

## 4 計画法線（案）等の導入に伴う検討事項の整理

### 4.1 船間離隔距離の整理

これまで実施した操船シミュレーションでは、単独航行による来島海峡航路の西水道・中水道の通航可能性の検証を主とし、他船を含めた検証は行っていない（景観として他船を配置）。このため、現段階では操船シミュレーション結果から安全な操船に必要な船間離隔距離を導き出すことは、非常に困難である。

一方、船間離隔距離を整理するにあたり、これまで発表された関連文献を調査した。また、今後來島海峡を航行している海事関係者からヒヤリング調査を行い普段どの程度、船間離隔距離を保って航行しているのかを精査する必要がある。

#### 4.1.1 関連文献による船間離隔距離

船間離隔距離を整理するにあたり、参考となる関連文献例を示す。

##### (1) バンパーモデルによる避航領域

藤井・黒崎の研究<sup>(1)(2)</sup>は海上交通管制用のレーダーシステムにおける船舶同士の衝突危険判定にバンパーモデルを用いることを提案している。レーダーとコンピューターを用いた衝突危険自動判定機能をもつシステムにおいて、狭水道等の輻輳した海域にて通常の判定法を用いれば衝突危険と判定される数が多く精神的負荷が大きくなることから、このような輻輳海域に対して同システムにおける衝突危険・レーン逸脱危険などを判定するためにコンピュータープログラムの改善を図ることを目的としたものである。このモデルは、大多数の操船者が他船と一定の船間間隔以下となることを避ける範囲を示す避航領域を上記システムに応用したものであり、図 4.1.1-1 に示すように自船の針路方向前方に 6.4L、後方及び側方に 1.6L の避航領域を保持したものである。

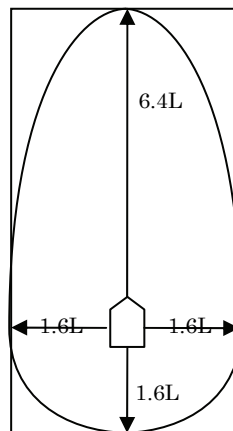


図 4.1.1-1 バンパーモデル

(2) 避航を考慮した海上交通シミュレーション

長澤の研究<sup>(3)</sup>によれば、船舶間の見合い関係において避航を開始する場合、自船と相手船の方位距離に応じて形成されるような領域を図 4.1.1-2 に示すような避航開始領域として示している。これはあくまで海上交通シミュレーションにおいて衝突もしくは異常接近すると判定する際の避航開始距離を求めたものである。避航開始領域は楕円で表現され、その半径  $b$  は算定式 4.1-2 で表される。さらに前後方向の重みづけをするための後方偏位量  $d$  で示し、自船の針路方向前方および後方の避航開始領域は図 4.1-2 のようになる。つまり避航開始領域における自船の針路方向前方距離は  $b-d$ 、後方距離は  $b+d$  で表される。

$$a = (3 \cdot 2 \cdot \exp(-0.18 \cdot RV)) \cdot L_2$$

$$b(m) = 75 \cdot V_0 \quad (b_{\text{MIN}} = 1.5 \cdot L_2) \quad \dots(4.1-2)$$

但し  $L_2 = \sqrt{(L_0^2 + L_T^2) / 2}$

$$d = 0.2b$$

RV : 相対速度(m/s)

V<sub>0</sub> : 自船速度(m/s)

L<sub>0</sub> : 自船全長(m)

L<sub>T</sub> : 他船全長(m)

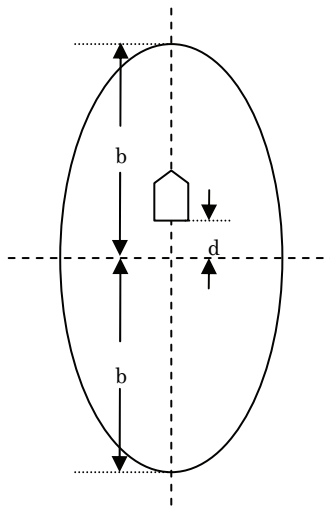


図 4.1.1-2 離隔距離 (避航領域)

(3) 制約水域における航過距離

井上らの研究<sup>(4)</sup>によると、港内のような操船水域が制約される航行環境という条件の基、船舶間の航過距離が提案されている。具体的には「限界航過距離」(安全上決して他船に侵害されたくない最小限の領域) および「十分航過距離」(この距離以遠で航過する他船には何の不安も感じない) として示されており、港内操船の経験豊富な水先

人と船長を対象としたアンケート調査結果を基に提案されている。これによると、限界航過距離および十分航過距離は以下の式 4.1-3-1 および 4.1-3-2 で示される。両計算式とも自船の針路方向前方航過距離および後方航過距離の和を示している。

$$\text{限界航過距離(m)} = (0.015 \cdot L_T + 2.076) \cdot L_O \quad \dots(4.1-3-1)$$

$$\text{十分航過距離(m)} = (0.025 \cdot L_T + 3.125) \cdot L_O \quad \dots(4.1-3-2)$$

但し  $L_T$  : 他船全長(m)

$L_O$  : 自船全長(m)

なお、限界航過距離および十分航過距離とも自船を中心とした各方向の航過距離の割合（側方：後方：前方）は図 4.1.1-3 に示すようにおおむね 1 : 2 : 3 となる。

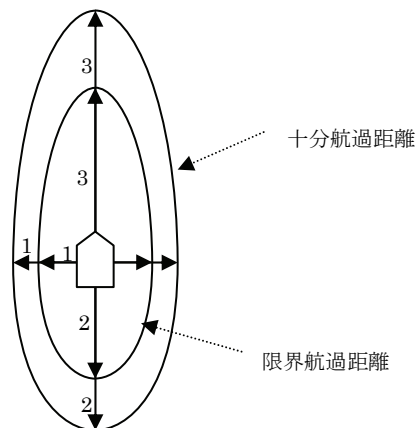


図 4.1.1-3 航過距離の前後左右の比

#### 参考 モデルによる航過距離の比較

前述の井上らの研究では、前述の各モデルにおける航過距離の比較が示されている。この中で「これまでの港外における航過距離に関する研究では、本研究で求めたような限界としての航過距離を扱っておらず、単純比較することは妥当ではないと考えられる」としたうえで下記の表に示す各値が示されている。

| 計算条件    | 自船  | 他船  |                |
|---------|-----|-----|----------------|
| 長さ(m)   | 100 | 100 |                |
| 速力(ノット) | 7   | 7   | (相対速力：5.09m/s) |
| 針路(度)   | 000 | 090 |                |

| 計算結果(m) | 限界航過距離 | 十分航過距離 | 長澤氏のモデル | 藤井氏らのモデル |
|---------|--------|--------|---------|----------|
| 前後距離    | 363    | 580    | 540     | 800      |
| 左右距離    | 144    | 230    | 440     | 320      |
| 船首方向    | 218    | 348    | 216     | 640      |
| 船尾方向    | 145    | 232    | 324     | 160      |
| 右舷方向    | 72     | 115    | 264     | 160      |
| 左舷方向    | 72     | 115    | 176     | 160      |

#### 4.1.2 海事関係者へのヒアリング調査

実際に来島海峡航路を利用している海事関係者（水先人）からヒアリング調査を行い、「一般的に西水道進入時には1マイル、中水道の場合は0.5マイル以上であるが、あくまで一般的な値であり、通峡時の気象・海象や船の状態に依るので、明確な回答は難しい。」旨の回答を得ている。

また、大型船の船長および内航船の船長へのヒアリング調査を行い、大型船の船長からは「いざというときに止まれる距離として最低限1マイルは距離をとった方がよい。ただし、相手船との速度差が大きければ大きいほど離隔距離は長い方がよく、10ノット以上の差がある場合は2マイルでも3マイルでも怖い。相手船との速度差によって離隔距離は変わってくる」、また、内航船の船長からは「基本的に、来島海峡の通航に慣れている日本船の場合は3~5ケーブル、来島海峡の通航に不慣れな外国船等に対しては少なくとも5ケーブル以上離すようにしている。ただし、相手船との距離を取り過ぎて船速の速い船に割り込まれる可能性もあり、状況を見ながら適宜、離隔距離の調整を行っている」旨の回答を得ている。

今後、さらに外航船等の関係者へも追加ヒアリングを実施し、現場からの意見をより多く入手し、適切な船間離隔距離について精査する必要がある。



#### 4.1.3 まとめ

計画法線（案）等の導入に伴う船間離隔距離について、過去の文献による整理を行ったが、本調査で実施した操船シミュレーションでは昼間および単独航行における検証であったため、船間離隔距離に関して夜間や他船交通の影響等を勘案した操船シミュレーション等によるさらなる検証が必要である。

なお、過去の文献を基に船間離隔距離を検討するうえでは、それぞれの文献の前提条件が異なること、また、来島海峡航路が潮流等の非常に特殊な海域であることに留意する必要がある。すなわち、これらの文献から得られる値は、あくまで平穏時における参考値として捉える必要がある。最終的に来島海峡航路における船間離隔距離について、こうした文献から得られる参考値に加えて、来島海峡航路付近の潮流や視界の影響等を踏まえ、今後、他船を含めた操船シミュレーションの実施結果、さらには海事関係者へのヒアリング調査結果等を踏まえて、総合的に検討していく必要がある。

#### 参考文献

- (1)藤井弥平・黒崎悦明：海上交通管制の研究・Ⅱ－避航領域と衝突危険度判定について－，日本航海学会論文集，第55号，P.127～132，昭和51年8月
- (2)藤井弥平：避航領域の定義について，航海，第65号，P.17～22，昭和55年9月
- (3)長澤明：避航を考慮した海上交通シミュレーション，航海，第80号，P.28～34，昭和55年5月
- (4)井上欣三・宇佐美茂・柴田登紀子：制約水域における航過距離と離隔距離に関する操船者意識のモデル，日本航海学会論文集，第90号，P.297～306，平成6年3月

## 4.2 航行援助施設の整理

操船シミュレーションでは右側通航を前提に計画法線（案）を明示するために、図 4.2 に示すとおり、6 基の灯浮標を航路中央に設置した。

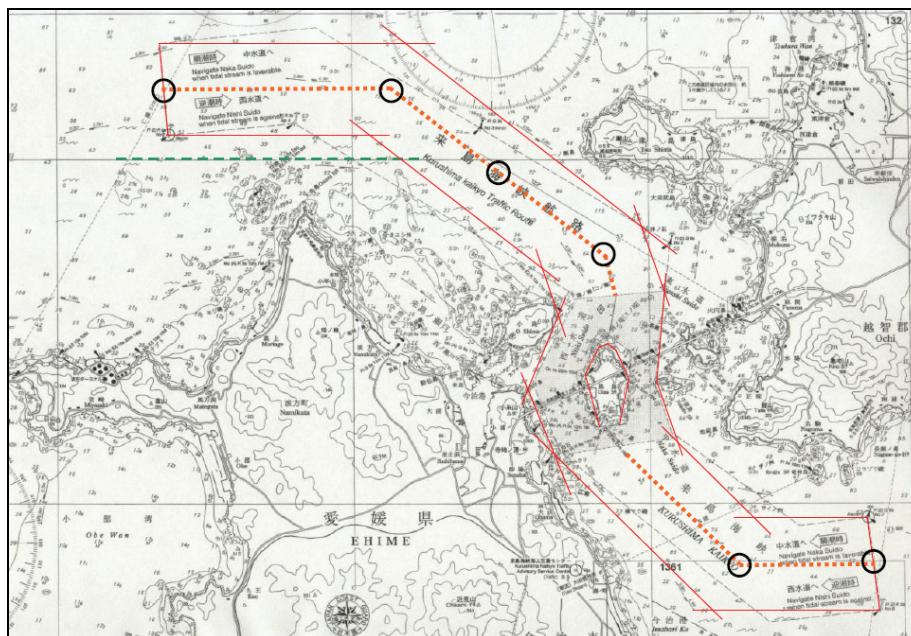


図 4.2 灯浮標位置図（航路中央設置）

操船シミュレーション結果では、航路標識に関する評価者のコメントとして、操船目標として有効であるとの意見が多く、主観的評価においても表 4.2 に示すとおり、平均で 3.9、評価 4 以上の割合では 81.3%となった。

表 4.2 航路標識に関する主観値

| ケース           | 水道         | 船種         | 方向／流況    | 評価値（平均）  |
|---------------|------------|------------|----------|----------|
| 1             | 西水道        | VLCC       | 東航／北流3kt | 3.9      |
| 2             |            |            | 東航／南流3kt | 3.9      |
| 3             |            | 操縦性の劣るバルカー | 東航／北流6kt | 3.8      |
| 11            |            |            | 東航／北流3kt | 4        |
| 4             |            |            | 東航／南流6kt | 3.9      |
| 12            |            |            | 東航／南流3kt | 4.1      |
| 5             |            | PCC        | 東航／北流6kt | 3.9      |
| 6             |            |            | 東航／南流6kt | 4.1      |
| 7             |            | 内航船        | 東航／南流最強  | 3.7      |
| 8             |            | 中水道        | VLCC     | 西航／南流3kt |
| 9             | 操縦性の劣るバルカー |            | 西航／南流6kt | 4.1      |
| 10            | 内航船        |            | 西航／南流最強  | 4        |
| 全ケース平均        |            |            |          | 3.9      |
| 全ケース評価値4以上の割合 |            |            |          | 81.30%   |

※主観値 1:困難 ～ 3:普通 ～ 5:容易

一方、全てのケースにおいて橋渠灯の位置を計画法線（案）に合わせて見直す必要があるとの意見もあった。また、本調査で実施した操船シミュレーションは昼間のみであり、操船目標となるような航行援助施設については夜間における操船シミュレーションでの検証を行い、さらには海域利用者等へのヒヤリング調査等も行い、総合的に整理していく必要がある。

操船シミュレーションでは灯浮標を航路中央に設置し、一定の評価を得ることができたが、実際に運用する際は、灯浮標等の設置位置等についてより具体的に関係者間で協議する必要がある。

### 4.3 通航船舶が必要とする情報の整理

来島海峡航路を航行する船舶に対して、現状で行われている同航路に関する種々の情報の提供を整理し、計画法線（案）とした場合の情報提供への活用について整理する。

また、本委員会（第三回作業部会）にて提示した「（資料）計画法線（案）における南流北流最強時の流況図」についても、同航路を通航する船舶への潮流情報として提供の在り方を整理する。

#### 4.3.1 現状の来島海峡航路に関する情報提供

現状の来島海峡航路に関する情報提供として、海上保安庁より種々の情報提供がホームページにて提供されており、主なものを以下に示す。

なお、以下に示す各情報は、あくまで現状の航路法線および航法を基にしたものであるが、計画法線（案）とした場合、さらには右側通航とした場合においても適正な記載内容に修正のうえ、現状と同じように情報提供する必要がある。

- ・ 来島海峡海上交通センター 利用の手引き  
(<http://www6.kaiho.mlit.go.jp/kurushima/succor/riyou/riyou.pdf>)
- ・ 来島海峡通航ガイド  
(<http://www6.kaiho.mlit.go.jp/kurushima/succor/guide/index.html>)
- ・ 来島海峡のしおり（2014年）  
(<http://www6.kaiho.mlit.go.jp/kurushima/succor/osirase/shiori/2014/2014shiori.pdf>)
- ・ 来島海峡潮流情報（平成26年6月20日より提供）  
([http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/kurushima\\_tidal\\_current/inter\\_net\\_currpred/Kurushima/htmls/select\\_areamap.html](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/kurushima_tidal_current/inter_net_currpred/Kurushima/htmls/select_areamap.html))

また、この他に、ビジュアル航海安全情報の提供として、これまで文字情報による提供が行われていた航行警報等を地図上に図示したビジュアル情報が平成26年6月18日より海上保安庁のホームページにて提供されている。

(<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/TUHO/vpage/visualpage.html>)

#### (1) 「来島海峡海上交通センター 利用の手引き」等による情報提供

「来島海峡海上交通センター 利用の手引き」、「来島海峡通航ガイド」および「来島海峡のしおり」による情報提供では来島海峡航路の主要注意事項、順中逆西の航法、

潮汐表等が提供されている。

(2) 「来島海峡潮流情報」による情報提供

平成 26 年 6 月 20 日より「来島海峡潮流情報」が提供されており、潮流の分布図等がパソコン、スマートフォン、タブレット末端で確認できるようになっている。来島海峡内の任意の場所における潮流の向きや速さがわかるなど、航路法線や航法に関係なく航行船舶にとって非常に有効な情報提供として期待される。

お問い合わせ先

海上保安庁海洋情報部環境調査課

主任環境調査官 なほえ やすし  
難波江 靖

03-5500-7153 (内線2930)



平成26年 6月 20日

海上保安庁

## 来島海峡における新たな潮流情報の提供について

国内有数の急潮流で知られる来島海峡を対象に、シミュレーションに基づいた詳細な潮流分布を図示する『来島海峡潮流情報』を、6月20日よりインターネットで提供を開始しました。

### 1 来島海峡を対象とした新たな潮流情報について

瀬戸内海に位置する来島海峡は重要な航路のひとつですが、可航幅が狭くS字状に曲がり、潮流がときに10ノット（毎秒約5m）に達するほど速く複雑に変化しているため操船が難しく、船舶事故がしばしば発生する航海の難所となっています。

同航路では海上交通安全法により、潮流速度との関係で最低速度が義務付けられており、航路外で潮流の変化を待つ船舶がいます。

この度、航海の安全を向上させるため、様々な潮流観測データを基に潮流シミュレーションを新たに構築し、潮流の詳細な分布を図示する『来島海峡潮流情報』をインターネットで提供を開始しました。

『来島海峡潮流情報』では、海峡内の任意の場所における潮流の向きや速さがわかるので、適切な操船により、海難事故の未然防止が期待されます。また、航海計画の際に自船の速力にあった海峡通過時刻を決めることができ、円滑かつ経済的な航行ができるようになります。

### 2 『来島海峡潮流情報』の特徴（別紙参照）

#### 【海域選択画面】

① 海峡全域、海峡北部、海峡中央部、海峡南部の4つの海域から選択可能です。

#### 【潮流分布図表示画面】

② 2013年1月1日から2015年12月31日までの10分毎の任意の時刻を選択可能です。

③ 最も詳細な海峡中央部では100m四方の単位毎に、潮流の流向を矢印で、流速を1ノット毎に色を塗り分けて地図上に表示します。

④ 画面右下のグラフでは、来島海峡中水道における1日分の流速の変化を示します。

⑤ 「動画表示」を選択すると1日分の潮流が変化する様子をアニメーションで表示します。

#### 【現在地表示画面】

⑥ スマートフォンやタブレット端末では、現在地表示モードを選択すると、閲覧者の位置が画面に表示され、現在地の潮流が確認できます。

(出典：海上保安庁ホームページ <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/press/press20140620.pdf>)

### 3 『来島海峡潮流情報』のURL

[http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/kurushima\\_tidal\\_current/internet\\_currpred/Kurushima/htmls/select\\_areamap.html](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/kurushima_tidal_current/internet_currpred/Kurushima/htmls/select_areamap.html)



地図1 来島海峡の位置

(出典：海上保安庁ホームページ <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/press/press20140620.pdf>)



1. 海上保安庁海洋情報部サイトトップから来島海峡潮流情報へのアクセス

『来島海峡潮流情報』  
サイト入口

(出典：海上保安庁ホームページ <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/press/press20140620.pdf>)



## 2. 海域選択画面

海上保安庁 > 海洋情報部 > 来島海峡潮流情報

### 来島海峡潮流情報 Kurushima Kaikyo Tidal Current Information

[ご使用方法 \(how to use\)](#)  
表示には「Adobe Reader」等が必要です。

地図上の海域をクリックすると直近の海域潮流情報が表示されます。  
Click on the map or table below to see the present tidal current map.

下記の海域をクリックしても選択できます。  
You can also see the tidal current map by clicking the below table

|                    |                       |                       |                       |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 海峡全域<br>Whole Area | 海峡北部<br>Northern Part | 海峡中央部<br>Central Part | 海峡南部<br>Southern Part |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

## 3. 潮流分布図表示画面 (PC から閲覧した場合の画面)

### 来島海峡潮流情報 海峡中央部 Kurushima Kaikyo Tidal Current Information (Central Part)

2014年6月16日 10時50分 [表示/05m]

10分前 10 minutes before | 海峡選択画面に戻る Return to the map selection page | 10分後 10 minutes after

アニメーション Animation

一日分の潮流の変化をアニメーションで表示可能

潮流の流向を矢印で、流速を1ノット毎のカラーで表示

強い流れの範囲がわかります

流速を1ノット毎のカラーで表示

矢印にカーソルを合わせると、その場所の流速値を表示

渦など、流れの変化がわかります

来島海峡中水道の流速をグラフで表示 (赤線は表示されている時刻)

|                    |                       |                       |                       |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 海峡全域<br>Whole Area | 海峡北部<br>Northern Part | 海峡中央部<br>Central Part | 海峡南部<br>Southern Part |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|

(出典：海上保安庁ホームページ <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/press/press20140620.pdf>)

4. 現在地表示画面 (スマートフォン・タブレット端末から閲覧した場合のみ)

**現在地表示 Your Present Location**

このページを再読み込み(Reload this page) ← 画面の手動更新も可能

前のページへ戻る(Previous page)

観覧者の位置を  
図中に表示

観覧者の  
座標情報を表示

2014/6/17 17:09:20  
緯度(Lat.) : 35° 36' 51"  
経度(Long.) : 139° 47' 1"  
表示位置の精度(Accuracy) : 36m

30秒毎にページを更新します。  
This page is automatcally updated every 30 seconds.

前のページへ戻る(Previous page)

(出典 : 海上保安庁ホームページ <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/press/press20140620.pdf>)

(3) その他の情報提供（ビジュアル航海安全情報の提供）

ビジュアル航海安全情報の提供として、これまで文字情報による提供が行われていた航行警報等を地図上に図示したビジュアル情報が平成 26 年 6 月 18 日より海上保安庁のホームページにて提供されている。

ビジュアル的に見ることができるようになり、より容易にこうした情報も入手することが可能となった。来島海峡をより安全に航行するために、既述の情報と合わせてこうした情報も入手しておくことは非常に有効である。



平成26年 6月18日  
海上保安庁

## 世界初！！ビジュアル航海安全情報の提供を開始 ～文字情報を地図に載せてビジュアル情報へ進化～

これまで海上保安庁では船舶交通の安全を確保するため、航海上危険な漂流物や新たに発見された浅瀬の情報など緊急に周知が必要な情報をインターネットなどにより文字情報で提供していました。

平成26年6月18日からは、文字情報を地図上に図示したビジュアル情報をインターネットで提供します。

ビジュアル情報により利用者は視覚的に容易に危険海域などを把握することができ船舶の航海安全に役立つことが期待されます。（別図1、2参照）

### 【背景】

「3・11」東日本大震災では、地震津波により多数の航路標識が倒壊、流出、大量の漂流物が発生したため、膨大な数の航行警報が発出されました。

利用者にとっては、文字により発せられた航行警報の位置や範囲を海図に転記する作業が煩雑となり、重要な情報を見落としてしまうケースも懸念されました。

このため、毎日更新した航行警報をインターネットで図示して提供したところ、利用者から「分かりやすい」「利用しやすい」と好評を得ました。

海上保安庁では、この経験を活かし航海安全情報をインターネット上にビジュアル掲載するシステムを構築し、日本が世界に先駆けて提供を開始するものです。

### 【利便性】

- ① ビジュアル化により危険箇所の把握が容易
- ② 位置確認のための海図転記作業が少なくなることによる誤認防止
- ③ 複数の情報の中から期間を指定することにより、その間の有効な情報の表示が可能
- ④ 自船の位置を入力することにより、危険海域内外の把握が一目瞭然
- ⑤ 利用者が個々に必要とする範囲の拡大・縮小が可能、さらに印刷も可能
- ⑥ 針路上において、予め危険海域を把握でき、自船に必要な情報だけを入手

(出典：海上保安庁ホームページ <http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h26/k20140618/k140618-1.pdf>)

### 【航海安全情報の種類】

水路通報・管区水路通報

航行警報（日本航行警報、NAVAREA XI 航行警報、NAVTEX 航行警報、地域航行警報）

### 【利用者】

民間：船舶、船舶会社、各水先区水先人会等、報道機関

官公庁等：防衛省、外務省、自治体、教育機関、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、  
海洋研究開発機構（JAMSTEC）、石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）

### 【インターネットでの利用方法】

利用環境：インターネットエクスプローラーのバージョン9以上が必要

検索方法：海上保安庁 HP トップ画面⇒海の安全・基礎知識の下にある**航行警報**をクリック⇒**ビジュアル情報**をクリック↓↓すると下の画面になります。



(出典：海上保安庁ホームページ <http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h26/k20140618/k140618-1.pdf>)



別図1

世界初！！ビジュアル航海安全情報の提供を開始

右に示す情報提供区域内において、海上保安庁が文字情報で提供している航行警報を視覚的にすばやく把握できるように図示したビジュアル情報の提供を開始します。

情報提供区域は、日本周辺はもとより太平洋・インド洋におよびます。

各種航行警報の文字情報の提供

NAVAREA

NO.14-0432 発表日時:2014年06月11日 14時

110500UTC ISSUED AT 110500UTC

日本航行警報

番号:14-1631 発表日時:2014年06月11日 14時

11日14時観測 11日14時00分発表

噴火警報

全般海上予報区

火山名:西之島

位置:北緯27度14.6分 東経140度52.7分

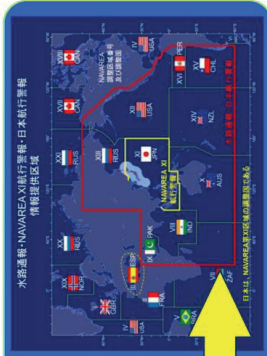
噴火による影響が及ぶおそれ、周辺海域警戒

上記位置を中心とする半径6キロメートルの海域で噴火に警戒。

(1561削除)

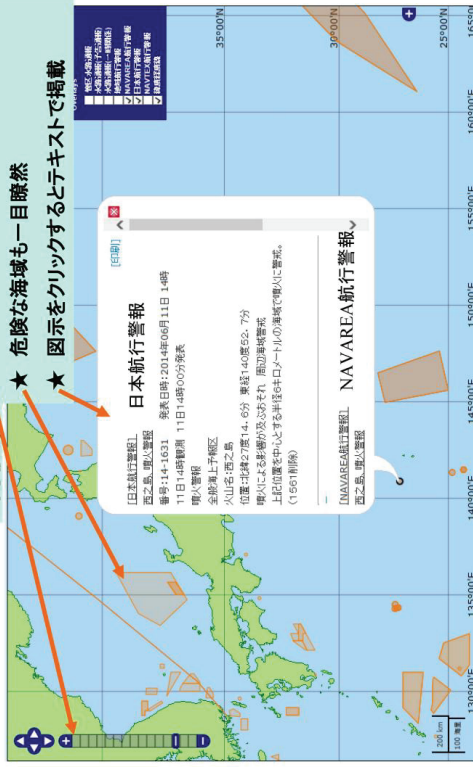
が

地図上に図示したビジュアル情報の提供(インターネット)



利便性

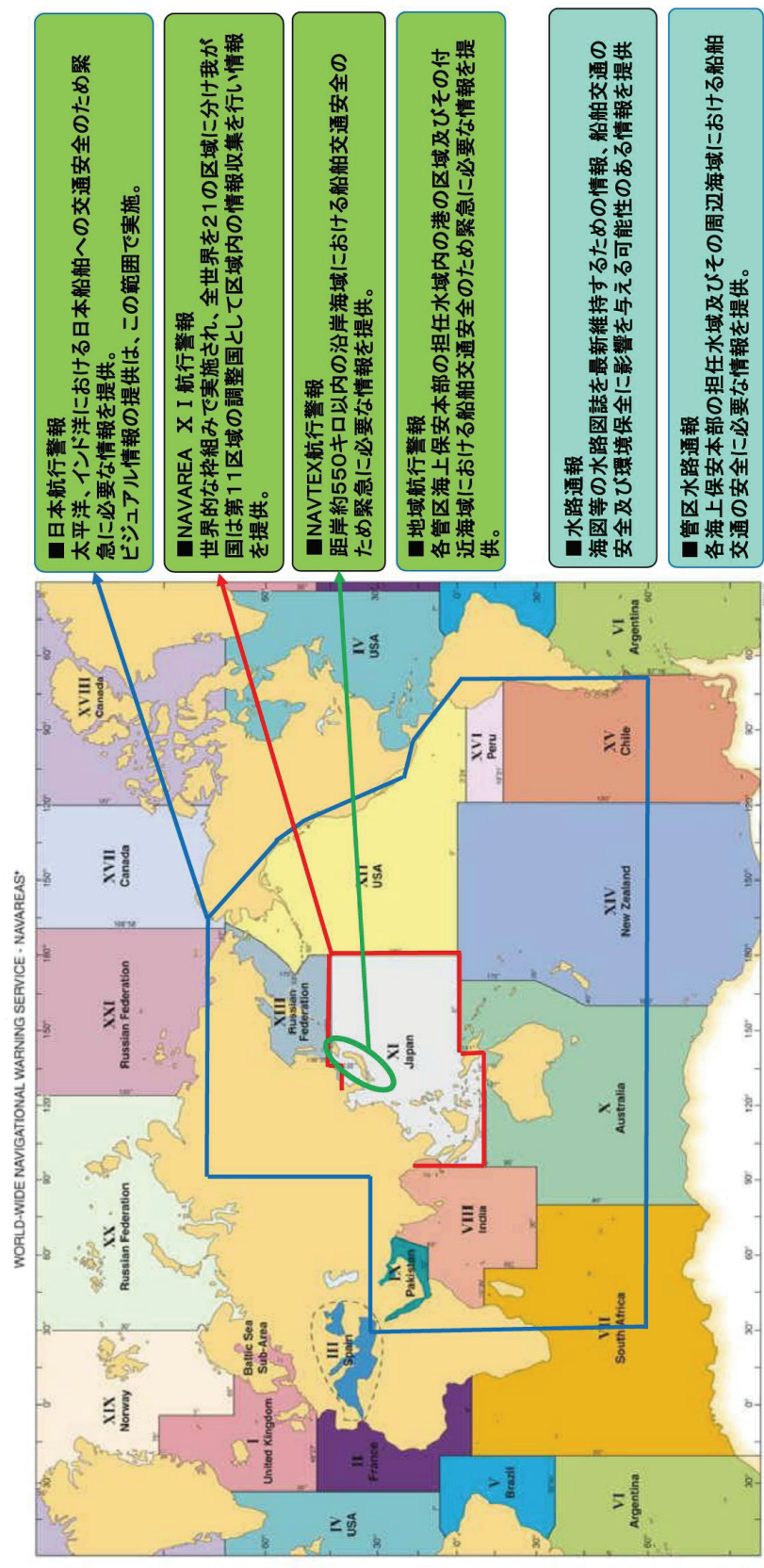
- ★ 拡大・縮小も自由自在
- ★ 危険な海域も一目瞭然
- ★ 図示をクリックするとテキストで掲載



(出典：海上保安庁ホームページ <http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h26/k20140618/k140618-2.pdf>)

# 航海安全情報の種類

別図2



(出典：海上保安庁ホームページ <http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h26/k20140618/k140618-2.pdf>)

#### 4.3.2 計画法線（案）における流況情報

現在入手可能な来島海峡の潮流情報は、あくまで海面表層の潮流情報であり、水深による潮流の変化等は入手することができない。特に喫水の深い大型船等においては、こうした水深による潮流の変化が操船等に影響を及ぼすことも考えられる。

水深による潮流の変化を図 4.3.2-1 および図 4.3.2-2 に示す。水深は 1 層目 (0-5m)、2 層目 (5-10m)、3 層目 (10-15m) で区切り、それぞれ南流最強時 (南流 6 ノット)、北流最強時 (北流 6 ノット) の流況を示している。

さらに水深による流速の変化量を捉えるために、南流最強時および北流最強時の各層の流速の差分をそれぞれ図 4.3.2-3 および図 4.3.2-4 に示す。流速の差分は図 4.3.2-5 に示すように 1 層目を基準とした各層との流速差を示したものであり、黒色矢印と色の濃淡で表している。ここで示す矢印の向きはあくまで差分を示したものであり、流向ではないことに留意する必要がある。

各差分結果より、海域によって差分の正負が異なっていることがわかる。航路内に着目すると、特に馬島北西部では差分の値がプラス側に出る傾向があり、各層との流速の強弱差が海域によって異なることがわかる。また、図 4.3.2-3 に示すように、他と比較すると特に南流最強時の 1 層目と 3 層目の差分に差が強く表れる結果となった。これにより、大型船等にとって水深の違いにより船体に掛かる流圧が異なる場合があることがわかる。

ただし、このような各層における潮流シミュレーションには時間等を要するものであり、現状ではリアルタイムでの情報提供は困難である。こうしたことを踏まえ、今後、このような情報提供を行う際は、代表的な条件下での計算例をいくつか示し、既述の潮流情報等と合わせて利用者に提供することにより、より有効的な情報となりうるものと思料する。

また、潮流情報に加えて、衛星写真や航空写真等を利用したうず潮などの規模に関する情報提供についても検討する必要がある。



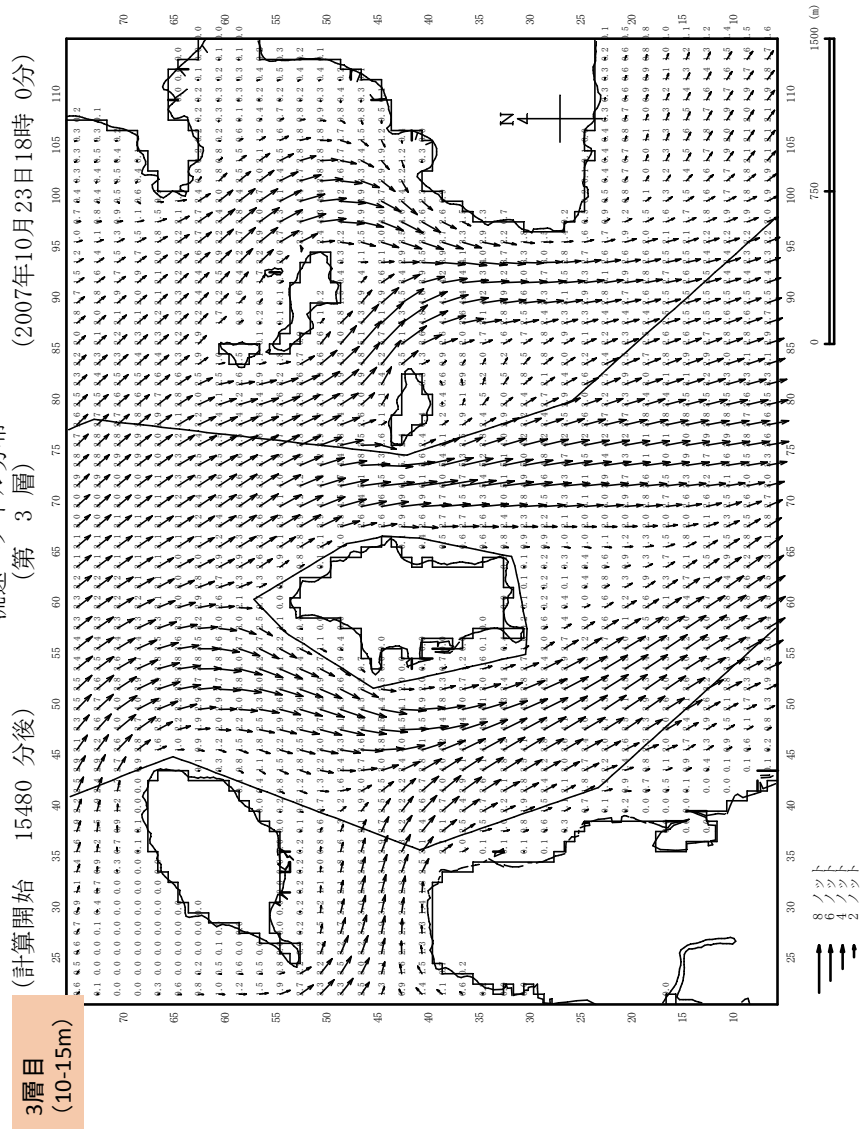
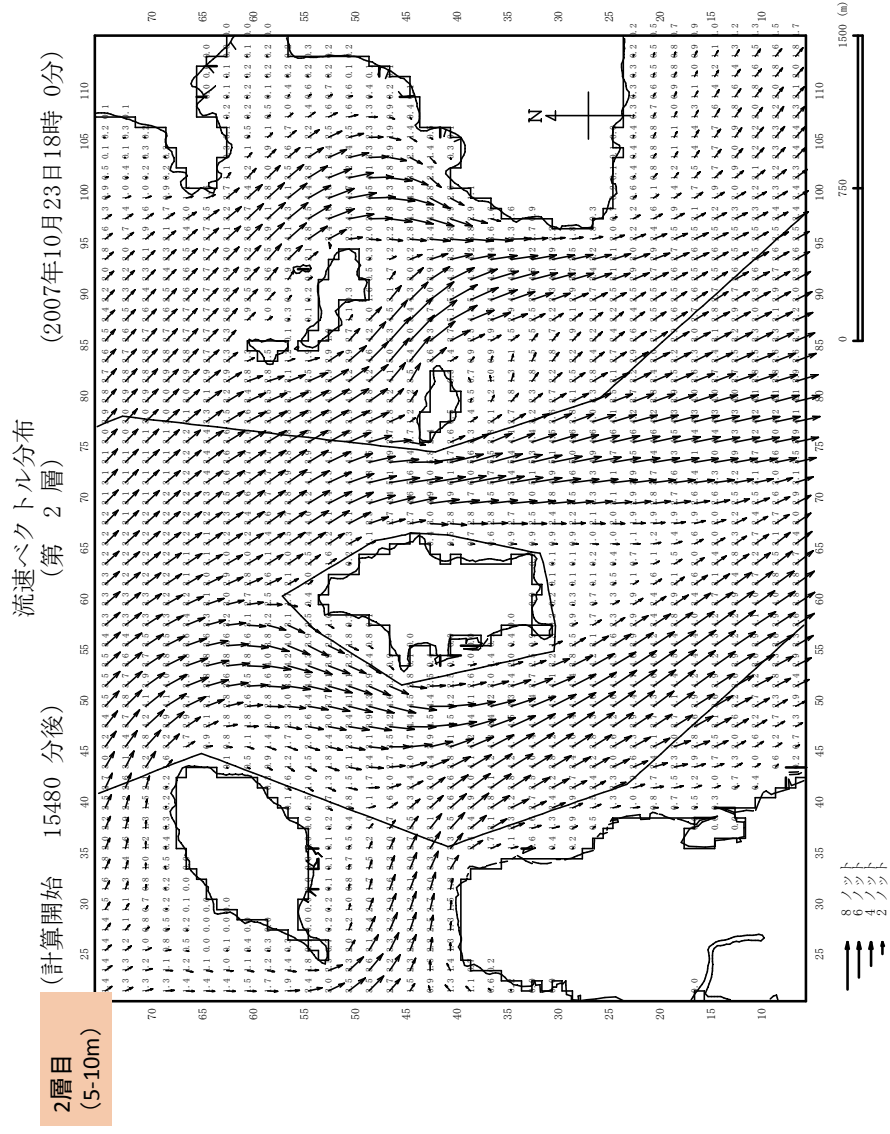
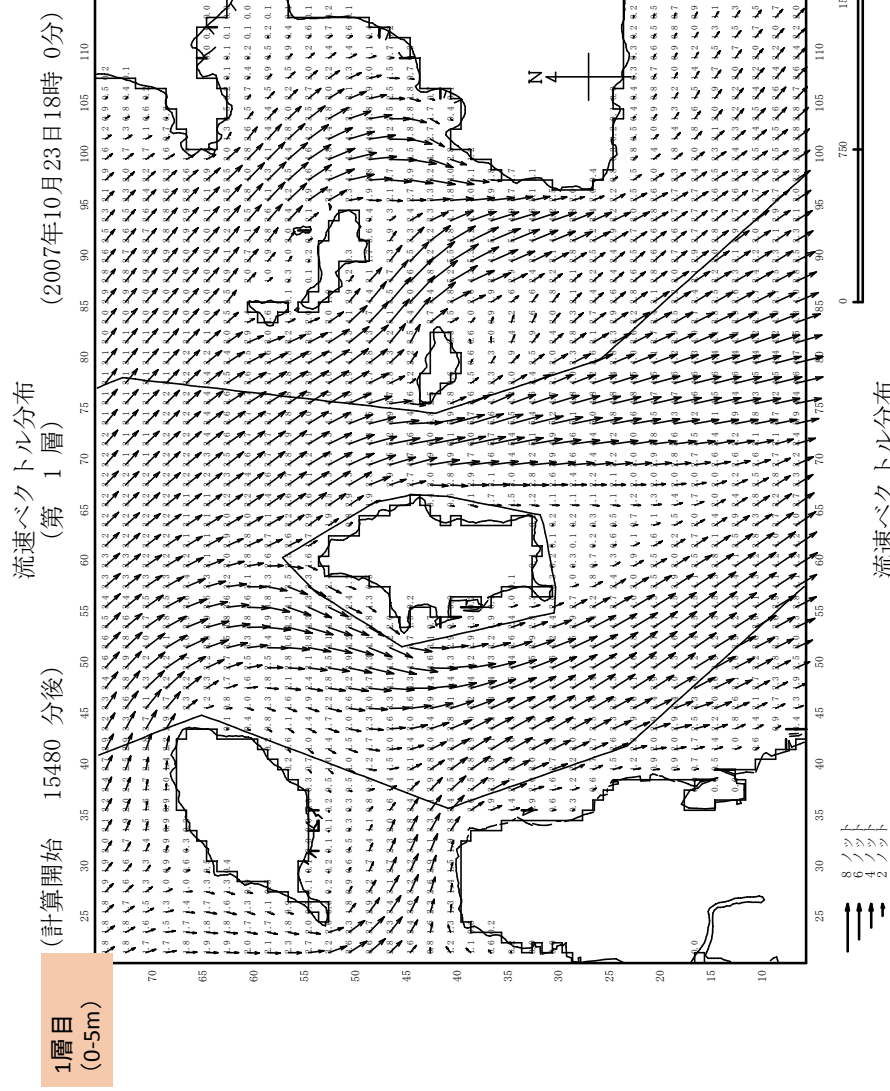


図 4.3.2-1 計画法線 (案) における南流最強時 (南流 6 ノット) の流況図



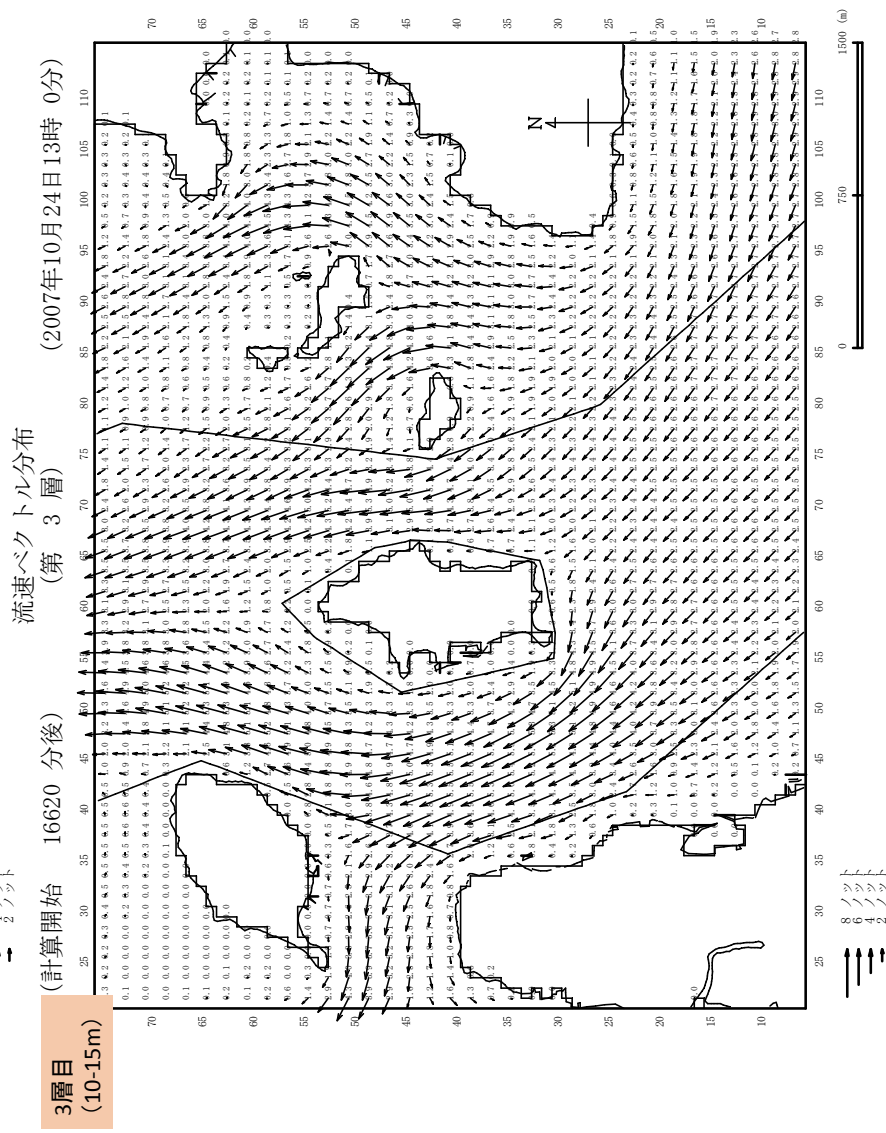
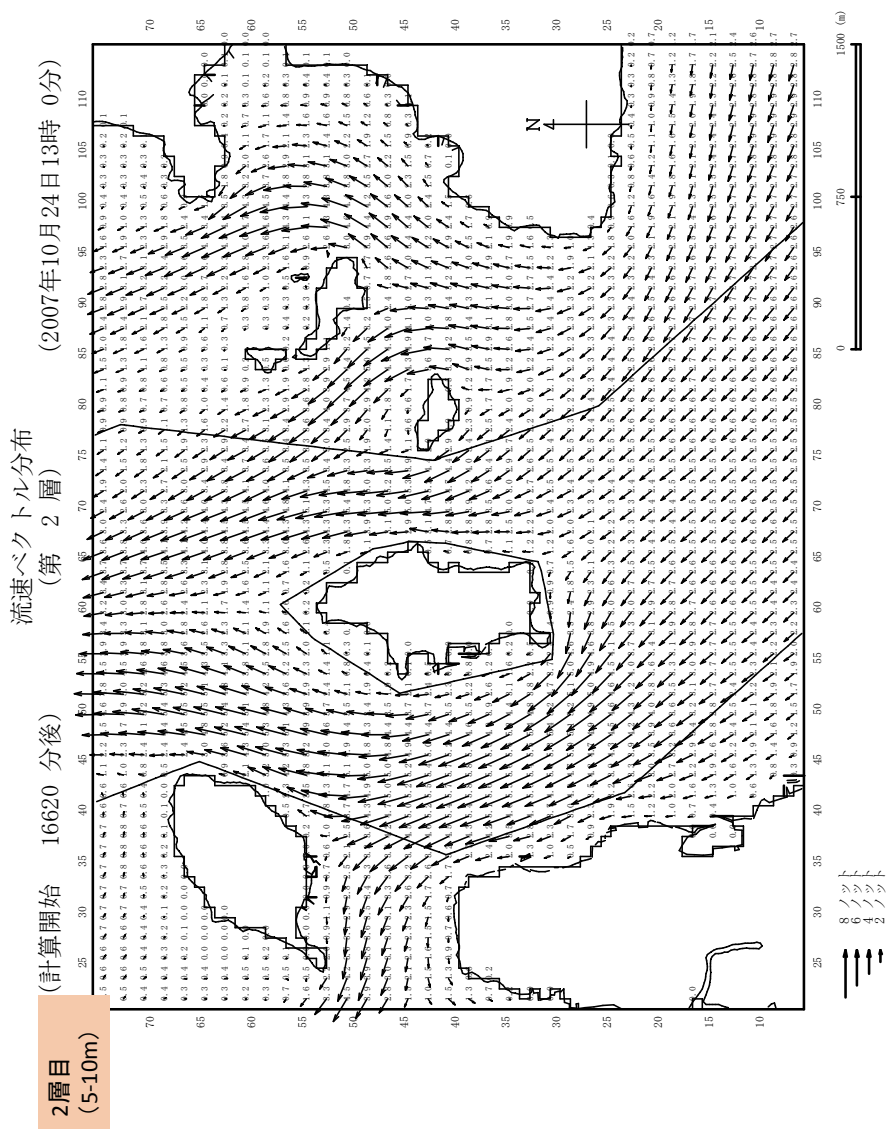
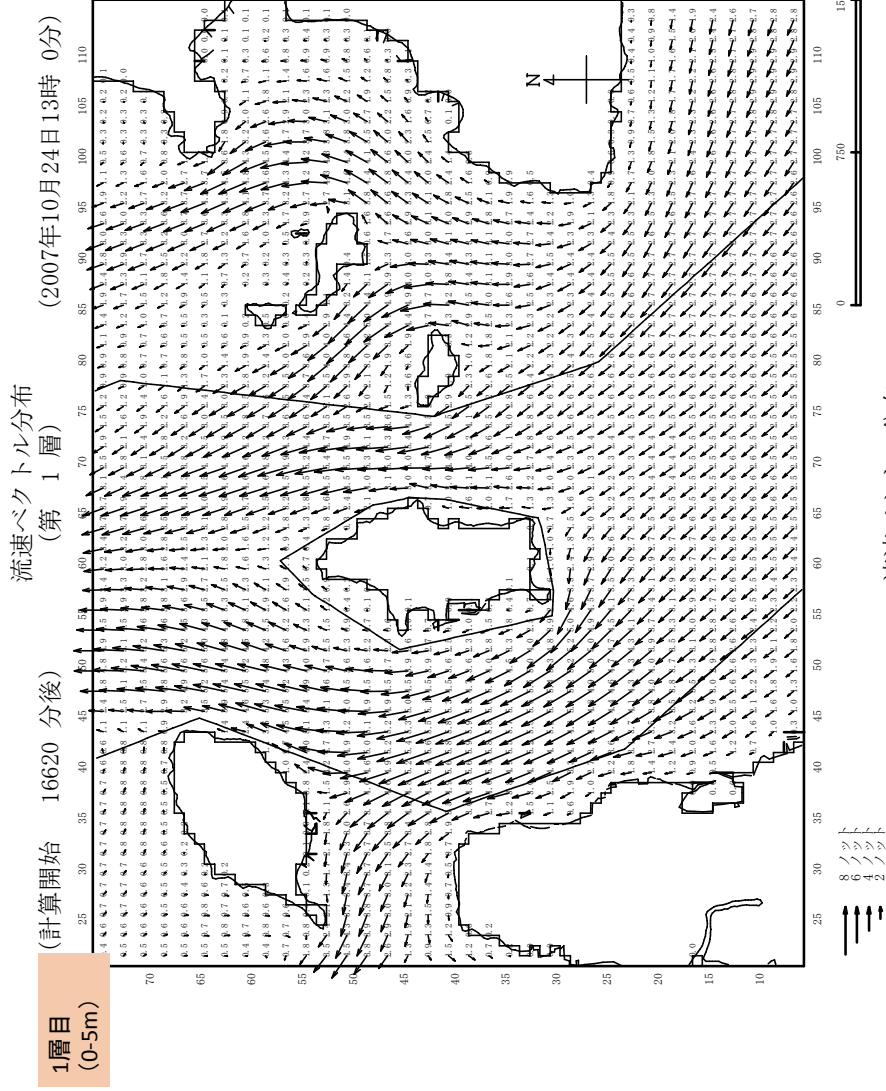


図 4.3.2-2 計画法線 (案) における北流最強時 (北流 6 ノット) の流況図





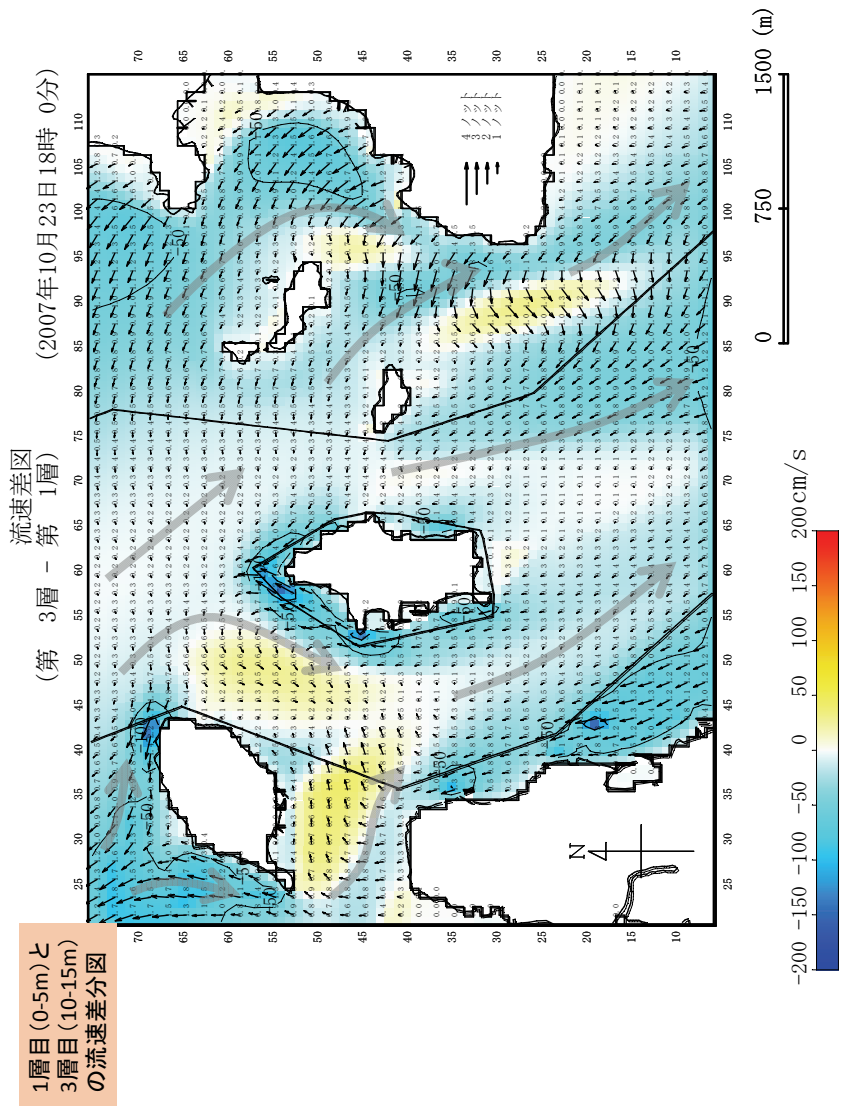
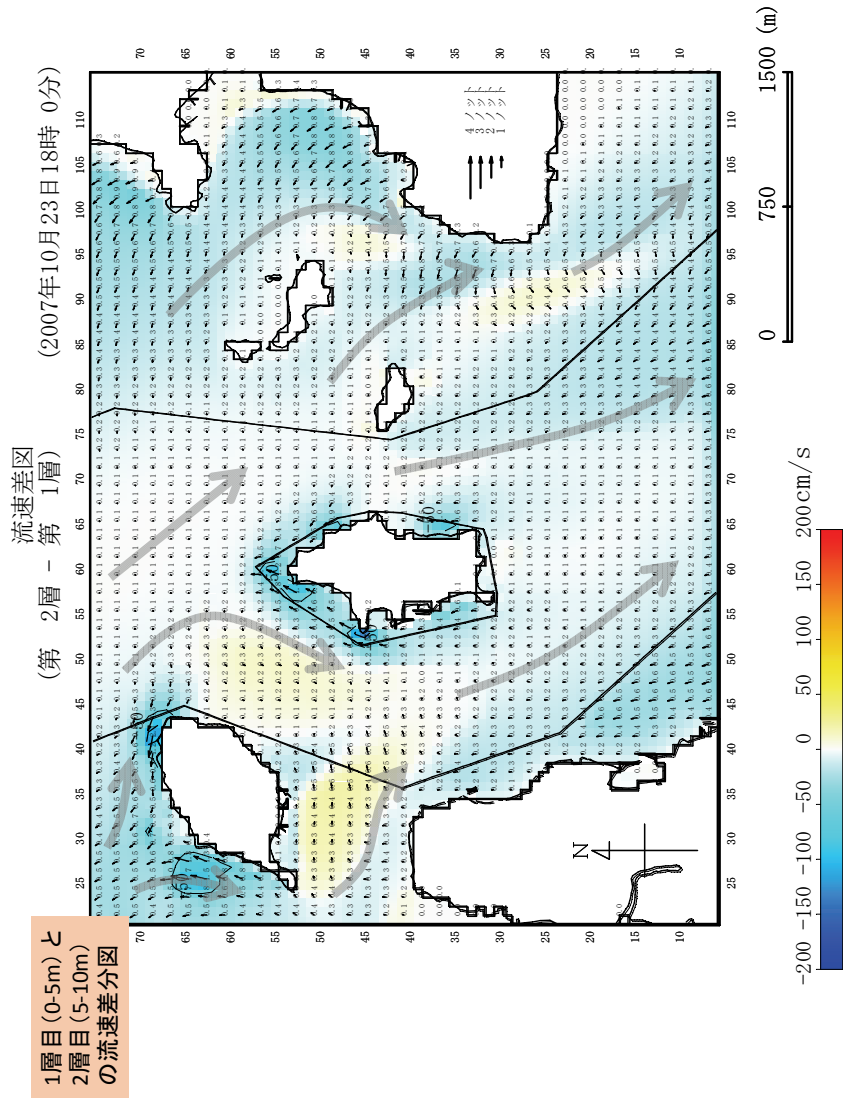


図 4.3.2.3 計画法線 (案) における南流最強時 (南流 6 ノット) の 1 層目を基準とする流速差分図

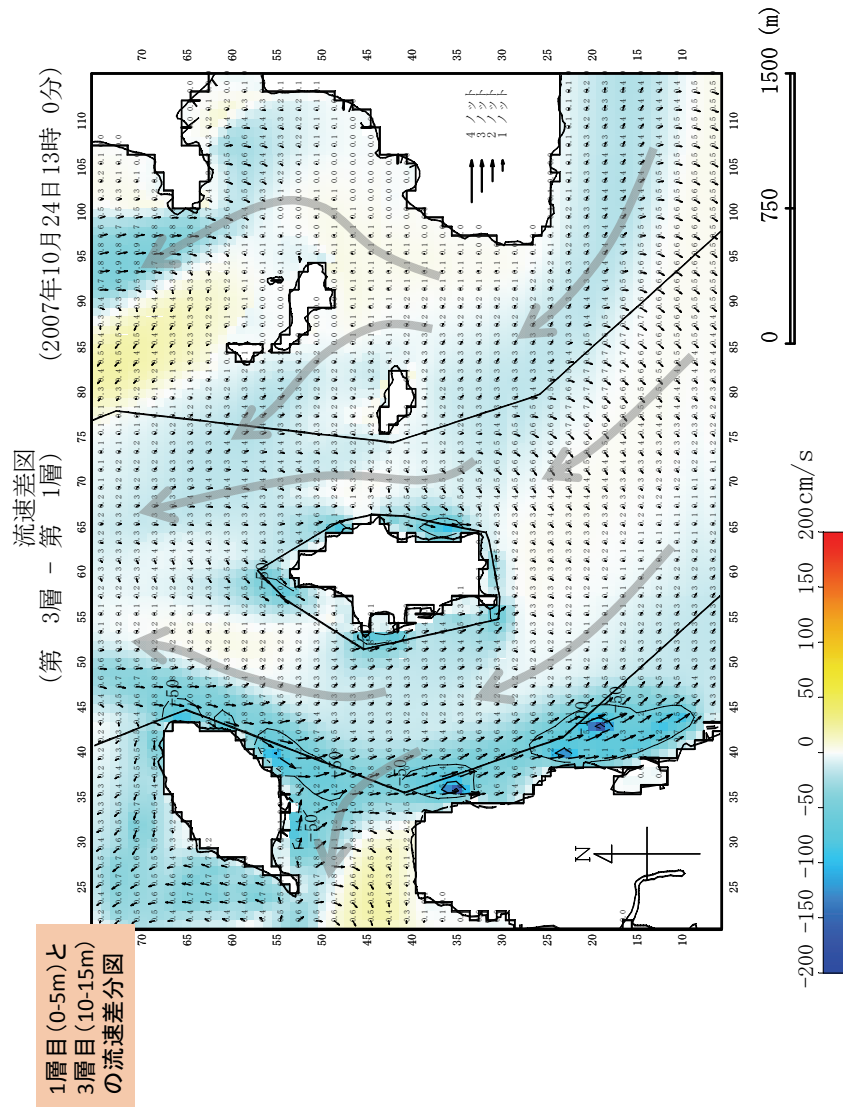
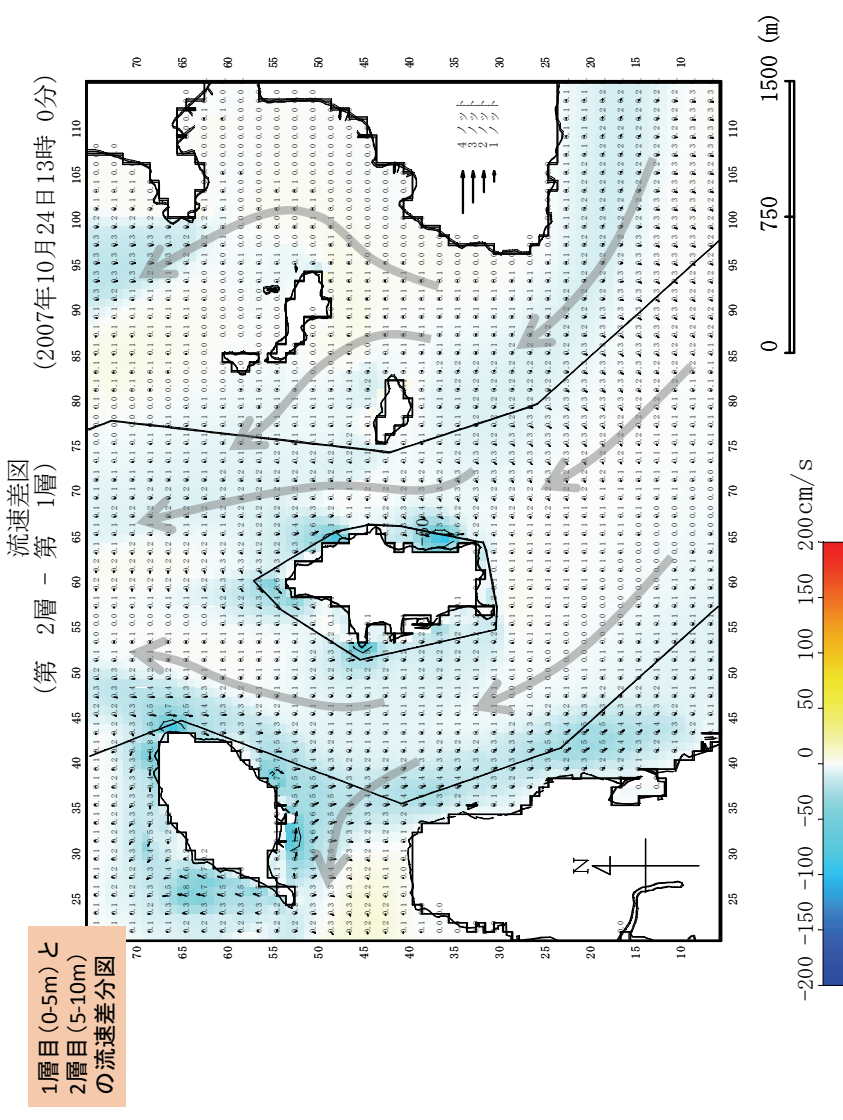
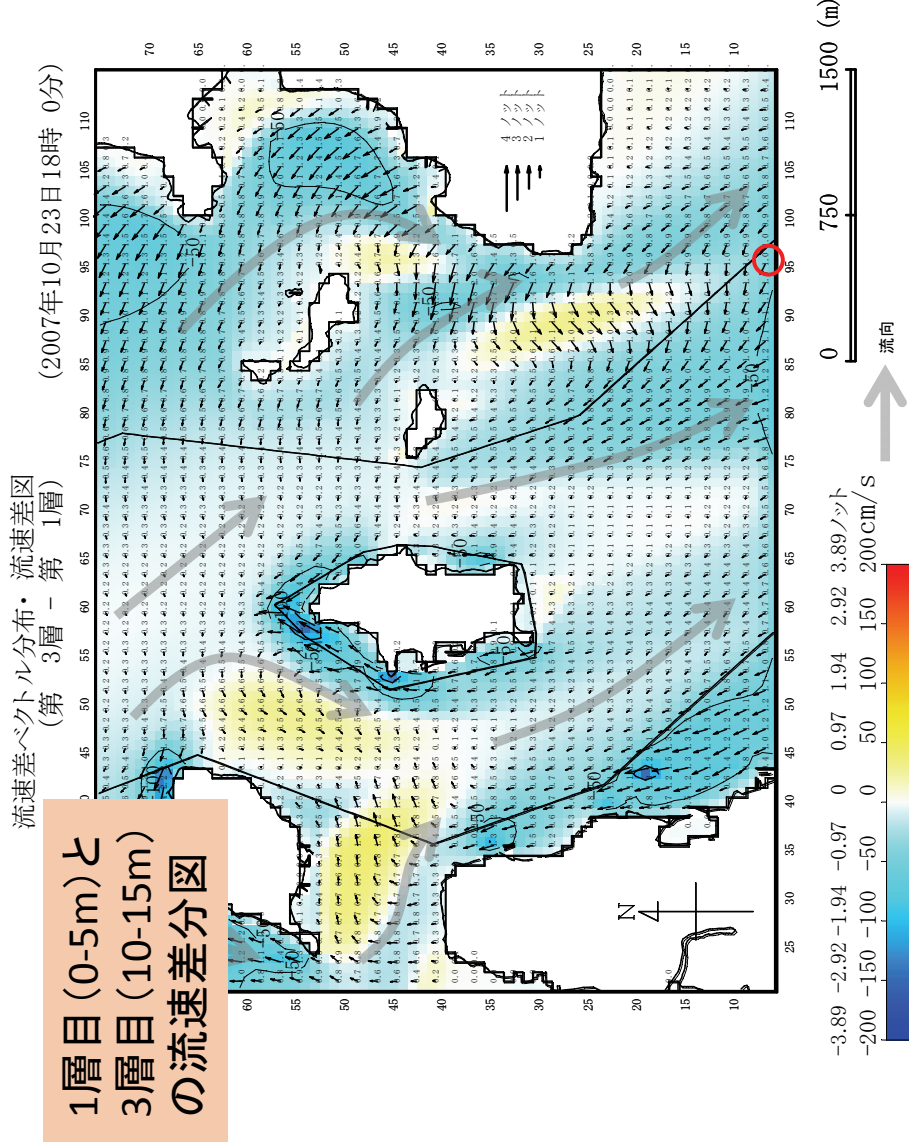
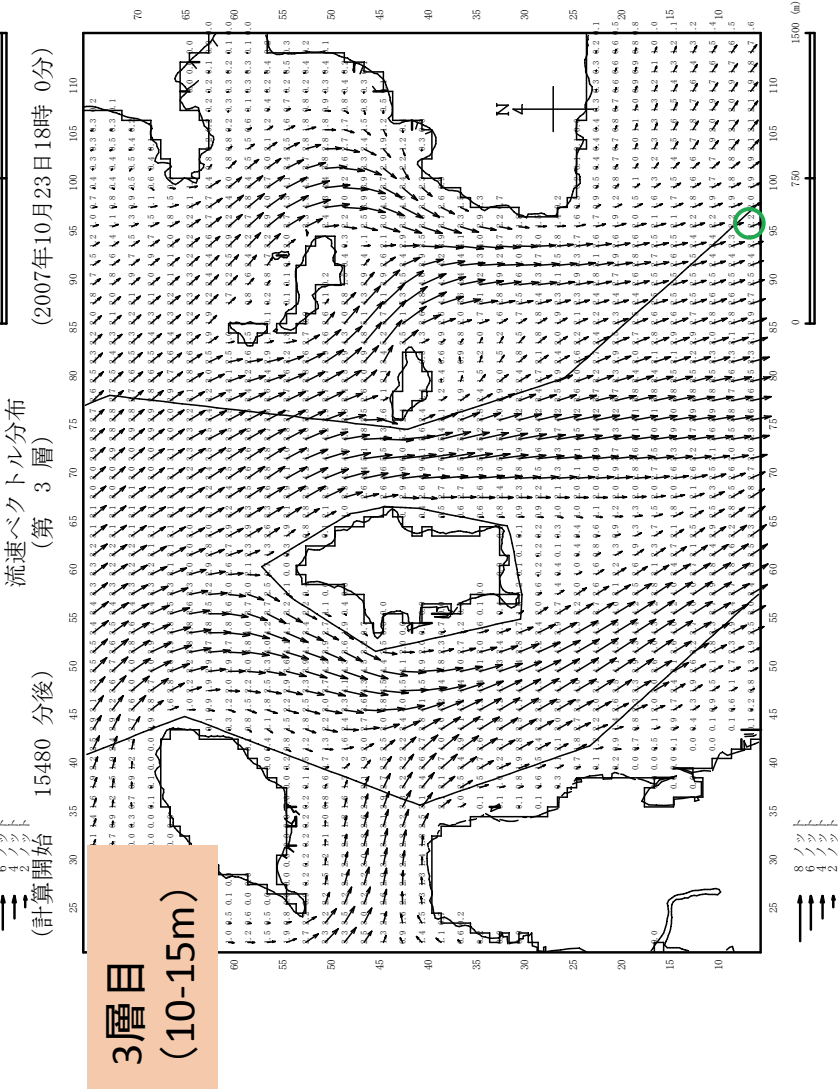
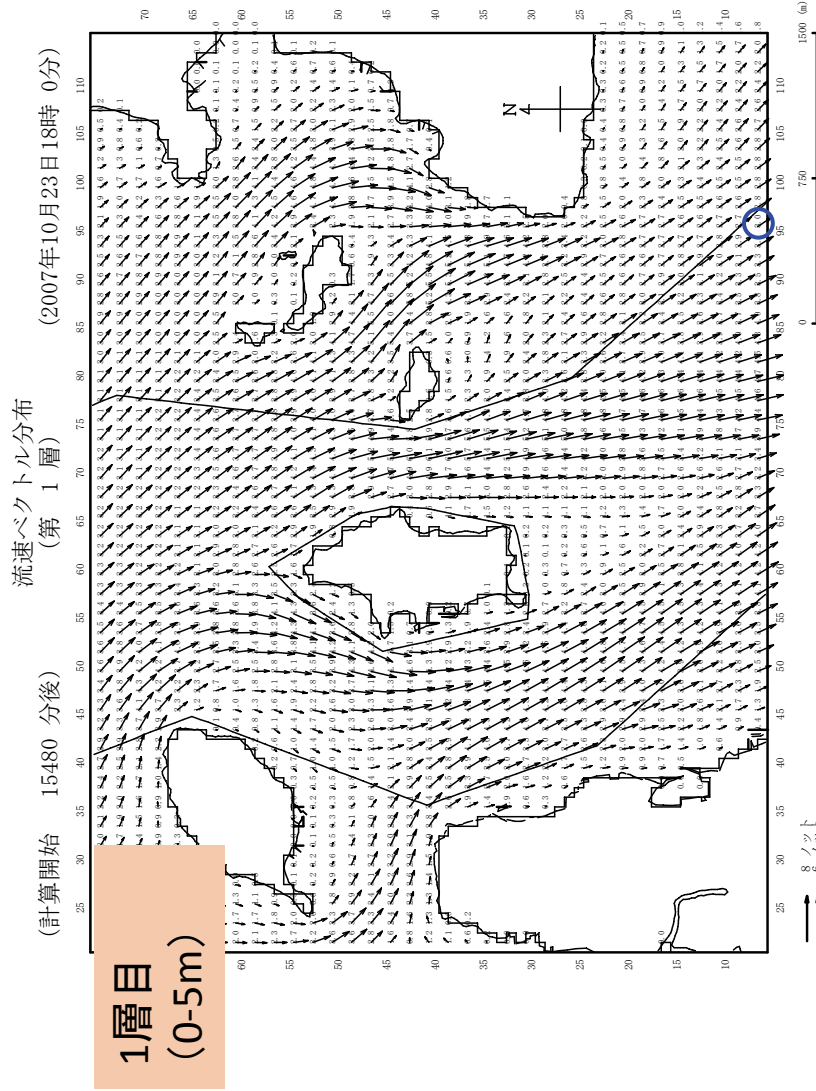


図 4.3.2.4 計画法線 (案) における北流最強時 (北流 6 ノット) の 1 層目を基準とする流速差分図





流速差ベクトル

流速差図 (段彩図)

$$\begin{aligned} |\vec{v}_1| &= 3.0 \text{ノット} \\ |\vec{v}_3| &= 2.2 \text{ノット} \\ |\Delta v| &= 1.0 \text{ノット} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_1 &= 3.0 \text{ノット} \\ v_3 &= 2.2 \text{ノット} \\ \Delta v &= v_3 - v_1 \\ &= 2.2 - 3.0 \\ &= -0.8 \text{ノット} \end{aligned}$$

$v_1$  : 1層目の流速  
 $v_3$  : 3層目の流速  
 $\Delta v$  : 3層目と1層目の流速差分

図 4.3.2-5 流速差分図の見方





#### 4.4 操船方法等の整理

来島海峡航路計画検証調査の操船シミュレーションで実施した「単独航行による来島海峡航路の西水道・中水道の通峡可能性の検証結果」を踏まえて、操船方法、操船に留意する点等について整理した。

##### 4.4.1 順潮による操船性の低下

西水道のような2度の変針を要するS字水路では、東航の場合には、小島沖で1次変針を行い、その回頭力を制御しながら馬島沖（オコラ埼付近）で2次変針に転じることになる。このようなスラローム操船は1次の変針タイミングと操作量、回頭速度を誤るとオーバーシュートや2次変針タイミングの遅れなどを引き起こし、大きなS字を描きながら航行するおそれがある。西水道のように狭隘な水路におけるオーバーシュートは、浅瀬や陸岸への乗揚げ、周辺船舶への接近などの危険に繋がることから、適切なタイミングにおいて適切な操作量をもって操船できることが安全な航行において重要な要素である。

操船シミュレーションにおいて西水道を強い順潮で航行した場合、対地速力は潮により増加し変針中のドリフト（横流れと斜航角）が大きくなるが、順潮によって舵力が低下することから、この回頭を制御するために大きな舵を長い時間にわたって使用する状況がみられた。したがって、西水道を順潮で航行する際には、このような操縦性の低下を十分に考慮したうえで、変針のタイミングや操作量を判断することが肝要である。

また、操縦性の劣る船舶では、通常の船舶よりも回頭を制御する舵力が不足するため、2次変針に転じるのがより難しくなることが考えられる。したがって、初めて来島海峡を通航する船舶や操縦性の劣る船舶については、弱潮時に航行するような対応が必要であり、水先人会の引き受け基準においては、このような操縦性劣悪船に対しては、弱潮時を通航するよう対応がなされている。

##### 4.4.2 明確な変針目標と向首目標

今回の操船結果では、小島沖の1次変針（南航時）では、小島灯台をおよそ180度に見るタイミングで右変針を始め、オコラ埼にならぶタイミングで2次変針を行う操船が見られた。来島海峡の通航経験が少ない船長が操船した場合には、この変針タイミングが遅れ、航跡が膨らむ結果となった。したがって、S字水路において適切なラインで進航するためには、明確な変針目標と向首目標を持つことが重要である。

関門海峡航路は来島海峡航路と同様に狭く屈曲した航路であるが、要所において重視目標が設置され適切な進路で通航できるよう航行支援がなされている。来島海峡航

路では、上記のように灯台や地形などを利用して操船することが可能ではあるが、こうした他航路の事例も参考に、航行支援対策について検討することが望ましい。

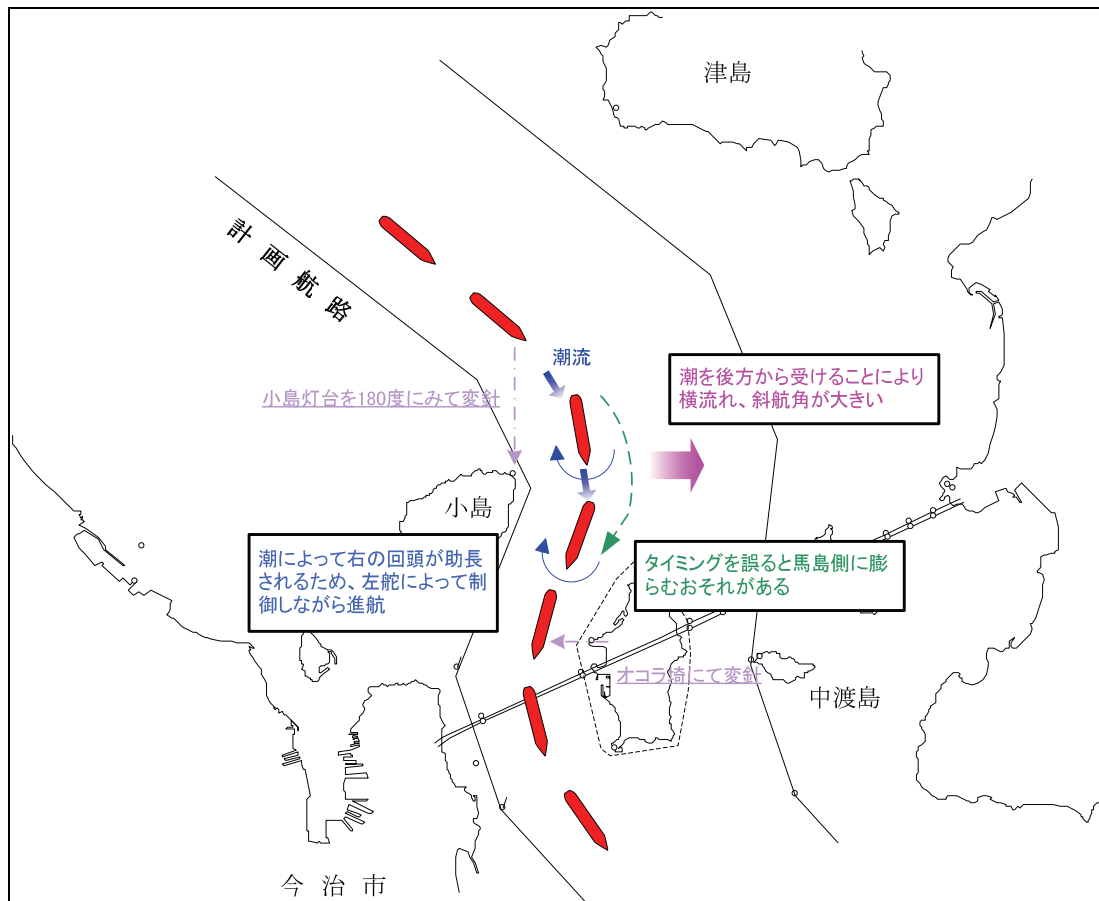


図 4.4.2-1 西水道南航時の操船注意点と操船目標

#### 4.4.3 流況を考慮する

来島海峡における流況は、その向きや特徴は強弱の違いはあってもほぼ同じような傾向がみられる。潮流シミュレーションの結果では、水道部に入ると流速は急激に強まり、その流れは概ね地形に沿った流れとなる。また、小島南側の水域では潮の弱い個所が存在し、このような流況の特徴を考慮して操船することが効率的で安全な操船を支援するものと考えられる。

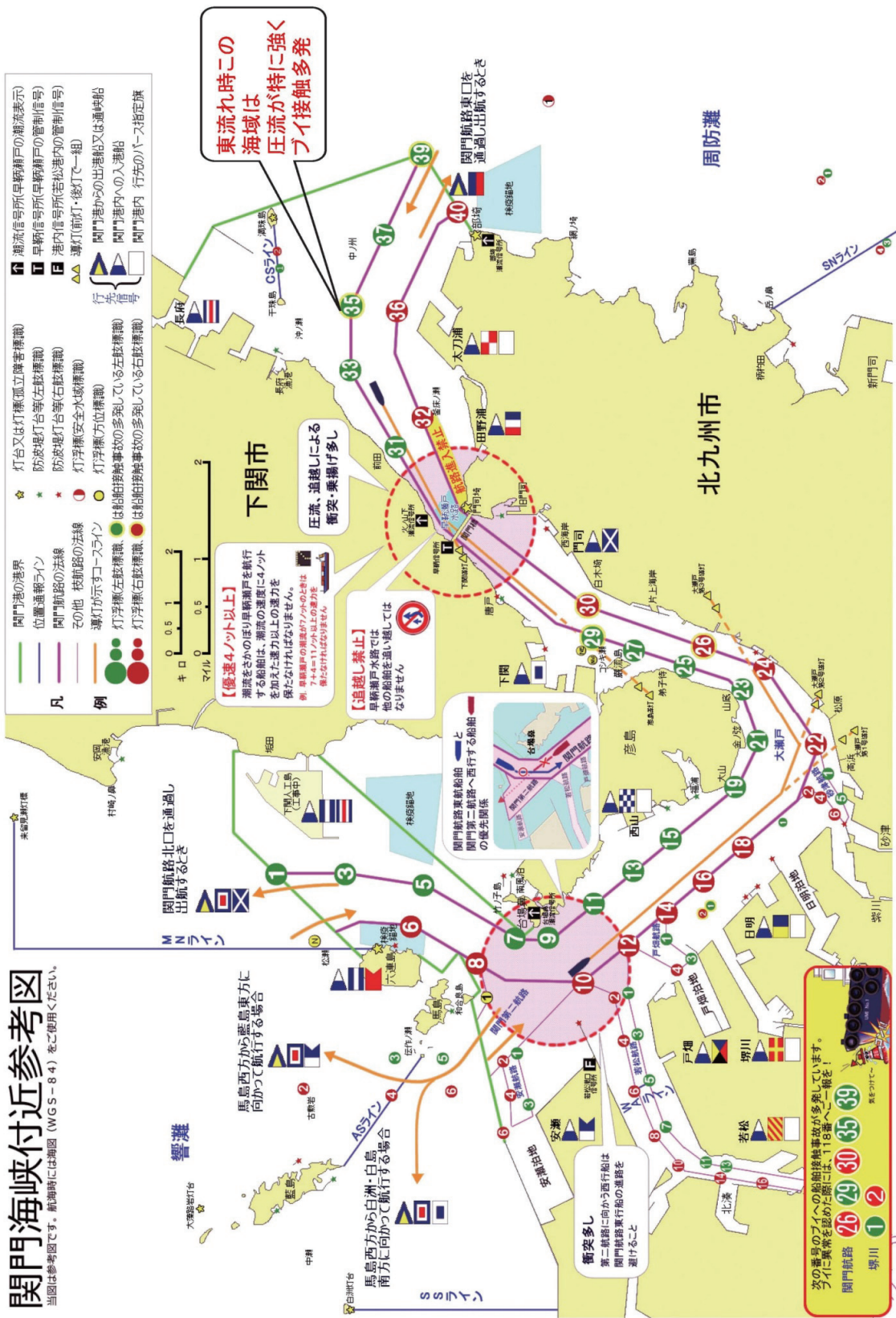
また、潮流シミュレーションでは再現できない湧昇流やうず潮などは、概ね発生する個所が決まっていることから、ヒアリングなどを参考として、このような特殊な流れも含めた流況情報図などを作成し、航行する船舶に提供することが望ましい。



図 4.4.3-1 強潮時の流況（潮流シミュレーション）

# 関門海峡付近参考図

当図は参考図です。航海時には潮図（WGS-8.4）をご使用ください。



## 4.5 関連法規、制限の整理

### 4.5.1 航路法線に係る関連法規等の整理

来島海峡航路は、船舶交通がふくそうする海域における船舶交通について、特別の交通方法を定めた海上交通安全法（昭和 47 年法律第 115 号）によって規定された航路であり、同海峡航路の現行の航路法線に関しては、法第二条及び海上交通安全法施行令（昭和 48 年政令第 5 号）第三条によって、定められている。

海上交通安全法（昭和 47 年法律第 115 号）

（定義）

第二条 この法律において「航路」とは、別表に掲げる海域における船舶の通路として政令で定める海域をいい、その名称は同表に掲げるとおりとする。

別表

| 航路の名称  | 所在海域                                 |
|--------|--------------------------------------|
| 来島海峡航路 | 瀬戸内海のうち大島と今治港との間から来島海峡を経て大下島の南方に至る海域 |

政令で定める海域・・・海上交通安全法施行令（昭和 48 年政令第 5 号）第三条

（航路）

第三条 法第二条第一項の政令で定める海域は、別表第二に掲げる海域とする。

別表第二（第三条関係）

| 航路の名称  | 航路の海域  |
|--------|--|
| 来島海峡航路 | 第一号から第十五号までに掲げる地点を順次に結んだ線及び第一号に掲げる地点と第十五号に掲げる地点とを結んだ線により囲まれた海域のうち第十六号から第二十二号までに掲げる地点を順次に結んだ線及び第十六号に掲げる地点と第二十二号に掲げる地点とを結んだ線により囲まれた海域以外の海域<br>一 竜神島灯台（北緯三四度六分一六秒東経一三三度一分三九秒）から一五六度二、四一〇メートルの地点<br>二 竜神島灯台から一九七度二、五二〇メートルの地点<br>三 来島白石灯標（北緯三四度六分二五秒東経一三二度五九分）から五九度一五〇メートルの地点<br>四 ウズ鼻灯台（北緯三四度六分四五秒東経一三二度五九分二八秒）から二九九度一、一六〇メートルの地点<br>五 小島三角点（北緯三四度七分三六秒東経一三二度五八分五三秒）から五九度三〇 |

|     |   |
|-----|---|
|     | 分六四〇メートルの地点                                   |
| 六   | 小島三角点から四九度六八〇メートルの地点                          |
| 七   | 桴磯灯標（北緯三四度八分四四秒東経一三二度五六分五秒）から二六度一、一八〇メートルの地点  |
| 八   | 桴磯灯標から三〇一度一、六九〇メートルの地点                        |
| 九   | 桴磯灯標から三二六度二、八三〇メートルの地点                        |
| 十   | 桴磯灯標から一八度二、七三〇メートルの地点                         |
| 十一  | 小島三角点から五八度三〇分二、四〇〇メートルの地点                     |
| 十二  | ナガセ鼻灯台（北緯三四度七分五秒東経一三二度五九分四六秒）から一〇一度四四〇メートルの地点 |
| 十三  | ウズ鼻灯台から一〇二度一、一八〇メートルの地点                       |
| 十四  | 竜神島灯台から一九七度八八〇メートルの地点                         |
| 十五  | 竜神島灯台から一三一度三〇分一、〇六〇メートルの地点                    |
| 十六  | 馬島三角点から三五四度六六〇メートルの地点                         |
| 十七  | 馬島三角点から三四度四六〇メートルの地点                          |
| 十八  | 馬島三角点から一六六度八〇〇メートルの地点                         |
| 十九  | ウズ鼻灯台から一八〇度一四〇メートルの地点                         |
| 二十  | ウズ鼻灯台から二一七度一一〇メートルの地点                         |
| 二十一 | 馬島三角点から二七〇度五二〇メートルの地点                         |
| 二十二 | 馬島三角点から三二四度五六〇メートルの地点                         |

したがって、今後、航路法線を変更する必要がある場合には、上述の海上交通安全法施行令の別表第二の右欄「航路の海域」についての変更が必要となる。

#### 4.5.2 航法に係る関連法規等の整理

来島海峡航路の航法は、世界で唯一、潮流の方向により右側通航と左側通航が交互に替わる「順中逆西」の特殊な航法であり、この特殊な航法を規定した海上交通安全法の条文は、1.3.1(1)関係法令 で述べたとおりである。

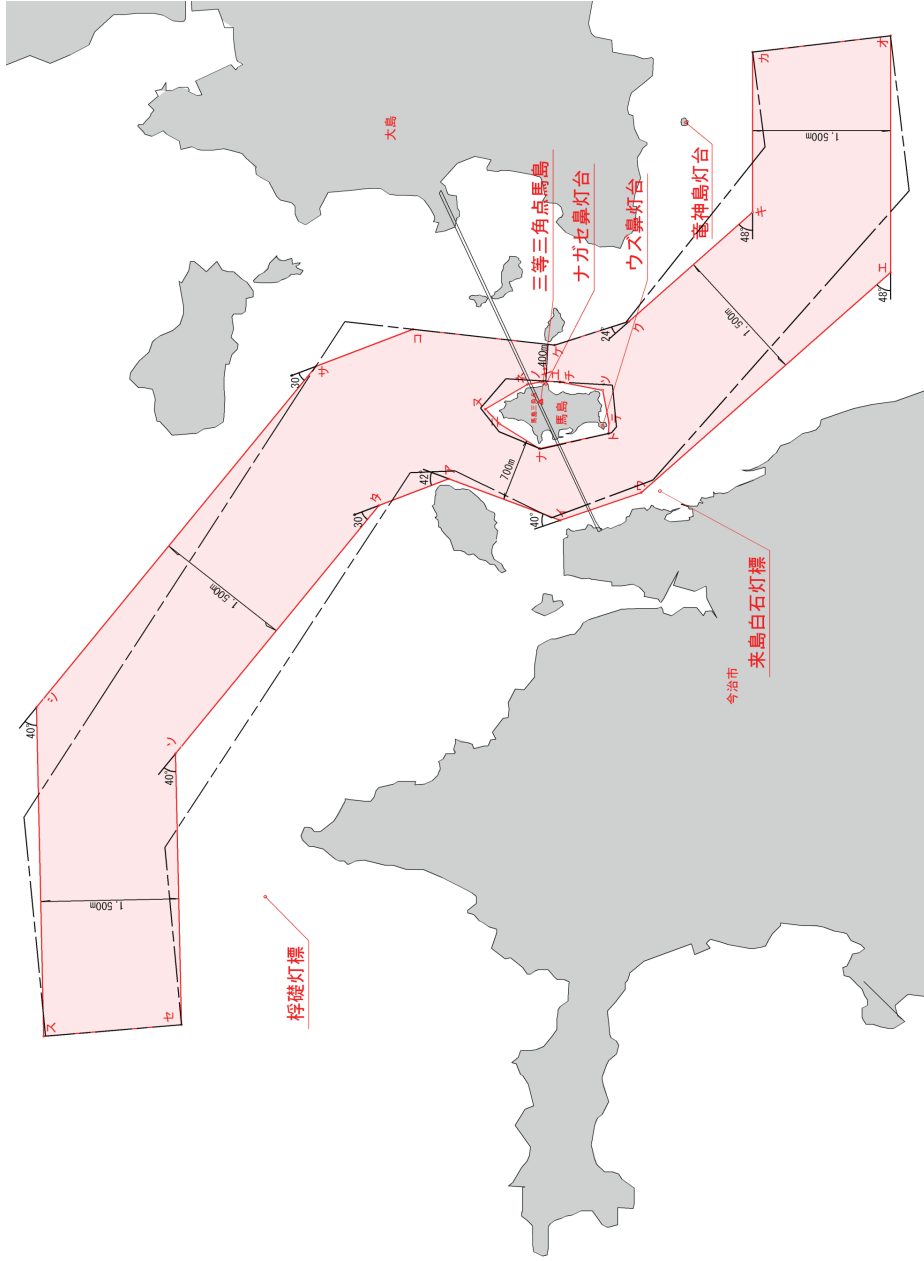
なお、同航路における航法のうち、

- ・ 追越し禁止区間の設定（第六条の二）
- ・ 逆潮の場合の最低速力の規定（第二十条第一項第五号）
- ・ 転流前後における航法の指示（第二十条第三項）
- ・ 航路入航前における通報の義務付け（第二十条第四項）

については、新たに平成 22 年 7 月から適用されている規則である。

今後、来島海峡航路における特殊な航法を変更する必要がある場合には、当該条文の見直しが必要になる。

参考資料



(出典：国土交通省 四国地方整備局 他 平成 22 年度 来島海峡航路整備方策検討業務 報告書)  
計画法線 (案)



計画法線（案）座標

基点一覧

| 基 点     | 緯度経度           |                 |
|---------|----------------|-----------------|
|         | 北緯             | 東経              |
| 三等三角点馬島 | 34 度 07 分 7 秒  | 132 度 59 分 38 秒 |
| 浮礎灯標    | 34 度 08 分 44 秒 | 132 度 56 分 05 秒 |
| ナカゼ鼻灯台  | 34 度 07 分 5 秒  | 132 度 59 分 46 秒 |
| ウズ鼻灯台   | 34 度 06 分 45 秒 | 132 度 59 分 28 秒 |
| 竜神島灯台   | 34 度 06 分 16 秒 | 133 度 01 分 39 秒 |
| 来島白石灯台  | 34 度 06 分 25 秒 | 132 度 59 分 00 秒 |

| 地点 | 基 点     | 角度       | 距離      | 緯度経度           |                 | 平面直角座標形（IV系） |             |
|----|---------|----------|---------|----------------|-----------------|--------------|-------------|
|    |         |          |         | 北緯             | 東経              | X座標          | Y座標         |
| ア  | 三等三角点馬島 | 319° 41′ | 1,310 m | 34 度 07 分 39 秒 | 132 度 59 分 04 秒 | 125,175.017  | -47,530.756 |
|    |         | 260° 51′ | 1,330 m | 34 度 06 分 60 秒 | 132 度 58 分 47 秒 | 123,962.505  | -47,990.669 |
| ウ  | 来島白石灯台  | 355° 24′ | 200 m   | 34 度 06 分 31 秒 | 132 度 58 分 59 秒 | 123,082.047  | -47,683.579 |
| エ  | 竜神島灯台   | 216° 40′ | 2,760 m | 34 度 05 分 4 秒  | 133 度 00 分 35 秒 | 120,372.235  | -45,243.654 |
| オ  |         | 156° 13′ | 2,420 m | 34 度 05 分 4 秒  | 133 度 02 分 17 秒 | 120,372.235  | -42,618.317 |
| カ  |         | 131° 57′ | 1,070 m | 34 度 05 分 53 秒 | 133 度 02 分 10 秒 | 121,872.235  | -42,798.733 |
| キ  |         | 233° 55′ | 1,210 m | 34 度 05 分 53 秒 | 133 度 01 分 01 秒 | 121,872.235  | -44,575.811 |
| ク  | ウズ鼻灯台   | 103° 39′ | 1,200 m | 34 度 06 分 36 秒 | 133 度 00 分 13 秒 | 123,214.514  | -45,784.405 |
| ケ  | ナカゼ鼻灯台  | 101° 09′ | 440 m   | 34 度 07 分 2 秒  | 133 度 00 分 03 秒 | 124,024.974  | -46,047.739 |
| コ  | 三等三角点馬島 | 30° 10′  | 1,610 m | 34 度 07 分 52 秒 | 133 度 00 分 10 秒 | 125,563.453  | -45,872.983 |
| サ  |         | 9° 14′   | 2,480 m | 34 度 08 分 26 秒 | 132 度 59 分 53 秒 | 126,619.006  | -46,282.978 |
| シ  | 浮礎灯標    | 39° 56′  | 3,220 m | 34 度 10 分 4 秒  | 132 度 57 分 25 秒 | 129,656.457  | -50,064.602 |
| ス  |         | 326° 27′ | 2,860 m | 34 度 10 分 1 秒  | 132 度 55 分 03 秒 | 129,578.287  | -53,711.606 |
| セ  |         | 301° 27′ | 1,710 m | 34 度 09 分 13 秒 | 132 度 55 分 08 秒 | 128,080.671  | -53,584.228 |
| ソ  |         | 58° 23′  | 1,820 m | 34 度 09 分 15 秒 | 132 度 57 分 05 秒 | 128,145.101  | -50,578.287 |
| タ  | 三等三角点馬島 | 326° 58′ | 2,100 m | 34 度 08 分 4 秒  | 132 度 58 分 53 秒 | 125,934.105  | -47,825.613 |
| チ  | ナカゼ鼻灯台  | 175° 56′ | 200 m   | 34 度 06 分 58 秒 | 132 度 59 分 47 秒 | 123,907.510  | -46,468.296 |
| ツ  | ウズ鼻灯台   | 89° 24′  | 400 m   | 34 度 06 分 45 秒 | 132 度 59 分 44 秒 | 123,501.021  | -46,549.280 |
| テ  |         | 150° 52′ | 70 m    | 34 度 06 分 43 秒 | 132 度 59 分 29 秒 | 123,432.591  | -46,911.241 |
| ト  |         | 234° 24′ | 100 m   | 34 度 06 分 43 秒 | 132 度 59 分 25 秒 | 123,439.229  | -47,027.577 |
| ナ  | 三等三角点馬島 | 271° 42′ | 510 m   | 34 度 07 分 7 秒  | 132 度 59 分 18 秒 | 124,188.543  | -47,195.467 |
| ニ  |         | 331° 56′ | 510 m   | 34 度 07 分 22 秒 | 132 度 59 分 29 秒 | 124,621.951  | -46,920.304 |
| ヌ  |         | 352° 42′ | 610 m   | 34 度 07 分 27 秒 | 132 度 59 分 35 秒 | 124,776.910  | -46,758.338 |
| ネ  |         | 52° 59′  | 250 m   | 34 度 07 分 12 秒 | 132 度 59 分 46 秒 | 124,321.219  | -46,484.839 |
| ノ  |         | 90° 14′  | 230 m   | 34 度 07 分 7 秒  | 132 度 59 分 47 秒 | 124,172.295  | -46,454.989 |
| ヤ  |         | 96° 44′  | 240 m   | 34 度 07 分 6 秒  | 132 度 59 分 47 秒 | 124,145.464  | -46,445.893 |
| ユ  | ナカゼ鼻灯台  | 169° 55′ | 150 m   | 34 度 07 分 0 秒  | 132 度 59 分 47 秒 | 123,965.044  | -46,456.835 |

（出典：国土交通省 四国地方整備局 他 平成 22 年度 来島海峡航路整備方策検討業務 報告書）