

超音波ドップラー流速計を用いた海底境界層での乱流計測

九州大学大学院工学研究科 学生会員○足立義彦、正会員 井上徹教、フェロー 小松利光
 港湾技術研究所 正会員 中村由行、資源環境技術総合研究所 左山幹雄、中国工業技術研究所 高杉由夫

1. はじめに

水・堆積物間の物質交換速度は界面付近の流動の影響を受け、流れが少しでもあると大きなフラックスをとる事が知られている。これは界面直上に形成される濃度境界層の厚さが流速の影響を受けるためと考えられている。また、底層の流動が大きくなると堆積物の巻き上げが生じるが、巻き上げは水・堆積物間の物質交換に密接に関連しているものと思われる。以上のように、底質からの栄養塩溶出や堆積物の巻き上げを考える上で境界層の流れを知る事は大変重要であるが、現地において計測された例は極めてまれである。そこで本研究では、広島湾において海底面近傍での流速測定が可能な現場用超音波ドップラー流速計を用いて行った境界層の流動観測について報告する。

2. 現地観測概要

1998年11月6日8時30分から16時にかけて、広島湾において流速の鉛直分布を連続的に測定した。観測当日は大潮にあたり、広島湾の干潮時刻は4時38分と17時6分、満潮の時刻は11時1分であった。観測地点(N34° 20' E132° 25')を図-1、潮位と計測時間の関係を図-2に示す。図-2中で●は計測時間1分、矢印は計測時刻5分をそれぞれ表す。

流速測定にはNortek社製のADV-Fieldを使用した。コンパス/傾斜センサを併用する事で、東西方向、南北方向および鉛直(上下)方向の座標系で流速データを収集する事ができる。ADV-Fieldは10MHzの超音波ビームを放射し、水中に存在する懸濁粒子によって散乱される超音波のドップラーシフトを利用して流速を測定する。ADV-Fieldはプローブ中央にあるトランスミッタから10cm離れた体積0.03cm³の領域の流速3成分を最大25Hzのサンプリング周波数で測定できる。また、反射波を検知する事により境界からサンプリングボリュームまでの距離も1mm以下の精度で測定できる。

このADV-Fieldをアレック電子製の水中昇降装置に取り付けて観測を行った。測器の概略を図-3に示す。昇降装置はコントローラ、ケーブル、駆動部設置台か

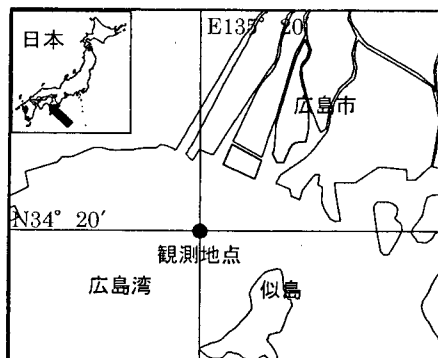


図-1 観測地点周辺図

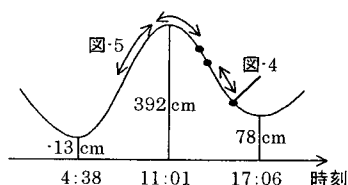


図-2 潮位と計測時刻の関係(●は計測時間1分を矢印は計測時刻5分を表す。)

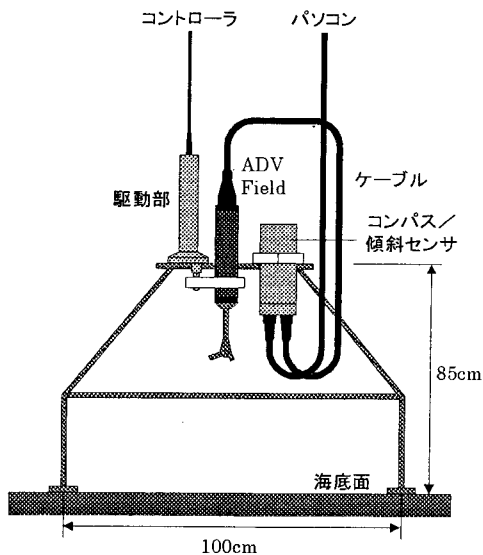


図-3 観測機器概略図

ら構成されており、水中で ADV-Field を 1mm 間隔で移動させる事ができる。

この装置を用いて、海底面からの距離が 0.5~20cm の範囲で、一測点につき 1 分あるいは 5 分間、周波数 25Hz で測定した。鉛直方向を一通り測定するのに、一測点あたりの測定時間が 1 分の場合約 20 分、5 分の場合約 1.5 時間を要しており、各測点での測定値は同時刻のものではない。

3. 観測結果

測定時間 1 分あるいは 5 分の場合のどちらも各 3 回行った。一例として、下げ潮時（測定時刻 15:25~15:45）一地点 1 分間計測したときの水平方向平均流速の鉛直分布を図-4 に示す。この図を見ると、海底面のごく近傍で平均流速が著しく変化し、海底面から約 1cm 以上はほぼ一定流速となっている事がわかる。上げ潮最強時から満潮にかけて（測定時刻 8:50~10:30）一地点 5 分間計測したときのデータから求めたレイノルズ応力の分布を図-5 に示す。ここでレイノルズ応力は水平面の主流方向の流速を求め、主流方向の乱れ速度と鉛直方向の乱れ速度の積から算出した。この図を見ると、海底面付近でレイノルズ応力の最大値が確認できる。但し、 $z > 2\text{cm}$ における低い値は、計測時刻のずれ（上げ潮最強から満潮にかけ次第に低流速になった）の影響があると考えられる。

ここで摩擦速度 u_* を乱れ速度の相関から算出する。最下層を除いて粘性底層の領域は計測できていないと思われるので、せん断応力 τ のうち分子粘性に関する項は無視でき、 τ は乱れ速度の相関 ($\rho \overline{U'w'}$ 、 ρ : 水の密度、 U' 、 w' : それぞれ水平主流方向、鉛直方向の乱れ速度、 $\overline{}$ は時間平均) で表す事ができる。これを用いると、0.25~0.47cm/sec. となった。

4. 結論

現場用超音波ドップラー流速計及び昇降装置を用い、広島湾海底面近傍において乱流計測を行った。1mm 精度で測定位置を調整可能な昇降装置を併用する事で、超音波ドップラー流速計による海底境界層の乱流構造の測定が可能となった。測定結果から観測時の平均流速分布は海底面のごく近傍で著しい変化を示した。また、水・堆積物間の物質フラックスに影響を与える摩擦速度は流況に影響を受け、大きく変動している事がわかった。

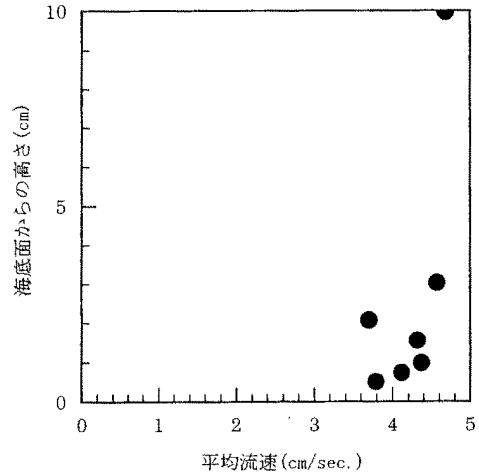


図-4 平均流速の鉛直分布

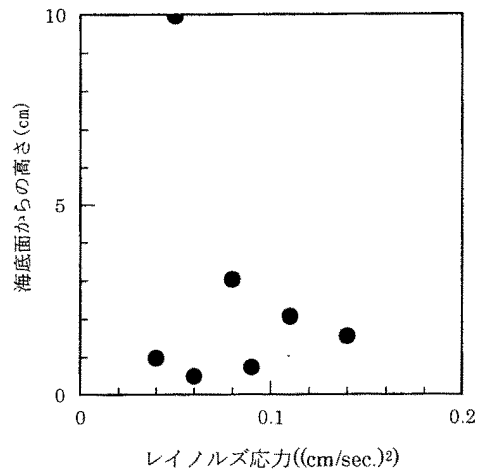


図-5 レイノルズ応力の鉛直分布

参考文献

- 1) 中村由行、御子神学、朴崎鎬、底層水の流動がリンの溶出フラックスに及ぼす影響、海岸工学論文集、第 41 巻、pp1081-1085、1994