

平成25年9月6日

船舶事故等調査報告書の訂正について

標記について、下記正誤表のとおり訂正します。

記

船舶事故調査報告書（MA2013-8）（公表年月日：平成25年8月30日）

船種船名：漁船 春日丸

事故種類：転覆

発生日時：平成24年3月23日 15時15分ごろ

発生場所：鹿児島県奄美市名瀬港西北西方沖140km付近

正 誤 表		
訂正箇所	誤	正
2頁 2.1文中2行目	及び甲板員	、甲板員
2頁 2.1文中3行目	の口述	<u>のうち乗組員A及び乗組員B</u> の口述
7頁 19行目	約30年の乗船経験があり、 平成21年ごろから	<u>平成22年10月にA社へ入</u> <u>り、</u>
7頁 22行目	平成22年10月にA社へ入 り、	<u>約30年の乗船経験があり、</u> <u>平成21年ごろから</u>
7頁 35行目	乗組員Cが約30年及び乗組 員Dが約9年	乗組員Cが約 <u>9</u> 年及び乗組員 Dが約 <u>30</u> 年
57頁 6行目	西北西沖	西北西 <u>方</u> 沖

# 船舶事故調査報告書

船種 船名 漁船 春日丸  
漁船登録番号 KG2-5002  
総トン数 33.72トン

事故種類 転覆  
発生日時 平成24年3月23日 15時15分ごろ  
発生場所 鹿児島県奄美市名瀬港西北西方沖140km付近  
(概位 北緯28°48.7' 東経128°10.1')

平成25年7月18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 庄司邦昭  
委員 石川敏行  
委員 根本美奈

## 要旨

### <概要>

漁船<sup>かすが</sup>春日丸は、船長ほか5人が乗り組み、沖縄本島北西方沖の漁場に向けて航行中、平成24年3月23日15時15分ごろ船体が左傾斜し、鹿児島県奄美市名瀬港の西北西方沖約140kmの海域で転覆した。乗組員6人のうち、2人が死亡し、4人が負傷した。

なお、本船は、転覆後に沈没したものと考えられる。

### <原因>

本事故は、春日丸が、名瀬港西北西方沖において、西北西からの風及び西からの波を受けて南西進中、胴の間付近に連続して海水が打ち込み、打ち込んだ海水が上甲板上の左舷側に滞留して左舷側への傾斜が増大し、放水口が没水して滞留水が増え、滞

留した海水が機関室及び船員室に流入したため、左舷側への傾斜が更に増大して転覆したことにより発生したものと考えられる。

滞留した海水が機関室及び船員室に流入したのは、機関室内の監視及び船員室の換気のため、機関室出入口の扉及び船員室出入口の扉を開放していたことによるものと考えられる。

打ち込んだ海水が上甲板上の左舷側に滞留したのは、木甲板、木甲板の桁板、放水口の面積及び放水口周りの構造が影響して打ち込んだ海水の排水が妨げられ、風によって左舷側に傾斜していたことによるものと考えられる。

# 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	調査の委託	1
1.2.4	情報提供	1
1.2.5	原因関係者からの意見聴取	1
1.2.6	関係機関への意見照会	1
2	事実情報	2
2.1	事故の経過	2
2.1.1	出港から転覆に至る経過	2
2.1.2	転覆から救助されるまでの経過	4
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷に関する情報	5
2.3	船舶の損傷に関する情報	6
2.4	乗組員等に関する情報	6
2.5	船舶等に関する情報	8
2.5.1	船舶の主要目	8
2.5.2	本船の履歴	8
2.5.3	本船の構造	8
2.5.4	本事故発生前の積載状態	12
2.5.5	本事故発生時の船舶の状況	13
2.5.6	運航の状況	15
2.5.7	EPIRB発信時刻	16
2.5.8	復原性の状態	16
2.6	搭載艇A用のダビットの状況	17
2.7	気象及び海象に関する情報	18
2.7.1	観測値及び海上警報	18
2.7.2	気象及び海象解析値	19
2.7.3	乗組員及び十管本部による観測	20
2.8	出入口等の閉鎖、放水口、航海当直に関する法規制について	21
2.8.1	出入口等の閉鎖	21
2.8.2	放水口	21
2.8.3	航海当直	22

2.9	船舶の運航管理等に関する情報.....	24
2.9.1	運航状況.....	24
2.9.2	気象情報等の入手.....	24
2.9.3	安全管理.....	25
2.10	転覆のメカニズムに関する調査.....	25
2.10.1	調査概要.....	25
2.10.2	調査結果.....	26
2.11	過去の同種事故に関する情報.....	41
2.12	捜索、救助及び被害の軽減措置に関する情報.....	42
2.12.1	海上保安庁が遭難信号を受信してから本船発見までの経過.....	42
2.12.2	乗組員が救命いかだから落水して発見されるまでの経過.....	42
2.12.3	乗組員が発見されてから搭載艇に収容されるまでの経過.....	43
2.12.4	乗組員が搭載艇に収容されてからの経過.....	44
2.12.5	救命設備の状況.....	46
2.13	ダルマザメに関する情報.....	47
3	分析.....	48
3.1	事故発生の状況.....	48
3.1.1	事故発生に至る経過.....	48
3.1.2	転覆の状況.....	48
3.1.3	事故発生日時及び場所.....	49
3.1.4	損傷の状況.....	49
3.1.5	死傷者等の状況.....	49
3.2	事故要因の解析.....	49
3.2.1	乗組員の状況.....	49
3.2.2	船舶の状況.....	49
3.2.3	気象及び海象の状況.....	50
3.2.4	運航の状況.....	51
3.2.5	転覆に関する解析.....	51
3.2.6	本船の安全管理に関する解析.....	53
3.2.7	事故発生に関する解析.....	53
3.3	救助及び被害の軽減措置に関する解析.....	54
4	結論.....	56
4.1	分析の要約.....	56
4.2	原因.....	57
4.3	その他判明した安全に関する事項.....	57

5	再発防止策.....	58
5.1	今後必要とされる事故等防止策.....	59
付図1	転覆に至る経過と要因.....	60
付図2	事故発生場所.....	61
付図3	脱出状況.....	62
写真1	本船.....	63
写真2	漂流中の状況（平成24年3月23日夕刻）.....	63
別添1	転覆のメカニズムの推定に関する委託調査結果.....	64
別紙1	運輸安全委員会が提供した事実情報.....	106

# 1 船舶事故調査の経過

## 1.1 船舶事故の概要

漁船<sup>かすが</sup>春日丸は、船長ほか5人が乗り組み、沖縄本島北西方沖の漁場に向けて航行中、平成24年3月23日15時15分ごろ船体が左傾斜し、鹿児島県奄美市名瀬港の西北西方沖約140kmの海域で転覆した。乗組員6人のうち、2人が死亡し、4人が負傷した。

なお、本船は、転覆後に沈没したものと考えられる。

## 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24年3月23日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか2人の船舶事故調査官を指名した。

### 1.2.2 調査の実施時期

平成24年3月24日～27日、11月16日、12月10日 口述聴取

平成24年6月25日～27日 現場調査及び口述聴取

平成24年8月13日、26日、9月4日、6日、20日、10月2日、15日、31日、11月9日、19日、26日、27日、12月6日、7日 回答書受領

### 1.2.3 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春日丸の転覆のメカニズムの推定に関する調査を委託した。

### 1.2.4 情報提供

平成24年4月5日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通省海事局及び水産庁に対し、別紙1のとおり、事実情報の提供を行った。

### 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。

### 1.2.6 関係機関への意見照会

第十管区海上保安本部に対し、意見照会を行った。

## 2 事実情報

### 2.1 事故の経過

本事故が発生し、乗組員が救助されるまでの経過は、春日丸（以下「本船」という。）の船長、漁労長兼機関長（以下「漁労長」という。）及び甲板員4人（以下「乗組員A」、「乗組員B」、「乗組員C」及び「乗組員D」という。）の口述並びに第十管区海上保安本部（以下「十管本部」という。）の情報によれば、次のとおりであった。

#### 2.1.1 出港から転覆に至る経過

本船は、平成24年3月22日11時30分ごろ、船長ほか5人が乗り組み、はえ縄漁のため、沖縄本島北西方沖の漁場に向けて鹿児島県指宿市山川港を出港した。出港時の天候は、天気晴れ、風力1～2、波はなく、なぎであった。

本船は、指宿市長崎鼻南方沖から、鹿児島県三島村硫黄島北西方沖、鹿児島県十島村トカラ群島北西方沖を經由して沖縄本島北西方沖の操業予定海域に向ける約230°（真方位、以下同じ。）の針路、約7ノット（kn）の速力（対地速力、以下同じ。）で航行を開始した。

乗組員は、1人ずつ3時間交替で船橋当直に当たり、当直以外の乗組員は、操舵室後方の無線室及び上甲板船尾部に設けた作業場の下方にある船員室の寝台で休息又は就寝していた。

漁労長は、13時00分ごろから当直に入り、船首方からの風を受けながら航行を続け、16時00分ごろ船長に当直を引き継いだ。その後、23日07時00分ごろまで乗組員は順次船橋当直を続けた。

本船は、左舷船首方からの風とうねりを受け、時折、波が本船の上甲板上に入っている状況下、23日07時00分ごろ、船長及び漁労長が船橋当直に就き、他の乗組員が船尾楼にある作業場で漁具の手入れを開始した。

船長は、10時00分ごろ、漁具の手入れが終わったことから、再び1人ずつの船橋当直を指示した。

本船は、乗組員Bが10時00分ごろから当直に就き、自動操舵で約230°の針路、約6.5knの速力で航行し、船首方からの波とうねりを受け、時折、船首から波が打ち込んでいた。

乗組員Bは、13時00分ごろ乗組員Aに当直を引き継ぎ、昼食をとって船員室に行った。

本船は、13時00分ごろ乗組員Aが船橋当直に就き、右舷船首方からの風と波を受け、ローリングとピッチングを繰り返しながら航行中、漁労長が無線室右舷側の寝台、船長が船員室船首左舷側の寝台、乗組員Bが船員室船尾右舷側の寝台、乗組員Cが船員室船首右舷側の寝台及び乗組員Dが船員室船首中央側の寝台で休息を



とっていた。

本船は、15時00分ごろから、右舷船首約60°からの風と波を受けるようになり、胴の間<sup>\*1</sup>付近へ波が連続して打ち込み、左舷側への傾きが大きくなってきた。

船長は、15時05分ごろ左舷側への大きな傾きで目が覚め、操舵室に向かうため、船員室のはしごを上がって作業場に出たところ、船員室出入口付近でくるぶし辺り、左舷側通路付近で膝下くらいまで滞留している海水を見た。

船長は、作業場左舷側から船尾楼甲板左舷側につながる通路（以下「スロープ」という。）を上がり、左舷側船尾楼甲板を通過して操舵室に入り、しばらく状況を確認していたところ、本船の左舷側への傾きが一段と大きくなったので、主機関の回転を下げて航行した。

本船は、15時12分ごろ、右舷側からの波を受け、左舷側へ更に傾斜した。

乗組員Bは、船員室の寝台で仮眠をとっていたが、主機関の回転が下がったことで目が覚め、乗組員Dの「あぶない、逃げろ」の声で乗組員Cと一緒に寝台を出て船員室のはしごを上がり、傾いていた作業場の上甲板を通り、乗組員Dに続き、乗組員C、乗組員Bの順に船尾右舷側の船楼外板をはうようにして操舵室後方の煙突真横付近に行った。

船長は、船員室内に乗組員が残っていると思い、危険を知らせるためにスロープを通り、腰辺りまで海水がある上甲板上の作業場の船員室出入口付近に戻って脱出するように叫んだが、既に乗組員は脱出しており、自らも脱出するため、海面上に出ていた右舷船尾に向かおうとしたところ、海面が胸辺りまできて歩くことができず、泳ぐようにして右舷船尾に向かい、他の乗組員がいる右舷側の操舵室付近まで行った。

漁労長は、船長の「あー」という声及び無線機が棚から飛び出してきたことで目が覚め、船が傾いていたので、舵を取って主機の回転を上げ、傾きを直そうと思ったが、傾きが増して主機の回転を上げることができず、乗組員Aに続いて操舵室右舷側出入口から右舷側の船楼外板に一旦脱出し、すぐに浮揚型極軌道衛星非常用位置指示無線標識装置<sup>\*2</sup>（以下「EPIRB」という。）及びレーダー・トランスポンダー<sup>\*3</sup>を取りに戻り、再度、船楼外板に脱出して腹ばいとなった。漁労長は、脱出の際、船体の傾きが大きく、操舵室内に格納されていた救命胴衣を取ることができなかった。

---

\*1 「胴の間」とは、本船の場合、船首楼後壁から船橋前面までの上甲板上の場所をいう。

\*2 「浮揚型極軌道衛星非常用位置指示無線標識装置」とは、非常の際に衛星等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。

\*3 「レーダー・トランスポンダー」とは、遭難者の捜索を行う船舶及び航空機に搭載されているレーダーから発射されるレーダー波を受信して応答信号を発射し、捜索を行う船舶等に遭難者の位置を知らせる装置をいう。

本船は、漁労長が脱出してすぐに横倒しになった。

## 2.1.2 転覆から救助されるまでの経過

本船は転覆し、船長、漁労長、乗組員A、乗組員B、乗組員C及び乗組員Dは、船首側から漁労長、乗組員A、乗組員D、乗組員C、乗組員B及び船長の順で右舷側船楼外板に腹ばいになりながらハンドレールにつかまり、そばにあったブイやフェンダー（通称「ペンドル」という。）を解いて海面に落としていたが、本船が船尾方から沈み始め、間もなく膨脹式救命いかだ（以下「救命いかだ」という。）が本船の左舷側海面で展ちようしたので、全員で泳いで救命いかだに乗り込んだ。

乗組員は、本船が沈没すると思い、救命いかだを本船から離そうとし、横倒しになった本船のアンテナなどを押していたが、救命いかだの索が本船に絡んで離れず、うねりや波によって本船のアンテナ等が救命いかだに接触して救命いかだの気室からガスが漏れ、気室がしぼんで海に投げ出された。

船長は、救命いかだを本船から離そうとしているとき、EPIRBが流れたので、泳いで回収した後に振り返れば、救命いかだの気室がしぼんでいるのが見えた。

乗組員B、乗組員C及び乗組員Dは、救命いかだがしぼんで海に投げ出された後、オレンジ色のブイにつかまり、漁労長はフェンダーにつかまって漂流していたが、乗組員3人がつかまっているブイと自らの距離が近くなったので、ブイとフェンダーを数珠つなぎにし、ブイにつかまっていた乗組員Dをフェンダーの間に入れるようにして一緒に漂流した。（写真2.1-1参照）



写真2.1-1 ブイ及びフェンダー

乗組員Aは、海に投げ出された後、本船の船首マストから操舵室間に張られていたワイヤにつかまり、周囲を確認したところ、ブイにつかまっている乗組員が見えた。

船長は、EPIRBを漁労長に渡し、本船の救命浮環の中に入って本船のワイヤにつかまっている乗組員Aの所に向かった。船長は、本船の近くでは沈没する本船に巻き込まれたり、本船の揺れで怪我を<sup>けが</sup>すると思い、2人で本船から離れることを考えていたところ、そばにフェンダーが流れてきたので、乗組員Aにフェンダーを

つかませ一緒に漂流した。

船長及び乗組員Aは、一緒に漂流していたところ、ロープと木杵が流れてきたのでつかまえてロープを木杵に結び付けて木杵の中に入って救助を待った。

救助に出動した巡視船かいもん（以下「巡視船A」という。）は、ブイとフェンダーにつかまっていた漁労長、乗組員B、乗組員C及び乗組員Dを発見したので、22時45分ごろ巡視船Aの搭載艇（以下「搭載艇A」という。）に救助し、巡視船Aへの収容作業中、22時59分ごろ、搭載艇Aが大波に持ち上げられ、乗組員C及び乗組員Dは、搭載艇Aに乗っていた海上保安官1人と共に落水して行方不明となり、漁労長及び乗組員Bは、巡視船Aで名瀬港に搬送された。

なお、落水した海上保安官は救助された。

船長及び乗組員Aは、24日06時17分ごろ巡視船くだか（以下「巡視船B」という。）の搭載艇（以下「搭載艇B」という。）に収容され、09時00分ごろ巡視船はやと（以下「巡視船C」という。）の搭載機で奄美市奄美空港に搬送された。

転覆日時は、平成24年3月23日15時15分ごろで、転覆場所は、名瀬港の西北西方沖140km付近（概位 北緯28°48.7′ 東経128°10.1′）であった。

（付図2 事故発生場所、付図3 脱出状況、写真1 本船、写真2 漂流中の状況（平成24年3月23日夕刻） 参照）

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷に関する情報

船長、漁労長、乗組員A、乗組員B及び担当医の口述並びに診断書、十管本部の情報、死体検案書及び戸籍個人事項証明書によれば、次のとおりであった。

乗組員Cは、行方不明となっていたが、3月27日巡視船さつま（以下「巡視船D」という。）に発見され、医師によって死亡が確認された。

乗組員Dは、行方不明となっていたが、平成24年8月24日、死亡届によって除籍された。

漁労長及び乗組員Bは、巡視船Aに救助され、本事故発生の翌日、名瀬港を経由して病院に搬送された。

漁労長は、サメ咬創（両大腿部4か所）、右大腿皮膚欠損創（6cm×6cm）、挫滅症候群と診断され、24日間の入院加療を要した。乗組員Bは、左足挫滅創及び左足欠損（皮膚、<sup>けん</sup>腱、骨）と診断されて100日間の入院加療を要した。

船長は、重油誤飲及び心的外傷後ストレス障害の疑いと診断され、6日間の入院加療を要した。

乗組員Aは、化学性肺炎（重油）及び誤えん性肺炎と診断されて6日間の入院加療

を要した。

## 2.3 船舶の損傷に関する情報

本船は、転覆して沈没したものと思われ、転覆時における損傷状況については、明らかにすることができなかった。本船は、その後、全損処理された。

## 2.4 乗組員等に関する情報

### (1) 性別、年齢、海技免状等

船長 男性 46歳

四級海技士（航海）

免許年月日 平成22年4月7日

免状交付年月日 平成22年4月7日

免状有効期間満了日 平成27年4月6日

漁労長 男性 44歳

四級海技士（機関）

免許年月日 平成22年4月7日

免状交付年月日 平成22年4月7日

免状有効期間満了日 平成27年4月6日

一級小型船舶操縦士・特殊小型船舶操縦士・特定

免許登録日 平成元年6月22日

免許証交付日 平成22年8月19日

（平成27年8月24日まで有効）

乗組員A 男性 40歳

一級小型船舶操縦士・特殊小型船舶操縦士・特定

免許登録日 平成12年11月24日

免許証交付日 平成22年8月19日

（平成27年11月23日まで有効）

乗組員B 男性 45歳

乗組員C 男性 46歳

二級小型船舶操縦士・特殊小型船舶操縦士・特定

免許登録日 平成6年8月11日

免許証交付日 平成20年9月17日

（平成26年8月10日まで有効）

乗組員D 男性 46歳

(2) 主な乗船履歴

船長、漁労長、乗組員A及び乗組員Bの口述によれば、次のとおりであった。

① 船長

平成3年6月に春日水産有限会社（以下「A社」という。）へ入り、漁船春日丸（旧春日丸）に甲板員として乗り組み、平成20年から船長として旧春日丸及び本船に乗船していた。

② 漁労長

昭和58年にA社へ入り、甲板員として乗り組み、昭和61年ごろから船長職をとるようになり、平成20年ごろから旧春日丸の漁労長、平成22年ごろから本船の漁労長兼機関長として乗船していた。

③ 乗組員A

平成22年1月にA社へ入り、本船に甲板員や機関員として乗船していた。乗船経験は約2年3か月であった。

④ 乗組員B

昭和58年にA社へ入り、平成4年まで旧春日丸に甲板員として乗船した。その後、退職して建築の仕事を行い、平成23年10月から本船の甲板員として乗船していた。

⑤ 乗組員C

約30年の乗船経験があり、平成21年ごろから本船の甲板員として乗船していた。

⑥ 乗組員D

平成22年10月にA社へ入り、本船の甲板員として乗船していた。

(3) 健康状態

船長、漁労長、乗組員A及び乗組員Bの口述によれば、各自の健康状態は良好であった。また、本事故当時、乗組員C及び乗組員Dの健康状態に異状は見られなかった。

(4) 会社の組織

① 代表取締役

船長は、平成14年7月にA社の代表取締役へ就任した。

② 取締役

漁労長は、昭和63年12月にA社の取締役へ就任した。

(5) 過去の船橋当直経験

船長及び乗組員Bの口述によれば、次のとおりであった。

本船乗組員の航海当直の経験は、乗組員Aが約2年2か月、乗組員Bが約9年、乗組員Cが約30年及び乗組員Dが約9年であった。

(6) 救命胴衣の着用に関する情報

船長、漁労長、乗組員A及び乗組員Bの口述によれば、本船からの脱出時及び搭載艇に乗船しているとき、乗組員は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	KG2-5002
主たる根拠地	鹿児島県鹿児島市
船舶所有者	A社
総トン数	33.72トン
L×B×D	24.90m×4.40m×1.70m
船質	FRP
操業区域	東シナ海
機関	ディーゼル機関1基
出力	478kW
推進器	3翼固定ピッチプロペラ1個
進水年月	昭和54年2月
最大搭載人員	船員8人

2.5.2 本船の履歴

登録事項証明書及び船舶検査手帳によれば、次のとおりであった。

本船は、昭和54年2月にいか一本釣り漁船として建造され、平成11年1月に改造されて総トン数が29.99トンとなった。

A社は、平成20年9月に本船を購入し、船名を春日丸に変更した。本船は、10月にいか一本釣り漁船からはえ縄漁船に改造され、総トン数31.79トンとなり、平成23年3月に予冷倉の新設等を行って総トン数33.72トンとなった。

2.5.3 本船の構造

船長、漁労長及び乗組員Aの口述並びに一般配置図によれば、次のとおりであった。

本船は、一層甲板船であり、上甲板上には、船首楼及び船尾楼が設けられ、船首楼には、水夫長倉庫を配し、また、船尾楼には、船尾から順に作業場、上部機関室及び準備室があり、その上方には、船尾から漁具庫、無線室及び操舵室が設けられていた。

上甲板下は、船首側から空所、氷倉、1～3番魚倉、機関室、船員室、2番清水

タンクなどに区画され、氷倉及び1番魚倉の下部に1、2番燃料タンク、機関室の両舷後部に3～5番燃料タンクが区画されていた。

(1) 操舵室

操舵室は、準備室の上方で無線室の前方に位置し、船首尾方向の長さが約1.7m、幅が約3.0m、高さが約2.0mであり、その前部中央には、自動操舵装置を内蔵した操舵スタンドがあり、その左側にはGPSプロッター2台、右側にはレーダー2台及び魚群探知機が設置されていた。また、後部両舷には、出入口扉が設けられていた。

(2) 無線室

無線室は、船首尾方向の長さが約1.7m、幅が約2.2m、高さが約1.8mであり、船尾楼甲板の前方中央には、非常口が設けられ、右舷側には、1個の寝台が設けられていた。

(3) 作業場

作業場は、機関室後方で船員室の上方に位置し、船首尾方向の長さが約3.7m、幅が約4.3m、高さが約2.0mであり、左舷側前方に胴の間へ通じる通路及び左舷側後方に上方の船尾楼甲板へ通じるスロープが設けられ、前方は機関室後壁、上方は船尾楼甲板で閉囲され、後方は暴露部となっていた。

また、作業場中央左舷後部には船員室からの非常口が設けられていた。

(4) 船員室

船員室は、船首尾方向の長さが約4.4m、幅が約3.6m、高さが約1mであり、左舷船首側に昇降口、左舷船尾側に非常口を有し、7個の寝台が設けられていた。

(5) 船員室出入口

船員室内の左舷船首側には、約70cm四方の昇降口があり、昇降口には垂直はしごが設置され、その上部は高さが約160cmの昇降口室となっており、昇降口室の船尾側には約30cmのコーミング及びヒンジが付いた縦約120cm、横約65cmの外開き式鋼製扉が設置されていた。

(6) 機関室

機関室は、底部から上甲板までの下部及び上甲板から船尾楼甲板までの上部の2層構造となっており、下部は3番魚倉の船尾側に隣接し、船首尾方向の長さが約5.6m、幅が約4.3m、高さが約1.6mであり、中央には主機が、その前方には補機駆動発電機が、右舷側には補機駆動発電機が、左舷側には冷凍装置等がそれぞれ据え付けられていた。

上部は、準備室の船尾側に隣接し、船首尾方向の長さが約4.9m、幅が約3.8m、高さが約1.7mであり、機関室倉庫、潤滑油タンクなどが設置

されていた。

(7) 機関室出入口

機関室の左舷船尾側には、約38cmのコーミングがあり、ヒンジが付いた縦約1.2m、横約65cmの外開き式鋼製扉が設置されていた。

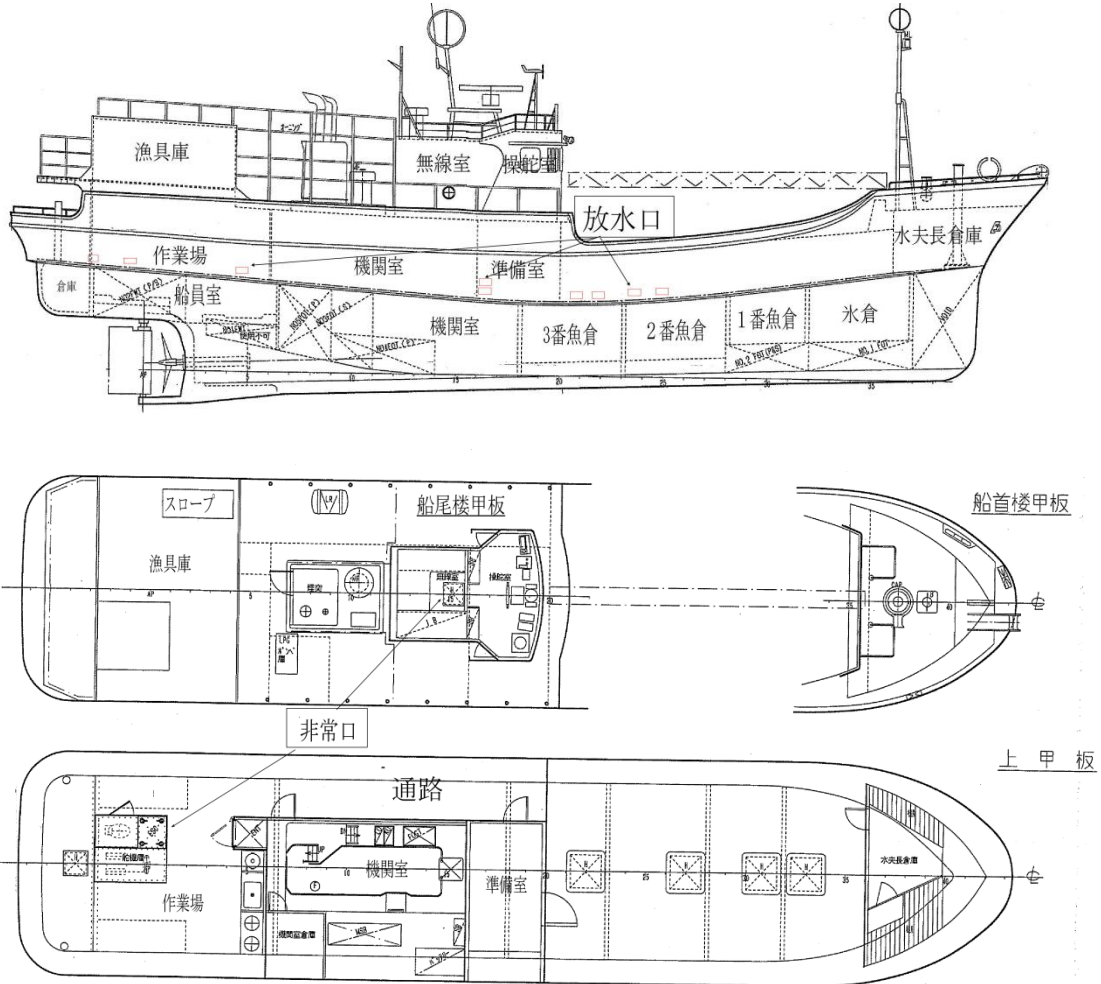


図2.5-1 本船構造図

(8) 木甲板

上甲板上の暴露部である胴の間は、縦約20cm、横約150cmの板を敷き詰めた木甲板としていた。木甲板の上甲板上の高さは、右舷側が約50cm、左舷側が約20cmであり、木甲板を支える桁板が両舷共に船首尾方向に設けられ、木甲板とその桁板は、胴の間の放水口からの排水を妨げる構造であった。(図2.5-2、図2.5-3参照)





図 2.5-2 木甲板

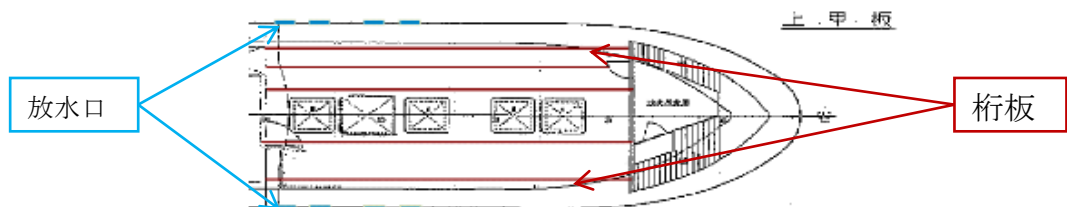


図 2.5-3 艙の間における木甲板の桁板

(9) 放水口

艙の間には、ブルワークの下端に幅約 30 cm、高さ約 10 cm の外開き式の扉の付いた放水口が片舷に 4 個、両舷で 8 個あり、通路付近には、船尾楼外板の下端及び当該下端から約 15 cm 上方に幅約 20 cm、高さ約 10 cm の放水口がそれぞれ 1 個、作業場付近には、船尾楼外板下端に幅約 20 cm、高さ約 10 cm の放水口が片舷に 3 個、両舷で 6 個設けられていた。本船の左舷側に設けられた放水口の合計面積は、約  $0.22 \text{ m}^2$  であった。(写真 2.5-1 参照)



写真 2.5-1 放水口配置

(10) 放水口付近

ブルワーク及び船尾楼外板には、両舷船首方 4 個の放水口を除き、ロケットと称するカバーが装着されていた。

艙の間の左舷側放水口内側付近には、魚などの落下防止の目的で FRP 製の板がブルワーク上端から木甲板の上面まで設置され、排水の妨げとなる構造となっていた。また、本船の通路から作業場の船尾楼外板には、放水口の閉鎖跡が複数認められ、それらの近くにある現存の放水口の大きさは、閉鎖跡より小さくなっていた。(図 2.5-4、写真 2.5-2 参照)

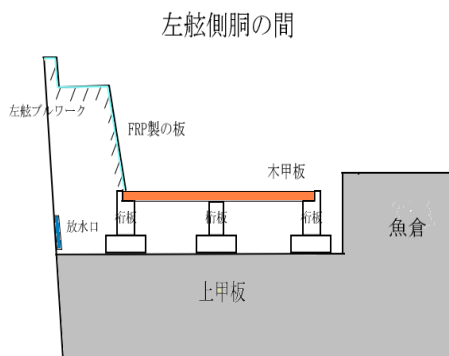


図 2.5-4 FRP製の板等

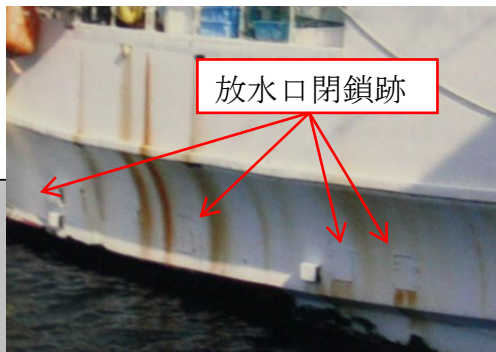


写真 2.5-2 放水口の閉鎖跡

A社は、平成23年2月ごろ、波による衝撃で放水口の損傷を防ぐため、  
 胴の間船尾方各2個の放水口にロケットを設置した。

(11) 航海設備等

操舵室内には、自動操舵装置\*4 が組み込まれた操舵スタンド、サテライト  
 コンパス\*5、レーダー、GPSプロッターなどが設置され、また、無線室に  
 は、SSB無線機、27MHz無線機及びファクシミリが設置されていた。

(12) 救命設備

操舵室上部の船橋甲板右舷側にはEPIRBが、操舵室内右舷側にはレー  
 ダー・トランスポンダーが、船尾楼甲板左舷側には救命いかだがそれぞれ設  
 置されていた。

2.5.4 本事故発生前の積載状態

本船の船長及び漁労長の口述並びに重量重心トリム計算書によれば、次のとおり  
 であった。

本船は、本事故発生の前日に山川港において、餌及び氷を補給し、氷を氷倉及び  
 1～3番魚倉に、とろ箱を2番魚倉及び漁具庫に、燃料を1～5番燃料タンク等に、  
 餌（イワシ）を準備室に、しかけ、おもり及びチェーンを作業場に、ロープ、ブイ、  
 ボンデン等を漁具庫及び倉庫にそれぞれ積載し、平成23年3月の改造時（以下  
 「改造時」という。）の満載出港状態より、重心が上昇していた。

積載の位置等の詳細については、次のとおりであった。

\*4 「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あり、操舵装置にジャイロ  
 コンパスやサテライトコンパスなどの船首方位センサーを接続して設定された針路方向に船首を自  
 動保持する装置をいう。

\*5 「サテライトコンパス」とは、複数のGPSアンテナを用い、GPS電波の位相差測定により、  
 高精度に船首方位を検出する装置をいう。

搭載物等	場所	$W$	$mid-G$	$W \times mid-G$	$KG$	$W \times KG$	$I \times \rho$
		(t)	(m)	(t-m)	(m)	(t-m)	(t-m)
乗組員A	操舵室	0.075	1.43	0.107	4.63	0.347	0.00
漁労長	無線室	0.075	3.04	0.228	4.16	0.312	0.00
船長	船員室	0.075	7.92	0.594	1.76	0.132	0.00
乗組員B、C、D	船員室	0.225	8.80	1.980	1.84	0.414	0.00
携行品	船員室	0.270	9.28	2.506	2.00	0.540	0.00
燃料	1番燃料タンク	2.150	-6.96	-14.964	0.64	1.376	2.62
	2番燃料タンク(左)	1.290	-4.85	-6.257	0.55	0.710	0.68
	2番燃料タンク(右)	1.290	-4.85	-6.257	0.55	0.710	0.68
	3番燃料タンク	3.200	5.66	18.112	1.16	3.712	0.00
	4番燃料タンク	2.150	4.35	9.353	0.48	1.032	0.21
	5番燃料タンク	1.600	6.18	9.888	1.20	1.920	0.00
	その他のタンク	1.800	10.38	18.684	1.82	3.276	0.00
清水	1番清水タンク	1.200	7.10	8.520	0.90	1.080	0.00
潤滑油等	LOタンク等	0.471	3.64	1.714	2.76	1.302	0.00
漁具(ロープ)	倉庫	0.200	9.75	1.950	2.49	0.498	0.00
漁具(しかけ、おもり)	右舷作業場	1.400	11.10	15.536	3.10	4.344	0.00
漁具(しかけ)	中央作業場	1.000	11.08	11.080	3.03	3.028	0.00
漁具(おもり、チェーン)	左舷作業場	0.600	11.01	6.605	2.60	1.560	0.00
漁具(ロープ、ブイ、ポンデン)	漁具庫下段	0.330	10.06	3.319	5.00	1.651	0.00
漁具(ロープ、しかけ、玉)	漁具庫中段	2.400	10.89	26.137	5.27	12.636	0.00
とろ箱	漁具庫上段	0.750	9.85	7.388	6.32	4.740	0.00
氷	氷倉	2.000	-6.95	-13.900	1.20	2.400	0.00
	1番魚倉	0.700	-4.78	-3.346	0.88	0.616	0.00
	2番魚倉	1.200	-2.72	-3.264	0.52	0.624	0.00
	3番魚倉	3.000	-0.29	-0.870	0.60	1.800	0.00
とろ箱	2番魚倉	0.150	-2.72	-0.408	0.95	0.143	0.00
餌(箱イワシ)	準備室	1.666	1.61	2.677	2.57	4.278	0.00
軽荷重量		66.250	0.78	51.741	1.52	100.700	0.00
合計		97.517	1.53	148.853	1.60	155.880	4.19

注) :  $W$  : 重量、 $mid-G$  : 船体中央から重心までの水平距離、 $KG$  : 基線上重心高さ、 $I$  : 各タンクの断面二次モーメント、 $\rho$  : 自由水の単位体積重量

## 2.5.5 本事故発生時の船舶の状況

### (1) 機器等の状態

船長、漁労長及び乗組員Aの口述によれば、次のとおりであった。

本船は、主機及び発電機を運転し、自動操舵装置、レーダー、GPSプロッター等を作動させて航行していた。

風向風速計は故障していたが、その他の機器、船体及び機関に故障及び不具合はなかった。

主機は、船長が脱出したときに停止した。

### (2) 出入口、通風筒その他の開口部の扉の開閉状態

船長、漁労長、乗組員A及び乗組員Bの口述並びに船長の回答書によれば、次のとおりであった。

機関室出入口の扉、船員室出入口の扉及び水夫長倉庫出入口の扉は開放していた。

倉庫の蓋は、乗組員Bが脱出する際に開放した。また、暴露部に設けられた機関室等の通風筒は開放していた。

前記以外の暴露部の出入口の扉及び魚倉等の蓋は、閉鎖していた。(図2.5-5参照)

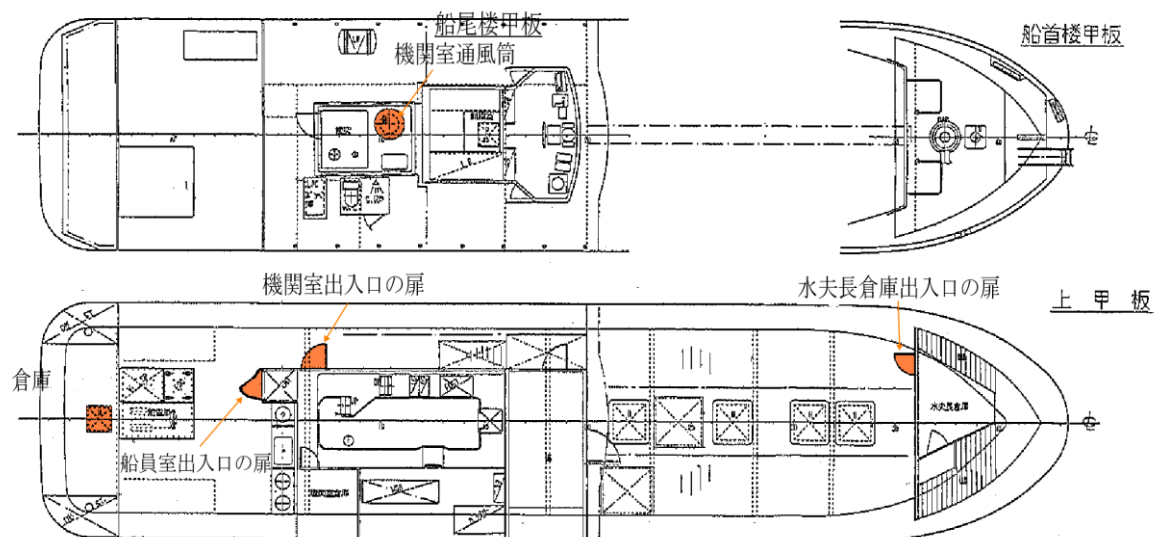


図2.5-5 開放していた出入口の扉等

(3) 漁具の状況

船長の口述によれば、次のとおりであった。

本船は、漁具庫及び作業場に漁具を積載していた。作業場に積載していた漁具は、船長が、船員室から操舵室に向かった際は荷崩れしていなかったが、本船の傾きが増し、操舵室から船員室に行ったときには荷崩れしていた。

(4) 放水口の影響

① 概要

後記 2.10.2(2)を基に推定された滞留水が放水口から排水される時間を推算し、放水口の機能を推算した。

推算の方法は、放水口を破口に見立て、以下の式を用いた。

$$Q = C \cdot A \cdot V$$

$$V = \sqrt{2gh}$$

$C$  = 流量係数 (0.61)

$Q$  = 排水量 ( $m^3/s$ )

$A$  = 放水口面積 ( $0.22m^2$ )

$g$  = 重力加速度 ( $9.8m/s^2$ )

$h$  = 水面の放水口中心からの高さ (m)

$V$  = 流速 (m/s)

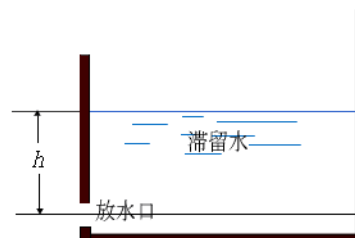


図2.5-6 滞留水

なお、放水口の位置は全て上甲板直上と仮定し、流量係数は平均値とし

た。(図 2.5-7 参照)

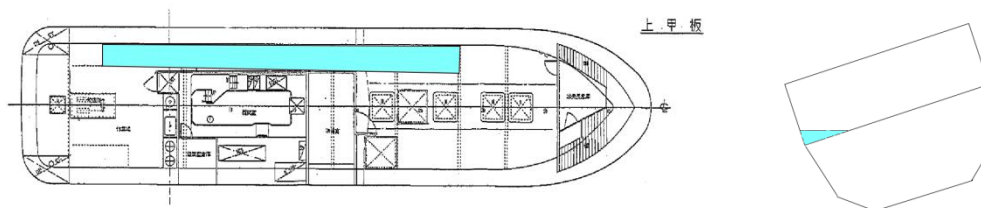


図 2.5-7 滞留水の状態

## ② 推算及びその結果

後記 2.10.2(2)から上甲板上の滞留水の平均高さは、約0.23mとなり、滞留水面の放水口中心からの高さ $h$ は、約0.18mとなった。当該値から排水量を推算した結果、放水口からの排水量は約0.25 $\text{m}^3/\text{s}$ 、後記 2.10.2(2)で推算した滞留水量約5.19t（海水比重1.025の場合5.06 $\text{m}^3$ ）を排水するのに要する時間は約20秒であった。

本船の放水口の面積が後記 2.8.2 記載の1.58 $\text{m}^2$ の場合、上記滞留水（約5.19t）を排水するのに要する時間は、約2秒であった。

## 2.5.6 運航の状況

船長、漁労長及び乗組員Aの口述によれば、次のとおりであった。

- (1) 船長及び漁労長は、協議して出港や航行上の判断を行っていた。
- (2) 船長は、乗組員に単独で船橋当直を行わせていたが、船橋当直を行っていた乗組員は、後記「航海当直部員」の認定を受けていなかった。
- (3) 本船は、目的地までGPSプロッター、自動操舵装置及びサテライトコンパスを連動させて自動操舵によって航行を行っていた。
- (4) 船長及び漁労長は、船橋当直者に対して衝突の虞がある場合、何か異変や分からないことがある場合には呼ぶように指示しており、避航などの操舵及び速力の変更は船長又は漁労長が行っていた。
- (5) 乗組員Aは、船橋当直中、海水が胴の間付近に連続して打ち込んでいたが、同じ針路及び速力で航行した。
- (6) 船長は、15時05分ごろ、本船が約230°、約6.5knの針路及び速力で航行していることを確認した。
- (7) 乗組員は、これまで上甲板上に滞留水が発生したこともあったが、危険を感じていなかった。
- (8) 本船は、機関室内の監視のため、機関室の出入口扉をふだんから開放していた。また、船員室の出入口扉は、換気のため、約10cm開放していた。

船長及び機関長は、両出入口共に船楼内であったため、当該出入口から海

水が流入するとは考えていなかった。

(9) 本船は、水夫長倉庫の出入口の扉をふだんから開放していた。

## 2.5.7 E P I R B 発信時刻

海上保安庁担当者の情報によれば、次のとおりであった。

海上保安庁が発表している本船遭難信号の発信時刻 15 時 20 分は、受信した信号を基に衛星の E P I R B に対する最接近時刻を推定したものであり、必ずしも E P I R B から遭難信号が最初に発信された時刻ではない。

このため、最初に発信された時刻を推定するためには、以下に記載した衛星の受信状態から推定する必要がある。

衛星	日付	受信可能時刻	受信状況
S 1 0	平成 2 4 年 3 月 2 3 日	1 4 時 3 6 分～1 4 時 5 0 分	受信されず
S 7	平成 2 4 年 3 月 2 3 日	1 5 時 1 4 分～1 5 時 2 8 分	受信

本船の遭難信号は、S 1 0 衛星では受信されず、S 7 衛星によって受信された。

このことから、本船の遭難信号が最初に発信された時刻は、S 1 0 衛星の受信可能時刻以降から S 7 衛星の受信可能時刻の最後まで、つまり、1 4 時 5 0 分から 1 5 時 2 8 分の間であった。

## 2.5.8 復原性の状態

### (1) 復原性基準

本船には、改造時の船舶復原性規則（昭和 3 1 年 1 2 月 2 8 日運輸省令第 7 6 号、以下「復原性規則」という。）が適用され、復原性基準は次のとおりであった。

横メタセンタ高さ ( $G_oM$ )<sup>\*6</sup> が、全ての使用状態において、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。

$$0.04 B \frac{B}{D} - \alpha$$

( $B$ は幅、 $D$ は深さ、 $\alpha$ は乾舷と深さの比から決まる定数)

### (2) 改造時の復原性

本船の重量重心トリム計算書によれば、改造時の復原性は、「満載出港状態」、「漁場発状態」及び「帰港状態」が求められ、「満載出港状態」の復原性は、次のとおりであった。

<sup>\*6</sup> 「横メタセンタ高さ ( $G_oM$ )」とは、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 ( $M$ ) と船舶の重心 ( $G$ ) との距離をいう。

$G_0M$ 等	満載出港状態
$G_0M$ (m)	0.73
$G_0M$ 基準 (m)	0.59

(注)  $G_0M$ 基準とは、復原性規則により要求される  $G_0M$ の値をいう。

(3) 本事故発生時

2.5.4 及び後記 2.10.2 から、本事故発生時の復原性の状態は、次のとおりであった。

$G_0M$ 等	満載出港状態
$G_0M$ (m)	0.59
$G_0M$ 基準 (m)	0.60

2.6 搭載艇A用のダビットの状況

十管本部の情報及びダビット販売代理店の回答書によれば、次のとおりであった。

(1) 搭載艇A

搭載艇Aは、全長4.86m、最大搭載人員5人（近海区域 ただし、母船から半径5海里以内の水域の場合）、船底FRP、艇体ゴム製の警備救難艇であり、巡視船Aの左舷船尾に設けられているダビットの右前方に右舷側に艇首を向けて搭載されていた。搭載艇Aの内部は、船首側から順に操縦席、フック付きドッキングヘッド固定装置及び椅子があり、船尾端に船外機が装備され、船首尾にもやい索が装着されていた。

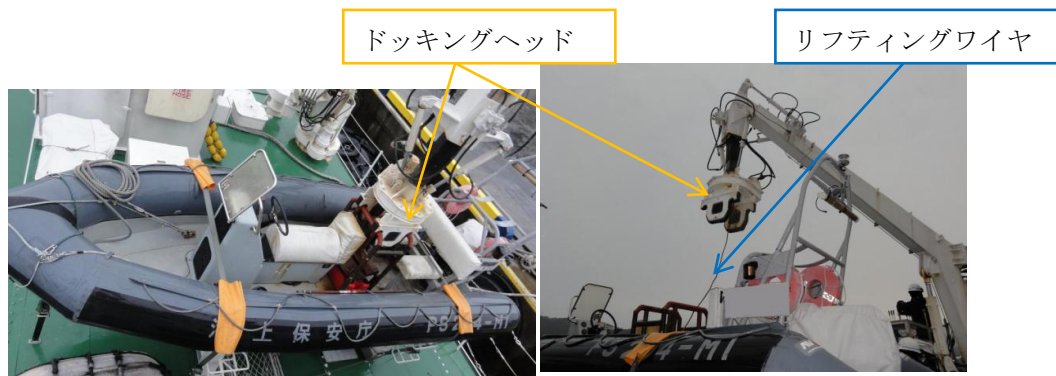


写真2.6-1 搭載艇A用のダビットの状況

(2) ダビット

ダビットは、ダビットブーム、ダビットブーム先端のドッキングヘッド、そこから繰り出される1本のリフティングワイヤ等によって構成され、リフティングワイヤ先端のマスターリンクを搭載艇Aに連結させてドッキングヘッド部まで巻き上げて固定した後、固定した搭載艇をダビットで回転させて振り出し、又は振り込む装置であり、オートテンション機能で搭載艇収容時のリフティン

グワイヤのたるみを取るようになっていた。

## 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、本事故発生場所を含む奄美海域に対し、平成24年3月22日23時35分～3月24日11時35分に発表された地方海上警報は、次のとおりであった。

種 類	発表日時	解除日時
海上風警報 <sup>*7</sup>	3月22日23時35分	(継続)
海上風警報	3月23日05時40分	(継続)
海上風警報	3月23日11時45分	(継続)
海上風警報	3月23日17時40分	(継続)
海上風警報	3月23日23時40分	(継続)
海上強風警報 <sup>*8</sup>	3月24日05時35分	(切替)
海上強風警報	3月24日11時35分	(継続)

- (2) 気象庁によれば、3月23日07時00分及び19時00分発表の奄美海域に対する地方海上予報は、次のとおりであった。

① 07時00分発表

23日

海上風警報継続中 奄美海域

風 南又は南西後北西 共に30kn (15m/s)

天気 曇り後時々雨 所により雷を伴う

視程 5海里 (M) 後3M、波高 2.5m後3m

24日

風 北西30kn (15m/s) 後25kn (13m/s)

天気 曇り、視程 5M、波高 4m

② 19時00分発表

23日から24日

海上風警報継続中 奄美海域

風 北西30kn (15m/s) 後25kn (13m/s)

天気 曇り 所により一時雨か雷雨後時々晴れ、視程 3M後5M

<sup>\*7</sup> 「海上風警報」とは、最大風速が28kn (13.9m/s) 以上34kn (17.2m/s) 未満の状態になっているか、又は24時間以内にその状態になると予想される場合に発表される警報をいう。

<sup>\*8</sup> 「海上強風警報」とは、最大風速が34kn (17.2m/s) 以上48kn (24.5m/s) 未満の状態になっているか、又は24時間以内にその状態になると予想される場合に発表される警報をいう。



波高 4 m

25日

風 北西 25 kn (13 m/s)、天気 晴時々曇り、視程 10 M

波高 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によれば、3月23日09時00分、21時00分の事故発生場所付近の波及び風の推定値並びに当該推定値から内挿した15時00分の推定値は、次のとおりであった。

① 09時00分

風向 南西、風速 約18 kn (約9 m/s)

波向 南西、有義波高 約1.7 m

波周期 約5秒

② 21時00分

風向 北西、風速 約25 kn (約13 m/s)

波向 北西、有義波高 約2.6 m

波周期 約6秒

③ 15時00分

風向 西、風速 約21 kn (約11 m/s)

波向 西、有義波高 約2.1 m

波周期 約6秒

(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 北東

平均流速 約2.0 kn

(3) 京都大学防災研究所の解析<sup>\*9</sup>によれば、本事故発生場所の東方約9 Mに位置する解析場所の本事故発生日15時00分の波及び風の推定値は、次のとおりであった。

風向 西南西、風速 約1.4 m/s

波向 西、有義波高 約1.3 m

波周期 約4秒

(4) 一般財団法人日本気象協会の解析によれば、本事故発生日15時00分の

---

<sup>\*9</sup> 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](http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_j/contents/event_text/20080623.pdf)

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。

風向 北西、風速 10m/s

波向 南西、有義波高 約1.7m

波周期 6.0秒

- (5) 一般財団法人日本気象協会の解析によれば、3月23日21時00分、24日03時00分の救助場所付近の波及び風の推定値並びに当該推定値から内挿した23日23時00分の推定値は、次のとおりであった。

- ① 23日 21時00分

風向 北西、風速 14.0m/s

波向 西南西、有義波高 2.4m

波周期 7.0秒

- ② 24日 03時00分

風向 北西、風速 17.0m/s

波向 北西、有義波高 3.8m

波周期 8.0秒

- ③ 23日 23時00分

風向 北西、風速 15.0m/s

波向 西北西、有義波高 約2.9m

波周期 7.5秒

- (6) 京都大学防災研究所の解析によれば、救助場所の本事故発生日23時00分の波及び風の推定値は、次のとおりであった。

- ① 23時00分ごろ

風向 北西、風速 約14m/s

波向 北西、有義波高 約3.2m

波周期 約6.5秒

### 2.7.3 乗組員及び十管本部による観測

- (1) 船長、漁労長及び乗組員Aの口述によれば、本事故発生時の風、波等は、次のとおりであった。

風向 西北西、風速 11～12m/s

波向 西北西

波高 約3m

天気 曇り

- (2) 漁労長及び乗組員Bの口述によれば、巡視船Aに救助されたときの救助場所付近の波高は、約3～4mであった。

- (3) 十管本部の情報によれば、本事故発生日 22 時 45 分ごろの救助場所付近の波、風等は、次のとおりであった。

風向 西北西～北西、風速 13～18m/s

うねり 約 4 m

天気 曇り

## 2.8 出入口等の閉鎖、放水口、航海当直に関する法規制について

### 2.8.1 出入口等の閉鎖

出入口の閉鎖については、船員法の関係法令に定められ、その内容は、以下のとおりである。

船員法施行規則（昭和 29 年 9 月 1 日 運輸省令第 23 号）

（水密の保持）

第 3 条の 7 船長は、次に掲げるところにより、船舶の水密を保持するとともに、海員がこれを遵守するよう監督しなければならない。

一 甲板間における貨物倉を区画する水密隔壁に取り付けた水密戸及び甲板間における貨物倉を区画する甲板に取り付けたランプは、発航前に水密に閉じ、航行中は、これを開放しないこと。

二 機関室内の水密隔壁にある取外しの可能な板戸は、発航前に水密を保つよう取り付け、航行中は、緊急の必要がある場合を除き、これを取り外さないこと。

三 船舶区画規程（昭和 27 年運輸省令第 97 号）第 50 条第 1 項の工事用の出入口に設ける水密すべり戸は、発航前に水密に閉じ、航行中は、緊急の必要がある場合を除き、これを開放しないこと。

四～一二 （略）

上記の規定は、水密戸等の閉鎖などについての義務を記載しているが、本事故時、開放されていた上甲板上の機関室出入口等の扉については、記載しておらず、その閉鎖については、船長の判断に任されていた。

### 2.8.2 放水口

国土交通省海事局担当者の口述によれば、本船には、鋼船漁船構造基準が適用され、放水口の基準は、以下のとおりであり、片舷に約 1.58 m<sup>2</sup>の放水口が要求されていた。

（放水口）

1606 暴露甲板が舷<sup>げん</sup>牆<sup>しょう</sup>\*10、又は、船楼及び舷牆で囲まれているときは、その部の舷牆には十分な放水口を設けなければならない。放水口の各舷における全面積は、上甲板及び低船尾楼甲板の舷牆に設けるものにあつては表1601により、その他の船楼甲板の舷牆にあつては同表に定めるものの50%以上とし、かつ、それぞれの甲板の放水口はその全面積の67%が船の中央寄りにあるように配置しなければならない。

2 舷牆の放水口は甲板上なるべく低い位置に設けなければならない。

3、4 (略)

表1601 舷牆に設ける放水口の面積

各舷の舷牆の長さ m	放水口の片舷の合 計面積 m <sup>2</sup>	各舷の舷牆の長さ m	放水口の片舷の合 計面積 m <sup>2</sup>
4	0.82	23	1.61
5	0.88	24	1.68
6	0.91	25	1.75
7	0.95	26	1.82
8	0.98	27	1.89
9	1.02	28	1.96
10	1.05	29	2.03
11	1.09	30	2.10
12	1.12	31	2.17
13	1.16	32	2.24
14	1.19	33	2.31
15	1.23	34	2.38
16	1.26	35	2.45
17	1.30	36	2.52
18	1.33	37	2.59
19	1.37	38	2.66
20	1.40	39	2.78
21	1.47	40	2.80
22	1.54		

- 注 (1) 舷牆の長さが本表に掲げるものの中間の場合は、挿間法による。  
 (2) 舷牆の長さが40mを超えた場合は、放水口の片舷の合計面積は $0.07\ell$ (m<sup>2</sup>)以上としなければならない。ただし、 $\ell$ =舷牆の長さ(m)  
 (3) 舷牆の長さが計画満載喫水線における船の長さの70%を超える場合は70%とすることができる。  
 (4)、(5) (略)

### 2.8.3 航海当直

本船の甲板部の当直を行う部員には、船員法及び関係法令が適用され、その基準は、次のとおりであった。

(航海当直部員)

第117条の2 船舶所有者は、国土交通省令の定める船舶に航海当直をすべき

\*10 「舷牆」とは、ブルワークをいう。

職務を有する部員（第5項において「航海当直部員」という。）として部員を乗り組ませようとする場合には、次項の規定により証印を受けている者を、国土交通省令の定めるところにより乗り組ませなければならない。

2 国土交通大臣は、国土交通省令の定めるところにより航海当直をするために必要な知識及び能力を有すると認定した者に対し、その者の船員手帳に当該認定をした旨の証印をする。

3 国土交通大臣は、次項の規定により証印を抹消され、その日から1年を経過しない者に対しては、前項の証印をしないことができる。

4 国土交通大臣は、第2項の規定により証印を受けている者が、その職務に関してこの法律又はこの法律に基づく命令に違反したときは、その者に対し船員手帳の提出を命じ、その証印を抹消することができる。

5 前各項に定めるもののほか、航海当直部員及び第2項の規定による証印に関し必要な事項は、国土交通省令でこれを定める。

（航海当直部員の乗組みに関する基準）

第77条 船舶所有者は、次の表の上欄に掲げる船舶に甲板部の航海当直部員として部員を乗り組ませようとする場合には、それぞれ同表下欄に掲げる航海当直部員の乗組みに関する基準に従わなければならない。

一 総トン数七百トン以上の船舶（帆船及び漁船を除く。）	二 前号に掲げる船舶以外の船舶
（略）	甲種甲板部航海当直部員、乙種甲板部航海当直部員又は丙種甲板部航海当直部員の資格の認定をした旨の証印を受けている者を乗り込ませること。

（航海当直部員の認定等）

第77条の2の4 地方運輸局の事務所の長は、第八号表上欄に掲げる航海当直部員の資格の区分ごとに、同表下欄に掲げる要件に適合する者について、法第117条の2第2項の規定による認定を行う。

2、3 （略）

第八号表 （第77条の2の4関係）

一 甲種甲板部航海当直部員	二 乙種甲板部航海当直部員	三 丙種甲板部航海当直部員
1 年齢一八年以上であること。	1 年齢十六年以	第一号2及び3

<p>2 法第83条の健康証明書を受有していること。</p> <p>3 次のいずれかに適合すること。</p> <p>(1) 甲板部の航海当直又はこれに準ずる業務に六月以上従事した経験を有すること。</p> <p>(2) 船内における業務に二月以上従事した経験を有し、かつ、甲板部の航海当直に従事するための教育を修めたこと。</p> <p>4 次のいずれかに適合すること。</p> <p>(1) 甲板部の勤務に三年以上従事した経験を有すること。</p> <p>(2) (1)と同等の能力があるものとして国土交通大臣が告示で定める基準に適合すること。</p>	<p>上であること。</p> <p>2 前号2及び3に掲げる事項に適合すること。</p> <p>3 甲板部の勤務に一年以上従事した経験を有すること。</p>	<p>並びに前号1に掲げる事項に適合すること。</p>
---	--	-----------------------------

## 2.9 船舶の運航管理等に関する情報

### 2.9.1 運航状況

船長の口述及び回答書によれば、次のとおりであった。

沖縄沖での操業は、平成元年ごろから1年おきに行っており、平成21、22年は、行っていなかった。

本船は、平成23年3月～7月に四国沖、8月に東シナ海、9月に伊豆大島沖、10月～11月中旬に四国沖、11月中旬～12月上旬に沖縄沖、12月上旬～平成24年3月中旬に四国沖でキンメダイを漁獲対象とし、10～14日を限度とする航海を年間20～24回行い、そのうち沖縄本島北西方沖へは2航海行っていた。

本船は、毎年3月～4月にかけて約3週間、ドック整備を行っており、平成24年も出港直前に造船所で外板等の塗装、亜鉛板の交換などの整備を行った。

### 2.9.2 気象情報等の入手

船長及び漁労長の口述によれば、次のとおりであった。

船長及び漁労長は、携帯電話やパソコンで「バイオウエザー」、「ウエザーニュース」の天気図などの情報を入手し、それらを参考にして出港の判断を行っていた。

また、航海中は、気象FAX等の天気図及び波浪図並びに気象台発表の気象及び海象情報を利用していた。

### 2.9.3 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、安全担当者の選任及び任務、改善意見の申出、作業の安全に関する教育などが定められており、安全担当者の任務は、次のように規定されていた。

- ① 作業設備及び作業用具の点検整備
- ② 安全装置、検知器具、消火器具、保護具、その他危険防止のための設備及び用具の点検、整備
- ③ 作業を行う際に危険又は有害な状態が発生した場合又は発生する虞のある場合の適当な応急又は防止措置
- ④ 発生した災害の原因の調査
- ⑤ 作業の安全に関する教育
- ⑥ 安全管理に関する記録の作成及び管理

#### (2) 実施状況

船長の口述によれば、次のとおりであった。

##### ① 出港前ミーティング

船長は、出港前に乗組員に対して航海計画及び積付け状況並びに気象及び海象状況を説明していた。また、特別な作業がある場合には、作業手順を説明し、怪我をしないように注意を促していた。

##### ② 発航前検査

船長は出港前に漁具等の積付け状況、ハッチの閉鎖状況、喫水等を確認していた。

### 2.10 転覆のメカニズムに関する調査

船長及び漁労長の口述並びに本船の重量重心トリム計算書に基づき、転覆のメカニズムの推定を独立行政法人海上技術安全研究所に委託した。調査概要及び調査結果は、次のとおりであった。

#### 2.10.1 調査概要

転覆のメカニズムを推定するため、以下のとおり、海水の上甲板上への滞留、船内区画への浸水等による復原性への影響を調査した。

##### (1) 本事故発生前の復原性の推定

2.5.4 による本船の本事故発生前の状態から、メタセンタ高さ ( $G_0M$ )

及び復原力<sup>\*11</sup> ( $GZ$ ) を求め、計画時の満載出港状態と比較した。

(2) 上甲板上の滞留水が復原性に及ぼす影響

船長が船員室から上甲板上に出た時点の上甲板上の滞留水量を推定し、当該滞留水が本船の復原性に及ぼす影響を本事故発生前の状態と比較するなどして検討した。

(3) 船内区画への浸水の影響

転覆後の本船の状況等から、船内区画（機関室及び船員室）への浸水状況を想定し、浸水が本船の復原性に及ぼす影響を本事故発生前の状態と比較するなどして検討した。

(4) 転覆のメカニズムの検討

調査状況から、本事故発生前の状況、滞留水及び船内区画への浸水が復原性に及ぼす影響を考慮して推定される主な事故関連要因（①風による左舷側傾斜、②上甲板上滞留水に伴う復原性低下、③船内区画浸水に伴う復原性低下）が、本事故発生時の本船の横傾斜角や復原性に及ぼす影響を計算することにより、転覆のメカニズムの検討を行った。

## 2.10.2 調査結果

(1) 本事故発生前の復原性

本事故発生前の状態は、満載出港状態に比べ、重心高さ ( $KG$ ) が 0.10 m 高くなっている。また、燃料タンクの自由表面によって見掛けの重心が 0.04 m 上昇している。(表 2.10-1 参照)

その結果、本事故発生前の状態のメタセンタ高さ ( $G_0M$ ) は、0.59 m となり、満載出港状態に比べて 0.14 m 小さくなる。(表 2.10-2 参照)

また、本事故発生前の状態の復原力 (青線) は、満載出港状態 (赤線) に比べて全般的に小さくなり、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は、満載出港状態で 0.22 m となるのに対し、本事故発生前の状態では 0.14 m と 4 割程度小さくなる。本事故発生前の状態の復原性は、満載出港状態に比べて低下していたと考えられる。(図 2.10-1 参照)

表 2.10-1 本事故発生前の船体状態

状態	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
本事故発生前	97.517	1.53	1.60	0.04
満載出港	89.513	0.69	1.50	-

<sup>\*11</sup> 本報告書では、復原てこ ( $GZ$ ) のことを復原力と表記する。



表 2.10-2 本事故発生前のメタセンタ高さ ( $G_0M$ )、喫水 ( $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水) 及び乾舷 ( $Fb$ )

状態	$G_0M$ (m)	$da$ (m)	$df$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)
本事故発生前	0.59	2.35	1.21	1.78	0.25
満載出港	0.73	2.08	1.39	1.74	0.30

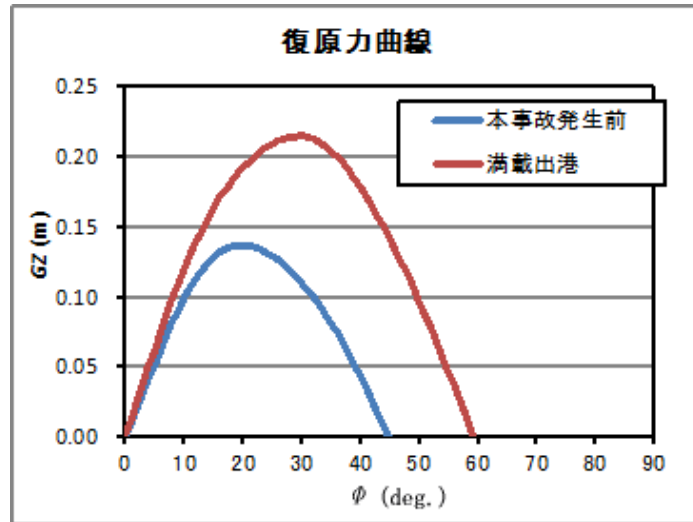


図 2.10-1 本事故発生前の復原力曲線

(2) 上甲板上の滞留水が復原性に及ぼす影響

① 上甲板上の滞留水の推定

船長が船員室から上甲板へ出た時点（船員室出入口位置で0.1m、左舷側通路位置で0.35mの水深）での上甲板上の実質的な滞留水の重量は、約5.2tと考えられ、それによって船の重心高さ ( $KG$ ) が0.03m上昇して1.63mになると考えられる。(表2.10-3、表2.10-4参照)

なお、上甲板上滞留水は、自由表面を有しているが、滞留水量が甲板面積に対して少ない場合は、滞留水の自由表面影響を見掛けの重心上昇として取り扱えば、その影響を過大評価することとなる。このため、今回は、滞留水の自由表面影響をより実際に近い状態に取り扱うため、傾斜に伴う滞留水の重心の移動によって生じる傾斜モーメント（別添1の付録1参照）を考慮することとし、表2.10-4に示した見掛けの重心上昇量 ( $GG'$ ) には、燃料タンクの自由表面のみ算入している。

表 2.10-3 上甲板上の滞留水（船長が船員室から上甲板へ出た時点）の重量重心（実質）

重量	$w$ (t)	5.19	
重心	$x$ (m)	2.59	(midshipから)
	$y$ (m)	1.89	(C.L.から)
	$z$ (m)	2.20	(B.L.から)

注) C.L. : センターライン、B.L. : ベースライン

表 2.10-4 滞留水発生後の船体状態（船長が船員室から上甲板へ出た時点）

状態	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
滞留水発生後	102.705	1.58	1.63	0.04
本事故発生前	97.517	1.53	1.60	0.04

② 復原性に及ぼす影響

a 滞留水による重心上昇等の影響

上甲板上に滞留水が発生した状態の復原力 ( $GZ$ ) (青線) の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は、0.11m となり、本事故発生前の状態 (赤線) ( $GZ_{max}$ : 0.14m) に比べて2割程度小さくなる。(図 2.10-2 参照)

ブルワーク上端が没水すれば、上甲板上の滞留水は船外の海水と一体となることから、復原力は滞留水がない状態 (本事故発生前の状態) の値と一致する。表 2.10-4 に示した重量重心では、ブルワーク上端の没水角 ( $\phi_b$ ) が 22.5° となることから、当該角度以上の復原力は、本事故発生前の状態の復原力 (赤線) と一致する。(図 2.10-2 参照)

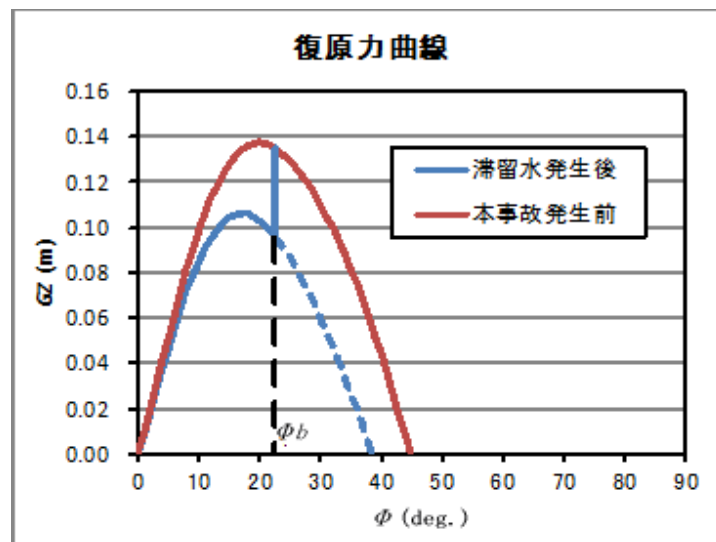


図 2.10-2 滞留水発生後の復原力曲線（船長が船員室から上甲板上へ出た時点）

また、滞留水発生後のメタセンタ高さ ( $G_0M$ ) は、0.53m とな

り、本事故発生前の状態 ( $G_0M$ : 0.59 m) に比べて0.06 m小さくなる。

さらに、滞留水発生後の乾舷は、0.20 mとなり、滞留水発生前の状態に比べて0.05 m小さくなるため、滞留水発生後の舷端没水角 ( $\phi d$ ) は、 $4.7^\circ$  と滞留水発生前に比べて $2^\circ$  以上小さくなる。(表 2.10-5 参照)

表 2.10-5 滞留水発生後のメタセンタ高さ、海水流入角、喫水及び乾舷  
(船長が船員室から上甲板へ出た時点)

状態	$G_0M$ (m)	$da$ (m)	$df$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)	$\phi d$ (deg.)
滞留水発生後	0.53	2.42	1.25	1.83	0.20	4.7
本事故発生前	0.59	2.35	1.21	1.78	0.25	7.0

b 滞留水による傾斜モーメントの影響

船長が船員室から上甲板へ出た時点での滞留水の片寄りによって生じる傾斜モーメントにより、本船は $12.4^\circ$  横傾斜していたと推定される。

この傾斜モーメントは、見掛けの滞留水の重量及び重量モーメントから、横傾斜に伴う流入水の重量及び重量モーメント分を除き、実質的な滞留水量及びその重心位置から推定している。(別添1の付録1参照)

滞留水による傾斜モーメントを考慮した残存復原力 ( $G'Z$ ) (青線) は、本事故発生前の復原力 ( $GZ$ ) (赤線) より大幅に減少することが分かる。なお、ブルワーク上端が没水すれば、甲板上の滞留水は船外の海水と一体となることから、滞留水による傾斜モーメントはなくなり、復原力は急激に増大し、滞留水がない状態の値に一致するようになる。

ただし、ブルワーク上端が没水すれば、ブルワークが抵抗になるので、船がなかなか復原しない。このため、ブルワーク上端が没水すれば、横傾斜が海水流入角未満であっても、波浪の影響で船内出入口下端が海面下に水没し、船内への浸水が発生する可能性も考えられ、安全性確保が困難になると考えられる。

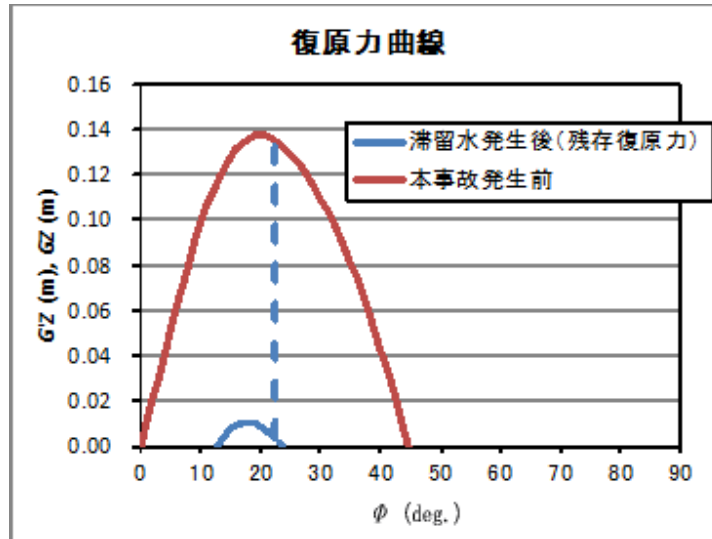


図 2. 1 0-3 滞留水発生後の残存復原力曲線（船長が船員室から上甲板へ出た時点）

(3) 船内区画への浸水の影響

① 浸水量の想定

a 浸水量及び浸水後の船体の重量重心

後記 2.12.1 から、海上保安庁の航空機が横転後の本船を発見したときは、機関室及び船員室の内法容積の  $1/8 \sim 1/4$  程度浸水した状態であったものと考えられるため、当該浸水状態と区画内法容積の  $1/16$  の浸水状態における各区画への浸入水の重量 ( $w$ ) 及び重心位置 ( $Gw_x$ : 船体中央基準の前後位置、 $Gw_z$ : 基線基準の上下位置) の推定を行った。(表 2.10-6 参照)

区画内法容積の  $1/8$  まで浸水した場合の浸入水の重量 ( $w$ ) は、機関室が約 4.8 t、船員室が約 2.3 t である。重心の前後位置 ( $Gw_x$ ) は、機関室では船体中央寄りに変位し、船員室では若干船尾寄りに変位する。

表 2.10-6 想定した船内区画への浸水重量及び重心位置 (機関室)

浸水量 / 内法容積	$w$ (t)	$Gw_x$ (m)	$Gw_z$ (m)
1/16	2.375	4.69	-0.02
1/8	4.751	4.07	0.08
1/4	9.501	3.76	0.25
1/2	19.002	3.61	0.58

(船員室)

浸水量 /内法容積	$w$ (t)	$Gw_x$ (m)	$Gw_z$ (m)
1/16	1.141	8.72	1.21
1/8	2.281	8.86	1.25
1/4	4.563	8.94	1.33
1/2	9.126	8.97	1.49

想定した船内区画（機関室及び船員室）へ浸水発生後の船体状態（排水量（ $W$ ）、重心位置（上下： $KG$ 、前後： $mid-G$ ）及び燃料タンクの自由表面による見掛けの重心上昇量 $GG'$ ）を本事故発生前の状態（船内区画への浸水量0）の値と共に示す。（表2.10-7参照）

表2.10-7 想定した船内区画浸水発生後の船体状態

浸水量 /内法容積	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
0(本事故発生直前)	97.517	1.53	1.60	0.04
1/16	101.033	1.68	1.56	0.04
1/8	104.549	1.80	1.52	0.04
1/4	111.581	2.02	1.47	0.04
1/2	125.645	2.38	1.44	0.03

b 船内区画への浸入水の自由表面影響

船内区画への浸入水は、自由表面を有し、また、機関室及び船員室共に船幅方向に仕切りがないことから、浸入水の自由表面影響を考慮した場合、見掛けの重心上昇量は大幅に増加すると考えられる。（表2.10-8参照）

ただし、機関室には各種の機械類が数多く設置されており、また、船員室にはベッド等が設置されているので、実際の状況においては浸入水の自由な流動が妨げられる。このため、表2.10-8に示した自由表面影響を全て見掛けの重心上昇として考慮することは、船内区画への浸入水の影響を過大評価することになる可能性があると考えられる。

表2.10-8 燃料タンク、機関室及び船員室の自由表面影響

	$I\rho$ (t-m)
各種タンク	4.19
機関室浸入水	24.72
船員室浸入水	11.73

注)  $I$ : 機関室及び船員室の浸入水の断面2次モーメント、 $\rho$ : 自由

## 水の単位体積重量

### ② 復原性に及ぼす影響

船内区画への浸水が発生した状態の復原力 ( $GZ$ ) は、①船内区画への浸水量が増えるに従って復原力が大幅に低下すること、②自由表面影響の算入（発生）範囲によって復原力が大幅に変化すること、③水量が内法容積の  $1/16$  の場合の復原力と  $1/8$  の場合の復原力では、その差異は比較的小さいことが分かり、機関室及び船員室の自由表面影響を算入した場合には浸水量が内法容積の  $1/16$  であっても、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は、 $0.04\text{ m}$  程度、復原力消失角 ( $\phi_f$ ) は、 $21^\circ$  程度となり、船内浸水がない本事故発生前の状態 ( $GZ_{max} : 0.14\text{ m}$ 、 $\phi_f : 45^\circ$ ) に比べてそれぞれ  $1/3$  以下、 $1/2$  以下になることが分かる。(図 2.10-4 参照)

なお、ブルワーク上端が没水すれば、甲板上の滞留水は船外の海水と一体となることから、復原力は滞留水がない状態の値と一致する。本事故発生時では、ブルワーク上端没水後には、船内区画への浸水が発生した状態の復原力となる。

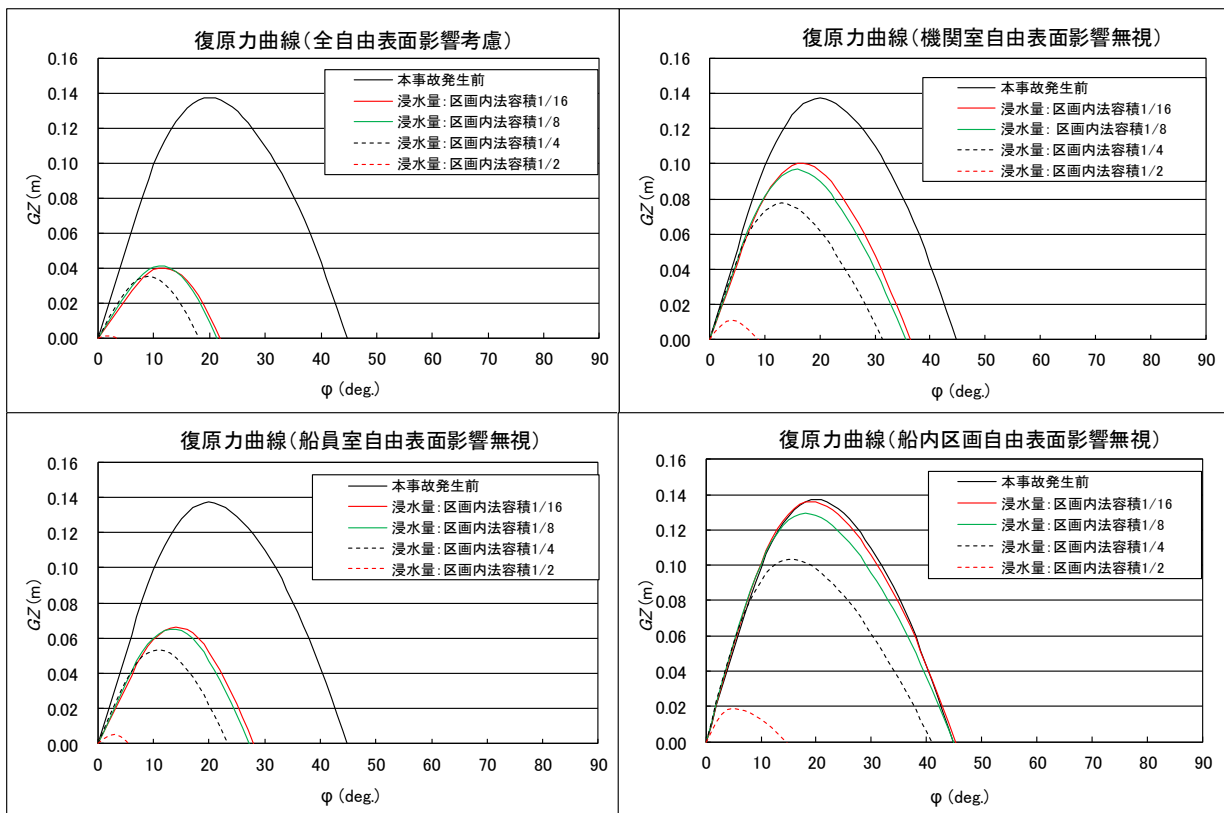


図 2.10-4 想定した船内区画浸水発生後の復原力曲線

また、メタセンタ高さ ( $G_oM$ ) は、全ての自由表面影響を算入した場合、浸水量が内法容積の  $1/16$  であっても  $0.25\text{m}$  となり、本事故発生前の状態 ( $G_{o1}M: 0.59$ ) の  $4$  割程度に減少している。

表 2.10-9 想定した船内区画浸水発生後のメタセンタ高さ

浸水量 /内法容積	$G_{o1}M$ (m)	$G_{o2}M$ (m)	$G_{o3}M$ (m)	$G_{o4}M$ (m)
0(本事故発生前)	0.59	0.59	0.59	0.59
1/16	0.25	0.37	0.50	0.61
1/8	0.29	0.40	0.52	0.63
1/4	0.34	0.44	0.56	0.67
1/2	0.07	0.16	0.26	0.36

注) 自由表面影響の算入範囲 ( $G_{o1}M$ : 燃料タンク、機関室及び船員室、  
 $G_{o2}M$ : 燃料タンク及び機関室、 $G_{o3}M$ : 燃料タンク及び船員室、  
 $G_{o4}M$ : 燃料タンク)

さらに、浸水量が内法容積の  $1/8$  程度までの場合には、船員室出入口からの海水流入角 ( $\phi_{f1}$ ) 及び機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi_{f2}$ ) は、ブルワーク上端の没水角 ( $\phi_b$ ) より大きくなる。このため、ブルワーク上端が没水した状態であっても、船体動揺の影響が小さければ、船内への浸水量は限定的であると考えられる。しかしながら、ブルワーク上端が没水している状態が継続して浸水量が内法容積の  $1/4$  を超えれば、船内区画への海水流入角 ( $\phi_{f1}$ ) 及び ( $\phi_{f2}$ ) はブルワーク上端の没水角 ( $\phi_b$ ) より小さくなるので、船体動揺の影響がなくても船内区画への浸水が連続的に発生するようになり、復原性は急激に低下することが考えられる。(表 2.10-10、表 2.10-11 参照)

表 2.10-10 想定した船内区画浸水発生後の喫水及び乾舷

浸水量 /内法容積	$da$ (m)	$df$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)
0(本事故発生前)	2.35	1.21	1.78	0.25
1/16	2.43	1.19	1.81	0.22
1/8	2.50	1.18	1.84	0.19
1/4	2.63	1.17	1.90	0.13
1/2	2.92	1.15	2.04	-0.01

注)  $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水、 $Fb$ : 乾舷

表 2.10-11 想定した船内区画浸水発生後のブルワーク上端没水角及び海水流入角

浸水量 /内法容積	$\phi_b$ (deg.)	$\phi_{f1}$ (deg.)	$\phi_{f2}$ (deg.)	$\phi_{f3}$ (deg.)
0(本事故発生前)	23.8	31.0	30.4	37.2
1/16	22.8	28.0	27.6	37.7
1/8	22.0	25.1	24.9	38.1
1/4	20.0	19.9	20.0	38.6
1/2	15.2	8.8	9.6	-

注)  $\phi_b$ :ブルワーク上端没水角、海水流入角 ( $\phi_{f1}$ :船員室出入口、 $\phi_{f2}$ :機関室出入口、 $\phi_{f3}$ :水夫長倉庫出入口)

(4) 転覆メカニズム

① 転覆メカニズムに関する検討

a 本事故発生現場の風の影響

本船は、本事故発生時の右舷側からの風によって2°程度左舷側に傾斜していたと推定される。また、風による傾斜角は、滞留水が発生する前の本事故発生前の状態と滞留水が発生後、船長が船員室から出てきた時点とでほとんど同一であったと考えられることから、滞留水が左舷側に片寄る原因となった横傾斜は本事故発生場所の風によって発生したものと考えられる。(表2.10-12、表2.10-13参照)

表 2.10-12 船長が船員室から出てきた時点の風による横傾斜角 ( $\phi_{wind}$ )  
(船速: 4 kn)

	$V_{w\_rel}$ (m/s)	$v_w$ (deg.)	$k$	$D_w$ (m)	$\phi_{wind}$ (deg.)
本事故発生前	13.08	54.5	0.013	0.022	2.1
船長が船員室から出てきた時点				0.020	2.2

(注:  $V_{w\_rel}$ :相対風速、 $v_w$ :船体中心線に対する相対風向、 $D_w$ :傾斜偶力、 $k$ :風圧力に関する係数、傾斜方向:左舷側)

表 2.10-13 船長が船員室から出てきた時点の風による横傾斜角 ( $\phi_{wind}$ )  
(船速: 6.5 kn)

	$V_{w\_rel}$ (m/s)	$v_w$ (deg.)	$k$	$D_w$ (m)	$\phi_{wind}$ (deg.)
本事故発生前	13.87	50.1	0.015	0.023	2.2
船長が船員室から出てきた時点				0.021	2.3

b 甲板上滞留水の影響



2.10.2(2)②で検討したように傾斜に伴う流入水を除いた実質的な滞留水量及びその重心位置から傾斜モーメントを求めるのではなく、甲板上の海水全てを滞留水とした場合（見掛けの滞留水）の滞留水の片寄りによる傾斜モーメントと復原力が釣り合う状態における横傾斜角、ブルワーク上端の水面上高さ等を評価した。

船長が船員室から出てきた時点での見掛けの滞留水の重量（ $w$ ）は7.19tであり、直立時の機関室出入口位置の水深（ $dw_0$ ）は0.29mである。（表2.10-14参照）

表2.10-14 見掛けの滞留水の重量及び直立状態での重心位置、機関室出入口位置の水深

重量 $w$ (t)	重心位置			滞留水深さ $dw_0$ (m)
	$Gw_{x0}$ (m)	$Gw_{y0}$ (m)	$Gw_{z0}$ (m)	
4.778	1.99	1.84	2.04	0.15
5.989	2.16	1.84	2.08	0.22
7.187	2.28	1.84	2.12	0.29
8.277	2.36	1.85	2.15	0.35
9.802	2.45	1.85	2.20	0.43
11.655	2.52	1.86	2.25	0.53
13.864	2.59	1.86	2.31	0.65
18.041	2.69	1.88	2.42	0.86

注) 重心の（前後位置： $Gw_{x0}$ 、左右位置： $Gw_{y0}$ 、上下位置： $Gw_{z0}$ ）及び機関室出入口位置の水深： $dw_0$ ）

表2.10-14に示した見掛けの滞留水による傾斜モーメントとブルワーク上端までを水密としてその浮力を考慮した復原力を比較して滞留水の片寄りによって生じる横傾斜角（ $\phi e$ ）を求め、その傾斜角における左舷側ブルワーク上端の水面上高さ（ $h_{BT}$ ）、ブルワークの放水口に掛かる滞留水の水頭（ $hh$ ）、滞留水の左舷側通路端での水位（ $dwh1$ ）及び機関室出入口での水位（ $dwh2$ ）を評価した結果を表2.10-15に示す。ブルワーク上端の水面上高さ（ $h_{BT}$ ）、ブルワークの放水口に掛かる滞留水の水頭（ $hh$ ）、滞留水の左舷側通路端での水位（ $dwh1$ ）はS.S.\*<sup>12</sup>4の位置で評価した。

見掛けの滞留水量（ $w$ ）が増加すれば、滞留水の片寄りによって生じる横傾斜角（ $\phi e$ ）が増加し、傾斜舷（左舷）側のブルワーク上端の水

\*<sup>12</sup> 「S.S. (Square Station)」とは、船舶の垂線間長さを10分割する垂直面をいう。

面上高さ ( $h_{BT}$ ) が減少する。例えば、滞留水が発生する前の本事故発生前の状態では、ブルワーク上端の水面上高さは1.29mであるのに対し、船長が船員室から出てきた時点 ( $w = 7.187$  t) では、滞留水の片寄りによって12.4° 傾斜し、傾斜舷側のブルワーク上端の水面上高さは0.59mとなり、滞留水発生前の1/2以下に減少する。(表2.10-15参照)

表2.10-15 滞留水による横傾斜角 ( $\phi_e$ ) 及びブルワーク上端の水面上高さ ( $h_{BT}$ ) 等

$w$ (t)	$\phi_e$ (deg.)	$h_{BT}$ (m)	$hh$ (m)	$dwh1$ (m)	$dwh2$ (m)
4.778	8.8	0.79	0.44	0.46	0.10
5.989	10.7	0.69	0.43	0.55	0.14
7.187	12.4	0.59	0.42	0.63	0.19
8.277	13.9	0.50	0.42	0.70	0.23
9.802	15.7	0.40	0.42	0.80	0.28
11.655	17.7	0.29	0.42	0.91	0.35
13.864	19.9	0.16	0.43	1.04	0.43

注) 左舷側への傾斜を(正)とする。

海水の打込みは、舷側での相対水位変動の大きさがその位置でのブルワーク上端の水面上高さより大きくなった場合に発生するとされている。

本船の場合、本事故発生時には右舷船首60°~70°からの波を受けながら航行していたとのことであり、波上側(右舷側)の相対水位変動は波下側(左舷側)の相対水位変動より大きくなるため、海水の打込みが始まった頃は、左舷側への傾斜角がその後に比べて小さく、海水の打込みは、波上側(右舷側)から発生していたと考えられる。一方、海水の打込みが続き、左舷側への傾斜角が大きくなれば、傾斜舷(左舷)側のブルワーク上端の水面上高さが減少するため、打込みは、左舷側からも発生するようになると考えられ、滞留水量が増加するとともに、打込み頻度や打込み水量が増加したと考えられる。また、ブルワークの放水口に掛かる滞留水の水頭( $hh$ )は、滞留水量によってほとんど変化しないことから、打込み頻度や打込み水量が増加すれば、滞留水量は徐々に増加すると考えられる。

表2.10-15に示したとおり、見掛けの滞留水量の増加に伴い、滞留水の甲板上水位値も増加する。見掛けの滞留水量( $w$ )が12t程度では、滞留水によって18°程度傾斜した状態であり、滞留水の水面上高さが機関室出入口の甲板上高さ(0.38m)を超え、S.S.4における左舷

側通路端での水位は約 1 m になると考えられる。このため、滞留水量 ( $w$ ) が 12 t 程度に達すれば、滞留水が機関室に連続的に流入するようになり、また、S.S. 4 における左舷側通路端における水位が腰部に達すると考えられる。

なお、滞留水の水面が機関室出入口の甲板上高さより低い状態であっても、船体の動揺等を考えれば、滞留水が機関室に流入すると考えられる。

c 船内区画浸水の影響

上甲板上への滞留水と船内区画への浸水の両者を考慮した状態について検討した。

(a) 甲板上滞留水

船内区画浸水は、船長が船員室から上甲板上へ出てきた時点以降に発生したと考えられ、具体的には、滞留水による横傾斜した状態において、機関室出入口での水位 ( $dwh2$ ) が 0.28 m となる滞留水が発生した以降とすれば、当該水位の滞留水量 ( $w$ ) は 9.802 t となり、滞留水による横傾斜角 ( $\phi e$ ) は 15.7° と考えられる。

(b) 船内区画浸水

前記状態から、甲板上の実質的な滞留水量を算出し、滞留水発生後の船体状態を求め、2.10.2(3) で想定した船内区画浸水における甲板上滞留水及び船内区画浸水発生後の船体状態を求めた。(表 2.10-16 参照)

表 2.10-16 想定した甲板上滞留水及び船内区画浸水発生後の船体状態

浸水量 /内法容積	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
0(甲板上滞留水のみ)	103.119	1.59	1.64	0.04
1/16	106.635	1.74	1.60	0.04
1/8	110.151	1.85	1.56	0.04
1/4	117.183	2.05	1.51	0.04

(c) 復原性

図 2.10-5 には、表 2.10-16 に示した重量重心で甲板上滞留水と船内区画への浸水が発生した状態の復原力 ( $GZ$ ) を計算した結果について、船内区画への浸水前の甲板上滞留水 (case-2) だけが発生した状態の復原力、本事故発生前の状態 (甲板上滞留水、船内区画浸水共に 0) の復原力と共に示す。また、表 2.10-17 にはメタセンタ高さ ( $G_0M$ ) の計算結果を示す。

表 2.10-17 想定した甲板上滞留水及び船内区画浸水発生後のメタセンタ高さ

浸水量 /内法容積	$G_{01}M$ (m)	$G_{02}M$ (m)	$G_{03}M$ (m)	$G_{04}M$ (m)
0(甲板上滞留水のみ)	0.52	0.52	0.52	0.52
1/16	0.21	0.32	0.44	0.55
1/8	0.25	0.35	0.47	0.58
1/4	0.30	0.40	0.51	0.61
(参考)本事故発生前	0.59	0.59	0.59	0.59

注) 自由表面影響の算入範囲 ( $G_{01}M$ : 燃料タンク、機関室及び船員室、  
 $G_{02}M$ : 燃料タンク及び機関室、 $G_{03}M$ : 燃料タンク及び船員室、  
 $G_{04}M$ : 燃料タンク)

図 2.10-5 に示した復原力 ( $GZ$ ) 及び表 2.10-17 に示したメタセンタ高さ ( $G_oM$ ) は、図 2.10-4 及び表 2.10-9 と同様に自由表面影響の算入範囲を①燃料タンク、機関室及び船員室、②燃料タンク及び機関室、③燃料タンク及び船員室、④燃料タンクのみとした 4 ケースについて表示した。

図 2.10-5 及び表 2.10-17 から、機関室出入口での水位 ( $dwh2$ ) が 0.28 m となる滞留水が甲板上に発生したことから、滞留水が発生する前の本事故発生前の状態に比べて低下した復原力が、船内区画への浸水により、更に大幅に低下することが分かる。全ての自由表面影響を算入した場合、浸水量が内法容積の 1/16 であっても、メタセンタ高さ ( $G_{01}M$ ) は、船内区画への浸水前の甲板上滞留水 (case-2) だけが発生した状態 ( $G_oM=0.52$  m) の 4 割程度の 0.21 m、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は 0.02 m 程度、復原力消失角 ( $\phi_f$ ) は 15° 程度となり (図 2.10-5 左上図参照)、船内区画への浸水がなく甲板上滞留水 (case-2) だけが発生した状態 ( $GZ_{max}$ : 約 0.10 m、 $\phi_f$ : 約 37°) に比べ、復原力の最大値は 1/5 以下、復原力消失角は 1/2 以下になることなどが分かる (図 2.10-5 参照)。

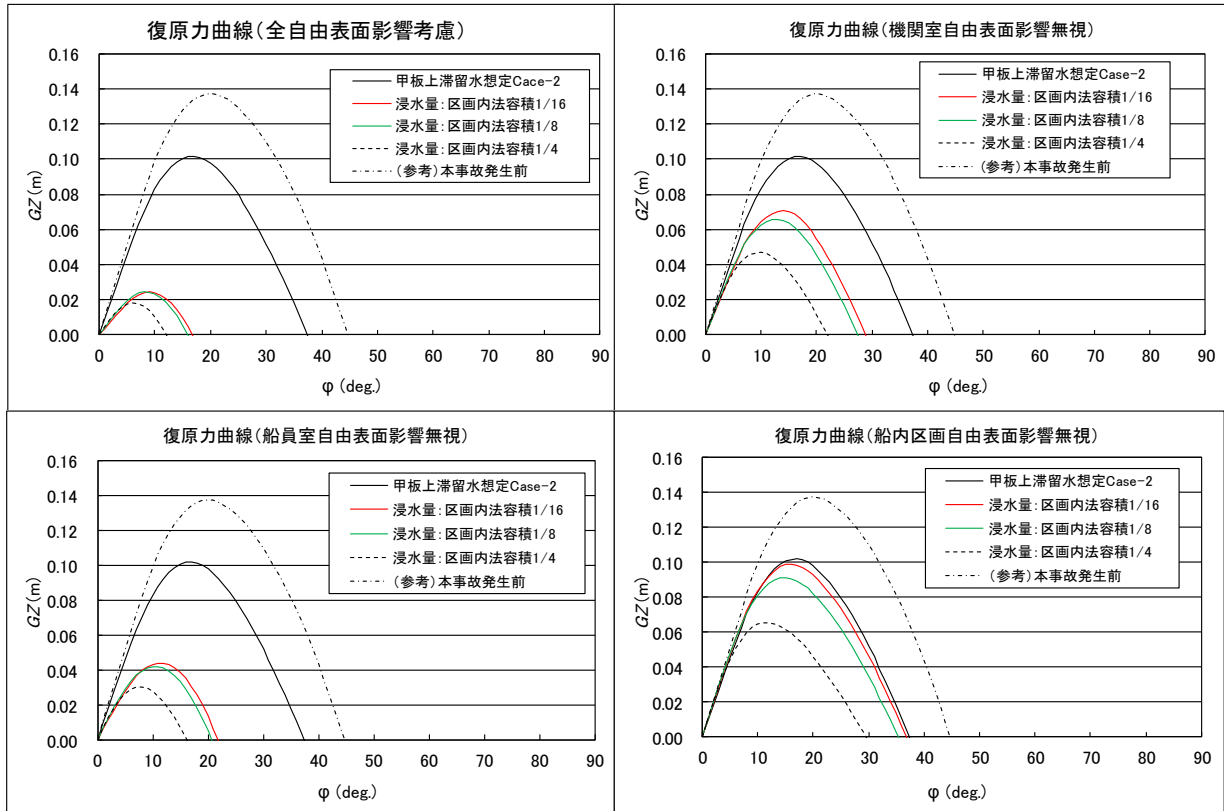


図 2. 1 0-5 想定した甲板上の滞留水及び船内区画浸水発生後の復原力曲線

表 2. 1 0-1 8 想定した甲板上滞留水及び船内区画浸水発生後のブルワーク 上端 没水角及び海水流入角

浸水量 /内法容積	$\phi_b$ (deg.)	$\phi_{f1}$ (deg.)	$\phi_{f2}$ (deg.)	$\phi_{f3}$ (deg.)
0(甲板上滞留水のみ)	22.5	27.7	27.2	36.2
1/16	21.5	24.6	24.3	36.7
1/8	20.6	22.3	22.2	37.0
1/4	18.6	16.9	17.1	37.5
(参考)本事故発生前	23.8	31.0	30.4	37.2

また、表 2. 1 0-1 8 に示したとおり、機関室出入口での水位 ( $dwh2$ ) が 0. 2 8 m となる甲板上滞留水に加え、船内区画への浸水が発生すれば、平均喫水の増大に加えて船尾トリムが増大するため、ブルワーク上端の没水角 ( $\phi_b$ )、船員室出入口からの海水流入角 ( $\phi_{f1}$ ) 及び機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi_{f2}$ ) が小さくなる。

(d) 横傾斜角

今回の検討では、復原力に対する自由表面影響の算入範囲を①燃料タンク、機関室及び船員室、②燃料タンク及び機関室、③燃料タ

ンク及び船員室、④燃料タンクのみとした4ケースを設定し、それぞれのケースでの横傾斜角を表2.10-19で $\phi e1$ 、 $\phi e2$ 、 $\phi e3$ 、 $\phi e4$ として表示している。

表2.10-19で示した「-」は、滞留水による傾斜モーメントと復原力が釣り合う横傾斜角を求めることができなかつた箇所を表し、また、赤字で示した箇所は、横傾斜角がブルワーク上端の没水角を超えるものを表している。

表2.10-19に示したとおり、船内区画への浸水量が増加するに伴い、滞留水の片寄りによって生じる横傾斜角が増加する。横傾斜角の増加量は復原力への自由表面影響の算入範囲によって変化するが、例えば、燃料タンク及び機関室の自由表面影響を考慮した場合、滞留水の片寄りによって生じる横傾斜角( $\phi e2$ )は、船内区画(機関室及び船員室)への浸水がない場合は $15.7^\circ$ であるが、船内区画へ内法容積の $1/16$ だけ浸水すれば、横傾斜角は $21.3^\circ$ と約 $6^\circ$ 増加し、ほぼブルワーク上端が没水する角度( $21.5^\circ$ 、表2.10-18参照)となる。

ブルワーク上端が没水すれば、甲板上的滞留水は船外の海水と一体となることから、復原力は滞留水がない状態の値と一致するようになり、滞留水の片寄りによる傾斜モーメントがなくなるため、船体に復原力のみが作用するようになる。しかしながら、2.10.2(2)②で記述したとおり、ブルワーク上端が没水すれば、ブルワークが抵抗になるので、船がなかなか復原しない。このため、ブルワーク上端が没水すれば、横傾斜が海水流入角未満であっても、波浪の影響で船内出入口下端が海面下に水没し、船内への浸水量が増加する可能性も考えられ、その場合、復原性の更なる低下や横傾斜角の増大を誘起し、安全性確保が困難になると考えられる。

表2.10-19 想定した甲板上滞留水及び船内区画浸水による横傾斜角

浸水量 /内法容積	$\phi e1$ (deg.)	$\phi e2$ (deg.)	$\phi e3$ (deg.)	$\phi e4$ (deg.)
0(甲板上滞留水のみ)	15.7	15.7	15.7	15.7
1/16	-	21.3	18.2	15.7
1/8	-	22.0	18.7	16.1
1/4	-	-	21.3	18.5

一方、本事故発生時に開放されていた船内区画への出入口が閉鎖されていた場合、転覆前には船内への浸水量は非常に限定的であつ

たとえられ、事象の進展は本事故発生時と異なつたと考えられる。

ただし、2.10.2(3)②で記述したとおり、船内区画への浸水がない場合にも、甲板上滞留水の増加に伴い、横傾斜角が増加し、残存復原力が減少する。滞留水の増加が継続し、横傾斜角が大きくなってブルワーク上端が没水すれば、上甲板上の滞留水は船外の海水と一体となることから、復原力は滞留水がない場合と一致する。しかしながら、船内への浸水がない場合でも、ブルワーク上端が没水した場合、ブルワークが抵抗となって船が復原しにくくなり、最終的には波浪の影響で転覆に至る可能性はあつたと考えられる。

## ② 転覆メカニズム（まとめ）

前記の解析結果から、推測される本船の転覆メカニズムは、以下のとおりであつたものと想定される。

- a 風によって左舷側に傾斜した状態において、海水の打込みが発生し、上甲板左舷側に滞留して左舷側への傾斜が増加した。
- b 海水の打込みが継続したため、滞留水が増加し、左舷側への傾斜角が大きくなり、復原性が低下した。
- c 甲板上滞留水の一部が船内区画へ入り、復原性が大幅に低下した。
- d 左舷側への傾斜が増大して転覆した。

（別添1 転覆のメカニズムの推定に関する委託調査結果 参照）

## 2.1.1 過去の同種事故に関する情報

運輸安全委員会の船舶事故調査報告書によれば、上甲板上の滞留水や機関室出入口からの海水の流入が影響して発生した事故は、次のとおりであつた。

船種船名	発生日	概要	原因（概略）
漁船 第五十八寿和丸	平成20年6月23日	漁船第五十八寿和丸は、船長、漁労長ほか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。	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下でパラシュートアンカーを使用して漂泊中、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。
漁船 第二山田丸	平成22年1月12日	漁船第二山田丸は、船長ほか9人が乗り組み、福江島大瀬崎西北西方沖を僚船と共に東シナ海の漁場に向けて航行中、僚船に対して無線連絡を行ったのち、平成22年1月12日03時53分ごろ沈没し、乗組員10人全員が死亡した。	本事故は、夜間、本船が、福江島大瀬崎灯台西北西方沖を有義波高約1.9～約2.0mの北西～北北西からの波を受けて速力約9knで僚船の後方約400mを北西進中、有義波高の2倍以上の波を右舷前方から受けた際に波が打ち込み、機関室出入口が開放されていたため、機関室へ浸水し、その後、連続して波が打ち込んで機関室への浸水が続いて船体が沈下するとともに、魚倉等の区画へも浸水して沈没したものと考えられる。

## 2.12 検索、救助及び被害の軽減措置に関する情報

### 2.12.1 海上保安庁が遭難信号を受信してから本船発見までの経過

十管本部の情報によれば、次のとおりであった。

海上保安庁運用司令センターは、3月23日15時20分ごろ、奄美大島の西北西約140kmの海上（北緯28°48.7′ 東経128°10.1′）で発信された本船の遭難信号を受信した。これを受け、15時50分ごろ、十管本部に第十管区春日丸連絡途絶船対策本部を設置し、検索を開始した。

十管本部は、巡視船4隻及び航空機（鹿児島、那覇及び羽田航空基地所属航空機）を出動させ、検索に当たったところ、18時35分ごろ、検索中の航空機が奄美大島の西北西約120kmの海上において、「春日丸」と表記された船舶が左舷側を海中に没した状態で横転しているところを発見し、18時54分ごろ船名から本船であることを確認した。

### 2.12.2 乗組員が救命いかだから落水して発見されるまでの経過

船長、漁労長、乗組員A及び乗組員Bの口述によれば、次のとおりであった。

漁労長、乗組員B、乗組員C及び乗組員Dは、4人一緒に漂流していた。

漁労長及び乗組員Dは、流れていたフェンダーを確保するため、漁具等が絡まないようにズボンを脱いでいた。

船長及び乗組員Aは、ロープを木杵に結び付けて木杵の中に入って救助を待った。

漁労長は、夜になってから、全長1m未満の細長いツチノコのようなサメに両大



腿部を数か所かまれたので、2匹を撃退した。乗組員Bは暗くなってから、左足をかまれた。漁労長は、一緒に流れていた乗組員Dが「弁慶（向こうずね）やられた」、「太ももやられた」と言っているのを聞き、撃退するように言ったが、体力が低下していたのか撃退できないようだった。

その後、漁労長、乗組員B、乗組員C及び乗組員Dは、大声を出してお互いを励まし合っていたが、次第に乗組員Dは、声も出せなくなり、漁労長の間掛けにも答えなくなった。

船長及び乗組員Aは、木枠の中に入って漂流していたが、本船に近づいて来た搭載艇Bに発見された。

## 2.12.3 乗組員が発見されてから搭載艇に収容されるまでの経過

十管本部の情報によれば、次のとおりであった。

巡視船Aは、本船発見海域に先着したが、鹿児島及び那覇から出動した巡視船3隻は、当該海域に向けて航行中であり、到着予定時刻は翌朝以降であった。

また、鹿児島及び那覇航空基地のヘリコプターは、天候不良によって、本船発見海域に飛来できない状況であった。本船発見海域は、約13～18m/sの西北西～北西の風が吹き、波高約4mのうねりがあった。

巡視船Aは、平成24年3月23日21時40分ごろ遭難者2名を発見し、救助するために接近しようとしたが、船体の動揺が激しく30°以上傾斜する状況では、遭難者を船体で押し沈めることや推進装置に巻き込む危険があったこと、また、付近にボンデン、ブイ等の漂流物を推進装置に巻き込んで航行不能になる可能性があったことから、接近できず、搭載艇Aを使用して救助を行うこととした。

巡視船Aの海上保安官3名（艇長、操船者及び艇員、以下、それぞれ「海上保安官A」、「海上保安官B」及び「海上保安官C」という。）は、22時25分ごろ降下した搭載艇Aに救命胴衣2着を携行して乗船し、搭載艇Aで遭難者に接近したところ、遭難者が4名であることを確認した。

搭載艇Aの海上保安官は、搭載艇の定員が5名であったため、2名ずつ救助する旨を遭難者に伝えたが、遭難者から「意識を失った者がいる。フカにかまれている。もうもたない」との返事があり、一度に全員を収容することとして22時45分ごろ、乗組員B、漁労長、意識がなかった乗組員D及び乗組員Cの順に搭載艇Aに引き上げて救助した。

一方、搭載艇Bは、24日06時09分ごろ、船長及び乗組員Aを発見し、06時17分ごろ搭載艇Bに収容して救助した。

#### 2.12.4 乗組員が搭載艇に収容されてからの経過

船長、漁労長、乗組員A、乗組員B、巡視船A乗組員及びダビット操作者の口述並びに十管本部の情報によれば、次のとおりであった。

漁労長、乗組員B、乗組員C及び乗組員Dは、搭載艇Aに救助され、乗組員Cが船首部に、乗組員Dが操縦席の左舷側に、漁労長及び乗組員Bが操縦席後方にそれぞれ位置しており、海上保安官A、同B及び同Cは、操縦席の後方右舷側、操縦席及び船首部にそれぞれ位置していた。

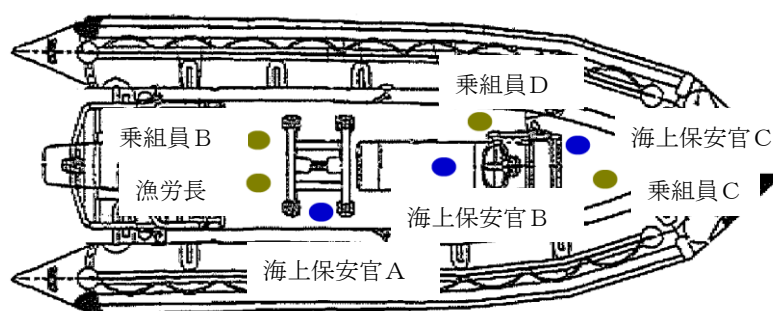


図2.12-1 搭載艇Aの乗組員等

海上保安官Aは、乗組員に救命胴衣を着用させようとしたが、搭載艇Aの動揺等により、着用させることができなかった。

搭載艇Aは、巡視船Aに向けて航行したが、西北西～北西の風浪により、大きく動揺し、時折、海水が艇内に入って来ていた。救助された乗組員は、漁労長、乗組員B及び乗組員Dが漂流中にサメにかまれて出血しており、乗組員Dが意識不明の状態、漁労長、乗組員B及び乗組員Cが疲労困ぱいで動けない状態であった。

巡視船Aは、舷側に救助用のはしごを準備していたが、海上荒天で船体の動揺が激しく危険であり、また、救助した乗組員が意識不明や疲労困ぱいで動けない状態であり、はしごを使用した救助は不可能であったため、乗組員を搭載艇Aごと吊り上げることとした。

巡視船Aは、搭載艇Aを吊り上げて収容するに当たり、風浪の影響を軽減させるため、風浪を右舷船尾方から受けながら、主機を適宜使用して微速で後進していた。

搭載艇Aは、巡視船Aの船尾左舷方から微速でダビットに向かって接近していたが、強風やうねりにより、救助した乗組員が搭載艇Aと巡視船Aの間に挟まれそうになり、また、搭載艇Aが巡視船Aに接触しそうになった。海上保安官Aは、搭載艇Aが巡視船Aに接触する際の衝撃を抑えようとしたところ、左大腿部等を巡視船Aと搭載艇Aとの間で挟まれて負傷した。

巡視船Aは、23日22時59分ごろ、奄美大島の西北西約109kmの海上に

において、搭載艇Aにリフティングワイヤを渡し、搭載艇Aの船首尾のもやい索を船上のクリートに取り、搭載艇Aの吊り上げを開始した。

搭載艇Aは、海面上に吊り上げられて間もなく、大きなうねりを船尾方から受け、船尾船底部を押し上げられて船首部が下方に傾くとともに、風浪によって艇内に約20～30cm 滞留していた海水が船首方に移動したため、船首部にいた乗組員C、乗組員D及び海上保安官Cが落水した。巡視船Aは、23時02分ごろ漁労長及び乗組員Bを収容し、その後、落水者の捜索を行った。

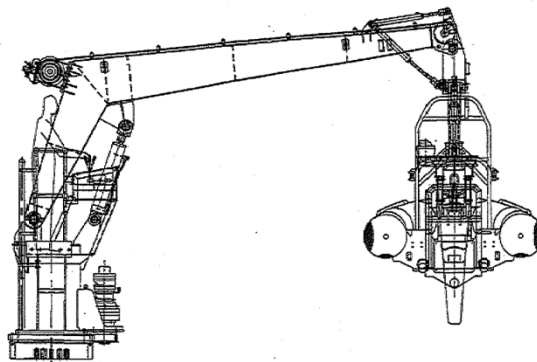


図2.12-2 搭載艇A及びデリック

巡視船Aは、23時14分ごろ救命胴衣を着用し、作業用水中ライトを所持していた海上保安官Cを救助し、引き続き付近海面を捜索したが、乗組員C及び乗組員Dの発見に至らなかった。巡視船Aは、負傷者の搬送のため、24日01時30分ごろ名瀬港に入港し、01時40分ごろ、漁労長、乗組員B、海上保安官A及び海上保安官Cを救急車2台に引き継いだ。救急車は、それぞれ、02時02分及び04分ごろ奄美市内の病院に到着した。

十管本部は、海上自衛隊に災害派遣要請を行い、海上自衛隊航空機が行方不明者の捜索に加わった。

一方、搭載艇Bに救助された船長及び乗組員Aは、06時47分ごろ巡視船Bに収容された。

救助された船長及び乗組員Aは、巡視船C搭載機で奄美空港まで搬送され、09時45分ごろ救急車2台に引き継がれた。船長を乗せた救急車は10時19分ごろ、乗組員Aを乗せた救急車は10時24分ごろ、奄美市内の病院にそれぞれ到着した。

本船は、3月25日08時00分ごろ、奄美大島の西方約9.2kmの海上において、垂直状態で漂流していたところを確認されたが、その後、確認できなくなり、沈没したものと思われた。

巡視船Dは、3月27日09時26分ごろ、奄美大島の西約12.9kmの海上において、漂流者（乗組員C）を発見し、10時02分ごろ巡視船Dの搭載艇に収容

した。漂流者は、医師により、死亡が確認された。

その後も海上保安庁の巡視船、航空機及び海上自衛隊の航空機で捜索を続けたが、乗組員Dの発見に至らず、4月5日の日没時に専従捜索が打ち切れ、同日18時45分をもって第十管区海上保安本部春日丸転覆海難対策本部（2.12.1 記載の対策本部を改組したもの）は解散された。

（写真2 漂流中の状況（平成24年3月23日夕刻） 参照）

#### 2.12.5 救命設備の状況

船長及び漁労長の口述並びに十管本部の情報、各整備記録によれば、次のとおりであった。

##### (1) EPIRBの状況

EPIRBは、船舶安全法の規定によって証明を受けたサービス・ステーション（以下「サービス・ステーション」という。）で平成23年3月3日に整備され、3月4日に本船の操舵室天蓋右舷側へ積み付けられた。

漁労長は、本船が転覆する際、EPIRBを取り外して保持したことから、位置情報等が発信された。

本船のEPIRBは、乗組員が救助された際に回収された。

##### (2) レーダー・トランスポンダー

レーダー・トランスポンダーは、サービス・ステーションで平成23年3月3日に整備され、3月4日に本船の操舵室内右舷側へ積み付けられた。

漁労長は、本船が転覆する際、レーダー・トランスポンダーを取り外し、スイッチをONにして保持していたが、漂流中に流失した。

本船のレーダー・トランスポンダーは、回収されておらず、その信号も捜索中の巡視船等のレーダーで確認されなかった。

##### (3) 救命いかだの状況

救命いかだは、8人乗りであり、円錐形の天幕を乗船後に取り付けるタイプのものであったが、船舶安全法の規定によって整備事業場の認定を受けた事業者で平成23年2月24日に整備され、3月4日に本船の船橋甲板の左舷端へ積み付けられた。本船の救命いかだは、回収されていない。

## 2.13 ダルマザメに関する情報

文献<sup>\*13\*14\*15\*16\*17</sup>によれば、次のとおりであった。

### (1) 形態等

ダルマザメは、ヨロイザメ科に属し、世界の温帯及び熱帯の水深85～3,500mに生息し、夜になれば、獲物を求めて浅いところまで上がってくる。

ダルマザメは、体長約50cmであり、円筒形で細長く、首の腹側に暗い色のバンドがある。眼は大きく、口角部に唇しゅう<sup>\*18</sup>がある。上顎の歯は小さくて針状、下顎の歯は大きくて鋭く、三角形で列をなしている。胸びれは小さく、両背びれはほぼ同じ大きさで小さくて体の後方に位置する。尻びれはない。尾ひれは短い。



(出典 「深海魚-暗黒街のモンスターたち」 著者 尼岡邦夫)

### (2) 被害の状況

ダルマザメは、獲物の体に上顎とその歯を押し付ける。ダルマザメは、唇で皮膚に吸い付き、大きな舌を後に引っ張ることにより、口の中に吸い込み圧ができるので、下顎の歯を獲物に食い込ませ、その状態で上顎を軸にして体を回転させる。

肉に食い込んだ下顎の歯は、体と一緒に回転し、獲物の肉をえぐるように切っていく。この一連の動作はとても素早く、ほとんど一瞬で獲物の肉をアイスクリームデッシャーですくい取るようにはぎ取る。英語名でクッキーカッターシャーク、つまり、クッキーの型抜きザメという呼び名はここから

<sup>\*13</sup> 「原色魚類大図鑑」 監修者 阿部宗明 株式会社 北隆館 (昭和62年11月25日発行)

<sup>\*14</sup> 「深海魚-暗黒街のモンスターたち」 著者 尼岡邦夫 株式会社 ブックマン社 (平成21年3月24日発行)

<sup>\*15</sup> 「深海生物ファイル-あなたの知らない暗黒世界の住人たち」 著者 北村雄一 株式会社 ネコ・パブリッシング (平成17年11月24日発行)

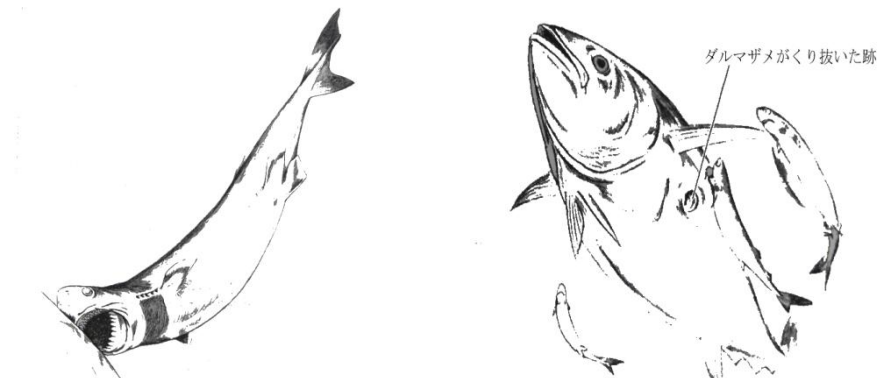
<sup>\*16</sup> 「サメのおちんちはふたつ-ふしぎなサメの世界」 著者 中谷一宏 築地書館 (平成15年8月発行)

<sup>\*17</sup> 「Martin, R.A. Attacked by a Dogfish. ReefQuest Centre for Shark Research.」 Retrieved on January 26, 2010.

<sup>\*18</sup> 「唇しゅう」とは、サメ類の口角部付近にあるひだをいう。

きている。

ダルマザメは、マグロ類、カジキ類、シイラ、アカマンボウ類などの大型魚類やクジラ類を襲い、その傷痕は、直径約5 cm、深さ約7 cm のクレーター状である。



(出典 「深海生物ファイル-あなたの知らない暗黒世界の住人たち」 著者 北村雄一)

## 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、2.5.6、2.7及び2.10から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本船は、3月22日11時30分ごろ、船長ほか5人が乗り組み、はえ縄漁のため、沖縄本島北西方沖の漁場に向けて山川港を出港した。
- (2) 本船は、23日15時00分ごろから、右舷方からの風及び波を受け、胴の間付近に連続して海水が打ち込んでいたが、針路約230°及び速力約6.5knを保持して航行した。
- (3) 本船は、名瀬港西北西方沖において、西北西からの風及び西からの波を右舷方から受けて南西進中、胴の間付近に連続して海水が打ち込み、上甲板上の左舷側に滞留した海水が機関室等に流入し、左舷側に転覆した。

#### 3.1.2 転覆の状況

2.1、2.5.6及び2.10から、本船は、胴の間付近に連続して海水が打ち込み、打ち込んだ海水が上甲板上の左舷側に滞留して左舷側への傾斜が増大するとともに、左舷側の放水口が没水して滞留水が増え、開放されていた機関室等の出入口から海水が機関室等に流入し、左舷側への傾斜が更に増大して転覆に至ったものと考えられる。

### 3.1.3 事故発生日時及び場所

2.1、2.5.7 及び 2.12.1 から、本事故の発生日時は、平成24年3月23日15時15分ごろで、発生場所は、名瀬港西北西方沖140km 付近（概位 北緯28°48.7′ 東経128°10.1′）であったものと考えられる。

### 3.1.4 損傷の状況

2.3から、本船は、転覆して沈没したものと考えられ、転覆時における損傷状況については、明らかにすることができなかった。

### 3.1.5 死傷者等の状況

2.1及び2.2から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 乗組員Cは、3月27日に発見されたが、医師によって死亡が確認された。乗組員Dは、行方不明となり、平成24年8月24日付けで死亡届によって除籍された。
- (2) 漁労長は、サメ咬創（両大腿部4か所）、右大腿皮膚欠損創（6cm×6cm）及び挫滅症候群と、乗組員Bは、左足挫滅創及び左足欠損（皮膚、腱、骨）と搬送された病院でそれぞれ診断されて入院した。
- (3) 船長は、重油誤飲及び心的外傷後ストレス障害の疑いと、乗組員Aは、化学性肺炎（重油）及び誤えん性肺炎と搬送された病院でそれぞれ診断されて入院した。

## 3.2 事故要因の解析

### 3.2.1 乗組員の状況

2.4及び2.8.3から、船長及び漁労長は、いずれも適法で有効な海技免状を有していた。また、単独で航海当直を行っていた他の乗組員は、航海当直部員としての認定要件を満たしていた可能性があると考えられるが、認定を受けていなかった。

### 3.2.2 船舶の状況

#### (1) 復原力等

- ① 2.5.4、2.5.8 及び 2.10.2 から、本船は、山川港出港時、漁具等の積載によって改造時の満載出港状態より重心が上昇し、 $G_0M$ 基準を満たしておらず、復原力が減少していたものと考えられる。
- ② 2.1 及び 2.10.2(4)①から、本船は、本事故発生時、右舷方からの風を受けて左舷側に傾斜していたものと考えられる。

#### (2) 機器等の状態

2.5.5(1)から、本船は、本事故発生時、風向風速計を除いて船体、機関及び機器類には不具合又は故障はなかったものと考えられる。

(3) 木甲板等

2.5.3(8)から、本船は、胴の間の両舷に木甲板を敷き詰め、木甲板を支える桁板が両舷共に船首尾方向に連続して設けられていたことから、胴の間の放水口からの排水の妨げになっていたものと考えられる。

(4) 放水口

2.5.3(9)、(10)及び2.8.2から、本船の放水口は、法令の基準では片舷で約 $1.58\text{ m}^2$ の合計面積が必要であったが、改造によって左舷側の放水口は、合計面積が約 $0.22\text{ m}^2$ となっており、放水口の面積の減少によって排水が妨げられ、上甲板上に流入した海水が滞留しやすくなっていたものと考えられる。

(5) 放水口付近

2.5.3(10)から、胴の間の左舷側放水口内側付近には、魚などの落下防止の目的でFRP製の板（カバー）がブルワーク上端から木甲板の上面まで設置され、排水の妨げとなっていたものと考えられる。

(6) (3)～(5)のまとめ

前記(3)～(5)から、本船は、木甲板、木甲板の桁板、放水口の面積及び放水口周りの構造が影響して排水が妨げられ、海水が上甲板上に滞留しやすかったものと考えられる。

なお、放水口は改造されていたが、改造時期については、明らかにすることができなかった。

(7) 出入口等

2.5.5(2)及び2.5.6(8)から、本船は、本事故発生時、機関室出入口の扉、船員室出入口の扉、水夫長倉庫出入口の扉、倉庫の蓋、機関室通風筒等を開放していたものと考えられる。機関室出入口の扉は、機関室内の監視のために開放し、船員室出入口の扉は、船員室の換気のために約 $10\text{ cm}$ 開放していたものと考えられる。

### 3.2.3 気象及び海象の状況

2.1及び2.7から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本事故発生当時には、天気は曇り、風向は西北西、風速は約 $12.0\text{ m/s}$ 、波向は西、有義波高は約 $2.0\text{ m}$ であった。
- (2) 漁労長等が救助された3月23日22時45分ごろの風向は西北西～北西、風速は約 $13\sim 18\text{ m/s}$ 、波向は西北西～北西、波高は約 $4\text{ m}$ であった。



### 3.2.4 運航の状況

2.5.6 から、次のとおりであったものと考えられる。

#### (1) 操船

本船は、ふだんからGPSプロッター、自動操舵装置及びサテライトコンパスを連動させて自動操舵によって航行を行い、操舵及び速力の変更は船長又は漁労長が行っており、本事故当時、船長及び漁労長は休息していたことから、胴の間付近に連続して海水が打ち込んでいたが、本船は針路及び速力を保持して航行した。

#### (2) 出入口扉

本船は、前記 3.2.2(7) のとおり、ふだんから機関室出入口の扉及び船員室出入口の扉を開放していたが、船長及び漁労長は、両出入口共に船楼内であったため、両出入口から海水が室内に流入するとは考えていなかった。

#### (3) 滞留水について

乗組員は、これまで上甲板上に滞留水が発生したこともあったが、危険を感じていなかった。

### 3.2.5 転覆に関する解析

2.1、2.5.4、2.5.8 及び 2.10 から、次のとおりであった。

#### (1) 本事故発生前の復原性

本船の本事故発生前のメタセンタ高さ ( $G_0M$ ) は、0.59 m と満載出港状態に比べて 0.14 m 小さくなり、また、 $G_0M$  基準を満たしていなかったものと考えられる。

本船の本事故発生前の復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は、0.14 m と考えられ、満載出港状態の 0.22 m の 6 割程度であると考えられることから、本船の本事故発生前の復原性は、満載出港状態に比べて低下していたものと考えられる。

#### (2) 風による船体横傾斜

本船は、本事故発生時、右舷方からの風によって 2° 程度左舷側に傾斜していたものと考えられるが、風による横傾斜角は、本事故発生前の状態で航行中と滞留水発生後、船長が船員室から出てきた 23 日 15 時 05 分ごろとは同様であったものと考えられる。

#### (3) 海水の打込み及び滞留水の増加

海水の打込みは、舷側での相対水位変動の大きさがその位置でのブルワーク上端の水面上高さより大きくなった場合に発生するとされているので、本船の場合、本事故発生時には、右舷船首約 60°～70° からの波を受けなが

ら航行しており、波上側（右舷側）の相対水位変動は波下側（左舷側）の相対水位変動より大きくなっていたものと考えられる。このため、海水の打込みが始まった頃は、それ以降に比べて左舷側への傾斜角が小さく、波上側（右舷側）から海水の打込みが発生していたものと考えられる。しかし、傾斜角が大きくなるに従い、傾斜舷（左舷）側のブルワーク上端の水面上高さが減少するため、打込みは、左舷側からも発生するようになるものと考えられ、滞留水量が増加するとともに、打込み頻度や打込み水量が増加したものと考えられる。

#### (4) 上甲板上の滞留水の影響

- ① 本船は、船長が船員室から上甲板へ出た時点での上甲板上の滞留水の状況において、メタセンタ高さ ( $G_0M$ ) は 0.53 m、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は 0.11 m となり、滞留水発生前（本事故発生前）の状態 ( $G_0M$ : 0.59 m、 $GZ_{max}$ : 0.14 m) に比べて復原力が低下していたものと考えられる。
- ② 本船は、滞留水の片寄りによって生じる傾斜モーメントにより、 $12.4^\circ$  左舷側に傾斜していたと考えられ、船長が船員室から上甲板へ出た時点での傾斜モーメントを考慮した復原力（残存復原力）の最大値は、本事故発生前に比べ、 $1/10$  以下に減少していたものと考えられる。
- ③ 本船は、本事故発生時、滞留水の増加に伴い、左舷側への横傾斜角が増大するとともに、ブルワーク上端の水面上高さが減少し、ブルワーク上端が没水したものと考えられる。なお、ブルワーク上端が没水すれば、上甲板上の滞留水は船外の海水と一体となり、滞留水による傾斜モーメントがなくなって復原力は増大し、滞留水がない状態の値に一致するものと考えられる。しかし、ブルワーク上端が没水すれば、ブルワークが抵抗となり、本船が復原しにくくなることから、波浪の影響で転覆に至る可能性があると考えられる。

#### (5) 海水の流入

本船は、前記(4)記載のとおり、滞留水の影響によって  $12.4^\circ$  左舷側に傾斜していたものと考えられ、傾斜角約  $5^\circ$  で没水する本船の放水口は海中に没し、海水が上甲板上に流入していたものと考えられる。

#### (6) 船内区画への浸水の影響

- ① 本船は、上甲板上の滞留水によって左舷側に  $18^\circ$  程度傾斜した状態となれば、滞留水が機関室に連続的に流入するようになり、また、船員室についても、機関室と海水流入角が同程度であったことから、滞留水が連続的に流入するようになったものと考えられる。

② 本船の復原力は、燃料タンク、機関室及び船員室の自由表面影響を全て算入した場合、浸水量が機関室及び船員室の内法容積の1/16であっても、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は、0.04m程度、復原力消失角 ( $\phi f$ ) は、 $21^\circ$ 程度となり、船内浸水がない本事故発生前の状態 ( $GZ_{max}$ : 0.137m、 $\phi f$ :  $45^\circ$ ) に比べてそれぞれ1/3以下、1/2以下になることから、船内区画への浸水によって復原力が低下するものと考えられる。

(7) まとめ

前記(1)～(6)、2.10.2、3.2.2及び3.2.4を総合すれば、本船は、風によって左舷側に傾斜した状態で航行中、胴の間付近に連続して海水が打ち込み、打ち込んだ海水の排水が妨げられ、海水が上甲板上の左舷側に滞留し、左舷側への傾斜が増大するとともに、左舷側の放水口が没水して滞留水が増え、滞留した海水が機関室及び船員室に流入したことから、左舷側への傾斜が更に増大して転覆に至ったものと考えられる。

### 3.2.6 本船の安全管理に関する解析

2.9.3から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) 出港前ミーティング

船長は、出港前に乗組員に対して航海計画及び積付け状況並びに気象及び海象状況を説明していた。また、特別な作業がある場合には、怪我をしないように作業手順を説明していた。

(2) 発航前検査

船長は、出港前に漁具等の積付け状況、魚倉ハッチの閉鎖状況、喫水等を確認していた。

### 3.2.7 事故発生に関する解析

2.1、2.5.3～2.5.6、2.5.8、2.7、2.10、3.1及び3.2.2～3.2.5から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) 本船は、3月22日11時30分ごろ、沖縄本島北西方沖の漁場に向けて山川港を出港したが、漁具等の積載によって改造時の満載出港状態より重心が上昇し、 $G_0M$ 基準を満たしておらず、復原力が減少していた。

(2) 本船は、名瀬港西北西方沖を南西進中、西北西からの風を右舷方から受け、左舷側に傾斜していた。

(3) 本船は、西からの波を受け、胴の間付近に連続して海水が打ち込んでいたが、針路及び速力を保持して航行した。

- (4) 本船は、木甲板、木甲板の桁板、放水口の面積及び放水口周りの構造が影響して打ち込んだ海水の排水が妨げられ、前記(2)記載のとおり、左舷側に傾斜していたことから、海水が上甲板上の左舷側に滞留した。
- (5) 本船は、胴の間付近に連続して打ち込んだ海水が上甲板上の左舷側に滞留し、左舷側への傾斜が増大するとともに、左舷側の放水口が没水して滞留水が増え、滞留した海水が機関室及び船員室に流入したことから、左舷側への傾斜が更に増大して転覆した。
- (6) 本船は、機関室内の監視及び船員室の換気のため、機関室出入口の扉及び船員室出入口の扉を開放していたことから、機関室及び船員室に海水が流入した。

### 3.3 救助及び被害の軽減措置に関する解析

#### (1) 救命設備の状況

2.1、2.4(6)、2.5.3(12)、2.12.1及び2.12.5から次のとおりであったものと考えられる。

##### ① E P I R B

E P I R Bは、本船が転覆する際、乗組員によって取り外され、信号を発した。信号は、海上保安庁運用司令センターで受信され、E P I R Bとの最接近時刻は15時20分と解析された。

##### ② レーダー・トランスポンダー

レーダー・トランスポンダーは、乗組員によって持ち出されていたが、乗組員が漂流中に流失して回収されなかったこと、及びレーダー画面上でその信号が確認されなかったことから、作動状況については明らかにすることができなかった。

##### ③ 救命いかだ

救命いかだは、本事故発生直後、本船の左舷側海面で展ちょうしたが、乗組員全員が乗船した後、索が本船に絡んで離れることができず、アンテナ等に接触して気室が損傷して使用できなくなり、乗組員が海上で漂流することになった。

##### ④ 救命胴衣

乗組員全員は、救助時に救命胴衣を着用しておらず、また、搭載艇A及び搭載艇Bに乗船しているときも救命胴衣を着用していなかった。

#### (2) ダルマザメの影響

2.12.2及び2.13から、漁労長、乗組員B及び乗組員Dは、ダルマザメに肌の露出部をかまれて体力を消耗していたものと考えられる。

(3) 巡視船Aの救助の状況

2.1、2.6、2.7.2、2.7.3、2.12.2～2.12.4 及び3.3(1)、(2)から、次のとおりであった。

- ① 巡視船Aは、本事故発生場所に一番早く到着し、約13～18m/sの西北西～北西の風が吹き、波高約4mのうねりがある中、2名の遭難者を発見し、救助するために接近しようとしたが、船体の動揺が激しく30°以上傾斜する状況では、遭難者を船体で押し沈めることや推進装置に巻き込む危険があったこと、また、付近にボンデン、ブイ等の漂流物を推進装置に巻き込んで航行不能になる可能性があったことから、接近できず、搭載艇Aを使用して救助を行うこととしたものと考えられる。
- ② 搭載艇Aは、23日22時25分ごろ、巡視船から降下され、発見した遭難者に接近したところ、遭難者が4名であることを確認したが、一度に救助すれば5名の最大搭載人員を超えるため、2名ずつ救助しようとしたところ、遭難者から意識を失っている者がいるなどの応答があり、急迫した生命の危険があったことから、一度に全員を救助することとし、乗組員B、漁労長、意識がなかった乗組員D及び乗組員Cの順に搭載艇Aに引き上げて救助したものと考えられる。搭載艇Aの海上保安官は、携行していた救命胴衣を救助した乗組員に着用させようとしたが、動揺等によって乗組員に着用させることができなかつたものと考えられる。
- ③ 搭載艇Aは、乗組員Cを船首部に、乗組員Dを操縦席左舷側に、漁労長及び乗組員Bを操縦席後方にそれぞれ乗せ、海上保安官が、操縦席、船首部及び操縦席後方右舷側にそれぞれ位置していたものと考えられる。
- ④ 漁労長、乗組員B及び乗組員Dは、漂流中、サメにかまれ出血し、乗組員Dが意識不明の状態であり、漁労長、乗組員B及び乗組員Cが疲労困ぱいで動けない状態であったものと考えられる。
- ⑤ 搭載艇Aの艇内には、風浪によって約20～30cmの海水が滞留していたものと考えられる。
- ⑥ 巡視船Aは、救助用はしごを舷側に準備していたが、海上荒天で船体の動揺が激しく危険であり、また、救助した乗組員が意識不明や疲労困ぱいで動けない状態であり、はしごを使用した救助は不可能であったことから、搭載艇Aに乗せた状態で搭載艇Aを吊り上げることにしたものと考えられる。
- ⑦ 巡視船Aは、搭載艇Aを吊り上げ、収容するに当たり、風浪の影響を軽減させるため、主機を微速後進として風浪を右舷船尾方向から受けるようにし、搭載艇Aにリフティングワイヤの連結を行い、搭載艇Aの前後部のもやい索を船上のクリートに取り、搭載艇の吊り上げを開始したものと考えられ

る。

- ⑧ 搭載艇Aは、海面上に吊り上げられて間もなく、うねりを船尾船底部に受け、船首が下がるとともに、艇内の海水が船首部に移動して船首部にいた乗組員C、乗組員D及び海上保安官Cが落水したものと考えられる。
- ⑨ 搭載艇Aに乗船していた漁労長及び乗組員Bは、23時02分ごろ巡視船Aに収容されたものと考えられる。
- ⑩ 巡視船Aは、落水者の捜索救助に当たり、海上保安官Cを救助したが、乗組員C及び乗組員Dの発見には至らなかったものと考えられる。
- ⑪ 搭載艇Aにおいて、救助した乗組員の落水を防止する措置が採られていれば、落水による被害を軽減できたものと考えられる。
- ⑫ 搭載艇Aは、動揺等によって救助した乗組員に救命胴衣を着用させることができなかったが、乗組員が、救命胴衣（救命胴衣灯付）を着用していれば、落水した際、救助された可能性があると考えられる。

## 4 結 論

### 4.1 分析の要約

#### (1) 事故発生に至る経過

- ① 本船は、3月22日11時30分ごろ、船長ほか5人が乗り組み、はえ縄漁のため、沖縄本島北西方沖の漁場に向けて山川港を出港したが、漁具等の積載によって改造時の満載出港状態より重心が上昇し、 $G_oM$ 基準を満たしておらず、復原力が減少していたものと考えられる。(3.1.1(1)、3.2.5(1))<sup>\*19</sup>
- ② 本船は、名瀬港西北西方沖を南西進中、西北西からの風を受け、左舷側に傾斜していたものと考えられる。(3.2.5(2))
- ③ 本船は、西からの波を受け、胴の間付近に連続して海水が打ち込んでいたが、針路及び速力を保持して航行したものと考えられる。(3.2.4(1))
- ④ 本船は、名瀬港西北西方沖において、西北西からの風及び西からの波を右舷方から受けて南西進中、胴の間付近に連続して海水が打ち込み、上甲板上の左舷側に滞留した海水が機関室等に流入し、左舷側に転覆したものと考えられる。(3.1.1(3))

#### (2) 転覆に関する解析

本船は、風によって左舷側に傾斜した状態で航行中、胴の間付近に連続して

---

<sup>\*19</sup> 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関連する「3 分析」の主な項番号を示す。

海水が打ち込み、打ち込んだ海水が上甲板上の左舷側に滞留し、左舷側への傾斜が増大するとともに、放水口が没水して滞留水が増え、滞留した海水が機関室及び船員室に流入したことから、左舷側への傾斜が更に増大して転覆したものと考えられる。(3.2.5(7))

### (3) 事故発生要因

- ① 本船は、名瀬港西北西沖において、西北西からの風及び西からの波を受けて南西進中、胴の間付近に連続して海水が打ち込み、打ち込んだ海水が上甲板上の左舷側に滞留して左舷側への傾斜が増大し、放水口が没水して滞留水が増え、滞留した海水が機関室及び船員室に流入したことから、左舷側への傾斜が更に増大して転覆したものと考えられる。(3.2.7(2)、(3)、(5))
- ② 本船は、機関室内の監視及び船員室の換気のため、機関室出入口の扉及び船員室出入口の扉を開放していたことから、機関室及び船員室に海水が流入したものと考えられる。(3.2.7(6))
- ③ 本船は、木甲板、木甲板の桁板、放水口の面積及び放水口周りの構造が影響して打ち込んだ海水の排水が妨げられ、風によって左舷側に傾斜していたことから、海水が上甲板上の左舷側に滞留したものと考えられる。(3.2.7(4))

## 4.2 原因

本事故は、本船が、名瀬港西北西方沖において、西北西からの風及び西からの波を受けて南西進中、胴の間付近に連続して海水が打ち込み、打ち込んだ海水が上甲板上の左舷側に滞留して左舷側への傾斜が増大し、放水口が没水して滞留水が増え、滞留した海水が機関室及び船員室に流入したため、左舷側への傾斜が更に増大して転覆したことにより発生したものと考えられる。

滞留した海水が機関室及び船員室に流入したのは、機関室内の監視及び船員室の換気のため、機関室出入口の扉及び船員室出入口の扉を開放していたことによるものと考えられる。

打ち込んだ海水が上甲板上の左舷側に滞留したのは、木甲板、木甲板の桁板、放水口の面積及び放水口周りの構造が影響して打ち込んだ海水の排水が妨げられ、風によって左舷側に傾斜していたことによるものと考えられる。

## 4.3 その他判明した安全に関する事項

本船は、改造時の満載出港状態より重心が上昇し、 $G_0M$ 基準を満たしておらず、復原力が減少していたものと考えられるが、漁具等の積載物を可能な限り、低い位置に積載していれば、復原力の減少を軽減できたものと考えられる。また、本船は、胴

の間付近に連続して海水が打ち込んでいたものと考えられるが、海水が打ち込まないように可能な限り、針路及び速力を変更していれば、上甲板上への海水の滞留が軽減できたものと考えられる。

## 5 再発防止策

本事故は、本船が、名瀬港西北西方沖において、西北西からの風及び西からの波を受けて南西進中、胴の間付近に連続して海水が打ち込み、打ち込んだ海水が上甲板上の左舷側に滞留して左舷側への傾斜が増大し、放水口が没水して滞留水が増え、滞留した海水が機関室及び船員室に流入したため、左舷側への傾斜が更に増大して転覆したことにより発生したものと考えられる。

滞留した海水が機関室及び船員室に流入したのは、機関室内の監視及び船員室の換気のため、機関室出入口の扉及び船員室出入口の扉を開放していたことによるものと考えられる。

打ち込んだ海水が上甲板上の左舷側に滞留したのは、木甲板、木甲板の桁板、放水口の面積及び放水口周りの構造が影響して打ち込んだ海水の排水が妨げられ、風によって左舷側に傾斜していたことによるものと考えられる。

本船は、改造時の満載出港状態より重心が上昇し、 $G_0M$ 基準を満たしておらず、復原力が減少していたものと考えられるが、漁具等の積載物を可能な限り、低い位置に積載していれば、復原力の減少を軽減できたものと考えられる。また、本船は、胴の間付近に連続して海水が打ち込んでいたものと考えられるが、海水が打ち込まないように可能な限り、針路及び速力を変更していれば、上甲板上への海水の滞留が軽減できたものと考えられる。

したがって、船舶は、波が打ち込んだ場合、直ちに排水できるように放水口を適正な面積とするとともに、その機能を保ち、漁具等の搭載物は、可能な限り、低い位置に積載して重心の上昇を抑えて復原力を確保し、航行中に波の打込みが発生した場合には、可能な限り、針路及び速力を変更して波の打込みを防止することが必要である。

また、乗組員は、転覆の虞がある場合には可能な限り、救命胴衣を着用する必要があり、救助者は、搭載艇で遭難者を救助する場合には、可能な限り、遭難者に救命胴衣（救命胴衣灯付）を着用させ、又は遭難者が容易に落水しないような措置を講じることが望まれる。



## 5.1 今後必要とされる事故等防止策

### (1) 漁船の船舶所有者及び船長

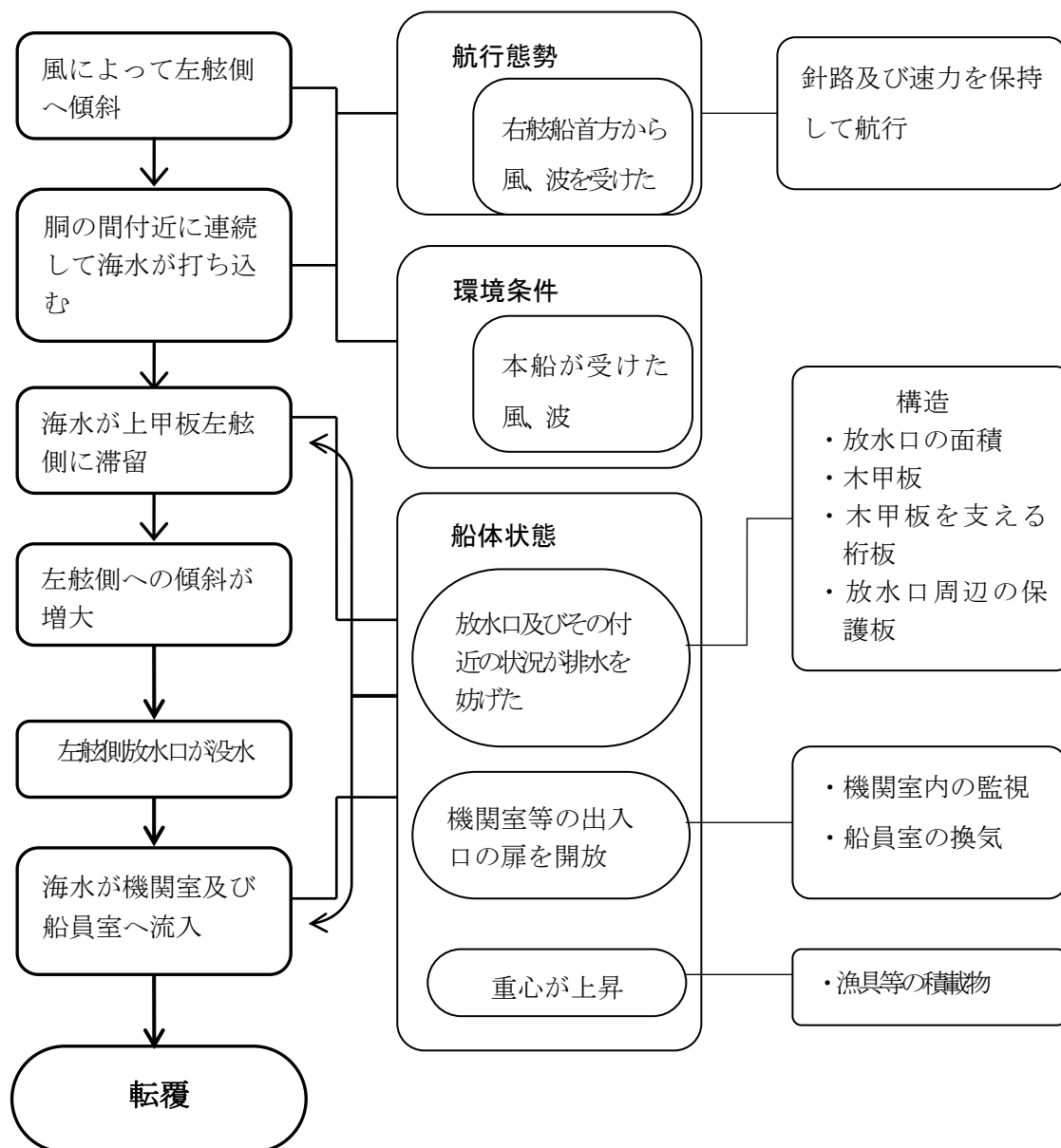
漁船の船舶所有者及び船長は、以下の事項を遵守し、乗組員に周知する必要がある。

- ① 海水の流入の虞がある場合には、上甲板上の出入口扉等は常時閉鎖すること。
- ② 海水が打ち込まないように可能な限り、針路及び速力を変更して滞留水の発生を防止すること。
- ③ 放水口を適切な面積とするとともに、木甲板、木甲板の桁板などの放水口周辺の構造物によって放水口の機能が阻害されないようにすること。
- ④ 漁具等の積載物は、可能な限り、低い位置に積載し、重心の上昇を抑えること。
- ⑤ 転覆の虞がある場合には、可能な限り、救命胴衣を着用すること。

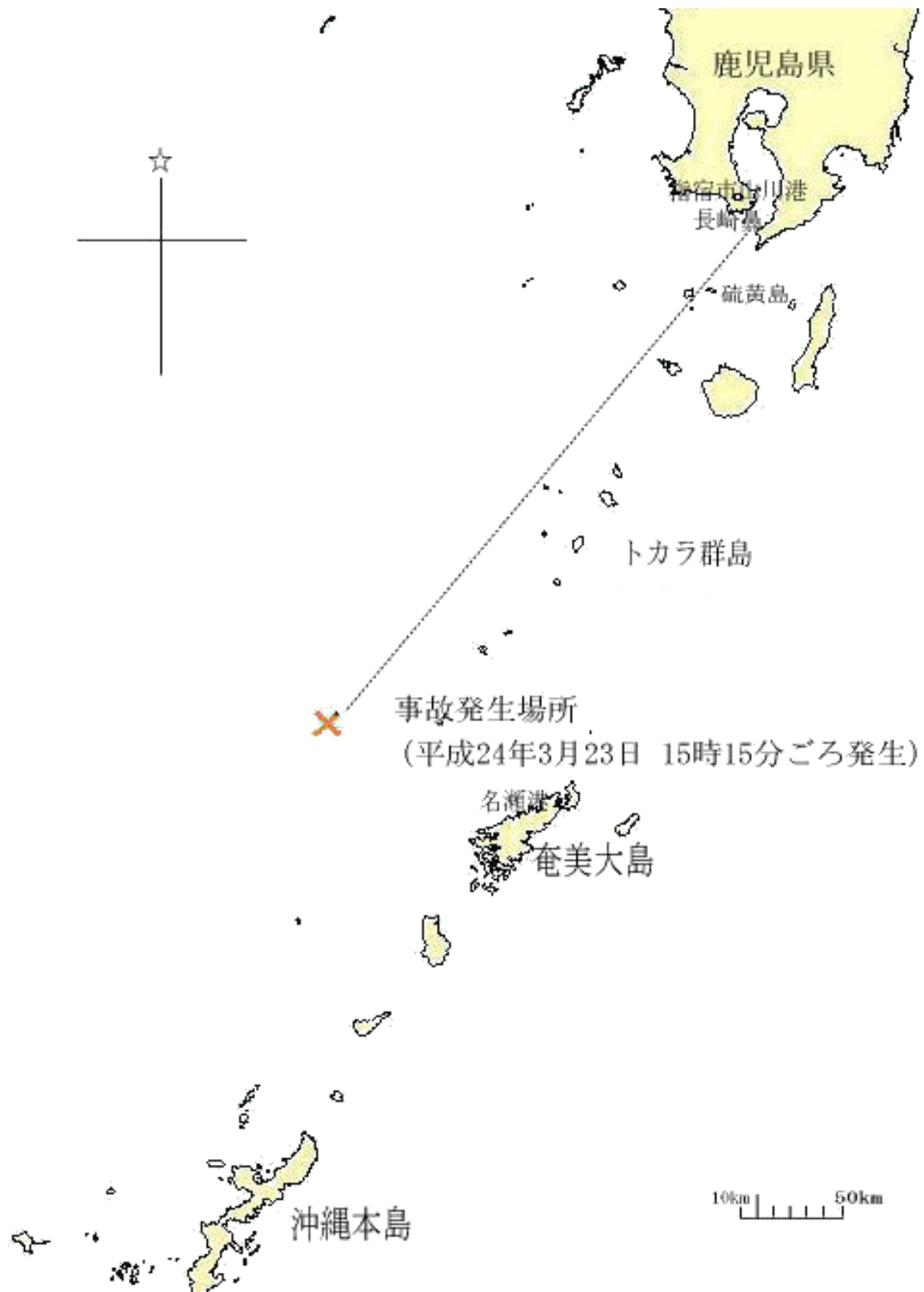
### (2) 海上保安庁

海上保安庁は、搭載艇で遭難者を救助する場合には、可能な限り、遭難者に救命胴衣（救命胴衣灯付）を着用させ、又は遭難者が容易に落水しないような措置を講じることが望まれる。

付図1 転覆に至る経過と要因



付図2 事故発生場所



付図3 脱出状況

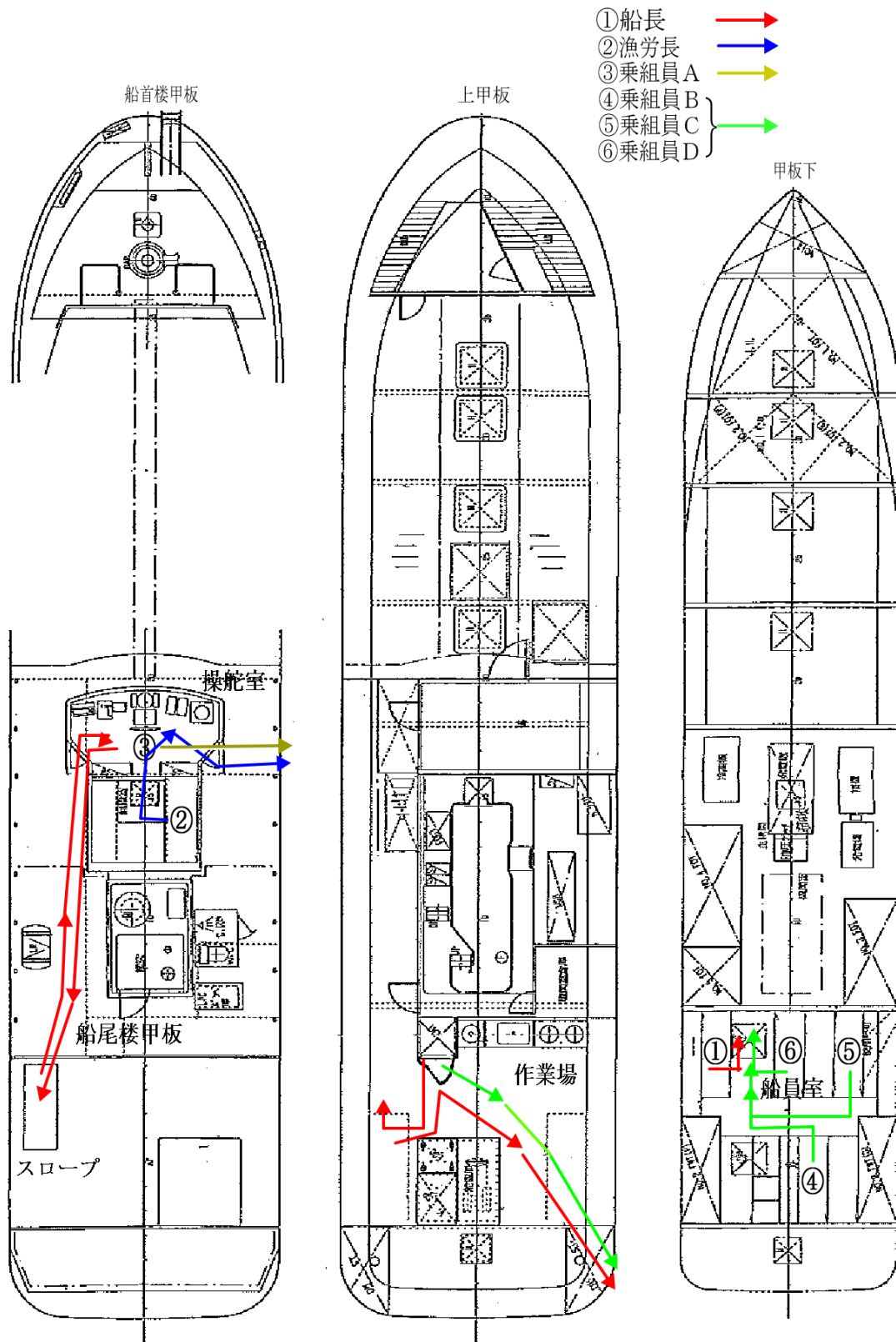


写真1 本船



写真2 漂流中の状況（平成24年3月23日夕刻）



\*海上保安庁提供

# 別添1 転覆のメカニズムの推定に関する委託調査結果

## 1. はじめに

### 1.1 解析調査の目的

本解析調査は、平成24年3月23日、奄美大島名瀬港沖で発生した漁船転覆事故の調査に資するため、海水の暴露甲板上への滞留及び船内区画への浸入等による復原性への影響を調査し、転覆のメカニズムを推定することを目的とする。

### 1.2 解析調査の概要

#### (1) 本事故発生前の復原性の推定（第2章）

本事故発生前における搭載物の重量及び搭載位置（重心位置）並びに燃料及び清水の搭載量を基に本船の重量重心を算定し、本事故発生前の本船の復原性を推定した。

#### (2) 上甲板上の滞留水が復原性に及ぼす影響の検討（第3章）

上甲板に滞留した海水の滞留範囲及び水深を基に、滞留水量及びその重心位置を推定した。

上甲板に滞留水を考慮した本船の重量重心から、上甲板上に滞留水が発生した状態の復原性を推定し、本事故発生前の状態の復原性と比較するなどして、上甲板に滞留した海水が本船の復原性に及ぼした影響を検討した。

#### (3) 船内区画への浸水が復原性に及ぼす影響の検討（第4章）

説明があった転覆後の本船の状況等から、船内区画（機関室及び船員室）に浸入した海水の浸水範囲（浸水状況）を想定し、浸水量及びその重心位置を推定した。

船内区画への浸水を考慮した本船の重量重心から、船内区画への浸水が発生した状態の復原性を推定し、本事故発生前の状態の復原性と比較するなどして、船内区画へ浸入した海水が本船の復原性に及ぼした影響を検討した。

#### (4) 転覆メカニズムの検討（第5章）

本事故発生時の状況から事故発生シーケンスを整理し、本船の事故発生前の状況及び滞留水や船内浸水が復原性に及ぼす影響を考慮して事故関連要因と推定される事項を抽出するとともに、これらの要因が本船の横傾斜角や復原性に及ぼす影響を計算することで、転覆メカニズムの検討を行った。

## 2. 本事故発生前の復原性

本事故発生前の状態における搭載物の重量及び搭載位置（重心位置）並びに燃料及び清水の搭載量を基に本船の重量重心を算定し、本事故発生前の本船の復原性を推定した。

### 2.1 船体状態

本事故発生前の状態の重量重心の計算結果を表2.1に示す。また、表2.2には本事故発生前の状態の船体状態（排水量  $W$ 、重心位置（上下： $KG$ 、前後： $mid-G$ ）及び燃料タンクの自由表面による見掛けの重心上昇量  $GG'$ ）を計画時の満載出港の値とともに示す。

表2.1 重量重心計算（事故発生前の状態）

項目	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$W \times mid-G$ (t-m)	$KG$ (m)	$W \times KG$ (t-m)	$I \times \rho$ (t-m)
軽荷重量	66.250	0.78	51.741	1.52	100.700	0.00
乗組員及び手回り品(6名)	0.720	7.52	5.416	2.43	1.746	-
食料	0.100	7.50	0.750	2.90	0.290	-
清水						
NO.1 FWT	1.200	7.10	8.520	0.90	1.080	0.00
燃料油						
NO.1 FOT	2.150	-6.96	-14.964	0.64	1.376	2.62
NO.2 FOT(P)	1.290	-4.85	-6.257	0.55	0.710	0.68
NO.2FOT(S)	1.290	-4.85	-6.257	0.55	0.710	0.68
NO.3 FOT	3.200	5.66	18.112	1.16	3.712	0.00
NO.4 FOT	2.150	4.35	9.353	0.48	1.032	0.21
NO.5 FOT	1.600	6.18	9.888	1.20	1.920	0.00
NO.2 FWT(P)(FOタンクとして使用)	0.900	10.38	9.342	1.82	1.638	0.00
NO.2 FWT(S)(FOタンクとして使用)	0.900	10.38	9.342	1.82	1.638	0.00
潤滑油、作動油、小出油						
FOGT	0.300	3.32	0.996	2.76	0.828	0.00
KOT	0.084	4.07	0.342	2.77	0.233	0.00
LOT	0.087	4.32	0.376	2.77	0.241	0.00
倉庫品	0.100	12.00	1.200	2.08	0.208	-
漁具	6.480	10.81	70.064	4.31	27.959	-
漁倉						
ICE HOLD(氷約2t)	2.000	-6.95	-13.900	1.20	2.400	-
NO.1 漁倉(氷約0.7t)	0.700	-4.78	-3.346	0.88	0.616	-
NO.2 漁倉(氷約1.2t)	1.200	-2.72	-3.264	0.52	0.624	-
NO.2 漁倉 とろばこ100個@1.5kg	0.150	-2.72	-0.408	0.95	0.143	-
NO.3 漁倉(氷約3t)	3.000	-0.29	-0.870	0.60	1.800	-
準備室(餌)13kg×128個	1.666	1.61	2.677	2.57	4.278	-
合計	97.517	1.53	148.853	1.60	155.880	4.19

表 2.2 本事故発生前の船体状態 (本編 表 2.10-1 再掲)

状態	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
本事故発生前	97.517	1.53	1.60	0.04
満載出港	89.513	0.69	1.50	-

表 2.2 に示したとおり、本事故発生前の状態は、満載出港状態に比べて排水量 ( $W$ ) が約 8 t 大きく、重心高さ ( $KG$ ) が 0.10 m 高くなっている他、重心の前後位置も 0.84 m 船尾寄りになっている。また、事故発生前の状態では、燃料タンクの自由表面の影響により見掛けの重心が 0.04 m 上昇すると評価される。

## 2.2 計算結果

表 2.2 に示した本事故発生前の状態の排水量及び重心位置に基づき復原性計算を行い、本事故発生前の状態のメタセンタ高さ ( $G_0M$ : 以下、特記しない限り、自由表面による見掛けの重心上昇を考慮した値)、キール下面からの喫水 ( $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水)、乾舷 ( $Fb$ ) (表 2.3) 及び復原力 ( $GZ$ ) 曲線 (図 2.1) を求めた。また、横傾斜に伴うトリムの変化も考慮して、舷端没水角  $\phi_d$ 、海水流入角 (船員室出入口:  $\phi_{f1}$ 、機関室出入口:  $\phi_{f2}$ 、水夫長倉庫出入口:  $\phi_{f3}$ ) の推定も行った (表 2.4)。なお、計算は復原性資料に示された満載出港状態についても実施し、両者を比較した。

その結果、本事故発生前の状態のメタセンタ高さ ( $G_0M$ ) は 0.59 m となり、満載出港状態に比べて 0.14 m 小さくなる (表 2.3)。また、図 2.1 に示したように本事故発生前の状態の復原力 (青線) は、満載出港状態 (赤線) に比べて全般的に小さくなり、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は、満載出港状態で 0.22 m となるのに対して、本事故発生前の状態では 0.14 m と 4 割程度小さくなる。更に、本事故発生状態の復原力消失角 ( $\phi_p$ ) は、満載出港状態に比べて  $10^\circ$  以上も小さい約  $45^\circ$  となっており (図 2.1)、本事故発生前の状態の復原性は、満載出港状態に比べて低下していたと考えられる。なお、舷端没水角 ( $\phi_d$ ) は、本事故発生前の状態と満載出港状態で大きな差異はないが、本事故発生前の状態では、満載出港状態に比べて、船員室出入口からの海水流入角 ( $\phi_{f1}$ ) は約  $13^\circ$ 、機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi_{f2}$ ) は約  $10^\circ$  も小さくなっている (表 2.4)。これは、直立状態で、本事故発生前の状態の方が、満載出港状態より船尾喫水が深くなっていること (表 2.3) に加え、満載出港状態では横傾斜に伴い船首側へのトリムの変化が大きいためである。



表 2.3 本事故発生前のメタセンタ高さ ( $G_0M$ )、喫水 ( $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水) 及び乾舷 ( $Fb$ ) (本編 表 2.10-2 再掲)

状態	$G_0M$ (m)	$da$ (m)	$df$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)
本事故発生前	0.59	2.35	1.21	1.78	0.25
満載出港	0.73	2.08	1.39	1.74	0.30

表 2.4 本事故発生前の舷端没水角 ( $\phi_d$ ) 及び海水流入角 (船員室出入口:  $\phi_{f1}$ 、機関室出入口:  $\phi_{f2}$ 、水夫長倉庫出入口:  $\phi_{f3}$ )

状態	$\phi_d$ (deg.)	$\phi_{f1}$ (deg.)	$\phi_{f2}$ (deg.)	$\phi_{f3}$ (deg.)
本事故発生前	7.0	31.0	30.4	37.2
満載出港	7.6	44.5	41.6	33.2

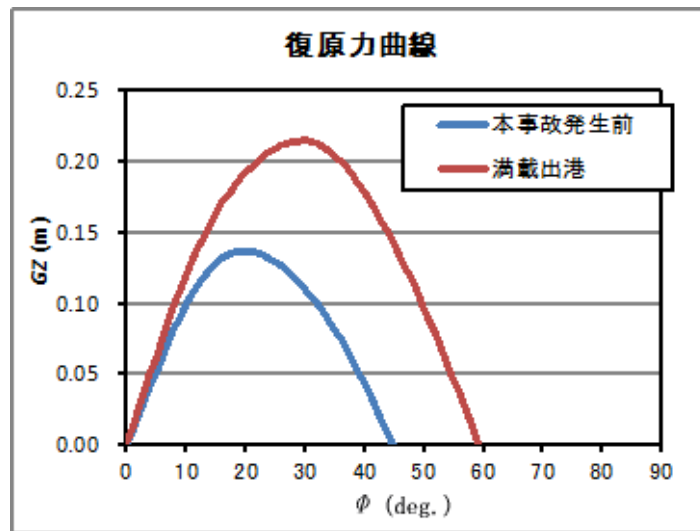


図 2.1 本事故発生前の復原力曲線 (本編 図 2.10-1 再掲)

### 3. 上甲板上の滞留水の影響

上甲板に滞留した海水の滞留範囲及び水深を基に、滞留水量及びその重心位置を推定した。次に、上甲板に滞留水を考慮した本船の重量重心から、上甲板に滞留水が発生した状態の復原性を推定し、本事故発生前の状態の復原性と比較するなどして、上甲板に滞留した海水が本船の復原性に及ぼした影響を検討した。

なお、本船は、表 2.4 に示すように、本事故発生前の状態で舷端没水角が  $7^\circ$  と推定されており、それ以上の傾斜では船外の海水が甲板に流入することになる。ここでは、準静的な考え方で、上甲板に滞留した海水から傾斜に伴う流入分を除いたもの<sup>[1]</sup>を実質的な滞留水とみなし、その影響を検討した。

[1]～[4]は、巻末の参考文献を示す。

### 3.1 上甲板上の滞留水の推定

船長が船員室から上甲板へ出た時点での上甲板上の滞留水の状態として、海水の滞留範囲を図3.1に示す。また、上甲板への出入口位置で“くるぶし”の高さ、左舷側通路では膝下くらいの高さまで冠水していたとのことであった。

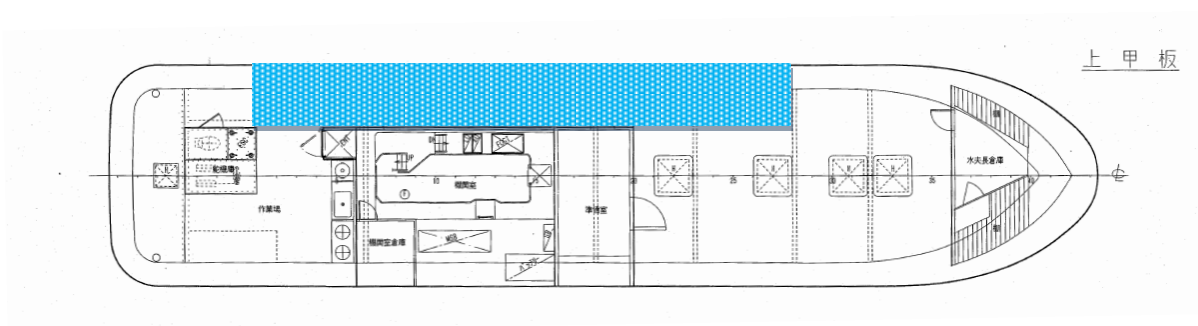


図3.1 船長が船員室から上甲板へ出た時点での甲板上の海水の滞留範囲

なお、本事故発生時には右船首約60～70°方向から風と波を受けていたとのこと、図3.1に示した滞留水の範囲も船体動揺に伴って変化していたと想定される。ここでは、図3.1に示した範囲を船長が船員室から上甲板へ出た時点での平均的な海水の滞留範囲と想定し、この範囲（ブルワークも含む）の甲板上に均一に冠水していたとして、傾斜に伴う流入水を除いた実質的な滞留水量及びその重心位置を推定した（付録1）。その際、甲板上的見掛けの滞留水の水深は船員室出入口位置で0.1m、左舷側通路位置で0.35mと見積もった。

表3.1 上甲板上の滞留水（船長が船員室から上甲板へ出た時点）の重量重心（実質）（本編 表2.10-3再掲）

重量	$w$ (t)	5.19	
重心	$x$ (m)	2.59	(midshipから)
	$y$ (m)	1.89	(C.L.から)
	$z$ (m)	2.20	(B.L.から)

表3.2 滞留水発生後の船体状態（船長が船員室から上甲板へ出た時点）（本編 表2.10-4再掲）

状態	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
滞留水発生後	102.705	1.58	1.63	0.04
本事故発生前	97.517	1.53	1.60	0.04

表3.1に実質的な滞留水の重量重心の推定結果を示す。また、表3.2には滞留水を含めた船体の重量重心を滞留水発生前（本事故発生前）の状態の値とともに示す。船長が船員室から上甲板へ出た時点での甲板上的実質的な滞留水の重量は約

5. 2t と推定され、それにより船の重心高さ (KG) が 0.03 m 上昇して 1.63 m となると推定される。

なお、甲板上滞留水は自由表面を有しているため、傾斜に伴う滞留水の重心の移動の影響を見掛けの重心上昇として取り扱い、復原性を検討することがある。しかしながら、滞留水量が甲板面積に対して少ない場合は、見掛けの重心上昇として取り扱えば、その影響を過大評価することになる<sup>[2]</sup>。そこで、今回の検討では、滞留水の自由表面影響をより実際に近い状態での取り扱いのために、復原性を検討する際に、傾斜に伴う滞留水の重心の移動により生じる傾斜モーメント (付録 1) を考慮することにした<sup>[2]</sup>。そのため、表 3.2 に示した見掛けの重心上昇量 (GG') には、燃料タンクの自由表面のみ算入している。

### 3.2 復原性に及ぼす影響

暴露甲板上への滞留水が発生すると、重量物を甲板上へ積載する場合と同様に、①乾舷が減少し、重心が上昇するとともに、②自由水影響が生じることから、復原力が減少する。また、打込み発生時の船体姿勢や上部構造物の形状によっては、滞留水が一方の舷側に片寄り、傾斜モーメントを生じ、③定常横傾斜が発生することがある。定常横傾斜が生じた場合、有効な復原力 (残存復原力) が減少する<sup>[2]</sup>。

#### (1) 滞留水による乾舷の減少及び重心上昇の影響

図 3.2 に表 3.2 に示した重量重心で暴露甲板 (上甲板) 上に滞留水が発生した状態の復原力 (GZ) を計算した結果 (青線) を本事故発生前の復原力 (赤線) とともに示す。また、表 3.3 に甲板上に滞留水が発生した状態のメタセンタ高さ  $G_0M$ 、喫水 ( $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水)、乾舷 ( $Fb$ ) 及び舷端没水角 ( $\phi d$ ) の計算結果を示す。表中には参考のため本事故発生前の値も示している。

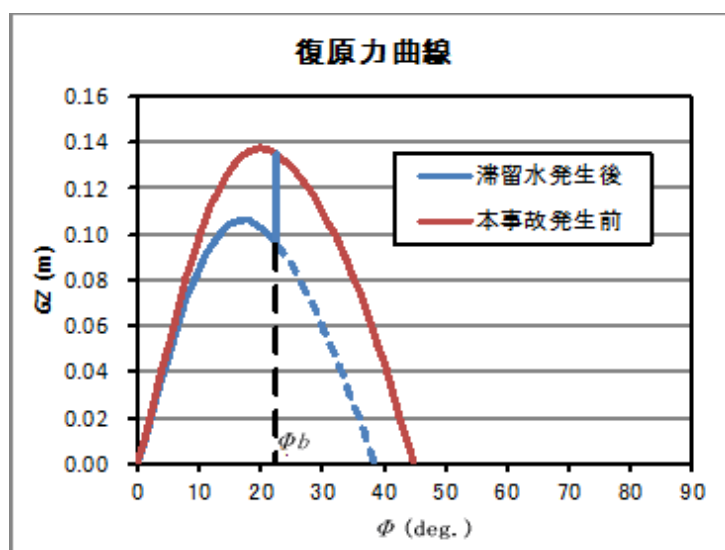


図 3. 2 滞留水発生後の復原力曲線（船長が船員室から上甲板へ出た時点）（本編 図 2. 1 0-2 再掲）

ここでは、船長が船員室から上甲板へ出た時点での復原力を評価するため、傾斜に伴う放水口からの流入水の変化や滞留水の船外への流出はないものとし、表 3. 1 に示した実質的な滞留水の重量重心は傾斜角に関わらず一定とした。なお、ブルワーク上端が没水すると、甲板上の滞留水は船外の海水と一体となることから、復原力は滞留水がない状態の値と一致する<sup>[3],[4]</sup>。表 3. 1 に示した重量重心では、ブルワーク上端の没水角（ $\phi b$ ）が  $22.5^\circ$  となることから、図 3. 2 においても当該角度以上の復原力は、滞留水発生前の本事故発生前の状態の復原力（赤線）と一致する。

表 3. 3 滞留水発生後のメタセンタ高さ、海水流入角、喫水及び乾舷（船長が船員室から上甲板へ出た時点）（本編 表 2. 1 0-5 再掲）

状態	$G_oM$ (m)	$da$ (m)	$df$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)	$\phi d$ (deg.)
滞留水発生後	0.53	2.42	1.25	1.83	0.20	4.7
本事故発生前	0.59	2.35	1.21	1.78	0.25	7.0

表 3. 3 に示したように、滞留水発生後のメタセンタ高さ（ $G_oM$ ）は  $0.53$  m となり、滞留水発生前（本事故発生前）の状態に比べて  $0.06$  m 小さくなる。また、滞留水発生後の乾舷は  $0.20$  m と、滞留水発生前の状態に比べて  $0.05$  m 小さくなるため、滞留水発生後の舷端没水角（ $\phi d$ ）は  $4.7^\circ$  と滞留水発生前に比べて  $2^\circ$  以上小さくなる。更に、図 3. 2 に示したように滞留水発生後の復原力（青線）は、本事故発生前の状態（赤線）に比べて全般的に小さくなり、復原力の最大値（ $GZ_{max}$ ）は、本事故発生前の状態で  $0.14$  m となるのに対して、滞留水発生後では  $0.11$  m、と 2 割程度小さくなる。なお、滞留水発生後の状態の機関室出入口からの海水流入角（ $\phi_{f2}$ ）は、ブルワーク上端の没水角より大きくなるので、本事故発生前の状態（表 2. 4）と同じ  $30.4$  度と評価される。

## (2) 滞留水による傾斜モーメントの影響

付録 1 に示したように、船長が船員室から上甲板へ出た時点での滞留水の片寄りより生じる傾斜モーメントにより、本船は  $12.4^\circ$  横傾斜していたと推定される。この傾斜モーメントは、傾斜角ごとに流入水を除いた実質的な滞留水の重量重心を計算して求めたもので、いわゆる自由水影響に対応した、傾斜に伴う滞留水の重心の変化を含んだ値となっている。

復原性に及ぼす滞留水の片寄りの影響を明確にするために、滞留水による傾斜モーメントを考慮した残存復原力（ $G'Z$ ）を（3. 1）式を用いて計算し

た結果を図 3. 3 に示す。(3. 1) 式では、船長が船員室から上甲板へ出た時点での残存復原力を評価するため、表 3. 1 に示した実質的な滞留水は傾斜角に関わらず一定とし、傾斜に伴う流入水の増加や滞留水の船外への流出を考慮していない。

$$G'Z(\phi) = GZ(\phi) - \frac{GG'(\phi_1)}{\cos \phi_1} \cos \phi \quad \dots \dots (3. 1)$$

ここで、 $\phi_1$  は実質的な滞留水による定常横傾斜角であり、 $GG'(\phi_1)$  は定常傾斜角における実質的な滞留水による傾斜偶力である(付録 1)である。

図 3. 3 と図 3. 2 とを比べることで、滞留水の片寄りの影響により実質的な復原力が大幅に減少することが分かる。なお、上述した通り、ブルワーク上端が没水すると、甲板上の滞留水は船外の海水と一体となることから、滞留水による傾斜モーメントはなくなり、復原力は急激に増大し滞留水がない状態の値に一致するようになる。ただし、ブルワーク上端が没水すると、ブルワークが抵抗になるので、船がなかなか復原しない。そのため、ブルワーク上端が没水すると横傾斜が海水流入角未満であっても、波浪の影響で船内出入口下端が海面下に水没し、船内への浸水が発生する可能性も考えられ、安全性確保が困難になると考えられる。

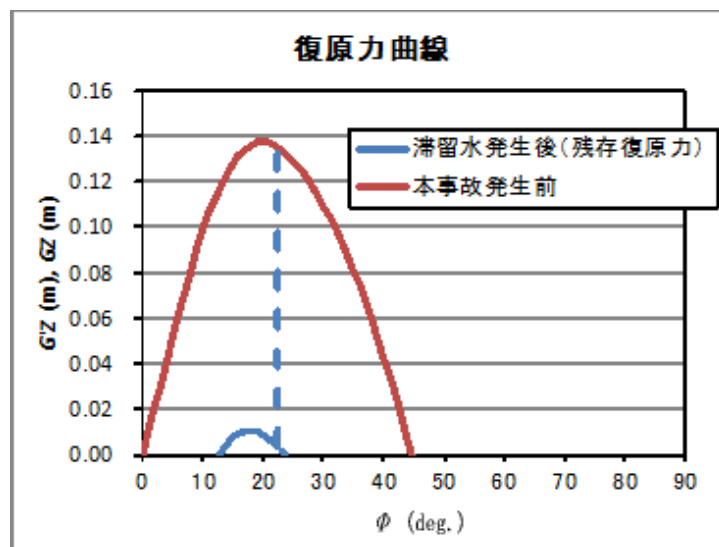


図 3. 3 滞留水発生後の残存復原力曲線 (船長が船員室から上甲板へ出た時点)  
(本編 図 2. 1 0-3 再掲)

#### 4. 船内区画への浸水の影響の検討

転覆後の本船の状況等から、船内区画 (機関室及び船員室) への浸水状況を想定し、浸水量及びその重心位置を推定した。次に、船内区画への浸水を考慮した重量重心に

基づき復原性計算を行い、本事故発生前の状態の復原性と比較するなどして、船内区画へ浸入した海水が本船の復原性に及ぼした影響を検討した。

#### 4.1 船内区画への浸水量の想定

海上保安庁の航空機が転覆後の本船を発見したときの状態（横倒しで船尾から操舵室後方まで水没して浮かんでいる状態）は、機関室及び船員室に各々その区画内法容積の $1/8 \sim 1/4$ 程度浸水した状態に近いと考えられた（付録2）。そのため、転覆前の時点における船内区画への浸水は、最大で区画容積の $1/8 \sim 1/4$ と考えるのが適当である。

そこで、転覆前の船内区画（機関室及び船員室）への浸水状況を3種類（①区画容積の $1/16$ まで浸水、②区画容積の $1/8$ まで浸水、③区画容積の $1/4$ まで浸水）想定し、浸水量及びその重心位置を推定し（付録3）、船内区画への浸水が発生した後の船の状態を検討した。なお、参考のため、区画容積の $1/2$ まで浸水した場合についても検討を行った。

##### (1) 浸水量及び浸水後の船体の重量重心

機関室及び船員室に、①区画容積の $1/16$ まで、②区画容積の $1/8$ まで、③区画容積の $1/4$ まで、④区画容積の $1/2$ まで浸水した場合の各区画への浸入水の重量（ $w$ ）及び重心位置（船体中央基準の前後位置： $Gw_x$ 、基線基準の上下位置： $Gw_z$ ）の推定結果を表4.1に示す。区画容積の $1/8$ まで浸水した場合の浸入水の重量（ $w$ ）は、機関室が約4.8t、船員室は約2.3tである。区画形状の関係で浸水量が増えると区画浸入水の重心の前後位置（ $Gw_x$ ）は機関室では船体中央寄りに変位し、船員室では若干船尾寄りに変位する。なお、機関室の底面は基線より下方にあるので、区画容積の $1/16$ まで浸水した場合の浸入水の重心の上下位置（ $Gw_z$ ）は基線の下方0.02mにあると推定される。

表4.1 想定した船内区画への浸水重量及び重心位置（本編 表2.10-6再掲）  
（機関室）

浸水量 /内法容積	$w$ (t)	$Gw_x$ (m)	$Gw_z$ (m)
1/16	2.375	4.69	-0.02
1/8	4.751	4.07	0.08
1/4	9.501	3.76	0.25
1/2	19.002	3.61	0.58

(船員室)

浸水量 /内法容積	$w$ (t)	$Gw_x$ (m)	$Gw_z$ (m)
1/16	1.141	8.72	1.21
1/8	2.281	8.86	1.25
1/4	4.563	8.94	1.33
1/2	9.126	8.97	1.49

表 4. 2 に、想定した船内区画（機関室及び船員室）へ浸水発生後の船体状態（排水量  $W$ 、重心位置（上下： $KG$ 、前後： $mid-G$ ）及び燃料タンクの自由表面による見掛けの重心上昇量  $GG'$ ）を本事故発生前の状態（船内区画への浸水量 0）の値とともに示す。機関室及び船員室への浸水が発生した場合、両区画とも船尾寄りにあるため、浸水を考慮した船体重心の前後位置（ $mid-G$ ）は船尾側に変位するとともに、区画底面の上下位置が比較的低いことから、浸水を考慮した船体重心の上下位置高さ（ $KG$ ）は本事故発生前の状態より低くなる。例えば、区画容積の 1/8 まで浸水した場合、船内区画への浸水を考慮した重心高さ（ $KG$ ）は 1.52 m となり、本事故発生前の値（ $KG=1.60$  m）の 95% 程度に低下する。

表 4. 2 想定した船内区画浸水発生後の船体状態（本編 表 2. 10-7 再掲）

浸水量 /内法容積	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
0(本事故発生前)	97.517	1.53	1.60	0.04
1/16	101.033	1.68	1.56	0.04
1/8	104.549	1.80	1.52	0.04
1/4	111.581	2.02	1.47	0.04
1/2	125.645	2.38	1.44	0.03

## (2) 船内区画への浸入水の自由表面影響

表 4. 2 に示した自由表面による見掛けの重心上昇量（ $GG'$ ）は燃料タンクのみを示しているが、船内区画へ浸入した海水も自由表面を有し、また機関室、船員室とも船幅方向に仕切りがないことから、浸入水の自由表面を考慮した場合、見掛けの重心上昇量は大幅に増加すると考えられる。表 4. 3 に燃料タンクの燃料、機関室及び船員室へ浸入した海水の自由表面 2 次モーメント（ $I$ ）に燃料や海水の単位体積重量（ $\rho$ ）をかけた値を示す。船の排水量を（ $W$ ）とすると、自由表面による見掛けの重心上昇量  $GG'$  は（4.1）式で評価される。

$$GG' = \frac{I\rho}{W} \dots \dots \dots (4.1)$$

表 4.3 燃料タンク、機関室及び船員室の自由表面影響（本編 表 2.10-8 再掲）

	$I\rho$ (t-m)
各種タンク	4.19
機関室浸入水	24.72
船員室浸入水	11.73

表 4.3 に示すように、機関室への浸入水の自由表面影響は燃料タンクの燃料の自由水影響の約 6 倍、船員室の自由表面影響は燃料タンクの約 3 倍に達する。ただし、機関室には各種の機械類が数多く設置されており、また、船員室にはベッド等が設置されており、実際の状況においては浸入水の自由な流動が妨げられる。そのため、表 4.3 に示した自由表面影響を全て見掛けの重心上昇として考慮することは、船内区画への浸入水の影響を過大評価することになる可能性があると考えられる。

#### 4.2 復原性に及ぼす影響

船内区画への浸水は、暴露甲板に滞留した海水により発生したと想定されることから、事故発生時の復原性としては、船内区画への浸水と暴露甲板への滞留水の両者を考慮した状態について検討を行う必要がある（5.2.3 節）。ここでは、以降の検討を深めるため、船内区画への浸水だけが発生した状態の復原性を推定し、本事故発生前の状態の復原性と比較するなどして、船内区画へ浸入した海水が本船の復原性に及ぼした影響を検討した。

図 4.1 に表 4.2 に示した重量重心で船内区画への浸水が発生した状態の復原力  $GZ$  を計算した結果を本事故発生前の復原力とともに示す。また、表 4.4 にメタセンタ高さ  $G_0M$  の計算結果、表 2.10-10 に喫水 ( $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水) 及び乾舷 ( $Fb$ ) の計算結果、表 2.10-12 に横傾斜に伴うトリムの変化も考慮して計算した、ブルワーク上端没水角  $\phi b$ 、海水流入角（船員室出入口:  $\phi_{f1}$ 、機関室出入口:  $\phi_{f2}$ 、水夫長倉庫出入口:  $\phi_{f3}$ ) を示す。表中には参考のため本事故発生前の値も示している。

図 4.1 で左上の図は全て（燃料タンク、機関室及び船員室）の自由表面影響を（4.1）式で見掛けの重心上昇として算入した復原力曲線であり、また、左下の図は燃料タンクと機関室の自由表面影響、右上の図は燃料タンクと船員室の自由表面影響、右下の図は燃料タンクのみを算入した復原力曲線である。表 4.4 に示したメタセンタ高さ  $G_0M$  についても、自由表面影響の算入範囲を変えた値 ( $G_{01}M$ : 燃料タンク、機関室及び船員室、 $G_{02}M$ : 燃料タンク及び機関室、 $G_{03}M$ : 燃料タンク及び船員室、 $G_{04}M$ : 燃料タンク) を示している。なお、図 4.1 では、本事故発生前の状態（船内区画への浸水量 0）の復原力を黒線、区画容積の



1/16まで浸水した場合の復原力を赤線、区画容積の1/8まで浸水した場合の復原力を緑線、区画容積の1/4まで浸水した場合の復原力を黒点線、区画容積の1/2まで浸水した場合の復原力を赤点線で示す。

図4.1及び表4.4から、①船内区画への浸水量が増えるに従って復原力が大幅に低下すること、②自由表面影響の算入（発生）範囲によって復原力が大幅に変化すること、③浸水量が内法容積の1/16の場合の復原力と1/8の場合の復原力では、その差異は比較的小さいことが分かる。更に、図4.1から、④全ての自由表面影響を算入した場合（左上図）には浸水量が内法容積の1/16であっても、復原力の最大値（ $GZ_{max}$ ）は0.04m程度、復原力消失角（ $\phi f$ ）は21°程度となり、船内浸水がない本事故発生前の状態（ $GZ_{max}$ ：0.137m、 $\phi f$ ：45°）に比べてそれぞれ1/3以下、1/2以下になることなどが分かる。

表4.4 想定した船内区画浸水発生後のメタセンタ高さ（本編 表2.10-9再掲）

浸水量 /内法容積	$G_{01}M$ (m)	$G_{02}M$ (m)	$G_{03}M$ (m)	$G_{04}M$ (m)
0(本事故発生前)	0.59	0.59	0.59	0.59
1/16	0.25	0.37	0.50	0.61
1/8	0.29	0.40	0.52	0.63
1/4	0.34	0.44	0.56	0.67
1/2	0.07	0.16	0.26	0.36

注) 自由表面影響の算入範囲（ $G_{01}M$ ：燃料タンク、機関室及び船員室、 $G_{02}M$ ：燃料タンク及び機関室、 $G_{03}M$ ：燃料タンク及び船員室、 $G_{04}M$ ：燃料タンク）

なお、ブルワーク上端が没水すると、甲板上の滞留水は船外の海水と一体となることから、復原力は滞留水がない状態の値と一致する<sup>[3],[4]</sup>。事故発生時では、ブルワーク上端没水後には、船内区画への浸水が発生した状態の復原力となる。

表4.6に示したように、船内区画への浸水量が増えるに従って、船員室出入口からの海水流入角（ $\phi_{f1}$ ）及び機関室出入口からの海水流入角（ $\phi_{f2}$ ）が小さくなる。これは、表4.5に示したように、船内区画への浸水量の増加に伴い、平均喫水の増大に加え船尾トリムが増大するため、船員室出入口や機関室出入口の水面からの高さが減少するためである。なお、船首部にある水夫長倉庫出入口の海水流入角（ $\phi_{f3}$ ）は、平均喫水の増大の影響と船尾トリムの増大の影響が相殺するため、船内区画への浸水量が増加しても、変化量は比較的小さい。

また、浸水量が内法容積の1/8程度までの場合には、船員室出入口からの海水流入角（ $\phi_{f1}$ ）及び機関室出入口からの海水流入角（ $\phi_{f2}$ ）は、ブルワーク上端の没水角（ $\phi b$ ）より大きくなる。そのため、ブルワーク上端が没水した状態であっても、船体動揺の影響が小さければ、船内への浸水量は限定的であると考えられる。しかしながら、ブルワーク上端が没水している状態が継続して浸水量が内法

容積の1/4を超えると、船内区画への海水流入角 ( $\phi_{f1}$ 、 $\phi_{f2}$ ) はブルワーク上端の没水角 ( $\phi_b$ ) はより小さくなるので、船体動揺の影響がなくても船内区画への浸水が連続的に発生するようになり、復原性は急激に低下することが考えられる。

表4.5 想定した船内区画浸水発生後の喫水及び乾舷 (本編 表2.10-10再掲)

浸水量 /内法容積	$da$ (m)	$df$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)
0(本事故発生前)	2.35	1.21	1.78	0.25
1/16	2.43	1.19	1.81	0.22
1/8	2.50	1.18	1.84	0.19
1/4	2.63	1.17	1.90	0.13
1/2	2.92	1.15	2.04	-0.01

表4.6 想定した船内区画浸水発生後のブルワーク上端没水角及び海水流入角 (本編 表2.10-11再掲)

浸水量 /内法容積	$\phi_b$ (deg.)	$\phi_{f1}$ (deg.)	$\phi_{f2}$ (deg.)	$\phi_{f3}$ (deg.)
0(本事故発生前)	23.8	31.0	30.4	37.2
1/16	22.8	28.0	27.6	37.7
1/8	22.0	25.1	24.9	38.1
1/4	20.0	19.9	20.0	38.6
1/2	15.2	8.8	9.6	-

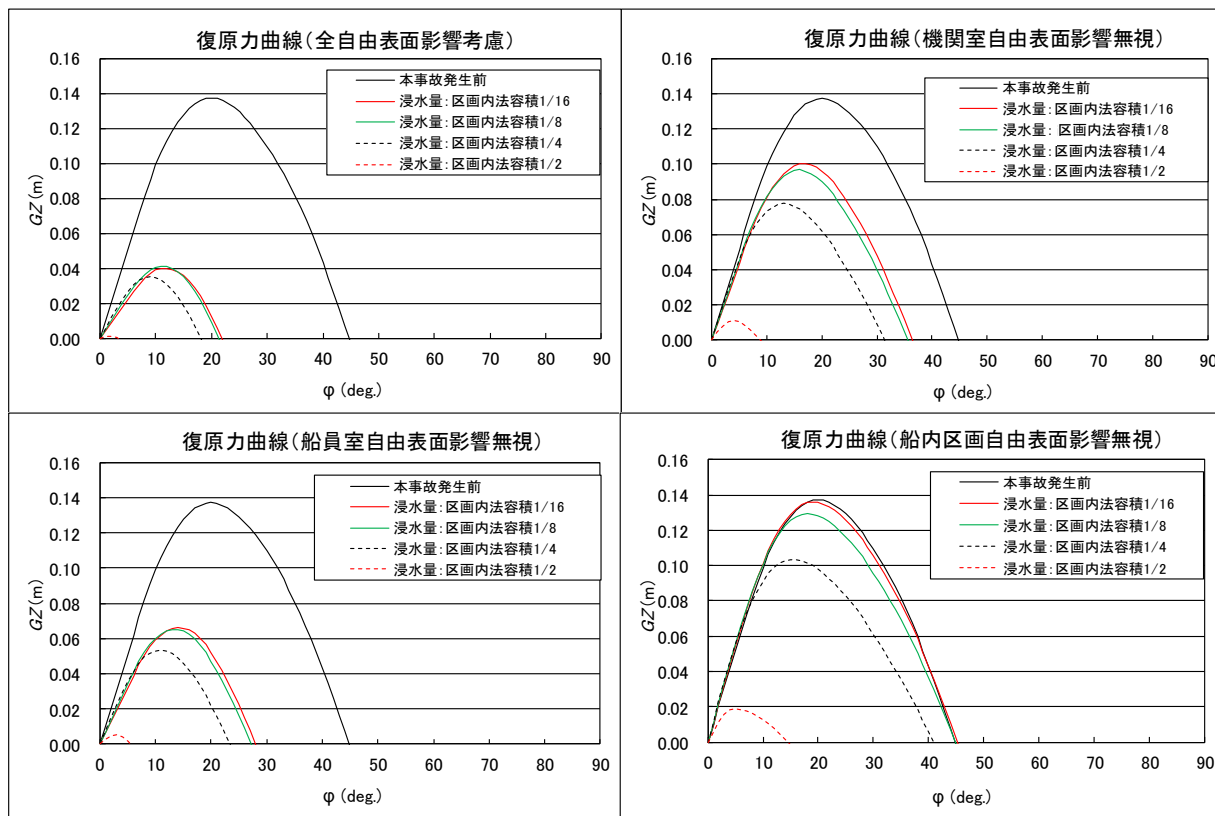


図4.1 想定した船内区画浸水発生後の復原力 (本編 図2.10-4再掲)

## 5. 転覆メカニズムの検討

本事故発生時の状況から事故発生シーケンスを整理し、本船の本事故発生前の状況及び滞留水や船内浸水が復原性へ及ぼす影響を考慮して事故関連要因と推定される事項を抽出するとともに、これらの要因が本船の横傾斜角や復原性に及ぼす影響を計算することで、転覆メカニズムの検討を行った。

### 5.1 事故発生シーケンス及び事故関連要因

#### (1) 事故発生シーケンス

事故発生シーケンスをまとめると以下のとおりである。

- ① 右舷船首60～70°からの波、風による左舷側への傾斜及び船体動揺  
↓
- ② 海水の打込み、暴露甲板上左舷側への滞留水発生  
→ (左舷側傾斜、復原性低下；排水量増加、乾舷・予備浮力減少)  
↓
- ③ 打込み継続、甲板上滞留水量増加  
→ (左舷側傾斜増加、復原性低下；排水量増加、乾舷・予備浮力減少)  
↓
- ④ 打込み継続、甲板上滞留水の一部が船内区画へ浸入  
→ (左舷側傾斜増加、復原性低下；排水量増加、乾舷・予備浮力減少)  
↓
- ⑤ 打込み継続、甲板上滞留水量及び船内浸水量増加  
→ (左舷側傾斜増加、復原性低下) → (復原力喪失)  
↓
- ⑥ 転覆

#### (2) 事故関連要因

事故発生シーケンスから推測される転覆メカニズムは、「①風により左舷側に傾斜した状態で、海水の打込みが発生、暴露甲板左舷側に滞留し、左舷側傾斜が増加した。②打込みが継続したため、滞留水が増加し、左舷側傾斜角が大きくなり、復原性が低下した。その後、③甲板上滞留水の一部が船内区画へ浸入して復原性が大幅に低下したことから、左舷側傾斜角が増大、復原力を喪失して転覆に至った。」と想定される。

事故発生シーケンス及び想定される転覆メカニズムから、主な事故関連要因として、①風による左舷側傾斜、②甲板上滞留水に伴う復原性低下、③船内区画浸水に伴う復原性低下が考えられる。

## 5.2 転覆メカニズムに関する検討

前節で整理した事故関連要因が、本事故発生時の本船の横傾斜角や復原性に及ぼす影響を計算することで、想定した転覆メカニズムの妥当性について検討を行った。

### 5.2.1 事故現場の風の影響

本事故発生場所の風速は12m/s、風向は西北西であり、本事故発生時の本船の針路は230°（相対風向63°）、速力は4～6.5knとのことであった。ここでは、打込み水が左舷側に滞留する原因となった、①本事故発生前の状態における風による横傾斜角及び、②船長が船員室から出てきた時点での風による横傾斜角を推定した。

#### (1) 計算方法

風による傾斜偶力 $D_w$ は、船舶復原性規則の算式を援用し、風向の影響を有効風圧側面積 $A_e$ の変化として取り入れて計算した（(5.1)式）。

$$D_w = \frac{k \cdot A_e \cdot H_{wind}}{W} \dots \dots \dots (5.1)$$

ここで、 $W$ は排水量、 $k$ は風圧力に関する係数であり、本事故発生時の風速 $V_w$ （12m/s）及び絶対風向 $\nu$ （西北西）、並びに、本船の船速 $V$ 及び針路 $\phi$ （230°）から算定される見掛けの風速 $V_{w\_rel}$ に基づき設定した。また、 $H_{wind}$ は風圧側面積中心から喫水の半分までの垂直距離である。

なお、有効風圧側面積 $A_e$ は、船体中心線に対する見掛けの風向を $\nu_w$ 、横風 $\nu_w = 90^\circ$ に対する風圧側面積を $A_w$ として、(5.2)式で算定した。

$$A_e = A_w \cdot \sin \nu_w \dots \dots \dots (5.2)$$

また、風による横傾斜角 $\phi_{wind}$ は、(5.3)式を使用して算出した。

$$\phi_{wind} = \tan^{-1} \left( \frac{k \cdot A_e \cdot H_{wind}}{W \cdot GM} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{D_w}{GM} \right) \dots \dots \dots (5.3)$$

表5.1に風による横傾斜角の計算に必要な船体に関するデータをまとめて示す。

表 5.1 事故時の排水量 ( $W$ )、メタセンタ高さ ( $G_0M$ )、風圧側面積 ( $A_w$ ) 及び風圧側面積中心から喫水の半分までの垂直距離 ( $H_{wind}$ )

	$W$ (t)	$G_0M$ (m)	$A_w$ (m <sup>2</sup> )	$H_{wind}$ (m)
本事故発生前	97.517	0.59	77.24	2.58
船長が船員室から出てきた時点	102.705	0.53	76.04	2.58

## (2) 計算結果

表 5.2 及び表 5.3 に本事故発生場所付近の風による横傾斜角の計算結果を示す。表 5.2 は船速が 4 kn、表 5.3 は船速が 6.5 kn の場合の風による横傾斜角であり、傾斜方向は左舷側である。

表 5.2 及び表 5.3 に示したように、①本事故発生時の右舷側からの風により本船は 2° 程度左舷側に傾斜していたと推定されること、また、②風による横傾斜角は滞留水発生前の本事故発生前の状態と船長が船員室から出てきた時点とでほとんど同一であったと推定されることなどが分かる。よって、本事故発生場所の風により、打込み滞留水が左舷側に片寄る原因となった横傾斜が発生したと考えることは妥当である。

表 5.2 本事故発生場所付近の風による横傾斜角 ( $\phi_{wind}$ ) の計算結果 (船速：4 kn) (本編 表 2.10-12 再掲)

	$Vw_{rel}$ (m/s)	$v_w$ (deg.)	$k$	$Dw$ (m)	$\phi_{wind}$ (deg.)
本事故発生前	13.08	54.5	0.013	0.022	2.1
船長が船員室から出てきた時点				0.020	2.2

表 5.3 本事故発生場所付近の風による横傾斜角 ( $\phi_{wind}$ ) の計算結果 (船速：6.5 kn) (本編 表 2.10-13 再掲)

	$Vw_{rel}$ (m/s)	$v_w$ (deg.)	$k$	$Dw$ (m)	$\phi_{wind}$ (deg.)
本事故発生前	13.87	50.1	0.015	0.023	2.2
船長が船員室から出てきた時点				0.021	2.3

### 5.2.2 甲板上滞留水の影響

本船は、「①船員室で休んでいた船長が通常とは異なる左舷傾斜を感じて上甲板へ出た時点で、甲板上にくるぶしの高さまで滞留水があった。そして、②船橋へ行った船長が危険を感じ船員室に戻ろうとした時点で、上甲板上の滞留水は腰の高さまで達していた。その後、③傾斜が増大し、胸まで水が来て、転覆した。」とのことであり、本事故発生時には上甲板上滞留水量が継続的に増加し、横傾斜角が増大したと考えられた。

ここでは、左舷側への滞留水量をパラメータとして横傾斜角やブルワーク上端の水面上高さの変化量を計算し、転覆に及ぼす甲板上滞留水の影響を検討した。

### (1) 計算方法

本節では、滞留水の片寄りにより生じる傾斜モーメントと復原力が釣り合う状態における、横傾斜角、ブルワーク上端の水面上高さ等を評価することを目的としている。そのため、第3章で検討したように傾斜に伴う流入水を除いた実質的な滞留水量及びその重心位置から傾斜モーメントを求めるのではなく、甲板上の海水全てを滞留水とした場合（見掛けの滞留水）の傾斜モーメントとブルワーク上端までを水密としてその浮力を考慮した復原力を比較して、滞留水の片寄りにより生じる横傾斜角を求め（付録1）、当該傾斜角におけるブルワーク上端の水面上高さ等を評価した。

表5.4に、計算を行った甲板上の見掛けの滞留水の重量 ( $w$ ) と直立状態での重心位置（前後位置： $Gw_{x0}$ 、左右位置： $Gw_{y0}$ 、上下位置： $Gw_{z0}$ ）及び機関室出入口位置の水深 ( $dw_0$ ) を示す。海水の滞留範囲は、滞留水量に関わらず、船長が船員室から上甲板へ出た時点での暴露甲板上の滞留水の状態として図3.1の範囲とした。第3章で検討した船長が船員室から出てきた時点での見掛けの滞留水の重量 ( $w$ ) は7.187tで、直立状態での機関室出入口位置の水深 ( $dw_0$ ) は0.29mである。

表5.4 見掛けの滞留水の重量及び直立状態での重心位置、機関室出入口位置の水深（本編 表2.10-14再掲）

重量 $w$ (t)	重心位置			滞留水深さ $dw_0$ (m)
	$Gw_{x0}$ (m)	$Gw_{y0}$ (m)	$Gw_{z0}$ (m)	
4.778	1.99	1.84	2.04	0.15
5.989	2.16	1.84	2.08	0.22
7.187	2.28	1.84	2.12	0.29
8.277	2.36	1.85	2.15	0.35
9.802	2.45	1.85	2.20	0.43
11.655	2.52	1.86	2.25	0.53
13.864	2.59	1.86	2.31	0.65
18.041	2.69	1.88	2.42	0.86

準静的な状況では、船体の傾斜に関わらず滞留水の水面は水平を保つ。そのため、船体の傾斜に伴い、滞留水の重心が変位することになる。図5.1に、滞留水の重量 ( $w$ ) が7.187tの場合 ( $dw_0=0.29$ m) の傾斜に伴う滞留水の重心位置の変化を示す。黒線が滞留水の重心の前後位置、赤線が左右位置、緑線が上下位置であり、それぞれ直立状態 ( $\phi=0$ ) の値に対する割合を示している。本船のブルワークは外側に比較的大きく張り出していることなどから、傾斜に伴い滞留水は舷側に片寄り、重心の左右位置は外側へ変位するとともに、上下位置も高くなる。

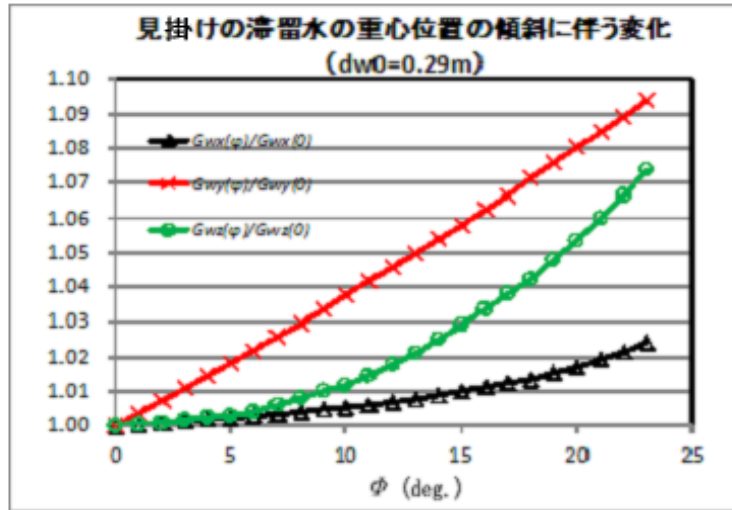


図 5. 1 傾斜に伴う見掛けの滞留水の重心位置の変化例 ( $w = 7.187t$ )

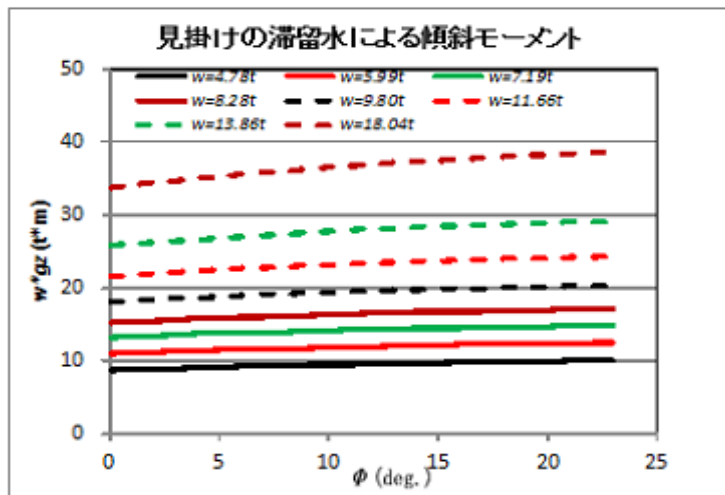


図 5. 2 計算を行った見掛けの滞留水による傾斜モーメント

表 5. 4 に示した甲板上的見掛けの滞留水による傾斜モーメントを図 5. 2 に示す。図 3. 1 に示した範囲を滞留範囲としているので、直立状態 ( $\phi = 0$ ) でも滞留水による傾斜モーメントが発生する。また、図 5. 1 に示した傾斜に伴う滞留水の重心位置の変化を考慮しているため、傾斜角が大きくなるにつれて、滞留水による傾斜モーメントは若干増加する。

## (2) 計算結果

図 5. 2 に示した見掛けの滞留水による傾斜モーメントとブルワーク上端までを水密としてその浮力を考慮した復原力を比較して、滞留水の片寄りにより生じる横傾斜角 ( $\phi_e$ ) を求め、当該傾斜角における左舷側ブルワーク上端の水面上高さ ( $h_{BT}$ )、ブルワークの放水口に掛かる滞留水の水頭 ( $hh$ )、滞留水の左舷側通路端での水位 ( $dwh1$ ) 及び機関室出入口での水位 ( $dwh2$ ) を評価した結果を表 5. 5 及び図 5. 3、図 5. 4 に示す。ブルワー

ク上端の水面上高さ ( $h_{BT}$ )、ブルワークの放水口に掛かる滞留水の水頭 ( $hh$ )、滞留水の左舷側通路端での水位 ( $dwh1$ ) は S.S. 4 の位置で評価した。

見掛けの滞留水量 ( $w$ ) が増加すると、滞留水の片寄りにより生じる横傾斜角 ( $\phi_e$ ) が増加し、傾斜舷 (左舷) 側のブルワーク上端の水面上高さ ( $h_{BT}$ ) が減少する。例えば、滞留水発生前の本事故発生前の状態では、ブルワーク上端の水面上高さは 1.29 m であるのに対し、船長が船員室から出てきた時点 ( $w = 7.187$  t) では、滞留水の片寄りにより左舷側に 12.4° 傾斜し、傾斜舷側のブルワーク上端の水面上高さは 0.59 m と、滞留水発生前の 1/2 以下に減少する。

表 5.5 滞留水による横傾斜角 ( $\phi_e$ ) 及びブルワーク上端の水面上高さ ( $h_{BT}$ ) 等 (本編 表 2.10-15 再掲)

$w$ (t)	$\phi_e$ (deg.)	$h_{BT}$ (m)	$hh$ (m)	$dwh1$ (m)	$dwh2$ (m)
4.778	8.8	0.79	0.44	0.46	0.10
5.989	10.7	0.69	0.43	0.55	0.14
7.187	12.4	0.59	0.42	0.63	0.19
8.277	13.9	0.50	0.42	0.70	0.23
9.802	15.7	0.40	0.42	0.80	0.28
11.655	17.7	0.29	0.42	0.91	0.35
13.864	19.9	0.16	0.43	1.04	0.43

注) 左舷側への傾斜を (正) とする。

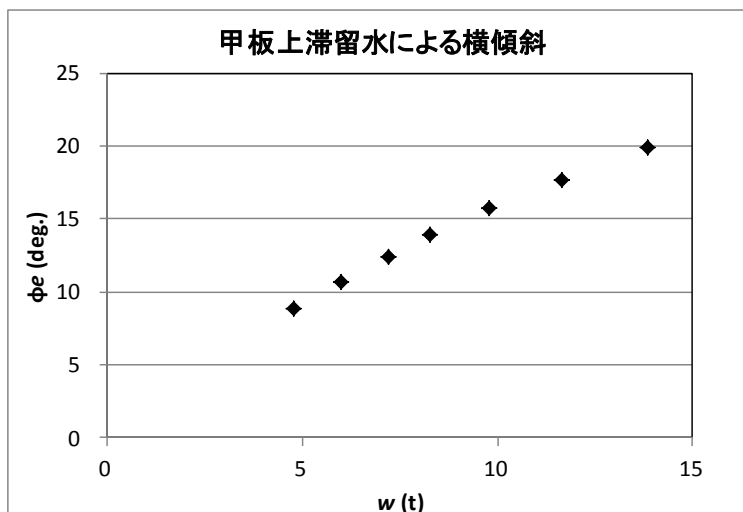


図 5.3 滞留水による横傾斜角 ( $\phi_e$ )

海水の打込みは、舷側での相対水位変動の大きさがその位置でのブルワーク上端の水面上高さより大きくなった場合に、発生するとされている。本船の場合、事故時には右舷船首 60° ~ 70° からの波を受けながら航行していたとのことであり、波上側 (右舷側) の相対水位変動は波下側 (左舷側) の相対水位変動より大きくなる。そのため、左舷側傾斜角が比較的小さい状態では、海水の打込みは、波上側 (右舷側) から発生していたと想定される。



一方、傾斜角が大きくなると傾斜舷（左舷）側のブルワーク上端の水面上高さが減少するため、打込みは、左舷側からも発生するようになると考えられ、滞留水量の増加とともに打込み頻度や打込み水量が増加したと考えられる。また、表 5. 5 及び図 5. 4 に示したようにブルワークの放水口に掛かる滞留水の水頭（ $hh$ ）は、滞留水量によってほとんど変化しないことから、打込み頻度や打込み水量が増加すると、滞留水量は徐々に増加すると考えられる。すなわち、滞留水の増加に伴い、横傾斜が増大するとともに、ブルワーク上端の水面上高さが減少するので、事故発生時には打込み滞留水が更に増加しやすくなったと推測される。

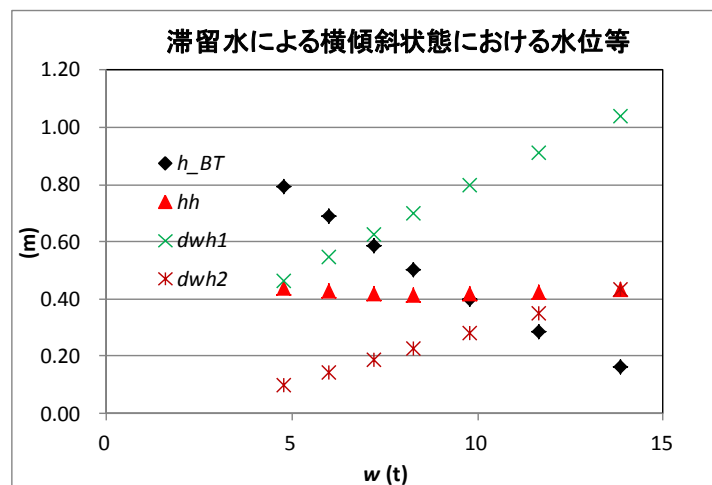


図 5. 4 滞留水による横傾斜状態におけるブルワーク上端の水面上高さ（ $h_{BT}$ ）等

なお、滞留水の片寄りによって横傾斜した状態では、本船の上甲板にはキャンバが付いていることも相まって甲板上の滞留水の水深は舷側の方が深くなる。また、本船の上甲板は比較的大きな舷弧が付いているので、滞留水の船体中央部における水深は船首尾部分より深くなる。そのため、表 5. 5 及び図 5. 4 に示した、滞留水の S. S. 4 における左舷側通路端での水位（ $dwh1$ ）と機関室出入口での水位（ $dwh2$ ）には、比較的大きな差異がみられる。

表 5. 5 及び図 5. 4 に示したように、見掛けの滞留水量の増加に伴い、滞留水の甲板上水位も増加する。見掛けの滞留水量（ $w$ ）が 12t 程度では、滞留水によって  $18^\circ$  程度傾斜した状態となり、滞留水の水面が機関室出入口の甲板上高さ（0.38 m）を超え、S. S. 4 における左舷側通路端での水位は約 1 m となると推定される。そのため、滞留水量（ $w$ ）が 12t 程度に達すると、滞留水が機関室に連続的に流入するようになり、また、左舷側通路端における水位が腰部に達すると考えられる。なお、復原力と滞留水によ

る傾斜モーメントの釣り合い状態で、滞留水の水面が機関室出入口の敷居の甲板上高さより低い状況であっても、船体の動揺等を考えると滞留水が機関室内に流入すると考えられる。

### 5.2.3 船内区画浸水の影響

本事故発生時には、甲板上滞留水の一部が船内区画へ浸入して復原性が低下し、横傾斜角が増大したと考えられた。そのため、本事故発生時の復原性としては、暴露甲板への滞留水と船内区画への浸水の両者を考慮した状態についても検討を行う必要がある。

ここでは、甲板上の滞留水量一定の状態で、船内浸水量をパラメータとして、復原力や滞留水による横傾斜角を計算し、転覆に及ぼす船内区画浸水の影響を検討した。

#### (1) 計算状態

転覆に及ぼす船内区画浸水の影響に関する検討は、船長が船員室から上甲板へ出てきた時点以降で船内区画への浸水が始まったと想定される状況について行うこととした。

具体的には、滞留水により横傾斜した状態で、機関室出入口での水位 ( $dwh2$ ) が 0.28 m となる滞留水が甲板上に発生していた状態（以下、滞留水 Case-2 という。）で、船内区画（機関室及び船員室）にその内法容積の  $1/16 \sim 1/4$  まで海水が浸入した状況を想定して、復原力や滞留水による横傾斜角の計算を行った。

#### ① 甲板上滞留水

表 5.5 に示したように、甲板上に機関室出入口での水位 ( $dwh2$ ) が 0.28 m となる滞留水（滞留水 Case-2）が発生していた状況に対応する見掛けの滞留水量 ( $w$ ) は 9.802 t であり、滞留水による横傾斜角 ( $\phi e$ ) は  $15.7^\circ$  と推定されている。

滞留水 Case-2 の状況で、横傾斜に伴う流入水を除いた実質的な滞留水量及びその重心位置を推定した結果を表 5.6 に示す。また、表 5.7 には、表 5.6 に示した実質的滞留水を含めた船体の重量重心 (Case-2) を船長が船員室から上甲板へ出た時点での状態 (Case-1) の値、滞留水発生前 (本事故発生前) の状態の値とともに示す。機関室出入口での水位 ( $dwh2$ ) が 0.28 m となる滞留水が甲板上に発生していた状況 (Case-2) での甲板上の実質的な滞留水の重量は、約 5.6 t (表 5.6) となり、船長が船員室から上甲板へ出てきた時点 (Case-1 : 表 3.1) より約 0.4 t が増加していたと推定される。また、滞留水 Case-2 の状況では、実質的な滞

留水の重心も Case-1 (表 3.1) に比べて高くなることから、船の重心高さ ( $KG$ ) も  $0.01\text{ m}$  上昇して  $1.64\text{ m}$  となると推定される (表 5.7)。

表 5.6 甲板上の滞留水 (Case-2 : 機関室出入口での水位  $dwh2=0.28\text{ m}$ ) の重量重心 (実質)

重量	$w$ (t)	5.602	
重心	$x$ (m)	2.75	(midshipから)
	$y$ (m)	1.90	(CLから)
	$z$ (m)	2.32	(B.L.から)

表 5.7 滞留水 (Case-2 : 機関室出入口での水位  $dwh2=0.28\text{ m}$ ) 発生後の船体状態

状態	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
滞留水発生後 (Case-2)	103.119	1.59	1.64	0.04
滞留水発生後 (Case-1)	102.705	1.58	1.63	0.04
本事故発生前	97.517	1.53	1.60	0.04

注) 滞留水 Case-1 : 船長が船員室から上甲板へ出た時点

## ② 船内区画浸水

想定した船内区画 (機関室及び船員室) への浸水は、区画内法容積の①  $1/16$  まで、②  $1/8$  まで、③  $1/4$  までの3ケースであり、各ケースの浸水量及びその重心位置は、表 4.1 に示したとおりである。

表 5.8 に、想定した甲板上滞留水と船内区画 (機関室及び船員室) への浸水発生後の船体状態 (排水量  $W$ 、重心位置 (上下 :  $KG$ 、前後 :  $mid-G$ ) 及び燃料タンクの自由表面による見掛けの重心上昇量  $GG'$ ) を船内区画浸水発生前の状態 (船内区画への浸水量 0) の値とともに示す。4.1 節で報告した甲板上滞留水がない場合と同様に、船内区画への浸水により船体重心の前後位置 ( $mid-G$ ) は船尾側に変移するとともに、重心の上下位置 ( $KG$ ) は低くなる。

なお、表 5.8 に示した自由表面による見掛けの重心上昇量 ( $GG'$ ) は燃料タンクのみを示しているが、船内区画 (機関室及び船員室) への浸水発生後は、復原性を検討する際に、当該区画へ浸入した海水の自由表面影響 (表 4.3) も考慮する必要がある。

表 5.8 想定した甲板上滞留水及び船内区画浸水発生後の船体状態 (本編 表 2.10-16 再掲)

浸水量 / 内法容積	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
0 (甲板上滞留水のみ)	103.119	1.59	1.64	0.04
1/16	106.635	1.74	1.60	0.04
1/8	110.151	1.85	1.56	0.04
1/4	117.183	2.05	1.51	0.04

## (2) 復原性

図 5.5 に、表 5.8 に示した重量重心で甲板上滞留水と船内区画への浸水が発生した状態の復原力 ( $GZ$ ) を計算した結果を、船内区画への浸水前の甲板上滞留水 (case-2) だけが発生した状態の復原力、本事故発生前の状態 (甲板上滞留水、船内区画浸水とも 0) の復原力とともに示す。表 5.9 にメタセンタ高さ ( $G_0M$ ) の計算結果、表 5.10 に喫水 ( $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水) 及び乾舷 ( $Fb$ ) の計算結果、表 5.11 に横傾斜に伴うトリムの変化も考慮して計算した、ブルワーク上端没水角  $\phi_b$ 、海水流入角 (船員室出入口:  $\phi_{f1}$ 、機関室出入口:  $\phi_{f2}$ 、水夫長倉庫出入口:  $\phi_{f3}$ ) を示す。表中には参考のため、甲板上滞留水 (case-2) だけが発生した状態の値及び本事故発生前の値も示している。

表 5.9 想定した甲板上滞留水及び船内区画浸水発生後のメタセンタ高さ (本編表 2.10-17 再掲)

浸水量 /内法容積	$G_{01}M$ (m)	$G_{02}M$ (m)	$G_{03}M$ (m)	$G_{04}M$ (m)
0(甲板上滞留水のみ)	0.52	0.52	0.52	0.52
1/16	0.21	0.32	0.44	0.55
1/8	0.25	0.35	0.47	0.58
1/4	0.30	0.40	0.51	0.61
(参考)本事故発生前	0.59	0.59	0.59	0.59

注) 自由表面影響の算入範囲 ( $G_{01}M$ : 燃料タンク、機関室及び船員室、 $G_{02}M$ : 燃料タンク及び機関室、 $G_{03}M$ : 燃料タンク及び船員室、 $G_{04}M$ : 燃料タンク)

図 5.5 に示した復原力 ( $GZ$ ) 及び表 5.9 に示したメタセンタ高さ ( $G_0M$ ) は、図 4.1 及び表 4.4 と同様に、自由表面影響の算入範囲を、①燃料タンク、機関室及び船員室、②燃料タンク及び機関室、③燃料タンク及び船員室、④燃料タンクのみとした 4 ケースについて表示した。

図 5.5 及び表 5.9 から、機関室出入口での水位 ( $dwh2$ ) が 0.28 m となる滞留水が甲板上に発生したことで、滞留水発生前の本事故発生前の状態に比べ低下した復原力が、船内区画への浸水により更に大幅に低下することが分かる。全ての自由表面影響を算入した場合、浸水量が内法容積の 1/16 であっても、メタセンタ高さ ( $G_{01}M$ ) は 0.21 m となり、船内区画への浸水前の甲板上滞留水 (case-2) だけが発生した状態 ( $G_0M=0.52$  m) の 4 割程度 (表 5.9)、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は 0.02 m 程度、復原力消失角 ( $\phi_f$ ) は 5° 程度となり (図 5.5 左上図)、船内区画への浸水がなく甲板上滞留水 (case-2) だけが発生した状態 ( $GZ_{max}$ : 約 0.10

m、 $\phi_f$ : 約  $37^\circ$ ) に比べてそれぞれ  $1/5$  以下、 $1/2$  以下になることなどが分かる (図 5.5)。

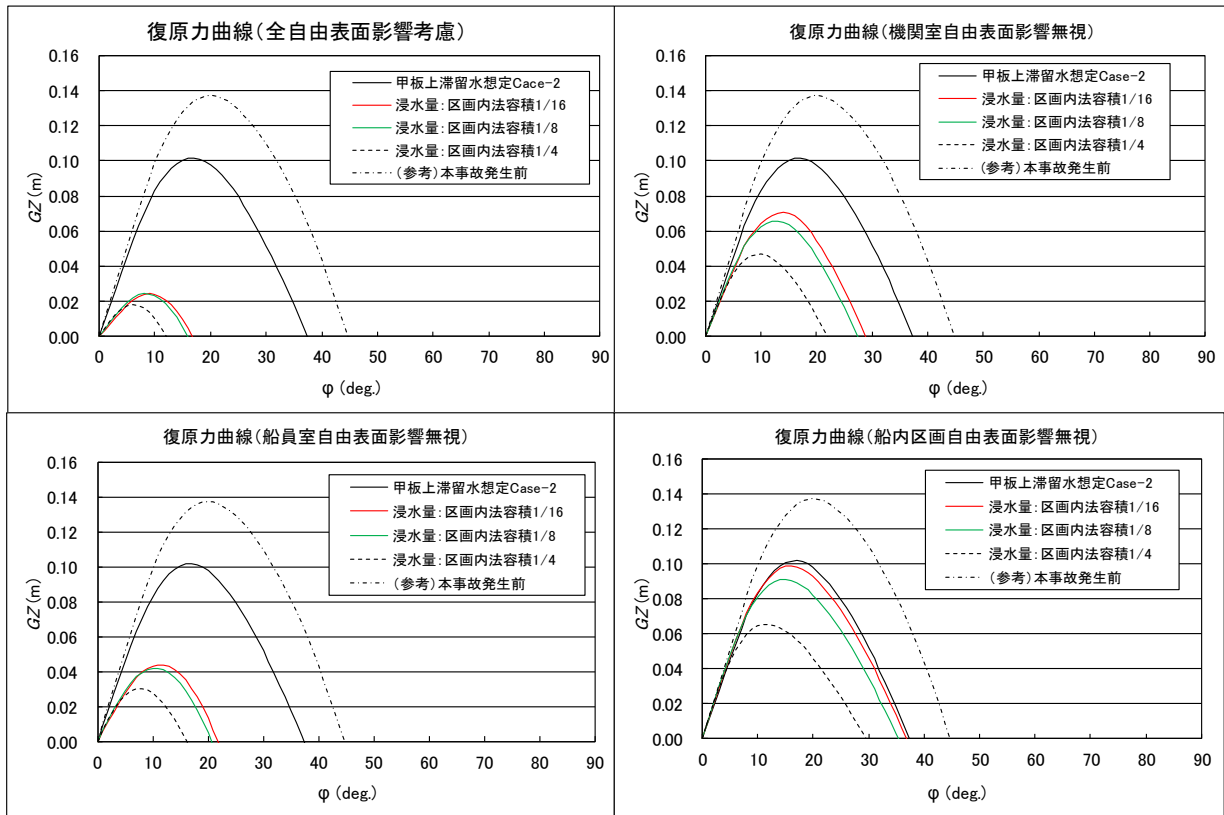


図 5.5 想定した甲板上の滞留水及び船内区画浸水発生後の復原力曲線 (本編 図 2.10-5 再掲)

表 5.10 想定した甲板上滞留水及び船内区画浸水発生後の喫水及び乾舷

浸水量 /内法容積	$d_a$ (m)	$d_f$ (m)	$d_m$ (m)	$F_b$ (m)
0(甲板上滞留水のみ)	2.43	1.25	1.84	0.19
1/16	2.50	1.23	1.87	0.16
1/8	2.57	1.23	1.90	0.13
1/4	2.70	1.22	1.96	0.07
(参考)本事故発生前	2.35	1.21	1.78	0.25

表 5.11 想定した甲板上滞留水及び船内区画浸水発生後のブルワーク上端没水角及び海水流入角 (本編 表 2.10-18 再掲)

浸水量 /内法容積	$\phi_b$ (deg.)	$\phi_{f1}$ (deg.)	$\phi_{f2}$ (deg.)	$\phi_{f3}$ (deg.)
0(甲板上滞留水のみ)	22.5	27.7	27.2	36.2
1/16	21.5	24.6	24.3	36.7
1/8	20.6	22.3	22.2	37.0
1/4	18.6	16.9	17.1	37.5
(参考)本事故発生前	23.8	31.0	30.4	37.2

また、表 5.10 及び表 5.11 に示したように、機関室出入口での水位 ( $d_{wh2}$ ) が  $0.28$  m となる甲板上滞留水に加え、船内区画への浸水が発生す

ると、平均喫水の増大に加え船尾トリムが増大するため、ブルワーク上端の没水角 ( $\phi_b$ )、船員室出入口からの海水流入角 ( $\phi_{f1}$ ) 及び機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi_{f2}$ ) が小さくなる。なお、ブルワーク上端が没水すると、甲板上の滞留水は船外の海水と一体となること<sup>[3],[4]</sup>から、海水流入角は、甲板上滞留水がない船内区画浸水だけの状態の値 (表 4.6) と一致すると考えられる。ただし、ブルワーク上端が没水すると、ブルワークが抵抗になるので、船がなかなか復原しない。そのため、ブルワーク上端が没水すると横傾斜が海水流入角未満であっても、波浪の影響で船内出入口下端が海面下に水没し、船内への浸水が発生する可能性も考えられ、安全性確保が困難になると考えられる。

### (3) 横傾斜角

機関室出入口での水位 ( $dwh2$ ) が 0.28 m となる滞留水が甲板上に発生していた状態 (滞留水 Case-2) に対応する、見掛けの滞留水 ( $w$ ) = 9.802 t による傾斜モーメント (図 5.2 黒破線) とブルワーク上端までを水密としてその浮力を考慮した復原力を比較して、滞留水 Case-2 の片寄りにより生じる横傾斜角を求めた結果を表 5.12 及び図 5.6 に示す。図 5.6 の横軸は、浸水量と区画内法容積の比 ( $V_w/V_r$ ) である。

今回の検討では、復原力に対する自由表面影響の算入範囲を、①燃料タンク、機関室及び船員室、②燃料タンク及び機関室、③燃料タンク及び船員室、④燃料タンクのみとした 4 ケース設定し、それぞれのケースでの横傾斜角を表 5.12 及び図 5.6 で  $\phi_{e1}$ 、 $\phi_{e2}$ 、 $\phi_{e3}$ 、 $\phi_{e4}$  として表示している。

表 5.12 で示した条件では、滞留水による傾斜モーメントと復原力が釣り合う横傾斜角を求めることができなかった。また、赤字で示した条件では、横傾斜角がブルワーク上端の没水角を超える結果となっており、実際には発生しない状況となる。

表 5.12 及び図 5.6 に示したように、船内区画への浸水量が増加するに伴い、滞留水の片寄りにより生じる横傾斜角が増加する。横傾斜角の増加量は復原力への自由表面影響の算入範囲によって変化するが、例えば、燃料タンク及び機関室の自由表面影響を考慮した場合、滞留水の片寄りにより生じる横傾斜角 ( $\phi_{e2}$ ) は、船内区画 (機関室及び船員室) への浸水がない場合は  $15.7^\circ$  であるが、船内区画へ内法容積の  $1/16$  だけ浸水すると横傾斜角は  $21.3^\circ$  と約  $6^\circ$  増加し、ほぼブルワーク上端が没水する角度 ( $21.5^\circ$  : 表 5.11) となる。

ブルワーク上端が没水すると、甲板上の滞留水は船外の海水と一体となることから、復原力は滞留水がない状態の値と一致するようになり<sup>[3],[4]</sup>、滞

留水の片寄りによる傾斜モーメントがなくなるため、船体に復原力のみが作用するようになる。しかしながら、既述したように、ブルワーク上端が没水すると、ブルワークが抵抗になるので、船がなかなか復原しない。そのため、ブルワーク上端が没水すると横傾斜が海水流入角未満であっても、波浪の影響で船内出入口下端が海面下に水没し、船内への浸水量が増加する可能性も考えられ、その場合、復原性の更なる低下、横傾斜角の増大を誘起し、安全性確保が困難になると考えられる。

表 5. 1 2 想定した甲板上滞留水及び船内区画浸水による横傾斜角（本編 表 2. 1 0-1 9 再掲）

浸水量 /内法容積	$\phi_{e1}$ (deg.)	$\phi_{e2}$ (deg.)	$\phi_{e3}$ (deg.)	$\phi_{e4}$ (deg.)
0(甲板上滞留水のみ)	15.7	15.7	15.7	15.7
1/16	-	21.3	18.2	15.7
1/8	-	22.0	18.7	16.1
1/4	-	-	21.3	18.5

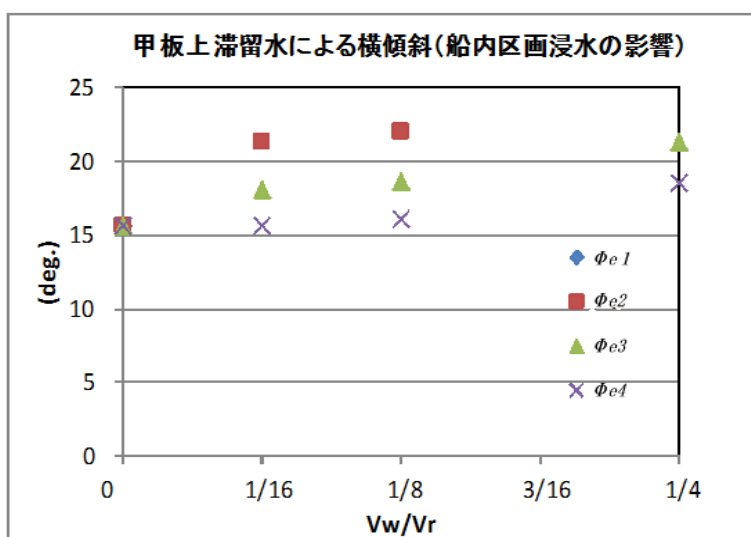


図 5. 6 想定した甲板上滞留水及び船内区画浸水による横傾斜角

一方、事故発生時に解放されていた船内区画への出入口が閉鎖されていた場合、転覆前には船内への浸水量は非常に限定的であったと考えられ、事象の進展は事故時とは異なると考えられる。ただし、前述したように、船内区画への浸水がない場合にも、甲板上滞留水の増加に伴い、横傾斜角が増加し、残存復原力が減少する。滞留水の増加が継続し、横傾斜角が大きくなりブルワーク上端が没水すると滞留水は外部の海水と同じ扱いとなるため、復原性は本事故発生前の状態に戻る。しかしながら、船内への浸水がない場合でも、ブルワーク頂部が没水した場合、ブルワークが抵抗となり、船が復原しにくくなり、最終的には波浪の影響で転覆に至る可能性はあったと考えられる。

## 6. まとめ

平成24年3月23日、奄美大島名瀬港沖で発生した漁船転覆事故の調査に資するため、①本事故発生前の復原性を推定するとともに、②海水の暴露甲板上への滞留及び船内区画への浸入等による復原性への影響を算定することで、③転覆メカニズムの検討を行った。

今回の解析調査によって得られた知見をまとめると以下のとおりである。

### (本事故発生前の復原性)

- ① 本事故発生前の状態のメタセンタ高さ ( $G_oM$ ) は0.59mと推定され、満載出港状態に比べて0.14m小さくなる。また、本事故発生前の状態の復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は、満載出港状態で0.22mとなるのに対して、本事故発生前の状態では0.14mと4割程度小さくなると推定されることなどから、本事故発生前の状態の復原性は、満載出港状態に比べて低下していたと考えられる。

### (暴露甲板上の滞留水が復原性に及ぼす影響)

- ① 船長が船員室から上甲板へ出た時点での暴露甲板上の滞留水の状況で、メタセンタ高さ ( $G_oM$ ) は0.53m、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は0.11mと推定され、滞留水発生前(本事故発生前)の状態 ( $G_oM$ : 0.59m、 $GZ_{max}$ : 0.14m) に比べて復原力が低下する。
- ② また、滞留水の片寄りより生じる傾斜モーメントにより、本船は12.4° 横傾斜していたと推定され、船長が船員室から上甲板へ出た時点で実質的な復原力(残存復原力) が大幅に減少していたと考えられる。

### (船内区画への浸水が復原性に及ぼす影響)

- ① 海上保安庁の航空機が転覆後の本船を発見したときの状態(横倒しで船尾から操舵室後方まで水没して浮かんでいる状態)は、機関室及び船員室に各々その区画内法容積の1/8~1/4程度浸水した状態に近いと考えられる。
- ② 復原力に燃料タンク、機関室及び船員室の自由表面影響を全て算入した場合は、浸水量が内法容積の1/16であっても、復原力の最大値( $GZ_{max}$ )は0.04m程度、復原力消失角( $\phi_f$ )は21° 程度となり、船内浸水がない本事故発生前の状態 ( $GZ_{max}$ : 0.137m、 $\phi_f$ : 45°) に比べてそれぞれ1/3以下、1/2以下になると推定され、船内区画浸水により復原力が大幅に低下すると考えられる。



- ③ 浸水量が内法容積の1/8程度までの場合には、船員室出入口からの海水流入角及び機関室出入口からの海水流入角は、ブルワーク上端の没水角より大きくなる。そのため、ブルワーク上端が没水した状態であっても、船体動揺の影響が小さければ、船内への浸水量は限定的であると考えられる。しかしながら、ブルワーク上端が没水している状態が継続して浸水量が内法容積の1/4を超えると、船内区画への海水流入角はブルワーク上端の没水角はより小さくなるので、船体動揺の影響がなくても船内区画への浸水が連続的に発生するようになり、復原性は急激に低下することが考えられる。

### (転覆メカニズム)

- ① 事故の発生シーケンスから推測される転覆メカニズムは、「a 風により左舷側に傾斜した状態で、海水の打込みが発生、暴露甲板左舷側に滞留し、左舷側傾斜が増加した。b 打込みが継続したため、滞留水が増加し、左舷側傾斜角が大きくなり、復原性が低下した。その後、c 甲板上滞留水の一部が船内区画へ浸入して復原性が大幅に低下したことから、左舷側傾斜角が増大、復原力を喪失して転覆に至った。」と想定される。
- ② 本事故発生時の風による横傾斜角を計算したところ、本事故発生時の右舷側からの風により本船は2°程度左舷側に傾斜していたと推定され、また、風による横傾斜角は滞留水発生前の本事故発生前の状態と船長が船員室から出てきた時点とでほとんど同一であったと推定される。
- ③ 左舷側への滞留水量をパラメータとして横傾斜角やブルワーク上端の水面上高さ等の変化量を計算した結果、本事故発生時の状況では、滞留水の増加に伴い、横傾斜が増大するとともに、ブルワーク上端の水面上高さが減少する一方、ブルワークの放水口に掛かる滞留水の水頭は滞留水量によってほとんど変化しないと推定され、本事故発生時には打込み滞留水が増加しやすい状況であったと考えられた。
- ④ 見掛けの滞留水量 (m) が12t程度では、滞留水によって18°程度傾斜した状態となり、滞留水の水面が機関室出入口の甲板上高さ(0.38m)を超え滞留水が機関室に連続的に流入するようになり、S.S.4における左舷側通路端での水位は約1mとほぼ腰部に達するようになると推定される。
- ⑤ 機関室出入口での水位が0.28mとなる滞留水が甲板上に発生した状態で、船内区画への浸水が発生したと想定すると、船内区画への浸水量が増加するに伴い、滞留水の片寄りにより生じる横傾斜角が増加する。燃料タンク及び機関室の自由表面影響を考慮した場合、滞留水の片寄りにより生じる横傾斜角は、船内区画(機関室及び船員室)への浸水がない場合は15.7°であるが、船内区画へ

内法容積の1/16だけ浸水すると横傾斜角は21.3°と約6°増加し、ほぼブルワーク上端が没水する角度(21.5°)となる。

- ⑥ ブルワーク上端が没水すると、甲板上の滞留水は船外の海水と一体となることから、復原力は滞留水がない状態の値と一致するようになり、滞留水の片寄りによる傾斜モーメントがなくなるため、船体に復原力のみが作用するようになる。しかしながら、ブルワーク上端が没水すると、ブルワークが抵抗になるので、船がなかなか復原しない。そのため、ブルワーク上端が没水すると横傾斜が海水流入角未満であっても、波浪の影響で船内出入口下端が海面下に水没し、船内への浸水量が増加する可能性も考えられ、その場合、復原性の更なる低下、横傾斜角の増大を誘起し、安全性確保が困難になると考えられる。
- ⑦ 本事故発生時に解放されていた船内区画への出入口が閉鎖されていた場合、転覆前には船内への浸水量は非常に限定的であったと考えられ、事象の進展は事故時とは異なつたと考えられる。ただし、船内区画への浸水がない場合にも、甲板上滞留水の増加に伴い横傾斜角が大きくなり、ブルワーク上端が没水すると、ブルワークが抵抗となり、船が復原しにくくなり、最終的には波浪の影響で転覆に至る可能性はあつたと考えられる。

## 付録1 暴露甲板上的の滞留水による傾斜モーメントの評価

### (1) 暴露甲板上的の打込み滞留水と横傾斜に伴う流入水

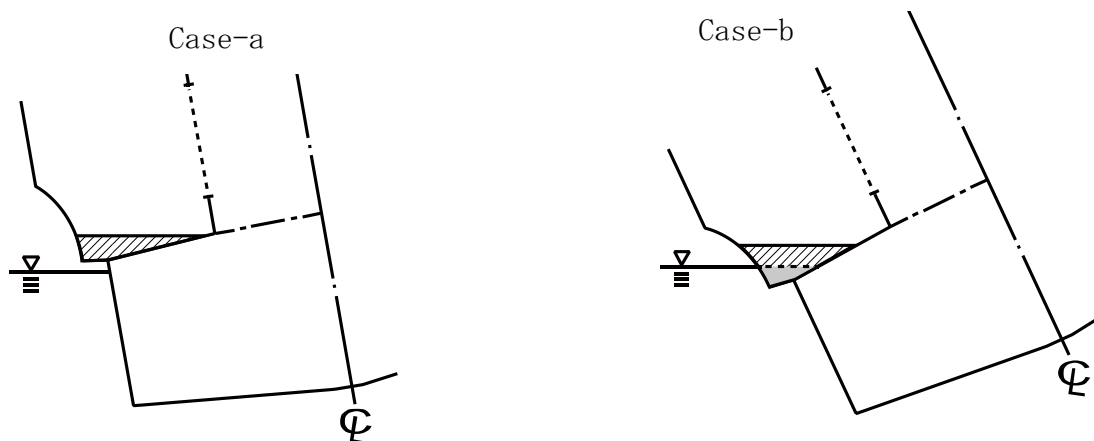
暴露甲板上的への海水の打込みが発生した場合、打込み水は、舷側に設置された放水口から船外に排出される。しかしながら、一度に多量の打込み水があった場合や連続的に打込みが発生した場合など、打込み水量が放水口からの流出量に比べ多くなると、甲板上に海水が滞留するようになる。

一方、船の横傾斜角が舷端没水角を超えると、放水口から甲板上に海水が逆流して、甲板の一部が冠水する。そのため、海水の打込みがない場合でも暴露甲板上的に海水が滞留したような状況になることがある。特に、乾舷の低い船舶は舷端没水角が小さいため、このような状況に陥ることが多いと考えられる。しかしながら、この暴露甲板上的の海水（以下、横傾斜に伴う流入水という。）は、船外の海水と同じと扱うべきものであり、復原力に影響を及ぼさない。

また、暴露甲板上的に滞留水が発生した状態で横傾斜角がブルワーク上端没水角を超えた場合、甲板上の海水は全て横傾斜に伴う流入水となり、復原力は滞留水がない状態に戻る<sup>[3], [4]</sup>。

### (2) 暴露甲板上的の滞留水による横傾斜の計算方法

乾舷の低い船舶の暴露甲板上的へ海水の打込みが発生し、片舷に片寄って滞留した場合を考える（図A 1. 1）。滞留水量が少なく、滞留水の片寄りによる定常傾斜角が舷端没水角より小さい場合（Case-a）、斜線で示した甲板上的の海水は全て滞留水として取り扱い、その影響を考慮する必要がある。一方、滞留水の片寄りによる定常傾斜角が舷端没水角より大きい場合（Case-b）、甲板上的の海水の内、船外の水面と同じ高さまでの部分（塗りつぶし部分）は横傾斜に伴う流入水であり、それを除いた斜線で示した部分のみが実質的な滞留水として、復原性に影響を及ぼす<sup>[1], [4]</sup>。



図A 1. 1 滞留水による横傾斜

(Case-a : 傾斜角が舷端没水角より小さい場合、Case-b : 傾斜角が舷端没水角より大きい場合)

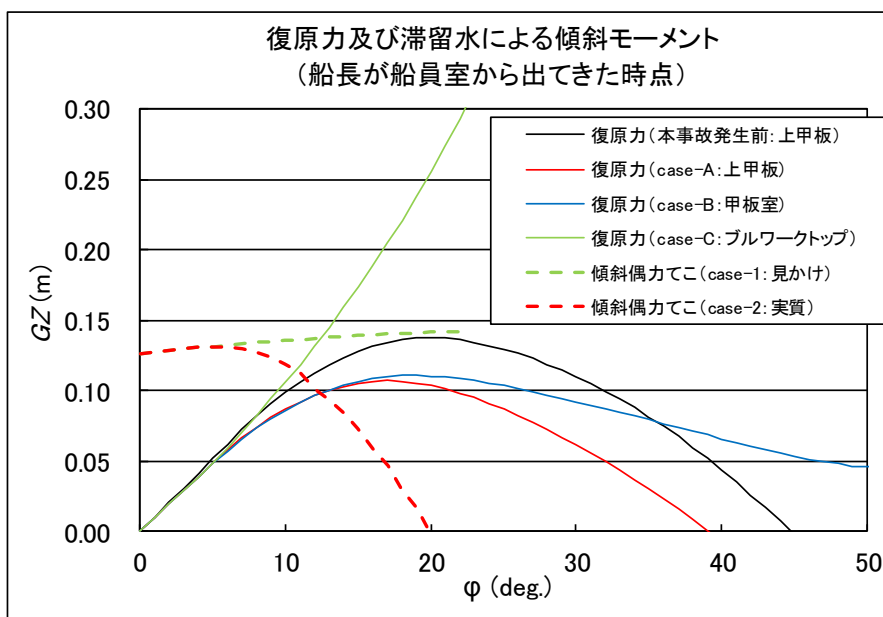
Case-b の場合、準静的に考えた平衡状態で放水口を塞げば船の姿勢は変化しないと想定される。そのため、損傷時復原力計算における重量付加法と同じ考え方<sup>[2]</sup>で、ブルワークを水密としてその浮力を考慮した復原力と甲板上の海水を全て滞留水とした場合の傾斜モーメントから、横傾斜角を評価できると考えられる。

### (3) 計算例

第2章で報告した船長が船員室から出てきた時点での状況について、復原力と滞留水による傾斜モーメントを比較した結果を図A 1. 2に示す。実線で示したのが復原力であり、点線で示したのが滞留水による傾斜偶力である。

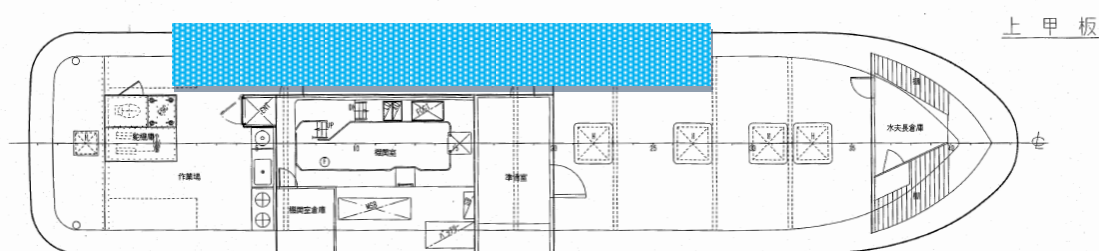
復原力の計算は、浮力範囲として上甲板までとった場合 (Case-A : 赤線)、上甲板までの浮力に加え甲板室の浮力を考慮した場合 (Case-B : 青線) 及びブルワーク上端までを水密とした場合 (Case-C : 緑線) の3ケースについて行った。なお、図中には参考のため、滞留水発生前 (本事故発生前) の状態の復原力 (黒線 : 浮力範囲は上甲板まで) も示している。

一方、滞留水による傾斜モーメントは、甲板上の海水全てを滞留水とみなした場合 (Case-1 : 緑点線) と横傾斜に伴う流入水を除いた実質的な滞留水のみを考慮した場合 (Case-2 : 赤点線) の2ケース計算した。



図A 1. 2 復原力及び滞留水による傾斜モーメント (船長が船員室から出てきた時点)

図A 1. 2に示した復原力及び傾斜モーメントの計算は以下の手順で行った。まず、船長が船員室から上甲板へ出た時点で、図A 1. 3に示した範囲の甲板が、船員室出入口位置で0. 1 m、左舷側通路位置で0. 3 5 mの高さまで冠水していたとして、見掛けの滞留水の重量重心を算定した。次に、見掛けの滞留水全てを搭載物として算定した船の重量重心で復原力計算を行うとともに、傾斜角ごとに横傾斜に伴う流入水の水量（重量）及びその重心位置を求めた。さらに、見掛けの滞留水量が船の傾斜に関わらず一定であるとして、傾斜角ごとの重心位置（自由水影響に相当）を算定して傾斜モーメント（見掛けの傾斜モーメント）を評価した。最後に、見掛けの滞留水の重量及び重量モーメントから、横傾斜に伴う流入水の重量及び重量モーメント分を除くことで、実質的な滞留水量及びその重心位置を求め、滞留水による実質的な傾斜モーメントを推定した。図A 1. 2に示したように、舷端没水角（約 $5^{\circ}$ ）までは両者が一致しているが、傾斜角が舷端没水角より大きくなると、横傾斜に伴う流入水が増加し、実質的な滞留水による傾斜モーメントが減少する。



図A 1. 3 船長が船員室から上甲板へ出た時点での暴露甲板上の海水の滞留範囲

船長が船員室から上甲板へ出た時点での滞留水による横傾斜角は、図A 1. 2で上甲板までの浮力のみを考慮した復原力曲線（赤実線）と実質的な滞留水による傾斜偶力曲線（赤点線）の交点の傾斜角で表され、図A 1. 2で示した状態では $12.4^{\circ}$ となる。一方、ブルワーク上端までを水密としてその浮力を考慮した復原力（緑実線）と甲板上の海水を全て滞留水とした場合の傾斜モーメント（緑点線）から、横傾斜角を評価した（両者の交点）場合も $12.4^{\circ}$ となり、上述の考察が妥当であることを示している。

なお、滞留水による傾斜モーメントの影響を除外した実質的な復原力（残存復原力）は、上甲板までの浮力を考慮した復原力と実質的な滞留水による傾斜モーメントを基に検討する必要がある。しかしながら、本事故発生時の本船の状況（放水口の閉塞状態や打込みの頻度、水量）が不明であることから、準静的な考え方で求めた上記の復原力と滞留水による傾斜偶力を差し引いて求めた残存復原

力から、本事故発生時の本船の復原性を適切に評価することは困難であると考え  
る。

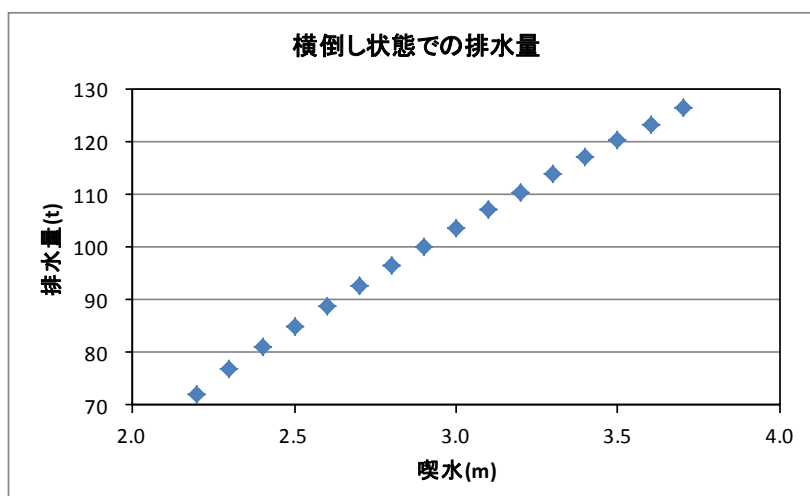
## 付録2 船内区画浸水が転覆後の船体姿勢に及ぼす影響

本事故発生時には船内区画（機関室及び船員室）へ海水が浸入し、最終的な転覆につながったと想定される。しかしながら、船内区画への浸水に関しては、その発生の有無についての情報しかなく、浸水量に関する情報はなかった。そこで、海上保安庁の航空機が事故船を発見した時点の状態（横倒しで船尾から操舵室後方まで水没して浮かんでいる状態）を参考に、浸水量を想定して解析を進めることとした。

まず、おおよその浸水量の見当を付けるため、船体がトリムすることなく（船体中心線と水面が平行に）横倒しになったとして、喫水（S. S. 5の左舷側上甲板端から水面までの高さ）をパラメータに排水量を計算し、水面位置と排水量の関係を調べた。次に、船内区画への浸水量をパラメータとして船体姿勢を計算し、海上保安庁の航空機が事故船を発見した時点の状態における浸水量を検討した。

### (1) 横倒し状態での排水量及び水面位置（平行沈下）

船内区画浸水を含んだ船体の重心の前後位置が浮心の前後位置に一致していると仮定して、船体が船体中心線と水面が平行に横倒しになったとして、喫水（S. S. 5の左舷側上甲板端から水面までの高さ）をパラメータに排水量を計算した結果を図A 2. 1に示す。



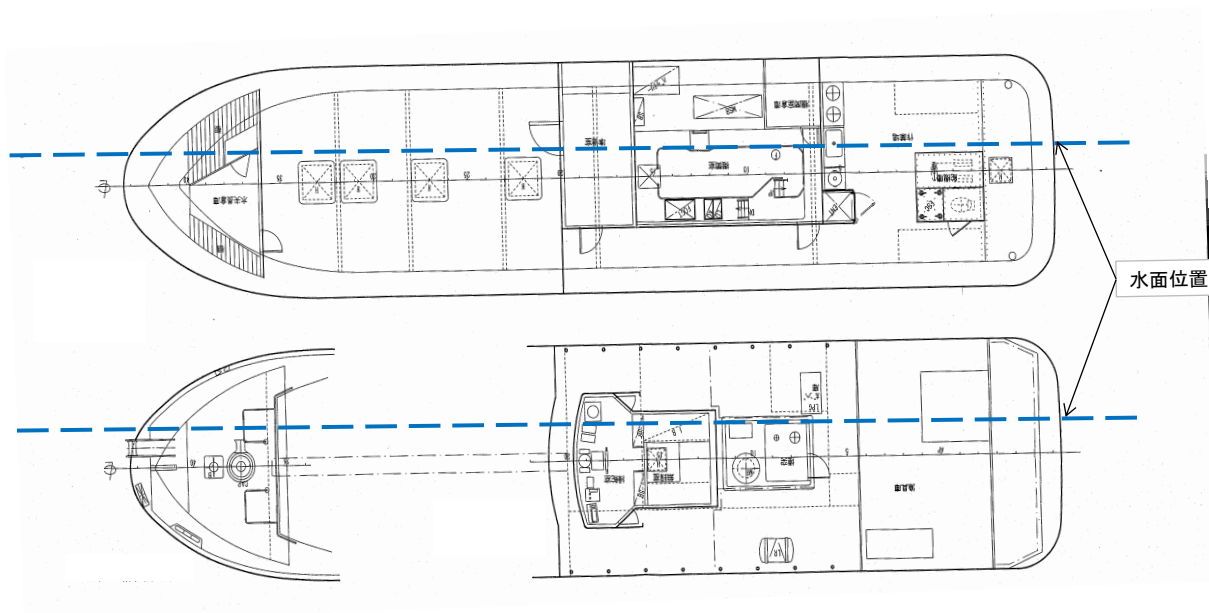
図A 2. 1 横倒し状態での排水量（重心と浮心の前後位置は一致していると仮定）

船の半分が水面下にある状態（船体中心線と水面が一致する状態）は、喫水2. 2 mに対応しており、その場合の排水量は72 t程度である。一方、本事故発生前の状態の排水量は約97. 5 tであり、そのときの喫水は約2. 83 mとなり、船体中心線が水面下約0. 63 mまで沈んだ状態となる（表A 2. 1、図A 2. 2）。

海上保安庁の航空機が事故船を発見したときの状態（横倒しで船尾から操舵室後方まで水没して浮かんでいる状態）では、平均喫水が全幅の7割程度、すなわち3.1m程度と見積もられる。その場合、排水量は約107t（図A2.1）であり、船内区画への浸水量は約9.5tとなる。

表A2.1 横倒し状態での喫水及び船体中心線から海面までの高さ  
（重心と浮心の前後位置は一致していると仮定）

	状態	
	満載出港	事故発生直前
排水量 (t)	89.513	89.513
喫水 (m)	2.61	2.83
船体中心線から 海面までの高さ(m)	0.41	0.63



図A2.2 本事故発生前の状態で横倒しになった場合の水面位置  
（重心と浮心の前後位置は一致していると仮定）  
（上図：上甲板、下図：船首楼甲板、船橋甲板）

## (2) 横倒し状態での水面位置

船内区画への浸水量をパラメータとして船体姿勢を計算し、海上保安庁の航空機が事故船を発見した時点の状態における浸水量を検討した。その際必要となる船内区画浸水の重心位置は付録3に示す方法で計算した。



表A 2. 2 想定した船内区画浸水時の排水量及び重心の前後位置

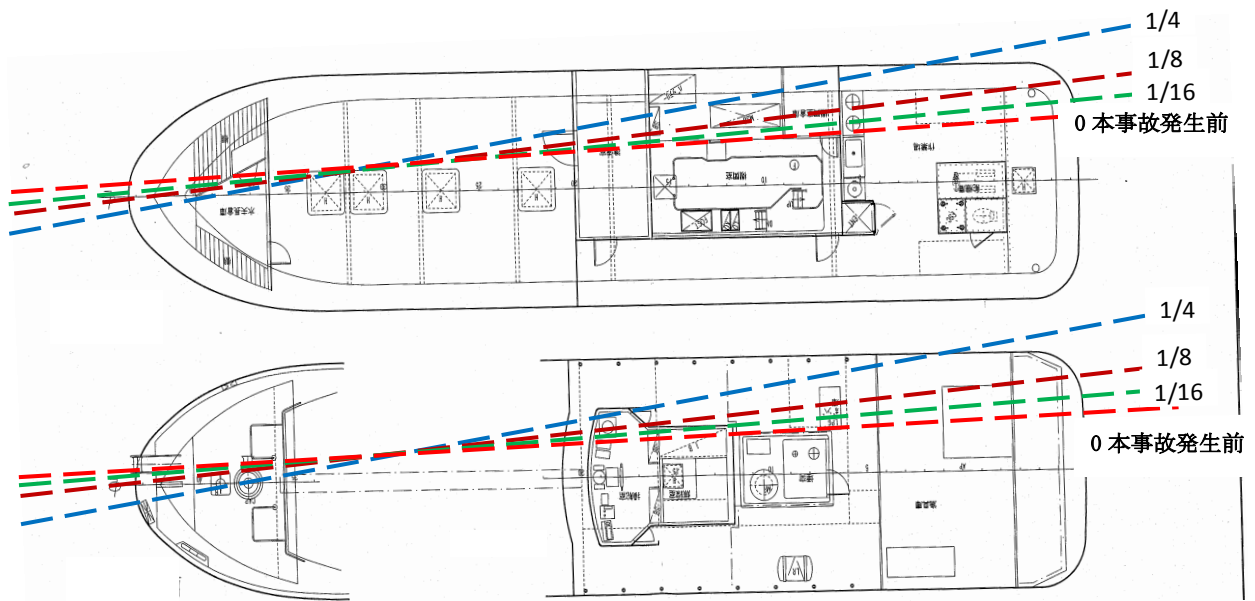
	船内区画の浸水量(内法容積に対する割合)				
	0	1/16	1/8	1/4	1/2
排水量 (t)	97.517	101.033	104.549	111.581	125.645
重心前後位置 (m)	1.53	1.66	1.78	2.01	2.38

表A 2. 2に機関室及び船員室に各々その内法容積の1/16、1/8、1/4、1/2だけ浸水した場合の排水量及び重心の前後位置を示す。表中には比較のため、本事故発生前の状態（船内区画浸水量0）の値も示す。機関室、船員室とも船体中央より船尾側にあるので、浸水量の増加とともに、重心位置も船尾側に変移する。

表A 2. 2に示す重量重心から算定した、横倒し状態の喫水（水面位置）を表A 2. 3及び図A 2. 3に示す。内法容積の1/2まで浸水したと想定した場合は、船尾部全体が水没し非常に大きな船尾トリムとなり、計算では横倒し状態での釣り合い姿勢の喫水を求めることができなかった。ただし、上甲板下が全没した場合の排水量は約141tであり、機関室及び船員室に内法容積の1/2まで浸水した場合でもすぐに沈没する状態には至らないと考えられる。

表A 2. 3 横倒し状態の喫水（船内区画浸水時）

	船内区画の浸水量(内法容積に対する割合)				
	0	1/16	1/8	1/4	1/2
船尾喫水 (m)	3.20	3.46	3.74	4.46	-
船首喫水 (m)	2.46	2.38	2.30	2.04	-
平均喫水 (m)	2.83	2.92	3.02	3.25	-



図A 2. 3 横倒し状態の水面位置（船内区画浸水時）

（上図：上甲板、下図：船首楼甲板、船橋甲板）

図A 2. 3に示した水面位置と報道された海上保安庁の航空機から撮影された写真を比較すると、海上保安庁の航空機が事故船を発見した時点の状態は、機関室及び船員室に各々その内法容積の1／8（茶色破線）～1／4（青色破線）程度浸水した状態に近いと考えられる。

### 付録3 船内区画への浸水量及び自由表面影響の推定

#### (1) 船内区画への浸水量の推定

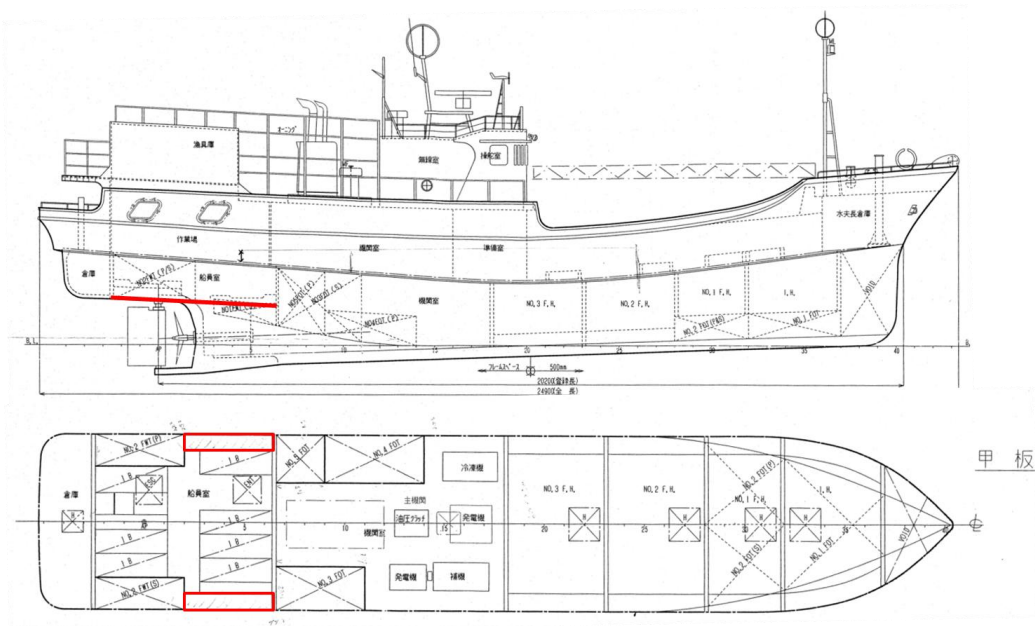
船内区画（機関室及び船員室）へ浸入した海水の重量及び重心は以下の手順で推定した。ここでは、区画の内法容量の1/2まで浸水したと想定した場合の計算を例にその手順を説明する。

##### ① 機関室、船員室の形状推定、内法容積推定

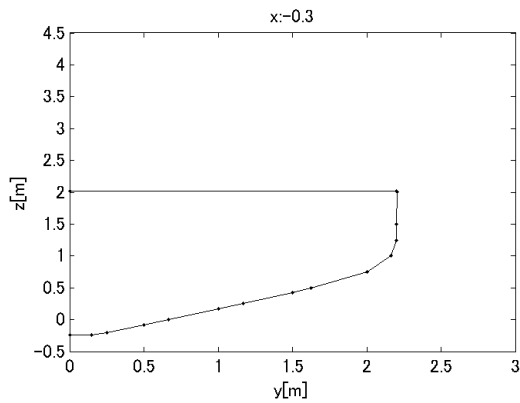
オフセットデータ、一般配置図等から、各 S.S. における機関室、船員室の断面形状を作成した。機関室については、キールトップから甲板までのスペース、船員室については以下の図A 3. 1（一般配置図）から推定される床（赤線）から甲板までのスペースを考えた（図A 3. 1下の赤く囲んだスペースは除外）。断面形状の例は図A 3. 2（機関室）、図A 3. 3（船員室）のとおり。

これから断面積を求め、積分をして体積を求めた。ここから、「容積図」に記載の F.O.T や F.W.T の体積を減じ、機関室、船員室の内法容積  $V_k$ ,  $V_s$  とした。

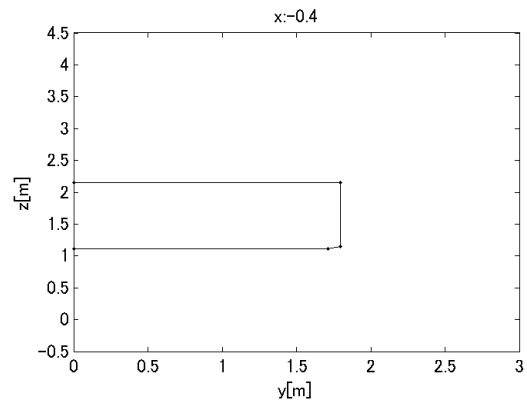
(F.W.T に関しては、容積図記載の値は不正確と考えられたので、断面形状から求めた体積の値を用いた。)



図A 3. 1 船員室に関する図



図A 3. 2 S.S. 3の断面図（機関室）



図A 3. 3 S.S. 1. 5の断面図（船員室）

## ② 浸水量の仮定

①で求めた内法容積の  $1/2$  となる量を浸入水の量とした。ただし、浸水率（居住区：95%、機関室：85%）を考慮し、区画内の水面高さを考える際には  $V_k/2/0.85$ 、 $V_s/2/0.95$  という容積値を用いた。

## ③ 水面高さの推定

ある S.S. での水面高さを決めると、トリムによる縦傾斜（ここでは本事故発生前状態での縦傾斜角を用い、この角度で固定されているものとした）から他の S.S. での水面高さも決まる。これから水面下の体積を求め、 $V_k/2/0.85$ 、 $V_s/2/0.95$  と値を比較する。ずれていれば、また初めに決めた水面高さを調整し、体積を計算し直す。繰り返し計算により、水面下体積が  $V_k/2/0.85$ 、 $V_s/2/0.95$  となる水面高さを決定する。以下が機関室（表A 3. 1）、船員室（表A 3. 2）の各 S.S. における水面高さ（B.L. 基準）である。

表A 3. 1 機関室水面高さ（内法容積の  $1/2$ ）

S.S.	1.5	2	2.5	3	4	5
Z	1.214	1.196	1.177	1.158	1.120	1.083

表A 3. 2 船員室水面高さ（内法容積の  $1/2$ ）

S.S.	B	A	A.P.	0.5	1	1.5
Z	1.865	1.854	1.843	1.824	1.805	1.786

## ④ 浸入水の重心位置の推定

③で求めた水面下以下の部分の体積、形状から重心を求めた。F.W.T、F.O.T を含めた全体の体積重心と、F.W.T、F.O.T 各々の体積重心の関係から、浸入水の重心位置を求めた。

上述の手順で求めた、機関室及び船員室へ浸入した海水（内法容積の1/2）の重量及び重心位置を表A 3. 3、表A 3. 4に示す。

表A 3. 3 機関室への浸水量及びその重心位置（内法容積の1/2）

重量	$w$ (t)	19.002	
重心	$x$ (m)	3.61	(midshipから)
	$y$ (m)	-	(CLから)
	$z$ (m)	0.58	(B.L.から)

表A 3. 4 船員室への浸水量及びその重心位置（内法容積の1/2）

重量	$w$ (t)	9.126	
重心	$x$ (m)	8.97	(midshipから)
	$y$ (m)	-	(CLから)
	$z$ (m)	1.49	(B.L.から)

## (2) 船内区画へ浸水した海水の自由表面影響の推定

船内区画（機関室及び船員室）へ浸入した海水の自由表面の影響について以下の手順で推定した。

### ① 浸入水の自由表面の形状の推定

(1)の船内浸入水量の推定時に、各 S.S. ( $x$  座標： $x_i$ ) における水面高さ  $z_{oi}$ 、及びその水面高さにおける区画幅  $y_{oi}$  を求めた。この( $x_i, y_i$ ) が自由表面を示す座標となる。また、トリム角 ( $\theta$ ) を考慮すると、自由表面における S.S. 間の距離は、 $\Delta x / \cos(\theta)$  となる ( $\Delta x = \Delta x_{i+1} - \Delta x_i$ )。

### ② 自由表面における断面2次モーメントの推定

船体中心線を軸とする断面2次モーメント  $I$  は、

$$I = 2 \times \int \frac{y^3}{3} dx$$

与えられる。S.S. 間の  $y$  座標は直線で近似し、それぞれ S.S. 間を1000等分し、台形近似を用いて数値積分を行い、機関室及び船員室の自由表面の断面2次モーメントを求めた。

### ③ F.W.T、F.O.Tの占める面積の2次モーメントの差引

船内浸入水量推定時に自由表面での F.W.T、F.O.T の  $y, z$  座標も求めているので、これらの自由表面の断面2次モーメントも同様に求める。これを、②で求めた断面2次モーメントから引くことで、浸入水の自由表面の断面2次モーメントが求まる。

### ④ $G_0M$ の減少量の推定

自由表面影響による見掛けの重心上昇量  $GG_0$  は、

$$GG_0 = \frac{I\rho}{W}$$

( $\rho$  : 自由水の単位体積重量 (t/m<sup>3</sup>)、 $W$  : 船の排水量(t)) により求めた。

## 参考文献

- [1] 土屋孟：上甲板上の海水による復原艇の減少について、漁船研究技報第15号、pp. 25-52、昭和36年3月
- [2] 森田知治：船舶復原論—基礎と応用—、pp. 84-97、海文堂、昭和60年4月
- [3] 田宮真：甲板上の自由水について、造船協会論文集第107号、pp 71-76、昭和35年6月
- [4] L.K. Kobilinski & S.Kastner：STABILITY AND SAFETY OF SHIPS Volume I: Regulation and Operation, pp.66-69, Elsevier,2008

# 別紙1 運輸安全委員会が提供した事実情報



運委船第2号  
平成24年4月5日

国土交通省海事局  
安全・環境政策課長 殿

運輸安全委員会事務局  
首席船舶事故調査官



## 事実調査で得られた情報の提供について

平成24年3月23日に発生した春日水産有限会社所属漁船春日丸転覆事故の原因については、現在調査中ではありますが、事実調査の過程で下記の事項が確認されたので、お知らせ致します。

## 記

### 1. 事故の概要

春日丸（以下「本船」という。）は、船長ほか5人が乗り組み、はえ縄漁（キンメダイ）の目的で、平成24年3月22日11時30分ごろ、鹿児島県指宿市山川港を出航し、沖縄本島北西方沖の漁場に向かった。

本船は、鹿児島県名瀬市名瀬港の西北西12.0kmの海域を右船首約60～70°から風と波を受けて南西進中、左舷側に大きく傾斜したので、乗組員が甲板を見たところ左舷甲板に大量の海水が滞留しているのを確認した。その後、傾斜が増大し、左舷端が没水して、平成24年3月23日15時20分ごろ、転覆した。

乗組員は、1人が死亡し、1人が行方不明になり、4人が負傷した。

### 2. 事実情報

今後の調査により、事実関係を確定することとしているが、現在までの調査で明らかになった事実は以下の通りである。

本事故時、本船左舷側上甲板上の機関室出入口扉、船尾部船員室出入口扉、船首部の水夫長倉庫出入口扉は、開放されており、本船の上甲板に流入した海水が機関室、船員室等に浸水した。

### 【参考】

平成22年1月に五島列島沖で発生した漁船第二山田丸沈没事故において、開放された機関室出入口から海水が浸水し、復原力が低下し、沈没に至った。また、この調査の過程において、僚船等にヒアリングしたところ、通常、機関室出入口扉が開放されていることが明らかになったため、船舶所有者等に対して、機関室出入口扉等の閉鎖を所見として注意喚起したところである。

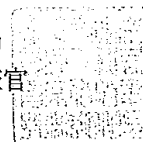




運委船第3号  
平成24年4月5日

農林水産省水産庁  
漁政部企画課長 殿

運輸安全委員会事務局  
首席船舶事故調査官



### 事実調査で得られた情報の提供について

平成24年3月23日に発生した春日水産有限公司所属漁船春日丸転覆事故の原因については、現在調査中ではありますが、事実調査の過程で下記の事項が確認されたので、お知らせ致します。

### 記

#### 1. 事故の概要

春日丸（以下「本船」という。）は、船長ほか5人が乗り組み、はえ縄漁（キンメダイ）の目的で、平成24年3月22日11時30分ごろ、鹿児島県指宿市山川港を出航し、沖縄本島北西方沖の漁場に向かった。

本船は、鹿児島県名瀬市名瀬港の西北西120kmの海域を右船首約60～70°から風と波を受けて南西進中、左舷側に大きく傾斜したので、乗組員が甲板を見たところ左舷甲板に大量の海水が滞留しているのを確認した。その後、傾斜が増大し、左舷端が没水して、平成24年3月23日15時20分ごろ、転覆した。

乗組員は、1人が死亡し、1人が行方不明になり、4人が負傷した。

#### 2. 事実情報

今後の調査により、事実関係を確定することとしているが、現在までの調査で明らかになった事実は以下の通りである。

本事故時、本船左舷側上甲板上の機関室出入口扉、船尾部船員室出入口扉、船首部の水夫長倉庫出入口扉は、開放されており、本船の上甲板に流入した海水が機関室、船員室等に浸水した。

#### 【参考】

平成22年1月に五島列島沖で発生した漁船第二山田丸沈没事故において、開放された機関室出入口から海水が浸水し、復原力が低下し、沈没に至った。また、この調査の過程において、僚船等にヒアリングしたところ、通常、機関室出入口扉が開放されていることが明らかになったため、船舶所有者等に対して、機関室出入口扉等の閉鎖を所見として注意喚起したところである。