

粗粒材養浜により蘇った砂浜：茅ヶ崎中海岸の例

宇多高明・細川順一・石川仁憲

1. まえがき

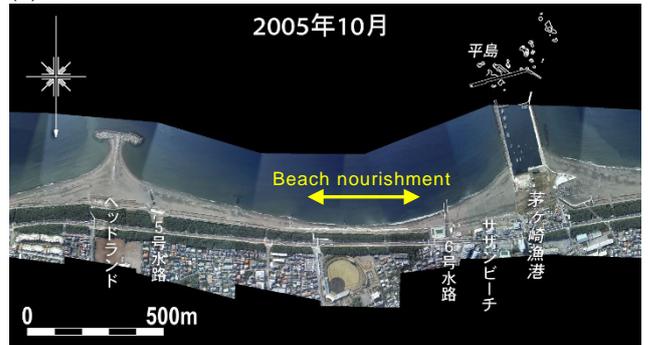
わが国では各地で海岸侵食が進んできているが、このような侵食に対し各種構造物を用いたハード対策が長い年月にわたって行われてきた。この結果、多くの海岸では汀線付近が大きなコンクリートブロックで覆われ、過去の自然海浜の姿は想像すらできない状態となった。このようなハード対策に代わる手立てもないわけではなく、その方法には養浜があり、諸外国ではこれが主たる侵食対策として考えられ、実行されてきた。欧米では、大陸棚に堆積した砂を大量に採取して養浜を行う手法が主流であるが、わが国では大規模な陸棚がなく、したがって砂の調達が難しいし、同時に養浜砂の流失への危惧から大量の養浜が行われた例は近年では数少ないのが現状である。養浜土砂の損失に対して、筆者らは、粒径の大きな土砂を含む粗粒材養浜を提案し、実際にこの手法は鹿島灘に面した神向寺海岸や相模湾内の秋谷海岸、茅ヶ崎中海岸において実施されてきた。一般に、養浜といえどとにかく大量の砂を海岸に投入すればよいと考えられがちであるが、実際には、量以上に重要なのが土砂の粒径であり、創出される海浜の姿や、投入土砂の安定性・歩留まりなどがこれに大きく依存する。ところで、わが国ではある技術が開発されたとしても現地での実際の成功例がないと他の場所への適用が本格化しない風潮がある。そこで、ここでは粗粒材養浜によって実際に海浜が蘇った例として茅ヶ崎中海岸¹⁾²⁾を示すことにより、今後他の海岸での粗粒材養浜の積極的活用を促すこととした。

2. 養浜による茅ヶ崎中海岸の前浜の復元

対象地の茅ヶ崎中海岸は、図-1に示すように茅ヶ崎漁港と茅ヶ崎ヘッドランドに挟まれた長さ約1.5kmの海岸である。当海岸では、過去、相模川からの供給土砂の激減と茅ヶ崎漁港の防波堤建設に伴う東向き沿岸漂砂の阻止に起因して侵食

が進んできた。このため侵食が著しい茅ヶ崎中海岸の砂浜幅を防災上必要な50mまで回復させることを目標として、毎年3万m³の養浜を行う計画が2005年に立てられ、2007年より養浜の本格施工が始まった。養浜には主に相模ダムの浚渫土砂と茅ヶ崎漁港西側での堆砂が用いられ、図-2に示すように40%が礫、残りの60%が砂という粒度組成材料であった。養浜は、浜幅が最も狭い茅ヶ崎中海岸中央の400m区間（図-1参照）で行われ、盛り土から周辺海岸へと波の作用で自然に供給さ

(a) 養浜前：2005年10月28日



(b) 養浜後：2012年3月27日



図-1 茅ヶ崎中海岸の2005年と2012年の空中写真

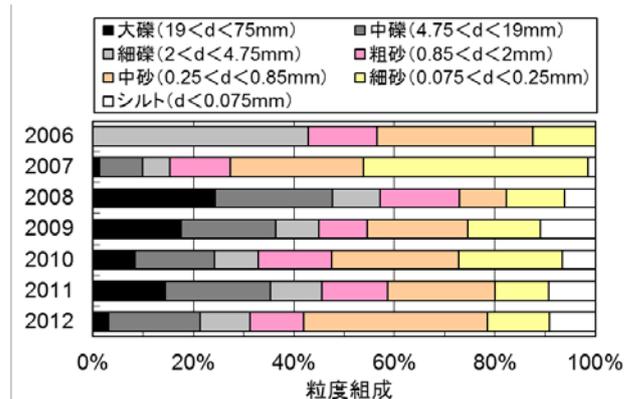


図-2 養浜材の粒度組成

(a) 1982年



(b) 2005年8月29日



(c) 2011年9月25日



図-3 茅ヶ崎中海岸中央から西向きに望む海浜状況の変化

れる動的養浜手法³⁾が用いられた。その後、2012年3月までに計画量の約2/3 (19.6万m³)の土砂が投入された結果、現在では砂浜の回復が著しい。図-1には養浜前後の空中写真を比較して示しているが、養浜前の2005年10月ではヘッドランドと茅ヶ崎漁港間の中央部では前浜が非常に狭く、護岸が波に曝されていた。しかし、2012年3月までに海岸中央部では砂浜が大きく広がったことが見て取れる。図-3は、茅ヶ崎中海岸中央から西向きに海浜状況の変化を撮影したもので、1982年に

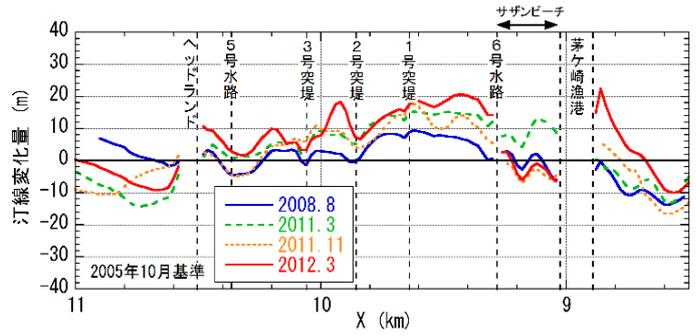


図-4 茅ヶ崎中海岸の汀線変化 (2005年10月基準)

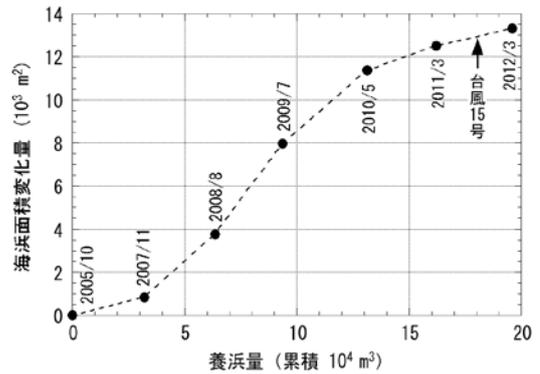


図-5 茅ヶ崎漁港～ヘッドランド間の実績養浜量と海浜面積変化量の関係

自然海浜であった対象区域では、2005年8月までには階段護岸ののり先が波に曝されるまで侵食された。その後、2011年9月25日には養浜により階段護岸ののり先が砂で埋まり、汀線は沖へと移動し前浜が大きく広がり、1982年当時の状況まで回復しつつあることが明らかである。

3. 養浜による汀線の前進状況と前浜の拡大

空中写真の撮影時刻と深浅測量に基づく前浜勾配から、平均潮位における汀線位置を定め、これより算出した汀線変化を図-4に示す。比較の基準年は2005年10月に定めている。これによれば、2008年までは海岸中央部でのみ汀線が前進傾向を示したが、2011年3月までには汀線の前進区域が沿岸方向に広がった。その後、台風15号襲来後の2011年11月では6号水路から茅ヶ崎漁港間(サザンビーチ)では汀線はほとんど変化しなかった。さらに2012年3月では、2011年11月時点と比較して、6号水路～ヘッドランド間のほぼ全域で汀線が前進し、6号水路の東側では2005年基準で最大20mまで汀線が前進した。

2005年を基準とした茅ヶ崎漁港～ヘッドランド間(約1.4km)の実績養浜量と海浜面積変化量の関係を図-5に示す。養浜量の増加に比例して海浜面積も広がっていることが分かる。2012年3月

土研センター

までの変化量は 1.32万m^3 であり、この値に当海岸の漂砂の移動高 $h=10\text{m}$ を乗じると 13.2万m^3 となった。一方、2012年3月までの総養浜量は 19.4万m^3 であったが、2012年1月～3月に養浜された 3.4万m^3 は空中写真が撮影された3月時点で盛土形状のままほとんど残されていたことから、2011年3月までの総養浜量約 16万m^3 が海岸保全に寄与されたと考えられる。ヘッドランド沖を通過して東側へ流出した総沿岸漂砂量は 3万m^3 ($0.5\text{万m}^3/\text{yr} \times \text{約}6\text{yr}$) であるので、この値を総養浜量 16万m^3 から減じると 13万m^3 となり、上記 13.2万m^3 とほぼ対応する。これより投入した養浜材の大部分は茅ヶ崎漁港～ヘッドランド間に確かに留まっていると考察される。

4. 縦断形変化と底質粒度組成の水深方向分布

茅ヶ崎中海岸では、養浜により緩やかな勾配を持った海浜の復元が進んできた。その状況は、図-1に示す茅ヶ崎中海岸の中央を通る測線No.18における縦断形変化から理解することができる。図-6は、養浜前の2005年と、2011～2013年における縦断形変化を示している。2011年1月では、初期の2005年と比べ水深3mより浅い部分で縦断形変化が起きており、汀線は10m前進したのみであった。しかし2011年の台風15号の襲来後の2012年では、水深2～4m付近が削られてトラフが形成されるとともに、沖合の水深6～8m付近では砂が堆積し、5m付近の海底勾配1/30を保ったまま縦断形が沖方向にずれて、緩やかな勾配の海浜となった。その後、2012年は静穏な波浪条件であったために、2013年1月までにはバーの沖側のり肩部（水深4～5m）が一部削り取られるとともに、トラフの埋め戻しが起きたものの、全体的には沖合の緩斜面が広がるという特徴を維持している。このため茅ヶ崎中海岸ではサーフィン利用が促進されるという結果となった。

図-7には、測線No.18に沿って水深方向に1m間隔で採取された底質のふるい分け分析結果としての粒度組成の水深分布を示す。養浜開始前の2005年10月の分布では、水深2mより陸側に粗砂と礫が集中的に堆積していたが、水深3m以深の海底面は中砂細砂で覆われており、水深の増加とともに細砂の含有率が増大するという分布形を有していた。2011年1月では、図-6に示したように

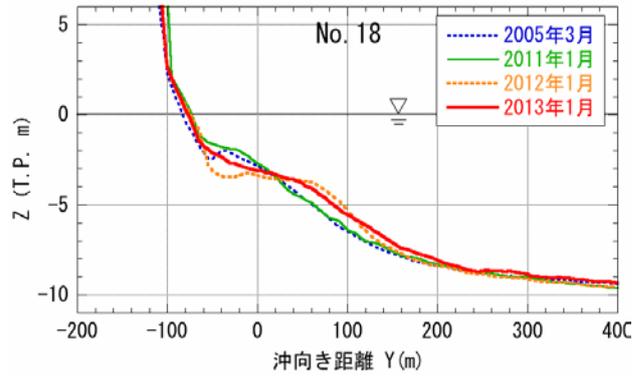


図-6 海岸中央部を通る測線No.18における縦断形変化

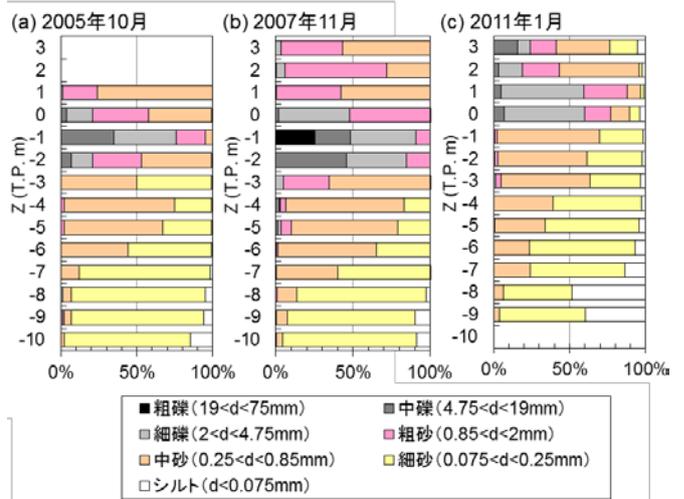


図-7 測線No.18における底質粒度組成の水深方向分布

前浜の地盤高が高まると同時に汀線が前進し、さらに水深1～3mの海底勾配が緩くなったが、前浜は細礫を多く含む礫40%程度の底質で構成され、緩勾配化した水深帯は中砂が65%、細砂が35%と中砂細砂でのみ覆われていることが分かる。

5. まとめ

茅ヶ崎中海岸の養浜土砂の含有率は、礫が40%、砂が60%であった。粒度組成の測定結果によれば、礫は水深1m以浅の前浜に集中的に堆積する一方、砂はその沖に堆積する特徴があった。これを考慮すれば、茅ヶ崎中海岸での養浜では、砂の含有率が60%とかなり高かったが、この砂は沖合へ運ばれ、水深3～8mの幅広い水深帯の海底地盤高を高める効果を発揮したことが分かる。このことから、侵食されて急勾配になった海岸での養浜では、粒径含有率の適切な選択が大事なことが明らかである。礫のみでは前浜の堆積は促進できるものの勾配が1/2.5～1/3と急になり過ぎて海浜利用上の問題が起り易いのに対し、砂養浜では、前進（前浜の拡張）効果は低いものの砂は

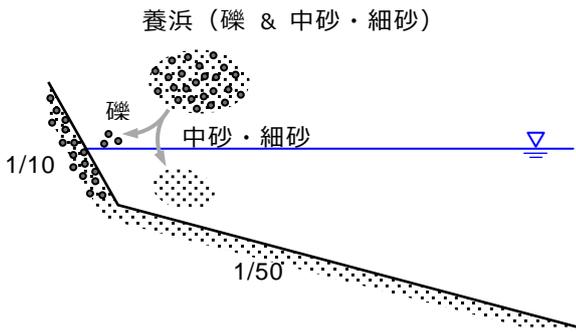


図-8 礫と砂を投入した場合の土砂移動の模式図

沖合へ運ばれて堆積することになる。

一方、図-7に示したように、粗砂および礫は前浜付近に堆積する一方、水深ほぼ1m以深の海底面は中砂細砂で覆われているという事実は、波の作用下では粒度組成がそのようになる性質を有していることを強く示唆している。すなわち、図-8の模式図に示すように、礫と中砂細砂からなる土砂を養浜した場合、礫は平衡勾配が大きいことから急勾配の前浜に堆積するが、中砂細砂は平衡勾配が小さいことから大部分は沖合へ移動し、元々中砂細砂で覆われた海底において堆積すると考えられる。したがって礫のみの投入では急勾配を保ったまま汀線が前進するのみで沖合は経年的に侵食が進む一方、中砂細砂のみ投入すれば汀線の前進にはあまり寄与することなしに沖合へ移動することとなる。このように養浜ではそれに使用する土砂の粒度組成と、養浜を行う予定の海浜の

元々の粒度組成の分布についての十分な理解が必要である。このような意味においても、茅ヶ崎中海岸の粗粒材養浜は、物理的意味も含め効果的な海岸保全手法であると高く評価できる。なお、ここでは、粗粒材養浜により実際に砂浜が復元された事例として神奈川県茅ヶ崎中海岸の事例について述べた。余白の関係上省略したが、現在、粗粒材養浜を行った場合形成される海浜の形状（縦断形と平面形）については、粒径を考慮したBGモデル⁴⁾により予測可能となっており、投入土砂の量と質（粒径）を様々変えた場合の養浜効果を予め予測することができることを付記しておく。

参考文献

- 1) 石川仁憲、宇多高明、古池 鋼、三波俊郎、三枝薫、進藤 豊、和田昌明：礫の拡散を抑制しつつ浜幅を広げる手法の検討-茅ヶ崎中海岸の例、土木学会論文集B3（海洋開発）、Vol.67、No.2、p.I_1117～I_1122、2011.
- 2) 石川仁憲、三波俊郎、宇多高明、細川順一、和田昌明：茅ヶ崎中海岸における養浜の海岸保全効果の検証、土木学会論文集B2（海岸工学）、Vol.68、No.2、p.I_686～I_690、2012.
- 3) 宇多高明、石川仁憲：「実務者のための養浜マニュアル」、(財)土木研究センター、p.170、2005.
- 4) 芹沢真澄、宇多高明、熊田貴之、三波俊郎、古池鋼、石川仁憲、野志保仁：Bagnold概念に基づく混合粒径海浜の変化予測モデル、海岸工学論文集、第53巻、pp.626～630、2006.

宇多高明



(一財)土木研究センター
常務理事 なぎさ総合研究室長、日本大学客員教授
理工学部海洋建築工学科、工学博士
Dr. Takaaki UDA

細川順一



神奈川県藤沢土木事務所
なぎさ河川砂防部課長
Jun-ichi HOSOKAWA

石川仁憲



(一財)土木研究センター
なぎさ総合研究室 主任
研究員
Toshinori ISHIKAWA