

天竜川河口以西での西向き沿岸漂砂の発達の検証と それに起因する汀線変化

青木伸一*・加藤 弘**・宇多高明***・大隅 一****

天竜川河口以西の海岸では西向きの沿岸漂砂が卓越することをいくつかの事例をもとに検証した。浜名湖今切口（導流堤と離岸堤）、豊橋海岸（潜堤）および赤羽根漁港周辺海岸（漁港防波堤と離岸堤）をとりあげ、測量データや空中写真の解析から局所的な漂砂動態について考察した。さらに、2002 年夏に発生した今切口西側の大規模な海岸侵食に伴う護岸防護対策工事の際に現地に設置した土嚢袋が沖合に流出し、これが西向きの沿岸流に乗って漂流し、沿岸流のトレーサーとして興味深いデータを提供した。この土嚢袋の漂着点と漂着時間を調査することにより波浪条件によっては当該海岸全域で西向き沿岸流が卓越していることを示した。

1. はじめに

測量データ等の基礎資料に乏しい海岸における土砂動態を考える際には、年代の異なる空中写真を比較する方法が用いられることが多いが、短期的な地形変化の影響によって誤った解釈を与えることも少なくない。また海岸線の方角と波向の関係や、前浜砂の粒径分布から沿岸漂砂の方角の推定も行われるが、海底地形による波向の変化や海岸への土砂供給源の変遷を考慮すると、単純に結論付けられない場合も多い。このような海岸での土砂動態（特に沿岸漂砂）を把握するための 1 つの方法として、海岸線に沿う数箇所での構造物設置に伴う地形変化の検証を積み重ねて海岸の土砂輸送を推測することが有効である。

天竜川河口から伊良湖畔に至る遠州灘の西側海岸は、天竜川から供給された土砂が西向きに輸送されることにより形成したと考えられている。しかしながら、図-1 に示すように、浜名湖以西の海岸（通称表浜）は海岸線が東北東～西南西に延びており、この地形から判断して沿岸漂砂の卓越方向が東向きであると考えがちである。さらに、愛知県西側の海岸では海食崖から供給された粒径の大きな前浜砂が点在するが、この粒径の分布形態から漂砂が東向きであると解釈した研究例もみられる（服部ら, 1974; 和田・石原, 1991）。服部ら（2001）は空中写真の解析結果から沿岸漂砂の卓越方向を予測しているが、汀線変化を説明するために、一部で東向きの沿岸漂砂を想定している。

本論文は、沿岸漂砂に影響を与えると考えられる海岸構造物周辺の地形変化を、測量データおよび空中写真の解析結果をもとに考察することにより、天竜川以西の遠州灘海岸における沿岸漂砂の卓越方向が全域にわたって西向きであることを検証したものである。検討地点は、図-1 に示す浜名湖・湖口部（今切口）、豊橋高豊海岸、

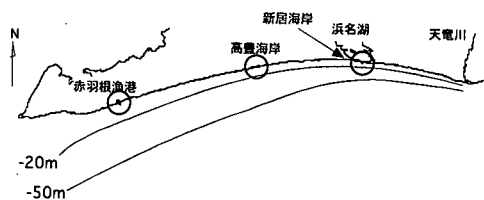


図-1 天竜川以西の遠州灘海岸

赤羽根漁港の 3 地点である。今切口周辺海岸では導流堤および離岸堤の影響、高豊海岸では直線的な海岸に設置された離岸堤の影響、赤羽根漁港周辺海岸では防波堤の影響についてそれぞれ考察することにより、漂砂動態について検討を加える。

さらに、2002 年 7 月に発生した新居海岸（浜名湖今切口西側の海岸）における大規模な侵食の要因分析を行うとともに、緊急対策工用土嚢袋の漂着データから、波浪条件によっては強い西向きの沿岸流が全域で卓越することを示した。これらを総合して、本論文では、当該海岸では長期的あるいは短期的な地形変化が西向き沿岸漂砂の不均衡により生じていることを実証している。

2. 構造物周辺の地形変化から見た沿岸漂砂の卓越方向の評価

(1) 浜名湖今切口周辺の地形変化

まず、浜名湖今切口付近の地形変化をみる。今切口（幅約 200 m）においては、1961 年～1973 年にかけて東西導流堤が建設・延伸され、さらに導流堤建設によって今切口西側海岸の侵食が生じたために、1986 年～1991 年にかけて 3 基の離岸堤が建設された。図-2 は、国土地理院の空中写真を解析して求めた導流堤を挟む幅 20 km の領域の汀線変化を、1962 年からの変化量として示したものである。空中写真の解析については、青木ら（1999）より汀線の読み取り精度を上げるとともに、補正方法を改良して誤差をなるべく小さくするよう努めた。行った補正は、潮位補正、打ち上げ高の補正（写真の碎波位置より波高を判別）、汀線の季節変動の補正（実測値に基づ

* 正会員 工博 豊橋技術科学大学助教授 工学部建設工学系
** 表浜ネットワーク代表
*** 正会員 工博 (財)土木研究センター審議役
**** 豊橋技術科学大学大学院 建設工学専攻

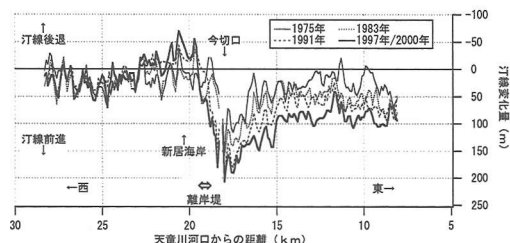


図-2 浜名湖今切口周辺の汀線の経年変化 (1962 年を基準とする変化量)



写真-1 今切口周辺海岸の現状 (2003 年 5 月撮影)

く)である。図より、汀線変化量は今切口の導流堤を挟んで東西で非対称となっており、東側の海岸では1962年から約40年間で100-200 mも汀線が前進しているのに対し、西側では離岸堤のない新居海岸で50 m以上の侵食が生じているところもみられる。後述するように、新居海岸では2002年7月の台風による波浪の影響で大規模な侵食が生じたが、導流堤建設による沿岸漂砂の阻止が西側の汀線を徐々に後退させていたことが背景にあったことがわかる。宇多ら(1991)および栗山(2003)は、今切口を挟む2-3 kmの範囲に限定されているものの、深淺測量結果をもとに導流堤周辺の土砂収支を調べ、西向き沿岸漂砂の導流堤による捕捉を定量化している。写真-1は2003年5月現在の今切口を海上東側から空中撮影したものである、導流堤による土砂の捕捉効果が非常に大きいことが分かる。

(2) 離岸堤上手側における汀線変化

豊橋市西部の高豊海岸には、侵食防止の目的で1991年

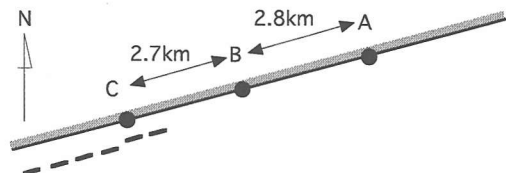


図-3 高豊海岸の離岸堤群と測量地点(離岸堤のスケールは測量地点間の距離と異なる)

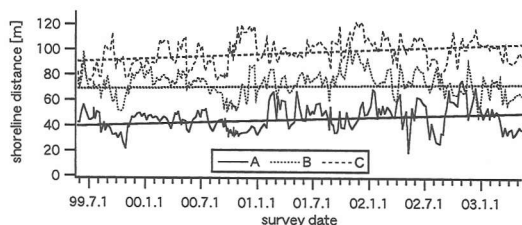


図-4 離岸堤東側の3海岸での汀線変動

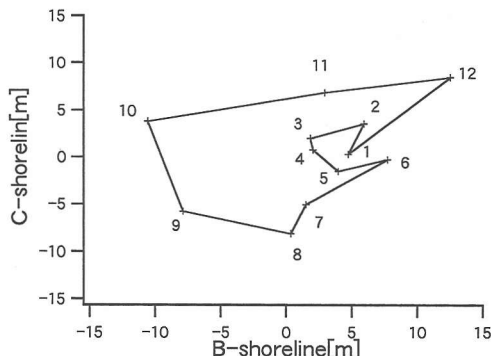


図-5 隣り合う海岸における汀線変動の相関

以降現在までに離岸堤(潜堤タイプ)6基が設置されてきた。筆者らは、この離岸堤の東側海岸の3地点A, B, C(図-3にその位置関係を示す)で、1999年5月から毎週継続的に汀線測量を行っており(青木・小畑, 2000)、現在まで4年間のデータを蓄積している。図-4は3海岸での汀線位置(基準点から汀線までの距離であり、大きさは意味がない)の変動をプロットしたものである。図中の回帰直線から明かなように、3海岸ともゆるやかな堆積傾向(年間1 m~4 m程度)にあり、離岸堤東側では、離岸堤により西向き漂砂の一部が阻止されることによる堆積が徐々に進行していることが伺える。

さらに、3海岸での短期的な汀線変動を詳細に見ると、その変動特性は必ずしも一致しているわけではないことがわかる。図-5は離岸堤に最も近いC海岸とその隣のB海岸の月平均の汀線位置(平均値はゼロとしている)の関係をみたものである。図中の数字は月を表している。これより、8月から10月にかけては、B海岸が汀線後退傾向にあるのに対して、C海岸では逆に汀線が前進傾向にあることがわかる。この変動特性の違いを岸沖漂砂のみから説明するのは難しく、月スケールの汀線変動においても局所的な沿岸漂砂の影響が現れていると見るべきであろう。

(3) 離岸堤背後の舌状砂州の形状

図-6は、2000年8月測量による豊橋高豊海岸の離岸堤西端付近の深淺図である。離岸堤背後では、汀線は舌

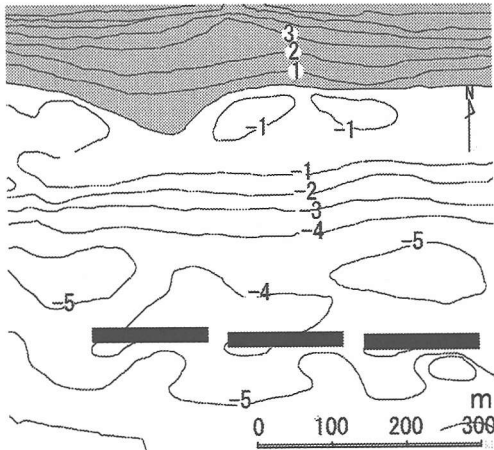


図-6 離岸堤背後の舌状砂州

状に突出しており、潜堤群が堆砂効果を発揮したことを示している。各年代の深浅図を見ると、必ずしも常に明瞭に舌状砂州が形成されているわけではないが、離岸堤群のやや西寄りに堆積域が形成されている場合が多い。このことは、離岸堤群背後の舌状砂州の形成に預かった卓越波浪の離岸堤への入射波向きが平均的にはやや西向きであることを示しており、したがってこれからも西向き漂砂が卓越した場であることが推察される。

(4) 赤羽根漁港周辺の汀線変化

赤羽根漁港は1953年に建設が開始され1970年代のはじめにはほぼ現在の港形ができたが、赤羽根漁港建設後、漁港西側の海岸の侵食が顕著になったため、1982年以降離岸堤が建設されてきており、現在では約2 kmにわたって10基の離岸堤群が設置されている。図-7は、図-2と同様に赤羽根漁港周辺(約20 km)の地形変化を空中写真から読み取ったもので、1963年を基準に汀線位置の変化をプロットしたものである。浜名湖今切口と同様に、赤羽根漁港の防波堤による西向き漂砂の阻止によって汀線が大きく変化したと考えられ、ここでも西向き漂砂が卓越していると考えるのが妥当である。

赤羽根漁港沖の波向については、青木ら(1997)およ

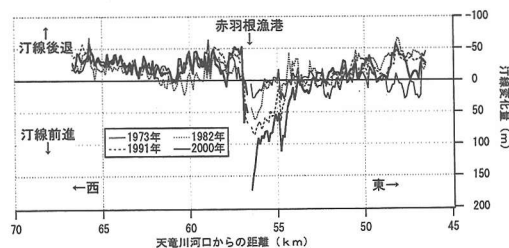


図-7 赤羽根漁港周辺の汀線の経年変化(1963年からの変動量)

び山村ら(1998)が秋の台風時期に観測した数年間の波浪データを解析しており、それによると、高波浪時には波向は汀線に対してやや東寄りになるものの、通常時には西向きの場合が多く現れている。図-1に示すように、天竜川以西の海岸の等深線は天竜川河口部を中心に扇状に広がっているため、等深線の傾きの方が海岸線に比べて大きくなっており、等深線に直角になるように屈折変形した波は、海岸線に達する時点では海岸線に対してやや西向きとなるような波向が起りやすい地形となっている。したがって、当該海岸では平均的には西向き漂砂が卓越することは波向から見て十分考えられる。

3. 土嚢袋の漂流データから見た西向き沿岸漂砂

(1) 今切口西側海岸の侵食状況

2002年夏の台風による波浪によって今切口西側の新居海岸が大きく侵食され、浜名バイパス護岸前面の基部が露出するという大規模な被災が発生した(写真-2)。図-8は、天竜川河口沖、水深40 mの地点で観測された波浪データのうち、2002年7月の波高と波向の変化を示したものであるが、新居海岸で大規模な砂浜決壊が生じた7月中旬の高波浪来襲時には南東(SE)方向からの波が長期間継続していたことがわかる。また、2.(2)でも述



写真-2 新居海岸の侵食状況

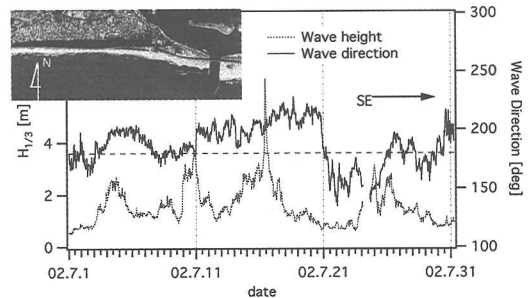


図-8 天竜川河口部での波浪特性(7月)

べたように、決壊個所の砂浜が長期的に痩せてきていた様子が図中の空中写真(2000年撮影)からうかがえる。つまり、当海岸の急激な侵食は、長期的に汀線が後退していたところに、西向きの高波浪が継続して作用したため、離岸堤下手側の海岸では沿岸漂砂の不均衡が急激に生じ、侵食が一気に護岸まで到達したものと考えられる。すなわち、西向きの沿岸漂砂は、構造物周辺の長期的な汀線変化だけでなく、短期的な砂浜の侵食とも密接に関わっていることが推察される。この新居海岸では冬場にもほとんど砂浜が回復しておらず、沿岸漂砂による不可逆的な地形変化の特徴が現れている。

(2) 土嚢袋の漂流データ

新居海岸ではこの侵食防護工事に際して多数の土嚢袋を応急的に設置したが、このうちいくつかの土嚢が波に揉まれて中詰め土砂を失い、沖合に流出した。この土嚢袋は西向きの沿岸流に乗って漂流し、一部は海岸に漂着したが(写真-3)、これらは沿岸流のトレーサーとして興味深いデータを提供した。土嚢袋が海岸に漂着した点を調査した結果、計38個を回収した。最も遠くの漂着地

点は約40 km離れた赤羽根漁港東側の海岸であり、これより西には見当たらなかった。赤羽根には土嚢流出後少なくとも3日以内には到達していた。土嚢袋漂流時の波浪が欠測となっており、波浪条件と漂流状況を比較することはできないが、直線海岸では沿岸流によって、短期間にかかなり遠くまで浮遊状態で輸送され得ることがわかった。

図-9は土嚢袋の漂着地点(図上部のバーで表す)と空中写真より推定した天竜川以西の海岸の40年間の汀線変化量分布を対比して示したものである。土嚢袋の漂着地点はここ数十年の間に堆積傾向を示している海岸と非常によく対応していることがわかる。もちろん、土嚢袋と砂の輸送を同一視することはできないが、浮遊砂の輸送と収斂に関する情報がある程度は提供していると考えられよう。

4. あとがき

本研究では十分なデータのない海岸において沿岸漂砂の特性を把握する手法について検討した。この種の問題において一般によく用いられる手法は、正統的方法として、予測された波浪場の情報から数値計算によって沿岸漂砂特性を求める方法である。しかしこのような方法は計算がたとえいかに精緻であったとしても、その検証が十分でなければ有意義な結果とはならない。これに対し、ここで述べた方法は言わば原始的方法であるが、現地海岸で生じている地形変化は種々の要因による土砂輸送が累積した結果であることから、そこから得られる情報はかなり信頼性に足ることが多い。すなわち、微分量から現象を把握するのではなく、積分量から現象把握を進める手法である。これらの確認が十分なされた場所が長い海岸線に多く出てくれば、それらを総括した沿岸漂砂の特性判断も間違いが少なくなると考えられる。

今回、土嚢袋の移動状況を追跡したが、これは海浜流の観測用に投入したものではなく、災害対策に行ったも

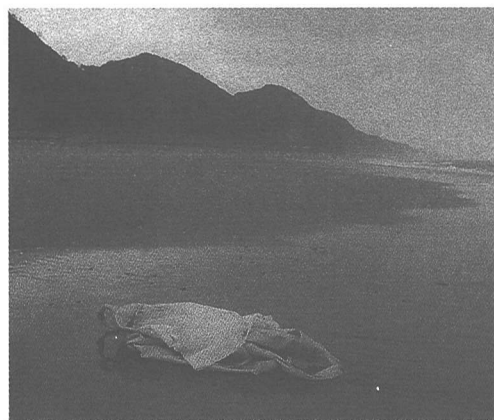


写真-3 海岸に漂着した土嚢袋

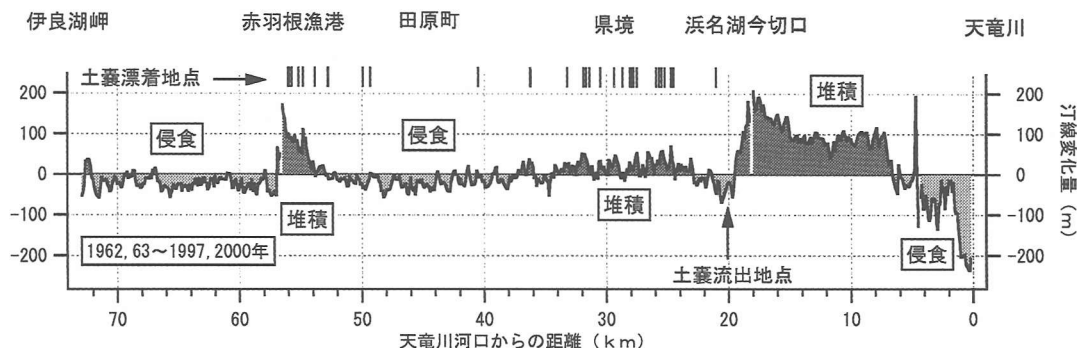


図-9 土嚢袋の漂着地点と汀線変動量分布の比較

のが流出し、それがたまたまフロートとして有効であったことによる。土嚢袋は水中によく沈み、波のりをしなかったことから、フロートとして非常に有効であった。土嚢袋の打ち上げられた場所の観測は筆者らの一人(加藤)がこの地域の海岸に日頃からたびたび出かけており、その際 GPS を積載した車で移動していたため可能になった。全追跡延長は約 40 km にも及ぶので、結果論ではあるがこのような計測器によるフロート追跡も有効であることが分かった。

最後に、本研究を行うにあたり、国土交通省中部地方整備局浜松工事事務所、静岡県、愛知県および豊橋市には、工事記録、地形データ、波浪データ等貴重な資料を提供していただいた。また、空中写真の解析については豊橋技術科学大学卒業生渡辺哲大君(現常滑市役所)の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

青木伸一・喜岡 渉・山村易見(1997): 台風の通過に伴う沿岸長周期波の増幅と伝播に関する現地観測, 海岸工学論文集,

第 44 巻, pp. 216-220.

青木伸一・真田誠至・歌津宏康(1999): 天竜川以西の遠州海岸の汀線変化と沿岸漂砂量分布の推算, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp. 661-665.

青木伸一・小畑浩子(2000): 汀線および前浜断面の短期変動に及ぼす異常潮位の影響, 海岸工学論文集, 第 47 巻, 土木学会, pp. 586-590.

宇多高明・坂野 章・山本幸次(1991): 遠州海岸の 1960 年代以降における海浜変形, 土木研究所報告, 第 183 号-2, pp. 23-70.

河田恵昭・植本 実(1998): 天竜川・遠州海岸系の海浜過程について, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp. 616-620.

栗山善昭(2003): 導流堤を有する浜名湖今切口周辺海岸の地形変化, 土木学会論文集, No. 726/II-62, pp. 109-120.

服部千佳志・板生考司・寺田利博・片野明良・黒木敬司(1976): 遠州・駿河海岸の広域土砂収支, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp. 611-615.

服部昌太郎・鈴木隆介・佐藤敏夫(1974): 遠州海岸中央部の海浜変形と漂砂, 第 21 回海岸工学講演会論文集, pp. 127-133.

山村易見・青木伸一(1998): 外洋に面した小規模港湾内外における長周期波の挙動, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp. 311-315.

和田 清・石原安雄(1991): 渥美半島・高豊漁港海岸の海浜変形と沿岸漂砂の素過程, 海岸工学論文集, 第 38 巻, pp. 291-295.