

# 若狭和田海岸の海浜過程について

芝野 照夫\*

## Nearshore coastal changes at Wada coast, Wakasa Fukui

Teruo SHIBANO

In Wada Coast, Fukui, facing the Japan Sea, of which the shape of coast has typical pocket beach.

However, there is a local distribution of shoreline retreat and advance area.

Beach processes are affected by the accumulation and erosion of beach sediment with exerting forces and human activities.

The purpose of this paper is to clarify the characteristics of shoreline and bottom changes associated with incoming wave, nearshore currents and historical construct of coastal or harbor structures in Wada fishery harbor.

### 1. 緒言

和田海岸は、福井県と京都府の県境に近く、その西側を高浜城山の岩礁と東側の大島半島安土山の岬に挟まれた延長約 2.7 km の砂浜海岸である。城山の背後に広がる市街地は、城山とその東側にある岩礁によって形成されたトンボロである。このトンボロを形成した土砂は、城山西側の高浜海岸と和田海岸の両方向から供給されたものと考えられる。また、和田海岸のほぼ中央部にあたる岩神地区の東側、とくに、葉積島の対岸付近で他の地域にくらべて汀線が沖方向に突出している。

和田海岸<sup>1)</sup>はその海岸地形、とくに平面形状から二つの海岸として発達してきたものと考えられ、一つは和田漁港側、もう一つは高浜城山側の海岸である。つまり、海岸における土砂収支の観点から、かつて安定な二つの pocket beach<sup>2)</sup>が重なっていたものといえよう。これらの pocket beach の headland が和田漁港北側と高浜城山の岩礁といった相対する位置にあって、それぞれの海域における流れや沿岸漂砂の移動が対称的で、しかも安定的にバランスを保ってきたものと考えられる。

本研究では、和田漁港の築造・拡張といった海岸環境の変化が周辺海岸に影響を与え、海岸地形の侵食・堆積が顕著となってきた海岸の変形過程を明らかにする。

### 2. 来襲波浪の特性

#### 2.1 波浪の来襲方向とエネルギー

若狭和田海岸における波浪の観測は、図-1に示す大島半島の沖合で実施されているが、その観測点は

---

\*建設工学科 土木工学専攻

大飯半島と内浦半島に挟まれたところであるため、東側と西側の吹送距離が短く、それら両方向からの高波浪の来襲はないものと考えられる。とくに、冬期季節風時に日本海沿岸で観測されるNW方向を中心とする高波浪は、内浦半島によって遮蔽されることから、その発生頻度・波高ともに小さいものと考えられる。

図-2は波浪の来襲方向別に見た波浪エネルギーの分布であるが、この海岸における高波浪の来襲はN方向が約  $2.3 \text{ 万 m}^2 \cdot \text{sec/year}$ 、NNW方向が約  $1.8 \text{ 万 m}^2 \cdot \text{sec/year}$  となっており、そのほかの方向からはほとんど来襲せず、NおよびNNW方向に限られていることがわかる。また、来襲波浪の主な波向ごとにみた波高と周期のエネルギーは、

図-3のように波向Nの場合、波高が  $1.5 \sim 2.5 \text{ m}$  と  $3.0 \sim 3.5 \text{ m}$  のところにピークがみられ、しかも、後者の

エネルギーが大きいことが特徴であり、周期は  $7 \sim 10 \text{ sec}$  のものが約  $70\%$  を占めている。波向NNWの波浪についても波向Nとほぼ同様であるが、波高  $3.0 \sim 3.5 \text{ m}$  のエネルギーが小さく、周期においても  $9 \sim 10 \text{ sec}$  の割合が小さくなり、それより周期の短い  $6 \sim 7 \text{ sec}$  の波浪の割合が大きくなっている。

以上のことから、この海岸の来襲波浪のうち波向がN方向で、波高  $3.0 \sim 3.5 \text{ m}$ 、周期  $7 \sim 10 \text{ sec}$  のものが海岸の変形を大きく支配しているものと考えられる。また、この波浪はこの海岸の湾口部に対してほぼ直角に来襲することとなる。

### 2.2 波浪の極値統計

波浪の極値統計<sup>3)</sup>から確率波浪を算定するには、長期間にわたる年間の波浪記録が必要であるが、ここでは年間を通じて記録が取得されている5年間の資料から検討した。ただし、波資料は月別最大波浪として整理されていることから年間12個の最大波を対象としている。

図-4はすべての波向を含めた最高波のGumbel分布への適合性を見たもので、正規分布に従うとするよりも波高の小さな領域を含めた適合性がよく、この分布から確率波浪を算定する。それによると年最大波高は、再現期間を20年とすれば  $5.75 \text{ m}$ 、50年では  $6.8 \text{ m}$ 、100年では  $7.6 \text{ m}$  となる。

一方、来襲波浪の波向、とくにこの海岸への来襲頻度の高いN、NNW方向の波向のうちN方向について見たのが図-5である。

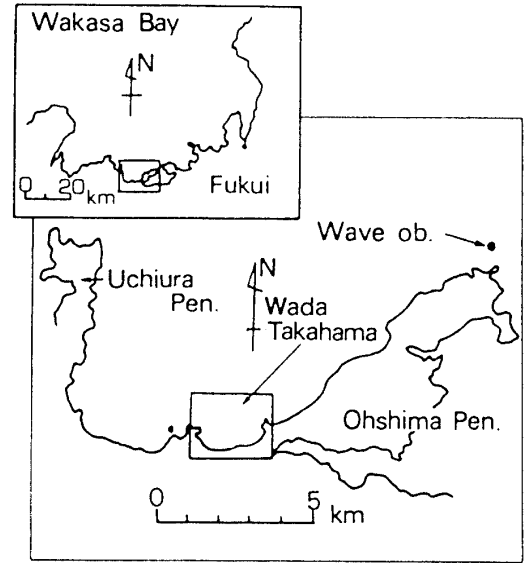


図-1 若狭和田海岸の位置

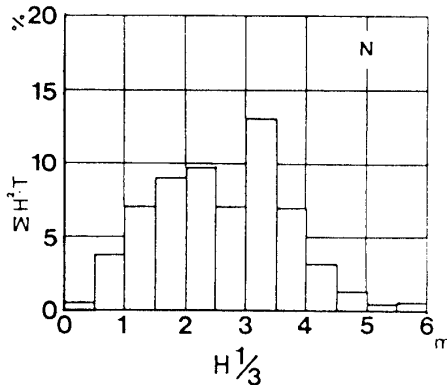


図-3 波向Nの波浪エネルギー

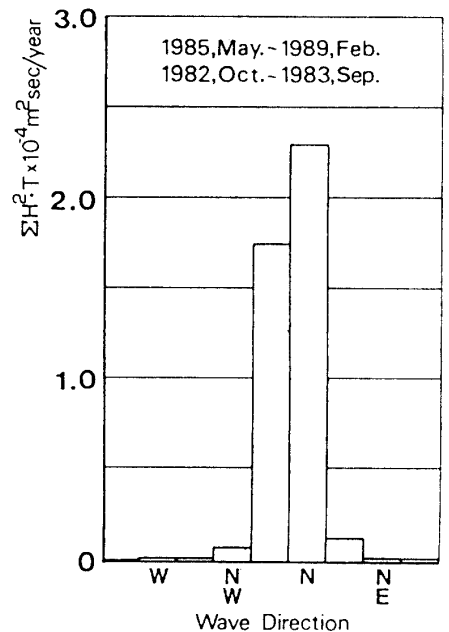


図-2 方向別波浪エネルギー

これによれば最も確率波高が大きいのはN方向の場合であり、その値は図-4で示される最大波高の算定値と一致している。すなわち、この海岸ではN方向から来襲する波高が最も大きく、海岸変形にも大きな影響を与えるものと考えられる。

### 3. 海岸地形の特性

#### 3.1 海岸・港湾構造物築造の変遷

海岸東端に築造されている和田港は、1965年当時現在荷揚げ場となっているところに距離の短い防波堤があり、港内の整備も未着手で直接砂浜に小さな漁船が引き上げられているような状況であった。

しかし、漁船の大型化と港湾機能の充実から次第に整備され、本格的な港として築造されたのは1970年代以降である。海岸・港湾構造物築造の変遷を図-6に示すが、北防波堤は1981年から1987年までに350m、南防波堤は1987年から1989年までに430m延長され、大きく発展してきている。

一方、沿岸部における各種の海岸構造物は、沿岸方向への漂砂移動を防ぐ目的で1961年から和田地区に合計7基の突堤が設置された。しかし、最も和田港寄りの突堤は、その後の土砂堆積によって機能が失われ1973年には撤去されている。その他のところにおいても白浜地区で5基、高浜地区では河口導流堤を含めて6基の突堤が設置されてきているが、和田漁港背後の突堤とは違っていずれも現在ではその基部まで汀線が後退し、海浜の侵食が進んでいる。

#### 3.2 汀線および等水深線の変化

1980年から1990年までの4回にわたる深淺測量結果から、和田港西側から白浜地区に至る等水深線の変化を見たものが図-7である。これらの図から白浜地区の0m等水深線(汀

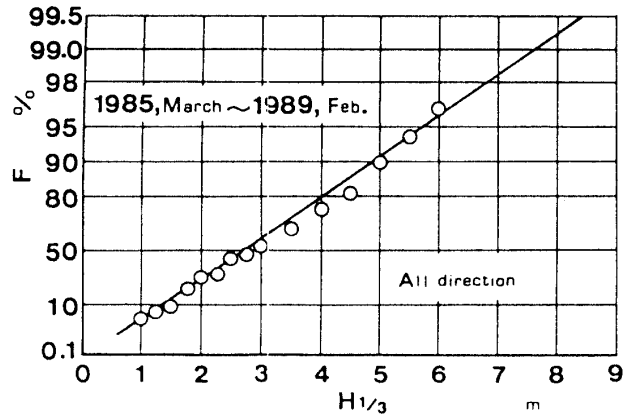


図-4 全波向の最高波の極値統計

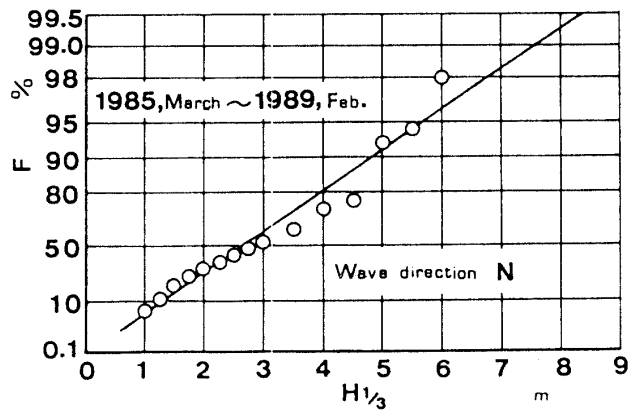


図-5 波向Nの最高波の極値統計

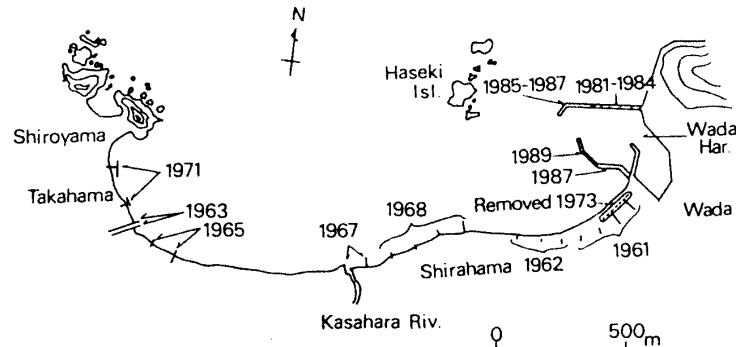


図-6 若狭和田海岸における海岸・港湾構造物築造の変遷

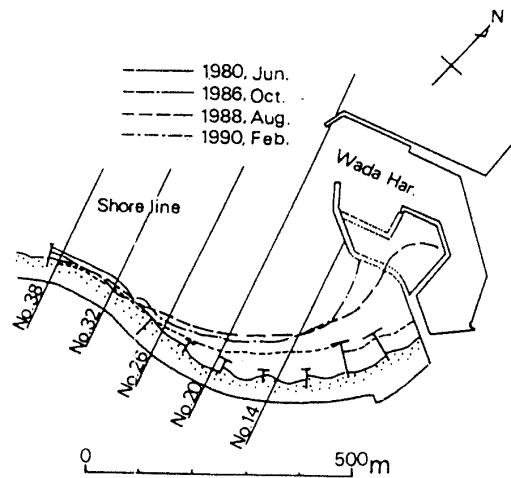


図-7 汀線位置の変化

線)の後退と和田港から約 500 m までの範囲における前進が顕著となっている。また、4 m 等水深線では、白浜地区沖合いの葉積島によって形成されてきたトンボロ地形の海底部分が次第に侵食され、等水深線の後退と同時に和田港付近での前進がみられる。

この等水深線位置の経年的な変化を図-8に示すが、いずれの等水深線とも和田港付近の土砂堆積による前進と白浜地区付近における後退、すなわち侵食が経年的にも明らかである。この白浜地区付近における侵食土砂が和田港西側へと移動しているものと考えられる。

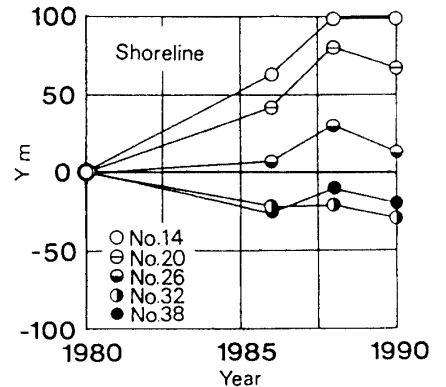
これらのことから海浜の変形は、汀線付近だけではなく沖合いを含めた海底領域まで侵食が進行してきているといえよう。

### 3.3 海浜断面形状の変化

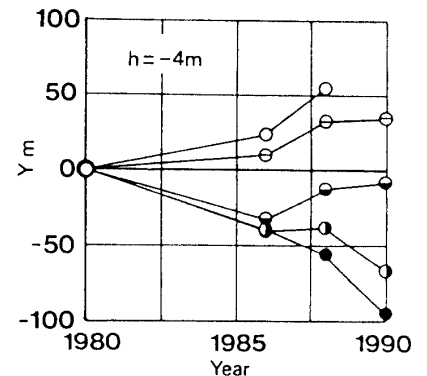
等水深線の変化は、海浜断面形状の変化として現れ、後述する海浜土砂量の算定にも用いることができる。図-9に海浜断面形状を示すが、それぞれの断面形状は図-7に示す測線のものである。汀線(0 m)、2 m、4 m 等水深線が大きく後退している測線 No. 32 と No. 38 では、1980年から1989年の期間で水深0~5 m 付近までの汀線から約 400 m 沖合いまでの範囲が大きく侵食されているものの、その侵食深さはほぼ0.5 m 程度である。

一方、等水深線の前進が著しい測線 No. 20 では、1980年から1986年の期間に汀線から約 150 m の範囲に多量の土砂堆積がみられ、また、1986年から1989年の期間では汀線から約 240 m の範囲で大きな土砂堆積がみられる。

このように和田港に近づくほど経年的に土砂堆積が顕著で、その堆積土砂は白浜地区の沖合いに形成されていた葉積島背後の広い範囲の海底トンボロが侵食され、その土砂が和田漁港方向へと沿岸漂砂として輸送されたもので、和田港防波堤延長など港灣の拡張に伴って港灣構造物周辺とその背後の海岸へ入射する波浪と海浜流を変化させたのが直接の原因と考えられる。



(a)



(b)

図-8 等水深線位置の経年変化

## 4. 底質特性

### 4.1 汀線砂礫の沿岸方向分布

海浜の底質は来襲波浪や海浜流の影響を受け、その流下方向に粒径を代表とする特性値の変化することが知られている。<sup>4)</sup>

ここでは1991年9月に採取した汀線砂礫の粒度分析結果を中心として検討する。

なお、この海岸の底質は多量の貝殻片が混入しているために薬品で取り除き、洗浄してから

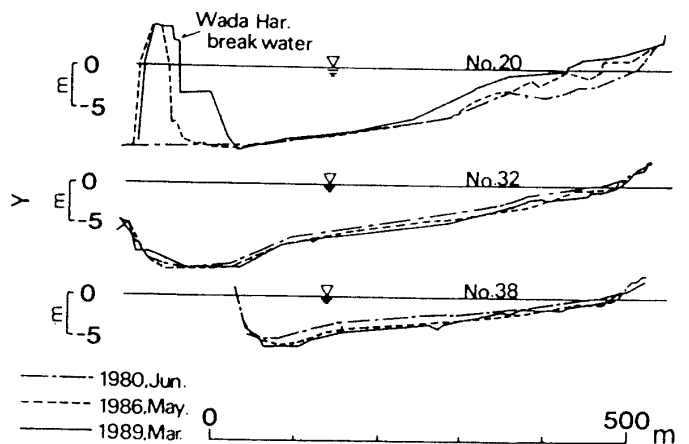


図-9 海浜の断面形状

ら粒度分析を行った。

図-10は中央粒径( $d_{50}$ )の沿岸方向分布であり、高浜城山付近から0.6 kmまでは0.2 mm程度の粒径であるが、0.6 km付近で0.6 mmと若干値が大きくなっている。その後1.6 km付近までは場所的に変化するものの粒径は次第に小さくなっている。さらに、1.9 km付近で0.6 mm程度に大きくなるが、それより和田港に向かって再び粒径が小さくなる。

このことから図中の矢印のように、粒径が大きなところから小さな方向へと砂礫が移動しているものと考えられる。

さらに、砂礫の淘汰を表す標準偏差( $\sigma_{\phi}$ )の沿岸方向分布においても中央粒径の分布と同じく変化がみられ、汀線砂礫の移動を支配する入射波浪の沿岸方向分布に場所的な変化があることと考えられる。

波浪によって形成される沿岸流のうち、規模の大きな流れの中に小さな局所的な流れが存在し、それらの流れに対応して砂礫が移動していると推定できる。

また、砂礫のもつ粒径範囲とその集中の割合を示す歪度( $\alpha_{\phi}$ )の沿岸方向分布を図-11に示している。歪度の値が0に近いほど粒径範囲が中央粒径値付近に集中していることを表し、0より大きくなれば中央粒径に対してそれより粒径の大きな砂礫の占める割合が大きく、0より小さければ粒径の小さな部分の占める割合が大きいことを表している。この図からも高浜城山から約0.7 kmから1.2 kmの範囲で中央粒径に対して小さな粒径の占める割合が大きく、それより海岸の両端に向かうほど大きな粒径の占める割合が大きくなっていることがわかる。

これはこの付近における入射波浪の作用が他のところと比べて比較的小さく、通常来襲する小さな波浪でこの付近に細粒の底質が堆積するものと考えられる。

このように季節によって来襲する波浪の規模が違うために、汀線砂礫も複雑な移動を繰り返しているといえよう。

#### 4.2 海岸底質の特性

海底における底質の中央粒径分布は、高浜城山から1.4 km付近までは、0.2 ~ 0.3 mm程度の粒径が広く分布しているのに対して、これより和田漁港にかけて

0.15 mm程度の細粒径が広く分布している。これは葉積島と和田漁港の間が漁港の防波堤の延長によって狭くなり、入射波浪のエネルギーが小さくなったために、葉積島背後の海底トンボロからの侵食土砂のうち細粒径のものが選択輸送され、堆積してきているものと考えられる。

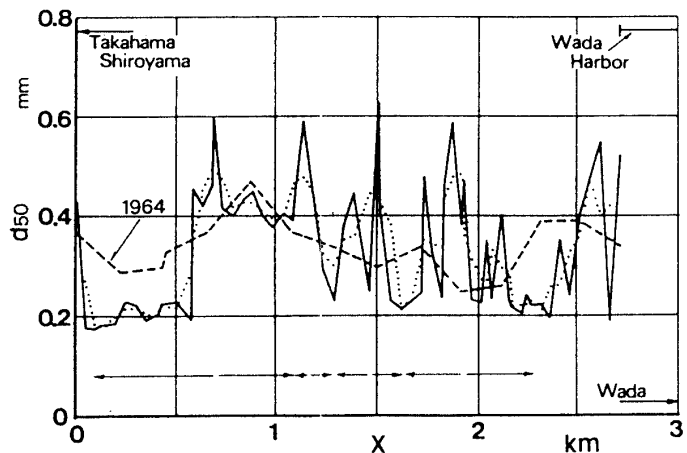


図-10 中央粒径の沿岸方向分布

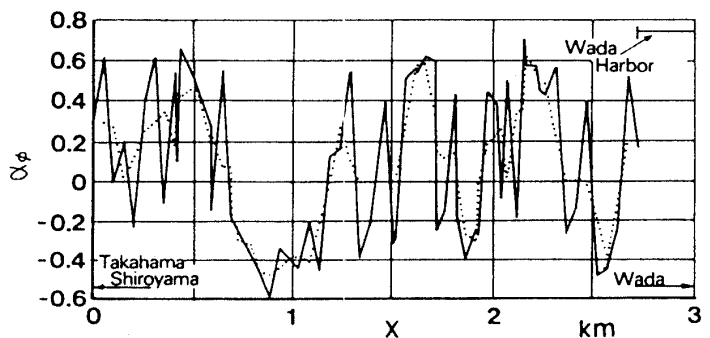


図-11 歪度の沿岸方向分布

4.3 底質の卓越移動方向

汀線および海底砂礫特性の分布にもとづいて、和田海岸における沿岸漂砂の卓越移動方向を推定したものが図-12である。

沿岸漂砂の移動を長期的な視点からみると、高浜城山から約 1.6 km 地点を境として西側では 0.7 km 地点、東側では 1.9 km 地点でそれぞれ東西両海岸に砂礫が移動しているものと考えられる。しかし、沿岸方向の海浜地形、とくに、トンボロや小カスプ地形の存在などを考えると大局的な沿岸漂砂の移動方向の中に矢印で示すような局所的な沿岸漂砂の移動方向があるものと推定される。また、この海岸では 1.9 km 付近より和田漁港方向への卓越移動が顕著であり、このことは和田漁港と葉積島の間から入射する波浪のエネルギーが小さくなったことと、それに伴って沿岸方向に波高の局所的な分布ができ、波高の大きいところから小さいところに向かう流れが発生していることによるものであろう。

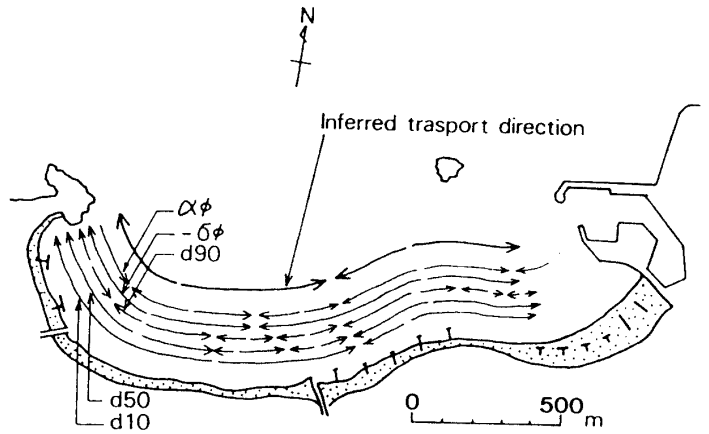


図-12 沿岸漂砂の卓越移動方向の推定

5. 海岸土砂の移動

5.1 蛍光砂の移動

漂砂の移動方向を明らかにするため現地砂に蛍光塗料を塗布して海底に投入し、ある一定期間後に底質を採取して砂粒に含まれる蛍光砂粒を数えることによって、底質の移動方向などが平面的に明らかにできる。

図-13は色ごとに塗った砂粒の移動方向を示している。

この図から葉積島から汀線方向へ向かう流れが形成され、その流れの方向が海底トンボロの先端付近から東西両方向へと分かれていることが明らかである。しかし、トンボロ西側沖合いと汀線近くではその流れに若干の違いが見受けられ、汀線近傍は和田漁港のある東海岸へと大きく流れるが、沖合いでは葉積島と高浜城山に挟まれた水深の大きな領域へと流れが向かうものと考えられる。

このような流れが砂礫の移動を支配して和田海岸全体の漂砂移動となっているのであろう。

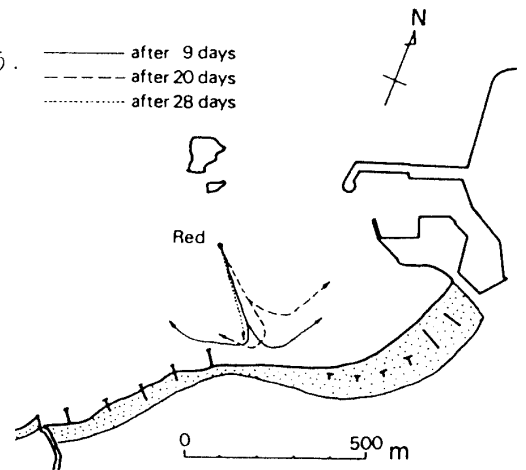


図-13 蛍光砂粒の移動状況

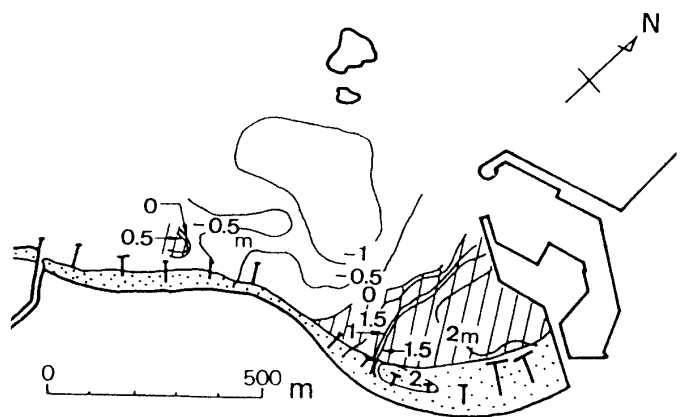


図-14 土砂の侵食・堆積領域の分布

5.2 海底土砂の侵食・堆積領域

和田海岸のうち葉積島の背後から和田漁港までの海域における 1980 年から 1990 年までの 10 年間の海底土砂の侵食・堆積状況を明らかにする。

図-14 は土砂の侵食・堆積領域を示したもので、侵食領域は葉積島背後の白浜海水浴場付近で顕著となり、海底も 10 年間で約 1.0 m 以上も深くなっているところがみられる。一方、和田漁港付近では、大量の土砂堆積がみられ、2 m 以上堆積しているところもある。

さらに、図-15 に示す各領域における侵食・堆積土砂量の経年変化を示したものが図-16 である。

この図からも和田漁港背後に経年的に土砂が大量に堆積するが、それより西側の海岸で侵食が続いていることが明らかである。

この海底土砂の変化量はこの 10 年間で、侵食土砂量が約 22 万  $m^3$ 、堆積土砂量が約 28 万  $m^3$  となっている。侵食土砂量に比べて堆積土砂量が多いのは、土砂量を算定した葉積島背後より西側海域の水深の浅いところの侵食土砂が和田漁港方向へ輸送され、堆積したものと考えられる。

図中には和田漁港の北防波堤築造期間も示しているが、この海岸における土砂の侵食・堆積が防波堤工事に伴って顕著となり、土砂量とともにその領域も顕在化してきたことが明らかである。

6. 結 語

以上のように、若狭和田海岸の海浜過程を来襲波浪、海浜形状、底質特性および海浜土砂の侵食・堆積といった観点から明らかにしてきたが、これまでわが国海岸の各地で指摘<sup>5)</sup>されてきたのと同じように、海岸・港湾構造物の築造に伴う侵食・堆積といった海岸変形が和田海岸でも生じていることが明らかとなった。

このような海岸環境変化による海岸侵食は、和田海岸のようにリクリエーション海岸として保全すべきところでは、来襲波浪などの外力が沿岸方向に局所的な分布を形成させない自然に調和した構造物を設置すべきであろう。

また、沿岸漂砂の移動はどのような場合においても多少の侵食・堆積を伴うものであり、海域から海岸土砂を流失させないことが最大の保全方法で、侵食・堆積が生じれば堆積領域の土砂を侵食領域へと人為的に戻してやるリサイクル・サンドバイパス工法<sup>6)</sup>が海岸環境を保全する上で最適のものと考えられる。

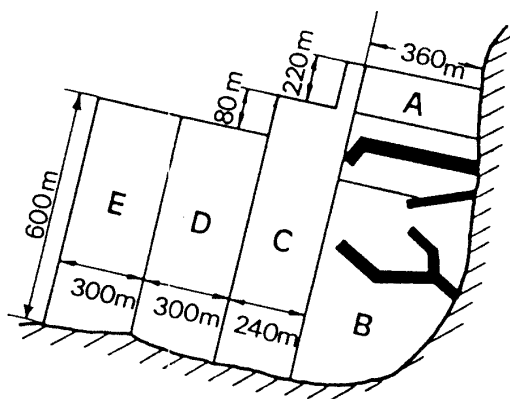


図-15 侵食・堆積土砂量算定の領域

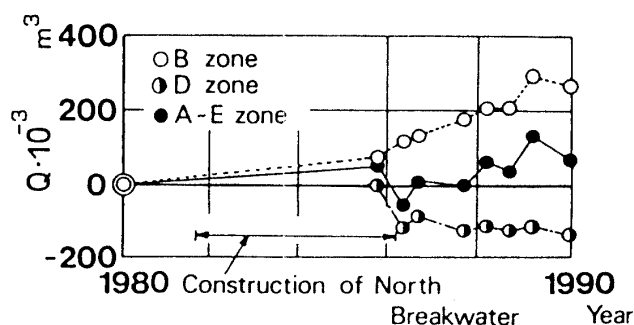


図-16 侵食・堆積土砂量の経年変化

参 考 文 献

- 1) 野田英明・芝野照夫：高浜海岸における底質特性について，京都大学防災研究所年報，第 9 号 B，1966，pp. 743 ～ 762.
- 2) 芝野照夫・土屋謙人：砂浜海岸の分類と底質特性について，第 32 回海岸工学講演会論文集，1985，pp. 326 ～ 330.
- 3) 山口正隆・土屋謙人・芝野照夫：波浪の極値統計に関する一考察，第 25 回海岸工学講演会論文集，1978，pp. 70 ～ 74.
- 4) Sunamura, T and K. Horikawa: Improved Method for Inferring the Direction of Littoral Drift from Grain Size Properties of Beach Sands, Ann. Rep. Eng. Res. Inst. , Univ. of Tokyo, Vol. 31, 1971, pp. 66 ～ 68.
- 5) 土屋謙人：海岸土砂収支と海浜変形，土木学会水理委員会水工学夏期研修会講義集 B-3, 1973, pp. 1 ～ 19.
- 6) 陳 活雄：砂嘴地形海岸の侵食と制御に関する研究 — 天橋立海岸を対象として —，京都大学学位論文，1993, P. 381.

(平成 7 年11月27日受理)