

## 三池港及び博多港における航路埋没について

松岡義博\*・高山知司\*\*・岸良安治\*\*\*・酒井浩二\*\*\*\*・水野博史\*\*\*\*\*

\* 前 (一財)沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (一財)沿岸技術研究センター 参与

\*\*\* (一財)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 博多港湾・空港整備事務所 所長

\*\*\*\*\* いであ株式会社 沿岸・海岸事業部 沿岸解析部

三池港の航路 (-10m) において、高波浪時の現地観測により浮泥流動による埋没メカニズムを把握し、埋没対策の検討を行った。また、博多港の航路における埋没現象の特性や埋没実態を把握するとともに埋没メカニズムを検討した。さらに、それぞれの港湾で今後の埋没対策を進めるうえでの必要な課題について整理した。

キーワード：漂砂，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. 三池港における航路埋没について

#### 1.1 はじめに

過年度までの報告<sup>1)</sup>では、平常時の埋没現象を対象として埋没予測モデルを構築していたため、モデルの計算結果は深浅測量結果の約6割しか堆積土量(水深変化)を表現できていなかった。残りの4割については毎年発生するようなイベント(高波浪時、出水時など)による埋没現象の可能性が高いと考えられた。本稿は、高波浪時の浮泥流動および埋没メカニズムの解析結果をモデルに反映させ、埋没予測モデルの精度向上について検討した結果を報告する。図-1に三池港平面図を示す。

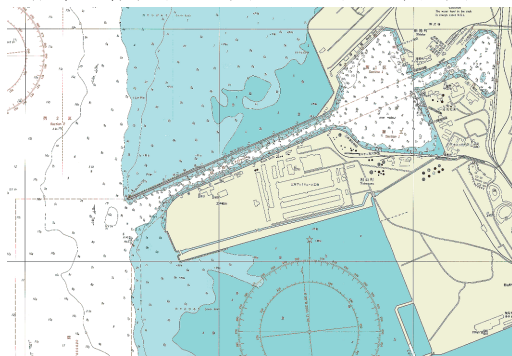


図-1 三池港平面図

#### 1.2 波浪・流況・濁度観測について

本調査期間(2011年9月～2012年1月)に観測された高波浪は殆どが低気圧通過時や冬型気圧配置時に発生し、有義波高は0.7～1.0mであった。

観測期間を通じて航路内のSSは下げ潮時よりも上げ潮時に上昇していた。すなわち、港外から港内へ向かう潮流によって有明海の土砂が航路・泊地に供給されていることが航路内の浮泥流動観測結果から裏付けられた。

高波浪時は平常時に比べて航路内のSS濃度が高くなり、冬季よりも夏季に高波浪が発生したケースでSSはより高くなっていた。

本調査期間中に台風は接近せず、波高1mを超えるような高波浪を捉えることはできなかった。出水期や台風期も含めた夏季(6月～9月)には本観測結果以上の高濃度のSSが発生している可能性があるため、今後の継続的なデータ取得が望ましい。

#### 1.3 高波浪時の埋没メカニズムについて

平常時の浮泥流動を中心とした土砂(SS)輸送量には明瞭な季節変化が見られ、特に夏季の大潮期は冬季よりも多くの土砂(SS)が港内に輸送されている。夏季(6～9月)に発生頻度の高いS系の高波浪が出現すると、航路埋没量も増加する傾向にある。一方、冬季は冬型気圧配置の影響でエネルギー平均波高は高いものの、顕著なSS輸送量の増加は見られない。すなわち、航路埋没に与える影響は冬季よりも夏季の土砂(SS)輸送が大きいと考えられる(図-2参照)。

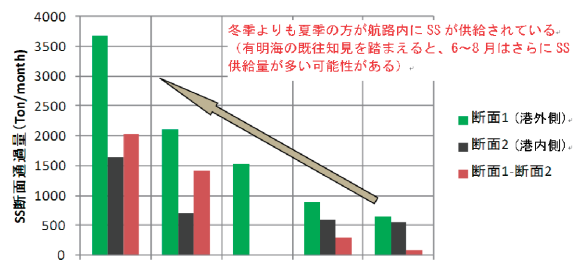


図-2 航路内のSS断面通過量季節変化

波高1m以上の発生が20時間/年程度の期間の年間埋没土量は1～3万m<sup>3</sup>/年で推移するが、高波浪発生時間が60～80時間/年になると埋没土量はさらに約2万m<sup>3</sup>/年増加する。

本調査で取得した9月中旬～翌年1月中旬（4ヶ月間）のSS断面通過量から推定した航路港口部の堆積土量は0.4万m<sup>3</sup>で、深浅測量結果から得られた同区間の堆積土量（1.6万m<sup>3</sup>/年）の25%であった。これと上述した波浪・埋没量の関連性を踏まえると、出水期や台風期を含み、かつS系高波浪が出現し易い6～9月は大量の土砂が航路内へ輸送・供給されている可能性が高いと考えられた。

### 1.4 埋没対策の検討

第3世代波浪推算モデル（SWAN）による波浪推算結果を埋没予測モデルに組み込み、高波浪時の漂砂等の土砂輸送が考慮可能なようにモデルを改良した。

本調査で観測された10月のS系高波浪時のSS変動を良好に再現することができた。さらに、高波浪時の土砂輸送を考慮したことで特に航路先端部で埋没量が増加し、過年度までの平常時の潮流による土砂輸送のみを考慮したケースに比べてモデルの再現性を向上させることができた（図-3参照）。

航路埋没土量のオーダーが概ね一致するようモデルパラメーターを再調整し、航路の拡幅・増深後の埋没土量の変化や埋没対策の効果を検討した。その結果、航路を-7.5mから-10.0mに増深すると、航路部（C～G）で埋没土量が9,700m<sup>3</sup>/年増加し、50年間のLCCが約92億円から約100億円に増加する結果を得た。

潜堤（高さ1mと2m）を四山地先原地盤上に設置（図-4）すると、航路のA～E区域および内港地区で埋没土量が2,100～7,800m<sup>3</sup>/年減少し、対策なしのケースに比べて潜堤高1mの場合は50年間のLCCを7億円、潜堤高2mの場合は11億円低減できるという結果を得た（表-1参照）。

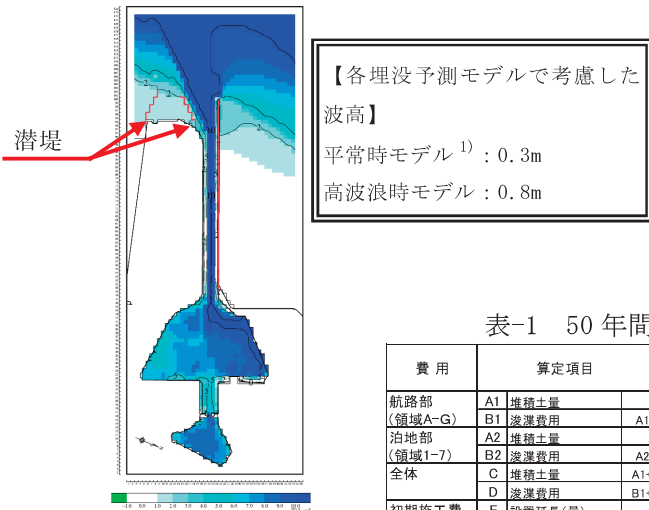


図-4 埋没対策検討ケースの地形条件

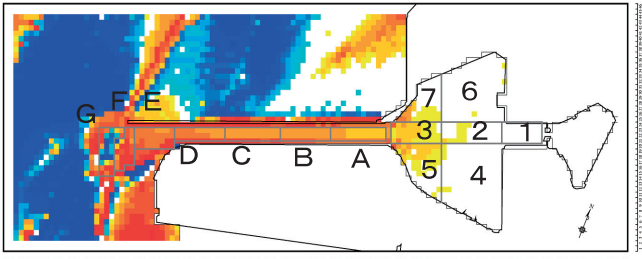
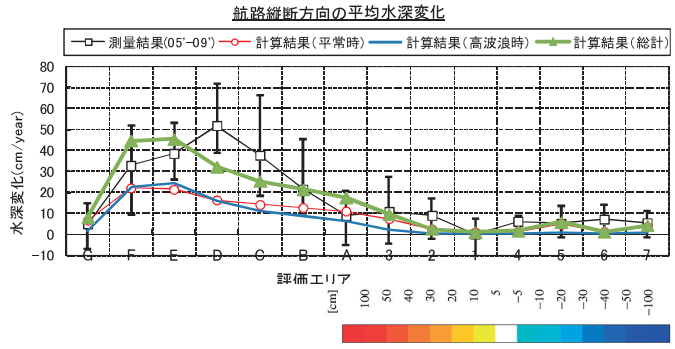


図-3 各エリアでの平均水深変化量の再現計算結果（平均的な高波浪出現状況での計算結果）

### 1.5 今後の課題

本調査では高波浪時の土砂輸送に着目した流況・SSの長期（4ヶ月間）連続観測を実施し、航路に流入する浮遊泥を中心とした土砂輸送には明瞭な季節変化があり、夏季（6～9月）に発生頻度の高い南系の高波浪が来襲すると航路埋没量も増加することを明らかにした。さらに、高波浪時の土砂輸送も考慮可能なように埋没予測モデルを再構築し、高波浪時のSS変動を再現することを可能にした。

しかし、①1回/年の深浅測量だけでは高波浪時の土砂輸送が航路埋没に与える影響を抽出できないこと、②本観測期間中に波高1mを超える高波浪が発生していないこと、海底近傍の高濃度SSが観測できていないこと等の理由により顕著なSS上昇や高濃度浮泥流動まで考慮した埋没対策の検討が十分とはいえないことが課題として挙げられる。今後は航路-10m 拡幅増深後の高波浪時に着目した地形変化実態に関する知見を蓄積するとともに、“埋没予測モデルの高度化”や“潜堤設置”を視野に入れた現地調査を継続していく必要があると考えられる。

表-1 50年間のLCC（ライフサイクルコスト）の算定結果

費用	算定項目		航路 (-7.5m)	航路 (-10m)	航路-10m (潜堤1m)	航路-10m (潜堤2m)	航路 (先端拡幅 (潜堤2m)		
航路部 (領域A-G)	A1 堆積土量		m <sup>3</sup> /year	54,300	63,800	59,900	59,200	73,700	66,700
	B1 浚渫費用	A1*e	千円/year	141,180	165,360	155,740	153,920	191,620	173,420
	A2 堆積土量		m <sup>3</sup> /year	16,500	13,500	11,500	8,700	12,700	8,000
治地部 (領域1-7)	B2 浚渫費用	A2*e	千円/year	42,900	35,100	29,900	22,620	33,020	20,800
	C 堆積土量	A1+A2	m <sup>3</sup> /year	70,800	77,100	71,400	67,900	86,400	74,700
	D 浚渫費用	B1+B2	千円/year	184,080	200,460	185,640	176,540	224,640	194,220
初期施工費	E 設置延長(量)		m	0	0	600	600	0	600
	F 設置単価		千円/m	0	0	67	187	0	187
	E' 余剰り土量		m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0
	F' 余剰り費用		千円	0	0	0	0	0	0
	G 潜堤+トレンチ費用	E+F+F'	千円	0	0	40,200	112,200	0	112,200
維持管理費	H 50 年後のLCC		千円	9,204,000	10,023,000	9,322,200	8,939,200	11,232,000	9,823,200
	I 削減可能なLCC		千円			-819,000	700,800	1,083,800	1,408,800

## 2. 博多港における航路埋没について

### 2.1 はじめに

博多港整備における維持管理コストの縮減及び土砂処分場の延命化を目的として、航路・泊地における埋没現象について、環境特性や埋没実態の把握、埋没メカニズムの検討を行った。図-5に博多港平面図を示す。

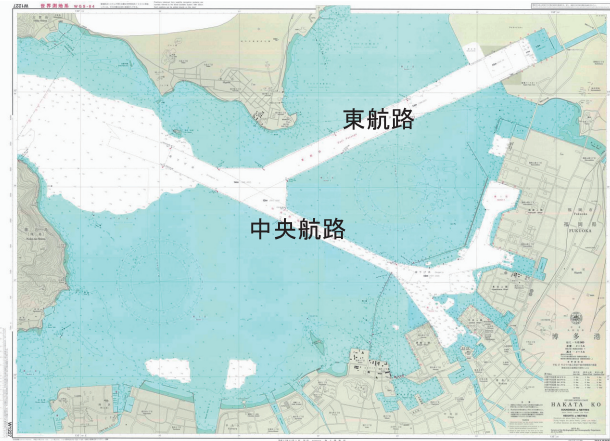


図-5 博多港平面図

### 2.2 環境特性の把握・検討

航路・泊地の埋没現象を考える上で基礎的かつ重要な項目についての環境特性を整理・解析および調査した。

#### ①数値解析結果

- 1) 博多湾に注ぐ全河川の河川供給土砂量は250～2,300m<sup>3</sup>/年の範囲であった。
- 2) 博多湾内の流速は概ね数cm～30cm/sの範囲にあり、出水時には河川から航路に沿って流出する強い流れが見られた。また、海底近傍の流れは上げ潮時に強く、沖側から航路に沿って泊地へ向かう残差流が卓越していた(図-6参照)。
- 3) 博多湾内の波浪は、1年確率風速が生じると波高0.5～1.0m、5年確率風速の場合は波高1.5mを超える場所が存在することが分かった。

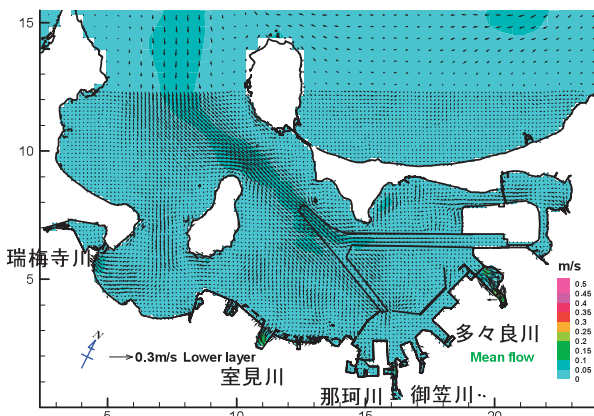


図-6 博多港内の流動分布(低層の残差流, 出水時)

#### ②現地調査結果

- 1) 博多港航路内は西戸崎地先を除いてシルト粘土が数10cm以上堆積していた。浮泥(軟泥)層は東航路で0.2～1.0m, 中央航路で0.2～0.4mの厚さで分布しており、中央航路に比べて東航路で軟泥が厚く堆積していた。
- 2) 航路内の含水比(図-7参照)は70～220%で西戸崎周辺が低い傾向にあった。強熱減量は5.4～11.5%の範囲に分布し、有明海と同程度の値であった。CN比<sup>注1)</sup>は6.0～17.3の範囲に分布し、多々良川河口域や香椎パークポート地先で高い傾向があった。
- 3) 航路内で採取した底泥を用いて沈降実験を実施した結果、沈降開始から6時間目までは自重圧密によって急激に含水比等が低下し、その後2日目までは緩やかに変化することが分かった。この変化速度は別件調査で実施された中津港航路内の実測値と同程度であった。

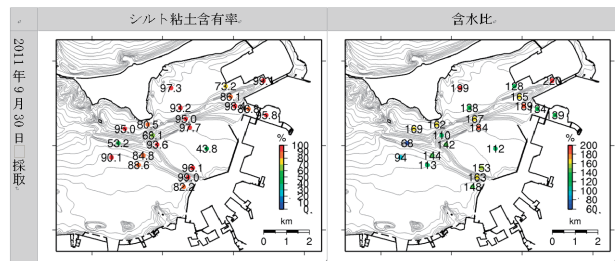
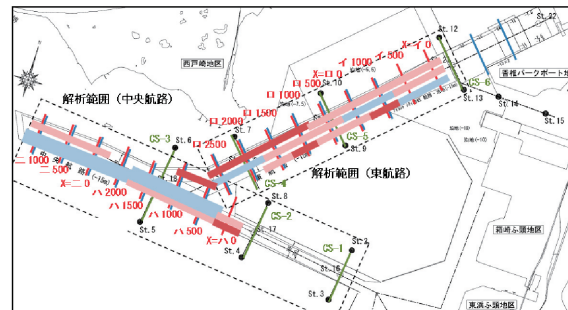


図-7 底質調査結果(シルト粘土含有率・含水比)

### 2.3 埋没実態の把握について

現地調査結果や収集した深浅測量データ、構造物の築造履歴、航路の浚渫履歴等を総合的に解析し、航路の水深変化および埋没土量変化の実態を検討した。

平成12, 13, 14, 15, 16年および平成21年の測量結果を解析した結果(図-8参照), 中央航路に比べて東航路で埋没が進行していた。また、両航路とも中央部よりも航路両端で堆積量が多い傾向にあった。



□ : 10cm/年未満, ■ : 10～20cm/年, ■ : 20cm/年以上 (堆積, 侵食)

図-8 水深変化量(平成12, 13, 14, 15, 16年の例)

注1) : 一般的に海域で生じた植物プランクトン起源の堆積物の場合のCN比は6～8, 10を超えると陸域(河川)起源とされている。

平成12年～16年は航路の拡幅・増深事業が進行中で20cm/年以上の堆積が生じる箇所も見られたが、平成16年～21年は堆積速度が低下し、概ね10～20cm/年の範囲であった。

法肩や原地盤上で航路両端の埋没量を説明できるような侵食は確認できないことから、航路内の埋没傾向の違いは①原地盤からの土砂流入、②船舶航行による堆積土砂の再巻き上げ・土砂輸送が要因として考えられた。

平成23年の夏季から冬季にかけては、航路端で20cm/年以上の堆積が生じている箇所も見られたが、全体的には20cm/年以上の侵食傾向にあった。

### 2.4 埋没メカニズムの検討

図-9における航路内の底質性状から判断すると、基本的にはシルト粘土を中心としたシルテーションによって埋没が生じていると考えられた。但し、西戸崎周辺の航路中央部では砂質の含有率が高い。漂砂とシルテーションが複合的に作用している可能性もあるが、海底地形が周辺より深いことから、原地盤が露出している可能性も考えられた。

航路内の堆積土砂は主に原地盤から供給されていると推測され、南系強風時には海の中道や西戸崎地先の原地盤が、北～西系強風時には北防波堤前面の原地盤が土砂供給源になっている可能性がある。波浪外力を中心として原地盤上の堆積泥が巻き上げられ、潮流によって航路内に供給されていると推測された。

一旦航路内に堆積した土砂は、大型船舶の航行時に再度巻き上げられ、航路横断方向または縦断方向に輸送されている可能性がある。その結果、航路中央部では侵食、両端で堆積の埋没パターンが生じているものと考えられた。

図-9に示すように、博多湾に流入する2級河川は規模が小さく、河川供給土砂が航路埋没の直接的な要因とは考え難い。ただし、出水時の潮流計算結果や底質調査結果を踏まえると、多々良川河口から香椎パークポート地先の範囲および泊地内は河川の影響を少なからず受けている可能性は否定できない。

### 2.5 今後の課題

今後、埋没対策を検討していく上で必要と考えられる現地調査計画を立案した。

現地調査メニューとしては、深淺測量、河川流量・土砂量調査、浮泥流動(SSフラックス)調査等が挙げられた。特に基礎データである“深淺測量”を定期的実施することが大前提であり、注目すべき測量の地点(測線)について提案を行った。さらに、埋没メカニズムの把握に関する浮泥流動調査、航路横断方向の底質調査、堆積土砂の鉱物分析による土砂起源調査の実施も望まれる。

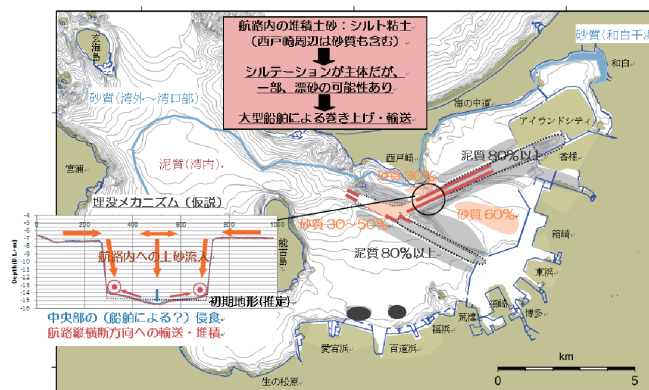
### 3. 謝辞

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23年度三池港・博多港水域施設保全技術検討調査」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

- 1) 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)航路(-10m)埋没対策検討調査報告書、平成23年3月。

### 埋没・底質特性



### 土砂輸送特性

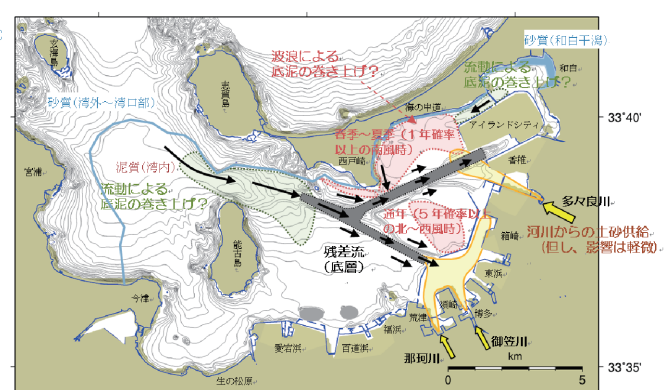


図-9 博多港の埋没メカニズム