

有明海奥部筑後川河口沖における流れの季節および経年変動

Seasonal and Temporal Variation in Flow off Chikugo River Mouth in the Inner Part of Ariake Sea

山口創一¹・濱田孝治²・速水祐一³・瀬口昌洋⁴・大串浩一郎⁵

Soichi YAMAGUCHI, Takaharu HAMADA, Yuichi HAYAMI
Masahiro SEGUCHI and Koichiro OHGUSHI

Frequent occurrence of red tides and hypoxia and the extension of muddy sediments were observed in the inner part of Ariake Sea. As one of the causes for these phenomena, the change in tidal current has been considered. In this study, seasonal and year-to-year variation in the tidal current was evaluated based on the field observation obtained off Chikugo river mouth during/after the construction of Isahaya dyke. Current velocity decreased by about 23 % due to the aquaculture of Nori in autumn and winter compared with that in other seasons. The temporal trend of M_2 tidal amplitude was not statistically detected during the period of 1985-1998. The change in tidal current due to the construction of the dyke was considered to be small compared with year-to-year variation. But the direction of current was changed from 1995 to 1996.

1. はじめに

有明海奥部においては赤潮の増加（堤ら，2006），夏季の貧酸素水塊の発生（濱田ら，2007），泥底の拡大（山本ら，2008）など，多くの環境異変が明らかとなっている．こうした異変の原因の一つとして，流れの変化が指摘されている（日本海洋学会海洋環境問題委員会，2001，2002）．特に1997年に諫早湾に建設された潮受け堤防との関連が注目されており，流れが経年的にどう変化してきたかを評価することは環境異変の解明にとって重要である．

九州農政局（2002）は諫早湾内における現地調査結果を基に，潮受け堤防締め切り前後で，大潮時の最大流速が堤防前面で70から90%，湾口付近で10%から40%減少したことを報告している．西ノ首ら（2004）や田井ら（2008）はそれぞれ島原半島沿岸部および大浦沖の観測点において，潮受け堤防建設前後に得られた現地観測結果を比較した．その結果，潮流が堤防締め切りによって大きく減少したことを明らかにしている．また数値実験によっても種々検討されている．灘岡ら（2002），藤原ら（2004），Manda and Matsuoka（2006）は有明海を対象に数値実験を行い，堤防建設に伴って諫早湾周辺では流れが大きく低下した一方で，有明海奥部海域についてはその影響はほとんど見られないという結果を得ている．

近年水環境の悪化が特に深刻な大浦以北の有明海奥部の潮流変化の評価に関しては，現在のところ，田井ら（2008）の結果以外は上記の数値シミュレーションによってのみ行なわれており，実測値に基づく検討はデータが存在しないこともあり，十分に行なわれていないのが現状である．

佐賀大学農学部浅海干潟総合実験施設では筑後川河口沖（図-1：▲）において，1975年5月から1998年3月まで海面下1mにおける流向・流速の計測を行った．渡辺・藤本（1984）は1982年，1983年に計測された同じデータを用いて，流向・流速の特性や潮差との関係などを求めている．しかし，現在までに，その長期変化について明らかにされていない．本研究では，有明海奥部筑後川河口沖で潮受け堤防締め切り前後を含む長期に渡って計測された観測資料を用いて，流動特性の把握およびその季節・経年変動について検討した．

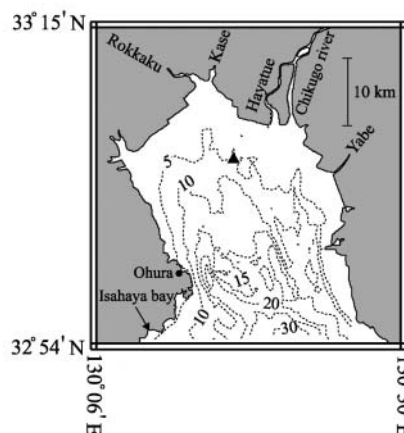


図-1 有明海奥部海域の海底地形および観測塔位置（▲）

1	博（理）	佐賀大学講師有明海総合研究プロジェクト
2	正会員	工博 佐賀大学准教授有明海総合研究プロジェクト
3	農博	佐賀大学准教授有明海総合研究プロジェクト
4	正会員	農博 佐賀大学教授農学部
5	正会員	工博 佐賀大学准教授理工学部

2. 観測方法

佐賀大学農学部浅海干潟総合実験施設は筑後川河口沖に有明海海象観測塔（図-1：▲）を建設し、1975年5月から1998年3月まで海面下1mにおける流向・流速の計測を行った。計測は1985年3月以前は流向がベーン型/ポテンシオメータ方式、流速がサーボニアスロータ型/リードスイッチ方式の流速計（新日本気象海洋株式会社製）、これ以降は水平2軸電磁流速計UECM1000（ユニオンエンジニアリング）が用いられた。両流速計は共にフロートを使用して常時海面下1mに固定され、観測塔の南西に設置された。前者の測定方法では流速が過大になることや波浪による往復流の影響を受けることなどが報告されている（Saunders, 1980；國司ら, 1985）。実際に得られた結果を詳細に見てみると、同様の影響によると思われるデータの異常が見られた。したがって、前者のデータについてはその測定精度に問題があると考えられたため、本研究では、測定精度が良好と判断された水平2軸電磁流速計により計測された後者の期間（1985年から1998年）のみを解析対象とした。

3. 結果

1985年4、5月における東西・南北流速のスカッタープロットを図-2（a）に示す。上げ潮時には湾軸方向（北北西）に流れ、下げ潮時は南南西を向いており、上げ潮と下げ潮で非対称な流れとなっている。観測地点は早津江川から伸びるミオ筋の延長線上にあたり、下げ潮時の流向はほぼこのミオ筋に一致している。

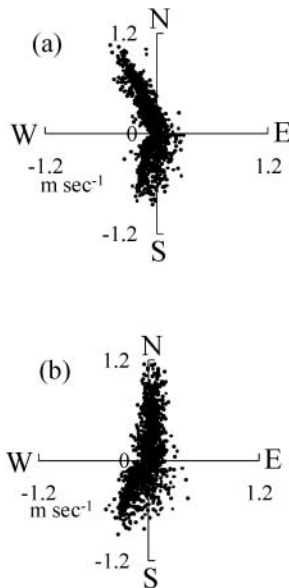


図-2 流速のスカッタープロット
(a) 1985年4,5月 (b) 1997年4,5月

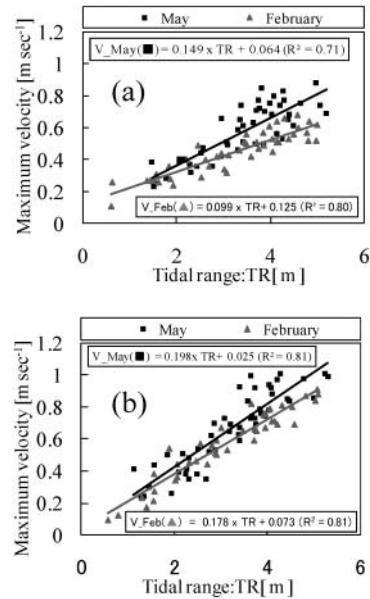


図-3 潮差と最大流速の関係
(a) 下げ潮時 (b) 上げ潮時

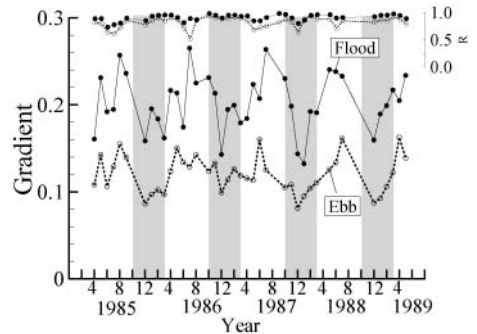


図-4 潮差-最大流速の回帰直線の傾きの季節変化

秋冬季には有明海奥部で大規模に海苔の養殖が行なわれている。馬場・山下（1989）は石膏ボールを用いてノリ養殖が流れに与える影響を評価した。その結果、ノリ養殖によって流速が大きく低下することを明らかにしている。本資料においてその影響を調べるため、ノリ養殖期（2月）とそうでない時期（5月）について、潮差とその間の最大流速の関係を上げ潮・下げ潮それぞれに分けて求めた（図-3）。ここで上げ潮とは南北成分が北向きの場合、下げ潮とはその逆の場合を意味している。上げ潮、下げ潮共に潮差と最大流速は高い相関関係（決定係数 $R^2 > 0.7$ ）にあり、ノリ養殖期はそうでない時期に比べて回帰直線の傾きが小さくなっている。1985年から1989年の各月について図-3と同様の回帰直線を求め、図-4にその傾きの変化を示した。図中のハッチをかけた領域はノリ養殖期を示し、 R は相関係数である。なお半月（15日）以上の欠測があった月は示していない。また同期間

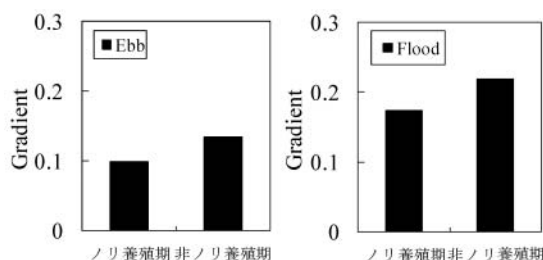


図-5 ノリ養殖期 (1月,2月,12月) と非ノリ養殖期 (4月から8月) の潮差と最大流速の直線の傾きの平均値

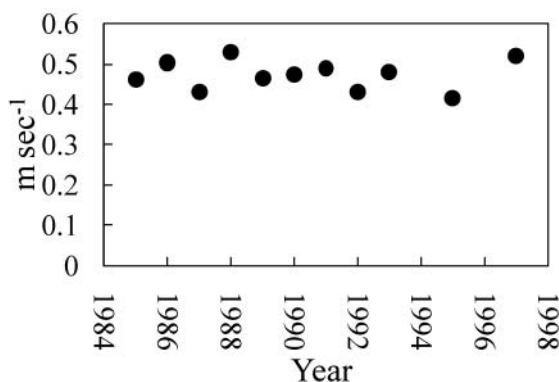


図-6 M₂潮流楕円長軸方向の振幅時系列

においてノリの養殖規模 (柵数) にほとんど変化がないことを確認している (川村, 2006)。一年を通じて潮差と最大流速の相関係数は高く, ノリ養殖期には傾きが小さくなっていることが分かる。図-5にはノリ養殖期 (1, 2, 12月) と非ノリ養殖期 (4月から8月) の傾きの平均値を示している。これによると, 平均的には, 同じ潮差に対してノリ養殖期は非ノリ養殖期に比べて, 流速が約23%小さくなっていることが分かった。観測塔はノリ養殖海域の先端部に位置しており, その影響が強く表れる結果となった。なお, 流向についてはノリ養殖期とそうでない時期で違いは見られなかった。千葉・武本 (2002), 八木ら (2004) は数値実験によりノリ養殖の流れへの影響を評価した。その結果, 本研究と同じく, ノリ養殖により流速が大きく減少したことを報告している。またノリ養殖の行なわれていない湾奥中央部やミオ筋などの海域では流速が逆に上昇するという結果を得ており, ノリ養殖が有明海奥部の流動構造に与える影響は大きいことが分かる。

次に潮流の経年変化を評価する。図-6は流れの東西・南北成分を調和分解してM₂分潮の潮流楕円を求め, その長軸方向の振幅の経年変化を示したものである。解析には比較的欠測が少なく, ノリ養殖の影響を受けない4月, 5月のデータを用いた。これによると解析期間において, 潮流に経年的に有意なトレンドは検出されなかった。

これは諫早湾潮受け堤防の建設時期をはさんだ1985年から1997年までの13年間に於いて, 筑後川河口沖での潮流流速に有意な経年変化はなかったことを意味する。したがって, 度々指摘される堤防建設に伴った流速の変化は本資料からは検出されず, 仮にあったとしても, 筑後川河口沖においては小さかったと言える。灘岡ら (2002), 千葉・武本 (2002), 藤原ら (2005), Manda and Matsuoka (2006) は数値シミュレーションにより, 堤防建設に伴う有明海奥部の流速変化について検討を行い, 有明海奥部では堤防建設による潮流の変化はほとんどないという結果を得ている。本研究の結果はこれらのシミュレーションの結果と矛盾しないものである。

次に潮流の流向の経年変化について検討する。1997年4月, 5月のスカッタープロットを図-2 (b) に示す。1985年 (図-2 (a)) と比べると, 1997年には上げ潮時は真北に, 下げ潮時はより西寄りに流向が変化している。この変化は1996年12月 (図-7 (a)) に検出され, これ以前は図-2 (a) と同様の分布を示していた。ただし1996年12月以前は欠測が続いており, これ以前の存在するデータは1995年4月 (図-7 (b)) である。同じ地点において2007年4月および5月に, 海底設置型ADCP (Nortek社製 Aquadopp) により計測した結果によると, その分布は図-2 (b) と同様であった。したがって, 流向の変化は1995年4月から1996年12月の間に起こったと考えられる。こうした流向の変化は西ノ首ら (2004), 田井ら (2008) によっても報告されており, 今後, 本研究の結果との関連性を明らかにしていくことが重要である。

4. 結論

本研究では有明海奥部筑後川河口沖に建設された観測塔において, 長期にわたり計測された流向・流速データを解析し, ノリ養殖の影響および潮流の経年変化を調べた。有明海奥部における潮流の季節的な変化はノリ養殖の影響が大きく, 観測地点において養殖期には平均で流速が約23%弱まることが分かった。したがって, 秋冬季の有明海奥部の流動場を考える場合, ノリ養殖の影響は十分に考慮する必要がある。1985~1997年の期間, 潮流流速に経年的な変化はなく, たびたび指摘される潮受け堤防建設による潮流の弱化は観測地点においては小さいと考えられた。ただし, 潮流の流向については1995年から1996年にかけて, 上げ潮時にはより北向きに, 下げ潮時には西寄りに変化したことが明らかとなった。今後はこれらの変化の要因についてさらに調査する必要があると考えられる。

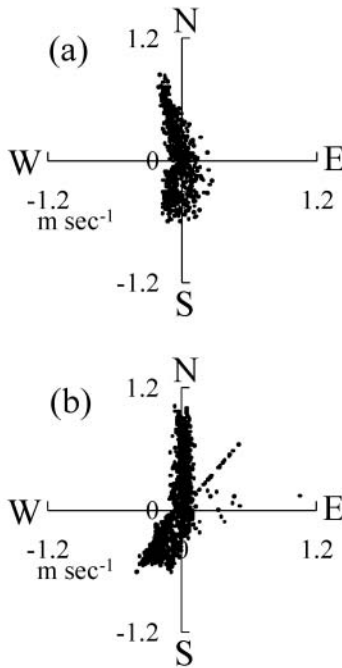


図-7 流速のスカッタープロット
(a) 1995年4月 (b) 1996年12月

参 考 文 献

- 川村嘉応 (2006) : 有明海奥部のノリ養殖, 海洋と生物, 28, 6, pp.603-610.
- 九州農政局 (2002) : 平成13年度諫早湾干拓事業海域水質予測モデル検討業務, 494p.
- 國司秀明, 吉岡 洋, 中村重久, 芹沢重厚, 市川雅史, 森田行司 (1985) : 沿岸海域の係留観測における流速計特性の相互比較, 沿岸海洋研究ノート, 22, pp.165-175.
- 田井 明, 齋田倫範, 矢野真一郎, 川村嘉応, 野口敏春, 小松利光 (2008) : 有明海湾奥における近年の潮流の変化と残差流の変動特性, 海岸工学論文集, 55, pp.371-375.
- 千葉 賢, 武本行正 (2002) : 諫早湾潮受け堤防の影響評価のための潮位観測値の分布と流況数値解析, 四日市大学

環境情報論集, 5, pp.39-70.

- 堤 裕昭・木村千寿子・永田紗矢香・佃 政則・山口一岩・高橋徹・木村成延・立花正生・小松利光・門谷 茂 (2006) : 陸域からの栄養塩負荷量の増加に起因しない有明海奥部における大規模赤潮の発生メカニズム, 海の研究, 15, pp.165-189.
- 灘岡和夫, 花田 岳 (2002) : 有明海における潮汐振幅減少要因の解明と諫早堤防締め切り影響, 海岸工学論文集, 49, pp.401-405.
- 西ノ首英之, 小松利光, 矢野真一郎, 齋田倫範 (2004) : 諫早湾干拓事業が有明海の流動構造へ及ぼす影響の評価, 海岸工学論文集, 51, pp.336-340.
- 日本海洋学会海洋環境問題委員会 (2001) : 有明海環境悪化機構究明と環境回復のための提言, 海の研究, 10, pp.241-246.
- 日本海洋学会海洋環境問題委員会 (2002) : 有明海環境悪化機構究明と環境回復のための提言2, 海の研究, 11, pp.631-636.
- 濱田孝治・速水祐一・山本浩一・大串浩一郎・吉野健児・平川隆一・山田裕樹 (2008) : 2006年夏季の有明海湾奥における大規模貧酸素化, 海の研究, 17, pp. 371-377.
- 馬場裕文, 山下康夫 (1990) : ノリ漁場の適正行使に関する研究-III-白石町地先漁場におけるノリ網張り込み方法の変化が流況に及ぼす影響-, 佐賀県有明水産試験場研究報告, 12, pp.91-96.
- 藤原孝道, 経塚雄策, 濱田孝治 (2004) : 有明海における潮汐・潮流減少の原因について, 海の研究, 13, pp.403-411.
- 八木 宏, 石田大暁, 高橋亜衣, 灘岡和夫, 田村 仁, 小谷正幸 (2004) : ノリ養殖施設の流体抵抗と潮流・浮泥輸送への影響, 海岸工学論文集, 51, pp.1026-1030.
- 山本浩一, 吉野健児, 速水祐一, 笠置尚史, 原田浩幸, 濱田孝治, 大串浩一郎, 山田文彦, 山口創一, 横山勝英 (2008) : 有明海湾奥部の底質に関する研究-細粒化の解明とモデル化にむけて-, 佐賀大学有明海総合研究プロジェクト成果報告集4巻, pp.1-8.
- 渡辺 潔, 藤本昌宣 (1984) : 海象観測システムによる有明海の海象気象の解析VI. 浅海域定点における潮流特性について, 佐賀大学農学部彙報, 56, pp.89-98.
- Manda A. and K. Matsuoka (2006) : Changes in tidal currents in the Ariake Sound due to reclamation. Estuaries and Coasts, 29, pp.645-652.
- Saunders P.M. (1980) : Overspeeding of a Aavonious rotor, Deep-Sea Research, 27, pp.755-759.

