

平成 30 年度

石垣港流況調査報告書

観測期間：自 平成 30 年 9 月 12 日
至 平成 30 年 10 月 25 日

第十一管区海上保安本部

1 目的

石垣港の巡視船基地付近海域では、急な速い流れが存在すると巡視船から報告されたことから、流れのメカニズムを解明して船舶の航行安全に資する資料を得るため、巡視船基地ドルフィンに流速計を設置して流況調査を実施する。

2 調査区域

付図1に示す測点において実施した。

3 実施職員

<業務班>

班長	海洋情報調査課	主任海洋調査官	後藤 礼介
班員	〃	〃	兼本 完
〃	〃	海洋調査官	本間 章禎
〃	〃	海洋調査官付	野元 翔太

<資料整理班>

班長	海洋情報調査課	海洋調査官	本間 章禎
班員	〃	海洋調査官付	野元 翔太

4 調査期間及び観測期間

<調査期間>

平成30年9月 9日から11月21日までのうち3日間

<観測期間>

平成30年9月12日から10月25日までの44日間

5 調査方法

電磁流速計を表1に示す測点3点に設置する。設置方法は、付図2の流速計設置要領図による。

表1 電磁流速計設置概要

観測海域	石垣港巡視船基地ドルフィン付近
流速計設置点	①24° 20' 14" N , 124° 08' 40" E (C バース)
	②24° 20' 14" N , 124° 08' 34" E (D バース)
	③24° 20' 19" N , 124° 08' 39" E (B バース)

使用機種と観測設定は表2のとおり。なお、通常の潮流観測等ではバースト間隔は5分や10分などが一般的であるが、今回観測する流れは短時間で発生することが想定されるため、バースト間隔は1分とした。

表2 観測設定

使用機種	JFE アドバンテック社製 INFINITY-EM
観測層	海面下約 3m
水深	約 8m
バースト間隔	1 分
測定インターバル	0.2 秒
サンプル数	3 個

観測値の採用基準は、1 バースト毎に測得した 3 個のデータの流速値の標準偏差を算出し測得値のばらつきを確認した上で標準偏差 0.03kt 以下の観測値を採用する。

6 調査結果

各測点での観測期間は以下のとおり。なお、観測機器メーカーのソフトで算出した観測可能期間は 34 日程度だったが、実際にはそれよりも長い期間を観測することができた。

- ① (C バース) : 44 日間、9 月 12 日 15 時 00 分～10 月 25 日 23 時 59 分
- ② (D バース) : 42 日間、9 月 12 日 15 時 00 分～10 月 23 日 22 時 36 分
- ③ (B バース) : 44 日間、9 月 12 日 15 時 00 分～10 月 25 日 14 時 33 分

期間中の観測データの時系列変化グラフを資料 1～22 に示す。資料には、各測点における流向・流速の他に、気象庁所管の石垣検潮所の潮位データ (1 分毎)、気象庁アメダス石垣島で観測された風向・風速・気圧・気温データ (1 時間毎) 及び国土交通省リアルタイムナウファス石垣島の波高・周期データ (1 時間毎) を併せて示した。また、各バースのグラフ枠の上部には船舶の離着岸があった時刻に菱形印 (◆)、グラフ枠の下部には船舶の離着岸による流れが観測された時刻に三角印 (▲)、特異な流れが観測された時刻に丸印 (●) をそれぞれ記した。さらに、潮位のグラフ枠の下部には台風接近の有無、月のみちかけをそれぞれ記した。

(1) 潮流

潮流は期間を通して最大 0.2kt 程度と弱く、上げ (下げ) 潮流の方向は B バースでは北 (南) で主航路⇄石垣漁港の南北方向の地形に対応しており、C・D バースでは西 (東) で主航路の東西方向の地形に対応している傾向だった。

なお、今回観測された潮流は、石垣港湾事務所が平成 26 年度に実施した「石垣港環境調査」の潮流観測結果と同様だった。

(2) 台風最接近による一時的な流れ

観測期間中に台風 24 号が 9 月 29 日に宮古島東方を通過、台風 25 号が 10 月 4 日に宮古島東方を通過し、石垣島では北寄りの風速 20m/s (約 40kt) 程度の風が観測された。この時 B バースでは最大 0.5kt 程度の南への流れが観測され、主航路⇄石垣漁港の南北方向の地形に対応しており、一般的な吹送流の流速の指標である風速の 3%程度と比較すると風速の 1%程度と弱く、風が流れに影響を及ぼす度合いは小さかった。一方 C・D バースでは最大 0.4kt 程度の西への流れが観測され、主航路の東西方向の地形に対応して風の方向と流れの方向が一致しないことと、B バースよりも 0.1kt 程度流れが弱く、風が流れに影響を及ぼす度合いはより小さかった。

(3) 船舶の離着岸時の推進器による流れ

観測期間中に B・C・D バースへの船舶の離着岸があり、船舶が離着岸したバースの流速計にのみ最大 0.8kt 程度の流れが数分継続して観測されたことがあった。船舶の近傍には推進器による流れが必ず発生するものであるが、設置した流速計に流れが向かう時は観測されるが、向かわないときには観測されないためである。B バースを例にすると 9 月 30 日 16 時頃の船舶の離着岸では流れは観測されなかったが (資料 10)、10 月 3 日 14 時 30 分頃の船舶の離着岸では 0.4kt 程度の流れが観測されていた (資料 11)。また、観測した最大流速は D バースの 10 月 3 日 10 時 10 分頃で 0.8kt 程度だったが、B・C バースの同時刻頃には流れは観測されなかったことから、船舶が離着岸するバースの近傍 (船舶の近傍) にのみ流れが発生していることが判った。

(4) 太平洋側の波高が高い時に C バースで顕著に見られる西北西への速い流れ

期間中に、上記 (1) ~ (3) の流れ以外に、最大 1.0kt 程度の西北西への流れが数分~数十分間継続して発生していることが確認された。顕著な例として 9 月 14 日 7 時頃~11 時頃の C バース (資料 2) や、9 月 26 日 6 時頃~9 時頃の C バース (資料 8) が上げられる。(図 1) これらは共通して高潮の付近に発生している傾向が伺えた。そこで、これらの速い流れ (以下、『短時間流』という) を統計的に分析して発生傾向を探ることとした。

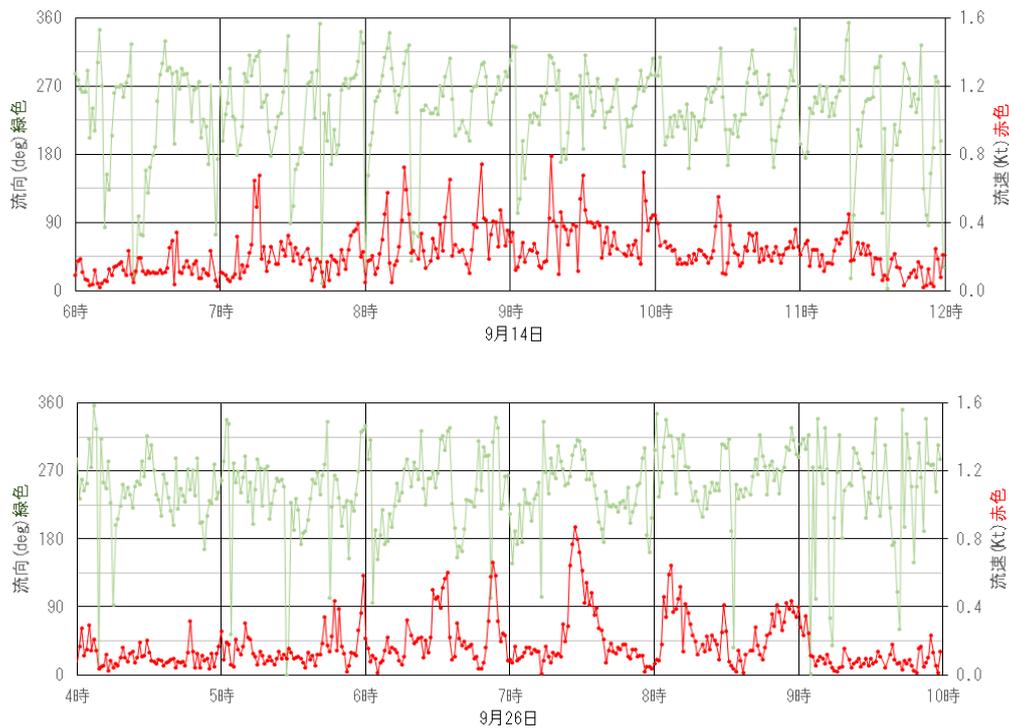


図1 Cバースの9月14日、26日の流れ

まず、『短時間流』とは1分～数十分間継続して発生時刻付近の平均的な流れから0.2kt以上強い流れと定義して、1分間の観測値と、その観測の前後30分間の合計1時間の観測値の平均値との差が0.2kt以上あるものを抽出した。抽出した流れが2分間以内で連続している時には、連続した流れを1回の短時間流と計上して、その連続した流れのうち最も流速が強い時の流向・流速を代表値とした。

次に、潮汐の現象については簡易的ではあるが、『高潮』とは当庁が保有する石垣港の調和定数を基に算出した推算潮汐の高潮時刻の前後1.5時間の合計3時間と定義し、同様に『低潮』とは推算潮汐の低潮時刻の前後1.5時間の合計3時間と定義した。高（低）潮の頃に当てはまらない時刻について、『低潮→高潮』とは低潮と高潮までの間、『高潮→低潮』とは高潮から低潮までの間とそれぞれ定義した。

短時間流を抽出してみると、観測期間中にBバースでは0回、Cバースでは113回、Dバースでは14回観測され、Cバースにおいて顕著に発生する傾向が判ってきた。また、C・Dバースで発生した短時間流の流向はおよそ西北西方向が大半であることが判った。さらに、短時間流は高潮に顕著に発生している傾向が伺えたことから、高潮のみに絞って流向を確認したところ、おおよそ西北西の流れであることが裏付けられた（図2-1～3-2）。

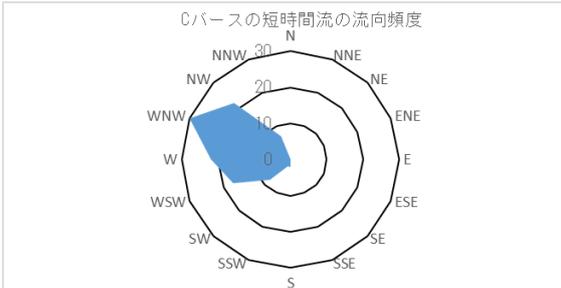


図 2-1 Cバースの短時間流の流向出現回数



図 2-2 Dバースの短時間流の流向出現回数



図 3-1 Cバースの高潮の短時間流の流向出現回数

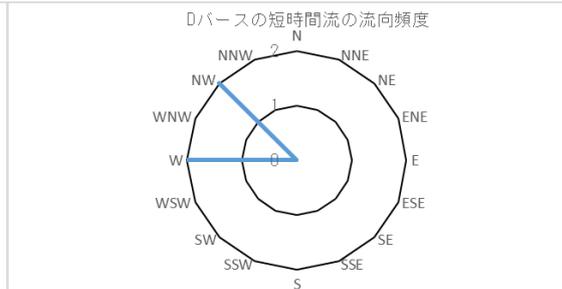


図 3-2 Dバースの高潮の短時間流の流向出現回数

念のため、短時間流発生時刻における風向・風速との関係を確認してみるとC・Dバースともに風向は北寄りもしくは東寄りに集中しているが風速と流速との関係はおよそランダムであり、風との関連は低いことが判った。(図4-1～5-2)



図 4-1 Cバースの短時間流時の風向出現回数



図 4-2 Dバースの短時間流時の風向出現回数

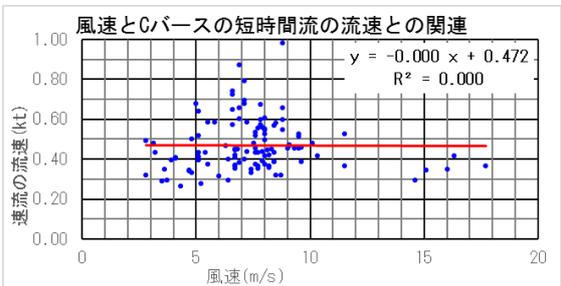


図 5-1 Cバースの短時間流の流速と風速の関連

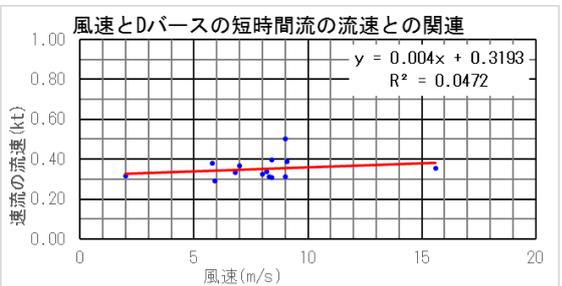


図 5-2 Dバースの短時間流の流速と風速の関連

次に、期間中における潮汐現象別の短時間流の発生率を算出したところ、短時間流は高潮に顕著に発生している傾向が伺えたものの期間を通してみるとCバースでも27%程度の発生率で(図6-1、6-2)高い値ではないが、観

測開始から7日間毎の期間で細分化してみると、Cバースでは9月12日～18日の期間と9月26日～10月2日の期間において発生率が高く、その他の期間では発生率は低いことが判った。また、低潮では高潮と比較すると明らかに発生率が低いことが判った(図7-1～10-2)。この期間の特徴的な事象として台風が頻繁に沖縄地方に接近しており、観測開始以降は、9月14日～16日に台風22号が八重山列島南方を通過、9月28日～29日に台風24号が宮古島東方を通過、10月4日～5日に台風25号が宮古島東方を通過し、その後観測終了までは台風は接近しなかった。台風接近と期間別短時間流発生率を照らし合わせると台風接近時に短時間流発生率が高いことが判ってきた。台風接近時には風は強まり・波高は高くなるが、短時間流は風との関係は低いことはすでに判ったので、次に短時間流と波高の関係を調べることにした。

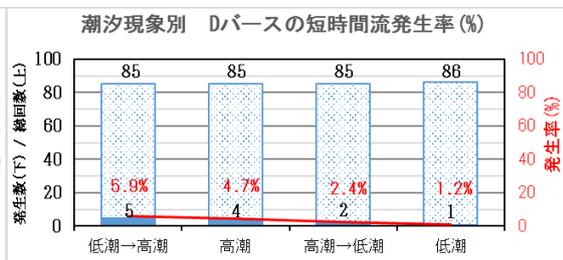
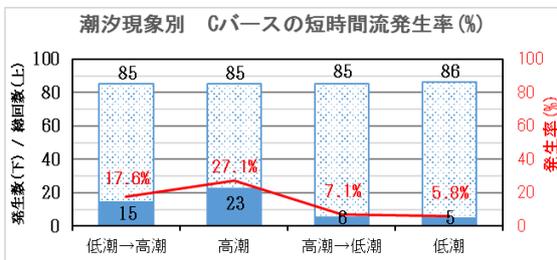


図6-1 Cバースの潮汐現象別短時間流発生率

図6-2 Dバースの潮汐現象別短時間流発生率

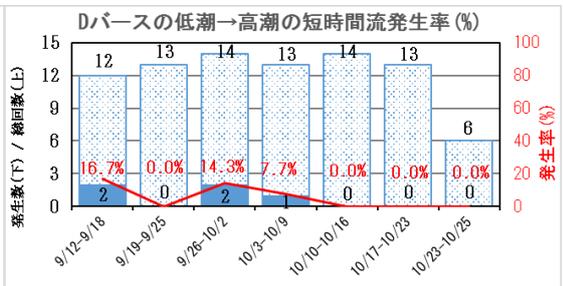
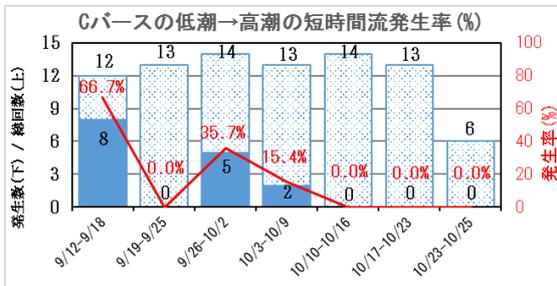


図7-1 Cバースの期間別低潮→高潮の短時間流発生率

図7-2 Dバースの期間別低潮→高潮の短時間流発生率

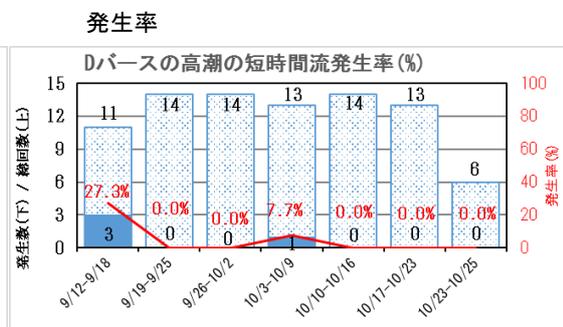
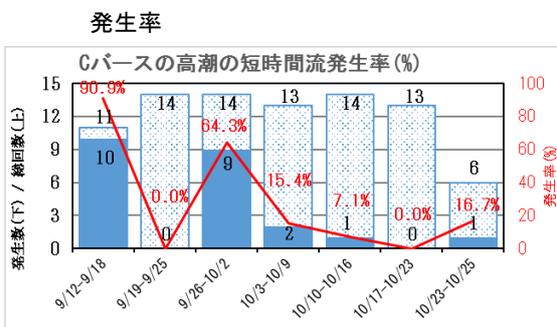


図8-1 Cバースの期間別高潮の短時間流発生率

図8-2 Dバースの期間別高潮の短時間流発生率

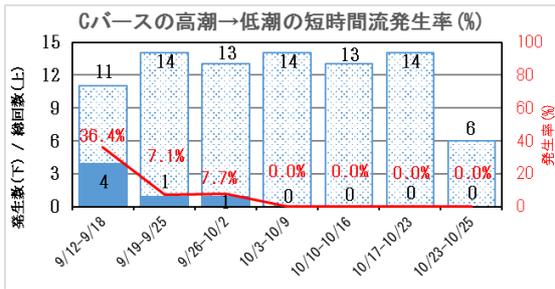


図 9-1 Cバースの期間別高潮→低潮の短時間流

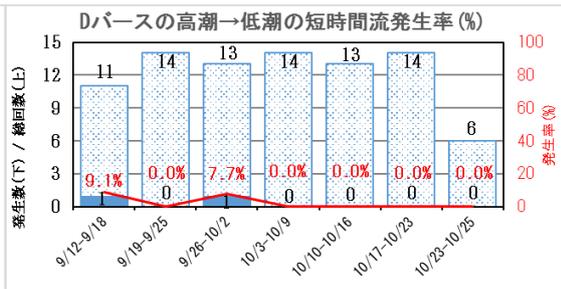


図 9-2 Dバースの期間別高潮→低潮の短時間流

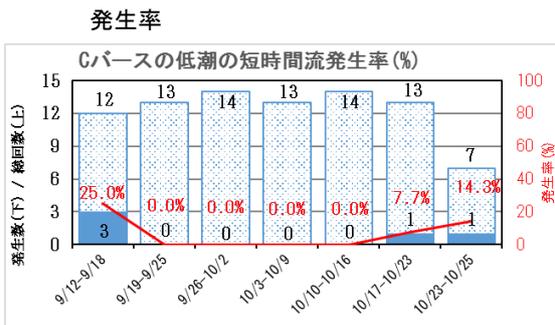


図 10-1 Cバースの期間別低潮の短時間流発生率

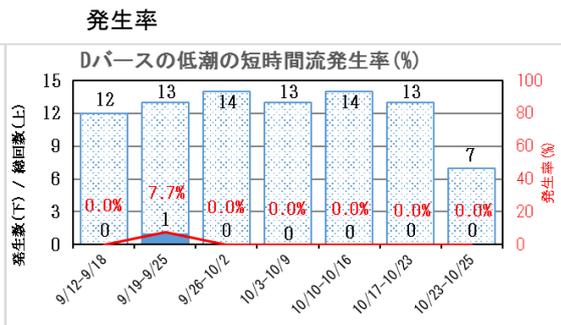


図 10-2 Dバースの期間別低潮の短時間流発生率

波浪の資料について、石垣港南方の太平洋側は波浪計が設置されていないので気象庁の沿岸波浪図の0（オー）地点における12時間毎の有義波高・波向データの値を使用し、石垣港西方の東シナ海側は波浪計が設置されているので国土交通省リアルタイムナウファスの1時間毎の有義波高データを使用した。

まずは、石垣港南方（太平洋側）の波高と短時間流の流速との関係を散布図で表した（図 11-1、11-2）。波高が高くなるとCバースでは流速が大きくなり、Dバースでは流速が大きくなっているが顕著ではない相関が判ってきた。

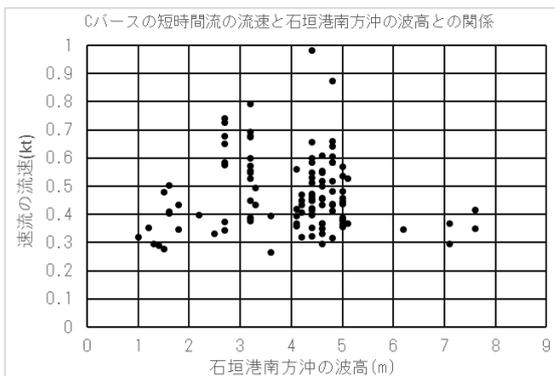


図 11-1 Cバースの短時間流の流速と石垣港南方沖の波高

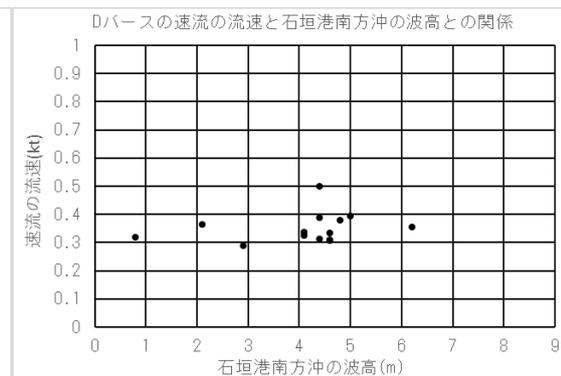


図 11-2 Dバースの短時間流の流速と石垣港南方沖の波高

Cバースは波高と流速の相関が判りやすいことから、さらに波向と流速の関係を確認するため、流向を16方位に細分化し、ある1方位を基準にその

両隣の方位、次の両隣…と、基準からの角度順にグループにしたところ、ESE 方向で流速が最大であり ESE 方向からの角度が大きくなるにつれて流速が小さくなっていく傾向が判った (図 12)。ただし、SE・E 方向において波高 4m 程度で流速 1kt 程度のデータが 2 個あったが、波向データは 12 時間毎なので実際の波向は ESE に近かったか、もしくは波高データは有義波高なので実際の波高は 100 回に 1 回の大波や 1000 回に 1 回の大波などで高かった可能性があり、今回は例外とした。なお、グラフ内の各点は 16 方位の各グループ毎に点の記号と色を変えて判りやすくし、各グループの特徴を破線円で示した。

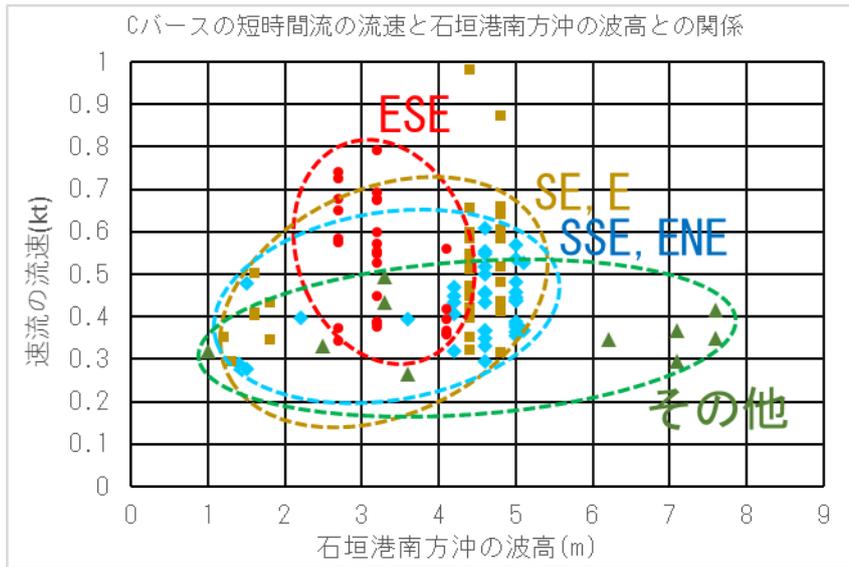


図 12 Cバースの短時間流の流速と石垣港南方沖の波高を波向別に区分したものの

続いて、石垣港西方（東シナ海側）の波高と短時間流の流速との関係を散布図で表した (図 13-1、13-2)。波高が低い 1m 程度以下で C・D バースでは短時間流の流速が大きくなることから、特段の相関が無いことが判った。

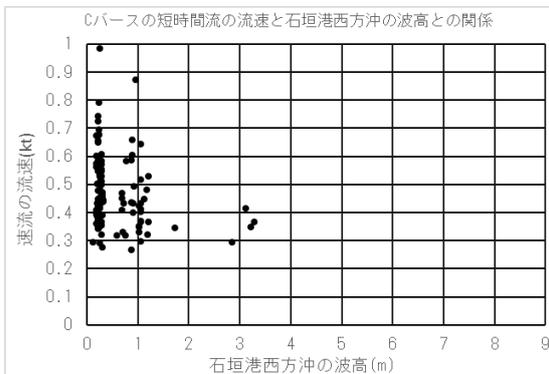


図 13-1 Cバースの短時間流の流速と石垣港西方沖の波高

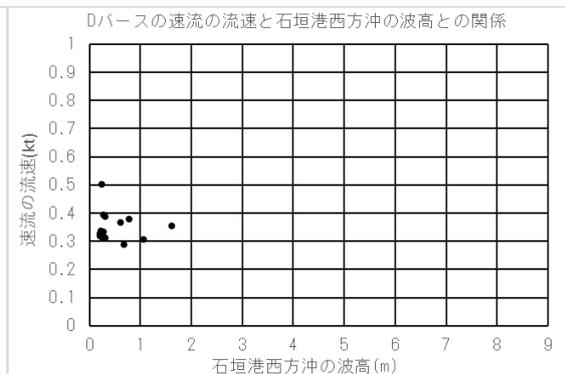


図 13-2 Dバースの短時間流の流速と石垣港西方沖の波高

7 考察

石垣港の太平洋側には ESE 方向の狭水路が存在し、防波堤は存在しないが天然礁が防波堤に類した機能を果たしている。波が天然礁を越えることで石垣港内に海水が不規則に流入し、狭水路→主水路→石垣港西方の港口への方向の流れを生じさせ、流入量が多ければ流速も大きくなると考えられる。(図 14、15)

天然礁があるため、海面の水位が低い時（低潮）には波による石垣港内への海水の流入は軽減されるが、海面の水位が高い時（高潮）には天然礁の波防効果は低くなり海面の水位が低い時と比べて石垣港内への流入量が多くなりやすく、結果として流速が大きくなりやすい。これは今回の調査結果で判った、高潮に短時間流が発生しやすい傾向に一致する。

さらに、波浪に伴う海水の流入口である狭水路は太平洋側に ESE 方向へ向かってから、波浪の波向が ESE 方向であれば、石垣港内への流入量が多くなりやすく、結果として流速が大きくなりやすい。これは今回の調査結果で判った、ESE 方向で流速が最大であり ESE 方向からの角度が大きくなるにつれて流速が小さくなっていく傾向に一致する。

一方、石垣港の東シナ海側には防波堤が存在し、東シナ海からの波を防いでいるため、顕著な流れは生じないと考えられる。



図 14 石垣港と太平洋側の波浪の関係



図 15 短時間流の流路と石垣港の構造物等の関係

なお、今回の観測で C バースに顕著に短時間流が観測されたのは C バースが主水路の極近だったため、D バースは主水路から若干離れているため C バースと比較して短時間流の観測数は少なく観測された流速は小さく、B バースは主水路から明らかに離れているため短時間流が観測されなかったと考えられる。(図 16)



図 16 主水路と測点の位置関係

8 まとめ

今回の観測では、Cバースにおいて太平洋側の波高が高い時に最大 1.0kt 程度の西北西への流れが 1分～数十分間継続して発生し、太平洋側の波向が ESE の時、石垣港の海面の水位が高い時（高潮）には発生する流れがより顕著であることが判った。DバースではCバースと同様だが流れの出現頻度は低く流速も最大 0.5kt 程度と弱かった。Bバースでは流れは確認されなかった。

この流れは、太平洋側の波が石垣港の太平洋側にある天然礁を越えて港内に海水が不規則に流入することで発生し、流入量が多ければ流速も大きくなる。狭水路→主水路→石垣港西方の港口への方向へ流れ、主水路に近いC・Dバースでも流れる。

海象条件が以下の時にはこの流れが発生する可能性が高いので、巡視船基地ドルフィンにおける離着岸時の他、主航路における船舶航行や岸壁への離着岸・係留の際には注意してほしい。

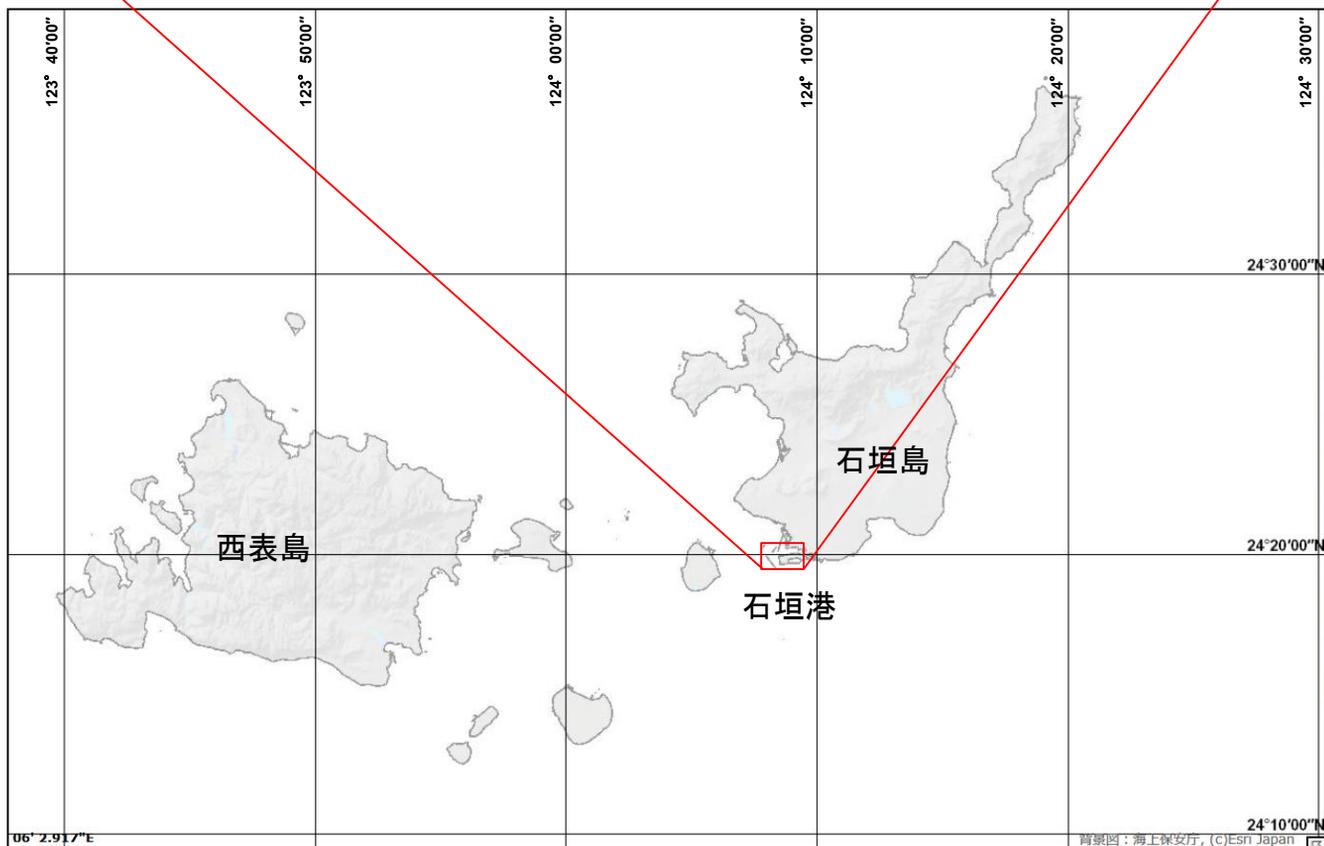
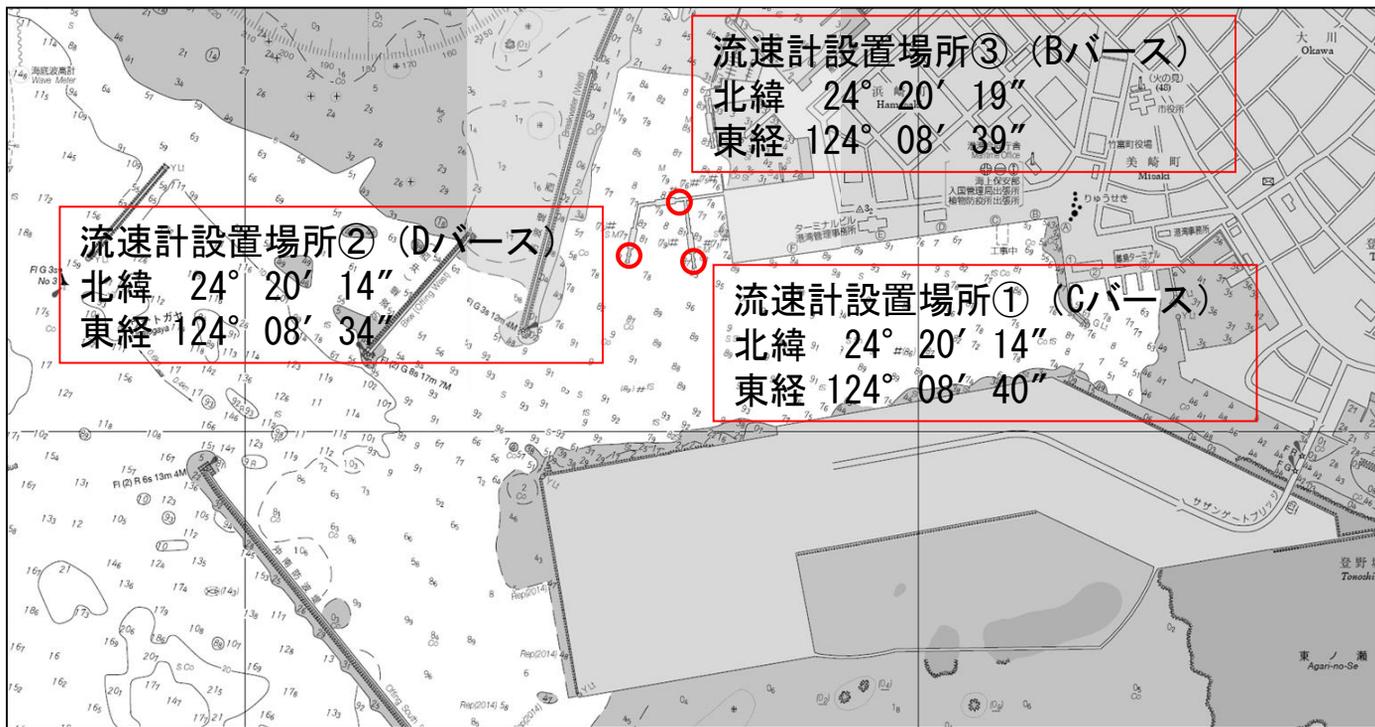
- 太平洋側の波高が高く波向が ESE 付近
- 海面の水位が高い時（高潮）

また、石垣港内ではこの流れの他に以下の特徴的な流れがあった。

- 最大 0.2kt 程度の潮流が期間を通して発生していた。
- 台風最接近時の北からの 40kt 程度の風の連吹に伴って、Bバースでは最大 0.5kt の南への流れが確認されたが、C・Dバースでは最大 0.4kt 程度の西への流れだった。
- 船舶の離着岸に伴って、離着岸バースの近傍（船舶の近傍）にのみ最大 0.8kt 程度の流れが数分継続して観測された。なお、船舶の近傍には推進器による流れが必ず発生するものである。

<<参考文献等>>

平成 26 年度石垣港環境調査結果, 沖縄総合事務局石垣港湾事務所.
国土交通省リアルタイムナウファス波高データ, 沖縄総合事務局石垣港湾事務所.
気象庁沿岸波浪図, 気象庁 HP.
気象庁アメダス過去の気象データ, 気象庁 HP.
気象庁アメダス潮位観測資料, 気象庁.



電磁流速計設置要領図

