

# 新潟海岸の人工リーフの沈下実態調査

浜口 達男\*・宇多 高明\*\*・市ノ瀬 栄彦\*\*\*・五十嵐 晃\*\*\*

## 1. ま え が き

近年、全国各地で人工リーフの施工が進められるようになった。人工リーフに関しては、既にその消波効果や、被覆材の重量算定法が明らかにされている(宇多ら, 1988)。しかし、人工リーフ周りでの洗掘や沈下の問題については、限られた実験データはあるものの十分明らかにされていないのが現状である。その理由は、漂砂の相似則が十分確立されていないために、移動床実験では十分な検討ができないことにある。したがって、本質的な意味より問題を解決するには現地海岸での調査が必要とされる。ところで、新潟海岸では人工リーフの試験施工が進められている(浜口ら, 1988)。そこで本研究ではこの海岸で建設された人工リーフを代表として選び、天端面の変形を詳細な深浅測量により調べることで、沈下の実態調査を行った。本論文の目的は、人工リーフ周りの洗掘と沈下の実態を明らかにすることであり、併せて離岸堤と人工リーフ周りでの地形変化状況の差違を明らかにする。

## 2. 新潟海岸の人工リーフの概況と海浜形状

新潟海岸では、有明浜とそれより西側に約 2.3 km 離れた五十嵐浜において人工リーフが施工された。図-1 には有明浜の人工リーフの配置と、施工後約 4 カ月の 1987 年 1 月時点の深浅データを示す。両側を離岸堤によって挟まれた約 640 m の区間に、間隔 75 m を開けて 2 基の人工リーフが設置された。1986 年 6 月～9 月には、長さ 120 m の西側リーフと長さ 100 m の東側リーフが建設され、更に 1987 年 5 月～9 月には東側リーフが東側に 100 m 延長され、全長 200 m となった。また、人工リーフの東隣りにある離岸堤は、人工リーフの第 1 期工事と同じ 1986 年 6 月～9 月に延長された。

有明浜の人工リーフの計画断面形を図-2 に示す。人工リーフの天端高は T.P. -1.5 m、天端幅は 50 m である。この海岸での平均海面は T.P. +0.49 m であるか

ら、平均水深は約 2 m となる。法勾配は沖側が 1:3、岸側が 1:1.5 である。人工リーフは 30～100 kg の捨石から成る中詰層と、200～500 kg の割石(花崗岩、安山岩)を用いた被覆層から成る。また、リーフの岸側、沖側端部付近には吸い出し防止シートを 10 m の間敷きつめた。

図-1 に示された 1982 年 1 月の深浅測量データによると、沖合の T.P. -4 m 以深の等深線は沿岸方向に一樣で互いにほぼ平行である。また、左右の離岸堤の背後ではトンボロが形成されており、汀線は沖向きに大きく突出している。一方、リーフの背後では浅瀬は見られるものの汀線は全体になだらかな形状を持ち、トンボロは形成されていない。東西人工リーフの開口部では局所的に深みがあり、また東側人工リーフの東端沖にもかなり深い局所洗掘箇所がある。これらの深掘れ箇所の存在は、後述するようにリーフの沈下状況と密接な関連を有している。また、西側離岸堤と西側リーフの間では細長い深掘れ箇所が岸向きに発達しているが、東側離岸堤と東側

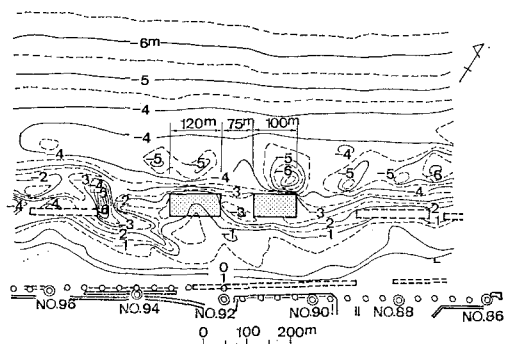


図-1 有明浜の人工リーフ周りの海浜形状(1987年1月)

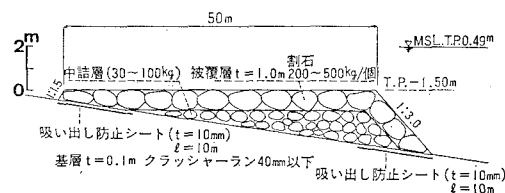


図-2 人工リーフの計画断面形

\* 正会員 (前)建設省北陸地方建設局信濃川下流工事事務所長  
 \*\* 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長  
 \*\*\* 正会員 建設省北陸地方建設局信濃川下流工事事務所

リーフとの間の等深線は緩やかに湾曲するのみである。結局、東西の人工リーフの開口部中央を通る線に対し、等深線形が明らかに左右非対称な分布形となっている。当海岸では西向きの沿岸漂砂が卓越しているの、この卓越波浪の下で上記の非対称性が生じたと考えられる。

次に、五十嵐浜の人工リーフの配置と、リーフを設置してから1ヵ月後の1987年11月の深浅図を図-3に示す。2基の人工リーフの間隔は50mであり、東側、西側リーフの延長はそれぞれ150mと120mである。これらの人工リーフは、共に1987年6月～10月の間に建設された。また、五十嵐浜では有明浜と異なり、人工リーフの両側には離岸堤は存在しない。図-3により海底地形の特徴を調べると、-4mと-5mの間の海底勾配は緩いが、-4m以深の等深線が沿岸方向にほぼ平行である点は有明浜の場合とよく似ている。また、2基の人工リーフの間や、東側人工リーフの東端では局所洗掘が見られる。さらに西側人工リーフの西側では深い部分が楔状に岸方向へと入り込んでいる。このように五十嵐浜の人工リーフ周りの海底地形特性は有明浜の場合と良く似ている。一方、2基のリーフの岸側では浅瀬がなだらかに広がるとともに、小さな舌状砂州が見られる。五十嵐浜の人工リーフの計画断面形は有明浜の場合(図-2)と同一である。

次に、両地点における施工時の断面形を図-4に示す。有明浜の東・西リーフは、汀線よりトラフに至る緩斜面上、トラフ近傍のT.P.約-2~-4mの間に設置された。したがってほぼ計画断面形が確保された。一方、五十嵐浜の人工リーフの場合は、バーの沖側斜面上か、バーの頂付近のT.P.-2~-3mの間に建設された。ここでは水深が小さかったため計画断面を確保する上で中詰材を十分置けない場合も生じた。このことは後述するように、五十嵐浜の人工リーフの安定性低下の原因とな

った。

### 3. 有明浜におけるバー・トラフ地形の変動状況

人工リーフ周りの局所洗掘を調べるに際しては、海浜で生ずる大規模な地形変動と局所洗掘との区別を付けることが必要とされる。特に、新潟海岸ではバー・トラフ地形が発達するから、このような地形変化について最初に検討しておく必要がある。そこで、有明浜を選んでバー・トラフ地形を含む沖浜部での地形変動について分析した。

有明浜では1986年7月より1988年9月までの間、延べ9回深浅測量が行われてきた。深浅測量の測線間隔は一般に40m、人工リーフ周辺では20mとした。最初に、この深浅データを用いて、平均海浜断面形と地形変動量の標準偏差の岸沖分布を求めた(図-5)。代表測線としては、各構造物の影響を調べるために、東側離岸堤、東・西人工リーフ、および人工リーフの開口部を通る測線を選んだ。平均断面形を比較すると、離岸堤を通る断面では人工リーフを通る断面に比較して、構造物の岸側で明らかに地盤高が高く、逆に沖側のトラフ水深が大きい。離岸堤の岸側で地盤高が高い理由は、トンボロが形成されているためである。一方、沖側でトラフ水深が大きい理由は、離岸堤の方が人工リーフよりも反射率が高いために、反射波の影響が著しかったためと考えられる。次に、標準偏差は、約1mのオーダーであり、またいずれもバー・トラフ位置で最大値を取る。バー・トラフ位置は岸沖方向に変動するためにそこで標準偏差が最大となったと考えられる。標準偏差の最大値を大きい順

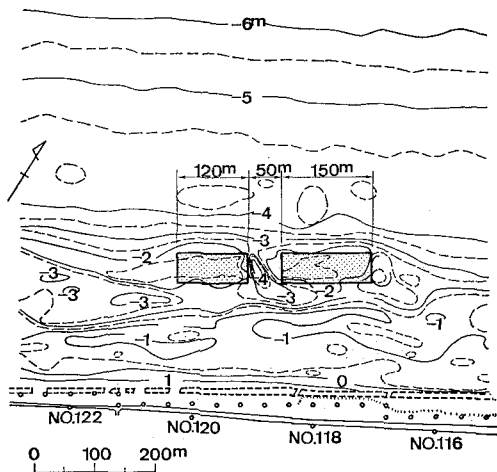


図-3 五十嵐浜の人工リーフ周りの海浜形状(1987年11月)

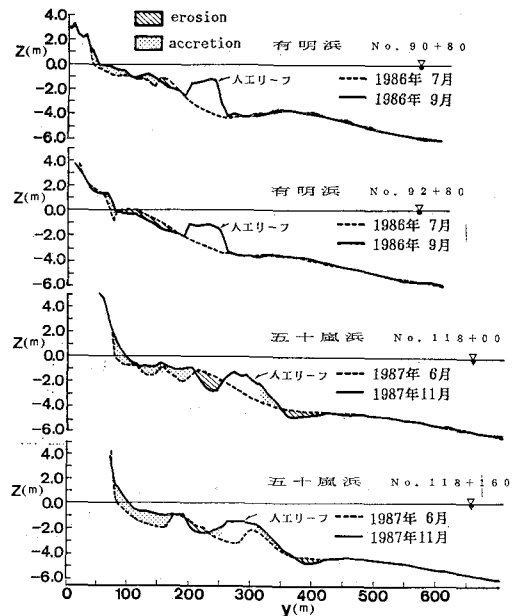


図-4 有明浜、五十嵐浜の人工リーフ施工断面

に並べると、リーフの開口部、リーフ沖、離岸堤沖の順となっており、離岸堤沖では他の測線より明らかに変動量が小さい。リーフの開口部沖で変動が大きいのは、その位置で沖向き流れが発生し易いこと(浜口ら, 1988)やリーフ端部からの回折波により波高が高くなっていることによると考えられる。

当海岸ではバー・トラフ地形の発達が著しい。そこでバーのクレストとトラフの高さの差をバーの比高  $\Delta h_B$  と定義し、新潟港沖の波浪条件とともに図-6 に示した。ここに、有義波高は新潟西港沖の測定値のうち、10時と16時のデータをそのまま示したものである。また、

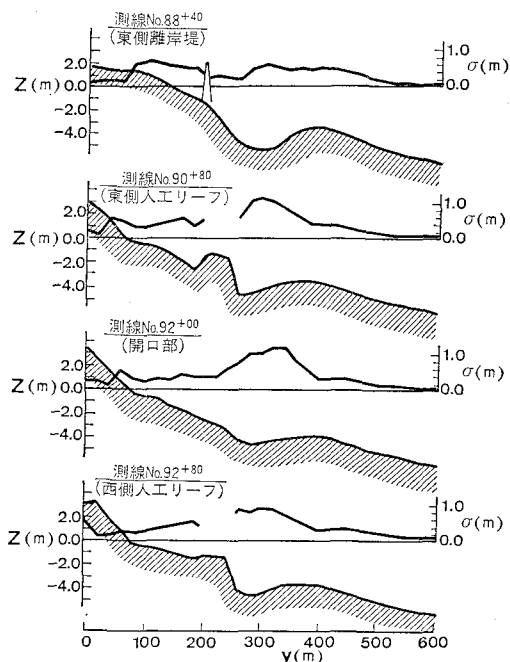


図-5 代表測線に沿う平均海浜断面形と地盤変動量の標準偏差の岸沖分布

1987年11月1日～1988年5月31日の間は新潟西港のデータが欠測していたため、岩船港沖のデータを用いた。バーの比高の経時変化を調べた測線は、各々離岸堤と東西人工リーフを横断する測線と、西側人工リーフと離岸堤の間の測線である。いずれの測線においても、冬期風浪時にバーの比高は高くなるが、夏期には変化がなくなれば一定していることが明らかである。また、有明浜のバーの比高は約2年間の間に約3mまで発達したことがわかる。

次に、陸上の基準点よりバーの頂とトラフの位置までの沖向き距離を求め、その経時変化を調べた(図-7)。ただし図には人工リーフの沖端位置を破線で示したが、トラフやバーの位置はそれより沖にある。調査区域の東端にある東側離岸堤を通る測線では1986年7月現在でも大規模なバー・トラフ地形の発達が見られたが、西側へ移るほどバー・トラフ地形の発生時が遅れている。全体的に見ると、バー・トラフ地形の形成が西向きに広がったことがわかる。また、バー・トラフの平面的規模は、比高の増大とともに冬期風浪時に著しいことが1986年～1987年データにより明らかである。離岸堤沖では変動は多少あるもののほぼ安定してバー・トラフ地形が見られる。ところが、人工リーフの沖、および西側人工リーフと離岸堤の間では1987年3月までに発達したバー・トラフは、1987年～1988年の冬期風浪時には逆にその規模が減少傾向を示した。しかし、人工リーフの設置後、最初はバー・トラフ地形が発達し、その後規模が縮小傾向になったのであるから、この現象は人工リーフの設置によって生じたと断定することはできない。ただし、離岸堤沖と人工リーフ沖では明らかな相違があることも事実である。いずれにしても有明浜の沖合部ではかなり著しい地形変動があったことになり、このような地形変動に構造物周りでの局所洗掘が重なっていたのが特徴と言える。

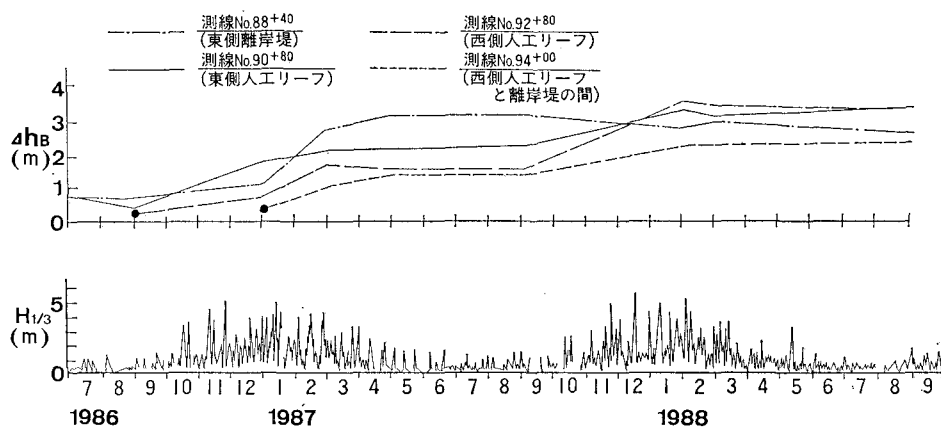


図-6 有義波高とバーの比高( $\Delta h_B$ )の経時変化

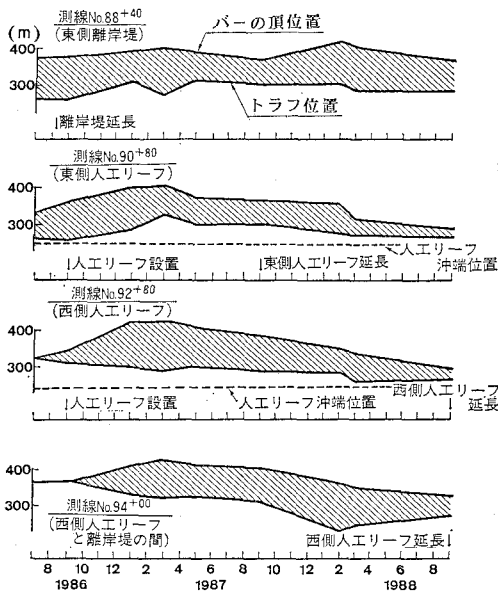


図-7 基準点よりパー・トラフ位置までの沖向き距離の経時変化

#### 4. 沈下の実態調査

沈下の現地調査は有明浜と五十嵐浜にある3基の人工リーフを選んで実施した。調査は冬期風浪による沈下を調べるために、1987年9月24日から1988年3月12日の間に行った。沈下調査においては、リーフ上に代表測線を設け、この測線上の代表点において捨石にマーキングを行い、その鉛直変位を調べることにより天端面の変化を調べた。有明浜、五十嵐浜の東、西リーフ上の測線配置を図-8に示す。有明浜リーフ(図-8a)では、東から順に5測線を設け、各測線ごとに7測点を設定した。五十嵐浜の東側リーフ(図-8b)では同様に5測線を設け、各測線ごとに4または5測点を配置した。五十嵐浜の西側リーフでは、4測線を設け

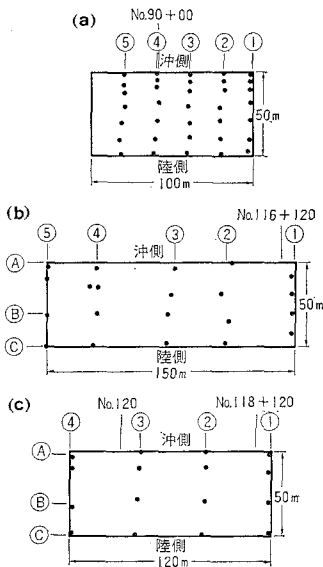


図-8 リーフ上の測点配置  
(a: 有明浜東側人工リーフ)  
(b: 五十嵐浜東側人工リーフ)  
(c: 五十嵐浜西側人工リーフ)

各測線ごとに測点を配置した(図-8c)。

最初に、有明浜人工リーフの沈下実態を図-9に示す。1987年9月24日と、約半年後の1988年3月12日のリーフ天端高分布を示す。図-6によれば、この間冬期風浪の作用を受けたことは確実である。中央より西側の測線③、④、⑤の沖側端部付近でわずかな沈下は見られるものの、全体としてはほぼ安定していたことがわかる。

次に、五十嵐浜の東、西リーフの沈下状況を調べた。東側リーフの沿岸方向の沈下量分布を図-10に示す。沿岸方向に見たとき、東端での沈下量が著しく大きい。更に、東側リーフの岸沖方向の断面形の変化を図-11に示す。ここに、図中の黒丸印のデータは、観測時捨石のマーキング箇所が不明であったために、マーキング時の平面座標位置での標高を測定したものである。5断面のうち、東端部の測線において沈下が最も著しい。この原因は、当地点での卓越波浪が人工リーフの沖向き法線に対し時計周りの方向より入射し、その場合、波が人工リーフの東端に最も強く作用すること、またこの付近では図-3に示したように局所洗掘が生じていたことなどによると考えられる。

図-10と同様な方法により西側リーフの沈下量の沿岸方向分布をまとめると図-12となる。

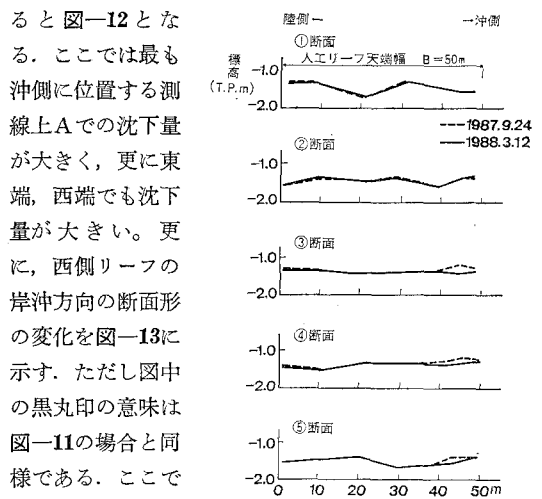


図-9 有明浜東側人工リーフの岸沖方向の断面形の変化

が著しい。東端の

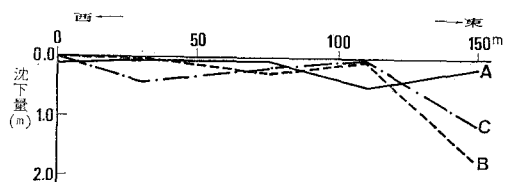


図-10 五十嵐浜東側人工リーフの沿岸方向の沈下状況

測線で沈下が著しい点は東側リーフの場合と同様であり、端部への斜め入射波の作用や局所洗掘(図-3 参照)が大きく原因していたと考えられる。一方、東側リーフの場合には西端部での沈下は著しくなかったから、西側リーフの西端部の沈下はこれに比較して著しい差である。この海岸では時計周りの方向から波が入射する結果、西向き沿岸漂砂が卓越する。この漂砂の存在を考慮して

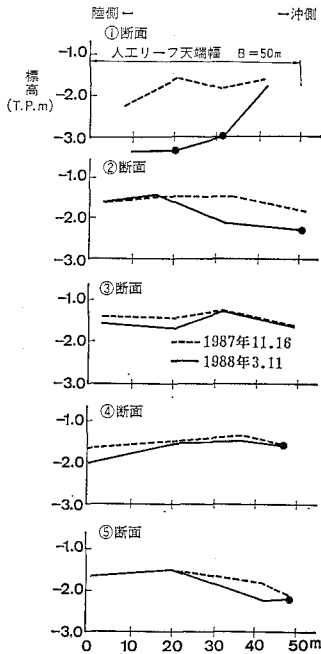


図-11 五十嵐浜東側人工リーフの岸沖方向の断面形の変化

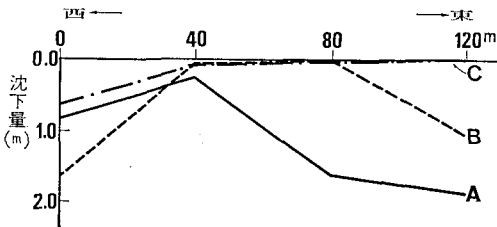


図-12 五十嵐浜西側人工リーフの沿岸方向の沈下状況

図-3を参照すると、東側リーフは西側リーフによってその端部が守られた形となっている。一方、西側リーフの西端部では西向き漂砂により土砂流出が生じ、洗掘が生ずることになる。東西人工リーフの端部での沈下状況の差違の原因は以上のようなと考えられる。結局、人工リーフの沈下に関して注意すべき箇所は、波の入射側の端部と、一連の構造物のうち、漂砂の下手端であることが明かである。

以上に述べた有明浜と五十嵐浜の人工リーフを比較すると、五十嵐浜の人工リーフの方が安定性が悪い。この理由はいくつか考えられる。まず、五十嵐浜の人工リーフではリーフが地形変動の大きいバーの頂または沖側斜面に造られたこと、および地盤高が高かったために基礎の中詰層を十分な厚さで確保できなかったことがあげられる。第2には、有明浜の場合、人工リーフの両側に離

岸堤が設置されているために、沿岸漂砂による端部の侵食の影響を直接受けなかったことがあげられる。

## 5. 結論

①自然海岸に離岸堤と人工リーフが造られた場合の地形変化を比較した。両者の初期地形はほぼ同一であったが、離岸堤の場合はその岸側での堆積土砂量は多く、逆にその沖合ではバー・トラフ地形の形成が著しかった。一方、人

工リーフの場合、岸側での堆砂量は離岸堤と比較してずっと少なかったのに対し、沖側でのバー・トラフの規模は離岸堤の場合より小さかった。この原因は主として離岸堤の方が人工リーフよりも透過率が低く、逆に反射率が高いことに起因すると考えられる。

②新潟海岸の人工リーフを対象として施工後の沈下実態を調べた。これにより、沈下に対し注意を払うべき場所は波の入射側の端部と、一連の構造物のうちの漂砂の下手端となることがわかった。

③有明浜の人工リーフでは、五十嵐浜の人工リーフと比較して沈下量は小さかった。この理由の1つとして、有明浜の人工リーフの方が基礎マウンド厚が大きかったことがあげられる。沈下防止を図る上で基礎マウンドの形状寸法が重要な効果をもつ。

謝辞：本研究は、楳木享大阪大学教授を委員長とし、豊島修東海大教授、盛下勇東京水産大講師ほか、行政機関の代表者から成る調査委員会の指導の下に行われたものである。本報をまとめるに際してこれらの方々から多くの助言をいただいたことに対し、深甚な謝意を表します。

## 参考文献

- 宇多高明・小俣 篤・横山揚久 (1988)：人工リーフの機能と設計法，土木研究所資料，第2696号，79p.
- 浜口達男・宇多高明・井上 力・五十嵐晃・中山 修 (1988)：人工リーフの波浪制御効果に関する現地実験，第35回海岸工学講演会論文集，pp. 128~132.

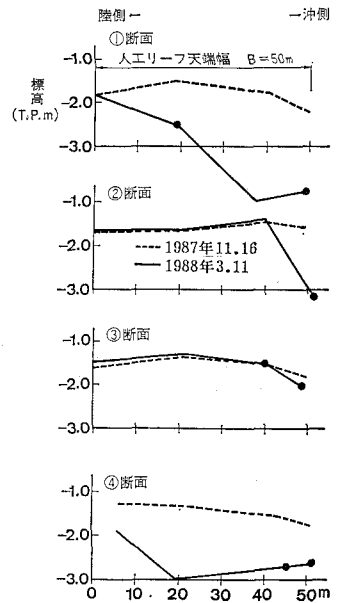


図-13 五十嵐浜西側人工リーフの岸沖方向の断面形の変化