

平成 22 年度

# 高マウンド堤体における砂の流入防止対策について

## —余別漁港-2.5m 泊地の堆砂対策について—

小樽開発建設部 小樽港湾事務所 ○佐藤 大樹  
佐伯 茂  
水島 良

余別漁港は、積丹沖における豊富な漁場を背景に、古くから多様な漁業種の陸揚げ拠点として利用されると共に、海の難所である積丹半島の先端部に位置することから、漁船の避難拠点としても重要な役割を担っている漁港である。余別漁港においては、過年度より「泊地の埋没」が問題となっていることから、万全な対策を行うことが急務となっている。

本報文では、堆砂対策についての調査・検討・施工の結果を報告するものである。

キーワード：基礎技術、事故防止



写真-1 余別漁港航空写真

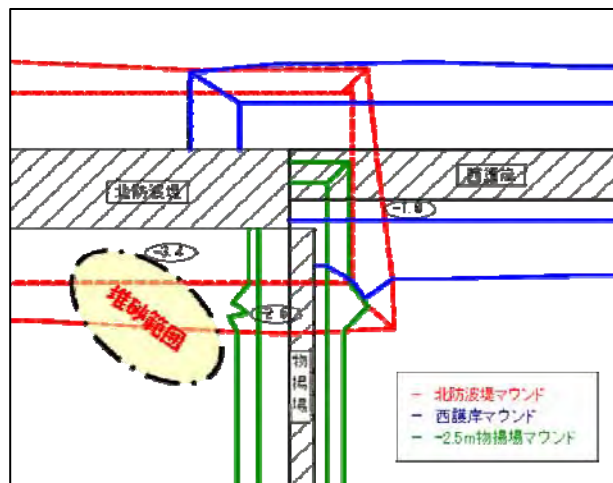


図-1 捨石マウンドのイメージ図（平面図）

### 1. まえがき

余別漁港では、港奥部において泊地の埋没が発生しており、砂の堆積が目視で確認できるほど、堆砂が顕著に現れている。（写真-1）

埋没箇所に隣接する北防波堤、西護岸、-2.5m 物揚場は、3断面の異なる構造で捨石マウンドが重なり合っているため、複雑な堆砂要因が想定された。（図-1、2）

泊地が埋没することにより、船底が現地盤に当たり沈没する等の事故発生が懸念されるとともに、埋没箇所を避けるため、航行箇所が狭められたり係留箇所が限定される等、漁業活動にも支障を来している状況である。

堆砂対策の実施にあたり、まず、堆砂原因を明確化する必要があることから、原因究明を目的に各種現地調査を実施し、その結果をもとに解析・検討を行い、最終的な対策方法を決定することとした。

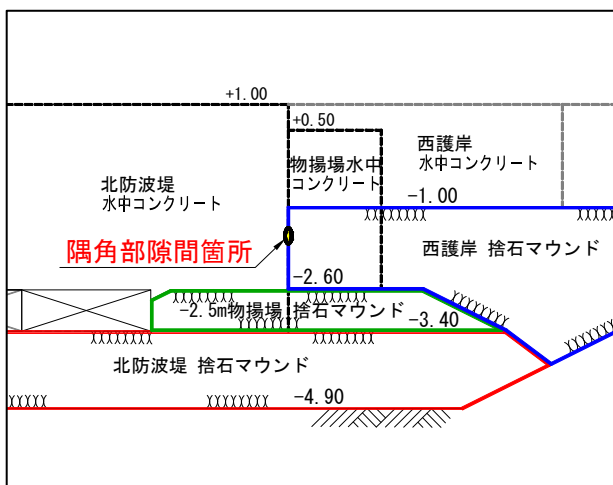


図-2 捨石マウンドのイメージ図（断面図）

Taiki Satou, Shigeru Saeki, Ryo Mizushima

## 2. 港内堆砂の状況と要因

堆砂状況の把握と要因を特定するために、水深測量、波浪流況調査、底質調査、水中目視調査、陸上空洞化調査を実施した。

### (1) 現地調査結果

水深変化について、平成 21 年 10 月から平成 22 年 2 月までの 4 ヶ月間の水深変化比較結果を図-3 に示す。隅角部付近で大きな浸食箇所があり、北防波堤に沿って 7.5m までの区域で特に堆積していることが確認された。

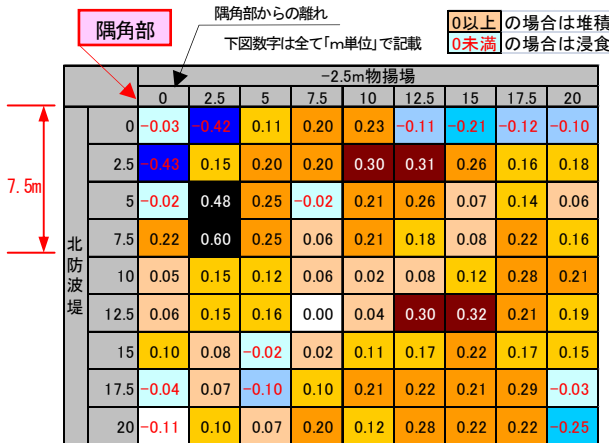


図-3 水深変化比較結果

流況調査では、堆砂が著しい港奥部(St4)では港外から港内へ向かう流れが確認された一方、港内の地点(St3)では港奥部から港口へ向かう流れが観測された。(図-4)

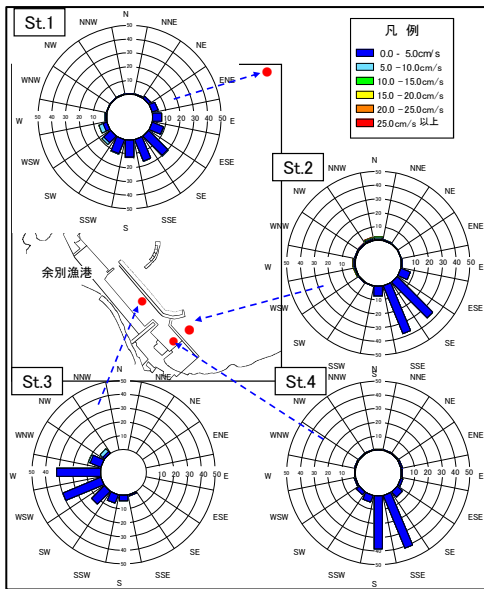


図-4 流向出現頻度図

底質調査では、港外及び港内の粒度組成について調査した結果、細砂と中砂の割合が8割を超え、シルト・粘土に着目すると港奥部(St4)の組成は港外(St2)の組成に近いことが確認された。(図-5) これは、港奥部の堆砂は港内からの移動ではなく、直接港外から流入していることを示していると考えられた。

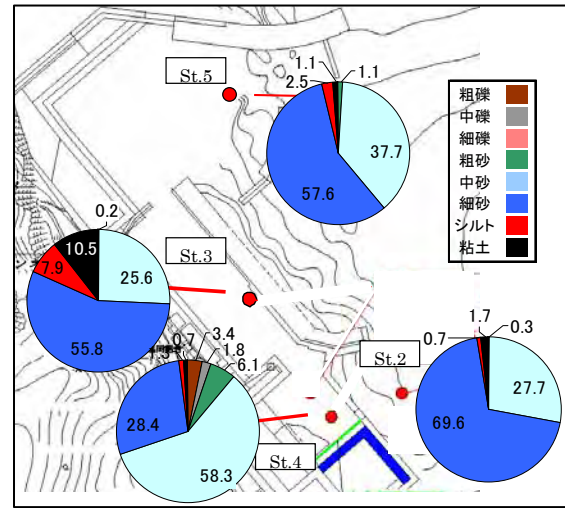


図-5 粒度組成図

水中目視調査では、北防波堤と-2.5m 物揚場の隅角部付近に著しい堆積と-2.5m 物揚場マウンドの洗掘が確認された。また、北防波堤と-2.5m 物揚場の接続部に最大幅 5cm、長さ 30cm の隙間があり、そこからの流れが確認された。(写真-2、3、図-6)

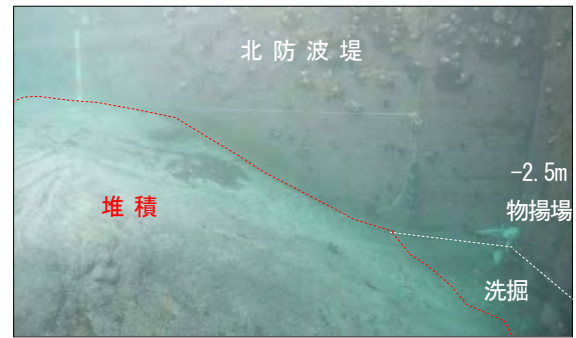


写真-2 土砂堆積、マウンド洗掘状況

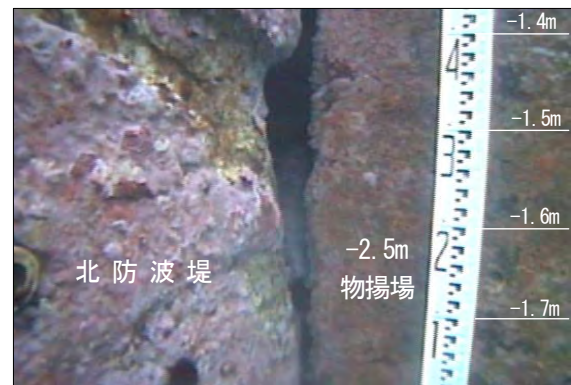


写真-3 隅角部の隙間状況

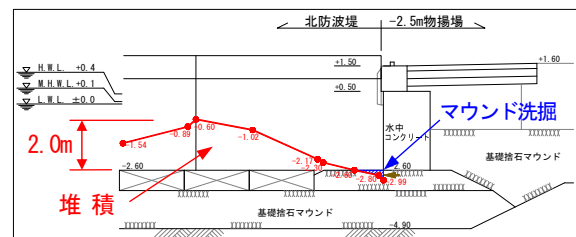


図-6 土砂堆積、マウンド洗掘状況図

空洞化調査では、空洞は発見されなかったことから、吸い出しは受けていないと考えられた。

## (2) 堆砂要因の特定

現地調査結果から、港外の砂が隅角部付近からマウンドを透過して港内へ流入していることが推察されたため、伝達波・漂砂の解析を実施した。

伝達波解析では、CADMAS - SURF を用いて現地観測波浪データで流速振幅を解析したところ、北防波堤は砂の移動限界流速 0.6m/s を大きく下回っていたが、西護岸は 0.6m/s であったことから、伝達波は西護岸の透過部(マウンド)を伝搬してくるものと判断された。(図-7、8)

漂砂解析では、浮遊砂モデルを用いて底質移動を解析したところ、接合部に伝達波を与えた場合に港奥部の地形変化を再現することが出来た。(図-9)

一方、接合部に伝達波を与えない場合は、最大波でも地形変化が見られなかったことから(図-10)、港口からの流入及び港内の底質が移動していることは考え難く、接合部の隙間からの伝達波が堆砂の主要因であるとの結論に達した。

## (3) 対策工の検討

30年確率波を対象に伝達波の解析を実施した結果、図-11に示すとおり、接合部の隙間を塞ぐと流れが底質の移動限界流速以下となることから、局所的な不透過化で対応可能であると考えられた。

しかし、本検討箇所は、3断面の異なる構造が接合しており、計算に含まれない複雑な要因も想定される場所であるため、捨石マウンド部も含めて不透過化し、万全な対策を行うこととした。

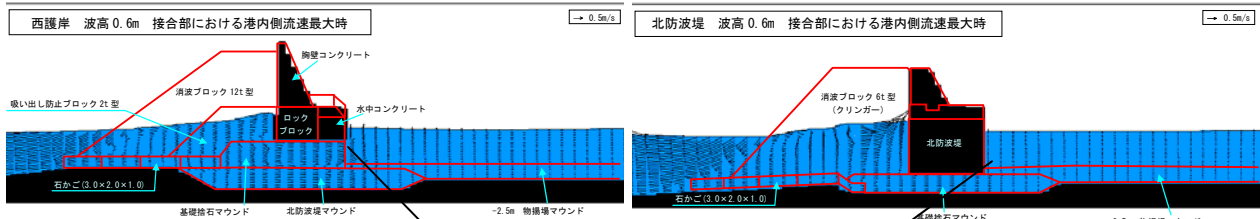


図-7 伝達波の解析結果 波高0.6m 代表時の水位・流速ベクトル分布(左図:西護岸 右図:北防波堤)

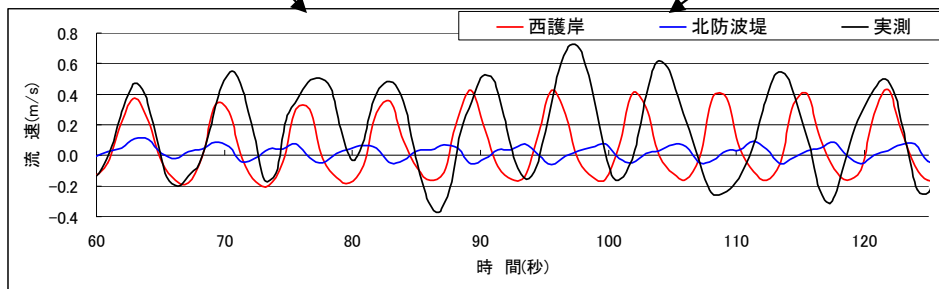


図-8 接合部における流速変動比較

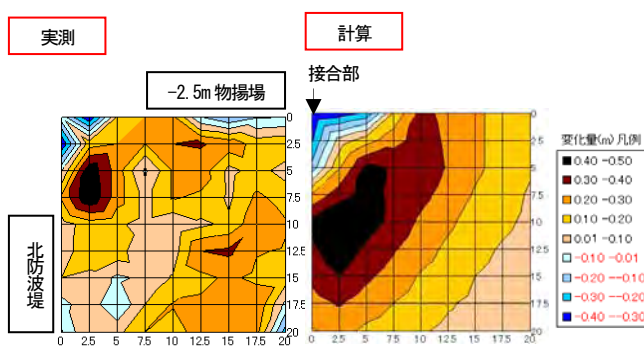


図-9 港奥部の実測・計算地形変化図

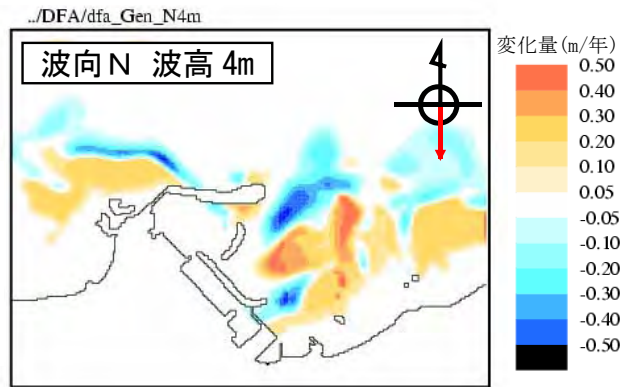


図-10 広域モデルの計算地形変化図

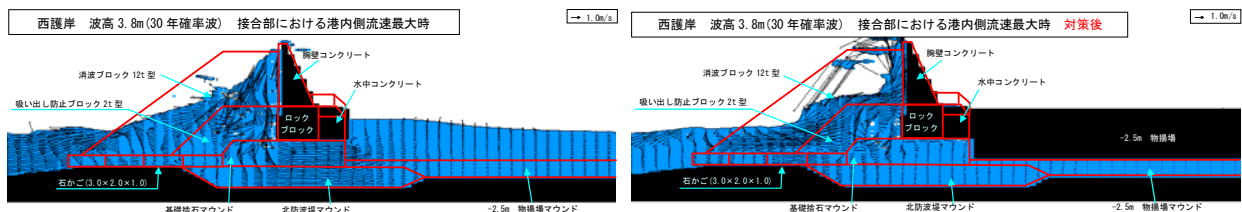


図-11 西護岸伝達波の解析結果 波高3.8m 時の水位・流速ベクトル分布(左図:対策前 右図:対策後)

### 3. 対策工法の検討

接合部の隙間を塞ぐ対策及び捨石マウンド部不透過化の工法について、表-1に示す想定される3タイプを比較し、工法を選定することとした。

表-1の比較結果より、施工上及び構造上の問題が無く、費用も安価である「注入工法」で堆砂対策を行うこととした。(図-12)

### 4. 施工について

堆砂対策は、注入工法を採用することとしたが、施工にあたっての検討内容を以下に示す。

#### (1) グラウト材の選定

注入工法に使用されるグラウト材は、様々な種類が存在しているが、今回は長期耐久性を有した材料とする必要があるため、表-2に示す長期耐久性を有している3種類の材料について比較を行い、選定することとした。

堆砂対策に使用するグラウト材の種類については、表-2の比較結果より、今回の施工に最適な「可塑性グラウト」を選定することとした。

強度については、過去に海・湖・河川の捨石空洞への充填実績があり、軟岩程度の強度である1.5N/mm<sup>2</sup>以上を有する材料を用いることとした。

また、注入孔については、過去の経験を元に1箇所の注入孔で半径1mの範囲に注入する事例が多いことから、図-12の平面図に示すとおり、半径1mの円を重ね、必要範囲を網羅できるよう配置することとした。

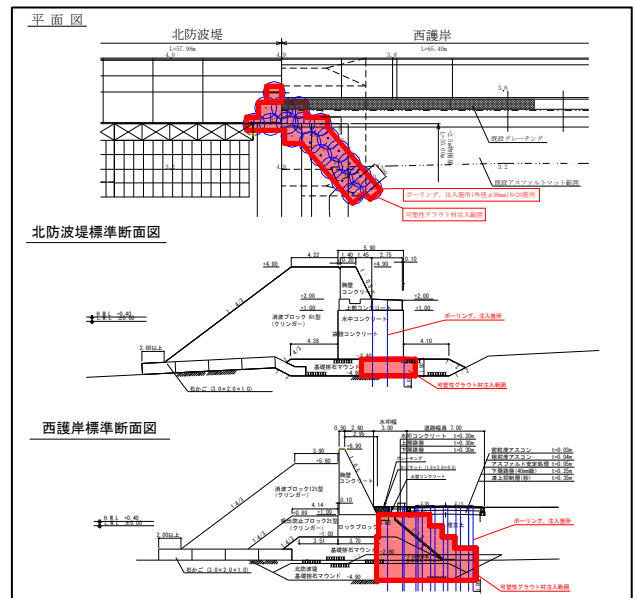


図-12 注入工法図面

表-1 堆砂対策工法の比較

	鋼矢板工法	水中コン+マット工法	注入工法
構造面	× 既設捨石マウンドが分断される、矢板と既設堤体の接合部処理など問題大	○ 既設堤体にほぼ変更が無いため、問題なし	○ 既設堤体はそのまま残るため、問題なし
施工性	△ 狭い場所、海上で大型機械による施工が必要	× 既設堤体直下の捨石撤去が必要のため、施工が困難	○ 既存施設を撤去せず、ボ-リングのみで施工が可能
確実性	○ 港内外が遮断されるため、問題なし	△ 捨石部分がそのまま残るため、不安あり	○ 捨石の空隙に充填するため、問題なし
経済性	× 施工範囲が広く、大型機械を必要とするため高価	○ 一般的な機械、設備で施工が可能。※既設堤体を撤去する場合は施工費大	○ ボ-リング、小規模な仮設で施工が可能
その他	△ 既設アスファルトマットの撤去復旧が必要のため、施工範囲が広い	× 物揚場前面に水中コンクリートを設置するため、施設延長減。既設堤体の変位する懸念あり	○ 問題なし
評価	× 構造面、経済性等の問題あり	× 施工性、施設延長減等の問題あり	○ 採用：今回施工に最適

表-2 今回の現場条件におけるグラウト材の比較

	セメントベントナイト	超微粒子複合シリカ	可塑性グラウト
ゲル(可塑)タイムの調整	不可 (型枠必要)	可 (数秒~十数分で到達距離の限定が図られる)	可 (5秒~30秒で到達距離の限定が図られる)
海水への影響	× ゲルタイムが無い場合流出のおそれ有、分離し拡散	△ 万一海へ流出した場合硬化せず拡散	○ 万一海へ流出した場合分離することなく硬化
充填効果、施工性	△ 空隙部に沿って逸走、型枠・矢板等の遮断壁必要	△ 速硬性材料は強固に硬化目詰まり有、遮断壁必要	○ 加圧で間隙部全体に充填可、遮断壁不要
恒久性	○ 問題なし	○ 問題なし	○ 問題なし
経済性	△ 材料単価は安価だが、遮断壁、材料ロスで工費増	× 材料単価が高価で遮断壁も必要	○ 材料単価は高価だが、遮断壁不要
評価	× 環境面、充填効果に問題あり	× 高価で環境面、充填効果に問題あり	○ 採用：今回施工に最適

## (2) 施工時の留意事項

今回の施工場所は、コンクリート・埋土・捨石マウンド等、様々な材料を削孔して注入管を設置し、捨石の空隙部に隙間なくグラウト材を注入する必要がある。以下に各施工段階で留意した主な事項を示す。

### a) 削孔、注入管設置

削孔は、ロータリーパーカッション式ボーリングマシンを使用した。削孔後に孔壁が崩れると注入管が設置できなくなるため、ケーシングロッドを建込んだ後、注入管を設置してからロッドを引き抜く方法で施工した。(写真-4)



写真-4 削孔及び注入管設置状況

### b) 隅角部隙間の処理

隅角部の隙間は、今回の堆砂対策で最も重要な場所であるが、型枠を設置してグラウト材を注入した場合、既設堤体に凹凸があるため、隙間からグラウト材が漏れ、十分な充填ができないおそれがある。

そこで、隙間部に捨石・既設堤体の形状に合わせて追従する素材（鋼管矢板ジョイント部の止水工に用いられるジャケット材）で作られた細長い袋材（写真-5）を設置し、中にグラウト材を充填、膨張させる方法で、事前に隙間部の閉塞を行い、漏れが生じないように施工した。

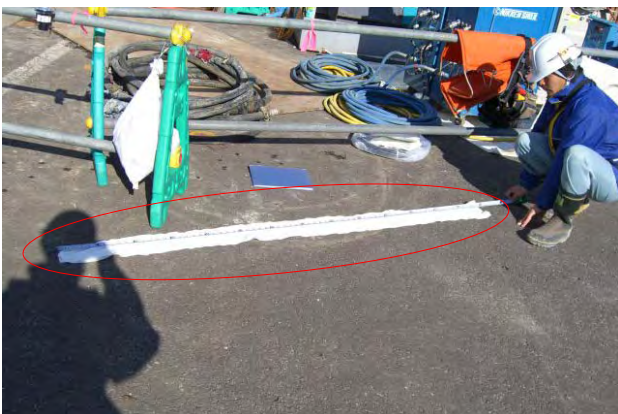


写真-5 隙間部袋材の確認状況

### c) グラウト注入

グラウト注入は、プラントで作液した瞬結型の可塑性グラウト材を流量計で注入量を確認し、約50cm毎にステップアップしながら、ポンプ機を用いて注入した。(写真-6) 海水の影響を受ける場所の作業となるため、海中にグラウト材が流出することの無いよう、潜水士が目視で確認しながら慎重に施工した。



写真-6 グラウト注入状況

### d) 施工管理

グラウト注入の施工管理は、設計量为目标として、注入量・充填圧の状況及び周辺の状況を常時監視しながら適切に施工した。(写真-7)



写真-7 流量計機器の状況

### e) 出来形管理

出来形は、注入後にチェックボーリングを行い、必要範囲にグラウト材が充填されているかを採取した試料により目視確認した。(写真-8)

グラウト材には、セメントが含まれることから、試料にフェノールフタレイン溶液をかけ赤色変化の有無で判断した。



写真-8 チェックボーリング試料の状況

#### f) 施工結果

接合部の隙間、マウンド内の注入のいずれも充填されていることが確認できた。潜水土に聞き取り調査をした結果、施工前とは違い、隅角部からの流れは感じられない状況であることが確認できた。

また、グラウト注入時に作成したグラウト材の供試体を用いて、材齢28日の一軸圧縮強度を確認した結果、「2.68N/mm<sup>2</sup>」という値であり、設計強度の1.5N/mm<sup>2</sup>以上を満足している結果であった。

なお、施工後の高波浪時においても、港外からの流入は確認されていない。

#### 5. あとがき

今回の堆砂は、高マウンド堤体である西護岸を含む3断面の異なる構造が1箇所にて接合し、なおかつ堤体同士が点で接していたことから、構造上の弱点となっていたことが一つの要因であると推測される。

施工当時には無かった隅角部の隙間が、波浪の影響等により、徐々に拡大し、泊地の埋没に繋がっていったものと思われる。

今回の堆砂対策における注入工法は、既設構造物をそのまま残した状態で小規模な施工を行うことが可能であり、長期耐久性も有しているため、補修等の対応を行う際には、効果的な工法であることが確認できた。

近年、漁業を取り巻く情勢は厳しく、漁港整備における選択と集中が進み、施設の損傷、泊地の埋没等が生じても、これまでのように十分な補修、維持管理ができなくなることを予想される。

今まで以上に現場状況を把握し、計算に含まれない複雑な要因も想定した上で、将来的にも不具合の生じない施設整備が出来るよう、今後の業務に取り組んでいく必要がある。