

# 船舶事故調査報告書

船種 船名 漁船 第三裕丸  
漁船登録番号 SN2-2695  
総トン数 19トン

事故種類 転覆  
発生日時 平成23年12月22日 00時20分ごろ  
発生場所 島根県浜田市浜田港北方沖  
馬島灯台から真方位353° 7.4海里付近  
(概位 北緯35° 01.6' 東経132° 01.7')

平成28年1月28日  
運輸安全委員会(海事専門部会)議決  
委員 庄司邦昭(部会長)  
委員 小須田 敏  
委員 根本美奈

## 要 旨

### <概要>

漁船第三裕丸<sup>ひろ</sup>は、船長ほか13人が乗り組み、僚船4隻と船団を構成して島根県浜田市浜田港北方沖の漁場でまき網漁の操業中、平成23年12月22日00時20分ごろ船体が右舷側に傾斜して転覆し、その後沈没した。

第三裕丸は、乗組員2人が死亡した。

### <原因>

本事故は、夜間、第三裕丸が、浜田港北方沖約7.4海里にある水深約120mの漁場において右舷側から揚網作業中、7.5t以上の荷重が右舷船尾端のネットホーラに作用したため、右舷側へ転覆したことにより発生したものと考えられる。

7.5t以上の荷重が右舷船尾端のネットホーラに作用したのは、団子状になった網のねじれを取る作業に時間が掛かったために、網の中で圧迫されて死んだ魚が網の

底に溜<sup>た</sup>まるなどして網目が塞がったこと、又は、網の中の魚群が一斉に網の底部に向かって移動したことによる可能性があると考えられるが、その状況を明らかにすることはできなかった。

# 1 船舶事故調査の経過

## 1.1 船舶事故の概要

漁船第三裕丸<sup>ひろ</sup>は、船長ほか13人が乗り組み、僚船4隻と船団を構成して島根県浜田市浜田港北方沖の漁場でまき網漁の操業中、平成23年12月22日00時20分ごろ船体が右舷側に傾斜して転覆し、その後沈没した。

第三裕丸は、乗組員2人が死亡した。

## 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12月22日、本事故の調査を担当する主管調査官（広島事務所）ほか2人の地方事故調査官を指名した。

### 1.2.2 調査の実施時期

平成23年12月24日、平成24年1月5日、3月2日、17日、11月13日、14日～16日、26日、29日、12月4日、平成25年2月25日、平成27年2月13日、26日、3月26日、27日、30日 口述聴取

平成24年1月12日、13日、26日、27日、11月16日、27日、平成25年1月22日、平成27年2月13日 現場調査及び口述聴取

平成24年3月1日、11月26日、27日、12月3日、平成27年3月26日、31日 回答書受領

平成24年3月15日、16日 現場調査

### 1.2.3 調査の委託

本事故の調査に当たり、独立行政法人海上技術安全研究所に対し、第三裕丸の転覆のメカニズムの推定に関する調査を委託した。

### 1.2.4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

## 2 事実情報

### 2.1 事故の経過

#### 2.1.1 本事故が発生するまでの経過

第三裕丸（以下「A船」という。）の船長（以下「船長A」という。）、A船乗組員、第一裕丸（以下「B船」という。）の船長兼漁労長（以下「漁労長」という。）、B船の乗組員、第二裕丸（以下「C船」という。）の船長（以下「船長C」という。）、C船の乗組員、第六裕丸（以下「D船」という。）の船長（以下「船長D」という。）、D船の乗組員、第八裕丸（以下「E船」という。）の船長（以下「船長E」という。）及びE船の乗組員の口述によれば、次のとおりであった。

A船は、中型まき網漁の網船<sup>\*1</sup>として、探索船<sup>\*2</sup>であるB船、C船及びD船並びに運搬船<sup>\*3</sup>であるE船の4隻と共に船団（以下「A船団」という。）を構成し、漁労長が操業の指揮をとり、周年、島根県沖において操業を行っていた。

#### (1) A船

A船は、平成23年12月21日21時15分ごろ、船長A、網長と呼ばれる甲板員（以下「甲板員A<sub>1</sub>」という。）及びコーンローラ<sup>\*4</sup>の操作を担当する甲板員（以下「甲板員A<sub>2</sub>」という。）ほか11人が乗り組み、浜田港を出港し、E船と共に浜田港北方沖約7.4海里（M）にある水深約120mの漁場（以下「本件漁場」という。）に向かった。

A船は、22時30分ごろ、本件漁場に到着し、投入する網の一端をC船に渡した後、C船を基点に、集魚中のB船を囲むように右回頭で投網を行い、C船の所に戻って主機のクラッチを中立状態とし、渡した網の一端と裏こぎ<sup>\*5</sup>ロープをC船から受け取り、網の一端を右舷船首にとるとともに、裏こぎロープを左舷側に準備したY字状のワイヤロープにつないだ。

A船は、網の下端部を閉じるために、網の下端にある重りを付けたロープ（以下「沈子網<sup>い わづな</sup>」という。）に短いロープを介して結ばれた鉄製の環<sup>かん</sup>に通したワイヤロープ（以下「環網<sup>かんづな</sup>」という。）を船首のパースウインチ<sup>\*6</sup>で巻い

\*1 「網船」とは、まき網漁船団において、まき網を積載し、魚群をまき網に囲い込んで漁獲する中心的な役割を担う漁船をいう。

\*2 「探索船」とは、まき網漁船団において、主に魚群を探索する役割を担う漁船をいう。

\*3 「運搬船」とは、漁獲した魚を漁場から市場に運搬する役割を担う漁船をいう。

\*4 「コーンローラ」とは、直径約30cmのゴム製ローラを2個接して並べ、回転する2個のローラの接触面に網を挟み込ませて巻き上げる回転式巻取機をいう。

\*5 「裏こぎ」とは、投網後に、網船が流されて網に乗り揚げたり、網から離れ過ぎることを避けるために、探索船等を用いて網船の位置を調整することをいう。

\*6 「パースウインチ」とは、まき網漁業の網船の船首部に設置された環網を巻くウインチをいう。

た。

A船は、23時00分ごろパースダビット<sup>\*7</sup>で環を全て甲板上に引き揚げて網の底を閉じた後、揚網と漁獲に備え、網を挟んでA船の反方位に船首を向けて対峙<sup>たいじ</sup>したE船との間で網の上端にある浮きを取り付けたロープ（以下「浮子綱<sup>あぼづな</sup>」という。）及び係船索の受け渡しを行った。

A船は、E船を約10～20m離れた状態で、その右舷船首とE船の船尾との間に係船索2本を、操舵室後部とE船の右舷船首との間に係船索1本をそれぞれ取る一方、その左舷方にC船を配して裏こぎをさせ、更に左舷船尾付近から舷外に吊り下げたビニール製の水袋と左舷船尾部のブルワーク<sup>\*8</sup>（甲板上の高さ：約0.9～1.1m）内にあるショルダーバラストタンク<sup>\*9</sup>に海水をそれぞれ約1t注入して揚網時の船体の‘横傾斜’（以下「傾斜」という。）に備えた。

（写真2.1 操業写真（E船からA船を見た状況） 参照）



写真2.1 操業写真（E船からA船を見た状況）

A船は、右舷船尾端に移動させたネットホーラ<sup>\*10</sup>で揚網を始めるとともに、

<sup>\*7</sup> 「パースダビット」とは、まき網漁業の網船の船首部に設置されたクレーンをいう。パースダビットの先端に取り付けた滑車は舷外に突き出ているので、この滑車を經由して環網をパースウインチで巻くと、環が滑車の下方に集約されるので、環を全て甲板上に引き揚げるができる。

<sup>\*8</sup> 「ブルワーク」とは、乗組員等の転落防止及び波の打ち込み軽減のために設けられる船側外板上甲板より上方まで延長した部分をいう。

<sup>\*9</sup> 「ショルダーバラストタンク」とは、上甲板の直下又は直上に設置されたバラストタンクをいう。

<sup>\*10</sup> 「ネットホーラ」とは、まき網漁業の網船の船尾端に設置された揚網機をいう。

左舷船尾に設置されたクレーンの先に取り付けた網捌機<sup>さばき</sup>\*11を船尾甲板中央上方付近に配置し、船尾甲板への網の取り込みを始めた。

A船は、揚網作業を開始して約20分が経過した頃、網の4分の3程度を船尾甲板に取り込んで、ネットホーラ及び網捌機を止めた。

A船は、クレーンの先端を下げるとともにアームを縮めて左舷端に移動させ、乗組員が右舷側に並び、サイドローラ\*12及びコーンローラを使用して、沈子綱側から網を揚げ始めた。

A船は、甲板員A<sub>1</sub>、甲板員A<sub>2</sub>等の作業熟練者を中心に揚網作業を行い、機関員の1人（以下「機関員A<sub>1</sub>」という。）がサイドローラ及び操舵室右舷側壁に設置されたローラ（以下「小ローラ」という。）等の操作を担当した。

A船は、乗組員14人が右舷側に並んで揚網中、網の底部が水面下約20mとなった頃、船尾付近で網がねじれて団子状になったので、甲板員A<sub>2</sub>がコーンローラでねじれた網の一部の取り込みを行い、機関員A<sub>1</sub>が、小ローラを巻いて網の一部をねじれと反対方向に引くとともに、サイドローラをゆっくり回転させたり止めたりしながら、乗組員が手で網を引いたり緩めたりして、団子状になった網のねじれを取る作業を行った。

（図2.1 操業配置概略図 参照）

---

\*11 「網捌機」とは、まき網漁業の網船の船尾クレーンの先に取り付けられた機械であり、船尾端のネットホーラで海中から引き揚げた網を、この機械で高く吊り揚げながら前後左右に移動させて、網を船尾甲板上に格納するための機械をいう。

\*12 「サイドローラ」とは、まき網漁業の網船等において、揚網時の便宜のためにブルワーク上端のほぼ全長にわたり備え付けられたローラをいう。

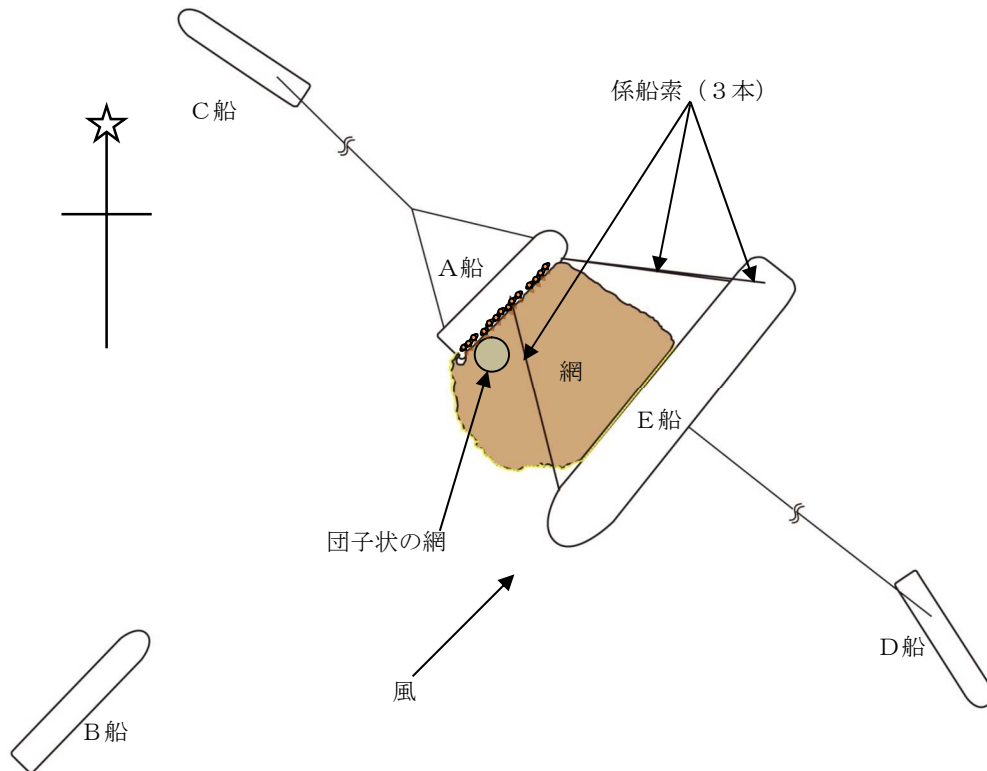


図 2. 1 操業配置概略図

A船は、網のねじれを取る作業を始めてから20分程度経過した頃、コーンローラに掛かる負荷が大きくなって網の取り込みが困難となったので、甲板員A<sub>2</sub>がコーンローラを停止したところ、乗組員が船体にガクッという衝撃を感じた。

A船は、このとき、網の船首側には全く負荷が掛かっていない状態であったが、ネットホーラに大きな負荷が掛かって船尾部が一旦沈み、サイドローラは回転しているものの、網がスリップしている状態で右舷側への傾斜が徐々に増大した。

A船は、間もなく、波が左舷側のブルワークを越え、海水が乗組員の足下を洗う状況となり、右舷側への傾斜が20°～30°になった頃乗組員が転覆の危険を感じてその多くが左舷側へ移動を始め、その後、右舷側への傾斜が更に増大し、機関室に浸水してビルジ警報が鳴り、間もなく機関が停止して照明が消えるとともに漁網が崩れ、傾斜が始まって約1分が経過した22日00時20分ごろ、右舷側に転覆した。

(2) B船、C船及びD船

B船は漁労長ほか甲板員2人が、C船は船長C、機関員（以下「機関員C」という。）及び甲板員（以下「甲板員C」という。）が、D船は船長D及び甲板員（以下「甲板員D」という。）ほか1人がそれぞれ乗り組み、21

日17時55分ごろ浜田港を出港し、本件漁場に向かった。

漁労長は、気象情報により、天候が悪化することを知っていたので、早めに操業を終えることとし、本件漁場に到着後、C船及びD船との間隔を、ふだんは0.5～1.0M離すところを0.3M程度とし、水深約60mの深さまで集魚灯を降ろして集魚を始めた。

B船、C船及びD船は、2時間程度集魚を行い、魚を一箇所に集めた後、C船とD船が消灯してそれぞれ揚網作業に備えての配置について。

C船は、A船から網の一端を受け取ってその場にとどまり、投網を終えたA船に網の一端を戻すとともに裏こぎロープを渡し、長さ約150～160m繰り出しながらA船の左舷正横から約10°～20°船尾方に移動して裏こぎの態勢に入った。

D船は、E船の左舷側中央部外板のフックに裏こぎロープを取って長さ約150～160m繰り出し、E船の左舷正横から約10°～20°船首方の所で裏こぎの態勢に入った。

B船は、網の底が閉じられたことを確認し、B船の集魚灯を消して網の外に移動した。

C船及びD船は、揚網作業の開始と共にC船が機関を回転数毎分（rpm）約700に、D船が約600～700rpmにそれぞれかけて裏こぎを開始した。

漁労長は、B船の甲板員2人を操舵と見張りに当たらせ、B船をA船の船尾方約50～100mの所に位置させて操業の指揮と監視に当たっていたところ、A船が右舷側に傾斜していることに気付いたが、どうすることもできず、A船が転覆するところを見た。

機関員Cは、漁業無線で漁労長が発したA船の傾斜がおかしい旨の話を船長Cと共に聞き、それから1分も経過しないうちにA船の転覆を知らされたので、主機のクラッチを中立とし、船員室で休んでいた甲板員Cをブザーで操舵室に呼んだ。

甲板員Dは、単独で操船に当たっていたところ、A船が転覆したことを聞き、主機のクラッチを中立とした。

### (3) E船

E船は、船長Eほか5人が乗り組み、A船と共に本件漁場に向かい、22時05分ごろB船の約1M手前で漂泊し、待機した。

船長Eは、漁労長から魚倉を2つ準備するように指示を受け、漁獲量が約40～50tと予想し、魚倉の準備を乗組員に命じ、23時30分ごろ船長Aと連絡を取り、いつものように網を隔ててA船に対峙する態勢でE船を接

近させた。

E船は、A船との距離を約10～20m離して互いに反対方向を向き、A船との間に係船索を3本取り、20m程度の浮子綱を約12～13本の細索を使ってE船の右舷側に係止した。

船長Eは、A船の指示で機関を使用して船位を調整した。

船長Eは、船橋でA船が傾斜し始めたことに気付き、傾斜がひどくなったように感じたので、A船に向かって「危ない」と叫んで船橋から甲板上に降りたとき、A船の明かりが消えたことを認め、A船の転覆に気付いた。

船長Eは、A船が転覆した後、A船との間に取っていた係船索3本のうち、船尾側の1本が緩んでいたため、安全のため外した。

本事故の発生日時は、平成23年12月22日00時20分ごろで、発生場所は、馬島灯台から353°（真方位、以下同じ。）7.4M付近であった。

（付図1 事故発生場所概略図 参照）

#### 2.1.2 転覆から救助までの経過

船長A、A船の乗組員、漁労長、B船の乗組員、船長C、C船の乗組員、船長D、D船の乗組員、船長E及びE船の乗組員の口述によれば、次のとおりであった。

##### (1) A船

A船は、転覆後約30分が経過した00時50分ごろ、船首から沈没した。

##### (2) B船

漁労長は、C船に裏こぎロープを切断するよう指示した後、A船の乗組員を救助しようとして、甲板員と共にロープの付いた救命浮環2つを準備して船首部へ移動し、操船に当たっていた別の甲板員にA船へ近づくよう指示したが、網があるので近づいたら危険である旨の進言を受け、自分たちだけではどうすることもできないと判断し、22日00時29分ごろ118番通報して救助を要請した。

B船は、1時間程度行方不明者の捜索を行ったが、巡視船が現場に到着したので、巡視船に捜索を引き継いで浜田港に帰港した。

##### (3) C船

船長Cは、甲板員Cに対し、裏こぎロープを切断できるよう、船尾の調理場にあった包丁を持って船尾甲板で待機するよう指示した。

船長Cは、A船が沈んだので裏こぎロープを切断するよう漁労長から指示を受け、甲板員Cに同ロープの切断を指示した。

C船は、漂泊してA船が沈んだ場所の周辺で救助を求める人がいないか捜

索をしていたところ、巡視船が現場に到着したので、巡視船に捜索を引き継いで浜田港に帰港した。

(4) D船

D船は、E船が網をプロペラに巻き込むおそれがあったので、裏こぎを続けていたところ、裏こぎロープがE船側で切断されたので、切断された同ロープを回収し、1時間程度行方不明者の捜索を行っていたが、波が高くなってきたので浜田港に帰港した。

(5) E船

E船は、海面に浮いている船長A及び甲板員A<sub>2</sub>ほか乗組員2人に対しては索付き救命浮環を直接投下して引き寄せ、またA船の船底にはい上がっていた乗組員8人に対しては重りを取り付けた索に救命浮環を結び、重りをA船に向かって投げて救命浮環を渡し、乗組員がつかんだ救命浮環を引き寄せた後、船首及び船尾にあるデリックで船上に吊り揚げて順次救助した。

船長Eは、A船の乗組員12人を救助した後、A船との間に取っていた係船索の残り2本のうち、船尾側の1本を自ら包丁で切断し、船首側の1本を乗組員に指示して外させた。

船長Eは、浮子網を止めている細索が船首側から切れ始めたので、乗組部に浮子網を止めている細索を全て外すように指示し、外せなかった船首側の細索については切断を指示した。

船長Eは、A船の甲板員2人（以下「甲板員A<sub>3</sub>」及び「甲板員A<sub>4</sub>」という。）が行方不明であることに気付いたが、救助したA船の乗組員が寒さで震えていたので帰港することとし、行方不明者が2人いる旨を漁労長に報告して帰港の途についた。

E船は、01時50分ごろ浜田港に入港した。

### 2.1.3 捜索開始から捜索終了までの経過

(1) 海上保安庁

海上保安庁の情報によれば、第八管区海上保安本部は、22日00時29分ごろB船から118番通報を受け、直ちに行方不明者2人の捜索に当たり、28日をもって専従捜索を打ち切った。なお、捜索に参加した巡視船艇は延べ10隻及び航空機は延べ5機であった。

(2) 裕丸漁業生産組合（以下「A社」という。）、浜田港を基地として操業する別の会社（以下「B社」という。）及び漁業協同組合

A社担当者、B社が所有するまき網船団（以下「B船団」という。）の漁労長（以下「B船団漁労長」という。）及びA船団が所属する漁業協同組合

(以下「A漁協」という。)担当者の口述によれば、A社、B社及びA漁協が行った捜索活動は、次のとおりであった。

B船団は、浜田港の北方約5M沖の漁場で操業を終えて帰航中、B船団漁労長が、A船団の漁労長から船舶電話に連絡を受けてA船の事故を知り、B船団を指揮して本事故発生場所に向かった。

B船団は、本事故発生場所に至り、油の臭いがする海面の周囲で1時間程度捜索を行ったが、西寄りの風浪が増勢したため、運搬船が02時00分ごろ、網船が03時10分ごろ、探索船が網船に少し遅れてそれぞれ浜田港に帰港した。

A船団は、12月23日～25日の間、荒天により捜索を行わなかったが、12月26日からA社関係者が沿岸部を車で移動しながら捜索に当たるとともに、A船団の4隻が僚船と共に捜索に当たり、行方不明者の家族の了承を得て、平成24年1月8日をもって捜索を終了した。

### (3) 島根県警察及び島根県

島根県警察本部及び島根県水産技術センターの各担当者の口述によれば、捜索に参加した島根県所属の船舶は延べ2隻及び航空機は1機であった。

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷に関する情報

A社担当者の口述によれば、行方不明となった甲板員A<sub>3</sub>及び甲板員A<sub>4</sub>は、死亡届によって平成24年2月14日に除籍された。

## 2.3 船舶の損傷に関する情報

A船の乗組員の口述によれば、転覆したA船の船底にはい上がった乗組員は、船底部に損傷を認めなかった。

## 2.4 乗組員に関する情報

### (1) 性別、年齢、操縦免許証

船長A 男性 56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5年2月23日

免許証交付日 平成20年1月28日

(平成25年2月22日まで有効)

漁労長 男性 67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 昭和50年1月25日

免許証交付日 平成20年3月24日

(平成25年3月31日まで有効)

甲板員A<sub>3</sub> 男性 63歳

甲板員A<sub>4</sub> 男性 59歳

(2) 主な乗船履歴等

船長A、漁労長及びA社担当者の口述によれば、次のとおりであった。

① 船長A

若いときからまき網船団の運搬船に乗船し、平成9年A社に入ってから約14年まき網船に乗船していた。

② 漁労長

若いときからまき網漁に従事しており、平成15年A社に入り、B船に乗船してA船団の漁労長を務めていた。

③ 甲板員A<sub>3</sub>

昭和45年A社に入ってから以来、まき網漁に従事していた。

④ 甲板員A<sub>4</sub>

平成17年A社に入ってから以来、まき網漁に従事していた。

(3) 健康状態

船長A及び漁労長の口述によれば、次のとおりであった。

① 船長A

本事故当時、健康状態は良好であった。

② 漁労長

本事故当時、健康状態は良好であった。

③ 甲板員A<sub>3</sub>

本事故当時、健康状態に問題はないように見受けられた。

④ 甲板員A<sub>4</sub>

本事故当時、健康状態に問題はないように見受けられた。

(4) 服装

船長Aの口述によれば、A船の乗組員は、合羽、ヘルメット、長靴及び軍手を着用していたが、‘救命胴衣又は作業用救命衣’（以下「救命胴衣」という。）を着用していなかった。

2.5 船舶等に関する情報

2.5.1 船舶の主要目

漁船登録番号 SN2-2695

主たる根拠地 島根県浜田市

船舶所有者	A社
総トン数	19トン
Lr × B × D	17.65m × 5.26m × 1.91m
船質	FRP
機関	ディーゼル機関1基
出力	588.40kW
進水年月日	昭和62年3月23日
船舶検査済票の番号	第272-18237号

### 2.5.2 A船の履歴

漁船原簿によれば、A船は、昭和62年4月にまき網漁船として建造され、A社が平成7年8月に購入して船名を本事故時の船名に変更し、平成16年4月に機関が換装された。

### 2.5.3 船体構造

A船の一般配置図及び船長Aの口述によれば、次のとおりであった。

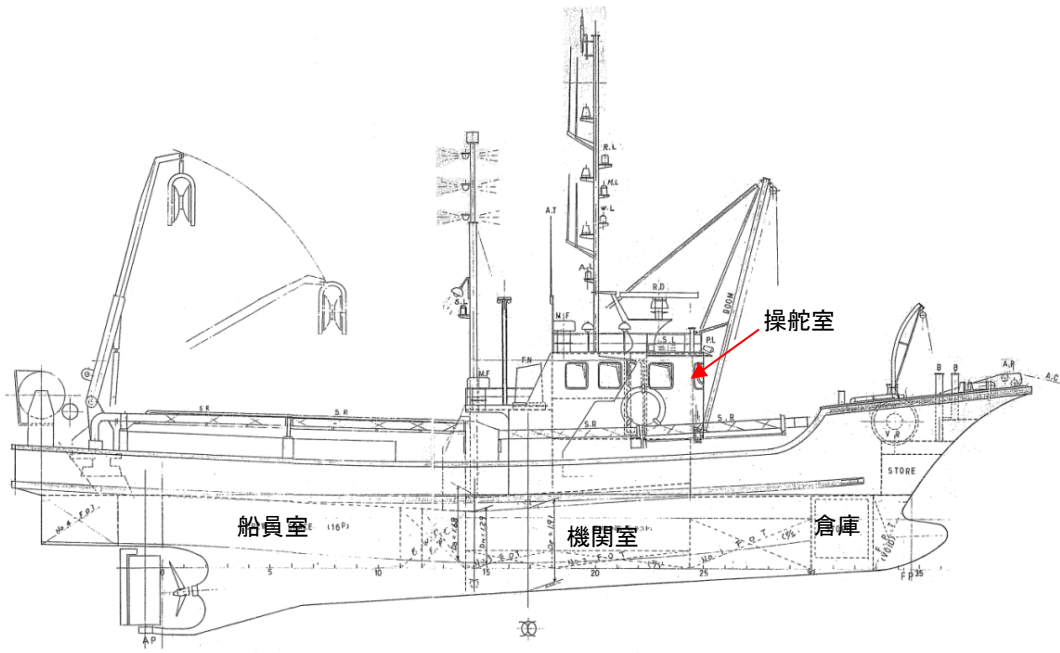


図 2.5-1 A船構造図 (側面図)

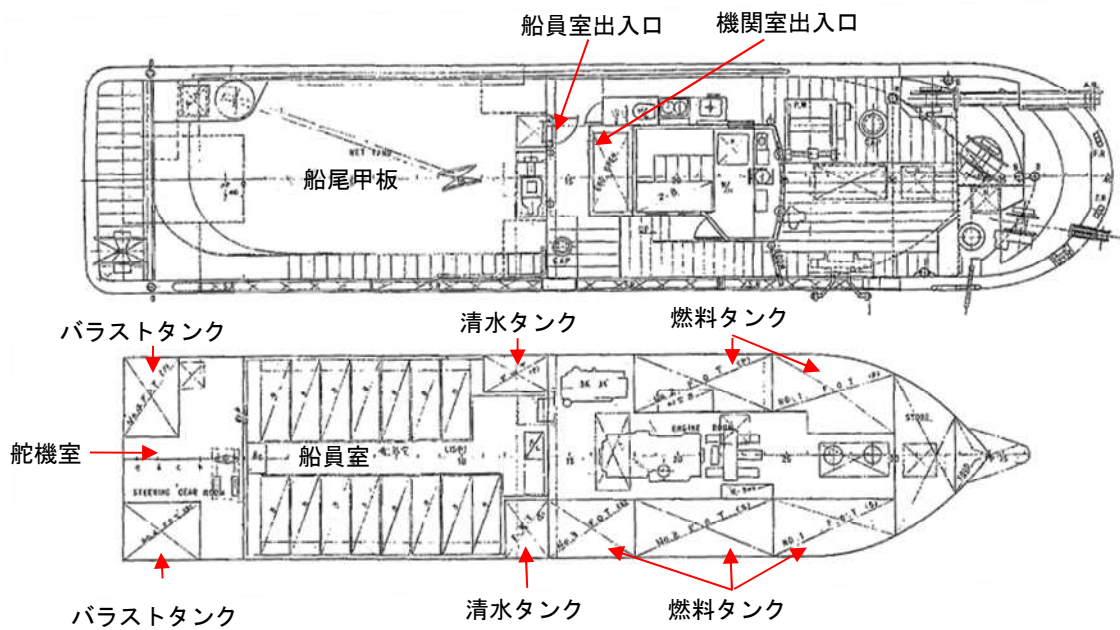


図 2.5-2 A船構造図 (平面図)

A船は、1層甲板であり、上甲板下には、船首側から順に倉庫、機関室及び燃料タンク、清水タンク、船員室、舵機室及びバラストタンクが、上甲板には、アンカーベッド、ウインチ及びウインドラスを備えた船首楼及び中央部に2層の甲板室がそれぞれ設けられ、甲板室の上層が操舵室に、下層が機関室囲壁になっていた。

A船は、船尾端の燃料タンク (No. 4 FOT (P) 及びNo. 4 FOT (S)) をバラストタンクとして使用していた。

A船は、機関室囲壁左舷後部の機関室出入口には引き戸が、船尾甲板から船員室

への出入口には鉄製の開き戸がそれぞれ備えられていた。

A船の上甲板は、ブルワークで囲まれており、ブルワーク下端部に長さ約30cm、高さ約15cmの放水口が各舷に4～5個程度設けられていた。

#### 2.5.4 設備等に関する情報

船長A及び機関員A<sub>1</sub>の口述によれば、本事故当時、船体、機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

#### 2.5.5 積載状態

船長A、甲板員A<sub>1</sub>、機関員A<sub>1</sub>、A船のもう1人の機関員（以下「機関員A<sub>2</sub>」という。）、元A船機関員の口述及びA船の一般配置図によれば、次のとおりであった。

A船は、出港時、右舷燃料タンクに約1,800ℓ、左舷燃料タンクに約1,000ℓ、船尾端のバラストタンクに4割程度の水（右舷タンクに約0.94t、左舷タンクに約0.95t）、船尾甲板上に網約10t、機関室船首側スペースに作動油等20ℓ缶約25個を積載し、清水タンクを満水（右舷清水タンクに約1.70t、左舷清水タンクに約1.73t）にしていた。

A船は、揚網時に、左舷船尾ショルダーバラストタンクに約1t、左舷船尾舷外に吊った水袋に約1tの水をそれぞれ入れていた。

投入した網は、本事故時、船尾甲板上に4分の3程度取り込まれ、左舷側に浮子綱、右舷側に沈子綱をまとめる形で5列の山にして積まれ、船首側4列の高さが約1.75m、船尾側の山1列が半分の高さになっていて、転覆する直前、網の山が崩れた。

本事故発生時の搭載物の位置等の詳細については、次のとおりであった。

表 2.5 重量重心計算（本事故発生時）

	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$W \times mid-G$ (t-m)	$KG$ (m)	$W \times KG$ (t-m)	$I \times \rho$ (t-m)
軽荷状態	81.838	-0.146	-11.912	1.464	119.839	
乗組員①	0.063	2.250	0.142	2.450	0.154	
乗組員②	0.060	8.050	0.483	2.450	0.147	
乗組員③	0.079	4.270	0.337	2.450	0.194	
乗組員④	0.088	9.810	0.863	2.450	0.216	
乗組員⑤	0.061	6.540	0.399	2.450	0.149	
乗組員⑥	0.056	4.020	0.225	2.450	0.137	
乗組員⑦	0.059	7.290	0.430	2.450	0.145	
乗組員⑧	0.074	8.550	0.633	2.450	0.181	
乗組員⑨	0.068	5.660	0.385	2.450	0.167	
乗組員⑩	0.073	9.050	0.661	2.450	0.179	
乗組員⑪	0.070	0.000	0.000	2.450	0.172	
乗組員⑫	0.073	-1.630	-0.119	2.450	0.179	
乗組員⑬	0.058	-2.260	-0.131	2.450	0.142	
乗組員⑭	0.075	4.900	0.368	2.450	0.184	
SG:0.86						
NO.1FOT(P) 0.5kℓ	0.430	-5.200	-2.236	0.170	0.073	0.624
NO.1FOT(S) 1kℓ	0.860	-5.070	-4.360	0.190	0.163	0.373
NO.2FOT(P) 0.5kℓ	0.430	-2.150	-0.925	0.590	0.254	0.534
NO.2FOT(S) 0.8kℓ	0.688	-1.280	-0.881	0.190	0.131	0.534
F.W.T.(P)	1.730	2.140	3.702	0.910	1.574	
F.W.T.(S)	1.700	1.890	3.213	0.910	1.547	
NO.4FOT(P)(バラスタタンク)	0.952	10.560	10.053	0.420	0.400	0.590
NO.4FOT(S)(バラスタタンク)	0.936	10.340	9.678	0.420	0.393	0.246
ショルダーバラスタタンク(P)	1.020	5.590	5.702	2.080	2.122	
SG:0.87						
作動油等 20ℓ×25 缶	0.435	-5.200	-2.262	0.200	0.087	
作動油(タンク) 1	0.700	-2.770	-1.939	1.040	0.728	
作動油(タンク) 2	0.030	-3.440	-0.103	1.900	0.057	
水袋	1.000	5.980	5.980	2.110	2.110	
網(上甲板上)	7.330	4.680	34.304	2.380	17.445	
	0.920	7.800	7.176	1.940	1.785	
合計	101.956	0.587	59.866	1.482	151.052	2.901

注)  $W$ : 排水量、 $mid-G$ : ‘重心の船体中央からの水平距離（前後方向）’（以下「重心の前後位置」といい、船体中央から後方を正として表記する。）、 $KG$ : 重心のキール上の高さ、 $I$ : 各タンクの断面 2 次モーメント（慣性モーメント）、 $\rho$ : 自由水<sup>\*13</sup>の比重

(付図 2 船体配置図(1)、付図 3 船体配置図(2)、付図 4 船体配置図(3) 参照)

<sup>\*13</sup> 「自由水」とは、バラスタタンクや燃料タンク内で自由に遊動する液面（自由表面）を持つ液体をいう。タンクが液体で満たされているとき、タンク内に遊動する液面はないが、タンク内に遊動する液面が現れると、復原力が減少する。この現象を「自由水影響」という。

## 2.6 操業等に関する情報

船長A及び漁労長の口述によれば、次のとおりであった。

### (1) 漁業種類及び操業区域等

A船団は、いわし、あじ又はさばの採捕を目的とする1そうまき動力付中型まき網漁業に従事し、島根、山口両県界から西北西の線以東の島根県沖合海面において1月1日から12月31日までの予定で操業を行っていた。

A船団は、平成23年秋の操業を島根県益田市所在の高島から浜田港沖に至る海域で行っており、12月に入った頃から浜田港の西北西方～北方沖合5～8Mで操業を行っていた。

### (2) 操業時間

A船団は、ふだん探索船が18時ごろに、運搬船と網船が翌日00時00分以降に浜田港をそれぞれ出港し、天候が良ければ03時ごろに投網作業を開始し、06時ごろに帰港していた。通常、1日の投網は1回であった。

### (3) 操業の判断

漁労長は、昼の天気予報を見て、操業の可否判断を行っており、気象警報や注意報が発表されて荒天が予想される場合でも、片道1時間以内の近い漁場であれば、出港後に、気象及び海象の状況を見て操業中止の判断を改めて行っていた。

### (4) 開口部の状況

A船は、操業中、船員室出入口を閉鎖していたが、船体が古く、配管からの漏油が多いこともあり、乗組員がスパナ等の工具を取りに出入りしやすいように機関室の出入口を開放していた。

船員室及び機関室の出入口は、上甲板上にあり、その縁材の高さは甲板上約0.4～0.5mであった。

### (5) 操業中の船体の傾斜への対応

A船は、水袋とショルダーバラストタンクにそれぞれ海水を約1t注入し、網捌機を船尾甲板中央上方付近に配置するとともに、右舷端から左舷端まで移動可能なネットホーラを右舷端に移動させて網の4分の3程度を取り込んだ後、沈子網側から揚網する際、網捌機の高度を下げるとともにアームを縮めて左舷端に移動させており、平成23年11月中旬から下旬にかけて、1日に約83t～96tの漁獲量があったが、ネットホーラを船尾端中央付近に移動することによって傾斜に対応していた。

A船は、網に大量の魚が入った際、船体が徐々に傾斜することがあったが、ネットホーラや網捌機を使って網を移動したり、網を切断したりすることによって対処が可能で、いずれの場合も時間的余裕があった。

A船の揚網中の傾斜への対応として最も効果的な方法は、ネットホーラの船尾端における位置を調整することであり、船尾端のバラストタンクは使用していなかった。

## 2.7 漁網及び漁網中の魚に関する情報

### 2.7.1 漁網に関する情報

甲板員A<sub>1</sub>及び漁網販売会社担当者の口述によれば、使用していた網の大きさ及び重量については、次のとおりであった。

A船で使用していた網は、A船を購入した際に附属していた中古の37～38シマ<sup>\*14</sup>のものに網を継ぎ足して48シマに拵げられており、海中に投下されて沈む際、網目が横につぶれないよう、1シマの網に対して7間程度の浮子網と沈子網がそれぞれ取り付けられていた。また、網目の大きさは13節<sup>\*15</sup>のナイロン製で、網は幅約730m、縦約150～160m、重量は約10tと想定された。

(付図5 網図(概略図) 参照)

### 2.7.2 漁網中の魚種及び量に関する情報

#### (1) 本事故時、網に入った魚種及び量に関する判断

漁労長の口述によれば、B船は、C船及びD船に設置された魚群探知機の画像を見ることが出来る装置を備えており、本事故時、漁労長は、C船及びD船から送信された魚群探知機の画像とB船の魚群探知機及びソナーの画像を併せて魚種及び量を判断し、網に入った魚は主にあじで、全体で40～50t程度と考えていた。

#### (2) 網の中のあじに関する情報

A船団の乗組員の口述によれば、あじは、網の中では容易に死なないものの、団子状になった網のねじれを取る作業に時間が掛かると、圧迫されて死ぬ量が増え、死んだあじが網の底部に溜まって網目が塞がり、網に負荷が掛かるとのことであった。

死んだあじが漁網に及ぼす負荷を知るために簡易な実験を浜田港の岸壁で行った結果は、次のとおりであった。

あじ約8.3kgを洗濯ネット(ポリエチレン製)に入れて海中に沈め、ネットの端に取り付けた荷造り紐(ポリプロピレン製)の一端を手吊り式重量計のフックに掛けて重量を計測した。実験の結果、重量は約0.4kgを示

---

\*14 「シマ」とは、長さの単位(1シマ=10間=15.15m)をいう。

\*15 「節」とは、1尺(30.3cm)の間にある網目の数をいう。

し、海中においては、あじの重量が実際の重量の20分の1程度に減ずる結果となった。

### (3) 網の中のさば及びそうだがつおに関する情報

A船団の乗組員の口述によれば、網の中のさばの魚群が一斉に網の底部に向かって移動して船が傾くことがあり、また、網の中のそうだがつおは、網にぶつかりとすぐに死ぬので、網の底部に溜まって網目が塞がり、網に負荷が掛かるとのことであった。

### 2.7.3 A船団が事故の前日漁獲した魚種及び漁獲量

A社が提出した漁獲報告資料によれば、A船団が、本事故の前日（21日）に本件漁場で漁獲した魚種と漁獲量は、あじ12,570.0kg、さば1,020.0kg、そうだがつお450.0kgを含む合計14,896.5kgであった。

### 2.8 B船団の操業に関する情報

B船団漁労長によれば、B船団漁労長は、海上保安部が提供する気象テレフォンサービスにより入手した情報によって天候悪化が予想されたので、通常より早く操業を終えて帰る計画で、網船に乗り、本事故の前日（21日）21時40分ごろ運搬船と共に浜田港を出港した。その後、B船団は、本事故の当日（22日）01時30分ごろ浜田港の北方約5M沖の漁場で操業を終えて帰途についた。

### 2.9 気象及び海象に関する情報

#### 2.9.1 気象観測値

本事故発生場所の南南西方約14.8kmに位置する浜田特別地域気象観測所の事故の前日（21日）21時00分～事故当日00時20分の観測値は、次のとおりであった。

時刻 (時：分)	10分間平均		最大瞬間	
	風向	風速 (m/s)	風向	風速 (m/s)
21:00	南	5.9	南	9.1
22:00	南	6.2	南	9.5
23:00	南南西	8.1	南南西	13.4
24:00	南南西	7.0	南西	10.3
00:20	南南西	6.7	南	11.8

## 2.9.2 乗組員の観測

(1) A船団の乗組員の口述によれば、次のとおりであった。

① A船出港時

天気はしゅう雨、風向は南南西～南西の風、風速約6m/sであった。

② 本事故時

天気はしゅう雨、風向は南西、風速は約10～12m/s、操業開始時の波高は約1.5m、転覆直前の波高は約2.0mで、波向は西寄りであった。

(2) B船団漁労長の口述によれば、次のとおりであった。

① B船団出港時

浜田港出港時、風はなぎで、揚網の際、南～南南西の風が約5～6m/s吹いていたが、波に危険を感じなかった。

② 本事故時

A船の本事故発生を聞いて沖に向かう際、風向が南南西～南西になっており、本事故発生場所に到着した頃に風向が西に変わり、波が出て来た。

## 2.9.3 気象注意報及び警報の発表状況

(1) 本事故時、気象庁松江地方气象台が浜田市地域に発表した風及び波浪に関する注意報は、次のとおりであった。

12月21日20時03分発表

強風及び波浪注意報

風 22日明け方から22日夜のはじめ頃にかけて 以後も続く  
西の風 最大風速 陸上 13m/s 海上 15m/s

波 22日朝から22日夜のはじめ頃にかけて 以後も続く ピークは22日夜のはじめ頃

波高 4m

(2) 本事故当時、舞鶴海洋气象台（現大阪管区气象台）が本事故発生海域を含む山陰沖西部を対象とした地方海上警報については、次のとおりであった。

発表日時	種類	発表文
12月21日 11時35分	海上強風警報 <sup>*16</sup>	北西の風が次第に強まり、今後24時間以内に最大風速は35kn（18m/s）に達する見込み

<sup>\*16</sup> 「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。

12月21日 17時25分	海上強風警報	西又は最大値北西の風が次第に強まり、今後18時間以内に最大風速は35kn(18m/s)に達する見込み
12月21日 23時25分	海上強風警報	西又は北西の風が次第に強まり、今後18時間以内に最大風速は40kn(20m/s)に達する見込み
12月22日 05時40分	海上強風警報	西又は北西の風が次第に強まり、今後12時間以内に最大風速は40kn(20m/s)に達する見込み

#### 2.9.4 有義波<sup>\*17</sup>の実況

本事故時、国土交通省港湾局全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）が示した浜田港の有義波実況日表によれば、次のとおりであった。

時刻	有義波		波向
	波高 (m)	周期 (秒)	
21日 22:00	0.80	5.8	南西
22日 00:00	0.81	5.5	西
02:00	1.73	5.3	北

#### 2.10 安全指導に関する情報

##### (1) A社

A社担当者の口述によれば、次のとおりであった。

操業中の作業方法等については、漁労長に一任して特別な指導は行っておらず、救命胴衣の着用についても、特に指導していなかった。

なお、本事故後、A社は、A船団の乗組員に対し、操業中の救命胴衣着用を厳しく指導し、実施している。

##### (2) A漁協

A漁協担当者の口述によれば、A漁協は、年に数回、A漁協の指導部から送付を受けた指導文書を各出張所等にファックスで送信して掲示することで組合員に周知し、年に4～5回程度、組合員を集めて開催する運営委員会で、救命

<sup>\*17</sup> 「有義波」とは、ある地点で連続する波を観測したとき、波高の高い方から順に全体の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をいう。1/3最大波とも呼ばれている。  
(出典：気象庁ホームページ抜粋)

胴衣の着用を含む安全指導を行っていた。

## 2.11 独立行政法人海上技術安全研究所による転覆のメカニズムに関する調査

‘A船と登録長、船幅、深さ及び諸設備の配置が相似した船’（以下「同型船」という。）の重心計測及びA船の転覆のメカニズムの推定を独立行政法人海上技術安全研究所に委託した。

調査概要及び調査結果等は、次のとおりであった。

### 2.11.1 調査概要

A船の乗組員の口述による搭載物（乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網）の重量及び搭載位置に基づき、転覆のメカニズムを推定するため、次のとおり、A船の復原性への影響を調査した。

#### (1) 本事故発生時における重心位置の推定

同型船の軽荷状態<sup>\*18</sup>にA船の本事故発生時の状態を加算し、‘A船の本事故発生時の船体状態’（以下「本事故発生時状態」という。）を求めた。

ただし、海中の漁網に掛かる漁獲物の荷重（ $w_f$ ）（以下「揚網に伴う傾斜外力」という。）については、詳細が不明なため、別途その影響を検討することとし、本事故発生時状態に算入しないこととした。

本事故発生時状態では、軽荷状態より排水量（ $W$ ）が約20t大きくなるが、 $KG$ に大きな差異はない。（表2.5参照）

表2.11-1 本事故発生時状態における重心位置

状態	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
本事故発生時	101.96	0.59	1.48	0.03
軽荷	81.84	-0.15	1.46	-

注)  $GG'$ : タンクの自由水による見掛けの重心上昇量

#### (2) 本事故発生時状態における重心位置の推定

表2.5を基に復原力計算を行い、軽荷状態及び本事故発生時状態における自由水影響を考慮した横メタセンタ高さ（ $GM$ ）<sup>\*19</sup>、喫水（ $da$ : 船尾喫水、

<sup>\*18</sup> 「軽荷状態」とは、法定備品、係船ロープ類、常備備品以外の船体に固定されない備品、人、燃料や清水、食料、貨物等を積載していない船舶の状態をいい、その重量を軽荷重量（船殻、ぎ装品及び備品の合計重量）という。

<sup>\*19</sup> 「横メタセンタ高さ（ $GM$ ）」とは、船の重心 $G$ と、船が横傾斜したときの浮力中心を通る浮力作用線と船体中心線との交点である横メタセンタ $M$ との距離をいう。

$df$ ：船首喫水、 $dm$ ：平均喫水）及び乾舷<sup>\*20</sup> ( $Fb$ ) は、表 2.11-2 のとおりであった。

以下、本報告書では、「横メタセンタ」のことを「メタセンタ」、「横メタセンタ高さ」のことを「メタセンタ高さ」と表記する。また、「復原てこ ( $GZ$ )<sup>\*21</sup>」と「復原力」は、同じ意味を表す用語として使用する。

表 2.11-2 本事故発生時及び軽荷状態の船体状態

状態	$GM$ (m)	$da$ (m)	$df$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)
本事故発生時	1.25	1.16	1.35	1.26	0.13
軽荷	1.18	0.84	1.30	1.07	0.32

## 2.11.2 復原性に関する調査結果

### (1) 本事故発生時状態

本事故発生時状態の  $GM$  は 1.25 m であり、軽荷状態に比べて 0.07 m 大きくなるものの、本事故発生時状態の  $GZ$  (赤線) は、軽荷状態 (黒線) に比べて小さくなり、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は、軽荷状態で 0.33 m となるのに対し、本事故発生時状態では 0.17 m と約半分になる。さらに、本事故発生時状態の復原力消失角 ( $\phi_v$ ) は、軽荷状態に比べて約  $15^\circ$  小さい約  $37^\circ$  となっており、本事故発生時状態では搭載物 (乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網) によって復原性が低下していたものと考えられる。(図 2.11-1 参照)

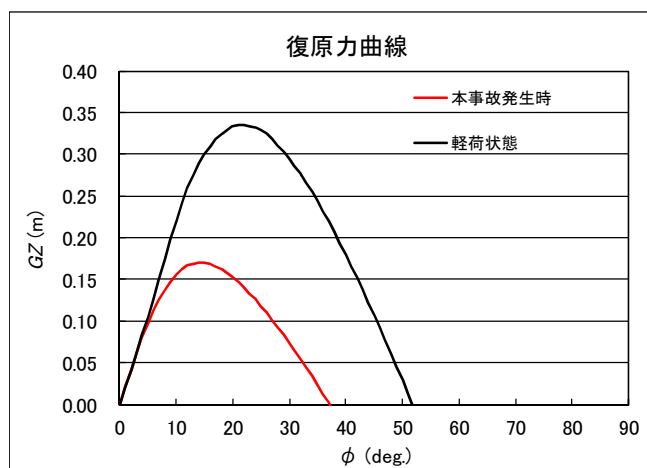


図 2.11-1 本事故発生時状態の  $GZ$  曲線<sup>\*22</sup>

\*20 「乾舷」とは、乾舷甲板 (最上層の全通水密甲板) の上面から満載喫水線までの垂直距離をいう。

\*21 「復原てこ ( $GZ$ )」とは、横傾斜を元に戻そうとする偶力モーメントのてこの長さをいう。

\*22 「 $GZ$  曲線」とは、船体の傾斜角に対する  $GZ$  の値をグラフ化したものをいう。

(2) 本事故発生時の揚網状態

‘ネットホーラに定格荷重6 tが $w_f$ として作用する状態’（以下「本事故発生時揚網状態」という。）における復原性等について、次のとおり検証した。

本事故発生時揚網状態は、表2.11-3及び表2.11-4のとおりであり、本事故発生時状態に比べて $W$ が6 t増加し、ネットホーラが船尾甲板上に設置されているために、 $KG$ が0.14 m高くなり、 $GM$ が0.23 m減少し、 $mid-G$ が0.59 m船尾側に移動する。

表2.11-3 本事故発生時揚網状態における重心位置

状態	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
本事故発生時揚網	107.96	1.18	1.62	0.03
本事故発生時	101.96	0.59	1.48	0.03

表2.11-4 本事故発生時揚網状態の船体状態

状態	$GM$ (m)	$da$ (m)	$df$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)
本事故発生時揚網	1.02	1.36	1.22	1.29	0.10
本事故発生時	1.25	1.16	1.35	1.26	0.13

本事故発生時揚網状態及び本事故発生時状態で船体中央における舷端没水角 ( $\phi d$ )、ブルワーク上端没水角 ( $\phi bt$ ) 及び機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi f$ ) (右舷側へ傾斜した場合、以下同じ。) を求めると、表2.11-5のとおりであった。

表2.11-5 本事故発生時揚網状態の舷端没水角等

状態	$\phi d$ (deg.)	$\phi bt$ (deg.)	$\phi f$ (deg.)
本事故発生時揚網	3.0	21.7	56.5
本事故発生時	5.5	23.8	63.1

これらの情報から作成した復原力曲線及び(2.11.1)式を用いて算出した $w_f$ による傾斜偶力 $D_f$ 曲線から、揚網時の船体傾斜角 ( $\phi$ )

を求めた。(図 2.11-2 参照)

$$D_f = \frac{w_f \cdot b}{W_f} \cos \phi \quad \dots \dots (2.11.1)$$

$w_f$  は、ネットホーラの定格荷重に対応する荷重であり、 $b$  は船の重心位置から荷重支持点（本事故発生時揚網状態ではネットホーラまでの水平距離（左右方向））である。また、 $W_f$  は  $w_f$  を加味した排水量である。

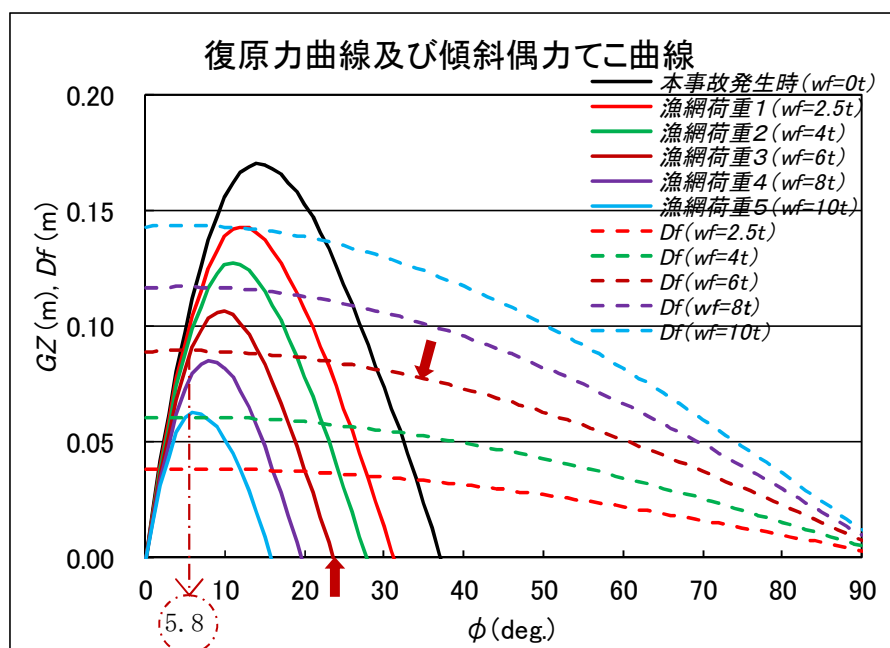


図 2.11-2  $w_f$  が作用した場合の  $GZ$  曲線及び  $D_f$  曲線  
 (本事故発生時揚網状態の  $GZ$  曲線と  $D_f$  曲線を茶色の矢印で示す。)

なお、比較のため、本事故発生時揚網状態（漁網荷重 3）のほかに、漁網の乾燥重量<sup>\*23</sup> 2.5 t を想定した場合（漁網荷重 1）、更に 4 t（漁網荷重 2）、8 t（漁網荷重 4）及び 10 t（漁網荷重 5）の場合についても算出した。

この結果、本事故発生時揚網状態では、 $GZ_{max}$  が 0.11 m であり、本事故発生時状態の  $GZ_{max}$ （0.17 m）の 7 割未満となった。また、本事故発生時揚網状態の復原力消失角が約 24° であり、本事故発生時状態の復原力消失角（約 37°）よりも約 13° 小さくなった。

\*23 「乾燥重量」とは、漁に使用する前の、海水を含まない漁網の重量をいう。

### 2.11.3 $w_f$ の影響に関する検討

A船は、 $w_f$ により右舷側に傾斜して漁網の荷崩れを誘起したと考えられることから、ネットホーラに掛かる $w_f$ をパラメータ（媒介変数）に、 $\phi$ に対する $GZ$ を計算することで、 $w_f$ がA船の転覆に及ぼす影響を検討した。

#### (1) 計算概要

表2.11-1に示した本事故発生時状態を基本状態として、ネットホーラ（基線上4.00m、船体中心線から右舷側1.65m）に $w_f$ が作用すると想定して、当該荷重による $\phi$ を（2.11.1）式を用いて計算した。（表2.11-6、図2.11-2、表2.11-7 参照）

$w_f$ の大きさは、漁網等の乾燥重量を2.5tと想定し、A船のネットホーラの定格荷重が6tなので、 $w_f$ が2.5t、4t、6t、8t、10tの5ケース（以下「漁網荷重1」、「漁網荷重2」、「漁網荷重3」、「漁網荷重4」、「漁網荷重5」といい、漁網荷重1～5を総称して「各漁網状態」という。）を想定した。

表2.11-6に各漁網状態において $w_f$ を考慮した $W_f$ 、 $mid-G_f$ 、 $KG_f$ 、 $C.L.-G_f$ （重心の船体中心線からの左右の偏位）及び $G_fG'$ を示す。（表中には、参考のため、 $w_f$ が0の場合の値も示した。）

表2.11-6  $w_f$ が作用した場合の船体状態

状態	$w_f$ (t)	$W_f$ (t)	$mid-G_f$ (m)	$KG_f$ (m)	$C.L.-G_f$ (m)	$G_fG'$ (m)
本事故発生時	0.0	101.96	0.59	1.48	0.00	0.03
漁網荷重1	2.5	104.46	0.84	1.54	0.04	0.03
漁網荷重2	4.0	105.96	0.99	1.58	0.06	0.03
漁網荷重3	6.0	107.96	1.18	1.62	0.09	0.03
漁網荷重4	8.0	109.96	1.36	1.66	0.12	0.03
漁網荷重5	10.0	111.96	1.54	1.71	0.14	0.03

#### (2) 計算結果

$w_f$ が作用した場合の $GZ$ 及び $D_f$ を図2.11-2に示す。

表2.11-7に、図2.11-2の $GZ$ 曲線と $D_f$ 曲線の交点に対応する「 $w_f$ による傾斜角（ $\phi_{eu}$ ）」を、各漁網状態の $GM$ 、 $dm$ 、 $Fb$ 、 $\phi d$ 、 $\phi bt$ と共に示す。（表中には、参考のため、ブルワークを水密と想定した場合の $GZ$ で計算した傾斜角（ $\phi_{ebt}$ ）も記載した。）

ネットホーラに $w_f$ が作用すると、 $W_f$ が増加するとともに、 $KG_f$ が高くなって $GZ$ が低下するので、 $\phi$ は大きくなる。（表2.11-6参照）

A船は、ネットホーラに $w_f$ が6t作用する漁網荷重3では、 $5.8^\circ$ 傾

斜して釣り合うが、漁網荷重4以上では、 $GZ$ と $D_f$ が釣り合う $\phi$ が存在せず、傾斜が増大し続けて転覆に至ると考えられる。(図2.11-2、表2.11-7参照)

なお、転覆限界の $w_f$ は約7.5 tと推定される。

表2.11-7 本事故発生時及び漁網荷重1～5における船体状態

状態	$GM$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)	$\phi d$ (deg.)	$\phi bt$ (deg.)	$\phi_{eu}$ (deg.)	$\phi_{ebt}$ (deg.)
本事故発生時	1.25	1.26	0.13	5.5	23.8	0.0	0.0
漁網荷重1	1.15	1.27	0.12	4.4	23.2	1.9	1.9
漁網荷重2	1.09	1.28	0.11	3.9	22.8	3.2	3.2
漁網荷重3	1.02	1.29	0.10	3.0	21.7	5.8	5.2
漁網荷重4	0.97	1.30	0.09	2.3	20.6	-	7.5
漁網荷重5	0.91	1.31	0.08	1.4	19.4	-	10.0

#### 2.11.4 漁網の荷崩れの影響に関する検討

本事故時、漁網の荷崩れは、 $w_f$ による右舷側への傾斜により誘起されたと考えられる。そのため、漁網の荷崩れが発生した状態では、A船に、 $w_f$ に加え、漁網の荷崩れによる傾斜外力が作用したと想定される。

ここでは、まず、漁網の荷崩れが単独で発生した場合を想定して、荷崩れによる漁網の重心の左右方向の移動距離( $l_{net}$ )をパラメータにして $\phi$ を計算し、2.11.3で検討した $w_f$ だけが作用した場合の $\phi$ と比較して、その影響を検討した。

##### (1) 漁網の荷崩れが単独で発生した場合

$w_f$ が作用しない状態で、本事故発生時に船尾甲板に積載されていた漁網(重量約8.3 t 表2.5参照)が荷崩れを起こし、その重心が船尾甲板の幅( $B_{net}$ )の $1/32$ 、 $1/16$ 、 $1/8$ 、 $1/4$ だけ移動した場合(以下「漁網荷崩れ1」、「漁網荷崩れ2」、「漁網荷崩れ3」、「漁網荷崩れ4」という。)の $\phi$ を計算した。

その際、 $B_{net}$ は、同型船の計測値5.7 mとした。

漁網の重心が $B_{net}$ の $1/4$ だけ移動した状態は、船尾甲板に積載されていた漁網が、荷崩れに伴い傾斜舷側に全て移動した状態に相当する。

なお、今回の計算では、荷崩れ後の漁網の状況が不明であったため、荷崩れに伴う漁網の重心の高さの変化はないと仮定した。

漁網の荷崩れによる傾斜偶力 $D_{net}$ は、次式を用いて計算した。

$$D_{net} = \frac{w_{net} \cdot l_{net}}{W} \cos \phi \quad \dots (2.11.2)$$

ここで、 $w_{net}$  は船尾甲板の荷崩れする漁網の重量である。

なお、(2.11.1) 式の場合、 $w_f$  の大きさが変わると  $W_f$  の大きさも変化するが、(2.11.2) 式においては、 $w_{net}$  が変わっても、 $W$  は変化しない。

図 2.11-3 に本事故発生時状態の  $GZ$  及び  $D_{net}$  を示す。

表 2.11-8 に図 2.11-3 の  $GZ$  曲線と  $D_{net}$  曲線の交点に対応する「漁網の荷崩れが発生した場合の傾斜角 ( $\phi_{e-net}$ )」を漁網の重心の移動量ごとに示す。

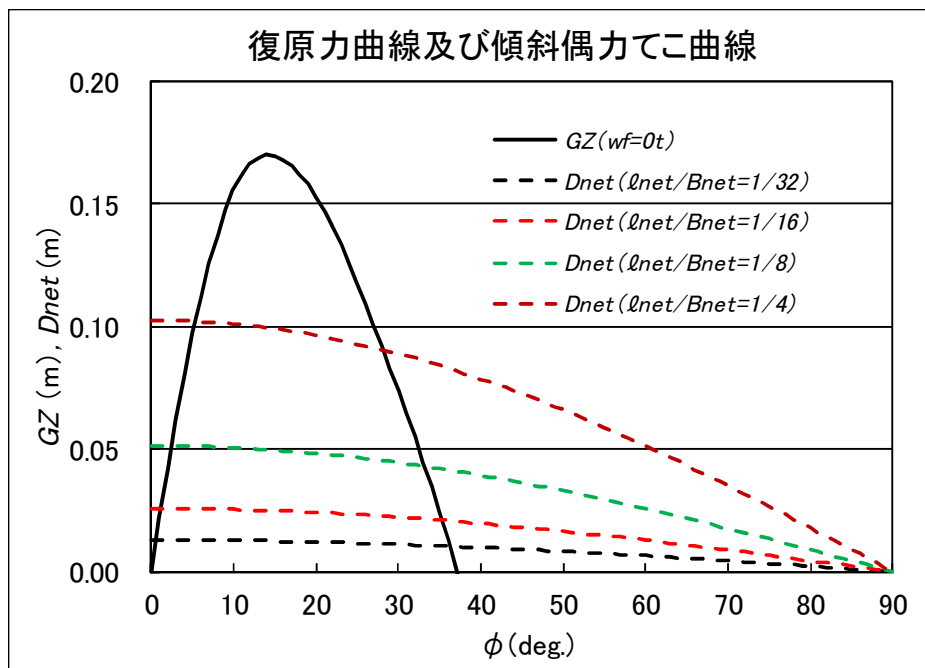


図 2.11-3 本事故発生時状態の  $GZ$  曲線及び漁網の荷崩れが発生した場合の  $D_{net}$  曲線

表 2.11-8 漁網荷崩れ 1～4 における傾斜角

状態	$l_{net}/B_{net}$	$\phi_{e-net}$ (deg.)
漁網荷崩れ1	1/32	0.6
漁網荷崩れ2	1/16	1.2
漁網荷崩れ3	1/8	2.5
漁網荷崩れ4	1/4	5.3

船尾甲板に積載されていた漁網が荷崩れによって全て傾斜舷側へ移動した状態に相当する漁網荷崩れ 4 の  $\phi_{e-net}$  は  $5.3^\circ$  であり、漁網荷重 3 と同程度の  $\phi$  となる。

(2)  $w_f$  が作用した状態で漁網の荷崩れが発生した場合

図 2. 1 1 - 4 に  $w_f$  が作用して漁網の荷崩れが発生した場合の  $GZ$  (実線) 及び  $(D_f + D_{net})$  (破線) を示す。

漁網の荷崩れに関しては、甲板上的漁網が滑動し始める  $\phi$  が約  $18^\circ$  との報告 (「漁網滑動角の推定及び漁船復原性検討への応用」水産工学研究所平成 13 年度研究成果情報) があり、本事故発生時においても  $\phi$  が約  $18^\circ$  のとき漁網が滑動したとすると、 $D_{net}$  は、 $\phi$  が約  $18^\circ$  のとき増加することになる。

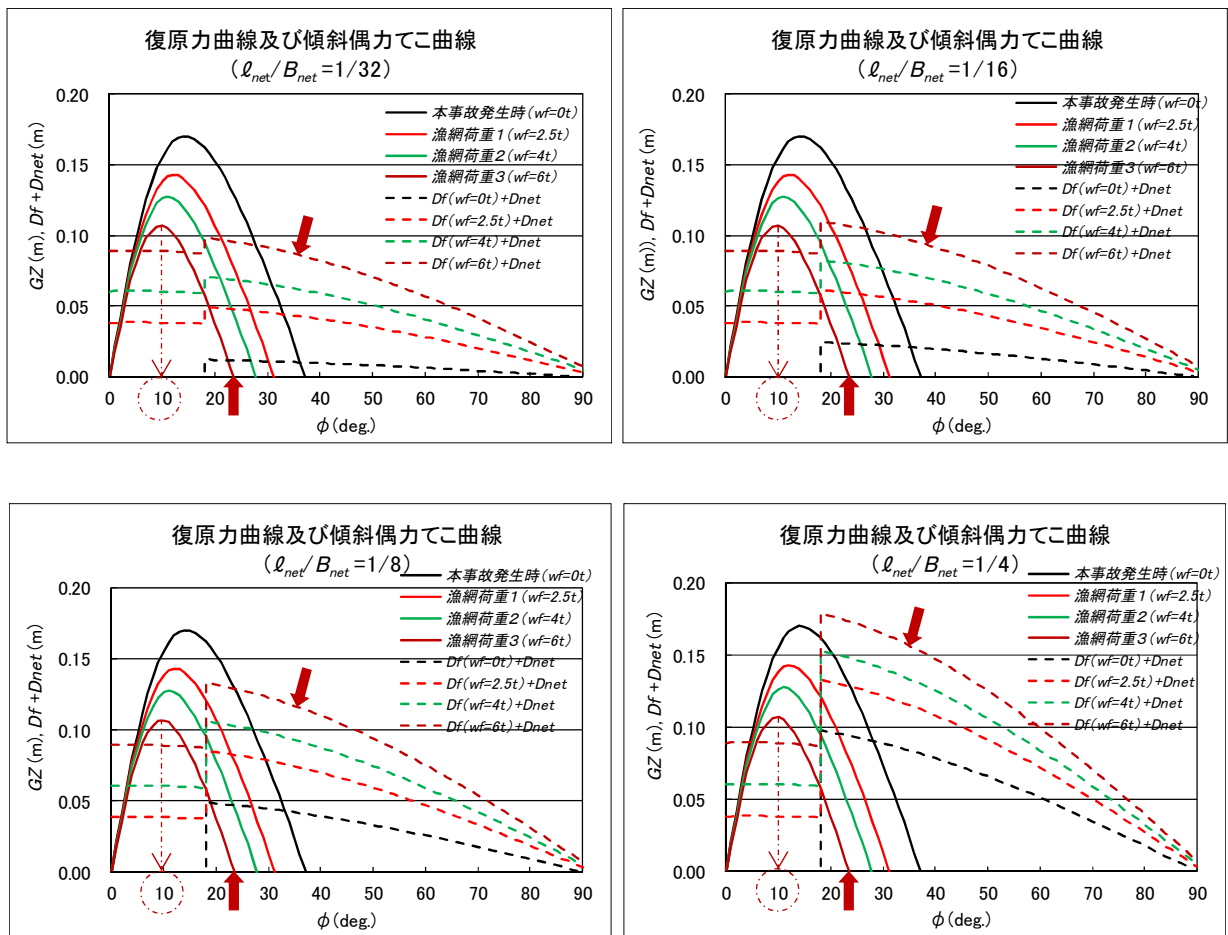


図 2. 1 1 - 4  $w_f$  が作用して漁網の荷崩れが発生した場合の  $GZ$  曲線及び  $(D_f + D_{net})$  曲線 (本事故発生時揚網状態の  $GZ$  曲線と、本事故発生時揚網状態で漁網の荷崩れが発生した場合の  $(D_f + D_{net})$  曲線を茶色の矢印で示す。)

本事故時、A 船の乗組員の口述から、漁網の荷崩れは転覆する直前に発生したものと考えられるので、漁網の荷崩れは、本事故発生時揚網状態で  $GZ_{max}$  が生じる  $\phi$  (約  $10^\circ$ ) より傾斜が大きくなった状況で発生したものと考えられる。

そのため、本事故時、漁網の荷崩れが転覆に及ぼした影響は限定的であったと考えられる。

## 2.11.5 本事故時の復原性及び転覆メカニズムの検討（まとめ）

### (1) 本事故時の復原性の検討

- ① A船は、同型船の軽荷状態及び本事故発生時における搭載物（乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網）の重量重心から推定した排水量、重心位置で事故時のA船の復原性を計算した結果、復原力の最大値が、軽荷状態で0.33mとなるのに対して、本事故発生時状態では0.17mと約半分になり、復原力喪失角が、軽荷状態に比べて約15°小さい約37°となるなど、本事故発生時の搭載物（乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網）によって、復原性が低下していたものと考えられる。
- ② A船は、本事故発生時揚網状態では、復原力の最大値が0.11mであり、本事故発生時状態の7割未満になる。また、本事故発生時揚網状態の復原力喪失角が約24°であり、本事故発生時状態に比べて約13°小さくなる。
- ③ A船は、本事故発生時揚網状態では、本事故発生時状態に比べて乾舷が0.03m低くなるので、本事故発生時揚網状態の舷端没水角が本事故発生時状態より2.5°小さい3.0°となる。

### (2) 転覆メカニズムの検討

- ① A船の主な事故関連要因として、荷重による右舷側への傾斜と、漁網の荷崩れが考えられる。
- ② A船は、荷重がネットホーラの定格荷重である6tの場合、5.8°傾斜して釣り合うが、7.5t以上が作用すると、傾斜が増大し続けて転覆に至ると推定される。
- ③ A船は、本事故時、漁網の荷崩れは転覆する直前に発生したのと考えられるので、漁網の荷崩れは、本事故発生時揚網状態で復原力の最大値が生じる傾斜角（約10°）より傾斜が大きくなった状況で発生したのと考えられる。

そのため、本事故時、漁網の荷崩れが転覆に及ぼした影響は限定的であったと考えられる。

- ④ A船は、本事故時、機関室出入口が開放されていたが、機関室出入口が船体中心線より左舷側に位置しており、右舷側への傾斜に対しては、機関室出入口からの海水流入角（約57°）が、本事故発生時揚網状態におけ

る復原力喪失角（約 $24^{\circ}$ ）より大きくなるので、開放されていた機関室出入口からの海水流入が転覆に及ぼした影響は限定的であったと考えられる。

（別添1 転覆のメカニズムの推定に関する委託調査結果 参照）

## 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) A船は、12月21日21時15分ごろ、船長Aほか13人が乗り組み、浜田港を出港して本件漁場に向かい、22時30分ごろ本件漁場に到着した。
- (2) A船団は、A船が北東に向首して船尾に南西からの風を受けて右舷側から漁網を揚げる態勢で、E船が南西に向首し、両船が漁網を挟んで約10～20m離して対峙する態勢で揚網作業を始めた。  
A船は、左舷船尾付近から舷外に吊り下げた水袋と左舷船尾部のショルダーバラストタンクにそれぞれ海水約1tを注入し、左舷側にC船の裏こぎロープを取り、右舷船尾端に移動させたネットホーラで漁網の4分の3程度を船尾甲板上に取り込んだ後、乗組員14人が右舷側に並び、サイドローラ及びコーンローラを使用して残りの漁網を巻き揚げていた。
- (3) A船は、船尾付近で網がねじれて団子状になったので、乗組員が船尾付近で網のねじれを取る作業中、コーンローラでの網の取り込みが困難となったので同ローラを止めたところ、船体に衝撃が生じてネットホーラに負荷が掛かり、船尾部が一旦沈み、サイドローラが回転しているものの、網がスリップしている状態で右舷側への傾斜が徐々に増大した。
- (4) A船は、右舷側への傾斜が増大して漁網の荷崩れが発生するとともに、開放された機関室出入口より海水が流入して機関が停止し、傾斜が始まって約1分が経過した頃、右舷側に転覆した。
- (5) A船は、転覆後、船底を見せた状態で漂流していたが、転覆から約30分後、船首から沈没した。

#### 3.1.2 事故発生日時及び場所

2.1から、本事故の発生日時は、平成23年12月22日00時20分ごろで、発生場所は、馬島灯台から $353^{\circ}7.4\text{M}$ 付近であったものと考えられる。

### 3.1.3 死傷者等の状況

2.1及び2.2から、甲板員A<sub>3</sub>及び甲板員A<sub>4</sub>は、行方不明となり、死亡届によって平成24年2月14日に除籍された。

### 3.1.4 損傷の状況

2.3から、A船は、船底部に損傷はなかったものと考えられるが、転覆時における損傷状況については、明らかにすることができなかった。

## 3.2 事故要因の解析

### 3.2.1 乗組員及び船舶の状況

#### (1) 乗組員

2.4(1)及び2.4(3)から、次のとおりであった。

- ① 船長A及び漁労長は、適法で有効な操縦免許証を有していた。
- ② 船長A及び漁労長は、本事故当時、健康状態は良好であったものと考えられる。
- ③ 甲板員A<sub>3</sub>及び甲板員A<sub>4</sub>は、本事故当時、健康状態に問題はなかった可能性があると考えられる。

#### (2) 船舶

2.1.1及び2.5.4から、A船は、船体、機関及び機器類には不具合又は故障はなかったものと考えられる。

### 3.2.2 気象及び海象の状況

#### (1) 注意報

2.9.3(1)から、本事故発生前日20時03分に浜田市地域に強風及び波浪注意報が発表されていた。

#### (2) 海上警報

2.9.3(2)から、本事故発生前日の11時35分、17時25分及び23時25分に本事故発生海域を含む山陰沖西部に対し、海上強風警報が発表されていた。

#### (3) 気象及び海象

2.9から、本事故発生時、発生場所付近の気象及び海象は、次のとおりであったものと考えられる。

天 気 しゅう雨  
風 向 南西  
風 速 約10～12m/s

波 向 西  
波 高 約 1.5 m (操業開始時)、約 2.0 m (転覆直前)

### 3.2.3 操業の状況

2.1.1、2.5.3、2.6及び2.9.3から、次のとおりであった。

- (1) A船は、機関室出入口の引き戸を開放していたものと考えられる。
- (2) A船は、ふだん操業中の傾斜への対応として、水袋とショルダーバラストタンクにそれぞれ海水を約1 t 注入し、網捌機を船尾甲板中央上方付近に配置するとともに、ネットホーラを右舷端に移動させて網の4分の3程度を取り込んだ後、沈子網側から揚網する際、網捌機の高度を下げるとともにアームを縮めて左舷端に移動させ、漁獲量が多いときには、ネットホーラを船尾端中央付近に移動していたものと考えられる。
- (3) 漁労長は、本事故当時、海上強風警報や強風及び波浪注意報が発表されており、荒天が予想されていたので、気象及び海象の状況を確認しながら操業を行っていたものと考えられる。

### 3.2.4 操業時の復原性についての解析

2.5.3、2.7.2、2.7.3及び2.11から、次のとおりであった。

- (1) A船は、本事故当時、軽荷状態に比べ、搭載物（乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網）によって復原性が低下していたものと考えられる。
- (2) A船は、 $w_f$ がネットホーラの定格荷重である6 t（漁網荷重3）では、 $5.8^\circ$  傾斜して釣り合うが、7.5 t 以上の場合には傾斜が増大し続けて転覆に至ったものと考えられる。
- (3) A船は、団子状になった網のねじれを取る作業に時間が掛かったので、網の中で圧迫されて死んだ魚が網の底に溜まるなどして網目が塞がったこと、又は、網の中の魚群が一斉に網の底部に向かって移動したことから、ネットホーラに7.5 t 以上の荷重が作用した可能性があると考えられるが、その状況を明らかにすることはできなかった。
- (4) 甲板上の漁網が滑動し始める傾斜角は約 $18^\circ$  と考えられており、本事故時においては転覆する直前に漁網の滑動が発生したものと考えられることから、漁網の荷崩れが転覆に及ぼした影響は限定的であったと考えられる。
- (5) A船は、機関室出入口が船体中心線より左舷側に位置しており、機関室出入口からの海水流入角が約 $57^\circ$  であることから、機関室出入口からの海水流入が転覆に及ぼした影響は限定的であったと考えられる。

### 3.2.5 事故発生に関する解析

2.7、2.11、3.1及び3.2.2～3.2.4から、次のとおりであった。

#### (1) 本事故発生時状態での復原性

A船は、本事故当時、軽荷状態に比べて、搭載物（乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網）によって復原性が低下していたものと考えられる。

#### (2) 本事故発生時揚網状態での復原性

A船は、 $w_f$ がネットホーラの定格荷重である6 t（漁網荷重3）では、 $5.8^\circ$  傾斜して釣り合うが、ネットホーラに7.5 t以上の場合には、傾斜が増大し続けて転覆に至ると考えられる。

A船は、団子状になった網のねじれを取る作業に時間が掛かったので、網の中で圧迫されて死んだ魚が網の底に溜まり、水深約20 mの網の底部で網目が塞がり、網に負荷が掛かる状況となったこと、又は、網の中の魚群が一斉に網の底部に向かって移動したことから、ネットホーラに7.5 t以上の荷重が作用した可能性があると考えられるが、その状況を明らかにすることはできなかった。

#### (3) 漁網の荷崩れによる復原性への影響

A船は、漁網の荷崩れは、転覆する直前に発生したものと考えられることから、漁網の荷崩れが転覆に及ぼした影響は限定的であったと考えられる。

#### (4) まとめ

A船は、本事故発生時揚網状態では、 $5.8^\circ$  傾斜して釣り合うものの、7.5 t以上の荷重が右舷船尾端に移動させたネットホーラに作用したことから、復原力の最大値を超える傾斜偶力が生じたものと考えられる。

7.5 t以上の荷重を生じた要因としては、団子状になった網のねじれを取る作業に時間が掛かったので、網の中で圧迫されて死んだ魚が網の底に溜まり、水深約20 mの網の底部で網目が塞がったこと、又は、網の中の魚群が一斉に網の底部に向かって移動したことによる可能性があると考えられるが、その状況を明らかにすることはできなかった。

### 3.2.6 乗組員の行方不明に関する解析

2.1及び3.1.3から、甲板員A<sub>3</sub>及び甲板員A<sub>4</sub>は、転覆時に落水したことから行方不明になったものと考えられるが、漁労作業中に救命胴衣を着用していれば、救助された可能性があると考えられる。

## 4 結 論

### 4.1 原因

本事故は、夜間、A船が、本件漁場において右舷側から揚網作業中、7.5 t以上の荷重が右舷船尾端のネットホーラに作用したため、右舷側へ転覆したことにより発生したものと考えられる。

7.5 t以上の荷重が右舷船尾端のネットホーラに作用したのは、団子状になった網のねじれを取る作業に時間が掛かったために、網の中で圧迫されて死んだ魚が網の底に溜まるなどして網目が塞がったこと、又は、網の中の魚群が一斉に網の底部に向かって移動したことによる可能性があると考えられるが、その状況を明らかにすることはできなかった。

### 4.2 その他判明した安全に関する事項

A船の甲板員A<sub>3</sub>及び甲板員A<sub>4</sub>は、漁労作業中に救命胴衣を着用していれば、救助された可能性があると考えられる。

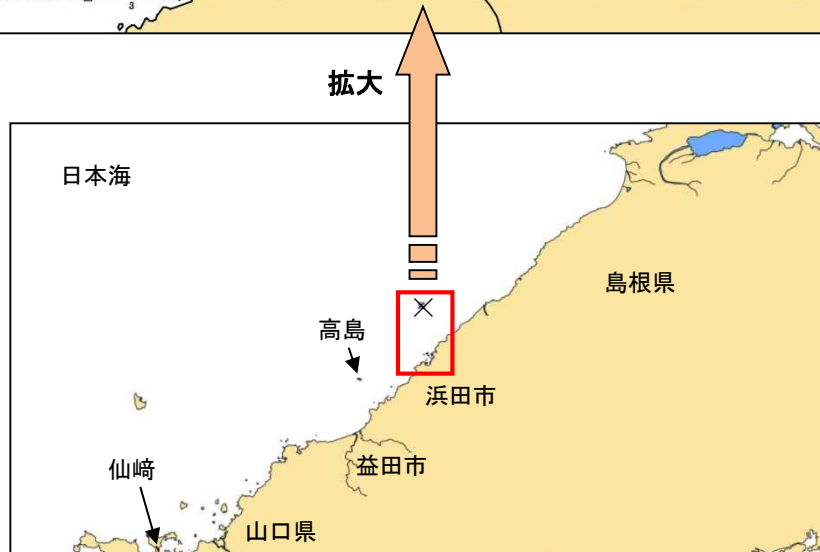
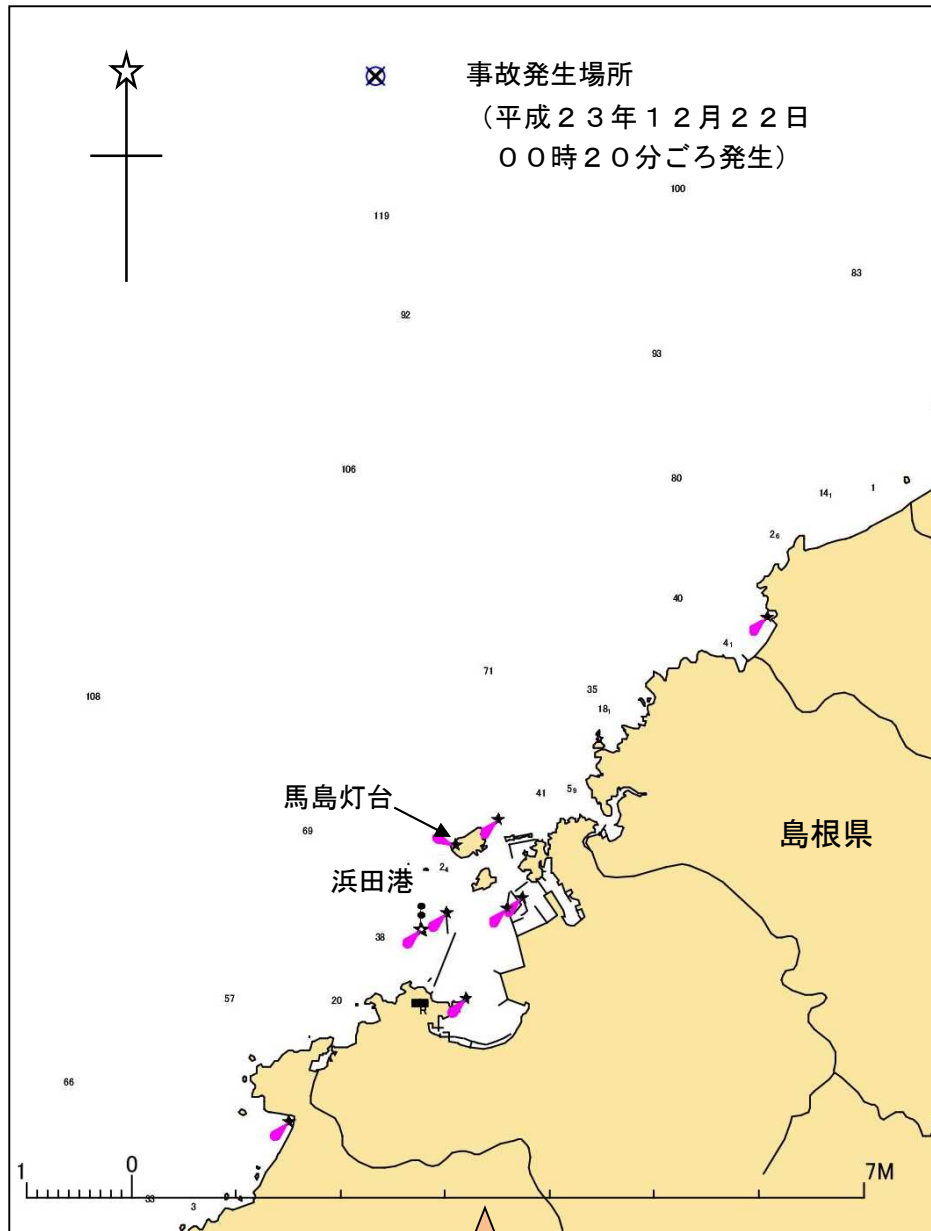
## 5 再発防止策

本事故は、夜間、A船が、本件漁場において揚網中、復原力の最大値を超える傾斜偶力てこを生じさせる荷重が右舷船尾端に移動させたネットホーラに作用したため、右舷側へ転覆したことにより発生したものと考えられる。

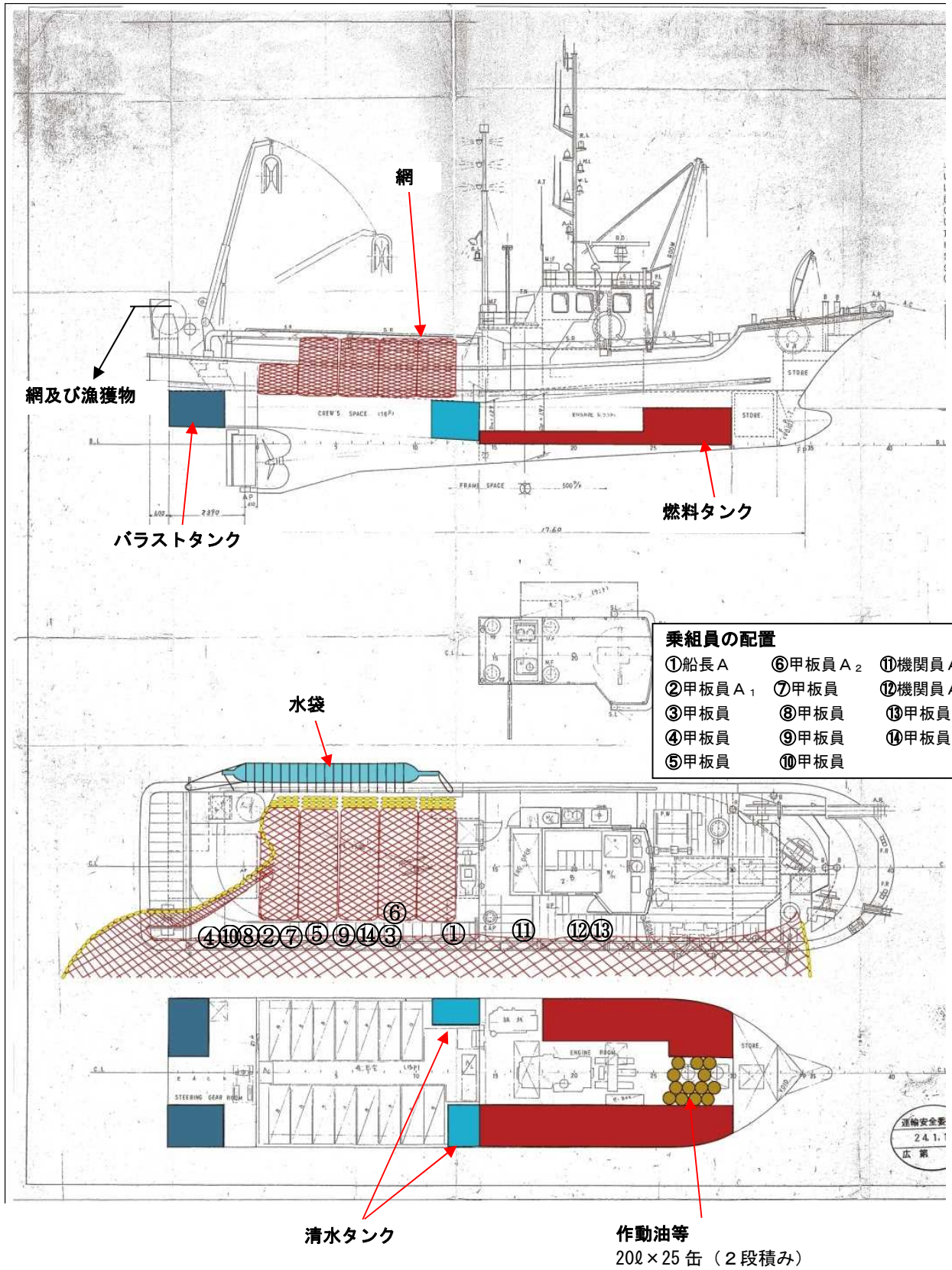
したがって、まき網船団の網船の船長は、網の緊張状況から判断して、早めにネットホーラの位置を右舷船尾端から船尾端中央に移動するなどして転覆防止の措置を講じる必要がある。

なお、まき網船団の網船の乗組員は、甲板上での漁労作業中、救命胴衣を着用しなければならない。

付図1 事故発生場所概略図



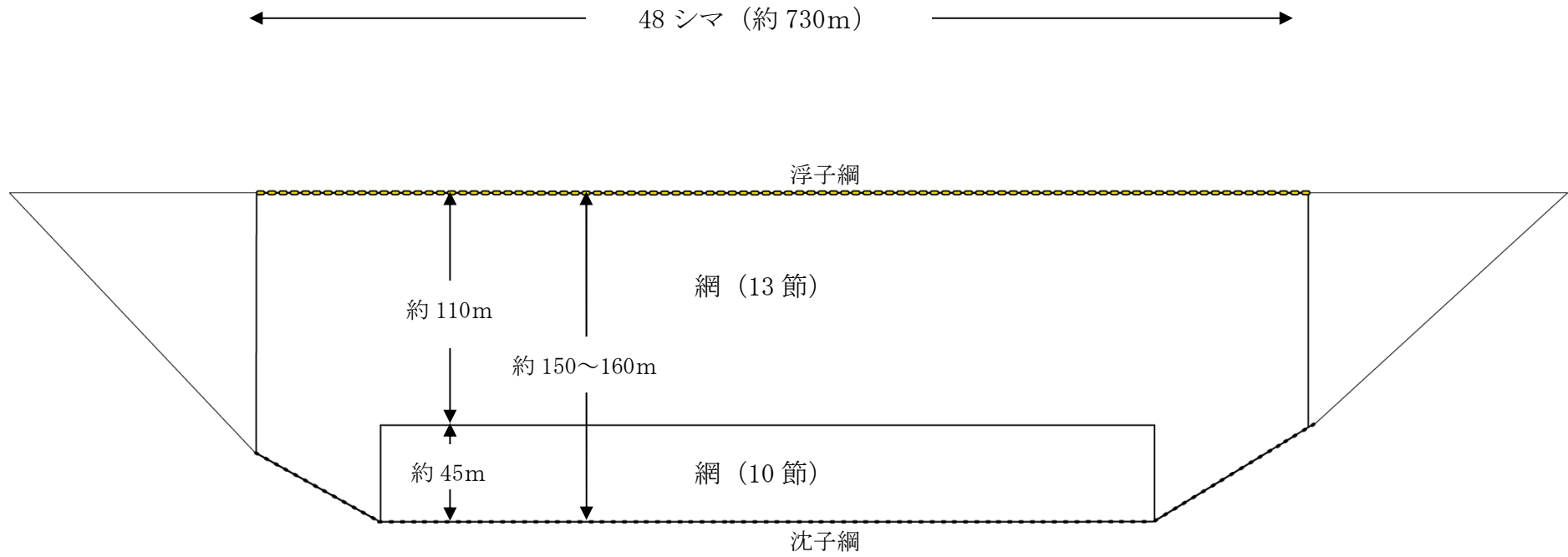
付図2 船体配置図 (1)







付図5 網図 (概略図)



# 別添1 転覆のメカニズムの推定に関する委託調査結果

## 1. はじめに

### 1.1 解析調査の目的

本解析調査は、平成23年12月22日、島根県浜田市沖で発生した漁船転覆事故の調査に資するため、本事故で転覆した漁船（以下「本船」という。）の同型船（以下「同型船」という。）の重心計測等を行い、本船の復原性を算定し、本船の転覆のメカニズムについて推定することを目的とする。

### 1.2 解析調査の概要

#### (1) 同型船の重心等の計測（第2章）

- ① 同型船を対象に復原性試験（傾斜試験及び動揺試験）を実施して、計測時の重心等を求めた。
- ② 復原性試験時の搭載物（乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網）の重量及び搭載位置（重心位置）、並びに燃料及び清水の搭載量を補正することで、同型船の軽荷状態の重心等を推定した。

#### (2) 本事故発生時の復原性の検討（第3章）

- ① (1)で推定した同型船の軽荷状態と調査官から指示された本事故発生時における搭載物の重量及び搭載位置、並びに燃料及び清水の搭載量を基に、本事故発生時における船体状態（排水量及び重心位置）を推定した。
- ② 同型船の船体形状計測データと本事故発生時における船体状態から、本事故発生時の復原性を算定し、基準値と比較するなどして検討を加えた。

#### (3) 転覆メカニズムの検討（第4章）

- ① 調査官から説明があった事故の発生シーケンスを整理し、本船の事故に関連すると考えられる要因を抽出するとともに、これらの要因が本事故発生時の傾斜角や復原性に及ぼす影響を計算することで、転覆メカニズムの検討を行った。

## 2. 同型船の重心等の計測

同型船を対象に復原性試験（傾斜試験及び動揺試験）を実施して、計測時の重心等を求めた。次に、復原性試験時の搭載物（乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網）の重量及び搭載位置（重心位置）、並びに燃料及び清水の搭載量を計測値から補正することで、同型船の軽荷状態の重心等を推定した。

## 2.1 復原性試験の実施

同型船（J Fしまね浜田支所所属：図2.1）を計測対象として、重心の高さ、横揺固有周期等を明らかにすることを目的として復原性試験を実施した。



図2.1 計測に使用した同型船

### 2.1.1 概要

#### (1) 実施項目

今回の復原性試験の実施内容を実施した手順に従って、以下に示す。

- ① 同型船の重心の高さを計測するために傾斜試験を実施した。
- ② 同型船の横揺固有周期及び慣動半径( $\kappa$ )を計測するために動揺試験を実施した。
- ③ 同型船の計測時の排水量を求めるために喫水の計測を実施した。
- ④ 今回計測したデータから同型船の軽荷状態での値を推定するために、建造後に搭載された機器や漁具、燃料、バラスト水などの確認作業を実施した。

#### (2) 計測場所、計測日

同型船を用いた計測は、平成24年8月3日に島根県大田市五十猛町の五十猛漁港、網揚げ場の岸壁を使用して実施した（図2.2）。

#### (3) 計測準備

計測に先立ち、平成24年8月2日に海上技術安全研究所（以下「海技研」という。）より発送し



図2.2 計測場所

た荷物を現地にて受け取り、計測準備を行った。

今回の傾斜試験では移動重量として折り畳み式ポリタンクを使用するため、ポリタンクへの注水を行った。その際にポリタンクの重量の計測及び識別番号を割り振った。また、計測で使用するPC及び姿勢角検出器（ジャイロ）の動作確認を行った。

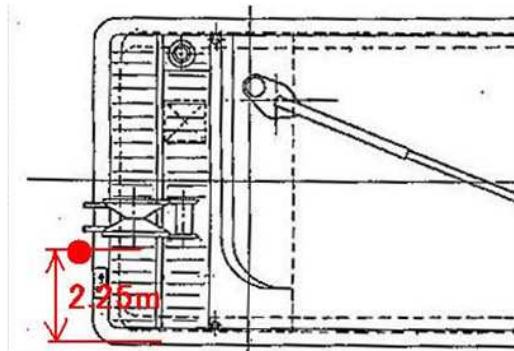
### 2.1.2 喫水計測

喫水の計測には超音波距離計を使用した。

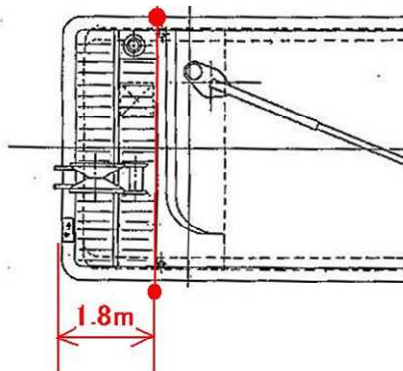
計測を開始する前に同一地点において、本距離計で計測した結果と巻尺で計測した結果が同等であることを確認した。

計測を行った箇所は、次のとおりである。

#### (1) 船尾位置

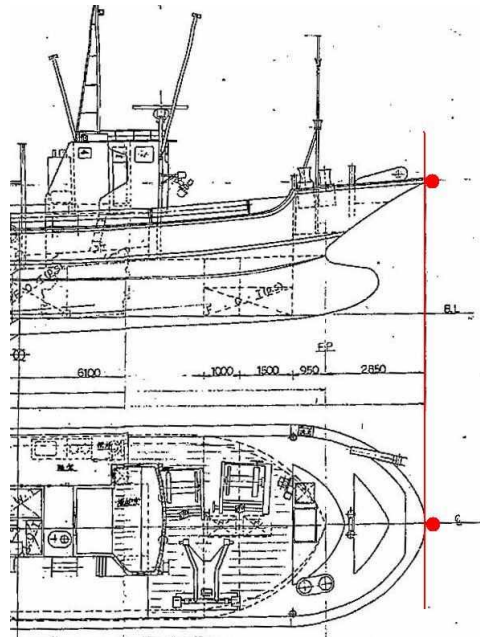


#### (2) 船体後部両舷（後部甲板両舷ビット横）





(5) 船首位置



それぞれの位置で複数回にわたり計測を行い、その平均値から水面までの距離を求めた。また、計測箇所のBL（基線）からの高さは運輸安全委員会より支給された一般配置図から読み取った。これらの数値から算出した船体中心線での喫水を表2.1に示す。

表 2.1 船体中心線での喫水

計測箇所	①船尾位置	②船体後部	③船体中央部	④船体前部	⑤船首位置
喫水 (m)	1.02	1.12	1.16	1.29	1.24

これらの値をもとに一般配置図より読み取った船体側面図に喫水線を重ねたものを図2.3に示す。

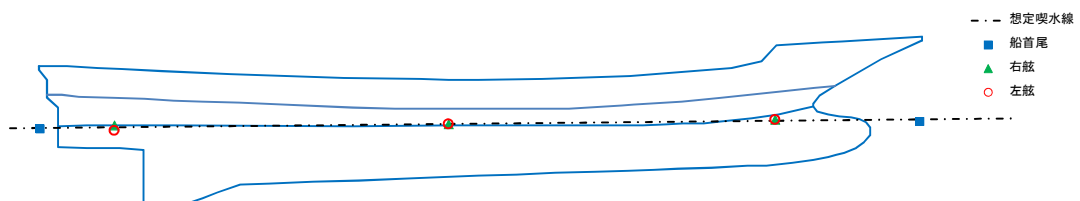


図 2.3 計測時の喫水線

この喫水と平成24年3月に計測された船体形状データから算出した排水容積及

び排水量（W）を表2.2に示す。

表2.2 排水容積及び排水量（W）

排水容積（m <sup>3</sup> ）	89.17
排水量（W）（t）	91.4

### 2.1.3 傾斜試験

同型船の重心の高さを求めるために、傾斜試験を実施した。

傾斜試験では、排水量（W）は一定のまま事前に搭載した錘を移動させ、船に微小な傾斜（θ）を与える。傾斜角（θ）が微小な場合（初期復原力）には浮力（浮心：B）の作用点と船体中心線との交点M（メタセンタ）

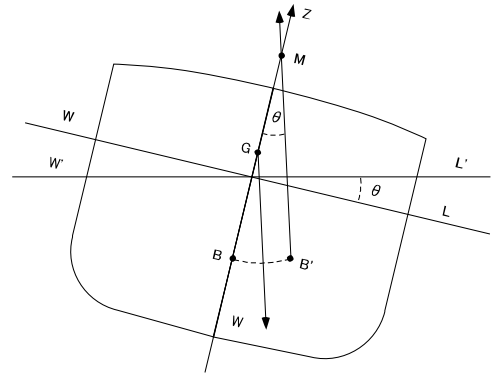


図2.4 傾斜試験概要

がほぼ一定になるので、これを利用して重心（G）とメタセンタ（M）までの距離の計測を行う（図2.4、(2.1)式参照）。

$$(\text{復原モーメント}) = W \cdot GZ = W \cdot GM \cdot \sin \theta \approx W \cdot GM \cdot \theta \quad \dots (2.1)$$

ここで、GZは復原てこ、GMはメタセンタ高さである。

#### (1) 移動重量及び移動距離

事前の推定では、船体を1～3°横傾斜（以下「傾斜」という。）させるために必要な移動重量は400～500kgであった。



図2.5 計測に使ったポリタンク

そこで移動重量として折り畳み式ポリタンク（容量15ℓを15個、容量20ℓを8個：図2.5）と海技研職員（3名）で500kg以上を確保した。

しかし、計測当日に3個のポリタンクから水漏れが確認されたので、これらについては使用しなかった。

移動重量として使用したポリタンク、調査官と海技研職員の総重量を表2.3に示す。

また、事前に計測したポリタンク、調査官と海技研職員の移動距離を表2.4に示す。

表 2.3 移動重量 (kg)

ポリタンク	339
調査官・海技研職員	530

表 2.4 移動距離 (m)

ポリタンク	3.6
調査官・海技研職員	3.88

(2) 計測手順及び計測結果

傾斜試験の計測手順は、次のとおりである (図 2.6 参照)。

- ① ポリタンクを左右舷に同数配置し、調査官 (4名) と海技研職員 (3名) は船体中心線に整列
- ② ポリタンクを右舷側に全て移動し、調査官と海技研職員も右舷側へ移動
- ③ ポリタンクを左舷側に全て移動し、調査官と海技研職員も左舷側へ移動
- ④ ポリタンクを右舷側に全て移動し、調査官と海技研職員も右舷側へ移動
- ⑤ ポリタンクを左舷側に全て移動し、調査官と海技研職員も左舷側へ移動
- ⑥ ポリタンクを左右舷に同数配置し、調査官 (4名) と海技研職員 (3名) は船体中心線上に整列

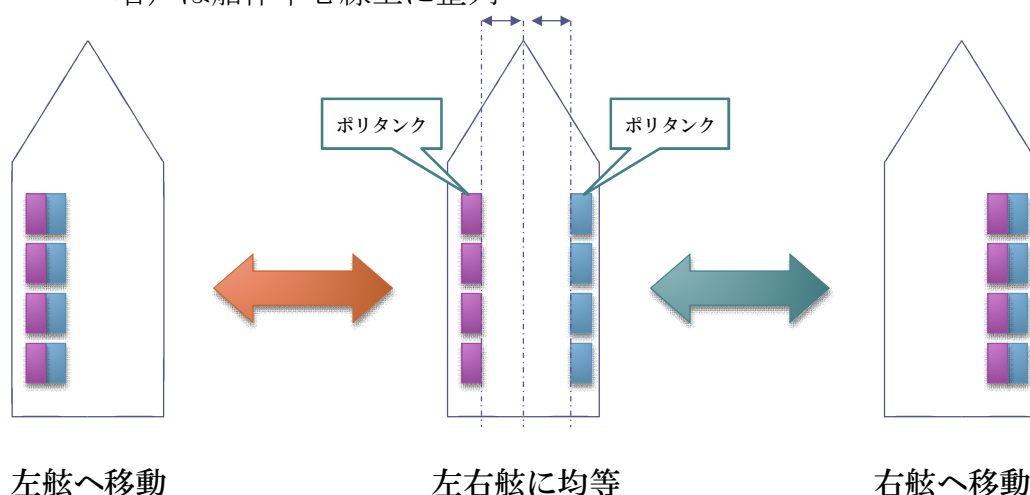


図 2.6 傾斜試験手順

①～⑥の状態では姿勢角検出器 (住友精密工業製: 図 2.7) を使用して、船体の傾斜角の計測を行った。

また、計測に際しては係留索による影響を極力低減するため、係留索をたるませた状態で計測を行った。

傾斜試験時の様子を図 2.8 に示す。

①～⑥の状態での傾斜角の平均値を表 2.5 に示す。



図 2.7 計測で使用した姿勢角検出器

また、計測結果を用いて算出したメタセンタ高さ ( $GM$ ) と重心の高さ ( $KG$ ) を表 2.6 に示す。



図 2.8 傾斜試験中の様子

表 2.5 3 状態での平均傾斜角 (deg.)

状態②、状態④	右舷へ移動	2.55
状態①、状態⑥	左右舷に均等	1.67
状態③、状態⑤	左舷へ移動	0.72

表 2.6 傾斜試験時のメタセンタ高さ ( $GM$ ) と重心の高さ ( $KG$ ) (m)

$GM$	1.12
$KG$	1.51

#### 2.1.4 動揺試験

同型船の固有周期を計測するために、動揺試験を実施した。

動揺試験では、乗組員、調査官と海技研職員が笛の合図に合わせて左右舷に移動して、同型船に横揺を与え、その際に周期を計測した (図 2.9 参照)。

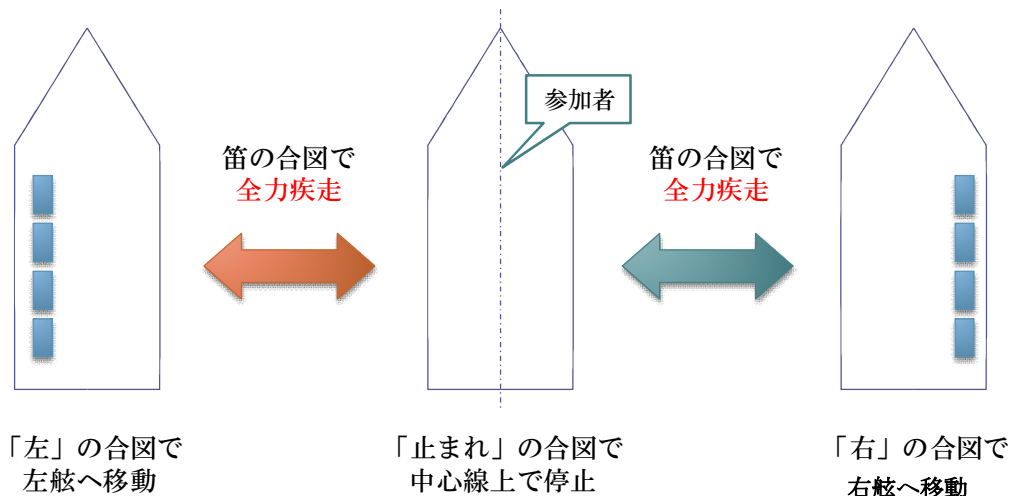


図 2.9 動揺試験の手順

計測に際しては係留索の影響を極力低減するために、係留索をたるませ、岸壁から離れた状態で計測を行った。

横揺固有周期の計測は3回行い、傾斜試験と同様に姿勢角検出器を使用して傾斜角の時系列の計測を行った。計測された時系列データから全てのデータの平均値を差し引き、「ゼロ・ダウン・クロス法」により横揺固有周期を求めた。

求められた周期を表2.7に示す。

表2.7 横揺固有周期 (sec)

1回目	4.31
2回目	4.29
3回目	4.41

上記で得られた横揺固有周期  $T$ 、メタセンタ高さ ( $GM$ ) (表2.6) から、船体の長手方向軸周りの慣動半径 ( $\kappa$ ) が (2.2) 式により求められる。

$$T = 2\pi \cdot \kappa / \sqrt{GM \cdot g} \dots (2.2)$$

ここで、 $g$  は重力加速度である。

(2.2) 式により求めた慣動半径 ( $\kappa$ ) を表2.8に示す。

表2.8 慣動半径 ( $\kappa$ ) (m)

$\kappa$	2.29
----------	------

### 2.1.5 自由水影響

復原性試験時の燃料とバラスト水、清水については船長からの聞き取り調査で確認した。燃料及び清水についてはタンクが満タンの状態であったが、バラスト水についてはタンクの半分程度であったために、バラストタンクの自由水影響を考慮することとした。

バラストタンクの自由水影響による見掛けの重心上昇量 ( $GG'$ )、すなわちメタセンタ高さ ( $GM$ ) の減少量 ( $GG'$ ) を表2.9に示す。

表2.9 自由水影響による  $GM$  の減少量 (m)

$GG'$	0.115
-------	-------

したがって、自由水影響を考慮した重心の高さ ( $KG'$ ) は、  
 $1.513 - 0.115 = 1.40$  (m)  
 となった。

## 2.2 軽荷状態の推定

同型船で復原性試験を行い、本事故発生時の搭載物（乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網）のデータを基に本事故発生時における本船の復原性を推定するために、同型船の軽荷状態での重心の高さ（KG）等を求めた。

### (1) 重量重心の推定

復原性試験計測終了後に軽荷状態との差異について確認作業を行った。確認作業は調査官が乗組員に確認し、海技研職員が記録するという形態で行った。

補正の対象とした主なもののうち、タンク関係を表2.10に、搭載品関係を表2.11に示す。

表2.10 補正の対象とした主なもの（タンク関係）

燃料（中央右舷）	3,000 (ℓ)
燃料（船尾左舷）	1,000 (ℓ)
燃料（船尾右舷）	1,000 (ℓ)
バラスト水（船尾左舷）	1.9 (t)
バラスト水（船尾右舷）	1.9 (t)
清水	100 (ℓ)

表2.11 補正の対象とした主なもの（搭載品関係）

①	係留索等（船首楼甲板）	15 (kg)
②	タービンオイル（漁具庫内）	162.36 (kg)
	漁具等（漁具庫内）	30 (kg)
③	室外機（操舵室上）	40 (kg)
④	漁具等（1籠）（上甲板右舷）	50 (kg)
⑤	漁具等（2籠）（上甲板右舷）	100 (kg)
⑥	空調（船員室）	40 (kg)
⑦	船員室内備品（冷蔵庫等）	50 (kg)
⑧	プロパン庫（操舵室上）	26.4 (kg)

ここで、搭載品の②「タービンオイル」の内訳は、「スーパーハイランド46」の20ℓ缶（1缶の重さ600(g)）が9本であった。なお、タービンオイルの比重は0.872※として重量の計算を行った。

補正の対象とした搭載品（①～⑧）の位置を一般配置図にプロットしたものを図2.10に、各々の搭載品の写真を図2.11に示す。

また、補正の対象とした復原性試験用ポリタンク、人員（調査官、海技研職

員)の重量重心計算書を表2.12、表2.13に示す。

なお、表2.12、表2.13及び表2.14では、*mid-G*を⊗Gと表記し、船体中央より前方を正とする。

また、人員の重量は、計測員であった海技研職員Dが増えているため、移動重量のときの人員重量より1名分の重量が増加している。

※スーパーハイランド 46 の比重 : [http://www.noe.jx-group.co.jp/group.co.jp/business/lubricants\\_e/pdf/guidesheet/ind-4001-0206.pdf](http://www.noe.jx-group.co.jp/group.co.jp/business/lubricants_e/pdf/guidesheet/ind-4001-0206.pdf)

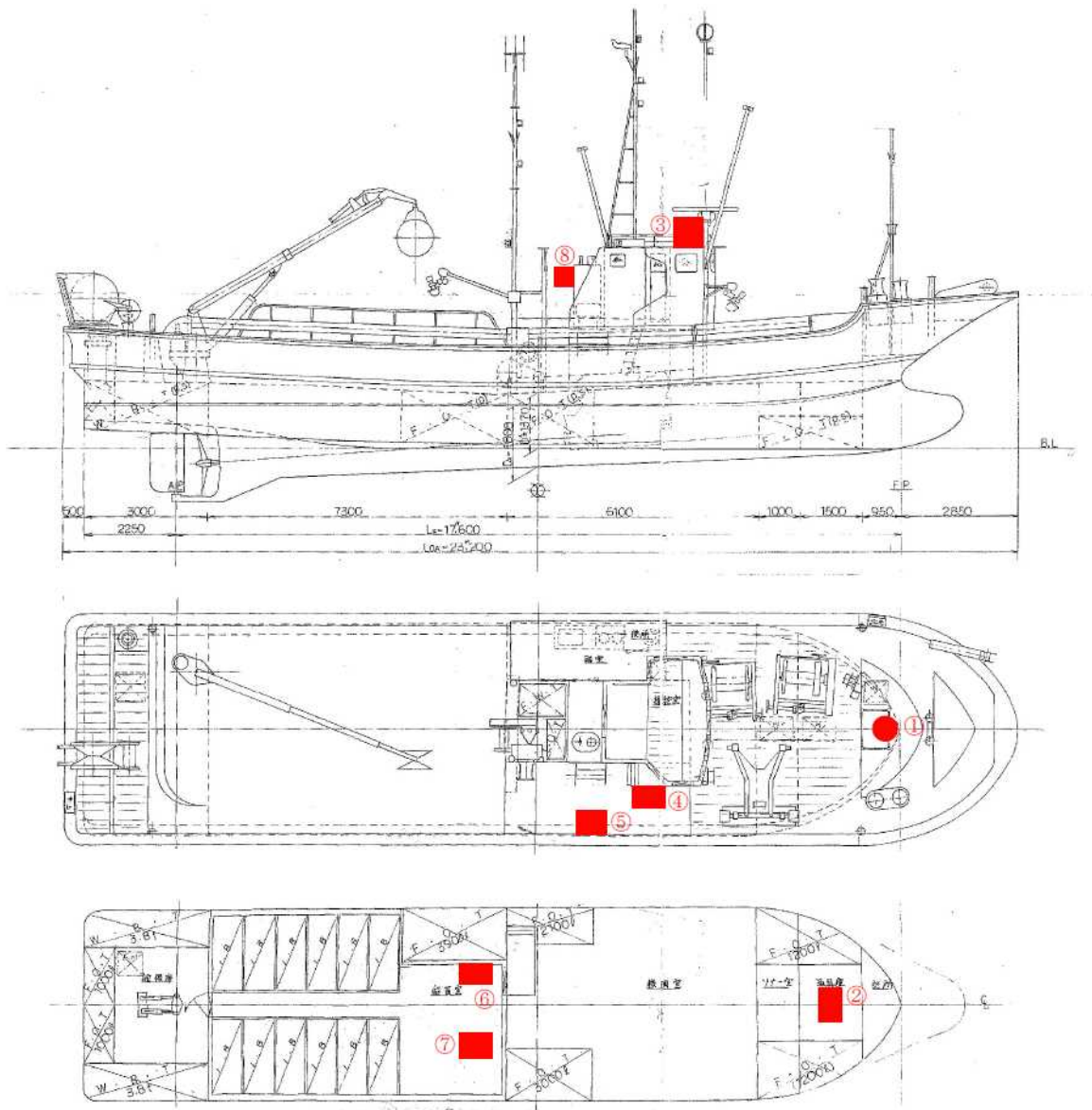
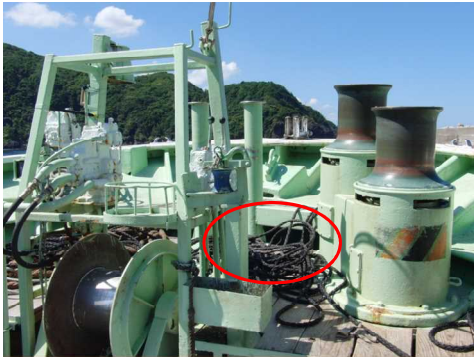
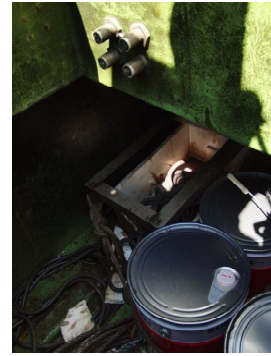


図2.10 補正対象の搭載品の位置



①



②



③



④



⑤



⑥



⑦



⑧

図 2. 1 1 補正対象の搭載品の写真

表 2. 1 2 復原性試験用ポリタンクの重量重心計算

ポリタンク番号	重量 (kg)	重量 (t)	◎G (m)	モーメント (t・m)	KG (m)	モーメント (t・m)
2	15.500	0.0155	-6.848	-0.106	1.690	0.026
3	16.000	0.0160	-3.410	-0.055	1.530	0.024
4	16.000	0.0160	-3.410	-0.055	1.540	0.025
5	15.500	0.0155	-4.000	-0.062	1.580	0.024
6	16.000	0.0160	-3.120	-0.050	1.530	0.024
8	17.500	0.0175	-4.000	-0.070	1.580	0.028
9	15.500	0.0155	-3.710	-0.058	1.550	0.024
10	15.000	0.0150	-3.710	-0.056	1.550	0.023
11	15.000	0.0150	-2.830	-0.042	1.510	0.023
12	15.000	0.0150	-2.830	-0.042	1.510	0.023
13	15.000	0.0150	-3.120	-0.047	1.530	0.023
14	15.000	0.0150	-2.530	-0.038	1.500	0.023
15	15.500	0.0155	-2.530	-0.039	1.500	0.023
20-1	20.500	0.0205	-6.023	-0.123	1.688	0.035
20-2	18.000	0.0180	-6.023	-0.108	1.688	0.030
20-3	20.000	0.0200	-6.298	-0.126	1.698	0.034
20-4	19.000	0.0190	-6.298	-0.120	1.698	0.032
20-5	19.000	0.0190	-6.573	-0.125	1.708	0.032
20-6	20.000	0.0200	-6.573	-0.131	1.708	0.034
20-7	20.000	0.0200	-6.848	-0.137	1.708	0.034
計	339.000	0.3390	-4.690	-1.590	1.608	0.545

表 2. 1 3 人員（調査官、海技研職員）の重量重心計算

	重量 (kg)	重量 (t)	◎G (m)	モーメント (t・m)	KG (m)	モーメント (t・m)
調査官A	74.000	0.074	-4.319	-0.320	2.476	0.183
調査官B	99.000	0.099	-4.667	-0.462	2.409	0.238
調査官C	63.000	0.063	-5.015	-0.316	2.456	0.155
調査官D	80.000	0.080	-5.363	-0.429	2.466	0.197
海技研A	73.000	0.073	-5.711	-0.417	2.453	0.179
海技研B	59.000	0.059	-7.160	-0.422	2.522	0.149
海技研C	82.000	0.082	-7.508	-0.616	2.526	0.207
海技研D	74.000	0.074	0.000	0.000	2.567	0.190
計	604.000	0.604	-4.936	-2.982	2.481	1.499

復原性試験の状態から以上の搭載品等を除去し、軽荷状態を算定した。

表 2.14 に軽荷状態を算定した重量重心計算書を示す。燃料は軽油であり、その比重は 0.84 として算定を行った。

表 2.14 より、軽荷状態での排水量 ( $W$ ) は、81.84 t、重心の高さ ( $KG$ ) は 1.46 m、重心の前後位置 ( $mid-G$ ) は 0.146 m (船体中央より前方) と推定された。

表 2.14 軽荷状態を算定した重量重心計算書

項目	重量 (kg)	重量 (t)	◎G (m)	モーメント (t・m)	KG (m)	モーメント (t・m)	備考
試験状態	91395	91.395	-0.483	-44.144	1.398	127.788	
【除外物品等】							
舳網等(船首楼甲板)	15	0.015	8.500	0.128	3.180	0.048	
タービンオイル(漁具庫内)	162.36	0.16236	7.000	1.137	1.040	0.169	スーパーハイランド46、 比重0.872
漁具等(漁具庫内)	30	0.030	7.000	0.210	0.890	0.027	
室外機(操舵室上)	40	0.040	3.700	0.148	5.310	0.212	
漁具等(1籠)(上甲板右舷)	50	0.050	2.600	0.130	1.980	0.099	
漁具等(2籠)(上甲板右舷)	100	0.100	1.300	0.130	1.920	0.192	
空調(船員室)	40	0.040	-1.200	-0.048	1.050	0.042	
船員室内備品(冷蔵庫等)	50	0.050	-1.200	-0.060	0.930	0.047	
プロパン庫(操舵室上)	26.4	0.0264	0.500	0.013	4.310	0.114	
【タンク類】(空タンクは除く)							
FOT(船体中央右舷前、3,000L)	2520	2.520	0.300	0.756	0.685	1.726	軽油、比重0.84
FOT(船尾左舷、1,000L)	840	0.840	-10.655	-8.950	0.818	0.687	軽油、比重0.84
FOT(船尾右舷、1,000L)	840	0.840	-10.655	-8.950	0.818	0.687	軽油、比重0.84
FWT	100	0.100	0.110	0.011	3.235	0.324	清水
WBT(船尾左舷、3.8T)	1900	1.900	-9.510	-18.069	0.404	0.767	海水
WBT(船尾右舷、3.8T)	1900	1.900	-9.510	-18.069	0.404	0.767	海水
【その他】							
人員	604	0.604	-4.936	-2.982	2.481	1.499	8名
移動用ウエイト	339	0.339	-4.690	-1.590	1.608	0.545	ポリタンク20個
軽荷状態	81838.24	81.838	0.146	11.912	1.464	119.839	

## (2) 慣動半径(κ)の推定

復原性試験状態と軽荷状態では、慣動半径(κ)が異なることから、復原性試験状態をもとに、軽荷状態における慣動半径(κ)の推定を行った。

慣動半径(κ)の推定は、(2.3)式で行った。

軽油の比重は、造船設計便覧 p. 285によれば、0.82～0.86である。そこで、ここでの軽油の比重は、平均値の0.84とした。

$$(\kappa_s)^2 = \{M_t * (\kappa_t)^2 - \sum m_i * (r_i)^2\} / M_s \quad \dots (2.3)$$

ここで、(κ<sub>s</sub>)は軽荷状態の慣動半径、(M<sub>s</sub>)は軽荷状態の排水量、(κ<sub>t</sub>)は試験状態の慣動半径、(M<sub>t</sub>)は試験状態の排水量、(m<sub>i</sub>)は各搭載品の重量、(r<sub>i</sub>)は試験状態における慣動半径の回転中心から各搭載品までの距離を表す。

これにより得られた軽荷状態における慣動半径(κ<sub>s</sub>)を表2.15に示す。

表2.15 軽荷状態における慣動半径(κ<sub>s</sub>) (m)

κ <sub>s</sub>	2.34
----------------	------

## 3. 本事故発生時の復原性の検討

第2章で報告した重心等の計測に基づき推定した同型船の軽荷状態と調査官から指示された本事故発生時状態における搭載物(乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網)の重量及び搭載位置、並びに燃料及び清水の搭載量を基に、本事故発生時の船体状態(排水量及び重心位置)を推定した。

次に同型船の船体形状計測データと本事故発生時の本船の船体状態から、本事故発生時の復原性を算定し、基準値と比較するなどして検討を加えた。

### 3.1 本事故発生時の船体状態の推定

2.2で推定した同型船の軽荷状態の重量重心に調査官から指示された本事故発生時の搭載物の重量及び搭載位置、並びに燃料及び清水の搭載量を加算して、本船の本事故発生時の排水量及び重心位置を求めた。

表 3. 1 重量重心計算（本事故発生時）

	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$W \times mid-G$ (t-m)	$KG$ (m)	$W \times KG$ (t-m)	$I \times \rho$ (t-m)
軽荷状態	81.838	-0.146	-11.912	1.464	119.839	
乗組員①	0.063	2.250	0.142	2.450	0.154	
乗組員②	0.060	8.050	0.483	2.450	0.147	
乗組員③	0.079	4.270	0.337	2.450	0.194	
乗組員④	0.088	9.810	0.863	2.450	0.216	
乗組員⑤	0.061	6.540	0.399	2.450	0.149	
乗組員⑥	0.056	4.020	0.225	2.450	0.137	
乗組員⑦	0.059	7.290	0.430	2.450	0.145	
乗組員⑧	0.074	8.550	0.633	2.450	0.181	
乗組員⑨	0.068	5.660	0.385	2.450	0.167	
乗組員⑩	0.073	9.050	0.661	2.450	0.179	
乗組員⑪	0.070	0.000	0.000	2.450	0.172	
乗組員⑫	0.073	-1.630	-0.119	2.450	0.179	
乗組員⑬	0.058	-2.260	-0.131	2.450	0.142	
乗組員⑭	0.075	4.900	0.368	2.450	0.184	
SG:0.86						
NO.1FOT(P) 0.5kℓ	0.430	-5.200	-2.236	0.170	0.073	0.624
NO.1FOT(S) 1kℓ	0.860	-5.070	-4.360	0.190	0.163	0.373
NO.2FOT(P) 0.5kℓ	0.430	-2.150	-0.925	0.590	0.254	0.534
NO.2FOT(S) 0.8kℓ	0.688	-1.280	-0.881	0.190	0.131	0.534
F.W.T.(P)	1.730	2.140	3.702	0.910	1.574	
F.W.T.(S)	1.700	1.890	3.213	0.910	1.547	
NO.4FOT(P)(バラスタタンク)	0.952	10.560	10.053	0.420	0.400	0.590
NO.4FOT(S)(バラスタタンク)	0.936	10.340	9.678	0.420	0.393	0.246
ショルダーバラスタタンク(P)	1.020	5.590	5.702	2.080	2.122	
SG:0.87						
作動油等 20ℓ×25 缶	0.435	-5.200	-2.262	0.200	0.087	
作動油(タンク) 1	0.700	-2.770	-1.939	1.040	0.728	
作動油(タンク) 2	0.030	-3.440	-0.103	1.900	0.057	
水袋	1.000	5.980	5.980	2.110	2.110	
網(上甲板上)	7.330	4.680	34.304	2.380	17.445	
	0.920	7.800	7.176	1.940	1.785	
合計	101.956	0.587	59.866	1.482	151.052	2.901

以下、本事故発生時の船体状態を「本事故発生時状態」というが、海中の漁網に掛かる漁獲物の荷重 ( $w_f$ ) (以下「揚網に伴う傾斜外力」という。) については、詳細が不明なため、別途その影響を検討することとし、本事故発生時状態に算入しないこととした。

表 3. 1 に本事故発生時の本船の重量重心の計算結果を示す。

また、表 3. 2 には本事故発生時の本船の船体状態（排水量： $W$ 、重心の前後位置： $mid-G$ 、重心の高さ： $KG$ ）及びタンクの自由水による見掛けの重心上昇量 ( $G'$ ) を軽荷状態の値と共に示す。

なお、重心の前後位置 ( $mid-G$ ) は、船体中央より後方を正としている。

本事故発生時状態では軽荷状態より排水量 ( $W$ ) は約 20 t 大きくなるが、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) を算入しない場合、本事故発生時状態と軽荷状態で重心の高さ ( $KG$ ) には大きな差異はない。

表 3.2 本事故発生時の船体状態

状態	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
本事故発生時	101.96	0.59	1.48	0.03
軽荷状態	81.84	-0.15	1.46	-

### 3.2 本事故発生時の復原性の推定

表 3.2 に示した重量重心で復原力計算を行って、本事故発生時の自由水影響を考慮したメタセンタ高さ (以下、特記しない限り自由水影響を考慮したメタセンタ高さを  $GM$  と表記する。)、喫水 ( $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水)、乾舷 ( $Fb$ ) (表 3.3) 及び復原力 (以下、特記しない限り自由水影響を考慮した復原力を  $GZ$  と表記する。) 曲線 (図 3.1) を求めた。

また、傾斜に伴うトリムの変化も考慮して、船体中央における舷端没水角 ( $\phi d$ )、ブルワーク上端没水角 ( $\phi bt$ ) 及び機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi f$ ) (右舷側へ傾斜した場合、以下同じ。) の推定も行った (表 3.4)。なお、計算は軽荷状態についても実施し、両者を比較した。

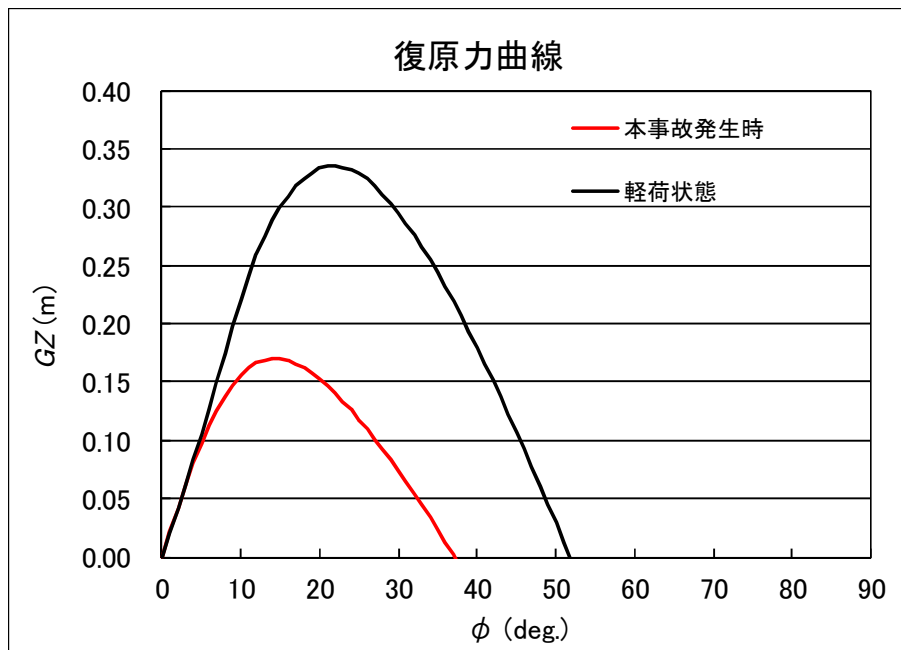


図 3.1 本事故発生時の復原力 ( $GZ$ ) 曲線

その結果、本事故発生時状態のメタセンタ高さ ( $GM$ ) は1.25 mとなり、軽荷状態に比べて0.07 m大きくなる (表2.3)。これは、本事故発生時状態では、軽荷状態に比べて船尾トリムが大きくなって基線上メタセンタ高さ ( $KM$ ) が高くなるためである。

一方、図3.1に示したように本事故発生時状態の復原力 (赤線) は、軽荷状態 (黒線) に比べて小さくなり、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は、軽荷状態で0.33 mとなるのに対して、本事故発生時状態では0.17 mと約半分になる。

さらに、本事故発生時状態の復原力消失角 ( $\phi_v$ ) は、軽荷状態に比べて15° 小さい約37° となっており (図3.1)、本事故発生時の搭載物 (乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網) によって本船の復原性が低下していたものと考えられる。

これは、本事故発生時状態では、軽荷状態に比べて乾舷 ( $Fb$ ) が0.19 m減少し、舷端没水角 ( $\phi_d$ ) が5.5° になるためである。

なお、本事故発生時状態では、ブルワーク上端没水角 ( $\phi_{bt}$ ) が約24°、機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi_f$ ) は約63° と推定される (表3.4)。

本船の機関室出入口は船体中心線より左舷側に位置しており、右舷側への傾斜に対しては、機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi_f$ ) は復原力消失角 ( $\phi_v$ ) (約37°) より大きくなる。

表3.3 本事故発生時状態のメタセンタ高さ ( $GM$ )、喫水 ( $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水) 及び乾舷 ( $Fb$ )

状態	$GM$ (m)	$da$ (m)	$df$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)
本事故発生時	1.25	1.16	1.35	1.26	0.13
軽荷状態	1.18	0.84	1.30	1.07	0.32

表3.4 本事故発生時状態の舷端没水角 ( $\phi_d$ )、ブルワーク上端没水角 ( $\phi_{bt}$ ) 及び機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi_f$ )

状態	$\phi_d$ (deg.)	$\phi_{bt}$ (deg.)	$\phi_f$ (deg.)
本事故発生時	5.5	23.8	63.1
軽荷状態	11.6	28.6	-

### 3.3 復原性基準との比較

本船の本事故発生時状態の復原性について基準への適合性を検証した。適合性を検証する復原性基準は、‘改正前の船舶復原性規則 (最終改正: 平成16年11月24

日国土交通省令第95号)’（以下「船舶復原性規則」という。）で要求されるメタセ  
ンタ高さ（ $GM$ ）に関する基準（第24条第1項）及び限界傾斜角における復原てこ  
（ $GZ\alpha$ ）に関する基準（第24条第2項）とした。

その際、メタセクタ高さ（ $GM$ ）については、3.1節及び3.2節で検討した揚網  
に伴う傾斜外力（ $w_f$ ）を算入しない本事故発生時状態について適合性を検証した。

また、限界傾斜角における復原てこ（ $GZ\alpha$ ）については、漁具等の操作による傾  
斜偶力てこ（ $D$ ）と比較することから、基準への適合性を検証する状態として、次の  
2つの状態について適合性を検証した。

- ① 3.1節及び3.2節で検討した「ネットホーラに定格荷重6 tが揚網に伴う傾  
斜外力（ $w_f$ ）として作用する状態」（以下「本事故発生時揚網状態」という。）
- ② 基準への適合性の検証の際に通常設定される「揚網状態（漁網を全て海中に降  
ろした状態）で、パースダビットに環巻ウィンチの定格荷重4 tが作用する状  
態」（以下「標準揚網状態」という。）

#### (1) メタセクタ高さ（ $GM$ ）に関する基準

表3.5に本事故発生時状態のメタセクタ高さ（ $GM$ ）の基準値と実際の値  
を比較して示す。

本船は、本事故発生時状態では本船のメタセクタ高さ（ $GM$ ）が1.25 m  
と推定されており、船舶復原性規則で要求されるメタセクタ高さ（ $GM$ ）の基  
準値1.12 m以上の値となっている。

そのため、本船は、本事故発生時状態では、船舶復原性規則第24条第1項  
の基準に適合した状態であったと考えられる。

表3.5 メタセクタ高さ（ $GM$ ）に関する基準への適合状況  
（本事故発生時状態）

	$GM$ (m)
本事故発生時	1.25
基準値	1.12

#### (2) 限界傾斜角における復原てこ（ $GZ\alpha$ ）に関する基準

限界傾斜角における復原てこ（ $GZ\alpha$ ）に関する基準への適合性の検証を行  
った。

①本事故発生時揚網状態及び②標準揚網状態の排水量（ $W$ ）、重心の前後位  
置（ $mid-G$ ）、重心の高さ（ $KG$ ）及びタンクの自由水による見掛けの重心上  
昇量（ $GG'$ ）を表3.6に示す。表中には、参考のため、本事故発生時状態の

値も示した。

本事故発生時揚網状態は、3.1節及び3.2節で検討した「ネットホーラに定格荷重6 tが揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) として作用する状態」であり、本事故発生時状態に比べて排水量 ( $W$ ) が6 t増加するとともに、ネットホーラが船尾甲板上に設置されているため、重心の高さ ( $KG$ ) が0.14 m高くなり、重心の前後位置 ( $mid-G$ ) が0.59 m船尾側に移動する (表3.6)。

一方、標準揚網状態は、「漁網 (重量約8.3 t : 表3.1) を全て海中に降ろした状態で、パースダビットに環巻ウィンチの定格荷重4 tが作用する状態」であり、本事故発生時状態に比べて排水量 ( $W$ ) が約4 t減少するとともに、パースダビットが船首部に設定されているため、重心の前後位置 ( $mid-G$ ) が0.62 m船首側へ移動する (表3.6)。

表3.6 本事故発生時揚網状態及び標準揚網状態の重量重心など

状態	$W$ (t)	$mid-G$ (m)	$KG$ (m)	$GG'$ (m)
本事故発生時揚網状態	107.96	1.18	1.62	0.03
標準揚網状態	97.71	-0.03	1.46	0.03
本事故発生時	101.96	0.59	1.48	0.03

表3.6に示した重量重心で復原力計算を行って、本事故発生時揚網状態及び標準揚網状態のメタセンタ高さ ( $GM$ )、喫水 ( $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水)、乾舷 ( $Fb$ ) 及び復原力 ( $GZ$ ) 曲線を求めた結果を表3.7及び図3.2に示す。

また、傾斜に伴うトリムの変化も考慮して、船体中央における舷端没水角 ( $\phi d$ )、ブルワーク上端没水角 ( $\phi bt$ ) 及び機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi f$ ) の推定を行った結果を表3.8に示す。図表には参考のため本事故発生時状態の値も示した。

本事故発生時揚網状態では、本事故発生時状態に比べて、排水量 ( $W_f$ ) が増加することから乾舷 ( $Fb$ ) が低くなるとともに、船体の重心 ( $KG_f$ ) が高くなる (表3.6、表3.7)。

そのため、図3.2に示したように、本事故発生時揚網状態の復原力 ( $GZ$ ) (赤線) は、本事故発生時状態の復原力 ( $GZ$ ) (黒線) に比べて小さくなる。

本事故発生時揚網状態では、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) は、0.11 mと本事故発生時状態の値 ( $GZ_{max}=0.17$  m) の7割未満になり、復原力消失角 ( $\phi v$ ) は、本事故発生時揚網状態で約24°であり、本事故発生時状態の復原力消失角 ( $\phi v$ ) 37°に比べて約13°小さくなる (図3.2)。

また、本事故発生時状態に比べて乾舷 ( $Fb$ ) が  $0.03\text{ m}$  低くなる (表 3.7) ことから、本事故発生時揚網状態の舷端没水角 ( $\phi d$ ) は本事故発生時状態より  $2.5^\circ$  小さく  $3.0^\circ$  となる (表 3.8)。

一方、図 3.2 に示したように標準揚網状態の復原力 ( $GZ$ ) (緑線) は、復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ :  $0.19\text{ m}$ )、復原力消失角 ( $\phi v$ )  $40^\circ$  とともに本事故発生時状態 (図 3.2 黒線) より大きくなっており、舷端没水角 ( $\phi d$ ) も  $7.5^\circ$  と本事故発生時状態より  $2^\circ$  大きくなっている (表 3.8)。

ただし、メタセンタ高さ ( $GM$ ) は、標準揚網状態で  $1.11\text{ m}$  であり、本事故発生時状態 ( $GM$ :  $1.25\text{ m}$ ) に比べて小さくなっている (表 3.7)。

これは、標準揚網状態では、本事故発生時状態に比べて船首トリムが大きくなることから、基線上メタセンタ高さ ( $KM$ ) が本事故発生時状態に比べて低くなるためである。

表 3.7 本事故発生時揚網状態及び標準揚網状態のメタセンタ高さ ( $GM$ )、喫水 ( $da$ : 船尾喫水、 $df$ : 船首喫水、 $dm$ : 平均喫水) 及び乾舷 ( $Fb$ )

状態	$GM$ (m)	$da$ (m)	$df$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)
本事故発生時揚網状態	1.02	1.36	1.22	1.29	0.10
標準揚網状態	1.11	0.99	1.49	1.24	0.15
本事故発生時	1.25	1.16	1.35	1.26	0.13

表 3.8 本事故発生時揚網状態及び標準揚網状態の舷端没水角 ( $\phi d$ )、ブルワーク上端没水角 ( $\phi bt$ ) 及び機関室出入口からの海水流入角 ( $\phi f$ )

状態	$\phi d$ (deg.)	$\phi bt$ (deg.)	$\phi f$ (deg.)
本事故発生時揚網状態	3.0	21.7	56.5
標準揚網状態	7.5	24.0	67.3
本事故発生時	5.5	23.8	63.1

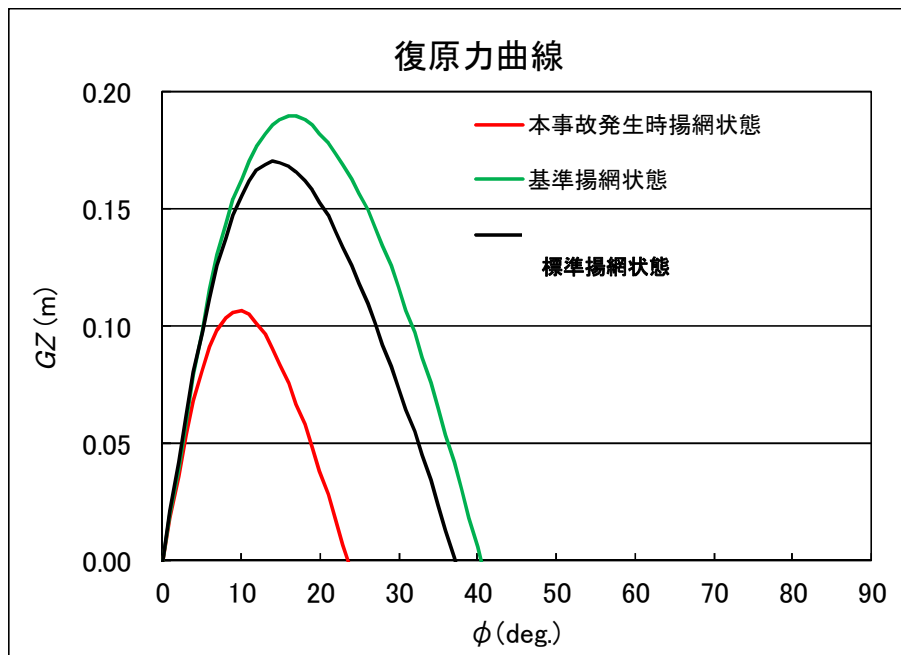


図 3. 2 本事故発生時揚網状態及び標準揚網状態の復原力（GZ）曲線

表 3. 9 に本事故発生時揚網状態、表 3. 1 0 に標準揚網状態の限界傾斜角における復原てこ（ $GZ \alpha$ ）の基準値と実際の値を比較して示す。限界傾斜角はいずれの状態とも舷端没水角（ $\phi d$ ）（表 3. 8）である。限界傾斜角における復原てこ（ $GZ \alpha$ ）の基準値は、漁具等の操作による傾斜偶力てこ（ $D_f$ ）の値であり、（3. 1）式を用いて算定した。

$$D_f = \frac{w_f \cdot b}{W_f} \cos \phi \quad \dots (3. 1)$$

$w_f$ （揚網に伴う傾斜外力）は、本事故発生時揚網状態において、ネットホーラあるいは環巻ウィンチの定格荷重に対応する荷重であり、 $b$  は船の重心位置から荷重支持点（本事故発生時揚網状態：ネットホーラ、標準揚網状態：パースダビット）までの水平距離（左右方向）である。また、 $W_f$  は各状態の排水量、 $\phi$  は傾斜角である。

表 3. 9 に示すように、「ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力（ $w_f$ ）6 t が作用する本事故発生時揚網状態」では、限界傾斜角である舷端没水角（ $\phi d$ ）における復原てこ（ $GZ \alpha$ ）は 0. 0 5 m と推定されており、船舶復原性規則で要求される基準値（漁具等操作により生じる傾斜偶力てこ（ $D$ ）0. 0 9 m より小さな値となっている。

そのため、本船は、「ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力（ $w_f$ ）6 t が作用する本事故発生時揚網状態」では、船舶復原性規則第 2 4 条第 2 項の基準に適合しない状態であったと考えられる。

一方、表 3. 1 0 に示すように、「漁網（重量約 8. 3 t）を全て海中に降ろした状

態でパースダビットの先端に4 tの荷重が作用する標準揚網状態」では、限界傾斜角における復原てこ ( $GZ_{\alpha}$ ) は0.14 mとなり、基準値 (0.11 m) より大きくなっている。

そのため、本船は、基準検証の際に通常設定される標準揚網状態では、船舶復原性規則第24条第2項の基準に適合した状態であったと考えられる。

表3.9 限界傾斜角における復原てこ ( $GZ_{\alpha}$ ) に関する基準への適合状況 (本事故発生時揚網状態)

状態	$GZ_{\alpha}$ (m)
本事故発生時揚網状態	0.05
基準値	0.09

表3.10 限界傾斜角における復原てこ ( $GZ_{\alpha}$ ) に関する基準への適合状況 (標準揚網状態)

状態	$GZ_{\alpha}$ (m)
標準揚網状態	0.14
基準値	0.11

#### 4. 転覆メカニズムの検討

調査官から説明があった事故の発生シーケンスを整理し、本船の事故に関連すると考えられる要因を抽出するとともに、これらの要因が本船の傾斜角 ( $\phi$ ) や復原性に及ぼす影響を計算することで、転覆メカニズムの検討を行った。

##### 4.1 事故発生シーケンスの整理

###### (1) 事故発生シーケンス

事故の発生シーケンスをまとめると次のとおりである。

揚網に伴う右舷側への傾斜

↓

ブルワーク下方の放水口からの海水の甲板上への逆流

↓

(船体姿勢、復原性変化) → 傾斜角 ( $\phi$ ) 増大

↓

漁網の荷崩れ

↓

(復原力喪失) → 右舷側へ転覆

なお、船体の傾斜が始まって転覆するまでの時間は1分前後であり、船体が傾き始めてから転覆するまで傾斜が止まる様子はなかったとのことであった。

また、転覆時には足元を洗うように甲板上へ海水が入ってきたとのことであった。

## (2) 事故関連要因

事故発生シーケンスから、主な事故関連要因として、揚網に伴う右舷側への傾斜と、漁網の荷崩れが考えられる。

漁網の荷崩れに関しては、甲板上の漁網が滑動し始める傾斜角 ( $\phi$ ) が  $18^\circ$  程度との報告があり、図3.1及び図3.2に示した復原力 ( $GZ$ ) 曲線等と比較すると、漁網の荷崩れが発生しなかったとしても、本船は危険な状態に陥ったものと考えられる。

なお、上記の事故発生シーケンスでは言及しなかったが、本事故発生時には左舷船尾に西寄りの風浪を受けていたことや大傾斜時に甲板上の海水の一部が船内（機関室）へ浸水したことも事故の発生に関連すると考えられるが、主要な要因とはならないと判断した。

## 4.2 事故関連要因に関する検討

本船の転覆は、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) により右舷側に大傾斜したことから、漁網の荷崩れを誘起し、傾斜角 ( $\phi$ ) が更に増大して発生したものと考えられる。

ここでは、転覆メカニズム検討用の基礎資料とするため、以下の検討を行った。

まず、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) の影響を検討するため、本事故発生時揚網状態でネットホーラに掛かる揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) をパラメータに傾斜角 ( $\phi$ ) 及び残存復原力 ( $GZ-D$ ) を算定した。

次に、漁網の荷崩れの影響を検討するため、荷崩れによる漁網の重心の左右方向の移動距離 ( $l_{net}$ ) をパラメータに、漁網の荷崩れが単独で発生した場合の傾斜角 ( $\phi$ ) 及び残存復原力 ( $GZ-D$ ) を算定するとともに、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) のみが作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) や揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) に加えて漁網の荷崩れによる傾斜外力が作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) と比較した。

### 4.2.1 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) の影響

ネットホーラに掛かる揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) をパラメータに、傾斜角 ( $\phi$ ) や残存復原力 ( $GZ-D$ ) を算定することで、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が本船の転覆に及ぼす影響を検討した。

#### (1) 計算概要

表 3. 2 に示した本事故発生時に揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) を除いた船体状態 (本事故発生時状態) を基本状態として、ネットホーラ (基線上 4. 0 0 m、船体中心線から右舷側 1. 6 5 m) に揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用すると想定して、当該荷重による傾斜角 ( $\phi$ ) を計算した。

その際、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) による傾斜偶力てこ ( $D_f$ ) を、舷側から揚網する場合の船体重心の横移動量の計算法を準用して、(4. 1) 式 (3. 1 式再掲) を用いて評価した。

$$D_f = \frac{w_f \cdot b}{W_f} \cos \phi \quad \dots (4. 1)$$

ここで、 $w_f$  はネットホーラに作用する揚網に伴う傾斜外力であり、 $b$  は本船の重心位置からネットホーラまでの水平距離 (左右方向)、 $W_f$  は揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) を考慮した排水量、 $\phi$  は傾斜角である。

なお、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) の大きさは、船外にあった漁網の空中重量が 2. 5 t と想定されていること、本船のネットホーラの定格荷重が 6 t であること、本事故発生時に漁網に入っていた漁獲物が 5 0 t (空中での重量、以下同じ。) と見積もられていることを参考にして、ネットホーラに掛かる揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が 2. 5 t、4 t、6 t、8 t、1 0 t の 5 ケースを想定した。

表 4. 1 に各状態の排水量 ( $W_f$ )、重心の前後位置 ( $mid-G_f$ )、重心の高さ ( $KG_f$ )、重心の船体中心線からの左右の偏位 ( $C. L. -G_f$ ) 及びタンクの自由水による見掛けの重心上昇量 ( $G_f G'$ ) を示す。

表中には、参考のため、第 3 章で本事故発生時状態とした揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が 0 の場合の値も示した。なお、表 4. 1 に示した重心の前後位置 ( $mid-G_f$ )、重心の高さ ( $KG_f$ ) は、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) を考慮した値となっている。

また、重心の左右の偏位 ( $C. L. -G_f$ ) は、ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用した場合の重心の船体中心線からの左右方向の偏位であり、(4. 1) 式で傾斜角 ( $\phi$ ) を 0 とした場合 (直立状態) の傾斜偶力てこ ( $D_f$ ) に対応する。

表 4. 1 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用した場合の船体状態

状態	$w_f$ (t)	$W_f$ (t)	$mid-G_f$ (m)	$KG_f$ (m)	$C.L.-G_f$ (m)	$G_f G'$ (m)
本事故発生時	0.0	101.96	0.59	1.48	0.00	0.03
漁網荷重1	2.5	104.46	0.84	1.54	0.04	0.03
漁網荷重2	4.0	105.96	0.99	1.58	0.06	0.03
漁網荷重3	6.0	107.96	1.18	1.62	0.09	0.03
漁網荷重4	8.0	109.96	1.36	1.66	0.12	0.03
漁網荷重5	10.0	111.96	1.54	1.71	0.14	0.03

## (2) 計算結果

揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用した場合の復原力 ( $GZ$ ) 及び傾斜偶力てこ ( $D_f$ ) を図 4. 1 (復原力 ( $GZ$ ): 実線、傾斜偶力てこ ( $D_f$ ): 破線) に示す。

また、表 4. 2 に、図 4. 1 の「復原力 ( $GZ$ ) 曲線と傾斜偶力てこ ( $D_f$ ) 曲線の交点に対応する揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) による傾斜角 ( $\phi_{eu}$ )」を各状態のメタセンタ高さ ( $GM$ )、平均喫水 ( $dm$ )、乾舷 ( $Fb$ )、舷端没水角 ( $\phi d$ )、ブルワーク上端没水角 ( $\phi bt$ ) と共に示す。

表中には、参考のため、ブルワークを水密と想定した場合の復原力 (付録) で評価した傾斜角 ( $\phi_{ebt}$ ) も記載した。

ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用すると、排水量 ( $W_f$ ) が増加するとともに、船体の重心 ( $KG_f$ ) が高くなる (表 4. 1)。

そのため、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が大きくなると、復原力 ( $GZ$ ) が低下するので、傾斜角 ( $\phi$ ) は大きくなる。

今回設定した状態では、ネットホーラに 6 t の荷重が作用すると (漁網荷重 3)、本船は 5. 8° 傾斜して釣り合うが、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が 8 t 以上では、復原力 ( $GZ$ ) と傾斜偶力てこ ( $D$ ) が釣り合う傾斜角 ( $\phi$ ) が存在せず、傾斜が増大し続けて転覆に至ると考えられる (図 4. 1、表 4. 2)。

なお、転覆限界の揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) は約 7. 5 t と推定される。

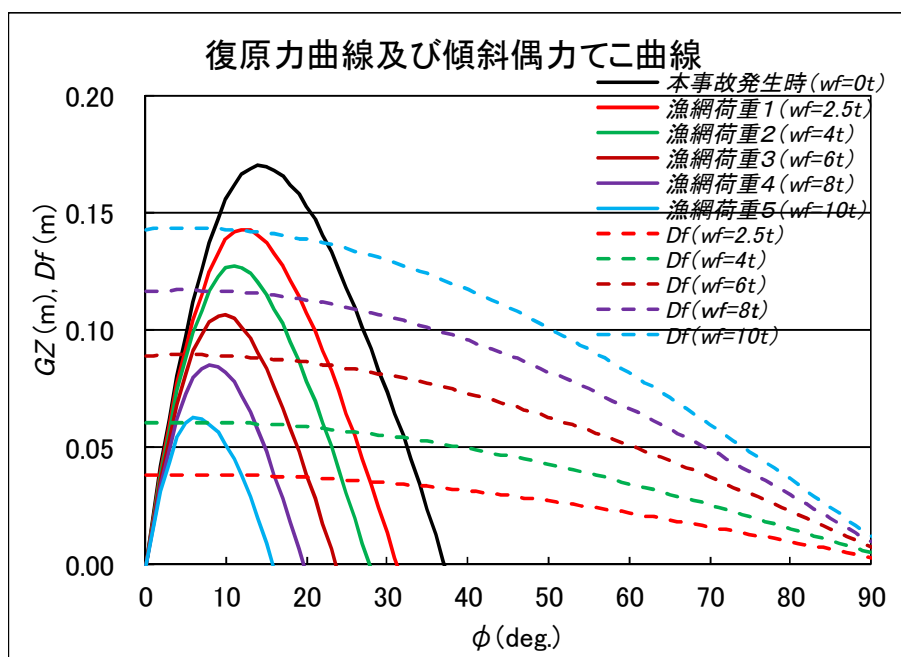


図 4. 1 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用した場合の復原力 ( $GZ$ ) 曲線及び傾斜偶力てこ ( $D$ ) 曲線

表 4. 2 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) による傾斜角 ( $\phi_{eu}$ )

状態	$GM$ (m)	$dm$ (m)	$Fb$ (m)	$\phi d$ (deg.)	$\phi bt$ (deg.)	$\phi_{eu}$ (deg.)	$\phi_{ebt}$ (deg.)
本事故発生時	1.25	1.26	0.13	5.5	23.8	0.0	0.0
漁網荷重1	1.15	1.27	0.12	4.4	23.2	1.9	1.9
漁網荷重2	1.09	1.28	0.11	3.9	22.8	3.2	3.2
漁網荷重3	1.02	1.29	0.10	3.0	21.7	5.8	5.2
漁網荷重4	0.97	1.30	0.09	2.3	20.6	-	7.5
漁網荷重5	0.91	1.31	0.08	1.4	19.4	-	10.0

また、ブルワークを水密と想定して復原力を評価した場合（付録 1 参照）、ネットホーラに 10 t の揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用（漁網荷重 5）しても本船は転覆せず（付録図 A. 1 参照）、傾斜角 ( $\phi_{ebt}$ ) 10.0° で釣り合いと推定される（表 4. 2）。

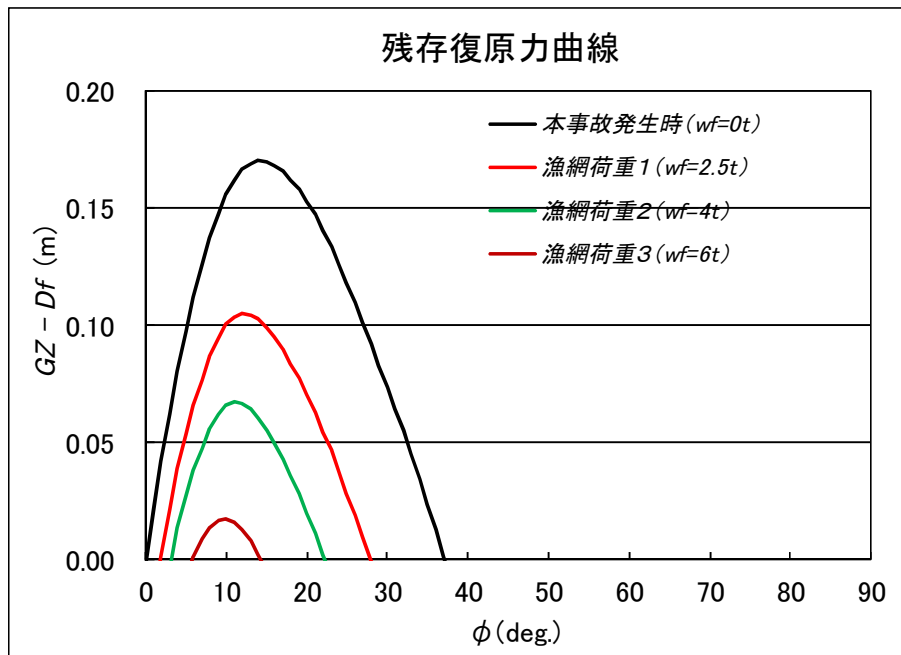


図 4. 2 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) 曲線

図 4. 2 に揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) 曲線を示す。揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が 8 t 以上 (漁網荷重 4 及び漁網荷重 5) では、傾斜偶力  $D$  が復原力 ( $GZ$ ) より大きくなり残存復原力 ( $GZ-D$ ) が負となるため、図に記載していない。

図 4. 2 から揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用することにより、残存復原力 ( $GZ-D$ ) が減少することが分かる。

ネットホーラに作用する揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が 6 t の場合 (漁網荷重 3 : 茶線)、残存復原力 ( $GZ-D$ ) の最大値は 0.02 m となり、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用しない場合 (本事故発生時状態 : 黒線) の残存復原力 ( $GZ-D$ ) 0.17 m の 1 割程度となる。

また、漁網荷重 3 ( $w_f=6$  t) では復原力消失角 ( $\phi_v$ ) は  $14^\circ$  で本事故発生時状態の復原力消失角 ( $\phi_v$ )  $37^\circ$  の 4 割未満に減少する。

さらに、残存復原力 ( $GZ-D$ ) 曲線と横軸で囲まれた動復原力 (単位 :  $m \cdot rad$ ) は、漁網荷重 3 では  $0.002 m \cdot rad$  であり、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) を算入しない本事故発生時状態の動復原力  $0.070 m \cdot rad$  の 3% 程度に減少する。

そのため、ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) 6 t が作用する場合には、当該荷重による傾斜角 ( $\phi$ ) は  $5.8^\circ$  (表 4. 2) であるが、残存復原力 ( $GZ-D$ ) をほぼ喪失した状態になると考えられる。

#### 4.2.2 漁網の荷崩れの影響

本船の事故では、漁網の荷崩れは、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) による右舷側への大傾斜により誘起されたと考えられる。そのため、漁網の荷崩れが発生した状態では、本船に、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) に加え、漁網の荷崩れによる傾斜外力が作用したと想定される。

ここでは、まず、漁網の荷崩れが単独で発生した場合を想定して、荷崩れによる漁網の重心の左右方向の移動距離 ( $\ell_{net}$ ) をパラメータに傾斜角 ( $\phi$ ) と残存復原力 ( $GZ-D$ ) を算定し、4.2.1 節で検討した揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) だけが作用した場合の傾斜角 ( $\phi$ )、残存復原力 ( $GZ-D$ ) を比較して、その影響を検討した。

次に、漁網の荷崩れの影響を検討するために、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) に加えて漁網の荷崩れによる傾斜外力が作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) と揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) のみが作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ )、漁網の荷崩れが単独で発生した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) を比較した。

##### (1) 漁網の荷崩れが単独で発生した場合

第3章で本事故発生時状態とした揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用しない状態で、本事故発生時に船尾甲板に積載されていた漁網 (重量約 8.3 t : 表 3.1) が荷崩れを起こし、その重心が船尾甲板の幅 ( $B_{net}$ ) の  $1/32$ 、 $1/16$ 、 $1/8$ 、 $1/4$  だけ移動した場合の傾斜角 ( $\phi$ ) を計算した。

その際、船尾甲板の幅 ( $B_{net}$ ) は、同型船の計測値 5.7 m とした。

漁網の重心が船尾甲板の幅 ( $B_{net}$ ) の  $1/4$  だけ移動した状態は、船尾甲板に積載されていた漁網が、荷崩れに伴い傾斜舷側に全て移動した状態に相当する。

なお、今回の計算では、荷崩れ後の漁網の状況が不明であったため、荷崩れに伴う漁網の重心の高さの変化はないと仮定した。

漁網の荷崩れによる傾斜偶力てこ ( $D_{net}$ ) は、(4.2) 式を用いて評価した。

$$D_{net} = \frac{w_{net} \cdot \ell_{net}}{W} \cos \phi \quad \dots (4.2)$$

ここで、 $w_{net}$  は漁網の重量、 $\ell_{net}$  は荷崩れによる漁網の重心の左右方向の移動距離、 $W$  は排水量、 $\phi$  は傾斜角である。

図 4.3 に本事故発生時状態の復原力 ( $GZ$ ) 及び漁網の荷崩れに伴う傾斜偶力てこ ( $D_{net}$ ) を示す。

また、表 4.3 に図 4.3 の復原力 ( $GZ$ ) 曲線と傾斜偶力てこ ( $D_{net}$ ) 曲

線の交点に対応する「漁網の荷崩れが発生した場合の傾斜角 ( $\phi_{e-net}$ )」を漁網の重心の移動量ごとに示す。

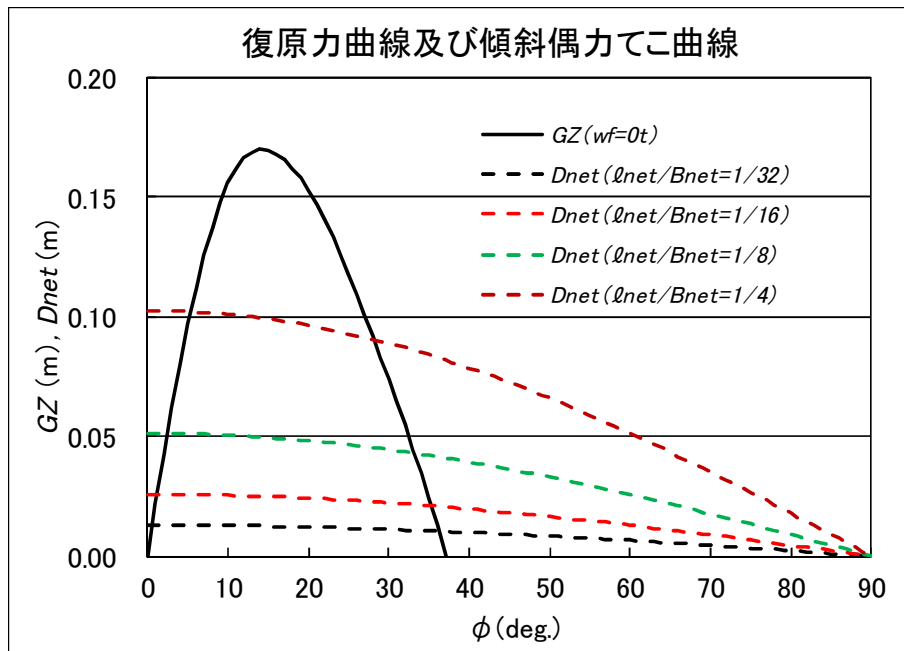


図 4. 3 本事故発生時状態の復原力 ( $GZ$ ) 曲線及び漁網の荷崩れが発生した場合の傾斜偶力てこ ( $D_{net}$ ) 曲線

表 4. 3 漁網の荷崩れが発生した場合の傾斜角 ( $\phi_{e-net}$ )

状態	$l_{net}/B_{net}$	$\phi_{e-net}$ (deg.)
漁網荷崩れ1	1/32	0.6
漁網荷崩れ2	1/16	1.2
漁網荷崩れ3	1/8	2.5
漁網荷崩れ4	1/4	5.3

船尾甲板に積載されていた漁網が荷崩れによって全て傾斜舷側へ移動した状態に相当する「漁網の重心が船尾甲板の幅 ( $B_{net}$ ) の  $1/4$  だけ移動 ( $l_{net}/B_{net}=1/4$ ) した場合 (漁網荷崩れ状態 4)」の傾斜角 ( $\phi_{e-net}$ ) は  $5.3^\circ$  であり、ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) 6 t が作用する場合 (表 4. 2 : 漁網荷重 3) と同程度の傾斜角 ( $\phi$ ) となる。

ただし、残存復原力 ( $GZ-D$ ) を比較すると、漁網の荷崩れにより漁網の重心が船尾甲板の幅 ( $B_{net}$ ) の  $1/4$  だけ移動した場合 (図 4. 4 : 茶色破線) の方が、ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) 6 t が作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) (図 4. 2 : 茶色実線) より大きくなっている。

そのため、漁網の荷崩れが単独で発生した場合には、ネットホーラに揚網

に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) 6 t が作用して同じ程度の傾斜角 ( $\phi$ ) が生じる場合より、転覆に対する危険性は少ないと考えられる。

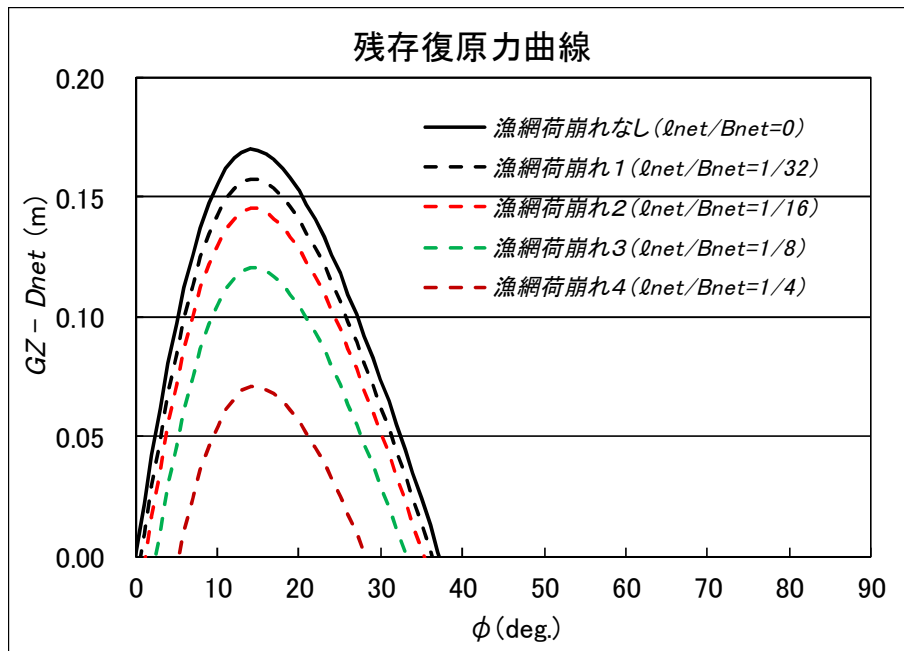


図 4. 4 漁網の荷崩れが発生した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) 曲線

(2) 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用した状態で漁網の荷崩れが発生した場合

漁網の荷崩れの影響を検討するために、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) に加えて漁網の荷崩れによる傾斜外力が作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) を計算し、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) だけが作用した場合や漁網の荷崩れが単独で発生した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) と比較した。

計算は、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) として、2.5 t、4 t、6 t の 3 ケース想定し、船尾甲板に積載されていた漁網 (重量約 8.3 t : 表 3.1) が傾斜角 ( $\phi$ )  $18^\circ$  で荷崩れを起こし、漁網の重心が船尾甲板の幅 ( $B_{net}$ ) の  $1/32$ 、 $1/16$ 、 $1/8$ 、 $1/4$  だけ移動した場合について行った。

なお、比較のため、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用しない状態 ( $w_f = 0$  t) で、傾斜角 ( $\phi$ )  $18^\circ$  で漁網が荷崩れを起こした場合についても計算を行った。

図 4. 5 に揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用して漁網の荷崩れが発生した場合の復原力 ( $GZ$ ) (実線) 及び傾斜偶力てこ ( $D$ ) (破線) を示す。

漁網の荷崩れは傾斜角 ( $\phi$ )  $18^\circ$  で発生するとしているので、傾斜偶力

てこ ( $D$ ) は、傾斜角 ( $\phi$ )  $18^\circ$  で増加する。

図 4.5 に示した状態の残存復原力 ( $GZ-D$ ) を図 4.6 及び図 4.7 に示す。

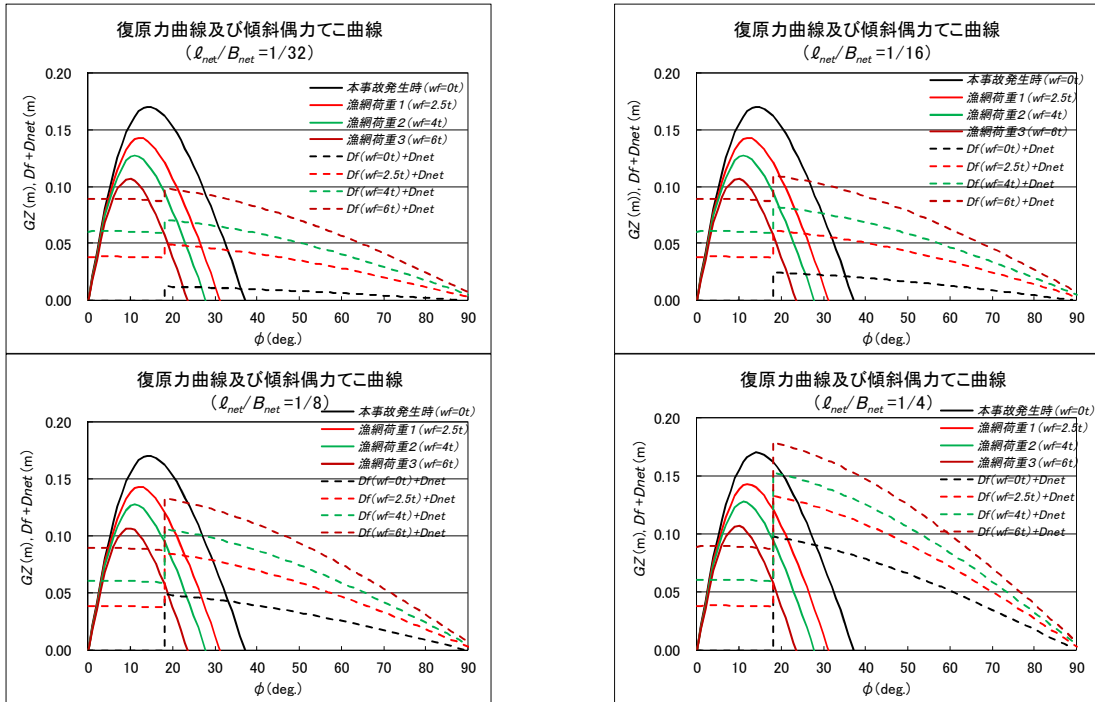


図 4.5 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用して漁網の荷崩れが発生した場合の復原力 ( $GZ$ ) 曲線及び傾斜偶力てこ ( $D$ ) 曲線

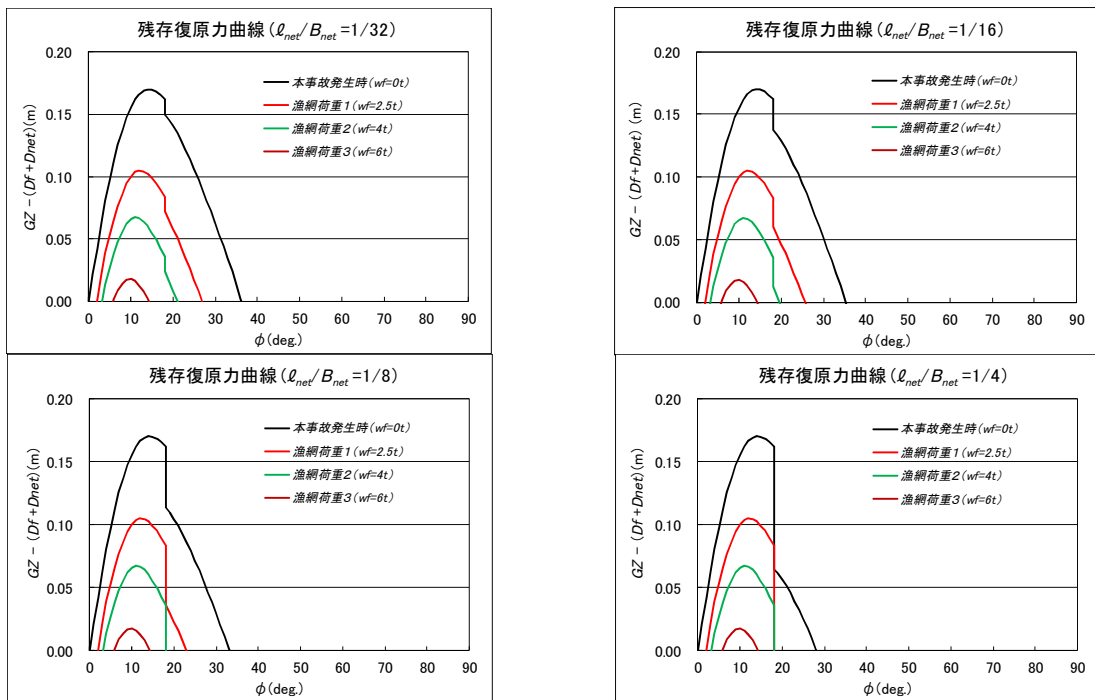


図 4.6 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用して漁網の荷崩れが発生した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) 曲線 (パラメータ: 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ))

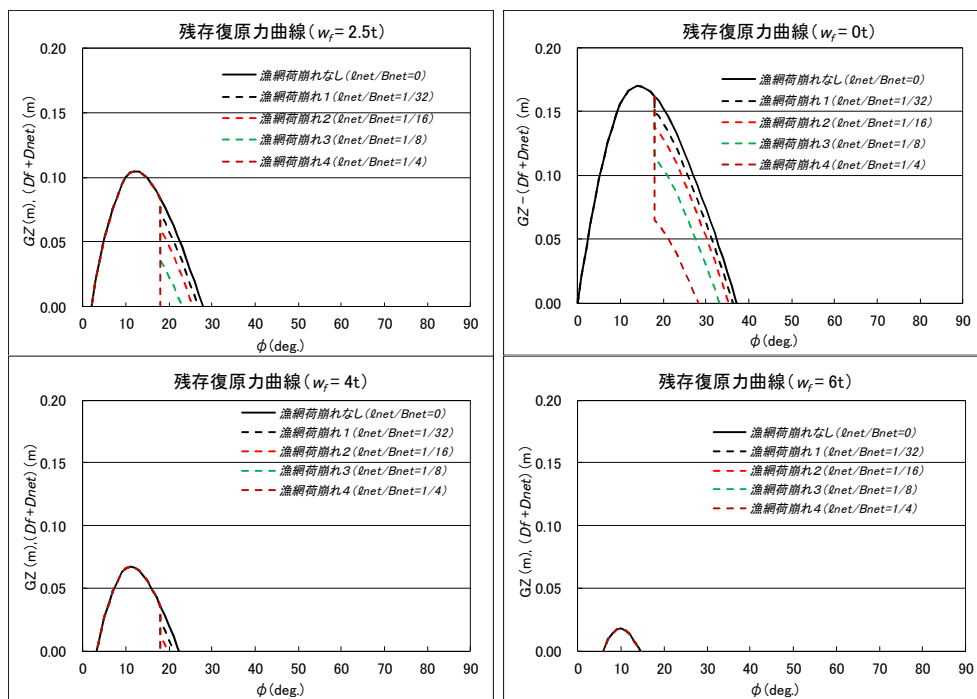


図 4. 7 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用して漁網の荷崩れが発生した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) 曲線 (パラメータ: 荷崩れによる漁網の重心の左右方向の移動距離  $l_{net}$ )

図 4. 6 は、荷崩れによる漁網の重心の左右方向の移動距離 ( $l_{net}$ ) を一定として揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) をパラメータとして残存復原力 ( $GZ-D$ ) を整理した結果であり、図 4. 7 は揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) を一定に、荷崩れによる漁網の重心の左右方向の移動距離 ( $l_{net}$ ) をパラメータに残存復原力 ( $GZ-D$ ) を整理した結果である。

図 4. 2 に示したように揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が 6 t の場合、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) だけが作用した場合の復原力消失角 ( $\phi_v$ ) が  $14^\circ$  であり、漁網の荷崩れによる傾斜外力が発生する (傾斜角 ( $\phi$ ):  $18^\circ$ ) 前に残存復原力 ( $GZ-D$ ) が負となるため、残存復原力 ( $GZ-D$ ) に漁網の荷崩れの影響が現れない (図 4. 7 右下図)。

表 4. 4 に揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用して漁網の荷崩れが発生した場合の残存動復原力 (単位:  $m \cdot rad$ ) を示す。

揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用しない状態 ( $w_f = 0 t$ ) で、漁網の荷崩れがない場合 ( $l_{net}/B_{net} = 0$ ) は、第 3 章で検討した本事故発生時状態であり、その動復原力は  $0.070 m \cdot rad$  である。

表 4. 4 から、次のことが分かる。

- ① 漁網の荷崩れがない場合 ( $l_{net}/B_{net}=0$ )、ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) 2.5 t が作用 ( $w_f=2.5$  t) すると、残存動復原力は 0.030 m・rad となり、本事故発生時状態の動復原力 (0.070 m・rad) の4割程度に減少する。
- ② 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用しない ( $w_f=0$  t) 場合、船尾甲板に積載されていた漁網が荷崩れによって全て傾斜舷側へ移動 ( $l_{net}/B_{net}=1/4$ ) しても残存動復原力は0.045 m・rad であり、本事故発生時状態の動復原力 (0.070 m・rad) の6割以上保持される。
- ③ 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が大きくなると、漁網の荷崩れによる残存動復原力の減少割合が小さくなる。
- そのため、漁網の荷崩れが転覆に及ぼす影響は、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が転覆に及ぼす影響に比べて小さいと考えられる。

表 4.4 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用して漁網の荷崩れが発生した場合の残存動復原力 (単位: m・rad)

状態	$l_{net}/B_{net}$	漁獲物を含んだ漁網による荷重 $w_f$ (t)			
		0	2.5	4	6
漁網荷崩れなし	0	0.070	0.030	0.014	0.002
漁網荷崩れ1	1/32	0.066	0.028	0.013	0.002
漁網荷崩れ2	1/16	0.062	0.027	0.013	0.002
漁網荷崩れ3	1/8	0.056	0.024	0.013	0.002
漁網荷崩れ4	1/4	0.045	0.023	0.013	0.002

なお、今回の検討では、漁網の滑動角 (荷崩れの発生日) を  $18^\circ$  と設定したが、滑動角が小さくなれば、漁網の荷崩れによる残存動復原力の減少量が今回の検討結果 (図 4.6、図 4.7 及び表 4.4) より大きくなると推測される。

しかしながら、本事故時、漁網の荷崩れは転覆する直前に発生したものと考えられるので、漁網の荷崩れは復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) が生じる傾斜角 ( $\phi$ ) より傾斜が大きくなった状況で発生したものと考えられる。

そのため、本事故時、漁網の荷崩れが転覆に及ぼした影響は限定的であったと考えられる。

## 5. まとめ

平成23年12月22日、島根県浜田市沖で発生した漁船転覆事故の調査に資するため、①本船の同型船の重心計測等を行い、②それに基づいて事故時の本船の復原性を算定し、③本船の転覆のメカニズムについて検討を行った。

今回の解析調査によって得られた知見をまとめると次のとおりである。

### (同型船の重心等の計測)

- ① 同型船を対象に復原性試験等を実施するとともに、復原性試験時の搭載物（乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網）の重量及び搭載位置（重心位置）を補正した結果、同型船の軽荷状態での排水量（ $W$ ）は、81.84 t、重心の高さ（ $KG$ ）は1.46 m、重心の前後位置（ $mid-G$ ）は0.146 m（船体中央より前方）と推定された。

### (本事故発生時の復原性の検討)

- ① 本船は、同型船の軽荷状態及び本事故発生時における搭載物（乗組員、燃料、清水、バラスト水、食料及び船尾甲板の漁網）の重量重心から推定した排水量、重心位置で事故時の本船の復原性を算定した結果、復原力の最大値（ $GZ_{max}$ ）が、軽荷状態で0.33 mとなるのに対して、本事故発生時状態では0.17 mと約半分になり、復原力消失角（ $\phi_v$ ）が、軽荷状態に比べて $15^\circ$  小さい約 $37^\circ$  となるなど、本事故発生時の搭載物によって復原性が低下していたものと考えられる。
- ② 本船は、事故時の本船の復原性と基準値を比較したところ、「揚網に伴う傾斜外力（ $w_f$ ）を算入しない本事故発生時状態」では、メタセンタ高さ（ $GM$ ）が1.25 mと推定され、船舶復原性規則第24条第1項で要求されるメタセンタ高さ（ $GM$ ）の基準値1.12 m以上の値となり、本事故発生時状態ではメタセンタ高さ（ $GM$ ）に関する基準に適合した状態であったと考えられる。
- ③ 本船は、「ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力（ $w_f$ ）6 tが作用する本事故発生時揚網状態」では、限界傾斜角である舷端没水角（ $\phi_d$ ）における復原てこ（ $GZ_\alpha$ ）が0.05 mと推定され、船舶復原性規則第24条第2項で要求される基準値（漁具等操作により生じる傾斜偶力てこ（ $D$ ））0.09 mより小さな値となったことから、本事故発生時揚網状態では、限界傾斜角における復原てこ（ $GZ_\alpha$ ）に関する基準に適合しない状態であったと考えられる。

### (転覆メカニズムの検討)

- ① 調査官から説明があった事故の発生シーケンスから、主な事故関連要因として、揚網に伴う右舷側への傾斜と、網の荷崩れが考えられる。
- ② 本船は、揚網に伴う傾斜外力（ $w_f$ ）としてネットホーラに掛かる揚網に伴う傾斜外力（ $w_f$ ）をパラメータに傾斜角（ $\phi$ ）を算定した結果、揚網に伴う傾斜外力（ $w_f$ ）がネットホーラの定格荷重6 tの場合、 $5.8^\circ$  傾斜して釣り合うが、7.5 t以上の荷重が作用すると、復原力（ $GZ$ ）と傾斜偶力てこ（ $D$ ）が

釣り合う傾斜角 ( $\phi$ ) が存在せず、傾斜が増大し続けて転覆に至ると推定された。

また、本船は、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が 6 t の場合、残存動復原力は 0.002 m·rad であり、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用しない場合 (本事故発生時状態) の動復原力 0.070 m·rad の 3% 程度に減少することから、ネットホーラに 6 t の荷重が作用する場合、残存復原力 ( $GZ-D$ ) をほぼ喪失した状態になると考えられる。

- ③ 本船は、漁網の荷崩れが単独で発生したと想定して、荷崩れによる漁網の重心の左右方向の移動距離 ( $l_{net}$ ) をパラメータに傾斜角 ( $\phi$ ) を算定した結果、船尾甲板に積載されていた漁網が荷崩れによって全て傾斜舷側へ移動した状態に相当する「漁網の重心が船尾甲板の幅 ( $B_{net}$ ) の 1/4 だけ移動した場合」の傾斜角 ( $\phi$ ) が 5.3° となり、ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) 6 t が作用する場合と同程度の傾斜角 ( $\phi$ ) と推定された。
- ④ 本船は、漁網の荷崩れが単独で発生した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) と揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) のみが作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) を比較した結果、漁網の荷崩れがない場合に、ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) 2.5 t が作用すると残存動復原力は 0.030 m·rad となるのに対し、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用しない場合に、船尾甲板に積載されていた漁網が荷崩れによって全て傾斜舷側へ移動しても残存動復原力は 0.045 m·rad となり、漁網の荷崩れが転覆に及ぼす影響は、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が転覆に及ぼす影響に比べて小さいと考えられる。
- ⑤ 本船は、漁網の荷崩れの影響を検討するために、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) に加えて漁網の荷崩れによる傾斜外力が作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) を計算した結果、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が大きくなると、漁網の荷崩れによる残存動復原力の減少割合が小さくなることが分かった。
- ⑥ 本船は、本事故時、漁網の荷崩れは転覆する直前に発生したものと考えられるので、漁網の荷崩れは復原力の最大値 ( $GZ_{max}$ ) が生じる傾斜角 ( $\phi$ ) より傾斜が大きくなった状況で発生したものと考えられる。そのため、本事故時、漁網の荷崩れが転覆に及ぼした影響は限定的であったと考えられる。

## 付録1 ブルワークを考慮した復原力

本船は、ブルワークに設置された放水口が完全に閉鎖されていて、放水口から甲板上へ海水の逆流が生じない場合、ブルワーク上端没水角 ( $\phi_{bt}$ ) までは、ブルワークを水密とした復原力 ( $GZ$ ) が作用すると考えられる。

また、本船は、傾斜した状態で、ブルワークの船外側と船内側に水位差が生じた場合、ブルワークに作用する水圧が復原力として作用することも考えられる。

なお、本船は、いずれの場合もブルワーク上端が水没し、ブルワークの船外側と船内側の水位が等しくなると、復原力 ( $GZ$ ) が上甲板までを水密とした場合と一致すると考えられる。

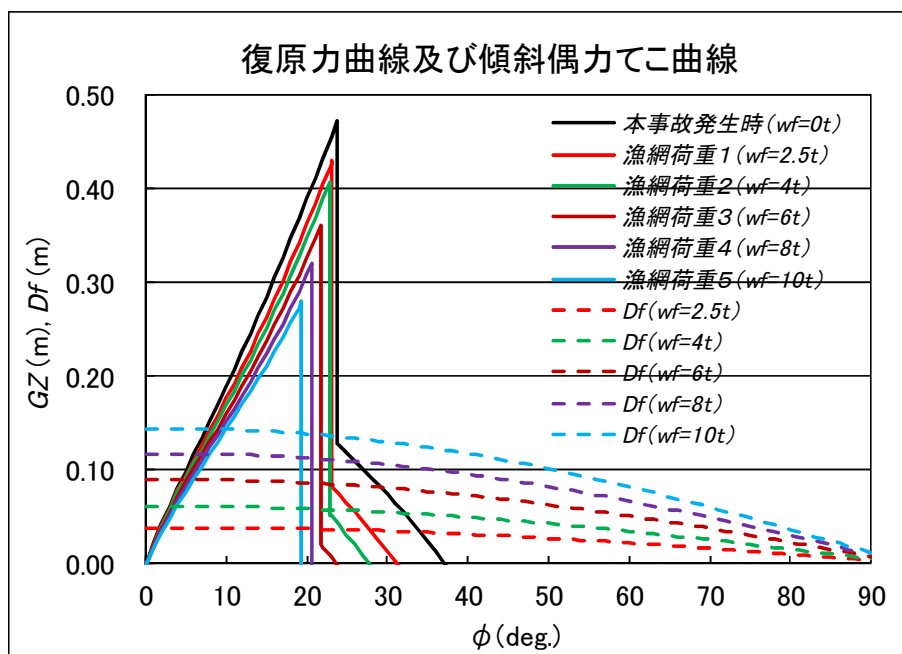
図A.1に、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用した場合に、上述した考え方で計算したブルワークを考慮した復原力 ( $GZ$ ) と傾斜偶力てこ ( $D_f$ ) を示す。

計算状態は、図4.1に示した状態と同一 (表4.1) である。

本船は、ブルワークを水密と想定した場合、ネットホーラに10 tの荷重が作用 (漁網荷重5) しても転覆せず (復原力 ( $GZ$ ): 水色実線、傾斜偶力てこ ( $D_f$ ): 水色破線)、 $10^\circ$  傾斜して釣り合う (表4.3)。

本船は、ネットホーラに作用する揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が8 t以上の場合 (漁網荷重4、漁網荷重5) には、上甲板までを水密とした場合の復原力消失角 ( $\phi_v$ ) (図4.1) よりブルワーク上端没水角 ( $\phi_{bt}$ ) (表4.2) の方が大きい。

そのため、本船は、ブルワーク上端が水没すると復原力 ( $GZ$ ) が0となり、ブルワークを考慮した場合の復原力消失角 ( $\phi_v$ ) が、ブルワーク上端没水角 ( $\phi_{bt}$ ) に一致する。



図A.1 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用した場合の復原力 ( $GZ$ ) 曲線及び傾斜偶力てこ ( $D_f$ ) 曲線 (ブルワークを水密と仮定)

図A. 2に図A. 1に示した状態の残存復原力 ( $GZ-D$ ) 曲線を示す。

本船は、ブルワークを水密と想定した場合には、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用しても、上甲板までを水密とした場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) (図4. 2) より大きな復原力 ( $GZ$ ) が保持される。

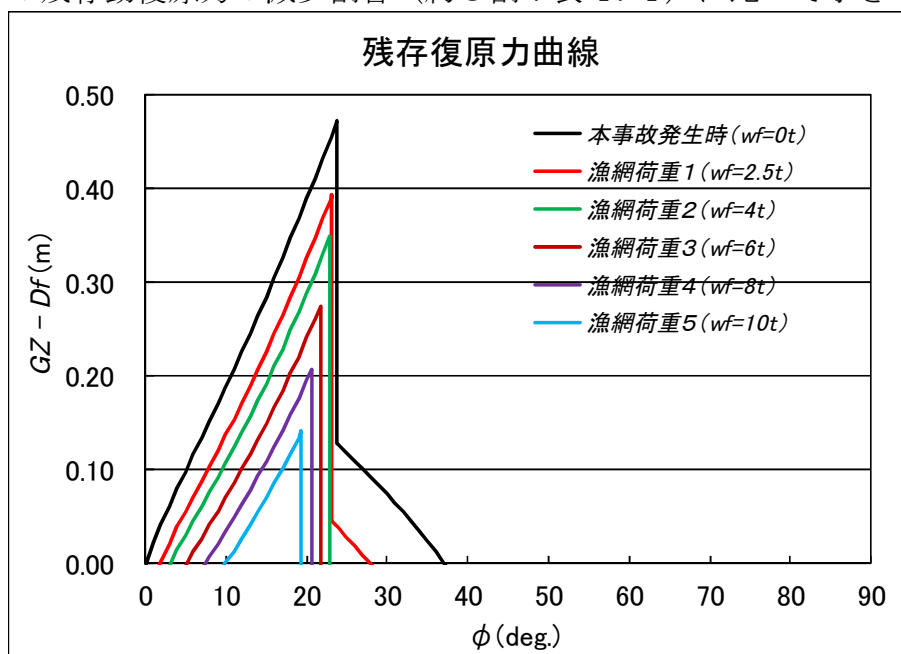
しかしながら、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用することにより残存復原力 ( $GZ-D$ ) が減少する傾向は、上甲板までを水密とした場合と同じである。

図A. 3に、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用して漁網の荷崩れが発生した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) 曲線を示す。

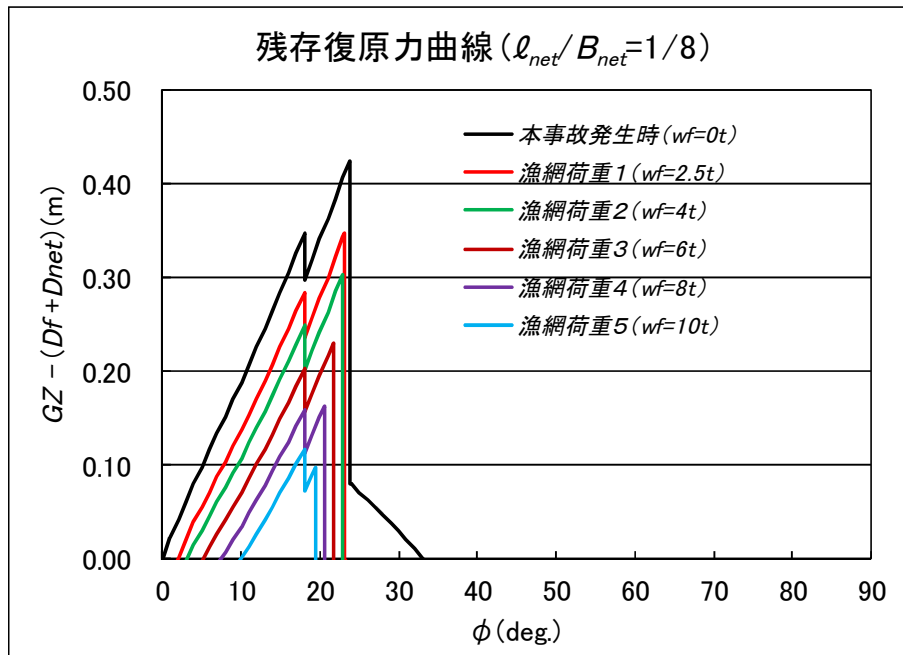
漁網の荷崩れが発生する傾斜角は $18^\circ$ 、荷崩れによる漁網の重心の左右方向の移動距離 ( $l_{net}$ ) は船尾甲板の幅 ( $B_{net}$ ) の $1/8$ としている。

上甲板までを水密とした場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) (図4. 6左下図) と異なり、ブルワークを水密と想定した場合には、漁網の荷崩れが発生した後もブルワーク上端が水没する角度まで復原力 ( $GZ$ ) は増加する。

そのため、揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) 4 t が作用した状態 (漁網荷重2) で漁網の荷崩れが発生した場合 (図A. 3茶線) の残存動復原力は $0.048 \text{ m}\cdot\text{rad}$  となり、ネットホーラに揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用しない場合 ( $w_f=0 \text{ t}$  : 図A. 3黒線) の残存動復原力 ( $0.097 \text{ m}\cdot\text{rad}$ ) の5割程度保持され、上甲板までを水密とした場合の残存動復原力の減少割合 (約8割 : 表4. 4) に比べて小さくなる。



図A. 2 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) 曲線 (ブルワークを水密と仮定)



図A. 3 揚網に伴う傾斜外力 ( $w_f$ ) が作用して漁網の荷崩れが発生した場合の残存復原力 ( $GZ-D$ ) 曲線 (荷崩れによる漁網の重心の左右方向の移動距離:  $\ell_{net}/B_{net}=1/8$ ) (ブルワークを水密と仮定)

参考文献

- [1] 国土交通省海事局：漁船「第五龍寶丸」事故再発防止検討会報告書、pp. 153-155、平成13年3月
- [2] 森田知治：船舶復原論—基礎と応用—、pp. 176-179、海文堂、昭和60年4月