

湖口部の地形変化に関する数値シミュレーション

業務名	サロマ湖漁港漂砂解析調査（13-400）
委託者	北海道開発局
担当者	佐々木崇之、氏井健一、沼野裕二、（佐藤勝弘）

1. 調査の目的

北海道第4種サロマ湖漁港（第1湖口地区）は、マリンビジョン21モデル港の指定を受け、オホーツク海とサロマ湖を結ぶ航路を確保し、湖内各漁港の前線基地を形成するための施設整備が進められている。海象悪化時の避難漁船の受け入れ一方、アイスブームを整備することによって冬期に湖内に安全な水面・水域を生み、地域の漁場に大きな活力をもたらす機能が期待されている。同漁港の位置する第1湖口は特異な砂州形状を有しており、波浪や潮流によって極めて複雑な地形変化が生じる場所である。

このため、適切な外郭施設の配置等を検討するための基礎資料とすることを目的として、湖口部ならびに防波堤周辺部の地形変化の実態を既往の調査結果等の整理・分析によって把握し、次にこれらの地形変化の実績を基に、数値解析によって現在計画されているサロマ湖漁港の外郭施設配置の評価・検討を行った。

2. 調査の内容

計画平面図を図 - 1 に、調査の検討フローを図 - 2 に示し、以下に調査概要を示す。

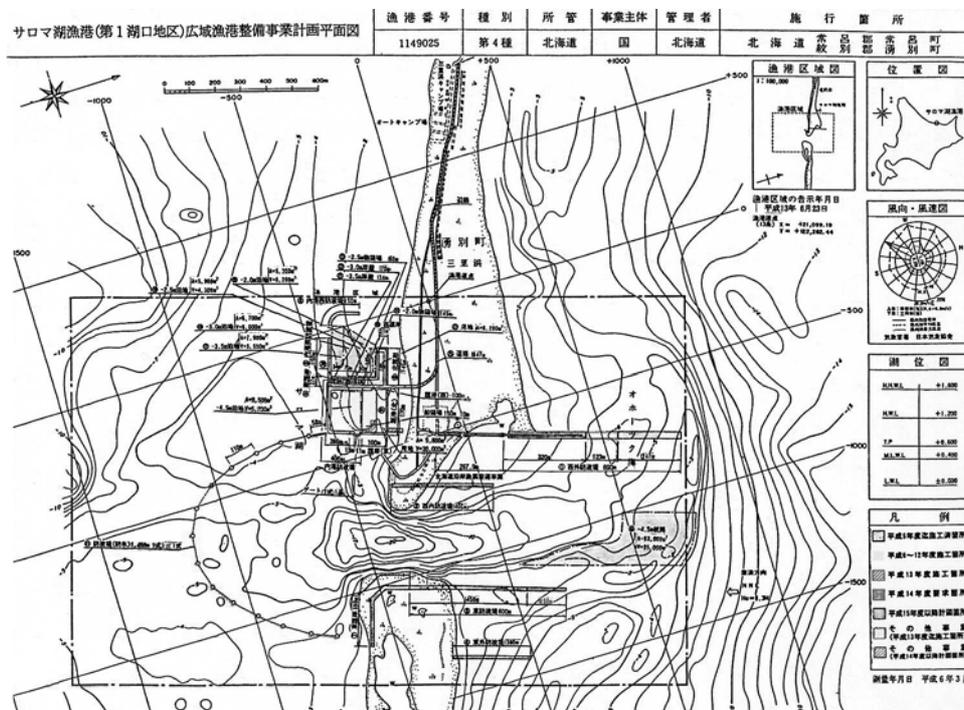


図 - 1 計画平面図

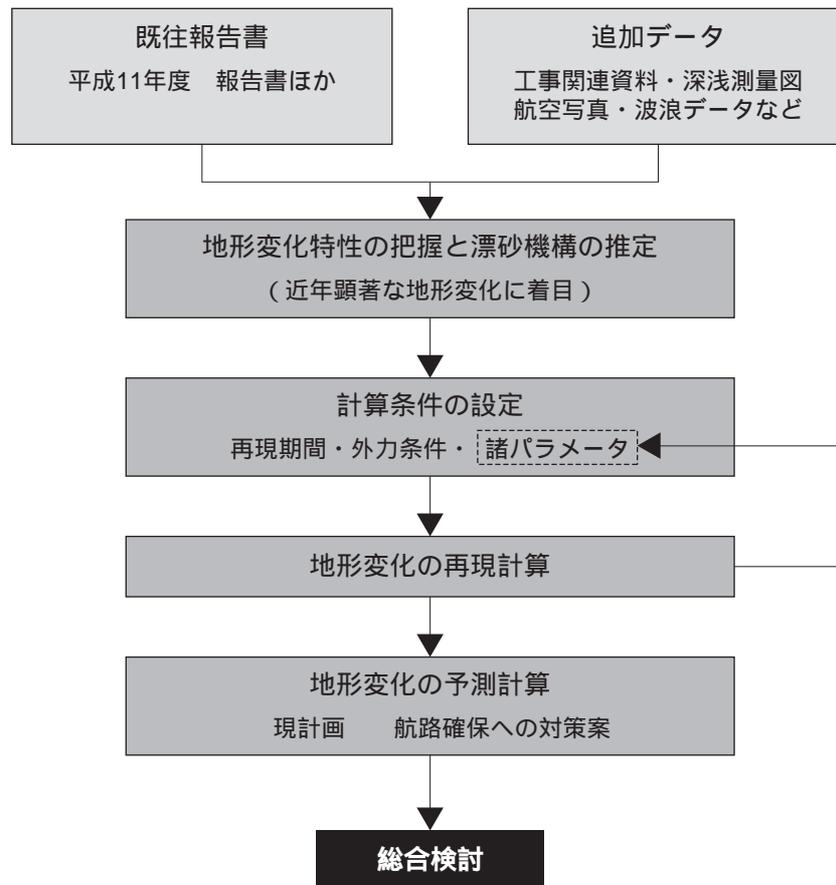


図 - 2 調査フロー図

(1) 地形データ解析・整理，現況把握

過去に実施されたサロマ湖周辺域の深浅，流況，波浪データ等の解析に必要な資料を収集整理し、①測量データに基づく地形変化解析（地形変化量の平面分布，汀線変化，土量変化等）および②サロマ湖漁港周辺の沿岸漂砂とその卓越方向，土砂収支および地形変化特性を把握，整理し、長期的な漂砂解析のための基礎資料とした。

(2) 地形変化計算

① 検討手法の選定と地形変化再現計算

現況把握結果および既往の調査結果を参考にサロマ湖漁港の防波堤計画に伴う長期的な地形変化を予測する適切な検討手法（数値シミュレーションモデル）を選定した。また、過去の地形変化の実績に基づき、長期的な地形変化計算の再現対象ケース，期間，外力等の解析条件を設定した。選定された地形変化モデル・解析条件により再現計算を行い、再現性・適用性を検討した。地形変化計算は、波浪・海浜流による地形変化および潮流による地形変化の両者を考慮し、プログラム修正および試行計算により代表外力（波浪・潮流），漂砂量諸係数を設定した。

② 地形変化予測計算

再現性が確認された計算モデル，解析条件を用いて、計画されているサロマ湖防波堤計画の配置計画・航路確保のための対策案を含む4ケースに対する将来地形の変化予測計算を実施し、汀線変化，地形変化の長期的な変化を検討した。

(3) 防波堤計画の評価・検討

現況把握解析および再現，将来予測地形変化計算結果に基づき、現在計画されているサロマ湖漁港外郭施設配置計画について総合的な評価・検討を行った。

3. 主な調査結果

3-1 現況把握（漂砂機構の整理）

既往の調査結果，1986年～2001年の深浅・汀線測量結果およびサロマ湖周辺の空中写真に基づき、サロマ湖湖口周辺の海象特性（波浪・潮流）、底質特性、汀線変化特性、地形変化特性について検討した。サロマ湖湖口周辺の漂砂機構は以下のように整理され、図-3はこれまでのサロマ湖湖口周辺の地形変化の様子（漂砂機構）を模式的に示したものである。

第1湖口周辺での漂砂移動の外力としては、海流などの大規模な流れ、波浪とそれによって生じる海浜流、湖口内外の潮位差にともなって流入を繰り返す潮流等である。

波浪は通年で汀線直角方向より右側方向からの波浪が卓越しているため、波による沿岸漂砂はNW方向が卓越しているが、高い波浪の来襲する秋季・冬季においては汀線直角方向およびその左方向からの頻度も増すこと、海流の向きが年間を通してSE方向であることから、沿岸漂砂の向きは一定ではなく、双方向への土砂の移動があると推定される。湖口のごく近傍では、潮流が直接かつ恒常的に作用するため漂砂の方向特性は極めて複雑となる。

湖口前面部では潮流により外海側へ輸送された土砂と波・海浜流により輸送された土砂が砂州状に堆積する。澇筋の右岸側で砂州が発達していることより、波の卓越方向が右側からであること、砂州により潮流の流軸の左傾化と砂州の左岸側への延伸が推察される。砂州は冬季の高波浪時は流軸の左傾化が顕著に、夏季の静穏時は傾きが小さくなる。砂州による流路が湾曲し湖口前面の砂州が発達すると新たな流路を形成するためフラッシュされる。また、湖口左岸沖まで到達した砂州は波浪などにより押し込まれ、左岸側の陸地（海岸線）と一体化する。右岸に残された砂州には海浜流によりさらに土砂が輸送され、再び左方向へ延びようとし、西防波堤が建設される前は流軸が左傾化、砂州のフラッシュ、砂州の延伸が繰り返されたものと推察される。

西防波堤の左岸側では、平行等深線状の地形であり来襲波が屈折・回折し汀線にほぼ直角に入射することになり、波浪に起因する沿岸漂砂は少なく、その結果として現在の汀線はほぼ安定している。

防波堤が設置されたことにより、流軸の左傾化が抑制され、流軸がほぼ固定されたと考えられる。これは、図-4に示す経験的固有関数解析結果より西防波堤の導流効果による流軸の固定化とそれに伴った沿岸砂州とテラス地形の形成、そして西防波堤右岸側の侵食が、現時点まで卓越していた地形変化であったことを示している。流軸の安定に伴い、沿岸漂砂は波浪条件などより多少移動があるものの絶えず変動を繰り返しながらも動的に安定しているものと推察される。つまり、湖口部は、比較的閉じた動的に安定した漂砂系として考えられ、系外との土砂の収支もおおむねバランスしていたと推定される。

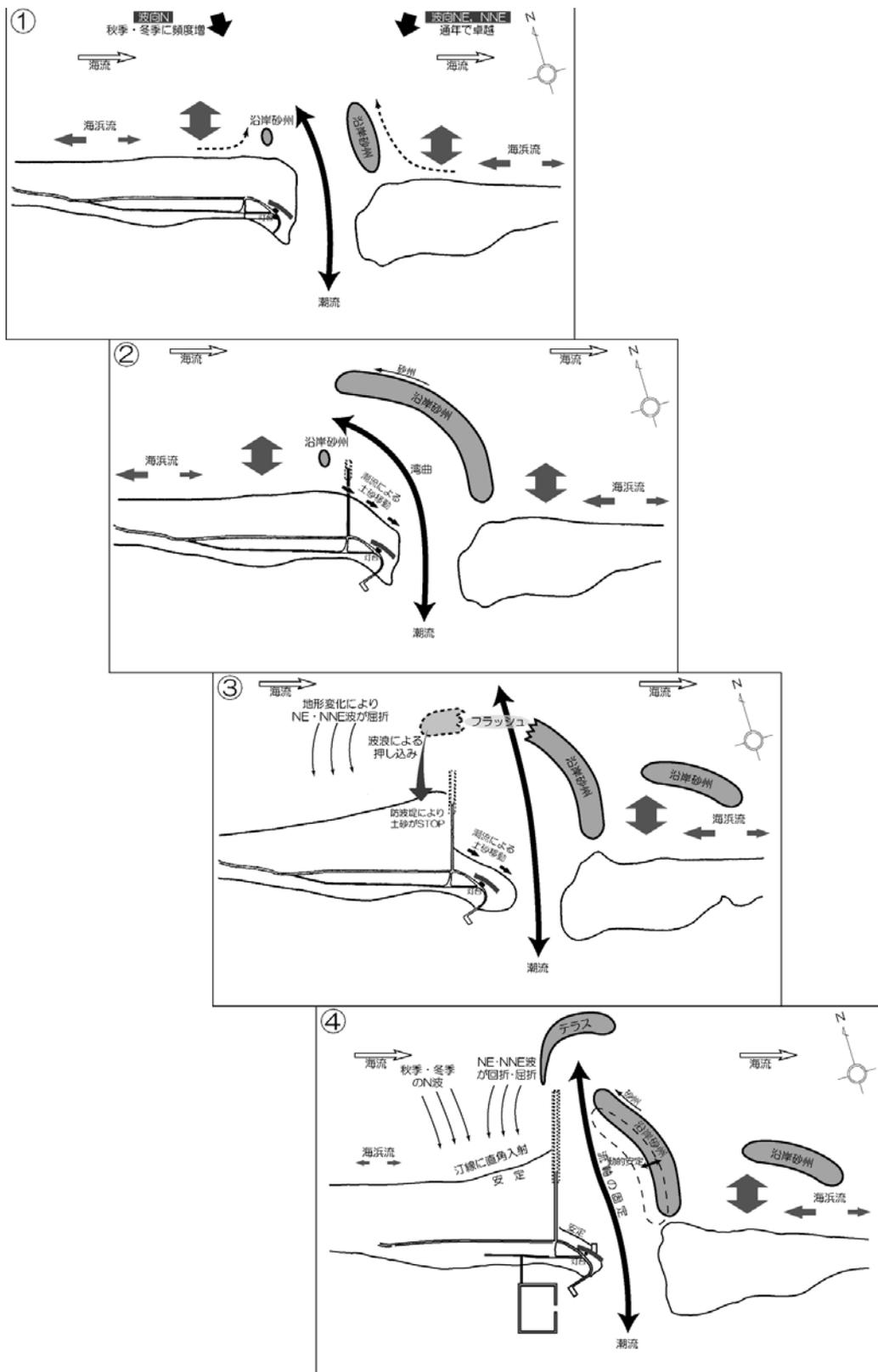


図 - 3 漂砂機構の模式図

3-2 地形変化再現計算

サロマ湖第1湖口周辺の汀線・地形変化には波・海浜流および潮流によるそれぞれの砂移動が複雑に影響しているため、本調査では三次元海浜変形モデルによって波浪・海浜流ならびに潮流による平面的な地形変化を評価した。計算は図-3に示す計算フローに従い、季節毎の波浪・海浜流による地形変化計算および大潮時流入出時の潮流による地形変化計算を繰り返すことにより長期的な地形変化を予測した。

波浪は非定常緩勾配不規則波動方程式を用いて計算し海浜流を求め、潮流は予めサロマ湖全域・オホーツク海の一部を含む広域で大潮（主要4分潮）の計算を行い、計算対象域の大潮流入出時の境界条件を設定した。波浪・海浜流および潮流による砂移動は渡辺モデルにより計算し、地形変化計算結果と実測地形との比較より諸係数を調整した。

図-5に2年間（1999.6～2001.6）の地形変化を対象とした現況再現結果を示す。本モデルにより、沿岸砂州の移動やテラス地形の形成などの波浪・海浜流や潮流により湖外側で生じる堆積・浸食地形変化傾向と平面的な分布の定性的な傾向が、良く再現されていることが分かる。

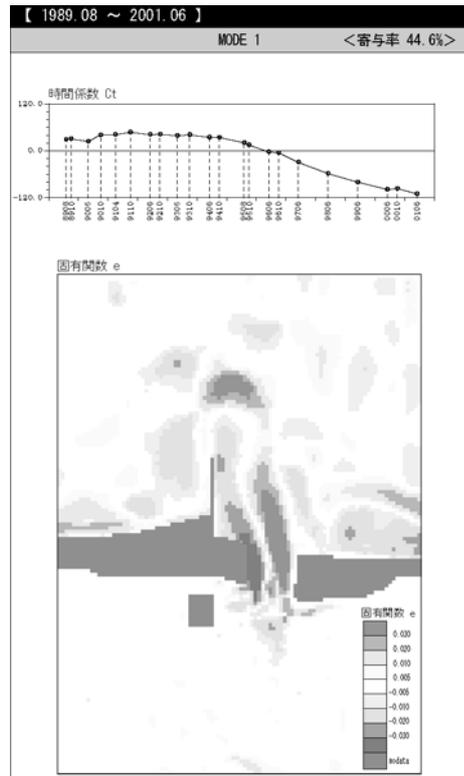


図-4 経験的固有関数解析結果（モード1のみ）

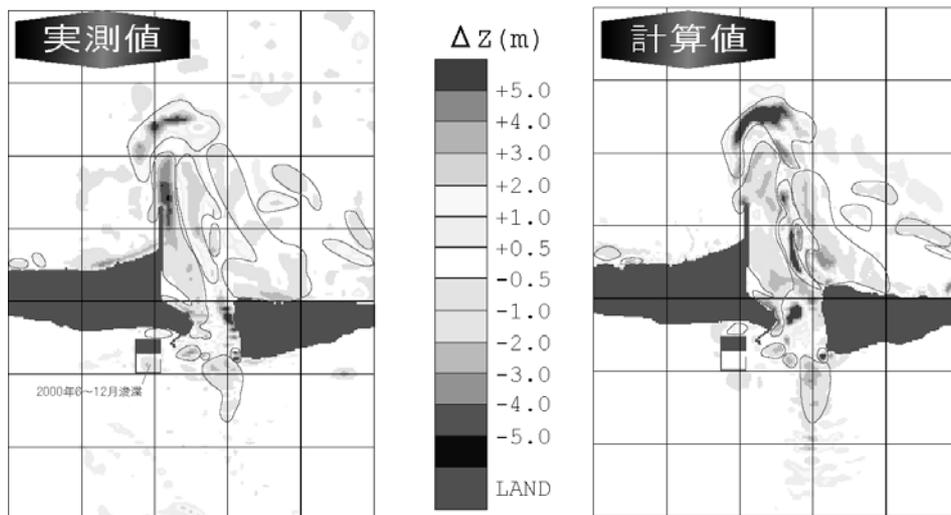


図-5 再現性計算結果（地形の比較）

3-3 地形変化予測計算と防波堤計画の評価・検討

図 - 6 に示す現計画および東側からの航路への砂移動を軽減するために東防波堤を延伸した対策案等のケースについて長期地形変化予測計算（5年）を実施し比較検討した。図 - 7，図 - 8，図 - 9 は現計画案に対する予測計算結果の一例である。これらの予測計算結果によれば、東防波堤を設置することにより航路内の堆積土量を半分程度に減ずることは可能であることが確認された。それとともに、東防波堤を移動限界水深まで延伸しても航路付近の局所的な土砂移動は依然解消されないため、計画航路そのものを自然に保持することは困難であることと推察された。

以上の現況把握・地形変化計算による検討結果を踏まえ、外郭施設の整備を進める際の湖口水質や周辺地形変化への留意点，湖口部における複雑な地形変化に対する数値シミュレーションの適用性・限界，今後の技術的な課題についても整理した。

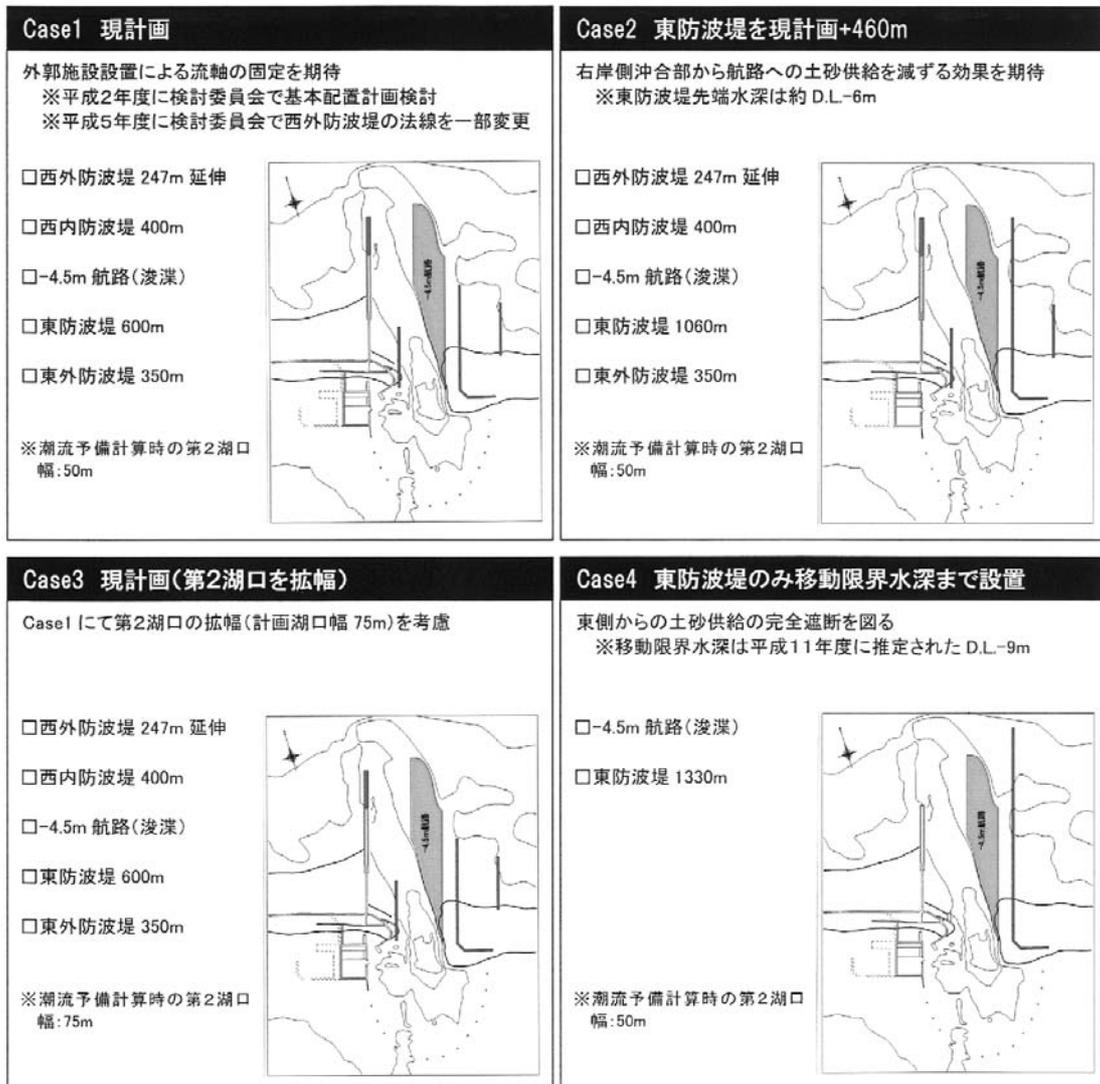


図 - 6 検討ケース

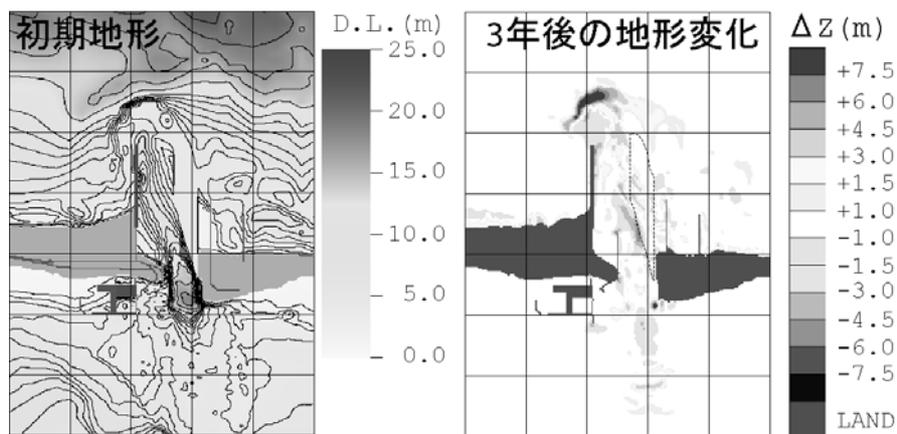


図 - 7 予測計算結果 (case.1 地形変化)

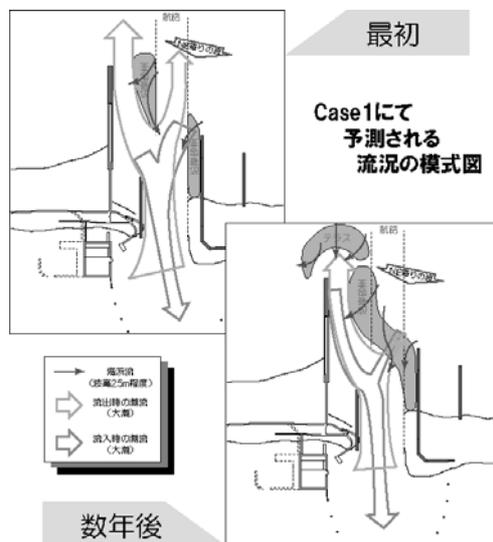


図 - 8 予測計算結果 (case1.にて予想される流況の模式図)

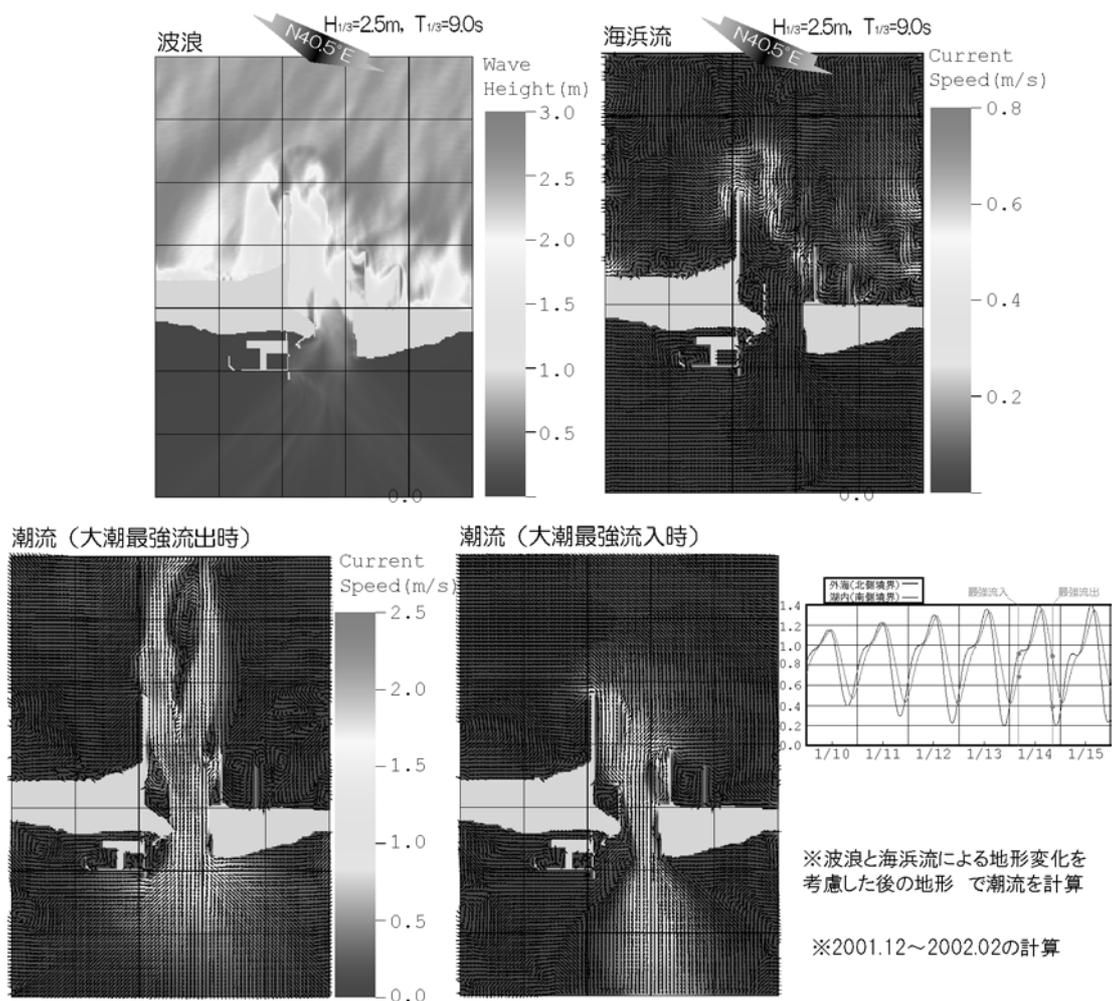


図 - 9 予測計算結果 (case1.外力 冬季)

4. 成果の活用

本調査により、外郭施設配置の計画において東防波堤は航路に堆積する土砂を、それが無い場合の半分程度に減ずる効果が可能であり、航路確保の観点から非常に重要であることが確認されると共に、外郭施設の整備を進める際の湖口水質や周辺地形変化への留意点が整理された。また、波および潮流によって生じる湖口部における複雑な地形変化に対する数値シミュレーションの適用性・限界、今後の技術的な課題について整理された。

これらの成果は、今後のサロマ湖漁港の外郭施設配置の整備のみならず類似の湖口部漁港における整備計画を策定する上で、貴重な基礎資料として有効に活用されるものと考えられる。