

底質環境浄化技術について

中島勝治¹・池田省三²・谷雄一³

¹正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

²五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

³五洋建設株式会社 機械部 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

近年、海域・河川・湖沼などの内湾や閉鎖性海域において、水質や底質の悪化を原因とする景観の劣化や漁業被害など深刻な問題が発生しており、早急な対策が求められている。こうした社会的ニーズに応えるべく、五洋建設では、永年にわたり蓄積してきた海洋土木技術などの豊富な技術力とノウハウを基に、多種多様な環境問題・浄化事業に対応できる底質環境浄化技術P-Cuteを開発した。

底質環境浄化技術P-Cuteは、底質を浚渫などにより除去したあとに減容化し再生利用する底質除去と、覆砂技術や安定化技術を用いて原位置で底質自体を改善する底質改質の、二つのタイプに大別される。

キーワード：底質環境浄化, 浚渫, 脱水, 分級, 覆砂, 安定化

1. はじめに

近年、大都市や工場地域を背後に抱える内湾や閉鎖性海域では、生活排水や産業排水などの環境に負荷を与える様々な物質の流入や、養殖漁業などによる汚濁負荷により、その海域環境が悪化している。海域が持つ本来の自浄能力は、流入負荷や汚濁負荷の増加に伴い相対的に低下しており、水質や底質の汚濁を招く海域が多発している。中でも、重金属類やダイオキシン類等の有害化学物質の直接的な流入や、窒素やリン等の栄養塩の過剰な供給に伴う有機物による汚染などが急速に進んでおり、沿岸海域の利用阻害のみならず、沿岸住民の生活環境にも重大な影響を与えている。

このような背景の中、沿岸海域の環境保全を求める声が高まりをみせており、失われた環境を少しでも取り戻すことを目的に環境修復技術が様々な形で試行されている。五洋建設では、永年蓄積した豊富な技術と経験に基づいて、このような海域への水質・底質浄化技術や環境創造技術などの研究開発を進めている。また、その成果を踏まえて、多種多様な環境問題・浄化事業に対応できる底質環境浄化技術のトータルエンジニアリングを行っている。

本稿では、当社が開発したトータルシステム「底質環境浄化技術 (Penta-Ocean Clean-up Technology of environment)」(以下、P-Cute)の中から、代表的な浚渫技術や覆砂技術などを紹介する。

2. 底質環境浄化技術とは

水質・底質対策技術の概要を、図-1に示す。

全体的な対策技術の中で底質対策は、内部負荷の低減に位置づけられ、底質除去(浚渫)と底質改質(覆砂, 安定化)に細分化される。

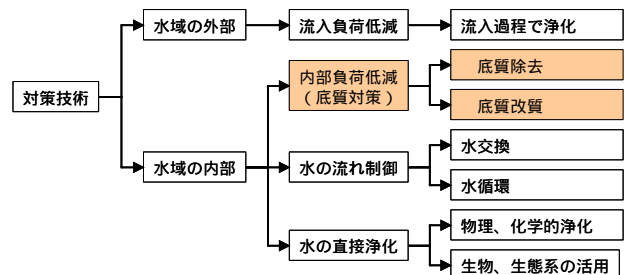


図-1 水質・底質対策技術の概要

(1)底質除去(浚渫)

底質除去(浚渫)は、対象海域から底質を除去して埋立地へ投入する方法であり、環境リスク低減策として最善である。しかしながら、埋立地の受入容量は逼迫しており、残余年数は減少傾向にあるため、中間処理として脱水(水分の多い底質から水分を取り除くことによって含水比を低下させ減量化し、土の力学的性質を高める技術)や分級(砂分の多い底質を、ふるい分け等によって砂分(粒径0.1~2mm程度)と細粒分(粒径0.1mm以下程度)に分離、分級

させる技術)などを含め、リサイクル利用することが求められている。

(2)底質改質(覆砂,安定化)

底質改質(覆砂,安定化)は、底質上に物理・化学的に安定な物質(例えば,砂)を被覆する,あるいは不活性化させる資材(例えば,固化材)を混入し,安定化させる方法である。最近では,覆砂による底質改善事業は,自然再生推進法の干潟・浅場の再生にもつながること,またアサリなどの二枚貝の増殖による浄化効果が期待できることから,注目されている。

3.五洋建設の底質環境浄化技術(P-Cute)

(1)全体

当社が開発したP-Cuteは,浚渫から中間処理(脱水,分級,リサイクル)や無害化处理,あるいは覆砂や安定化处理といった,多種多様な環境問題に対応するためのトータルシステムである。表-1に,P-Cuteの主な工法を示す。

表-1 主な底質環境浄化技術

	浄化技術	工法概要
底質除去	環境浚渫工法(END工法)	環境バケットを用いた低汚濁型薄層浚渫技術
	エコスクリュージシステム	スクリーン回転による大量連続脱水技術
	管路分級工法	圧送管路途中で分級する砂分回収技術
	クレイフィルタ工法	特殊ドレーン材による大量濁水処理技術
	造粒加熱処理工法	汚染底質を有効利用する無害化リサイクル技術
底質改質	ブラインド覆砂工法	箱形覆砂装置による低汚濁型薄層覆砂技術
	スラリーブラインド覆砂工法	水中箱形覆砂装置による低汚濁型薄層覆砂技術
	スラリーBOX覆砂工法	覆砂材と現地底質とを混合する混合覆砂技術
	薄層安定化処理工法	汚染底質表層部の低汚濁型安定化技術

(2)環境浚渫工法(END工法)

a)概要

底質環境の改善を目的とした浚渫工事においては,処理土量を極力少なくすることが必要であり,汚染された表層部分だけを薄層かつ高濃度で浚渫できる技術が要求されている。また浚渫時の二次汚染を防止するためにも,周辺水域へ濁りの発生が少ないことが望ましい。

従来から浚渫工事の多くはグラブ浚渫船で行なわれているが,従来のグラブバケットでは,濁りの発生が大きいとともに,必要以上の厚さ(=底面余掘厚約50cm)で浚渫されるため,余剰土砂が多く発生

していた。

そこで,効率的な除去,濁り発生の低減および浚渫土量の削減を目的とした「環境浚渫工法(ENVIRONMENTAL DREDGING工法)」を開発した。写真-1に施工状況を示す。



写真-1 END工法施工状況

b)特長

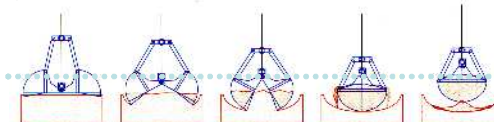
薄層浚渫

本工法の最大の特長は,特殊形状のグラブによる薄層水平掘削機構である。写真-2に,環境バケットを,図-2に,従来型グラブバケットとの掘削機構の相違を示す。



写真-2 環境バケット

従来型グラブ



環境バケット



図-2 掘削形状の相違

環境バケットは、特別な操作なくグラブをあげるだけで刃先が水平に閉じる機構になっている。一方従来型グラブでは、掘削断面は円弧上となり、均一な地盤に仕上げるには、ラップ部分の掘削ロスも大きい。従来型グラブでは底面余掘厚を約50cm確保する必要があったが、環境バケットでは10～20cmまで低減できるため、汚染底質の処理土量を大幅に低減することができる。

濁りの発生防止

環境バケットは、浚渫時の濁りの発生防止にも有効である。写真-2に示すように、バケットは左右がオーバーラップして閉じる構造になっており、密閉性が非常に高い。またグラブが完全に閉じたことを確認するための装置が取り付けられており、異物の噛み込みによる浚渫土砂の漏れを未然に防げる。写真-3にその密閉性の違いを示す。

その他、水平掘削機構により、グラブの刃先しか掘削面に接しないため、接触面積が広い従来型グラブより、グラブ吊り上げ時の掘削面からの汚濁拡散および付着した泥による濁りの発生も低減している。



(a) 環境バケット (b) 従来型グラブ

写真-3 グラブ形状の相違による密閉性

(3)エコスクリーシステム

a)概要

埋立地や処分場不足が深刻化する今日、浚渫により大量に発生した底質は、まず脱水により減容化し、埋立処分場の延命化を図ることが求められている。

エコスクリーシステムは、従来型の機械式脱水に比べて、コンパクトな機械設備で連続的に大量処理が可能な脱水処理システムである。凝集剤添加によりフロック状になった底質は、スクリーウの回転にともなう容積変化により圧縮を受け、連続的に脱水される。(図-3参照)

このシステムにより、含水比200～500%程度の底質が、80～110%程度の含水比にまで脱水され、減容

化できる。また、この処理土は、 $q_c = 200 \sim 400 \text{ kN/m}^2$ 程度の強度になるので、第3種および第4種改良土として、道路盛土や土地造成など幅広い用途にリサイクル利用が可能になる。

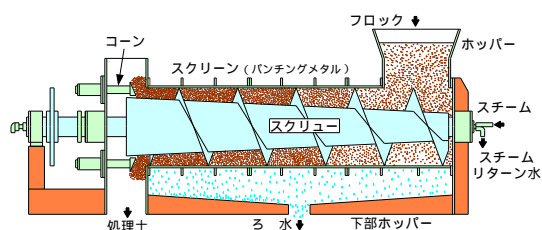


図-3 スクリュープレス概念図



写真-4 スクリュープレス（φ1,350）



写真-5 脱水処理土

b)特長

効率のよい高い処理能力

通常のフィルタープレスと異なり連続脱水システムのため、大量土砂の脱水処理に適している。

強度確保など最適な脱水処理調整が可能

スクリーウの回転数を調整、また蒸気を併用することにより、利用用途に即した最適な脱水処理が可能である。

省スペース，省電力，メンテナンスが容易
全体設備がコンパクトであり，スクリーンが低速回転であるため，小さな消費電力で処理が可能である．また，パンチングメタルによるろ過のため，ろ布にくらべて目詰まりが少なく洗浄も容易にできる．

(4) 浚渫土砂分級システム

a) 概要

浚渫された底質に砂分が多く含まれている場合には，浚渫土砂分級システムにより，良質な砂分のみを回収することが効果的である．

本システムは，底質の分級処理〔＝管路分級工法〕と分級後の細粒分を含んだ濁水の処理〔＝クレイフィルタ工法〕の2つの工法で構成され，従来方式では困難であった濁水に含まれる細粒分の大量処理と，砂分の回収とを平行して行なえるものである．管路分級工法は，土砂圧送中の管路途中で連続性を損なわずに底質を砂分と細粒分に分離し，砂分のみを回収する工法で，既存のポンプ船やバージアンローダ船との組み合わせで大量処理が可能である．

また，クレイフィルタ工法は，特殊なドレーン材を用いてシンプルな設備で効率よく濁水を脱水・ろ過し，細粒分の回収と処理水の直接放流を可能にした濁水（細粒分）処理工法である．2工法はそれぞれ単独の工法としても適用可能である．

b) 管路分級工法

管路分級工法は，スラリー状で排砂管の中を輸送される底質が，拡幅された分級装置内で流速低下し，砂分のみが浮遊限界流速以下になって沈降・堆積することを利用した分級技術である．装置内は砂分以外が沈降・堆積しない流速で維持され，洗掘と堆積が平衡するような状態で連続的に処理されていく．堆積した砂分は，輸送される土砂の連続性を損なうことなく回収する．（図-4，写真-6参照）

特長を以下に示す．

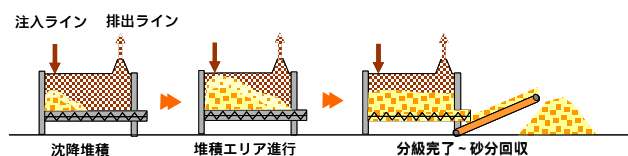


図-4 管路分級工法概念図



写真-6 管路分級装置

砂分回収率が高い

大量な浚渫土砂から回収率約90%で砂分を回収できるため，効率よく施工できる．

また，回収した砂分には細粒分が5%程度しか含まれていないので，海砂と同様に有効利用できる．

分級後の細粒分も連続圧送

土砂圧送中の管路途中で分級するため，分級処理後の細粒分は連続性を損なうことなくそのままのラインで圧送される．

大規模施工が可能

既存の圧送船等との組み合わせで大規模施工が可能である．

処理設備がシンプル

大がかりな機械設備は不要で設備自体がシンプルである．

c) クレイフィルタ工法

クレイフィルタ工法は，濁水中に並べられた特殊ドレーン材の一端から真空ポンプでドレーン材に負圧をかけ，ドレーン材を通して濁水を吸い上げることにより，ドレーン材のフィルタ効果等で脱水（ろ過）する濁水処理技術である（図-5，写真-7参照）．濁水中の細粒分をドレーン材の表面に付着させ回収することによって濁水を減容化でき，回収した細粒分は固化処理等の事後処理によってリサイクル利用することも可能である．

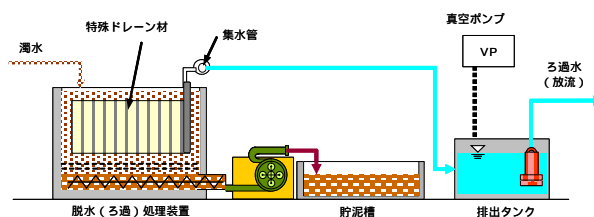


図-5 クレイフィルタ工法概念図



写真-7 クレイフィルタ装置

特長を以下に示す。

シンプルな設備で大量濁水処理が可能

特殊ドレーン材の枚数や面積を容易に調整でき、
シンプルな設備で大量な濁水を効率よく処理できる。

また、ドレーン材に付着した細粒分は、その付着厚さの増加に伴い簡単にドレーン材からはく離できるため、真空脱水（真空ろ過）とはく離を繰り返すことにより効率的な処理が可能である。

ろ過水は直接放流が可能

ドレーン材のフィルタ効果やドレーン材に付着した細粒分のろ過機能により、ろ過水は直接放流が可能な排水基準以下までに処理できる。

処理設備がコンパクト

従来型の処理設備に比べ大がかりな機械設備が不要で、コンパクトなシステムである。

また、運転操作の自動化も可能である。

(5)薄層覆砂工法

a)概要

環境浄化を目的とした覆砂では、施工時の汚濁拡散を極力抑えけるとともに、均一の厚さで確実に底質を覆うことが求められている。

当社では、施工水深に応じた低汚濁型薄層覆砂技術を有しており（図-6参照）、ここでは、比較的浅い場所へ適用するブラインド覆砂工法について記述する。

b)ブラインド覆砂工法

ブラインド覆砂工法は、民間技術評価を取得し、数多くの施工実績を有している。

同工法は、砂撒き台船上に設置したブラインド覆砂装置内にバックホウで砂を敷き詰め、表面を平らに均した後、装置底部の開閉部を開放することにより、砂を覆砂装置そのままの形状で撒き出すものである。（図-7、写真-8参照）。予め覆砂したい形状・層厚を水上で整形した後水中へ撒き出す方式のため、覆砂厚さの管理が容易であり、覆砂の目標管理厚さ20cmに対して±3cmでの施工実績がある。

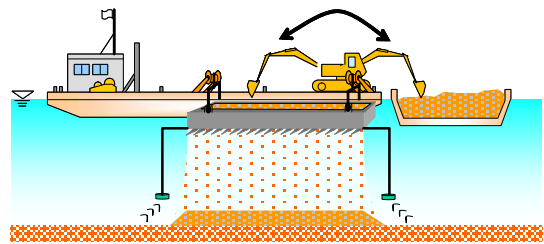


図-7 ブラインド覆砂工法概念図



写真-8 ブラインド覆砂装置

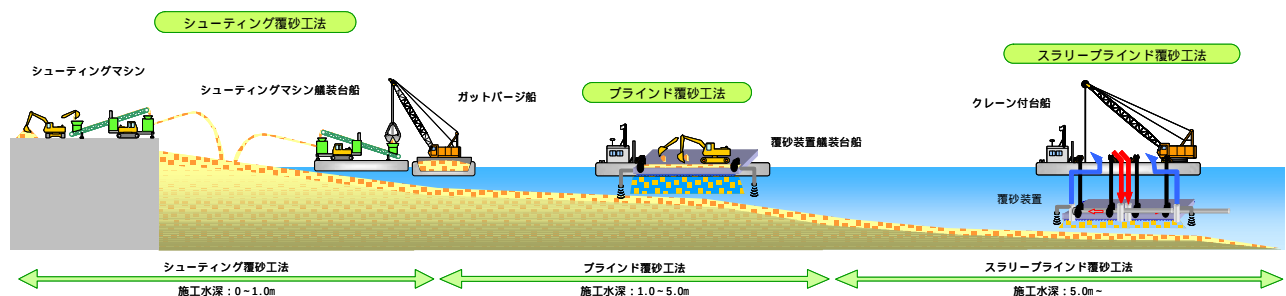


図-6 薄層覆砂技術概念図

(6)スラリーBOX覆砂工法

a)概要

水産資源の生息環境整備を目的とした底質改善事業では、例えばアサリなどの貝類は、砂質土のみよりも細粒分をある程度含んだ底質の方がよりよい生息環境であるとされており、生物種に応じた効率的・効果的な底質改善技術が求められている。

スラリーBOX覆砂工法は、薄層覆砂技術を応用した工法で、装置内に覆砂材を充填し、下部の現地底質と混合することで、生物生息に適した粒度組成を有する底質環境を創造する新しい覆砂技術である。生産力が低下した漁場の生産力回復や水産資源生息場の環境改善に有効な工法である。

図-8に、本工法の概要図を、写真-9に施工状況を示す。

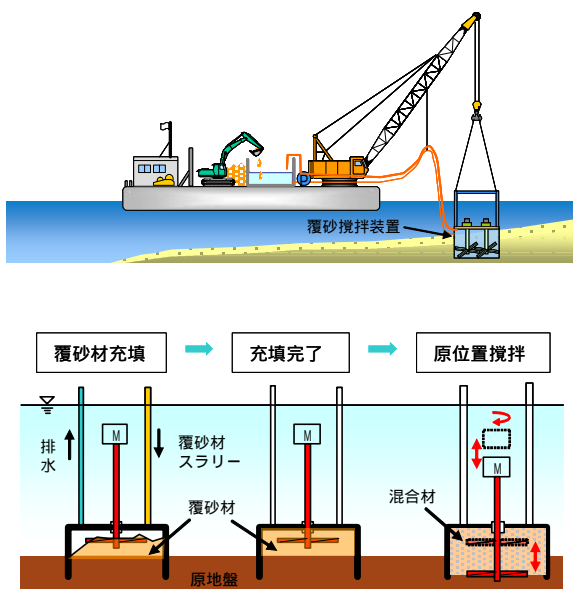


図-8 スラリーBOX覆砂工法概念図



写真-9 スラリーBOX覆砂工法施工状況

スラリー状態でホース内を輸送されてきた砂は、注入口から流路断面が十分大きな充填空隙内に入ることによりスラリー流速が急激に低下し、砂の浮遊限界流速以下になり沈降堆積する。その後、現地底質と覆砂材との混合は、攪拌翼で行う。攪拌翼は昇降可能な構造になっており、混合する現地底質への貫入深さにより混合比を自由に調整することができる。

本工法の特長を、以下に示す。

現地底質を任意の粒度に調整可能

攪拌軸のストローク操作により、現地底質の攪拌深度（混合量）を調整することが可能であるため、覆砂材（砂、碎石、スラグ等）と現地底質との混合比調整が容易に行える。

覆砂厚を精度良く管理可能

覆砂材の充填量をレベルセンサにより検知することで、所定の覆砂厚に管理できる。

施工時の汚濁発生が少ない

覆砂材のスラリー輸送や充填、現地底質と覆砂材との攪拌作業は、管路内および枠で囲んだ内部での作業であり汚濁の発生が少ない。

多種多様な底質改善が可能

通常の覆砂施工のほか、底質の耕耘、底質改良材の混合などあらゆる底質改善が施工できる。

4. あとがき

今回、底質改善技術のトータルシステム「底質環境浄化技術P-Cute」の中から、代表的な工法について紹介した。このほかにも、汚染底質の無害化技術である「造粒加熱処理工法」、汚染底質の安定化技術である「薄層安定化処理工法」、環境モニタリング技術である「水質環境モニタリングシステム」などがある。

今後も、様々な環境問題や多様化する社会ニーズに対応するための技術開発を進め、「底質環境浄化技術P-Cute」のメニューの拡充、技術の一層の充実化を図る予定である。