

三池港における航路埋没対策について

松岡義博*・高山知司**・岸良安治***・稲田雅裕****

* (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 参与

*** (財) 沿岸技術研究センター 調査役

**** 前 国土交通省 九州地方整備局 博多港湾・空港整備事務所 所長

三池港の航路における埋没対策及び対策効果について、数値シミュレーションモデルを構築し検証するとともに、費用便益比の検討に基づき埋没対策の最適な工法について検討を行った。

キーワード：航路埋没，SSフラックス，潜堤，トレンチ，ライフサイクルコスト

1. はじめに

有明海は最大5mにも及ぶ干満差に起因して底質の巻上げ・移流および懸濁物の輸送量が多く、熊本港や三池港などでは微細な粘土やシルトの移動に伴うシルテーションによる航路埋没問題が顕在化している。しかしながら、微細な底泥は海域や外力条件によって複雑に変化するために、底泥輸送の特性については未だ不明な点が多い。本報告では三池港(図-1)を対象に、水路状航路における底泥の挙動特性と航路埋没現象の関係を調べたものである。

よって±10~20cm程度の違いが見られるものの、航路先端域のC~Fエリアの水深変化(堆積)が多く、航路の内港側や泊地ほど小さいという傾向がみられる。4年間の平均的な水深変化量は、航路先端域(F~C)で30~50cm/年、航路内港側や泊地で10~20cm/年程度である。

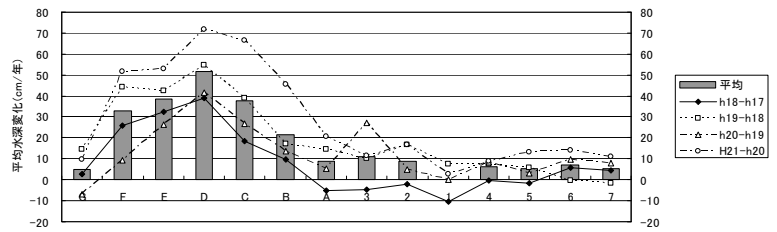


図-2 年平均水深変化量

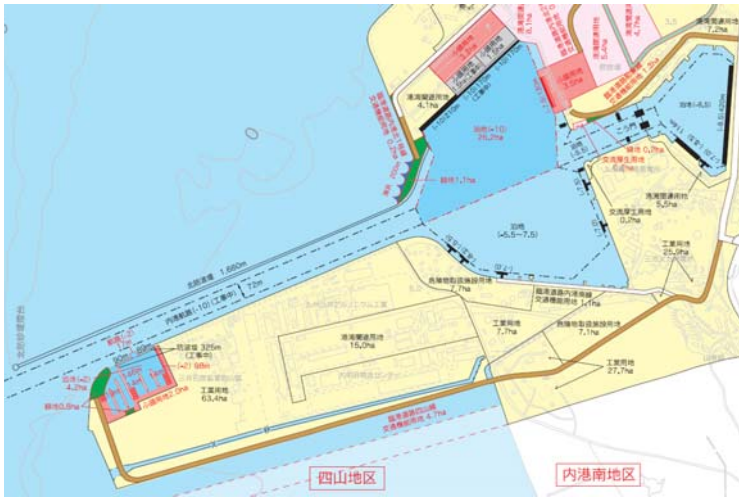


図-1 三池港平面図

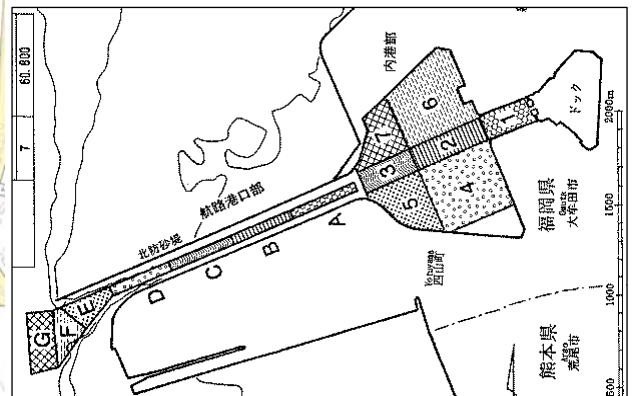


図-3 領域図

2. 埋没メカニズムの検討

近年の深浅測量結果や流況・SSの観測データを解析し、潮流が起因となった土砂流入による三池港航路および内港地区の埋没メカニズムを検討する。

2.1 航路・泊地の水深変化特性の把握

図-2は、図-3に示す各領域内での年平均水深変化量を示している。図-2からわかるように水深変化量は年度に

2.2 潮流による土砂流入特性の把握

図-4に示すような観測点において、2010年9月に実施された現地観測¹⁾の結果から、三池港の潮流による土砂輸送特性が以下のとおり整理されている。

- a) 大潮期の上げ潮時は航路~内港地区境界付近まで濁りが生じ、沖や南側から土砂が輸送されている。
- b) 上げ潮時の濁りは満潮時には見られず、流入土砂が航路から内港にかけて沈降・堆積しているものと考えられた。
- c) 下げ潮時には、上げ潮時に港内に流入した濁りが流出

する様子は見られなかった。

d) 小潮時のSS上昇は見られず、土砂輸送量は相対的に小さい。

図-5~7は上記のことを詳細に示した図である。

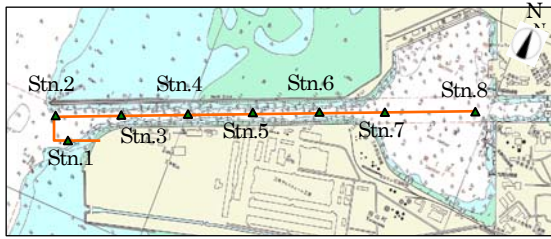


図-4 測定位置図

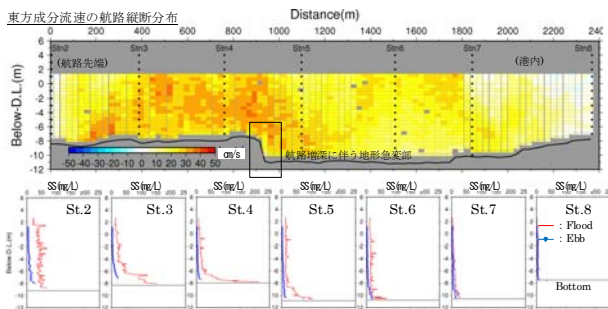


図-5 上げ潮時の東方成分流速とSSの鉛直分布

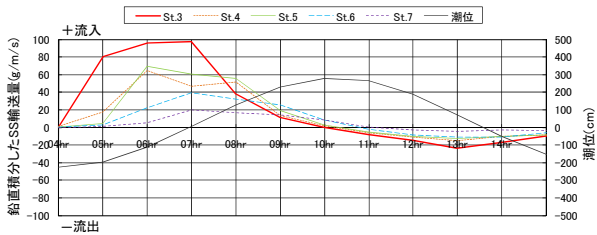


図-6 SS輸送量の時間変化

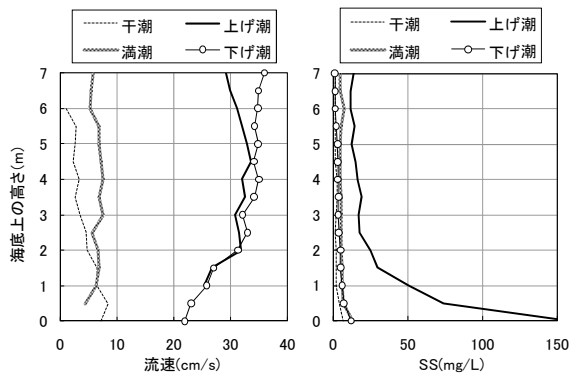


図-7 航路内の流速絶対値とSSの鉛直分布 (St. 4, 移動観測結果, 9月10日)

図-5は上げ潮時の東方成分流速とSSの鉛直分布を示している。東方成分流速はSt. 3~St. 5の間で大きく、St. 5~St. 7の航路奥では小さくなっている。航路は水路となっているため、航路入口部では一部西方向への戻り流れがある可能性がある。SSの鉛直分布はSt. 3~St. 5におい

て底面付近で大きく、底面から離れるに従って急激に減少している。一方、St. 6~St. 7の航路奥ではSSは水面から水底まで非常に小さい。このことから、運ばれてきた底泥は航路入口付近に堆積したと思われる。

図-6はSSフラックス(航路法線方向の成分流速とSSを乗じて算出)を水深方向に積分した単位幅辺りのSS輸送量の時間変化である。上げ潮時に港内へ流入するSS輸送が支配的で、輸送量は港内側(St. 6やSt. 7)よりも港外側(St. 3~St. 5)で大きい。また、下げ潮時の港外へのSS輸送量は上げ潮の1/3~1/5で、上げ潮時に港外から一旦流入した底泥は流出し難い環境にあると考えられる。

図-7の流速とSSの鉛直分布をみても、海底近傍の流速は上げ潮・下げ潮で20~30cm/sと同程度であるにも係らず、SS濃度は上げ潮時にのみ上昇していることが分かる。すなわち、上げ潮時における航路内底層のSS上昇は潮流による堆積泥の巻き上げではなく、港外からの移流による可能性が高いと考えられる。

2.3 埋没メカニズムの検討結果

平成17(2005)年度~平成21(2009)年度の深浅測量結果からエリア毎の平均的な水深変化および堆積土量を整理した結果、航路先端域(F~C)で30~50cm/年、航路の内港側や泊地で10~20cm/年という結果を得た。さらに、流況とSSの観測データから潮流によるSS輸送量の収支を解析した結果、航路先端域において測線間の輸送量の差が大きく、上述した堆積量の多いエリアに沈降・堆積しているものと考えられた。また、SS輸送量の経時変化から、埋没メカニズムとしては図-8に示すように、大潮の上げ潮時に港外から流入したSSは満潮時には殆どが沈降・堆積し、港内では底泥の巻き上げが殆ど生じず、下げ潮時の港外へのSS流出が非常に小さいことによっている。

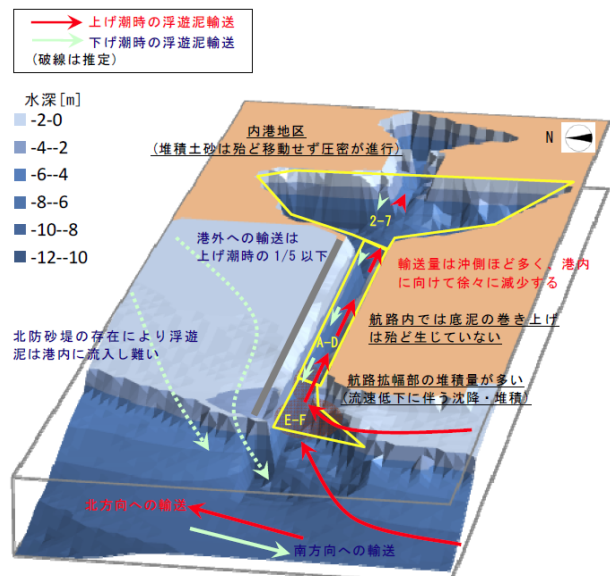


図-8 三池港埋没メカニズムの概念

3. 埋没対策の検討

3.1 シミュレーションモデルの条件設定

計算範囲は有明海湾奥部全域とし、三池港周辺の計算格子は航路幅（現況 50m, 将来 72m）を考慮して 30m 程度とし、外側に向けて計算格子を段階的に大きく設定することで計算の効率化を図った。また、鉛直方向の計算層区分は 7 層（最小層厚 1m）とした。

再現対象期間は流況と SS の観測が実施された 2010 年 9 月の 15 昼夜とし、計算境界条件として主要 10 分潮の潮汐条件、夏季の平均的な淡水流入条件を設定した。また、三池港航路内の底質調査結果を踏まえて、対象粒径は泥質（粘土シルト）の 1 粒径とし、既往資料²⁾を活用して粘土シルト含有率や含水比の底質空間分布を設定した。

3.2 水深変化量の再現性

堆積土量および平均水深変化の計算値と測量結果の比較を図-9 に示す。全体的に計算値は測量結果より過小となっているが、航路先端部の F~E エリアの堆積土量が多いという埋没パターンは概ね表現できた。

計算値が過小評価となっているのは、計算は潮流と平常時の波浪による土砂輸送だけを扱っているが、測量結果にはその他の要因（毎年生じるような高波浪や出水等）による土砂輸送現象が含まれているためと考えられる。

上記のとおり、現状のモデルの計算土量は埋没量実績（測量結果）の約 6 割となっている。しかし、今後、イベント時（冬季高波浪や出水等）の底泥輸送・地形変化に関する知見を蓄積し、適宜モデルに反映させていくことで、埋没予測モデルを高精度化できるものとする。

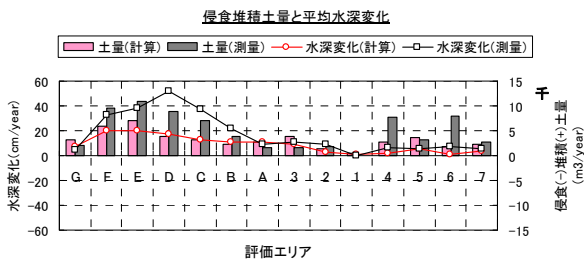


図-9 堆積土量および平均水深変化の再現性

3.3 埋没対策ケースの設定

埋没対策ケースは潜堤（配置と高さ）、トレンチ（配置と余掘り深さ）、開門排水（配置と排水タイミング）など非常に多くの組み合わせが考えられ、全てを検討することは現実的とはいえない。そのため、ケース数を絞って効率的に検討を行うため、以下の方針で対策ケースを設定した。

- 1) 潜堤高を固定し、複数の配置案に対して最適な配置を 1 ケース程度選定
- 2) 1) の潜堤配置で、複数の潜堤高に対して最適な高さを

1 ケース程度選定

- 3) 最適な潜堤ケースに対し、トレンチ工法を追加した場合の浚渫費用や費用便益比の違いを検討する
- 4) 別途開門排水の埋没対策効果を検討し、潜堤やトレンチ工法と費用面・実現性を比較し、最適なケースを提示する

以上の方針に基づいて選定した配置ケースを図-10 に示す。

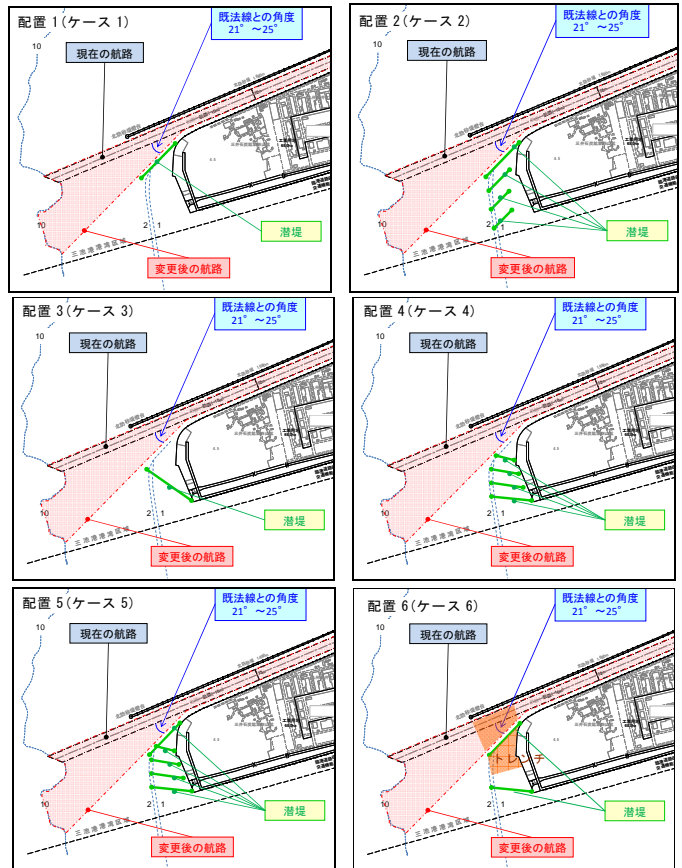


図-10 検討した潜堤の配置ケース

3.4 埋没対策の検討結果

各埋没対策ケースの実施に伴って削減可能な航路および泊地の堆積土量を図-11~14 に示す。潜堤配置は単列よりも複列、かつ航路法線に沿った配置が堆積土量をより多く削減でき、高さ 0.5~2.0m の範囲では潜堤高 2m が最も堆積土量を削減できる結果となった。トレンチ（2m 余掘り、約 7.3 万 m³）を航路南側の四山地先の原地盤に設置すれば、潜堤単体の場合に比べて削減可能な堆積量が航路・泊地合わせて 5,000m³/年増加する結果となった。

また、航路と泊地の境界に開門を新設し、大潮期の干潮時に排水した場合、1 回あたり約 2,000m³ の堆積土砂をフラッシュできる結果となった。これより、航路の年間堆積土量（約 50,000m³/年）に相当する土砂を排水によりフラッシュするには 2.3 回/月の頻度で開門排水を実施する必要がある。

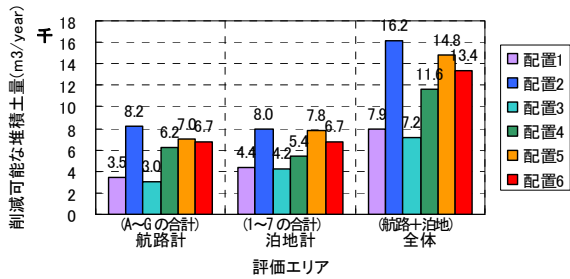


図-11 潜堤配置の検討結果

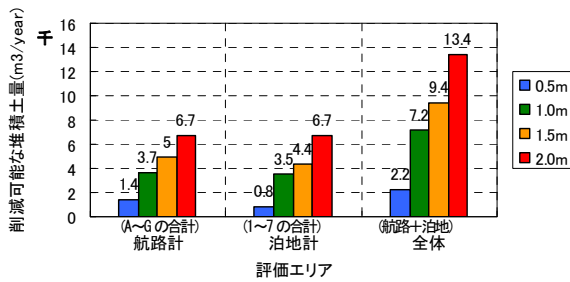


図-12 潜堤高の検討結果

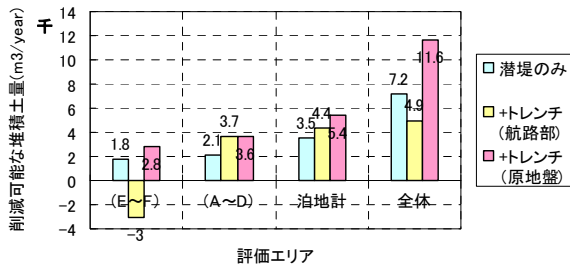


図-13 潜堤+トレンチの検討結果

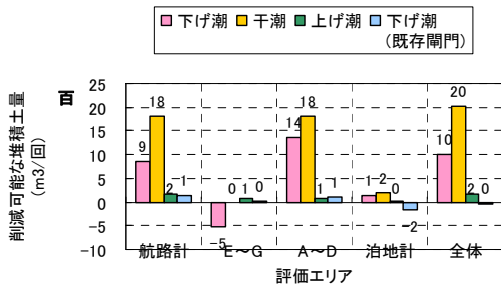


図-14 閘門排水の検討結果

4. 最適工法の検討

「50年後のライフサイクルコスト (LCC) を可能な限り低減でき、かつ、費用便益比 (B/C) が他に比べて高い工法」という観点で最適な潜堤配置・高さ、トレンチ配置を検討した。

潜堤配置は配置 6 が最適であり、航行船舶に配慮した潜堤配置としては、SS フラックス分布を考慮して潜堤を設置し、配置 6 の潜堤延長をさらに短くした配置 8 が有効と考えられた。しかし、潜堤高は LCC や B/C 以外の評価項目も加味した上で効果的なケースを絞る必要がある

と考えられた。また、トレンチ工法は潜堤のみのケースに比べて B/C が低く、現状では有効ではないと考えた。

以上を踏まえて、候補ケースの LCC や B/C および定性的な評価項目を横並びに整理し、各評価項目を総合的に判断した結果、三池港において有効な埋没対策として図-15 に示す 3 案が挙げられた。

候補	潜堤配置 総延長	潜堤高 (海底上)	対策効果の主な特徴
A 案	配置 6 600m	B+2m	<ul style="list-style-type: none"> 堆積土量を最も削減でき(対策しない場合の約 2 割)、50 年後の LCC が無対策と比べ約 16.3 億円削減可能 3 案の中では B/C が最も高い 潜堤を D.L.-2m まで延長するため漁船の迂回が必要
B 案	配置 8 430m	B+3m	<ul style="list-style-type: none"> 削減可能な堆積土量や LCC は 3 案の中では最も低い 50 年後の LCC は無対策と比べ約 12.6 億円削減可能 B/C は 2 番目に高い 開口部を漁船が航行可能で、漁獲創出効果も 3 案のうち 2 番目に高いと考えられる
C 案	配置 8 430m	B+4m	<ul style="list-style-type: none"> 削減可能な堆積土量や LCC は 2 番目に高く、50 年後の LCC は無対策と比べ約 13.5 億円削減可能 B/C が 3 案の中で最も低い 開口部を漁船が航行可能で、漁獲創出効果も 3 案のうち最も高いと考えられる

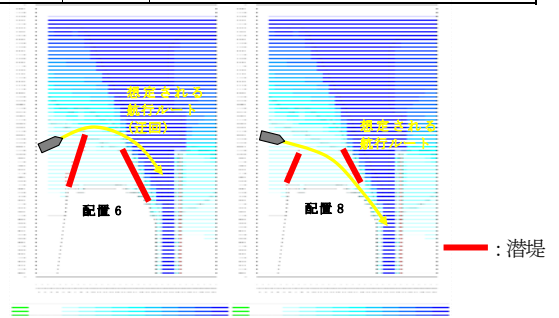


図-15 LLC・B/C・航行漁船に考慮した有効な埋没対策

5. おわりに

現状では現地データが取得できた平常時の潮流による浮泥流動および埋没現象を解析し、その結果を踏まえて埋没予測モデルを構築しているが、航路内の埋没パターンは予測できるものの、定量的には実際の埋没量の 60% 程度の予測に止まっている。その要因として、高波浪時の浮泥流動が影響していると思われるが、現地データが不足しており、平常時と比較してどの程度の SS が港内に輸送され、年間埋没量にどの程度寄与しているかは不明である。埋没予測モデルの精度向上のためには高波浪時の埋没特性の導入が重要となる。

6. 謝辞

本稿は、国土交通省九州地方整備局博多港湾・空港整備事務所発注による「平成 22 年 三池港 (内港北地区) 航路 (-10m) 埋没対策検討調査」での検討の一部を取りまとめたものである。検討に際し、整備局関係者には、貴重なご意見・ご指導をいただいた。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 国土交通省九州地方整備局博多港湾・空港整備事務所：三池港 (内港北地区) 流況・濁度・底質調査報告書、平成 22 年 9 月
- 福岡県土木部港湾課：三池港の埋没に関する検討業務報告書、平成 11 年 3 月