

Supported by  日本 THE NIPPON
財団 FOUNDATION

東京湾の安全な航行環境の構築に向けて

調査報告書

平成29年3月

公益財団法人海上保安協会

目 次

1. 調査の背景・目的	1
1. 1 調査の背景	1
1. 2 調査の目的	4
2. 東京湾における航行環境の現状	5
2. 1 東京湾における海上交通	5
2. 1. 1 東京湾における航行環境	5
2. 1. 2 東京湾における安全対策	12
2. 2 東京湾における船舶事故の状況	14
2. 2. 1 東京湾内における船舶事故	14
2. 2. 2 過去に発生した大規模事故	16
3. 東京湾における危険水域	18
3. 1 O Z Tとは	18
3. 2 O Z T手法を用いた東京湾の海域特性の分析	19
3. 2. 1 調査項目	19
3. 2. 2 評価方法	20
3. 2. 3 評価致傷船舶の交通状況	21
3. 2. 4 東京湾の海域特性	23
4. 東京湾のふくそうによる船舶交通の渋滞の影響	31
4. 1 船舶交通の渋滞による経済損失推計	31
4. 1. 1 東京湾の混雑の現状	31
4. 1. 2 渋滞による経済損失推計	33
5. 東京湾における船舶事故発生時の航路閉塞等による経済損失等	39
5. 1 東京湾におけるタンカーの航行状況	39
5. 2 過去に発生したタンカー油流出事故	39
5. 2. 1 大規模なタンカー事故（海外での事例）	39
5. 2. 2 東京湾におけるタンカー事故	41
5. 3 タンカーが関与した事故が発生した場合の経済損失推計	42
6. 海上交通の安全確保へ向けたA I Sの活用	46
6. 1 A I Sの概要	46
6. 2 A I Sの活用とその効果	47
6. 3 小型船舶へのA I S普及による安全効果	50
6. 3. 1 小型船舶の事故	50
6. 3. 2 小型船舶に対するA I Sの普及促進	53
6. 3. 3 小型船舶へのA I S普及による安全効果	55

6. 4 AISの普及状況	56
7. 安全な航行環境の構築に向けて	58

資料

1 OZT手法を用いた東京湾の海域特性の分析（詳細版）	62
2 タンカーが関係する油流出事故における想定シナリオ	109
3 タンカーが関係する油流出事故における想定シナリオを踏まえた 直接的・間接的な社会経済影響	111
4 AISを活用した取り組み	116

1. 調査の背景・目的

1.1 調査の背景

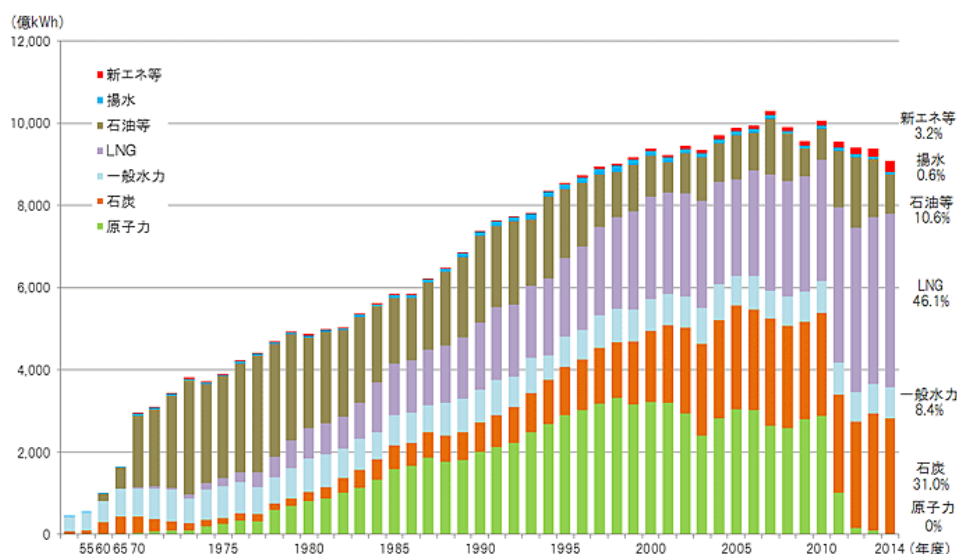
四面を海に囲まれ、資源の産出が乏しいわが国では、国民生活に必要な資源の大半を海外からの輸入に頼っている。船舶は物資を大量に輸送する手段として最適であるため、わが国の臨海部には工場やエネルギー供給施設などが数多く建設され、船舶により海外の港との間や国内の港間で頻繁に物資が運ばれている。船舶による物資輸送は、生命を維持する血液の流れのような役割を果たしているのである。

船舶による物資輸送により、私たちの生活は現在、とても豊かで便利になっており、高品質の物品を安価で気軽に調達できること、遠くの場所に速くかつ快適に移動できることなどは当たり前のこととして営まれている。豊かで便利な生活は、技術の進展に伴い、ますますその度合いを増していくことが想像される。

では、私たちの生活に、海や船はどのように関わっているのか。私たちは日々の生活の中で海を意識することはないが、実はその生活を、安全な海と海上輸送が支えているのである。

生活の中から、電気に着目してみると、経済産業省資源エネルギー庁が発表した「エネルギー白書 2016」によれば、2014年度（平成26年度）時点において発電供給の割合が最も高いのは、供給量全体の46.1%を占めるLNG（Liquefied Natural Gas：液化天然ガス）である。次いで石炭と石油による火力発電が41.6%を占める。近年増加している太陽光発電、風力発電など再生可能エネルギーによる発電は、僅か3.2%に過ぎない（図表1-1）。発電供給量の9割近くを占めるこれらエネルギー資源は国内生産ができず、輸入依存率はLNGが97.8%、石炭は100%、原油も99.7%に上る。

図表 1-1 発電供給における一次エネルギーの推移



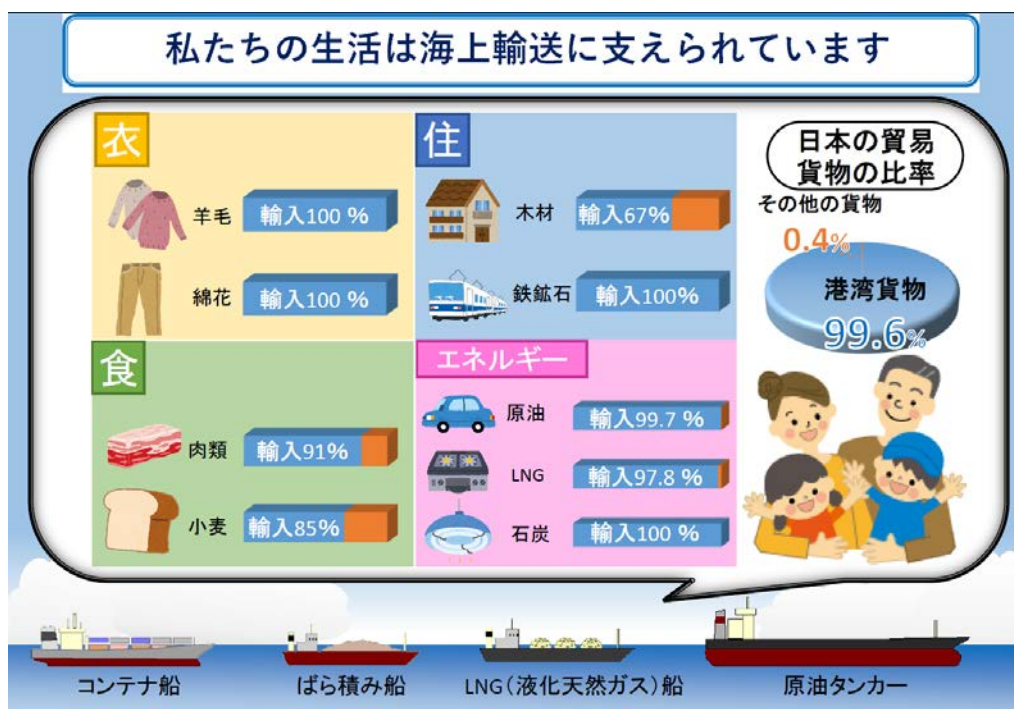
出典：経済産業省資源エネルギー庁「エネルギー白書 2016」

食料に関しても、農林水産省の発表によると平成 27 年度の国内食料自給率（カロリーベース）は 39%しかない。パンの原料となる小麦の自給率は僅か 15%、豆腐や醤油の原料となる大豆の自給率は 7%、肉類は 9%にとどまっており、食料品の多くが海外からの輸入である。衣料についても同様で、大量の衣類を海外から輸入しているほか、繊維製造の原材料である羊毛、綿花は輸入 100%である。

わが国は約 1 億 2700 万人もの国民の生活を支えるため、産業に欠くことのできない LNG や原油などのエネルギー資源、食料品、衣料品など日々の暮らしに欠かすことのできない生活物資を世界中から輸入しており、大量輸送が一度に可能となる船舶が輸送手段として利用されているのである（図表 1-2）。

貿易量における海上輸送の割合は 99.6%に上り、「エネルギー資源」や、「衣」「食」「住」の源となる原材料のほとんどが船舶によって運搬されている。わが国では海上輸送活動が極めて活発で、海外、国内の港間を結ぶ海上交通はわが国の物流の大動脈であり、経済活動を行う上で極めて重要な役割を果たしている。

図表 1-2 主要資源の輸入依存率と日本の貿易貨物の比率



出典：(公財)日本海事広報協会「SHIPPING NOW 2016-2017」、農林水産省「平成 27 年度食料自給率」、経済産業省資源エネルギー庁「エネルギー白書 2016」を基に作成

その一方で、国民生活の根幹を支える海上輸送、海上交通に関しては、陸上における道路の渋滞情報や、鉄道及び航空機の運航状況のように見聞きする機会は少なく、また生活の中でも海や船を意識することが少ないため、その重要性に対する国民の認識や関心は低い状

態である。しかしながら、海上交通の安定、安全が国民の生活に与える影響は、自動車や鉄道、航空機と比べてはるかに大きく、船舶の安全な運航により豊かな国民生活が支えられていると言っても過言ではない。

このように海の活用が経済産業や国民生活を支える上で欠くことのできないものとなっている中、わが国の周辺海域では毎年 2,000 隻を超える船舶事故が発生している。ひとたび船舶事故が発生した場合には、尊い人命や財産が失われるといった直接的な被害のみならず、航路閉塞や交通制限により海上交通が滞り、経済活動に甚大な影響をもたらすおそれがある。また、大量の油や危険物が海に流出した場合には、漁業活動に直ちに重大な影響を及ぼすほか、長期間にわたって海洋環境への影響が及ぶことになり、経済・社会活動に甚大な損害を与えることになる。

このような事態にならないよう、海上交通の安全確保に当たっては、中央交通安全対策会議において策定された「第 10 次交通安全基本計画」（計画期間：平成 28 年度～32 年度）や、船舶交通安全対策の指針となる「第 3 次交通ビジョン（交通政策審議会答申）」（平成 26 年度～30 年度）に基づき、さまざまな対策が講じられている。

ふくそう海域等の安全性を確保するため、近年、船舶の動静情報や航海情報を、船舶相互間または船舶と陸上の航行援助施設との間で自動的に送受信する AIS（Automatic Identification System：船舶自動識別装置）の普及が進んでいる環境を捉え、船舶の動静情報を活用した衝突防止の取り組みや、東京湾における一元的な海上交通管制の構築など海上交通環境の整備が進められ、より安全で円滑な船舶交通の実現に向けた取り組みが効果を上げているところである。

しかし、海上交通の安全確保に向けた取り組みを可能とする AIS は、一定の船舶にのみ搭載が義務付けられている¹ものの、それ以外の船舶には搭載義務がないことから、AIS を活用した安全対策への効果の波及は限定的である。

陸上では ETC（Electronic Toll Collection System）2.0 の普及・発達、監視カメラの整備などが充実強化され、各装置から得られた車両の動静情報を基に、カーブ先など見えない場所の交通情報の提供や、データ解析によるブレーキ多発箇所の把握などにより、安全対策の一層の強化が図られているところであるが、他方、AIS にも、陸上において、海上の船舶の動静をリアルタイムに把握できる機能が搭載されている。搭載義務のない船舶への AIS の普及が進むことにより、船舶事故の防止に寄与する多数船舶の動静情報が得られ、これま

1 2002 年（平成 14 年）7 月 1 日に発効した改正 SOLAS 条約（1974 年の海上における人命の安全のための国際条約）を受け、国内法では次の特定の船舶に対し、AIS の搭載が義務付けられている。

- (1)国際航海に従事する 300 総トン以上のすべての船舶
- (2)国際航海に従事するすべての旅客船
- (3)国際航海に従事しない 500 総トン以上のすべての船舶

で見えていなかった海上交通環境の把握が可能となるほか、集積したデータの解析により効果的な安全対策を講じることが可能になるなど、さまざまな効果が期待されている。

1.2 調査の目的

このことから、首都圏を背後に抱え、湾内には国際戦略港湾に指定されている京浜港（東京港、横浜港、川崎港）を始めとし、国際拠点港湾の千葉港、重要港湾の横須賀港、木更津港といった国内有数の貿易港が存在し、臨海部には石油コンビナートや LNG 基地などの工業地帯が密集する、わが国で最も船舶交通がふくそうし、世界的にもその混雑度合いが際立っている東京湾において、船舶交通上の危険な水域を分析し、渋滞の影響や万一船舶事故が発生した場合の経済損失を推計するとともに、AIS の普及に伴う効果を調査し明らかにすることにより、搭載が義務付けられていない船舶への AIS の搭載を含む、ふくそう海域の船舶動静把握の充実、船舶相互間の事故防止など、東京湾の海上交通の安定強化を図ることを目的とする。

2. 東京湾における航行環境の現状

2.1 東京湾における海上交通

2.1.1 東京湾における航行環境

本調査を実施する東京湾とは、どのような海域なのか。以下に、東京湾の概要と東京湾における航行環境等について記す。

(1) 東京湾の概要

東京湾の範囲については、狭義には神奈川県三浦市（三浦半島）の観音埼と千葉県富津市（房総半島）の富津岬を結んだ線より北の海域と言われているが、本調査では、海上交通安全法（昭和47年法律第115号）に規定する「千葉県館山市に位置する洲崎灯台から神奈川県三浦市に位置する観音埼灯台まで引いた線より北の海域」とする（図表2-1参照）。

東京湾は面積約1,380平方キロメートルを有する広い海域であるが、閉鎖性の内湾であり、湾の中央部には「中ノ瀬」²と呼ばれる浅所が存在するほか、富津岬の西方海域には、明治から大正時代に建造された人口島の第一海堡、第二海堡を取り巻くように浅い箇所が広がる（図2-2参照）。また、東京湾を横断する東京湾アクアラインの川崎人工島（風の塔）及び木更津人工島（海ほたるパーキングエリア）が設置されており、広い海域の中でも大型船舶が安全に航行できる海域は限られている。

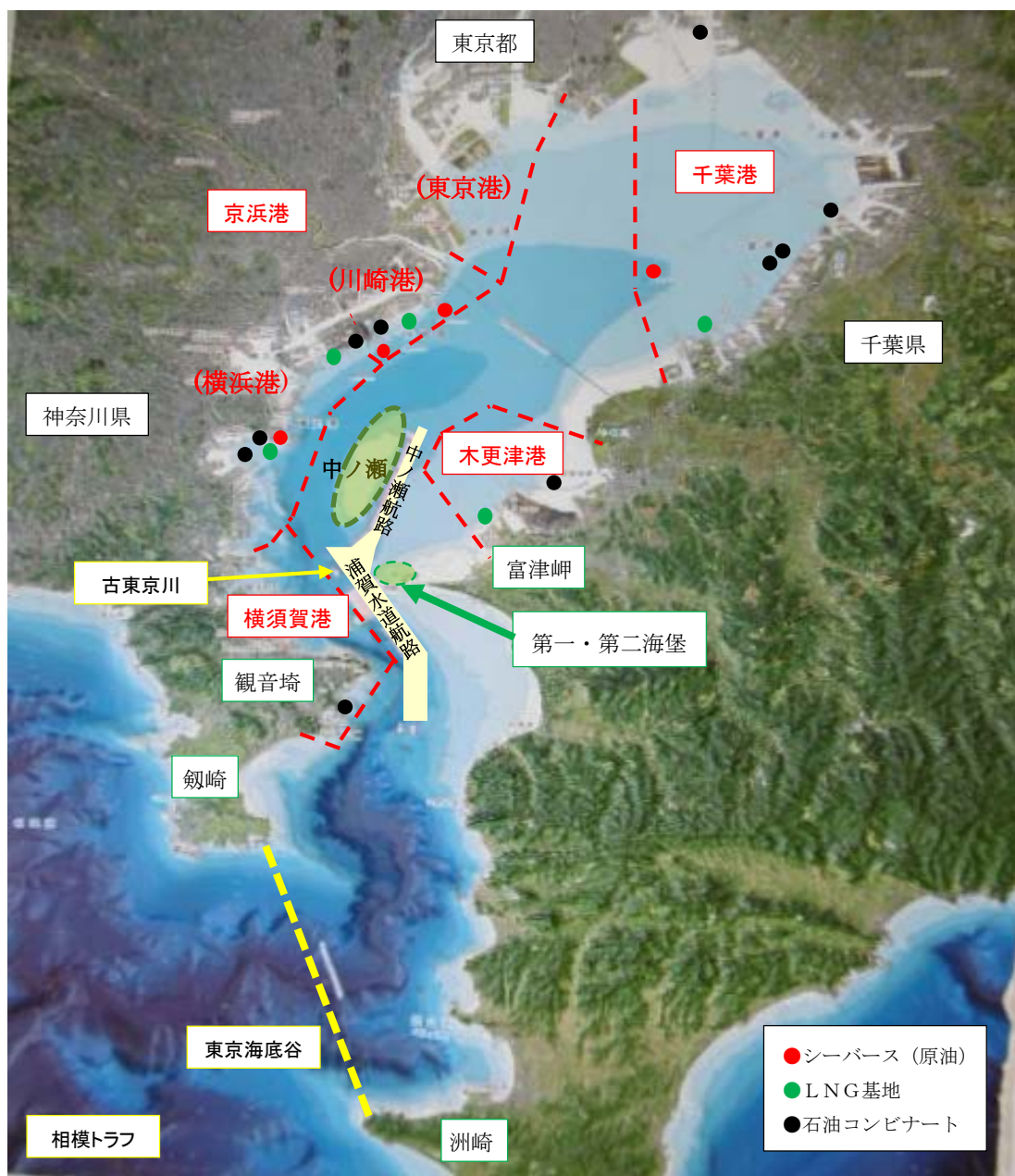
図表2-1を見ると、東京湾の神奈川県寄りに、凹地が大きく蛇行しながら北から南につながっている様子が認められる。これは約2万年前の氷期に、狭義の東京湾の全域が陸であった頃、多摩川、荒川、江戸川（利根川）等が合流して太平洋に流れ下った大きな河川の痕跡であり、「古東京川」と呼ばれている。古東京川の一部は、中ノ瀬の東側を通っており、海上交通安全法に規定する「浦賀水道航路」³及び「中ノ瀬航路」⁴は、古東京川が削った凹地を利用して作られている。浦賀水道航路、中ノ瀬航路はいずれも水深23メートルに浚渫されている。浦賀水道航路、中ノ瀬航路周辺海域の水深図を図表2-2に示す。

2 第二海堡の北方に存在する、南北方向に約8キロメートル、東西方向に約3キロメートルの広い浅瀬で、20メートル等深線内に水深15メートル以下の浅所が散在する。最浅部は北端部で水深13メートルの箇所がある。

3 東京湾の入口に設けられた全長14.8キロメートル、航路幅1,400メートルの航路。航路を航行する船舶は航路中央より右側を航行しなければならない。

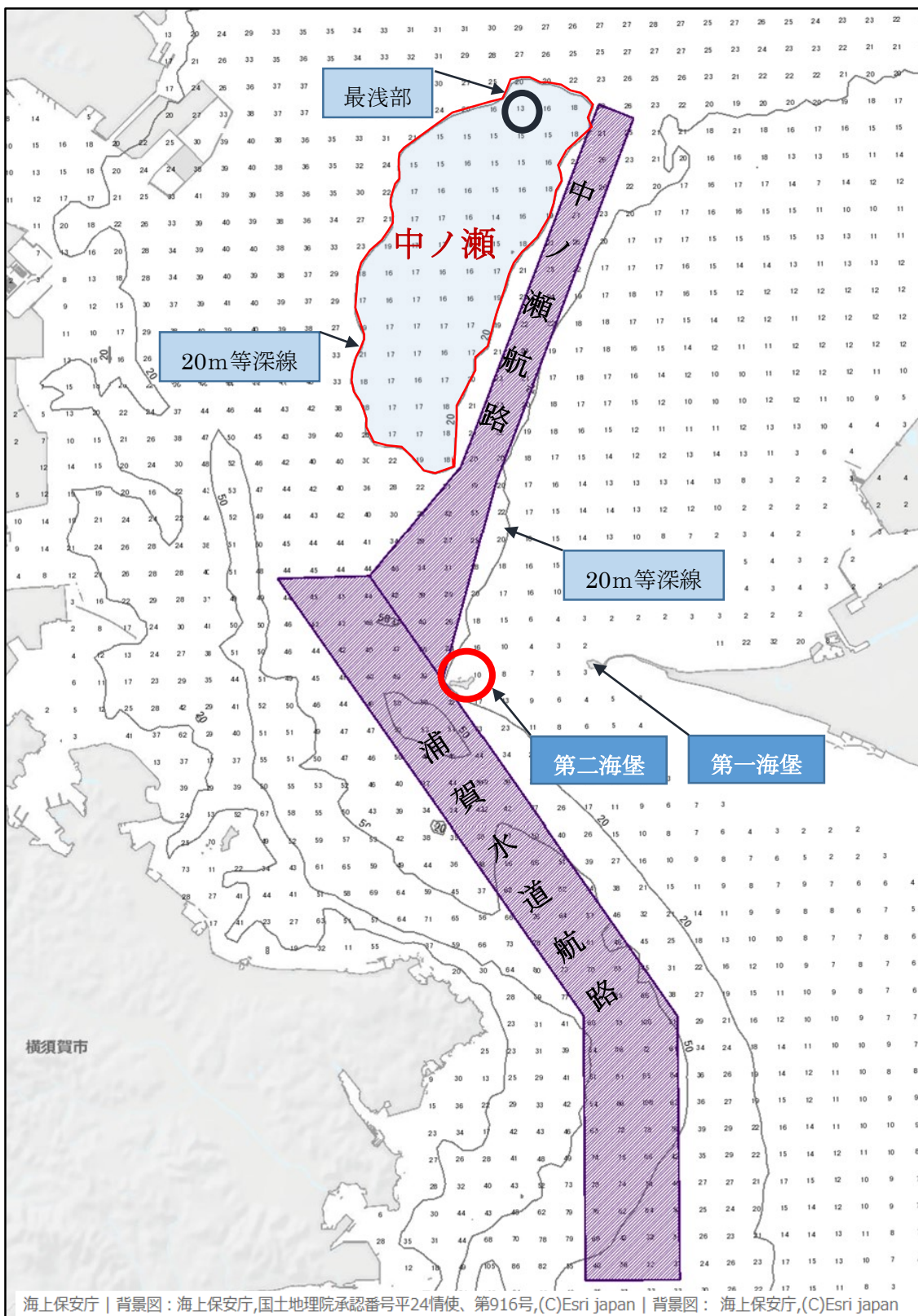
4 第二海堡の北方から千葉県木更津沖までの東京湾中央部に、浦賀水道航路に接続する形で設けられた全長10.5キロメートル、航路幅700メートルの航路。航路を航行する船舶は北方向に航行しなければならない。

図表 2-1 東京湾の概要



出典：海上保安庁

図表 2-2 浦賀水道航路・中ノ瀬航路周辺海域水深図



出典：海洋台帳を基に作成

東京湾の水深は、古東京川が神奈川県寄りを通っていたために、神奈川県寄りで深くなっており、東京湾の入口から横浜や横須賀への船舶によるアプローチを容易にしている。これが幕末と同時に横浜と横須賀が港として発達を始めた地形的な要因にもなった。

古東京川が削った凹地を除いて、千葉県及び湾奥は水深 20 メートル未満の海域が広がっており、観音埼以北は極めて浅い。

しかし、神奈川県横須賀市久里浜の地先から南にかけては水深が急激に深くなり、「東京海底谷」と呼ばれる 500 メートル以上の水深がある巨大な溪谷が東京湾口から「相模トラフ」と呼ばれる海溝まで続いている。

船舶交通が集中・ふくそうする東京湾とは、太平洋に繋がる相模トラフ、東京海底谷の起点であり、古東京川の上流にあたる台地上の海底地形となっているため、とても浅い海であることがよく分かる。

さらに、東京湾は入口が狭くて奥行きが深く⁵、しかも浅いため、東京湾の海水は外洋の水との混合が少ないことが容易に推察される。このことは、ひとたび水が汚れると、その回復までに長時間を要することを意味し、東京湾の環境改善を難しくする一因となる。

(2) 航行環境

他方、東京湾は、後背地にわが国の社会経済の中心である首都圏が控え、臨海部には大規模な都市とエネルギー供給施設などの工業地帯が密集している。水面面積の約 4 割 (約 560 平方キロメートル) が港湾区域 (地方港湾を含む) であり、国際戦略港湾の東京港、横浜港、川崎港、国際拠点港湾の千葉港、重要港湾の横須賀港、木更津港を擁する、海上輸送の一大拠点である。安全に航行できる海域に限られる中、工業製品の原材料となる鉄鉱石、発電燃料となる原油のほか、食卓にのぼる食料品など、国民の生活を支える物資を満載した船舶が湾内に集中する (図表 2-3 参照)。

図表 2-3 首都圏の状況

○人口
約4割(4,380万人)が集中(4,382万9,961人／1億2,709万4745人)
(出典:総務省「平成27年国勢調査」確定値)
○国民総生産
約4割(195兆円)を生産(194兆5340億円／508兆6460億円)
(出典:内閣府経済社会総合研究所国民経済計算部平成28年6月1日発表「平成25年度県民経済計算について」)
○貿易取扱量(港湾)総額
約3割(376兆円)を取扱い(376兆965億円／1,540兆1,947億円)
(出典:財務省貿易統計「積卸港別貿易額表(平成27年確定値)」)
○貨物取扱量(港湾)総取扱量
約2割(5億2千万トン)を取扱い(5億2,270万4,085トン／28億8,059万8,007トン)
(出典:国土交通省「港湾統計年報(平成27年)」海上出入貨物合計)

5 東京湾の湾口幅は約 20.9 キロメートル、長さ 70 キロメートル。最も幅が狭い箇所は、三浦半島の観音埼と房総半島の富津岬の間で約 7 キロメートルである。

一方、東京湾には荒川、多摩川など多数の河川が山間部からの栄養を運び入れているため、昔から魚の種類も多く大変豊かな漁場となっている。湾内全域で年間を通じて、まき網、小型底引き網漁業などの漁業活動が活発に行われ、沿岸域では採貝やノリ養殖も盛んである。漁業に従事している船舶の多くは 1~2 人乗りの小型漁船であり、波の影響を受けやすく、操業中には操船に制限を受け自由に動くことができないため、一般通航船舶との衝突事故も発生している。

東京湾内における航行実態を図表 2-4 に示す。東京湾に出入りする船舶（AIS 搭載船舶）の僅か 5 時間の航跡を見ても分かるように、海上輸送活動を行う貨物船やタンカーなどの大型船舶が東京湾の入口と湾内の港の間を多数通航している。この海域では漁業活動、マリナーレジャー活動なども活発に行われており、AIS 非搭載のさまざまな船舶も行き交っている。このため、一度に複数の見合い関係が生じる状況が発生し、危険な状態となるため、海上交通安全法により「浦賀水道航路」及び「中ノ瀬航路」の 2 つの航路が設定され、長さ 50 m 以上の船舶は航路を航行すること、また航路を航行する際の速力は 12 ノット（時速約 22 キロメートル）以下とすること等の交通方法が定められている。

図表 2-4 東京湾における航行実態



出典：海上保安庁

また航路以外の海域でも、船舶交通が混雑し整理する必要がある 4 海域（(1) 中ノ瀬西方海域（2）東京沖灯浮標付近海域（3）東京湾アクアライン東水路付近海域（4）木更津港沖

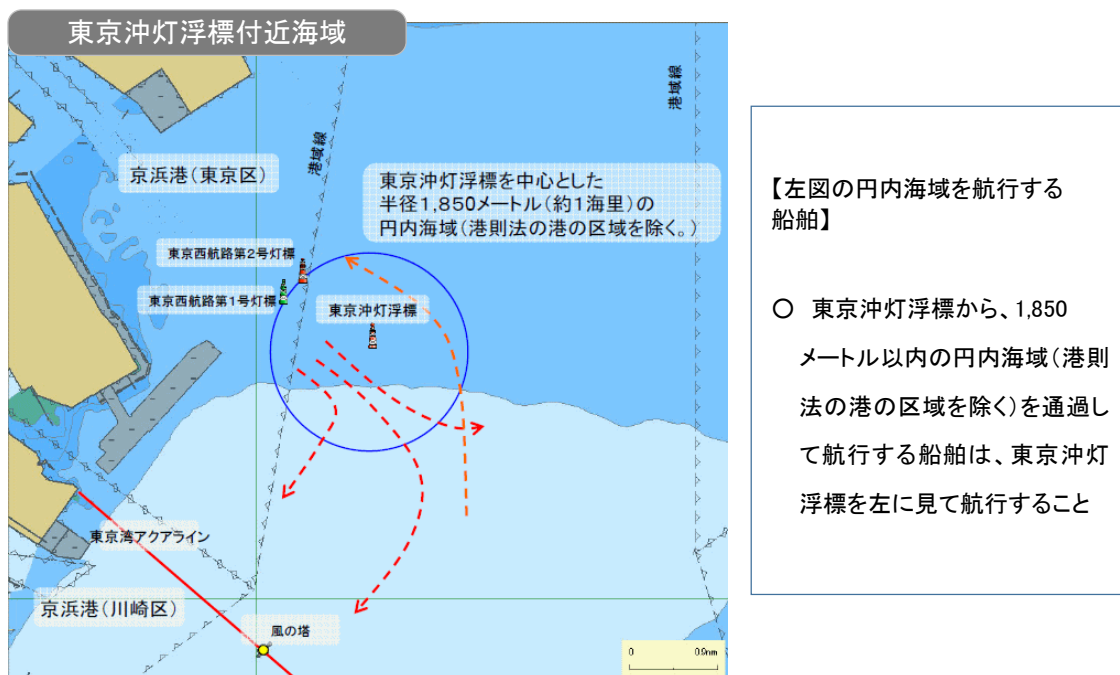
灯浮標付近海域)では、海上交通安全法に基づき、船舶の航行に適した経路が指定され、航行船舶の安全が確保されている(図表2-5~図表2-8)。

図表2-5 中ノ瀬西方海域



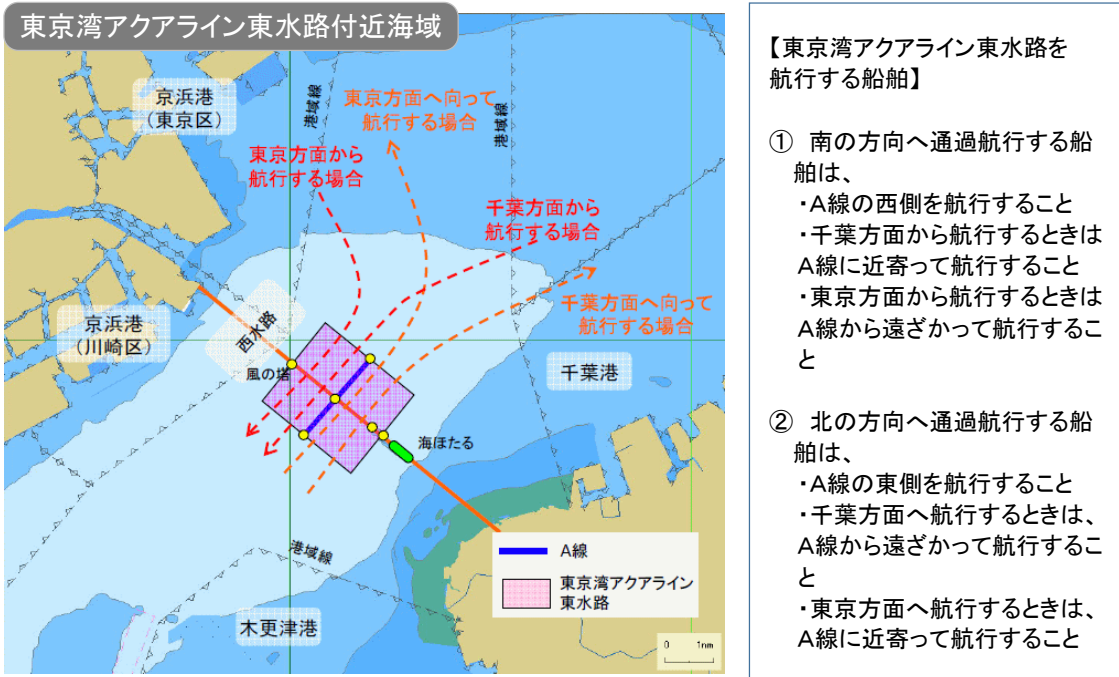
出典：海上保安庁「新たな制度による船舶交通ルール」(平成22年7月)

図表2-6 東京沖灯浮標付近海域



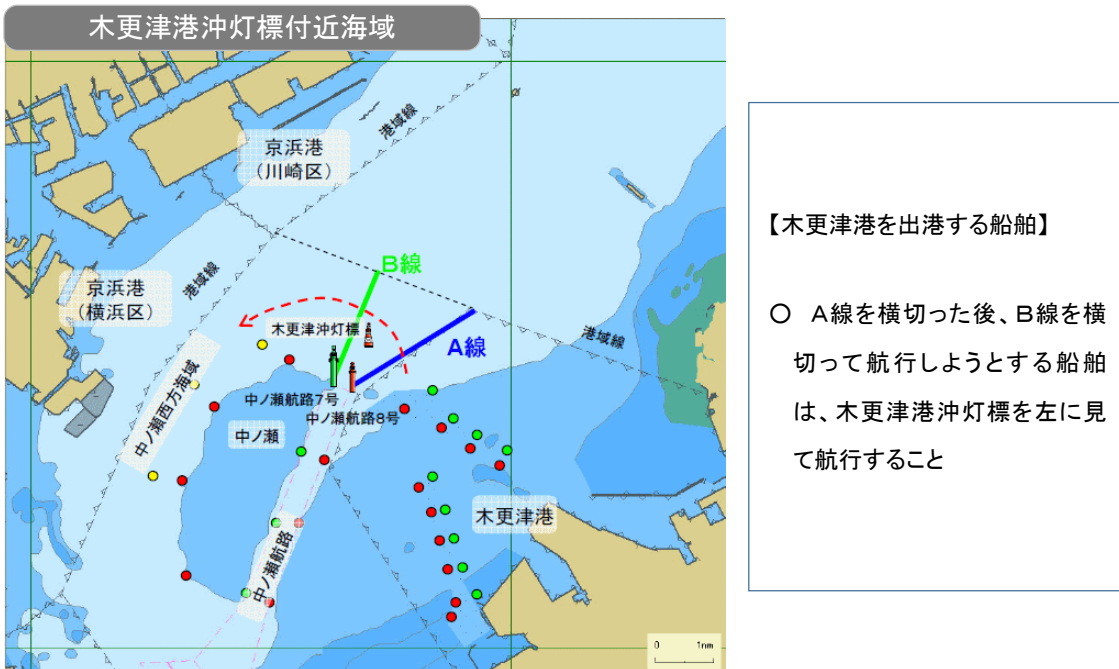
出典：海上保安庁「新たな制度による船舶交通ルール」(平成22年7月)

図表 2-7 東京湾アクアライン東水路付近海域



出典：海上保安庁「新たな制度による船舶交通ルール」（平成 22 年 7 月）

図表 2-8 木更津沖灯浮標付近海域



出典：海上保安庁「新たな制度による船舶交通ルール」（平成 22 年 7 月）

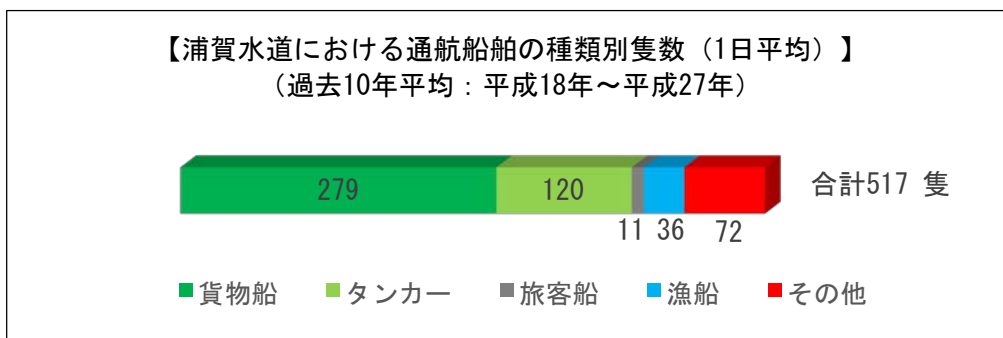
(3) 船舶の通航状況

このような環境にある東京湾では、大型コンテナ船や石油タンカー、LNG 船などの危険

物積載船など 1 日平均 500 隻以上の船舶が航行している。海上保安庁が実施する通航船舶実態調査によると、浦賀水道における通航船舶の種類（1 日平均）は図表 2-9 のとおり、平成 18 年～27 年までの過去 10 年間の平均では、その約 5 割が貨物船、約 2 割がタンカーといった状況であり、大きさに関しては 1 万トン以上の船舶が 2 割近くを占めている。

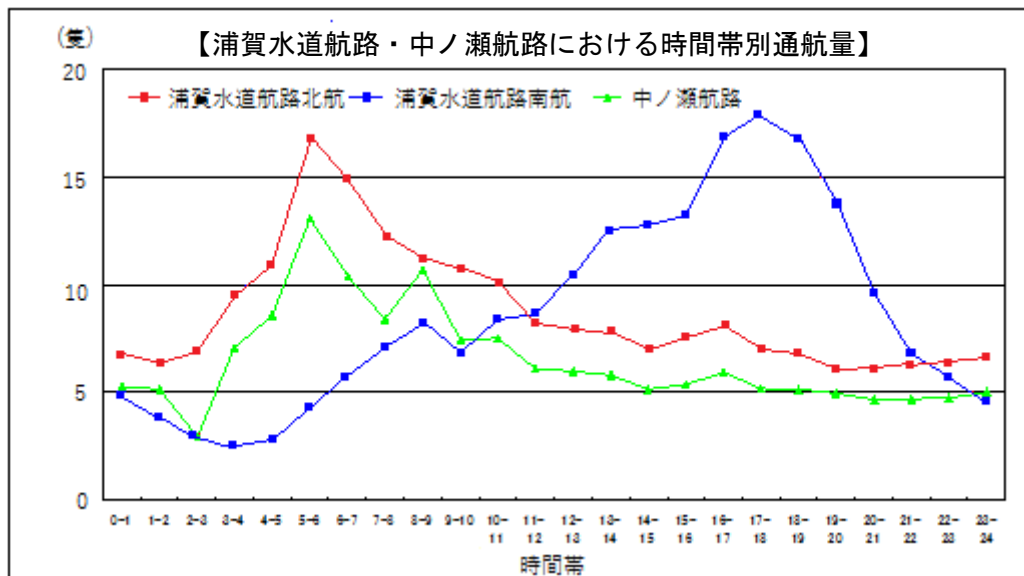
船舶交通流を見ると、午前中は東京湾を北上し東京湾内の各港に入港する船舶が多く、午後は東京湾を南下し東京湾を出湾する船舶が多いという特徴がある（図表 2-10）。

図表 2-9 浦賀水道における通航船舶の種類別隻数（1 日平均）



出典：海上保安庁提供資料を基に作成

図表 2-10 浦賀水道航路・中ノ瀬航路における時間帯別通航量



出典：海上保安庁

2.1.2 東京湾における安全対策

海上の交通ルールには、基本的なルールを定めた「海上衝突予防法」（昭和 52 年法律第 62 号）、海上衝突予防法の特別法で、船舶交通が特に多い海域の特別なルールを定めた「海上交通安全法」、法令で定められる港に適用される「港則法」（昭和 23 年法律第 174 号）が

あり、これらの法令が適切に運用されることで海上交通の安全確保が図られている。

特に、海上交通の要所であり、大きさ、速力、航行目的が異なる多種多様な船舶が混在し、船舶事故が発生する危険性が極めて高い東京湾には、海上保安庁が海上交通センターを設置し、高性能レーダー、テレビカメラ、AIS からのデータ及び船舶との VHF 無線電話による通信により航行船舶の動静を把握して、通航船舶に対して安全な航行に必要な情報の提供を行っている。

平成 22 年 7 月からは「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」の施行に伴い、危険防止のための情報提供や航法の遵守と危険防止の勧告等も実施している。

また、大型船舶の航路入航間隔の調整など航行管制等を実施するとともに、航路及びその周辺海域に常時配備されている巡視船艇と連携して、不適切な航行をする船舶や航路を塞いでしまう船舶に対する指導等を行い、船舶の安全運航及び運航効率の向上を図っている（図表 2-11）。

図表 2-11 東京湾海上交通センターの概要



出典：海上保安庁

さらに、津波等の非常災害発生時における海上交通の機能の維持と、船舶交通の混雑緩和による安全かつ効率的な船舶の運航を実現するため、平成 28 年 5 月には「海上交通安全法

等の一部を改正する法律」が公布され、東京湾における海上交通センターと東京港、川崎港、横浜港、千葉港の4つの港内交通管制室を統合し、管制を一元的に実施する体制の構築が進められている。新たな東京湾海上交通センターは平成29年度中に運用を開始する予定であり、東京湾における船舶交通の安全対策の更なる強化が図られることになる。

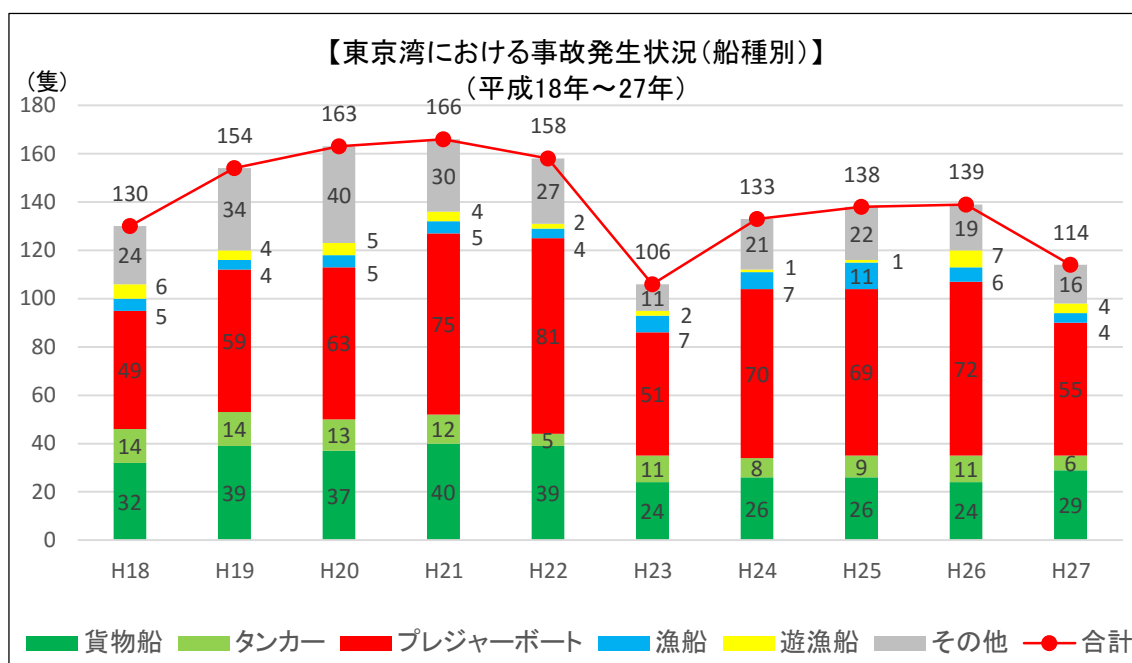
2.2 東京湾における船舶事故の状況

2.2.1 東京湾内における船舶事故

図表2-11に示すとおり、東京湾における平成18年から平成27年までの10年間の事故発生状況を見ると、平成22年7月に施行された「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」に基づく、ふくそう海域における情報の聴取義務化の施策等により、平成23年以降の事故は減少しており、船舶交通を阻害しわが国の経済が麻痺するような社会的影響が著しい大規模な船舶事故は発生していない。

しかしながら、依然として毎年100隻を超える船舶事故が発生していることも事実である。その多くは航海計器、通信機器の装備等が十分でないプレジャーボート等の小型船舶による事故であるが、貨物船、タンカーの事故も毎年3割近くあり、過去には多くの人命が失われ、大量の油が流出し海洋環境を汚染した大規模な船舶事故も発生している。

図表2-11 東京湾における事故発生状況（船舶種類別）（平成18年～27年）



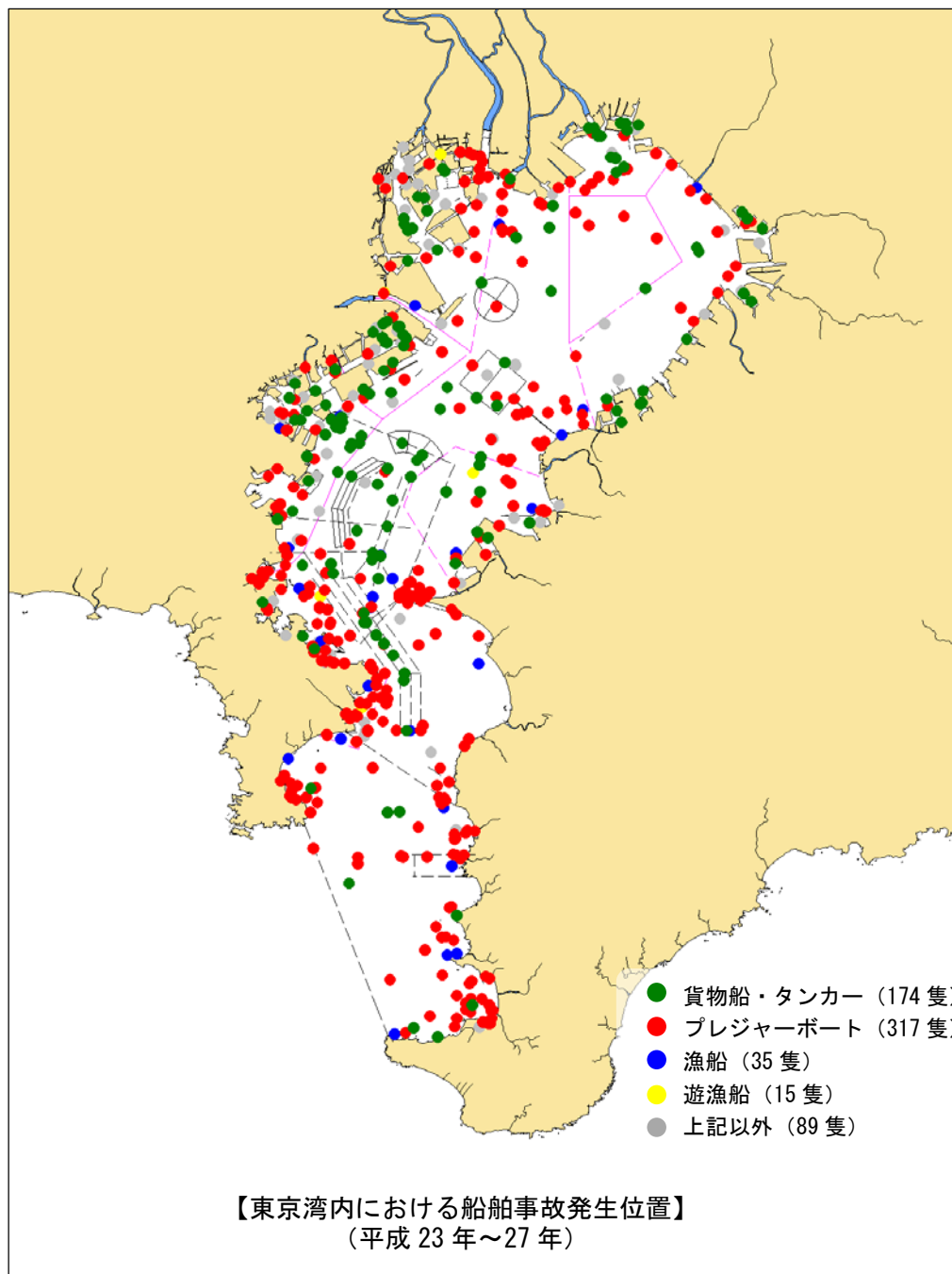
出典：海上保安庁「海難の現況と対策について」（平成18年～27年）を基に作成

東京湾内での船舶事故の発生位置について把握するために、図表2-12に平成23年から

平成 27 年までの 5 年間の事故隻数 630 隻の発生位置を船舶の種類別に示す。

プレジャーボートなどの小型船舶は沿岸域での事故が多いが、貨物船、タンカーによる衝突事故（船舶同士）では大半が港内及びその周辺で発生している。また、貨物船、タンカーの衝突事故では、500 トン以上の船舶によるものが 7 割を超えており、そのうち 3 割近くが中ノ瀬の北方や西方海域で発生している。

図表 2-12 東京湾における船舶事故発生位置（平成 23 年～27 年）



出典：海上保安庁

2.2.2 過去に発生した大規模事故

東京湾ではこれまでに、図表 2-13 に示すとおり、多くの人命や財産が失われ、わが国の経済・社会活動に甚大な被害を与えるような大規模な船舶事故が発生している。

図表 2-13 東京湾において過去に発生した大規模事故

●昭和 37 年 11 月 (1962 年) 京浜運河でガソリンタンカー「第一宗像丸 (1,972 トン)」とノルウエー船籍タンカー「ブロビーグ号 (21,634 トン)」が衝突炎上。付近航行の船舶 2 隻に引火した。死者 41 人。

●昭和 49 年 11 月 (1974 年) 中ノ瀬航路で LPG タンカー「第拾雄洋丸 (43,723 トン)」とリベリア船籍貨物船「パシフィック・アレス号 (10,874 トン)」が衝突炎上。死者 33 人、重傷者 7 人。

爆発炎上が続き、事故発生 19 日後に自衛艦により撃沈処分された。



出典：海上保安庁

●昭和 63 年 7 月 (1988 年) 横須賀沖で遊漁船「第一富士丸 (154 トン)」と潜水艦「なだしお (2,250 トン)」が衝突。死者 30 人。

●平成 9 年 7 月 (1997 年) 中ノ瀬付近でパナマ船籍巨大タンカー「ダイヤモンド・グレース号 (147,012 トン、全長 321.95 メートル)」が底触。

原油 1,500 キロリットルが流出し、最大で南北約 15 キロメートル、東西約 18 キロメートルまで拡散。一部は横浜市本牧ふ頭、川崎市浮島及び東扇島に漂着。



出典：海上保安庁

- 平成 18 年 4 月
(2006 年) 三浦半島劔埼南東方沖の東京湾口において、貨物船「津軽丸 (498 トン)」とフィリピン船籍貨物船「イースタン・チャレンジャー (6,182 トン)」が衝突し、「イースタン・チャレンジャー」が沈没。

- 平成 26 年 3 月
(2014 年) 三浦半島劔埼南東方沖の東京湾口において、パナマ船籍貨物船「BEAGLE III (12,630 トン)」と韓国船籍コンテナ船「PEGASUS PRIME (7,406 トン)」が衝突し、「BEAGLE III」が沈没。死者 7 人、行方不明 2 人。

3. 東京湾における危険水域

過去の事故を教訓として、昭和 38 年には港内における衝突炎上海難を受けて信号による管制の強化、近年では平成 9 年の大型タンカーの乗揚げ・油流出事故を踏まえた航路以外の海域における経路の設定など、安全な航行環境に向けた安全対策が講じられている。また、湾口部における衝突事故を踏まえ、航行船舶への情報提供の充実等についても検討が進められている。

他方、東京湾は海域利用者が多く、大型船舶の通航に加えて漁業活動、プレジャーボートなどの活動も非常に活発で、世界的に見ても混雑度は顕著であり、船舶運航者にとっては、特に安全上の注意を要する海域である。さらに、船舶の大型化や危険物取扱量の増加、自律運航船の運用を念頭においた運航の自動化など、今後も海域環境の変化が大いに見込まれていることから、東京湾内の海域ごとに、現在の航行環境において発生している船舶同士の複雑な見合い関係など潜在的な危険性を明確化させ、さらに海上交通の安全性の向上を図る必要があると考えられる。

そこで、船舶の動静に関する位置情報、速度、船首方位など、航行船舶のさまざまな情報を発信する AIS データの蓄積情報を解析し、潜在的な危険性の顕在化を図るため、OZT (Obstacle Zone by Target : 航行妨害ゾーン) 手法を用いて、東京湾における海難発生の蓋然性が高い海域 (危険海域分布) の分析を試みた。

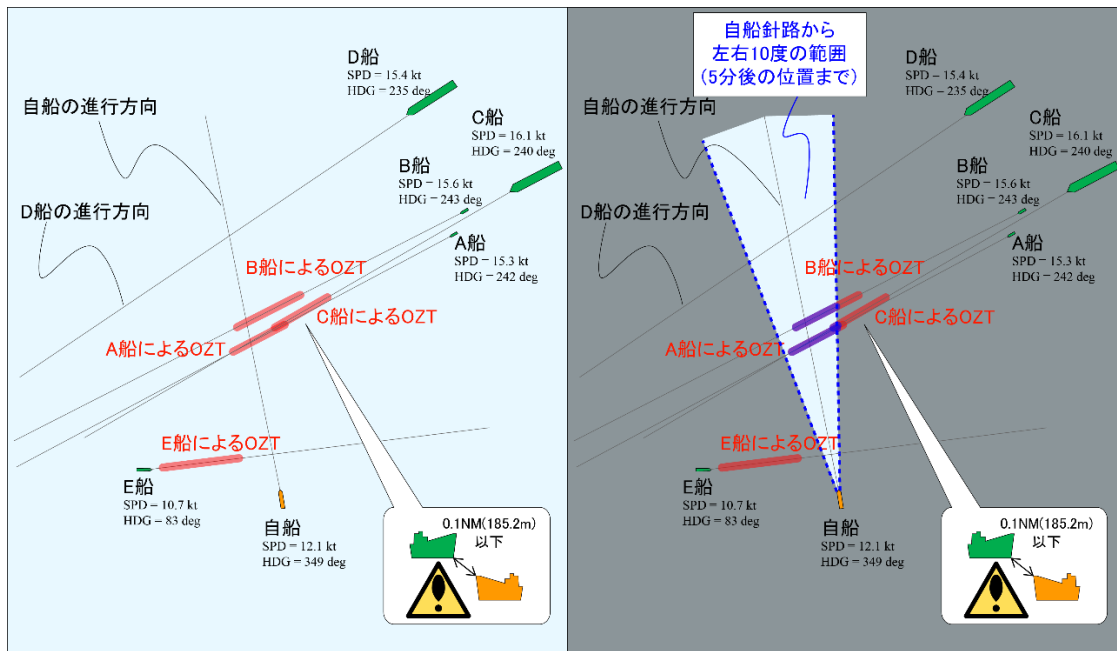
OZT 手法を用いた東京湾の海域特性の分析は、国立研究開発法人海上・港湾・空港技術研究所 海上技術安全研究所及び海上保安庁の協力を得て実施した。

3.1 OZT とは

OZT とは、自船の進行方向において、他船 (ターゲット) によって近い将来妨害される領域 (衝突する可能性のある場所=航行妨害ゾーン) を示すものである。図表 3-1 に示すとおり、この領域が自船から見て前方に存在する場合には、自船の操船行動に圧力をかける (衝突の可能性が生じる) 要素となり、さらに、この領域が自船から見て正面に発生すれば、操船に困難を生じているとみなすことができ、何らかの行動によりこの領域を避ける必要がある (衝突を回避するための避航操船が必要になる)。

船舶運航においては、今でも相手船との相対運動をベースとした衝突危険評価法が使われているが、OZT は真運動をベースとして、衝突する可能性のある場所を相手船の針路上に表示する評価法として、東京海洋大学をはじめとして数々の研究が進められているところである。

図表 3-1 OZT 概念図（自船から見た OZT 発生位置）



3.2 OZT 手法を用いた東京湾の海域特性の分析

3.2.1 調査項目

東京湾における海難発生の蓋然性が高い海域（危険海域分布）を分析するため、以下の項目について調査することとした。

(1) OZT 遭遇頻度の分布（発生しやすい場所）

OZT が発生しやすい場所を把握するため、1 日当たりの OZT 遭遇頻度の分布を解析した。

(2) OZT 遭遇したときの自船位置の分布（発生しやすい場所別の特徴）

OZT が発生しやすい場所別の特徴を把握するため、一度に OZT 遭遇した隻数別での自船位置を解析した。

(3) 時間推移別の OZT 発生数（発生しやすい時間帯）

OZT が発生しやすい時間帯を把握するため、1 時間ごとの OZT の遭遇回数を解析した。

(4) 一航海当たりの OZT 遭遇状況（航行中に遭遇しやすい場所）

航行中に OZT に遭遇しやすい場所を把握するため、任意の船舶が入出港するときの一

航海当たりに遭遇する OZT を解析した。

3.2.2 評価方法

OZT の考え方にに基づき、一定以上の操船困難になったとみなす OZT 評価の条件と、調査目的に合わせた評価対象の船舶を決定し、上記調査項目について評価、分析を行った。

(1) 分析対象

① AIS データの期間

平成 28 年 3 月 1 日から 3 月 31 日までの 31 日間の AIS データ

② 対象海域

図表 3-2 に示す、赤枠内の範囲

(2) 対象船舶

東京湾外の港と東京湾内の港を移動する船舶及び東京湾内の港間を移動する船舶が遭遇する OZT を解析するため、図表 4-2 に示す対象海域（赤枠範囲内）にゲートライン（青線）を設定し、そのうちの 2 本を通過した船舶のべ 15,401 隻を対象に解析を実施した。

(3) 評価の対象

① OZT 発生とみなす最小安全航過距離は 0.1 海里（約 185 メートル）以下とする。

② OZT 地点に至るまでの時間が 5 分以内を対象とする。

③ OZT が自船の針路から左右 10 度以内（評価エリア）を対象とする。

④ 距離が 3 海里（約 5.6 キロメートル）以内に接近した二船を対象とする。

(4) 条件設定の考え方

OZT の評価条件について、現時点では論文等で明文化された一般的な基準がないため、本調査では以下の考え方のもと各条件を設定した。

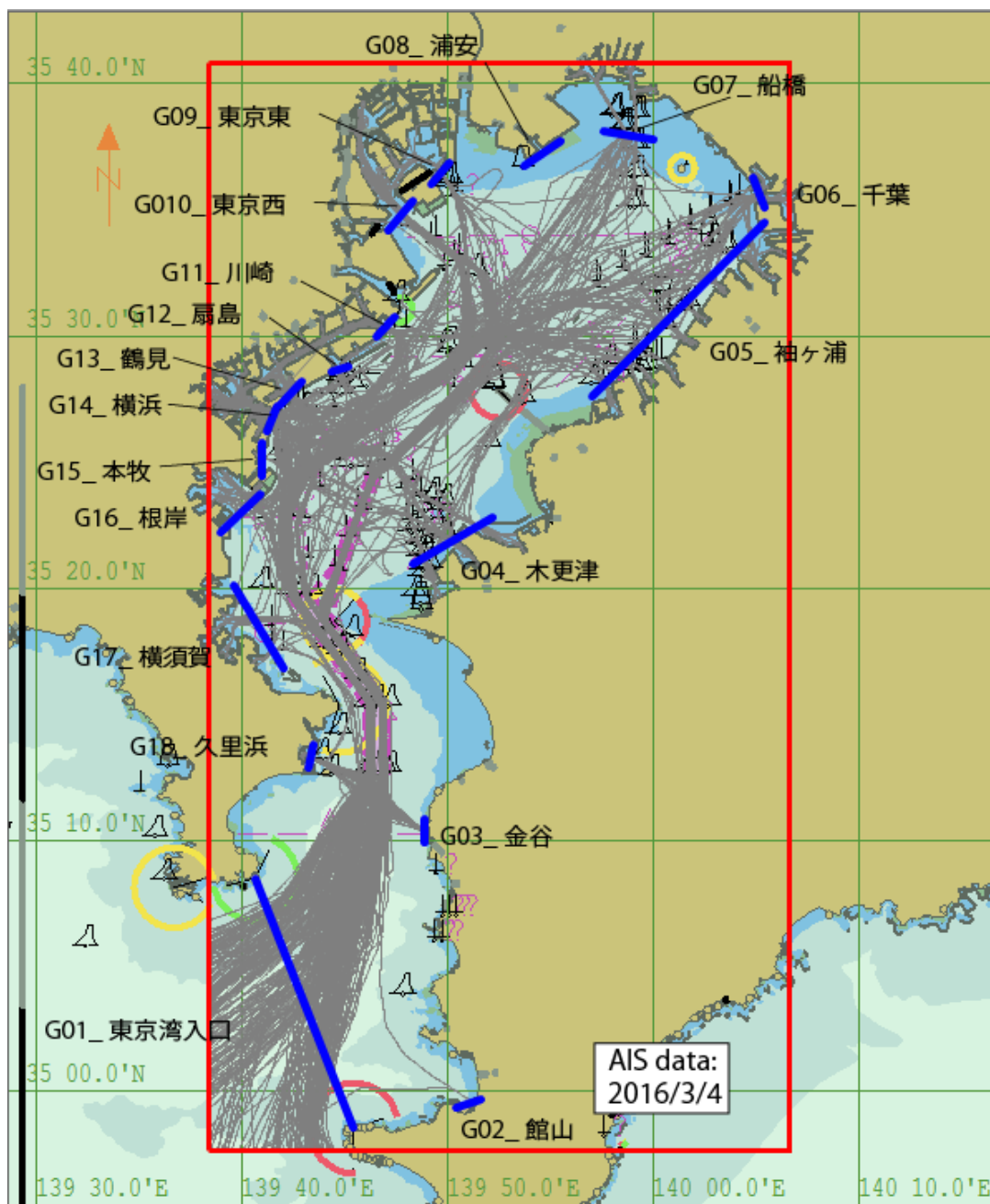
① 二船間が近くに接近する状況が危険であろうとして設定。

② 5 分前であれば何らかの操船によって衝突を回避できるであろうとの一般的な考え、すなわち、避航を回避するもっとも遅い限界の時点として設定。

③ 自船のほぼ正面の針路が妨害されるため、何らかの避航が必ず必要な状況であるとして設定。

④ 3 海里（約 5.6 キロメートル）を 5 分間（②の条件）で航行する場合、同速の反航船を考えるとそれぞれ 18 ノット（時速約 33 キロメートル）の速力が必要であり、対象海域を航行する船舶の多くがこの速力以下であるとして設定。

図表 3-2 分析対象海域（赤枠範囲内）と東京湾内の航行船舶を検出するためのゲートライン（青線）（灰色は航行船舶の航跡）



3.2.3 評価対象船舶の交通状況

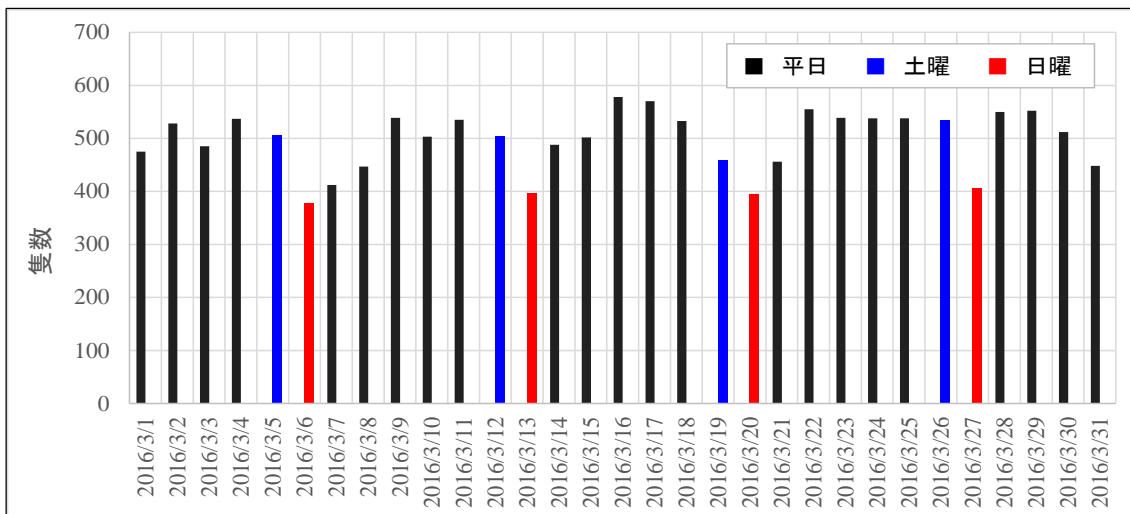
OZT 評価の対象船舶 15,401 隻の交通状況は、図表 3-3 に示すとおりである。対象海域を通航する船舶は平日に多く、日曜日には少ない傾向が確認できる。

また、ゲートライン「01_東京湾入口」を通過して東京湾に入る船舶の目的地の内訳を図表 3-4 に示す。東京港に入港する船舶（G09～G10）約 21%、川崎港及び横浜港に入港する船舶（G11～G15）約 28%、千葉港に入港する船舶（G05～G08）約 35%で、全体の

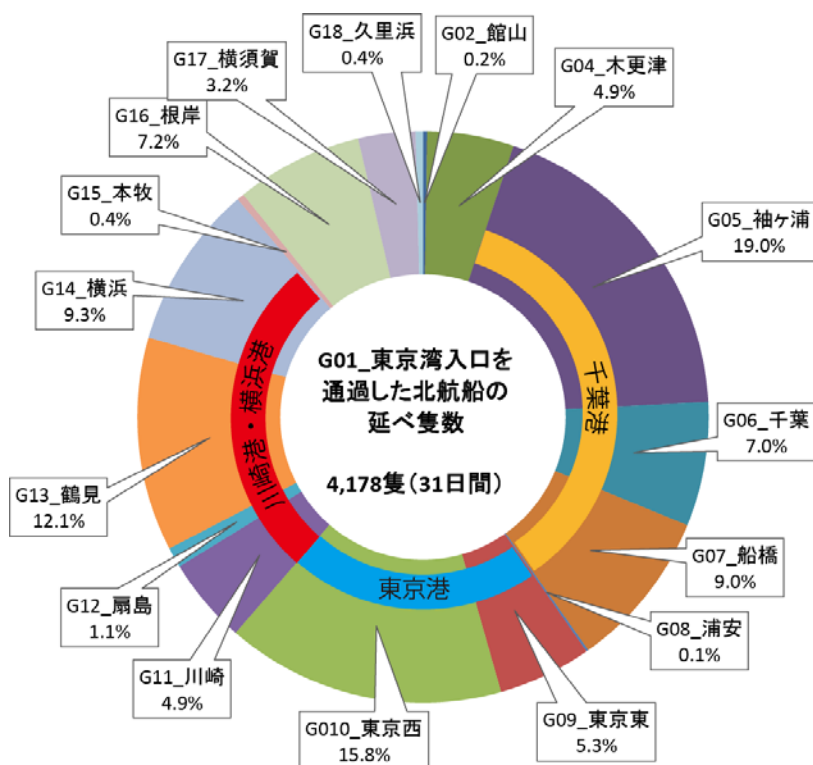
約 85%がこれら 3 地区に入港している。

湾内を移動する船舶については、旅客船航路が設定されている久里浜～金谷、及び各港を移動する船舶（例えば「G05_袖ヶ浦」と「G06_千葉」の移動）が多かった。

図表 3-3 東京湾内を航行する船舶の日別隻数
(2本のゲートライン間を通過した船舶に限る)



図表 3-4 東京湾に入る船舶の目的地



3.2.4 東京湾の海域特性

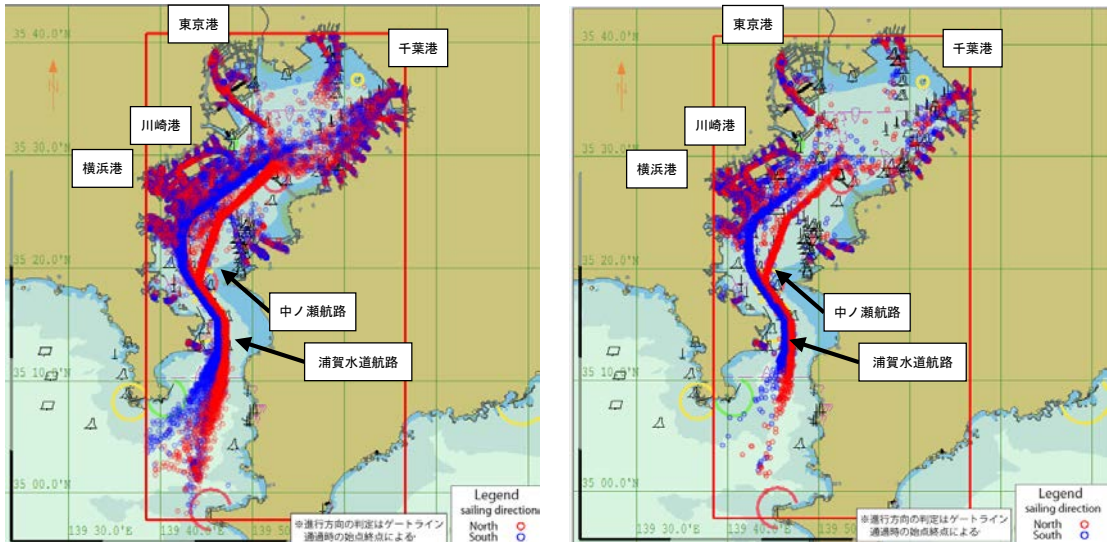
OZT 手法を用いた分析の結果、東京湾の海域特性として次の傾向にあることが分かった。また、分析により、海域ごとにどのような目的地に向けてどのような針路で航行している船舶に対して、航行上の注意を要するのかなどの危険要因を抽出することができた。

しかしながら、今後、東京湾における海上交通の安全政策を検討するためには、今回の分析対象である搭載義務船舶の AIS 情報だけでなく、搭載義務のない小型船舶の動静情報もデータとして取り込み、さらに分析を重ねる必要がある。

(1) 東京湾における全体的な傾向

- ① 図表 3-5 から図表 3-7 に示すように、基本的に船舶交通量に比例して OZT 遭遇頻度が高く、船舶交通が集中し過密な状況にある各港内、浦賀水道航路及び中ノ瀬航路、中ノ瀬西方海域で衝突の蓋然性は高い。
- ② 交通流の交差が生じる地点で多重の OZT が発生しやすく、その状況も同航船同士、反航船同士、同航船と反航船の交差などさまざまである。
- ③ 湾央の航路と各港を結ぶ中間の海域では、船舶の通航は航路ほど集中していないが、目的地に向けて最短距離となる進路を選択して航行するため、必然的に類似する場所を航行することが多く、結果として OZT はある程度まとまった範囲に発生している。

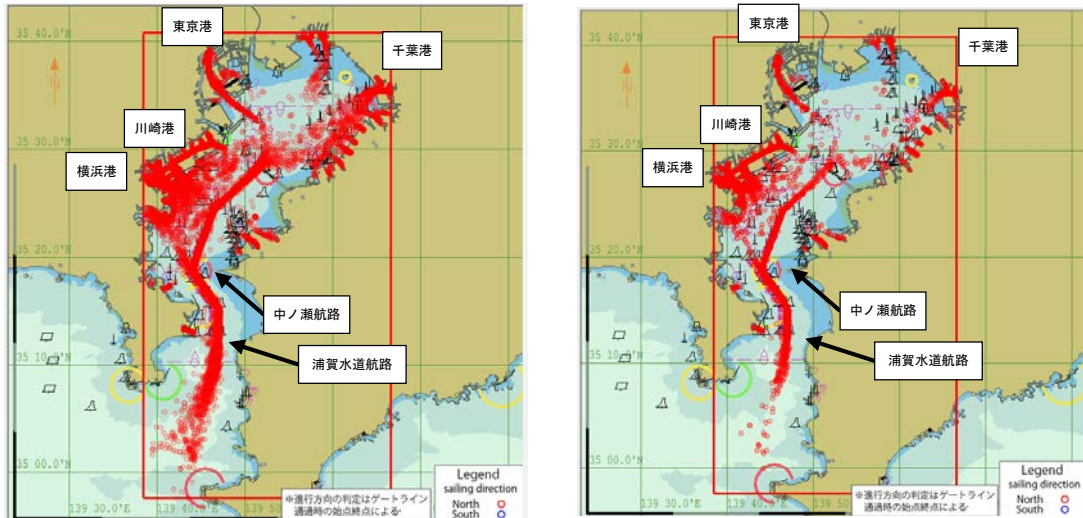
図表 3-5 東京湾全体における衝突の蓋然性が高い水域（北航船と南航船）



(a) 2 隻の他船との OZT 発生
(○北航船 ○南航船)

(b) 3 隻以上の他船との OZT 発生
(○北航船 ○南航船)

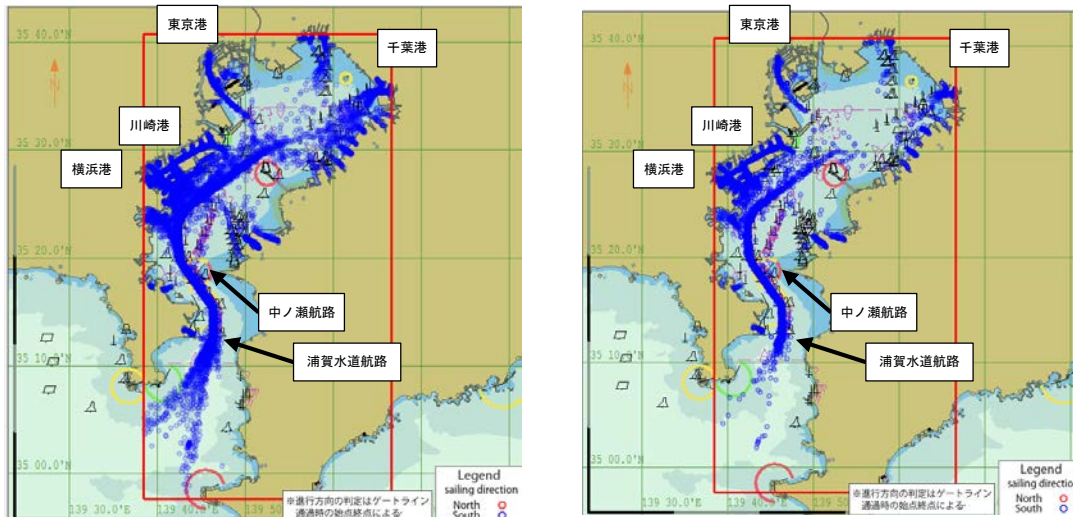
図表 3-6 東京湾全体における衝突の蓋然性が高い水域（北航船）



(a) 2 隻の他船との OZT 発生

(b) 3 隻以上の他船との OZT 発生

図表 3-7 東京湾全体における衝突の蓋然性が高い水域（南航船）



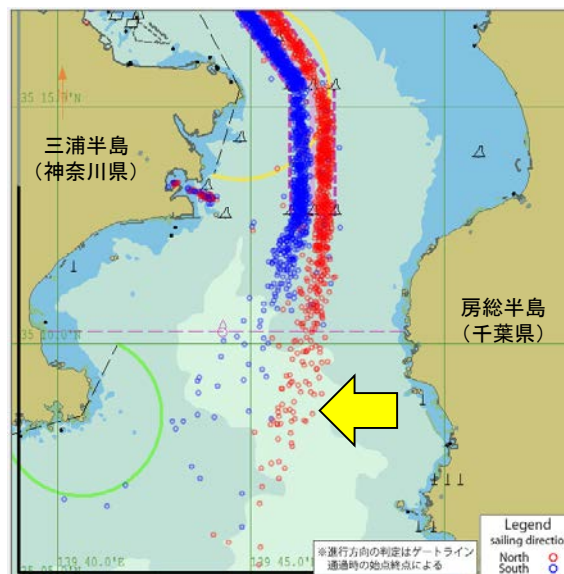
(a) 2 隻の他船との OZT 発生

(b) 3 隻以上の他船との OZT 発生

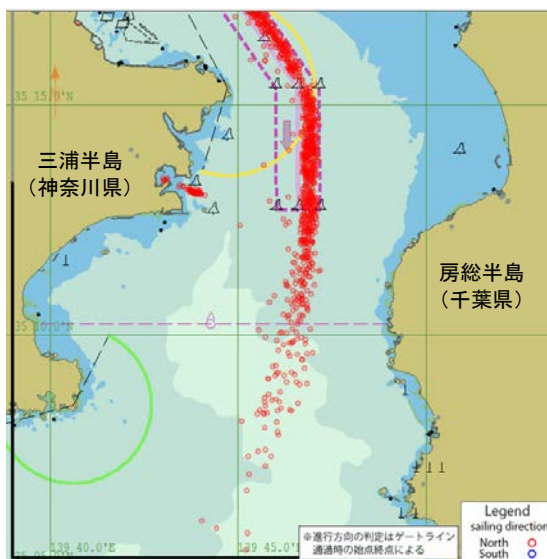
(2) 東京湾入口周辺の海域

- ① 浦賀水道の南端周辺に、北航南航ともに OZT 遭遇頻度が極めて高い場所がある。
- ② 房総半島に近い東側の海域（図表 3-9 (a) で矢印が指す周辺）では、外房に向かう南航船が浦賀水道航路を出てそのまま南航することになるため、北航船が南航船と反航する状況となり、北航船は同航と反航の両方による OZT に遭遇する状況がある。
- ③ 三浦半島に近い西側の海域を通過する北航船は、浦賀水道航路を出て南航する船舶との交差に加え、浦賀水道航路に入る北航船との同航による OZT に遭遇する状況がある。

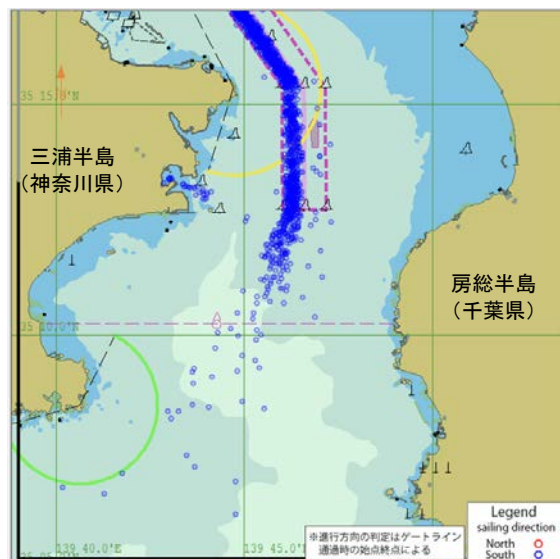
図表 3-8 東京湾入口周辺における衝突の蓋然性が高い水域



(a) 南北両方向
(○北航船 ○南航船)



(b) 北航船

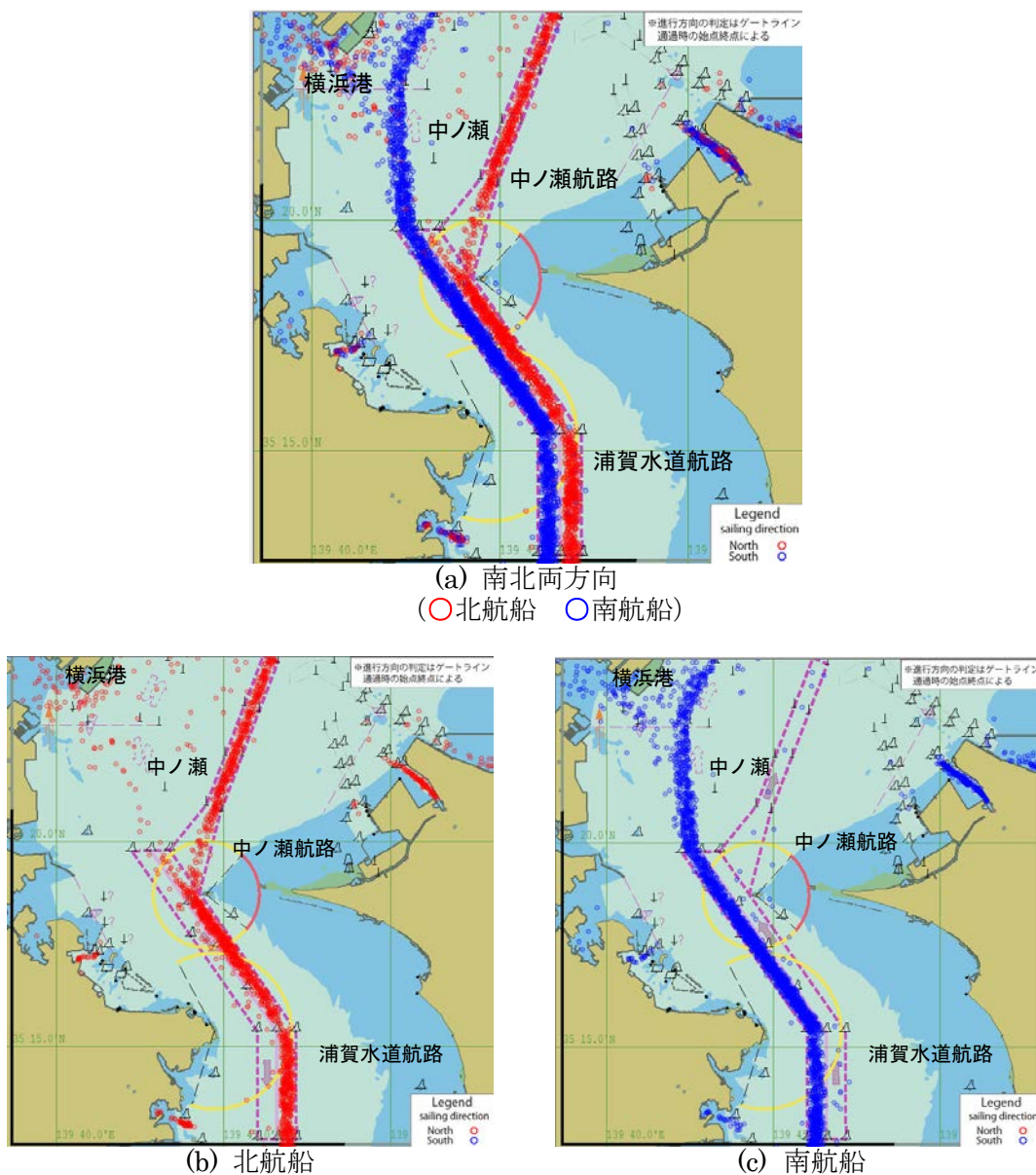


(c) 南航船

(3) 浦賀水道航路、中ノ瀬航路及び中ノ瀬西方海域

- ① 船舶の進行方向別に整流化されているが、追いつきの見合い関係により OZT が発生している。特に船舶の通航量が多い時間帯には多重の OZT に遭遇することがある。
- ② 浦賀水道航路を通過した北航船は、中ノ瀬航路と横浜港に進路が別れるため、浦賀水道航路の北端周辺および中ノ瀬航路南端周辺では OZT が抑えられる傾向にある。
- ③ 南航船は、ほとんどの船舶が中ノ瀬西方海域を経由して浦賀水道航路に入るため、各港から出て航路に入るまでの針路上に南航船同士の交差による OZT が発生しやすい。

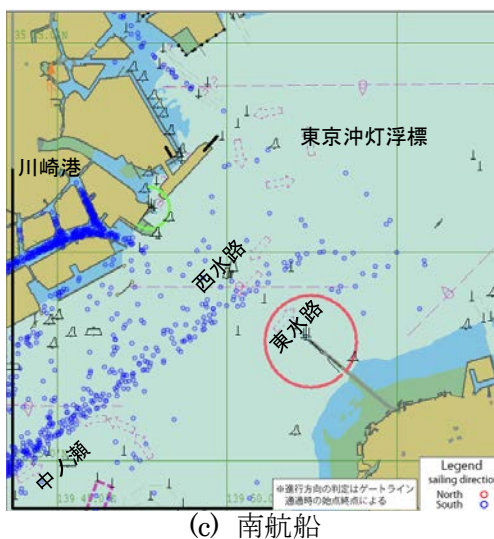
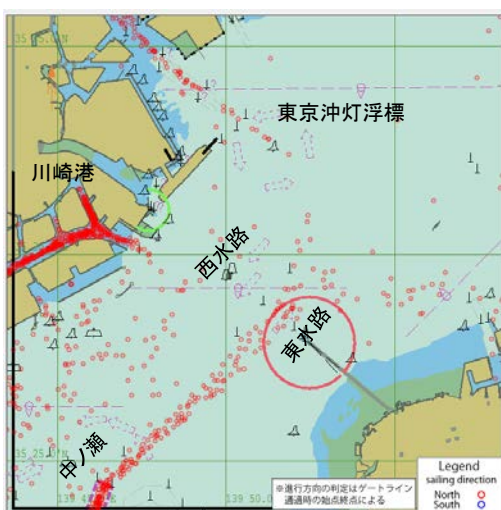
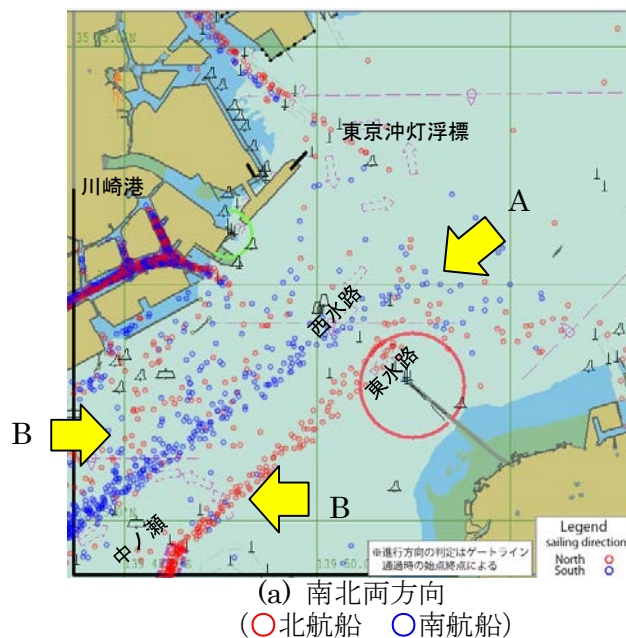
図表 3-9 浦賀水道航路周辺における衝突の蓋然性が高い水域
(3 隻以上の他船との OZT 発生)



(4) 中ノ瀬北方周辺の海域

- ① 東水路及び西水路の北側で、北航船と南航船の交差が生じるため OZT が発生しやすく、北航船と南航船の交差及び同航船同士による OZT と遭遇している。東水路北端（図表 3-10 (a) で矢印 A が指す周辺）で東西方向に分布し、北航船と南航船の OZT が混在する場所があり、ほぼ全方位に注意が必要な状況である。
- ② 中ノ瀬航路の北端周辺（図表 3-10 (a) で矢印 B が指す周辺）では、木更津港、川崎港及び横浜港の入出港船との交差が生じ、北航船と南航船の OZT が混在する場所があり、ほぼ全方位に注意が必要な状況である。

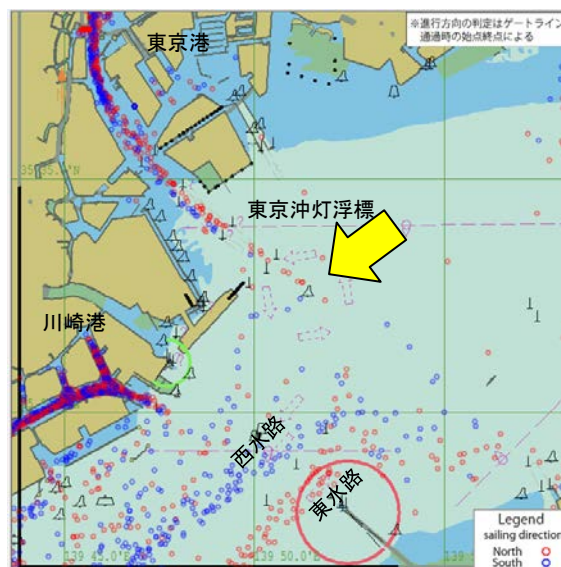
図表 3-10 中ノ瀬北方周辺における衝突の蓋然性の高い水域
(3 隻以上の他船との OZT 発生)



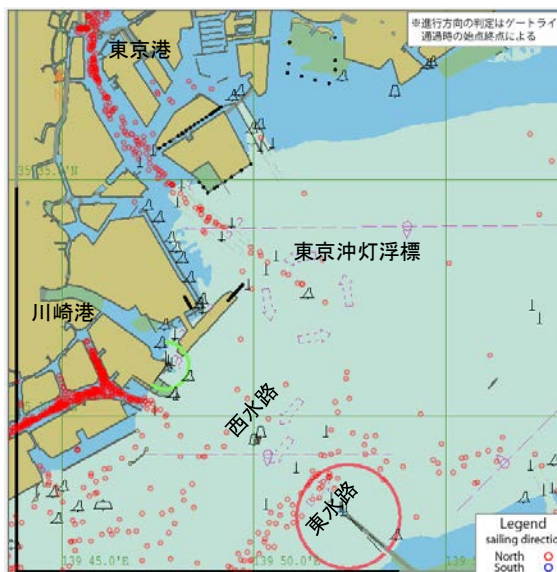
(5) 東京港周辺の海域

- ① 東京沖灯浮標周辺（図表 3-10 (a) で矢印が指す周辺）では、北航船は千葉港と東京港からの南航船と交差することにより、北航船同士と南航船との交差による OZT に遭遇する状況がある。
- ② 南航船は、東京沖灯浮標の整流効果により北航船との交差はなく、千葉港からの南航船との合流による OZT に遭遇していると考えられる。北航船と比較して OZT 遭遇は少なく、比較的注意が必要な方向は限定されている。

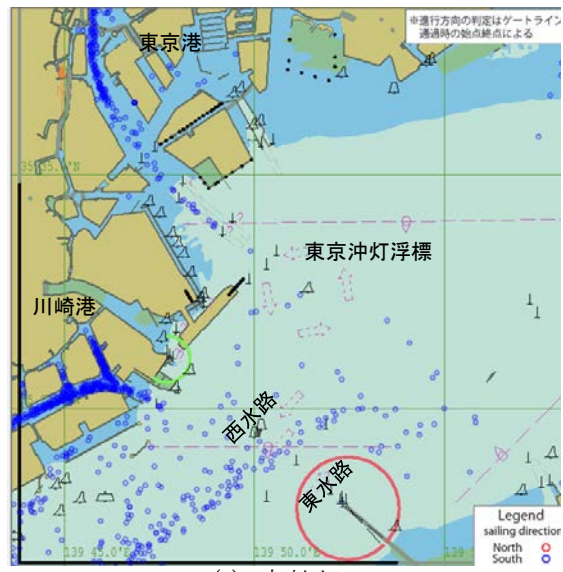
図表 3-11 東京港周辺における衝突の蓋然性の高い水域
(3 隻以上の他船との OZT 発生)



(a) 南北両方向
(○北航船 ○南航船)



(b) 北航船

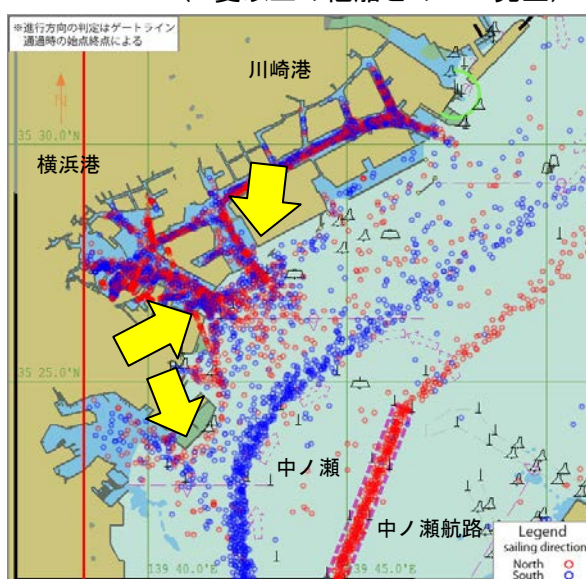


(c) 南航船

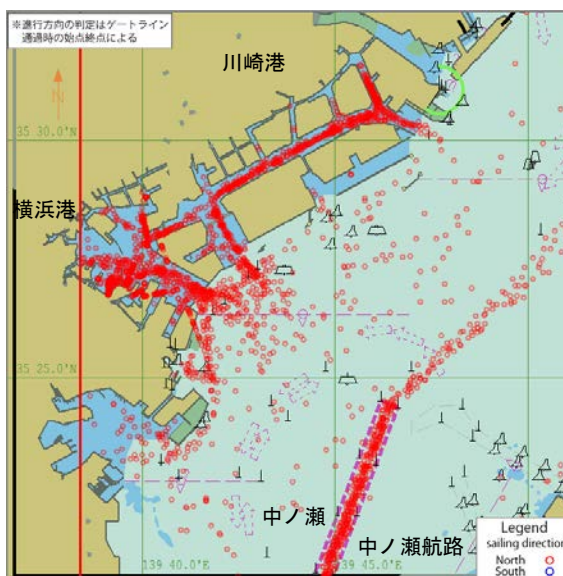
(6) 川崎港及び横浜港周辺の海域

- ① 北航船及び南航船ともに各港の出入口を起点とする針路をとって航行する船舶が多く、入港する北航船は中ノ瀬西方海域を南航する船舶を横切り、出港する南航船は中ノ瀬西方海域を南航する船舶と合流して航行する。それぞれの針路での交差が生じるため OZT が発生しやすく同航同士及び北航船と南航船の交差による OZT と遭遇している。
- ② さまざまな方向の針路で航行する船舶が各港の出入口（図表 3-12 (a) で各矢印が指す場所）に集中しており、ほぼ全方位に注意が必要な状況である。

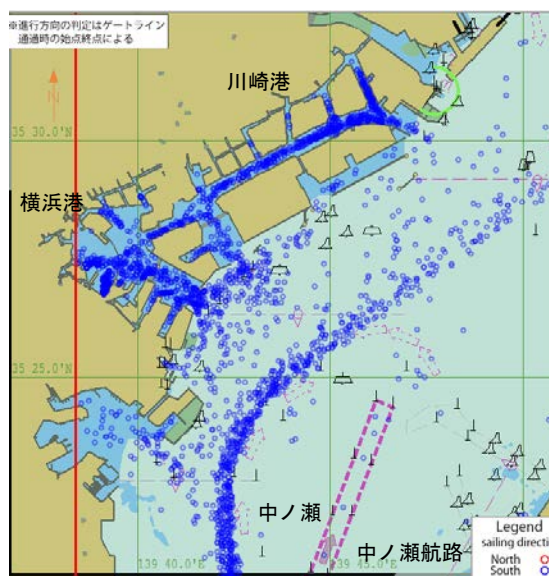
図表 3-12 川崎港及び横浜港周辺における衝突の蓋然性の高い水域
(3 隻以上の他船との OZT 発生)



(a) 南北両方向
(○北航船 ○南航船)



(b) 北航船

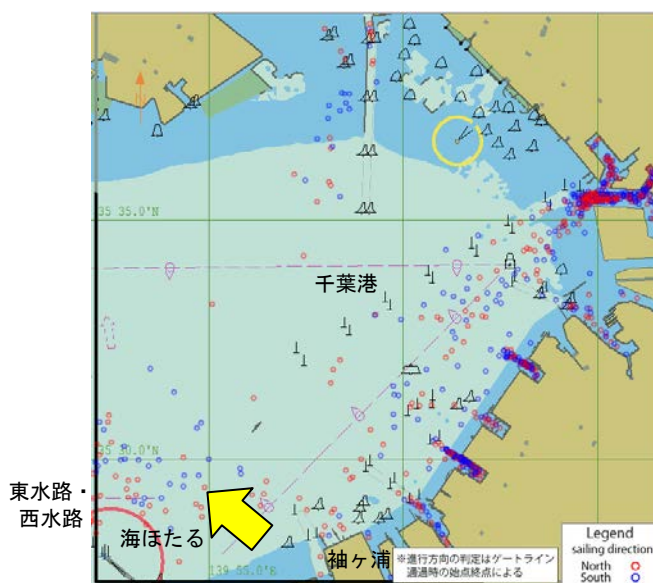


(c) 南航船

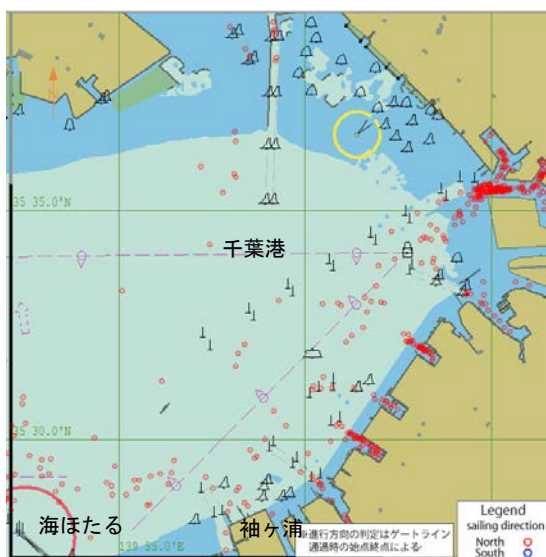
(7) 千葉港沖の海域

- ① 入港するバースが分散しているため、東水路及び西水路と各バースを結ぶ線上に、北航船と南航船の交差により OZT が発生しやすい場所が広範にわたっているが、その範囲はあまり高くない。
- ② 東京湾アクアライン海ほたるの北東部周辺（図表 3-13 (a) で矢印が指す周辺）では、東水路を出た直後に袖ヶ浦へ向けて変針する北航船と、袖ヶ浦を出て西水路に向かう南航船による交差が生じるため、北航船と南航船の OZT が混在する場所がある。

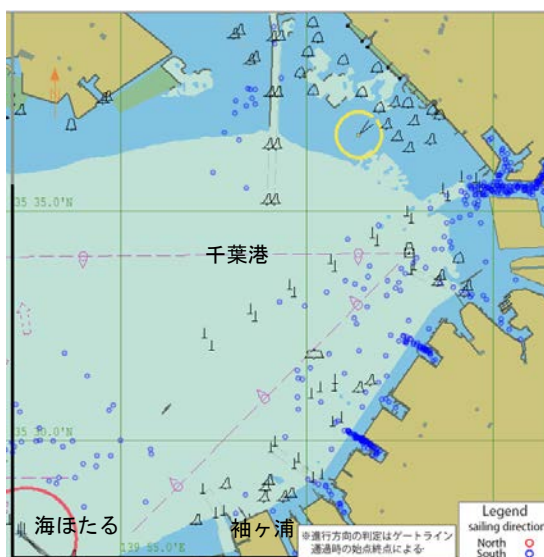
図表 3-13 千葉港沖における衝突の蓋然性の高い水域
(3 隻以上の他船との OZT 発生)



(a) 南北両方向
(○北航船 ○南航船)



(b) 北航船

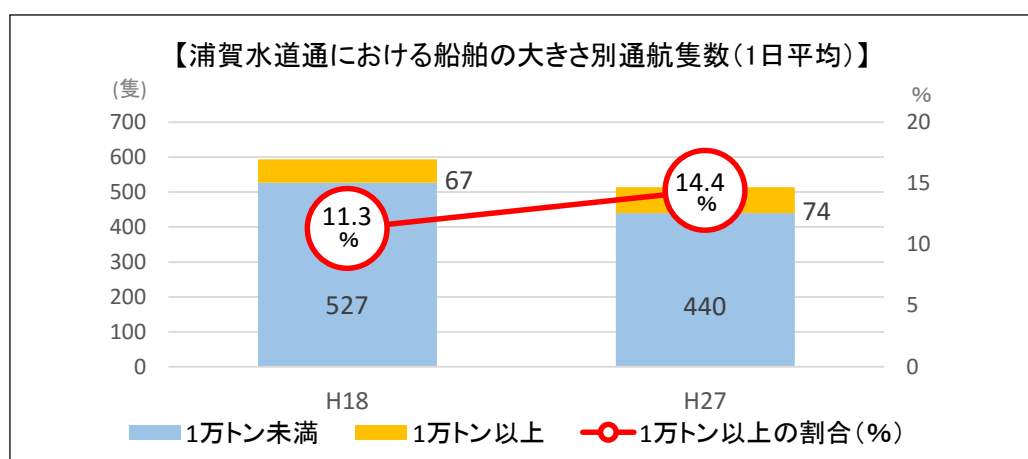


(c) 南航船

4. 東京湾のふくそうによる船舶交通の渋滞の影響

近年の海上交通の動向をみると、輸送効率の向上や輸送コスト削減から、船舶の大型化が進んでいる。東京湾を通航する船舶隻数（1日平均）は、図表 4-1 のとおり、平成 18 年に比べ減少しているものの、1 万トン以上の船舶の割合は増加している。

図表 4-1 浦賀水道航路における通航船舶の大きさ別隻数（1日平均）



出典：海上保安庁提供資料を基に作成

大型化した船舶により航路内の混雑度が高くなり、航行船舶の安全を確保するため、航路への入航間隔の調整等の安全対策が実施されているが、管制信号待ちなどから航路の出入口付近海域では船舶が混雑し、渋滞が発生する状況になっている。また船舶の大型化は、搭載する燃料油なども増えることから、仮に船舶事故が発生した場合には被害が拡大する可能性が高くなる。

さらに、わが国に入港する船舶に対する外国船舶の割合は、入港隻数全体が長期減少傾向にある中、増加傾向にある。航法や地理を把握していない船員が操船している事例も多く見受けられ、事故につながる可能性も排除できない。

このような状況の中、AIS 搭載船舶の動静情報を基に、東京湾における船舶交通の混雑による経済的、社会的影響を概算することとした。

4.1 船舶交通の渋滞による経済損失推計

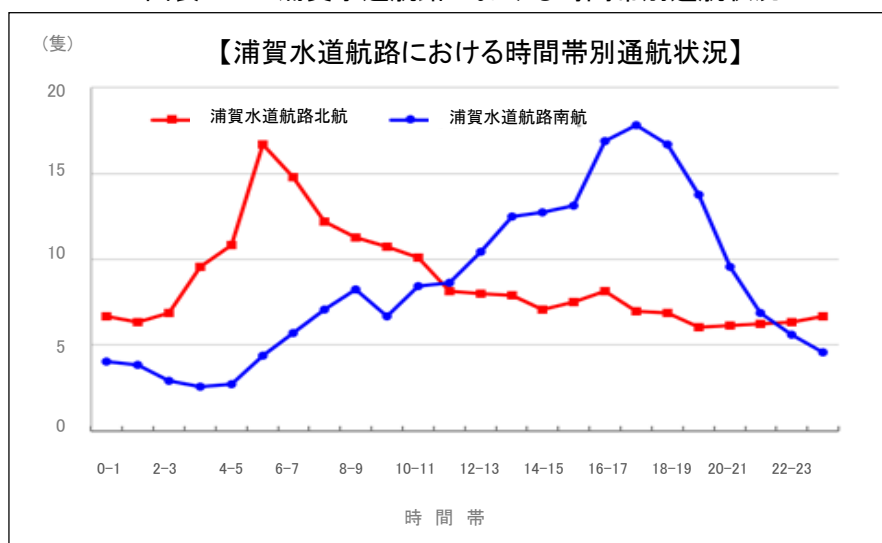
4.1.1 東京湾の混雑の現状

東京湾は、国際戦略港湾である東京港、横浜港、川崎港、国際拠点港湾の千葉港、重要港湾の横須賀港、木更津港を擁しており、東京湾入口に位置する浦賀水道は、外洋からこれらの港に出入りする船舶の主要交通路であり、通航船舶が1日平均500隻以上の世界で

も有数の混雑する海域である。また、日中に港で荷役を行う船舶が多いことから、浦賀水道を通航する船舶は、早朝の時間帯は東京湾を北上し港に向かう北航船が多く、夕方時間帯は東京湾を南下し東京湾外に向かう南航船が多くなっている（図表 4-2）。

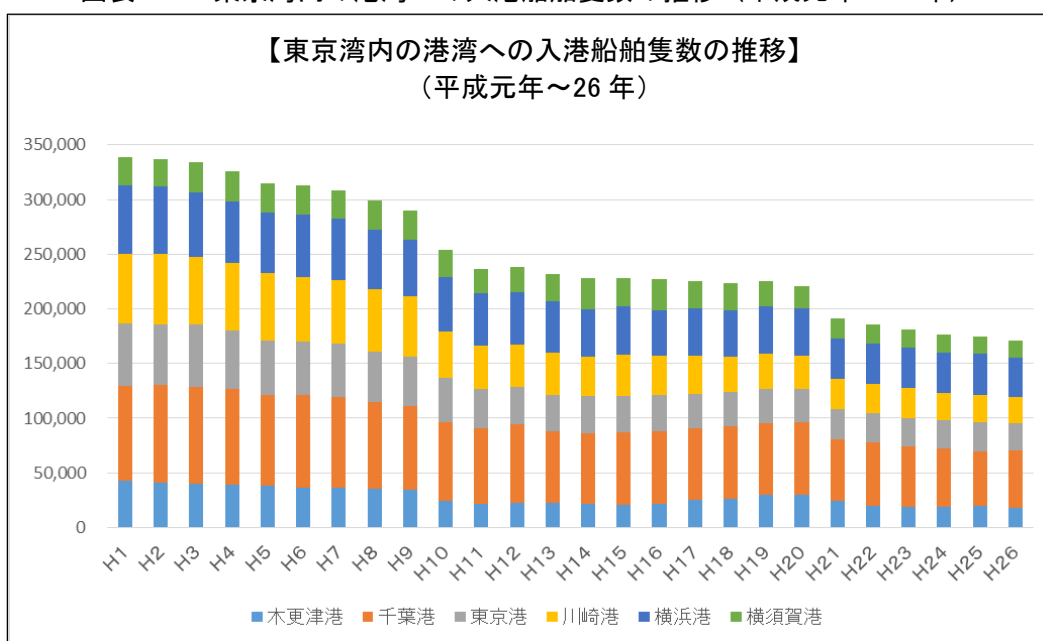
また、国土交通省の港湾統計によると、東京湾内の港（木更津港、千葉港、東京港、川崎港、横浜港及び横須賀港）に入港する 5 トン以上の船舶は、平成 26 年は平成元年に比べ半減しているものの約 17 万隻にのぼり、1 日平均約 470 隻の船舶が入港している状況にある（図表 4-3）。

図表 4-2 浦賀水道航路における時間帯別通航状況



出典：海上保安庁

図表 4-3 東京湾内の港湾への入港船舶隻数の推移（平成元年～26 年）



出典：国土交通省「港湾統計」を基に作成

東京湾では、船舶交通が特に多い海域の特別ルールを定めた海上交通安全法により、「浦賀水道航路」及び「中ノ瀬航路」の2つの航路が規定されている。また湾内の港では、港内の特別ルールである港則法の適用があり、港を出入りする船舶が集中する海域に水路が設定され、信号による行き会い管制が行われている。

浦賀水道航路、中ノ瀬航路を通航する一定の船舶（長さ160メートル以上の船舶、一定量以上の危険物を積載する船舶、長大物件えい航船）は、事前に航路入航予定時刻等の通報が義務付けられており、航路を航行する際には、海上交通センターの指示により航路への入航時間の調整が図られている。

港内の水路を通航しようとする一定の船舶（横浜航路は長さ160メートル以上など）においても、前日正午までに航路航行予定時刻等の通報を行うことが定められ、AISの情報を基に管制対象船舶の長さに応じた行き会いの判断が実施されるなど、港内水路での効率的な交通整理が実施されているところである。

海上保安庁では船舶の運航効率の向上を図るため、平成29年度中の運用開始を目指して、東京湾海上交通センターによる航路の航行管制と東京港、川崎港、横浜港、千葉港の4つの港内交通管制室による水路の行き会い管制を一つに統合し、管制を一元的に実施する体制を進めている。一元的な海上交通管制の構築にあたり、海上保安庁が東京湾内の港に入港する船舶の動向についてAISデータを基に解析したところ、浦賀水道航路の南側の海域や港の水路の手前の海域で、航路や水路に入航する船舶が時間調整を行い、船舶交通に渋滞が発生している実態が明らかとなった。

4.1.2 渋滞による経済損失推計

東京湾では船舶の通航量が非常に多く、また、朝方には東京湾内の港に向かう船舶が、夕方には港から東京湾外に向かう船舶が集中している現状から、浦賀水道航路入口や港外での時間調整による慢性的な渋滞が発生していることが判明した。このような渋滞は、船舶が時間どおりに入港できないリスク要因となっており、入港が遅延すれば、遅延に伴う経済損失が発生することになる。

そこで、東京湾口から東京湾内の港に出入りする船舶について、海上保安庁の協力を得て平成25年10月のAISデータを解析し、「航路標識整備事業の費用対効果分析マニュアル」（以下、マニュアルという。）に基づき、遅延に伴う経済損失額を算出した。

船舶が予定どおり入港せず、遅延した場合の損失としては、(1) 海上輸送コストの上昇による損失及び(2) 入港の補助を行う人員等の待機による損失が発生すると考えられる。ここでは、海上交通安全法の航路航行義務船舶（法令上は長さ50メートル以上の船舶。本調査では総トン数500トン以上の船舶とする。）が、航路における渋滞の影響を受けることになる。

海上輸送コストについて、マニュアルでは、①対象船舶の1時間当たりのチャーター料（燃料費、船舶費、船員費等）より求める輸送費用と、②対象船舶の輸送する貨物の時間価

値を考慮した輸送時間費用の合計値としており、海上輸送コストの上昇による損失については、マニュアルの計算手法を用いて、それぞれ、①輸送費用損失 ②輸送時間費用損失を求めることとした。

入港の補助を行う人員等の待機による損失については、入港の遅延により、入港時に必要な船舶の綱取り及び曳船の待機による損失（待機料金）を計上することとした。

また、入港の遅延時間及びその発生割合については、平成 25 年 10 月に複数回（5 回以上）入港した船舶を対象に調査したところ、次のとおりであった。

遅延時間：0.347 時間 — (A)

遅延発生割合：0.471 — (B)

なお、遅延時間及び遅延発生割合は、東京湾口から東京湾内の港に入港するまでの通航所要時間（航海距離、航海速力により算出）に対して、▽東京湾口から浦賀水道航路中央第 1 号灯浮標までの調整時間 ▽浦賀水道航路北口から横浜航路までの調整時間 ▽東京湾アクアラインから東京西航路までの調整時間等による遅延時間、発生割合を求めたものである。

(1) 輸送費用損失

輸送費用損失は、船舶の輸送時間が増加することによる、燃料費、船舶費、船員費等の損失である。東京湾内に所在する港（千葉港、東京港、川崎港、横浜港）への平成 25 年の年間入港船舶隻数（表 1-1）及び、マニュアルによる船種・船型別単位時間あたりの輸送費用（表 1-2）から、遅延時間及び遅延発生割合に応じて求められる。

500 トン以上の東京湾内入港船舶の年間の輸送費用損失は、311.9 百万円となる（表 1-3）。

$$\begin{aligned} \text{輸送費用損失} &= \text{遅延時間（時）(A)} \times \text{遅延発生割合 (B)} \\ &\quad \times \text{東京湾内の港への年間入港船舶隻数 (隻) (C)} \\ &\quad \times \text{船種・船型別単位時間あたりの輸送費用 (万円/隻・時) (D)} \end{aligned}$$

表 1-1 東京湾内の港（千葉港、東京港、川崎港、横浜港）への
年間入港船舶隻数（平成 25 年）

船型区分		船種区分 (C)	
以上	未満	一般船舶	漁船
500GT*	1,000GT	20,437	3
1,000GT	3,000GT	11,869	
3,000GT	6,000GT	11,115	
6,000GT	10,000GT	8,901	
10,000GT	30,000GT	6,646	
30,000GT		6,074	

※GT：Gross Tonnage（総トン数）

出典：国土交通省「港湾統計（平成 26 年）」を基に作成

表 1-2 船種・船型別単位時間あたりの輸送費用（単位：万円／隻・時）

船型区分		船種区分 (D)	
以上	未満	一般船舶	漁船
500GT	1,000GT	1.9	3.94
1,000GT	3,000GT	3.3	
3,000GT	10,000GT	2.9	
10,000GT	20,000GT	4.4	
20,000GT	50,000GT	4.2	

出典：海上保安庁「航路標識整備事業の費用対効果分析マニュアル」

表 1-3 東京湾の年間輸送費用損失（単位：万円）

船型区分		船種区分	
以上	未満	一般船舶	漁船
500GT	1,000GT	6,346	2
1,000GT	3,000GT	6,401	
3,000GT	10,000GT	9,487	
10,000GT	20,000GT	4,779	
20,000GT	50,000GT	4,169	
計		31,183	2
総計		31,185	

（注）1 万トン以上 2 万トン未満の船舶は 1 万トン以上 3 万トン未満の数値を採用
2 万トン以上 5 万トン未満の船舶は 3 万トン以上の数値を採用

(2) 輸送時間費用損失

輸送時間費用損失は、外貿におけるコンテナ貨物を対象とする。東京湾内に所在する港（千葉港、東京港、川崎港、横浜港）における平成 22 年から 26 年までの 5 年間の年間外貿コンテナ取扱個数（TEU⁶）の平均の合計値（E）（表 2-1）及び、コンテナ 1 個の輸入に必要な時間あたりの経費（外貿コンテナの時間費用：1,400 円／TEU・時⁷）（F）から、遅延時間及び遅延発生割合に応じた年間の輸送時間費用損失を計算すると、821.3 百万円となる。

なお、マニュアルでは、外貿においてはコンテナ貨物以外の貨物は時間価値が低いため、算出の対象外としている。

$$\begin{aligned}
 \text{貨物輸送時間費用損失} &= \text{東京湾内の港における年間外貿コンテナ取扱個数 (TEU) (E)} \\
 &\quad \times \text{外貿コンテナの時間費用 (1,400 円/TEU・時) (F)} \\
 &\quad \times \text{遅延時間 (時) (A)} \times \text{遅延発生割合 (B)} \\
 &= 3,589,262 \text{ (E)} \times 1,400 \text{ (F)} \times 0.347 \text{ (A)} \times 0.471 \text{ (B)} \\
 &= 821.3 \text{ 百万円}
 \end{aligned}$$

表 2-1 東京湾内の港（千葉港、東京港、川崎港、横浜港）における
年間外貿コンテナ取扱個数 (TEU)

	平成 22 年	平成 23 年	平成 24 年	平成 25 年	平成 26 年	平均
千葉	11,011	12,189	14,030	14,043	15,587	13,372
東京	2,077,569	2,231,051	2,286,992	2,358,127	2,350,392	2,260,826
川崎	3,698	3,934	6,147	12,894	23,764	10,087
横浜	1,386,531	1,305,253	1,345,892	1,199,618	1,220,730	1,291,605
計	3,489,820	3,564,616	3,667,091	3,598,725	3,626,060	3,589,262 (E)

出典：国土交通省「港湾統計」を基に作成

6 TEU (twenty-foot equivalent unit) は、20 フィートコンテナを 1 単位として、港湾が取り扱える貨物量を表す単位。コンテナを単純合計数で表示する代わりに、20 フィートコンテナ 1 個を 1、40 フィートコンテナ 1 個を 2 として、コンテナ取扱貨物量をこの数字の合計で表示する。コンテナ船の積載容量も一般に TEU で表示される。

7 港湾投資の評価に関するガイドラインによる。

(3) 綱取及び曳船の待機による損失

入港遅延に伴い、船舶が入港する際に必要な綱取及び曳船が待機することによる損失は、東京湾内に所在する港（千葉港、東京港、川崎港、横浜港）への平成 25 年の入港船舶隻数（表 1-1）及び、東京港港湾利率表 2013 による単位時間あたりの綱取待機料金及び曳船料金（表 3-1）から、遅延時間及び遅延発生割合に応じて求められる。

500 トン以上の東京湾内入港船舶の年間の綱取及び曳船の待機による損失は、857.1 百万円となる（表 3-2）。

$$\begin{aligned} \text{綱取及び曳船待機損失} &= \text{遅延時間（時）（A）} \times \text{遅延発生割合（B）} \\ &\quad \times \text{東京湾内の港への年間入港船舶隻数（隻）（C）} \\ &\quad \times \text{（1 時間あたり綱取り待機料金（万円／隻・時）（G）} \\ &\quad \quad + \text{1 時間あたり曳船料金（万円／隻・時）（（H） + （I））} \end{aligned}$$

表 3-1 1 時間あたりの綱取待機料金及び曳船料金（単位：万円／隻・時）

船型区分		1 時間あたり 綱取待機料金 (G)	1 時間あたり曳船料金	
以上	未満		基本料金 (H)	燃料価格調整金 (I)
500GT	1,000GT	0.214	6.77	0.75
1,000GT	3,000GT	0.416		
3,000GT	10,000GT	0.456		
10,000GT	20,000GT	0.758	10.17	
20,000GT	50,000GT	1.05		

出典：東京港湾局「東京港港湾利率表 2013」

表 3-2 東京湾の年間の綱取及び曳船の待機による損失（単位：百万円）

船型区分		綱取及び曳船 の待機による 損失額
以上	未満	
500GT	1,000GT	258.33
1,000GT	3,000GT	153.95
3,000GT	10,000GT	144.89
10,000GT	20,000GT	169.89
20,000GT	50,000GT	130.02
計		857.07

(4) 渋滞による遅延損失額

東京湾における船舶交通の渋滞によって生じる遅延損失額は、(1) から (3) により求められた損失額の合計となり、年間 1,990.3 百万円となる。

$$\begin{aligned} \text{渋滞による遅延損失額（年間）} &= \text{海上輸送コストの上昇による損失} \\ &\quad \text{((1)輸送費用損失+ (2)輸送時間費用損失)} \\ &+ \text{入港の補助を行う人員等の待機による損失} \\ &\quad \text{((3)網取及び曳船の待機による損失)} \\ &= 311.9 \text{ 百万円} + 821.3 \text{ 百万円} + 857.1 \text{ 百万円} \\ &= 1,990.3 \text{ 百万円} \end{aligned}$$

5. 東京湾における船舶事故発生時の航路閉鎖等による経済損失等

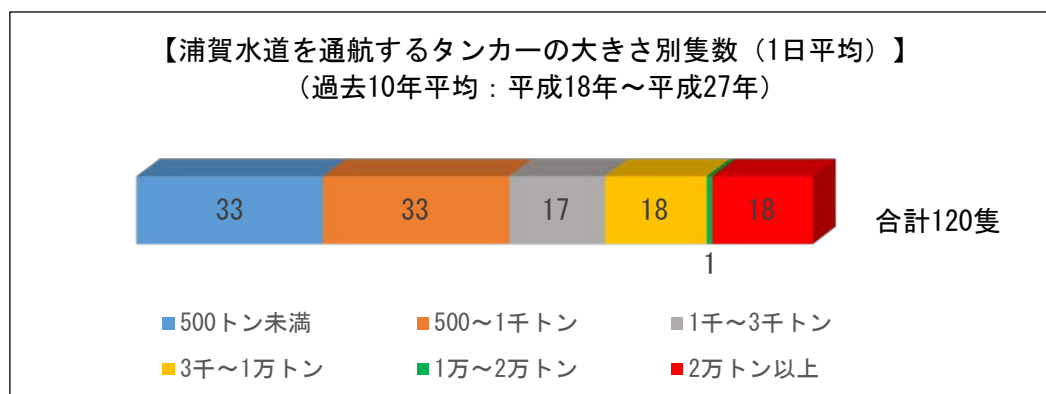
常態化した東京湾の渋滞を解消すべく、海上保安庁では前述のとおり、平成 29 年度中の運用開始を目指して、東京湾における管制一元化の体制を進めているところであるが、ひとたび大規模海難が発生し、航路が閉塞される事態になれば、船舶交通の渋滞による損失どころではなくなってしまう。

そこで、東京湾におけるタンカーの航行状況及び過去に発生したタンカーの油流出事故から、東京湾においてタンカーが関与した事故が発生した場合の影響について、過去の調査結果を踏まえ、次のとおりまとめた。

5.1 東京湾におけるタンカーの航行状況

東京湾内には、原油等の荷役を行うシーバースが千葉港に 2 箇所、川崎港に 1 箇所、横浜港に 1 箇所あり、海外から多くのタンカーが入港している。海上保安庁が実施する通航船実態調査によると、1 日平均 120 隻のタンカーが浦賀水道を通航しており、1 万トン以上のタンカーが毎日 20 隻近く航行するほか、AIS 搭載が義務付けられていない 500 トン未満のタンカーも 30 隻以上が航行していることが分かる（図表 5-1）。

図表 5-1 浦賀水道を通航するタンカーの大きさ別隻数（1 日平均）



出典：海上保安庁提供資料を基に作成

5.2 過去に発生したタンカー油流出事故

これまでも国内外でタンカーの事故に関係する大規模な油流出事故が発生しており、事故を契機にタンカー船体のダブルハル化が段階的に義務付けられることになった。

5.2.1 大規模なタンカー事故（海外での事例）

(1) プレスティージュ号事故

平成 14 年（2002 年）11 月 13 日午後、ラトビアからシンガポールへ向け約 7.7 万キロリ

ットルの重油を積載して航行中のバハマ船籍の油タンカー「プレスティージ号」(4万3千トン)が、スペイン北西部ガリシア州フィンステレ岬の沖合約28海里(約52キロメートル)付近において、船体に亀裂が生じ、浸水により大きく傾斜して航行不能となり、積荷である重油の一部が海上に流出した。

プレスティージ号は重油を流出しながら漂流を続けたため、スペイン海軍等は流出する重油がスペイン沿岸へ漂着するのを避けるために曳航船等を使って沖合方面への曳航を試みたが、荒天により作業は難航し、大量の重油が流出する事態となった。プレスティージ号は曳航作業により徐々に沿岸部から離れたが、ガリシア州沿岸南部のシーエス諸島から沖合約145海里(約269キロメートル)の地点で船体が二つに折れ、深さ約3,600メートルの海中に没した。

この事故により流出した重油は約4万キロリットルであり、連日の悪天候や一度に大量の重油が流出したこと等によりスペインのみならず、隣国のポルトガルやフランスの沿岸にまで漂着し、カメノテを始めとしてムール貝、アサリ、毛蟹、イセエビ等各種魚介類に深刻な被害を与えた。被害総額は不明であるが、国際油濁補償基金⁸には少なくとも1,200億円を超える請求がなされている。

(2) エクソン・バルディーズ号事故

平成元年(1989年)3月24日未明、アラスカ原油約20万キロリットルを積載し、アラスカ州バルディーズ港からカリフォルニア州ロングビーチに向け航行中の油タンカー「エクソン・バルディーズ号」(約21万トン)が、バルディーズ港から南西約25海里(約46キロメートル)付近のプリンス・ウィリアムサウンドで座礁した。この座礁により、11個ある貨物油タンクのうち8タンクが、また、5個あるバラスタタンクのうち3タンクが損傷し、船底破口部から原油約4.1万キロリットルが流出した。

この大規模な油流出の防除作業は、最初の防除資機材等が現場に到着したのが事故発生から約12時間後であったなど初期対応が遅れ、加えて気象・海象の条件が厳しく、複雑に入り組んだ海岸線に囲まれた地形であったこと等から難航し、油の拡散を阻止することが出来なかった。

このため、流出した油はアラスカ湾一帯に拡がり、同年5月18日には、事故発生地点から470海里(約870キロメートル)のアラスカ半島に達し、広範囲にわたって沿岸海域を汚染し貴重な動植物の生息地に甚大な影響を与えたのみならず、付近海域に生息するニシン、鮭等の魚類、海鳥、海獣等海洋性生物に多大な被害を与え、米国における過去最大規模の油による汚染事件を引き起こした。この事故における被害総額は1,394億円に上ってい

8 タンカーによる油濁事故による汚染被害の責任と補償のための国際的枠組みの一部。タンカー所有者は、汚染被害に対して一定額までの補償の責任を負うが、十分でない場合に基金加盟国内で発生した事故については、基金から追加的補償を支弁する。

る。

5.2.2 東京湾におけるタンカー事故

(1) ダイヤモンドグレース号事故

平成9年(1997)年7月2日午前10時5分ごろ、原油約25.7万キロリットルを積載し、アラブ首長国連邦ダスアイランド港から京浜港川崎区の京浜川崎シーバースに向け航行中のパナマ船籍の油タンカー「ダイヤモンドグレース号」(14万7千トン)が、神奈川県横浜市本牧沖約3海里(約6キロメートル)の中ノ瀬西端の浅瀬に底触し、同日午前10時45分ごろ、抵触地点より北北西約3キロメートル付近で錨泊した。

この底触により、原油を積載していた貨物油タンクのうち一番及び三番タンクが損傷し、積載していた原油の一部約1,500キロリットルが海上に流出した。流出した油は、3日には最大南北約15キロメートル、東西約18キロメートルまで拡散し、その一部が川崎市浮島、東扇島及び横浜市本牧ふ頭に漂着した。

巡視船艇、護衛艦、関係機関の船舶等330隻以上の動員体制(最大)を確保し、昼夜にわたる油回収船、油回収装置及び油吸着剤による流出油を回収し、その上で浮流油の状況に応じた油処理剤の使用等の回収防除作業を実施した結果、浮流油の濃い部分は4日午後9時30分までに概ね回収されたことが確認され、6日早朝以降、浮流油は確認されなくなった。

(2) 第拾雄洋丸事故

昭和49年(1974年)11月9日午後1時37分ごろ、プロパン、ブタン及びナフサ計約47,000トン(43,723トン)を積載し、サウジアラビア王国ラストヌラから京浜港川崎区向け航行中の日本船籍LPG・石油混載タンカー「第拾雄洋丸」(43,723トン)が、中ノ瀬航路の北境界線のわずか北方でリベリア船籍貨物船「パシフィック・アレス号」(10,874トン)と衝突した。

衝突の結果、第拾雄洋丸は、衝突箇所の右舷側外板に大破口を生じ、衝突と同時に積荷のナフサに引火して火炎が噴き上げ、ナフサが流出して右舷側海面が火の海となり、パシフィック・アレス号も船首部を圧壊大破し、衝突直後に第拾雄洋丸から吹き出した火炎を船首楼から上甲板全般にわたって浴び、瞬時にして全船火炎に包まれる大火災となった。

第拾雄洋丸の船体は、事故から70時間過ぎた12日昼になっても火勢は衰えず小爆発を繰り返し、火炎に包まれたまま次々と爆発が起きるなか港外に向けてえい航されるうち、第二海堡付近で座礁。その後、東京湾外に引き出された後、海上自衛隊による砲、爆、雷撃により、事故から19日後の28日午後、千葉県野島埼南方沖合で海沈された。

この事故により、第拾雄洋丸では乗組員38人のうち5人が死亡、7人が負傷。パシフィック・アレス号では船体の火災が沈下した後、事故から15時間ぶりの10日朝、機関室から機関士1名が救助されたが、乗組員29人のうち船長ら28人が死亡した。

大型船の衝突で多数の犠牲者を出し、積荷の危険物から火災、爆発が生じ、東京湾が火の海と化したこの事故が社会に与えた影響は大きく、中ノ瀬航路の速力制限や木更津沖灯浮

標の設置、東京湾海上交通センターの開設など、船舶交通がふくそうする東京湾の安全対策が進められることになった。

5.3 タンカーが関与した事故が発生した場合の経済損失推計

このように、海外でも沿岸環境に甚大な影響を及ぼすタンカーからの油流出事故が発生しており、また東京湾においても、社会経済に大きな影響をもたらした第拾雄洋丸の衝突炎上事故やダイヤモンドグレース号の油流出事故が発生している。

東京湾の主要交通路である浦賀水道は、1日平均500隻以上の船舶が行き交い、そのうち120隻はタンカーである。ひとたびタンカーの船舶事故が発生すると、貨物油の流出等に起因する影響が大きく懸念される場所である。

タンカーによる油流出事故が浦賀水道で発生した場合の影響については、社団法人日本海難防止協会（現公益社団法人日本海難防止協会）が平成13年度から2年間にわたり調査し、シミュレーションした結果を参考にすることにした。

シミュレーションは、年間の気象条件等を勘案した上で事故の発生を6月とし、大型石油タンカーと貨物船の衝突により積み荷の油が流出したと設定。この事故による航行制限及び防除作業を次のとおり想定し、東京湾における油流出事故による直接的・間接的な社会経済影響を推計している。

<想定シナリオ>（詳細は資料2を参照。）

事故発生日時	平成13年（2001年）6月15日0900
事故発生場所	東京湾 中ノ瀬北海域
事故態様	シングルハルVLCC（26万DWT）と貨物船（9,000GT）が衝突し、積み荷の油（油種：イラニアンヘビー）23,000キロリットルが流出
航行制限	①東京湾全域 6月15日0900～1500 ②海上交通安全法航路（浦賀水道航路、中ノ瀬航路） 6月15日0900～6月18日1800
防除作業	①オイルフェンス展張・油回収作業 34時間 総回収量 16,576キロリットル（平均回収効率25%） ②拡散・油処理剤散布作業 26時間 総処理量 1,200キロリットル ③海岸清掃作業 39時間 総清掃量 30キロリットル

(1) 想定シナリオを踏まえた直接的・間接的な社会経済影響

調査では、上記想定シナリオの航行制限期間、流出油の拡散状況等を踏まえ、発生すると想定される社会経済影響について直接的な被害及び間接的な被害を検討している。図表 5-2 のとおり、直接的・間接的被害の影響項目を抽出し、項目ごとに被害の段階に応じた影響発生の有無と定量分析の可能性についてシミュレーションを行っている（詳細は資料 3 を参照）。

図表 5-2 想定シナリオを踏まえた直接的・間接的な社会経済影響項目

直接的 被害	A 船体損傷に係る損失
	B 積み荷損傷に係る損失
	C 乗組員等に係る損失
	D 事故船処理に係る損失
	E 海洋汚染・海上火災に係る損失
間接的 被害	F 港湾機能の停止に係る損失
	G 水産資源に係る損失
	H 海洋レジャー産業等に係る損失
	I 海上工事に係る損失
	J 沿岸住民に係る損失

(2) 社会経済への影響項目に係る直接的被害

シミュレーションの結果、想定するタンカーの衝突により油流出事故が発生した場合、社会経済に影響する直接的な被害は、図表 5-3 に示す項目について発生すると想定しており、被害額は少なくとも 285 億円に上るおそれがあるとしている。

なお、本シミュレーションでは、事故は衝突海難であり死傷事故ではないとして、乗組員が死傷する被害は発生していないこと、また、流出油による海洋汚染のみで海上火災は発生していないと想定しているため、上記被害額には人的被害及び海上火災に係る消火活動等の被害額は含まれていない。

図表 5-3 想定事故発生時の直接的被害による社会経済損失推計

社会経済損失項目		社会経済損失
A 船体損傷に係る損失	i 船舶復旧費用【船社】	1,044 百万円
	ii 修繕期間中の営業損失【船社】	276 百万円
	iii 運賃損失【船社】	23 百万円
B 積荷損壊に係る損失	iv 積荷流出に伴う損失【荷主】	268 百万円
	v 積荷損失に伴う生産活動停止等における経済損失【荷主】	343 百万円
D 事故船処理に係る損失	vi 事故船処理費用【船主】	13.48 百万円
E 海洋汚染に係る損失	vii 海洋汚染防止費用【国、自治体等】	26,565 百万円
	viii 廃油等処分費用【国、自治体等】	
直接被害		285.32 億円

(3) 社会経済への影響項目に係る間接被害

また、想定事故が発生した場合の社会経済に影響する間接的な被害としては、図表 3-5 に示した影響に加え、次の影響項目についても検討している。その結果、図表 5-4 に示すように、間接的な被害額は 73.5 億円に上ると試算している。

<影響項目>

① 水上輸送活動の制限に係る影響

コンテナ、自動車等について、貨物遅延による損害

② 漁業者に係る影響

養殖物や漁獲物が油に汚染されることによる損害や、休漁による損害、干潟・藻場等の漁業資源形成に重要な役割を果たす区域への流出油の漂着により、漁業資源が油による環境汚染の影響を受けることによる将来的な不利益

③ 観光・レジャー活動の制限に係る影響

流出油防除作業実施期間中の営業の自粛の他、油汚染の後遺症として景観の阻害、異臭等が残ることによる施設利用客・観光客の減少、風評による長期的な利用客・観光客の減少による関連産業の減収

図表 5-4 想定事故発生時の間接的被害による社会経済損失推計

社会経済損失項目		社会経済損失
F 港湾機能の停止に係る損失	ix 入出港待機に係る費用【船社】	1,594.88 百万円
	荷主及び関係者の損害（コンテナ）	4,237.5 百万円
	荷主及び関係者の損害（自動車）	54.16 百万円
G 水産資源に係る損失	養殖生産物の被害	231.91 百万円
	x 漁船漁業、採貝・採藻等漁業の休漁被害	68.51 百万円
	油濁発生に伴う長期にわたる後遺障害	183.48 百万円
H 海洋レジャー産業等に係る損失	ホテル等宿泊施設	176.81 百万円
	東京湾内周遊船・湾内クルーズ船	55.81 百万円
	公園・遊園地	3.08 百万円
	水族館	162.37 百万円
	遊漁船	578.61 百万円
	海釣り施設	1.3 百万円
	マリーナ等	2.75 百万円
間接被害		73.51 億円

(4) 想定事故が発生した場合の経済損失推計

タンカーによる油流出事故が浦賀水道で発生した場合の影響について、シミュレーションの結果、想定事故が発生した場合の直接的な被害及び間接的な被害を踏まえた経済損失額は、少なくとも 359 億円に達すると推計されている。

ただし、本シミュレーションでは、海上火災が発生せず、海上交通安全法上の航路閉塞 81 時間、東京湾全域の閉鎖 6 時間、流出油の回収に 34 時間という条件設定をしたうえでの経済損失を見積もったものである。

過去の事故を踏まえ、タンカーのダブルハル化などの対策が講じられ、大規模な油流出事故の蓋然性は減少したと言われているが、ダブルハル化したタンカーの老朽化や、近年大型化が進んでいるコンテナ船などの状況を考えると、沿岸部にコンビナートなどの臨海工業地帯を抱え、石油や LNG などの危険物を満載する船舶が、東京湾内の一度に複数の見合い関係が生じるという危険水域を航行している実態を踏まえれば、本シミュレーションの域を超えるおそれがあるということを念頭に置かなければならない。

6. 海上交通の安全確保へ向けた AIS の活用

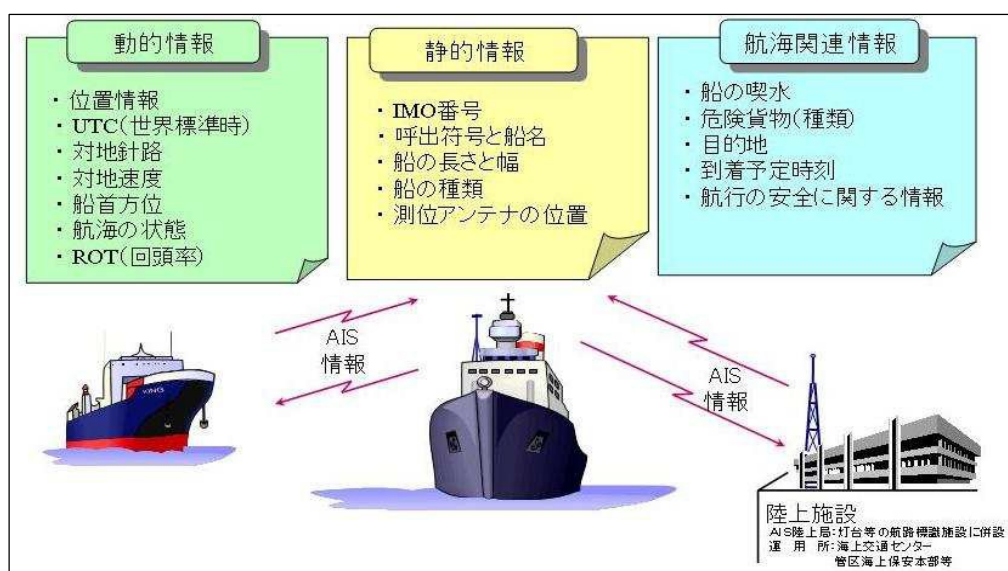
東京湾における海域分析や船舶交通の渋滞による経済損失推計は、東京湾を航行する船舶の AIS 情報を活用して実施したものである。AIS は平成 20 年 7 月までに一定の船舶に搭載が義務付けられており、航行船舶の AIS 情報は海上交通の安全対策に広く活用され、船舶の事故防止に効果を上げている。

航行船舶の動静を把握して船舶交通の安全を確保するためには、AIS 搭載義務船舶の動静に加えて、AIS の搭載が義務付けられていない船舶の動静の把握も必要であり、安全で効率的な海上交通環境の構築に向けて、今後は AIS 搭載義務非適用船での AIS の有効利用が期待されている。

6.1 AIS の概要

AIS は、船舶局または海岸局の無線設備で、各船を識別可能にする船名や識別番号、長さや幅、種類等の固有情報（静的情報）、位置情報や針路、速力等の航海情報（動的情報）、目的地や目的地への到着予定時刻等運航に関する情報（航海関連情報）を、VHF 電波により船舶局相互間または船舶局と海岸局との間で自動的・周期的に送受信するシステムである。船舶の安全かつ効率的な航行を支援する装置であり、他船の位置を早期に識別できるほか、周囲の船舶の針路、速力を視覚的に認識できるなど、船舶航行の安全において大きなメリットがある（図表 6-1）。

図表 6-1 AIS の概要



出典：海上保安庁

2002 年 (平成 14 年) 7 月 1 日に発効した改正 SOLAS 条約 (International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974 : 1974 年の海上における人命の安全のための国際条約)

により、2008（平成20年）年7月までに、すべての旅客船と国際航海に従事する300トン以上の船舶及び国際航海に従事しない500トン以上の船舶に対して搭載が義務付けられ、わが国においても「船舶設備規程」第146条の29により、図表6-2のとおり搭載が義務付けられている。

図表 6-2 AIS 搭載義務船舶

船舶の総トン数	国際航海への従事の有無	
	従事	非従事
300 トン未満	旅客船	なし
300 トン以上	全船舶	なし
500 トン以上	全船舶	全船舶

6.2 AIS の活用とその効果

AIS は、航行船舶が周辺船舶の動きを早期に把握することを可能としており、衝突などの危険性を軽減し事故の防止につながっている。

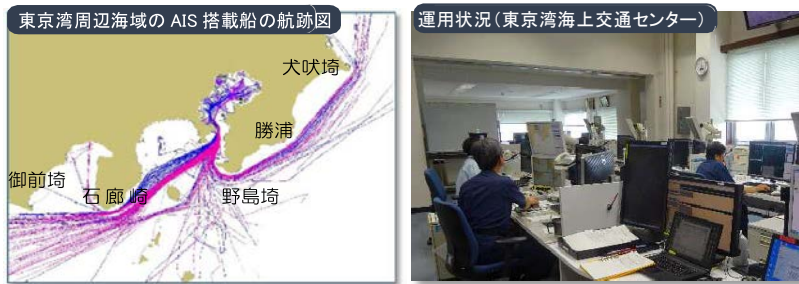
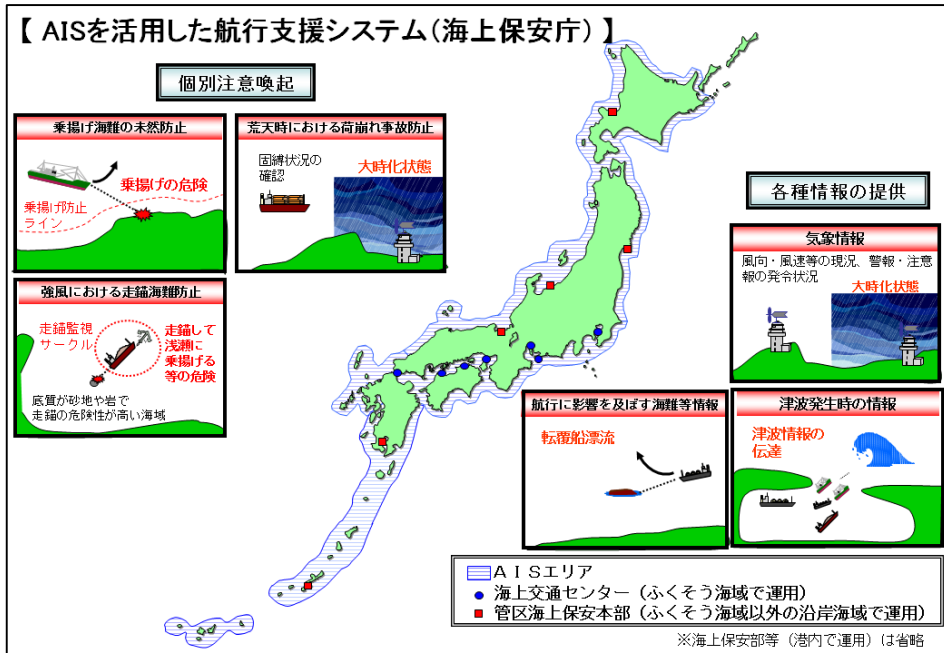
また、AIS 信号はレーダーと比較して受信範囲が広く、レーダーでは捕捉できない島影の船舶や、気象海象の影響により船舶を認識できない状況でも船舶を早期にかつ確実に把握できるため、陸上においても船舶の動静をリアルタイムで把握することが容易になり、陸上からの航行支援として、広い海域で衝突・乗揚げの予防、船舶の動静監視、海難の早期発見などを可能としている。

海上保安庁では図表 6-3 に示すとおり、全国沿岸域に AIS 信号の送受信を行う陸上施設を整備し、一部離島を除く日本沿岸全域を切れ目なくカバーする航行支援システムを構築している。陸上の航行援助施設で受信した AIS 情報を基に、船舶の動静把握を 24 時間体制で行い、航海の安全に必要な情報を迅速かつ確実に提供しており、AIS は船舶同士の衝突などの事故の未然防止のみならず、船舶と陸上の航行援助施設との間でも有効に活用されている。

さらに、AIS の普及による海上交通環境の変化などを踏まえ、平成 22 年 7 月には「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」（図表 6-4）が施行され、船舶の航行を援助するための措置として、海上交通安全法等に定める航路とその周辺海域では、海上保安庁が危険防止等のために行う情報提供を聴取する義務が制度化された。

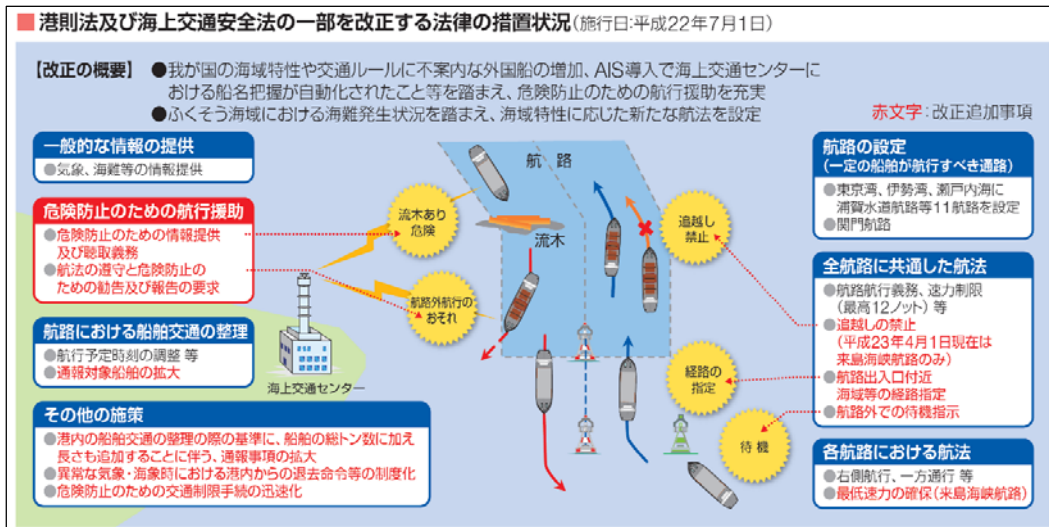
また、AIS を活用した進路を知らせるための措置として、AIS の目的地に関する情報の入力方法が IMO の推奨する方法に沿った入力方法にルール化され、他の船舶がどこの港を目指して航行しているのか、どの係留施設に向かうのか、またどのルートをとって航行していくのかなどが明確に分かるようになり、AIS を搭載している船舶同士は互いに相手船の動向を把握することができるようになった。

図表 6-3 海上保安庁における AIS を活用した航行支援システム



出典：海上保安庁

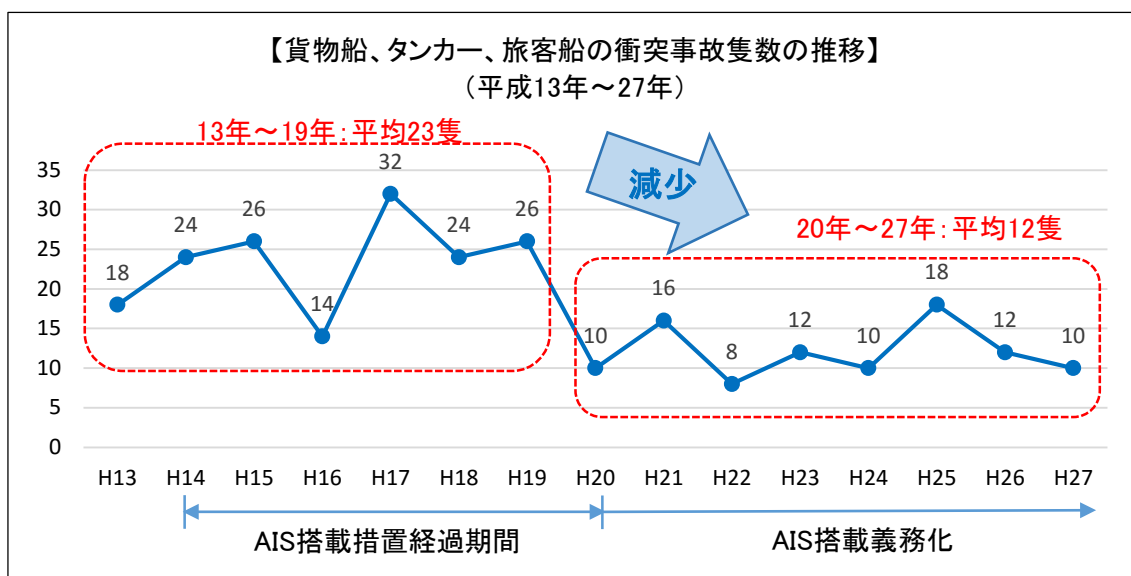
図表 6-4 「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」概要



出典：海上保安庁

このように、AIS を活用した海上交通の安全対策が講じられたことにより、AIS を搭載した船舶同士の衝突事故隻数は、図表 6-5 に示すとおり、搭載措置経過期間を含む平成 13 年から平成 19 年までの平均隻数 23 隻に比べ、搭載が義務化された以降の平成 20 年から平成 27 年までの平均隻数は 12 隻とほぼ半減しており、AIS が船舶の衝突防止に効果を上げていることが分かる。

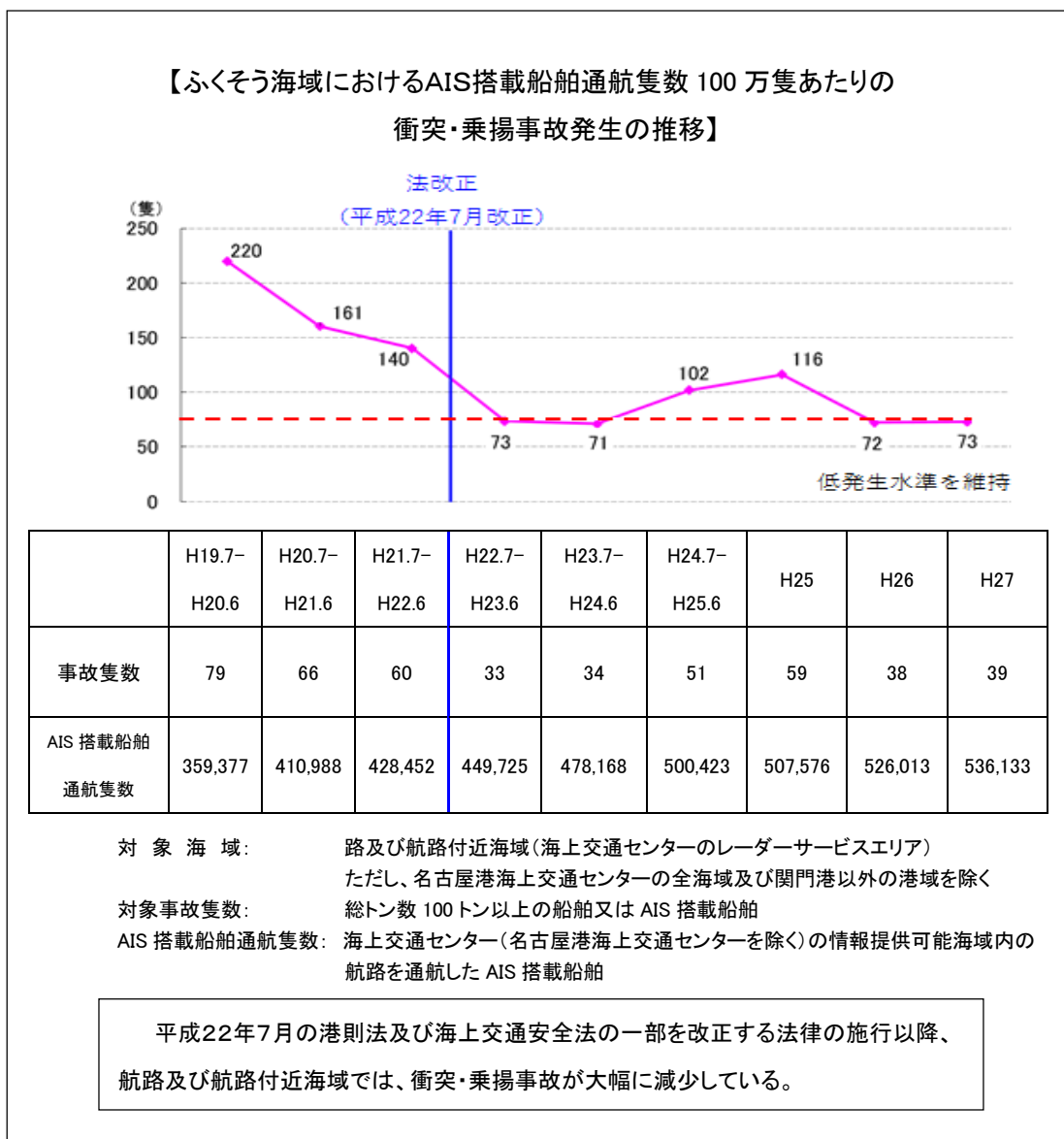
図表 6-5 貨物船、タンカー、旅客船の衝突事故の推移（港内の衝突を除く）



出典：海上保安庁「海難の現況と対策について」（平成 27 年版）

また、海上保安庁がとりまとめた AIS を搭載した船舶のふくそう海域における事故状況（図表 6-6）を見ると、AIS の搭載を機に、衝突・乗揚げ事故の発生隻数が減少している。さらに、平成 22 年 7 月の「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」の施行以降は、海上保安庁による情報提供の聴取義務化や AIS を活用した進路を知らせるための措置等が奏功し、事故隻数は大幅に減少している。

図表 6-6 ふくそう海域における AIS 搭載船舶通航隻数 100 万隻あたりの
衝突・乗揚事故発生数の推移



出典：海上保安庁「海難の現況と対策について」（平成 27 年版）

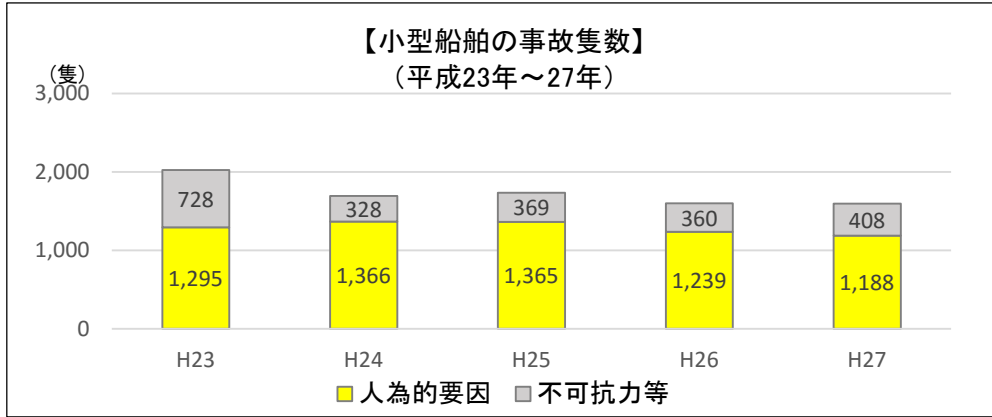
6.3 小型船舶への AIS 普及による安全効果

6.3.1 小型船舶の事故

船舶事故全体の約 7 割を占めている漁船やプレジャーボート等の小型船舶の事故に着目する。事故隻数は図表 6-7 のとおり、毎年 1,300 隻前後で推移しているが、漁船、プレジャーボート事故のうち、約 4 割が衝突・乗揚げ事故である。小型船舶の衝突事故隻数は、図表 6-8 のとおり、ここ 10 年間では減少傾向にあるものの、死亡・行方不明者を伴う船舶事故の約 9 割がプレジャーボート及び漁船事故であり、これまでも衝突事故により人命が失

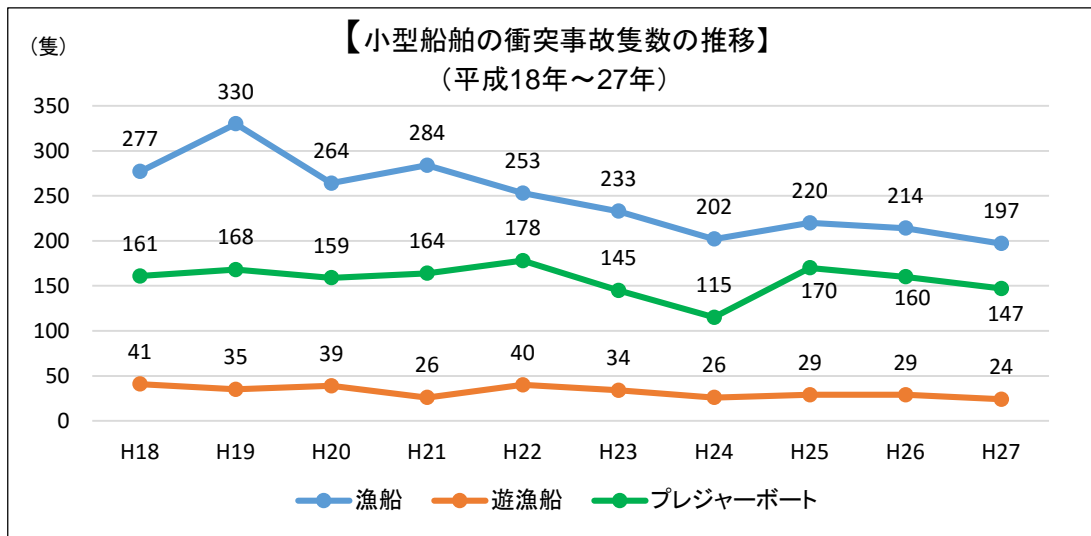
われる重大海難が発生している。

図表 6-7 小型船舶の事故隻数（平成 23 年～27 年）



出典：海上保安庁「海難の現況と対策について」（平成 27 年版）を基に作成

図表 6-8 小型船舶の衝突事故隻数の推移（平成 18 年～27 年）



出典：海上保安庁「海難の現況と対策について」（平成 27 年版）を基に作成

(1) 過去の死亡・行方不明者を伴う小型船舶の衝突事故

AIS 搭載が義務化された平成 20 年 7 月以降においても、次のような死亡・行方不明者を伴う大型船舶と小型船舶の事故が発生している。

① ばら積み貨物船 NIKKEI TIGER 漁船堀栄丸衝突事故

平成 24 年 9 月 24 日午前 1 時 56 分ごろ、宮城県金華山東方沖約 930 キロメートル付近において、パナマ船籍のばら積み貨物船「NIKKEI TIGER」（25,074 ン）と漁船「堀栄丸」（119 トン）が衝突。堀栄丸の乗組員 22 人のうち、13 人が行方不明となり、9 名が救助さ

れた。

② 自動車運搬船 NOCC OCEANIC 漁船第七勇仁丸衝突事故

平成 25 年 6 月 23 日午前 10 時ごろ、宮城県金華山東方沖約 300 キロメートル付近において、マーシャル諸島船籍の自動車運搬船「NOCC OCEANIC」(58,250 トン)と漁船「第七勇仁丸」(19 トン)が衝突。漁船の船体が折損し(船尾側は沈没、船首側は日本にえい航後に解体)、第七勇仁丸乗組員 9 人のうち 1 人が行方不明となった。

③ 輸送艦おおすみプレジャーボートととびうお衝突事故

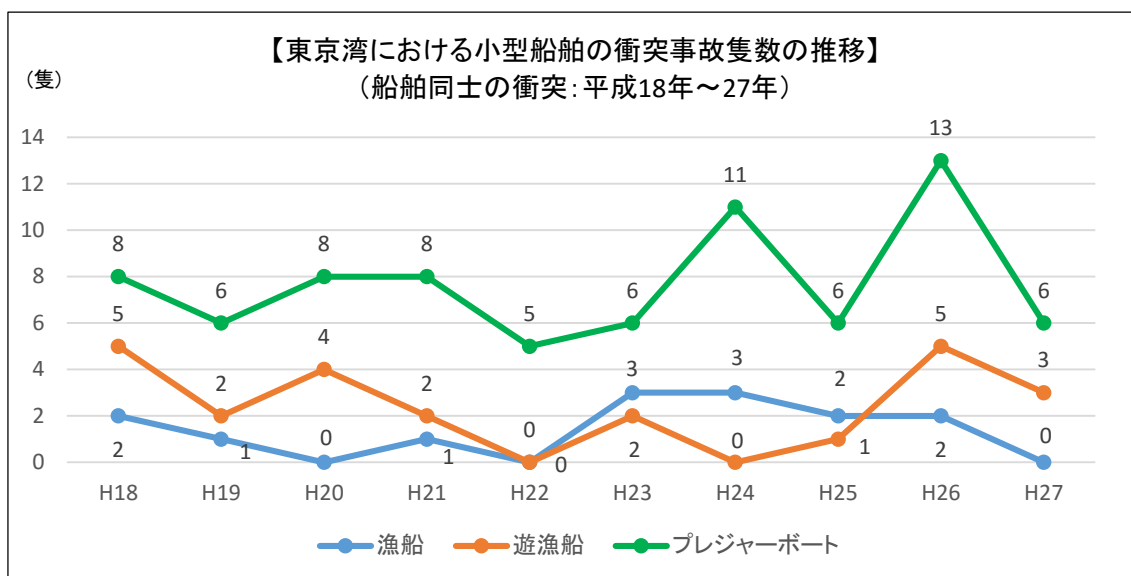
平成 26 年 1 月 15 日午前 8 時ごろ、広島県大竹市阿多田島東方沖で輸送艦「おおすみ」(8,900 排水トン)とプレジャーボート「とびうお」(7.6 メートル)が衝突。とびうおは衝突により転覆し、船長及び同乗者 3 人のうち、船長及び同乗者 1 人が死亡、1 人が負傷した。

なお、平成 24 年に太平洋上で発生した、ばら積み貨物船 NIKKEI TIGER 漁船堀栄丸衝突事故では、運輸安全委員会による船舶事故調査において、AIS はレーダーと違い雨や波浪等の影響が小さいとして、AIS の衝突防止の有用性を評価し、再発防止策として漁船への AIS の早期普及を求める報告がなされるとともに、洋上における商船と漁船との衝突事故を防止するため、国土交通大臣及び水産庁長官に対して AIS の漁船への普及促進のための施策の検討を行うよう意見が出され、関係省庁により AIS の普及が進められることになった。

(2) 東京湾における小型船舶の衝突事故

東京湾においては、図表 6-9 のとおり、近年、小型船舶の衝突事故隻数はほぼ横ばい状態である。小型船舶同士の衝突がほとんどであるが、貨物船やタンカー、旅客船と衝突した事例もあり、他船の動静把握が容易な AIS の小型船舶への搭載が進むことにより、衝突事故の防止につながることを期待される。

図表 6-9 東京湾における小型船舶の衝突事故隻数の推移
(船舶同士の衝突：平成18年～27年)



出典：海上保安庁提供資料を基に作成

6.3.2 小型船舶に対する AIS の普及促進

前述のとおり、漁船堀栄丸の事故に関して、運輸安全委員会は調査報告において、AIS はレーダーと比較して雨や波から受ける影響が小さく、荒天時でも相手船の船位等の情報を容易に取得できると評価した。その上で、商船と漁船との衝突事故においては、AIS が漁船に普及することにより、商船側が早期にかつ安定的に漁船の船位等の操船に有用な情報を入手でき、衝突事故の防止に大きく寄与することから、商船の航路と重なる外洋において操業や航行を行う漁船については一層早期の普及が望まれるなどと指摘している。

このため、船舶の安全を図る関係省庁等において AIS 普及促進策を検討、搭載の支援制度を設け、AIS 搭載義務船舶以外の小型船舶に対する AIS の普及を推進している。

(1) 簡易型 AIS (クラス B)

しかしながら、法令に基づき搭載が義務付けられている AIS 装置 (クラス A) は高価であり、小型船舶にとっては購入費用が機器搭載に支障となっている。

このため、小型船舶向けの価格が安価な簡易型の装置 (クラス B) が開発されている。簡易型 AIS (クラス B) は、AIS (クラス A) に比べ、伝送情報量の縮小、送信出力の低減など、機能を簡略化して価格を抑えた小型船舶向けの装置で、電波法 (昭和 25 年法律第 131 号) に基づく無線局審査が不要になるほか、無線従事者の資格がなくても操作ができることから、搭載義務船舶以外の小型船舶への普及が期待されている。AIS (クラス A) と簡易型 AIS (クラス B) の違いは、図表 6-10 のとおりである。

図表 6-10 AIS（クラスA）と簡易型AIS（クラスB）の違い

項 目	AIS（クラスA）	簡易型AIS（クラスB）
静的情報（船名、船種、MMSI等）	送信する	
動的情報（緯度経度、速度、針路等）	送信する	
航行情報（予定到着時刻、目的地等）	送信する	送信しない
送信出力	12.5W／2W	2W
文字情報の送信機能	あり	なし
DSC（デジタル選択呼出）機能	送信と受信	受信のみ
周波数切替機能	自動及び手動	完全自動化
高性能GPS	必要	不要
電源の二重化	必要	不要
無線従者資格	必要	不要
無線局検査	必要	不要
価格	約150万円	約15万円

出典：総務省資料を基に作成

(2) AIS 搭載に対する支援制度及び推進体制

東北地区では、管内で平成 24 年、平成 25 年と大型船舶と漁船の衝突事故が続くなど、AIS 搭載船舶と AIS 非搭載の漁船との事故が多発したことから、平成 26 年 12 月、総務省東北総合通信局、国土交通省当局運輸局及び海上保安庁第二管区海上保安本部の 3 機関が連携して「東北地区漁船海難防止連絡会」を設置し、漁船の衝突海難の防止、根絶に向けて、簡易型 AIS 普及への取り組みを始めた。

平成 28 年 2 月には、八戸海上保安部が管内の泊漁協（青森県六ヶ所村）と八戸機船漁協（八戸市）を全国で初めて、「簡易型 AIS 普及促進モデル漁業協同組合」に指定し、AIS 搭載による事故防止を進めている。泊漁協は平成 27 年には簡易型 AIS 搭載船は 8 隻だけだったが、現在は 15 隻まで増えている。八戸機船漁業では漁労長や船長らの要望を受け、所属漁船 43 隻すべてに簡易型 AIS を搭載させている。

水産庁では漁船保険中央会とともに、AIS を搭載する漁船への優遇措置として年間保険料の一部（年間保険料の一部に対し 10%以内で 20 万円を上限）を助成した（平成 28 年末で廃止）ほか、公益社団法人日本海海難防止協会においても簡易型 AIS 搭載経費の補助（経費の 90%以内で 15 万円程度）を行っており、平成 27 年度及び平成 28 年度において計約 200 隻に対する補助を実施している。

また、各地の地方公共団体や漁業協同組合等においても、AIS を搭載する漁船等に対する

同様の補助制度を設け、AIS 搭載を推進している。過去には公益社団法人瀬戸内海海上安全協会が、岡山県及び香川県の漁協に所属して「こませ網漁」に従事する漁船を対象に助成金を出す制度を設け、簡易型 AIS の搭載を推進した結果、対象となるほぼすべての漁船が簡易型 AIS を搭載した例もある。

総務省では平成 26 年 5 月から、簡易型 AIS に係る船舶の無線局定期検査の不要化及び開設時の免許手続きの簡素化の措置を行うことにより、簡易型 AIS の搭載を推進しているほか、総務省、国土交通省、水産庁及び海上保安庁などの関係省庁が連携し、あらゆる機会を捉えて AIS 普及促進のための啓蒙活動を実施しているところである。

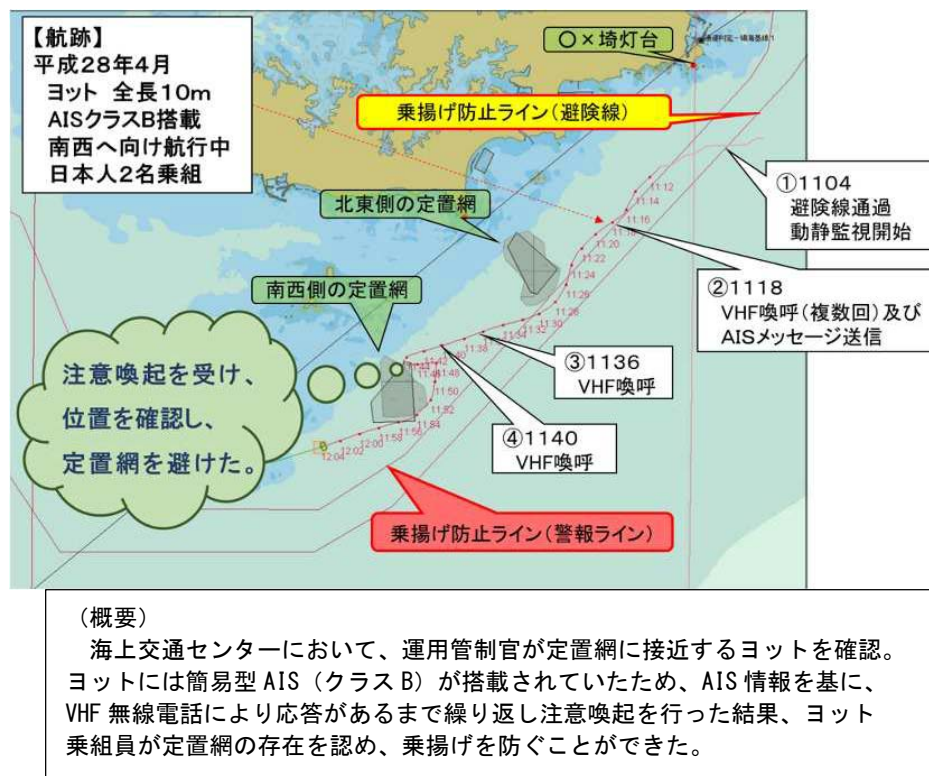
6.3.3 小型船舶への AIS 普及による安全効果

小型船舶の衝突事故では、相手船が大型船舶であった場合、小型船舶の被害は甚大であり、転覆、沈没した場合などには、乗組員の尊い人命が失われる事態にまで至ることになる。平成 24 年 9 月に、宮城県金華山の東約 900 キロメートルの太平洋上で発生した、三重県のカツオ一本釣り漁船「堀栄丸」（119 トン）とパナマ船籍の貨物船（約 2 万 5 千トン）との衝突、沈没事故では、堀栄丸の乗組員 22 名のうち 13 名が行方不明になり、多くの人命が失われたことは未だ記憶に新しいところである。

AIS の普及が進み、AIS を搭載した小型船舶が増えることにより、航行船舶が小型船舶の位置情報などを早期に確実に入手でき、衝突などの事故の防止につながる。多種多様な船舶が航行し、船舶交通がふくそうする東京湾においても、小型船舶への AIS 搭載による事故防止の効果は大きく、小型船舶の衝突や乗揚げ事故を防ぐことによって、周辺を航行する船舶の安全も確保され、海上交通の安全が図られることになるのである。

また、小型船舶への AIS 搭載が進めば、航行船舶同士だけでなく、陸上の航行援助施設においても動静把握が容易になり、情報提供や注意喚起などにより、船舶の安全が図られることになる。海上交通センターから簡易型 AIS を搭載したヨットへの注意喚起、情報提供により乗揚げを回避することができた事例を、図表 6-11 に示す。

図表 6-11 簡易型 AIS (クラス B) を活用した乗揚げ防止事例



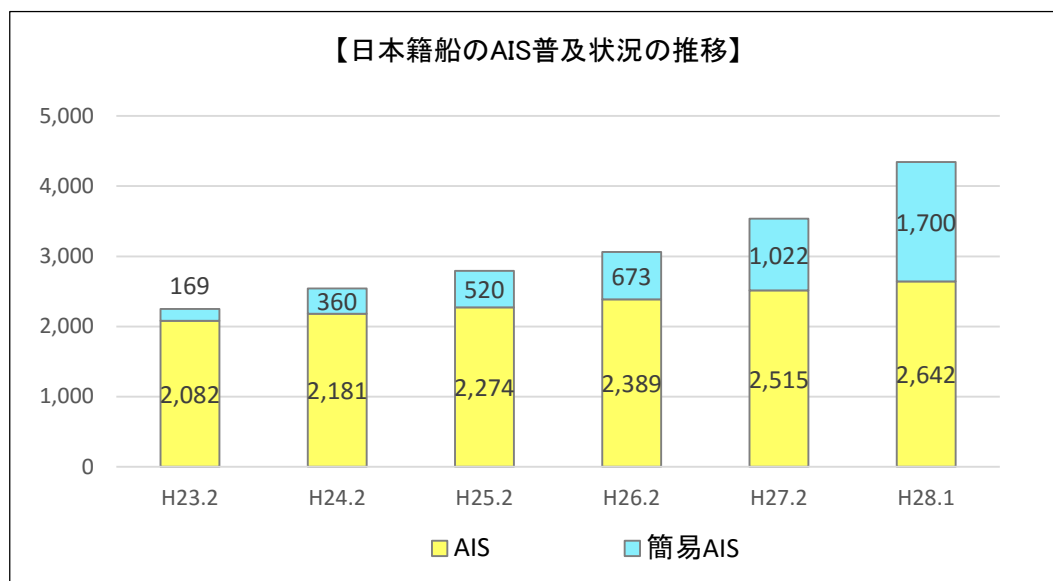
出典：海上保安庁

6.4 AIS の普及状況

日本籍船の AIS 普及状況は、図表 6-12 に示すとおり、AIS (クラス A) の搭載は横ばいであるが、小型船舶への簡易型 AIS (クラス B) の普及が徐々に進んでいる。しかしながら、プレジャーボートや漁船の隻数 (図表 6-13) に対しては、まだ搭載数は低い状況にある。

AIS の搭載は、船舶交通の安全性を全体として向上させることになるため、搭載義務船舶だけでなく、可能な限り搭載義務のない船舶に対しても AIS が普及していくことが重要である。AIS を活用した海上交通の安全確保に向けて、引き続き関係者が連携して AIS 普及促進のための啓蒙活動を実施し、AIS の有用性を訴えるとともに、AIS の搭載を強く進めていくことが必要である。

図表 6-12 日本籍船の AIS 普及状況の推移



出典：総務省資料を基に作成

図表 6-13 日本籍船の隻数

		平成 23 年	平成 24 年	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年
一般船舶	内航船	5,357 隻	5,302 隻	5,249 隻	5,235 隻	5,184 隻
	外航船	136 隻	150 隻	159 隻	184 隻	197 隻
プレジャーボート	水上オートバイ	約 66,000 隻	約 64,000 隻	約 63,000 隻	約 62,000 隻	約 62,000 隻
	モーターボート	約 198,000 隻	約 190,000 隻	約 184,000 隻	約 178,000 隻	約 173,000 隻
	ヨット	約 11,000 隻	約 11,000 隻	約 11,000 隻	約 10,000 隻	約 10,000 隻
漁船	漁船	約 253,000 隻	約 254,000 隻	約 249,000 隻	約 243,000 隻	約 237,000 隻
合計		約 533,000 隻	約 524,000 隻	約 512,000 隻	約 498,000 隻	約 487,000 隻

データ年 内航船：年度末（出典：国土交通省海事局「海事レポート」）
 外航船：6月末（出典：国土交通省海事局「海事レポート」）
 プレジャーボート：年度末（国土交通省海事局「海事レポート」）
 漁船：年末（出典：水産庁「漁船統計表」）

7. 安全な航行環境の構築に向けて

私たちの豊かな生活は、世界各国の港から、また国内の港から大量に物資を輸送する船舶によって支えられている。この状況は、わが国が四面を海に囲まれている地理的条件と大量の物資輸送には船が最適であることから、将来においても変わることはない。

本調査においては、生活を支える海上交通の大切さと、船舶の混雑度が世界的にも顕著である東京湾の船舶航行実態等の環境を示したうえで、事故発生には至っていないものの、潜む危険性について顕著化を図った。国際競争力の強化のため、輸送効率にかかる要請はますます大きくなり、船舶の大型化が一層図られるほか、危険物取扱量の増加、海洋利用の多様化、自律航行船舶の開発などの動きもあり、船舶の航行環境は変化し続けることが想定されている。

調査対象海域である東京湾は、背後にわが国の人口の約4割にあたる4,300万人を超える人々が生活する大都市圏を抱え、さらに首都機能に直結していることから、東京湾の海上交通機能を喪失することは計り知れない影響を及ぼすことになる。

東京湾内の各港湾に出入りする大型のタンカーやLNG船などの危険物積載船のみならず、東京湾には大型コンテナ船や大型客船など、その船体に大量の燃料油、危険物を積載する船舶が航行している。過去に発生した大規模海難の発生例にもあるように、ひとたび事故が発生すれば、東京湾の機能は場合によっては長期に麻痺することが懸念される。

船舶事故の大半はヒューマンエラーと言われている。一対一の見合い関係であれば衝突回避は可能であっても、船舶交通が集中する海域では多数の船舶の進路が交錯し、衝突回避動作を行ってもさらに新たな船舶との間で危険な見合い関係が発生するなど、人間の処理能力を超えてしまう懸念もある。

また、相手船の動静、どのような針路、速力で、どこへ向けて進んでいるかなどは、外見だけではにわかに判別しづらく、そのために海上交通安全法の航路内や港内においては、自船の進路を周囲に知らせるために旗流信号により表示することが定められている。

しかしながら、霧や雨などの視界不良時はもとより、夜間においては、他の船舶の動静はより判別しにくくなり、ましてや漁船などの小型船舶の動きを瞬時に判断することは至難の業である。

AISは先に述べたように一定の船舶のみに搭載が義務付けられているが、表示装置に表示されないAIS非搭載船舶は、夜道をあたかも無灯火で走り抜ける自転車のごとく、事前にその動静が察知されないばかりか、接近しても最後の砦である人間の見張りをもすり抜けてしまうおそれがある。

AIS非搭載船へのAIS搭載の推進は、船舶相互間の動静把握、衝突回避に有効であるだけでなく、将来的には海域状況の把握につながり、東京湾における航行管制の充実強化に資するなど安全な航行環境が構築されることにつながるため、搭載義務の拡大を含めたあらゆる可能性を探るべきである。

他方、陸上交通においては、自動車に搭載されている ETC からの情報等をビッグデータとして活用し、当該情報の分析結果に基づき、科学的分析に基づく安全対策や渋滞緩和対策が進められているところである。

海は、貨物船やタンカーなどが航行する海域が同時に、漁業活動、マリレジャー活動を行う場所でもあり、同じ海域を運動性能が異なる多種多様の船舶が同時に使用するという状況がある。そのうえ、水に浮かぶ船舶には、自動車のようにブレーキを使用して一定の場所に留まることができないなどの特性がある。

船舶の運航に着目すれば、船舶の安全運航を司るのは、船橋（操舵室）にいる船長などの運航スタッフであるが、適切な衝突回避動作がとれるか否かは、適切な情報の把握と適切な針路・速力の変更ができるか否かにかかっている。

最近の陸上交通では自動車の自動運転に向けた取り組みが始まっており、レベル 1 の取り組みとして自動ブレーキや前車追尾システムなどが既に導入されている。転じて、海上交通においても、ヒューマンエラーをできるだけ局限することは重要であり、船舶の安全運航のために自動運転への取り組みが必要である。

船舶の運航に関して、完全自動化はいまだ先の話であるとしても、他の船舶との衝突を人間が回避するにあたり、自動車の自動ブレーキや衝突回避のためのハンドル操作に似たものとして、最適な回避動作を自ら行う、若しくはアドバイスするような運航支援システムといった衝突回避システムの構築は、先に述べた大規模海難を避けるためにも重要である。

このようなシステム構築に当たって必要な要素は、自船の運航性能及び周囲の水深や潮流などの自然要件に加え、周辺を航行する他の船舶の動静情報が不可欠であり、AIS の搭載義務化等は、自動化を進める上でも重要な要素となる。

資 料

1	○Z T手法を用いた東京湾の海域特性の分析（詳細版）	62
2	タンカーが関係する油流出事故における想定シナリオ	109
3	タンカーが関係する油流出事故における想定シナリオを踏まえた 直接的・間接的な社会経済影響	111
4	A I Sを活用した取り組み	116

資料 1

0ZT手法を用いた東京湾の海域特性の分析

(詳細版)

目 次

1	はじめに	65
1.1	調査の目的	65
1.2	調査の概要	65
2	分析の対象	65
2.1	分析対象	65
2.2	対象海域における通航密度分布	65
3	OZT 評価の対象	69
3.1	OZT の概要	69
3.1	評価対象船舶の航跡図	71
3.2	評価対象船舶の交通状況	72
4	OZT 分析結果	74
4.1	OZT 遭遇頻度の分布	74
4.1.1	海域全体での傾向	74
4.1.2	浦賀水道航路、中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域	77
4.1.3	東京湾入口周辺の海域	78
4.1.4	東京港周辺の海域	79
4.1.5	川崎港および横浜港周辺の海域	80
4.1.6	千葉港周辺の海域	81
4.1.7	中ノ瀬北方周辺の海域	82
4.2	OZT 遭遇したときの自船位置の分布	83
4.2.1	海域全体の OZT 遭遇位置	83
4.2.2	浦賀水道航路、中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域	87
4.2.3	東京湾入口周辺の海域	88
4.2.4	東京港周辺の海域	89
4.2.5	川崎港および横浜港周辺の海域	90
4.2.6	千葉港周辺の海域	91
4.2.7	中ノ瀬北方周辺の海域	92
4.3	時間帯別の OZT 遭遇回数	93
4.3.1	東京湾入口周辺の海域	94
4.3.2	東京港周辺の海域	95
4.3.3	川崎港および横浜港周辺の海域	96
4.3.4	千葉港周辺の海域	97
4.3.5	中ノ瀬北方周辺の海域	98
4.4	一航海当たりの OZT 遭遇状況	99
4.4.1	北航中に遭遇する OZT	99
4.4.2	南航中に遭遇する OZT	103
6	まとめ	107

7 参考文献..... 108

1 はじめに

1.1 調査の目的

船舶交通が最もふくそうする東京湾を例に、船舶事故が起こった場合の被害の大きさをビジュアル的に数値、グラフ等を用いて示すため、東京湾における海難発生の高蓋然性が高い海域（危険海域分布）を OZT 手法¹⁾²⁾³⁾⁴⁾を用いて分析し可視化する。

1.2 調査の概要

① OZT 遭遇頻度の分布

OZT が発生しやすい場所を把握するため、1 日当たりの OZT 遭遇頻度の分布を解析した。

② OZT 遭遇したときの自船位置の分布

OZT が発生しやすい場所別の特徴を把握するため、一度に OZT 遭遇した隻数別での自船位置を解析した。

③ 時間推移別の OZT 発生数

OZT が発生しやすい時間帯を把握するため、1 時間ごとの OZT の遭遇回数を解析した。

④ 一航海当たりの OZT 遭遇状況

航行中に OZT に遭遇しやすい場所を把握するため、任意の船舶が入出港するときの一航海当たりに遭遇する OZT を解析した。

2 分析の対象

2.1 分析対象

分析対象は以下の通りである。

AIS データの期間：2016 年 3 月 1 日から 3 月 31 日の 31 日間

対象海域：図 1 に示す赤枠内の範囲

2.2 対象海域における通航密度分布

船舶の通航状況の概要を把握するため、南北方向別に航行する船舶の通行密度分布を解析した。対象海域を 0.2 分（約 0.2NM）メッシュに区切り、東西方向に通航船舶数計測ゲートを設定し、1 日当たりのゲート毎の通航密度を解析した。

図 2 は北航船、図 3 は南航船の通航密度分布である。北航および南航ともに、浦賀水道航路の南側の海域や、各航路および港湾内は極めて過密な状況にあることがわかる。北航と南航を比較すると、南航では浦賀水道航路を抜けたのち各船舶の目的地に向かって針路をとることにより、東京湾の南側の海域では北航よりも比較的通航密度が分散する傾向にあることがわかる。

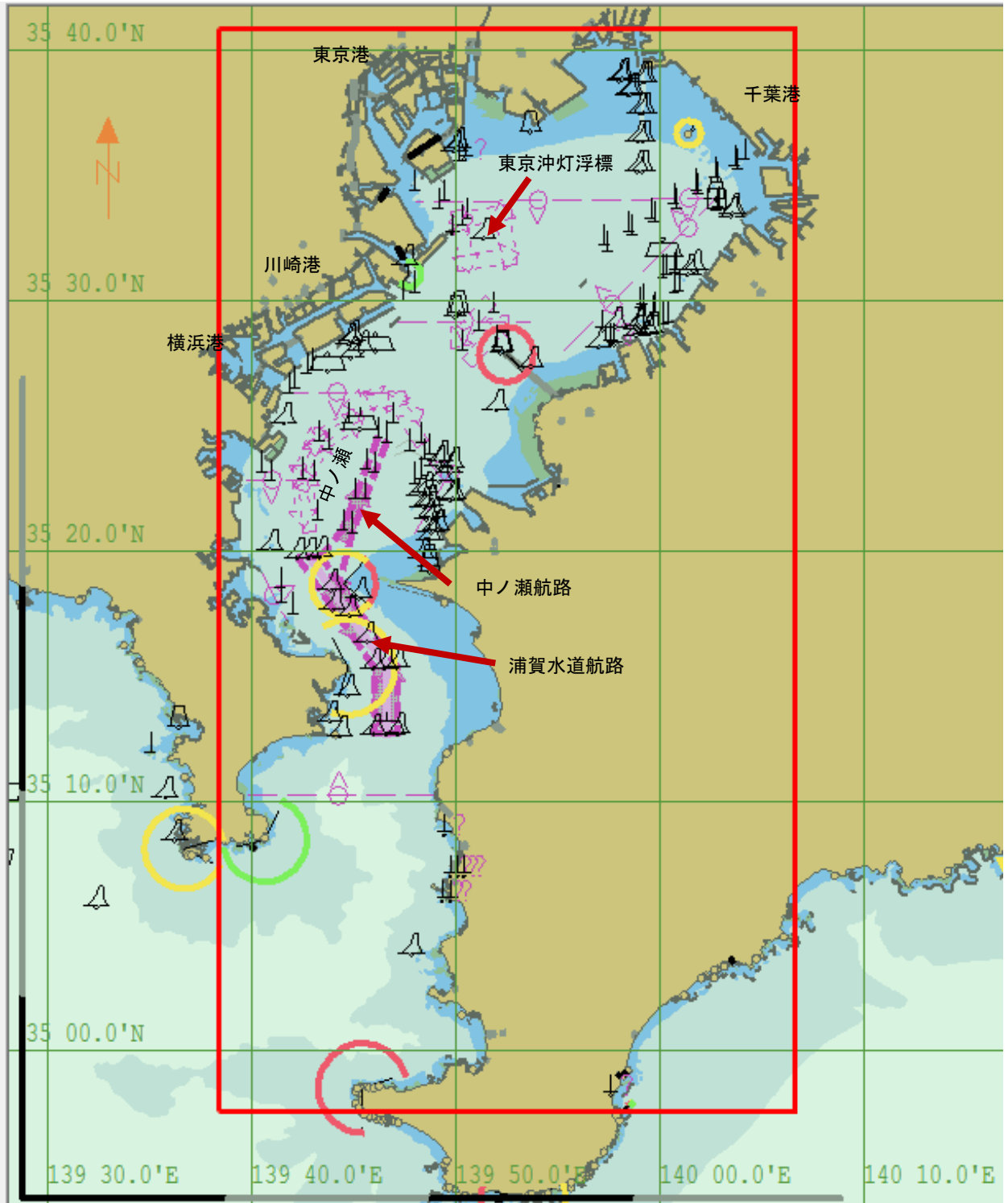


図 1 分析対象海域 (赤枠範囲内)

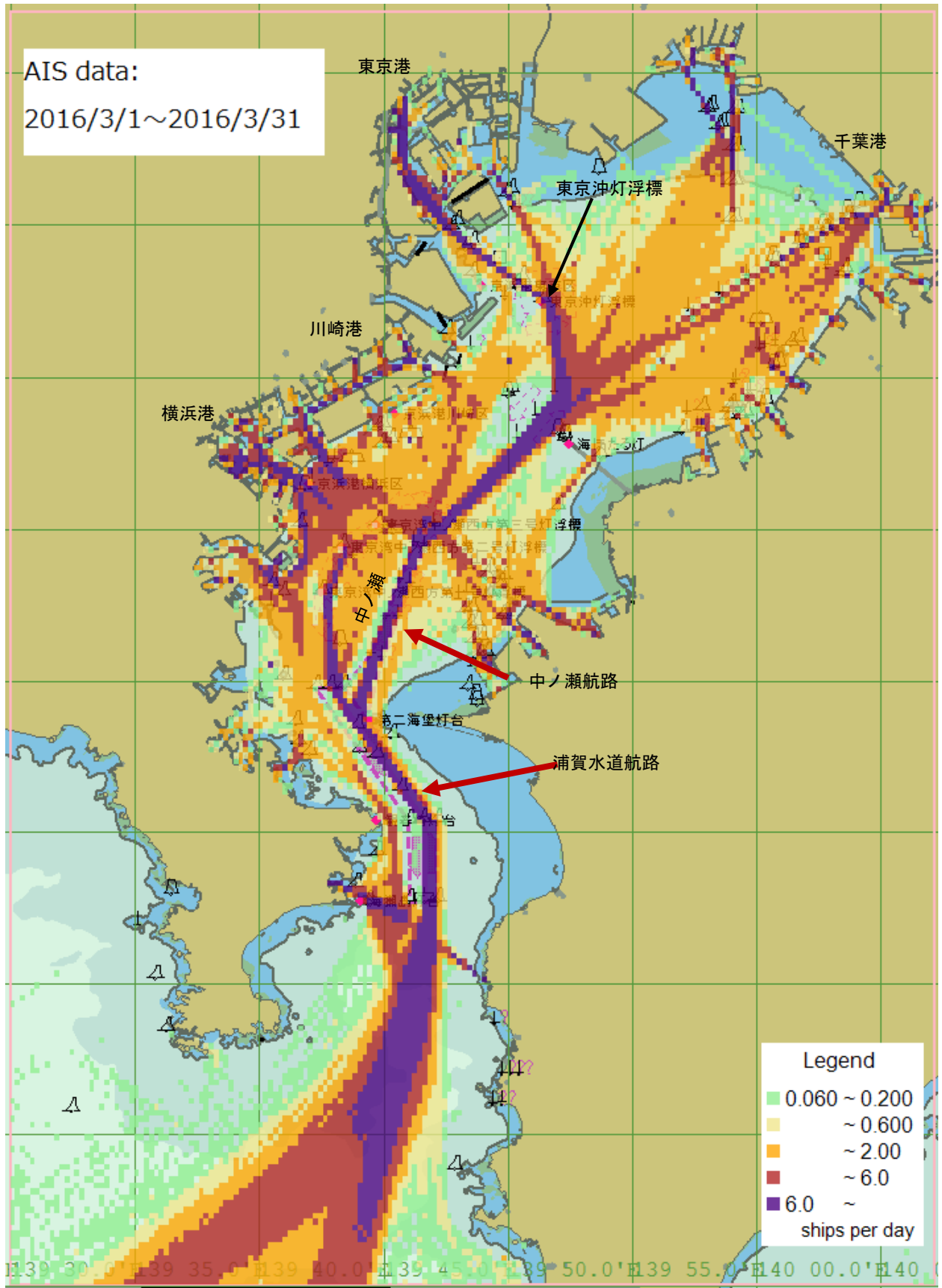


図 2 船舶の通航状況の概要 1 (北航船の通航密度分布)

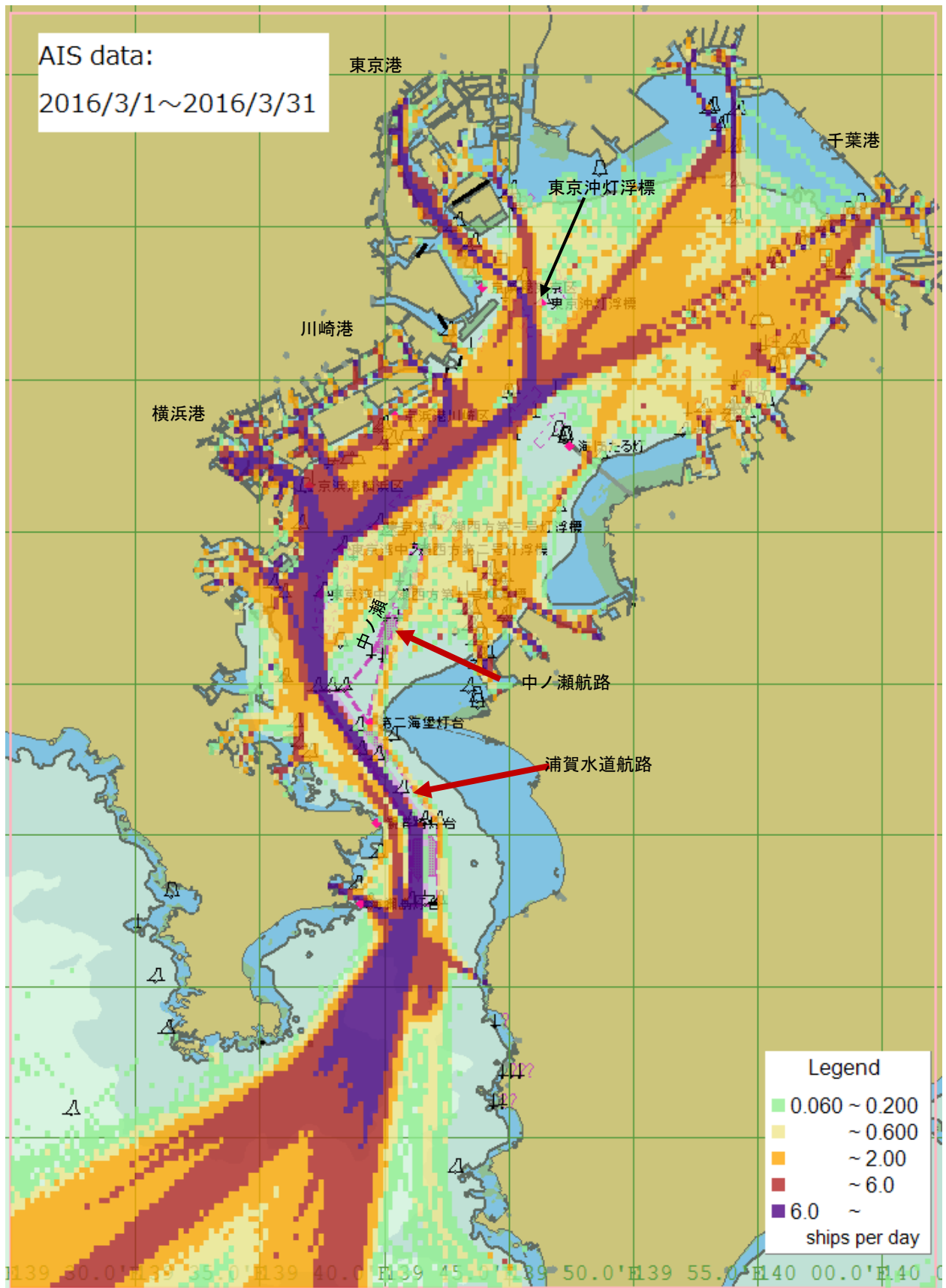


図 3 船舶の通航状況の概要 2 (南航船の通航密度分布)

3 OZT 評価の対象

3.1 OZT の概要

OZT とは、自船の進行方向において、他船（ターゲット）によって近い将来妨害される領域を示す。この領域が自船から見て前方に存在する場合には自船の操船行動に圧力をかける要素となる。さらにこの領域が自船から見て正面に発生すれば、操船に困難を生じているとみなすことができ、何らかの行動によりこの領域を避ける必要がある。この考え方にもとづき、一定以上の操船困難になったとみなす OZT 評価の条件と、本調査の目的に合わせた評価対象の船舶を決定した。

OZT 評価の条件

<対象船舶>

東京湾外の港と東京湾内の港を移動する船舶および東京湾内の港間を移動する船舶が遭遇する OZT を解析するため、対象海域にゲートラインを設定し、そのうちの 2 本を通過した船舶を対象に解析を行った（図 6 参照）。解析対象の船舶はのべ 15,401 隻である。

※ 分析は 31 日間連続して行った。

※ 船舶の進行方向（北航・南航）は、始点と終点となるゲートラインの通過位置から判定を行ったため、必ずしも各位置における船首方位と進行方向が一致するとは限らない。

<評価の対象>

- ① OZT 発生とみなす最小安全航過距離は 0.1NM 以下とする。
- ② OZT 地点に至るまでの時間が 5 分以内を対象とする。
- ③ OZT が自船の針路から左右 10 度以内（評価エリア）を対象とする。
- ④ 距離が 3NM 以内に接近した二船を対象とする。

<条件設定の考え方>

OZT の評価条件について、現時点では論文等で明文化された一般的な基準がないため、本調査では以下の考え方のもと各条件を設定した。

- ① 二船間が近くに接近する状況が危険であろうとして設定した。
- ② 5 分前であれば何らかの操船によって衝突を回避できるであろうとの一般的な考え、すなわち、避航を開始するもっとも遅い限界の時点として設定した。
- ③ 自船のほぼ正面の針路が妨害されるため、何らかの避航が必ず必要な状況であるとして設定した。
- ④ 3NM を 5 分間（②の条件）で航行する場合、同速の反航船を考えるとそれぞれ 18kt の速力が必要であり、対象海域を航行する船舶の多くがこの速力以下であるとして設定した。

<OZT 評価の例>

例として、図 4 に示すように自船（黄色の船舶、速力 12.1kt、船首方位 349deg）の周囲に 5 隻の船舶が航行している状況を考える。この状況において 5 分以内に自船が他の船舶との距離が 0.1NM 以下になる範囲は、赤色で示される範囲であり、これを OZT と呼ぶ。この状況において、自船は A 船・B 船・C 船・E 船の 4 隻と OZT が発生している。

次に、図 5 に示すように、青色で示す範囲が評価エリア内（自船の針路から左右 10 度以内）に入っている。すなわち自船は A 船・B 船・C 船の 3 隻と OZT 遭遇していると言える。次章以降の解析での評価対象となる OZT は、A 船・B 船・C 船の 3 隻との OZT である。なお、図 4 および図 5 の速度ベクトルは 5 分間でのものを示し、各船舶の船型は 2 倍に拡大して表示している。

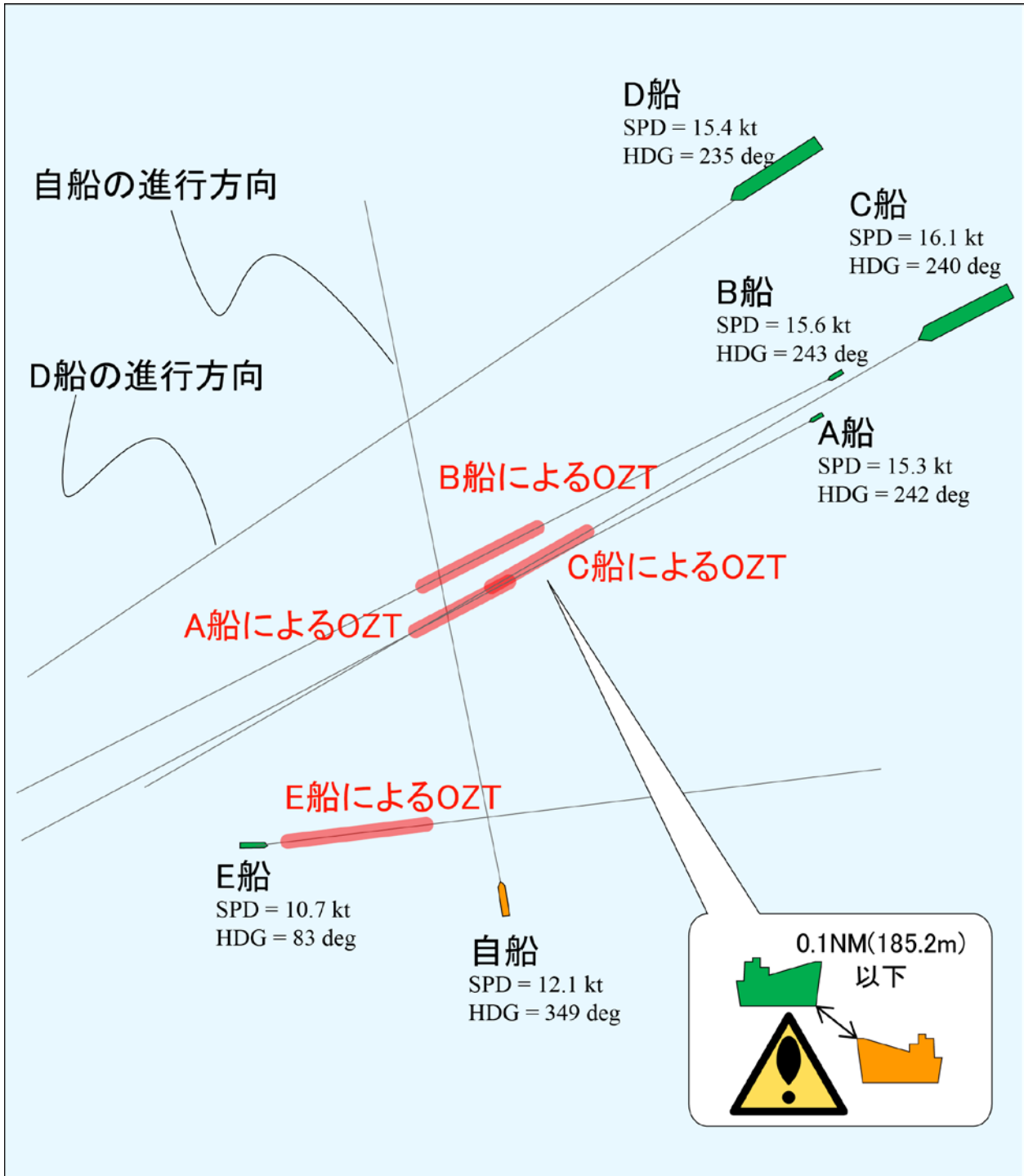


図 4 OZT 評価の例（自船から見た OZT 発生位置）

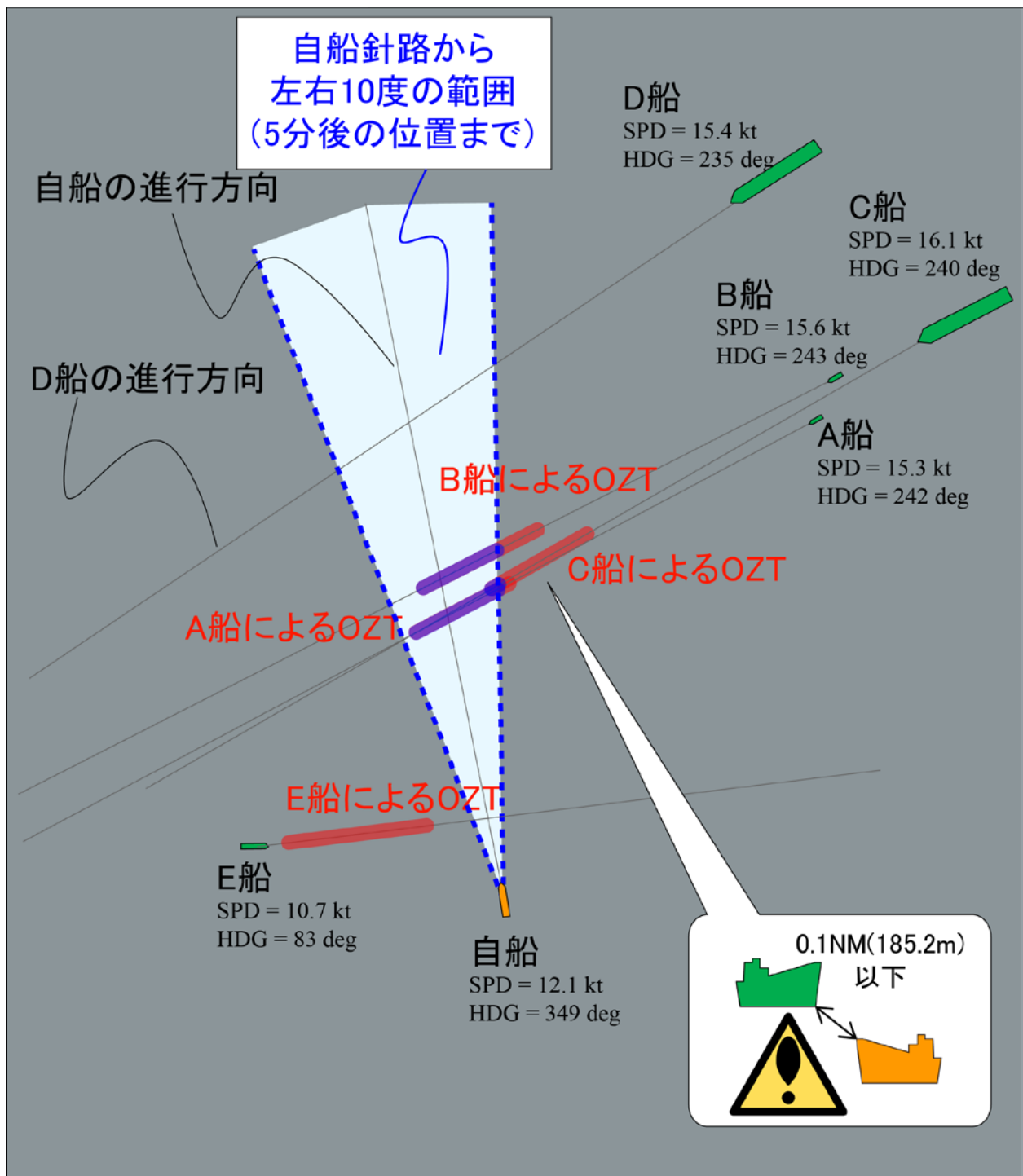


図 5 本調査での評価エリア（2本の青点線で挟まれる範囲）と分析対象の OZT（青色部分）

3.1 評価対象船舶の航跡図

図 6 に設定したゲートラインと、2016 年 3 月 4 日における OZT 評価の対象船舶の航跡を示す。

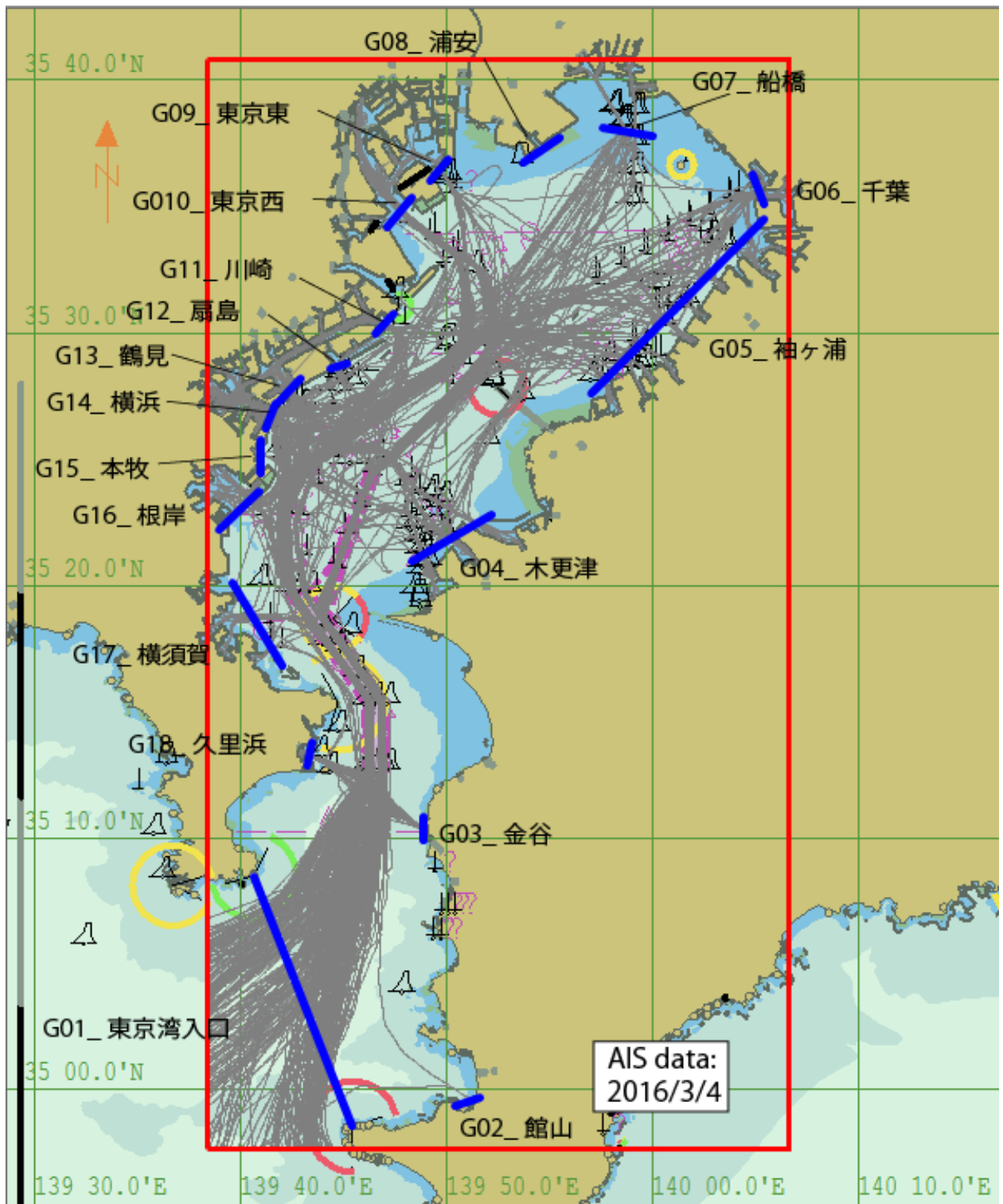


図 6 東京湾内の航行船舶を検出するためのゲートライン（青線）と航行船舶の航跡（灰色）

3.2 評価対象船舶の交通状況

分析対象船舶は、対象海域内の全ゲートラインのうち2本を通過したのべ15,401隻であった。図7に日別隻数分布を示す。なお1本目のゲートラインを通過した日をもとに集計を行った。対象海域を通航する船舶は、平日に多く、日曜日には少ない傾向が確認できる。

OZT評価の対象船舶について、ゲートライン「G01_東京湾入口」を通過して東京湾に入る

船舶の目的地の内訳を図 8 に示す。東京湾に入る船舶のうち、東京港に入港する船舶 (G09~G10) は約 21%、川崎港および横浜港に入港する船舶 (G11~G15) は約 28%、千葉港に入港する船舶 (G05~G08) は約 35% で、全体の約 84% がこれら 3 地区に入港している。

また、湾内を移動する船舶については、旅客船航路が設定されている久里浜~金谷、および各港を移動する船舶 (例えば、「G05_袖ヶ浦」と「G06_千葉」の移動) が多かった。

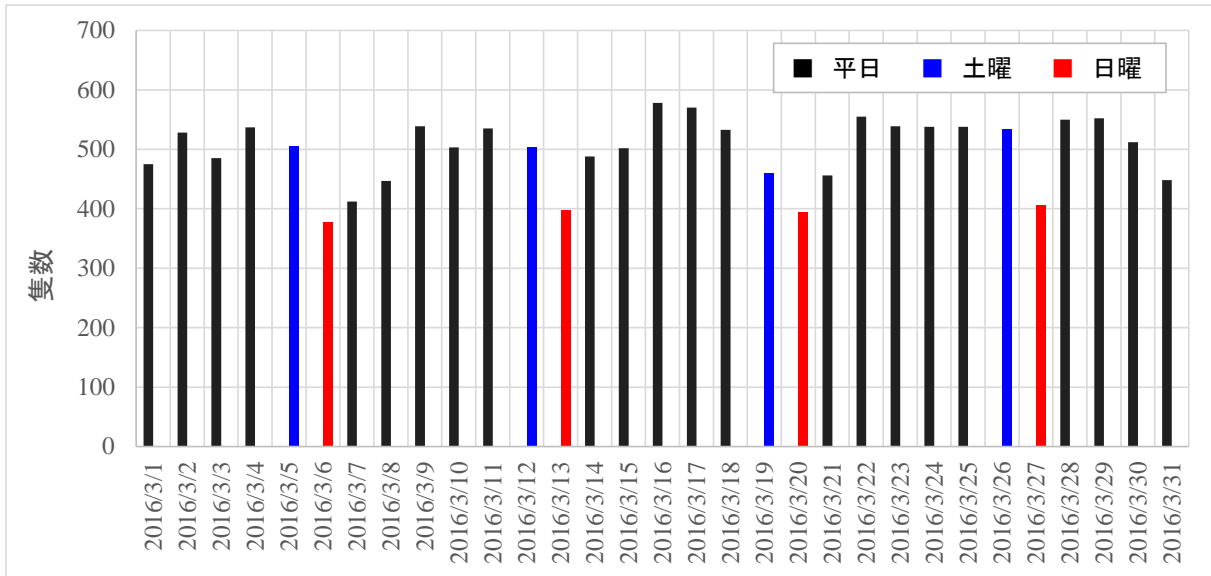


図 7 東京湾内を航行する船舶の日別隻数 (2本のゲートライン間を通過した船舶に限る)

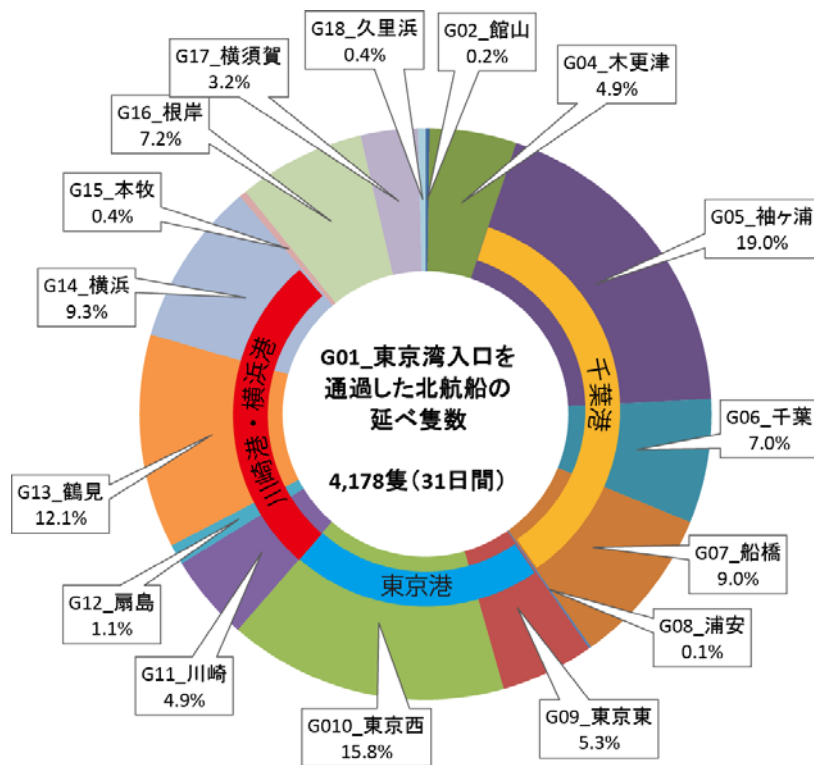


図 8 東京湾に入る船舶の目的地

4 OZT 分析結果

4.1 OZT 遭遇頻度の分布

OZT が発生しやすい場所を把握するため、1 日当たりの OZT 遭遇頻度の分布を解析した。図 10 から図 22 に、1 日当たりの OZT 遭遇頻度の分布を示す。対象海域を 0.2 分(約 0.2NM)メッシュに区切り、各メッシュ内での自船が遭遇したときの 1 日当たりの OZT の個数を解析した。具体的には、図 5 の例では OZT の個数を 3 個として、このときの自船位置に該当するメッシュ内で発生した OZT の個数の総和を算出し 31 日で割った。

4.1.1 海域全体での傾向

1 日当たりの OZT 遭遇頻度は、船舶の通航密度分布と同様に、船舶交通が集中し過密な状況にある各港内、東京浦賀水道航路および中ノ瀬航路、中ノ瀬西方海域で極めて高い。

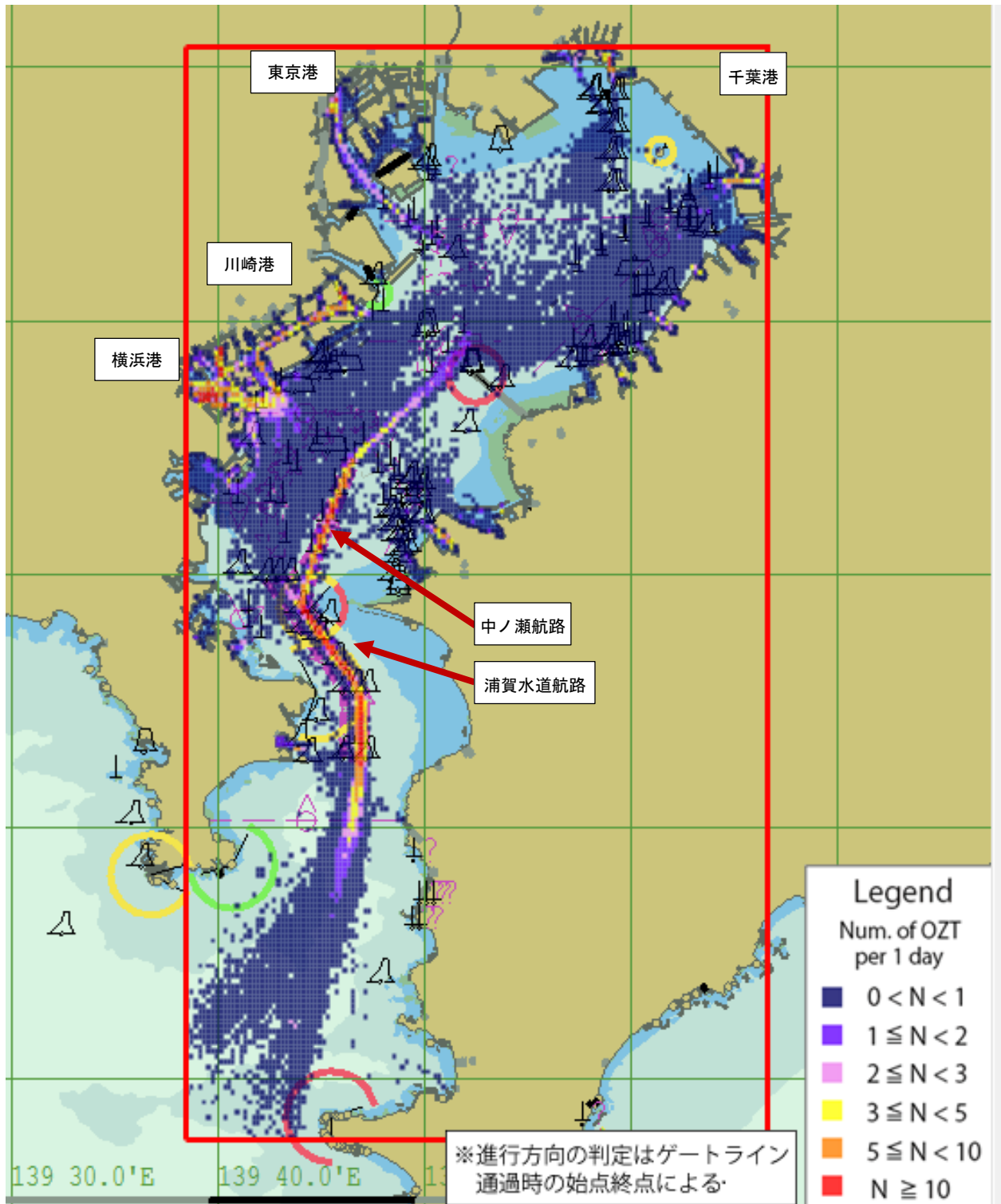


図 9 海域全体における OZT の発生状況の概要（北航船）

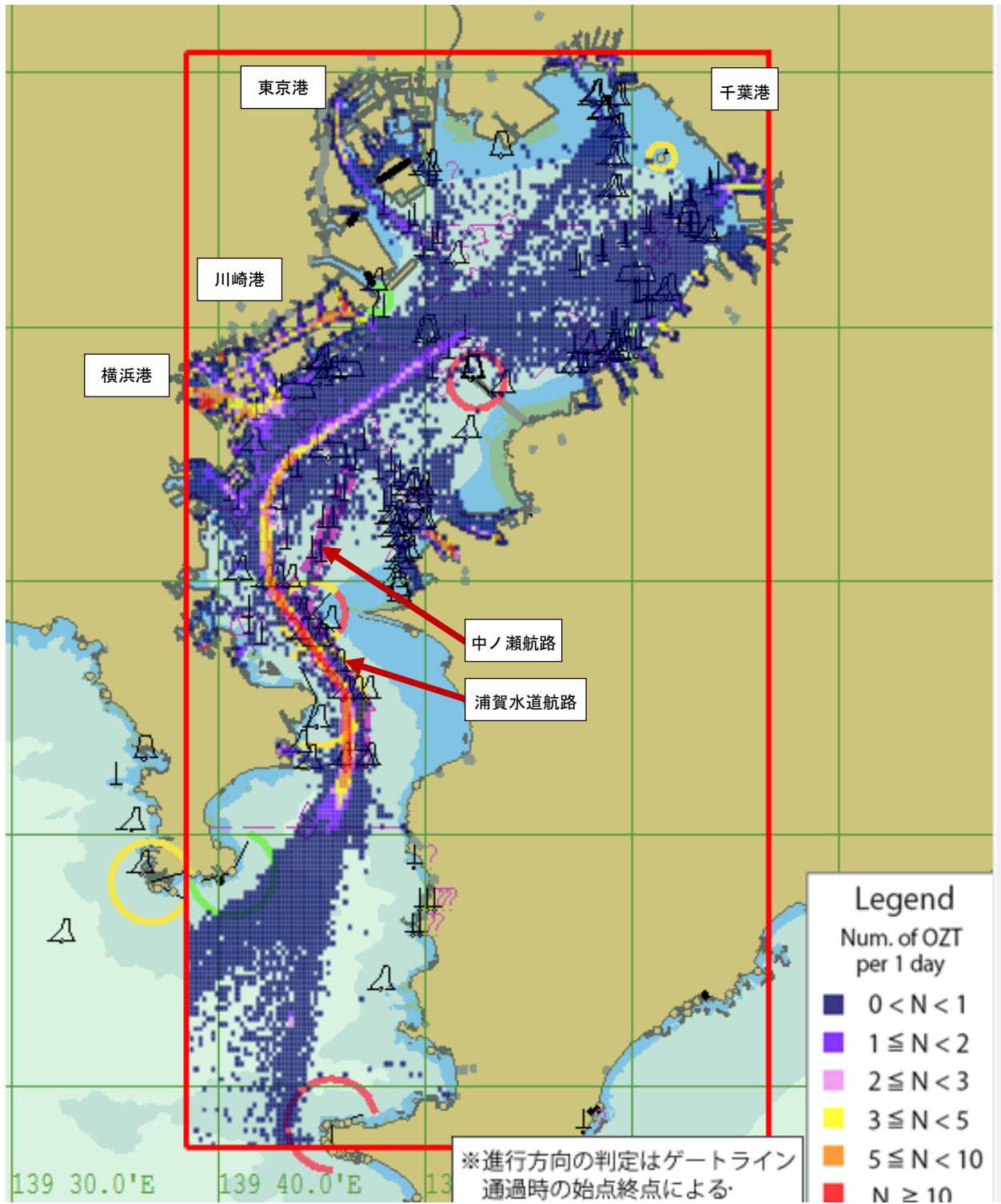


図 10 海域全体における OZT の発生状況の概要（南航船）

4.1.2 浦賀水道航路、中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域

OZT 遭遇頻度が極めて高い部分は、主に北航南航の方向別航路での中央部に分布している。川崎港および横浜港に向かう北航船は、浦賀水道航路の北端を出た後は各目的地に向かって分散して航行するため、中ノ瀬西方海域では OZT 遭遇頻度が抑えられる傾向にある。南航船は、ほぼすべての船舶が中ノ瀬西方海域に集中して航行するため、浦賀水道航路を出るまで継続して OZT 遭遇が高い場所が分布している。

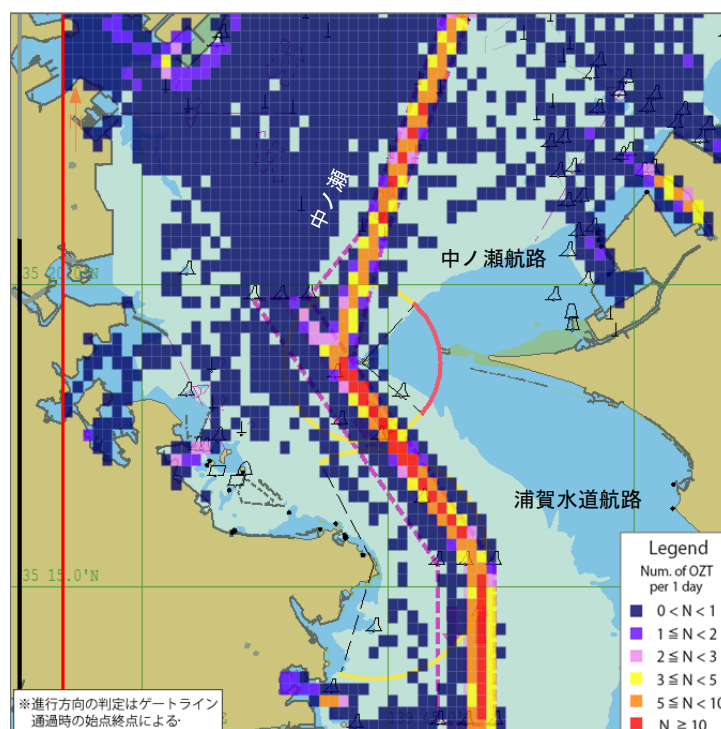


図 11 浦賀水道航路周辺における OZT 遭遇頻度分布 (北航船)

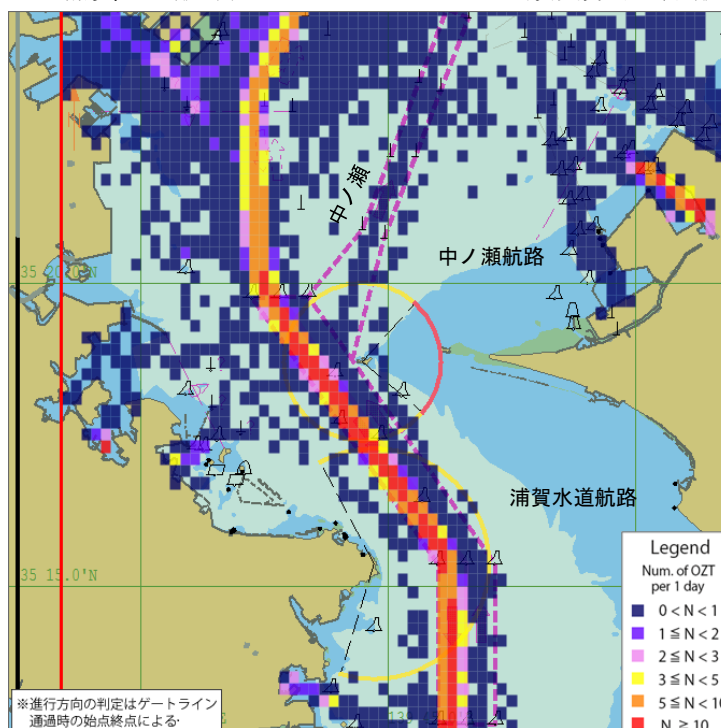


図 12 浦賀水道航路周辺における OZT 遭遇頻度分布 (南航船)

4.1.3 東京湾入口周辺の海域

OZT 遭遇頻度が極めて高い部分は、北航南航ともに浦賀水道の南端周辺に分布している。北航船と南航船で比較すると、北航船は OZT 遭遇頻度が高い部分が南北方向に広く分布し、南航船は浦賀水道航路の南端周辺で東西方向に広がって分布している。

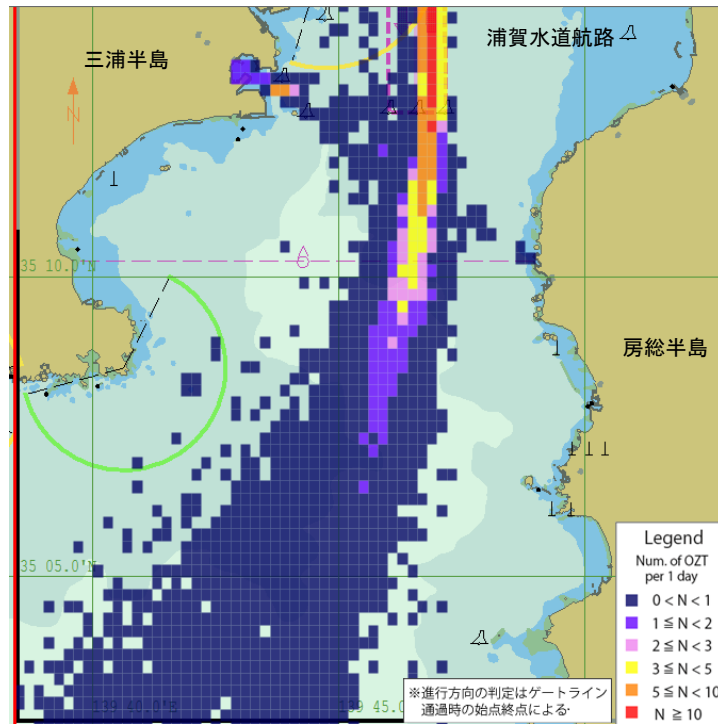


図 13 東京湾入口周辺における OZT 遭遇頻度分布 (北航船)

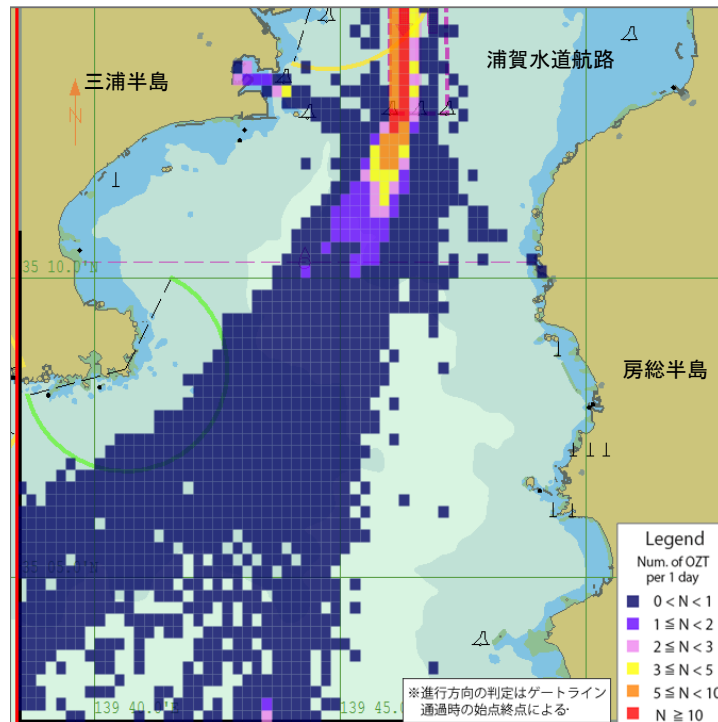


図 14 東京湾入口周辺における OZT 遭遇頻度分布 (南航船)

4.1.4 東京港周辺の海域

東京港の出入り口にあたる東京沖灯浮標の周辺から湾奥に向かって、OZT の遭遇頻度が高い場所が 1 本の線状として確認できる。北航船と南航船と比較すると、北航船の方が東京沖灯浮標の近くまで 1 日あたりに 1 回以上の OZT に遭遇する地点が伸びて分布している。

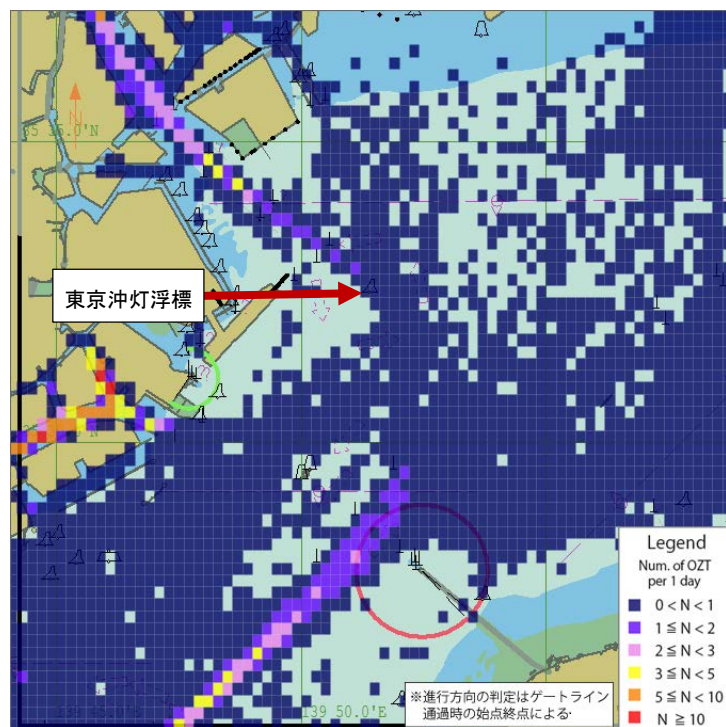


図 15 東京港周辺における OZT 遭遇頻度分布（北航船）

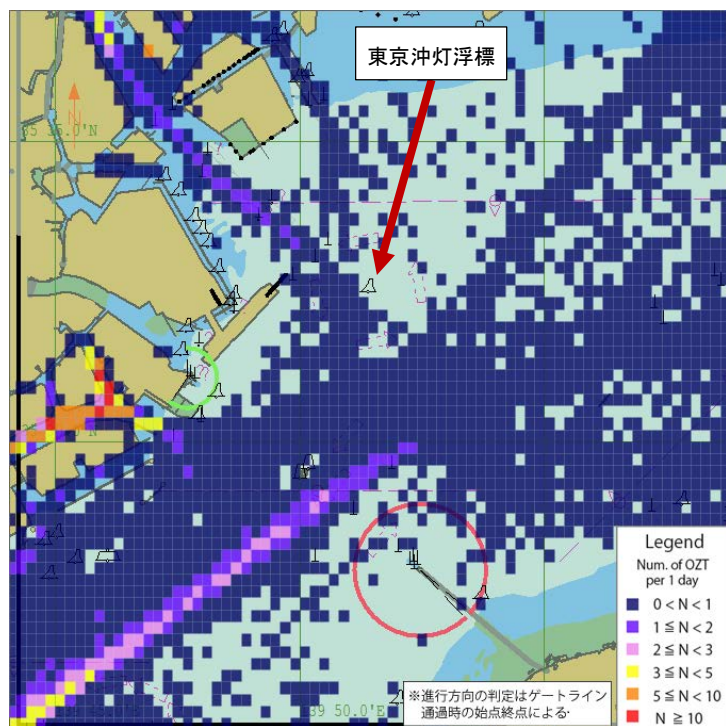


図 16 東京港周辺における OZT 遭遇頻度分布（南航船）

4.1.5 川崎港および横浜港周辺の海域

横浜港の出入り口周辺から港内に向かって OZT 遭遇頻度が高い場所が分布している。横浜港の出入り口周辺での北航船と南航船で比較すると、北航船は、浦賀水道航路の北端を出た後は各目的地に向かって分散して航行するため、中ノ瀬西方海域では OZT 遭遇頻度が抑えられる傾向にある。南航船は港を出港して中ノ瀬西方海域に接続する場所に 1 日当たりに 1 回以上の OZT に遭遇する地点が連続している。

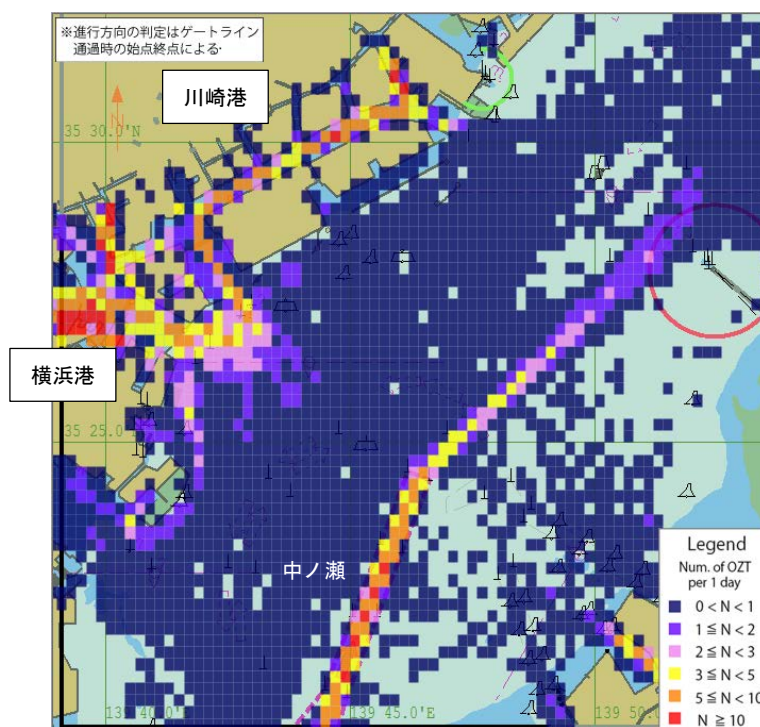


図 17 川崎港および横浜港周辺における OZT 遭遇頻度分布 (北航船)

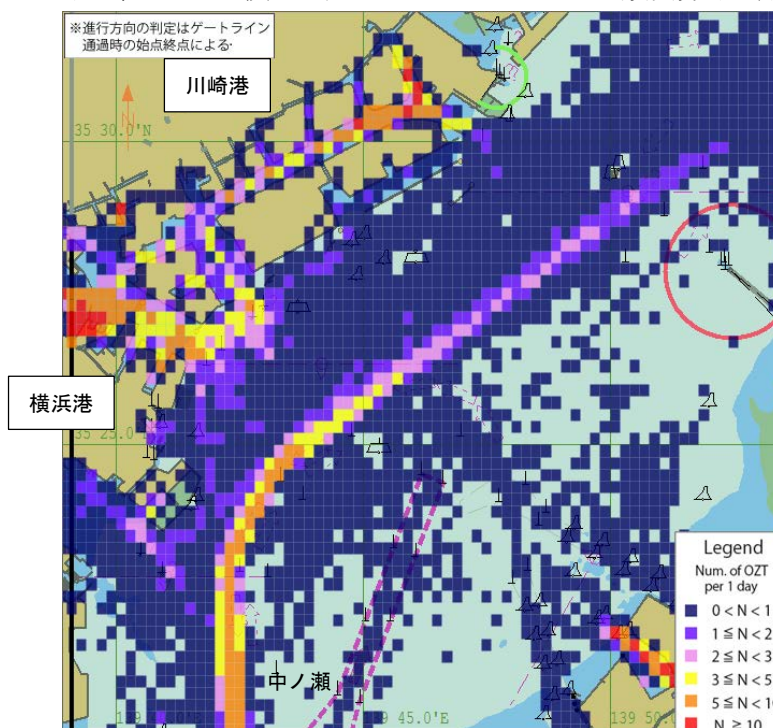


図 18 川崎港および横浜港周辺における OZT 遭遇頻度分布 (南航船)

4.1.6 千葉港周辺の海域

千葉港内の各航路内およびバース周辺に、北航南航ともに OZT 遭遇が高い場所が分布している。中ノ瀬北方の東水路および西水路と千葉港の各バースを結ぶ海域の広範に渡って、1日あたりに1回未満の OZT が発生する地点が存在している。

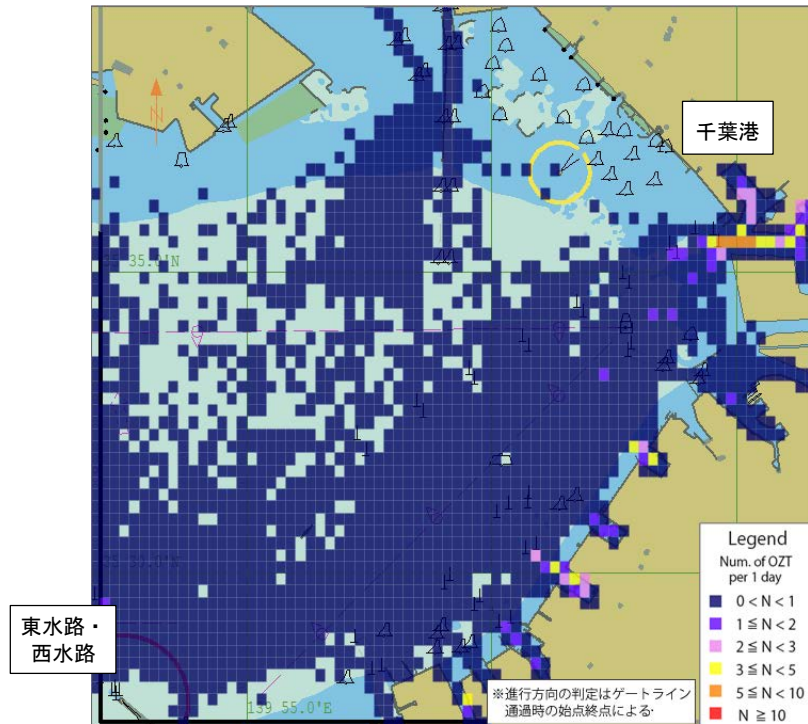


図 19 千葉港周辺における OZT 遭遇頻度分布（北航船）

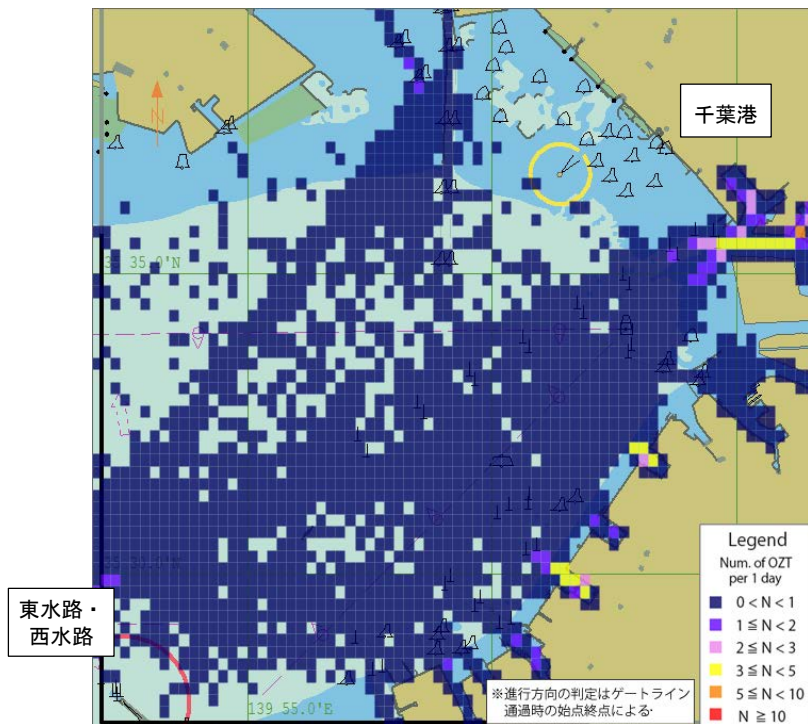


図 20 千葉港周辺における OZT 遭遇頻度分布（南航船）

4.1.7 中ノ瀬北方周辺の海域

中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域と東水路および西水路を通航する船舶が集中して航行することにより、中ノ瀬の北側の海域に1日当たり複数回のOZTに遭遇する地点が確認できる。北航船は、東水路の北端周辺に東京港の方向に向かってOZT遭遇頻度が高い場所が分布しており、南航船は西水路の北端周辺に千葉港の方向に向かってOZT遭遇頻度が高い場所が分布している。

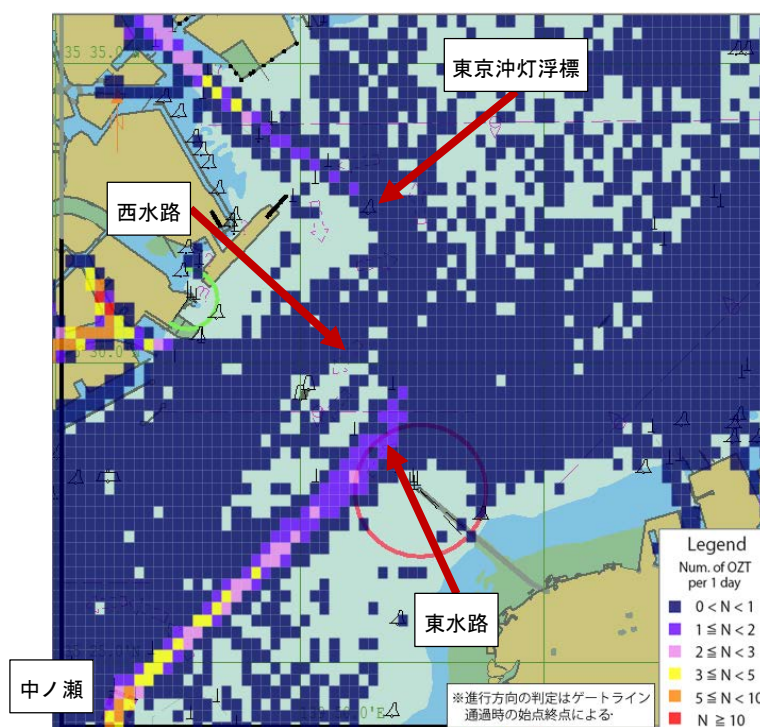


図 21 中ノ瀬北方周辺における OZT 遭遇頻度分布 (北航船)

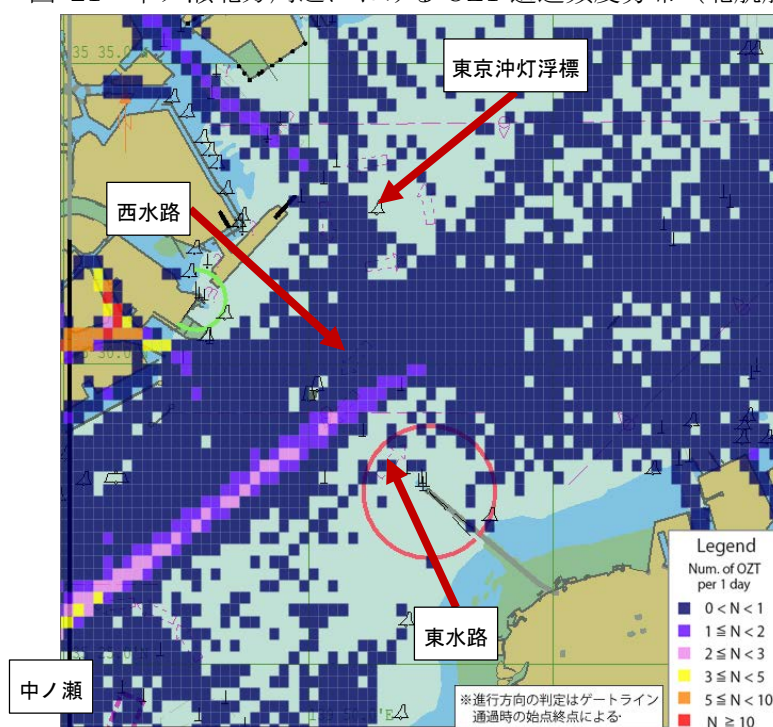


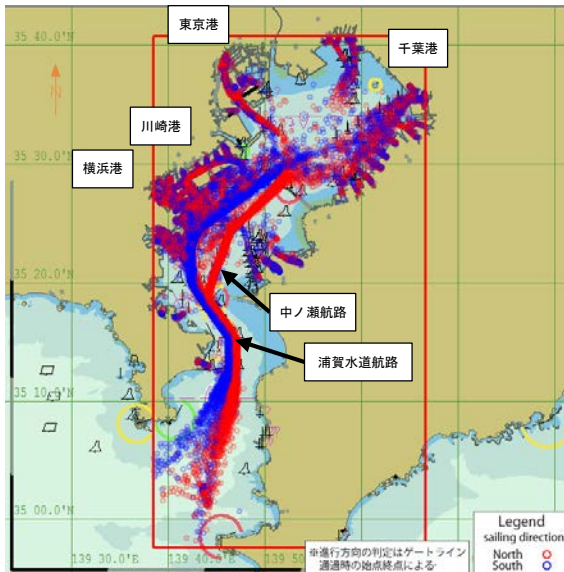
図 22 中ノ瀬北方周辺における OZT 遭遇頻度分布 (南航船)

4.2 OZT 遭遇したときの自船位置の分布

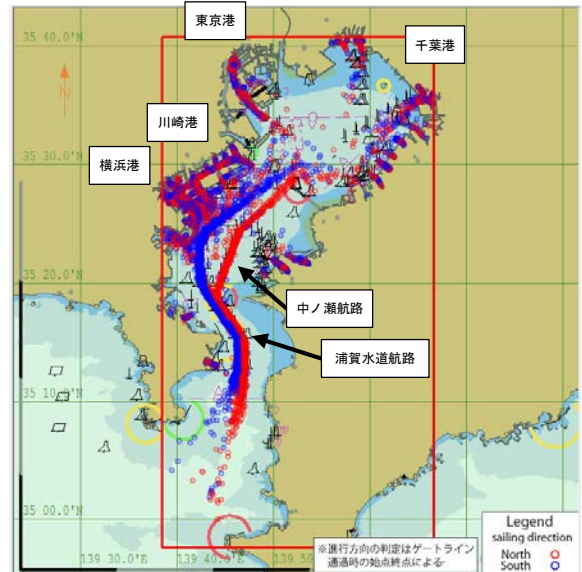
OZT が発生しやすい場所別の特徴を把握するため、一度に OZT 遭遇した隻数別での自船位置を分析した。図 23 から図 31 に、OZT 遭遇した隻数別の自船位置を示す。具体的には図 5 を例にすると、OZT 遭遇した隻数が 3 隻であり、このときの自船位置が一つの点として表わされる。なお、1 隻の船舶と OZT が発生した場合は容易に避航できることから、ここでは同時に 2 隻以上の船舶と OZT が発生した場合について示す。赤色は自船が北航船、青色は自船が南航船である。

4.2.1 海域全体の OZT 遭遇位置

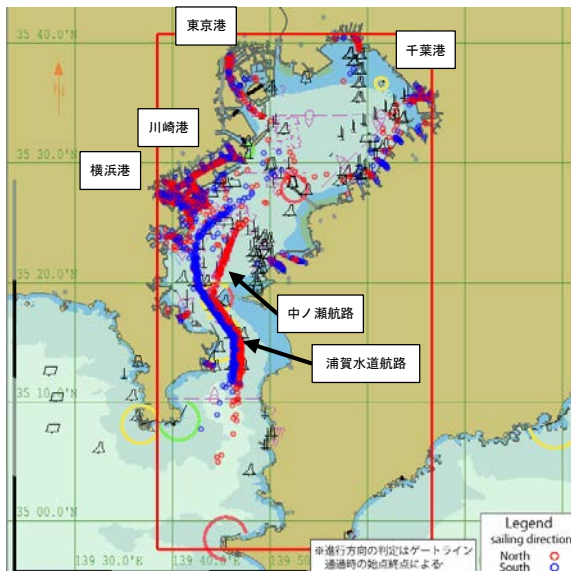
図 23 から図 25 が示すように OZT 遭遇する隻数を問わず、船舶交通が集中し過密な状況にある各港内、浦賀水道航路および中ノ瀬航路、中ノ瀬西方海域で OZT 遭遇が発生しやすい。5 隻以上の船舶と OZT が同時に遭遇する状況では、他の船舶により周囲を囲まれ操船の自由度があまりないため、減速などにより前を航行する船舶に付いて行くだけの状況が発生している場合があると考えられる。



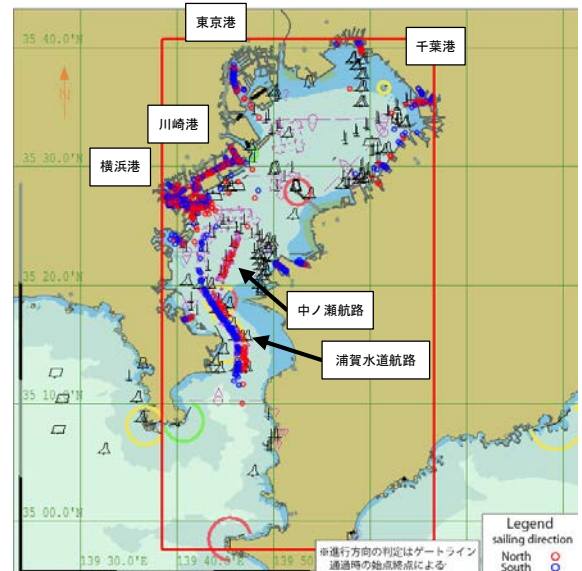
(a) 2隻の他船との同時遭遇



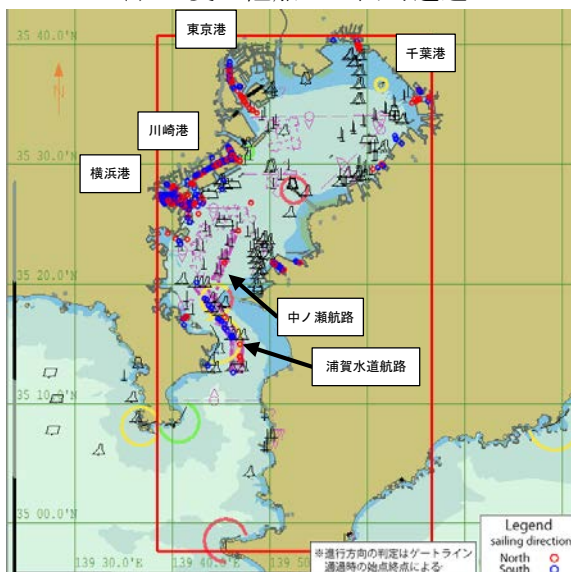
(b) 3隻の他船との同時遭遇



(c) 4隻の他船との同時遭遇

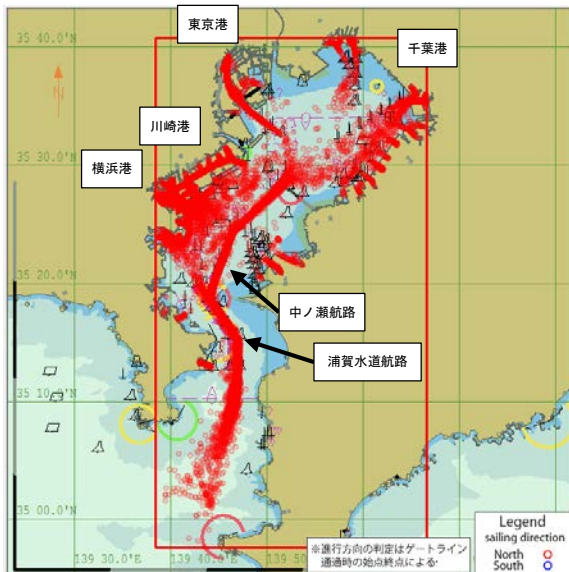


(d) 5隻の他船との同時遭遇

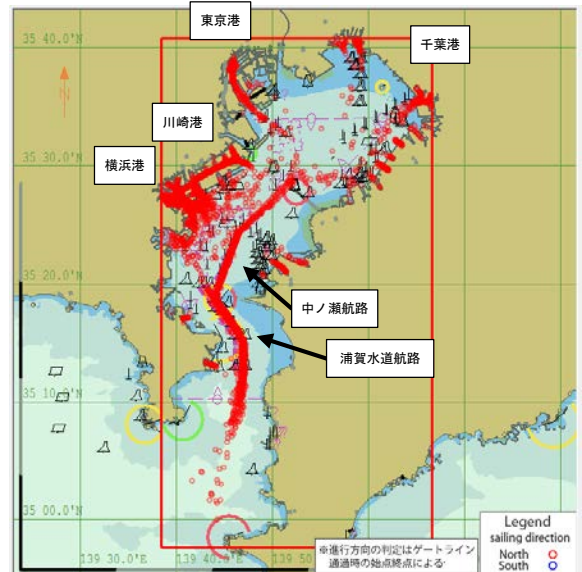


(e) 6隻の他船との同時遭遇

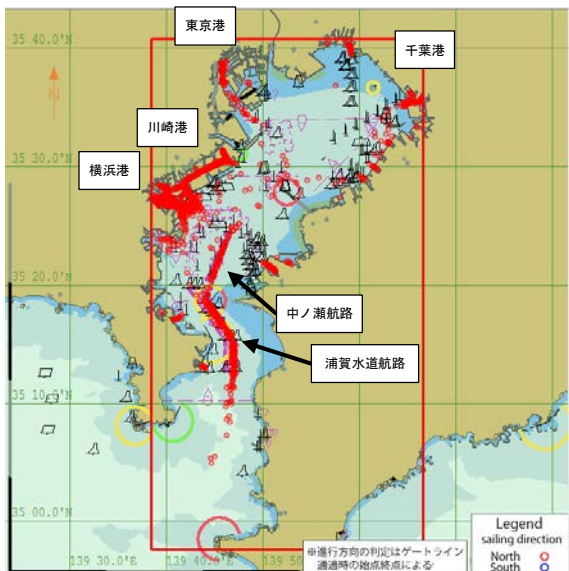
図 23 海域全体における OZT 遭遇したときの自船位置 (北航船と南航船)



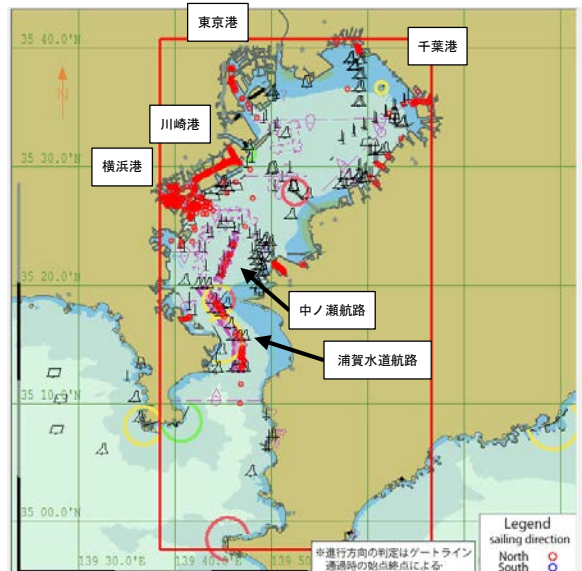
(a) 2隻の他船との同時遭遇



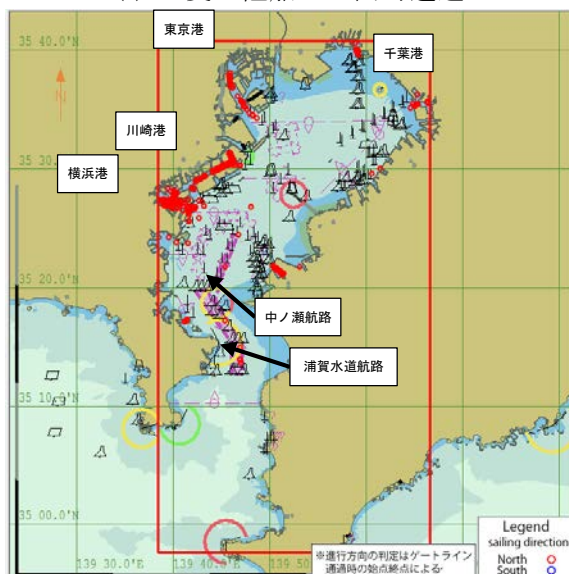
(b) 3隻の他船との同時遭遇



(c) 4隻の他船との同時遭遇

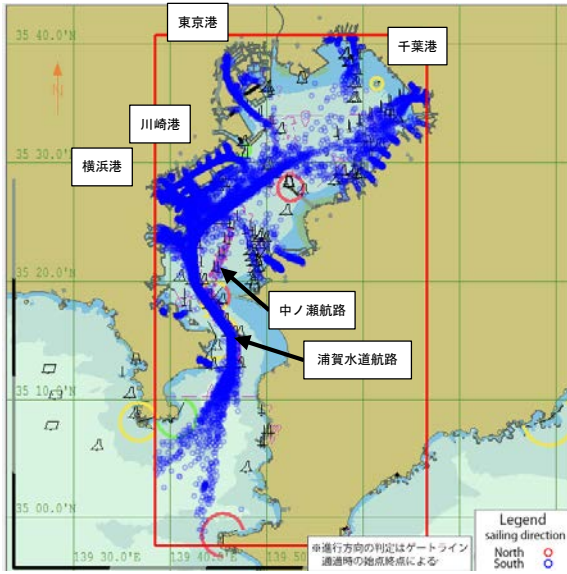


(d) 5隻の他船との同時遭遇

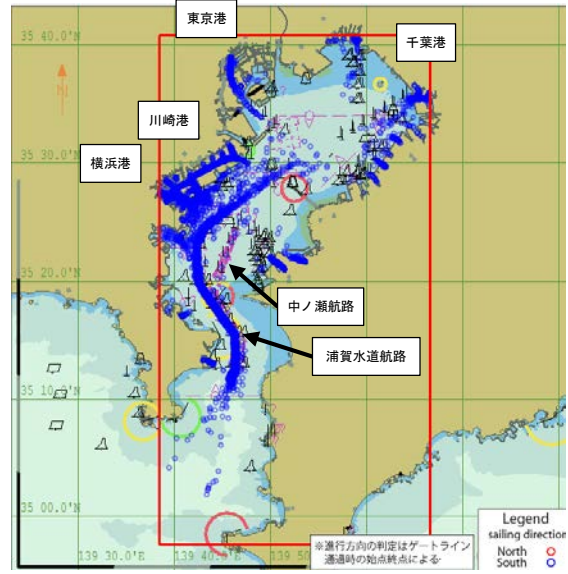


(e) 6隻の他船との同時遭遇

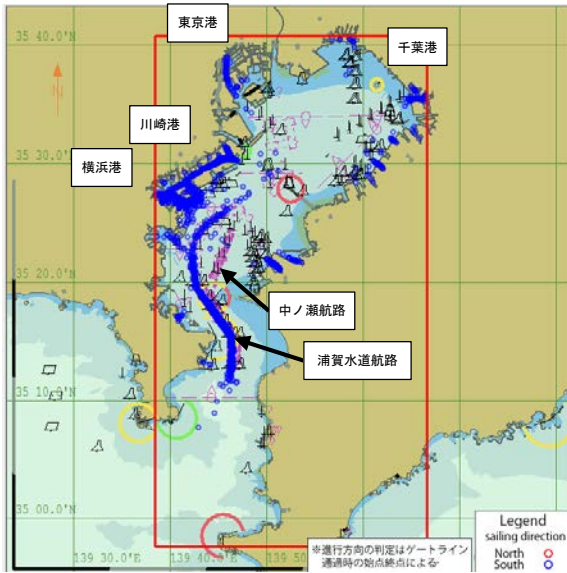
図 24 海域全体における OZT 遭遇したときの自船位置 (北航船)



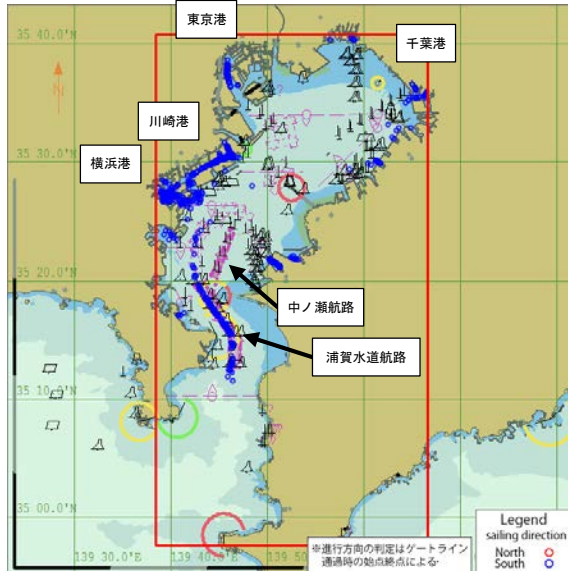
(a) 2隻の他船との同時遭遇



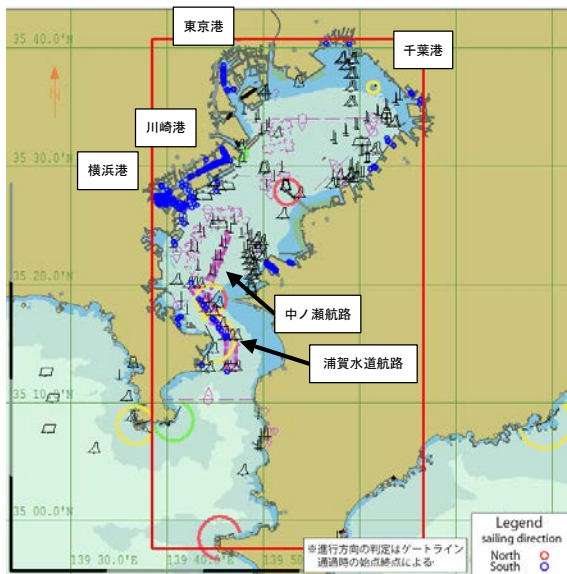
(b) 3隻の他船との同時遭遇



(c) 4隻の他船との同時遭遇



(d) 5隻の他船との同時遭遇



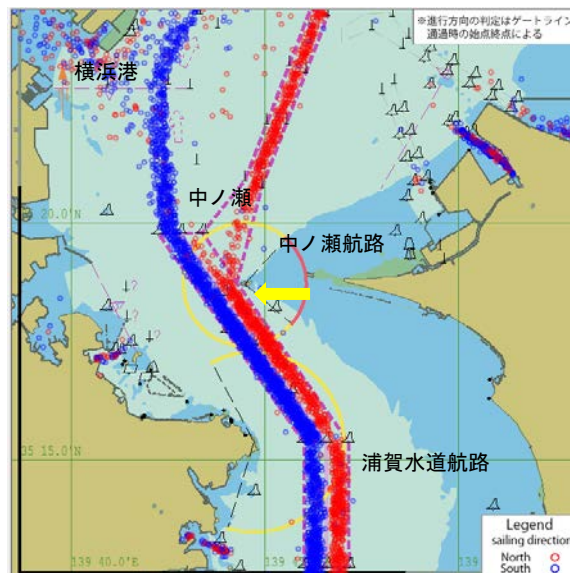
(e) 6隻の他船との同時遭遇

図 25 海域全体における OZT 遭遇したときの自船位置 (南航船)

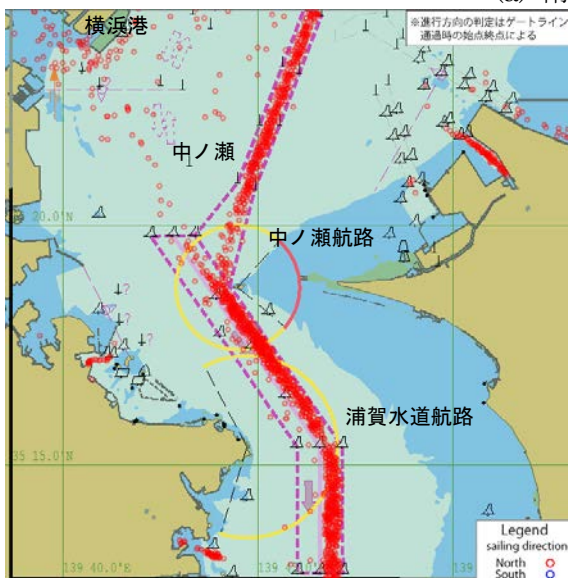
4.2.2 浦賀水道航路、中ノ瀬航路および中ノ瀬西方海域

船舶の方向別に整流化されている浦賀水道航路などの航路内での OZT 遭遇については、反航する船舶の影響もあるが、基本的には同航によるものと考えられる。針路が完全に間逆 (HDG=145 度と 325 度) で航行していると仮定すると、最小安全航過距離が 0.1NM 以下になる場合は航路の中央を航行する反航船に限られるが、北航南航ともにそれぞれの各方向別の航路中央から端まで航路幅方向に広く分布していることから、航路内の OZT 遭遇は同航船によるものが多いと考えられる。ただし、針路交差が生じる航路の屈曲部周辺は除く。さらに、同航船の場合は、二隻の速力が同じであれば OZT は発生しないことから、航路内を航行する船舶間で速力差が発生し、航路内での追い越しが必要となる場面があることを示している。

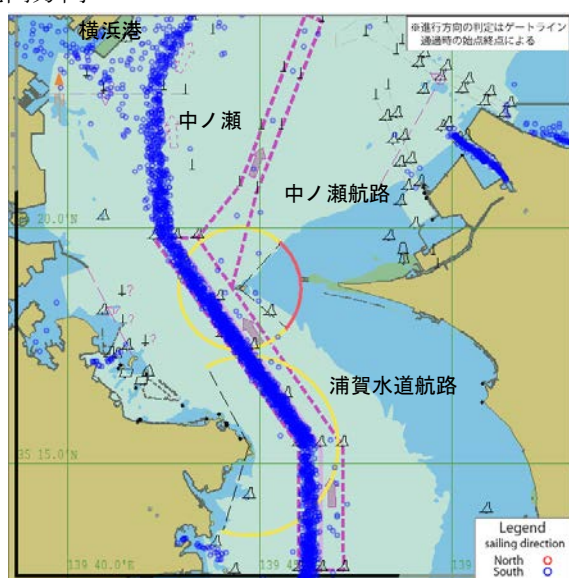
浦賀水道航路を通過した北航船は、中ノ瀬航路と横浜港に進路が別れるため、浦賀水道航路の北端周辺および中ノ瀬航路南端周辺(矢印が指す周辺)では OZT が抑えられる傾向にある。ほとんどの南航船は、中ノ瀬西方海域を経由して浦賀水道航路に入るため、各港から出て航路に入るまでの針路上に南航船同士の交差によると推定される OZT が発生しやすい。



(a) 南北両方向



(b) 北航船

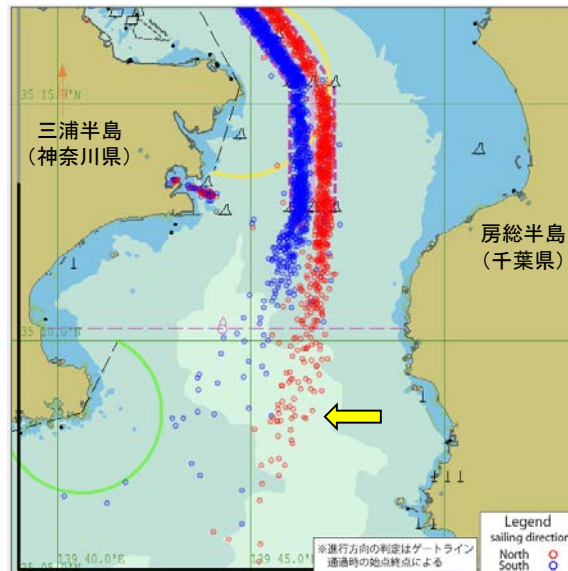


(c) 南航船

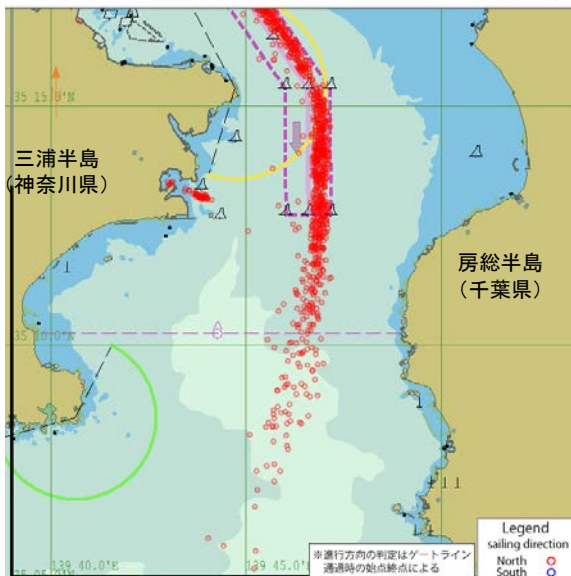
図 26 浦賀水道航路周辺における OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.2.3 東京湾入口周辺の海域

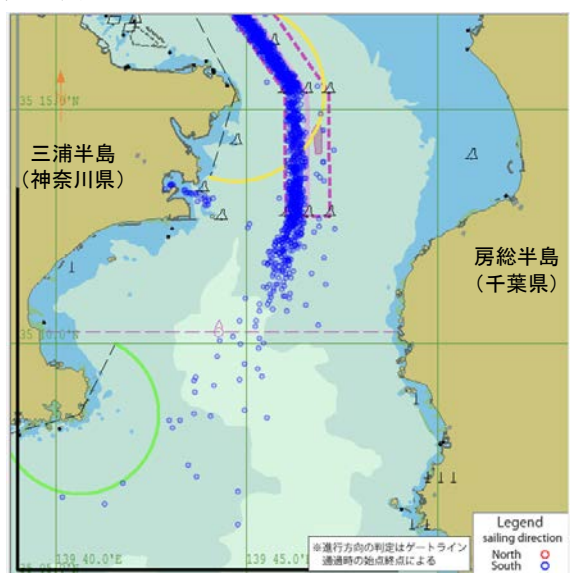
北航船と南航船の交差による OZT に加え、同航船による OZT が発生していると考えられる。特に、東京湾入口周辺の房総半島に近い海域（矢印が指す周辺）においては、南航船が浦賀水道航路を出てそのまま南航し北航船が通航する海域と重なる状況になるため、北航船と南航船の OZT が混在する場所があり、北航船は同航船に加えて南航船との反航による OZT が発生していると考えられる。



(a) 南北両方向



(b) 北航船

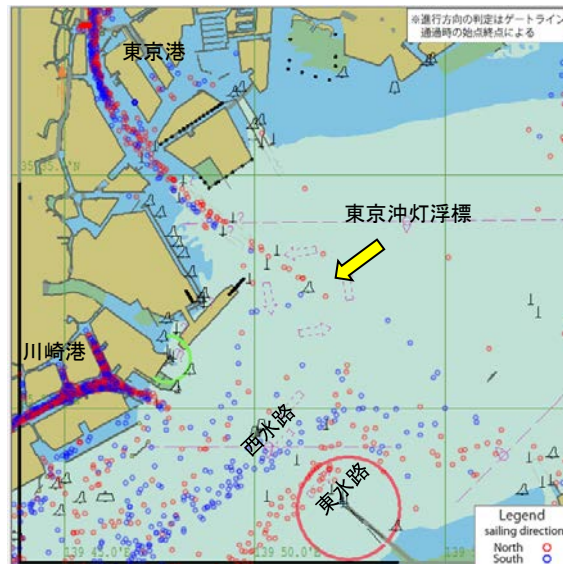


(c) 南航船

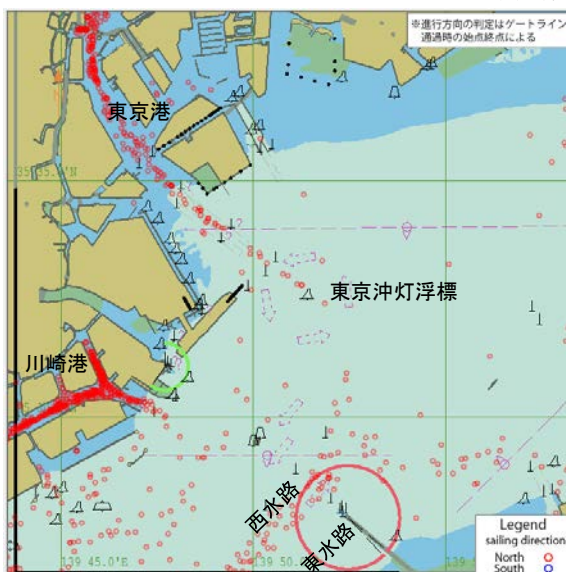
図 27 東京湾入口周辺における OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.2.4 東京港周辺の海域

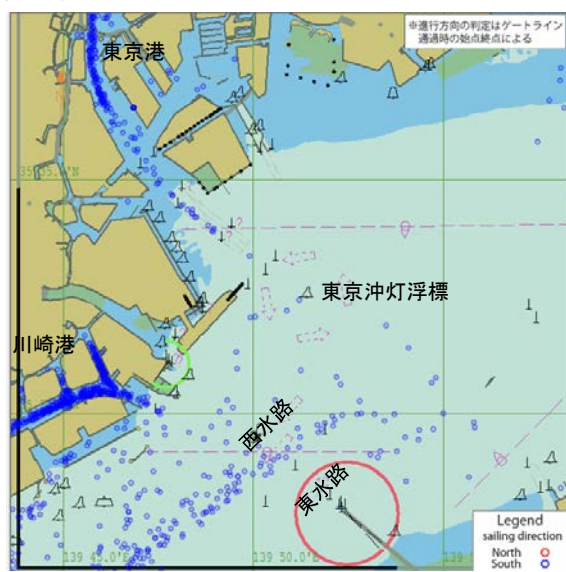
入港するバースが航路の奥まった位置にあることから、OZT は湾奥の海域では主として同航および北航船と南航船との反航によるもの、東京沖灯浮標周辺では同航のほか、北航船と南航船の交差によるものと考えられる。特に、東京沖灯浮標の周辺（矢印が指す周辺）では、東京港へ入る場合、ほとんどの北航船が似た進路を航行することに加え、東水路から東京沖灯浮標までの間に千葉港からの南航船との横切り、東京港からの南航船との横切り、同航船同士など複雑な交通状況になる場合があると考えられるが、北航船と南航船の OZT はあまり混在していないことから整流化の効果により北航船と南航船の通行位置が分離できていると推定される。また、東京港からの南航船は、出港後には比較的分散して航行していることに加え、東京沖灯浮標周辺のロータリー方式の整流化により北航船と交差することがなく、千葉港からの南航船との同航もしくは交差のみにより西水路に入ることができることから、北航船と比較して OZT 遭遇が少なく OZT の発生場所も分散している。



(a) 南北両方向



(b) 北航船

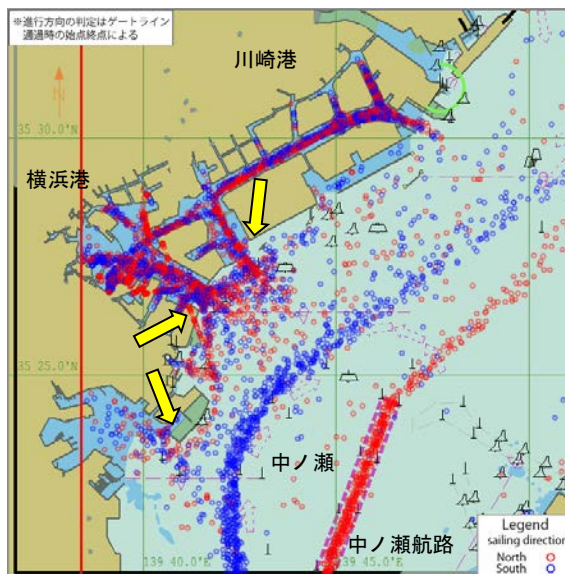


(c) 南航船

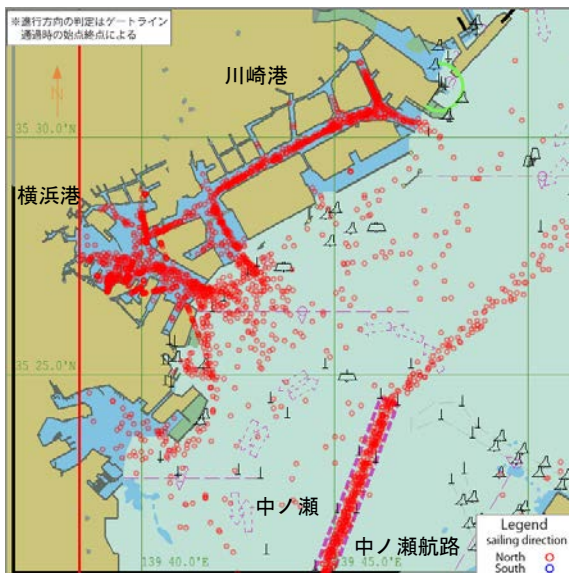
図 28 東京港周辺における OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.2.5 川崎港および横浜港周辺の海域

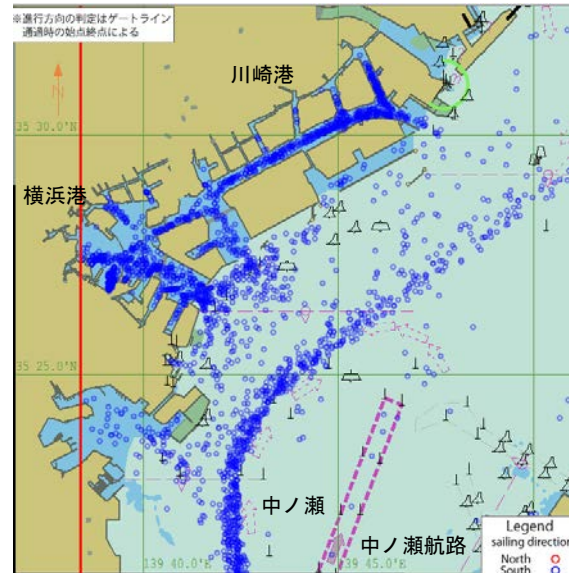
川崎港および横浜港に入港する北航船は、中ノ瀬西方海域を南航する船舶を横切って入港することになるため、同航同士と、北航船と南航船の反航および交差による OZT に遭遇していると考えられる。川崎港および横浜港を出る南航船は、中ノ瀬西方海域を南航する船舶と合流して航行するため、OZT は同航および南航船同士の交差、北航船との交差によるものと考えられる。北航船および南航船ともに各港の出入り口（各矢印が指す部分）を起点とする針路で航行するため、北航船と南航船の OZT が混在する場所が多く、北航船および南航船ともに様々な針路で航行する船舶と出会う交通状況であると考えられる。



(a) 南北両方向



(b) 北航船

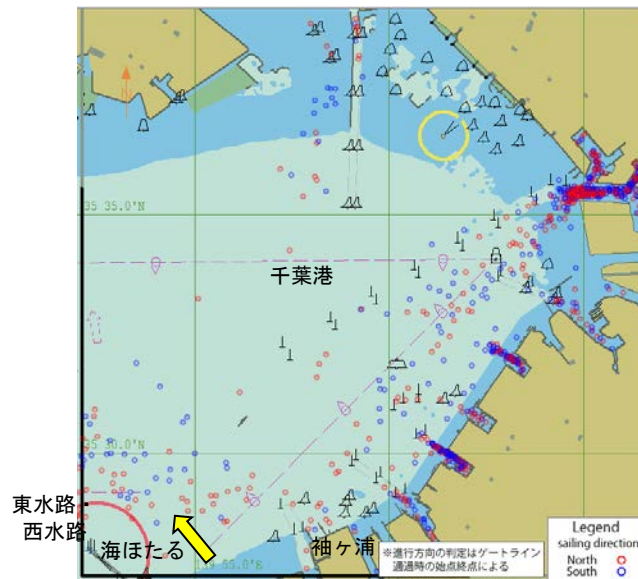


(c) 南航船

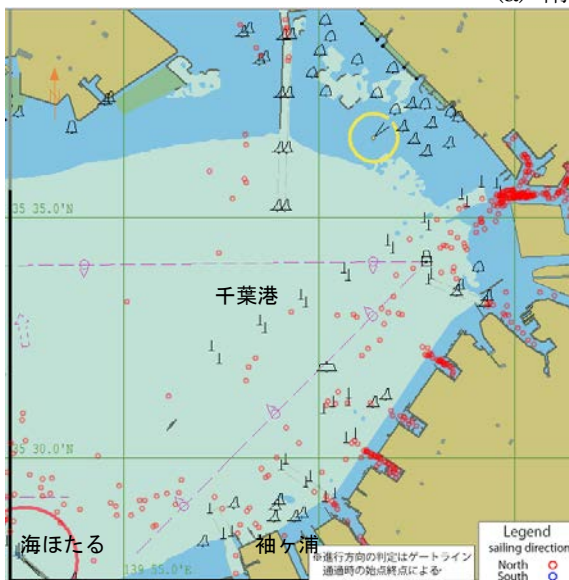
図 29 川崎港および横浜港周辺 OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.2.6 千葉港周辺の海域

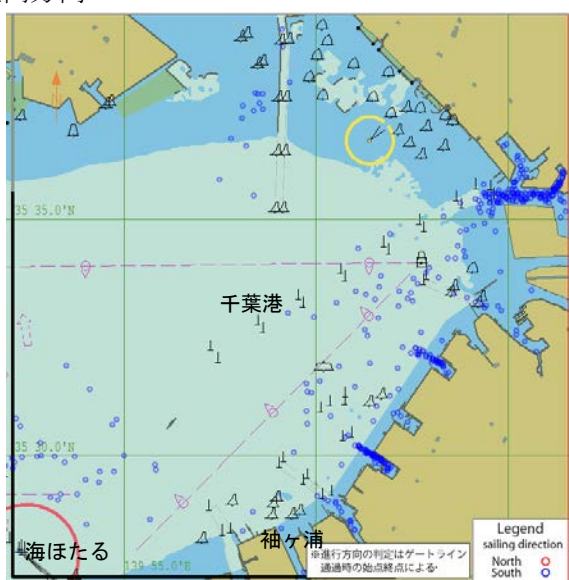
入港するバースが分散しているため、主として北航船と南航船との交差もしくは反航によると考えられる OZT が広く分布しているが、東水路および西水路と各バースを結ぶ線に OZT が発生しやすい。海ほたるの北東部（矢印が指す周辺）では、東水路を出た直後に袖ヶ浦へ向けて変針する北航する船舶と、袖ヶ浦を出て西水路に向かう南航船が狭い範囲で見合い関係が生じるため OZT が発生しやすく、また北航船と南航船の OZT が混在する場所がある。



(a) 南北両方向



(b) 北航船

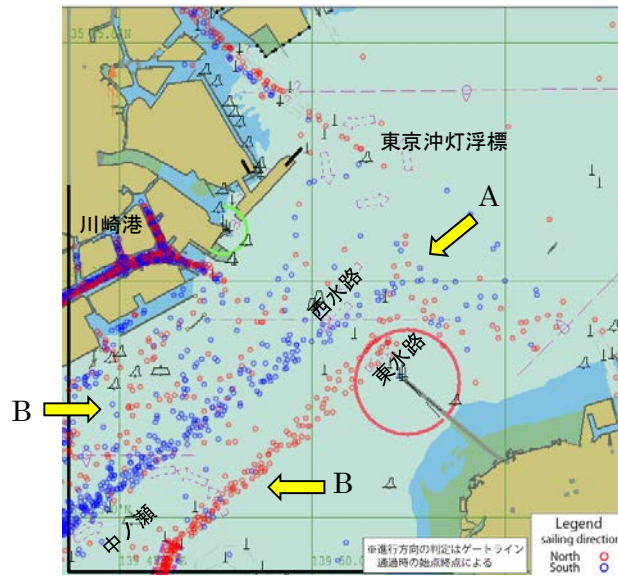


(c) 南航船

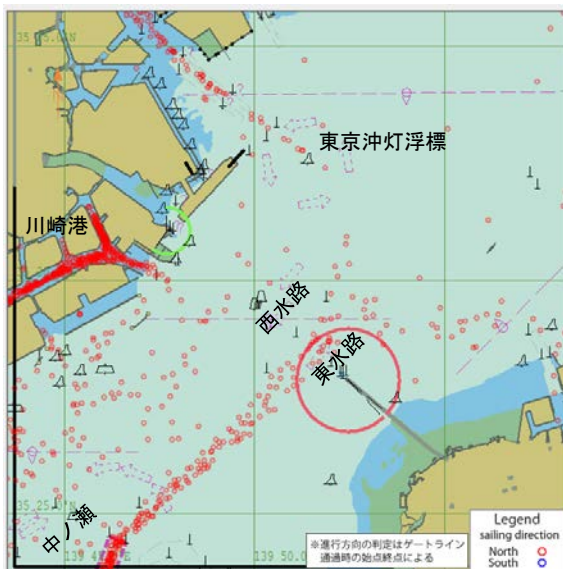
図 30 千葉港周辺における OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.2.7 中ノ瀬北方周辺の海域

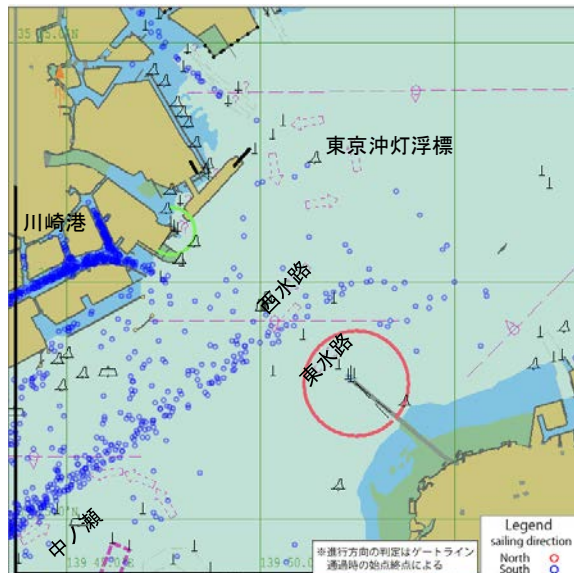
OZT は東水路および西水路の南側の海域では主として同航によるもの、東水路および西水路の北側では同航に加え北航船と南航船の交差によるものと考えられる。北航および南航ともに中ノ瀬北方から東水路および西水路に向かうにつれて、OZT の分布が分散する傾向にある。東水路北端（矢印 A が指す周辺）で東西方向に二股に分布し北航船と南航船の OZT が混在する場所があり、中ノ瀬北方周辺（矢印 B が指す周辺）では、木更津港および川崎港および横浜港の入出港船との交差が生じるため、北航船と南航船の OZT が混在する場所がある。



(a) 南北両方向



(b) 北航船



(c) 南航船

図 31 中ノ瀬北方周辺における OZT 遭遇したときの自船位置 (3 隻の他船と同時遭遇)

4.3 時間帯別の OZT 遭遇回数

船舶の通行量に比例して OZT が発生する傾向が見られることから、OZT が発生しやすい時間帯を把握するため、1 時間ごとの OZT の遭遇回数を解析した。なお、図 32 に示すように、対象海域を 3 分(約 3NM)のメッシュに区切り、それぞれの海域に相当するメッシュ内の OZT 遭遇回数を集計した。図 33 から図 42 に各海域別の時間帯別の OZT 遭遇回数の分布を示す。なお、東京湾のラッシュ時間帯は、北航は 4~8 時、南航は 16~20 時である⁵⁾。

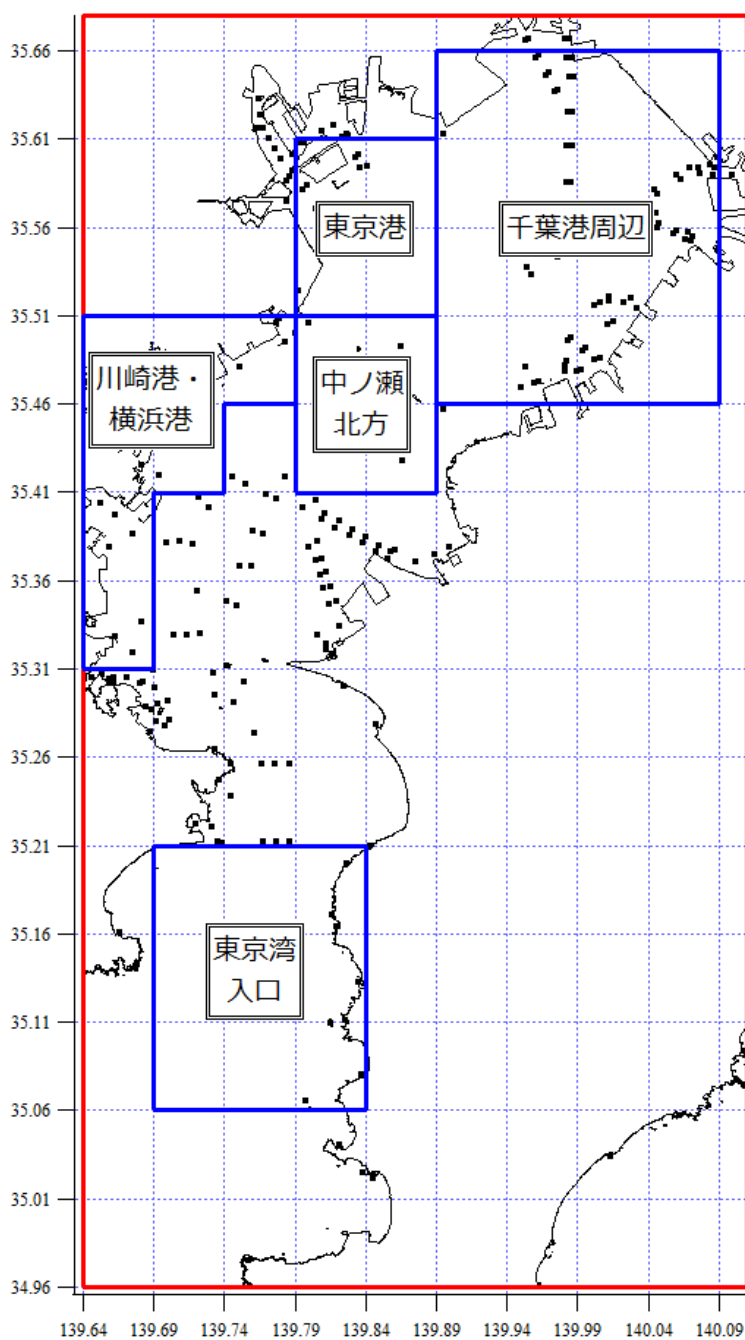


図 32 海域のメッシュ区分

4.3.1 東京湾入口周辺の海域

北航船および南航船ともに OZT 遭遇回数はラッシュ時間帯に多く、複数の船舶と同時に OZT が発生する OZT 多重遭遇もラッシュ時間帯に多い。なお、浦賀水道航路および中ノ瀬航路、中ノ瀬西方海域における OZT 遭遇回数は、各航路と東京湾入口間に停泊することなく継続して航行するため、東京湾入口と同様の傾向になると考えられる。

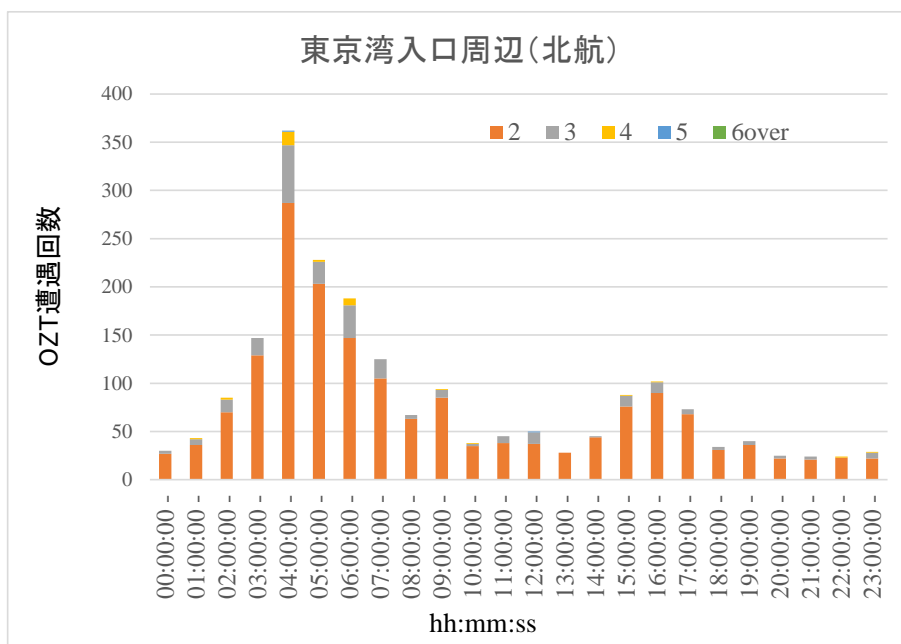


図 33 東京湾入口周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (北航船)

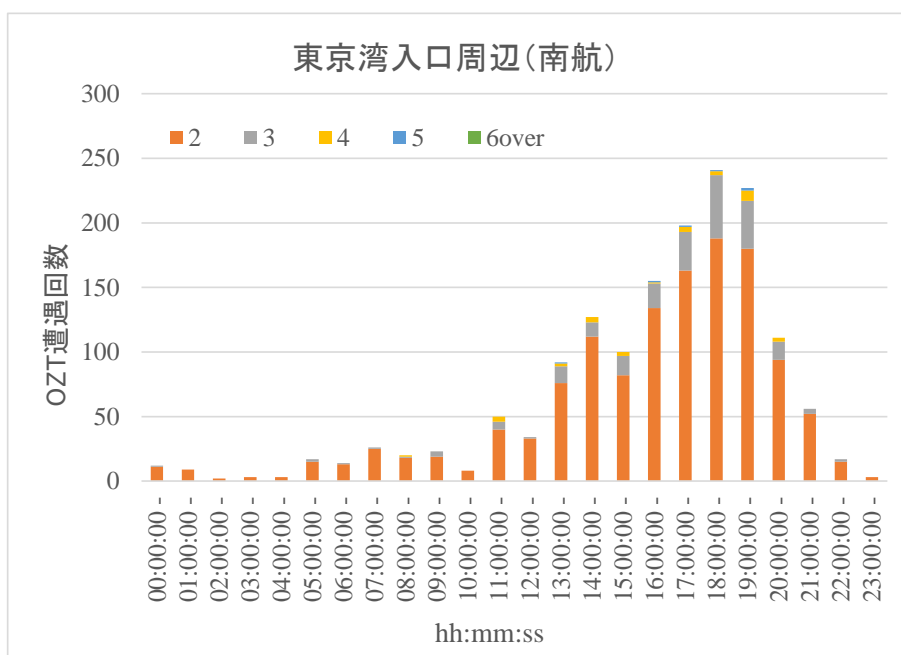


図 34 東京湾入口周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (南航船)

4.3.2 東京港周辺の海域

北航船および南航船ともに OZT 遭遇回数は朝夕に多く、OZT 遭遇が多い時間帯は東京湾入口から東京港への移動時間分だけずれている。これは、この海域では、夜間には翌日の荷役待ちのため停泊する船舶が多く、また東京湾の最奥に位置するため、この海域を航行する船舶が少ないことが理由と考えられる。複数の船舶と同時に OZT が発生する OZT 多重遭遇は、おむねラッシュ時間帯に発生することが多い。

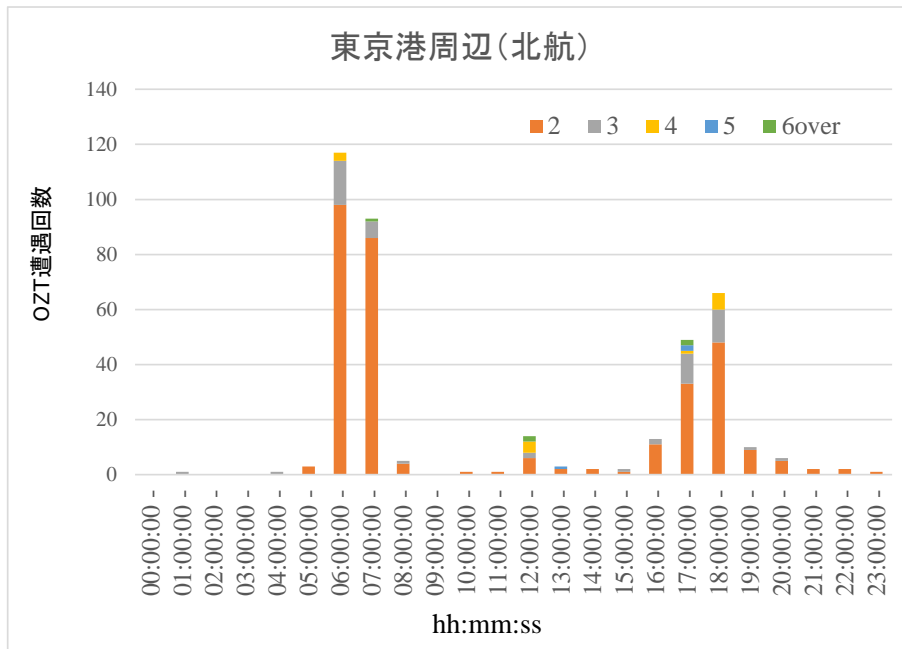


図 35 東京港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (北航船)

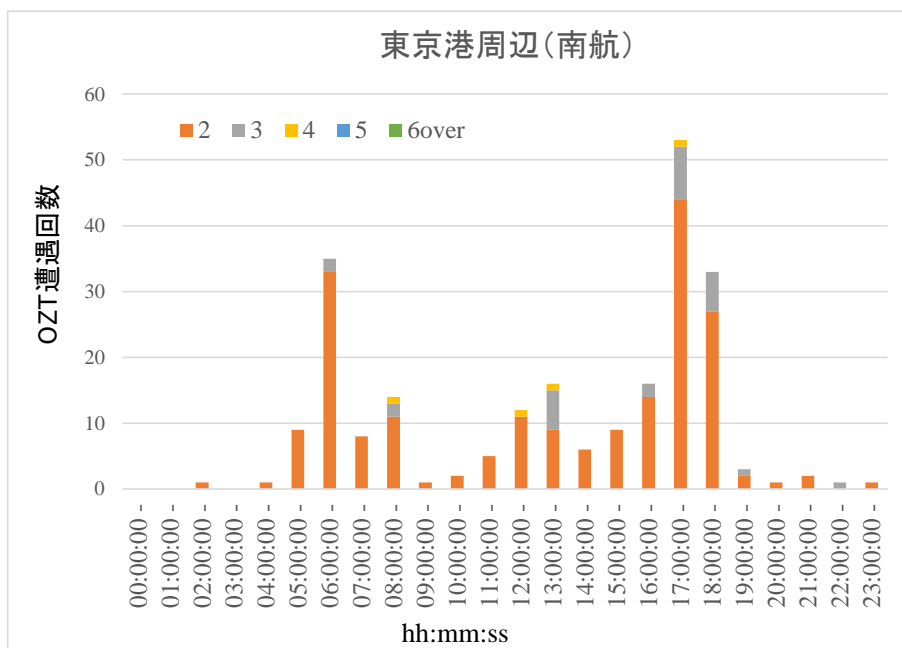


図 36 東京港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (南航船)

4.3.3 川崎港および横浜港周辺の海域

港内で発生した OZT を含むため、全日を通して常時 OZT が発生しているが、特に北航船および南航船ともに朝夕に多く発生している。この理由は、夜間には翌日の荷役待ちのため停泊する船舶が多い一方で、中ノ瀬西方海域を航行する船舶も存在しているためと考えられる。複数の船舶と同時に OZT が発生する OZT 多重遭遇が占める割合は、全日を通してほぼ同じである。

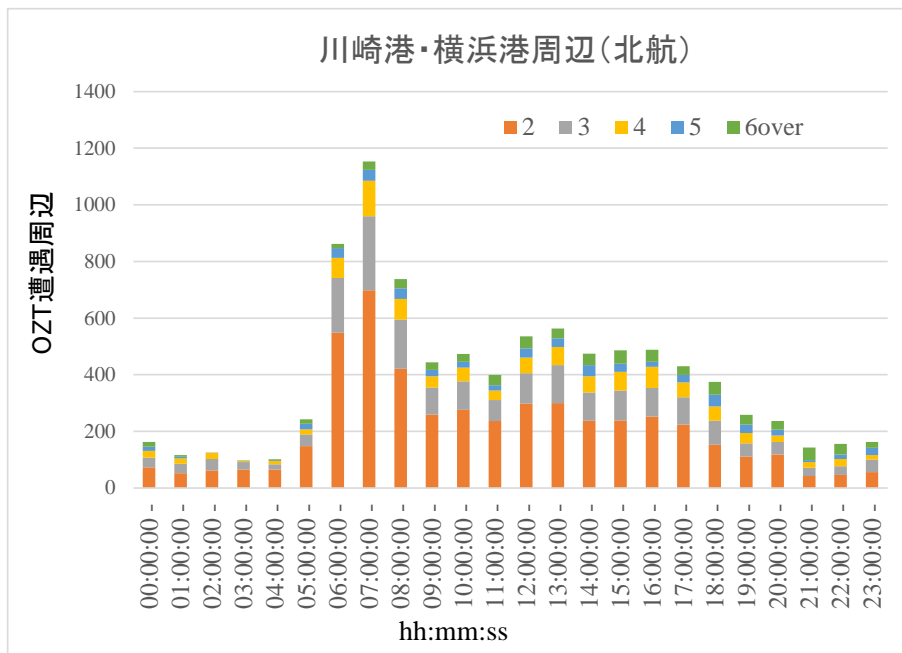


図 37 川崎港および横浜港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (北航船)

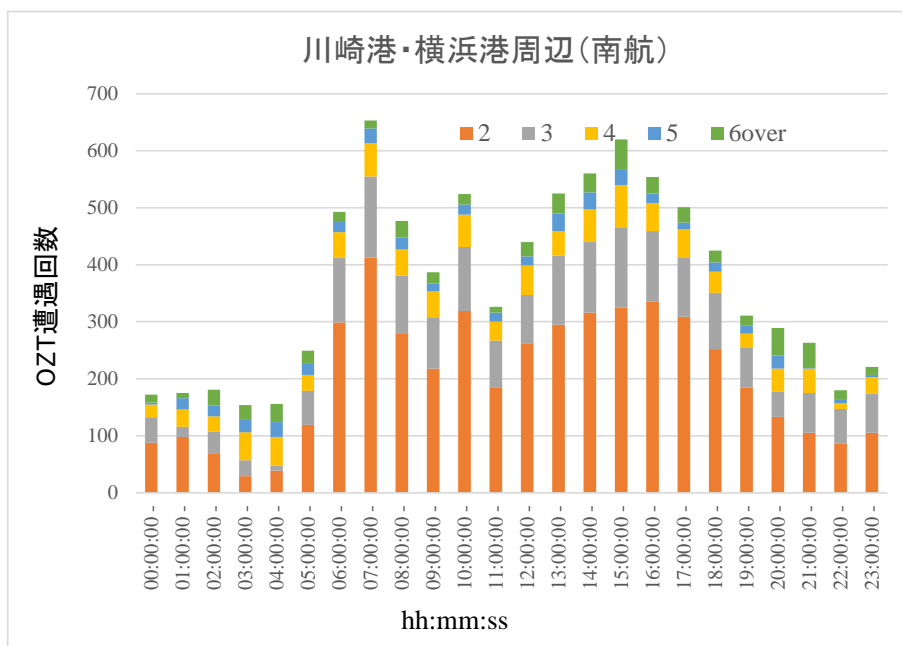


図 38 川崎港および横浜港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (南航船)

4.3.4 千葉港周辺の海域

北航船および南航船ともに OZT 遭遇回数は日中のみに集中し、特に朝夕に多い。これは、この海域では、夜間には翌日の荷役待ちのため停泊する船舶が多く、また東京湾の最奥に位置するため、この海域を航行する船舶が少ないことが理由と考えられる。複数の船舶と同時に OZT が発生する OZT 多重遭遇が占める割合は、全日を通してほぼ同じある。

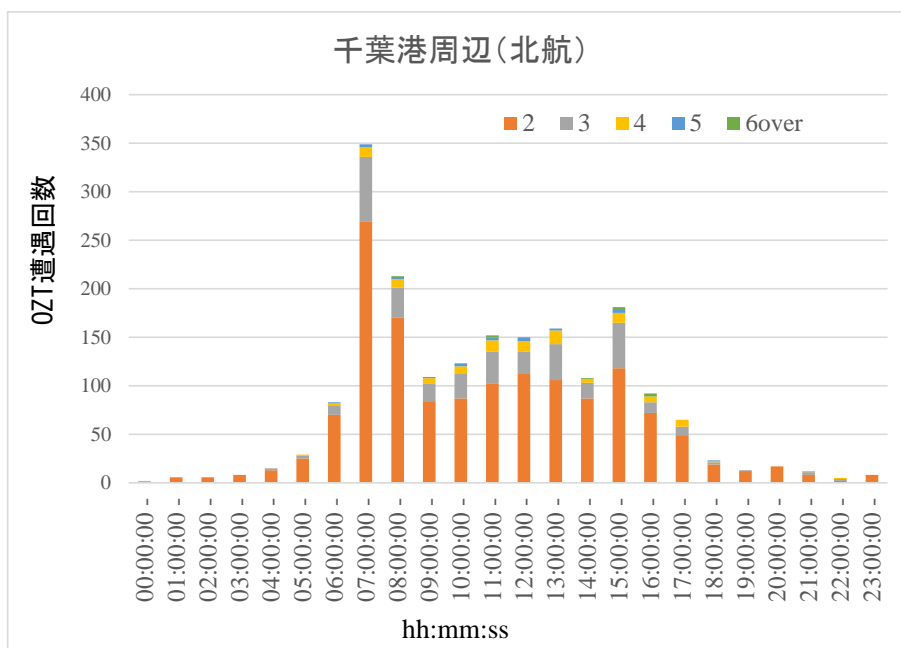


図 39 千葉港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (北航船)

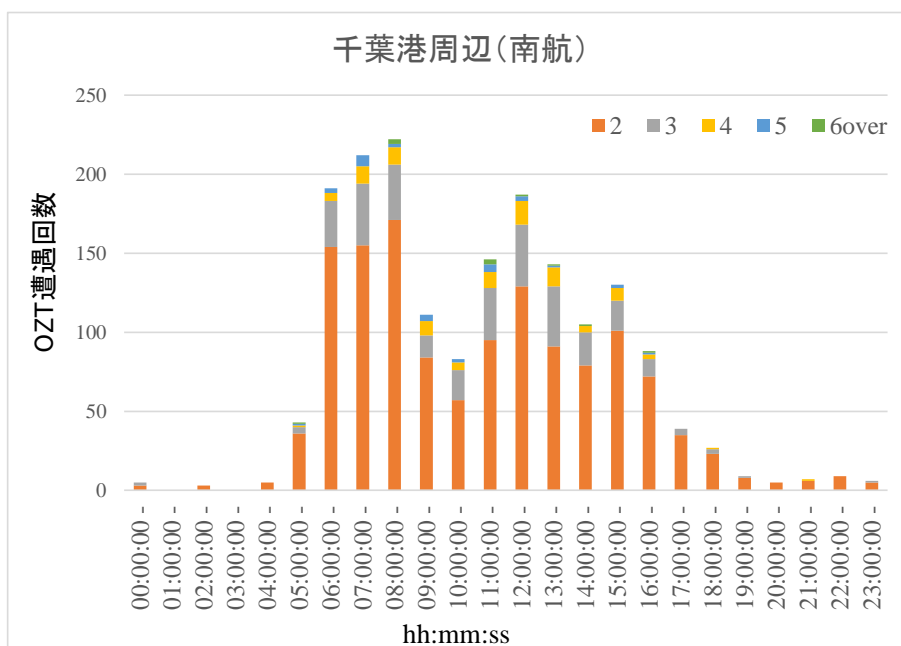


図 40 千葉港周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (南航船)

4.3.5 中ノ瀬北方周辺の海域

東京湾入口周辺の海域と同様に、北航船および南航船ともに OZT 遭遇回数はラッシュ時間帯に多く、OZT 遭遇が多い時間帯は東京湾入口から東京港への移動時間分だけずれている。複数の船舶と同時に OZT が発生する OZT 多重遭遇はラッシュ時間帯に多い。

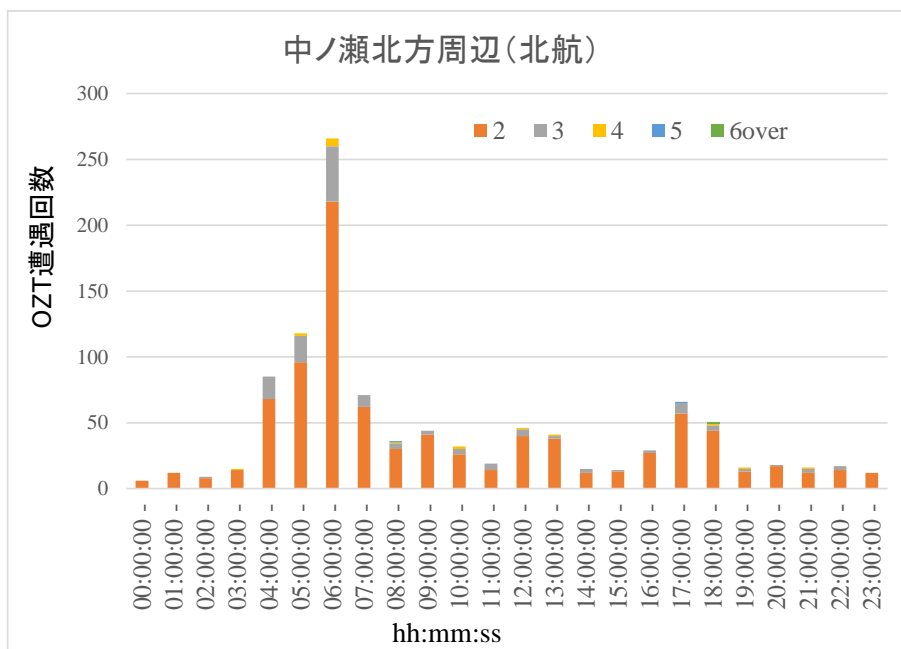


図 41 中ノ瀬北方周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (北航船)

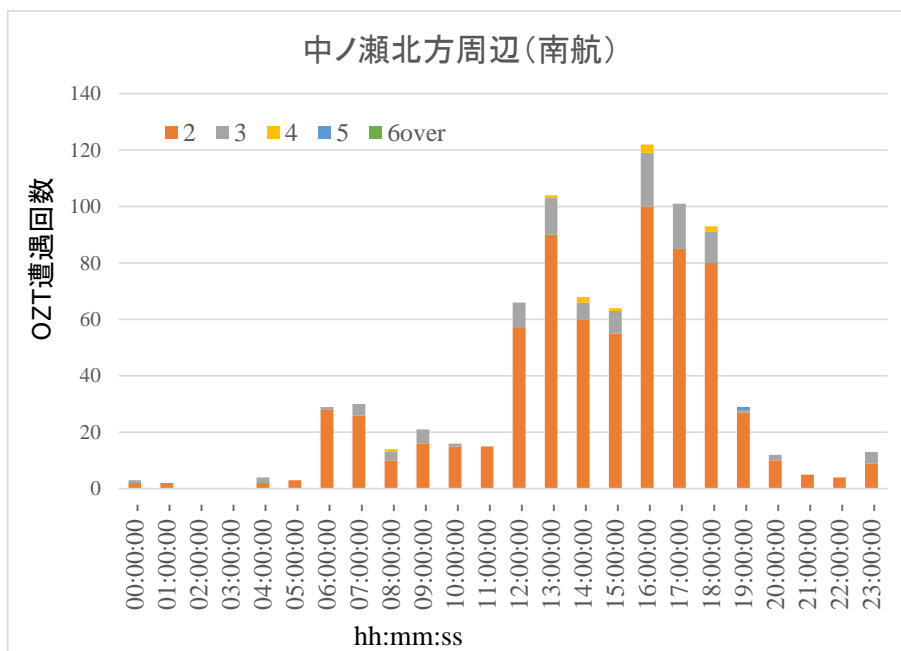


図 42 中ノ瀬北方周辺での時間帯別 OZT 遭遇回数 (南航船)

4.4 一航海当たりの OZT 遭遇状況

航行中に OZT に遭遇しやすい場所を把握するため、任意の船舶が入出港するときの一航海当たりに遭遇する OZT を解析した。図 43 から図 48 に、任意の船舶が入出港するときの一航海当たりでの OZT 遭遇の位置を示す。図 8 が示すように、東京湾に入る船舶の大部分が、東京港、川崎港もしくは横浜港、千葉港であることから、これらの港に向かって北航するときの状況とこれらの港から南航するときの状況での OZT 遭遇状況についてみる。なお、多重の OZT に遭遇する場所を把握するため、ここでは OZT 遭遇隻数が 5 隻もしくは 6 隻以上（図 23 から図 25 の(d)および(e)）であった船舶について分析した。表 1 に分析した船舶の情報およびゲートライン通過時間を示す。

表 1 分析した船舶の入港状況（OZT 多重遭遇した船舶）

	方向	入港した港名	MMSI	全長 (m)	船幅 (m)	船種	ゲートライン 通過日時(始点)
A 船	北航	東京港	477242600	144	23	貨物船	2016/03/02 03:52:24
B 船	北航	横浜港	354907000	98	18	貨物船	2016/03/31 03:58:29
C 船	北航	千葉港	431003074	110	17	タンカー	2016/03/31 04:09:31
D 船	南航	東京港	431002489	96	14	貨物船	2016/03/29 16:06:38
E 船	南航	横浜港	352154000	158	24	貨物船	2016/03/26 17:15:42
F 船	南航	千葉港	431401715	117	17	貨物船	2016/03/08 18:08:29

4.4.1 北航中に遭遇する OZT

A 船（東京港への北航）

朝の北航時の混雑時に通航しているため、浦賀水道航路の南方海域から中ノ瀬航路の北方海域まで、常時 OZT に遭遇している状況である。特に、浦賀水道航路と中ノ瀬航路内では、多重の OZT に遭遇している。なお、浦賀水道航路の南方海域から東京港に入港するまでの OZT 遭遇は、すべて同航船によるものである。

B 船（横浜港への北航）

朝の北航時の混雑時に通航しているため、浦賀水道航路の南方海域から中ノ瀬航路の北方海域まで、常時 OZT に遭遇している状況である。特に、浦賀水道航路内では、多重の OZT に遭遇している。なお、東京湾入口から浦賀水道航路の北端までの OZT 遭遇は、すべて同航船によるものである。浦賀水道航路を出た後は、主に同航によるものであり、反航船によるものがまれにある。

C 船（千葉港への北航）

朝の北航時の混雑時に通航しているため、浦賀水道航路の南方海域から中ノ瀬航路の北方海域まで、常時 OZT に遭遇している状況である。特に、浦賀水道航路と中ノ瀬航路内では、多重の OZT に遭遇している。なお、浦賀水道航路の南方海域から中ノ瀬航路の北方海域に至

る OZT 遭遇は、ほぼ同航の北航船によるものである。

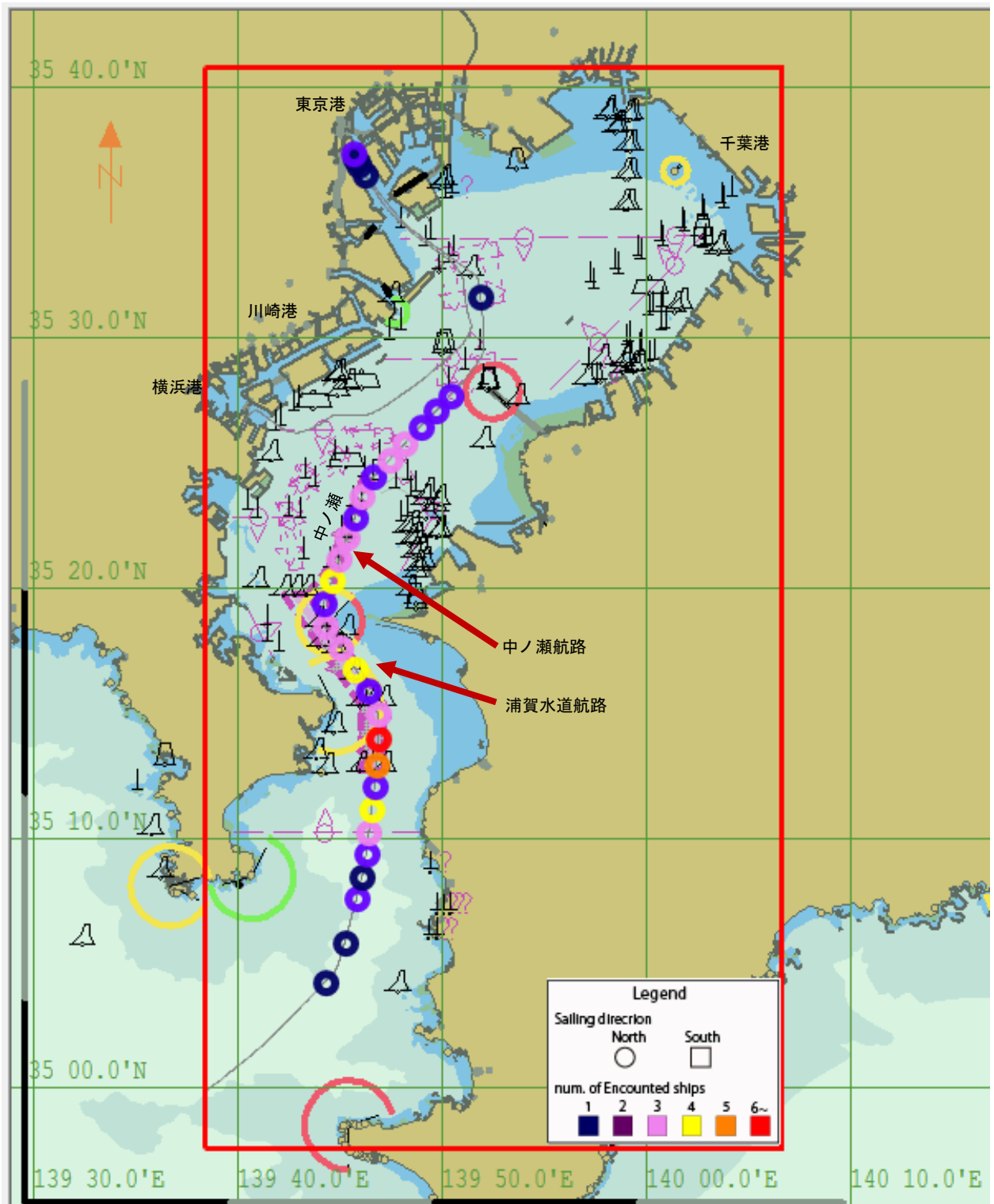


図 43 A 船についての OZT 遭遇位置 (東京港への北航)

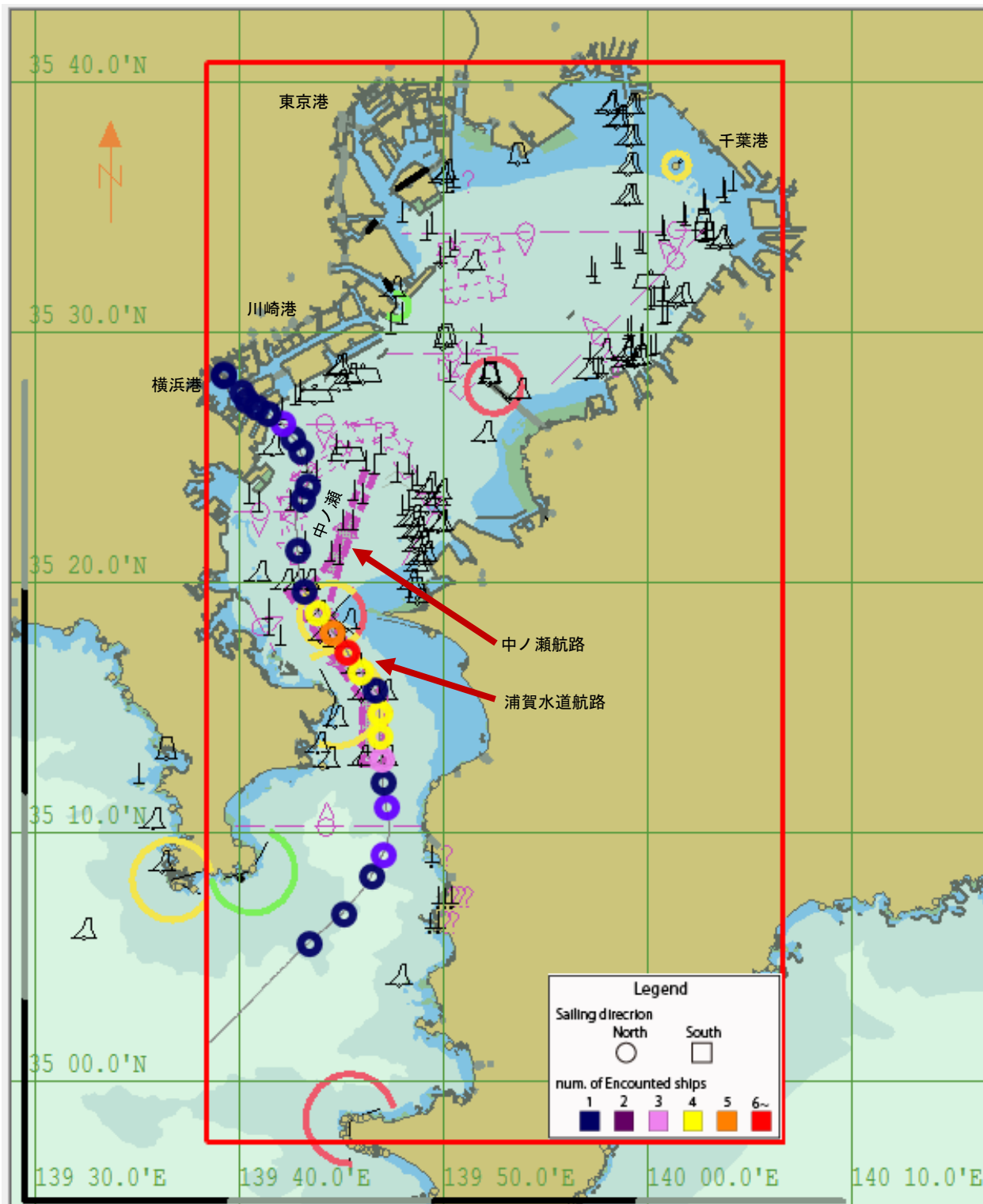


図 44 B 船についての OZT 遭遇位置 (横浜港への北航)

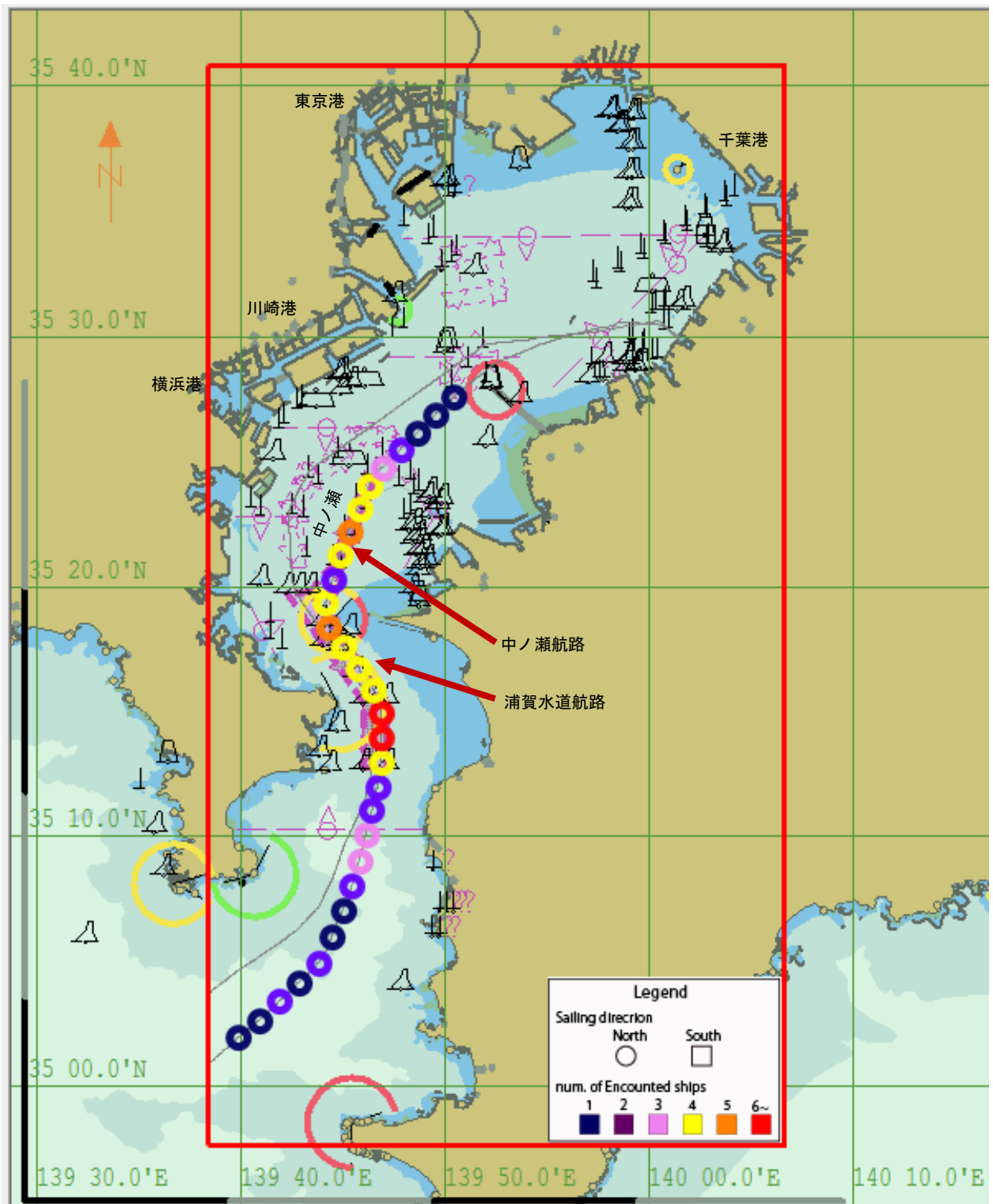


図 45 C 船についての OZT 遭遇位置 (千葉港への北航)

4.4.2 南航中に遭遇する OZT

D 船（東京港からの南航）

夕方の南航時の混雑時に通航しているため、中ノ瀬西方海域から浦賀水道航路の南端周辺まで、常時 OZT に遭遇している状況であり、ほぼ同航の南航船によるものである。

E 船（横浜港からの南航）

夕方の南航時の混雑時に通航しているため、中ノ瀬西方海域から浦賀水道航路の南端周辺まで、常時 OZT に遭遇している状況であり、ほぼ同航の南航船によるものである。とくに浦賀水道航路内においては、多重の OZT に遭遇している。

F 船（千葉港からの南航）

夕方の南航時の混雑時に通航しているため、中ノ瀬西方海域から浦賀水道航路の南端周辺まで常時 OZT に遭遇している状況であり、ほぼ同航の南航船によるものである。とくに浦賀水道航路内においては、多重の OZT に遭遇している。

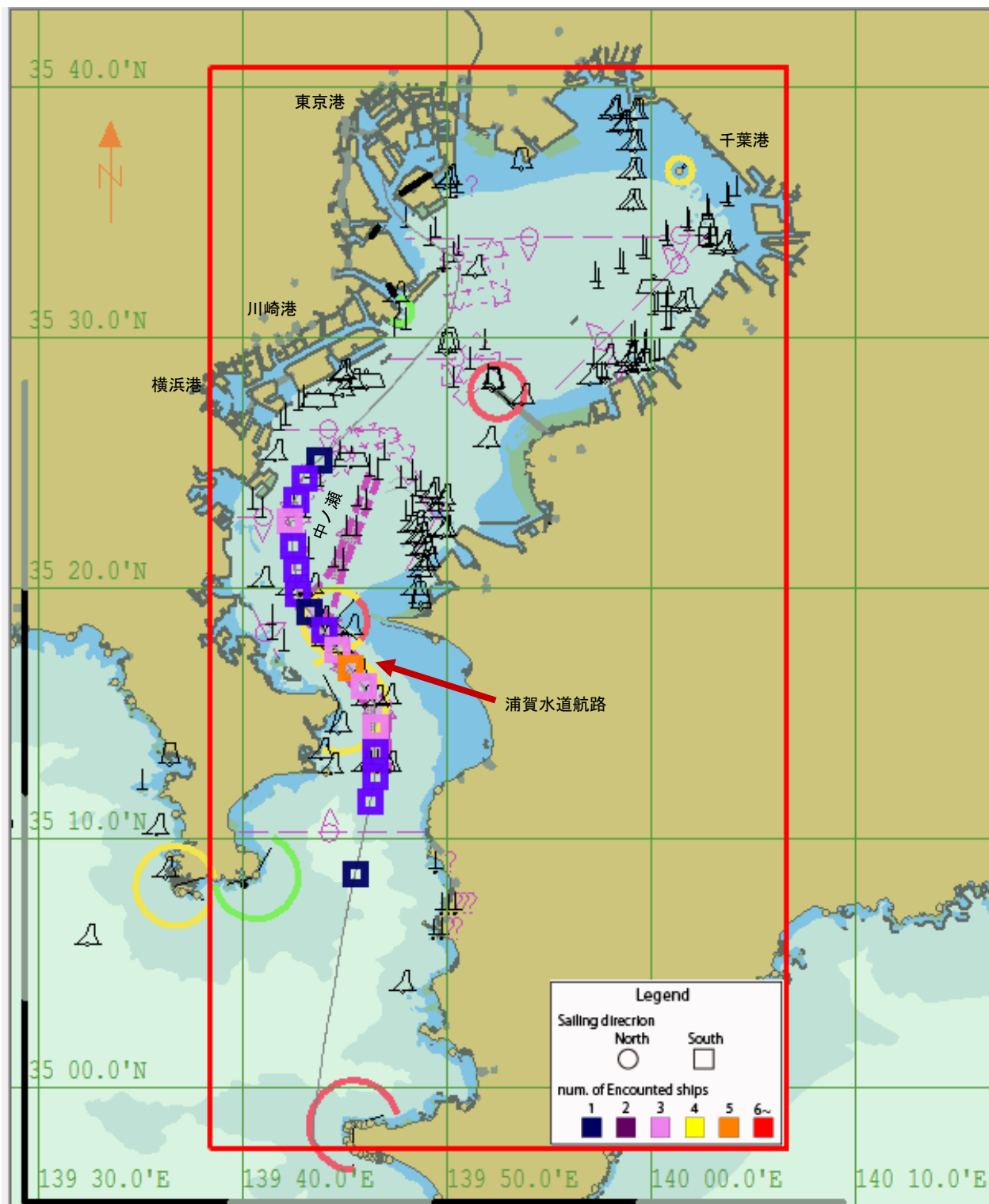


図 46 C 船についての OZT 遭遇位置 (東京港からの南航)

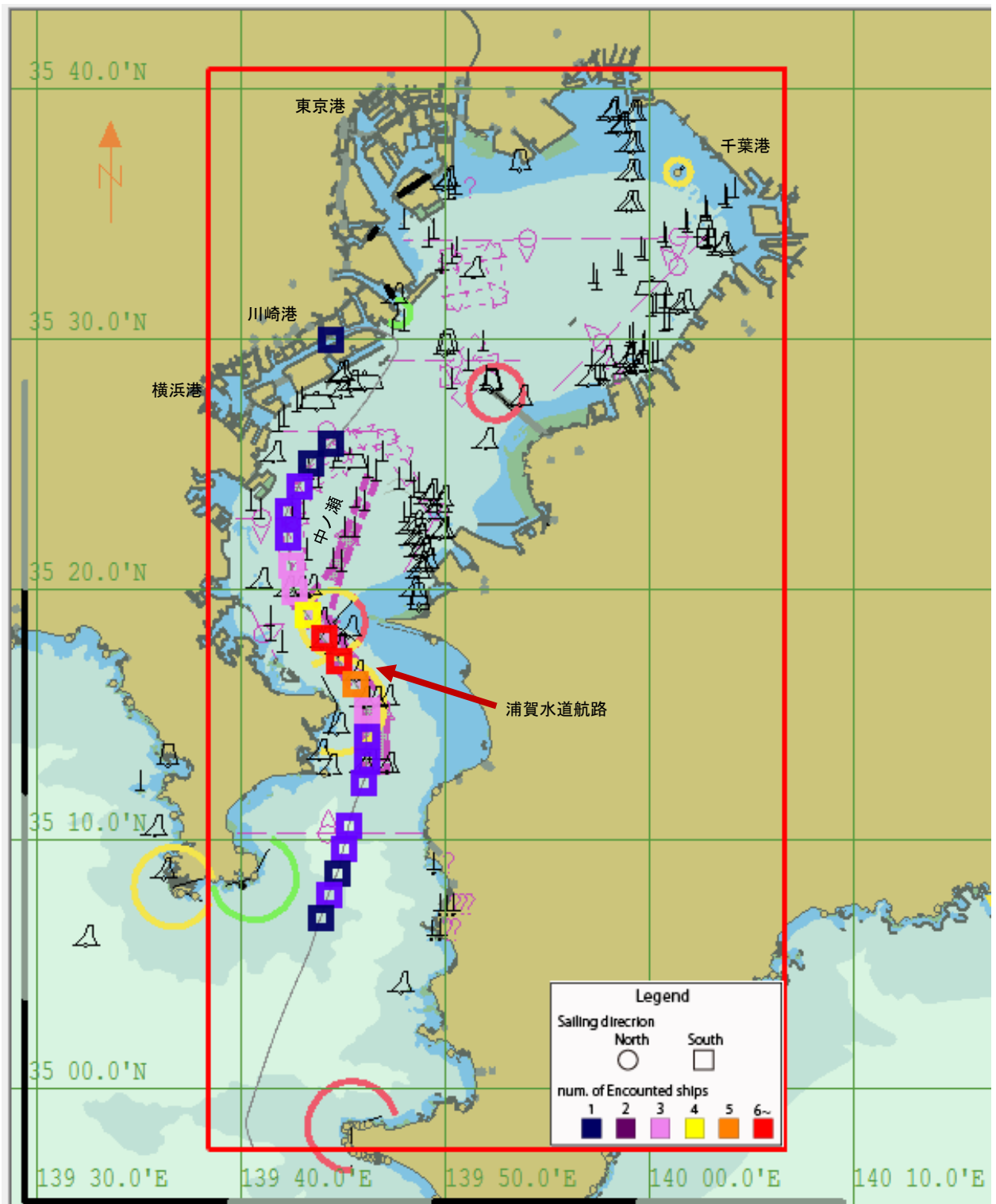


図 47 C 船についての OZT 遭遇位置 (横浜港からの南航)

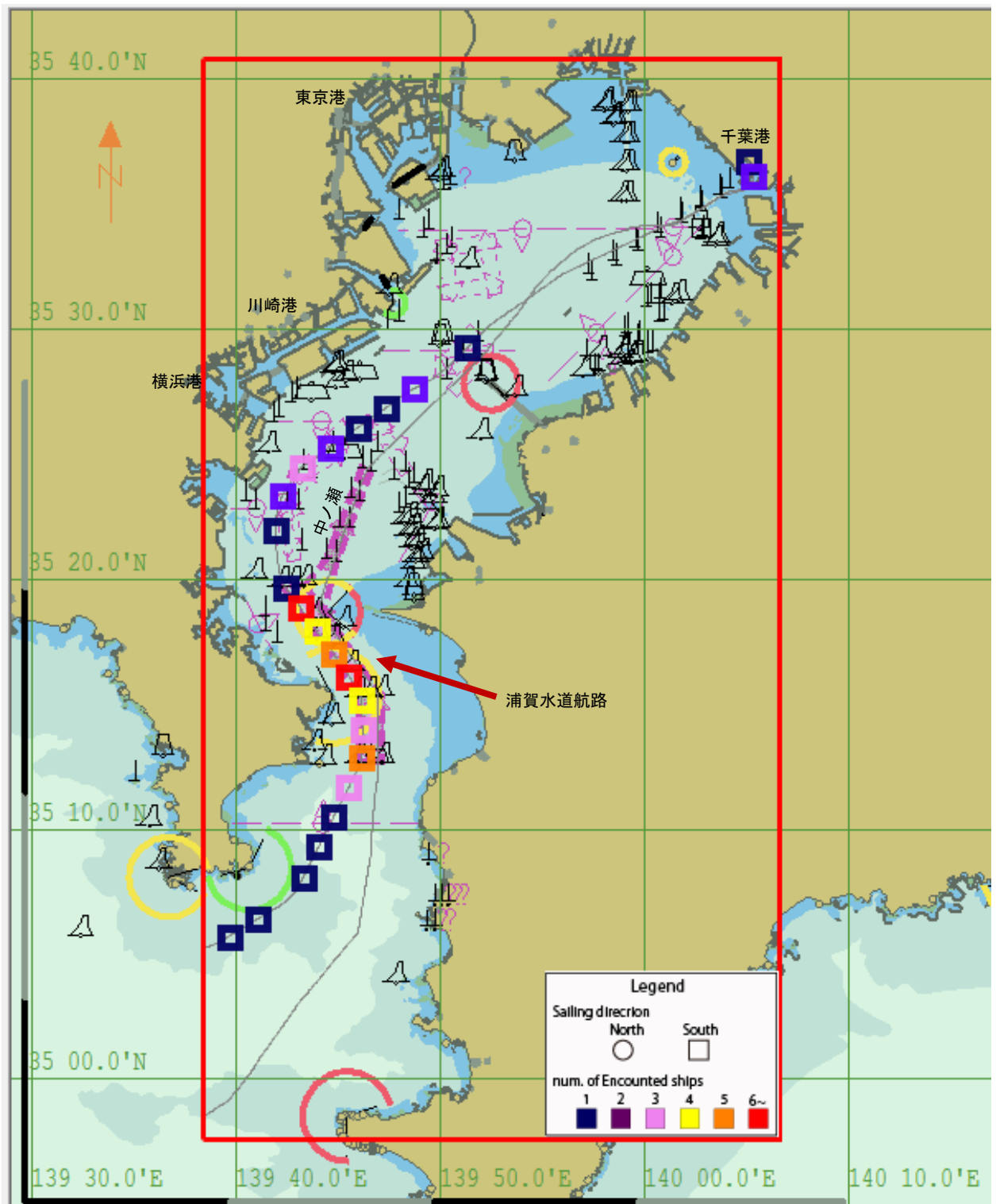


図 48 C 船についての OZT 遭遇位置 (千葉港からの南航)

6 まとめ

船舶交通が最もふくそうする東京湾を例に、OZT手法を用いて海難発生の高蓋然性が高い海域の評価を行った結果を以下にまとめる。北航船と南航船のOZTが混在する場所は、南北方向の交通流の交差が生じることから多重のOZT遭遇が発生すると予想されたが、実際にはほとんどの多重のOZT遭遇は港内および航路内に限定されていた。これは、操船者がOZTの遭遇を避けて安全に操船した結果であると考えられる。しかしながら、南北方向の交通流の交差が生じることにより、操船者はあらゆる方向の船舶に注意を払う必要があるため、操船が困難であり危険が潜在的に存在していると言える。以下にOZT遭遇が多い海域別に、その特徴と原因についての考察を示す。

なお、本調査では、海域全体を俯瞰することを目的としているため、見合い関係などの航行状況などによる影響については、海域を細かく分類して詳細に分析を行う必要がある。

全体的な傾向

基本的に船舶の交通量に比例してOZT遭遇頻度が高いと言える。交通流の交差が生じる地点で多重のOZTが発生しやすく、その状況も同航船同士、反航船同士、同航船と反航船の交差など様々であると考えられる。湾中央の航路と各港を結ぶ中間の海域では、船舶の通航位置が航路ほど集中していないが、目的地に向けて最短距離となる進路を選択して航行するため必然的に類似する場所を航行することが多く、結果としてOZTはある程度まとまった範囲に発生していると考えられる。

浦賀水道航路、中ノ瀬航路などの航路内

進行方向別に整流化されているが、追い越しの見合い関係によりOZTが発生している。とくに船舶の通行量が多い時間帯には多重のOZTに遭遇することがあり、周囲の船舶との速力差が大きい場合は、減速して前を航行する船舶に付いていくことしかできず操船の自由度があまりない状況に陥る場合があると考えられる。

東京湾入口周辺の海域

房総半島に近い東側の海域では、外房に向かう南航船が浦賀水道航路を出てそのまま南航することになるため、北航船が南航船と反航する状況となり、北航船は同航と反航の両方によるOZTに遭遇する状況があると考えられる。三浦半島に近い西側の海域を通過する北航船は、浦賀水道航路を出て南航する船舶との交差に加え、浦賀水道航路に入る北航船との同航によるOZTに遭遇する状況があると考えられる。

東京港周辺の海域

東京沖灯浮標周辺では、北航船は千葉港と東京港からの南航船との交差することにより、北航船同士と南航船との交差によるOZTに遭遇する状況があると考えられる。南航船は、東沖灯浮標の整流効果により、千葉港からの南航船との合流によるOZTに遭遇していると考えられ、比較的注意が必要な方向は限定されていると考えられる。OZTの発生を抑制するためには、東京沖灯浮標の北東にロータリー方式を設定し、千葉港からの南航船と同航に近い状況で合流する交通流を生成することが有効と考えられる。

川崎港および横浜港周辺の海域

横浜港の入口を起点とする針路をとって航行する船舶が多く、それぞれの針路での交差が生じるためOZTが発生しやすく、同航船同士および北航船と南航船の交差によるOZTと遭遇してい

ると考えられる。様々な方向の針路で航行する船舶が港の入口に集中しており、ほぼ全方位に注意が必要な状況と考えられる。OZT の発生を抑制するためには、横浜港の各航路を湾奥に延長することや、鶴見航路と横浜航路の中間付近にロータリーを設置し、北航船と南航船の交通流が交差する状況を減らすことが有効と考えられる。

千葉港沖の海域

北航船と南航船の交差により OZT が発生しやすい場所が広範に渡っているが、その頻度はあまり高くないと言える。しかしながら、東京湾アクアラインの北側周辺では、東水路を出た直後に袖ヶ浦へ向けて変針する北航船と、袖ヶ浦を出て西水路に向かう南航船による交差が生じるため OZT が発生しやすいと考えられる。OZT の発生を抑制するためには、袖ヶ浦の各バースへのトランジットラインを設定して北航南航別に整流し、北航船と南航船の交通流が交差する状況を減らすことが有効と考えられる。

中ノ瀬北方周辺の海域

東水路および西水路の北側で北航船と南航船の交差が生じるため OZT が発生しやすく、北航船と南航船の交差と同航船同士によるもの OZT と遭遇していると考えられる。東水路および西水路の北端周辺および中ノ瀬航路の北端周辺では、北航船と南航船の OZT が混在する場所がありほぼ全方位に注意が必要な状況と考えられる。OZT の発生を抑制するためには、東京沖灯浮標の北東にロータリー方式を設定し、千葉港からの南航船と同航に近い状況で合流する交通流を生成することが有効と考えられる。

7 参考文献

- 1) 今津隼馬, 福戸淳司, 沼野正義: 相手船による妨害ゾーンとその表示について, 日本航海学会論文集, 第 107 号, pp.191-197, 2002.
- 2) 今津隼馬: 衝突予測線と衝突危険、日本航海学会誌 Navigation, 第 186 号, pp.41-44, 2013.
- 3) 今津隼馬: 衝突針路を使った OZT 算出方法, 日本航海学会誌 Navigation, 第 188 号, pp.78-81, 2014.
- 4) 三宅里奈, 伊藤博子, 西崎ちひろ, 福戸淳司: 海上交通流シミュレーションシステムによる新しい航路指定の評価法の確立, 海上技術安全研究所報告, 第 16 巻, 第 3 号, 2017.
- 5) 東京湾海難防止協会: 東京湾の航行ガイド用リーフレット (Safety Tokyo Bay) , 2015.09.

資料 2 タンカーが関係する油流出事故における想定シナリオ

日時	イベント	対応	排出油 残量(kl)
2001年 6月15日 0900	<p>事故発生</p> <p>[事故態様] シングルハルVLCC(26万DWT)と貨物船(9,000GT)との衝突</p> <p>[発生場所] 中ノ瀬北海域</p> <p>油流出開始 [流出油種] イランアンヘビー</p>	<p>事故の第一報をうけ、航行制限及び航法指導の発動</p> <p>[航行制限] ・中ノ瀬・浦賀水道航路及び横浜・鶴見・川崎航路の航行制限 ・港域内の航行制限 ・事故現場付近海域の立入制限</p> <p>[航法指導] ・巨大船及び危険物積載船に対する航行自粛 ・北航船・南航船に対する航法 ・流出油防除作業と十分に距離の確保 ・火気使用の注意</p> <p>防除準備開始</p>	23,000
0930		<p>防除作業船艇集結開始 状況確認開始</p>	
1000		<p>防除作業開始 オイルフェンス展張 油回収作業開始(能力:油回収船 12隻+油回収装置 57基 524.3+1425.5=1949.8 kl/時)</p>	
1100	<p>油流出停止 流出総量:23,000 kl</p>		
1500	<p>(油蒸発量:4,600 kl)</p>	<p>航行制限の一部解除 (航行制限期間:6時間)</p> <p>継続: ・防除作業区域の立入制限 ・海交法航路の航行制限 (防除作業区域と重なるため)</p>	14,500
1800		<p>油回収作業中断 (油回収作業時間:8時間 回収量:3,900kl 効率25%)</p>	
6月16日 0500	<p>海岸漂着開始</p>	<p>油回収作業再開 海岸清掃作業開始</p>	8,152

1800	(海岸漂着量: 10 kl)	油回収作業中断 (油回収作業時間: 13 時間 回収量: 6,338 kl 効率 25%) 海岸清掃作業中断 (海岸清掃作業時間: 13 時間 清掃量: 10 kl)	
6 月 17 日 0500	(海岸漂着量: 10 kl)	油回収作業再開 拡散・処理作業開始 海岸清掃作業再開	1,204
1800		油回収作業終了 (油回収作業時間: 13 時間 回収量: 6,338 kl 効率 25%) 拡散・処理作業中断 (拡散・処理作業時間: 13 時間 処理量: 600 kl) 海岸清掃作業中断 (海岸清掃作業時間: 13 時間 清掃量: 10 kl)	
6 月 18 日 0500	(海岸漂着量: 10 kl)	拡散・処理作業再開 海岸清掃作業再開	594 (自然浄化)
1800		防除作業終了 (拡散・処理作業時間: 13 時間 処理量: 600 kl) (海岸清掃作業時間: 13 時間 清掃量: 10 kl) 航行制限の全面解除	

資料3 タンカーが関係する油流出事故における想定シナリオを踏まえた直接的・間接的な社会経済影響

社会経済影響項目分類				影響発生の有無 (定量分析の可能性)
直接的 被害	A 船体損傷に係る損失	一次被害	船舶復旧費用 【船社】	事故船双方に船体損傷が発生する。
			修繕期間中の営業損失 【船社】	事故船双方について修繕期間中は営業損失が発生する。
			運賃損失 【船社】	積荷である原油が流出した VLCC で運賃損失が発生する。
		二次被害	事故船の用船料・売船量の 下落に伴う経済損失 【船社】	用船、売船の契約時に過去の事故歴、 修繕歴等が考慮され、契約額への影響が生じる可能性がある(契約金額はマーケットに大きく影響を受けること、また当該海難による影響がどの程度発生するか不明であることから定量分析は実施しない)。
	B 積み荷損傷に係る損失	一次被害	積荷流失に伴う損失 【荷主】	積荷である原油が流出した VLCC で積荷損失が発生する。
			二次被害	積荷損失に伴う生産活動等 における経済損失 【荷主】
		二次被害	積荷オイルコンタミネーション 損失 【荷主】	破損タンクからの流出以外は発生していないことから当該損失は発生しない。
			その他の積荷損失 【荷主】	破損タンク以外に影響は及ばないことから、当該損失は発生しない。
	C 乗組員等に係る損失	一次被害	人的被害 【船社等】	船首部での衝突海難であることから人的被害は発生しない。
			二次被害	代替乗組員等の緊急確保に伴う費用【船社】
二次被害		事故船乗組員等の特別慰労休暇に伴う費用 【船社】	乗組員に対する特別慰労休暇等は付与されると想定されるが、具体的な費用算定が不可能であることから定量分析の対象外とする。	

		法的制裁、損害賠償等に伴う損失 【船社】	海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律における罰則規定に基づき罰金が課せられる。ただし、本調査では事故発生の原因まで詳細に設定していないことから定量分析の対象外とする。
D 事故船処理に係る損失	一次被害	事故船処理費用(サルベージ等) 【船社】	双方の事故船を揚げ荷や仮修繕のため最寄りの施設に曳航する費用が発生する。
	二次被害	修繕ドックまでの二次回航費用 【船社】	事故船双方とも修繕ドックまでの回航費用が発生する。修繕ドックの場所等により発生費用が異なることから、本調査では修繕ドックの場所想定まで設定しないことから定量分析の対象外とする。
		事故船処分費用 【船社】	事故船双方とも修繕可能であることから事故船処分費用は発生しない。
E 海洋汚染・海上火災に係る損失	一次被害	海洋汚染防除費用 【国、自治体等】	流出油に対する防除費用が発生する。
	二次被害	廃油等処分費用 【国、自治体等】	回収油は産業廃棄物として処理されるケースもあり廃油処分費用が発生する。
		防除作業の側面支援活動に伴う費用 【国、自治体等】	関係官公庁等の側面支援費用が発生する。但し、具体的な活動内容が十分に想定できないことから、定量分析の対象外とする。
		油濁被害予防措置に伴う費用 【国、自治体等】	関係官公庁等の油濁被害防除措置費用が発生する。ただし、具体的な活動内容が十分に想定できないことから、定量分析の対象外とする。
	一次被害	海上火災消火活動費用 【国、自治体等】	海上火災は発生しない。
	二次被害	焼損物等の処分費用 【国、自治体等】	海上火災は発生しない。
		消火活動の側面支援に伴う費用 【国、自治体等】	海上火災は発生しない。
類焼等に対する防火措置に伴う費用		海上火災は発生しない。	

			【国、自治体】	
		一次被害	沿岸施設汚損・焼損による損失 【港湾管理者、関連事業者】	沿岸への漂着量は僅かであることから、機能停止に陥る程度の影響は発生しない。 海上火災も発生しないことから、焼損による損失も発生しない。
		二次被害	施設被害回復までの営業損失 【港湾管理者、関連事業者】	沿岸への漂着量は僅かであることから、機能停止に陥る程度の影響は発生しない。
			沿岸施設の取水停止による損失 【関連事業者】	沿岸への漂着量は僅かであることから、機能停止に陥る程度の影響は発生しない。
			沿岸企業等における操業停止事業者に関わる各産業への波及損失	沿岸への漂着量は僅かであることから、機能停止に陥る程度の影響は発生しない。
間接的被害	F 港湾機能の停止に係る損失	一次被害	入出港待機にかかる費用 【船社】	航路閉鎖期間における入出港待機により遅延が発生する(滞船による営業機会の損失)
		二次被害	生産停止・低下に伴う損失 【荷主】	航路閉鎖が短時間であることから生産停止等までの影響は発生しない。
		三次被害	荷主企業に関わる各産業への波及損失 【関連事業者】	航路閉鎖が短時間であることから生産停止等までの影響は発生しない。
		一次被害	定期船の他港振替入港に係る費用 【船社】	6時間閉鎖(防除作業等の情報を適切に発信)であることから待機対応となることが想定され、他港振り替えによる費用は発生しない。
		二次被害	陸上振替輸送費用の発生 【船社等】	6時間閉鎖(防除作業等の情報を適切に発信)であることから待機対応となることが想定され、他港振り替えによる費用は発生しない。
		三次被害	港湾関連産業の営業損失	6時間閉鎖(防除作業等の情報を適切に発信)であることから待機対応となることが想定され、他港振り替えによる費用は発生しない(一時的に荷役体制はキャンセルされるが、最終的には本来の寄港地で揚げ積みされることから損失は発生しない)。

		二次被害	生鮮食料品等の無商品化に伴う損失の発生 【荷主】	航路閉鎖が短時間であることから、鮮度劣化までの影響は発生しない。
G 水産資源に係る損失	一次被害	漁業活動停止に伴う損失		休業期間中の水揚げ量が損失として発生する。
	二次被害	食材入手遅延による営業損失 【水産加工業者等】		休業期間中における食材調達が困難となり営業損失が発生する。ただし、水産加工業への被害波及過程が特定化できないことから定量分析の対象外とする。
	一次被害	施設の油污損に伴う損失 【漁業者】		流出油の拡散範囲内に漁網等が配置されていないことから、被害は発生しない。
	一次被害	漁場の油污損に伴う損失 【漁業者】		流出油の回収作業が迅速に行われること、また流出油の拡散範囲が水深の深い海域であることから、根付け被害等は発生しない。
	二次被害	風評被害に伴う営業損失 【漁業者、水産加工業者】		風評被害が発生することが予想されるが、具体的な条件設定が困難であることから、定量分析の対象外とする。
	三次被害	風評被害解消PRに伴う費用 【漁業者、水産加工業者】		風評被害が発生することが予想されるが、具体的な条件設定が困難であることから、定量分析の対象外とする。
H 海洋レジャー産業等に係る損失	一次被害	営業停止期間中の営業損失 【関連事業者】		流出油防除期間、作業海域に関わる営業損失が発生することが予想されるが、具体的な条件設定が困難であることから、定量分析の対象外とする。
	二次被害	風評被害に伴う営業損失 【関連事業者】		風評被害が発生することが予想されるが、具体的な条件設定が困難であることから、定量分析の対象外とする。
	三次被害	風評被害解消PRに伴う費用 【関連事業者】		風評被害が発生することが予想されるが、具体的な条件設定が困難であることから、定量分析の対象外とする。
I 海上工事に係る損失	一次被害	工事の中断による遅延に伴う損失 【関連事業者】		流出油防除期間、作業海域に関わる海上工事が中断される可能性があるが、具体的な条件設定が困難(想定海難発生時と実際の工事箇所との関係がリンクしていな

				い)であることから、定量分析の対象外とする。
		二次被害	他の産業・企業への波及被害 【関連事業者】	流出油防除期間、作業海域に関わる海上工事が中断される可能性があるが、具体的な条件設定が困難(想定海難発生時と実際の工事箇所との関係がリンクしていない)であることから、定量分析の対象外とする。
	J 沿岸住民に係る損失	一次被害	人的被害 【地域住民】	流出油から発生するガスが陸域に到達した場合、地域住民に影響が生じる。ただし、その程度の状況が設定困難であることから、定量分析の対象外とする。

資料 4 AIS を活用した取り組み

AIS は導入開始から 10 年以上が経過し、AIS データの蓄積や海上ブロードバンド通信環境の進展により、AIS 情報を活用したさまざまな取り組みが行われている。

1. 国際的動向

(1) e-Navigation

e-Navigation は、技術革新として陸上で普及している情報通信技術を海上、船舶にも導入し、船舶・陸上間通信による航行支援、レーダ・AIS 等の電子機器の利用の高度化などを図ることを目的とするもので、IMO (International Maritime Organization : 国際海事機関) において審議が行われ、2008 年(平成 20 年)に「e-Navigation 戦略」がまとめられた。

「e-Navigation 戦略」は、(1)ユーザーニーズの特定(2)システムの基本構成の構築(3)現状との差異(ギャップ)分析及び(4)リスク分析及び費用便益分析(妥当性の評価)のステップを経て構築されているが、具体的な計画ではなく、概念(コンセプト)という形であるため、現在、戦略を具体的に進めるための実施計画「e-Navigation 戦略実施計画」の策定が進められている。

① e-Navigation の定義

e-Navigation とは、海上における安全と保安及び海洋環境保護のため、すべての状況における航行とそれに関連する業務を向上させる電子的手段を用いた、船上及び陸上での海事情報の調和した(1)収集(2)統合(3)交換(4)表示及び(5)分析(サービスまたは機能)である。

② e-Navigation 戦略実施計画案

「e-Navigation 戦略実施計画案」は、「e-Navigation 戦略」の実施に向けた優先度の高い 5 つの解決策及び同解決策に基づく費用対効果の高い 7 つの具体的検討項目(リスク削減対策)であり、今後、具体的な方策案等が検討され、将来的には SOLAS 条約等の改正、航行支援機器の性能基準の作成等のさまざまな取り組みにつながっていくことになる。

資料 4-1 e-Navigation 戦略実施計画案

< 5 つの e-Navigation 解決策 >

- 1: 調和のとれた機能向上させたユーザーフレンドリーな船橋設計
- 2: 標準化し自動化された船舶通報の手段
- 3: 信頼性、回復性、正当性を向上した船橋機器及び航海情報
- 4: 通信設備からの情報のグラフィックス画面上への統合表示
- 5: 船舶交通サービス(VTS)のサービス群のための機能向上した通信機能

< 上記解決策に基づくリスク削減対策 >

- 1: ソフトウェア品質保証を含む航海情報と機器の統合
- 2: 船橋警報管理(Bridge alert management)
- 3: 航海機器への標準モードの組み込み
- 4: 自動化及び標準化された船舶通報(ship-shore reporting)
- 5: 信頼性と回復性を改善した船上の位置及び時刻決定(PNT)システム
- 6: 陸上からのサービスの向上
- 7: 船橋とワークステーションの配置の標準化

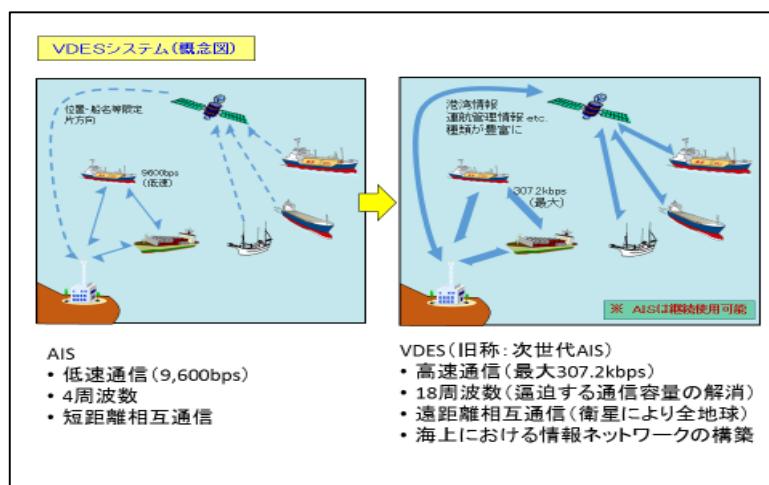
(2) VDES (VHF Data Exchange System) の開発

VDES は AIS の発展形としてより高速に大容量のデータ通信を実現するもので、電子海図表示装置を活用し、自船位置及び他船の情報を表示するのみでなく、陸上からリアルタイムに衝突や乗揚げを回避するための航行安全情報、気象海象などを伝送し、船舶動静を含む各種情報を当該海域の関係者が共有することにより、安全で効率的な船舶運航の実現を目指すものである。

AIS が使用する VHF 帯 (30MHz を超え 300MHz まで) の電波は、限られた周波数を有効に活用する観点から、25kHz 間隔で区切られチャンネルが割り振られている。AIS の普及が進んだ場合、割り当てられたチャンネルを同時に多数の船舶が使用することになるため混信のおそれがあり、また、現在の通信速度では多くの情報を高速に伝送するには物足りないことから、それを解決する新たなシステムとして VDES の開発が進められている。既存の AIS に加えて、決められた短文をやりとりする ASM (Application Specific Message) 機能と、さらに幅広く情報をやり取りするための VDE (VHF Data Exchange) 機能を組み合わせ、衛星回線を活用したデータ通信も行うことが想定されており、AIS の利用拡大に伴う通信容量の拡大や高速度通信等に対応することとされている。

わが国でも、VDES 開発に係る問題の解決に向け、国内外の専門家が研究成果の発表や意見交換を行うワークショップが開催されている。海上保安庁が 2012 年 (平成 24 年) 12 月、初めての会合を関係 6 か国から専門家 26 名を招いて開催して以降、2014 年 (平成 26 年) には第 2 回と第 3 回の会合が、2016 年 (平成 28 年) には IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouses Authorities : 国際航路標識協会) との共同開催という形で開催されており、VDES の性能基準について IMO に提案する文書及び ITU (International Telecommunication Union : 国際電気通信連合) に提案する技術要件の案について合意形成が行われている。

資料 4-2 VDES システム (概念図)



出典：海上保安庁

(3) 利用者に応じた AIS 情報の共有

カナダ、米国では利用者（申請者）の適正を判断した上で、AIS 情報を安全で効率的な運航支援情報として共有する制度が構築されている。

カナダでは海運業界からの要望もあり、現在使用し得る技術を統合し、信頼できる船舶運航管理を提供し、もって商業活動を支援するための包括的な船舶運航情報を活用することを目的にシステムの運用がなされており、船舶運航当局（政府）は経済活動に責任を有し、より多くの利用者に低価格でより良いサービスを提供することにより、船舶運航の能率改善を図っている。

一方、米国では、AIS 情報の提供に関して、データをレベル A～C に分類し、利用者及び利用の目的に応じて、フィルターをかけて提供する対応がとられている。

資料 4-3 カナダ、米国における AIS 情報の提供



カナダ沿岸警備隊は、VTSの情報を元に全船舶通航管理をINNAVシステムで実施

- ・船社、企業、研究者、軍と情報共有
- ・利用者に応じた情報を提供
- ・船舶位置、航海計画、動静予測の提供
- ・AIS/VHF/LRIT/ITVの情報を含む

【カナダ沿岸警備隊】



レーダーより良く見えます!!

米国沿岸警備隊は、航法センターから申込者にAISデータを配信

- ・申込者の身元確認/利用規約の確認
- ・リアルタイムAISデータの配信
- ・過去AISデータの配信
- ・AIS classA / classBの搭載促進

【米国沿岸警備隊】

出典：海上保安庁

(4) 自律航行船の開発

陸上交通では、環境問題の深刻化や運転者の高齢化、情報化など社会の変化から、安全・安心で環境にやさしいモビリティ社会の実現を目指して、自動運転技術の開発が進められており、試験車両による走行実験も開始された。

海上交通の分野においても、熟練船員が不足し技術の継承が困難な状況にあること、事故原因の約 8 割がヒューマンエラーにより発生している等の問題を抱えており、このような問題を解決する手段として、自律航行船の開発研究が欧州を中心に進められている。

自律航行船は、船舶の運航スタッフの負担を軽減し、安全運航を支援するために、おおまかな作業指示を与えると、詳細な手順を明示しなくても作業指示に従った行動を計画し、状況を認識・判断して作業を実行する機能を保有する船舶として考えられており、自動危険回避機能、避航操船支援機能、他船情報自動収集機能等の開発について研究・実験が行われている。いずれの機能にも AIS による船舶動静情報が重要な位置付けとなっている。

資料 4-4 自律航行のために開発されている機能

○自動危険回避機能 他船情報や電子海図情報と自船情報を基に危険を評価し、必要に応じて自動的に回避運動を行う機能
○避航操船支援機能 他船情報を分かりやすい形で表示するとともに、避航回避手順を示し、避航判断について支援を行う機能
○他船情報自動収集機能 AIS を搭載していない漁船や小型船を、船外ビデオカメラやレーダで自動補足する機能

資料 4-5 自律航行船の開発状況

	MUNINプロジェクト	DNV-GL	Rolls-Royce	AMOS
実施主体	EUの研究開発支援パッケージであるFP7の一環 ドイツ、ノルウェー、スウェーデン、アイスランドの研究機関、大学、企業	DNV-GL (ノルウェー、ドイツ)	Rolls-Royce (イギリス)	AMOSセンター (ノルウェー 科学技術大学に設置)
内容	船上の自動判断システムを主体として、陸上からの遠隔操作を補助システムとする自律船(大洋航海)の研究 予算: 380万ユーロ うちEU支援290万ユーロ	ノルウェー沿岸の物流を担う完全自律船	内海(バルト海のような)を航行するドローン船の開発(陸上の仮想船橋から一人の船長がいくつかの貨物船を操縦)	自律操船の研究
目的	・交通量の増加、拡大する環境への対応、将来的な船員の不足等の克服 ・船員が家族から離れて過ごす時間を減らすことにより船員職業の社会的持続性を確保	・運航コスト削減 ・海上輸送中の死亡者数減少(ヒューマンエラーの低減)	・運航にかかる人員を削減することで運航コストを削減 ・船員が海上で長い期間を過ごすことと比較して、よりよい生活の質の提供	自律操船の研究
期間	2012年9月1日～2015年8月31日	(不明)	・2020年代前半に沿岸航行船 ・2030年代前半に大洋航海自律船	2012年～

出典：国土交通省海事局

2. 国内における動き

(1) 航路標識 AIS

AIS 信号所は、電波により気象条件に左右されることなく標識の位置情報などを船舶に提供できることから、霧の発生などで灯台の所在が分からないというようなことがなく、安全な航海に非常に有効であるとして、IALA 及び ITU において勧告がなされ、国際的に航路標識と認められた。わが国では平成 25 年 9 月、国内事業者が福島県沖の洋上風力発電施設に初の AIS 信号所を設置している。

海上保安庁においても参考 4-6 に示すように、7 箇所の灯浮標に AIS 信号所を整備しており、標識の位置情報に加えて、当該灯浮標で観測した風向、風速及び波高の情報を、船舶が実際に航行する洋上における気象現況として情報発信している。

さらに、これまでは水深が深い等の理由により、実際に標識を設置することが困難であった場所に、AIS 信号を活用して擬似的に標識が実在するかのように航海計器に表示させる AIS 仮想航路標識を伊良湖水道航路、明石海峡航路等において 3 基設置しており、更なる活用について検討を進めている。

資料4-6 海上保安庁における AIS 信号所の整備状況



出典：海上保安庁