

石川海岸片山津工区における養浜の効果検証

山田 修汰¹・廣瀬 昌宏¹

¹金沢河川国道事務所 海岸課（〒920-8648 金沢市西念4-23-5）

本稿では石川海岸片山津工区で実施されている礫養浜を対象に、トレンチ掘削調査や各種モニタリングデータの分析を行い、これまでに実施された礫養浜の効果を評価した。その結果、これまで礫養浜を実施してきた箇所について海浜の形成が確認できた。これについて、トレンチ断面の解析より約2.3年分の養浜量に相当する礫材が表層に留まっており、一部の礫材は現地 の砂礫と混じり合って下層の海浜形成に寄与していることを示した。また、養浜材として使用している2.5mm以上のジャミ材（2.5～10mm）や砂利（5～40mm）は同工区の養浜材として適していることを示した。

キーワード 石川海岸、養浜、海浜形成、トレンチ掘削

1. はじめに

石川海岸は加賀市尼御前岬～金沢市境までの約17kmを指し、その一部を国の直轄区間として海岸事業を実施している区間である。直轄編入当時まで、全体的に侵食傾向にあったが、現在は離岸堤や人工リーフの整備、一部区間において養浜事業を実施しており、回復傾向にある。

今回テーマにした片山津工区は、図-1に示すとおりNo.672より西側を岩礁露出区間、東側を侵食された砂礫浜区間（以下、侵食区間という）に分けられる。侵食区間では図-2に示すとおり2012年から毎年礫養浜を実施しており、2021年度末時点で累計9.9万m³の礫養浜を実施した。これまでの測量データ等によるモニタリングから侵食区間は堆積傾向になっていることが確認されている。しかし、これまでの測量結果では時点の地形情報を示しているに過ぎず、また底質調査では表層のみの状況しか把握できないためこれまでの堆積経緯を推定することが出来なかった。そこで、今まで実施してきた礫養浜がどのように海浜形成に効果を発揮しているか評価するため、トレンチ調査を実施し海浜形成のメカニズムを考察した。

なおNo.667周辺が凸の様に見えることから、本稿ではNo.667周辺を「凸部」と表記している。

の養浜実施箇所を対象にバックホウにより沿岸方向約60m、岸沖方向約1m、深さ約1.5mのトレンチ掘削を実施した。また岸沖方向の断面状況も併せて確認するために、L字型とした（図-3、図4参照）。



図-1 位置図

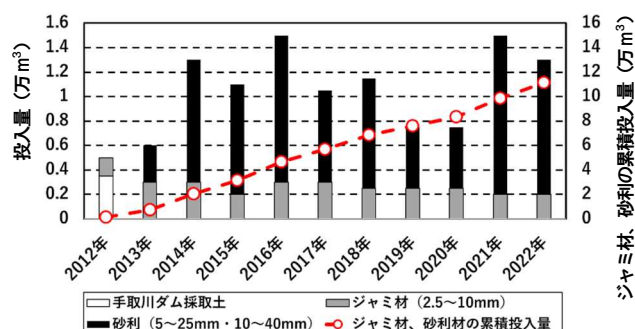


図-2 養浜実績

2. トレンチ掘削調査

(1) 調査の概要

2022年度の養浜実施前の2022年12月21日に、侵食区間

トレンチ調査は、以下に示す手順で実施した。

- 掘削断面をRTK-GNSS測位機能搭載のUAVを用いて撮影し、壁面に対するオルソ画像を作成した。
- トレンチ形状の地理情報を把握するため、3次元レーザ測量により計測したトレンチ詳細地形と、上空UAVからSfM処理を経て取得したデータを合成し3Dモデルを作成した。
- 養浜材の混合状況を調べるため、粒径や色等から目視により、投入礫のみの層と下側の砂と礫が混合している5層を抽出（図-5）した。各層ごとに土砂を採取し、ふるい分け試験を実施した。
- 現地の地形を把握するために、RTK-GNSS機器を用いて、トレンチ掘削の新堀川側と尼御前側の2測線で簡易的に岸沖方向の陸上地形を計測した。

(2) 調査結果

トレンチ掘削断面を図-5に、分類した5層のふるい分け試験結果を図-6に示す。表層の礫層である図-5、-6のラベル11の層を深さ区分1とし、以下同様にラベル12を深さ区分2、ラベル13を深さ区分3、ラベル14を深さ区分4、ラベル15を深さ区分5とする。これらの図より、表層に礫材が厚く分布し、地点によってはその下に異なる堆積層が確認できる。

分類した5層のふるい分け試験結果と本養浜前の2013年度に実施した測線No.660の底質の粒径加積曲線の重ね合わせ図を図-7に示す。これより、養浜の実施によって全体的に粗粒化傾向であることが読み取れる。

中央粒径 D_{50} と均等係数 U_c ($=D_{60}/D_{10}$) の整理結果を図-8に示す。均等係数は、値が小さいほど粒がそろっていることを意味している。表層である深さ区分1は、中央粒径が平均10.4mmの中礫相当、均等係数が平均2.3と小さく粒が揃っており、図-2の凡例に示したように養浜材の砂利材の粒度範囲に該当する。深さ区分2～4は、



図-3 トレンチ掘削の概要

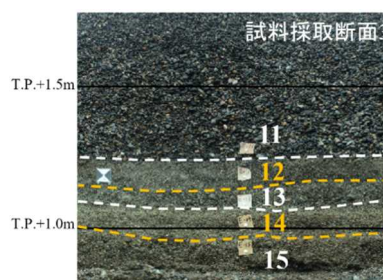


図-4 養浜とトレンチ掘削等の位置図

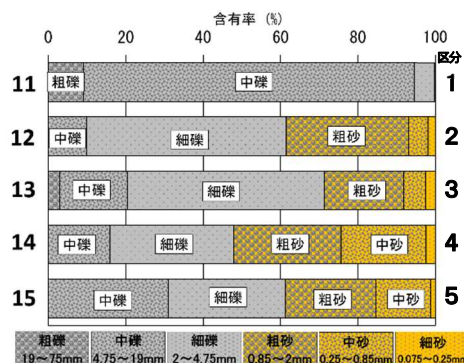


図-6 ふるい分け試験結果

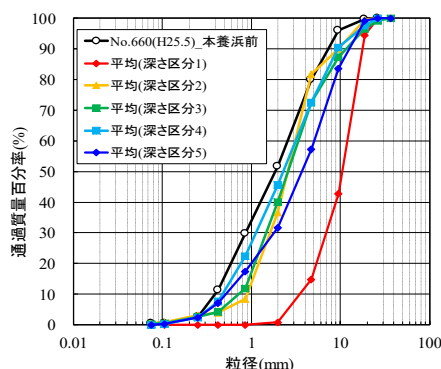


図-7 粒径加積曲線の重ね合わせ図

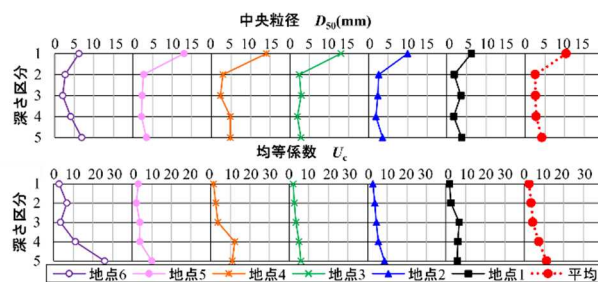


図-8 中央粒径 D_{50} と均等係数 U_c (地点は図-5 と対応している)



図-5 トレンチ掘削断面の例

中央粒径が平均約2.8mmで、均等係数は平均約5.0であり、養浜材のジャミ材である細礫に相当する。今回最も深い深さ区分5は、粒径が上の層よりもやや粗く平均約4.2mmで細礫相当（養浜材のジャミ材相当）であるが、均等係数は平均約11.2と大きいことから、様々な粒径が混在していると言える。

3. 各種データに基づく地形変化分析

これまでの礫養浜の効果を確認するため、定期測量データ、底質調査結果を用いて養浜開始以降の地形変化や底質の粗粒化の状況を分析した。

(1) 測量結果

片山津工区では、年2回の頻度で、RTK-GNSS機器を用いてT.P.±0mの汀線位置を簡易的に測量（以下、簡易GPS測量という）している。簡易GPS測量から整理した浜幅（図-9）より、凸部東側では養浜開始以降全体的に前進傾向で、凸部西側は前進と後退を繰り返していることが分かる。

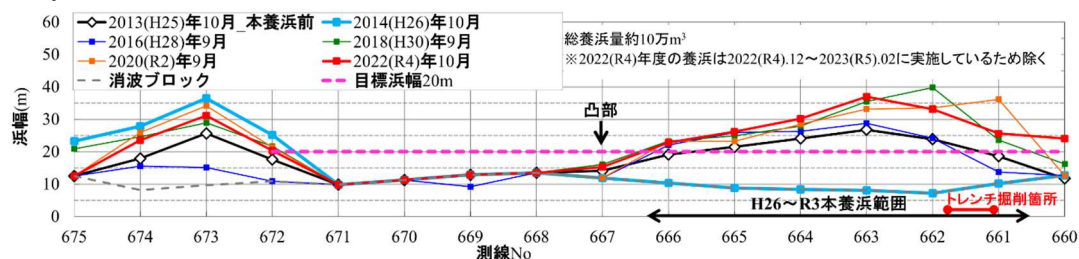


図-9 簡易GPS測量による浜幅の変化

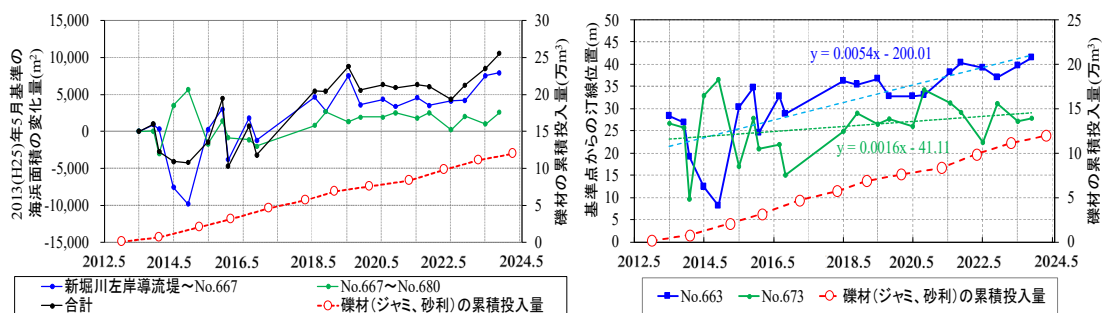


図-10 海浜面積（左図）と汀線（右図）の経年変化

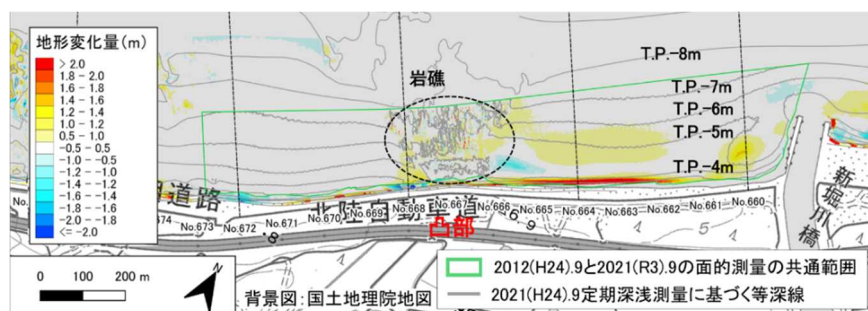


図-12 2012年と2021年の地形差分図

また、海浜面積変化量（図-10）を見ると、養浜開始から2016年度までは凸部No. 667を挟んだ東西での地形の前進・後退から5,000m²規模の土砂移動が生じていた。しかし、礫養浜により歩留まりの高い礫材を凸部東側に投入し続け表層に分布する礫の量が増えたことで、底質移動が緩慢となり養浜箇所周辺の凸部東側の海浜が安定して回復傾向となったと推察される。また、近年2年間の増加量も同程度となっており、令和5年度には養浜に加えて西側で減少した分が東側で増えている。

その結果、図-11の断面図では、投入礫によると見られる水深3m程度での勾配変化や、平面的に見て図-12のナローマルチビーム（NMB）測量成果から凸部東側の水深3～4mよりも岸側で顕著な堆積として確認される。

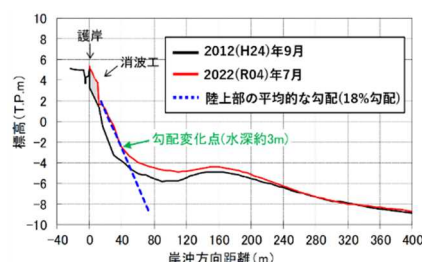


図-11 測線No.660の断面重ね合わせ図

(2)底質調査結果

片山津工区では、年1回の頻度で底質調査を実施しており、既往底質調査結果から投入箇所の特に岸側において粗粒化傾向であることが明らかになっている。なお、潜水調査から図-13に示すように水深3m程度で礫と砂が明確に分かれていることが確認できる。この境界線と断面から把握できる勾配変化点の水深は概ね一致しており、図-11の勾配変化は礫材によるものだとと言える。

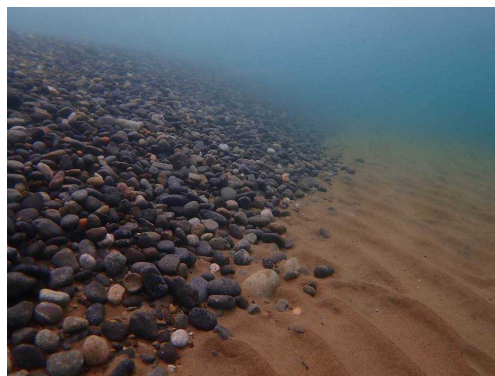


図-13 水深3m程度で見られる礫と砂の境界線

4. 実施済みの礫養浜の評価

本研究で実施したトレンチ掘削調査や各種モニタリングデータの分析により、投入した礫材の多くが投入箇所の海側に留まっていることを確認出来た。

潜水調査や表層の底質調査により、礫は岸側から概ね水深3m程度まで主に分布していることが明らかとなった。これより、消波工前面（T.P.+2.0）からT.P.-3.0までの岸沖距離約50mを礫の主な移動範囲と仮定し、陸上測量から把握した地表面と表層（礫）・2層目の境界までの長さから断層の厚さを0.7m、凸部東側で海浜の形状から沿岸距離約660mとして礫層の体積を計算したところ、2万3千 m^3 程度となった。これは図-2から2012年度～2021年度の10年間の年平均礫投入量が約1.0万 m^3 であることから、約2.3年分の投入量になる。投入した礫材の一部は凸部西側に移動するが、数年分の投入量に相当する礫材が乱されることなく表層に分布していることが示された。現在の養浜量で海浜が回復していることから、計画養浜量や年平均投入量は現状を維持しつつ、回復が不足している箇所へ重点的に投入することが妥当と考えている。

本研究で行った様々な分析から、片山津工区で2012年～2022年までに実施してきた礫養浜は、養浜箇所である凸部東側の海浜形成に大きく寄与していると評価できる。また、トレンチ掘削調査結果により明らかとなった海浜を形成している底質の粒径を踏まえると、現在養浜材として使用している2.5mm以上のジャミ材（2.5～10mm）や砂利（5～40mm）は、高波浪時にも沖への流出量が少なく岸川に留まりやすいため、同工区の養浜材として適していると判断できる。

5. 結論

トレンチ掘削調査や各種モニタリングデータの分析を行うことで、これまでの礫養浜の効果について以下のことが明らかとなった。

- これまでの礫養浜によって養浜箇所である凸部東側で汀線の前進が確認出来た。
- トレンチ掘削調査における底質調査より、表層は粒径が中礫相当であり、均等係数が小さいことから投入した礫材が多くを占めていると考えられる。
- トレンチ断面の解析より、約2.3年分の礫材が表層に留まっており、残りの礫材は現地の礫剤と混じり合っており下層の海浜形成に寄与していると推定される。
- 地形測量より投入礫によるとみられる水深3m程度の勾配変化や、凸部東側の水深3～4mよりも岸側で顕著に堆積していることが確認出来た。
- 養浜材として使用している2.5mm以上のジャミ材（2.5～10mm）や砂利（5～40mm）は高波浪期を経ても沖への流出量が少なく岸川に留まりやすく、同工区の養浜材として適しているといえる。

今回は、養浜中のデータを取得することが出来たため、養浜事業完了時点にも同様の調査を実施することで礫養浜の効果をさらに定量的・定性的に分析することが可能である。また、今後は今回の調査で明らかとなった現象を踏まえて数値解析モデルを構築することで、さらに片山津工区の土砂動態や礫養浜の効果を定量的に評価することが可能であると考えられる。

また、養浜前にトレンチ掘削調査を実施し、海浜を形成している粒径を把握することで、効果的に海浜を形成させるための養浜材の選定にも役立つと言える。

謝辞：本論文の執筆にあたり、ご指導・ご協力頂いた方々に深く感謝し、御礼申し上げます。

参考文献

- 1)石川海岸における漂砂機構
- 2)石川海岸片山津工区の実態解析を踏まえた最適な養浜計画の検討