

船舶事故調査報告書

船種 船名 漁船 第五十八寿和丸
漁船登録番号 FS1-758
総トン数 135トン

事故種類 沈没
発生日時 平成20年6月23日 13時50分ごろ
発生場所 千葉県銚子市犬吠埼東方沖350km付近
(概位 北緯35°25.5′ 東経144°38.6′)

平成23年3月31日
運輸安全委員会(海事部会)議決
委員長 後藤昇弘
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

目 次

1	船舶事故調査の経過	1
1.1	船舶事故の概要	1
1.2	船舶事故調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	調査の実施時期	1
1.2.3	経過報告	1
1.2.4	調査の委託	2
1.2.5	原因関係者からの意見聴取	2
2	事実情報	2
2.1	事故の経過	2
2.1.1	口述及び航海日誌による事故の経過	2
2.1.2	6号のレーダープロッター等による事故の経過	8
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷に関する情報	9
2.3	船舶の損傷に関する情報	9
2.4	乗組員に関する情報	9
2.5	船舶等に関する情報	10
2.5.1	船舶の主要目	10
2.5.2	本船及びまき網船団の網船の特徴	11
2.5.3	積載状態	12
2.5.4	漁網に関する情報	14
2.5.5	放水口の状態	16
2.5.6	事故発生時の船舶の状態	18
2.5.7	復原性基準への適合性	19
2.6	船舶の運航管理等に関する情報	20
2.6.1	運航管理	20
2.6.2	安全管理	21
2.7	気象及び海象に関する情報	22
2.7.1	観測値及び海上警報	22
2.7.2	気象及び海象解析値	22
2.7.3	乗組員による観測	24

2.8	パラアンカー及びパラ泊に関する情報.....	25
2.9	海技研による転覆及び沈没メカニズムに関する調査及び実験.....	26
2.9.1	委託による調査及び実験の概要.....	26
2.9.2	暴露甲板上への海水打ち込みの推定.....	28
2.9.3	転覆発生状況及び打ち込み滞留水に関する模型実験.....	29
2.9.4	甲板上滞留水による横傾斜時の転覆方向の推定.....	32
2.9.5	転覆状態から沈没に至る区画浸水状況及び経過時間の推定.....	33
2.10	捜索、救助及び被害の軽減措置に関する情報.....	33
2.10.1	脱出の経過.....	33
2.10.2	捜索及び救助の経過.....	37
2.10.3	救命設備の状況.....	39
2.11	油等の流出による環境への影響及びその防除に関する情報.....	40
2.11.1	乗組員の口述による油等流出の状況.....	40
2.11.2	海上保安庁による油等流出及び防除に関する情報.....	41
2.11.3	燃料搭載量その他の情報.....	42
2.11.4	海技研による流出油量の推定.....	42
3	分析.....	43
3.1	事故発生の状況.....	43
3.1.1	事故発生に至る経過.....	43
3.1.2	事故発生日時及び場所.....	43
3.1.3	事故発生の状況.....	44
3.1.4	死傷者等の状況.....	44
3.1.5	損傷の状況.....	44
3.2	事故要因の解析.....	45
3.2.1	乗組員の状況に関する解析.....	45
3.2.2	船舶の状況に関する解析.....	45
3.2.3	気象及び海象に関する解析.....	45
3.2.4	操船の状況.....	47
3.2.5	転覆に関する解析.....	47
3.2.6	沈没に関する解析.....	50
3.2.7	船舶の運航管理等の状況.....	50
3.2.8	事故発生に関する解析.....	51
3.3	救助及び被害の軽減措置状況に関する解析.....	52
3.4	油等の流出による沿岸への影響及びその防除に関する解析.....	53

4 結 論.....	53
4.1 分析の要約.....	53
4.2 原因.....	54
5 所 見.....	55
付図1 事故発生場所.....	56
付図2 レーダープロッターによる航跡図.....	57
付図3 一般配置図.....	58
付図4 脱出状況.....	59
付図5 燃料タンク及び空気抜き管.....	60
付図6 転覆に至る経過と要因.....	61
写真1 前航海の出港状況（平成20年5月3日）.....	62
写真2 漁網の積載状況.....	63
写真3 パラアンカー取付部.....	63
写真4 揚網用サイドローラー（類似船）.....	64
写真5 前部作業甲板（胴ノ間）の状況（類似船）.....	64
写真6 海面の浮遊油の状況（平成20年6月23日夕刻）.....	65
写真7 海面の浮遊油の状況（平成20年6月25日）.....	65
別添1 暴露甲板上への海水打ち込み推定概要.....	66
別添2 転覆発生状況に関する模型実験の概要.....	70
別添3 打ち込み滞留水に関する模型実験結果.....	83
別添4 甲板上滞留水による定常傾斜時の転覆方向の推定概要.....	91
別添5 打ち込み滞留水が復原性能に及ぼす影響の検討.....	102
別添6 流出油量の推定結果.....	104

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

漁船第五十八寿和丸^{すわ}は、船長、漁ろう長ほか18人が乗り組み、千葉県犬吠埼東方沖の漁場において漂泊中、船体が右傾斜して転覆し、平成20年6月23日13時50分ごろ、犬吠埼灯台の東方沖350km付近の海域において沈没した。

乗組員20人のうち、4人が死亡し、13人が行方不明となった。

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20年10月1日、本事故の調査を横浜地方海難審判理事所から引き継ぎ、本事故の調査を担当する主管調査官及び2人の船舶事故調査官を指名した。

本事故に関し、次の専門的事項を調査するため、専門委員が任命された。

気象及び海象の解析並びに転覆及び沈没のメカニズムの調査の検証調査

国立大学法人東京海洋大学海上安全工学研究室教授 武田 誠一

(平成22年2月23日任命)

油流出量推定の検証

独立行政法人海上災害防止センター防災訓練所長 小倉 秀

(平成22年2月23日任命)

1.2.2 調査の実施時期

平成20年7月3日、4日、17日、18日、9月9日、10日、10月20日、21日 口述聴取

平成20年8月14日、10月15日 現場調査

平成20年10月20日、24日、29日～31日、11月1日 現場調査及び口述聴取

平成20年10月29日、11月19日、12月2日、8日、平成21年12月8日 回答書受領

1.2.3 経過報告

平成21年7月31日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣に対して経過報告を行い、公表した。

1.2.4 調査の委託

本事故に関し、独立行政法人海上技術安全研究所に、第五十八寿和丸の転覆及び沈没のメカニズム並びに流出油量の推定を委託した。

1.2.5 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

2.1.1 口述及び航海日誌による事故の経過

本事故が発生するまでの経過は、第五十八寿和丸（以下「本船」という。）乗組員のうち生存者3人（以下、それぞれ「乗組員A」、「乗組員B」及び「乗組員C」という。）、僚船の乗組員、船舶所有者の株式会社酢屋商店（以下「A社」という。）の代表者及び役員（以下「代表者等」という。）の口述及び僚船の航海日誌によれば、次のとおりであった。

(1) 出港から事故発生海域に至る経過

本船は、平成20年6月4日19時40分ごろ、船長、漁労長ほか18人が乗り組み、僚船とともにまき網漁のため、八丈島近海に向けて宮城県塩釜港を出港した。

A社には2か統8隻のまき網漁船が所属し、本航海では八丈島近海から道東沖に北上しながら、カツオ及びマグロを漁獲対象として操業を行う予定であった。

本船の船団は、本船（網船^{*1}総トン数135トン）、第六寿和丸（探索船^{*2}総トン数99トン）、第三十三寿和丸（運搬船^{*3}総トン数300トン）及び

*1 「網船」とは、1そうまきのまき網漁船船団において、まき網を積載し、魚群の探索と魚群をまき網に囲い込んで漁獲する中心的な役割を担う漁船をいい、漁ろう長が乗組み、船団の司令塔の役割を担う。

*2 「探索船」とは、北部太平洋海区におけるまき網漁船団において、主に魚群を探索する役割を担う漁船をいい、通常、1船団に1隻の探索船が含まれる。

*3 「運搬船」とは、まき網漁船団において、漁獲した魚を漁場から市場に運搬する役割を担う漁船をいい、通常、1船団に2隻の運搬船が含まれる。

第八十二寿和丸（運搬船 総トン数299トン）の4隻で構成（以下「本船船団」という。）され、もう一つの船団は、第三十一寿和丸（網船 総トン数135トン）、第二寿和丸（探索船 総トン数99トン）、第十一寿和丸（運搬船 総トン数316トン）及び第二十二寿和丸（運搬船 総トン数305トン）から構成（以下「31号船団」という。）されていた（以下、本船船団の構成船舶をそれぞれ「6号」、「33号」、「82号」といい、31号船団の構成船舶をそれぞれ「31号」、「2号」、「11号」、「22号」という。）。

本船とA社船団の船舶（以下「僚船」という。）は、翌6月5日早朝に漁場に到着し、07時15分ごろ、最初の操業を開始し、同日以降、魚群を追って北東方へ移動しながら、1日に2～4回の操業を行った。

本事故発生前日の平成20年6月22日には、2回の操業を行い、12時00分ごろ最後の揚網作業を行った。

平成20年6月23日早朝、操業海域が時化^{しげ}していたことから、本船の漁ろう長は、08時00分ごろパラシュートアンカー^{*4}（以下「パラアンカー」という。）による漂泊（以下「パラ泊」という。）を行うこととし、33号及び82号は水揚げのため漁場を離れていたため、本船の東方3.6海里（M）付近に漂泊していた6号にパラ泊を行う旨の指示を行い、それぞれパラ泊を開始した。

31号船団の4隻は、06時00分ごろから操業を1回行い、22号は水揚げのため港に向かい、2号及び31号は、本船の西方6～10M付近、11号は、本船の西北西方7M付近において、09時30分ごろパラ泊を開始した。

本船は、乗組員A、乗組員Cほか数人の乗組員が、風上に向けた船首右舷側からパラアンカーを投入して正常に展張するのを確認し、パラアンカーと本船を結ぶ約300mのロープを海上に流した。船首でパラアンカーを投入する作業を行っていたころ、乗組員Bほか数人の乗組員は、船尾でレッコボート^{*5}を約250mのロープでつないで船尾方に流す作業を行った。

09時00分ごろ、現場海域は南西～南の風が吹いており、本船は、パラアンカー、本船及びレッコボートが南北にほぼ一直線に並んだ態勢で、主機

^{*4} 「パラシュートアンカー」とは、パラシュート型のシーアンカーで、漁船や小型船舶が荒天時、船首を風と浪に向け、横波による激しい横揺れや海水の船内打ち込みから生ずる船の転覆を防ぐために用いられる航海用具をいい、船首から海中に投入してロープで船首につないで使用する。

^{*5} 「レッコボート」とは、まき網漁業において、投網の補助、揚網時の裏漕ぎ等の役割を担う網船に付属する小型の漁船をいう。

の運転を停止し、発電機用原動機を運転した状態でパラ泊を開始した。

パラ泊開始場所は、北緯35°26′東経144°43′付近で、当時、風速約11～12m/sの南西～南の風が吹き、波高約2～3mの南南西の波があった。

パラアンカー投入作業を終え、乗組員A、乗組員B、乗組員C及びもう1人の乗組員（以下「乗組員D」という。）は、胴ノ間^{*6}において、ワイヤーの手入れを始めた。

10時00分ごろ、乗組員Bは作業をやめて後部居住区の自室に戻った。

乗組員A、乗組員C及び乗組員Dは、ワイヤーの手入れ作業を続け、11時00分ごろ作業を終え、昼食をとり船橋構造物の左舷側にある食堂に向かった。

乗組員A、乗組員C及び乗組員Dは、20分～30分で昼食と後片付けを終え、それぞれ後部居住区の自室に戻った。

(2) 船体に衝撃を受けた状況（付図4参照）

① 乗組員Aの口述による状況

乗組員Aは、後部居住区の右舷後部の船員室で、船側の船尾側にある自身の寝台に腰掛け、船首側の隣にある自身の寝台に腰掛けた乗組員Dと1時間ほど話した後、寝台に入り船首方向に足を向けて仰向けになった。

乗組員Aは、12時30分～13時00分ごろ少し時化てきてピッチング^{*7}が大きくなったように感じ、寝付けずに20分～30分くらい経ったころ、右舷前方付近への「ドスン」と、砕けた大波が覆い被さったような衝撃を感じた。この衝撃は、船首が持ち上げられて海面にたたきつけられるようなものではなかった。

乗組員Aは、船首がすくった海水が胴ノ間に滞留し、船体が右舷側にやや傾き、胴ノ間に滞留した海水が抜けきれずにそのままの姿勢で留まっているように感じ、最初の衝撃の6～7秒後に2度目の衝撃を感じた。

2度目の衝撃は、「ドスッ」という音と甲板上の構造物が破損するような「バキッ」という音が重なったような音で、乗組員Aは、更に海水が流入したように感じた。

乗組員Aは、寝台で4～5秒間、様子を見ていたが、右舷側への傾きが元に戻ることなく徐々に増したため、転覆の危険を感じ、寝台から出てズボンも履かず裸足で後部居住区中央の通路（以下「中央通路」という。）

^{*6} 「胴ノ間」とは、この場合、網船の船首楼後壁から船橋前面までの上甲板上の場所をいう。

^{*7} 「ピッチング」とは、船体の重心を通る水平な船幅方向軸回りの回転運動（縦揺れ）をいう。

に飛び出した。

衝撃を受けたときの音は、1、2度目ともに爆発音や金属同士がぶつかる音ではなく、2度目の「バキッ」という音は、船体が折れるようなものではなく、甲板上の構造物が破損するような音であった。当時、非常ベルや火災警報は鳴っていなかった。

② 乗組員Bの口述による状況

乗組員Bは、ワイヤー整備をやめて後部居住区の左舷後部の船員室に戻り、通路側の船尾側にある自身の寝台に横になって休憩した。

本船の揺れはふだんと変わらず、乗組員Bは、自室が船尾居住区の左舷船尾側であったこともあり、まったく気にならなかった。

乗組員Bは、寝る前にトイレに行ったが、作業をしている乗組員はおらず、静かで異常はなかった。乗組員Bは、寝台に戻り、携帯電話で12時40分であることを確認した後、横向きになって深い眠りに入ろうとしたところ、今までに聞いたことのない「ドーン」と「ビーン」とを合わせたような音と同時にたたきつけられるような衝撃を船首方を感じた。

乗組員Bは、横になって眠っていたためはっきり分からなかったが、本船は、その衝撃を受けて右舷側に大きく傾いた。

その後、本船は、ゆっくりとローリング^{*8}を繰り返しながら1分未満で元の揺れに戻ったので、乗組員Bが、また眠ろうとしたところ、最初の衝撃から3分もしないころに2度目の衝撃を受けた。

乗組員Bは、1、2度目とも音と衝撃は同じ種類のものと感じたが、2度目の音と衝撃は、更に大きくひどくなり、船首方からのものであることは分かったものの、どちらの舷からのものかは分からなかった。

乗組員Bは、何かあったなと思い、確かめるために甲板に出ようとしたが、船体が反対舷に戻ることなくゆっくりと右舷側に傾いていくのでズボンや履物を履く余裕もなく、裸足で中央通路に飛び出した。

1、2度目ともに衝撃と音は、爆発や衝突されたようなものではなく、当時、非常ベルは鳴っていなかった。

③ 乗組員Cの口述による状況

乗組員Cは、後部居住区の右舷前部の船員室で、通路側の船首側にある自身の寝台に入り、船首方向に頭を向けて仰向けになって足下に置いたテレビを観ながら休憩していた。

*8 「ローリング」とは、船体の重心を通る水平な船首尾方向軸回りの回転運動（横揺れ）をいう。

乗組員Cは、昼食をとって1時間ほど経過したころ、これまでに経験したことのない、大きな波を受けたような「ドーン」という音と衝撃を頭的位置より左前方の船体右舷側ほぼ中央に受けたように感じた。

乗組員Cは、本船が衝撃を受けたとき、船体が左舷側に移動するような感覚を持ったが、寝台の通路側の壁に右肩をつけて仰向けになっていたのので、特に身体を支えることはなかった。

本船は、角度は分からないものの右舷側に傾き、そのまま2～3秒間止まり、乗組員Cがこれまでの経験どおり元に戻るだろうと思っていたところ、元に戻らずに右舷側への傾きがゆっくりと増えていった。

乗組員Cは、これはおかしいと感じ、様子を見るため寝台から出て船員室の扉を開け、裸足で中央通路に出た。

(3) 衝撃から転覆に至る経過

乗組員Bは「ジワリ、ジワリ」と右舷側に傾きつつある中央通路を通り、前方の上甲板につながる階段（以下「中央階段」という。）を上がり、操業準備区画の船尾側の出入口（以下「後部出入口」という。）から船尾甲板に出ようとしたところ、海水が徐々に流入してきていた。

乗組員Bと乗組員Cが船尾甲板に出たころ、本船は、サイドローラー^{*9}の上端が海面の高さと同じになるぐらい右舷側に傾き、サイドローラーとブルワーク^{*10}の間から海水が上甲板に流れ込んでいた。

船体の横傾斜が大きくなったため、船橋甲板左舷後方の漁具置き場付近で、乗組員B及び乗組員Cは共に転倒したが、すぐに立ち上がり、乗組員Bは左舷通路に向かって走り、乗組員Cは船橋甲板後方に設置された救命いかだ後方の舷側手すりにつかまった。

乗組員Aは、後部船員室の通路で出会った機関長と共に、誰もいない食堂に入って食堂内の階段を駆け上がり、無線室左舷側の踊り場に至った。このとき、機関長は、踊り場正面の操舵室の扉を開けて出てきた甲板長と相談した後、機関室の方に引き返した。

乗組員Aは、踊り場の左舷側の扉から船橋甲板に出て船首方向を見たところ、本船は、右舷やや船首側に傾斜が進行している状態であったが、船首先端は海面に達していなかった。その後、本船の横傾斜が大きくなり、乗組員

^{*9} 「サイドローラー」とは、まき網漁業の網船等が揚網時の便宜のためにブルワーク上端のほぼ全長にわたり備え付けられたローラーをいう。

^{*10} 「ブルワーク」とは、乗組員等の転落防止及び波の打ち込み軽減のために設けられる船側外板上甲板より上方まで延長した部分をいう。

Aは、乗組員Bが居た場所の船尾側の左舷舷側手すりにつかまって船首方を見たところ、船首先端は海水に洗われていた。

このとき、甲板長は、踊り場の左舷側の扉から船橋甲板に出て船橋甲板前方の左舷舷側に到達していた。

乗組員Aは、本船が転覆したとき船底に立とうと思い、手すりを乗り越えて左舷船側外板に取り付き、胴ノ間付近にあった放水口につかまった。

本船は、甲板長が船橋甲板の左舷前方に到達し、乗組員Aが胴ノ間付近の左舷船側外板の放水口につかまり、乗組員Bが左舷通路手前の胴ノ間に通じる下り階段の手前まで走って到達し、乗組員Cが救命いかだの後方の舷側手すりにつかまっているとき、右舷側に転覆した。

本船は、機関長、乗組員A、乗組員B及び乗組員Cが、自室から中央通路に出てから1～2分以内に転覆した。

(4) 転覆から沈没に至る経過

本船が転覆し、甲板長、乗組員A、乗組員B、乗組員C及びもう1人の乗組員（以下「乗組員E」という。）は、本船の右側の海面に投げ出されたが、このとき乗組員A、乗組員B及び乗組員Cから見える船底左舷側に損傷等異常はなかった。

乗組員Cは、本船の船尾方に浮かぶレッコボートを発見し、波と海流に流されながら泳いでたどり着いて振り向いたところ、本船の右側に甲板長及び乗組員Eが浮いており、2人とも生存しているように見えた。

乗組員Cは、レッコボートに乗り込み、レッコボートの時計を見ると13時45分ごろであり、海面を見たところ、乗組員A及び乗組員Bは浮き玉につかまって浮いていたが、甲板長及び乗組員Eは見えなくなっていた。

乗組員A及び乗組員Bは、しばらくしてレッコボートに気付き、本船とレッコボートをつなぐロープにつかまりながら、波と海流に半ば流されてたどり着いて乗り込んだ。

乗組員A、乗組員B及び乗組員Cが、本船とレッコボートをつなぐロープを油圧ウインチで緊張させ、出刃包丁で切断しようとしたとき、乗組員Cが本船の方を見たところ、本船は、転覆直後に比べると更に沈下した状態で、船底はほとんど海面下に没してプロペラと舵だけが海面上にあった。

本船とレッコボートをつなぐロープを切断して約3分後、乗組員Aが本船を確認したところ、本船は沈没していた。

(5) 僚船以外の他船の情報

乗組員Aら3人は、本船が転覆してからレッコボートに乗り込んで救助さ

れるまでの間、僚船以外の他船を確認することはなかった。

また、6号の船長は、転覆した本船の船底を双眼鏡で見るとともに、レーダーで転覆現場周辺を監視していたが、僚船以外の他船を確認することはなかった。

2.1.2 6号のレーダープロッター等による事故の経過

レーダー映像を重畳表示する機能を有する6号のレーダープロッター^{*11}に記録されていた本船及び6号の航跡並びに6号の船長がプロットした本船の転覆場所のデータ、6号の船長の口述及び6号の航海日誌によれば、事故発生前後の本船の位置は、次表2.1-1のとおりであった。

表 2.1-1 6号のレーダープロッターデータ

時刻及び状態 (口述、航海日誌)	本船の位置 (GPS画面読取值)	6号の位置 (GPS画面読取值)
09:20 ごろ (パラ泊開始)	N35° 25.79' E44° 43.20'	N35° 24.92' E144° 47.28'
12:00 ごろ (パラ泊中)	N35° 25.69' E144° 40.09'	不明
13:20 ごろ (本船転覆に気付く)	N35° 25.52' E144° 38.72'	N35° 23.18' E144° 41.83'

転覆日時は、平成20年6月23日13時10分ごろで、転覆場所は、犬吠埼東方沖350km(概位 北緯35°25.5' 東経144°38.6')付近であった。

沈没日時は、13時50分ごろで、沈没場所は、転覆場所付近であり、この日時及び場所が本事故の発生場所及び場所であった。

(付図1 事故発生場所、付図2 レーダープロッターによる航跡図、付図3 一般配置図、付図4 脱出状況、写真1 前航海の出港状況(平成20年5月3日)、写真2 漁網の積載状況、写真3 パラアンカー取付部、写真4 揚網用サイドローラー(類似船)、写真5 前部作業甲板(胴ノ間)の状況(類似船) 参照)

^{*11} 「レーダープロッター」とは、全世界測位システム(GPS:Global Positioning System)により、人工衛星から得た自船の位置情報を画面の地図上に表示したり、レーダー映像を重畳して他船や障害物の状況を標示したり、自船の航跡を描いたりする機能を有する装置をいう。

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷に関する情報

本船の乗組員の口述、海上保安庁の回答書、死体検案書及び戸籍抄本によれば、次のとおりであった。

甲板長、乗組員Eほか2人の乗組員（以下、それぞれ「乗組員F」、「乗組員G」という。）は、僚船に救助され、人工呼吸等蘇生術が施されたが、溺水により死亡した。

船長、漁ろう長、機関長、通信長、操機長及び乗組員Dほか7人（以下、それぞれ「乗組員H」、「乗組員I」、「乗組員J」、「乗組員K」、「乗組員L」、「乗組員M」、「乗組員N」という。）の計13人が行方不明となり、平成20年11月27日に死亡が認定された。

乗組員A、乗組員B及び乗組員Cは、僚船に救助され、事故発生の翌日、小名浜港に搬送されて上陸後、検査入院したが、打撲傷等の軽傷であった。

2.3 船舶の損傷に関する情報

本船は、転覆して、沈没したため、転覆時における損傷に関する情報を得ることはできなかったが、のち、全損処理された。

2.4 乗組員に関する情報

(1) 性別、年齢、海技免状等

船長 男性 51歳

四級海技士（航海）

免許年月日 昭和56年1月12日

免状交付年月日 平成16年3月15日

免状有効期間満了日 平成21年12月6日

漁ろう長 男性 57歳

三級海技士（通信）

免許年月日 昭和45年2月13日

免状交付年月日 平成16年3月11日

免状有効期間満了日 平成21年3月22日

(2) 主な乗船履歴

A社の代表者の口述によれば、次のとおりであった。

船長

平成4年1月から船長として33号に乗船し、平成13年4月から船長として本船に乗船していた。

漁ろう長

昭和50年からA社所属の船舶に乗船し、平成4年1月から漁ろう長として先代第五十八寿和丸に乗船し、平成11年3月から漁ろう長として本船に乗船していた。

(3) 船橋当直体制

乗組員A、乗組員B及び乗組員Cの口述によれば、パラ泊中の船橋当直体制は、特に定められていなかったが、ふだんから、船長、甲板長ら幹部が数時間ごとに船橋に赴いて様子を見ており、その他の乗組員は休息していた。

(4) 疲労、アルコール摂取に関する情報

乗組員A、乗組員B及び乗組員Cの口述によれば、次のとおりであった。

航海の終盤（6月4日出港、約3週間の航海予定）であったため、疲れはたまっていたが、漁獲があったので、疲労感のない乗組員が多かった。

パラ泊中は、休暇となるためアルコール類を飲む乗組員はいたが、乗組員A、乗組員B及び乗組員Cは、本事故発生当日、アルコール類を飲んでいなかった。

(5) 救命胴衣の着用に関する情報

乗組員B及び乗組員Cの口述並びに海上保安庁の回答書によれば、次のとおりであった。

乗組員A、乗組員B及び乗組員Cは、脱出時、救命胴衣を着用していなかった。甲板長、乗組員E、乗組員F及び乗組員Gは、検死時、救命胴衣を着用していなかった。

2.5 船舶等に関する情報

2.5.1 船舶の主要目

漁船登録番号	FS1-758
主たる根拠地	いわき市(小名浜)
船舶所有者	A社
総トン数	135トン
L×B×D	48.28m×8.10m×3.35m
船質	鋼
操業区域	北部太平洋海区
機関	ディーゼル機関1基
出力	640(漁船法馬力数)
推進器	4翼可変ピッチプロペラ1個
進水年月	平成10年12月

最大搭載人員 船員 25人

2.5.2 本船及びまき網船団の網船の特徴

本船及びまき網船団の網船（以下「網船」という。）は、船団を組む探索船や運搬船と比べると、次のような特徴があった。

(1) 船型

網船は、揚網時の利便性及び効率性のため、舷縁をなるべく低くして乾舷^{*12}を減じるとともに、上甲板の右舷側船首から船尾にかけて大きな作業スペースを確保する必要があることから、上甲板上の船橋構造物を左舷舷側に寄せて右舷舷側に作業スペースを設けた左右非対称の配置となっていた。

また、暴露部の船首楼甲板及び上甲板の上方に、全長にわたって木甲板を張り詰め、船首楼後壁から船橋構造物後壁までの間の木甲板部分を作業スペースとし、船首楼甲板と木甲板間の空間、‘船首楼後壁から船橋構造物後壁までの上甲板’（以下「船首甲板」という。）と木甲板の間の空間には、縦横方向の仕切りを設けて物入れ又は空所としていた。

本船の上甲板と木甲板の間の高さは、船首楼後壁から船橋構造物後壁までの間が約60cm、船橋構造物後壁から船尾倉庫前壁までの間が約40cm、船尾倉庫前壁から船尾端までの間が約150cmとなっていた。

本船のブルワークの高さは、木甲板の上面から約100cm、上甲板から約160cmで、右舷側ブルワークの上端に、約30mの長さの揚網用のサイドローラーがブルワーク上端から約10cmの間隙をおいて設けられていた。

船底は、船首隔壁の前方が船首清水タンクで、船首隔壁から後部船員室下部まで二重底構造となっており、船体中央左舷側及び船尾部のバラストタンクのほかは、11個の油タンクとなっていた。

一般的に、乾舷は、網船、灯船及び運搬船ともに同程度であるが、灯船は隆起甲板を、運搬船は船首楼及び船尾楼を設け、予備浮力を十分確保しており、上甲板上の構造物等を左右対称に配置している。

(2) 漁ろう機械等

本船を含む135トン型の網船は、一般的に、表2.5-1に示すように、投揚錨、係船及び荷役用の設備に加え、投揚網、船上での網さばき等に必要な漁ろう機械を上甲板及び船首楼甲板上に左右非対称に設置しており、重量は合計約30tであった。

*12 「乾舷」とは、乾舷甲板（最上層の全通水密甲板）の上面から満載喫水線までの垂直距離をいう。

表 2.5-1 漁ろう機械等の配置及び重量

漁ろう機械等	舷	重量 (t)	漁ろう機械等	舷	重量 (t)
パースウインチ	左	約 5.0	デリック等	中	約 1.2
環巻きウインチ	左	約 2.0	係船ウインチ	左右	約 1.0
環巻きダビット	右	約 2.5	アンカーウインチ	中	約 0.3
パワークレーン	中	約 7.0	前部マスト	中	約 0.8
パワーブロック	中	約 1.0	後部マスト	中	約 1.2
ネットホーラー	右	約 6.0			
サイドローラー	右	約 2.5	合 計		約 30.5

以上のとおり、本船は、上甲板上の船橋構造物を左右非対称に配置するとともに、漁ろう機械等の重量物を左右非対称に設置しており、漁網、ロープ類及びその他の備品類の積載並びに燃料、食料、清水等の積載及び消費、さらに、漁網による海水等の持ち込みや船体動揺による漁網の横移動を考慮すると、左右のバランスを完全にとるのは難しく、波や風などの外力による船体傾斜がない状態でも船体の横傾斜が生じやすい状況であった。

2.5.3 積載状態

(1) 建造時

本船の建造時の完成重量重心計算書及び復原性報告書によれば、軽荷状態^{*13}の重量は、362.26 tで、重心高さ^{*14}は、3.22 mであった。

軽荷状態の重量及び重心は、完成時の復原性試験により求められた重量397.61 t及び重心高さ3.062 mに対し、復原性試験状態で積載していた燃料、試験器材等（重量合計39.35 t及び重心高さ1.72 m）を除き、未搭載であったロープ等の物件（重量合計4.00 t、重心高さ4.34 m）を加算して求められていた。

さらに、燃料、清水、食料品等を満載した「出港状態」、漁場到着までの航行による燃料、清水等の消費を想定した「漁場着状態」、操業による燃料、清水等の消費（約80%消費状態）を想定した「漁場発状態」、復路の燃料、清水等の消費を想定した「入港状態」等が求められていた。

なお、上述の、軽荷状態の重量及び重心を求める復原性試験の際に除いた

*13 「軽荷状態」とは、法定備品、係船ロープ類、常備備品以外の船体に固定されない備品、人、燃料や清水、食料、貨物等を積載していない船舶の状態をいい、その重量を軽荷重量（船殻、艀装品及び備品の合計重量）という。

*14 「重心高さ」とは、船体中央のキール（船体中心線の船底外板）上面から重心までの垂直距離をいい、一般に「KG」と表す。

物件及び加算した物件並びに「出港状態」等の各状態の重量及び重心を求めるときに想定した燃料、清水、食料品等の重量及び重心は、実際に計測した値、カタログ等の値及び想定による値が含まれていた。このため、実際の状態と比べて違いがあった。

「漁場発状態」の重量及び重心算定を表 2.5-2 に示す。

燃料油の重量は、出港状態では9個の船体付きタンク（No.1燃料タンク、No.2燃料タンク（右、左）、No.3燃料タンク（右、左）、No.4燃料タンク（右、左）及びNo.5燃料タンク（右、左））に満載したものと想定して55.92tで、漁場発状態では出港状態から約80%消費した状態としてNo.2燃料タンク（右）及びNo.2燃料タンク（左）に5.99t及び6.00t計11.99tを積載したものと想定していた。食料品及び清水についても同様に約80%消費した状態を想定していた。

表 2.5-2 漁場発状態の重量及び重心

	W (t)	$\text{mid} \cdot G^{*15}$ (m)	$W \times \text{mid} \cdot G$ (t \cdot m)	KG (m)	$W \times KG$ (t \cdot m)
軽荷状態	362.26	2.08	753.50	3.22	1166.48
乗組員及び所持品	3.75	4.96	18.60	2.73	10.24
食料品	0.23	13.62	3.13	3.44	0.79
清水	1.35	-19.49	-26.31	1.20	1.62
雑用清水	0.70	-19.09	-13.36	3.85	2.70
燃料油	11.99	-8.18	-98.08	0.77	9.23
L. O. T.	2.15	-2.23	-4.79	0.40	0.86
L. O. S. T.	2.34	-0.35	0.82	0.34	0.80
小出油	1.80	-0.85	-1.53	4.01	7.22
油圧作動油	3.50	-2.04	-7.14	0.76	2.66
予備油圧作動油	1.04	-3.58	-3.72	0.43	0.45
漁具	29.00	9.70	281.30	4.29	124.41
食料品	0.50	-16.50	-8.25	4.00	2.00
W. B. T.	0.00				
環巻荷重	0.00				
合計	420.61	2.13	894.17	3.16	1329.55

※ 本船は後部甲板に重量の大きい漁網を積載していることから、前後のバランスをとるため、船尾側の燃料タンクから燃料を消費し、漁場発状態では、船首側のNo.2燃料タンク（右、左）に燃料が残るものと想定していた。

(2) 事故発生時

*15 「mid・G」とは、長さ方向の船体中央（midship）から重心までの水平距離をいう。

本船の乗組員、僚船の乗組員、A社の代表者等の口述及び82号の航海日誌によれば、次のとおりであった。

① 出港時

本船は、平成20年6月4日の出港時、清水、雑用清水及び食料品は満載していたが、燃料積載量は不明であった。

② 本事故発生時

通常、1航海は3週間前後であり、網船や探索船は燃料や清水が不足した場合、運搬船から補給を受けることとしており、本船は、本事故発生の前日に82号から燃料のA重油9.5klの補給を受けていたが、どのタンクに補給したかは不明であった。

(3) 建造後の改造等

本船の乗組員、A社の代表者等の口述並びに入渠整備及び修理を行った造船所の工事完成証明書によれば、本船の船体の重量及び重心高さに影響を及ぼす改造及び修理が行われたことはなかった。

僚船及び類似船の状況並びに乗組員A及び乗組員Bの口述によれば、網を補修するための網地、^{あば}浮子、予備のロープ類等を操舵室天蓋、船首倉庫等に積載していた。

上記2.5.2、2.5.3(1)及び次項2.5.4(3)に記述したように、例えば、実際の重心高さが、復原性試験時(3.22m)の1%、2%及び3%上昇していたと仮定すると、それぞれ3.25m、3.28m及び3.32mとなり、さらに、漁具の重量を70t、操舵室天蓋等にロープ類等を2t積載したとすると、3.38m、3.41m及び3.44mとなり、漁場発状態の重心高さ3.16mの7.0%、7.9%及び8.9%上昇した値であった。

2.5.4 漁網に関する情報

(1) 設計重量

建造造船所の完成重心試験成績書及び復原性報告書によれば、漁具の重量は、漁網23t、ワイヤーロープ4t及びその他2t計29tと想定し、重心査定試験時は、漁網を搭載しない状態で実施していた。

(2) 実重量

本船の鯉鮪旋網仕立図面を基に製網業者が算定した結果によれば、本船に積載された漁網の空中重量^{*16}は、約31.1tであった。

^{*16} 「空中重量」とは、漁に使用する前の海水を含んでいない漁網の乾燥重量をいう。

A社の代表者等の口述によれば、漁網の重量は、40～50 tであった。
 本船と同じ海域で操業を行うまき網船団の乗組員の回答書によれば、42～45 tであった。

(3) 就航後及び操業中の重量及び移動

文献^{*17*18}によれば、次のとおりである。

- ① 5種類の太さの異なる網糸からなる同じ目合^{*19}、同じ大きさの網地^{*20}を水に浸した後、広げて干し、5分後及び10分後の重量を計測したところ、網糸の太さによる重量変化には明確な傾向はなく、乾燥重量に対する重量増加は、平均して5分後で42%、10分後で23%であった。操業時のまき網は、海中から甲板上に揚げられるまで数分に過ぎず、干されることもないので、乾燥重量から40%以上増加しているものと推定される。

一般的に造船業界及び漁具メーカーでは、乾燥重量の20%増を標準の重量として使用している。表2.5-3及び表2.5-4に示すとおり、大中型まき網漁船が水分を含んで重量が40%増となった漁網を積載している場合、操業時の乾舷が10cm前後小さくなり、実際の操業では、使用される漁網により持ち込まれる海水が甲板上に溜まり、船体が傾斜することが多い。

また、漁船の建造時に計画される積載漁網重量は、就航後の漁具の補修や操業方法の変化等で重量が増加することとなる。

表 2.5-3 網船クラス別漁具重量

	海外	大中型	大中型	大中型	中小型
主漁場	公海	北部太平洋	東海黄海	沿岸	沿岸
漁船規模(トン)	350	80～135	135	39	15
網型	カツオ・マ グロ網	サバ網	アジ・サバ 網	イワシ網	アジ網
網規模(長さ×深 さ): m	2250×375	1650×375	1320×398	975×300	750×225
網重量(乾燥時): t	35.0	21.0	21.3	9.8	5.6
総漁具重量(乾燥 時): t	50.9	30.0	28.0	14.0	8.0
総漁具重量(20%)	61.1	36.0	33.6	16.8	9.6

*17 「まき網漁業の技術課題と改革に向けて－網規模に関わる課題－」、鹿児島大学水産学部教授 井上喜洋（海洋水産エンジニアリング2009年1月号、(社)海洋水産システム協会編）

*18 「まき網漁船の復原性と転覆について」、長崎総合科学大学工学部船舶工学科教授 慎燦益（平成11年11月西部造船学会第99回例会）

*19 「目合」とは、網目の大きさをいう。

*20 「網地」とは、網の生地をいう。

増湿時) : t					
総漁具重量(40%増湿時) : t	71.3	42.0	39.2	19.6	11.2

表 2.5-4 漁船規模別の長さ(L)、幅(B)、深さ(D)、乾舷

総トン数 (トン)	L (m)	B (m)	D (m)	必要な乾舷 (cm)	乾舷を10cm沈めるのに必要な推定重量(t)
349	57.8	12.0	7.2	72	56
135	36.7	7.9	3.2	32	23
80	29.6	7.1	2.8	28	17
19	17.6	5.2	1.8	18	7

② 網船の重心位置が高い場合、漁網の横移動によるわずかな横傾斜が転覆を誘発する大きな可能性がある。漁網の移動による定常傾斜状態では、残存復原力が小さくなるため、傾斜後、大きな波の打ち込みの発生で転覆する。

(4) 積載状況

乗組員Aの口述によれば、本船は、本事故発生前日12時00分ごろ操業を終了し、漁網を後部甲板に、右舷側からチェーン、網(厚さ約2m)、浮子の順に整理して積載し、積載した網の右舷の端は幅約1m、厚さ約1.6mの段を付け、その右舷側にチェーンを積載していた。

本船乗組員及び僚船乗組員の口述、本船と同じ海域で操業するまき網船団の乗組員の回答書によれば、ロープなどによる固縛は行わず、クレーンのブームで漁網を押さえつけるようにして移動や荷くずれを防止していた。

2.5.5 放水口の状態

本船の一般配置図によれば、胴ノ間の舷側には、上甲板の直上で木甲板の下方に長さ約2m、高さ約25cmの放水口が片舷に2個、後部の網置き場の舷側には、上甲板の直上で木甲板の下方に前方から長さ約1.4m、高さ約25cmの放水口が片舷に1個、長さ約2.5m、高さ約25cmの放水口が片舷に3個設けられていた。

(図 2.5-1 本船の放水口配置 参照)

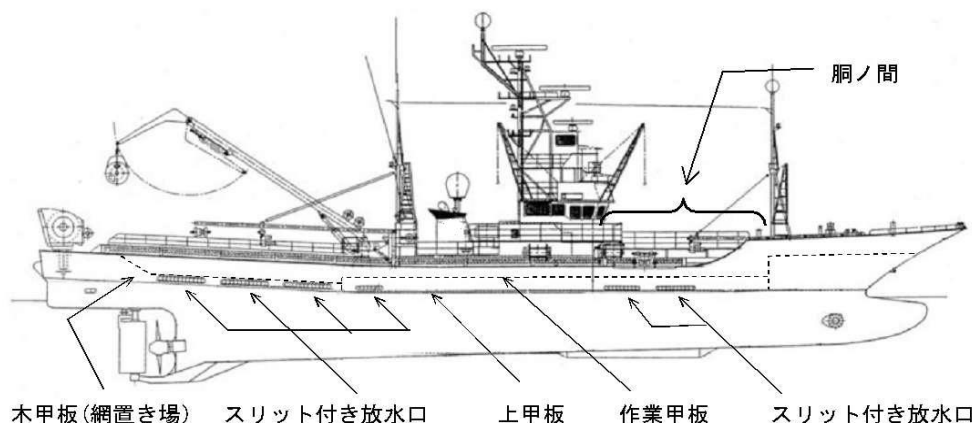


図 2.5-1 本船の放水口配置

一方、次に掲げる本船の前航海の出港時（平成20年5月3日）の写真によれば、網置き場の舷側の放水口は一般配置図のとおりであったが、胴ノ間の舷側の放水口については、左舷舷側に、長さ約60cm、高さ約50cmの放水口が認められた。詳細な構造は不明であった。

（写真 2.5-1 本船の放水口の状況 参照）



写真 2.5-1 本船の放水口の状況

僚船及び類似船型の網船の放水口は、本船とおおむね同等の場所に、同程度の数が設けられており、また、上甲板と木甲板の間の空間は、木甲板を支える支柱及び漁具、ロープ類等の物入れに利用する目的等により鋼製の仕切りや配管のサポートなどが放水口の付近を含めて設けられ、放水口にはスリットや整流板が設けられていた。さらに、既設の放水口に鋼板を溶接して塞いだ閉鎖工事跡が複数認められた。

（写真 2.5-2 類似船型の網船の放水口 参照）



写真 2.5-2 類似船型の網船の放水口

以上のとおり、本船と類似船型の網船は、長さ、幅及び深さがほぼ同程度で、同じ総トン数（135トン）であり、ほぼ同じ船体の構造及び配置であること、また、本船と僚船及び類似船型の網船は、いずれも上甲板と木甲板の間の舷側に放水口を設けていることから、本船においても、僚船及び類似船型の網船と同じように、放水口には整流板やスリットが設けられ、打ち込み滞留水を放水口に導く経路には、木甲板や配管を支える支柱などが設けられていた可能性があった。

2.5.6 事故発生時の船舶の状態

(1) 機関及び機器の状態

乗組員A、乗組員B及び乗組員Cの口述によれば、次のとおりであった。

本船は、ふだんのパラ泊のときと同様に、主機を停止し、船内の電気設備への電力供給のため、発電機と発電機用原動機を運転していた。また、本事故発生の前日まで、機関、機器の故障や不具合はなく、支障なく操業を行っていた。

(2) 出入口、通風筒その他の開口部の扉、ふた等の開閉状態

乗組員A、乗組員B及び乗組員Cの口述並びに類似船型の網船乗組員の回答書によれば、次のとおりであった。

無線室左舷側階段踊場出入口の扉（船橋甲板）、操舵室左舷後部出入口の扉（船橋甲板）、船橋構造物後部出入口（以下「後部出入口」という。）のスライドドア（上甲板）、後部船員室に通じる階段の扉（上甲板）及び後部船員室の各居室出入口の扉は、乗組員A、乗組員B又は乗組員Cが脱出する際に開放したか、又は開いているのを見た。

前部船員室に通じる階段の扉（上甲板）は、前部船員室の乗組員が脱出する際に開放した。

機関室出入口の扉（上甲板）は、機関長が機関室に引き返したときに開放した可能性があった。

船橋構造物左舷前部出入口（以下「前部出入口」という。）の扉は、開放されており、また、「パラ泊時、出入口以外の扉及びハッチは全て閉鎖する」という複数の回答があった。

また、パラ泊中は、発電機用原動機を運転中であり、乗組員は船内で休息していたことから、暴露部に設けられた給排気用の通風筒、換気用の通風筒等は開放されていた。

上述以外の暴露部の出入口の扉及びハッチのふたは、閉鎖されており、また、「パラ泊時、出入口以外の扉及びハッチは全て閉鎖する」という複数の回答があった。

2.5.7 復原性基準への適合性

本船には、次に示す建造時の船舶復原性規則（昭和31年12月28日運輸省令第76号、以下「復原性規則」という。）が適用され、適合していた。

なお、平成20年10月29日の同規則改正により、平成21年1月1日以降に建造される漁船については、IMOの非損傷時復原性コード^{*21}（Intact Stability Code。以下「ISコード」という。）との整合性を考慮して見直され、新たなGM基準、旅客船と同等の定常風下の波浪で動揺しているときに突風が吹いた場合の動復原力基準、操業中横傾斜角基準等が適用されるようになった。

^{*21} 「IMOの非損傷時復原性コード」とは、IMO（国際海事機関）において策定された非損傷時の復原性基準をいい、大きく強制部と非強制部（勧告とガイドライン）とに分かれている。強制部には、最小GM、GZ曲線下の面積、定常風下の波浪で動揺しているときに突風が吹いた場合の動復原力基準等が、非強制部には、漁船、コンテナ船等いくつかの船種毎の基準、荒天時の操船に関する事項等が規定されている。

- (1) GM (横メタセンタ高さ) *²²が、すべての使用状態*²³において次の算式で算定した値以上となるものでなければならない。

$$0.04B + 0.54 \frac{B}{D} - \alpha \text{ (m)}$$

(B は幅、 D は深さ、 α は乾舷と深さの比から決まる定数)

- (2) 網船は、特別基準として、限界傾斜角*²⁴における復原てこ (GZ) *²⁵が、環索締め付け*²⁶により生ずる傾斜偶力てこ*²⁷以上でなければならない。

なお、環索締め付けによる傾斜偶力は、環まきウインチ容量の2倍の12.00tと船体中心線から環まきダビット先端までの距離4.66mの積の55.92t・mが想定されている。

(付図3 一般配置図、付図5 燃料タンク及び空気抜き管、写真1 前航海の出港状況(平成20年5月3日)、写真2 漁網の積載状況、写真3 パラアンカー取付部、写真4 揚網用サイドローラー(類似船)、写真5 前部作業甲板(胴ノ間)の状況(類似船) 参照)

2.6 船舶の運航管理等に関する情報

2.6.1 運航管理

A社の代表者等の口述及び回答書によれば、次のとおりであった。

A社は、本船を含む2か統8隻のまき網船団を運航していた。4月～9月は、八丈島近海から道東沖の海域で、カツオ又はマグロを漁獲対象とし、3週間を限度とする航海を12～13回行っていた。10月～翌年3月初旬は、八戸沖から犬吠埼沖の海域(おおむね、北緯31°～43°、東経140°～155°の範囲)で、アジ又はサバを漁獲対象として1か月に14、15日間、日帰りの操業を行っていた。

毎年、3月～4月に約3週間、ドック整備を行っていた。

A社は、これらの船団運航に伴う船員の配乗、労務管理、漁具、食料品、飲料水

*²² 「 GM (横メタセンタ高さ)」とは、船舶の重心 G と、船舶が横傾斜したときの浮力中心を通る浮力作用線と船体中心線との交点である横メタセンタ M との距離をいう。

*²³ 「すべての使用状態」とは、本船の場合、出港状態、漁場着状態、漁場発前状態、漁場発状態及び入港状態をいう。

*²⁴ 「限界傾斜角」とは、旧船舶復原性規則第24条第2項に定める船舶の直立状態から舷端が水面に達するまでの横傾斜角又は12°のうち小さい方の角度をいう。

*²⁵ 「復原てこ (GZ)」とは、横傾斜を元に戻そうとする偶力モーメントのてこの長さをいう。

*²⁶ 「環索締め付け」とは、まき網漁において網の底側にある環状の錘に通す索(環索)を魚が網に入ったときに逃げないように締め付け、舷側から環の束を引き揚げることをいう。

*²⁷ 「傾斜偶力てこ」とは、風、船内での人や貨物の移動などの船体を傾斜させる外力を排水量で除した値をいい、船舶復原性規則において船舶の用途ごとに定められている。

及び燃料の補給並びにドック整備などを行っていた。

漁期中、出港の可否、避航、休漁その他操業及び運航に関することは、全て各船団の漁ろう長が判断していた。

2.6.2 安全管理

(1) 就業規則に基づく安全管理

A社の就業規則には、安全担当者（各船長）の職務及び選任、保護具の備え付け及び着用、改善意見の申し出、安全衛生教育、船員の遵守事項、訓練等が規定されており、乗組員が遵守すべき事項については、次のことが規定されていた。

- ① 船員が船内作業に従事する場合、また、保護具の使用を命じられたときは、安全帽、安全靴、作業用救命衣等の保護具を着用しなければならない。
- ② 毎漁期出港のとき及び航海中、随時、船員は船長の指示に従い非常時災害に備え、その避難救助訓練及び防火訓練を行うものとする。

(2) 実施状況

A社の代表者等が提出した平成20年1月～5月の安全衛生委員会議事録並びに発航前検査実施報告書及び発航前検査点検表によれば、本船は、毎月末に、安全衛生委員会を開催するとともに、発航前検査点検表に基づき検査点検を実施し、全ての項目について異常ない旨安全衛生委員会に報告していた。

安全衛生委員会の議事内容及び発航前検査の項目として次のことが含まれていた。

① 安全衛生委員会

- a 夜間操業時、ボート乗船者は乗り降りには十分注意する。
- b 操業に使用するロープ、ワイヤー等の点検を実施する。
- c 他船で落水事故があったので、夜、飲酒して帰船するときは十分注意する。
- d 作業時は必ずヘルメットを着用する。
- e サバ漁では沿岸を航行するので、他種操業船、小舟には十分注意する。
- f 銚子港での落水事故が多いので、乗下船には十分注意する。

② 発航前検査

- a 船体、機関及び排水設備、係船設備、操舵設備、揚錨設備、救命設備、無線設備その他の設備が整備されていること
- b 積載物の積み付けが船舶の安定性を損なう状況にないこと

- c 喫水の状況から判断して船舶の安全性が保たれていること
- d 気象通報、水路通報その他の航海に必要な情報が収集されており、それらの情報から判断して航海に支障がないこと

2.7 気象及び海象に関する情報

2.7.1 観測値及び海上警報

- (1) 気象庁によれば、本事故発生日 11 時 35 分発表の関東海域^{*28}の地方海上警報は次のとおりであった。

海上強風警報 関東海域

海上濃霧警報 関東海域

関東海域では南の風が強く最大風速は 35 kn (18 m/s)

関東海域では所々で濃い霧のため見通しが悪く視程は 0.3 M 以下

- (2) 気象庁によれば、本事故発生日 07 時 00 分発表の関東海域北部^{*29}の地方海上予報は、次のとおりであった。

関東海域北部

海上強風警報 海上濃霧警報継続中

風 南又は南西 35 kn (18 m/s) 後 30 kn (15 m/s)

天気 雨時々曇り 所により雷を伴い、所により霧

視程 3 M 所により 0.3 M 以下

波 4 m 後 3 m

2.7.2 気象及び海象解析値

- (1) 気象庁による沿岸波浪図及び外洋波浪図によれば、本事故発生日 09 時 00 分の事故発生場所付近の波及び風の推算値は、次のとおりであった。

沿岸波浪図 波高 (合成波高^{*30}) 約 3 m

波向 南～南南西、波周期 8 秒

風向 南南東～南南西、風速 25～30 kn

外洋波浪図 波高 (合成波高) 約 3 m

波向 南南西

^{*28} 「関東海域」とは、福島県と茨城県の境界線から 90° に引いた線以南及び神奈川県と静岡県との境界線から東経 139° 18′、北緯 34° 54′ の地点を經、東経 138° 50′、北緯 34° 20′ の地点に至り、さらにその点を起点として 180° に引いた線以東の海岸線から 300 M 以内の海域をいう。

^{*29} 「関東海域北部」とは、関東海域のうち、北緯 34° の線以北の海域をいう。

^{*30} 「合成波高」とは、風浪とうねりの波高を合成して求められる波高をいう。

(2) 気象庁による日別海流解析図等によれば、本事故発生日の事故発生場所付近の海流（黒潮）は、次のとおりであった。

平均流向 南西

平均流速 約 2.0 kn

(3) 京都大学防災研究所の解析^{*31}によれば、本事故発生日 13時00分ごろ及び14時00分ごろの事故発生場所付近の波及び風の推定値は、次のとおりであった。

① 13時00分ごろ

風向 南～西南西、風速 約 1.5 m/s

波向 南西～南南西、波周期 約 6.8 秒

波高 約 3.6 m

波形勾配（波高波長比： H_w/λ ） 約 0.07

② 14時00分ごろ

風向 南～西南西、風速 約 6 m/s

波向 南西～南南西、波周期 約 7.1 秒

波高 約 3.1 m

波形勾配 約 0.04

波浪の出現確率が、Rayleigh分布^{*32}に従う場合、事故発生場所を含む約 2.2 km×約 2.2 kmの海域に、1つのフリークウェイブ（freak wave:有義波高の2倍を超える波高の波^{*33}）が発生する確率は、 $P_{\text{freak}} = 1 - \exp(-\beta N)$ ^{*34}（ $\beta = \exp(-8)$ 、 N は波の数）で表され、次のとおりであった。

$N=150$ 4.9%、 $N=200$ 6.5%、 $N=300$ 9.6%（ N :波の数）

(4) 財団法人日本気象協会の解析によれば、本事故発生日 09時00分及び15時00分の事故発生場所付近の波と風の推定値及び当該推定値から内挿した事故発生日 13時00分の推定値は、次のとおりであった。

① 09時00分

風向 203°（南南西）、風速 14.9 m/s

波向 203°（南南西）、波周期 7.1 秒

^{*31} 京都大学防災研究所ホームページ

http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_j/contents/event_text/20080623.pdf

^{*32} 「Rayleigh分布」とは、確率密度分布の一種で、ある大きさの波や風などの自然現象の発生頻度をよく表し、波や風を確率論的に取り扱う際に用いられる。

^{*33} 京都大学防災研究所が使用しているフリークウェイブの定義である。

^{*34} Mori, N. and Janssen, P. A. E. M., 'On Kurtosis and Occurrence Probability of Freak Waves', Journal of Physical Oceanography, American Meteorological Society, Vol. 36 (July 2006).

有義波高 3.1 m

② 15時00分

風向 203° (南南西)、風速 14.0m/s

波向 225° (南西)、波周期 9.1秒

有義波高 3.6 m

③ 13時00分

風向 203° (南南西)、風速 14.3m/s

波向 218° (南西)、波周期 8.4秒

有義波高 3.4 m

2.7.3 乗組員による観測

乗組員A、乗組員B、乗組員C、6号の乗組員及び11号の乗組員の口述並びに2号、6号及び11号の航海日誌によれば、次のとおりであった。

(1) 事故発生場所付近の風、波、海流及び天気

風向 南～南西、風速 11～12m/s

波向 南～南南西、波高 約3m

海流 西約1.0kn

天気 小雨

(2) 僚船の情報

① 6号

本事故発生日12時00分ごろの天候は、雨であった。

本船の南東3.5M付近でパラ泊中の6号は、本事故発生日の13時20分直前に、左舷船首付近に(南寄りの)波が当たる「ドーン」という衝撃を1～2度受け、右舷側に傾斜した。

② 11号

本船の北北西5～6M付近でパラ泊中の11号は、本事故発生日の12時30分～13時00分、甲板長が胴ノ間で作業中、船首方向(南西～南南西)から波高3～4mを超える大きいうねりが打ち寄せてくるのを見て船内に逃げ込もうとしたところ、次のうねりが船首甲板に打ち込んだ。

③ 2号

本事故発生日09時00分ごろ、本船の西方6M付近の天候は雨であった。

2.8 パラアンカー及びパラ泊に関する情報

(1) パラアンカーの主要目

① パラアンカー本体

本船のパラアンカーの製造者によれば、次のとおりであった。

寸法	直径 約16.95m、汐抜き穴直径 約0.9m
生地	ナイロン平織り420d(デニール) ^{*35} (色:赤、白)
吊りロープ	ナイロン組紐呼び径10mm、長さ18.0m、28本 (1本当たりの破断強度1,860kg、28本で約52t)
ドームサルカン	ステンレス製φ25mm
構成	下辺0.95m、上辺0.05m、高さ8.6mの台形 の上記生地を56枚縫い合わせてドーム状のパラシュート部分を構成し、吊りロープの端を等間隔に縫い付け、他端を上記ドームサルカンに接続してあった。

② えい航ロープ

パラアンカー製造者によれば、えい航ロープは、原則として購入者が調達することとなっており、長さ等は不明であった。

乗組員A及びA社の役員によれば、えい航ロープの長さは、約300mで、パラ泊中のパラアンカーの深さはパラシュートの上端が海面に出るか出ないかくらいの深さであった。

③ 取り付け方法

6号の船長の口述並びに本船の一般配置図及び写真によれば、次のとおりであった。

えい航ロープを接続するワイヤーは、両端がアイ加工された約3mの長さであり、本船の船首材に取り付けられたアイプレートに一端がシャックルを介して接続され、他端は、通常、船首楼甲板上に引き込まれていた。パラ泊を行うときは、船首楼甲板上に引き込まれたワイヤーのアイにシャックルを介してパラアンカーのえい航ロープを接続し、海中に投入していた。

(2) パラアンカーの使用基準等

僚船の乗組員、本船と同じ海域で操業を行うまき網船団の乗組員の口述及び回答書によれば、次のとおりであった。

① パラアンカーの使用(パラ泊)基準

おおむね風速12～15m/s、波高3mを目安とし、漁ろう長がパラ泊を

^{*35} 「d(デニール)」とは、繊維の太さを表す単位をいい、9,000mの長さの繊維の重さが1gであるものを1d(デニール)と表す。

決定していた。その他、風速10m/s、20m/s、「特に基準はない」という少数回答があった。

また、パラ泊時、決まりはないが、閉鎖装置は全て閉鎖するか、又は人の出入りする扉を除いて全て閉鎖していた。

② パラ泊時の船橋当直

おおむね、荒天時にパラ泊する場合は船長と漁ろう長が交代で当直し、それ以外の場合は、大きな音がするなど異状があるときに昇橋して様子を見に行くこととしていた。

(3) パラアンカーの影響等

① パラ泊中の海水打ち込み

本船と同じ海域で操業を行うまき網船団の乗組員の口述及び回答書によれば、海水打ち込み量の大小はあるものの、半数以上は海水打ち込みを経験していた。

② パラ泊時の船体挙動等

独立行政法人海上技術安全研究所（以下「海技研」という。）の調査によれば、次のとおりであった。

本船のパラアンカーのえい航ロープは、基線上3.2mの高さの位置（喫水線の約1.0m上方）の船首材に、シャックルを介して取り付けられており、えい航ロープの伸び、たわみ、入水角度、パラアンカーの基本構造等を考慮すると、えい航ロープの張力が転覆や海水打ち込みが発生するような大振幅の船体運動に有意な影響を及ぼすとは考え難い。

一方、船体の漂泊姿勢は、船体に働く風、波、海潮流による力とパラアンカーのえい航ロープの張力との釣り合いによって決まるため、これらの外力の大きさや向きによっては、船首は風浪に立つ状態にならない場合があり、また、パラ泊中の船体はパラアンカーを中心に振れ回り運動を起こすことを考慮すると、本船乗組員の口述もあり、本事故発生時の本船も風浪を船首正面からでなく斜め前方から受ける態勢であった可能性が考えられる。

2.9 海技研による転覆及び沈没メカニズムに関する調査及び実験

2.9.1 委託による調査及び実験の概要

(1) 標準状態の復原性等

海技研は、‘本船の建造時の完成重量重心計算及び復原性試験により求めた漁場発状態に、2.1及び2.5から乗組員数、漁網の重量及び燃料搭載量について、次の①～③の修正をした状態’（排水量約430.7t、重心高さ

約3.16m、以下「標準状態」という。)を本事故発生時の本船の状態とした。

また、本船は、本事故発生時、標準状態において、波などの外力によらない、次の④に示す横傾斜が存在した可能性があり、実験条件として想定した。

① 乗組員：20人（計3.00t、前部船員室7人、後部船員室12人、通信室1人）

（漁場発状態では25人、計3.75t）

② 漁網：31.1t（製網メーカー提出資料）

（漁場発状態では23.0t）

③ 燃料：14.75t（No.1燃料タンク及びNo.2燃料タンク（右）満載）

（漁場発状態では11.99t）

④ 横傾斜：‘漁網の左右不均等な積み付けによる漁網の横移動により生じた横傾斜’（以下「初期横傾斜」という。）

(2) 調査及び実験の概要

調査及び実験は、後記①及び②について、海技研に委託することとした。

また、本船は、2.1に記述したように、衝撃を受け、衝撃を受けた方向に転覆したことから、暴露甲板上の打ち込み滞留水の運動と船体運動の連成を考慮した波向と転覆方向の関係についてシミュレーション計算を行い、模型実験において計算結果を検証することとした（後記②及び③）。

なお、シミュレーション計算及び模型実験においては、波の入射角（出会角）（図2.9-1 波と船体の出会角 参照）、波長及び波高の変化を想定し、また、本事故発生時、本船が、大きな衝撃を右舷前方から1～2度受けて転覆したという乗組員の口述から、本事故発生海域で、‘本船の動揺を支配する波とは異なる波長及び波高の波’（以下「大波」という。）が、船体動揺との位相のずれにより舷側に当たって衝撃が生じた可能性があり、模型実験において、大波に相当する集中波^{*36}を加えた波を想定するとともに、放水口の開閉を想定した。

さらに、2.1に記述したように、本船は、転覆後、比較的短時間で沈没したことから、船体の出入口、通風筒等からの浸水による沈没メカニズム及び転覆後の油の流出量を解明するため、次の④及び⑤の調査を海技研に委託した。

^{*36} 「集中波」とは、ある場所（本実験の場合、模型船の場所）で、波長の異なる複数の波が重なるように組み合わせさせた波をいう。

- ① 暴露甲板上への海水打ち込みの推定
- ② 転覆発生状況及び打ち込み滞留水に関する模型実験
- ③ 甲板上滞留水による横傾斜時の転覆方向の推定
- ④ 転覆状態から沈没に至る区画浸水状況及び経過時間の推定
- ⑤ 流出油量の推定 (2.11.4 参照)

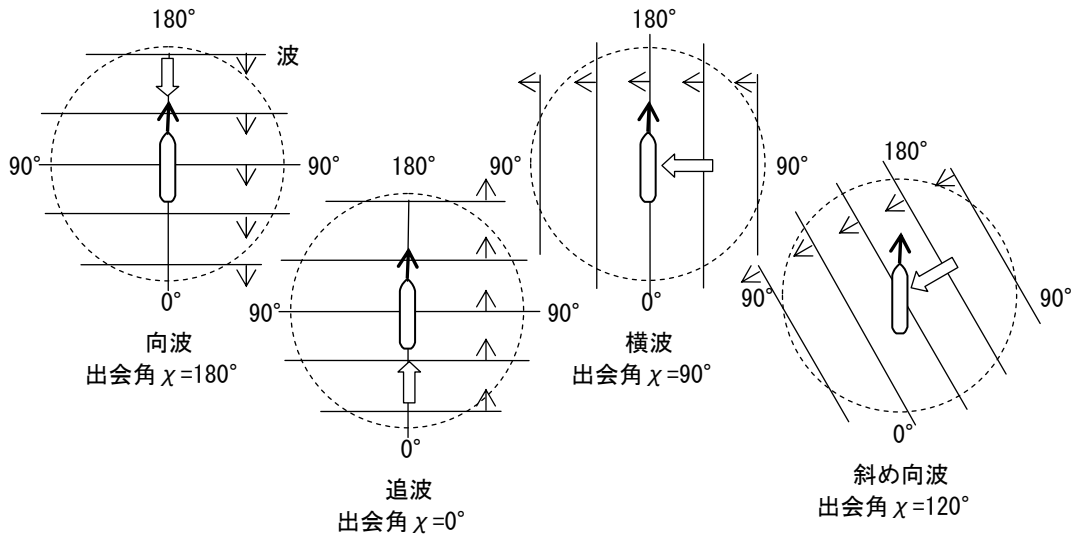


図 2.9-1 波と船体の出会角

2.9.2 暴露甲板上への海水打ち込みの推定

(1) 調査の概要

Strip法^{*37}を用いて規則波^{*38}中の船側の相対水位変動計算を行い、暴露甲板上に海水打ち込みを発生させる波浪条件を推定するとともに、本事故発生時、事故発生海域において発生していたとされる表 2.9-1 の波浪のデータを使用し、線形重ね合わせによる不規則波^{*39}中の相対水位変動の短期予測計算を行い、本事故発生時の波浪中における海水打ち込み確率を推定した。

表 2.9-1 使用した波浪データ

	波周期 (s)	有義波高 (m)	備考
日本気象協会	8.4	3.4	事故当日09時、15時のデータの内挿値
京大防災研	6.8	3.6	計算地点:北緯35° 25′ 東経144° 37′

^{*37} 「Strip 法」とは、船体を長さ方向に分割し、各断面における2次元流体力を求め、船長方向に積分することにより、船体全体に働く3次元流体力を求める方法をいう。

^{*38} 「規則波」とは、一定の周期、波高、速度の正弦波等をいい、通常、Strip 法において規則波中の計算を行い、線形重ね合わせにより不規則波中の船体応答を推定する。

^{*39} 「不規則波」とは、複数の規則波を重ね合わせた波をいう。

(2) 計算結果

本事故当時の波浪の推定値を波周期 6.8 秒、有義波高 3.6 m とした場合、出会角が 120° 及び 150°（右斜め向波）では、S.S. 4^{*40} 付近の船体中央で比較的高い海水打ち込み確率が予測された。

出会角が 90°（横波）では、S.S. 1 $\frac{1}{2}$ ～S.S. 7（図 2.9-2 参照）付近にかけての比較的全く広い範囲で、海水打ち込み確率が 1/100 以上となり、出会波 100 波に 1 波以上の頻度で海水打ち込みの発生が予測され、出会角が 180°（向波）では、S.S. 4 付近の船体中央で比較的高い海水打ち込み確率が予測された。

以上から、本船は、本事故発生当時、右舷前方から波を受ける態勢であった際、右舷前方からの波が船体右舷中央の S.S. 4 付近から暴露甲板上に打ち込んだ可能性が高い。

（別添 1 暴露甲板上への海水打ち込み推定概要 参照）

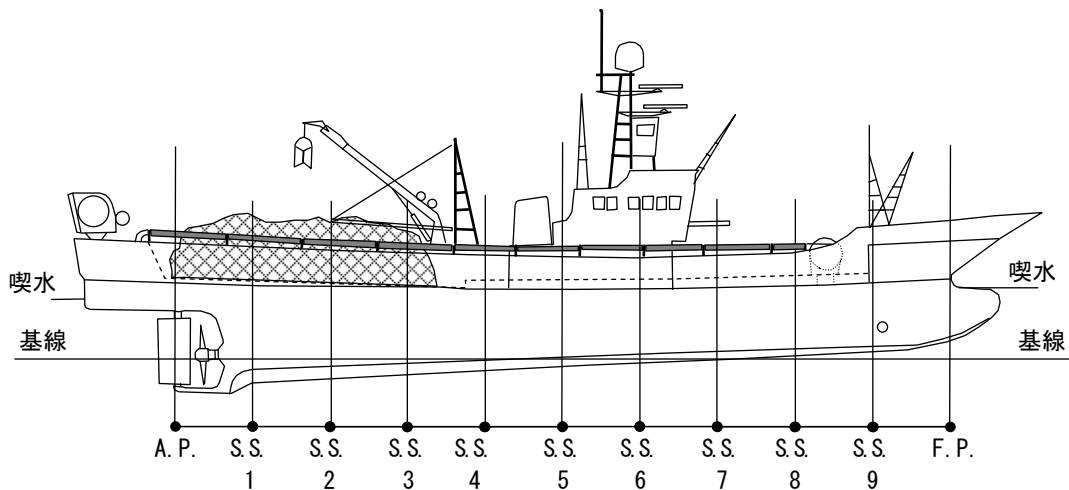


図 2.9-2

2.9.3 転覆発生状況及び打ち込み滞留水に関する模型実験

(1) 実験の概要

水密模型を用いた水槽実験を行い、乗組員の口述に基づく転覆状況の再現を試み、船体運動、相対水位変動等を計測し、波浪や滞留水のほか、漁網の含水等が転覆に及ぼす影響について検討するとともに、およその打ち込み滞留水量を推定するための基礎データを取得した。

また、乗組員の口述によれば、右舷船首方から 2 度の衝撃を受けており、大波を受けた場合、船体動揺との位相がずれ、舷側に波が当たるような状況

*40 「S.S.」(Square Station)とは、船舶の水線長さを 10 分割する垂直面をいう。

になり、船体に衝撃が生じる可能性があるものと考えられることから、大波に相当する集中波を加えた波を設定した。

実験の目的ごとに、次の①及び②の波を設定し、規則波は、表 2.9-2 に示す本事故発生時の事故発生場所付近の波を含めて波長と波高を少しずつ変化させて組み合わせた波とし、集中波は、波高が規則波の波高の 1.6 倍程度になるよう調整した。

- ① 転覆過程の把握（重心高さ、初期横傾斜等の転覆関連要因の抽出）及び打ち込み滞留水量の計測：規則波
- ② 転覆状況の再現（転覆過程の確認、重心高さ、初期横傾斜等の影響調査）：規則波に大波に相当する集中波を加えた波

表 2.9-2 本事故発生時の事故発生場所付近の気象及び海象

	有義波高 (m)	波周期 (s)	波向 (°)	風速 (m/s)	風向 (°)
日本気象協会	3.4	8.4	218 (南西)	14.3	203 (南南西)
京大防災研	3.6	6.8	203 (南南西)	15.0	203 (南南西)
沿岸波浪図	2.5	7.7	—	—	—

注 1) 日本気象協会は、事故当日 09 時、15 時のデータの内挿値

注 2) 京大防災研は、北緯 35° 25'、東経 144° 37' におけるの値

注 3) 沿岸波浪図は、事故当日 09 時、15 時の読み取り値の内挿値

③ 模型船及び計測状態

実験は、フルードの相似則⁴¹に従い、実船の 1 / 23.9 の水密模型を用い、次の積載状態とし、重心高さ、横方向重心位置及び放水口の状況を変えた計測状態を設定して行った。各計測状態の名称は、表 2.9-3 に記載のとおりとした。

積載状態 標準状態の重心高さ (KG_o) で初期横傾斜がない状態

重心高さ 漁網等の重量増加を想定して重心高さ (KG) を 3 とおりとした状態 ($KG = KG_o, 1.05 KG_o, 1.10 KG_o$)

横方向重心位置

*41 「フルードの相似則」とは、流体の慣性力と重力の比を表す無次元数のフルード数 (V/\sqrt{gL} (V : 速度 m/s、 g : 重力加速度 (9.8) m/s^2 、 L : 水線長 m) で表され、造波抵抗の分析等に用いられる。) が等しい 2 つの流れは相似であるという法則をいい、長さ比が $n:1$ (本実験の場合、23.9:1) の場合、時間の比は $\sqrt{n}:1$ (本実験の場合、4.9:1) となる。

初期横傾斜がない状態と初期横傾斜がある状態を想定して横方向重心位置を変化させた状態（センターラインから実船スケールで1 m右舷寄り）

放水口の状態

放水口を開放した状態と放水口周辺の搭載物等による放水機能の低下を想定した状態（閉塞）

表 2.9-3 転覆実験における計測状態

重心高さ 標準		放水口		重心高さ 10%上昇		放水口	
		開放	閉塞			開放	閉塞
初期横 傾斜	なし	—	状態1	初期横 傾斜	なし	状態7	状態9
	あり	—	状態5		あり	状態8	状態10

重心高さ 5%上昇		放水口	
		開放	閉塞
初期横 傾斜	なし	状態11	状態2、4
	あり	状態6	状態3

注) 重心高さ $KG=1.05 KG_o$ で、初期横傾斜がなく、放水口を閉塞した状態は、時期を分けて計測を行ったため、便宜上、状態を2つに分けている。

(2) 実験結果

① 転覆発生状況

実験では計133ケースの計測を行い、その内、30ケースで転覆が発生し、全て右舷側（波上側）に転覆した。

斜め向波で転覆が発生するシーケンスは、転覆が発生した実験の結果から、「右舷前方からの波による右舷舷側からの海水打ち込み及び船首甲板への滞留（船首傾斜等）→船首沈下及び右傾斜増大→右舷船首の乾舷減少→連続した海水打ち込み→右舷側へ転覆」であり、暴露甲板上の打ち込み滞留水の増加に伴う船首沈下及び右傾斜増大により乾舷が減少することで海水打ち込みが促進されて転覆に至った。

本船の転覆には、標準状態からの重心の上昇、初期横傾斜、放水口の状況及び波との出会角が転覆関連要因としてあげられ、転覆に大きな影響を及ぼしていた。

② 海水打ち込みの発生状況

実験により、海水打ち込みの発生状況は、次のとおりであった。

- a 海水の打ち込みは、本船が標準状態で、出会角 120° 及び 150° の斜め向波の場合、海水打ち込みは波^{そと}度（波高波長比： Hw/λ ）が 0.06 以上の比較的大きな^{そと}度の規則波で発生した。
- b 海水打ち込みの発生場所は、出会角 120° では S.S. 5 付近であり、2.9.2 のシミュレーション計算による海水打ち込み場所とほぼ一致していた。

また、出会角 150° の場合には、主に船首楼部から打ち込んでいた。以上から、本船は、本事故発生当時、右舷前方から波を受ける態勢であった際、右舷前方からの比較的大きな^{そと}度の波（出会角約 120° ）が船体右舷中央の S.S. 5 付近から暴露甲板上に打ち込んでいた可能性が高い。

③ 打ち込み滞留水量

海水打ち込み 1 回当たりの滞留水量が最も多かったのは、出会角 180° （向波）と 150° （斜め向波）での計測であり、海水打ち込み 1 回当たりの滞留水量は約 280cc となった。

（別添 2 転覆発生状況に関する模型実験の概要 別添 3 打ち込み滞留水に関する模型実験結果 参照）

2.9.4 甲板上滞留水による横傾斜時の転覆方向の推定

(1) 調査の概要

甲板上構造物の左右非対称性のために甲板上に滞留した水により横傾斜が発生した状態で、滞留水の運動と船体の横揺運動を考慮し、滞留水の量、波周期及び波^{そと}度を様々に変化させて船体横揺運動シミュレーション計算を行い、滞留水が存在する場合における転覆方向を推定した。

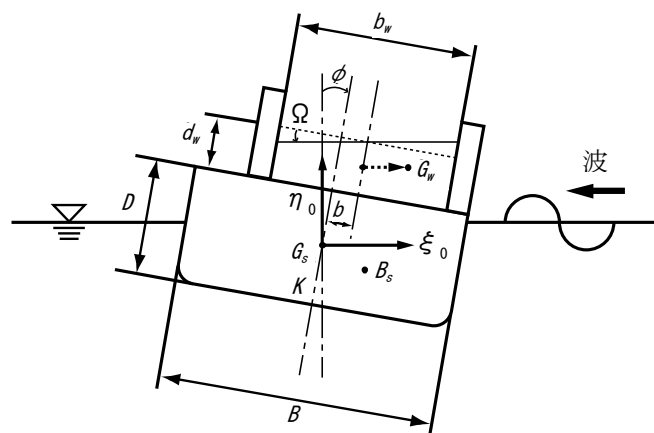


図 2.9-3 計算モデル及び座標系

(2) 計算結果

本船は、横揺運動する船体上で滞留水が運動している状態で転覆が発生する場合は、滞留水が右舷側に片寄ることで、左舷側への横揺れ角に比べて右舷側への横揺れ角が大きくなり、右舷側（波上側）に転覆した。

(別添 4 甲板上滞留水による定常傾斜時の転覆方向の推定概要 参照)

2.9.5 転覆状態から沈没に至る区画浸水状況及び経過時間の推定

(1) 調査の概要

2.1、2.5.6(2)及び次項 2.10.1 に記述したように、本船は、転覆時、無線室左舷側階段踊場出入口の扉（船橋甲板）、操舵室左舷後部出入口の扉（船橋甲板）、後部出入口のスライドドア（上甲板）、後部船員室に通じる階段の扉（上甲板）、後部船員室の各居室出入口の扉、前部船員室に通じる階段の扉（上甲板）及び前部出入口の扉（上甲板）が開放され、機関室出入口の扉（上甲板）が開放されていた可能性があると考えられ、乗組員が脱出する際、右舷舷端が没水して後部出入口から浸水が始まっているのを確認した。

また、パラ泊中は、発電機用原動機を運転中であり、乗組員は船内で休息していたことから、暴露部に設けられた給排気用の通風筒、換気用の通風筒等は開放され、これら以外の暴露部の出入口の扉及びハッチのふたは、閉鎖されていた。

さらに、本船は、船首方に約 45° 傾斜した状態となった後に沈没した。

以上の状況を踏まえ、沈没の初期状態となる 180° 転覆時の船体姿勢を推定し、区画浸水量、船体姿勢の時系列計算、初期縦傾斜の影響評価及び沈没所要時間の算定を行った。

(2) 計算結果

本船は、180° 転覆した船体姿勢において、後部出入口や通風筒等から船内へ浸水していたものと想定すると、約 8 分で沈没に至った。

2.10 捜索、救助及び被害の軽減措置に関する情報

2.10.1 脱出の経過

乗組員 A、乗組員 B、乗組員 C 及び僚船の乗組員の口述によれば、本事故発生前の所在が確認されたのは、右舷後部船員室の乗組員 A 及び乗組員 D、左舷中央船員室の機関長、右舷前部船員室の乗組員 C 及び乗組員 J、左舷後部船員室の乗組員 B 並びに無線室左側の階段踊り場の甲板長の計 7 人で、その他 13 人の乗組員の所在は不明であった。本船からの脱出に至る経過は、次のとおりであった。

なお、乗組員の居室は、上甲板下に前部居住区及び後部居住区があり、前部居住区の各舷に3室計6室（定員7人）、後部居住区の各舷に3室計6室（定員16人）設けられており、各乗組員の居室及び寝台は付図4のとおりであった。

(1) 脱出開始から船外脱出までの状況

乗組員Cが右舷前方の自室からゆっくりと中央通路に出ようとしていたところ、乗組員Bは、徐々に右舷側に傾きつつある中央通路を中央階段に向かって走って乗組員Cに追いつき、「ひっくり返る、沈むから逃げろ」と叫んだ。

乗組員Bは、「フーセン」と呼ばれる球形のゴム製の浮き玉が置いてある船首楼甲板と船橋甲板を結ぶ通路（以下「左舷側通路」という。）に向かって走った。

機関長は左舷側中央の船員室から、乗組員Aは右舷後部の船員室から中央通路に出て、乗組員Bが「沈むからフーセンに行け」と叫ぶ中、乗組員C、乗組員B、機関長及び乗組員Aの順に中央階段を上った。

乗組員C及び乗組員Bは、上甲板に達し、右舷側の操業準備区画を通過して船尾甲板に通じる後部出入口に向かった。

機関長と乗組員Aは、上甲板に達し、前方にある食堂の方に向かった。

乗組員Bは、後部出入口手前で乗組員Cを追い越し、後部出入口から海水が徐々に流入してくる中を船尾甲板に脱出した。

乗組員Cは、後部出入口付近に居た甲板員Eを追い越し、乗組員Bに続いて船尾甲板に脱出した。

乗組員Bと乗組員Cは、本船が、サイドローラーの上端が海面の高さと同じになるぐらい右舷側に傾き、サイドローラーとブルワークの間から海水が上甲板に流れ込んでくる中、船尾甲板を左舷側に向かって走り、大手ワイヤーウインチ横の船橋甲板への上り階段（以下「船橋後部階段」という。）を上がり船橋甲板に到達した。

本船の横傾斜が大きくなったため、乗組員B及び乗組員Cは、船橋甲板左舷後方の漁具置き場付近で転倒したが、すぐに立ち上がり、乗組員Bは左舷通路に向かって走り胴ノ間に通じる下り階段の手前の手すりにつかまり、乗組員Cは漁具置き場の前方に設置された救命いかだ後方の舷側の手すりにつかまった。

機関長及び乗組員Aは、誰もいない食堂内の階段を駆け上がり、無線室左舷の踊り場に到達した。

このとき、機関長は、踊り場正面の操舵室の扉を開けて出てきた甲板長と

相談した後、機関室の方に引き返した。

本船が、船首先端は海面に達しないものの、右舷やや前のめりに傾斜が進行したころ、乗組員Aは、踊り場の左舷側扉から船橋甲板に脱出し、乗組員Bの船尾側手すりにつかまった。このとき、本船の右舷横傾斜は更に増大し、船首先端は海水に洗われていた。

甲板長は、踊り場の左舷側扉から船橋甲板に脱出し、前方の左舷舷側手すり付近に到達した。

乗組員Aは、本船が転覆したとき船底に立とうと思い、手すりを乗り越えて左舷船側外板に取り付き、胴ノ間付近の放水口につかまった。

本船は、機関長、乗組員A、乗組員B及び乗組員Cが、自室から中央通路に出てから1～2分以内で転覆し、甲板長、乗組員A、乗組員B、乗組員C及び乗組員Eの5人は、海中に投げ出された。

(2) 落水からレッコボート乗船までの状況

本船の転覆後、本船の右側船首方に甲板長、甲板長の少し後ろに乗組員A、乗組員Aの沖側に乗組員B、乗組員Bの5～6m船尾側に甲板員Eが、更に後方に乗組員Cが浮上した。

乗組員Bは、2～3m沖側に浮いていた浮き玉につかまり、乗組員Aに「こっちだ」と声をかけると、乗組員Aは泳いできて同じ浮き玉をつかんだ。

5～6m船首側にいた甲板長は、乗組員Aと乗組員Bの方へ向かってきたが、右斜め前に浮いていたロープのかたまりを見つけてそちらに向かった。

乗組員Cは、目の前に浮いていた長さ1m、幅25cmほどの板にしがみつき、後ろを振り向くと、7～8mの距離に本船が船底を見せて浮き、本船と乗組員Cとの間に、甲板長と乗組員Eが泳いでいた。

乗組員Bは、「誰かいなか」と叫びながら、他の乗組員を捜していたが、乗組員Aから「落ち着け、体力を使うから叫ぶな」と言われ、2人は、A重油が口に入って溺れそうになりながら浮いていた。

乗組員Cは、本船の船尾方約250mに浮いているレッコボートを見つけ、順方向の海流と波に乗ってレッコボートにたどり着き、後方の海面に生存して浮いている甲板長と乗組員Eを確認してから、13時45分ごろ自力でレッコボートに乗り込み、再度後方を見ると、浮き玉につかまって浮いている乗組員Aと乗組員Bだけしか見えなかった。

乗組員Cは、レッコボートに乗り込んだ後、本船につながっていたロープを出刃包丁で切ろうと思い、再び海中に飛び込んだが、切れずにまたボートに乗り込んだ。

乗組員A及び乗組員Bは、甲板長と乗組員Eを見失い、諦めてロープを放そうとしたところ、乗組員Cがレッコボートに乗ろうとしているのが見え、海流と波に流されるままレッコボートに近づき、途中から本船とレッコボートをつないだロープをたどってレッコボートまで5～6mに近づいた。

乗組員Cは、乗組員Aと乗組員Bがレッコボートに向かって来るのを見て、ロープ付きの救命浮環を投げ、油で顔が真っ黒になった乗組員B、乗組員Aの順に船上に引き揚げた。

乗組員A及び乗組員Bは、レッコボートに乗り込んでから、本船とつながれたロープを切断しないと、沈む本船に引き込まれると思い、ロープを切断することとした。

ロープを切断する前に本船を見たときは、投げ出された直後に比べると更に沈んだ状態で、船底はほとんど見えず、プロペラと舵だけがなんとか見えていた。

乗組員Bが、エンジンを始動させてウインチの油圧を立ち上げ、乗組員Cが船首外板に取り付けられたアイプレートにシャックルでつながっているロープを船上に引き上げ、ウインチのドラムに巻き込んで緊張させた後、乗組員Aがレッコボートに常備してあった出刃包丁で切断した。

切断作業中、乗組員Bは、無線で6号を呼び出したが通じなかった。

ロープを切断した後、本船は、沈没した。

(3) レッコボート乗船後の経過

乗組員Aらがレッコボートに乗り込んで約5分がたち、黒っぽい油の固まりがある左舷前方に6号の灯りが見えてきてから、備え付けられていた3本の発煙筒に乗組員Cが点火し、1本目と2本目を振ったときは、向かって左方向に逸れて行ったが、3本目で気付いて接近してきた。

14時00分ごろ、6号の乗組員が、乗組員Aら3人の安否を確認したところ、生命に別状はなかったことから、レッコボートは6号とともに本船の他の乗組員の搜索を開始した。

レッコボートの約100m以内の海域に、正常に展張した無人の救命いかだ1個及び無人で転覆した状態の救命いかだ1個をそれぞれ発見した。

その後、乗組員Bと乗組員Cは31号に移ったが、乗組員Aは、油と水で滑るので乗り移るのに危険を感じてレッコボートにそのまま留まり、31号から移乗してきた乗組員とともに搜索を行い、甲板長を発見した。

2.10.2 搜索及び救助の経過

(1) 僚船による搜索及び救助の経過

2号船長、6号船長及び31号漁ろう長の口述並びにA社代表者の回答書によれば、次のとおりであった。

31号通信長は、11時00分ごろ、本船と定時連絡し、パラ泊中のため14時00分の定時連絡を省略すると話した。

6号は、13時20分ごろ左舷中央辺りに「ドーン」という波の衝撃を受けて右に傾き、自室にいた6号船長は驚いて昇橋してレーダープロッターを見たところ、本船を捕捉していなかったため調整して捕捉し、13時23分ごろ双眼鏡で捕捉した場所付近を見たところ、6号の北西方に、南南西に向首して船体の青色が見えず船底だけを見せた本船を認めた。

6号船長は、正確に状況を確認するためにブリッジの上に設けられた魚見台に上がって見たところ、本船は、斜め45°に傾いた態勢で船体の船首側半分以上が水没し、船尾部分の舵とプロペラを空中に出していたが、波が荒く、海面上には、人影もレッコボートも確認することはできなかった。

13時25分ごろ、6号船長は、6号通信長に、最も近くで漂泊中の31号に本船の事故を通報するよう指示し、6号通信長が、31号に電話をしたところ応答がなかったため、13時37分ごろ2号に電話をし、状況を説明して31号からA社と海上保安庁に連絡するよう依頼した。

13時40分ごろ、31号の通信長は、2号の通信長から「6号から今、連絡があったけど、本船がおかしい、転覆したかもしれない。(自船の)パラを揚げる」という連絡を受けたが、確認のため本船を船舶電話の短縮ダイヤルで呼び出したところ「現在、電波が届かないところにいるか、電源が切られている…」というアナウンスがあり、これは本当かもしれないと思い、A社と第二管区海上保安本部に船舶電話で通報するとともに、スタンバイをかけた。

31号は、10分ほどでパラアンカーを収容し、31号船長がレーダーを見たところ、31号船団と6号が4～5M離れているのを確認して全速の14.5knで事故発生場所に向かった。

6号は、2号への連絡を終え、パラアンカーを収容して事故発生場所に向けて航行し、13時41分～42分ごろ6号の船長が魚見台に上がって見たが、本船を確認することはできなかった。

13時50分ごろ、31号の通信長は、6号が現場近くに到着し、本船の船底とレッコボートに何人か乗っている旨をA社に船舶電話で連絡した。

13時55分ごろ、6号の船長は、本船のレッコボートがゆっくりと航走しているのを確認した。

6号は、14時10分ごろ漂流していた乗組員Fを北緯35°25.3′東経144°38.3′付近で発見して6号の搭載艇で収容し、その少し北東の場所で、本船のレッコボートと会合し、乗船していた乗組員A、乗組員B及び乗組員Cの安否を確認した。

31号船長は、事故発生場所に向かう途中、レーダーで、本船のレッコボート及び6号を確認したが、目視で本船を見た31号の乗組員はいなかった。

14時15分～20分ごろ、2号と11号が事故発生場所付近に到着し、搜索を開始した。

14時20分ごろ、31号が、事故発生場所付近に到着し、油が北方に流れて延びており、浮子で作った防舷材、レッコボート、正常に展開した救命いかだ1隻と転覆状態で浮上した救命いかだ1隻を発見して事故発生状況を聴くため乗組員Bと乗組員Cを収容したが、乗組員Aはレッコボートで他の乗組員を搜索するためにレッコボートに残った。

31号の通信長は、レッコボートに乗っているのは乗組員A、乗組員B及び乗組員Cであり、6号が、漂流していた乗組員Fを救助して人工呼吸や心臓マッサージを施したが意識が回復しなかった旨をA社に連絡した。

その後、31号に乗組員Bと乗組員Cを収容したまま、31号の漁ろう長の指揮により、搜索を継続した。

14時30分ごろ、31号の漁ろう長の指示により、11号が救命いかだ2個を揚収した。

14時35分ごろ、レッコボートに収容された甲板長及び乗組員Gを6号が収容したが、死亡しており、31号の通信長がその旨をA社に連絡した。

15時00分ごろ、6号が、乗組員Eを収容したが死亡しており、31号の通信長がその旨をA社に連絡した。

16時00分ごろ、乗組員A、乗組員B及び乗組員Cの3人を6号に移乗させた。

6号は、17時20分ごろ、事故発生場所付近を出発し、翌6月24日08時10分ごろ小名浜港に到着した。

その後、船団の僚船は、28日まで搜索を続け、事故発生場所付近が時化してきたため、29日10時00分ごろ小名浜港に入港した。

(2) 搜索救助機関、近隣の漁船等による搜索及び救助の経過

海上保安庁及びA社の代表者の回答書によれば、次のとおりであった。

13時40分ごろ、31号から、本船が転覆して船底が見えている旨の電話連絡を受け、A社の代表者が福島海上保安部に通報した。

14時00分ごろ、31号の通信長から第二管区海上保安本部運用司令センターに、本事故発生並びに3人救助及びその他乗組員の行方不明の通報があった。

第二管区海上保安本部は、直ちに、巡視船6隻、航空機4機及び特殊救難隊5人を派遣するとともに、第二管区海上保安本部に漁船第五十八寿和丸転覆海難対策本部を、福島海上保安部（以下、第二管区海上保安本部及び福島海上保安部を含め海上保安庁の組織を「海上保安庁」という。）に漁船第五十八寿和丸転覆海難現地対策本部を設置した。また、航空自衛隊百里基地に災害派遣要請を行い、航空自衛隊の航空機3機が出動した。

一方、福島県及びいわき市の助言の下、福島県漁業組合連合会、福島県水難救済会及びA社が連携し、海上保安庁等と連絡を取りつつ捜索救助を行う体制をとった。

15時40分、海上保安庁の航空機1機が現場海域に到着して捜索及び調査を開始し、本事故発生当日は、海上保安庁から航空機4機及び特殊救難隊5人、海上自衛隊から航空機3機、僚船を含む漁船5隻が捜索に参加したが、行方不明者を発見することはできなかった。

以後、延べ数で、海上保安庁の巡視船25隻、航空機27機及び特殊救難隊10人、航空自衛隊の航空機3機、水産庁の漁業取締船7隻、A社船を含む漁船88隻が、6月23日～30日までの8日間の捜索を行ったが、本事故発生日以降は行方不明者の発見に至らず、6月30日日没には専従捜索が打ち切れ、同日19時00分をもって、漁船第五十八寿和丸転覆海難対策本部及び同現地対策本部は解散された。

2.10.3 救命設備の状況

(1) EPIRB^{*42}の状況

乗組員A及び乗組員Bの口述並びに建造造船所の回答書によれば、次のとおりであった。

本船の操舵室天蓋右舷端に積み付けられたEPIRBは、4mの水深において自動的に浮上して、位置情報等の信号を発するようになっていたが、本

^{*42} 「EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacon) : 非常用位置指示無線標識装置」とは、衛星を利用して船舶の位置情報を含む遭難信号を発信する装置をいう。

事故発生後、位置情報等の信号は受信されなかった。

(2) 膨脹式救命いかだの状況

6号、11号及び31号の乗組員の口述によれば、本船には、船橋甲板の左舷端に2個の膨脹式救命いかだが積み付けられており、転覆後、船尾の左側付近に浮上し、来援した11号により回収された。

(付図4 脱出状況、写真1 前航海の出港状況(平成20年5月3日)、写真2 漁網の積載状況、写真4 揚網用サイドローラー(類似船)、写真5 前部作業甲板(胴ノ間)の状況(類似船) 参照)

2.1.1 油等の流出による環境への影響及びその防除に関する情報

2.11.1 乗組員の口述による油等流出の状況

(1) 本船の乗組員の口述による油等流出の状況

乗組員A、乗組員B及び乗組員Cの口述によれば、次のとおりであった。

生存者3人が落水した直後、浮遊油はなかったが、本船の最も近くに落水した乗組員A及び乗組員Bが浮き玉につかまっていたころ、2人は黒く粘度の高い油の中にいるような状態になり、本船の左側に浮いていた2個の救命いかだ付近の海面が真っ黒で、一面に重油が浮いており、波が来るたびに油が口に入った。

乗組員Cは、本船から最も遠くに落水したため、油が身体に付くことも、口に入ることもなくレッコボートに乗り込んだ。乗組員A及び乗組員Bは、レッコボートに乗り込んだとき、顔が油で真っ黒になっていた。乗組員Aが飲んだ油は、臭いから重油で、色は真っ黒でねばねばしていて粘度は高かった。

(2) 捜索救助を行った僚船の乗組員の口述による油等流出の状況

6号船長、6号操機長、31号機関長及び33号機関長の口述によれば、次のとおりであった。

6号が、14時00分ごろ事故現場に到着したとき、海面に、A重油とエンジン内のオイル又は廃油を視認した。海面上では黒く見えたが、虹色に光っており鼻につくような臭いがし、多少さらっとしていた。黒くどろっとした油は、つんとする臭いはあったが重油ほどの刺激ではなかった。

拡散範囲は、本船を中心に、黒く粘度の高い油が南北に50m、東西に20～30m、重油が南北に400～500m、東西に100mくらいの楕円形であった。

レッコボートで、黒く粘度の高い油の中に浮いていた乗組員Fを收容した

が、油まみれで揚げるのが大変で4人がかりで揚げ、すぐそばに乗組員Eが浮いていたので引き揚げたが、こちらも油まみれで揚げるのが大変だった。3人目は乗組員Gだった。甲板長は31号のボートに収容しようとしたが、揚げることができずにレッコボートに揚げた。

2.11.2 海上保安庁による油等流出及び防除に関する情報

海上保安庁の回答書によれば、次のとおりであった。

(1) 本船が沈没した場所付近

平成21年6月23日16時10分ごろ、海上保安庁所属の航空機から視認した本船が沈没した場所付近の海面に浮流している油様のものについて、その色調及び拡散範囲から、算定した流出量は、4.7～9.5ℓであった。また、採取及び分析は行わなかったため、種類は不明であった。

(2) 本船が沈没した場所から数海里離れた海面

本事故発生の翌日以降、本船が沈没した場所から数海里離れた海面に浮流している油様のものについて、その色調及び拡散範囲から流出量を算定したところ、次のとおりであったが、①～④は、同じものを視認したのか、まったく新たなものを視認したのか判別できず、総湧出量の算定は不可能であった。

また、採取及び分析は行わなかったため、種類は不明であった。

① 平成21年6月24日 06時11分ごろ

湧出点 北緯35°23.2′ 東経144°38.9′

範囲 北緯35°23.7′ 東経144°38.7′～北緯35°22.9′ 東経144°36.3′～北緯35°23.2′ 東経144°38.5′ を結んだ線内

浮流油様のもの 約1.2ℓ

② 同日 07時45分ごろ

湧出点 確認できず

範囲 北緯35°24.3′ 東経144°38.3′～北緯35°23.3′ 東経144°36.6′～北緯35°22.6′ 東経144°38.8′ を結んだ線内

浮流油様のもの 約0.7ℓ

③ 同日 09時50分ごろ

湧出点 北緯35°23.1′ 東経144°38.3′

範囲 湧出点～北緯35°20.4′ 東経144°33.4′ (同位

置にて幅500m)を結んだ線上

浮流油様のもの 約0.30

④ 翌25日 11時00分ごろ

湧出点 北緯35°24.1' 東経144°38.6'

範囲 湧出点～北緯35°22.2' 東経144°34.4'～北緯
35°07.7' 東経144°32.2'～北緯35°
02.7' 東経144°34.2'～北緯34°54.0'
東経144°32.0'を結んだ線上(幅10～800m)の
範囲内

浮流油様のもの 約2.00

(3) 油処理

油処理は、行わなかった。

2.11.3 燃料搭載量その他の情報

乗組員A、A社の代表者、6号船長、82号船長、82号機関長及び82号の航海日誌によれば、次のとおりであった。

本船は、全燃料タンクの燃料満載量は62.46m³であるが、出航前に燃料を満載することはなく、必要なときに運搬船から補給を受けており、本事故発生前日の6月22日に82号から燃料9.5klの補給を受けていたものの、どのタンクに補給したかは不明であり、本事故発生時、各燃料タンクに何klの燃料を積載していたかは、不明であった。

本事故発生翌日の6月24日、沈没場所の南南東2.6M付近からA重油が湧出していた。

2.11.4 海技研による流出油量の推定

2.11.1及び2.11.2に記述した情報を踏まえ、燃料であるA重油等の流出による環境への影響及び流出源を推定するため、本事故が発生した際、本船から流出した燃料等の量の推定を海技研に委託した。

(1) 計算方法

僚船乗組員の口述から、本事故発生直後の浮遊油の拡散範囲を推測するとともに、海上保安庁の航空機から撮影された海面の浮遊油の色彩から浮遊油量を計算し、流出後の蒸発量等の流出油挙動シミュレーションを行い、燃料等の流出量を推定した。

(2) 計算結果

A重油の浮遊油量は約6.69ℓ、粘度の高い黒っぽい油の浮遊油量は、約1.96～9.8ℓであり、A重油の蒸発率を約50%、粘度の高い黒っぽい油は蒸発しないとすると、A重油の流出量は約13.4ℓ、粘度の高い黒っぽい油の流出量は約1.96～9.8ℓであり、合計流出量は、約15～23ℓと推定された。

(付図5 燃料タンク及び空気抜き管、写真6 海面の浮遊油の状況(平成20年6月23日夕刻)、写真7 海面の浮遊油の状況(平成20年6月25日)、別添6 流出油量の推定結果 参照)

3 分析

3.1 事故発生の状況

3.1.1 事故発生に至る経過

2.1及び2.10.1から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) 転覆に至る経過

本船は、船長、漁ろう長ほか18人が乗り組み、2か統8隻の船団を組んで犬吠埼東方沖の漁場において操業していたが、平成20年6月23日は休漁することとし、09時00分ごろ、北緯35°26′ 東経144°43′ 付近でパラ泊を開始した。

本船は、南西～南の風が吹き、南西～南の波がある海域においてパラ泊中、右舷前方の舷側に2度の衝撃を受け、右舷側に転覆した。

(2) 沈没に至る経過

本船は、転覆後、船首から沈下し、転覆の約40分後に沈没した。

3.1.2 事故発生日時及び場所

2.1及び2.10.2から、平成20年6月23日13時10分ごろ、犬吠埼東方沖350km 付近(概位 北緯35°25.5′ 東経144°38.6′)において転覆し、13時50分ごろ、転覆場所付近において沈没したものと考えられる。

したがって、本事故の発生日時及び場所は、本船が沈没した日時及び場所であったものと考えられる。

3.1.3 事故発生の状況

2.1、2.7及び2.10.2から、転覆及び沈没の状況は、次のとおりであったものと考えられる。

(1) 転覆の状況

本船は、南西～南の風が吹き、南西～南の波がある海域においてパラ泊中、右舷前方の舷側に2度の衝撃を受け、海水が打ち込んで右舷船首側に傾斜するとともに、右傾斜が増大した。

本船は、右傾斜が増大して右舷乾舷が減少し、波が連続して打ち込んで右舷端が没水して復原することなく、2度目の衝撃を受けてから約1分後に転覆した。

(2) 沈没の状況

本船は、転覆時には、船首を南南西に向けた姿勢で、船首から沈下し、転覆から約40分後、船首から沈没した。

3.1.4 死傷者等の状況

2.2から、次のとおりであった。

甲板長、乗組員E、乗組員F及び乗組員Gの4人は、僚船に救助され、人工呼吸等蘇生術が施されたが、溺水により死亡したものと推定される。

船長、漁ろう長、機関長、通信長、操機長及び乗組員Dほか7人の合計13人は、行方不明となり、平成20年11月27日に死亡が認定された。

乗組員A、乗組員B及び乗組員Cの3人は、僚船に救助されて本事故発生の翌6月24日に小名浜港に搬送され、上陸後、検査入院したが、打撲傷等の軽傷であったものと考えられる。

3.1.5 損傷の状況

2.1.1(4)、2.3、2.5.2(1)及び2.11から、本船が転覆して沈没したため、転覆時における損傷状況については、明らかにすることはできなかったが、転覆時に乗組員は見える範囲では船底に損傷を目撃しておらず、また、船首隔壁より後方の船底は二重底構造で、船体中央左舷及び船尾部のバラストタンクの他は11個の油タンクとなっていたにもかかわらず、燃料等の流出量が約15～230と推定されたことから、船底外板に亀裂等の損傷を生じた可能性は低いものと考えられる。

3.2 事故要因の解析

3.2.1 乗組員の状況に関する解析

2.4から、船長は、適法で有効な海技免状を有し、船長及び漁ろう長の健康状態は良好であったものと考えられる。

3.2.2 船舶の状況に関する解析

- (1) 2.5.3～2.5.5、2.7.1及び2.7.3から、本船は、本事故発生時、漁網が補修や海水等を含むことにより重量が増加していたこと、及び漁具、ロープ類等を操舵室天蓋等に積載していたことから、標準状態より重心が上昇していた可能性があると考えられる。
- (2) 2.5.4(4)から、本船は、漁網をクレーンのブームで押さえつけて移動や荷ぐずれを防止し、ロープなどによる固縛は行っていなかったものと考えられる。
- (3) 2.5.4から、本船は、漁網が後部甲板に右舷側から、重量の大きなチェーン、網、浮子の順に積み付けられ、重量が左右不均等になっていたことにより船体の動揺によって重量の大きなチェーン側に横移動し、標準状態で右舷側への初期横傾斜が生じていた可能性があると考えられる。
- (4) 本船は、放水口の機能を阻害するような放水口周りの構造が関与し、海水が船首甲板に滞留しやすかった可能性があると考えられる。
- (5) 2.1、2.5.6(2)、2.9.5(1)及び2.10から、本船は、本事故発生時、暴露部にある、前部出入口の扉、後部出入口のスライドドア、操舵室左舷後部出入口の扉及び船内に通じる通風筒が開放され、船内にある、無線室左舷側階段踊場出入口の扉、前部船員室に通じる階段の扉、後部船員室に通じる階段の扉及び後部船員室の各居室出入口の扉が開放されていたものと考えられる。また、機関室出入口の扉が開放されていた可能性があると考えられる。
- (6) 2.1.1及び2.5.6から、本船は、本事故発生時、主機を停止し、発電機及び発電機用原動機を運転中であったものと考えられる。
- (7) 2.5.6から、本船は、本事故発生時、船体、機関及び機器類に不具合又は故障はなかったものと考えられる。
- (8) 2.5.7から、本船は、復原性規則の基準に適合していたものと認められる。

3.2.3 気象及び海象に関する解析

(1) 観測値及び海上警報

2.7.1から、本事故発生当日11時35分、本事故発生海域を含む関東海

域に、次の地方海上警報が発表されていたものと認められる。

海上強風警報 関東海域

海上濃霧警報 関東海域

関東海域では南の風が強く最大風速は3.5kn (1.8m/s)

関東海域では所々で濃い霧のため見通しが悪く視程は0.3M以下

(2) 気象及び海象解析値

2.7.2 及び 2.7.3 から、本事故発生当時の気象及び海象は次のとおりであったものと考えられる。なお、風速は、13時30分ごろ約1.5m/s から約0.6m/s に、波形勾配は約0.07から約0.04に減少した可能性があると考えられる。

風向 南西～南、風速 約1.4～1.6m/s

波向 南西～南、波周期 約6.8～8.4秒

波高 約2.5～3.6m

波形勾配 約0.07～0.04

平均流向 南西

平均流速 約2.0kn

天気 小雨

(3) 大波の発生状況

① 2.1.1(2)、2.7.3(2)、2.9.3(1)、3.1.1(1)及び3.1.3(1)から、本船は、南西～南の風が吹き、南西～南の波がある海域においてパラ泊中、右舷前方の舷側に2度の衝撃を受けており、大波が、船体動揺との位相のずれにより舷側に当たって衝撃が生じた可能性があると考えられる。

② 2.7.3(2)から、6号は、本船の南東3.5M付近でパラ泊中、本事故発生当日の13時20分ごろ、左舷船首付近に(南寄りの)波の衝撃を2度受け、また、11号は、本船の北北西5～6M付近でパラ泊中、本事故発生当日12時30分～13時00分、船首方向(南西～南南西)から波高3～4mを超える大きな波が打ち寄せ、次の波が船首甲板に打ち込んだものと考えられる。

③ ①及び②から、本事故発生時、事故発生海域において、南西寄りの大波(以下「本件大波」という。)が発生していた可能性があると考えられる。

(4) フリークウェイブの発生状況

2.1 及び 2.7.2(3)によれば、11時10分～13時10分の2時間、事故発生場所を含む約2.2km×約2.2kmの海域において、荒天が継続し、そのときの平均波周期を7.0秒とすれば、同海域のある定点(例えば、本

事故発生場所付近)で、約1,000波(2時間×3,600秒÷7.0)の波を観測することとなるが、このとき、1つのフリークウェイブが観測される確率は、約29%である。

このように、2.7.2(3)の記述に基づくフリークウェイブ発生確率は、低いと考えられる。

3.2.4 操船の状況

2.1、2.4(3)、2.5.6及び3.2.2(6)から、次のとおりであった。

本船は、本事故発生時、主機を停止し、発電機用原動機を運転した状態でパラ泊中、船長、甲板長ら幹部が数時間ごとに船橋に赴いて様子を見に行くこととしていたものと考えられるが、操舵室における乗組員の状況及び操船状況については明らかにすることはできなかった。

3.2.5 転覆に関する解析

2.1.1、2.5.2～2.5.6、2.7.2、2.7.3、2.8(3)、2.9.1～2.9.4、3.1.1、3.1.3、3.2.3(3)及び3.2.3(4)から、次のとおりであった。

(1) 衝撃の状況

本船は、右舷前方から2度の衝撃を受けて転覆したのと考えられ、衝撃の要因については、①本件大波②フリークウェイブ③パラアンカーと船体動揺との関係による衝撃又は④他の船舶との衝突などの要因によるものが想定される。

①については、本船に寄せる波の中に、船体動揺を支配する主要な波に本件大波が含まれている場合、船体動揺との位相がずれることになるため、舷側に波が当たるような状況になり、本件大波の波高が大きい場合、船体に衝撃が生じる可能性があると考えられる。

②については、事故発生海域における発生確率が低いことから、その可能性は小さいものと考えられる。

③については、パラアンカーのえい航ロープが船体の動揺を拘束しない状態で接続されており、また、右舷船側への衝撃という本船乗組員の口述から、その可能性は、排除されるものと考えられる。

④については、衝撃は、金属同士がぶつかった音ではなかった、1度目と2度目の間隔が3分以内であったという本船乗組員の口述、本事故発生後に他船を目撃していなかったものと考えられること、転覆後、見える範囲では船底に損傷はなかったという本船乗組員の口述及び転覆後の燃料等の流出量

が約15～230と推定されたことから、衝突などによる損傷の可能性が小さいため、排除されるものと考えられる。

(2) 重心の上昇及び初期横傾斜

本船は、本事故発生時、前記3.2.2(1)、(2)及び(3)のとおり、標準状態よりも船体重心が上昇し、標準状態で初期横傾斜が発生していた可能性があると考えられる。

(3) パラ泊時の波との出会角の変化

本船のパラ泊時の姿勢は、船体に働く風、波、海潮流による力とパラアンカーの索張力の釣り合いによって決まるため、これらの外力の大きさや向きによっては、船首は風浪に立つ状態にならない場合があり、また、パラ泊中の船体はパラアンカーを中心に振れ回り運動を起すことから、本事故発生時の本船は、風浪を船首正面からでなく斜め前方から受ける状態であった可能性があると考えられる。

(4) 海水打ち込みの可能性

本船は、標準状態で、本事故発生時の波浪が、周期6.8秒、有義波高3.6m、出会角120°及び150°の斜め向波の場合、模型実験結果等を考慮すれば、海水打ち込みは、波岨度（波高波長比： Hw/λ ）が0.06以上の比較的大きな岨度の波で発生したと推定され、出会角120°ではS.S.5付近、150°の場合には主に船首楼部から発生したと推定される。

以上から、本船は、本事故発生当時、右舷前方から波を受ける態勢であった際、右舷前方からの比較的大きな岨度の波（出会角約120°）が船体右舷中央のS.S.5付近から暴露甲板上に打ち込んでいた可能性があると考えられる。

(5) 転覆方向及び転覆条件

① 転覆方向

本船は、船橋構造物配置が左右非対称であるため滞留水が存在する場合は右舷側に定常傾斜し、横揺運動する船体上で滞留水が運動している状況で右舷側への横揺れ角が大きくなり、右舷側（波上側）に転覆するものと推定される。

② 転覆条件

本船は、標準状態において、重心の上昇がない場合又は初期横傾斜がない場合には、放水口の開閉、出会角にかかわらず転覆が発生せず、標準状態より重心が5%上昇した状態及び10%上昇した状態において、次のとおり転覆が発生するものと推定される。

a 標準状態より重心が5%上昇した状態（波長及び波高は実船スケールに換算してある。）

(a) 放水口開放、初期横傾斜あり

出会角 90° 及び 105°

波（波長28.68m, 波高2.87m）

(b) 放水口閉塞、初期横傾斜なし

出会角 90°

波（波長28.68m, 波高2.87m）

(c) 放水口閉塞、初期横傾斜あり

出会角 $90^{\circ} \sim 150^{\circ}$

波（波長28.68m, 波高2.87m、波長33.46m,

波高3.35m、波長28.68m, 波高2.87m+集中波

（4.71m）、波長38.24m, 波高3.11m+集中波

（4.85m））

b 標準状態より重心が10%上昇した状態（波長及び波高は実船スケールに換算してある）

(a) 放水口開放、初期横傾斜あり

出会角 $90^{\circ} \sim 150^{\circ}$

波（波長28.68m, 波高2.87m、波長38.24m, 波

高3.35m及び3.82m、波長38.24m, 波高3.11

m及び3.35m+集中波（4.85m））

(b) 放水口閉塞、初期横傾斜なし

出会角 150°

波（波長28.68m, 波高3.11m+集中波（4.85m））

(c) 放水口閉塞、初期横傾斜あり

出会角 150°

波（波長38.24m, 波高3.11m、波長38.24m, 波

高3.11m+波長76.5m, 波高1.20m）

(6) まとめ

(1)～(5)及び本船は衝撃を受けて右舷側に傾斜していったとの乗組員の口述を総合すると、本船は、標準状態より重心が上昇するとともに右舷側への初期横傾斜が生じ、波を右舷前方から受ける状態でパラ泊中、本件大波を右舷前方の舷側に受けて右舷中央付近から海水が打ち込み、船首甲板に滞留して船首が沈下するとともに傾斜が増大し、右舷船首の乾舷が減少し

た状態となり、右舷側から波が連続して打ち込んで更に傾斜が増大し、右舷端が没水して復原することなく転覆した可能性があると考えられる。

また、本船は、甲板上に打ち込んで滞留した海水が、船体の横揺れ運動に伴って右舷側に片寄り、右舷側への横揺れ角が大きくなり、右舷側に転覆したものと推定される。

(付図6 転覆に至る経過と要因 参照)

3.2.6 沈没に関する解析

2.1、2.5.6(2)、2.9.3(2)、2.9.5 及び 3.2.5(1)から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本船は、暴露部にある、操舵室左舷後部出入口の扉、前部出入口の扉及び後部出入口のスライドドアが開放され、船内にある、無線室左舷側階段踊場出入口の扉、前部船員室に通じる階段の扉、後部船員室に通じる階段の扉及び後部船員室の各居室出入口の扉が開放されていた。また、機関室に通じる出入口の扉が開放されていた可能性があり、前部出入口及び後部出入口からの浸水が進んだ状態で転覆した。
- (2) 本船は、転覆後、上記(1)の暴露部の出入口に加え、換気用の通風筒等から海水の流入が進むとともに船首方に傾斜し、転覆前に後部居住区や機関室に浸水して滞留した海水が次第に前部居住区及び船首倉庫に移動し、船首方への傾きが増した。
- (3) 本船は、後部出入口が開放されていたことから、海水が再度流入して船首方への傾きが更に増すとともに沈下量が増加し、船首から沈没した。
- (4) 本船は、転覆した際、船内に滞留水があったと想定して計算すると、最短約8分で沈没に至った。
- (5) 本船は、船体内部の火災や爆発又は外力による船体外板の損傷からの浸水については、火災や爆発はなかったという本船乗組員の口述、本事故発生後に他船を目撃していなかったものと考えられること、転覆後、見える範囲では船底に損傷がなかったという本船乗組員の口述、燃料等の流出量が約15～230と推定されたこと、及び上記(4)のとおり損傷を想定しない場合でも最短約8分という短時間で沈没する計算結果が出たことから、可能性は排除されるものと考えられる。

3.2.7 船舶の運航管理等の状況

(1) 避難及びパラ泊

2.1.1、2.6.1、2.7 及び 3.2.3 から、本事故発生当日の本船の操業海域

の気象及び海象は、31号船団も早朝に1回操業を行った後、パラ泊を開始していることから、避難しなければならないほどの荒天ではなかったものと考えられる。

(2) 休息、疲労、アルコール摂取等

2.1.1及び2.4(4)から、次のとおりであった。

本事故発生当日は、出港後19日目であり、乗組員に疲労はあったものと考えられる。また、本事故発生当日は、朝からパラ泊を開始し、午前中、漁具の手入れ等の作業を行った乗組員がいたが、ほとんどの乗組員は休息していたものと考えられる。

乗組員A、乗組員B及び乗組員Cは、本事故発生時、アルコール類を摂取していなかったものと考えられるが、他の乗組員については明らかにすることはできなかった。

(3) A社による安全及び運航管理

2.6から、次のとおりであったものと考えられる。

A社は、船団運航に伴う船員の配乗、労務管理、漁具、食料、飲料水及び燃料の補給並びにドック整備などを行っていた。また、安全担当者（船長）の職務及び選任、保護具の備え付け及び着用、改善意見の申し出、安全衛生教育、船員の遵守事項、訓練等を就業規則に規定し、定期的に安全衛生委員会において、保護具の着用、船員の遵守事項等について教育を行うとともに本船の発航前検査の実施状況について報告を求めている。

3.2.8 事故発生に関する解析

2.1、2.5.2、2.5.3(2)、2.5.4、2.5.5、2.7、3.1.1～3.1.3及び3.2.2～3.2.4から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、犬吠埼東方沖350km付近において、南西～南の風が吹き、南西～南の波がある状況のもとでパラ泊中、右舷前方の舷側に2度の衝撃を受け、海水が打ち込んで右舷船首側に傾斜するとともに右傾斜が増大し、2度目の衝撃を受けて約1分後に転覆したものと考えられる。

本船は、転覆時には、船首を南南西に向けた姿勢で、船首から沈下し、転覆から約40分後、船首から沈没したものと考えられる。

- (2) 本船は、標準状態より重心が上昇するとともに右舷側への初期横傾斜が生じた状態であったため、本件大波を右舷前方の舷側に受けて右舷中央付近から海水が打ち込み、船首甲板に滞留して船首が沈下するとともに右傾斜が増大し、右舷船首の乾舷が減少した状態となり、右舷舷側から波が連続

して打ち込んで更に傾斜が増大し、右舷端が没水して復原することなく転覆した可能性があると考えられる。

- (3) 本船は、漁網が補修や海水等を含むことにより重量が増加していたこと、及び漁具、ロープ類等を操舵室天蓋等に積載していたことから、標準状態より重心が上昇するとともに、漁網が、右舷側から重量の大きなチェーン、網、浮子の順に積み付けられ、重量が左右不均等になっていたことから、船体の動揺により、重量の大きなチェーン側に横移動し、右舷側への初期横傾斜が生じた状態であった可能性があると考えられる。
- (4) 本船は、放水口の機能を阻害するような放水口周りの構造が関与し、海水が船首甲板に滞留しやすかった可能性があると考えられる。

3.3 救助及び被害の軽減措置状況に関する解析

2.1、2.2、2.4(5)、2.10.1及び2.10.3から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、2度目の衝撃を受けて乗組員Aらが脱出を開始してから転覆するまでの間、退船を促す非常ベルや船内放送は行われなかったものと考えられる。
- (2) 本船が2度目の衝撃を受けたとき、後部船員区画において、乗組員A及び乗組員Dが右舷後部船員室に、機関長が左舷中央船員室に、乗組員C及び乗組員Jが右舷前部船員室に、乗組員Bは左舷後部船員室に、それぞれ所在していたものと考えられる。その他の14人の乗組員の所在は、明らかにすることはできなかった。
- (3) 機関長は、乗組員Aとともに操舵室左舷後部の階段踊り場に到達した際、踊り場前面の操舵室の扉を開けて出てきた甲板長と相談した後、機関室に引き返した可能性があると考えられる。
- (4) 甲板長、乗組員A、乗組員B、乗組員C、乗組員E、乗組員F及び乗組員Gは、転覆時に本船の右側に、船首側から甲板長、乗組員B、乗組員A及び乗組員Eの順に浮上（乗組員F及び乗組員Gは確認されていない）し、乗組員A、乗組員B及び乗組員Cは、船尾から約250m後方のレッコポートにたどり着いたが、甲板長及び乗組員Eは、僚船に救助されたものの死亡したものと考えられる。
- (5) 膨脹式救命いかだは、本船の船尾左側に浮上したが、落水者から遠い場所であったため、使用されなかったものと考えられる。
- (6) 乗組員A、乗組員B及び乗組員Cは、脱出時、救命胴衣を着用しなかったものと推定される。甲板長、乗組員E、乗組員F及び乗組員Gは、救命胴衣を着用していなかったものと考えられる。

(7) 僚船は、本船付近でパラ泊中であったことから、本船の転覆を早期に発見し、救助に向かうことができたものと考えられる。

(8) E P I R Bは、本船が沈没する際、自動的に離脱したものの、転覆した本船が覆い被さるようになったため、本船とともに沈んだことにより、信号を発しなかった可能性があると考えられる。

船舶が、転覆した姿勢のまま沈没する場合、本事故のようにE P I R Bが浮上しないことが予想され、E P I R Bの積み付け場所、積み付け方法については検討を要する事項であると考えられる。

3.4 油等の流出による沿岸への影響及びその防除に関する解析

2.1.1から、本事故発生当日の本船からの燃料等の流出量は、約15～230と推定されたことから、燃料等が船底の燃料タンクから上甲板上に導かれた複数の空気抜き管等を通じて転覆の際に逆流して流出したものと考えられる。

また、流出した油は、ほとんどが自然蒸発し、沿岸への影響はなかったものと考えられる。

沈没の翌6月24日、沈没場所の南南東2.6M付近で油様の液体が湧出していたが、その種類、湧出源及び湧出量については、情報量が乏しく明らかにすることはできなかった。

4 結 論

4.1 分析の要約

(1) 事故発生に至る経過

本船は、2か統8隻の船団を組んで犬吠埼東方沖の漁場において操業していたが、平成20年6月23日は休漁することとし、犬吠埼東方沖350km付近において、南西～南の風が吹き、南西～南の波がある状況でパラ泊中、右舷前方の舷側に2度の衝撃を受け、13時10分ごろ、右舷側に転覆し、船首から沈下して13時50分ごろに沈没したものと考えられる。

乗組員4人が溺死したものと推定され、13人が行方不明になった。

(2) 転覆及び沈没の状況

本船は、パラ泊中、右舷前方の舷側に2度の衝撃を受け、海水が打ち込んで右舷船首側に傾斜するとともに右傾斜が増大し、2度目の衝撃を受けてから

約1分後に転覆したものと考えられる。

本船は、転覆時には、船首を南南西に向けた姿勢で、船首から沈下し、転覆から約40分後、船首から沈没したものと考えられる。

(3) 事故発生要因

① 本船は、パラ泊中、標準状態より重心が上昇するとともに右舷側への初期横傾斜が生じた状態であったため、本件大波を右舷前方の舷側に受けて右舷中央付近から海水が打ち込み、船首甲板に滞留して船首が沈下するとともに右傾斜が増大し、右舷船首の乾舷が減少した状態となり、右舷舷側から波が連続して打ち込んで更に傾斜が増大し、右舷端が没水して復原することなく転覆した可能性があると考えられる。

② 本船は、漁網が補修や海水等を含むことにより重量が増加していたこと、及び漁具、ロープ類等を操舵室天蓋等に積載していたことから、標準状態より重心が上昇するとともに、漁網が、右舷側から重量の大きなチェーン、網、浮子の順に積み付けられ、重量が左右不均等になっていたことから、船体の動揺により、重量の大きなチェーン側に横移動し、右舷側への初期横傾斜が生じていた可能性があると考えられる。

③ 本船は、放水口の機能を阻害するような放水口周りの構造が関与し、海水が船首甲板に滞留した可能性があると考えられる。

(4) 油等の流出に関する解析

本事故発生当日の本船からの燃料等の流出量は、約15～230と推定され、沿岸への影響はなかったものと考えられる。

4.2 原因

本事故は、本船が、犬吠埼東方沖350km付近において、南西～南の風が吹き、南西～南の波がある状況のもとでパラ泊中、標準状態より重心が上昇するとともに右舷側への初期横傾斜が生じた状態であったため、本件大波を右舷前方の舷側に受けて右舷中央付近から海水が打ち込み、船首甲板に滞留して船首が沈下するとともに右傾斜が増大し、右舷船首の乾舷が減少した状態となり、右舷舷側から波が連続して打ち込んで更に傾斜が増大し、右舷端が没水して復原することなく転覆したことにより発生した可能性があると考えられる。

本船が、標準状態より重心が上昇するとともに右舷側への初期横傾斜が生じた状態であったのは、漁網が補修や海水等を含むことにより重量が増加していたこと、漁具、ロープ類等を操舵室天蓋等に積載していたこと、及び漁網が、右舷側から、重量の大きなチェーン、網、浮子の順に積み付けられ、重量が左右不均等になっていたことか

ら、船体の動揺により、重量の大きなチェーン側に横移動したことによる可能性があると考えられる。

海水が船首甲板に滞留したのは、放水口の機能を阻害するような放水口周りの構造が関与したことによる可能性があると考えられる。

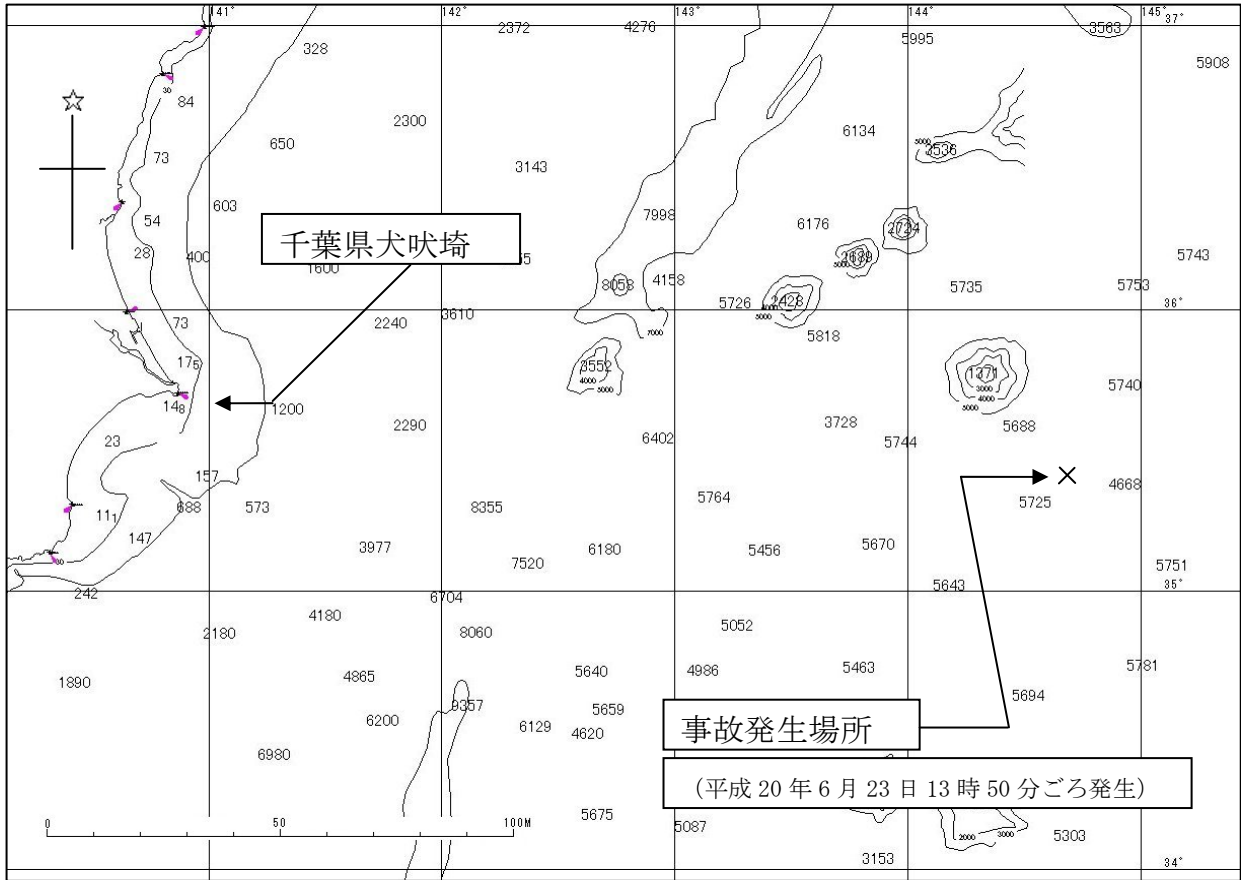
5 所 見

本事故は、本船が、重心が上昇するとともに右舷側への初期横傾斜が生じた状態であったため、本件大波を右舷前方の舷側に受けて右舷中央付近から海水が打ち込み、船首甲板に滞留して船首が沈下するとともに右舷舷側から波が連続して打ち込んで更に傾斜が増大し、右舷端が没水して復原することなく転覆したことにより発生した可能性があると考えられる。

このため、水産庁等の関係機関は、以下の事項を網船の船舶所有者等及び乗組員に周知し、周知事項に基づき、網船の船舶所有者等は、船舶を管理するとともに乗組員を指導し、また、網船の乗組員は、運航及び整備を行うことが望ましい。

- (1) 漁網が補修や海水等を含むことにより重量が増加すること、及び漁具、ロープ類等を操舵室天蓋等に積載することにより、船体の重心が上昇すること
- (2) 漁網を左右不均等に積み付けることにより、船体が動揺した際、漁網が横移動し、船体に初期横傾斜が生じること
- (3) 放水口の機能が阻害されないよう、木甲板や配管を支える支柱などの配置や構造に留意し、漁具、ロープ類等を放水口周辺に搭載しないこと
- (4) 荒天により操業を中止する等の状況でパラ泊を行う場合には、船長等の操船について知識及び経験を有する者が船橋当直を行い、海水の打ち込みや船体傾斜の状況、風浪の監視を行うとともに、主機関を直ちに使用できる状態とし、海水の打ち込みの可能性がある場合には、海水の打ち込みを防止する船体姿勢の調整に努めること、また、船体姿勢の調整が困難な場合や気象、海象の悪化が予想される場合には、パラ泊を中止して避難する等の措置を取ること

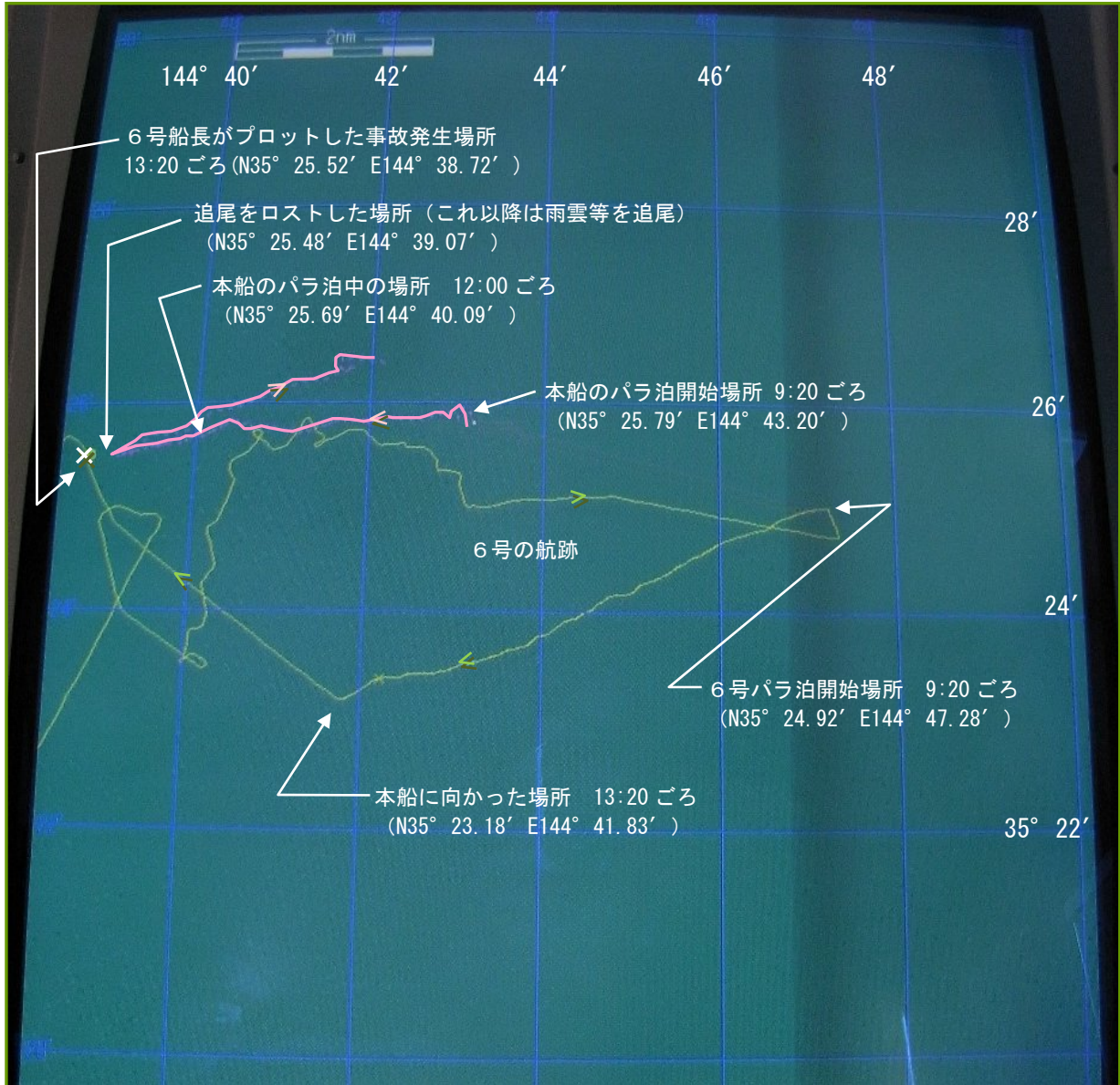
付図1 事故発生場所



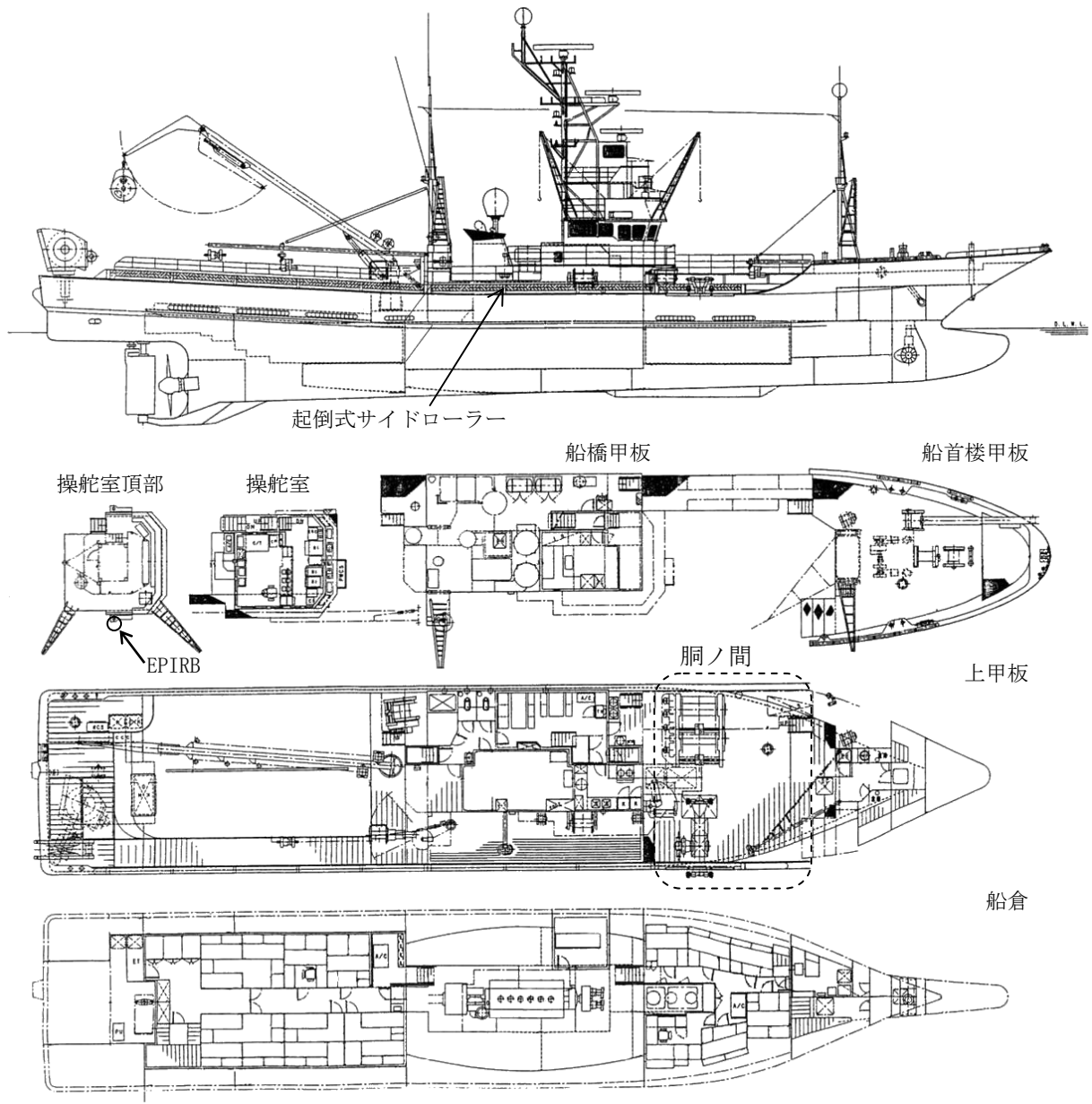
* 図中の数値は水深 (m) を示す。



付図2 レーダープロッターによる航跡図



付図3 一般配置図

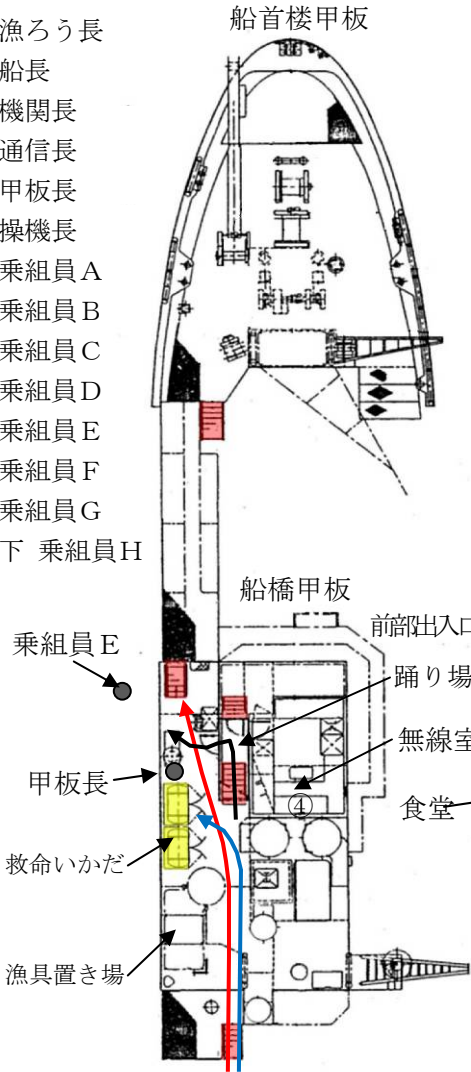


付図4 脱出状況

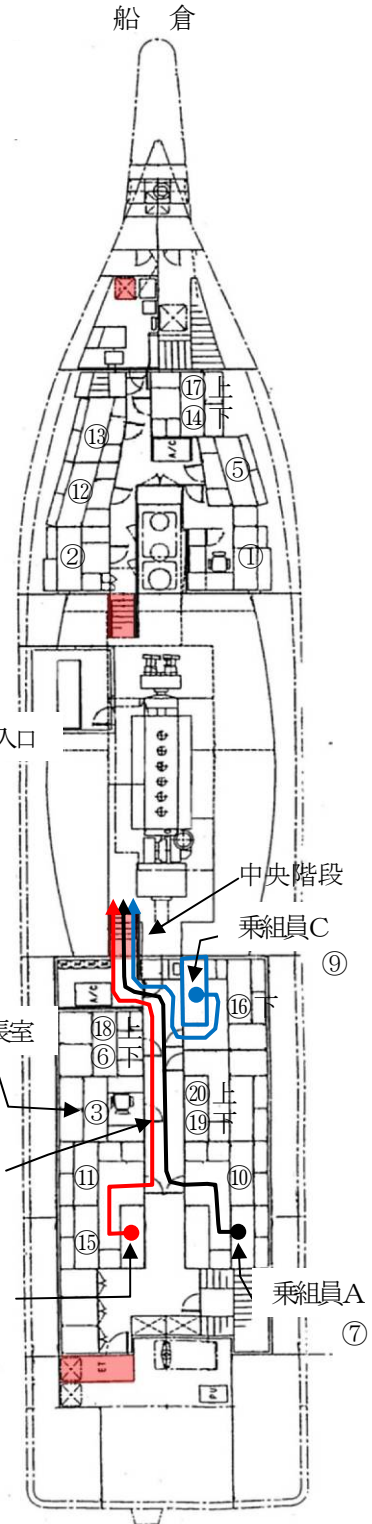
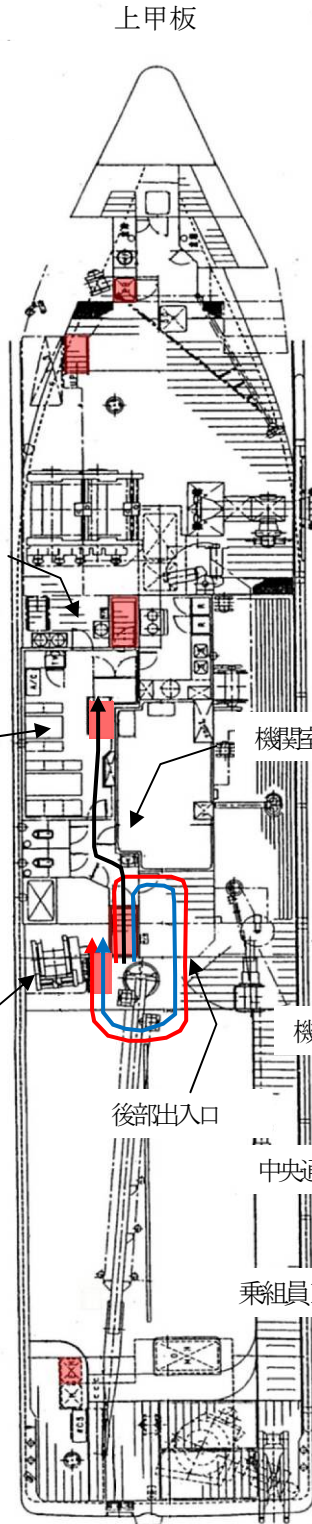
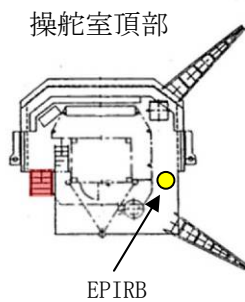
①～⑳は部屋又は寝台の割り当てを示す（番号の後の上、下は寝台の上段、下段を示す）。

乗組員A
 乗組員B
 乗組員C
 階段等

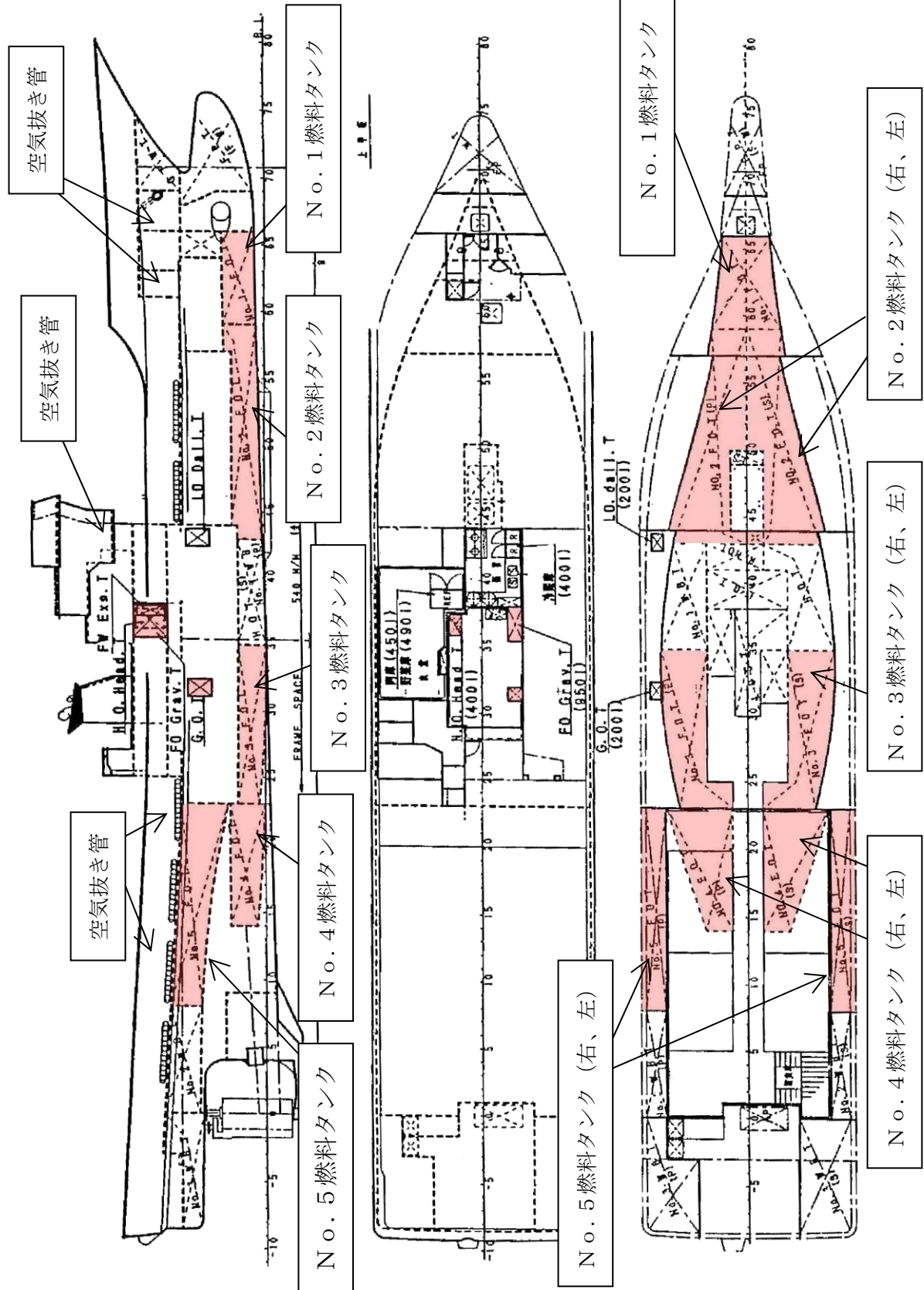
- ①漁ろう長
- ②船長
- ③機関長
- ④通信長
- ⑤甲板長
- ⑥操機長
- ⑦乗組員A
- ⑧乗組員B
- ⑨乗組員C
- ⑩乗組員D
- ⑪乗組員E
- ⑫乗組員F
- ⑬乗組員G
- ⑭下 乗組員H



- ⑮乗組員 I
- ⑯下 乗組員 J
- ⑰上 乗組員 K
- ⑱上 乗組員 L
- ⑲下 乗組員 M
- ⑳上 乗組員 N



付図5 燃料タンク及び空気抜き管



付図6 転覆に至る経過と要因

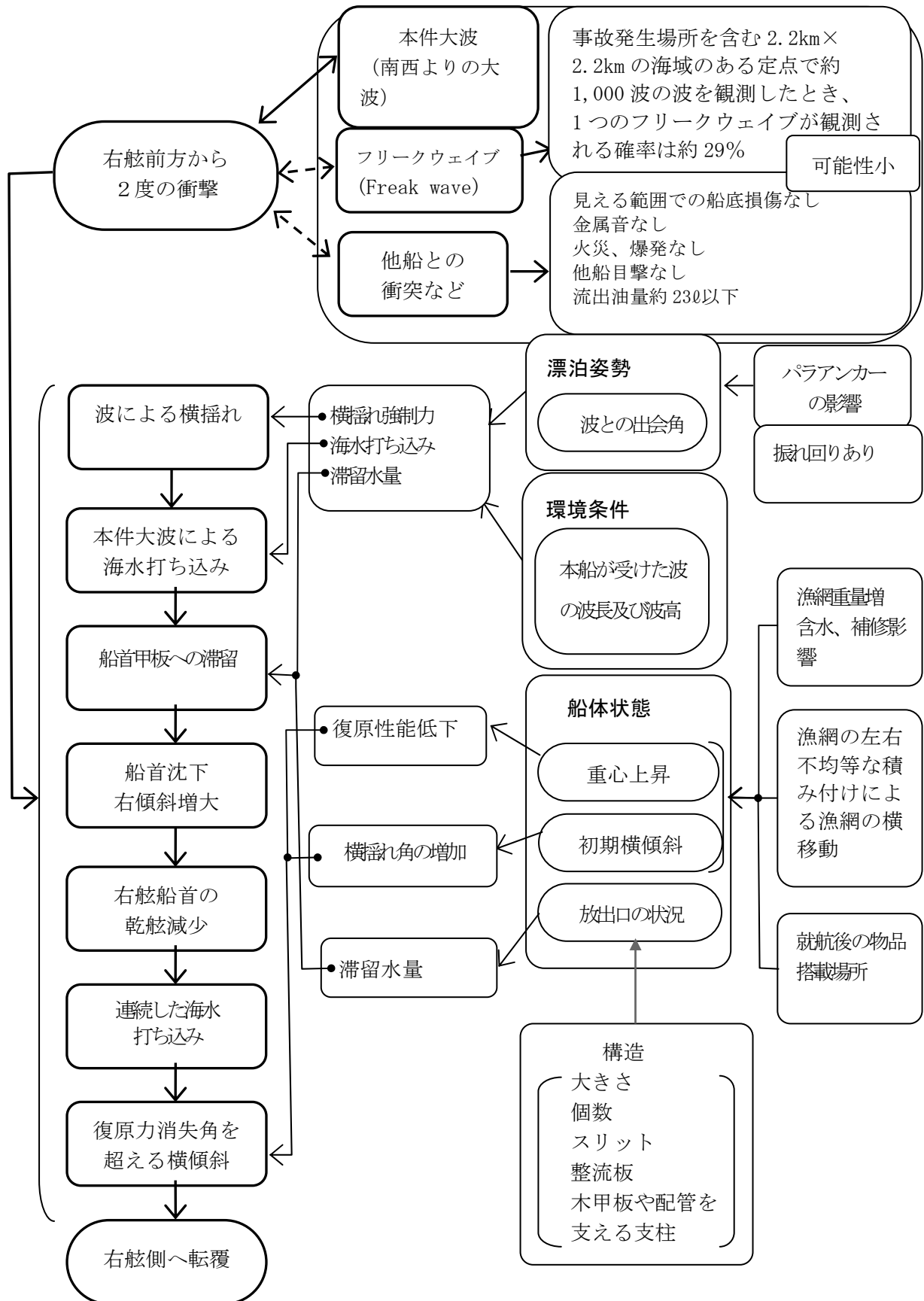


写真1 前航海の出港状況（平成20年5月3日）

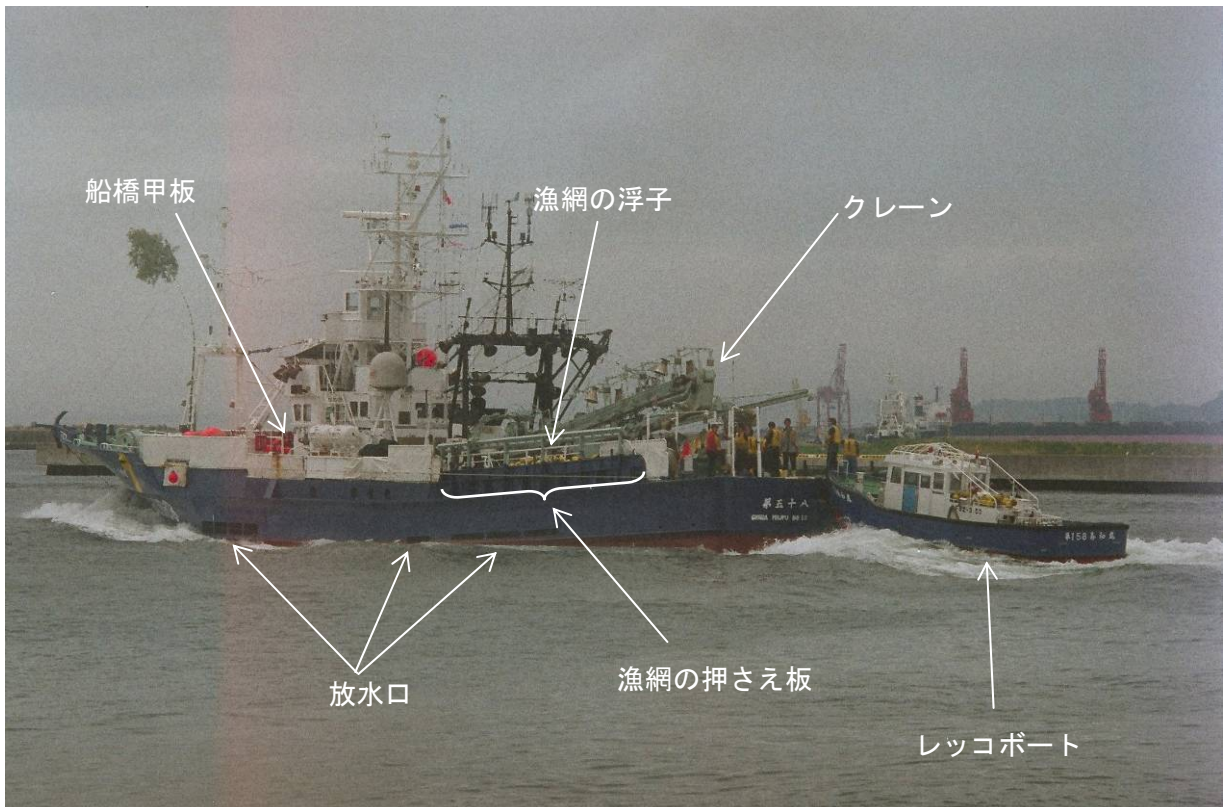


写真2 漁網の積載状況



写真3 パラアンカー取付部

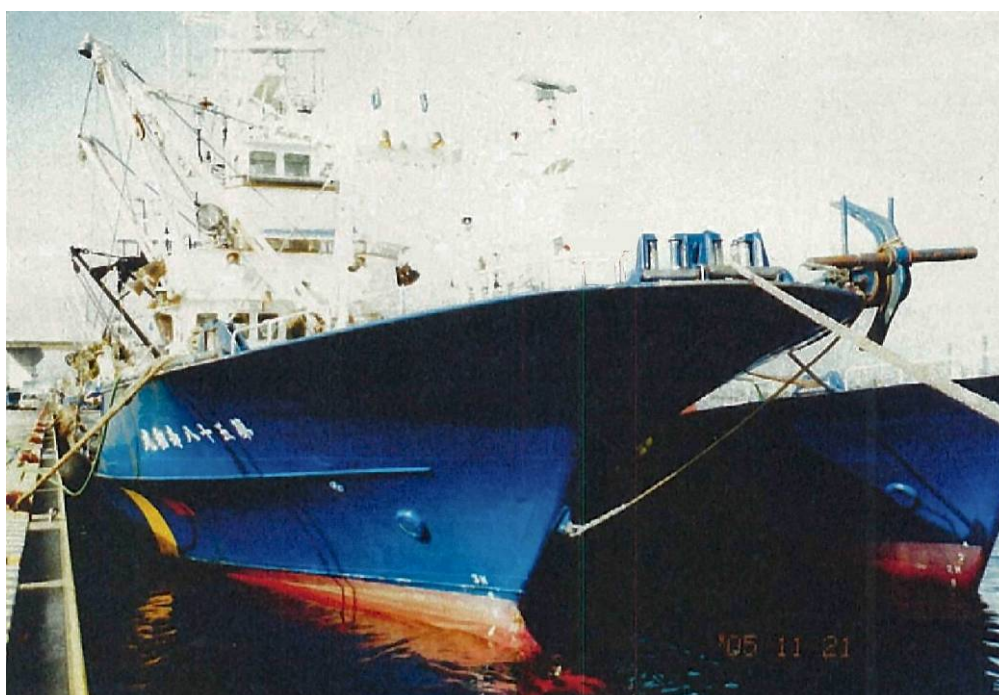


写真4 揚網用サイドローラー (類似船)



写真5 前部作業甲板 (胴ノ間) の状況 (類似船)



写真6 海面の浮遊油の状況（平成20年6月23日夕刻）



*海上保安庁提供

写真7 海面の浮遊油の状況（平成20年6月25日）



*海上保安庁提供

別添 1 暴露甲板上への海水打ち込み推定概要

(1) 調査の概要

Strip 法を用いて船側の相対水位変動計算を行い、暴露甲板上に海水打ち込みを発生させる波浪条件（波高及び周期）を推定するとともに、線形重ね合わせによる相対水位変動の短期予測計算を行い、本事故発生時の波浪中における海水打ち込み確率を推定した。

(2) 計算方法等

① 海水打ち込みを発生させる規則波の波高、周期

海水打ち込みは、船側における相対水位変動がその位置における喫水線からブルワーク上端までの高さを超えた場合に発生するとし、標準状態において、 180° （向波）、 150° （斜め向波）、 120° （斜め向波）、 90° （横波）の4とおりの波について、暴露甲板上に海水打ち込みを発生させる規則波の波高、周期を計算した。

② 不規則波中の海水打ち込み確率

規則波中の各横断面位置における相対水位変動の応答関数と波スペクトルから線形重ね合わせにより、不規則波中のエネルギースペクトルを計算し、応答の標準偏差 $\sigma_{\zeta_r}(x; \chi, T_{01}, H_{1/3})$ を求め、応答の時間変動の確率分布が正規分布に従うとして、次式から相対水位変動の極大値 $\zeta_{r_max}(x; \chi, T_{01}, H_{1/3})$ が喫水線からブルワーク上端までの高さ $F_{bul}(x)$ を超える確率 $p_s(x; \chi, T_{01}, H_{1/3})$ を求め、それを海水打ち込み確率とした。

$$p_s(x; \chi, T_{01}, H_{1/3}) = p(\zeta_{r_max} > F_{bul}) \\ = \exp \left\{ - \frac{(F_{bul}/L_{pp})^2 \left(\frac{L_{pp}}{H_{1/3}} \right)^2}{2(\sigma_{\zeta_r}/H_{1/3})^2} \right\}$$

計算を行う波浪条件としては、本事故発生時の推定波浪データである（財）日本気象協会による波浪推算データ（日本沿岸局地波浪推算データベース）及び京都大学防災研究所が公表したデータを使用した（別表 1-1 参照）。

別表 1-1 使用した波浪データ

	波周期 (s)	有義波高 (m)	備考
日本気象協会	8.4	3.4	事故当日 09 時、15 時のデータの内挿値
京大防災研	6.8	3.6	計算地点：北緯 $35^\circ 25'$ 東経 $144^\circ 37'$

(3) 計算結果

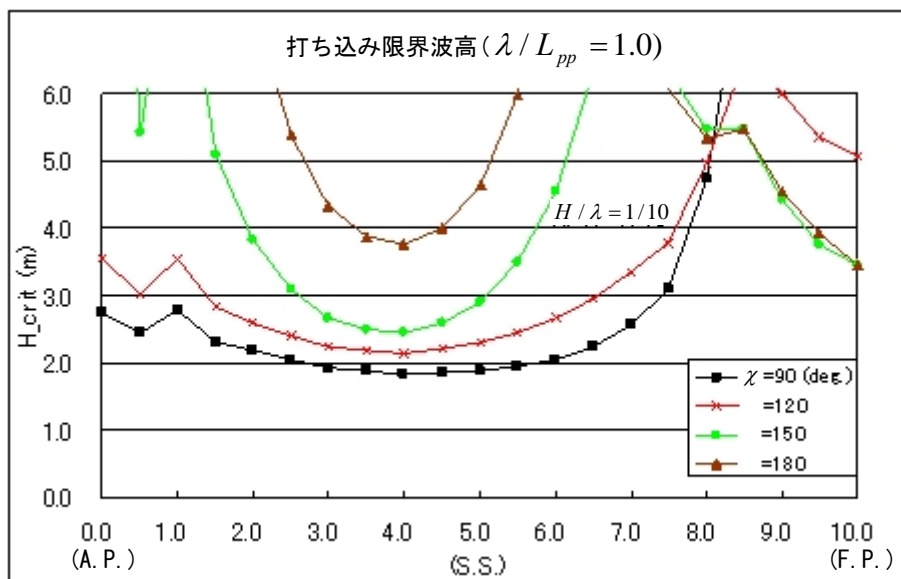
本事故当時の波浪の推定値を波周期6.8秒、有義波高3.6mとした場合、出会角が120°及び150°（右斜め向波）では、S.S. 4付近の船体中央で比較的高い海水打ち込み確率が予測された。

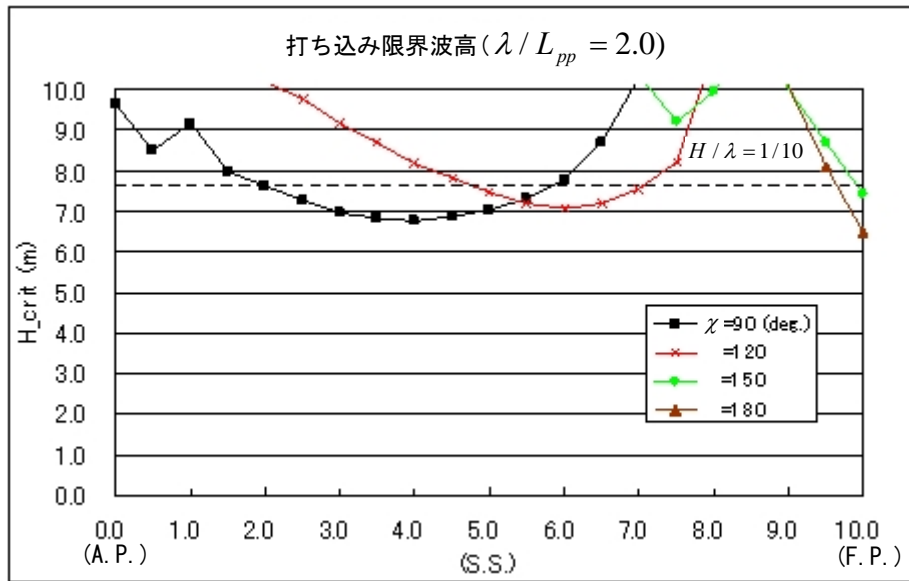
出会角が90°（横波）では、S.S. 1½～S.S. 7（別図1-3参照）付近にかけての比較的広い範囲で、海水打ち込み確率が1/100以上となること、すなわち出会波100波に1波以上の頻度で海水打ち込みが発生すると予測された。

出会角が180°（向波）では、S.S. 4付近の船体中央で比較的高い海水打ち込み確率が推定されたが、S.S. 8～F.P.（船首楼付近）から海水打ち込みが発生する確率は低いと推定された。

以上から、2.8(3)に記述したように、パラ泊時に右斜め前方から風と波を受けることとなる船体挙動、また、右舷前方の舷側に2度の衝撃を受けたことを考慮すると、本船は、本事故発生当時、右舷前方から波を受ける態勢であった際、右舷前方からの波が船体中央のS.S. 4付近から暴露甲板上に打ち込んでいた可能性が高い。

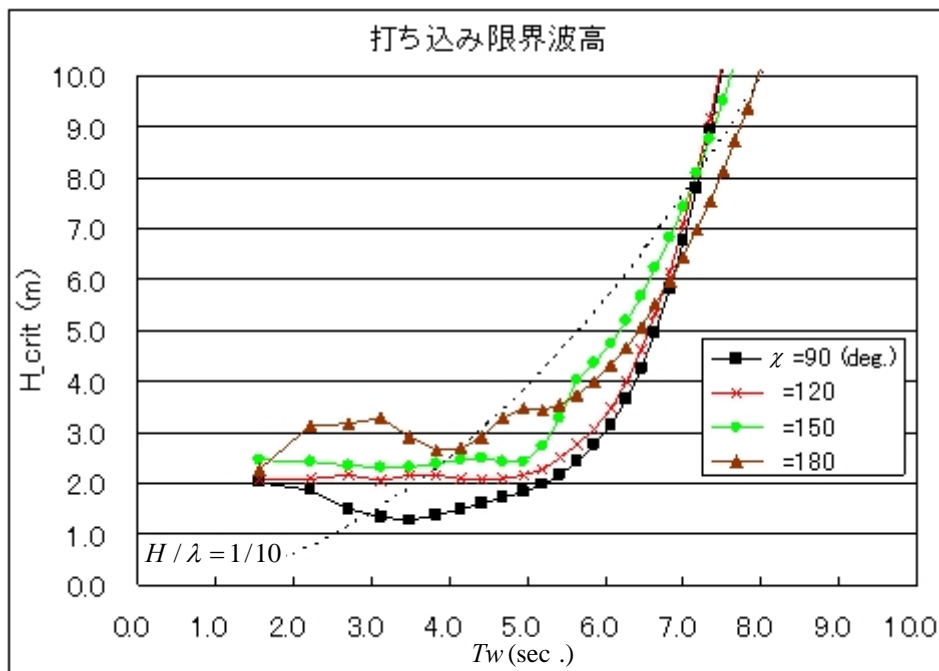
別図1-1に、波長が波長船長比（ λ/L_{pp} ）で1.0及び2.0となる場合の各横断面位置での打ち込み限界波高を出会角 χ をパラメーターとして示す。





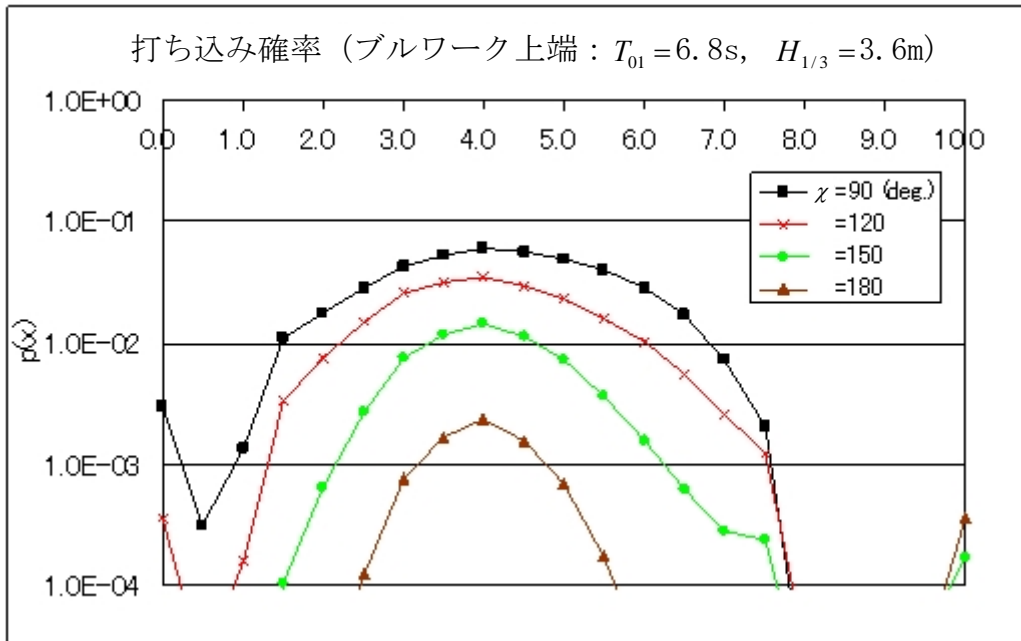
別図 1-1 各横断面位置での打ち込み限界波高

別図 1-2 に、海水打ち込みを発生させる規則波の限界波高と周期を出会角 χ をパラメーターとして示す。



別図 1-2 打ち込み限界波高

別図 1-3 に、京都大学防災研究所が公表した波浪データを用いた不規則波中における海水打ち込み確率を波の主方向との出会角 χ をパラメーターとして示す。



別図 1-3 不規則波中の海水打ち込み確率 (京大防災研波浪データ)

別添 2 転覆発生状況に関する模型実験の概要

(1) 実験の概要

水密の模型を用いた水槽実験を行い、船体運動、相対水位変動等を計測し、波浪や滞留水のほか、漁網の含水等が転覆に及ぼす影響について検討するとともに、およその打ち込み滞留水量を推定するための基礎データを取得した。

(2) 実験方法等

① 模型実験で使用する波

本事故発生場所付近の気象及び海象は、(財)日本気象協会による日本沿岸局地波浪推算データベース（以下「局地波浪推算DB」という。）の推算値、京都大学防災研究所が公表したデータ等によれば、有義波高3～3.5m、波周期7～8秒の不規則波があったと推定されているが、転覆に直接関係した波に関する正確な情報（波高、波周期）は皆無であった。また、本実験では、‘転覆’及び‘海水打ち込み’現象を確率論的に取り扱うのではなく、決定論的に取り扱う必要があることから、基本的には、上述の有義波高、波周期を目安に転覆及び海水打ち込み現象が発生するような規則波の具体的な波長（波周期）、波高を設定した。

本船は、乗組員A、乗組員B及び乗組員C（以下、別添2において「生存者」という。）の口述から、右舷前方の舷側に2度の衝撃を受けており、本船に寄せる波の中に大波があれば、船体動揺との位相がずれ、舷側に波が当たるような状況になり、船体に衝撃が生じる可能性があるものと考えられることから、大波に相当する集中波を加えた波を設定した。

さらに、生存者の口述から、昼食前後の暴露甲板（胴ノ間）での作業中には、海水打ち込みはなかったことから、本実験で想定及び計測した打ち込み滞留水は、乗組員らの作業終了後に発生したものとした。

実験の目的により、次のa及びbの波を設定し、規則波は、別表2-1に示す本事故発生時の事故発生場所付近の波を含めて波長と波高を少しずつ変化させて組み合わせた波とし、集中波は、波高が規則波の波高の1.6倍程度になるよう調整した。

a 転覆過程の把握（重心高さ、初期横傾斜等の転覆関連要因の抽出）及び打ち込み滞留水量の計測には、規則波

b 転覆状況の再現（転覆過程の確認、重心高さ、初期横傾斜等の影響調査）には、規則波に大波に相当する集中波を加えた波

別表 2-1 本事故発生時の事故発生場所付近の気象及び海象

	有義波高 (m)	波周期 (s)	波向 (°)	風速 (m/s)	風向 (°)
日本気象協会	3.4	8.4	218 (南西)	14.3	203 (南南西)
京大防災研	3.6	6.8	203 (南南西)	15.0	203 (南南西)
沿岸波浪図	2.5	7.7	—	—	—

注1) 日本気象協会は、事故当日09時、15時のデータの内挿値

注2) 京大防災研は、北緯35°25'、東経144°37'における値

注3) 沿岸波浪図は、事故当日09時、15時の読み取り値の内挿値

本事故発生時、本船は、パラ泊中であつたが、一般に、パラアンカーによる漂泊は、船首を風浪に立てることが目的で実施され、平均的な漂泊姿勢は、船体に働く風、波、海流による力とパラアンカーの索張力の釣り合いによつて決まるので、これらの外力の大きさや向きによつては、船首は風浪に立つ状態にならない場合があると考えられる。また、パラ泊中の船体は、パラアンカーを中心に振れ回り運動を起すこと、及び右舷前方の舷側に2度の衝撃を受けたことを考慮すると、本事故発生時の本船は、風浪を船首正面からでなく斜め前方から受ける態勢であつたものと考えられる。

② 実験概要

試験水槽において、模型船を船首尾端のほぼ重心高さ位置に取り付けたバネ(バネ定数 1.46kgf/m)を用いて波との出会角が一定となるように係留及び設置し、船首～右舷側から波(規則波ほか)を当て、波浪中の船体運動及び相対水位変動を計測した。

③ 模型船及び計測状態

実験には、実船の1/23.9の水密模型を用い、計測状態を次のとおり、積載状態並びに重心高さ、横方向重心位置及び放水口の状況を変えた状態とした。各計測状態の名称は、別表2-2に記載のとおりとした。

積載状態 標準状態の重心高さ(KG_o)で初期横傾斜がない状態

重心高さ 漁網等の重量増加を想定して重心高さ(KG)を3とおりにした状態($KG = KG_o, 1.05KG_o, 1.10KG_o$)

横方向重心位置

初期横傾斜がない状態と初期横傾斜がある状態を想定し、横方向重心位置を変化させた状態(センターラインから実船スケ

ールで1 m右舷寄り)

放水口の状態

放水口を開放した状態と放水口周辺の搭載物等による放水機能の低下を想定した状態（閉塞）

別表 2-2 転覆実験における計測状態

重心高さ 標準		放水口		重心高さ 10%上昇		放水口	
		開放	閉塞			開放	閉塞
初期	なし	—	状態1	初期	なし	状態7	状態9
傾斜	あり	—	状態5	傾斜	あり	状態8	状態10

重心高さ 5%上昇		放水口	
		開放	閉塞
初期	なし	状態11	状態2、4
傾斜	あり	状態6	状態3

注) 重心高さ $KG = 1.05KG_o$ で、初期横傾斜がなく、放水口を閉塞した状態は、時期を分けて計測を行ったため、便宜上、状態を2つに分けている。

(3) 実験結果

① 転覆実験

a 転覆

別図 2-1 に実験で観測された典型的な転覆発生時の船体の横揺及び縦揺の計測データを示す。船体状態は、重心高さ $KG = 1.10KG_o$ 、初期横傾斜あり、放水口開放であり、波長 $\lambda = 1.6m$ で波高 $H_w = 0.13m$ の規則波に大波に相当する集中波を加えた波を使用した。

模型船は、計測開始から約 46 秒後から設定した規則波を受け始め、集中波は、計測開始後約 57 秒の時点で模型船に入射した。

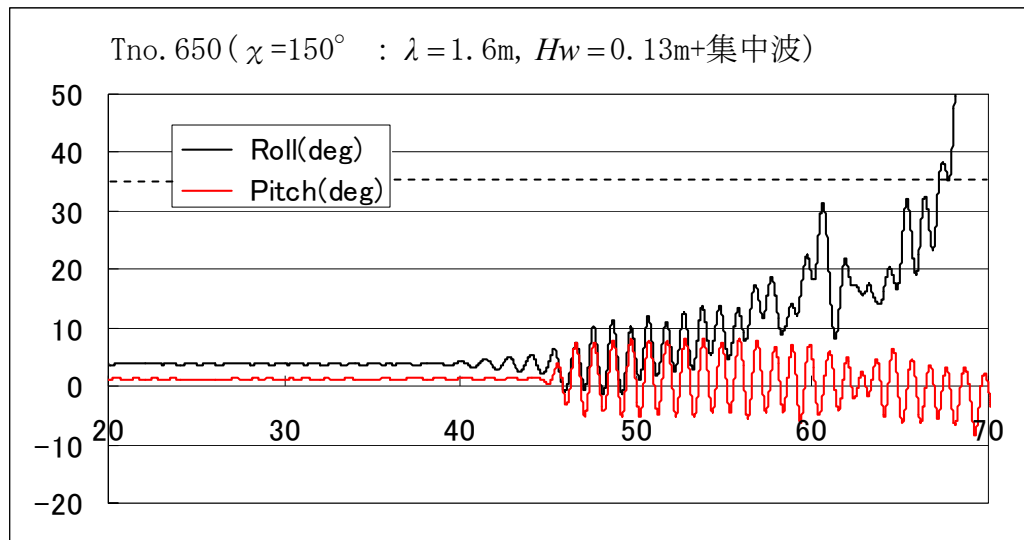
別図 2-1 から、横揺れについて次のようなことが分かる。

- a) 横揺（黒線）変動の平均は、規則波を3波程度受ける（計測開始後約 50 秒）までは、ほぼ初期横傾斜角（右舷傾斜約 3° ）と同じであるが、その後、打ち込み滞留水の増加に伴い徐々に大きくなっている（右舷側への傾斜が大きくなっている）。
- b) 横揺の状況は集中波を受けたのちに変化し、集中波を受けてから 11 秒程経過した時点（計測開始後約 68 秒）で復原力消失角（約 36° ）を

超え一挙に右舷側に転覆していた。

一方、縦揺（赤線）の変動の平均は、およそ計測開始後55秒までは、ほぼ初期トリムに対応する角度（船首上げ約 1° ）であるが、その後小さくなり始め、計測開始後約60秒の時点から急激に負側（船首下げ）に変化している。

この変化は、船首甲板への打ち込み滞留水の増加に対応するもので、計測中に観測したところ集中波を受けた後、滞留水が急増していた。



別図 2-1 転覆発生の状況

(横軸：計測開始からの時間、縦軸：角度、黒線：横揺（極性：右舷下げが正）、赤線：縦揺（極性：船首上げが正）、破線：復原力消失角（約 36° ）黒線がこの波線を超えて戻らない場合、転覆が発生する。以下別図 2 において同じ。)

b 大傾斜

本実験では、放水口が閉塞状態で、ブルワーク上端が水没するような大傾斜が安定的に発生するような状況が計測された。このような状況は、転覆に移行することはなかったが、実際の状態では大傾斜に伴い漁網の移動や船内への浸水等の危険が顕在化する可能性があると考えられる。

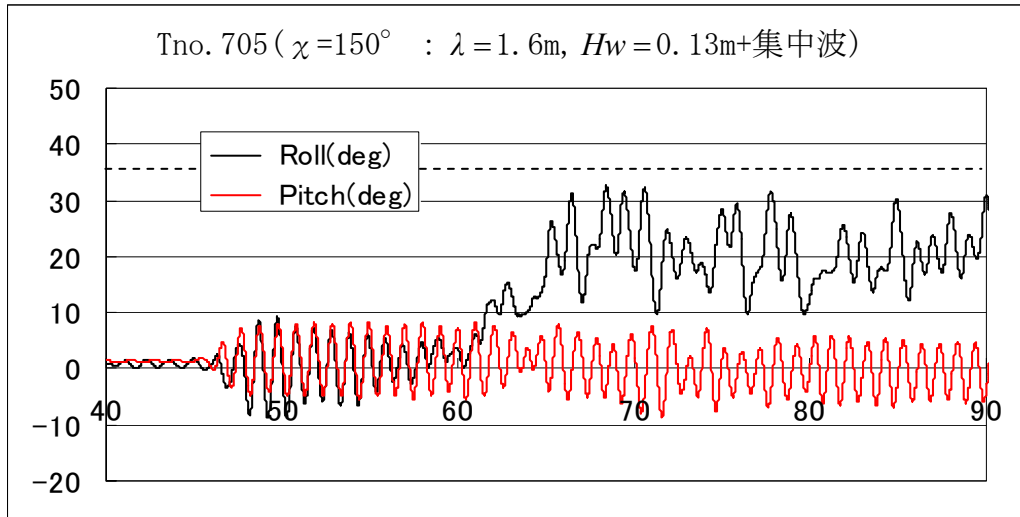
別図 2-2 に実験で観測された典型的な大傾斜発生時の船体の横揺及び縦揺の計測データを示す。重心高さと計測を行った波は上記 a の場合と同一であるが、初期横傾斜はなく放水口が閉塞した状態での計測結果である。

別図 2-2 から次のようなことが分かる。

- a) 計測開始後約 65 秒から右舷側（波上側）に約 20° の定常傾斜をしつつ、波周期で横揺している。

b) 縦揺の変動の平均は、およそ計測開始後 65 秒の時点から急激に負側（船首下げ）に変化し、約 70 秒以降はほぼ一定値になっている。

なお、計測中に観測したところ、大傾斜した状態では、ブルワーク上端が水没し、上甲板の右舷側 1 / 4 程度が常時水面下に没しているような状況であった。



別図 2-2 大傾斜発生状況

c 転覆の発生状況

実験では計 133 ケースの計測を行い、そのうち、30 ケースで転覆が発生した。なお、転覆は、全て右舷側（波上側）に発生した。

転覆の発生した計測条件をまとめると以下のとおりである。

a) 重心高さ $KG = KG_o$ (標準状態)

- ・放水口閉塞、初期横傾斜なし (状態 1) → 転覆せず
- ・放水口閉塞、初期横傾斜あり (状態 5) → 転覆せず

b) 重心高さ $KG = 1.05KG_o$ (標準状態より 5% 上昇)

- ・放水口開放、初期横傾斜なし (状態 11) → 転覆せず
- ・放水口開放、初期横傾斜あり (状態 6) → 転覆

条件 $\chi = 90^\circ$: $\lambda = 1.2\text{m}$, $H_w = 0.12\text{m}$

- ・放水口閉塞、初期横傾斜なし (状態 2, 4) → 転覆

条件 $\chi = 90^\circ$: $\lambda = 1.2\text{m}$, $H_w = 0.12\text{m}$

- ・放水口閉塞、初期横傾斜あり (状態 3) → 転覆

条件 $\chi = 90^\circ \sim 150^\circ$: $\lambda = 1.2\text{m}$, $H_w = 0.12\text{m}$

: $\lambda = 1.4\text{m}$, $H_w = 0.14\text{m}$

: $\lambda = 1.2\text{m}$, $H_w = 0.12\text{m}$ +集中波

: $\lambda = 1.6\text{m}$, $H_w = 0.13\text{m}$ +集中波

c) 重心高さ $KG = 1.10KG_o$ (標準状態より 10% 上昇)

・放水口開放、初期横傾斜なし（状態 7）→転覆せず

・放水口開放、初期横傾斜あり（状態 8）→転覆

条件 $\chi = 90^\circ \sim 150^\circ$: $\lambda = 1.2\text{m}$, $H_w = 0.12\text{m}$

: $\lambda = 1.6\text{m}$, $H_w = 0.14\text{m}, 0.16\text{m}$

: $\lambda = 1.6\text{m}$, $H_w = 0.13\text{m}, 0.14\text{m} + \text{集中波}$

・放水口閉塞、初期横傾斜なし（状態 9）→転覆

条件 $\chi = 150^\circ$: $\lambda = 1.2\text{m}$, $H_w = 0.13\text{m} + \text{集中波}$

・放水口閉塞、初期横傾斜あり（状態 10）→転覆

条件 $\chi = 150^\circ$: $\lambda = 1.6\text{m}$, $H_w = 0.13\text{m}$

: $\lambda = 1.6\text{m}$, $H_w = 0.13\text{m} + \lambda = 3.2\text{m}$, $H_w = 0.05\text{m}$

重心高さを標準状態より上昇させた場合では、初期横傾斜が発生した状態や放水口が閉塞した状態で転覆が発生したが、重心高さが標準状態の場合や標準状態より上昇させた場合でも初期横傾斜がなく放水口を開放した状態では、転覆は発生しなかった。

また、重心高さを標準状態より上昇させることで転覆が発生する波との出会角範囲が広がるが、出会角 150° での転覆は重心高さを標準状態より 10% 上昇させた場合のみ発生した。

d 転覆及び大傾斜発生シーケンス

実験で観測された転覆の発生のシーケンスをまとめると次の a) 及び b) のとおりであり、波との出会角により主な海水打ち込みの発生場所が異なるが、甲板上的打ち込み滞留水の増加に伴う船体傾斜により乾舷が減少することで海水打ち込みが促進されて転覆に至っている。

また、上記 b) の大傾斜の発生シーケンスは次の c) のとおりであり、転覆の場合と同様に甲板上的打ち込み滞留水の増加に伴う傾斜により乾舷が減少することがきっかけで大傾斜が発生している。

a) 斜め向波状態の転覆

船体中央部付近からの海水打ち込み及び船首甲板への滞留→船首沈下及び右傾斜増大→右舷船首の乾舷減少→連続した海水打ち込み→右舷側へ転覆

b) 横波状態の転覆

船体中央部付近からの海水打ち込み及び船尾甲板への滞留→右傾斜増大→右舷の乾舷減少→連続した打ち込み→右舷側へ転覆

c) 放水口閉塞時の斜め向波状態の大傾斜

船体中央部付近からの海水打ち込み及び船首甲板への滞留→船首沈下及び右傾斜増大→右舷船首の乾舷減少→船首部右舷ブルワーク上端水没

→右舷大傾斜継続

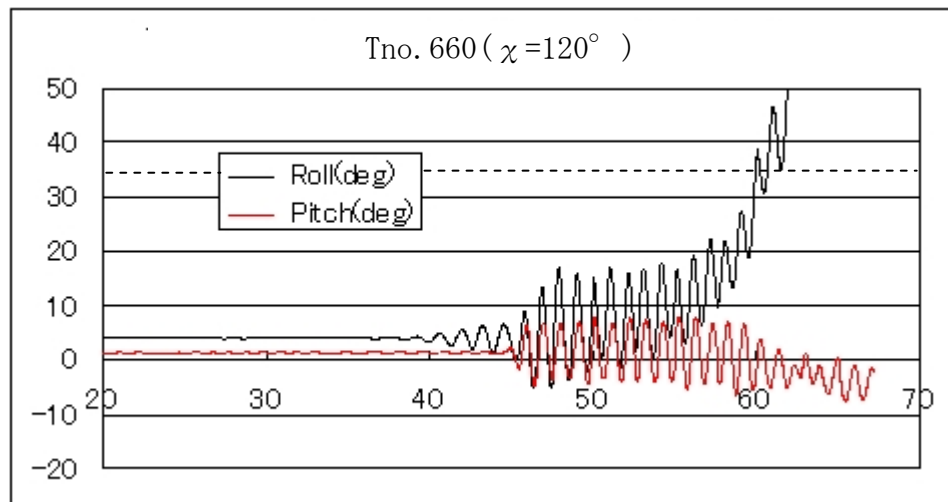
e 転覆関連要因

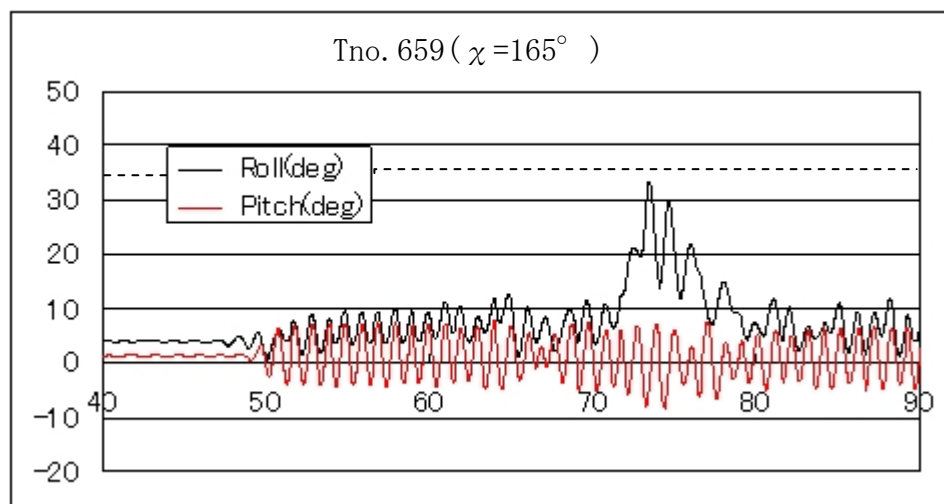
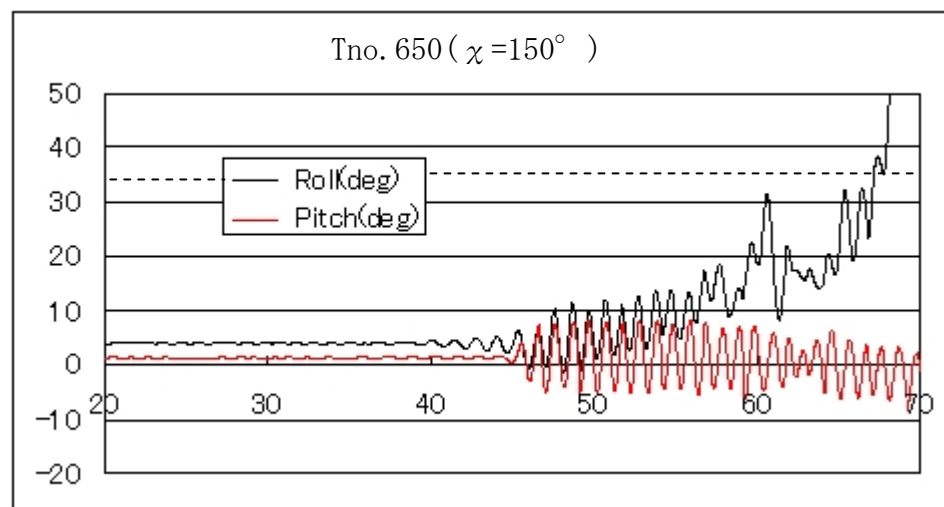
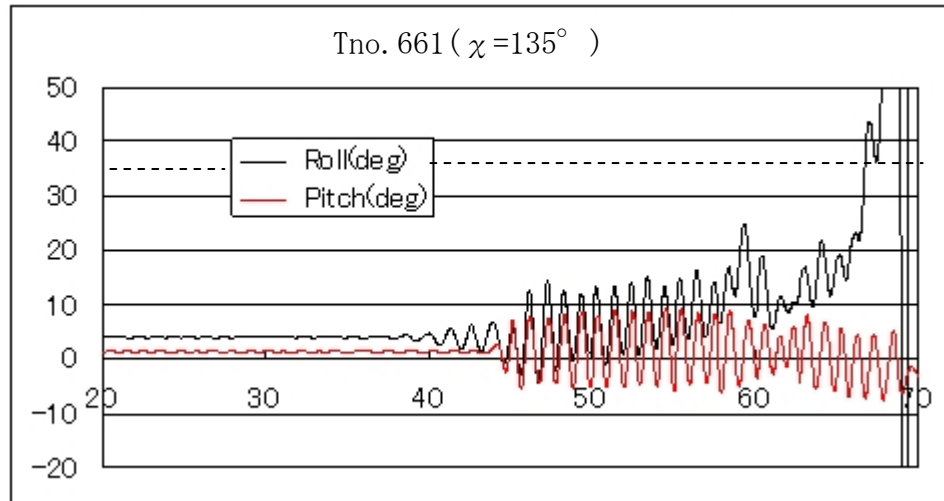
本実験における転覆の発生状況及び発生シーケンスから、本船の転覆には標準状態からの重心の上昇、初期横傾斜、放水口の状況及び波との出会角が大きな影響を及ぼしたと考えられる。また、生存者の口述では、転覆発生前に大波を受けたようであるとのことであった。そこで、実験結果を基にこれらの要因が転覆に及ぼす影響について整理した。

a) 波との出会角の影響

別図2-3に、船体の状態（重心高さ $KG=1.10KG_o$ 、初期横傾斜あり、放水口開放）と波の設定（ $\lambda=1.6m$, $H_w=0.13m$ の規則波に大波に相当する集中波を加えた波）は同一で、出会角 χ を 120° （別図2-3の1段目）、 135° （2段目）、 150° （3段目）、 165° （4段目）の4種類変えて計測した結果を示す。

別図2-3から、①転覆は $\chi=120^\circ \sim 150^\circ$ で発生するが、より向波に近い $\chi=165^\circ$ では発生しないこと、②出会角が小さいほど転覆するまでの時間が短いことなどが分かる。このことから、本事故のような転覆を防止するためには、波との出会角をできるだけ向波に近い状態に保持することが重要であることが分かる。





別図 2-3 計測結果 (出会角の影響)

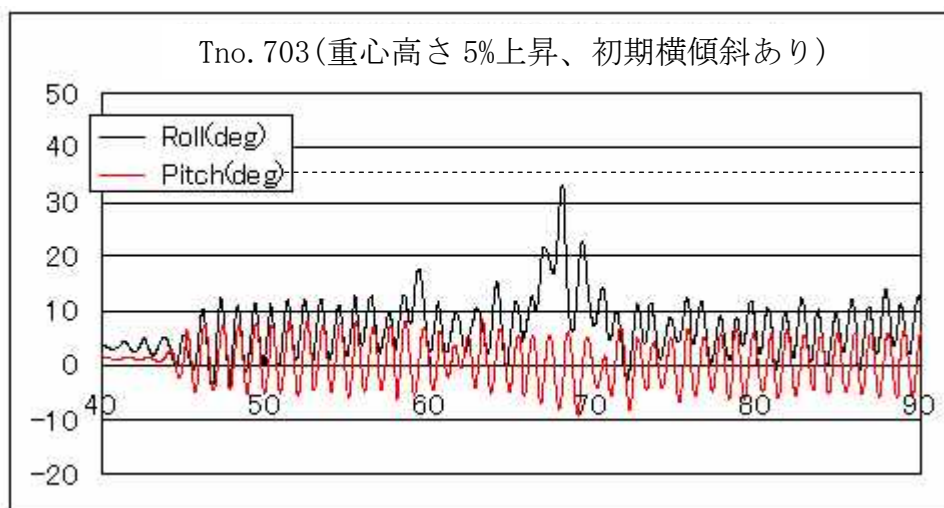
(状態 8 : 重心高さ標準状態より 10%上昇、初期横傾斜あり、放水口開放 : 規則波 ($\lambda = 1.6\text{m}$, $H_w = 0.13\text{m}$) + 集中波)

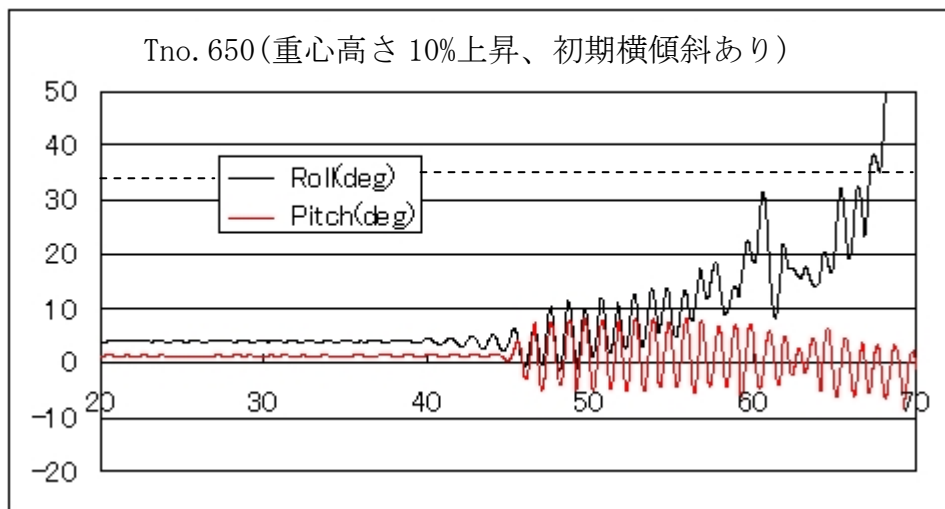
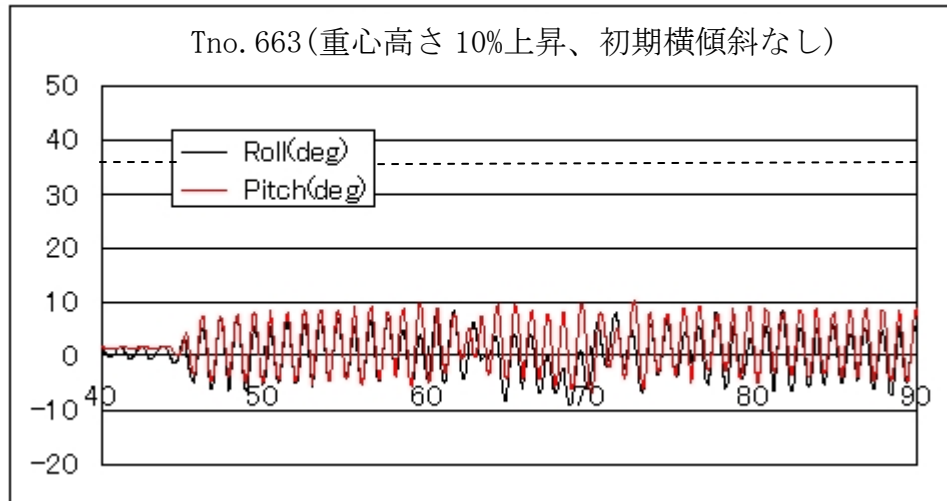
b) 標準状態からの重心の上昇及び初期横傾斜の影響

別図 2-4 に、放水口の状態（開放）、波との出会角（ $\chi=150^\circ$ ）及び波の設定（ $\lambda=1.6\text{m}$, $H_w=0.13\text{m}$ の規則波に大波に相当する集中波を加えた波）は同一で、重心高さと初期横傾斜を変えて計測した結果を示す。別図 2-4 の上段の図は、重心高さが標準状態より 5%（ $KG=1.05KG_o$ ）上昇し、初期横傾斜がある状態での計測結果で、中段及び下段の図は、重心高さが標準状態より 10%（ $KG=1.10KG_o$ ）上昇し、初期横傾斜がない状態（中段）と初期横傾斜がある状態（下段）での計測結果である。

なお、重心高さが標準状態より 5%上昇（ $KG=1.05KG_o$ ）し、初期横傾斜がない状態では転覆は発生しないと見なして計測は行っていない。

別図 2-4 の状態では、重心高さが標準状態より 10%上昇し、初期横傾斜がある場合（下段）でのみ転覆が発生した。実験では、漁網が右舷側から、重量の大きなチェーン、網、浮子の順に積み付けられ、重量が左右不均等になっていたことから、船体の動揺により、重量の大きなチェーン側に横移動し、右舷側への初期横傾斜が生じた状態での計測を行ったが、本事故のような転覆を防止するためには、重心高さを十分低くするとともに、初期横傾斜が生じないように漁網を管理することが重要であることが分かる。



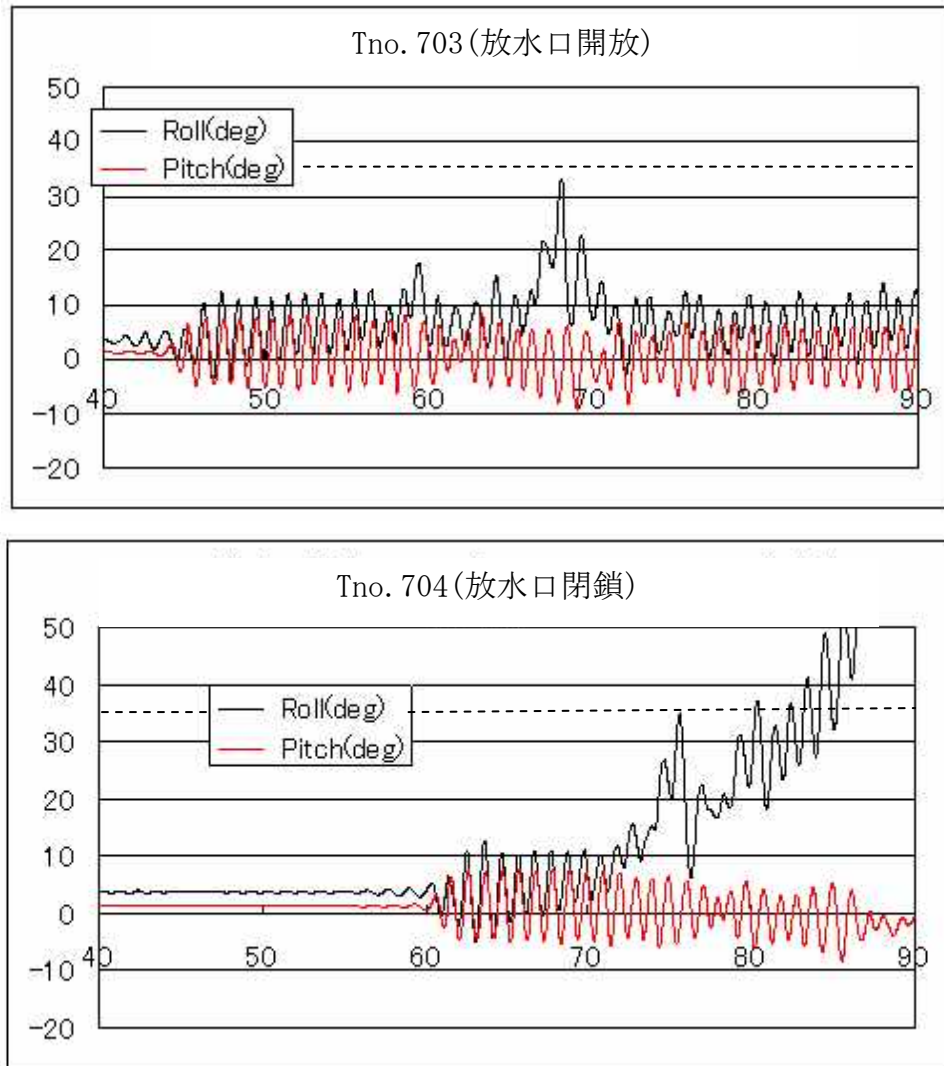


別図 2-4 計測結果（重心高さ及び初期横傾斜の影響）
 （放水口開放： $\chi = 150^\circ$ ：規則波（ $\lambda = 1.6\text{m}$, $H_w = 0.13\text{m}$ ）+集中波）

c) 放水口の状態の影響

別図 2-5 に、重心高さ（ $KG = 1.05KG_o$ ）、初期横傾斜（あり）、出
 会角（ $\chi = 150^\circ$ ）及び波の設定（ $\lambda = 1.6\text{m}$, $H_w = 0.13\text{m}$ の規則波に大波
 に相当する集中波を加えた波）は同一で、放水口の状態のみを変えて計
 測した結果を示す。別図 2-5 の上段の図は、放水口を開放した状態、
 下段の図は放水口が閉塞した状態での計測結果である。

別図 2-5 の状態では、放水口を開放した場合には転覆は発生してお
 らず、本事故のような転覆を防止するためには、放水口の機能を阻害し
 ないように、放水口周りの構造や物件の搭載位置に留意する必要がある
 ことが分かる。



別図 2-5 計測結果 (放水口の状態の影響)

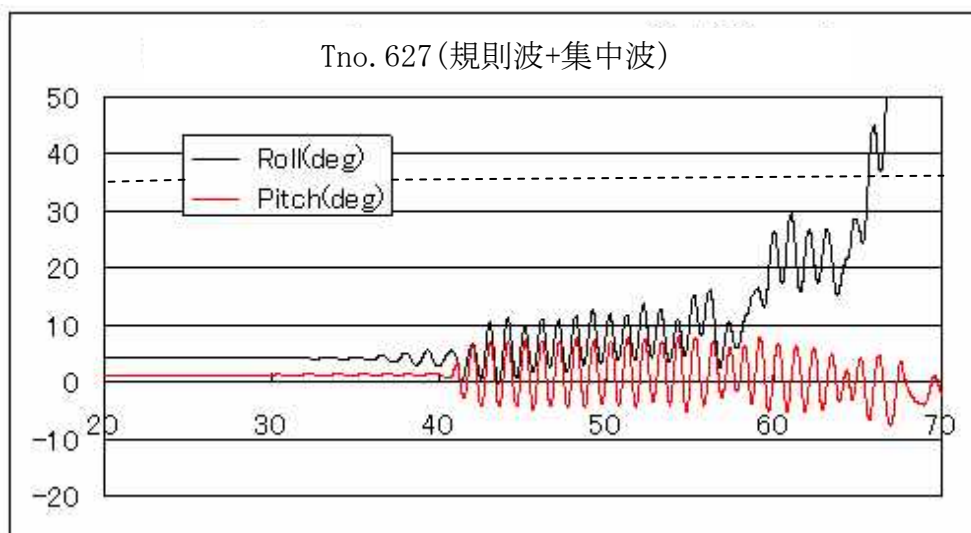
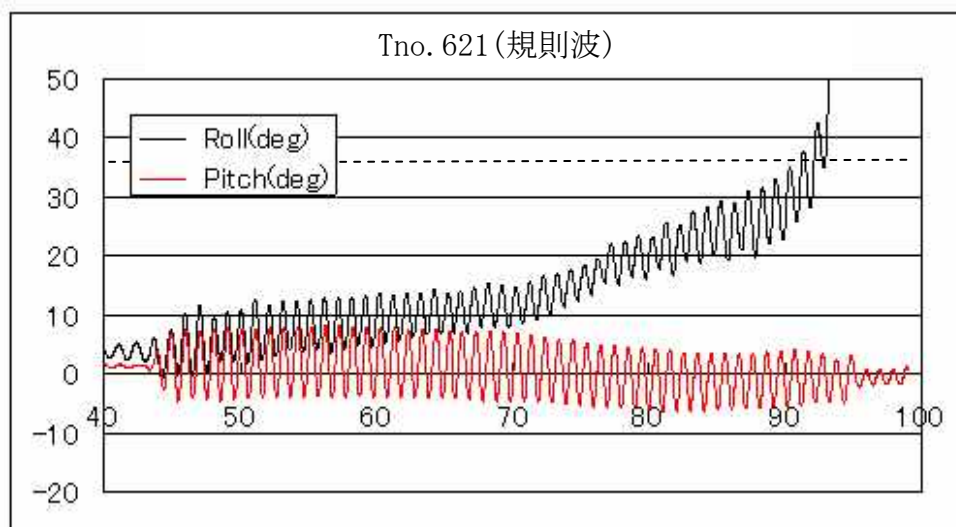
(重心高さ 5% 上昇、初期横傾斜あり : $\chi = 150^\circ$: 規則波
($\lambda = 1.6\text{m}$, $H_w = 0.13\text{m}$) + 集中波)

d) 大波の影響

生存者の口述では、転覆発生前に右舷側に 2 度衝撃を受けており、その衝撃は大波が船体に当たって生じた可能性がある。また、衝撃を受けた後、約 1 分で転覆しており、本船は大波で瞬時に転覆したのではないものと考えられる。

別図 2-6 に船体の状態 (重心高さ $KG = 1.10KG_o$ 、初期横傾斜あり、放水口開放) 及び波との出会角 ($\chi = 150^\circ$) が同一で、波の設定のみを変えた計測結果を示す。別図 2-6 の上段の図が $\lambda = 1.6\text{m}$, $H_w = 0.14\text{m}$ の規則波を使用した場合の計測結果、下段の図が同じ規則波に大波に相当する集中波を加えた波を使用した場合の計測結果である。

いずれの波でも転覆は発生しているが、波を受けてから転覆に至るまでの時間が、規則波だけの場合は約50秒であるのに対し、集中波を加えた場合は25秒程度と半分になっている。上述したように、本実験では、「甲板上の打ち込み滞留水の増加に伴う傾斜により乾舷が減少することで海水打ち込みが促進され転覆に至る」ので、大波により大量の打ち込み滞留水が発生したことで、大波がない場合に比べて転覆に至るまでの時間が短くなったと考えられる。



別図 2-6 計測結果 (大波の影響)

(状態 8 : 重心高さ 10% 上昇、初期横傾斜あり、放水口開放 : $\chi = 150^\circ$)

(4) まとめ

斜め向波で転覆が発生するシーケンスは、「船体中央部付近からの海水打ち込

み及び船首甲板への滞留→船首沈下及び右傾斜増大→右舷船首の乾舷減少→連続した海水打ち込み→右舷側へ転覆」であり、甲板上の打ち込み滞留水の増加に伴う船体傾斜により乾舷が減少することで海水打ち込みが促進され転覆に至ったと考えられる。

本実験における転覆の発生状況及び発生シーケンスから、本船の転覆には標準状態からの重心の上昇、初期横傾斜、放水口の状況及び波との出会角が大きな影響を及ぼしたと考えられる。

本事故のような転覆を防止するためには、波との出会角をできるだけ向波に近い状態に保持すること、重心高さを十分低くするとともに、初期横傾斜が生じないように漁網等の積載状態を管理すること、放水口の機能を阻害しないように放水口周りの構造や物件の搭載位置に留意することが重要である。

別添3 打ち込み滞留水に関する模型実験結果

(1) 海水打ち込み実験

海水打ち込み実験では、標準状態で、初期横傾斜がなく、放水口を閉塞した状態で、規則波との出会角 90° 、 120° 及び 150° として波長及び波高の組み合わせを様々に変化させて海水打ち込み回数や海水打ち込み水量を計測するとともに、船体運動（横揺、縦揺他）、船側の相対水位変動（F.P.、S.S. $7\frac{1}{2}$ ）の計測も行った。

① 海水打ち込みの発生状況

別図3-1に実験で観測された上甲板への海水打ち込みの発生状況を出会角ごとに示す。それぞれ横軸に波長船長比（ λ/L_{pp} ）、縦軸に波岨度（波高波長比： H_w/λ ）をとっており、有意な量の海水打ち込みが発生した規則波の波長、波高の組み合わせ（波浪条件）を○、発生しなかった波浪条件を×、しぶき程度の海水打ち込みが発生した波浪条件を△で示している。また、比較のため別添1で述べた理論計算で求めた海水打ち込み限界を点線で示す。

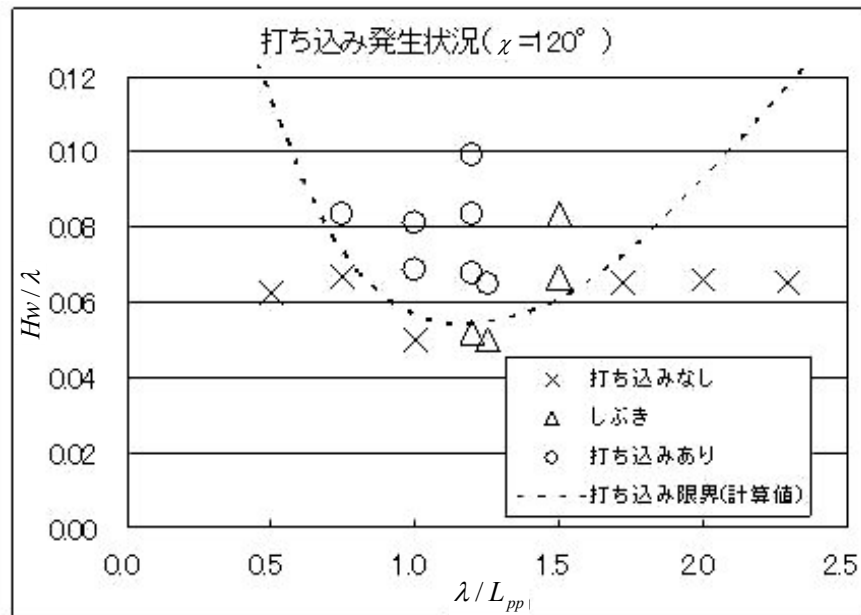
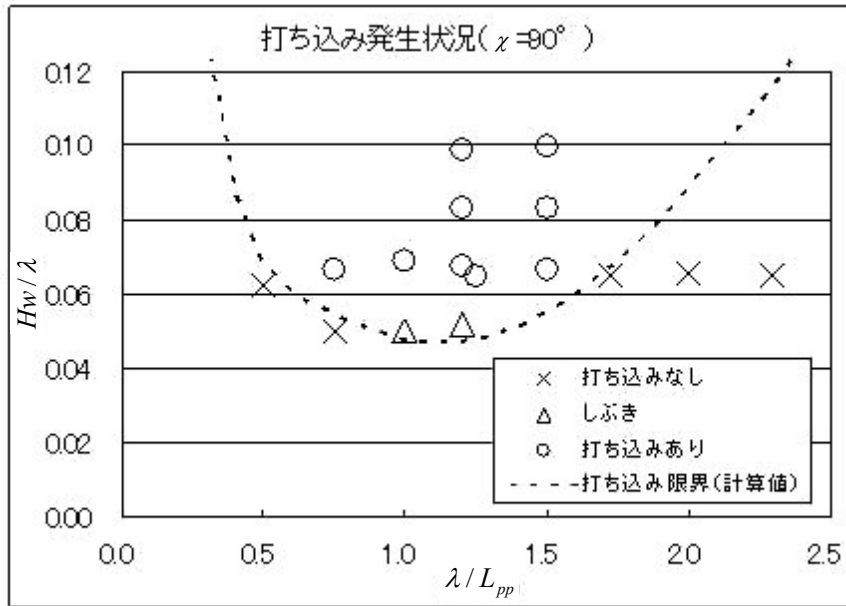
別図3-1から、次のことが分かる。

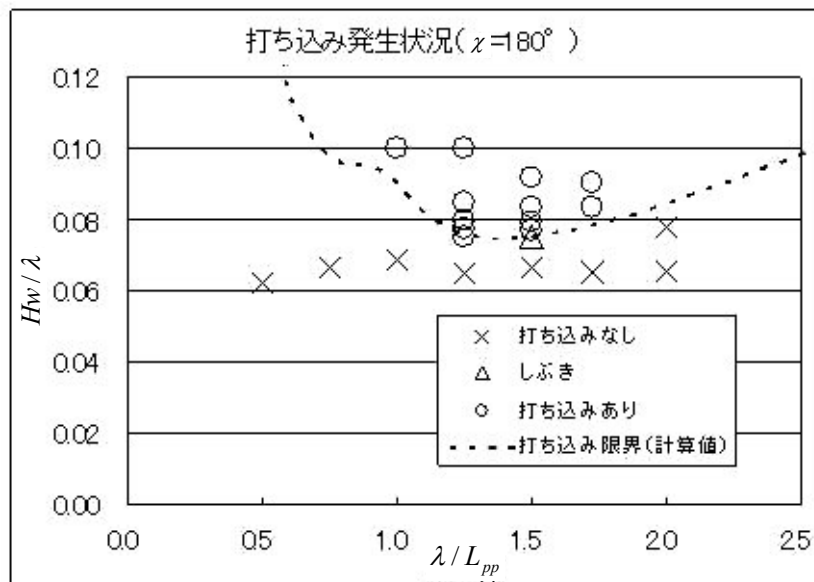
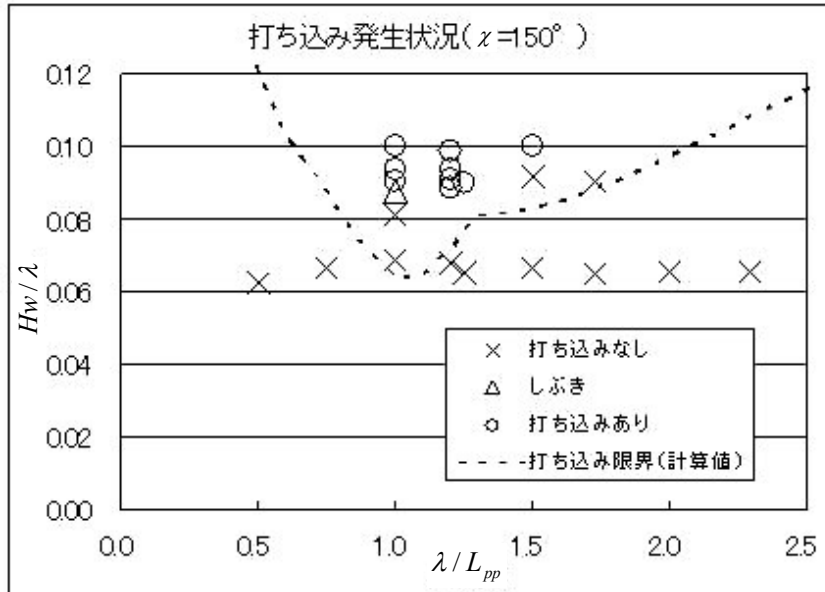
- a 本船は、標準状態で、出会角 $\chi = 120^\circ$ 及び $\chi = 150^\circ$ の斜め向波の場合、海水打ち込みは波岨度（波高波長比： H_w/λ ）が0.06以上の比較的大きな岨度の規則波で発生すること
- b 本事故発生時の状態では本船は、出会角 χ が 90° （横波）の場合に最も海水打ち込みが発生しやすく、一方、最も海水打ち込みが発生しにくいのは、 $\chi = 150^\circ$ （斜め向波）となった場合であること
- c $\chi = 150^\circ$ の場合を除いて、海水打ち込み限界の計算値と実験結果の対応は良いこと

なお、海水打ち込みの発生場所は、 $\chi = 120^\circ$ ではS.S. 5付近であり、別図1-1のシミュレーション計算による海水打ち込み場所とほぼ一致していた。

また、 $\chi = 150^\circ$ の場合には、主に船首楼部から海水が打ち込んでいた。

以上から、本船は、本事故発生当時、右舷前方から波を受ける態勢であった際、右舷前方からの比較的大きな岨度の波（出会角約 120° ）が船体中央のS.S. 5付近から暴露甲板上に打ち込んでいた可能性が高い。





別図 3-1 海水打ち込み発生状況

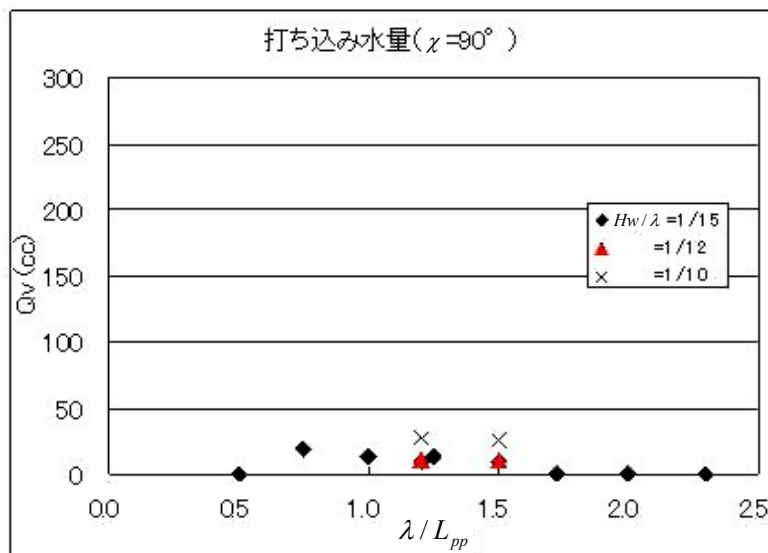
② 打ち込み滞留水量

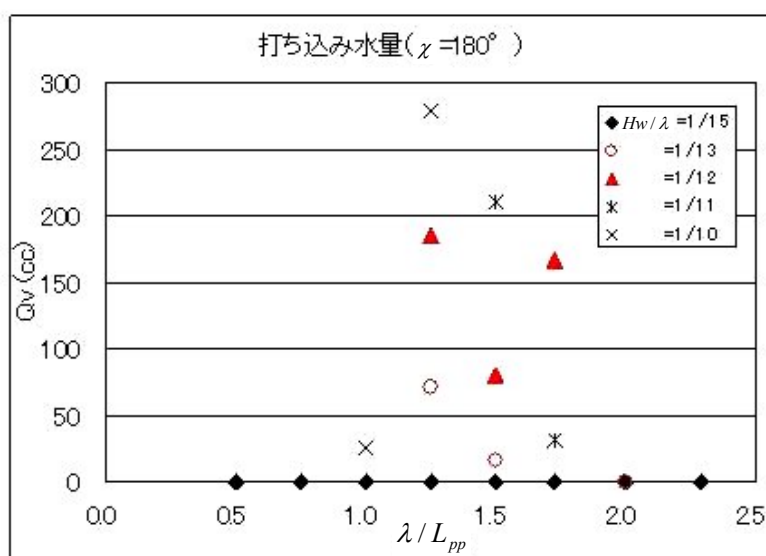
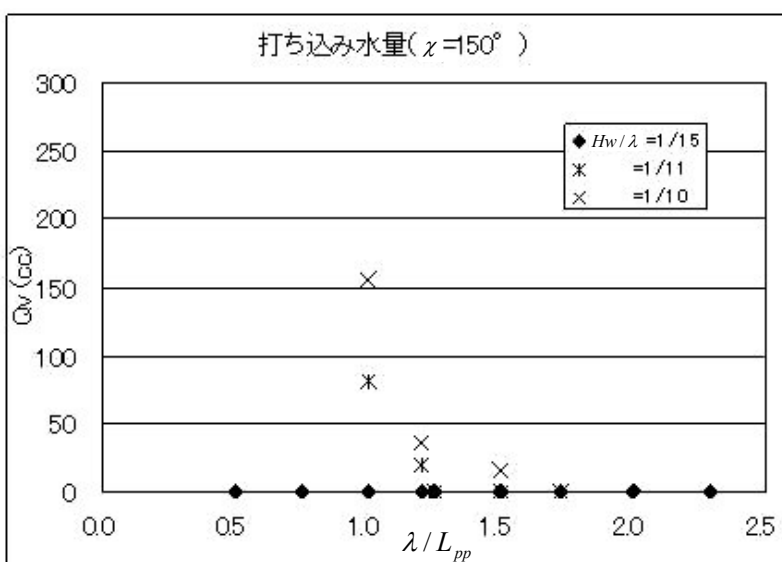
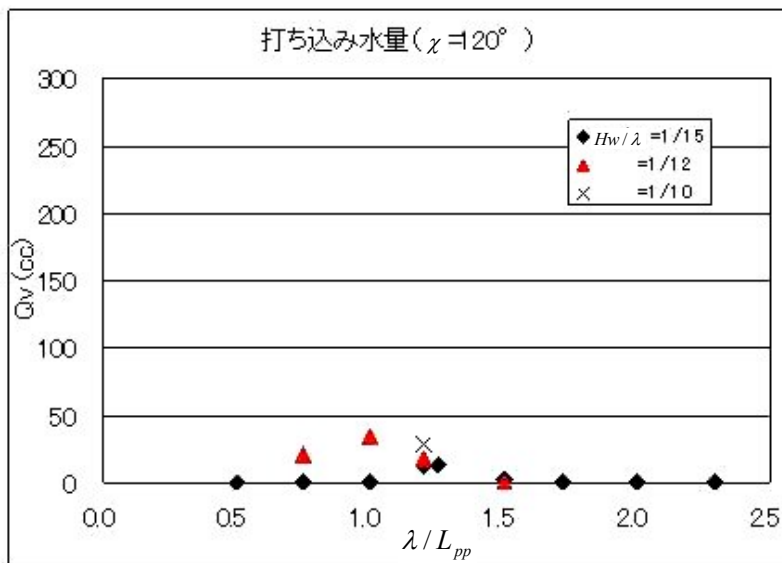
打ち込み滞留水量は、打ち込み水量のほか、船外への主な流出経路である放水口の機能によって変化する。また、打ち込み滞留水が増加すると船体の平均姿勢が変化し、この平均姿勢の変化が海水打ち込み状況や放水口の機能に大きく影響を与えるほか、波浪中の船体運動によって滞留水がブルワーク上端から船外に流出する状況も発生する。そのため、打ち込み滞留水量を時系列的に正確に推定することは非常に困難であると考えられる。本実験では、放水口が完全に閉塞した状態で、海水打ち込みが発生する初期の段階の船体姿勢が大きく変化しない範囲において、上甲板への海水打ち込み回数と滞留水量を計測し、およその打ち込み滞留水量を推定するため、海水打ち込み 1

回当たりの滞留水量を基礎データとして整理した。

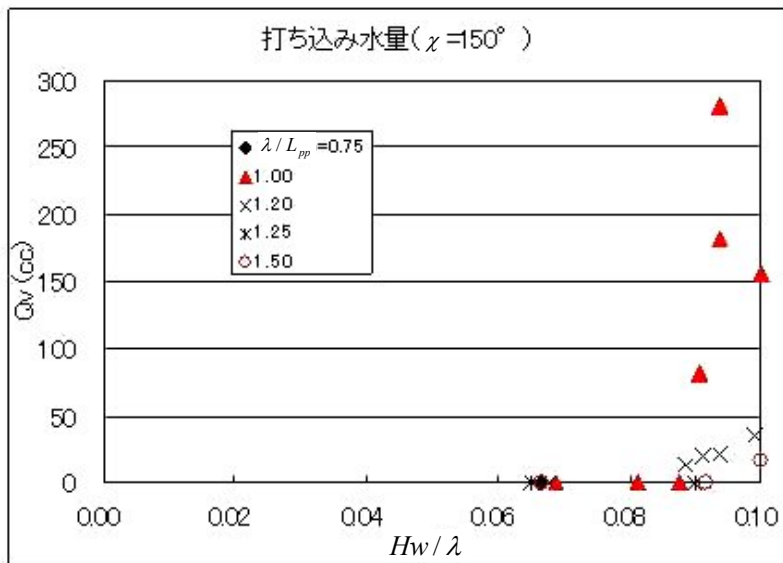
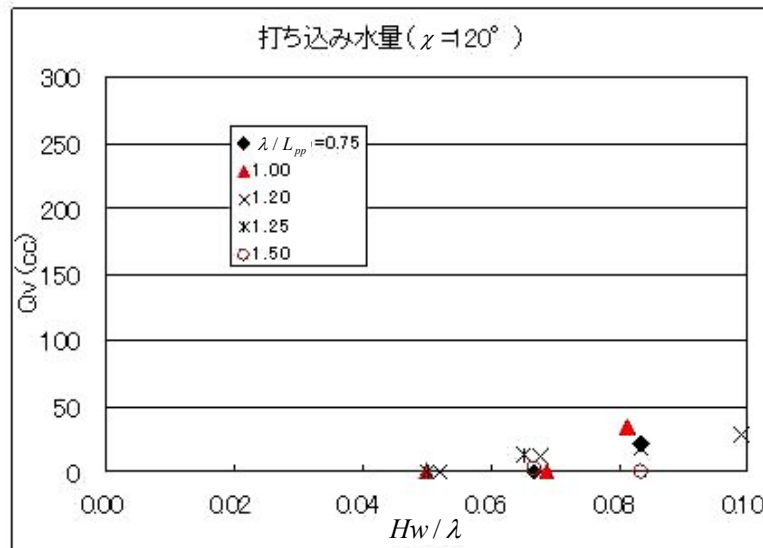
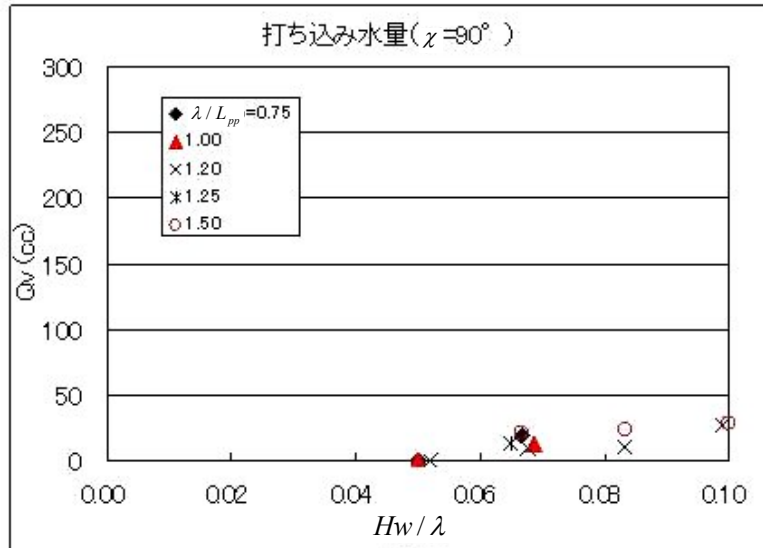
別図 3-2 及び 3-3 に海水打ち込み 1 回当たりの滞留水量 Q_v の計測結果を出会角 χ ごとに示す。別図 3-2 は横軸に波長船長比 λ/L_{pp} をとって、波岨度 H_w/λ をパラメーターとして計測値を示しており、別図 3-3 は横軸に波岨度をとって、波長船長比をパラメーターとして計測値を示している。

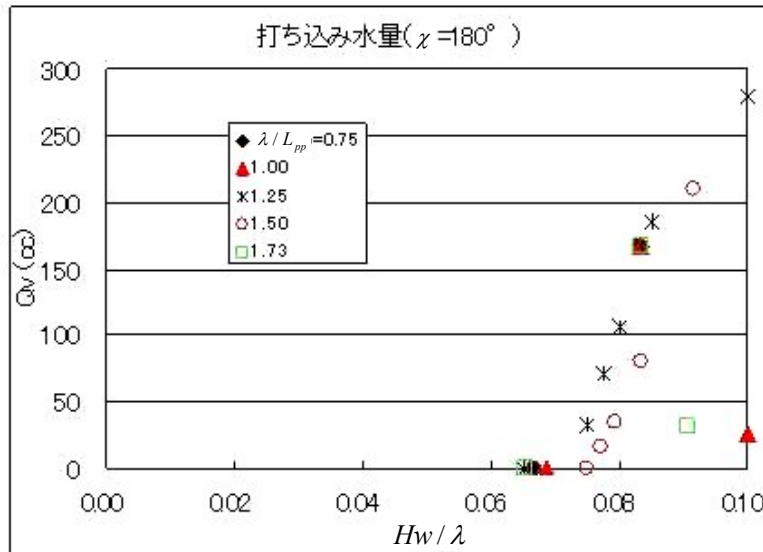
本実験で海水打ち込み 1 回当たりの滞留水量が最も多かったのは、 $\chi = 180^\circ$ （向波）で $\lambda/L_{pp} = 1.25$ 、 $H_w/\lambda = 1/10$ の条件と $\chi = 150^\circ$ （斜め向波）で $\lambda/L_{pp} = 1.00$ 、 $H_w/\lambda = 1/10.7$ の条件での計測であり、海水打ち込み 1 回当たりの滞留水量は約 280 cc となった。これを実船スケールに換算すると約 3.8 m^3 となり、海水打ち込み 1 回当たりの滞留水の重量は約 3.9 t と本事故発生時の排水量（430.7 t）の約 0.9% に相当する量であった。





別図 3-2 海水打ち込み 1 回当たりの滞留水量 (その 1)





別図 3-3 海水打ち込み 1 回当たりの滞留水量 (その 2)

a 出会う角の影響

別図 3-2 及び 3-3 から、出会う角が大きくなるほど（向波状態に近づくほど）、海水打ち込み 1 回当たりの滞留水量が増加する傾向があることが分かる。

なお、実験中に観察したところ、向波状態（ $\chi=180^\circ$ ）や向波に近い斜め波状態（ $\chi=150^\circ$ ）では、船首が波をすくい込むような様態で海水打ち込みが発生するのに対し、横波状態（ $\chi=90^\circ$ ）や横波に近い斜め波状態（ $\chi=120^\circ$ ）では、舷側に当たった入射波がブルワークに沿って上昇し、それが甲板上に落下するような様態で海水打ち込みが発生していた。このような海水打ち込みの様態の違いが、海水打ち込み 1 回当たりの滞留水量に影響を及ぼしていると考えられる。

b 波高及び波長の影響

別図 3-2 から、横波や横波に近い状態（ $\chi=90^\circ$ 、 120° ）に比べて、向波や向波に近い状態では（ $\chi=180^\circ$ 、 150° ）では、波長（波周期）によって 1 回当たりの滞留水量が変化する度合いが大きいことが分かる。例えば、別図 3-2 で×印で示した $\chi=180^\circ$ で $H_w/\lambda=1/10$ の場合、1 回当たりの滞留水量は、 $\lambda/L_{pp}=1.00$ の場合は約 30 cc であるのに対し、 $\lambda/L_{pp}=1.25$ の場合は約 280 cc と約 9.3 倍になり、波高の違い（ $\lambda/L_{pp}=1.00$ の場合 $H_w=0.16$ m、 $\lambda/L_{pp}=1.25$ の場合 $H_w=0.20$ m）を考慮しても、波長による滞留水量の変化は非常に大きいと考えられる。

また、別図3-3の4段目の図で*印と○印で示した、 $\chi = 180^\circ$ で $\lambda/L_{pp} = 1.25$ 及び 1.50 の場合や3段目の図で▲印で示した $\chi = 150^\circ$ で $\lambda/L_{pp} = 1.00$ の場合には、波高によって1回当たりの滞留水量が急変することが分かる。

このように向波や向波に近い状態で、波長（波周期）や波高によって1回当たりの滞留水量が急変するのは、船首が波をすくい込むような様態で海水打ち込みが発生するためであると考えられ、出会角が向波に近い状態になることが多いパラ泊中では、波浪状況の変化によって海水打ち込みに伴う危険性が急増する場合があると考えられる。

別添 4 甲板上滞留水による定常傾斜時の転覆方向の推定概要

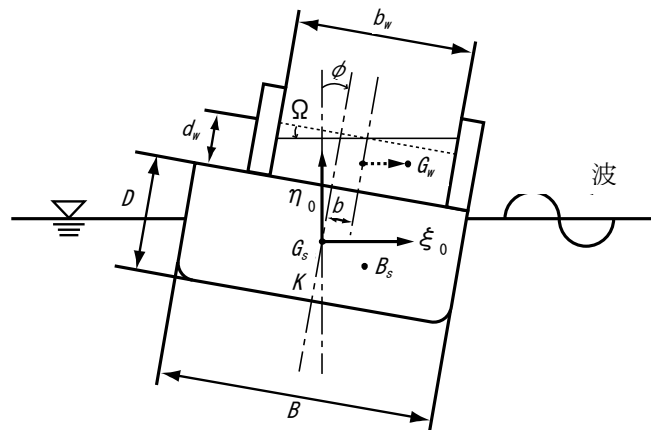
(1) 甲板上滞留水による定常傾斜時の転覆方向の推定

一般的に甲板上の滞留水は、横揺運動と位相差を持って運動することで、船体に対して減衰モーメントや復原モーメントとして作用する。甲板上構造物の左右非対称性のため甲板に滞留した水により横傾斜が発生した状態で、滞留水の運動と船体の横揺運動を考慮し、滞留水の量、波周期及び波呷度を様々に変化させて船体横揺運動シミュレーション計算を行い、滞留水が存在する状態における転覆方向を推定した。

(2) 滞留水の運動と船体横揺との連成運動計算

基線からの高さ D の上甲板上に、直立時に幅 b_w 、深さ d_w の滞留水が、その中心が船体中心線から b だけ舷側に片寄った状態で存在し、その船体が波浪中で横揺する状況を考える（別図 4-1 参照）。この場合、船体は、滞留水の中心の片寄りにより定常傾斜するとともに、滞留水の運動と船体運動が連成する。

本検討では、船体運動による滞留水の流出入はなく、また、滞留水は自由表面を平らに保ったまま甲板上を緩やかに変位し、その重心位置は船幅方向にのみ 2 次元的に移動するとして滞留水の運動と船体横揺運動の連成運動を計算した。



別図 4-1 運動モデルと座標系

シミュレーション計算に用いた滞留水の運動と船体横揺との連成運動方程式は（別 4.1）式^[1]である。（別 4.1）式は、甲板上滞留水の運動モデルとして 2 次元モデル^{[2], [3]}を適用して、別図 4-1 に示す座標系（ $G_s - \xi_0 \eta_0$ 、 G_s ：船体の重心）において船体（質量 M ）及び滞留水（質量 m 、重心位置（ ξ_{G_w}, η_{G_w} ））の運動エネルギー、位置エネルギー及び散逸エネルギーを表現し、それらを Lagrange の運動方程式に代入して導出されたものである^[4]。

[1]～[4]は、巻末の参考文献を示す。

$$\left. \begin{aligned} I\ddot{\phi} + B_s\dot{\phi} + WGZ(\phi) + mg \frac{\partial \eta_{Gw}(\phi, \Omega)}{\partial \phi} + mC_2\ddot{\Omega} &= Q \\ mC_3\ddot{\Omega} + B_w\dot{\Omega} + mg \frac{\partial \eta_{Gw}(\phi, \Omega)}{\partial \Omega} + mC_2\ddot{\phi} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (\text{別 4. 1})$$

ここで、 ϕ は船の横揺れ角、 Ω は上甲板に対する滞留水面の傾斜角、 I は滞留水の影響を考慮した横揺慣性モーメント（別4.2式）、 B_s 、 B_w は船体及び滞留水の減衰係数、 W は滞留水を含んだ船の排水量、 $GZ(\phi)$ は復原てこ、 Q は波による強制横揺れモーメント、 g は重力加速度を表す。

$$I = Mk^2 + mC_1 \quad (\text{別 4. 2})$$

ここで k は船体の横揺慣動（慣性）半径を表し、 C_1 は（別4.3）式に示す係数である。

また、 C_n （ $n=1 \sim 3$ ）は滞留水の運動エネルギー K_w を（別4.3）式のように整理した時の係数である。

$$\begin{aligned} K_w &= \frac{1}{2} m (\dot{\xi}_{Gw}^2 + \dot{\eta}_{Gw}^2) \\ &= \frac{1}{2} m (C_1 \dot{\phi}^2 + 2C_2 \dot{\phi} \dot{\Omega} + C_3 \dot{\Omega}^2) \end{aligned} \quad (\text{別 4. 3})$$

なお、滞留水の重心位置（ ξ_{Gw} 、 η_{Gw} ）は、船の横揺れ角 ϕ 、滞留水面の傾斜角 Ω の関数となるが、①滞留水が甲板上の全幅（ b_w ）にわたって存在する場合（横断面形状：台形）と②滞留水が片側に片寄っている場合（横断面形状：三角形）によって表現式が異なる（（別4.4）式、（別4.5）式）。

①滞留水が甲板上の全幅にわたって存在する場合： $|\Omega| < \Omega^*$

$$\left. \begin{aligned} \xi_{Gw} &= BM_w \left(\cos \phi + \frac{1}{2} \tan \Omega \sin \phi \right) \tan \Omega + \left(D + \frac{d_w}{2} - KG_s \right) \sin \phi + b \cos \phi \\ \eta_{Gw} &= BM_w \left(-\sin \phi + \frac{1}{2} \tan \Omega \cos \phi \right) \tan \Omega + \left(D + \frac{d_w}{2} - KG_s \right) \cos \phi - b \sin \phi \end{aligned} \right\} \quad (\text{別 4. 4})$$

②滞留水が片寄っている場合： $|\Omega| > \Omega^*$

$$\left. \begin{aligned} \xi_{Gw} &= \text{sgn}(\Omega) \frac{b_w}{2} \cos \phi + (D - KG_s) \sin \phi + b \cos \phi - \text{sgn}(\Omega) \frac{2}{3} \sqrt{b_w d_w} \frac{\cos(\phi + \Omega)}{\sqrt{\sin 2|\Omega|}} \\ \eta_{Gw} &= -\text{sgn}(\Omega) \frac{b_w}{2} \sin \phi + (D - KG_s) \cos \phi - b \sin \phi - \text{sgn}(\Omega) \frac{2}{3} \sqrt{b_w d_w} \frac{\sin(\phi + \Omega)}{\sqrt{\sin 2|\Omega|}} \end{aligned} \right\} \quad (\text{別 4. 5})$$

ここで、 $\tan \Omega^* = 2d_w/b_w$ 、 $BM_w = b_w^2/12d_w$ である。また、（別4.4）式、（別4.5）式で下線を引いた項は滞留水の偏りを示す。

船体の減衰係数 B_s は横揺固有周波数 ω_{sn} を用いて（別4.6）式のように表現し、

一方、滞留水の減衰係数 B_w は、(別 4. 7) 式のように表現する^[1]。

$$\left. \begin{aligned} B_s &= B_{s1} + B_{s2} |\dot{\phi}| \\ &= \frac{2}{\pi} \frac{C_s}{\omega_{sn}} a_s + \frac{3}{4} \frac{C_s}{\omega_{sn}^2} b_s |\dot{\phi}| \\ C_s &= WGM \end{aligned} \right\} \quad (\text{別 4. 6})$$

ここで、 GM はメタセンタ高さである。

$$\left. \begin{aligned} B_w &= B_{w1} + B_{w2} |\dot{\Omega}| \\ &= \frac{2}{\pi} \frac{C_w}{\omega_{wn}} a_w + \frac{3}{4} \frac{C_w}{\omega_{wn}^2} b_w |\dot{\Omega}| \\ C_w &= mg \frac{\partial}{\partial \Omega} \left(\frac{\partial \eta_{Gw}}{\partial \Omega} \Big|_{\phi=\Omega} \right) \\ \omega_{wn} &= \frac{\pi}{b_w} \sqrt{gd_w} \end{aligned} \right\} \quad (\text{別 4. 7})$$

ここで、係数 a_w 、 b_w は滞留水の減衰係数である。

また、波による強制横揺モーメント Q は有効波傾斜係数 γ を用いた (別 4. 8) 式で表現する。(別 4. 8) 式は横波状態における通常の変位式に $\sin \chi$ (χ : 出会角) を乗じて斜め波状態に拡張したものである。

$$Q = WGM \gamma \Theta_w \sin \chi \sin \omega t \quad (\text{別 4. 8})$$

ここで、 Θ_w は最大波傾斜、 ω は波周波数を表す。

(3) 甲板上滞留水による定常傾斜時の転覆方向

① 滞留水量の設定

甲板上滞留水は、多くの場合、減揺効果を発揮するとされているが、強制力となる波の周期が滞留水の固有周期の $1/2$ よりわずかに短い場合には横揺が助長される場合があることが報告されている^[4]。今回は、甲板上滞留水による傾斜時の転覆方向を定性的に求めることを目的としたので、予め滞留水の甲板上深さ (d_w) をパラメーターとして滞留水の重量 (w) 及び固有周期 (T_{fw})、船の横揺固有周期 T_R 等を計算し、現実的と考えられる範囲の滞留水量、波高及び波周期で転覆が発生すると推定されるような滞留水深を設定することとした。計算では、滞留水は、船体が直立した状態で甲板室を除いた上甲板上に同じ深さだけ滞留するとし、さらに、その滞留水が上甲板の長さ方向に均一に分布するとして滞留水を等価な水槽 (長さ Le 、幅 Be) を甲板上に想定し、水量が実際の滞留水量に等しくなるように水深 de を求めた。計算結果を別表 4-1 に示す。表中、 b は等価水槽の船体中心線からのずれを示す。滞留水の甲板上深さ d_w が 0.100 m の場合 (ケース 2)、滞留水の固有周期 T_{fw} の $1/2$ と船の横揺固有周期 T_R が比較的近いいため、同調横揺となる波

周期で横揺が助長される場合があると考えられる。

別表 4-1 設定した甲板上滞留水

Case	dw (m)	w (t)	T_R (s)	T_{fw} (s)	de (m)	be (m)	Le (m)	b (m)
1	0.050	4.33	5.22	15.96	0.050	5.586	15.12	0.346
2	0.100	8.66	5.25	11.28	0.100	5.586	15.12	0.346
3	0.200	18.09	5.31	8.22	0.206	5.837	14.70	0.332
4	0.300	29.06	5.38	6.99	0.318	6.170	14.46	0.310

本計算は、標準状態の船体に、別表 4-1 に示した滞留水が存在する状態に対して行った。

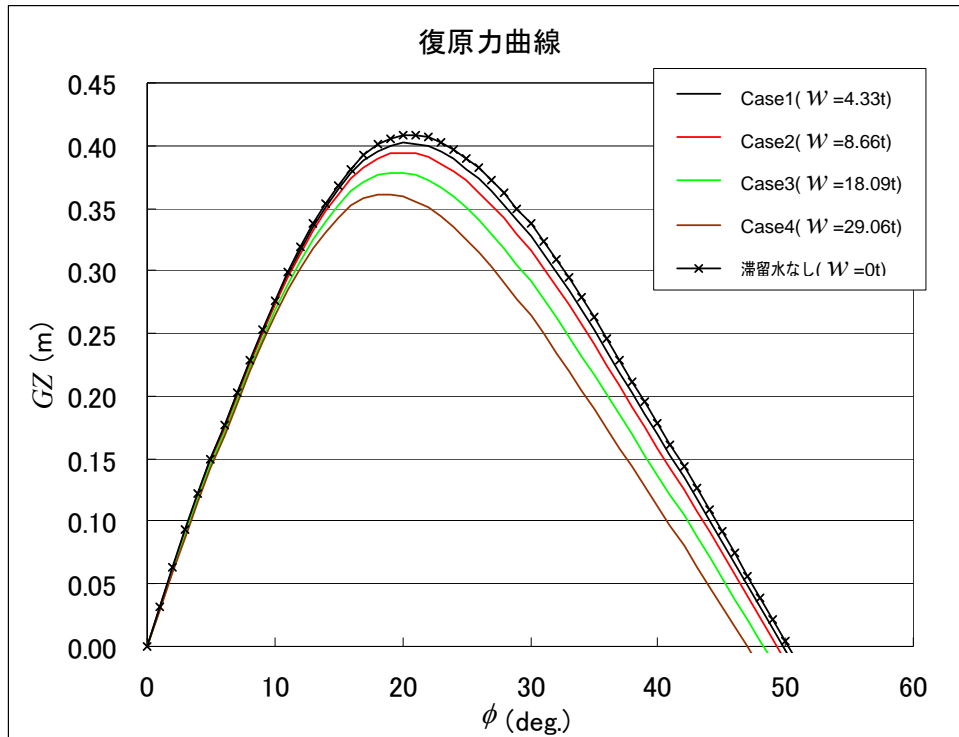
別表 4-2 に計算を行った各ケースの船体状態（排水量 W 、重心高さ KG 、平均喫水 dm 、メタセンタ高さ GM 、復原力消失角 ϕ_v 、復原力の最大値が生じる傾斜角 ϕ_{max} ）を、別図 4-2 に復原力曲線を示す。メタセンタ高さ等は滞留水の自由表面影響を無視した値である。また、計算に使用した船体の横揺減衰係数（ a_s 、 b_s ）と滞留水の減衰係数（ a_w 、 b_w ）を別表 4-3 に示す。船体の横揺減衰係数は、別添 2 の模型実験時に実施した滞留水がない状態での自由横揺試験における計測値であり、一方、滞留水の減衰係数は、文献[1]の計測値を援用し、滞留水の水深に応じて変化させた。なお、今回計算した状態では、滞留水の甲板上深さ dw が 0.100 m の場合（ケース 2）、平水中で滞留水により右舷側に約 0.4° 傾斜した状態で釣り合う。

別表 4-2 各ケースの船体状態

Case	W (t)	KG (m)	dm (m)	GM (m)	ϕ_{max} (deg.)	ϕ_v (deg.)
1	434.60	3.165	2.694	1.793	20.0	49.83
2	438.91	3.168	2.715	1.774	20.0	49.36
3	448.40	3.175	2.760	1.733	19.0	48.30
4	459.31	3.185	2.808	1.688	19.0	46.97

別表 4-3 使用した減衰係数

Case	a_s	b_s	a_w	b_w
1	0.093	0.0243	0.518	0.305
2			0.523	0.300
3			0.533	0.293
4			0.541	0.287

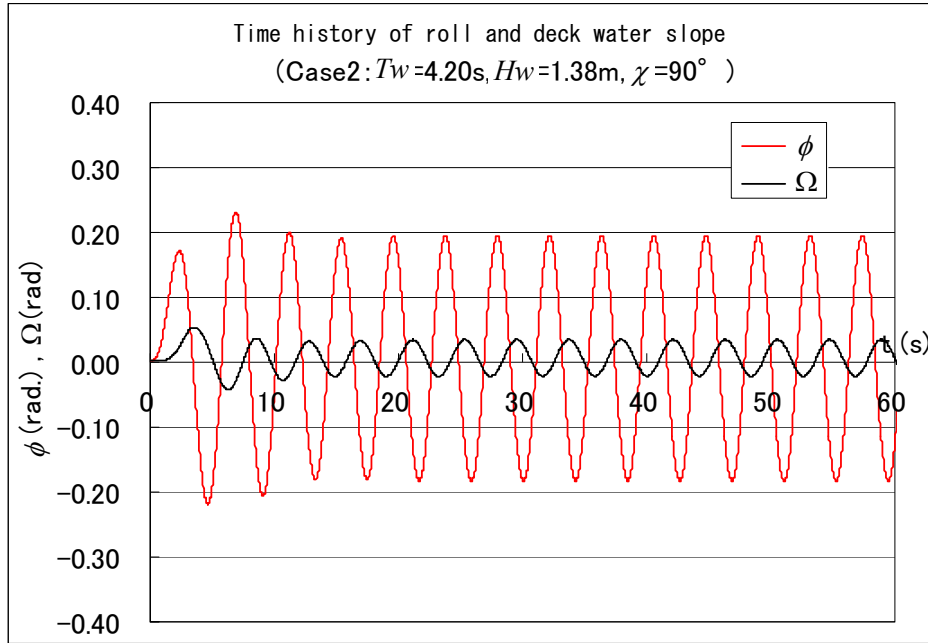


別図 4-2 計算状態の復原力曲線

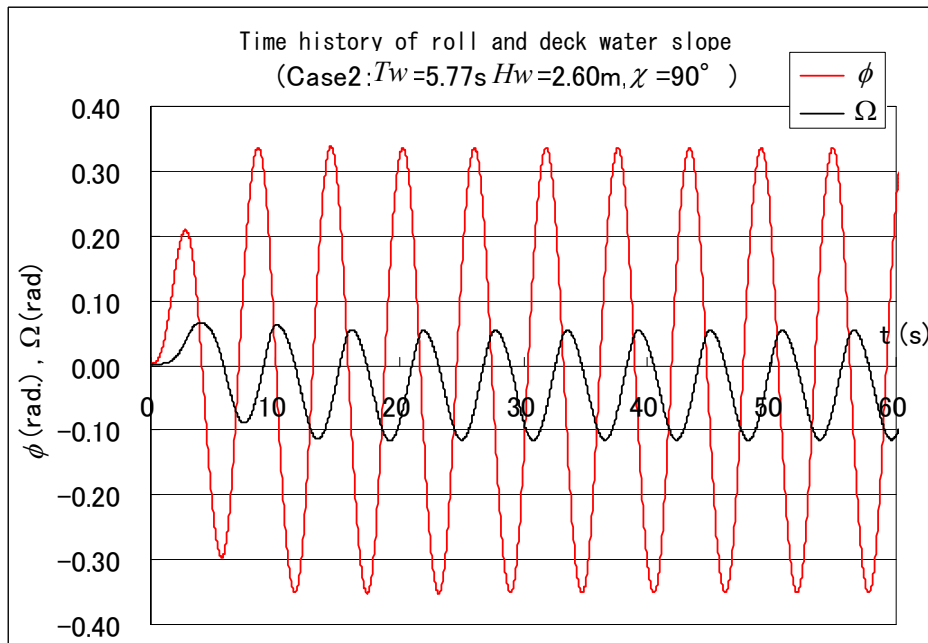
② 計算結果

a 計算例

別図 4-3 及び 4-4 に、滞留水の甲板上深さ d_w が 0.100m の状態（ケース 2）の横揺れ角 ϕ （赤線）と上甲板に対する滞留水面の傾斜角 Ω （黒線）の時系列計算結果を示す。別図 4-3 が、波周期 $T_w=4.20s$ 、波高 $H_w=1.38m$ での計算結果であり、別図 4-4 が $T_w=5.77s$ 、 $H_w=2.60m$ での計算結果である。角度の極性は別図 4-1 に示した座標系のとおりであり、正の横揺れ角は右舷側への傾斜を示す。いずれの計算においても出会角（ χ ）は 90° （横波）としており、波岨度（波高波長比： H_w/λ ）は $1/20$ となっている。



別図 4-3 計算例 (Case2 : $T_w=4.20s, H_w=1.38m, \chi=90^\circ$)

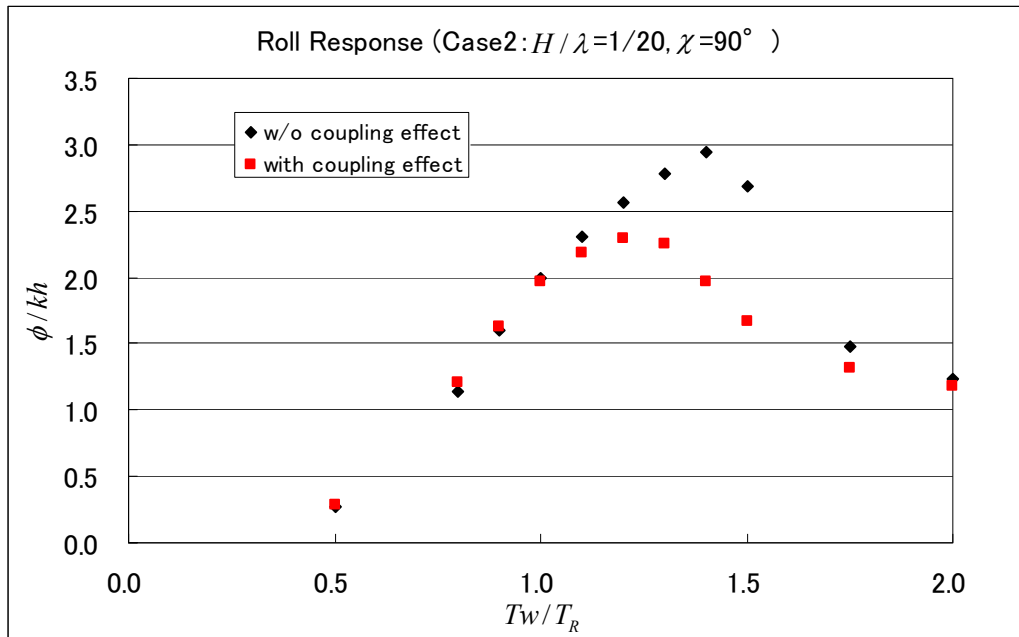


別図 4-4 計算例 (Case2 : $T_w=5.77s, H_w=2.60m, \chi=90^\circ$)

別図4-3及び4-4から、次のa)～c)が分かる。

- a) 上甲板に対する滞留水面の傾斜角の振幅は、横揺れ角の振幅の $1/4 \sim 1/5$ 程度となっていること
- b) 滞留水の固有周期 T_{fw} の $1/2$ (5.64秒)より若干長い、波周期 $T_w=5.77$ 秒の場合(別図4-4)には滞留水面の傾斜角と横揺れ角との位相差はほぼ $\pi/2$ となっているのに対し、 $T_w=4.20$ 秒の場合(別図4-3)の滞留水面の傾斜角と横揺れ角との位相差は $\pi/2$ から外れていること
- c) 波周期 $T_w=5.77$ 秒の場合(別図4-4)には、船体との連成運動に伴い滞留水の平均傾斜角が平水中とは逆に負の値となっていること、すなわち滞留水が反体舷(左舷)側に寄っているが、滞留水量(8.66t)は船の排水量(438.91t)の2%程度であり、横揺の平均のずれは比較的小さいこと

b 滞留水の運動の影響



別図4-5 横揺振幅(滞留水の連成影響)

滞留水の甲板上深さ dw が0.100mの状態(ケース2)について、波岨度(Hw/λ)を $1/20$ 一定とし、波周期 T_w を変化させて計算を行った結果を別図4-5に示す。横軸は波周期を船の横揺固有周期で無次元化した値(T_w/T_R)を、縦軸は定常状態の横揺振幅 ϕ を波傾斜(kh : k は波数、 h は波振幅)で無次元化した値をとっている。■印は滞留水の運動と横揺運動が連成する場合の横揺振幅、◆印は滞留水が移動しないとして連成影響を無視した場合の横揺振幅の計算結果である。

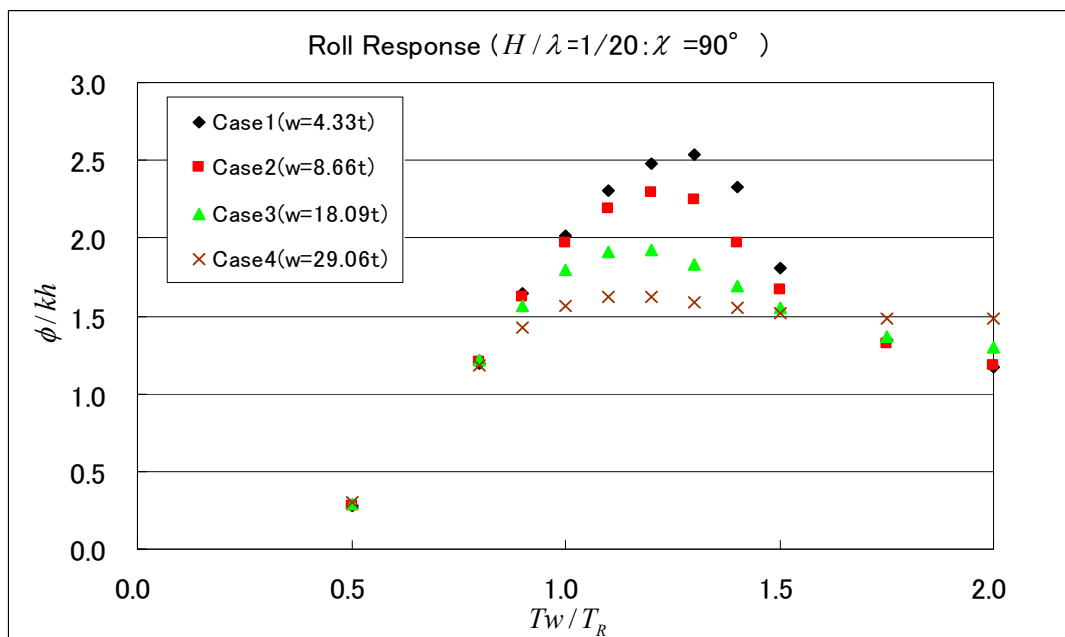
別図4-5から波周期が横揺固有周期との比(T_w/T_R)で1.1から1.75

にかけて、滞留水の運動と横揺運動が連成する場合の横揺振幅（■印）は、滞留水が移動しないとして連成影響を無視した場合の横揺振幅（◆印）より小さく、滞留水の運動が減揺効果（別図4-4）を示していることが分かる。一方、波周期が横揺固有周期より短い範囲（ $T_w/T_R < 1$ ）で、滞留水の連成影響で若干横揺振幅が大きくなっていることが分かる。これは、上述した波周期が滞留水の固有周期（11.28秒）の1/2より僅かに短い状態で横揺が助長される場合があることに対応する計算結果（別図4-3）であると考えられる。

c 滞留水量の影響

本計算において設定した滞留水の全ケースについて、波咀度（ Hw/λ ）を1/20一定とし、波周期 T_w を変化させて計算を行った結果を別図4-6に示す。別図4-5と同様に、横軸は波周期を船の横揺固有周期で無次元化した値（ T_w/T_R ）を、縦軸は定常状態の横揺振幅 ϕ を波傾斜（ kh ）で無次元化した値をとっている。

別図4-6から、滞留水量の増加に伴い、波周期と横揺固有周期の比 T_w/T_R が0.9~1.5の範囲で横揺振幅が小さくなることが分かる。これは、滞留水の運動が減揺効果を示す場合、その重量が大きくなると減衰モーメントが大きくなるためであると考えられる。また、滞留水量の増加に伴い、応答がピークとなる波周期と横揺固有周期比が小さくなっている。



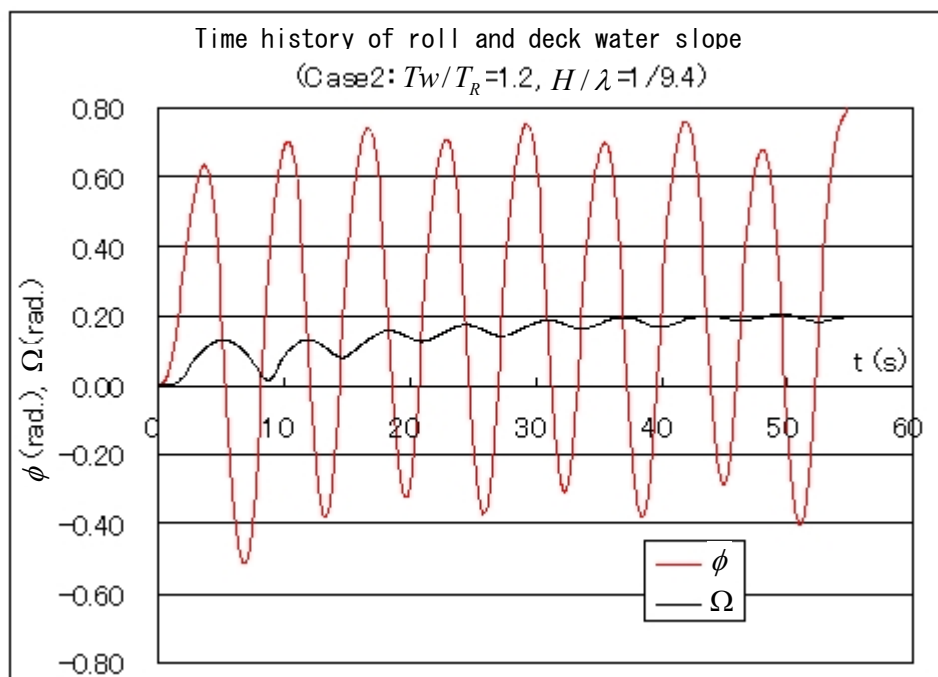
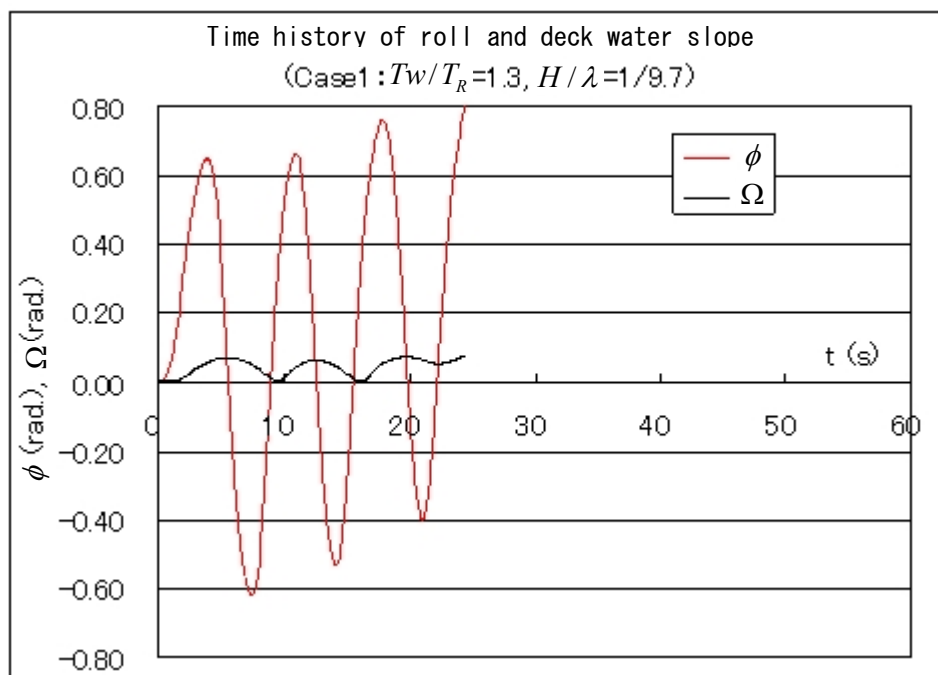
別図4-6 横揺振幅（滞留水量の影響）

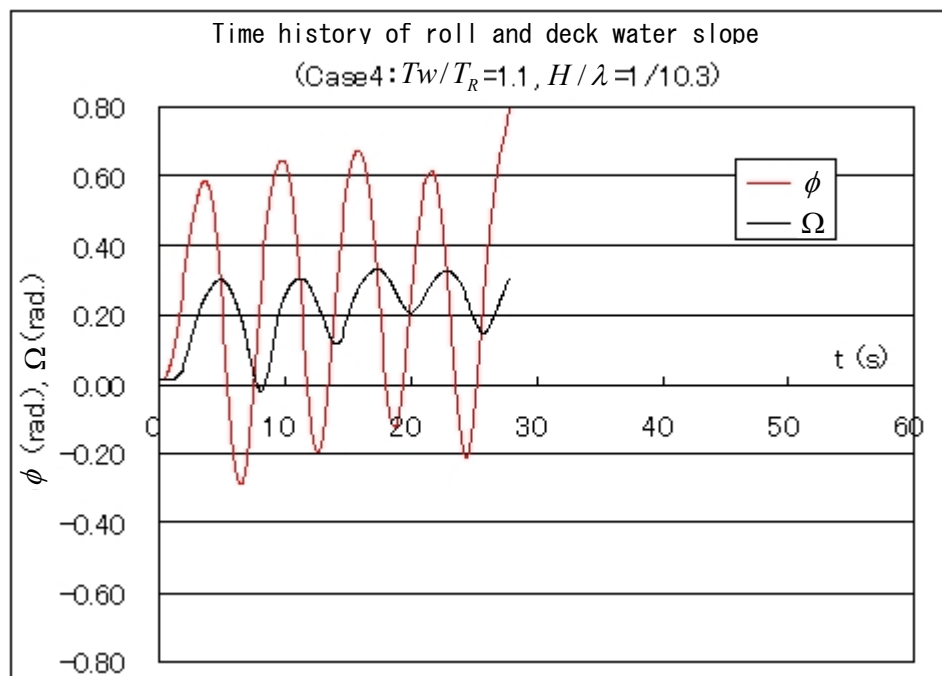
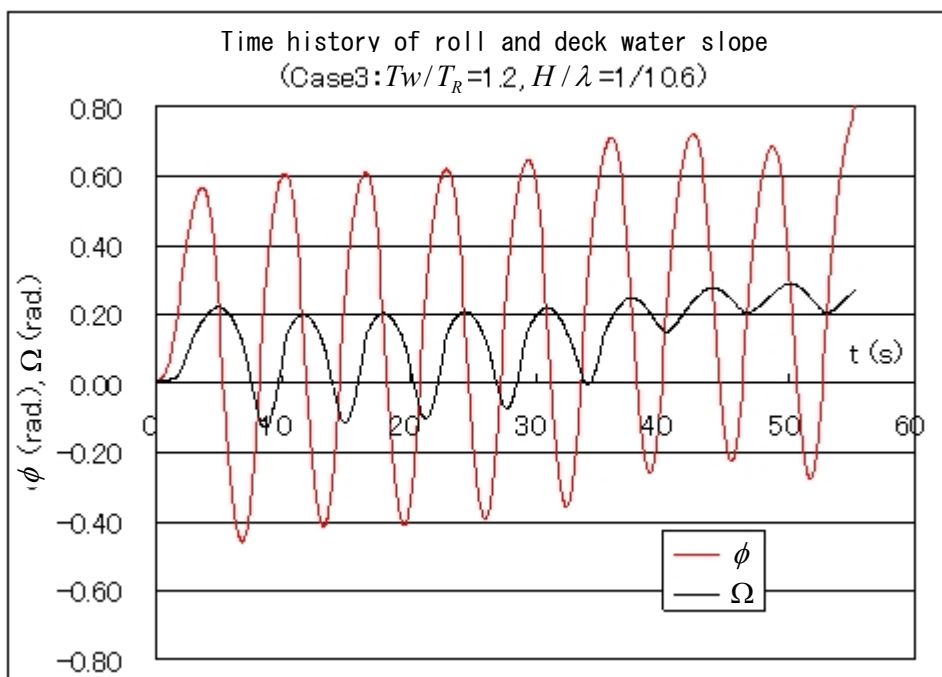
d 転覆方向

本計算において設定した滞留水の全ケースについて、別図4-6に示した波咀度が1/20の場合に横揺応答がピークとなる波周期で、波咀度（波高）を変化させて転覆する状況を計算した（別図4-7）。それぞれ赤線が横揺れ

角 ϕ 、黒線が滞留水面の傾斜角 Ω の時系列計算結果を示す。

滞留水の設定により転覆が発生するまでの時間や転覆が発生する波呷度は異なるが、いずれの場合も、横揺との連成運動に伴い滞留水が右舷側に片寄ることで、横揺の中心が右舷側にずれ、左舷側への横揺れ角に比べて右舷側への横揺れ角が大きくなり、右舷側（波上側）へ転覆することが分かる。





別図 4-7 転覆方向の計算例 (Case1, Case2, Case3, Case4 ; $\chi=90^\circ$)

参考文献

- [1] 藤原敏文他：船体滞留水を考慮した船体横揺れ運動に関する一検討、関西造船協会論文集第237号、2002年
- [2] 石田茂資他：波浪中におけるR0-R0客船の甲板上浸水と損傷時復原性に関する研究、日本造船学会論文集第179号、1996年
- [3] S.Murashige et al.:Nonlinear Roll Motion of a Flooded Ship in Regular Waves, Journal of The Society of Naval Architects of Japan, Vol.182, The Society of Naval Architects of Japan, 1997
- [4] 上野公彦他：甲板上に自由水が存在する小型漁船の横揺れの特徴、日本航海学会論文集第95号、1996年

別添5 打ち込み滞留水が復原性能に及ぼす影響の検討

(1) 計算の概要

本事故発生時の積載状態及び甲板上に滞留水が発生した場合の重量重心及び復原力の計算並びに復原性基準との比較及び評価を行い、滞留水の自由表面影響を考慮したC係数^{*43}の計算及び転覆に至らせる滞留水量を推定した。

(2) 計算の条件等

積載状態は不明であるが、本船は、平成20年6月4日に出航し、3週間前後で帰航する予定であったことから、本事故発生当時は漁期の終盤であり、建造時に検討された漁場発状態に近い状態であると想定して重量が既知の積載物等について、修正した。

打ち込み滞留水発生前の重量重心計算

	W (t)	mid- G (m)	$W \times \text{mid-}G$ (t·m)	KG (m)	$W \times KG$ (t·m)
軽荷状態	362.26	2.08	753.50	3.22	1166.48
乗組員及び所持品	3.00	4.38	13.14	2.62	7.86
食料品	0.23	13.62	3.13	3.44	0.79
清水	1.35	-19.49	-26.31	1.20	1.62
雑用清水	0.70	-19.09	-13.36	3.85	2.70
燃料油	14.75	-6.65	-98.09	0.77	9.29
L. O. T.	2.15	-2.23	-4.79	0.40	0.86
L. O. S. T.	2.34	-0.35	0.82	0.34	0.80
小出油	1.80	-0.85	-1.53	4.01	7.22
油圧作動油	3.50	-2.04	-7.14	0.76	2.66
予備油圧作動油	1.04	-3.58	-3.72	0.43	0.45
漁具	37.08	10.53	390.45	4.29	159.07
食料品	0.50	-16.50	-8.25	4.00	2.00
W. B. T.	0.00				
環巻荷重	0.00				
合計	430.70	2.32	997.85	3.16	1361.80

W : 重量、mid- G : 船体中央と重心との水平距離、 KG : 船底と重心との垂直距離

- ① 乗組員 : 20人 (前部船員室7人、後部船員室12人、通信室1人)
(漁場発状態では25人、計3.75t)
- ② 漁網 : 31.08t (製網メーカー提出資料)
(漁場発状態では23.0t)

^{*43} 「C係数」とは、船を傾斜させる風、波等の外力による仕事bと船の動復原力aの比(a/b)を表す係数をいい、C係数が1未満の場合、船は転覆する。

- ③ 燃料：14.75 t（No.1 燃料タンク及びNo.2 燃料タンク（右）に満載
（漁場発状態では 11.99 t）

なお、所持品を含む乗組員一人当たりの重量に関しては、計算書のデータをそのまま使用した。

本事故時の滞留水発生前の船体状態と計算書に示された漁場発状態の船体状態を比較して示す。漁網重量等の違いにより、滞留水発生前の状態の方が、排水量 W が約 10 t 重くなるとともに、重心の前後位置 $mid-G$ も船尾側へ 0.19 m ずれている。一方、重心高さ KG は変化しない。

打ち込み滞留水発生前と漁場発状態の船体状態

	W	$mid-G$	KG	da	df	dm	Fb	GM	GG_0	G_0M
	(t)	(m)								
滞留水発生前状態	430.70	2.32	3.16	3.05	2.30	2.68	0.68	1.81	0.00	1.81
漁場発状態	420.61	2.13	3.16	2.99	2.31	2.65	0.71	1.83	0.03	1.80

da ：船尾喫水、 df ：船首喫水、 dm ：船体中央喫水、 Fb ：乾舷

(3) 計算結果

滞留水発生前の船体状態で復原力を計算した結果、メタセンタ高さ GM は 1.81 m となり、同状態での乾舷等から規定される基準値 (0.58 m) を十分満足する。

船体構造図面及び類似船調査結果から想定した打ち込み滞留水を考慮した船体状態で復原力を計算した結果、約 102 t もの滞留水を想定した状態でも、 GM は 1.28 m あり、基準値 (0.79 m) を十分満足する。また、その状態で復原力の最大値は 0.211 m あり、旅客船に対する基準を援用した場合の基準値 (0.174 m) 以上となる。

滞留水の自由表面影響を考慮した C 係数の計算を行った結果、滞留水の水位に関する本船の転覆限界は、風速 10 m/s の場合、上甲板上水位 0.71 m（作業甲板上水位 16 cm、滞留水の水量約 94 t）、風速 11 m/s の場合、上甲板上水位 0.64 m（作業甲板上水位 9 cm、滞留水の水量約 80 t）となり、 C 係数基準の想定では、それ以上の滞留水が発生する場合には船は転覆すると判定される。

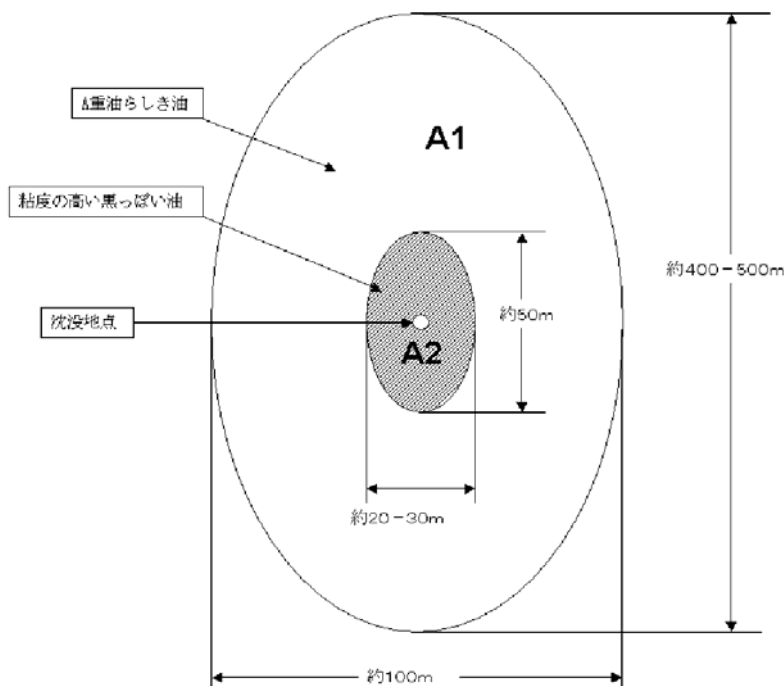
以上のように、大量の滞留水が発生する状況は、調査結果から可能性が小さいこと、 C 係数の計算においては、波及び風を船体の正横に受ける仮定であるとともに、船体運動と波や滞留水の運動の影響が考慮されていないことから、上記計算結果は、本船の復原性能を評価する上での参考値として取り扱う。

別添6 流出油量の推定結果

(1) 浮遊油の拡散範囲

僚船乗組員の口述から、本事故発生直後の浮遊油の拡散範囲を、次のとおりとした。

- ① A重油：本船の沈没場所を中心とする長径約400～500m、短径約100mの楕円形
- ② 粘度の高い黒っぽい油：本船の沈没場所を中心とする長径約50m、短径約20～30mの楕円形



前図よりA重油らしき油の拡散範囲の面積A1、粘度の高い黒っぽい油の面積A2とする。また、拡散範囲を楕円と仮定し、楕円の長軸の半径をa、短軸の半径をbとすると、楕円の面積は $\pi a b$ となる。

A2は $a = 25$ 、 $b = 12.5$ として次式で求められる

$$A2 = \pi \times 25 \times 12.5 = 980 \text{ m}^2$$

また、A1は $a = 22.5$ 、 $b = 50$ として次式で求められる。

$$A1 = \pi \times 22.5 \times 50 - A2 \doteq 34,300 \text{ (m}^2\text{)}$$

(2) 油膜厚さ及びカバー率

海洋汚染評価マニュアル^{*44}により、次のとおり浮遊油の油膜厚さ及びカバー

^{*44} 油汚染評価マニュアル：油汚染評価マニュアル（海上編）－油汚染の共通認識－、海上保安庁監修、海上災害防止センター、海上防災事業者協会発行（平成15年）

率^{*45}を推定した。

① A重油：航空写真による油の色調は、C及びDで、それぞれの油膜厚さは0.0003mm及び0.00015mmである。カバー率は、色調Cの部分を30%、色調Dを70%とした。

② 粘度の高い黒っぽい油：航空写真がなく、油膜厚さが最大となる色調Aとし、油膜厚さは0.002mm～0.01mmとした。カバー率は、色調Aの部分を100%とした。

(3) 海面に浮遊した油量の推定

流出油の油膜厚さは色調見本からA、C及びDと判断した。また、カバー率は、前図の沈没点付近の色調Aの油を100%、沈没地点周辺に存在する色調Cの油を30%、色調Dを70%とした。なお、浮遊油の推定には、粘度の高い黒っぽい油の量を推定する写真等の判断材料がないため、ある程度油膜厚さの範囲に幅をもたせて油量を推定する。

前図のA2の領域の油の色調を油膜厚さAとした場合の浮遊油量をW1、油層厚さA以上とした場合をW2として、次式のようにW1及びW2を求めた。

$$\begin{aligned} W1 &= A1 \times 30/100 \times 0.0003 \times 10^{-3} + A1 \times 70/100 \times 0.00015 \times 10^{-3} \\ &\quad + A2 \times 100/100 \times 0.002 \times 10^{-3} \\ &= (34300 \times 30/100 \times 0.0003 + 34300 \times 70/100 \times 0.00015 \\ &\quad + 980 \times 100/100 \times 0.002) \times 10^{-3} \\ &= (3.09 + 3.60 + 1.96) \times 10^{-3} \\ &= (6.69 + 1.96) \times 10^{-3} = 8.65 \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

この場合A1の領域の油量は6.69ℓ、A2領域の油量は1.96ℓである。

$$\begin{aligned} W2 &= A1 \times 30/100 \times 0.0003 \times 10^{-3} + A1 \times 70/100 \times 0.00015 \times 10^{-3} \\ &\quad + A2 \times 100/100 \times 0.01 \times 10^{-3} \\ &= (34300 \times 30/100 \times 0.0003 + 34300 \times 70/100 \times 0.00015 \\ &\quad + 980 \times 100/100 \times 0.01) \times 10^{-3} \\ &= (3.09 + 3.60 + 9.80) \times 10^{-3} \\ &= (6.69 + 9.80) \times 10^{-3} = 16.5 \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

この場合A1の領域の油量は6.69ℓ、A2領域の油量は9.80ℓである。

(4) 流出油挙動のシミュレーション計算

① シミュレーション計算等

^{*45} 「カバー率」とは、油流出現場を監視する際、現場における各種流出油の占有割合、分布状況をパーセントで表したものをいう。

HYDROMAP^{*46}で計算した潮汐流及び海流、口述等による風向南、風速10～11m/s、水温20.2℃、風の拡散への降下率3%等の条件の下、油の分散、蒸発等を考慮した流出油挙動計算ソフトウェアOILMAP^{*47}を用い、本事故における流出油挙動のシミュレーション計算を実施した。

② 計算条件

a 流出油量と油種

流出油量は、海面に浮遊した油量の推定値（粘度の高い黒っぽい油9.8ℓ、A重油6.69ℓ）に推定蒸発率（粘度の高い黒っぽい油は蒸発しない、A重油は約55%蒸発）を考慮した値25ℓとした。また、油種は、与えられたA重油の物性値に近いBRENT BLEND（密度：0.835、動粘度3.3(cSt)）とした。

b 油流出の発生日時及び計算時間

油流出の発生日時は、平成20年6月23日13時30分とし、シミュレーション計算時間は油流出後48時間までとして1時間毎に計算結果を出力した。

c 計算結果と考察

次図1に流出油の油膜厚さの時間変化を示す。油流出直後1時間で油膜厚さの変化は著しく0.0001mmとなり、その後緩やかに油が拡散し、油膜厚さは小さくなっている。また、次図2に流出油の蒸発量の変化を示す。油種がA重油で揮発性が高く、油流出後1時間で約48%が蒸発し、4～5時間後には54%程度蒸発する。さらに、2日後には約65%が蒸発する結果となった。このため、本事故発生日夕刻頃の本船から流失したA重油の蒸発率は約50%になっているとし、海面に浮遊する油量は実際の流出油量の約50%と仮定した。したがって、揮発性の高い油については、海面に浮遊する油量の約2倍を本船からの流出油量と推定した。また、粘度の高い油についての流出直後の蒸発はないものと仮定した。

^{*46} 「HYDROMAP」とは、米国ASA社が開発した潮汐流及び海流で構成される流れ場を計算するソフトウェアをいい、これまで多くの国々の外洋・沿岸域の流れ場の計算実績があり、異常潮位、風応力及び海底摩擦の影響を含む。

^{*47} 「OILMAP」とは、世界40ヶ国の行政、研究機関で使用されている流出油挙動計算ソフトウェアである。油粒子の移流をラグランジュ離散パーセル法で、拡散をランダム・ウォーク近似で計算する。運命モデルでは油の分散、蒸発、混入速度、乳化を考慮している。このソフトウェアはこれまでに2006年8月にフィリピンで起きたタンカーSolar1の海難事故による約200klの油流出や、2007年12月に韓国で起きたタンカーHebei Spiritの海難事故による約10,500tの油流出のシミュレーションを行っており、精度が検証されている。

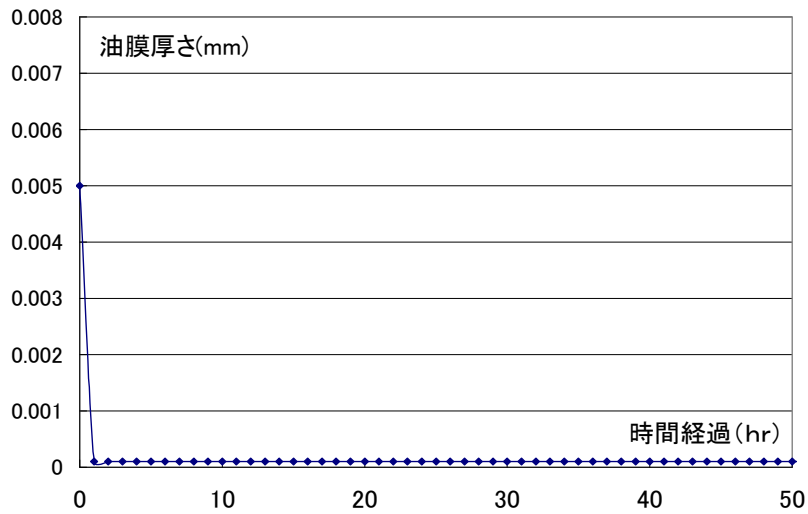


図1 油膜厚さの時間変化 (25ℓの流出油を想定)

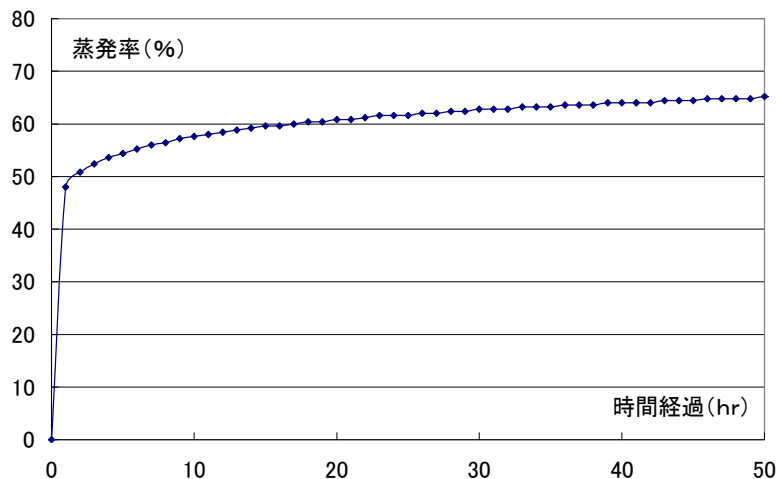


図2 蒸発量の時間変化 (25ℓの流出油を想定)

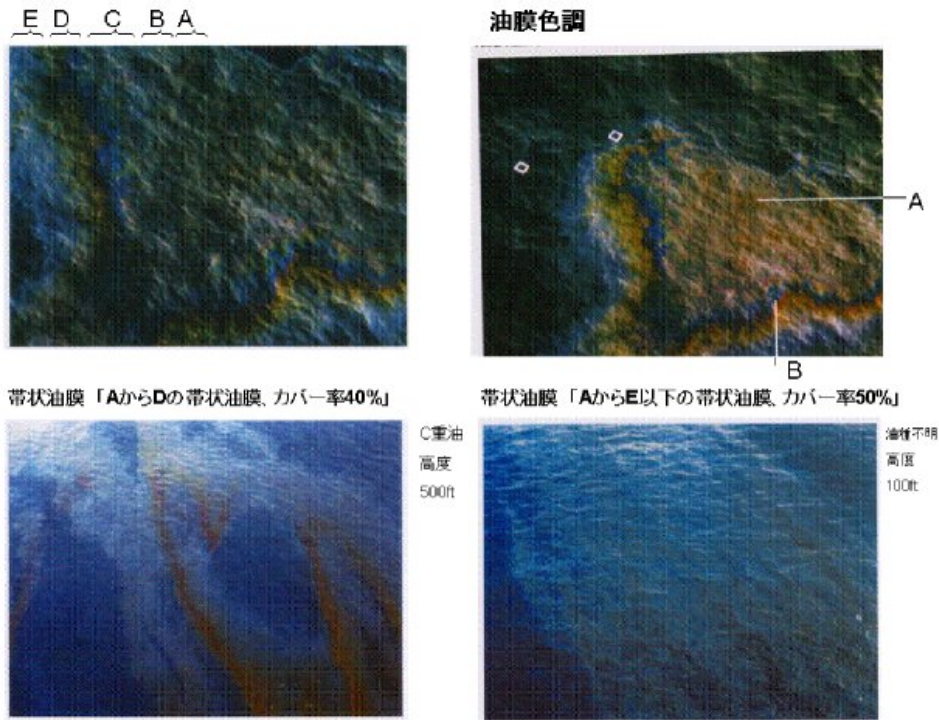
(5) 流出油量の推定

上記(3)から、A重油の浮遊油量は約6.69ℓであり、粘度の高い黒っぽい油の浮遊油量は、約1.96～9.8ℓである。上記(4)より蒸発率を約50%とすると、A重油の流出量は、浮遊油量の2倍の約13.4ℓである。粘度の高い黒っぽい油は蒸発しないとしたため浮遊油量と同じであり、粘度の高い黒っぽい油及びA重油の合計流出量は、約15～23ℓと推定される。

(付図5 燃料タンク及び空気抜き管、写真6 海面の浮遊油の状況 (平成20年6月23日夕刻)、写真7 海面の浮遊油の状況 (平成20年6月25日) 参照)

油膜の色調による油膜及び油層厚さ及びカバー率

(「油汚染評価マニュアル」より)



色調による油膜厚さ及び油層厚さの変化 (「油汚染評価マニュアル」より)

色調段階	油膜厚さ及び油層厚さ	海上における油の様子
A	0.002mm (油膜厚さ)	油膜の色が黒ずんで見える状態
B	0.001mm (油膜厚さ)	油膜が鈍褐(茶)色に見える状態
C	0.0003mm (油膜厚さ)	水面に明るい褐色の帯がはっきり見える状態 油膜面は虹色に輝いている
D	0.00015mm (油膜厚さ)	水面にほんの少し褐色に色づいて見える状態 油膜面は灰色に見える
E	0.0001mm (油膜厚さ)	水面が銀色にキラキラ光って見える状態
E以下	0.00005mm (油膜厚さ)	光線の条件が最も良いときにかろうじてキラキラ光る油膜が見える状態
A以上	0.01mm (油層厚さ)	油層面が黄色がかった茶色に見える状態
A以上	0.1mm (油層厚さ)	油層面が薄い茶色または黒色に見える状態
A以上	1.0mm (油層厚さ)	油層面が暗い褐色または黒色に見える状態
A以上	10mm (油層厚さ)	油層面は流出油と同色に見える状態

カバー率に関する参考図

