

## 資料 - 5 濁り発生原単位調査計画(案)の解説(「5.濁り発生量の算定」関連)

「旧濁りマニュアル」改訂にむけて平成 13～15 年度に全国で行われた濁り発生原単位現地調査の標準形とした調査計画及びその解説を以下に示す。

本調査計画・解説は、今後も同様な濁り発生原単位調査を実施する際の調査項目、調査地点配置等を勘案する際の一助となるよう示すものであるが、「5-1 前提条件」にも示すように、対象海域の特徴、対象工事の施工量等によって調査地点、頻度等の調査内容を適宜見直す必要がある。

### 5-1 前提条件

ここで示す調査計画(案)は、多くの工事を対象に濁り発生原単位調査を実施することを前提に、調査方法や解析方法に関しての統一のとれたデータを取得するための手法を提示するものである。

ただし、対象海域の特徴、対象工事の施工量等によっては、調査地点、頻度、調査層数等の調査内容を見直す必要がある。

#### 【解説】

濁り発生原単位調査は、基本的には一様な濁りの拡散を前提として、水質と潮流の観測値から、SS 発生量を計算する手法をとるため、現地の自然条件によって得られる結果の精度が大きく変わることが考えられ、対象海域の選定が重要な要素となると考えられる。

本濁り発生原単位調査計画(案)では、以下のような自然条件を基本としており、そのような条件にあてはまらない海域で、濁り発生原単位調査を実施する場合には、対象海域の特徴に応じ、調査内容を見直す必要がある。

- ( 1 ) 水深：通常の施工実態を代表するような水深であることが望ましい。(水深 10m 前後を目安とする)また、調査海域内の水深は、SS 発生量の算定において誤差を少なくするため、大きな変化がないことが望ましい。
- ( 2 ) 流況：極端に速い流速や潮流の変化の大きな海域は避けることが望ましい。  
(流速 10cm/s 程度を目安とする)
- ( 3 ) 地形：施工場所が港湾構造物等に近すぎて、発生した濁りが構造物等により反射したりするような地形は避けることが望ましい。

## 5-2 調査対象工事

調査対象工事は、汚濁防止膜等が設置されていない工事を基本とするが、施工範囲に汚濁防止膜が設置されている場合や施工箇所周辺（グラブの周囲など）に汚濁防止枠が設置されている場合も調査対象とする。

### 【解説】

平成 13 年度～15 年度において多くの濁り発生原単位現地調査が実施された。今後、さらなる原単位の整備が求められる工事は、次の工種である。

- ・土砂投入工事(大型土運船、リクレーマ船、アンローダー船、砂撒船)
- ・地盤改良工事(深層混合処理船)

また、上記以外の工事でも、できるだけ多くの濁り発生原単位調査データを集積する必要があると考えており、濁り発生原単位調査の対象としていくことが必要である。

## 5-3 調査項目

調査項目は、次のとおりとする。

- ・流況、
- ・水質(SS、濁度)
- ・粒度組成（濁り対象土砂）
- ・水深

### 【解説】

#### (1)水質（SS、濁度）

SS は、SS 発生量算定に用いる基礎データとして調査を行う。

濁度は、濁度計を用い連続観測を行うが、現場で濁りの拡散状況を確認（配置した調査地点で濁りをとらえられていることを確認）するとともに、濁りの経時変化を把握するため行う。採水時が代表的な時間であったか確認できるよう

#### (2)流況（流向流速）

流向・流速は、SS 発生量算定に用いる基礎データとして調査を行う。

#### (3)粒度組成：濁り対象土砂の粒径加積曲線

濁り対象土砂の粒度組成は、基準発生原単位の算定時に用いる基礎データとして、また、得られた原単位がどのような土砂を対象にしたものかを明らかにするため、調査を行う。

#### (4)水深

水深は、SS発生量算定に用いる基礎データとして調査を行う。

#### 5-4 調査地点

調査地点は、工事により発生した濁りが調査地点において確認できるよう配置する必要がある。

#### 【解説】

調査地点の基本的な配置案は、図 5-1 に示すとおりである。

これは、「5-1 前提条件」の解説において示した自然条件での配置の案であり、前提とする条件と大きく異なる海域で調査を行う場合には、その海域の自然条件の特性を勘案して、発生した濁りがとらえられるよう、調査地点を配置する必要がある。

調査地点配置の基本的な考え方は、以下に示すとおりである。

#### (1)調査地点(定点)の配置について

工事箇所と調査地点(調査船)の距離は、できるだけ近い方が濁りを高濃度で測定できると考えられ、また、調査地点の間隔も小さくなり調査精度の向上のためには望ましいと考えられる。

しかし、対象とする工事船は、通常の施工状態にあることから、調査の安全面も配慮する必要があることから、工事船の大きさや施工内容、係留方法などの状況を勘案し、できるだけ近くでかつ安全に調査できる等距離の円周上に調査地点(定点)を配置することが基本となる。

工事船舶の大きさ、作業状況を勘案した調査地点配置の例を図 5-2 に示す。

ただし、図 5-2 は、標準的な例として示したものであって、調査地点の位置は、個々の工事において対象工事船の規模・係留方法・作業状況など工事の状況を勘案して、設定される必要がある。

#### (2)調査地点(補助調査地点)の配置について

濁りの流下する方向での調査精度を高めるため、本調査計画(案)では、補助調査地点を1点設定することとしている。

この補助調査地点は、濁りの流下方向を見定めた上で配置する必要があるが、調査前日や調査当日に、簡易的に潮流を観測(ポータブル流速計を用いたり、浮子を用いて観測)の上、濁りが拡散していく方向を想定し、濁りの拡散方向の調査定点から等距離の円周上に設定する。

### (3) 調査地点配置の柔軟性について

- ・調査地点配置の基本的考え方は、以上のとおりであるが、実海域での現象は机上では推察しきれないことも多いことを踏まえると、調査対象海域の流況や濁りの拡散に関する情報が少ない場合や「5-1 前提条件」に示した自然条件と異なるような場合、前日の事前調査時に濁りの拡散範囲を濁度観測により確認の上、調査地点の配置について調整を行ったり、調査中においても濁度の観測結果をふまえ、調査補助点を移動させるなどの対応をとるなど、濁りの観測もれがないよう工夫することが必要であると考えられる。
- ・本調査計画(案)では、工事による濁りの拡散方向が、一般には上層、中層、下層で一様ではないと考え、円周上に調査地点を配置することとしている。しかし、事前に工事による濁りの拡散が、上層、中層、下層とも一方向であることが明らかな場合には、流下方向のみ半円状に調査地点を配置することも考えられる。

### (4) 流況調査を行う地点について

流向・流速データは、濁り発生原単位を算定する上で重要なデータである。

本調査計画(案)では、流況調査地点は、4点(定点で3点、補助点で1点)としている。これは、1点のデータでは、データの代表性を確認することができないと考えられるためである。

なお、本調査計画(案)では、「5-1 前提条件」の解説において示したとおり、調査海域における流向・流速がほぼ一様な状況を想定しており、調査地点により流向・流速の状況が大きく異なることが想定されるような場合には、4点以上の地点で調査を行うことも考えられる。

### (5) 水質(SS・濁度)調査を行う地点について

SSは濁り発生原単位を算定する上で重要なデータである。また、濁度観測は、調査地点で、工事による濁りをとらえられているかどうかを現場で判断するため、また、濁りの経時変化を連続的に把握するため実施するものとする。

本調査計画(案)では、SS調査地点は7点(定点で6点、補助点で1点)、濁度調査地点は3点(定点で3点)としている。これは、1点のデータでは、1点では、濁りの拡散状況によっては、工事による濁りを観測できない可能性があるためである。

なお、現地の濁度観測において、工事による濁りが確認されないような場合には、その理由(調査地点間を濁りが流出していないか、調査地点が工事箇所から離れすぎていないか、工事による濁りが発生していないか、など)を推察の上、調査地点の位置を変更したり、調査時間帯を変更したり、現場において可能な対策がとることが重要である。現地の判断において、取りうる対策がない場合においても、その理由を現場において推察されることが重要である。

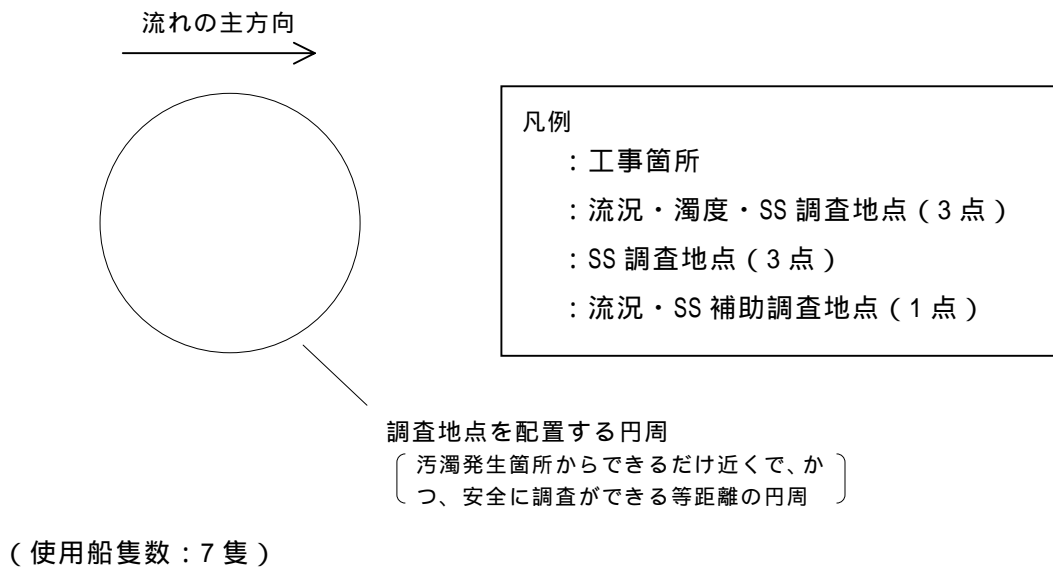
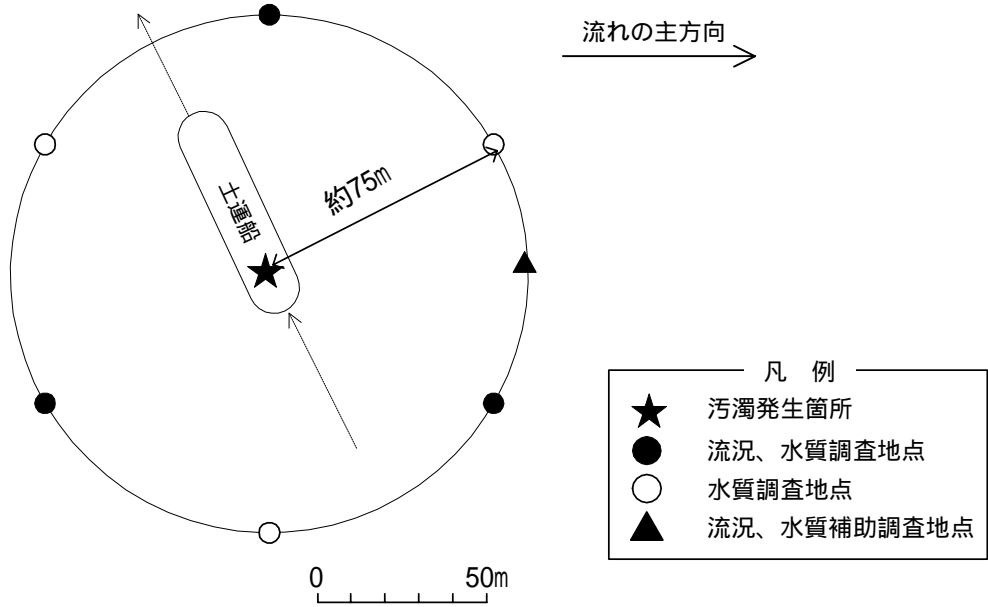


図 5-1 基本的な調査地点の配置

大型土運船 (600m<sup>3</sup>以上、船長80m) の場合の例



リクレーマ船 (船長70m) の場合の例

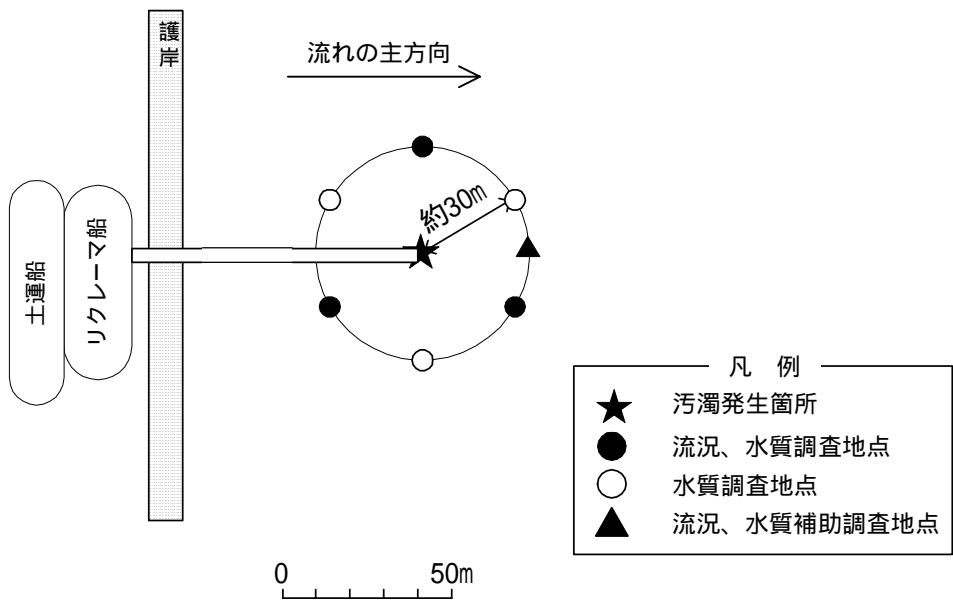
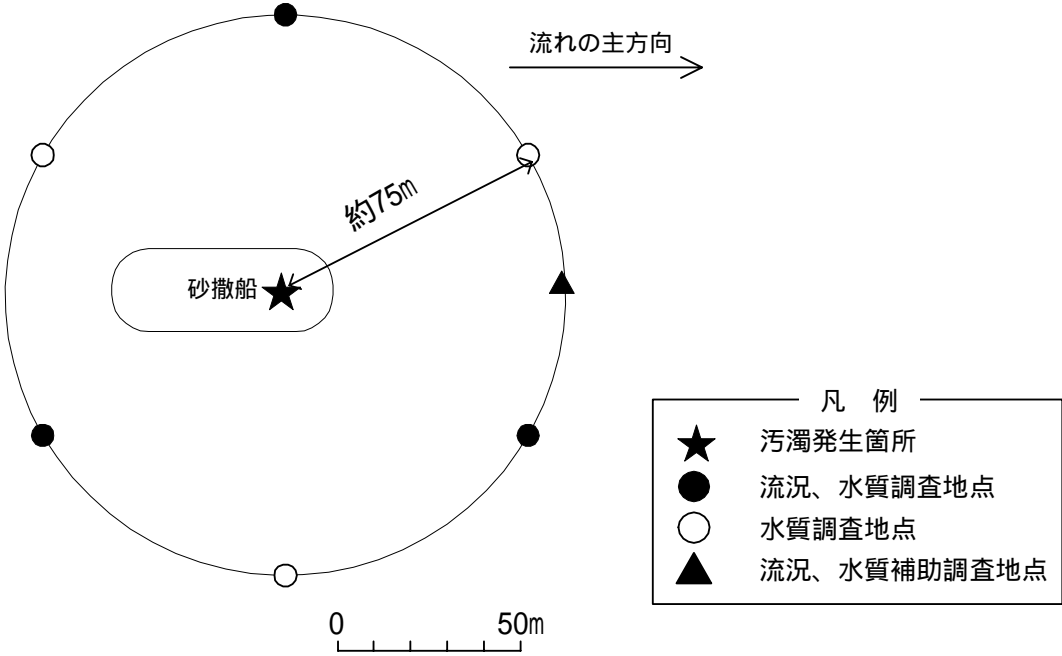


図 5-2(1) 調査船配置イメージ

砂撒船(船長60m)の場合の例



深層混合処理船(船長55mの場合)の例

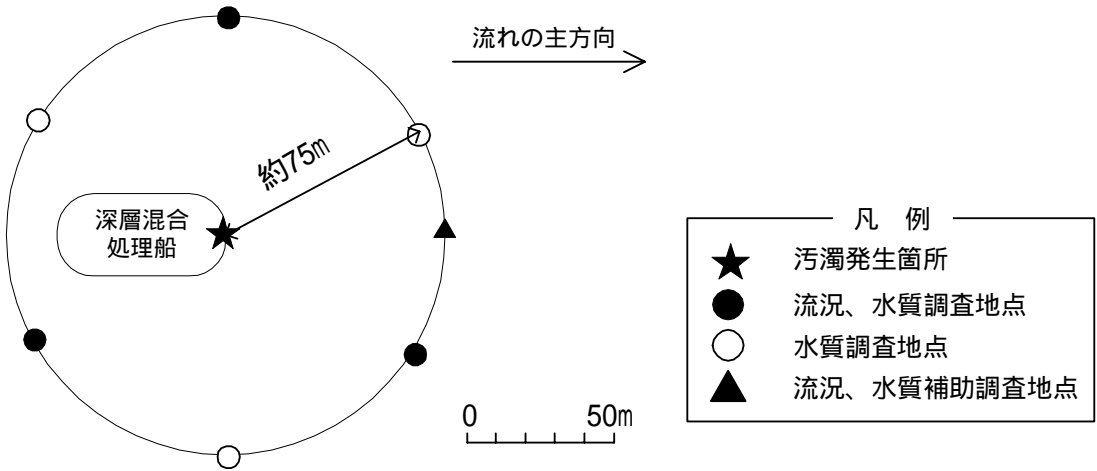


図 5-2(2) 調査船配置イメージ

## 5-5 調査層

調査層は、基本的に3層とし、上層(海面下1m)、中層(調査海域の平均水深の1/2)、下層(海底面上1m)とする。

ただし、水深4m以浅の場合には、2層の観測とする。

### 【解説】

#### (1) 調査層の基本的考え方について

調査層を基本的に3層としたのは、以下の理由による。

濁りの発生位置は、水底土砂の浚渫や土砂投入工などの場合、海底付近で発生する量が多いと考えられる。また、ドラグ浚渫などの場合には、上層で濁りが発生する量が多くなることも考えられる。

一般に濁りを発生する工種について考えた場合、中層での濁りの発生も考えられるが、上層や下層に比較すると、特に中層で濁りの発生量が大きくなるような工法は考えにくいことから、上層と下層及びその中間の層(中層)の3層に区分し調査を行うことを基本とした。

調査層厚の設定は、上層、下層は、濁りの発生量が大きく、水深により濁りの程度が大きく異なることが予想されることから、調査精度を高めるため、層厚を2mとし、調査位置はその中間の水深(上層の場合:海面下1m、下層の場合:海底面上1m)とし、上層と下層の間の中層は、比較的均一な濁りの発生状況であることが予想されることから、平均水深の1/2で調査するものとした。

#### (2) 調査地点配置の柔軟性について

上記の考え方は、あくまでも基本的な考え方であり、調査層は、現地海域の水深、対象とする工事による濁りの発生状況を踏まえて設定することが重要である。

具体的には、必要に応じて前日の事前調査時に濁りの拡散範囲と水深の関係を濁度観測により確認し、調査層の妥当性を確認するような工夫が行われることが必要であると考えられる。



## 5-6 調査頻度

各調査項目の調査頻度は、次のとおりとする。

(流況・SS) 着工前、着工後 10 分、20 分、30 分、40 分、60 分、120 分

(濁度) 着工前から着工後 120 分まで連続観測

なお、調査時間帯は、流速が 5cm/s (0.1 ノット)～15cm/s (0.3 ノット)になる時間帯に設定する。

### 【解説】

#### (1) 流況・SS の調査頻度の基本的考え方について

着工前の調査は、濁り発生量の解析の際にバックグラウンド濃度として用いることを想定しているものである。

着工後の調査時間間隔は、流速が 5cm/s～15cm/s の場合、流下距離は 30m～60m 程度となり、おおむね 10 分後には、調査地点に濁りが達することが想定されることから着工後 10 分を工事による影響の調査の開始時間としている。

また、既往の調査事例<sup>1)</sup>によると単独の工事による影響は、工事箇所から 50m 離れた地点では、50～100 分で工事による影響は 0 となるとされていること等をふまえ、着工後 2 時間までを調査の対象とした。

#### (2) 濁度の調査頻度の基本的考え方について

濁度については、連続的に観測を行うこととしている。

これは、調査時間中の濁度の経時変化を把握し、流況・SS の観測を行った時間帯の濁りの状況が、異常な状況にないこと(流況・SS の観測時間帯において、異常に濁度が高かったり、低かったりしないこと)を確認するものである。

#### (3) 調査頻度設定の柔軟性について

調査頻度設定の基本的考え方は、以上のとおりであるが、前日の事前調査時に工事着工後の濁りの拡散状況を濁度観測により確認し、計画している調査頻度で濁りを把握できることを確認するなどの工夫を行うことが必要であると考えられる。

なお、本調査計画(案)では、「5-1 前提条件」の解説において示したとおり、調査海域における流向・流速がほぼ一様な状況を想定しており、調査時間内で、流向・流速の状況が大きく異なるようなことが想定されるような場合には、設置型の流速計を用いて連続的に流況観測を行うことも考えられる。

<sup>1)</sup> 古土井光昭「港湾工事における濁りの挙動に関する研究」大阪大学工学部学位論文(1989)

## 5-7 調査方法

各調査項目の調査方法は、次のとおりとする。

(流況) ポータブル電磁流向・流速計を用いた現地観測

(濁度) 水中濁度計による現地測定

(SS) 現地で採水し、室内分析を行う。

(粒度組成) 濁り対象土を採取し、室内分析を行う。

### 【解説】

#### (1) 現場での濁りの観察について

調査海域を高所から眺望できる場所がある場合には、目視観察又はビデオ撮影を行い、濁りの広がり状況を観察・記録する。

#### (2) 事前調査について

補助点設定のための事前調査時の流況観測は、調査の簡便性、機動性を考慮し、ポータブル流速計を用いる方法や浮子を用いる方法によることを基本とする。

浮子を用いる場合は、水中浮子(十字抵抗板)と位置を示す表面浮子をロープで繋いだものとする。水中浮子の位置は、次のとおりとする。

##### ・ロープ長の設定

土運船・リクレーマ船・深層混合処理船：中層(平均水深の1/2の長さ)

また、事前調査時に調査地点の配置の妥当性を確認するために、濁度観測を行う場合には、水中濁度計を用いた観測を行うことを基本とする。

## 5-8 濁り発生原単位算定方法

基本的な考え方と具体的な例を示す。

### (1) 断面通過 SS 量 ( $W$ ) の算定

現地調査で得られた流況と SS から、調査点を結ぶライン(観測ライン)を通過した SS 量(断面通過 SS 量( $W$ ))を算定する。

#### 【解説】

##### 1) 基本的考え方

施工位置から観測点までの距離が 100m である場合、濁りの発生源(施工位置)を中心に、半径 100m の円筒があると仮定する。その際、ある時間断面において、円筒の表面を SS が外側に向かってどの程度通過するかを求める。

ただし、円筒のすべての面を調査点で覆うことは困難であるため、円筒の側面をいくつかの格子に分割し、各格子内のパラメータはその格子内に位置する調査点のデータで代表させる。

ここでセルを通過した SS の量を断面通過 SS 量( $W$ )とする。

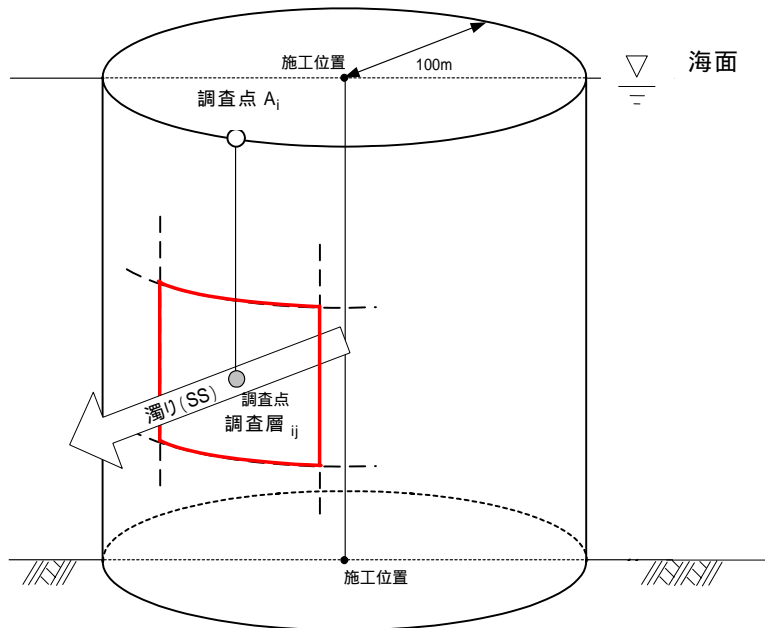
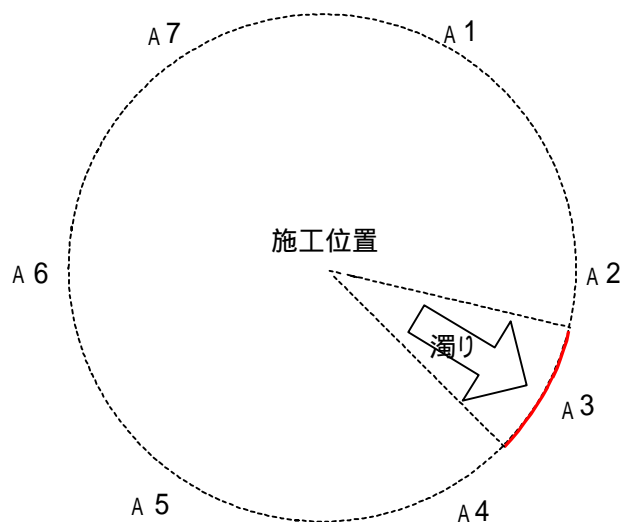


図 5-3 断面通過 SS 量算定の考え方

## 2) 円筒側面のセル分割

### (a) 水平分割

SS は潮流のため場所によって濃度差が生じるが、円筒の弧を各々の調査点間の中央で分割し、そこに含まれる調査点をもって各円弧における SS 濃度の代表値とする。



注： は調査地点、A1～A7の番号は調査地点名を示す。

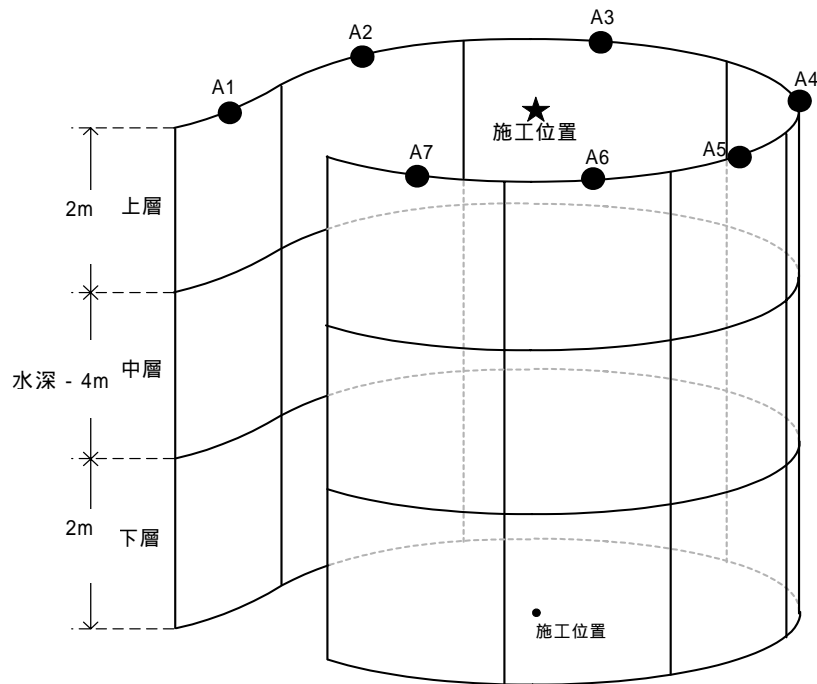
図 5-4 水平分割の考え方

### (b) 鉛直分割

SS は鉛直方向においてもばらつきがあるが、ここでは各調査層における測定値をもって、その代表値とする。

先に示した円筒を鉛直方向に開き、A1～A7を鉛直方向3層の格子に分割する。

各調査点において、上層は海面下 1m、中層は水深の中央、下層は海面下 1m の場合、層の高さは上層 2m、下層 2m、中層はその調査時刻における各調査点での水深から上層 2m、下層 2m の計 4m を差し引いた値となる。



注： ★は調査地点、A1～A7の番号は調査地点名を示す。

図 5-5 鉛直分割の考え方

### 3) 断面通過 SS 量算定時の流況について

- ・ 流況調査を行っていない地点の流速は、隣接する 2 つの調査地点における流況測定結果を補間して用いる。
- ・ 計算に用いる流速は、各格子の外側に向かう成分流速(各調査点における中心からの角度に平行な成分)とする。したがって、格子の内側に向かう成分流速はマイナスの値として取り扱う。

### 4) 断面通過 SS の算定時の SS について

- ・ 計算に用いる SS 濃度はバックグラウンド値(工事開始前の値)を差し引いた値を SS として与える。
- ・ SS がマイナスとなる場合は、算出される濁り発生原単位が過小とならないよう安全側にたって、「0」として取り扱う。

5) 断面通過 SS の算定

ここである時間断面における測定点  $A_i$  の  $j$  層の面積を  $a_{ij}$ 、同じく流速(格子の外側に向かう成分流速)を  $V_{ij}$  とし、SS 濃度を  $S_{ij}$  とすると、各格子におけるパラメーターは図 5-6 のとおりとなる。

	A1	A2		$A_i$		A7
上層 1層	$a_{11}, S_{11}, V_{11}$	$a_{21}, S_{21}, V_{21}$		$a_{i1}, S_{i1}, V_{i1}$		$a_{71}, S_{71}, V_{71}$
中層 2層	$a_{12}, S_{12}, V_{12}$	$a_{22}, S_{22}, V_{22}$		$a_{i2}, S_{i2}, V_{i2}$		$a_{72}, S_{72}, V_{72}$
下層 3層	$a_{13}, S_{13}, V_{13}$	$a_{23}, S_{23}, V_{23}$		$a_{i3}, S_{i3}, V_{i3}$		$a_{73}, S_{73}, V_{73}$

海底

- ： 流況・水質調査点
- $a_{ij}$  : 調査点  $A_i$  の  $j$  層の断面積 ( $m^2$ )
- $S_{ij}$  : 調査点  $A_i$  の  $j$  層の SS 濃度 (BG 値との差;  $mg/L$ )
- $V_{ij}$  : 調査点  $A_i$  の  $j$  層の流速 (格子の外側に向かう成分流速;  $cm/s$ )

図 5-6 各格子とパラメータ

各調査時における断面通過 SS 量 ( $W$ ) は次式のとおりである。

$$W = a_{11} \times S_{11} \times V_{11} + a_{12} \times S_{12} \times V_{12} + \dots + a_{ij} \times S_{ij} \times V_{ij} + \dots + a_{73} \times S_{73} \times V_{73} \quad (g/s)$$

(A1 ~ A7 の各層についての合計)

6) 調査時の濁度のとりまとめについて

濁度は、現地調査時において、データの取得状況を確認するために行う。また、現地調査実施時の濁りの時間変化を確認するための、補足データとしてとりまとめる。

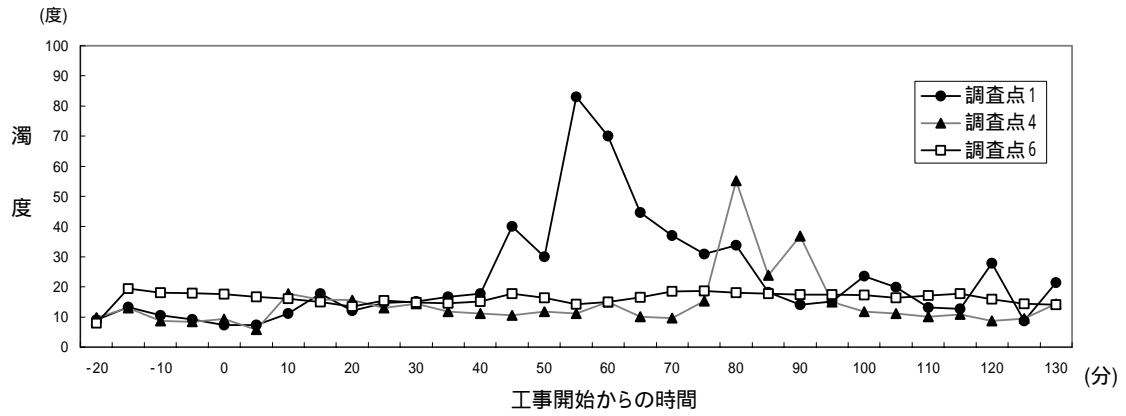


図 5-7 濁度の経時変化

(2)濁り発生原単位( $w$ )の算定

各格子における断面通過 SS 量  $W$  (g/s) をもとに、濁り発生原単位  $w$  (g/m<sup>3</sup>) を算定する。

- a) 施工が連続的に行われる場合：リクレーマ船による土砂投入工、置換砂・敷砂・覆砂工、深層混合処理工

次式により濁り発生原単位  $w$  (g/m<sup>3</sup>) を算定する。

$$w = Wi \text{ の平均値} \div q$$

$w$  : 濁り発生原単位 (g/m<sup>3</sup>)

$Wi$  : 調査時間  $i$  における SS 発生量 (g/s)

$i$  : 10, 20, 40, 60, 120, 180 (分)

$q$  : 調査時における平均工事施工速度 (m<sup>3</sup>/s)  
(SCP 等の地盤改良の場合は m<sup>3</sup>/本)

- b) 施工が一時的な場合：土運船による土砂投入工

次式により濁り発生原単位  $w$  (g/m<sup>3</sup>) を算定する。

$$w = \sum (Wi \times \Delta t) \div Q$$

$w$  : 濁り発生原単位 (g/m<sup>3</sup>)

$Wi$  : 調査時間  $i$  における SS 発生量 (g/s)

$i$  : 10, 20, 40, 60, 120, 180 (分)

$\Delta t$  : 調査時間間隔 (s)

$Q$  : 工事施工量 (m<sup>3</sup>)

【解説】

調査時間  $i$  における断面通過 SS 量 ( $Wi$ ) がマイナスの場合、または他の調査時間における断面通過 SS 量と比べて極端に小さい場合は、濁り発生原単位が実際よりも小さな値となるおそれがあることから、その値をはずして平均値を求めることが望ましい。

$q$  (調査対象時間における施工量 m<sup>3</sup>/s) 及び  $Q$  (工事施工量 m<sup>3</sup>) は、施工者へのヒアリングにより把握する。



(3) 基準濁り発生原単位 ( $w_0$ ) の算定

基準濁り発生原単位  $w_0$  ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) を次式より算定する。

$$w_0 = Kw$$

$w_0$  : 基準濁り発生原単位 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

$W$  : 濁り発生原単位 ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

$K$  : 現地流速を汚濁限界流速とする汚濁限界粒子径の粒径加積百分率 ( $R$ ) とシルト分以下の粒径加積百分率 ( $R_{75}$ ) の割合 ( $R_{75}/R$ )

\* : 基準濁り発生原単位とは、流速  $7\text{cm}/\text{s}$  の場合の濁り発生原単位を指す。

【解説】

流れの中に存在する粒子は、粒子径に対応する汚濁限界流速があり、その粒子の汚濁限界流速以上の流れの中では、その粒子は沈降することなく浮遊し続ける。そこで、浚渫土砂中に含まれる現地流速を汚濁限界流速とする汚濁限界粒子径の粒径加積百分率と、シルト分以下 (粒子径  $75\mu\text{m}$  以下) の粒径加積百分率との割合を求め、その比を乗じることによって基準濁り発生原単位を算出する。

この汚濁限界流速と粒子径の関係は、現状では確立された理論がないが、ここでは図 5-8 に示す関係を用い、基準濁り発生原単位を算出する。

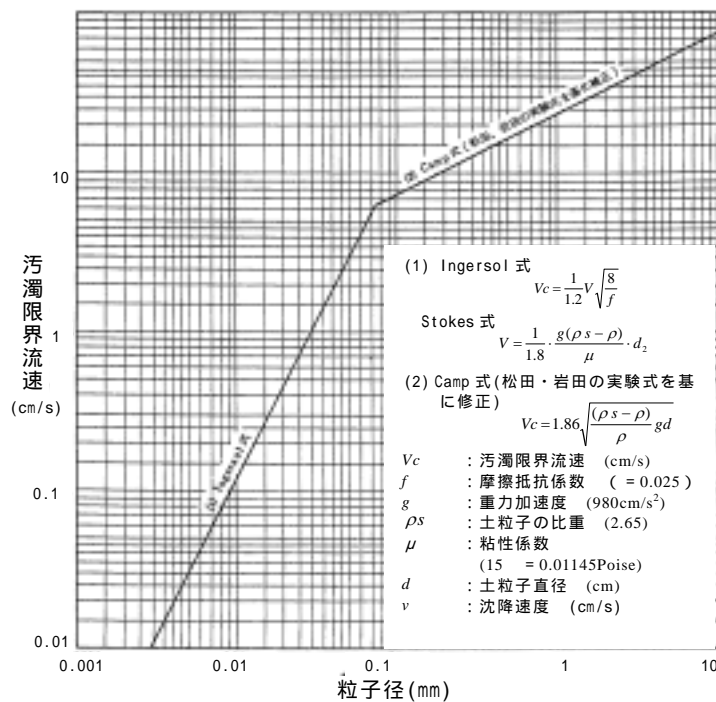


図 5-8 汚濁限界流速と粒子径の関係