

## 湖での防波堤建設に伴う湖浜変形 ～宍道湖での事例～

宇多高明・伊達文美

## 1. はじめに

一般に、日本にある湖では外海に面した海岸と比べ作用波高が小さいので、通常、湖岸での地形変化の規模は外海に面した海岸と比べて小さく、侵食・堆積現象が起きてても大きな問題とはならないと考えられている。しかし、風波の周期（したがって波長）が短いことから、外海に面した海岸で造られる施設と同等な規模を有する防波堤などが沖合に伸ばされると、波長に対する構造物長が著しく大きくなり、したがって波の遮蔽効果が著しく、結果的に外海で観察されるのと同じ規模の湖浜変形が生じることもある。このような湖浜変形に関する研究は、海岸と比較して研究事例が限られており、しばしば現場では問題がそのまま放置されたままとなる。ここでは、実例として宍道湖南岸に防波堤が伸ばされた後、規模の大きな舌状砂州が発達し、周辺域で著しい侵食が起きた鳥ヶ崎砂州の実例<sup>1),2)</sup>を基に考えてみる。

## 2. 鳥ヶ崎砂州の概況

鳥ヶ崎砂州のある宍道湖は、島根県東部に位置する面積80km<sup>2</sup>の湖であり、東西方向の長さが16.8km、南北方向の幅が5.8kmの規模を有する。この湖は、北側を島根半島を形成する山地により、また南側を中国山地により挟まれた凹状の低地に形成された湖である。2013年4月19日、この湖の南岸にある舌状砂州（鳥ヶ崎砂州）の現地踏査を行う機会があった。この砂州は、汀線沖に長さ120mの不透過防波堤が伸ばされたことにより、その背後の波の遮蔽域へと両側から砂が運ばれ堆積してできたものである。図-1に示すように、防波堤背後に形成された舌状砂州を中心として両側500m間で湖浜状況を調べた。図-1には以下で示す写真撮影地点番号を示す。なお、防波堤はL型に見えるが、沖側の直線部分のみが防波堤で、防波堤と陸を繋ぐ部分は栈橋であり入射波が透過可能である。

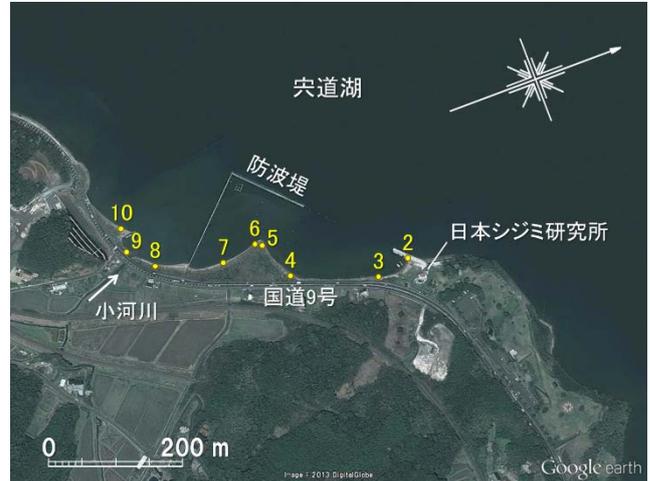


図-1 宍道湖南岸中央部にある鳥ヶ崎砂州の衛星画像  
(図中の数字は以下の図番号に対応)

## 3. 現地状況

図-1に示すように、調査区域の北端には日本シジミ研究所の長さ50mの突堤が南西方向に伸びている。この突堤の東側隣接部の波の遮蔽域には狭い砂浜が形成されている。この状況を突堤上から南向きに撮影したのが図-2である。突堤背後で汀線は大きく湾入し突堤と繋がっていた。ここに堆積している砂は、前方の矢印A付近から沿岸漂砂によって運び込まれたものである。逆にA付近では砂が流出した結果著しく侵食された。図-3は、図-2のA付近の湖岸状況を示す。国道9号線に沿って道路護岸が伸びているが、護岸基部には砂浜が全くなく礫で覆われていた。礫床沖に見える6列の木杭列は、侵食対策の一環としての養浜時の砂の流出を防止するために設置されたものであるが、木杭列が間隙を有すること、また木杭列が汀線沖に造られたことなどから、養浜砂が流出し木杭列のみが残された。

図-3に示す道路護岸前面で前浜が全く存在しない区間は南北方向に100m続いていたが、この区間のすぐ南側では急激に湖浜が広がっていた。この砂浜の北端から防波堤背後に形成された舌状砂州の先端部を望んだのが図-4である。遠方には防波堤と栈橋が見え、舌状砂州の汀線が緩やかに湾曲

して伸びていた。また、汀線に沿って柳やヨシ群落が広がっていた。舌状砂州の先端部の状況を図-5に示すが、先端部には幅1.5mの砂浜が連続的に伸びていた。さらに、舌状砂州の先端から南側の湖浜を望んだのが図-6である。南側も北側と同様帯状の湖浜が続き、その前浜勾配は1/5、バーム頂は水面上0.2mにあった。

舌状砂州の先端を南側に回り込み、緩やかに湾曲した汀線の中央部から南側を望むと、図-7のように湾曲した汀線と平行にヨシ帯が伸びており、前方には沖合の防波堤へと伸びた栈橋と、その付け根にある突堤が見えた。汀線はこの突堤を境に手前側で大きく湾入していた。

栈橋を南側に超え、栈橋を背に南向きに湖浜状況を望んだのが図-8である。緩く湾入した汀線が矢印Bにある流入小河川の左岸に設置された石積み導流堤まで伸びていた。また、小河川の河口では流入土砂が堆積して小規模な河口テラスが形成されているのが観察された(図-9)。図-10は調査区域の西端部の状況を示すが、西端は国道9号線の護岸と接していた。矢印C付近では前浜が全くないために波の打ち上げが著しく、護岸の変色部が観察された。



図-2 日本シジミ研究所の長さ約50mの突堤の南側隣接部の湖浜



図-3 侵食された国道9号線の護岸前面の状況



図-4 鳥ヶ崎砂州の先端部



図-5 鳥ヶ崎砂州先端で観察された幅1.5mの砂浜



図-6 鳥ヶ崎砂州の南面の砂浜



図-7 鳥ヶ崎砂州の南側の湖浜から望む栈橋



図-8 小河川の河口導流堤



図-9 小河川の河口テラス



図-10 調査区域南端の砂浜と護岸

#### 4. 鳥ヶ崎砂州の変遷

前節で示した鳥ヶ崎砂州は1970年代以降徐々に発達してきた。そこで鳥ヶ崎砂州を含む矩形区域を定め、空中（衛星）写真の比較によりその変化を調べた。まず、1962年では（図-11(a)）、後に鳥ヶ崎砂州が形成される区域の湖岸線はほぼ南北方向に直線状に伸びていた。しかし、1976年では（図-11(b)）、沖合に防波堤が伸ばされた結果、その背後の波の遮蔽域で砂が堆積し、舌状砂州が形成され始めた。同時に、砂州の北側は侵食されて国道9号線前面の湖浜は完全に消失し、護岸が波に曝される状態となった。2012年4月では（図-11(e)）規模の大きな舌状砂州が形成された。一連

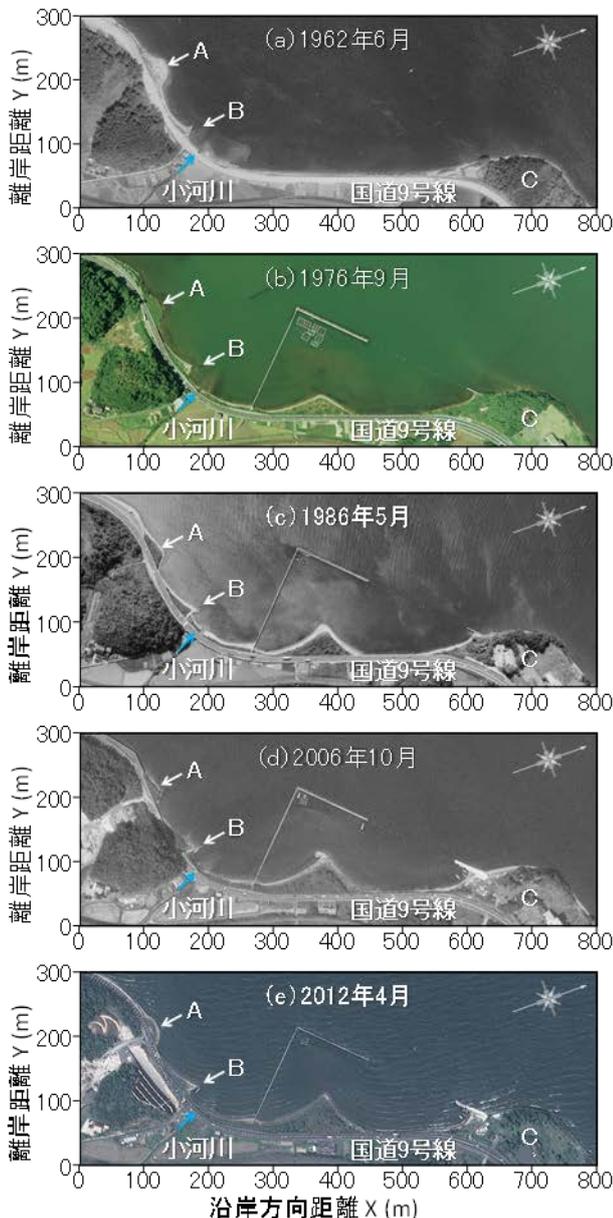


図-11 鳥ヶ崎砂州の空中写真と衛星画像 (A: 突出部, B: 突堤)

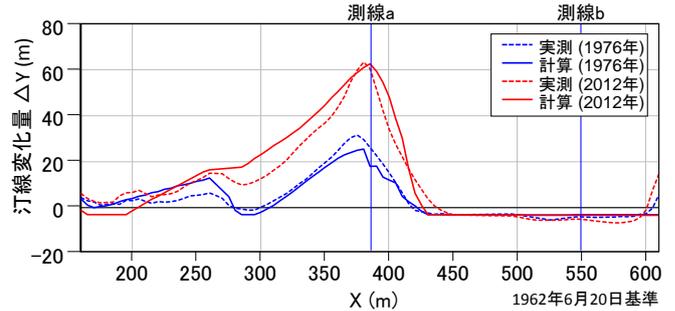


図-12 汀線変化

の汀線変化をまとめて示するのが図-12である。

舌状砂州がその尖り度を増しつつ発達を遂げたことが分かる。防波堤背後の舌状砂州の汀線は時間的に単調に前進し、ほぼ平行移動しつつ1962年と比べて最大63.4mも前進したことが分かる。これに対し、舌状砂州の北側では汀線が後退したものの、汀線が背後の護岸まで後退したため汀線後退量は最大6.6mと小さかった。

#### 5. 湖浜変形の再現計算

前節で述べた湖浜変形を粒径を考慮したBGモデル（海浜変形予測モデル）<sup>3)</sup>を用いて追算した。実測データを基にバーム高 $h_R$ を0.2m、波による地形変化の限界水深 $h_C$ を0.64m、1962～2012年における海浜面積の増加量から推定した流入小河川の年平均供給量 $79\text{m}^3/\text{yr}$ を与え、松江气象台での2000～2012年の気象観測データを基にSMB法（波浪推算法）により算出した風波（入射方向 $W$ 、波高0.27m、周期1.93s）を与えた。宍道湖では $W$ と $E$ 方向の風が卓越しているが、図-1(b)に示したように鳥ヶ崎砂州は北向きに大きく突出した岬の西側面に位置しているため波は東側から作用せず、西側からの波浪のみが作用する条件にある。1962年を初期として2012年までの変化を再現対象とした。計算領域端部の境界条件として、右端で漂砂量は $Q_R=0$ とし、左端では漂砂量 $Q_L=79\text{m}^3/\text{yr}$ を流入させた。

図-13は1976、2012年までの地形変化計算の結果を示す。1976年では栈橋の付け根の不透過部分（長さ27.5m）が東向きの沿岸漂砂を部分的に阻止したため栈橋の西側では堆積が、東側では局所的な侵食が生じた。同時に防波堤背後では舌状砂州の発達が始まった。この間には栈橋の不透過部分による東向きの沿岸漂砂阻止があったため、舌状砂州の形成には防波堤より東側区域が侵食され、

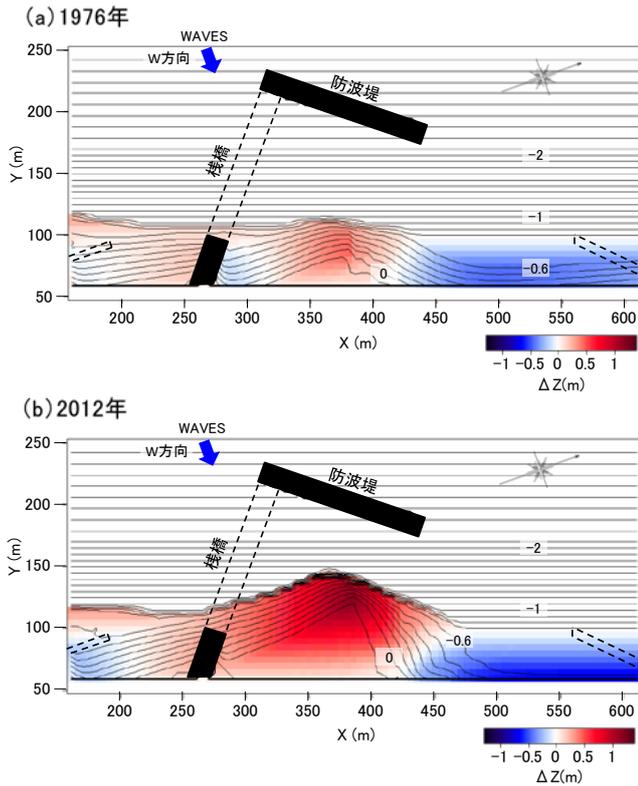


図-13 1976、2012年の予測地形

そこからの侵食土砂が防波堤背後に堆積するという変化が起きた。2012年までの変化では、棧橋付け根の不透過部分の沖側を沿岸漂砂が通過するようになったため、不透過部分による沿岸漂砂の阻止はなくなり、汀線から防波堤に至る全域で堆砂が起り、舌状砂州が大きく発達した。この間、防波堤東側の1976年に侵食が進んだ区域では侵食により水深の増大が起きたが、舌状砂州の東端部では西側から運び込まれた砂が堆積し、侵食区域が堆積区域へと変化した。前出の図-12には1976、2012年の実測・計算汀線変化量を示す。両時期とも計算結果と実測結果とはよい一致を示すことが明らかである。

## 6. まとめ

波浪推算によれば、鳥ヶ崎砂州地点での有義波周期 $T_{1/3}$ は1.93s、沖波波長 $L_0$ は5.8mであった。一方、沖防波堤の堤長は120mで、沖波波長に対する比は20.1となる。通常、外海に面した海岸に設置される離岸堤の堤長は100～150mの例が多いが、この場合周期を8sとするならば沖波波長は約100mとなり、沖波波長堤長比は1.0～1.5となる。鳥ヶ崎砂州を形成させた防波堤では、これと比べてはるかに大きな値を有していた。しかも堤体は不透

過性であったから波の遮蔽効果が顕著に現れ、規模の大きな舌状砂州を発達させた。舌状砂州の形成に要した砂は主として当該地点の西側に位置する小河川から運ばれたが、防波堤と東側の突堤間の160m区間は著しく侵食され、国道9号線の道路護岸が露出し、高波浪時越波が懸念される状況となった。この区域では対策として小規模な木杭列突堤が打たれ養浜も行われたが、本研究のような視点での検討が行われていなかったため対策は成功せず、投入土砂も流出した。本報で述べた宍道湖の湖浜変形は、沖合に防波堤のような規模の大きな波の遮蔽構造物が造られると波の場が変わり、それにあわせて波の高い場所から静かな場所へと沿岸漂砂が起こること、そしてその変形はかなり大規模となって、砂が流出した場所では越波が著しくなるとともにヨシ帯などの保存もできなくなること示している。このように湖浜変形においても砂は岸沖方向に動くものであるとの誤解が失敗の基になっている。砂は横、つまり沿岸方向に動くものであることに十分注意を払うことが大事である。

## 参考文献

- 1) 宇多高明：日本の海岸侵食、山海堂、p.442、1997
- 2) 宇多高明、酒井和也、李 裕群：鳥根県宍道湖南岸の鳥ヶ崎砂州の形成と湖岸変化、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol.70、No.2、p.L\_596～L\_600、2014
- 3) 芹沢真澄、宇多高明、熊田貴之、三波俊郎、古池鋼、石川仁憲、野志保仁：Bagnold概念に基づく混合粒径海浜の変化予測モデル、海岸工学論文集、第53巻、pp.626～630、2006

宇多高明



(一財)土木研究センター  
常務理事、なぎさ総合  
研究室長、工博  
Dr. Takaaki UDA

伊達文美



(一財)土木研究センター  
なぎさ総合研究室  
Ayami DATE