

## 中津港における浚渫土砂の有効活用に関する検討

澁谷浩平\*・岸良安治\*\*・梅崎康浩\*\*\*・片桐雅明\*\*\*\*

\* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (財) 沿岸技術研究センター 調査役

\*\*\* 国土交通省 九州地方整備局 別府港湾・空港整備事務所長

\*\*\*\* (株) 日建設計シビル 地盤調査設計部 設計主幹

我が国ではこれまで、港湾整備により発生する浚渫土砂は、埋立地（処分場）に投入されてきたが、近年処分場の確保が困難になってきている。中津港においても同様の課題を抱えており、港湾整備により発生する浚渫土砂を積極的に有効活用し処分量を減らすことが期待されている。本論文では、中津港における浚渫土砂の有効活用に関する検討結果を報告する。

キーワード：浚渫土砂有効活用、浚渫土砂分級工法、浚渫土砂減容化工法

### 1. はじめに

浚渫土砂は航路・泊地の開発・保全のために発生するが、高度成長期には臨海部の埋立に用いられ、日本の産業の発展に寄与してきた。しかしながら港湾域における埋立も、産業構造の転換、環境への配慮の点から必要不可欠なものに限られるようになってきており、浚渫土砂の処分場を安定的に確保することが課題となっている。このような問題に対応するため、港湾整備に伴い発生する浚渫土砂を再資源化するリサイクル技術が近年確立され、実証実験や工事実績も各港湾で報告されている。

中津港（写真-1）では近年自動車関連産業などの新規立地もあり、将来の需要増を見据えた港湾整備が計画されているが、中津港沿岸部の地勢は極めて平坦な遠浅の海底地形を示しており、航路浚渫に伴い大量の浚渫土砂が発生する。中津港においても各港湾同様に、浚渫土砂の適正な処分方法が課題となっている。本論文では、中津港の港湾整備により発生する浚渫土砂の有効活用に関する検討結果を報告する。



写真-1 中津港航空写真

### 2. 浚渫土砂活用ニーズの把握

中津港の周辺地域の漁業や環境に関する現地調査を行い、浚渫土砂の活用先について候補を抽出した。

#### 2.1 水産系事業への活用

図-1 及び写真-2 に示すとおり、中津港周辺の海岸部は遠浅の地形で、海水がひくと中津干潟と呼ばれる広大な干潟が姿を現す。大分県は水産業に関わる施策として、干潟も含めた漁場の保全活動を挙げ、水産業の活性化並びに安定した経営の実現を目指している。そこで、干潟の代表的な水産業であるアサリ漁場への浚渫土砂の活用について可能性を検討した。



図-1 中津干潟の概要 (NPO 法人水辺に遊ぶ会 HP より)



写真-2 中津干潟写真

(独) 水産総合研究センターによると、二枚貝の浮遊幼生は貝の種類ごとに着底する土質が異なり、図-2に示すようにアサリでは平均粒径が1mm程度の土質が適している。また、同センター瀬戸内海区水産研究所の浜口室長へのヒアリングから、中津市のように北側に開けている海岸では、冬季の風と波が大きく、細粒分は流されてしまうため、覆砂には細粒分(75μm未満)を含まず、最大粒径が人頭大までの粒度のものが有効であるとの情報も得られた。中津干潟では石原造成と呼ばれるアサリ漁場の試験も行われており、それらを参考に浚渫土砂をアサリ漁場等へ活用することは可能であると考えられる。

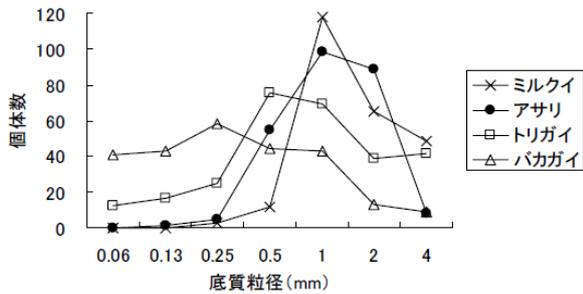


図-2 二枚貝浮遊幼生の着底量と底質粒径との関係<sup>1)</sup>

## 2.2 浚渫窪地修復事業への活用

砂利や埋込材を海底から採取した跡地(浚渫窪地)が、西日本を中心に国内に点在している。三河湾などではこの浚渫窪地があるために貧酸素水塊が発生し、それが原因で海域の生物が死滅するなどの被害が出ている。そのメカニズムは図-3に示すとおりであり、平成14年に大きな打撃を受けた三河湾では、平成15年から浚渫窪地の埋戻しを行い、少しずつではあるが酸素の濃度が回復している観測結果が報告されている<sup>2)</sup>。

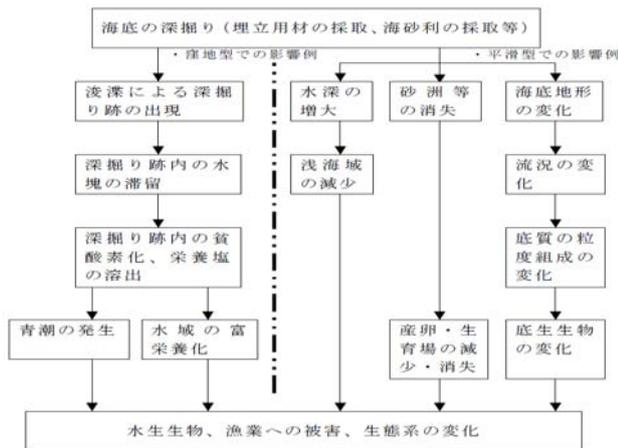


図-3 浚渫窪地が水生生物に影響を与えるメカニズム<sup>3)</sup>

中津港が位置する大分県にも浚渫窪地がいくつか存在し、同様の被害が生じる可能性がある。この対策として浚渫窪地を埋め戻し、環境修復を図るために浚渫土砂が活用されることが考えられる。

ここで、浚渫土砂を有効活用して浚渫窪地の修復を円

滑に行うためには、施工による負の影響が発生しないように配慮することが重要となる。図-4は、浚渫窪地に土砂を投入したときに窪地周辺に生じる土砂と海水に関わる変化を模式的に示したものである。

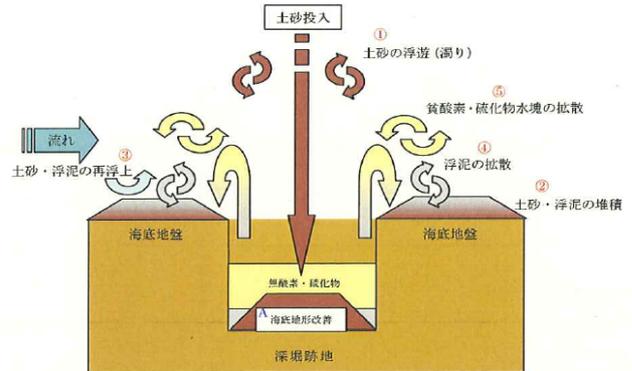


図-4 浚渫窪地への土砂投入による環境インパクト<sup>4)</sup>

埋め戻すための土砂を水中に投入すると、土砂自体の水中での浮遊(①)や周辺海底への堆積・再浮上(③)、土砂投入によって窪地やその周辺に堆積していた浮泥の再懸濁や周辺海域への拡散(④)と堆積(②)が生じると考えられる。また浚渫窪地には貧酸素・硫化物水塊が滞留しているため、土砂を浚渫窪地に投入すると、滞留している貧酸素・硫化物水塊が周辺の海域に拡散(⑤)する可能性がある。これら負の影響も包括したモニタリングを行い、常に結果をフィードバックさせながら計画を策定することで、浚渫土砂を活用できると考える。

## 3. 浚渫箇所ゾーニングの検討

今後浚渫土砂を有効に活用する為には浚渫箇所の土性を整理し、再利用の可否判断をすることが重要となる。中津港の既存の地盤調査結果を基に、浚渫予定地の地盤特性を推定した(図-5)。地盤特性は次のとおりである。

- ・ 沖側は粘性土層が卓越している。
- ・ 陸側では表層に砂質層が、下部は砂礫層が位置する。

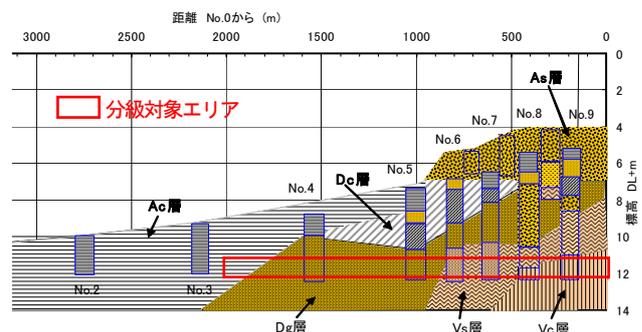


図-5 航路推定地盤断面図

砂礫分が多く含まれているエリアで浚渫土砂を分級することで、有効活用できる砂礫分を効率良く回収することが出来る。また、良質な土砂は直接利用も可能である。航路の推定地盤断面図より、No. 0~2000m付近までが、有効活用が可能な砂礫分の比較的多いエリアと推定される。

## 4. 既存技術の調査

浚渫土砂内の砂礫分を有効活用するための、分級技術について既存技術を整理した。また、分級後の粘土分の処分量を減ずるための減容化技術及び、分級・減容化後に発生する余水の処理装置についても併せて整理した。

### 4.1 分級技術

分級技術の原理としては、遠心分離によるものと沈降速度の違いを用いるものが主流である。遠心分離方式と沈降速度の違いによる工法（管路分級式）での分級砂ならびに残余シルト量などの土量バランスを比較した。

比較にあたっては、次の諸量を設定した。

- ・ 1日処理量：3,500m<sup>3</sup>、浚渫土砂含水比：20%
- ・ 浚渫土砂の砂分含有量70% (30~75μm：15%)
- ・ 砂分回収率：90%、回収砂中の残余細粒分：5%
- ・ 30μm以上シルト分回収率：90%
- ・ 30μm以上シルト中の残余細粒分：15%
- ・ 土粒子密度：2.7g/cm<sup>3</sup>、間隙水密度：1.0g/cm<sup>3</sup>
- ・ 含泥率：遠心分離式；15%  
管路分級式；20%  
遠心分離改良式；30%
- ・ 埋立処分する残余シルトの含水比：150%

図-6の(a)及び(b)は遠心分離式、管路分級式それぞれの港湾工事にて大量施工の実績がある工法である。(c)は、実験段階ではあるがシルト分も分級可能な遠心分離改良式(新工法)である。

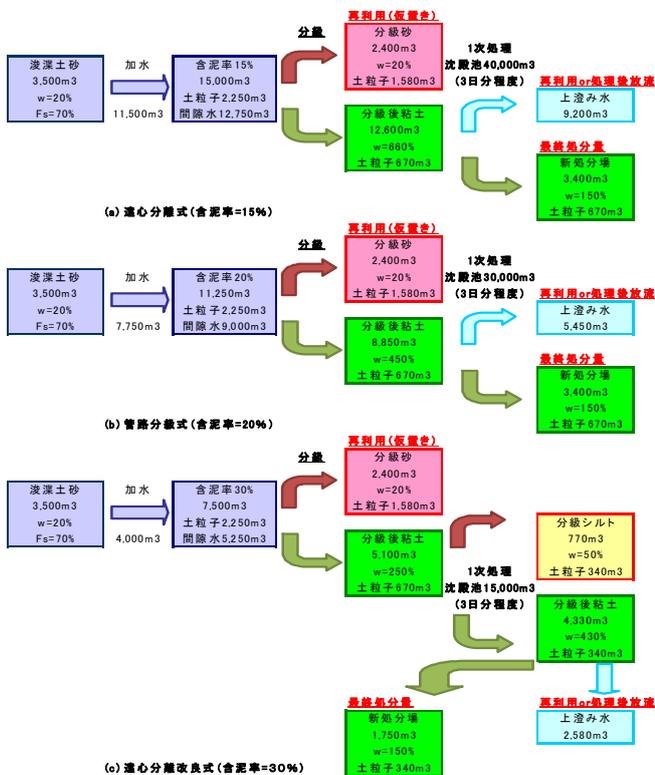


図-6 分級工法土量フロー図

図-5(a) (b)に示すように、浚渫土砂の砂分を分級するには、分級前に大量の水を加水する必要があり、分級後に発生する高含水の残余シルト分の処理が大きな課題となっている。それに対して(c)の遠心分離改良式の大きな特徴は2点あり、1点目は水の加水量を遠心分離式の1/3程度まで大幅に減じた点であり、2点目は、残余シルト分(75μm未満)からさらに30~75μmのシルト分(w=50%程度)を分級可能にした点である。以上2点の改良により、処理後の沈殿池容量及び最終処分量は遠心分離式に比較して半分程度まで減ずることが可能となる。ただし、実績としては小規模での実証実験に限られており、今後は大規模な実証実験等で技術的評価を行う必要がある。

### 4.2 減容化技術

泥状土の体積を減少させる方法(減容化)は、処分場投入する前に行う事前処理(機械脱水処理)と、処分場にすでに投入されているものに対して行う事後処理(土木的脱水処理)の2つに大分できる。このうち、機械脱水処理された減容化土の特性を図-7にまとめる。

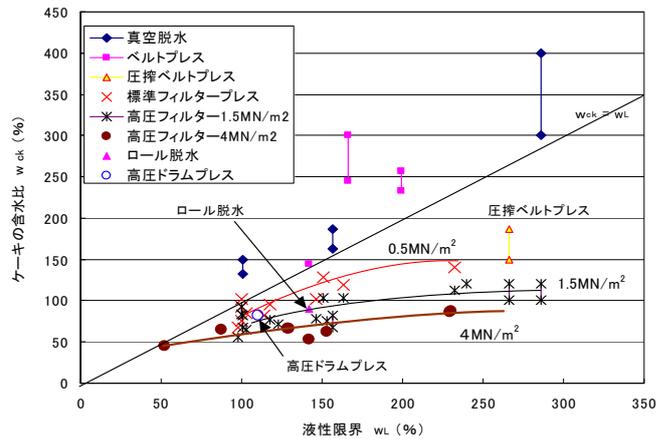


図-7 液性限界と脱水ケーキ含水比の関係

収集したデータは、液性限界が50%から300%程度の試料である。液性限界が大きくなるにつれて、脱水後のケーキの含水比も大きくなる傾向にある。真空脱水、ベルトプレスの脱水ケーキの含水比は、液性限界までしか含水比を低下させられないことがわかる。一方、フィルタープレスでは加える圧力に応じて、脱水ケーキの含水比が低下することがわかる。

機械脱水処理工法としては、フィルタープレス工法が実績も多く実用的であるが、いずれの処理工法も分級工法との処理能力の差から、分級作業との連携は難しく、処理コストも土木的脱水処理と比較するとハイコストとなる。

近年凝集剤を利用したブロック脱水技術も確立されてきており、分級工法との連携を前提に実証実験等で確認することにより、実用の可能性はあると考える。

### 4.3 余水処理技術

港湾事業を行う上で、周辺の海域環境の保全を図ることは重要なテーマであることから、余水処理技術についても資料を収集し、取り纏めた(図-8)。図-8に示した中で経済性・施工性が優れたものは、Gのユニット式深層ろ過方式である。下関港湾空港技術調査事務所の実績を見ると、実用機の能力は10,000 m<sup>3</sup>/hと処理水SS 20mg/lが確認できた。2010年度において、福岡アイランドシティの土砂処分場で余水処理のためにユニット式余水処理装置が稼動していたが、処理する余水のSSが排出基準の値よりも低い場合、凝集等の余水処理は行われていなかった。過去の検討では、大粒径粒子が少ないと、深層ろ過装置内で上昇速度を維持することが困難となり、凝集剤の抑制にはつながらないという結果も得られている。一連の検討が進められた凝集剤を広く調査することは、環境負荷を軽減するために重要であり、今後の成果に期待したい。

方式	施設	特徴	長所	短所	必要面積	
A	無薬注沈殿	他工区を利用	・広大な水面積を確保できる沈殿池の場合にはSSを低くすることも可能	安価	外周護岸を締め切ることができない。	他工区の埋立地を利用
B	シャワー添加による凝集沈殿	凝集沈殿池新設	沈殿池を十分確保できる場合にはSSを低くできる。	攪拌効率が悪く、薬品使用は多量に、沈殿池は大規模になる。		大規模
C	直注とシャワー添加併用による凝集沈殿	凝集沈殿池新設	シャワー添加凝集沈殿方式の埋立末期で直接添加を併用。	Bに比べ攪拌効率高	使用薬品は多量。沈殿池は大規模。	
D	高速凝集沈殿	高速凝集沈殿池新設	攪拌装置、整流壁、導流壁、排水トランプからなる沈殿池が必要	必要面積小、薬品量少	高価	それほど大規模ではない
E	接触沈殿とシャワー添加併用	凝集沈殿池新設	シャワー添加凝集沈殿方式に沈殿効果を促すための汚濁防止	Bに比べ攪拌効率高	効果の予測が困難。沈殿池は大規模。	大規模
F	深層ろ過方式(砂ろ過)	急速ろ過池新設	砂ろ過を用いることにより、凝集剤の使用量を低減する。	薬品の使用量が少ない。	ろ過層の目づまりが生じる。	
G	深層ろ過方式(中空円筒ろ過)	ユニット式深層ろ過装置	砂の代わりに、中空円筒ろ材を用いることにより、ろ過層の目づまりをふせぐ。 ユニット構造であるため、コンバクトで移設運用が可能。	薬品の使用量が少ない。 処理能力は従来の凝集沈殿池とほぼ同じ。	実績が少ない。	比較的小規模

図-8 余水処理施設の特徴比較

### 5. 分級残余シルト分の圧密特性の想定

分級を行った場合に発生する残余シルト分と、有効活用が困難とされる粘性浚渫土砂を埋立材とした場合の圧縮性について、新北九州空港の事例を参考に検討した。

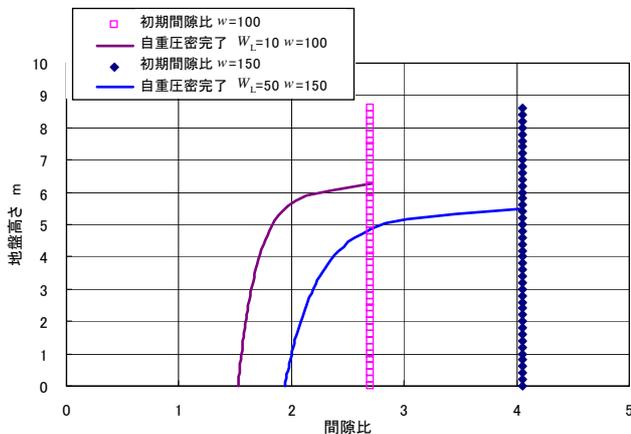


図-9 埋立地沈下予測図(仕上高6.6m, 嵩上高2m)

図-9は埋立候補地の深度を6.6mで想定し、嵩上げを2m行った場合の沈下予測である。図中のw<sub>L</sub>=50, w=150が分級後残余シルト分であり、w<sub>L</sub>=10, w=100が粘性浚渫土砂である。粘性浚渫土砂で自重圧密後の最終高さが6.1m程度であるため、覆土は0.5m程度しか許容できず、地盤としての地耐力が問題となる可能性がある。埋立候補地の原地盤が良質土であることから、原地盤を先行掘削し深度を10.0mまで増深した場合の沈下予測も行った。これによると、自重圧密によって粘性浚渫土砂で3.5m程度、残余シルトで4m程度沈下する結果が得られた。覆土が1.5~2.0mまで可能となることから、先行掘削による埋立候補地の深度増深は有効な方策と言える。

### 6. まとめと今後の課題

- ・中津港沿岸では漁場整備など砂礫分を含む土砂の需要があり、有効活用の可能性がある。今後はその需要量を精査する必要がある。
- ・中津港の陸域側で浚渫される土砂は砂礫分を含んでおり、分級することで再資源として利用することが期待できる。ただし、既存のデータでは航路の東側と西側では土性に違いが見られる。またこれらのデータには浚渫予定深度に達していないものや、浚渫エリアに該当しないものも含まれているため、今後航路を拡幅する場合には、事前に地盤調査を実施し地盤特性を把握することが望ましいと考える。
- ・分級技術については遠心分離改良式が有効と思われるが、残余シルトの減容化に依然として課題が残るため、ブロック脱水までを連携させた実証実験を行い、減容化も含めた実用性を確認する必要がある。併せて分級の各工程における土砂の物性、浚渫土砂や分級後の残余シルト分の圧密特性を把握することも、今後有効活用を含めた実施計画を詰める上で重要である。
- ・近年、製鉄工程の副産物と浚渫土砂内のシルト分を混合した建設用資材等も開発され、小規模ではあるが施工実績も報告されている。今後はこれら新技術の利用に関する可能性についても検討する必要がある。

### 参考文献

- 1) 独立行政法人 水産総合研究センター：干潟生産力改善対策事業文献調査レビュー
- 2) 環境省 総合環境政策局環境影響評価課 環境影響審査室：海域における深掘り跡等の埋め戻しに関する考え方(案)(平成18年3月)
- 3) 国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所：広報誌エムワン49号 特集三河湾に生き物と呼び戻すために“貧酸素水塊”の発生を防ぐ
- 4) 国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所：平成20年度伊勢湾の環境修復技術に関する研究