

船舶事故調査報告書

船種船名 引船 第十二喜多丸

船舶番号 250-41064石川

総トン数 19トン

事故種類 転覆

発生日時 平成23年9月19日 07時36分47秒～54秒ごろ

発生場所 石川県輪島市輪島港内

輪島港第1防波堤灯台から真方位142° 413m付近

(概位 北緯37° 23' 57.7" 東経136° 54' 27.6")

平成24年10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>

引船第十二喜多丸は、船長ほか1人が乗り組み、引船第八喜多丸と共に巡視船みうらの出港支援のえい航作業中、平成23年9月19日07時36分47秒～54秒ごろ転覆した。

第十二喜多丸は、乗組員(2人)が救助されたものの全員が死亡し、後日、船体は引き揚げられたが、全損となった。

<原因>

本事故は、輪島港において、北北東～北東風約10m/s及び波高約3mの状況下、みうらが出港作業中、第十二喜多丸が第八喜多丸と共にみうらの出港支援のえい航作

業中、第十二喜多丸が、みうらの船首部にえい航索を取ってえい航していたところ、第十二喜多丸のえい航索張力が復原力を超えたため、転覆したことにより発生したものと考えられる。

第十二喜多丸のえい航索張力が復原力を超えたのは、次のことによるものと考えられる。

- (1) みうらは、岸壁から平行に離れた後、更に平行に離そうとして第十二喜多丸に3時方向（約016°方向）へ引くことを連絡したが、第十二喜多丸は、曾々木方向（約066°方向）^{そそぎ} と思い、第八喜多丸と共に曾々木方向へ引いたので、みうらが後方へ引かれて後方の消波ブロックに接近することとなった。
- (2) みうらは、後方への移動を止めるため、船首方向の2時方向へ引くことを第十二喜多丸に連絡し、第十二喜多丸及び第八喜多丸は、えい航方向を西側に向けるように左転しながらえい航した。その後、みうらが、後方への移動を止め、岸壁に船尾が衝突する危険を避けるため、前進を始めた。
- (3) みうらは、速力が2.3knになった頃、港口へ向けるなどのため、面舵一杯として増速した。
- (4) 第十二喜多丸は、えい航索の長さが約50mであった。

<勧告等>

○ 勧告

(1) 海上保安学校に対する勧告

当委員会は、本事故調査の結果を踏まえ、みうらの運航の安全を確保するため、海上保安学校に対し、運輸安全委員会設置法第27条第1項に基づき、以下のとおり勧告する。

海上保安学校は、学生及び研修生の教育訓練のため、みうらの周年派遣を受けていることを踏まえ、みうらによる安全な乗船実習を実施するため、学校長を中心とした明確な組織を定め、平素からの事故防止及び安全指導、気象情報や航行警報等の安全運航上必要な情報の共有、乗船実習中のみうらの運航状況の把握、緊急時の連絡及び支援を確実に実施する総合的な管理体制を整備すること。

(2) 株式会社喜多組に対する勧告

当委員会は、本事故調査の結果を踏まえ、引船のえい航作業の安全を確保するため、株式会社喜多組に対し、運輸安全委員会設置法第27条第1項に基づき、以下のとおり勧告する。

株式会社喜多組は、引船のえい航作業の安全確保のため、次の措置を講ずること。

- ① えい航フックの点検整備を行い、操作訓練を行うこと。
- ② 乗組員に対してえい航作業時の救命胴衣などの装備の適切な装着の指導を行うこと。

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	解析の委託	1
1.2.4	原因関係者からの意見聴取	1
1.2.5	関係団体への意見照会	1
2	事実情報	2
2.1	事故の経過	2
2.1.1	VDR情報によるみうらの運航経過	2
2.1.2	A船の航海日誌等の記録	3
2.1.3	関係者の口述等によるえい航に至るまでの経過	4
2.1.4	関係者の口述によるえい航から転覆までの経過	10
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷に関する情報	13
2.3	船舶の損傷に関する情報	13
2.4	救助機関等の救助状況に関する情報	14
2.5	乗組員等に関する情報	15
2.6	船舶等に関する情報	16
2.6.1	船舶の主要目	16
2.6.2	積載状態	17
2.6.3	航海計器等	17
2.6.4	船舶の運動性能	21
2.7	気象及び海象に関する情報	22
2.8	事故水域等に関する情報	27
2.8.1	輪島港	27
2.8.2	本件岸壁付近の状況	28
2.9	乗組員に対する安全指導等の状況	29
2.9.1	D校の運航管理の状況	29
2.9.2	F社の運航管理の状況	32
2.10	類似事故例	33
2.10.1	独立行政法人海上技術安全研究所による解析	33

2. 11. 1	えい航索張力による横傾斜	33
2. 11. 2	船首方位及びえい航角度による横傾斜	34
2. 11. 3	転覆限界の索張力の水平成分と船首方位等との関係	35
2. 11. 4	えい航索張力の推測	37
2. 11. 5	まとめ	39
2. 1 2	その他参考事項	39
2. 12. 1	引船への影響	39
2. 12. 2	えい航に係る約款	41
3	分析	41
3. 1	事故発生の状況	41
3. 1. 1	事故発生に至る経過	41
3. 1. 2	事故発生日時及び場所	42
3. 1. 3	本事故発生時の被えい航及びえい航状況	43
3. 2	事故の要因の分析	43
3. 2. 1	乗組員の状況	43
3. 2. 2	船舶の状況	44
3. 2. 3	気象及び海象の状況	44
3. 2. 4	A船の気象及び海象の把握状況	44
3. 2. 5	えい航に至る経過並びにA船、B船及びC船の事前打合せの状況	44
3. 2. 6	A船、B船及びC船のコミュニケーションの状況	45
3. 2. 7	被えい航及びえい航状況、見張り及び操船の状況	46
3. 2. 8	えい航索に関する分析	48
3. 2. 9	えい航フックの状況	49
3. 2. 10	操船に与えた風等の影響	50
3. 2. 11	転覆に関する解析	50
3. 2. 12	船舶の運航管理等の状況	51
3. 2. 13	事故発生に関する解析	52
3. 2. 14	被害軽減措置	55
4	結論	55
4. 1	分析の要約	55
4. 2	原因	58
4. 3	その他判明した安全に関する事項	58

5	再発防止策	59
5.1	事故後に講じられた事故防止策	60
5.1.1	A船により講じられた措置	60
5.1.2	D校により講じられた措置	60
5.1.3	F社により講じられた措置	61
5.2	今後必要とされる事故防止策	61
6	勸告	61
6.1	海上保安学校に対する勸告	61
6.2	株式会社喜多組に対する勸告	62
付図1	推定航行経路図（全体図）	63
付図2	推定航行経路図（拡大図）	64
付図3	転覆時の配置図	65
付図4	A船の一般配置図	66
付図5	B船の一般配置図	67
付図6	C船の一般配置図	68
付図7	気象庁天気図（その1）	69
付図8	気象庁天気図（その2）	70
付図9	V T A分析	71
付表1	A船のA I S記録	72
付表2	A船のV D R音声記録	73
付表3	過去の事件事例	74
写真1	A船の状況	75
写真2	B船の状況	75
写真3	C船の状況	76
写真4	C船のえい航フックの状況	76
写真5	C船のえい航フックの安全ピンの状況	77
写真6	損傷したフェンダーの状況	77
別添1	引船転覆事故に係る解析調査報告書	78

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

引船第十二喜多丸は、船長ほか1人が乗り組み、引船第八喜多丸と共に巡視船みうらの出港支援のえい航作業中、平成23年9月19日07時36分47秒～54秒ごろ転覆した。

第十二喜多丸は、乗組員（2人）が救助されたものの全員が死亡し、後日、船体は引き揚げられたが、全損となった。

1.2 船舶事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成23年9月19日、本事故の調査を担当する主管調査官（神戸事務所）ほか1人の地方事故調査官を指名した。

なお、後日、主管調査官として新たに船舶事故調査官ほか1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23年9月21日～27日、10月12日～14日 現場調査及び口述聴取
平成23年10月14日、11月8日、9日、平成24年3月12日 口述聴取
平成23年11月1日、24日 回答書受領

1.2.3 解析の委託

第十二喜多丸の復原性及びえい航索に生じる張力等から求められる船体横傾斜等に関する解析について、独立行政法人海上技術安全研究所に委託した。

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。

1.2.5 関係団体への意見照会

一般社団法人日本作業船協会、社団法人日本海上起重技術協会及び日本沿岸曳船海運組合へ意見照会を行った。

2 事実情報

2.1 事故の経過

2.1.1 VDR情報によるみうらの運航経過

本事故が発生するまでの経過は、みうら（以下、6章を除き「A船」という。）のVDR^{*1}情報及び第九管区海上保安本部が受信したA船のAIS^{*2}情報の記録（以下「AIS記録」という。）によれば、A船の運航経過は次のとおりであった。

- (1) 平成23年9月19日07時18分28秒～同19分30秒ごろ「平行に出します。岸壁と平行に」と発声した。
- (2) 同20分15秒ごろ「もやい放してタグボートでえい航してください」と発声した。
- (3) 同24分24秒ごろ「後部タグライン取った」と発声した。
- (4) 同26分51秒ごろ「引け」と発声した。
- (5) 同28分11秒ごろ、船首方位286°、対地針路291.0°及び速力0.1ノット(kn)(対地速力、以下同じ。)で航行し、同28分09秒～25秒ごろ「前後部3時に引け、前部後部どっちも引いてください。お願いします」と発声した。
- (6) 同28分30秒ごろ「前後部両方引いてください。お願いします」と発声した。
- (7) 同30分41秒ごろ、船首方位293°、対地針路017.0°及び速力1.8knで航行し、同30分42秒ごろ「後部タグライン、もう少し引いてください。後部タグライン、もう少し引いてください」と発声した。
- (8) 同33分21秒ごろ、船首方位292°、対地針路131.0°及び速力0.9knで航行し、同33分23秒ごろ「おもて、2時方向に引いてください」と発声した。
- (9) 同33分41秒ごろ、船首方位295°、対地針路064.0°及び速力0.8knで航行し、同33分42秒ごろ「左前進5°、右前進6°」と、同34分50秒ごろ「左前進10°、右前進6°」と発声した。
- (10) 同35分10秒ごろ、船首方位308°、対地針路352.0°及び速力2.2knで航行し、同35分20秒ごろ「両舷前進5°」と発声した。

^{*1} 「VDR: Voyage Data Recorder (航海情報記録装置)」とは、船位、針路、速力等の航海に関するデータのほか、VHF無線電話の交信や船橋内での音声を事故発生時に回収可能なカプセル内に記録することができる装置をいう。

^{*2} 「AIS: Automatic Identification System (船舶自動識別装置)」とは、船舶の識別符号、種類、船名、船位、針路等に関する情報を自動的に送受信し、船舶相互間及び陸上局の航行援助施設等との間で交換できる装置をいう。なお、船位はGPSアンテナの位置である。

- (11) 同 3 5 分 2 1 秒ごろ、船首方位 3 1 2°、対地針路 3 2 5. 0° 及び速度 2. 3kn で航行し、同 3 5 分 2 8 秒ごろ「面舵一杯、両舷前進 7°」と発声した。
- (12) 同 3 5 分 4 7 秒ごろ、船首方位 3 2 1°、対地針路 3 3 9. 0° 及び速度 3. 0kn で航行し、同 3 5 分 4 9 秒ごろ「両舷前進 1 0°」と発声した。
- (13) 同 3 5 分 5 3 秒ごろ、船首方位 3 2 5°、対地針路 3 3 0. 0° 及び速度 3. 2kn で航行し、同 3 5 分 5 4 秒ごろ「前進かけると伝えろ」と発声した。
- (14) 同 3 6 分 1 0 秒ごろ、船首方位 3 3 8°、対地針路 3 4 0. 0° 及び速度 4. 1kn で航行し、同 3 6 分 1 2 秒ごろ「両舷停止」と発声した。
- (15) 同 3 6 分 1 4 秒ごろ、船首方位 3 4 2°、対地針路 3 4 7. 0° 及び速度 4. 1kn で航行し、同 3 6 分 1 6 秒ごろ「タグライン放せ」と発声した。
- (16) 同 3 6 分 2 3 秒ごろ、船首方位 3 4 7°、対地針路 3 4 4. 0° 及び速度 4. 3kn で航行し、同 3 6 分 2 6 秒ごろ「両舷前進 1 0°」と発声した。
- (17) 同 3 6 分 4 7 秒ごろ、船首方位 0 0 0°、対地針路 3 4 9. 0° 及び速度 4. 1kn で航行し、「タグライン切れ」と発声した。
- (18) 同 3 6 分 5 4 秒ごろ、船首方位 0 0 3°、対地針路 3 5 7. 0° 及び速度 4. 2kn で航行し、「えっ」と発声した。
- (19) 同 3 7 分 4 4 秒ごろ、船首方位 0 1 6°、対地針路 0 0 3. 0° 及び速度 1. 2kn で航行し、同 3 7 分 4 5 秒ごろ「要救助者捜せ」と発声した。
- (20) 同 3 8 分 2 0 秒ごろ、船首方位 0 1 3°、対地針路 3 4 0. 0° 及び速度 0. 6kn で航行し、「ガラガラ」と音が発生した。

2. 1. 2 A船の航海日誌等の記録

A船の航海日誌及び停泊当直日誌の記録によれば、次のとおりであった。

(1) 航海日誌

- ① 平成 2 3 年 9 月 1 8 日 1 0 時 3 0 分 A 船が輪島港に入港
- ② 同日 1 7 時 1 0 分 A 船乗組員の上陸を許可
- ③ 同日 2 1 時 5 5 分 A 船の船長（以下「船長 A」という。）に気象の急変について電話連絡
- ④ 同日 2 2 時 0 5 分 船長 A が帰船
- ⑤ 同日 2 2 時 1 5 分、A 船乗組員が総員帰船し、出港 1 5 分前発令
- ⑥ 同日 2 2 時 2 0 分、A 船が係留索を放して離岸を試みるも離岸できず、A 船船体に衝撃、船体に損傷が発生
- ⑦ 同日 2 3 時 0 0 分、A 船が係留索を係止したまま機関及びバウスラスターを適宜使用し、航海当直体制で保船

- ⑧ 19日06時40分A船が出港準備作業を開始
- ⑨ 同日06時45分A船が主機関の回転数毎分（rpm）を616とした。
- ⑩ 同日07時20分A船が係留索を放す。
- ⑪ 同日07時37分、第十二喜多丸（以下、6章を除き「B船」という。）は、北緯37°23.913東経136°54.482で転覆

(2) 停泊当直日誌（平成23年9月18日分）

- ① 気象警報等の状況欄
18日23時25分能登沖海上強風警報発令
- ② 船長及び業務管理官の指示連絡事項等欄
保船及び保安に留意

2.1.3 関係者の口述等によるえい航に至るまでの経過

本事故に関するえい航までの経過は、船長A、A船の航海長（以下「航海士A₁」という。）、首席航海士（以下「航海士A₂」という。）、主任航海士1（以下「航海士A₃」という。）、主任航海士2（以下「航海士A₄」という。）及び航海士（以下「航海士A₅」という。）並びに第八喜多丸（以下、6章を除き「C船」という。）の船長（以下「船長C」という。）及び甲板員（以下「甲板員C」という。）並びに海上保安学校（以下、6章を除き「D校」という。）の担当者（以下「担当者D₁」という。）並びに七尾海上保安部の担当者（以下「保安官E₁」という。）並びに株式会社喜多組（以下、6章を除き「F社」という。）の担当者（以下「担当者F₁」という。）並びに七尾港のタグボート運航会社（以下「G社」という。）の担当者（以下「担当者G₁」という。）の口述、B船の船長（以下「船長B」という。）の携帯電話の通信記録及び担当者F₁の携帯電話の通信記録によれば、次のとおりであった。

(1) A船

A船は、船長Aほか34人が乗り組み、平成23年4月にD校に入校した学生42人の乗船実習のため、平成23年9月17日17時30分ごろ京都府舞鶴市舞鶴港の基地を出港し、翌18日10時30分ごろ輪島港の旅客船岸壁（以下「本件岸壁」という。）に左舷着けで入港した。

船長Aは、輪島港での着岸は初めてであったが、輪島港での錨泊の経験はあり、また、七尾と新潟にタグボートがいるが、今回は七尾のタグボートは空いていないと聞いていたので、輪島港に行ってみて天気が悪ければ自力で出港することとし、南に発生した台風の速力も遅かったことから行ってみようという気持であった。

A船は、入港時にNAVTEX^{ナブテックス}受信機^{*3}の電源を切っていたことから、輪島港入港時にもふだんどおり、気象情報は気象FAX等から入手した。

船長Aは、13時00分ごろから予定されていた本件岸壁における歓迎レセプションの準備等の合間に船橋にあった天気図及びインターネットの気象データを見た以外は気象情報を入手していなかった。

船長A及び航海士A₁は、入港時の気象状況が風速3～5m/sであったが、入手した気象データから、19日08時ごろから北東の風が10m/s程度に強まると予想し、19日13時00分の出港予定については変更して多少風が強くても朝方に出港すれば間に合うだろうと思っていた。

船長Aは、経験上、A船が自力出港できる風速の目安を10m/sとしていたが、輪島港にはタグボートの準備がなされておらず、港湾状況から、北方からの風が7～8m/s以上となれば出港しようと考えていた。

A船は、13時00分ごろ、本件岸壁で歓迎のレセプションを受け、船長Aが、七尾海上保安部に勤務していたこともあり、夕方に関係者間の懇親会に出席することとなっていた。

船長Aは、18日17時10分ごろA船乗組員に対して23時00分まで、18時00分ごろ学生に対して22時00分までの上陸許可を与えた。

船長Aは、21時55分ごろA船当直士からの時化^{しげ}てきたことを知らせる電話連絡により外出先から帰船したところ、ほぼ北からの風が10m/sくらい吹いていた。

A船は、22時15分ごろ乗組員及び学生が総員帰船した後、学生は出港配置に就けず、安全のために船内へとどめ、乗組員により出港準備を行い、主機関を616rpmとして自力による出港を試みた。

船長Aは、A船が後進で下がると風の影響で船首が風下となり、一方、船尾が風上となることから、後進とバウスラスタを使用しながら本件岸壁から平行に離れた後、前進と右回頭により出港可能と考えたが、離岸することができなかった。

船長Aは、22時38分ごろ、出港を諦めて係留したが、主機関を520rpmとして可変ピッチプロペラ（以下「CPP」という。）を操作し、本件岸壁への接触時の衝撃を軽減するための操船を行った。本件岸壁にはゴム製の防舷材（以下「フェンダー」という。）が設置されていたが、風浪で押し付けられてA船左舷外板に凹凸の損傷及び本件岸壁のフェンダーに亀裂が発

^{*3} 「NAVTEX受信機」とは、船舶の運航に必要な海上の気象の予報及び警報を含む海上安全情報を受信することができる装置である。

生した。

船長Aは、A船の船橋左舷側下部に位置しているフェンダー上部が船体圧着により裂けたことから、これ以上フェンダーに船体が圧着するとフェンダーが裂けて落ち、コンクリートで出っ張ったフェンダーの取付部が船体と直接接触し、船体に穴が開いて機関室に浸水して全損となる虞があると思った。

A船は、再度の出港に当たりタグボートの使用を検討し、翌19日03時06分ごろD校にタグボートの使用について検討中であることを伝えた。

船長Aは、C P P及びバウスラスターを操作しながら保船を継続し、風浪で押し付けられるA船左舷側の損傷が気になっていたところ、少しでも風が弱まればすぐにでも出港したいと考えていた。

船長Aは、03時56分ごろD校からタグボート手配に係る情報を得たが、G社所有のタグボートの輪島港への到着が、これから6時間は掛かる見込みであり、かつ、今後の天気次第では更に延びる可能性があることを知り、それでは遅過ぎ、それまで待てないと思い、輪島港にいる引船を使用して出港することを考え、D校に引船使用の要望を行い、保安官E₁に引船の手配を依頼した。

船長Aは、七尾海上保安部から引船の手配ができたとの連絡を受け、船橋に航海士A₁～航海士A₄を集め、引船使用による被えい航計画について打合せを行った。

船長Aは、1,000馬力の引船2隻がえい航支援をするので、A船の前後部にえい航索を取り、A船を右舷正横方向に引き出し、本件岸壁との距離を確保できたところでえい航索を放して自力航行することを確認した後、舞鶴港に向けて出港するため、入出港時の部署配置要領に準じて乗組員を配置した。

(2) B船

船長Bは、七尾海上保安部から電話連絡を受け、A船の引出作業を行うことを了解した。

船長Bは、19日06時41分ごろ七尾海上保安部から連絡先として伝えられたA船の官用携帯電話（以下「A船携帯」という。）に連絡し、A船の出港予定時刻を確認したところ、A船が引船を2隻要望していたことから、すぐにB船の甲板員（以下「甲板員B」という。）及び船長Cに電話連絡を行った。

船長Bは、船長Cに対し、B船とC船の2隻でA船の引出作業を行うことを説明して了解を得た後、輪島市輪島崎町にあるB船とC船を係留している船だまり（以下「船だまり」という。）で待ち合わせることにした。

船長Bは、06時45分ごろ担当者F₁に電話連絡を行い、B船とC船によりA船の引出作業を行うことを伝えた。

船長Bは、07時ごろ船だまりにおいて、船長CとA船の引出作業の段取りについて打合せを行い、B船がA船の船首部を、C船がA船の船尾部をそれぞれ引き出し、A船が本件岸壁から離れた後、C船が先にえい航索を放し、B船はその後、更に風上にえい航してある程度のところまで来たら、B船のえい航索を放して引出作業を終了することを確認した。

船長Bは、船長CからC船のえい航索の長さを150mにするが、B船も長くしたらどうかと言われたものの、B船のえい航索の長さは50mとすると船長Cに伝えた。

B船は、船長B及び甲板員Bが乗り組み、C船の後に続いて船だまりを出港し、A船に向かった。

B船は、台船のえい航を主な業務としており、台船でないA船のような大きな船舶を引き出すえい航業務は初めてであった。

(3) C船

船長Cは、19日06時44分ごろ船長Bから電話連絡を受け、海上保安庁の船が時化で出港できないので、B船とC船により本件岸壁から引き出す作業を行うことを了解し、甲板員Cを途中で車に乗せて船だまりに向かった。

船長Cは、船だまりにおいて船長BとA船の引き出しの段取りについて打合せを行い、A船を本件岸壁から離れた後、C船はえい航索を放して引出作業を終了することを確認した。

船長Cは、えい航索の長さを150mとした。

船長Cは、えい航索の長さを港内では20mとしていたが、風が吹く状態だと50mとし、沖に出たときには150m程度に長くするようにしていた。

船長Cは、本事故当時は割合時化していたので、えい航索を長くすると自船は安定しており、短くすると被えい航物に引っ張られるという経験から150mの長さが適当であると思って選択した。

C船は、船長Cほか甲板員Cが乗り組み、ヘルメット及び救命胴衣を装着して船だまりを出港し、A船に向かった。

C船は、風が強かったことから操舵室出入り口及び機関室出入り口の開口部は閉め切っていた。

C船は、台船のえい航を主な業務としており、台船でないA船のような大きな船舶を引き出すえい航業務は初めてであった。

(4) D校

D校は、A船の乗船実習に関する事務の担当者とし、D校の教官である担

当者D₁を指名していた。

担当者D₁は、本事故当時、A船においてふだんからタグボート手配の役割を担っていた航海士A₄と連絡を取っていた。航海士A₄は自己所有の携帯電話（以下「航海士A₄携帯」という。）を使用し、また、担当者D₁は自己所有の携帯電話（以下「担当者D₁携帯」という。）を使用していた。

担当者D₁は、航海士A₄携帯から担当者D₁携帯へのメールにより、18日20時59分ごろA船は輪島港に停泊しているが船体が航海中のように揺れているとの連絡、22時13分ごろ出港しそうであるとの連絡、翌19日01時28分ごろA船に損傷ありとの連絡を受けた。

担当者D₁は、担当者D₁携帯から航海士A₄携帯へのメールにより、19日03時12分ごろ富山又は新潟にいるタグボート手配の要否について打診の連絡をしたところ、03時41分ごろ、航海士A₄携帯からメールにより、まだ未定であるとの連絡を受けた。

担当者D₁は、03時46分ごろG社に電話連絡を行い、輪島港におけるタグボート使用について打診したところ、波高が約3m以上であり、七尾港から輪島港へ赴くには最低でも6時間を要する旨の回答を得たので、03時56分ごろ担当者D₁携帯から航海士A₄携帯へのメールによりその旨を連絡した。

担当者D₁は、06時05分ごろ、航海士A₄携帯から担当者D₁携帯へのメールにより、輪島港で引船を手配できたら使用してよいかとの連絡を受け、その件についてD校の会計担当と連絡を取り、06時13分ごろ契約は可能であることを航海士A₄に電話連絡した。

担当者D₁は、06時50分ごろ、航海士A₄からA船携帯により、引船2隻を手配できたこと、及びこれを使って離岸することの電話連絡を受けたことから、引船の使用を承認した。

担当者D₁は、06時53分ごろ、担当者D₁携帯から一斉周知メールにより、D校担当課長等にA船の状況を報告した。

(5) 七尾海上保安部

保安官E₁は、18日A船入港後の歓迎式典のため、輪島に滞在していた。

保安官E₁は、18日22時ごろA船が出港することとなったことから、A船の係留索を放すために本件岸壁に向かい、到着した頃、風は10m/s弱で本件岸壁とA船との間からしぶきが噴出していた。

保安官E₁は、他の関係者と共に係留索を放してA船の出港を見守っていたが、A船が本件岸壁から離れず1時間ほどで再度係留索を取ることとなり、係止作業を行った。

保安官E₁は、宿泊場に帰って休んでいたところ、翌19日朝にA船から引船の手配ができないかとの要請を受けた。

保安官E₁は、輪島港で引船手配が可能なのはF社しかなかったことから、A船からの引船手配要請について、F社へ作業可否を確認するよう七尾海上保安部に連絡した。

七尾海上保安部は、船長Bと直接連絡を取り、A船の引出作業の了解を得てA船携帯の番号を船長Bに伝えるとともに、A船に引船の手配ができたことを連絡した。

(6) F社

担当者F₁は、19日06時45分ごろ船長Bから電話連絡があり、船長Bが海上保安庁からの直接の電話連絡によりB船とC船がA船の引出作業を行うことを知り、すぐに自宅を出て本件岸壁に向かった。

担当者F₁は、A船を引き出す具体的な作業の段取りは分からなかったが、本件岸壁に到着した後、B船がA船の船首部に、C船がA船の船尾部にそれぞれ配置したことから、既に船長BがA船と連絡を取り合っていると思った。

担当者F₁は、07時06分ごろ船長Bに、07時12分ごろ船長Cにそれぞれ電話連絡を行い、A船の引出作業の段取りを確認したところ、両船長からも作業は大丈夫であると言われ、A船、B船及びC船で作業の段取りを調整していたようだったことから、具体的な作業の段取りを確認することはせず、両船長に作業を任せることとした。

B船とC船の通常の作業内容は、台船のえい航作業であり、今回のA船のような大きな船舶を引き出すえい航経験はなかった。また、F社では、輪島港内で台船のえい航作業を行う際、方向の示し方について、東の方向を曾々木、西の方向を光浦又は単に光という言い方を用いており、引船の船長等もそのように認識していた。



図2.1-1 輪島港周辺状況図

(7) G社

G社は、七尾港において3,000馬力級で約40～50tfのえい航力を持つタグボート（総トン数約150トン）を2隻保有してえい船業務を行っていた。

G社は、D校との間において、18日のA船入港時及び19日のA船出港時のえい航作業の仮予約を結んでいたが、14日にD校から解約の申入れを受けた。

G社は、A船の船体を制御しやすい2基のZP^{*4}型のプロペラを有するタグボート1隻により、タグボートの船首部とA船の船首部にえい航索を取り、後進によりえい航作業を行う予定であった。

G社は、えい船作業については社団法人日本港湾タグ事業協会の定めたえい航に係る約款^{*5}によることとしていた。

2.1.4 関係者の口述によるえい航から転覆までの経過

本事故に関するえい航から転覆までの経過は、船長A、航海士A₁、航海士A₂、航海士A₃、航海士A₄及び航海士A₅並びに船長C及び甲板員C並びに保安官E₁の口述によれば、次のとおりであった。

(1) えい航準備状況

A船、B船及びC船においては、A船とB船との連絡をA船携帯と船長Bの携帯電話（以下「B船携帯」という。）により行うこととし、A船とC船との連絡はB船を経由して無線電話により行うこととした。えい航索長さ等のえい航計画については、両船がA船に到着後すぐにえい航索に係止され、さらに、A船が速やかなえい航を要望したことから、打合せが行われなかった。

A船は、着岸中、風浪による本件岸壁への圧着によりA船船体に凹凸が発生しており、また、圧着している本件岸壁のフェンダーが破れたことから、直接本件岸壁への圧着の虞もあったので、できる限り作業時間を短縮するため、19日06時45分ごろ主機関を616rpmとし、B船及びC船のえい航索に係止する前の07時20分ごろA船の係留索を放した。

B船及びC船は、07時19分ごろ、B船がA船の船首側、C船が船尾側に近づき、C船が最初にA船の船尾部にえい航索に係止し、次いでB船がA船の船首部にえい航索に係止した。

^{*4} 「ZP」とは、主機の回転軸がプロペラ軸にZ字形に連結されているものであり、操船性能が優れている。

^{*5} 後記2.12.2のえい航に係る約款をいう。

B船は、船尾部のえい航フックから後方に延ばした長さ約50mのえい航索とし、C船は、船尾部のえい航フックから後方に延ばした長さ約150mのえい航索とした。

(2) A船の被えい航状況

A船は、船橋に船長A、航海士A₁、航海士A₄、航海士A₅のほか船外マイク等を担当する者、船長Aからの指示によりCPPを操作する者及びバウスラスタを操作する者を配置した。

船長Aは、A船が風浪で本件岸壁に圧着され、A船左舷側に損傷が発生し、また、本件岸壁のフェンダーにも亀裂が生じていたことから、それらの損傷を確認しながら岸壁又はフェンダーに接触させないように操船する必要がある、岸壁から離れるまでは常時左舷側ウイングに位置して操船指揮を行っていた。

船長Aは、えい航索については、自船のものを使用すると思って準備させていたが、引船側からえい航索が送られてきたので、それを使用することとし、また、B船のえい航索長さが約50mであったが、普通なら延ばして約100mを指示していた状況であったと思うが、気持ちの余裕がなく、えい航索の長さについて指示を行わず出港した。

A船は、えい航開始の連絡を船外マイク及びA船携帯で行い、B船とC船が前進してA船のほぼ右舷真横方向にえい航が開始され、徐々に本件岸壁から離れた。

A船は、更に岸壁から平行に離すため、A船携帯からB船携帯に3時方向に引き出すように連絡を行い、船長Bから了解する旨の返答を得た。

船長Aは、更に岸壁から平行に安全に離れると期待したが、A船は、ほぼ右舷真横への移動から後方に移動し、後方の消波ブロックまで約20mまで近づいたので、岸壁に船尾が衝突する危険を避けるため、CPPを前進翼角5°にしたところ、後方への移動は止まったが、左舷船尾と本件岸壁との距離が約15mとなった。

A船は、A船携帯からB船携帯に斜め前方に向けるため、2時方向に引き出すように連絡を行ったが、船長Bから返答がなかったので、A船の右舷ウイングにおいて乗組員がA船の船首方向へえい航するように2時方向を身振り以示した。

船長Aは、船首の向きを確認するため、たまに船橋内に入ったが、ほとんど左舷ウイングで操船指揮を行っており、引船の動向の情報を得た記憶はなく、また、波の上下動でたまにB船は見たが、えい航索の方向及び張り具合は見ることはできなかった。

A船は、CPPを前進翼角5～10°としたとき、A船携帯からB船携帯

に前進をかけると連絡したが船長Bから返答がなかった。

船長Aは、左舷ウイングで操船中、A船を港口に向けるとともに、引船を引っ張らないようできるだけ寄せて引船のえい航負担を軽減するため、機関を前進にしながら右舵一杯により右転してB船に接近しようとした。

A船は、B船が左舷側に傾き危険な状態となったことから、B船のえい航索を放そうとしたが、えい航索が緊張していたので放すことができなかった。

A船は、B船のえい航索の切断作業を行い、B船の転覆後にB船のえい航索を切断し、その後、C船のえい航索を放した。

(3) B船のえい航状況

船長Bは、A船からの合図を受けて前進によりえい航を開始した。

船長Bは、3時方向に引けというA船からの連絡を船長Cに対し、曾々木方向（本件岸壁付近から約066°方向）に引く旨を無線電話で伝えた。

船長Bは、その後、A船携帯からB船携帯への2時方向に引けという連絡から、船長Cに対し、逆方向（西側）に引けと無線電話により連絡を行い、えい航方向を東側から西側に変更しようとした。

船長Bは、次いで船長Cに対し、主機の回転数を上げるように無線電話により連絡を行った。

B船は、風浪を船首～左舷側に受け、えい航中、B船のえい航索とA船の船首尾線とのなす角度（以下「AB角度」という。）がA船船尾から約60°となり、B船のえい航索は緩むことなく緊張した状態でえい航を続けており、左舷側から風浪を受け、上甲板に海水が押し寄せていた。

B船は、えい航索が常時緊張しており、A船から斜め後ろに引かれているように見え、上甲板に海水が入って左舷側に大きく傾いたが、このときは復原した。次いで、エンジンケーシングの上部まで海水が押し寄せて左舷側に傾き、甲板員Bがえい航フックを蹴るような動作をしたように見えた後、45°近く傾いて復原することなく転覆した。

(4) C船のえい航状況

船長Cは、B船のえい航索等の状況を見てB船と平行となる態勢でA船を岸壁から平行に引き出すよう、前進によりえい航を開始した。

船長Cは、船長Bからの3時方向に引けという連絡の意味が不明であったので、船長Bに無線電話で確認したところ、曾々木方向と言われたことから風浪に向けて東側にえい航方向を変更した。

船長Cは、その後、船長Bから逆方向（西側）に引けと無線電話により連絡を受け、西側にえい航方向を変更するため、舵を小刻みに左に転じて船首を北方向に向けようとした。

船長Cは、主機関を350rpmでえい航中、船長Bから回転数を上げるようにという連絡により370～380rpmに設定した。

C船は、左舷側に引き込まれるような張力を受け、左舷側に約30°傾き、左舷側から海水が舷側を越えて船内に入ってきたが、上甲板の排水口から排出可能な状態の海水流入量であった。

C船は、このような状況であったとき、船長Cは、A船との位置関係に変化がない状態でえい航しており、C船のえい航索とA船の船首尾線とのなす角度（以下「AC角度」という。）がA船船尾から約100°であり、C船左舷船尾の角よりも少し船首側であったことから、えい航索と船首尾線とのなす角度（以下「えい航角度」という。）は約30°と思った。

船長Cは、変針するときには5°程度の小刻みな舵操作とした。船長Cは、ふだんからえい航索をできる限り正船尾方向に引くようにしており、針路変更時は、えい航角度を小さくして引込みを防止するようにしていた。

また、船長Cは、A船を引いているとき、風浪をできる限り船首から受けるように操船していたが、仮に真横になっても転覆するような海上模様ではないと思った。

船長Cは、自船の傾きが直ってすぐにB船を見たところ、B船のえい航索は緊張しており、A船に斜め後ろから引かれているように見え、左舷側に転覆するのを見た。

本事故の発生日時は、平成23年9月19日07時36分47秒～54秒ごろで、発生場所は、輪島港第1防波堤灯台から真方位142°413m付近であった。

(付図1 推定航行経路図(全体図)、付図2 推定航行経路図(拡大図)、付図3 転覆時の配置図、付表1 A船のAIS記録、付表2 A船のVDR音声記録、写真6 損傷したフェンダーの状況 参照)

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷に関する情報

輪島警察署及び輪島消防署からの情報によれば、船長B及び甲板員Bの死因は溺死であった。

2.3 船舶の損傷に関する情報

B船は、転覆後、引き揚げられたが廃船となった。

B船は、引き揚げ時、船橋が外れ、主機関の回転数レバーは最大であり、舵角指示器は左舵約28°を示していた。なお、B船転覆後、平成23年9月19日07時37分～40分の間にA船が撮影したB船の転覆後の状況写真によれば、舵板は左舵

約5～10°程度であった。



図2.3-1 B船転覆後の状況



図2.3-2 B船引揚後の状況

2.4 救助機関等の救助状況に関する情報

(1) A船

A船の航海日誌によれば、A船は平成23年9月19日07時38分ごろ、B船のえい航索を放して錨を投下し、また、同54分ごろ搭載艇を舷側まで降下し、転落者の捜索に当たった。

(2) 輪島消防署

輪島消防署からの情報によれば、輪島消防署は、平成23年9月19日07時42分ごろ、本事故の通報に基づき、救急隊1隊（3人）及び水難救助隊1隊（4人）を輪島港の現場に派遣し、08時11分ごろ救命胴衣が体に密着せず、体の一部が波により上下している状態の甲板員Bを発見して救助後、救急車で病院に搬送した。

(3) 海上保安庁

海上保安庁からの情報によれば、海上保安庁は、平成23年9月19日巡視船2隻、航空機2機、特殊救難隊（6人）、機動救難士、能登陸上班を出勤し、10時18分ごろ救命胴衣を装着していない状態の船長Bを発見して揚収した。



図2.4-1 本事故後発見された船長Bの救命胴衣



図2.4-2 本事故後発見された船長Bの救命胴衣（型式等）

2.5 乗組員等に関する情報

(1) 性別、年齢、海技免状等

船長A 男性 59歳

二級海技士（航海）

免許年月日 昭和53年5月4日

免状交付年月日 平成22年7月20日

免状有効期間満了日 平成27年12月13日

船長B 男性 63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11年3月4日

免許証交付日 平成21年1月7日

（平成26年3月3日まで有効）

船長C 男性 44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4年3月10日

免許証交付日 平成19年1月9日

（平成24年3月9日まで有効）

(2) 主な乗船履歴等

船長A及び船長C並びに担当者F₁の口述によれば、次のとおりであった。

① 船長A

昭和62年4月から3年間及び平成9年から3年間、海上保安学校に教官として勤務した。

平成18年から2年間、陸上職員として七尾海上保安部に勤務した。

平成20年4月から1年間、1,000トン型の船長を経験し、平成22年12月にA船の船長となった。

本事故当時の体調は良好であった。

② 船長B

昭和58年にF社へ入社し、平成17年からB船の船長となった。

本事故当時の体調は良好であった。

③ 船長C

平成8年にF社へ入社し、平成18年からC船の船長となった。

本事故当時の体調は良好であった。

2.6 船舶等に関する情報

2.6.1 船舶の主要目

(1) A船

IMO 番号	9200055
船籍港	東京都
船舶所有者	国土交通省
総トン数	3,167トン
L×B×D	103.53m×14.00m×7.30m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関2基
出力	5,884kW(8,000馬力)
推進器	可変ピッチプロペラ2個
進水年月日	平成10年3月11日
乗組員数	35人

(2) B船

船舶番号	250-41064石川
船籍港	石川県輪島市
船舶所有者	F社
総トン数	19トン
L×B×D	15.18m×4.97m×1.82m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関1基
出力	735.5kW(1,000馬力)
推進器	固定ピッチプロペラ1個
進水年月	平成10年3月
用途	引船
航行区域	沿海区域(限定)
最大搭載人員	船員2人、その他の乗船者4人計6人

(3) C船

船舶番号	260-34946石川
船籍港	石川県輪島市
船舶所有者	F社
総トン数	19トン
L×B×D	15.00m×5.00m×1.90m
船質	鋼

機 関	ディーゼル機関 1 基
出 力	6 6 1. 9 5kW (9 0 0馬力)
推 進 器	固定ピッチプロペラ 1 個
進 水 年 月	平成 8 年 3 月
用 途	引船
航 行 区 域	沿海区域 (限定)
最大搭載人員	船員 2 人、その他の乗船者 4 人計 6 人

(付図 4 A 船の一般配置図、付図 5 B 船の一般配置図、付図 6 C 船の一般配置図、写真 1 A 船の状況、写真 2 B 船の状況、写真 3 C 船の状況 参照)

2. 6. 2 積載状態

(1) A 船

喫水は船首約 4. 2 m、船尾約 4. 7 mであった。

(2) B 船

B 船の復原性報告書によれば、満載状態での喫水は船首 1. 1 7 m、船尾 1. 6 9 mであった。担当者 F₁の口述によれば、本事故当時の B 船の燃料は満載時の約 8 0 %、清水は空であった。

(3) C 船

C 船の復原性報告書によれば、満載状態での喫水は船首 1. 1 4 m、船尾 1. 4 4 mであった。担当者 F₁の口述によれば、本事故当時の C 船の燃料は満載時の約 8 0 %、清水は空であった。

2. 6. 3 航海計器等

(1) A 船

① 航海計器

A 船は、船橋に 2 台のレーダー、GPS、VDR、VHF 無線電話 (以下「VHF」という。) 及び AIS が装備されていた。

② 衛星船舶電話等

A 船は、衛星船舶電話が装備されており、19 日 0 2 時 1 3 分、0 2 時 2 8 分及び 0 6 時 3 6 分に気象ファックスを入手した通信記録があった。また、A 船携帯が配備されており、B 船携帯と 0 7 時 1 8 分から 1 分 1 4 秒間、0 7 時 2 8 分から 3 6 秒間及び 0 7 時 3 0 分から 5 分 5 8 秒間の通信記録があった。

③ 本事故当時の船体、主機関等の状況

船長 A の口述によれば、船体、主機関、機器類及び舵に不具合や故障は

なかった。

(2) B船

① 航海計器

B船は、船橋に1台のレーダー、GPSプロッター及び無線電話装置が装備されていた。

② えい航フック等

B船は、船体中央部後方にえい航フック及びロープリールが装備されていた。

B船の元船長（以下「担当者F₂」という。）の口述によれば、B船のえい航フックは、形状がC船のものとほぼ同じであり、大きさはC船のものより少し大きく、えい航フックをピン及びナットで固定したフレームの下部にはローラーが付いており、えい航フック及びフレームをジョイントにより船体に固定する部分（以下「ブラケット」という。）を起点とし、振り子状にえい航フックを左右両舷に振ることができ、最大荷重は50～80tf（約490～784kN）であった。

担当者F₂の口述によれば、えい航索を緊急離脱するため、セーフティピン（安全ピン）を外し、えい航フックを押し下げてえい航索を外すことができるハンドル（以下「緊急離脱用ハンドル」という。）が設置されていたのは知っていたが、操作を行ったことはなかった。

また、B船の一般配置図及び復原性報告書によれば、B船のえい航フックは、基線*6からの高さが約3.6m、水面からの高さが約2.2m、船体中心から船尾方に約3.8mであり、満載状態での重心位置が船体中心から0.94m船尾方となることから、重心からは約2.9m船尾方に設置されていた。

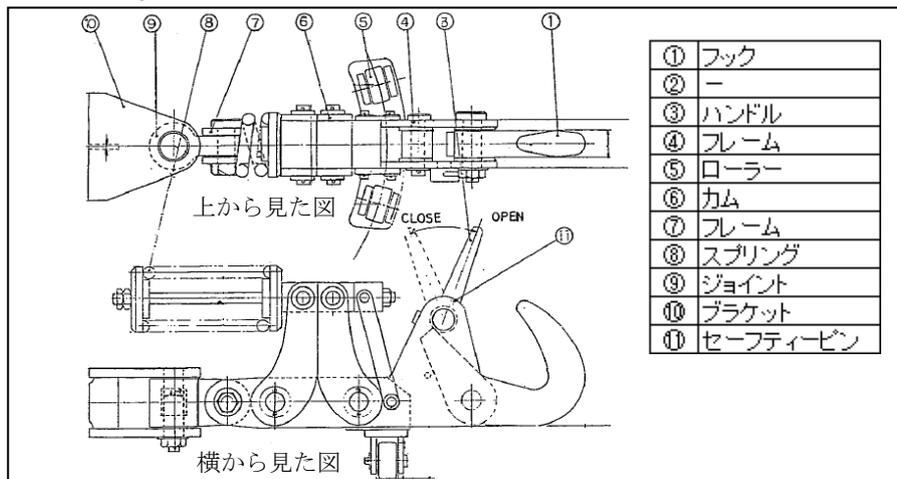


図2.6-1 えい航フックの参考標準図

*6 「基線」(base line) とは、船底外板の内面における船底勾配の起点を通る水平線のことをいう。



図 2.6-2 B船の状況



図 2.6-3 えい航フック等の状況

③ えい航索

担当者F₂の口述によれば、B船は、200mのえい航索を装備しており、えい航索の50m、100m及び200mの位置にアイ（輪の部分）があり、アイを目印にしてえい航フックに掛けていた。

本事故当時切断されたB船のえい航索及び同索納入時のカタログ情報によれば、B船のえい航索は、化学繊維製で直径が60mmであり、破断荷重は約52tf（508kN）であった。

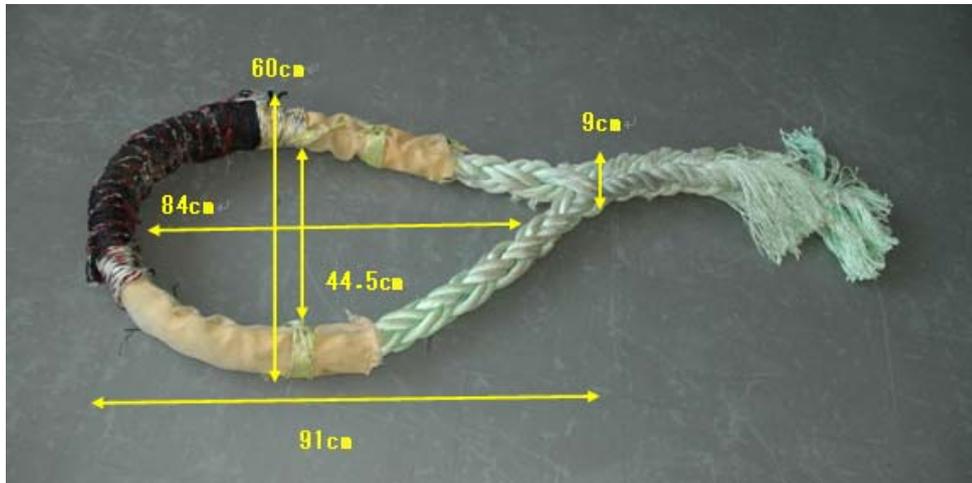


図 2.6-4 本事故当時切断されてA船側に残されたB船のえい航索（先端部分）の状況

(3) C船

① 航海計器

C船は、船橋に1台のレーダー、GPSプロッター、無線電話装置が装備されていた。

② えい航フック等

C船は、スプリング付のえい航フックが装備されており、えい航フックは、B船と同様にブラケットを起点とし、振り子状にえい航フックを左右

両舷約70～75°に振ることができ、フックからえい航索が外れない限りにおいて、C船のえい航角度（以下「C船えい航角度」という。）は90°を超えることができた。また、えい航フックには、B船と同様の緊急離脱用ハンドルが設置されていたが、ペイント等で固着しておりセーフティーピン（安全ピン）を外すことはできなかった。

C船のえい航フックの銘板によれば、使用荷重が15tf（約147kN）であり、最大荷重が30tf（約294kN）であった。

また、C船の一般配置図及び復原性報告書によれば、C船のえい航フックは、基線からの高さが約3.4m、水面からの高さが約1.6m、船体中心から船尾方に約4.0mの場所にあり、満載状態での重心位置が船体中心から1.20m船尾方となるので、重心からは約2.8m船尾方に設置されていた。

③ えい航索

船長Cの口述によれば、C船は、約250mのえい航索を装備しており、えい航索の50m、150m及び250mの位置にアイ（輪の部分）があり、計3本のえい航索をアイとアイでつなぎ合わせており、えい航索は全てロープリールに巻いていた。

C船のえい航索納入時のカタログ情報によれば、C船のえい航索は、B船と同じものであり、化学繊維製で直径が60mm、破断荷重は約52tf（508kN）であった。

④ 本事故当時の船体、主機関等の状況

船長Cの口述によれば、船体、機器類、主機関及び舵に不具合や故障はなかったが、えい航フックの緊急離脱用ハンドルは操作したことがなく、作動するかどうかは分からなかった。

担当者F₁の口述によれば、本事故後、C船のえい航フックの緊急離脱用ハンドルの操作を行ったが、固着しており作動しなかった。



図2.6-5 C船の状況

図2.6-6 えい航フック等の状況

(写真4 C船のえい航フックの状況、写真5 C船のえい航フックの安全ピンの状況 参照)

2.6.4 船舶の運動性能

(1) A船

① A船の対水速力(前進)

A船の速力表示板、速力試験データによれば、A船の運動性能は次のとおりであった。

種別	主機関 (rpm)	翼角 (°)	対水速力 (kn)
強速	650	29	20.3
原速	616	29	19.5
半速	520	29	17.0
微速	520	22	13.5

② A船の旋回性能

海上運転試験成績書によれば、次のとおりであった。

プロペラ翼角 (°)	左	15.9
	右	16.0
主機回転速度 (rpm)	左	520
	右	523
前進速力 (kn)		10.5
舵角 (°)		右35
最大縦距 (m)		298
最大横距 (m)		359

この場合、A船の回頭角に要した時間及び速力は次のとおりであった。

回頭角 (°)	時間	速力 (kn)
5	0分13秒	10.5
15	0分22秒	10.4
30	0分34秒	9.7
60	0分56秒	8.0
90	1分20秒	6.6
120	1分44秒	6.1

③ A船の右横移動性能

海上運転試験成績書によれば、次のとおりであった。

主機回転速度 (rpm)	左	5 2 4
	右	5 2 2
舵角 (°)	左	右 3 5
	右	左 3 5
プロペラ翼角 (°)	左	- 1 5. 0
	右	8. 5
バウスラスター翼角 (°)		右 2 0
横移動速力 (kn)		0. 8
前移動速力 (kn)		0. 1

(プロペラ翼角の「-」は後進を示す。)

(2) B船

B船の一般配置図によれば、速力は、主機関が420rpmのときに10.7knであった。

(3) C船

C船の海上運転成績書によれば、速力は、出力4/4の主機関が400rpmのときに11.0knであった。また、船長Cの口述によれば、主機関が350rpmのときに約9.5knであり、主機関が370~380rpmのときに約10knであった。

2.7 気象及び海象に関する情報

(1) 気象庁天気図

気象庁天気図によれば、次のとおりであった。

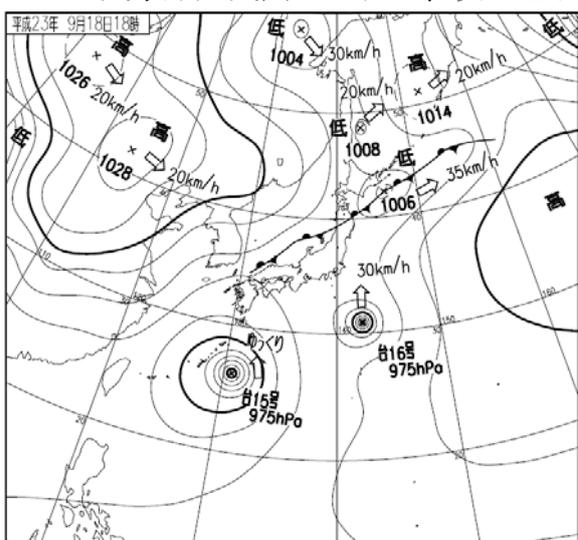


図2.7-1 18日18時の天気図

(A船上陸許可時ごろ)

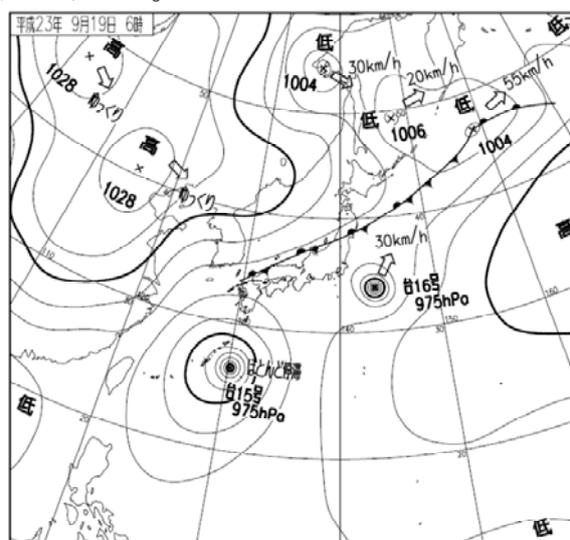


図2.7-2 19日06時の天気図

(引船手配時ごろ)

(付図7 気象庁天気図(その1)、付図8 気象庁天気図(その2) 参照)

(2) 本事故当時、新潟地方気象台が日本海中部の能登沖に発表した風に係る海上警報は次のとおりであった。

① 17日23時30分発表

海上風警報^{*7} 日本海中部

佐渡沖、能登沖では北東の風が次第に強まり今後18時間以内に最大風速は30kn(15m/s)に達する見込み

② 18日05時30分発表

海上風警報 日本海中部

佐渡沖、能登沖では北東の風が次第に強まり今後12時間以内に最大風速は30kn(15m/s)に達する見込み

③ 18日11時35分発表

海上風警報 日本海中部

佐渡沖、能登沖では北東の風が次第に強まり今後6時間以内に最大風速は30kn(15m/s)に達する見込み

④ 18日17時35分発表

海上強風警報^{*8} 能登沖

能登沖では北東の風が強く最大風速は30kn(15m/s)今後18時間以内に35kn(18m/s)に達する見込み

⑤ 18日23時25分発表

海上強風警報 能登沖

能登沖では北東の風が強く最大風速は30kn(15m/s)今後12時間以内に35kn(18m/s)に達する見込み

⑥ 19日05時30分発表

海上強風警報 能登沖

能登沖では北東の風が強く最大風速は35kn(18m/s)今後12時間以内に次第に弱まる見込み

⑦ 19日11時40分発表

海上強風警報 能登沖

能登沖では北東の風が強く最大風速は35kn(18m/s)今後6時間以内

^{*7} 「海上風警報」とは、海上で風速が28kn以上34kn未満(13.9m/s以上17.2m/s未満。風力階級は7)の状態に既になっているか、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する警報のことをいう。

^{*8} 「海上強風警報」とは、海上で風速が34kn以上48kn未満(17.2m/s以上24.5m/s未満。風力階級は8~9)の状態に既になっているか、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する警報のことをいう。

に次第に弱まる見込み

- (3) 金沢地方气象台が18日10時39分輪島市に強風波浪注意報^{*9}を發表し、本事故時においても継続されていた。

(4) 波浪の状況

国土交通省港湾局全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）によれば、輪島港（海底波高計は本件岸壁の北方約4km）における本事故当時の波高等は、次のとおりであった。

① 18日

時刻	波高 (m)	周期 (秒)	波向
10:40	0.76	5.8	NNW
11:00	0.81	5.9	NW
12:00	0.85	6.1	NW
15:00	1.10	6.4	NNW
17:00	1.03	6.3	N
18:00	1.04	5.9	N
19:00	1.38	6.5	N
20:00	1.82	6.4	N
21:00	1.98	6.4	NNE
22:00	2.30	7.0	NNE

② 19日

時刻	波高 (m)	周期 (秒)	波向
03:00	2.78	7.9	N
07:00	2.62	7.1	NNE
07:20	2.95	7.7	NNE
07:40	2.61	7.6	NNE
08:00	2.65	7.5	NNE

(5) 気象及び海象観測値

本事故現場の南西約0.8海里（M）に位置する輪島測候所による本事故当時の観測値は、次のとおりであった。

^{*9} 「強風波浪注意報」とは、金沢地方气象台の警報・注意報発表基準一覧表によれば、平均風速（北海上）が15m/s、有義波高が3.0mに達すると予想される場合に発表される注意報のことをいう。

① 18日

10時00分 天気 曇り、風向 南西、風速 4.2m/s、
視程 20.0km、気温 28.5℃

12時00分 天気 曇り、風向 南南西、風速 4.5m/s

15時00分 風向 南西、風速 7.5m/s

17時00分 天気 曇り、風向 南西、風速 3.9m/s

18時00分 天気 雨、風向 北北西、風速 5.3m/s

19時00分 天気 雨、風向 北北東、風速 6.5m/s

20時00分 天気 雨、風向 北北東、風速 5.1m/s

21時00分 天気 雨、風向 北北東、風速 9.3m/s

22時00分 天気 雨、風向 北東、風速 9.0m/s

② 19日

03時00分 風向 北北東、風速 10.1m/s

07時00分 天気 雨、風向 北東、風速 10.2m/s、
視程 4.28km、気温 19.1℃

08時00分 風向 北北東、風速 9.8m/s

(6) 乗組員の観測

船長A、航海士A₁、航海士A₄及び船長Cの口述によれば、次のとおりであった。

① A船

a 入手した気象データ

A船は、16日及び17日にインターネットにより、次の気象情報を入力した。

気圧配置図 16日09時～23日09時

17日09時～24日09時

京都府の風予測（16日00時発表）

16日14時（14時間後）

17日09時（33時間後）

石川県の風予測（17日06時発表）

18日10時（28時間後）

台風情報（15号及び16号）

16日06時現在

17日07時30分発表

天気情報（石川県能登（輪島）及び京都府北部（舞鶴））

17日

A船が電報受信で入手した本事故当時の舞鶴海洋気象台が発表した風に係る海上警報は次のとおりであった。

18日05時40分発表

海上風警報 日本海西部

日本海北西部では、北又は北東の風が次第に強まり今後6時間以内に最大風速は30kn(15m/s)に達する見込み

山陰沖東部及び若狭湾付近

山陰沖西部では北又は北東の風が次第に強まり今後12時間以内に最大風速は30kn(15m/s)に達する見込み

b 気象データの評価

船長Aは、輪島港入港後、天気図を確認し、翌朝くらいまではそんなに強い風は吹かないだろうと思った。

航海士A₁は、船長Aの指示により、私用のパソコンでインターネットを利用し、翌19日朝からの輪島港の風向、風速の予測データを取り、翌日の風は朝から10m/s程度であり、北東～北北東であるというような内容を船長Aに口頭で報告し、了解を得た。また、輪島港入港後、天気図を確認した際、日本海に小さい低気圧及び停滞前線があつて南下してきており、ちょうど能登半島の辺りに掛かることが予想され、停滞前線の通過に伴う天候の悪化が若干あるかもしれないと思ったが、そのことについては、船長Aに報告をしなかった。

船長Aは、航海士A₁の報告により、19日は出港を早めて朝方に出る必要があるかもしれないということを航海士A₁に伝えたが、他の航海士を集めるなどにより、更に出港時間を早めることを検討したりするようなことはなかった。

航海士A₄は、ふだんから気象情報を入手して船長A等に報告を行っており、本事故当時も舞鶴を出港するとき入手した気象情報を船長A等に報告するなどしていた。

航海士A₄は、船長Aから翌朝に気象情報を入手するよう指示を受けたが、基地以外である輪島港入港後は公用のパソコンではインターネットが使えないことから、気象ファックスにより、翌朝に天気図を入手するつもりでいた。

航海士A₄は、18日の上陸許可後、下船し、その後、帰船したときに船長Aからの気象情報入手の指示が気になり、風も強くなっていたことから航海士A₄携帯で天気予報を見たところ、能登半島に強風波浪注意報が出ていることを知ったが、それらの情報を船長A等に報告をしなかった。

c 航海日誌

航海日誌によれば、次のとおりであった。

- 18日12時 天気 晴れ、風向 西、風力 3、
風浪 西、階級 2、うねり なし
- 16時 天気 曇り、風向 北西、風力 3、
風浪 北西、階級 2、うねり なし
- 20時 天気 雨、風向 北、風力 5、
風浪 北、風浪階級 3、
うねり 北、うねり階級 2
- 19日07時 天気 雨、風向 北北東、風力 6、
風浪 北北東、風浪階級 3、
うねり 北北東、うねり階級 3

② C船

船長Cは、事故当時は、波高は2～3m、風向は北東、風速は10m/sと見積もっていた。

(7) 輪島港内の船舶の動静

- ① 輪島港内に所在する石川県漁業協同組合輪島支所の担当者の口述によれば、18日は天気図から時化になることを予想して同所属の漁船は出漁しなかった。
- ② 輪島港の北方約50kmに位置する舢倉島と輪島港を1日1往復する定期旅客船を運航するへぐら航路株式会社所有のニューへぐら（総トン数102トン）船長の口述によれば、18日は予定どおりに輪島港を出港したが、天気図等の気象情報から時化になることを予想し、舢倉島15時00分定刻の出港を早め、10時30分に出港して12時30分に輪島港に入港した。

(8) 日出没時刻

海上保安庁刊行の天測暦によれば、輪島港の平成23年9月18日の日没時刻は17時55分、19日の日出時刻は05時37分であった。

2.8 事故水域等に関する情報

2.8.1 輪島港

- (1) 海上保安庁刊行の本州北西岸水路誌（平成19年2月）には、次のように記載されている。

輪島港概要

猿山岬の北北東方約10Mの竜ヶ崎東側にある港則法適用港で、能登半島北岸における唯一の避難港である。

入港上の注意

沿岸には漁網が多いので、接近しないよう注意が必要である。

錨地

第4防波堤の南側に避泊地がある。3,000t級以下の船舶は、この避泊地に錨泊すると良い。第1防波堤南側の船だまり内には、地元漁船が多くて避泊できないことが多い。

補給

物揚場で清水、燃料油及び氷の補給ができる。

- (2) 国土交通省北陸地方整備局金沢港湾・空港整備事務所刊行の輪島港リーフレットには、次のように記載されている。

船舶の安全な避難のために、輪島港は避難港に指定されています。

避難港とは、暴風や荒波で船舶が危険にさらされたとき、安全に避難し停泊する港のことで、全国で35港が指定されています。能登半島沖を航行するいわゆる「能登越え」は現在でも海の難所とされ、能登半島の先端に位置する輪島港は避難港として重要な役割を担っています。輪島港では、港内の避難泊地を確保し、日本海の荒波から船舶を守るため防波堤の整備が進められており、全体延長(1,660m)が完成すると128haの避難泊地が確保され、500tから3,000tクラスの船舶が7隻同時に避難できるようになります。



図2.8-1 輪島港

2.8.2 本件岸壁付近の状況

本件岸壁は、輪島港内において、最大15,000総トンの客船が着岸できるよう287°(107°)方向に長さ約250m、前面水域の水深が7.5mとして

整備された岸壁である。



図 2.8-2 本件岸壁の状況



図 2.8-3 本件岸壁の状況

2.9 乗組員に対する安全指導等の状況

2.9.1 D校の運航管理の状況

担当者D₁、D校学校長（以下「D校長」という。）、D校教育訓練部長及びD校教育訓練部訓練課長並びに船長A、航海士A₁及び航海士A₄の口述によれば、次のとおりであった。

(1) A船の所属等

① 周年派遣

A船は、舞鶴海上保安部所属巡視船であり、学生の教育訓練のため、D校に周年派遣されていた。派遣手続きは、巡視船艇運用規則により、学生の教育訓練のために教育機関にA船を派遣できるという規定を受け、海上保安庁乗船実習規則に基づいて行われていた。同手続きは毎年度行われており、平成23年度の派遣期間は、平成23年4月1日～平成24年3月31日までとなっていた。

② 船舶に係る費用負担等

A船に係る費用は、D校、第八管区海上保安本部（以下「八管本部」という。）及び舞鶴海上保安部が分担しており、A船が使用する燃料代、タグボートの使用料等の船舶運航費についてはD校が、修理、整備等修繕費については八管本部及び舞鶴海上保安部が負担することとなっていた。

(2) 乗船実習に係る規則等

① 規則等

D校における乗船実習は、海上保安庁乗船実習規則の規定に基づき、海上保安学校乗船実習実施細目により乗船実習計画の策定が行われていた。

② 乗船実習指令書及び乗船実習実施要領

D校は、毎年度、乗船実習計画を盛り込んだ教育訓練行事予定表を策定し、乗船実習計画に基づき、D校長からA船の船長宛て、乗船実習ごとに

乗船実習の基本目標、行動海域及び寄港地等を定めた乗船実習指令書の交付を行い、同指令書に対し、A船の船長からD校長宛て、乗船実習に係る航海計画等を定めた乗船実習実施要領が提出されることとなっていた。

D校は、平成23年9月15日～20日までの間、学生の乗船実習として輪島港に寄港することを含んだ乗船実習指令書の交付を行い、船長Aは、乗船実習実施要領を作成し、18日10時30分輪島港に入港すること、19日13時00分同港を出港することの計画を立て、同要領をD校長に提出していた。

(3) D校教育訓練部訓練課の所掌事務等

① D校教育訓練部訓練課の所掌事務

教育訓練部訓練課（以下「訓練課」という。）は、乗船実習に関する事務を行っており、同課の所掌事務については、海上保安学校の名称、位置及び内部組織に関する庁令（昭和26年4月13日海上保安庁令第2号）により定められており、訓練に関する教科課程及び実施計画に関すること、D校で使用する船艇の整備及び運航管理に関すること等とされていた。

② A船の運航管理

D校は、A船を運航しており、乗船実習に係る事前の情報収集やA船の入出港に必要なタグボートの手配等についてはD校の役割であると考えていたが、A船の安全運航については、A船が基本的には巡視船であることから、他の巡視船と同様にA船の航海に関する安全対策は、A船の船長以下乗組員の責務であると思っていた。

D校は、A船から乗船実習実施要領が提出された場合、主に、寄港地における岸壁の手配及びタグボートの手配等の事務を行うとともに、乗船実習中は、同要領に定められた航海計画に基づくA船の行動把握に努め、必要な運航支援を行っていた。

担当者D₁は、A船と調整等を行い、タグボートの手配等の事務を行っていた。

(4) 本事故当時の訓練課の対応状況等

① タグボートの仮予約等

訓練課は、A船の輪島港入港が初入港となることから、事前に港湾図面を入手するなどしてA船に情報提供を行っていた。

担当者D₁は、8月18日、A船の輪島港入出港に当たり、G社に対して9月18日及び19日のタグボート使用について仮予約の連絡を行った。

D校は、ふだんから仮予約を行った後、本予約に移行する契約の締結方法を取っており、A船が気象海象の影響を受けない港へ入出港する際も、

必ずタグボートの手配は行うようにしていた。仮予約後は、気象海象状況により、A船が安全に離着岸でき、タグボートが必要ないことが判断されれば、仮予約をキャンセルすることとしていた。

担当者D₁は、9月13日、G社から18日に七尾港でタグボートの業務があることから、七尾港のタグボートが使えないため、18日に使用したいのであれば、富山又は新潟から他のタグボートを回航させる必要があるため、早急に使用の要否について回答が欲しいとの連絡を受けた。

担当者D₁は、A船に仮予約中のG社タグボートの使用について確認したところ、使用しないと連絡を受けたことから、14日にG社へ連絡を行い、仮予約を解約した。

② 本事故当時の対応

担当者D₁は、A船から輪島港に停泊中も航海中のように揺れているとの連絡を受けたことから、18日21時24分ごろ担当者D₁携帯のメール送信により、それが風、波の影響によるものかうねりの影響によるものかの確認を行うとともに、明日の出港に当たりタグボートが必要になるかどうか確認の連絡を行った。

担当者D₁は、21時52分ごろ担当者D₁携帯のメール送信により、18日夜から翌日にかけての輪島の天気予報について、「北東の風が強く、波は3～4m、雨が降り、翌日は03時頃から夕方まで北北東の風が10mの見込み」という予報内容をA船に伝えるとともに、再度タグボートの手配についてA船に打診を行ったが、A船からタグボート使用についての返答はなく、22時13分ごろA船から出港しそうであるとの連絡を受けた。

担当者D₁は、19日00時20分ごろA船から出港を試みたが離岸できず再度係留したとの連絡を受け、また、01時28分ごろA船に軽微な損傷があり船体の動揺が大きいとの連絡を受け、さらに、03時06分ごろA船からタグボートの使用を検討中であるとの連絡を受けた。

担当者D₁は、03時46分ごろ担当者G₁に輪島港におけるタグボート使用について打診したところ、波高が約3m以上であり、七尾港から輪島港へ赴くには最低でも6時間を要する旨の回答を受け、03時56分ごろ担当者D₁携帯のメール送信により、A船にその旨を連絡した。

担当者D₁は、06時50分ごろA船から本件岸壁にいと船体に危険があり、輪島港にいる引船が手配できたので、出港するとの電話連絡を受け、06時53分ごろ担当者D₁携帯のメール送信により、A船の現状をD校教育訓練部訓練課長以下各教官に周知した。

担当者D₁は、08時36分ごろD校当直員からの電話連絡により、本

事故を知った。

2.9.2 F社の運航管理の状況

担当者F₁の口述によれば、次のとおりであった。

(1) F社の事業内容等

F社は、輪島市に所在し、昭和45年に設立された港湾、海洋土木一式工事を事業内容とする会社であり、2隻の引船と作業台船を所有していた。

F社は、引船により作業台船の移動を行っていたが、作業台船以外の引船業務は行っていなかった。

(2) F社の安全指導等

F社は、引船による作業台船のえい航にあつては、目的地に安全にえい航するという単純な作業であったことから、作業台船との携帯電話での連絡で十分であり、作業のマニュアル等の必要性を感じていなかった。

F社は、作業台船のえい航について、えい航フックにアイを掛けて前進で行うことが一般的であり、荒天の場合はえい航索を延ばすこととしており、引船に装備されている緊急離脱用ハンドルを使用する状況はなかったことから、緊急離脱用ハンドルの整備及び操作訓練は実施していなかった。

F社は、船長B、船長C等作業員に対し、作業中は救命胴衣及びヘルメットを装着するよう常日頃から強く指導していた。

(3) 本事故当時のF社の対応状況

担当者F₁は、19日06時45分ごろ船長Bから、A船が出港できなくて困っているのをB船とC船により引出作業を行うこととしたとの連絡を受け、風も吹いていたことから安全に作業ができるかどうかを判断するため、本件岸壁に車で向かった。

担当者F₁は、07時ごろ本件岸壁に到着したところ、雨が降っており、風が北東から約10m/sであり、波高が約1m前後であると思った。

担当者F₁は、船長B及び船長Cに電話連絡を行い、風があるが作業は大丈夫かと聞いたところ、両船長から大丈夫であるとの返答があったことから、危険のないように作業を行うよう指示をした。

担当者F₁は、本件岸壁付近の駐車場にA船の方に向けるように車を止め、車内からB船及びC船の作業を見守っていたところ、B船及びC船がA船の陰になり、その後B船がA船の右舷側に見えるようになった頃、B船が左舷側に傾いて転覆するのを目撃した。

担当者F₁は、本事故後、すぐに事故状況等についてF社専務に電話連絡を行った。

2.10 類似事故例

旧海難審判庁の平成3年からの裁決によれば、えい航中に被えい航船の機関使用と関連して転覆又は沈没した事例は9件であった。

(付表3 過去の事故事例 参照)

2.11 独立行政法人海上技術安全研究所による解析

B船の復原性、えい航索に生じる張力等から船体横傾斜を定量的に求める解析を独立行政法人海上技術安全研究所に委託した結果、次のとおりであった。

2.11.1 えい航索張力による横傾斜

(1) B船

B船のえい航索張力による横傾斜偶力 τ (TY・h・cosφ/W)^{*10}と復原てこ(GZ)^{*11}の推測結果は、図2.11-1に示すとおりであった。

また、同図には、B船のブルーワーク上端没水角(φ_b)約27°、海水流入角(φ_f)約44°を示した。

図2.11-1に示すとおり、えい航索張力の横方向成分(TY)が15.0tf(約147kN)を超えると復原力曲線と索張力に基づく横傾斜偶力 τ 曲線が交差しないので、対応する復原力と横傾斜偶力 τ が釣り合う傾斜角(φ_T)が存在せず、船は転覆すると推測された。

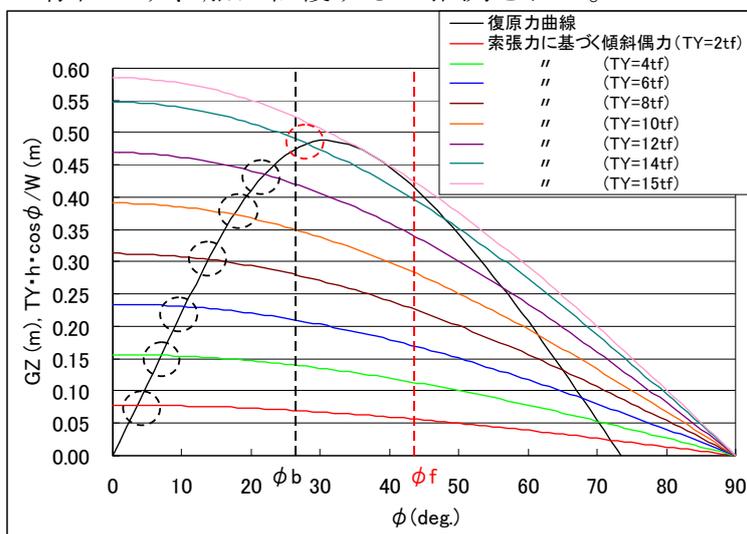


図2.11-1 B船の復原力曲線と索張力による横傾斜偶力 τ 曲線

(2) C船

C船のえい航索張力による横傾斜偶力 τ と復原てこの推測結果は、図2.11-2に示すとおりであった。

*10 W:排水量(t)、h:直立時の索張力と流体反力の着点間の垂直距離(m)、cosφ:傾斜角に対する余弦

*11 「復原てこ(GZ)」とは、船の横傾斜を戻す偶力 τ のこの部分をいう。

また、同図には、ブルーワーク上端没水角 (ϕ_b) 約 25° 、海水流入角 (ϕ_f) 約 50° も示した。

図 2.11-2 に示すとおり、えい航索張力の横方向成分が 12.5 tf (約 123 kN) を超えると、復原力曲線と索張力に基づく横傾斜偶力でこ曲線が交差しないので、対応する復原力と傾斜偶力でこが釣り合う傾斜角が存在せず、船は転覆すると推測された。

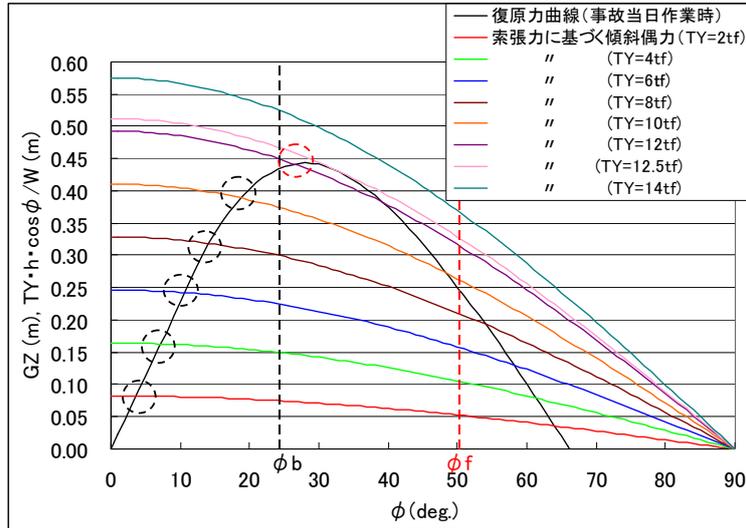


図 2.11-2 C 船の復原力曲線と索張力による横傾斜偶力でこ曲線

2.11.2 船首方位及びえい航角度による横傾斜

(1) B 船

図 2.11-3 に示すように、AB 角度 (θ_{1b}) を 60° としたときの、B 船の船首方位及びえい航角度による横傾斜の推測結果は、表 2.11-1 に示すとおりであり、えい航索張力の水平成分 (T_H) が 15.0 tf (約 147 kN) の場合、船首方位 (ϕ_1) 40° 及びえい航角度 (θ_{1a}) 80° では、黄色で示すようにブルーワーク上端没水角 (約 27°) を超える結果となった。

えい航索張力の水平成分が 17.5 tf (約 172 kN) の場合、えい航角度が $60 \sim 100^\circ$ において、復原力と横傾斜偶力でこが釣り合う傾斜角が存在せず、船は転覆すると推測された。

表 2.11-1 B船の船首方位及びえい航角度による傾斜角

		T _H (tf)					
		5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5
θ _{1a} (ψ ₁) (deg.)	60 (60)	7.6	11.2	14.9	19.2	24.6	-
	70 (50)	8.3	12.2	16.3	21.3	28.5	-
	80 (40)	8.6	12.7	17.1	22.7	32.8	-
	90 (30)	8.8	12.9	17.4	23.2	-	-
	100 (20)	8.6	12.7	17.1	22.7	32.8	-

(2) C船

図 2.11-3 に示すように、AC 角度 (θ_{2b}) を 100° としたときの、C 船の船首方位及びえい航角度による横傾斜の推測結果は、表 2.11-2 に示すとおりであり、えい航索張力の水平成分が 15.0 tf (約 147 kN) の場合には、ブルーワーク上端没水角を超えなかった。

えい航索張力の水平成分が 17.5 tf (約 172 kN) の場合、船首方位 30° 及びえい航角度 50° では、復原力と横傾斜偶力てこが釣り合う傾斜角が存在せず、船は転覆すると推測されたが、それ以外ではブルーワーク上端没水角を超えなかった。

なお、復原性規則で定められている限界傾斜角の 12° を超えた値を水色で示した。

表 2.11-2 C船の船首方位及びえい航角度による傾斜角

		T _H (tf)					
		5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5
θ _{2a} (ψ ₂) (deg.)	10 (70)	1.6	2.4	3.2	4.0	4.7	5.5
	20 (60)	3.1	4.7	6.2	7.7	9.1	10.6
	30 (50)	4.6	6.8	8.9	11.0	13.2	15.7
	40 (40)	5.8	8.6	11.3	14.2	17.8	22.8
	50 (30)	6.9	10.1	13.5	17.6	23.8	-

2.11.3 転覆限界の索張力の水平成分と船首方位等との関係

(1) B船

図 2.11-3 に示すように、AB 角度が約 60° である場合、B 船の転覆限界の索張力、船首方位及び B 船のえい航角度 (以下「B 船えい航角度」という。) との関係は次のとおりであった。

① B 船えい航角度に対する転覆限界の索張力

B船えい航角度に対する転覆限界の索張力の水平成分の関係を表2.11-3に示す。この表によれば、えい航角度が 90° の場合、 15.0tf （約 147kN ）で転覆するが、えい航角度の減少と共に転覆限界の索張力が増加することが分かる。

表2.11-3 船首方位及びB船えい航角度に対する転覆限界の索張力

$\theta_{1a}(\psi_1)$ (deg.)	20 (100)	30 (90)	40 (80)	50 (70)	60 (60)	70 (50)	80 (40)	90 (30)
T_{H_limit} (tf)	43.8	29.9	23.3	19.5	17.3	15.9	15.2	15.0

② 転覆限界の索張力に対する船首方位及びB船えい航角度

B船の転覆限界の索張力の水平成分に対する船首方位及びB船えい航角度の関係を表2.11-4に示す。この表によれば、転覆限界の索張力が 15.0tf （約 147kN ）の場合、えい航角度が 86° を超えると転覆するが、索張力の増加と共に転覆限界のえい航角度が減少することが分かる。

表2.11-4 転覆限界の索張力に対する船首方位及びB船えい航角度

T_H (tf)	15	20	25	30	35	40	45	50
θ_{1a_limit} (deg.)	86	48	37	30	25	22	19	17
ψ_{1_limit} (deg.)	34	72	83	90	95	98	101	103

(2) C船

図2.11-3に示すように、AC角度が約 100° である場合、C船の転覆限界の索張力、船首方位及びC船えい航角度との関係は次のとおりであった。

① C船えい航角度に対する転覆限界の索張力

C船えい航角度に対する転覆限界の索張力の水平成分の関係を表2.11-5に示す。この表によれば、えい航角度が 90° の場合、 12.5tf （約 123kN ）で転覆するが、えい航角度の減少と共に転覆限界の索張力が増加することが分かる。

表2.11-5 船首方位及びC船えい航角度に対する転覆限界の索張力

$\theta_{2a}(\psi_2)$ (deg.)	20 (60)	30 (50)	40 (40)	50 (30)	60 (20)	70 (10)	80 (0)	90 (-10)
T_{H_limit} (tf)	36.5	24.9	19.4	16.3	14.4	13.3	12.7	12.5

② 転覆限界の索張力に対する船首方位及びC船えい航角度

C船の転覆限界の索張力の水平成分に対する船首方位及びC船えい航角度の関係を表2.11-6に示す。この表によれば、転覆限界の索張力が 12.5tf （約 123kN ）の場合、えい航角度が最大値の 90° で転覆す

るが、索張力の増加と共に転覆限界のえい航角度が減少することが分かる。

表 2. 1 1 - 6 転覆限界の索張力に対する船首方位及びC船えい航角度

T_H (tf)	12.5	15	20	25	30	35	40	45	50
θ_{2a} -limit (deg.)	90	56	39	30	25	21	18	16	14
ψ_{2} -limit (deg.)	-10	24	41	50	55	59	62	64	66

2. 11. 4 えい航索張力の推測

本事故発生時のA船、B船及びC船の状況は、図 2. 1 1 - 3 に示すとおり、AB角度 (θ_{1b}) が 60° 、B船えい航角度 (θ_{1a}) が 80° 、AC角度 (θ_{2b}) が 100° 、C船えい航角度 (θ_{2a}) が 30° と推測された。

表 2. 1 1 - 7 に示すとおり、B船のえい航能力の範囲内でえい航していたと推測される場合 (Case①-a、Case①-b)、B船えい航角度が 80° 、C船えい航角度 30° の状況でB船の索張力 (t_1 ; 水平成分) は、A船の速力が 3kn で 45.1tf (約 442kN)、4kn で 38.8tf (約 380kN) となる。この値は、表 2. 1 1 - 3 に示すとおり、B船えい航角度が 80° の場合、B船の転覆限界となる索張力の水平成分 15.2tf (約 149kN) を超えているので、B船は転覆すると推測された。

また、本事故に使用されていたB船のえい航索は破断荷重が約 52tf (約 508kN) であり、表 2. 1 1 - 7 によれば、B船えい航角度とAB角度が 70° の場合には破断荷重を超える値となるが、本事故時の状態であるB船えい航角度が 80° 、AB角度 60° においては破断荷重以下であるので、えい航索の破断に至る前に転覆したものと考えられる。

一方、同じく表 2. 1 1 - 7 に示すとおり、C船の索張力 (t_2 ; 水平成分) は、A船の速力が 3kn、4kn で 9.2tf (約 90kN) となり、この表は表 2. 1 1 - 5 に示したC船の転覆限界となる索張力の水平成分 24.9tf (約 244kN) 以下であり、この状況では索張力だけで転覆に至ることはないと考えられる。

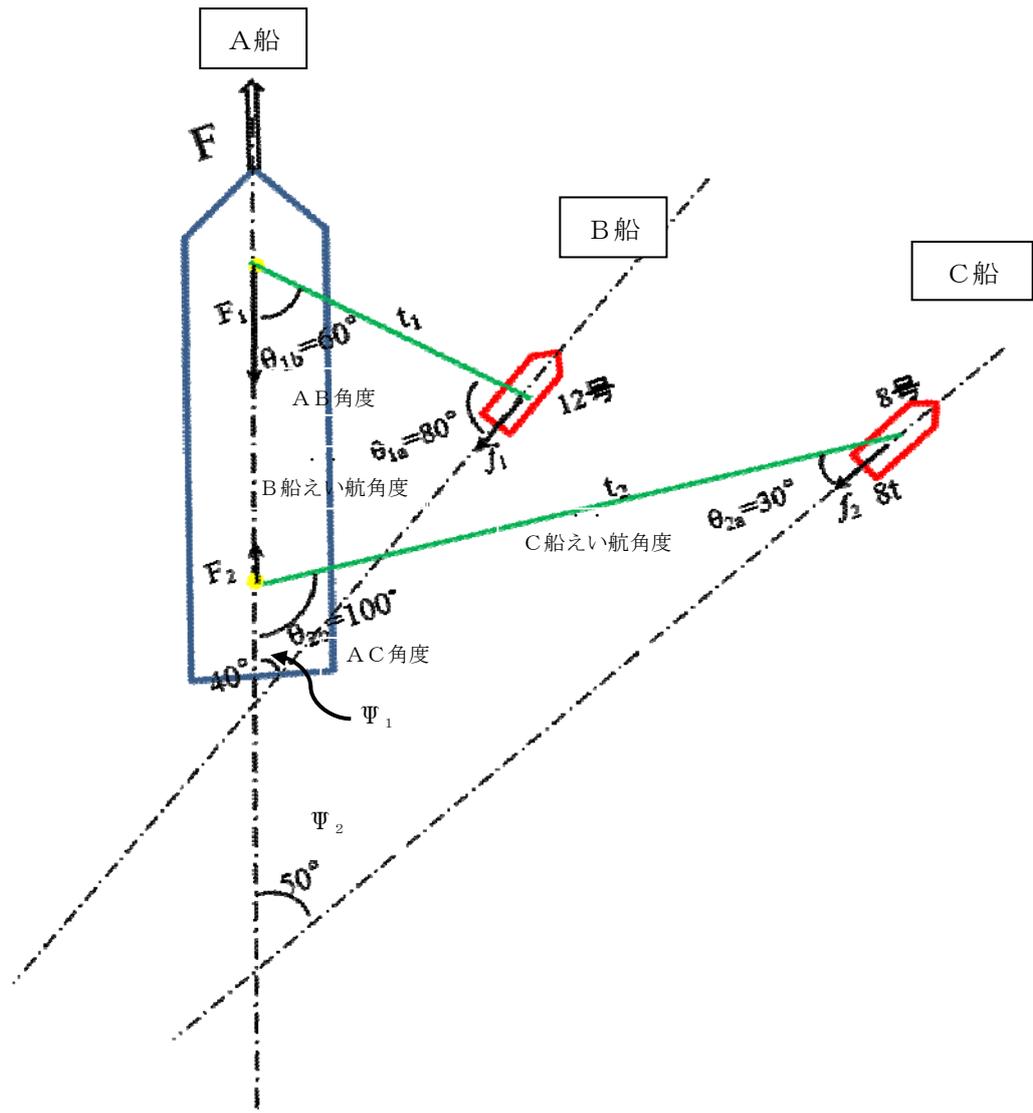


図 2.11-3 えい航索張力の推測図（本事故発生時の状況）

表 2.11-7 えい航索張力の推測結果

Case	C船 ($f_2=8tf$)				被曳航船 (A船)	B船				
	θ_{2a} (deg.)	θ_{2b} (deg.)	t_2 (tf)	F_2 (tf)		V_s (kts)	θ_{1a} (deg.)	θ_{1b} (deg.)	F_1 (tf)	t_1 (tf)
①-a	30	100	9.2	-1.6	3	80	60	22.6	45.1	7.8
①-b					4			19.4	38.8	6.7
②-a	20	110	8.5	-2.9	3	70	70	23.9	69.8	23.9
②-b					4			20.7	60.6	20.7
③-a	40	90	10.4	0.0	3	70	70	21.0	61.3	21.0
③-b					4			17.8	52.1	17.8
④-a	20	110	8.5	-2.9	3	90	50	23.9	37.1	0.0
④-b					4			20.7	32.2	0.0
⑤-a	40	90	10.4	0.0	3	90	50	21.0	32.6	0.0
⑤-b					4			17.8	27.7	0.0

Case	a	b
V_s (kn)	3	4
F (tf)	20.953	17.815

※④及び⑤は、計算が不適切となり f_1 の妥当性が確認できなかった。

2.11.5 まとめ

(1) B船の転覆範囲

- ① 本事故発生時、B船では、索張力の横方向成分が15.0tf（約147kN）を超えると転覆が発生すると推測される。
- ② 本事故発生時、B船えい航角度約80°では、索張力の水平成分が38.8～45.1tf（約380～442kN）となり、転覆限界の15.2tf（約149kN）以上であった。

(2) C船の転覆危険性

- ① 本事故発生時、C船では、索張力の横方向成分が12.5tf（約123kN）を超えると転覆が発生すると推測される。
- ② 本事故発生時、C船えい航角度が約30°では、索張力の水平成分が約9.2tf（約90kN）となり、転覆限界の24.9tf（約244kN）以下であった。

(3) 本事故発生時の風及びうねりの影響

- ① 本事故発生時の風による傾斜角は、B船、C船とも0.4°未満と非常に小さく、傾斜方向はB船の転覆方向とは逆の右舷側になると推測されることから、本事故発生時の風が今回の事故に及ぼした影響は、少ないと考えられる。
- ② 本事故発生場所付近の沖からのうねりの入射波と本件岸壁からの反射波による横揺角は、B船で最大1°未満、C船で最大1.6°程度と推測され、風による横傾斜角より若干大きくなるが、各船の復原性能と比較すれば、本事故発生時のうねりが今回の事故に及ぼした影響は、少ないと考えられる。

(4) 本事故発生時のA船の操船の影響

- ① B船えい航角度が80°、C船えい航角度が30°の状況では、B船の索張力（水平成分）は転覆限界（15.2tf（約149kN））を超え、B船は転覆すると推測される。
- ② えい航索の長さが50mのB船は、えい航索の長さが150mのC船に比べ、A船との相対位置の変位が小さな場合でも、B船えい航角度は比較的大きく変化する。このため、A船の操船により、B船えい航角度は変化しやすく、短時間で転覆する危険性が高かったと推測される。

2.12 その他参考事項

2.12.1 引船への影響

- (1) 操船通論（平成20年発行、成山堂）の「第5章港内操船と施設係留」に

よれば、次のとおりである。

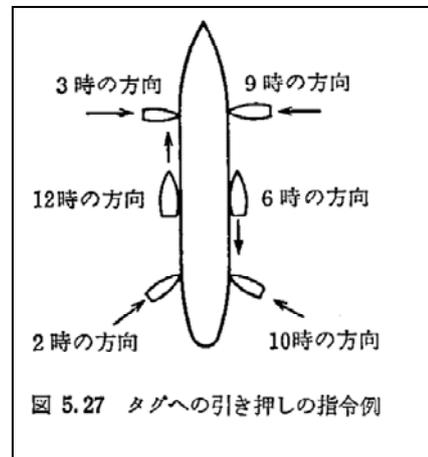
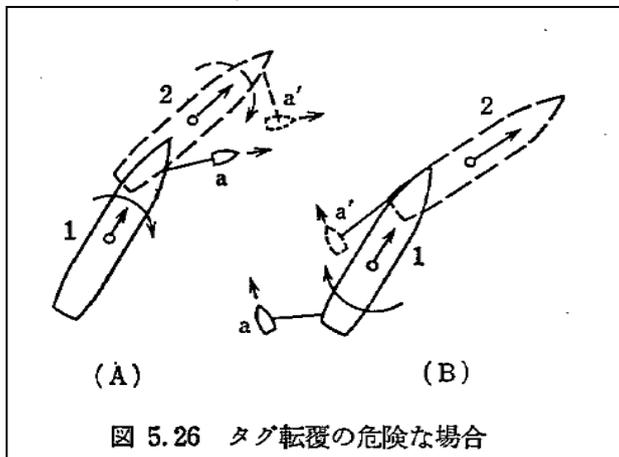
5. 4. 2 タグの用法

(4) タグの支援操船の限界と注意

大型船の港内操船を支援するタグ使用上の限界として、次の点に注意しなければならない。ただし主機馬力3,000PS相当のZPタグを例にとる。

①、② (略)

③ フック引きで本船を回頭させようとするときは、本船の速力が5kt以下でなければ回頭時の姿勢保持はむずかしい。本船の前進行き脚が大きくなると、図5.26に示すa'の姿勢となり、タグを転覆させるおそれがある。



④ (略)

⑤ パイロットがタグに伝える押し引きの向きの指令は、本船の船首を時計の短針の12時、船尾を6時とし、右正横を3時、左正横を9時の向きとして、例えば「2番、10時の方向に押せ」(2番タグ、左斜め前方に押せという意味)の要領で指令することがある(図5.27)。

(2) 操船通論(平成20年発行、成山堂)の「第8章海難時の操船処置」によれば、次のとおりである。

8. 7 洋上曳航

8. 7. 1 曳航計画

(2) 曳索(tow-line)の選択

② 曳索の長さ——両船の運動によるショックの吸収、被曳船の船首揺れの抑止を考えて、経験的に両船の船の長さの1.5~2.0倍程度がよいといわれる。

2.12.2 えい航に係る約款

社団法人日本港湾タグ事業協会の定めたえい航に係る約款^{*12}は次のとおりである。
曳船約款（昭和46年2月1日改正）

曳船による曳船作業はこの約款の定める所による。

1. この約款において

イ. 「本船」とは、その船舶のため曳船が曳船作業を行う船舶をいう。

ロ.、ハ.（略）

2. 曳船の船長及び乗組員は、本船船長の指揮に従って曳船作業を行うものであり

イ.（略）

ロ. 本船船主は、曳船作業中に生じた曳船の滅失若しくは損害又は曳船上にある人命の損害に関して損害賠償の責を負う。

ハ.（略）

ただし、上記の滅失又は人命若しくは物の損害が曳船船主あるいはその使用人が曳船を曳船作業に堪える状態におくことあるいは本船船長の指揮に従うことにつき相当の注意を尽くさなかったことにより生じたことを本船船主が証明した場合においてはイ. ロ. ハ. 各号は適用しない。

3. ～7.（略）

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。

(1) A船は、9月19日06時40分ごろ舞鶴港へ向けて出港準備を行い、同45分ごろ主機関を616rpmとしたものと考えられる。

B船及びC船は、07時19分ごろA船付近に到着したものと考えられる。

A船は、同20分ごろ係留索を放し、B船及びC船は同26分ごろA船の出港支援のため、B船はA船の船首部に、C船はA船の船尾部にそれぞれ

^{*12} 社団法人日本港湾タグ事業協会の曳船約款
<http://www.japantug.or.jp/PDF/eisenwa.pdf>

えい航索を取り、本件岸壁に直角となる船首方位約 017° でえい航を開始したものと考えられる。

- (2) B船及びC船は、同28分09秒～25秒ごろ、A船から「前後部3時に引け」との連絡により、右転し、船首方向を約 066° （曾々木方向）に向けるようにえい航したものと考えられる。
- (3) B船及びC船は、同33分23秒ごろ、A船から「おもて、2時方向に引いてください」との連絡により、えい航方向を西側に向けるように左転しながらえい航したものと考えられる。
- (4) A船は、同33分41秒ごろ、船首方位 295° 、対地針路 064.0° 及び速力 0.8kn で被えい航中、同33分42秒ごろ、左前進 5° 、右前進 6° とし、同34分50秒ごろ、左前進 10° 、右前進 6° としたものと推定される。
- (5) A船は、同35分10秒ごろ、船首方位 308° 、対地針路 352.0° 及び速力 2.2kn で被えい航中、同35分20秒ごろ両舷前進 5° としたものと推定される。
- (6) A船は、同35分21秒ごろ、船首方位 312° 、対地針路 325.0° 及び速力 2.3kn で被えい航中、同35分28秒ごろ面舵一杯及び両舷前進 7° としたものと推定される。
- (7) A船は、同35分47秒ごろ、船首方位 321° 、対地針路 339.0° 及び速力 3.0kn で被えい航中、同35分49秒ごろ両舷前進 10° としたものと推定される。
- (8) A船は、同36分10秒ごろ、船首方位 338° 、対地針路 340.0° 及び速力 4.1kn で被えい航中、同36分12秒ごろ両舷停止としたものと推定される。
- (9) A船は、同36分23秒ごろ、船首方位 347° 、対地針路 344.0° 及び速力 4.3kn で被えい航中、同36分26秒ごろ両舷前進 10° としたものと推定される。
- (10) B船は、同36分47秒～54秒ごろ、A船が、船首方位 $000\sim003^{\circ}$ 、対地針路 $349.0\sim357.0^{\circ}$ 及び速力 $4.1\sim4.2\text{kn}$ で被えい航中、転覆したものと考えられる。

3.1.2 事故発生日時及び場所

2.1及び3.1.1から、本事故の発生日時及び場所は、B船のえい航索が切断される前に転覆したという口述並びにA船のVDR情報による07時36分47秒ごろ「タグライン切れ」との発声及び同36分54秒ごろ「えっ」との発声並びに

A I S記録から、平成23年9月19日07時36分47秒～54秒ごろであり、発生場所は、輪島港第1防波堤灯台から真方位142°413m付近であったものと考えられる。

3.1.3 本事故発生時の被えい航及びえい航状況

2.1及び3.1.1から、次のとおりであった。

(1) A船

A船の本事故の発生時のA I S記録が、船首方位000～003°、速力4.1～4.2knであったことから、A船は、船首方位約000°、速力約4knであったものと考えられる。

(2) B船

① AB角度は、A船船尾から約60°であったものと考えられる。

② B船の転覆時の船首方位は、07時28分ごろ船首方位約017°が同33分ごろ船首方位約066°と変化し、その割合が5分間で約49°であり、変化率から転覆時の同36分ごろの船首方位は約036°と計算できること、また、B船はC船よりも馬力が強かったことから、これらを総合すると、後記(3)のとおり、C船は約050°に向首していたので、B船は早めに北方向に船首方位が変化していたと考えられることから、船首方位は約040°であったものと考えられる。

B船の速力は、転覆時ごろ、A船との相対位置には変化がなかったことから約4knであった可能性があると考えられる。

③ B船は、B船えい航角度が、約80°であったものと考えられる。

(3) C船

① C船は、えい航方向を曾々木方向の約066°から西側に向けるように左転しながらえい航しているところであり、左舷側に風浪を受けていたこと、及び船長CはC船えい航角度が約30°と述べていることから、船首方位は約050°であったものと考えられる。また、C船の速力は、転覆時ごろ、A船との相対位置には変化がなかったことから、約4knであった可能性があると考えられる。

② AC角度は、A船船尾から約100°であったものと考えられる。

3.2 事故の要因の分析

3.2.1 乗組員の状況

2.5(1)から、船長A、船長B及び船長Cは適法で有効な海技免状を有していた。

3.2.2 船舶の状況

2.6.3 から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) A船は、船体、主機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。
- (2) B船及びC船は、えい航フックの緊急離脱用ハンドルが操作できないという不具合があった以外は、船体、主機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

3.2.3 気象及び海象の状況

2.7 から、天気は雨～曇り、風は北北東～北東の約10m/s、波向は北北東、波高は約3m、視程は約4kmであったものと考えられる。

3.2.4 A船の気象及び海象の把握状況

2.1 及び2.7 から、次のとおりであった。

A船は、18日10時30ごろ輪島港入港後、NAVTEX受信機の電源を切っていたことから、能登沖において、北東の風が強まり6時間以内に最大風速15m/sに達するという18日11時35分発表の海上風警報、北東の風が強く最大風速15m/s 今後18時間以内に18m/s との17時35分発表の海上強風警報を受信していなかったものと考えられる。また、18日10時39分発表の強風波浪注意報の情報を得ていたが、船長Aほか乗組員に情報共有がなされなかったものと考えられる。

なお、輪島港を利用する漁船、旅客船等の船舶を運航する関係者は、18日は、天気図等から時化になることを事前に予想していたものと考えられる。

3.2.5 えい航に至る経過並びにA船、B船及びC船の事前打合せの状況

2.1 及び3.1.1 から、次のとおりであったものと考えられる。

船長Aは、輪島港出港に際して輪島港所在の引船を使用することとし、七尾海上保安部経由で手配したところ、船長B及び船長Cの応諾を得たものと考えられる。

D校は、A船の輪島港入出港用として手配していたタグボートをA船の承諾を得て14日に解約した後、A船が、輪島港の引船の船長の応諾を得たということ、及び早急に出港したいということから、引船の使用を承認することとなった。

A船、B船及びC船においては、約1,000馬力のB船及びC船の2隻の引船で引き出すということ、及びA船とB船間の連絡を携帯電話で行うという連絡体制のみを確認したが、船長Cは本事故当日06時44分ごろ船長Bからえい航の連絡があったこと、また、B船及びC船がA船に到着後すぐにえい航索が係止され、さらに、A船の速やかなえい航の要望があったことから、えい航索の長さ等のえい航

計画についての具体的な打合せが行われず、えい航作業が行われた。B船及びC船は、台船のえい航を主として行っており、A船のような大型船のえい航は初めてであった。

3.2.6 A船、B船及びC船のコミュニケーションの状況

2.1、2.6.3、2.12.1及び3.1.1から、次のとおりであった。

(1) A船、B船及びC船の連絡手段

A船及びB船間は携帯電話により、B船及びC船間は無線電話により連絡が行われ、A船及びC船間の連絡はB船経由で行われたものと考えられる。

また、A船は船外マイクにより必要な情報を伝達したものと考えられるが、風の強さ、マイクの指向性及び一方通行の伝達手段から、船外マイクの活用は、双方の意思疎通を図り難く、有効なコミュニケーションの手段ではなかった可能性があると考えられる。

(2) 内容の伝達状況

① A船は、えい航開始前、本件岸壁から平行に離すため、07時18分28秒～同19分30秒ごろA船携帯からB船携帯に「平行に出します。岸壁と平行に」と連絡を行ったものと考えられる。

A船は、同26分51秒ごろ船外マイク及びA船携帯からB船携帯に「引け」と連絡を行ったところ、B船は、A船携帯からの事前連絡によりその内容を理解しており、また、C船は、B船のえい航索等の状況から、A船を本件岸壁から平行に引き出すよう、えい航を開始したものと考えられる。

② A船は、本件岸壁から離れた後、更に平行に離すため、同28分09秒～25秒ごろA船携帯からB船携帯に「前後部3時に引け、前部後部どちらも引いてください。お願いします」と連絡を行ったが、船長Bが曾々木方向である東方向にえい航するよう船長Cに無線電話で連絡を行ったものと考えられる。

B船及びC船は、後記3.2.7(2)に記載のとおり、えい航方向を誤解して東方向にえい航したものと考えられる。

③ A船は、A船携帯からB船携帯に07時33分23秒ごろ「おもて、2時方向に引いてください」及び07時34分03秒ごろ「タグライン、2時の方向、ふた時の方向に引いてください。タグライン、2時の方向に引いてください」との連絡により、船長Bは、船長Cに対し、逆方向（西側）に引けと無線電話で連絡したものと考えられる。

船長Bは、船長Cへ逆方向（西側）に引けと無線電話で連絡した後、主

機関の回転数を上げるように無線電話で連絡を行ったものと考えられる。

- ④ A船は、07時35分54秒ごろA船携帯からB船携帯に「前進をかける」と連絡を行ったが、B船からの応答はなかったものと考えられる。A船とB船との通信状況は、07時30分ごろから5分58秒間つながっていたものと考えられるが、船長BがA船からの連絡に応答をしなかったことについては、船長Bが本事故で死亡したため、その理由を明らかにすることはできなかった。

したがって、本事故における連絡体制には不備があり、被えい航船を含めた3隻以上の船舶でえい航作業を行う場合には、携帯電話での連絡には支障が生ずる場合があるので、各船に一斉に連絡を取ることができる無線電話による連絡方法が望まれる。

3.2.7 被えい航及びえい航状況、見張り及び操船の状況

2.1、3.1.1、3.2.5及び3.2.6から、次のとおりであった。

- (1) B船及びC船は、07時19分ごろA船付近（B船が船首側、C船が船尾側）に到着し、07時20分ごろA船は主機関を616rpmに設定して係留索を放したものと考えられる。

B船及びC船は、同24分ごろ、えい航索をA船に係止し、B船は、A船右舷船首部から長さ約50mのえい航索を船尾部のえい航フックに取り、また、C船は、A船右舷船尾部から長さ約150mのえい航索を船尾部のえい航フックに取り、同26分ごろ本件岸壁と平行にA船を引き出すよう、それぞれえい航を開始したものと考えられる。

- (2) A船は、岸壁から離れた後、更に岸壁から離すため、同28分11秒ごろ、船首方位286°、対地針路291.0°及び速力0.1knで被えい航中、同28分09秒～25秒ごろA船携帯からB船携帯に「前後部3時に引け、前部後部どちらも引いてください。お願いします」と連絡を行ったものと考えられる。

A船は、A船の船首を0時とする時計の角度である真横（約016°方向）を意味する「3時方向」をA船携帯によりB船へ連絡を行ったが、船長Bは、A船からの連絡が北方向を0時とする時計の角度を意味し、東方向を示す曾々木方向（約066°方向）と理解して船長Cに対して曾々木方向へ引く旨を無線電話で連絡を行ったものと考えられる。

このえい航方向の誤解については、前記3.2.5に記載のとおり、事前打合せにおいて、えい航方向の表現方法について、確認が行われなかったことから生じたものと考えられる。

A船からの連絡を受けたB船及びC船は、東側の曾々木方向（約 066° 方向）にえい航方向を変更したものと考えられる。このため、A船は、約 016° の方向に引かせるつもりが、約 066° 方向に引かれて後方に移動し、後方の消波ブロックに接近するようになったものと考えられる。

- (3) A船は、同33分21秒ごろ、船首方位 292° 、対地針路 131.0° 及び速力 0.9kn で被えい航中、後方への移動を止めるため、同33分23秒ごろA船携帯からB船携帯に「おもて、2時方向に引いてください」と連絡を行ったものと考えられる。B船及びC船は、えい航方向を西側に向けるように左転しながらえい航したものと考えられる。
- (4) A船は、同33分41秒ごろ、船首方位 295° 、対地針路 064.0° 及び速力 0.8kn で被えい航中、後方への移動を止め、岸壁に船尾が衝突する危険を避けるため、同33分42秒ごろ「左前進 5° 、右前進 6° 」と、同34分50秒ごろ「左前進 10° 、右前進 6° 」としたものと考えられる。
- (5) A船は、同35分10秒ごろ、船首方位 308° 、対地針路 352.0° 及び速力 2.2kn で被えい航中、同35分20秒ごろ「両舷前進 5° 」としたものと推定される。
- (6) A船は、同35分21秒ごろ、船首方位 312° 、対地針路 325.0° 及び速力 2.3kn で被えい航中、A船を港口に向けるとともに、引船のえい航の負担を軽減するため、同35分28秒ごろ「面舵一杯、両舷前進 7° 」とし、B船に接近しようとしたものと考えられる。船長Aは、時々船橋内に入ったが、ほとんど左舷側で操船指揮をしており、波の上下動で時々B船を見たが、B船のえい航状況の情報を得ていなかった可能性があると考えられる。
- (7) A船は、同35分47秒ごろ、船首方位 321° 、対地針路 339.0° 及び速力 3.0kn で被えい航中、同35分49秒ごろ「両舷前進 10° 」としたものと推定される。

船長Aは、引き続き左舷側で操船指揮をしており、引船のえい航状況の情報を得ていない中、A船を港口方向に向け、引船のえい航の負担を軽減するため、右転を早める意図から、増速した可能性があると考えられる。

- (8) A船は、同35分53秒ごろ、船首方位 325° 、対地針路 330.0° 及び速力 3.2kn で被えい航中、同35分54秒ごろB船に対して「前進かけると伝えろ」と指示が行われたものと推定される。船長Aは、前進力及び回頭力がB船及びC船に与える影響を考えて指示した可能性があると考えられる。
- (9) A船は、同36分10秒ごろ、船首方位 338° 、対地針路 340.0°

及び速力4.1kn で被えい航中、同36分12秒ごろ「両舷停止」としたものと推定される。

船長Aは、B船が左舷側に傾き危険な状態となったことから、両舷停止とした可能性があると考えられる。

(10) A船は、同36分14秒ごろ、船首方位342°、対地針路347.0°及び速力4.1kn で被えい航中、同36分16秒ごろ「タグライン放せ」との指示により、A船前部乗組員がB船のえい航索を放そうとしたものと推定される。

(11) A船は、同36分23秒ごろ、船首方位347°、対地針路344.0°及び速力4.3kn で被えい航中、同36分26秒ごろ「両舷前進10°」としたものと推定される。

船長Aは、B船のえい航索の緊張を和らげ、B船が左舷側の傾きを復原し、また、えい航索を放すため、前進してB船に接近しようとした可能性があると考えられる。

(12) A船は、同36分47秒ごろ、船首方位000°、対地針路349.0°及び速力4.1kn で被えい航中、「タグライン切れ」との指示によりA船前部乗組員がB船のえい航索の切断を試みたものと推定される。

C船は、西側にえい航しようとして北北東～北東の風浪に向けて左転している途中に左舷舷側から海水が入り、左舷側に引き込まれて約9～30°傾いたが、右舵によりC船えい航角度を減少させて復原することができたものと考えられる。

B船は、左舷側に引き込まれて傾いたが、右舵ではなく左舵を約5～10°としたものと考えられる。

B船が、C船が、横傾斜角度を減少するために行った引き込まれる舷と反対側に舵を取り、C船えい航角度を減少させたと同じことをしなかった理由を明らかにすることはできなかった。

(13) A船は、同36分54秒ごろ、船首方位003°、対地針路357.0°及び速力4.2kn で被えい航中、B船の転覆を見て「えっ」と発声したのものと推定される。B船えい航索は、転覆後に切断されたものと考えられる。また、甲板員Bがえい航フックを蹴るような動作をして緊急離脱用ハンドルを操作しようとしたものと考えられる。

3.2.8 えい航索に関する分析

2.1、2.6.3及び2.12.1から、次のとおりであったものと考えらる。

(1) A船

船長Aは、B船のえい航索の長さが約50mであり、普通なら約100mに延ばすことを指示していた状況であったが、本件岸壁のフェンダーへの圧着及びA船の損傷から気持の余裕がなくB船にえい航索を長くするよう指示をしなかった。

(2) B船

B船は、化繊製直径60mm、破断荷重が約52tf（約510kN）及び長さ約50mのえい航索の末端をA船右舷船首部のビット（水面からの高さ約6.5m）に取り、B船のえい航フックにえい航索のアイを掛けた。

後記3.2.11(2)のとおり、えい航索の長さが約50mでは、操船が困難であったものと考えられること、洋上では経験則からえい航索の長さは約178～237mと見積もられること、及び港内の風波の状況からC船がえい航索の長さを約150mとしたことを考慮すれば、B船は、えい航索の長さについて、約50mより長くすることを検討する必要があった。

(3) C船

C船は、化繊製直径60mm、破断荷重約52tf 及び長さ約150mのえい航索の末端をA船右舷船尾部のビット（水面からの高さ約3.3m）に取り、C船のえい航フックにえい航索のアイを掛けた。船長Cは、C船のえい航索の長さを約150mにするので、B船も長くすることを船長Bに提案したが、船長Bは約50mにすると返答した。

3.2.9 えい航フックの状況

2.6.3及び2.9.2から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) B船のえい航フックの状況

- ① スプリング付であり、最大荷重は約50～80tf（約490～784kN）であった。
- ② 基線からの高さは約3.6mであり、水面からの高さは約2.2mであった。
- ③ 船体中心からは船尾方に約3.8mであり、満載状態での重心位置が船体中心から0.94m船尾方となることから、重心からは約2.9m船尾方であった。
- ④ 緊急離脱用ハンドルは、固着して作動せず、点検及び操作訓練が行われていなかった。

(2) C船のえい航フックの状況

- ① スプリング付であり、最大荷重30tf（約294kN）であった。
- ② 基線からの高さは約3.4mであり、水面からの高さは約1.6mであつ

た。

- ③ 船体中心からは船尾方に約4.0mであり、満載状態での重心位置が船体中心から1.20m船尾方となることから、重心からは約2.8m船尾方であった。
- ④ 緊急離脱用ハンドルは、固着して作動せず、点検及び操作訓練が行われていなかった。

3.2.10 操船に与えた風等の影響

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) A船の離岸

輪島港の港湾環境は、北方に東西に延びる防波堤が設置されているが、港口が北東方に開いており、北～北東風の場合は、風及び風浪の影響を受ける状況であることから、本事故当時、北北東～北東風が10m/sを超えており、自力による離岸はできなかった。

(2) B船及びC船の動向

B船及びC船は、風浪に向首するよう船首方位を保つことができていた。

3.2.11 転覆に関する解析

2.1、2.11、3.1.1及び3.1.3から、次のとおりであった。

(1) A船の速力及び右転の影響

- ① A船は、07時33分41秒ごろ、船首方位 295° 、対地針路 064.0° 及び速力0.8knで被えい航中、B船及びC船は約 066° に向けており、AB角度及びAC角度はA船船尾から約 $50\sim70^{\circ}$ 、B船えい航角度及びC船えい航角度は約 0° であったものと考えられる。
- ② A船は、同36分47秒ごろ、船首方位 000° 、対地針路 349.0° 及び速力4.1knで被えい航中、同36分47秒～54秒ごろ、B船は、船首方位約 40° 及びC船は、船首方位約 50° であり、AB角度がA船船尾から約 60° 及びB船えい航角度が約 80° 、AC角度はA船船尾から約 100° 、C船えい航角度は約 30° であったものと考えられる。
- ③ A船は、前記①～②の約3分間において、船首方位が 65° 、距離が約190m変化していたものと考えられる。
- ④ B船は、前記のとおり、A船が右転して前進し、また、後記(2)②のとおり、えい航索の長さが約50mであったことから、えい航索張力の水平成分が転覆限界である15.2tf以上となる約 $38.8\sim45.1$ tfで転覆したものと考えられる。B船は、えい航索張力の水平成分の転覆限界が

45tf の場合は、B船えい航角度が 19° 及び船首方位 101° と計算されることから、えい航角度を 19° 未満に小さくするため、右転する方法が考えられるが、瞬時に転覆した状況から操舵による回避は困難であったものと考えられる。

- ⑤ C船は、えい航索張力の水平成分が転覆限界である24.9tf より小さい9.2tf であったことから、転覆しなかったものと考えられる。また、このときの左傾斜は約 9° であったものと考えられる。

(2) えい航索の長さの影響

- ① B船は、えい航索の長さは約50mであり、C船のえい航索と比較して約100m短く、C船に比べ、A船の右転によるえい航角度の偏移量が大きかったものと考えられる。
- ② B船は、えい航索の長さが約50mであったことから、緊張しており、張力の変動が、えい航索で緩和されることがなく、直接的に船体に影響し、操船が困難であったものと考えられる。

3.2.12 船舶の運航管理等の状況

(1) A船

2.1.3 及び 2.9.1 から、次のとおりであったものと考えられる。

- ① D校は、A船から提出された乗船実習実施要領により、A船に必要な運航支援を行っており、また、緊急時の対応を想定して緊急時連絡網を整備し、本事故当時も同連絡網が活用されたが、A船の運航支援に関し、D校長等のD校幹部まで行う報告事項の内容を具体的に定めていなかった。
- ② D校は、A船の乗船実習に関する事務の担当者として訓練課の教官を指名し、担当者D₁により連絡体制を確保していたが、D校として寄港地の気象の状況及びA船の寄港地における引船の態勢等を適切に把握していなかった。
- ③ D校は、A船の輪島港が初入港となることから、事前に港湾図面を入手するなどしてA船に対する情報提供を行うとともに、タグボート手配の仮予約を行うなどのA船の運航支援を行っていた。また、18日21時ごろA船からの船体動揺の連絡を受け、翌日の出港におけるタグボート使用の可否について打診を行うとともに、輪島港の気象情報についてA船に情報提供を行っていたが、この頃、輪島港では、北寄りの風が約10m/s 吹いている状況であり、得ていた気象情報に基づく注意喚起が適切に行われなかった。D校では、A船の現状についてD校長等のD校幹部まで事故発生 の報告を受けるまでA船が危険な状態となっていることなどの報告がなさ

れておらず、A船に対して危険を回避するための助言や指示が適切に行われなかった。

- ④ A船は、入港時、乗組員等が上陸した際、総員帰船を行う気象等の基準がなかった。また、D校は、A船の安全運航については、A船が、基本的には巡視船であることから、他の巡視船と同様にA船の航海に関する安全対策は、船長以下乗組員の責務であると思っており、乗組員等が上陸した際、総員帰船を行う気象等の基準を整備するよう指導をしていなかった。
- ⑤ A船は、被えい航時の部署配置、連絡設定、作業内容の伝達、操船要領等を定めた対応マニュアルがなかった。また、D校は、被えい航時の対応マニュアルを整備するよう指導していなかった。
- ⑥ 船長Aは、輪島港入港式典等の合間に気象情報の収集を行っていたが、上陸の際、輪島港が北方向に開いているという特性を踏まえた気象海象の変化に対する具体的な措置について指示をせず、上陸後は、気象海象の推移及び船体の状況を把握することなく、また、当直に確認するなどの措置を採らなかった。

(2) B船及びC船

2.1.3及び2.9.2から、次のとおりであったものと考えられる。

- ① F社は、B船及びC船の動向を船長Bからの報告で知り、安全に作業ができるかどうか判断するため、担当者F₁が本件岸壁に向かい、船長B及び船長Cに電話連絡し、両船長から作業が実施できることを確認した。
- ② F社は、A船のような大型船のえい航の経験がなかった。
- ③ F社は、えい航フックの点検整備及び操作訓練を実施していなかった。

3.2.13 事故発生に関する解析

2.1、3.1及び3.2.1～3.2.12から、次のとおりであった。

(1) A船の被えい航開始

- ① A船は、19日06時40分ごろ舞鶴港へ向けて出港準備を行い、同45分ごろ主機関を616rpmとしたものと考えられる。

B船及びC船は、07時19分ごろA船付近に到着し、A船は、同20分ごろ係留索を放し、B船及びC船は、B船がA船の船首部に、C船がA船の船尾部にえい航索を取り、同26分ごろ、A船の出港支援のため、本件岸壁に直角である船首方位約017°でえい航を開始したものと考えられる。

- ② A船は、岸壁から離れた後、更に岸壁から離れるため、同28分11秒ごろ、船首方位286°、対地針路291.0°及び速力0.1knで被えい

航中、同28分09秒～25秒ごろ「前後部3時に引け、前部後部どっちも引いてください。お願いします」とB船に連絡を行ったものと考えられる。

(2) えい航方向の変更

- ① B船及びC船は、A船からの3時方向に引けとの連絡により、えい航方向を曾々木方向に変更したものと考えられる。

このため、A船は、真横方向の約 016° に引かせるつもりが、曾々木方向の約 066° 方向に引かれて後方に移動し、後方の消波ブロックに接近するようになったものと考えられる。えい航方向の誤解については、事前打合せにおいて、えい航方向の表現方法について、確認が行われなかったことから生じたものと考えられる。

A船は、同33分21秒ごろ、船首方位 292° 、対地針路 131.0° 及び速力 0.9kn で被えい航中、後方への移動を止めるため、同33分23秒ごろ「おもて、2時方向に引いてください」とB船に連絡を行ったものと考えられる。

- ② A船は、同33分41秒ごろ、船首方位 295° 、対地針路 064.0° 及び速力 0.8kn で被えい航中、後方への移動を止め、岸壁に船尾が衝突する危険を避けるため、同33分42秒ごろ「左前進 5° 、右前進 6° 」と、同34分50秒ごろ「左前進 10° 、右前進 6° 」としたものと考えられる。

(3) A船の増速等

- ① A船は、同35分10秒ごろ、船首方位 308° 、対地針路 352.0° 及び速力 2.2kn で被えい航中、同35分20秒ごろ「両舷前進 5° 」としたものと推定される。

- ② A船は、同35分21秒ごろ、船首方位 312° 、対地針路 325.0° 及び速力 2.3kn で被えい航中、A船を港口に向けるとともに、引船のえい航の負担を軽減するため、同35分28秒ごろ「面舵一杯、両舷前進 7° 」とし、B船に接近しようとしたものと考えられる。一方、船長Aは、時々船橋内に入ったが、ほとんど左舷側で操船指揮をしており、波の上下動で時々B船を見たが引船のえい航状況の情報を得ていなかった可能性があると考えられる。

- ③ A船は、同35分47秒ごろ、船首方位 321° 、対地針路 339.0° 及び速力 3.0kn で被えい航中、同35分49秒ごろ「両舷前進 10° 」としたものと推定される。船長Aは、波の上下動で時々B船を見たが、引船のえい航状況について情報を得ていない中、A船を港口に向け、引船の

えい航の負担を軽減するため、右転を早める意図から、増速した可能性があると考えられる。

- ④ A船は、同35分53秒ごろ、船首方位 325° 、対地針路 330.0° 及び速力 3.2kn で被えい航中、同35分54秒ごろB船に対して「前進かけると伝えろ」と指示が行われたものと推定される。船長Aは、前進力及び回頭力がB船及びC船に与える影響を考慮して指示した可能性があると考えられる。
- ⑤ A船は、同36分10秒ごろ、船首方位 338° 、対地針路 340.0° 及び速力 4.1kn で被えい航中、同36分12秒ごろ「両舷停止」としたものと推定される。船長Aは、B船が左舷側に傾き危険な状態となったことから、両舷停止とした可能性があると考えられる。
- ⑥ A船は、同36分14秒ごろ、船首方位 342° 、対地針路 347.0° 及び速力 4.1kn で被えい航中、同36分16秒ごろA船船首部乗組員がB船のえい航索を放そうとしたものと推定される。
- ⑦ A船は、同36分23秒ごろ、船首方位 347° 、対地針路 344.0° 及び速力 4.3kn で被えい航中、同36分26秒ごろ「両舷前進 10° 」としたものと推定される。船長Aは、B船のえい航索の緊張を和らげるなどのため、前進してB船に接近しようとした可能性があると考えられる。
- ⑧ A船は、同36分47秒ごろ、船首方位 000° 、対地針路 349.0° 及び速力 4.1kn で被えい航中、B船のえい航索の切断を試みたものと推定される。

C船は、西側にえい航しようとして北北東～北東の風浪に向けて左転している途中に左舷側から海水が入り、左舷側に引き込まれて約 $9\sim 30^{\circ}$ 傾いたが、右舵によりC船えい航角度を減少させて復原させることができたものと考えられる。
- ⑨ B船は、えい航方向を西側に変えようとしていたところ、A船が後方への移動を止め、岸壁に船尾が衝突する危険を避けようとして前進し、また、港口へ向けるため、右舵一杯として増速したこと、及びB船のえい航索長さが約 50m であったことから、えい航索張力の水平成分が転覆限界である 15.2tf 以上となる約 $38.8\sim 45.1\text{tf}$ となり、転覆したものと考えられる。
- ⑩ A船は、同36分54秒ごろ、船首方位 003° 、対地針路 357.0° 及び速力 4.2kn で被えい航中、B船の転覆後にえい航索を切断したものと考えられる。

(付図9 VTA分析 参照)

3.2.14 被害軽減措置

2.4及び2.9.2から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) 救命胴衣

B船及びC船の乗組員は、F社から救命胴衣及びヘルメットの装着について指導がなされていたが、船長Bは救命胴衣を装着していない状態で発見され、甲板員Bは救命胴衣が体に密着せず、波により体の一部が上下している状態で発見された。

(2) 救助対応

- ① A船は、平成23年9月19日07時38分ごろB船のえい航索を放して錨を投下し、また、同54分ごろ搭載艇を舷側まで降下し、転落者の捜索に当たった。
- ② 輪島消防署等は、救助要請により現場に向かい救助作業を行った。

4 結 論

4.1 分析の要約

(1) 事故発生に至る経過

A船は、輪島港において、北北東～北東風約10m/s及び波高約3mの状況で出港しようとしたが、近隣港のタグボートの手配が困難であったので、輪島港所在のB船及びC船の支援を受けて出港作業中、B船はC船と共にA船の出港支援のえい航作業中、B船が、A船の右舷船首側を約50mのえい航索で前進によりえい航作業を行っていたところ、えい航索の張力が復原力を超えたことから、19日07時36分47秒～54秒ごろ輪島港第1防波堤灯台から真方位142°41.3m付近で転覆したものと考えられる。(3.2.3、3.2.5及び3.2.11)^{*13}

(2) A船がB船及びC船を使用した状況

- ① A船及びD校は、G社のタグボートの仮予約を14日に解約した。
- ② 船長Aは、輪島港所在の引船を使用することとし、七尾海上保安部経由で船長B及び船長Cの応諾を得たこと、及び早急の出港要望をD校に行い、D校から引船使用の承認を得たものと考えられる。
- ③ 船長B及び船長Cは、台船のえい航業務を主としており、A船のような船舶のえい航は初めてであったものと考えられる。

^{*13} 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関する「3 分析」の主な項番号を示す。

(3. 2. 5)

(3) えい航の事前打合せ等の状況

A船、B船及びC船は、A船とB船は携帯電話、A船とC船はB船を経由して無線電話という連絡体制を確認したが、えい航索の長さ等のえい航計画の具体的な打合せを行わずにえい航作業が行われたものと考えられる。このため、後記(8)②aのとおり、えい航方向についての誤解が生じたものと考えられる。

(3. 2. 5～3. 2. 7)

(4) B船がえい航索の長さを約50mとした状況

船長Bは、船長Cから、C船のえい航索の長さを約150mとするので、B船も長くすることを提案したが、約50mの長さとする返答したものと考えられる。(3. 2. 8)

(5) 転覆に至る状況

① A船は、離岸する際、B船がA船の船首部を、C船がA船の船尾部をそれぞれ引き、岸壁から平行に離れた後、更に平行に離そうとしてB船に3時方向(約016°方向)へ引くことを連絡したが、B船は、曾々木方向(約066°方向)と思い、C船に曾々木方向へ引くことを連絡したものと考えられる。

② A船は、後方へ引かれて後方の消波ブロックに接近することとなり、後方への移動を止めるため、船首方向の2時方向へ引くことをB船に連絡し、B船及びC船は、えい航方向を西側に向けるように左転しながらえい航したものと考えられる。

③ A船は、後方への移動を止め、岸壁に船尾が衝突する危険を避けるため、前進し、速力が2.3knになった頃、港口へ向けるなどのため、面舵一杯として増速したこと、及びえい航索の長さが約50mであったことから、速力が約4.0knとなるとともに、B船えい航角度が約80°となり、B船のえい航索張力が復原力を超えたことから、B船が転覆したものと考えられる。

(3. 2. 7及び3. 2. 11)

(6) D校の指導等の状況

① D校は、A船の乗船実習に関する事務の担当者として訓練課の教官を指名し、A船との連絡体制を確保していたものと考えられる。

② D校は、輪島港の気象情報をA船に伝えていたが、その頃には同港では北寄りの風が約10m/s吹いている状況であり、得ていた気象情報に基づく注意喚起が適切に行われなかったものと考えられる。

③ D校では、本事故当時のA船の状況をD校長まで詳細な報告がなされておらず、A船に対して危険を避けるための助言や指示が適切に行われていな

かったものと考えられる。

(3.2.12)

(7) F社の指導等の状況

- ① F社は、B船及びC船の動向を船長Bからの報告で知り、担当者F₁が本件岸壁に行き、両船長から作業が実施できることを確認したのと考えられる。
- ② F社は、大型船のえい航の経験がなかったものと考えられる。
- ③ F社は、えい航フックの点検整備及び操作訓練を実施していなかったものと考えられる。

(3.2.12)

(8) 事故発生の要因

- ① A船及びB船は、輪島港において、北北東～北東風約10m/s及び波高約3mの状況下、A船が出港作業中、B船がC船と共にA船の出港支援のえい航作業中、B船が、A船の船首部にえい航索を取ってえい航していたところ、B船のえい航索張力が復原力を超えたことから、転覆したものと考えられる。

(3.2.13(3))

- ② B船は、以下のことから、えい航索張力が復原力を超えたものと考えられる。

a A船は、岸壁から平行に離れた後、更に平行に離そうとしてB船に3時方向(約016°方向)へ引くことを連絡したが、B船は、曾々木方向(約066°方向)と思い、C船と共に曾々木方向へ引いたので、A船が後方へ引かれて後方の消波ブロックに接近するようになった。

b A船は、後方への移動を止めるため、船首方向の2時方向へ引くことをB船に連絡し、B船及びC船は、えい航方向を西側に向けるように左転しながらえい航したのと考えられる。その後、A船が、後方への移動を止め、岸壁に船尾が衝突する危険を避けるため、前進を始めた。

c A船は、速力が2.3knになった頃、港口へ向けるなどのため、面舵一杯として増速した。

d B船は、えい航索の長さが約50mであった。

(3.2.7及び3.2.11)

- ③ 船長Bは、船長Cから、C船のえい航索の長さを約150mにするので、B船も長くすることを提案されたが、約50mの長さにする返答したのと考えられるが、その理由は明らかにすることはできなかった。(3.2.8(3))

4.2 原因

本事故は、輪島港において、北北東～北東風約10m/s及び波高約3mの状況下、A船が出港作業中、B船がC船と共にA船の出港支援のえい航作業中、B船が、A船の船首部にえい航索を取ってえい航していたところ、B船のえい航索張力が復原力を超えたため、転覆したことにより発生したものと考えられる。

B船のえい航索張力が復原力を超えたのは、次のことによるものと考えられる。

- (1) A船は、岸壁から平行に離れた後、更に平行に離そうとしてB船に3時方向（約016°方向）へ引くことを連絡したが、B船は、曾々木方向（約066°方向）と思い、C船と共に曾々木方向へ引いたので、A船が後方へ引かれて後方の消波ブロックに接近することとなった。
- (2) A船は、後方への移動を止めるため、船首方向の2時方向へ引くことをB船に連絡し、B船及びC船は、えい航方向を西側に向けるように左転しながらえい航した。その後、A船が、後方への移動を止め、岸壁に船尾が衝突する危険を避けるため、前進を始めた。
- (3) A船は、速力が2.3knになった頃、港口へ向けるなどのため、面舵一杯として増速した。
- (4) B船は、えい航索の長さが約50mであった。

4.3 その他判明した安全に関する事項

(1) A船

- ① 被えい航時の要領が定められていなかったものと考えられる。

要領において、被えい航時のえい航索の長さ、えい航船との連絡体制、A船の操船等の要点が定められていれば、本事故当時のように急を要するえい航においても、要点の打合せを行うことができ、えい航方向の誤解、連絡体制の不備等を防止できた可能性があると考えられる。

- ② 輪島港入港後の気象状況の把握及び共有がなされておらず、上陸許可後の総員帰船の気象等に関する基準が定められていなかったものと考えられる。また、船長Aは、輪島港入港式典等の合間に気象情報の収集を行っていたが、上陸後は、気象海象の推移等を把握しなかったものと考えられる。

これらが行われていれば、海上強風警報等の発表に気付き、早期の対応ができた可能性があると考えられる。

(2) D校

A船の乗船実習に関する事務の担当者として教官を指名しており、A船の本事故当時の状況は把握していたものの、A船に対し、得ていた気象情報に基づく注意喚起が適切に行われず、また、危険を避けるための助言や指示が適切に

行われていなかったものと考えられる。

これらが行われていれば、前記(1)②のことも解決できた可能性があると考えられる。

(3) F社

B船及びC船は、えい航フックの緊急離脱用ハンドルが作動しない状態であり、F社は、点検整備を行っておらず、また、乗組員に対してえい航索の緊急離脱の訓練を行っていなかったものと考えられる。

これらが行われていれば、本事故当時、甲板員Bがえい航フックを蹴るような動作をしたように見えた後、B船が傾斜して転覆したことから、えい航索を緊急に離脱させることができた可能性があると考えられる。

船長Bは、救命胴衣を着用していなかったものと考えられる。

5 再発防止策

本事故は、輪島港において、北北東～北東風約10m/s及び波高約3mの状況下、A船が出港作業中、B船がC船と共にA船の出港支援のえい航作業中、B船が、A船の船首部にえい航索を取ってえい航していたところ、B船のえい航索張力が復原力を超えたことから、転覆したことにより発生したものと考えられる。

B船のえい航索張力が復原力を超えたのは、事前の打合せが適切でなかったことによるえい航方向に関するB船の誤解、それに伴うB船へのえい航方向の変更指示やA船の増速、A船の右転及びB船のえい航索の長さが関連したことによるものと考えられる。

A船では、被えい航時の要領が定められておらず、輪島港入港後の気象状況の把握及び共有がなされておらず、また、上陸許可後の総員帰船の気象等に関する基準が定められていなかったものと考えられる。

D校では、A船の乗船実習に関する事務の担当者として教官を指名しており、A船の本事故当時の状況は把握していたものの、A船に対し、得ていた気象情報に基づく注意喚起が適切に行われず、また、危険を避けるための助言や指示が適切に行われていなかったものと考えられる。

F社では、B船及びC船のえい航フックの緊急離脱用ハンドルが作動しない状態であり、F社は、点検整備を行っておらず、また、乗組員に対してえい航索の緊急離脱の訓練を行っていなかったものと考えられる。船長Bは、救命胴衣を着用していなかったものと考えられる。

5.1 事故後に講じられた事故防止策

5.1.1 A船により講じられた措置

A船は、D校内の調査委員会の審議を踏まえながら、A船の安全対策を検討し、次の対応を実施した。

(1) 気象及び海象の変化等に備えた具体的指示の徹底

気象及び海象の変化に対する対応事項や幹部への報告基準、出港基準等を明示した船長達を定めるとともに、各級指揮官にこれを徹底するため、船長指示事項を停泊当直日誌に明記することとした。

(2) タグボートの使用

タグボートを使用する場合、連絡体制及び手段並びに操船方法についてタグボート乗組員と事前に打ち合わせることや無線機を使用し意思疎通を確実に行った上で作業を行うことなどを定めたマニュアルを整備した。

(3) B R M (Bridge Resource Management) 研修の定期的な実施

定期異動で乗組員の交代があった場合等には、船内でのB R M研修を定期的に実施し、安全運航能力（タグボート使用時を含む。）の向上を図ることとした。

5.1.2 D校により講じられた措置

D校は、D校内に調査委員会を設置してA船の安全対策を検討し、次の対応を実施した。

(1) 安全運航のダブルチェック

A船の寄港地の決定に際し、港の気象及び海象の特性や緊急時の安全対策について十分な確認を行うよう、学校長による安全運航のダブルチェックを徹底することとした。

(2) A船の運航状況等の把握

乗船実習中のA船については、その動静、実習内容、気象情報など乗船実習の実施状況及び運航状況を学校長を含む学校幹部に毎日報告し、情報共有することとした。

(3) 緊急時連絡体制の整備

A船に海難等の緊急事態や安全運航に支障を及ぼす事態が発生し、又はその可能性がある場合には、学校長まで情報が迅速及び確実に伝達されるよう連絡基準、連絡系統及び必要な態勢の基準を整備した。

(4) 学校長による安全運航の点検

船橋内の指揮命令など運航の状況及び機器の操作状況並びに乗船実習の実施状況について、学校長等幹部による点検を年2回行うこととした。

5.1.3 F社により講じられた措置

- (1) 緊急時の連絡網体制
F社における緊急時の連絡網体制を整備した。
- (2) 緊急時の対応
F社における緊急時の責任体制を整備した。

5.2 今後必要とされる事故防止策

(1) D校

A船による安全な乗船実習を実施するため、学校長を中心とした明確な組織を定め、平素からの事故防止及び安全指導等を始め、緊急時の支援を確実に実施する総合的な管理体制を整備すること。

(2) F社

① えい航フックの整備及び操作訓練が不適切であったことから、C船のえい航フックを整備し、定期的に緊急離脱訓練を行うこと。

② 乗組員の救命胴衣などの装備の適切な装着の指導をすること。

(3) 一般社団法人日本作業船協会、社団法人日本海上起重技術協会及び日本沿岸曳船海運組合

一般社団法人日本作業船協会、社団法人日本海上起重技術協会及び日本沿岸曳船海運組合は、えい航作業関係者に対し、次のことを指導することが望まれる。

① えい航計画について調整し、また、えい航作業中には緊密な意思疎通を行うため、同一の周波数の無線電話等の手段による連絡体制を整備すること。

② えい航角度が大きくなると横傾斜が大きくなり小型の引船は転覆する虞があるので、被えい航船は速力及び舵の使用については十分配慮して操船すること。また、小型の引船は、被えい航船の影響によりえい航索と船首尾線とのなす角度が大きくなるように調整しながら操船すること。

③ えい航索長さは、洋上でのえい航索長さがえい航船と被えい航船の長さの1.5～2.0倍という経験則、港湾の状況、気象海象状況等を考慮して定めること。

6 勧告

6.1 海上保安学校に対する勧告

本事故は、輪島港において、北北東～北東風約10m/s及び波高約3mの状況下、

みうらが出港作業中、第十二喜多丸が第八喜多丸と共にみうらの出港支援のえい航作業中、第十二喜多丸が、みうらの船首部にえい航索を取ってえい航していたところ、第十二喜多丸のえい航索張力が復原力を超えたため、転覆したことにより発生したものと考えられる。

また、海上保安学校では、みうらに対し、得ていた気象情報に基づく注意喚起が適切に行われず、また、危険を避けるための助言や指示が適切に行われなかったことから、当委員会は、本事故調査の結果を踏まえ、みうらの運航の安全を確保するため、海上保安学校に対し、運輸安全委員会設置法第27条第1項に基づき、以下のとおり勧告する。

海上保安学校は、学生及び研修生の教育訓練のため、みうらの周年派遣を受けていることを踏まえ、みうらによる安全な乗船実習を実施するため、学校長を中心とした明確な組織を定め、平素からの事故防止及び安全指導、気象情報や航行警報等の安全運航上必要な情報の共有、乗船実習中のみうらの運航状況の把握、緊急時の連絡及び支援を確実に実施する総合的な管理体制を整備すること。

6.2 株式会社喜多組に対する勧告

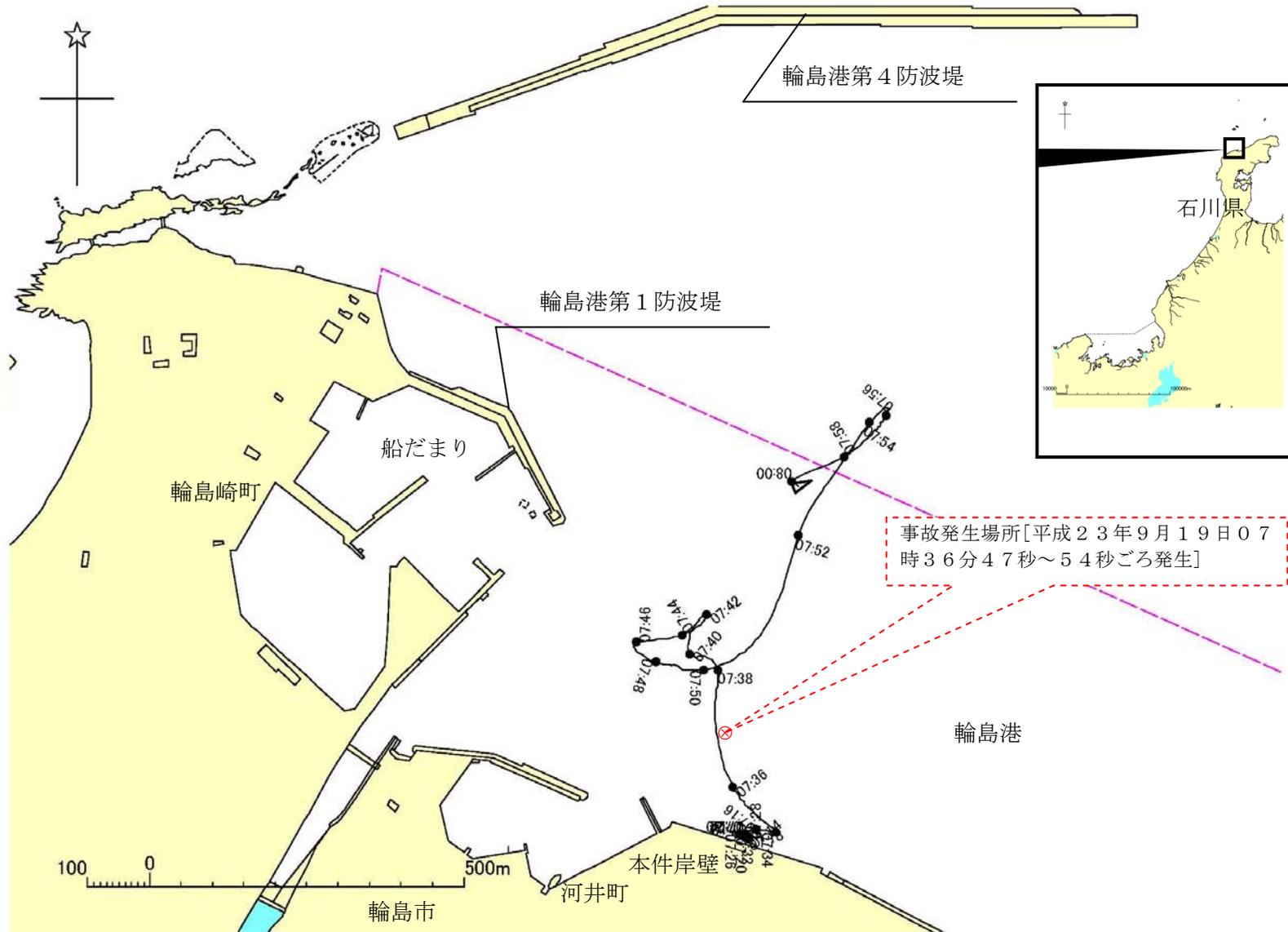
本事故は、輪島港において、北北東～北東風約10m/s及び波高約3mの状況下、みうらが出港作業中、第十二喜多丸が第八喜多丸と共にみうらの出港支援のえい航作業中、第十二喜多丸が、みうらの船首部にえい航索を取ってえい航していたところ、第十二喜多丸のえい航索張力が復原力を超えたため、転覆したことにより発生したものと考えられる。

このことから、当委員会は、本事故調査の結果を踏まえ、引船のえい航作業の安全を確保するため、株式会社喜多組に対し、運輸安全委員会設置法第27条第1項に基づき、以下のとおり勧告する。

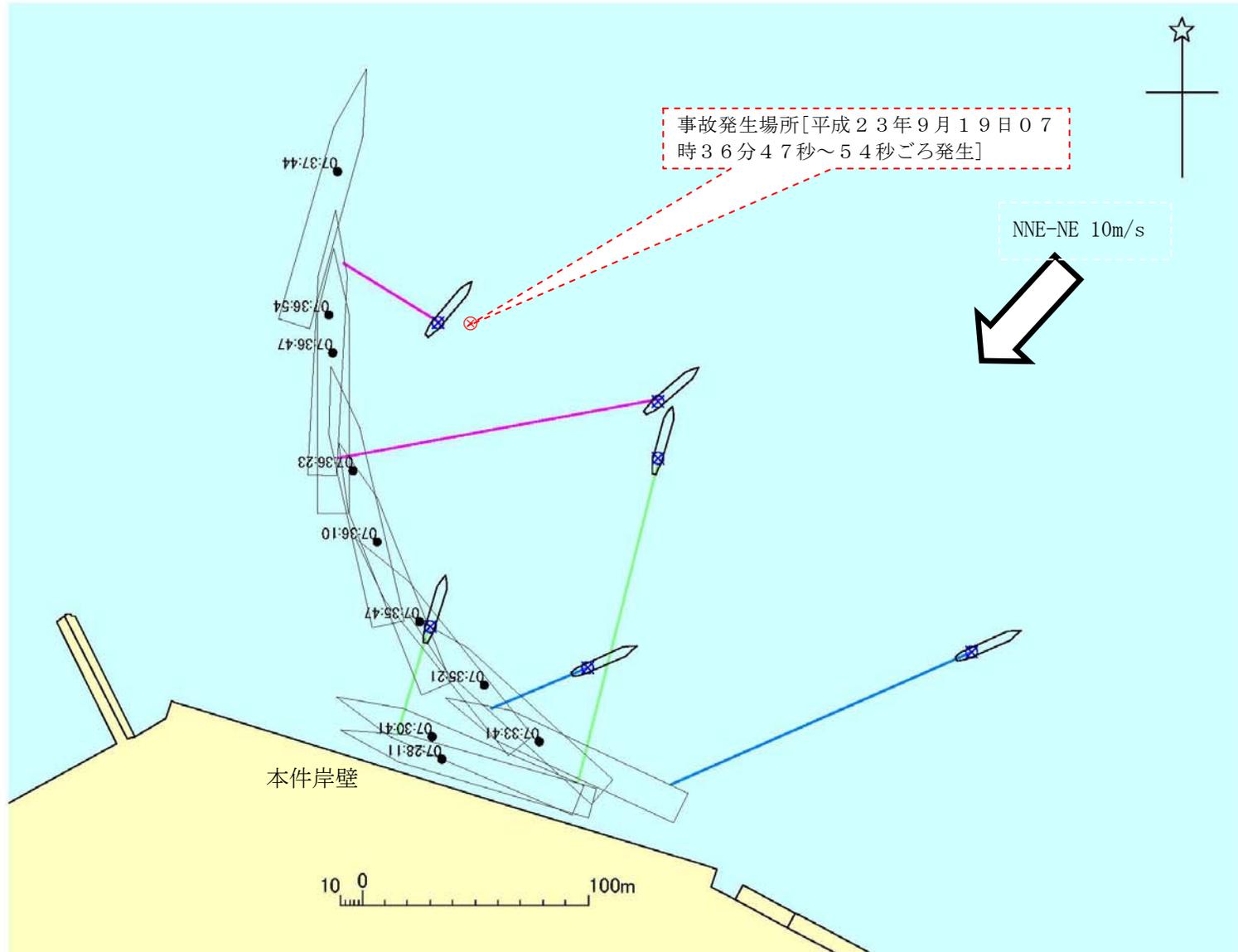
株式会社喜多組は、引船のえい航作業の安全確保のため、次の措置を講ずること。

- (1) えい航フックの点検整備を行い、操作訓練を行うこと。
- (2) 乗組員に対してえい航作業時の救命胴衣などの装備の適切な装着の指導を行うこと。

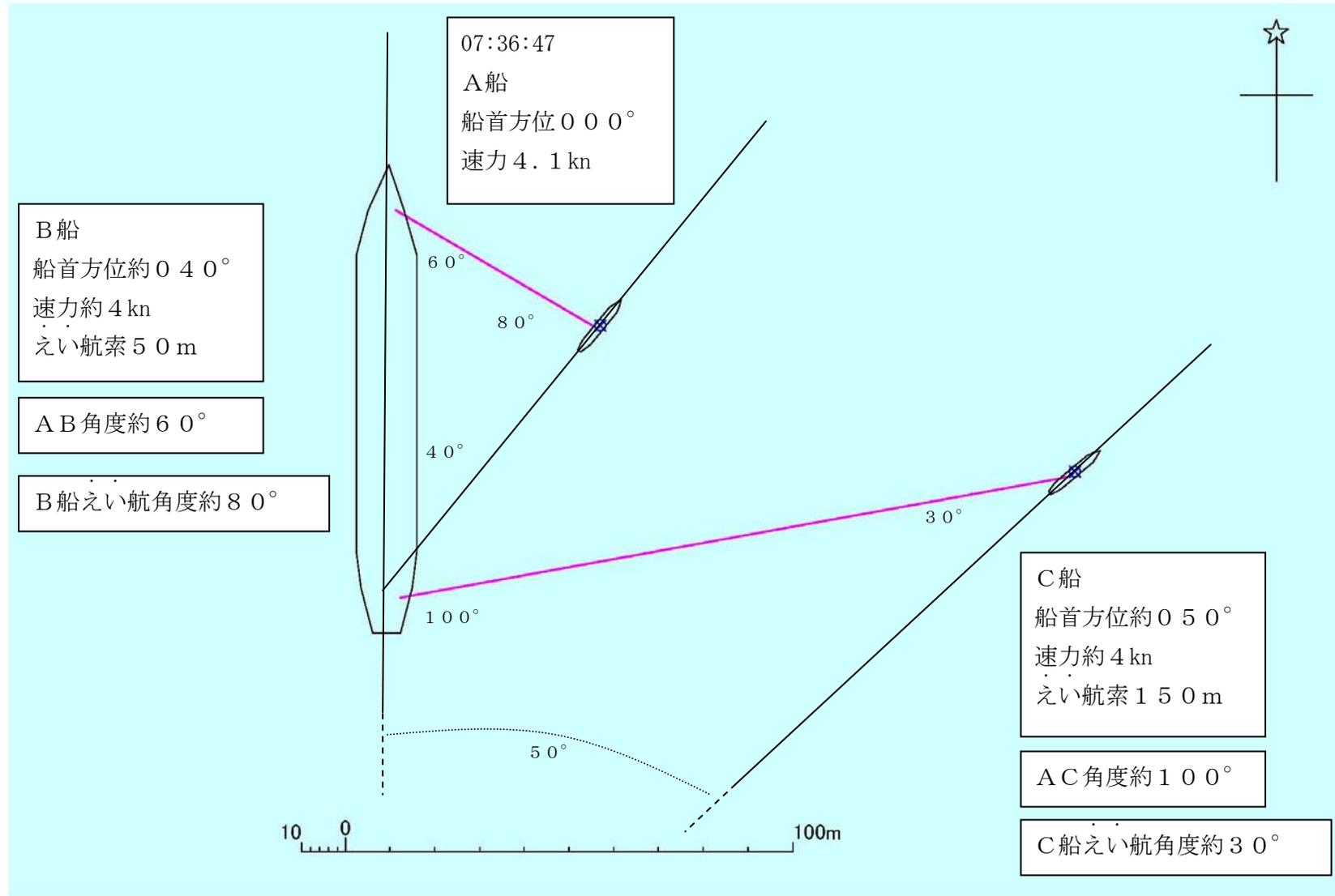
付図1 推定航行経路図（全体図）



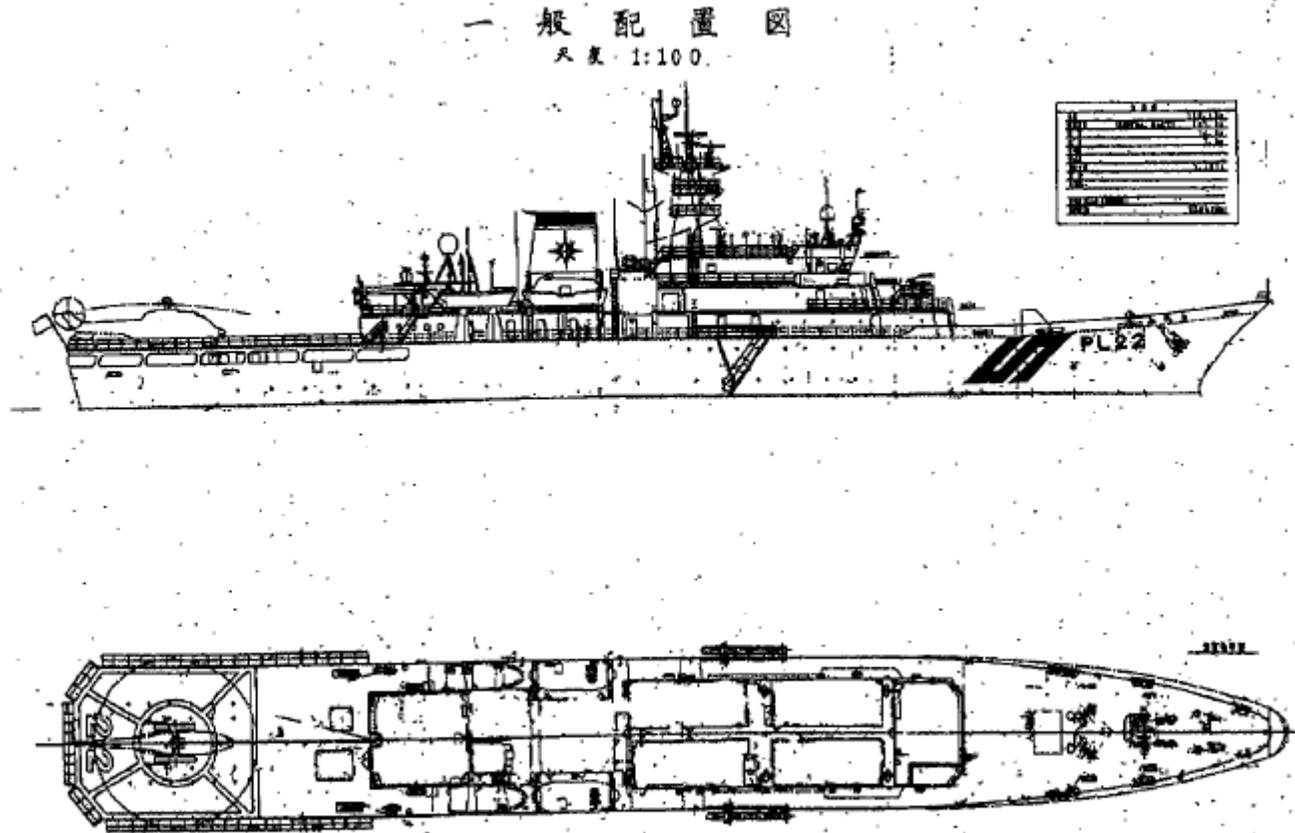
付図2 推定航行経路図(拡大図)



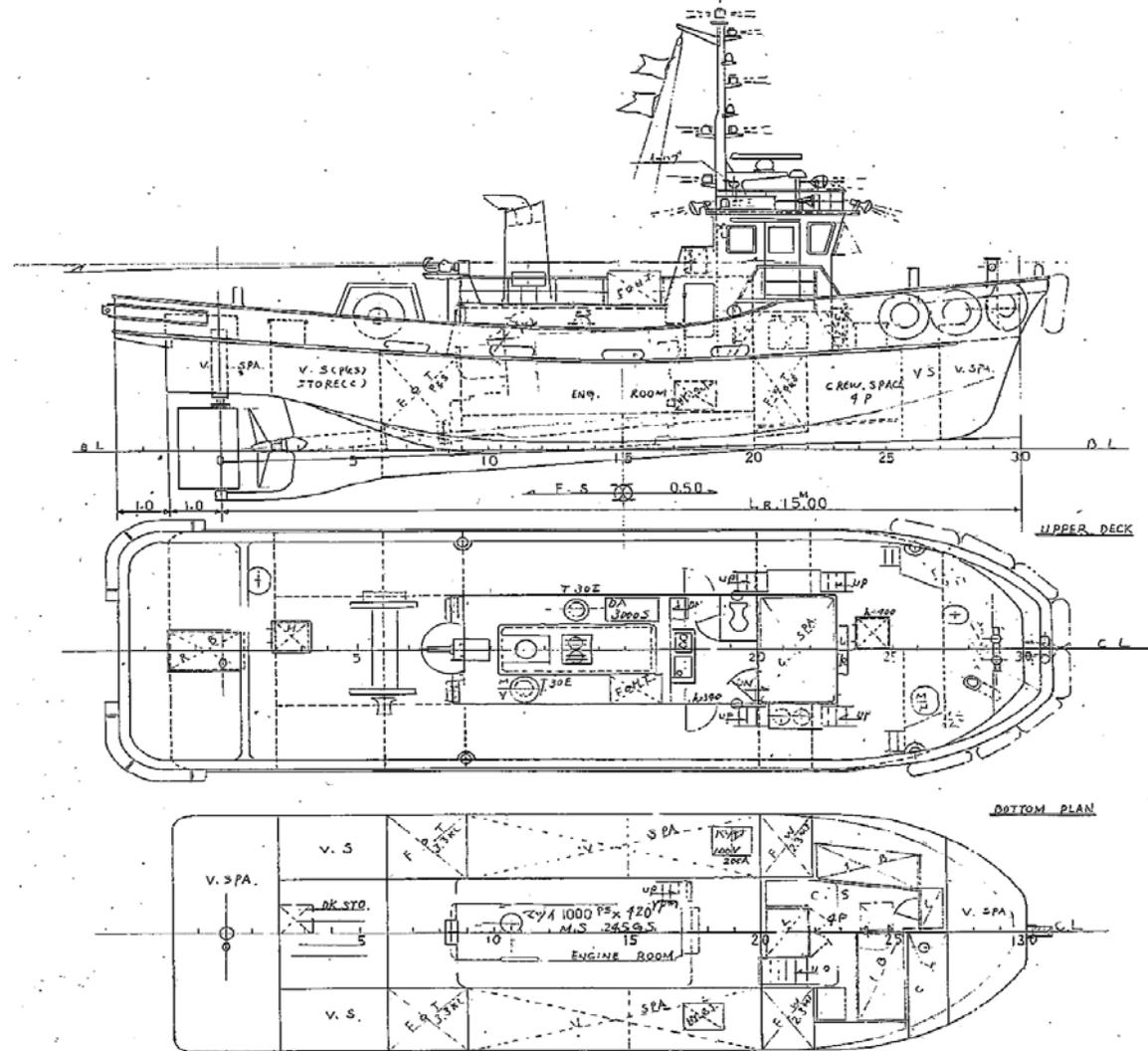
付図3 転覆時の配置図



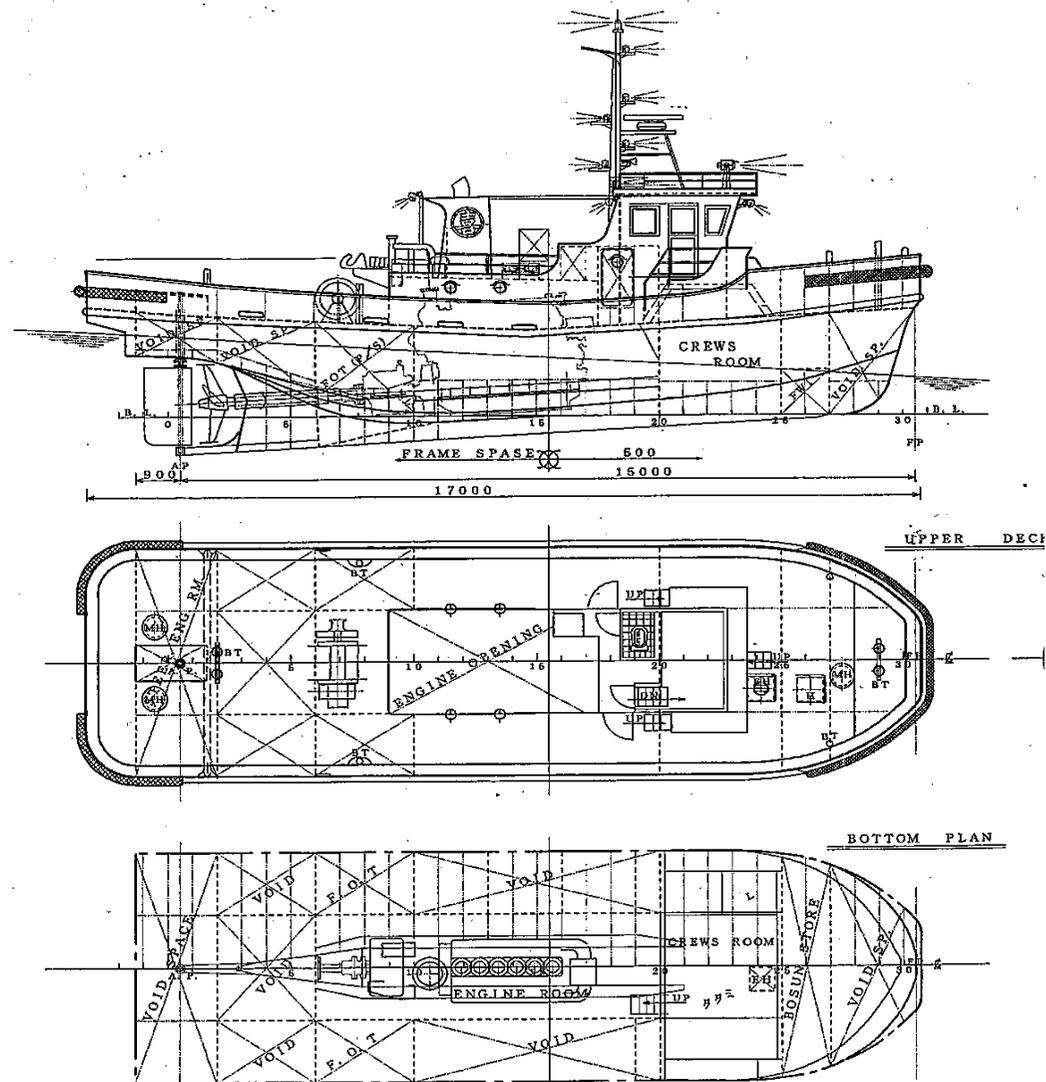
付図4 A船の一般配置図



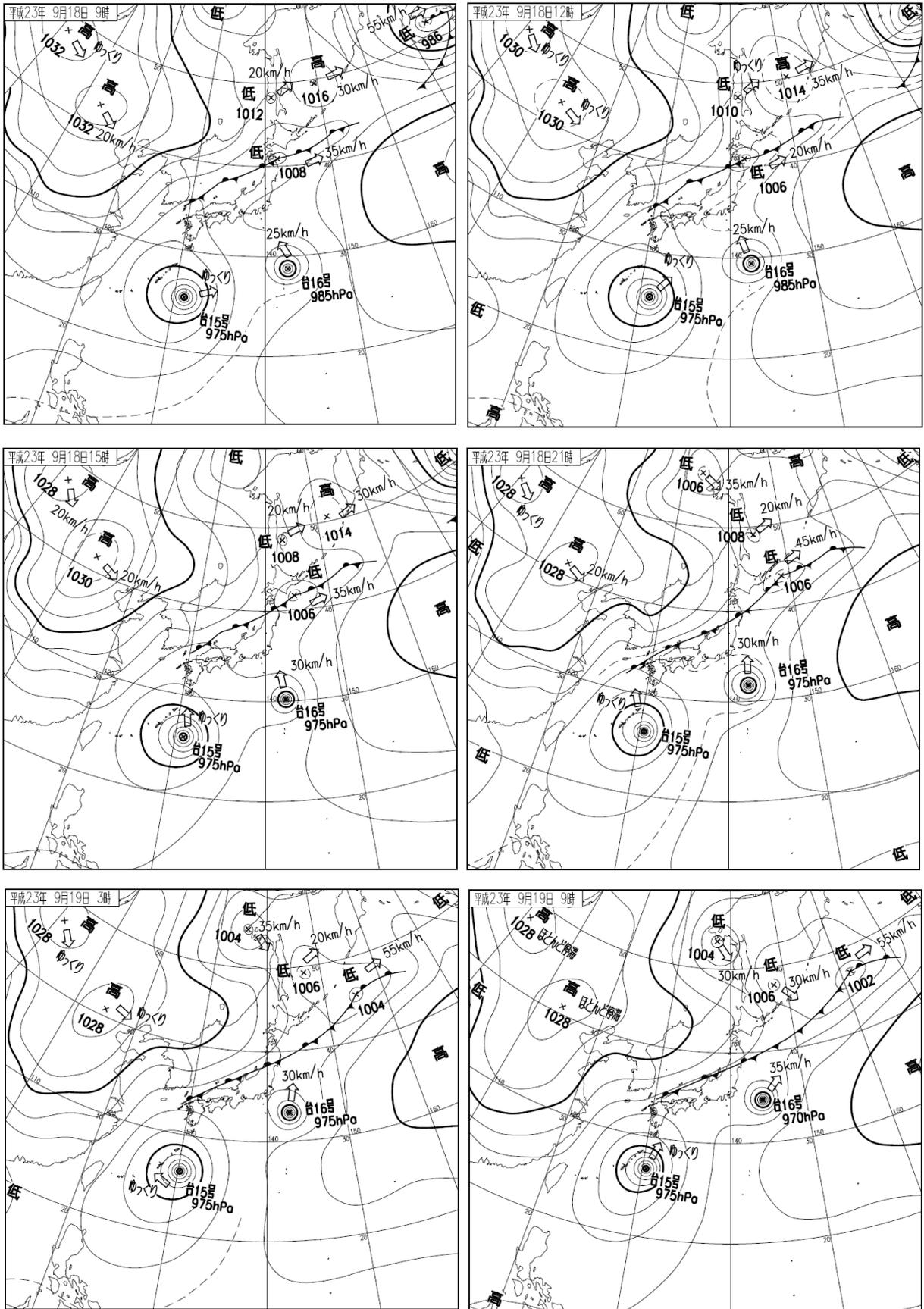
付図5 B船の一般配置図



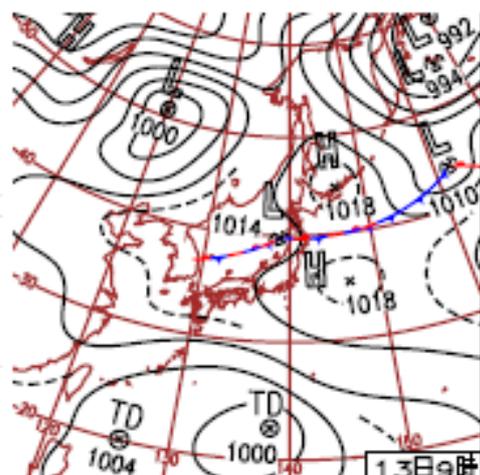
付図6 C船の一般配置図



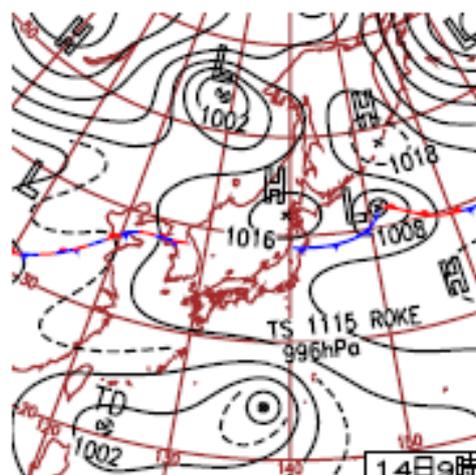
付図7 気象庁天気図 (その1)



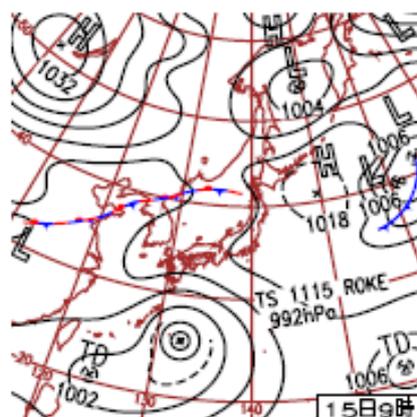
付図8 気象庁天気図（その2）



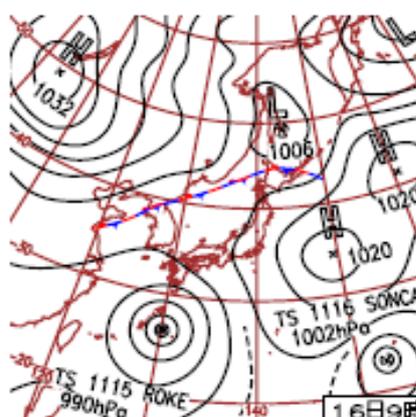
13日(火) 台風第15号発生
 停滞した前線の影響で北日本は雨が続き日中の気温は平年より低め。関東以南は晴れて気温が上昇し、8月17日以来の真夏日508地点超え。鹿児島県と岐阜県では猛暑日の所も。



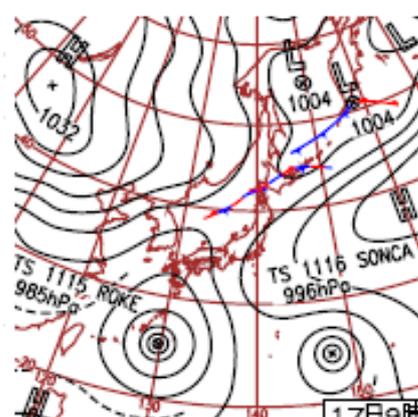
14日(水) 東北北部・北海道は秋
 東北北部にある前線の北側は秋の気配、根室で最高気温21.0℃。南側は、夏の高気圧に覆われ、真夏日508地点、猛暑日6地点。前線付近では激しい雨、山形県酒田で41mm/1h。



15日(木) 残暑続く
 北海道南部は前線の影響で、沖縄～九州南部は台風第15号の影響で共に曇りや雨。その他は高気圧に覆われ概ね晴れて、東北以南は残暑続く。真夏日527地点。台風第16号発生。

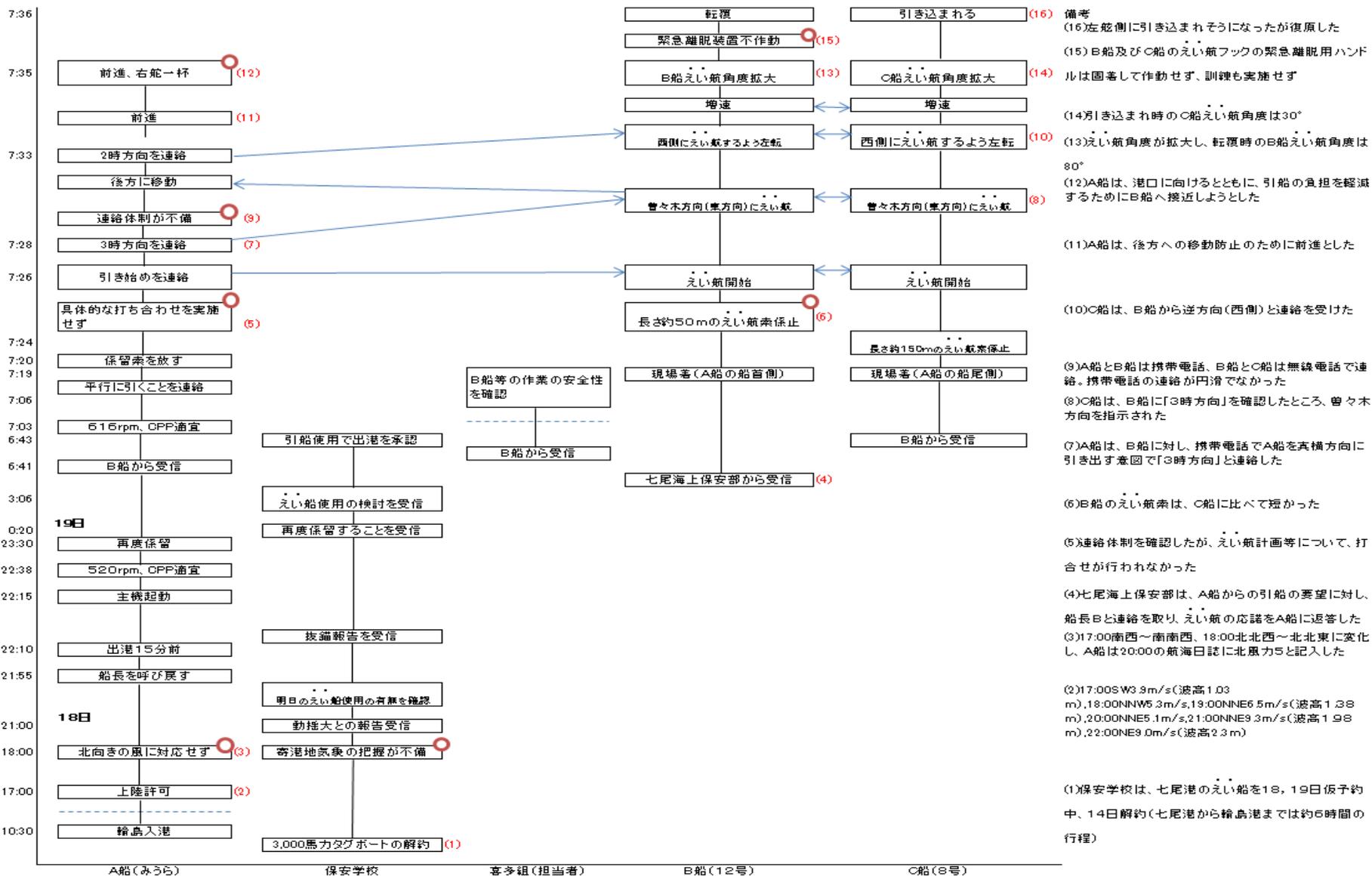


16日(金) 四国で大雨
 台風周辺の湿った気流により、九州太平洋側～東海で激しい雨。香川県小豆島町内海で80mm/1hの他、高知県内では日降水量が300mmを超える。台風に近い沖縄は曇りや雨。



17日(土) 各地で大雨続く
 台風第15号による湿った気流で九州～東海で大雨。兵庫県姫路市家島で57.5mm/1h、日降水量は高知県、岐阜県で200mm超。前線通過の北海道では厚沢部町輪で48mm/1h。

付図9 V T A分析



付表1 A船のAIS記録

時刻	速力	緯度	経度	対地針路	船首方位
07:20:00	0.2	37-23-52.0	136-54-29.5	086.0	287
07:20:21	0.9	37-23-51.9	136-54-29.8	193.0	285
07:28:11	0.1	37-23-52.0	136-54-29.5	291.0	286
07:28:31	0.2	37-23-52.0	136-54-29.5	217.0	286
07:30:41	1.8	37-23-52.3	136-54-29.3	017.0	293
07:33:21	0.9	37-23-52.3	136-54-31.0	131.0	292
07:33:41	0.8	37-23-52.2	136-54-31.3	064.0	295
07:34:00	0.6	37-23-52.2	136-54-31.4	193.0	298
07:35:00	1.4	37-23-52.6	136-54-30.9	278.0	306
07:35:10	2.2	37-23-52.7	136-54-30.7	352.0	308
07:35:21	2.3	37-23-53.0	136-54-30.3	325.0	312
07:35:47	3.0	37-23-53.9	136-54-29.2	339.0	321
07:35:53	3.2	37-23-54.2	136-54-29.0	330.0	325
07:36:03	3.7	37-23-54.7	136-54-28.6	341.0	332
07:36:10	4.1	37-23-55.0	136-54-28.4	340.0	338
07:36:14	4.1	37-23-55.4	136-54-28.1	347.0	342
07:36:23	4.3	37-23-56.0	136-54-28.0	344.0	347
07:36:27	4.2	37-23-56.3	136-54-27.8	347.0	350
07:36:47	4.1	37-23-57.7	136-54-27.6	349.0	000
07:36:54	4.2	37-23-58.2	136-54-27.5	357.0	003
07:37:00	3.8	37-23-58.6	136-54-27.5	359.0	007
07:37:44	1.2	37-24-00.2	136-54-27.7	003.0	016
07:38:20	0.6	37-24-00.9	136-54-27.4	340.0	013

付表2 A船のVDR音声記録

時刻	A船のVDR音声記録
6:41:29～ 6:42:30	できる限り早くお願いします。はい…、はい…、ちっちゃいタグポート2隻…、1000馬力が2隻…、はい…、2隻 お願い…、お願いします。はい…、はい…、はい…、はい…、はい…、はい、はい…、よろしく願います。じゃ、近く になったら、また連絡…、よろしく願います
6:42:34	今から段取りしてまた近くなったら、連絡しますということでした
6:50:22	…岸壁フェンダーがもげた…
6:54:30	後部配置につけ
6:57:58	…1000馬力でどれだけ引いてくれるかなあ…
7:00:42	前部配置に就け
7:17:05	タグ1隻見えました
7:18:07	タグ2隻目も動きました
7:18:26	タグ取ってください
7:18:28～ 7:19:30	お世話になります。みうらです。今出て行ったタグ…、お願い致します。はい…、はい…、タグ…、おもてが、まっ すぐ沖の方に向かうように…、まず、ともから先にライン取ってください。はい…、あ、はい…、はい、ともから先にラ インを取っておもてから出します。平行に出す、平行に出します。岸壁と平行に…。はい…、で、あのタグラインはそ ちらで…、あ、はい…、とってタグラインの方をお願いします。はい…、はい、よろしく願います
7:20:15	もやい放してタグポートでえい航してください
7:22:13	バウ右一杯
7:23:48	第十二喜多丸
7:24:24	後部タグライン取った
7:25:19	第八喜多丸
7:26:00	第八喜多丸、感度いかが
7:26:51	引け
7:28:09～ 7:28:25	お世話になります。みうらです。16喜多丸…、は、VHFか何かで、連絡がとれないですか。あ、ホントですか…。前 後部3時に引け、前部後部どっちも引いてください。お願いします
7:28:30	前後部両方引いてください。お願いします
7:28:35	電話で聞いているんだね。携帯ずっと、繋ぎっぱなしにしてください
7:30:42	後部タグライン、もう少し引いてください。後部タグライン、もう少し引いてください
7:30:57	すみません。この携帯、繋ぎっぱなしでお願いしてよろしいですか
7:33:10	後進行き足
7:33:23	おもて、2時方向に引いてください
7:33:42	左前進5°、右前進6°
7:34:03	タグライン、2時の方向、ふた時の方向に引いてください。タグライン、2時の方向に引いてください
7:34:35	前進行き足
7:34:50	左前進10°、右前進6°
7:35:02	これは小さいからな。…横にひっくり返る
7:35:16	若干前進行き足
7:35:20	両舷前進5°
7:35:28	面舵一杯、両舷前進7°
7:35:40	もやい放しありがとうございました
7:35:49	両舷前進10°
7:35:51	両舷前進10°
7:35:54	前進かけると伝えろ
7:36:12	両舷停止
7:36:16	タグライン放せ
7:36:26	両舷前進10°
7:36:31	タグライン放せ
7:36:47	タグライン切れ
7:36:54	「えっ」
7:37:10	「切れた？」
7:37:23	タグライン放せ
7:37:28	タグライン切れ
7:37:45	要救助者捜せ
7:38:20	…ガラガラ…(錨投下音)
7:39:26	両舷前進5°

付表3 過去の事故事例

えい航中に本船の機関使用と関連して転覆等した事例

発生日	発生場所	船種	総トン数	全長	出力	概要	気象	転覆等
2004/7/21	兵庫県東播磨港	貨物船 引船	468 4	76.69 9.12	1029 147	引船は、25mのえい航索を本船の右舷首に取り、右45°の方向に引き始め、1knの速力で右回頭後、3knの速力で本船が出港できる態勢となったとき、後部配置から横引きが報告され、機関を停止したものの、機関室等に海水が流入し、沈没	晴、風力3西風、ほぼ低潮時	全損
2001/5/16	鳥取県鳥取港	貨物船 引船	16788 18	181.8 18.2	6841 558	引船は、40mのえい航索を本船の左舷船尾に取り、斜め後方に引き始め、本船が離州して6knの後進行きあしとなったとき、えい航索を放そうとしたが、緊張して放せず、後進をかけてえい航索を緩ませようとしたものの、船体が右舷方に振られて船尾が本船の外板に密着した態勢となったとき、左舷側の傾きが増して海水が流入し、傾いて転覆	晴、風力4北西風、上げ潮の初期	機関等に濡損
2000/1/21	長崎港第1区	巡視船 引船	3335 10	105.4 12.05	11760 360	引船は、30mのえい航索をえい航フックから本船の後部右舷に取った。本船は、係船浮標に接近することに不安を感じ、引船に確かめることなく、前進3°としたところ、プロペラの放流により引船を船尾方に押し流し、えい航索が緊張して横引きとなり、引船が、船首を287°に向けて左舷側に大傾斜し、転覆	晴、風力4北風、ほぼ高潮時	船長は、脱出できず溺死
1998/12/11	沖縄県伊良部島南方沖合	貨物船 引船	1143 13	— 11.95	1471 410	引船は、80mのえい航索を本船の船首に取り、速力7knで北上し、本船は、極微速力前進中であつた。引船は、本船との連絡手段を持っていなかったため連絡せず左に針路を変更するため、機関を半速力にして左舵10°を取り、更に左舵角を増して左転中、横引きとなり、引船が右舷側に転覆	曇、風力5北東風、上げ潮の中央期	機関及び航海機器に濡損
1998/7/11	神戸港第1区	貨物船 引船	698 19.99	78 14.4	2997 279	引船は、20mのえい航索をえい航フックから本船の左舷船尾に取り、左舷船尾45°方向に船首を向けてたませていたとき、本船が、操縦方法切換えスイッチを個別操縦に切り換えたところ、CPPが6°の前進側になっていたため、前進を始めたので、中立としたが、横引きとなり、引船が左舷側に転覆	雨、風力2西風、下げ潮の初期	主機及び電気系統に濡損
1998/5/15	瀬戸内海三原湾	貨物船 引船	699 63.13	69.02 20.99	1029 588	引船は、20mのえい航索をえい航フックに数回巻きつけて漂泊待機していたところ、本船が前進としたことから、えい航索が右舷ほぼ正横方向に延び、横引きとなり右舷傾斜を始めたので、全速力後進をかけていたところ、本船からトランシーバーで「えい航索を切ってくれ」との連絡を受けてえい航索を切断したが、右舷傾斜により機関室等に海水が流入し、右舷側から転覆	晴、風力2北東風、下げ潮の中央期	全損
1997/2/28	長崎港	貨客船 引船	2785 6.6	66.61 10	23536 235	引船は、35mのえい航索をえい航フックから本船の右舷船尾に取り、正船尾方で全速力前進で引いていたとき、交信が交錯していたため、指示が聞こえず、噴出流が海面から盛り上がり船尾にかがさるようになり、船首が浮上するとともに、右舷に振られて横引きとなり、右舷側に転覆	曇、風力5南風、下げ潮の末期	主機等に濡損、甲板員が溺水で治療
1995/4/21	鹿児島県西之表港	旅客船 引船	7262 11	127 12.4	7649 330	引船は、42mのえい航索をえい航フックから本船の左舷船尾に取り、正横より約30°前方に向けて全速力で引き出しを開始したが、本船が、防波堤突端を回るため、右舷機を極微速力前進及び右舵一杯並びにスラストを右回頭一杯とし、再び真横に引くよう指示して約3knの速力で右回頭を続けた。引船は、作業が終了したことからえい航索を放すよう指示されたが、張っていて放せず、えい航索を緩めるよう伝えしたが、右傾斜して右舷船尾から海水をすくう状況となったのを認め、左舵一杯、全速力後進としたが、右舷側に転覆	曇、風力5東南東風、上げ潮の初期	主機及び電気系統に濡損
1990/1/19	長崎港第五区	敷設船 引船	1295 19	74.25 13.2	2206 250	引船は、28mのえい航索でえい航中、えい航停止が指示され、えい航索が緩むのを認めた。本船は、機関の使用を連絡することなく、CPPを前進6°の微速力前進としたとき、引船に右舷正横へ再度引くように指示したが、直ぐに中止したものの、本船が、約3knの速力で航行中、引船が傾斜している旨の報告を受け、プロペラ翼角を0°とし、えい航索を放したものの、引船の船内に海水が流入して沈没	曇、風力2北東風、上げ潮の中央期	船体、機関、電気機器等に濡損

写真1 A船の状況



(第八管区海上保安本部ホームページより)

写真2 B船の状況



写真3 C船の状況



写真4 C船のえい航フックの状況



写真5 C船のえい航フックの安全ピンの状況



写真6 損傷したフェンダーの状況



引船転覆事故に係る解析調査 報告書

平成 24 年 3 月

独立行政法人 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. 計算概要	2
2. 1 事故発生時の復原性能	2
2. 2 えい航索張力による横傾斜	2
2. 3 えい航索張力による転覆限界	3
2. 4 風による横傾斜角	4
2. 5 うねりによる横揺	6
2. 6 事故発生時のえい航索張力	7
3. 計算結果及び考察	11
3. 1 えい航索張力による横傾斜	11
3. 2 船首方位及びえい航角と横傾斜との関連	12
3. 3 転覆限界の索張力の水平成分と船首方位等との関係	13
3. 4 事故発生時の風及びうねりによる横傾斜	15
3. 5 事故発生時のえい航索張力と被えい航船の操船の影響	17
4. まとめ	19
<u>参考文献</u>	19

1. はじめに

1. 1 解析調査の目的

本解析調査は、平成 23 年 9 月 19 日、石川県輪島港において横付け中の総トン数 3,617 トンの船舶（以下「A 船」という。）をえい航していた引船（以下「B 船」という。）の転覆に至る状況及び同作業と一緒に従事していた引船（以下「C 船」という。）の転覆の危険性について解析を行うことを目的とする。

1. 2 解析調査の概要

調査目的に従って、B 船及び C 船について事故発生時の復原性能を推測し、えい航索張力に基づく傾斜外力と比較するなどして、両船の

- ①えい航索張力による横傾斜
- ②船首方位及びえい航角と横傾斜との関係
- ③転覆限界の索張力の水平成分と船首方位等との関係

を推測した。

また、B 船、C 船それぞれについて、

- ④事故発生時の風及びうねりによる横傾斜

を推測した。

さらに、事故発生時の被えい航船（A 船）の速力及び引船（B 船、C 船）のえい航角をパラメータとして、B 船、C 船の

- ⑤事故発生時のえい航索張力

を推測した。

2. 計算概要

2. 1 事故発生時の復原性能

調査官から指示された、B 船の事故発生時及び C 船の事故当日作業時の乗組員数、燃料、清水の搭載量から、船体状態（重量・重心）を推測し、その結果に基づいて復原性能（復原力曲線、海水流入角等）を推測した。

調査官から指示された事故発生時の乗組員数、燃料、清水の搭載量から推測した各船の船体状態（重量・重心）を表 2.1 及び表 2.2 に示す。表中 W は排水量、KG は重心高さ、mid-G は重心前後位置、GG₀ は燃料タンクの自由表面による見かけの重心上昇量を示す。なお、重心前後位置は、船体中央より前方を正としている。

表 2.1 事故発生時の船体状態（B 船）

W (t)	KG (m)	mid-G (m)	GG ₀ (m)
76.28	1.49	-1.14	0.01

表 2.2 事故当日作業時の船体状態（C 船）

W (t)	KG (m)	mid-G (m)	GG ₀ (m)
70.43	1.58	-1.37	0.01

2. 2 えい航索張力による横傾斜

(1) 索張力に基づく傾斜偶力

えい航中は上部構造物の船尾側に設置されたえい航フックにえい航索の索張力が作用する。そのため、えい航船（引船）と被えい航船の相対位置によってえい航索の方向が船体中心線の方向から変位すると、索張力が傾斜外力として作用することになる。

今、えい航索の方向と船体中心線の方向がなす角（以下、えい航角という）を θ 、索張力の水平成分を T_H とすると、傾斜外力として作用する索張力の船体横方向成分 T_Y は (2.1) 式によって表すことができる。

$$T_Y = T_H \cdot \sin \theta \quad (2.1)$$

また、復原性基準において定常風による横傾斜を評価するのと同様に、傾斜外力である索張力が準静的に作用すると想定すると、喫水下の船体に索張力の横方向成分と同じ大きさで向きが反対の流体反力が作用し、傾斜偶力が発生する。流体反力の着力点を復原性基準における想定と同様に直立時の喫水 d の $1/2$ 、えい航フックの基線上高さを KF とすると、索張力に基づく傾斜偶力 M_T は (2.2) 式、傾斜偶力 ϕ は (2.3) 式で表すことができる。

$$\begin{aligned} M_T(T_H, \theta; \phi) &= T_H \cdot \sin \theta \cdot (KF - d/2) \cdot \cos \phi \\ &= T_Y \cdot h \cdot \cos \phi \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned}
l_T(T_H, \theta; \phi) &= \frac{M_T(T_H, \theta; \phi)}{W} \\
&= \frac{T_H \cdot \sin \theta \cdot (\overline{KF} - d/2)}{W} \cos \phi \\
&= \frac{T_Y \cdot h}{W} \cos \phi \equiv l_{T0}(T_H, \theta) \cdot \cos \phi
\end{aligned}
\tag{2.3}$$

ここで、 ϕ は横傾斜角であり、 h は直立時の索張力の着力点と流体反力の着力点の垂直距離、 l_{T0} は直立時の傾斜偶力での大きさを示す。

一般配置図から読み取ったえい航フックの基線上高さ (KF) と事故発生時の状態の平均喫水から求めた、直立時の索張力と流体反力の着力点間の垂直距離 (h) を B 船は表 2.3 に C 船は表 2.4 に示す。

表 2.3 えい航フック高さ及び直立時の索張力と流体反力の着力点間の垂直距離 (B 船)

KF (m)	h (m)
3.58	2.91

表 2.4 えい航フック高さ及び直立時の索張力と流体反力の着力点間の垂直距離 (C 船)

KF (m)	h (m)
3.44	2.83

(2) 索張力による傾斜角

上述した索張力に基づく傾斜偶力が作用した場合、船体は (2.4) 式の関係を満たす角度 ϕ_T まで横傾斜する。

$$\overline{GZ}(\phi_T) = l_T(T_H, \theta; \phi_T) = l_{T0}(T_H, \theta) \cdot \cos \phi_T \tag{2.4}$$

なお、(2.4) 式の関係は、索張力の横方向成分 T_Y を用いて (2.5) 式のようにも表記することができる。

$$\overline{GZ}(\phi_T) = l_T(T_Y; \phi_T) = l_{T0}(T_Y) \cdot \cos \phi_T \tag{2.5}$$

2. 3 えい航索張力による転覆限界

(1) 索張力による B 船の転覆範囲

調査官の説明では、事故発生時の被えい航船 (A 船) の針路 (船首方位) は 0 度、B 船の針路 ϕ は 40 度前後であり、えい航角 θ は 80 度程度であった、と推測されるとのことであった。また、索張力に関しての情報はないが、B 船のえい航能力はボラードブル試験成績書が保管されていた C 船と同程度 (事故発生時の状態で約 8tf) であり、B 船のえい航索の破断荷重は約 52tf とのことであった。

そこで、上記の情報を基に事故発生時の状況で推測される索張力の大きさ (索張力の水平成分 T_H) 及び B 船の針路 ϕ 、えい航角 θ をパラメータとして傾斜外力を設定し、(2.3) 式及び (2.4) 式から索張力による傾斜角 ϕ_T を求めた。その際、調査官から説明があった事故発生時の被えい航船 (A 船) と B 船との凡その相対位置から、B 船の針路 ϕ とえい航角 θ の間に (2.6) 式の関

係が成り立つと仮定した。

$$\theta = 120 - \psi \quad (2.6)$$

また、2.2 節(2)で説明した (2.4) 式の関係为满足する傾斜角が存在しない限界の索張力の横方向成分を T_{Y_limit} とすると、索張力の横方向成分 T_Y と水平成分 T_H 及びえい航角 θ との間には、(2.1) 式の関係があることから、事故発生時の状態で転覆する限界となる、索張力の水平成分 (T_{H_limit}) 及びえい航角 (θ_limit)、針路 (ϕ_limit) を (2.7) 式、(2.8) 式で計算した。

$$T_{H_limit} = \frac{T_{Y_limit}}{\sin \theta}$$
$$\theta_limit = \sin^{-1} \left(\frac{T_{Y_limit}}{T_H} \right) \quad (2.7)$$

$$\psi_limit = 120 - \theta_limit \quad (2.8)$$

転覆限界のえい航角 θ_limit は、この角度以上のえい航角となった場合、また、転覆限界の針路 (ϕ_limit) は、この角度以下の針路をとった場合、船は転覆すると推測されることを意味している。

(2) 索張力による C 船の転覆危険性

調査官の説明では、事故発生時の被えい航船 (A 船) の針路 (船首方位) は 0 度、C 船の針路 ϕ は 50 度前後であり、えい航角 θ は 30 度程度であった、と推測されるとのことであった。また、索張力に関しての情報はないが、C 船のえい航能力はボラードプル試験成績書から B 船事故発生時点の状態で約 8tf とのことであった。

そこで、上記の情報を基に B 船事故発生時点の状況で推測される索張力の大きさ (索張力の水平成分 T_H) 及び C 船の針路 ϕ 、えい航角 θ をパラメータとして傾斜外力を設定し、B 船の場合と同様に (2.3) 式、(2.4) 式から索張力による傾斜角 ϕ_T を求めた。

その際、調査官から説明があった B 船事故発生時点での被えい航船 (A 船) と C 船との凡その相対位置から、C 船の針路 ϕ 、えい航角 θ に (2.9) 式の関係が成り立つと仮定した。

$$\theta = 80 - \psi \quad (2.9)$$

また、B 船と同様に、C 船の転覆限界となる索張力の横方向成分 T_{Y_limit} を求め、(2.7) 式、(2.10) 式を用いて、事故当日作業時の状態で C 船が転覆する限界となる、索張力の水平成分 (T_{H_limit}) 及びえい航角 (θ_limit)、針路 (ϕ_limit) を計算した。

$$\psi_limit = 80 - \theta_limit \quad (2.10)$$

2. 4 風による横傾斜角

調査官から、事故発生時には平均風速 10.2m/s の北北東の風が吹いており、最大瞬間風速は 15.8m/s、その風向は北東であった、との説明があった。ここでは平均風速に対応する定常風によ

る横傾斜角を推測するとともに、参考のため最大瞬間風速と同じ風速の定常風による横傾斜角^{注)}も推測した。その際、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((2.11)式)。

$$D_w = \frac{K \cdot A_e \cdot H_{wind}}{W} \quad (2.11)$$

ここで、 k は風圧力に関する係数であり、調査官から説明があった事故発生時の風速 (V_w) ；平均：10.2m/s、最大瞬間：15.8m/s)と絶対風向 (ν) ；平均：北北東、最大瞬間：北東)、並びに、推測されるB船及びC船の船速 (V_s) 、針路 (ϕ) から算定される相対風速 (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。

注) 船に突風が作用した場合には、船舶復原性規則のC係数基準の考え方と同様に、突風による傾斜方向のエネルギーと動復原力を比較して傾斜角を求める必要がある。一方、復原力GZが傾斜角 ϕ に対して線形に変化する範囲では、平衡状態の船体に突風が作用した場合の傾斜角の増分は、定常風として取り扱った場合の2倍となる。ここでは、参考のため、直立状態にあった船体に最大瞬間風速と同じ風速の定常風が作用したとして、風による傾斜角を計算した。

なお、有効風圧側面積 (A_e) は、船体中心線に対する相対風向を ν_w 、横風 $(\nu_w=90^\circ)$ に対する風圧側面積を A として、(2.12)式で算定した。

$$A_e = A \cdot \sin \nu_w \quad (2.12)$$

また、風による横傾斜角 (ϕ_{wind}) は、(2.13)式を使用して算出した。

$$\phi_{wind} = \tan^{-1} \left(\frac{K \cdot A_e \cdot H_{wind}}{W \cdot GM} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{D_w}{GM} \right) \quad (2.13)$$

表2.5に事故発生時の風による傾斜角の計算に必要な船体に関するデータをB船、C船まとめて示す。

表 2.5 事故発生時の排水量 (W)、メタセンタ高さ (GM)、風圧側面積 (A) 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)	GM (m)	A (m ²)	H_{wind} (m)
B船	76.28	1.24	38.96	2.25
C船	70.43	1.28	41.64	2.13

風による傾斜角の計算は、事故発生時の風速、風向から設定した定常風2ケース(平均風速対応、最大瞬間風速対応)に対し、船速はB船、C船とも3kn、4kn、5knの3ケース、針路はB船に関しては30度、40度(事故発生時の推測針路)、50度の3ケース、C船に関しては40度、50度(事故発生時の推測針路)、60度の3ケースの組合せで実施した(各船合計18ケース)。

2.5 うねりによる横揺

調査官から、事故当時の波浪について、①事故当日 7 時 20 分のナウファス（輪島）の観測データは、有義波高（ $H_{1/3}$ ）2.95m、波周期（ $T_{1/3}$ ）7.7s、波向（ θ_w ）北北東であったこと、②事故現場付近では沖からの波は岸壁に対しほぼ垂直（入射角 0 度）に入射していた、との説明があった。ここでは、ナウファスの観測データの有義波を代表波として取り扱い、対応する規則波に対する横揺を計算した。その際、事故発生場所の水深が約 8m と推測されること、また、事故発生場所が岸壁の近傍であったことから、沖からの波の浅水変形及び岸壁からの反射波の影響を考慮した。

(1) 計算を行った波

表 2.6 に横揺を計算した波の条件を示す。波周期（ T_w ）は浅水域でも変化しないとされることから、観測データと同じ値（7.7s）とした。沖からの入射波の波高（ H_w ）は、観測データの有義波高（2.95m）と波周期（7.7s）、観測位置の水深（52.0m）及び事故発生場所の水深（約 8m）より算定した浅水係数¹⁾（0.946）を用いて設定した。また、岸壁からの反射波の波高は、岸壁が直立壁でその天端が事故発生時に水面上にあったと考え、波の反射率として水理公式集²⁾に掲載された概略値の中央値 0.85 を取って設定した。なお、港口から事故発生場所までの港内の水深に関するデータがなかったため、沖からの入射波の波向 θ_w は観測データと同一と仮定したが、海図から読み取った岸壁の設置方向から推測される沖からの入射波の入射角は 5.5 度となり、上述の調査官の説明とほぼ整合性が取れた設定となった。

表 2.6 横揺計算を行った沖からの入射波及び岸壁からの反射波

	T_w (s)	H_w (m)	θ_w (deg.)
入射波	7.7	2.79	22.5
反射波	7.7	2.37	191.5

(2) 横揺応答関数の計算

うねりによる横揺は、表 2.1（B 船）、表 2.2（C 船）の状態に対し、Strip 法（S.T.F.法.）により計算した規則波中の横揺応答関数を用いて推測した。その際、B 船、C 船とも横揺応答関数の計算に必要な横揺減衰係数に関する情報は皆無であったので、所謂 N 係数の一般的な値（ $N=0.02$ ）を Strip 法で使用する横揺減衰係数に変換して用いた。また、横揺固有周期（ T_r ）は、事故発生時や事故当日作業時のメタセンタ高さ GM の推測値（表 2.7）を用いて（2.14）式で算定した値を用いた。

$$T_r = \frac{2\pi \cdot \kappa}{\sqrt{g \cdot GM}} \quad (2.14)$$

ここで、 κ は横揺慣動半径であり、両船とも表 2.1（B 船）、表 2.2（C 船）の排水量に対応する相当喫水の値（B 船：1.39m、C 船：1.25m）から復原性報告書に記載された κ/B （型幅）のデータを用いて算定した。また、 g は重力加速度である。表 2.7 に（2.14）式で算定した横揺固有周期を示す。

表 2.7 事故発生時 (B 船) 及び事故当日作業時 (C 船) のメタセンタ高さ及び横揺固有周期

	κ/B	GM (m)	Tr (s)
B船	0.406	1.24	3.66
C船	0.417	1.28	3.71

応答関数の計算は、B 船、C 船とも船速 (V_s) は 3kn、4kn、5kn の 3 ケース、出会角 (χ) は、表 2.6 に示した入射波と反射波の波向 (2 ケース) に対し、針路 ϕ を B 船に関しては 30 度、40 度 (事故発生時の推測針路)、50 度の 3 ケース、C 船に関しては 40 度、50 度 (事故発生時の推測針路)、60 度の 3 ケース設定した組合せで実施した (各船合計 18 ケース)。

(3) うねりによる横揺

表 2.6 に示した波浪観測データから設定した事故当時の事故発生場所の波のデータと横揺応答の計算結果から、事故発生時のうねりによる横揺を計算した。その際、沖からの入射波単独の場合の横揺角、岸壁からの反射波単独の場合の横揺角、沖からの入射波に岸壁からの反射波を考慮した場合 (合成波) の横揺角をそれぞれ求めた。合成波に対する横揺角は、各成分波 (入射波、反射波) に対する横揺応答の位相遅れの違いを考慮して線形重ね合わせを行って求めたものである。

2. 6 事故発生時のえい航索張力

それぞれの船の主機の状態からえい航力を推測し、次に各船の位置関係と索の状態から事故発生時のえい航索にかかる力 (索張力) を推測した。

その際、引船 (B 船、C 船) と被えい航船 (A 船) の正確な相対位置及び引船の針路及び速力が不明であったことから、索張力の大きさの推測は、えい航船 (引船 2 隻)、被えい航船及びえい航索から成る系が準静的平衡状態にあったと仮定して行った。

2. 6. 1 えい航力の推測

(1) 被えい航船のえい航力

事故発生時の主機の状態が分かっている被えい航船 (A 船) のえい航力 (船首尾方向の力) を建造時の完成図書に示された値を用いて推測した。その際、A 船は、えい航時には斜航状態であったと考えられることから、斜航角 β の船体の抵抗増加率 C_0 を (2.15) 式に示す神中らの式³⁾で用いて評価した。

$$C_0 = 1 + 13\beta^2 \quad (2.15)$$

A 船のえい航力 F の推測結果を表 2.8 に示す。

表 2.8 A 船のえい航力 F

Vs[kts]	F[t]	
	$\beta = 0\text{deg.}$	$\beta = 10\text{deg.}$
2	24.456	23.867
3	21.755	20.953
4	18.894	17.815

(2) 引船のえい航力

まず、関連資料が入手できた C 船の事故発生時のえい航力 f_2 を推測する。C 船の主機の出力は 900PS/400rpm である。調査官の説明によると、事故発生時の主機回転数は 370~380rpm であり、完成図書のプロペラ設計計算書にあるボラードブル曲線から読み取ると岸壁えい引力は約 8tf である。主機出力 4/4 (400rpm) では岸壁えい引力は 9tf なので、えい航力とえい航馬力の関係は 1tf/100PS である。事故発生時の C 船の速力は不明であるが、事故の発生状況からごく低速であったと考えられるため、岸壁曳引力をえい航力とする。よって、C 船のえい航力 f_2 は 8tf となる。

B 船の場合、事故発生時の主機の状態が不明であるが、B 船の主機出力は 1,000PS であり、B 船と同様えい航力とえい航馬力の関係が 1tf/100PS と仮定すると、えい航力 f_1 は 9tf 程度であったと考えられる。

2. 6. 2 索張力の推測

図 2.1 に調査官から説明があった被えい航船 (A 船) と B 船、C 船の凡その位置関係を示す。

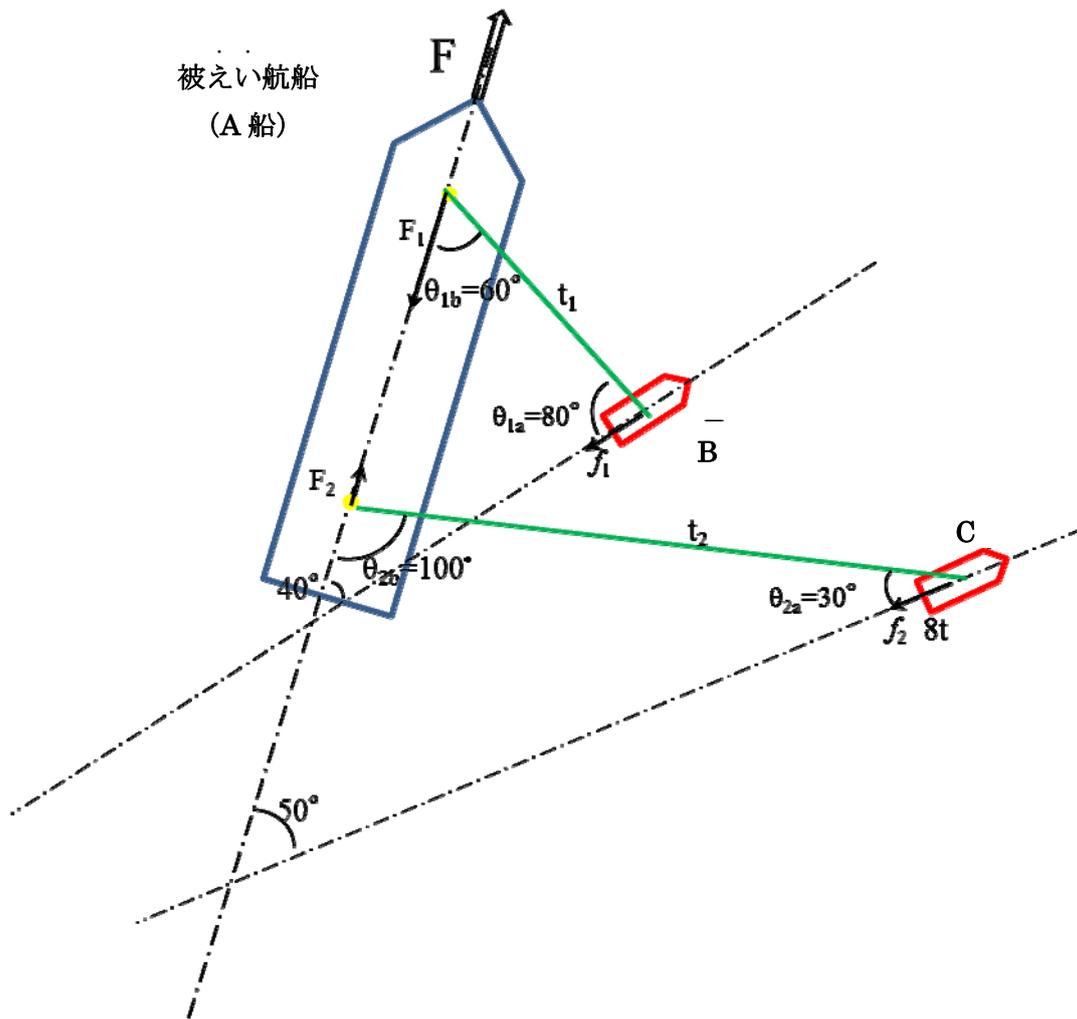


図 2.1 事故発生時の状況

A 船のえい航力 F と A 船のえい航力方向（前後方向）に働く B 船、C 船の力 F_1 、 F_2 は釣り合っているとすると、B 船の索張力の水平成分（以下、単に「索張力」と呼ぶ。） t_1 、C 船の索張力 t_2 、被えい航船の船体中心線とえい航索のなす角をそれぞれ θ_{1b} (B 船)、 θ_{2b} (C 船) とすると、(2.16) 式の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} F &= F_1 + F_2 \\ F_1 &= t_1 \cos \theta_{1b} \\ F_2 &= t_2 \cos \theta_{2b} \end{aligned} \quad (2.16)$$

C 船のえい航力 f_2 は $8tf$ なので、索張力 t_2 は、

$$t_2 = \frac{f_2}{\cos \theta_{2a}} = \frac{8tf}{\cos 30^\circ} = 9.238tf \quad (2.17)$$

となる。よって、 F_2 は $9.238t \times \cos 100^\circ = -1.604tf$ となり、A 船の船首方向に作用する。

次に A 船のえい航力 F を設定する。速力 $V_s = 3kn$ 、斜航角 $\beta = 10deg$ とすると、 F は表 2.8 より $20.953tf$ になる。これより B 船の F_1 は

$$F_1 = F - F_2 = 20.953tf + 1.604tf = 22.557tf \quad (2.18)$$

になる。B 船の索張力 t_1 は

$$t_1 = \frac{F_1}{\cos \theta_{1b}} = \frac{22.557tf}{\cos 60^\circ} = 45.114tf \quad (2.19)$$

になる。また、索張力 t_1 と B 船のえい航力 f_1 には (2.20) 式の関係があることから、

$$t_1 = \frac{f_1}{\cos \theta_{1a}} \quad (2.20)$$

B 船のえい航力 f_1 は $f_1 = t_1 \cos 80^\circ = 45.114tf \times \cos 80^\circ = 7.833tf$ となる。

上記の方法で同様に B 船、C 船のえい航索の角度（えい航角）を $\pm 10\text{deg}$ 変化させ、A 船の速力 V_s を 3、4kn の状態で B 船の索張力 t_1 を計算する。B 船のえい航角 θ_{1a} は 70、90deg、C 船のえい航角 θ_{2a} は 20、40deg である。計算条件である 2 隻の引船とえい航角の組合せを表 2.9 に、A 船の斜航角 $\beta = 10\text{deg}$ での速力 V_s とえい航力 F の関係を表 2.10 に示す。

表 2.9 計算を行った引船のえい航角の組合せ

Case	①	②	③	④	⑤
θ_{1a} (deg.): B船	80	70	70	90	90
θ_{2a} (deg.): C船	30	20	40	20	40

表 2.10 A 船の速度 V_s と斜航角 $\beta = 10\text{deg}$ でのえい航力 F の関係

Case	a	b
V_s (kts)	3	4
F (tf)	20.953	17.815

3. 計算結果及び考察

3. 1 えい航索張力による横傾斜

(1) B 船

図 3.1 に B 船の事故発生時の復原てこ (GZ) とえい航索張力による横傾斜偶力てこ ($\ell_T = T_Y \cdot h \cdot \cos \phi / W$) の推測結果を示す。図中の ϕ_b はブルワーク上端没水角 (26.6 度)、 ϕ_f は機関室出入口からの海水流入角 (43.6 度) である。また、図中で点線の丸印で示した、復原力曲線と索張力に基づく傾斜偶力てこ曲線が交差する点の傾斜角が、(2.5) 式 ((2.4) 式) の関係を満足する索張力による傾斜角 ϕ_T となる。

図 3.1 に示すとおり、B 船は、事故発生時の状態では、えい航索張力の横方向成分 (T_Y) が 15.0tf を超えると ($T_{Y_limit} = 15.0\text{tf}$)、復原力曲線と索張力に基づく横傾斜偶力てこ曲線が交差する点に対応する、復原力と横傾斜偶力てこが釣り合う傾斜角 ϕ_T がなくなり、船は転覆すると推測される。

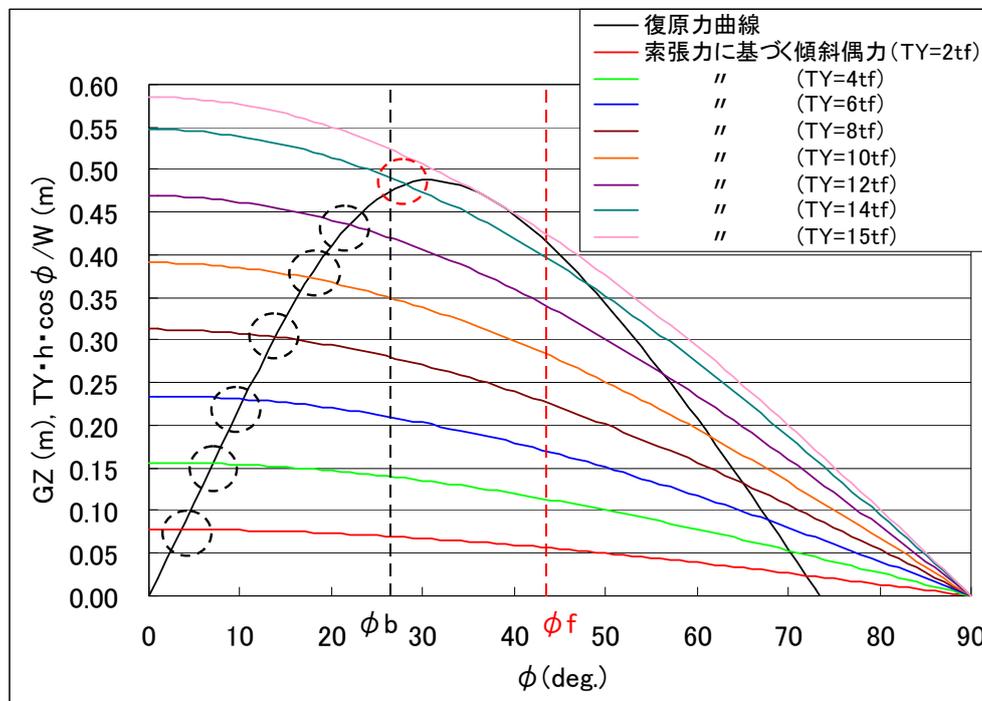


図 3.1 事故発生時の復原力と索張力による傾斜偶力てこ (パラメータ : T_Y) (B 船)

(2) C 船

図 3.2 に C 船の事故当日作業時の復原てことえい航索張力による横傾斜偶力てこの推測結果を示す。事故当日作業時の C 船のブルワーク上端没水角 (ϕ_b) は 24.6 度、機関室出入口からの海水流入角 (ϕ_f) は 50.3 度と推測される。

図 3.2 に示すとおり、C 船は、事故当日作業時の状態では、えい航索張力の横方向成分が 12.5tf を超えると ($T_{Y_limit} = 12.5\text{tf}$)、復原力曲線と索張力に基づく横傾斜偶力てこ曲線が交差する点なくなり、(2.5) 式 ((2.4) 式) を満足する復原力と傾斜偶力てこが釣り合う傾斜角がなく船は転覆すると推測される。

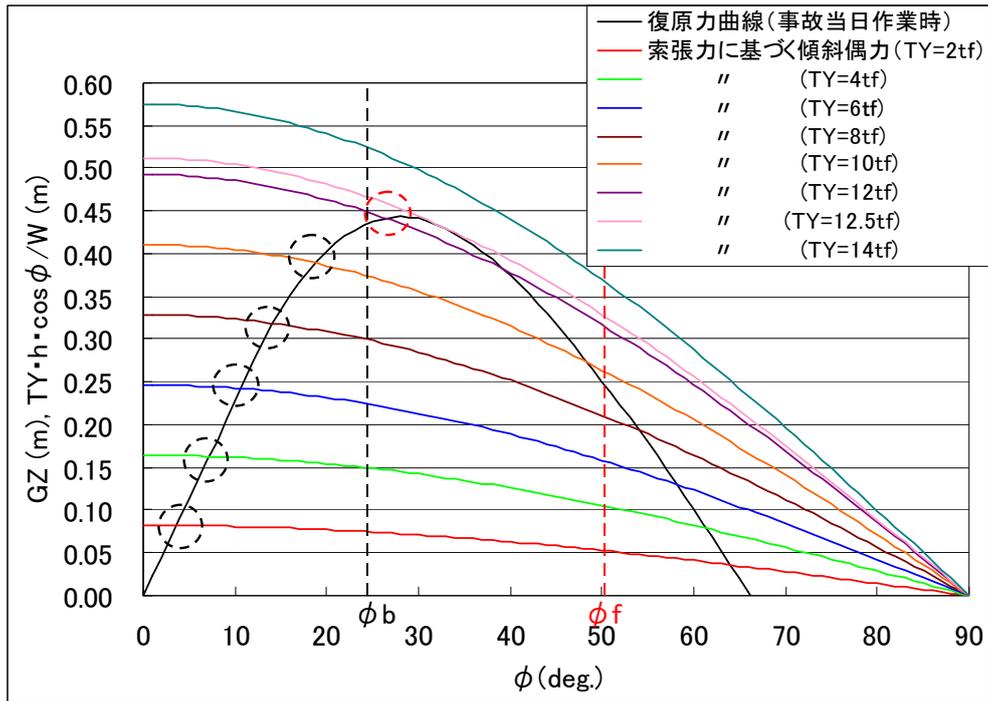


図 3.2 事故当日作業時の復原力と索張力による傾斜偶力てこ (パラメータ : T_Y) (C 船)

3. 2 船首方位及びえい航角と横傾斜との関連

(1) B 船

図 2.1 に示した事故発生時の A 船と B 船の相対位置関係 ($\theta_{1b} = 60\text{deg.}$) を保持した状態で、B 船の船首方位 (ϕ_1) が変化し、それに伴い えい航角 (θ_{1a}) が変化した場合の索張力による横傾斜の推測結果を表 3.1 に示す。

表 3.1 索張力による傾斜角 (パラメータ : T_H , $\theta_{1a}(\phi_1)$) (B 船)

		T_H (tf)					
		5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5
θ_{1a} (ψ_1) (deg.)	60 (60)	7.6	11.2	14.9	19.2	24.6	-
	70 (50)	8.3	12.2	16.3	21.3	28.5	-
	80 (40)	8.6	12.7	17.1	22.7	32.8	-
	90 (30)	8.8	12.9	17.4	23.2	-	-
	100 (20)	8.6	12.7	17.1	22.7	32.8	-

えい航索張力の水平成分 (T_H) が 15.0tf の場合、船首方位 40 度でえい航角が 80 度の状態では、横傾斜角は 32.8 度となり、ブルワーク上端没水角を超えると推測される。また、えい航索張力の水平成分が 17.5tf の場合は、設定した全てのえい航角 (60 度~100 度) において、復原力と横傾斜偶力てこが釣り合う傾斜角が存在せず、船は転覆すると推測される。

(2) C 船

図 2.1 に示した事故発生時の A 船と C 船の相対位置関係 ($\theta_{2b} = 100\text{deg.}$) を保持した状態で、C 船の船首方位 (ψ_2) が変化し、それに伴い えい航角 (θ_{2a}) が変化した場合の索張力による横傾斜の推測結果を表 3.2 に示す。

表 3.2 索張力による傾斜角 (パラメータ: T_H , $\theta_{2a}(\psi_2)$) (C 船)

		T_H (tf)					
		5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5
θ_{2a} (ψ_2) (deg.)	10 (70)	1.6	2.4	3.2	4.0	4.7	5.5
	20 (60)	3.1	4.7	6.2	7.7	9.1	10.6
	30 (50)	4.6	6.8	8.9	11.0	13.2	15.7
	40 (40)	5.8	8.6	11.3	14.2	17.8	22.8
	50 (30)	6.9	10.1	13.5	17.6	23.8	-

えい航索張力の水平成分が 15.0tf の場合、設定したえい航角 (10 度~50 度) では横傾斜角は最大で 23.8 度であり、ブルワーク上端没水角 (24.6 度) を超えないと推測される。また、えい航索張力の水平成分が 17.5tf の場合、船首方位 30 度でえい航角 50 度では、復原力と横傾斜偶力とが釣り合う傾斜角が存在せず、船は転覆すると推測されたが、それ以外のえい航角では横傾斜角はブルワーク上端没水角を超えないと推測された。なお、表中水色で示したパラメータの組合せでは、船舶復原性規則第 12 条で規定された限界傾斜角 (事故当日作業時の状態で 12 度) を超える横傾斜が生じると推測される。

3. 3 転覆限界の索張力の水平成分と船首方位等との関係

(1) B 船

(2.7) 式及び (2.8) 式で計算した、事故発生時の状態の B 船の転覆限界の索張力の水平成分 (T_{H_limit})、並びに、図 2.1 に示した事故発生時の A 船と B 船の相対位置関係 ($\theta_{1b} = 60\text{deg.}$) を保持した状態で、転覆限界となる船首方位 (ψ_{limit}) 及びえい航角 (θ_{limit}) は以下のとおりである。

① 転覆限界の索張力

B 船のえい航角に対する転覆限界の索張力の水平成分の推測結果を表 3.3 に示す。えい航角が 90 度の場合、索張力の水平成分が 15.0tf で B 船は転覆するが、えい航角の減少とともに転覆限界の索張力が増加する。

表 3.3 転覆限界の索張力の水平成分 (T_{H_limit}) (B 船)

$\theta_{1a}(\psi_1)$ (deg.)	20 (100)	30 (90)	40 (80)	50 (70)	60 (60)	70 (50)	80 (40)	90 (30)
T_{H_limit} (tf)	43.8	29.9	23.3	19.5	17.3	15.9	15.2	15.0

② 転覆限界の船首方位及びえい航角

B船の索張力の水平成分に対する転覆限界の船首方位及びえい航角の推測結果を表 3.4 に示す。索張力の水平成分が 15.0tf の場合、えい航角が 86 度を超えると船は転覆するが、索張力の増加と共に転覆限界のえい航角が減少する。

表 3.4 転覆限界の曳航角 (θ_{limit}) 及び針路 (ψ_{limit}) (B 船)

T_H (tf)	15	20	25	30	35	40	45	50
θ_{1a_limit} (deg.)	86	48	37	30	25	22	19	17
ψ_{1_limit} (deg.)	34	72	83	90	95	98	101	103

(2) C 船

(2.7) 式及び (2.9) 式で計算した、事故当日作業時の状態の C 船の転覆限界の索張力の水平成分 (T_{H_limit})、並びに、図 2.1 に示した事故発生時の A 船と C 船の相対位置関係 ($\theta_{2b} = 100\text{deg.}$) を保持した状態で、転覆限界となる船首方位 (ϕ_{limit}) 及びえい航角 (θ_{limit}) は以下のとおりである。

① 転覆限界の索張力

C 船のえい航角に対する転覆限界の索張力の水平成分の推測結果を表 3.5 に示す。えい航角が 90 度の場合、12.5tf で C 船は転覆するが、えい航角の減少と共に転覆限界の索張力が増加する。

表 3.5 転覆限界の索張力の水平成分 (T_{H_limit}) (C 船)

$\theta_{2a}(\psi_2)$ (deg.)	20 (60)	30 (50)	40 (40)	50 (30)	60 (20)	70 (10)	80 (0)	90 (-10)
T_{H_limit} (tf)	36.5	24.9	19.4	16.3	14.4	13.3	12.7	12.5

② 転覆限界の船首方位及びえい航角

C 船の索張力の水平成分に対する転覆限界の船首方位及びえい航角の推測結果を表 3.6 に示す。転覆限界の索張力が 12.5tf の場合、C 船は、えい航角が 90 度の場合でのみ転覆するが、索張力の増加と共に転覆限界のえい航角が減少する。

表 3.6 転覆限界の曳航角 (θ_{limit}) 及び針路 (ψ_{limit}) (C 船)

T_H (tf)	12.5	15	20	25	30	35	40	45	50
θ_{2a_limit} (deg.)	90	56	39	30	25	21	18	16	14
ψ_{2_limit} (deg.)	-10	24	41	50	55	59	62	64	66

3. 4 事故発生時の風及びうねりによる横傾斜

(1) 風による横傾斜

表 3.7 に B 船、表 3.8 に C 船の事故発生時の風による横傾斜角の計算結果を示す。相対風向 ν_w は右舷側から風を受ける状態を正として示しており、有効風圧側面積 A_e 、風による傾斜偶力 D_w 、風による横傾斜角 ϕ_{wind} の欄で赤字の () 付きで示した数値は、相対風向が負の場合 (左舷側から風を受ける状態) であることを示している。

表 3.7、表 3.8 に示したように、

- ①事故発生時の風による傾斜角は、B 船、C 船とも 0.4 度未満と非常に小さかったと推測されること、
- ②事故当時の風向と推測される B 船、C 船の針路、船速の関係で、平均風速に対応する風 ($V_w=10.2\text{m/s}$) に対しては、B 船、C 船とも全てのケースで左舷側から風を受ける状態となり、風により船体は B 船の転覆方向とは逆の右舷側に傾斜すると推測されることから、事故発生時の風が今回の事故に及ぼした影響は、非常に限定的であったと考えられる。

表 3.7 風による横傾斜角 (ϕ_{wind}) の計算結果 (B 船)

V_w (m/s)	ν (deg.)	V_s (kt)	ψ (deg.)	V_{w_rel} (m/s)	ν_w (deg.)	k	A_e (m^2)	D_w (m)	ϕ_{wind} (deg.)
10.2	22.5	3.0	30	11.73	-6.5	0.010	(4.42)	(0.001)	(0.06)
			40	11.68	-15.2	0.010	(10.23)	(0.003)	(0.14)
			50	11.59	-24.0	0.010	(15.83)	(0.005)	(0.22)
		4.0	30	12.24	-6.2	0.011	(4.24)	(0.001)	(0.07)
			40	12.18	-14.6	0.011	(9.81)	(0.003)	(0.15)
			50	12.06	-23.0	0.011	(15.21)	(0.005)	(0.23)
		5.0	30	12.75	-6.0	0.012	(4.07)	(0.001)	(0.07)
			40	12.68	-14.0	0.012	(9.43)	(0.003)	(0.16)
			50	12.54	-22.1	0.012	(14.64)	(0.005)	(0.24)
15.8	45.0	3.0	30	17.30	13.7	0.023	9.21	0.006	0.29
			40	17.34	4.6	0.023	3.09	0.002	0.10
			50	17.34	-4.6	0.023	(3.09)	(0.002)	(0.10)
		4.0	30	17.80	13.3	0.024	8.95	0.006	0.29
			40	17.85	4.4	0.024	3.01	0.002	0.10
			50	17.85	-4.4	0.024	(3.01)	(0.002)	(0.10)
		5.0	30	18.30	12.9	0.025	8.71	0.007	0.30
			40	18.36	4.3	0.026	2.92	0.002	0.10
			50	18.36	-4.3	0.026	(2.92)	(0.002)	(0.10)

表 3.8 風による横傾斜角 (ϕ_{wind}) の計算結果 (C 船)

Vw (m/s)	ν (deg.)	Vs (kt)	ψ (deg.)	Vw_rel (m/s)	ν_w (deg.)	k	Ae (m ²)	Dw (m)	ϕ_{wind} (deg.)
10.2	22.5	3.0	40	11.68	-15.2	0.010	(10.93)	(0.003)	(0.15)
			50	11.59	-24.0	0.010	(16.92)	(0.005)	(0.23)
			60	11.46	-32.8	0.010	(22.55)	(0.007)	(0.31)
		4.0	40	12.18	-14.6	0.011	(10.49)	(0.004)	(0.16)
			50	12.06	-23.0	0.011	(16.26)	(0.005)	(0.24)
			60	11.90	-31.5	0.011	(21.73)	(0.007)	(0.32)
		5.0	40	12.68	-14.0	0.012	(10.07)	(0.004)	(0.17)
			50	12.54	-22.1	0.012	(15.64)	(0.006)	(0.25)
			60	12.34	-30.2	0.012	(20.95)	(0.007)	(0.33)
15.8	45.0	3.0	40	17.34	4.6	0.023	3.31	0.002	0.10
			50	17.34	-4.6	0.023	(3.31)	(0.002)	(0.10)
			60	17.30	-13.7	0.023	(9.84)	(0.007)	(0.30)
		4.0	40	17.85	4.4	0.024	3.21	0.002	0.11
			50	17.85	-4.4	0.024	(3.21)	(0.002)	(0.11)
			60	17.80	-13.3	0.024	(9.57)	(0.007)	(0.31)
		5.0	40	18.36	4.3	0.026	3.12	0.002	0.11
			50	18.36	-4.3	0.026	(3.12)	(0.002)	(0.11)
			60	18.30	-12.9	0.025	(9.31)	(0.007)	(0.32)

(2) うねりによる横揺

事故発生時のうねりによる横揺の計算に使用した横揺応答の計算結果を B 船については表 3.9、C 船については表 3.10 に示す。

事故発生時のうねりによる横揺の計算結果を表 3.11 (B 船)、表 3.12 (C 船) に示す。表中 ϕ_i は沖からの入射波単独の場合の横揺角、 ϕ_r は岸壁からの反射波単独の場合の横揺角、 ϕ は沖からの入射波に岸壁からの反射波を考慮した場合 (合成波) の横揺角を示す。合成波に対する横揺角は、各成分波 (入射波、反射波) に対する横揺応答の位相遅れ (ε : 表 3.9、表 3.10) の違いを考慮して線形重ね合わせを行って求めたものである。

表 3.9 横揺応答 (B 船 : Tw=7.7s)

V (kt)	ψ (deg.)	χ_i (deg.)	ϕ_i/kh	ε_i (deg.)	χ_r (deg.)	ϕ_r/kh	ε_r (deg.)
3.0	50	152.5	0.287	-83.4	321.5	0.343	78.7
	40	162.5	0.186	-83.0	331.5	0.257	77.4
	30	172.5	0.080	-82.8	341.5	0.168	76.3
4.0	50	152.5	0.298	-84.0	321.5	0.346	77.7
	40	162.5	0.193	-83.7	331.5	0.259	76.2
	30	172.5	0.084	-83.5	341.5	0.170	75.1
5.0	50	152.5	0.309	-84.5	321.5	0.352	76.6
	40	162.5	0.201	-84.2	331.5	0.265	75.1
	30	172.5	0.087	-84.1	341.5	0.174	74.0

表 3.10 横揺応答 (C 船 : $T_w=7.7s$)

V (kt)	ψ (deg.)	χ_i (deg.)	ϕ_i /kh	ε_i (deg.)	χ_r (deg.)	ϕ_r /kh	ε_r (deg.)
3.0	60	142.5	0.618	-85.7	311.5	0.623	84.6
	50	152.5	0.472	-85.4	321.5	0.505	83.6
	40	162.5	0.308	-85.3	331.5	0.378	82.7
4.0	60	142.5	0.646	-85.9	311.5	0.610	83.8
	50	152.5	0.496	-85.6	321.5	0.492	82.7
	40	162.5	0.326	-85.6	331.5	0.368	81.9
5.0	60	142.5	0.675	-86.0	311.5	0.600	83.0
	50	152.5	0.522	-85.8	321.5	0.483	81.9
	40	162.5	0.344	-85.8	331.5	0.361	81.0

表 3.11 及び表 3.12 に示したように、岸壁からの反射波を考慮した場合、横揺角は B 船で最大でも 1 度未満、C 船は最大 1.6 程度となり、本節(1)に示した事故発生時の風による横傾斜角 (両船とも 1 度未満) と同程度か若干大きくなるが、図 3.1 (B 船)、図 3.2 (C 船) に示した復原力曲線やブルワーク上端没水角度 (B 船 : 26.6 度、C 船 : 24.6 度) と比較すると、事故発生時のうねりが今回の事故に及ぼした影響は、非常に限定的であったと考えられる。

表 3.11 うねりによる横揺角 (B 船)

V (kt)	ψ (deg.)	ϕ_i (deg.)	ϕ_r (deg.)	ϕ (deg.)
3.0	50	2.33	2.36	0.73
	40	1.50	1.77	0.62
	30	0.65	1.16	0.60
4.0	50	2.42	2.38	0.76
	40	1.57	1.79	0.62
	30	0.68	1.17	0.59
5.0	50	2.51	2.43	0.81
	40	1.63	1.82	0.65
	30	0.71	1.20	0.60

表 3.12 うねりによる横揺角 (C 船)

V (kt)	ψ (deg.)	ϕ_i (deg.)	ϕ_r (deg.)	ϕ (deg.)
3.0	60	5.01	4.29	1.06
	50	3.83	3.48	0.78
	40	2.50	2.61	0.54
4.0	60	5.24	4.20	1.34
	50	4.02	3.39	0.98
	40	2.64	2.54	0.57
5.0	60	5.47	4.14	1.62
	50	4.23	3.33	1.21
	40	2.79	2.49	0.68

3. 5 事故発生時のえい航索張力と被えい航船の操船の影響

調査官から説明があった本事故発生時の A 船、B 船及び C 船の凡その位置関係 (図 2.1) から表 2.9、表 2.10 に示す条件で、B 船、C 船の索張力を計算した結果を表 3.13 に示す。なお、表中の θ_{2a} 等は図 2.1 に示す角度等を表している。

表 3.13 事故発生時の引船の索張力 (t_1 : B 船、 t_2 : C 船) の計算結果

Case	C船($f_2=8\text{tf}$)				被曳航船 (A船)	B船				
	θ_{2a} (deg.)	θ_{2b} (deg.)	t_2 (tf)	F_2 (tf)		V_s (kts)	θ_{1a} (deg.)	θ_{1b} (deg.)	F_1 (tf)	t_1 (tf)
①-a	30	100	9.2	-1.6	3	80	60	22.6	45.1	7.8
①-b					4			19.4	38.8	6.7
②-a	20	110	8.5	-2.9	3	70	70	23.9	69.8	23.9
②-b					4			20.7	60.6	20.7
③-a	40	90	10.4	0.0	3	70	70	21.0	61.3	21.0
③-b					4			17.8	52.1	17.8
④-a	20	110	8.5	-2.9	3	90	50	23.9	37.1	0.0
④-b					4			20.7	32.2	0.0
⑤-a	40	90	10.4	0.0	3	90	50	21.0	32.6	0.0
⑤-b					4			17.8	27.7	0.0

表 3.13 から、B 船のえい航能力の範囲内でえい航していたと推測される場合 (Case①-a、Case ①-b)、B 船のえい航角が 80 度、C 船のえい航角が 30 度の状況で B 船の索張力 (t_1 ; 水平成分) は、A 船の速力が 3kn で 45.1tf、4kn で 38.8tf となる。この値は、表 3.3 に示したえい航角が 80 度の場合の B 船の転覆限界となる索張力の水平成分 15.2tf を超えているので、B 船は転覆すると推測される。

また、本事故に使用されていた B 船のえい航索は破断荷重が約 52tf とのことであり、表 3.13 に示したとおり、B 船のえい航角が 70 度の場合には、B 船の索張力 (t_1 ; 水平成分) は破断荷重を超える値となるが、本事故時の状態である B 船のえい航角が 80 度においては破断荷重以下であるので、えい航索の破断に至る前に転覆したものと推測される。

一方、表 3.13 に示すとおり、C 船の索張力 (t_2 ; 水平成分) は、A 船の速力が 3kn、4kn で 9.2tf となり、表 3.5 に示した C 船の転覆限界となる索張力の水平成分 24.9tf 以下であり、この状況では索張力だけで転覆に至ることはないと考えられる。

なお、転覆の危険性と直接関連しているえい航角は、えい航船と被えい航船の相対位置によって決まる。調査官の説明では、B 船のえい航索の長さは 50m、C 船のえい航索の長さは 150m とのことであり、B 船は A 船との相対位置の変位が小さな場合でも、えい航角は比較的大きく変化する。そのため、A 船の操船によって、B 船のえい航角は C 船に比べて変化しやすく、転覆の危険性が増加する状況へ短時間で移行する危険性が高かったと推測される。

4. まとめ

本解析調査で得られた主な知見をまとめると以下のとおりである。

(1) B 船の転覆範囲

- ① B 船は、事故発生時には、索張力の横方向成分が 15.0tf を超えると転覆が発生する状態であったと推測される。
- ② 事故発生時、B 船のえい航角が 80 度、C 船のえい航角が 30 度の状況で、B 船の索張力の水平成分は、転覆限界の 15.2tf 以上の 38.8~45.1tf と推測される。

(2) C 船の転覆危険性

- ① C 船は、事故発生時には、索張力の横方向成分が 12.5tf を超えると転覆が発生する状態であったと推測される。
- ② 事故発生時、C 船のえい航角が 30 度の状況で、C 船の索張力の水平成分は、転覆限界の 24.9tf 未満の約 9.2tf と推測される。

(3) 事故発生時の風及びうねりの影響

- ① 事故発生時の風による傾斜角は、B 船、C 船とも 0.4 度未満と非常に小さく、傾斜方向は B 船の転覆方向とは逆の右舷側になると推測されることから、事故発生時の風が今回の事故に及ぼした影響は、少ないと考えられる。
- ② 事故発生場所付近の沖からのうねりの入射波と岸壁からの反射波による横揺角は、B 船で最大 1 度未満、C 船で最大 1.6 度程度と推測され、風による横傾斜角より若干大きくなるが、各船の復原性能と比較すれば、事故発生時のうねりが今回の事故に及ぼした影響は、非常に限定的であったと考えられる。

(4) 事故発生時の A 船の操船の影響

転覆の危険性と直接関連しているえい航角は、えい航船と被えい航船の相対位置によって決まる。えい航索の長さが 50m の B 船は、えい航索の長さが 150m の C 船に比べ、A 船との相対位置の変位が小さな場合でも、えい航角は比較的大きく変化する。そのため、A 船の操船によって、B 船のえい航角は C 船に比べて変化しやすく、転覆の危険性が増加する状況へ短時間で移行する危険性が高かったと推測される。

参考文献

- 1) (社) 日本土木学会：水理公式集－昭和 60 年版一、pp.499、昭和 60 年 4 月
- 2) (社) 日本土木学会：水理公式集－昭和 60 年版一、p534、表 4.3、昭和 60 年 4 月
- 3) 神中竜雄、深瀬 彊、湯室彰規、山崎禎昭：高速船型の旋回に関する二三の問題、造船協会論文集、第 111 号、pp.59-72、昭和 37 年 6 月