

諫早湾湾口部における夏季の流況観測

中村 武 弘* ・ 多 田 彰 秀** ・ 矢野真一郎***
武 田 誠**** ・ 野 中 寛 之*****

諫早湾湾口部は諫早湾防災干拓事業で建設された潮受け堤防の前面海域に当ただけでなく、その中央部付近では海砂採取が行われ、海底には深さ 3~4 m の溝が数 100 m に渡って爪痕のように残っており、海水の貧酸素化現象の発生が懸念されている海域である。このような状況下にある諫早湾湾口部における夏季の流況を把握するため流速・水質・潮位の現地観測を実施した。その結果、水温や塩分等の成層状態は 1 潮汐間を通じて壊れることがなく、冬季の流況と大きく異なることが確認された。また、海砂採取跡の爪痕状の溝が海底近傍の流況に大きく影響していることが確認された。また、小潮期と大潮期では流況が著しく異なっていることも明らかとなった。

1. はじめに

諫早湾防災干拓事業で建設された潮受け堤防が有明海の潮流の流況に及ぼした影響が問題となっている。諫早湾湾口部における流況については、締め切り以前の資料がないため直接的な影響の評価はできないが、そこが潮受け堤防の前面海域にあたるため、潮流の現況を把握しておくことは重要と考えられる。また、諫早湾口中央部では干拓事業によって海砂の採取が行われ、海底には深さ 3~4 m の溝が数 100 m に渡って爪痕のように数多く見られる。近年、有明海中央部では海水の貧酸素化現象がしばしば発生しており、その発生源の 1 つとしてこの海砂採取跡地が疑われている(佐藤ら, 2001)。したがって、この海砂採取跡地での流況を把握しておくことも重要である。このような状況下にある諫早湾湾口部における潮流の現況については、著者らが行った冬季の流況観測があり、その結果はすでに報告されている(中村ら, 2002)。これに対し本研究では、夏季における同海域の流況を明らかにするものである。

2. 観測概要

諫早湾の概略を図-1 に示す。現地観測は(1)湾口断面において実施した流速・水質観測および(2)海砂採取跡地において実施した流速の 1 ヶ月間連続観測とに分けられる。湾口断面における流速・水質観測は 1 潮汐周期間を対象として行ったもので 2002 年 7 月 24 日に実施した。流速観測では図-1 に示す神代(E)と竹崎島(E')を結ぶ観測線(図-1 中の実線)に沿って ADCP を用いた曳航観測を実施した。この観測線 E-E' は冬季観測のときと同一測線である(中村ら, 2002)。水質観測は図-1 に示す P1~P5 および Q2, Q5, Q7 の計 8 地点において、流速観測と同時に実施した。測点 P1~P5 は測線 E-E' 間

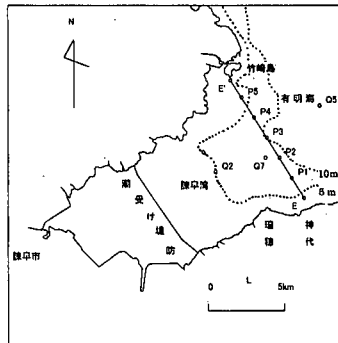


図-1 諫早湾の概略図と観測点

の 6 等分点である。計測項目は水温、塩分、濁度、クロロフィル a である。Q7 地点においては溶存酸素量も計測した。他方、海砂採取跡地における長期流速観測は、ADCP を海砂採取跡地の深さ約 4 m の溝の底に設置し、2002 年 7 月 23 日から 8 月 22 日までの 1 ヶ月間実施した。またこの期間中、瑞穂漁港で潮位変動も計測した。

観測に用いた計測機器は RD Instruments 社製超音波流速計(Workhorse ADCP, 1200 kHz)、アレック電子社製多項目水質計 ACL1183PDK およびアレック電子社製超小型水温深度計 MDS-TD である。湾口断面で実施した超音波流速計(ADCP)の曳航観測では、観測船の舷側に ADCP を取り付け、DGPS 測位法によって走航位置を測位し、観測線上を移動しながら計測した。

3. 2002 年 7 月 24 日の観測

ADCP による曳航観測は、ほぼ 90 分間隔で 1 潮汐間に 8 回行った。流速の計測は E 点を始点、E' 点を終点とし、水深 2.56 m から全水深の約 94% の深さまでを 1 m 間隔で約 3 秒ごとに行った。船の航行速度は約 6 ノットとし、E-E' 間の距離は約 9 km であり、1 回の観測に約 50 分を要した。水質観測は、流速の観測と並行して 8 回行った。瑞穂漁港における観測期間中の潮位記録を図-2 に示す。計測は 10 分間隔である。この日の潮汐は潮差約 4.3 m の大潮であった。

* 正会員 博(工) 長崎大学教授環境科学部環境科学科
** 正会員 博(工) 長崎大学助教授工学部社会開発工学科
*** 正会員 博(工) 九州大学大学院工学研究院学術研究員
**** 正会員 博(工) 中部大学講師工学部土木工学科
***** 正会員 修(工) (株)建設技術研究所大阪支社河川部

表-1 観測点の位置 (WGS)

観測点	北緯	東経
E	32° 52.883'	130° 16.173'
E'	32° 56.966'	130° 13.095'
Q2	32° 53.781'	130° 12.473'
Q5	32° 56.079'	130° 16.834'
Q7	32° 54.269'	130° 14.560'

(1) ADCP 曳航観測

E-E' 断面を通過する流量の経時変化を図-2 に示す。図中の○印は ADCP の計測値より算出した値であり、実線は潮位の変動分に海表面積を掛けて算出した値である。両者はよく一致している。ここに流出（有明海側への流れ）を正とした。次に、E-E' 測線上の水深 2.56 m における満潮時、下げ潮最強時、干潮時、上げ潮最強時の水平流速分布を図-3 に示す。これより、E 地点（神代）側における潮流が強く、最大流速は上げ潮時に E 地点の岸から沖へ少し離れた場所で起こり、下げ潮時には岸に近い場所で起こっていることがわかる。また、E' 地点（竹崎）での潮流は、流速が小さいものの満潮前後の時期を除いてほとんど北東方向に流れていることがわかる。これらの流況は、冬季における流況（中村ら、2002）とほぼ同じであった。次に、E-E' 断面における潮汐残差流を詳細に調べるため断面を 16 分割して検討した。水平方向には E-E' 間を 8 等分（約 1.1 km 間隔）し、鉛直方向には水深 5 m で上下に 2 分割した。便宜上、水平方向の分割断面には E 点側から E' 点側へ 1～8 の番号を付けた。各分割断面ごとに、1 潮汐間の通過流量を周期で割って求めた平均断面流量を図-4 に示す。これより E-E' 断面における潮汐残差流の形状として、水平的には湾口中央より流入し両岸より流出するパターンが見られ、鉛直的には下層より流入し上層より流出するエスチャリー循環のパターンを持つことが明らかになった。

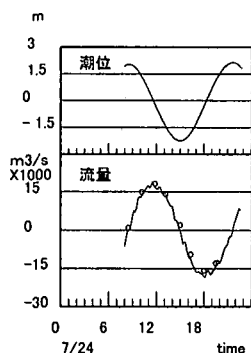


図-2 潮位と E-E' 断面を通過する流量の経時変化
(下図中の○印は ADCP より、実線は潮位変動より算出した値)

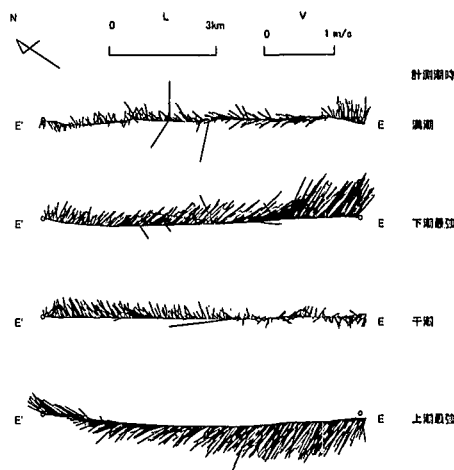


図-3 水平流速分布 (水深 2.56 m)

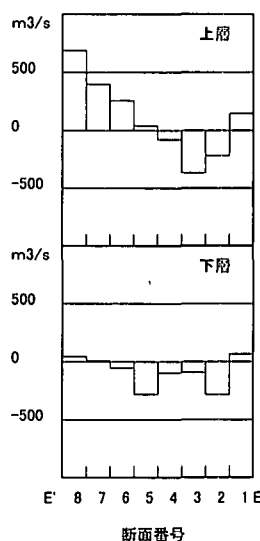


図-4 16 分割断面における平均断面流量
(上層：水深 5 m 以浅，下層：水深 5 m 以深)

(2) 水質観測

P2, P3, P5, Q2, Q5, Q7 地点における塩分のイソプレットを図-5 に示す。図中の太い実線は水面を示している。まず E-E' 測線上の P2, P3, P5 地点のイソプレットを比較することにより次のことが確認できる。

- 水表面の塩分は北側の方が低い。
- 全ての地点で成層が見られ、その成層状態は 1 潮汐間を通じて壊れない。
- 北側ほど成層の厚さは薄く、成層状態が強い。

これらの状況は水温においても同様であった。冬季における中村ら (2003) の観測結果では、成層状態が見られなかった点で大きく異なっている。次に Q2, Q5, Q7 地点のインプレットを比較することにより次のことが確認

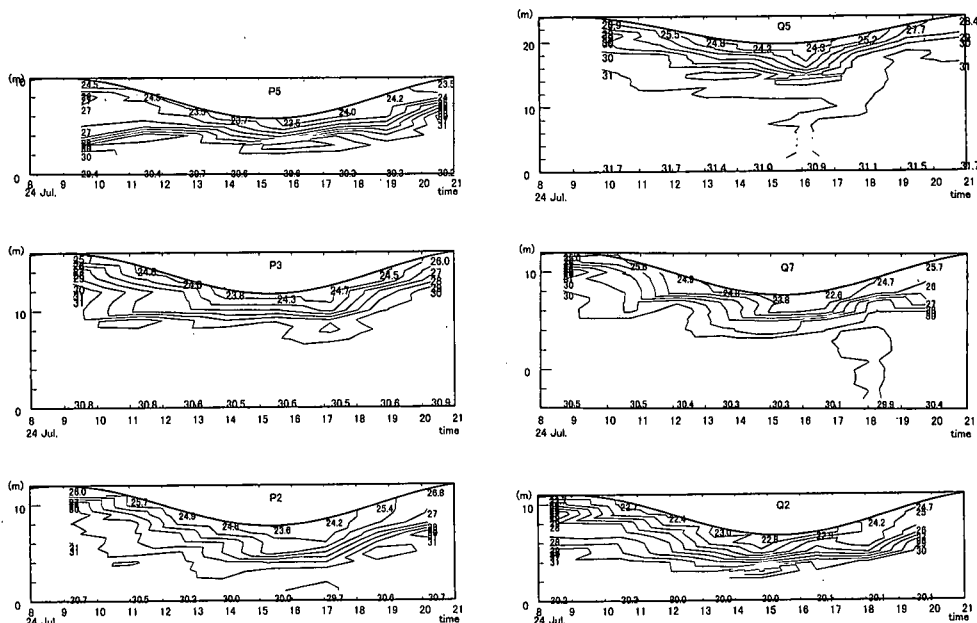


図-5 塩分のイソプレット (単位: psu)

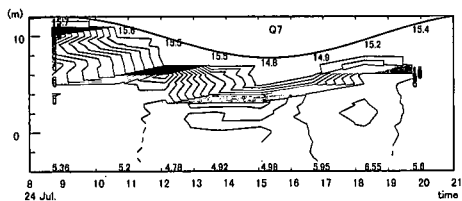


図-6 溶存酸素量 (DO) のイソプレット (Q7 地点, 単位: mg/l)

できる。

- 水表面の塩分は湾奥の方が低い。
- 全ての地点で成層が見られ成層は湾外側ほど厚い。
- 成層状態は1潮汐間を通じて壊れない。

次に、海砂採取跡地の Q7 地点における DO の経時変化を図-6 に示す。DO の分布も塩分や水温と同様に成層状態にあり、やはりその成層状態は1潮汐間を通じて壊れないことがわかる。溝の深さは約 4 m あり、そこでの濃度は貧酸素状態とまではいかないが、低酸素の状態である。この成層状態が長く続けば貧酸素状態へと進む可能性が考えられる。

4. 海砂採取跡地における流速観測

海砂採取跡地の Q7 地点に存在する深さ約 4 m の溝の中に ADCP を設置し、1 ヶ月間の流速の連続観測を行った。鉛直方向の計測点は海底面下 2 m (溝の中 2 m) の地点から上方へ 0.5 m 間隔で、水深の約 94% までの範囲で

ある。1 分間隔で計測し、10 分間の平均値を収録した。一例として海底面下 2 m における 7 月 23 日から 1 ヶ月間の流速記録を図-7 に示す。また、海底面下 2 m、海底面、海底面上 8 m における測定値を調和分解して求めた主要 4 分潮 (M_2 , S_2 , K_1 , O_1) の潮流楕円を図-8 に示す。これより溝の中での潮流楕円の長軸の向きは、溝の掘られている方向 (北東-南西方向) と一致していることがわかる。長軸の向きは上層に行くに従って時計回りに回転し、東-西方向へと向きを変えている。これより海砂採取跡地の溝が海底近傍の流況を変化させていることが明らかになった。

次に、常時水面下にある流速計測点について、観測期間中の流速値を平均して得られる残差流の鉛直分布を図-9 に示す。これより Q7 地点においては、下層から南西方向へ侵入し、上層から南東もしくは東方向へ流出する残差流系が形成されていることが明らかになった。

最後に、小潮期 (8 月 2 日~4 日) と大潮期 (8 月 9 日~11 日) における流速分布の経時変化をそれぞれ図-10 と図-11 に、流速の絶対値と流向 (北からの時計廻

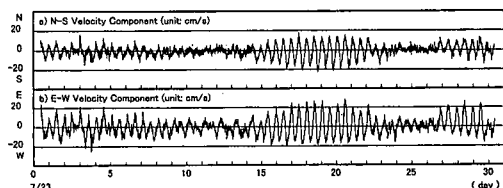


図-7 流速記録 (Q7 地点, 海底面下 2 m)

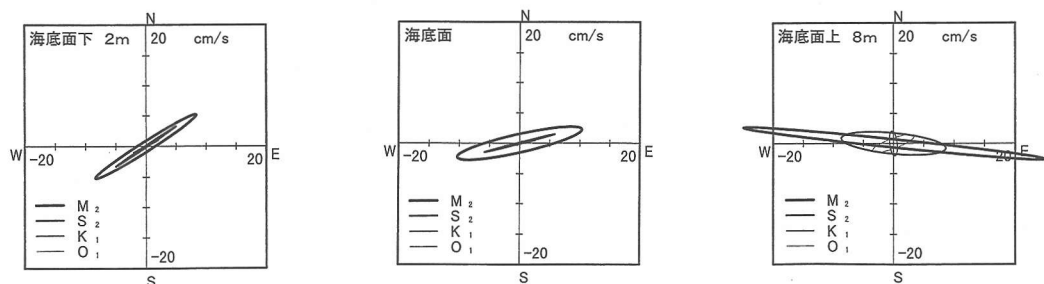


図-8 主要4分潮の潮流楕円 (Q7 地点)

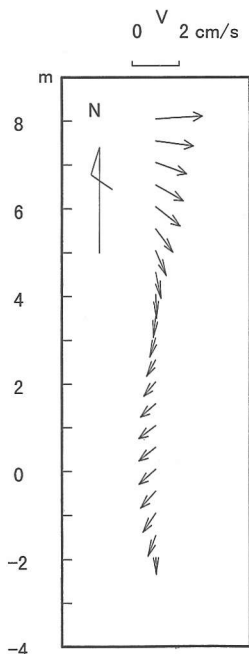


図-9 残差流の鉛直分布 (Q7 地点)

りの角度)で示す。図-11より、大潮期においては流向が、海底面から表層までほぼ同じ方向(上げ潮時に約 270° 、下げ潮時に約 90°)となっていることがわかる。また、流速の絶対値は海底面より上層に行くに従って大きくなっていることもわかる。他方、小潮期においては、図-10より流向が最強流時以外には上層と下層で異なった方向を向いていることがわかる。また、流速の絶対値は必ずしも上層で大きくなっておらず、小潮期の流速分布の複雑さがわかる。貧酸素水塊の発生が小潮期に多く見られることが報告されているが、上述のような小潮期の流況の複雑さと関係しているものと推察される。これまで著者らが実施してきた湾口断面における流速観測は全て大潮期のものであった。今回の観測から小潮期の流況を解明する必要性が示唆された。

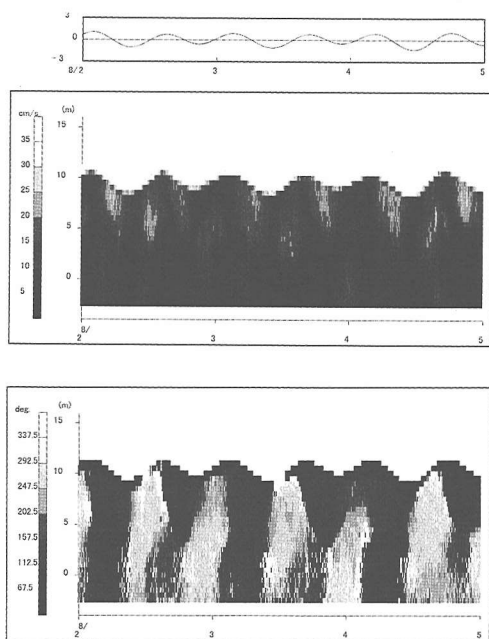


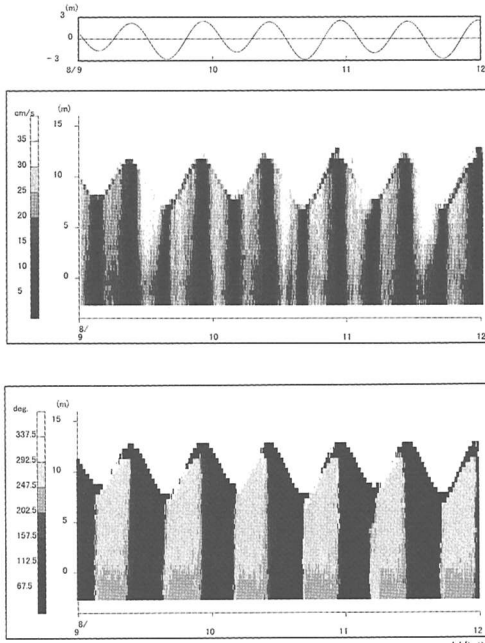
図-10 小潮期の流速分布の経時変化 (Q7 地点)

(上: 潮位, 中: 流速の絶対値, 下: 流向, 北から時計廻りの角度)

5. おわりに

諫早湾湾口部における夏季の流況を把握するための現地観測を行い、湾口断面における1潮汐間の観測から以下の点が明らかになった。

- (1) 上げ潮時や下げ潮時の水平流速分布は冬季の流況とほぼ同じパターンであった。
- (2) 水温や塩分等の成層状態は1潮汐間を通じて壊れることはなかった。これは冬季の流況と大きく異なる点である。したがって、この成層状態が長く続けば貧酸素状態へと進む可能性があると考えられる。
- (3) 湾口断面における潮汐残差流の形状として、水平的には湾口中央より流入して両岸より流出し、鉛



図一11 大潮期の流速分布の経時変化 (Q7 地点)
(上: 潮位, 中: 流速の絶対値, 下: 流向, 北から時計廻りの角度)

直的には下層より流入して上層より流出するエスチャー循環のパターンを持つことが明らかになった。

また、海砂採取跡地における長期流速観測から以下の点が明らかになった。

(1) 海砂採取跡地の爪痕のような溝が海底近傍の流速

および流向に大きく影響を及ぼしていることが潮流槽円から確認された。

(2) 小潮期と大潮期では流況が著しく異なっていることが確認された。これまで著者らが実施してきた湾口断面における流速観測は全て大潮期のものであったことから、小潮期の流況を解明する必要性が示された。

謝辞: 本研究対して、文部科学省科学研究費補助金基盤研究 A (代表者: 小松 利光, 課題番号 14205075) 並びに文部科学省科学研究費補助金基盤研究 S (代表者: 中田英昭, 課題番号 13854006) の援助を受けた。また、本研究を行うに当たり、長崎大学環境科学部卒研究生寺井ミカさん、矢野智子さん、桐原真奈美さん、近藤由布さん、長崎大学工学部社会開発工学科卒研究生石崎剛君、佐藤忠信君らの多大なご協力を頂きました。また、瑞穂漁協、神代漁協、土黒漁協、小長井漁協には現地観測に際してご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 佐藤正典・東 幹夫・佐藤慎一・加藤夏絵・市川敏弘 (2001): 諫早湾・有明海で何がおこっているのか?, 科学, 岩波書店, 7月号, pp. 882-894.
- 中村武弘・矢野真一郎・多田彰秀・野中寛之・亀井雄一 (2002): 諫早湾湾口部における流況の現地観測, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 396-400.