

# 粗粒材を用いた岸沖断面地形と粒径分布の特性に関する研究

見垣亮太\* 辻本剛三\*\* 柿木哲哉\*\*\* 宇野宏司\*\*\*

## A Study on Evolutions of Beach Profiles and Grain Size Distribution using Coarse-grained Sand Particles

Ryota MIGAKI\* Gozo TSUJIMOTO\*\* Tetsuya KAKINOKI\*\*\* Koji UNO\*\*\*

### ABSTRACT

Beach erosion has been an important issue in Japan. Therefore many beach erosion control works have been carried out to reduce beach erosion. One of them is an artificial nourishment method. This paper has focused on beach profile changes with coarse grain sediments and the distributions of sediment under tidal level fluctuations. A sand bar near the breaking point is formed at the more onshore side. Also the sand bar is shifted toward the offshore side at the high water level and the onshore side at the low water level. The berm formed at the low water level is moving gradually onshore with increasing water level, and coarse grain sediments are deposited at the surface near the berm. But an alternate layer of fine and coarse grain sediments is formed from the grand surface in the vertical direction. By using by mixing sand and coarse again sediments, reducing erosion than in case of using only the coarse sediments. This result is the same even when considering the water level fluctuations.

*Keywords* : beach profiles, grain size distribution, coarse-grained sand particles

### 1. 研究背景・目的

海浜は国土を構成する重要要素の1つである。しかし、海岸侵食が半世紀以上にわたって、問題となってきた。海岸侵食は防災効果の低減への影響等が懸念されており、侵食対策が必要とされている。侵食対策としては、護岸堤等の漂砂制御施設が設置されることが多いが海浜の景観悪化、下手側の侵食を進行させる等の問題が懸念されている<sup>(1)</sup>。そのため、養浜工が注目されている。しかし、侵食が生じている海浜に同粒径の砂粒子を供給することでは、再び流出を繰り返すことも考えられる。その対策として粗粒材等の礫材を供給することも検討されている。さらに、養浜を行う際に重要なのは防護的機能を果たし、環境機能に変化しないこと、人が安全に利用できることである<sup>(2)</sup>。そのためには、養浜後の地形変化等を把握しておく必要がある。

本研究では海浜保全対策の1つとして移動床において粗粒材を用いて台形上のマウンドを設置し、海浜の安定化検討することを目的とする。そのために、潮位変化を伴う波動場での海浜断面形状や砂の粒径分布等を調べる。

### 2. 実験概要

**2.1 マウンド設置位置の選定と地形計測方法** 図1に示すように2次元造波水槽(長さ18 m×幅60 cm×高さ80 cm)に中央粒径0.48 mmの砂粒子を用いて勾配1/15の移動床を作成した。その地形に中央粒径1.0~2.0 cmの粗粒材を用いて台形上のマウンドを斜面上に設定した。設置条件は以下の3種類とした。(後述の図3参照)

Case1:マウンドの沖端が平均水面時の汀線(粗粒材が水に浸かっている状態)

Case2:マウンドの中心が平均水面時の汀線

Case3:マウンドの岸端が平均水面時の汀線(粗粒材が水に浸かっている状態)

17時間波を作用させるとほぼ平衡状態に達すること

\* 専攻科 都市工学専攻

\*\* 都市工学科 教授

\*\*\* 都市工学科 准教授

を予備実験で確認した. 計測には, 3 時間毎(最後のみ 2 時間)にレーザー距離測定器を用いて, 2 cm 間隔で 5 m 区間の底面高さの地形変化を測定した. 表層の底質粒度をデジタルカメラ (IXY DIGITAL900IS, Canon 社) を用いて高さ 33 cm, 倍率 9.1 倍で 10 cm 間隔でフラッシュ撮影した. その画像を Rubin<sup>(3)</sup>が提案する手法を用いて淘汰係数, 中央粒径(d50)を算出し, 粒度分布を調べた. 図 2 は最終地形のマウンド付近の写真であり, 最終地形では粒径の鉛直分布を求めるために表面を数 mm ずつスライスして撮影した.

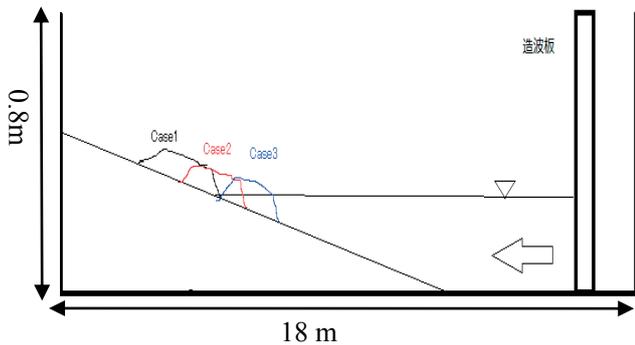


図 1 2次元造波水槽



図 2 最終地形(バーム付近)

## 2.2 実験ケース

**2.2.1 侵食地形にマウンド作成** 海岸侵食が発生している海岸では一様勾配であることは考え難い. そのため, 一様勾配(1/15 勾配)の移動床を作成して, 3 時間波を作用させ平衡状態にした地形を初期地形とし, マウンドを設置して, 2.1 での地形変化, 漂砂量, 底質特性と比較した.

**2.2.2 粗粒材のみの場合と粗粒材と砂粒子の混合マウンドの場合での比較** マウンド作成時に粗粒材と砂粒子を混合させることで経済的で景観にもより良いと考え, 粗粒材と砂粒子を 2:1 の割合で混合させてマウンドを作成した場合も検討した. その結果を 2.1 での地形変化, 漂砂量, 底質特性と比較した.

**2.2.3 水位変動を考慮した場合の比較** 実際の海浜では潮位が変化変動している. その潮位変化を考慮するために, 1 潮汐を低潮位(35 cm)~平均潮位(40 cm)~高潮位(45 cm)~平均潮位~低潮位として水位を 5 時間で変化させ, 2.1 での地形変化, 漂砂量, 底質特性と比較した.

**2.3 実験条件** 辻本ら<sup>(4)</sup>の実験条件を用いた. 表 1 に侵食型の波の条件を示す.

表 1 実験波の条件

平均波		有義波	
波高(cm)	周期(秒)	波高(cm)	周期(秒)
7.3	1.22	11.3	1.35

## 3. 結果と考察

### 3.1 マウンド設置位置の選定

**3.1.1 地形変化** 図 3(a)~(c)に 2.1 で述べた Case1~Case3 の場合の各造波時間における地形変化と最終地形での粒度分布を示す. 時間経過に伴いバームは岸側に, トラフとバーは沖側に動いている. 全体を通して Case2 は Case1, Case3 に比べ, バーム・バーが大きく, Case2 が最も底質移動していることが確認できた. また, どの Case においても粗粒材は 1.0~2.0 m 付近の表面に堆積することがわかる.

図 4 に 17 時間後における Case1~3 とマウンドを設置しない場合での地形の比較を示す. マウンドを設置することで汀線付近の侵食が低減され, Case2 がマウンド付近での堆積傾向が著しかった.

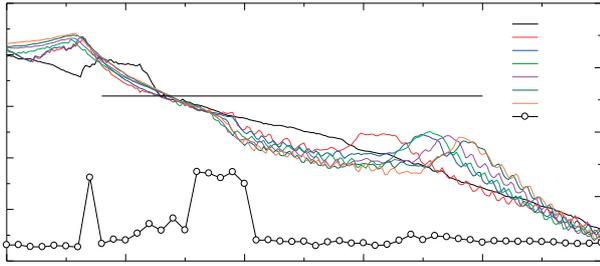


図 3(a) Case1 での地形変化と粒度分布

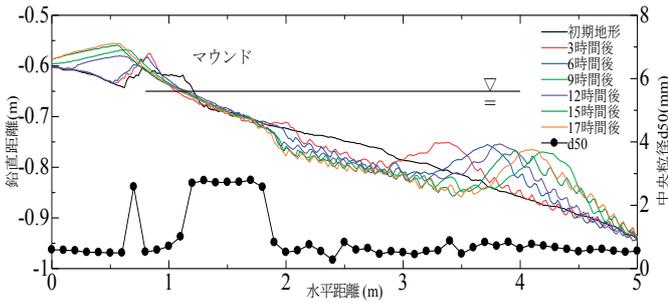


図 3(b) Case2 での地形変化と粒度分布

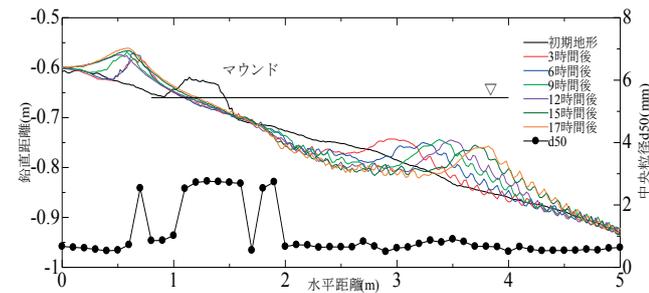


図 3(c) Case3 での地形変化と粒度分布

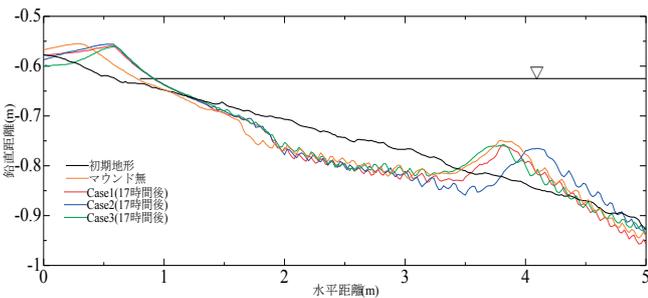


図 4 17 時間後での比較

3.1.2 漂砂量 図 5(a)~(c)に図 3 の漂砂量を示す。プラス側が沖向きでマイナス側が岸向きの漂砂であることを表している。各 Case において 0 ~2.0 m までは岸向き、2.0 ~5.0 m では沖向きに砂粒子が移動しているが、Case2 が汀線付近で最も岸向きに漂砂していることがわかり、図 4、図 5(b)より Case2 は汀線付近で堆積傾向にあると考えられる。

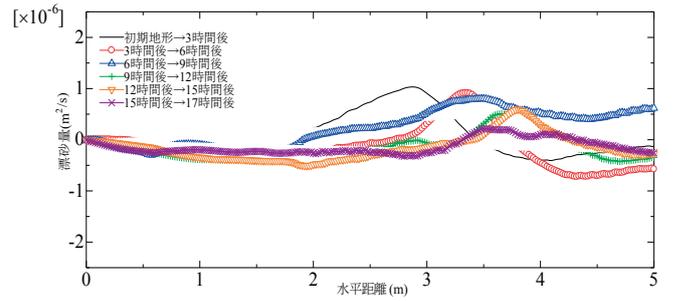


図 5(a) Case1 の漂砂量

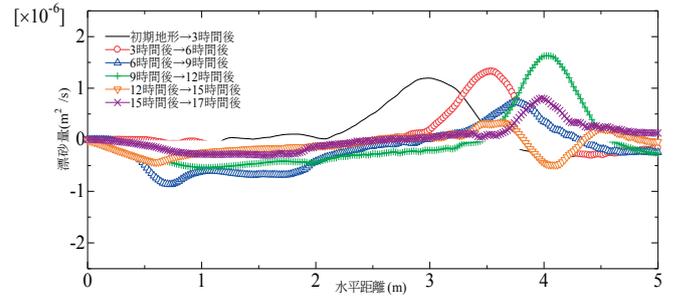


図 5(b) Case2 の漂砂量

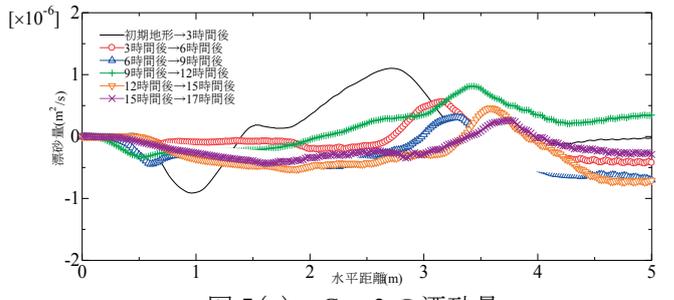


図 5(c) Case3 の漂砂量

3.1.3 底質特性 図 6(a)と図 6(b)に 0.5 m と 4.0 m における表面からの距離と中央粒径( $d_{50}$ )・淘汰係数の関係を示す。淘汰係数は 1.2 程度で粒径が均一である。各 Case とも 0.5 m において淘汰係数が大きい。図 6(a)より Case1 と Case3 に比べ Case2 は淘汰係数のバラつきが少なく、粗粒材が 0.5 m 付近から移動が少ないことがわかる。またマウンド付近では砂粒子と粗粒材が交互に挟まれている層が見られる。図 6(b)より 4.0 m の沖では粗粒材は移動していないことがわかる。

図 3(a)~図 3(c)の粒度分布と図 6(a)、図 6(b)より粗粒材の移動範囲は 0 ~2.0 m の範囲であることがわかり、マウンド設置位置付近からは大きく移動しないことがわかった。これは粗粒材は粒径が大きいため移動し難いということもあるが、時間経過に伴い、粗粒材の上に砂粒子が漂砂し堆積することによって移動範囲が制限されていることも考えられる。

・ 0.5 m(水平距離)

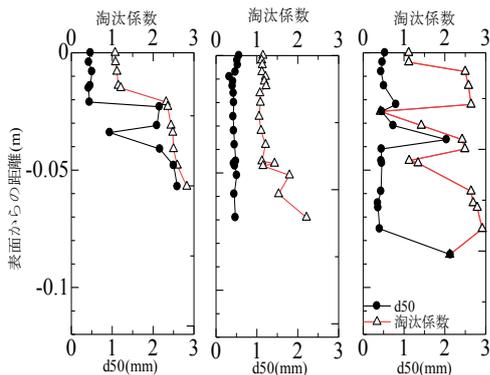


図 6(a) 中央粒径と淘汰係数  
(左:Case1 中央:Case2 右:Case3)

・ 4.0 m(水平距離)

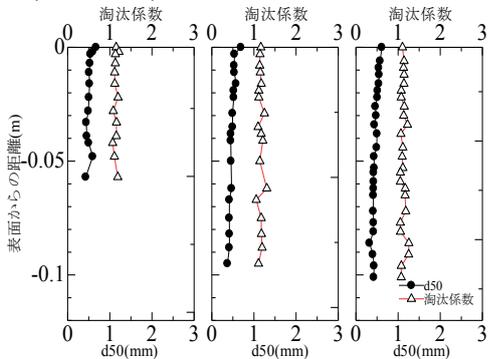


図 6(b) 中央粒径と淘汰係数  
(左:Case1 中央:Case2 右:Case3)

3.1.4 マウンド作成位置の決定 Case2 がより汀線付近に対して堆積傾向が見られたので,以後 Case2 を用いて研究を行った.

### 3.2 侵食地形にマウンド作成

3.2.1 地形変化 図 7 に一様勾配から侵食型の波を作用させた後にマウンドを設置して 17 時間波を再び作用させてできた各造波時間後の地形と最終地形の粒度分布を示す. 図 3(b) と比べ,バームが高くなっている. これはマウンド設置後に,マウンド設置前にできたバームの上に砂粒子が堆積したことにより高くなったためだと考えられる.

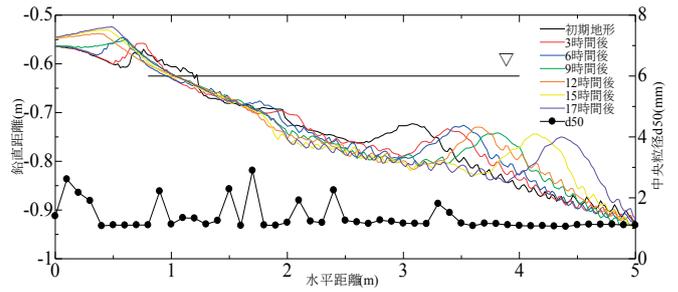


図 7 侵食型地形にマウンド作成での地形変化と粒度分布

3.2.2 漂砂量 図 8 に図 7 の漂砂量を示す. 図 5(b) と比較すると移動が少ない. 汀線付近での漂砂量は減少しているが, 図 5(b) との差は見られなかった.

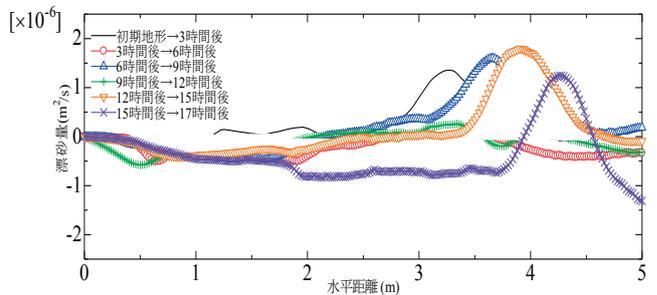


図 8 侵食型地形にマウンド作成後での漂砂量

3.2.3 底質特性 図 9 に図 7 の表面からの距離と中央粒径(d50)・淘汰係数の関係を示す. 0.5~1.0 m 程度では粗粒材が埋まり, 砂粒子が堆積している. 粗粒材は水平距離 0~1.0 m 程度の範囲で移動することがわかった.

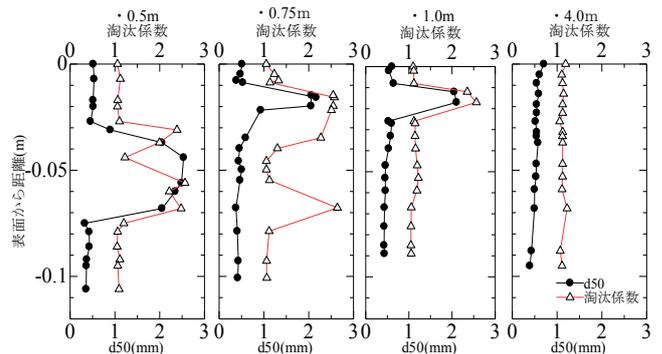


図 9 侵食型地形にマウンド作成後での底質特性

3.2.4 初期勾配の決定 一様勾配と平衡勾配での実験では大きな変化は見られないため,以後,一様勾配で実験を行った.

### 3.3 粗粒材のみの場合と粗粒材と砂粒子の混合マウンドの場合での比較

**3.3.1 地形変化** 図 10 に粗粒材と砂粒子を混合したマウンドを設置した場合の各造波時間後の地形変化と最終地形の粒度分布を示す. マウンドに砂粒子を混ぜることで侵食が低減されることがわかる. また, 粒度分布を見るとマウンドを設置した周辺だけでなく 2.0 ~3.0 m 付近のトラフにも粗粒材が移動していることがわかる. 図 11 にマウンドが粗粒材のみの場合と粗粒材と砂粒子を混合させた場合による地形変化の比較を示す. 混合マウンドの方が粗粒材のみの場合に比べ侵食を防ぎ, 汀線付近で堆積傾向があることがわかる.

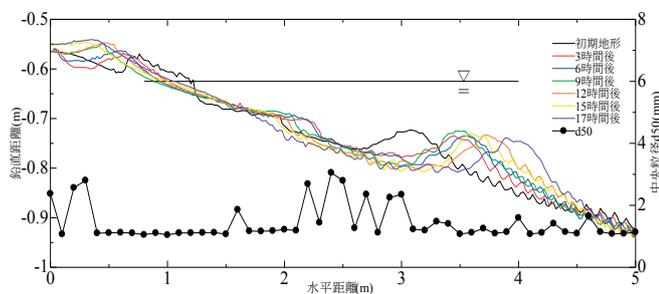


図 10 混合マウンドの場合での地形変化と粒度分布

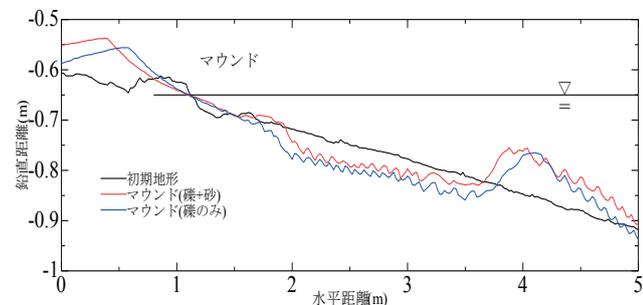


図 11 マウンドの違いによる地形変化の比較

**3.3.2 漂砂量** 図 12 に図 10 の漂砂量を示す. 図 5 (b) と比較すると波を作用させて 3 時間後までは漂砂は多い. これはマウンドの粗粒材の間に砂粒子が混ざっているため空隙が少なく, 初期地形から 3 時間後の早い時間で漂砂が多いためと考えられる.

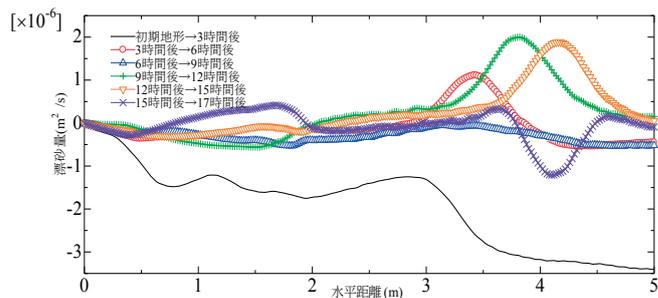


図 12 混合マウンドの場合での漂砂量

**3.3.3 底質特性** 図 13 に図 10 の 17 時間後での表面からの距離と中央粒径( $d_{50}$ )・淘汰係数の関係を示す.

図 10 (a) の粒度分布で 0.5 m, 0.75 m では表面には粗粒材が見られないことがわかったが, 鉛直方向には砂粒子と粗粒材が交互に挟まっていることがわかる.

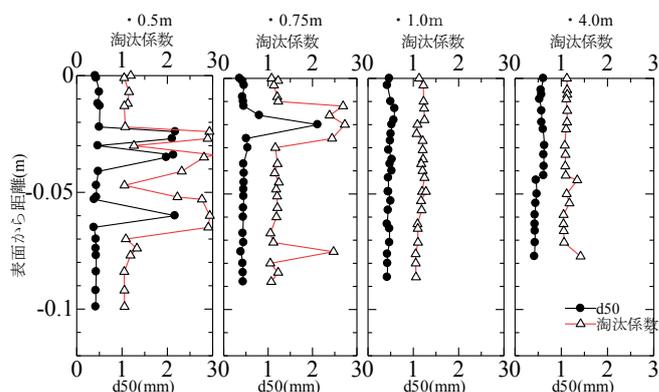


図 13 混合マウンドの場合での底質特性

### 3.4 水位変動を考慮した場合の比較

**3.4.1 地形変化** 図 14 (a) に水位変動を考慮したマウンドが粗粒材のみの場合での地形変化と最終地形の粒度分布, 図 14 (b) に水位変動を考慮したマウンドが粗粒材と砂粒子を混ぜた場合での地形変化と最終地形の粒度分布, 図 15 に 1 潮汐後の両者の比較を示す.

図 14 (a) と図 3 (b), 図 14 (b) と図 10 を比較すると水位変動を考慮することでバームが低くなり高低差が少なくなるため, 水位変動の影響があることがわかる. また, 粒度分布を見ると混合マウンドを設置した場合には周辺だけでなく 2.0~3.0 m 付近のトラフまで粗粒材が移動していることがわかる. 図 15 より水位変動場でも混合マウンドを用いた方が, 侵食が低減されることがわかる.

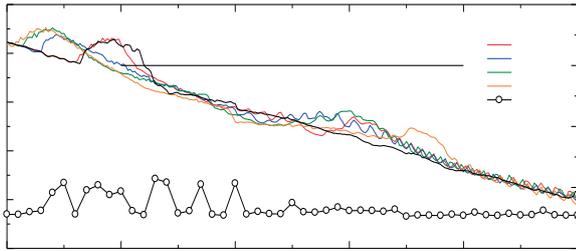


図 14(a) 粗粒材のみのマウンドでの地形変化

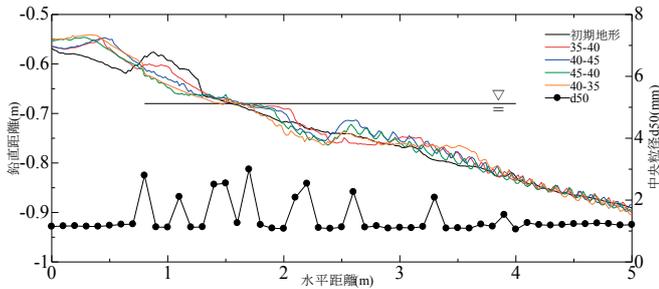


図 14(b) 混合マウンドでの地形変化

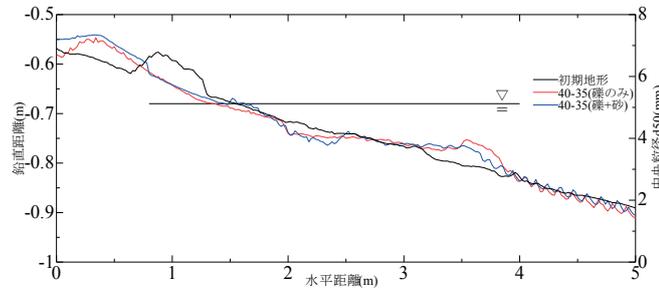


図 15 1 潮汐後の比較

3.4.2 底質特性 図 16(a)に水位変動を考慮したマウンドが粗粒材のみの場合での底質特性, 図 16(b)に水位変動を考慮したマウンドが粗粒材と砂粒子を混ぜた場合での底質特性を示す. 図 6, 図 13 と比較すると水位変動を考慮することで表面にも粗粒材が堆積することがわかる. また, 図 14 や図 16 から広い範囲で粗粒材が見られることがわかった. これは水位が下がる際に粗粒材も移動したためと考えられる.

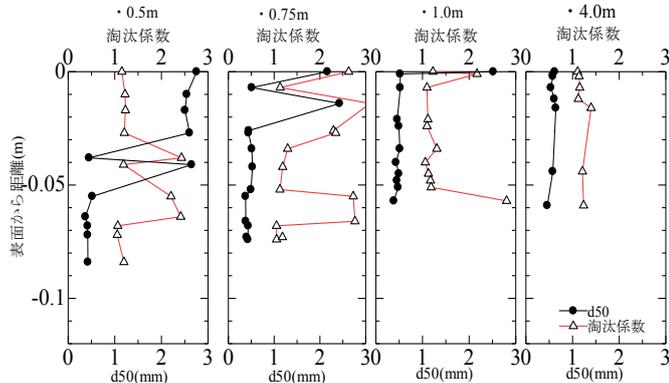


図 16(a) マウンド(粗粒材のみの)の底質特性

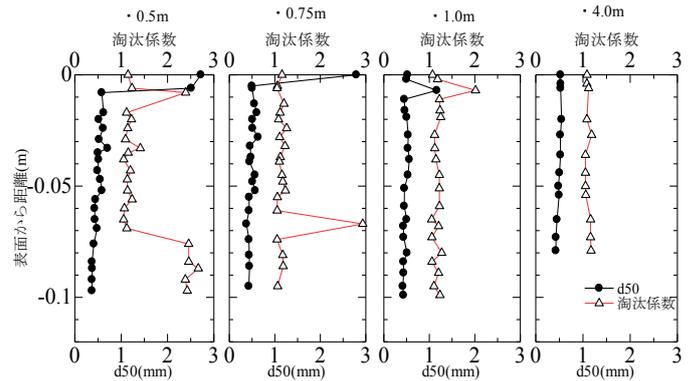


図 16(b) マウンド(粗粒材+砂粒子)の底質特性

#### 4. 結論

本研究から以下のことが明らかとなった.

- ・マウンド設置により, マウンド周辺で砂粒子の堆積傾向が見られる.
- ・初期地形を平衡勾配と一様勾配にした場合, 最終地形には差が見られないため, 実験時には一様勾配からの実験で行うことができる.
- ・マウンド作成時には粗粒材だけではなく砂粒子を混ぜ合わせることで, 粗粒材のみの場合より侵食を低減させる.
- ・水位変動場においてもマウンドの粗粒材に砂粒子を混ぜて設置することで侵食が低減できる.

以上の結果より粗粒材と砂粒子を混合させたマウンドが良いと確認できたため, 今後, 粗粒材と砂粒子との比率を変え, より適正な比率を検討していく必要がある.

#### 参考文献

- (1) 財団法人 土木研究センター: 「実務者のための養浜マニュアル」, 2005.
- (2) 酒井大樹: 西暦 2010 年度神戸市立工業高等専門学校特別研究報告書「水位変化を考慮した海浜断面形状と粒径分布特性に関する実験的研究」.
- (3) Davit M. Rubin: A simple autocorrelation algorithm for determining grain size from digital images of sediment, Journal of sedimentary research, Vol. 74, No. 1, pp.160-165, 2004.
- (4) 辻本剛三, 酒井大樹, 山田文彦, 柿木哲也, 宇野宏司: 平均水位変動が混合粒径の海浜地形と底質特性に及ぼす影響, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 第 66 巻, pp.536-540, 2010.