

阿字ヶ浦海岸における長期断面変化と砂層厚

山本幸次*・福島雅紀**・佐藤慎司***

1. はじめに

海岸保全を行うにあたっては、侵食傾向にあるか否かの判断を、汀線の季節変動からではなく、数年間の汀線変化の傾向から行うのが一般的である。しかし、高波浪時に汀線の後退が急激に生じると、その緊急対策として構造物による保全を局所的に行ってきた海岸が多い。これは、汀線の復元を伴う長期間の海浜変形機構が、十分理解されていないことによる。一方、沿岸域に大規模構造物が建設されると、一方向の沿岸漂砂が卓越する場合には下手側で侵食が、上手側で堆積が生じる。また、波向が季節的に変動し沿岸漂砂が小さい海岸においても、大規模構造物の建設により結果的に一方向の沿岸漂砂を卓越させ、海浜変形が生じる場合がある。

茨城県の阿字ヶ浦海岸は南端に磯崎があり、その北側の背後に砂丘を有する砂浜海岸であった。この海岸は、来襲する波浪の波向に応じた漂砂が活発な動的安定海浜であった。しかし、南端の磯崎漁港の整備と常陸那珂港の建設に伴い海浜変形が進み、ポケットビーチの特性を持つ新たな海浜に遷移しつつあると考えられる。そこで、本研究では阿字ヶ浦海岸の変遷と、1976年～1995年までの約20年間の地形測量データを解析し、漂砂が活発な海浜における長期の海浜変形特性について調べた。また、超長期的な海浜変形、すなわち海岸形成に関連すると考えられる砂層厚について考察した。

2. 阿字ヶ浦海岸の変遷

阿字ヶ浦海岸では1973年から1976年にかけて長さ200mの漂砂観測用棧橋(以下、棧橋)が建設され、漂砂が活発な条件下での波、流れ、地形変化に関する調査研究が行われてきた(佐藤・山本, 1999)。棧橋は、平均的な汀線に対し直交して設置され(図-1)、 $P_0 \sim P_8$ の鋼管杭からなる基礎工と、鋼材トラスからなる上部工で構成されていたが、完成後の約20年間で鋼材トラスと鋼管杭の腐食が進んだ。また、南端の磯崎漁港の整備と北端の

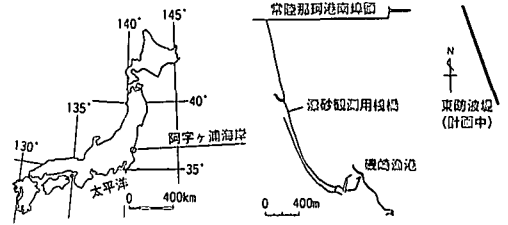


図-1 阿字ヶ浦海岸と各施設の位置

常陸那珂港の建設に伴い、阿字ヶ浦海岸はポケットビーチの特性を有するようになり(図-1)、さらに、常陸那珂港の沖合防波堤の遮蔽域に入ることが想定されるため、活発な漂砂の生じる条件下での観測ができなくなることから、棧橋は1998年3月に撤去した(山本ほか, 1999)。

阿字ヶ浦海岸の変遷を写真-1に示す。1980年においては、海岸線はポケットビーチ内の安定汀線(字多ほか, 1993)で表現できる。すなわち、南端の磯崎をコントロールポイントとする岬近傍の螺旋形状の海岸(静的安定海浜)から、平均波浪の波峯線に平行な直線海岸(動的安定海浜)へと続く。また、直線海岸の背後には自然砂丘が広がっており、砂丘との砂のやりとりを含めてほぼ安定な海浜が形成されていたと考えられる。磯崎漁港の整備がされていない1988年以前は、棧橋から磯崎までの海岸線は図-2に示すようにほぼ平行移動して侵食されていた。1988年になると磯崎漁港が整備されはじめ、それに伴う新しいコントロールポイントに対応して、磯崎での堆積が顕著になったことが図-2からも分かる。

1989年から常陸那珂港の建設が始まっており、1992年には南端を磯崎漁港で、北端を常陸那珂港の南埠頭で沿岸漂砂を遮断したポケットビーチの特性を持つ海岸へと遷移した。磯崎漁港周辺では堆積が進み、常陸那珂港南埠頭周辺でも海岸線が前進し堆積が生じた。1998年になると磯崎漁港では防砂突堤が整備され、堆積がさらに進んだ。今後、常陸那珂港の建設の伴い、両端部への砂の堆積はさらに進むと考えられ、他からの供給がなければ中央部で海岸線が後退すると予測される。

* 正会員 建設省土木研究所河川部海岸研究室
** 正会員 工博 建設省土木研究所河川部海岸研究室
*** 正会員 工博 東京大学大学院助教 工学系研究科
(前建設省土木研究所河川部海岸研究室長)

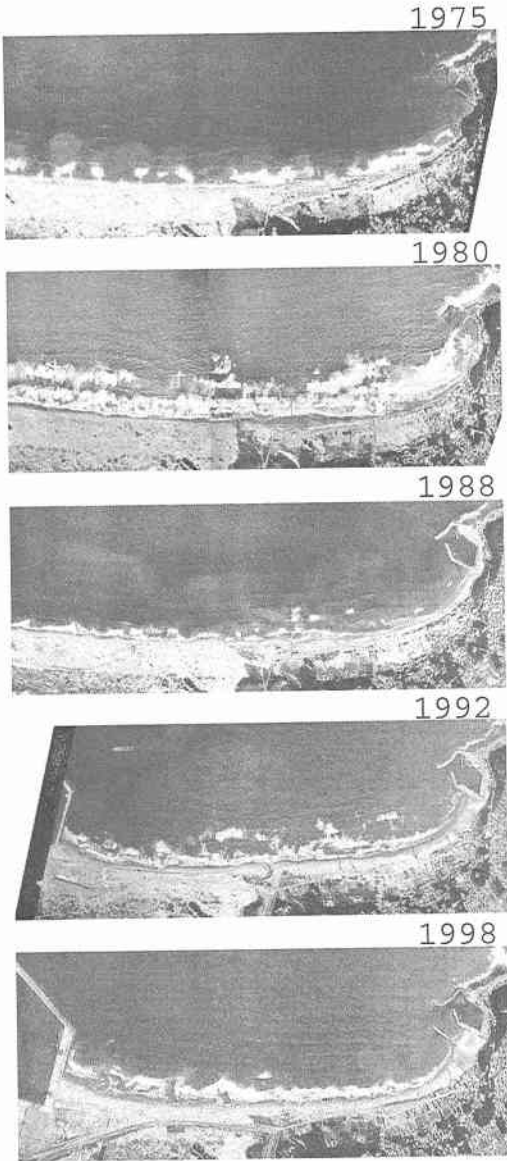


写真-1 阿字ヶ浦海岸の変遷

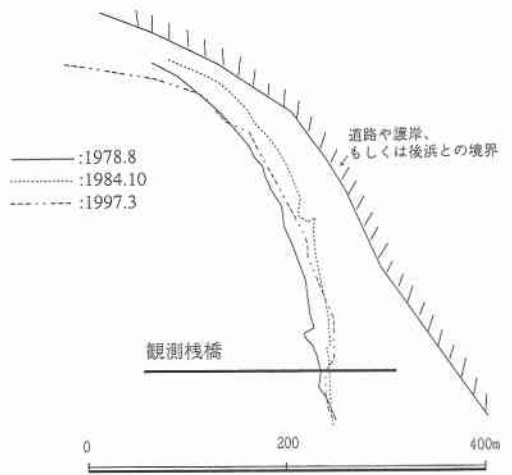


図-2 阿字ヶ浦海岸の汀線変化

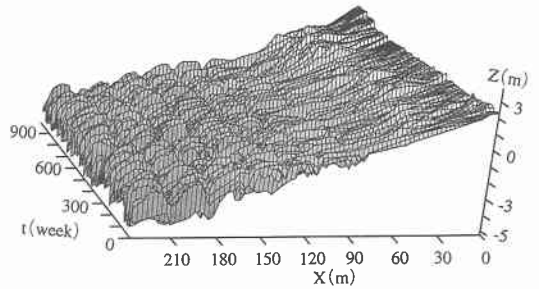


図-3 海浜断面形の長期変化

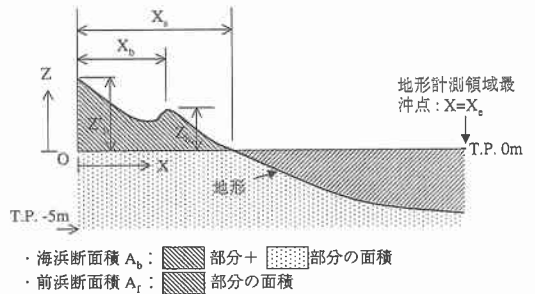


図-4 経年的な地形変化を定量化する各指標の定義

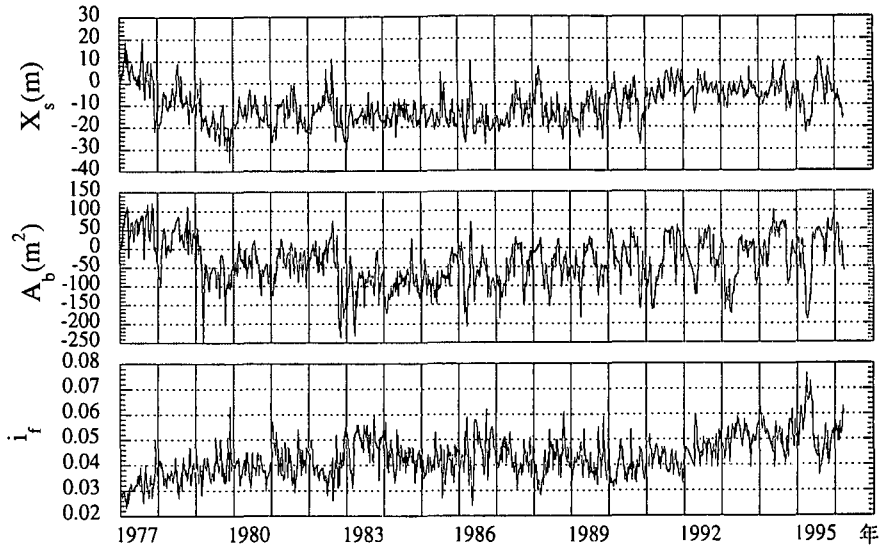
3. 海浜断面形の長期変化

3.1 海浜断面形の経時変化

観測棧橋においては、棧橋に沿う断面形の測量などが1976年5月から1996年3月にかけてほぼ週1回のペースで実施されてきた。それにより得られた断面形の経時変化を縦軸に地盤高を、横軸に岸沖方向距離を、奥行き軸に1976年5月2日を原点とした1週間間隔の時間をとって図-3に示す。陸上部ではバームの消長や前浜勾配の変化などに季節的にかんがりの変動があることが読みとれる。また、水面下では鋼管杭の周辺で局所洗掘が

生じていることや、海底地盤全体がいくつかの周期で経時的に変動していることがわかる。

これらの断面形をもとに汀線位置 (X_s)、海浜断面積 (A_b)、前浜勾配 (i_f) などを図-4に示すように定義し、それらの長期的な変化を調べた。ここで、前浜勾配はバームの有無で推定値が敏感に変動する汀線付近の局所的な勾配ではなく、T.P.0m以上の断面を面積が等しい直角三角形で近似したときの斜面の勾配として次式で算定した。



図一五 汀線位置，海浜断面積，前浜勾配の経時変化

$$i_f = \frac{2A_b}{X_s^2} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 A_b は前浜の断面積である。

横軸に時間を、縦軸に各指標の値をとった図一五によれば、1977年8月には汀線位置が約20m前進したが、その後急激に後退し1979年11月には-35mとなった。この期間の汀線位置の後退速度を算出すると約2m/月である。1980年～1989年までの汀線位置は-15mとほぼ安定していた。1989年～1991年にかけての汀線位置は段階的に回復し、1995年8月には観測開始当初の汀線位置までほぼ回復した。すなわち、阿字ヶ浦海岸では1977年～1980年にかけての数年間で汀線位置が急激に後退して、1980年～1995年にかけての十数年間で徐々に回復したことがわかる。このことは、岸沖漂砂の卓越する海岸においては、一時期に急激な汀線後退が生じて、十数年以上をかけて汀線が復元する場合があることを示しており、海岸保全上重要な意味を持つ。

海浜断面積 A_b の長期的な変動は、汀線位置が後退した1977年～1980年では、汀線後退よりやや遅れて1979年～1981年に減少している。1982年末には大きく減少したが、その後数年間かけて変動を繰り返しながら徐々に回復している。1970年代末には汀線位置が後退した後、約2年の位相差で海浜断面積の減少が見られるのに対し、1980年代末には、海浜断面積が増加し始めた後、汀線位置が前進に向かう傾向がある。今後の海岸保全を行うにあたっては、汀線位置の変動のみでなく、このような海浜断面積の変動に着目して変形傾向を把握しておく必要がある。前浜勾配は1977年～1983年は $i_f=0.04$ と緩いが、1983年～1992年には $i_f=0.05$ とやや急になり、

1992年以降はさらに急勾配化しつつあり、遷移時点は常陸那珂港の建設時期とほぼ一致する。

3.2 長期変化に関するスペクトル解析と短期変化

図一六は汀線位置 X_s のパワースペクトルと X_s と A_b 、および X_s と i_f との位相差を示したものである。汀線位置の変動では、ほぼ1年周期の67週程度の変動と、ほぼ半年周期の26～33週程度の変動が卓越していることが分かる。海浜断面積のスペクトル解析結果からもほぼ同じ周期でピークが見られた。変動の周期が、完全に1年周期の52週とならないのは、各年毎に台風の来襲パターンが異なることと、太平洋東岸では台風系以外の気象擾乱でも高波浪が来襲すること(合田ほか、1998)によると考えられる。汀線位置と海浜断面積、汀線位置と前浜勾配との位相差を見ると、汀線変動と海浜断面積の変動には位相差はなく、汀線変動と前浜勾配の変動はほぼ逆位相となることが確認できる。

これらの諸量の短期的な変動パターンをさらに詳しく調べるために、汀線が急激に後退した時期をいくつか抽出し、その前後における諸量の変化を検討した。図一七は汀線が1週間後退した場合の1例を示したもので、このような変化は全データ中4ケースあった。図一七によると、1979年3月1日に汀線が大きく後退しているが、海浜断面積 A_b はその2週間後に極小値をとり、汀線位置に比べて速く回復していることがわかる。また、汀線の後退後に前浜勾配が急増していることから、海浜断面積の中でも前浜部の断面の回復が速いことがわかる。すなわち同図には、高波浪が来襲した後の岸沖漂砂により前浜が急勾配化する過程が捉えられており、このような断面回復過程が繰り返されることにより前浜の急勾配

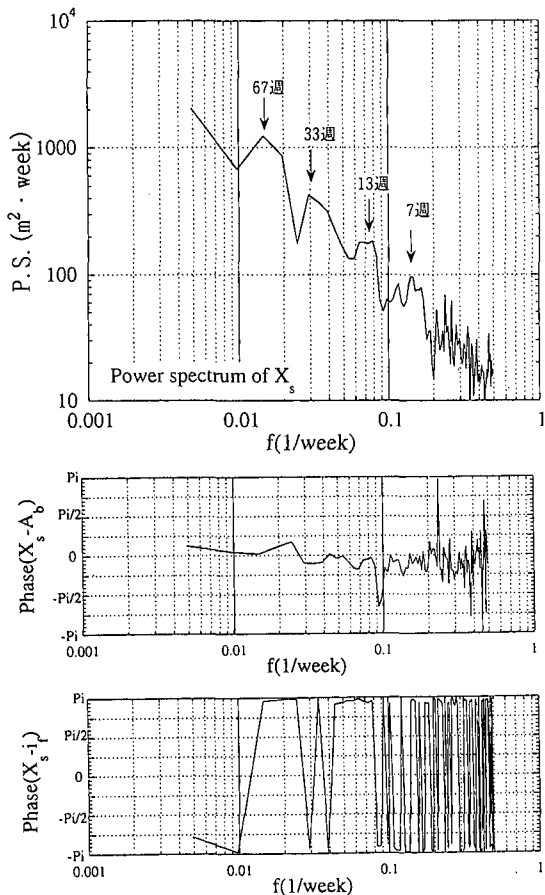


図-6 汀線位置のパワースペクトル

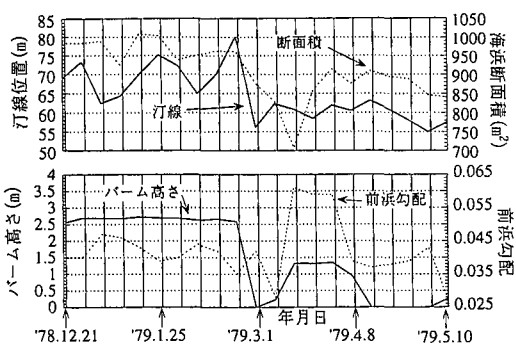


図-7 汀線, 海浜断面積, バーム高さ, 前浜勾配の短期変化

化が進むものと考えられる。

実際の海岸では岸沖漂砂と同時に沿岸漂砂も生じるため、海浜過程はさらに複雑となる。図-8, 9は冬季における海浜断面を無作為に抽出し、1981年以前のものとして示したものである。1981年以前の断面地形にはバームの発達が見られず地形変化は

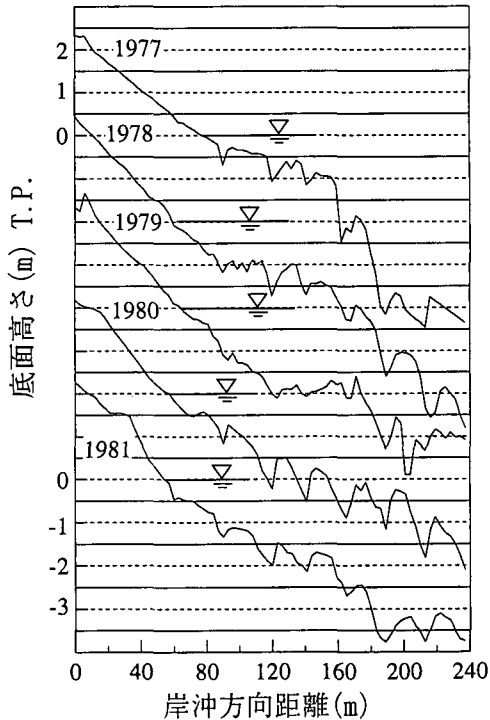


図-8 1981年以前の冬季の断面形

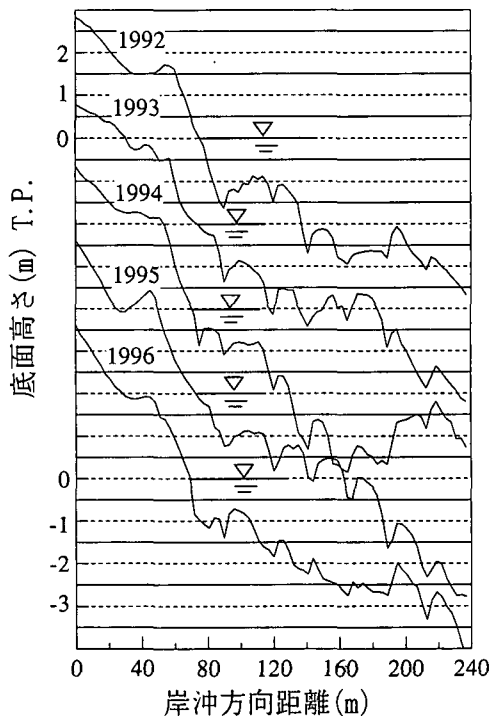
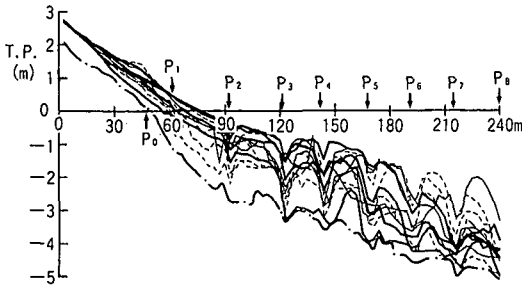


図-9 1992年以降の冬季の断面形



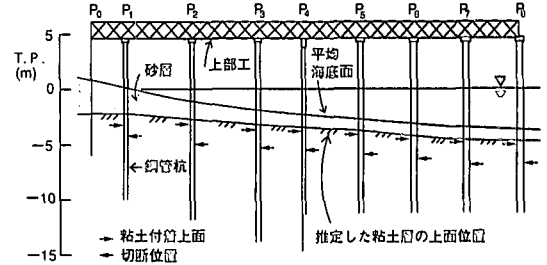
図一10 平均海底面と粘土層の上面位置の推定

ほぼ断面形の平行移動で生じているのに対し、1992年以後の断面形にはバームの消長が著しい。一般に沿岸漂砂による海浜地形変化は断面の平行移動として現れることを考えると、1981年以前には沿岸漂砂による地形変化が卓越していたが、1992年以後は岸沖変化が卓越するようになり、この土砂移動機構の変化が前浜の急勾配化となって現れたと考えられる。

4. 阿字ヶ浦海岸における砂層厚

棧橋を建設する際に行われた海底地盤のボーリング調査によると、砂層の下に硬質の粘土層が存在することが確認されており、この粘土層に鋼管杭が数十m打ち込んであった。老朽化に伴う棧橋の撤去の際には、鋼管杭を引き抜くときに、粘土層との摩擦により引っ張り応力がかかり破断することが懸念されたので、硬質粘土層内で鋼管杭を切断し確実に撤去することにした。このためには、粘土層の上面位置を推定する必要があったので、長期にわたる断面変形をもとに検討した。図一10に示した断面形の変化によると、鋼管杭周辺では局所洗掘が生じていたので、最も深く洗掘されたときの地盤高から粘土層の上面位置（一点鎖線）を推定した。

図一11には棧橋、海底面の平均位置、推定した粘土層上面位置と、鋼管杭の切断位置（←印）および引抜いた鋼管杭の表面に付着していた粘土層の上面位置（→印）を示す。これらによれば、地形変化から推定した粘土層上面の位置は、実際のもものと良く一致しており、鋼管杭の切断は推定硬質粘土層より1.7~2.2m深いところで行えたことが確認できる。撤去した鋼管杭の内部を調査した結果によれば、海底面近くには淘汰の良い砂が、中間部には礫、砂、粘土の混在した底質が、海底面から数m深いところには粘土があった(山本ほか, 1999)。また、



図一11 砂層厚と粘土層の上面位置

砂層厚は沖合で約1m、汀線付近で約3mと徐々に厚くなっていることがわかった。

5. おわりに

阿字ヶ浦海岸では1970年代末の数年間で汀線が後退したが、その後10年以上の時間スケールでは汀線位置は復元した。このことは、海岸保全を立案する上では数十年の時間スケールの海浜過程を考慮する必要があることを示す。また、海浜断面積と汀線位置の変動には高い相関があり、海岸保全を行う上では海浜断面積の維持と管理も重要である。また、波浪により移動する砂層の下に粘土層が存在し、平均海底面からの砂層厚は沖合で約1m、汀線付近で約3mであることがわかった。

阿字ヶ浦海岸では磯崎漁港の改修と常陸那珂港の建設に伴って、1989年以前とは異なる機構の海浜変形が生じつつある。このため、今後は磯崎漁港と常陸那珂港の区間の海岸の中央部で海岸線が後退する可能性が高い。保全対策を立案する上では、ポケットビーチ的な特性を持つように遷移している同海岸の海浜変形機構の変化を理解し、沖合い土砂量の維持を含めて海浜の安定化を図る必要がある。

参考文献

- 宇多高明・岩崎福久・加藤恒太郎 (1993): ポケットビーチ内の安定汀線の計算法—東播海岸の人工海浜への適用—, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 401-405.
- 合田良実・小長谷 修・永井紀彦 (1998): 極値波浪統計の母分布関数に関する実証的研究, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 211-215.
- 佐藤慎司・山本幸次 (1999): 漂砂の動きを探る (阿字ヶ浦海岸漂砂観測を終えて), 海岸, 第38巻, 第2号, pp. 38-41.
- 山本幸次・笠井雅広・佐藤慎司 (1999): 阿字ヶ浦海岸漂砂観測用棧橋の撤去工事と腐食・防食調査, 海洋開発論文集, 第15巻, pp. 201-206.