

◆ 国土交通省技術研究会報告特集 ◆

流砂系一貫の土砂管理による海岸保全計画に関する調査

国土交通省河川局砂防部保全課海岸室
 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
 国土交通省国土地理院地理調査部地理第二課

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が「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」の報告を出し、海岸保全を計画・実施するにあたって、流砂系における総合的な土砂管理に基づくことの必要性を示した。したがって、近年において著しい海岸侵食の対策を計画・実施する場合には、侵食原因の一つとされている河川からの流出土砂の減少と侵食との関係を明らかにすることが重要となった。

そこで、国土交通省技術研究会の1テーマとして「流砂系一貫の土砂管理による海岸保全計画に関する調査」を行うこととした。本調査では地先海岸の情報を収集・整理する海岸特性調査、海岸の情報が蓄積されている海岸においては土砂収支を把握する土砂動態調査を全国的に行った。

また、流砂系一貫の土砂管理による海岸保全のためには、河川と海岸における土砂動態の関連の解明が重要となるので、特定した流砂系において、河川からの流出土砂量と河口部海浜の変形の関係について検討した。さらに、河川からの流出物質の沿岸域への堆積状況を把握するために、海岸における堆積物の分布特性に関する調査手法の確立を図った。

本調査の基本的概念や海岸情報の収集・整理結果、各海岸における土砂動態の調査結果等の詳細については、鳥居(2001)¹⁾や建設省河川局防災・海岸課海岸室ほか(2000)²⁾、国土交通省河川局砂防部保全課海岸室ほか(2001)³⁾に詳述してあるので、本報ではその概要と2,3の調査事例を紹介する。

2. 海岸特性調査

国土地理院では、現在発行している地形図お

よびその旧版地形図を基図に近年約100年(明治期、昭和20年代、平成期)の3時期の海岸情報調査を実施し、全国的な海岸線の変化の把握を行った。具体的には地形図および旧版地形図をスキャナ取り込みしたのち、コンピュータディスプレイ上での対話編集により図形情報を取得し、標準地域メッシュ等を単位としてファイル化した。そして、その結果得られた海岸線移動量図に国土庁調査の土地分類図(表層地質図)のデータを付加し、2001年現在で図-1に示す全国海岸侵食実態図を作成した。図-1では海岸線が1953~1991年に $\Delta X = 3\text{m/yr}$ 以上後退した海岸、 $\Delta X = 1 \sim 3\text{m/yr}$ 後退した海岸、 $\Delta X = 1\text{m/yr}$ 以下および海岸線が前進した海岸に大別した。また、現地調査や海岸事業の実績から得られた海岸線の後退量をもとに、侵食の著しい海岸位置(C.1~C.20)も示した。

以上のように、国土地理院において全国の現況と過去の海岸線の状況を数値地理データとして整備した。したがって、地理情報システムを用いた集計・解析を短期間で行うことが可能であり、同データの更新を行うことで広域の海岸変化を抽出する基礎データとすることが期待できる。そして、この基礎データに①沿岸方向の汀線の経年変化図、②代表地点の汀線の経年変化図、③代表断面の断面変化図、④沿岸の年平均波のエネルギーフラックス図、⑤底質の分布図などの客観的データを付加して、海岸情報図を作成することが可能となった。

3. 土砂動態調査

平成12年度の報告²⁾では新潟海岸(北陸)、富士海岸(中部)、高知海岸(四国)、皆生海岸(中国)の土砂収支についての検討結果を示した。また、平成13年度の報告³⁾では胆振・日高海岸(北海道)、加越海岸(北陸)、駿河海岸(中部)、吹上浜海岸(九州)における土砂動態に関する調査結果を

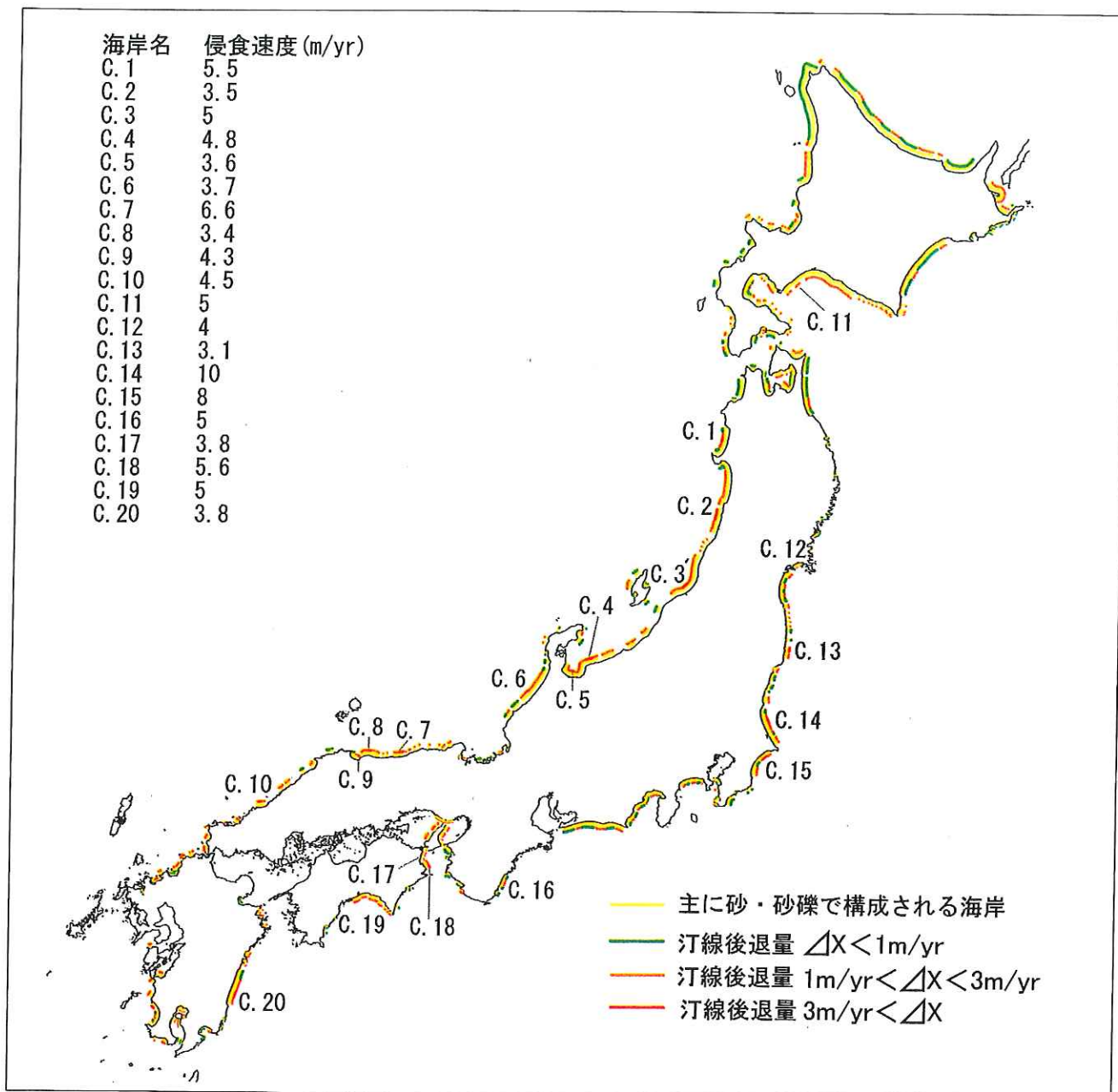


図-1 全国海岸侵食実態図 (2001 年)

示した。その一例として、加越海岸での土砂動態調査結果を要約して述べる。

まず、南端の東尋坊から北端の海士岬までの加越海岸の波浪条件を把握するために、中央部に位置する金沢港の波浪観測記録の統計処理を行った。1970～1984年の波浪データによると、一年を通しての波の入射方向はNNW, NW, WNWの順となる。季節毎の波の入射方向は春～秋期にはNNWが多く、冬期にはNWが多くなる。なお、加越海岸の海岸線方向はNNE～ENEである。したがって、春～秋期では沿岸全体で南向きの沿岸漂砂が卓越する条件となる(図-2上段)。また、冬期には平均的な海岸線に対してほぼ直角に波が

入射することになり、地先海岸の海岸線方向により南向きと北向きの沿岸漂砂が卓越することになる。加越海岸の海岸線の曲率を考慮すると、冬期には中央部の金沢港を境に北側の海岸では南向きの、南側の海岸では北向きの沿岸漂砂が卓越すると推定される(図-2下段)。なお、図-2には現地観測により推定されている岸沖の漂砂方向や、沖合での流れによる砂の移動方向も示してあるが、これについては現地観測の蓄積により確認する必要がある。

加越海岸の土砂収支を把握するために、汀線測量や深淺測量、および空中写真の解析を行い、海岸域における土砂収支を推定した。また、手取

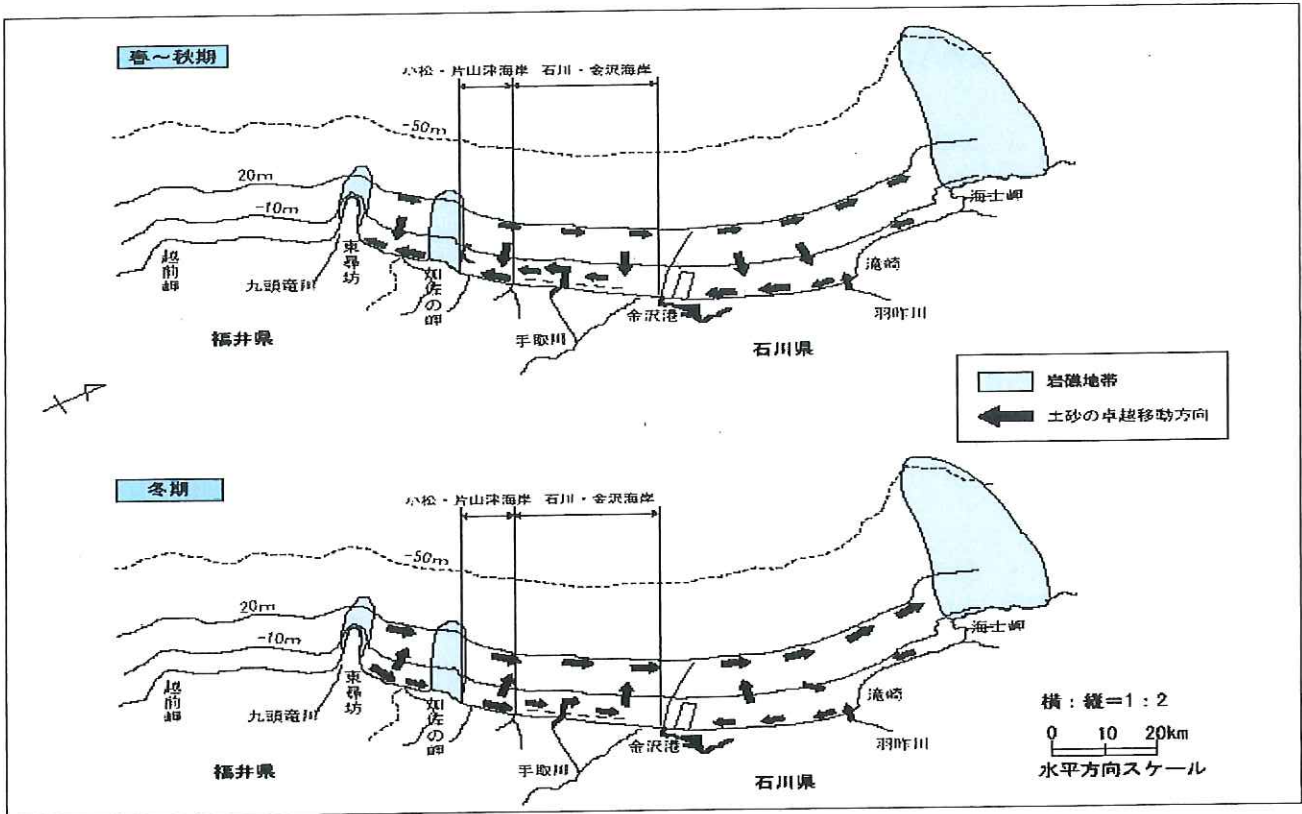


図-2 加越海岸における漂砂機構の推定図

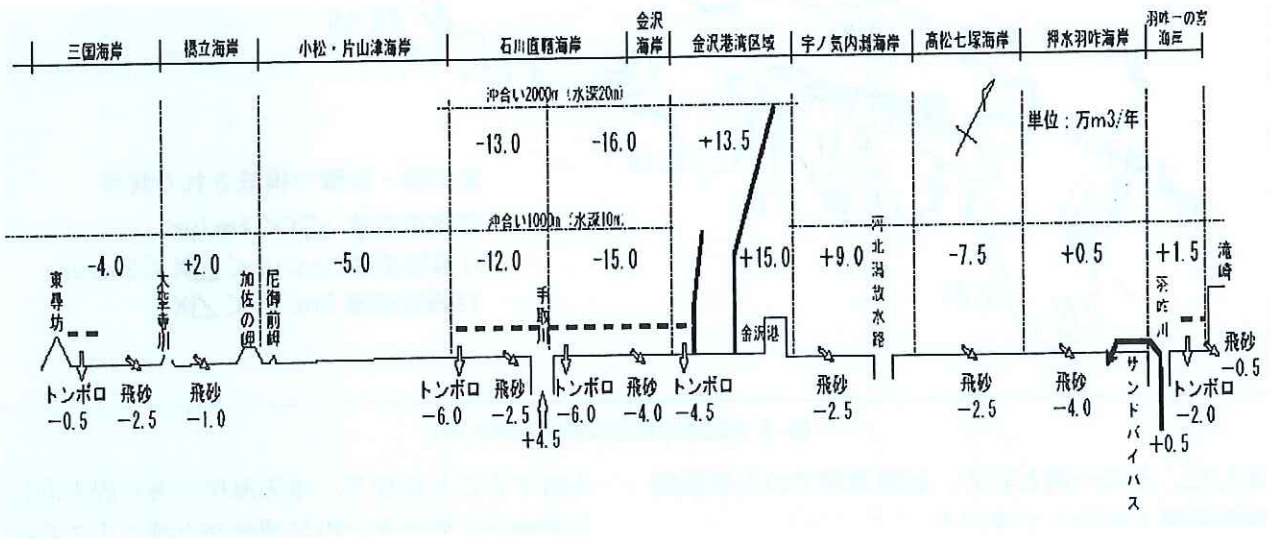


図-3 加越海岸の土砂收支の推定図

川からの流出土砂量は過去に行った調査によると、手取川ダム完成まで(1980年以前)は約 $8.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ 、手取川ダム完成後(1980年以降)は約 $4.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ と推定されている。なお、陸側への土砂移動量は、飛砂量公式と飛砂が堆積して砂丘になることから推定した。過去 5000 年間に形成されたと論じられている海岸砂丘の体積で検証した結果、海岸線 1km 当りの飛砂量は約 $0.34 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ となり、この値を現存する砂浜延長に乗じて各海岸の飛砂量を求めた。以上の解析

結果を総合すると図-3 となり、図中の正負の記号は実線で区切られた矩形の領域への土砂の流入と流出を示す。図-3 によると、東尋坊から滝崎においては土砂収支バランスは閉じておらず、堆積量に比較して侵食量がかなり多いことが分かる。これは水深 10m 以深の土砂収支データが石川直轄海岸、金沢海岸、金沢港区域のみに限られていることによると考えられる。したがって、加越海岸の土砂収支をさらに精度良く推定するためには、全域での水深 10m 以深の土砂収支データを取得

する必要がある。

4. 流砂系における土砂動態調査

海岸侵食の原因の一つとして、河川からの流出土砂量の減少が挙げられているが、それを定量的に検討した現地海岸の事例は少ない。そこで、安倍川と静岡海岸および清水海岸からなる流砂系（以下では、安倍川・静岡清水海岸流砂系と呼ぶ）をケーススタディとして、既存の調査結果や文献をもとに河道内での土砂採取実態の把握、それに伴う河口部への土砂流出量の変化の推定を行った。また、海岸侵食の実態把握と土砂収支の推定、河口部への流出土砂量の変化と河口部地形の変遷に関する考察、および河川と海岸における土砂収支を推定した。

安倍川は、静岡県静岡市梅ヶ島の大谷嶺（標高1999.7m）を源流とし、駿河湾に流入する流域面積567km²、流路延長51kmの流域をもつ一級河川である（図-4）。また、安倍川は我が国屈指の急流河川であり、日本三大崩れの一つである大谷崩れに代表される崩壊地から流出する土砂は、土砂災害を防ぐために設置された砂防ダムを流下し、V字谷を埋めながら扇状地を経て河口部に至る。以上の山岳を構成する地質は主に古第三系の粘板岩と砂岩の互層からなり、一部に輝緑凝灰岩層と塩基性火成岩を有する。安倍川の河口部左岸には静岡清水海岸が位置しており、図-4に示す興津川から大崩海岸に至る漂砂系の一部をなす。また、この海岸では年間を通じて南側からの波浪が卓越するため、沿岸漂砂の方向は東向きとされており、安倍川からの流出土砂は三保松原の形成に寄与していると考えられる。

安倍川における土砂動態を把握するために、まず、安倍川の下流部直轄管理区間の砂利採取許可量の経年変化を調べた。その結果、1955～1967年までの13年間に、直轄区間において許可量として880×10⁴m³もの大規模な砂利採取が行われたことが分かった。その影響で1967年には著しい河床低下が生じたが、砂利採取が禁止された1968年以降、河口から約22kmまでの河床は上昇傾向になった。特に、河口から22kmを5区間に区分したうちの最下流部の0～4km区間では、1998年の河床高が大規模砂利採取を行う前の1955年の河床高まで回復してきている。

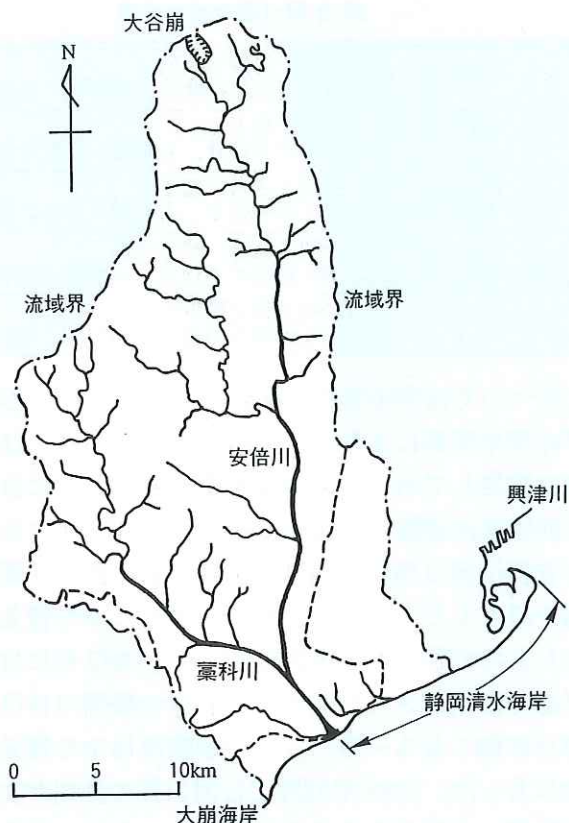


図-4 安倍川・静岡清水海岸流砂系

次に、河口部への流出土砂量の変化を推定するため、1次元河床変動解析モデルにより、1956～1992年までの河床変動の再現計算を行った。計算は1972年の河床材料調査成果を基に平均粒径38mmの代表粒度分布を河床材料として与え、1955年の河床を初期河床に設定し、1956～1992年までの出水実績を外力として行った。これらの条件で37年間の河床変動再現計算を行った結果をもとに、河川の変遷をまとめたのが表-1である。安倍川からの流出土砂量は、河床が安定していたと考えられる1955年以前は少なくとも14×10⁴m³/yr以上で、1955～1970年では約4×10⁴m³/yr、1971年以降では約14×10⁴m³/yrと推定される。

海岸における土砂動態と河川における土砂動態を結びつける役割を果たす、河口部地形の経年変

表-1 安倍川の変遷

～1955年	河床安定 流出土砂量：約14×10 ⁴ m ³ /yr以上
1956～1970年	砂利採取、少雨、河床低下 流出土砂量：約4×10 ⁴ m ³ /yr 1968年：砂利採取禁止
1971～1982年	多雨、河床上昇 流出土砂量：約14×10 ⁴ m ³ /yr
1983年～	河床安定 流出土砂量：約14×10 ⁴ m ³ /yr

表-2 河口部地形の変遷

～1962年	河口砂州：海側へ突出 左岸側：自然な砂礫浜、右岸側：自然な砂礫浜
1963～1972年	河口砂州：縮小 左岸側：やや侵食、右岸側：急激な侵食
1973～1982年	河口砂州：さらに縮小 左岸側：やや復元、右岸側：さらに侵食
1983～1988年	河口砂州：海側へやや突出 左岸側：砂礫浜の復元、右岸側：現状維持
1989年～	河口砂州：復元傾向 左岸側：砂礫浜の復元、右岸側：現状維持

表-3 静岡清水海岸の変遷

～1955年	静岡海岸：自然な砂礫浜 清水海岸：自然な砂礫浜
1956～1970年	静岡海岸：自然な砂礫浜 清水海岸：自然な砂礫浜
1971～1979年	静岡海岸：侵食の顕在化 清水海岸：自然な砂礫浜
1980～1990年	静岡海岸：離岸堤整備 清水海岸：侵食顕在化
1991～2000年	静岡海岸：砂礫浜の復元傾向 清水海岸：ヘッドランド整備中

化については空中写真を判読して考察した。1962年の空中写真によれば、安倍川河口部の砂州は海側に突出しており、河口部左岸・右岸ともに自然の砂礫浜が連続する状況にあった。1972年になると安倍川河口部の砂州は縮小し、右岸側の砂礫浜幅がほとんどなくなったが、左岸にはやや侵食されたものの砂礫浜が残されていた。1982年には河口部の砂州がさらに縮小し、右岸の砂州の付け根部分が細くなる一方、左岸の砂礫浜はやや復元傾向にあった。1988年以降では河口部の砂州が次第に海側へと突出するようになるとともに、左岸の砂礫浜が復元した。以上を河口部地形の変遷としてとりまとめたのが表-2である。

静岡清水海岸の侵食実態については、1948年と1987年撮影の空中写真の比較と、1983～1996年までの等深線の比較から分析した。それによると、安倍川河口 ($X = 17.5\text{km}$) から $X = 7.5\text{km}$ の範囲で侵食が著しく、 $X = 7.5 \sim 0\text{km}$ で堆積が生じた。また、安倍川河口の東側では1985年頃から堆積傾向になり、それが徐々に東側に広がっていることが分かった。しかし、汀線の前進量は約100m以下であり、上段の汀線変化と比較すると $X = 17.5 \sim 12.5\text{km}$ で1948年当時の海岸線位置に戻っているのみで、 $X = 12.5 \sim 9\text{km}$ では海岸線は後退したままであった。さらに、 $X = 9\text{km}$ より東側では海岸線の後退が羽衣ノ松 ($X = 4.5\text{km}$) まで進行したことが分かった。

既存の深淺測量データや構造物周辺の地形変化から区間毎の土砂量を検討した結果によれば、1983年以降では安倍川河口部東側の離岸堤群背後の海岸線が回復していた。そして、その地形変化の解析により、安倍川河口からの供給土砂量は約 $10 \times 10^4\text{m}^3/\text{yr}$ 以上と推定されている。さらに、離岸堤群背後への堆積は東側に伝播しており、地形変化の解析から推定される堆積量は約

$10 \times 10^4\text{m}^3/\text{yr}$ である。一方、離岸堤群東側の侵食域の広がりや伝播速度は $270\text{m}/\text{年}$ で、1991年頃までは平均約 $13 \times 10^4\text{m}^3/\text{yr}$ の侵食量となった。しかし、ヘッドランド群の整備が進められた1991年以降では、清水海岸全体での侵食量は地形変化の解析から $7 \sim 8 \times 10^4\text{m}^3/\text{yr}$ と推定される。

ところで、羽衣ノ松より東側では西側の侵食に伴い、約 $13 \times 10^4\text{m}^3/\text{yr}$ の土砂供給があったと推定されるが、海岸線の前進はほとんど生じていない。これは、羽衣ノ松から三保地区にかけての土砂動態において、真崎地区に約 $4 \times 10^4\text{m}^3/\text{yr}$ 年の細砂が堆積し、残りの砂礫は三保地区の沖合に約 $9 \times 10^4\text{m}^3/\text{yr}$ の割合で堆積していると推定されるからである⁴⁾。以上の海岸線の変遷をとりまとめたのが表-3である。

表-1～3により、河川と河口部および海岸における土砂動態の変遷が、精度に若干の問題があるものの推定できたので年代別に要約する。1955年以前は安倍川と河口部地形、および静岡清水海岸は自然状態であった。1956～1970年には砂利採取と降雨の統計処理によると小雨であった影響で、河床低下と海側に突出していた河口砂州の縮小と右岸砂礫浜の急激な侵食が生じた。しかし、静岡清水海岸は自然な砂礫浜で維持されていた。1971～1979年では砂利採取が禁止されるとともに、降雨の統計処理によると多雨であった影響で、安倍川の河床が上昇したが、河口砂州の縮小と右岸砂礫浜の侵食は続いた。また、安倍川の東側の静岡海岸では侵食が顕在化した。静岡海岸の東側の清水海岸では砂礫浜が維持されていた。

1980～1990年では安倍川の河床は安定し、河口砂州も海側に突出して復元傾向を示した。静岡海岸では離岸堤が整備されるとともに、安倍川からの流出土砂が寄与するようになり、砂礫浜が復元する条件となった。一方、静岡海岸と清水海岸

の境界では供給土砂量が減少したため、侵食が顕在化し始めた。1991～2000年では安倍川の河床は安定傾向からやや上昇傾向となり、河口砂州は復元しつつあり、右岸砂礫浜にも土砂の堆積が見られるようになった。静岡海岸では離岸堤背後に土砂堆積が見られるようになり、その堆積現象は東側へ250m/年で移動している。しかし、侵食が顕在化した清水海岸では、ヘッドランドの整備と養浜による対策が進められている。

ここで事例として取り上げた安倍川・静岡清水海岸流砂系では、砂利掘削を停止して数年後には河口周辺の侵食が終焉するとともに、その河口部地形と東側の砂浜が回復している。しかし、安倍川では砂利掘削停止後河床が上昇し始め、河道疎通能力確保・堤防の対侵食安全度確保の面から再び河道掘削が必要な状況となっている⁵⁾。このように、砂利掘削を単純に禁止すると弊害が生じる場合もあり、砂利掘削の禁止ではなく制御という観点からは、河川・海岸の流砂の連続性を維持しつつ掘削する方策、例えば、河道で掘削した土砂を河口に置く方法も検討されるべきである。

5. おわりに

平成13年度において、国土交通省技術研究会の1テーマとして「流砂系一貫の土砂管理による海岸保全計画に関する調査」を行った調査結果を本報では要約して述べた。ところで、「流砂系一貫の土砂管理」といった場合、全体としては流域まで「系」が拡大することになり、「海岸保全計画」の対象は流砂系の一部をなす漂砂系である。したがって、漂砂系と流域を結びつけるインターフェースを常に意識しておく必要がある。このインターフェースとは河口部地形のことを示す。なぜならば、出水時に河川から流出した土砂は河口部前面に堆積し、テラス状の地形を一旦形成し、その堆積土砂が波浪の作用により岸側および沿岸方向に運ばれて海岸に供給されると考えられるからである。また、海岸に関する各種情報の蓄積を今後どのような仕組みで進めていくのかも課題としてあげられる。さらに、海岸情報の蓄積とあわせ、海岸情報の公開を今後どのように進めていくかが一つの課題と言える。

謝辞：なお、本調査は国土交通省技術研究会の1テーマであり、本調査をともに行っていただいた各地方整備局の担当者に謝意を表します。

参考文献

- 1) 鳥居謙一：流砂系一貫の土砂管理による海岸保全, 2001年度(第37回)水工学に関する夏期研修会講義集 B コース, pp.B-4-1～B-4-21, 2001年8月
- 2) 建設省河川局防災・海岸課海岸室ほか：流砂系一貫の土砂管理による海岸保全計画に関する調査, 平成12年度(第54回)建設省技術研究会指定課題, pp.18-1～18-70, 2000年11月
- 3) 国土交通省河川局砂防部保全課海岸室ほか：流砂系一貫の土砂管理による海岸保全計画に関する調査, 平成13年度国土交通省技術研究会指定課題, pp.5-1～5-44, 2001年11月
- 4) 佐藤慎司・鈴木忠彦・瀬戸尾勝・松浦吉洋・山本吉道・花田昌幸：清水海岸海底谷周辺の波・流れと漂砂機構, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.671-675, 1999年
- 5) 宇多高明・竹村具美・水野正樹・小川義忠：流砂系の観点から見た安倍川の治水安全度の確保と静岡・清水海岸の海岸保全の検討, 河川技術に関する論文集, 第6巻, pp.339-344, 2000年

<文責> 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 鳥居謙一
同 海岸研究室 山本幸次