

愛媛大学大学院	学生会員	○白神秀晃
三井住友銀行	非会員	熊田達也
愛媛大学大学院	正会員	伊福 誠

1. はじめに

備讃瀬戸航路は、瀬戸内海を東西に結ぶ海上交通の要所として、外国貿易上の国際幹線航路であるとともに、大阪湾・瀬戸内海諸港と九州間を結ぶ国内幹線航路としても重要な役割を果たしている。同航路は沿岸域の産業経済の発達に伴い航行船舶の増加・大型化が進み、安全で円滑な航路の整備が急務となっていた。そこで、備讃瀬戸航路の一部は、港湾区域外の水域における船舶の航行を確保するため、開発および保全に関する工事が必要とされ、「開発保全航路」に指定されている。

こうしたことから、本研究では、備讃瀬戸航路の与島と三ツ子島に挟まれた海域および本島と牛島に挟まれた海域の塩釜地形をモデル化し 3 次元 LES を用いて、塩釜付近における流れや地形変化を数値解析的に検討し、図 1 のような塩釜の法肩に形成され経年変化がほとんどない馬の背状の地形および塩釜より東側のサンドウェーブの形成機構を調べ、航路の維持・管理に対する基礎的資料を得ようとしたものである。

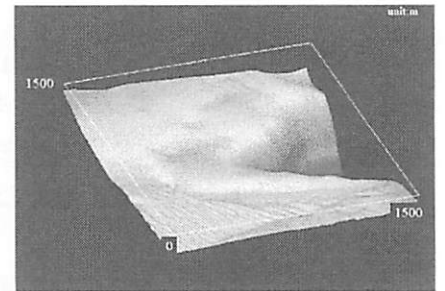


図1 塩釜法肩部における堆積領域

2. 数値解析法

(1) 解析モデルおよび解析ケース

解析対象とする東側塩釜部は、塩釜部における馬の背状の地形が x 軸に対して約 30° とし、解析領域は、 x 方向は 2,100m、 y 方向は 1,800m とした。 $y=900\text{m}$ に対して対称な地形で、一様水深部の水深は 20m であり、塩釜最深部の水深は 53m である。また、 $x=1,980\sim 2,100\text{m}$ までは同一断面である。

西側塩釜は、塩釜の法肩部が x 軸に対して約 23° とし、解析領域は x 方向は 2,500m、 y 方向は 1,800m とした。また、 $x=0\sim 800\text{m}$ 、 $y=0\sim 500\text{m}$ は牛島を想定している。 $y=1,000\text{m}$ に対して塩釜部は対称な地形で、一様水深部の水深は 20m であり、塩釜最深部の水深は 60m である。また、 $x=2,000\sim 2,500\text{m}$ までは同一断面である。

(2) 各種係数と格子間隔の評価

Smagorinsky 定数は 0.1~0.25 の間にあり、壁乱流では小さく、一様乱流では大きいとされているが、本研究では低界値の 0.1 を用いる。

東側塩釜および西側塩釜における x および y 方向の格子間隔は、それぞれ 10m および 10m とし、鉛直方向は水深を 21 等分した。時間間隔は 0.25s とし、上げ潮・下げ潮最強時の前後 1 時間の計 2 時間を解析時間とした。

3. 数値解析結果

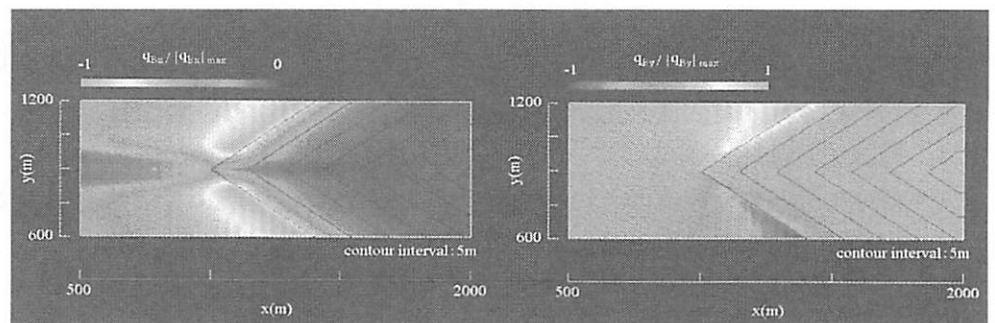
(1) 東側塩釜部の地形変化

図 2 および図 3 は東側塩釜部における上げ潮および下げ潮時の方向別掃流漂砂量分布を示したもので、漂砂量は最大値で正規化している。また、図中の黒実線は初期状態の等深線である。

図 2(a)をみると、塩釜の法肩付近での掃流漂砂量が多いことがわかる。また、一様水深部においては、底面近傍の流れが小さいため掃流漂砂量も少ない。最大値は、 $x=1,120\text{m}$ 、 $y=780\text{m}$ 、 $1,020\text{m}$ の位置で生じ約 $8 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ である。

図 2(b)をみると、V 字型の塩釜を流れが駆け上がり y 軸方向の流速が増大するため水深 20m 付近で y 軸方向の掃流漂砂量も多くなっている。最大値は、 $x=1,360\text{m}$ 、 $y=600\text{m}$ 、 $1,200\text{m}$ の位置で生じ約 $3 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ である。

図 3(a)をみると、法肩から $x=900\sim 1,000\text{m}$ 、 $y=900\text{m}$ 付近にかけて、掃流漂砂量が多い



(a) x 軸方向

(b) y 軸方向

図 2 上げ潮時における方向別掃流漂砂量

領域が広がっている。また、一様水深部においては、上げ潮時に比べ下げ潮時は掃流漂砂量が多い。なお、上げ潮時には解析領域の中央部での掃流漂砂量は少なかったが、下げ潮時にはそうした傾向は見られない。最大値は、 $x=1,000\text{m}$, $y=885\text{m}$, 915m の位置で生じ約 $3 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ である。

図 3(b)をみると、解析領域の中央より側方境界側で掃流漂砂量は最大となるようである。これは、 y 軸方向の流れが塩釜の中心に向けて大きくなるためであり、掃流漂砂量の符号は逆であるが、分布は上げ潮時と似た傾向を示す。最大値は、 $x=1,020\text{m}$, $y=885\text{m}$, 915m の位置で生じ約 $4 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ である。

図 4 に上げ潮および下げ潮時の地形変化量を示す。

図中の黒実線は等侵食量線あるいは等堆積量線であり、コンターの間隔は 0.1m である。

図 4(a)をみると、水深 20m の塩釜の法肩付近の領域が侵食され、法肩から $x=900 \sim 1,000\text{m}$, $y=900\text{m}$ 付近にかけて堆積領域が生じている。これは V 字型の形状を有する塩釜で縮流された水塊が一様水深部で急激に流速が減少し、そこで掃流砂および浮遊砂の沈降・堆積が生じるためである。また、最大堆積量は 0.17m であり、塩釜中央($x=1,000\text{m}$, $y=900\text{m}$)からの距離は $x=0\text{m}$, $y=\pm 30\text{m}$ となる。

図 4(b)をみると、水深 20m 付近の塩釜の法肩付近に堆積領域が生じている。また、法肩を除く一様水深部での地形変化はほとんどない。また、最大堆積量は 0.29m であり、塩釜中央($x=1,000\text{m}$, $y=900\text{m}$)からの距離は $x=60\text{m}$, $y=\pm 50\text{m}$ となる。

(2)西側塩釜部における流況（下げ潮時）

塩釜の最深部から 59m 上方の高さにおける流速ベクトルを示したのが図 5 である。図中の白実線は塩釜の法肩の位置を表す。牛島を過ぎた辺りから島を迂回する流れが生じている。最大流速は塩釜中央より 200m 程度側方境界側で生じており、観測で得られた値とほぼ同一である。また、牛島の東側では時計回りの渦が形成されている。なお、こうした流れは、塩釜より東側におけるサンドウェーブの形成と深く関わっていると推測される。

図 6 の(a)および(b)は、それぞれ塩釜の最深部から 55m 上方の高さおよび 40m 上方の高さにおける流線を示したものである。牛島背後で水深方向に軸を持つ水平渦の形成が確認できる。また、最深部より 40m 上方の高さでは塩釜中央より南側の法肩付近の流速が大きい。

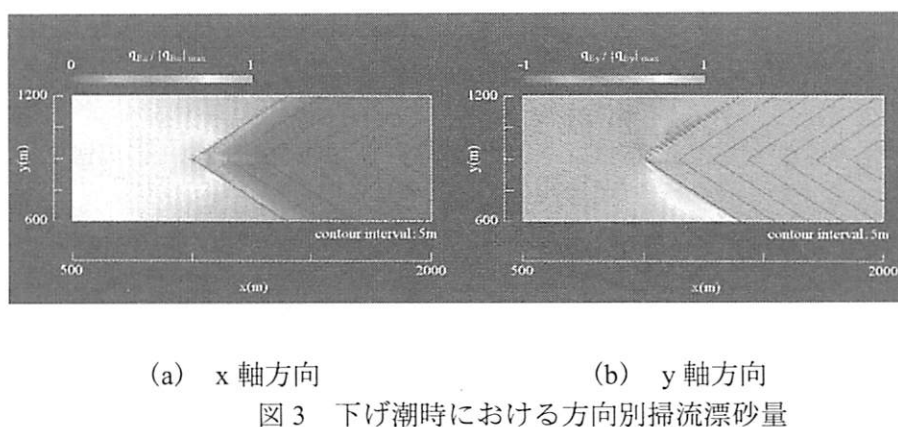


図 3 下げ潮時における方向別掃流漂砂量

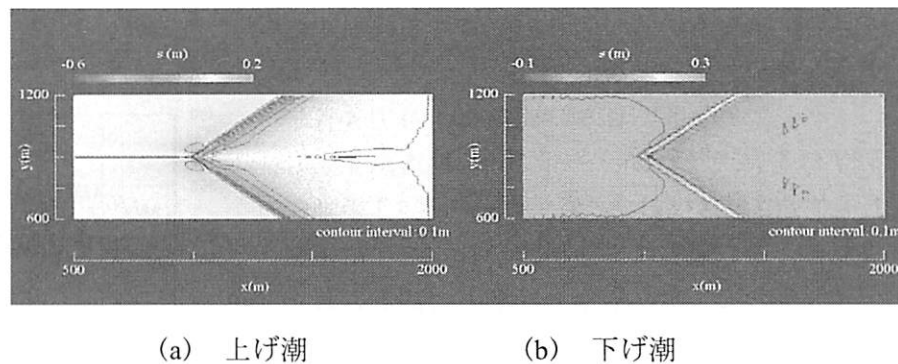


図 4 地形変化量

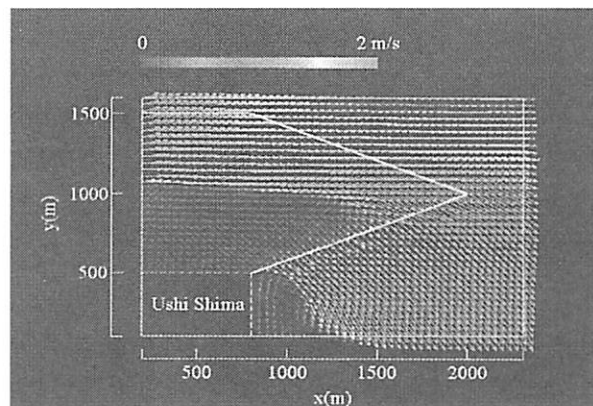


図 5 潮釜付近における流速ベクトル ($z=59\text{m}$)

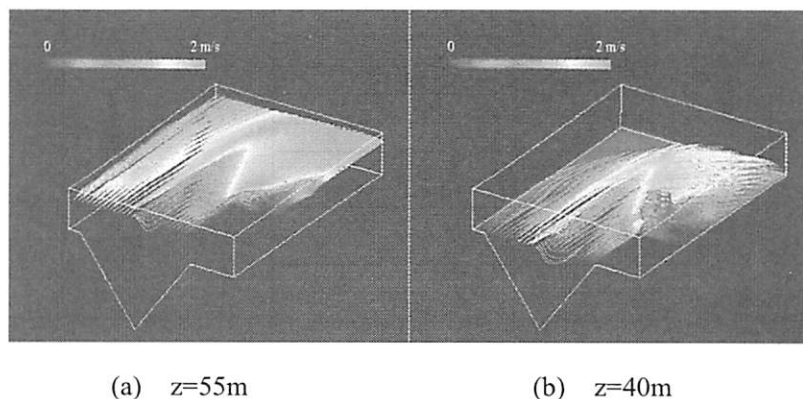


図 6 潮釜付近の流線