

指宿港海岸における侵食対策施設の検討

秋本 泰治*・菊地 洋二**・三好 一喜***

* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究員

** (一財) 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 鹿児島港湾・空港整備事務所 海岸課 海岸課長

指宿港海岸にはかつて豊かな砂浜があったが、昭和以降の大型台風に伴う高潮、高波の被害を受け、対策として海岸堤防が整備されたが、それ以降も砂浜の侵食は進行し、現在はほとんどの範囲で砂が流出し汀線が大きく後退したままの状態である。これに対し、海岸背後に居住する住民の生活や海岸の利用を守るため、平成 23 年度から国の直轄事業として侵食対策の検討が開始された。平成 27 年度には離岸堤区域の現地整備に着手している。本稿は、指宿港海岸における侵食対策施設の検討方法について、概要を報告するものである。

キーワード：海岸整備，ワークショップ，離岸堤，突堤，砂むし温泉

1. はじめに

指宿港海岸は、薩摩半島南東部に位置し、鹿児島湾（別名：錦江湾）湾口に位置する延長約 1.8km（太平次公園～大山崎）の湾曲した砂浜海岸である（図-1）。指宿港海岸では、昭和 26 年に南九州を直撃したルース台風によって砂浜の侵食、越波・浸水など甚大な被害を受け、その災害復旧工事で海岸堤防等が整備されたが、現在は海浜侵食の進行に伴って砂浜がほぼ消失してしまったため、高波に対する防護機能が著しく低下し、近年では台風による高潮・高波等で背後の住宅やホテル等への越波・浸水被害が発生している（表-1、図-2）。また、護岸は 60 年以上が経過して老朽化が進行するとともに、護岸基部からの土砂の吸い出しによって、護岸のせり出しや背後道路（市道）の陥没・亀裂を生じているなど、護岸倒壊の危険性が増大している。

このため、本事業は侵食された砂浜の再生、侵食対策を行い高波に対する防護機能の改善を図り、高潮・高波等による背後の住宅やホテル等への越波・浸水被害を軽減することを目的とするものである（図-3）。

2. 指宿港海岸の現況

2.1 砂浜の侵食状況

指宿港海岸は、この地域に流入する小河川からの長年にわたる流下土砂の堆積等により形成されたとされている。近年では、昭和 26 年に九州を横断し満潮と高潮が重なって鹿児島県に被害をもたらしたルース台風により砂浜が大量に流出した。小河川のみで砂の供給源がないことやその後の荒天時の高波により、さらに海浜侵食が進行し、海岸の汀線が大幅に後退した状況となっている。図-4 に示す調査・算定結果によると、指宿港海岸の土砂は 1948 年から 2011 年までの間に約 16 万 m³減少している。

表-1 これまでの侵食対策の経緯

期 間	施 設	概 要
1952 ～1957年度	護岸	・ 1951年10月のルース台風による大規模な被害を受けて、背後地への浸水対策として護岸（天端高+5.5m）を整備した。
1960 ～1962年度	突堤	・ 北側と比較して南側海浜（摺ヶ浜周辺）の侵食が進んだことにより護岸基部が洗掘された。 ・ 侵食・洗掘が進み防潮護岸の越波が増えるため、背後地への越波・浸水対策として、100～140m間隔で長さ50mの突堤6基を整備して海浜地形の維持を図った。
1980 ～1988年度	離岸堤	・ 突堤整備後も、度重なる 荒天時の高波によって、海浜広域で浸食が進行し、高潮被害を生じた。 ・ 護岸及び海浜に作用する波の低減と、浸食された砂の流出防止として、離岸堤5基（天端高+4.0m）を整備した。
2005 ～2008年度	突堤等	・ 指宿港海岸の南側（大山崎周辺～砂むし温泉地域）は、突堤や離岸堤がないため海浜侵食が進むにつれて、越波・浸水被害が懸念された。 ・ 養浜工及び突堤1基を整備するとともに、養浜した砂の沖側への漂砂を制御するためのブロックを敷設した。



図-1 指宿港海岸の位置



図-2 指宿港海岸整備地区（現況）

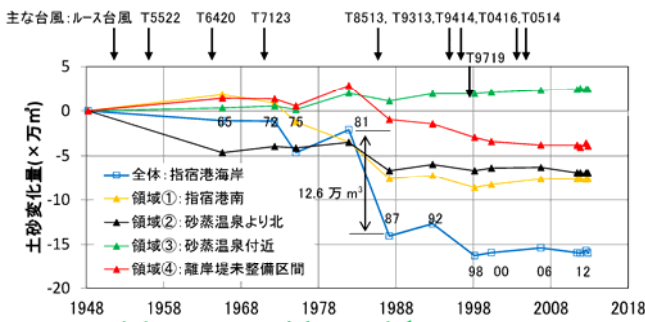


図-3 空中写真から読み取った汀線データによる土砂変化量と主な台風来襲状況

2.2 越波被害の状況

海浜が侵食されたことにより、砂浜の持つ消波機能が失われ、頻度の高い波浪レベルでも越波による被害や背後の住宅等への浸水被害が度々発生している状況である。平成24年16号台風における高波（指宿港沖で2.6m（有義波）、2年確率相当）でも背後の住宅（3階）まで到達する越波が発生した。南九州は大型台風の常襲地帯であり、更なる高波浪が来襲した場合、大規模な人的・物的被害が懸念される（写真-1）。



写真-1 越波の状況

3. 指宿港海岸の侵食メカニズム

3.1 砂浜侵食のメカニズム

平成24年度までに実施した現地調査結果や数値シミュレーションによる検討結果より、指宿港海岸の侵食メカニズムは次のようであると推定した（図-4, 5）。

【平常時】

- ・南から入射する波浪が卓越するため、平均的には北向きの沿岸漂砂が生じる。
- ・離岸堤の未設置区間では、南端の大山崎の岬周辺が岩礁で漂砂の供給がなく、北向きの沿岸漂砂が卓越するため、常に侵食傾向となる。
- ・北向きの沿岸漂砂の多くは南側の突堤により捕捉され、堆積域が形成される。

【高波浪時】

- ・台風来襲時に卓越する波向S～SEの高波浪時は、海岸付近に北向きの沿岸流が生じ、北向きの沿岸漂砂が生じる。
- ・離岸堤未設置区間では、特に強い北向き沿岸流が生じ、かつ南側から大山崎の漂砂の供給がないため、海岸が侵食される。
- ・北側の離岸堤設置区間では、離岸堤や突堤により流れが複雑になる。海岸付近では北向きの強い流れが形成されるため、汀線付近が侵食されて離岸堤の背後に移動し、それが北端部や離岸堤の開口部より沖に流出する。

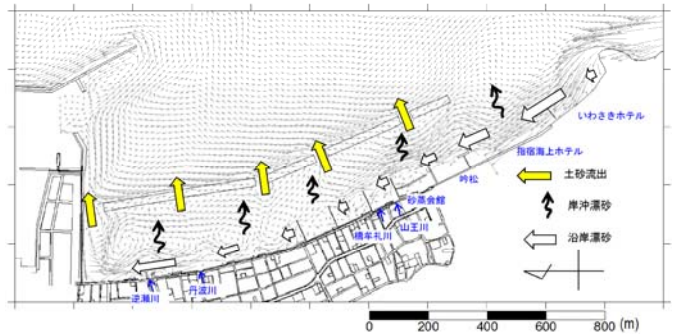


図-4 指宿港海岸における侵食メカニズム

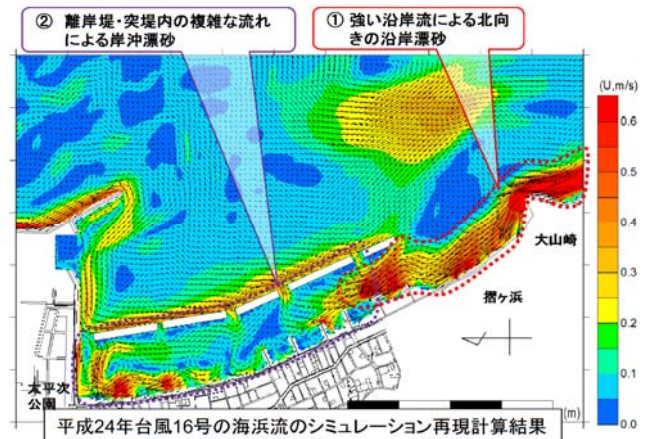


図-5 平成24年台風16号の海浜流のシミュレーション再現計算結果

3.2 越波・浸水被害の要因

砂浜は、汀線が安定的に維持されている状態では、砂浜の持つ消波機能が発揮され、防護効果が期待できる。しかしながら、指宿港海岸では、近年の海浜侵食の進行により徐々に汀線が後退したことから海岸の防護機能が低下し、越波・浸水被害が生じている（図-6）。

4. 侵食対策施設の検討

4.1 検討体制

指宿港海岸では、検討委員会、ワークショップ、事業主体である国土交通省の3者が密にコミュニケーションをとりながら検討を進めている（写真-2、写真-3、図-7）。

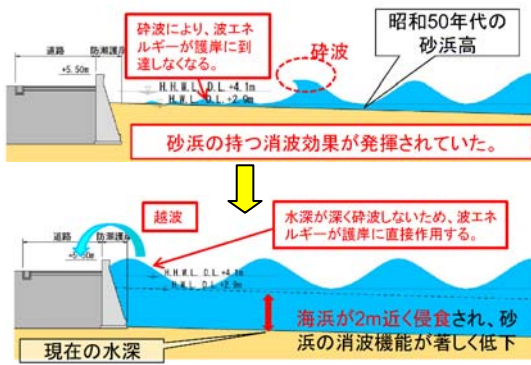


図-6 越波・浸水被害の要因

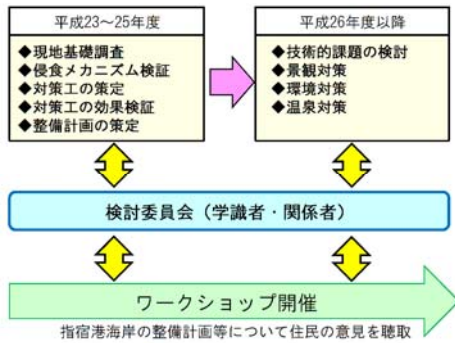


図-7 検討体制

ワークショップでは、グループ討議による地元意見の吸い上げや事業主体からの説明を行うとともに、地元住民に理解を深めてもらうため、これまでに有識者を講師に招いての講話、水理実験施設（下関港湾空港技術調査事務所）の見学会等を開催してきた。

検討委員会は、海岸、景観、水産、地域計画の専門家、住民及び地元ホテルの代表者、行政関係者から構成され、海岸整備に関して多面的な議論を行っている。

また、平成27年12月には、温泉メカニズムに関する勉強会を開催した（写真-4）。平成28年度からは、温泉のメカニズムについて理解を深めるとともに専門家の意見を聞きながら議論を行う場として、温泉・地下水ワーキンググループを設置している。



写真-2 侵食対策施設整備検討委員会の開催

4.2 侵食対策の基本コンセプト

指宿港海岸における侵食メカニズムや自然条件の特殊性を踏まえ、施設整備の検討にあたっては以下を基本コンセプトとして定めた。



写真-3 ワークショップの開催



写真-4 温泉メカニズムに関する勉強会

写真-5 指宿港海岸の天然砂むし温泉

- (1) 南から北へ向う強い沿岸流の制御
指宿港海岸を広域的に侵食する主要因となっている北向きの強い沿岸流を抑制するため、南側（大山崎周辺）に効果的な沿岸流制御工が必要である。
- (2) 自然条件への順応による安定的な砂浜の復元
指宿港海岸の主要な観光資源である砂むし温泉等の地下水位（温泉）への影響に配慮した安定的な養浜施工・管理手法の導入が必要である。
- (3) 波浪低減と砂留め効果の向上
高波浪時の岸から沖方向への流れによる砂の移動を抑制するために、要因である波浪を効果的に低減する離岸堤の整備や、砂を移動限界水深内に留めて、通常時の波浪などによる海浜回復を図るために、砂留め施設の導入が必要である。
- (4) 社会的な要請に対する複合的な解決策の提案
 - ・老朽化護岸や背後道路の陥没等への安全対策
 - ・地域の観光資源として利用される砂浜の再生
 - ・海辺の景観や水質環境の保全 など
 これに基づき、以下の方針で施設配置を検討した（表-2、図-8）。

- ① 過去に指宿港海岸にあった砂浜の消波効果を取り戻して、護岸背後の防護を行うために面的防護方式を採用し、海岸全域における養浜による砂浜回復とその維持を図る。
- ② 台風時における南からの高波浪による北向きの沿岸流（沿岸漂砂）を制御し養砂を安定させるために、南側海岸を突堤を配置する区域（突堤区域）とする。
- ③ 背後に民家などが密集する北側海岸に來襲する波は、屈折によって波の進行方向が海岸に向かう方向となるため、防護効果の向上と養浜砂の沖側への流出防止を目的とした離岸堤を整備する区域（離岸堤区域）とする。

表-2 施設配置の考え方と期待する効果

施設構成	配置の考え方	効果・狙い
突堤	北向きの沿岸流を遮蔽するとともに、突堤先端部を延ばすことで沖側からの波浪を低減する。また、景観に配慮し、前面を開口部とする。	沿岸流を大幅に減少させて沿岸方向の砂の移動の抑制と波浪の低減で海浜の安定化を図る。
離岸堤	北向きの沿岸流を抑制するとともに、沖合へ誘導する角度で配置する。	離岸堤による効果的な伝達波高の低減と、砂留効果により、砂浜の安定化と流出防止を図る。
緩傾斜護岸	高潮からの面的防護施設として全延長に整備する。	高潮越波被害の防止
砂浜	高潮からの面的防護施設として全延長に整備する。	砂浜の消波効果により、高波浪時の護岸部の越波を低減する。

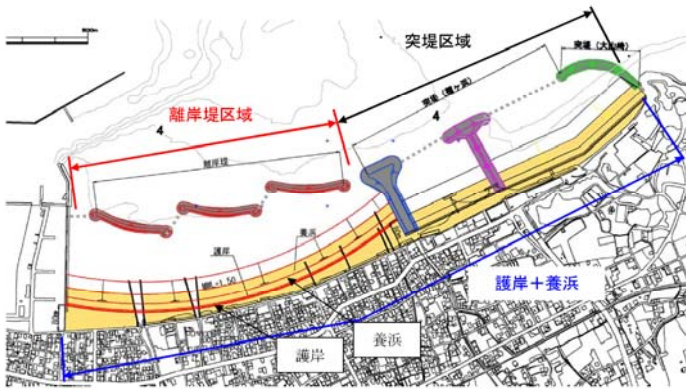


図-8 侵食対策施設配置 (案)

4.3 離岸堤区域の施設配置の検討

現況は、図-9 (a) に示す通り、消波ブロック被覆式の透過型離岸堤が沖に設置され、護岸前面は砂浜が侵食されている状況である。この断面に対する越波流量は、50年確率波、潮位 H. H. W. L. とした場合、 $0.20\text{m}^3/\text{m/s}$ となり許容越波流量 ($0.01\text{m}^3/\text{m/s}$) を大きく越える。

検討に際しては、離岸堤区間は、許容越波流量以下となる防護方式として面的防護方式を採用し、離岸堤、養浜、護岸の3種類の海岸保全施設を設置するものである。

離岸堤は年数回波（1年に数回来襲する波）に対して、養浜砂の安定性を確保するために波高を低減させる機能を有する必要がある。また、設計波高(50年確率波)に対しては、波高伝達率0.5以下を目標とする。

海浜安定性の検討は、中長期的な汀線の安定性(汀線変化シミュレーション)や高波浪時の地形安定性(水深変化シミュレーション)を評価しながら、最適配置・形状の検討を進めているところである(図-10, 11)。

なお、離岸堤間に砂留め堤(天端高-1.5~2.0m)を設置する効果を検証したところ、これまでの検証結果によるとその効果は小さいようである。

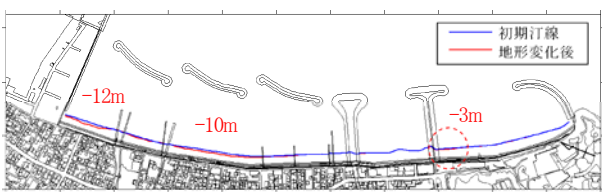


図-11 汀線変化量計算結果 (20年後)

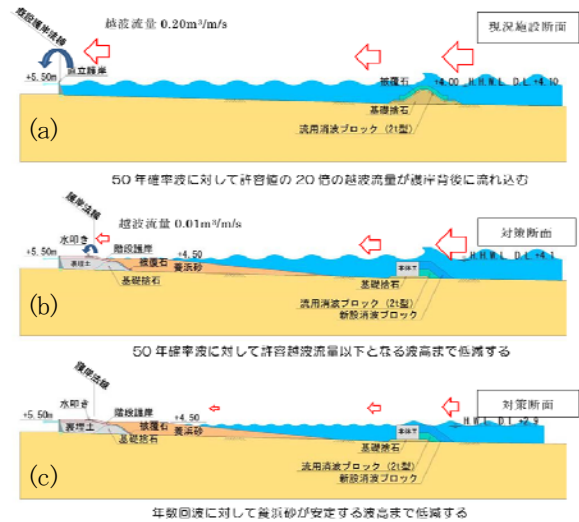


図-9 現況施設断面と対策施設断面

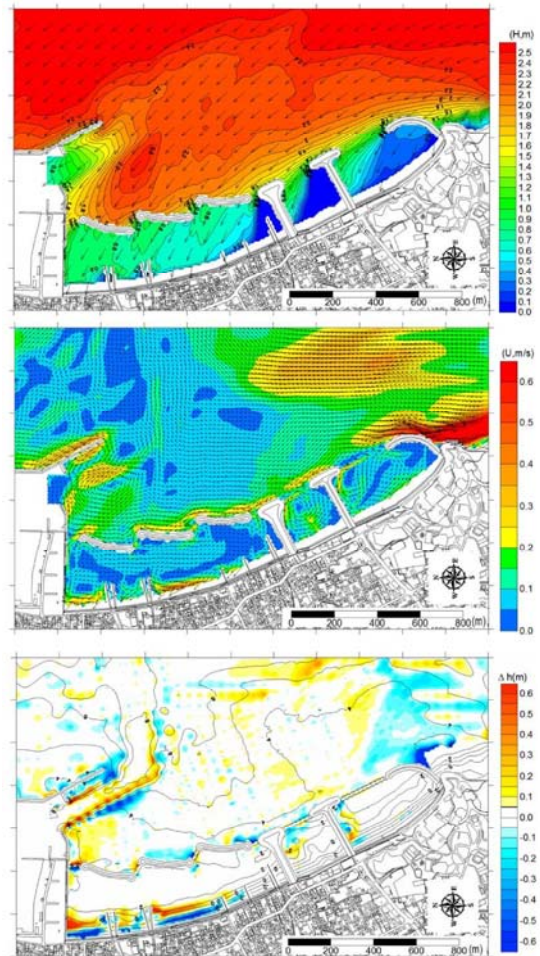


図-10 平成26年度修正配置案1に対する計算結果
波高波向分布 (上), 海浜流分布 (中), 地形変化量分布 (下)

4.4 突堤（大山崎）の施設配置の検討

突堤（大山崎）は、指宿港海岸南側エリアの侵食を防ぐために重要な施設である。その配置にあたっては、①突堤の必要延長、②先端形状、③海浜安定性に留意し検討を行う必要がある。図-12 は、突堤（大山崎）の有無による波・流れ・地形変化比較を比較したものである。強い沿岸流が発生している範囲は、大山崎の先端から100～150mの範囲である。

形状については、直線堤とすると、沿岸流の分布は突堤による波の遮蔽域では沿岸流が生じないが、遮蔽されない場所では再び沿岸流が強まる。図-13 に示すように突堤先端を北側に屈曲し、波を遮蔽する機能を持たせることが、南側エリアの沿岸流と波浪制御の両面から効果的である。先端位置については、隣の摺ヶ浜突堤との開口幅により波浪制御効果が変わるため、突堤区間全体の防護機能面から評価するものとして、最適な配置・形状の検討を進めているところである。

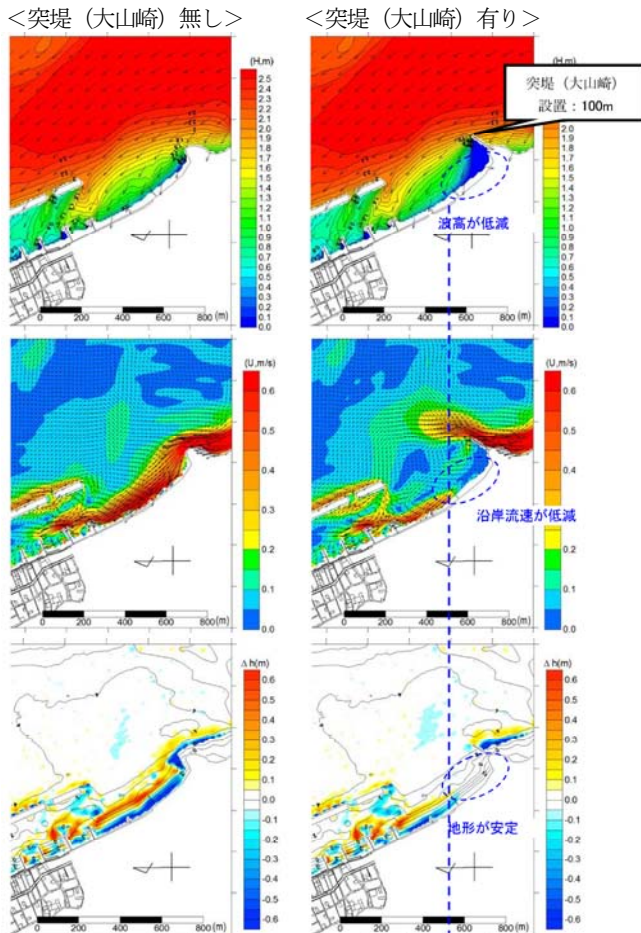


図-12 突堤（大山崎）の有無による波・流れ・地形変化の比較

5. まとめ

平成 25 年より開始した指宿港海岸侵食対策施設の検討について、事業概要と侵食対策のメカニズム、検討方針・

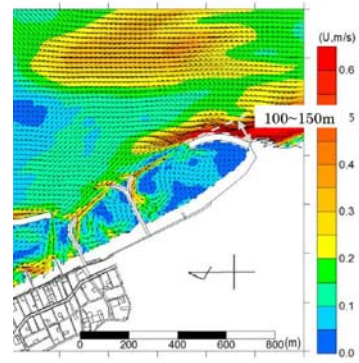


図-13 突堤（大山崎）を設置した場合の海浜流分布

検討手法について、概要を述べた。

また、本稿での報告以外にも、対策施設の検討にあたっては、河川への影響、環境への影響、眺望性、施工方法等に十分配慮しながら検討を進めている。さらに、突堤区間については、砂むし温泉や温泉泉源への影響に十分配慮しながら、慎重に検討を進めているところである。今後の課題を以下にまとめる。

- ・ 離岸堤区間については、水理模型実験を同時並行で行いながら、適切な防護機能及び地形安定性の評価を行っていく必要がある。
- ・ 突堤区間については、突堤（大山崎）の形状と突堤（摺ヶ浜）、突堤（山王川）の最適な配置を検討するにあたり、防護機能、地形の安定性、及び、突堤（摺ヶ浜）と突堤（山王川）の間に位置する砂むし温泉地区への影響を慎重に考慮しながら進める必要がある。
- ・ 環境現況調査を平行して実施している。施設整備による水質、付着生物、藻場への影響を十分に配慮しながら進める必要がある。
- ・ 指宿港海岸の観光地としての特性に配慮しながら、景観に考慮した施設整備を行う必要がある。

謝辞

本稿は、国土交通省九州地方整備局鹿児島港湾・空港整備事務所発注の「指宿港海岸整備検討業務」の成果の一部をまとめたものである。業務実施にあたっては、指宿港海岸侵食対策施設整備検討委員会（委員長：鹿児島大学 浅野教授）の各委員、及び関係各所から貴重なご意見、ご指導をいただいた。ここに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鹿児島港湾・空港整備事務所：指宿港海岸（湯の浜地区）侵食対策検討業務，2013
- 2) 国土交通省九州地方整備局鹿児島港湾・空港整備事務所：指宿港海岸整備検討業務，2014
- 3) 国土交通省九州地方整備局鹿児島港湾・空港整備事務所：指宿港海岸整備検討業務，2015