

浜名湖今切口導流堤周りの海浜変形

富谷 雄*・宇多高明**・酒井佳治***・山本武司****

1. はじめに

一般に、大規模構造物等によって沿岸漂砂の連続性が断たれると漂砂の上手側で堆積，下手側で侵食が生じ，構造物周りで大きな海浜変形が発生する。遠州海岸に位置する浜名湖今切口では，昭和37年より導流堤が建設され始め，現在延長約600mの東側導流堤と延長約300mの西側導流堤が完成している。この導流堤の建設に伴い，導流堤周辺では著しい海浜変形が生じた。その原因は，構造物による沿岸漂砂の阻止によって発生する海浜変形にとどまらず，浜名湖からの入退潮流による海浜変形が複合したものと考えられる。このように波と流れによって生ずる地形変化に関する問題は，河口導流堤などの構造物設計上重要であるにもかかわらず，実験的あるいは数値的検討は行なわれているものの，実測データに基づいた研究はほとんど行なわれていない。本研究は，今切口導流堤を実例として，構造物周りの海浜変形の実態を現地データにより明らかにすることを目的とする。併せて，当該地点での沿岸漂砂量の定量的評価も行いたいと考える。浜名湖今切口のある遠州海岸の漂砂に関して，服部ら¹⁾は，海浜堆積物の変異系列より汀線と平行な漂砂の卓越方向の推定を行った。これによると，遠州海岸の漂砂の主要な供給源は，天竜川と渥美半島および御前崎付近の海崖で，これらの供給源からの漂砂の会合部は，浜名湖今切口の東方と天竜川左岸の弁財天川付近にあるとされている。本研究によると今切地点での沿岸漂砂の卓越方向は西向きであり，その量は昭和38年～50年の平均で少なくとも $1.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ に達することが判明した。

2. 調査概要

2.1 調査区域

調査は，浜名湖今切口の両側それぞれ約2.5kmの範囲で行った。今切口は，図-1に示すとおり天竜川河口

の尖角を接点とし，西端の伊良湖岬まで延長約70kmにおよぶ大きな弧状をした出入りの少ない単調な海岸に位置している。今切口から天竜川河口に至る区間は，土砂生産の著しい急峻な山地を流域とする天竜川によって形成された扇状地性の浜松平野である。天竜川の河口両側に広がる遠州海岸においては，砂利採取とともにダムへの土砂堆積によって河口からの流出土砂が減少し，近年河口部で著しく汀線が後退した²⁾。一方，今切口の西方約13km地点から伊良湖岬に至る区間では海崖が発達し，過去には漂砂の供給源であったが昭和43年より侵食防止工が施工され漂砂の供給は徐々に減少している。

2.2 調査方法

本調査区域では，毎年1回程度，深浅測量が行われている。測線は今切口導流堤より東2.3km地点がNo.1で，導流堤の西1.9km地点がNo.45である。また，測線間隔は100mであり，沖方向にはほぼ水深10m以内が測量されている。測量データは欠測期間はあるものの昭和38年より61年までの間にかなりよく集められている。昭和38年から61年までの期間に得られた深浅データより，各測線上で等深線までの基準点からの水平沖向き距離（以下，等深線距離 Y_h と呼ぶ）を読み取った。 Y_h は沿岸距離を X ，測量年月日を T とすれば，

$$Y_h = f(X, T, h) \dots \dots \dots (1)$$

と表される。ここに， h は水深である。以下では X ， T ， h を種々変えて関数 f の特性を調べる。

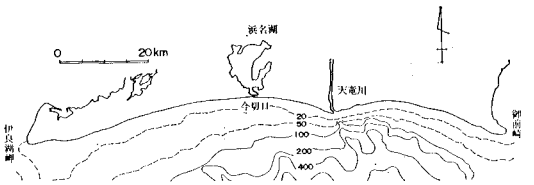


図-1 調査区域図

3. 地形変化解析

3.1 今切口導流堤周辺の海浜変形

深浅データのうち，調査期間のほぼ最初と最後にあり，なおかつ出来るだけ多くの測線データがとられてい

* 正会員 建設省中部地方建設局浜松工事事務所長
** 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長
*** 正会員 建設省土木研究所海岸研究室
**** 正会員 建設省中部地方建設局浜松工事事務所

るものとして昭和38年と60年の深淺データを選び、2枚の深淺図を比較することにより海浜変形の実態を調べる。まず、昭和38年の深淺図を図-2に示す。昭和37年から38年に建設された導流堤の沖側では、等深線が大きく沖向きに張り出している。特に水深5mの等深線形状には良く特性が表れている。このような扇形の浅瀬は、河川からの流出土砂が堆積して形成される河口デルタとその形状が良く似ている。しかし、浜名湖からのネットの意味での流出土砂はほとんどないと考えられるので、このような地形は、この海岸で発達する西向きの沿岸漂砂が浜名湖への入退潮流により一部沖向きに移動し、堆積することによって形成されたと考えられる。また、水深2~3mの間に形成された平坦面は、導流堤の中心線に関して左右対称ではなく、西側に大きく傾いている。この理由は、当海岸ではやや東側からの波の入射が卓越し、これによって西向きの沿岸流が生じ、この沿岸流と今切口での入退潮流の合成力によって海浜変形が生じたためと考えられる。このような西向き沿岸流が卓越すれば、当然西向き漂砂が生ずる。導流堤を境にして汀線形状が不連続で、東側の方が西側に比べて導流堤脇で約100m沖に位置することは、この推定を良く裏付けている。

昭和60年の深淺図を図-3に示す。導流堤の延長に伴い汀線は導流堤の東側で前進し、西側でやや後退した。その結果、導流堤位置を境界とする汀線位置の不連

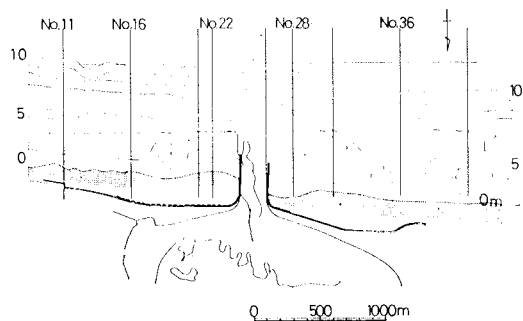


図-2 深淺図(昭和38年)

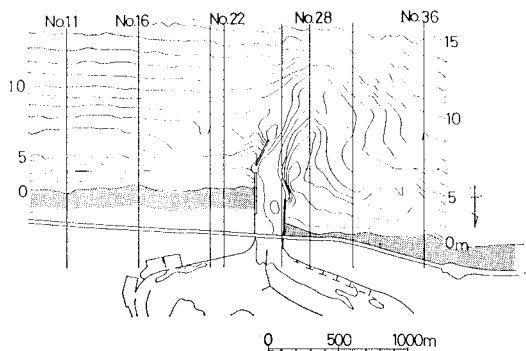


図-3 深淺図(昭和60年)

続は、約300mに拡大している。また、左岸導流堤は斜め沖向きに200m延長され、局所洗掘を除いた先端水深は約7mになった。この結果、昭和38年当時明瞭であった水深5mの等深線の扇形の張り出しは不連続形に変化し、導流堤右岸側の測線No. 28付近での舌状をした著しい突出地形と、No. 31での凹形地形との組合せに大きく変化した。一方、更に沖合の水深10mの等深線は、昭和38年時点での水深5mの等深線と同様に導流堤沖で大きく張り出している。しかもその張り出し地形の中心位置は、導流堤より約300m西側へずれたNo. 29付近である。この変化は、斜め導流堤の建設により、浜名湖からの潮流がやや西向きに変化したためと考えられる。また、水深5m付近の等深線形状がNo. 28で突出し、No. 31で凹んでいることから、海へ噴流状に流出した流れは、右岸側で時計回りの循環流を形成し、それに対応して海浜形状が変化したと推定される。

導流堤の建設経緯をまとめると図-4となる。昭和36年より東、西導流堤の建設が始まり、昭和38年までに共に約200mの長さまで延ばされた。その後、昭和43年までは共にほぼ同一であったが、昭和43年以降に東側および西側導流堤の順に相次いで延長された。また昭和45年より東側導流堤の斜め先端部分の建設が急速に進んだ。これに伴い、周辺海岸には著しい地形変化が生ずることになる。

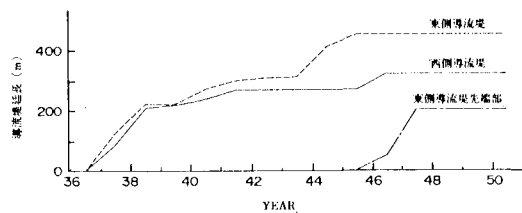


図-4 導流堤の建設経緯

3.2 等深線距離の時空間変化

前節では2時期の深淺図を比較することにより今切口導流堤沖の海浜地形変化について調べた。深淺測量データは経年的にも詳しくとられているので、海浜地形の経年変化に重点をおいた分析も可能である。そこでいくつかの代表断面を選び、等深線距離の経年変化を調べる。代表断面は導流堤の左岸側よりNo. 22、右岸側よりNo. 28を選ぶ(図-2, 3参照)。No. 22は導流堤より東に200m離れている。実際には導流堤との間に2本の測線があるが、そこでは導流堤の局所的影響が出易いのでそれらは代表として選ばなかった。またNo. 28は導流堤を境にNo. 22と対称的な位置にあり、ここはまた図-3によれば導流堤右岸で5mの等深線が大きく舌状に張り出した部分のほぼ中央を横切る位置にある。

測線No. 22における等深線距離の経年変化を図-5

に示す。図の縦軸は基準点より各等深線までの沖向き距離、横軸は測量年を表す。この種の図は、筆者らの一人が既に種々の海岸のデータをもとに作成している³⁾。しかし、従来の方法ではバー・トラフ地形が存在する場合には等深線距離が3個関数となって、図の表示が困難になる欠点があった。本報の解析対象である海岸もバー・トラフ地形の形成が著しい。そこでこのような場合も取り扱えるように表示法の改良を行った。すなわち、海浜断面にバー・トラフ地形が存在する場合にそれらを2本の線を分岐させることで表現した。これら2つの等深線距離は、図-6に示した $Y_{h(1)}$ と $Y_{h(2)}$ とを意味する。両者の間にはもう一つの等深線距離が定義されるが、これは図の複雑さを避けるために省略した。

図-5によると汀線は時間の経過とともに前進し、昭和38年から60年の間に106mも前進したことがわかる。水深3~6mの間では等深線位置の変動は大きく、しばしばバー・トラフ地形が形成された。水深7~10mの間では再び等深線は前進傾向を示す。例えば、10mの等深線は昭和38~60年の間に74m前進した。このように測線No.22位置の等深線は全般的に前進傾向を示す。バー・トラフ地形の形成は見られるものの、汀線付近と沖合の水深10m付近のいずれの位置においても等深線が前進した理由は、西向き沿岸漂砂が導流堤により阻止されたためと考えられる。

次に、図-5に示した等深線距離の変化とバー・トラフ地形の形成状況をより良く理解するために、図-5に示す代表年(昭和38, 46, 53, 60年)の海浜断面形を図-7に示す。昭和46年には水深3~4mにバー・トラフ

地形が存在するが平均的にみると水深約13m以浅の全区域で昭和38年と比較して土砂が堆積していることが明らかである。

測線No.22と同様にしてNo.28における等深線距離の経年変化を図-8に示す。水深0~3mの等深線は、昭和48年頃までは前進傾向にあったが、その後後退傾向に変化した。また水深7~10mの等深線は、斜め導流堤が大きく延長された昭和46~47年以降大きく前進し、その変化速度は14m/yrに達した。一方、水深5mより沖の等深線は昭和38~46年頃まではほぼ平行移動して前進していたが、昭和48年以降は5~6mの等深線は沖向きに移動せずむしろやや岸に接近し、しかも従来存在しなかったバー・トラフ地形が見られるようになった。このように沖合部の等深線の変化パターンに著しい変化が始まった時期は、斜め導流堤の建設時期(昭和45~47年)とかなりよい対応を示す。結局、斜め導流堤の建設により退潮時の流況が変化し、それに伴って沖合地形が大きく変わったと考えられる。

次に、同一測線に沿う代表時期の海浜断面形状を図-9に示す。図には図-7と同様な4時期の断面形が示されている。昭和38年以降、沖合部では大量の土砂が堆積したことは明らかで、例えば水深10mの等深線は昭和38年より60年の間に258mも沖へ移動した。また、水深2~4mの間では広い平坦面が形成されるとともに、昭和53, 60年の断面形では、水深6~8m付近にも緩勾配の棚状地形が形成された。

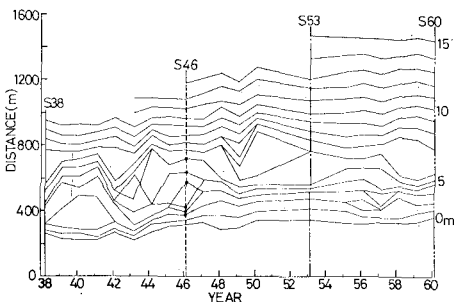


図-5 等深線距離の経年変化(測線 No. 22)

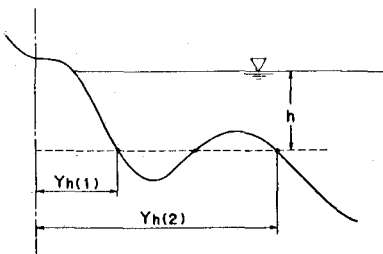


図-6 バー・トラフ地形がある場合の等深線距離の定義

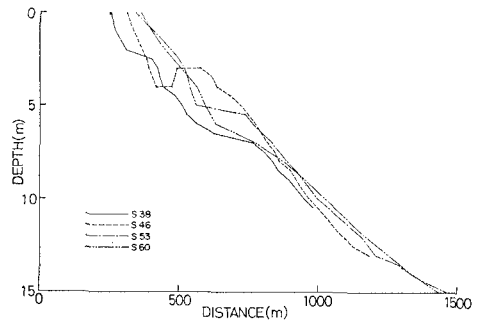


図-7 海浜断面形(測線 No. 22)

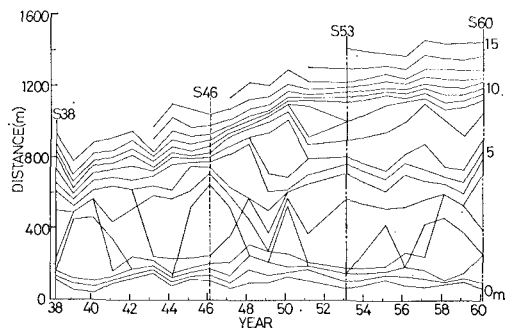


図-8 等深線距離の経年変化(測線 No. 28)

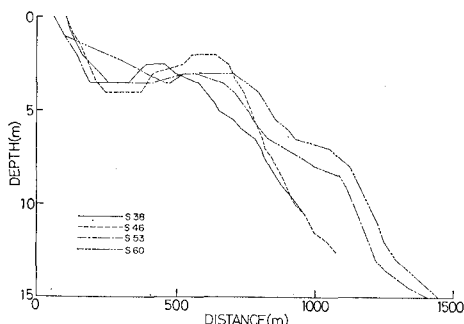


図-9 海浜断面形(測線 No. 28)

最後に、海浜の空間的変化特性を調べるために、汀線と水深 10 m の等深線距離を選び、それらの時空間変化を図-10 にまとめた。図の表示法は次のとおりである。昭和 38 年の汀線位置を基準としてそれからの変化量を算出し、その変化量の沿岸分布を昭和 39 年より 1 目盛りずつ上方へずらして表示している。図によれば、導流堤の東側の区域では昭和 45 年以降汀線が年々前進している。しかも導流堤との接点で最大の変化(約 110 m の前進)が生じ、導流堤より東に距離が離れるにしたがい前進量が小さくなる特徴がある。この地形変化は、導流堤により西向き漂砂が阻止されたために生じたものと考えられる。一方、導流堤の西側の汀線は後退傾向を示し、その最大の後退量は No. 29 付近で 60 m となっている。10 m の等深線距離の変化は、汀線変化と著しい相違があり、昭和 47 年以降、導流堤西側の No. 31 を中心として等深線が前進した。その前進割合は、測線 No. 30 では昭和 38~60 年の平均で 14 m/yr に達した。一般に、大規模構造物によって沿岸漂砂の連続性が断たれると漂砂の上手側で堆積、下手側で侵食が生じる。今切口導流堤の場合、漂砂の上手側に相当する東側では堆積傾向を示し、この条件を満足する。一方、下手側に相当する西側では、汀線付近はわずかに侵食傾向を示すものの、水深 5 m で堆積傾向を示す。これらの特徴を考

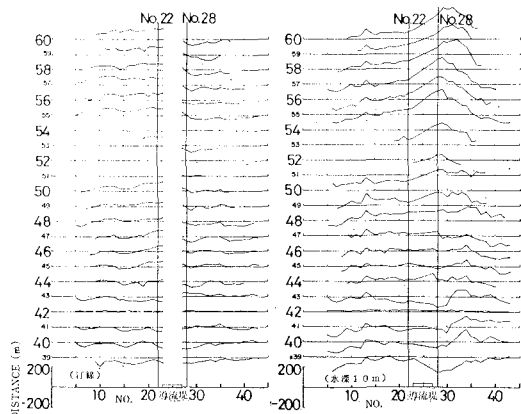


図-10 汀線と水深 10 m の等深線距離の時空間変化

慮すると、導流堤周りの地形変化は西向きの沿岸漂砂のみによって形成されたものではないと考えられる。つまり、汀線付近では漂砂の連続性が断たれたことにより導流堤の東側で汀線が前進し、西側で後退したが、水深 5 m 以深では浜名湖からの退潮時の流れによって沿岸漂砂の一部が沖へ運ばれ堆積したと考えられる。

3.3 導流堤による沿岸漂砂の捕捉量

導流堤東側区間では沿岸漂砂が阻止されたことにより土砂の堆積が生じたが、その際の海浜断面形の変化は浅浅測量によりほぼ把握されている。すなわち図-7 によると、地形変化は水深約 13 m 以浅で生じたが、昭和 38 年以降少なくとも水深 10 m 以浅では測量が行われているので、著しい地形変化が生じた部分の土砂量変化の計算を行なうことが可能である。ところが導流堤西側で沖合の、例えば水深 15~20 m の範囲の等深線の変化は、測線長が十分長くないので経年的変化状況を明らかにすることは困難であり、土量変化の算出も難しい。そこで沿岸漂砂による土砂堆積量にのみ注目し、導流堤東側の区間の総土砂量の変化を算出し、図-11 に示した。総土砂量は昭和 38 年を基準とし、測線 No. 6~23、水深 0~10 m の範囲のものである。導流堤の延長に伴い、昭和 50 年まで階段状の変化をしながらも土砂量は増加している。導流堤は経年的に延長され、昭和 47 年には現在の状況と等しくなった。導流堤の延長により西向きの沿岸漂砂が阻止され、導流堤の東側に土砂が堆積した。したがって、堆積土砂量の変化割合より沿岸漂砂量の推定が可能である。ただし導流堤が延長されると上手側には土砂が堆積し、浅海部の等深線は前進するので、導流堤の先端水深が十分に深くないときには導流堤先端を回り込む漂砂が存在することに注意が必要である。例えば図-10 に示した水深 10 m の等深線距離の変化に注目すれば、昭和 53 年以降導流堤の西側では大量の土砂が堆積しているが、この土砂の大部分は導流堤の先端を回り込んで東側より供給されたものと考えられる。なぜならば、この海岸の漂砂の卓越方向は西向きであり、また沖合部の堆積に対応するような大規模な侵食が導流堤西側の汀線付近で生じていないからである。さらに、図-11

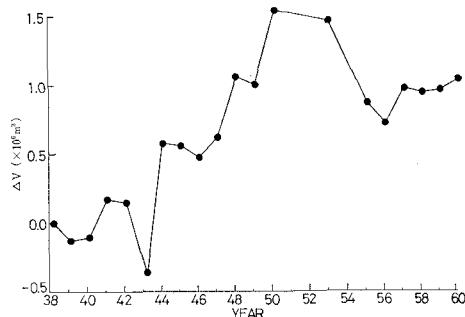


図-11 導流堤東側における堆積土砂量の経年変化

に示した土砂量の変化は、海面下についてのみ算出されたものであり、陸上部の土砂量変化を含まない点についても留意する必要がある。結局、図—11 において昭和53年以降のデータは除外し、昭和38～50年の間で土砂量の平均増加割合を計算すると、 $Q=1.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ となった。実際には導流堤は段階的に建設されているために、上記の期間中漂砂の一部が導流堤の先端を回り込んだ可能性がある。そこで上記の漂砂量はこの時期の海面下で生じた漂砂の下限値を与えると考えられる。

最後に、実測の地形変化データを用いて沿岸漂砂の移動高の推定を試みる。導流堤の右岸側の地形変化は今切口から沖向きに流出する潮流の影響を大きく受けているので除外し、左岸側のデータのみを用いる。代表的に昭和38年と60年のデータを選び、海面下の断面積の変化量 (ΔA_{sub}) と汀線変化量 (Δy) を求め、両者の関係を図—12 に示した。両者の間には相関係数 $R=0.67$ で次式が成立する。

$$\Delta A_{\text{sub}} = 7.8 \Delta y - 4.2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 ΔA_{sub} 、 Δy の単位は m^2 と m である。式 (2) より導流堤東側地区の地形変化に関する海面下のみの移動高は $h=7.8 \text{ m}$ となる。一般には陸上部の地形変化も考慮して移動高は定められる。そこで波浪、潮位条件をもとに陸上部を含んだ全域での移動高の推定を試みる。今切口地点では波浪観測が行われていないので、天竜川を境に遠州海岸の東側に位置する浜岡地点での昭和55年7月～61年7月の波浪データを参考にすると、有義波高のエネルギー平均値は 1.30 m 、周期は 6.5 秒 となる。また今切口地点での朔望平均満潮位は 0.57 m で

ある。砂浜での波の遡上高は周期、海底勾配等によって変わるが、緩い勾配の砂浜では高々波高のオーダーである。また、陸上部の海浜断面が遡上点までの範囲において平行移動すると仮定すると陸上部の移動高は約 1.9 m となり、結局陸上部をも含んだ漂砂による地形変化の移動高は 9.7 m と推定される。

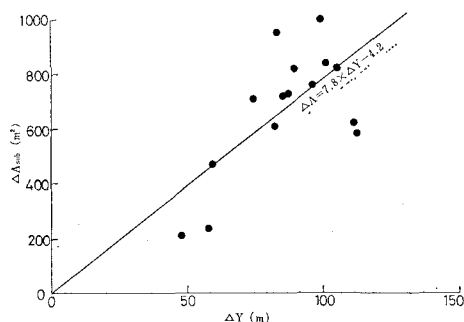
4. 結 論

浜名湖今切口導流堤周りの海浜変形に着目し、構造物周りの大規模な地形変化の実態を調べた。これにより次の結論が得られた。

① バー・トラフがある海浜における等深線の時間変化を良好に表現できる新しい方法を開発し、今切口導流堤周辺での地形変化解析に適用してその有効性を確かめた。② 今切口導流堤位置での沿岸漂砂の卓越方向は西向きである。③ 斜導流堤の建設後、導流堤の西側には大きく舌状に張り出した地形が形成された。これは東側から沿岸漂砂により供給された土砂が、浜名湖からの退潮時の潮流により沖向きに流出したため形成されたと考えられる。④ 昭和38～50年の間、導流堤東側では $1.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ の割合で海面下に土砂が堆積した。これらは導流堤により西向きの沿岸漂砂が阻止されたものである。結局、当地点における平均的意味での沿岸漂砂量は少なくとも $1.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$ 以上存在する。⑤ 導流堤の東側区間の海浜断面形の変化より、漂砂の移動高 h を求めたところ、海面下のみの地形変化に対し、 $h=7.8 \text{ m}$ となった。⑥ 漂砂の下手側に位置する導流堤の西側では、水深約 5 m を境としてそれより浅い部分と深い部分とで地形変化特性が異なっている。浅い部分では侵食が生じ、深い部分では浜名湖からの潮流の影響で逆に大規模な堆積が生じた。

参 考 文 献

- 1) 服部昌太郎・鈴木隆介・斉藤敏夫：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. 127～133，1974。
- 2) 野田英明・橋本 宏：漂砂と海岸保全施設，技報堂，p. 157，1981。
- 3) 河野 宏・宇多高明・藪崎義之・水野益宏：富士海岸の侵食実態と地形変化予測，第33回海岸工学講演会論文集，pp. 287～291，1986。



図—12 汀線変化量と水面下の断面積変化量の相関