

駿河海岸における漂砂系土砂収支モデルの構築

A STUDY OF SEDIMENT BUDGET MODEL FOR SURUGA COAST

倉田貴文*・大場慶夫**・桜庭雅明***・稲垣青生*

Yoshifumi KURATA, Yoshio Ooba, Masaaki SAKURABA and Seishou INAGAKI

This paper presents the investigation results for sediment control in the Suruga coastal area. Field investigations including echo sounder coast survey and wave height observations were done to find the characteristics of the sediment transport in the area. In order to investigate wave distributions, currents, and sediment transport, two-dimensional numerical simulations were carried out.

Based on these results, the sediment budget model for the Suruga coast is obtained and suggestions for the administration of a sediment transport control are presented.

Key Words : *Suruga coast, sediment transport, sand and gravel*

1. 調査の目的

駿河海岸(焼津、大井川、川尻、住吉、榛原工区)では、昭和40年代以降の大井川供給土砂の減少による海岸侵食が進行している。特に大井川左岸域において顕著であり、現在では和田鼻地先付近まで侵食波が到達し、その沖の海底谷に多くの沿岸漂砂が流失していると考えられている。また、この海岸侵食の影響で、大井川左岸藤守川～栃山川間の区間において、高波浪来襲時における越波浸水被害が近年頻発し、緊急養浜等の対策工が検討されている。

以上のような大井川左岸域の侵食対策ならびに越波浸水被害の抜本的な対策を目的として、海底谷流失土砂を捕捉し、漂砂上手側にリサイクルするための大規模捕砂突堤の設置が計画され、それを受けて、試験突堤が和田鼻地先の海底谷上手側(No.12 付近、図-6 参照)に設置された。その後、試験突堤周辺の海浜変形に対するモニタリングが継続的に実施されてきたが、有効な捕砂機能は認められず、試験突堤の必要性や、当海岸の漂砂移動機構に関する再検討が必要となるなど、抜本的な見直しが急務となった。

以上の経緯より、平成8年度から大井川左岸域での侵食対策を目的として、試験突堤周辺部における局所的な漂砂機構と、左岸全域に対する広域的な漂砂機構に関する調査検討が行われた。これらの調査により、試験突堤の海岸侵食に対する影響評価が行われ、当該地域における特徴的な漂砂特性(砂礫分離

型海浜変形、複雑な外力場の特性等)が把握された¹⁾。

平成11年度においては、試験突堤周辺海浜に対するモニタリングが継続される一方、駿河海岸全域にわたる漂砂移動特性の把握と、その管理手法を計画・立案することを目的とした広域的な調査解析が行われ、大井川流出土砂量の把握および左右岸での土砂収支・漂砂移動特性について調査検討が実施された。

本報告は、既往検討を踏襲して昨年度に実施された、試験突堤周辺および駿河海岸全域に対するモニタリング調査結果と、駿河海岸全域にわたる広域的な土砂収支モデルの構築手法、ならびにそれを基に策定された、早急な侵食対策を目的とした漂砂管理計画(応急土砂管理計画)、および長期的な海浜の復元を目的とした漂砂管理計画(長期土砂管理計画)の概要を示すものである。

なお、本検討の内容は、平成12年度に国土交通省中部地方整備局静岡河川工事事務所から発注された、「駿河海岸漂砂管理計画検討業務」において検討されたものである。

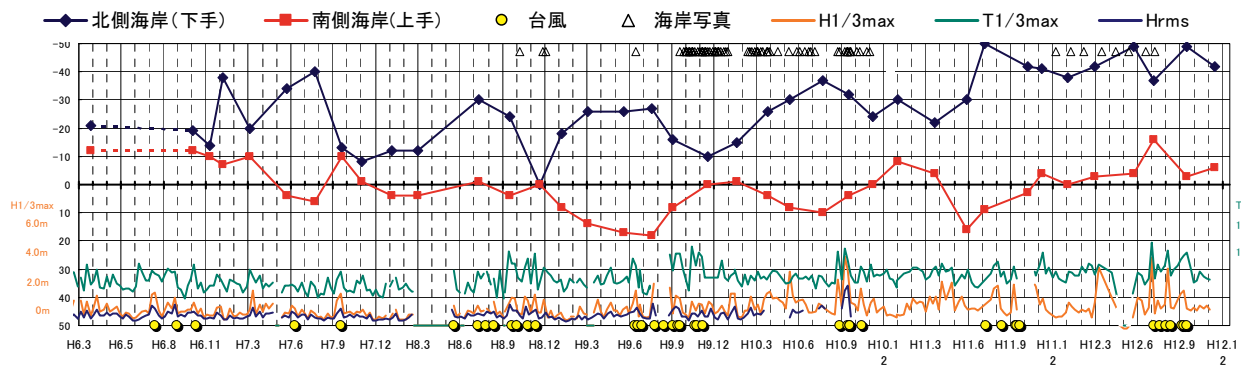
2. モニタリング調査の概要

平成12年度調査検討では、平成11年度調査に引き続き、①表層音波探査による砂・礫別変動特性の把握と、②空中写真による海岸変動状況の観察を行った。以下に本年度調査により明らかとなった事項を示す。

* 首都圏事業部 河川・水工部
** 首都圏事業部 交通・運輸部
*** 首都圏事業部 統合情報技術部



図一 試験突堤周辺写真(上図:平成11年1月、下図:平成12年9月)



図二 試験突堤周辺における汀線変化状況

(1) 表層音波探査による砂・礫別変動特性の把握

駿河海岸では、砂・礫が混在して分布する構造となっており、波浪の影響により鉛直方向に互層構造となっていることが既往検討において確認されている。本検討では、季別変化による砂・礫の堆積構造と変動特性を把握するために、表層音波探査による調査を実施した。なお、調査は、①定期深浅測量成果を利用した調査結果検討、②高波浪来襲後の現地調査の二ケースについて実施した。

1) 定期深浅測量成果を利用した音波探査

当海岸において年一回実施されている、定期深浅測量のデータを用いて、砂層、礫混じり砂層、砂礫層上面の層構造について解析し、堆積層断面図の作成および土量計算による変動特性の推定を行った。なお、本年度の定期深浅測量は、平成12年8月に当該海岸の測線 No.12～90(図-6 参照)の79測線で実施された。

2) 高波浪後の音波探査

定期深浅測量とは別途に、高波浪後の砂礫堆積構造の変化を確認することを目的として、平成12年11月に音波探査を実施した。前述の定期深浅測量結果と比較し、8～11月にかけて来襲した高波浪による地形変化特性を調査した。

なお、平成14年は7～8月に比較的大型の台風の接近をみたものの、その後は高波浪の来襲が比較的少ない年であった。

3) 調査結果

本年度の表層音波探査結果を以下に示す。

- ① 大井川より左岸域の海底谷上手(No.15 付近)では、砂層および礫混じり砂層が沖側へ前進する。
- ② 大井川河口部付近の左岸側では侵食傾向であり、砂層が無くなり、砂混じり礫が露出している。一方、右岸側では礫混じり砂層が浅海部で堆積し、沖側では砂層が堆積傾向にある。
- ③ 大井川より右岸域では、全体的に近年の変動が小さいが、砂層の分布が沖から岸方向へ移動する状況が見られた。

(2) 海岸変動状況の観察

試験突堤周辺では、上手側からの沿岸漂砂の減少と、高波浪時における局所的な沖向漂砂により、突堤下手側の侵食が目立つようになってきている。試験突堤周辺の海岸変動特性を、現地の目視確認と空中写真判読により調査した。空中写真の一例を図-1に示す。また、既往検討結果に本年度成果を加え、図-2に示す。検討結果より新たに考察される事項を以下に示す。

- ① 以前は高波浪時に回復していた突堤下手側の汀線は、平成9年以降回復が見られず、その汀線後退量は、-50m程度で安定している。これは、平成9年以降に何らかの理由により減少した沿岸漂砂量に対応した平衡断面に達しているものと考えられ

る。

- ② 試験突堤南側(漂砂上手側)には、平成 7 年以降、沖合に消波堤群が設置されている。このことから、試験突堤周辺への沿岸漂砂量の減少は、漂砂上手側への消波堤群の設置による沿岸漂砂の遮断が原因であると判断できる。
- ③ 突堤上手側の汀線に関しても、近年において有効な堆積が見られないことから、当位置において突堤による効率的な捕砂は行えない状況にあるものと判断できる。なお、捕砂量の向上には、沿岸漂砂量の回復(上手側保全施設の撤去等)が必要であると考えられる。
- ④ 試験突堤の機能に関しては、突堤周辺の土砂移動に関するデータが不足しているため、現時点での評価は困難である。今後も継続的なモニタリングによるデータの蓄積・検証を行い、沿岸漂砂量の岸沖分布等、試験突堤周辺の土砂移動機構を把握した上で、突堤の是非を議論する必要がある。

3. 検討成果概要

(1) 外力場特性検討

駿河海岸での侵食特性は、外力(波浪、流れ)と密接なかわりがあり、全域の外力分布を把握することは漂砂特性と土砂収支の検討に必要な情報となる。本検討では、全域の外力場を二次元の数値シミュレーションにより解析し、それぞれの外力分布を把握した。

1) 波高分布の計算

波高分布の算定は、既往検討において各手法で検討されている。本検討は、全域の波浪変形の過程をできるだけ精度良く検討することを目的として、全域の波浪場を非定常緩勾配方程式により算定した。解析結果の一部を図-3 に示す。

2) 流れ場の計算

流れ場では既往検討によると、沖合で強い流れが発生することが確認されている²⁾。この南向きの強い流れは、沖合での砂移動に影響するが、汀線付近での移動に比べて小さいものと見られる。本検討では、漂砂移動帯での支配的流れとなる海浜流場について駿河海岸全域で計算した。計算範囲と計算格子は波浪場の解析と同様のものを使用した。計算結果の一部(試験突堤周辺の波浪および流れ場)を図-3 に示す。試験突堤周辺では、特に下手側で侵食が顕著になっているが、この原因として、波浪の集中と、それに起因する循環流の発生が影響していることが計算結果より推察できる。

また、計算結果では、現地で確認されている越波箇所(藤森川～栃山川)付近での波浪の集中が目立ち、試験突堤背後の海底谷付近では波の収斂(波浪の集中)と発散(波浪の分散)が確認できた。また、試験突堤下手の波高の低下は、現地観測でも同様な結果が得られている。

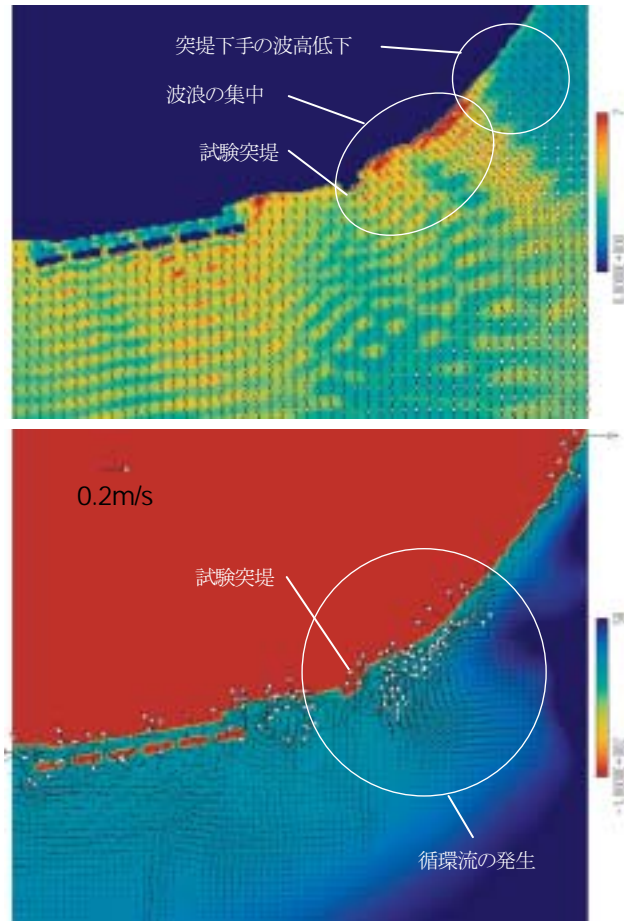


図-3 試験突堤周辺の外力場分布図
(上:波高分布、下:海浜流分布)

(2) 流出土砂量の検討

大井川の年間平均流出土砂量の算定は文献等³⁾に実例が示されているが、本検討では、近年の平均的な流出土砂量を把握することを目的として、以下の方法で流出土砂量を算定した。流量のデータは、流量年表により神座基準点における年間流量時系列が蓄積されている。この流量データを用いて、河口部における流出土砂量の平均的な値を算定した。算定は以下の手順により行った。

- ① 神座基準点流量を流域面積比により河口部での流量に換算する。
- ② 等流計算により、摩擦速度と流量の関係を算定し、流砂量公式(MPM 公式)により河口での流出土砂量を求める。
- ③ 流出土砂量の時系列を求め、数年間の平均的な年間流出土砂量を推定する。

流量年表より、平成元～10 年の流出土砂量変化と、平成 5 年の流出土砂量の時系列変化(流量と土砂量の関係)を図-4 に示す。

過去 10 年の平均的な年間流出土砂量を算定すると、当時の流量規模により結果にばらつきがあるが、平均して約 50 万 m³/年程度であることが推定される。

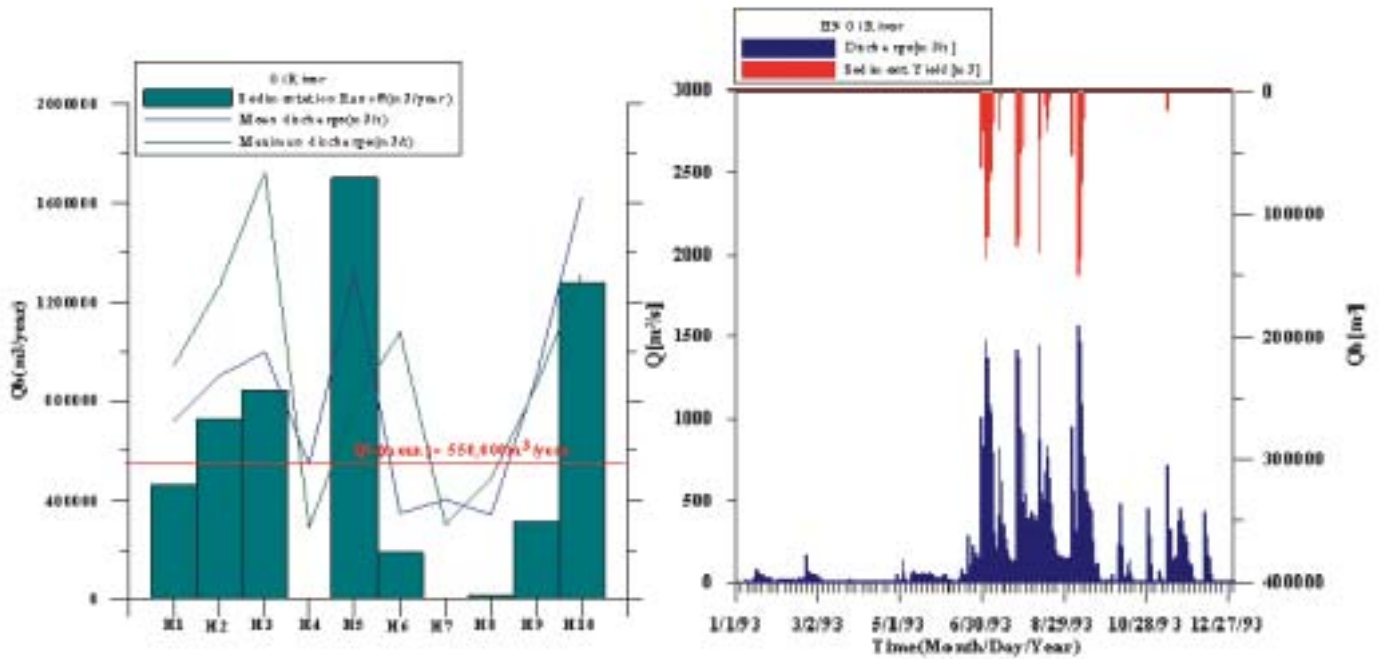


図-4 年間流出土砂量の算定結果
(左:各年土砂量、右:平成5年の流出量)

なお、大井川の河道条件と洪水時(平成 10、12 年出水)におけるハイドログラフを条件として、フラッシュシミュレーションについても検証しているが、この結果(図-5 参照)より得られた流出土砂量もほぼ平均的に 40~100 万 m³ 程度となっている。この結果を含めると、当該河川における流出土砂量は、年間数回発生する出水によるものが支配的になるものと考えられる。

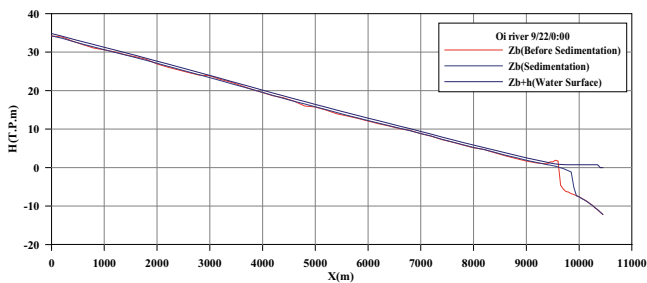


図-5 一次元フラッシュ解析結果
(平成 12 年出水ハイドロ通過前後縦断面図)

(3) 海浜特性の検討

駿河海岸では、深浅測量が 30 年以上実施されており、このデータを利用することにより海岸の変動状況を検討することが可能になる。また、海岸保全施設の変遷と照合することにより、施設の設置による海浜変形への影響を把握することが可能になる。過去の土砂移動と施設効果の影響を把握するために以下に示す検討を行った。

1) 地形変化特性の検討

昭和 40 年~平成 12 年の深浅測量データより、駿河海岸における地形変化を代表するパラメータの代表値として、等深線変化

と土量変化について整理した。土量変化は右岸域、左岸域および河口部に分割し、各海域における水深 10m 以浅の土量変化を、昭和 40 年を基準として整理した。また、海浜変形のトレンドを把握するために、地形変化解析(トレンド解析⁴⁾、経験的固有関数法⁵⁾を行った。トレンド解析法による結果の一例を図-6 に示す。

図中赤色が、海床が低下傾向でありトレンドがマイナスとなる箇所(侵食域)を示し、青色が海床が上昇し、トレンドがプラスとなる箇所(堆積域)を示す。左右岸において変動傾向が異なることから、左右岸において異なる土砂移動機構を示すものと推定できる。検討結果に対する考察を以下に示す。

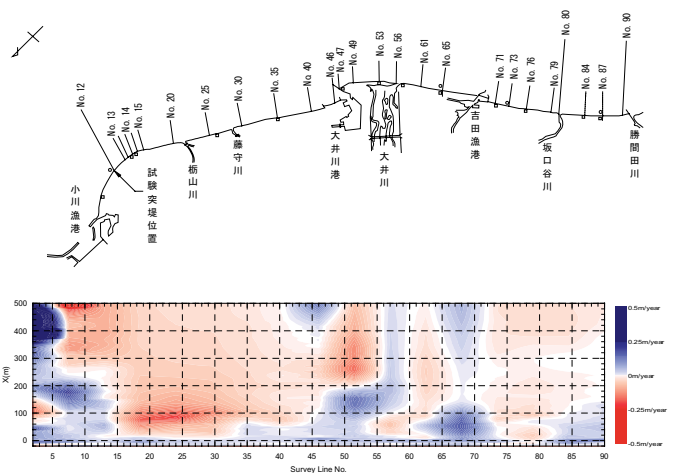


図-6 トrend解析結果(昭和40年~平成11年)

- ① 左岸域では全域的に大きな侵食を受けており、特に **No.15～30** の汀線(図-6 の $X=100m$)付近における侵食が著しい。一方、下手側の **No.5～10** の沖部(海底谷付近)において堆積傾向となっていることから、上手側において侵食された土砂が沿岸漂砂となり、下手側に堆積している機構が推定できる。
- ② 右岸域では、河口および吉田漁港防波堤上手側に堆積域が確認できる。堆積域は沖へと伸びていることから、岸沖漂砂により沖への土砂流出が発生している可能性が高いと考えられる。
- ③ 河口部においては、岸寄りでは堆積、沖側で侵食となっており、原因としては河川流出土砂の粗粒化が考えられる。右岸側に堆積傾向が強く、河川流出土砂は右岸側に供給されている可能性が高い。

以上より推定される土砂移動機構を図-7 に示す。

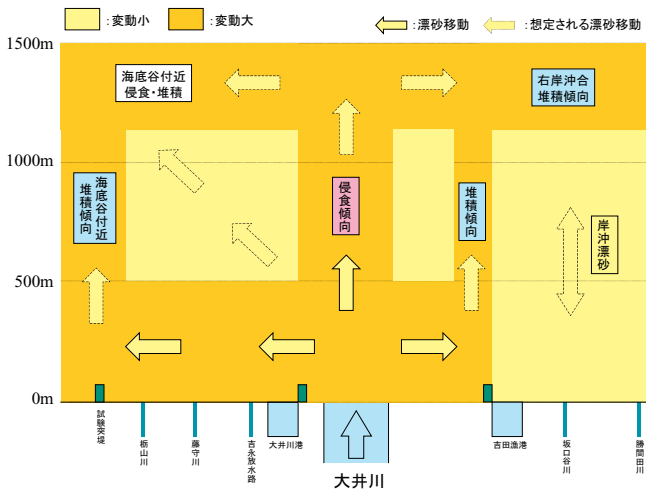


図-7 土砂移動機構模式図

2) 施設効果の影響検討

対象領域の施設効果を把握するために、海浜地形変化の傾向を勘案して沿岸方向に対して 11 ブロックの領域分割を行い、それぞれのブロックにおける施設効果特性を検討した。なお、施設効果の評価方法としては、①トレンド法により施設配置前における各ブロックの土量変化特性を把握、②施設が配置されなかった場合の地形を予測する、③施設配置後における実測地形と予測地形の差(差分土量)を施設配置の効果として判断した。図-8 に土量変化の一例を示す。

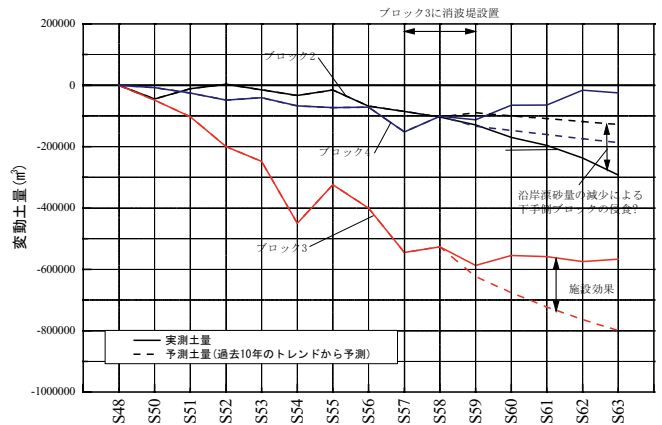


図-8 施設効果解析結果(ブロック3:昭和48～63年)

赤色がブロック3(藤森川～栃山川区間)における土量変化を示している。汀線付近に消波堤が設置された昭和59年以降、侵食は抑制され、土量は平衡状態となった。もし消波堤の施工が無ければ、侵食は破線のように進行していたものと予測できることから、この差分土量は施設効果として評価できる。なお、漂砂下手側のブロック2においては、上手側からの供給土砂の減少による土量の減少が確認できる。

以上の評価を、海岸保全施設の各形式に対して実施した。確認された効果を表-1 に示す。

表-1 海岸保全施設の評価結果

施設タイプ	施設効果	侵食抑制効果(堆積量)	
汀線消波堤	侵食量の最も大きい汀線付近への消波堤設置により、等深線の後退は抑制される。施設配置の効果は比較的明瞭に認められ、土量変化は減少傾向から平衡状態へと変化し、土砂流出を抑制する効果があると考えられる。積極的に土砂を堆積させる効果ではない。	3万 m ³ /Br.yr	35m ³ /m/yr
		4万 m ³ /Br.yr	40m ³ /m/yr
		5万 m ³ /Br.yr	25m ³ /m/yr
沖合消波堤(離岸堤)	沖合 100～150m、水深 5m 程度のところに設置。堤体裏に堆砂し、汀線も大きく前進するなど、積極的堆積効果が大きい。	4万 m ³ /Br.yr	50m ³ /m/yr
		5万 m ³ /Br.yr	60m ³ /m/yr
新型離岸堤	バイパス実施と同時期であり、効果は不明。	不明	不明

4. 漂砂管理計画(案)

(1) 土砂収支モデルの作成

漂砂管理を実施する上で、広域の土砂移動特性をできるだけ定量的に把握しておくことが必要であり、そのための広域的な土砂収支図の作成が望まれている。

土砂収支図とは、ある領域における漂砂移動量の分布を、地形変化量の分布から推定し、共に示した図のことである。

土砂収支の算定では、検討対象領域をいくつかの小領域に分割し、各領域の境界(側方、岸、沖)での土砂移動量を推定していくこととなる。前章において検討した、河川供給土砂量、外力場および地形変化特性に関する成果を踏まえ、土砂収支モデ

ルを作成した。作成手順は以下の通りである。

- ① 各ブロックの土量変動は深浅測量結果をもとに算定する。ブロックは、前述した 11 ブロックを陸上部(水深 0m より陸上)、浅海部(水深 0~5m)、沖部(水深 5~10m)に再分割した。
- ② 移動方向は外力場の結果を参考とする。
- ③ 土砂収支の境界条件は、大井川港防波堤先端、吉田漁港下手およびサンドバイパス量を固定条件として仮定する。
- ④ ブロック土量変動を考慮して境界条件より出発して収支計算を行う。

駿河海岸の近年(平成 4~12 年)における土砂収支図を図-9 に示す。駿河海岸における沿岸漂砂の移動方向は、外力分析結果から図のように推定された。大井川河口流出土砂は沿岸漂砂となって左右岸方向に移動し、河口沖、試験突堤沖海底谷および勝間田川沖へ流出する。

堆積ブロックは右岸側に多く確認できることから、河口流出土砂は主に右岸側に移動していると推定できる。一方、左岸側の浅海部以浅には安定ブロックが多く、近年の海岸保全施設設置による効果であると推定される。しかし、沖部のブロックは侵食傾向を示しており、何らかの対策が必要であると判断できる。

この結果を用いて、次に示す漂砂管理計画の立案を行う。

(2) 応急漂砂管理計画(案)

土砂収支モデルの結果を踏まえ、現在の状態を維持する(侵食を抑制する)ための漂砂管理計画の立案を行う。応急管理計画は、駿河海岸における災害からの防護を目的として、現在侵食が著しくかつ災害が懸念される箇所について重点的に行う。図-6 の結果より、大井川港防波堤下手および試験突堤下手において侵食が顕著となっている。これを暫定的に前進させ、越波災害や遡上浸水を軽減することを目的として、以下のような応急管理計画を先行させて行う。

- ① 大井川港南防波堤上手側に堆積した土砂および既往サンドバイパスによる浜部堆積分等を利用して、藤守川下手側へのサンドバイパスを実施する。サンドバイパス土量は、既往の実績に基づき 65,000m³/年を基本とする。
- ② 試験突堤下手の局所侵食の対策として突堤上手より、10,000m³/年程度のサンドバイパスを行う。
- ③ 吉田漁港下手側侵食対策として、上手側より 10,000m³/年程度のサンドバイパスを行う。
- ④ なお、上記①~③については、周辺構造物(有脚式離岸堤および試験突堤等)の設置効果と比較してモニタリングを行う必要がある。

(3) 長期漂砂管理計画

浜幅復元を目的として長期的な視点に立った漂砂管理計画は、防護目的を発展させて利用と環境の面を踏まえ立案する。長期的な目標として、海岸侵食が顕著になる前である約 30 年前の姿を想定する。長期対策には、応急対策に加えて以下の対策があげられる。

- ⑤ 河川供給土砂量の回復
対策案:ダム群からの供給、砂利採取の抑制 他
- ⑥ 沖合流出防止対策の実施
対策案:海底砂防ダム、捕砂潜堤の設置 他

なお、上記計画を実施する際には、常に土砂の移動状況をモニタリングする必要があり、今後検討する予定である。

5. 結論

本検討において、駿河海岸全域における土砂収支モデルを立案し、具体的な土砂管理方法を提示した。今後は、全域における土砂移動を随時モニタリングして、モデルに関する検証を行うことが必要と考えられる。

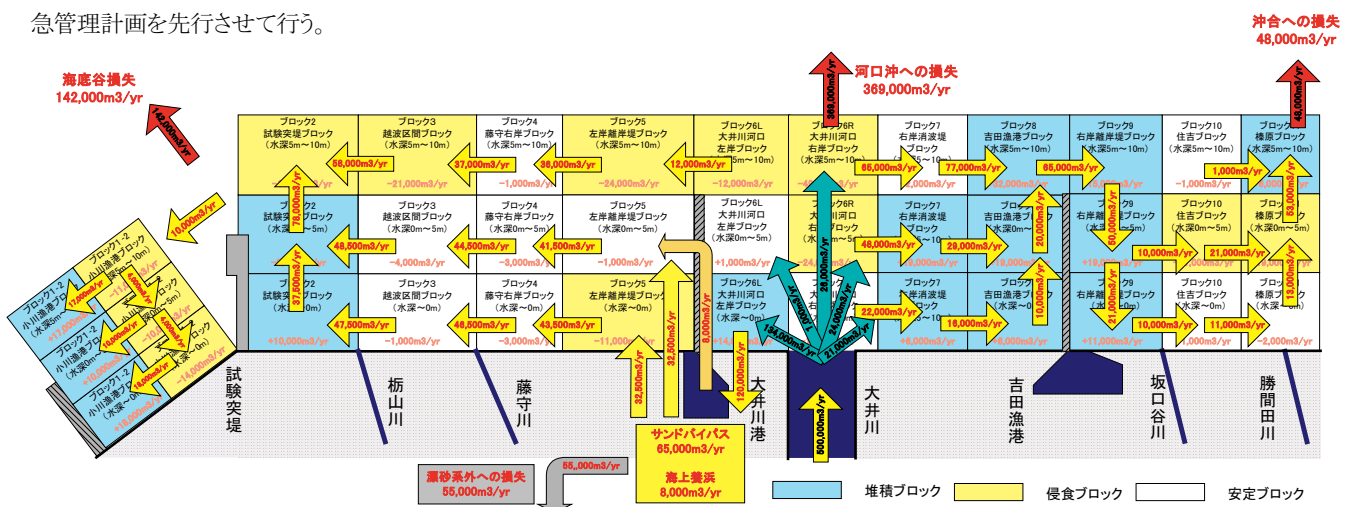


図-9 駿河海岸における土砂収支 (平成4~12年)

参考文献

- 1) 佐藤慎司、笠井雅広、河野龍男、諸田勇、加藤俊夫、桜庭雅明:駿河海岸和田鼻地先における砂礫の粒径別移動特性、海岸工学論文集、第 46 巻、pp.526-530、1999
- 2) 勝間田高明、稲葉栄生、川畑広紀:駿河湾口東部における係留式上向き ADCP による流動観測、東海大学紀要海洋学部、第 48 号、pp.193-207、1999
- 3) 河田恵昭、井上雅夫、鹿室宏、珠久和孝:大井川・駿河湾における海岸土砂収支について、海岸工学論文集、第 41 巻、pp.516-520、1994
- 4) 加藤一正、栗山義昭、入江功:深淺図の保存・管理および深淺図を用いた海浜変形の把握、港湾技術資料、No.603、1987
- 5) 加藤一正、吉松晃:三次元の経験的固有関数による深淺図解析法、港湾技術研究所報告、第 23 巻 第 2 号、pp.27-47、1984
- 6) 栗山義昭:広域土砂収支図作成の試み、2001 年度(第 37 回)水工学に関する下記研修会講義集 B コース、pp.B-5-1 - 13、2001
- 7) 大場慶夫、桜庭雅明、石見和久、稲垣青生:駿河海岸における底質の 3 次元構成を考慮した漂砂特性、日本工営技術情報、No.21、pp.113-118、2001