

前浜の季節変動と非可逆的侵食の見分け方

宇多高明* 酒井和也**

1. まえがき

一般に静穏な波（とくに夏季に発生）が海浜に作用すると前浜には砂が堆積し、バーム（汀線近傍に砂が堆積してできる小高い丘）が形成される。しかしその後高波浪（夏季の終わりに発生する土用波とも呼ばれる）が襲来するとバームは短時間のうちに削り取られ、砂が沖向きに移動して緩勾配の海浜へと変化する。海岸線に沿って造られた護岸の前面でもこのような前浜の季節変動が起こる。護岸前面に砂が十分堆積しておれば海浜地盤高が高い分、護岸への波のうちあげ高や護岸からの越波もそれに応じて減少する。このことから護岸前面の高さ（水深）の変動は護岸からの越波やその安定性と深く関係する。しかしながら両端からの砂の出入りのないポケットビーチでは、この種の地盤変動は季節的に変化するものであるがゆえに年間を均して見れば海浜地盤高はほぼ一定である。したがってこのような海岸に高波浪が作用することにより前浜の砂が削り取られた状況のみから、「著しい侵食が起きた。早急に対策を取らねば。」と考えることは危険である。前浜土砂量の減少は一時的なものであるから、それに過剰に反応し海岸線を防御するための消波ブロックを並べれば、海浜の変動が起こるたびに人工化が進み、結局全線をブロックで覆うことに繋がるからである。上記海浜変動が顕著に起こる区域より護岸が陸側にある場合には、海浜変動の起こる区域は緩衝帯とみなせるので上記変動はそのまま放置しても差し支えはない。しかし多くの現地海岸では、上記季節変動とともに沿岸漂砂の場所的不均衡に起因する侵食も重なって起こる。このような侵食は長期のトレンドを有し、時間経過とともに侵食が単調に進むという非可逆的性質を有している。これによる侵食が起きた場合には、そのまま放置すると侵食は時間とともに深刻化し、取返しのつかない事態に至る。単なる季節変動の場合には



図-1 千葉県部原（へばら）海岸の空中写真

「そのまま放置」が有効なのに対し、沿岸漂砂によって砂が運び去られる非可逆的地形変化では「早期対処」が必要となり、互いに逆の対応となる。しかし現実に海浜地形変化を見たのみでは両者の区別は難しく、その分現場技術者の頭を悩ますことになる。ここでは千葉県房総半島にある部原（へばら）海岸と、茨城県北茨城の神岡上海岸での実例をもとに両者の区別を付ける方法を明らかにする。

2. 部原海岸での前浜変動

部原海岸は千葉県房総半島の南東部に位置し、南北両端を岬によって区切られた長さ約1.5kmのポケットビーチである。図-1は部原海岸の2001年1月17日撮影の空中写真を示すが、当海岸は太平洋に南東方向で面している。部原海岸では、2008年6月12日から2009年9月2日まで護岸前面の前浜地形変動の実測が行われた¹⁾。写真-1は、この観測中において部原海岸北部の高台から南側を望んで撮影した海岸状況の変化を示す。最初に海岸状況を撮影した2008年6月12日では、写真-1(a)のように砂浜は狭く基盤岩が広い区域で露出していた。この理由は、図-2に示す波浮港沖での有義波高の経時変化から理解できる。これによれば、写真撮影を行う前約1ヶ月の5月14日には有義波高 $H_{1/3}=5.8$ m ($T=12.8$ s) の高波浪が襲来し、

これによって汀線付近の砂が削り取られたのである。また写真-1(a)より、部原海岸では基盤岩上に砂が載っており、その砂が波の作用で変動していることが明らかである。しかし6月24日までは写真-1(b)のように砂が堆積して前浜が広がった。この間の波浪条件は、平均有義波高が $H_{1/3}=1.0\text{ m}$ ($T=6.5\text{ s}$) であり、静穏な波が続いていたため、岸向き漂砂が発達したと推定できる。また12日間程度の静穏波の作用でも岸向き漂砂により砂浜の回復が進むことも分かる。さらに写真-1(c)は、1年2ヶ月後の2009年8月15日の海浜状況を示すが、2009年も6月から8月15日まで平均で $H_{1/3}=1.2\text{ m}$ ($T=6.9\text{ s}$) の静穏波が続いており、これによって前浜が大きく広がったことが分かった¹⁾。しかし2009年8月31日には台風11号による $H_{1/3}=4.6\text{ m}$ ($T=9.8\text{ s}$) の高波が作用したため海浜は再び一挙に侵食され、写真-1(d)のように海浜は狭まった。このように高波浪による侵食が起こる場合にはポケットビーチのほぼ全域で侵食が見られることに特長がある。

(a) 2008年 6月12日



(b) 2008年 6月24日



(c) 2009年 8月15日



(d) 2009年 9月 2日



写真-1 部原海岸の前浜の季節変動

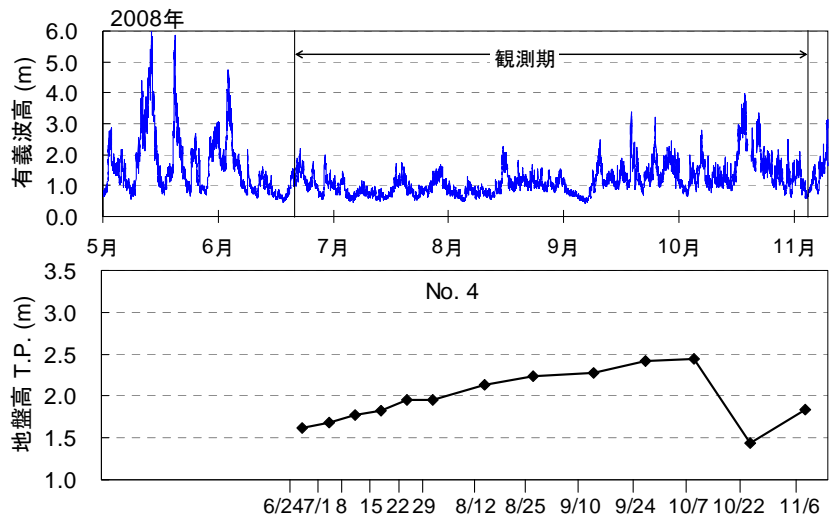


図-2 大島波浮港の波浪観測結果と測点Aにおける護岸前面の地盤変動量

3. 護岸前面での地形変動の実測

同じ部原海岸では、2008年に護岸前面の地形変動の観測も行われた²⁾。例えば写真-2は測点Aにおける2008年6月24日、10月7日、10月22日および11月6日の海浜状況を示す。写真には護岸天端から1.16m下がった護岸変色部分を連ねる線を破線で示す。これを基準として地盤高の変化を調べると、6月24日から10月7日まで砂が堆積して護岸基部の地盤高は0.84m上昇したが、10月22日には侵食されて0.86m地盤高が低下した。その後再び砂が堆積し11月6日には0.44m地盤高が増

加した。このように観測期間中護岸前面では0.86mの地盤高変動が観測された。

護岸前面の地盤高の変動は波浮港沖での波浪観測による有義波高と結び付けることができる。図-2に示すように前浜変動の観測は6月24日から開始したが、観測開始前の5月10日から6月5日の間 $H_{1/3}=2\text{ m}$ 以上の高波浪が3時期入射していた。しかし観測開始後9月10日までは1m前後の静穏波が続き、さらに9月11日から10月9日まではやや波高は増大したものの、ほぼ3m以下の波高条件が続いた。 $H_{1/3}$ が明瞭な形で3mを超えたのは10

土研センター

月20日の $H_{1/3}=3.96\text{m}$ であった。このように観測期間中静穏波が長く続いたため前浜に砂が堆積したが、観測終了間際の10月20日に $H_{1/3}=3.96\text{m}$ の高波浪が作用したため前浜砂が削り取られたことが明らかである。部原海岸では、このような季節変動を有してはいるがポケットビーチのため1年を均してみればただ変動の繰り返しが起きている。

4. 茨城県北茨城の神岡上海岸での非可逆的侵食

部原海岸の事例と逆に、同じポケットビーチではあるが、防波堤による波の遮蔽域へと一方向の沿岸漂砂が誘起されて侵食が進んでいる場合の事例として、北茨城の神岡上海岸の例があげられる。この海岸では、その北約2.5kmに伸ばされた大津漁港の防波堤による波の遮蔽域へと向かう沿岸漂砂が発生する一方、南側には天妃山の岩礁があって沿岸漂砂が阻止されているため侵食が進んできた(図-3参照)。大津漁港南側の波の遮蔽域での砂の堆積と、そこから離れた海岸での前浜消失とがよい対照をなす。最近の調査によれば、図-3に矢印で示すシーサイドホテル付近では沿岸漂砂の流出に伴って侵食が依然として進んでいる。例えば、ホテル前では2009年7月9日には写真-3の状況が



写真-2 測線No.4における2008年6月24日、10月7日、10月22日および11月6日の海浜状況

見られた。2002年に造られた階段工が直立護岸と離れ、階段が護岸ののり面と剥離していた。また写真-3で階段の左側の護岸のり面には地表面上1.2mには破線で示すように上部の黒い部分と下位の白い部分とが明瞭に分かれていた。上部は海浜上にあつたため紫外線を受けて黒ずんでいたが、下部は砂に埋まっており、それが侵食により露出したことが分かる。同一箇所の2010年5月30日の状況を写真-4に示す。2009年7月9日には護岸の変色位置が砂浜面上1.2mにあつたが、2010年5月30日には砂浜面からこの変色位置までの高さが2.1mとなり、階段の基部は完全に空中に浮いた。このように2009年7月9日から2010年5月30



図-3 大津漁港から天妃山間の空中写真(2009年5月)

日までに海浜地盤高が新たに0.9m低下したことが分かった。



写真-3 シーサイドホテル付近での護岸の露出状況 (2009年7月9日)



写真-4 シーサイドホテル付近での護岸の露出状況 (2010年5月30日)

がて倒壊することになる。このような非可逆的現象こそ「侵食」と呼ぶべき性質を有しており、「海浜の季節的変動」とは明確に区別されるべきである。両者は海浜が侵食されて浜崖が形成されるという現象から見れば同じであるが、海浜の季節的変動の場合、図-1のようにポケットビーチが自然状態にあり、局所的に砂の集中的堆積が起こる要因がないのに対し、非可逆的侵食では図-3のように、誘起された沿岸漂砂により沿岸における砂の堆積状況が大きく変化する要因が含まれていることから区別が可能である。すなわち局所的に浜崖が形成されているかどうかによってのみ侵食状況を判断することは危険であり、ポケットビーチ全体の空中写真判読とあわせて検討すれば、両者の区別が可能となる。沿岸漂砂により海岸のある場所での堆積と侵食が対になって起きているかどうかを見極めることが必要である。なお、沖合での土砂採取に起因する侵食は、この区分に従わないことから注意を要する。このような場合には土砂の採取を行う行為が行われたかどうかを調べる必要がある。

参考文献

- 1) 遠藤将利・小林昭男・宇多高明・熊田貴之・野志保仁・古谷真広：自然海浜と護岸前面における前浜の季節変動の再現計算、海洋開発論文集、第26巻、pp.1203～1208、2010.
- 2) 小山 史・小林昭男・宇多高明・野志保仁・清水達也・岩瀬光平：直立護岸前面における前浜の季節変動の現地観測、海洋開発論文集、第25巻、pp.1209～1214、2009.

5. まとめ

3.の実例のように、同じポケットビーチにあってもその一端に防波堤などの波の遮蔽域が形成されると、遮蔽域の外から内側へと向かう沿岸漂砂が誘起される。これにより砂が運び去られて海浜土砂量が減少する場合の変化は非可逆的に起こり、部原海岸で観察された海浜の季節変動と全く異なる。海浜の季節変動では汀線付近の砂が一時的に少なくなっても、静穏波が作用すれば再び砂の堆積が起こるのでそのまま放置してもなんら問題はない。これに対し神岡上海岸の場合には経年的に非可逆的な地盤高の低下が起きている。したがって写真-4の状況をそのまま放置すると、階段はや

宇多高明*



財団法人土木研究センター
常務理事、なぎさ総合研究
室長、工学博士・技術士
Dr. Takaaki UDA

酒井和也**



財団法人土木研究センター
なぎさ総合研究室 研究員
Kazuya SAKAI