

# 東播海岸の江井ヶ島地先における養浜工の追跡調査

Field investigation of beach nourishment at Eigashima area on the Toban coast

坪香 伸\*・宇多高明\*\*・上島隆雄\*\*\*・村尾 弘\*\*\*・加藤恒太郎\*\*\*・小西正純\*\*\*\*  
Shin Tsuboka, Takaaki Uda, Takao Ueshima, Hiroshi Murao, Kotaro Katoh, Masasumi Konishi

Beach nourishment was carried out at Eigashima area on the Toban coast facing the Seto Inland Sea. Sea cliff erosion of this coast was studied first, and beach changes after the sand nourishment were investigated by topographic surveys. It is found that the predominant wave direction is S 24°W from the shoreline indentation, and the characteristic height of beach changes and critical depth for beach changes are about 2.7m and 1.5m, respectively.

Key words : Sea cliff, Erosion, Beach nourishment, Beach changes.

## 1. まえがき

近年、失われた白砂青松の風景を復元させようとする機運には高いものがあり、そのための一環として全国各地の海岸では養浜工が行われるようになった。こうした養浜工を実施に導くには、一般に計画論上から見た種々の検討がなされる。しかしながら、その施工が完了してしまうと、人工海浜のその後の海浜変形などには関心があまりなくなるのが常である。しかし、いくつかの事例を調べてみると、計画論上の議論との間にかなり多くの違いが見い出されることがしばしばである。これらの違いを調べることは、技術の発展のために必須の事柄である。そこで、本研究では東播海岸の江井ヶ島地先で行われた養浜工に関し、施工後の追跡調査を行ったのでその結果について報告する。

## 2. 東播海岸の概要

東播海岸は神戸港域の西端、堺川河口より神戸市垂水区および明石市を経て、兵庫県加古郡播磨町喜瀬川に至る総延長約26kmの海岸であって、大阪湾、明石海峡および播磨灘に面している。この海岸では、1982年以降、明石西部地区の松江・藤江地先より養浜工が実施に移されてきた(門松ほか、1990)。養浜箇所はその後も順調に数が増し、松江・藤江地区に続いて、その西側の谷八木地区、江井ヶ島地区および西島地区でも養浜工が実施されてきている(図-1)。これらのうち、西島地区以外では細砂を用いた養浜が行われた。一方、西島地区は他の地区と比較して海底勾配が急であったために、礫養浜が行われた(門松ほか、1991)。これらのうち、本研究では江井ヶ島地先で行われた

養浜に関するその後の追跡調査の結果について述べる。

江井ヶ島沖では波浪観測が行われてきている(門松ほか、1990)。

1984年～1988年の観測データによると、通年では波高0.5m以上の出現割合が約7%、卓越周期は3～4sである。一方、冬期のみでは、0.5m以上の波高の出現率は約15%となり、また周期は3～4sのみではなく、4～5sも目立つ。このように東播海岸は瀬戸内海に面しているので、外洋に面した海岸と比較すると波浪のエネルギーレベルは非常に低い。

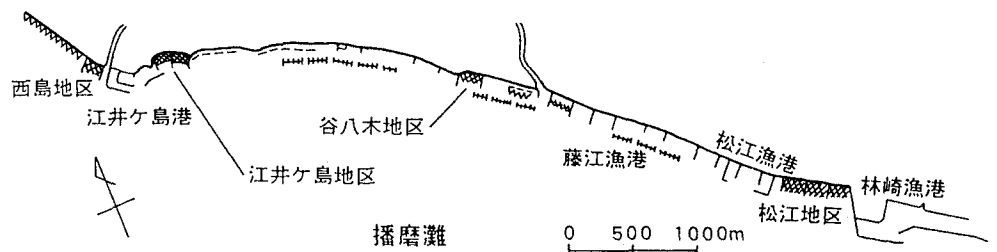


図-1 東播海岸の江井ヶ島地区の位置

越周期は3～4sである。一方、冬期のみでは、0.5m以上の波高の出現率は約15%となり、また周期は3～4sのみではなく、4～5sも目立つ。このように東播海岸は瀬戸内海に面しているので、外洋に面した海岸と比較すると波浪のエネルギーレベルは非常に低い。

\* 正会員 建設省近畿地建姫路工事事務所長(〒670姫路市北条字中道250)

\*\* 正会員 建設省土木研究所海岸研究室長

\*\*\* 正会員 建設省近畿地建姫路工事事務所

\*\*\*\*正会員 建設省土木研究所海岸研究室

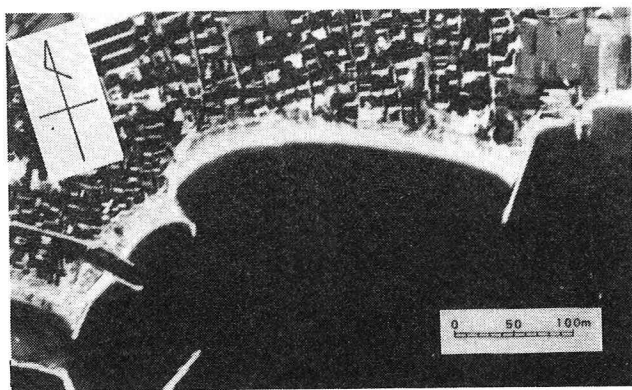


写真-1 1947年における江井ヶ島地区の海岸状況



写真-2 江井ヶ島地先より東側の海食崖の状況(1953年)

### 3. 写真による海岸の変遷状況の把握

1947年における江井ヶ島地先周辺の空中写真を写真-1に示す。江井ヶ島港の東約280mには突堤があり、江井ヶ島港とこの突堤の間の汀線は滑らかな弓状となっている。そしてこの突堤の東側と西側とでは汀線位置に差があり、東側の汀線の方が後退している。このことは、当地先における沿岸漂砂の卓越方向が東向きであることを示している。いま、突堤の西側隣接域の汀線がほぼ直線的であり、そこでは汀線が波の入射方向にほぼ直角となっていると考えられることから波の入射方向を推定すると、卓越波の入射方向はS24°Wとなる。写真-1においては、海岸線付近の前浜が白っぽく写されていることから、この当時海岸線にはまだ前浜が残されていたことが分かる。

写真-1に示す突堤の付け根付近より東側の海岸を見た1953年の状況が写真-2である。海食崖が形成されるとともに家屋の基礎が破壊され、家屋が倒壊している。沖合にはクシの歯状の形状をもった離岸堤が直線状に設置されているが、崖侵食の防止効果はほとんどない。この海食崖を逆方向より望んだのが写真-3である。前方は江井ヶ島港であり、また写真上部には倒壊した家屋の残骸を見ることができる。写真-4は1955年頃の東播海岸の状況を示す。海食崖の状況は写真-3の場合とよく似ている。また、この段階では海食崖の基部には前浜が広がっていたことが見てとれる。その後、約20年の経過した1977年の海岸状況が写真-5である。海食崖に沿って直立護岸と根固工が設置された。こうした対策により、海食崖の後退は止まったが、写真-1～4と比較すると崖基部の海浜も同時に失われてしまった。このため侵食対策上は効果的であったものの、汀線へのアクセスや良好な海岸景観の維持の点より見るといささか問題が残された。こうした状況は東播海岸の他の地先においても似た状況にあった。そこで1983年以降、東播海岸の各地先では養浜工が計画されるに至った。



写真-3 江井ヶ島港方向を望む海岸状況(1953年)



写真-4 海岸護岸の施工前の状況(1955年頃)

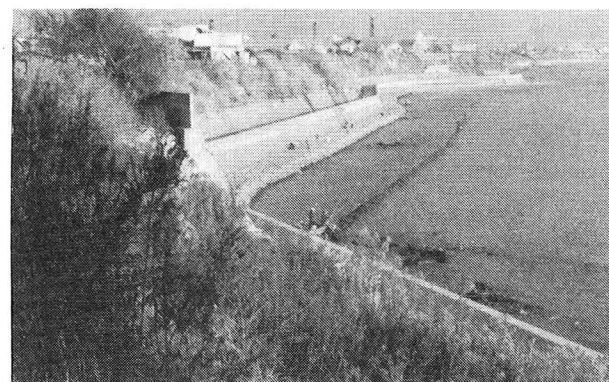


写真-5 海岸護岸施工後の状況(1977年12月)

### 4. 養浜工の概要

養浜工の平面形と断面形を図-2に示す。西側を江井ヶ島港により区切られた全長330mの区間において、2基の突堤(堤長約100m)が造られ、その間で養浜が行われた。人工海浜では遊歩道が設けられ、その前面には海

浜へのアクセスを考慮して緩傾斜護岸が造られた。そしてその前面には十分広い前浜が造成された。造成された海浜の高さはT.P. +2.5m、前浜勾配は1/10であり、砂浜自体が消波工として位置付けられている。ただし、平面図に示す江井ヶ島港と突堤①の間の汀線形は、沖合にある防波堤の影響を考えるとやや湾入度がきつ過ぎる印象を与える。これが事実であることは、追跡調査で実際に確認される。養浜に用いられたのは広島県産の海砂で、 $d_{50}$ は1.4mmである。土砂の投入は1988年と1989年に行われ、江井ヶ島港と突堤①の間では合計18,410 $m^3$ の土砂が、また突堤①、②の間では合計20,120 $m^3$ の土砂が投入された。

養浜工の計画に際しては、当然のことながら消波効果や養浜工の平面・断面形について種々の検討が行われた。それらは基本的に計画潮位や計画波浪、または年数回程度来襲する波浪の条件下での検討であった。しかしながら、養浜工の実施後、人工海浜は通常の潮位と波浪の作用のもとで変形を遂げた。いわば計画論上対象とする潮位や波浪条件以外の条件でも着実に変形した訳である。人工海浜の安定性を考える上ではこうした現象についても十分理解することが求められる。そこで以下では深浅データをもとに多少の検討を試みる。

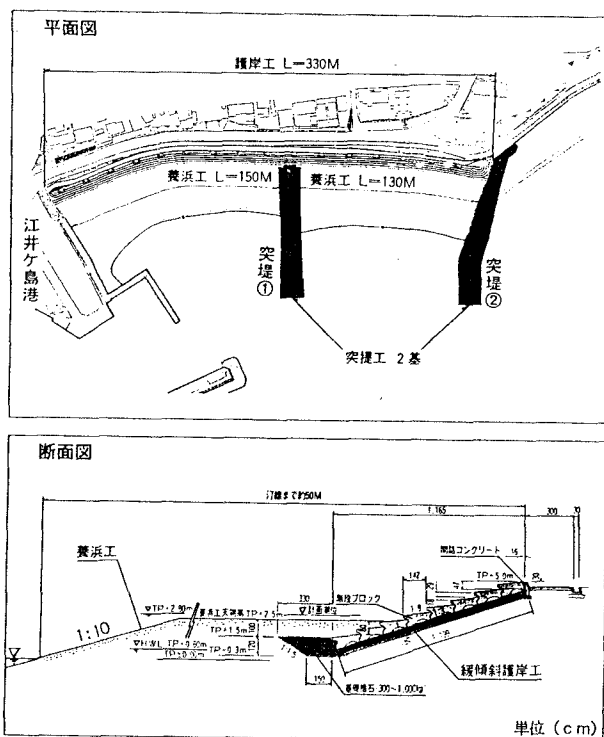


図-2 養浜工の概要

## 5. 深浅図の比較による養浜後の海浜変形分析

養浜工の実施された江井ヶ島地区では、養浜前より深浅測量がくり返し行われてきているので、これらのデータを利用すれば人工海浜の波浪への応答特性を調べることができる。まず、養浜前の1986年5月の深浅図を図-3に示す。江井ヶ島港と東突堤の間には水深1~2mの間に広い平坦面が広がっているが、そのほぼ中央付近では-1.5mの等深線が大きく湾入し、海岸線のごく近傍まで等深線が迫っている。このため中央部では前浜がほとんどなく、護岸に波が直接当たる状態となっている。これに対し江井ヶ島港の隣接部では江井ヶ島港の防波堤の背後にあるものの、SE方向には開いているため小さなポケットビーチが形成されている。図-4は、養浜直後の1989年10月の海浜状況である。養浜砂の流出防止用に2基の不透過突堤(堤長100m)が建設され、その間で養浜が行われた。突堤①、②の間の汀線はほぼ直線的に延びているが、江井ヶ島港と突堤①の間の汀線は防波堤の背後で凹んだ状況を呈している。養浜前の1986年5月の深浅図(図-3)によれば、この付近の汀線は沖合防波堤の遮蔽域に入るため、防波堤の開口部より侵入する波に対してはほぼ安定な汀線形であった。これに対し、図-4の養浜後汀線を見ると、開口部が防波堤と突堤①の間で狭められたのに対し、養浜汀線の大部分は旧護岸線と平行に造成された。この形は、沖合防波堤と突堤①の間の狭い開口部から入射した波に対して、明らかに不安定な形状となる。

図-4に示した状況より、冬期風浪の作用を受けた後

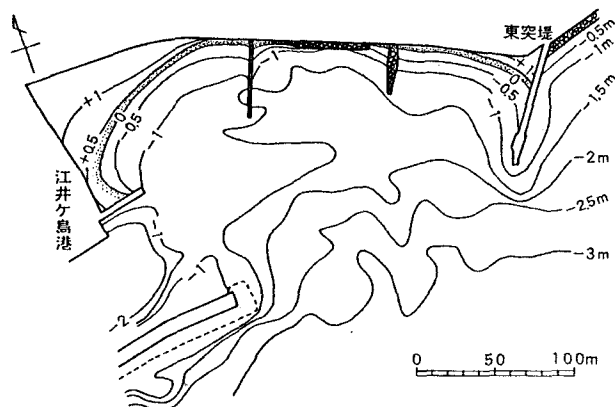


図-3 江井ヶ島地区の養浜前の海底形状(1986年5月)

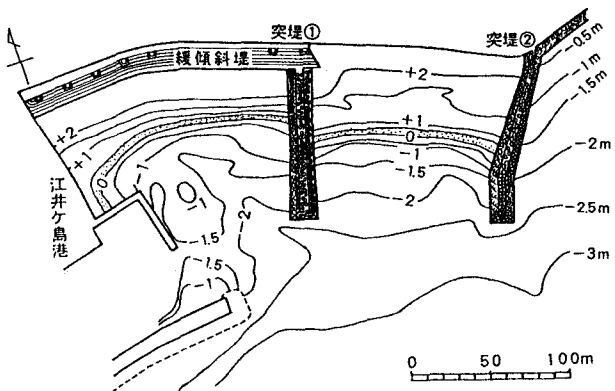


図-4 江井ヶ島地区の養浜直後の海底形状(1989年10月)

の1990年3月の海浜状況を図-5に示す。突堤①、②の間の海浜には顕著な変化は見られないが、江井ヶ島港と突堤①の間では、江井ヶ島港の近傍で著しく凹状であった汀線が全体になだらかな弧状へと変化した。この地形変化は、江井ヶ島港の防波堤と突堤①の開口部からの入射波により、西向きの沿岸漂砂が生じ、これによって汀線がより安定な形状となったことを示している。

養浜より約2カ年が経過した1990年11月の海浜状況を図-6である。図-5と比較すると、江井ヶ島港の隣接域で汀線が大きく前進したのに対し、突堤①の隣接域では汀線の後退が続き、浜崖も形成された。その結果、形成された汀線形は、防波堤と突堤①のほぼ中央より入射する波に対応したポケットビーチ形状となった。突堤①の西側では以上の変形が見られたが、突堤①、②の間の汀線はほぼ安定形状を保っていた。

1989年10月より1991年3月までの間の汀線変化をまとめると図-7となる。突堤①、②の間の汀線は、1989年10月～1991年3月の間でほとんど変化が見られない。これは養浜汀線の向きが卓越波浪の入射方向とほぼ直角であったためである。これに対し、突堤①と江井ヶ島港の間では、海浜中央より東側の汀線が後退し、これと対照的に西側では汀線が前進した。その変化はほぼ左右対称である。このような汀線変化が生じたのは、江井ヶ島港の防波堤と突堤①の間からの侵入波に対し、汀線形が不安定になっていたためである。江井ヶ島港の防波堤は卓越波に対しかなり広い遮蔽域を形成するため、その背後では離岸堤背後の舌状砂州の発達と同様な原理で汀線が前進したものである。また、突堤①の両側の汀線位置を比較すると、1991年3月において西側の汀線は東側の汀線より18mも後退した形となっている。養浜区域にある突堤①は海岸線を分断する形とはなっているが、もしこの突堤がない場合には突堤①、②の間の汀線が大きく後退し、砂は西側へ流出したと推定される。その意味では突堤①もそれなりの効果を持っていると言える。一方、突堤①、②の間の汀線はほとんど変化がなく、初期汀線が卓越波の入射方向にほぼ直角方向であった。このことから、突堤①、②の中央部において汀線に対し垂線を立て、その方向を調べると、その方向角はS25°Wとなる。この角は、先に写真-1より推定した卓越波の入射方向と非常によく一致を示す。一方、江井ヶ島港と突堤①の間では養浜直後において突堤①の隣接域の汀線は後退し、江井ヶ島港側では次第に前進したが、1990年11月と1991年3月の汀線形の変化がわずかとなった。このことは、突堤①と江井ヶ島港の防波堤の間からの入射波に対し、汀線がほぼ安定状態に近づいたことを意味する。写真-6は1991年に撮影された養浜工の全景である。この段階では既に汀線はほぼ安定状態にあっ

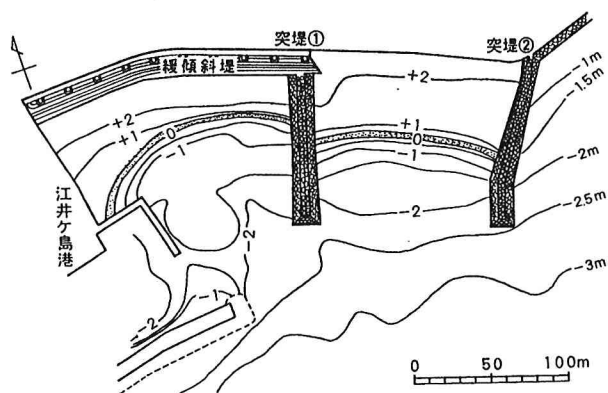


図-5 江井ヶ島地区の養浜後の海底形状(1990年3月)

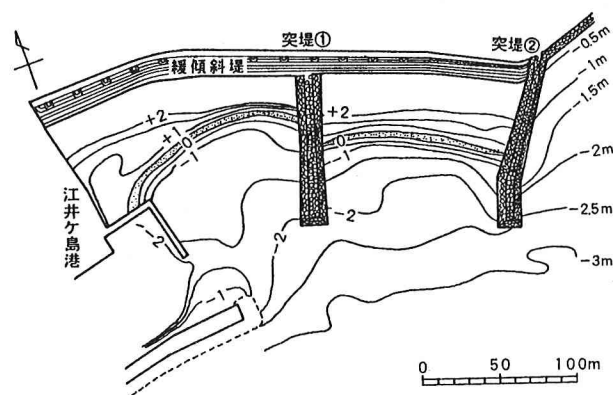


図-6 江井ヶ島地区の養浜後の海底形状(1990年11月)

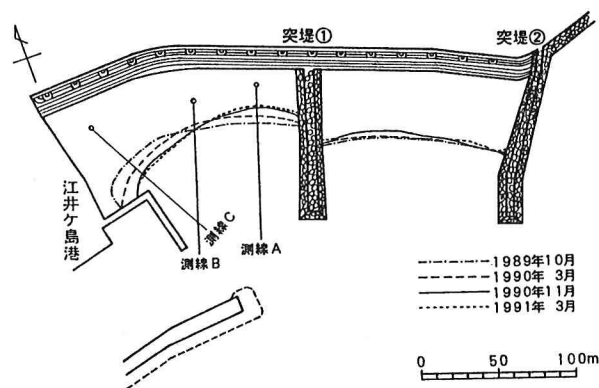


図-7 養浜区域の汀線変化

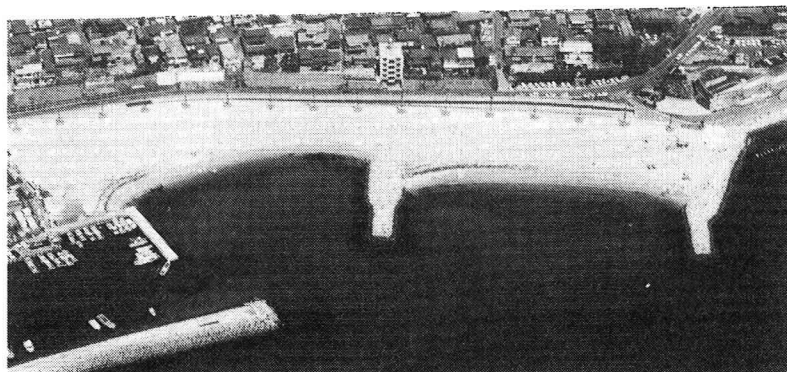


写真-6 1991年における江井ヶ島地先の海岸状況

たから、写真-6 はほぼ安定状態にある砂浜を表わしている。緩傾斜護岸の前面に広い前浜が広がり、環境条件が向上したことが明らかである。

## 6. 海浜断面形の変化と漂砂の移動高

図-7 の汀線変化図において特徴ある汀線変化の見られた測線を選んで海浜断面形の変化を調べてみる。著しい汀線変化は、突堤①と江井ヶ島港の間で見られるが、図-7 に示すように汀線が最も後退した位置の測線A、汀線変化のほとんど見られない測線B、そして著しく汀線の前進した測線Cを選び、それらの断面変化を図-8 に示す。いずれの断面でも養浜前の断面形と養浜後の断面形を示す。測線Aでは養浜直後の1989年10月より汀線が後退した。汀線が後退する時、前浜勾配はほぼ一定で、浜崖の高さが次第に高くなった。そして侵食断面は上に凹形である。測線Bでは汀線変化はごくわずかであって、ここでは沿岸漂砂が単に通過したのみである。これに対し、測線Cでは土砂が堆積し、バームの高さが1 m～1.5 mへと次第に増加した。また、これら3断面のいずれにおいても、沖合において地形変化の収束する限界水深はほぼ1.5 mにある。また、汀線が後退する場合には上に凹形の断面形を保ちつつ侵食が進むこと、また堆積するときはバームを形成しつつ上に凸形の断面形を保つことが特徴といえる。

図-8 に示した海浜断面形の変化より、1989年10月を基準として1990年3月および11月までの汀線変化量( $\Delta y$ )と断面積変化量( $\Delta A$ )を求め、それらの関係をまとめると図-9 となる。両者の間には相関係数0.97で次式が成立する。

$$\Delta A = 2.7 \Delta y - 2.6 \quad (1)$$

ここに、 $\Delta A$ 、 $\Delta y$ の単位はそれぞれ $m^2$ と $m$ である。 $\Delta A$ と $\Delta y$ の回帰係数は漂砂の移動高( $h$ )を与える。したがってこの地区では $h = 2.7m$ となる。この地区は防波堤や突堤により遮蔽されているために、外洋に面した海岸の移動高約10mと比較すると約1/4と小さい。一方、江井ヶ島地先の東5 kmにある松江地区で行われた養浜では、移動高として $h \approx 1.7m$ なる値が得られている(門松ほか、1990)。これと比較すると、江井ヶ島地先の移動高は約60%大きな値となった。

## 7. まとめ

本論文では、東播海岸の江井ヶ島地先を対象として過去からの海岸状況の変遷について述べ、過去に存在した砂浜を復元させ、良好な環境を創り出すために行われている養浜工の概要を明らかにした。さらに、養浜後の人工海浜の波による変形を深淺測量データをもとに分析した。これにより、江井ヶ島地先では、①平均的な卓越波の入射方向がS 24° W方向であること、②漂砂の移動高が約2.7mであること、③地形変化の限界水深が約1.5 mにあること、そして④突堤と江井ヶ島の防波堤に囲まれた区間の汀線は開口部からの入射波に対して近年はほぼ安定な形状に近づいていることなどを明らかにした。

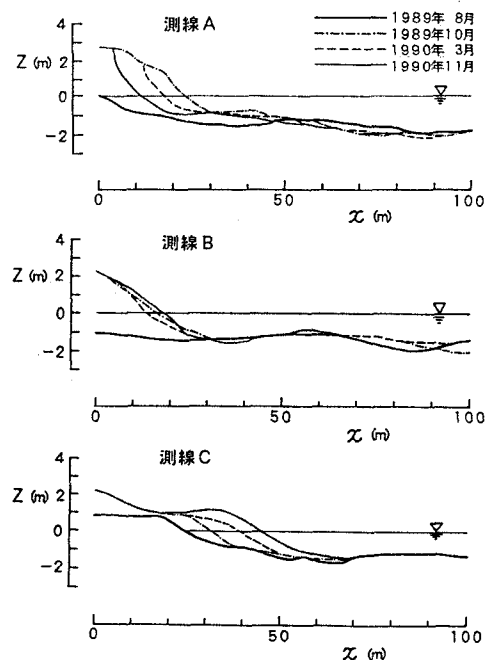


図-8 代表測線に沿う海浜断面形の変化

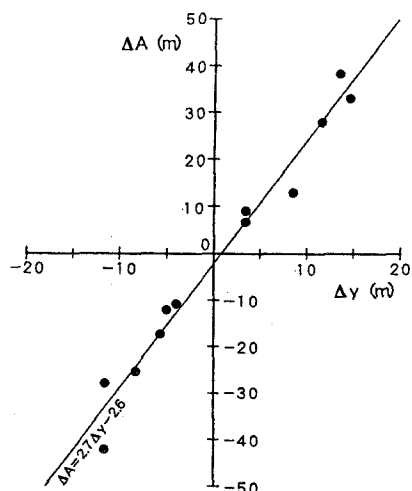


図-9 汀線変化量( $\Delta y$ )と断面積変化量( $\Delta A$ )の関係

## 参考文献

- 門松 武・宇多高明・藤原 要・時沢真一(1990): 東播海岸における養浜後の海浜地形変化、海岸工学論文集、第37巻、pp. 484-488。  
門松 武・宇多高明・大杉広徳・伊藤弘之(1991): 東播海岸の西島地区における礫養浜の現地実験、海岸工学論文集、第38巻、pp. 301-305。