

平成23年度

胆振海岸における新規人工リーフの設計について

室蘭開発建設部 治水課 ○渡邊 一靖
野嶽 秀夫

胆振海岸では海岸侵食及び越波の対策として、面的整備方針に基づき人工リーフ並びに緩傾斜護岸（一部養浜）を採用している。平成21年度から施設整備効果の早期発現とコスト縮減を目的に水産協調に配慮した人工リーフの配置計画の見直しの検討を進めているところである。

本発表では、人工リーフ諸元設定のために実施した水理模型実験の経過、人工リーフ全体配置計画、設置位置、断面設定等の検討手法及び今後の課題等について説明する。

キーワード：計画手法，防災，調査・計画

1. はじめに

北海道南部に位置する胆振海岸（図-1を参照）は、昭和40年代から急速に海岸侵食が進行し、100m程度あった砂浜が大きく後退している。そのため、荒天時には激しい越波が発生し、既設護岸が被災を受けている。また、海岸に隣接する道路においても越波により多くの交通障害が発生してきた。特に1994年は前述の被害とともに住宅や下水処理場が浸水する被害が発生した。写真-1は1994年の高波による越波・浸水状況を示したものであり、左は北吉原地区27.5kp付近の民家、右は苫小牧地区の越波および護岸の被災状況である。

胆振海岸では、国土侵食の防止及び1/50年確率波浪に対し背後への越波を防止することを目標に、面的整備方針に基づき人工リーフ並びに緩傾斜護岸（一部養浜）を採用している。昭和63年に直轄海岸保全施設整備事業に着手した当時の計画は、水深TP-6～7m（約350m沖合）に人工リーフを50基設置するものであり、その後コスト縮減及び整備効果の早期発現を目的に人工リーフのタンデム化・基礎材料の変更を行ったが、まだ全基の整備には時間がかかる。そこで、平成21年度より、人工リーフ諸元の再検討を行い、更なるコスト縮減・整備効果の早期発現を図ることとした。また、当該海域が漁業にとって重要な水産資源を有する場であることから、水産協調に配慮した、人工リーフ配置計画の見直し検討を進めている。

2. 人工リーフ全体配置計画

胆振海岸は昭和63年度に直轄海岸事業として採択され、

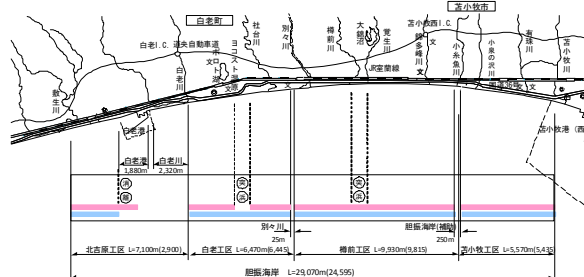
Kazunobu Watanabe, Hideo Nodake



図-1 胆振海岸位置図



写真-1 1994年の高波による越波・浸水被害状況



凡 例	
護岸（緩傾斜堤防を含む）	■
埋堤（人工リーフを含む）	■
突堤（ヘッドランドを含む）	○
離岸堤	○
消波堤（消波工を含む）	○
人工海浜（養浜を含む）	○

図-2 当初の計画

海岸侵食を防止し越波を防ぐ、面的な抜本的対策として、**図-2**に示すように、水深T.P.-6~-7m（約350m沖合）に人工リーフを約22.5kmにわたって設置するものであった。しかし、胆振海岸全域を整備するためには、多大な事業費と長期間を要することから、整備効果の早期発現を目指して、効果的・効率的な保全施設の配置を再検討している。

現在の胆振海岸は、大部分の海岸域には砂浜が存在せず、緩傾斜堤、直立堤+消波工といった施設で覆われている。加えて、胆振海岸東端には苫小牧西港が、西端には白老港があり、胆振海岸域内への沿岸漂砂は岸沖方向の移動を除きほぼ遮断されている。一方、自然海浜の残る区間については北吉原工区の一部を除いて計画波浪に対する打ち上げ高が既存の海岸堤防の天端高を下回っており、現状の地形（砂浜）状況では高潮防護面において概ね問題ないといえる。

以上を踏まえ、胆振海岸における保全目標を以下のとおり設定し、配置計画の見直しを検討した。

- ・ 自然海浜 : 現況汀線を維持すること
- ・ 緩傾斜護岸 : 法先位置を維持すること
- ・ 全測線 : 打ち上げ高く計画堤防天端高（計画規模の波浪に対し）

なお、人工リーフ・養浜工の配置は、人工リーフについては群による配置を基本とし、局所的で著しい侵食がない箇所については養浜工で対応するものとした。

再配置後の防災機能の評価として、等深線変化モデルにより 50 年後の地形変化予測を実施し、50 年後の予測地形に対して計画波浪作用時の打ち上げ高を検討した（**図-4** 参照）。この結果、『人工リーフ設置延長 10.8km+養浜 3.3 万 m^3 /年』の対策により、現況汀線の維持が可能であり、かつ 50 年後の予測地形に対する打ち上げ高が計画堤防高（T.P.+5.40m）を下回り、侵食面および高潮防護面ともに安全性を確保できることが明らかとなった。再配置計画図を**図-3**に示す。また、この予測断面は、緩傾斜護岸法先において地盤の低下が確認されたが、その低下量はいずれも 1m 以内であり、設置地盤高の違いが緩傾斜護岸の法先位置の維持に影響を及ぼすことはない判断された。

3. 人工リーフ諸元設定

胆振海岸の人工リーフは設置水深T.P.-6~-7m（約350m沖合）であり、全国的にみても規模の大きな施設となっている。既設人工リーフの地形変化実態、水理模型実験ならびに数値シミュレーションを活用し、機能的および経済的な観点から、新規人工リーフの設置位置や断面諸

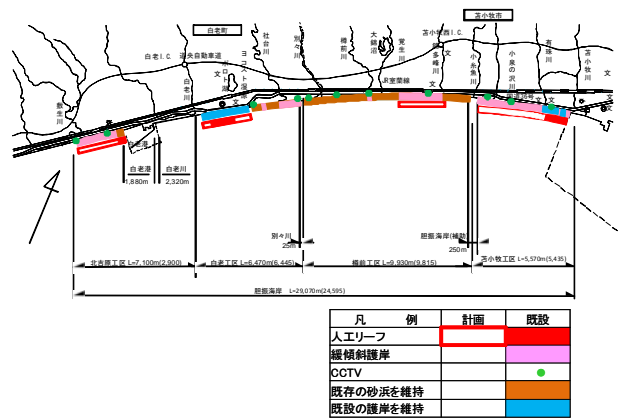


図-3 施設再配置計画

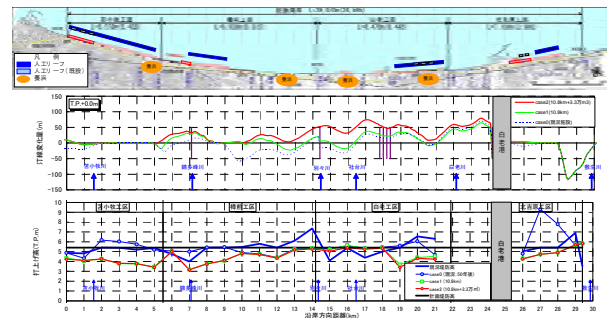


図-4 再配置後の汀線変化と打上げ高

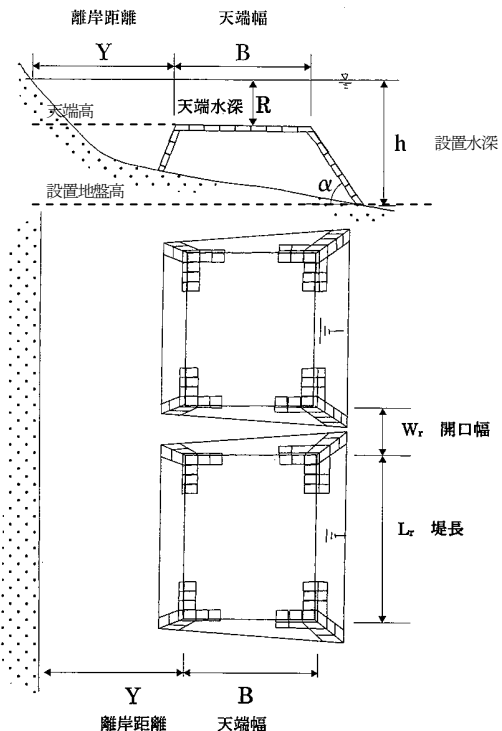


図-5 標準的な人工リーフ設計諸元の定義

元等、適切な人工リーフの諸元を検討した。

(1) 地形変化実態

胆振海岸において、既に人工リーフが設置されている白老地区および苫小牧地区（設置地盤高T.P.-6~-7m）と

直轄区間に隣接する竹浦地区（設置地盤高TP.4～5m）の測量調査資料を分析し、設置位置による人工リーフの効果・影響を把握した。

図-6に各工区の代表断面の地形変化図を示す。苫小牧地区、白老地区では、人工リーフ岸側近傍は地盤高が低下し、特に白老では断面地形の凹凸が顕著である。一方、設置水深の浅い竹浦海岸では、人工リーフ岸側は土量変化が少なく比較的安定傾向であり、人工リーフ沖側では人工リーフ近傍では堆積が見られるが、さらに沖側では土砂量の減少、地盤高の低下が顕著となっている。地形変化の実態より、地形変化の最も少ない人工リーフの設置地盤高は、TP.4m～TP.7mの間に存在するものと推測される。

(2) 水理模型実験

新規人工リーフを検討するにあたり、数種類の水理模型実験を計画した。既に人工リーフの防護効果を把握するための水理模型実験が完了している。実験より、人工リーフの天端高、透過性能、設置間隔の違いによる優劣はなく、設置水深が浅いほど、波高伝達率、越波流量が低下することが確認された。したがって、設置水深が浅い方が防災面で有利といえる。なお、水理模型実験についての詳細は4章を参照されたい。

(3) 数値シミュレーション

水理模型実験結果を再現可能な数値計算モデル（3次元海浜変形モデル）を構築して人工リーフ周辺の地形変化予測を実施し、最適な人工リーフの設置位置を検討した。なお、地形変化実態より、TP.4m～TP.7mの間に最適な人工リーフ設置地盤高が存在すると推測されたことから、人工リーフをTP.4m～TP.7mに設置した場合の人工リーフ周辺の地形変化を予測し、設置地盤高の違いが地形変化に与える影響を検討した。

図-7には、設置地盤高TP.5mおよびTP.6mに人工リーフを設置した場合の地形変化量を示す。設置地盤高TP.5mの場合には、人工リーフ沖側で地盤の上昇箇所が不規則に発生し、海底面の凹凸が顕著となったが、設置地盤高TP.6mではTP.5mほど顕著な変化は見られなかった。

(4) 安定性

ブロックの安定性については、ハドソン式およびブレブナー・ドネリー式により、新規人工リーフの設置地盤高におけるブロックの必要質量を算出している。今年度水理模型実験により、安定性を検証する予定である。

また、護岸の安定性については、3次元海浜変形モデルにより護岸周辺の地形変化を予測し、検討を行った。設置地盤高TP.5m～6mの場合には、人工リーフ岸側での海底面低下範囲は護岸法先まで達しないため、護岸への影響が少ないといえる。

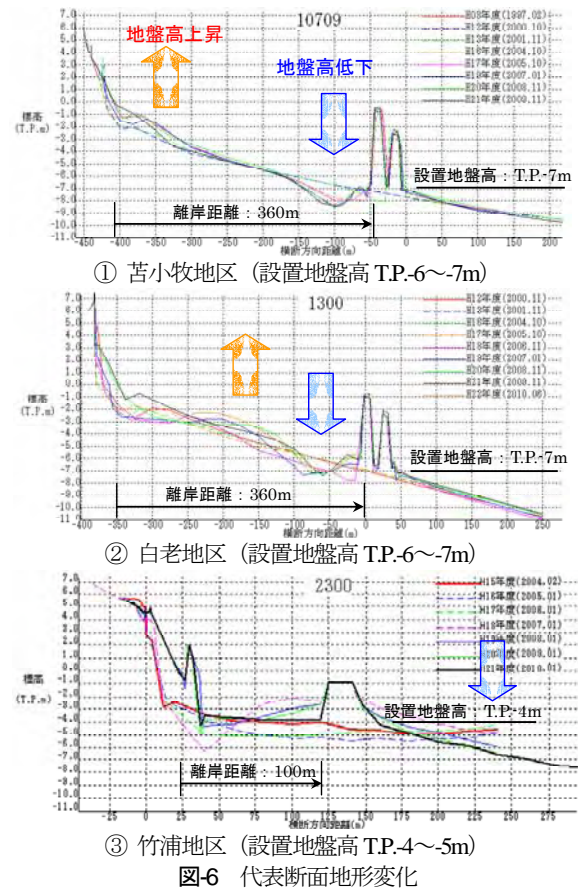


図-6 代表断面地形変化

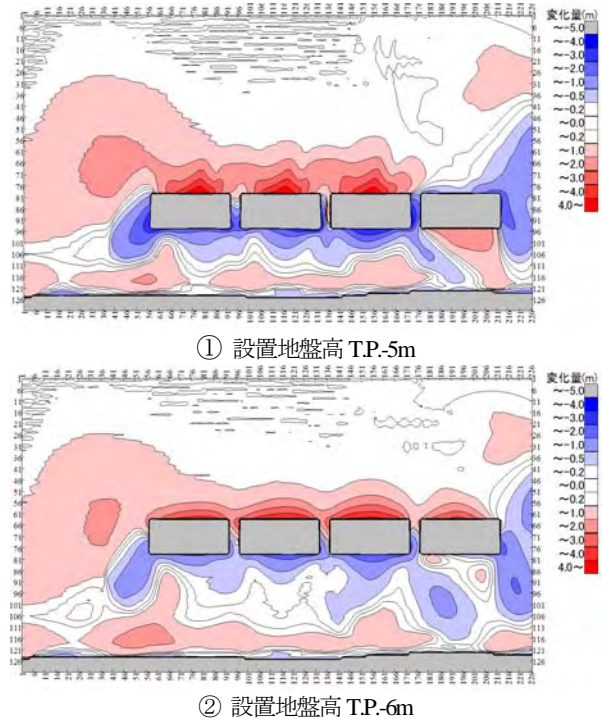


図-7 設置地盤高による地形変化量の比較

(5) 生物生息環境、漁業の利用適正

胆振海岸は漁業にとって重要な水産資源を有する場であることから、人工リーフ建設に伴う水産資源への影響・効果についても検討を実施した。

既設人工リーフより設置水深が浅くなると、人工リーフが岸側に寄るため、沖側にホッキ漁場が確保される。一方、設置水深が深くなるほど、人工リーフ表面積が増え、昆布類の生息範囲が広く確保される。また、設置地盤高が深いほど、二山型人工リーフの谷部分が明確に存在するため、稚ウニの放流場所やウニの生息域が広がる。ホッキの育成場を考慮すると、T.P.-7mより浅い位置、コンブ・ウニの育成場を考慮するとT.P.-4mより深い位置が好ましい。

(6) 工費

設置水深が浅いほど施工断面が小さくなるため、断面積当たりの工費が小さくなり経済的である。

以上の結果をもとに、表-1に設置地盤高による評価を整理した。

表-1 人工リーフ諸元評価 (設置水深)

検討項目	設置水深 (設置地盤高)		
	T.P.-5.0m	T.P.-5.5m	T.P.-6.0m
① 地形変化の実態把握	洗掘が最小となる箇所が存在		
② 波浪制御性能 (越波対策)	水理模型実験 (H22)	設置水深が減少するにしたがって波高低減率と越波流量は低下する	
	水理模型実験 (H23) ・平面水槽実験 ・計画波・計画潮位 ・許容越波量 (0.2m ³ /m/s)	許容越波流量未達	
③ 漂砂制御性能 (侵食対策)	人工リーフ周辺で地形変化(岸側洗掘量、沖側堆積量)が顕著	人工リーフ周辺で地形変化量は同程度(設置地盤高T.P.-5.0mの場合よりは小さい)	
	判定	○	○
④.1 安定性能 (人工リーフの安定性)	各設置地盤高に対して、必要な被覆ブロック質量を設定しているため、本性能からの評価はない		
④.2 安定性能 (護岸に対する安定性)	護岸法先での地盤低下傾向が解消される		
判定	○	○	○
⑤ 生物生息環境、漁業の利用適性	【ホッキ】 ・人工リーフが岸側に寄るほど、漁場を確保できる 【コンブ・ウニ】 ・コンブ類の密度は天端部分が高く、天端の面積が広い方が好ましい。 ・稚ウニの放流場所は二山型の谷部が利用される傾向。(設置地盤高が深いほど、谷部分が明確に存在) ・ウニの生息個体数が多く確認された場所も二山型の谷部。		
	判定	○	○
工費 (人工リーフ1基当たり)	7.6億円 [0.63]	8.3億円 [0.69]	8.9億円 [0.74]
	順位	△	○
総合評価	△	○	△

4. 水理模型実験の実施

新規人工リーフの効果や安定性を評価するために、水理模型実験による確認を実施する。実験フローは図-8に示す通りである。また、実験結果を数値シミュレーションに反映させ、数値シミュレーションの精度向上を図るとともに、水理模型実験の補完ケースとして数値シミュレーションを活用する。

(1) 新規人工リーフ防護効果確認実験

人工リーフのタイプ、設置位置、天端高および天端幅等を種々変化させ、人工リーフ透過後の波高、人工リーフ前面の反射率、水位上昇量、越波量を把握する。これらにより、各諸元の波浪低減効果や越波防止効果を把握、今後胆振海岸に設置する人工リーフの適切な諸元を設定することとした。実験より、以下の結果が得られた。

- ①人工リーフの天端高、消波タイプ、設置間隔の変化による差異は小さく、波浪制御機能に影響を及ぼさない。
- ②設置水深が浅くなるに伴い、波高伝達率、越波流量は低下する (図-9参照)。
- ③天端幅の増加に伴い波高伝達率、越波流量、打上げ高は減少する。

(2) 平面配置計画に関する基礎的実験

白老工区の既設人工リーフの設置状況を再現し、既設人工リーフ近傍の波浪・流況を把握するための実験を行った。エネルギー平均波作用時では、漂砂外力となる底面流速が小さいため底質の移動量は極めて少ないが、1年確率波作用時には、開口部周辺で岸方向へ移動する流れが観測され、底質の岸方向へ移動が確認された。また、リーフ周辺全域で砂れんが発達していた (図-10参照)。

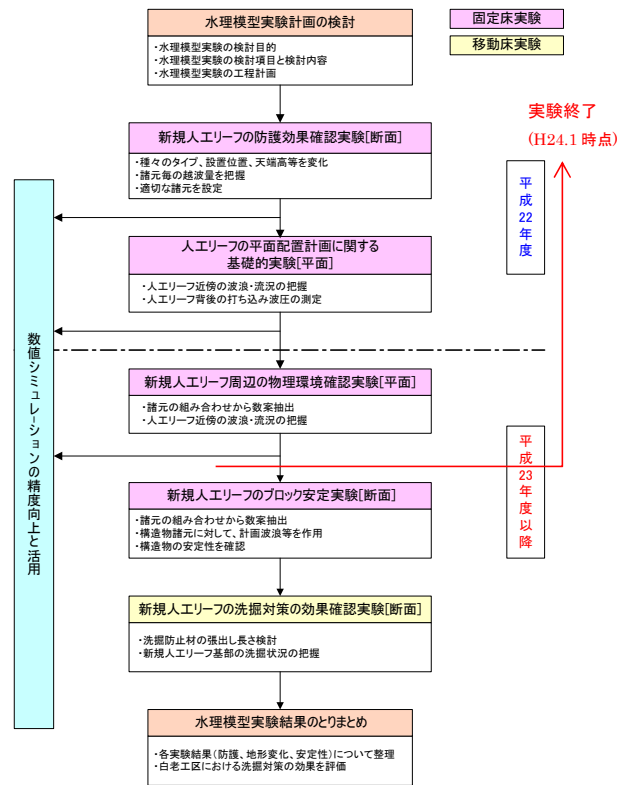


図-8 水理模型実験フロー

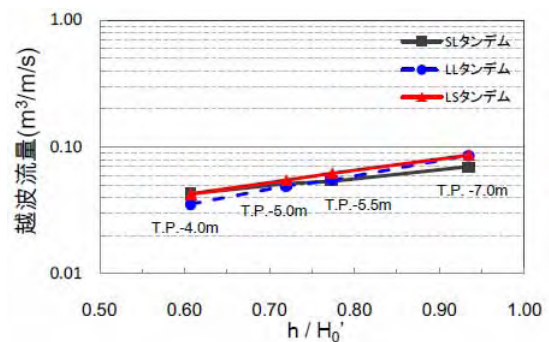


図-9 設置地盤高の違いに対する越波流量の比較

(3) 新規人工リーフ周辺の物理環境確認実験

(1)~(2)の検討結果から、人工リーフの諸元（タイプ、設置位置、天端高および天端幅等）の組み合わせを抽出し、周辺の波浪や流れ等、物理環境に与える影響を把握する。ここでは、設置地盤高および堤長・開口幅を変化させ、波浪場への影響を確認した。表-2に水理模型実験で観測された平均越波流量を示す。

堤体幅・開口幅にかかわらず設置水深の浅いケースでは越波量が少なく、設置水深が浅いほど背後地の安全度が高くなるという結果を得た。

(4) 新規人工リーフのブロック安定実験

人工リーフ構成材料の安定限界質量を把握する。外力条件は胆振海岸に来襲した周期の長い波を参考に設定する。また、設計波浪に対して限界安定質量ブロックの安定性を確認する。なお、この模型実験は今年度の実施を予定している。

(5) 洗掘実験

人工リーフ周辺の局所洗掘により、堤体ブロックの沈下、移動を防止するため、洗掘防止材の設置が必要となる。洗掘防止材は人工リーフ法先付近の洗掘を防止するため、本体からある程度張出して敷設する必要があるが、これまで設置水深の違いによる張出し長さの検討はなされておらず、新規人工リーフの設置地盤高における最適な張出し長さを確認する。なお、この模型実験は今年度の実施を予定している。また、今後は顕著な局所洗掘が見られる端部について、定性的な洗掘状況の確認が必要である。

6. 今後の予定

今後は、数値シミュレーションに水理模型実験結果を

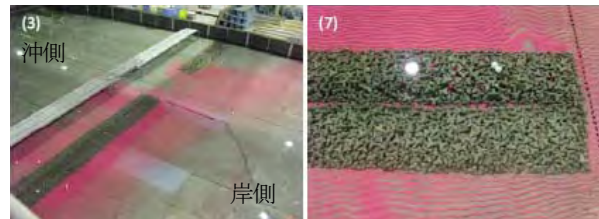


図-10 1年確率波作用時の底質移動状況

表-2 平均越波流量

堤長／開口幅	1/50年確率波		年平均確率波	
	T.P.-5m	T.P.-6m	T.P.-5m	T.P.-6m
135m／70m	0.072	—	0.001	—
150m／50m	0.066	0.072	0.001	0.001
190m／90m	—	0.068	—	0.001
200m／75m	0.058	0.063	0.001	0.001

単位：m³/m/sec

反映させ精度の向上を図り、新規人工リーフの配置、構造を決定するとともに、水産協調効果についての検討を実施し、新規人工リーフの設置位置や構造変更に伴う全体計画策定を目指す。

参考文献

- 1) 平成 21 年度 胆振海岸保全施設全体計画検討業務 報告書
- 2) 平成 21 年度 胆振海岸地形変化検討業務 報告書
- 3) 平成 22 年度 胆振海岸保全施設全体計画外検討業務 報告書
- 4) 平成 22 年度 胆振海岸地形変化外検討業務 報告書
- 5) 平成 22 年度 胆振海岸における人工リーフ水理特性検討業務 報告書
- 6) 日高・胆振沿岸胆振海岸直轄海岸保全施設整備事業 全体計画書(1988)北海道開発局
- 7) 日高胆振沿岸海岸保全基本計画(2003)北海道開発局
- 8) 人工リーフの設計の手引き（改訂版）(2004) 社団法人 全国海岸協会