年 1 月 社団法人日本建設機械化協会

3) 凝集剤処理による沈降速度

濁水中の懸濁態の粒子の沈降速度は、一般に粒子の大きさ、構成、分布、密度、凝集性状などによって変化するため、理論的に求めることは困難で、通常、凝集沈降試験を行い推定する。

(a) 単一粒子の場合

単一粒子の沈降速度を求める式としては、次のような式があり、懸濁態の粒子の沈降は、通常ストークスの式が適用される。

ストークスの式による粒子径と沈降速度の関係は、おおむね表 6-9 のとおりである。

$$Re < 1 \quad v_t = \frac{(\rho_s - \rho)g}{18\mu} \cdot D^2 \quad \text{ストークスの式}$$

$$1 < Re < 500 \quad v_t = \left\{ \frac{4}{225} \cdot \frac{(\rho_s - \rho)^2 g^2}{\rho\mu} \right\}^{1/3} \cdot D^2 \quad \text{アレンの式}$$

$$500 < Re \quad v_t = \left\{ \frac{3(\rho_s - \rho)gD}{\rho} \right\}^{1/2} \quad \text{ニュートンの式}$$

ここに、

V_t : 粒子の終末速度 (cm/s)

ρ_s : 粒子の密度 (g/cm³)

ρ : 液体の密度 (g/cm³)

μ : 液体の粘性係数 (g/cm・s)

D : 粒子径 (cm)

g : 重力の加速度 (cm/s²)

Re : レイノルズ数 $\frac{\rho D v_t}{\mu}$

表 6-9 土粒子の直径と沈降速度

直径 (mm)	沈降速度 (mm/s)	直径 (mm)	沈降速度 (mm/s)	直径 (mm)	沈降速度 (mm/s)
0.10	6.9	0.03	0.62	0.006	0.025
0.09	5.6	0.02	0.28	0.005	0.017
0.08	4.4	0.015	0.155	0.004	0.011
0.07	3.4	0.010	0.069	0.003	0.0062
0.06	2.5	0.009	0.056	0.002	0.0028
0.05	1.7	0.008	0.044	0.0015	0.00155
0.04	1.1	0.007	0.034	0.001	0.00069

注：1)土粒子の比重 2.65
 2) $\mu = 0.0131\text{g/cm} \cdot \text{s}(10^{-3})$

(b)凝集剤処理の土粒子

a) 管注方式による添加処理時の沈降速度

参考として、浚渫泥土をもとにした室内凝集試験結果データの例を示す。

表 6-10 管注方式による添加処理時の沈降速度の例

高分子凝集剤 (添加量 ppm)	沈降速度 (m/h)
2	0.8
2.5	1.2
3	1.7
4	2.9
5	4.3
6	6.2
7	8.2
8	10.5
9	13.0
10	16.0

注：SS 98, 300mg/L の浚渫泥水に
 対する高分子凝集剤の添加量と
 沈降速度を示す。

b) シャワー方式による添加処理時の沈降速度

参考として、浚渫泥土をもとにした室内凝集試験結果データの例を示す。

表 6-11 シャワー方式による添加処理時の沈降速度の例

高分子凝集剤 (添加量 ppm)	沈降速度 (m/h)
1	10
2	30

注：SS 1,000mg/L の浚渫泥水に対する高分子凝集剤の添加量と沈降速度を示す。

(4) 工法、機種、工期の変更

前記の対策を検討し、なお問題がある場合は、次の方法の検討を行う。

- a) 含泥率を上げる：ポンプ浚渫船の含泥率を上げることにより上澄水(含水)の濁りを減じる。
- b) 機種の変更：高含泥率機種に変更することにより上澄水の濁りを減じる。
- c) 施工速度を落とす：余水処理水量を減じ、濁りの発生量を低減する。

余水排水の濁りは、埋立泥の体積変化率とも関係してくるため、工期を延長することにより、体積変化率を減じ、水張り水深を保持する方法もとられる。