

2017 年度（第 53 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 17-B-3

港湾の埋没対策と浚渫土砂の有効利用

九州大学 教授

中川康之

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2017 年 8 月

港湾の埋没対策と浚渫土砂の有効利用

Minimizing harbor siltation and clever use of dredged sediments

中 川 康 之
Yasuyuki NAKAGAWA

1. はじめに

船舶の安全な航行には、航路を適切な水深に確保することが基本となる。沿岸部に整備される港湾域では、航路および泊地は浚渫により掘り込まれることになり、特に近年ではコンテナ船などの大型化に対応するため、水深 15m を超えるより大水深の航路や泊地の整備が求められる。一方、港湾域を含めた沿岸海域では、河川からの土砂の堆積や波浪・潮汐流などによる土砂の移動など、自然現象による海底土砂の移動が生じている。このため、航路や泊地の設置条件によっては、周辺海域からの土砂の侵入が生じ、航路や泊地の水底に土砂が堆積する、いわゆる埋没現象が発生する。

前述のとおり、船舶の安全な航行は適切な水深が確保された航路や泊地が前提となっていることから、航路や泊地の埋没が懸念される港湾においては、航路や泊地の埋没対策や浚渫などによる効率的な水深の管理は、港湾施設の機能維持における根幹的課題のひとつである。本論では、このような港湾域における航路や泊地の埋没に関する話題をとりあげ、その実態や埋没現象に関するメカニズム解明を目的とした研究事例と、対策に関する国内外での事例の紹介、さらに浚渫土砂の有効利用と今後の課題について示す。

2. 港湾と浚渫

2.1 国内港湾における浚渫

貨物船舶の大型化により、たとえばコンテナ船では岸壁での必要水深は最大 18m(20 万トン級)、タンカー船では同じく最大 23m(33 万トン級)が必要となる。これに対し、2016 年刊行⁽¹⁾の資料によると日本国内の港湾(公共岸壁)では、横浜港で最大 18m(2012 年時点では 16m)や神戸港で最大 17m(同じく 16m)となっており、世界的な船舶の大型化に対応すべく、国内各地の国際戦略港湾において大水深岸壁の整備が行われている。(近年、寄港数の増加が著しい大型客船については、世界最大級のクルーズ船でも岸壁水深は 11m 程度と貨物船に比べると浅い。)

一方、船舶による物流機能を確保するため、浅海域においては浚渫による航路や泊地の人為的な増深が必要となる。このような航路や泊地の浚渫により発生した土砂量の経年的な変化と、浚渫された土砂の用途についてそれぞれ示したも

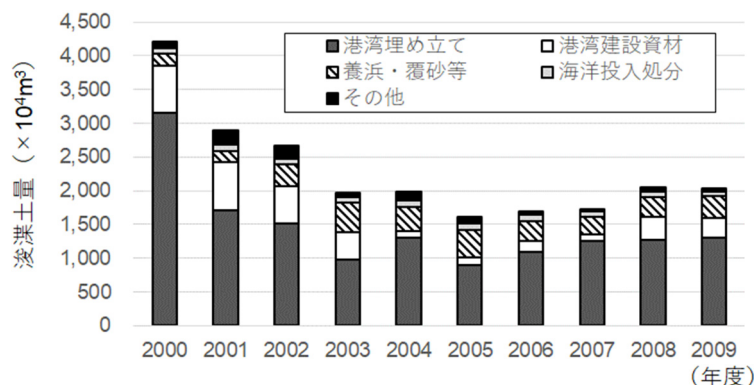


図-1 港湾域(重要港湾及び開発保全航路)で発生した浚渫土砂量と利用の内訳⁽²⁾

のが図-1 である。公表されているデータに限りがあるため、ここでは 2000 年度から 2009 年度までの過去 10 年間における浚渫土量の総量とそれらの処分方法の内訳が同図には示されている。浚渫土量は 2000 年から減少したものの、2003 年以降は 2,000 万 m^3 前後で推移している。これら総土量の発生源としては航路および泊地のほか、その他に護岸や防波堤施設建設に際して発生する浚渫量も含むが、それぞれの割合は例えば 2009 年においては、航路 48%、泊地 41%、その他 11%となっており、約 90%は航路および泊地から発生するものである。なお、図-1 で示した土量には、漁港や湖沼などを対象とした浚渫量は含んでいないため、国内全体の水域での浚渫土量はさらに大きな値となる。たとえば、日本国内最長河川の信濃川河口に位置する新潟港西港地区においては、河川からの流下土砂による航路および泊地での埋没が生じるため、港湾域の水深を確保するための整備(図-2)が行われ年間約 80 万 m^3 の浚渫が必要とされている。



図-2 信濃川河口に位置する新潟港(西港地区)と同港の浚渫船
(写真はいずれも国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所提供)

2. 2 浚渫土量の縮減と有効活用

必要な水深確保のための浚渫により発生した土砂は、図-1 に示すように埋め立てや建設資材などに利用されている。高度経済成長期においては沿岸部の土地需要が多かったことから、浚渫土砂の多くは埋め立て材として有効利用されてきたものの、近年では水域環境保全の配慮もあり浚渫土砂の埋め立てへの利用は、かつてに比べると少なくなっている。一方、浚渫土砂の一部は海洋投入による処分が行われているけれども、廃棄物等の海洋投入を規制する国際条約(ロンドン条約)を踏まえた国内法に従い、環境大臣による許可制となっており、許可を得るためには環境影響評価の実施や環境監視等、さらに処分量を十分減量化するための努力が必要となる⁽³⁾。すなわち、水底から浚渫した土砂であっても、無条件に海洋に投入することは制限されており、埋まったら掘って海に捨てるといった安易な対応は許されていない。また、構造物等の設置による埋没抑制策を施しても完全に堆積土砂を遮断することが困難な場合も多く、その場合には浚渫工事と併用して港湾の水深確保をいかに効率的に行うかが、港湾管理者にとって重要な課題の一つとなる。一方、これまでも精力的に取り組まれてきた干潟や浅場など環境再生事業への浚渫土砂の利用(たとえば(4))のほか、埋没港湾に堆積した土砂の輸送システムの導入⁽⁵⁾による近隣海岸への養浜や、浚渫土の固化処理による高強度な構造物資材としての活用⁽⁶⁾など、浚渫土砂を貴重な資源として多様な有効利用に展開することも、我々が取り組むべき重要な技術課題となる。

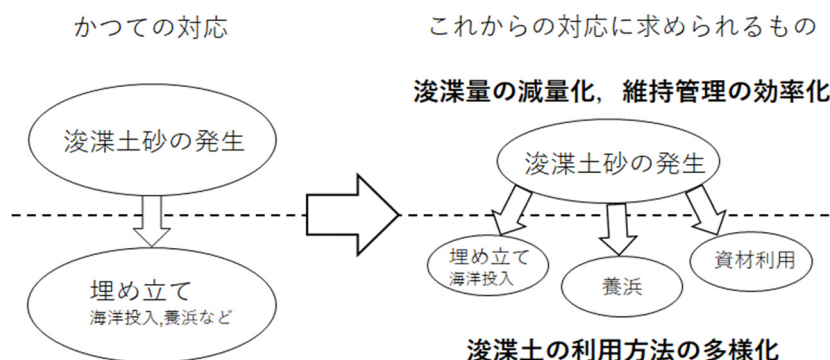


図-3 埋没対策に求められる技術課題

2.3 海外の港湾における浚渫事情

浚渫土砂の発生とその利用に関する問題は決して日本国内に限ったものではなく、海外の多くの港湾においても同様な課題を抱えている。例えば米国においては、連邦政府が管理する主要航路を対象とした浚渫土量として、2008年度から2012年度の4か年における年平均浚渫量が1億5,000万 m^3 超となっている⁽⁷⁾。ただし、米国においては航路浚渫以外に、海浜への養浜(侵食対策)を目的とした海底土砂の浚渫が米国内全体での浚渫量のうち3%程度行われていることが特徴的であり、特に東海岸では養浜のための浚渫量が20～30%にも及ぶ地域もみられる⁽⁷⁾。なお、米国においても海洋投入処分の実施は、米国環境保護庁(USEPA)の監視のもと許可制となっている。

一方、その他の諸外国について、浚渫民間会社で構成される国際機関が公表する資料⁽⁸⁾によれば、世界各地域で2011年に実施された浚渫実績(ユーロ換算の費用で表示)は図-4のようになる。日本の港湾域での浚渫に関しては、米国での浚渫コストと同程度であると仮定すれば、図-4のアジア域の総量のうち1割程度と推定される。経済発展の著しい中国での浚渫費用が突出しているのを除けば、アジア地域においては欧州や中東地域と同程度に浚渫量が多いことがわかる。たとえば東南アジア地域の国々においては、都市域が港湾と共に大河川河口部に発達している場合が多く、浚渫による航路の増深が都市の経済発展と直接結びつくことになる。全世界での河川からの土砂供給量を推定した例を図-5に示すが、東南アジア地域をはじめ南アメリカなどでも大きな供給が生じており、これらの地域での港湾開発においては埋没対策が重要となる。

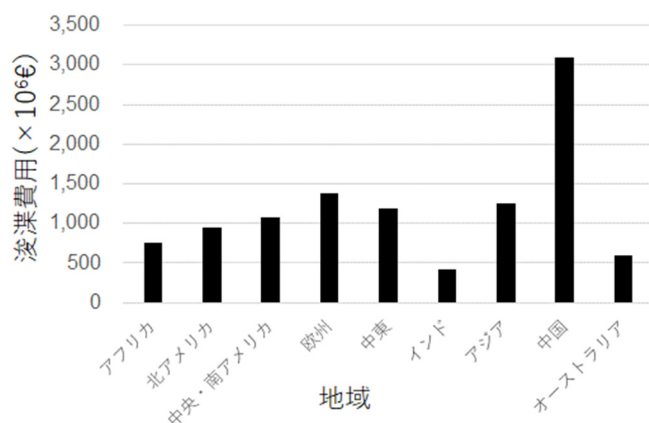


図-4 世界における地域別にみた浚渫費用の比較(2011年)
(資料(8)をもとに作図)

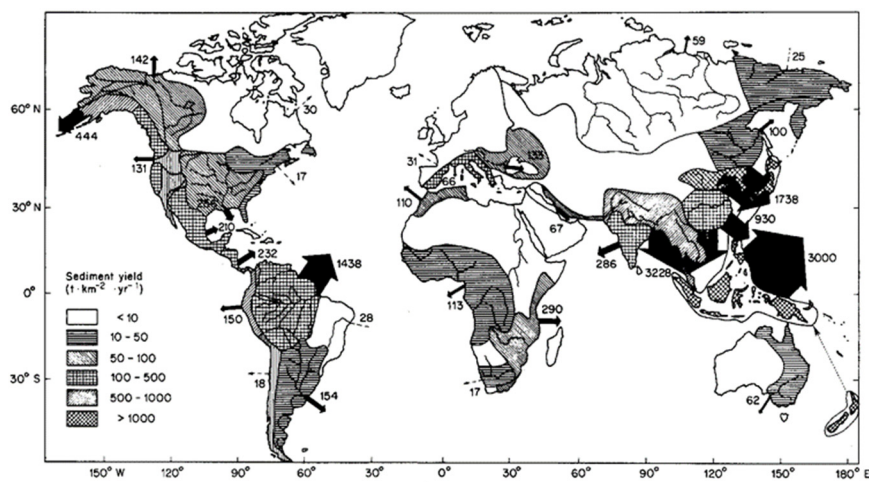


Figure 1.3 Annual discharge of suspended sediment from the drainage basins of the world. Numbers are average annual input in 10⁶ tons. From Milliman and Meade, 1983, J. Geol., 91, 1-21. Reproduced by permission of the University of Chicago Press

図-5 陸域からの土砂供給量の推定例(文献(9)より)

3. 航路埋没のメカニズム

3.1 海域での土砂移動と航路の埋没

河川を通じて流下した土砂は河口沖に堆積した後、波や流れの作用を受けて沿岸方向および岸沖方向にそれぞれ輸送される(図-6)。海浜域においては、沖からの波が砕ける水深よりも浅い領域(砕波帯)において底質の移動量は増加する。このため浅海部を掘り込んで航路や泊地を設けた港湾施設においては、周辺から輸送される土砂の侵入による埋没に注意する必要がある。また、航路や泊地を浚渫して周辺部よりも水深が深くなると、たとえば波の進行に伴う水塊運動は水深が深いほど小さく、航路や泊地周辺の浅海部で海底土砂の巻き上げが生じたとしても、航路や泊地内での海底に作用する外力(底面せん断応力)が減るため、そこでは底質の浮遊が維持されず土砂の堆積が生じてしまうことになる(図-7)。同図では波浪の外力の航路内外での変化を模式的に示しているが、潮流流などの流れについても水深が深くなると、流下断面の増大により深い水域での流速が減少するため、やはり底面せん断応力が低下し周辺部からの浮遊土砂は航路内に堆積することになる。

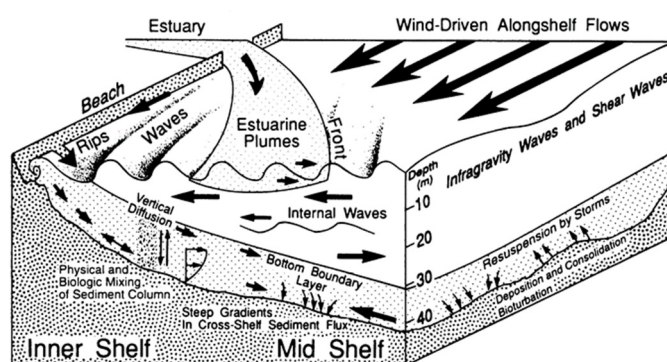


FIGURE 24. Conceptual diagram illustrating physical transport processes on the inner shelf. (From Nittrouer, C. A. and Wright, L. D., *Rev. Geophys.*, 32, 85, 1994. With permission.)

図-6 沿岸域における底質移動に起因する多様な外力(文献(10)より)

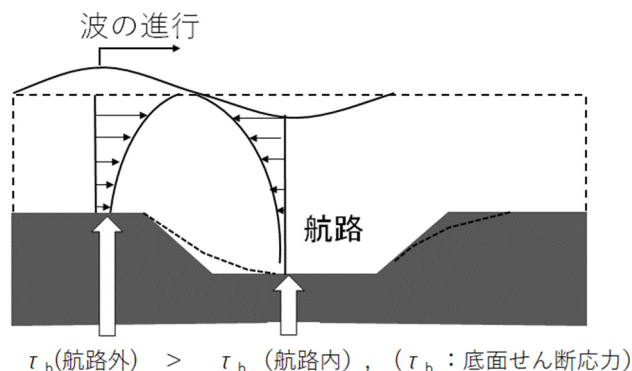


図-7 浚渫航路内外での波による外力条件の違い

このような周辺からの土砂の流入による浚渫域での土砂堆積について、現地での試験掘りを通じて検討された事例⁽¹¹⁾を図-8に示す。同図は有明海東岸にある熊本新港の建設時に、周辺の干潟浅海部から航路に流れ込む土砂堆積が懸念されたことから、浚渫域周囲に防砂堤(潜堤)を設けた対策工の効果を確認するために行われた現地実験である。水深約4mの海域に2m程度深く掘り下げた領域を設け、周囲に潜堤を設置した場合と設置しない場合との比較を行ったものであり、潜堤を設けていないNo.2のケースでは1年後にはほぼ浚渫域が完全に埋め戻ってしまうことがわかる。一方、潜堤を設置したケース(No.3)では、同じ期間を経てもほぼ浚渫した直後の水深を維持できていることがわかる。対策が施されない場合の埋め戻りの時系列的な変化を示したものが図-9である。同図には高波浪が来襲した際の時期が下向き矢印

で示されているが、No.2 の試験掘り領域の水深の減少がステップ関数的に生じる際には、いずれも高波浪時期に一致しており、高波浪時の擾乱により浚渫域周辺部の土砂が輸送され浚渫域に流入していることを示唆するものとなっている。このような高波浪時の浚渫域の埋没現象として、外洋に面した港湾の航路周辺での状況をとりえた観測事例もある⁽¹²⁾。

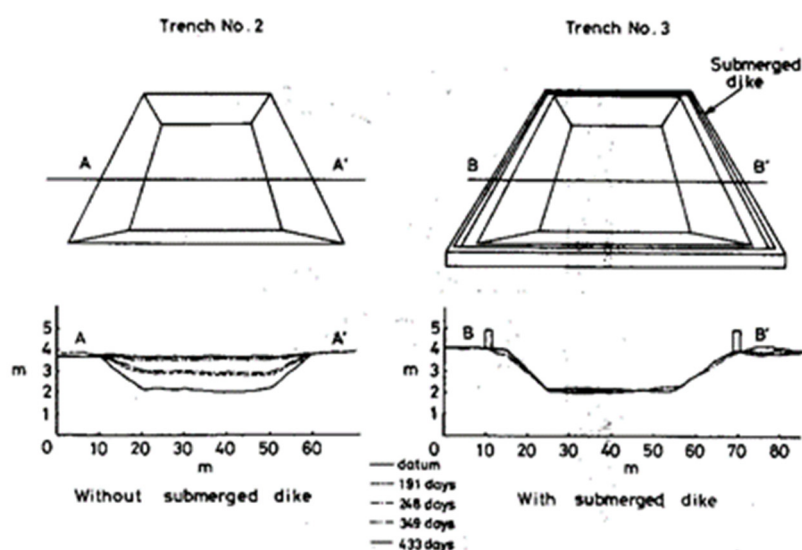


図-8 熊本港建設前に行われた現地での試験トレンチ埋没モニタリング⁽¹¹⁾

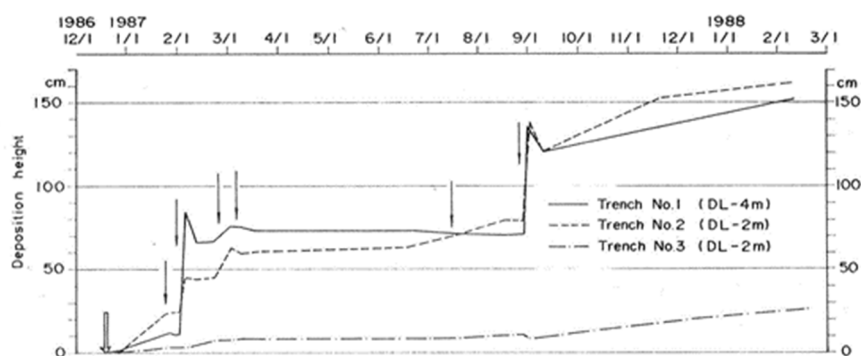


図-9 試験トレンチ内の埋没過程(下向き矢印はこう波浪イベント発生を示す)⁽¹¹⁾

高波浪擾乱による底質の移動は、より水深の深い海域においても生じる場合もある。たとえば東京湾内の多摩川沖の水深が約 20m の地点において、海底面直上の流況と濁度を現地観測により測定した例⁽¹³⁾を図-10 に示すが、平常時にはほとんど波浪による水塊の運動は生じていないのに対し、台風通過時に生じた周期の長い波の来襲時には海底への影響が強くなり、海底付近を中心に浮遊懸濁物(SS)の濃度の上昇が顕著となることが明らかとなっている。このため、世界的には水深 20m を超える航路や泊地の大水深化の可能性もあることを考えると、大水深域航路においてもこのような周期の長い波浪による擾乱の影響には注意する必要がある。

一方、波浪擾乱以外の底質の輸送外力の代表的なものとして、潮汐流の影響があげられる。日本国内においては、潮位差の大きな海域や海峡部などでは強い潮汐流が発生するため、流れによる底質の巻き上げと輸送が生じることがある。例えば図-11 は瀬戸内海西部の周防灘北岸にある宇部港での調査事例⁽¹⁴⁾である。この港では、沖合に向かって約 4 km の長さにわたり、必要な水深を確保するための航路浚渫が行われている。一方、当該海域での ADCP を用いた曳航調査によると、上げ潮時、下げ潮時にはそれぞれ流向は反転するものの、いずれも航路を横切る方向に流れが発生し(図-12)、大潮時には最大 30cm/s 以上となる流れに連動して、特に航路沖合部の底面付近で SS 濃度の上昇が顕著となる(図-13)。さらに、このような航路先端付近の SS 濃度上昇域では、航路内の埋没量も大きくなることが深浅測量データに

より明らかとなっている(図-14)。

このほか、関門海峡や瀬戸内海の狭窄部の流れが速い海域では、サンドウェーブとよばれる波上の起伏が海底面に発達⁽¹⁵⁾し、海底地形の峰の部分で航路内の必要水深が確保できなくなり、埋没対策の対応が求められることもある。

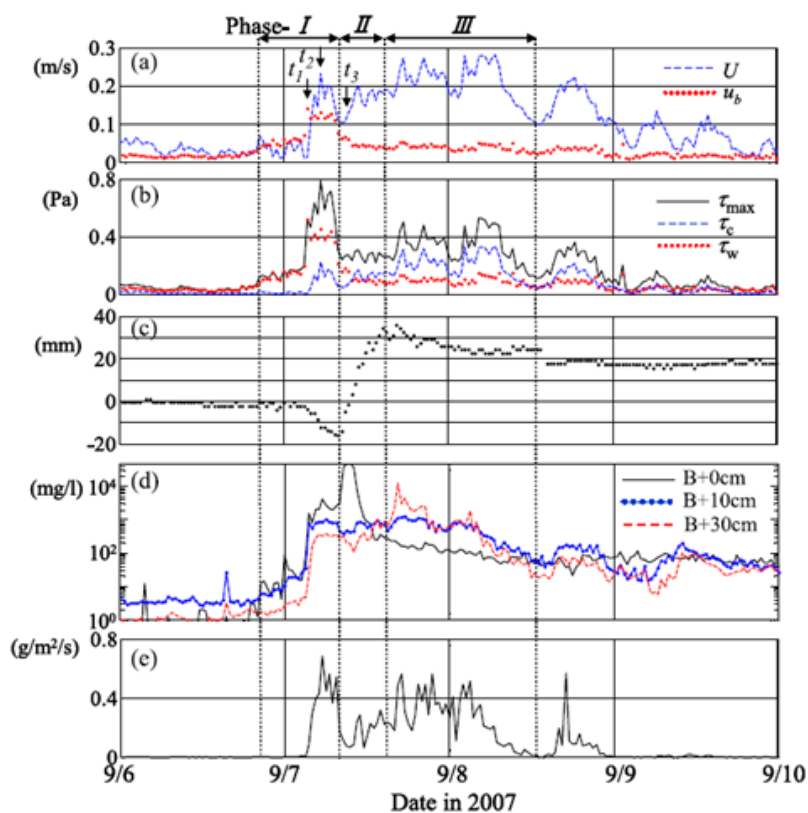


図-10 東京湾羽田沖(水深 23m)で観測された台風擾乱時の底面直上での(a)流況, (b)底面せん断応力, (c)底面高さの変化, (d)SS 濃度および(e)巻き上げフラックスの推定結果⁽¹³⁾

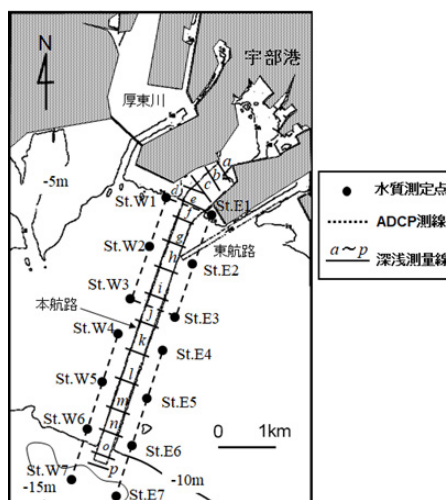


図-11 周防灘北岸に位置する宇部港の航路と調査⁽¹⁴⁾

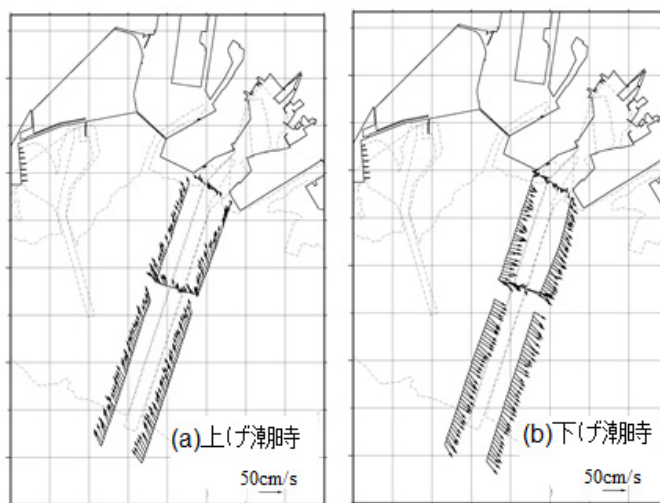


図-12 航路周辺での底面付近の潮汐流の分布⁽¹⁴⁾

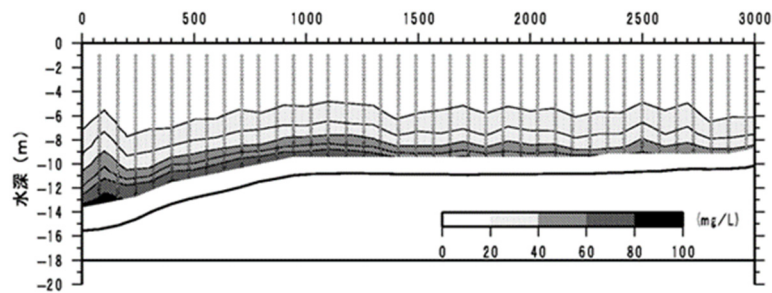


図-13 航路周辺での SS 濃度の空間分布⁽¹⁴⁾

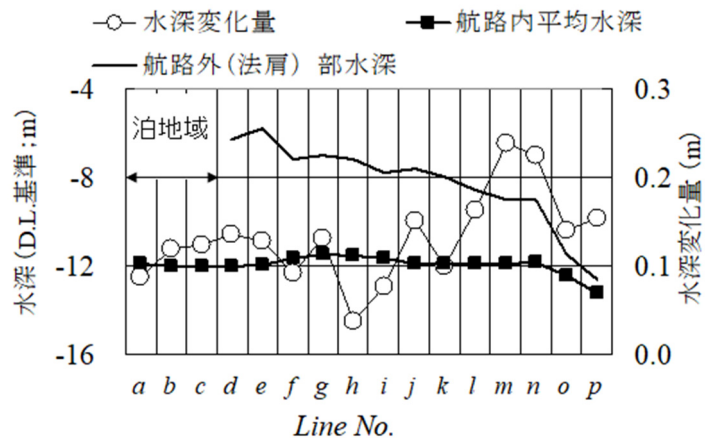


図-14 航路内外の縦断方向の水深分布と航路内での水深変化量の空間分布⁽¹⁴⁾

(図-13 とは岸沖の向きが反転していることに注意)

3.2 河口域での土砂移動の特徴

河口域に位置する港湾では河川上流からの流下土砂が直接港内に堆積して生じる埋没現象が主となる。特に大河川沿いや河口域に港湾と共に都市が発展していることの多いヨーロッパや東南アジアの国々において、このような流下土砂の堆積による航路埋没が問題となることが多い。国内においても、たとえば日本海側を代表する港湾の一つであり、国内最長の河川である信濃川河口に位置する新潟港西港地区(図-15)においても流下土砂の堆積による埋没の対策が求められている。そこでの土砂堆積のメカニズムの一例として、出水時に生じる濁水の挙動把握を目的とした観測事例⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾をここでは示す。

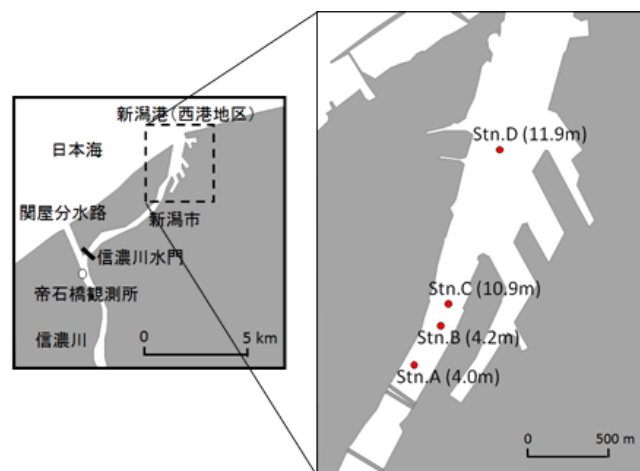


図-15 新潟港西港地区(信濃川河口)を対象とした港内埋没実態把握調査⁽¹⁷⁾

航路縦断方向に設けた各観測点(Stn.A～D)で測定された塩分とSS濃度の鉛直分布について、地点ごとにそれぞれの観測時期の結果を重ねて示したものが図-16 および図-17 である。なお各データの計測日は、①2012年1月12日・13日、②2012年11月22日、③2013年7月31日である。観測時期③については、観測域よりも上流に位置する帝石橋観測所(関屋分水路河口より3.1km 地点)の河川流量データ(国土交通省水文・水質データベース)によると、日平均流量が1,000m³/sを超える出水が生じていた際に測定されたものである。それ以外の調査時期①および②(2012年11月)については400～600m³/s程度の流量となっている。なお、これらの図中に示した横破線は、時期③におけるStn.A(非浚渫域)の調査時の水深であり、下流側観測点の躍層の水深と対比できるようにした。まず、塩分分布の特徴として、浚渫による水深急変部の下流側となるStn.Cでは、上流側(非浚渫域)水深にほぼ相当する水深層で明瞭な塩分躍層が形成されている。さらに下流側のStn.Dにおいては、上流側水深よりも上層で淡水と海水の混合が生じていることが確認できる。一方、SS濃度の鉛直分布においても、下流側では明瞭な濃度躍層がみられ、淡水層に相当する水深にてSS濃度が高く、海水層で急激に減少しており、流下してきた懸濁物は主に上層の淡水層で外海に向かって輸送されている。

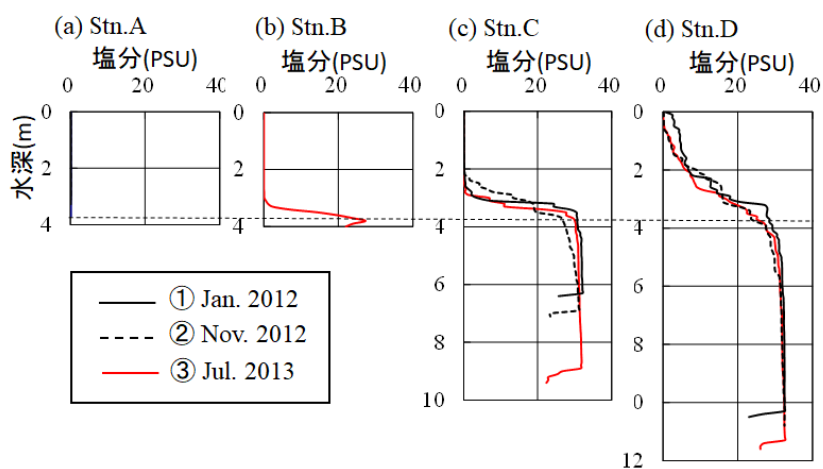


図-16 河口港内における塩分の空間分布⁽¹⁷⁾

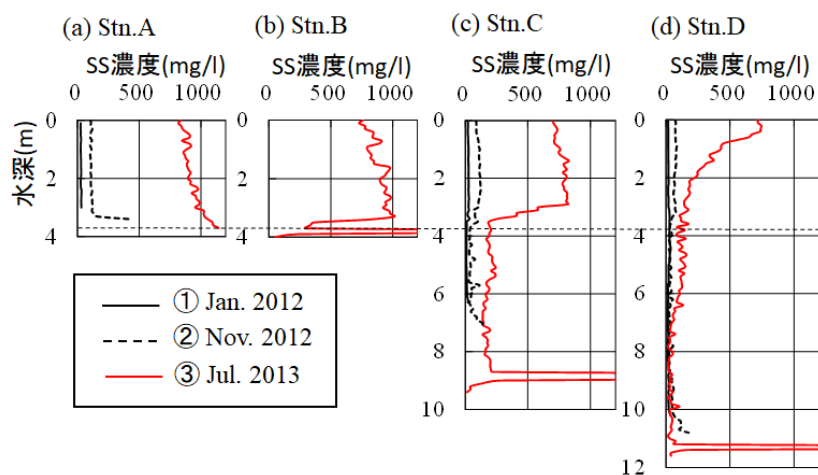


図-17 河口港内におけるSS濃度の空間分布⁽¹⁷⁾

一方、出水時(時期③)のStn.B～Dの下層においては、図-17にみられるように光学式濁度計での測定限界を超える高濃度な状況にあり、最下層の濃度低下は測定器の出力異常によるものである。たとえばStn.Cの底層では、図-18に示すように湿潤密度が約1,100～1,200kg/mの範囲にある濁水の集積が30cm程度の厚さで生じていることが、現地式密度計を用いた計測により確認されており、いわゆるFluid mud輸送による浚渫域への泥土の侵入が示唆されている。すなわ

ち、当該水域で実測された流下土砂の輸送過程を模式的に示すと図-19 のようになり、出水時の表層で淡水起源の低塩分・高濁度の水塊が海側に流出し、その下層では海域起源の高塩分・低濁度層が存在する。さらに浚渫域上流域(Stn.C 周辺)では、上流の非浚渫域の下層から侵入したと推定される fluid mud の集積が生じている。このような輸送プロセスの解明は、流下土砂の堆積場所の制御や集積土砂の回収方法の効率化など、維持管理方法の効率化を検討するうえでは重要な情報となる。

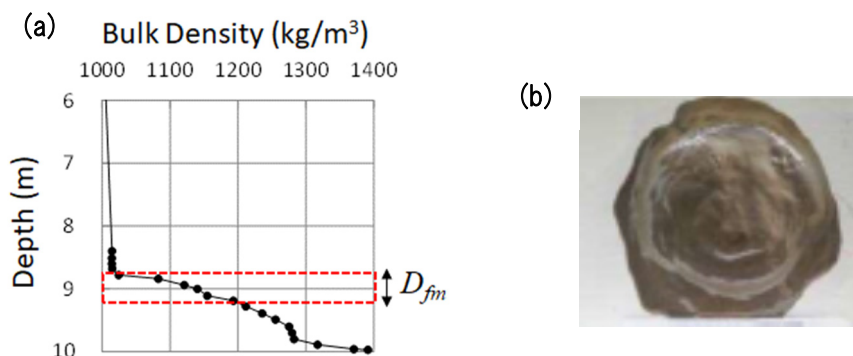


図-18 浚渫域で測定された出水時の海底面付近の(a)底泥密度分布と(b)採取された底泥の様子⁽¹⁷⁾

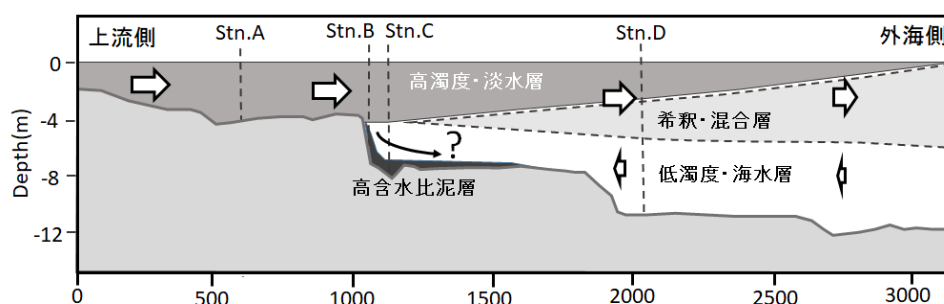


図-19 河口港湾での出水時の観測結果に基づく土砂輸送概念図⁽¹⁷⁾

このほか、ここで示した埋没メカニズム以外にも、港内での副振動による埋没への影響⁽¹⁸⁾や潮汐による海水の出入りによる航路内での埋没⁽¹⁹⁾について検討した例もみられる。

4. 埋没対策

4.1 航路や泊地への土砂の侵入の阻止

埋没対策としては、航路や泊地に向かう土砂の侵入を阻止するため、その上手側(土砂が運ばれてくる上流側)において何らかの対策を施すものが一般的である。具体的には図-20⁽²⁰⁾に示すように、たとえば沿岸漂砂の侵入を防ぐための防波堤の沖合への延伸や、離岸堤との組み合わせによる沿岸漂砂の制御などのほか、上流側にポケット浚渫という深堀部の浚渫を行うことにより、水深を確保すべき航路や泊地への土砂の侵入を防ぐものである。ただし、自然外力等により輸送される土砂のすべてを止めることは困難であるため、これらの対策を施してもいずれは防波堤背後を回り込む土砂の堆積や、ポケット浚渫内にたまった土砂の排除など、随時周辺域も含めた地形変化をモニターしつつ航路や泊地の維持管理を行う必要がある。

なお、埋没対策施設の設置に伴い沿岸漂砂の遮断が生じる可能性がある場合には、その下手側での海岸侵食の発生に十分注意する必要がある。この点については、上手側に堆積した土砂を下手側に養浜するいわゆるサンドバイパスの実施⁽⁵⁾など、周辺地形の変化も考慮した一体的な海域土砂の管理が重要である。

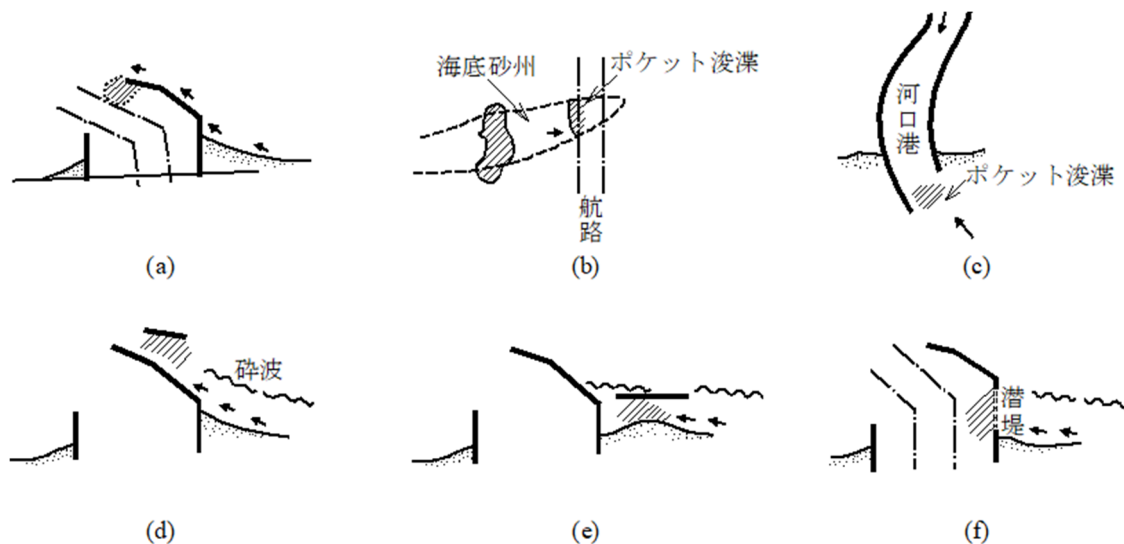


図-20 防砂堤等による埋没対策の方法⁽²⁰⁾

4.2 その他の対策方法

前節にて例示した埋没対策工法以外について、例えば河川港の多いヨーロッパでは河道内への土砂の堆積抑制を目的とした、いわゆる水制工による水流制御を行うものや、河道から掘り込まれた泊地の入り口で生じる堆積物抑制を目的とした水流制御構造物(図-21)などの設置例がみられる。この施設の特徴は、干潮河川域での流れと土砂の輸送方向の特性を考慮して、上げ潮時の入り口部で形成される水平渦の中心部で生じる土砂の堆積を削減すべく、平面的に翼型の壁を設置して泊地入り口部での水平渦の生成を抑制する(図-22)というものである。すなわち、流況を制御することにより、航路や泊地部の土砂堆積を防ぐというコンセプトに基づく対策工である。



図-21 河川港(ドイツ・ハンブルグ港)の掘り込み泊地入り口に設置された水流制御型の埋没対策構造物⁽²¹⁾

そのほかには、岸壁前面の堆積土砂をプロペラによる水流で強制排除する施設(図-23)や、前述したサンドバイパス用のポンプ施設と同様に、海底面に集積した土砂(特に軟泥を対象)をポンプで配送する恒久施設など、動力を用いた埋没対策施設の例もいくつかみられる⁽²¹⁾。

一方、堆積土砂がシルトや粘土の細粒分(泥分)が主体となる場合には、その堆積特性の特徴を考慮した対策が施される場合がある。その特徴とは、泥分が堆積する際には高含水の状態から、圧密を経て締め固まった底泥へと深さ方向に変化していく。このため、新しく泥が堆積した状態では、図-18(a)で示したように湿潤密度が底層に向かって徐々に上昇していく鉛直構造を示し、特に湿潤密度が約 $1,200\text{kg/m}^3$ までの船舶の航行には支障の無い高濁度水層(いわゆる Fluid mud 層)が形成される場合がある(図-24)。このとき、通常の水深測定手法である音響測深機器を用いると、これら濁水上面の

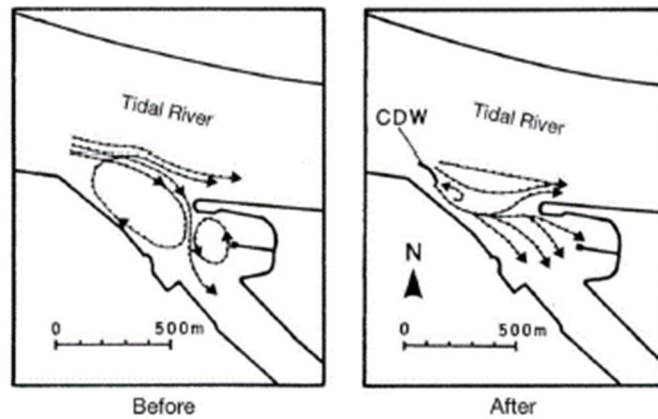


図-22 渦流の制御に基づく堆積土砂抑制⁽²¹⁾

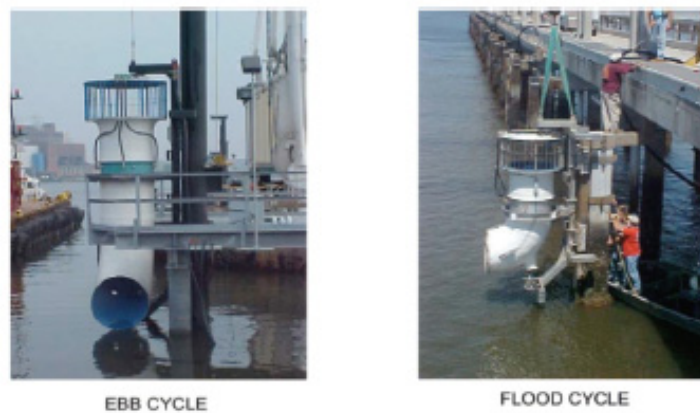


図-23 プロペラ型の土砂掃流装置⁽²¹⁾

密度躍層が海底と判断される場合があるため、それに基づき水深管理(浚渫)をするとすると、高含水比の軟泥を排除するための非効率な浚渫を行う必要が生じてしまう。このため、fluid mud 層の生成が顕著な港湾においては、図-24 に示すように湿潤密度による水深管理⁽²¹⁾が導入されている港湾が海外では存在する。国内での同様な問題への対応を検討すべく、国内港湾での底泥の堆積環境の実態把握を著者らは行っているが、図-18 でも示したように数十 cm 程度の流動泥堆積層が航路内で確認されている。航路浚渫直後や高波浪等の擾乱直後など、堆積物の供給量の履歴に応じて流動泥層の厚さも変化するため⁽²³⁾、泥の堆積する航路や泊地域では水深モニタリングの実施の時期にも留意する必要がある。

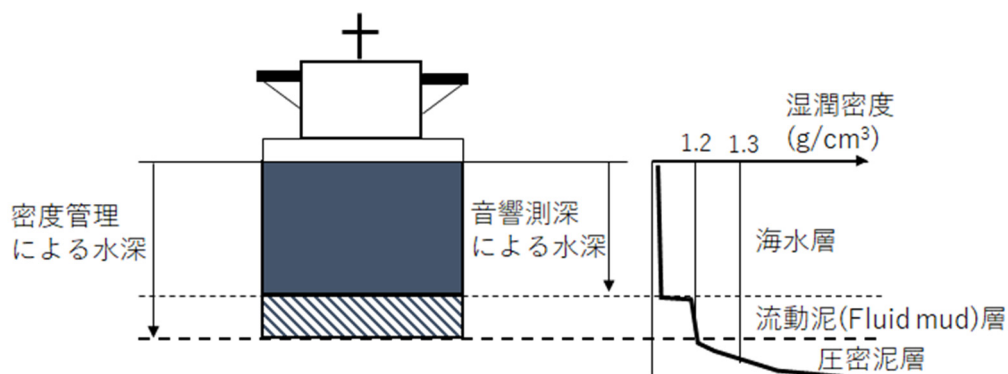


図-24 泥の堆積特性を考慮した航路水深の評価方法(文献(22)を一部改良)

5. 浚渫土砂の有効利用

浚渫土の活用方法としては、これまで主に沿岸域の埋め立てに利用されてきた。一方、沿岸域の環境改善を目的とした、近年では干潟や浅場の造成にも浚渫土砂が効果的に活用された事例も多くみられる。例えば三河湾の湾口部に位置する中山水道航路の整備においては、620 万 m^3 の浚渫砂を用い合計約 620ha におよぶ三河湾内の水域において、干潟や浅場の造成などが行われた(図-25)。このような大規模な浚渫土砂を用いた事業が成功した背景としては、港湾事業者のみならず環境部局や水産部局などの相互協力と、学識経験者らによる環境モニタリング手法の検討と実施による環境影響の監視評価体制が充実していたこと⁽⁴⁾や、さらに浚渫土砂が粘土・シルトの含有率が 10%以下の砂質であったことがあげられる。



図-25 中山水道航路(図中黄色で示した箇所)の整備と浚渫砂を用いた干潟・浅場等の造成位置⁽⁴⁾

(赤丸:国の事業, 青丸:県の港湾課事業, 緑丸:県の水産課事業をそれぞれ示す)

他の海域においても浚渫土を用いた干潟造成等の取り組みが精力的になされているけれども、浚渫土砂の性状がシルト・粘土を多く含む浚渫土に対しては、環境への影響を配慮した現場実証試験(図-26)を通じて、環境改善への有効性の検討が各地で実施され⁽²³⁾⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾モニタリングを通じて、その有効性や維持管理の課題等が整理されつつある。また、製鋼スラグのほか、石炭灰やペーパースラッジ燃焼灰等の産業副産物との配合による粘性土の改質に関する検討も進められ、現場での実用化に向けた検討が進みつつある⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾。粒度調整等を通じた底質材料の多様化も実現可能となりつつあり、より生物にとっても好適な環境再生に資する技術が開発されつつあることや、改質材の混入無しに高強度な構造体としての浚渫粘性土の利用に向けた技術開発も進みつつある⁽⁶⁾。



図-26 瀬戸内海での干潟再生(山口県周南市)

(写真は周南市ホームページより)

浚渫土砂を用いた沿岸域の環境再生は国内のみならず、海外においても類似の事例はみられる。たとえば代表的なものとして、米国北東部のチェサピーク湾内にある Poplar island の再生事業があげられる(図-27)。同湾内には東海岸を代表する港湾の一つであるバルティモア港があり、同港を利用する船舶のための航路維持のため浚渫が必要となる一方で、侵食によりほとんど消滅してしまったかつての Poplar island を復元する環境再生事業として、浚渫土砂が活用されたものである。



図-27 米国チェサピーク湾内に浚渫土を利用して再生された Poplar island⁽²⁹⁾

ヨーロッパにおいてはオランダの海岸にて、侵食対策を目的として大規模な養浜実験が行われ、2,000 万 m^3 以上の土砂を図-28 に示すように養浜し、その後の波や流れによる地形変化の様子がモニタリングされ、今後の気候変動による海面上昇による海岸域の災害への対策としての有効性についての検証が行われている。このような沿岸域の減災や防災の観点からも浚渫土砂は有用な資源となる。

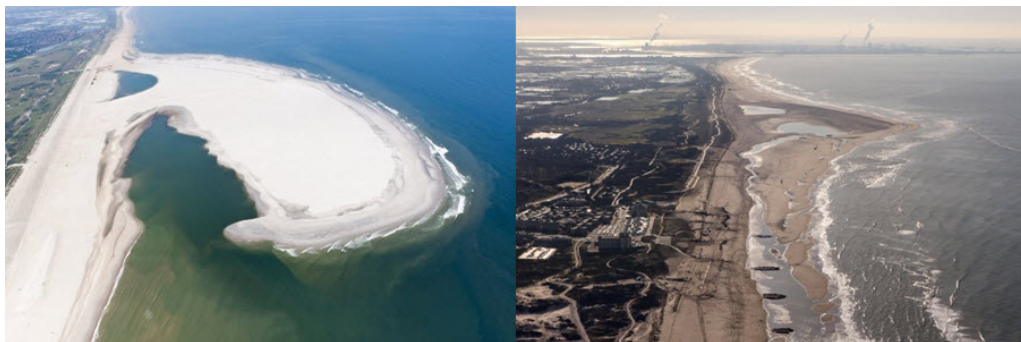


図-28 オランダにおける大規模養浜現地実験(Sand Motor Project⁽³⁰⁾)

6. おわりに

航路や泊地の浚渫土砂の減量可とその有効利用は世界共通の課題である。最後に記した沿岸域での環境再生あるいは沿岸防災の観点から、大量な土砂を必要とする場合に浚渫土砂の利用が大いに期待される。しかしながら、浚渫土に粘性土を多く含む場合には、海域に投入した際の濁りの発生による漁業活動への影響に十分留意する必要があることや、陸域での盛り土への利用においては強度改善のためのコストの問題など、いくつかの技術的な課題も残される。一方、本来は河川を通じて海域に供給されたシルト・粘土の細粒分を含む土砂分は、それらが水域生物の生息にとっても必要な餌料の供給ともなっていることを考慮すると、陸から海へと供給される土砂の自然環境の中での供給過程の理解も深めつつ、持続可能性のある浚渫土の有効活用を考えていくことが重要である。

参考文献

- (1) 日本港湾協会(2016), 2016 年版数字でみる港湾, 国土交通省港湾局監修, 257p.
- (2) 日本港湾協会(2015), 2015 年版数字でみる港湾, 国土交通省港湾局監修, 269p.
- (3) 国土交通省港湾局(2013), 浚渫土砂等の海洋投入及び有効利用に関する技術指針(改訂案), 88p.
- (4) 国土交通省中部地方整備局三河港湾事務所(2005), 浚渫土砂を活用した三河湾の干潟・浅場造成効果の検証, 71p.
- (5) <http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-430/040427html/sandobaipas.html> (静岡県公式ホームページ, 更新日: 2016 年 10 月 14 日)
- (6) 笠間清伸・善功企・陳光斉・倉富樹一郎(2007), 高圧脱水固化処理による汚染粘土の強度増加と有害物質の溶出低減効果, 土木学会論文集 C, Vol.63, No.2, pp.544-552.
- (7) US Army Corps of Engineers(2015), Dredging and Dredged Material Management. 920p.
- (8) International Association of Dredging Companies (2011), Dredging in Figures 2011, 7p.
- (9) Dyer, K.R, (1986), Coastal and estuarine sediment dynamics, Wiley, Chichester, 358p.
- (10) Wright, L.D.(1995), Morphodynamics of inner continental shelves, CRC press, ds241p.
- (11) 鶴谷広一・村上和男・入江功(1990), 多層レベルモデルによる港湾埋没の数値計算モデルの開発ー熊本港への適用例ー, 港湾技術研究所報告, 第 29 巻, 第 1 号, pp.3-51.
- (12) 堀井昌生・山口正高・江口秀人・八尋明彦・伊東啓勝・小野信幸(2013), 田子の浦港港口部での航路埋没とポケット浚渫の効果, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.69, No.2, I_601-I_605.
- (13) 中川康之・有路隆一・灘岡和夫・八木宏・下迫健一郎・白井一洋(2010), 東京湾羽田沖での現地観測に基づく台風来襲時における底泥の侵食・堆積量の評価, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.66, No.1, pp.441-445.
- (14) 中川康之・三谷正人・友田伸明・松本英雄(2006), 周防灘北部沿岸域における浮遊泥の輸送特性, 海岸工学論文集, 第 53 巻, 土木学会, pp.466-470.
- (15) 宮崎哲司・八尋明彦・小野信幸(2016), 関門航路のサンドウェーブの発達特性, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.72, No.2, I_637-I_642.
- (16) 中川康之・篠澤巧・高島紀子・渡邊理之・清水雄太(2015), 河口港における底泥堆積特性の把握に関する現地調査, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.71, No.2, I_571-I_576.
- (17) 中川康之・高嶋紀子・村上和男・後藤嘉雄・長井一平(2016), 河口港における河川濁水の流入と堆積過程に関する検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.72, No.2, I_523-I_528.
- (18) 田中知足・由比政年・高山知司・栗山善昭・山田貴裕・石田啓(2010), 金沢港の埋没実態とそのメカニズム, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.66, No.1, pp.451-455.
- (19) 高山知司・稲田雅裕・河野正文・松岡義博・水野博史・杉浦幸彦(2011), 三池港航路の底泥輸送特性, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.67, No.2, I_521-I_525.
- (20) 日本港湾協会(2007), 港湾の施設の技術上の基準・同解説(下巻), 国土交通省港湾局監修, 1485p.
- (21) PIANC (2008), Minimising harbour siltation, PIANC Report No.102, 75p.
- (22) PIANC(1983), Navigation on muddy areas, Report of working group No.3-a, pp.21-28.
- (23) 中川康之・渡邊和重・谷川晴一・黒田祐一(2004), 海底面近傍における底泥密度の鉛直分布特性の把握, 海岸工学論文集, 第 51 巻, 土木学会, pp.986-990.
- (24) 石貫國郎・中島謙二郎・榎元真一・二原和教・岡本恭明・楠田哲也・林重徳・岡田光正(2009), 九州地域(有明海・部豊前海)における浚渫土砂を用いた干潟造成実験, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.65, No.1, 1201_1205.
- (25) 潮見幸司・高津宣治・森宜夫・首藤啓・西土井誠・中林孝之(2012), アサリ漁場を目指した人口干潟の造成に関する実証的研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.68, No.2, I_1171-I_1175.
- (26) 永井一浩・板生考司・松山公彦・首藤啓(2015), 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.71, No.2, I_1453-I_1458.

- (27) 斉藤直・山本民次・日比野忠史・桑原智之・花岡研一(2011), 底生生物に対する石炭灰造粒物によるリサイクル材の安全性評価, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.67, No.2, I_1111-I_1115.
- (28) 増田龍哉・御園生敏治・山下健太郎・倉原義之介・田中ゆう子・西本英明・矢北孝一・滝川清(2014), 八代港における「なぎさ線の回復」現地試験に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70, No.2, I_1246-I_1250.
- (29) <http://www.menv.com/pages/whoweare/introduction.html>
- (30) <https://www.deltares.nl/en/projects/sand-engine/>