宮崎海岸の土砂移動の実態

The Analysis of Sediment Transport of Miyazaki Coast by the Sand Tracer Experiment

杉山光徳¹・門田 仁²・堀口敬洋³・八木裕子⁴・永田千広⁵・高木利光⁶

Mitsunori SUGIYAMA, Hitoshi KADOTA, Takahiro HORIGUCHI, Hiroko YAGI
Chihiro NAGATA and Toshimitsu TAKAGI

The purpose of this study is to analyze the sediment transport of Miyazaki Coast, especially the dominant longshore direction of sand transport, from the results of recent 3 years sand tracer experiment and of the analysis of currents observed by camera systems during the experiment. The dominant direction obtained by accumulation of longshore sediment transport rate estimated by equation of Kraus et al.(1982), which is based on the breaking wave height and nearshore currents, agrees with the direction of motion of the tracer. In addition, it becomes clear that there is a high correlation between the distance of tracer movement and the longshore sediment transport rate. It is also obvious that sediment transport to south is predominant in the experiment period.

1. はじめに

日向灘に面する、小丸川から大淀川に至る約30kmのほぼ直線状の砂礫海岸には、小丸川、一ツ瀬川、大淀川が流入するとともに、一ツ瀬川導流堤、宮崎港などの構造物も存在する(図-1)。近年、この一連の海岸のうち、一ツ瀬川よりも南側に位置する海岸で侵食が顕在化しており、2008年4月から一ツ瀬川～大淀川間の港湾・漁港・河川区域を除く約6.9kmの海岸が宮崎海岸として新規直轄化され、漂砂制御施設に極力頼らない土砂管理を主体とした海岸侵食対策に取り組んでいるところである。

養浜を含む土砂管理を主体として効果的・効率的に海岸侵食対策を着実に進めるためには、土砂移動(漂砂)の実態を解明する必要がある。宮崎海岸では、これまでに漂砂の動態解明のためのトレーサー調査を実施しているものの、2006年8月25日～10月25日と短期間の調査(藤原ら, 2007)であった。そこで、本調査は2006年1月～2008年11月の約3年間に渡るトレーサー調査およびその期間の波浪・流況解析結果から、通年の漂砂の実態、特に沿岸漂砂の方向について検討したものである。

2. 漂砂調査の実施概要

(1) トレーサー調査

宮崎海岸では、2006年1月～2007年9月までの間に投入場所・時期が異なる計6種類のトレーサーを計4箇所

に投入している(図-1)。具体的には、粒径0.2～2mmの着色砂を用いて、2006年1月19日に2箇所(赤色、淡い青色)、その6ヶ月後の2006年8月25日に1月と同じ2箇所に色の異なる着色砂(青色、緑色)を投入しており、さらにその約1年後の2007年7月13日に1箇所(黄色)、その2ヶ月後の2007年9月11日に1箇所(赤色蛍光砂)投入している。トレーサーの投入量はいずれの地点も2m³であり、汀線付近に投入しているため、投入直後から遡上する波が作用している。なお、黄色トレーサーは、2006年12月～2007年3月にかけて後浜部に盛土形状で約2.6万m³の養浜が実施された箇所の沿岸方向ほぼ中央部の養浜法肩部に、2007年2月27日に埋設したものであるが、それから約4ヶ月後のT0704号来襲時に養浜材とともに海域に流出が確認されたため投入時期を2007年7月13日としている。

トレーサー投入後の移動状況を把握するために、2006年10月25日、2008年1月15～16日、2008年11月17～20日に、一ツ瀬川河口近傍から宮崎港に至るバーム頂部(通常の波の遡上端近傍)で底質採取を実施し、採取した試料に含まれているトレーサーを検出した。なお、2006年10月および2008年11月調査時には海中部の底質も採取し、トレーサーを検出している。

(2) 波浪観測

トレーサー調査期間中の来襲波浪の観測は、宮崎港防波堤沖水深約15m(図-1)において、宮崎県により超音波式波高計および電磁流速計を用いて実施されている。その観測データを解析し、トレーサー調査期間中の波浪特性を把握した。

(3) 定点固定カメラによる流況観測

宮崎海岸では2006年1月以降、一ツ瀬川左岸(A)、大炊田海岸(B)、石崎浜海岸(C)および一ツ葉有料PA

1	国土交通省九州地方整備局宮崎河川国道事務所河川管理課長、前海岸課長
2	国土交通省九州地方整備局宮崎河川国道事務所海岸課海岸係長
3 正会員	株式会社アイ・エヌ・エー海岸部
4 修(工)	株式会社アイ・エヌ・エー海岸部
5 修(工)	株式会社アイ・エヌ・エー海岸部
6 フェロー	株式会社アイ・エヌ・エー海岸部長

図-1 調査位置図

(D) の代表4地点で定点固定カメラ観測を実施している。観測は、毎日7～18時の毎正時前後5分間（10分/時間）に0.5s間隔で実施し、1回の観測で計1200枚のjpeg画像（640×480ピクセル）を取得している。トレーサー調査期間中の流況として、この取得画像を解析し碎波帯内の沿岸流速を求めた。なお、解析方法は、藤原ら（2007）と同様の方法とした。

3. トレーサー調査の結果

(1) 2006年10月調査

2006年10月のトレーサー調査結果によると、2006年1月および8月に大炊田海岸（図-2（a））および石崎浜海岸（図-2（b））に投入したトレーサーは、いずれも投入地点より南側において多く検出された。

(2) 2008年1月調査

2008年1月のトレーサー調査結果（図-3）によると、石崎浜海岸の養浜地点に2007年7月に投入したトレーサーは、投入地点近傍およびそれより北側で確認された。これに対し、トレーサー投入から1年以上経過しているものは、投入地点より南側において多く検出された。

図-2 2006年10月トレーサー調査結果

(3) 2008年11月調査

2008年11月のトレーサー調査結果（図-4）によると、2006年1月に2箇所に投入したトレーサーについては投入位置から北に移動したものもあるが、南側に多く検出されている。それ以降4箇所に投入されたトレーサーは投入箇所近傍以外の北側では検出されず、すべて南側で検出された。

図-3 2008年1月トレーサー調査結果

図-4 2008年11月トレーサー調査結果

4. 波浪・流況観測の結果

(1) 波浪観測

2006年1月～2008年12月の宮崎港防波堤沖の波浪観測データを用いた波向別の波浪エネルギーフラックス比の算定結果を図-5に示す。この結果によると、期間中に観測された波浪の波向は、 82° をピークに $70^\circ \sim 96^\circ$ の範囲に集中している。海岸線（海岸線に対する代表的な直角方向

図-5 宮崎港防波堤沖の波向別エネルギーフラックス比

向： 105° ）に対して左手（北寄り）からの入射となるため、南向きの波浪エネルギーフラックスが卓越していたと推定される。

(2) 定点固定カメラによる流況観測

2006年1月～2008年12月の3年間における日・月平均沿岸流速の経時変化を図-6に示す。なお、図中上部には、宮崎港防波堤沖で観測された日最大有義波、日平均波浪エネルギーフラックスの沿岸方向成分およびトレーサー調査の実施状況を併せて示している。この結果によると、A～Dの各観測地点での日平均沿岸流速は、いずれの地点においても期間を通して概ね $\pm 1\text{m/s}$ （北向きが+）の範囲であり、藤原ら（2007）の結果と同様であった。一方、月平均流速でみると、2006年7月、2007年5～8月には北向きの沿岸流が卓越している時期もあるが、観測期間中は概ね南向きの流れが卓越している結果となった。

次に、トレーサー調査期間中、唯一北向きの移動が確認された黄色トレーサー（図-3）投入前後の2007年7月12～15日の外力状況を図-7に示す。この結果によると、この期間にはT0704による高波浪（期間最大 $H_{1/3} = 6.45\text{m}$, $T_{1/3} = 11.2\text{s}$ ）が来襲しており、その時の波向は期間を通して南寄り、流れは北向きであったことがわかる。

図-6 2006年1月～2008年12月の波浪・流況

図-7 T0704号時の波浪流況

5. 漂砂調査による土砂移動の実態

2006年10月, 2008年1月, 2008年11月の計3回の採取時における各トレーサーの平均移動距離(+:北, -:南方向)と, 各トレーサー投入から採取までの期間中の波浪エネルギーフラックスの沿岸方向成分および沿岸流速の期間平均値の関係を図-8(a)および図-8(b)に示す. この結果によると, トレーサーの移動方向と波浪エネルギーフラックスの沿岸方向成分および沿岸流速の期間平均値の方向の関係は, 黄色トレーサーが北向きに移動した期間を除き一致しており, 藤原ら(2007)の結果と同様であった. しかしながら, 黄色トレーサーが北向きに移動した期間中は, 波・流れとも黄色トレーサーの移動方向とは逆の南向きとなり, 両者は必ずしも一致しないという結果となった.

そこで, 宮崎海岸では, 宮崎港における波浪とカメラ観測による沿岸流速 V が同時期に観測されていることから, それらから沿岸漂砂量を算出し, トレーサーとの移動方向の関係を調べた. 沿岸漂砂量は, Krausら(1982)の式(1)により算出を試みた.

$$Q = 0.024 H_B^2 V \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに, Q : 沿岸漂砂量 (m^3/s), H_B : 碎波波高 (m), V : 沿岸流速 (m/s) である. なお, V はカメラ観測による沿岸流速を用いており, H_B はSunamura(1983)の式(2)により算定した.

$$\frac{H_B}{H_O} = (\tan \beta)^{0.2} \left(\frac{H_O}{L_O} \right)^{-0.25} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに, H_B : 碎波波高 (m), H_O : 沖波波高 (m), $\tan \beta$: 海底勾配 (宮崎海岸の碎波帯内の平均的な海底勾

配 1/50), L_O : 沖波波長 ($= 1.56 T^2$) である. なお, H_O および T は, ここでは宮崎港防波堤沖で観測された有義波を用いた.

トレーサーの平均移動距離と沿岸漂砂量の関係を図-8(c)に示す. 沿岸漂砂量は各期間中の累計値である. この結果によると, 黄色トレーサーが北向きに移動した期間も含めて, トレーサーの移動方向と沿岸漂砂量(累計値)の方向がいずれも一致する結果が得られた. 黄色トレーサーが北向きに移動した期間の沿岸漂砂量の累計値が北向きとなったことは, 図-7に示すように高波浪時の北向き沿岸流速が発生した結果, 北向き沿岸漂砂量が増

図-8 トレーサーの移動方向と外力の関係

大したものと考えられる。さらに、この図から累計した沿岸漂砂量とトレーサーの平均移動距離との相関も高く、波・流れ両方の作用により底質（土砂）の移動しやすさが決まることがわかる。

カメラ観測期間中の沿岸漂砂量の変化を図-9に示す。この結果によると、沿岸漂砂の卓越方向は年間を通して総じて南向きであることが確認された。また、沿岸漂砂量としては、A、B、C地点と北から南に向けて徐々に強まるが、D地点では弱まる傾向が見られる。

以上の漂砂調査結果から、トレーサー移動方向と沿岸漂砂量の方向が一致し、2006年1月～2008年12月までの3年間の年間を通した漂砂移動は、南向きが卓越していたことが推定された。また、沿岸流および推定した沿岸漂砂量は、北は一つ瀬川河口、南は一つ葉有料PAの区間において、方向性は南方向であるものの、宮崎港に近いD地点では弱まる傾向が見られた。

6. 結論

2006年1月以降に投入したトレーサーを3年間に渡り追跡調査した結果、2007年7月の台風時期に投入したトレーサーは、台風を経験した2008年1月採取時には投入地点より北側で検出された。また、2008年11月の調査結果によると、投入位置から南側に多く検出された。

漂砂の外力である波と流れについて解析した結果、調査期間中の波浪の波向は海岸線に対して北寄りからの入射が卓越しており、南向きの波浪エネルギーフラックスが卓越していた。

カメラ画像から求めた月平均の沿岸流解析結果によると、台風時期に北方向の流れも発生するものの、年間を通して概ね南方向に流れていることがわかった。

さらに、波と流れの観測値を用いて、Krausら（1982）の式により沿岸漂砂量を試算した結果、トレーサーの移動方向と沿岸漂砂量（累計値）の方向、さらにはトレーサーの平均移動距離と沿岸漂砂量の累計値との相関が高いことが示された。

以上の漂砂調査結果から、北は一つ瀬川河口、南は一つ葉有料PAの区間における2006年1月～2008年12月までの3年間の年間を通した漂砂移動は、南向きが卓越して

図-9 沿岸漂砂量の変化

いたことが推定された。また、沿岸流および推定した沿岸漂砂量は、北は一つ瀬川河口、南は一つ葉有料PAの区間において、方向性は南方向であるものの、宮崎港に近いD地点（一つ葉有料PA）では弱まる傾向が見られた。

謝辞：本研究で使用した宮崎港防波堤沖の波浪データは宮崎県宮崎土木事務所より提供いただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 藤原 要・的場孝文・熊谷隆則・藤田裕士・堀口敬洋・佐々木崇雄・高木利光（2007）：カメラ観測システムを用いた宮崎海岸の土砂移動機構調査，第54回海工論文集，pp.671-675.
- Kraus, N.C., M. Isobe, H. Igarashi, T. Sasaki and K. Horikawa (1982): Field experiments on longshore sand transport in the nearshore zone, Proc. 18th Coastal Eng. Conf., ASCE, pp.969-988.
- Sunamura, T.(1983): Determination of breaker height and depth in the field, Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, No.8, pp.53-54.