

森戸川河口沖海底谷周辺でのカラーサンドによる漂砂観測

Field Observation of Sand Movement around Submarine Canyon Offshore of Morito River Mouth

細川順一¹・塩入 同²・高尾治海³・秋田和枝⁴・宇多高明⁵・石川仁憲⁶

Jun-ichi HOSOKAWA, Tomo SHIOIRI, Harumi TAKAO, Kazue AKITA
Takaaki UDA and Toshinori ISHIKAWA

Sand movement around the submarine canyon offshore of the Morito River mouth on the Seisho coast was investigated by a tracer test using colored sand. Because the sand movement deeply depends on the grain size of sand, colored sand with the grain size of 0.2, 2.0 and 10 mm were prepared and placed on the shoreline. The subsequent movement of colored sand was traced by sediment sampling. It was found that the colored sand with the grain size of 0.2 mm was quickly diffused and part of sand sank into the submarine canyon, whereas the colored sand with the grain size of 2.0 and 10 mm were very stable, and gradually moved alongshore without offshore movement.

1. はじめに

西湘海岸に流入する酒匂川の河口の東2.5kmに位置する森戸川河口沖には海底谷が発達し、海底谷の急斜面を経た深海への土砂流出が起きている。水系一貫の土砂管理の視点に立ったとき、河川からの土砂供給量が減少した今日、深海への土砂損失は海岸保全上深刻な結果を招くことから、海底谷を経由した深海への土砂落ち込み機構を明らかにすることは海岸保全上の重要な課題である。一方、近年の研究によって明らかになってきたように、海岸に供給される土砂の挙動は、その粒径に依存して大きく異なる。したがって河川からの供給土砂量を量でのみ議論するのでは不十分であり、量と質（粒径）両面からの検討が必要とされる。しかし粒径ごとの砂礫の移動状況はいまだ十分明らかではなく、とくに海底谷近傍での粒径に応じた砂礫移動の定量予測を行うには十分な観測データがないのが現状である。このことから、本研究ではトレーサとして粒径0.2, 2, 10mmのカラーサンドを汀線付近に投入し、その移動を現地観測によって調べ、海底谷周辺での粒径ごとの移動状況を明らかにする。

2. 漂砂観測の方法

漂砂観測は、西湘海岸の森戸川河口沖の海底谷周辺で行

った。図-1は、海底谷の形状、トレーサ観測の測線（a～o）、トレーサの投入地点、波浪観測地点を示す。また図-2には、海底谷の東端を通る測線iにおける縦断形を示す。3時期の測量結果が示されているが、いずれの時期の縦断形もほぼ重なりを示し、前浜から谷頭の-10mまでは1/8勾配であるが、-10m～-20mでは1/5、さらに-20m以深では1/2.5と非常に急勾配となる。トレーサの拡散状況は、図-2に示す前浜から-16mまでの海底斜面上で調べた。

図-3は、森戸川河口周辺の10測線（a, d, g, h, i, j, k, l, m, n）における d_{50} の水深方向分布を示す。-3m以浅では d_{50} が最大20mmの礫が集中的に堆積しているが、-3mから-10mまで水深とともに減少し、-10mでは d_{50} は1mm以下の砂になる。このように粒径は水深方向に大きく変化しているため、トレーサの粒径については、-10m以深の堆積土砂の下限値に近い粒径0.2mmの細砂、-3m以浅の水深帯の平均的な粒径として10mmの礫、そしてこれらの中間的な粒径2mmの砂を選び、粒径ごとの応答特性の違いを調べた。

トレーサの投入地点は、森戸川河口を中心として、その西側の西湘PA前、森戸川河口の東850mに位置する国府津海岸の3箇所である。トレーサは、蛍光砂と粒径ごとに色を変えたカラーサンドとし、西湘PAと国府津海岸では2008年11月6日に、森戸川河口では11月7日に投入した。投入量は各粒径とも1m³である。なお蛍光砂とカラーサンドを一括してカラーサンドと呼ぶ。図-4には森戸川河口と国府津海岸におけるカラーサンドの投入状況を示す。カラーサンドはいずれの場所でも重機を用いて投入したが、森戸川河口では河川流中に試料を吊りおろし直接投入した（図-4(a)）。一方西湘PAと国府津海岸では汀線に投入した。図-4(b)は国府津海岸における投入直後の状況を示す。

観測は、海底面では船上よりダイバー採取を行った。また前浜上では直接採取した。水深方向にセットした8測線

1	神奈川県県土整備部砂防海岸課技幹
2	神奈川県県土整備部砂防海岸課主任技師
3	神奈川県藤沢土木事務所河川砂防第一課長
4	神奈川県相模原土木事務所道路都市課主査
5 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建築工学科
6 正会員	工修 (財)土木研究センターなぎさ総合研究室主任研究員

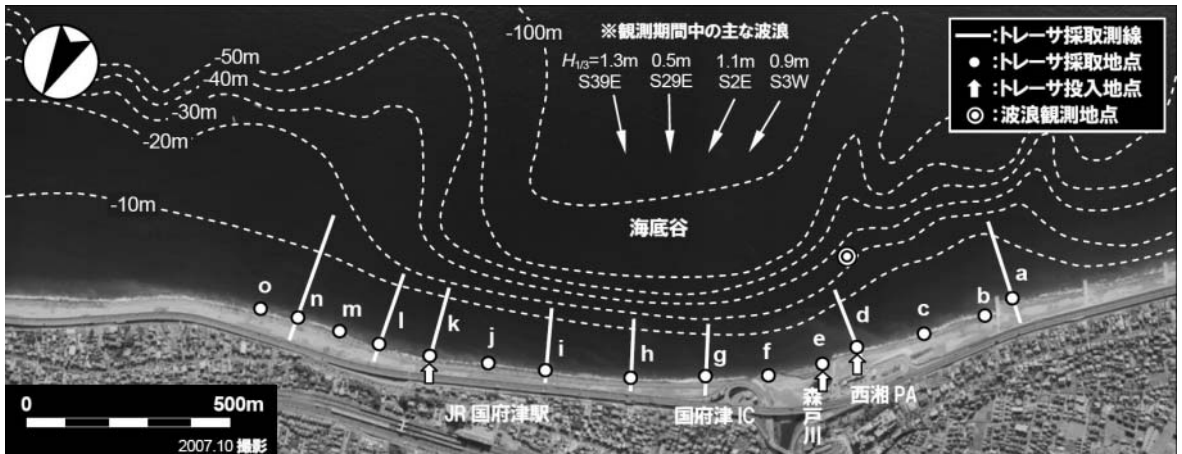


図-1 海底谷の形状，トレーサ観測の測線（a～o），トレーサ投入地点，波浪観測地点

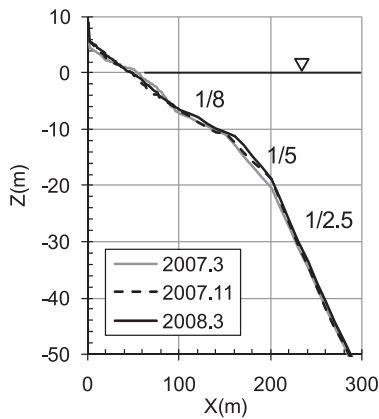


図-2 海底谷の東端を通る測線iにおける縦断形

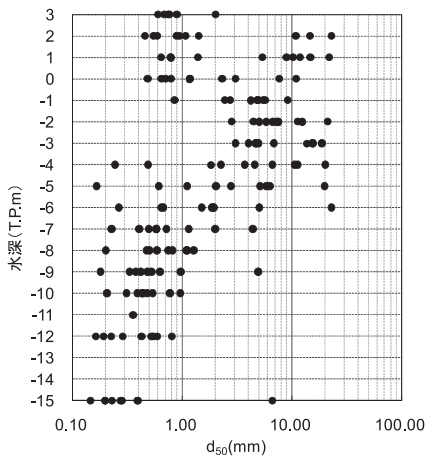


図-3 森戸川河口周辺の d_{50} の水深方向分布

(a, d, g, h, i, k, l, m) ではバーム，汀線～-10mまで1m間隔，-10～-16mまで2m間隔で採取した。このほかの7測線(b, c, e, f, j, m, o)では，汀線とバーム上で採取した。



(a) 森戸川河口



(b) 国府津海岸

図-4 森戸川河口と国府津海岸におけるカラーサンドの投入状況

3. 観測期間中の波浪条件

観測期間中の波浪条件を調べるために，図-1に示す測線dの沖合の水深23.5m地点に超音波式波高計を設置し，漂砂観測と合わせて2008年10月29日から11月25日まで観測を行い，有義波高・周期および波向の時間的変化を調べた。図-5には観測期間中の有義波高・周期および波

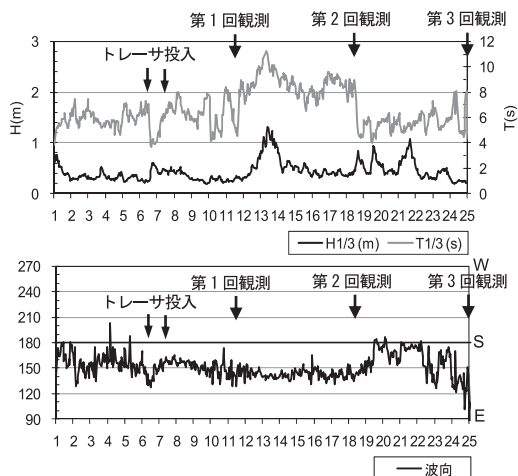


図-5 測期間中（2008年11月）の有義波高・周期および波向の変化

向の変化を示す。トレーサの投入は $H_{1/3}$ が0.5m程度と低い時期に行われた。投入後、1回目観測までは $H_{1/3}=0.5$ m以下の静穏な状態が続き、その間の波向はほぼ $S29^{\circ}E$ であった。2, 3回目観測の間では、11月13日に $H_{1/3}=1.3$ mの波が $S39^{\circ}E$ と、大きく東寄りに傾いた方向から入射した。その後2, 3回目観測の間では、11月19日と21日に $H_{1/3}$ がそれぞれ0.9m, 1.1mの波が $S3^{\circ}W$ および $S2^{\circ}E$ から入射し、1, 2回目観測時と比較して波向に大きな違いが出た(図-1参照)。

4. 観測結果

(1) 投入地点を変えた場合の粒径0.2mmのカラーサンドの拡散状況の違い

粒径0.2mmの細砂は波の作用で容易に移動することができる。3投入点のうち、森戸川河口に投入されたカラーサンドは、河川流により沖向きに運ばれた後波の作用を受けた。図-6は、11月7日に河口に投入されたカラーサンドの広がり状況を示す。1回目観測ではカラーサンドは東側の広い区域に広がると同時に、谷頭付近の測線g, iでは-16mまで砂が落ち込んでいる。この間の最大 $H_{1/3}$ は11月8日の0.5mであったことから、森戸川の流れによって沖向きに運ばれた細砂は、静穏波の条件であっても谷頭付近まで運ばれることが分かる。2回目観測では、カラーサンドは投入点の西側の、1回目観測ではカラーサンドの発見個数が少なかった測線aでも多くのカラーサンドが発見されると同時に、測線dでの発見個数が著しく増大した。図-5に示した波浪条件によれば、 $H_{1/3}=1.3$ mの高波浪が $S39^{\circ}E$ 方向から入射している。この波向は河口東側の測線hからkの平均海岸線に立てた法線に対し反時計回りに 20° の入射角となって、西向きの

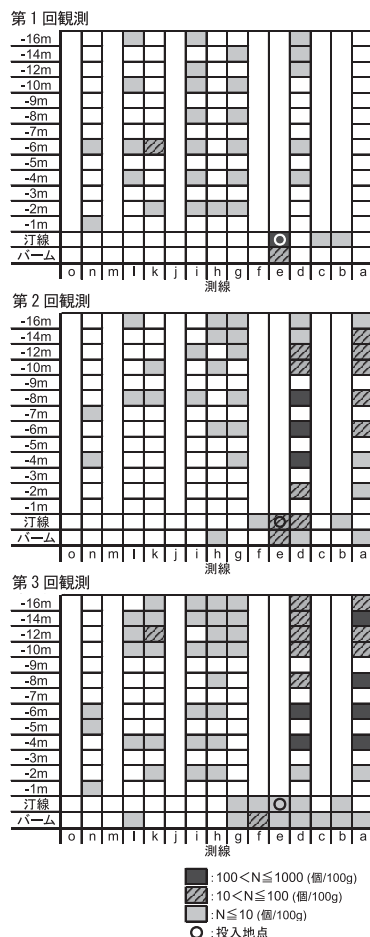


図-6 森戸川河口に投入した0.2mmのカラーサンドの拡散状況

沿岸漂砂を生じさせる。このため国府津海岸の測線k, lでは1回目観測と比較して2回目の発見個数が減少し、同時に測線d以西で発見個数が増加したと考えられる。3回目観測では、再び国府津海岸での発見個数が増加しているが、2, 3回目観測の間の期間では、11月19日と21日に、S方向から $H_{1/3}=1$ m程度の波が入射していることから、再び東向きの沿岸漂砂が生じ、これによって国府津海岸へもカラーサンドが運ばれたことが分かる。

森戸川河口の東850mに位置する国府津海岸に投入した粒径0.2mmのカラーサンドの広がり状況を図-7に示す。この地点での観測結果は、森戸川河口に投入した粒径0.2mmのカラーサンドの広がりりと調和した結果が観測された。1回目観測では既に-20m付近まで拡散しつつ広がったが、カラーサンドの拡散域は森戸川河口以東に限られている。しかし2回目観測では東寄りの入射波により西向きの沿岸漂砂が発達した結果、森戸川河口の西側へも運ばれた。しかし3回目観測では再び東向きの沿岸漂砂が発達したため、森戸川河口以西ではほとんど見ら

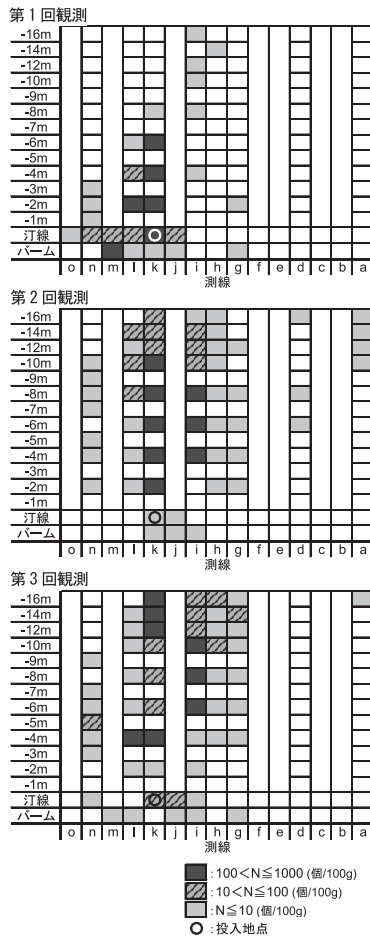


図-7 国府津海岸に投入した0.2mmのカラーサンドの拡散状況

れなくなった。

森戸川河口の西200mに位置する西湖PAの汀線に投入した0.2mmのカラーサンドの拡散状況を図-8に示す。1回目観測では、森戸川河口および国府津海岸の場合と比較して岸沖・沿岸方向の広がりは弱く、海底谷の谷頭付近の-20mではほとんど発見されていない。カラーサンドの投入から1回目観測の間の期間では、入射波の最大 $H_{1/3}$ は0.5mと低く、かつ波向がほぼ $S29^{\circ}E$ であって、投入地点付近の海岸線への法線($S30^{\circ}E$)と一致する。このため他の2地点と異なり、投入点付近にカラーサンドの大半が留まったと考えられる。一方、高波浪と同時に西向きの漂砂の作用を受けた2回目観測では、1回目観測ではカラーサンドが全く発見されなかった、投入点西側の測線aで大量に発見され、また全域で谷頭の-20m付近まで急速な拡散が起きた。3回目観測では、1、2回目観測と比較して、東側への砂移動が著しい。以上のように粒径0.2mmのカラーサンドは、投入後静穏波の条件であって

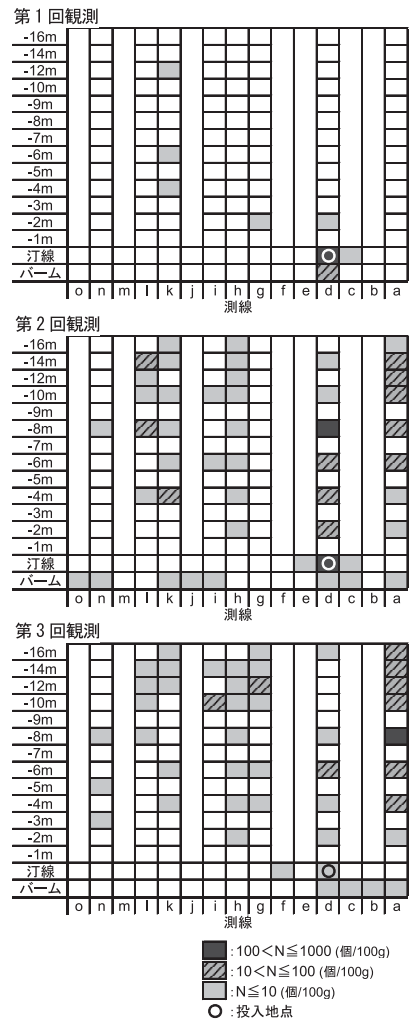


図-8 西湖PAの汀線に投入した0.2mmのカラーサンドの拡散状況

も-20m付近まで急速に拡散すること、また沿岸漂砂の方向の変化にあわせて、当初は西向きに、その後は東向きに運ばれたことが分かる。また森戸川河口沖の海底谷の谷頭付近では酒匂川起源の土砂が沿岸漂砂によって東向きにのみ運ばれる条件にはなく、波向変動と対応して西向き・東向きと向きを変えていることが明らかになった。

(2) 粒径2, 10mmと粒径0.2mmのカラーサンドの拡散状況の違い

粒径2mmのカラーサンドは、粒径0.2mmのカラーサンドと比較して移動速度は大きく低下する。そこで粒径0.2mmのカラーサンドの広がり状況(図-6, 7, 8)のうち、3回目の観測結果を比較対象として選び、これに相当する粒径2mmのカラーサンドの広がり状況を、森戸川河口、国府津海岸および西湖PAごとに図-9に示す。いずれの場所でも粒径2mmのカラーサンドは投入点周辺の



図-9 粒径2mmのカラーサンドの広がり状況(3回目の観測結果)

汀線に留まり、沖合への移動は全く生じていない。これより粒径2mmの砂は粒径0.2mmの砂と比較して安定性が高らかに高く、高波浪の作用を受けても汀線付近に留まることが明らかである。同様に粒径10mmのカラーサンドは2mmの礫よりもさらに移動量が減少し、観測期間中は投入地点の汀線付近に留まった。

以上の観測結果より、粒径0.2mmの細砂と比較して2mmの砂では沖向きおよび沿岸方向両方向とも移動が不活発となり、さらに粒径10mmの礫では最大有義波高が1.3mの条件では移動しないことが明らかになった。このように砂礫の移動状況は粒径に依存して大きく異なる。

5. まとめ

図-3に示したように、森戸川河口周辺の d_{50} の水深方向分布によれば、 d_{50} は-3m以浅では最大の d_{50} が20mmに至る礫が集中的に堆積しているが、-3mから-10mまで水深

とともに減少し、-10mでは d_{50} は1mm以下の砂になる。

また、図-6, 7, 8によれば、粒径0.2mmの砂は、いずれも観測回数の増加とともに水深の大きな区域への移動が顕著であり、沖向きの流出が起きていることが分かる。これに対して粒径2mmの砂は-3m以浅の区域にのみ発見され、観測回数が増加しても沖合への移動は見られない。これらより、もっぱら礫で構成された海底勾配1/8の海岸の汀線付近に投入された粒径0.2mmの砂は容易に安定性を失って海底谷へと落ち込み得ることが分かる。これは粒径0.2mmの砂の持つ平衡勾配が1/40程度と1/8より著しく小さく、このため粒径0.2mmの砂は急斜面上に留まることができなかったためと考えられる。これに対し粒径2mmと10mmの砂礫の平衡勾配は、1/8以上の急勾配であるため汀線付近に留まることができ、沿岸漂砂の作用により東西に移動したと考えられる。このように海底勾配が急な海底谷の谷頭付近では、粒径に応じて砂の移動形態が大きく異なると考えられる。

過去に国府津海岸では養浜が行われたが、本研究の結果によれば、投入土砂のうち粒径が0.2mm程度の砂は海底谷の谷頭付近を波向に依存して東西に移動する際、海底谷へと運ばれ沖合へ流出したと考えられる。したがって国府津海岸の侵食対策として細砂を用いた養浜では効果がほとんどなく、養浜を行う場合には礫を主とする粗粒材を選ぶ必要がある。また海底谷の谷頭付近では、静穏波の条件であっても粒径0.2mmの砂が急速に拡散したことから、酒匂川河口から供給され、東向きの沿岸漂砂により運ばれる土砂のうち細粒分は谷頭で強い分級作用を受け、東側への移動がかなり困難と推定される。

なお、宇多ら(2009)は、2007年台風9号による西湘バイパスの被災機構に関連し、初期に平衡勾配1/8であった海浜に高波浪が作用した結果、平衡勾配が沖浜の勾配1/30にまで減少したと仮定して海浜変形予測を行った。この結果、実測の縦断形変化や汀線変化がうまく説明できることを明らかにした。本研究でのカラーサンドを用いた漂砂観測では、台風9号時ほど高エネルギーの波は作用していないので礫の平衡勾配は通常時と変わらなかったが、台風9号時には上記海浜変形予測計算と同様な仮定が可能とすれば、礫も含む海浜の砂の平衡勾配が緩くなった結果、海底谷の1/8の急斜面上では安定できず、結果として海底谷に落ち込んだと推定される。

謝辞：現地観測では(株)アイエヌエーの協力を得た。ここに謝意を表します。

参考文献

宇多高明・丸山将吾・高野弘之・芹沢真澄・三波俊郎・石川仁憲・宮原志帆(2009): T0709号時の高波浪による西湘海岸の急変形の再現計算, 海岸工学論文集, 第56巻。