

広島商船高等専門学校 正会員 笹 健児
広島大学大学院 正会員 日比野 忠史
広島大学大学院 学生会員 金 キョンヘ

1. はじめに

瀬戸内海は四方を本州、四国、九州に囲まれ、その地理的条件から外洋からの厳しい波浪等の影響を受けない「静穏な海域」として認識されてきた。一方、瀬戸内海には無数の離島が存在し、海上輸送に生活全般を依存せざるを得ない地域も依然として多い。このため、瀬戸内海では太平洋に次ぐ海難発生件数でありながら「人為的なミス」という観点からのみ考察されることが多いが¹⁾、航行船舶にとって瀬戸内海は本当に静穏な海域であるのかを定量的に検証した事例はほとんど見られない。しかし、今年に発生した明石海峡での3隻の船舶による衝突事故など人為的なミスだけで説明するのは難しく、従来の概念を見直す必要があると思われる。本研究では瀬戸内海の芸予地区の離島フェリー航路を中心に、船舶運航の困難さと気象海象との関連について関係者からの調査を実施し、現状における問題点を整理した。つぎに芸予地区に位置する離島における気象海象の連続観測を数年にわたって実施し、水温、塩分、潮流、気温、湿度、気圧等のパラメーターの変動特性を取りまとめた。これより、非常に複雑な海水の移動・流れの実態が明らかとなり、船舶運航が困難となる局面との関連性についての考察を行った。以上から瀬戸内海における船舶運航の問題点について、気象海象から見た今後の検討のあり方について何点か取りまとめたので報告する。

2. 瀬戸内海における船舶運航の現状

瀬戸内海は太平洋や日本海と異なり、閉鎖性の海域のため高波浪、うねり、強風の影響は少ないとされている。このため、港湾計画や海難事故の分析においても気象海象の影響を定量的に考慮した事例は多くないように感じられる。しかし、瀬戸内海には無数の島嶼部が存在し、その複雑に入り組んだ地形より大きな潮位差および強潮流が卓越する海域も少なくない²⁾と言

われている。ここでは瀬戸内海を航行する船舶運航者を対象にアンケート、ヒアリング調査を実施し、現状における瀬戸内海での気象海象に関する運航上の問題点を取りまとめた。

2.1 船舶運航者への実態調査

瀬戸内海および河川を航行している船社104社を対象に、船舶運航時の潮汐・潮流に関するアンケート用紙を郵送し調査を行った。アンケートの回答数は56社/104社であり、回答率は54%であった。さらにいくつかのフェリー会社等には詳細なヒアリング調査も実施した。主なアンケート項目は潮汐・潮流による船舶運航の影響として、異常潮位時の港湾施設への冠水、干潮時における運航の困難さ、強潮流による影響である。図-1にアンケートの回答があった船社が利用している港湾の係留施設の種類について調査した結果を示す。

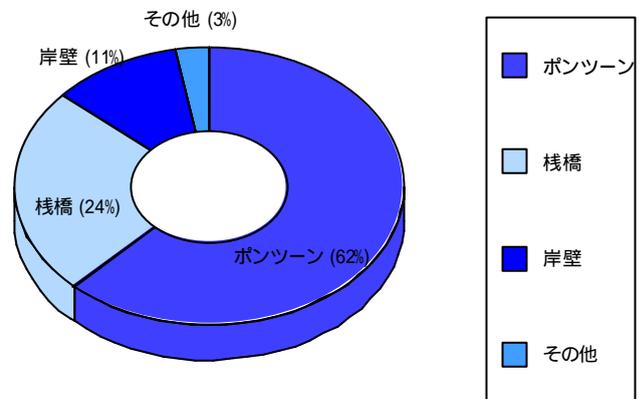


図-1 港湾の係留施設の種類

図より、浮体式（ポンツーン）の係留施設が62%を占めており、約2/3の港湾で使用されている。これは瀬戸内海の大いなる潮位差に対応したものであるが、一方で棧橋・岸壁式の係留施設を用いている港湾も35%あり、大潮時の満干潮時における船舶の係留や旅客・貨物の移動が困難となりうる港湾も相当数あることが分かる。図-2は高潮または異常潮位などの影響により港湾施設の冠水の有無についての回答結果を示す。

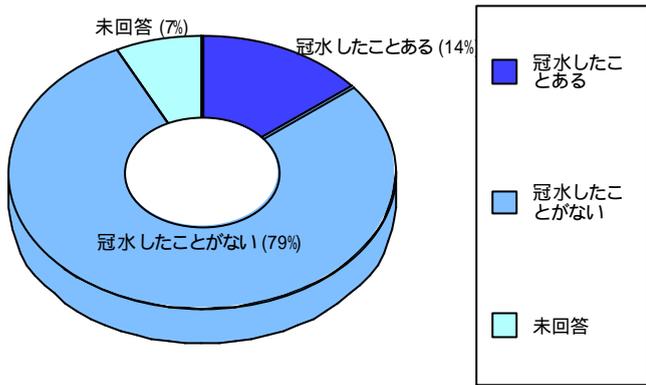


図-2 満潮時の港湾施設への冠水の有無

港湾施設が冠水したことがあるという船社は全体の14%を占めていた。瀬戸内海および河川を航行する船社のうち、約1/6の船社の港湾施設が冠水したことがあったと回答しており、現状の港湾施設では潮位の上昇に対応できていないケースがかなり見られる。図-3はアンケートにて橋梁を航行すると回答した船社(13%)を対象に、橋梁に衝突しそうになったかの有無についての回答結果を示す。

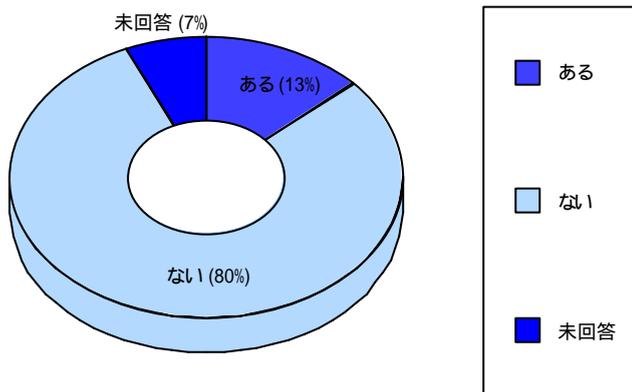


図-3 満潮時の橋脚への衝突危険の有無

これらの多くは河川を航行する水上フェリーであり、満潮時における海水の遡上によって橋梁への衝突危険を感じている状況が分かる。一方、干潮時の問題点として、水深が減少することによる船舶の操縦性の低下が最も深刻であり、図-4は干潮時における水深の現象により操縦性の低下を感じるか否かについての回答結果を取りまとめたものである。これより全体の約1/3の回答者が干潮時に操船に支障をきたしている事実が明らかとなった。操縦性の低下に関する具体的な現象としては、着岸作業への支障、船体が岸壁に吸い寄せられる、舵効きや回頭性能などの低下によって船が横に流されるまたは後進操船が困難等であった。

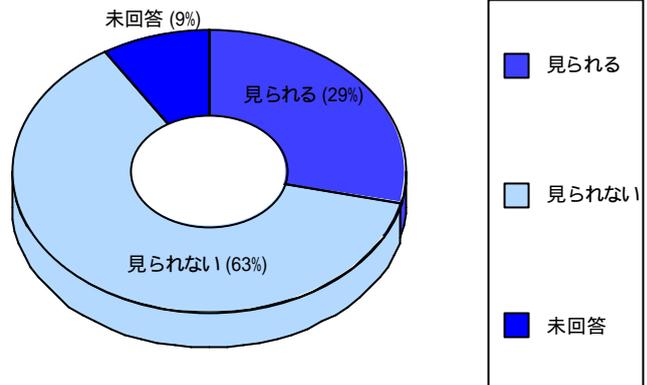


図-4 干潮時の水深低下による操縦性の低下傾向

これらの水深低下は特に冬季に顕著となり、これは潮位観測のデータからも冬季の大潮干潮時には水位が非常に低くなることから説明できる。また、潮流による操船困難についても、瀬戸内海に多数存在する狭水道にて、特に夏と冬の大潮時期に顕著に感じるとのコメントを得た。このように瀬戸内海で卓越する潮汐・潮流によって船舶運航が様々な局面にて困難となることが明らかであり、気象海象の定量的な観測データを用いた検討が必要であることがわかる。

3. 気象海象の連続観測および船舶運航との関係

ここでは図-5に示す瀬戸内海・芸予地区に位置する離島であるOK島を対象に気象海象のデータ観測とフェリー運航の困難さについての検討例を紹介する。

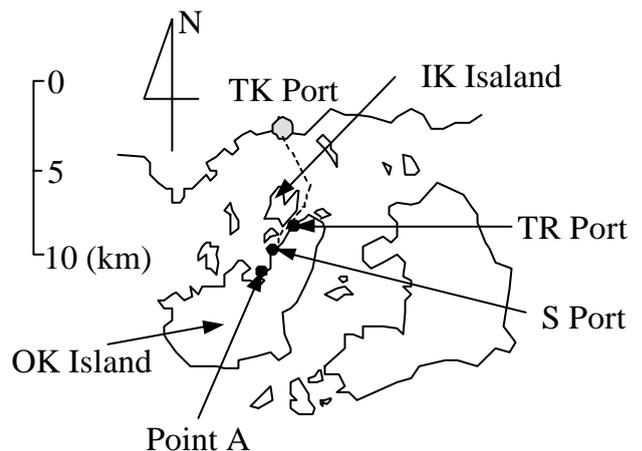


図-5 OK島および付近海域の地形図

OK島のTR港およびS港と本土のTK港の間には定期フェリーが就航しており、OK島にとっての主な

海上輸送ルートとなっている。当該フェリー会社に運航が困難となる気象海象について聞き取り調査を行ったところ、以下の2点が最も深刻とのことであった。

- OK 島北西部の強潮流による TR 港への着岸困難
- 当該海域にて発生する濃霧による運航障害

これらは当該海域にて卓越する複雑な気象海象に強く影響されていると著者らは考えたため、OK 島まわりで気象海象データの観測を実施してきた。図-6 は A 地点において、水温塩分計および水温深度計にて観測した 2006 年 8 月 1 日～2007 年 7 月 31 日に至る 1 年間の水温、水深（潮位）、塩分濃度の変動傾向を示す。

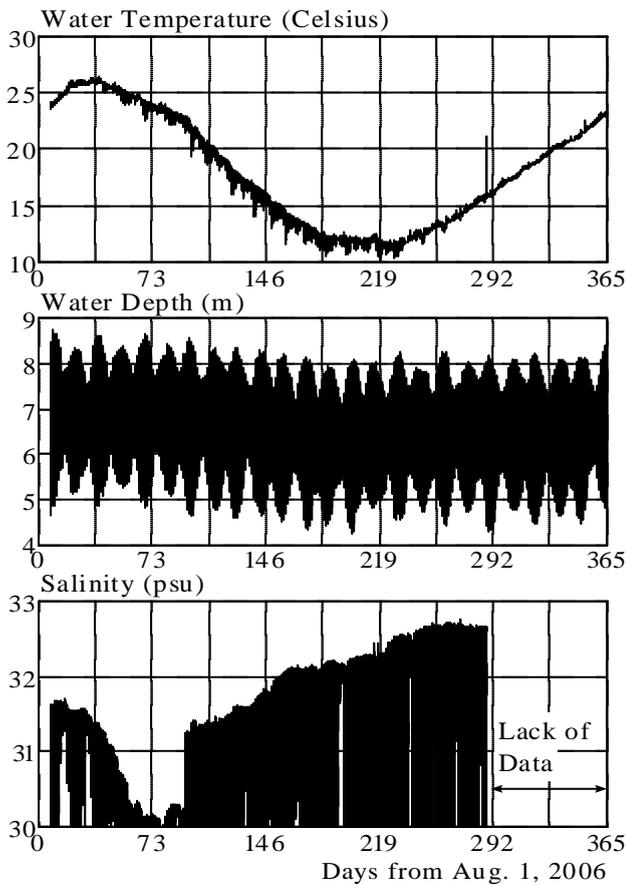


図-6 OK 島の水温、水位、塩分の年間変動

これより、当該海域での特徴としては大潮時には 4m 近くの潮位差が存在し、水温は 10～30℃、塩分濃度は外洋水よりもやや低い 30～33psu で変動している。図より、水温が秋季～冬季にかけて低下し続ける 70～220 日の期間において、年変動とは別に日変動のような水温変化の傾向が顕著に見られた。この傾向をさらに詳しく調べるため、2006 年 12 月 14 日～20 日までの 1 週間の水温と水位の関係を図-7 に拡大した。

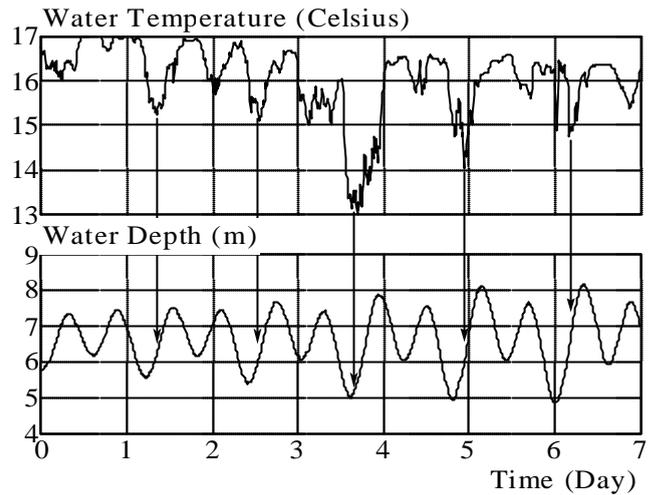


図-7 水温と水位の関係(2007 年 12 月 14 日～20 日)

これより、4 日目に 3 もの水温変化が見られ、その前後では 1～2 の水温低下となっている。これらの変動周期は図からも潮汐によるそれとほぼ対応しており、干潮後から上げ潮となる時期に発生している。当該海域にて卓越する潮汐により、水温の異なる水塊が移動してきたものと推定される。しかし、潮汐の大きさ(大潮、小潮)と水温変化量は必ずしも対応していないこと、潮位変化が大きくても水温変化が発生しない場合もあるなど、まだまだ理論的に説明できない点も多い。つぎに TR 港の沖にて卓越する潮流の観測を 2007 年の 9 月～12 月に実施した結果を潮流ベクトル図として図-8 に示す。観測はポンツーンの下に小型の流向流速計を設置し、10 分間ごとの値を観測した。図-9 には TR 港の沖 50m の地点で 2007 年の 7 月と 12 月の 1 日ずつ小型船から観測した流れベクトルを示す。

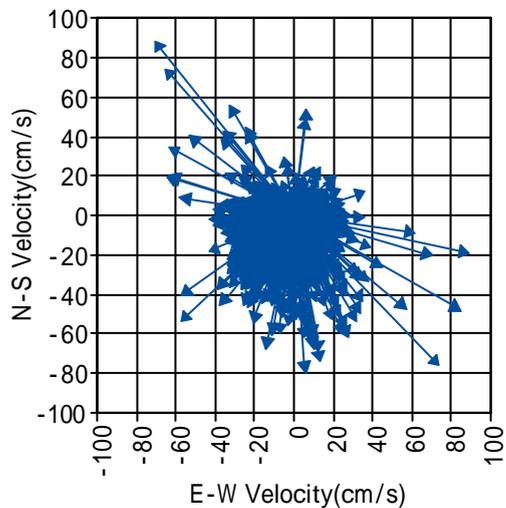


図-8 TR 港のポンツーン下における流れベクトル

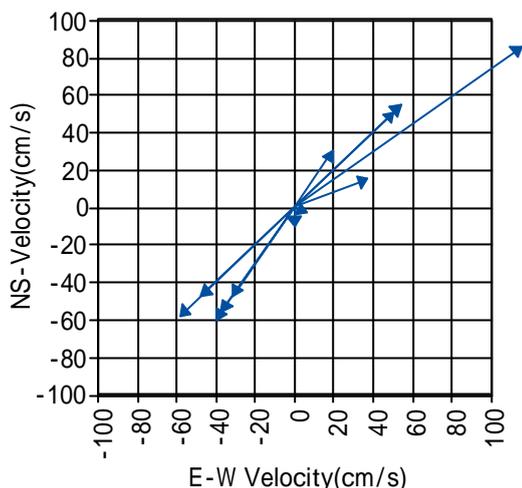


図-9 TR港の沖で観測した流れベクトル

これらを比較すると、図-8は陸に近い場所であったために流れの方向が図-9に示す本流とはやや異なっているが、概ね1~1.5m/sの潮流が大潮日を中心に最大流速として発生することが分かる。このような状況において、フェリーは表-1に示すような運航状況となることが聞き取り調査で明らかとなった。

表-1 TR港におけるフェリー運航の状況

潮位条件	運用の状況
上げ潮時	着棧する時にポンツーンに接岸した直後に横方向の流圧力と流圧モーメントによる圧流現象が生じ、船体の姿勢維持が非常に困難となる。船の圧流を静止するため、現状では反対側に大きく舵を切りながらエンジンを前進にかけて対応している。熟練した船長でも「大潮前後の操船は非常に緊張が伴い、困難な作業である」という認識
下げ潮時	下げ潮流時に通常の航跡で接近すると南側に圧流されてしまうため、潮流による圧流を利用した方法を取っている。まずポンツーンに対して大きく左方向に舵を切り、下げ潮流を船尾近くから受けるような位置関係にする。

表より、現場では経験と勘に依存した操船技術で何とか凌いでいるが、潮流特性や潮流下における船体運動についても検討されていないことから、このような検討資料を強く望んでいることも明らかとなった。

4. 今後検討すべき内容について

以上の調査結果を受け、今後はTR港およびOK島一帯を含めた広範囲かつ詳細な潮流、海水温度をはじめとした気象海象の観測、TR港に着岸するフェリーの船体運動についても同時に把握していく必要がある。瀬戸内海における気象海象に起因した船舶の運航障害に関し、本研究の成果をもとにさらに検討すべき事項を以下にまとめる。

(1)OK島まわりの複数ポイントにて水温、塩分濃度、水位を同時に連続観測し、時間変動だけでなく空間変動についても明らかとする。特にA点における水温の大きな日変化については非常に特異な現象と思われる、空間的な観測を行うことで水塊の移動メカニズムを分析したい。

(2)これとOK島まわりで卓越する潮流特性、さらには春~夏季に発生する濃霧との関連性についても、気象データ等と照らし合わせて検討していく必要がある。

(3)TR港まわりの潮流特性をさらに詳しく観測するとともに、OK島の反対側でも強潮流によって稼働できていない棧橋があり、この地点における潮流特性についても明らかとする必要がある。これらより、現状の港湾計画での検討方法における問題点を明確とし、今後の検討あり方のガイドラインを提示する必要がある。

(4)複雑な潮流状況およびフェリー着岸時の船体運動を高精度にて再現できる数値シミュレーションモデルを構築し、港湾計画時における安全性評価の手法を構築する必要がある。

謝辞 本研究を実施するにあたり、フェリー会社S社の方々に多くの貴重な助言を賜ったことに深く感謝する。また運航者へのアンケート調査にあたっては赤澤世理さん(当時・広島商船高等専門学校学生、現在・日本通運(株))の助力を得た。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1)海難審判庁:海難レポート2006,海難審判庁,100p., 2006
- 2)宇野木早苗:沿岸の海洋物理学,東海大学出版会, 672p., 1993