

浚渫跡地の修復に関する施工上の影響と 研究開発課題の抽出

UNDER CONSTRUCTION EFFECTS OF GEOMORPHOLOGICAL RESTORATION OF SUBAQUEOUS BORROW PITS AND EXTRACTION OF RELATED RESEARCH & DEVELOPMENT TASKS

内藤了二¹・中村由行²・今村均³・佐藤昌宏⁴

Ryo-ji NAITO, Yoshiyuki NAKAMURA, Hitoshi IMAMURA and Masahiro SATO

¹正会員 (独) 港湾空港技術研究所 沿岸環境領域 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

²正会員 工博 (独) 港湾空港技術研究所 沿岸環境領域長 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

³正会員 日本海洋コンサルタント株式会社 計画部 (〒136-0074 東京都江東区東砂7-19-31)

⁴正会員 五洋建設株式会社 土木本部環境事業部 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

Sandmining for commercial construction aggregate and for landfilling projects has left borrow pits on the bottom in several coastal regions in Japan. The nation-wide survey revealed that the subaqueous borrow pits can be classified geomorphologically into a local depression type and a flatten-out type. As the local depression type of the borrow pits, for example, often cause severe deterioration of water quality such as formation of anoxia and blue tide, recontouring (raising the bottom) is expected to be effective to restore damaged ecosystems. In order to promote such geomorphological restoration effectively and to minimize negative effect, we summarized an impact-response flow diagram originated from such actions, displaying causal chains after placing materials into borrow pits. We also propose several research tasks on this matter; e.g., predictions of dispersion processes of particles and oxygen depleted water mass, fate and effects of fine chemicals contained or accumulated in the borrow pits, and propagation of restoration effects toward the whole basin-wide environment.

Key Words : *Subaqueous borrow pits, geomorphological restoration, recontouring, coastal ecosystems, impact-response flow diagram*

1. はじめに

我が国の戦後の経済発展や沿岸域埋め立て開発に伴って、安価な土砂の供給源として海底の土砂が掘削利用され、その結果、大小の規模の海砂採取跡地や海底土砂掘削跡地が、沿岸域の至る所に散見される。これらの浚渫跡地の存在は、貧酸素化などの水質悪化や、海底地形の変化を通して生物生息・生産の場の直接的な消失をもたらしてきたばかりでなく、窪地を発生源とする靑潮によって周辺の干潟・浅場生態系にも間接的な悪影響を及ぼしてきたと考えられている^{1)・2)}。そのため、沿岸環境の修復のためにこれらの浚渫窪地等を埋め戻すことが必要であるとの認識が高まり、中央環境審議会総量規制専門委員会での答申や交通政策審議会答申においても、積極的に浚渫跡地に存在する窪地を埋め戻すことが必要であるとされている。今後の埋め戻し事業の進展によって沿岸環境の改善が進むことが期待されている。

総量規制専門部会答申等が念頭に置いた浚渫跡地は、東京湾などに散見されるように周辺の海底よりも深く掘り下げた窪地を念頭に置いているが、海砂利採取跡地には、海底を平滑化したようなタイプの浚渫跡地の存在も報告されている。これらのタイプはまた別の環境影響があると考えられるが、全国規模で浚渫跡地の実態を整理した研究例はみあたらない。

東京湾や三河湾など、一部の海域では窪地の埋め戻しが始められているが^{3)・4)}、施工時の影響の評価や軽減方策、埋め戻し後の環境回復効果の予測や評価手法などについて、不明な点が多く⁵⁾、必ずしも埋め戻しが事業として進展しているとはいえない現状にある。浚渫土砂を利用した埋め戻しの施工においては、様々な環境影響が生じる可能性が考えられるが、これらを包括的にとりまとめて整理した例は見あたらない。以上のような背景をふまえ、本研究では、まず全国の浚渫跡地の実態を調査整理するとともに、埋め戻し施工時に焦点を絞って、埋め戻し

という行為に対する水環境のインパクト・レスポンスを整理し、これらの整理をふまえて施工上の留意点をとりまとめ、克服すべき技術課題を整理・抽出し、今後進めるべき研究課題を整理する。

2. 全国の浚渫跡地の実態把握

(1) 浚渫跡地箇所およびその地形の形状

浚渫跡地は、東京湾奥部、名古屋港周辺海域、大阪湾、瀬戸内海（岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、大分県）、九州各県（福岡県、長崎県、佐賀県、熊本県、宮崎県、鹿児島県）などで存在が確認された¹⁾。西日本に浚渫跡地が多い理由として、地学的な特性があり、東日本では陸砂利や山砂利が多く賦存するのに対し、西日本では少なくまた河川管理上の問題等から河川砂利の採取は厳しく制限されているため需要のほとんどを海砂に頼らざるを得ない状況にあったことが要因の一つと考えられる⁶⁾。

浚渫跡地の数量について、東京湾では、過去に埋立工事等で大量の海砂が採取されたことから約1億 m^3 の窪地が存在している⁷⁾。仮に全国で発生している港湾工事の浚渫土砂全量を埋め戻したとしても、約3年分に相当する大規模な跡地である。瀬戸内海では、1960年頃から本格的に海砂採取が始められ、以後、約50年近く採取が続けられてきた。1999年までに採取された量は6.1億 m^3 に達する。仮に、この量を単純に豊後水道から紀伊水道に至る瀬戸内海全体の面積で割ると2.6cmの厚さとなる。実際の採取は備讃瀬戸や芸予諸島周辺など、良質の海砂資源が豊富に存在する海域に対し集中的に行われてきた。現在では、福岡県、山口県および大分県で一部に採取区域を限定し採取されているが、瀬戸内海に隣接するその他の県では前面禁止となっている⁸⁾。

浚渫跡地の形状は、二つのタイプに分けられる。一つ目のタイプは、図-1の東京湾（幕張沖）の断面例に示す様に、自然海底に対して急深に掘り下げられた、局所的な窪地になっているのが特徴である（以下、局所的な窪地タイプとよぶ）。この図では、水平方向が約2km、鉛直方向が周辺の海底が水深約10mであるのに対して、窪地内の海底は30～40m近くに及んでいることがわかる。伊勢・三河湾や大阪湾など多くの海域で見られる。もう一つのタイプは、図-2の瀬戸内海（幸崎）の断面例に示す様に、起伏のある自然海底に対して海砂採取の結果として平滑化されているのが特徴である（以下、海底起伏の平滑化タイプとよぶ）。この図では、昭和38年の海図では水深約-3～-25mの堆砂が分布していたが平成10年の海図では水深約-40mに達するまで掘削され平滑化されていることがわかる。浚渫跡地が周辺環境に与える影響は、局所的な窪地タイプと海底起伏の平滑化タイプとでは、地形形状と流動場の関係の違いに起因することが大きいと考えられる。そのため、周辺環境に与える影響やその修復について検討する際

には、地域形状に二つのタイプがあることを理解し、周辺海域と掘削跡地の深度、掘削幅、掘削面積、規模の大小等を把握しておく必要がある。

表-1に、筆者ら浚渫跡地の実態について文献調査やヒヤリングをした結果をまとめた。なお、表中の調査時期は文献により異なる点、跡地の数量は東京湾が現存する跡地の推定容量（平成17年度時点ヒヤリング）、瀬戸内海が海砂の採取実績（昭和43年～平成11年）、九州が海砂の採取実績（昭和58年～平成1年）であることを注釈する。

表-1 浚渫跡地の実態調査結果^{3), 7), 11)～13)}

海域名	場 所	数 量 (万 m^3)	水 深 (面積)	修復の実施	浚渫跡地の タイプ
東京湾	千葉県 舞浜	H11年度 埋戻完了、 H17年度より覆土完了		水底土砂有効利用事業等として一部修復を実施中	局所的な窪地
	浦安	2,686			
	西浜沖	23			
	習志野	昭和54年度 整備完了			
	幕張	5,531	-30m		
	検見川	598	最大-25m		
	稲毛	133			
	千葉新港	304			
三河湾	愛知県 御津1区、2区地先	140	平均3m (46.8ha)	浚渫土砂を用いて修復を実施	局所的な窪地
	ラグーナ蒲郡地先	180	平均2.6m (69.4ha)		
伊勢湾	愛知県 名古屋港 日光川河口部			新川の浚渫土砂を用いて修復を実施中	局所的な窪地
大阪湾	大阪府 阪南港内			堺LNG棧橋建設工事の浚渫土砂を用いて修復を実施	局所的な窪地
瀬戸内海	岡山県 大槌島東・西、 オノ瀬他	14,000	最大20～39m の増加		海底起伏の平滑化
	広島県 忠海、幸崎、 瀬戸田	14,000	最大30～40m の増加		海底起伏の平滑化
	阿波島東・西、 白島 その他		最大10～20m の増加		
	山口県	3,189		浚渫土砂を用いてアマモ場を造成	
	徳島県	831			
	香川県	16,221			
九州	愛媛県 大三島地先 他	10,562			
	福岡県、長崎県、佐賀県、 熊本県、大分県、鹿児島県	5,546			

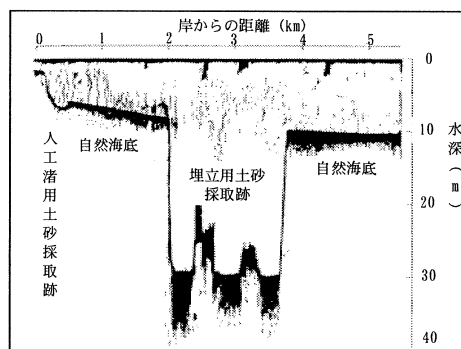


図-1 局所的な窪地タイプの例（東京湾幕張沖）⁹⁾

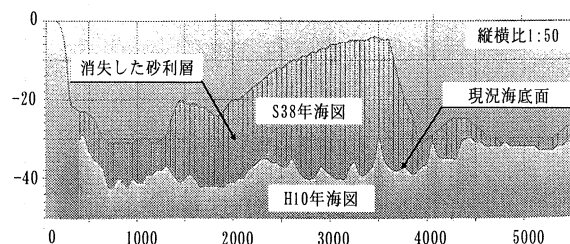


図-2 海底起伏の平滑化タイプ（広島県幸崎）¹⁰⁾

(2) 浚渫跡地が海域に及ぼす影響

浚渫跡地が生態系や水産漁業に及ぼす影響は、地形形状と流動場の関係の違い等により異なると考えられる。タイプ別の海域環境への影響を図-3にまとめる。

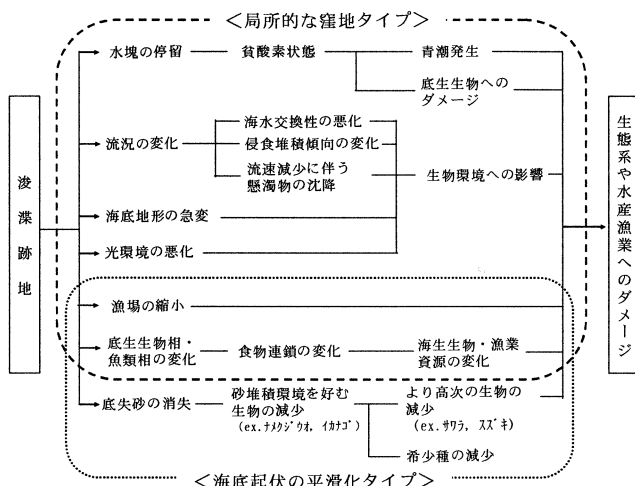


図-3 タイプ別の浚渫跡地が海域環境に及ぼす影響

局所的な窪地タイプでは、周辺の海底よりもさらに掘り下げられているために、水塊の停留や、流況の変化が生じ、海水交換の悪化、侵食・堆積傾向の変化、流速減少に伴う懸濁物の沈降・集積傾向の増加等の影響が生じる。また、周辺の海底に比べて窪地海底での光環境は確実に悪化する。そのため、生物相にも影響があるが、浚渫跡地が富栄養化した海域にある場合は、貧酸素化などの顕著な水質の悪化が生じるため、生物への影響はより大きくなる。東京湾や三河湾などでは、窪地内部の無酸素水塊が長期間継続して存在し、硫化物の集積や青潮の原因となる事が指摘されている^{4,14)}。その様な水塊は窪地内部にとどまらず、しばしば周辺の生物生産性の高い干潟や浅場にも移動するため、大きな漁業被害をもたらすこともある。また、窪地の存在は、もともとならかな海底地形によって連続的に環境勾配が形成されてきたものが物理的に分断されるため、エコトーンなどの生態学的連続性を損なっているとの指摘もある¹⁵⁾。

一方、海底の起伏を平滑化したタイプにおいては、滞留性が増して貧酸素化が進行したケースはまれであり、場合によっては流動を促進している場合もあると考えられる。そのような場の環境影響は、元々存在していた底生生物などの生息場の喪失や、海底底質の変化に伴う生物相の変化などがある。瀬戸内海の浚渫跡地では、イカナゴの夏眠に適している0.5~2mmの砂から礫への変化がみられる。これは、採取の際に小石など不適なサイズのものが捨てられたためとも言われている⁸⁾。このような海底性状の変化はイカナゴの分布に大きな影響を与えたと推察される。

3. 浚渫跡地の埋め戻し技術および対策事例

局所的な窪地へ浚渫土砂の埋め戻しを施工する際には、覆砂や埋め立て技術を応用することになる。従来実施されてきた代表的な施工方法は、底開式土運船やガット船・グラブ船等で直接投入する方法や砂の排出口を海底面近くまで下ろして散布するトレミー管方式等が挙げられる。また新しい技術としては汚濁防止枠船が開発されている。

局所的な窪地タイプの埋め戻しの事例として、三河湾の御津地区⁴⁾と東京湾奥部の千葉県検見川沖¹⁶⁾を紹介する。御津地区の窪地の地形形状は、周辺の水深が-4m程度に対して窪地水深が-7~-8m程度であり落差が3~4mと比較的小さく水深が浅い。また、窪地面積が46.8ヘクタール、窪地容量は140万m³であった。埋め戻しは、三河港の航路・泊地の浚渫土砂を利用し500~1,000t積クラスの底開式土運船を用いて投入している。2003年3月から埋め戻しが開始され2005年10月に投入をほぼ終了し、埋め戻した箇所を良質な土砂で覆砂する工事に入っている。東京湾奥部の千葉県検見川沖の窪地地形形状は、周辺の水深が-10m程度に対して窪地水深が-20~-25m程度であり落差が-10~-15mと大きく水深が深い。窪地容量は1,635万m³であった。埋め戻しは、千葉県が実施している浅海漁場総合整備事業において、東京港で発生する維持浚渫土砂を専用の揚土トレミー船を用いて投入している。事業は平成8年度の試験工事を皮切りに、翌平成9年度から本格的に開始された。現在の窪地残容量は、598万m³まで回復している。年間約100万m³の浚渫土砂が利用され平成22年度まで継続される予定である。

一方、修復実績はないが海底起伏の平滑化タイプの修復案として、特定の生物資源の回復を目指した覆砂が考えられる。例えば瀬戸内海のイカナゴ資源の観点から見るとイカナゴが潜る砂の深さは10cm程度と考えられ、0.5~2mmの粒子径の砂を1m程度覆砂すれば十分な厚さと言える⁸⁾。

このように、多数点在する浚渫窪地を埋め戻すには、大量の浚渫土砂を必要としその確保は極めて難しい状況である。そのため、良質な砂質あるいは砂泥質の浚渫土砂だけでなく、一般に有効利用が困難といわれている有機分が多くシルト・粘土質で含水比が高い軟弱な浚渫土砂の利用も視野に入れる必要があるといえる。軟弱土砂の改質は、シルト質の浚渫土砂を固化材としてセメント、pH等の影響が懸念される場合には中性固化材を使用し、吸水材として

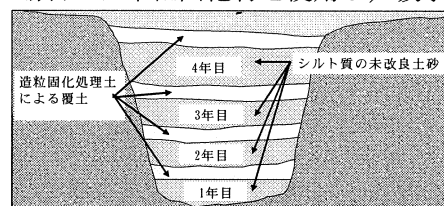


図-4 造粒固化処理土の局所的な窪地タイプでの利用イメージ

水溶性ポリマーや石炭灰を用いて造粒固化し砂礫質土の粒径にする新しい技術がある¹⁷⁾。図-4に局所的な窪地タイプでの利用イメージを示す。施工の各年度毎に、シルト質の浚渫土砂をアンコ材として投入する。施工が長期にわたるため底質生物が定着しやすい粒径の造粒固化物を覆土材として投入し、合わせてシルトの浮上を抑制することを期待する段階的な施工方法である。

4. 浚渫跡地の修復に関する施工上の影響と研究開発課題の抽出

(1) 浚渫跡地の修復に関する施工上の影響

浚渫跡地の埋め戻し工法の選定は、海象条件や対象とする面積・水深等の施工条件、施工能力、求められる埋め戻し厚、コスト等に留意するだけでなく、浚渫跡地の海域環境は通常と異なることより、埋め戻しをするという行為が浚渫跡地や周辺環境に与える影響を考慮する必要がある。ここでは、埋め戻し施工時における土砂の移動過程を中心に、投入直後から修復効果が発現されるまでに至る窪地や周辺海域にもたらされるインパクトレスポンスを図-5にまとめ、施工上の影響を整理する。図中の矢印は、実線が周辺環境へのマイナスのフロー、点線がプラスのフローを示した。また、点線枠が局所的な窪地タイプ、二重枠が海底起伏の平滑化タイプ、実践枠が共通の事象を示した。

埋め戻し材となる浚渫土砂の投入後、投入土砂自体の水中での浮遊や拡散により海水が濁り、さらに周辺海底への堆積・再浮上のほか、土砂投入による影響で窪地に集積していた浮泥の再懸濁や周辺海域への拡散と堆積などが生じると考えられる(図中の①～③)。水中の濁りは、光量の低下、有機物の増加(図中の⑥)がもたらす有機物の分解による溶存酸素量の消費、濁りの程度により異なるが魚類(ふ

化率の低下、幼稚仔魚の成長・生存率の低下、酸素消費量の変化、着の行動に見られる変化)、貝類(凝糞排出量の増加、酸素消費量・濾水量の減少)、海草類(発芽率の低下、生存率の低下・成長の遅れ、光合成作用の阻害)、エビ・カニ類等の生物相に影響を及ぼすと言われている。

富栄養化した内湾域に存在する局所的な窪地の内部は、夏季の成層期には例外なく無酸素水が生成され、底生生物の生息を困難にしているばかりか、窪地が主たる発生源とされる青潮が発生し周辺海域の生物資源や生態系にも悪影響を与えている^{18), 19)}。このような状況下の窪地内部に土砂を投入すると、施工の方法や投入土砂量によっては、その内部に滞留している無酸素・硫化物水塊が周辺の海底に拡散し(図中の⑤)、場合によっては施工による影響により青潮発生に至る可能性がある。内部に堆積している底質は、有機分に富んだ粒径の小さい粒子が集積していると考えられる。有機系の微量有害化学物質の多くは疎水性が強く、微細な粒子に吸着して存在している割合が高い。そのため、事前に窪地内部の底質環境を調査し、有害化学物質が存在する場合においては拡散(図中の⑦)に注意が必要となる。

一方、プラスの効果として、局所的な窪地タイプは、海底地形の改善(図中のA)により、停滞水域の解消(図中のB)→貧酸素水塊の解消→好気的な水質環境への移行、また、覆砂を行うことでの底質改善(図中のC)→底泥からの溶出削減→好気的な底質環境への移行が期待される。海底起伏の平滑化タイプに対しては、砂質の覆砂(図中のC)によってイカナゴ等の生育環境の改善効果が期待される。

インパクトレスポンスフローは、以上述べてきた施工による負の影響とその結果生じる効果の関係を事前に把握することで、工事による負の影響が少ない方法を選択する判断材料に活用するとともに、仮に施工中に周辺海域の環境に悪影響が発生した場合にも、その原因究明と対策を速やかに行う方向性を

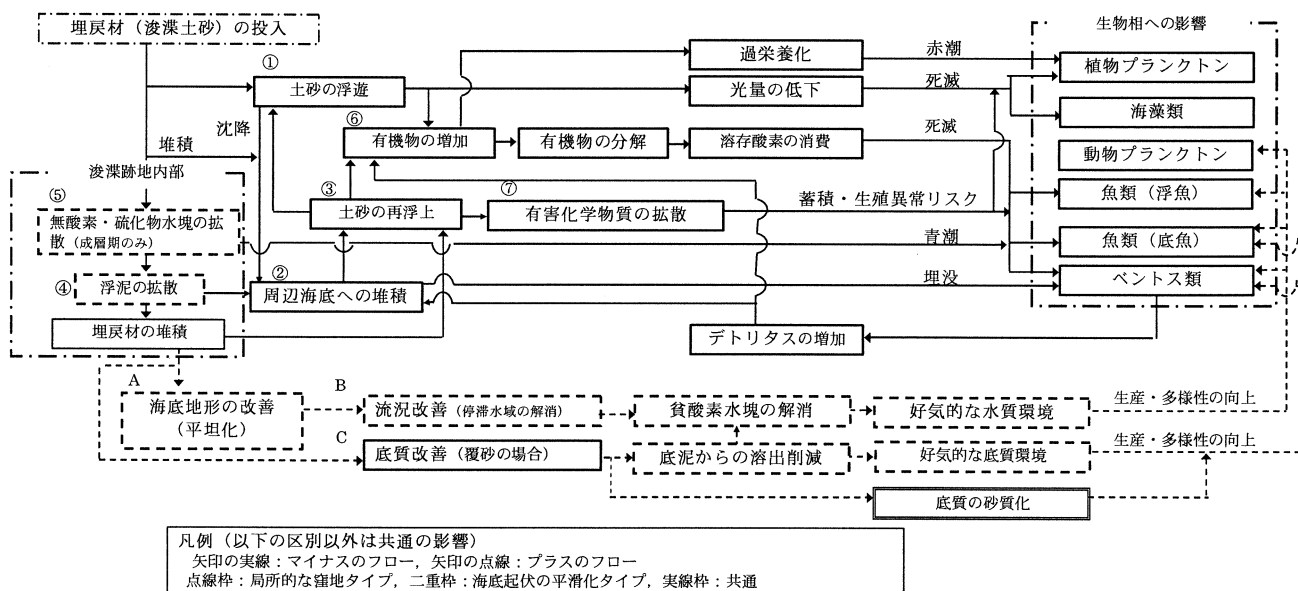


図-5 埋め戻し施工に伴う周辺環境へのインパクト・レスポンスフロー

見出せる基礎資料として利用できると考えられる。

(2) 研究開発課題の抽出

浚渫跡地の修復は、事前段階、計画段階、施工段階、施工後の4段階のステップを踏むことになる。本稿では、施工段階について、図-4に記した影響要素毎に、発生機構（メカニズム）、評価指標（モニタリング項目）、現状の知見（技術・研究レベル）、施工技術の適用性（対策案）を整理し、それらを踏まえた今後の研究開発課題を抽出した。表-2にその結果を記し、下記に概説する。

土砂の浮遊、周辺海域への堆積（表中の①、②）は、埋め戻し工法別の濁りの発生原単位や投入土砂の拡散予測は可能²⁰⁾であるが、窪地内部における土砂の再浮上、浮泥の拡散による堆積については不明である。研究開発課題は、埋め戻し土砂を窪地へ投入した際の土砂の挙動および堆積状況の現地データの取得と予測手法の開発を挙げた。土砂の再浮上（表中の③）は、砂質については掃流力やシルツ数などの関係で再浮上の予測が可能であるが、シルト分以下の土質については不明である。また、海域利用上の流れの発生や海底攪乱による影響については不明である。研究開発課題は、SS等の現地データの取得および土砂の再浮上に関する挙動の解明と定量予測の開発を挙げた。浮泥の拡散、無酸素・硫化物水塊の拡散（表中の④、⑤）は、投入土砂により連行される流れの発生と浮泥の挙動との関係が不明である²¹⁾。研究開発課題は、窪地内部の水塊の挙動の解明やSS、D0などの定量予測手法の開発を挙げた。有機物の増加（表中の⑥）は、土砂に含まれる有機

物の含有量と海域流況に応じた溶出量の関連は不明である。研究開発課題は、海域条件による底質の有機物含有量と溶出量の解明を挙げた。有害物質の拡散（表中の⑦）は、窪地内部に堆積している土砂の底質調査事例がないため有害物質が含まれているか否かが不明である。また、有害物質の含有量と海域流況に応じた脱着速度・割合の関連、生物への影響具合が不明である²²⁾。研究開発課題は、底質の現況把握、海域条件による底質に含まれている有害物質の含有量と溶出量の解明、さらにリスク管理の研究を挙げた。

以上が、マイナス要素（悪影響）の研究開発課題である。

海底地形の改善、流況改善（表中のA,B）については、地形と流れの関係から数値計算によって停滞水域の解消効果の推定が可能⁵⁾であるが、窪地内部の水質改善が、湾全域など、より広い水域へ寄与する効果については不明である³⁾。研究開発課題として、窪地スケールが湾全域スケールへ与える水域改善効果の予測と算定手法を挙げた。

底質改善（表中のC）については、覆砂による底質からの溶出削減効果やベントス生物相への効果に関しては調査、研究事例があり、ある程度の効果予測が可能^{23), 24)}であるが、やはり水域全体の水質改善への波及効果については不明である³⁾。研究開発課題として、底質改善が水質改善効果に与える効果的な規模の予測と算定を挙げた。

以上が、プラス効要素（効果）の研究開発課題である。

なお、本稿では施工段階以外の研究開発課題につ

表-2 浚渫跡地埋め戻し（施工段階）における影響要素と研究開発課題の抽出^{3), 5), 21)~24)}

影響要素	整理項目	発生機構 (メカニズム)	評価指標 (モニタリング項目)	現状の知見 (技術・研究レベル)	現状の施工技術 の適用性 (対策案)	研究開発課題
マイナス要素 (悪影響)	①土砂の浮遊	投入時の土砂の拡散による濁りの発生。あるいは、一度堆積した土砂が流れにより再浮上することにより発生する濁り。	SS (濁度)	・施工実績、調査実績例があり、施工手法と土質条件により、濁りの発生原単位や、周辺への拡散予測が可能である。20)	・投入手法： トレミー管方式、 袋詰め方式など	・特になし (実証実験段階)
	②周辺海底への堆積	投入時の沈降拡散による土砂の堆積。あるいは、深堀窪地内部に堆積していた浮泥が投入時の流れにより巻き上がり、周辺部へ堆積する。	堆積状況 (範囲、厚さ、土量)	・土砂の沈降拡散の調査・予測手法の研究はあるが、土砂の再浮上、浮泥の拡散による堆積への影響具合(範囲、量)については、調査実績、予測手法が不明。	・その他： 汚濁防止膜の展張	・現地データの取得 ・予測手法の研究
	③土砂の再浮上	一度堆積した土砂が、潮流、波浪、船の航行、漁業行為などによる流れの発生で再浮上する。	SS (濁度)	・砂質については、掃流力やシルツ数などとの関係で再浮上の予測が可能であるが、シルト分以下の土質については不明。 ・海域利用上の流れの発生や海底攪乱(船舶スクリーナー、投錨、漁業操業など)による影響については不明。	・投入土砂：予測される流況に応じて表層部に投入する土砂を選定 ・管理： 海域利用上の調整	・現地データの取得 ・挙動の解明と定量予測の開発
	④浮泥の拡散	深堀窪地内部に堆積していた浮泥が、投入時に発生する流れにより周囲へ拡散する。	SS (濁度)	・投入土砂により連行される流れの発生と浮泥の挙動との関係は不明。21)	汚濁防止膜の展張	・挙動の解明と定量予測の開発
	⑤無酸素・硫化物水塊の拡散	成層期において、深堀窪地内部に発生している無酸素・硫化物などの水塊が投入時に発生する流れにより周囲へ拡散する。	DO、 溶存硫化物(硫酸イオン：SO ₄ ²⁻)	・投入土砂により連行される流れの発生と水塊の挙動や拡散との関係は不明。	施工時期を制限する (成層期の施工禁止)	
	⑥有機物の増加	土砂の浮遊や再浮上により、土砂中に含まれている有機物が溶出して水質の有機物量を増加させる。	COD、 T-N、T-P	・土砂に含まれる有機物の含有量と海域流況に応じた溶出量の関連は不明。	影響要素①~④の各影響を抑制	・海域条件による底質含有量と溶出量の解明
	⑦有害物質の拡散	深堀窪地内部に堆積している既存の土砂に有害化学物質が含まれている場合には、投入時に発生する流れにより周囲へ拡散する。	水・底質中のダイオキシン類など	・窪地内部に堆積している土砂の底質調査例がない。 ・有害物質の含有量と海域流況に応じた脱着速度・割合の関連、生物への影響具合が不明。22)	汚濁防止膜の展張	・底質の現況把握 ・海域条件による底質含有量と溶出量の解明 ・リスク管理の研究
プラス要素 (効果)	A 海底地形の改善	土砂の埋め戻しにより、海底地形の窪地を無くし、地形を平滑化することにより、窪地内部の停滞域を解消する。これによって、無酸素・硫化物水塊の発生・停滞を解消し、好気的な水質環境に改善する。	海底地形の変化、 流況の変化 底泥堆積量の変化 DO (夏季)	・地形と流れとの関係から(数値計算)、停滞水域の解消効果の推定が可能。5)	投入手法： 改善規模や施工期間 に応じた施工手法の 評価選定(課題)	・窪地スケールが湾全域スケールへ与える水質改善効果の予測と算定手法
	B 流況改善	窪地内部の海底面を覆砂することにより、底泥からの有機物の溶出量を削減し、好気的な底質環境に改善する。あるいは、シルト質や礫質の底質を砂質化することにより、砂質環境を必要とする生物(ベントス、底魚類)の生息環境に改善する。	底泥からのN,P溶出量の変化(夏季) 生物相・量の変化	・覆砂による底質からの溶出削減効果やベントス生物相への効果については調査、研究事例があり、ある程度の効果予測が可能。23), 24)		・底質改善が水質改善効果に与える効果的な規模(最適化)の予測と算定

いては触れられなかった。例えば、埋め戻しに利用する浚渫土砂の広域な利用の可能性や課題の整理、浚渫土砂以外の埋め戻し用材の開発・利用などは重要な研究開発課題である。東京湾などでは窪地の容量に対して東京湾内で発生する土砂量は極めて少なく、仮に東京湾で発生する浚渫土砂だけを利用するとすれば埋め戻しに数十年以上かかるという計算になる³⁾。速やかに環境修復を実施するため、一つには湾域を超える広域な土砂の流通利用は可能なのかどうか、経済性や生物資源の攪乱の有無を含めた検討が必要である。また、浚渫土砂以外の用材として貯水池の堆砂、鉄鋼スラグや各種溶融スラグなどの利用促進が考えられる。これらの用材は大量の発生が見込まれるため容量的には魅力的な埋め戻し材料である。流通面での利用可能性のほか、安全性の確認など、技術開発課題は多い。

5. 結論

全国における浚渫跡地の実態調査を行った結果、西日本を中心に多数その存在が確認された。その跡地の形状は、東京湾や三河湾等で見られる「局所的な窪地タイプ」と、瀬戸内海で見られる「海底起伏の平滑化タイプ」に分けられることがわかり、それぞれについて周辺海域に与える影響、求められる修復方法、埋め戻しに伴うインパクト・レスポンスを示した。さらに、浚渫跡地の埋め戻し（施工段階）における影響要素と研究開発課題の抽出をおこなった。これらの研究開発課題を解決していくことで、施工による悪影響を減らすことができ、さらに埋め戻すことによる効果を上げることが期待できる。さらには、単に良質な浚渫土砂で埋め立てるだけでなく、埋め戻しの材料、形状、方法、手順等のより最適な方法選定が可能になると考えられる。

謝辞

国土技術政策総合研究所古川海洋環境研究室長には、研究の企画段階で貴重な意見をいただいた。また、本研究の一部は鉄道・運輸機構基礎的研究推進制度による研究資金により行われた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：港湾行政のグリーン化：今後の港湾環境政策の基本的な方向、交通政策審議会答申，pp. 49, 2005.
- 2) 東山茂：浚渫土砂の発生・処分の実態と今後の展望について，HEDORO, No90, pp. 14-16, 2004.
- 3) 中村由行：東京湾における浚渫窪地の現状と問題点，海洋理工学会平成18年度春期大会講演論文集，pp. 1-4, 2006.
- 4) 石田基雄，鈴木輝明：浚渫窪地修復の考え方と修復事例，海洋理工学会平成18年度春期大会講演論文集，pp. 19-22, 2006.
- 5) 大見智亮，寺澤知彦，市川哲也：浚渫窪地修復効果の定量的評価手法開発その2-窪地における微細な物理環境解析，海洋理工学会平成18年度春期大会講演論文集，pp. 27-30, 2006.
- 6) 環境庁水質保全局瀬戸内海環境保全室：瀬戸内海における海砂利採取とその影響（瀬戸内海海砂利採取環境影響評価中間とりまとめ），pp. 2, 1999.
- 7) 国土交通省関東地方整備局千葉工事事務所：東京湾における浚渫窪地の残容量，平成15年度東京湾奥部海域環境創造事業第1回資料（概要版），2003.
- 8) 反田實：瀬戸内海における海砂採取の現状と漁業資源への影響，海洋理工学会平成18年度春期大会講演論文集，pp. 9-13, 2006.
- 9) 沼田真，風呂田利夫編：東京湾の生物誌，築地書館，1997.
- 10) 広島県：広島県海砂利採取環境調査報告書，pp. 38, 2000.
- 11) 環境省水環境部閉鎖性海域対策室：瀬戸内海における海砂利採取とその環境への影響（瀬戸内海海砂利環境影響評価調査最終とりまとめ），2002.
- 12) 平岡喜代典，杉本憲司，寺脇利信，岡田光正：浚渫跡地での埋戻しによるアマモ場形成の可能性とアオサによる影響，第39回日本水環境学会講演集，pp. 117, 2005.
- 13) 櫛田操，松永信博：九州における海砂利採取の現状と沿岸環境に及ぼす影響調査，海岸工学論文集，第38巻，pp. 916-920, 1991.
- 14) 佐々木淳，磯部雅彦，渡辺晃，五明美智男：東京湾における青潮の発生規模に関する考察，海岸工学論文集，第43巻，pp. 1111-1115, 1996.
- 15) 清野聡子，古池鋼，芹沢真澄，渡辺宗介，宮武晃司：江戸川河口デルタ・三番瀬周辺の掘削穴の地形復元による波・流れ・土砂環境の修復，海岸工学論文集，第52巻，pp. 1176-1180, 2005.
- 16) 東京都港湾局・埠頭公社：水底土砂有効利用事業パンフレット
- 17) 沼野祐二，中泉昌光，瀬戸口喜祥：有明海河川内漁港における浚渫土（軟弱土砂）の漁場造成等への有効利用に関する研究，海洋開発論文集，第22巻，pp. 1157-1162, 2004.
- 18) 閉鎖性海域における水界生態系機構の解明および保全に関する研究，環境庁国立環境研究所特別研究報告，SR-20-'96, pp. 1-56, 1996.
- 19) 武田和也，石田基雄：土砂採取に伴う浚渫窪地における顕著な貧酸素化現象について，愛知水試研報10号，pp. 7-14, 2003.
- 20) 国土交通省港湾局：港湾工事における濁り影響予測の手引，pp. 20-28, 2005.
- 21) 中川康之：内湾域における泥質の堆積過程に関する研究，港湾技術研究所報告，第37巻，第4号，pp. 113-133, 1998.
- 22) 山崎智弘，中村由行，益永茂樹：港湾域における有機スズ化合物の存在特性と水中回帰に関する現地調査，土木学会論文集（投稿中），2006.
- 23) 堀江毅：堆積汚泥の処理による水質底質と生物相の回復効果の予測，第35回海岸工学講演会論文集，pp. 817-821, 1988.
- 24) 豊原哲彦，今尾和正：浚渫窪地修復効果の定量的評価手法開発その1 底生生物群集の変化予測，海洋理工学会平成18年度春期大会講演論文集，pp. 23-26, 2006.