

# 砂浜における水みち形成過程の水理実験

鹿児島大学工学部

学生会員 永田佑輔

鹿児島大学大学院理工学研究科

正会員 柿沼太郎

## 1. 研究の背景

侵食性海浜にその保全のため養浜を行なっても、砂が定着せずに流出することがある(佐藤ら, 1982; 佐藤ら, 1986). その一例に, 鹿児島市の磯海岸がある. この海岸の砂浜は, 南側の稲荷川からの排出土砂により養われてきたと考えられるが, 磯海岸と稲荷川の間の一部が埋め立てられ, 砂の運び役である鹿児島湾湾口から入射する発達した波浪が遮られてしまった. その後, 砂浜が痩せ始めたため, 鹿児島市は, 昭和55年から海水浴シーズン前に,  $500 \text{ m}^3$  の砂を投入して海水浴場の砂浜を維持している. しかしながら, 砂を投入してあまり時間が経過していなくても, 大雨があると, 多量の砂が流出してしまうといった問題がある. 一般に, 養浜砂が流出しやすくなる原因の一つは, 養浜材料の不適切と考えられるが, 他の理由として, 砂浜に無数の細かい筋(以後, 水みちと呼ぶ.)が形成されることがあり, その水みちを通して海水と共に砂が流出することが考えられる. 写真1は, 磯海水浴場に形成された水みちである. そこで, 本研究では, 水みちの形成条件に関して, 断面水槽及び大型平面水槽を用いた水理実験により調べる.



写真1 磯海岸に形成された水みち

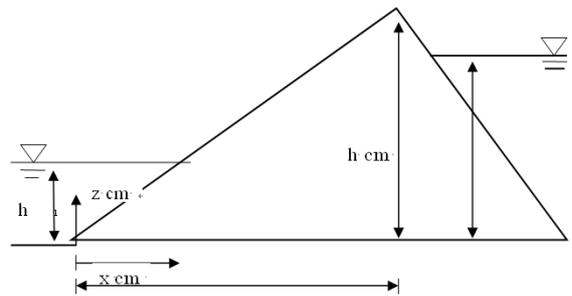


図1 実験装置

## 2. 断面水槽を用いた水みちの水理実験

図1及び写真2に示すような, 高さ  $h$ , 斜面開始点から頂点までの長さ  $l$ , 幅  $40 \text{ cm}$ , 一様勾配  $s$  の砂浜斜面を断面水槽内に作製した. 砂は, 豊浦標準砂である. 海側の水位を  $h_1$ , 後背地の水位を  $h_2$  とする. 斜面開始点から水みち形成地点までの距離を  $x$ , 高さを  $z$  とする. 後背地への給水速度を一定とし, 水位上昇速度を  $1.23 \text{ cm/min}$  とする. 斜面の沖側と岸側において, 等しい給水速度で  $h_1 = 28 \text{ cm}$  となるまで給水する. その後,  $h_1$  を維持し,  $h_2$  のみ  $60 \text{ cm}$  になるまで給水続ける. 給水完了後1時間放置し, その後, 一定速度  $2.33 \text{ cm/min}$  で排水する. 給水前に, 斜面勾配を様々な条件に調整し, 水槽に給水して満潮状態を作り, その後排水して干潮状態とする. 排水後, 1時間観測し, 後背地の水位を排水して, 24時間後に再び観測を行なう. また, ウラニンとブラックライトを用いて砂浜内部の浸透流速を計測する. なお実験は, 各条件につき3回ずつ行なった. Case Aでは,  $l = 180 \text{ cm}$ ,  $h = 70 \text{ cm}$  とし,  $s = 0.389$  とした. また, Case Bでは,  $l = 135 \text{ cm}$ ,  $h = 70 \text{ cm}$  とし,  $s = 0.519$  とした.

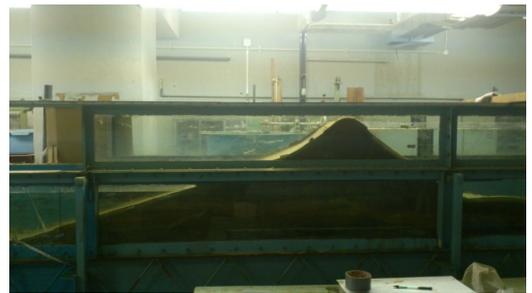


写真2 実験装置

Case AとCase Bともに, 3回とも水みちが形成された. Case 1の斜面勾配点からの距離  $x$  は, 1回目から3回目まで, それぞれ,  $25, 36$  及び  $29 \text{ cm}$  となり, 水みちが現れた高さ  $z$  は, それぞれ,  $9.2, 11.5$  及び  $10.5 \text{ cm}$  であった. 形成された水みちの個数は, それぞれ,  $5, 8$  及び  $8$  個であった.  $x$  には, ばらつきが見られるが,  $z$  は,  $10 \text{ cm} \pm 1.0 \text{ cm}$  程度の差異しか見られなかった. 更に, 水みちの最大幅を見ると, それぞれ,  $3.4, 4.5$  及び  $4.6 \text{ cm}$  であった. 一方, Case 2では  $x = 24, 25$  及び  $29 \text{ cm}$ ,  $z = 7.5, 8.2$  及び  $8.5 \text{ cm}$  となった. 水みちの個数は,  $7, 6$  及び  $7$  個となり, 最大幅は,  $4.3, 4.5$  及び  $4.9 \text{ cm}$  であった.

また, 平均浸透流速は, Case 1では, 約  $2.04 \text{ cm/min}$ , Case 2では, 約  $1.87 \text{ cm/min}$  であった.

### 3. 大型平面水槽を用いた水みちの水力実験

長さ 22.50 m, 幅 12.92 m, 深さ 1.23 m の平面水槽に, 岸沖及び沿岸方向の長さがそれぞれ 10.0 及び 12.9 m の砂浜斜面を設置した. 給水前に, 底面形状を様々な条件に調整し, 底面の高さを測量した. そして, この水槽全域に給水して満潮状態を作り, 放置時間 $\Delta t$ の間, 給・排水を止め, その後, 排水して干潮状態とした. その際, 給水時には, 沖における水深  $h$  を初期水深  $h = h_0$  から, 一定速度約 0.08 m/h で  $h = h_f$  まで増加させ, 他方, 排水時には, 沖水深  $h$  を一定速度約 0.48 m/h で  $h = h_c$  まで減少させた. 実験の初期状態は, 砂浜内の地下水を十分排水した後, 下記の Case 5 を除いて底面の水みちを消去した状態とした.

**Case 1** では, 沖水深を  $h_0 = 0.01$  m,  $h_f = 0.9$  m 及び  $h_c = 0.38$  m とし, 放置時間を  $\Delta t = 15$  h とした. 初期底面には, 砂浜の沖端から 3 m 程度岸側まで砂澁を作った. **Case 2** では,  $h_0 = 0.06$  m,  $h_f = 0.7$  m,  $h_c = 0.03$  m 及び  $\Delta t = 0$  h とした. **Case 3** では, 底面の上層を深さ 0.04 m 程度掘り返して緩い状態とした. そして,  $h_0 = 0.04$  m,  $h_f = 0.71$  m,  $h_c = 0$  m 及び  $\Delta t = 0$  h とした. **Case 4** では,  $h_0 = 0.09$  m,  $h_f = 0.6$  m,  $h_c = 0$  m 及び  $\Delta t = 15$  h としたが, ここでは, 給水後, 規則波を入射させて砂澁を形成してから, 放置時間後, 排水を行なった. 入射波の周期及び波高をそれぞれ 3.0 s 及び 0.08 m とし, 1 時間造波したところ, 砂浜の沖端から 2 ~ 4 m の場所に砂澁が形成された. **Case 5** では, Case 4 の実験終了後, 水みちを消去せずに  $h_0 = 0.07$  m,  $h_f = 0.76$  m,  $h_c = 0$  m 及び  $\Delta t = 15$  h で給・排水した. **Case 6** では,  $h_0 = 0.02$  m,  $h_f = 0.45$  m,  $h_c = 0.12$  m 及び  $\Delta t = 15$  h とした. **Case 7** では,  $h_0 = 0.14$  m,  $h_f = 0.71$  m,  $h_c = 0$  m 及び  $\Delta t = 15$  h とした.

Case 1 では, 水みちが比較的明瞭に形成され, 水みちにおいて地下水の滲出に伴う砂の輸送が確認された. 一方, Case 2 及び 3 では, 比較的小規模な水みちしか形成されなかったが, これは, Case 2 及び 3 において放置時間を  $\Delta t = 0$  h としたため, 地下への水の浸透量が十分でなく, 地下水位が低かったためだと考えられる. Case 2 と, 底面表層を比較的緩い状態とした Case 3 では, 水みちの形成状況にあまり違いが見られなかった. 従って, この場合には, 底面表層の締め固めの程度は, 水みち形成に殆ど影響しなかったと言える. Case 4 及び 5 では, 形成された水みちに殆ど変化がなかった. 従って, 地下への水の浸透量が十分であって, 地形条件が同一であれば, 水みちが形成される場所もほぼ特定され, 同様の水みちが形成されると考えられる. Case 1 では, 初期底面に砂澁が存在した領域に水みちが形成されていたため, Case 1 と Case 4 を比較することにより, 砂澁の影響を調べた. その結果, Case 4 において, 初期底面に砂澁が存在した領域には, 水みちが見られず, 砂澁の存在よりも, 地下水位, 水の浸透量や底面の起伏が水みち形成に大きな影響を与えると言える. いずれの実験条件の場合においても, 斜面の岸寄りには, 水みちが形成されなかった. また, Case 6 では, 水みちが形成されなかった. 以上より, 地下水が滲出して水みちが形成されるためには, ある水位差が必要であることがわかる. ここで, 水位差とは, 十分な放置時間をとった際の, 満潮時と干潮時の沖水深の差 ( $h_f - h_c$ ) を意味している.

図 2 に, 各場合における水みちの深さを示す. 図の横軸は, 水位差 ( $h_f - h_c$ ) である. これより, 地下への水の浸透量が十分であるとき, 満潮時と干潮時の沖における水位の差が大きい程, すなわち, 干潮時の沖における水位と地下水位の差が大きい程, 水みちの深さの最大値が大きくなると言える. なお, 写真 1 に示した磯海岸における水みちは, 幅, 深さ共に水槽に形成された水みちよりも大きい, これは, 磯海岸の後背地が広く, また, 山や林を有し, 雨天時に貯えられた豊富な地下水量により, 地下水位の高い状態が長時間維持されたため, 水みちにおける滲出流量が比較的大きくなったからであると推察される.

#### 参考文献

- 井上雅仁: 砂浜における水みちの形成の水力実験, 鹿児島大学工学部卒業論文, 27p., 2011.  
 佐藤道郎・鉦賀一博・ロノ町誠・福島博文・森 芸: 摺ヶ浜の砂流失に関する現地観測, 海岸工学講演会論文集, pp. 323-327, 1982.  
 佐藤道郎・浦上博行・西原克夫: 海岸地下水の滲出による前浜の砂流失, 海岸工学講演会論文集, pp. 233-237, 1986.

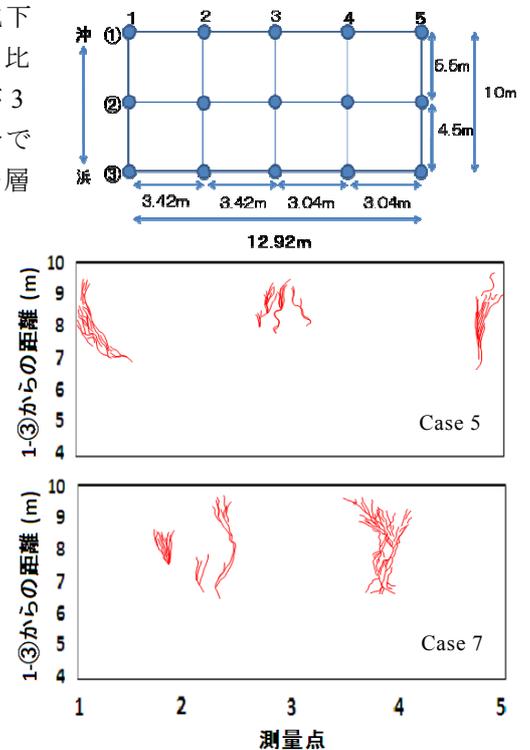


図 2 形成された水みち