

船舶事故調査報告書

船種 船名 漁船 第八十七昭徳丸
漁船登録番号 NS1-1080
総トン数 340トン

事故種類 沈没
発生日時 平成30年5月8日 23時59分ごろ
発生場所 鹿児島県薩摩川内市甕島列島西方沖
釣掛埼灯台から真方位260° 5.2海里付近
(概位 北緯31° 28.0' 東経128° 42.0')

令和元年10月2日

運輸安全委員会（海事部会）議決

委員長 武田展雄
委員 佐藤雄二（部会長）
委員 田村兼吉
委員 柿嶋美子
委員 岡本満喜子

要旨

<概要>

漁船第八十七昭徳丸は、船長ほか7人が乗り組み、長崎県長崎市長崎漁港三重地区に向けて北東進中、平成30年5月8日21時00分ごろ鹿児島県薩摩川内市甕島列島西方沖の海域で船体が右傾斜し、その後23時59分ごろ沈没した。乗組員8人は全員救助されたが1人が軽傷を負った。

<原因>

本事故は、夜間、長崎西海上に海上強風警報が発表された状況下、第八十七昭徳丸が、漁獲物を満載し、甕島列島西方沖を北東進中、打ち込み波により砕氷機室の蓋板が外れて同室に海水が流入し、船首トリムとなり、かつ、復原性が低下していた状況

で、本船の甲板上に打ち込み波による滞留水が発生したため、船首部右舷側ブルワーク上端が海面に浸かる状態となり、船体内部への浸水が進行し、浮力を喪失して沈没したものと考えられる。

甲板上に打ち込み波による滞留水が発生したのは、打ち込み波により砕氷機室の蓋板が外れて同室に海水が流入し、船首トリムとなったことによるものと考えられる。

砕氷機室の蓋板が外れたのは、同蓋板が、覆布並びに栈木及びくさび等の締具により固定されておらず、堅固に密閉されていなかったことによるものと考えられる。

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

漁船第八十七昭徳丸^{しょうとく}は、船長ほか7人が乗り組み、長崎県長崎市長崎漁港^{みえ}三重地区に向けて北東進中、平成30年5月8日21時00分ごろ鹿児島県薩摩川内市^{さつませんだい}甕島列島西方沖の海域で船体が右傾斜し、その後23時59分ごろ沈没した。乗組員8人は全員救助されたが1人が軽傷を負った。

1.2 船舶事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成30年5月9日、本事故の調査を担当する主管調査官（長崎事務所）ほか1人の地方事故調査官を指名した。

なお、後日、主管調査官及び担当調査官を船舶事故調査官に交替した。

1.2.2 調査の実施時期

平成30年5月11日、21日、22日、29日、30日、6月4日、11日、8月24日、9月14日、21日、25日、26日、11月14日、22日、令和元年5月29日 口述聴取

平成30年7月26～31日 現場調査及び口述聴取

令和元年7月17日 回答書受領

1.2.3 調査の委託

本事故の調査に当たり、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所に、第八十七昭徳丸の復原性及び転覆に至る状況に関する解析調査を委託した。

1.2.4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 事実情報

2.1 事故の経過

本事故が発生するまでの経過は、船長及び乗組員の口述によれば、次のとおりであった。

第八十七昭徳丸（以下「本船」という。）は、網船^{*1} 1 隻、灯船^{*2} 2 隻、運搬船^{*3} 2 隻からなる大中型まき網漁業^{*4}船団（以下「本船団」という。）に所属する運搬船で、船長ほか7人が乗り組み、平成30年5月5日06時30分ごろ鹿児島県奄美大島西方沖約160海里（M）の漁場に向けて長崎県新上五島町浜串漁港を出港した。

本船は、6日07時00分ごろ漁場に到着した後、日没を待って操業を始めた。

本船は、もう1隻の運搬船が7日朝の漁獲物を積載して水揚港に向かった後、8日朝の漁獲物を1番から8番の全魚倉に水と氷を併せて満載し、06時30分ごろ水揚げの目的で長崎県長崎市長崎漁港三重地区に向けて漁場を出発した。

本船は、鹿児島県薩摩川内市甕島列島西方沖を約14ノット（kn）の速力（対地速力、以下同じ。）で風及び波を左舷船首方から受けながら北東進した。

船長は、自室で休息していたところ、18時30分ごろ船体の縦揺れが始まり荒天となったことに気付いて昇橋し、単独で船橋当直を行っていた航海士1人と共に船橋当直を始めた。

船長は、船首の喫水を小さくして船首からの波の打ち込みを軽減しようとフォアピークタンク^{*5}（以下、「FPT」という。）に積載していた清水の排水を開始したが、やがて日が暮れて排水状況を確認できなくなったので、ポンプの空回りを心配して排水を終了した。

船長は、19時00分ごろ、船橋当直を行っていた航海士が甲板員に当直を交代した後も引き続き在橋し、速力が約12knに低下しているのを認め、舵を取っていた甲板員に操船の助言を行っていた。

船長は、20時00分ごろ速力を約10knに減じ、本船がほぼ横揺れがなくプロペラレーシング^{*6}もないものの縦揺れを繰り返して左舷船首方から波が甲板上に打ち込む状態で航行を続け、20時30分ごろ当直部員を降橋させて単独での船橋当直を行い、手動操舵により北東進を続けた。

^{*1} 「網船」とは、1そうまきのまき網漁船団において、まき網を積載し、魚群の探索と魚群をまき網で囲い込んで漁獲する中心的な役割を担う漁船をいい、漁労長が乗り組み、船団の司令塔の役割を担う。

^{*2} 「灯船」とは、まき網漁船団において、魚群探索と水中灯により魚を集める役割を担う漁船をいい、通常、1船団に2隻の灯船が含まれる。

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

^{*4} 「大中型まき網漁業」とは、漁業法（昭和24年法律第267号）第52条第1項の指定漁業を定める政令により定められた漁業で、総トン数40トン（北部太平洋は15トン）以上の動力漁船によりまき網を使用して行う漁業をいう。

^{*5} 「フォアピークタンク」とは、船首部の上甲板より下の位置にあるタンクをいい、一般的に船内で使用する清水を積載するタンクとして使用される。

^{*6} 「プロペラレーシング」とは、プロペラが海面上に露出し、空転に近い状態になることをいう。

船長は、21時00分ごろ、左舷船首方から波が打ち込んで船体が右舷側に傾斜しているように感じたので停船したところ、海水が排水されて傾斜が戻ったように感じたので5～6knの速力で航行を再開した。

船長は、21時05分ごろ、再び、船体が右舷側に傾斜しているように感じ、停船して作業灯を点灯したところ、船首が沈下し、船体が傾斜して、右舷側ブルワーク*7 上端が海面に浸かっており、船首部にある砕氷機室の蓋板ふたいたが開いていること及び波が船首部に打ち込んでいることを認めた。

船長は、波が船首部に打ち込むのを防ぐため、波よけ板が設置されてブルワークが高くなっている左舷側で波を受けようと船首を約90°右回頭させた。

船長は、レーダーの電源や船員室の照明が落ちたので、打ち込んだ波による海水が砕氷機室に流入して同室内の配電盤が海水に浸かり、ビルジポンプが使用できなくなったと思い、また、本船の砕氷機室のビルジポンプの作動スイッチが船首部にあり、乗組員を船首部へ行かせることは危険だと思い、砕氷機室の排水作業を行うことを断念した。

船長は、転覆の危険を感じ、総員退船を決意し、退船警報を鳴らした。

船長は、昇橋してきた航海士（以下「航海士A」という。）に、本船の約10M先を水揚港げに向かっていた別のまき網漁業船団の運搬船（以下「運搬船A」という。）に救助の要請をすること、及び本船団の網船に総員退船する旨を船舶電話で連絡することを指示した。

退船警報を聞いた全ての乗組員は、各々おのおのすぐに自室や機関監視室から船尾楼甲板へ出て、左舷側に設置してある膨脹式救命いかだを投下した。

航海士Aは、同いかだに乗り込んだ際、顔面が隣の乗組員の頭部と接触し、右目まぶたに裂創を負った。

船長は、機関長と共に、作業甲板上でもやい索を引いて乗組員が救命いかだに乗り込むのを補助し、21時30分ごろ、乗組員全員が同いかだに乗り込んだことを確認し、自らも同いかだに乗り込んだ。

乗組員全員は、22時30分ごろ、現場に到着した運搬船Aに救助された。

船長は、運搬船Aの船橋から本船を見たところ、周囲が暗いので本船が傾斜してから沈没に至る詳細な状況を確認できなかったものの、23時55分ごろ本船の灯りが消え、23時59分ごろ運搬船Aのレーダー画面から本船の映像が消えたことを確認した。

*7 「ブルワーク」とは、人や貨物が船外に落ちないように、又は波が甲板に打ち込まないように暴露甲板舷側に立てる囲いをいう。

本事故の発生日時は、平成30年5月8日23時59分ごろであり、発生場所は、釣掛埼灯台から260°（真方位、以下同じ。）52M付近であった。

（付図1 事故発生経過概略図 参照）

2.2 人の負傷に関する情報

航海士Aの口述によれば、航海士Aは、右目まぶたに裂創を負い、10日間の通院加療を要した。

2.3 船舶の損傷に関する情報

海上保安庁の情報及び船長の口述によれば、船体は行方不明となり、本船の損傷状況は分からなかった。

2.4 乗組員に関する情報

(1) 性別、年齢、海技免状

船長 男性 56歳

五級海技士（航海）

免許年月日 昭和58年11月11日

免状交付年月日 平成28年7月19日

免状有効期間満了日 令和3年8月8日

(2) 主な乗船履歴等

船長の口述によれば、船長は、昭和54年から昭徳水産株式会社（以下「A社」という。）所有の漁船に甲板員として乗船し、航海士を経て31歳のときから船長職に就いており、本船での船長経験が約9年間であった。また、健康状態は、良好であった。

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	NS1-1080
主たる根拠地	長崎県長崎市
船舶所有者	A社
総トン数	340トン
L×B×D	62.80m×9.00m×4.45m
船質	鋼
操業区域	東シナ海
機関	ディーゼル機関1基

出力 735kW
推進器 4翼可変ピッチプロペラ1個
進水年月 平成3年5月
最大搭載人員 船員10人

(図1 参照)



図1 本船

2.5.2 本船の構造等

(1) 船体構造

船長の口述及び一般配置図によれば、本船は、船首楼及び船尾楼を備えた船尾船橋型の漁船であり、上甲板下に船首側から順にFPT、燃料タンク、冷海水倉、砕氷機室、魚倉、清水タンク等が配置されており、両船楼の上甲板両舷のブルワーク下部にはそれぞれ3箇所 of 放水口が設けられ、また、上甲板上には、魚倉の倉口縁材（ハッチコーミング）と同じ高さとなる作業甲板が、木板やグレーチング^{*8}等により形成されていた。（図2～4参照）

^{*8} 「グレーチング」とは、鋼材等を格子状に組んだ床板、踏板等をいう。

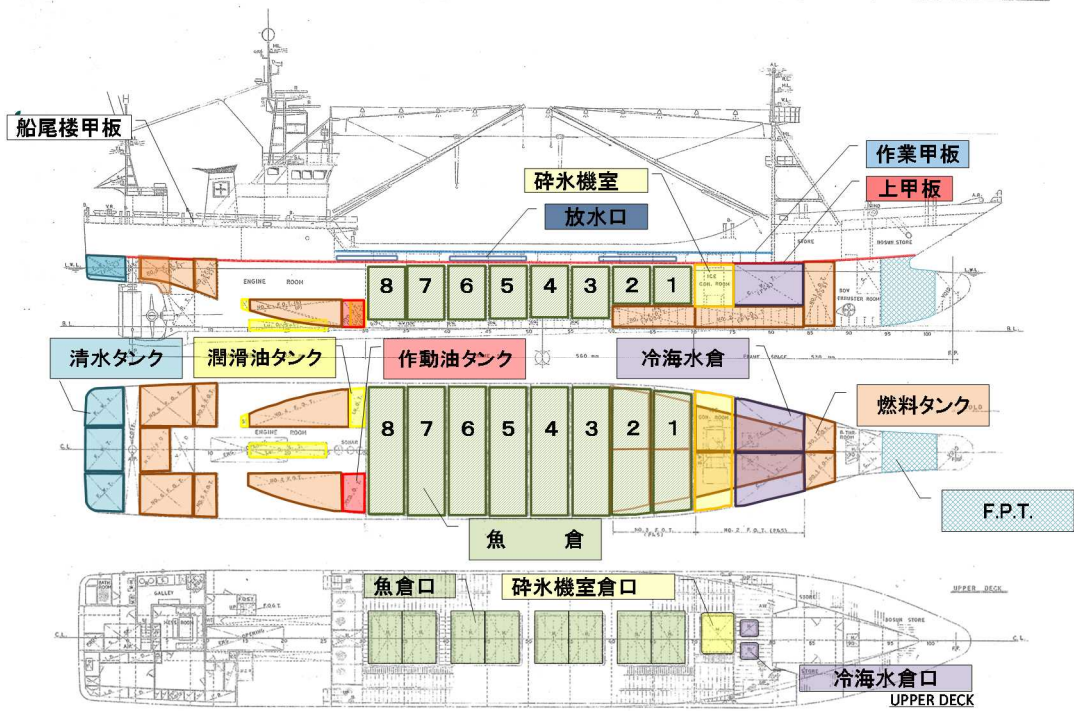


図2 一般配置図

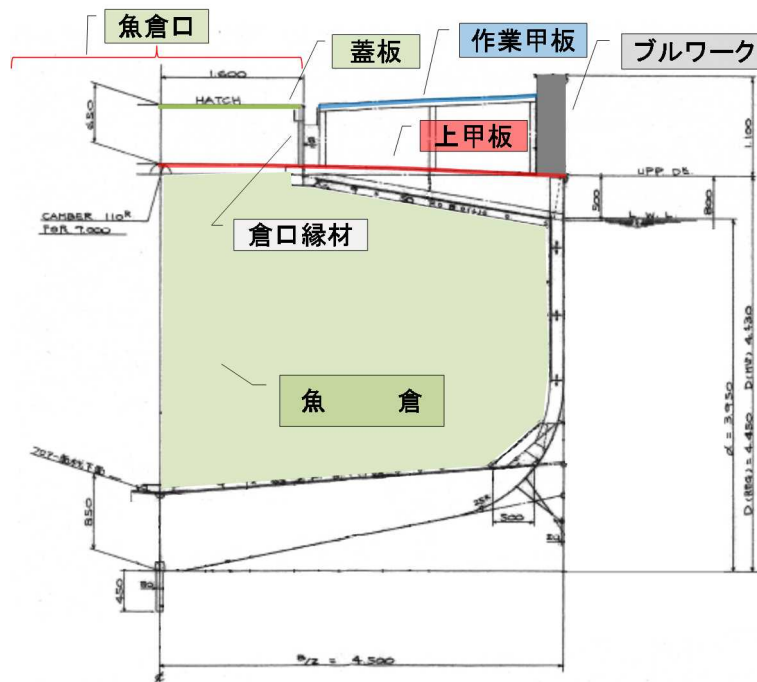


図3 中央断面図

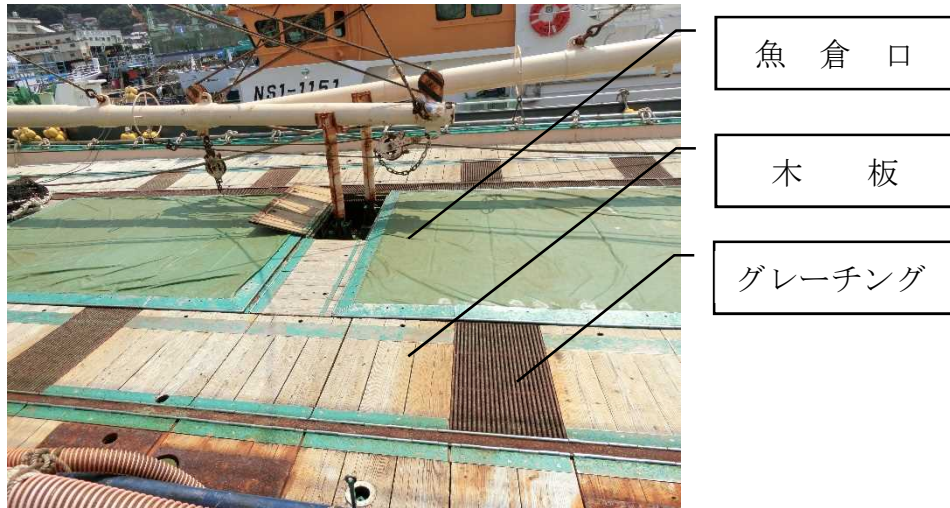


図4 作業甲板（同型船）

(2) 倉口等の構造及び閉鎖方法

中央断面図によれば、魚倉の構造は、図3のとおりであった。

船長の口述によれば、魚倉、砕氷機室及び冷海水倉の倉口の閉鎖方法は、^{はり}梁をかけてFRP製の蓋板をかぶせ、その上からビニール製の覆布をかぶせて板状の棧木で周囲を押さえ、それを木製のくさびで固定し風雨密を保持するものであった。（図5参照）

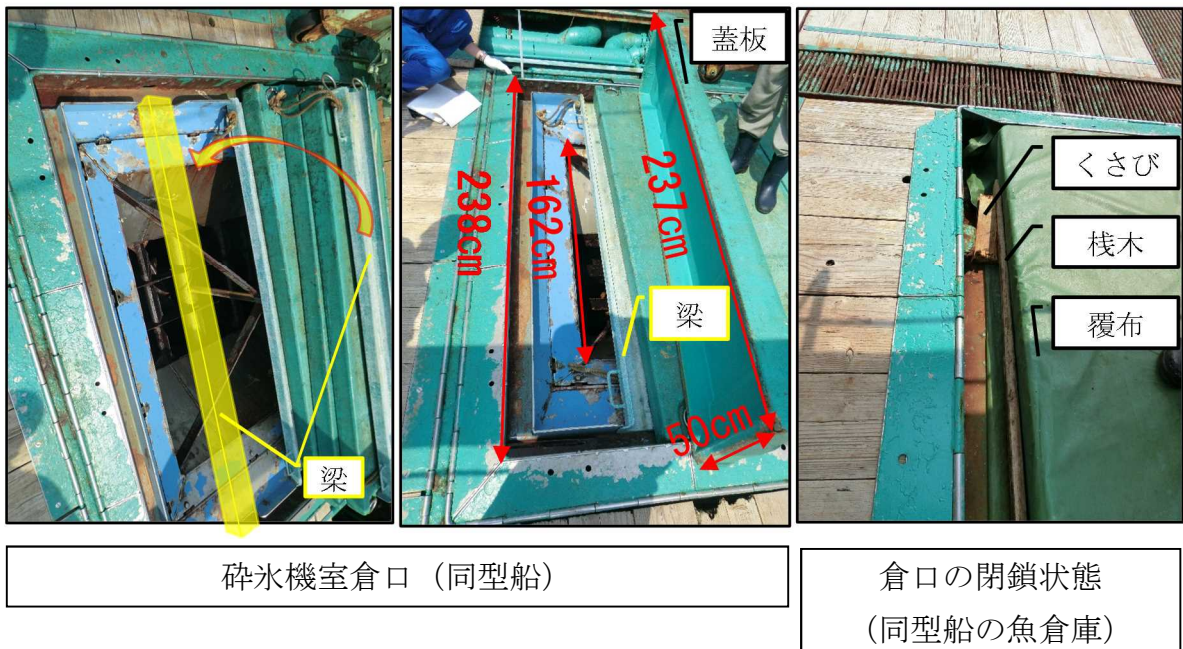


図5 倉口等の構造及び閉鎖方法

(3) 暴露甲板の倉口に関する規則

倉口の閉鎖についての関係法令は、次のとおりである。

漁船特殊規程（昭和9年 逓信省・農林省令第1号）

第13条

艙口ニハ堅牢ナル蓋板又ハ覆蓋ヲ備ヘ且之ヲ堅固ニ密閉シ得ベキ様覆布及適當ノ締具ヲ備フベシ但シ管海官庁ニ於テ覆布ト同一ノ効力ヲ有スト認ムルモノヲ備フルトキハ覆布ハ之ヲ備ヘザルモ妨ナシ

(4) 海水が滞留しやすい場所

船長の口述によれば、本船の船首部に位置するボースンストア^{*9}後部の作業甲板上は、船首トリム^{*10}の場合、打ち込み波による滞留水が発生することが多かった。（図6参照）

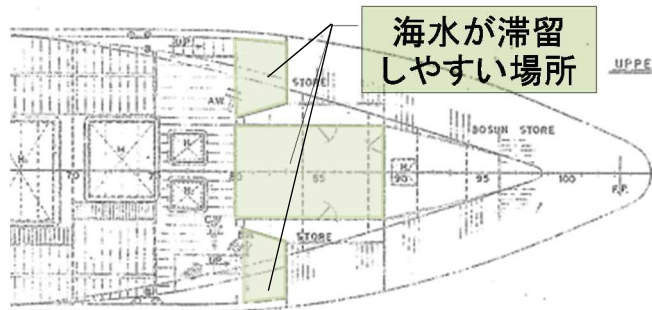


図6 海水が滞留しやすい場所（船首部）

2.5.3 復原性基準への適合性

本船は、漁船法（昭和25年法律第178号）に基づく動力漁船の性能の基準（新）（昭和57年農林水産省告示第1091号）及び船舶安全法（昭和8年法律第11号）に基づく平成20年10月29日の改正前の船舶復原性規則（昭和31年運輸省令第76号）の漁船の基準が適用され、同基準に適合していた。

本船に適用されていた基準等は、次のとおりであった。

GM（横メタセンタ高さ）^{*11}が、すべての使用状態^{*12}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。

$$(B - 7) / 12 + 0.40 \text{ (m)} \quad (B \text{ は幅})$$

^{*9} 「ボースンストア」とは、索具、工具等を格納する倉庫のことをいい、通常、船首部に設けられる。

^{*10} 「トリム」とは、船首喫水と船尾喫水との差をいい、船首喫水が船尾喫水より大きい状態を「船首トリム」、船尾喫水が船首喫水より大きい状態を「船尾トリム」という。

^{*11} 「GM（横メタセンタ高さ）」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を横メタセンタ（M）といい、船舶の重心Gと横メタセンタMの距離をGM（横メタセンタ高さ）という。

^{*12} 「すべての使用状態」とは、本船の場合、出港状態、漁場着状態、漁場発前状態、漁場発状態及び入港状態をいう。

2.5.4 本事故発生時の船舶の状況

(1) 船舶の状態

船長の口述によれば、本事故当時、船体、機関及び補器類に不具合又は故障はなかった。

(2) 積載物等の状況

船長の口述によれば、本船は、作業甲板上にあぜ網やもっこ^{*13}等の漁具を、ボースンストアに予備のワイヤや滑車等の漁労機械の部品等を、船首楼甲板上に追加の錨及びワイヤを、それぞれ積載しており、その詳細は表1のとおりであった。

船長及び機関長の口述によれば、本船は、1番から8番の全魚倉に漁獲物を水と氷を併せて満載しており、燃料及び清水等の積載の詳細については、表2のとおりであった。

本船の5月8日06時30分ごろに漁場を出発した際（以下「漁場発時」という。）のタンクや積荷等の積載状態（以下「漁場発状態」という。）及び漁場発状態から約14時間30分航行後の5月8日21時00分ごろ（以下「傾斜時」という。）のタンクや積荷等の積載状態（以下「傾斜時状態」という。）は、表2のとおりであった。

表1 漁具、漁労機械の部品、錨の積載状態

積載物	重量(t)	積載場所
漁具 (もっこ等)	2.4	作業甲板上
漁労機械の部品等 (予備のワイヤ等)	1.13	ボースンストア
錨及びワイヤ	2.65	船首楼甲板上
合計	6.18	—

表2 各タンクの積載状態

タンク名称	漁場発状態の積載量 (m ³) (06時30分ごろ)			傾斜時状態の積載量 (m ³) (21時00分ごろ)		
	(P)	(C)	(S)	(P)	(C)	(S)
No.1FOT	10	—	10	10	—	10
No.2FOT	10	—	10	10	—	10

*13 「もっこ」とは、縄などで編んだ網の四隅につり索を取り付けた運搬用具のことをいう。

No. 3 F O T	1 6	—	1 6	8	—	1 2
No. 4 F O T	0	—	1 1	0	—	0
No. 5 F O T	5	—	5	5	—	5
No. 6 F O T	1 0	6	1 0	1 0	6	1 0
合 計	1 1 9			9 6		
清水タンク	(P)	(C)	(S)	(P)	(C)	(S)
F W T	6	7	6	6	7	6
合計	1 9			1 9		
VOID						
F P T	2 3 . 0 0			1 1 . 0 0		

注) F O T : 燃料タンク F W T : 清水タンク

P : 左舷側 C : 中央 S : 右舷側

(3) 本船の情報

‘本船の建造時の完成重量重心計算、復原性試験、排水量等テーブル及び容量図’ (以下「復原性資料等」という。) によると、本船のトリム及び復原性計算に用いる値は、表 3 及び表 4 のとおりであった。

表 3 各タンクの容量、重心位置等

タンク名称	容量 (m ³)	重心位置 (m)	K G (m)
燃料タンク			
No. 1 F O T (P)	1 3 . 3 9	F 1 8 . 7 4	2 . 8 1
No. 1 F O T (S)	1 3 . 3 9	F 1 8 . 7 4	2 . 8 1
No. 2 F O T (P)	1 5 . 1 9	F 1 3 . 6 0	1 . 0 6
No. 2 F O T (S)	1 5 . 0 3	F 1 3 . 6 3	1 . 0 6
No. 3 F O T (P)	1 7 . 2 3	F 7 . 4 0	0 . 9 8
No. 3 F O T (S)	1 7 . 2 3	F 7 . 4 0	0 . 9 8
No. 4 F O T (P)	1 4 . 2 6	A 1 5 . 9 2	1 . 3 2
No. 4 F O T (S)	1 2 . 6 2	A 1 6 . 2 4	1 . 3 2
No. 5 F O T (P)	6 . 4 9	A 2 2 . 9 4	3 . 7 5
No. 5 F O T (S)	6 . 4 9	A 2 2 . 9 4	3 . 7 5
No. 6 F O T (P)	1 2 . 1 4	A 2 5 . 5 4	3 . 9 8
No. 6 F O T (C)	1 0 . 1 8	A 2 6 . 3 8	3 . 6 4
No. 6 F O T (S)	1 2 . 1 4	A 2 5 . 5 4	3 . 9 3

合計	1 6 5 . 7 8		
清水タンク			
FWT (P)	6 . 0 9	A 2 9 . 6 9	4 . 1 4
FWT (C)	1 0 . 3 1	A 2 9 . 7 2	3 . 9 8
FWT (S)	6 . 0 9	A 2 9 . 6 9	4 . 1 4
合計	2 2 . 4 9	—	—
VOID			
F P T	2 3 . 0 0	F 2 4 . 6 9	2 . 7 4

注) KG : 表中のKGはタンク容量の重心高さ

A : 重心位置が船体中央より船尾側

F : 重心位置が船体中央より船首側

表4 排水量等テーブル

DISPLACEMENT (EXT) (t)	MTC (T-M)
1 3 3 4 . 1 4	1 6 . 0 3
1 3 3 8 . 5 4	1 6 . 0 2
1 3 4 7 . 3 7	1 6 . 0 0
1 3 5 1 . 7 0	1 6 . 0 0

注) DISPLACEMENT (EXT) : 外板の板厚を含む排水量

MTC : 毎センチトリムモーメント

(4) 魚倉、砕氷機室、冷海水倉の蓋板の状態

船長及び乗組員の口述によれば、全魚倉の倉口は、2.5.2(2)のとおり、FRP製の蓋板により閉鎖され、その上からビニール製の覆布、板状の栈木及びくさびにより固定されていた。また、砕氷機室及び冷海水倉の倉口は、大しけ^{おお}*14のとき以外はふだんから蓋板による閉鎖のみで覆布をかぶせることはなく、漁場を出発した際もしけてはいなかったため、蓋板により閉鎖されていたが、覆布、板状の栈木及びくさびによる固定がされていなかった。

(5) 本船の航行状況

船長の口述によれば、次のとおりであった。

*14 「大しけ」とは、波高が6mをこえ9mまで、「しける」とは、波高が4mをこえ6mまでのことをいう。

- ① 本船は、20時00分ごろ～21時00分ごろの間、045°の針路、約10knの速力で、船首の少し左舷側から、風速13m/sの風及び周囲が暗く波高は不明だが波を受けながら航行していた。
 - ② 本船は、船長が21時05分ごろに再び停船した時、風と波をほぼ正面から受けている状態であった。
- (6) 乗組員退船時の本船の傾斜の状況

船長及び機関長の口述によれば、本船は、船首部右舷側ブルワーク上端が海面に浸かり左舷側から波が打ち込んでいた。

機関長は、退船警報を聞いて自室から船尾楼甲板に出た時、船首部の様子を見て、本船が沈没すると思った。

(図7 参照)

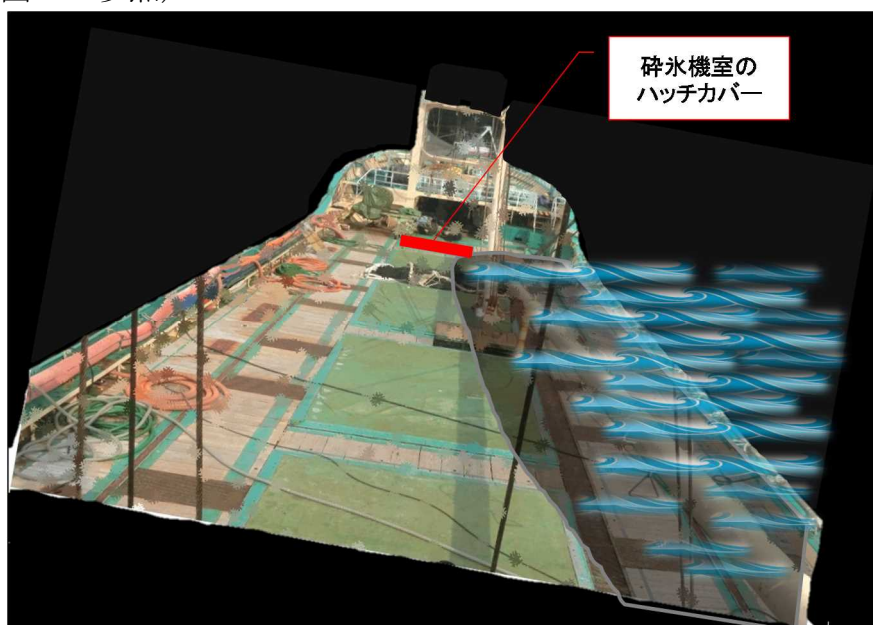


図7 乗組員退船時の本船の傾斜の状況 (イメージ)

2.6 気象及び海象に関する情報

2.6.1 気象及び海象の概況等

- (1) 気象庁の回答書及び船長の口述によれば、本事故発生場所付近の長崎西海上^{*15}に、平成30年5月7日17時35分～5月8日23時35分に発表された地方海上警報^{*16}は、次のとおりであった。

種 類	発表日時
海上風警報	5月7日17時35分
海上風警報	5月7日23時35分
海上風警報	5月8日05時35分
海上強風警報	5月8日11時45分
海上強風警報	5月8日17時45分
海上強風警報	5月8日23時35分

船長は、本事故当時、適宜A社担当者から気象情報を入手しており、航行している付近の海域に海上強風警報等が発表されていることを知っていた。

- (2) 気象庁の回答書によれば、5月8日17時45分発表の長崎西海上海域に対する地方海上予報は、次のとおりであった。

風 北東35kn (18m/s) 9日21時までには25kn (13m/s)

天気 曇 所により霧 後 晴 所により霧

視程 3M 所により0.3M以下 09日03時までには5M 所により0.3M以下

波 4m 9日21時までには2.5m/s

^{*15} 「長崎西海上」とは、福岡県と佐賀県の境界線から北緯34°18′ 東経126°31′の地点を結ぶ線（唐津湾海域を除く。）以南並びに鹿児島県長島鳴瀬鼻の突端から、北緯28°30′ 東経126°42′の地点を結ぶ線以北の海岸線から300m以内の海域及び八代海海域のうち、北緯33° 東経127°の地点から360°に引いた線及び同地点から270°に引いた線並びに北緯32° 東経128°22′の地点（以下「A地点」という。）から北緯30° 東経125°の地点を通る線及びA地点から北緯31°20′ 東経129°20′の地点を通る線によって限られた海域をいう。

^{*16} 「海上警報」とは、船舶に対して行うものであり、海上で風速が、各警報の発表基準に達しているか、又は24時間以内に達すると予想されるときに発表される。

「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。

「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。

2.6.2 気象及び海象推定値

気象庁に依頼した気象海象の詳細の分析に対する回答書によれば、5月8日09時00分、15時00分及び21時00分の本事故発生場所付近の波、風の推定値は、次のとおりであった。

(1) 09時00分

風向 北北東～東南東、風速 3～12m/s

波向 北北東～東南東、有義波^{*17}高 約1m、合成波高^{*18} 1～2m

波周期 3～5秒

(2) 15時00分

風向 北～東北東、風速 5～13m/s

波向 北～東北東、有義波高 約2m、合成波高 約2m

波周期 4～6秒

(3) 21時00分

風向 北～東北東、風速 5～13m/s

波向 北～東北東、有義波高 2～3m、合成波高 2～3m

波周期 5～7秒

2.6.3 乗組員の観測

船長の口述によれば、次のとおりであった。

天気 雨、風向 北東、風速 約12m/s、波向 北東微北、波高 2～4m

2.6.4 高波の出現確率

波高の分布は、Rayleigh分布^{レイリー}^{*19}に近似され、確率的に10波に1波は有義波高の1.27倍、100波に1波は1.53倍、1,000波に1波は1.86倍の波高が出現する。

2.7 文献による操船方法

「操船の理論と実際」（井上欣三著、株式会社成山堂書店、平成26年12月8日再版発行）には、次のとおり記載されている。

^{*17} 「有義波」とは、ある地点で連続する波を観測したとき、波高の高いほうから順に全体の1/3の個数の波を選び、これらの波高及び周期を平均したもの（有義波高、有義波周期）をいう。

^{*18} 「合成波高」とは、風浪とうねりの波高を合成して求められる波高をいう。

^{*19} 「Rayleigh分布」とは、確率密度分布の一種で、ある大きさの波や風などの自然現象の発生頻度をよく表し、波や風を確率論的に取り扱う際に用いられる。

荒天時における操船措置

(中略)

動揺を軽減するための針路選定

一般に、波浪を船首20～30度方向から受けるように針路を取るのがよいとされている。

2.8 船舶の安全管理等に関する情報

(1) 船長及びA社担当者の口述によれば、本船の緊急連絡体制は、次のとおりであった。

① 通常の連絡体制

船舶電話を使用できる場合は、直接A社の船舶担当者に連絡し、船舶電話を使用できない場合及び急を要する場合は、無線にて僚船に連絡して対応を依頼する。

② 事故当時の連絡状況

船長は、2.5.4(6)図7の状況から、一刻も早く避難をしなければならないと思い、運搬船Aに直接救助を依頼した。その後、船団の網船に本船の状況を説明し、その旨を会社に連絡するよう依頼した。

本事故について海上保安部及びA社への連絡は、船団の網船が行った。

(図8 参照)

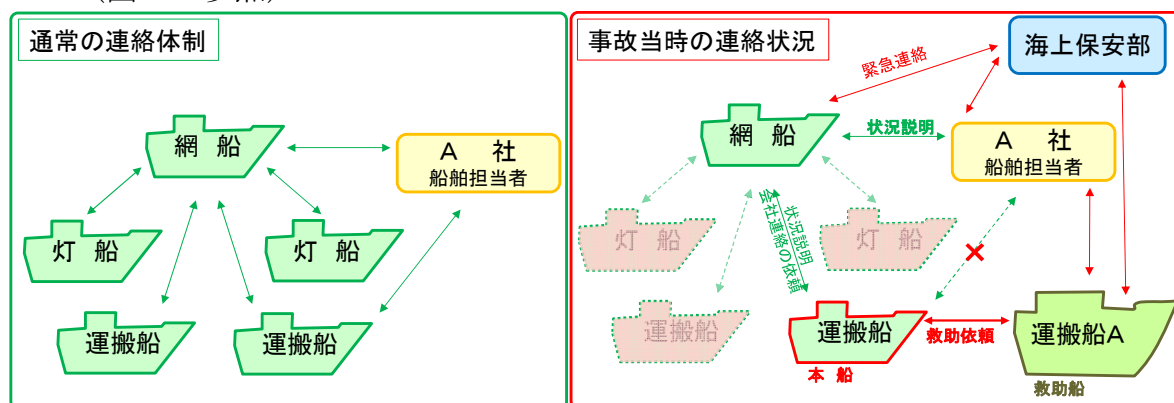


図8 本船の連絡体制

(2) A社担当者によれば、A社には、魚倉、砕氷機室及び冷海水倉の倉口の蓋板の閉鎖方法について定めたマニュアル等はなかった。

2.9 船体姿勢及び復原性等の計算

本船の船体姿勢及び復原性等の計算を、船長及び機関長の口述並びに復原性資料等に基づき、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所（以

下「海技研」という。)に委託した。(別添「漁船沈没事故(2018東7)に係る解析調査報告書」参照)

計算結果等は、次のとおりであった。

2.9.1 概要

本船の傾斜から沈没に至るメカニズムを推定する目的で、本船の復原性に影響する要因調査の計算を次のとおり行った。

(1) 本事故発生時の船体姿勢及び復原性

事故当時の本船の復原性について、次に示す砕氷機室の浸水状態を想定し、それぞれの復原てこ(GZ)^{*20}を推定し、復原力曲線を用いて比較することで検討した。

① 漁場発状態

② 傾斜時状態

③ 傾斜時状態に加え、砕氷機室が天井高さの1/2まで浸水した場合(以下「砕氷機室1/2浸水状態」という。)

④ 傾斜時状態に加え、砕氷機室が天井高さまで浸水した場合(以下「砕氷機室浸水状態」という。)

(付図2 復原てこ、復原力曲線のイメージ 参照)

(2) 船体傾斜

2.5.4(6)図7に示す船首部右舷側ブルワーク上端が海面に浸かる状態(以下「右舷端没水状態」という。)となる傾斜のメカニズムを、右舷側への傾斜モーメントと復原力を比較することで推定し、事故当時の各状態における復原性を、復原力曲線を用いて検討した。

2.9.2 計算の前提条件

(1) 本計算は、静的な計算を実施した。

(2) 本船の重量重心は、復原性資料等及び船長並びに機関長の口述をもとに計算した。

(3) 海象及び本船の針路等は、2.1及び2.6から、次のとおり仮定した。

波向(deg)	033.75	波高(m)	2.5	周期(秒)	6.0
針路(deg)	045	船速(kt)	10	波の出会い波周期(秒)	4.2

^{*20} 「復原てこ(GZ)」とは、船舶の復原力が生じるときの重心Gと横傾斜 θ のとき、 $GM\sin\theta$ で表され、船舶の排水量と復原てこ(GZ)の積が復原力となる。

2.9.3 計算結果

(1) 本事故発生時の船体姿勢及び復原性の計算

漁場発状態、傾斜時状態、砕氷機室1/2浸水状態及び砕氷機室浸水状態の各計算結果は、表5～8及び図9のとおりであった。

表5 漁場発状態の重量重心計算表

	重量 W (t)	mid- G (m)	モーメント $W \times \text{mid-}G$ (t·m)	KG (m)	モーメント $W \times KG$ (t·m)	$I \times \rho$ (t·m)
乗組員及び所持品	1.50	22.59	33.88	6.43	9.64	
食料	0.24	28.33	6.8	5.67	1.36	
清水	42.00	(0.08)	(3.55)	3.35	140.63	9.94
燃料油	102.34	1.59	163.14	2.20	224.65	112.16
潤滑油タンク	3.39	16.05	54.47	0.72	2.45	1.93
作動油タンク	4.91	13.19	64.78	1.89	9.26	
小出油タンク	2.93	20.43	59.77	5.40	15.81	0.02
倉庫品	2.00	(13.59)	(27.18)	6.03	12.06	
砕氷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
漁獲物	499.81	1.41	702.40	2.71	1352.98	46.72
冷水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
作業甲板 (もっこ等)	2.40	(14.27)	(34.26)	4.51	10.83	
ボースンストア (予備ワイヤ等)	1.13	(22.94)	(26.00)	4.92	5.58	
アンカー	2.65	(22.34)	(59.21)	7.90	20.94	
載荷物合計	665.30	1.41	935.03	2.71	1806.18	
軽荷状態	649.13	5.62	3648.11	3.58	2323.89	
合計	1314.43	3.49	4583.14	3.14	4130.06	170.77

注) 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 ρ : 密度

赤字表記 : マイナスの数値

表6 傾斜時状態の重量重心計算表

	重量 W (t)	mid- G (m)	モーメント $W \times \text{mid-}G$ (t·m)	KG (m)	モーメント $W \times KG$ (t·m)	$I \times \rho$ (t·m)
乗組員及び所持品	1.50	22.59	33.88	6.43	9.64	
食料	0.24	28.33	6.8	5.67	1.36	
清水	30.00	9.76	292.73	3.59	107.75	13.06

燃料油	82.56	1.08	88.91	2.45	202.05	77.44
潤滑油タンク	3.39	16.05	54.47	0.72	2.45	1.93
作動油タンク	4.91	13.19	64.78	1.89	9.26	
小出油タンク	2.93	20.43	59.77	5.40	15.81	0.02
倉庫品	2.00	(13.59)	(27.18)	6.03	12.06	
砕氷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
漁獲物	499.81	1.41	702.40	2.71	1352.98	46.72
冷水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
作業甲板（あぜ網等）	2.40	(14.27)	(34.26)	4.51	10.83	
ボースンストア（予備ワイヤ等）	1.13	(22.94)	(26.00)	4.92	5.58	
アンカー	2.65	(22.34)	(59.21)	7.90	20.94	
載荷物合計	633.52	1.83	1157.08	2.76	1750.70	
軽荷状態	649.13	5.62	3648.11	3.58	2323.89	
合計	1282.65	3.746	4805.19	3.177	4074.58	139.17

表7 喫水（da：船尾、df：船首）及びトリム量 tr

状態	da(m)	df(m)	tr(m)
漁場発状態	4.26	4.10	船尾トリム0.16
傾斜時状態	4.28	3.89	船尾トリム0.39
砕氷機室 1/2 浸水状態	4.22	4.16	船尾トリム0.05
砕氷機室浸水状態	4.14	4.46	船首トリム0.32

* 漁場発状態の船体中央の喫水：4.18m

表8 本船の各状態での重量重心位置、メタセンタ高さ、復原てこ

状態	重量 W(t)	重量重心 位置 mid-G(m)	重心高 KG(m)	見かけの 重心上昇 GG ₀ (m)	メタセン タ高さ G ₀ M(m)	最大復原 てこ GZ _{max} (m)
漁場発状態	1314.43	3.49	3.14	0.13	1.15	0.24
傾斜時状態	1282.65	3.75	3.18	0.11	1.13	0.25
砕氷機室 1/2 浸水状態	1315.15	3.37	3.16	0.15	1.11	0.21
砕氷機室浸水状態	1347.65	3.01	3.19	0.11	1.14	0.19

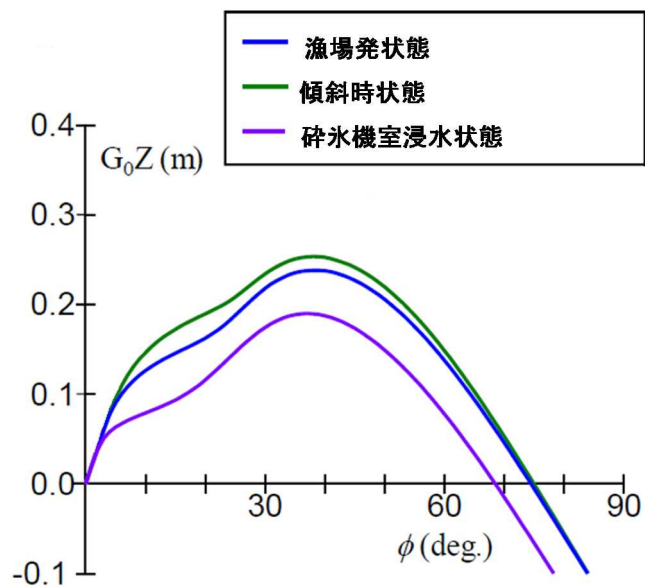


図9 復原性曲線の比較

(2) 船体傾斜の計算

① 砕氷機室浸水状態

a 風及び甲板上の漁具（もっこ等）による傾斜モーメントは、次のとおりであった。

なお、計算において、甲板上の積載物の移動は船幅の1/2（舷側まで）とし、2.6から、風速は12mとした。

(a) 風による傾斜モーメント 9.98 (t・m)

(b) 甲板上の漁具による傾斜モーメント $10.8 \cos \phi$ (t・m)

b 甲板上の滞留水による傾斜モーメント

(a) 上甲板に滞留水（1.8 t、30 t）があった場合の計算結果は、
図10及び図11のとおりであった。

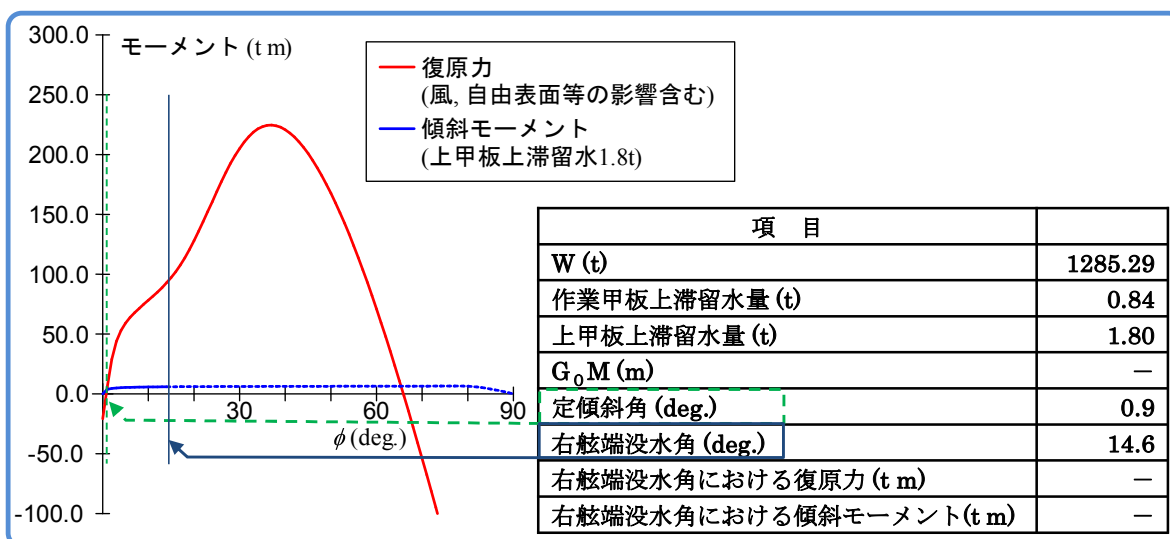


図10 復原力と傾斜モーメントの比較（上甲板滞留水1.8 t）

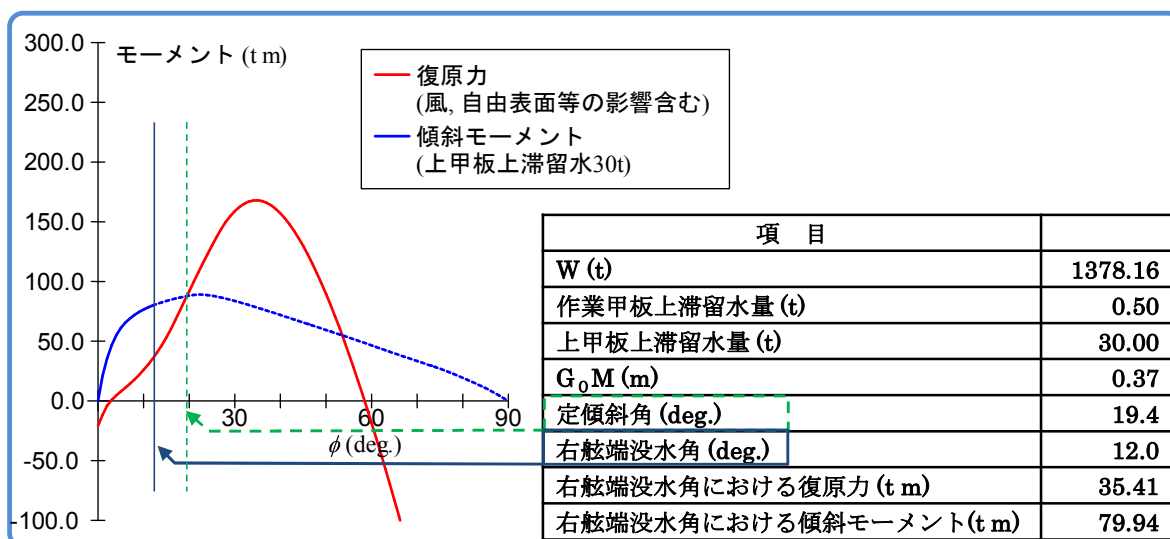


図11 復原力と傾斜モーメントの比較（上甲板滞留水30 t）

(b) 上記(a)の状態、右舷端没水状態となる最少の滞留水量は、21 tの場合であった。（図12、図13参照）

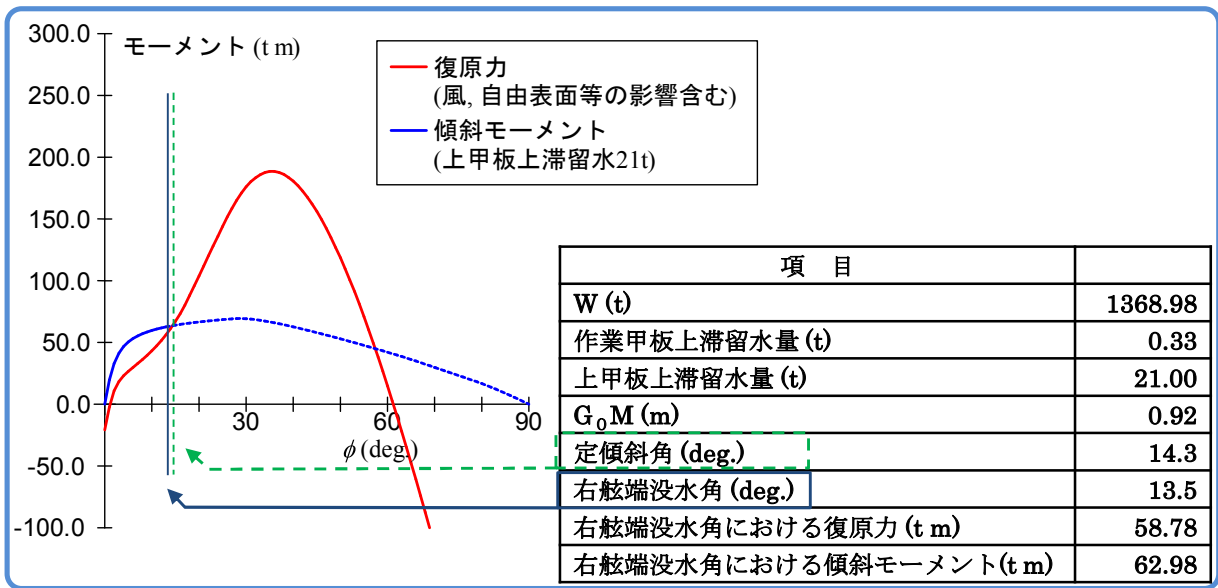


図 1 2 復原力と傾斜モーメントの比較 (上甲板上滞留水 2 1 t)

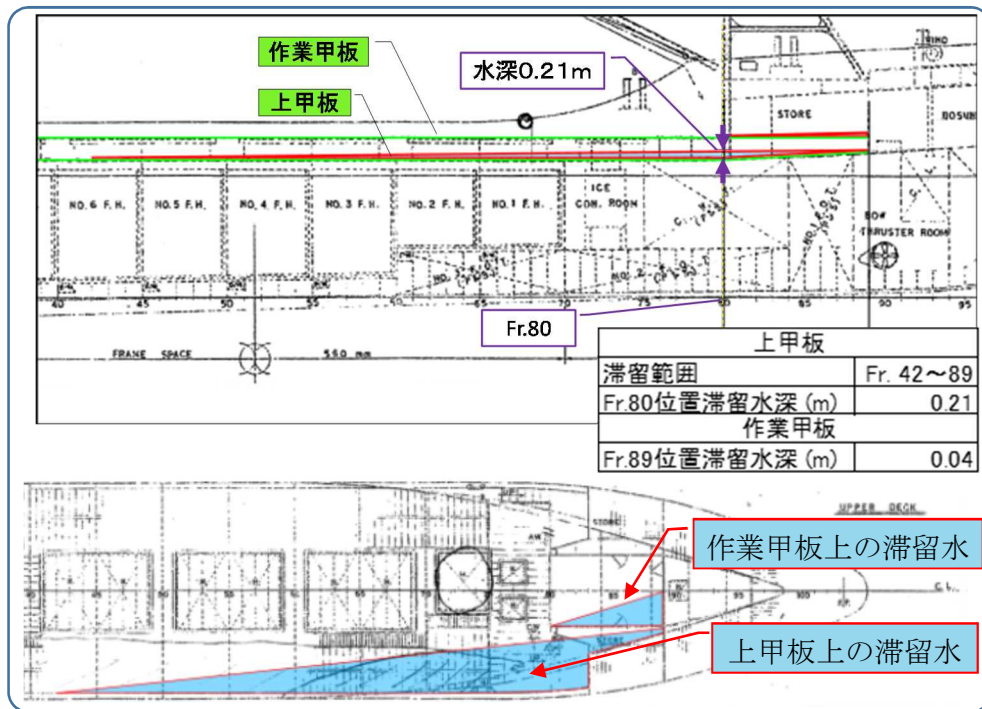


図 1 3 滞留範囲模式図 (上甲板上滞留水 2 1 t)

(c) 上記(b)の復原性は、復原てこ (G_0Z^{*21}) を用いて表すと、図14のとおりであった。

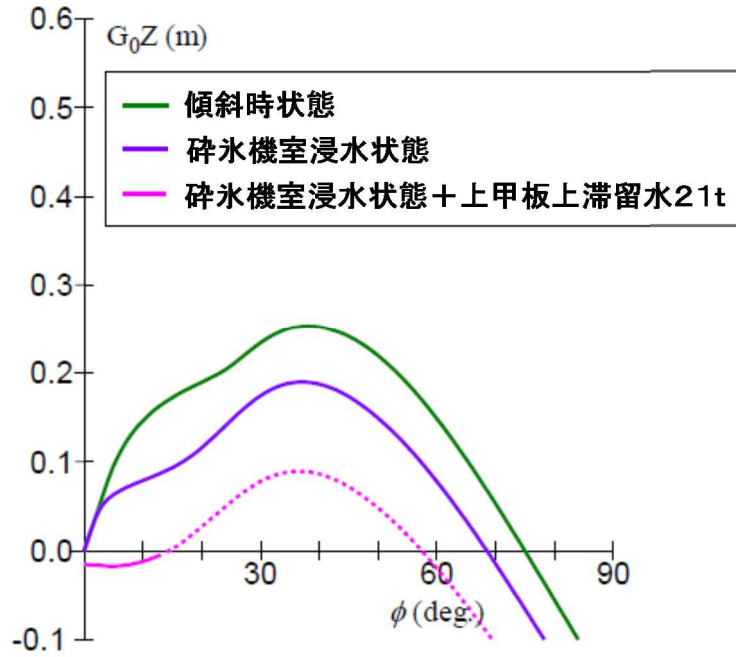


図14 G_0Z 曲線の比較

② 傾斜時状態

上記①と同条件で、砕氷機室に浸水がなく、かつ、甲板上に滞留水(21t、30t)があった場合の計算結果は、それぞれ図15のとおりであった。

*21 「 G_0Z 」とは、自由表面影響による見かけの重心の上昇量 (GG_0) を考慮した復原てこのことをいう。

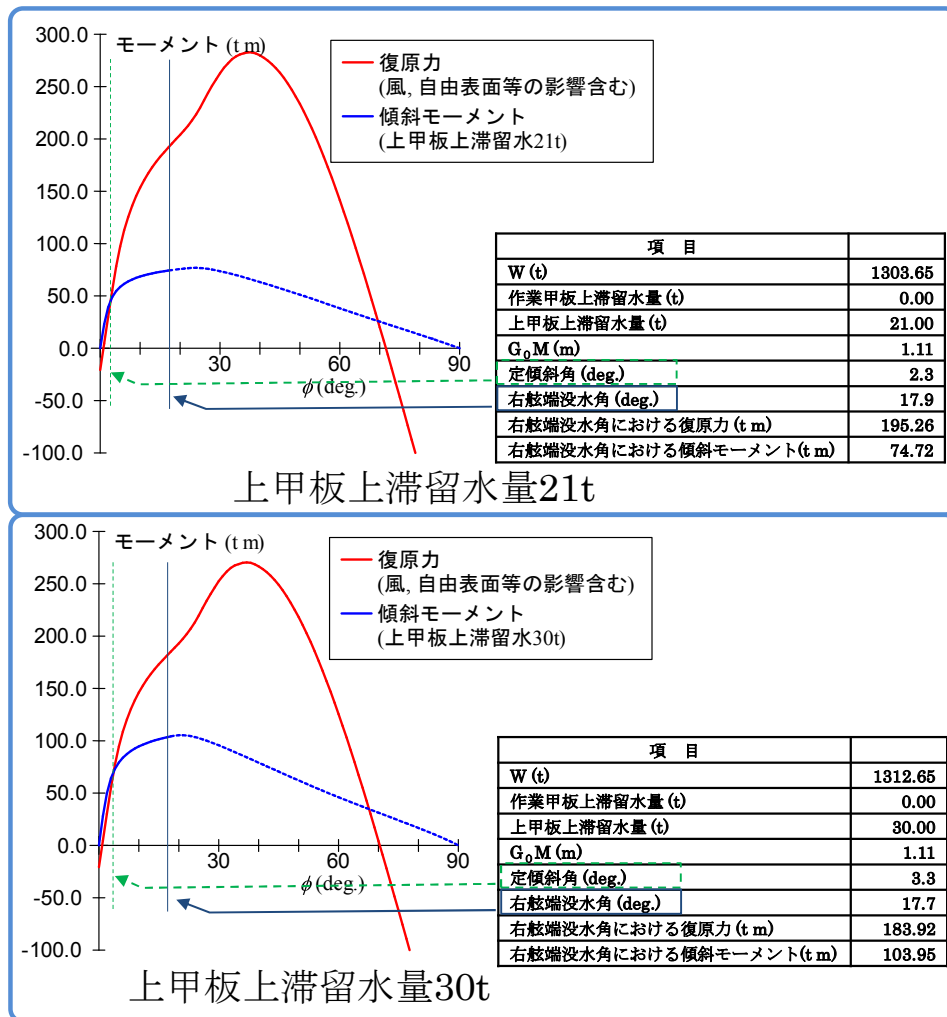


図 1 5 復原力と傾斜モーメントの比較（砕氷機室に浸水がなかった場合）

2. 1 0 漁船の開口部が閉鎖されておらず海水が流入したことによる事故例

平成20年10月から令和元年5月までに運輸安全委員会が公表した事故調査報告書において、漁船の開口部が閉鎖されておらず海水が流入したことによる事故は12件であった。このうち3件の事故で12人が死亡し、6人が負傷していた。総トン数別にみると、総トン数20トン未満は10件で、総トン数20トン以上は2件であった。

開口部別にみると、機関室・船員室の出入口が6件、機関室の給排気口が1件、魚倉の蓋が1件及びプロペラ点検口が4件であった。

このほか、事故の原因等ではないものの、開口部が閉鎖されていなかったことが船舶の沈没に関与したと考えられる事故は、3件であった。

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 から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本船は、平成30年5月8日06時30分ごろ、水揚げの目的で漁場から長崎漁港三重地区に向かった。
- (2) 本船は、甕島列島西方沖において、21時00分ごろ、左舷船首方からの打ち込み波による滞留水により船体が右舷側に傾斜し、停船したが、船体傾斜がなくなったことから、航行を再開した。
- (3) 本船は、21時05分ごろ、再び右舷側に傾斜し、停船した時、船首が沈下して右舷側ブルワーク上端が没水し、砕氷機室の蓋板が外れている状況で、船首部に海水が打ち込んでいた。
- (4) 乗組員全員は、21時30分ごろ、退船することとし、膨脹式救命いかだに乗り移り、22時30分ごろ現場に到着した運搬船Aに救助された。
- (5) 本船は、23時59分ごろ運搬船Aのレーダー画面から本船の映像が消えた。

3.1.2 沈没の状況

2.1 及び2.9 から、本船は、北東進中に船首に波を受け、船首が沈下して右舷側に傾斜し、右舷ブルワークが没水して船体が復原せず、船体内部に海水が流入し、浮力を喪失して沈没したものと考えられる。

3.1.3 事故発生日時及び場所

(1) 事故発生日時

2.1 から、本事故の発生日時は、平成30年5月8日23時59分ごろであったものと考えられる。

(2) 事故発生場所

2.1 から、本事故の発生場所は、釣掛埼灯台から260°52M付近であったものと考えられる。

3.1.4 死傷者等の状況

2.1 及び2.2 から、航海士Aは、右目まぶたに裂創を負ったものと推定される。

3.1.5 損傷の状況

2.1、2.3、3.1.1(5)及び3.1.2から、本船は沈没し、全損となったものと推定される。

3.2 事故要因の解析

3.2.1 乗組員の状況

2.4から、船長は、適法で有効な海技免状を有しており、健康状態は良好であったものと考えられる。

また、船長は、船長としての経験を約25年間有し、そのうち本船の船長としての経験を約9年間有していたものと考えられる。

3.2.2 船舶の状況

- (1) 2.5.4(1)から、本事故発生時、本船は、船体に不具合がなかったものと考えられる。
- (2) 2.5.2(1)から、本船は、上甲板と作業甲板の間に空間があったものと推定される。
- (3) 2.5.4、2.9.3(1)表5及び表6から、燃料であるA重油の比重を0.86として計算すると、本船は、漁場発状態から本事故発生時までの間に、清水を約12t、燃料を約20t消費したものと考えられる。
- (4) 2.1、2.5.4(5)、2.6及び2.9.2(3)から、本船は、20時00分ごろ～21時00分ごろの間、045°の針路、約10knの速力で、船首から左舷約11.25°、風速12m/sの風及び波高2～4mの波を受けながら航行していた可能性があると考えられる。
- (5) 2.5.2(2)及び2.5.4(4)から、本船の砕氷機室の蓋板は、ふだんどおり、倉口に被せてあったが、その上から覆布並びに栈木及びくさび等の締具により固定されておらず、堅固に密閉されていなかったものと考えられる。
- (6) 2.5.4(6)、2.6.4及び上記(5)から、本船は、打ち込み波により砕氷機室の蓋板が外れ、同室に海水が流入したものと考えられる。
- (7) 2.5.2(4)から、本船の船首部に位置するボースストア後部の作業甲板には、また、2.5.2(1)及び2.9.3(2)①b(b)から上甲板には、それぞれ海水が滞留していたものと考えられる。

3.2.3 気象及び海象の状況等

(1) 気象及び海象

2.1及び2.6から、次のとおりであったものと考えられる。

- ① 本船が漁場を出発した06:30ごろの海上は、しけていなかった。
- ② 船長が荒天になったと感じて昇橋した18:30ごろの海上は、しけていた。
- ③ 船長が右側への傾斜を視認した21:00ごろは、次のとおりであり、海上は、しけていた。

天気 雨、風向 北～北北東、風速 約12m/s

波向 北～東北東、波高 2～4m、波周期 5～7秒

(2) 防災気象情報

2.6.1(1)によれば、本事故発生場所付近には、海上強風警報が発表されていた。

- (3) 2.1、2.6.4、2.9.2(3)及び上記(1)から、有義波高が2～3m、波の出会い周期を4.2秒とした場合、約4.2秒に1回は波高約4m、約7分に1回は波高約5m、約1時間10分に1回は波高約6mの波が出現していた可能性があると考えられる。

3.2.4 船体の傾斜及び沈没に関する解析

本船の船体姿勢及び復原性の解析は、口述から得られた本船のタンク等の積載状況及び右舷側への傾斜状態から、船舶の状態を推定し、復原力曲線等を用いて行った。

計算については、本船建造時の法令の適用及び非損傷時復原性の一般要件を鑑^{かんが}み、船舶が静水上にある状態として実施した。

(1) 漁場発時の解析

2.1、2.5.4(2)、2.9.3(1)表7、表8及び図9から、本船は、船尾トリムが約0.16mであり、GMが約1.15mであったものと考えられる。

2.5.3 から、本船に適用されるGMの最低基準値は0.567mであることから、漁場発時のGMは十分であったものと考えられ、復原性に問題はなかったものと考えられる。

(2) 傾斜時の砕氷機室の浸水状態の推定及び復原性の解析

2.1、2.5.4(4)及び(6)から、傾斜時には、船首トリムであり、砕氷機室に浸水があったものと考えられる。

そこで、砕氷機室の浸水量を推定する目的で、a 傾斜時状態（浸水なし）、b 砕氷機室1/2浸水状態（半分浸水）、c 砕氷機室浸水状態（全体浸水）の3つの状態を仮定して計算した結果、2.5.4(2)、(3)及び2.9.3(1)から、次のとおりであった。

a 傾斜時状態（浸水なし）

船体姿勢 船尾トリム0.39m、 GZ_{max} 0.25m

b 砕氷機室1/2浸水状態（半分浸水）

船体姿勢 船尾トリム0.05m、 GZ_{max} 0.21m

c 砕氷機室浸水状態（全体浸水）

船体姿勢 船首トリム0.32m、 GZ_{max} 0.19m

上記 a～c から、本船が船首トリムとなるのは、c の砕氷機室の全体が浸水する場合であり、このとき、 GZ_{max} が最も小さくなり、復原性が悪化する。したがって、傾斜時には、砕氷機室の全体が浸水していたと仮定することが最も妥当と考えられることから、以後この条件を採用することとした。

ただし、この場合でも、2.9.3(1)表8から、GMは約1.14mあり、砕氷機室全体の浸水だけでは右舷端没水状態にはならないものと考えられる。

(図16 参照)

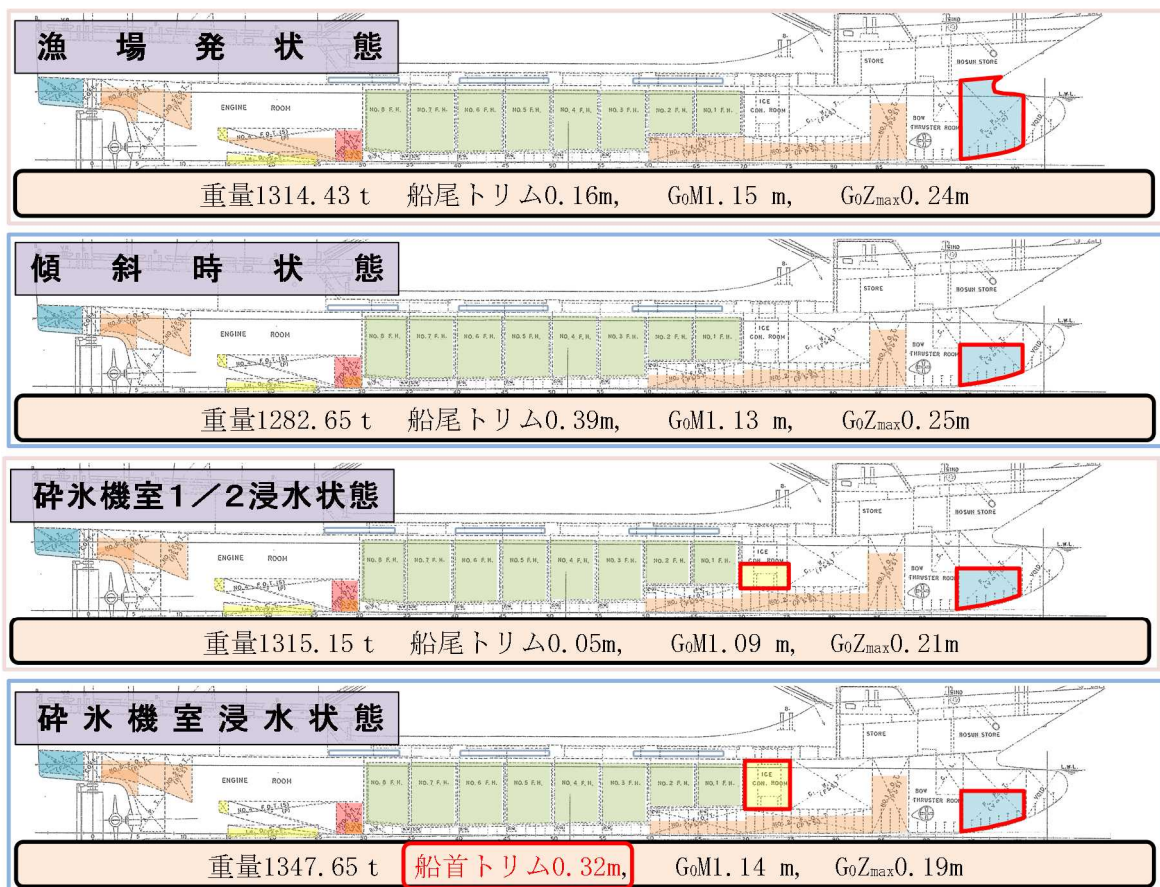


図16 各状態のタンクコンディション（イメージ）

(3) 右舷端没水状態の解析

上記(2)から、本船は、砕氷機室の全体が浸水した状態のみでは右舷端没水状態とはならなかったものと考えられるが、2.5.4(6)から、実際には右舷端没水状態となっていたものと考えられる。そこで、本船に働いていた船体が右舷側に傾斜する様々な力（以下「傾斜モーメント」という。）を推定し、各々の傾斜モーメントを考慮することで、右舷端没水状態となる状況を推定する。

2.1、2.5.2(4)、2.5.4(2)、(5)、(6)及び2.6.3から、本船に作用する傾斜モーメントは、風、甲板上の漁具の移動及び打ち込み波による滞留水の3つが考えられる。

上記3つの傾斜モーメントは、次の①に示すとおり、風及び甲板上の漁具等の移動の2つの傾斜モーメントは大きく変化しないので、次の②に示すとおり、打ち込み波による滞留水の傾斜モーメント（滞留水量）を変化させ、これらの傾斜モーメントと復原力を比較し、定傾斜角^{*22}とブルワーク上端が最も低く、かつ、船首側にあるFr.65位置のブルワーク上端が没水する傾斜角（以下「右舷端没水角」という。）の関係から、右舷端没水状態に至る場合を解析する。

右舷端没水状態となる状況の判断は、傾斜モーメントと復原力のグラフを用いて行う。

船体が傾斜したとき、定傾斜角が右舷端没水角より大きくなる場合は、復原力が傾斜モーメントを上回る前に、右舷端没水状態となるものと考えられる。

このことから、定傾斜角が右舷端没水角より大きくなる傾斜モーメントが発生する状況を推定する。

(図17参照)

^{*22} 「定傾斜角」とは、船体に傾斜モーメントと復原力のみが作用する場合、傾斜モーメントと復原力が等しくなる傾斜角のことをいう。

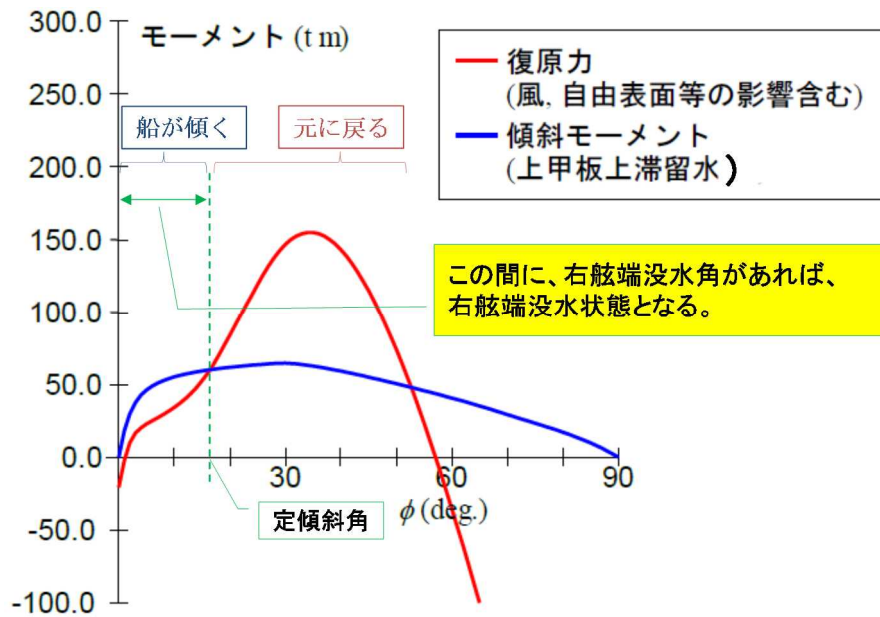


図 1.7 傾斜モーメントと復原力比較の模式グラフ

① 傾斜モーメントの種類及び計算条件等

傾斜モーメントは、次の a 及び b の 2 種類に分けて計算する。

a 風及び甲板上の漁具による傾斜モーメント

(a) 計算条件

風による傾斜モーメントは、復原性資料等の風圧側面積から計算し、甲板上の漁具による傾斜モーメントは、漁具が船体中心線上から舷端まで移動するものとして計算した。

(b) 計算結果

2.9.3(2)①及び上記(a)から、風による傾斜モーメント及び甲板上の漁具による傾斜モーメントは、それぞれ次のとおりであったものと考えられる。

- ・風による傾斜モーメント 9.98 (t·m)
- ・甲板上の漁具による傾斜モーメント 10.8 cosφ (t·m)

(c) 傾斜モーメントと復原力の比較における取扱

上記(b)に示す傾斜モーメントは、復原力を減少させるものとして取り扱う。

b 滞留水による傾斜モーメント

(a) 滞留範囲

2.5.2(1)図2、(4)図6及び3.2.4(2)から、船首トリムとなっている砕氷機室浸水状態を想定すると、作業甲板上の滞留範囲はFr. 80より船首側、上甲板上の滞留範囲は放水口縁以下となるものと考えられ

る。

(b) 計算結果

2.9.3(2)①及び上記(a)から、連続的な波の打ち込み及び船体動揺を考慮せずに本船が静水面上にあると仮定すると、砕氷機室浸水状態で船首トリムとなった場合の作業甲板上の滞留水量は、0.84 tであり、上甲板上の滞留水量は、約1.8 tであったものと考えられる。

(c) 傾斜モーメントと復原力の比較における取扱い

上記(b)の滞留水は、作業甲板上の滞留水を、復原力を減少させる自由表面影響として、上甲板上の滞留水を、船体の傾斜に伴う重量重心の移動による傾斜モーメントとして、それぞれ取り扱う。

② 傾斜モーメントと復原力の比較

a 上甲板上滞留水量1.8 t

2.9.3(2)図10、3.2.4(2)及び上記①から、砕氷機室浸水状態で上甲板上滞留水量1.8 tであった場合は、定傾斜角が 0.9° で舷端没水角が 14.6° であったものと考えられ、この状態では、定傾斜角が右舷端没水角より小さく、右舷端没水状態とならないものと考えられる。

このことから、本船が右傾斜状態となるには、本船に、上甲板上滞留水量1.8 tの場合よりも大きな傾斜モーメントが作用していたものと考えられる。

上記①から、本船に作用する傾斜モーメントが変化するのは、上記①bの滞留水による傾斜モーメントであると考えられる。

2.1、2.5.2(1)、2.5.4(6)、3.2.2(2)及び上記から、打ち込み水は作業甲板上から上甲板上へ流れ落ちるが、上甲板上面と作業甲板の間には、打ち込み波による滞留水が発生していたものと考えられること、及び上記から、本船の甲板上に海水が連続して打ち込む状況を想定し、放水口からの排水が間に合わず、上甲板上に滞留水が発生したことによる傾斜モーメントと復原力を比較することで、大傾斜を引き起こす要因について検討する。

b 上甲板上滞留水量30 t

2.1、2.5.4(6)及び上記aから、本船の上甲板上には、1.8 tよりも多くの滞留水があったものと考えられる。そこで、砕氷機室浸水状態における排水量の約2%が上限となるように上甲板上の滞留水量を30 tと想定し、これらの滞留水が発生する傾斜モーメントと船体の復原力を比較した。

なお、計算条件は、海水の打ち込み及び排水の状況については不明で

あることから、滞留水の取り扱いを次のように設定した。

- ・放水口からの排水および放水口没水時の逆流は考慮しない
- ・追加の打ち込みによる滞留水量の増加は考慮しない
- ・傾斜角の増加に伴うブルワーク上端からの流出は考慮する

また、上記① b (a) 及び上記 a から、作業甲板上に流入した打ち込み水は作業甲板面のグレーチングを通じて直ちに上甲板上へ流れ落ちるものとし、Fr. 80 ～ 89 位置の開口部については構造上打ち込み水が作業甲板上に滞留するので、この範囲は滞留水が存在するものとした。

2.9.3(2) 図 1 1 から、上甲板上滞留水量 30 t であった場合は、定傾斜角が 19.4° で舷端没水角が 12.0° であったものと考えられ、この状態では、定傾斜角が右舷端没水角より大きく、右舷端没水状態となるものと考えられる。

c 上甲板上滞留水量の推定

2.1 及び 3.2.2(7) から、本船の上甲板上には、打ち込み波による滞留水が徐々に溜まっていったものと考えられる。

上記 a 及び b から、上甲板上の滞留水量が約 1.8 t では右舷端没水状態とならず、同 30 t では右舷端没水状態となったと考えられることから、右舷端没水状態となる滞留水量を、1 t 刻みで増加させる手法で推算したところ、2.9.3(2) 図 1 2 から、上甲板上の滞留水量が約 21 t の時に、定傾斜角が 14.3° で舷端没水角が 13.5° となり、右舷端没水状態となったものと考えられる。

(図 1 2、図 1 3 参照)

上記から、本船は、甲板上に海水が連続して打ち込み、放水口からの排水が間に合わず、打ち込み波による滞留水が増加し、その量が約 21 t となったときに、右舷端没水状態となったものと考えられる。

③ 右舷端没水状態となる滞留水量があった場合の復原性

上記② c から、上甲板上滞留水が約 21 t となったときの復原性を、GZ 曲線を用いて検証すると、2.9.3(2)① b (c) 図 1 4 に示すとおりとなった。

2.9.3(2)① b (c) 図 1 4 から、本船の復原性は、砕氷機室に浸水がなかった傾斜時状態から砕氷機室浸水状態となることで復原性が低下し、氷機室浸水状態に加えて上甲板上の滞留水が約 21 t となったことで、さらに復原性が低下し、右舷端没水状態となったものと考えられる。

④ 推算された右舷端没水状態となる滞留水の検証

上記(2)、(3)②及び③から、本船は、砕氷機室の全体が浸水したと仮定し、その状態から、甲板上の打ち込み波による滞留水が増加して約 21 t

となったときに、右舷端没水状態となったものと考察した。

2.9.3(2)①b(b)図13から、上記の滞留水約21tの深さの最深部は、上甲板上が約21cm、作業甲板上が約4cmであること、また、滞留範囲も右舷側の一部であることから、約21tの滞留水量及びその滞留範囲は、妥当であるものと考えられる。

(4) 沈没の解析

上記(3)③のようにブルワーク上端が没水すると、ブルワークが抵抗となって船体が復原しにくく、また、船内区画への浸水があると考えられる。

このことから、本船は、右舷端没水状態となりブルワークが抵抗となって復原しにくい状況下、船体動揺や波浪影響によって船体内部への浸水が進行して沈没に至ったものと考えられる。

3.2.5 沈没を回避する方法の解析

(1) 砕氷機室の蓋板が外れなかった場合

3.2.4(2)及び(3)③から、本船は、砕氷機室の蓋板が外れて砕氷機室浸水状態となったことから、船首トリムとなり、甲板上に滞留水が発生し、復原力が低下したことにより右舷端没水状態となって沈没したものと考えられるが、仮に砕氷機室の蓋板が外れずに同室に浸水がないが、打ち込み波による甲板上の滞留水が発生したものと仮定して、右舷端没水状態となるのかを検討する。

3.2.4(3)②b及びcから、上甲板上の滞留水量を、砕氷機室浸水状態で右舷端没水状態となった21t及び30tとして推算すると、2.9.3(2)②図15に示すとおりとなり、いずれの場合も定傾斜角が右舷端没水角より小さく、右舷端没水状態とならなかったものと考えられる。

このことから、本船は、砕氷機室の蓋板が外れず、砕氷機室浸水状態とならなければ、上甲板上に滞留水が30t発生しても、右舷端没水状態とならなかったものと考えられる。

(2) タンクの積載状態を適正化した場合

上記(1)とは異なり、砕氷機室の蓋板が外れて砕氷機室浸水状態となった場合（船首トリム32cm）における、タンクの積載状態について検討する。

① F P Tの清水を全量排水した場合

F P Tの清水を全量排水した場合の船体姿勢を推算する。

2.5.4(2)表1から、F P Tの清水の重量は約11t、2.5.4(3)表3及び表4から、重心位置はF 24.69、MTCは16.03であるので、船首トリム15cmであったものと考えられる。

このことから、FPTの清水を全量排水した場合でも、船首トリムを解消できなかったものと考えられる。

② 燃料を移送した場合

砕氷機室浸水状態で、仮に、No. 1 FOTに積載していた10klの燃料を全てNo. 4 FOTに移送した場合の船体姿勢を推算する。

2.5.4(2)表1から、燃料であるA重油の比重を0.86として計算すると、No. 1 FOTの燃料の左右の合計重量は約17.2tであったものと考えられる。

2.5.4(3)表3、表4及び2.9.3(1)表8から、MTCは16.00、TPCは4.40であったものと考えられることから、本船の船体姿勢は、船尾トリム5.4cmであったものと考えられる。

このことから、船首方のNo. 1 FOTに積載していた燃料を船尾方のNo. 4 FOTに移送した場合は、船首トリムを解消でき、船尾トリムとなったものと考えられる。

③ FPTの清水を全量排水し、かつ、燃料を移送した場合

FPTの清水を全量排水し、かつ、No. 1 FOTの燃料をNo. 4に移送した場合は、上記a及びbから、船尾トリム22.4cmであったものと考えられる。

このことから、FPTの清水を全量排水に加え、船首方のNo. 1 FOTに積載していた燃料を船尾方のNo. 4 FOTに移送した場合は、更に船尾トリム量を大きくできたものと考えられる。

上記①～③から、本船のトリム修正における燃料移送は有効であったものと考えられる。

また、上記①～③から、本船は、FPTの清水を全量排水しても船首トリムを解消できないが、燃料移送を行えば船首トリムを解消でき、更に、FPTの清水の全量排水に加えて燃料移送を行えば、更に船尾トリム量を大きくできることから、甲板上の滞留水を軽減でき、右舷端没水状態とならず、沈没に至らなかった可能性があると考えられる。

(図18 参照)

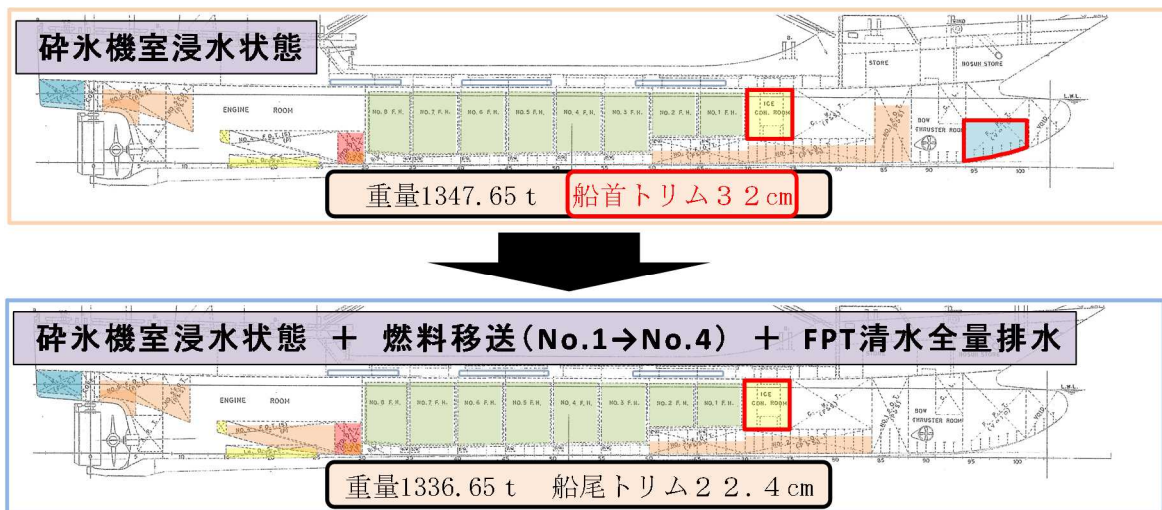


図 1 8 燃料移送、清水排水時のタンクコンディション (イメージ)

3.2.6 操船等に関する解析

2.1、2.5.4(5)、2.6、2.7、2.9.2(3)、3.2.2(4)及び3.2.3(1)から、本船は、波浪を船首から左舷約 11.25° の方向から受けるように針路をとっていたものと考えられるが、波浪を船首 $20\sim 30$ 度方向から受けるように針路をとっていれば、出会う波の波長が長くなることで、ピッチングの衝撃の軽減及び打ち込み波の出会い周期を長くすることができ、打ち込み波を軽減できた可能性があると考えられる。

また、2.5.2(4)及び3.2.4から、本船は、船首トリムの場合に滞留水が発生するものと考えられる。

2.6.1(1)、3.2.3及び3.2.5(2)から、本船の漁場発時は、海上強風警報は発出されていなかったが、船長が、海上強風警報が発出されて荒天航海となることを予想できたときに、FPTの清水の全量排水や船首方タンクに積載してある燃料の船尾方タンクへの移送等を行い、船尾トリムを大きくしていれば、甲板上への海水の打ち込みや滞留水を軽減でき、容易に船首トリムとならなかつた可能性があると考えられる。

3.2.7 事故発生に関する解析

3.1.1、3.1.2、及び3.2.2～3.2.4から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本船は、漁場発時、海上が荒天でない状況で出航した。
- (2) 本船は、航行中、荒天となり、打ち込み波により砕氷機室の蓋板が外れ、海水が同室に流入したことにより、船首トリムとなり、かつ、復原性が低下したが、本船が直ちに右舷端没水状態となるほど危険な状態ではなかった。

- (3) 本船は、船首トリムとなり、かつ、復原性が低下していた状況下、甲板上に打ち込み波による滞留水が発生し、復原性が更に低下した。本船は、繰り返す打ち込み波により、上甲板上の滞留水が増加し、滞留水量が約21tになったとき、船体が復原する前に右舷端没水状態となった。
- (4) 本船は、右舷端没水状態となり、ブルワークが抵抗となって復原しにくい状況下、船体動揺や波浪影響により船体内部への浸水が進行して沈没に至った。

3.3 救助及び被害軽減に関する解析

2.1及び2.8(1)から、船長が、船体の状況を確認して直ちに運搬船Aに救助を要請し、早期に総員退船を決断したことは、乗組員全員が救助されたことに関与したものと考えられる。

4 原因

4.1 原因

本事故は、夜間、長崎西海上に海上強風警報が発表された状況下、本船が、漁獲物を満載し、甕島列島西方沖を北東進中、打ち込み波により砕氷機室の蓋板が外れて同室に海水が流入し、船首トリムとなり、かつ、復原性が低下していた状況で、本船の甲板上に打ち込み波による滞留水が発生したため、右舷端没水状態となり、船体内部への浸水が進行し、浮力を喪失して沈没したものと考えられる。

甲板上に打ち込み波による滞留水が発生したのは、打ち込み波により砕氷機室の蓋板が外れて同室に海水が流入し、船首トリムとなったことによるものと考えられる。

砕氷機室の蓋板が外れたのは、同蓋板が、覆布並びに^{くさび}等^の締具により固定されておらず、堅固に密閉されていなかったことによるものと考えられる。

4.2 その他判明した安全に関する事項

本船は、荒天航海となることを予想できたときに、FPTの清水の全量排水や燃料タンクの移送等を行い、船尾トリムを大きくしていれば、甲板上への海水の打ち込みや滞留水を軽減でき、容易に船首トリムとならなかつた可能性があると考えられる。

5 再発防止策

本事故は、本船が航行中、打ち込み波により砕氷機室の蓋板が外れて同室に海水が流入し、船首トリムとなり、かつ、復原性が低下していた状況で、本船の甲板上に打ち込み波による滞留水が発生したため、右舷端没水状態となり、船体内部への浸水が進行して沈没したものと考えられる。

したがって、同種事故の再発防止のため、まき網漁船の船舶所有者は、船舶の復原性を担保するため、次の項目を、船長及び乗組員が遵守するよう指導すること。

- (1) 航行中は、いかなる状況でも船内に浸水しないよう、全ての倉口の蓋板が外れないよう覆布並びに棧木及びくさび等の締具により固定して堅固に密閉すること。
- (2) 荒天時には、甲板上への波の打ち込みを考慮し、容易に船首トリムとならないよう、清水や燃料等の積載状態についても十分に注意すること。
- (3) 荒天時の波の打ち込みを考慮し、もっこ等の甲板上の積載物が移動しないよう固縛すること。
- (4) 荒天時には、打ち込み波による滞留水を軽減できるよう、波浪を船首20～30°方向から受けるように針路をとることが望ましい。

5.1 事故後に講じられた事故等防止策

5.1.1 A社により講じられた措置

A社の回答書によれば、本事故後、社内及び各船団内の事故防止及び安全対策を検討するべく、新たに安全委員会を組織、開催し、A社の事務部門及びA社に所属する全船舶の乗組員に、事故防止のための安全対策の教育を行った。

(1) 安全委員会の概要

A社の安全委員会は、取締役漁労部長を委員長とし、取締役総務部長を副委員長、事務部門担当者、各船団の漁労長及び全船長を委員とする組織であり、全委員が参加する安全委員会の他、船団毎の安全委員会を開催する。

第八十七昭徳丸沈没事故に伴う安全対策の検討を契機に、一般的な事故防止に関する事項を検討して安全対策に繋げることを目的とし、各船からの意見を議題とすることで、安全に対する意識の向上も図るもの。

(2) 本事故を受けた乗組員に対する措置

- ① 運搬船の倉口蓋板の固縛の徹底
- ② 気象海象情報への意識向上

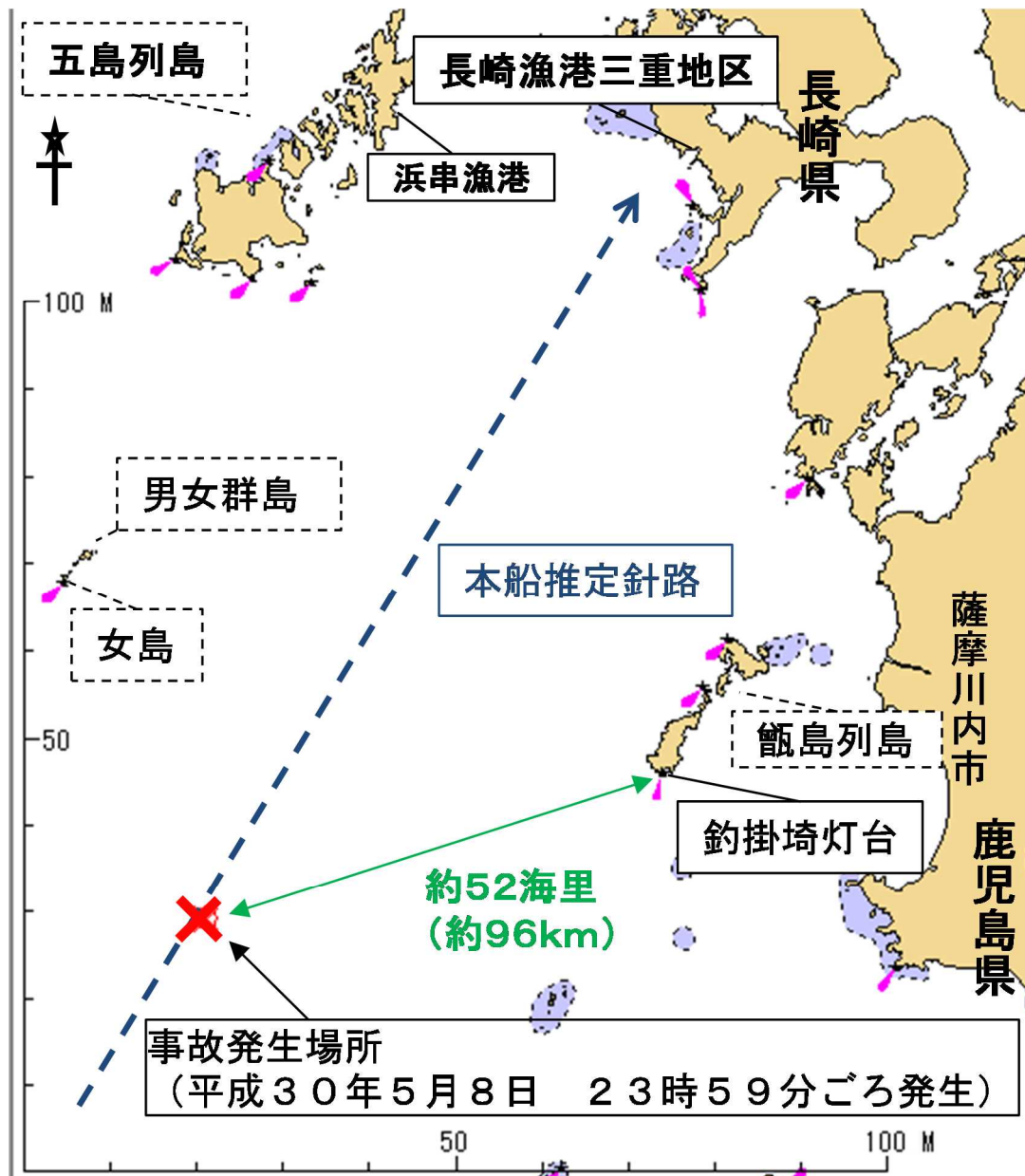
(3) その他の措置

- ① カイゼン講習会の開催

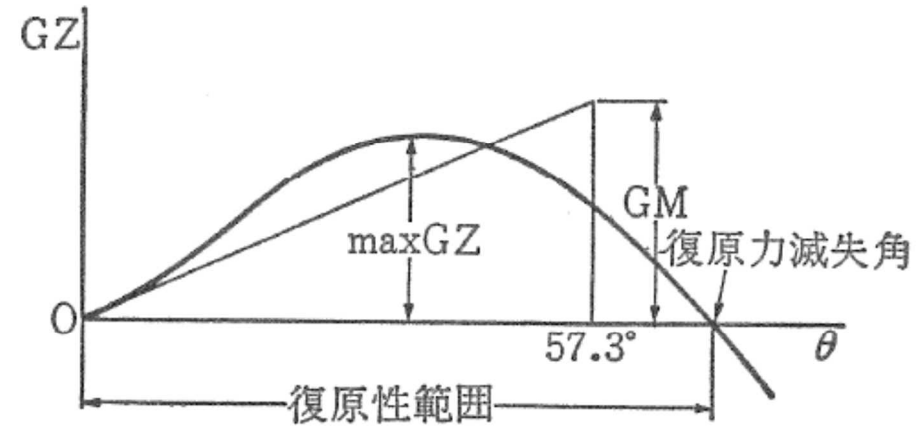
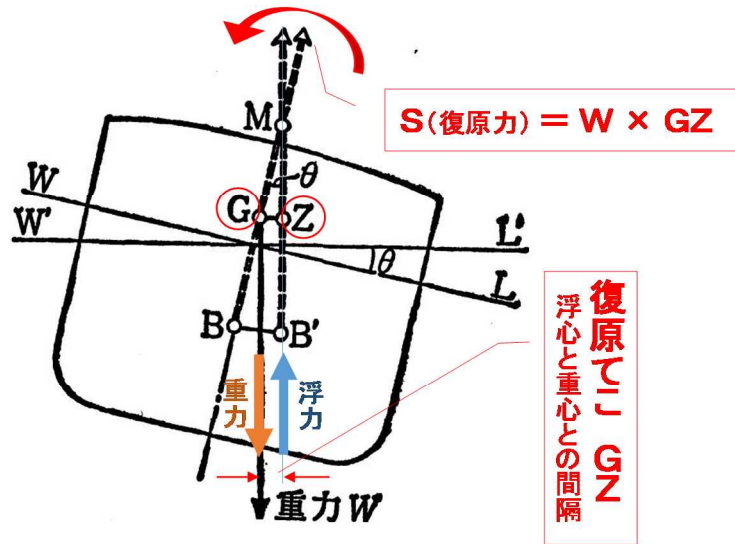
外部講師による安全推進委員講習会及び船内点検行動の講習会の開催

- ② A社所属の全船舶の過去1年間の総括
 - a 海難事故、怪我状況
 - b 海況、天気の情報
 - c 各船団内での安全対策提案
 - d 油圧機器操作の意識向上の教育

付図1 事故発生経過概略図



付図2 復原てこ、復原力曲線のイメージ



G: 重心 B: 浮心 θ : 傾斜角(rad) W: 重力(船の重さ=排水量) (t)
 M: メタセンタ(直立時と傾斜時の浮力の作用線の交点)
 GZ: 偶力のテコ, 復原挺(てこ)(m)
 S: 船の傾斜時の重力と浮力とが形作る偶力(tm)
 $S = W \cdot GZ$ (S値大=復原性強)

GZは、船の傾斜角 θ の関数であって、その変化の状態を表わしたGZ- θ 曲線は復原力曲線といって、復原力の判定にはなくてはならない重要な曲線である。
 GZは、傾斜が増すにつれてしだいに大きくなり、やがて最大値に達したのち、しだいに減って0になる。

「航海造船学 二訂版 海文堂 野原 威男 原著 庄司 邦昭 著」より抜粋

漁船沈没事故（2018 東 7）に係る 解析調査報告書

平成 30 年 12 月

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所

目次

1. はじめに	1
1. 1 解析調査の目的	1
1. 2 解析調査の概要	1
2. 満載漁場発状態の復原性の検討	2
2. 1 復原性資料との比較	2
2. 1. 1 満載漁場発状態の船体の重量重心計算	2
2. 1. 2 満載漁場発状態の船体の復原力計算	3
2. 2 出会い波周期の推定による打込み水の滞留状況の検討	5
2. 3 まとめ	5
3. 大傾斜の要因の検討	6
3. 1 ICE CONVERTER ROOM (砕氷機室) 浸水状況の検討	6
3. 1. 1 ICE CON. R. 浸水状態の想定	6
3. 1. 2 ICE CON. R. 浸水状態における復原力計算	6
3. 2 大傾斜の直接要因の検討	8
3. 2. 1 もっこ等の移動および風による傾斜モーメント	8
3. 2. 2 作業甲板上の滞留水による傾斜モーメント	9
3. 2. 3 復原力と傾斜モーメントの比較	10
3. 3 まとめ	10
4. 転覆・沈没の直接原因の検討	11
4. 1 甲板上の滞留水によるブルワーク上端の没水状況の検討	11
4. 1. 1 任意量の滞留水による傾斜モーメント	11
4. 1. 2 ICE CON. R. の浸水がない場合の滞留水による傾斜モーメント	17
4. 1. 3 滞留水による傾斜モーメントまとめ	21
4. 2 右舷側冷海水槽の浸水を想定した転覆・沈没状況の検討	21
4. 3 まとめ	22
5. 解析調査結果まとめ	24
付録1 満載漁場発航行状態での初期復原力の低下の検討	25

1. はじめに

1. 1 解析調査の目的

本調査は運輸安全委員会からの委託により、平成 30 年 5 月 8 日、鹿児島県甬島列島西方沖で発生した漁船沈没事故調査に資するため、海水の暴露甲板上への滞留や船内区画へ侵入等による復原性能への影響を調査し、事故発生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

具体的な解析事項は以下の通りである。

(1) 満載漁場発状態の復原性の検討 (第 2 章)

(2) 大傾斜の要因の検討 (第 3 章)

(3) 転覆・沈没の直接原因の検討 (第 4 章)

なお、上記の解析に必要な詳細データに関しては、調査官から提供を受けた。

2. 満載漁場発状態の復原性の検討

2. 1 復原性資料との比較

乗組員の口述に基づき事故当時の船体状態および復原性能を算定し、復原性資料と比較した。

2. 1. 1 満載漁場発状態の船体の重量重心計算

満載漁場発状態として、調査官から提供された乗組員の口述に基づく平成 30 年 5 月 8 日午前 6 時 30 分時点の状態（以下、「5/8 06:30」と記載）の重量重心計算表を表 2-1 に示す。また、海水の打込みおよび船体の大傾斜が発生する直前の状態として平成 30 年 5 月 8 日午後 9 時 0 分時点の状態（以下、「5/8 21:00」と記載）の重量重心計算表を表 2-2 に示す。また、表 2-1 および表 2-2 に示した重量重心計算表から、重量重心計算結果として排水量 W, 重量重心位置 mid-G および KG, 液体貨物の自由表面影響による見かけ重心の上昇量 GG₀ をまとめて表 2-3 に示す。また、表 2-3 中には比較のため、復原性資料の重量重心計算結果も併せて示している。なお、mid-G は船体中央部より船尾側を正とした。

表 2-1 満載漁場発状態（5/8 06:30 の状態）の重量重心計算表

項目	重量 (t)	mid-G (m)	モーメント (t・m)	KG (m)	モーメント (t・m)	I × ρ (t・m)
乗組員所持品	1.50	22.59	33.88	6.43	9.64	
食料	0.24	28.33	6.80	5.67	1.36	
清水	42.00	(0.08)	(3.55)	3.35	140.63	9.94
燃料油	102.34	1.59	163.14	2.20	224.65	112.16
潤滑油	3.39	16.05	54.47	0.72	2.45	1.93
作動油タンク	4.91	13.19	64.78	1.89	9.26	
小出油タンク	2.93	20.43	59.77	5.40	15.81	0.02
倉庫品	2.00	(13.59)	(27.18)	6.03	12.06	
砕氷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
漁獲物	499.81	1.41	702.40	2.71	1352.98	46.72
冷水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
B.S. 後部甲板上凹部	2.40	(14.27)	(34.26)	4.51	10.83	
BOSUN STORE	1.13	(22.94)	(26.00)	4.92	5.58	
アンカー	2.65	(22.34)	(59.21)	7.90	20.94	
載荷物合計	665.30	1.41	935.03	2.71	1806.18	
軽荷状態	649.13	5.62	3648.11	3.58	2323.89	
計	1314.43	3.49	4583.14	3.14	4130.06	170.77

表 2-2 大傾斜直前状態 (5/8 21:00 の状態) の重量重心計算表

項目	重量 (t)	mid-G (m)	モーメント (t・m)	KG (m)	モーメント (t・m)	$I \times \rho$ (t・m)
乗組員所持品	1.50	22.59	33.88	6.43	9.64	
食料	0.24	28.33	6.80	5.67	1.36	
清水	30.00	9.76	292.73	3.59	107.75	13.06
燃料油	82.56	1.08	88.91	2.45	202.05	77.44
潤滑油	3.39	16.05	54.47	0.72	2.45	1.93
作動油タンク	4.91	13.19	64.78	1.89	9.26	
小出油タンク	2.93	20.43	59.77	5.40	15.81	0.02
倉庫品	2.00	(13.59)	(27.18)	6.03	12.06	
砕水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
漁獲物	499.81	1.41	702.40	2.71	1352.98	46.72
冷水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
B.S. 後部甲板上凹部	2.40	(14.27)	(34.26)	4.51	10.83	
BOSUN STORE	1.13	(22.94)	(26.00)	4.92	5.58	
アンカー	2.65	(22.34)	(59.21)	7.90	20.94	
載荷物合計	633.52	1.83	1157.08	2.76	1750.70	
軽荷状態	649.13	5.62	3648.11	3.58	2323.89	
計	1282.65	3.746	4805.19	3.177	4074.58	139.17

表 2-3 満載漁場発状態の重量重心計算結果

状態	W (t)	mid-G (m)	KG (m)	GG ₀ (m)
復原性資料	1223.92	4.03	3.17	0.05
5/8 06:30	1314.43	3.49	3.14	0.13
5/8 21:00	1282.65	3.75	3.18	0.11

2. 1. 2 満載漁場発状態の船体の復原力計算

表 2-3 に示した状態について当所が所有するトリムフリーの計算プログラムを用いて復原力計算を行った。計算結果を表 2-4、表 2-5、図 2-1 に示す。ここで、表 2-5 中の G_0M は見かけ重心の上昇量を考慮したメタセンタ高さ、 G_0Z_{max} は見かけ重心の上昇量を考慮した復原てこ G_0Z の最大値、 ϕ_{max} は G_0Z_{max} を生じる傾斜角 ϕ である。

表 2-4 喫水 (da : 船尾, df : 船首, dm₁ : 船の長さの中央位置)

状態	da (m)	df (m)	dm ₁ (m)
復原性資料	4.25	3.47	3.88
5/8 06:30	4.26	4.10	4.18
5/8 21:00	4.28	3.89	4.10

表 2-5 メタセンタ高さ (G_0M), 復原てこの最大値 (G_0Z_{max}) 等

状態	G_0M (m)	G_0Z_{max} (m)	ϕ_{max} (deg.)
復原性資料	1.18	0.33	40
5/8 06:30	1.15	0.24	39
5/8 21:00	1.13	0.25	38

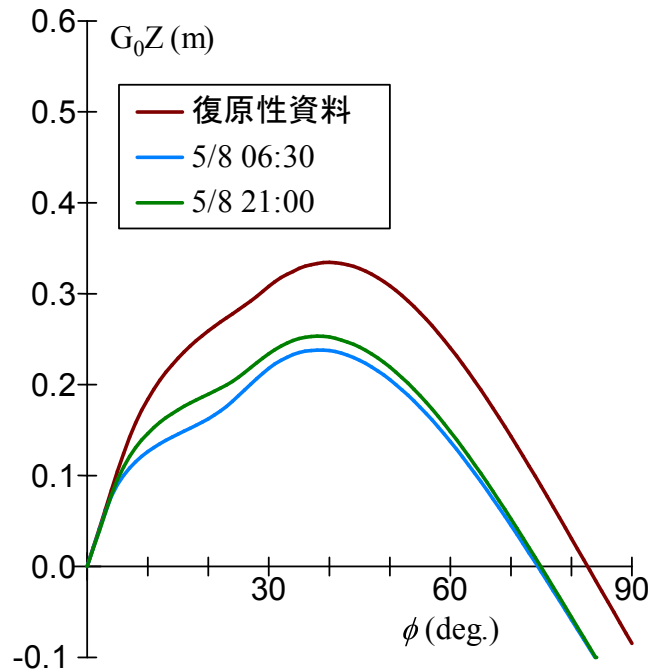


図 2-1 満載漁場発状態の G_0Z 曲線の比較

これらの図表から、復原性資料において想定される満載漁場発状態の船体は船尾トリム 0.78m, 船の中央の喫水が 3.88m であるが、事故当時の満載漁場発状態の喫水は 5/8 06:30 の状態から船尾トリム 0.16m, 船の中央の喫水は 4.18m である。この状態から 14 時間 30 分航行した後の 5/8 21:00 の状態は、F.P.T.に積載していた清水の排水および燃料の消費による重量重心位置の変化によって、船尾トリム 0.39m, 船の中央の喫水は 4.10m と推定される。また、復原性資料に対して、5/8 06:30 状態の G_0M は 0.03m, G_0Z_{max} は 0.09m 小さく、5/8 21:00 状態の G_0M は 0.05m, G_0Z_{max} は 0.08m 小さいため、建造時に想定された満載漁場発状態に比べて事故当時の復原性が低下していることが分かる。

2. 2 出会い波周期の推定による打込み水の滞留状況の検討

現場海域および本船のデータから出会い波周期を推定し、口述に基づく打込み水の排水時間と比較することで、海水の上甲板上への滞留状況を検討した。表 2-6 に気象庁により推定された現場海域の波向、波高、周期および本船の針路、船速の乗組員による観測値を示す。

表 2-6 現場海域の波向、波高、周期（気象庁推定値）および本船の針路、船速（乗組員観測値）

波向	真北から33.75deg.
波高	2.5m
周期	6.0sec.
針路	45deg.
船速	10knot

表 2-6 に示した現場海域および本船のデータから出会い波周期を推定した結果、4.2sec.となる。

2. 3 まとめ

復原性資料に比べて事故当時の満載漁場発状態である 5/8 06:30 の時点の GoM は 0.03m, GoZ_{max} は 0.09m 小さく、その状態から F.P.T.の清水の排水と燃料消費を考慮した 5/8 21:00 の状態においても復原性資料に比べて GoM は 0.05m, GoZ_{max} は 0.08m 小さい。そのため、復原性資料の状態に比べて事故当時は復原性が低下した状態であったと考えられる。

3. 大傾斜の要因の検討

3. 1 ICE CONVERTER ROOM (砕氷機室) 浸水状況の検討

本船の大傾斜の要因として、口述から ICE CONVERTER ROOM (砕氷機室) (以下「ICE CON. R.」という。)のハッチが外れていたとのことであるため、5/8 21:00 の状態に ICE CON. R.の浸水を想定し、浸水による重量重心位置および喫水の変化と ICE CON. R.に流入した海水の自由表面影響による復原性の低下を検討した。

3. 1. 1 ICE CON. R.浸水状態の想定

ICE CON. R.の浸水量を「天井高さの1/2 だけ浸水」または「天井高さまで浸水」と想定した。それぞれの浸水量および自由表面影響として算入した範囲を表 3-1 に示す。なお、ICE CON. R.の「天井高さ」とは、ICE CON. R.の倉内底部から上甲板面までの高さを表す。また、表 3-1 中には想定状態毎に流入する海水の重量 w と、自由表面の断面二次モーメント i を併せて示しており、表 3-1 中の自由表面影響として算入した範囲を図 3-1 に図示する。ICE CON. R.の浸水が発生する直前の状態は「5/8 21:00」状態であるため、それぞれの浸水量に対応する想定状態を「5/8 21:00 + ICE CON. R.1/2 浸水」、「5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水」と設定する。

表 3-1 ICE CON. R.の浸水量と自由表面の想定

ICE CON. R.浸水量		自由表面	
浸水状態	w (t)	範囲	i (m ⁴)
天井高さの1/2だけ浸水 (5/8 21:00+ICE CON. R.1/2浸水)	32.50	全面	62.15
天井高さまで浸水 (5/8 21:00+ICE CON. R.浸水)	65.00	ハッチ部分	2.39

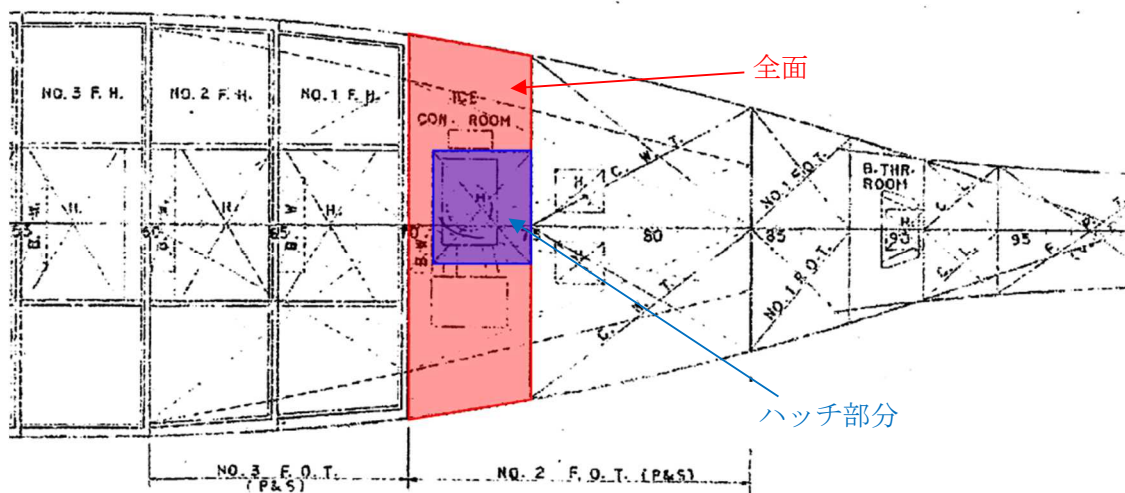


図 3-1 ICE CON. R.の自由表面影響として算入した範囲

3. 1. 2 ICE CON. R.浸水状態における復原力計算

作業甲板上に打込んだ海水が ICE CON. R.にのみ流入し、その他の打込み水は上甲板上を通じて放水口から排水されると想定し、作業甲板および上甲板上に滞留水は存在しないものとして「5/8 21:00 + ICE CON. R.1/2 浸水」状態、「5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水」状態それぞれにつ

いて重量重心計算を実施した。結果を表 3-2 に示す。ただし、 GG_0 の算定に用いた自由表面影響は ICE CON. R. 浸水面のみならず、燃料・清水等の自由表面影響も算入している。また、表 3-2 に示した状態について当所が所有するトリムフリーの計算プログラムを用いて復原力計算を行った。計算結果を表 3-3、表 3-4、図 3-2 に示す。

表 3-2 ICE CON. R. 浸水状態の重量重心位置計算結果

状態	W (t)	mid-G (m)	KG (m)	GG_0 (m)
5/8 21:00	1282.65	3.75	3.18	0.11
5/8 21:00+ICE CON. R.1/2 浸水	1315.15	3.37	3.16	0.15
5/8 21:00+ICE CON. R. 浸水	1347.65	3.01	3.19	0.11

表 3-3 喫水 (da : 船尾, df : 船首) およびトリム量 tr

状態	da (m)	df (m)	tr
5/8 21:00	4.28	3.89	船尾トリム0.39m
5/8 21:00+ICE CON. R.1/2 浸水	4.22	4.16	船尾トリム0.05m
5/8 21:00+ICE CON. R. 浸水	4.14	4.46	船首トリム0.32m

表 3-4 メタセンタ高さ (G_0M), 復原てこの最大値 (G_0Z_{max}) 等

状態	G_0M (m)	G_0Z_{max} (m)	ϕ_{max} (deg.)
5/8 21:00	1.13	0.25	38
5/8 21:00+ICE CON. R.1/2 浸水	1.11	0.21	38
5/8 21:00+ICE CON. R. 浸水	1.14	0.19	37

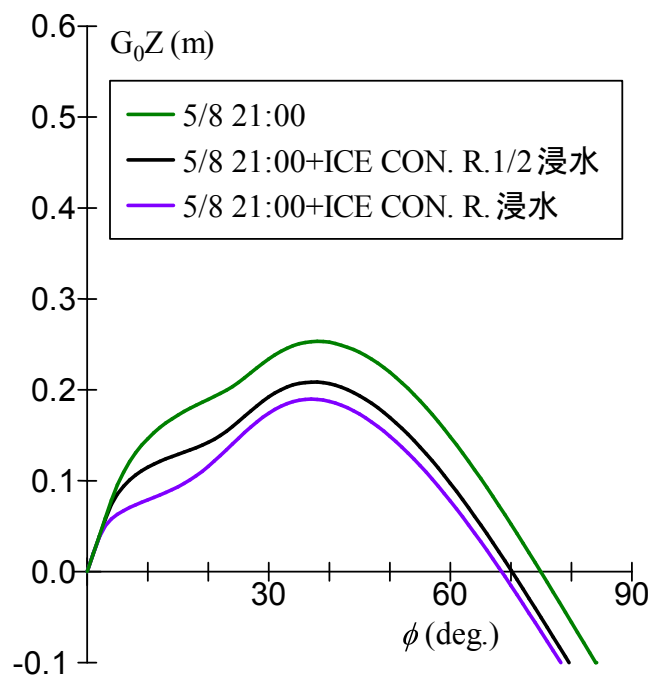


図 3-2 ICE CON. R. 浸水状態による G_0Z 曲線

これらの図表から ICE CON. R.の天井高さまで浸水した状況における G_0Z が最も小さいことが分かり、このような浸水状況が大傾斜の要因になったと考えられる。以上のような満載漁場発状態から ICE CON. R.の浸水までの船体の復原てこ G_0Z を比較して図 3-3 に示す。

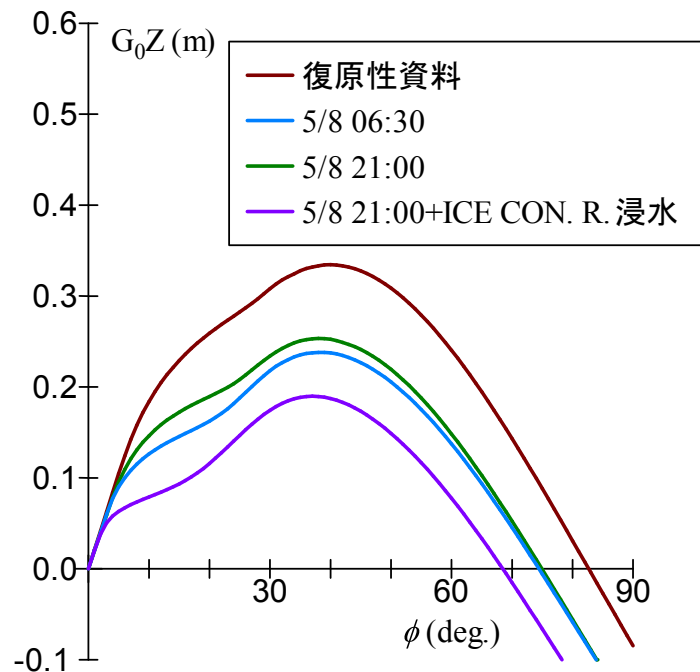


図 3-3 G_0Z 曲線の比較

図 3-3 より復原性資料に比べて事故当時のタンクコンディションは 5/8 06:30 と 5/8 21:00 のいずれも復原性が低下した状態であることが分かる。また、5/8 21:00 の状態に加えて ICE CON. R. が浸水することで復原性が更に低下することが分かる。

3. 2 大傾斜の直接要因の検討

ICE CON. R.の浸水によって船首トリム状態となった船体が右舷側に傾斜する要因を以下のように検討した。

- ① もっこ等の移動および風による傾斜モーメント
- ② 上甲板上の滞留水による傾斜モーメント

船体に復原力と傾斜モーメントのみが作用する場合、復原力と傾斜モーメントが等しくなる傾斜角まで船体は横傾斜する。このような傾斜角を「定傾斜角」と呼び、復原力に比べて傾斜モーメントが大きいほど船体は大傾斜することとなる。そこで、①および②の傾斜モーメントを推定し、復原力と比較することで大傾斜の直接要因を検討した。

3. 2. 1 もっこ等の移動および風による傾斜モーメント

BOSUN STORE 後部甲板上凹部の船体中心線上に配置した氷もっこおよびあぜ網が右舷端まで B/2 だけ移動することによる傾斜モーメントを求めた。また、口述によると事故発生時には左舷側から波を受けるように停船した状態であり、風速は約 12 m/sec.であったとのことである。そこで、事故発生時に停船状態で左舷正横から風を受けたとして本船に作用した風による傾斜モーメントを推定した。表 3-5 に結果を示す。

表 3-5 もっこ等の移動および風による傾斜モーメント

項目	傾斜モーメント (t・m)
もっこ等の移動	10.8cosφ
風	9.98

3. 2. 2 作業甲板上の滞留水による傾斜モーメント

滞留水が発生する直前の状態として、第 3.1 節に示した 5/8 21:00 のタンクコンディションに ICE CON. R.の天井高さまで浸水があり船首トリムとなっている状態（「5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水」状態）を想定すると、作業甲板上に打込んだ海水は構造上 Fr.80 より船首側に滞留することとなる。作業甲板上の滞留範囲を Fr.80 より船首側、上甲板上の滞留範囲を滞留水面高さが放水口縁以下となるように設定し、作業甲板上および上甲板上の滞留水面がそれぞれ静水面と平行となるような滞留水量を推定した。また、作業甲板上の滞留水は船体の復原力を低下させる自由表面影響として取り扱い、上甲板上の滞留水について船体の傾斜に伴う重量重心の移動から傾斜モーメントを求めた。傾斜角 0deg.における滞留範囲を図 3-4 に示し、滞留範囲および滞留水量を表 3-6 に示す。なお、作業甲板上の滞留水について、表 3-6 に示す滞留範囲の後端位置で滞留水の水深が 0m となり、前端位置で滞留水の水深は最大となる。また、Fr.80 より船首側の上甲板上面の勾配を考慮するため、上甲板上の滞留水については表 3-6 に示す滞留範囲の前後端位置で滞留水の水深が 0m となる。

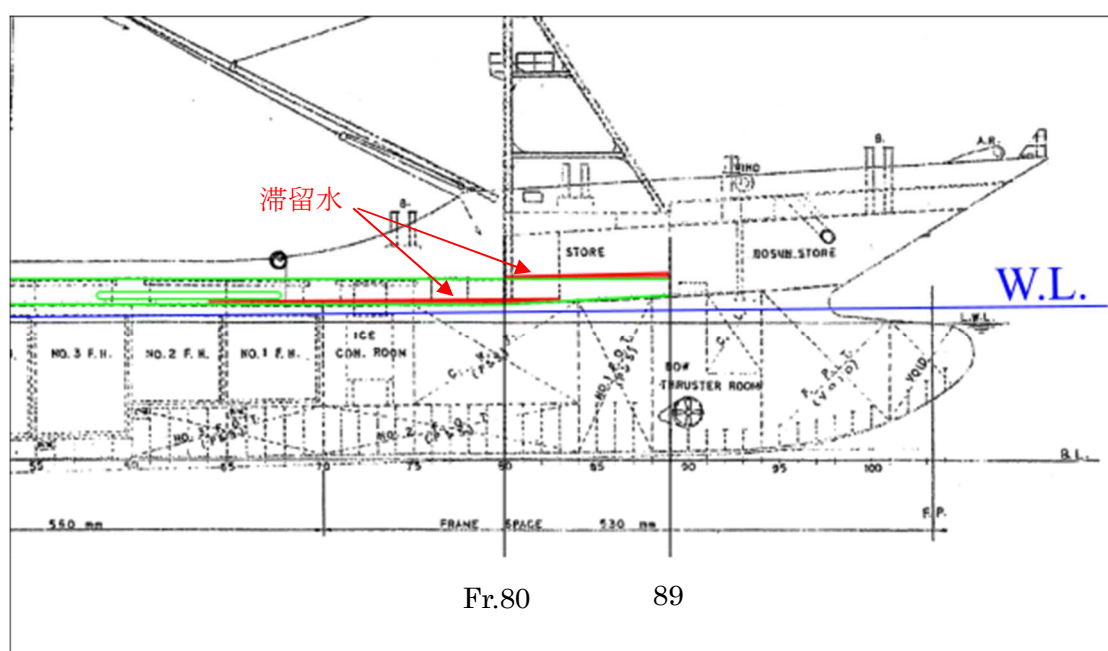


図 3-4 傾斜角 0deg.における滞留範囲

表 3-6 作業甲板および上甲板上の滞留範囲と滞留水量

作業甲板		上甲板	
滞留範囲	Fr. 80~89	滞留範囲	Fr. 64~83
滞留水量 (t)	0.84	滞留水量 (t)	1.80

3. 2. 3 復原力と傾斜モーメントの比較

5/8 21:00 + ICE CON. R. 浸水の状態の復原力からもっこ等の移動および風による傾斜モーメントを差し引き、さらに作業甲板上の滞留水による自由表面影響を算入したものと、上甲板上の滞留水による傾斜モーメントを比較した結果を図 3-5 に示す。なお、ブルワーク上端の最も低い位置で最も船首側に位置する Fr.65 位置のブルワーク上端が没水する傾斜角 $\phi_{Fr.65}$ より大きい傾斜角については傾斜モーメントを点線で示している。

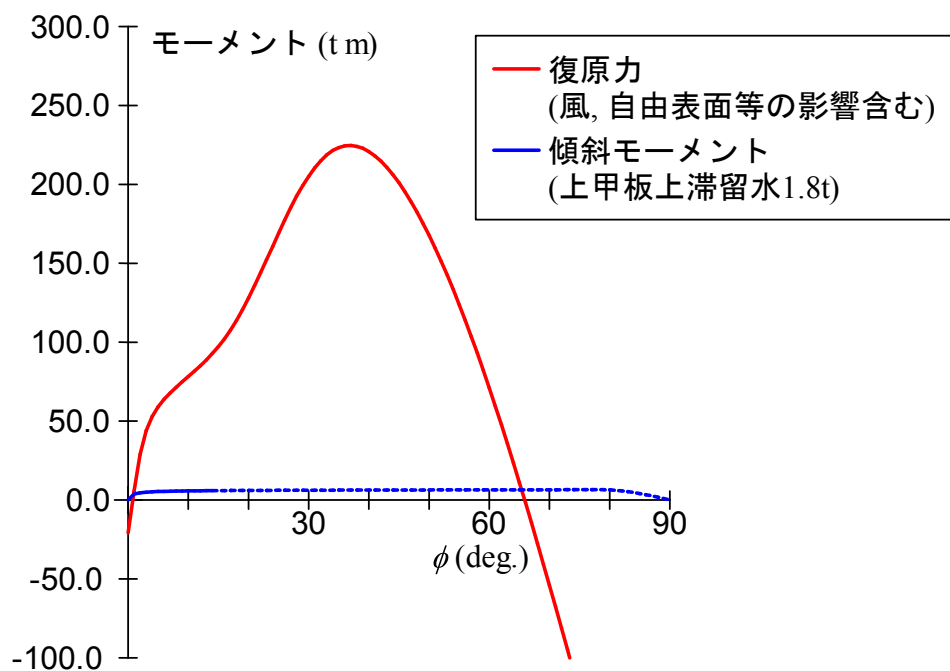


図 3-5 復原力と傾斜モーメントの比較

図 3-5 において定傾斜角は 0.9deg.である。また、ブルワーク上端の最も低い位置で最も船首側に位置する Fr.65 位置のブルワーク上端が没水する傾斜角 $\phi_{Fr.65}$ は 14.6deg.である。 $\phi_{Fr.65}$ における復原力が傾斜モーメントより大きいため、表 3-6 のように設定した上甲板上の滞留水の傾斜モーメントによる大傾斜は発生しないことが分かる。

3. 3 まとめ

5/8 21:00 の状態に ICE CON. R.の浸水を想定し、船体が大傾斜した要因について検討した。結果として、ICE CON. R.の天井高さまで浸水する状態を想定した場合喫水は船首トリムとなり、復原力も低下することが分かった。また、打込み水は放水口から円滑に排水されるものとして、5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水の状態に加えて作業甲板上および上甲板上に滞留水を想定し、上甲板上の滞留水の傾斜モーメントによる大傾斜の発生について検討した。しかしながら、定傾斜角が小さく、想定した滞留水によって大傾斜は発生しないことが分かった。そのため、海水が連続して船体に打込む状態で、打込み水は作業甲板上から上甲板へ直ちに流れ落ちるが、放水口からの排水が間に合っていない状況を想定し、上甲板上に滞留した打込み水による傾斜モーメントと復原力を比較することで大傾斜を引き起こす要因について検討する必要があることが分かった。そこで、大傾斜後の転覆・沈没状況も想定するために、上甲板上の滞留水による大傾斜の状況と Fr.65 位置のブルワーク上端が没水する傾斜角について併せて検討することとした (第 4 章)。

4. 転覆・沈没の直接原因の検討

4. 1 甲板上の滞留水によるブルワーク上端の没水状況の検討

右舷船首側のブルワーク上端が没水し、船首側の作業甲板上に打込み水が滞留している状況に関する口述から、上甲板上面と作業甲板の間に打込み水が滞留していたと考えられる。そこで、5/8 21:00 + ICE CON. R. 浸水の状態にさらに上甲板上に流入した打込み水の放水口からの排水が間に合っていない状況を想定した。ただし、海水の打込みおよび排水の状況については不明であるため、滞留水の取り扱い方針を以下のように設定した。

- 放水口からの排水および放水口没水時の逆流は考慮しない
- 追加の打込みによる滞留水量の増加は考慮しない
- 傾斜角の増加に伴うブルワーク上端からの流出は考慮

また、作業甲板上に流入した打込み水は作業甲板面のグレーチングを通じて直ちに上甲板上へ流れ落ちることを想定するが、Fr.80 ~ 89 位置の開口部については構造上打込み水が作業甲板上に滞留するため、この範囲は滞留水が存在するものとした。上甲板上の滞留水による傾斜モーメントと、作業甲板上の滞留水の自由表面影響による復原力の低下を考慮して復原力と傾斜モーメントの比較を行い、Fr.65 位置のブルワーク上端が没水する状況（口述）について検討した。図4-1 に上甲板上および作業甲板上の滞留範囲の模式図を示す。

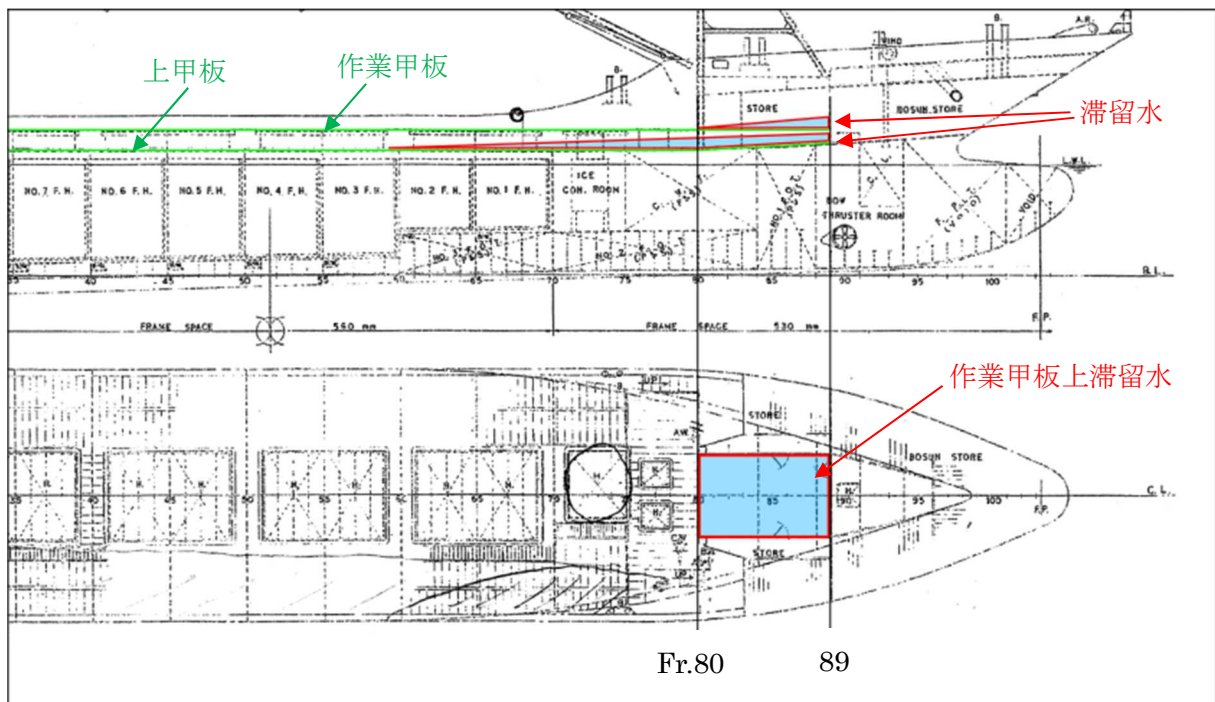


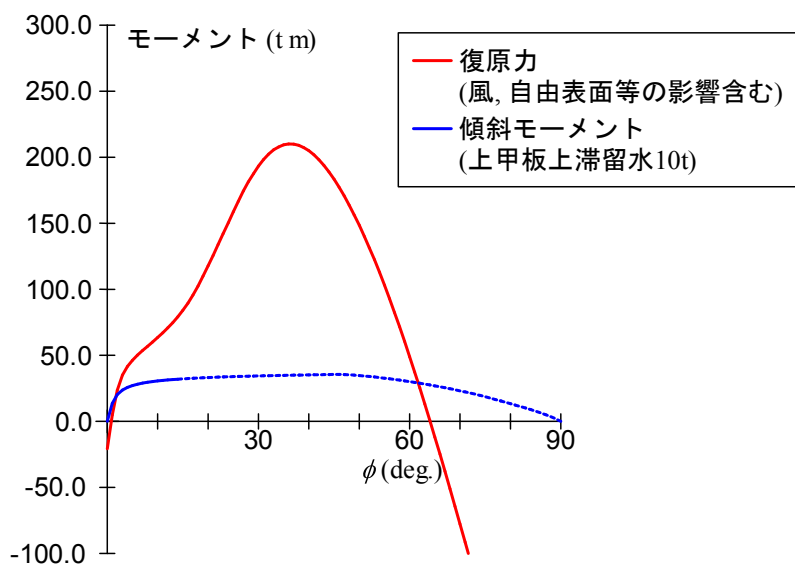
図 4-1 上甲板上および作業甲板上の滞留範囲模式図

4. 1. 1 任意量の滞留水による傾斜モーメント

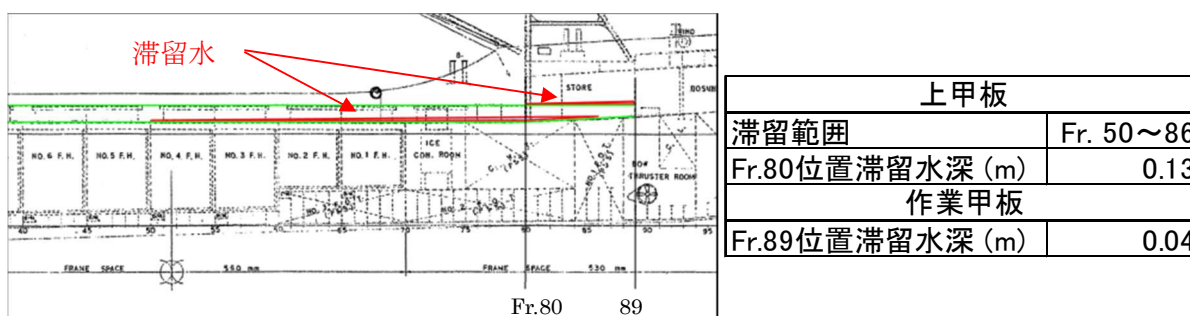
5/8 21:00 + ICE CON. R. 浸水の状態における排水量 1347.65t の約 2%が上限となるように上甲板上の滞留水量を 10t ~ 30t と想定し、これらの滞留水が発生する傾斜モーメントと船体の復原力を比較した。なお、構造上 Fr.80 ~ 89 位置の開口部の作業甲板上は打込み水が滞留するため、作業甲板上の滞留水量は Fr.80 位置の滞留水深を 0m として滞留水面が静水面と平行になるように決定した。また、上甲板上の滞留水についても滞留水面が静水面と平行になるように重量重心位置を算定した。以下に上甲板上の滞留水量を 10t, 21t, 30t と想定した場合の結果を示す。

(1) 上甲板上的滞留水量 10t の場合

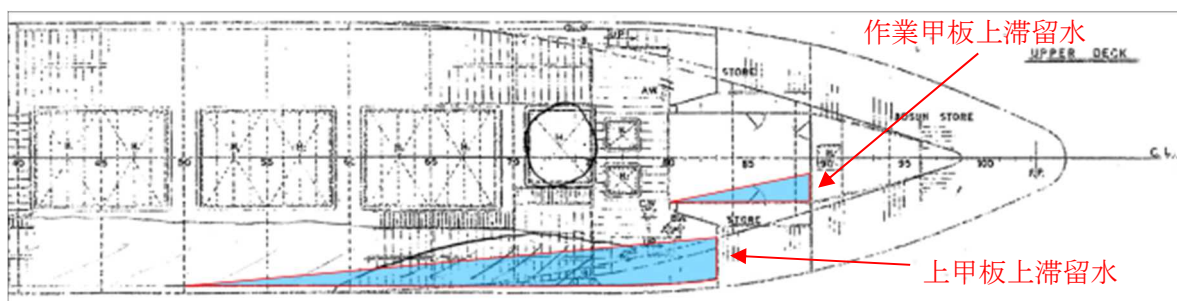
上甲板上的滞留水量を 10t と想定した場合の復原力と傾斜モーメントの比較結果を図 4-2 および表 4-1 に示す。なお、図 4-2 に示す復原力は船体の復原力から燃料・清水等の自由表面影響やもっこ等の移動および風の傾斜モーメント、作業甲板上的滞留水による自由表面影響を差し引いたものである。



(a) 復原力と傾斜モーメントの比較



(b) $\phi = 0\text{deg.}$ における上甲板および作業甲板上的滞留範囲模式図



(c) $\phi_{Fr.65} = 14.2\text{deg.}$ における上甲板および作業甲板上的滞留範囲模式図

図 4-2 復原力と傾斜モーメントの比較および滞留範囲模式図 (上甲板上的滞留水 10t)

表 4-1 復原力と傾斜モーメントの比較結果（上甲板上滞留水量 10t）

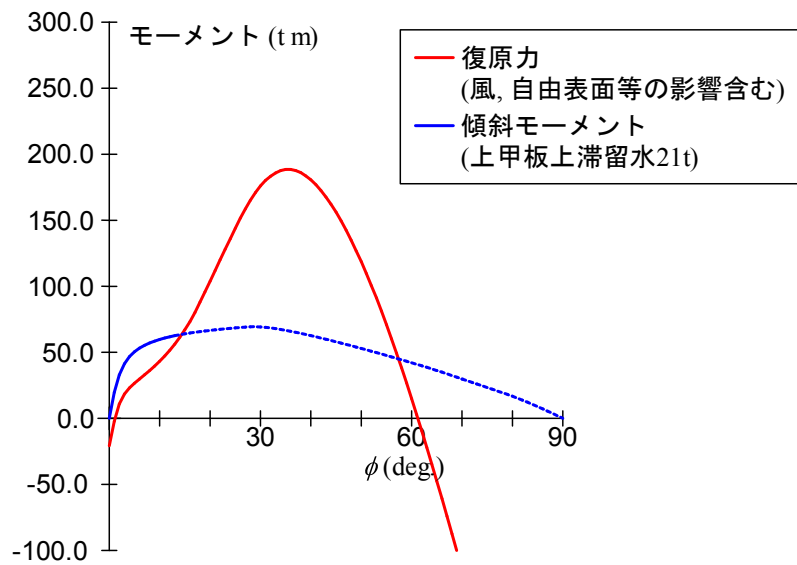
項目	
W (t)	1357.92
作業甲板上滞留水量 (t)	0.27
上甲板上滞留水量 (t)	10.00
G ₀ M (m)	1.12
定傾斜角 (deg.)	1.3
$\phi_{Fr.65}$ (deg.)	14.2
$\phi_{Fr.65}$ における復原力 (t m)	80.12
$\phi_{Fr.65}$ における傾斜モーメント (t m)	32.03

これらの図表から、定傾斜角が小さいため上甲板上の滞留水の傾斜モーメントによる大傾斜は生じず、 $\phi_{Fr.65}$ における復原力が傾斜モーメントより大きいため、Fr.65 位置のブルワーク上端が没水する状況に至らないと考えられる。また、5/8 21:00 の状態における G₀M は 1.13m であり、滞留水量を 10t 想定した場合 G₀M の変化は小さいことが分かる。

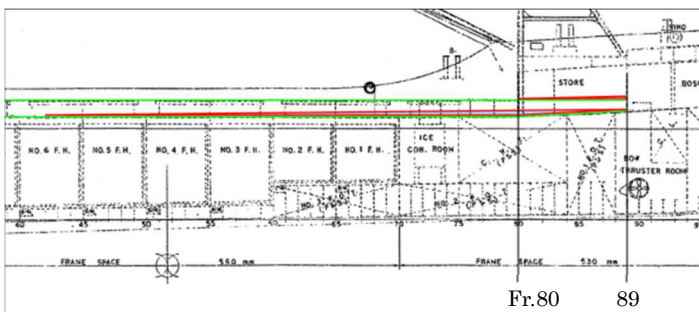
。

(2) 上甲板上の滞留水量 21t の場合

上甲板上の滞留水量を 21t と想定した場合の復原力と傾斜モーメントの比較結果を図 4-3 および表 4-2 に示す。

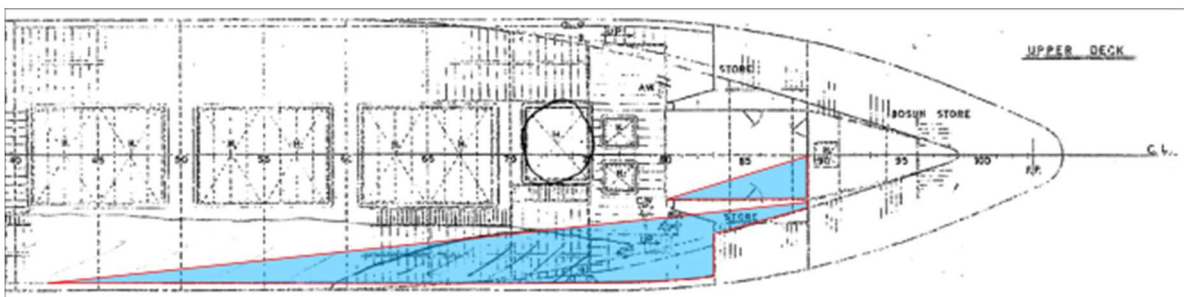


(a) 復原力と傾斜モーメントの比較



上甲板	
滞留範囲	Fr. 42~89
Fr.80位置滞留水深 (m)	0.21
作業甲板	
Fr.89位置滞留水深 (m)	0.04

(b) $\phi = 0\text{deg.}$ における上甲板および作業甲板上の滞留範囲模式図



(c) $\phi_{\text{Fr.65}} = 13.5\text{deg.}$ における上甲板および作業甲板上の滞留範囲模式図

図 4-3 復原力と傾斜モーメントの比較および滞留範囲模式図 (上甲板上滞留水 21t)

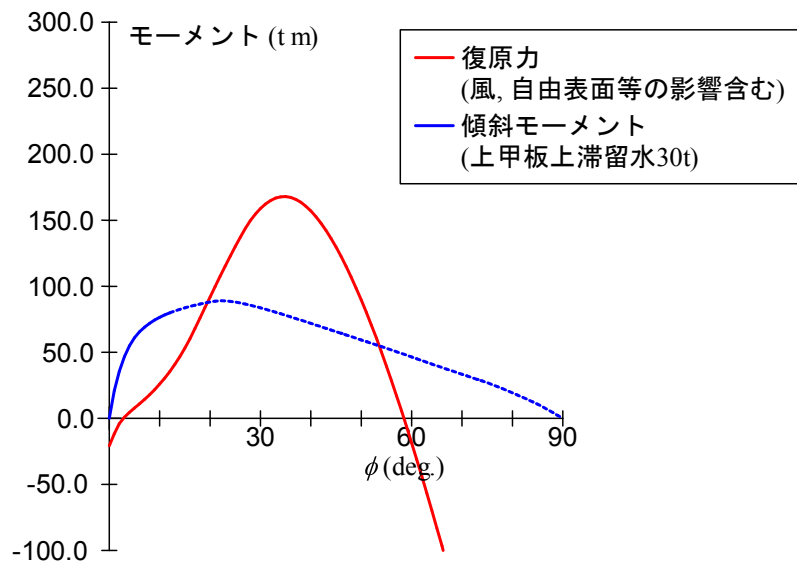
表 4-2 復原力と傾斜モーメントの比較結果 (上甲板上滞留水量 21t)

項目	
W (t)	1368.98
作業甲板上滞留水量 (t)	0.33
上甲板上滞留水量 (t)	21.00
G ₀ M (m)	0.92
定傾斜角 (deg.)	14.3
$\phi_{Fr.65}$ (deg.)	13.5
$\phi_{Fr.65}$ における復原力 (t m)	58.78
$\phi_{Fr.65}$ における傾斜モーメント (t m)	62.98

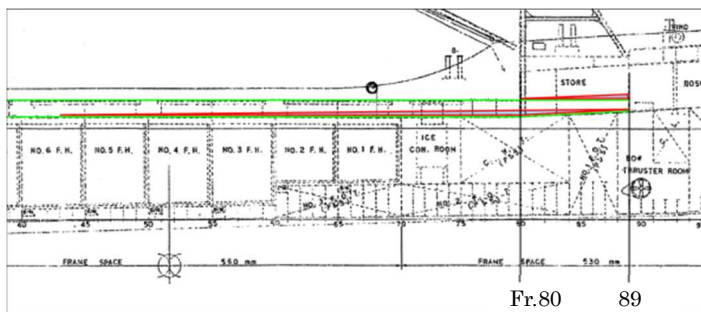
これらの図表から、定傾斜角が $\phi_{Fr.65}$ より大きく、 $\phi_{Fr.65}$ における復原力が傾斜モーメントより小さいため、定傾斜角 14.3deg.に至るまでの傾斜角の増加によって船体が 13.5deg.横傾斜した時点で Fr.65 位置のブルワーク上端が没水すると考えられる。また、5/8 21:00 の状態における G₀M は 1.13m であり、滞留水量を 21t 想定した場合は G₀M が 0.21m 低下することが分かる。

(3) 上甲板上的滞留水量 30t の場合

上甲板上的滞留水量を 30t と想定した場合の復原力と傾斜モーメントの比較結果を図 4-4 および表 4-3 に示す。

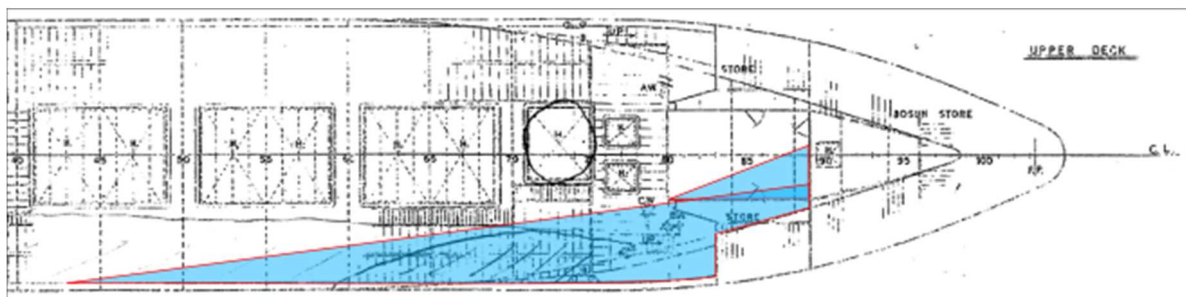


(a) 復原力と傾斜モーメントの比較



上甲板	
滞留範囲	Fr. 43~89
Fr.80位置滞留水深 (m)	0.30
作業甲板	
Fr.89位置滞留水深 (m)	0.07

(b) $\phi = 0\text{deg.}$ における上甲板および作業甲板上的滞留範囲模式図



(c) $\phi_{\text{Fr.65}} = 12.0\text{deg.}$ における上甲板および作業甲板上的滞留範囲模式図

図 4-4 復原力と傾斜モーメントの比較および滞留範囲模式図 (上甲板上的滞留水量 30t)

表 4-3 復原力と傾斜モーメントの比較結果（上甲板上滞留水量 30t）

項目	
W (t)	1378.16
作業甲板上滞留水量 (t)	0.50
上甲板上滞留水量 (t)	30.00
G ₀ M (m)	0.37
定傾斜角 (deg.)	19.4
$\phi_{Fr.65}$ (deg.)	12.0
$\phi_{Fr.65}$ における復原力 (t m)	35.41
$\phi_{Fr.65}$ における傾斜モーメント (t m)	79.94

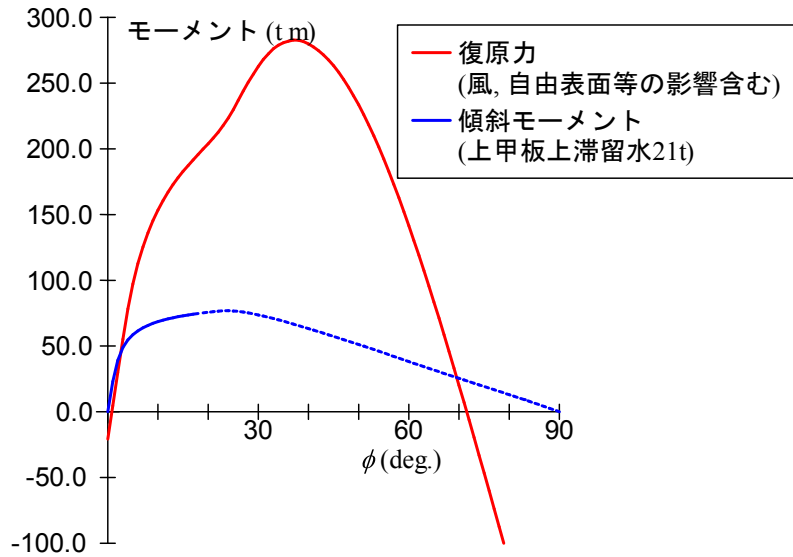
これらの図表から、定傾斜角が $\phi_{Fr.65}$ より大きく、 $\phi_{Fr.65}$ における復原力が傾斜モーメントより小さいため、定傾斜角 19.4deg.に至るまでの傾斜角の増加によって船体が 12.0deg.横傾斜した時点で Fr.65 位置のブルワーク上端が没水すると考えられる。また、5/8 21:00 の状態における G₀M は 1.13m であり、滞留水量を 30t 想定した場合は G₀M が 0.76m 低下して 0.37m となり、復原性が著しく低下することが分かる。

4. 1. 2 ICE CON. R.の浸水がない場合の滞留水による傾斜モーメント

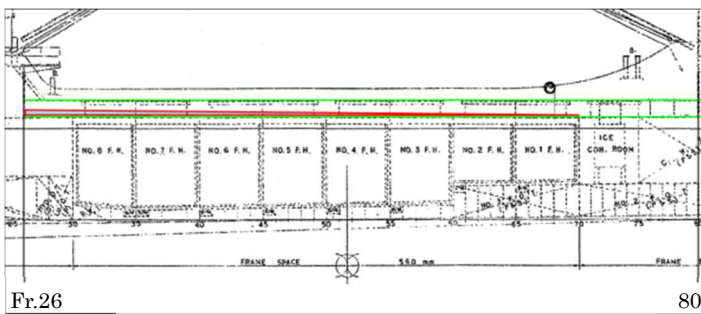
第 3 章に示した本船の大傾斜要因として考えられる ICE CON. R.の浸水がなく、船尾トリム状態で航行中(5/8 21:00 の状態)の本船に海水が打込み上甲板上船尾側に滞留する状態を想定し、この滞留水が発生する傾斜モーメントと船体の復原力を比較した。なお、上甲板上の滞留水量は第 4.1.1 節との比較のために 21t, 30t を想定した。

(1) 上甲板上の滞留水量 21t の場合

上甲板上の滞留水量を 21t と想定した場合の復原力と傾斜モーメントの比較結果を図 4-5 および表 4-4 に示す。

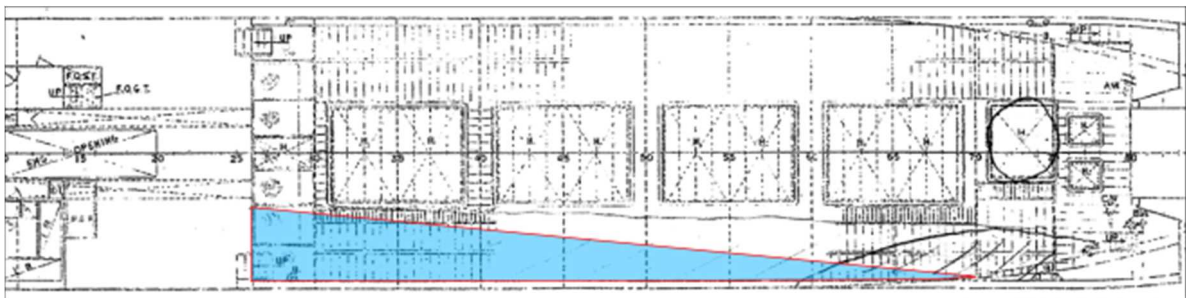


(a) 復原力と傾斜モーメントの比較



上甲板	
滞留範囲	Fr. 26~70
Fr.26位置滞留水深 (m)	0.18

(b) $\phi = 0\text{deg.}$ における上甲板および作業甲板上の滞留範囲模式図



(c) $\phi_{\text{Fr.65}} = 17.9\text{deg.}$ における上甲板および作業甲板上の滞留範囲模式図

図 4-5 復原力と傾斜モーメントの比較および滞留範囲模式図
(ICE CON. R.浸水なし, 上甲板滞留水量 21t)

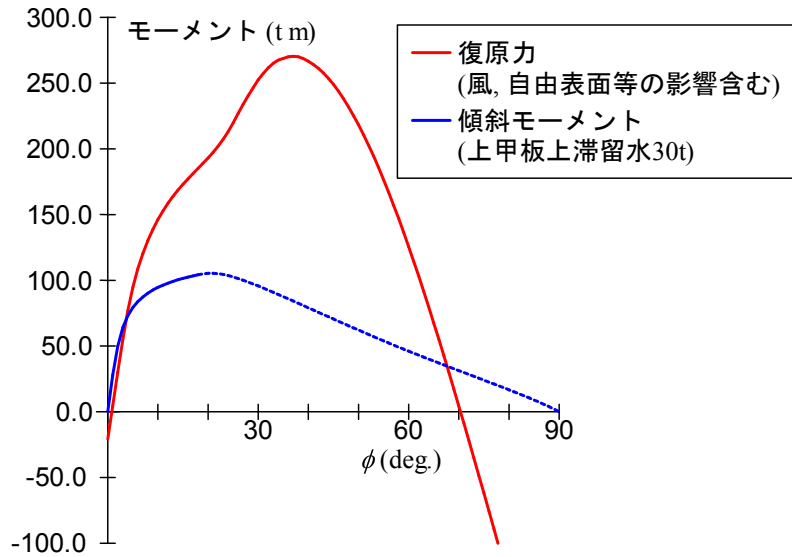
表 4-4 復原力と傾斜モーメントの比較結果 (ICE CON. R. 浸水なし, 上甲板上滞留水量 21t)

項目	
W (t)	1303.65
作業甲板上滞留水量 (t)	0.00
上甲板上滞留水量 (t)	21.00
G ₀ M (m)	1.11
定傾斜角 (deg.)	2.3
$\phi_{Fr.65}$ (deg.)	17.9
$\phi_{Fr.65}$ における復原力 (t m)	195.26
$\phi_{Fr.65}$ における傾斜モーメント (t m)	74.72

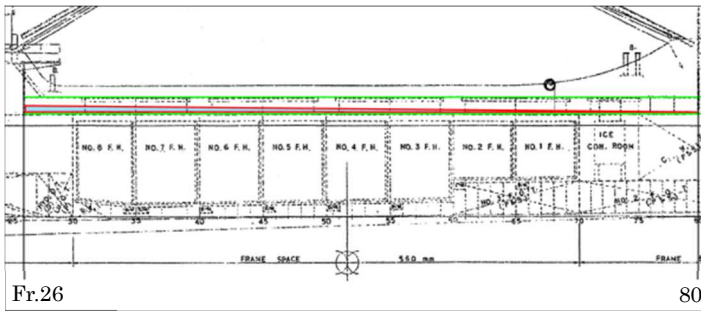
これらの図表から、定傾斜角が小さく(2.3deg.)、上甲板上の滞留水の傾斜モーメントによる大傾斜は生じないことが分かる。また、定傾斜角における静水面と Fr.26 位置上甲板上面の間には 2.8cm の余裕があるため放水口は没水せず、上甲板上の滞留水は放水口から円滑に排水されると考えられる。また、5/8 21:00 の状態から G₀M はほとんど変化がないことが分かる。

(2) 上甲板上の滞留水量 30t の場合

上甲板上の滞留水量を 30t と想定した場合の復原力と傾斜モーメントの比較結果を図 4-6 および表 4-5 に示す。



(a) 復原力と傾斜モーメントの比較



上甲板	
滞留範囲	Fr. 26~80
Fr.26位置滞留水深 (m)	0.21

(b) $\phi = 0\text{deg.}$ における上甲板および作業甲板上の滞留範囲模式図



(c) $\phi_{\text{Fr.65}} = 17.7\text{deg.}$ における上甲板および作業甲板上の滞留範囲模式図

図 4-6 復原力と傾斜モーメントの比較および滞留範囲模式図
(ICE CON. R.浸水なし, 上甲板滞留水量 30t)

表 4-5 復原力と傾斜モーメントの比較結果 (ICE CON. R.浸水なし, 上甲板上滞留水量 30t)

項目	
W (t)	1312.65
作業甲板上滞留水量 (t)	0.00
上甲板上滞留水量 (t)	30.00
G ₀ M (m)	1.11
定傾斜角 (deg.)	3.3
$\phi_{Fr.65}$ (deg.)	17.7
$\phi_{Fr.65}$ における復原力 (t m)	183.92
$\phi_{Fr.65}$ における傾斜モーメント (t m)	103.95

これらの図表から、上甲板上の滞留水量を 30t とした場合においても定傾斜角が小さく (3.3deg.)、上甲板上の滞留水の傾斜モーメントによる大傾斜は生じないことが分かる。また、定傾斜角において静水面は Fr.26 位置上甲板上面の 6.5cm 上方に位置するため放水口が一部没水すると考えられるが、定傾斜角以上の傾斜角において傾斜モーメントに比べて復原力が大きいため、ブルワーク上端の没水および転覆・沈没には至らないと考えられる。また、5/8 21:00 の状態から G₀M はほとんど変化がないことが分かる。

4. 1. 3 滞留水による傾斜モーメントまとめ

5/8 21:00 の状態に ICE CON. R. の浸水がある場合 (第 4.1.1 節) とない場合 (第 4.1.2 節) について、それぞれ上甲板上の滞留水を想定し、これらの滞留水が発生する傾斜モーメントと船体の復原力を比較した。結果として ICE CON. R. の浸水がない場合は、上甲板上に 30t の滞留水を想定 (第 4.1.2 節(2)) しても G₀M は 5/8 21:00 の状態からほとんど変化せず、復原力を保っていることが分かる。また、ICE CON. R. の浸水がある場合は、上甲板上に 21t の滞留水を想定 (第 4.1.1 節(2)) すると Fr.65 位置のブルワーク上端が没水する状況が想定されることが分かるが、上甲板上の滞留水量を 30t と想定 (第 4.1.1 節(3)) し、船体が定傾斜した状態においても残存復原力があるため、この状態では転覆・沈没状況には至らないと考えられる。そこで、第 4.1.1 節(2) に示した状態 (以下、「5/8 21:00 + ICE CON. R. 浸水 + 上甲板上 21t 滞留」と記載) で船体が右舷側に傾斜して Fr.65 位置のブルワーク上端が没水した後、最も浸水が発生しやすいと考えられる右舷側冷海水槽 (C.W.T.(S)) が浸水した状態 (以下、「5/8 21:00 + ICE CON. R. 浸水 + 上甲板上 21t 滞留+C.W.T.(S) 浸水」と記載) を想定する。この状態の船体の復原力と傾斜モーメントを比較することで Fr.65 位置のブルワーク上端が没水した後の転覆・沈没状況を検討した (第 4.2 節)。

4. 2 右舷側冷海水槽の浸水を想定した転覆・沈没状況の検討

「5/8 21:00 + ICE CON. R. 浸水 + 上甲板上 21t 滞留+C.W.T.(S) 浸水」状態の船体の復原力と傾斜モーメントを比較する。この状態で C.W.T.(S) に流入した海水は船体を右舷側に傾斜させるモーメントを発生することが想定され、また、第 4.1.1 節に示した ICE CON. R. に流入した海水と同様に、自由表面影響による復原力の低下を引き起こすと考えられる。C.W.T.(S) に流入した海水の重量 w 、自由表面の断面二次モーメント i 、見かけ重心の上昇量 GG_0 を表 4-6 に示す。また、第 4.1.1 節(2) の状態と、この状態に C.W.T.(S) に浸水がある状態を想定した復原力と傾斜モーメントの比較結果を並べて図 4-7 に示す。なお、図 4-7 右図の $\phi_{Fr.65} = 6.0 \text{ deg.}$ 以上の傾斜角については C.W.T.(S) に流入した海水による傾斜モーメントのみを青の実線で示している。

表 4-6 C.W.T.(S)に流入した海水の重量等

w (t)	26.61
i (m ⁴)	13.12
GG ₀ (m)	0.01

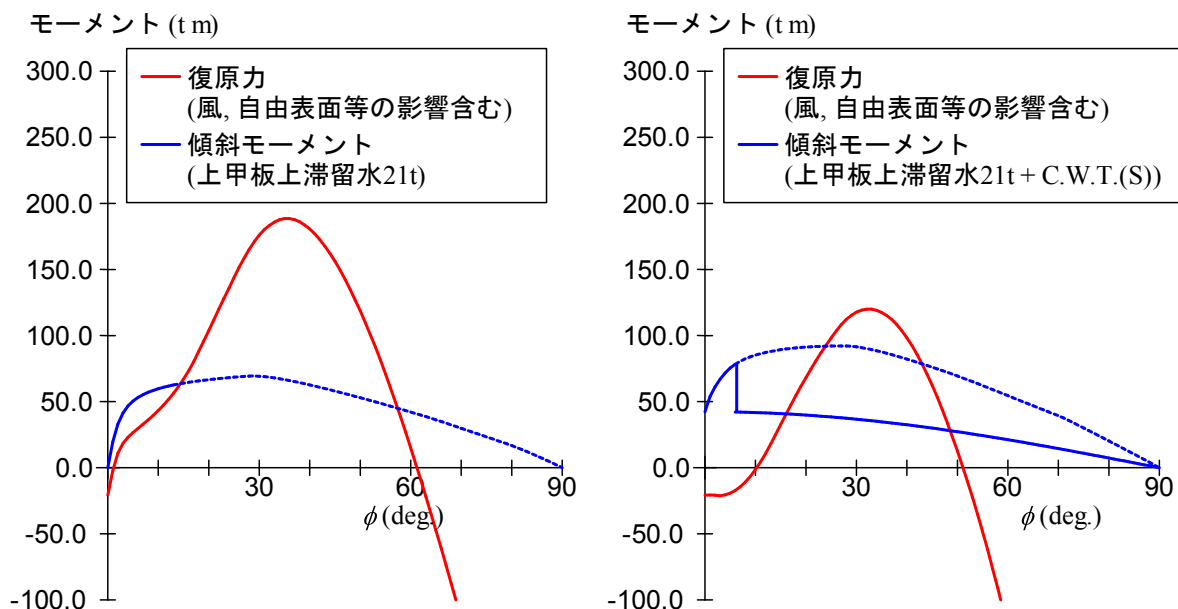


図 4-7 (左) 5/8 21:00 + ICE CON. R. 浸水 + 上甲板上 21t 滞留
 (右) 5/8 21:00 + ICE CON. R. 浸水 + 上甲板上 21t 滞留+C.W.T.(S) 浸水

図 4-7 (右)より C.W.T.(S)が浸水することで図 4-7 (左)の状態からさらに復原力が低下することが分かる。また、図 4-7 (右)の状態から船体動揺や波浪影響によって船体内部への浸水が進行し、本船は沈没に至ったものと考えられる。但し、浸水経路や浸水に伴う船体の姿勢変化といった沈没状況の詳細な経過は不明である。

4. 3 まとめ

5/8 21:00 の状態の上甲板上に打込み水が滞留する状態を種々想定し、滞留水が発生する傾斜モーメントと船体の復原力を比較することでブルワーク上端の最も低い位置が没水する状況を検討した。以下に結果をまとめて示す。

① ICE CON. R.の浸水がある場合

21t の滞留水を想定すると Fr.65 位置のブルワーク上端が没水する傾斜角 $\phi_{Fr.65}$ が定傾斜角より小さく、 $\phi_{Fr.65}$ における傾斜モーメントが復原力に比べて大きいため、Fr.65 位置ブルワーク上端が没水すると考えられる。

② ICE CON. R.の浸水がない場合

喫水は船尾トリム状態であり、21t の滞留水を想定した場合復原力と傾斜モーメントがつりあう位置で船体が定傾斜した状態においても静水面と上甲板上面の間に余裕があり、上甲板上の滞留水は放水口から円滑に排水されると考えられる。また、5/8 21:00 の状態から GoM の変化もほとんどないため十分な復原力を保持していると考えられる。

以上のように第2章～第4章で検討した「5/8 21:00」, 「5/8 21:00+ICE CON. R.浸水」, 「5/8 21:00+ICE CON. R.浸水+上甲板上 21t 滞留」の各想定状態について、浸水や滞留水等の影響を考慮した船体の復原てこ G_0Z を比較して図 4-8 に示す。

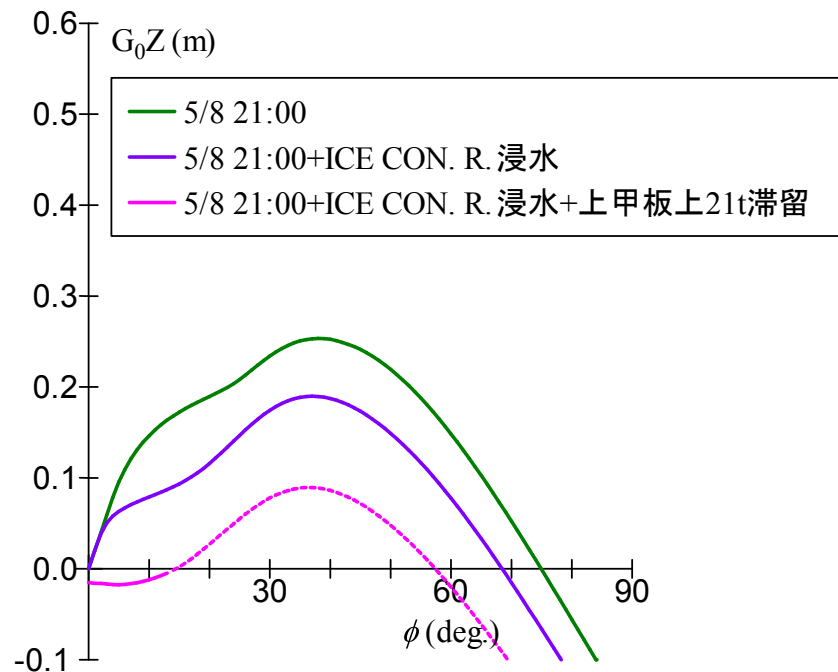


図 4-8 G_0Z 曲線の比較

図 4-8 より 5/8 21:00 の航行状態の船体に海水が打込み、ICE CON. R.の浸水や上甲板上の滞留水が生じることで復原性が低下したことが分かる。

第 4.2 節では「5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水 + 上甲板上 21t 滞留」の状態では Fr.65 位置のブルワーク上端が没水した後に最も浸水が発生しやすいと考えられる C.W.T.(S)が浸水する状況を想定し、流入した海水による傾斜モーメントと自由表面影響を検討した。結果として「5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水 + 上甲板上 21t 滞留 + C.W.T.(S)浸水」状態は、「5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水 + 上甲板上 21t 滞留」状態に比べて復原力が低下していることが分かる。また、この状態から船体動揺や波浪影響によって船体内部への浸水が進行することで本船は沈没に至ったものと考えられる。

5. 解析調査結果まとめ

本調査で実施した解析事項について、結果を以下にまとめて示す。

(1) 満載漁場発状態の復原性の検討 (第2章)

- 復原性資料と比較して事故当時の満載漁場発状態（「5/8 06:30」状態）の復原性が低下していた。(表 2-5, 図 2-1)
- 船体の大傾斜が発生する直前の状態（「5/8 21:00」状態）は、「5/8 06:30」状態から燃料消費や F.P.T.から清水を排水したことにより排水量および自由表面影響が変化したが、「5/8 06:30」状態から復原性の大きな改善は見られなかった。(表 2-5, 図 2-1)

(2) 大傾斜の要因の検討 (第3章)

- 5/8 21:00 時点において船尾トリム 0.39m 状態で航行していた船体に海水が打込み、ハッチカバーの外れた ICE CON. R.の天井高さまで浸水がある状態（「5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水」状態）を想定した場合、喫水は船首トリム 0.32m に変化し、復原性が著しく低下する。(表 3-3, 表 3-4, 図 3-3)
- ICE CON. R.浸水後に追加で海水が打込み、放水口から円滑に排水されるが、船首トリム状態であるため放水口前端より船首側に打込み水が滞留すると想定した場合、風や自由表面影響を考慮した船体の復原力と比較して、海水の連続打込み等を考慮せず船体のトリム量のみから静的に推算した量の滞留水による傾斜モーメントは小さい。(表 3-6, 図 3-5)

(3) 転覆・沈没の直接原因の検討 (第4章)

- 「5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水」状態に加え、連続して船体に打込んだ海水の放水口からの排水が間に合わず、上甲板上および Fr.80 ~ 89 位置の作業甲板上開口部に滞留することを想定した場合、上甲板上の滞留水量を 21t 想定すると復原力が傾斜モーメントとつりあう傾斜角（定傾斜角 = 14.3deg.）まで船体が傾斜する間に、ブルワーク上端の最も低位置で最も船首側に位置する Fr.65 位置のブルワーク上端が傾斜角 13.5deg.の時点で没水する状況が想定される。(図 4-3, 表 4-2)
- ハッチカバーが固縛されており ICE CON. R.に浸水がない状態（船尾トリム）に上甲板上の滞留水量を 21t 想定した場合、復原力と傾斜モーメントがつりあう傾斜角で船体が定傾斜した状態においても静水面と上甲板上面間に余裕があり、打込み水は放水口から円滑に排水され、ブルワーク上端は没水しない。(図 4-5, 表 4-4)
- 「5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水 + 上甲板上 21t 滞留」の状態でも Fr.65 位置ブルワーク上端が没水した後に C.W.T.(S)が浸水する状況を想定した場合（「5/8 21:00 + ICE CON. R.浸水 + 上甲板上 21t 滞留+C.W.T.(S)浸水」状態）、さらに復原力が低下することが分かる(図 4-7)。また、この状態から船体内部への浸水が進行することで本船は沈没に至ったものと考えられる。

付録1 満載漁場発航行状態での初期復原力の低下の検討

満載漁場発状態（「5/8 06:30」状態）の船体に海水が打込み、上甲板上に滞留水が生じることを想定し、滞留水の自由表面影響による初期復原力の低下について検討した。表 2-4 より本船は満載漁場発状態（「5/8 06:30」状態）において船尾トリム 0.16m であるため、上甲板上の滞留範囲は図 A1-1 に示すように Fr.26 位置の甲板室前壁と放水口後端間を想定した。

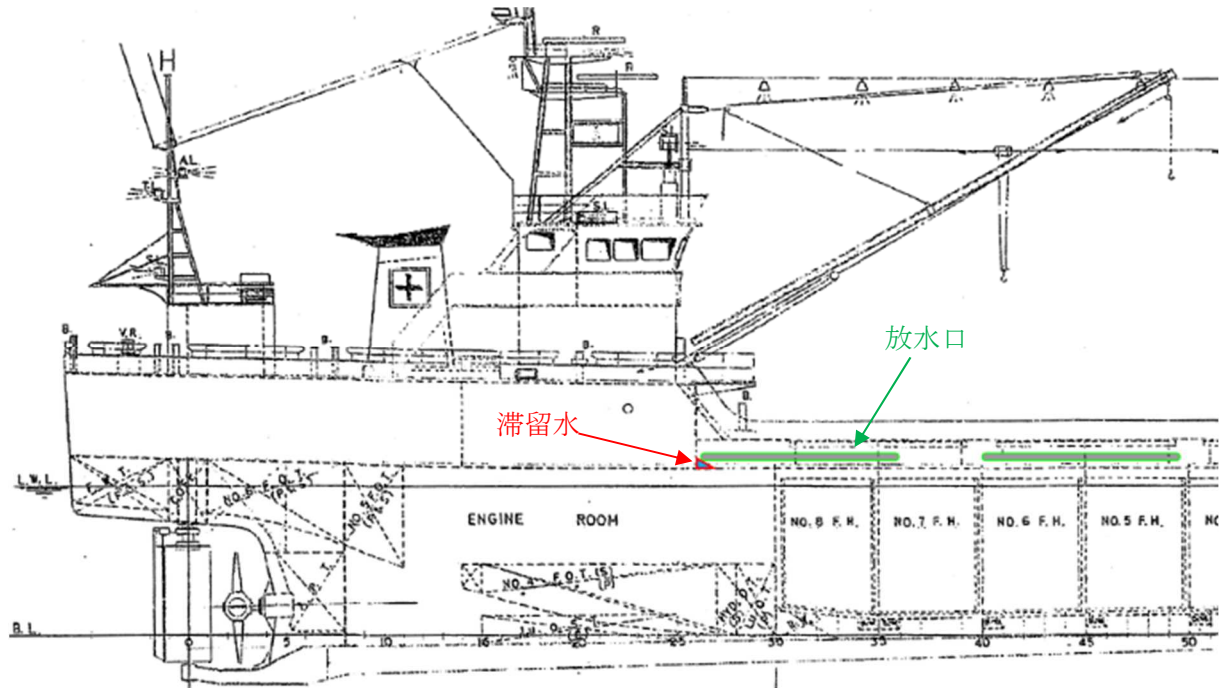


図 A1-1 上甲板上の滞留範囲の想定

滞留水面が静水面と平行になることを想定して滞留水量を推定した結果を表 A1-1 に示す。表A1-1 中の w は滞留水の重量, i は滞留水面の断面二次モーメント, GG_0 は上甲板上の滞留水のみ考慮した見かけ重心の上昇量を表す。また、図 2-1 に示した「5/8 06:30」状態における燃料・清水等の自由表面影響を考慮した復原てこ G_0Z と、この状態に上甲板上の滞留水を想定した復原てこ G_0Z を図 A1-2 に示す。

表 A1-1 上甲板上の滞留水量およびその自由表面影響

w (t)	0.047×10^{-3}
i (m ⁴)	3.65
GG_0 (m)	2.8×10^{-3}

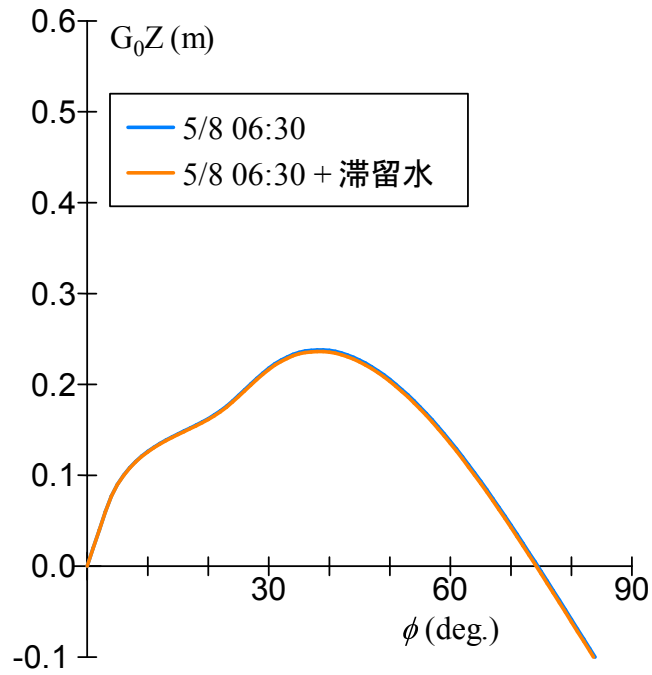


図 A1-2 滞留水の自由表面影響を考慮した G_0Z 曲線

これらの図表から、甲板室前壁と放水口後端の間隙が小さいため、放水口から排水されずに上甲板上に滞留した海水による復原性の低下はほとんど見られないことが分かる。そのため、船尾トリム状態で航行中の本船に海水が打込み、放水口から円滑に排水されることを想定した場合、滞留水はほとんど発生せず、復原性の低下も生じないと考えられる。