

高解像度音響プロファイラーを用いた海底高濁度層の観測

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○田原敏博
 広島大学大学院工学研究科 正会員 川西澄

1. 背景と目的

広島湾はその周囲を屋代島、倉橋島等の多くの島に囲まれ、湾口が狭く極めて閉鎖性の強い内湾である。このような内湾では表層や中層に比べて、海底近傍には高濃度の懸濁粒子が集積している。内湾での懸濁粒子は沿岸域の赤潮や富栄養化や貧酸素水塊の形成の原因の一つであり、漁業に大きな被害をもたらしている。したがって懸濁粒子の挙動を把握することは沿岸域の環境保全を考えるうえで重要である。そこで本研究では海底付近に作用するレイノルズ応力や鉛直乱流フラックスに着目して海底近傍に集積している懸濁粒子の再懸濁の機構を解明することが目的である。

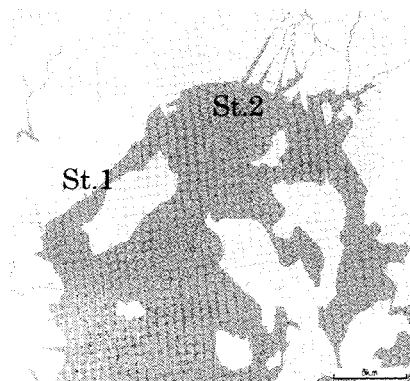


図1. 広島湾

2. 観測概要

2003年1月20~21日に大野瀬戸(St.1)にて16時間連続観測を行った。海底上1.7mまでの流速測定には高解像度音響ドップラー流速計(HRCP)を用い、流速と散乱強度の空間的・時間的変化を観測した。海底近傍にはADVを設置して精密な流速と散乱強度の測定を行った。また濁度計を用いて海底近傍の濁度を測定し、TPMクロロテックを用いて水温、濁度、密度、クロロフィルaの鉛直分布を測定した。また2002年12月にも太田川放水路沖2km(St.2)にて同様に観測を行った。

3. 解析方法

ドップラー流速計は海水中に超音波を発射させ、水中の浮遊物質に反射して戻ってくる反射波のドップラーシフトの原理を用いて流速を測定している。さらに高解像度音響プロファイラーでは複数のパルスの位相差を測ることで高精度の流速の測定が可能である。懸濁粒子濃度分布の測定にはHRCPによって測定される散乱強度を用いた。ソナー方程式を用いて散乱強度から体積後方散乱係数を求め、海水の採水サンプルから求めた懸濁粒子濃度を使って体積後方散乱係数のキャリブレーションを行い、体積後方散乱係数を懸濁粒子濃度に換算した。また流速データ処理解析にはウェーブレット変換を用いた。測定データからカットオフ周期約30分のウェーブレットフィルターを用いて平均流速と乱れ成分を分離した。

4. 結果と考察

次にSt.1での観測結果を示す。図2は1月20日の22:00時~21日の12時までの懸濁粒子の時空間濃度分布である。22時から0時付近までは、懸濁粒子濃度は3~4 mg/lであるが海底近傍では高濃度の分布があるのがわかる。1時から2時付近では濃度が低いが4時付近から濃度の増加が見られる。図4は上から、平均水平流速、平均懸濁粒子濃度、底面せん断応力、懸濁粒子鉛直乱流フラックスの時系列を示す。平均流速、底面せん断応力のピークは0時付近であり6時から7時付近になると再び底面せん断応力が増加し

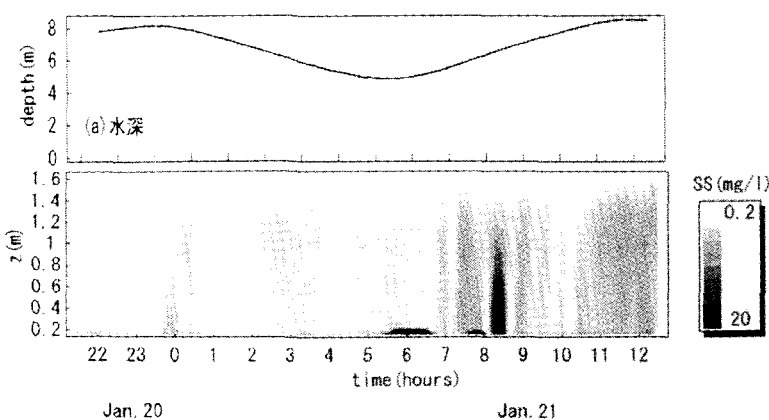


図2 (a) 水深の時系列と平均SSの時空間分布

ている。図4より7時~9時ではSSの平均値が高く、再懸濁は底面せん断応力が増加している時に生じると考えられる。懸濁粒子鉛直乱流フラックスの値が大きく変動し、増加している時間にはいずれも底面せん断応力が大きくなっている。

図5は底面せん断応力と懸濁粒子鉛直乱流フラックスの関係である。せん断応力が $0.3\text{cm}^2/\text{s}^2$ のあたりまでは鉛直乱流フラックスの値は低くなっているが $0.5\text{cm}^2/\text{s}^2$ を越えたあたりから懸濁粒子鉛直乱流フラックスの値が増加している。この図に引いた最小二乗曲線は次式¹⁾

$$\varepsilon = \varepsilon_M \left(\frac{\tau_0 - \tau_{0,crit}}{\tau_{0,crit}} \right)^\delta$$

を適用して描いたものである。限界せん断応力は $0.27\text{cm}^2/\text{s}^2$ であった。

図6は底面せん断応力と平均SSの関係である。底面せん断応力が増加しても平均懸濁粒子濃度はほぼ一定になっている。図7は平均SSの1時、5時、12時の鉛直分布である。この図より海底上1.0m付近を境に濃度変化が一定となっている。また多くの時間帯においてもほぼ同様の傾向が見られた。これは海底上100cmを境として密度成層が存在しているためではないかと考えられる。

5. 結論

(1) 懸濁粒子濃度の鉛直分布に関しては大部分の時間帯において海底上1mから1.2mの付近から平均SSの濃度増加が緩やかになり濃度が一定の分布を示すようになる。海底上1.0mまでは濃度一定の層が形成されている。

(2) 海底面に作用する底面せん断応力が $0.03[\text{N}/\text{m}^2]$ の値になった時に懸濁粒子鉛直乱流フラックスが発生し、海底面では再懸濁が起きている。

(3) 再懸濁によって懸濁粒子は底面から再浮上するものの平均懸濁粒子濃度の上昇はあまりみられない。この原因は、懸濁粒子鉛直乱流フラックスよりも移流によるフラックスの値の方が大きく、鉛直乱流フラックスの濃度に与える影響を打ち消してしまうためと考えられる。

6. 参考文献

- (1)Black.K.S(2002): “Working with Natural Cohesive Sediments”, Journal of Hydraulic Engineering/January
- (2)川西澄・余越正一郎(1998):停滯性沿岸域における海底境界層の乱流特性と懸濁粒子の挙動, 海岸工学論文集, 第45巻, 956-960

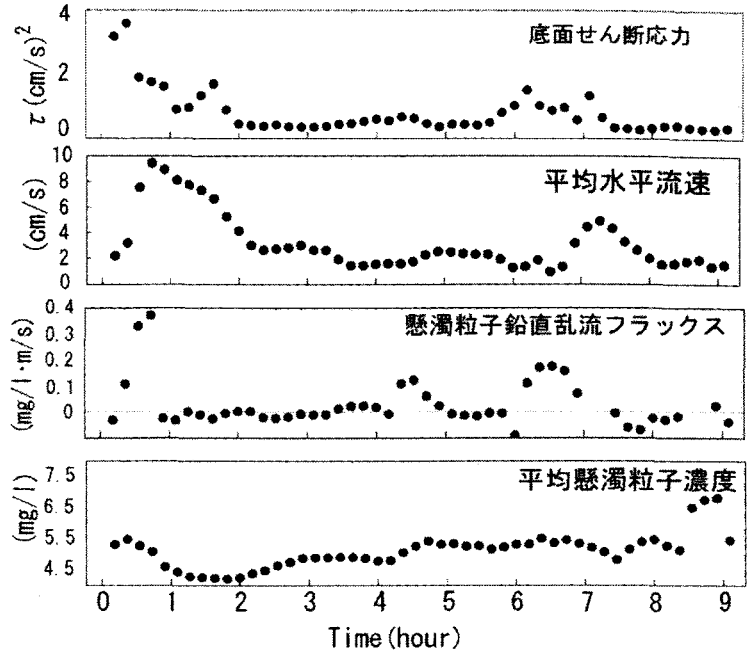


図4 海底上8cmでの時系列

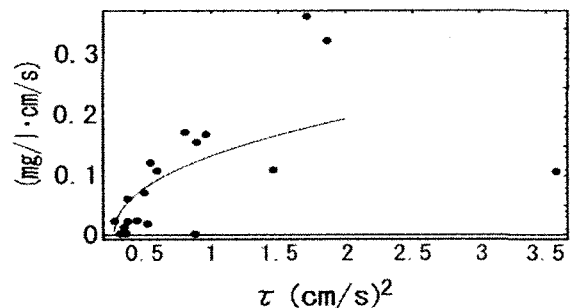


図5 底面せん断応力とSS鉛直乱流flux

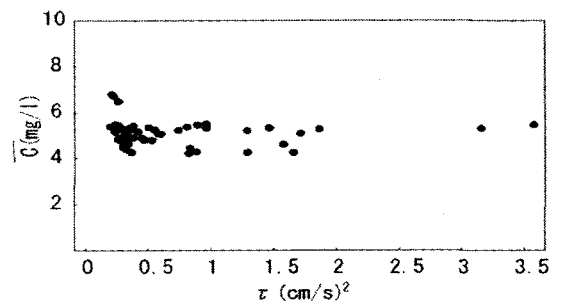


図6 底面せん断応力と平均SS

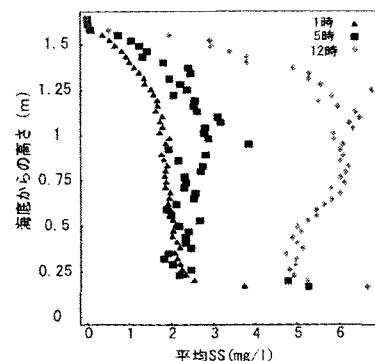


図7 平均SSの鉛直分布