

船舶事故調査報告書

船種船名 コンテナ船 MOL DISCOVERY

IMO番号 9021253

総トン数 42,812トン

事故種類 衝突（防波堤）

発生日時 平成21年12月30日 18時49分ごろ

発生場所 阪神港大阪第1区 大阪府大阪市大阪南防波堤灯台基部付近
(概位 北緯34°38.3′ 東経135°23.9′)

平成23年6月23日

運輸安全委員会（海事専門部会）議決

委員 横山 鐵男（部会長）

委員 山本 哲也

委員 石川 敏行

委員 根本 美奈

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

コンテナ船^{エムオーエル ディスカバリー}MOL DISCOVERYは、船長ほか21人が乗り組み、水先人の水先により阪神港大阪第1区の内港航路を出航中、平成21年12月30日18時49分ごろ、大阪南防波堤に衝突した。

MOL DISCOVERY は、左舷外板に破口を生じて燃料油が流出したが、死傷者はいなかった。

大阪南防波堤を形成するコンクリートブロック（ケーソン）が移動又は傾斜し、大阪南防波堤灯台が傾いた。

1.2 船舶事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成21年12月30日、本事故の調査を担当する主管調査官（神戸事務所）ほか2人の地方事故調査官を指名した。

1.2.2 調査協力等

三菱重工業株式会社から、MOL DISCOVERY の推進力に関する情報提供を受け、また、東京海洋大学から、航走時の船体圧流解析の手法についての助言を得た。

1.2.3 調査の実施時期

平成22年1月4日、5日 現場調査及び口述聴取

平成21年12月30日、31日、平成22年1月1日、2日、15日、18日、26日、2月3～5日、10日、25日、3月10日、11日、10月20日、11月9日 口述聴取

平成22年3月3日、8日、9月17日、22日、10月6日、18日、20日
回答書受領

1.2.4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 事実情報

2.1 事故の経過

本事故が発生するまでの経過は、MOL DISCOVERY（以下「本船」という。）のVDR^{*1}の記録（以下「VDR記録」という。）並びに本船の船長、一等航海士、港内業務担当水先人^{*2}（以下「水先人A」という。）、航行業務担当水先人^{*3}（以下「水先人B」という。）、大阪湾水先区水先人会役員、引船とらいとん（以下「引船A」と

^{*1} 「VDR」とは、Voyage Data Recorder（航海データ記録装置）の略称であり、自船の位置、動静や船橋内の音声情報、周辺船舶のAIS（脚注21参照。）情報、レーダー画面情報などを記録し、海難事故等を調査する目的に利用される。

^{*2} 「港内業務担当水先人」とは、水先法の規定により、一定の水先区について水先人の免許を受けた者で、旧阪神水先区（港内）での水先業務を担当する水先人（Harbor Pilot）をいう。

^{*3} 「航行業務担当水先人」とは、水先法の規定により、一定の水先区について水先人の免許を受けた者で、大阪湾水先区（大阪湾内、港外）での水先業務を担当する水先人（Bay Pilot）をいう。

いう。)の船長及びパイロットボート*4ろっこう(以下「本件交通船」という。)の船長の口述によれば、次のとおりであった。

2.1.1 VDR記録の船位及び動静に係る情報による運航の経過

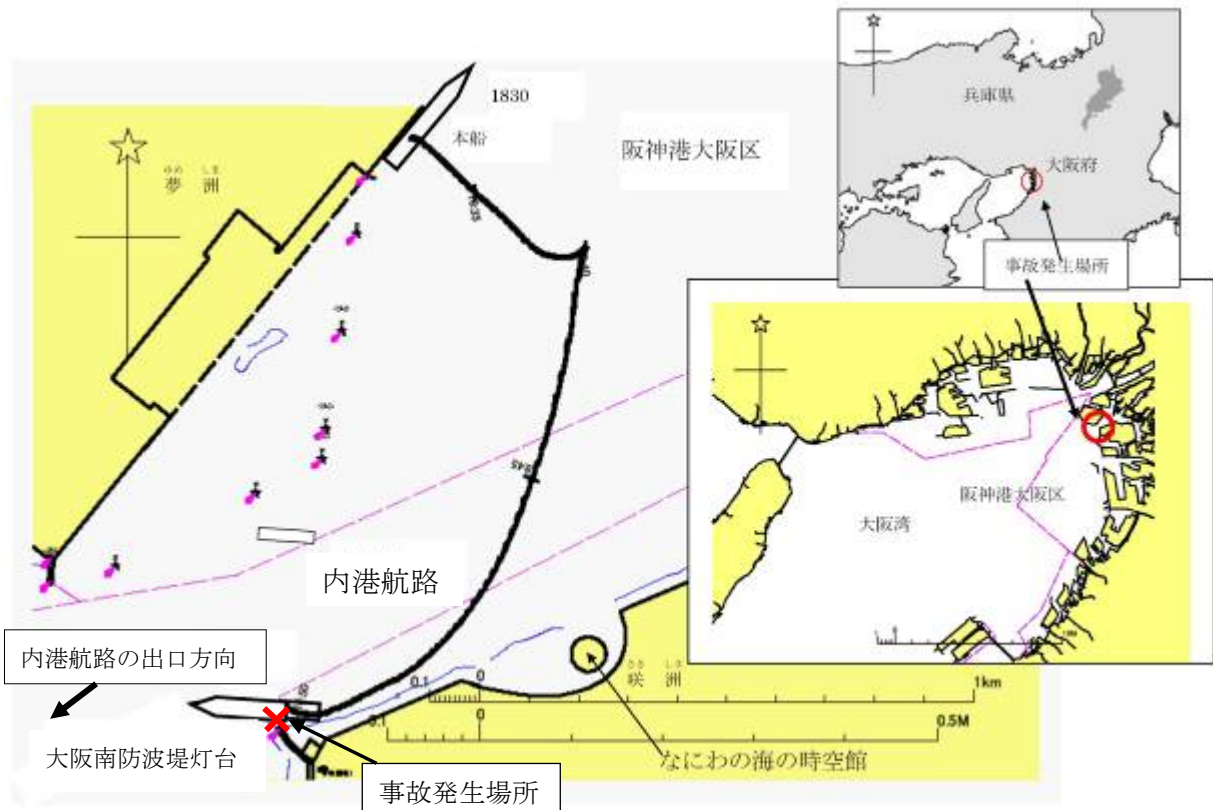
次表中、船首方位及び対地針路は、いずれも真方位(以下同じ。)で、前後方向の船速(以下単に「船速」という。)及び横移動速力(以下「偏速」という。)は、いずれも対地速力(kn)で示し、偏速が左方向の場合“-”、右方向の場合“+”と記載する。

時刻 時：分	船位(度-分)		船首 方位	対地 針路	船速 (kn)	偏速 (kn)	参考事項
	北緯	東経					
18:30頃	34-39.002	135-24.072	038.3	038.3	0.1	-0.1	ゆめしま 夢洲C11岸 壁を離岸
18:40頃	34-38.827	135-24.226	239.3	112.7	1.3	-1.1	離岸後左回頭
18:41頃	34-38.808	135-24.234	220.7	181.0	1.5	-1.0	南進
18:42頃	34-38.773	135-24.228	215.7	185.8	2.7	-1.3	内港航路北側 境界線に到達
18:43頃	34-38.713	135-24.218	218.5	190.7	3.7	-1.6	引船A離れる
18:44頃	34-38.643	135-24.196	220.7	196.8	4.4	-1.8	
18:45頃	34-38.572	135-24.166	224.0	199.3	4.3	-1.8	内港航路中央 付近を航行
18:46頃	34-38.500	135-24.130	228.5	207.0	4.7	-1.7	内港航路南側 境界線に到達
18:47頃	34-38.440	135-24.078	240.0	220.8	4.6	-1.5	内港航路から 出る
18:48頃	34-38.383	135-23.997	254.7	236.0	5.6	-1.7	
18:49頃	34-38.340	135-23.879	265.0	251.9	6.7	-1.5	防波堤に衝突
18:49.5	34-38.344	135-23.856	275.5	278.8	2.4	+0.1	
18:50頃	34-38.349	135-23.825	273.7	280.8	3.3	+0.4	

(次図 VDRによる航跡図及び事故発生場所説明図 参照)

*4 「パイロットボート」とは、大型船の入出港に際し、水先案内人を大型船まで送迎する交通船をいう。

VDRによる航跡図及び事故発生場所説明図



2.1.2 VDR記録の音声情報による運航の経過

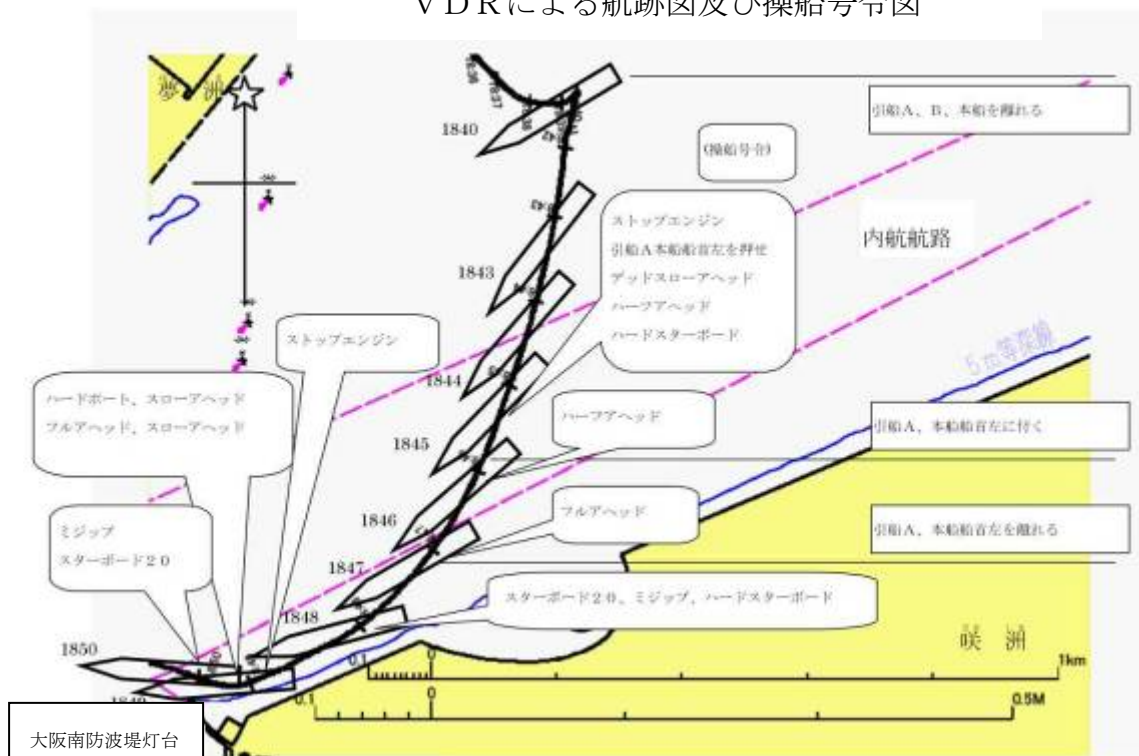
次表中、音声情報の種別を携帯用無線通話機（以下「VHFトランシーバー」という。）による通話は“V”、船橋内の操船号令は“操”とそれぞれ音声記録の欄に記載する。

時刻 時:分:秒	船舶	音声 記録	VHFトランシーバー通話 及び 船橋内操船号令
18:42:10	引船A	V	了解しました。お疲れさまでした。
18:42:40	引船 河内丸	V	パイロットさん、引船河内丸（以下「引船B」という。）です。お疲れさまでした。
18:44:30	本船	操	ストップ エンジン Stop engine（機関停止）
18:44:40	本船	V	今、流されている。・・・Stop engine としましたので・・・フル（全速力）で左おもて（左舷船首）を押ししてください。
18:44:50	本船	操	デッド スロー アヘッド Dead slow ahead（極微速前進） スロー アヘッド Slow ahead（微速前進）

18:45:10	本船	操	ハード スターボード Hard starboard (右舵一杯)
18:46:15	引船A	V	すみません。このままでしたら引船Aが挟まれますので逃げます。
18:46:20	本船	操	エンジン ハーフ Engine half (機関半速)
18:47:00	本船	操	フル アヘッド Full ahead (全速前進)
18:47:55	本船	操	スターボード トゥエンティ Starboard twenty (右舵20°)
18:48:00	本船	操	ミジップ Midship (舵中央)
18:48:15	本船	操	Hard starboard
18:48:45	本船	操	Stop engine
18:49:10	本船	操	ハード ポート Hard port (左舵一杯)
18:49:15	本船	操	Slow ahead
18:49:20	本船	操	Full ahead
18:49:35	本船	操	Slow ahead
18:50:20	本船	操	Midship
18:50:30	本船	操	Starboard twenty

(次図 VDRによる航跡図及び操船号令図 参照)

VDRによる航跡図及び操船号令図



2.1.3 口述による運航の経過

(1) 出航^{*5}前

水先人Aは、平成21年12月30日16時ごろ、本船の港内業務の水先^{*6}を行うことを水先人会の配乗担当者から知らされた。

水先人Aは、西寄りの風が強まる旨の気象情報、スラスターが装備されていないことなどの本船要目及び約4,400馬力の引船Aと約3,600馬力の引船Bが手配されている旨の情報を乗船前に得た。

水先人Aは、阪神港大阪第1区夢洲C11（以下「夢洲C11」という。）岸壁に左舷着けした本船の船首尾にそれぞれ1隻の引船を配置し、離岸後左回頭したら、内港航路の出口に向けて航行して大阪南防波堤灯台（以下「南防波堤灯台」という。）の西方0.7海里（M）付近に至れば、水先人Bに水先業務を引き継いで下船する計画とした。

17時ごろ、水先人Aは、水先人Bと共に神戸市に所在する水先人会の事務所から大阪湾水先区水先人会専属の送迎車で本船に向かい、車中、運転手から、本船をスクラップ（廃船）する目的で仕向地の中華人民共和国に空船状態で配船する旨の情報を得た。

17時25分ごろ、水先人Aは、水先人Bと共に、荷役中の本船に乗船し、風速約7m/sの西～西北西の風を確認した。

本船は、18時10分ごろ、揚荷役^{あげにやく}が終了し、空船^{*7}となった。

一等航海士は、揚げ荷役後に読み取った喫水をパイロットカード^{*8}に記載した。

水先人Aは、水先に先立ち、船橋で本船船長が提示したパイロットカードを受け取り、本船の要目、操縦性能、設備機器等に異状がない旨のほか、本船が軽喫水^{*9}で極端な船尾トリムであることを知った。

水先人Aは、離岸出港計画図を本船船長に提示し、引船の配置と離岸後左転して出航する操船手順を説明した。

本船船長は、提示された離岸出港計画を了解した。

（次図 本船の離岸出港計画図 参照）

*5 「出航」とは、港の内側から外側に向かって航行することをいう。（港則法上の解釈）

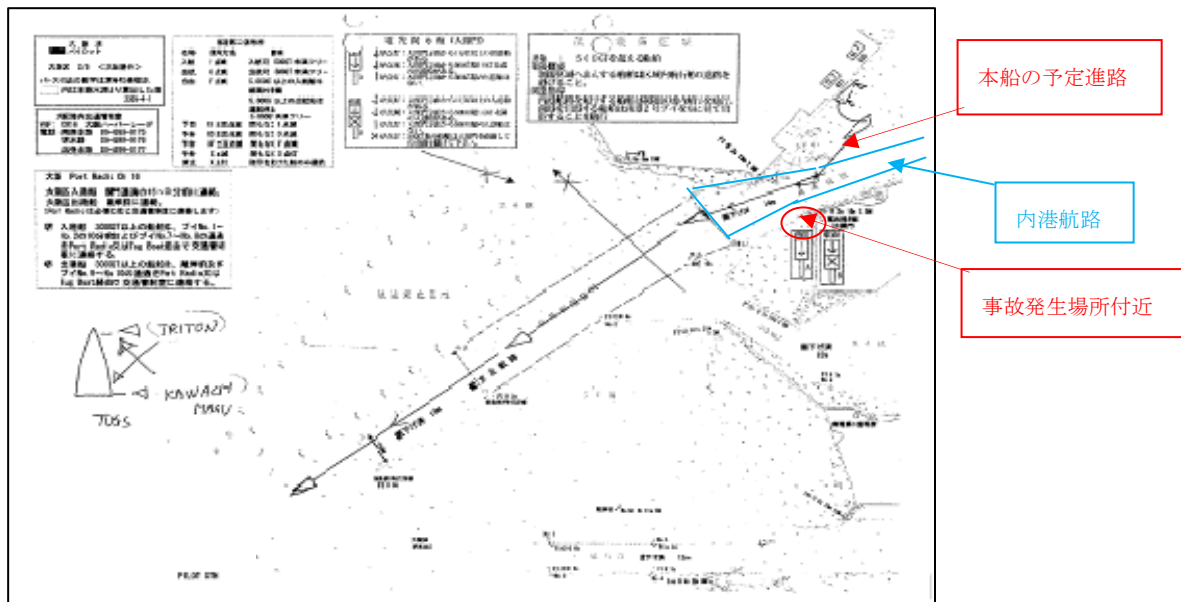
*6 「水先」とは、水先区において、水先人が船舶に乗り込み当該船舶を導くことをいう。

*7 「空船」とは、航海に必要な燃料、清水、バラスト水、食糧などは積載しているが、貨物や旅客を積載していない船舶の状態をいい、「バラスト状態（コンディション）」と同義である。

*8 「パイロットカード」とは、船長が水先人に自船の喫水、速力、操縦性能などを書いて手渡すカードをいう。なお、本船のカード名には、pilot information cardと記載している。

*9 「軽喫水」とは、船舶が貨物を積載せず、航海に必要な物（燃料、清水など）のみを積載した状態の喫水をいう。

本船の離岸出港計画図



(2) 出航から大阪南防波堤への衝突

本船は、船長を含む22人（クロアチア共和国籍2人、モンテネグロ国籍6人、ルーマニア国籍1人、フィリピン共和国籍13人）が乗り組み、本船船長と水先人Aが船橋又は左舷ウイングに、一等航海士が船橋の機関操縦盤に、甲板手1人が操舵に、水先人Bが船橋右舷前部に、二等航海士ほか3人が船首部に、三等航海士ほか3人が船尾部に、機関長ほか機関部員が機関室にそれぞれ配置した。

平成21年12月30日18時20分ごろ、右舷船首に引船B、右舷船尾に引船Aを配置して係留索の解らんを始めた。

水先人Aは、本船の水先を終えたら移乗する予定の本件交通船船長から、大阪南防波堤（以下「南防波堤」という。）の外側水域は波が高いので、より安全に移乗できる南防波堤の内側水域で下船して欲しい旨の打診をVHFトランシーバーで受け、これを了解した。

本船は、水先人Aの水先で、航海灯を表示し、中華人民共和国黄浦^{こうほ}（Huangpu）港に向け、18時30分ごろ夢洲C11岸壁を離岸した。このとき、水先人Aは、気象情報どおり、風速が強まって約10m/sに達したことを知った。

水先人Aは、夢洲C11岸壁の前面海域で、引船A及び引船Bにより本船を左回頭させて内港航路の出口付近に向首し、内港航路を航行して南防波堤の内側水域で下船する計画について再考した。

水先人Aは、南防波堤の内側水域で下船するには、事前に本船船長に承諾を得ておく必要があること、短時間で水先人Bに業務を引き継ぐ必要がある

こと、下船用のパイロットラダー^{*10}を早めに準備する必要があることから、南防波堤の内側水域での下船をあきらめ、南防波堤沖を通過してから下船することとした。

水先人Aは、夢洲C 1 1岸壁の前面海域で回頭を始め、その後、左舵一杯、微速力前進として回頭を早めようとした。

水先人Aは、回頭を終え、18時40分ごろ、引船A及び引船Bのタグラインを解らんさせ、引船による本船の離岸作業が終了した旨を両引船の船長に伝えた。

水先人Aは、機関を前進にかけ、南防波堤沖合を航行して内港航路の出口に向かうことにした。

水先人Aは、速やかに内港航路に入航^{*11}しようとし、左舵15°か左舵20°を号令した。

水先人Aは、西～西北西の風が強まり、風速が約15m/sまで達したことを知ったが、内港航路を出航直後に南防波堤沖で、水先人Bに水先業務を引き継いで下船することとしたので、それまでに行う水先業務の引継ぎや下船用のパイロットラダーの準備に要する時間を考慮して増速することをためらった。

そして、水先人Aは、極微速力前進及び微速力前進とし、次いで船首の振れを一旦止めるため、そのとき向首していた230°の針路で進むよう号令した。

やがて、本船は西寄りの風を右舷側から受けて左方の^{さきしま}咲洲寄りに圧流され、水先人Aは、意図する操船ができない状況に陥ったことに気付き、右舵を号令した。

水先人Aは、本船が内港航路に入航し、右舵をとっても船首が南防波堤灯台付近を向いたまま左方に圧流され続けたので、付近にいた引船Aに本船の右回頭を補助させて左方への圧流を止めることにした。

本船船長は、引船Aに本船の右回頭を補助させて左方への圧流を止めることに同意した。

水先人Aは、向首した南防波堤灯台への接近を遅らせ、引船Aが本船を補助できる体制になるまでの時間を稼ぐこと、本船の速力が3kn以上では引船Aの操船補助が期待できないことを考え、機関停止を号令したのち、左舷後方にいた引船Aに本船の左舷船首部を全速力で押すよう指示した。

*10 「パイロットラダー」とは、水先人が、水先する船舶の乗下船に用いるはしごをいう。

*11 「入航」とは、一般に、港の外側から内側に向かって航行することをいうが、この場合は、狭義に、航路に入ることをいう。

水先人Aは、引船Aが本船の左舷船首部に到着する前に、微速力前進及び右舵一杯を号令した。

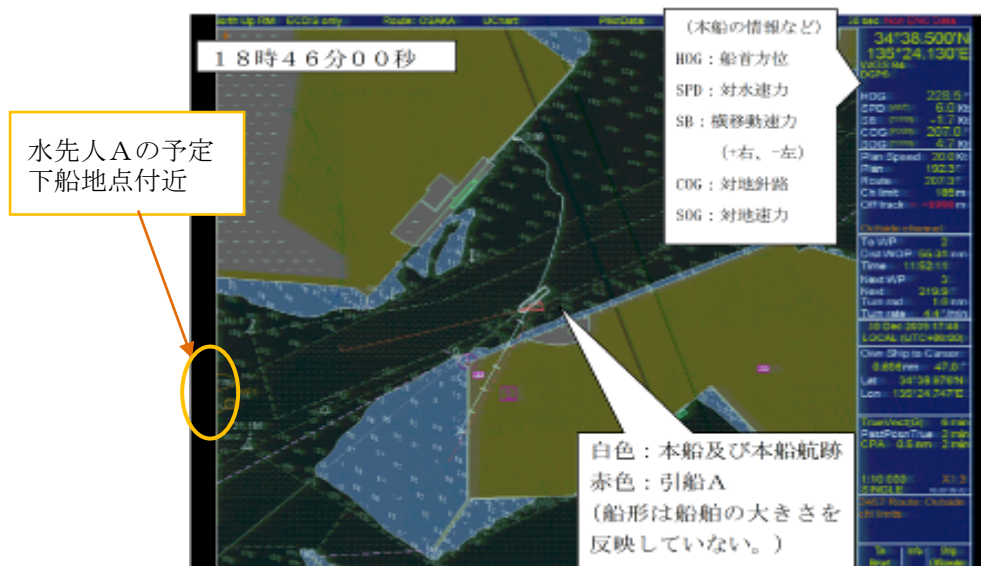
引船Aは、本船の左舷船首部に向かって航行し、前進速力のある本船の左舷船首部付近を押し始めたが、乾舷を越える波を左舷方から受け、本船に対して直角な姿勢で押すことができなかった。

本船船長は、風を受けて左舷方に流される本船を引船Aが直角に押すことができない状況を見て、南防波堤と衝突するおそれがあると感じた。

引船Aの船長は、左方に圧流され続けた本船と咲洲とに引船Aが挟まれると感じて本船から離れる旨を水先人Aに伝えた。

(次写真 VDR記録 18時46分00秒のECDIS^{*12}画面 参照)

VDR記録 18時46分00秒のECDIS画面



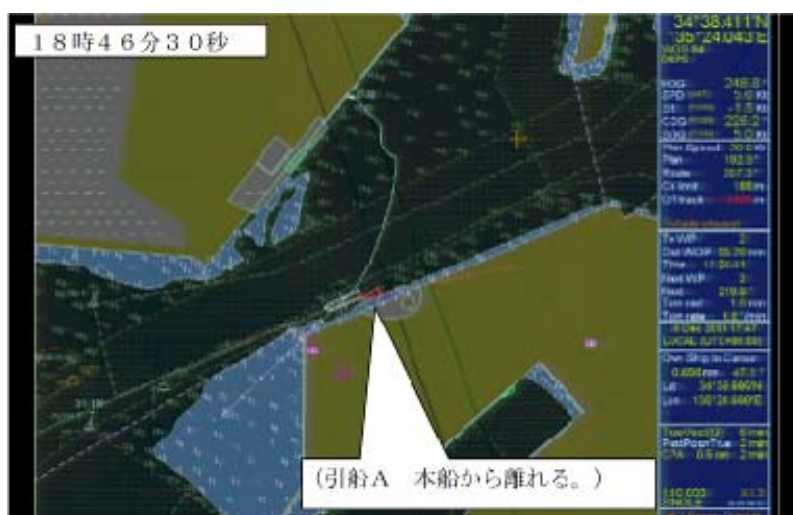
水先人Aは、引船Aが本船から離れることを了解し、半速力前進に続いて全速力前進を号令して舵効を得ようとした。

水先人Aは、本船が接近を続けて目前に迫った南防波堤との衝突が避けられないと思った。

(次写真 VDR記録 18時46分30秒のECDIS画面 参照)

*12 「ECDIS」とは、Electronic Chart Display and Information System の略で、電子海図表示システムのことをいい、航海用電子海図 (Electric Navigation Chart) と自船の位置を同じ画面に表示するばかりでなく、他の情報 (レーダ、予定航路等) を重ねて表示でき、また、浅瀬等に接近したときに警報を発する機能も持っている。

VDR記録 18時46分30秒のECDIS画面



水先人Aは、南防波堤灯台が船首わずか左方に見えるようになり、右舵20°、舵中央、右舵一杯と号令し、衝突直前、衝撃を軽減するため、本船船長とほぼ同時に機関停止を号令した。

本船は、18時49分ごろ、喫水線付近の左舷外板が南防波堤灯台基部のケーソン*13に衝突した。

本船船長は、衝突直後に本船の左舷舷側から舷外に流出するバラスト水を見た。

水先人Aは、本船が衝突の衝撃で南防波堤からはじかれるように離れたのを確認し、キック*14を利用して船尾部の損傷を避けるため、本船船長とほぼ同時に、左舵一杯、微速力前進、全速力前進と号令し、南防波堤を通過した。

(3) 南防波堤への衝突後

本船は、事故処理のため、港外錨地に向けて西進した。

水先人Aは、無線で、海上保安庁に事故の通報を行った。

本船船長は、乗組員に損傷状況の調査を命じ、間もなく、左舷3番バラストタンクがほとんど空になり、左舷3番燃料タンクの積載量が増加している旨の報告を受け、同燃料タンクに破口が生じて海水が流入していると判断した。

*13 「ケーソン (caisson)」とは、防波堤などの構造物として使用されるコンクリート製又は鋼製の大型の箱のことをいう。

*14 「キック」とは、旋回のため舵を切ると船尾が舵を切った側と反対に押し出され、このときの原針路から測った重心の横偏位量をいう。通常の操船時は船の長さの1/100程度であるが、最大舵角では船の長さの1/7に達する場合があるので、通常の操船時は注意を要するが、直近に発見した障害物を避けるときに利用することができる。

本船船長は、左舷3番燃料タンクの破口から燃料油が流出することを懸念したので、乗組員にバラスト水を調整させて船体を右舷方に傾斜させ、破口箇所をできるだけ海面の上方に位置させることとした。

本船は、19時30分ごろ、港外に錨泊を開始した。

本船船長は、投錨時、左舷ウイングから衝突箇所付近の左舷外板が外方にめくれて破口が生じているのを視認した。また、投錨直後に船体が一度大きく動揺した際に、破口部から出入りする海水とともに流出する油を認めた。

本船は、投錨後、大きく横揺れすることがなくなり、右舷に6～7°傾斜させたので、当初、海面上1mに位置した破口が海面上2mとなって海水が破口部から出入りするともなくなった。

本船船長は、12月31日、船舶管理会社の指示により、左舷3番燃料タンク内の残油を他のタンクに移送した。

本事故の発生日時は、平成21年12月30日18時49分ごろで、発生場所は、南防波堤灯台基部付近であった。

(写真1 阪神港大阪区係留中の本船の状況、写真2 操舵室の状況、写真3 本船の損傷状況、写真4 南防波堤灯台付近の状況(事故後) 参照)

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷に関する情報

死傷者はいなかった。

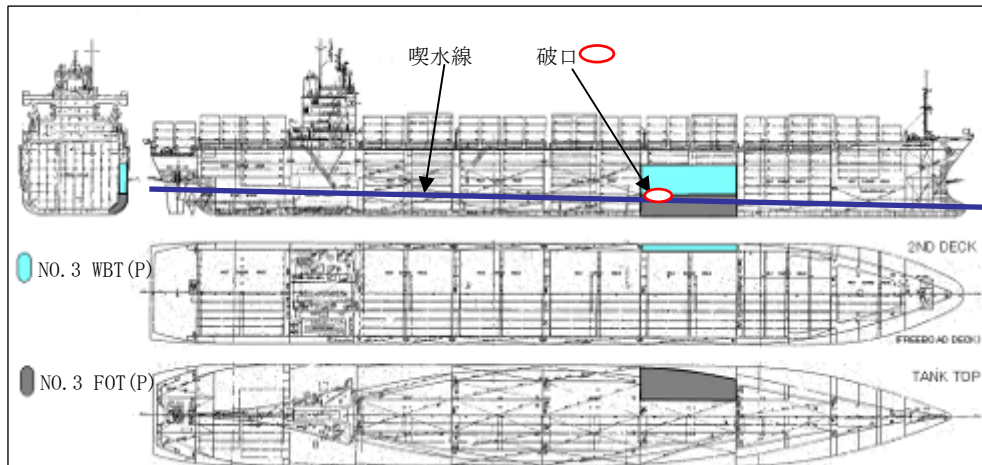
2.3 船舶の損傷に関する情報

船舶管理会社の親会社(以下「A社」という。)担当者の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、左舷3番燃料タンクとその上部に配置する左舷3番バラストタンクを隔離するタンクトッププレートに亀裂が、付近の外板に破口が生じた。

(次図 一般配置図(損傷タンク位置)、写真3 本船の損傷状況 参照)

一般配置図（損傷タンク位置）



2.4 船舶以外の施設等の損傷及び被害に関する情報

(1) 南防波堤

大阪海上保安監部担当者の口述及びA社担当者の回答書によれば、次のとおりであった。

南防波堤先端部のケーソン3個が移動又は傾斜し、各ケーソン間にそれぞれ最大約2.60m、0.55m、0.40mの隙間が生じ、ケーソン上の南防波堤灯台が傾いた。

なお、傾いた南防波堤灯台は、同灯台管理者が事故直後に灯器軸を補正し、障害が解消した。

(写真4 南防波堤灯台付近の状況（事故後） 参照)

(2) 流出燃料油

本船船長の口述及びA社担当者の回答書によれば、流出した燃料油は、約0.77tであり、風浪により拡散し、テトラポッド等に漂着したが、漁業被害の報告はなかった。

2.5 乗組員等に関する情報

(1) 性別、年齢、受有免状

本船船長 男性 49歳 国籍 クロアチア共和国

締約国資格受有者承認証 船長（パナマ共和国発給）

交付年月日 2009年10月28日

（2014年9月17日まで有効）

水先人A 男性 60歳

大阪湾水先区1級水先人水先免状

免許年月日 平成21年3月16日

交付年月日 平成21年3月16日
有効期間満了日 平成26年3月15日
水先人B 男性 59歳
大阪湾水先区1級水先人水先免状
免許年月日 平成17年12月21日
交付年月日 平成21年9月28日
有効期間満了日 平成22年12月20日

(2) 主な乗船履歴及び健康状態

本船船長、水先人A及び水先人Bの口述によれば、次のとおりであった。

① 本船船長

21歳で外航船員となり、37歳で船長職を執り、本船船長として平成21年11月25日に京浜港東京区で乗船した。

また、本事故時の健康状態は普通で、視力は良く、聴覚に異常はなかった。

② 水先人A

昭和45年7月に外航船会社に入社し、陸上勤務と外航船航海士職、外航船船長職を繰り返し、通算の乗船期間は約26年で、そのうち約5年間は船長職を執り、コンテナ船のほか風圧の影響を受けやすい自動車運搬船にも乗船し、平成20年3月に退社した。

平成21年3月に水先免状を取得して本事故までに153隻を水先し、そのうち、40,000トン以上のコンテナ船は3隻であり、内港航路付近を航行したのが36隻で、約7割がコンテナ船であった。

なお、本事故時、初任者のため、水先船については50,000総トンまでの制限があり、港内水先業務の集中習熟期間中であった。

また、本事故時の健康状態は良好であり、矯正視力が左右共に1.5で、聴覚に異常はなかった。

2.6 船舶等に関する情報

2.6.1 船舶の主要目

IMO番号	9021253
船籍港	パナマ共和国パナマ
船舶所有者	YASHIMA MARINE (LIBERIA) CO., LTD. (シンガポール共和国)
船舶管理会社	MOL SHIP MANAGEMENT (EUROPE) B. V. (オランダ王国)
船級	日本海事協会 (Class NK)
総トン数	42,812トン

L × B × D	253.27m × 32.20m × 21.20m
船 質	鋼
機 関	ディーゼル機関1基
出 力	27,868kW (連続最大)
推 進 器	5翼固定ピッチプロペラ1個
進 水 年 月	1991年10月

2.6.2 本船の積載状態等

(1) 本事故当時

出港時の各タンクの記録及び本船船長の口述によれば、次のとおりであった。

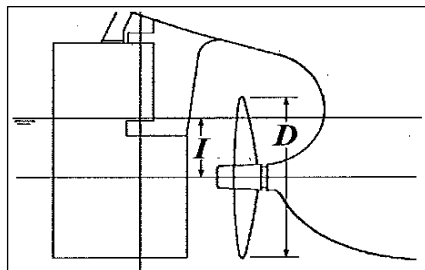
積荷はなく、全バラストタンク20個のうち、満載タンクを5個、ほぼ半載タンクを2個、他13個のタンクを空として海水バラストを3,753t搭載し、燃料油を563t、清水を195t積載していた。

船首喫水 (df) 3.2m、船尾喫水 (da) 7.2m、トリム^{*15} 4.0mB/Sで、船体強度計算表に示すプロペラ没水率^{*16} (次図参照) が、38.9% (試算したプロペラ露出が、海面上約0.9m) であった。

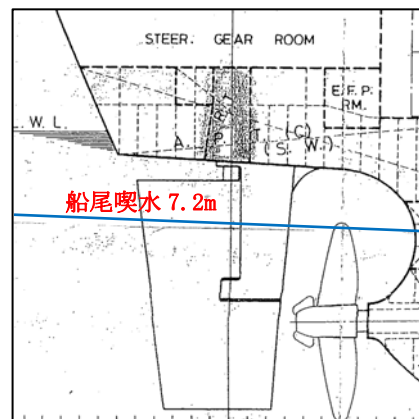
また、喫水及び一般配置図から求められる状態は、プロペラ上縁が海面上約0.3mに、また、舵板の約20%が海面上にそれぞれ露出していた。

(次図 プロペラ没水率 (I/D) を示す図、当時の喫水線を示す図 参照)

プロペラ没水率 (I/D) を示す図



当時の喫水線を示す図



*15 「トリム」とは、船首喫水と船尾喫水の差をいい、船尾の喫水が船首のそれより大なる状態をトリム バイ ザ スターン (B/S)、逆の場合をトリム バイ ザ ヘッド (B/H) という。

*16 「プロペラ没水率」とは、I/Dで示される割合をいい、Iはプロペラ軸中心から水面までの距離、Dは、プロペラ直径である。プロペラ没水率が50%のとき、プロペラ上端が水面と同じ高さになる。

(2) 通常時

復原性資料に例示されるバラスト状態での出港コンディションは、船首喫水5.50m、船尾喫水8.51m、トリム3.01mB/Sであり、海水バラスト搭載量が9,296tで、プロペラ没水率が54.8%であった。

2.6.3 本船に関するその他の情報

(1) パイロットカードによれば、港内の速力は次のとおりであった。

全速 11.5kn、半速 9.5kn、微速 7.8kn、極微速 5.8kn

(2) 操縦性能表によれば、前進速力は次のとおりであった。

① 積荷積載時

全速 11.5kn、半速 9.5kn、微速 7.8kn、最極微速 5.8kn

② 空倉（バラスト状態）時

全速 12.0kn、半速 10.05kn、微速 8.0kn、極微速 6.0kn

(3) 操縦性能表によれば、旋回性能は次のとおりであった。

① 積荷積載時

最大舵角35°、速力11.5knにおいて、旋回縦距^{*17} 845m、旋回横距^{*18} 594m

② 空倉（バラスト状態）時

最大舵角35°、速力12.0knにおいて、旋回縦距 782m、旋回横距 495m

(4) 風圧面積

復原性資料中の「船体側面と正面の投影図とその重心位置の曲線図」によれば、次のとおりであった。

① 本事故当時（平均喫水5.2m）

a 船体正面風圧面積 約1,000m²

b 船体側面風圧面積 約4,800m²

c 船体側面没水面積 約1,200m²

② 復原性資料に例示されているバラスト状態での出港コンディション（平均喫水7.0m）

a 船体正面風圧面積 約950m²

^{*17} 「旋回縦距」とは、転舵時の船の重心位置から90°回頭したときの船体重心の原針路上での縦移動距離をいう。

^{*18} 「旋回横距」とは、転舵時の船の重心位置から90°回頭したときの船体重心の原針路上での横移動距離をいう。

b 船体側面風圧面積 約4,400 m²

(5) 推進力及び所定の速力に達するまでの航走距離

三菱重工業株式会社担当者の回答書によれば、次のとおりであった。

① 推進力

各エンジンモーションにおける推進力は、次のとおりであった。

なお、当該推進力には、相当量の推定を含み、また、プロペラが全没水でない場合は、プロペラ直径円の水没部分の面積比で推定できる。

極微速力前進 (21.0rpm)	約11 t
微速力前進 (28.0rpm)	約19 t
半速力前進 (35.0rpm)	約29 t
港内全速力前進 (42.0rpm)	約42 t
全速力前進 (85.0rpm)	約165 t

② 所定の速力に達するまでの航走距離

海上公試運転成績表中、「CRUSH STOP ASTERN AND AHEAD TEST」によれば、概ね次のとおりであった。

船体が停止した状態で機関を全速力前進に命じてから、速力が6 kn に達するまでの時間が、約50秒であり、その間の航走距離が約70mであった。

(6) パイロットカード及び本船船長の口述によれば、本船には、ジャイロコンパス、GPSプロッター、自動操舵装置^{*19}、国際VHF無線電話装置^{*20}、速力計、風向風速計、ECDIS、AIS^{*21}、レーダー

^{*19} 「自動操舵装置」とは、通称オートパイロットと呼ばれているもので、操舵装置にジャイロコンパスや磁気コンパスなどの船首方位センサーを接続し、設定された針路方向に船首を自動保持する装置をいう。

^{*20} 「国際VHF無線電話装置」とは、船舶相互間の通信や港務通信、船舶の通航に関する通信のほか、公衆電話や国際公衆電話と接続しても使用することができる無線電話通信装置をいう。なお、16チャンネルは「遭難」、「安全」及び「呼出し」用で常時聴取が義務付けられており、使用目的により使用チャンネルの枠が決められている。海外では、国際VHFを MarineVHFという。

^{*21} 「AIS」とは、Automatic Identification System の略で、船舶自動識別装置のことをいい、海上における人命の安全のための国際条約（SOLAS）により、2002年7月1日から総トン数300トン未満の旅客船及び総トン数300トン以上の船舶であって国際航海に従事する船舶並びに総トン数500トン以上の船舶で国際港航海に従事しない船舶（船舶設備規定146条の29）に装備が義務づけられている。

AISの主目的は、各船舶及び船舶管制センターが複数の船舶を識別して追尾し、それらの船舶の情報などを周囲の船舶に知らせて船舶間の衝突回避を支援する。

そのため、各船舶から自船のデータを他船や船舶交通サービス（VTS：Vessel Traffic Service）局へ常時送信するとともに、他船の情報、VTSからのデータ情報を受信する必要がある。

情報内容は、船名、呼出符号、総トン数、積荷等の内容、現在位置、対地速度、針路、航行状態（航行中、停泊中の別）などである。

(ARPA^{*22}付き)等が装備されており、機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

(7) 水先法によれば、本船は、大阪湾航行中は、水先人を乗り込ませなければならない。

また、水先約款及び阪神港大阪区の引船配備基準によれば、本船には、2,001～3,000馬力の引船1隻及び3,001馬力以上の引船1隻が配備される。

(写真1 阪神港大阪区係留中の本船の状況、写真2 操舵室の状況 参照)

2.6.4 他の船舶に関する情報

引船Aの船舶国籍証書及び検査手帳によれば、同船の要目は次のとおりであった。

船舶番号	140804
船籍港	香川県坂出市
船舶所有者	日本栄船株式会社
総トン数	209トン
Lr×B×D	36.74m×9.00m×3.80m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関2基
出力	1,618kW×2 (連続最大)
航海速度	16.23kn
主操舵装置	ZP-31 (Z型推進装置 ^{*23})
平均曳航力	46.5t (負荷100%)
最大曳航力	47.0t (負荷100%)

2.7 その他の設備に関する情報

(1) 南防波堤灯台

南防波堤灯台の構造などは、海上保安庁刊行の灯台表によれば、次のとおりである。

構造：赤塔形 高さ16m

灯高：19m

^{*22} 「ARPA」とは、Automatic Radar Plotting Aids の略で、自動衝突予防援助装置のことで、他船などの物標の位置をプロットングすることにより、その将来位置を予測し、危険かどうか判定する等の作業をコンピュータで自動処理する装置をいう。

^{*23} 「Z型推進装置」とは、タグボートの推進装置のひとつであり、Z型ダクトプロペラとも呼称され、前後進はもとより、360度全方向に推進力が得られる。

灯 質：等明暗赤光 明 2 秒暗 2 秒

位 置：南防波堤北西端ケーソン上（北緯 34° 38.3′ 東経 135°
23.9′）

(2) 南防波堤

南防波堤は、海図によれば、咲洲北西端から北西方に約 90 m 延び、基部がケーソン構造となっている。また、南防波堤先端沖付近の水深は、10 m である。

(写真 4 南防波堤灯台付近の状況 (事故後) 参照)

2.8 気象及び海象に関する情報

2.8.1 気象観測値、注意報、潮汐及び日没時刻

(1) 気象観測値

① 大阪府中央区大手前に所在する大阪管区気象台によれば、平成 21 年 12 月 30 日の本事故発生前後の気象観測値は、次のとおりであった。

17時00分 風向 西、風速 3.6m/s

18時00分 天気 雨、風向 西、風速 3.7m/s

19時00分 風向 西北西、風速 5.0m/s

② 本事故発生場所付近の北東約 1.8 M に位置する大阪船舶通航信号所の本事故発生前後の気象観測値は、次のとおりであった。

17時00分 天気 雨、風向 西南西、風速 3m/s

18時00分 天気 曇り、風向 西北西、風速 12m/s

19時00分 天気 曇り、風向 西北西、風速 13m/s

(2) 注意報

大阪管区気象台は、12時19分大阪市に強風波浪注意報を発表した。

(3) 潮汐

海上保安庁刊行の潮汐表によれば、平成 21 年 12 月 30 日 18 時～19 時の阪神港大阪区の潮汐は、高潮であった。

(4) 日没時刻

海上保安庁刊行の天測暦によれば、平成 21 年 12 月 30 日の日没時刻は、16 時 57 分であった。

2.8.2 乗組員の観測

本船船長の口述によれば、本事故時、本事故発生場所付近には、風速 35 kn (約 18 m/s) の北西風があった。

2.8.3 水先人Aの観測

水先人Aの口述によれば、次のとおりであった。

本事故時、本事故発生場所付近には、285～290°方向から風速13m/sの風があった。

安治川に近いところでは、降雨後の低潮期には雨水の影響があり、内港航路を出た付近では大阪湾の恒流があるが、本事故当時、本事故発生場所付近では、水の流れはほとんどないものと思った。

2.9 事故水域等に関する情報

水路誌及び大阪市港湾局大阪港航行安全情報センターの大阪港入港マニュアルによれば、概要は次のとおりである。

阪神港大阪区は、大阪湾の北東部に位置する我が国屈指の大港湾である。

阪神港北部の夢洲と咲洲との間の大阪第1区には、東西に長さ約1.5M、幅170～500m、水深14.3mに掘り下げられた港則法で定められた内港航路があり、港奥の安治川航路に接続し、また、北方や港奥には、コンテナふ頭及び在来ふ頭などがある。

内港航路を挟む、夢洲南東端の大阪北港南防波堤と咲洲北西端の南防波堤との間は、幅が約500mの水域で、大関門と称して市民に知られている。

港湾管理者は、総トン数500トンを超える船舶が、大関門（内港航路）付近で行き会うことのないよう、あらかじめ船舶の通航時刻等について調整を行っている。

なお、河川の多い阪神港大阪区では、海面下2～3mを境として上下層の流況を異にし、特に梅雨時から秋に顕著となる。

2.10 その他参考事項

2.10.1 操船性能に関する参考事項

(1) 操船通論（八訂版、本田啓之輔著、株式会社成山堂書店、平成20年6月28日発行）によれば、概ね次のとおりである。

① 操船に影響するプロペラの作用（一部抜粋）

プロペラの回転に伴う水の反力によって発生する横向きの力を横圧力という。横圧力は、前進時には船尾を右偏させる。この現象は、プロペラの始動時やプロペラ上部が水面上に露出するような軽喫水状態で強く現れる。

② 空船航海の操船上の問題点（一部抜粋）

a 受風面積が大きくなるので風の影響を強く受ける。特に、風圧による回頭モーメントが大きくなると舵が効かなくなり、強風による横流れのため風圧差（lee way、2.10.1(1)③参照）も大きい。いずれも保針

操船に支障をきたす。

b 喫水が浅いので舵板の上部やプロペラが一部露出し、舵力を減じ推進効率も低下する。

③ 航走中の横流れ（一部抜粋）

船は風下に圧流されながら航走するので船首方位と船の移動方向とは一致せず斜行の姿勢をとる。この斜行角を風圧差又は風横流れ角といい、この大きさは航走中の横流れの度合いを示す。

通常、風圧差 10° といえれば保針不可能に近いかなりの横流れで、風速が強く低速になるほど風圧差は大きくなる。逆に、高速では、斜行するときの水抵抗の横力が船速のほぼ2乗に比例して増大するから、これが風下への圧流を抑えて風圧差を小さくし、横流れも小さくなる。

④ 向風性と離風性（一部抜粋）

船速が風速に比べて小さくなると、斜行の横流れ角が大きくなるので、水抵抗の作用点は船の中央寄りとなり、船首が風下に落とされ離風性の傾向をもつ。低速では離風性の傾向を抑えようと当舵をとっても舵力が弱いので、操縦不能になる。

⑤ 風圧合力（一部抜粋）

風圧合力 R_a は、正面の受風投影面積 A に働く風圧力と側面の受風投影面積 B に働く風圧力の合力を考えたヒュース (Hughes) の式が用いられる。

$$R_a = 1/2 \rho_a C_a V_a^2 (A \cos^2 \phi + B \sin^2 \phi) \cdots \text{ヒュースの式}$$

R_a : 風圧合力 (kg)

ρ_a : 空気密度 ($0.125 \text{ kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$)

ϕ : 相対風向 (deg)

C_a : 相対風向 ϕ による風圧合力係数

V_a : 相対風速 (m/s)

A : 水線上船体の正面投影面積 (m^2)

B : 水線上船体の側面投影面積 (m^2)

また、風圧合力 R_a が作用する方向 α ($^\circ$) は、風洞実験から得た次式で与えられる。

$$\alpha = \{1 - 0.15(\phi/90) - 0.80(1 - \phi/90)^3\} \times 90$$

なお、相対風向 ϕ による風圧合力係数 C_a は、次表に示す。

船種 φ	タンカー(T丸)		コンテナ船		自動車運搬船	
	満 船	バラスト	満 船	バラスト	満 船	バラスト
0°	1.060	0.815	0.810	0.778	0.937	0.684
10	1.024	0.833	0.919	0.838	1.169	1.017
20	1.022	0.984	1.194	1.171	1.536	1.374
30	1.016	1.151	1.364	1.331	1.712	1.596
40	0.948	1.228	1.394	1.365	1.796	1.599
50	0.973	1.134	1.414	1.310	1.482	1.417
60	0.941	1.064	1.317	1.200	1.452	1.355
90	0.963	0.998	1.176	1.097	1.343	1.267
120	1.019	0.961	1.146	1.197	1.262	1.306
150	1.261	0.126	1.402	1.489	1.516	1.518
160	1.262	1.113	1.365	1.417	1.504	1.494
170	1.133	0.733	1.061	1.049	0.946	1.089
180	0.984	0.578	0.760	0.705	0.791	0.721

⑥ 流圧力

潮流の流圧力は、方向性が極めて強く、流れの方向にかかわらず概して船幅方向の力が大きい。船幅方向の横力を次式で表す。

$$R_t = 1/2 \rho_w C_t V_t^2 L d$$

R_t : 横圧力 (t)

ρ_w : 海水の密度 (0.1046 kg・s²/m⁴)

C_t : 流圧横力係数

V_t : 潮流速度 (m/s)

L : 船の長さ (m)

d : 平均喫水 (m)

(2) 造船設計便覧 (第4版、関西造船協会編さん、海文堂出版株式会社、平成16年12月18日発行) によれば、概ね次のとおりである。

① プロペラ没水率 (I/D) の減少に伴ってプロペラ効率は低下する。

また、I/Dが過小の場合、水面圧力の均衡が破れ空気吸込 (air draw) を生じ推進器が空転するため回転速度の急増、推力急減の現象が起こることがある。

② 実験から求めた旋回圏の近似式の1つとして Hovgaard-Schoenherr-宝田の方法があり、定常旋回半径をRとすると

$$R = K_3 \nabla / (A_R \cdot C_N \cos \delta)$$

で示される。

∇ : 排水容積 (m³)

A_R : 可動部舵面積 (m²)

δ : 舵角 (°)

C_N : 直圧力係数

K_3 : 操縦性の定量的な尺度を示す指数。操縦性試験によって求める

(3) V L C Cに関する十章－操船のポイントー (初版、監修者 (社) 日本海難

防止協会、著者 VLCC研究会、代表 谷初蔵、株式会社成山堂書店、昭和52年3月28日初版発行)によれば、概ね次のとおりである。

① 操縦性に及ぼす風の影響 (一部抜粋)

航行中の船が受ける風圧の影響としては、速力の増減の他に保針の困難と風圧流が問題になる。

航行中、風を受ければ風下に圧流されると同時に、船首が風上に切り上がることはよく知られている。これを防いで針路を保つために当て舵をとるが、舵が効いて保針できる場合とできない場合とがある。

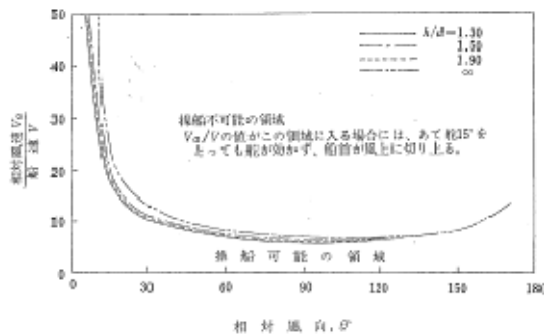
この違いは風力だけによるのではなく、風向にも船の速力にも関係する。このことは風圧流の大きさについても同じである。

② 風圧下での舵効 (一部抜粋)

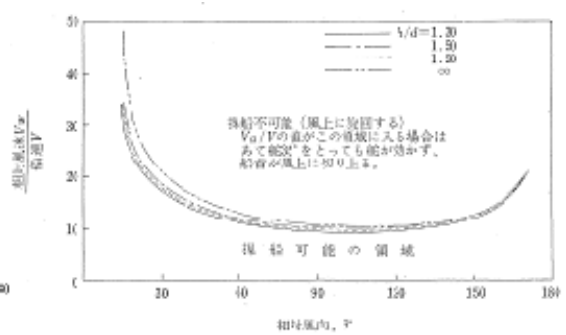
当て舵をとれば船首の切り上がりを抑え得ることはもちろんだが、それにも限度があって、舵角は大きい程有効であるし、船の行きあしに比べて風が強いほど抑えにくいのは我々が経験するところである。横風では保針しにくいのも常識である。このような事情が次図「舵角 15° の場合の舵の効き」及び「舵角 35° の場合の舵の効きの限界」にU字型の曲線で表されている。

(次表 舵角 15° の場合の舵の効き、舵角 35° の場合の舵の効きの限界参照)

舵角 15° の場合の舵の効き



舵角 35° の場合の舵の効きの限界



相対風速と船速の比の値が、U字型の曲線より下方にくるときは、舵が効いて針路を保つことができ、U字型の曲線の上に入るときは舵をとってもなお船首が風上に切り上がることを示している。

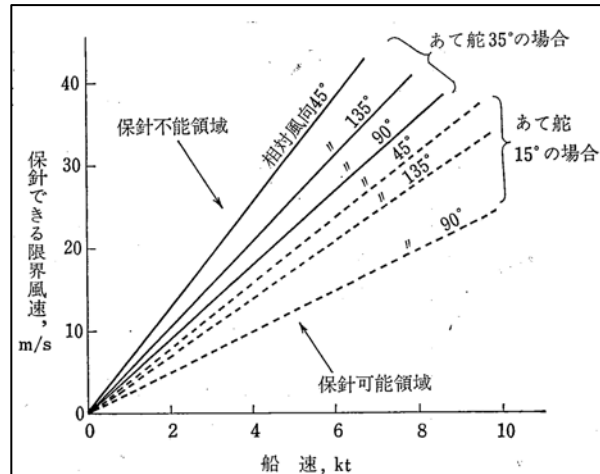
両図より、大きな舵をとった場合の方が風速/船速の比が大きくなっても舵が効くことが分かる。

両図とも水深の異なる曲線が、ほぼ重なっていることから、風の影響による舵効は、水深が浅くなってもそれほど変わらないようである。

これらの資料をもとに、巨大船が湾内や港域を低速力で航走する場合に着目し、その範囲の船速に絞って舵が効かなくなる限界風速を求めてみた。次表「強風中での保針限界風速」に示す。

(次表 強風中での保針限界風速 参照)

強風中での保針限界風速



③ 流圧力 (一部抜粋)

水線下船体が水流から受ける流圧は、風圧力と原理的には同じ方法で求めてよく、一般には次の式で計算される。

$$R_w = 1/2 \rho_w C_w V_w^2 L d$$

R_w : 流圧力 (t)

ρ_w : 海水の密度 (0.1046 kg · s²/m⁴)

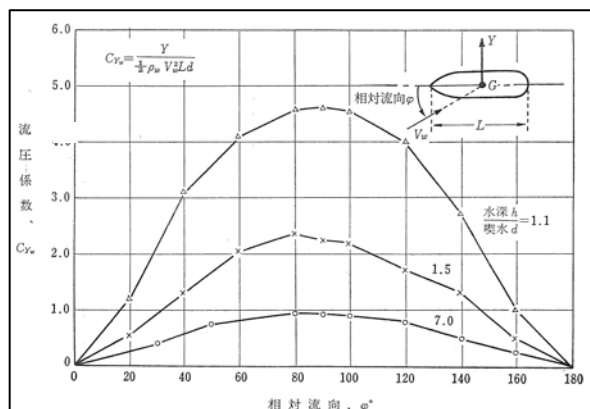
C_w : 流圧係数

V_w : 相対流速 (m/s)

L : 船の長さ (m)

d : 平均喫水 (m)

相対流行 ϕ による流圧係数は、次表に示す。



- (4) 東京海洋大学海洋工学部 大津名誉教授によれば、概ね次のとおりであった。

ヒューズの式などを用いて得た外力と推進力から圧流概況を求める方法は、静的釣合を条件とし、船体が定常状態にあることを前提とした試算に対応している。一方、速度、加速度及び風速などの外力が時々刻々と変化する圧流状況を動的に解析するには、適応したソフトに本船要目を入力し電子計算機でシミュレーションを行うことで可能となる。

2.10.2 本事故後に行った当時の本船状況に関する検証

(1) A社の検証

A社が発出した2010年1月21日付の安全喚起情報（SAFETY ALERT、仮訳 船舶事故調査官）によれば、概略次のとおりであった。

教訓（Lesson to be learned、運輸安全委員会仮訳）：事故当時、本船は、次航が中華人民共和国のスクラップヤード向けであったことから船尾トリムが大きく、軽喫水であった。

本船のコンディション及び強風に鑑みれば、タグラインを解らんした後、直ちに増速して風圧差を最小限にとどめるべきであった。

しかし、水先人は、船速が4knしかなかったにもかかわらず、タグボートを用いて風圧差（約25°）に対応しようとした。

事故発生時、バラスト満載（フルバラスト）時及び夏期満載時の各喫水における荷重をそれぞれ計算した結果、風圧合力に著しい差はなかったが、バラスト満載時が軽喫水時に比べてより安全であり、さらに、夜間では距離感が鈍り、対応が遅れて危険な状況に陥る可能性がある。

(2) 大阪湾水先区水先人会の検証

大阪湾水先区水先人会が提出した平成22年1月13日付「MOL DISCOVERY」号第一回事故防止対策委員会議事録に記載された推定原因は、概略次のとおりであった。

① 本船コンディション（一部抜粋）

a 喫水は、船首3.2m、船尾7.2mの軽喫水であった。

b 船尾トリムが4mであった。

船尾トリムが1%大きくなれば旋回径が10%大きくなると言われており、トリムが増大すると舵効きが悪くなる。また、過大な船尾トリムの場合、本船重心位置は船尾寄りとなって風圧作用点は船首寄りとなる。

特に、船速が小さい時は水抵抗の作用点が船首から中央寄りとなり、船首が風下に落とされる離風性の傾向をもつ。

- c 当該水先人の事務所出発時には、本船出港喫水の情報がなかった。現場で初めて視認した。本船入港担当の水先人は、本船が次はスクラップ航海である情報を知っていたが、それらの情報を収集して共有するシステムが構築されていなかった。

② 気象

- a 風が強かった。異常な流され方だった。

港湾天気予報で当日の風が強くなることは分かっていたが、予想より遅いタイミングで強風となった。当時の状況（風速 12～15m/s）で概算すれば風圧合力は約60tとなり、本船が停止している場合、2～3kn程度の速力で風下へ流されることとなる。

- b 事前に圧流の程度を量的に判断することは困難である。

強風で流される予想をしても量的なものは現場でしか分からない。特に空船の場合、また、夜間では、圧流の程度の判断が困難となる。経験が必要である。

- c 事故発生の2日後に別の水先人が、本船を水先した状況は、概略次のとおりであった。

喫水は、船首3.2m、船尾7.2mで、5°の右舷傾斜があった。

風向は、西～西北西、風速は、10m/sの風であった。

抜錨後速力を上げたが、風下への圧流が非常に速いと感じた。

その後、13kn、10～11knや6～7knで修理を施工する岸壁に向かった。6kn以上あれば舵が効くと思った。

(3) シミュレーション研修による検証

水先人Aの口述によれば、次のとおりであった。

平成22年1月26日、総トン数5万トン、全長199m及び船首尾の喫水がいずれも9.5mのモデル船が離岸後、右回頭した場合及び左回頭した場合の操船シミュレーションを行った。

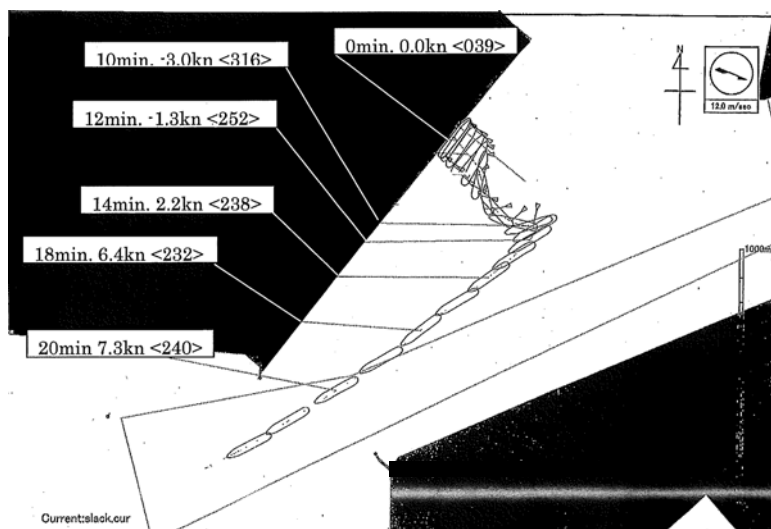
3,600馬力の曳船2隻を用い、設定風速は、12m/sであった。

圧流される前に増速して出航した。

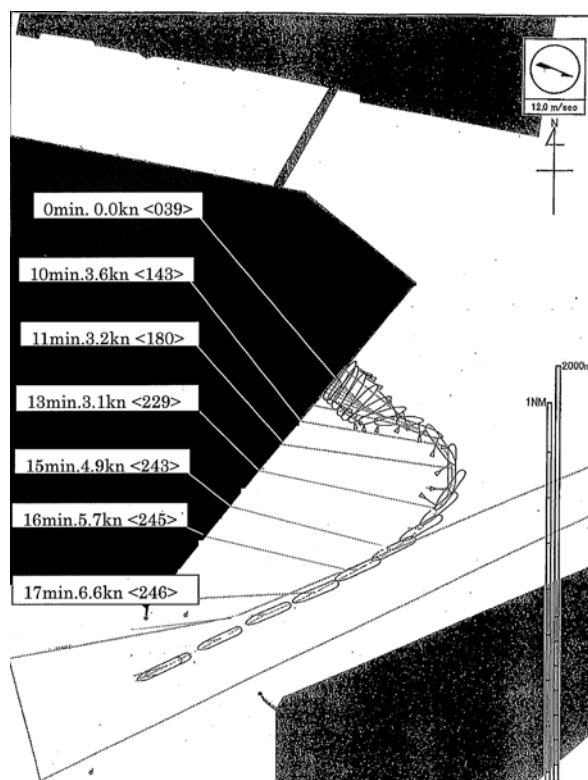
回頭方向にかかわらず、問題なく出航した。

(次図 操船シミュレーションのモデル船の航跡（左回頭）、操船シミュレーションのモデル船の航跡（右回頭） 参照)

操船シミュレーションのモデル船の航跡（左回頭）



操船シミュレーションのモデル船の航跡（右回頭）



2.10.3 港内業務担当水先人と航行业務担当水先人との関係

水先人A、水先人B及び大阪湾水先区水先人会役員の口述によれば、次のとおりであった。

水先人の港内業務と航行业務とは、契約上、責任分担が明確に異なっている。

したがって、港内業務担当水先人と航行业務担当水先人とが乗り合わせても、互いに補助や助言を行う関係ではない。

乗り合わせた水先人の協力体制は、個々の水先人の判断又は関係に委ねられている。

3 分析

3.1 事故発生の状況

3.1.1 事故に至る経過

2.1及び2.8から、次のとおりであった。

- (1) 18時30分ごろ、本船は、夢洲C11岸壁を離岸したものと認められる。
- (2) 18時40分ごろ、本船は、夢洲C11岸壁沖前面で回頭を終え、船首方位239.3°で南防波堤の出口付近に向首したものと認められる。

水先人Aは、速やかに風下側に位置する内港航路に入航しようとし、左舵15°か左舵20°を号令したものと考えられる。

水先人Aは、西～西北西の風が強まり、風速が約15m/sまで達したことを知ったが、増速することをためらい、極微速力前進、微速力前進とし、次いで船首の振れを止めるため、そのとき向首していた230°の針路で進むよう号令したものと考えられる。

本船は、左方（南方）に圧流され始めたものと認められる。

- (3) 18時42分ごろ、本船は、南防波堤灯台から約1,070mの地点において、引船A及び引船Bを解らんし、船首方位215.7°で同防波堤灯台付近に向首して対地針路185.8°及び対地速力2.7knで、左方（南方）に1.3knで圧流されながら、内港航路の北方を航行したものと認められる。
- (4) 18時44分ごろ、本船は、南防波堤灯台から約850mの地点において、船首方位220.7°で同防波堤灯台付近に向首し、対地針路196.8°及び対地速力4.4knで、左方（南方）に約1.8knで圧流されながら、内港航路の北側境界線付近を航行したものと認められる。
- (5) 18時44分30秒～50秒の間、水先人Aは、引船による操船補助の効果が得られるよう本船の速力を3kn以下にすることなどを考え、機関を停止したものと考えられる。
- (6) 18時45分ごろ、本船は、南防波堤灯台から約720mの地点において、船首方位224.0°で同防波堤灯台付近に向首し、対地針路199.3°及び対地速力4.3knで、左方（南方）に約1.8knで圧流されながら、内港

航路を航行したものと認められる。

(7) 18時46分ごろ、本船は、南防波堤灯台から約580mの地点において、船首方位228.5°で同防波堤灯台付近に向首し、対地針路207.0°及び対地速力4.7knで、左方（南方）に約1.7knで圧流されながら、内港航路を航行したものと認められる。

(8) 18時47分ごろ、本船は、南防波堤灯台から約460mの地点において、船首方位240.0°で同防波堤灯台付近に向首し、対地針路220.8°及び対地速力4.6knで、左方（南方）に約1.5knで圧流されながら、内港航路南側境界線付近を航行したものと認められる。

水先人Aは、半速力前進から全速力前進に増速して舵効を得ようとしたものと考えられる。

(9) 18時48分ごろ、本船は、南防波堤灯台を左舷船首方に見る同防波堤灯台から約300mの地点において、船首方位254.7°、対地針路236.0°及び対地速力5.6knで、左方（南方）に約1.7knで圧流されながら、内港航路の南側境界線を越えて同航路の南方を航行したものと認められる。

(10) 18時49分ごろ、本船は、南防波堤灯台から約100mの地点において、船首方位265.0°、対地針路251.9°及び対地速力6.7knで、左方（南方）に約1.5knで圧流され、左舷3番燃料タンクの喫水線付近の外板が南防波堤灯台基部の防波堤に衝突したものと認められる。

(11) 18時50分ごろ、本船は、船首方位273.7°、対地針路280.8°及び対地速力3.3knで、左方（南方）への圧流が止まり、右方（北方）に約0.4knで変位し、船橋が南防波堤灯台の付近を通過したものと認められる。

3.1.2 事故発生日時及び場所

3.1.1 から、本事故の発生日時は、平成21年12月30日18時49分ごろで、発生場所は、南防波堤灯台基部付近であった。

3.1.3 衝突の状況

2.1、2.3及び2.4から、次のとおりであったものと考えられる。

本船は、左舷3番燃料タンクの喫水線付近の外板が、南防波堤灯台基部のケーソンに衝突し、左舷3番燃料タンクとその上部に配置する左舷3番バラストタンクとを隔離するタンクトッププレートの亀裂と付近の外板に破口を生じ、バラスト水と共に約0.77tの燃料油が流出した。

また、衝突により、南防波堤灯台基部付近のケーソン3個が移動又は傾斜し、ケーソン上の南防波堤灯台が傾いた。

3.2 事故要因の解析

3.2.1 乗組員及び水先人の状況

- (1) 2.5(1)から、船長は、適法で有効な締約国資格受有者承認証を、水先人は、適法で有効な水先免状を有していた。
- (2) 2.5(2)②から、水先人Aは、平成21年3月に水先免状を取得して本事故までに153隻を水先した経験を有し、その内、40,000トン以上のコンテナ船は3隻で、内港航路付近を航行したのが36隻であり、約7割がコンテナ船であった。また、コンテナ船ほか風圧の影響を受けやすい自動車運搬船の船長経験も有していたものと考えられる。
- (3) 2.1から、水先人Aは、水先に先立ち、本船の操縦性能、使用する引船の能力、本船の喫水、気象及び海象の情報等を入手したのと考えられる。

3.2.2 本船の状況

2.1、2.6.2~2.6.4、2.10.1及び2.10.2から、次のとおりであった。

(1) 船体コンディション

機関及び機器類に、不具合又は故障はなかったが、喫水が浅く、通常のバラスト状態より風圧面積が増加していたものと考えられる。

さらに、喫水及び一般配置図から、プロペラ上縁が海面上約0.3mに、また、舵板の約20%が海面上にそれぞれ露出しており、プロペラ没水率の減少に伴う推力及び舵板の海上露出に伴う舵力の低下が生じる状態（コンディション）であったものと考えられる。

(2) 圧流の状況

18時44分ごろの圧流状況を分析するため、以下のとおり検証した。

① 相対風向 ϕ 及び相対風速 V_a

船首方位(220.7°)、船速(4.4kn=2.3m/s)、真風向(西北西=292.5°)、真風速(15m/s)として作図のうえ求め、相対風向 ϕ =右舷船首64°、相対風速 V_a =15.8m/sを得た。

② 相対風向 ϕ による風圧合力係数 C_a

2.10.1(1)⑤に示す表のコンテナ船のバラストの項中、 $\phi=64^\circ$ に相当する値を採り、 $C_a=1.183$ を得た。

③ 風圧合力 R_a

ヒュースの式に各値を当てはめ、風圧合力 R_a を次のとおり求めた。

$$\begin{aligned}
 R_a &= 1/2 \rho_a C_a V_a^2 (A \cos^2 \phi + B \sin^2 \phi) \\
 &= 1/2 \cdot 0.125 \cdot 1.183 \cdot (15.8)^2 \cdot (1,000 \cdot \cos^2 64 + 4,800 \cdot \sin^2 64) \\
 &= 75119 (\text{kg}) \div 75.12 (\text{t})
 \end{aligned}$$

④ 風圧合力 R_a が作用する方向 α

次式に $\phi = 64^\circ$ を当てはめ、風圧合力 R_a が作用する方向 α を求めた。

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \{1 - 0.15(\phi/90) - 0.80(1 - \phi/90)^3\} \times 90 \\
 &= \{1 - 0.15(64/90) - 0.80(1 - 64/90)^3\} \times 90 \\
 &\div 78.7^\circ \text{ (左舷船尾からの方位)}
 \end{aligned}$$

⑤ 流圧力 R_w

本船が潮流及び水流の影響を受けていない水域で、左方に横移動した際の流圧力 R_w を、次式に各値を当てはめて、次のとおり求めた。

なお、偏速は 1.8 kn (0.93 m/s) であり、流圧係数 C_w は、風圧差 [(220.7 - 196.8 = 23.9°)] と等しいものとした相対流行 ϕ 、水深/喫水比 (14.2 ÷ 5.2 = 2.7) を 2.10.1(3)③ に示す表に当てはめて相当する値を採り、 $C_w \div 0.5$ を得た。

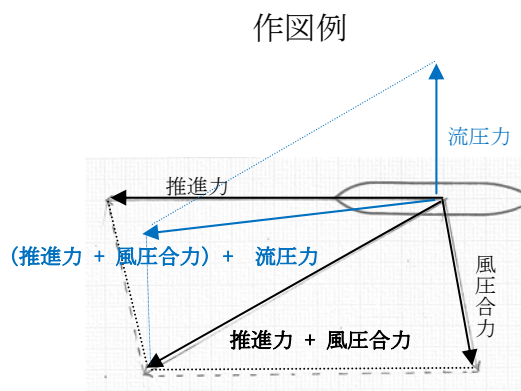
$$\begin{aligned}
 R_w &= 1/2 \rho_w C_w V_w^2 L d \\
 &= 1/2 \cdot 0.1046 \cdot 0.5 \cdot (0.93)^2 \cdot 253.27 \cdot 5.2 \\
 &\div 29.8 (\text{t})
 \end{aligned}$$

⑥ 推進力（推力）と風圧合力 R_a による圧流の検証

①～⑤の仮定のもと、機関を極微速力前進、舵中央とした場合の推進力と風圧合力 R_a の合成ベクトル、さらに、同ベクトルと横移動に伴って生じた流圧力 R_w の合成ベクトルを作図して求め、船首方位 220.7° における圧流概況の把握を試みた。

ただし、プロペラ没水率、舵板の海上露出の影響及び合力の作用点と重心の距離については、考慮しない。

(次図 作図例 参照)



結果、合成ベクトルは、方向が左舷船首約 96° 、合力が約 44 t となり、VDR記録に残る本船の対地針路 190.7° （左舷船首約 31° ）より著しく左方に向く結果となった。

⑦ 増速した場合の圧流状況

機関を微速力前進、半速力前進、港内全速力前進及び全速力前進の推力とした各場合についても⑥と同様な方法で圧流概況の把握を試みたところ、次のとおりであった。

微速力前進	：方向	左舷船首約 83°	合力約 44 t
半速力前進	：方向	左舷船首約 74°	合力約 46 t
港内全速力前進	：方向	左舷船首約 60°	合力約 51 t
全速力前進	：方向	左舷船首約 17°	合力約 156 t

となり、機関の推進力を増すに連れ、船体にかかる合力の方向が船首方向に近づいて風圧差が減少することが判る。

⑧ バラスト水を満載した場合の圧流の状況

①～⑤と同様にして得たバラスト水を満載した場合（平均喫水 7.0 m ）の風圧合力 R_a' 及び流圧力 R_w' は次のとおりであった。

風圧合力 $R_a' = 70.73(\text{t})$ 流圧力 $R_w' = 40.17(\text{t})$

また、⑥と同様に圧流概況の把握を試みた結果、次のとおりであった。

極微速前進	：方向	左舷船首約 100°	合力約 29 t
微速力前進	：方向	左舷船首約 78°	合力約 28 t
半速力前進	：方向	左舷船首約 66°	合力約 34 t
港内全速力前進	：方向	左舷船首約 47°	合力約 47 t
全速力前進	：方向	左舷船首約 11°	合力約 142 t

となり、機関の推進力を増すに連れ、船体にかかる合力の方向が船首方向に近づいて風圧差が減少するとともに、本件事故当時に比べて、風圧合力が低減することが分かる。

(3) 圧流の低減に関する解析

3.2.2(2)⑦⑧から、次のとおりであった。

- ① 機関の推進力を増せば、これに伴い、風圧差が減少し、また、風上付近に向首して風圧面積を減じることで、圧流を低減することができるものと認められる。
- ② 引船Aと同等な曳航力（押航力： 46.5 t ）の引船2隻を配置していれば、合計押航力が、3.2.2(2)③で求めた風圧合力（ 75.12 t ）を上回ることから、西北西の次第に強まる風に抗することができた可能性があると考えられる。

- ③ 本事故当時、本船がバラスト水を満載していれば、風圧合力を低減し、また、舵板及びプロペラが海面下に没水することで、推進力及び舵力を維持し、圧流の程度を低減できたものと考えられる。

3.2.3 操船の状況

- (1) 水先人Aは、夢洲C 1 1岸壁を離岸し、速やかに内航航路に入航しようとし、左舵をとったことから、本船が風下側に航行したのと考えられる。
- (2) 水先人Aは、西～西北西の風が強まり、風速が約15m/sまで達したことを知ったが、内港航路を出航直後に南防波堤沖で、水先人Bに水先業務を引き継いでから下船することとしたので、水先業務の引継ぎや下船用のパイロットラダーの準備に要する時間を考慮して増速することをためらい、極微速力前進や微速力前進で航行したのと考えられる。
- (3) 水先人Aは、呼び戻した引船Aが本船を補助できる体制になるまで南防波堤灯台への接近を遅らせること、及び引船による操船補助の効果が得られるよう本船の速力を3kn以下にすることを考えて機関を停止したのと考えられる。
- (4) 本船は、引船Aの操船補助の効果が得られず、南防波堤に接近し、右舵をとり、機関を停止したが、南防波堤に衝突したのと考えられる。

3.2.4 気象及び海象の状況

2.1及び2.8から、事故発生時、事故発生場所付近の気象及び海象は、天気曇り、風向 西北西、風速13～18m/s、視界 良好、潮候 高潮期で、潮流の影響はなかったものと考えられる。

3.2.5 損傷の低減に関する解析

2.1.2、2.1.3及び2.3から、次のとおりであった。

(1) 船舶の損傷

水先人Aが、本船が南防波堤から離れたのを確認し、舵及び機関を用いてキックを利用したことで船尾部の損傷を避け、本船の損傷を低減した可能性があると考えられる。

(2) 船舶以外の施設等の損傷

船長が、左舷3番燃料タンクの破口から燃料油が流出することを懸念し、船体を右舷方に傾斜させて破口箇所をできるだけ海面の上方に位置させるよう、乗組員にバラスト水の調整を指示したこと、及び船舶管理会社が指示して左舷3番燃料タンク内の残油を他のタンクに移送したことが、油濁による

被害を低減した可能性があると考えられる。

3.2.6 事故発生に関する解析

2.1、2.6.1～2.6.3、2.10.1、2.10.2、3.1及び3.2.1～3.2.3から、次のとおりであった。

- (1) 水先人Aは、夢洲C11岸壁を離岸し、内港航路に沿って西進しようとしたところ、本船が西北西の風速13～18m/sの風により南方へ圧流され、本船の左舷3番燃料タンクの喫水線付近外板が南防波堤灯台基部のケーソンに衝突したものと認められる。
- (2) 本船は、喫水が浅く、通常のパラスタ状態より風圧面積が増大し、また、舵板の上部やプロペラの一部が露出して舵力及び推進効率の低下が生じる状態であったものと考えられる。
- (3) 水先人Aは、速やかに内港航路に入航しようとし、左舵をとったことから、本船が風下側に航行したものと考えられる。
- (4) 水先人Aは、西～西北西の風が強まり、風速が約15m/sまで達したことを知ったが、内港航路を出航直後に南防波堤沖で、水先人Bに水先業務を引き継いでから下船することとしたので、水先業務の引継ぎや下船用のパイロットラダーの準備に要する時間を考慮して増速することをためらい、極微速力前進や微速力前進で航行したものと考えられる。
- (5) 水先人Aは、呼び戻した引船Aが本船を補助できる体制になるまで南防波堤灯台への接近を遅らせること、及び引船による操船補助の効果が得られるよう本船の速力を3kn以下にすることを考え、機関を停止したものと考えられる。
- (6) 本船は、次のことが関与して西北西の風速約13～18m/sの風により南方に圧流されたものと考えられる。
 - ① 本船は、喫水が浅くなって通常のパラスタ状態より、風圧面積が増大し、また、舵板の上部やプロペラの一部が露出して舵力及び推進効率の低下が生じる状態であったこと。
 - ② 水先人は、速やかに内航航路に入航しようとして左舵をとったことから本船が風下側に航行したこと、内航航路を出航後に南防波堤沖で下船することとし、増速をためらったこと、及び引船Aによる操船補助の効果が得られるように速力を3kn以下にすることなどを考えて機関を停止したこと。

4 原因

本事故は、夜間、阪神港大阪第1区において、本船が、水先人Aの水先の下、夢洲C11岸壁を離岸し、内港航路に沿って西進しようとした際、西北西の風速13～18m/sの風により南方へ圧流されたため、左舷3番燃料タンクの喫水線付近外板が内港航路の南側に位置する南防波堤灯台基部のケーソンに衝突したことにより発生したものと認められる。

本船が、西北西の風速13～18m/sの風により南方に圧流されたのは、次のことが関与したものと考えられる。

- (1) 本船は、喫水が浅くなって通常のバラスト状態より、風圧面積が増大し、また、舵面の上部やプロペラの一部が露出して舵力を減じるとともに推進効率の低下が生じる状態であったこと。
- (2) 水先人は、速やかに内航航路に入航しようとして左舵をとったことから本船が風下側に航行したこと、内航航路を出航後に南防波堤沖で下船することとし、増速をためらったこと、及び引船Aによる操船補助が期待できるように速力を3kn以下にするように考えて機関を停止したこと。

5 参考事項

大阪湾水先区水先人会は、本事故後、事故防止のため、次の対策をとって安全な水先を行うこととした。

- 1 水先を求めた船舶のバラストコンディション、喫水などの情報の収集
- 2 悪天候による追加の引船要請
- 3 悪天候による運航中止基準
- 4 水先人の乗下船の安全確保
- 5 強風下の操船参考資料の作成
- 6 水先技術の伝承
- 7 新大阪湾水先区一級水先人水先免状受有者に対する教育養成プログラム（港内水先業務の集中習熟期間の増加など）

A社は、平成22年1月21日、傘下の船舶などに対し、本事故の概要などを周知して注意喚起を行うとともに、事故後、大阪湾水先区水先人会に対し、事故の再発防止対策とその実行を依頼した。

写真1 阪神港大阪区係留中の本船の状況



写真2 操舵室の状況



写真3 本船の損傷状況



写真4 南防波堤灯台付近の状況（事故後）

