

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+ α ）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計画流砂量を設定する手法の提案を目的とし、阿武隈川、手取川、富士川、日野川、仁淀川、大淀川が流入する漂砂系を対象として、沿岸漂砂や河口域での土砂動態に関する現地調査とその解析を行ったので報告する。

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、

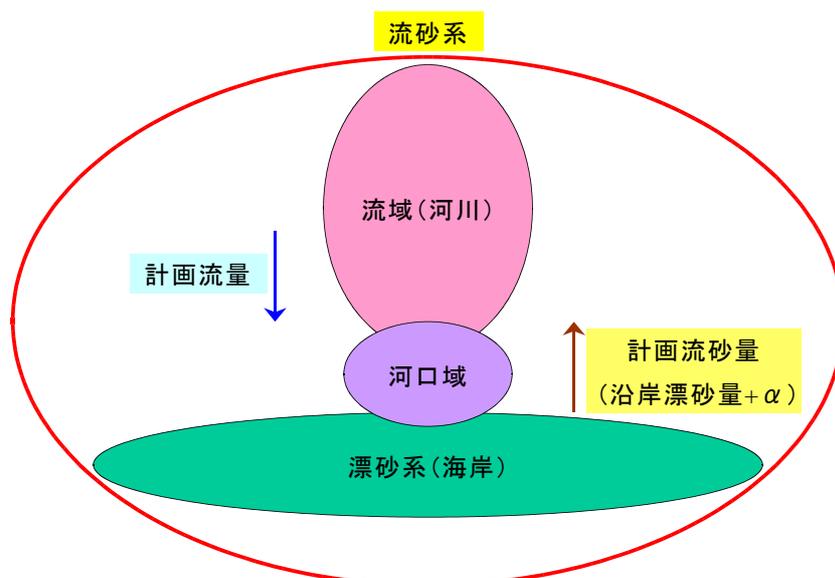


図-1 流砂系の概念

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+ α ）を決めるべきであり，海岸の位置する漂砂系における沿岸漂砂や河口域での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．そして，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) が生じている．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合への損失土砂量，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望まれる．

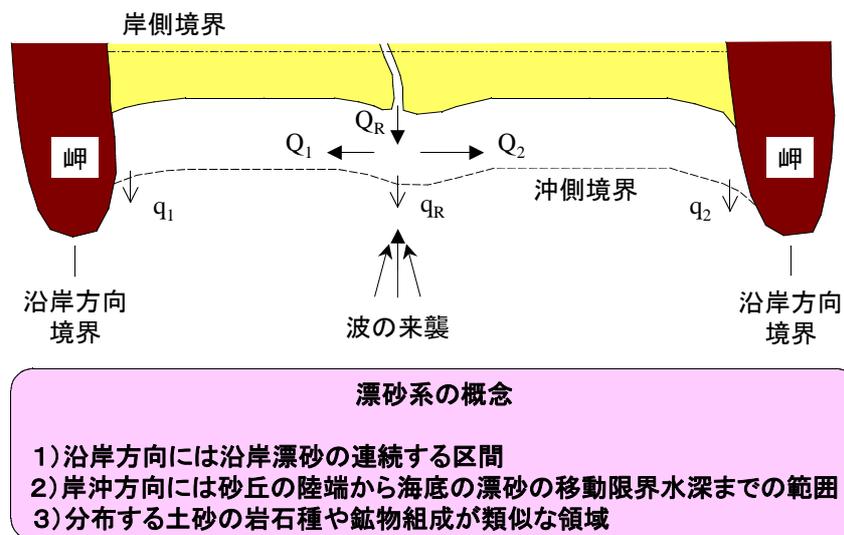


図-2 漂砂系における土砂動態

3. 漂砂系における土砂動態の調査・モニタリング手法（案）

海岸における計画流砂量を設定するためには，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必要がある（表-1）．そして，沿岸漂砂量や沖合への損失土砂量，および河川流出土砂量などを表-1 の④～⑦に示した調査・モニタリング手法などにより精度良く把握して，漂砂系における土砂収支を推定する（表-1，⑧）．さらに，その土砂収支に基づいて効率的な海岸保全を行うために必要な計画流砂量を設定する．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 に示した漂砂系での土砂動態の調査・モニタリング手法（案）により得

られた土砂収支から立案することが望ましい。

表-1 漂砂系における土砂動態の調査・モニタリング手法（案）

漂砂系における土砂動態の調査・モニタリング手法(案)	
①漂砂系の境界の設定	土質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・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、その後に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、それらと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・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、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・検討することも有効である。なお、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を推定する方法もある。
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・検討することも有効である。
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。

4. 代表河川が流入する漂砂系における土砂動態調査

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）が流入する漂砂系での土砂動態に関する調査・解析結果と土砂収支（暫定推定値）を紹介する。

4.1 阿武隈川が流入する漂砂系（仙台湾南部海岸）

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-3）、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・解析が行われてきた。

その成果を要約したのが表-2であり、この海岸の汀線付近に分布する土砂の粒径は $d_{50}=0.3 \sim 0.4\text{mm}$ であることが確認されている。また、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 $\text{m}^3/\text{年}$ と推定されている。なお、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。

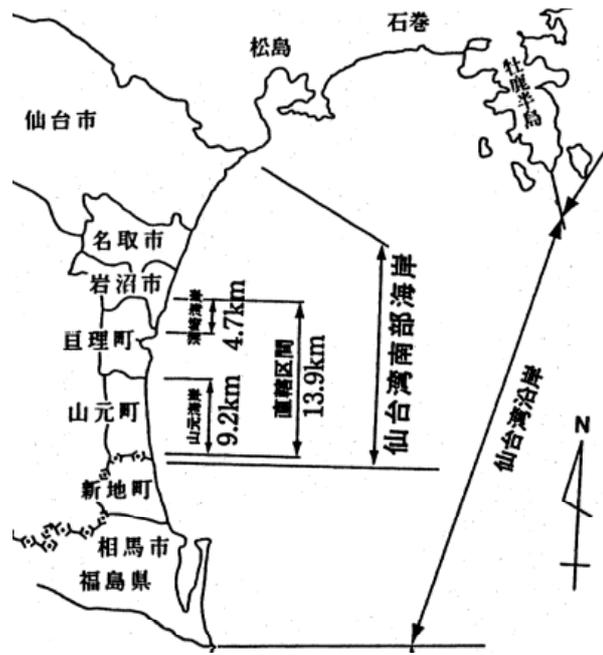


図-3 阿武隈川が流入する漂砂系

表-2 仙台湾南部海岸における土砂動態の調査成果

阿武隈川が流入する漂砂系(仙台湾南部海岸)における土砂動態の調査成果	
①漂砂系の境界の設定	<ul style="list-style-type: none"> ○沿岸方向境界 <ul style="list-style-type: none"> ・南側(漂砂上手側): 相馬港(防波堤の先端水深が15mに達しているため) ・北側(漂砂下手側): 仙台新港(防波堤の先端水深が17mに達しているため) ○岸側境界: 不明。阿武隈川側境界の特定は困難と考えられる。 ○沖側境界: T.P.-8m程度(地形変化・底質特性より設定した移動限界水深)
②侵食・堆積実態の把握	<ul style="list-style-type: none"> ○当海岸は、主に関上漁港、鳥の海導流堤により、3つの海岸に区切られている。 ○沿岸漂砂は南→北であり、上記3区分において南側で侵食、北側で堆積が生じている。 ○海岸線は弓形であり、南側ほど沿岸漂砂量が大きく侵食が激しい。ただし、近年では最南部は砂浜が消失していることとヘッドランドが整備されつつあるため、南部の沿岸漂砂量は減少している。
③底質粒径の把握	<ul style="list-style-type: none"> ○沿岸から水深20m付近までの調査を実施済み。底質粒径は沿岸付近が$d_{50}=0.3 \sim 0.4\text{mm}$であり、水深が増大するにつれて粒径は細くなり、水深10m程度以深では$d_{50}=0.1\text{mm}$程度となる。
④沿岸漂砂量 Q_1 , Q_2 の推定	<ul style="list-style-type: none"> ○北側に向かう平均的な沿岸漂砂量Q_1は、4万$\text{m}^3/\text{年}$程度である。 ○ただし、出水後に河口部から顕著な土砂供給があった場合には、一時的に沿岸漂砂量が増加していると考えられる。 ○南側に向かう沿岸漂砂量Q_2はほとんど存在せず、$Q_2 \approx 0\text{万}\text{m}^3/\text{年}$である。
⑤沖合への損失土砂量 q_1 , q_2 の推定	<ul style="list-style-type: none"> ○境界での沖損失量は検討していないが、海岸域全体では土砂収支がほぼバランス(堆積量と侵食量がほぼ同じ)しているため、沖損失量は非常に少ない可能性がある。
⑥河川流出土砂量 Q_R の推定	<ul style="list-style-type: none"> ○阿武隈川からの平均的な河川流出土砂量Q_R(海浜形成に寄与する土砂量)は河床変動計算結果等より2万$\text{m}^3/\text{年}$と推定される。 ○今後は、上流から河口付近への土砂移動や河口テラスから海浜形成へ寄与する土砂量等を明らかにする必要があると考えられる。
⑦河口域沖合への損失土砂量 q_R の推定	<ul style="list-style-type: none"> ○河口テラスが大きく発達している形状から推察すると、相当量の沖損失が生じていると推察されるが、定量的評価は今後の検討課題である。
⑧土砂収支の推定	<ul style="list-style-type: none"> ○漁港等建設以前は、福島沿岸からの供給土砂、阿武隈川等の河川からの供給土砂により、海浜が発達していた。 ○現在では、漁港等に海岸線が寸断されたこと、福島沿岸からの供給土砂が見込めなくなったこと、河川からの供給土砂量が減じたことにより、侵食域が拡大している。

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 $d_{50}=0.3 \sim 0.4\text{mm}$ 以上の土砂が 4 万 m^3 以上必要とされ、これが阿武隈川流砂系での総合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。

4.2 手取川が流入する漂砂系（加越沿岸）

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（図-4）。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・解析が行われてきた。

その成果を要約したのが表-3 であり、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。また、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。さらに、河口右岸側の金沢港北側では北向きの沿岸漂砂が卓越すると考えられている。なお、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。

4.3 富士川が流入する漂砂系（富士海岸）

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美しい砂礫海岸を形成していた。ところが、田子の浦港による沿岸漂砂の遮断、さらには富士川からの流出土砂の減少にともない、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

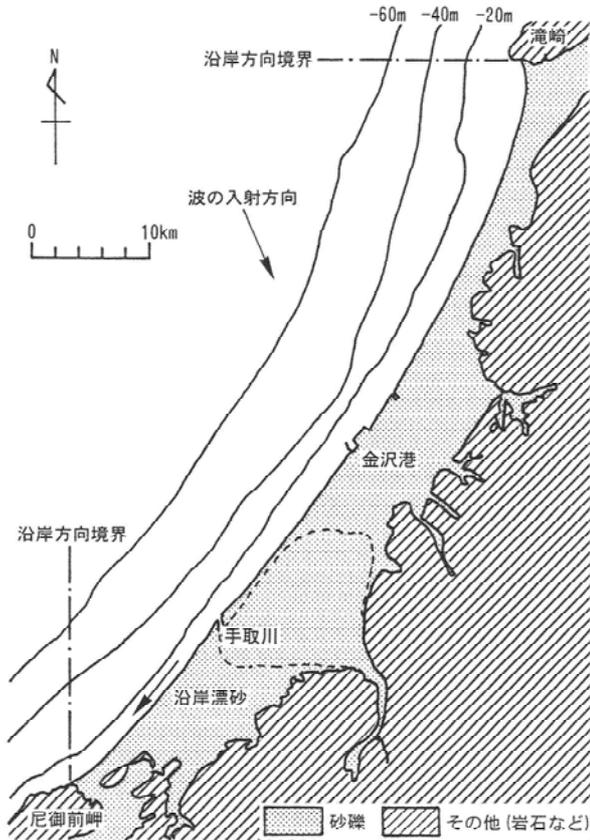


図-4 手取川が流入する漂砂系

表-3 加越沿岸における土砂動態の調査成果

手取川が流入する漂砂系(加越沿岸)における土砂動態の調査成果	
①漂砂系の境界の設定	加佐ノ岬(漂砂系の南端)～滝崎(漂砂系の北端)(延長約80km)、手取川河口右岸側には、金沢港防波堤(先端水深:約15m)が建設されている(1965年～)。
②侵食・堆積実態の把握	<p>離岸堤の効果により、対策箇所での汀線は維持されているものの、離岸堤の沖側や周辺海岸では、侵食が顕在化してきている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小松、片山津海岸(水深10m以浅):5万³m³/年の侵食傾向 ・石川、金沢海岸(水深10m以浅):約30万³m³/年、(水深10～20m間):約30万³m³/年の侵食傾向 ・金沢港湾区域:約30万³m³/年の堆積傾向 ・宇ノ気内灘海岸(水深10m以浅):9万³m³/年の堆積傾向(ただし、近年は侵食傾向) ・高松七塚海岸(水深10m以浅):7.5万³m³/年の侵食傾向 ・押水羽咋海岸(水深10m以浅):0.5万³m³/年の堆積傾向(ただし、近年は侵食傾向)
③底質粒径の把握	<p><中央粒径></p> <ul style="list-style-type: none"> ・手取川河口:0.6mm ・河口から北側の千里浜方向:0.25mm～0.1mm ・河口から南側加佐ノ岬方向:0.3mm以上 ・小松・片山津海岸では、汀線際表層底質の季節変動および沿岸方向の変化が非常に激しい(礫⇄砂礫)。
④沿岸漂砂量 Q_1 、 Q_2 の推定	<p>漂砂の移動方向については、トレーサー調査および波浪・海浜流速観測結果により、次のことが明らかとなっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・石川海岸～小松海岸では、明瞭な卓越方向は認められないが長期的には南向きの漂砂が卓越している。 ・片山津海岸では、新堀川導流堤の堆砂形状から長期的には南向きの漂砂が卓越しているが、底質特性が著しく変化している(礫浜)。 ・加佐ノ岬を越えて通過するトレーサーを確認。ただし、定量的には不明。 ・水深10m以深では、発達した海岸流が存在すると考えられ、いずれも北向きと想定される。以上の内容は、沿岸漂砂の方向に対するものであり、岸沖漂砂との関係や漂砂量までは解明されていない。 ・滝崎沖合の水深10m以深において活発な漂砂移動が確認。 ・北向きの海岸流により滝崎沖合を通過している砂と一部は羽咋沖から加越北部沿岸に流れてくる砂があるものと考えられている。ただし、定量的には解明されていない。 ・汀線際の沿岸漂砂については滝港の存在により阻止されているものと考えられる。
⑤沖合への損失土砂量 q_1 、 q_2 の推定	沖合流出量 q_1 の存在は、モニタリング調査(トレーサー調査)により、確認できたが、どの程度の量が落ち込んでいるかは未解明。 q_2 を特定する調査などは未実施であり、現在のところ未解明である。
⑥河川流出土砂量 Q_R の推定	4.3万 ³ m ³ /年(ただし、手取川ダム建設後)
⑦河口域沖合への損失土砂量 q_R の推定	系外流出土砂量の存在およびその量についての検討は現在のところ、未実施。ただし、水深30m付近の水深変化がほとんど認められないことから、これ以深への海岸に寄与する質の土砂損失は無いものと考えられる。
⑧土砂収支の推定	深淺測量結果から整理した地形変化実態から、各海岸毎の土砂変動量は把握しているが、沿岸漂砂量や沖合流出土砂量の定量的な検討は未実施。

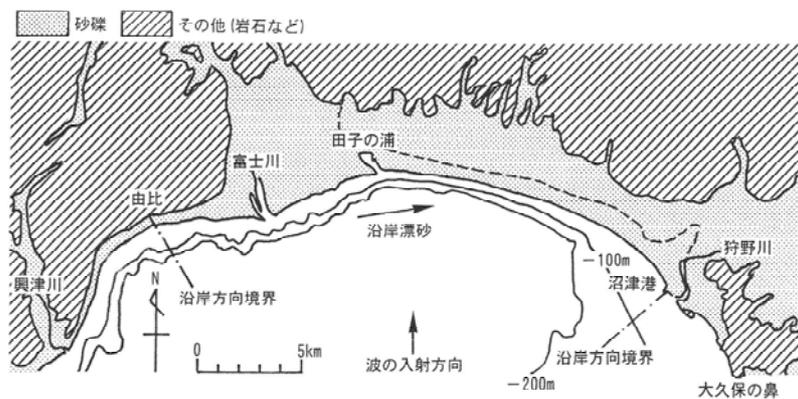


図-5 富士川が流入する漂砂系

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。

その成果を要約したのが表-4であり、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 $10万 + \alpha \text{ m}^3/\text{年}$ 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 $18.5 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ 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ため、漂砂制御構造物によらない海岸保全を行うための総合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。

表-4 富士海岸における土砂動態の調査成果

富士川が流入する漂砂系(富士海岸、富士・吉原・原・沼津工区)における土砂動態の調査成果	
①漂砂系の境界の設定	富士川河口から沼津港西端まで、移動限界水深 T. P. -14m
②侵食・堆積実態の把握	汀線変動は定期深淺測量1968年を基準に現在まで基準測点(No. 0~No. 82@250mピッチ)の変動を把握している。 富士川河口左岸に隣接する富士工区の汀線は前進傾向にある。また吉原工区昭和放水路以東は養浜投入により侵食規模が小さくなっている。
③底質粒径の把握	平成8年から平成15年の底質調査において富士川河口から沼津港西端までの陸域部から海域部(土砂の移動限界水深 T. P. -14mを含む)を概ね把握している。 吉原工区(No46~No48)では、養浜礫であると考えられる角のある礫が多く見られる。この角のある礫は東側でも確認され移動してると考えられる。
④沿岸漂砂量 Q_1 、 Q_2 の推定	富士川左岸に位置する富士海岸・富士工区に供給される左岸の沿岸漂砂量 Q_1 は $10万 + \alpha \text{ m}^3/\text{年}$ と推定されている。 富士工区より以東の吉原・原・沼津工区へは、手前の田子の浦港防波堤に阻まれて沖合へ流出していると推測されている。沿岸漂砂量は地形変化から把握するが富士川からの供給量と沖損失量がどのようになっているのか不明瞭となっている。
⑤沖合への損失土砂量 q_1 、 q_2 の推定	富士工区 約 $5\sim6 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ 、 吉原工区 約 $3.1 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ 、 原工区 約 $2.6 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ 、 沼津工区 約 $6.8 \text{ 万 m}^3/\text{年}$
⑥河川流出土砂量 Q_R の推定	年間 数 10 万 m^3 単位
⑦河口域沖合への損失土砂量 q_R の推定	富士川河口において洪水時・平常時に富士川から海底に流失していると推定される。
⑧土砂収支の推定	養浜実績、定期深淺測量に基づく土砂変化量、及び既往の検討より、土砂収支図を推定している。

4.4 日野川が流入する漂砂系（皆生海岸）

鳥取県の美保湾に面する皆生海岸（図-6）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。

その成果を要約したのが表-5であり、皆生海岸の侵食・堆積実態が詳細に調査され、

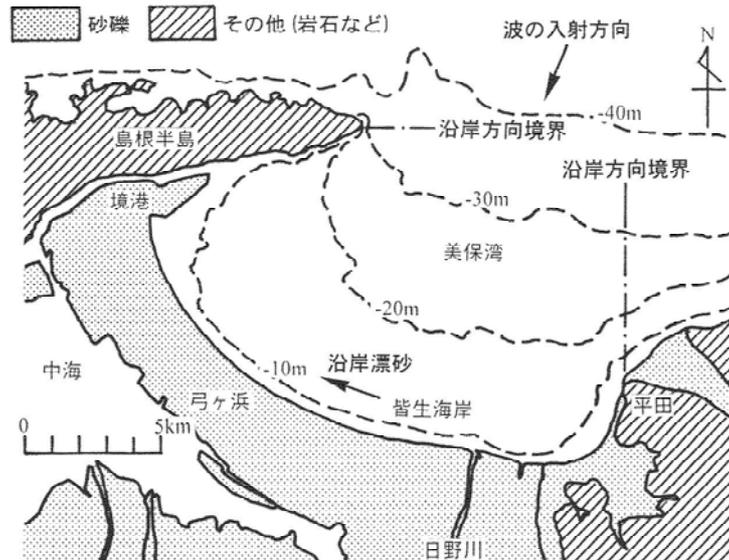


図-6 日野川が流入する漂砂系

表-5 皆生海岸における土砂動態の調査成果

日野川が流入する漂砂系(皆生海岸)における土砂動態の調査成果	
①漂砂系の境界の設定	漂砂系の境界は以下のとおり設定している。 沿岸境界:西側を境港市の竹内団地(埋立地)、東側を米子市淀江漁港 岸側境界:護岸や防砂林等の人工物 沖側境界:移動限界水深
②侵食・堆積実態の把握	昭和21年に米軍が撮影した航空写真と、その後に国土地理院等が撮影した航空写真を比較した汀線変化図を作成している。 また、昭和35年以降には深淺測量、汀線測量を実施しており、昭和46年以降の資料については電子的に整理されており経年変化の把握が可能である。
③底質粒径の把握	平成13～15年度に底質の粒度分析等を実施している。 また底質の調査とあわせて、平成13年度には堆積構造(砂連など)調査、平成14年度にはパブルパルサーによる地層探査、平成15年度にはジオスライサーによる堆積物調査を実施している。
④沿岸漂砂量 Q_1 、 Q_2 の推定	平成17年度中に沿岸漂砂量分布図を作成する予定である(平成10年度に海浜地形変形モデルを作成済み)。
⑤沖合への損失土砂量 q_1 、 q_2 の推定	西側(竹内団地付近)において平成13年度に捕砂調査を実施している。東側(淀江漁港付近)については未調査。
⑥河川流出土砂量 Q_R の推定	平成16年度までに日野川の一次元河床変動計算を実施しており、実際の河床変動の再現により代表時期の河川流出土砂量を推算している。
⑦河口域沖合への損失土砂量 q_R の推定	平成17年度中に推定を行う予定である。
⑧土砂収支の推定	平成17年度中に沿岸漂砂量分布図を作成する予定である。

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ている。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安を行うための総合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。

4.5 仁淀川が流入する漂砂系（高知海岸）

仁淀川が流入する漂砂系（図-7）に位置する高知海岸の長浜～新居工区では、仁淀川が

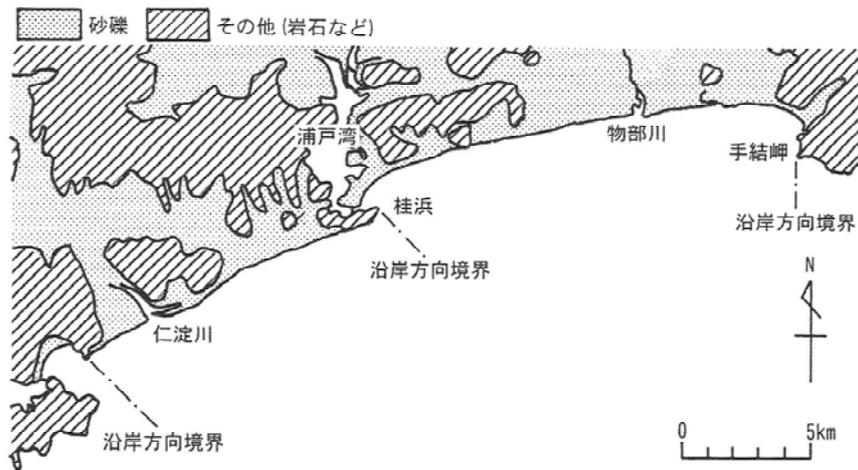


図-7 仁淀川が流入する漂砂系

表-6 高知海岸における土砂動態の調査成果

仁淀川が流入する漂砂系(高知海岸(長浜～新居))における土砂動態の調査成果	
①漂砂系の境界の設定	<ul style="list-style-type: none"> ・東端:桂浜(漂砂の方向東向き流出)(東側海岸延長約8.1km) ・西端:荻岬(漂砂の方向西向き、岬地形、津波防波堤の建設により現在流出なし)(西側海岸延長約1.7km)
②侵食・堆積実態の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・航空写真(S22～現在) ・深浅測量(毎年度末 H6～現在 H41～H2高知県実施(精度に難あり)) ・台風時深浅測量(H10～) ・台風時前浜測量(陸上部のみ、H12～)
③底質粒径の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・粒度調査(H7 沖合水深15mまで約40地点) ・サンプリング調査(深度2m水深25mまで約80地点) ・仁淀川河床材料調査
④沿岸漂砂量 Q_1 、 Q_2 の推定	<ul style="list-style-type: none"> ・等深線モデルによりQ_1を計算:約$3\text{万m}^3/\text{年}$ ・河口掘削穴(砂利採取)の影響有り ・等深線モデルによりQ_2を計算:約$0.5\sim 2\text{万m}^3/\text{年}$ ・河口から東約2kmの位置に存在する春野漁港防波堤の影響有り
⑤沖合への損失土砂量 q_1 、 q_2 の推定	<ul style="list-style-type: none"> ・荻岬を越える漂砂量はほぼなし(地形測量資料、等深線モデルによる検討結果)。 ・移動限界水深以深への移動量は検討中 ・桂浜地形資料調査:年間約$1\text{万}\sim 2\text{万}/\text{年}$ ・等深線モデルによる計算値:約$5\text{千m}^3/\text{年}$ ・移動限界水深以深への移動量は検討中
⑥河川流出土砂量 Q_R の推定	<p>一次元河床変動計算により検討 浮遊砂成分を含み約$5\text{万}\sim 10\text{万m}^3/\text{年}$</p>
⑦河口域沖合への損失土砂量 q_R の推定	<p>Q_Rの内浮遊砂成分(流出土砂量の約4割前後):$2\sim 4\text{万m}^3/\text{年}$程度と思われる。 詳細な検討は今年度実施予定</p>
⑧土砂収支の推定	<ul style="list-style-type: none"> ・河口部掘削穴の影響によりQ_Rは沿岸漂砂量の供給値にはならない。 ・上記の特徴を踏まえ、今年度詳細な検討結果を得る予定であるが、現時点の知見では$Q_1+Q_2+q_1+q_2+q_R=3+2+0.5+0+4+\alpha$(両端の沖への流出)$=9.5+\alpha$($\alpha$は$\text{万m}^3/\text{年}$のオーダーと考えられる)したがって、$Q_R$を10とすると、若干の侵食と思われる。 詳細は今年度検討予定

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．

その成果を要約したのが表-6 であり，高知海岸の侵食・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 m^3 /年，左岸側の沿岸漂砂量は約 0.5 ～ 2 万 m^3 /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 m^3 /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土砂管理における計画流砂量（暫定値）は $(9.5 + \alpha)$ 万 m^3 /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．

4.6 大淀川が流入する漂砂系（日向灘沿岸）

宮崎県東部の日向灘沿岸（図-8）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・解析が行われてきた．

その成果を要約したのが表-7 であり，日向灘沿岸の侵食・堆積実態の調査により，海岸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 $d_{50}=0.2 \sim 0.6mm$ の底質で構成され，北方向の沿岸漂砂量は 1 万 m^3 /年，南方向の沿岸漂砂量は 22 万 m^3 /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 m^3 /年と，南方向の沿岸漂砂量に比較して少ない．ここで，

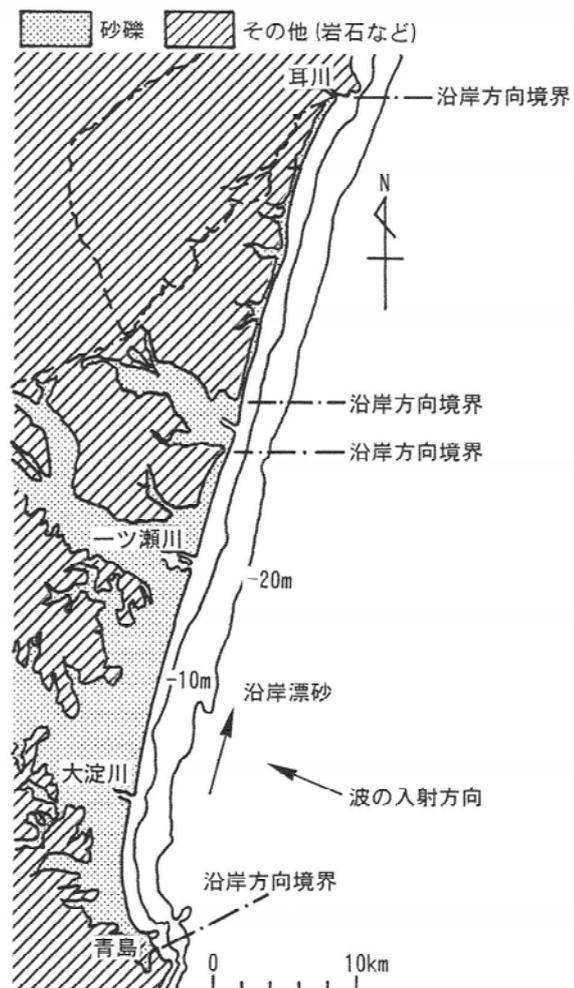


図-8 大淀川が流入する漂砂系

日向灘沿岸の計画流砂量を南向きの沿岸漂砂量と仮定すると、各河川からの流出土砂量が少ないことから、漂砂制御構造物によらない海岸保全を行うことは現状では難しいと言える。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。

表-7 日向灘沿岸における土砂動態の調査成果

大淀川・一ツ瀬川・小丸川が流入する漂砂系(日向灘沿岸)における土砂動態の調査成果	
①漂砂系の境界の設定	○沿岸方向境界 南側:青島(これより以南は岩礁海岸) 北側:耳川(これより北側は岩礁海岸) ○岸側境界:堤防・護岸および保安林界 ○沖側境界:T.P.-10~12m程度(地形変化から解析した顕著な水深の限界水深)
②侵食・堆積実態の把握	対象域において最も現在侵食が顕著な箇所は、宮崎港～一ツ瀬川区間である。この区間の侵食要因としては、宮崎港防波堤遮蔽域への土砂の移動および宮崎港防波堤による大淀川からの供給土砂の遮断、一ツ瀬川河口からの供給土砂の減少等が推定されている。
③底質粒径の把握	川南漁港～宮崎港の前浜・後浜にて12測線で実施(1996.1)→前浜は0.2-0.5mm,後浜は0.3-0.6mm
④沿岸漂砂量 Q_1 , Q_2 の推定	北方向の正味の沿岸漂砂量 Q_1 :最大1万 m^3 /年[土砂収支図] 南方向の正味の沿岸漂砂量 Q_2 :最大22万 m^3 /年[土砂収支図]
⑤沖合への損失土砂量 q_1 , q_2 の推定	不明な点が多いが、現状では、河川からの流出土砂量、海岸の地形変化量等から、対象域全域において、沖向に13.4万 m^3 /年程度と推定される[土砂収支図]
⑥河川流出土砂量 Q_R の推定	大淀川:1.9万 m^3 /年, 一ツ瀬川:0.5万 m^3 /年, 小丸川:2.5万 m^3 /年, 耳川:1.6万 m^3 /年(河床変動計算等から推定)[土砂収支図]
⑦河口域沖合への損失土砂量 q_R の推定	不明
⑧土砂収支の推定	土砂収支図参照(河川からの推定流出土砂量、海岸の地形変化量等から推定)

5. 漂砂系における流砂量のモニタリング手法の提案

流砂系における総合的な土砂管理を行うにあたっては、水流の場合の計画流量に相当する計画流砂量の設定が必要とされる。そして、流域(河川)と漂砂系(海岸)、およびそれらのインターフェイスである河口域における土砂動態を把握し、各領域の土砂収支をバランスさせるものとして計画流砂量を設定することが重要である。この計画流砂量は流砂系の下流側(すなわち、漂砂系)における目標とする海岸地形が決めて設定するのが効率的と言える。つまり、海岸では地形と波浪などの外力、および漂砂制御構造物との関係で沿岸漂砂量が決まるので、これを海岸地形を維持するための必要計画流砂量とするのが望ましい。

この必要計画流砂量(沿岸漂砂量)が決まれば、その供給源として河口域などからの供給量が決められ、この供給量を維持するための河道計画が立案できる。その際に、上流からの土砂供給が過大である場合には土砂を社会基盤整備の資源として転用することができ、上流からの土砂供給が不足する場合にはダムに土砂の通過機能を持たせることなどにより下流側への土砂供給を増加させる解決策を図ることになる。つまり、流砂系における

総合的な土砂管理計画は、海岸における沿岸漂砂量の把握から始まること（図-2の↑印）になり、海岸における現象の調査・研究に携わる技術者の責務が大きいと言える。

以上のことから、図-9に示すモニタリングと海岸保全の関連を中核とした「漂砂系における流砂量モニタリングの手引き（案）」の策定を試みることにした。なお、河川からの流出土砂の全量が沿岸漂砂になっている保証はなく、河口域から深海部に直接流出している可能性が考

えられる。また、河口域における土砂動態は、河川の特徴と流入する漂砂系の地形学的特性によって各々異なるため、海岸における沿岸漂砂量をそのまま河川からの必要最小限の供給土砂量とすることは望ましくない。したがって、策定する「漂砂系における流砂量モニタリングの手引き（案）」では、各漂砂系で行われた沿岸漂砂や沖合への損失土砂、および河口域の土砂動態に関する調査結果（表-2～表-7）の詳細を紹介するとともに、それらの調査・解析手法の評価についても記述する予定である。

6. 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。このためには、海岸管理者が過去から現在に至る海岸地形の変遷を十分に把握し、今後の海浜変形の傾向を予測した上で、保全すべき海岸地形の将来像を描いて、流砂系（流域、河口域、漂砂系）における土砂動態の調査・解析を行うことが望まれる。

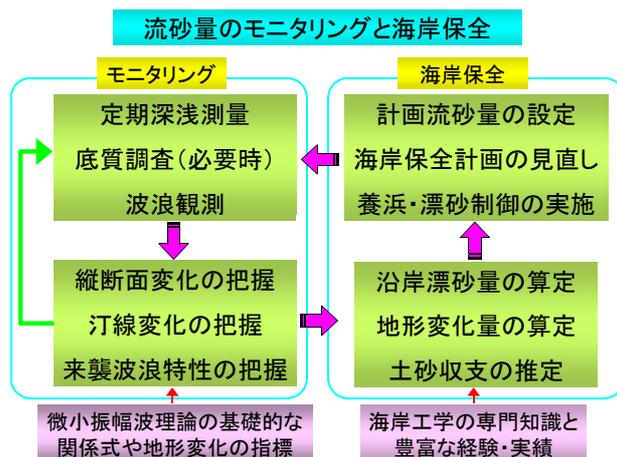


図-9 沿岸漂砂量の算定フロー

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.