鳥取海岸の人工リーフ周辺の海底地形の変化について

Bathymetric change around artificial reefs along Tottori coast

木村 晃¹・大野賢一²・中村真智子³

Akira KIMURA, Kenichi OHNO and Machiko NAKAMURA

This study deals with bathymetric changes around artificial reefs (AF) which have been constructed along Tottori sand dune coast. Three types of AF groups are investigated applying ARGUS method. In one AF group with a wide alongshore interval, sand bars which are a part of the local alongshore bar system appear between the intervals. In AF group with small intervals, offshore concave sand bars appear between AF intervals inside the AF line. Rip channel appears shore side of each bar and the channel changes the direction toward the center of each AF after it meets with the neighboring channel. A large alongshore sand bar appears from one of the AF interval outside the AF line. It may show that there is a sand movement from inside the AF line.

1. はじめに

人工リーフは主に離岸堤の景観に対する欠点を改善する目的で考えられた構造物で、すでに我が国では700基以上が設置されている。人工リーフの特性については、反射率、透過率、周辺の流れなどについては、実験、数値計算などによる検討が行われているものの、リーフ周辺の海底地形に及ぼす中・長期の影響に関する報告、十分な検討が行われている訳ではない。これは人工リーフが通常碎波帯付近に設置されるため、冬期の測量が困難であることにもよる。本研究は鳥取周辺で、隣接するリーフの数、堤長、開口部間隔などの異なる3か所の人工リーフを対象としてARGUS法により3～6年にわたり観測を行い(木村ら, 2006, 2007, 2008, 2009), 周辺の海底地形の変化について観測結果の1部を示したものである。

観測は鳥取砂丘海岸の①一つ山, ②岩戸, ③浦富海岸の人工リーフを対象として行った。それぞれの人工リーフの諸元は表-1のとおりである。

解析に用いたARGUS法は碎波による気泡を利用して海底の浅瀬(砂堆, 岩礁)の位置, 水深などを検討する方法である。各点の観測は①は1日1回, ②は1日1回(一つ山観測点), および週1回(岩戸観測点), ③は週1

回行った。観測点の標高は一つ山が70m, 岩戸, 浦富が約60mである。

2. 単独の人工リーフの場合

図-1は鳥取海岸の人工リーフ(①, ②)の設置位置の図である。人工リーフには仮に西(左)側より順にNo.1からNo.8まで番号をつけて示す。図中でNo.1とNo.2, No.2とNo.3の人工リーフの設置間隔は比較的大きく, それぞれ単独の人工リーフとみなしうるものと考えて検討を行った。この2つの人工リーフは付近のinner barとほぼ同じ位置に設置されており, barは人工リーフ付近もしくはそれよりやや沖側に存在し, 人工リーフ沖側斜面が波の打ち込み点となっている。No.1の人工リーフでは巻き波型の碎波による波乗り現象のため人工リーフの標識ブイの係留鎖が時折切断する。写真-1(a)～(f)はNo.2の人工リーフ周辺のARGUS画像である。写真中央左側に人工リーフ(長さ200m)が設置されている。中央右側にNo.3, No.4の人工リーフが写っている。図-2は写真-1の説明のための図である。人工リーフの長さは200mである。海底地形の変化は年によって少しずつ異なるが, 著者が観測を開始した2004年から現在までのところ, ここに示した2007年とおおむね同じ周年変化を繰り返し示している。写真で(a), (b)は高波浪期, (c)は高波浪期から静穏期への移行期, (d)は静穏期, (e)は静穏期から高波浪期への移行期, および(f)は高波浪初期のものである。ただし(d)は静穏期であっても台風など例外的に高波浪が現れた場合の観測結果である。

(a) 高波浪の開始時期で, 人工リーフ沖側の砂州はこの付近のinner barと同じ位置に現れている。その岸側にNo.2からNo.3にかけて沖側に凹状のbarが現れている。このように隣接する人工リーフの間には高波浪期凹状のbarが見られることが多い。

表-1 人工リーフの諸元

番号	堤長	開口幅	離岸距離	天端水深	リーフ数
①	200 m	350 m	150 m	0 m	2
②	200 m	100 m	200 m	0 m	6
③	400 m	100 m	250 m	2 m	2

1 正会員 工博 鳥取大学名誉教授
2 正会員 博(工) 鳥取大学准教授総合メディア基盤センター
3 修(工) ケイズ

図-1 鳥取海岸の人工リーフ配置 (模式図)

(a) 1月10日

(b) 2月24日

(c) 3月30日

(d) 9月7日

(e) 11月16日

(f) 12月9日

写真-1 人工リーフNo.2付近の海底地形の変化 (2007年)

図-2 人工リーフNo.2, 3, 4と砂堆 (bar) の説明図

- (b) 高波浪の最盛期で汀線付近から発生した離岸流により (a) の凹状砂州上に複数の滞筋が現れている。
 - (c) No.2人工リーフの右端沖側にあった砂堆が幾分岸側に移動している。また汀線付近沿岸方向にはっきりとした滞筋が現れている。
 - (d) No.2とNo.3の間の砂堆はさらに岸方向に移動している。またNo.2とNo.3の人工リーフの間には鳥取海岸全域にわたる inner barが見える。
 - (e) (d) の inner barの他に、No.2の人工リーフから岸に向かう砂州と人工リーフの内側に発達しているトンボロの沖側に沿岸砂州が発生して、この部分に3つの bar が存在している。このパターンはよく現れる。
 - (f) (e) の岸側の2つの bar が一体化し、(a) と同じ凹状の bar (砂堆) となっている。この砂堆の岸側には岸に沿って滞筋が現れている。
- (a) から (f) を通じて、No.2の人工リーフとトンボロ状の海岸の間には常時、岸に沿う砂州が存在し、その岸側、沖側にはつねに滞筋が存在する。これは人工リーフの岸側には常時沿岸方向の流れが存在して人工リーフと岸の間の埋没を防いでいるためと推定される。

3. 列状の人工リーフの場合

(1) barと沿岸流系

図-1のようにNo.3～No.7までの5基の人工リーフは開口部幅100mで1列に並んでいる。No.3とNo.8はそれぞれ2006年、2008年に建設されたので他の人工リーフとは地形変化に対する影響は幾分異なる。No.3より東側では人工リーフの沖側には inner bar は存在しない。写真-2は2007年1月～2月の約1か月の間の bar の変化を示した写

(a) 1月28日

(b) 2月12日

(c) 2月22日

写真-2 人工リーフ岸側のbarの変化

図-3 人工リーフ背後のbarと沿岸流系の模式図

真である。写真 (a) では砂堆は人工リーフの部分でトンボロのようにも見える。しかしながら (b) に見えるように、砂堆の岸側には沿岸方向の滞筋が存在する。滞筋は人工リーフの位置で沿岸方向から冲向き（人工リーフに向かう方向）に方向が変わっている。すなわち、汀線付近では人工リーフ開口部から人工リーフ背後に向かう流れが滞筋を形成し、人工リーフの背後で左右両方からの流れが合わさって冲向きの流れになる。写真では人工リーフの背後でトンボロが発生しているように見えるが、この部分で冲向きの滞筋が存在し、トンボロは左右に切れている。これを模式的に示したものが図-3である。この沿岸流系により人工リーフ開口部岸側に冲向きに凹

型の砂堆が発達する。

また、人工リーフ背後の冲向きの滞筋は常時存在し、ARGUS画像では砂堆の頂点が人工リーフに達することは年間を通じてない。したがって人工リーフの岸側に沿岸方向の流れが存在することが推定される。高波浪期が終わり、静穏期になると凹凸形状を示していた砂堆の頂点の部分が水平方向に切り取られたようになり、凹凸形状が失われて人工リーフ列にほぼ平行な直線状の砂堆となる（写真- (c)）。これに対応して静穏期には高波浪期に形成されていた汀線の凹凸形状は次第に直線に近い形状を示すようになる。これらの変化がかなり短期間に行進する。すなわちかなり強い沿岸流系の存在が推定される。このほか岩戸の人工リーフ列では写真-2の左側から右に向かって海浜の幅が少しずつ広がる傾向がみられる。

(2) bar開口部からの砂の流出

写真-3は人工リーフNo.5, 6および7付近のARGUS画像である。各写真は上から2006年, 2007年および2008年のほぼ同じ高波浪期のものである。ここでは示していないが他の時期のものについてもARGUS画像はほぼ同じようなパターンを示している。これらの写真に共通して、

(a) 2006年3月19日

(b) 2007年3月11日

(c) 2008年2月23日

写真-3 人工リーフNo. 5, 6, 7付近のARGUS画像

写真-4 人工リーフNo. 5, 6, 7付近のARGUS画像

人工リーフNo.6付近より東（右）方向に砂堆が存在する。砂堆は人工リーフ列から沖側に離れるように伸びて、鳥取海岸東端の岩戸漁港の港口部に達している（図-1）。砂堆の始点は人工リーフNo.6とNo.7付近である。写真-4は2007年11月23日の画像であるが、上の2つの開口部内側の凹型の砂堆（図-3）から開口部に向けて沖向きの砂堆がみられ、ここから出た砂が写真-3の人工リーフ沖側の砂堆の供給源となっていることが推定される。他のARGUS画像の検討では、No.5とNo.6の開口部に砂堆がみ

(a) 2006年2月8日

(b) 2007年5月12日

写真-5 岩戸海岸のARGUS画像 (座標変換なし)

られるものもあったが、わずかであり、砂はほぼNo.6とNo.7の開口部から沖に抜けているようである。一方、No.7の人工リーフの岸側から前記の岩戸漁港の方向に延びる砂堆への砂の供給がうかがわれる画像はなかった。人工リーフ列の岸側の砂の動きについてはそれが明確にわかる画像はなかった。写真-5は人工リーフ列の東側の岩戸海岸のARGUS画像である。(a)は2006年2月18日、(b)は2007年5月12日の画像である。中央部の海岸には階段護岸が設置されている。写真(a)では階段護岸の東(画像では左)側がえぐられている。写真(b)では階段護岸前面にも砂がついている。この部分は写真-2の人工リーフ列の東端にあたり、波が直接作用している部分である。2004年の観測開始から2006までは写真(a)の状態が続いていたが2007年になって階段護岸前面の汀線の回復がみられた。砂の供給は人工リーフ列すなわち西方向からと推定される。したがって年によっては西側からの砂の供給があり、汀線が回復する場合がある。

4. 浦富海岸の人工リーフ

浦富は鳥取砂丘海岸より約5km東に位置する海岸である。この海岸の湾奥部約1kmが砂浜となっており、この部分に表-1の③の2基の人工リーフが設置されている。写真-6はこの海岸のARGUS画像である。写真左が海岸、右が沖側、中央部に下から上に白く伸びているのが2基の人工リーフである。写真中央部の少し黒い部分が人工リーフの開口部となっている。写真より開口部の沖側に

写真-6 浦富海岸のARGUS画像 (座標変換なし)

ほぼ半円状の砂堆の存在がみられる。この砂堆の円弧の両端では、砂が人工リーフを超えて一部が人工リーフの岸側に堆積している。この開口部を通じて時折かなり強い離岸流が観察される。写真の砂堆はこの離岸流により輸送されたものと推定される。

5. おわりに

この研究は著者らが2004年から鳥取砂丘海岸、浦富海岸で実施している観測結果の一部を示したもので、人工リーフ周辺の海底地形について検討を行った結果を示したものである。その結果、鳥取海岸に設置されている人工リーフでは次のようなことが分かった。

- (a) 人工リーフ設置水深が現地海岸のinner barより岸側の場合、その沖側にinner barが形成される。設置水深がinner barより沖側の場合、人工リーフの沖側にはbarは形成されない。
- (b) 人工リーフの岸側にはどの場合も砂堆(bar)が現れ、その岸沖両側に滞筋が存在する。
- (c) 人工リーフが列状に設置されている場合、高波浪時にリーフ開口部付近で汀線沿い沿岸方向、人工リーフの中央部で沖に向かう滞筋が現れる。この結果、人工リーフ開口部内側に沖に凹状の砂堆が形成される。
- (d) 人工リーフ列のほぼ東端の人工リーフ開口部より人工リーフ列から沖側東方(岩戸港方向)に延びる砂堆が現れる。この部分では人工リーフ開口部から砂が沖向きに出ていることが推定される。しかし、これより西側の人工リーフ開口部からの砂の流出がうかがわれる画像の数は非常に少なかった。

参考文献

- 木村 晃・大野賢一(2006):鳥取海岸における海底地形の短期変化について, 海岸工学論文集, 第53巻, pp.571-595.
 木村 晃・大野賢一(2007):鳥取海岸における沿岸砂州の短期変化について, 海岸工学論文集, 第54巻, pp.666-670.
 木村 晃・大野賢一(2008):鳥取海岸沿岸のouter barの短期変化特性について, 海岸工学論文集, 第55巻, pp.716-720.
 木村 晃・木村照子(2009):鳥取砂丘海岸のカスピの波長について, 海岸工学論文集, 第56巻, pp.581-585.