

(ウ) 汚濁防止装置

水の濁りの影響を低減する対策として、護岸工事及び埋立ての工事を実施する場合には、汚濁防止膜及び汚濁防止柵（図-6.7.2.2.4参照）を使用して濁りの拡散を低減させることとしました。

ア) 汚濁防止膜

汚濁防止膜については、代替施設本体の大浦湾側の護岸・埋立ての工事の施工区域周辺及び海上ヤードの施工区域周辺に設置する計画です。辺野古側の護岸・埋立工事に関しては濁りの発生負荷量が周辺環境に与える影響よりも、汚濁防止膜の設置が周辺の海藻草場に損傷を与える可能性を考慮し、設置しない計画です。

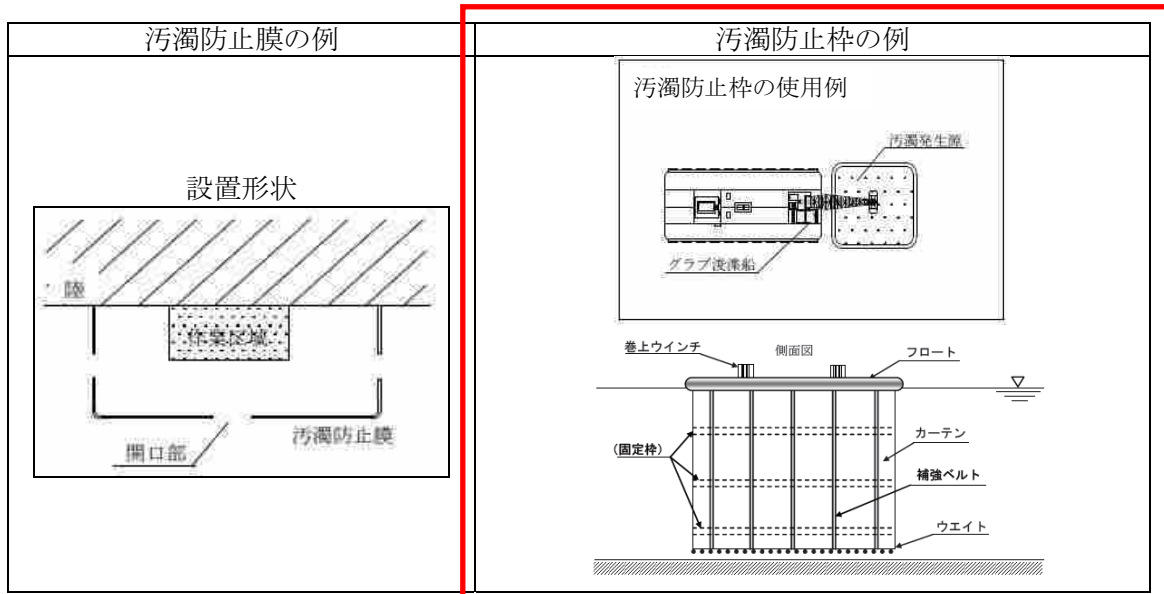
代替施設本体の施工区域周辺においては、作業船の出入りする範囲を除き、北側、中央部、南側の3区域に設置します。このうち、中央部の汚濁防止膜はカーテン丈長 7m の浮沈式垂下型として、南側の汚濁防止膜はカーテン丈長 7m の浮沈式垂下型とカーテン丈長 3～7m の固定式自立型を連結して設置します。

海上ヤードの汚濁防止膜は、海上ヤードの西側に分布するサンゴ群生域への濁りの拡散を特に防止するために、施工区域の西側に、カーテン丈長 7m の浮沈式垂下型とカーテン丈長 3～7m の固定式自立型を連結して設置します。

4年次4ヶ月目については、最終の埋立区域が閉鎖系水域にならないため、開口部から外側に濁りの拡散が広がる予測となりました。この濁りの影響を低減させるため新たな環境保全措置として汚濁防止膜を追加展張する計画としました。追加展張する期間は、3年次12ヶ月目後半から4年次4ヶ月目とし、設置する汚濁防止膜は延長約300m、カーテン丈長10mの浮沈式垂下型で、カーテンを海底まで到達させ、濁りの拡散を防止する計画です。4年次4ヶ月目を例として、閉鎖系水域に追加展張する汚濁防止膜の位置を図-6.7.2.2.5(3)に示しました。

イ) 汚濁防止柵

汚濁防止柵については、作業船との一連作業で使用することから、浚渫工事と基礎捨石の海上投入作業に使用する計画としています。



出典：汚濁防止膜技術資料(案)、平成20年4月、(財)港湾空港建設技術サービスセンター
 図-6.7.2.2.4 汚濁防止膜及び汚濁防止柵の例示

(エ) 予測対象時期のSS発生負荷量

予測対象時期とした2ケース（1年次10ヶ月目、4年次4ヶ月目）のSS発生位置とSS発生負荷量を図-6.7.2.2.5に示すように設定しました。また、汚濁防止膜については、汚濁防止膜の設置位置では海水の流れや物質の拡散が遮断される状況を計算条件として考慮し、施工計画に基づき図-6.7.2.2.6に示す位置に汚濁防止膜を地形条件として考慮しました。

なお、4年次4ヶ月目を対象に、汚濁防止膜を追加展張した場合の予測については、汚濁防止膜が海底まで到達することから、海水の流れや物質の拡散が遮断される状況を計算条件として考慮した場合では計算上、濁りが汚濁防止膜の外側に拡散することはない条件に相当します。そこで、環境への影響を検討する上では、汚濁防止膜の外側に一定程度の量が漏れ出すことを想定した予測を行うこととし、汚濁防止膜の除去率を適用する方法としました。汚濁防止膜による濁りの除去率については、「港湾工事における濁り影響予測の手引き」（平成16年4月、国土交通省港湾局）に事例として50%という数値が示されており、この値を用いました。

6.9.2 予測

6.9.2.1 工事の実施

(1) 予測の概要

対象事業における工事の実施が水象に及ぼす影響の予測の概要は表-6.9.2.1.1に示すとおりであり、護岸の工事、埋立ての工事及び進入灯の工事による水象の変化を予測しました。

表-6.9.2.1.1 予測概要（工事の実施）

項目	内容
予測項目	流れの状況(流動)
影響要因	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸の工事 代替施設本体の護岸工事 辺野古地先水面作業ヤードの工事 海上ヤードの工事 ・埋立ての工事 代替施設本体の埋立工事 ・進入灯(燃料栈橋を含む)の工事
予測地域	水域の特性を踏まえて流れの状況(流動)に係る環境影響を受けるおそれがあると認められる地域としました。
予測地点	水域の特性を踏まえて予測地域における流れの状況(流動)に係る環境影響を的確に把握できる地点としました。
予測対象時期	海上工事に伴い発生する水の濁りの負荷量及び工事の進捗に伴う護岸、埋立等の地形を考慮して設定しました。
予測方法	<p>流れの状況(流動)の変化は、流動モデルを用いた数値シミュレーションにより予測しました。流動モデルは、事業実施区域周辺の流れの特性を考慮し、潮汐流、吹送流、海浜流及び干満による浅海域(リーフ)の干出と水没を考慮できるモデルとしました。また、事業実施区域周辺の主な河川からの淡水流入量及び供用時の代替施設本体からの排水も考慮しました。</p> <p>なお、流動モデルの境界条件の一つである波浪は、波の屈折・浅水変形・碎波・構造物による反射等を考慮した波浪変形モデルを用いた数値シミュレーションにより予測しました。</p>

b) 基礎式

流動モデルの基本方程式は、以下のような連続の式、運動方程式、状態方程式、水温・塩分の拡散方程式からなります。

<連続の式>

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

<運動方程式>

東西方向の流れ	$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial u}{\partial z} \right) + F_x + R_x - Fb_{wx}$
南北方向の流れ	$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial v}{\partial z} \right) + F_y + R_y - Fb_{vy}$
上下方向の静止	$\rho g = -\frac{\partial p}{\partial z}$

<状態方程式>

$$\rho(S, T) = \rho_w + (b_0 + b_1 T + b_2 T^2 + b_3 T^3 + b_4 T^4) S + (c_0 + c_1 T + c_2 T^2) S^{3/2} + d_0 S^2$$

<水温・塩分の拡散方程式>

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial T}{\partial z} \right) + F_T$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S$$

運動方程式及び水温・塩分の拡散方程式の右辺の F は平均的な流れとは別に短時間の流れの強弱、方向の変化によって海水が混合され、運動量や水温・塩分が一様化される効果で、以下の式で表されます。

$$F_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[A_M \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_M \frac{\partial u}{\partial y} \right]$$

$$F_y = \frac{\partial}{\partial y} \left[A_M \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[A_M \frac{\partial v}{\partial x} \right]$$

$$F_{T,S} = \frac{\partial}{\partial x} \left[A_H \frac{\partial(T,S)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_H \frac{\partial(T,S)}{\partial y} \right]$$

運動方程式の右辺の R は波の変形（主に砕波）による加速度、 Fb は波と流れの相互作用による海底摩擦力です。

ここに、

x, y, z : 右手系の直交座標系、上向きを正

u, v, w : x, y, z 方向の流速成分

p : 圧力

T : 水温

(2) 予測方法

1) 工事に伴い発生する海域での水の濁り及び堆積

(a) 予測の前提

海上工事に伴い発生する水の濁り（平常時）の予測にあたっては、工事の施工計画に基づき、汚濁防止対策を実施し、護岸及び埋立ての工事、造成等の施工による一時的な影響による濁り発生負荷量を施工場所に投入することを予測の前提としました。

陸上工事に伴い発生する水の濁り（降雨時）の予測にあたっては、代替施設本体における造成等の施工においては、裸地面から流出する濁水を調整池により SS25mg/L 以下に処理したのち、海域に放流することを予測の前提としました。また、埋立土砂発生区域における土砂の採取、工事用仮設道路の工事及び美謝川の切替え工事においては、濁水処理プラントにより SS25mg/L 以下に処理を行った後に周辺河川（なお、基本的には辺野古ダムには放流しない計画としました）へ放流することを予測の前提としました。

(b) 予測手順

予測手順は、図-6.7.2.2.1に示すとおりであり、予測時期ごとに施工状況を勘案した流動場を計算し、濁りの拡散を予測しました。さらに、濁りの拡散予測結果から懸濁物質の海底への堆積状況を予測しました。

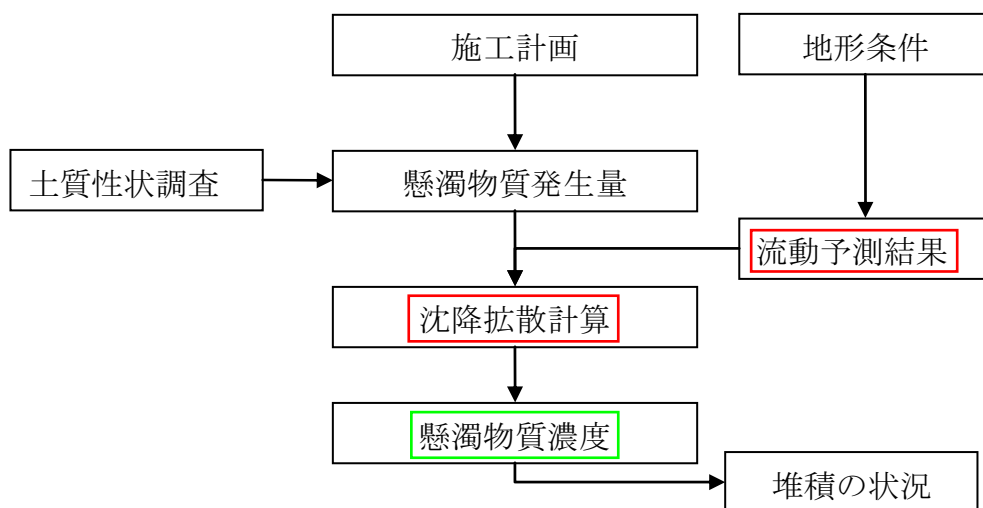
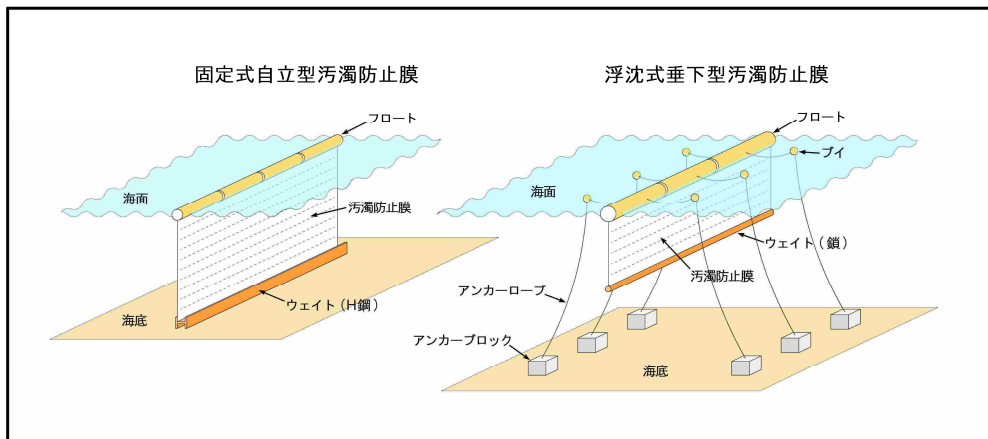


図-6.7.2.2.1 予測手順

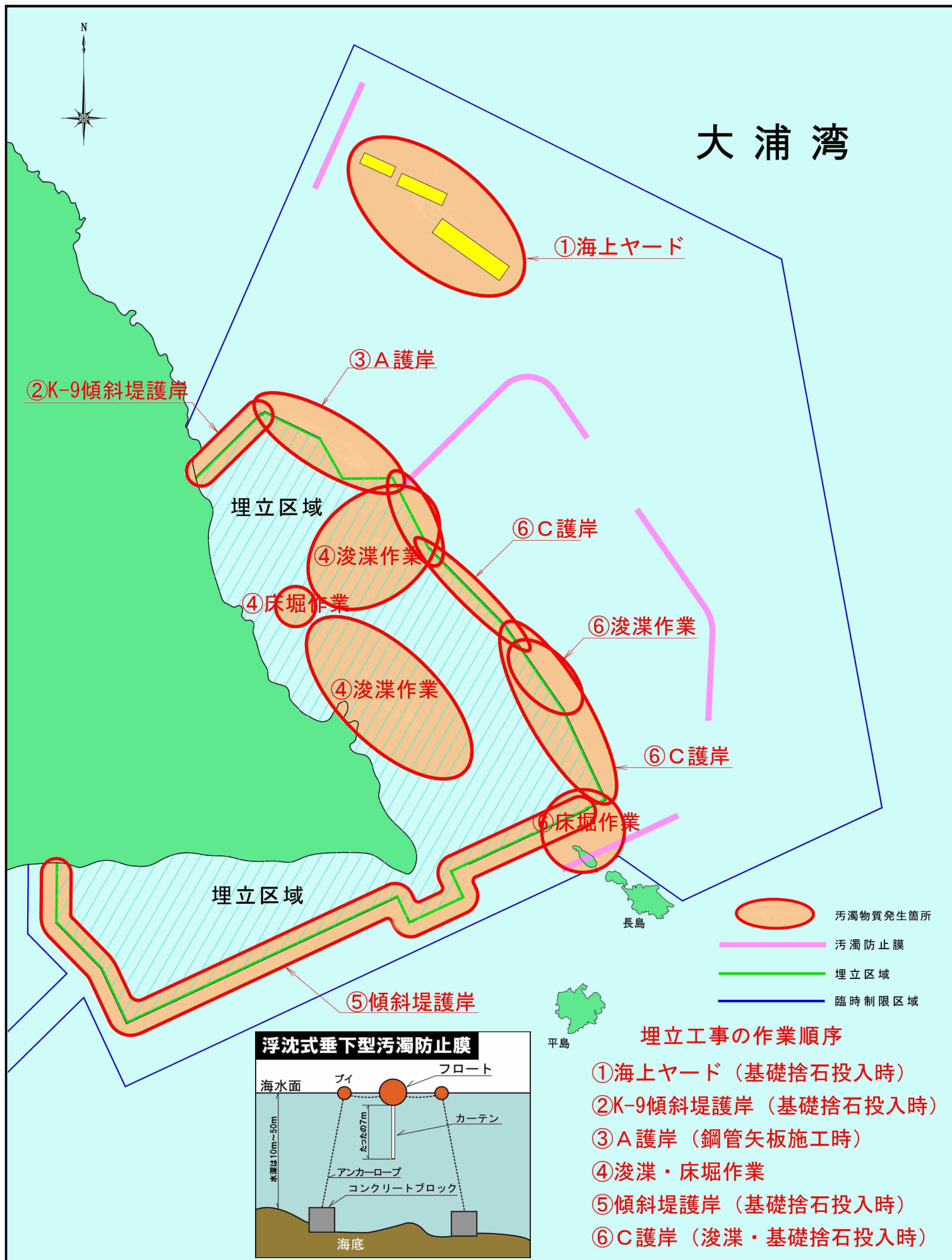
汚濁防止膜の問題について



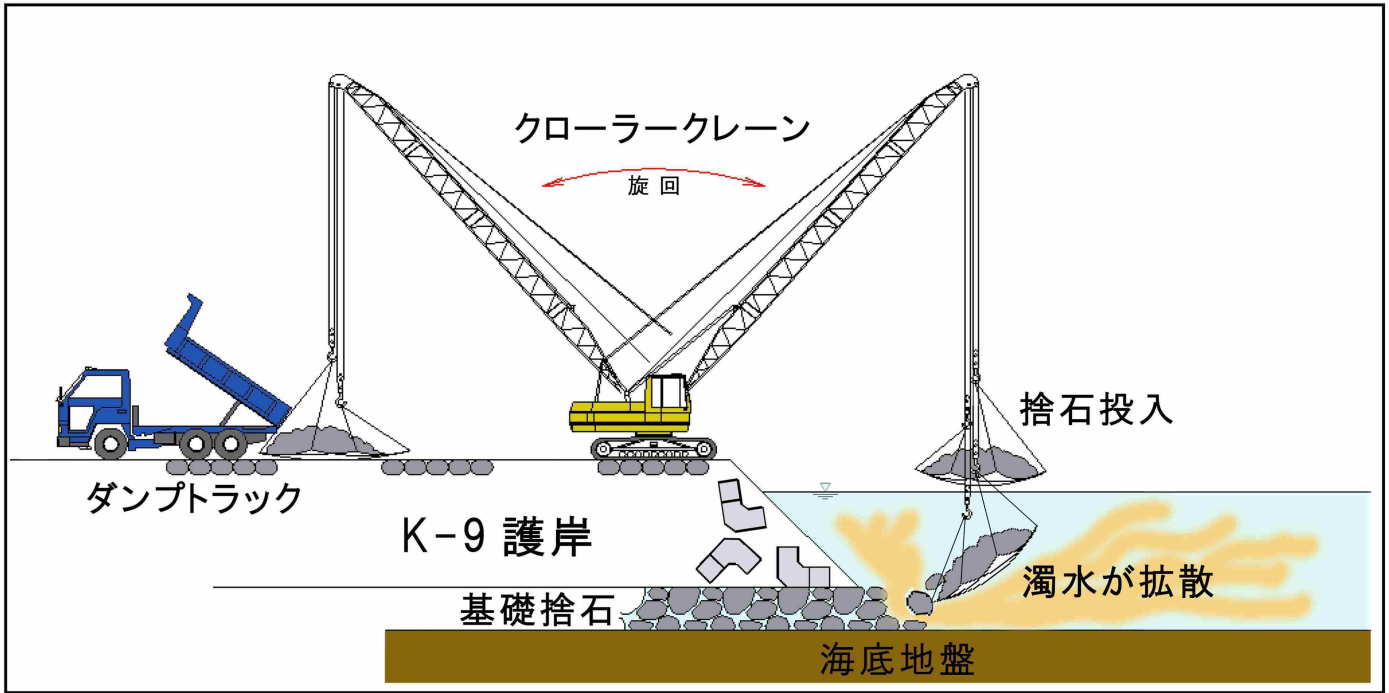
汚濁防止膜イメージ図



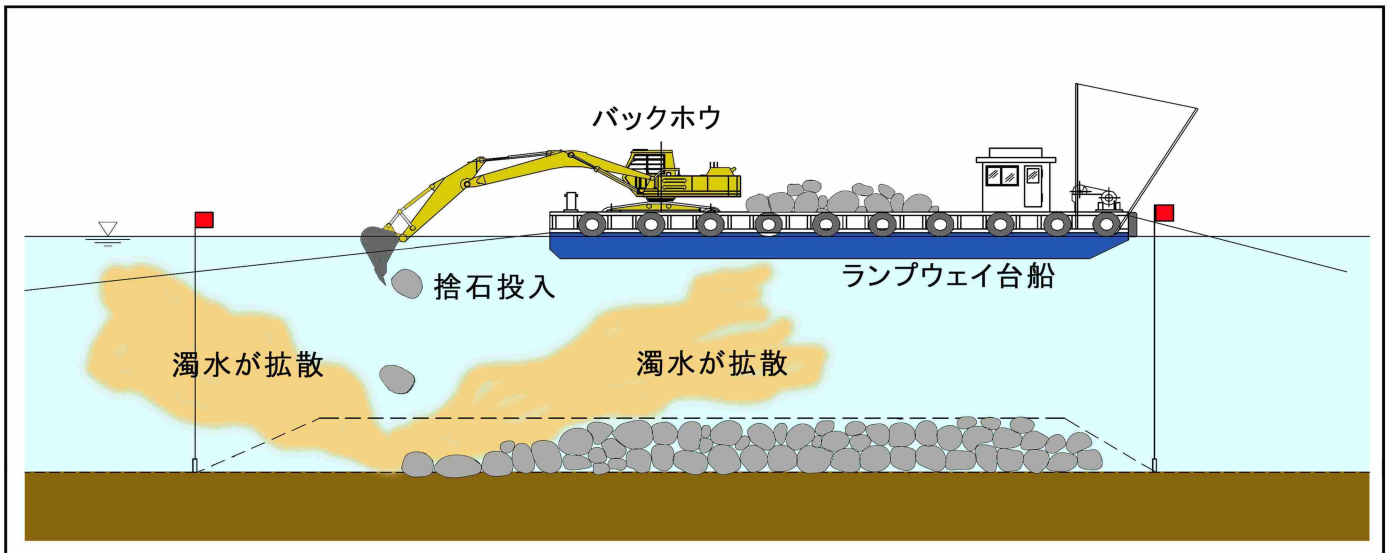
辺野古—大浦湾全域を覆う汚濁物質



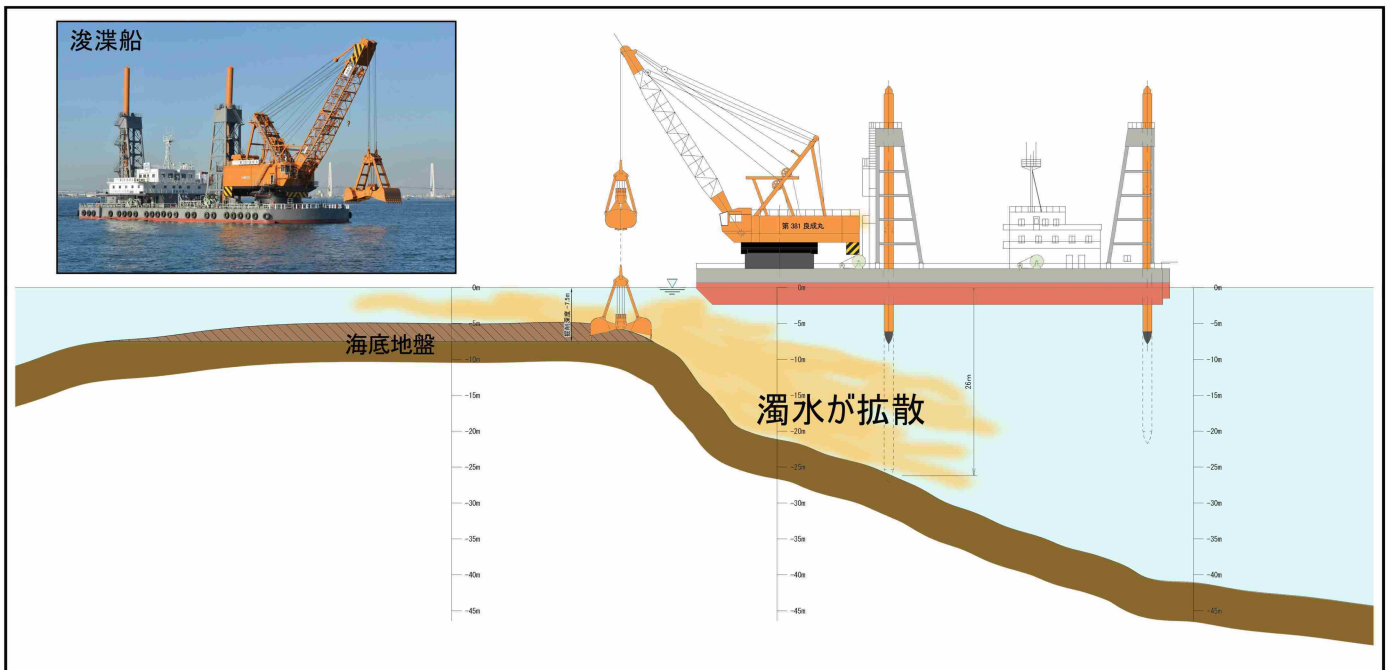
傾斜堤護岸の捨石投入時の濁りの拡散



海上ヤード捨石投入時の濁りの拡散



浚渫時の濁りの拡散



汚濁防止膜の効果



汚濁防止膜を設置して浚渫を行っている状況



汚濁防止膜を設置して土砂を投入している状況

この資料は、資材メーカーが作成したサイトに掲載されている写真データを参考に
したもので、防止膜が海底まで下ろされて完全に締め切った状態で、濁水の流出を
防止した**よい事例**です。

汚濁防止膜設置後の問題

古宇利大橋の実例

平成 11 年に行った古宇利大橋の“橋脚”（橋の柱）工事の経験を踏まえた上での話をします。



古宇利島から見た風景



屋我地島から見た風景

橋脚の基礎部の鋼管杭を打ち込むためには、初期段階ではバイブロハンマーという杭打機を使用して建て込み、地層が硬くなり安定してくると油圧ハンマーという杭打機に切り替えて所定の深さまで打込むというのが一般的な施工方法です。

バイブロハンマーは 10 t 以上の重量の機械に、上下方向にとっても周波数の高い振動を与えて施工をする特殊な杭打機で、海底面で振動を与えると当然濁り水が発生します。

N 値の低い（やわらかい地層）地表面付近は、沖積層の砂礫（細かい石と砂が混ざったようなもの）の堆積した不安定な地層であるため、杭の位置がずれたり傾いたりするのでバイブロハンマーで 5 m くらい杭を上下に抜き差しすることを繰り返すことで濁り水の濃度が高くなっていました。

汚濁防止膜を設置していたのでとくに気にせず施工していると、古宇利丸の船長から「濁り水が運天漁港のほうまで広がっているぞ」と携帯に電話がきて運天漁港の方向を見ると、潮の流れに乗ってかなり遠方まで濁水が広がってしまいました。



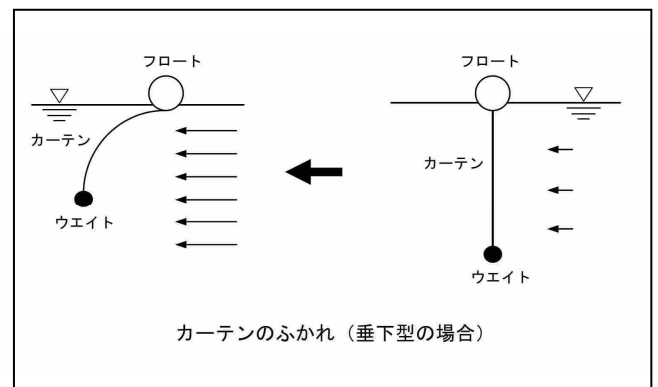
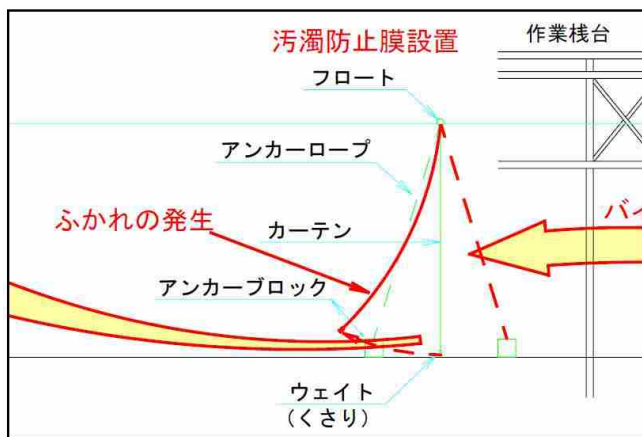
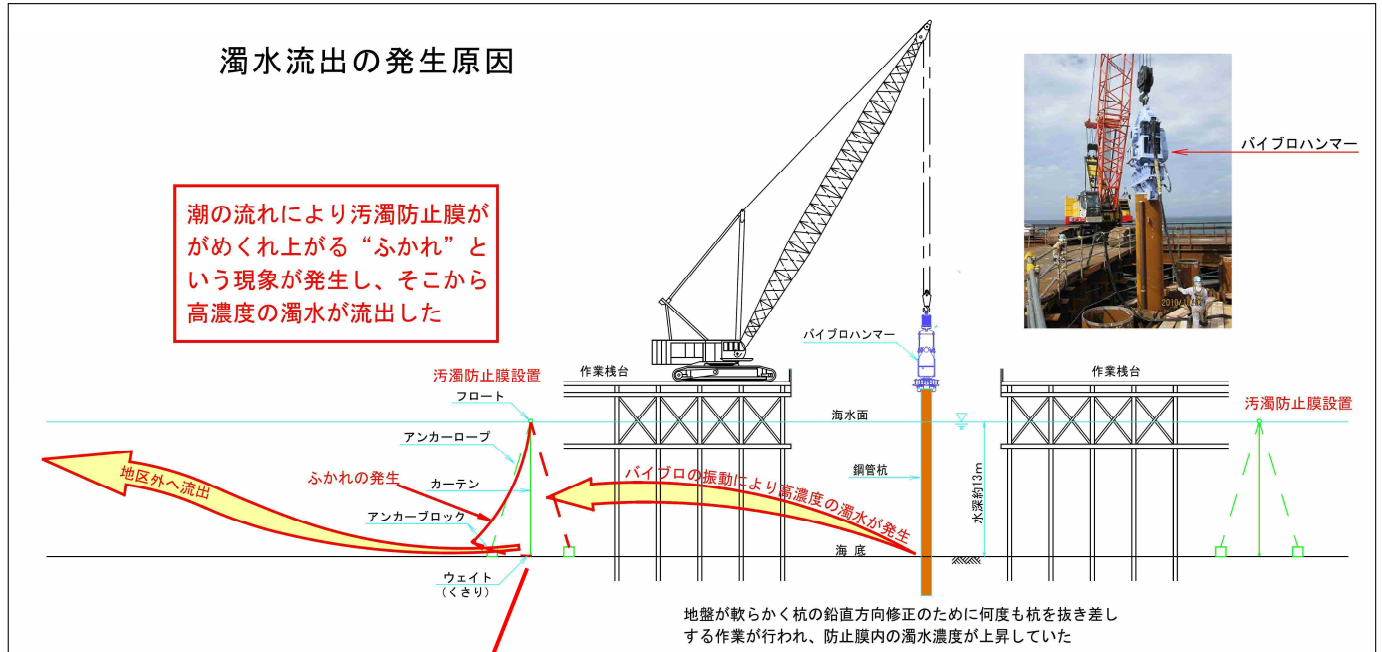
現場の施工状況



流出方向の先が運天漁港

濁水流出の発生原因

潮の流れにより汚濁防止膜が
がめくれ上がる“ふかれ”と
いう現象が発生し、そこから
高濃度の濁水が流出した



古宇利大橋の現場で起きた濁水流出の原因は、潮の流れによって上の模式図に示すような“ふかれ”という現象が起こり、浮き上がった防止膜の下から杭の打ち込み作業によって発生した濁水が地区外に流出し拡散しました。

モズクの生産地とは逆の方向に流出しましたので漁民からの苦情はありませんでしたが、すぐにダイバーを潜らせてウェイトの鎖に仮設栈橋の残材のH鋼を防止膜全周に配置し、鎖と連結してふかれ対策を行いました。

ひとたび流出が発生したら防ぎようがないのが現状ですので、辺野古新基地のような大規模な工事においては、わたしが経験した以上の不測の事態が起こることが予想されます。