

神奈川県逗子海岸における試験養浜の追跡調査

FIELD TEST OF BEACH NOURISHMENT ON ZUSHI COAST IN KANAGAWA PREFECTURE

宇多高明¹・小林正博²・村上義隆³・三澤 舞⁴・荻岐信二⁵

Takaaki UDA, Masahiro KOBAYASHI, Yoshitaka MURAKAMI, Mai MISAWA and Shinji IKI

¹正会員 工博 (財) 土木研究センター常務理事なぎさ総合研究室長兼日本大学客員教授理工学部
海洋建築工学科 (〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4タカラビル)

²神奈川県横須賀土木事務所河川砂防部長 (〒238-0022 神奈川県横須賀市公郷町1-56-6)

³神奈川県横須賀土木事務所河川砂防課長 (同上)

⁴神奈川県横須賀土木事務所河川砂防課 (同上)

⁵アジア航測(株) 環境部 (〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺1-2-2)

A field experiment of beach nourishment using 500 m³ of coarse sand was carried out in March 2009 on the Zushi coast facing Sagami Bay. Taking into account that the stability of coarse sand is better than that of fine sand and that it is deposited with a slope gentler than that of gravel, coarse sand was selected as the nourishment material. The grain size of coarse sand was 1.05 mm which is coarser than the grain size of the present coast ($d_{50}=0.28$ mm). Beach changes after the beach nourishment was investigated by bathymetric surveys. The nourishment sand was stably deposited on the shore face because of large grain size.

Key Words : Beach nourishment, Zushi coast, field experiment, coarse sand

1. まえがき

三浦半島西岸は多くの岬と入江を有する複雑な形状の海岸線からなり、沿岸には数多くのポケットビーチが発達している(図-1)。これらのポケットビーチは長い間安定して存在してきたが、近年いくつかのポケットビーチでは侵食が進んでいる^{1) 2)}。三浦半島基部に位置する逗子海岸では、ポケットビーチ南端沖に葉山港の防波堤が伸ばされた後、南寄りの入射波が防波堤により遮蔽された結果、遮蔽域へ向かう沿岸漂砂が誘起され、これにより北部汀線が凹み、逆に南部では砂が堆積して汀線が前進するという汀線の時計回りの回転が起きた。結果的に北部の前浜は狭くなり、満潮時には背後の道路護岸へ波が直接作用する状況となった。このため前浜が狭まった逗子海岸北部では2004年から試験養浜が始められた。当初は現地砂(中央粒径 $d_{50}=0.28$ mmの細砂)と同じ粒径の砂が投入されたが、逗子海岸の上記変形機構を考慮すれば、侵食域に現地砂と同じ粒径の砂を投入してもその効果は一時的であることは明らかである。このため2009年には現地砂より粒径の大きな砂を用いた養浜を考え、養浜砂の波に対する応答性、漂砂量などについて調べることにした。細砂に代わる粗粒材養浜については、同じ三浦半島西岸に位置する秋谷海岸(図-1参照)と、鹿島灘に面

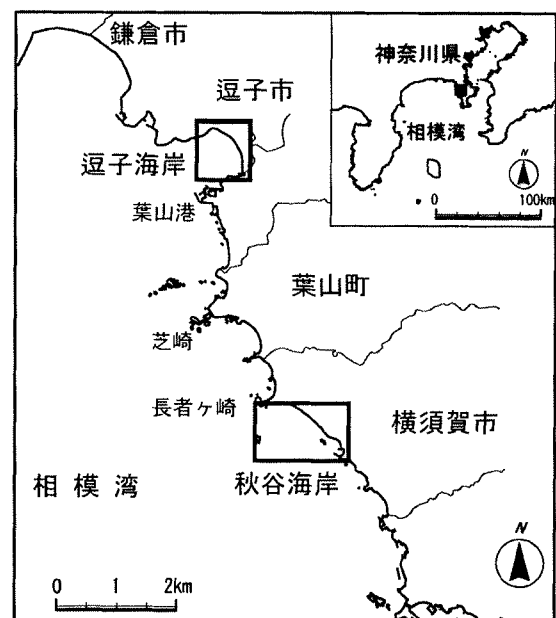


図-1 調査位置

した神向寺海岸で行われてきている。秋谷海岸では、細粒土砂の沖合流出に伴う漁場の劣化を防ぐ必要から、2007年2月以降 $d_{50}=15$ mmの礫14,200m³が投入された。投入後の追跡調査によれば、投入礫は-0.7m以浅でほぼ1/5勾配で堆積し、小高いバームを形成し

安定的に推移している^{3) 4)}。また神向寺海岸では粒径3-15mmの礫を用いた粗粒材養浜が行われ、粗粒材養浜は護岸の安定した根固め効果を持つことが確認された⁵⁾。これらの検討により礫養浜の効果と安定性が確認されたが、逗子海岸は細砂からなる緩勾配の海浜であることから、礫投入による急勾配化は避け、同時に現地砂より歩留まりを高める手法を模索することになった。そこで細砂に比べて相対的に安定性は高いが、礫ほどには急勾配をなさないと考えられる粗砂を用いた養浜について検討した。2009年3月には現地砂の中央粒径 $d_{50}=0.28\text{mm}$ より大きな $d_{50}=1.05\text{mm}$ の粗砂 500m^3 を用いた試験養浜を行い、養浜前後の汀線測量データなどに基づいて投入土砂の挙動を調べた。

2. 調査方法

まず空中写真と深淺測量データに基づいて逗子海岸における2007年以降の概括的地形変化について分析し、その上で試験養浜について考察する。逗子海岸での試験養浜では、当初現地砂と同じ粒径の土砂を用いて2004年3月に $1,500\text{m}^3$ の土砂投入が行われ、その後も毎年 $500\sim 700\text{m}^3$ の割合で土砂投入が行われてきたが、2009年3月16日～3月18日には新たに粗砂 500m^3 による試験養浜を逗子海岸北端部で行った。この間、養浜前の2008年10月22日と、養浜直後の2009年3月19日、さらには高波浪襲来後の2009年3月30日に詳細深淺測量を行い地形変化を追跡した。深淺測量は逗子海岸北端部の養浜区間を含んで東側280mまで、沿岸方向に20m間隔の15測線を設定して行った。深淺測量では沖方向には100mまで測量した。また養浜直後の3月16日から3月30日までの試験期間中の波浪条件について、逗子海岸の西20kmに位置する平塚観測塔における波浪観測データを収集し、有義波高・周期の変化を調べた。

3. 逗子海岸の海底地形と汀線変化

逗子海岸は両側を岩盤に挟まれた奥深いポケットビーチであり、その延長は約1.1kmである。図-2は2009年3月撮影の逗子海岸の空中写真を示す。ポケットビーチ南端には田越川が岬の陰に隠れるようにして流入し、河口沖には下水処理場の埋め立て地と、さらにその沖には葉山港の防波堤が伸びている。一方、ポケットビーチの北側は現況で国道134号が走り、直立護岸で固められている。また海岸線に沿って走る国道134号の沖には岩礁帯が広がっていることが黒い海底面状況から見て取れる。図-3には2009年の深淺図を示すが、北部には陸から続く岩盤が沖合500m付近まで張り出しており、この岩盤にはカジメ、ガラモなどの海藻類が繁茂し、魚介類の産卵・生息場となっている。一方、南側にある葉山港

では、1999年に新港建設に伴い拡張され沖側に防波堤が延ばされた。逗子海岸の前浜幅は50m程度であり、海水浴、ウインドサーフィンなどのマリンスポーツで知られているほか、散策などで日常的に多くの人により利用されている。

逗子海岸の1954～2005年の汀線変化については、既に明らかにされている^{1) 2)}ので省略し、1954年基準での2007、2009年までと、2007から2009年の汀線変化を図-4に示す。葉山港の防波堤建設に伴う波の遮蔽域形成により、長期的には $X=0.6\text{km}$ より北側では汀線が後退、南側では前進してきた。一方、2007年基準の汀線変化では2009年において排水口の南側150m区間で最大10m汀線が前進しているが、これは養浜に起因する。



図-2 逗子海岸の空中写真（2009年3月）

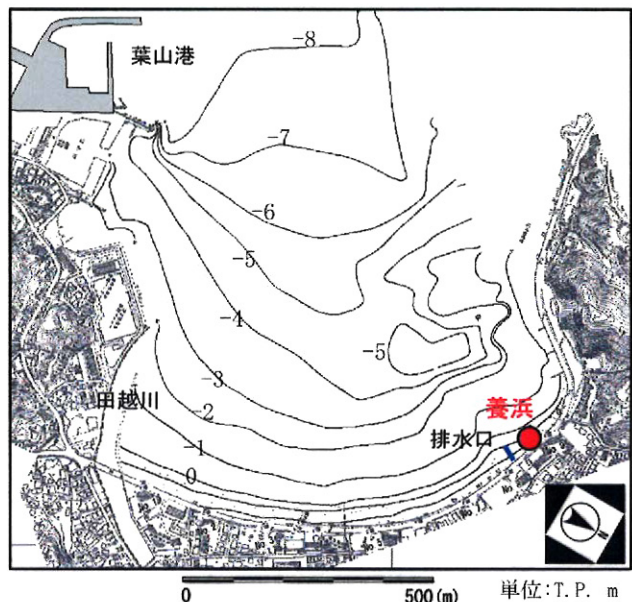


図-3 深淺図（2009年1月）

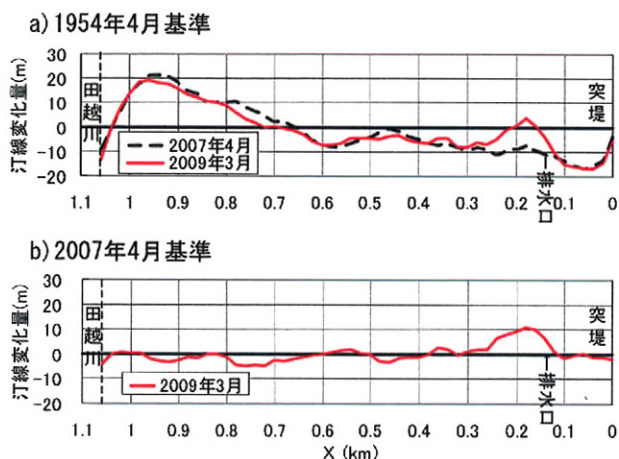


図-4 汀線変化量 (a:1954年基準, b:2007年基準)

4. 試験養浜の条件

図-5は試験養浜工の計画図を示す。500m³の土砂は、海岸北端の突堤と排水口の間60mにおいて砂層厚約1mで投入された。養浜断面は上面がT.P. 1mから陸側に1/18勾配の斜面である。投入土砂の粒径加積曲線を図-6に示すが、現地砂の中央粒径 d_{50} = 0.28mmに対して投入砂の d_{50} は1.05mmと大きい粗砂である。

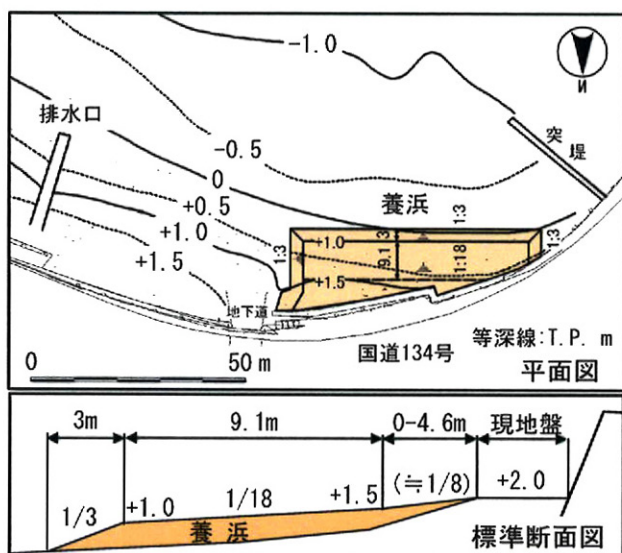


図-5 養浜工計画図 (2009年3月養浜)

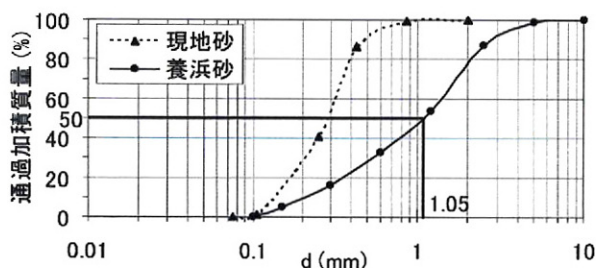


図-6 現地砂と養浜砂の粒度加積曲線

5. 波浪条件と地形変化

試験養浜は2009年3月16日～18日に行ったが、養浜後の平塚波浪観測所での有義波高と周期の変化を図-7に示す。土砂投入後3月22日9時までは最大有義波高が高々1mの比較的静穏な波が続いたが、3月22日10時から3月23日15時まで低気圧の通過に伴い有義波高1.5m以上の波が29時間継続するとともに、有義波高約2.5mの波が3月22日21時から22時に襲来した。このときの周期は7.2～7.3sであった。この波浪は計画波浪 $H_0' = 4.3m, T = 10.7s$ には及ばないものの、荒天時波浪 $H_0' = 2.7m, T = 10.0s$ に匹敵するものであった。低気圧の通過後3月24日以降は非常に静穏な状態となり、有義波高ほぼ0.5m以下の波が第2回目の深淺測量まで続いた。このことから、試験養浜中の著しい地形変化は3月22日から3月23日に襲来した低気圧の間で起きたと推定される。

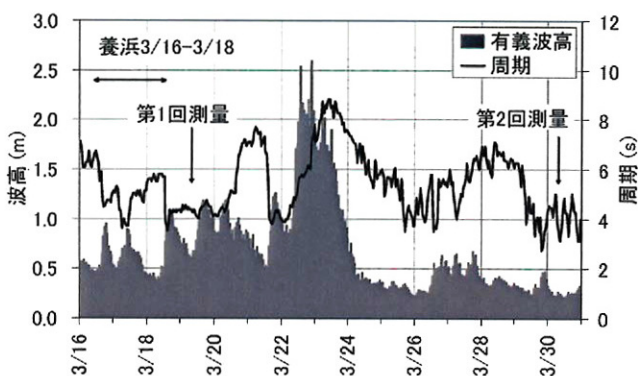
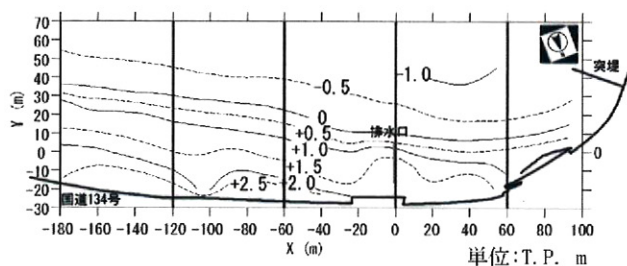


図-7 平塚観測塔における調査期間中の波浪条件

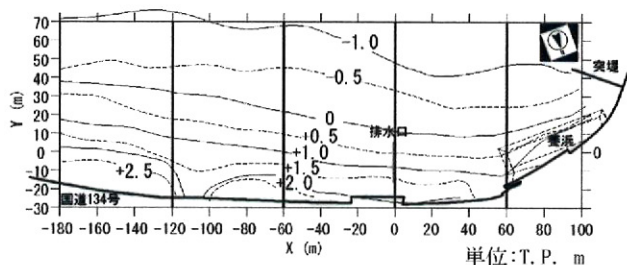
図-8には養浜前の2008年10月22日、養浜直後の2009年3月19日、そして高波浪作用後の3月30日の深淺図を示す。2008年10月22日から養浜直後の2009年3月19日の間では、北端の養浜箇所盛土は別にすると、汀線位置にはほとんど変化が見られないのに対し、1mの等高線は対象区域全体でほぼ平行に陸向きに移動する一方、これと逆に-0.5mの等高線は沖向きに移動するという明らかに沖向き漂砂による地形変化が生じている。この間の地形変化量の平面分布を示すのが図-9(a)である。汀線に沿って帯状に侵食が生じ、排水口から海岸北端の沖に集中的な堆砂が起きた。投入土砂の大部分は投入箇所に残されていることから図-9(a)に示す地形変化は土砂投入以前に起きていたと考えられる。

3月19日から3月30日の試験養浜中の地形変化に着目すると、排水口と北端の突堤の間で-0.5mおよび0mの等高線が凹む一方、0.5mの等高線が沿岸方向に広い範囲で前進している。この間の地形変化量の平面分布は図-9(b)のようであり、2008年10月22日から2009年3月19日に生じた汀線に沿う帯状の侵食域を逆に埋め合わせるような堆積が起きたことが見て取れる。

a) 2008年10月22日



b) 2009年3月19日



c) 2009年3月30日

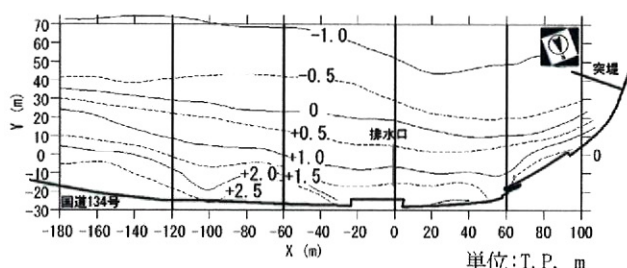
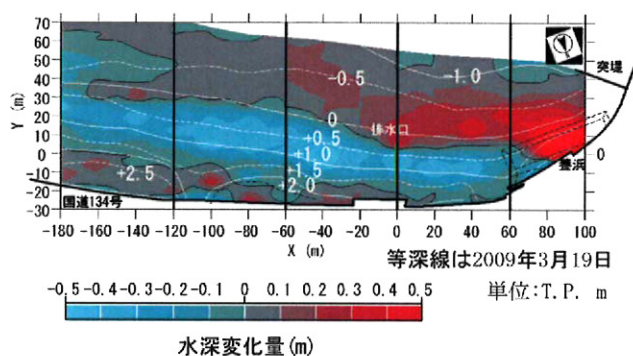


図-8 深浅図

a) 2008年10月22日 → 2009年3月19日



b) 2009年3月19日 → 2009年3月30日

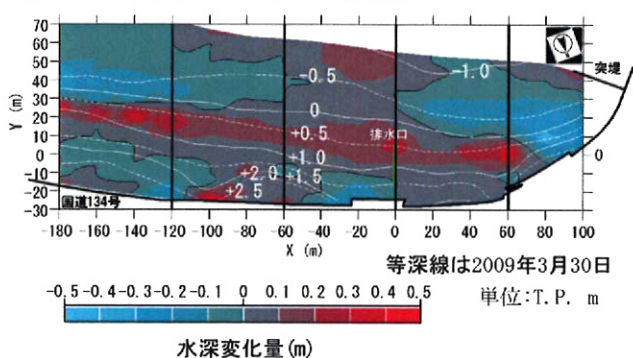


図-9 地形変化量

図-10には、3月19日と3月30日のデータをもとに、図-8に示す60m間隔の6測線に沿う縦断形変化を示す。X=-180m断面を除けば、3月19日にはやや鉛直上方に凹な縦断形であったが、3月30日にはX=0m断面を除いて東側ほどバームの発達が良くなり、バーム高はX=-60m, -120m, -180m断面の順にそれぞれ+0.8m, +0.9m, +1.1mとなった。

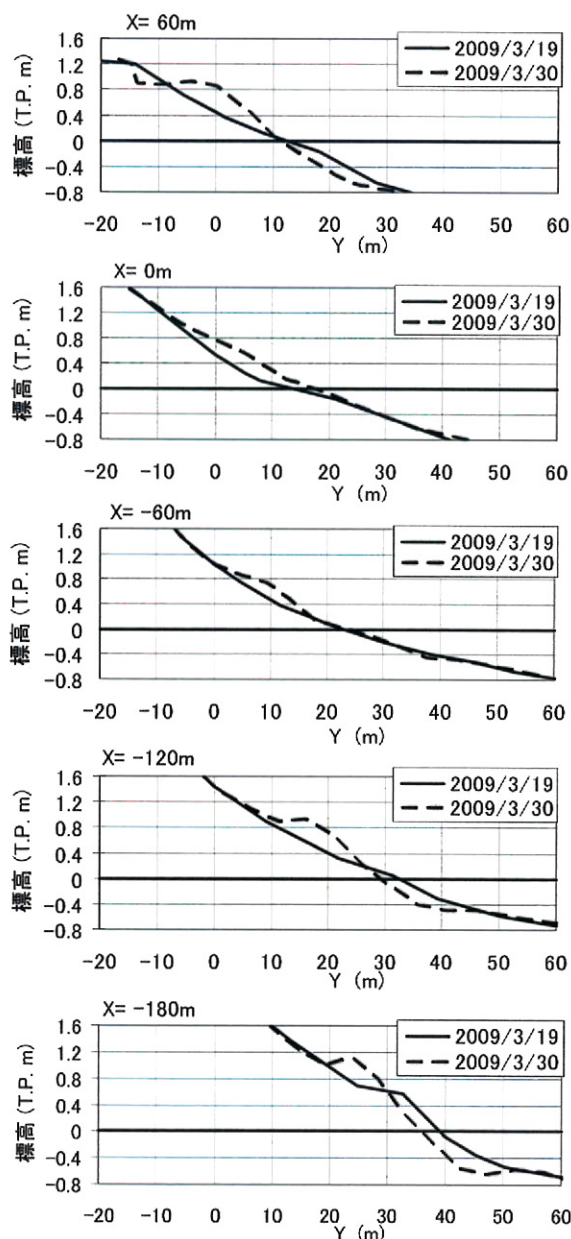


図-10 縦断形変化

図-10の縦断形の変化によれば、3月19日から3月30日間ではいずれもバームの発達がよい。バームを形成しつつ砂が堆積した区間のうち標高0.4m~0.8m間で勾配を求め、これを前浜勾配と定義してその沿岸分布を求めたのが図-11である。養浜砂はほぼX=50mより左(東)側区域に堆積したが、X=50m~-120m区間の前浜勾配は養浜直後の3月19日にはほぼ1/20であったが、3月30日にはX=-60mまでは大きな変化が見られないものの、X=-60m以東では勾配が東

側ほど急になりX=-180mでは1/10まで急になっている。3月22日、23日に通過した低気圧に伴い有義波高1.5m以上の波が29時間継続したにもかかわらず、バーム頂がT.P. 1.2mに達するバームが低気圧通過後の6日間の有義波高は0.5m以下の静穏波の作用で形成されるとは考えにくい。このことから図-10に示すバームの発達と、前浜勾配の急勾配化は現地砂の粒径0.28mmより粗な1.05mmの粗砂の投入に伴って平衡勾配が大きくなったことに起因すると考えられる。

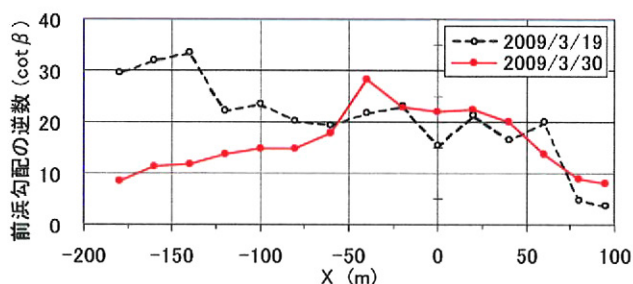


図-11 標高 0.4m~0.8m 間の平均勾配として定義した前浜勾配の沿岸分布

6. 岸沖漂砂量の算定

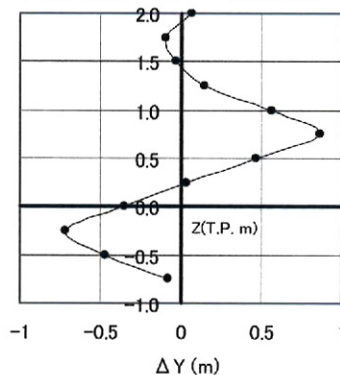
縦断形変化によれば、3月19日と3月30日には岸向き漂砂が生じてバームが形成された。この地形変化はほぼ水面下が削られ、削られた土砂が岸向きに移動している。そこでいま各等深線間での3月19日と3月30日の間での面積変化量を求め、検討対象区域の沿岸方向長さ280mで割ることで求めた等深線変化量の水深方向分布を図-12(a)に示す。等深線変化量は $Z=-0.25\text{m}$ と $Z=+0.75\text{m}$ でそれぞれ侵食と堆積のピークを持つ。平均水面下の-1mまでが削られ、削られた砂が+1.5mまでに打ち上げられるという分布を示し、バームの形成を表している。さらにこれを $Z=+2.0\text{m}$ から水深方向に積分して沿岸方向1m当りの岸沖漂砂量を求めたのが図-12(b)である。岸向き漂砂量は等深線位置がほぼ変化しない $Z=+0.25\text{m}$ で極大となり、岸向きに約 4m^3 の漂砂量である。

7. まとめ

逗子海岸での現地砂の中央粒径0.28mmと比べて粗い1.05mmの粗砂 500m^3 を用い、2009年3月16日~18日に養浜を行った。養浜後の3月22日、23日には発達した低気圧により有義波高1.5m以上の波が29時間継続した上、最大有義波高約2.5mの波も作用した。この波浪は2001~2005年の平塚波浪観測所の実測値より推算した年最大5波の平均値（荒天時波浪 $H_0'=2.7\text{m}$, $T=10.0\text{s}$ ）に匹敵する。一般に高波浪が作用した場合、前浜が侵食されるのに対して、粗砂が投入された区域では少なくとも最大有義波高が約

2.5mの波の作用下でも前浜堆積が進み、バームが形成され、前浜勾配も1/20からほぼ1/10と急になった。厳密には粗砂の広がり域は明確にできなかったためバームの形成が全て粗砂の投入によるとは断定できないものの、高波浪が作用した場合に起こる前浜侵食が粗砂の投入により、少なくとも最大有義波高が約2.5mの波の作用下で堆積傾向になったことは注目される。

a) 等深線変化量の水深方向分布



b) 岸沖漂砂量

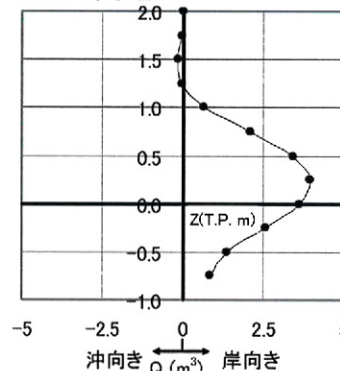


図-12 等深線変化量と岸沖漂砂量の水深方向分布(2009年3月19日 → 2009年3月30日)

参考文献

- 1) 宇多高明・高村光雄・藤元和雄・中西史一・沓岐信二・石川仁憲：三浦半島西岸の小規模なポケットビーチでの海浜変形の実態，海岸工学論文集，第55巻，pp. 711-715, 2008.
- 2) Uda, T., M. Takamura, K. Fujimoto, F. Nakanishi, S. Iki and T. Ishikawa : Shoreline rotation on pocket beaches caused by anthropogenic factors, Proc. Coastal Dynamics 2009, paper No. 70, pp. 1-11, 2009.
- 3) 宇多高明・小林昭男・篠原大起・野志保仁・遠藤将利：秋谷海岸における磯養浜の追跡調査，日本沿岸域学会研究討論会 2009 講演概要集，No. 22, pp. 95-98, 2009.
- 4) Kumada, T., T. Uda and T. Ishikawa : Theory and field test of beach nourishment using coarse sand and gravel, Proc. Coastal Dynamics 2009, Paper No. 75, pp. 1-11, 2009.
- 5) 松浦健郎・宇多高明・諏訪義雄・山田浩次・福本崇嗣：砂浜の海岸保全施設指定に向けた粗粒材養浜の有効性の検討，海洋開発論文集，第25巻，pp. 1119-1124, 2009.