

# 漂砂系における流砂量モニタリングに関する調査

河川局砂防部保全課海岸室

○国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室

東北地方整備局河川部河川計画課

北陸地方整備局河川部河川計画課

中部地方整備局河川部河川計画課

中国地方整備局河川部河川計画課

四国地方整備局河川部河川計画課

九州地方整備局河川部河川計画課

## 1. はじめに

1998 年 7 月に河川審議会総合土砂管理小委員会から「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」の報告が出され、水系スケールの総合的な土砂管理に向けた本格的な取り組みが始められることになった。磯部（1998）は、流砂系における総合的な土砂管理計画では、下流側（すなわち、海岸）の計画流砂量（沿岸漂砂量）を最初に決めるべきと示唆している。また、磯部（1999）は、河川からの流出土砂の一部が沖側へと損失する可能性を指摘し、河口域への流出土砂量と沿岸漂砂量の定量的な比較を提案している。

そこで、本調査では、海岸における沿岸漂砂の調査手法と沖への損失土砂の調査手法、および河口域での土砂動態の調査手法の提案を目的とする。このために、阿武隈川、姫川、手取川、大井川、日野川、仁淀川、大淀川が流入する漂砂系で、各々の土砂動態を対象とした現地調査とその解析を行う。また、あわせて「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」の理念に基づいた海岸保全を推進するために必要とされる、「漂砂系における流砂量モニタリング手法」の確立を目指す。

## 2. 漂砂系の概念と土砂動態

本調査では流砂系を図-1 に示すように、陸域における土砂の運動領域である流域と、沿岸域での土砂の運動領域である漂砂系、これら 2 つの領域が接合する河口域からなると定義する。流砂系における総合的な土砂管理では、山地から海岸までの全領域を含んだ総合的で計画的なものが望まれ、その場合に必要となるのが水流の場合の計画流量に相当する計画流砂量である。

計画流量は降水量から始まって上流から下流に向かって決めていくことになるが、計画流砂量では最上流の土砂生産も制御対象であ

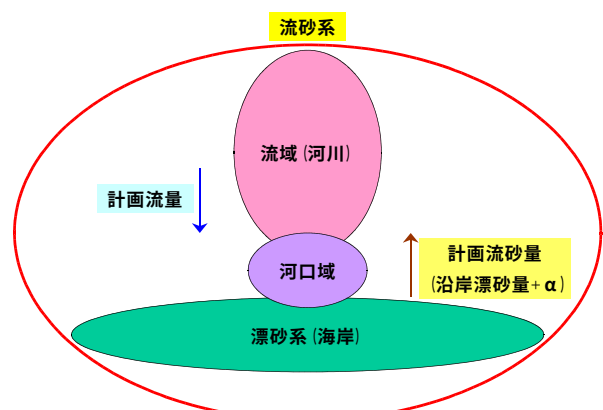


図-1 流砂系の概念

ること、土砂が河川の河道内に堆積・滞留することを考えると、必ずしも上流側から決めていくことが得策とは言えない。流砂系における土砂管理計画では、まず、図-1 に↑印で示した下流側の海岸での計画流砂量（沿岸漂砂量+ $\alpha$ ）を決めるべきであり、海岸の位置する漂砂系における土砂動態の解明が必要とされる。

漂砂系は図-2 に示すように、1)沿岸方向には沿岸漂砂の連続する区間、2)岸沖方向には砂丘の陸端から海底の漂砂の移動限界水深までの範囲、3)分布する土砂の岩石種や鉱物組成が類似な空間的領域と定義する。また、漂砂系では波浪の作用による沿岸漂砂 ( $Q_1, Q_2$ ) や左右岸沖への損失土砂 ( $q_1, q_2$ ) などの土砂動態と、出水時における河口域での土砂動態 ( $Q_R, q_R$ ) が見られる。したがって、これらの土砂動態に関する調査・解析を行い、沿岸漂砂量と左右岸沖への損失土砂量、および河川からの流出土砂量などを精度良く把握して、海岸における計画流砂量を設定することが要求される。

ここで、漂砂系における土砂動態に伴う各土砂量の収支関係と、それによって生じる海浜変形について考察すると図-3 に示すようになる。まず、河口部海岸の変形は、流入する河川からの流出土砂量 ( $Q_R$ ) と河川の左右岸の沿岸漂砂量 ( $Q_1, Q_2$ )、および河口沖への損失土砂量 ( $q_R$ ) との収支関係で生じる。 $Q_R > (Q_1 + Q_2 + q_R)$  であれば、河口域に土砂が堆積して、河口部海岸が沖側へと突出するようになる。 $Q_R = (Q_1 + Q_2 + q_R)$  の場合は、河口部海岸はほとんど変形せず、 $Q_R < (Q_1 + Q_2 + q_R)$  ならば河口域の土砂が運び去られて、河口部海岸は侵食されることになる。

次に、漂砂系全域の変形は、河川からの流出土砂量 ( $Q_R$ ) と左右岸沖への損失土砂量 ( $q_1, q_2$ )、および河口沖への損失土砂量 ( $q_R$ ) との収支関係で生じる。 $Q_R > (q_1 + q_2 + q_R)$  であれば、漂砂系に供給される土砂量が損失土砂量よりも多いので漂砂系全域で見ると堆積傾向となるが、河口部海岸は侵食される可能性がある。 $Q_R = (q_1 + q_2 + q_R)$  の場合は、供給土砂量と損失土砂量が均衡するので漂砂系全域では安定となるが、河口部海岸は侵食されると危惧される。一方、 $Q_R < (q_1 + q_2 + q_R)$  ならば、供給土砂量よりも損失土砂量が多いので漂砂系全域は侵食傾向となり、河口部海岸も侵食されることになる。

さらに、河口部海岸と漂砂系全域の変形は、河川からの流出土砂量 ( $Q_R$ ) と河川の左右岸の沿岸漂砂量 ( $Q_1, Q_2$ ) と左右岸沖への損失土砂量 ( $q_1, q_2$ )、および河口沖への損失土砂量 ( $q_R$ ) との収支関係で生じる。ここで、 $Q_0 = (Q_1 + Q_2 + q_1 + q_2 + q_R)$  とすると、 $Q_R > Q_0$  であれば

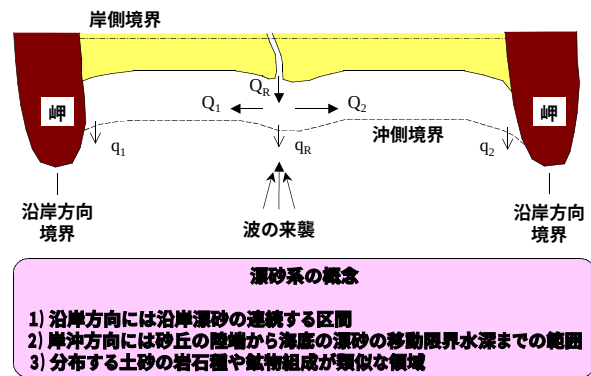


図-2 漂砂系の概念

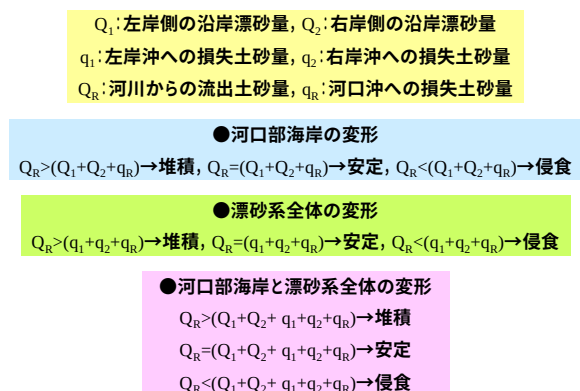


図-3 各土砂量の収支と海浜変形

ば河口部海岸と漂砂系全域は堆積が進むことになり、 $Q_R=Q_0$  の場合はほとんど海浜変形は生じない。一方、 $Q_R<Q_0$  ならば河口部海岸と漂砂系全域は侵食傾向となる。

以上の土砂動態に伴う各土砂量の収支関係で生じる海浜変形に基づくと、漂砂系における計画流砂量は原則として  $Q_0=(Q_1+Q_2+q_1+q_2+q_R)$  と設定するのが望ましい。なお、漂砂系において局所的な海岸侵食を許容できるのであれば、海岸における計画流砂量を  $Q_0=(q_1+q_2+q_R)$  としてもよい。ただし、いずれの場合も、海岸事業の担当者が漂砂系における土砂収支を十分に把握するとともに、海浜変形の傾向を精度良く予測して、流砂系における総合的土砂管理に基づく海岸保全を推進することが重要である。

### 3. 漂砂系における土砂動態の調査手法

流砂系における総合的土砂管理に基づく海岸保全を推進するためには、表-1 に示すように、①漂砂系を設定して、②侵食実態を明らかにし、③漂砂系に分布する底質の特性を

表-1 漂砂系において把握すべき各土砂量などと調査手法

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①漂砂系の境界の設定               | 土木地質図などから対象とする沿岸における地形・地質の特徴を把握し、固結・半固結堆積物からなる岬や海食崖を沿岸方向境界として設定する。岸側境界は堤防・護岸や道路および防砂林などの人工構造物とする。沖側境界は計画波浪と土砂の代表粒径から算定される底質の完全移動限界水深を指標として設定する。また、設定した漂砂系に流入する主な河川の流域の地質も把握する。                                                                                                       |
| ②侵食実態の把握                 | 第2次世界大戦直後に米軍が撮影した航空写真と、その後国土地理院が数回にわたって撮影した航空写真を収集して、①で設定した漂砂系における各時期の汀線形状を読みとり、それらを比較して汀線経年変化図を作成する。また、漂砂系内に測線を設けて定期深淺測量を行い海浜縦断面の特徴を把握するとともに、それらのデータから汀線位置を把握して汀線経年変化図を作成する。そして、得られた汀線経年変化図をもとに漂砂系における侵食実態を把握する。                                                                    |
| ③底質粒径の把握                 | ②のために行った定期深淺測量の測線から代表的なものをいくつか選び、それらの測線に沿って漂砂系の岸側境界から沖側境界の範囲の数地点で底質を採取する。そして、採取した底質の粒度分析・鉱物組成分析・堆積年代分析などを行い、中央粒径やふるい分け係数および粒度加積曲線、代表鉱物や堆積年代を把握する。                                                                                                                                    |
| ④沿岸漂砂量 $Q_1$ 、 $Q_2$ の推定 | ①で設定した漂砂系全域において②で得られた汀線経年変化を再現する汀線変化モデル（または等深線変化モデル）を構築して、各代表時期の沿岸漂砂分布図を作成する。各モデルの構築には、波浪観測で得られたデータを統計処理して得られた各方向から入射する波浪のエネルギー平均波と、③で把握した底質の中央粒径などを用いて精度を向上させる。漂砂系全域の汀線経年変化の再現性が悪い場合は、流入する河川の左岸側と右岸側に分けて沿岸漂砂量分布図を作成する。作成した沿岸漂砂量分布図から左岸側と右岸側の最大沿岸漂砂量を把握して、沿岸漂砂量 $Q_1$ 、 $Q_2$ を推定する。 |
| ⑤境界沖損失量 $q_1$ 、 $q_2$ 推定 | 定期深淺測量のデータからいくつかの時期の地形変化量を算出し、①で設定した漂砂系の沖側境界より沖側への土砂の堆積状況を把握する。特に、漂砂系の沿岸方向境界の沖側における土砂の堆積状況を調べ、境界沖損失量を推定する。また、任意水深の地点に蛍光砂などのトレーサーを投入し移動状況を調査することも有効である。                                                                                                                               |
| ⑥河川流出土砂量 $Q_R$ の推定       | 定期深淺測量により河口域の地形データがある場合は、それらからいくつかの時期の地形変化量を算出し、河口域への土砂堆積量から河川流出土砂量を推定する。また、河口域において堆積物を柱状採取し、その堆積年代と河川からの出水履歴を把握することも有効である。なお、2次元不等流モデルなどにより河床変動計算を行い、実際の河床変動を再現して河川流出土砂量を推定する方法もある。                                                                                                 |
| ⑦河口部沖損失量 $q_R$ の推定       | 定期深淺測量により河口域の地形データがある場合は、それらからいくつかの時期の地形変化量を算出し、河口域沖における土砂堆積量から損失量を推定する。また、河口域において堆積物を柱状採取し、その堆積年代と河川からの出水履歴を把握することも有効である。                                                                                                                                                           |
| ⑧計画流砂量 $Q_0$ の算定         | 原則として④、⑤、⑦で推定した土砂量を加算して算定する。                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ⑨土砂収支の推定                 | 定期深淺測量のデータからいくつかの時期の地形変化量を算出し、①で設定した漂砂系内のいくつかの代表時期における土砂収支を推定する。また、④で得られた沿岸漂砂量、⑤で得られた境界沖損失量、⑥で得られた河川流出土砂量、⑦で得られた河口部沖損失量との整合をとり、各代表時期の土砂収支の推定精度を向上させる。                                                                                                                                |
| ⑩海岸保全計画の立案               | 河川流出土砂量と計画流砂量の収支から海岸保全計画を立案する。この場合、⑨で推定した各代表時期の土砂収支をもとに制御すべき土砂量を設定するのが望ましい。例えば、河川からの流出土砂量の減少が侵食原因であれば、河川管理者と協力して流出土砂量を増加させる対策をとる。また、漂砂系の沿岸方向境界の沖側への土砂損失が侵食原因であれば、それを制御するための施設の設置を検討する。                                                                                               |

把握する必要がある。そして、漂砂系における土砂動態に伴う各土砂量を表-1 の④～⑧に示した調査手法などにより精度良く推定し、定期深浅測量データの解析から得られる地形変化量の経年変化と沿岸漂砂量との整合性をとった土砂収支図（表-1, ⑨）を作成し、それに基づく海岸保全を立案すること（表-1, ⑩）が望まれる。つまり、流砂系における総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画は表-1 のフローで立案することになり、漂砂系における土砂動態の調査手法の確立が必要とされる。

そこで、各海岸で行われている土砂動態に関する調査・解析結果をとりまとめ評価することにし、沿岸漂砂（ $Q_1$ ,  $Q_2$ ）に関する調査手法については中部地方整備局河川部河川計画課と中国地方整備局河川部河川計画課が主体となって検討を進めている。また、左右岸沖への損失土砂（ $q_1$ ,  $q_2$ ）に関する調査手法については北陸地方整備局河川部河川計画課と九州地方整備局河川部河川計画課が、河口域での土砂動態（ $Q_R$ ,  $q_R$ ）の調査手法については東北地方整備局河川部河川計画課と四国地方整備局河川部河川計画課が主体となって検討を進めている。以下では、それらの検討結果について報告する。

### 3.1. 沿岸漂砂（ $Q_1$ , $Q_2$ ）に関する調査手法の検討

#### (1) 汀線の経年変化の再現による沿岸漂砂量（ $Q_1$ , $Q_2$ ）の推定

駿河海岸は、静岡県焼津市石津地先から榛原郡榛原町細江地先に至る延長約 12.1km の海岸で、中央部には大井川が流入する。駿河海岸では大井川からの流出土砂の減少や港湾の整備などにより海岸侵食が進んだため、海岸保全施設を整備するとともにサンドバイパスを実施し汀線維持を図ってきた。しかし、最近になって大井川左岸域の北端に位置する焼津工区和田浜地先で侵食傾向が顕在化したため、駿河海岸全域の土砂動態を把握した総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画を立案する段階にある。そこで、平成 15 年度から駿河海岸全域の変形を再現するために沿岸漂砂量を検討するとともに、大井川から流出する土砂の量と質を正確に把握することを目的として調査・解析が行われている。

沿岸漂砂（ $Q_1$ ,  $Q_2$ ）に関する調査・解析としては、駿河海岸の大井川左岸側を対象とした海浜変形モデルによる汀線の経年変化の再現が試みられている。海浜変形モデルの構築には、長期の汀線変化の予測に適した汀線変化モデル（図-4）が採用された。汀線変化モデルは、沿岸漂砂の収支により発生する土砂の変化量を式(1)の基礎方程式に基づき、汀線の前進・後退量に置き換えるモデルである。ここに、 $x_s$  は汀線の岸沖方向位置、 $Q$  は空隙率を含む沿岸漂砂量、 $D_s$  は移動高であり、 $q$  は岸沖方向の土砂移動量である。

汀線変化モデルの計算は大きく

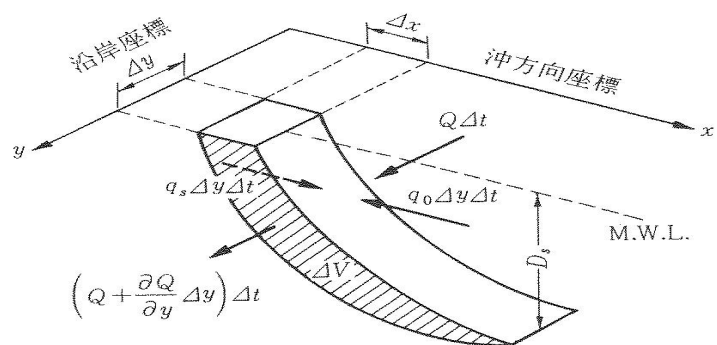


図-4 汀線変化モデルの概要

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} + \frac{1}{D_s} \left( \frac{\partial Q}{\partial y} - q \right) = 0 \quad (1)$$

分けて、波浪変形計算、沿岸漂砂量の計算、汀線変化の計算の3つで構成される。この汀線変化モデルにより、航空写真や深浅測量データの解析で得られた汀線の経年変化を再現すれば、沿岸漂砂量( $Q_1$ ,  $Q_2$ )を精度良く推定できる。図-5に大井川左岸側の昭和40年～昭和51年における汀線変化の再現結果と沿岸漂砂量分布を示す。計算結果は実際の汀線変化の傾向とほぼ一

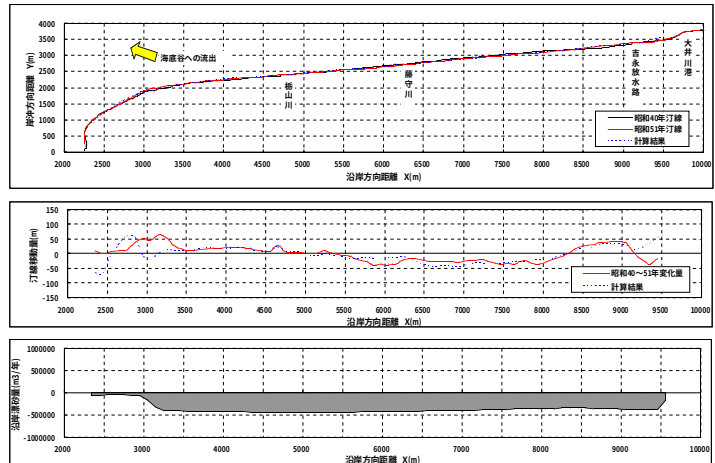


図-5 汀線変化の再現結果と沿岸漂砂量分布

致しており、沿岸漂砂量分布から昭和40年～昭和51年における大井川左岸側の沿岸漂砂量( $Q_2$ )は最大で約50万 $\text{m}^3/\text{年}$ と推定される。

このように、航空写真や深浅測量データの解析から得られた汀線の経年変化を海浜変形モデルで再現する手法によれば、代表期間（港湾の整備前や整備後、侵食対策後など）における沿岸漂砂量( $Q_1$ ,  $Q_2$ )を精度良く推定することができる。なお、この手法は沿岸漂砂( $Q_1$ ,  $Q_2$ )に関する調査手法としてほぼ確立されている。

### (2) 現地調査による土砂の移動・堆積の把握

鳥取県の美保湾に面する皆生海岸では、過去に著しい海岸侵食が生じたため、河口部から西側へと離岸堤が整備されたが、その整備範囲より西側では侵食が依然として生じている。このことから、海岸景観に配慮して動的養浜（サンドリサイクル）による対策が試験的にとられているが、皆生海岸全域における海岸保全のあり方を検討する段階にきている。そこで、平成15年度から皆生海岸全域における波・流れに伴う土砂動態に関する調査・解析が行われている。

沿岸漂砂( $Q_1$ ,  $Q_2$ )に関連する調査としては、海浜変形モデルを用いた汀線の経年変化の再現による沿岸漂砂量の推定が試みられているとともに、汀線に直交する測線でのダイバーによる海底ビデオ撮影などの現地調査も行われている。そして、海底に形成された砂漣の形状や方向から土砂の移動・堆積過程が図-6のように推定されている。

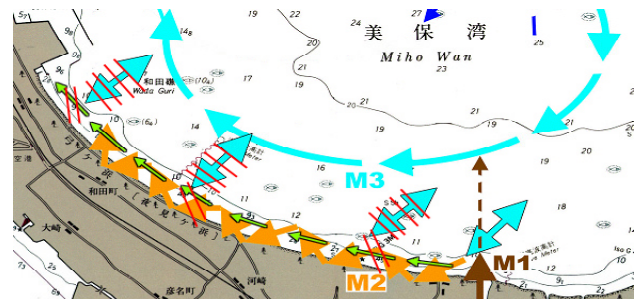


図-6 砂漣による土砂の移動・堆積の推定結果

この調査では、砂漣が調査海域全体で形成されていることが確認され、波浪により生じる砂漣は水深が浅い場所よりも深い場所の方が少し北へ向いていることが分かった。この北向きの砂漣は水深-3m～-4mに顕著に見られ、この位置は碎波帯内で北向きの沿岸流が発達することから、海底での土砂の移動・堆積に沿岸流も影響している可能性が指摘される。

### (3) 調査手法の提案と課題

沿岸漂砂( $Q_1$ ,  $Q_2$ )に関する調査手法としては、海浜変形モデル（汀線変化モデル、ま



たは等深線変化モデル)を用いた汀線の経年変化の再現による沿岸漂砂量分布の推定が提案できる。しかし、海浜変形モデルでは海岸における底質は単一粒径と仮定しているため、砂礫混じりの底質が分布する海岸では汀線の経年変化の再現精度が良くない場合がある。したがって、大井川の左右岸側で底質粒径が異なる駿河海岸では、その底質特性を反映した海浜変形モデルの改良が今後の課題として残されている。また、美保湾に面する皆生海岸では、現地調査により沿岸流に伴う土砂の移動・堆積が生じていることが分かったので、その機構を反映した海浜変形モデルの改良も望まれる。平成 16 年度においては、各海岸における沿岸漂砂 ( $Q_1$ ,  $Q_2$ ) に関する調査手法をとりまとめて、それらの手法の効率性や得られた成果の精度について検討している。

### 3.2. 左右岸沖への損失土砂 ( $q_1$ , $q_2$ ) に関する調査手法の検討

#### (1) トレーサーによる沖への損失土砂の把握

加越沿岸は日本海に面した石川県高岩岬から福井県越前岬に至る約 223km の沿岸であり、手取川を主な土砂供給源とする漂砂系の沿岸方向境界は、岩礁域である北端の滝崎と南端の加佐ノ岬とされている(図-7)。加越沿岸の石川海岸では、過去に生じた著しい海岸侵食の対策として離岸堤が整備されたが、手取川南側の小松・片山津海岸では侵食が生じ、護岸の災害が頻発しており、金沢港北側の海岸においても侵食が健在化し始めている。このため、手取川流砂系の総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画を立案する段階にきている。そこで、平成 15 年度から加越沿岸全域の波浪による土砂動態と、手取川河口域での土砂動態を対象とした調査・解析が行われている。

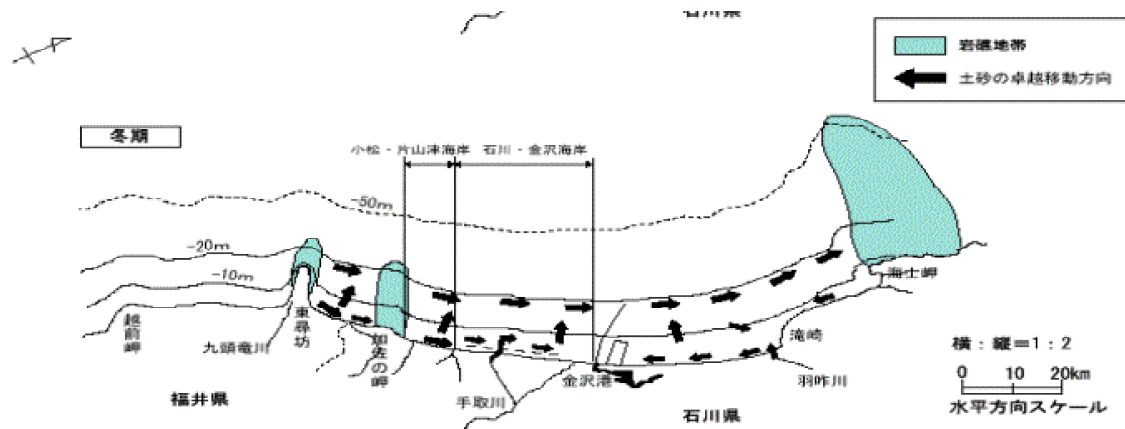


図-7 手取川を土砂供給源とする漂砂系における冬期の土砂の移動方向(暫定版)

左右岸沖への損失土砂 ( $q_1$ ,  $q_2$ ) に関する調査としては、波浪観測とトレーサー調査が南端の加佐ノ岬周辺と金沢港周辺で平成 15 年の冬期に行われている。このトレーサー調査によると、観測期間中においては金沢港方面に向かう北東方向の沿岸漂砂

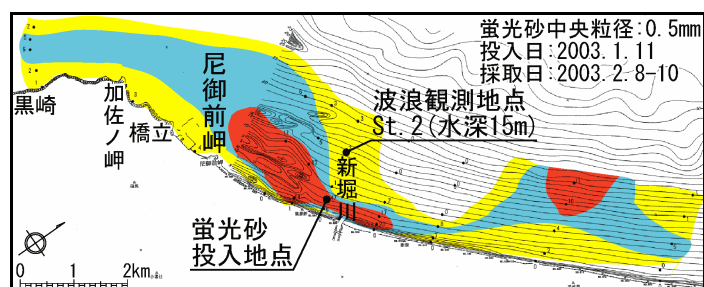


図-8 加佐ノ岬周辺でのトレーサーの移動状況

が卓越しており、金沢港防波堤沖合（水深 20m）では 30m/s を越える強い北向き流れにより北向きの沿岸漂砂が生じていたことが明らかとなった。また、図-8 に示すように、漂砂系の沿岸方向境界と考えられていた加佐ノ岬を越えて、南側沖へトレーサーの一部が移動・堆積していることが確認された。つまり、波浪観測とトレーサー調査によって、沿岸漂砂を遮断すると考えられていた金沢港防波堤沖への損失土砂と、漂砂系の沿岸方向境界と考えられていた加佐ノ岬沖への損失土砂の存在が明らかにされた。

## (2)河川流域の岩石種・鉱物による沖への損失土砂の把握

宮崎県東部の日向灘沿岸は、大分県界から鹿児島県界へ至る総延長約 400km の海岸である。この沿岸一体は絶滅危惧種であるアカウミガメの産卵地となっており、一部は国定公園の特別保護区に指定されている。しかし、近年、住吉海岸をはじめとした沿岸一体は侵食傾向にあり、海岸侵食の原因究明と河川域から海岸域にわたる流砂系の総合土砂管理計画の策定が必要となっている。そこで、平成 15 年度から日向灘沿岸全域における土砂の供給源や沿岸漂砂などの土砂動態に関する調査・解析が行われている。



図-9 砂の供給源と移動形態

左右岸沖への損失土砂 ( $q_l$ ,  $q_r$ ) に関する調査としては、各河川の河道内と海岸における計 18 地点での土砂採取と、底質の重鉱物分析が行われている。この調査・解析結果から、①耳川～小丸川の河道内の土砂には尾鈴酸性岩を特色とした鉱物が含まれており、底質は北側へ移動していること、②一ツ瀬川周辺は四万十累層群の土砂のみで形成され、底質は北側と南側に移動していること、③住吉海岸から青島にかけては霧島火山岩類を中心とした鉱物で形成され、大淀川の土砂は北側に多く移動しており、住吉海岸の沖側にも分布していることが分かった（図-9）。また、住吉海岸における深淺測量データを解析した図-10 によると、宮崎港と宮崎空港の沖側領域（E-4 ～ I-4）では土砂が経年的に堆積してい

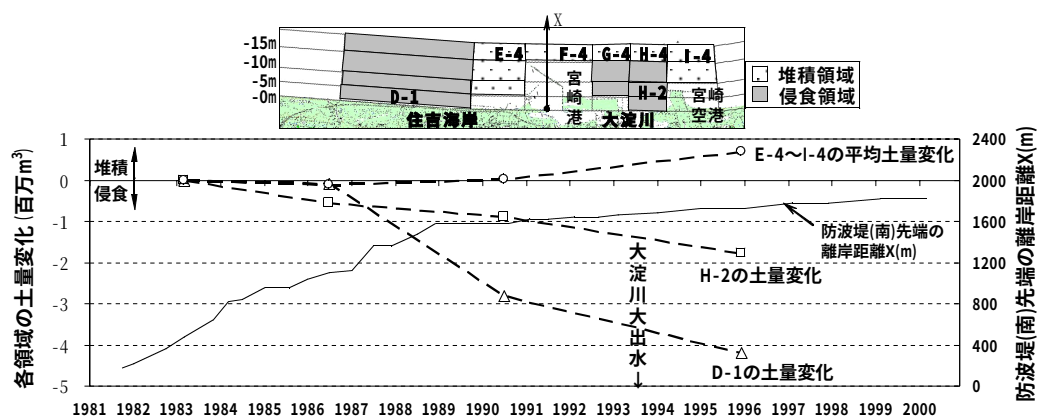


図-10 住吉海岸における領域別の土砂量変化

ることが明らかになった．このように，河川の河道と海岸に分布する堆積物の重鉍物分析および深浅測量データの解析から，海岸への土砂の供給源と土砂の移動方向，および海岸の沖への損失土砂を把握することができる．

### (3)調査手法の提案と課題

左右岸沖への損失土砂 ( $q_l$ ,  $q_r$ ) に関する調査手法としては，蛍光砂などのトレーサーを投入して移動状況を調査する手法，河川流域と海岸に分布する土砂の岩石種・鉍物を調べて供給源と移動方向を推定する方法，および深浅測量データを解析して領域別の土砂量変化を算出する方法が提案できる．しかし，トレーサー調査は局所的で短期的な調査になり，土砂を広範囲で採取することと重鉍物分析には時間と経費がかかる．したがって，①深浅測量データの解析から領域別の土砂量変化を把握して，②沖へ土砂が堆積している範囲で詳細なトレーサー調査を行う，などの調査フローの確立が課題として残されている．平成 16 年度においては，各海岸における左右岸沖への損失土砂 ( $q_l$ ,  $q_r$ ) に関する調査をとりまとめて，それらの調査手法の効率性や得られた成果の精度について検討している．

## 3.3. 河口域での土砂動態 ( $Q_R$ , $q_R$ ) の調査手法の検討

### (1)河川からの流出土砂量の推定と河口域地形の把握

図-11 に示す高知海岸の長浜～新居工区では，仁淀川からの流出土砂の減少や漁港などの整備による沿岸漂砂の遮断，および河口沖や海域で行われた海底砂利の採取などの影響により海岸侵食が深刻化した．このため，海岸侵食の対策としてヘッドランド群による静的の安定海浜の創出が計画され，その整備に着手しているが，仁淀川流域と高知海岸における総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画を立案する段階にきている．そこで，平成 15 年度から仁淀川からの流出土砂や高知海岸の沿岸漂砂に関して代表粒径別の土砂動態を解明するための調査・解析を行っている．

河口域での土砂動態 ( $Q_R$ ,  $q_R$ ) に関する調査としては，1 次元河床変動計算による河口からの流出土砂量の経年変化 (図-12) が検討されている．これによると，河川からの流出土砂量は年によって大きく変化することが分かる．また，河床が比較的安定した近年 (平成 4 年～平成 10 年) を対象とした計算では，海域への流出土砂量 (粒径  $d=0.075\text{mm}$  以上) は平均  $10.4 \text{ 万 m}^3/\text{年}$  と

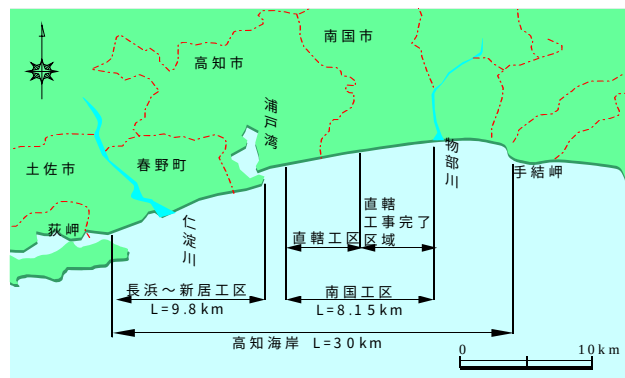


図-2.2 高知海岸位置図

図-11 長浜～新居工区の位置

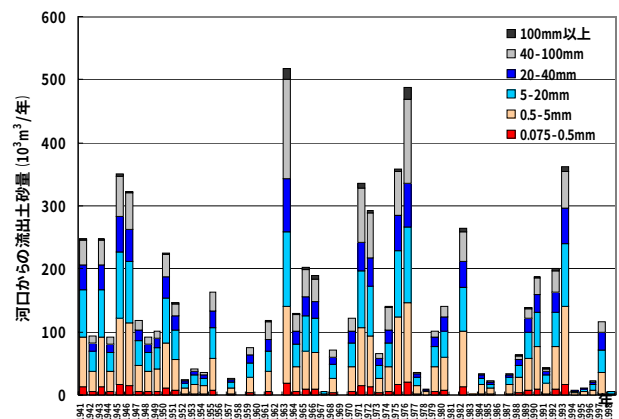


図-12 推定された仁淀川からの流出土砂量



算定された。一方、海域砂利採取禁止後における河口域地形の回復量を、図-13 に示すような深淺測量（河口を含む幅  $2\text{km}=2B$  の範囲）の経年比較から求めると、約  $10.5 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ （平成 4～平成 11 年の平均値）となった。したがって、河川からの流出土砂量と河口域における堆積土砂量はほぼ一致することになり、1 次元河床変動計算結果と深淺測量データの解析結果の比較により、河口域での土砂動態が精度良く把握できると言える。

## (2)河口域における土砂の堆積過程の把握

仙台湾南部海岸は仙台湾沿岸の一部をなす砂質海岸であり（図-14）、福島県常磐海岸からの供給土砂と主な流入河川である阿武隈川からの流出土砂により形成されたと考えられている。しかし、近年では南端に相馬港が整備されて常磐海岸からの供給土砂がほとんどなくなるとともに、阿武隈川流域においてダムなどが建設されて河川からの流出土砂量が減少し、海岸侵食が著しくなった。このため、南端の相馬港から北端の仙台新港までの漂砂系と阿武隈川流域における総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画を立案する段階にある。そこで、平成 15 年度から阿武隈川流域と仙台湾南部海岸における土砂動態に関する現地調査・解析が行われている。

河口域での土砂動態（ $Q_R$ ,  $q_R$ ）に関連する調査としては、図-15 に示す阿武隈川の河口テラス上での堆積物の柱状採取・分析と、昭和 59 年から平成 14 年までの深淺測量データの解析が行われている。堆積物の柱状採取とその分析からは、河口テラスは粗粒砂層や砂礫層およびゴミ・木片混在砂層などに区別でき、それらの層は 1 回の大規模な洪水や暴浪波の来襲で堆積したと推定された。

この結果から、洪水によって土砂が堆積する範囲を設定して、河口テラスが固定化したと考えられる昭和 61 年 3 月から平成 15 年 3 月までの深淺測量データにより土砂収支を算定し、河口テラス部では約  $15 \text{ 万 m}^3/\text{年}$  の堆積が進んでいることを明らかにした。また、深淺測量データから河川流量のピークが  $2,500 \text{ m}^3/\text{s}$  以上の洪水時を含むデータのみを抽出して土砂変化量を求めた結果、1 年あたりに換算すると約  $51 \text{ 万 m}^3/\text{年}$  の土砂が河口テラス上

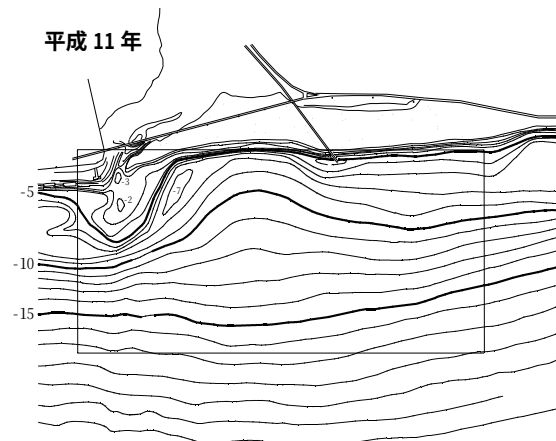


図-13 仁淀川河口域の深淺測量データ

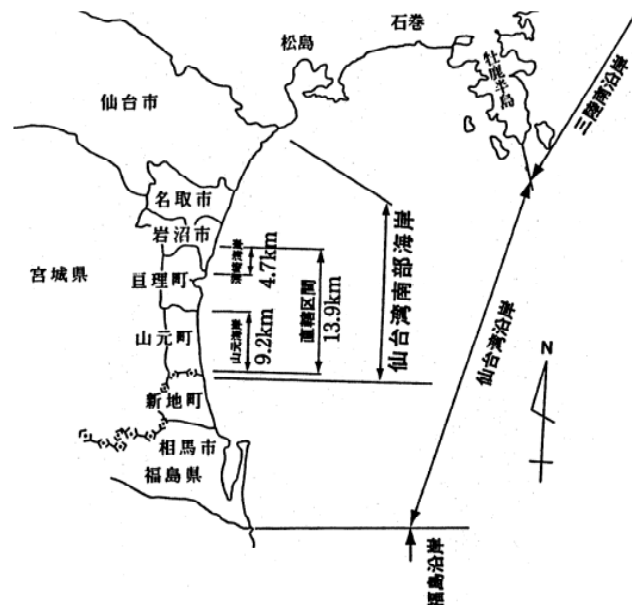


図-14 仙台湾南部海岸の位置

に堆積している  
との結果を得た。

さらに、河口  
テラス形成過程  
を再現した数値  
計算結果からは、  
河口テラスが沿  
岸漂砂の供給源  
となっている可  
能性が高いとの  
結論が得られた。

以上のように、  
河口域での深浅測

量データと河川からの出水の履歴を比較検討すること、河口テラス上で土砂を柱状採取して堆積年代分析を行うこと、河口テラスの形成・変形過程を海浜変形モデルで再現することにより、河口域での土砂動態（ $Q_R$ ,  $q_R$ ）が把握できる。

### (3)調査手法の提案と課題

河口域での土砂動態（ $Q_R$ ,  $q_R$ ）の調査手法としては、1次元河床変動計算により河川からの流出土砂量を推定する手法や、深浅測量データと河口域堆積物調査の解析による河口域での土砂の堆積過程を把握する手法などが提案できる。しかし、河口域では深浅測量データが不足していること、大がかりな土砂採取と堆積年代分析や鉱物組成分析には時間と経費がかかることなどが問題点として挙げられる。したがって、河口域での効率的な地形調査手法や堆積物調査手法の構築と、河口域における土砂動態を再現できる海浜変形モデルの改良が今後の課題として残されている。平成16年度においては、各海岸における河口域での土砂動態（ $Q_R$ ,  $q_R$ ）に関する調査をとりまとめて、それらの手法の効率性と得られた成果の精度について検討している。

### 4. おわりに

流砂系の総合的な土砂管理に基づく海岸保全を推進するためには、図-1に示したように海岸における計画流砂量の提示が望まれ、図-2に示した漂砂系における土砂動態に伴う各土砂量（ $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $Q_R$ ,  $q_R$ ）を精度良く把握する必要がある。そこで、平成17年度も各海岸で各土砂量に関する調査・解析を継続して行うとともに、河口域における出水時の土砂動態を解明するための効率的な地形調査手法を提案する。そして、「漂砂系における流砂量モニタリング手法の手引き（案）」を策定する予定である。

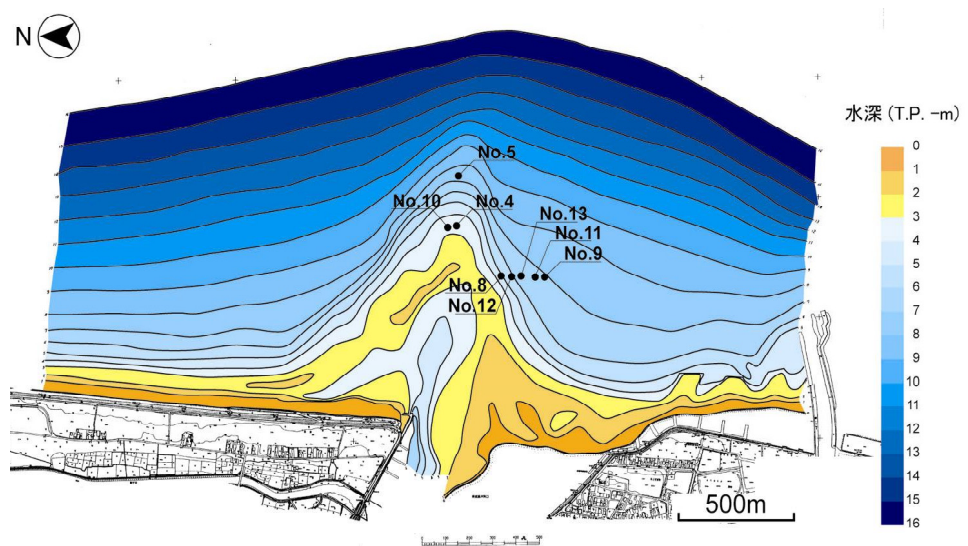


図-15 阿武隈川の河口テラスと堆積物の柱状採取位置

### 参考文献

磯部雅彦（1998）：海岸環境と流砂系土砂管理，河川，No.628，pp.24-31.

磯部雅彦（1999）：改正海岸法の理念の実現に向けて，海岸，第39巻第1号，pp.14-18.