



て実施した。波浪条件は、有義波高 2.5 m, 4.0 m, 周期 6.0 s, 9.0 s を目標として、フルード相似則により実験条件を定めた。また、海岸地形は中央粒径 0.25 mm を用いて、海底勾配 1/20 となるように作成した。

堀川ら (1975) は、長時間波作用後の海浜形状を汀線前進・中間・後退型に分類し、次式で定義される  $C$  値で整理している。

$$C = (H_0/L_0) \cdot (\tan \beta)^{0.27} \cdot (d_{50}/L_0)^{-0.67} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $H_0$  は沖波波高、 $L_0$  は沖波波長、 $\tan \beta$  は海底勾配、 $d_{50}$  は底質の中央粒径である。(1) 式より、海岸地形の海浜断面の分類は中間 ( $C=4.2 \sim 7.6$ ) となる。

今回の実験において、養浜材は、(1) 式による海浜断面の分類が前進、中間、後退となるように、中央粒径 0.5 mm, 0.09 mm の 2 種類の珪砂 (比重: 2.65) とした。また、同じ中央粒径 (0.5 mm)、粒径分布に調整した高炉水砕スラグ材料 (比重: 2.77) についても実験を行い、珪砂の場合との養浜効果を比較した。養浜材は移動変化が目視できるように着色した。養浜工の断面は、長さ 200 cm × 幅 67 cm × 高さ 5 cm (現地では、長さ 120 m × 幅 40 m × 高さ 3 m)、天端高さは静水面から 3.3 cm (現地では、2.0 m) とした。今回行った実験ケースを表-1 に示す。なお、表中の有義波高は、実験時の計測データを合田ら (1976) の入・反射分離法を用いて求めた入射波高である。

表-1 実験ケース

| Case | 有義波高<br>(cm) | 周期<br>(s) | 養浜粒径(mm)<br>(材料)       | 海浜断面C値<br>(分類) |
|------|--------------|-----------|------------------------|----------------|
| 1    | 4.2          | 0.79      | 0.5<br>(珪砂)            | 3.0<br>(前進)    |
| 2    | 4.6          | 1.15      | 0.5<br>(珪砂)            | 2.6<br>(前進)    |
| 3    | 6.8          | 0.85      | 0.5<br>(珪砂)            | 4.8<br>(中間)    |
| 4    | 7.2          | 1.21      | 0.5<br>(珪砂)            | 4.0<br>(中間)    |
| 5    | 7.2          | 1.14      | 0.09<br>(珪砂)           | 13.0<br>(後退)   |
| 6    | 7.1          | 1.15      | 0.5<br>(高炉水砕<br>スラグ材料) | 4.1<br>(中間)    |

### (3) 実験方法

実験では、不規則波を作用させて、波作用 1.55 時間後、3.1 時間後、6.2 時間後、12.4 時間後、18.6 時間後における汀線の変化量と海底地形の変化量を計測した。計測位置を図-3 に示す。汀線変化は、50 cm 間隔 (現地で 30 m) に汀線番号①～⑭において、初期地形からの前進・後退距離を計測した。海底地形の変化量は、1.67 m 間隔 (現地で 100 m) に測線 No. 48, No. 49,

No. 50, および、No. 50 と No. 51 の中間の 4 測線において、岸沖方向には 25 cm 間隔 (現地で 15 m) に 12 地点で、静水面から海底面までの距離を砂面計で計測した。なお、波向きは、波浪観測データから、年間の主方向 (北から時計回りに 167 度の方向) となるように海岸地形を作成した。

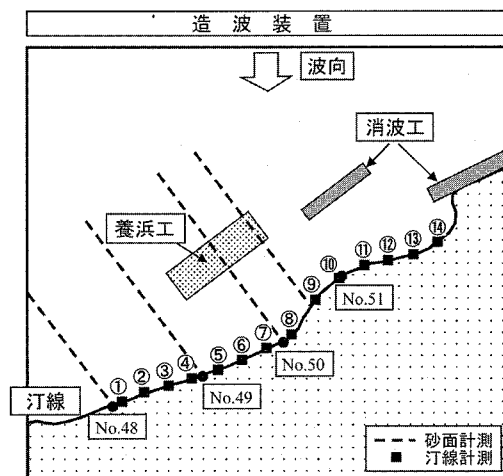


図-3 計測位置

## 3. 水理実験の結果

### (1) 海浜断面の分類による養浜効果

同じ周期条件において、海浜断面の分類が前進・中間・後退に相当する Case2, Case4, Case5 の海底地形の変化から、養浜効果を検証した。ここでは、養浜工に対する波向きの関係から、海底地形に変化が生じた測線 No. 49, 測線 No. 50 の海底地形を比較した。

海浜断面の分類が前進条件となる Case2 の海底面変化を図-4 に示す。測線 No. 50 の結果から、波の作用時間の経過とともに養浜材が岸方向へ移動していることがわかる。波作用 3.1 時間後の養浜材の移動状況を写真-1 に示す。養浜材は、波の作用により拡散しながら移動し、3.1 時間後には汀線付近まで到達していた。また、実験時において沖方向への養浜材の流出はほとんどみられなかった。海浜断面の分類が中間条件となる Case4 の海底面変化を図-5 に示す。Case4 では、測線 No. 50 の 1.55 時間後に養浜材の岸方向への移動傾向がみられた。また、測線 No. 49 の 1.55 時間後～6.2 時間後に岸沖距離 1,500 mm 付近で海底地形が隆起していた。波作用 3.1 時間後の移動状況を写真-2 に示す。これは、実験領域 (図-3) の右側から左側への沿岸流の影響により、養浜材が測線 No. 49 の方向へ運ばれつつ、岸方向へ移動しているものと考えられる。一方、海浜断面の分類が後

退条件である Case5 の海底面変化を図-6 に示す。Case5 では、波の作用開始とともに養浜材は浮遊し、沖合へ流失していた。Case2, Case4 との比較のため、波作用 3.1 時間後の移動状況を写真-3 に示す。波作用 1.55 時間後には、養浜工部分は海底勾配と同じ標高高さとなり、その後の波作用においても、海底面の変化はみられなかった。

これらの実験結果から、沖合に養浜材を設置する場合、波浪条件や海底勾配に対して、堀川ら (1975) の海浜断面の分類指標が前進から中間となるような養浜材粒径を用いた場合、養浜材は岸方向へ移動しており、養浜工法として有効であることがわかった。

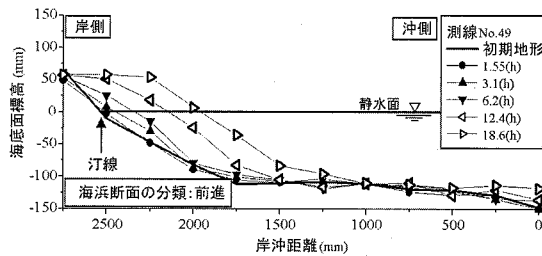


図-4 海底面の変化 (Case2)

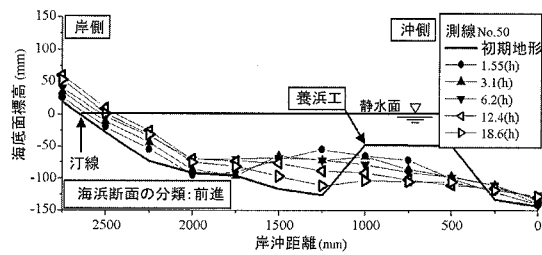


図-5 海底面の変化 (Case4)

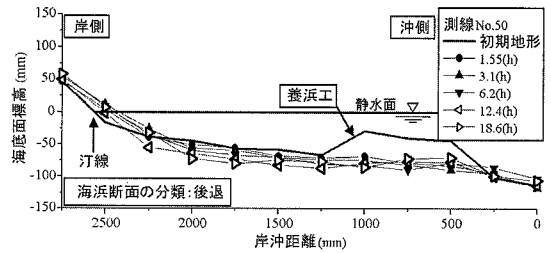
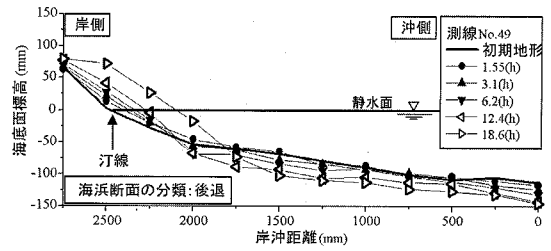
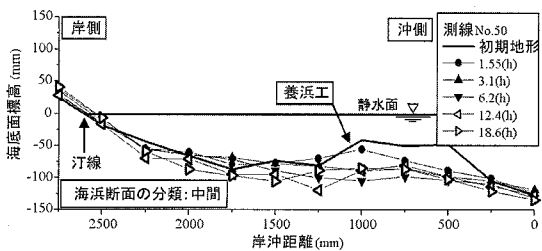
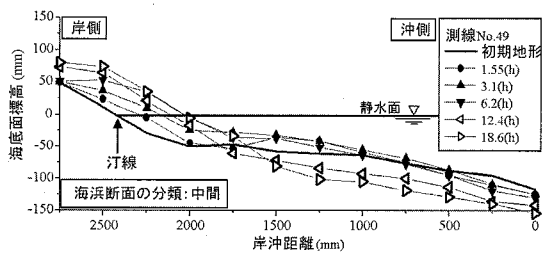


図-6 海底面の変化 (Case5)

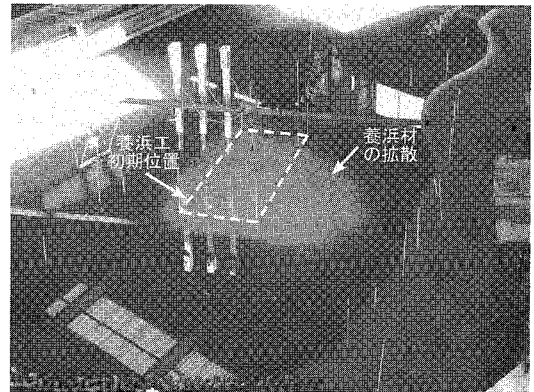


写真-1 養浜材の移動状況 (Case2)

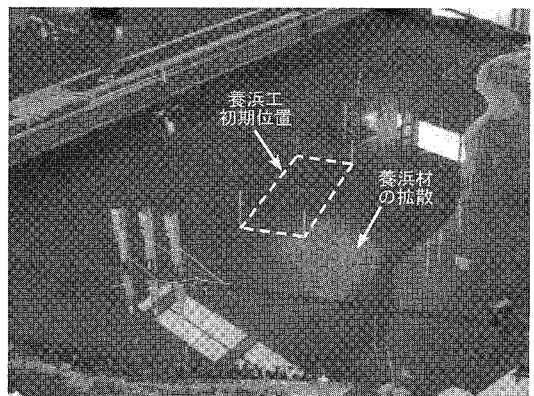


写真-2 養浜材の移動状況 (Case4)

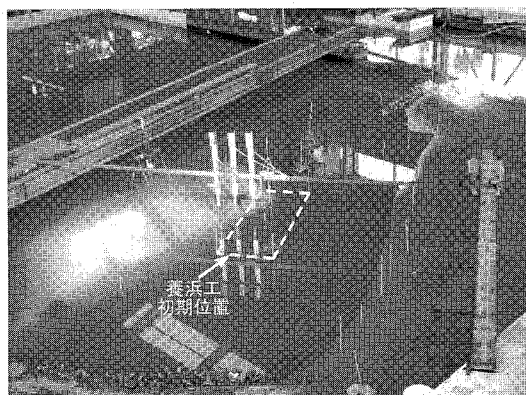


写真-3 養浜材の移動状況 (Case5)

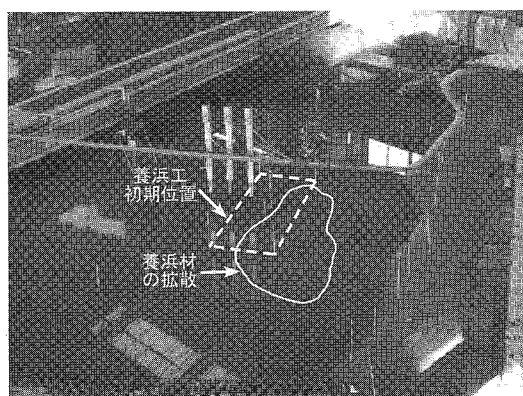


写真-4 養浜材の移動状況 (Case6)

## (2) 高炉水砕スラグ材料を用いた場合の養浜効果

養浜材に高炉水砕スラグ材料を用いた場合の海底面変化を図-7に示す。Case4と同じ実験条件であり、海浜断面の分類は中間となる。その結果、測線No.50では、波作用1.55時間後～3.1時間後において、養浜材が岸方向へ移動していることがわかる。また、測線No.49においても、岸沖距離1,500mm付近で波作用1.55時間後～6.2時間後にかけて海底地形が隆起している。これは、養浜材が測線No.49方向へ運ばれつつ、岸方向へ移動していることであり、Case4と同様の傾向であった。波作用3.1時間後の養浜材の移動状況を写真-4に示す。養浜材を着色したため、ここでは養浜材の拡散範囲を白線で示している。今回用いた高炉水砕スラグ材料の比重は、Case4で用いた珪砂よりも5.0%程度大きい。Case4とCase6の養浜材の移動状況に明確な違いは認められなかった。

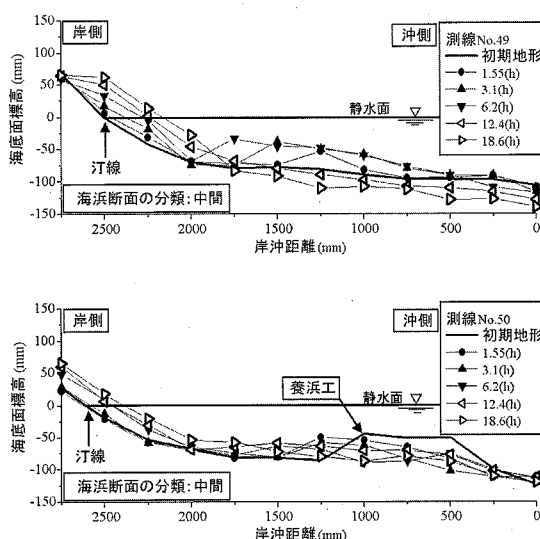


図-7 海底面の変化 (Case6)

## (3) 汀線変化

沖合に設けた養浜材が岸方向へ移動していたCase2, Case4, Case6の汀線変化を図-8に示す。図の縦軸は、初期汀線位置からの変化量であり、汀線の前進がプラス、後退がマイナスを示している。今回の実験では、波向きが年間の主方向となるように海岸地形を作成しているため、実験領域(図-3)の右側から左側への沿岸漂砂が生じており、汀線番号⑭で侵食傾向、汀線番号①で堆積傾向となる。また、沿岸漂砂の上手側(汀線番号⑭)において土砂を供給していないため、実際の海岸と沿岸漂砂のバランスが異なっていることから、ここでは、沖合の養浜工や消波工が汀線変化に及ぼす定性的な影響について考察した。

その結果、汀線番号⑨～⑩と汀線番号⑤～⑥において汀線が凸状に前進していることがわかる。汀線番号⑨～⑩の場合、沖合の消波工(離岸堤)の背後となるためである。汀線番号⑤～⑥では、波作用1.55時間後～6.2時間後において、汀線が前進している。写真-2からも、養浜材の岸側において汀線が前進していることがわかる。これは、沖合の養浜工が潜堤として機能しているためと考えられる。ところが、波が作用すると養浜材は拡散しながら移動するため、時間の経過とともに潜堤の波浪低減効果に重要である天端高さが維持できなくなり、その効果は一時的である。今回の実験では、海底面変化の計測結果から、波作用6.2時間後～12.4時間後には沖合の養浜材が汀線付近に到達しており、波作用12.4時間後において、汀線番号①～⑤で汀線が大幅に前進していることから、波作用6.2時間後まで潜堤としての機能を発揮しているものと考えられる。一方、計測結果には、沿岸漂砂の堆積も含まれているため、沖合に設置した養浜量(養浜材体積)に対する定量的な汀線変化は明確にできなかった。このことについては、今後、断面実験により明らかにしたいと考えている。

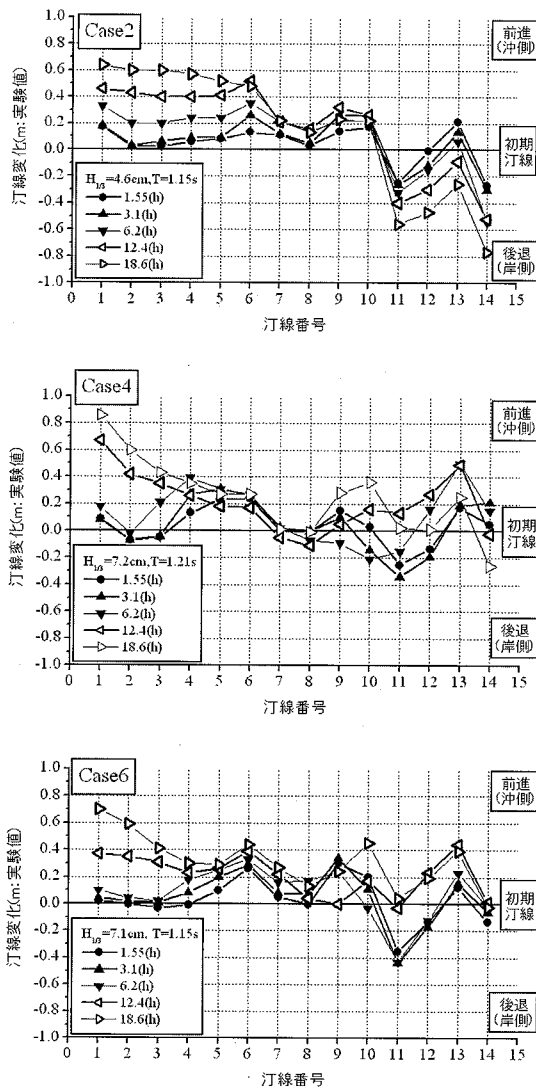


図-8 汀線変化

#### 4. おわりに

沖合に潜堤状に養浜材を設置する養浜工法の有効性及び養浜効果に対する海浜断面の分類指標の適用性を明らかにする目的で水理実験を実施した。今回の実験から得られた結論を以下に示す。

- 1) 波浪や海底勾配の条件に対して、堀川ら (1975) の海浜断面の分類指標が前進～中間となるような養浜材の粒径を用いた場合、沖合に設置した養浜材は岸方向へ移動していた。しかし、海浜断面の分類指標が後退の場合では、養浜材はさらに沖合へ流出していた。
- 2) 海浜断面の分類が中間に相当する同じ実験条件において、養浜材に珪砂と高炉水砕スラグ材料を用いた場合を比較した結果、養浜材は岸方向へ移動しており、両者に相違は認められなかった。これより、高炉水砕スラグ材料は養浜材の代替材として有効であると考えられる。
- 3) 沖合に潜堤状に養浜材を設置した場合、養浜工の背後で汀線が凸状に前進しており、潜堤としての機能を有していることがわかった。ただし、養浜材は拡散しながら移動するため、その効果は一時的であると考えられる。
- 4) 沖合に設けた養浜材の背後では、波の作用時間の経過とともに汀線が前進しており、本工法は養浜工法として有効であると考えられる。今回は地形模型の左右端を遮蔽した平面実験であることから、汀線前進には沿岸漂砂の堆積も含まれ、沖合に設置した養浜量に対する定量的な評価は明確にできなかった。このことに関しては、断面実験により明らかにしていきたいと考えている。

**謝辞:** 本研究を行うにあたり、静岡県土木部静岡土木事務所には清水海岸の深浅測量データを提供して頂いた。また、測定に際し、東海大学海洋学部海洋土木工学科の学生諸氏に協力頂いた。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 宇多高明, 清野聡子, 大矢忠一, 安田武夫, 高橋功, 古池鋼, 星上幸良 (2005): 沖合投入土砂の養浜効果予測手法の開発, 海工論文集, 第 52 巻, pp. 641-645.
- 合田良実, 鈴木康正, 岸良安治, 菊池治 (1976): 不規則波実験における入・反射の分離推定法, 港湾技術研究所資料, No. 248, pp. 1-24.
- 田中茂信, 小荒井衛, 深沢満 (1993): 地形図の比較による全国の海岸線変化, 海工論文集, 第 40 巻, pp. 416-420.
- 堀川清司, 砂村維夫, 近藤浩右, 岡田滋 (1975): 波による二次元汀線変化に関する一考察, 第 22 回海講論文集, pp. 329-334.