

澗沼北岸、親沢鼻砂嘴の1983年～1990年における変形特性

宇多高明*・山本幸次**・畑中達也**

1. ま え が き

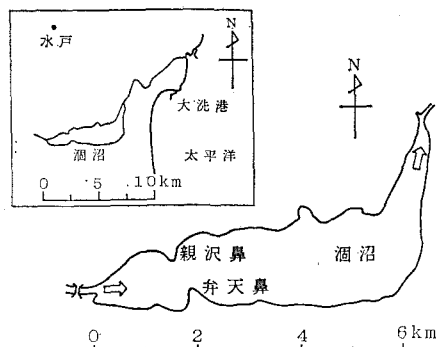
全国の海岸侵食の実態分析によれば、構造的に侵食を受け易い海岸が数多くあることに気づく。これらの海岸の多くは、もともと大量の土砂が堆積して形成された砂嘴地形の一部を構成している（例えば、静岡県清水海岸、富山県の下新川海岸など）。こうした海岸において根本的意味より侵食対策を講じるには、海岸の長期的な変遷を地形学的意味より大局的に把握し、そのうえでさらに詳細な検討を行うことが望ましい（堀川，1973）。この考えに立つとき、砂嘴地形の形成過程やその長期的な変遷を明らかにすることは、今後地形的に見て著しい侵食を受けている海岸の保全計画を立案する上においても、必要欠くべからざる重要性を有している。

ところで、湖内にはその規模が現地海岸よりも1～2オーダー小さい砂嘴地形がしばしば見られるが、筆者らはこの砂嘴地形に注目して研究を行ってきた。これは、現地海岸の砂嘴と規模が異なっても、そこで見られる砂嘴地形特性が普遍的なものである限りにおいて、長い時空間スケールを持った現地海岸における砂嘴の変形問題を考える上で多くの示唆を与えると考えたからである。本研究はこうした研究の一環として、澗沼北岸に発達する親沢鼻砂嘴の1983年から1990年まで7年間の地形変化について分析する。

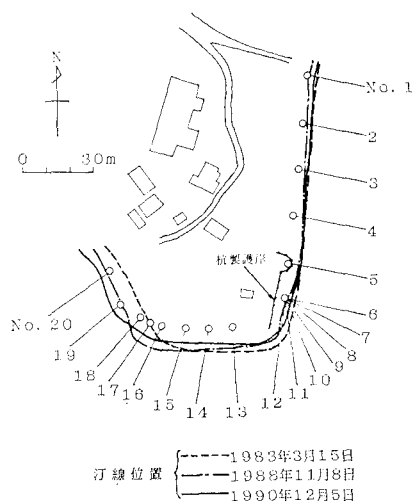
2. 親沢鼻砂嘴の変形特性

2.1 砂嘴周辺の汀線変化

親沢鼻は、茨城県東部の澗沼北岸にあり、水戸の南約10 km、大洗港の西約5 kmに位置する（図一参照）。この砂嘴は澗沼の西端近くにあり、対岸の弁天鼻と対をなしている。最初に、調査期間内の汀線変化状況を調べてみる。1983年、1988年および1990年に測定された汀線の平面形状の変化を1990年における深淺測量の測線配置（No. 1～No. 20）とともに図二に示す。ここに、平均汀線はT. P. +0.2 mの等高線に等しく、また測線は砂嘴の東側より時計回りの方向に配置されている。1983年



図一 澗沼および親沢鼻砂嘴の位置



図二 親沢鼻砂嘴周辺の汀線変化

と1988年の汀線形状を比較すると、No. 14付近を境に東側で汀線が後退し、西側では汀線が大きく前進した。砂嘴先端部のNo. 5～No. 14では南東端に向かうにしたがい汀線の後退量が徐々に大きくなる。西側のNo. 15～No. 20の汀線は、1983年の汀線とほぼ平行に前進しており、汀線前進量は最大で約8 mと、後退量よりもずっと大きい。以上の汀線変化は、砂嘴の東側の測線No. 1～No. 14より侵食された土砂がNo. 14～No. 20に堆積し

* 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長

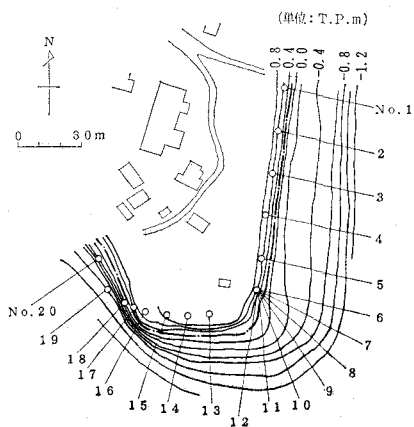
** 正会員 建設省土木研究所海岸研究室

たことを示しており、その原因は、湖内で発生した風波により西向きの沿岸漂砂が生じたことによる(宇多・山本, 1986)。次に、1988年と1990年の汀線形状を比較すると、砂嘴の東側の No. 1～No. 5 では1988年には侵食されていたが、その後汀線が再び前進している。No. 5～No. 12 では大きな変化はないが、その西側の No. 13～No. 18 では汀線が大きく後退し、最大後退量は No. 16 付近で約 3.5 m に達した。更にその西側の No. 18～No. 20 では1988年の汀線とほぼ平行に前進しており、その最大前進量は約 4 m である。以上の汀線変化では、No. 15～No. 18 で1983年より1990年までに一度堆積し、その後再び侵食を受けたこと、すなわち汀線変化に関する履歴効果が見られるのが特徴である。

2.2 深浅図の比較

1983年3月15日における深浅測量の結果(高さの基準は T.P. 0.0 m)を図-3 に示す。また、以下の深浅図や断面図の高さの基準も同一とした。砂嘴の東側では、0.8～-0.2 m の等深線間隔は密であって急勾配であるが、-0.2～-0.6 m には緩勾配が広がっている。また、-0.6 m 以深においては再び急勾配となる。前報(宇多・山本, 1986)によれば、-0.2～-0.6 m の緩勾配斜面は、波によって削りとられて形成された侵食斜面と推定されている。一方、砂嘴の西側の No. 16～No. 17 付近では、0.6～-0.8 m の等深線が湖面へ突き出ており、その区間の勾配は非常に急である。これは東側から西側へと向かう沿岸漂砂によって運ばれた底質が -0.8 m 付近まで落ち込んだことを示している(宇多・山本, 1986)。

図-3 の状況より5年後の1988年11月8日の深浅測量の結果を図-4 に示す。図-3, 4 を比較すると、No. 5～No. 13の間において、汀線付近の等深線が大きく岸側に後退した状況が見てとれる。一方、砂嘴先端部の西側では、最も勾配が急で等深線の曲率の大きい位置が、



考えられる。全体として、0.8m 以上の等高線で囲まれる区域が東側で大きく削られ、0.8m 以下の平坦面が西側へ大きく突出したから、湖浜地形が砂嘴の東西で著しい非対称を示すことになった。

図-6 には、侵食、中立および堆積域の代表断面形を示す。侵食域の No. 7 では、1983年から1988年にかけて 0.8~0.2m の範囲で侵食され、このとき、前浜付近はほぼ平行に後退したことがわかる。その後、1988年~1990年では杭製護岸の設置により汀線の後退は止まったが、杭製護岸の堤脚部は一部洗掘され、また 0.0~0.4m の範囲での侵食は続いている。また、3ヶ年のいずれにおいても -0.6m 以深での急な海底断面には変化がなく、風波の作用下で生ずる顕著な地形変化の収束する限界水深はほぼ -0.4m にあったことが分かる。測線 No. 14 は、1983年~1988年ではほとんど目立った地形変化が見られず、いわば中立断面(宇多・山本, 1988)であったが、1988年以降侵食が進んだ。堆積域にある No. 19 では、1983年~1988年で約 7m, 1988年~1990年で約 4m 汀線が前進し、そのとき3つの断面形は非常に似ており、断面全体が平行移動したように見える。また、1990年の断面を見ると、測量範囲を広くとったために高さ約 0.8m の berm ができていることがわかる。これは、波によってこの高さまで底質が運ばれたことを明瞭に示している。

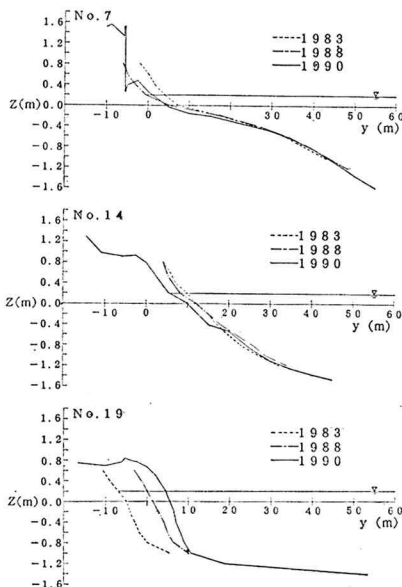


図-6 親沢鼻砂嘴周辺の侵食域、堆積域および中立域の断面形状とその変化

2.3 写真による湖浜状況の変化比較

写真より湖浜変化を調べてみる。親沢鼻砂嘴先端部の状況を写真-1 (1982年8月)、写真-2 (1988年11月)



写真-1 親沢鼻砂嘴東側の状況 (1982年)

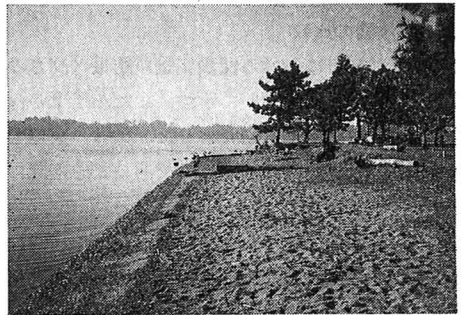


写真-2 親沢鼻砂嘴東側の状況 (1988年)



写真-3 親沢鼻砂嘴東側の状況 (1990年)

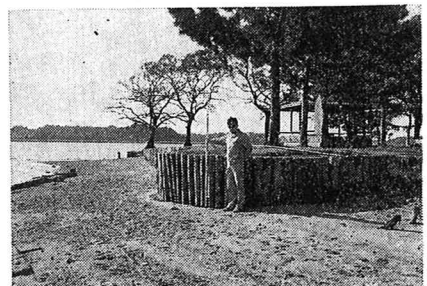


写真-4 杭製護岸

および写真-3 (1990年11月) に示す。1982年8月には、砂嘴先端部において湖内に傾いた1本の広葉樹が見られ、その根元は汀線付近に位置していた。この広葉樹の根元が波により侵食されたため、1988年11月には枯れて消失した。この広葉樹は沿岸漂砂を阻止する突堤と同様の効果を持っていた。このため、広葉樹が消失した後、前節で述べたように砂嘴の先端部付近では急速に侵食が進んだのである。その後、汀線の激しい後退を防ぐために、1989年9月には杭製の護岸 (図-2、写真-4 参照) が設置された。このため、見かけ上汀線の後退は止まった (写真-3)。以上の地形変化を模式図としてまとめると図-7 となる。砂嘴の東面は徐々に侵食が進んで汀線が後退し、前浜が狭まる。侵食土砂は砂嘴の西面へ移動し、平坦面を形づくりながら堆積する。問題は東面での侵食への対応策の選択法にある。ここでは、前浜の侵食を防ぐため杭製護岸が設置された。これにより浜崖侵食は防止できたものの、これは漂砂を制御する機能を持たないために、いずれ護岸前面の砂浜は消失してしまうことになるはずである。この結果、茨城百景の一つとして古くから親しまれてきた親沢鼻の砂浜が失われてしまうことが危惧される。我が国の多くの海岸では沿岸漂砂の不均衡により侵食が進んだとき、背後地を守るために護岸と消波ブロックが設置されてきたが、親沢鼻においてもこれと同様な問題が生じている。

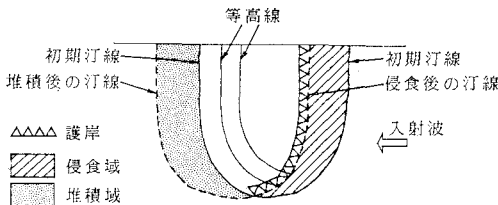


図-7 砂嘴の変形の概念図

2.4 底質粒径の特性

底質粒径の面より漂砂特性について調べてみる。測線 No. 2, No. 9 および No. 16 における底質粒径の鉛直分布を図-8 に示す。砂嘴の東側にある No. 2 は全体的に

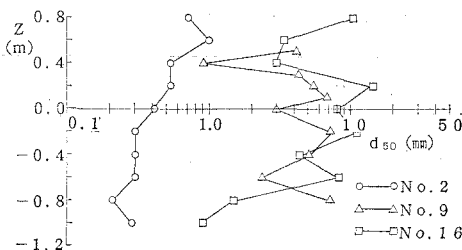


図-8 底質粒径の鉛直分布

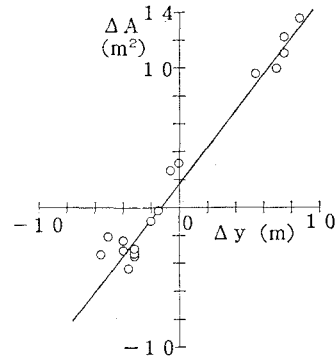
見れば侵食域にあるが、底質調査時には図-2 に示したようにやや汀線が前進していた。ここでは、0.3～0.5 mm の粒径である。近年、汀線が大きく後退した No. 9 および No. 16 では平均汀線 (0.2 m) と碎波点のある -0.2 m 付近で約 10 mm と大きな粒径となっており、アーモアコート (宇多ほか, 1987) が形成されている。

2.5 漂砂の移動高と沿岸漂砂量

各測線の1983年～1988年の断面形の変化より、断面積変化量 ΔA と汀線変化量 Δy を算出し、 ΔA と Δy との関係を調べた (図-9)。 ΔA と Δy との相関を調べると、相関係数 $R=0.97$ で次式が成り立つ。

$$\Delta A = 1.34\Delta y + 1.64 \dots\dots\dots (1)$$

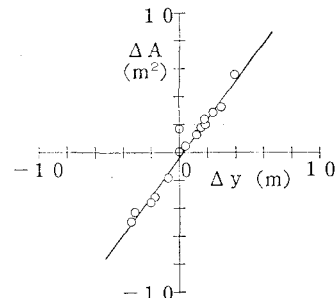
ここに、 ΔA , Δy の単位はそれぞれ m^2 , m である。 ΔA と Δy の回帰係数は、沿岸漂砂によって地形変化が生ずる際の漂砂の移動高を与えるから、漂砂の移動高は1.34 mとなる。


 図-9 汀線変化量 Δy と断面積変化量 ΔA の相関 (1983年～1988年)

同じ方法で求めた1988年～1990年の ΔA と Δy との関係を図-10に示す。 ΔA と Δy との間には、相関係数 $R=0.98$ で次式が成り立つ。

$$\Delta A = 1.34\Delta y - 0.31 \dots\dots\dots (2)$$

これより、漂砂の移動高は1.34 m となる。この値は1983年～1988年の地形変化をもとにして求めた移動高と一致する。


 図-10 汀線変化量 Δy と断面積変化量 ΔA の相関 (1988年～1990年)

次に、隣り合う測線の断面積変化量の平均値に測線間距離を乗じて侵食・堆積土砂量を求め、さらにそれより親沢鼻砂嘴の先端部を通過した沿岸漂砂量を算出すると、1983年～1988年では $Q=100 \text{ m}^3/\text{yr}$ となった(宇多・山本, 1986)。一方、同じ方法で1988年～1990年の沿岸漂砂量を算出すると、 $Q=96 \text{ m}^3/\text{yr}$ となり、沿岸漂砂量は算出時期によらずほぼ一定であった。

図-11は、1988年～1990年にかけての中立的断面が測線 No. 13 の断面形で与えられると見なし、1990年12月5日の測量より得られた各代表断面形を平行移動させて沖合部が No. 13 の形状とほぼ一致するように重ね合わせたものである。No. 13は厳密な意味において中立断面ではないために、沖合部でも形状に差異があるが、全断面はほぼ一つの形状に漸近している。侵食域にある測線 No. 1～No. 10 は沖合の平坦部がほとんど一致する。一方、堆積域にある測線 No. 14～No. 20 では前浜の平坦部の高さが約0.8mと一定であり、また海底勾配は No. 19 および No. 20 に近づくにつれて急になる。さらに No. 19 は最も湖内側に突き出た測線であるが、No. 14 から No. 19 までの前浜付近の形状は上に凹型から凸型へと変遷していることが分かる。以上の点は、1983年3月15日に行った測量データより導かれた特性(宇多・山本, 1986)とよく一致する。

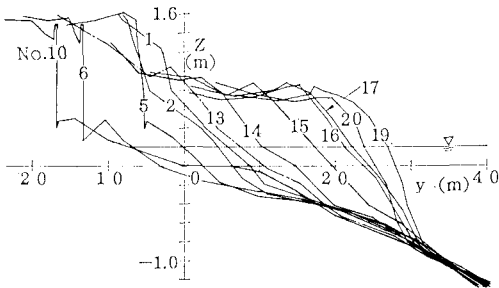


図-11 断面形状の重ね合わせ

次に、図-11において No. 13 の断面形が初期形状を与え、実際には沿岸方向に重ね合わせた各断面が No. 13の断面形より経時的に変化したと考えれば、見かけ上の断面積変化量 ΔA と汀線変化量 Δy が求まるから、それをもとに移動高の算出を試みた。ただし断面積は閉曲線でないといえ求められないので、侵食域では各断面

の浜崖の上部と No. 13 の形状が滑らかに接するように断面形を定めた。 ΔA と Δy との間には相関係数 $R=0.98$ で次式が成り立つ。

$$\Delta A = 1.36 \Delta y - 0.72 \dots \dots \dots (3)$$

よって、この方法で求めた漂砂の移動高は 1.36 m となった。この値は、前述の断面形状の経時変化より求めた移動高 (1.34 m) と非常に良い一致を示す。

3. 結 論

湖沼内にある親沢鼻砂嘴周辺での現地調査により次の点が明らかになった。

① 親沢鼻では東面の侵食が進み、その対策として杭製護岸が造られ、見かけ上汀線の後退は止まった。このような対応策は、富山県の下新川海岸などのように、漂砂の連続性が断たれたときに生ずる侵食に対し、陸域を守るために取られた護岸+消波工と基本的に同一であって、このままでは砂嘴の東面の前浜は早晚、消失する危険性がある。

② 1988年～1990年の汀線変化量 Δy と断面積変化量 ΔA の関係から、漂砂の移動高を求めると 1.34 m となった。この値は、1983年～1988年のデータをもとに算出した移動高と一致した。また、断面形状の重ね合せ手法より漂砂の移動高を求めると 1.36 m となり、断面形状の経時変化より求めた値とこれもよく一致することがわかった。以上のように、移動高は測量時期に独立であり、しかも断面形の経時変化からだけでなく、断面形の場所変化からも算出しうることが分かった。

③ 1988年～1990年の侵食土砂量と堆積土砂量とを求め、親沢鼻砂嘴の先端部を通過した沿岸漂砂量を算出すると、 $Q=96 \text{ m}^3/\text{yr}$ となった。この値は1983年～1988年のデータをもとにして算出した値 ($Q=100 \text{ m}^3/\text{yr}$) とほとんど同じであった。

参 考 文 献

- 宇多高明・山本幸次(1986): 湖および湾内に発達する砂嘴地形の変形特性, 地形, Vol. 7, pp. 1-22.
- 宇多高明・酒井佳治・竹渕 勉(1987): アーマーコートによる安定海浜の形成, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 421-425.
- 宇多高明・山本幸次(1988): 砂嘴地形の形成過程一現地観測と模型実験一, 地形, Vol. 9, pp. 295-307.
- 堀川清司(1973): 海岸工学, 東京大学出版会, p. 317.