

伊良湖西の浜海岸の海岸過程に関する考察

Coastal Process in IRAGO-NISINOHAMA Beach

村上宗隆*・青木慎悟**・岩田好一朗***

Noritaka MURAKAMI, Shingo AOKI and Koichiro IWATA

The characteristics of coastal process in IRAGO-NISINOHAMA beach are discussed in this paper. Since this coast has been eroded, several protection works against beach erosion have been done. The northerly sediment transport can be found to be caused by the winter wind from the western-side directions. Moreover, the wind waves from the Pacific Ocean caused by the typhoons encourage the northerly sediment transport. The detached breakwaters and groins work effectively for IRAGO-NISINOHAMA beach.

Keywords : coastal process, sediment transport, winter wind

1. 序論

近年、日本各地で海岸地域の開発と保全が行われているが、旧来と異なり海岸地域の環境創造に力点が置かれる様になり、親水利用計画の観点から言えば、その中核をなすのが砂浜である。砂浜は、固有のやすらぎ空間を提供するばかりではなく、消波、水質浄化等の種々の機能を有していることから、今後砂浜に対するニーズは増し、砂浜の維持・復元・創出を目的とした構造物の設置が予測される。

養浜・砂浜の保全を目的とした対策工法を施工する際、構造物自体の安定性については、確率風速等を用いた設計波浪による耐波設計が精度高く行われているが、構造物設置に伴う地形変化量の評価、つまり形成される砂浜の定量的な評価は必ずしも満足のいくものとは言い難い。正確な地形変化を予測するためには、対象とする現地海岸の特性を把握すると共に、漂砂の連続性といった海岸過程に関する事象をも把握する必要がある。本研究では、伊良湖西の浜海岸の海岸過程について考察する。

2. 伊良湖西の浜海岸の概要

伊良湖西の浜海岸は、愛知県渥美郡渥美町地先にあり、渥美半島の西端に位置する延長約 7km の直線海岸である。西の浜海岸一体の地質は、砂壤土、壤土が散在し、酸度が強く、有機質に乏しい沖積層に属している。この沖積層は、西の浜砂礫帯あるいは西の浜砂嘴とよばれる完新世に形成された砂浜、砂丘列とされている¹⁾。これらの砂礫帯は、沿岸流により、遠州灘からの侵食・運搬物質により形成されたと考えられている。

西の浜の背後地は、昭和 21 年に農林省直轄伊良湖開拓建設事業として、旧陸軍試射場を開拓して以来現在に至るまで、農地として利用されてきた。開拓当時は、遠浅の砂浜からなる自然海浜が形成されていたが、昭和 34 年の伊勢湾台風の高潮

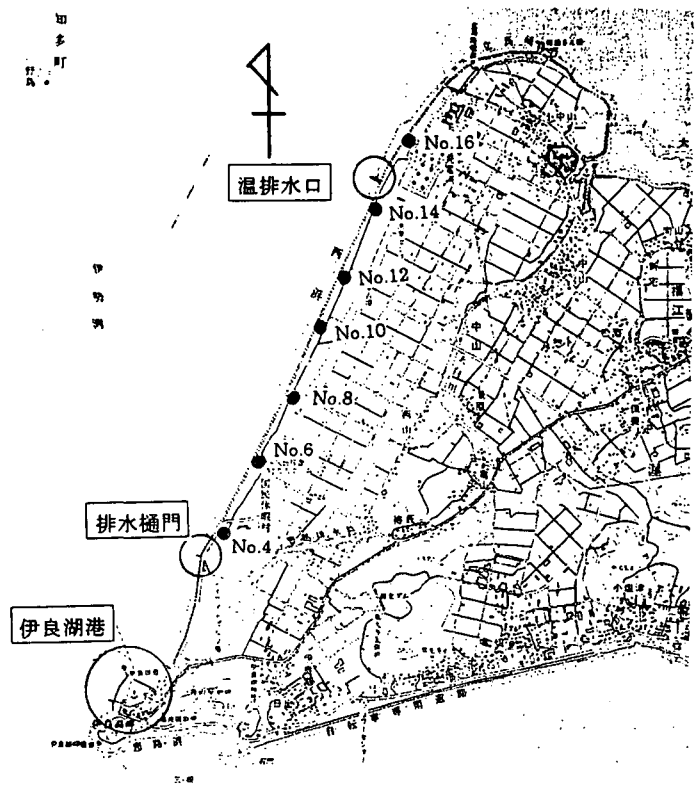


図-1 位置図

* 正 会 員 玉野総合コンサルタント株式会社 設計第 1 部第 2 課(〒464 名古屋市千種区豊年町 9-20)

** 名古屋鉄道株式会社 東岡崎幹事駅

*** フェロー 名古屋大学大学院 土木工学教室

により、西の浜海岸総延長約 11km の内 60%にあたる約 7km が堤内地への海水の浸入を許し、開拓地に甚大な被害をもたらした。そのため、次年度より災害復して高潮対策事業が着手され、昭和 39 年までに、西の浜海岸全域は、三面コンクリート舗装高潮防波堤(基礎工：3.0 m のコンクリート矢板)で覆われることとなる。

高潮堤設置時点では、その前面に 50～100 m の砂浜が残っていたが、年々侵食が進み、ついには高潮堤の基礎工が露出する被害が生じた。そのため、昭和 50 年以降、基礎工前面に吸い出し防止の鋼矢板が打設された。さらに、昭和 53 年以降には、砂浜の侵食が顕著となり、海岸保全事業として、離岸堤(離岸距離：40～50 m)が建設されされ、現在に至っている。

3. 海岸構造物の遷移

西の浜海岸では、前出の高潮堤の他に、色々な海岸構造物が設置されてきた。構造物の設置により漂砂環境が大きく影響を受け、その結果、汀線形状が変化したことが予測される。

①伊良湖港の建設

伊良湖港は、伊良湖岬の伊勢湾側(西の浜の南端)ある港で、1948 年(昭和 23 年)に建設が始まり、1957 年(昭和 32 年)にはほぼ現在の形状になっている(図－1 参照)。伊良湖港の南側に造られた全長約 550 m の防波堤は、伊良湖岬の先端から回り込む漂砂を遮る位置にある。西の浜で最初に離岸堤が設置された個所が、伊良湖港の北側であったことを考えると、この防波堤によって、沿岸漂砂は少なからず遮られたと判断できる。

②排水樋門の設置

背後に広がる農地の湛水防除事業が、高潮対策事業と並行して進められ、1964 年(昭和 39 年)に排水樋門が完成した。排水樋門には、長さ約 60 m の導流堤が併設されており、さらに、樋門の設置位置は、図－1 に示す通り、地形的に若干尖った先端部分に設置されているため、沿岸方向の漂砂がその影響を受けると予測される。そのため、樋門設置以後、樋門の北側(漂砂下手側)の汀線は、後退しているのに対し、樋門の南側(漂砂上手側)の汀線は逆に、前進していることが、航空写真よりわかる。

③温排水放水路の設置

中部電力渥美火力発電所は、西の浜海岸の北側に位置し、温排水の放水口が、沖合い約 70 m の地点まで延びている。この放水口も樋門と同様に、北向きの漂砂に影響を与える結果となり、漂砂上手側での汀線の前進、下手側での汀線の後退が確認できる。

④離岸堤の設置

1978 年(昭和 53 年)から、侵食対策構造物として、消波ブロックを用いた離岸堤が設置されてきた。被災箇所、もしくは被災する可能性の高いところから順次施工されてきたが、概ね、伊良湖港付近から徐々に北に向けて設置されている様に見られる。また、南側の立馬崎付近の離岸堤も、同様に南側から順に施工されている様に見受けられる。侵食の激しい地点では、既設離岸堤の海側に、さらにもう 1 列離岸堤を設置した例もある。

表－1 構造物設置の時系列

年 度	事 象
(昭和初期)	遠浅の砂浜
1943(昭和 21 年)	農地開拓事業始まる(～1965)
1948(昭和 23 年)	伊良湖港の建設始まる(～1957)
1959(昭和 34 年)	伊勢湾台風来襲
1960(昭和 35 年)	高潮堤の設置(～1964)
1964(昭和 39 年)	伊良湖樋門の完成
1968(昭和 43 年)	発電所温排水放水路(1,2 号機)の建設
1975(昭和 50 年)	高潮堤補強の施工
1978(昭和 53 年)	発電所温排水放水路(3,4 号機)の建設 侵食対策の離岸堤設置始まる(～現在)
1994(平成 5 年)	堆砂を目的とした離岸堤の設置

4. 風と波の特性

伊良湖西の浜海岸に来襲する波浪の特性について、現地での波浪観測データが無いため、詳細な風況観測データを基に推測するものとする。

風況は、西の浜海岸の背後にある国民休暇村で観測された、1988 年(昭和 63 年)12 月から 1993 年(平成 5 年)12 月までの観測データを用いる。欠測を除く全観測時間に対する風向別風速別の出現率を、図－2 に示す。6m/sec 以下の比較的小さい風速の出現率は、E 方向と W 方向にピークがあり、その頻度は、ほぼ同じであることがわかる。それに対して 6～12m/sec の比較的大きな風速は、W 方向に集中しており、WSW～NW の 4 方向の風が全体に対して 26% を占める。これらは、冬期の強い季節風が卓越する風況と、夏季の弱い東風が卓越する風況に起因する。

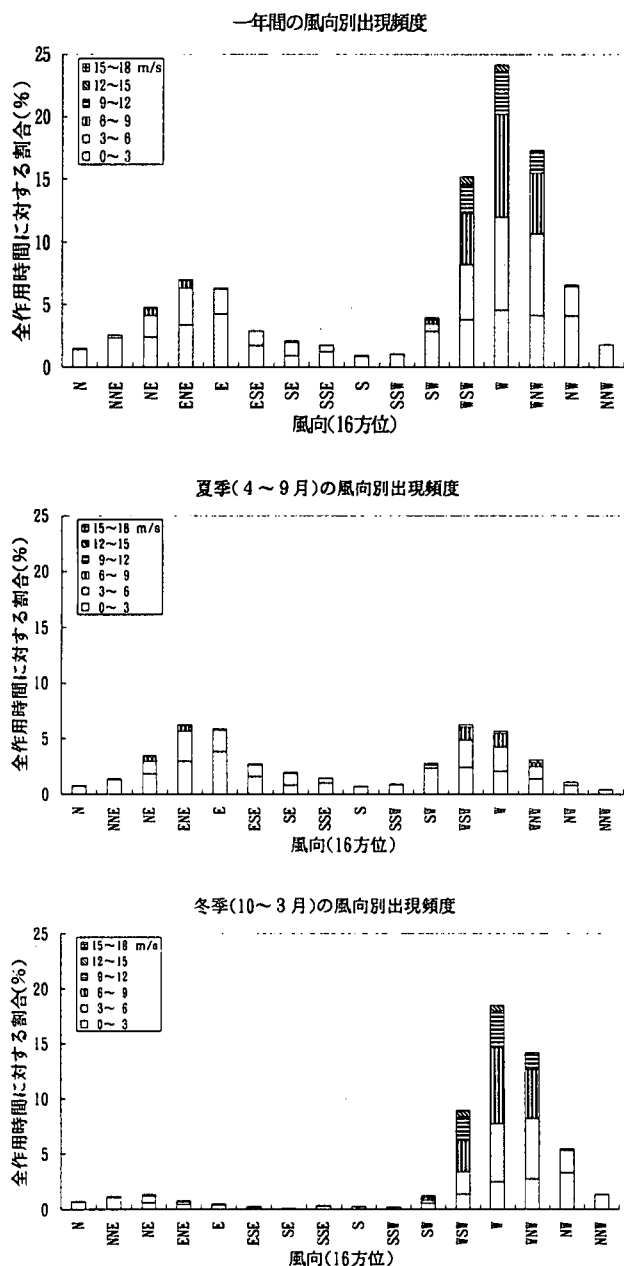


図-2 風向別の出現頻度

冬季(10月～3月)は、W-WNW方向からの強い季節風が卓越し、西の浜海岸に海側から吹く風が、93%を占める。比較的弱い風の風向はNW方向に分布し、風速が大きくなるにつれて、W方向にその分布を移すことが分かる。夏期(4月～9月)の風は、E方向の弱い風が多く卓越し、NE～S方向の風は、夏季の観測時間の61%を占め、SW～N方向の西風の35%を上回っている。この風は、0～5m/secが74%を占める比較的弱い風である。

風の特性のもう一つの要素として、風向別風速別の継続時間を取りあげる。ここで、現地の風は刻一刻と複雑に風向・風速が変化するため、SMB法で波浪を算定することを念頭に置き、(i)有義波高が吹送距離に依存する継続時間(約5時間)よりも短い時間で風向が変わる場合には、継続時間として取り扱わない、(ii)風向が16方位で3方向程度に、数時間毎ふらつく場合は、その中心方向の継続時間としてカウントする、の2つの仮定を用いて風を整理した後、継続時間を求めた。なお、データを整理した期間は1994年(平成6年)の一年間である。

風向別の継続時間と各継続時間内の2乗平均風速の散布図を図-3に示す。WNW～SW方向は、ある程度強い風速を保ったまま、5時間以上吹いた後風向が変動するケースが多いため、本研究で用いた分類では、継続時間が短くても、2乗平均風速が大きいケースが存在する結果となる。しかし、風の群を1つの風と判断すると、風向を問わず吹送時間が長くなるにつれて2乗平均風速も大きくなり、ほぼ1つの直線に近似できるような分布である。風向別には35～50時間と長い継続時間を示す風は、冬季のW方向に多い。これは、W方向を中心としてWSW～WNW方向の間を変化する、強くて長い風が多いことが要因として挙げられる。東方向の風の継続時間の特徴は、春期後半から夏期にかけて若干長く、季節は夏季に多い。また、強風は

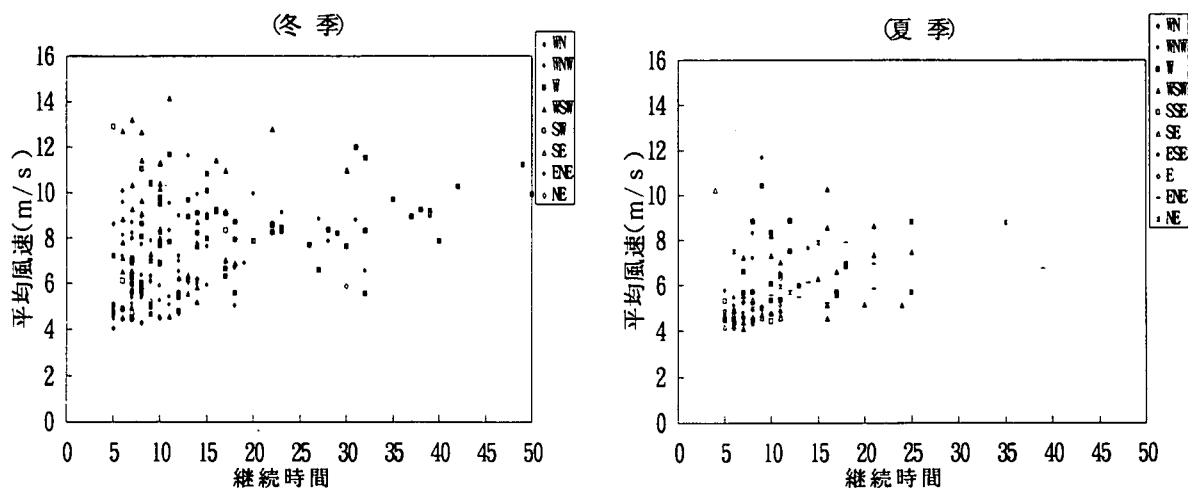


図-3 風向別の吹送時間と風速の相関

台風でない限り吹かないため、継続時間も 20 時間未満のものが大半を占めている。

以上の風況を用いて、波浪波浪推算を行う。直線海岸である西の浜海岸の法線方向が WNW 方向であること等を考慮し、SW-NW の 5 方向を取りあげる。1994 年度(平成 6 年度)の風向別波高別の出現頻度をこの 5 方向に限定して示したのが、図-4 である。この 5 方向の内、WSW~WNW 方向の 3 方向の出現頻度は 95% を占めており、W 方向の卓越が非常に強いことがわかる。また、有義波高 1 m 以上の波は WSW~WNW 方向の 3 方向のみから、冬期に生じている。有義波高が 30cm 以上となる波浪は、SW~NW 方向のみである。

また、風況をモデル化する場合、図-2 より、1. 年間を通して同一の風況を与える場合と、2. 冬季と夏季に分けて風況を与える場合の 2 種類の条件に分けることができる。各々のケース毎に平均風速を計算し、SMB 法により求めた波浪の条件を表-2 に示す。今回の試算は、SMW 法の範疇を越えない議論である。実際には、夏季の台風等の擾乱を考慮して検討する必要があるが、これについては、後日別の機会に報告する予定である。

5. 地形変化特性

航空写真による長期的な汀線変化特性は、前節で述べた。ここでは、深淺測量結果より算出した地形変化量を用いて、実際の海底地形変化について検討を加える。地形変化量を考慮する範囲は、汀線変動の著しい伊良湖樋門以北とし、対象とする期間は、養浜目的で離岸堤が設置された平成 2 年度以降の期間(平成 2 年(1990)10 月、平成 4 年(1992)12 月、平成 6 年(1994)10 月の等深淺図を使用)である。

地形変化量の算出は、沖合い 250 m 地点までを 12.5 m のメッシュに区切り、各メッシュ毎の平均水深の変化を等深淺図より読み取り、その値に各メッシュの面積を乗じて侵食・堆積量を算出した。なお、250 m は、横断面図の重ね合わせより推定した移動限界水深を与える位置である。

計算区間全体におけるトータルの土砂侵食・堆積量は、平成 2 年(1990)~平成 4 年(1992)の 2 ヶ年では、15 万 m³/(3.15km/2 年)堆積しているのに対して、平成 4 年(1992)~平成 6 年(1994)の 2 ヶ年では逆に、18 万 m³/(3.15km/2 年)侵食されている。この原因として、台風の影響が考えられる。表-2 に、各年度の測量時期と、測量時期以前に来襲した台風(2 ヶ月以内)を示す。

表-2 SMB 法により求めた波浪条件		
ケース	平均波高	周期
夏季(4 月~9 月)	0.35 m	2.3 sec
冬季(10 月~3 月)	0.55 m	2.9 sec
通年	0.40 m	2.5 sec

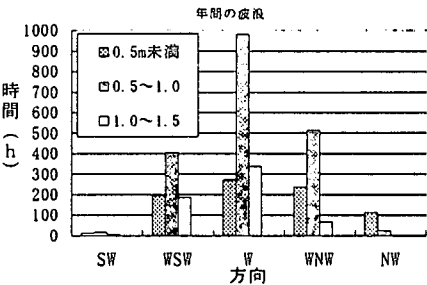


図-5 風向別波高別の出現頻度

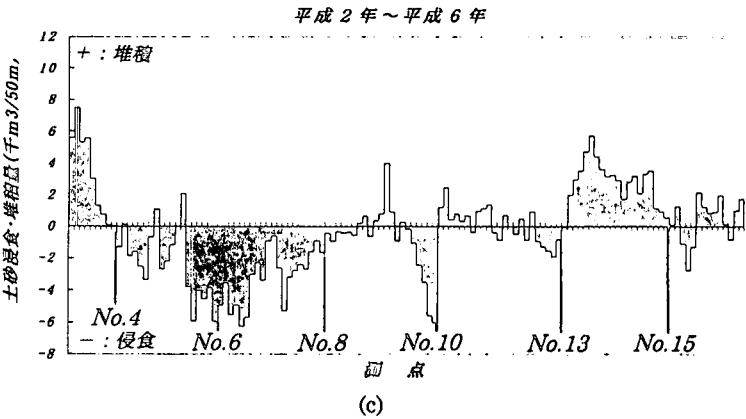
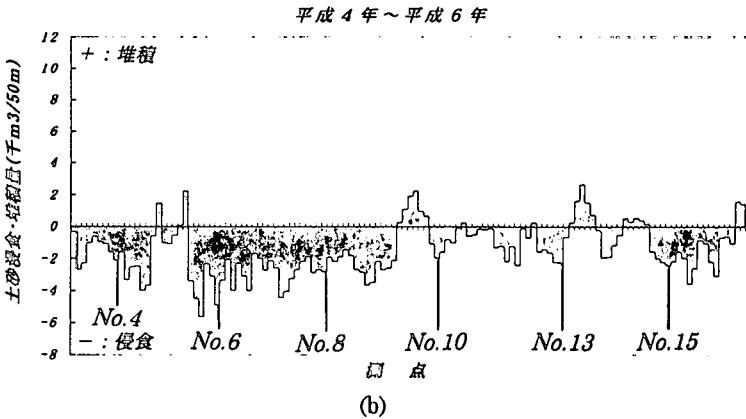
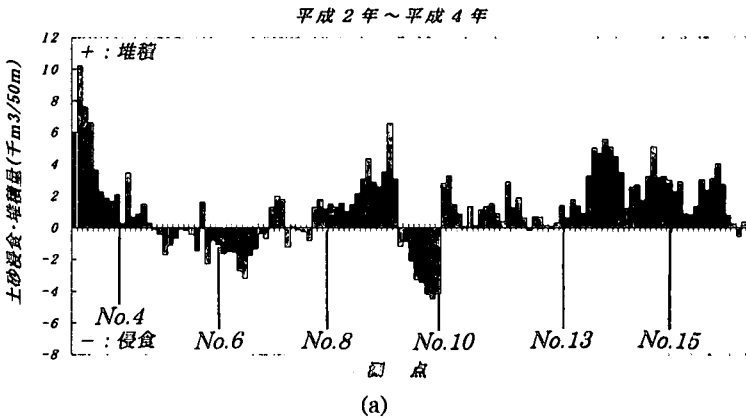


図-5 平成 2 年~平成 6 年までの測点毎の土量の変化

平成4年(1992)には、測量時期に台風は来襲していないのに対して、平成2年(1990)と平成6年(1994)には、測量時期の直前に台風が来襲している。その結果、平成2年(1990)～平成4年(1992)では、平成2年(1990)9月に来襲した台風によって生じた侵食が埋戻されることにより、全体では堆積を示し、また、平成4年(1992)～平成6年(1994)では、平成6年(1994)9月に来襲した台風による侵食が現れたと考えられる。

平成2～4年までの地形変化量(図-5(a))より、No.4付近の堆積は、樋門北側に設置された離岸堤に砂がトラップされたことによる。航空写真を見ると、何らかの影響で平成2年当時のNo.9～10付近の汀線が周辺に比べて凹型になっており、その不陸を平滑化するべくNo.9～10付近の堆積と侵食が生じたと考えられる。また、Na 13+200付近の堆積は、離岸距離約150 m付近の沿岸砂州沖側の、水深8～11 m付近の比較的深い水深での土砂の堆積に起因する。

平成4～6年の変化(図-5(b))より、全体的に侵食傾向であることがわかるが、平成5年12月以降、Na 4+425地点に施工された突堤周辺では侵食量が押さえられていることがわかる。しかしながら併設された離岸堤(Na 5+300～Na 6)の北側は、離岸堤の回折波の影響を受け、侵食を呈している。その侵食砂は離岸堤背後に流入したと考えられるが、離岸堤背後の汀線付近にある既設離岸堤(異形ブロック積)の撤去に伴う地盤高の低下のため、顕著な堆積量は生じていないように見える。

平成2～6年の4年間の地形変化より、既設離岸堤への堆積(No.4付近)、新設離岸堤による侵食・堆積(No.5+300～No.6)といった、構造物に起因する地形変化量が多い。このことは、西の浜海岸では沿岸漂砂が極めて卓越していることを示している。

Na 4+300～Na 6+200 の900 mの区間は、平成5年(1993)12月～平成6年(1994)6月に突堤が、平成5年(1993)8月～平成6年(1994)1月に突堤北側の1基目の離岸堤が、さらに平成6年(1994)8月からその北側に2基目の離岸堤がそれぞれ施工された区間であり、漂砂の移動が大きいと考えられるため、深浅測量データを用いてさらに詳細に検討した。

同区間の平成2年(1990)～平成4年(1992)、平成4年(1992)～平成6年(1994)の地盤高の変化量を図-6に示す。図-6(a)は、平成2年(1990)の地盤高に対する平成4年(1992)の地盤高を、図-6(b)は、平成4年(1992)の地盤高に対する平成6年(1994)の地盤高をそれぞれ示している。なお、同図の離岸距離は高潮堤からの距離である。突堤・離岸堤の施工前である平成2年(1990)～平成4年(1992)における地形変化の特徴として、図-6(a)より、高潮堤から沖に50 mまでの区間(水深1.5 m以浅および陸域)全体において、地盤高は平均で約30 cm下がっている(約15,000 m²が侵食)のに対し、離岸距離50 m付近から沿岸砂州(150 m)までの区間(水深1.5 m～3.5 m)において、地盤高は平均で約10 cm上がっている(約8,600 m²が堆積)。

また、突堤・離岸堤建設された、平成4年(1992)から平成6年(1994)までの、構造物周辺における地形変化の特徴として、漂砂の上手側である突堤南側では、地盤高が平均で約30 cm上がっている(約1,800 m²が堆積)のに対し、漂砂の下手側である突堤の北側では、汀線から75 m沖合いまでの範囲で、地盤高が平均で約40 cm下がっている(約3,300 m²が侵食)ことが

表-2 測量時期と台風来襲

測量時期	測量時期に来襲した台風(2ヶ月以内)
平成2年度(1990)10月	8/10(台風11号)、9/20(台風19号)、9/30日(台風20号)
平成4年度(1992)12月	なし
平成6年度(1994)10月	9/29(台風26号)

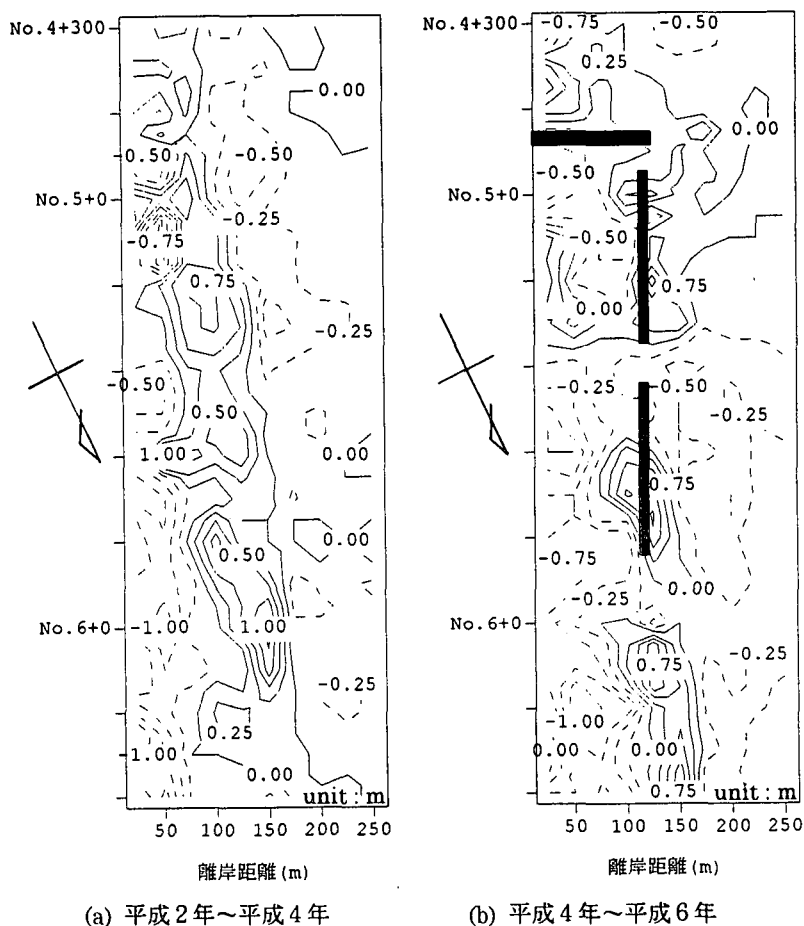


図-6 地盤高の変化量

挙げられる。突堤に近い離岸堤の背後全体では、離岸堤中央よりやや北寄りに侵食部分が小さい、トンボロ地形が形成されつつしていると判断できる箇所はあるものの、離岸堤の背後では、地盤高が平均で約 10 cm 下がっている(約 2,200 m²が浸食)。

北側の離岸堤は、完成時からの日数が少ないため、離岸堤による地形変化の影響はほとんど出ていない。しかし、地盤高は全体的に低下傾向にあり、汀線付近で約 60 cm、沿岸砂州付近までが約 10 cm、沿岸砂州より沖についても約 26 cm 地盤高が下がっている。このように短期的な地形変化で見ると、離岸堤背後も平均的には浸食されているが、浸食量は減少してトンボロ地形が形成されつつある様子が伺えるため、養浜等の対策を行えば早期にトンボロを形成し静的に安定した砂浜が維持されていくことが予想される。

5 結論

本研究で得られた主な結論を以下に示す。

- 伊良湖西の浜は、侵食性の自然海岸であり、全体的に経年的な汀線後退を起こしてきた。
- 現地の風は、特に冬季において西方向から風速 10.0 m/s 以上の強い季節風が多く卓越し、その継続時間は平均で約 20 時間である。
- 冬季には波高 1.0 m を越える高波浪が長時間作用し、出現時間は W 方向をピークとして波高 30 cm 以上の波浪に限ると、その波高は WSW～WNW 方向が 90% 以上を占める。
- 西の浜海岸では北向きの沿岸漂砂が卓越しており、伊良湖防波堤・樋門・中部電力渥美火力発電所放水口といった海岸構造物により北向きの沿岸漂砂は遮断され、それぞれの構造物の漂砂下手側である北側において汀線後退が見られた。
- 離岸距離 40 m～80 m の位置に施工された離岸堤は、汀線付近に限って言えば、堆積に効果があった。また、平成 5 年以降、離岸距離 130 m の位置に離岸堤が施工され、離岸堤背後の侵食量は減少し今後堆積に転じると推測される。

なお、本論では、地形変化量について考察してきたが、著者等は別途数値解析によりこの伊良湖西の浜の海浜地形の予測計算を既に行っており、数値計算結果と実測結果のつき合わせ結果については別の機会に報告する予定である。

最後に、本研究を行うにあたり、伊良湖西の浜地区の風のデータ、および深淺測量結果といった貴重なデータを提供していただいた、愛知県農地林務部豊橋農地開発事務所に対して、感謝の意を表します。

6. 参考文献

- 1) 日本全国沿岸海洋誌、日本海洋学会沿岸海洋研究部会編、東海大学出版会