

福井県水島における突堤延伸に伴う 砂堆積域の広がり と 前浜安定化策の検討

Expansion of Sand Deposition Zone Triggered by Construction of Groins on Mizushima Island in Fukui Prefecture and Measures for Stabilization of Sandy Beach

時岡雅樹*・板倉智博*・宇多高明**・
星上幸良***・小澤宏樹***・野志保仁****

Masaki TOKIOKA, Tomohiro ITAKURA, Takaaki UDA,
Yukiyoshi HOSHIGAMI, Hiroki OZAWA and Yasuhito NOSHI

要旨: 福井県敦賀湾に位置する水島の海浜変形について空中写真を用いた解析を行った。水島は元々3個の独立した島であったが、島間に不透過突堤が伸ばされて3島が繋がれたことから、島間の水路を通じた海水交換や波のエネルギーの侵入が阻止された。この結果、突堤で結ばれた島々の背後では堆砂が進んだ。本研究では、まず、これに伴う島周辺の堆砂域と汀線の変化を明らかにした。また、低気圧通過時の突堤越流による砂の流出機構を潮位観測データと定点カメラ画像により調べ、突堤越流時に砂州の変形が著しいことを確認した。この対策として、捨石突堤を嵩上げし、砂州を越流した海水は間隙を通して流出させる一方、砂の流出は捨石層のフィルター効果により抑制する手法を試験的に実施したところ、この手法が砂州の安定化に効果的で、景観保護上も有利なことが分かった。さらに、水島(本島)の浦底湾側にある天然の礁が海水浴場の砂の流出抑制効果を有していることから、これらの礁の規模を拡大した場合の海浜安定化効果を等深線変化モデルにより解析した。

キーワード: 敦賀湾, 水島, 海浜変形, 突堤, 空中写真, 養浜, 等深線変化モデル

1. はじめに

福井県の水島は、図1に示すように敦賀湾口部に位置し、若狭湾国定公園に含まれた面積約 $1.5 \times 10^4 \text{m}^2$ の小島であり、福井県有数の自然豊かな島の海水浴場として地域の重要な観光資源となってきた。しかし1980年代以降、砂州の侵食が問題となった。このため様々な対策が行われたが、砂浜

の消失は現在も続いており、毎年海水浴シーズン前に養浜(浜均し)を行わなければならない状況にあり、地域住民からは砂浜の回復と安定化に対する強い要望が出ている。

水島の海浜変形に関連し、宇多ら¹⁾²⁾は、1975~2010年の空中写真を基に、3個の独立した島を突堤で繋いだ以降海浜変形が著しくなったことを

* 福井県嶺南振興局敦賀土木事務所, ** 正会員 一般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兼日本大学客員教授理工学部海洋建築工学科, *** 正会員 国際航業株式会社第一技術部, **** 正会員 日本大学助手理工学部海洋建築工学科



図1 敦賀湾内の水島の位置¹⁾

明らかにした。その後、2012年3、4月には低気圧の異常発達に伴い高波浪が水島に作用し、2003～2011年に海水浴場の整備の一環として水島(本島)の浦底湾側で行われた養浜による土砂の流出が起きた³⁾。このように水島では、とくに低気圧通過時、潮位が上昇した際、砂の消失が続き、安定な海水浴場とするには多くの課題が残されているのが現状であった。

このことから、本研究では研究の原点にいったん立ち帰り、水島の原形が残されていた1975年と、島間が突堤で結ばれた1990年に加え、浦底湾側で繰り返し養浜が行われた後の2013年1月撮影の空中写真を比較して水島周辺地形の長期的な変遷を調べた。その上で、潮位観測と定点カメラにより低気圧通過時の砂州越流状況を観測し、突堤嵩上げが海浜安定化にもたらした効果について検討した。さらに水島本島の浦底湾側にある天然岩礁に着目し、それらが海水浴場の砂の流出阻止に効果的と考えられることから、岩礁を補強することにより養浜砂の安定化を図る手法について等深線変化モデルを用いて検討した。

2. 侵食実態の分析

2.1 空中写真の比較

水島の原形が残されていた1975年、島間が突堤で結ばれた1990年、および最近の2013年1月撮影の空中写真を図2に示す。水島は古くは3個の独立した島からなっており、北端が水島、中央が中島、南端が島の鼻と呼ばれていた。本研究ではこれらを島A、B、Cと呼ぶ。1975年では、明神崎と島Aの間には幅200mの水路が伸び、この水路を取り囲んで半円形の砂州(図2(a)の破線で囲まれた区域)が南側に約200m張り出していた。また、海底面の状況から、この半円形の砂州の島A側で砂が厚く堆積していたとみられる。同様な特徴は島Aの東端部でも見られ、幅60mの水路が北側から南西側へと入り込み、浦底湾側へと約100m伸びた後、同様に半円形の砂州により囲まれていた。

これらの水路の形成状況より、1975年当時島Aの北側から風浪が侵入する条件にあったと考えられる。島B、C間では島Aの両側ほど顕著な形での水路の発達は見られなかったが、島B、C間の砂州には狭い隙間が形成されており、その浦底湾側には隙間を囲むように小規模な砂州が発達していたことから、砂州の越流も起きていたと推測される。このように1975年には島A、B、Cは独立して存在し、浦底湾側には開口部を取り囲むように砂州が発達していた。

その後、宇多ら¹⁾に示したように、1985年までには島A、B間、および島B、C間は突堤により結び、同時に島Cの南端から南東方向へと長さ80mの突堤が延ばされた。この状況は1990年の空中写真(図2(b))からも見て取れる。島C南端から伸びた突堤1の天端高はT.P. 1.0m、天端幅が5m、また、島間を結ぶ突堤2、3の天端高はT.P. 1.0mと0.5m、天端幅は5mと10mであり、これらの突堤は通常時波浪は越波しない高さを有し、また密に詰められた捨石製のため不透過構造を有していた。

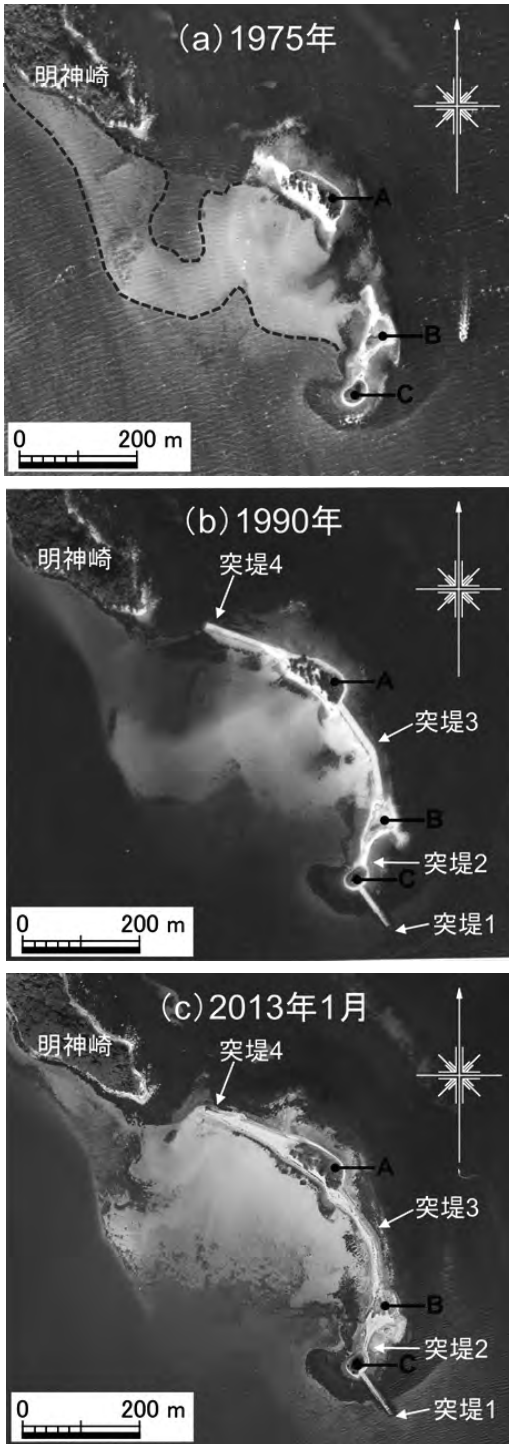


図2 水島の空中写真 (a:1976年, b:1990年, c:2013年1月)

突堤 2, 3 の建設理由は, 1980 年代一時的に生じた水島の侵食に対し, 敦賀湾口からの高波の直接的な作用が島の侵食をもたらしたものであり, したがって北側からの入射波を防ぐことが必要と考えられたことによる¹⁾。図 2(a) (b) の比較により明らかのように, 島 A, B 間での突堤 3 の建設は, 島間に存在した水路を経由する海水流動を消失させるとともに, 新しく造られた突堤 3 の浦底湾側での堆砂をもたらした。

さらに, 1990 年には島 A の西端から明神崎に向けて突堤 4 が延ばされた。突堤 4 の長さは 150m で, 天端高, 天端幅および構造は突堤 3 と同じ T.P. 0.5m であった。突堤 4 により明神崎と島 A 間の水路幅が 100m まで狭まった結果, 突堤 4 から島 A を挟んで突堤 3 までの区間の浦底湾側では静穏度が増し, 堆砂が進み易い状態となった。

その後, 侵食対策の一環として, 2003 年には 3000m³, 2005 年には 1800m³, 2007 年には 3000m³ の砂が島 A, B の浦底湾側の汀線に投入された。さらに 2008 年には, 島 A の浦底湾側沖から採取した 200m³ の砂が同じく浦底湾側汀線に投入された。これらの工事後, 養浜砂は突堤 4 の浦底湾側へ移動するとともに一部は突堤 4 を越えて北側へと運ばれた。2013 年 1 月の空中写真を図 2(c) に示すが, 突堤 4 の浦底湾側で砂の堆積域が広がるとともに, 突堤先端には砂嘴状の砂の堆積域も形成されたことがよく分かる。防波堤建設前の 1975 年の空中写真と比較すれば, 突堤 4 の建設とともに砂の著しい堆積域が北西側へと移ったことが明らかである。

2.2 砂の堆積域の変化

1975~2013 年の 7 時期の空中写真より読み取った汀線と砂の堆積域の外縁線を図 3 に示す。なお, 調査対象地域は日本海側に位置し, 潮位偏差が 20cm 程度以下と小さいことから, 汀線読み取り時

の潮位補正は行っていない。また、砂の堆積域の外縁については、図2の空中写真において白色域の境界線を目視で判断しその位置を読み取った。また、砂の堆積域の広がり状況の比較を容易にするために、1975年時点の砂の堆積域の外縁線と、1975年以降各観測年までに広がった砂の堆積域部分を色分けして示した。ここに、赤は堆積域、青は侵食域を示す。

1975年には各島が独立していた。主として冬季に卓越する敦賀湾からの入射波は二つの開口部から侵入するとともに、砕波により誘起された海浜流も開口部を通過して浦底湾側に流れ込める条件にあった。また、敦賀湾内で主として夏季に発達する南東方向からの風波も著しく遮蔽されことなく水島に作用可能であった。1990年までには、突堤4が100m伸ばされたため明神崎と島A間の水

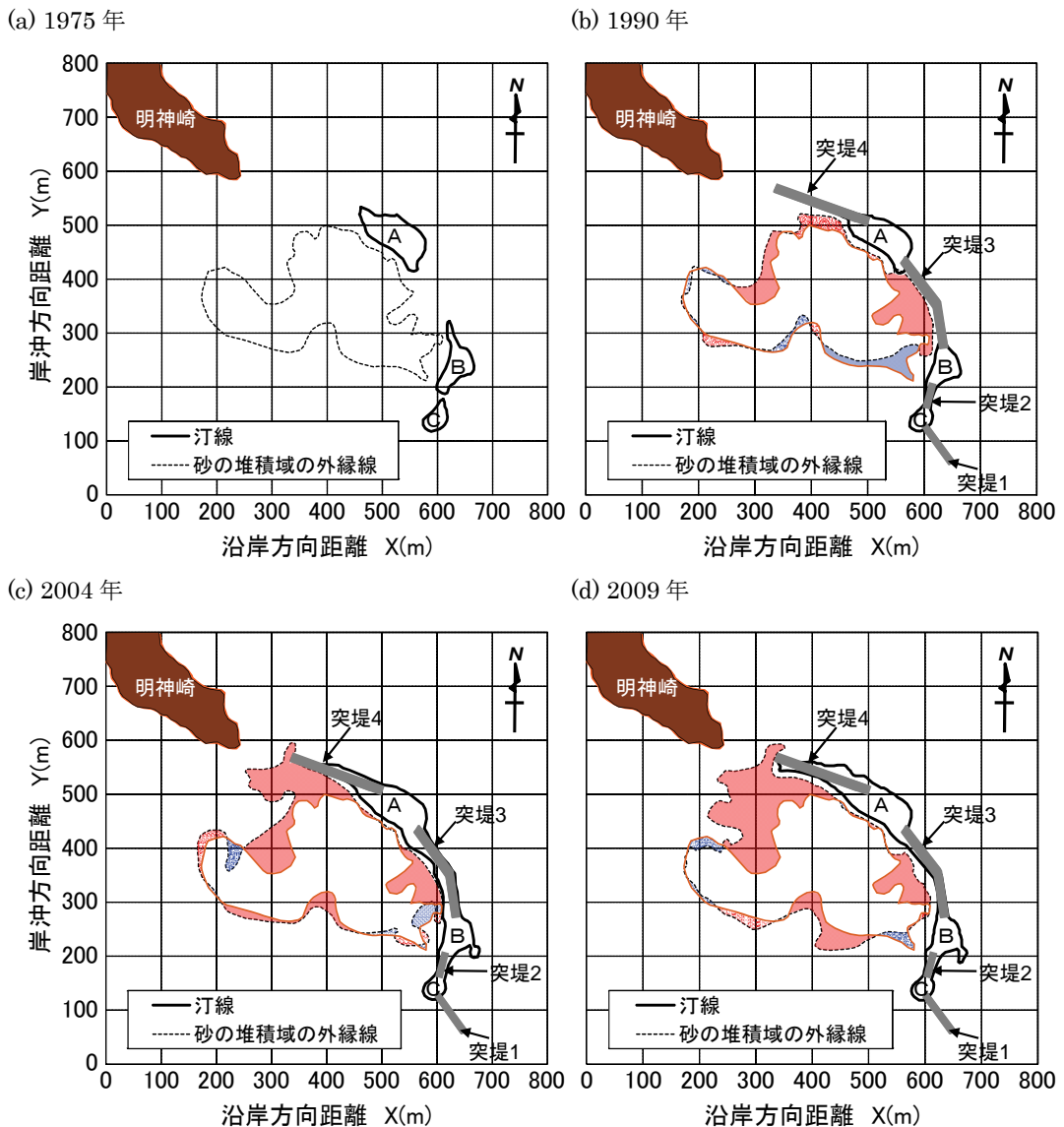
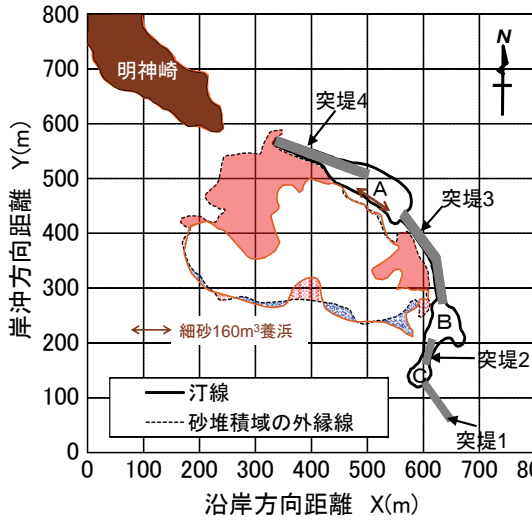
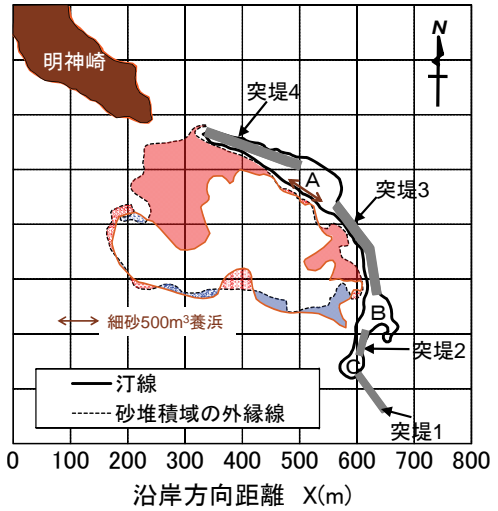


図3 汀線と砂の堆積域の外縁線 (a: 1975年, b: 1990年, c: 2004年, d: 2009年)

(e) 2012年4月



(f) 2012年7月



(g) 2013年1月

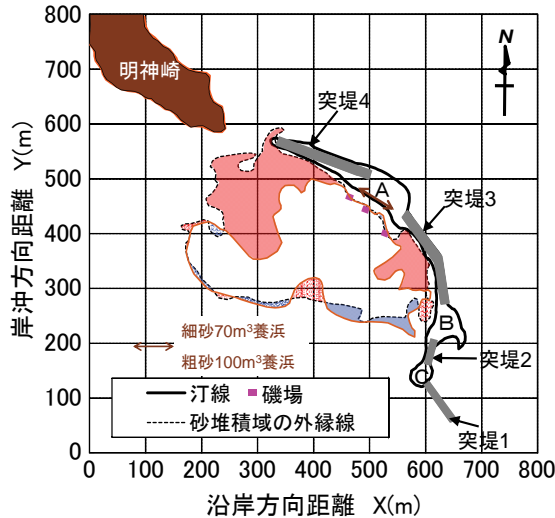


図3 汀線と砂の堆積域の外縁線 (e: 2012年4月, f: 2012年7月, g: 2013年1月)

路は100mまで狭められ、また島B、C間は突堤で繋がれた。これと同時に、突堤3、4の浦底湾側では砂の堆積域が広がった。2004年には突堤4の北端部南側での砂の堆積域の広がりが著しくなった。2009年には明神崎と突堤4先端間の水路のほぼ1/2まで砂の堆積域が広がり、同時に島A、Bの浦底湾側でも砂の堆積域が広がった。その後、2012年4月、2012年7月、2013年1月とほぼ同様な堆

積域分布を示す。初回の1975年と2013年1月の空中写真を比較すれば砂の堆積域の拡大が明らかで、砂の堆積域はとくに突堤4の浦底湾側で広く、それに次ぐのが突堤3の浦底湾側であった。

次に、突堤4と突堤1を繋ぐ線より浦底湾側の区域を対象として算出した前浜面積と砂の堆積域の面積変化を図4に示す。突堤3、4の建設後行われた養浜により、前浜面積と砂の堆積域の面積が

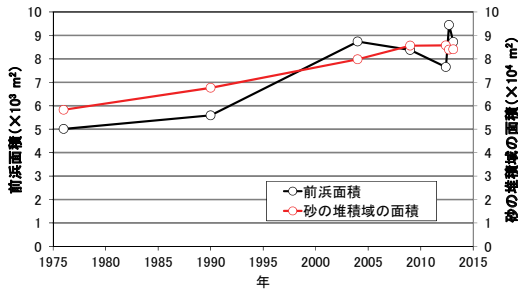


図4 浦底湾側の前浜面積と砂の堆積域の面積変化

ほぼ比例して増加してきたことが分かる。

2.3 異常発達した低気圧時の波高と潮位の変化

2012年3月12日と4月4日には日本海で低気圧が異常に発達し、水島では潮位が高まるとともに高波浪が作用した。図5は敦賀湾口における波浪観測から得られた有義波高・周期と、浦底に設置した水位計による潮位の観測結果を示す。観測データは、2012年3月1日から4月30日までの経時変化を示す。3月12日には敦賀湾口では北西方向から波高5.4m、周期12sの高波浪が作用し、このとき浦底では潮位がT.P.0.4mまで上昇した。同様に、4月4日には波高6.3m、周期13sの高波浪が作用した。このときも浦底での潮位は

T.P.0.5mまで上昇した。突堤3,4の天端高はT.P.0.5mなのでこれら2個の低気圧通過時には突堤3,4がほぼ水没し、越流が起こり得る条件にあった。

図6(a)は、敦賀原電において3月11日～12日に観測された風向風速(平均値)と浦底での潮位観測(計測ピッチ5分)結果の詳細を示す。3月11日16時から12日15時までには風向がN～NNWで、風速が5.0m/s以上の風が卓越し、12日2時には最大風速8.3m/sのN風を観測した。一方、潮位は3月11日15:50に0.31m、12日6時15分には0.34mを観測した。同様に、図6(b)は2012年4月3日～4日の観測結果を示す。低気圧の通過とともに、4月3日0時から14時までには最大11.3m/sのSSE風が卓越したが、15時には風が収まった後21時からNNW風へと反転し、4月4日4時には最大風速9.6m/sを観測した。一方、潮位は4月3日8時より上昇し4月3日15:50には最高潮位0.51mを観測した。

2.4 砂州越流観測

高波浪時の突堤4および砂州の越流状況を水島本島(A)北端の砂州上に定点カメラを設置し、1時間間隔で撮影することにより追跡した。図7は、

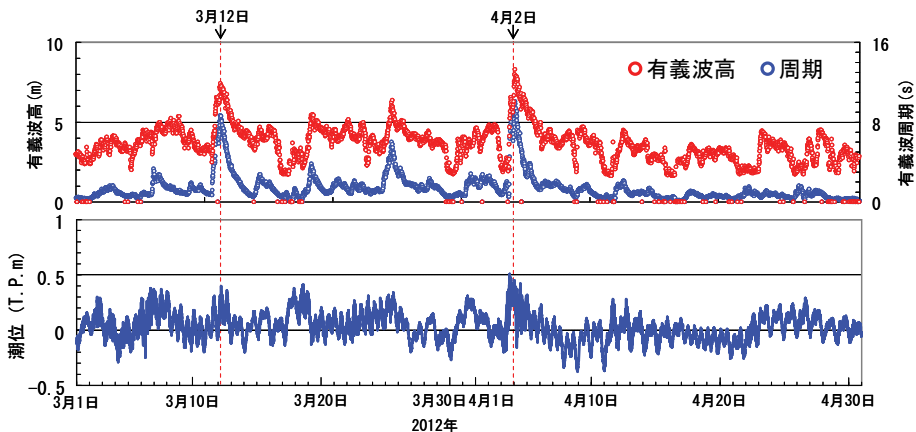
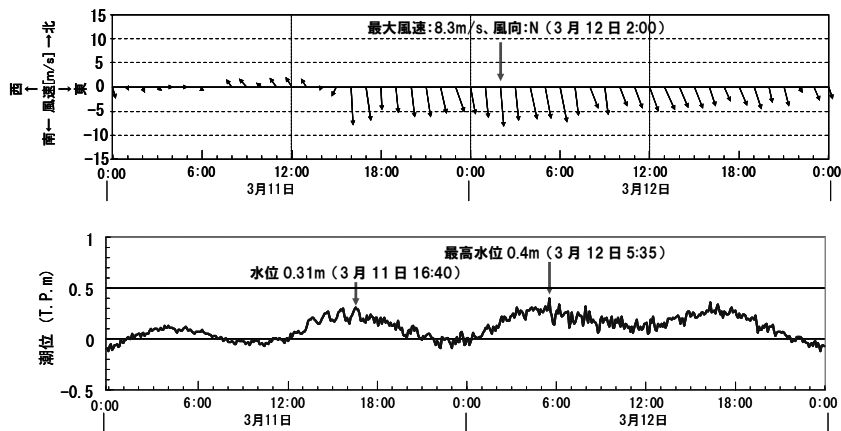


図5 敦賀湾口における波浪観測から得られた有義波高・周期と潮位

低気圧に伴う高波浪が襲来した 2012 年 3 月 12 日と 4 月 4 日における島 A と明神崎の間の砂州越流状況を示す。3 月 12 日 11 時の潮位は T.P. 0.07m であったが、敦賀湾側から砂州を越えて浦底湾側への越波が観察された。また 4 月 4 日には越流の規模がさらに増しており、敦賀湾側から浦底湾側への大規模な越流が観測された。画像の撮影時刻 8 時の潮位は T.P. 0.17m、波高 5.4m であったが、図 6 に示したように波高がピーク値 6.3m となった時刻 (3 時 40 分) の潮位は T.P. 0.19m とさらに高かったことから、図 7 (b) に示す状態よりさらに著しい越流が生じた と 推定 できる。

高波浪の越流は島 A, B を結ぶ突堤 3 でも起きた。図 8 は、低気圧の通過前後における突堤 3 付近の状況を示すもので、2012 年 2 月 24 日と 4 月 18 日撮影の写真である。低気圧の襲来前には突堤 3 の浦底湾側には帯状の砂浜があったが、高波浪襲来後の 4 月 18 日では突堤 3 の浦底湾側に形成されていた砂浜は完全に消失し、捨石製の突堤 3 の浦底湾側に帯状に局所洗掘穴が形成され、根固め捨石が流出した。このことから、突堤 3 でも著しい越流が生じたことが確認され、景観・利用への配慮から H.W.L. 0.5m に抑えられていた突堤 3, 4 の天端高は、本検証によりさらなる嵩上げが必要なこ

(a) 風向・風速と潮位 (3 月 12 日の低気圧)



(b) 風向・風速と潮位 (4 月 4 日の低気圧)

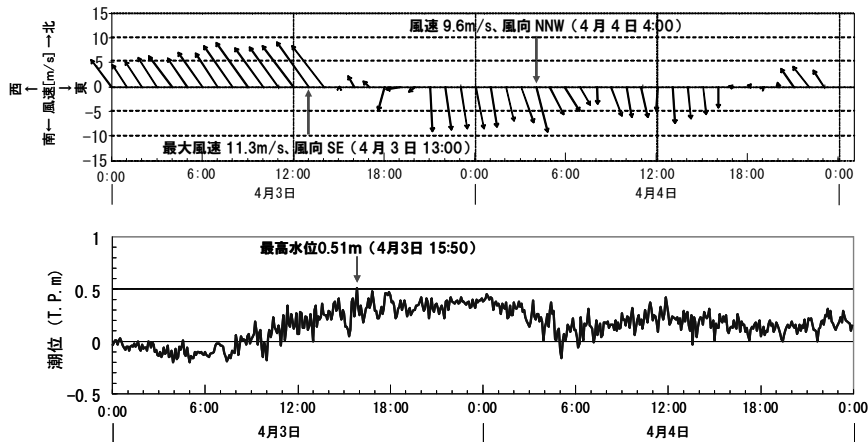


図 6 2012 年 3 月 11~12 日と 2012 年 4 月 3~4 日の風向風速および潮位

とが明らかになった。

3. 前浜安定化策の検討

3.1 侵食メカニズムと対策方針

前述のように、島 A、B での突堤の建設は、島間に存在した水路を經由する海水流動を消失させるとともに、各島周辺に堆積していた砂の突堤に沿う移動を可能としたことで、漂砂を助長する結果をもたらした。また、突堤 3、4 は天端高が T.P. 0.5m と低かったため、冬季風浪の作用時には敦賀湾側から浦底湾側への越流が起き、水島の浦底湾側に堆積していた砂を沖へと押し流して砂の堆積域を南側に広げる作用をもたらした。同様に、敦

賀湾内で発達した風波に伴う水島の浦底湾側で生じた北西方向の沿岸漂砂により、海水浴シーズン前に行われる島 A の浦底湾側での養浜砂が運び去られ、さらに突堤 4 を越えた敦賀湾側への移動が起こり、敦賀湾側にある磯資源に対してマイナス効果を及ぼした。図 9、10 は島 A の浦底湾側での養浜直後の 2011 年 12 月 14 日と、侵食後の 2013 年 1 月 31 日撮影の海浜状況を示すが、侵食により砂が運び去られて大きな礫が散乱し、海水浴に適さない状況となったことが分かる。沿岸漂砂による砂移動の機構については、既に宇多ら¹²⁾により示したが、本研究の結果、突堤の越流も海浜の不安定化に多大な影響を及ぼしたことが明らかとな

(a) 2012 年 3 月 12 日 11:00 (潮位 T.P. 0.07 m)



(b) 2012 年 4 月 4 日 8:00 (潮位 T.P. 0.17 m)



図 7 島 A と明神崎間の砂州の越流状況

(a) 2012 年 2 月 24 日



(b) 2012 年 4 月 18 日



図 8 低気圧通過前後における突堤 3 付近の状況

った。

以上より、侵食対策の基本方針として①沿岸漂砂の制御と、②突堤の越流防止による海浜の安定化が提案された。とくに②は漂砂にも影響を及ぼしていることから優先的に進められた。

3.2 突堤の越流防止対策の検討

まず、地元住民が参加する合意形成会議において、突堤の越流防止対策として突堤の嵩上げを提案したところ、「景観への配慮」「海浜と天然磯の分離」「歩行者の安全性確保」等の要求性能が挙げられた。これらの性能と嵩上げ高のバランスを取



図9 島Aの浦底湾側での養浜直後(2011年12月14日)の海浜状況



図10 島Aの浦底湾側での侵食後(2013年1月31日)の海浜状況

ることが重要な課題となった。越流防止のためには、突堤の天端高を波のうちあげ高以上まで嵩上げすればよいが、景観への配慮には砂浜から突堤の天端が突出しない(ほとんど見えない)ことが重要である。つまり、海浜安定化に必要なかつ最小限の天端高を設定する必要があった。このため、既設突堤の一部で確認された現象に着目して設計を進めた。既設突堤は数百kg~1t程度の石材で築造されており図8にも示したように石材間には間隙がある。主に浦底湾側からの波により突堤4の浦底湾側においてバームが形成される時、バームを越流した海水は既設突堤の天端の間隙に流入する。この時、既設突堤がフィルター効果を発揮し、海水は流出するが堰き止めが起きて堤外側には砂が流出しない状況が確認された。これより砂州を越流した海水のみをフィルター効果により排水可能な捨石堤を造ればよいと考えられた。

そこで、3Dレーザースキャナーを用いて詳細地形測量を行い、砂州の法尻側での勾配変化点を分析した結果、T.P. 1.1~1.2mの標高を維持すれば安定的な断面地形が形成されうると推察された。この結果を踏まえてフィルターユニットを用いた試験施工を行い、追跡調査の結果、T.P. 1.2mの天端高の築堤によりフィルター効果が発揮され、海



図11 新設された突堤嵩上げ工

浜の安定化が可能なことを確認した。

この結果を基に、2012年12月には突堤3の本島側基部から40m、また突堤4については本島側基部から64mが天端高T.P.1.2mへと嵩上げされた。2013年5月に開催された地元住民への現地説明会の際には、図11に示す嵩上げ完了区間で説明を行った。まず、観測者の右（浦底湾）側海浜からの越波に伴って左（敦賀湾）側へと砂が運ばれたものの、捨石製の嵩上げ工部分では捨石の間隙から海水のみが流出した結果、砂の堆積は観測者の立つ位置までに留まり、敦賀湾側への砂の流出は透過性の捨石層の持つフィルター効果によりほぼ防がれていた。このことから、嵩上げにより海浜の安定化が図られたことがほぼ確認できた。同時に景観面でも支障がなく、また、歩行者の安全性確保についても地域住民の要求を満足するものであることが確認された。

3.3 磯の補強による漂砂制御効果の向上策

海水浴場として使われてきた水島本島(A)の浦底湾側の海浜変形は、主として敦賀湾内での南東風に伴う風波の作用により引き起こされる。また、対象区間は海水浴利用者が最も集中する地区であり「景観への配慮」と「利用者の安全性確保」が強く求められた。そこで、現地の天然磯場周辺における舌状砂州の形成に着目し、自然石による人工磯場を用いたヘッドランドコントロールによる漂砂制御を提案した。人工磯場は、平均水面下にマウンドを築造した上に、当該地点の設計波に耐えられる大きさの自然石(1t、幅0.5m程度)を水面上に突出させ、かつ、入射波向に対して直角方向に数個並べて配置することで消波効果を発揮するように設計した「離岸堤」に類する構造物である。さらに平面配置は、天然磯場を活用・補強するように試行的に検討した。ただし、このような人工磯場の透過率の定量的な評価が困難なため、

現地に1/2堤長の人工磯場を施工し、1シーズン経過後の地形を再度計測し、数値モデルの精度向上を図った。

まず、前報²⁾では、天然磯場周辺の詳細地形測量を行い、南東風に伴う風波の作用する条件下で磯場の範囲と透過率を数値モデル上で与えて、天然磯場(図12のR₁~R₄)背後の舌状砂州を含む海浜地形を再現した。本研究では、初期地形を前報における2009年の再現地形とし、3年後の2012年の予測地形(放置後、ケース1)を基に対策案の性能を評価した。2012年地形を予測対象とした理由は、2009年を初期地形として放置の計算を行った場合、3年後の2012年にほぼ安定地形が得られたことによる。表1に計算条件を示す。このうち外力条件は卓越波向SSEとし、常時波浪(H=0.2m:波による地形変化の限界水深から逆推定)と荒天時波浪(H=0.5m:SMB法で算定)を年間の発生頻度に応じて与えた。

まず、ケース1(初期地形と放置後地形)の予測結果を図12に示す。突堤3および水島本島(A)

表1 計算条件

数値計算法	粒度組成と個々の粒径に対応した複合平衡勾配を考慮した海浜地形・粒径変化予測モデル ⁴⁾ 、放物型モデル ⁵⁾ 、不規則波の方向分散法 ⁶⁾
計算対象	突堤3南端~突堤4北端の浦底湾側(X=250~675m)
計算ケース	ケース1:2009年再現および2012年放置後予測 ケース2:人工磯場(a,b,c)3基設置 ケース3:人工磯場cのみ堤長を1.5倍に延長
初期地形	2009年の再現地形
底質粒径	0.3mm、2.0mm
平衡勾配	1/10
入射波条件	常時波浪: H ₁ =0.2m(断面図から読み取った波による地形変化の限界水深から逆推定) 荒天時波浪: H ₂ =0.5m(SMB法で算定) 砕波角(α _b):磯部 ⁷⁾ および酒井ら ⁸⁾ の結果を用いて重み付け平均した波向
水位条件	常時波浪 T.P.0.2m(M.W.L.) 低気圧来襲時波浪 T.P.0.5m(年間5.5%)
地形変化範囲	常時波浪:バーム高 h _B =0.4m(限界水深から逆推定) 波による地形変化の限界水深 h _c =0.4m(断面図判読) 低気圧来襲時波浪: h _B =1.2m(断面図判読), h _c =0.4m(断面図判読)
境界条件	左右端を固定境界
漂砂量係数	漂砂量係数 A=0.03 小笹・ブランプトン項の係数 ζ=0.7 岸沖漂砂量係数 K _s /K _{xy} =0.1
漂砂量の水深分布	一様分布
土砂落ち込みの限界勾配	陸上:1/2、水中:1/3
計算範囲	X=250~675m、Z=1.5~1m
計算メッシュ	ΔX=1m、ΔZ=0.1m
計算時間間隔Δt	Δt=1hr
計算ステップ数	1年間:8,760ステップ
数値計算法	陽解法による差分法

付近に堆積していた砂は北西方向へと移動し、水島本島前面の前浜は大きく狭まった。次に、対策案（ケース 2, 3）の性能検証を行った。計算結果を図 13, 14 に示す。ケース 2 は堤長 9m の人工磯場 3 基 (a, b, c) を設置する案であり、天然磯場 R₂, R₃ の波浪制御性能向上とその中間に設置した人工磯場により汀線の前進を図るものである。図 14 の汀線変化量で見ると、ケース 2 では島 A 周辺の約 2/3 の区間で汀線が後退する一方、下手側の突堤 4 の浦底湾側では汀線が前進する結果と

なり、最もニーズの高い島 A の浦底湾側では汀線が維持できなかった。そこでケース 3 では、島 A の漂砂下手側に位置する人工磯場 c の堤長を 1.5 倍の 14m まで伸ばし、波浪制御性能を向上させた。その結果、島 A 周辺の大部分の区域で汀線を維持でき、かつ、人工磯場 c の漂砂下手側で著しい汀線後退を招くことがないとの結果を得た。よって、以降この案に従って工事を行うこととなった。

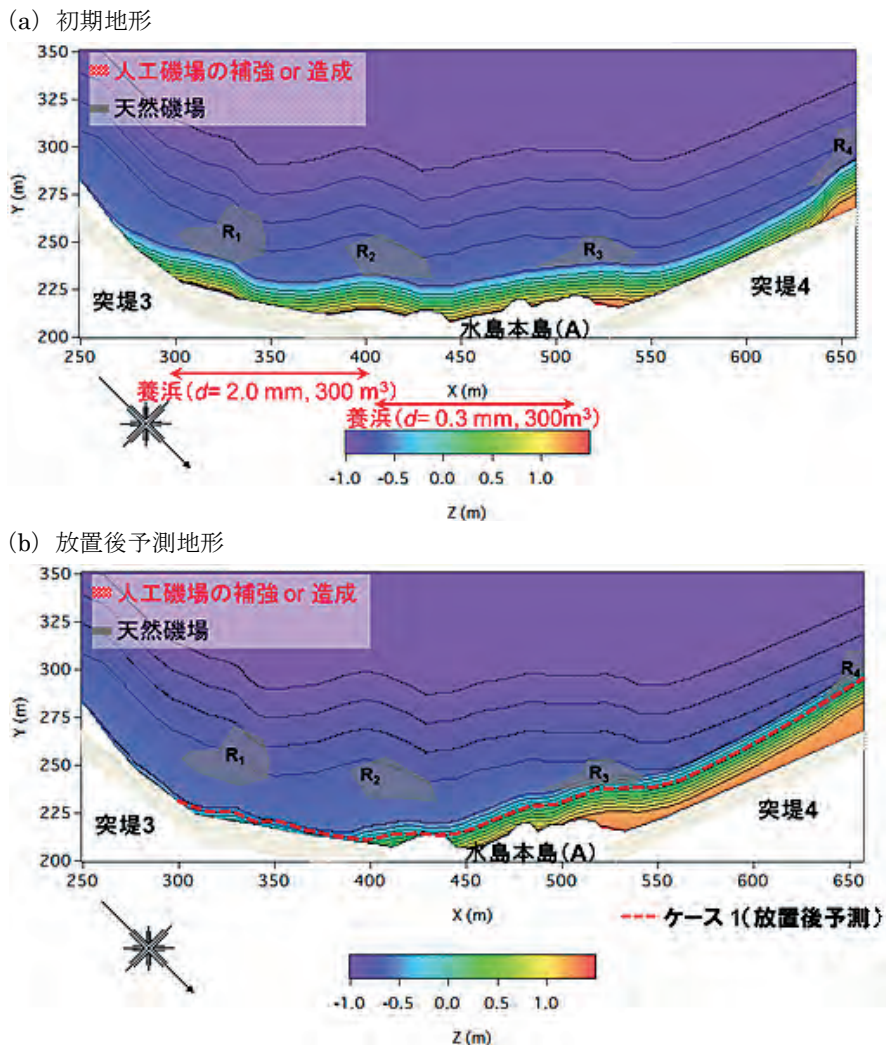
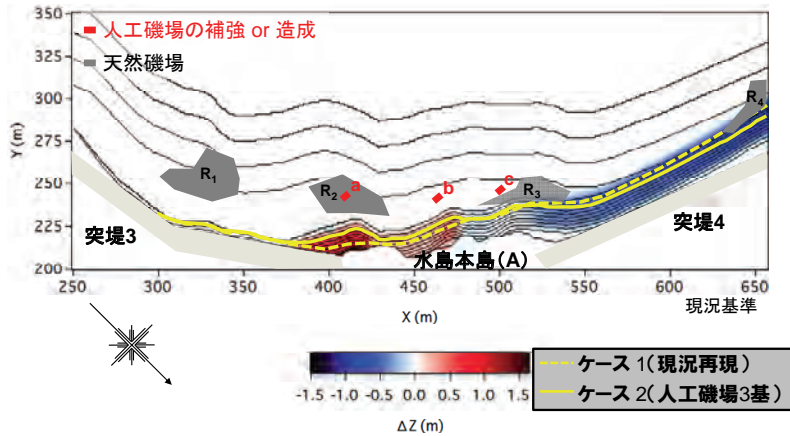


図 12 ケース 1 の計算結果 (a : 初期地形, b : 放置後予測地形)

(a) ケース 1 基準の水深変化 (ケース 2)



(b) ケース 1 基準の水深変化 (ケース 3)

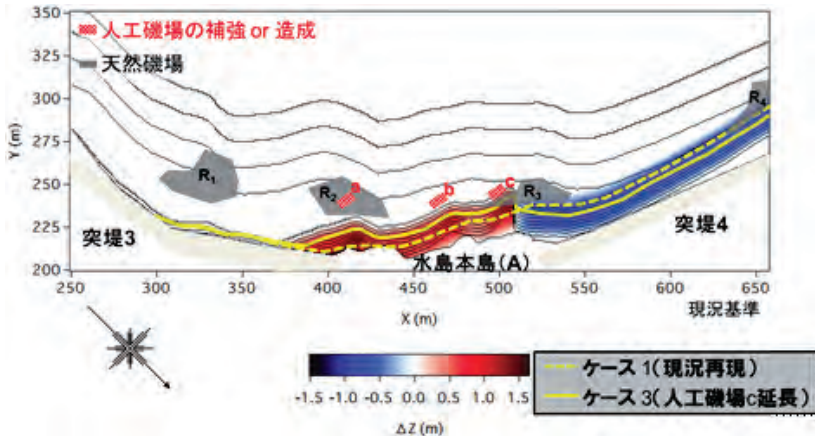


図 13 ケース 2, 3 の計算結果

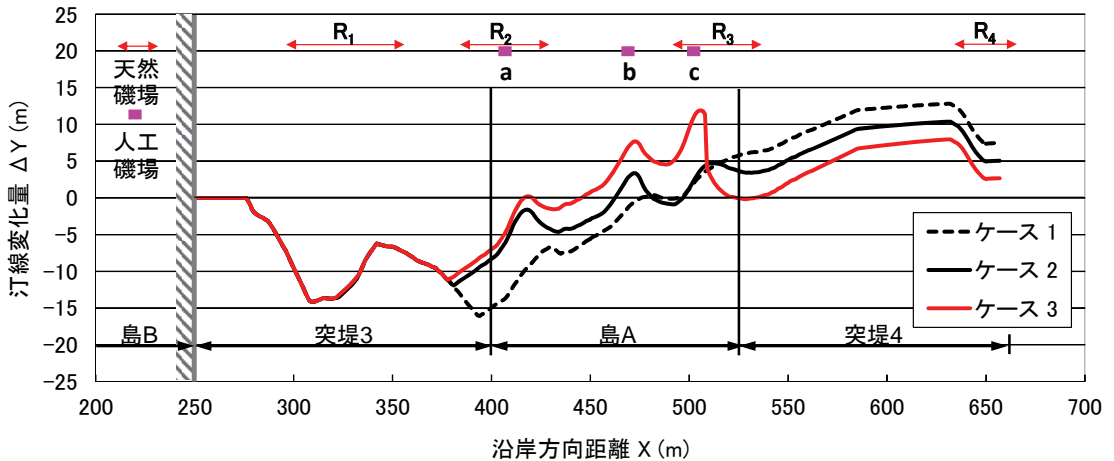


図 14 2009 年基準の汀線変化比較

4. まとめ

空中写真の比較によれば、水島本島 A と島 B での突堤の建設は、島間に存在した水路を經由する海水流動を消失させるとともに、各島周辺に堆積していた砂の突堤に沿う移動を助長する結果をもたらしたことが分かった。また、水島では低気圧通過時に潮位が上昇し、その際、敦賀湾側から浦底湾側へ、あるいはその逆方向に突堤 3, 4 の越流が起こり、砂が運び去られて不安定になること、したがって、土砂の流出防止には突堤の嵩上げが必要なことが分かった。このことから、突堤の嵩上げを試験的に実施したところ、突堤の嵩上げにより景観を悪化せずに砂州の安定性を高めることが可能なことが明らかになった。さらに、水島本島の浦底湾側にある海水浴場の砂浜を保全するために、離岸堤と同様な消波効果を有する人工磯場の配置や形状を様々変えた条件で地形変化計算を行ったところ、島 A の浦底湾側沖に長さがそれぞれ 9m, 9m, 14m の人工磯場 a, b, c を設置することで、本島の浦底湾側の汀線に沿って北西方向へと移動する漂砂量を低減可能なことが分かった。

引用・参考文献

- 1) 宇多高明, 辻岡雄樹, 西村隆吉, 西岡陽一, 星上幸良, 小澤弘樹, 野志保仁: 福井県水島における防波堤の建設に伴う海浜変形, 地形, Vol. 32, pp. 29-48, 2011.
- 2) 宇多高明, 野志保仁, 星上幸良, 辻岡雄樹, 西村隆吉: 福井県水島の海浜変形の実態と地形変化予測, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 67, No. 2, p. I_541-I_545, 2011.
- 3) 時岡雅樹, 板倉智博, 宇多高明, 星上幸良, 小澤宏樹, 小林行吉: 高潮位時における水島の砂州変形機構, 日本沿岸域学会研究討論会 2013 講演概要集, 2013.

- 4) 野志保仁, 小林昭男, 宇多高明, 熊田貴之, 芹沢真澄: 粒度組成と個々の粒径に対応した複合平衡勾配を考慮した海浜変形・粒径変化予測モデル, 地形, Vol. 29, pp. 399-419, 2008.
- 5) 磯部雅彦: 放物型方程式を用いた不規則波の回折・屈折・碎波変形の計算法: 海岸工学講演会論文集, 第 33 巻, pp. 134-138, 1986.
- 6) 酒井和也, 小林昭男, 宇多高明, 芹沢真澄, 熊田貴之: 波の遮蔽構造物を有する海岸における 3 次元静的安定海浜形状の簡易予測モデル, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp. 496-500, 2003.

著者紹介

時岡 雅樹

福井県土木部, 昭和 47 年生まれ, 平成 2 年 4 月福井県庁に入庁, 現在嶺南振興局敦賀土木事務所勤務.
E-mail: m-tokioka-um@pref.fukui.lg.jp

板倉 智博

福井県土木部, 昭和 56 年生まれ, 平成 15 年 4 月福井県庁に入庁, 現在嶺南振興局敦賀土木事務所勤務.
E-mail: t-itakura-75@pref.fukui.lg.jp

宇多 高明 (正会員)



一般財団法人土木研究センターなぎさ総合研究室長 (東京都台東区台東 1-6-4), 1949 年 3 月生まれ, 1973 年 3 月東京工業大学大学院修士課程修了, 同年 4 月建設省土木研究所に入所. 1983 年 2 月工学博士, 2003 年国土技術政策総合研究所研究総務官を退官. 同年 8 月より同法人審議役, 現在常務理事.
E-mail: uda@pwrc.or.jp

星上 幸良（正会員）



国際航業（株）第一技術部（東京都府中市晴見町2-24-1）、昭和40年生まれ、昭和63年3月日本大学理工学部海洋建築工学科卒、同年4月国際航業株式会社に入社。現在同社勤務、平成18年9月博士（工学）、土木学会・建築学会・日本沿岸域学会・海岸林学会会員。
E-mail:yukiyoshi_hoshigami@kk-grp.jp

野志 保仁（正会員）



日本大学理工学部海洋建築工学科（千葉県船橋市習志野台7-24-1）、昭和56年生まれ、平成21年3月日本大学理工学研究科博士後期課程修了、同年4月有限会社アイコムネットに入社、現在同大学助手、博士（工学）、土木学会・日本地形学連合会員。
E-mail:noshi.yasuhito@nihon-u.ac.jp

小澤 宏樹（正会員）



国際航業（株）第一技術部（同上）、昭和51年生まれ、平成16年3月日本大学大学院理工学研究科博士後期課程修了、平成23年1月国際航業株式会社に入社。現在同社勤務、博士（工学）、土木学会・日本沿岸域学会会員。
E-mail:hiroki_ozawa@kk-grp.jp

Expansion of Sand Deposition Zone Triggered by Construction of Groins on Mizushima Island in Fukui Prefecture and Measures for Stabilization of Sandy Beach

Masaki TOKIOKA, Tomohiro ITAKURA, Takaaki UDA,
Yukiyoshi HOSHIGAMI, Hiroki OZAWA and Yasuhito NOSHI

ABSTRACT : Beach changes of Mizushima Island in Tsuruga Bay were investigated using aerial photographs. The construction of three groins disrupted water exchange and wave propagation via the channels between the islands, resulting in sand deposition behind the islands connected by the groins. The mechanism of sand discharge over the groins during low pressure was investigated using the tide observation data and photographs from a fixed position on the island. Furthermore, the effect of the extension of existing offshore reefs to widen the sandy beach was investigated using the contour-line-change model. With increase in wave dissipating effect of the offshore reef, sand discharge by longshore sand transport from behind the Mizushima Island was reduced.

KEYWORDS : *Tsuruga Bay, Mizushima island, beach changes, groin, aerial photograph, beach nourishment, contour-line-change model*