

◆ 特集：国土交通省国土技術研究会 ◆

漂砂系における流砂量モニタリングに関する調査

国土交通省河川局砂防部海岸室
 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室
 国土交通省東北地方整備局河川部河川計画課
 国土交通省北陸地方整備局河川部河川計画課
 国土交通省中部地方整備局河川部河川計画課
 国土交通省中国地方整備局河川部河川計画課
 国土交通省四国地方整備局河川部河川計画課
 国土交通省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」の報告が出された。この報告においては、水系における山地から海岸までの全領域を含んだ総合的で計画的な土砂管理が望まれている。つまり、今後は「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ことになる。このためには、海岸および河口域での土砂動態と土砂収支を把握して、海岸保全に必要とされる計画流砂量を提示することが重要となる。

そこで、国土交通省国土技術研究会の指定課題として「漂砂系における流砂量モニタリングに関する調査」を提案し、さまざまな現場条件下での漂砂系における沿岸漂砂や沖合への損失土砂、および河口域での土砂動態を把握することにした。具体的には、調査データが豊富な阿武隈川、手取川、富士川、日野川、仁淀川、大淀川が流入する海岸などで、各々の土砂動態を対象とした現地調査とその解析を行ったので報告する。

2. 流砂系および漂砂系の概念と土砂動態

本調査では流砂系を、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(図-1)。この流砂系における総合的な土砂管理計画では、まず、下流側の漂砂系(海岸)での計画流砂量(図-1の↑印)を流砂系全体のバランスを考慮して決めるのが望ましいと言える¹⁾。

次に、漂砂系は図-2に示すように、1) 沿岸方

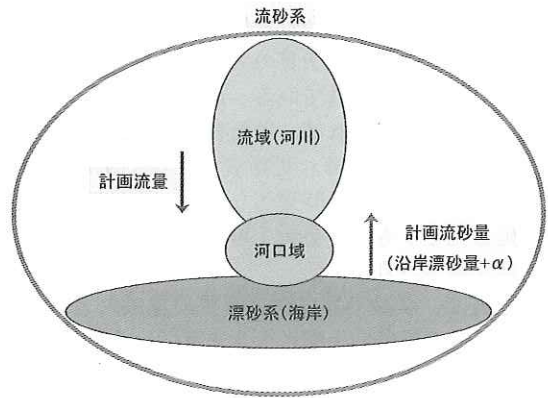


図-1 流砂系の概念

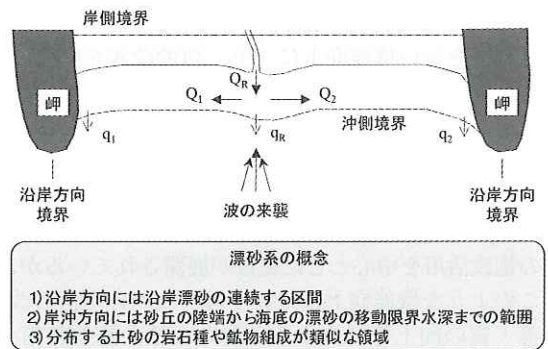


図-2 漂砂系の概念

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、漂砂系では波浪や流れの作用による土砂動態 (Q_1 , Q_2 , q_1 , q_2)、出水時における河口域での土砂動態 (Q_R , q_R) が生じていると考える。そして、各漂砂系においてこれらの土砂動態に関する調査・解析を行い、各土砂量を精度良く把握して、海岸保全に必要とされる計画流砂量の提示を試みる。

Investigation of Methods of Monitoring Sediment Transport Rates in Sediment Cells

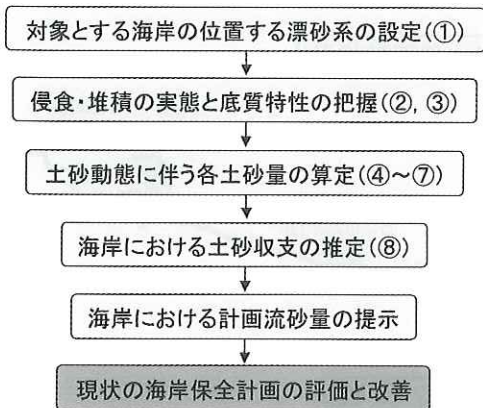


図-3 流砂系における総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画の立案の流れ

漂砂系における土砂動態および土砂収支を把握するためには、まず、①漂砂系を設定して、②侵食・堆積実態を明らかにし、③漂砂系に分布する底質の特性を調査する。次に、④沿岸漂砂量、⑤沖合への損失土砂量、⑥河川流出土砂量、⑦河口域沖合への損失土砂量を精度良く推定する。さらに、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、海浜変形モデルから推定される沿岸漂砂量との整合性をとった土砂収支図を作成する(⑧)。このようにして作成した土砂収支図から海岸における計画流砂量が提示できれば、流砂系の総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画の立案が可能となる(図-3)。

図-3に示したフローによる流砂系の総合的な土砂管理に基づく海岸保全計画の立案を目指して、各地方整備局で各海岸における土砂動態に関する調査・解析が進められている。そこで、以下では代表河川(阿武隈川、手取川、富士川、日野川、仁淀川、大淀川)が流入する海岸(図-4)での土砂動態に関する調査・解析結果をとりまとめ、土砂収支の模式図(暫定推定値)として紹介する。

3. 各海岸における土砂収支の把握状況

3.1 仙台湾南部海岸(東北地方整備局)

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、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、

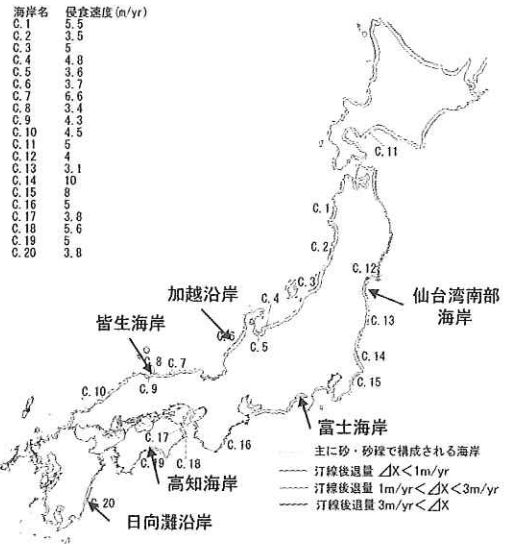


図-4 代表河川が流入する海岸の位置

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・解析が行われてきた。

その成果を要約して模式的に土砂収支図として示したのが図-5である。阿武隈川河口左岸側では北方向の沿岸漂砂が卓越し、その量は4万m³/年と推定されている。また、河口右岸側の沿岸漂砂量はほとんどなく、沿岸方向境界での沖合損失土砂も非常に少ないとされている。なお、この海岸の汀線付近に分布する土砂の粒径はd₅₀ = 0.3~0.4mmであることが確認されている。したがって、仙台湾南部海岸で漂砂制御構造物によらない海岸保全を行うためには、粒径d₅₀ = 0.3~0.4mm以上の土砂が4万m³/年以上必要とされ、これが阿武隈川流砂系での総合的な土砂管理における計画流砂量(暫定値)と考えられる。ただし、河口域の土砂動態はまだ未解明であり、今後も調査・解析の継続が望まれる。

3.2 加越沿岸(北陸地方整備局)

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。この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。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

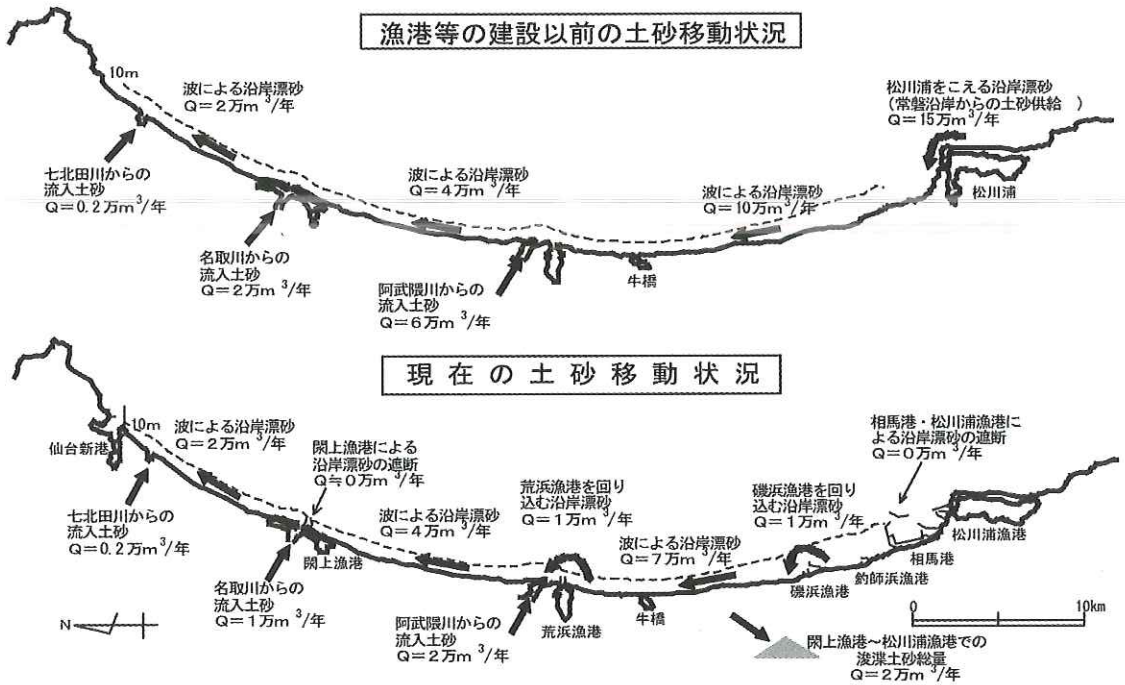


図-5 仙台湾沿岸における土砂収支の推定結果

備されたが、過去に土砂採取が行われた手取川南側の小松・片山津海岸では著しい侵食が生じ、金沢港北側の海岸においても侵食が顕在化し始めている。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・解析が行われてきた。

その成果に基づき作成されたのが図-6に示す土砂収支図である。手取川河口左岸側では南方向の沿岸漂砂が卓越するとされているが、その量はまだ定量的には把握されていない。また、河口右岸側の金沢港北側では北向き沿岸漂砂が卓越すると考えられている。なお、この沿岸の汀線付近に分布する土砂の粒径は $d_{50} = 0.1 \sim 0.3\text{mm}$ 以上であることが確認されている。しかし、加越沿岸の全域では流れによる土砂移動の可能性も指摘されており、岸側での季節的に変化する沿岸漂砂などとともに複雑な土砂動態となっている。このため、加

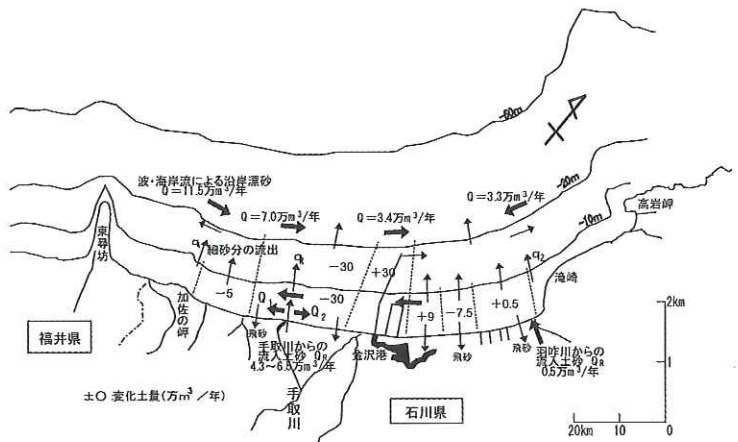


図-6 加越沿岸における土砂収支の推定結果

越沿岸では漂砂制御構造物によらない海岸保全を行うための総合的な土砂管理における計画流砂量(暫定値)を提示するには至っていない。

3.3 富士海岸(中部地方整備局)

富士川河口から沼津港に至る富士海岸においては、富士川から流出した土砂の一部が沿岸漂砂によって東側へと運ばれ、砂礫浜を形成していた。しかし、田子の浦港による沿岸漂砂の遮断、富士川からの流出土砂の減少に伴い、海岸侵食が富士

川河口から東へと徐々に広がっていった。このため、富士川河口から田子の浦港を経て昭和放水路に至る範囲では、消波堤や離岸堤などによる汀線維持が図られてきた。また、昭和放水路以東では美しい砂礫浜を維持することを目的に、侵食に対して動的養浜を行ってきた。しかし、動的養浜のコスト縮減と養浜材の安定確保が課題となっており、富士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年度から富士海岸における波浪による土砂動態と、富士川河口域での土砂動態を対象とした調査・解析が行われてきた。

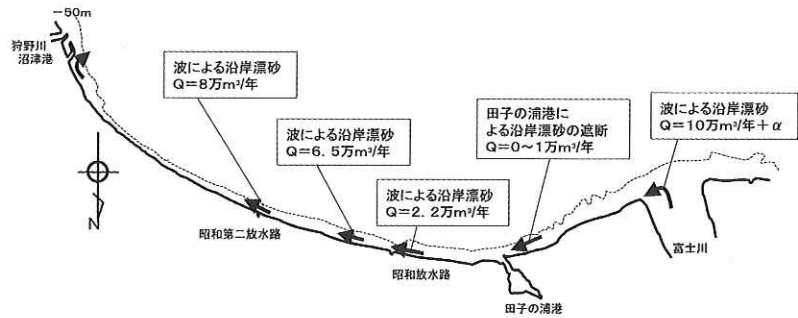


図-7 富士海岸における土砂収支の推定結果

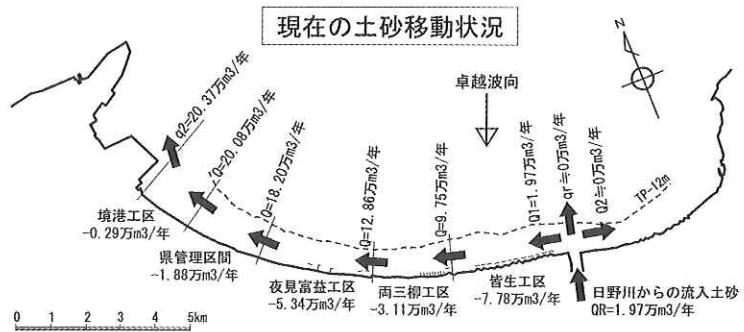


図-8 皆生海岸における土砂収支の推定結果

その成果を要約して模式的に土砂収支図として示したのが図-7である。富士川左岸側では東方向の沿岸漂砂が卓越するとされており、その量は10万 + α m³/年と推定されている。また、富士海岸のほぼ全域で、土砂が沖合へ損失している可能性が指摘されており、その量は合計で18.5万m³/年と考えられている。このように、富士海岸では海底勾配が急で、沖合への土砂損失などが生じている。このため、流砂系における総合的な土砂管理に基づく養浜などによる海岸保全を行うための計画流砂量(暫定値)を提示できない状況にある。

3.4 皆生海岸(中国地方整備局)

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・解析が行われてきた。

その成果に基づき作成されたのが図-8に示す

土砂収支図である。皆生海岸では侵食・堆積実態が詳細に調査され、その経年変化を再現する海浜地形変形モデルが構築されつつある。また、日野川の河床変動も1次元河床変動計算で再現されており、その結果から代表時期の河川流出土砂量が推定されている。しかし、皆生海岸では各土砂量の推定精度を向上させる段階にあり、漂砂制御構造物によらない海岸保全を行うための総合的な土砂管理における計画流砂量(暫定値)を提示するには至っていない。

3.5 高知海岸(四国地方整備局)

仁淀川が流入する漂砂系に位置する高知海岸の長浜-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な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年度から仁淀川の流出土砂や高知海岸の沿岸漂砂に関する調査・解析が行われてきた。

その成果を要約して模式的に土砂収支図として示したのが図-9である。高知海岸では侵食・堆積実態が詳細に調査され、その経年変化を再現する等深線変化モデルが構築されている。そして、等深線変化モデルによる海浜変形の再現結果から、仁淀川右岸側の沿岸漂砂量は約3万m³/年、左岸側の沿岸漂砂量は約0.5~2万m³/年と推定されている。また、仁淀川の河床変動も1次元河床変動計算で再現されており、その結果から河川流出土砂量は5~10万m³/年と考えられている。なお、沖合への損失土砂量なども推定されており、漂砂制御構造物によらない海岸保全を行うための総合的な土砂管理における計画流砂量(暫定値)は(9.5 + a)万m³/年となる。しかし、仁淀川河口沖には砂利採取を行った掘削穴がまだ存在するため、今後も詳細な調査・解析が必要とされる。

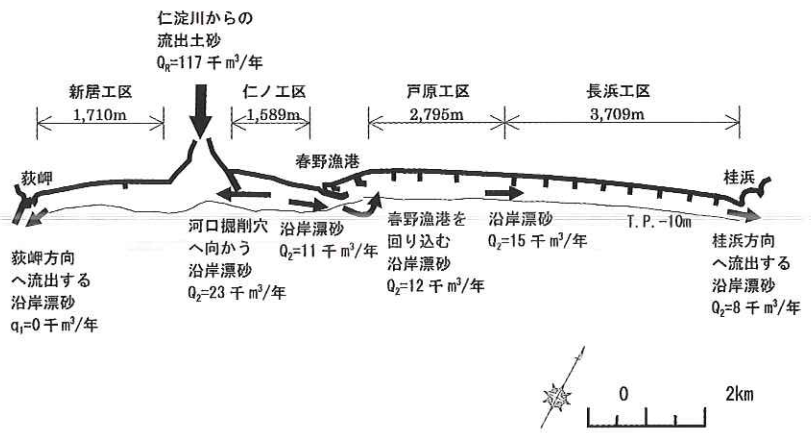


図-9 高知海岸における土砂収支の推定結果

また、仁淀川の河床変動も1次元河床変動計算で再現されており、その結果から河川流出土砂量は5~10万m³/年と考えられている。なお、沖合への損失土砂量なども推定されており、漂砂制御構造物によらない海岸保全を行うための総合的な土砂管理における計画流砂量(暫定値)は(9.5 + a)万m³/年となる。しかし、仁淀川河口沖には砂利採取を行った掘削穴がまだ存在するため、今後も詳細な調査・解析が必要とされる。

3.6 日向灘沿岸(九州地方整備局)

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的な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・解析が行われてきた。

その成果に基づき作成されたのが図-10に示す土砂収支図である。日向灘沿岸の侵食・堆積実態の調査によって、侵食が著しいのは宮崎港~一ツ瀬川河口の区間であることが確認された。また、海浜部はd₅₀ = 0.2~0.6mmの底質で構成され、北

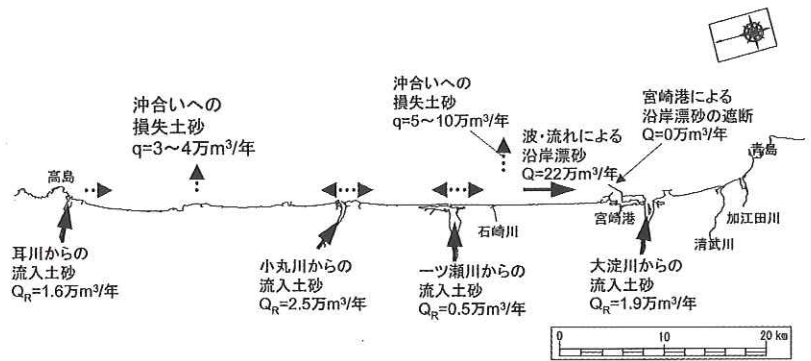


図-10 日向灘沿岸における土砂収支の推定結果

方向の沿岸漂砂量は1万m³/年、南方向の沿岸漂砂量は22万m³/年と推定されている。なお、1次元河床変動計算から推定される各河川からの流出土砂量は合計で6.5万m³/年と、南方向の沿岸漂砂量に比較して少ない。ここで、日向灘沿岸の計画流砂量を南向きの沿岸漂砂量とすると、各河川からの流出土砂量ははるかに少ないから、総合土砂管理による海岸保全を行うことは難しい。さらに、土砂の沖合への損失も日向灘沿岸全域で生じている可能性が指摘されており、今後も土砂動態に関する詳細な調査・解析が必要とされる。

4. 漂砂系における流砂量モニタリング手法(案)

以上のように、各海岸においては土砂動態の調査・解析結果に基づく土砂収支の模式図が作成されつつある。しかし、沿岸漂砂量や河川流出土砂量の推定精度に比較して、沖合への損失土砂量や河口域沖合への損失土砂量の推定精度がかなり低く、海岸における計画流砂量を提示できないのが

表-1 漂砂系における流砂量モニタリング手法 (案)

①漂砂系の境界の設定	土质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、団結・半団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・堆積実態の把握	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、漂砂系内に側線を設けて定期深淺測量を行い、海兵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求め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・堆積実態を把握する。
③底質粒径の把握	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・鉍物組成分析・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、代表鉍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で設定して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量分布図を作成する。各モデルの構築では、波浪観測のデータを統計処理して得られた各方向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汀線経年変化の再現精度を向上させる。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汀線変化モデル (または等深線変化モデル) を構築する。汀線経年変化の再現で得られ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沖合への損失土砂量 q_1 、 q_2 の推定	定期深淺測量のデータからいくつかの代表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合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合における土砂の堆積状況を調べ、沖合への損失土砂量を推定する。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、沿岸方向および岸沖方向の移動状況を調査する手法もある。
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データが蓄積されている場合は、それらからいくつかの代表時期の地形変化量を算出し、河口域への河川流出土砂量を推定する。また、1次元河床変動計算などにより実際の河床変動を再現して、代表時期の河川流出土砂量の推定精度を向上させる。なお、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比較・検討する手法もある。
⑦河口域沖合への損失土砂量 q_R の推定	定期深淺測量により河口域のデータが蓄積されている場合は、それらからいくつかの代表時期の地形変化量を算出し、河口域沖合への損失土砂量を推定する。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比較・検討する手法もある。
⑧土砂収支の推定	定期深淺測量のデータからいくつかの代表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で算出した沿岸漂砂量、⑤で求めた沖合への損失土砂量、⑥で得られた河川流出土砂量、⑦で求めた河口域沖合への損失土砂量との整合をとり、各代表時期の土砂収支の推定精度を向上させる。

現状である。特に、出水時や波浪作用時の河口域における土砂動態を調査・解析することは、各河川の特性和流入する各漂砂系の地形学的特性が各々異なるため困難である。この河口域の土砂動態の調査・解析手法はまだ検討段階ではあるが、各海岸における土砂動態の調査手法をとりまとめて、漂砂系における流砂量モニタリング手法 (案) として表-1に提案する。

5. おわりに

流砂系の総合的な土砂管理および改正「海岸法」の理念²⁾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る。このためには、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、今後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、それらの調査・解析手法を体系化して、「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。

参考文献

- 磯部雅彦：海岸環境と流砂系土砂管理、河川, No.628, pp.24-31, 1998.
- 磯部雅彦：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, 1999.

〈文責〉国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室

主任研究官 山本幸次