

# 人工リーフ周辺における三次元海浜変形予測に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 松原雄平  
鳥取大学工学部 正会員 黒岩正光  
鳥取大学大学院 学生会員 ○関 俊介

## 1. はじめに

鳥取県東部の浦富海岸では、侵食対策として平成7年に天端水深2mの人工リーフ2基が設置され、平成19年度からリーフ沖側に天端を拡張し、天端水深0.5mとする改良工事(第二期工事)が実施されている。しかし平成19年から平成20年にかけて、開口部において非常に深い洗掘が発生し始めている。一方で、毎年の冬季波浪による田後港向きの沿岸流の影響で港口部の堆砂が発生し、毎年約2万~3万m<sup>3</sup>の土砂が浚渫され、サンドリサイクルとして人工リーフ開口部前面へ投入されている。そこで田後港の堆砂を浚渫し人工リーフ背後周辺にサンドリサイクルを行うことを想定し、3次元海浜変形モデルを導入して人工リーフ開口部および田後港港口部の地形変化を解析し、土砂投入が地形変化に与える影響について検討した。

## 2. シミュレーションモデル

シミュレーションモデルは黒岩ら(2012)の3次元海浜変形モデルに浚渫と土砂投入過程を取り入れたものである。本モデルは、図-1に示すように、波浪場、海浜流場、漂砂量および地形変化(水深変化)計算の4つのサブモデルで構成されている。波浪場はエネルギー平衡方程式、海浜流場は平面2次元海浜流モデルを用い、漂砂量は掃流漂砂と浮遊漂砂の総和で評価される。浚渫と土砂投入過程は、地形変化計算のサブモデルにおいて考慮されている。

波浪場、海浜流場および漂砂量の計算モデルの詳細は黒岩ら

(2012)に譲るとし、改良点のみを示す。地形変化を計算する際に用いる漂砂量保存則(漂砂の連続式)に浚渫量と土砂投入量のプロセスを考慮するため、

式(1)に示すように、浚渫土砂フラックス $q_d$ と投入土砂フラックス $q_i$ の項を付加した。

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{1-\lambda}(-Q_s) + \frac{1}{1-\lambda} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left( q_{bx} + \varepsilon_s |q_{bx}| \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( q_{by} + \varepsilon_s |q_{by}| \frac{\partial h}{\partial y} \right) \right\} + q_d - q_i \quad \cdot \cdot (1)$$

ここに、 $x$ は沖から岸向の座標で、 $y$ は沿岸方向の座標である。 $h$ は水深、 $Q_s$ は底質の巻き上げ量と沈降水量との差で、浮遊砂濃度に関する平面2次元移流拡散方程式から算定される。 $q_{bx}$ および $q_{by}$ は岸沖および沿岸方向の掃流漂砂量である。

## 3. 解析条件

解析対象の岩美海岸(浦富海岸)の計算領域と浚渫個所および土砂投入領域を図-2に示す。計算領域は、沿岸方向2km、岸沖方向1.25kmの範囲で計算格子間隔は5mとした。波浪条件は、平成19年10月から平成20年3月までに鳥取沖で観測された波浪データを4区分に分類した。波高1m未満の波浪は海浜変形に大きく寄与しないと仮定し、波作用日数を122日に設定し、表-1のように階級分けした。図-3は、表-1を元に設定波

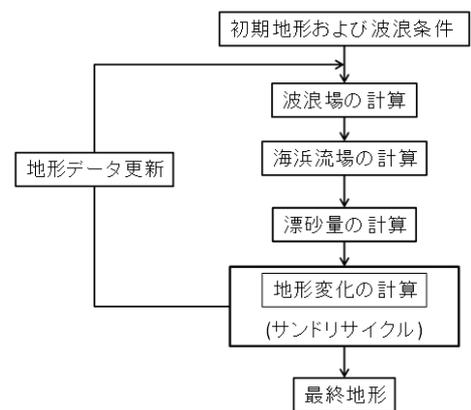


図-1 計算のフロー

浪の時系列モデルを示したものである。平成19年10月から平成20年3月までの冬季間における地形変化を対象としたものとなっており、すなわち、6か月後の地形変化に対応し、1mを超える波浪のみが作用するものとした。波向きは岸沖方向の軸を基準とし反時計回りを正とした波の入射角度で示されている。解析では、田後港口での浚渫期間を40日とし、この期間同時に土砂投入を行う設定となっている。この期間は波高0.5mの静穏な波浪が来襲したものと仮定した。図中の①から⑭は表-1に示す番号に対応しており、土砂浚渫と投入終了後から122日間を意味している。浚渫の場所および量としては図-2に示すように離岸方向675m~775mおよび沿岸方向200m~275mの港口の領域から5000m<sup>3</sup>を浚渫するものとした。さらに、これらの浚渫土砂をCase1~Case12に示す土砂投入領域に投入することを想定し、それぞれのケースにおける地形変化を解析した。図-2には、田後港の河口における浚渫エリアおよび人工リーフと汀線との投入エリアも示している。各ケースの土砂投入場所の一例を図-4(1)および(2)に示す。Case1~Case12で設定された投入場所の差異が人工リーフ開口部の洗掘量の低減にどのように影響するかを検討した。

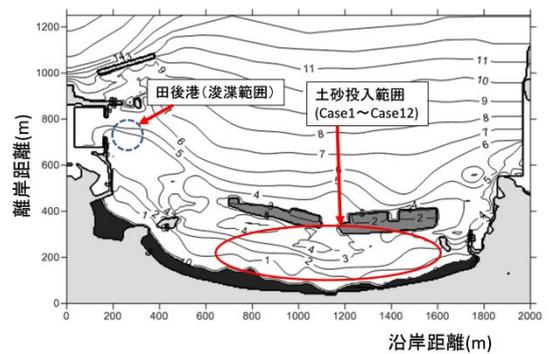


図-2 岩美海岸の計算領域および土砂浚渫・投入領域

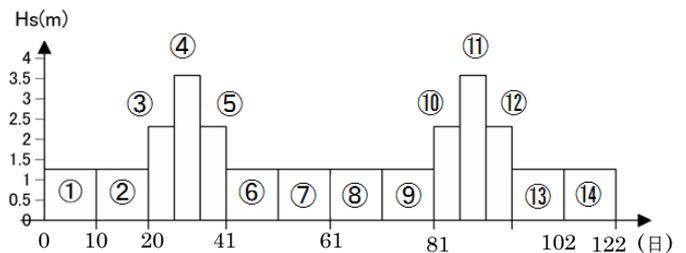


図-3 土砂投入期間の波浪時系列モデル

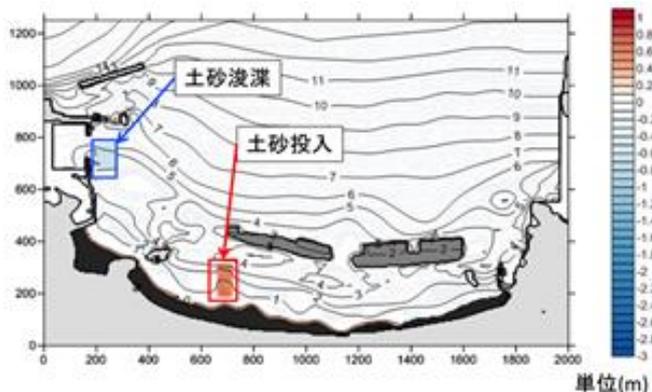
表-2 浚渫および土砂投入範囲

|       | X        | Y          |        | X        | Y          |
|-------|----------|------------|--------|----------|------------|
| 浚渫    | 675, 775 | 200, 275   |        |          |            |
| case1 | 185, 310 | 660, 720   | case7  | 100, 225 | 1110, 1170 |
| case2 | 180, 310 | 735, 795   | case8  | 100, 225 | 1185, 1245 |
| case3 | 170, 295 | 810, 870   | case9  | 115, 240 | 1260, 1320 |
| case4 | 150, 275 | 885, 945   | case10 | 125, 250 | 1335, 1390 |
| case5 | 120, 245 | 960, 1020  | case11 | 130, 255 | 1410, 1470 |
| case6 | 125, 250 | 1035, 1390 | case12 | 150, 275 | 1485, 1545 |

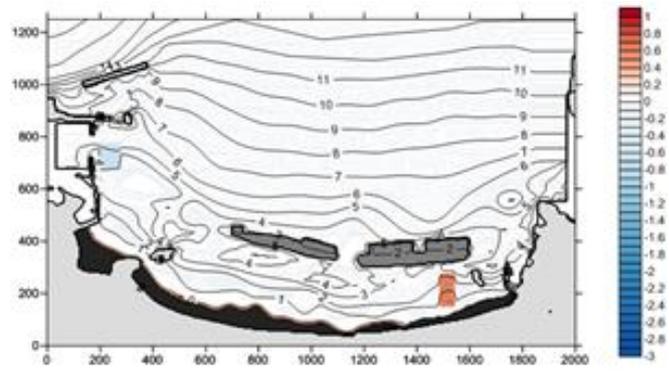
表-1 静穏領域と波浪条件

(平成19年10月1日~平成20年3月31日)

| ステップ              | Hs(m) | Ts(s) | 波向(°) | 波向方位 | 出現日数 | 作用日数 |
|-------------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 浚渫および投入期間<br>(静穏) | 0.5   | 6.65  | 0     | N    | 40日  | 8日   |
| ①, ②, ⑥~⑨, ⑬, ⑭   | 1.43  | 6.65  | -7.79 | N    | 80日  | 10日  |
| ③, ⑤, ⑩, ⑫        | 2.3   | 7.1   | 16.0  | NNW  | 30日  | 7.5日 |
| ④, ⑪              | 3.7   | 9.7   | 15.1  | NNW  | 10日  | 5日   |



(1)Case1



(2)Case12

図-4 浚渫（青色）および土砂投入位置（赤色）

#### 4. 解析結果

図-5 に示す領域の土砂変化量を調べ、モデルの特性を検討した。表-3 は対象波浪作用後 122 日目の計算により得られた港口付近および人工リーフ開口部、沿岸域の土砂変化量を示したものである。なお、Case0 はサンドリサイクルを行わずに初期地形に波を作用させた場合での土砂変化量である。また、それぞれ浚渫後の港口での土砂堆積量および土砂投入後の人工リーフ開口部の土砂堆積量、沿岸域での土砂堆積量を比較したものを図-6 および図-7、図-8 に示す。図-9 に各ケースにおける 122 日後の地形変化の計算結果の一例を示す。

図-6 より、浚渫を実施しない Case0 では港口付近で約 6000 m<sup>3</sup>の土砂堆積が起こること、初期地形から 5000 m<sup>3</sup>の浚渫を実施した Case1~Case12 では、波浪作用後は初期地形から約 350 m<sup>3</sup>減少した値となり、初期地形に近い値まで土砂の埋戻しが起こっていることがわかる。しかし Case1~Case12 の間ではほとんど差が生じていない。

図-7 より、リーフ開口部の土砂変化量はいずれも負となっており、初期断面から土砂が減少し侵食されていることが明らかである。サンドリサイクルを行った Case1~Case12 では、土砂を投入した後も人工リーフ開口部付近では、約 27000 m<sup>3</sup>程度の侵食が発生していること、しかしサンドリサイクルを実施しない Case0 では、侵食は約 29000 m<sup>3</sup>にも達することがわかる。このことから、人工リーフ開口部では、122 日間の波浪作用で大きな侵食が発生すること、またサンドリサイクルによって、開口部の侵食を一定量、低減できることが分かる。なかでも Case7 がもっとも効果があることがわかった。

図-8 より、沿岸域の土砂変化量はいずれも正となっており、初期地形から堆積傾向にあるのがわかる。しかし Case1 の場合サンドリサイクルを実施しない Case0 より堆積量が少なくなっているのがわかる。

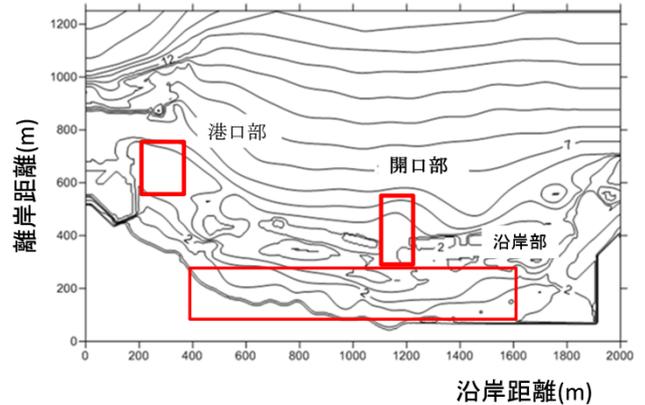


図-5 土砂変化量算定領域

表-3 土砂変化量(単位:m<sup>3</sup>)

|        | 港口付近     | 開口部      | 沿岸域      |
|--------|----------|----------|----------|
| case0  | 5897.48  | -29121.8 | 8932.956 |
| case1  | -351.122 | -27483.1 | 8747.781 |
| case2  | -378.308 | -27745   | 11520.24 |
| case3  | -360.845 | -27573.1 | 12135.92 |
| case4  | -301.774 | -27682.1 | 12158.54 |
| case5  | -284.156 | -27502.2 | 12261.44 |
| case6  | -334.932 | -27248.2 | 12550.81 |
| case7  | -324.779 | -26968.9 | 12706.88 |
| case8  | -332.82  | -27155.6 | 12581.61 |
| case9  | -384.418 | -27424.3 | 12798.87 |
| case10 | -413.023 | -27684.9 | 12674.73 |
| case11 | -406.592 | -27758.5 | 12492.58 |
| case12 | -405.521 | -27868.6 | 12413.13 |

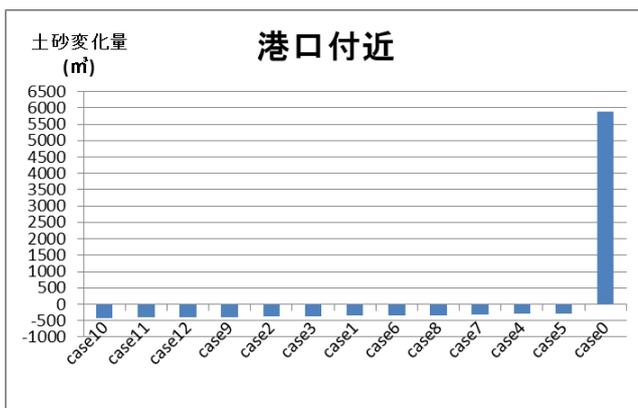


図-6 港口付近の土砂変化量の比較



図-7 人工リーフ開口部の侵食量の比較

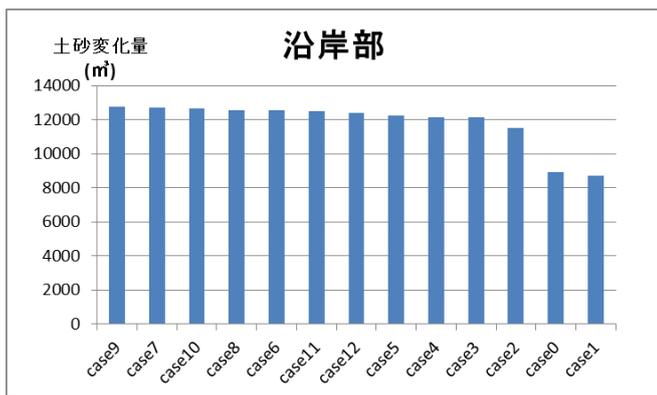


図-8 沿岸域の土砂変化量の比較

以上の数値計算結果から、5000 m<sup>3</sup>のサンドリサイクルによって、田後港口ではほぼ初期地形を維持できること、また人工リーフ開口部付近では、サンドリサイクルによって侵食量を1300 m<sup>3</sup>から2000 m<sup>3</sup>程度低減できる効果がある結果となっている。しかし Case1～Case13 で設定した投入場所の変化は人工リーフ付近での移動量に対して明確な差異が見られず、なおモデルの設定に課題があるといえる。

## 5. おわりに

土砂投入を考慮した3次元海浜変形モデルを浦富海岸に適用した。これにより土砂の浚渫と投入およびその過程の後に地形変化計算は可能であることが確認された。今後土砂投入量や波浪条件などの初期値の詳細な設定が必要である。

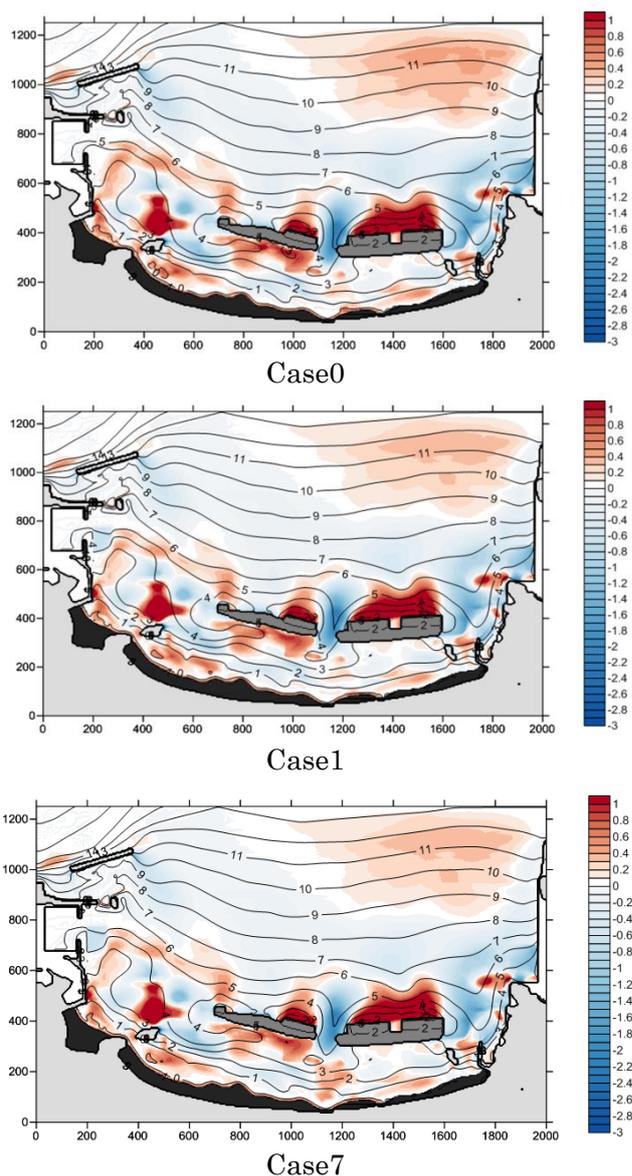


図-9 122日後の地形変化計算結果

謝辞：本研究は、鳥取県県土整備部との共同研究の成果の一部であり、ここに感謝の意を表する。

## 参考文献

黒岩正光, 松原雄平, 市村康, 丸毛裕治, 中野伸太郎, 津留秀臣 (2012) : 人工リーフ開口部における地形変化に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.68, No.2, p.I\_566-I\_570