

昭和44年横審第128号

機船ぼりばあ丸遭難事件

言渡年月日 昭和47年11月28日

審判庁 横浜地方海難審判庁（乗田道雄、岡辺康荘、三田達三、参審員生野熊一、村田義鑑）

理事官 星野基、大伴叔了、福森正直、小林芳正

損 害

船体第2番貨物倉付近で折損沈没、船長ほか乗組員30名死亡、2名負傷

原 因

原因不明

主 文

本件遭難は、ぼりばあ丸が鉄鉱石を貨物倉ひとつおきに積載した場合、船側構造及び二重底の各強度が不足していたところ、バラストタンク内が予想外に腐食し、船体主要鋼材の腐食衰耗箇所に応力集中をきたした結果、第2番貨物倉付近において折損するにいたったものと考えられるが、船体の折損状況を確認できず、たほうでは、その他の原因が単一または重畳して船体、折損にいたった可能性も考えられ、結局、本件の発生の原因を断定することができない。

理 由

（事実）

船 種 船 名 機船ぼりばあ丸

総 ト ン 数 33,768トン

載貨重量トン数 54,271トン

排 水 ト ン 数 65,656トン

長 さ 223.00メートル（全長）

213.00メートル（垂線間）

幅 31.70メートル

深 さ 17.30メートル

満 載 喫 水 11.50メートル

機 関 の 種 類 過給機付2サイクル単動6シリンダディーゼル機関1個

馬 力 15,000軸馬力

建 造 年 月 昭和40年9月

造 船 所 D株式会社

船 級 日本海事協会NS*及びMNS*

船 質 全溶接構造鋼船

用 途 ばら積貨物船

航海速度 14.8ノット（計画最高15.9ノット）

受審人 A

職名 二等機関士

海技免状 甲種機関長免状

指定海難関係人 B

職名 D株式会社専務取締役

指定海難関係人 C

職名 E株式会社専務取締役

事件発生年月日時刻及び場所

昭和44年1月5日午前10時30分ごろ（日本標準時）

北緯33度0分東経144度36分（概位）

第1部 事実

第1、本船建造までの経緯

1、本船建造当時のすう勢

昭和38年7月1日我が国海運の国際収支の赤字改善と海運企業の体質強化を図るため、「海運業の再建整備に関する臨時措置法」並びに「外航船舶建造融資利子補給及び損失補償法及び日本開発銀行に関する外航船舶建造融資利子補給臨時措置法の一部を改正する法律」の、いわゆる海運再建2法が制定公布されたが、これを追って同年末ごろ、翌年春に予定されていたIMF8条国移行、更にOECD加盟を控えて国際収支の一層の改善が論議され、政府はこの改善策の一環として貿易外収支のうち最も比重の大きい海運関係国際収支の改善を図るため、大量の外航船舶建造を改めて検討することとなった。運輸省は、この方針に基づき海運国際収支改善の目標、これに必要な船腹量、所要資金、船腹拡充計画遂行のための措置などについて検討を進めていたが、同39年2月27日次のような「海運国際収支改善策」を発表した。

- ① 昭和42年度において貨物運賃収支を均衡させる。
- ② このため39年度から42年度末までに538万総トンの外航船舶を建造する。
- ③ 所要資金は、すでに手当ずみのものを除いて約3,234億円である。
- ④ 船腹拡充計画遂行のための措置として船台の確保、船価の低減、開銀融資方針の再検討、邦船の効率的使用などが必要である。

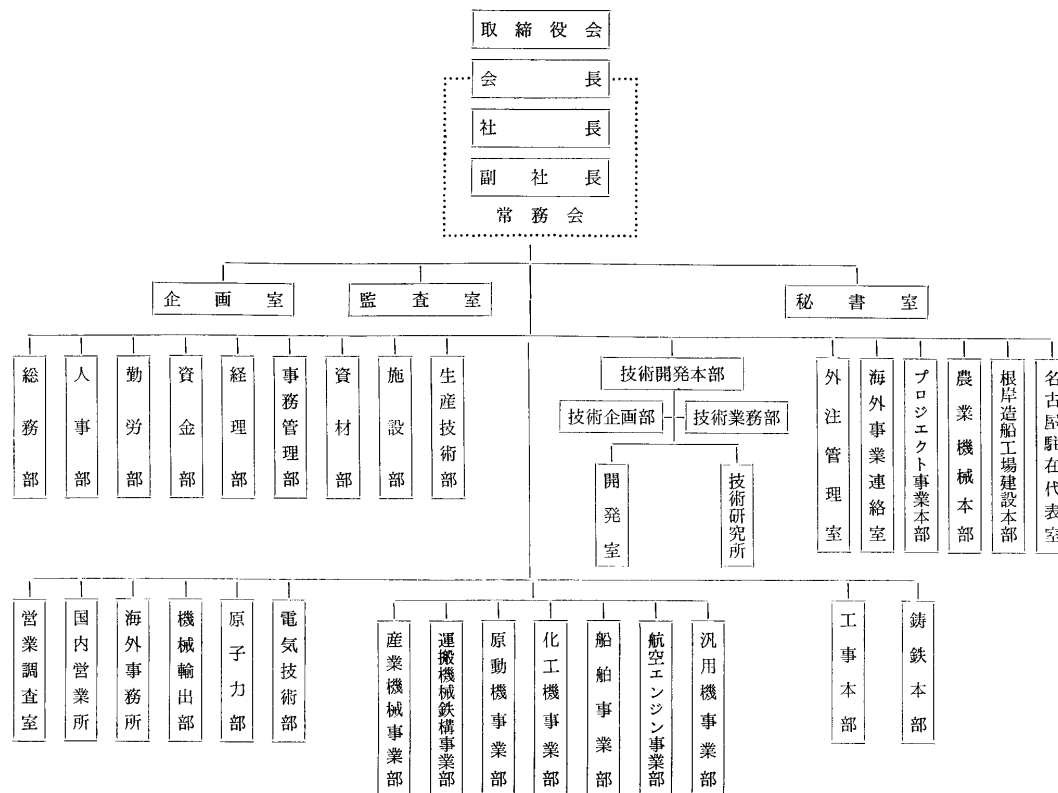
この改善策は、前示海運再建2法とともに第20次計画造船以降の飛躍的な新造船腹拡充の推進力となったものである。

いっぽう造船界においても技術革新の波がおし寄せ、船舶の巨大化、専用船化、高速化、自動化等の要望がいちじにわき上がり、ばら積貨物船については、従来船倉部がトップサイドタンク、船側肋

骨、ビルジホッパー、二重底及び前後の隔壁によって囲まれる船型で、比較的小型のものは建造されたが、船の長さが200メートルを越える大型船は、国内船としてはまだ建造されておらず、昭和39年第20次計画造船において建造トン数が飛躍的に増大した際、大型ばら積貨物船に鉄鉱石など比重の大きい鉱石をも積載できる、いわゆる多目的ばら積貨物船が建造されるようになり、ぼりばあ丸はこの種貨物船の第1船として、E株式会社（以下E社という。）の発注により、D株式会社（以下D社という。）東京第2工場において建造された。

D社は、世界一の造船量を誇る日本造船界の大手6社中の1社で、本船建造当時その本社機構は第1表のとおりであるが、そのうち造船部門としては、本社に船舶事業部、地方に相生第1工場、名古屋造船所、横浜第2工場及び東京第2工場があり、社長には昭和39年11月以来Fが在職していた。指定海難関係人Bは、同年12月船舶事業部長となり、翌々41年12月から海陸を兼ねて営業を統轄し、翌々43年12月末機構改正による船舶事業本部長となり、更に翌々44年4月船舶営業本部長となって終始船舶関係部門の社業に参画していた。

第1表 D 株式会社機構図（昭和40年6月1日現在）



2、E社、G社間の用船契約

本契約は、昭和39年7月10日日本において締結され、その内容の主なものは次のとおりである。

- (1) 船 級 日本海事協会の最高船級（NS*及びMNS*）を有すること。
- (2) 機 関 15,000軸馬力
- (3) 載貨容積 67,000立方メートル
- (4) 載貨重量 54,300メトリックトン
- (5) 満載喫水 11.5メートル（夏期乾舷において）
- (6) 速 力 約15ノット

(7) 用船期間

10年、ただし、その期間には1ヶ月の加減が認められ、用船者は第5年目の終わりまでに最後の4年間を解約する選択権を持つものとする。

(8) 船主負担

乗組員の食料、賃金、領事査証料、雇傭料及び解雇料、船舶保険料、ボイラー水を含む船室、甲板、機関室並びにその他に必要な用品

(9) 用船者負担

燃料、港費、水先料、代理店手数料、口銭、領事査証費用（乗組員に関するものを除く。）及び前記のものを除くその他いっさいの通常費用

(10) 用船料

載貨重量トン数（1トンは2,240ポンドである。）1トンにつき1ドル80セント

(11) 付帯条項の主なものは、次のとおりである。

(イ) 本船の性能の調整は船主と用船者の間で毎年次の基準に従って行なうものとする。

- ① 積荷港または揚荷港を出航するときの全速力前進から、揚荷港または積荷港に到着するときの最初の減速時までの、ただし運河通過に要した時間と距離を除く、総航走距離に基づいて計算した平均速力が年間14.8ノットを下回った場合、船主は用船者に対して14.8ノットを下回る10分の1ノットごとに、1箇月載貨重量1トンあたり1セント4分の1を支払うものとする。
- ② 本船の平均速力が15.2ノットを上回った場合、用船者は船主に対して毎年超過ノット数10分の1ノットごとに、1ヶ月載貨重量1トンあたり1セント4分の1を支払うものとする。
- ③ 調整は用船期間の各1年目ごとの終わりに行なうものとする。本船が平均速力15.2ノットを越えたときには、用船者は船主に対して直ちにその差額を支払うものとする。平均速力が14.8ノット以下になった場合には、船主は用船者に対して、次期の用船料のインボイス（諸経費の明細）においてその差額を支払うものとする。

(ロ) 船主は左記の事項につき保証するものとする。

- ① 本船はアメリカ合衆国バージニア州のハンプトンローズかノーフォークで石炭を積み込むのに適したものであること。
- ② 本船を鉄鉱石の積み込み、輸送及びグラブバケットによる揚荷に適するように強化すること。
- ③ 本船はペルー国のサンファン湾でマルコナ式積み込み用ガントリークレーンの下で積み込みができるだけの十分なバラスト能力を持っていること。

(ハ) 本船は大体左記の主要寸法を有するものとする。

- ① 全 長 221.0メートル
- ② 垂線間長さ 211.0メートル
- ③ 船 幅 31.8メートル
- ④ 深 さ 17.5メートル

明細はパナマ運河当局に申請後最終的に決定するものとするが、必要な小規模の変更も本船の載貨重量または夏期喫水に影響を与えない範囲にとどめなくてはならない。

(ニ) 本船の船倉は5とする。

(ホ) 本契約は日本政府の承認を前提とするものとする。

用船契約では、船倉の数など取り決める必要がないと考えられるところ、(ニ)の条項は、後記のように主として荷役能率向上の見地から、本船の建造を請け負ったD社が事前に日本海事協会の了解を得たうえ、E社側から提案されたものである。

3、E社、D社間の建造契約

E社は、同社とG社との間に成立した前示用船契約に基づいて、D社との間に昭和39年12月21日建造契約を締結した。その内容の主なものは次のとおりである。

第1条 本船の要目は次のとおりとし、乙（D社）は、別紙添付の製造仕様書及び図面に従って本船を建造する。

(要目省略)

第2条 乙は良質の材料、機械、器具等を用いて本船を建造し、完成後の本船が船舶安全法及び関係諸法令による検査に合格し、かつ、航行区域は遠洋とし、日本海事協会のNS*及びMNS*の船級を取得するものならしめる。

第4条 乙は本船を本契約第1条及び第2条記載のとおり完成し、昭和40年8月31日までに造船所構内において甲（E社）に引き渡す。

第5条 本船の請負代価を金18億4千万円と定め、甲はこれを次のとおり現金をもって乙に支払う。
(以下省略)

第11条 本船の引渡し乙の責めに帰すべき事由により第4条の引渡し期限（本契約の条項によって引渡し期限が正当に延期されたときはその期限）より遅延し、その遅延日数が15日を越えたときは、乙はその15日を越える遅延日数1日につき本契約第5条の請負代価に対し、同条第3項記載の率によって算定した延滞料を甲に支払う。

第14条 乙は本船満載状態で連続最大出力、静水及び船底清浄状態における第12条の本船の試運転における速力が15.9ノットより少なくないことを保証する。本船の試運転における速力が15.9ノットより不足した場合には、乙はその不足分4分の1ノットごと（端数は切り捨てる）に第5条の請負代価の1,000分の5に相当する金額を違約金として甲に支払う。

建造契約書には、「添付の製造仕様書及び図面に従って本船を建造する。」と定められているが、本船建造契約調印時に同契約書に添付された仕様書及び図面としては、当時運輸省及び日本開発銀行に建造許可申請用として提出した仕様概要書（昭和39.8.12調製）及び縮尺500分の1の一般配置図（別紙図面参照）のみであり、建造仕様書は建造契約書と分離し、そのうち船体については昭和39年8月5日付仕様書（船体部）により打合せが行なわれた。

本船は、後記のように試運転の際ビルジホッパーのトランスリング、横置隔壁の垂直防撓材等が広範囲にわたって座屈し、その修理補強工事が同40年9月13日によりやく終わって即日E社に引き渡された。建造契約書には本船の引渡し期限が8月31日で遅延日数が15日を越えたときは延滞料を支払うよう定められていたが、D社では遅延日数が15日以内であったので、延滞料の支払いを免れた。

満載状態、連続最大出力状態における本船の試運転時の速力は、14,750馬力に対して15.

85ノットであり、これを15,000馬力に換算すると15.95ノットとなり、建造契約書に定めてある15.9ノットをわずかに上回った。左に同じ主要寸法、同型、同馬力の機関を有する類似船の海上試運転時における速力を示す。

船名	ぼりばあ丸	拓洋丸	八雲山丸	ジャパングラン
速力試験状態	バラスト状態	満載状態	二〇パーセント載貨状態	三〇パーセント載貨状態
主機負荷	MCR	MCR	MCR	MCR
平均速力	一六・六八	一五・八五	一八・一二	一七・六七〇
毎分回転数	一二五・五	一二五・一	一二七・二	一二六・五
平均馬力	一四、三七〇	一四、七五〇	一五、〇六〇	一三、二九五

第2 本船の建造

1、建造の基本方針

前示用船契約に基づき、E社では第20次計画造船にのせて本船を建造することとなり、前示建造契約の締結にあたり、昭和39年夏ごろ次の基本設計の条件を提示してD社にその建造を発注した。

- ① 積地がサンファン、サンニコラスで50,000重量トンの大型船であること。
- ② 積地のローダーの高さが低いので、貨物倉内にも海水を張って船側を沈め、ローダー作動を可能にすること。
- ③ 貨物として鉄鉱石のほかに、大西洋岸よりパナマ運河を通航してアメリカ合衆国東岸から石炭輸送もできること。

D社はこれを受け、主として基本設計部長Hが本船建造の基本方針を決め、構造は多目的ばら積貨物船とし、主要寸法については、船幅はパナマ運河通航可能のため31.7メートルとし、船の長さは船幅を考慮して210メートルとし、喫水はハンプトンローズを発航してからの燃料消費を考えパナマ運河通航可能のため11.5メートルをとって年間最大喫水とし、船の深さは載貨係数1ロングトンあたり47立方フィートの石炭を容積いっぱい積む場合を考えて17.3メートルとし、船倉配置については、海水を船倉内に張らなければならない関係上、つり合いのため5倉か7倉にすることを考えたが、荷役能率向上の見地から5倉とし、倉口については1船倉につき1倉口とし、倉口長さは、第1番倉を約13メートル、第2、3、4、5番倉をそれぞれ27メートルとし、倉口幅は船幅の40パーセント（以下%と略記する。）前後が標準であるので、これをとって約13.5メートルとした。

2、船体部構造（一般配置図及び中央切断図参照）

（1）一般配置

本船は、一層の全通甲板及び船首楼を有するばら積貨物船で、船橋及び機関室を船尾部に配置し、船尾は巡洋艦型、船首は球状船首を採用し、船体主要部分は二重底、トップサイドタンク、ビルジホッパー及び船側タンクを連続せしめたセルフトリミング型二重船殻構造とし、貨物倉5倉、バラストタンク10個及び燃料油タンク4個に分けられ、船尾部には上甲板上に5層の甲板を有し、下から順にボートデッキ、キャビンデッキ、キャプテンブリッジデッキ、ナビゲーションブリッジデッキ及びコンパスブリッジデッキと呼称され、2隻の救命艇は、ボートデッキに基部を有する重力式ダビットによってつり下げられ、平素はボート底部がほとんどキャビンデッキ面にくるよう巻き上げられており、ボートへの乗り降りは同デッキから行なうようになっていた。船首垂線後方約14.5メートルから前方が船首楼をなし、同楼後端の中心に船首楼甲板からの高さ約11メートルのフォアマストが1本立っており、強力甲板は、船体中央部において厚さ38ミリメートル（以下単にミリという。）のD級鋼を使用し、舷側との取合い部は曲率半径800ミリの丸形ガネルをなしており、船倉部の甲板には、各倉口すみ角部の外方で各倉口縁から約3.8メートル離れたところに、径約600ミリのふた付円型マンホールが各倉について両舷に2個ずつ計4個あけてあって、直下のトップサイドタンクに出入りできるようになっていた。

（2）貨物倉

船尾垂線前方約34.4メートルから船首垂線後方約12メートルの間の甲板下が貨物倉部をなし、貨物倉数は5個で各倉に1個ずつの大型倉口を有し、各倉の長さ及び容積は次のとおりである。

貨物倉の容積（単位立方メートル）

第 五 番 倉	第 四 番 倉	第 三 番 倉	第 二 番 倉	第 一 番 倉
一四、六三一・三（ ”	一四、九五〇・八（ ”	一四、九五〇・八（ ”	一四、九四九・一（ ”	七、七二七・〇（うちハッチ部 二五八・六）
五四〇・四（	五四〇・四（	五四〇・四（	五四〇・四（	

貨物倉の長さ（単位メートル）

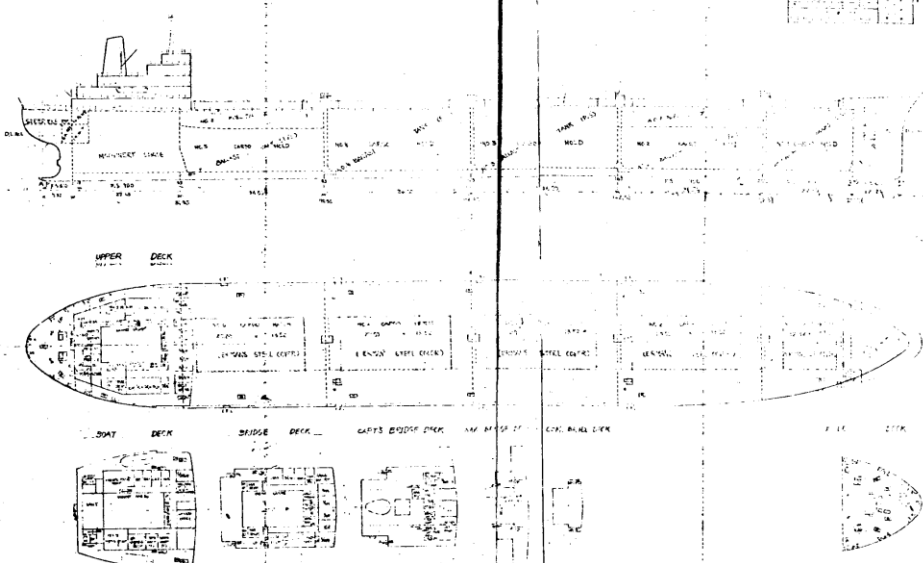
第 五 番 倉	第 四 番 倉	第 三 番 倉	第 二 番 倉	第 一 番 倉
三五・一〇	三五・一〇	三五・一〇	三五・一四	二一・六九

貨物倉部の横断面は、倉口、トップサイドタンク、二重船側、ビルジホッパー及び二重底によって囲まれるほぼ八角形をなし、船側及び水密隔壁を平板二重型構造としたため、倉内に突起が全くなく、荷役作業に都合のよい構造であった。貨物倉を5個としたため、各倉の長さが長大となり、容積の小さい第1番倉を除いた各倉については、横置隔壁の間隔が約35.1メートルで、船側内壁間の幅約29.6メートルに対し、貨物倉縦横比が約1.185となった。各貨物倉を区切る横置隔壁は、トップサイド、船側、ビルジホッパー及び二重底の各タンク内を貫通する本来の水密隔壁の船首側に、倉内に面する部分に限り1肋骨間隔をおいて付加的に横隔壁を設けて二重隔壁としたもので、各隔壁の垂直防撓材及び水平桁等はすべて二重隔壁ボイドスペース内面に設けられてあり、各隔壁下部は荷役の便のため斜板部をなしていたところ、本来の水密隔壁斜板部の下端が二重底肋板の中間に来るため、同所には直下の二重底の上下縦通材間の2肋骨間隔に厚さ10ミリの補強板が取り付けられてあった。なお、第2番倉及び第4番倉は、サンファン及びサンニコラスで鉄鉱石積込みの際倉内に張水できるように、深水タンクとしての強度を持たせるため、両倉内に面する隔壁材は高さに応じてそれぞれ増厚してあった。倉口は、第1番倉を除いて、いずれも長さ27メートル、幅13.52メートルの大型のもので、倉口すみ角部の応力集中を緩和させるため各倉口間の甲板を隆起甲板としたが、隆起甲板については、従来大型船特に鉄石運搬船では損傷が多い構造であるなどの理由により、設計の初期に日本海事協会から同方式をやめたほうがよいとの勧告を

受けたものであった。倉口ふたには、エルマンスチールハッチカバーを採用し、隆起甲板に同カバー巻取機をすえ付けて、船首尾方向に同カバーをす巻き状に繰り出したり巻き入れたりするようになっていた。

トップサイドタンクは、幅約9メートル高さ4.5メートル、倉内に面する斜板部の対水平傾斜角27度で、タンク内には上壁に9個の平板甲板下縦通材（以下縦通材をロンジという。）が、船側壁に4個の、斜板部に9個の各逆山形ロンジがそれぞれ設けられ、倉口側縁から舷側方1番目と2番目との甲板下ロンジの中間に甲板から直下の斜板部に達する甲板下縦桁が設けてあり、また、同タンク内の横強度部材として、4肋骨間隔ごとに厚さ9ミリのトランスリングが設けられ、同リングの中央部には高さ約2メートル、幅約4メートルのほぼ三角形の開口が設けてあった。船側部は、高さ5,100ミリ、肋骨間隔900ミリ、二重壁間隔1,045ミリであったが、いわゆる普通の肋骨はなく、各肋骨間隔に厚さ9ミリの仕切板を設けて肋骨に相当する役目を果させると同時に、船側外板と内殻板との間隔を保持させており、船側部の内外壁には特に補強材を設けていなかった。

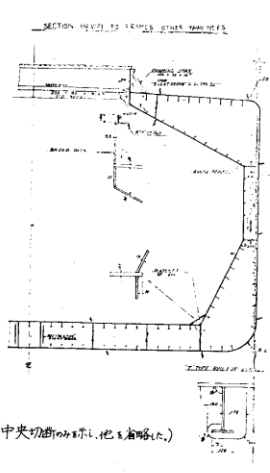
ビルジホッパーは、幅3.93メートル高さ7.7メートル、斜板部の対垂直傾斜角26度、湾曲部の曲率半径2.3メートルで、タンク内に面する船側に8個、船底に3個、斜板部に8個の各T型ロンジが設けられ、トップサイドタンク内のトランスリングと同厚でほぼ同型のトランスリングが4肋骨間隔ごとに設けられていた。二重底は、幅23,840ミリ、船底外板の厚さ19ミリ、内底板の厚さ20.5ミリで、船体中心線に沿い幅1,490ミリのパイプダクトを有し、その両舷側の二重底部をそれぞれ2個の側桁板で縦方向に3区画に区分したうえ、各区画のタンク内壁には、上部に4個ずつのT型内底板ロンジを、下部に同数の逆山形ロンジをそれぞれ設けてあり、また、横方向には、2肋骨間隔ごとに実体肋板が設けてあったが、これに連続すべきビルジホッパー内のトランスリングが前示のとおり4肋骨間隔であったため、同肋板は1枚おきにその両端部が支えのない、いわゆる遊び端部となり、これを補強するため、各遊び端部にビルジホッパー内からバラシングブラケットを設けてあったが、これは同タンクの中央の船底ロンジから同肋板の高さの約4分の3のところには達する三角板で、トランスリングの面積の約10分の1にも満たないものであった。なお、第2、5番倉のトップサイドタンクをそれぞれ第1番及び第2番燃料油タンクとして主にC重油を積載し、その容積は合計約3,658立方メートルで、重油積込みは、第2番燃料油タンクの場合には、船橋直前の甲板上両舷側に設けられた重油取入口から流し込みによりこれを行っていたが、第1番燃料油タンクの場合には、いったん機関室内の油移送ポンプで重油を引き、同ポンプによりパイプダクトを経て同タンクに圧送するようになっていたため、満量にするには約10時間を要する状況であった。



CLASS	PARTICULARS	MATERIAL	STRENGTH	REMARKS
	CLASS NO. 402			
	MANUFACTURER: NIPPON KAIYU KOSSEN			
	GENERAL ARRANGEMENT			

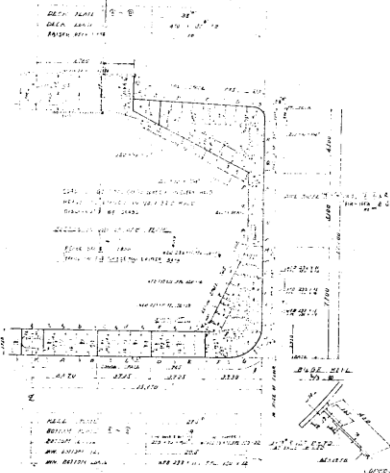
ISHIKAWA HULL & HEAVY INDUSTRIES CO., LTD. SHIPS DIVISION
 1942 船体工機部

23



CLASSIFICATION OF STEEL

CLASS	GRADE	THICKNESS
A	235	16
B	235	16
C	235	16
D	235	16
E	235	16
F	235	16
G	235	16
H	235	16
I	235	16
J	235	16
K	235	16
L	235	16
M	235	16
N	235	16
O	235	16
P	235	16
Q	235	16
R	235	16
S	235	16
T	235	16
U	235	16
V	235	16
W	235	16
X	235	16
Y	235	16
Z	235	16



NO.	DESCRIPTION	QTY.	REMARKS
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

別冊 表 ② 載入

GENERAL INFORMATION

CLASSIFICATION	...
DESIGNER	...
DATE	...
SCALE	...
PROJECT NO.	...
SHIP NO.	...
SHIP NAME	...
SHIP TYPE	...
SHIP TONNAGE	...
SHIP SPEED	...
SHIP RANGE	...
SHIP END USE	...

(中央切面は詳細は省略した)

CLASS	PARTICULARS	MATERIAL	STRENGTH	REMARKS
	CLASS NO. 402			
	MANUFACTURER: NIPPON KAIYU KOSSEN			
	GENERAL ARRANGEMENT			

ISHIKAWA HULL & HEAVY INDUSTRIES CO., LTD. SHIPS DIVISION
 1942 船体工機部

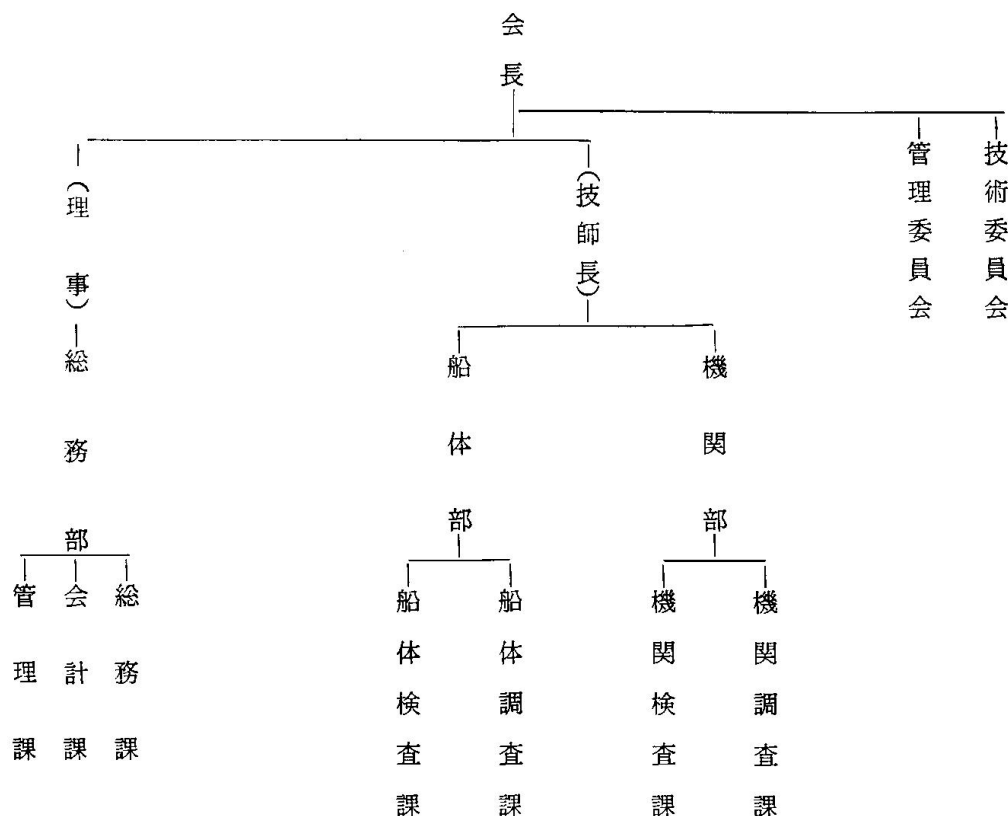
21

3、適用規則関係

船舶安全法第8条には、「主務大臣の認定したる日本の船級協会の検査を受け船級の登録をなしたる船舶にして旅客船に非ざるものはその船級を有する間第2条第1項第1号ないし第5号（船舶の所要施設）第10号ないし第12号（積付設備等及び電気設備）に掲ぐる事項及び満載喫水線に関し管海官庁の検査を受けこれに合格したるものとみなす」と規定して、日本の船級を取得する一般貨物船については、検査に関する権限を大幅に日本海事協会に移譲している。同協会は、同法第8条に規定する、運輸大臣の認定を受けて船舶検査を行なうために船級登録及び構造検査等に関する規則集を作成しているが、同規則集は、登録規則、鋼船規則、揚貨装置規則、冷蔵装置規則、消防設備規則、型式承認船用品検定規則、船用品等検査試験規則、国際条約による証書に関する規則及び国際定格5.5メートル級ヨット規則よりなり、このうち鋼船規則は、同規則集の大半を占める41編よりなる規定であって、これらの規定の各条文は、造船技術の進歩改善に遅れないよう、技術委員会、管理委員会による検討、議決を経たうえ、ほとんど毎年のように修正あるいは添削が行なわれている実情であったが、それでもなお今日の日進月歩の造船技術の進歩には追従し難く、そのつど内規、通ちょうあるいは解説を発して鋼船規則の不備を補足解説するよう努めていた。

日本海事協会は、財団法人日本海事協会寄附行為の定めるところによりその業務を行なう機関であって、本船建造当時は、その中央機関として本部に総務部、船体部及び機関部の3部、総務課、会計課、管理課、船体検査課、船体調査課、機関検査課及び機関調査課の7課のほか、主として海運及び造船関係の代表者よりなる管理委員会、主として学識経験者よりなる技術委員会並びに技術研究所があり、地方機関として12箇所に支部が設置されていた。左に同協会本部の組織を图示する。

日本海事協会本部組織図



船体検査課は、依頼者の提案にかかる船体及び艤装の設計の検討、承認及び補正に関する事項、船体に関する各種の製造承認に関する事項等を担当し、船体調査課は、船体に関し鋼船規則その他諸技術規則の制定改廃に関する事項、船体に関する損傷調査に関する事項等を担当している。船体検査課員 I はぼりばあ丸の図面検査にあたったが、図面検査の決定権は検査課長、検査課員にはなく、船体部長以上の上司が掌握していた。

本船建造にあたっては、昭和 39 年版鋼船規則を適用したが、同規則には、第 1 編から第 26 編まで及び第 30 編に一般貨物船についての規定があり、特殊構造として、第 27 編に耐氷構造、第 28 編に油槽船、第 29 編に鉱石運搬船の各規定があつて、それぞれの目的に適応する構造上及び部材寸法上の特殊規定が設けられており、本船の船体に関しては前示一般貨物船の規定によつたほか、第 29 編中の倉内隔壁に関する条項を一部適用した。しかして鋼船規則は、一般貨物船についても鉱石運搬船についても、ホモジニアスローディング（以下ホモ積みといい、オールタネートローディングをオルト積みという。）を前提としたものであつて、同規則に適合したからといってそれが直ちにオルト積みを許容される根拠とはなり得ないものであり、また、本船は、第 29 編に規定する鉱石運搬船としては、構造及び部材強度が相違するため、同規則にいう鉱石運搬船としての承認を取り付けることはできなかつた。試みに本船と同じ主要寸法を有する鉱石運搬船について主要部材寸法を第 29 編により計算すると、大要次の数値を得る。

③	②	①
縦通隔壁の厚さ	二重底の標準高さ	二重船側部の幅
一一・七四 (一一)	三、四六〇 (一、七五〇)	一、三五二 (一、〇四五)

単位ミリ、括弧内はぼりばあ丸実寸法

また、本船に適用された内規は、昭和38年版H・船体構造関係内規（以下H内規という。）で、同内規にはばら積貨物運搬船等のホッパー型ビルジを有する場合の中心線桁板の高さ、内底板、内底板縦肋骨、ホッパーの箇所船底縦肋骨、肋骨肘板に関する規定、トップサイドタンクを有する船の倉内肋骨の断面係数（I/Y）に関する規定等があるのみで、ばら積貨物船内規は、まだ成案を得ておらず、船体調査課員Jが担当して、「バルクキャリアの貨物倉二重底の曲げ及び剪断強度」と題する、いわゆるJ素案ができており、これにオルト積みした場合の部材強度等の考えが導入されるにいたり、同素案が昭和41年1月版ばら積貨物船内規の母体となった。その後同内規は、一部改正のうえ、翌42年9月H内規の中にH30ばら積貨物船として収録され、更に翌43年3月一部改正されて今日にいたっているが、現在でもまだ鋼船規則本文中には明文化されていない。

4、日本海事協会の図面検査及び承認

本船建造に先立ちD社は、日本海事協会本部に鋼船規則第1編第2章に定める図面を各3部（本部チェック用、支部検査用、返却用）提出した。その主なものは次のとおりである。

- ① 仕様概要書（39.10.15受付）
- ② 一般配置図（39.10.20受付、40.1.7承認）
- ③ 中央横断面図（39.10.15受付、40.2.17承認）
- ④ 鋼材配置図（39.10.15受付、40.2.17承認及び40.2.15受付、40.4.7承認）
- ⑤ 外板展開図（39.12.17受付、40.3.20承認）

D社から提出された図面は、当初はキープランだけで他造船所から提出されるヤードプランの添付がなく、キープランの次にスカントリングプランが提出され、そのほかD社から参考用として次の計算書が提出された。

- ① ミドシップセクションモデュラスNK要求値計算書（39.10.15受付）
- ② 浸水計算書（39.11.9受付）
- ③ カルキュレーションオブダブルボトムストレングス（39.11.30出図）
- ④ 初期容積トリム計算書（39.12.23受付）
- ⑤ ビルジ構造の強度（40.1.18受付）
- ⑥ 縦強度要求値計算書（NK）第1回改正（40.1.22受付）
- ⑦ ミドシップセクションモデュラス計算書（40.2.10受付）
- ⑧ トリム復原力計算書（ホールド内バラスト搭載、40.3.4受付）
- ⑨ 縦強度要求値計算書（NK、付バラスト状態）第2回改正（40.7.15受付）

（1）水密隔壁の省略

D社は、昭和39年10月5日付をもって、船主であるE社の承諾書を添付して、日本海事協会に次の文書を提出し、水密隔壁の総数減少の申請をした。

E社向け第902番船54，300トン載貨重量ばら積貨物船水密隔壁の総数減少の件

本船は一般配置図に示すように、水密隔壁の総数を鋼船規則第12編第2節第6条により要求される総数を満足しない7個としております。これは添付の浸水計算書に示すように、満載状態において第1番貨物倉に浸水した場合に水線が限界線を超えないことを確認した結果によるも

のであります。この水密横隔壁減少の件は、添付書類にありますとおり船主も了承しております。

上記御勘案のうえ、水密隔壁の総数を7個とする件御承認下さるよう御願い申し上げます。

鋼船規則第12編第6条第1項には倉内隔壁について、船の長さLが67メートル以上の一般の貨物船には、前3条に規定する水密隔壁のほかに、倉内隔壁を適当な間隔で設けて、水密隔壁の総数が第12・1表に掲げるもの以上となるようにしなければならないと規定されている。

鋼船規則 第12・1表

L (m)		水密隔壁の総数
以上	未満	
67	87	4
87	102	5
102	123	6
123	143	7
143	165	8
165	186	9

本表は、造船界の経験、実績に基づいて標準として定めたもので、これによると隔壁の間隔はほぼ20ないし22メートルとなっており、船の長さLの範囲は165メートル以上186メートル未満に対して9個と規定したものが最大で、船の長さ186メートル以上の船舶に対しては、外挿法により類推するほかなく、ぼりばあ丸の船の長さ213メートルに対する外挿値は計算上11個となる。鋼船規則第3編第2条には、本則各編の規定に該当しない船体の構造及び寸法は、委員会では各編の規定によるものと同一効力を有すると認める場合に限り、これを規定に適合するものとみなすと規定され、また、第12編第6条第2項には、船の使用上に支障があるときは、倉内隔壁の配置は本会の承認を得て前項の規定によらないことができると規定され、その取扱はH内規に決められている。同内規による水密隔壁省略の基準のうち、ぼりばあ丸に関係のあるものは、次のとおりである。

- ① 水密隔壁の配置が1区画可浸を満足するときは、規定と異なる配置を認める。
- ② 浸水計算に用いる浸水率は、貨物倉では60%、機関室では85%とする。
- ③ 二重の船側構造の船等安全性に対し特別の考慮がされている船の場合は、隔壁の配置につき特別の考慮が認められる。

日本海事協会は右の各基準のうち、③の二重船側構造の条項を優先適用して水密隔壁の省略を承認した。その基本的な考え方は、第12編第8条第2項には、「倉内隔壁の間隔が30メートルを

越えるときは、適当な方法によって船体の横強力及び横防撓性を維持するようにしなければならない」と規定されており、また、鋼船構造規程第270条には、「前4条の隔壁はその間隔をなるべく30メートル以下となすべし」と、第271条第2項には、「前項の規定により隔壁を省略するときは部分隔壁、特殊肋骨等により適当なる補強をなすべし」とそれぞれ定められており、本船は貨物倉の数を5としたため、前示のとおり第1番倉を除き第2、3、4、5番倉の長さが30メートルを越えるようになったのであるが、これに対し同協会は、船側肋骨と二重底を重点的にとりあげ、本船には船側肋骨はないが、二重船側を肋骨と考えた場合には、一見ただけでも肋骨の強度に十分余裕があり、念のため計算すると、当時の規則で一般貨物船に要求される値の約10倍の I/Y があり、トップサイドタンクのトランスリング下の肋骨については、5倍ないし6倍の I/Y があること、また、二重底の強度については、H内規とJ素案で検討した結果、特に割増し補強をする必要がなく、横強度は十分維持されているものと認めたためである。水密隔壁の省略を承認するにあたり同協会は、本船が二重船殻構造の船であるから、1区画可浸というのではなくて、念のために第1番貨物倉に浸水した場合について計算するようD社に指示し、これに対しD社から前示浸水計算書が提出された。同計算書によると、総容積7,808立方メートル（初期容積トリム計算書による。）の第1番貨物倉に浸水率60%とした場合、船首喫水が14.46メートル、船尾喫水が10.15メートルとなり、本船の深さは17.30メートルで舷弧は梁矢によるものだけであるので、竜骨上面より限界線までの最小高さは17.22メートルとなり、最小時水線は限界線を越えないことが確かめられた。この浸水計算は、容積の最も小さい第1番貨物倉内のみ浸水した場合について計算され、ウイングタンクに浸水した場合を含めての計算は行なわれず、また、容積が14,916立方メートル（初期容積トリム計算書による。）で第1番貨物倉のほぼ2倍あり、しかも空倉となっている第2番貨物倉については計算されなかった。同協会は、昭和40年1月7日船体部長から東京支部長あてに次の文書を送り、同日付をもって一般配置図を承認した。

65船検P15号

D社（東京）第902番船隔壁省略に関する件

首題の件に関し別紙のとおりD社造船所から隔壁省略願が提出され、図面どおりの隔壁配置でさしつかえない旨造船所に回答しましたから御承知願います。

(2) 中央横断面の断面係数

(イ) D社の計算書

鋼船規則第1編第3条には船の中央部における船体横断面の最小断面係数（以下実測値という。）の計算書を提出するよう規定されており、本船の計算書については、基本設計の段階において作成されたが、これが当時日本海事協会に提出されたか否か明らかでない。D社から参考用として同協会に、鋼船規則第14編に定める中央横断面の断面係数（以下NK要求値という。）の計算書が3回、実測値の計算結果が1回提出されたが、そのあらまは次のとおりである。

- ① ミドシップセクションモデュラスNK要求値計算書（39.10.15受付）が当初提出されたが、バラスト状態が変わったので同計算書は廃止となり、改めてD社から
- ② 縦強度要求値計算書（NK）第1回改正（40.1.22受付）が提出された。同計算書には左記のように記載されている。 Z_{DK} は強力甲板に対する断面係数、 Z_{BM} は船底に対する断

面係数である。

$$\text{(NK要求値)} Z_{DK} = 22.20 \times 10^6 \text{ cm}^3$$

$$\text{(NK要求値)} Z_{BM} = 22.87 \times 10^6 \text{ cm}^3$$

なお、**(a)**及び**(b)**の計算書には理由の判然としない訂正箇所がある。

- ③ ミドシップセクションモデュラス計算書(40.2.10受付)同計算書にはサイトガーダーのマンホール、セレーション、エアホールを補正した結果、実測値は左記のようになった旨記載されており、

$$Z_{DK} = 22,249,440 \text{ cm}^3 \text{ (99.79\%)}$$

$$Z_{BM} = 22,939,020 \text{ cm}^3 \text{ (99.88\%)}$$

また、船底外板の板厚は、中性軸の位置が移動して鋼船規則第15編第5条に定める板厚が19.22ミリに変わっている。

- ④ 縦強度要求値計算書(NK、付バラスト状態)第2回改正(40.7.15受付)、同計算書には左記のように記載されている。

$$\text{(NK要求値)} Z_{DK} = 22.17 \times 10^6 \text{ cm}^3 \quad \text{実測値} \quad 22.249 \times 10^6 \text{ cm}^3$$

$$\text{(NK要求値)} Z_{BM} = 22.84 \times 10^6 \text{ cm}^3 \quad \text{実測値} \quad 22.93 \times 10^6 \text{ cm}^3$$

結局、D社が当初計算書を提出してから4回目の計算書を提出するまでには9箇月の長期間を要したが、このようなことはきわめて少ない事例である。

- ⑤ 最終計算書

D社は、本件発生後昭和45年6月15日作成の断面係数計算書(中央切断一部訂正)を当審判庁に提出したが、同計算書では、

$$Z_{DK} = 22,303,200 \text{ cm}^3 \text{ (100.04\%)}$$

$$Z_{BM} = 23,085,100 \text{ cm}^3 \text{ (100.53\%)}$$

となっており、中性軸から強力甲板梁の船側における上面までの垂直距離(Y_D)は8.799メートル、同軸から竜骨上面までの垂直距離(Y_B)は8.501メートルとなっている。

- (ロ) 日本海事協会の計算書

- ① 同協会は、NK要求値を計算し、また、本船の中央横断面図について独自に実測値を計算したところ、左記のようになった。

$$\text{ホモ積み} \begin{cases} \text{(NK要求値)} Z_{DK} = 21,947.827 \text{ cm}^3 \\ \text{(NK要求値)} Z_{BM} = 22,606.262 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

$$\text{オルト積み} \begin{cases} \text{(NK要求値)} Z_{DK} = 22,295.433 \text{ cm}^3 \\ \text{(NK要求値)} Z_{BM} = 22,964.296 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

$$\text{実測値 } Z_{DK} = 22,359,100 \text{ cm}^3 \text{ (NK要求値の100.29\%)}$$

$$\text{実測値 } Z_{BM} = 22,792,400 \text{ cm}^3 \text{ (NK要求値の99.25\%)}$$

Z_{DK} は規定に適合しているが、 Z_{BM} は不足で規定に適合せず、また、船底外板の板厚が19.40ミリと計算され、実船の板厚は19ミリでこれに不足し、二重底部材中一部に補強、改正の必要があったので、同協会は、中央横断面図及び船底外板の板厚の承認を保留し、昭和40年2月18日付をもって、船体部長から東京支部長あてに左記文書を送った。

65船検P563号

D社（東京）第902番船船体部承認図面の件

別途承認のうえ返却する首題船船体部承認図面につき左記諸点に関し造船所に御注意願います。

中央横断面図関係

① 船底外板の板厚は鋼船規則第15編第5条の規定による板厚に不足しますが、本船は中央横断面の船底に対する断面係数が不足するため何等かの補強対策が施行されるはずであり、そのため中央横断面の中性軸の位置が移動して、第15編第5条の規定による板厚も変わることが予想されますから、返却図面では一応承認を保留する旨朱記しました。

② 本船はオールタネートローディングをすることになっています。この種の船に対する規定案は、目下本会船体構造委員会で討議中であり、まだ結論を得ておりませんが、現在までのところ本部で内規と考えている前記案の趣旨によって本船の二重底の強度を調査すると、朱記のとおり第1、3及び5番倉下の二重底部材中サイドガーダー及び二重底頂板はその板厚を増すか、これと同等の対策をたてる必要があります。ただしサイドガーダーの板厚増厚は横置隔壁の近傍のみで差しつかえありません。

なお本会として強要はいたしません。トリムの許せる範囲内において積付率を各ホールドに平均化するなどの対策もたてるよう推奨します。（初期容積トリム計算書によると、ホールドの積付率は、第1番ホールド73%、第3番ホールド84%、第5番ホールド58%となっています。）

③ 造船所から参考用として二重底に関する計算書が直接本部に提出されていますが、この計算書には次の難点があります。

I 静水中で強度を計算してあり波浪を考慮していない。

II 部材の腐食代を考慮せずに応力を求めているが、腐食代を考慮する必要がある。

④ 本船の上甲板はレーズドデッキの構造方式を採用しておりますが、この方式は従来大型船、特に鉱石運搬船では損傷が多い構造でありますから、再考慮することを希望します（会誌87号参照）。

（以下省略）

⑤ D社は、日本海事協会に中央横断面改正図“H-1A/R-2”（39.12.19受付）及び“H-1A/R-4”（40.3.4受付）を提出し、計画一部変更の対策をとり、同協会はこれを検討した結果、

実測値 $Z_{DK}=22,264,800\text{ cm}^3$ （NK要求値の99.86%）

実測値 $Z_{BM}=23,066,700\text{ cm}^3$ （NK要求値の100.45%）

となり、いずれも規定に適合しており、また、中性軸の位置が移動して船底外板の板厚が19.16ミリと計算され、実船の板厚19ミリでよいことになった。そこで同協会は、昭和40年2月17日付をもって中央横断面図を承認し、同年3月22日付をもって船体部長から東京支部長あてに左記文書を送った。

65船検P1062号

D社（東京）第902番船船体部承認図面の件

(65船検P563号、40.2.18関連)

さきに65船検P563号で本船の中央横断面の断面係数並びに船底外板の板厚につき、規定に不足する旨お知らせしましたが、今回提出された中央横断面図改正図“H-1A/R-2”及び“H-1A/R-4”を検討した結果、ともに規定に適合するように改正が行なわれたことが判明しましたからお知らせします。

ちなみに同協会は、中央横断面の断面係数がNK要求値の99.5%あれば、100%と見なして承認していた。(a)及び(b)の同協会の計算は、第2表及び第3表に示すとおりである。

(3) 二重底の強度

(イ) 鋼船規則及びH内規による部材寸法

鋼船規則第7編第3条第1項(1)の算式により計算すると、本船の中心線桁板の高さは2.116メートルとなり、同条第2項の算式により計算すると、本船の中心線桁板の厚さは17.7ミリとなる。H内規H732には、ばら積運搬船等のホッパー型ビルジを有する場合の中心線桁板の高さは、次により計算すると定められている。

$b \geq 0.9B$ の場合は規定どおり

$b \geq 0.7B$ の場合はBによるLの修正を行わなくてもよい

$0.7B < b < 0.9B$ の場合は上記の補間法による

本算式により計算すると、中心線桁板の高さは1.543メートルとなるが、この規定には荷重区分による条件が考慮されておらず、鉄鉱石等の重い貨物を積む場合も、穀物等の軽い貨物を積む場合も全く同じ結果となるので、昭和41年5月改正され、ばら積貨物船の規定が適用されるようになった。鋼船規則とH内規により計算すると、本船の船首尾の中心線桁板の厚さは15.6ミリ、側桁板の厚さは12.5ミリ、実体肋板の厚さは14.0ミリ、内底板の厚さは、倉口下17.5ミリ、その他15.5ミリ、クラブ荷役のとき20.5ミリとなる。しかしこれらの寸法は、一般貨物船の規定にH内規による若干の修正を行なったもので、オルト積みをするばら積貨物船に要求される値ではない。

(ロ) J素案による部材寸法

J素案では、中心線桁板の高さはほぼ船幅Bの16分の1以上とすると定め、二重底主要部材の寸法をほとんど中心線桁板の高さ d_0 の関数として規定してある。同素案により計算すると、本船の部材の要求値は、中心線桁板の高さが1.981メートル、中心線桁板の厚さが、荷重区分を B_2 とした場合(以下他の部材についても同じ。)16.2ミリ、側桁板の厚さが17.2ミリ、実体肋板の厚さが14.5ミリ、内底板の厚さが、倉口下で23.4ミリ、その他で21.5ミリとなり、中心線桁板の厚さ以外はすべて不足することとなるが、そのうち側桁板の厚さと内底板の厚さとの不足分について、同協会は、D社に対しいったんその増厚を要求したが、最終的にはオルト積みの積付条件においても本船の部材寸法は、現状のままで差し支えないと決定した。なお、D社から参考用として提出された前示二重底強度計算書については、同協会はこれを調べ、喫水による水頭を静水中でとってある点及びコロージョンマージンなしで曲げ応力、剪断応力を求めている点に難点があると指摘して、それ以上の検討を行なわなかった。

第2表 中央横断面の断面係数(1)

I・H・I 902はりばあ丸使用図面No.3, 3-1,3-2
ANA 8,000m above top of keel

部 材		A	I	AI	AI ²	i
1 Shell・Round Gunwale						
					805.900	←
K	1.045×25.5	26.648	-8.01	- 213.450	1,709.700	—
A~*1	12.505×17	212.585	-8.01	- 1,702.810	13,639.500	—
R部	3.628×17	61.676	-7.16	- 441.600	3,161.900	31.200
*2	0.042×17	0.714	-5.67	- 4.050	23.000	—
J.L.	4.385×16.5	72.353	-3.46	- 250.340	866.200	115.900
M~Q	7.465×18.5	138.103	2.47	341.110	842.500	641.300
R*3	2.200×16.5	36.300	7.30	264.990	1,934.400	14.600
S ₁	0.140×36	5.040	8.47	42.690	361.600	—
S ₂	1.286 ^s ×36	46.314	9.06	419.600	3,801.600	2.900
		599.733		- 1,543.860	27,146.300	

- (注) *1. Bm shell の Flat part の船側部の点
*2. H strake の vertical 部 (R部以外)
*3. 図面による寸法は2,195であるが合計長合わず2,200とす
S₁. S strake の vertical 部
S₂. // round 部

第2表 中央横断面の断面係数(1)

I・H・I 902はりばあ丸使用図面No.3, 3-1,3-2
ANA 8,000m above top of keel

部 材		A	I	AI	AI ²	i
1 Shell・Round Gunwale						
					805.900	←
K	1.045×25.5	26.648	-8.01	- 213.450	1,709.700	—
A~*1	12.505×17	212.585	-8.01	- 1,702.810	13,639.500	—
R部	3.628×17	61.676	-7.16	- 441.600	3,161.900	31.200
*2	0.042×17	0.714	-5.67	- 4.050	23.000	—
J.L.	4.385×16.5	72.353	-3.46	- 250.340	866.200	115.900
M~Q	7.465×18.5	138.103	2.47	341.110	842.500	641.300
R*3	2.200×16.5	36.300	7.30	264.990	1,934.400	14.600
S ₁	0.140×36	5.040	8.47	42.690	361.600	—
S ₂	1.286 ^s ×36	46.314	9.06	419.600	3,801.600	2.900
		599.733		- 1,543.860	27,146.300	

- (注) *1. Bm shell の Flat part の船側部の点
*2. H strake の vertical 部 (R部以外)
*3. 図面による寸法は2,195であるが合計長合わず2,200とす
S₁. S strake の vertical 部
S₂. // round 部

2 Deck Plate (R止まりから 曳より)

all	8.300×36	298.800	9.57	2,859.520	27,365.600	4.300	← 4.300
		<u>298.800</u>		<u>2,859.520</u>	<u>27,369.900</u>		

3 Deck Long'l

1	0.450×36	16.200	9.14	148.070	1,353.400	2.700	← 0.300
2	"	"	9.17	148.550	1,362.200		"
3	"	"	9.21	149.200	1,374.100		"
4	"	"	9.25	149.850	1,386.100		"
5	"	"	9.28	150.340	1,395.200		"
6	"	"	9.32	150.980	1,407.100		"
7	"	"	9.36	151.630	1,419.300		"
8	"	"	9.40	152.280	1,431.400		"
9	"	"	9.47	153.410	1,452.800		"
		<u>145.800</u>		<u>1,354.310</u>	<u>12,584.300</u>		

2 Deck Plate (R止まりから 曳より)

all	8.300×36	298.800	9.57	2,859.520	27,365.600	4.300	← 4.300
		<u>298.800</u>		<u>2,859.520</u>	<u>27,369.900</u>		

3 Deck Long'l

1	0.450×36	16.200	9.14	148.070	1,353.400	2.700	← 0.300
2	"	"	9.17	148.550	1,362.200		"
3	"	"	9.21	149.200	1,374.100		"
4	"	"	9.25	149.850	1,386.100		"
5	"	"	9.28	150.340	1,395.200		"
6	"	"	9.32	150.980	1,407.100		"
7	"	"	9.36	151.630	1,419.300		"
8	"	"	9.40	152.280	1,431.400		"
9	"	"	9.47	153.410	1,452.800		"
		<u>145.800</u>		<u>1,354.310</u>	<u>12,584.300</u>		

4 Double Bottom

T. T. PL		11.962 ⁵ ×18.5	221.310	-6.24	-	1,380.970	23.000	
T. T. L	W	0.298×9	33.525	-6.40	-	214.560	8,617.300	
"	F	0.150×10 ×12 ¹ / ₂ ケ	18.750	-6.55	-	122.810	1,373.200	0.200
Gir		1.750×14 ×12 ¹ / ₂ ケ	24.500	-7.13	-	174.690	804.400	
	1	1.748×14	24.472	-7.12	-	478.490	1,245.500	6.300
	2	1.745×14	24.430	-7.12	-		3,406.800	6.200
	3	1.743×10.5	18.302	-7.12	-			6.200
Girの穴	4	-0.600×14	-8.400	-7.12	-			4.600
	2	"	-8.400	-7.12	+	164.470	-1,171.000	-0.300
	3	"	-8.400	-7.12	-			-0.300
	4	-0.600×10.5	-6.300	-7.12	-			-0.200
BL.		250 ¹ × ¹ / ₂ ケ	1.544	-7.84	-	12.100	94.900	
"		250 ¹ ×12ケ	37.044	-7.83	-	290.050	2,271.100	0.300
B. L の穴		-0.060×8 × ¹ / ₂ ケ	-0.240	-7.97	-			
"		-0.060×8 ×12ケ	-5.760	-7.97	+	47.820	-381.100	
			374.777			-2,461.380	16,284.100	

5 Bilge Long'l

1	W	0.298×9 ×2ケ	5.364	-7.84	-	-42.050	329.700	-
	F	0.150×20 ×2ケ	6.000	-7.68	-	-46.080	353.900	-
2	W	0.298×9	2.682	-7.80	-	-20.920	163.200	-
	F	0.150×20	3.000	-7.65	-	-22.950	175.600	-
穴 1		-0.060×9 ×2ケ	-1.080	-7.96	+	8.600	-68.500	-
2		-0.060×9	-0.540	-7.92	+	4.280	-33.900	-
			15.426			-119.120	920.000	

6 Side Long'l

1		200 ¹	2.404	8.18	-	19.660	160.800	-
2		"	"	7.43	-	17.860	132.700	-
3		"	"	6.69	-	16.080	107.600	-
4		"	"	5.94	-	14.280	84.800	-
5		{ 0.298×9 0.150×10	4.182	-1.03	-	4.310	4.400	-
6		"	"	-1.78	-	7.440	13.200	-
7		"	"	-2.52	-	10.540	26.600	-
8		{ 0.298×9 0.150×14	4.782	-3.27	-	15.640	51.100	-
9		"	"	-4.01	-	19.180	76.900	-
10		{ 0.298×9 0.150×17	5.232	-4.76	-	24.900	118.500	-
11		"	"	-5.50	-	28.780	158.300	-
12		"	"	-6.20	-	32.440	201.100	-
			47.422			-75.350	1,136.000	

7 Double Hull

m		1.790×11	19.690	0.60	-	11.810	12.600	
n		1.795×10	17.950	2.40	-	43.080	7.100	5.300
p	*1	1.497×9	13.473	4.04	-	54.430	103.400	4.800
							219.900	2.500
			51.113			109.320	343.000	

(注) *1 図面では1415であるが合計長が合わず1497とす。

8 Bilge Hopper (斜板部)

g	1.795×17	30.515	-5.42	- 165.390	16.200	896.400	6.600
h	1.795×11	19.745	-3.81	- 75.230	286.600	4.300	
j	1.795×10.5	18.795	-2.19	- 41.160	90.100	4.100	
l	*1 1.209×10	12.090	-0.84	- 10.160	8.500	1.200	
たな	*2 0.668×7	4.676	-0.30	- 1.400	0.400	—	
L ₁	W 0.298×9	2.682	-5.63	- 15.100	85.000	—	
	F 0.150×17	2.550	-5.70	- 14.540	82.900	—	
L ₂	W "	2.682	-4.96	- 13.300	66.000	—	
	F "	2.550	-5.03	- 12.830	64.500	—	
L ₃	W 0.298×9	2.682	-4.29	- 11.510	49.400	—	
	F 0.150×14	2.100	-4.36	- 9.160	39.900	—	
L ₄	W "	2.682	-3.62	- 9.710	35.200	—	
	F "	2.100	-3.69	- 7.750	28.600	—	
L ₅	W "	2.682	-2.95	- 7.910	23.300	—	
	F "	2.100	-3.02	- 6.340	19.100	—	
L ₆	W 0.298×9	2.682	-2.28	- 6.110	13.900	—	
	F 0.150×10	1.500	-2.34	- 3.510	8.200	—	
L ₇	W "	2.682	-1.62	- 4.320	7.000	—	
	F "	1.500	-1.67	- 2.510	4.200	—	
L ₈	W "	2.682	-0.94	- 2.520	2.400	—	
	F "	1.500	-1.00	- 1.500	1.500	—	
		123.177		- 421.960	1,829.300		

(注) *1 図面では1,233であるが合計長が合わず1,209とす

*2 1,045+13+10-400とす

↑
Weld 用の耳

9 Shoulder Tank

たな	0.668×7	4.676	4.80	22.440	13.800	107.700	—
H. S. G	0.800×23	18.400	9.35	172.040	1,608.600	1.000	
u	2.195×23	50.485	8.45	426.600	3,604.800	4.300	
t	*1 1.774 ² ×7	12.419	7.54	93.640	706.000	0.700	
s	1.795×7	12.565	6.72	84.440	567.400	0.700	
r	1.795×8	14.360	5.90	84.720	499.800	0.800	
q	1.495×8	11.960	5.14	61.470	316.000	0.500	
V. G	(1.610-400)×23	27.830	8.86	246.570	2,184.600	5.800	
L ₁	150 ¹	2.280	8.46	19.290	163.200	—	
L ₂	"	2.280	7.91	18.030	142.600	—	
L ₃	"	2.280	7.53	17.170	129.300	—	
L ₄	200 ¹	2.404	7.18	17.260	123.900	—	
L ₅	"	2.404	6.79	16.320	110.800	—	
L ₆	"	2.404	6.40	15.390	98.500	—	
L ₇	"	2.404	6.02	14.470	87.100	—	
L ₈	"	2.404	5.63	13.530	76.200	—	
L ₉	"	2.404	5.25	12.620	66.300	—	
		173.959		1,336.000	10,606.600		

(注) *1 図面では1674.2であるが合計長が合わず1774.2とす。

Total

	599.733	- 1,543.860	27,146.300
	298.800	2,859.520	27,369.900
	145.800	1,354.310	12,584.300
	374.777	- 2,461.380	16,284.100
	15.426	- 119.120	920.000
	47.422	- 75.350	1,136.000
	51.113	109.320	343.000
	123.177	- 421.960	1,829.300
+)	173.959	1,336.000	10,606.600
	<hr/>		
	1,830.207	1,037.480	98,219.500

$$\Delta y \cdot \sum A_i = \frac{588.300}{97,631.200}$$

$$\Delta y = \frac{1,037.480}{1,830.207} = 0.567$$

$$y = \begin{array}{l} 9.300 - \\ 8.000 + \end{array} \begin{array}{l} \\ 0.567 \end{array} = \begin{array}{l} 8.733 \\ 8.567 \end{array}$$

$$Z_D = 22,359,100 \quad \text{Rule} \quad 22,295,400 \quad 100.29\%$$

$$Z_B = 22,792,400 \quad 22,964,300 \quad 99.25\%$$

参考 Bottom Shell の Rule t

$$y_{B/DS} = 8.567 \div 17.3 = 0.4952$$

$$C_d = 1 + 7 \left(\frac{11.5}{213} - 0.06 \right) = 0.958 \quad FS = 0.745$$

$$C_n = 0.965 + 0.035 \times \frac{0.052}{0.01} = 0.9832$$

$$C_n \quad C_d \quad F_s \quad \sqrt{L}$$

$$t = 1.65 \times 0.9832 \times 0.958 \times 0.745 \times 14.595 + 2.5 \\ = 16.90 + 2.5 = 19.40$$

第3表 中央横断面の断面係数 (II)

I・H・I 902ぼりばあ丸使用図面 No.3,3-1,3-2,3-3,3-4

(I) の Cal, Sheet の修正である

1 Shell, 2 Deck Plate, 3 Deck Long'l, 7 Double Hull, 及び 8 Bilge Hopper は変更ない。

4 Double Bottom (Side Girder の穴 600→350となる)

Gの穴	2	- 0.350×14	- 4.900	-7.12	}	95.940	-	683.100	-0.100
	3	"	- 4.900	"					
+) 4	- 0.350×10.5	- 3.675	"						
			-13.475			95.940	-	683.100	-0.200
-)		改正前	-23.100			164.470	-	1,171.000	-0.800
			9.625			-68.530		487.900	0.600
				+) 0.600					
[A]			9.625			-68.530		488.500	

5 Bilge Long'l (Serration とりやめ)

穴2ヶ及び穴1ヶ		0	0	0
-)	改正前	- 1.620	12.880	- 102.400
[B]		1.620	-12,880	102.400

6 Side Long'l (No.7 face 150×12→150×16となる)

W ₁	0.298×9	}	4.782	-2.52	-12.050	30.400
F	0.150×14					
-)	改正前		4.182		-10.540	26.600
[C]			0.600		- 1.510	3.800

9 Shoulder Tank (VG. の穴 400→600となる)

(1610-600)×23	23.230	8.86	205.820	1,823.600	5.500
-)	改正前	27.830	246.570	2,184.600	5.800
		- 4.600	- 40.750	- 361.000	-0.300
		+) 0.300			
[D]		- 4.600	- 40.750	- 361.300	

[A]	9.625	-68.530	488.500
[B]	1.620	-12.880	102.400
[C]	0.600	- 1.510	3.800
[D]	- 4.600	-40.750	- 361.300 (+)
[E]	<u>7.245</u>	<u>-123.670</u>	<u>233.400</u>

	A	A1	A1 ²	
改正前	1,830.207	1,037.480	98,219.500	
[E]	7.245	-123.670	233.400	+))
	<u>1,837.452</u>	<u>913.810</u>	<u>98,452.900</u>	
		$\Delta y \cdot \sum A1 =$	<u>454.200</u>	-)
			97,998.700.....I/2	

$$\Delta y = 913.810 \div 1,837.452 = 0.497$$

$$y = 9.300 - 0.497 = 8.803$$

$$8.000 + 0.497 = 8.497$$

	Rule	
Z _D = 22,264,800	22,295.400	99.86%
Z _B = 23,066.700	22,964.300	100.45%

参 考 Bottom Shell の Rule thickness

$$y_B/D_S = 8.497 \div 17.3 = 0.4912$$

$$F_s = 0.745 \quad C_d = 0.958$$

$$C_n = 0.965 + 0.035 \times \frac{0.0012}{0.01} = 0.9692$$

$$t = 1.65 \times 0.9692 \times 0.958 \times 0.745 \times 14.595 + 2.5$$

$$= 16.66 + 2.5 = 19.16$$

(4) 船首船底補強部の外板

本船の船首垂線から後方約12メートルの間の船底は、肋骨間隔が610ミリとなり、2肋骨間隔ごとに厚さ14ミリの実体肋板が設けられ、桁板は厚さ15ミリの中心線桁板が縦通し、厚さ12.5ミリの第6番側桁板はフレーム238のところで消滅しており、船底外板の板厚は21ミリとなっているが、この板厚は鋼船規則第15編第9条第1項による計算値31.8ミリを大きく下回り、同条第2項の、「荒れた海上において常に十分な船首喫水で航行する船の船首船底部の外板の厚さは、前項の規定による必要はないが、次の算式により算定したものの未満としてはならない。」として掲げている算式の計算値の21ミリに見合う板厚であったところ、同項の「十分な船首喫水」とは、船の長さLの約30分の1というのが当時の造船界で慣用されていた数値であり、これをぼりばあ丸の場合について計算すると約7.1メートルとなる。D社提出の前示初期容積トリム計算書では、前部喫水はバラスト状態出港時で4.00メートル、バラスト状態入港時で10.00メートルとなっており、4.00メートルの喫水はLの約53分の1に相当して前部喫水が浅いため、同協会は、船首船底補強部外板の板厚を増すか、または、フレーム193から236にわたり中間縦肋骨をつけよと要求した。これに対しD社は、前示縦強度要求値計算書(NK、付バラスト状態)第2回改正を提出し、荒れた海上における張水状態を示して、十分な喫水がとれる旨を回答してきた、同計算書では、バラスト状態出港時で前部喫水、後部喫水とも6.93メートルとなり、バラスト状態入港時で前部喫水6.43メートル、後部喫水6.58メートルとなり、6.43メートルはLの33分の1、6.93メートルはLの31分の1に相当する。同協会は、本船の前部喫水が荒れた海上においてLの30分の1未満ではあるが、30分の1とあまり差がないものと認め、同協会Kの試案による算式を使うこととなり、本船の船首船底補強部の外板の板厚は、21ミリのままでよいことに決定し、昭和40年3月20日付をもって外板展開図を承認した。ちなみに同試案は、同41年5月改正のH内規(第1回改正)に組み入れられた。

(5) 船側外板の板厚

鋼船規則第15編第3条の算式を適用して船側外板の板厚を決定する場合、剪断力曲線図を入手しないと図面検査ができないので、同協会は、船側外板の板厚を保留とし、剪断力計算書を提出するよう要求したところ、D社から前示初期容積トリム計算書に記載してあると回答してきた。同計算書添付の剪断力曲線図では、各部の剪断力が次のようになっている。

A 点は第一番倉と第二番倉との境界
 B 点は第二番倉と第三番倉との境界
 C 点は第三番倉と第四番倉との境界
 D 点は第四番倉と第五番倉との境界

満載帰港状態		満載出港状態		
サギング	ホギング	サギング	ホギング	
	七、三〇〇	七、二五〇		A 点
一〇、二五〇		九、五五〇		B 点
六、八五〇		七、三五〇		C 点
	七、九五〇	八、四〇〇		D 点

(単位トン)

同条第3項には、「船首尾端から0.15Lの箇所と0.35Lの箇所の間は前各項の規定にかかわらず、次の算式により算定したものの未満としてはならない。ただし、船楼甲板を強力甲板としない船楼のある箇所では適当にしんしゃくして差しつかえない」と定められている。

$$\frac{F}{20Ds} - \alpha \cdot \frac{n}{2} (t_B - 2.5) + 2.5 \text{ (mm)}$$

この算式により計算すると本船の板厚は、A点において13.3ミリ、B点において21.2ミリ、C点において12.8ミリ、D点において15.9ミリとなり、B点における箇所のみ要求値が大きくなるので、本船の船側外板はフレーム160から166半間のM板ないしQ板、J板、L板及びR板が特に22ミリに増厚されている。同協会は、剪断力曲線図を検討した結果、昭和40年3月20日付をもって外板展開図を承認した。

(6) 日本海事協会が図面検査にあたり本船限りとして承認したものは、次のとおりである。

(イ) 内底板

板厚20.5ミリのところ第1、3、5番倉の倉口下は23.5ミリ、他は21.5ミリとせよと要求したが、D社から二重底構造は工事ずみであり、これを変更することはできないし、また、これまでの他の船の実績よりみて、これで弱いとは考えられないので、本船に限り現状で承認願いたい旨の申し出があり、本船限りとして承認した。

(ロ) ビルジホッパー内の水平ブラケット

ビルジホッパー内のウェブに内底板と同一面に水平ブラケットをつけよと要求したところ、D社から必要がないと考える旨の申し出があり、本船限りとして承認した。

(ハ) 側桁板

第1、3、5番倉の側桁板の板厚16ミリを17ミリとせよと要求したところ、D社から工事ずみであり、また、剪断応力の高い横置隔壁の前後のマンホールはダブリングプレートにより局部補強をしているから強度十分と考える、本船に限り現状で承認されたいとの申し出があり、本船限り承認した。

(ニ) 船首尾の中心線桁板

板厚15ミリのところ15.5ミリを要求したが、D社から工事ずみであり15ミリで損傷が起こればと考えられないので、現状で承認願いたい旨の申し出があり、本船限りとして承認した。

(7) 局部的補強を条件に現状どおり承認した主なものは、次のとおりである。

(イ) 二重船殻内水密隔壁

鋼船規則上板厚が不足しているため、10ミリを10.5ミリにせよと要求したところ、D社から工事ずみであり、最下段のパネルが不足するだけであり、バラストタンクで腐食は心配ないので、現状で承認願いたい旨の申し出があり、パネルブレイカーをつけることを条件に現状で承認した。

(ロ) 横置隔壁の垂直防撓材のマンホール

横置隔壁のホッパー部のたな板の箇所は、曲げ応力、剪断応力が大きくなる場所であり、その直上に大きな穴があいているのは好ましくないので、ダブリングリングをつけること及び防撓材を穴の側にもってくるよう要求したが、D社から工事ずみであり水頭も書面どおりであり、また、穴の短径は隔壁の深さの40%以下であるから、現状どおり承認願いたいとの申し出があり、最下段の穴にダブリングリングをつけることを条件に現状どおり承認した。

(ハ) 第5番倉と機関室間の水密隔壁

鋼船規則上6箇所が板厚不足のため増厚を要求したところ、D社から肋骨番号第43番（以下フレーム……と略記する。）隔壁搭載ずみにつき船首側に当て板するとの回答があり、これを条件に承認した。

(8) 勧告を行なった主なものは、次のとおりである。

(イ) 隆起甲板をやめること。

(ロ) 船首部0.2L間に該当するフレーム194からフレーム197の肋骨間隔が900ミリとなっているのを、小さくすること。

(ハ) 側桁板に防撓材をつけること。

(二) 機関室内肋板の一部に防撓材をつけること。

5、D社の図面、資料等の管理

(1) 中央切断完成図（902-051）

本船の中央切断完成図は、昭和39年9月8日作成された図面を、艦船設計部において同年10月16日付をもって内底板の板割変更、フレーム153半ないし179半の側外板板厚増の補正をし、更に翌40年9月1日付をもって一部変更のうえ完成図としたもので、縮尺は100分の1である。船が完成すると日本海事協会の支部検査員は、同協会本部に報告書を提出するが、その報告書に添付する図面が完成図である。したがって完成図には船が完成するまでに施工したすべてのことを記入するのが立て前であるところ、本完成図には次のような訂正もれがある。

(イ) 船底外板のD板にD級鋼を使用している旨の標示“D”を記入すべきところ、C板に“D”と記入してある。

(ロ) ダクトキールの防撓材下端につけたブラケットが記入されていない。

(ハ) 第6、16番側桁板に取り付けた防撓材が記入されていない。

(ニ) 横置隔壁下の側桁板のマンホールは、400ミリ×400ミリから350ミリ×450ミリに改正されたが、400ミリ×400ミリのままになっており、また、同マンホールのまわりに当てたダブリングプレートも記入されていない。

(ホ) 側桁板のマンホールを深さ600ミリから350ミリに改正したが、600ミリのままになっている。

(ヘ) 甲板下縦桁のマンホールを深さ400ミリから600ミリに改正したが、400ミリのままになっている。

(ト) ビルジホッパー斜板と第16番側桁板間に取り付けたバランスングブラケットが記入されていない。

(チ) 改正工事指導票第228（HR・7）では、内底板とビルジホッパー斜板との取合い部につけたカバープレートが18.5ミリとなっているが、本完成図では19ミリとなっている。

(リ) 二重船殻内の横置隔壁（船側）の最下端にパネルブレイカーをつけることを条件に、同協会から10ミリの板厚が現状で承認されたが、同ブレイカーは記入されておらず、また、これに関する改正工事指導票も出していない。

(ヌ) 図面“H-1A/R-4”によりフレーム89から181間の湾曲部第19、20番ロンジ間に補強材が追加されたが、これが記入されていない。

D社は、当審判庁に中央切断図（昭和45年6月15日作成、縮尺50分の1）を提出した。本図面は、前示中央切断完成図の縮尺を50分の1に拡大複製し、完成図において完成値に訂正未済の箇所を訂正したものである。本図面、中央切断完成図及び日本海事協会が図面検査した図面とでは、第4表に示すとおり船体主要部材の板幅が相違している。

(2) 本船建造後滅失した計算書、図面等

(イ) 基本設計部商船基本設計4課々員Lは、本船の基本設計における諸計算を行なったが、本件発生後それらの資料を捜してみたところ、全部滅失していることが判明した。その主なものを左に示す。

- ① 船の重量、重心、容積計算書
- ② トリム計算書
- ③ 縦強度曲線図

L課員は、縦強度計算にあたり、根本式を利用しての簡易計算と積分自画器を使用しての詳細計算とを行ない、船体の各点における曲げモーメント及び剪断力を求めた。この計算は、満載状態、バラスト状態でのものをそれぞれ求め、満載状態については、オルト積みとホモ積みとの両方について計算した。

- ④ 鋼船規則上の縦強度要求値計算書
- ⑤ 浸水計算書
- ⑥ 仕様概要書

(ロ) カッテングプラン

(3) 本船建造後廃却した資料は、次のとおりである。

- (イ) 操船資料に記載の制限搭載量算出の資料
- (ロ) 重量曲線、浮力曲線作成上の資料
- (ハ) ミルシート
- (ニ) 建造中の横隔壁補修に関する改正図

本船建造当時作成した計算書、図面等のうち、D社が滅失または廃却したものを列挙したが、本船は、大型ばら積貨物船として最初に建造された船であり、第2船、第3船が続々と建造されつつあった矢先に、第1船の貴重な資料がこのように処分されたことは、はなはだ遺憾である。

第4表 各中央切断図の板幅比較表

BREADTH OF INSIDE PLATE

	提出図 縮尺1/50	検査用図 縮尺1/100	完成図 縮尺1/100		提出図 縮尺1/50	検査用図 縮尺1/100	完成図 縮尺1/100
a	(P)2,060×20.5 (S)2,160×20.5	2,090→2,160(S) 2,060(P)	—	l	1,234×12	1,233	1,233
b	2,190×20.5	—	—	m	1,792×13	1,790	1,790
c	1,490×20.5	—	—	n	1,795×12	—	—
d	1,790×20.5	—	1,795	p	1,495×11	1,415	1,415
e	2,190×20.5	1,790	—	q	1,484×10	1,495 1,484.2	1,495
f	2,175×20.5	2,190 2,147.5	2,190	r	1,795×10	—	—
g	1,780×19	1,795	1,795	s	1,795×9	—	—
h	1,790×13	1,795	1,795	t	1,775×9	1,674.2 1,790	1,674.2
j	1,790×12.5	—	—	u	2,195×25	2,195 2,190	—

BREADTH OF SHELL PLATE

		提出図 縮尺1/50	検査用図 縮尺1/100	完成図 縮尺1/100			提出図 縮尺1/50	検査用図 縮尺1/100	完成図 縮尺1/100
甲 板	A	1,996	2,090	2,090	船 底 外 板	K	2,090	—	—
	B	2,051	—	—		A	2,195	2,195 2,190	2,190
	C	2,095	—	—		B	2,190	2,195 2,190	—
	D	2,095	1,990	1,990		C	2,195	2,195 2,190	2,190
	S	1,529	A B T 1,456.8	A B T 1,456.8		D	2,195	2,195 2,190	2,190
船 側 外 板	J	2,190	—	—	E	2,190	2,195 2,190	—	
	L	2,195	—	—	F	1,490	—	—	
	M	1,490	—	—	G	2,152	A B T 2,153 2,253	A B T 2,254	
	N	2,390	—	—	H	1,580	1,590 1,490	1,490	
	P	2,390	—	—	(注) ① 提出図=当審判庁に提出の中央切断図 検査用図=N, Kにおける図面検査用// 完成図=中央切断完成図(902-051) ② 検査用図及び完成図については、提出図記載の板巾と 異なつたもののみ示す。また—を引いて訂正してある ものはNK検査員が朱記したものである。				
	Q	1,195	—	—					
	R	2,195	—	—					

6、材料及び使用鋼材の配分

本船建造にあたって使用した鋼材の主なもの、前示中央切断完成図に示すとおりである。すなわち中央部0.6L間において、竜骨板に27.5ミリD級鋼、船底外板にはA板ないしC板、E板ないしG板に19ミリA級鋼、D板及びH板に19ミリD級鋼、内底板に20.5ミリA級鋼、上甲板に38ミリD級鋼、丸形ガンネルに38ミリE級鋼、甲板ロンジに38ミリB級鋼、隆起甲板に10ミリA級鋼をそれぞれ使用し、船側外板にはM板からQ板まで20.5ミリ、J板、L板及びR板に18.5ミリの各A級鋼、ただしフレーム160から166半までの間のみについては、M板からQ板まで並びにJ板、L板及びR板に22ミリの各A級鋼を使用し、また、ビルジホッパー斜板部のg板に19ミリ、h板に13ミリ、j板に12.5ミリ、l板に12ミリの各A級鋼、二重船側のm板に13ミリ、n板に12ミリ、p板に11ミリ、トップサイドタンク底板のq板及びr板に10ミリ、s板及びt板に9ミリ、u板に25ミリの各A級鋼を使用している。

日本海事協会規格のAないしE級鋼は記号でそれぞれKAないしKEと呼ばれ、鋼種としてA、B及びD級鋼はセミキルド鋼またはキルド鋼とし、C及びE級鋼はアルミニウム処理による細粒キルド鋼とするほか、E級鋼及び厚さ32ミリを越えるC級鋼では圧延後焼準を施すことが指定されており、板厚16ミリ未満のA級鋼にはリムド鋼を使用しても差し支えないとしている。本船のミルシートから鋼材の材質を調べると、A級鋼及びB級鋼の化学成分の1例は、第5.1表及び第5.2表に示すとおりであり、D級鋼については、第6.1表に示すとおり衝撃試験時(温度0度、Vノッチ)における吸収エネルギーの平均値は最小6.2キログラムメートルでいずれも4.8キログラムメートルを上回っており、E級鋼については、第6.2表に示すとおり衝撃試験時(温度零下10度、Vノッチ)における吸収エネルギーの平均値は最小8.5キログラムメートルでいずれも6.2キログラムメートルを上回っており、各鋼材は、いずれも鋼船規則の規定に適合している。

第5・1表 A級鋼化学成分及び試験成績表

板厚 mm	チャージ ナンバー	化 学 成 分 %					引 張 試 験			Cold Bend Test
		C ×100	Si ×100	Mn ×100	P ×1000	S ×1000	Yield Point (kg/mm ²)	Tensile Strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	
25	57694	21	4	62	27	19	25.5	45.2	30.0	Good
19	57928	19	4	55	16	16	25.1	46.4	29.0	"
20.5	11992	20	5	69	21	24	27.9	47.2	29.0	"
"	12010	20	5	61	21	26	26.5	44.5	27.0	"
19	11975	22	5	66	14	26	25.8	44.9	27.0	"
"	57928	19	4	55	16	16	25.1	46.4	29.0	"
18.5	58149	23	6	61	17	21	27.9	47.3	29.0	"
25	12097	21	5	62	16	26	26.4	46.0	29.0	"
22	12016	21	6	70	17	27	25.8	44.2	31.0	"
"	12051	22	5	68	15	24	25.5	46.1	25.0	"
18.5	12097	21	5	62	16	26	27.2	43.9	27.0	"

第5・2表 B級鋼化学成分及び試験成績表

板厚 mm	チャージ ナンバー	化 学 成 分 %					引 張 試 験			Cold Bend Test
		C ×100	Si ×100	Mn ×100	P ×1000	S ×1000	Yield Point (kg/mm ²)	Tensile Strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	
25.4	12926	15	2	88	15	26	28.0	41.7	31.0	Good
"	13016	16	3	96	11	22	27.8	45.6	28.0	"
60	11789	12	20	91	16	25	26.9	44.7	29.0	"
"	11879	14	22	89	16	26	28.1	45.2	30.0	"
"	12153	16	22	66	15	19	27.0	44.8	35.0	"
30	14000	12	25	93	12	22	27.0	45.1	30.0	"
28	12526	17	3	92	16	20	26.3	43.0	30.0	"
26	10001	17	22	68	14	24	30.8	48.6	26.5	"
"	12666	14	20	92	16	22	29.8	48.1	27.0	"
38	K 87033	17	5	94	15	23	26	45	22	"
"	K 87287	14	6	103	17	28	25	44	33	"
"	K 87030	14	5	90	14	20	24	42	32	"

第6・1表 衝撃試験成績表 (Vノッチ)

平均最小吸収エネルギー

4.8kg-m

板厚 mm	類別	チャージナンバー	吸収エネルギー (kg-m)				温度
			第 1 回	第 2 回	第 3 回	平均	
38	D級鋼	39010553/11	6.4	6.2	7.5	6.7	0°C
"	"	39010593.4/9	8.4	5.6	5.9	6.6	"
"	"	39010596.0/9	7.4	7.2	7.4	7.3	"
"	"	39010626.8/10	7.2	8.1	9.4	8.2	"
"	"	95-3319	7.70	13.50	13.90	11.7	"
34	"	96-7652	11.35	11.05	6.95	10.1	"
27	"	—	11.46	15.49	9.05	12.0	"
27.5	"	17-7144	7.65	5.59	5.54	6.2	"
19	"	17-6898	8.45	9.85	14.68	11.0	"

第6・2表 衝撃試験成績表 (Vノッチ)

平均最小吸収エネルギー

6.2kg-m

板厚 mm	類別	チャージナンバー	吸収エネルギー (kg-m)				温度
			第 1 回	第 2 回	第 3 回	平均	
38	E級鋼	17-7588	14.07	10.65	13.80	12.8	-10°C
"	"	95-8277	10.14	9.42	12.60	10.4	"
"	"	16-7332	15.00	15.21	14.77	15.0	"
"	"	"	12.20	13.89	15.49	13.9	"
"	"	18-7330	12.66	14.48	16.02	14.4	"
"	"	18-7399	9.62	12.07	11.05	11.2	"
"	"	"	8.50	8.29	8.64	8.5	"
"	"	"	12.13	8.19	6.95	9.1	"
"	"	399435/01	12.7	12.8	12.6	12.7	"
19	"	390109910/12	10.3	10.2	10.2	10.2	"

次に本船のミルシート、外板展開図及び鋼材配置図を照合しながら鋼材の使用配分について検討することとする。当審判庁は、当初D社から提出されたミルシートを全葉にわたって調査した結果、かなりな鋼材不足が判明したので、その説明を求めたところ、D社では、新造時ばかりばあ丸に使用した鋼材のミルシートは、理事官より提出要求があったときは、東京第2工場控えをすでに廃却した（時期不詳）のちであったので、新たに鋼材商社を通じて鋼材メーカーから取り寄せて、それを理事官に提出したものである旨述べ、更に昭和45年9月25日当審判庁に同様に取り寄せたミルシートの追加分を提出し、同時にミルシートの内訳を次のとおり回答してきた。

① 理事所に提出済みのミルシートによる鋼材重量

プレート	約	9,240トン
セクション	約	365トン
ワイドフラットバー	約	401トン
計	約	10,006トン

② 今回入手したミルシートによる鋼材重量

セクション	約	45トン
フラットバー	約	33トン
計	約	78トン

③ ミルシートが入手できないもの（未提出）

セクション	約	43トン
フラットバー	約	9トン
計	約	52トン

④ ①+②ミルシートのあるもの

計	約	10,084トン
---	---	----------

⑤ 購入した鋼材合計重量

約10,136トン

H代理人は当廷において、鋼材の注文は全部材料引き当てで行なわれるので鋼材はミルシートどおり使用される、使用鋼材は外板展開図、鋼材配置図（いずれも完成図）記載どおり使用される、他船の鋼材を振り替え使用した場合に前の船番号をミルシート上にそのまま記載したものがあつたとしてもその数はきわめて少ない、図面上15ミリの板厚の箇所には16ミリの板厚を引き当てることは修繕船ではあるが新造船ではあまり行われぬ、A級鋼の箇所にB級鋼あるいはD級鋼を使用することはばりばあ丸でもたぶんなかったと思う、図面にB級鋼となつておれば極力B級鋼を使う旨の供述をしており、また、M代理人はミルシート追加分（昭45.9.25付）提出後当廷において、船名がはっきり書いてあるから提出したミルシートに他船のものがはいつていることはない、元帳及び引当て台帳があつて各船の使用鋼材の合計、発注製作所別プレート、セクション、バーなどの区分別トン数がわかっているからこれによってミルシートを各製作所から再入手した。プレートの分のミルシートは全部提出済みと考えてよい旨の供述をしている。そこでH代理人及びM代理人の当廷における各供述、理事官に提出されたミルシート、ミルシート関係資料並びにミルシート追加分（昭45.9.25提出）と、外板展開図、鋼材配置図（いずれも完成図）及びミルシート追加分（昭46.1.19提出）とを照合すると、次のようない違いがある。

(イ) 丸形ガンネル

図面では所要寸法の18枚に対し、ミルシートでは17枚しかなく1枚足りない。これはミルシートNo. 1033 (プレート) 1枚が当審判庁に提出されておらず、この分が脱落しているものと考えられ、M代理人のプレートの分のミルシートは全部提出済みである旨の供述と合わない。

(ロ) 35ミリD級鋼

図面では1,500×8,000のもの2枚必要とするのに対し、ミルシートには35ミリD級鋼が全く見当たらない。この点について後にD社から38ミリE級鋼の同寸法のもの2枚を引き当てたと推定されるとの回答があったが、これはH代理人の図面よりも上級の鋼材を使わなかったと思う旨の供述とあわない。

(ハ) 31ミリD級鋼

図面では、1,050×6,000及び1,500×6,000のもの両舷各1枚ずつ計4枚を必要とするのに対し、ミルシートにはこれに該当するものがなく、この点について後にD社から31ミリE級鋼1,500×8,000、2枚、31ミリD級鋼2,100×6,000、1枚を引き当てたものと推定されるとの回答があったが、これはH代理人の図面より上級の鋼材を使わなかったと思う旨の供述とあわない。

(ニ) 外板

図面では19ミリD級鋼は所要寸法のプレート44枚を必要とするのに対し、ミルシートでは11枚しかない。この点について後にD社から、すでに提出の分19D11枚、19E8枚(D級鋼の代わりに使用したと推定される。)、追加提出19D18枚(新規に発見されたもので先行き手配のため第898番船の名義になっている。)、追加提出19D5枚(新規に発見されたもの)、不明調査中のもの2枚、合計44枚との回答があったが、これはH代理人の図面より上級の鋼材を使わなかったと思う、他船のものが混入してもその数はきわめて少ない旨の供述とあわず、また、M代理人の提出したミルシートに他船のものがはいつていることはない、プレートの分のミルシートは全部提出済みである旨の供述ともあわない。

(ホ) 甲板ロンジ

図面と比較するとミルシートでは38ミリB級鋼が10%あまり不足している。この点について後にD社から、不足分は38ミリD級鋼が引き当てられたものと推定されるとの回答があったが、ミルシート上では38ミリD級鋼をデッキプレート以外に使用する余裕が認められない。図面上では35ミリB級鋼を約40トン必要とするのに対し、ミルシートにはこれが全くない。この点について後にD社から、38ミリB級鋼8枚及び38ミリD級鋼4枚を使用したと推定されるとの回答があったが、これはH代理人の新造船では図面より厚い板厚を引き当てることはあまり行なわれない、図面より上級の鋼材を使わなかったと思う旨の供述とあわない。図面と比較するとミルシートでは28ミリA級鋼が23%不足している。この点について後にD社から、28ミリB級鋼8枚(N社製)、28ミリA級鋼3枚(O社製)を引き当てたが、なお同ロンジ95本中29本分不明で調査中である旨の回答があったが、O社のものは、ミルシートでは全部で5枚(鋼材重量約86トン)でいずれも第226番船となっており、これはH代理人の前の船番号がそのまま記載されているのはきわめて少ない旨の供述とあわず、また、M代理人の提出したミ

ルシートに他船のものがはいつていることはない旨の供述ともあわない。

以上説示したとおり、本船の建造にあたっては新造船にもかかわらず、図面に記載のものよりミルシート面で鋼材がかなり不足しているばかりか、上級の鋼材が多数使用され、かつ、他船用の鋼材が多数引き当てられたことになり、プレート関係のミルシートは全部提出済みであると供述しながら、新たに発見されたとして他船名義を含む約85トン分のミルシートが追加提出され、これでははたして本船が図面どおりの鋼材を使用して建造されたか否かとの疑いが起こってくる。いうまでもなくミルシートは、船舶が図面どおり建造されたことを材料面から証明する重要な資料であり、建造時に使用されたすべての鋼材を網羅したものでなければその用をなさず、たとえば1枚の不良鋼材のミルシートが脱落していた場合、他の鋼材の合格が証明されても、それをもって本船の安全を保証することはできないものであるところ、本船建造当時のミルシートがすでに廃却処分され、また、カッティングプランも滅失したことは、はなはだ遺憾である。

7、工作

本船は、D社東京第2工場において昭和39年12月4日加工開始、翌40年3月5日搭載開始、同年5月15日進水、同年9月13日完工し、即日E社に引き渡された。本船は、全溶接構造鋼船で、特殊部分を除き平面ブロック方式が採用され、貨物倉部分の標準ブロック長さは平行部12メートル、曲り部8メートル以内、ブロックの総数は約450で、外板、甲板などの大構の溶接には社内工があたり、部材と部材との取合い部などの内構の溶接には社外工があたった。本船建造当時同工場における社内工と社外工との割合はほぼ6対4で、社外工のうち約80%は定着の工員であり、同工場では、技倆資格を有しない社外工に対しては、氏名を登録させ実技試験を行なったうえ許可証を発行し、5月及び11月の日本海事協会の定期試験を受験させ資格を取得するよう指導し、社内工に対しては、進級試験を受験させるなどして技倆の向上に努めていた。次に溶接の検査については、施工者の自主検査、船殻工作部の検査、検査部検査課の検査の3段階で外観検査を行ない、ブロック完成後同協会の検査を受けていたが、ブロックで再検査を受けたものが2、3個あり、区画完成時の検査については、社内検査をしたのち同協会の内部検査を受けたところ、アンダーカット、ピース取りはずし後のきずなどがあったので、いくらか手直しをし、各タンクについては、船台上で内部検査前にX線撮影をシームとバットの交さ部に対して行ない、不良箇所があったところは手直しのうえ再撮影したところ、成績はいずれも三級以上であった。

全日本海員組合の調査によると、第20次、第21次計画造船には溶接忘れ、溶接不良などが大手造船所で建造された船舶にもかなり発見され、そのうち溶接忘れ、溶接不良の件数はD社で建造された船舶が最も多くなっている。日本海事協会の船級船の溶接を行なう者は、全員技倆資格を有しているべきところ、本船建造にあたり社外工の中に技倆資格を持たない者が何人かおり、また後述のように、隆起甲板下のブラケットを付け忘れてたり、ビルジホッパー上部たな板と斜板との取合い部の溶接すみ肉部が、脚長不足等により処女航海で同たな板下側から漏水したりした事実を徴し、このほかにも溶接忘れ、溶接不良が全くなかったとは断言できない。

8、試運転時の座屈及び修理補強

本船は、昭和40年7月24日、26日及び27日の3日間にわたり東京第2工場艀装工作部長総

指揮のもとに、館山沖において海上公試運転を行ない、そのうち26日及び27日には満載状態にするため全バラストウォータータンク（以下単にバラストタンクという。）にいっぱい張水したほか、第2番倉内及び第4番倉内にデッキサイドライン下約1メートルまで張水し、第5番倉内にも二重底頂板から約3メートルの高さまで張水して同運転を行なったが、これを終わって28日同工場に帰るため排水にかかり、船倉内の海水よりも先にバラストタンク内の海水を排出したところ、同日午後2時ころ第2番バラストタンク内の排水をほぼ終わったころ、第2番倉のビルジホッパー部分が音響を発生して座屈した。そこで直ちに排水ポンプをとめて全タンクの海水の排出を一時中止したうえ、第2番バラストタンク内にはいり、ビルジホッパーのトランスリングが座屈していることを確認した。そのころ第4番バラストタンク内には海水がまだビルジホッパーの中央ぐらいの高さまで残っていたので、まず第2番倉内の海水を排出し、次に第4番倉内の排水にかかり、それから各バラストタンク内の排水をし、同工場に帰って調査したところ、第2番ビルジホッパーのトランスリングが広範囲にわたって座屈しており、また、第2番倉及び第4番倉の前後の各横間隔壁内のウェブプレートが下方だけでなく、上方の斜板部近くまで広範囲にわたって凹損していた。もともと本船は、南米で鉄鉱石を積む際ローダーが低いいため、第2番倉及び第4番倉に海水バラストを張水するよう設計された船であったにもかかわらず、ビルジホッパーのトランスリングが広範囲にわたって座屈したのは、強度不足のためであり、また、第2番倉及び第4番倉の前後の各横置隔壁は、深水タンクバルクヘッドとして計画されていたにもかかわらず、同隔壁のウェブプレートが広範囲にわたって凹損したのも、強度不足のためであった。本船の引渡し予定は昭和40年8月10日であったが、これらの座屈及び凹損の修理補強のため引渡しが約1箇月遅れた。試運転時の損傷箇所の詳細がはっきりしないが、報告された代表的な損傷例を第1.1図及び第1.2図に示す。修理補強工事の主なものは、次のとおりである。

(1) 各二重横置隔壁内垂直ウェブプレートの補強

(イ) ホッパー直上の軽目穴に12×800×1,400ダブリングプレートを追加、12×200×800F・B（F・Bはフラットバーを意味する。）及び12×200×520F・Bを追加した。

(ロ) 歪取りをしたのちウェブプレート上部及び中間部に150×90×9A×2,400（Aはアングルを意味する。）垂直補強材計48本、150×90×9A×3,600垂直補強材計56本、150×90×9A×1,160垂直補強材計104本及び150×90×9A×800水平補強材計48本を取り付けた。

(2) ビルジホッパー内トランスリングの修理補強

(イ) 2番ホッパータンク内トランスリング8枚（フレーム171、175、179、183、187、191、195、197）を新替えた。

(ロ) 全ホッパータンク内トランスリングの開口に帯板を追加した。

(ハ) 全ホッパータンク内3番ロンジ、4番ロンジ、22番ロンジ及び23番ロンジ並びに1番ロンジ、2番ロンジ、5番ロンジ及び24番ロンジにトリッピングブラケットを追加した。

(ニ) 全ホッパータンク内1番ロンジから6番ロンジまで及び20番ロンジから25番ロンジまでの各スカロップにカラープレートを追加した。

(ホ) 全ホッパータンク内7番ロンジ、26番ロンジ間に150×90×9〔〔は逆付け山形材を意

味する。)を取り付けた。

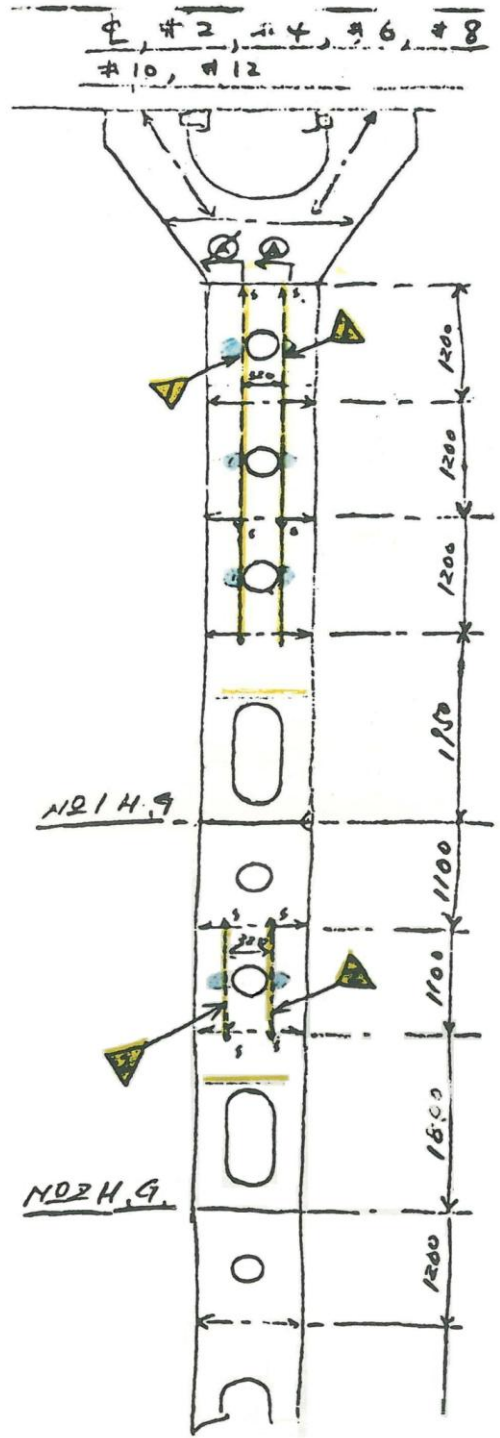
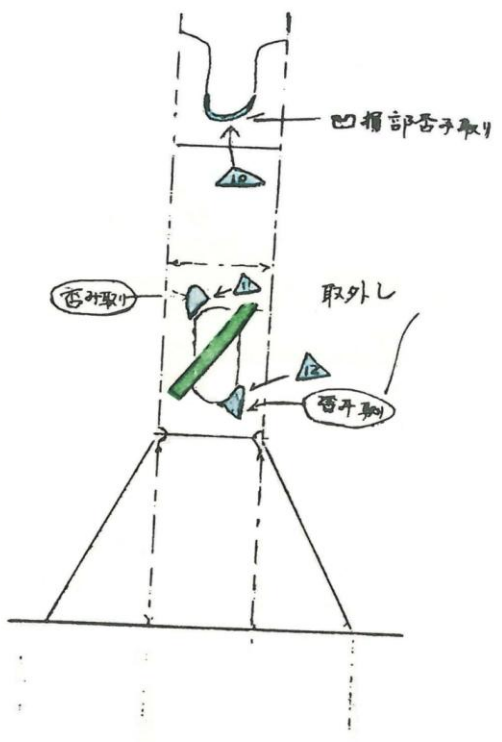
このようにビルジホッパートランスリングには、ストラットを設けるなどの補強を行なったが、トランスリングの板厚は9ミリのままとして増厚しなかった。

- (3) 各船倉二重底の遊びの実体肋板の両端部に、ビルジホッパー内からブラケットを増設した。(2番ロンジから下方既設ブラケットの遊辺中央部にかけて)
- (4) 各船倉の二重底実体肋板に連続しているビルジホッパートランスリングに設けてあったガセットプレートを内底板の高さに移設した。
- (5) 第3、4、5番各倉船首側隔壁ホッパー下端(フレーム82、122、162)の縦桁と内底板との取合い部に、両側の内底板ロンジにかけて船横に幅150ミリ、厚さ14ミリのブラケットを取り付けた。
- (6) 内底板端部とビルジホッパー斜板部下端とのすみ角取合い部に、14ミリの平板三角形のブラケットを2肋骨間隔に、また、150×90×9[を600ミリの間隔でそれぞれ設け、同ブラケットの上に100×16F・Bを当て、更にその上に厚さ18.5ミリ、幅1.25メートルのカバープレートを全倉にわたり溶接した。

なお、(4)のガセットプレートについては、図面検査の際日本海事協会が、ビルジホッパー内のトランスリングに内底板と同一面に水平ブラケットをつけるよう指示したところ、D社から必要がないと考える旨の申し出があり、本船限りとして承認されたものであるが、同協会の指示どおり同ブラケットをつけておけば、損傷が多少とも少なかったものと思われる。

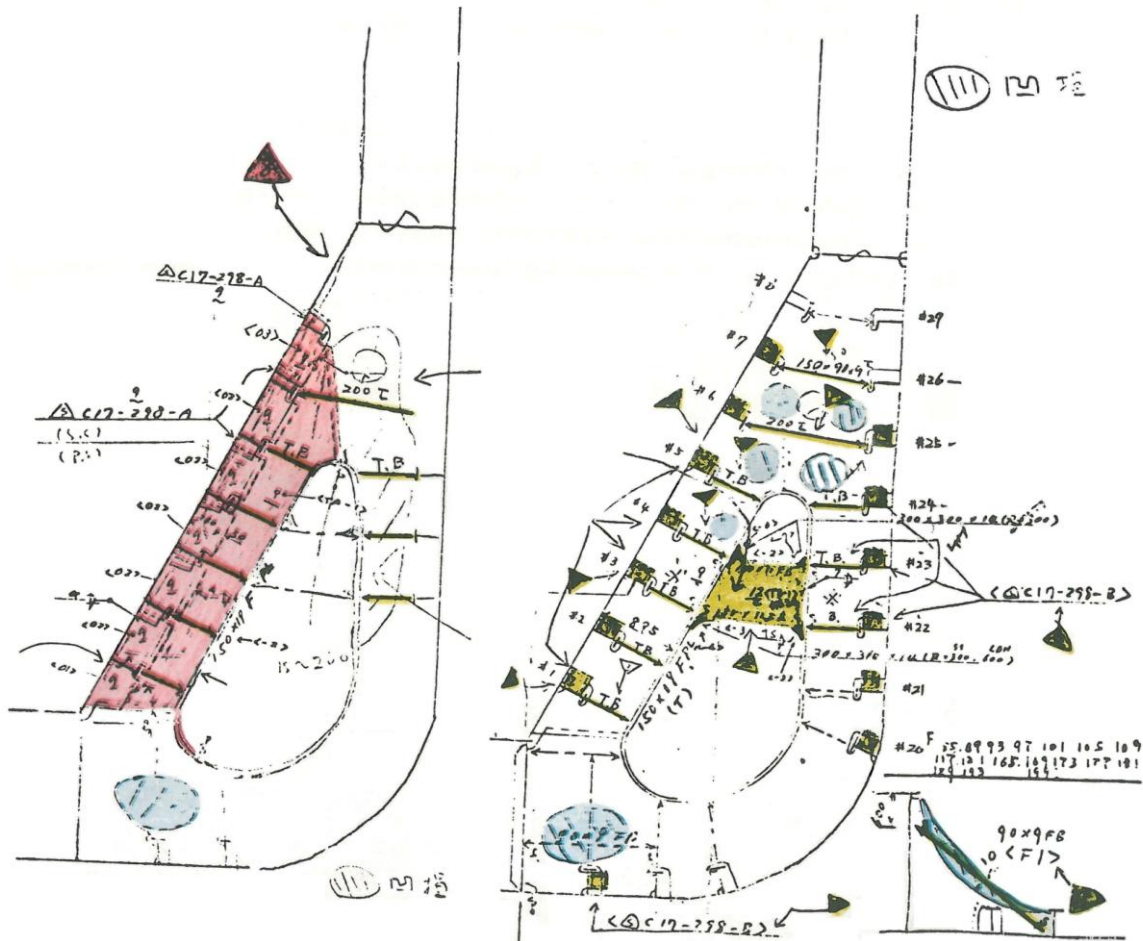
第 1・1 図 二重隔壁の座屈

- 新 替 え —
- 増 設 —
- 曲 り 直 し —
- 取 外 し —



第1・2図 ビルジホッパーの座屈

新 替 え —
 増 設 —
 曲 り 直 し —
 取 外 し —



第3 類似船との比較

1、類似船の船体構造及び使用鋼材

拓洋丸及びジャパングランは、いずれもホモ積みのみ許された船で、主要寸法のほか船倉の数5、二重底のビルジホッパー間の幅23.84メートル、中心線桁板の高さ1.750メートルなどがぼりばあ丸と同じであるが、ぼりばあ丸の特徴である二重船側、二重隔壁、隆起甲板の構造方式を採用せず、船側は普通肋骨と特設肋骨からなり、横置隔壁は波型隔壁で、船倉の長さは第1番倉を除き36メートルでぼりばあ丸より少し長く、トップサイドタンクは穀類を積むことができるよう底板ロンジがタンク外に設けられ、ビルジホッパー内トランスリングのない肋板端部には中間トランスウェブが設けられているほか、トランスリングの開口はぼりばあ丸に比べて著しく小さく、横置隔壁ホッパ

一の斜板下の位置で肋板のないところにはハーフハイトフロアが設けられている。拓洋丸及びジャパングランは、船底外板にはA板からC板まで21ミリB級鋼、D板に21ミリF級鋼、内底板にはa板からd板まで23ミリA級鋼、e板及びf板に21ミリA級鋼を使用しており、船首船底補強部の外板に中間ロンジが設けられている。

八雲山丸は、ホモ積みのみ許された船であるが、二重船側、二重隔壁、隆起甲板を除いては構造がぼりばあ丸に最も類似している。すなわち、主要寸法、船倉数、二重底幅、中心線桁板高さが同じであるほか、船底外板及び内底板にぼりばあ丸と同種、同厚の鋼材を使用し、横置隔壁ホッパーの斜板下の位置で肋板のないところには船縦に厚さ10ミリの補強板が当てられ、ビルジホッパー内に中間トランスウエブが設けられていないなどであるが、船側は普通肋骨と特設肋骨からなり、横置隔壁は波型隔壁で、船底湾曲部に縦通肋骨が設けられ、船倉の長さは第1番倉を除き36メートルで、ビルジホッパー内トランスリングの開口は、ぼりばあ丸に比べて著しく小さく、船首船底補強部の外板に中間ロンジが設けられている。

紀州丸は、船倉数がぼりばあ丸と同じく5であるが、第1番倉を除き1船倉につき2倉口を有し、隆起甲板の構造方式を採用せず、横置隔壁は二重隔壁であるが、船側は普通肋骨と特設肋骨からなり、船体の中央部に深水タンクが設けられているため隔壁数が1枚多く、船倉は積付倉と空倉を区別して積付倉の内底板ロンジは、空倉のロンジ間隔の半分の間隔で設けられ、ビルジホッパー内トランスリングは肋板の箇所ごとに設けられており、中心縁桁板の両側には肋骨間隔ごとに厚さ12.7ミリの大きなブラケットが取り付けられ、中心縁桁板、第1側桁板及び第2側桁板は、横置隔壁の近傍でその板厚をいずれも増加させており、横置隔壁ホッパー斜板下の位置で肋板のないところには水密肋板を境にして、船尾側に幅800ミリ厚さ10ミリの補強材が800ミリの間隔で、その反対側には上端及び下端に同厚のブラケットが同間隔でそれぞれ取り付けられている。紀州丸は、船底外板にはA板及びB板に21.5ミリB級鋼、C板に21ミリE級鋼、D板及びE板に21ミリB級鋼を使用し、内底板は積付倉ごとにa板からc板までの板厚を変え、第1番倉は20.5ミリ、第3番倉は26.5ミリ、第5番倉は22.5ミリの各A級鋼、d板からf板までは第1、3、5番倉とも20.5ミリのA級鋼、第2、4番倉は、a板からC板まで22.5ミリ、d板からf板まで20.5ミリの各A級鋼を使用し、上甲板に28ミリD級高張力鋼、丸形ガンネルに28ミリE級高張力鋼を使用している。紀州丸は、鉄鉱石のオルト積みの場合、第2番倉と第3番倉との境界（フレーム181）に10,900トンの最大剪断力を生ずるので、船側外板にはフレーム172半からほぼ194間（約17.4メートル）のH板ないしM板に特に28.5ミリA級鋼を使用しており、また、フレーム80から92間のH板ないしM板に23ミリ、フレーム92から105間のH板ないしM板に22ミリの各A級鋼を使用しており、中心線桁板の高さは1.990メートルで、船首船底補強部の外板に中間ロンジが設けられている。

さんまるていん丸は、船体構造及び使用鋼材が紀州丸とほぼ同じで、剪断力が大きくなる箇所付近の船側外板には、フレーム69から105間のH板ないしM板に25.4ミリA級鋼（H板の一部に26.5ミリA級鋼を使用）、フレーム165半から194間及びフレーム206から229間のH板ないしM板にいずれも25.4ミリA級鋼を使用している。

ジャパンプインは、船倉数が6で第1番倉を除き1船倉につき2倉口を有し、横置隔壁は波型隔壁で、船側は普通肋骨と特設肋骨からなり、ビルジホッパー内トランスリングは肋板の箇所ごとに設け

られ、横置隔壁の下には10ないし14肋骨間隔にわたり厚さ10ミリの中間側桁板が設けられており、中心線桁板には肋骨間隔ごとに船底外板、内底板間に厚さ12.7ミリの大きなブラケットが取り付けられ、横置隔壁ホッパーの斜板下の位置で肋板のないところには厚さ10ミリの補強材が船縦に当てられ、積付倉の内底板ロンジは空倉の内底板ロンジの半分の間隔で設けられている。ジャパンパインは、船底外板には21.5ミリB級鋼、船底湾曲部には21.5ミリE級鋼、内底板には20.5ミリA級鋼、上甲板には30ミリD級高張力鋼、丸形ガンネルには30ミリE級高張力鋼をそれぞれ使用し、剪断力が大きくなる箇所付近の船側外板には、フレーム165から180間のH板ないしM板に26.5ミリA級鋼、フレーム180から194間のH板ないしM板に33ミリB級鋼、フレーム194から206間のH板ないしM板に30ミリA級鋼、フレーム206から229間のH板ないしM板に26.5ミリA級鋼、フレーム229から241間のH板ないしM板に23ミリA級鋼をそれぞれ使用しており、中心線桁板の高さは1.990メートルで、船首船底補強部の外板に中間ロンジが設けられている。

三国山丸は、船倉の数が7で、うち5倉は船倉の長さがほぼ18メートルで1船倉につき1倉口を有し、他の2倉は船倉の長さがほぼ36メートルで1船倉につき2倉口を有し、船倉ごとに肋板、中心線桁板、側桁板、内底板、ビルジホッパープレート、内底板ロンジ、ビルジホッパーロンジの各寸法が違っており、船側は普通肋骨と特設肋骨からなり、横置隔壁は波型隔壁で、ビルジホッパー内トランスリングは肋板の箇所ごとに設けられ、第15番側桁板と内底板及びビルジホッパー斜板との各取合い部には、肋骨間隔ごとに厚さ12ミリの大きなブラケットが取り付けられている。三国山丸は、船底外板にはA板、C板及びD板に23.5ミリB級鋼、B板に23.5ミリE級鋼、E板に21.5ミリE級鋼、F板及びG板に21.5ミリB級鋼、内底板には28.5ミリ及び26.5ミリの各A級鋼、第4番倉のみ22ミリA級鋼を使用し、上甲板にはD板からG板まで25ミリD級高張力鋼、丸形ガンネルには23ミリD級高張力鋼を使用し、剪断力が大きくなる箇所付近の船側外板には、フレーム62から74間のH板ないしM板に26.5ミリA級鋼、フレーム74から78間のH板ないしM板に24ミリA級鋼、フレーム167から183間のH板ないしM板に27.5ミリA級鋼をそれぞれ使用しており、中心線桁板の高さは1.990メートルである。

八雲川丸は、船倉の数が7で、船側は全部同一寸法の肋骨からなり、横置隔壁は波型隔壁で、ビルジホッパー内トランスリングは肋板の箇所ごとに設けられ、第11番側桁板のビルジホッパー側には各トランスリングの間にビルジホッパー斜板部ロンジ2本、船底ロンジ1本にわたり厚さ12.7ミリの大きなブラケットが、また、船底湾曲部には船側ロンジ1本、船底ロンジ1本にわたり厚さ12.7ミリのブラケットがそれぞれ取り付けられており、横置隔壁ホッパー斜板下の位置には両側とも肋板があるほか、更に船底ロンジ、内底板ロンジ間に厚さ10ミリ、幅800ミリの補強材が船縦に当てられている。八雲川丸は、船底外板にはA板、C板及びD板に22.5ミリB級鋼、B板に22.5ミリE級鋼、E板に19.5ミリB級鋼、船底湾曲部には19.5ミリE級鋼、内底板には積付倉の倉口下に29.5ミリA級鋼（空倉は24.5ミリ）、倉口下以外に27.5ミリA級鋼（空倉は22.5ミリ）を使用し、上甲板には25.4ミリD級高張力鋼、丸形ガンネルには25.4ミリE級高張力鋼を使用し、剪断力が大きくなる箇所付近の船側外板には、フレーム65から94間のF板ないしP板に23ミリA級鋼を使用しており、中心線桁板の高さは1.980メートルで、部材寸法はぼりばあ丸に比べて特段に大きい。

チャールスEウィルソンは、ぼりばあ丸と同じく船倉の数が5で、隆起甲板構造であるが、第1番倉を除き1船倉につき2倉口を有し、二重船側構造であるが、横置隔壁は二重隔壁ではなく、波型隔壁を採用し、各船倉の中央にハーフバルクヘッドが設けられ、ビルジホッパー斜板と内底板との取合い部には厚さ16ミリでビルジホッパーの傾斜にそって折り曲げた当て金が設けられ、実体肋板は1枚おきに遊びの端部となっているが、同端部のビルジホッパー側には斜板ロンジ1本、船底ロンジ2本にわたり大きな中間ブラケットが取り付けられている。チャールスEウィルソンは、竜骨板に31ミリAT鋼、船底外板にはA板からG板まで28ミリAT鋼、内底板には25.4ミリA級鋼、上甲板及び舷側厚板には38ミリACN鋼、隆起甲板に11ミリR鋼をそれぞれ使用し、船側外板にはH板ないしP板に22ミリA級鋼、Q板に30ミリAT鋼、ビルジホッパー斜板部のg板に21ミリ、h板に19ミリ、j板に17ミリ、l板に16ミリの各A級鋼、二重船側のv板に16ミリ、w板に15ミリ、トップサイドタンク底板のq板及びp板に11ミリ、n板に12.7ミリの各A級鋼、m板に30ミリAT鋼をそれぞれ使用しており、中心線桁板の高さは2.000メートル、二重船側の幅は1.930メートルで、部材寸法はぼりばあ丸に比べて特段に大きい。

ヒロイックは、船倉の数が7で、積付倉の長さ16.7ないし18.2メートル、空倉の長さ29.6メートルで、空倉は1船倉につき2倉口を有し、ぼりばあ丸と同じく二重船側、隆起甲板構造であるが、横置隔壁は波型隔壁を採用し、ビルジホッパー内トランスリングは3肋骨間隔の2.280メートルごとに設けられ、内底板とビルジホッパーとの取合い部には厚さ15ミリのチャールスEウィルソンと同様な当て金が設けられ、第14番側桁板のビルジホッパー側には斜板ロンジ1本、船底ロンジ2本にわたり厚さ12.7ミリの大きなブラケットが、また、同桁板の二重底側には内底板ロンジ2本、船底ロンジ1本にわたり同厚の大きなブラケットが、いずれも肋骨間隔ごとに取り付けられており、各船倉の内底板ロンジは船底ロンジ間隔の半分の間隔で設けられ、空倉の中央部は肋板を3肋骨間隔から2肋骨間隔に縮めており、横置隔壁ホッパー斜板下の位置で肋板のない箇所（フレーム76、115、137、176、198及び237）にはハーフハイトフロアが設けられており、ぼりばあ丸に比べて、ビルジホッパートランスリングの開口は著しく小さく、また、二重船殻の部材寸法もより大きく、更に二重船側とビルジホッパー及びトップサイドタンクとを接続する各ブラケットも、より強固なものである。ヒロイックは、竜骨板に30.5ミリAT鋼、船底外板にはA板ないしF板、G板及びH板に27.5ミリAT鋼、内底板には19ミリR鋼、上甲板及び舷側厚板には35ミリAT鋼、隆起甲板には16ミリR鋼を使用し、船側外板にはJ板からQ板まで21.5ミリR鋼、R板に30ミリAT鋼、ビルジホッパー斜板部に19ミリR鋼、二重船側のx板ないしv板に19ミリR鋼、w板に15ミリR鋼、トップサイドタンク底板のr板ないしn板に12.7ミリA級鋼、m板に19ミリR鋼をそれぞれ使用しており、中心線桁板の高さは1.790メートル、二重船側の幅は1.045メートルである。

以上類似船と船体構造を比較してきたが、ぼりばあ丸の特徴である二重船側構造の船は、日本海事協会の船級を取得している船で、載貨重量トン数50,000トンを超えるばら積貨物船では、本船1隻だけであってほかにその例がない。チャールスEウィルソンは、主としてハンプトンローズから日本に石炭を輸送する目的で建造された船であるが、二重底の高さ及び二重船側の幅がともに大きく、むしろ鉱石専用運搬船に近い構造強度を有しており、また、ヒロイックは、これらの寸法を縮めた代わりに隔壁数を増して貨物倉を2個増加させたうえ、更に積付倉については、長さを短縮して空倉の

長さの約半分としている。これに対しぼりばあ丸は、貨物倉数及び積付倉の長さをチャールスEウィルソンとほぼ同じ値にしたまま、二重底の高さ及び二重船側の幅をヒロイックとほぼ同寸法まで短縮しているが、これらは、本船建造当時D社が、その裏付けとなるべき船体強度上の計算等を十分に行なうたうえのものではなかった。(後述第4、船体の強度の項参照のこと。)なお、類似船にみられるように、船底外板に19ミリA級鋼を使用しているのは、本船のほかにはホモ積みのみを許されている八雲山丸だけで、オルト積みを禁じられている拓洋丸及びジャパングランでさえ21ミリB級鋼を使用している。第7表は、昭和36年鋼船規則解説の資料として日本海事協会が発表したもので、shipは実船値を示し、案は改正規則による値を示している。これによると、船の長さが200メートルを超えるものの例は少ないが、船底外板が19ミリの板厚のものは、ばら積貨物船では167メートル以下、鉱石運搬船では153メートル以下の船となっている。第8表、第9表、第10.1表及び第10.2表に類似船の構造比較表、材料寸法比較表、進水時鋼材搭載重量及び中央横断面の断面係数をそれぞれ示す。第8表及び第9表からわかるように、鉄鉱石のオルト積みをしている類似船と比較した場合、二重船側構造を除き、本船の部材寸法はこれらの船を下回っており、ことにビルジホッパー斜板部に12ミリA級鋼を使用しているのは本船だけであり、また、チャールスEウィルソン及びヒロイックと比較しても、本船二重船殻の部材寸法は、はるかに両船を下回っている。

第7表 船底外板の板厚比較表
(昭和36年版鋼船規則解説所載)

船型	L	B	D	d	d/L	肋骨S構造	船底外板			
							NK	LR	Ship	案
平 3 D ^K	140	19.2	12.3	9.1	.0650	L 875	17.85	17.20	19	17.15
三島 2 D ^K	140.3	19.0	(12.85) 10.5	8.38	.0598	T 800				
遮浪 2 D ^K	140.49	19.2	(9.75) 12.192	9.068	.0646	L 820	17.4	16.68	17	16.55
平 3 D ^K	145	19.4	12.5	9.18	.0633	L 815	17.72	16.94	19	16.60
平 3 D ^K	145	19.5	12.3	9.00	.0620	L 875	18.2	17.45	17.5	18.00
平 3 D ^K	145	19.6	12.4	9.3	.0641	L 840	18.1	17.33	18	16.90
平 3 D ^K	145.2	19.6	12.5	8.8	.0606	L 875	17.88	17.21	20	17.07
平 3 D ^K	150.3	20.5	12.9	9.35	.0622	L 900	19.25	18.15	19.5	18.5
平 (1 D ^K BULK)	152	20.6	12.7	8.818	.0580	L 750	17.32	16.44	18	16.00
平 (1 D ^K #)	153	21	13.5	8.9	.0582	L 750	17.17	16.28	18	16.00
平 (1 D ^K #)	167	22	12.7	9.35	.0560	L 750	19.20	18.53	19.5	17.20
平 (1 D ^K #)	167	23	13.3	9.36	.0560	L 750	18.86	18.31	20	17.29
Ore carrier	144	20.4	11.8	8.51	.0591	L 765	(16.94) 18.22	18.45	18.5	16.08
"	145	20.8	11.7	8.5	.0586	L 800	(17.33) 18.81	19.05	19	18.25
"	147	20.4	11.3	8.5	.0578	L 750	(17.21) 18.90	18.05	18	17.50
"	153	22.4	12.5	8.9	.0582	L 750	(17.59) 19.34	19.84	19	16.25
"	153	21.4	11.9	8.87	.0580	L 750	(18.09) 19.04	18.69	20	17.04
"	153	22.4	12.0	8.9	.0582	L 750	(17.81) 20.28	19.14	20	16.93
"	176	25.2	13.2	9.76	.0554	L 780	(20.4) 22.7		21	19.01
"	192	27.5	14.9	10.95	.0570	L 750	(22.4) 26.29		26.5	19.29
"	187.5	25.6	13.4	9.966	.0532	L 800	(21.89) 26.4		24	19.49
"	201.2	28.19	14.63	10.71	.0532	L 820	(22.7) 28.5		29	20.92

注 *は貨物船の規則による。

第8表 ばら積貨物船の構造比較表

船名	造船所	建造年月 (昭和)	長さ L(m)	幅 B(m)	深さ D(m)	計喫水 d(m)	総トン数 (t)	載重量 (t)	船倉数	倉口数	積付倉 アスト比	二重底 高さ (mm)	肋骨 心距 (mm)	縦桁		肋骨		船底外板 心距 (mm)	内底板 心距 (mm)		
														板厚 (mm)	心距 (mm)	板厚 (mm)	心距 (mm)				
※◎ ぼりばあ丸	石播東京	40.9	213.0	31.7	17.3	11.5	33,814	54,271	5	5	1.185	1,750	900	3,600	16	12.5	3,725	14	1,800	745	745
拓洋丸	石播東京	41.11	213.0	31.7	17.3	11.5	33,852	54,707	5	5	1.136	1,750	900	3,600	14.5	12	3,725	12.5	1,800	745	745
ジャバングラン	石播相生	41.11	213.0	31.7	17.3	11.5	33,823	54,567	5	5	1.136	1,750	900	3,600	14.5	12	3,725	12.5	1,800	745	745
八雲山丸	石播相生	41.3	213.0	31.7	17.3	11.5	34,161	54,909	5	5	1.136	1,750	900	3,600	15.5	12.5	3,725	14	1,800	745	745
※ 紀州丸	三菱神戸	41.5	211.0	31.8	17.5	11.5	33,171	54,197	5	9	1.057	1,990	800	1,600	17.5	12.7	3,200	14	1,600	800	O. H400 E. H800
※ さんまるてい丸	三菱神戸	41.2	211.0	31.8	17.5	11.5	33,325	54,495	5	9	1.057	1,990	800	1,600	17.5	12.7	3,200	14	1,600	800	O. H400 E. H800
※ ジャパンバイン	三菱神戸	40.11	211.0	31.8	17.5	11.5	33,530	54,212	6	11	0.855	1,990	800	1,600	17.5	14	4,000	14	1,600	800	O. H400 E. H800
※ 三国山丸	三井玉野	42.10	220.0	31.8	18.45	12.9	36,850	64,131	7	9	0.566	1,990	900	1,800	23	12	3,200	15~12	1,800	800	800
※ 八雲川丸	丸川崎神戸	42.10	220.0	32.2	18.5	12.46	37,508	61,706	7	7	0.721	1,980	800	2,400	18	12.7	3,880	16~15	2,400	800	800
◎ チャールス・E・ウイルソン	石播相生	38.8	220.0	31.1	17.2	11.6	28,213	51,602	5	9	1.322	2,000	750	3,000	19	12.7	4,225	16	1,500	845	845
※◎ ヒロイツク	石播相生	40.1	216.0	30.18	17.2	11.71	29,395	50,319	7	10	0.595	1,790	760	2,280	16	14	3,750	14	2,280	845	422.5

- 注 1. ※印の船はオルト積みも考慮されている。
 2. ◎印の船は二重船側の船である。
 3. O. H は積付倉, E. H は空倉をそれぞれ示す。

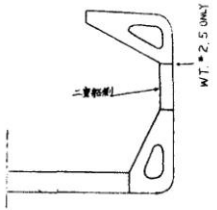
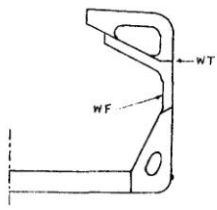
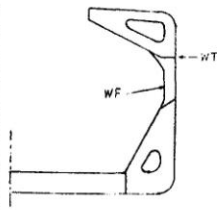
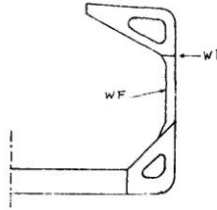
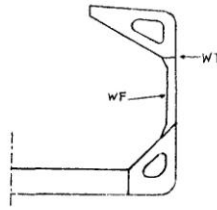
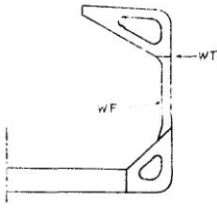
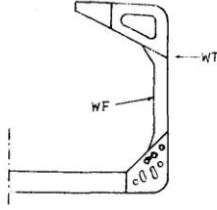
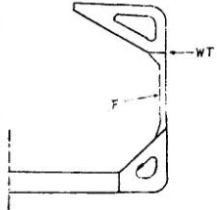
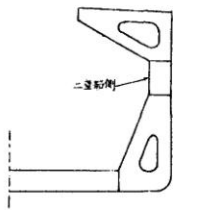
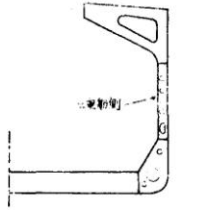
第9表 ばら積貨物船の材料寸法比較表 No1

単位: ミリメートル

船名	キール	船底外板	船舷外板	舷側厚板	上甲板	内底板	ホッパー 斜板部	二重船 内板	トップサイ ドタンク 底板	上甲板ロンジ	船底外板ロンジ	内底板ロンジ	側外板ロンジ (ホッパー内)	ホッパー 斜板部	トップサイ ドタンク 底板
※◎ ぼりばあ丸	D 27.5	B 18.5 ~20.5	E 38	D 38	20.5	19	13	10	450× 38 FB	250×90×10/15 INVA 298×11.150×22 WEB FL	298×11.150×12 WEB FL	298×11.150×19 WEB FL	298×11.150×19 WEB FL	200×90×9/14 INVA 150×90×12 INVA	
拓洋丸	D 27.5	B 18.5 ~19	F 38	D 38	23	19	—	12.5	430× 38 FB	250×90×10/15 INVA 348×9.150×25 WEB FL	200×90×9/14 INVA	200×90×9/14 INVA 298×9.150×19 WEB FL	150×90×9~12 INVA	250×90×10/15 INVA	
ジャバングラン	D 27.5	B 18.5 ~19	F 38	D 38	23	19	—	12.5	430× 38 FB	250×90×10/15 INVA 348×9.150×25 WEB FL	200×90×9/14 INVA	348×9.150×25 298×9.150×28 ~19	150×90×9~12 INVA	250×90×10/15 INVA	
八雲山丸	D 27.5	B 18.5 ~20.5	F 38	D 38	20.5	19	—	9	430× 38 FB	300×90×11/16 INVA 298×11.150×22 WEB FL	298×9.150×12 WEB FL	200×90×9/14 INVA 298×9.100×9 WEB FL	298×9.100×9 WEB FL	150×90×12 INVA 200×90×9/14	
※ 紀州丸	D 27	B 21.5 ~21	HT 19	HTE 28	HTD 26.5	20.5	—	10	350× 28 HT FB	250×90×10/15 INVA	200×90×9/14 INVA	250×90×10/15 INVA	200×90×9/14 INVA	200×22HT 150×90×9 200×10~ 200×90×9/14	
※ さんまるてい丸	D 27	B 21.5 ~19	HT 19	HTE 28	HTD 24	20.5	—	10	350× 28 HT FB	250×90×10/15 INVA	200×90×9/14 INVA	250×90×10/15 INVA	200×90×9/14 INVA	200×22HT 150×90×9 200×10~ 200×90×9/14	
※ ジャパンバイン	D 27	B 21.5 ~19	HT 19	HTE 30	HTD 22.5	20.5	—	10	380× 30 HT	250×90×10/15 INVA	200×90×9/14 INVA	250×90×10/15 INVA	200×90×9/14 INVA	200×22HT 150×90×9 200×10~ 200×90×9/14	
※ 三国山丸	D 28	B 23.5 ~21.5	HTD 23	HTD 25	28.5	22	—	12.7	330× 25 HT	250×90×10/15 INVA 250×90×10/15 325×100×13/18	300×90×11/16 250×90×10/15 INVA	250×90×10/15 INVA	300×90×13/17~ 11/16 200×90×9/14	300×22HT 250×90×12/16 300×90×11/16	
※ 八雲川丸	D 28	B 22.5 ~19.5	HTD 23	HTD 25.4	28.5	22	—	12.7	430× 30 HT	400×100×13/18 INVA	397×11.125×22 WEB FL	300×90×11/16 INVA	397×11.125×22 WEB FL	400×100×13/18 INVA	
◎ チャールス・E・ウイルソン	AT 31	AT 28	AT 30	ACN 38	ACN 38	25.4	21	16	523× 38 FB	250×90×10/15 INVA 448×12.7.150×16 WEB FL	250×90×11/14.5 INVA 250×90×10/15 INVA	400×100×13/18 300×90×13/17 300×90×11/16	300×90×11/16 300×90×13/17 400×100×13/18	200×90×9/14 INVA	
※◎ ヒロイツク	AT 30.5	AT 27.5	AT 30	AT 35	AT 35	19	19	12.7	448×32.148×34 WEB FL 1045×30.298×34 WEB FL	300×90×13/17 INVA 418×12.7.110×16 WEB FL	250×90×10/15 INVA 200×90×9/14 INVA	348×12.7.110×16 WEB FL	300×90×13/17 INVA	250×90×10/15 INVA	

- 注 1. ※印の船はオルト積みも考慮されている。
 2. ◎印の船は二重船側の船である。
 3. H, T印は50kg/cm² 高張力鋼を示す。
 4. B, D, E, F印はそれぞれB級鋼, D級鋼, E級鋼, F級鋼とし無印はA級鋼とする。
 5. AT, R, ACN印はそれぞれA B船級協会のA B T, R, C級鋼を示す。

表9 ばら積貨物船の棧料寸法比較表 NO.2

ぼりばあ丸	拓洋丸 (ジャパンプランも同じ)	八雲山丸	紀州丸	さんまていん丸
				
ジャパンパイン	三国山丸	八雲川丸	チャルス・E・ワルソ	ヒロイック
				

第10・1表 ばら積貨物船の進水時鋼材搭載重量

船舶所有者	船名	計画造船年次	造船所	建造年月	重量トン数(t)	鋼材重量(t)	摘要
ジャパンライン	ぼりばあ丸	20	石播東京	40. 9	54,271	9,023	大型鋳鍛品を含む
ジャパンライン	ジャパンパイン	20	三菱神戸	40.11	54,212	9,171	
昭和海運	昭山丸	20	鋼管鶴見	40.11	56,434	8,742	鋳鍛品45トンを含む
ジャパンライン	さんまるていん丸	20	三菱神戸	41. 2	54,495		
日本郵船	尾道丸	21	鋼管鶴見	40.12	56,341	8,812	鋳鍛品45トンを含む
商船三井	八雲山丸	21	石播相生	41. 3	54,909	8,627	ぎ装品, 主機補機電装関係含まず
商船三井	紀州丸	21	三菱神戸	41. 5	54,197	9,147	
商船三井	三国山丸	22	三井玉野	42.10	64,131	10,750	ブリツジを含む
太平洋海運	拓洋丸	22	石播東京	41.11	54,707	8,837	大型鋳鍛品を含む
ジャパンライン	ジャパングラン	22	石播相生	41.11	54,567	8,826	ぎ装品, 主機補機電装関係含まず
昭和海運	昭武丸	22	鋼管鶴見	41.12	63,420	10,607	鋳鍛鋼56トンを含む
川崎汽船	八雲川丸	23	川崎神戸	42.10	61,706	10,500	
	チャールス・E ウイルソン		石播相生	38. 8	51,602		
	ヒロイツク		石播相生	40. 1	L. T 50,319		

第10・2表 ばら積貨物船の中央横断面の断面係数

(70HK 1034Z)

	船名 (船級番号)	実船のI/Y		中央切断 ☒ (縮尺)	鋼機配置図 (縮尺)	
		DECK (cm^3)	BOTTOM (cm^3)			
※	ぼりばあ丸 (4,565)	22.26×10^6	23.06×10^6	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{500}$
	拓洋丸 (4,892)	21.87×10^6	23.18×10^6	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{200}$	
	ジャパングラン (4,881)	21.87×10^6	23.18×10^6	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{200}$	
	八雲山丸 (操船資料による)	21.92×10^6	22.70×10^6	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{500}$	
※○	紀州丸 (4,781)	17.71×10^6	22.30×10^6	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{200}$	
※○	さんまるていん丸 (4,672)	17.68×10^6	22.25×10^6	$\frac{1}{50}$		
※○	ジャパンパイン (4,618)	17.69×10^6	22.14×10^6	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{200}$	
※○	三国山丸 (5,109)	20.18×10^6	25.50×10^6	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{100}$	
※○	八雲川丸 (5,108)	20.85×10^6	26.16×10^6	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{200}$	
AB 船級	チャールス・E ウイルソン			$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{200}$	
※ AB 船級	ヒロイツク			$\frac{1}{50}$		

- 注 1. ※印の船はオルト積みも考慮されている。他の船はホモ積みのみ。
 2. ○印の船は上甲板に $50\text{kg}/\text{mm}^2$ 高張力鋼を使用している。

2、類似船の損傷及び修理補強

拓洋丸では、船首船底外板にパンティングによる凹損、各トップサイドタンクのトランスリングに凹凸損、同タンクの先端部においてフレーム83、123、163の各貨物倉内隔壁板に最大900ミリのき裂、同板とトップサイドタンクを接続するブラケットに座屈及び割れ、第2番ホッパータンクのトランスリングにき裂並びにフォアピークタンクの内部材に座屈、き裂等が発生した。日本海事協会検査員の検査報告書には、本船のようにトップサイドタンクを有する場合、これの支持点として隔壁にはかなり苛酷な力がかかるため、隔壁板に損傷が多発するものと思われる旨記載されている。隔壁板の損傷に対し、同板を8ミリから12ミリに一部増厚のうえ防撓材増設、従前のブラケット全部新替え、ボックスビーム端にブラケット取付け等の補強を行なった。

ジャパングランでは、各貨物倉内隔壁板にフレーム163の位置の約4,000ミリを最大とする1,000ないし3,000ミリのき裂が発生し、同板の歪量は10ないし15ミリ程度のものが1、2箇所、最大35ミリのものが5箇所にそれぞれ発生しており、特に座屈の大きい箇所では、同板とトップサイドタンク底板との取合い溶接部で長さ800ミリのき裂を生じたものもあり、同タンク内のブラケットには、第1、2番倉間を除く全箇所、すなわちフレーム84、124、164の各位置に内部の補強不十分によるき裂が発生し、フレーム164の位置ではブラケットを付け忘れていた。そのほかジャパングランでは、第2、3、5番倉内船側肋骨上端ブラケット、第5番倉内船側肋骨下端ブラケットの各座屈、中心線に近い4本の甲板ロンジに建造時の工作不良によるき裂、フォアピークタンクの内部材に座屈、き裂等が発生した。同協会検査員の検査報告書には、本船のように貨物倉の数が5で隔壁の間隔が大きい場合及び波型隔壁を設ける場合は、設計上更に検討すべきであり、特にねじれ等に基づく剪断力を考慮すべきであり、隔壁板の損傷は主としてこれらに対する配慮不足によるものである旨記載されている。ジャパングランは、隔壁板の損傷に対し、同板の一部切替え、ライナー挿入等の補強を行なった。

八雲山丸では、船首倉内船側横桁に強度不足による座屈及びき裂、第5番ホッパータンク内トランスリングに板厚不足による座屈、トップサイドタンクと水密隔壁（フレーム83、123、163、205）との取合い部にき裂、同タンクのトランスリング及びブラケットの座屈、ビルジホッパー頂部（フレーム75、71、67）に座屈等が発生した。同協会検査員の検査報告書には、本船は倉内隔壁を2枚省略したため、横強度が不足しているものと考えられる旨記載されている。八雲山丸は、ビルジホッパートランスリングを9ミリから14ミリに一部増厚、各貨物倉二重底肋板、側桁板を端部付近で穴ふさぎ、肋骨、特設肋骨下部を切り替え補強、ビルジホッパー内にトランスリング増設等の補強を行なった。

さんまるていん丸では、第1番、第3番及び第5番ホッパータンク内トランスリングに座屈（3番ホッパータンクが最もはなはだしい）、第2番、第3番及び第5番バラストタンクの第1番ないし第4番側桁板に各座屈、第2番倉内船側肋骨（フレーム207、208、215）下部に屈曲、第3番倉内船側肋骨（フレーム167、175、179、171）の下部ブラケットの固着部にき裂、同倉内特設肋骨（フレーム158、162）の下部ブラケット端にき裂、トップサイドタンクの隔壁板（フレーム48、90、181、225）に座屈等が発生した。さんまるていん丸は、全倉にわたり第1番ないし第4番側桁板の補強を行ない、ホッパータンク内トランスリングの補強、トップサイドタンク内隔壁板の補強、第2番倉内船側肋骨の一部切替え補強、第3番倉内船肋骨全部の補強、同倉内特

設肋骨下部ブラケットの切替え、第5番倉内船側肋骨に一部補強材取付け等の修理を行なった。

紀州丸では、ファッションプレートに荒天によるものと思われる凹損、船首船底外板にパンティングによる凹損、荒天による船首楼甲板下ピラーの曲がり、第1、2、5番ホッパータンクのトランスリング及び第2、3、5番トップサイドタンクのトランスリングに各座屈、第2番倉内船側肋骨下端ブラケット部における肋骨のき裂、同肋骨上下端ブラケットの座屈、第5番倉内船側肋骨下端ブラケット部における肋骨のき裂、同肋骨上端ブラケットの屈曲等の損傷が発生した。同協会検査員の検査報告書には、船側肋骨の損傷について船主は岸壁接触時の損傷ではないかと称するも納得し難い旨記載されている。紀州丸は、さんまるていん丸に損傷が発生したので、同船と同様に貨物倉内肋骨、二重底等の補強を行なった。

ジャパンパインでは、各倉口のハッチエンドガーダーのウェブに波状屈曲（歪量最大50ミリ）、第1、2、3、5番ホッパータンクのトランスリングに座屈、トップサイドタンクトランスリングに座屈、第2番倉内船側肋骨下端にき裂、トップサイドタンク内水密隔壁に座屈（最も著しいものは第4番タンク）、二重底内側桁板の軽目穴の周辺に座屈（貨物倉内前後端付近）等が発生した。同協会検査員の検査報告書には、トップサイドタンク内水密隔壁の座屈は類似船にしばしば発生するものであり、剪断に対する設計上の配慮不足のためである旨及び側桁板の座屈も剪断によるものである旨記載されている。ジャパンパインは、第2、3、4、6番倉側桁板の補強、貨物倉内全船側肋骨の補強、ビルジホッパートランスリングの補強、トップサイドタンクトランスリングの補強等を行なった。

三国山丸では、フォアピークタンクの内部材に座屈及びき裂、フレーム155水密隔壁（第3番倉と第4番倉の間）上部にき裂、第3番倉と第4番倉間の上甲板及び第4番倉と第5番倉間の上甲板に貨物の積付不良による凹凸損等が発生した。

八雲川丸では、トップサイドタンク後端で横隔壁と底板との溶接部に小き裂が発生した。同協会検査員の検査報告書には、本船は、鉄鉱石を第1、3、5、7番倉に満載し、第2、4、6番倉が空倉の船型であるが、横隔壁の数が規定どおりであり、トップサイドタンクとの取合い部の補強も十分であり、また、各タンク内の横桁の板厚も厚いので、き裂、座屈等が発生するおそれはほとんどないものとする旨記載されている。

第11.1表、第11.2表、第11.3表、第11.4表及び第11.5表に紀州丸、さんまるていん丸、ジャパンパイン、八雲川丸及び三国山丸の鉄鉱石積みハッチリストをそれぞれ示す。（表中各船とも◎印を付した航次以降は、ぼりばあ丸遭難以後の数値である。）これらの表からわかるように、鉄鉱石のオルト積みの場合、5倉の船では第3番倉に、6倉の船では第2番倉にそれぞれかた積みしているが、これが第2、3番倉付近に損傷が多く発生するひとつの原因と考えられ、これに対し7倉の船では、船倉の長さが短い第1、3、5、7番倉に均等に近い積載状態になるので、損傷が比較的少ないものと考えられる。第11.6表、第11.7表、第11.8表及び第11.9表に紀州丸、ジャパンパイン、さんまるていん丸及び八雲川丸の鉄鉱石積み時荒天記録（正午の観測、以下同じ。）をそれぞれ示す。

第11・1表 紀州丸の鉄鉱石積みハッチリスト (L/T)

ホールド# 航海回数	1	2	3	4	5	合計	摘要
12A	10,000	7,000	18,000	6,587	10,000	51,587	5/5/1968
13A	11,200		24,000		16,252	51,852	
14A	14,578		20,422		16,843	51,843	13/11/1968
◎ 15A	10,068	4,232	17,689	4,232	15,703	51,924	21/2/1969
16A	9,902	3,866	19,213	3,866	14,994	51,841	19/6/1969
17A	8,975	4,390	20,391	3,903	14,146	51,805	18/9/1969

第11・2表 さんまるていん丸の鉄鉱石積みハッチリスト (L/T)

ホールド# 航海回数	1	2	3	4	5	合計	摘要
1	5,005	13,551	5,754	13,994	10,241	48,545	21/2/1966
3	11,001		21,660		16,192	48,853	2/6/1966
5	7,302	6,797	17,008	7,847	12,692	51,646	9/9/1966
7	11,294		22,607		17,499	51,400	28/12/1966
9	11,300		22,200		17,112	50,612	
11	11,400		22,560		16,838	50,798	
12	11,097		23,604		17,125	51,826	
13	10,922		23,602		17,866	52,390	
14	10,819		23,600		17,575	51,994	
16	11,192		22,505		16,977	50,673	
18	11,408		22,897		17,419	51,724	
21	11,390		23,891		17,924	53,205	
◎ 23	5,951	10,864	11,962	11,238	12,205	52,220	28/2/1969
25	5,594	10,801	11,004	11,496	11,104	49,999	19/5/1969
29	6,215	10,907	11,592	11,299	13,185	53,198	6/12/1969

第11・3表 ジャパンパインの鉄鉱石積みハッチリスト (L/T)

ホールド# 航海回数	1	2	3	4	5	6	合計	摘要
1		21,304		15,364		14,784	51,452	3/12/1965
2	4,797	15,397		11,278	10,003	9,821	51,296	18/1/1966
3		17,435	7,073	9,349	6,372	11,251	51,480	17/3/1966
4		21,888		15,806		14,816	52,510	15/5/1966
5		22,023		16,205		14,567	52,795	
6		20,937		16,000		15,300	52,237	
7		21,287		15,821		15,294	52,402	
8		21,500		15,866		15,094	52,460	
9		19,434		17,200		15,466	52,100	
10		13,273		9,014		7,799	30,086	28/5/1967
GL-3		21,700		14,980		15,700	52,380	
GL-5		22,580		13,900		15,300	51,780	
GL-9		21,444		15,003		14,325	50,772	
GL-11		22,100		14,800		14,797	51,697	
VT-1		22,220		14,000		15,354	51,574	
GL-12		22,785		14,272		15,108	52,165	
GL-16		21,751		14,320		16,062	52,133	
◎GL-18	4,429	11,318	8,366	7,874	9,399	10,826	52,212	22/6/1969
GL-20	5,455	11,318	8,366	7,583	8,662	10,826	52,210	

第11・4表 八雲川丸の鉄鉱石積みハツチリスト (L/T)

航海回数 \ ホールド	1	3	5	7	合計	摘要
1	13,857	13,376	13,549	14,158	54,940	21/11/1967
2	13,999	13,733	14,689	14,099	56,520	
3	14,509	15,228	15,042	15,013	59,792	
4	14,755	14,534	15,085	15,155	59,529	
5	14,763	14,911	14,476	14,763	58,913	
6	14,763	15,111	14,691	14,763	59,328	
7	13,582	14,276	14,829	13,877	56,564	
8	14,405	15,365	15,355	15,060	60,185	
9	14,830	16,056	16,192	16,131	63,209	
10	15,550	15,064	15,467	16,535	62,616	
11	15,000	16,400	15,614	16,300	63,314	
◎12	14,501	12,015	13,955	14,364	54,834	27/5/1969

第11・5表 三国山丸の鉄鉱石積みハツチリスト (L/T)

航海回数 \ ホールド	1	3	5	7	合計	摘要
1	13,600	15,937	16,315	15,013	60,865	14/12/1967
3	13,357	16,422	16,396	15,257	61,432	26/2/1968

第11・6表 紀州丸の鉄鉱石積み時荒天記録

航次	海数	年月日	風向	風力	天候	航次	海数	年月日	風向	風力	天候
12A		1968—5—13	NNW	7	o	14A		1968—12—11	North	8	o
13A		8—14	SSE	7	c	16A		1969—6—24	West	7	o
		15	SE	7	bc			25	WSW	7	bc
14A		1968—12—10	NW	7	c						

第11・7表 ジャパンパインの鉄鉱石積み時荒天記録

航次	海数	年月日	風向	風力	天候	航次	海数	年月日	風向	風力	天候
1		1965—12—13	SE	7	bc	9		1967—4—16	North	8	c
		14	WNW	7	c			21	WSW	7	bc
		16	WSW	8	c	10	鉄鉱石 (30,086L/T)	6—3	SSW	7	o
		17	WNW	8	o			4	NW	8	r
		18	NW	7	bc			5	SW	10	c
3		1966—3—18	South	8	bc			6	SSW	10	r
		4—12	NE	7	o			7	SSW	10	o
4		6—9	ESE	7	o			8	West	8	b
		10	NW	7	bc			9	NW	9	b
6		10—16	SW	7	bc	GL-3		7—4	ESE	7	o
		17	WNW	7	b			5	East	8	o
7		12—18	ENE	7	bc	GL-9	1968—3—5	ENE	8	bc	
		27	NW	9	o		6	ENE	7	bc	
8		1967—2—28	WNW	8	c	26		1969—3—25	WSW	8	c

第11・8表 さんまるていん丸の鉄鉱石積み時荒天記録

航次	海数	年月日	風向	風力	天候	航次	海数	年月日	風向	風力	天候
	1	1966-2-27	NNE	7	o	14	1968-1-14	WSW	7	bc	
		28	East	7	c		15	WNW	7	bc	
		3-8	NE	8	bc		16	WNW	7	bc	
		9	ENE	7	c		19	WNW	7	b	
	7	1967-1-3	NE	7	bc		20	WNW	7	c	
		4	East	7	bc		22	NW	7	c	
	9	4-19	SW	7	bc	23	1969-3-10	NW	8	bc	
	12	9-28	ENE	7	o		11	NW	7	bc	
	13	11-21	SW	7	bc						

第11・9表 八雲川丸の鉄鉱石積み時荒天記録

航次	海数	年月日	風向	風力	天候	航次	海数	年月日	風向	風力	天候
	1	1967-12-8	NNE	7	bc	7	1968-10-1	ENE	7	c	
	2	1968-2-5	West	8	bc	12	1969-6-2	SW	7	bc	
	3	4-7	East	7	c		3	WSW	7	bc	
		9	WNW	7	c		6	NW	7	c	
	6	7-25	NE	7	bc		25	North	7	bc	
		26	NNE	7	c		26	North	7	c	
	7	9-11	SSE	8	bc		27	North	7	bc	
		30	ENE	7	o						

第4 船体の強度

1、縦強度

縦強度については、鋼船規則第14編に規定され、従来は横肋骨式構造船の船体中央部における断面係数を、式 $f \cdot d \cdot B$ により算出した値以上とするよう規定したうえ、更にその f について種々規定していたものであるが、昭和39年度の改正により、強力甲板及び船底に縦肋骨式構造を有する船について、断面係数に関する新たな算式 Z_1 、 Z_2 及び Z_3 を導入追加し、実際に計算した断面係数が、これらのうち最も大きい値以上となるよう規定された。

(1) 中央横断面の断面係数

本船の中央横断面の断面係数については、すでに日本海事協会の図面検査、承認の項で説示したとおり中性軸を上げるよう工作した結果、最終実測値がNK要求値を上回り、鋼船規則に適合するにいたった。次にこれらの値を一覧表で示す。

(単位： 10^6cm^3)

NK要求値 (オルト積み)	$(Z_{DK}=22.295$ ($Z_{BM}=22.964$)	NK要求値 (ホモ積み)	$(Z_{DK}=21.947$ ($Z_{BM}=22.606$)
NK計算実測値 (第一回)	$(Z_{DK}=22.359$ ($Z_{BM}=22.792$)	NK計算実測値 (第二回)	$(Z_{DK}=22.264$ ($Z_{BM}=23.066$)
石播計算 NK要求値 (オルト積み)	$(Z_{DK}=22.17$ ($Z_{BM}=22.84$)	石播計算 NK要求値 (ホモ積み)	$(Z_{DK}=21.87$ ($Z_{BM}=22.52$)
石播計算実測値	$(Z_{DK}=22.249$ ($Z_{BM}=22.93$)	石播最終計算 実測値	$(Z_{DK}=22.303$ ($Z_{BM}=23.085$)

右のNK要求値は、鋼船規則第14編の Z_3 によって決まったものであるが、同規則によるホモ積みとオルト積みの計上の差は、 Z_{DK} についてはホモ積みの場合 21.94 (単位は 10^6cm^3 以下同じ)、オルト積みの場合 22.29、 Z_{BM} についてはホモ積みの場合 22.60、オルト積みの場合 22.96 であり、鋼船規則上ではオルト積みした場合の断面係数は、 Z_{DK} 、 Z_{BM} ともホモ積みした場合の断面係数よりわずかに 1.6% 増しあればよいことになる。これは第2条(10) 貨物重量の曲げモーメント係数の算式中、 $k_c = \frac{\sum(V_i \cdot k_i)}{\sum V_i}$ において、オルト積みの場合には、本船では空倉となる第2番倉と第4番倉が貨物倉ではないと解釈し、 $V_i = 0$ とおいて計算した結果である。ところが後述する縦曲げモーメント及び剪断力線図による積付条件の差は、明瞭に大きな相違を生じ、また、第12表に示すとおり、二重底にかかる荷重条件を単純に比較しただけでも、オルト積みした場合には、内底板上の鉱石平均重量はホモ積みした場合の約 2.1 倍となり、二重底荷重の最大値はホモ積みした場合の約 3.6 倍となり、更にオルト積みした場合には、二重底の横隔壁の位置における条件が単純支持に近い状態になるので、二重底の撓みはホモ積みした場合より著しく大きくなるから、オルト積みがホモ積みよりもはるかに苛酷な積付条件であるといえる。

なお、断面係数の計算にあたっては、肋骨及び横隔壁の間隔、肋骨や肋板の強さなどの横強度のことを考えなくても計算できるようになっており、極言すれば水密横隔壁が1枚もなくとも、中央横断面の断面係数さえNK要求値を満たしておれば、縦強度の規定に適合することになるが、これには船体が曲げを受けても断面の変形や撓みを生じないように適当に横強度が保たれているという前提条件があるものと解される。

第12表 二重底に与える荷重の計算

No. 1

(1) 鉄鉱石のオルト積み

(イ) No. 3 Hold に鉄鉱石 25,000 トンを積んだとき船底が支える

$$\text{平均荷重} = 25,000 / (35.10) \times (31.7 - 1.045 \times 2) = 24.05 \text{t/m}^2$$

$$\text{船底から突き上げる水圧力} = 11.50 \times 1.025 = 11.78 \text{t/m}^2$$

差し引き内底板にかかる圧力

$$W = 24.05 - 11.78 = 12.27 \text{t/m}^2$$

NK内規による波（高さ 8.4m for L = 213.0m）に乗ったとき

$$(8.40/2) \times 1.025 = 4.30 \text{t/m}^2$$

$$\text{波の谷 } W_1 = 12.27 + 4.30 = 16.57 \text{t/m}^2$$

$$\text{波の山 } W_2 = 12.27 - 4.30 = 7.97 \text{t/m}^2$$

(ロ) No. 2 及び No. 4 空倉の二重底が受ける水圧力

$$P = -11.50 \times 1.025 = -11.78 \text{t/m}^2$$

$$\text{波の山では } -11.78 - 4.30 = 16.08 \text{t/m}^2$$

$$\text{波の谷では } -11.78 + 4.30 = -7.48 \text{t/m}^2$$

(ハ) 二重底の自己重量を加えるべきである。（省略）

(2) 鉄鉱石のホモ積み

No. 2、3、4 & 5 Hold Capacity を各 14,950m³ とし、全倉の総容積を 67,200m³ とすれば

$$\text{各 Hold } 53,500 \times \frac{14,950}{67,200} = 11,902 \text{t}$$

$$\text{内底板上の平均荷重 } 11,902 / (35.10) \times (31.7 - 1.045 \times 2) = 11.45 \text{t/m}^2$$

船底から突き上げる水圧を差し引くとき

$$W = 11.45 - 11.78 = -0.33 \text{t/m}^2$$

NK内規の波に乗るとき

$$\text{波の谷では } -0.33 + 4.30 = +3.97 \text{t/m}^2$$

$$\text{波の山では } -0.33 - 4.30 = -4.63 \text{t/m}^2$$

ただし二重底の自己重量を加えるべきである。（省略）

積付方法	オルト積み		ホモ積み
	No. 3 Hold full 25,000t	No. 2 Hold No. 4 Hold (空)	All Holds (満)
静水上	+12.27t/m ²	-11.78t/m ²	-0.33t/m ²
波の山	+7.97t/m ²	-16.08t/m ²	-4.63t/m ²
波の谷	+16.57t/m ²	-7.48t/m ²	+3.97t/m ²
内底板上 鉍石	24.05t/m ² (210%)	0	11.45t/m ² (100%)

オルト積みとすれば、内底板上の鉍石平均重量はホモ積みの約2.1倍となり、二重底荷重の最大値は、オルト積みの場合 16.57t/m² ホモ積みの場合 4.63t/m² となるので、両者の比はほぼ3.6:1となる。

(2) 縦曲げモーメント及び剪断力

船が航海中に受ける縦曲げモーメントは、波長が船の長さLに等しく、かつ、その方向が船首尾線と一致したとき最も大きなモーメントを受けるので、日本海事協会においては、そのときの波高Hを、船の長さLが150メートル以上250メートル未満の船に対しては、

$$H = 1.41L^{1/3} \quad (Hは等価波高である)$$

なる式を与えてこれにより剪断力等の計算を行なうよう解説しており、D社においてもこれにより本船について曲げモーメント、剪断力曲線の作図解析を行なった。まず初期容積トリム計算書添付図では、鉄鉍石(載貨係数18立方フィート/ロングトン)を第1番倉に11,410トン、第3番倉に25,000トン、第5番倉に16,979トンのオルト積みとし、平均喫水11.73メートル、トリム0、排水量67,037トンの満載出港状態及び同じ積付条件で平均喫水11.50メートル、トリム0、排水量65,650トンの満載帰港状態における各ホギング状態、サギング状態の縦曲げモーメント、剪断力を求め、次に操船資料(昭和40年8月19日作成)では、鉄鉍石を第1番倉に11,390トン、第3番倉に25,000トン、第5番倉に17,162トンのオルト積みとし、平均喫水11.75メートル、トリム0.37メートル、排水量66,960トンの満載出港状態及び同じ積付条件で平均喫水11.53メートル、トリム0、排水量65,656トンの満載帰港状態における各ホギング状態、サギング状態の縦曲げモーメントを求めており、本件発生後操船資料に記載の状態を更にコンピュータープログラムにより計算した。これらの計算結果は、第13表に示すとおりである。

第13表 縦曲げモーメント及び剪断力

初期容積トリム計算書添付図

		曲げモーメント		曲げ応力 (kg/mm ²)		剪断力	
		最大値(t-m)	位置	DK	BM	最大値(t)	位置
出 港	SAG	-268,800	#3H中央部	-12.1	11.7	9,550	#2Hと#3Hとの境界
	HOG	280,000	#4H中央部	12.6	-12.2	8,400	#4Hと#5Hとの境界
入 港	SAG	-272,000	#3H中央部	-12.2	11.9	10,250	#2Hと#3Hとの境界
	HOG	262,400	#4H中央部	11.8	-11.5	7,950	#4Hと#5Hとの境界

注) I/Y at DKは $22.23 \times 10^6 \text{cm}^3$
BMは $22.90 \times 10^6 \text{cm}^3$ を用いた。

操船資料

		曲げモーメント		曲げ応力 (kg/mm ²)	
		最大値(t-m)		DK	
出 港	SAG	-215,700		-9.69	
	HOG	246,400		11.07	
入 港	SAG	-217,700		-9.78	
	HOG	241,900		10.87	

注) I/Y at DKは $22.249 \times 10^6 \text{cm}^3$ を用いた。

昭和45年10月26日付 コンピュータープログラム

		曲げモーメント		曲げ応力 (kg/mm ²)		剪断力		
		最大値(t-m)	位置	DK	BM	最大値 (t)	応力 (kg/mm ²)	位置
出 港	SAG	-269,172	#3H中央部	-12.07	11.66	9,991	9.38	#2Hと#3Hとの境界
	HOG	300,203	#4H中央部	13.46	-13.00	8,871	9.19	#4Hと#5Hとの境界
入 港	SAG	-272,528	#3H中央部	-12.22	11.80	10,154	9.53	#2Hと#3Hとの境界
	HOG	293,215	#4H中央部	13.15	-12.70	8,545	8.85	#4Hと#5Hとの境界

注) I/Yは Corrosion Margin を含まぬ中央部の値
I/Y at DKは $22,303,200 \text{cm}^3$
// BMは $23,085,100 \text{cm}^3$ を用いた。
剪断面積は Corrosion Margin を含まず、各点での値を用いた。

次に昭和44年3月28日調製の縦強度計算書では、本件遭難時の状態を想定して、鉄鉱石を第1番倉に11,790トン、第3番倉に24,572トン、第5番倉に17,385トンのオルト積みとし、平均喫水11.56メートル、トリムマイナス0.16メートル、排水量65,851トンの

満載帰港状態におけるホギング状態及びサギング状態の曲げモーメント、剪断力を求めており、その結果を第14.1表に示す。

いっぽう鉄鉱石を第1番倉に5,209トン、第2番倉に12,571トン、第3番倉に12,698トン、第4番倉に10,570トン、第5番倉に12,507トンのホモ積みとし、平均喫水11.74メートル、トリム0.38メートル、排水量66,960トンの満載出港状態におけるホギング状態及びサギング状態の曲げモーメント、剪断力をコンピュータープログラムにより計算した結果は、第14.2表に示すとおりである。同表で明らかなように、オルト積みのホギング状態における縦曲げモーメント及びオルト積みのサギング状態における剪断力がいずれも最大となり、これによってホモ積みすれば、船体が受ける縦曲げモーメント及び剪断力がかなり緩和されることがわかる。

第14.1表 縦曲げモーメント及び剪断力

(昭和44年3月28日調製の縦強度計算書)

	曲げモーメント		曲げ応力 (kg/mm ²)		剪断力		
	最大値(t-m)	位置	DK	BM	最大値(t)	応力 (kg/mm ²)	位置
SAG	-255,359	フレーム137付近	-11.45	11.06	9,951	9.97	フレーム 163
HOG	304,086	フレーム108付近	13.63	-13.17	8,812	9.40	フレーム 83

注) I/Y at DKは 22,303,200cm³
 // BMは 23,085,100cm³ を用いた。

第14.2表 縦曲げモーメント、剪断力のホモ積みとオルト積みとの比較

(昭和46年12月24日提出の石播重工業の資料による。)

	縦 曲 げ モ ー メ ン ト							
	ホ ギ ン グ				サ ギ ン グ			
	最大値 (t-m)	応力(kg/mm ²)		位置	最大値 (t-m)	応力(kg/mm ²)		位置
		DK	BM			DK	BM	
ホモ積み	196,278	8.80	-8.50	#4H 前端付近	-278,745	-12.50	12.08	#3H 後部
オルト積み	300,997	13.50	-13.04	#4H 中央部	-268,951	-12.06	11.65	#3H 中央部
比率(オルト積み/ホモ積み)%	153.5				96.5			
	剪 断 力							
	ホ ギ ン グ			サ ギ ン グ				
	最大値(t)	位置		最大値(t)	位置			
		DK	BM		DK	BM		
ホモ積み	4,289	#4Hと#5H との境界		5,009	#5H後端			
オルト積み	8,886	#5H前端		9,987	#3H前端			
比率(オルト積み/ホモ積み)%	207.1				199.4			

注) I/Y at DKは 22,303,200cm³
 // BMは 23,085,100cm³ を用いた。

日本海事協会は、本船の図面検査にあたりD社に対しトリムの許す範囲内において積付率を各ホールドに平均化するなどの対策をたてるよう推奨した。本件発生後D社が鉄鉱石を第1番倉に11,091トン、第3番倉に21,460トン、第5番倉に21,001トンをオルト積みとし、各倉とも均等の72%の積付率とした場合について、コンピュータープログラムにより計算した結果では、満載出港状態においてホギング状態の最大曲げモーメントは347,817トンメートル、強力甲板に生ずる応力は毎平方ミリ15.60キログラム（以下応力の単位をキロと略称する。）、最大剪断力は10,781トン（第4番倉と第5番倉との境界）、同剪断応力は11.17キロ、満載入港状態においてホギング状態の最大曲げモーメントは341,549トンメートル、強力甲板に生ずる応力は15.32キロ、最大剪断力は10,460トン（第4番倉と第5番倉との境界）、同剪断応力は10.84キロで、いずれも著しく大きな値となっている。この計算においてはトリムの点は全く考慮されていないが、トリムの点も考慮して第5番倉の積付量を操船資料のとおり17,162トン（59%）に減量し、残量3,839トンを第2番倉に積むなどの措置をとれば、応力もある程度緩和されるものと考えられる。本件発生直後さんまるていん丸及びジャパンライン（いずれもE社所属）では、オルト積みを中止してホモ積みとし、また、紀州丸（Q社株式会社所属）では、完全なオルト積みを中止し、ホモ積みとオルト積みとの中間の積付方法をとったが、いずれも運航実務者として思慮のある措置と認められる。

2、横強度及びねじり強度

鋼船規則には縦強度について第14編の規定が設けられているが、横強度については第8編の肋骨に関する規定、第12編の水密隔壁に関する規定、そのほか第13編深水タンク及び第28編油槽船の規定中横部材に関し規定があるのみで、縦強度のように特に1編を設けて横強度を算出するよう規定されていない。横肋骨式構造の船の場合には、通常横強度に十分余裕があり、破損例を調べても横強度不足によるものは少ないが、縦肋骨式構造の船、特に倉内隔壁の数が少なく大きな貨物倉を有する船では、横強度について十分考慮を要するところ、本船建造当時はコンピューターによる計算方式が開発されておらず、横強度の計算がきわめて複雑なため、横強度についての正確な計算は行なわれなかった。鋼船規則第12編第8条第2項には、倉内隔壁の間隔が30メートルを越えるときには、適当な方法によって船体の横強力及び横防撓性を維持するようにしなければならないと規定されている。本船は、水密隔壁の総数9枚以上（外挿値によると11枚）設けなければならないところ、これを省略して7枚としたため、第1番倉を除き、第2、3、4、5番倉の長さが30メートルを越えるようになった。これに対し日本海事協会は、船側肋骨と二重底を重点的にとり上げ、本船に船側肋骨はないが、二重船側を肋骨と考えた場合には、一見ただけでも肋骨の強度に十分余裕があり、念のため計算すると、当時の一般貨物船に要求される値の約10倍のI/Yがあり、トップサイドタンクのトランスリング下の肋骨については、5倍ないし6倍のI/Yがあること、また、二重底の強度については、H内規とJ素案で検討した結果、特に割増し補強をする必要がなく、横強度は十分維持されているものと認め、前示のとおり隔壁の省略を承認したものである。

ねじり強度については、本件発生後D社でコンピューター・プログラムにより計算した結果によると、正確ではないが、曲げ応力及び剪断応力ともに倉口間にある甲板のところで最大であって、他の箇所には非常に小さな応力しか生じておらず、倉口間の甲板でも曲げ応力は最大4.6キロ、剪断応

力は最大 3.7 キロであり、あまり大きな値とはならなかったとしている。

3、二重底の強度計算

鉄鉱石など比重の大きい鉱石をオルト積みするばら積貨物船においては、前示縦曲げモーメントによって算出される応力に加えて、各倉の二重底に生ずる応力がかなり大きな値となり無視できなくなることが考えられたので、昭和 39 年 3 月西部造船会技術研究会において、九州大学工学部教授 S が主査となって、「バルクキャリアの二重底の強度」と題する手計算による二重底強度解析法が発表された。これは横隔壁及びビルジホッパーによって囲まれる二重底構造を直交異方性板とみなし、撓み w に関する基礎方程式

$$D_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p \dots\dots\dots(1)$$

に境界条件を入れて w の積分解

$$w = \sum w_n \left[1 - A \operatorname{Cosh} \frac{2\alpha_n y}{b} \operatorname{Cos} \frac{2\beta_n y}{b} + B_n \sinh \frac{2\alpha_n y}{b} \sin \frac{2\beta_n y}{b} \right] \sin \frac{n\pi x}{a} \dots\dots\dots(2)$$

$n=1, 3, 5, \dots$

を導き、これによって二重底各部の傾斜角、剪断力、曲げ応力等を求める方式によるもので、ばら積貨物船の最小重量設計を行なうための基礎理論として当時かなり実体に近い値を示す理論であると認められていた。しかし同解析法で実際に計算すると、かなり煩雑で時間を要することとなるので、同教授は更にグラフを用いて計算手数を簡略化した近似計算法を発表し、これがばら積貨物船の二重底強度を検討するための実用的な方法として広く採用されていた。D社においても、同近似計算法を用いて本船の二重底強度を計算し、載貨倉(第3番倉)中央部の船底外板において船首尾方向に 12.2 キロの引張り応力を生じ、このときの撓みが 51.2 ミリとなる旨の結果が出た。同計算書は、計算過程において誤算が少なからずあり、計算条件にも問題点のあるものであるが、本船建造当時D社において船体にかかる応力検討の資料としたのは、同計算書及び前示初期容積トリム計算書添付の曲げモーメント、剪断力曲線図のみであり、両者を合算しただけでも、サギング状態において第3番倉中央部の二重底外板で引張り応力が約 23.9 キロとなり、これはA級鋼を使用する船底外板の降伏応力とほとんど見合う値となる。D社は、昭和 45 年 6 月 15 日作成の二重底強度計算書を当審判庁に提出した。同計算書は、S教授の近似計算法により船側剛性を考慮し載貨倉のみについて再計算したもので、これによると第3番倉中央部の船底外板において船首尾方向に 10.60 キロの引張り応力を生じ、このときの撓みが 44.5 ミリとなっている。

いっぽう日本海事協会においても、J素案の理論的根拠としてばら積貨物船の二重底パネルの強度を検討していたが、これは二重底構造を等方性板とみなし、前示S教授の撓みに関する基礎方程式を、

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p}{D}$$

として計算を進めたものである。この理論を展開するにあたり、船倉中央部の撓みが、船幅 B の 70分の1以下におさまるよう計算して、二重底の所要高さ h の式

$$h = 0.047 \alpha p \cdot C \theta \cdot a w_c \cdot B / C^{\sim} 4$$

ただし、 αp …………… 荷重係数

$C \theta$ …………… 二重底パネルの撓みに対する同パネルの傾斜角による修正係数

αw_c ……………二重底パネルの撓みの係数

C_4 ……………内底板の厚さを決める係数

を導いたが、更にこれに実船例及び一般貨物船の従来の規則を考慮しんしゃくして、中心線桁板の高さ d_o の基準を船幅 B の $1/6$ と定め、同素案中の主要部材の寸法をほとんど d_o の関数として規定した。これを本船の船幅 31.7 メートルにあてはめて計算すると、船倉中央部の撓みは 4.5 ミリ以下、中心線桁板の高さは $1,981$ ミリ以上とならなければならないことになるが、本船の中心線桁板の高さが J 素案中の基準値 B の $1/6$ に満たないことは、前示のとおりである。この基準値は、ばら積貨物船内規に引きつがれ、昭和 40 年版鋼船規則でも「ほぼ $1/6$ の B 以上とする。」と規定され、同 41 年版鋼船規則では「ほぼ」を削除して、「特に本会の承認を得た場合を除き $1/6$ の B 以上とする。」と改正された。なお、 S 教授の方式によりトップサイドタンクの変形の影響を考慮し、フーリエ級数に展開して試算すると（剪断中心は重心位置とみなした。）倉口縁水平変位拘束の場合、載貨倉において撓みは 58.26 ミリ、船底外板に生ずる船首尾方向応力は 12.81 キロ、肋板端部に生ずる剪断応力は 17.55 キロとなり、空倉において肋板端部に生ずる剪断応力は 15.05 キロとなる。この撓み量は 4.5 ミリを上回り、また、船底外板に生ずる応力と前示縦曲げモーメントによる応力 11.7 キロを合算すると、サギング状態において第 3 番倉中央部の船底外板で引張り応力が約 24.5 キロとなる。これらの計算結果を第 15 表に示す。

第 15 表 ばりばあ九二重底強度計算

(西部造船会, 山越教授の理論による)

	石橋重工業計算 (トップサイドタンクの影響無視) (近似計算法による) (載貨倉のみ)		当審判序試算(トップサイドタンクの変形の影響考慮)						昭和40年版 鋼船規則解説	
	当初計算 (船側剛性無視)	再計算 (船側剛性考慮)	近似計算法によるもの (載貨倉のみ)		フーリエ展開によるもの				一般貨物船の二重底パネル の曲げ計算 b=Bとして 計算した場合	
			倉口縁水平変位		載貨倉		空倉			
			拘束	不拘束	拘束	不拘束	拘束	不拘束		
$\{ \omega \} x = \frac{a}{2}, y = 0$	5.13 ^{cm}	4.45 ^{cm}	6.999 ^{cm}	6.744 ^{cm}	5.826 ^{cm}	5.989 ^{cm}	-3.595 ^{cm}	-3.645 ^{cm}	10.421 ^{cm}	7.741 ^{cm}
$\{ \theta \} x = \frac{a}{2}, y = -\frac{b}{2}$			0.0060 ^{rad}	0.0059 ^{rad}	0.0043 ^{rad}	0.0045 ^{rad}	0.0021 ^{rad}	0.0027 ^{rad}		
$\{ \delta_{1x} \} x = \frac{a}{2}, y = 0$	12.2	10.60	14.5	14.2	12.81	13.35	-8.29	-8.34	14.12	14.12
$\{ \delta_{1y} \} x = \frac{a}{2}, y = 0$	16.2	14.30	19.1	17.8	19.72	20.02	-14.38	-14.50	21.46	16.38
$\{ \delta_{2x} \} x = \frac{a}{2}, y = 0$					-12.00	-12.27	7.76	7.80	13.09	13.09
$\{ \delta_{2y} \} x = \frac{a}{2}, y = 0$					-18.32	-18.60	13.35	13.47	20.16	15.19
$\{ \tau_x \} x = 0, y = 0$	9.46	10.52	13.2	12.1	11.75	11.96	-8.58	-8.68		
$\{ \tau_y \} x = \frac{a}{2}, y = -\frac{b}{2}$	8.55	13.20	19.4	20.0	17.55	17.79	-15.05	-16.36		
$m_{D,S}$					428.26 ^{t-m}	405.83 ^{t-m}	-225.35 ^{t-m}	-269.01 ^{t-m}		
$m_{D,S}$					-5.33 [#]	2.51 [#]	-6.38 [#]	-5.06 [#]		

(応力の単位 kg/mm²)

なお、フーリエ展開による本計算を行なった際、次の改正が行なわれた。

- (1) 二重底部分は、すべて二次元効果を考えた。
- (2) 甲板部の中性軸を板の厚さの中心線にとつた。
- (3) I_{yo}, I_{zo}, I_{yo} 及び I_{zo} の値を、水平軸及び垂直軸によらないで、図心を通る主直交軸についてそれぞれ求めた。
- (4) 近似計算以後判明した図面上の誤りを改訂した。

次にホモ積みすれば、二重底の受ける荷重が大幅に緩和されることは前示のとおりであるが、 S 教授の方式による二重底計算法から積付方法の相違がどのように影響するかについて検討すれば、(2) 式第 1 項は、 $\frac{4p a^4}{n^5 \pi^5 D x}$ で表わされ、この項が撓みの量に最も大きな影響を与えるものであるが、

このうち a 及び D x は二重底構造によって決まる数値であり、p は、二重底に作用する単位面積当りの下向き荷重である。したがって撓みはいうまでもなく、(2) 式によって誘導される応力等はすべて p の 1 次関数となり、これらは p の値の大小によりほぼ線型的に増減するものと考えて差しつかえない。ところが p の値は、ホモ積みの場合、各倉の二重底の浮力と鉱石の下向き荷重とがほとんど相殺されるのに反し、オルト積みの場合は、積付倉では鉱石の下向き荷重が、空倉では浮力による上向き荷重がそれぞれ他を圧倒し、二重底構造に対し非常に苛酷な条件を与えることになる。したがってオルト積みでは構造強度上安全が保証できない船でも積付条件をホモ積みに変更すれば十分に安全を保証できる場合のあることが、この点から立証できるわけである。

次に水密隔壁の総数を減少して貨物倉が長くなった場合、これが二重底に与える影響については、前示 S 教授の近似計算法により大体の傾向を知ることができる。いま、鉱石オルト積み満載状態で第 3 番倉につき、船側剛性及びトップサイドタンク変形の影響を考慮し、倉口縁の水平変位拘束という条件を与えたうえ、貨物倉長さを 17.55メートル (実長の半分)、23.84メートル (二重底の幅 b と同値) 及び 35.10メートル (貨物倉の隔壁間実長) と 3 通りに変化させた場合、その計算結果は次のとおりとなる。

貨物倉長さ a (m)	アスペクト比 (a/b)	貨物倉中央部の 撓み w (mm)	貨物倉中央部 船底外板の応力 σ_{1x} (kg/mm ²)
三五・一〇	一・四七二	六九・九九	一四・五〇
二三・八四	一・〇〇〇	三六・八九	一四・四二
一七・五五	〇・七三六	一五・九三	一一・六九

すなわち、貨物倉中央部の撓み w についてみれば、貨物倉長さ a が増加するにつれて w が著しく増加し、アスペクト比 (a/b) が 1.0 以下では、日本海事協会の基準撓みである 700 分の 1 B (45 ミリ) 以内に収まるが、本船の貨物倉長さの場合にはこれを超過することとなる。また、貨物倉中

中央部船底外板の応力 σ_{1X} についてみれば、 a の増加に伴って σ_{1X} も増加するが、その増加率は、 a が大きくなるにつれて漸減し、アスペクト比が 1.0 以上となると、二重底負荷の依存度が船側方向に多くなるため、船首尾方向の応力はほとんど増加しなくなる。この結果いえることは、隔壁の総数を減少して積付倉の長さ a が長くなると、二重底の撓みに最も顕著な影響を生じ、アスペクト比 1.0 以上の長い貨物倉では問題が生ずるのに対し、船底外板の応力 σ_{1X} は、アスペクト比 1.0 以上ではあまり増加せず飽和曲線に近くなるものと考えられるが、このときはその応力値が問題であり、前示の縦曲げモーメントによる応力値の 11.7 キロが妥当なものである限り、両者を合計した応力値が降伏応力を上回らぬよう、換言すれば σ_{1X} がほぼ 11 キロ以下の応力に収まるよう貨物倉長さを押さえるか、二重底構造を強化するか、あるいはまた、積付条件を変更して満載サギング状態における船底応力の最大値を軽減させるか、同最大応力の位置を貨物倉中央部に来させないようにするかなどの周到な配慮を払う必要があったと考えられる。この計算経過を第 16 表に示す。

第 16 表

貨物倉長さ a の変更による w 及び δ_{1x} への影響について

(No. 1)

貨物倉長さ a を 17.55m (実長の 1/2) 23.84m (二重底の幅 b) 及び 35.10m (実長) に変更したときの船倉中央部二重底の撓み w 及び船底外板の引張応力への影響につき比較検討する。

条件：——

1. 計算は山越教授の近似計算法による
2. 船側剛性及びトツプサイドタンクの変形の影響考慮
3. 倉口縁の水平変位拘束
4. $a=35.10m$ の場合の計算は別途計算による

§ 1. グラフからの読取値

$a = 17.55m$ のとき

$$\rho_1 = \frac{b}{a} \left(\frac{Dx}{Dy} \right)^{1/4} = \frac{2384}{1755} \left(\frac{7.473}{6.788} \right)^{1/4} = 1.3916 \text{ より}$$

$$\left. \begin{array}{l} k_W = 1.00 \\ k_{MX} = 0.93 \end{array} \right\}$$

$$\gamma_1 = 0.3$$

$$a/b_1 \left(\frac{Dy}{Dx} \right)^{1/4} = \frac{1755}{3098.2} \times 0.9762 = 0.553 \text{ より}$$

$a = 23.84m$ のとき

$$\rho_1 = \frac{b}{a} \left(\frac{Dx}{Dy} \right)^{1/4} = 1 \times 1.0244 = 1.0244 \text{ より}$$

$$\left. \begin{array}{l} k_W = 1.00 \\ k_{MX} = 0.96 \end{array} \right\}$$

$$\gamma_1 = 0.3$$

$$a/b_1 \left(\frac{Dy}{Dx} \right)^{1/4} = \frac{2384}{3098.2} \times 0.9762 = 0.751 \text{ より}$$

N	γ_1	α_w	α_{MX}	β_w	β_{MX}
1.0	0.2 (読取値)	0.0008	0.034	0.0066	0.22
	0.4 (")	0.0007	0.032	0.006	0.196
	0.3 (中間値)	0.00075	0.033	0.0063	0.208
1.5	0.2 (読取値)	0.0007	0.033	0.006	0.18
	0.4 (")	0.0006	0.027	0.005	0.14
	0.3 (中間値)	0.00065	0.030	0.0055	0.16
2.0	0.2 (読取値)	0.0007	0.0302	0.005	0.16
	0.4 (")	0.00056	0.0248	0.004	0.10
	0.3 (中間値)	0.00063	0.0275	0.0045	0.13

N	γ_1	α_w	α_{MX}	β_w	β_{MX}
1.0	0.2 (読取値)	0.0022	0.048	0.018	0.36
	0.4 (")	0.0019	0.0426	0.016	0.296
	0.3 (中間値)	0.0021	0.0453	0.017	0.328
1.5	0.2 (読取値)	0.002	0.044	0.016	0.296
	0.4 (")	0.0016	0.036	0.011	0.21
	0.3 (中間値)	0.0018	0.040	0.0135	0.253
2.0	0.2 (読取値)	0.0018	0.0404	0.013	0.25
	0.4 (")	0.0013	0.0296	0.0076	0.15
	0.3 (中間値)	0.00155	0.035	0.0103	0.20

§ 2. Nの値の決定とこれによる内挿値

$$\begin{aligned} \kappa_{J1} &= (1.00 - 0.14 \frac{h_H}{b_H}) \frac{(1 + \frac{h_H}{h})^2}{(1 + \frac{h_H}{b_H})} \gamma_1 \rho_1^2 \\ &= 0.7257 \times \frac{29.16}{2.959} \times 0.3 \times 1.3916^2 = 4.1548 \\ \kappa_{I1} &= (0.72 - 0.17 \frac{h_H}{b_H}) (1 + \frac{h_H}{b_H}) (\frac{h_H}{h})^2 \gamma_1^3 \rho_1^4 \\ &= 0.3869 \times 2.959 \times 4.4^2 \times 0.027 \times 1.3916^4 = 2.2442 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \kappa_{J1} &= 0.7257 \times \frac{29.16}{2.959} \times 0.3 \times 1.0244^2 \\ &= 2.2514 \\ \kappa_{I1} &= 0.3869 \times 2.959 \times 4.4^2 \times 0.027 \times 1.0244^4 \\ &= 0.6590 \end{aligned}$$

(No. 2)

$$\begin{aligned} \kappa_{D1} &= (0.47 + 0.09 \frac{h_H}{b_H}) \gamma_1 \rho_1^2 \\ &= (0.47 + 0.09 \times \frac{770}{393}) \times 0.3 \times 1.3916^2 = 0.3755 \\ \kappa_{F1} &= 4.5060 \\ N &= \sqrt{\frac{\kappa_{J1} + \kappa_{I1} - \kappa_{D1} + \kappa_{F1}}{4\gamma_1 \rho_1}} = \sqrt{\frac{10.5295}{4 \times 0.3 \times 1.3916}} = 1.9431 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \kappa_{D1} &= 0.1939 \times 1.0244^2 \\ &= 0.2035 \\ \kappa_{F1} &= 4.5060 \\ N &= \sqrt{\frac{\kappa_{J1} + \kappa_{I1} - \kappa_{D1} + \kappa_{F1}}{4\gamma_1 \rho_1}} = \sqrt{\frac{7.21290}{4 \times 0.3 \times 1.0244}} = 2.1876 \end{aligned}$$

	N=1.5の値	N=2.0の値	差(α)	$\alpha \times \frac{0.4431}{0.5}$	N=1.9431の値
α_w	0.00065	0.00063	0.00002	0.00002	0.00063
α_{MX}	0.030	0.0275	0.0025	0.0022	0.0278
β_w	0.0055	0.0045	0.0010	0.0009	0.0046
β_{MX}	0.16	0.13	0.03	0.027	0.133

	N=1.5の値	N=2.0の値	差(α)	$\alpha \times \frac{0.18476}{0.5}$	N=2.18476の値
α_w	0.0018	0.00155	0.00025	0.00009	0.00146
α_{MX}	0.040	0.035	0.005	0.0018	0.0332
β_w	0.0135	0.0103	0.0032	0.0012	0.0091
β_{MX}	0.253	0.20	0.053	0.0196	0.1804

§ 3. w 及び σ_{1X} の計算値

$$\left. \begin{aligned} [w]_{x=\frac{a}{2}, y=0} &= k_w (\alpha_w + \beta_w \frac{m_s}{pb_1^2}) \frac{pb_1^4}{D_y} = k_w (\alpha_w + \beta_w \times 0.000641) 2516.55 \\ [\sigma_{1X}]_{x=\frac{a}{2}, y=0} &= k_{MX} (\alpha_{MX} + \beta_{MX} \frac{m_s}{pb_1^2}) \frac{pb_1^2 E r_{1X}}{D_X} = k_{MX} (\alpha_{MX} + \beta_{MX} \times 0.000641) 45073.6 \end{aligned} \right\} \text{より}$$

$$[w]_{x=\frac{a}{2}, y=0} = 1.0(0.00063 + 0.0046 \times 0.000641)2516.55$$

$$= 1.5928 \text{cm} \doteq 15.93 \text{mm}$$

$$[\sigma_{1x}]_{x=\frac{a}{2}, y=0} = 0.93(0.0278 + 0.133 \times 0.000641)45073.61$$

$$= 1168.91 \text{kg/cm}^2 \doteq 11.69 \text{kg/mm}^2$$

$$[w]_{x=\frac{a}{2}, y=0} = 1.0(0.00146 + 0.0091 \times 0.000641)2516.55$$

$$= 3.68877 \text{cm} \doteq 36.89 \text{mm}$$

$$[\sigma_{1x}]_{x=\frac{a}{2}, y=0} = 0.96(0.0332 + 0.1804 \times 0.000641)45073.61$$

$$= 1441.59 \text{kg/cm}^2 \doteq 14.42 \text{kg/mm}^2$$

§4. 結論

本計算結果と $a=35.1\text{m}$ の計算値を比較すると次表のとおりとなる。

	$a=17.55\text{m}$	$a=23.84\text{m}$	$a=35.10\text{m}$
$[w]_{x=\frac{a}{2}, y=0}$	15.93mm	36.89mm	69.99mm
$[\sigma_{1x}]_{x=\frac{a}{2}, y=0}$	11.69kg/mm ²	14.42kg/mm ²	14.50kg/mm ²

即ち撓み w について見れば貨物倉長さ a の増加につれて w が著しく増加しアスペクト比 1 以下 (即ち $a < b$) では N, K の基準撓み $B/700 \doteq 45\text{mm}$ 以内に収まるが $a=35.1\text{m}$ では超過する。

また、引張応力 σ_{1x} について見れば貨物倉長さ a の増加に伴つて σ_{1x} も増加するが、その増加率は a が大きくなるにつれて漸減し、アスペクト比が 1 以上となると二重底負荷の依存度が船側方向に多くなるため船首尾方向の応力はほとんど増加しなくなる。本計算結果は傾向を知るためには有効であるが絶対値を検討するにはフーリエ展開を利用した精密計算による方がより正確であろう。

$a=35.10\text{m}$ のときの計算：——（別途計算の内容）

§ 1. グラフからの読取値

$$\rho_1 = \frac{b}{a} \left(\frac{D_x}{D_y} \right)^{1/4} = \frac{2384}{3510} \left(\frac{7.473}{6.788} \right)^{1/4} = 0.696 \text{より}$$

$$\begin{cases} k_w = 0.99 \\ k_{MX} = 0.9 \end{cases}$$

$$\gamma_1 = 0.3$$

$$a/b_1 \left(\frac{D_y}{D_x} \right)^{1/4} = \frac{3510}{3098.2} \left(\frac{6.788}{7.473} \right)^{1/4} = 1.1059 \approx 1.1 \text{より}$$

N	γ_1	α_w	α_{MX}	β_w	β_{MX}
1.0	0.2 (読取値)	0.0051	0.061	0.044	0.48
	0.4 (")	0.0043	0.053	0.037	0.4
	0.3 (中間値)	0.0047	0.057	0.0405	0.44
1.5	0.2 (読取値)	0.0045	0.055	0.039	0.41
	0.4 (")	0.0033	0.042	0.027	0.284
	0.3 (中間値)	0.0039	0.0485	0.033	0.347
2.0	0.2 (読取値)	0.0040	0.0495	0.0326	0.35
	0.4 (")	0.0026	0.0345	0.019	0.206
	0.3 (中間値)	0.0033	0.042	0.0258	0.278

§ 2. Nの値とこれによる外挿値

$$\kappa_{J1} = \left(1.00 - 0.14 \frac{h_H}{b_H} \right) \frac{\left(1 + \frac{h_H}{h} \right)^2}{\left(1 + \frac{h_H}{b_H} \right)} \gamma_1 \rho_1^2 = 1.0391$$

$$\kappa_{I1} = \left(0.72 - 0.17 \frac{h_H}{b_H} \right) \left(1 + \frac{h_H}{b_H} \right) \left(\frac{h_H}{h} \right)^2 \gamma_1^3 \rho_1^4 = 0.1387$$

$$\kappa_{D1} = \left(0.47 + 0.09 \frac{h_H}{b_H} \right) \gamma_1 \rho_1^2 = 0.0939$$

$$\kappa_{F1} = \frac{bEj_3}{sI D_y} \left\{ \frac{j_1}{j_3} + 2(\gamma_2 + \gamma_2^2) - \delta \left\{ \frac{j_2}{j_3} + (\gamma_2 + \gamma_3 + 2\gamma_2 \gamma_3) \right\} \right\} = 4.5060$$

$$N = \sqrt{\frac{\kappa_{J1} + \kappa_{I1} - \kappa_{D1} + \kappa_{F1}}{4\gamma_1 \rho_1}} = 2.831 \text{となり}$$

これはグラフの $N=1.0 \sim 2.0$ の範囲をはるかにはずれるので上掲の $f(N) = f(1.0)$, $f(1.5)$ 及び $f(2.0)$ の算出値が一つの二次曲線に沿うものとして外挿値 $f(2.831)$ を求めた。(計算省略)

$$\alpha_w = 0.0028$$

$$\alpha_{MX} = 0.0356$$

$$\beta_w = 0.0145$$

$$\beta_{MX} = 0.2164$$

§ 3. w 及び σ_{1x} の計算値

$$\begin{aligned} [w]_{x=\frac{a}{2}, y=0} &= k_w \left(\alpha_w + \beta_w \frac{m_s}{pb_1^2} \right) \frac{pb_1^4}{Dy} \\ &= 0.99 \left(0.0028 + 0.0145 \frac{11412}{1.854 \times 3098.2^2} \right) \frac{1.854 \times 3098.2^4}{6.788 \times 10^{10}} = 6.999 \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\sigma_{1x}]_{x=\frac{a}{2}, y=0} &= k_{MX} \left(\alpha_{MX} + \beta_{MX} \frac{m_s}{pb_1^2} \right) \frac{pb_1^2 E \gamma_{1x}}{D_X} = \\ &= 0.9 \left(0.0356 + 0.2164 \times 0.000641 \right) \frac{1.854 \times 3098.2^2 \times 2.1 \times 10^6 \times 90.13}{7.473 \times 10^{10}} \\ &= 1449.79 \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

次に貨物倉長さ a の変化が浸水時の予備浮力に及ぼす影響については、D社の浸水時トリム計算（昭和44年1月9日新製）によると、鉄鉱石オルト積み満載状態において隔壁間の長さ21.69メートルの第1番倉がバラスタタンクとともに浸水することがあっても約32,000トンの予備浮力を保ち、トリムがマイナス7.8メートルとなって浮くが、隔壁間の長さ35.14メートルの第2番倉がバラスタタンク、第1番燃料油タンク及びダクトキールとともに浸水する場合は、予備浮力が約20,000トンでトリムがマイナス12.2メートルとなり、船首楼への浸水が始まり、錨鎖庫及び第1番倉にも浸水して沈没することになる。日本海事協会は、水密隔壁の省略を承認するにあたり、前示のとおり念のため第1番貨物倉内にのみ浸水した場合について計算するようD社に指示したが、これは同協会としては、貨物船では軽損傷の場合しか考えておらず、衝突による可浸というのが思想的になかったところから、荒天時の損傷を考慮して行なった指示である。

4、ロイド規則による本船二重底構造の検討

ばら積貨物船に対する1964年ロイド規則を適用した場合、本船二重底の部材寸法は、次のとおりとなる。すなわち、竜骨板の厚さは、28.03ミリ、船底外板の厚さは20.5ミリ、内底板の厚さは、中心線の板が22.65ミリ、そのほかの板が20.15ミリ、船底ロンジの断面係数は606.7立方センチ、縦通板の厚さは13.91ミリ、内底板ロンジの断面係数は704.5立方センチ、肋板間隔は1,812ミリ、肋板の厚さは15.53ミリ、中心線桁板の厚さは17.15ミリ、中心線桁板の高さは1,481ミリとなる。しかして船底外板、内底板及び肋板で構成する船底横桁の強度については、断面係数要求値が66,841立方センチであるから、中心線桁板の高さを本船の1,750ミリ、肋板の厚さを本船の14ミリのままとし、中央に高さ600ミリのマンホールを設けたとして計算すると、内底板及び船底外板の厚さはいずれも30ミリを要することとなり、また、マンホールが中央部にあつて高さ600ミリとし、横置隔壁が20ないし21メートルの間隔で置かれているとして、ロイド規則で要求される最小板厚でこの桁板を構成すると、中心線桁板の高さは2,320ミリを要することとなる。なお、本船の肋板はビルジホッパー内で1枚おきに支えない遊びの端部となっており、同肋板に生ずる応力を計算すると、22.56キロとなる。この計算経過を第17表に示す。

第17表 肋板に生ずる応力計算

ぼりばあ丸の肋板は、一本おきに舷側ホツパー内の連続構造が軽くなり、この部分は両端支持と考える方が妥当と思われる。

ぼりばあ丸の貨物倉容積の合計は、67,424m³あり、積荷を53,100 t とすると、ホモ積みの場合見掛け比重は1以下となる。

いま、各倉とも容積に応じてホモ積みした場合の積荷高さを二重底頂板上、上甲板舷端までの高さとする(比重=1)

$$\text{積荷高さ} = 17.30 - 1.75 = 15.55\text{m}$$

満載喫水に見合う水高圧は

$$1.025 d = 1.025 \times 11.5 = 11.79\text{m}$$

よつてホモ積みした貨物倉の肋板にかかる荷重の高さは

$$h = 15.55 - 11.79 = 3.76\text{m}$$

また、満載時に一部を空倉にすると、その空倉の肋板にかかる荷重の高さは、水高圧となり

$$h = 11.79\text{m}$$

両端支持の場合この肋板に生ずる曲げモーメントは

$$M = \frac{w l^2}{8} = \frac{sh l^2}{8}$$

$$S = \text{肋板の心距} 1.8\text{m}$$

$$l = \text{二重底頂部ホツパー間の距離} = 23.84\text{m}$$

$$h = 11.79\text{mとすると}$$

$$M = \frac{1}{8} \times 1.8 \times 11.79 \times 23.84^2 = 1.508 \text{ t-m}$$

よつてこの肋板に生ずる応力は

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{1.508 \times 100}{66,841} = 2,256 \text{ t/cm}^2 \quad 22.56 \text{ kg/mm}^2$$

	A cm ²	d cm	Ad	Ad ²	j
内底板 1,800×20.5	369.0	176.025	64,953.23	11,433,392	
肋板 14×575	80.5	146.25	11,773.13	1,721,820	22,179
” 14×575	80.5	28.75	2,314.38	66,538	22,179
船底外板 1,800×19	342.0	-0.95	-324.9	309	
	<u>872.0</u>		<u>A)78,715.84</u>	<u>44,358</u>	<u>44,358</u>
			$x = 90.27$	13,266,417	
				$Ax^2 = 7,105,679$	(-
			$y = 92.17$)	<u>6,160,738</u>	
				66,841cm ³	

5、ばら積貨物船の規定等を適用した場合

現在H内規中に組み入れられているばら積貨物船の規定(昭和42年9月一部改正)及び1966年国際満載喫水線条約の決定事項を本船に適用した場合、構造的には、

- ① バルクヘッドホッパーの斜板下の位置に片方は肋板を設けていない。
- ② ビルジホッパー内の各肋板の箇所に防撓桁（トランスリング）を設けていない。

点で適合せず、また、部材寸法上からは、基本的には前示撓みと中心線桁板の高さに関する基準寸法に満たないが、これらのほか、

- ① ビルジホッパーの斜板
- ② 鉱石積付倉の二重底内底板
- ③ 第2番倉の鋼製ハッチカバー
- ④ トップサイドタンク内の船側ロンジ、底板ロンジ、底板及びトランスリングの一部
- ⑤ 第3番倉に面する横置隔壁
- ⑥ 横置隔壁の下部ホッパー内側に設けられた防撓材
- ⑦ 二重底の中心線桁板、側桁板及び実体肋板

の各板厚が不足する。

すでに船級を付与された船に新しい内規を適用した場合、本船のように大幅に部材寸法が足りなくなったのは、珍しい事例である。日本海事協会としては、規則の改正によって部材寸法が足りなくなっても、鋼船規則に含まれている範囲内の安全性は確保されているとの見地から、在来船に対し積付条件の変更等の措置をとっていない。

第5 船体構造強度に関する鑑定、研究等

1、T及びUのバルクキャリアの二重底構造の設計法に関する一考察

T、U両氏は、バルクキャリアの構造寸法を種々に変更した場合、それが二重底強度ひいては最小構造重量にどのような影響を与えるかを知るために、S教授の近似計算法を用いて63ケースにわたる検討を行ない、その結果を昭和38年4月号の関西造船協会誌に発表しているが、そのうち、ぼりばあ丸の構造寸法に比較的近いもので、船の幅31メートルに対し船倉の長さを17メートル、25メートル及び35メートルに変化させた場合の計算数値を摘記すると次のようになる。

記号	船倉	積付倉 二重底 中央部		構造重量の指数
	長さ(m)	撓み(mm)	船首尾方向応力(kg/mm ²)	横方向応力(kg/mm ²)
㉑	三五	六〇・五〇	一三・四六	一八・一五
㉒	二五	三三・五〇	一二・八一	一一・八五
㉓	一七	一二・八一	九・七八	六・〇九
				一・一〇七
				一・〇三七
				〇・九九五

いっぽう、船倉の長さ35メートルを固定して、二重底高さを1.4メートル、1.8メートル及び2.2メートルに変更させた場合の数値を摘記すれば、

記号	二重底		積付倉		中央部	構造重量
	高さ(m)	撓み(mm)	船首尾方向応力(kg/mm ²)	横方向応力(kg/mm ²)	の	指数
㉔	二・二〇	四三・七九	一一・六三	一五・三五	一・〇五四	
㉕	一・八〇	六〇・五〇	一三・四六	一八・一五	〇・九九五	
㉖	一・四〇	八九・〇〇	一五・七五	二二・〇五	〇・九三七	

となり、船倉の長さを変更した場合の影響は、本船について試算した既述の結論と傾向的に全く一致する。また、二重底高さを変更した場合の影響は、二重底の撓みにも応力にも明瞭にその差があらわれ、二重底の高さを1.4メートルから80センチメートル増して2.2メートルとすれば、構造重量は約12.5%増加するが、二重底中央部において、撓みが約50.8%、船首尾方向応力が約26.2%及び横方向応力が約31.4%とそれぞれ大幅に軽減されることがわかる。

2、V、W及びXの二重底構造の強度に関する実船試験

実船における二重底及びその周辺構造の部材の変形と、それらに生ずる応力についての実測値は従来ほとんど発表されておらず、実船構造における力学的挙動を確認することができない現状である。V氏は、株式会社Yで建造された鉍石兼油運送船について実船計測を行ない、軽喫水状態において計測二重底の真上の船倉内に短時間に満倉にいたるまで注水負荷し、そのときの歪及び撓みを計測し、ついで排水を開始し、同様に歪及び撓みを計測し、これと平行してS教授の理論による二重底構造の強度解析を行なった。供試船は、58,700重量トンの鉍石兼油運送船で、船倉の数7、船の幅31.7メートル、1倉の長さ約22メートルあり、二重底は高さ1.750メートルの中心線桁板のほか両舷各4条のサイドガーダーが縦通し、船側は内外壁の間隔1.400メートルのダブルハル構造を採用し、また、横置隔壁は二重隔壁となっており、横置隔壁ホッパーの前後下端には実体肋板が設けられている。この実船二重底構造についての試験結果とS教授の方式による理論解析から得られた結果を比較検討して、次のように発表している。

- (1) 二重底の撓みについては、理論計算と実測値はきわめて良好な一致を示している。
- (2) 二重底、船側、隔壁等の諸構造部材に生ずる応力及び歪については、これら部材の主要点について行なった曲げモーメント、軸力、剪断力の計算結果から各部材に生ずる歪及び応力を求め、更に船体縦曲げ応力も加算して強度解析を行ない、歪の計算値と実測値との比較をしたところ、二重底構造部材をはじめ、船側ダブルハル及び横置隔壁下部の諸部材について、全般的にかなり良好な一致を示している。ただし、縦桁、肋板、船側ウェブの端部における剪断歪の計算値は、いずれも実測値の平均に比べてやや高めの値を示している。
- (3) 二重底の剪断撓み量は、通常その曲げ撓み量とほぼ同程度と考えられる。したがって、剪断撓みを無視した計算は、過小の撓みを与える危険がある。今回の二重底撓み計測の結果からも、このことが確認された。
- (4) 二重底の各構造部材に生ずる曲げ応力（船体縦曲げの影響を除いた）は、軽荷喫水で当該船倉を満載するというきわめて苛酷な荷重条件でも、10キロを越えることはほとんどなかった。ただし、肋板の船側ホッパーとのすみ角部には、局部的な著しい応力集中が認められた。いっぽう、二重底、船側、隔壁の諸構造部材に生ずる剪断応力は、一般に高い値が計測され、なかでも、中心線桁板及び側桁板の横置隔壁端部においては、10キロを越える応力も計測された。

3、Z株式会社の超大型バルクキャリアの構造強度に関する研究

ばら積貨物船の大きさ、船側剛性及び船倉縦横比（ a/B ）を種々に変化させた場合、船体強度面にどのような影響があるかを検討するため、同社において開発された電算プログラムFRAMEを用いて立体的な強度計算を行なった。これによると、ロイド船級を有し、オルト積みをする66,100重量トンの実在船を基準船とし、これを船側剛性を変化させずにトン数を約2倍としたもの、以下トン数はこれと同じで船側剛性を50%及び600%に変化させたもの並びに船倉長さを増加させたもの、のそれぞれについて計算比較し、結論として次のように述べている。

- (1) 船側剛性を大きくすると船側肋骨自身の応力は低下するが、隣接部材の応力がかえって大きくなる。（船側剛性の二重底撓みに与える影響はきわめて小さい。）
- (2) 船倉が長くなると各部の応力が大きくなる。この影響は、船倉の縦横比が0.5ないし0.9の範囲が著しい。
- (3) 船が大きくなっても、船倉長さを相対的に短くすれば、強度的な問題はあまり起こらない。

なお、本立体計算の結果を平面計算の結果と比較すると、両者は非常によく一致し十分信頼できる旨発表されている。

4、D社のZユニットを用いた立体強度計算（二重底を含む、昭和44年4月15日新製）

D社は、同社の開発による電算プログラムZユニットを用いて、ぼりばあ丸の第1、2、3番倉を取り出し、船体をボックスガーターまたは板付きの骨組構造にモデル化し、第3番倉後端より少し第4番倉にはいった断面の11点の変位を拘束し、回転は自由とし、他端にあたる第1番倉前端は自由とし、このモデルに貨物重量、船体重量及び種々の波を受けた場合の荷重をかけて船体各部の応力を算出した。本計算は、載荷条件として、第1番倉は鉄鉱石（載荷係数18立方フィート/ロングトン、安息角10度）の高さ12.5メートル、第3番倉は鉄鉱石の高さ13.5メートルとし、第2番倉

は空倉とし、船側、ホッパー及びバルクヘッドに対する鉄鉱石貨物による土圧は、クーロンの土圧式を採用したものである。本計算のうち、二重底の船体中心線及び船倉中央部付近横強度部材の応力値を第18表に示す。

ケース（1）は、貨物重量、船体重量及び次の波浪条件を加えたもの

波長 72.08メートル（第2番倉の長さの2倍の波長）

波高 6.0メートルで波の頭が第2番倉の中央にきたとき

ケース（2）は、貨物重量、船体重量、及び日本海事協会基準波浪のサギングの条件を加えたもの

波長 船の長さLに等しい213.0メートル

波高 8.44メートル（ $1.41L^{1/3}$ ）

ケース（3）は、貨物重量、船体重量及び日本海事協会基準波浪のホギングの条件を加えたもの

波長及波高はケース（2）と同じ

本計算によると、サギング状態において、第3番倉中央部船底の横方向の曲げ応力がもっとも大きく、13.4キロ（引張り）で、このときの船首尾方向の応力は10.0キロとなり、ホギング状態では、上甲板は第3番倉の引張り応力がもっとも大きく、約10キロとなっている。この数値は、拘束条件等により縦強度計算の結果とは一致しないとなっているが、第13表のコンピュータープログラムによる縦曲げモーメントの計算結果では、出港時サギング状態で第3番倉中央付近で最大曲げ応力が約12キロとなり、出港時ホギング状態で第4番倉中央付近に最大曲げ応力が現われ、約13.5キロとなり、両者の間にかかなりの相違がある。

5、AA情報処理部BRの鑑定

当審判庁は、ぼりばあ丸の第2番倉の上甲板にあげられた燃料油注油口付近における応力集中の状態を知る必要があったので、AAに依頼して同研究所の開発になるコンピュータープログラムATLASを使用して、有限要素法により上甲板倉口周辺各部の変位、反力、応力及び規格化応力の算出を求めたところ、大要次のような結果が得られた。

鑑定内容

船体の縦曲げモーメントによる前部貨物倉の上甲板倉口周辺における応力計算

鑑定条件

- ① 倉口間長さの中央において単純支持とする。
- ② 倉口間長さの中央において単位長さの縦曲げ伸びを与える。
- ③ 範囲は、フレーム162からフレーム182までの区間で、トップサイドタンク下端から上方の甲板構造部材を対象とする。

第18表 二重底 Σ 及び Hold 中央部付近横強度部材の応力

単位; kg/mm²

CASE	HOLD	σ_{1y}	σ_{2y}	σ_{1x}	σ_{2x}	σ_s	τ_{1y}	τ_{1x}	τ_s
(1) SHORT WAVE	No. 1	-3.8	+5.8	-1.8	+6.7	+1.9	5.4	8.7	0.8
	No. 2	+7.4	-11.0	+4.8	-9.4	-8.4	9.2	9.5	4.3
	No. 3	-6.2	+12.8	-6.3	+9.4	+11.5	8.6	*11.8	3.9
(2) NK WAVE SAG	No. 1	-0.7	+3.7	-1.8	+4.9	+2.0	2.6	6.2	0.1
	No. 2	+5.9	-9.5	+4.3	-7.2	-7.5	7.5	9.2	3.7
	No. 3	-6.2	+13.4	-6.4	+10.0	+12.0	8.9	*12.8	4.2
(3) NK WAVE HOG	No. 1	-4.2	+6.3	-1.8	+6.7	+1.5	6.2	10.5	0.8
	No. 2	+5.2	-8.5	+3.8	-7.7	-7.0	6.9	8.2	2.7
	No. 3	-2.3	+8.8	-6.6	+6.1	+9.8	5.1	* 8.4	1.7

注) 1. \oplus は引張 \ominus は圧縮を表わす。

2. σ_{1y} : 二重底 Floor 端部の曲げ応力

σ_{2y} : // // 中央部の //

σ_{1x} : // Σ Girder の Hold 端部の曲げ応力

σ_{2x} : // // 中央部 //

σ_s : Side Trans の下端の曲げ応力: Double Hull 部材の曲げ応力

(内殻側の応力を示す。)

τ_{1y} : Floor 端部の剪断応力

τ_{1x} : Σ Girder の Hold 端部の剪断応力

τ_s : Side Trans の下端の剪断応力

3. * 印を付した応力値は支持点に近いところの値が境界条件が実際とは異なる点であるので実際より大きく出ていると考えられる。(石播重工業の資料による。)

鑑定結果

上甲板、隆起甲板及びハッチコーナーブラケットにおけるX軸方向(船の長さ方向)の応力値を図上にプロットして検討したが、主要な部分の応力値にはさほど急激な変化が見られなかった。本計算に用いた要素の分割があらいので、燃料油注油口周辺の応力集中の精密な応力値は求められなかったが、この周辺の平均応力には隆起甲板、ハッチコーナーなどの影響が見られず、規準応力(倉口の長さの中央で舷側付近上甲板の船首尾方向の応力)の1.3倍程度であり、したがってこの部分の最大

応力は規準応力に実際の開口に対する応力集中係数（たかだか3）を乗じて得られるものと思われる。

6、東京大学工学部教授ACの鑑定

当審判庁は、D社のZユニットを用いた立体強度計算とは別にAC教授に鑑定を求め、同教授が関与して開発にあっている「ばら積貨物船の船倉部強度解析の有限要素法によるプログラム」により、ぼりばあ丸の遭難に関係があったと思われる第2番貨物倉の船底部及び船側部の応力計算を依頼した。

鑑定内容

第2番貨物倉の船側部及び船底部に生ずる弾性応力の計算とそれに基づく構造強度の検討

鑑定条件として載貨状態は、

- ① 鉄鉱石を船倉1つおきに積載した状態、ただし第2、4番貨物倉は空倉とする。
- ② 鉄鉱石を全倉均等に積載した状態

鑑定条件としての波浪は、日本海事協会の規準に準ずる波浪

鑑定結果

第2番倉の中央縦断面近傍の二重底縦桁材の応力並びに中央横断面内の肋板及び二重船側構造の応力の主要値を第19.1表に示す。

ケース（1）は、載荷条件として、満載出港（鉄鉱石）サンニコラス出港時のものを基準にし、第3番倉に25,000トン積載して第2番倉は空倉とし、喫水は同基準時の船首喫水11.56メートル、船尾喫水11.93メートルから、第2番倉中央の喫水を求め、計算対象範囲にわたり一様にこの喫水とし、波浪は次のものとした。

波長 船の長さLに等しい213.0メートル

波高 日本海事協会の規準に準ずる0.7d（dは計画満載喫水）で、波頂が第2番倉の中央にきたとき

ケース（2）は、載荷条件として、各船倉に均等載貨した状態を考慮して第2番倉及び第3番倉の積載量を求め、喫水及び波浪はケース（1）と同様とした。

ケース（3）は、D社のZユニットを用いた3ホールド立体強度計算（二重底を含む）のケース（1）と条件を合わせた。

ケース（4）は、同計算のケース（2）と条件を合わせた。

ケース（5）は、同計算のケース（3）と条件を合わせた。

ケース（6）は、ケース（1）において波浪を考慮しない（平水中）もの。

第19.2表は、第19.1表の計算値を次のように補正して得られた応力値である。

第19・1表 応力の主要値

位置		応力	荷重条件								
			Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6			
中央縦断面	二重底、桁材	船倉の中央	σ_a	-0.7	-0.5	-0.7	-0.1	-0.8	-1.0		
			σ_b	<i>i</i>	8.6	1.9	8.7	7.6	7.6	7.1	
				<i>o</i>	-6.7	-1.8	-8.1	-6.4	-6.8	-6.8	
			σ_n	<i>i</i>	7.9	1.4	8.0	7.5	6.8	6.1	
		<i>o</i>		-7.4	-2.3	-8.8	-6.5	-7.6	-7.8		
		τ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
		1横隔壁位置	ストウ	σ_a	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
				σ_b	<i>i</i>	-1.4	-1.7	0.9	2.6	0.1	2.0
					<i>o</i>	1.7	1.5	-1.0	-1.8	-0.1	-0.3
				σ_n	<i>i</i>	-1.5	-1.7	0.9	2.6	0.1	1.9
	<i>o</i>		1.6		1.5	-1.0	-1.8	-0.1	-0.4		
	τ		-12.6	-4.1	-11.6	-8.5	-11.8	-10.2			
	船倉中央横断面	二重底、肋板	船倉の中央	σ_a	-3.4	-1.7	-2.9	-2.2	-2.4	-2.2	
				σ_b	<i>i</i>	11.2	2.3	10.6	8.8	9.3	8.4
<i>o</i>					-12.5	-2.7	-11.6	-9.5	-9.9	-9.3	
σ_n				<i>i</i>	7.8	0.6	7.7	6.6	6.9	6.2	
			<i>o</i>	-15.9	-4.4	-14.5	-11.7	-12.3	-11.5		
τ			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
ホツパー位置			ホツパー位置	σ_a	-2.5	-1.5	-2.5	-2.0	-2.0	-0.9	
				σ_b	<i>i</i>	-7.7	-2.1	-7.4	-5.7	-6.0	-5.6
					<i>o</i>	6.9	2.2	6.8	5.4	5.8	5.4
				σ_n	<i>i</i>	-10.2	-3.6	-9.9	-7.7	-8.0	-6.5
		<i>o</i>	4.4		0.7	4.3	3.4	3.8	4.5		
		τ	12.6	3.7	12.1	9.7	10.3	9.3			
船側、二重船殻		タ頂ク下部	タ頂ク下部	σ_a	-2.9	-0.9	-2.8	-2.3	-2.3	-2.2	
				σ_b	<i>i</i>	0.7	-0.9	0.7	1.0	0.8	0.9
					<i>o</i>	-0.4	0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6
				σ_n	<i>i</i>	-2.2	-1.8	-2.1	-1.3	-1.5	-1.3
			<i>o</i>		-3.3	-0.3	-3.3	-2.9	-2.9	-2.8	
			τ	-0.7	1.3	-0.9	-1.4	-1.3	-1.4		
			ホツパー頂部	ホツパー頂部	σ_a	-2.9	-0.9	-2.8	-2.3	-2.3	-2.2
					σ_b	<i>i</i>	-5.8	-0.5	-5.8	-4.8	-4.8
		<i>o</i>				4.1	0.3	4.0	3.3	3.3	3.2
		σ_n			<i>i</i>	-8.7	-1.4	-8.6	-7.1	-7.1	-6.8
				<i>o</i>	1.2	-0.6	1.2	1.0	1.0	1.0	
		τ		-3.5	-1.5	-3.5	-2.3	-2.3	-2.2		

σ_a ; Axial Stress (kg/mm²)

σ_b ; Bending Stress (")

σ_n ; Normal Stress (")

τ ; Shearing Stress (")

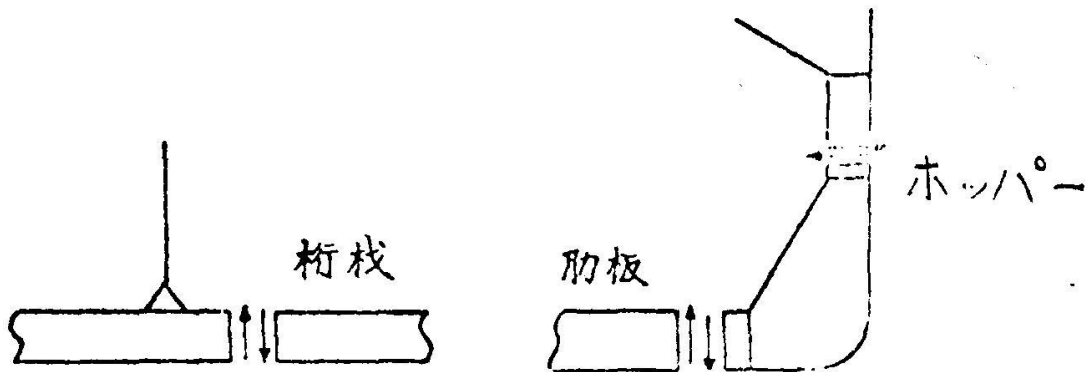
i ; Inner Side

o ; Outer Side

第19・2表 補正した応力値

位置	応力 kg/mm ²	荷重条件						備考
		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	
桁材	中 i	1.6	-5.1	5.2 ~12.2	14.6	0.6	3.5 ~10.6	Case 1, 2, 4, 5 $\sigma_a = \pm 7$
	央 o	-13.7	-8.8	-11.6 ~-4.6	0.6	-13.8	-10.3 ~-3.3	
	端 τ	-12.6	-4.1	-11.6	-8.5	-11.8	-10.2	
肋板	中 i	7.8	0.6	7.7	6.6	6.9	6.2	
	央 o	-15.9	-4.4	-14.5	-11.7	-12.3	-11.5	
	端 τ	11.8	3.5	11.3	9.1	9.7	8.7	$\frac{15}{16}$ 倍したもの
船側二重船殻	下 i	-14.5	-1.9	-14.4	-11.9	-11.9	-11.4	曲げ応力 剪断応力 を2倍にと る。
	央 o	5.3	-0.3	5.2	4.3	4.3	4.2	
	端 τ	-7.0	-3.0	-7.0	-4.6	-4.6	-4.4	

符号 σ_n : 正は引張り 負は圧縮
 τ の正方向



波浪による縦曲げ応力を、

$$\sigma_a = \begin{cases} 7 \text{ kg/mm}^2 & \text{CASE 4} \\ -7 & \text{CASE 1, 2, 5} \\ -3.5 & \text{CASE 3, 6} \end{cases} \quad \text{と仮定}$$

船側に生ずる σ_b 、 τ を計算値の2倍になると仮定し、

肋板の端における τ は、計算値を $\frac{15}{16}$ 倍したものである。

第19. 2表に示された応力値によりケース（1）の第2番倉が空倉で長い波長の波頂がその部にくるときが、ほぼ最も厳しい条件を与え、波長が短いときは船体としてはむしろ耐え易い状態であることがわかる。そこで主にケース（1）について考察すると、直応力として大なる値を示すのは外板面であり、ここに示されたのは肋板あるいは桁板の応力で、外板の応力はここに示された値より大なるか、この部の外板はキールであり、板厚が大であるので、もしも座屈などが生ずるとすれば、むしろAストレーキであろう。この部の横方向圧縮による座屈応力 σ_{cr} は、

$$\sigma_{cr} = \left(-\frac{1800}{745} + -\frac{745}{1800} \right)^2 \times 21000 \times 0.90384 \times \left(-\frac{19}{1800} \right)^2 = 16.9 \text{ kg/mm}^2$$

であるので、縦方向の応力を考慮しても、座屈が起こるとは断言できない。かりに座屈が生じたとしても、わずかにたわむに過ぎないであろう。船側二重船殻内側板については、

$$\sigma_{cr} = 4 \times 21000 \times 0.90384 \times \left(-\frac{13}{900} \right)^2 = 15.94 \text{ kg/mm}^2$$

となり、この部分にも座屈は起こらないと考えられる。正応力すなわち引張応力については、その値が小さいので、破壊が生ずるとは考えられない。桁材の端の剪断応力12.6キロは、これと同等な引張応力（相等応力）が21.8キロであるので、比例限応力を超えている。しかし、この応力の生ずるのは桁材の端部であるため、ダクトキールに応力集中源としての穴がないので応力集中は生じない。船の縦曲げによる圧縮応力を考慮して、座屈が生じたと仮定しても、剪断による座屈は張力場となり安定であることを考慮すると、二重底に重大な影響をもつとは考えられない。肋板の端の剪断応力11.8キロについても同様な考慮がなされる。この場合の問題点としては、端に近い位置に400ミリ径の穴があることである。穴がないとしたときの剪断応力はほぼ10.5キロであり、したがって穴の周りに生ずる応力は弾性理論によって計算すると42キロになる。しかし実際に生ずる応力は塑性変形により30キロ程度となり、しかも波浪によって変動する応力部分は小であるので、この部に疲労クラックが生ずるとは断言できない。いまひとつの損傷の可能性として、穴周辺の座屈が考えられる。しかし穴の近くにスティフナーがあるため、座屈が生じたとしても、ごく局所に限られるであろう。船側二重船殻に生ずる剪断応力も穴によって高められるが、大きな穴に対しては周辺の補強があるため座屈も生じないと考えられる。ケース（1）の応力より大きい応力値が現われるのは、ケース（4）の桁材の中央内底板側及びケース（5）の桁材の中央外板側である。後者の数値はケース（1）の対応する値と誤差程度しか異ならない。これによって生ずる外板の座屈については、外板が縦肋骨構造になっているので問題にならない。むしろ横方向の圧縮応力による座屈が生ずる可能性があるが、これに対してはケース（1）の方が厳しい状態になっている。前者すなわちケース（4）の桁板の内底板側の引張り応力14.6キロは比例限応力以下と考えられるし、通常の設計に用いられる応力の規準以下である。ホッパー部については応力計算を行なわなかったが、この部分は建造当時ストラットを設けるなどの補強が行なわれており、二重底に比べて強度が低いとは考えられない。結論として、局所的に塑性変形あるいは座屈が生ずる可能性があるが、これらはごく局所的な影響を与えるに過ぎず、ここで検討した範囲の荷重状態においては、第2番倉の船底及び船側部で船体が破壊を生ずるとは考えられない。

AC教授の計算法は、本船について初めて行なったもので、他船については計算したことがなく、かつ、同計算法では腐食予備厚が差し引かれていない。

7、九州大学工学部教授Sの鑑定

S教授は、理事官の依頼によりぼりばあ丸船倉部二重底及び船側構造の強度について、次のとおり鑑定した。

鑑定の要旨

ぼりばあ丸の貨物倉二重底及び船側構造の各局部強度と縦曲げに対する船側構造の剪断強度を検討した結果、第2番貨物倉と第3番貨物倉との境界付近において、ホッパー斜板の上部にかなり大きな剪断応力が発生し、この部分で降伏を生ずる可能性があり、明らかに剪断に対する強度が不足していると判定した。本船の遭難時における損傷状況の詳細が不明なため、この部分の強度不足が損傷の主要な原因と断定することはできないが、少なくとも損傷原因のひとつとなる可能性はあると考えられる。

鑑定の結果

操船資料に記載の満載（サンニコラス）帰港状態、すなわち第1番貨物倉に11,390トン、第3番貨物倉に25,000トン、第5番貨物倉に17,162トンの鉄鉱石を積載し、第2、4番貨物倉及び各バラスタタンクを空倉とした状態を対象とし、二重底及び船側構造の各局部強度と縦曲げに対する船側構造の剪断強度を検討した。この場合、局部強度についてはキール上面上11.50メートルの喫水に相当する静水圧及び波浪影響として波高が該喫水の0.7倍の波の静水圧を考慮し、縦強度については日本海事協会の縦強度に対する基準波の静水圧を考慮した。構造寸法は、中央切断図（902-051及びHH-19）より腐食量として板厚を一律に2.5ミリ差し引いたものを用い、二重底及びトップサイドタンク内の側桁板、肋板、船側肋骨の各軽目穴の面積を控除した。なお、第2番貨物倉の長さは、正確には36.04メートルであるが、便宜上これを第3番貨物倉の長さ36.00メートルに等しいとみなして計算を行なった。また、比較のため船倉の長さを32.40メートル、28.80メートル、25.20メートル、21.60メートルとした場合及び船側肋骨の深さを0.697メートル、1.568メートルとした場合についても検討を行なった。

(1) 二重底及び船側構造の局部強度

(イ) 立体強度計算

西部造船会技術研究会構造部会により発表された計算法（西部造船会技術研究会研究報告第2号、昭和39年3月）を用いて、ぼりばあ丸の第2番船倉（空倉）及び第3番船倉（積載倉）の立体強度計算を行なった。計算は24ケースについて行ない、そのうちケース（1）は第2番船倉（空倉）が波の山と一致した場合、ケース（2）とケース（3）は第3番船倉（積載倉）が波の谷と一致した場合であって、ケース（2）は鉱石圧が鉛直方向に作用すると仮定した場合、ケース（3）は鉱石圧が水圧と同じように面に垂直に作用すると仮定した場合である。また、ケース（4）は後述の縦曲げに対する船側構造の剪断強度の計算で引用するためのケース（波の谷が船体中央と一致した場合の第2番船倉の状態）であって、その他のケースはそれぞれ前示4ケースにおいて船倉の長さを変化させた場合及び船側肋骨の深さを変化させた場合である。本計算では二重底の撓み w をフーリエ級数に展開する計算法を用い、フーリエ級数は13項までとって計算を行なった。また、トップサイドタンクの変形も考慮したが、トップサイドタンクの倉口縁における水平変位は、これを拘束した場合と拘束しない場合とで計算結果にあまり差異がないので、

倉口縁で水平変位が拘束されていると仮定して計算を行なった。主要な点の応力及び変形は第20.1表に示すとおりである。

第20.1表

(No.1)

単位	case 1	case 1a	case 1b	case 1c	case 1d	case 1e	case 1f	case 2	case 2a	case 2b	case 2c	case 2d
$[w]$ $x=a/2, y=0$ mm	-41.46	-37.05	-31.94	-26.15	-19.82	-49.47	-34.00	54.43	48.24	41.17	33.28	24.82
$[\sigma_{1z}]$ $x=a/2, y=0$ kg/mm^2	-9.47	-9.91	-10.27	-10.44	-10.26	-11.06	-8.00	12.01	12.51	12.87	12.96	12.56
$[\sigma_{1y}]$ $x=a/2, y=0$ "	-15.71	-14.61	-13.24	-11.53	-9.49	-17.16	-14.37	18.64	17.15	15.32	13.13	10.56
$[\sigma_{2z}]$ $x=a/2, y=0$ "	8.85	9.27	9.61	9.78	9.61	10.34	7.47	-11.23	-11.70	-12.05	-12.14	-11.77
$[\sigma_{2y}]$ $x=a/2, y=0$ "	14.62	13.60	12.32	10.74	8.84	15.97	13.37	-17.35	-15.97	-14.27	-12.23	-9.85
$[\sigma_x]$ $x=0, y=0$ t/m	-101.96	-103.06	-104.08	-104.68	-104.09	-108.77	-95.58	118.36	119.48	120.40	120.66	119.28
$[\sigma_y]$ $x=a/2, y=-b/2$ "	-187.01	-182.79	-176.46	-167.26	-154.36	-180.03	-193.19	195.19	189.31	180.63	168.13	150.71
$[\tau_x]$ $x=0, y=0$ kg/mm^2	-11.25	-11.37	-11.49	-11.55	-11.49	-12.00	-10.55	13.06	13.19	13.29	13.32	13.16
$[\tau_y]$ $x=a/2, y=-b/2$ "	-16.73	-16.35	-15.78	-14.96	-13.81	-16.10	-17.28	17.46	16.93	16.16	15.04	13.48
$[\theta]$ $x=a/2$ 10^{-3}	-2.660	-2.317	-1.935	-1.520	-1.091	-3.620	-1.769	4.028	3.528	2.974	2.374	1.755
$[\bar{\theta}]$ $x=a/2$ "	1.834	1.460	1.077	0.706	0.380	1.749	1.375	-3.134	-2.562	-1.969	-1.385	-0.855
$[m_B S]$ $x=a/2$ tm	-301.39	-270.91	-235.21	-194.30	-149.07	-203.63	-411.73	420.92	377.90	328.01	271.28	208.91
$[m_D S]$ $x=a/2$ "	16.67	-0.24	-15.17	-26.14	-30.76	-28.42	95.00	-52.22	-24.47	1.45	22.87	36.51
$[\sigma_{nB}]$ $x=a/2$ kg/mm^2	-4.16	-4.08	-3.98	-3.82	-3.61	-4.37	-3.82	3.68	3.58	3.44	3.23	2.94
$[\sigma_{1B}]$ $x=a/2$ "	16.88	15.17	13.18	10.89	8.35	17.23	15.15	-23.57	-21.17	-18.38	-15.19	-11.70
$[\sigma_{2B}]$ $x=a/2$ "	-26.89	-24.17	-20.99	-17.34	-13.30	-28.47	-23.06	37.55	33.72	29.27	24.20	18.64
$[\sigma_{nD}]$ $x=a/2$ "	-1.95	-1.91	-1.87	-1.79	-1.69	-2.05	-1.79	1.73	1.68	1.61	1.51	1.38
$[\sigma_{1D}]$ $x=a/2$ "	-0.94	0.01	0.85	1.46	1.72	2.40	-3.50	2.93	1.37	-0.08	-1.28	-2.05
$[\sigma_{2D}]$ $x=a/2$ "	1.49	-0.02	-1.35	-2.33	-2.74	-3.97	5.32	-4.66	-2.18	0.13	2.04	3.26

- (注) 1. τ_x を計算する場合には相隣縦桁との中央の間の剪断力をその縦桁が受け持つと考慮して計算した。
 2. τ_y を計算する場合には肋板の上部の肘板の影響は無視した。
 3. 船側肋骨の軸応力 σ_{nB} , σ_{nD} を計算する場合には、軸力の分布が船底外板位置で船側構造に作用する不平衡力と等しく上甲板位置でゼロとなるような直線分布であると仮定して計算を行なった。
 4. 船側肋骨の断面二次モーメント I_F を計算する場合には船側外板及び内側板の断面積は1.1倍したものをを用いたので、曲げモーメント, $m_B S$, $m_D S$ から曲げ応力 σ_{1B} , σ_{1D} を計算する場合には、梁理論で計算した値を1.1倍した。

第20.1表

(No.2)

単位	case 2e	case 2f	case 3	case 3a	case 3b	case 3c	case 3d	case 4	case 4a	case 4b	case 4c	case 4d
$[w]$ $x=a/2, y=0$ mm	66.02	43.17	40.16	36.01	31.18	25.66	19.59	-35.41	-31.54	-27.08	-22.06	-16.62
$[\sigma_{1z}]$ $x=a/2, y=0$ kg/mm^2	14.31	9.79	9.35	9.79	10.18	10.39	10.26	-8.01	-8.36	-8.64	-8.75	-8.55
$[\sigma_{1y}]$ $x=a/2, y=0$ "	20.74	16.61	15.99	14.94	13.61	11.95	9.92	-13.01	-12.06	-10.87	-9.43	-7.71
$[\sigma_{2z}]$ $x=a/2, y=0$ "	-13.38	-9.15	-8.73	-9.16	-9.52	-9.72	-9.61	7.49	7.82	8.08	8.19	8.01
$[\sigma_{2y}]$ $x=a/2, y=0$ "	-19.30	-15.46	-14.88	-13.91	-12.67	-11.13	-9.24	12.11	11.22	10.13	8.78	7.18
$[Q_x]$ $x=0, y=0$ t/m	128.27	108.69	104.76	105.95	107.07	107.82	107.45	-83.86	-84.72	-85.48	-85.85	-85.20
$[Q_y]$ $x=a/2, y=-b/2$ "	185.43	204.12	200.59	196.61	190.64	181.97	169.82	-149.19	-145.50	-140.03	-132.15	-121.17
$[\tau_x]$ $x=0, y=0$ kg/mm^2	14.16	12.00	11.56	11.69	11.82	11.90	11.86	-9.26	-9.35	-9.43	-9.48	-9.40
$[\tau_y]$ $x=a/2, y=-b/2$ "	16.58	18.26	17.94	17.58	17.05	16.28	15.19	-13.34	-13.01	-12.52	-11.82	-10.84
$[\theta]$ $x=a/2$ 10^{-3}	5.414	2.685	2.370	2.053	1.699	1.315	0.920	-2.384	-2.078	-1.737	-1.369	-0.989
$[\bar{\theta}]$ $x=a/2$ "	-3.208	-2.294	-1.583	-1.245	-0.900	-0.569	-0.283	1.793	1.450	1.097	0.752	0.444
$[m_B S]$ $x=a/2$ tm	273.57	590.21	277.51	248.98	215.49	177.06	134.64	-257.72	-230.92	-199.71	-164.16	-125.11
$[m_D S]$ $x=a/2$ "	26.06	-178.66	-13.33	1.43	14.13	22.88	25.48	27.11	11.05	-3.60	-15.15	-21.59
$[\sigma_{nB}]$ $x=a/2$ kg/mm^2	3.81	3.44	3.77	3.71	3.61	3.46	3.26	-3.32	-3.26	-3.16	-3.03	-2.85
$[\sigma_{1B}]$ $x=a/2$ "	-23.15	-21.72	-15.54	-13.94	-12.07	-9.92	-7.54	14.43	12.93	11.19	9.20	7.01
$[\sigma_{2B}]$ $x=a/2$ "	38.25	33.05	24.76	22.21	19.23	15.80	12.01	-22.99	-20.60	-17.82	-14.65	-11.16
$[\sigma_{nD}]$ $x=a/2$ "	1.79	1.61	1.77	1.74	1.69	1.62	1.53	-1.56	-1.53	-1.48	-1.42	-1.86
$[\sigma_{1D}]$ $x=a/2$ "	-2.20	6.57	0.75	-0.08	-0.79	-1.28	-1.43	-1.52	-0.62	0.20	0.85	1.21
$[\sigma_{2D}]$ $x=a/2$ "	3.64	-10.00	-1.19	0.13	1.26	2.04	2.27	2.42	0.99	-0.32	-1.35	-1.93

σ_{1x}, σ_{1y} : 船底外板に生ずる x 方向及び y 方向の応力

σ_{2x}, σ_{2y} : 内底板に生ずる x 方向及び y 方向の応力

Q_x, Q_y : 二重底構造に生ずる x 方向及び y 方向の剪断力

τ_x, τ_y : 縦桁及び肋板に生ずる剪断応力

$\theta, \bar{\theta}$: ホッパー及びトップサイドタンクの回転角

$m_B S, m_D S$: 船側肋骨下端及び上端に生ずる曲げモーメント

σ_{nB}, σ_{nD} : 船側肋骨下端及び上端における軸応力

σ_{1B}, σ_{1D} : 船側肋骨下端及び上端において船側外板に生ずる曲げ応力

σ_{2B}, σ_{2D} : 船側肋骨下端及び上端において内側板に生ずる曲げ応力

座標軸は、図 1・1 に示すようにとっている。

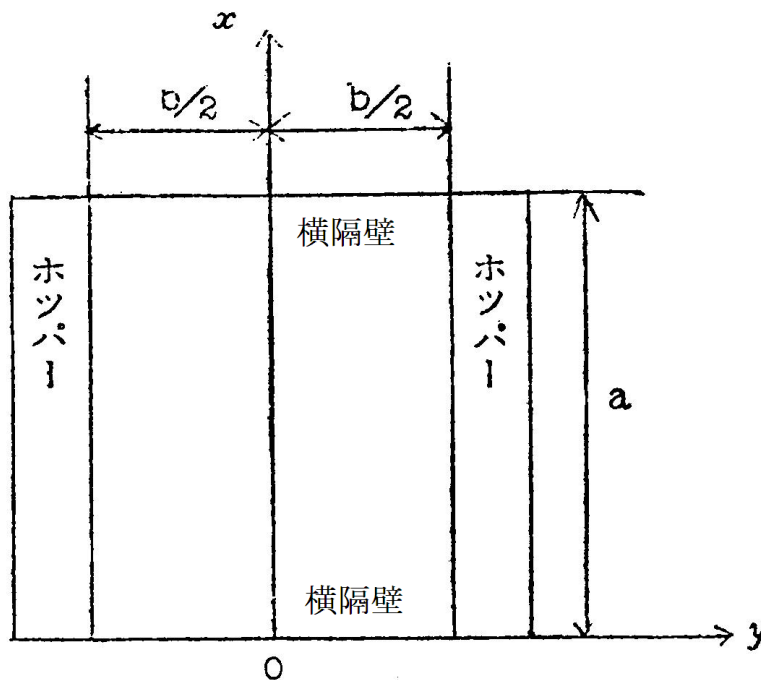


図 1・1

(ロ) ホッパー及びトップサイドタンクの断面変形の影響

(イ) で述べた立体強度計算においては、ホッパー及びトップサイドタンクはねじれ変形と曲げ変形を生ずるが、その断面の形状は変化しないものと仮定している。この仮定は船側肋骨に対しては多少苛酷な状態を仮定していることになると思われる。そこで船倉中央の 1 肋骨心距のみを取り出し、縦方向の影響を無視して平面ラーメン計算を行ない、その結果から船側肋骨に生ずる最大応力がホッパー及びトップサイドタンクの断面変形の影響によりどの程度減少するかを検討した。本計算では AD 博士によって発表された近似計算法（造船協会論文集第 109 号、昭和 36 年 6 月）を用い、ラーメン計算を行なった結果（ホッパー及びトップサイドタンクの断面変形の影響を考慮した場合に相当する。）と、ホッパーと二重底肋板及び船側肋骨との接合部、トップサイドタンクと船側肋骨との接合部にそれぞれスパンポイントがあると仮定して計算を

行なった結果（ホッパー及びトップサイドタンクの断面の形状が変化しないと仮定した場合に相当する。）とを比較することにより、ホッパー及びトップサイドタンクの断面変形の影響を考察したが、その結果は次表に示すとおりである。ただし荷重状態としてケース（1）を選んだ。

（曲げモーメントの単位：t m）

ホッパー，トップサイドタンクの断面変形	考 慮	無 視	比
船側肋骨下端の曲げモーメント	- 318.3	- 391.0	0.814

（ハ）腐食量の影響

以上の計算では腐食量として板厚を一律に2.5ミリ差し引いた寸法を用いて計算を行なった。しかし遭難時の腐食量が2.5ミリより少ないことも考えられるので、腐食量を差し引かなかった場合に応力がどの程度減少するかを近似的に検討すると、次表に示すようになる。

対象応力	σ_{1x}, σ_{2x}	σ_{1y}, σ_{2y}	τ_x	τ_y	σ_{1B}	σ_{2B}
減少率	14%	13%	16%	18%	13%	20%

（ニ）考察

二重底構造には（イ）で計算した応力のほかに船体の縦曲げによって生ずる応力 σ_1 が重畳される。したがって二重底構造の強度を検討するためには、 σ_1 を計算しなければならない。D社の曲げモーメント、剪断力曲線（K-26）によれば、ホギングの場合の最大曲げモーメントは262,400トンメートル、サギングの場合の最大曲げモーメントは272,000トンメートルであり、また、ぼりばあ丸の中央部横断面の断面2次モーメントと中立軸より外板までの距離とで求めた外板に生ずる σ_1 の値は、

$$\text{ホギングの場合 } \sigma_t = -11.6 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{サギングの場合 } \sigma_t = 12.1 \text{ kg/mm}^2$$

となる。なお、ホギングの場合の最大曲げモーメントは、第4番船倉の中央部に生じているが、第4番船倉も空倉で第2番船倉と同じ状態にあるので、この値を用いて検討する。（ロ）で述べたように、ホッパー及びトップサイドタンクの断面変形の影響を考慮すると、船側肋骨下端の曲げ応力は約20%減少すると推定される。したがって（イ）で計算した船側肋骨下端の曲げ応力には係数0.8を乗じて修正することとする。そうすると、二重底構造及び船側構造の主要な点の応力値は次表に示すようになる。

単 位		Case 1	Case 2	Case 3
$[\sigma_{1x}]$	$x = a/2, y = 0$ kg/mm ²	- 9.5	12.0	9.3
	σ_l	- 11.6	12.1	12.1
$[\sigma_{1x} + \sigma_l]$	$x = a/2, y = 0$ "	- 21.1	24.1	21.4
$[\sigma_{1y}]$	$x = a/2, y = 0$ "	- 15.7	18.6	16.0
$[\tau_x]$	$x = 0, y = 0$ "	- 11.3	13.1	11.6
$[\tau_y]$	$x = a/2, y = -b/2$ "	- 16.7	17.5	17.9
$[\sigma_{nB}]$	$x = a/2$ "	- 4.2	3.7	3.8
$[\sigma_{2B}]$	$x = a/2$ "	- 21.5	30.0	19.8
$[\sigma_{nB} + \sigma_{2B}]$	$x = a/2$ "	- 25.7	33.7	23.6

本表の応力の値を見ると、 $[\tau_y]$ $x = a/2, y = -b/2$ すなわちホッパーとの接合点における二重底肋板の剪断応力と $[\sigma_{nB} + \sigma_{2B}]$ $x = a/2$ すなわち船側肋骨の下端における内側板の応力以外は、おおむね許容範囲内に納まっていると見ることができる。船側肋骨の下端における応力はケース（２）でかなり大きくなっているが、積載倉の状態はケース（２）よりもケース（３）に近いと考えられるので、実際にはちょうど許容限界付近にあるものと推定される。この部分は構造が不連続となっているので、工作の不良等が重なればクラックを生ずる可能性がある。二重底肋板の端部における剪断応力の値は過大であり、内底板上の肘板による補強の効果を考慮〔ケース（１）の場合肘板の先端の位置における剪断応力の値がマイナス 15.6 キロとなる。〕しても、この部分で降伏を生ずる可能性がある。なお、船倉の長さ a を小さくすると、船側肋骨下端の応力はかなり減少する。これに対し二重底肋板の端部における剪断応力は、 a を小さくしてもあまり減少しない。また、船肋骨の深さを大きくしても、船側肋骨下端の応力はあまり小さくならない。これは、船側肋骨の剛性が大きくなるために、ホッパーの回転によって船側肋骨に負荷される曲げモーメントの値が大きくなるためと考えられる。

（２）縦曲げに対する船側構造の剪断強度

（イ）船側構造に生ずる剪断応力の計算

D社の曲げモーメント、剪断力曲線（K-25及びK-26）によれば、最も大きな剪断力が生ずるのは、満載帰港状態におけるサギングの場合であって、第2番船倉と第3番船倉の境の位置（フレーム163）に10,250トンの剪断力が生じている。したがってこの剪断力によって船側構造に生ずる剪断応力を計算した。剪断応力の計算は、鑑定人が以前に発表した論文（西部造船会会報第1号、昭和24年8月）の方法を用いて行なったが、簡単のために二重底内の縦桁の下端における剪断応力は零であると仮定した。計算法は、図2.1に示すように、倉口側桁と上甲板、トップサイドタンク底板と船側外板、ホッパー頂板と船側外板及び二重底内縦桁と船底外板との各接合部をそれぞれ切り離して静定構造とし、トップサイドタンク内に剪断流（剪断応力と板厚の積） X_s 、船側二重構造内に剪断流 X_D 、ホッパー内に剪断流 X_H を考える。そうすると横断面内の任意の点Pの剪断応力は、次式で与えられる。

$$\tau = \frac{Fm}{I_t} + \frac{Xi}{t} \dots\dots\dots (2 \cdot 1)$$

F : 横断面に作用する剪断力

I : 横断面の断面二次モーメント

m : P点で分割されたいずれか一方の部分の「横断面の中立軸」に対する断面一次モーメント

t : P点における板厚

X i : P点における不静定剪断流で次のように取る。

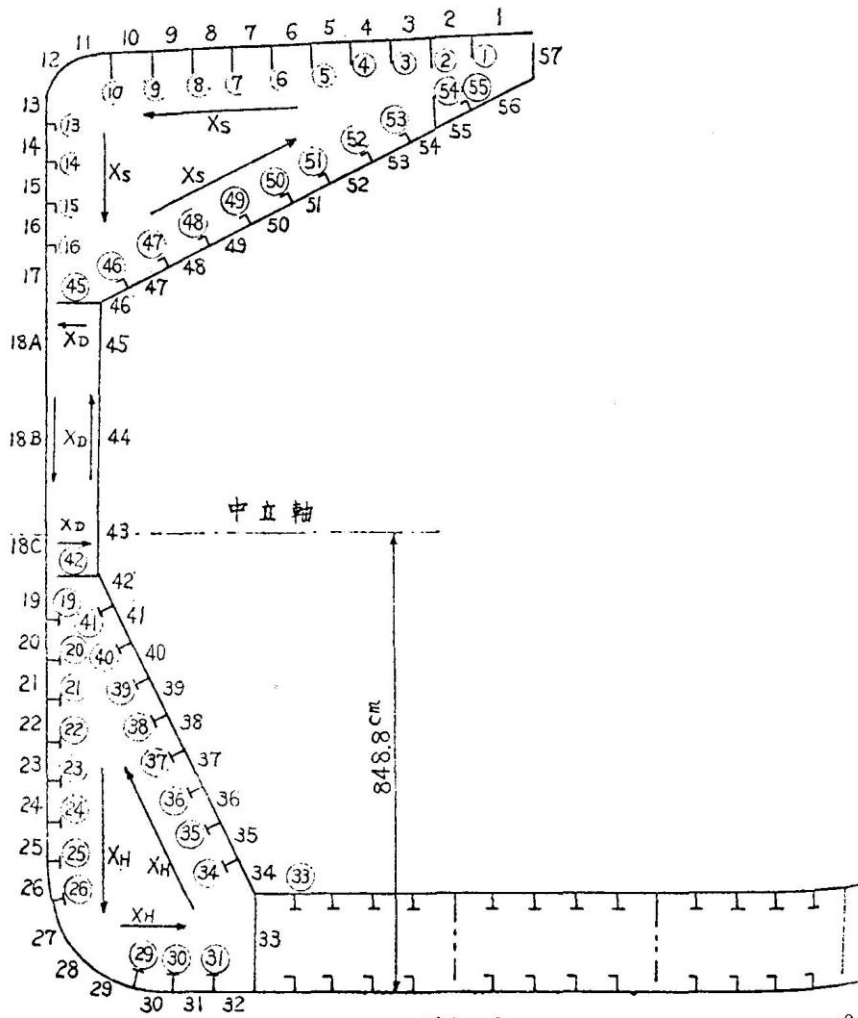


図1・2

㊦

(横断面の各部材に図2・1に示すような番号をつけた。)

1 ~ 17 : $X_i = X_s$

18A ~ 18C : $X_i = X_D$

19 ~ 32 : $X_i = X_H$

33 ~ 42 : $X_i = -X_H$

43 ~ 45 : $X_i = -X_D$

46 ~ 57 : $X_i = -X_s$

④② : $X_i = X_D - X_H$

④⑤ : $X_i = X_s - X_D$

$$F = 10, 250 \text{ t}, I = 19, 138 \times 10^9 \text{ cm}^4$$

として計算した剪断応力の値は、第20.2表に示すとおりであり、これを図示すれば図2.2に実線で示すようになる。1番大きな剪断応力はホッパー斜板の上部に生じ、その値は16.5キロに達している。

σ と τ が同時に作用する場合に、等価応力 σ_e で強度を検討することがある。すなわち、

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \dots\dots\dots (2 \cdot 2)$$

であって、ミーゼスの仮説にしたがえば、 σ_e が降伏応力 σ_y に等しくなった場合に降伏が生ずることになる。満載帰港状態におけるサギングの場合にはフレーム163の位置に約160,000トンメートルの曲げモーメントが作用していると推定されるので、

$$M = 160, 000 \text{ t m}$$

と仮定して梁理論により σ を計算し、(2.2)式より σ_e を計算すれば、第20.2表に示すようになる。ホッパー斜板の上部では σ_e が28キロを越しているので、降伏を生ずる可能性がある。

(ロ) 横隔壁へ伝達される荷重の影響

二重底構造に作用する荷重の一部は船側へは伝達されず、縦桁を通して横隔壁へ伝達される。

(1)の(イ)で述べた立体強度計算法によれば、二重底構造より直接船側構造へ伝達される単位長さあたりの荷重は、次式で与えられる。

$$q_A = \frac{8D_Y}{b^3} \sum_{n=1,3,5,\dots} w_n (A_n \Psi_{A_n} + B_n \Psi_{B_n}) \sin \frac{n\pi x}{a} \dots\dots\dots (2 \cdot 3)$$

満載帰港状態におけるサギングの場合の第2番船倉について計算すれば、この場合の第2番船倉の平均喫水は12.47メートルと推定されるので、空倉で喫水12.47メートルの場合について立体強度計算を行なった。この計算値を(2.3)式に代入して q_A を計算すれば、図2.4に実線で示すようになる。もし二重底構造に作用する荷重が全部船側へ伝達されると仮定すれば、単位長さあたりの荷重は、

$$p b /_2 = 152.4 \text{ t/m}$$

となり、図2.4に点線で示すようになるので、図2.4の点線と実線の差の部分に相当する荷重が横隔壁へ伝達されることになる。実際には第2番船倉の喫水は一様ではないので、図2.4の点線と実線の差にその位置の喫水と平均喫水との比を乗じて修正することにより、近似的に横隔壁へ伝達される荷重を求めることとした。このようにして計算された横隔壁へ伝達される荷重の2倍(両舷分)を浮力曲線より減ずれば、船側構造に作用する有効な浮力の曲線が得られる。図2.5の実線は、このようにして求めた有効な浮力曲線で、点線はもとの浮力曲線である。

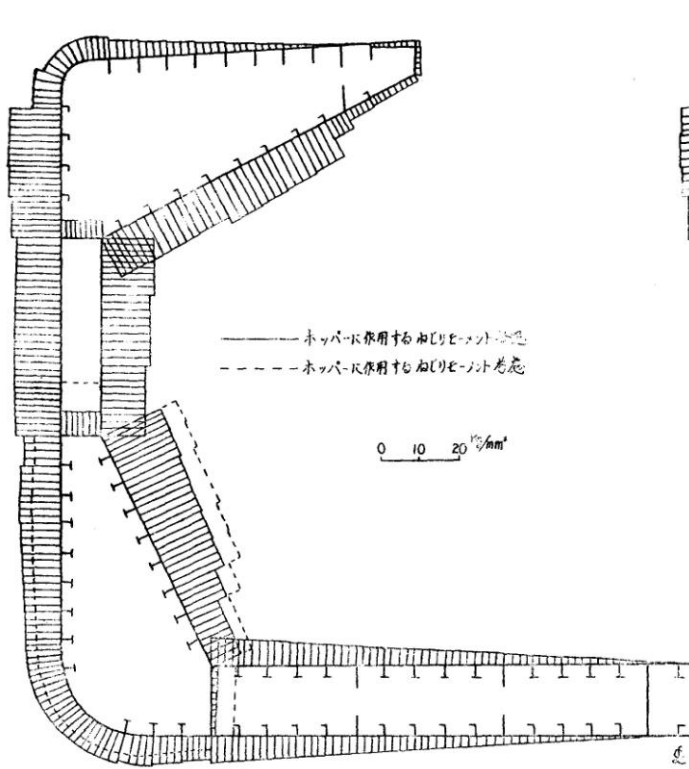


図2-2 幾何形に於ける剪断応力分布 (Fr 163, Sag)

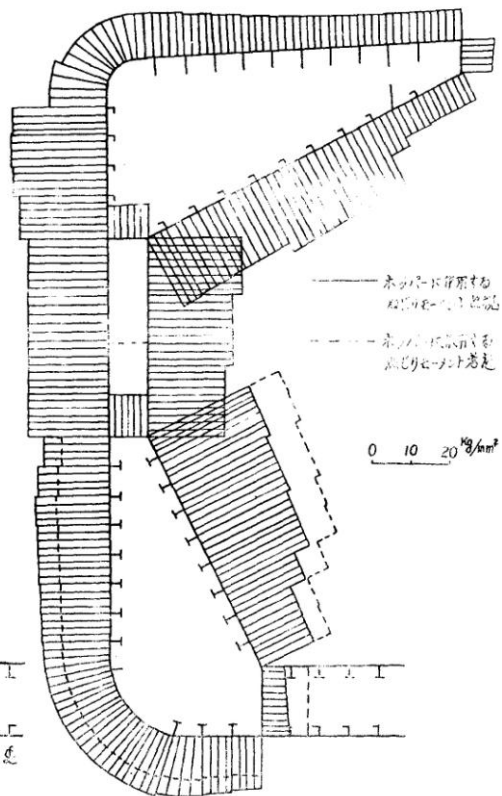


図2-3 船体構造の等価応力分布 (Fr 163, Sag)

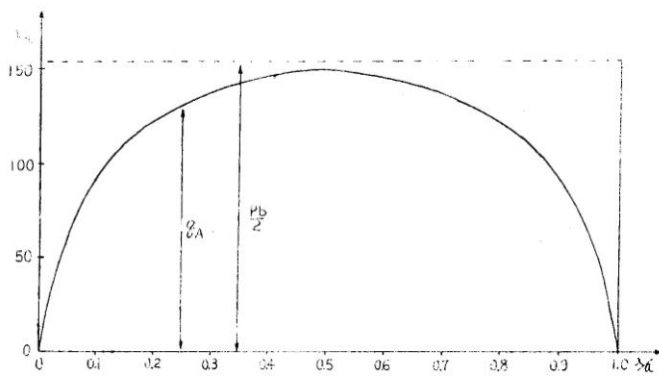


図2-4

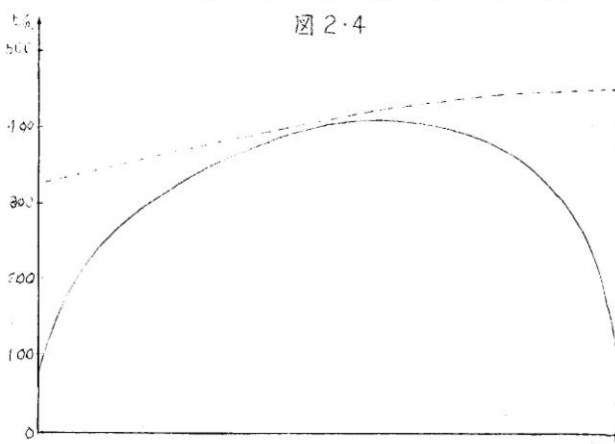


図2-5

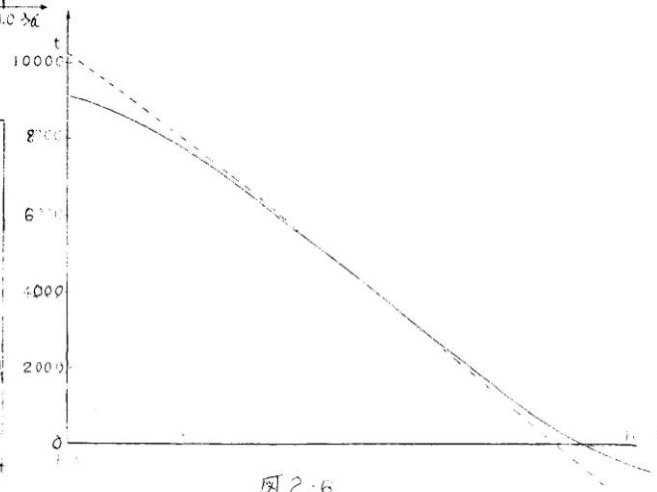


図2-6

このようにして船側構造に作用する浮力の曲線を修正すれば、当然船側構造に作用する剪断力の曲線も影響をうける。

いま、近似的に船倉中央の剪断力は不変で、船倉前半部及び後半部の浮力の修正が、それぞれ船倉前半部及び後半部の剪断力曲線に影響すると仮定すれば、修正された剪断力曲線は、図2.6に実線で示すようになる。同図の点線は、修正前の剪断力曲線で、この修正によりフレーム163の位置の剪断力は10,250トンから9,110トンに約11%減少した。なお、参考のために船倉の長さaを変えて同様な計算を行ない、横隔壁へ伝達される荷重 ΔP (図2.4の点線と実線との面積の2倍に相当する。)を求め、二重底構造に作用する全荷重 $P = p a b$ 及び $\Delta P / P$ の値とともに次表に示した。

a	m	36.00	32.40	28.80	25.20	21.60
ΔP	t	2576	2583	2594	2605	2604
P	t	10968	9872	8775	7678	6581
$\Delta P / P$		0.235	0.262	0.296	0.339	0.396

(ハ) ホッパーに作用するねじりモーメントの影響

二重底構造及び船側構造に荷重が作用すれば、ホッパーには一般にねじりモーメントが発生する。このねじりモーメントの大きさは、(1)の(イ)で述べた立体強度計算法により求めることができる。すなわち、ホッパーに生ずるねじりモーメントを M_t とすれば、

$$M_t = GJ \frac{d\theta}{dx} = GJ \sum_{n=1,3,5,\dots} \theta_n \frac{n\pi}{a} \cos \frac{n\pi x}{a} \dots\dots\dots (2 \cdot 4)$$

したがって横隔壁に生ずるねじりモーメントを M_{t_0} とすれば、

$$M_{t_0} = [Mt]_{x=0} = \pi \frac{GJ}{a} \sum_{n=1,3,5,\dots} n \theta_n \dots\dots\dots (2 \cdot 5)$$

いま、満載帰港状態におけるサギングの場合の第2番船倉について計算することとし、ケース(4)の場合の θ_n 値を(2.5)式に代入すれば

$$M_{t_0} = 199.2 \times 10^6 \text{ kg cm}$$

となる。ねじりモーメント M_{t_0} によって生ずる剪断応力を τ_t とし、ホッパーの横断面における厚さの平均線によって囲まれる面積を A_H とすれば、次式が成立する。

$$2 \tau_t t A_H = M_{t_0} \dots\dots\dots (2 \cdot 6)$$

ばりばあ丸の場合には $A_H = 205.4 \times 10^3 \text{ cm}^2$ であるから

$$\tau_{t_0} = M_{t_0} / 2 A_H = 484.7 \text{ kg/cm} \dots\dots\dots (2 \cdot 7)$$

右式より計算した τ_t の値は第20.2表に示してある。

この剪断応力 τ_t は、(2)の(イ)で述べた船体の縦曲げによって生ずる剪断応力 τ に重畳される。重畳された剪断応力

$\tau^* = \tau \pm \tau_t$ (\pm は τ と τ_t の方向によってきめる。)及び τ^* と σ が同時に作用する場合の等価

応力* σ_e の値も第20.2表に示してある。また、これらの値は、図2.2及び図2.3にそれぞれ点線で示してある。船側外板では τ と τ_t が打ち消すので、ねじりモーメントの影響を考慮することによって、剪断応力の値は小さくなるが、ホッパーの斜板及び頂板では τ と τ_t が同方向に作用するので、ねじりモーメントの影響を考慮すると、剪断応力の値が大きくなる。このためホッパー斜板では等価応力* σ_e の値も非常に大きくなり、上部のかなりの範囲にわたって35キロを越している。なお、参考のために船倉の長さを変えてねじりモーメント M_{t_0} を計算し、その結果を次表に示した。

a	m	36.00	32.40	28.80	25.20	21.60
$M_{t_0} 10^6$	kgcm	-199.2	-188.4	-173.7	-153.8	-127.9
$M_{t_0}/(M_{t_0})$ a=3600		1.000	0.946	0.872	0.772	0.642

このほかホッパーの曲げによって生ずる剪断応力も考えられるが、この応力はねじりによって生ずる応力の10%程度であるので、無視することとした。

(二) 腐食量の影響

以上の計算では腐食量として板厚を一律に2.5ミリ差し引いた寸法を用いて計算を行なっている。しかし、遭難時の腐食量が2.5ミリより少ないことも考えられるので、腐食量を差し引かなかった場合に応力がどの程度減少するかを近似的に検討すると、腐食量を差し引かなかった場合の剪断応力を τ_0 とし、剪断応力が剪断に対する有効断面積に逆比例すると仮定すれば、

$$\frac{\tau_0}{\tau} = \frac{8056.4}{9516.6} = 0.8466 \dots \dots \dots (2 \cdot 8)$$

すなわち、腐食量を差し引かなかった場合の剪断応力は、腐食量2.5ミリを差し引いて計算した値より約15%程度小さくなるものと推定される。

(ホ) 考察

船体の縦曲げによってぼりばあ丸に生ずる最大剪断力は、満載帰港状態におけるサギングの場合に、フレーム163の位置に生ずる10,250トンであると推定される。この剪断力によって船側構造に生ずる剪断応力は、ホッパー斜板の上部で最大となり、その値は16.5キロに達する。この部分ではホッパーに作用するねじりモーメントによって生ずる剪断応力が同じ方向に作用するため、このねじりモーメントの影響を考慮すると最大剪断応力は21.6キロとなり、等価応力* σ_e の値は37.5キロになる。いっぽう、二重底構造に作用する浮力の一部は横隔壁へ伝達されるので、この影響を考慮すれば、最大剪断力は約11%減少し、また、腐食による板厚の減少量をかりに2.5ミリの半分とすれば、剪断応力は約7.5%小さくなる。しかし、このような修正を行なっても、ホッパー斜板上部* σ_e の30キロ以上となるので、この部分では降伏を生ずる可能性がある。本船の場合剪断応力の計算値がこのような大きな値となった原因は、主として次の2点にあると考えられる。

- ① 船倉長さaが大きいため、最大剪断力の値がかなり大きくなった。
- ② 二重船側構造を採用しているため、船側外板の厚さが相対的に小さくなり、その結果としてホッパー上部の剪断応力が大きくなった。

①の原因については、かりに船倉長さ a を 0.7 倍に縮小し、第 2 番船倉の後端をフレーム 175 に変更したとすれば、最大剪断力は約 6,800 トンとなり、0.663 倍に減少する。また、この場合にはホッパーに作用するねじりモーメント $M_t o$ も 0.772 倍に減少する。したがって、ホッパー斜板上端の最大剪断応力は、

$$\tau = 16.5 \times 0.663 + 5.1 \times 0.772 = 14.8 \text{ kg/mm}^2$$

となり、等価応力 σ_e の値も 25.6 キロに減少する。ただしこの場合にはホギングのときにフレーム 205 の位置に生ずる剪断力 7,300 トンのほうが大きくなるから、この剪断力を用いて検討することが必要であろう。②の原因については、船側構造を一重にした同型船を設計し、同様な計算を行なわなければ数値的な検討を行なうことは困難であるが、船側構造を一重にした場合には船側外板の厚さは、鋼船規則上ばりばあ丸建造当時で 32.1 ミリ以上、現在で 27.2 ミリ以上と計算され、この場合にはホッパーの部分の船側外板に対しても、おそらく同じ板厚が採用されるであろうから、ホッパー斜板の剪断応力はかなり軽減されるものと思われる。なお、ばりばあ丸では、フレーム 160 から 166 半までの船側外板は 22 ミリに増厚されているが、この範囲はわずか 5.85 メートルに過ぎないので、この増厚の効果は、船側外板の剪断応力の軽減には非常に有効であるが、ホッパー斜板の剪断応力の軽減には次の理由によりあまり有効ではない。すなわち、前示増厚が 100% 有効であると仮定して船側構造の剪断応力を計算すると次表に示すようになる。

τ' : 増厚を 100% 有効と仮定した場合の剪断応力

τ : 増厚の効果を見捨てた場合の剪断応力

t' : 増厚した部分の板厚 (2.5mm 控除)

t : 増厚していない部分の板厚 (2.5mm 控除)

位置*	15	18C	21	42	45	50
τ' kg/mm ²	11.51	11.34	9.12	15.82	12.77	10.62
τ "	13.77	11.90	10.62	16.53	13.40	11.31
τ'/τ	0.836	0.953	0.859	0.957	0.953	0.939
t' cm	1.95	1.95	1.95	0.95	0.85	0.65
t "	1.60	1.80	1.60	0.95	0.85	0.65
t'/t	1.219	1.083	1.219	1.000	1.000	1.000

注) *印の番号の位置は図 2・1 参照のこと。

最も大きな剪断応力の発生するホッパー斜板の上部 (42) では、増厚が 100% 有効であると仮定すれば、剪断応力の値は約 4% 小さくなるが、増厚の範囲はわずか 5.85 メートルに過ぎないので、この増厚によるホッパー斜板上部の剪断応力の減少率はせいぜい 1% 程度、多くても 2% 以下と考えられる。

ちなみに昭和 42 年 9 月一部改正 H 30 ばら積貨物船規定により本船ビルジホッパー斜板の板厚を計算すると、荷重区分を B_2 とした場合の数値は次表のとおりである。

第22表 ほりばあ丸運航実績

航海回数	航走時間 <i>d h m</i>	最大風力	航走距離 (海里)	毎分回転数	平均速力 (ノット)	スリップ (%)	停泊時間 <i>d h m</i>	貨物		荷役時間	
								種類	数量 K.T.	積荷時間 <i>d h m</i>	揚荷時間 <i>d h m</i>
1	41-23-09	8	15,345	118.4	15.24	2.11	6-17-30	鉄鉱石	43,559	0-17-47	3-09-30
2	38-05-03	8	13,721	119.0	14.96	4.28	8-23-30	石炭	48,054	0-18-35	3-00-45
3	41-10-06	7	15,099	119.1	15.19	2.88	14-16-55	鉄鉱石	49,933	1-03-40	1-13-00
4	46-03-36	9	14,670	115.1	13.24	12.34	6-00-15	石炭	48,968	0-22-20	3-08-25
5	42-19-42	8	15,541	118.5	15.13	2.7	8-21-35	鉄鉱石	48,978	0-17-40	1-18-20
6	38-12-24	7	13,514	118.2	14.62	5.77	7-19-10	石炭	50,096	0-20-10	1-16-40
7	31-13-42	7	11,464	117.5	15.13	1.9	4-06-20	鉄鉱石	52,779	0-20-25	2-16-30
8	36-01-33	6	12,192	116.8	14.09	8.2	4-17-45	石炭	52,509	1-05-15	1-12-55
9	33-15-12	7	12,367	118.6	15.32	1.6	6-08-30	鉄鉱石	51,946	1-01-28	3-07-05
10	29-18-33	7	10,375	119.1	14.52	7.1	8-03-35	石炭	51,455	0-21-50	2-10-30
11	35-23-33	7	13,435	118.8	15.56	0.2	6-04-55	鉄鉱石	53,314	0-21-10	3-12-40
12	28-15-45	6	10,257	119.8	14.91	5.2	7-02-55	石炭	51,416	1-12-20	2-02-30
※13	50-00-21	8	17,815	118.9	14.84	4.9	5-17-20	鉄鉱石	53,163	1-00-53	1-11-00
14	54-14-54	6	18,352	111.0	14.00	3.0	6-11-25	鉄鉱石	53,060	0-19-00	3-11-40
15	52-15-00	6	18,352	114.9	14.53	3.7	6-03-00	鉄鉱石	53,015	0-17-30	2-23-10
16	30-00-39	6	10,283	114.9	14.27	5.4	8-04-15	アルミナ	47,334	2-03-34	5-10-10
17	32-18-36	9	11,237	115.5	14.29	5.8	5-19-10	鉄鉱石	51,873	1-05-00	1-11-20
18	44-21-24	8	13,591	111.7	12.61	13.9	9-06-55	石炭	51,867	1-08-05	1-12-45
19	35-09-57	8	12,276	112.2	14.44	1.9	7-22-10	鉄鉱石	51,188	1-05-40	2-14-25
20	30-23-21	6	11,010	118.1	14.81	4.5	7-22-15	石炭	51,890	0-23-10	1-14-40
21	21-01-33	6	7,768	118.2	15.37	0.9	5-09-35	鉄鉱石	53,255	0-22-54	1-15-40
22	48-03-54	6	17,492	118.6	15.13	2.8	3-02-10	鉄鉱石	52,013	0-21-15	1-06-30
23	33-22-45	7	12,243	117.7	15.03	2.7	3-18-30	鉄鉱石	52,356	0-21-00	1-08-20
24	29-12-06	7	10,205	118.5	14.41	7.3	6-10-10	石炭	52,765	0-21-55	2-00-00
25	29-16-24	11	10,319	117.5	14.48	6.1	8-14-35	アルミナ	50,887	2-06-52	5-15-30

注) ※13次航(昭42.3.30から42.5.25まで)以後の鉄鉱石はオルト積みである。

本船寸法	積付倉	空倉	ホツパ斜板
一一	一四・九九	一三・九九	l 板
一一・五	一五・七七	一四・七七	j 板
一三	一六・五〇	一五・五〇	h 板
一九	一七・二一	一六・二一	g 板

(単位ミリ)

第6 就航後の運航状況

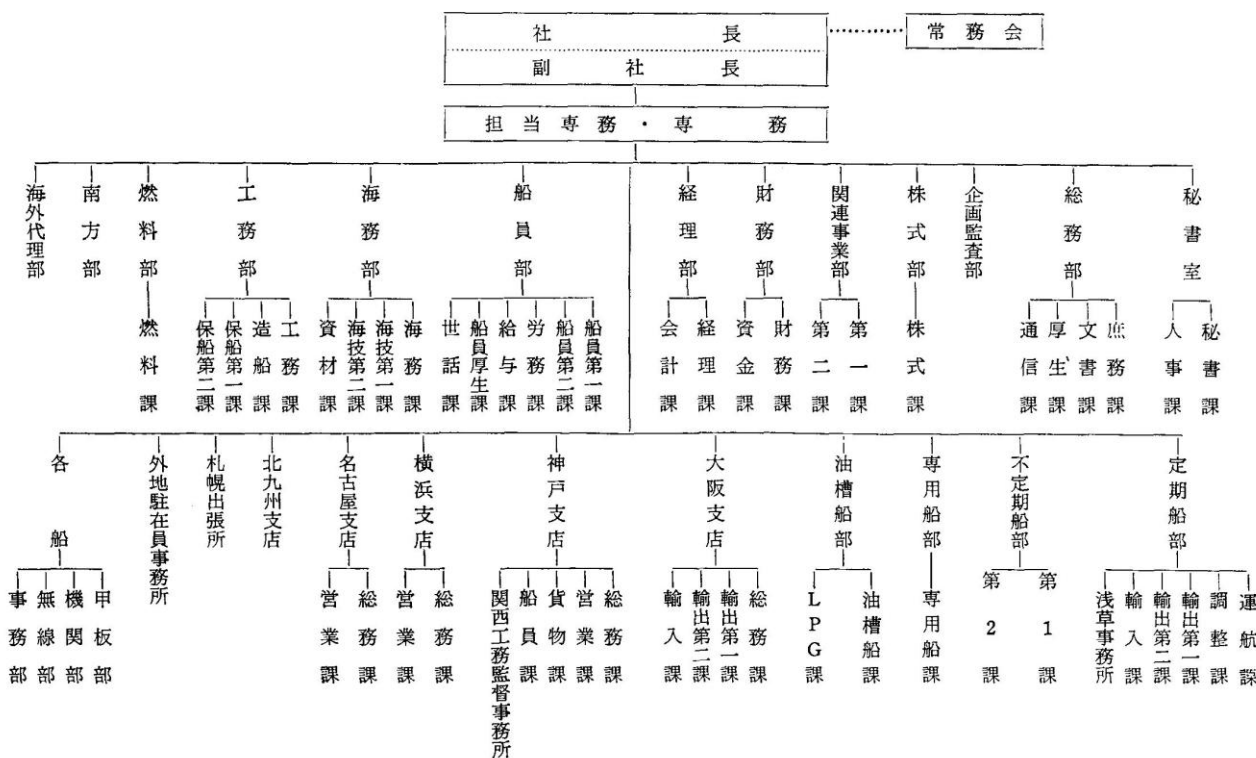
1、E社の概要

E社は、昭和38年海運業の再建整備に関する臨時措置法により、AE株式会社及びAF株式会社が合併して設立認可を受け、これが中核体となって1グループを形成したうえ翌39年4月他の集約5グループとともに一斉に再建の途についたもので、同社の機構は、第21表に示すとおり本社に1室16部、支部機構として5支店のほか、出張所、事務所各1よりなり、同40年1月1日社船55隻計約104万重量トンの船腹を有し、初代社長としてAGが就任した。指定海難関係人Cは、同39年末常務取締役となって海務部及び船員部関係を担当し、同44年5月専務取締役に就任して社業全般に参画するようになった。しかして新造船の計画については、工務部工務課長AHが主として担当し、本船建造にあたっては、不定期船部から第20次計画造船にのせて5万重量トン程度のばら積貨物船の建造要望が出され、同39年夏ごろD社に前示設計条件を示して引き合いに出し、これを受けたD社から建造計画の既略設計図が提出され、同図により主要寸法、隔壁数、積付方法等の基本的な話し合いが行なわれたが、これらの裏付けとなる強度計算、該当法規等の検討及び日本海事協会との折衝については、D社が主としてこれにあたった。

第21表

組織図

昭和40年9月1日現在



2、運航の状況

本船は、翌40年9月13日完工のうえE社に引き渡され、直ちにG社に用船され、その後アメリカ合衆国ノーフォーク、ニューポートニューズ及びボルチモアから日本諸港に石炭を、ペルー国サンニコラス、サンファン及びオーストラリア国ポートヘッドランドから日本及び欧米諸港に鉄鉱石を、オーストラリア国グラッドストンからアメリカ合衆国タコマにアルミナをそれぞれ輸送していたが、その運航実績を第22表に、ハッチリストを第23表にそれぞれ示す。

就航後の航路及び速力については、ウェザールーテングを利用して船長の判断により適宜航路を選定しており、荒天に遭遇して減速する場合は、テレグラフを引くことなく口頭で機関長または当直機関士に機関の回転数を下げるよう連絡し、ときには、船橋から特に指示しなくとも機関部の方で適宜回転数を下げることもあり、また、風浪による衝撃をかわすため針路も適宜変えて航行しており、前示のとおり用船契約書では、本船の平均速力が年間14.8ノットを下回った場合、船主は用船者に対して14.8ノットを下回る10分の1ノットごとに、1箇月載貨重量1トンあたり1セント4分の1を支払うものとする定められていたけれども、この取り決めは、荒天時の船長の判断をさして拘束するようなことはなかった。第24表に荒天航海の摘録を示す。

第23表 ほうりばあ丸ハツチリスト(L/T)

航海次数	1	2	3	4	5	合計	貨物種類, 積付方法
1	7,500	9,329	10,004		16,038	42,871	鉄鉱石 ホモ積み
2							石炭
3	4,780	9,995	18,998		15,372	49,145	鉄鉱石 ホモ積み
4							石炭
5	5,209	12,571	10,002	7,874	12,549	48,205	鉄鉱石 ホモ積み
6							石炭
7	6,799	13,290	4,998	15,653	11,206	51,946	鉄鉱石 ホモ積み
8							石炭
9	8,097	8,181	13,204	8,438	13,206	51,126	鉄鉱石 ホモ積み
10							石炭
11	8,267	6,000	15,000	12,125	11,080	52,472	鉄鉱石 ホモ積み
12							石炭
13	11,132		24,094		17,098	52,324	鉄鉱石 オルト積み
14	11,202		24,172		16,848	52,222	鉄鉱石 オルト積み
15	10,884		24,565		16,729	52,178	鉄鉱石 オルト積み
16							アルミナ
17	11,330		23,004		16,723	51,057	鉄鉱石 オルト積み
18							石炭
19	11,487		22,288		16,607	50,382	鉄鉱石 オルト積み
20							石炭
21	11,050		24,330		17,034	52,414	鉄鉱石 オルト積み
22	11,482		22,300		17,412	51,194	鉄鉱石 オルト積み
23	12,402		22,130		17,000	51,532	鉄鉱石 オルト積み
24							石炭
25							アルミナ
26	11,604		24,185		17,111	52,900	鉄鉱石 オルト積み(遭難時)

注) 石炭及びアルミナの積載量は、記入を省略した。

表24 ぼりばあ丸荒天航海摘録

航海回数	日付	R.P.M	平均速力 (ノット)	F.O.ハンド/	天候	海況	風向、風力	備考
1	40. 9. 19	118.0	14.94	7.1	bc	8		
・	9. 20	114.1	14.49	7.2	bc	8		
・	10. 20	120.0	13.95	6.8	bc	8		
・	10. 21	120.3	14.70	6.7	bc	8		
・	10. 22	120.1	14.72	6.7	0	8		
4	41. 2. 20	110.1	8.91	var	0	8		
・	2. 21	103.3	6.71	var	C	8		
・	2. 24	117.3	14.33	7.0	C	9		
・	2. 26	99.1	7.85	var	r	8		
・	2. 27	114.7	13.82	var	C	8		
・	4. 2	117.7	13.61	7.15	r	8		
5	4. 16	115.7	15.11	6.9	r	8		
・	4. 17	108.6	10.89	6.0	0	8		
17	42. 12. 2	115.0	13.02	6.6	0	8		風力は海況と同じになって いる
18	12. 10	109.1	12.85	5.3	0	8		
・	43. 1. 28	112.1	11.79	6.7	0	8		
・	2. 1	110.2	10.3	6.7	0	8		
19	2. 16	91.2	9.73	4.1	bc	8		
・	2. 23	107.9	14.73	5.4	C	8		
・	2. 25	105.4	14.14	5.3	C	8		
25	10. 23	88.2	5.3	var	r	9		(台風21号に突入)

バラスト航海時の前部喫水については、日本海事協会はD社の資料に基づき、本船の前部喫水が船の長さLの30分の1未満ではあるが30分の1とあまり差がないものと認め、船首船底補強部外板の板厚を前示のとおり現案のまま承認した。D社は操船資料中バラスト航海に関し、荒天時には船首喫水を6.4メートル程度まで沈め船速を落として船首船底のスラミングを避けるよう、また、船尾喫水について推進効率を上げプロペラによる船尾振動を減少させるためになるべくプロペラを全没にするよう注意をうながしている。本船の船首尾水槽を含んだバラストタンクの容積は21,047立方メートル（海水満載搭載量21,573トン）で、操船資料では、バラスト状態（日本出港へビー状態、バラスト搭載量21,453トン）における計画喫水が船首6.41メートル船尾6.80メートルとなっているが、就航後の本船出入港時の喫水は、第25表に示すとおりであって、バラスト航海時の船首喫水は、通常、計画喫水を大幅に下回り、5メートル前後の喫水となっている。これはフォアピークタンクには排水に時間がかかるため注水しなかった（エダクターを新設したのちも注水していない。）ことによるものである。また、計画の船尾喫水6.80メートルを一般配置図に照合すると、プロペラの上端が海面すれすれの位置になり、荒天時にうねりの高さが5、6メートルになるとプロペラは空転することとなる。つまり、船首喫水を深くしようとすると船尾喫水が浅くなってしまい、貨物倉内に張水しないかぎり、それ以上喫水を深くすることができないため、本船では空船航海の場合、やむなく船尾喫水を深くして船首喫水を5メートル前後とし、荒天時には適宜減速、変針等の措置をとっていたものである。

第25表 ほりばあ丸出入港時の喫水

航路 次数	発航港	発航喫水		発航時 バラスト	到達港 (目的港)	入港喫水		入港時 バラスト	航海 次数	発航港	発航喫水		発航時 バラスト	到達港 (目的港)	入港喫水		入港時 バラスト
		船首	船尾			船首	船尾				船首	船尾			船首	船尾	
1	東京	2.84	5.70	8,230	サンファン	8.38	9.26	37,362	16	呉	4.66	7.83	19,357	グラッドストーン	6.32	6.52	21,470
2	エムデン	6.36	6.27	21,191	ノーフォーク	3.10	7.42	15,479	17	タコマ	4.67	7.23	19,350	ロスアンゼルス	4.70	7.15	19,350
3	千葉	4.00	5.98	12,969	東京	4.00	5.98	12,969	#	ロスアンゼルス	4.63	7.60	19,350	サンニコラス	8.38	8.40	34,050
#	東京	4.80	6.08	16,073	サンニコラス	8.28	8.46	35,124	18	ゲンケルク	5.44	7.24	22,225	ノーフォーク	4.48	7.05	19,500
4	ロッテルダム	5.27	7.28	18,897	ノーフォーク	5.50	6.77	19,074	19	相生	3.50	6.50	14,000	ロスアンゼルス	4.15	7.07	17,900
5	戸畑	5.08	6.02	16,402	呉	5.09	6.02	16,402	#	ロスアンゼルス	3.97	7.57	17,900	サンニコラス	7.95	8.28	32,600
#	呉	2.85	6.80	11,531	サンニコラス	8.95	9.05	38,793	20	モビル	4.75	7.30	19,014	ボルチモア	8.78	8.70	36,424
6	ゲンケルク	4.98	6.97	19,073	ノーフォーク	4.90	6.82	19,136	21	室蘭	4.64	7.19	20,007	横浜	4.64	7.15	20,007
7	室蘭	4.70	6.86	17,725	サンニコラス	8.28	8.48	34,978	#	横浜	4.50	7.13	20,007	ボートヘッドランド	4.82	6.57	18,400
8	モビル	4.01	7.50	18,378	ノーフォーク	4.90	6.58	19,136	22	川崎	5.10	7.58	19,011	サンニコラス	8.19	8.23	32,000
9	相生	3.85	6.88	15,222	サンニコラス	8.33	8.68	34,889	23	名古屋	4.55	5.84	15,000	サンニコラス	8.05	8.10	32,800
10	フィラデルフィア	6.21	6.21	20,905	ハンプトンローズ	5.43	6.48	20,260	24	フィラデルフィア	4.87	6.90	18,670	ノーフォーク	4.65	7.02	18,937
11	広島	4.72	7.42	19,219	サンニコラス	8.26	8.38	34,413	25	相生	3.10	5.60	7,665	グラッドストーン	4.25	7.20	16,000
12	フィラデルフィア	6.99	7.44	26,610	ハンプトンローズ	5.46	6.20	19,614									
13	名古屋	4.87	7.73	19,001	サンニコラス	8.17	8.42	33,060									
14	和歌山	5.06	7.63	19,384	サンニコラス	8.06	8.48	33,300									
15	戸畑	4.55	7.54	19,332	ロスアンゼルス	4.54	7.11	19,332									
#	ロスアンゼルス	4.55	8.00	19,332	サンニコラス	8.12	8.60	33,832									

鉄鉱石の予定積高については、サンニコラスから日本に向かう場合、ハワイ西方の東経160度付近で夏期帯域にはいったときの喫水が夏期満載喫水線をこえぬよう、また、サンニコラス発港時の喫水を0.5メートルないし1.0メートルとも脚として日本到着時にほぼ等喫水となるように決定し、サンニコラスからパナマ運河を経由して欧米に向かう場合は、サンニコラス発港時の喫水を約0.3メートルのとも脚とし、パナマ運河通過時にほとんど等喫水になるように決定し、積地入港前に本船から全量及び各倉別の積高を同地に打電していた。サンニコラス及びサンファンでは岸壁のローダーの高さが低いため満載状態近くまで船脚を沈めて着岸しなければならず、このため本船では全バラストタンクに張水したうえ、更に入港前に第2番倉及び第4番倉に張水していたが、その要領は、毎時1,350トンのバラストポンプ2台で二重底内に配管されたバラスト管を通じて張水し、張水に必要な時間は7時間半程度であったので、夕方入港の時はその日の朝、朝方入港の時は前日の夕方に第2、4番倉に合計14,000トンないし15,000トンを張水し、船首尾喫水を8.00メートルの等喫水がいくらかとも脚となるようにし、着岸して積荷を開始すると同時に排水をはじめ、積込み中常に満載喫水線を越えないようにし、ホモ積みの場合には第2、4番倉の海水を排出したのち両倉に積み込む方法をとっていた。積荷終了後ローダーにより計測された全量及び各倉別積付量が本船に通知されるが、本船でも航海士が喫水により積高を確認していた。鉄鉱石の積込みは、各港ともローダー積みである関係上、荷役による船体損傷の懸念は少ないが、揚荷の場合には各港ともグラブバケットを使用し、最後にブルドーザでさらえるため、二重底頂板、ビルジホッパー斜板部などに凹損を生ずることがあった。各港における積荷時間及び揚荷時間は、第22表に示すとおりであるが、回数が少ないのと各港における荷役設備、荷役中の天候等が明らかでないので、この資料のみからはホモ積みの場合とオルト積みの場合に、どれだけ荷役時間が相違するのか判定し難い。

本船は、第4次往航(昭和41年2月16日から同年3月3日まで)のロッテルダムからノーフォ

ークにいたる空船航海中、次表に示すように全航海日数16日中15日間（2月18日の風力6を含む。）にわたり風力7以上の荒天に出会い、3月2日の平均速力は4.98ノットであった。この航海の荒天は隆起甲板回りの損傷発生に大きな影響を与え、本船は第4次航終了直後、後述のように呉において同甲板回りの修理補強を行なった。

第四次往航の荒天記録												
日	平均速力(ノット)	風向	風力	天候								
二月一七日	一六・二七	東北東	七	曇								
一八日	一三・三九	南東	六	全天曇								
一九日	八・九一	南西	七	雨								
二〇日	六・七一	西	八	全天曇								
二一日	八・七四	西	八	曇								
二二日	一一・四八	西北西	七	曇								
二三日	一四・三三	南西	七	全天曇								
二四日	一〇・六六	西北西	九	曇								
二五日	七・八五	西北西	八	曇								
二六日	一三・八二	南南西	八	雨								
二七日	一〇・四七	北西	八	曇								
二八日	九・二四	北西	七	半曇								
三月一日	一四・二九	南南西	九	雨								
二日	四・九八	西北西	八	半晴								
三日	一二・七九	北西	七	曇								

本船は、第12次航まで鉄鉱石のホモ積みをしていたが、第13次航（昭和42年3月30日から同年5月25日まで）に突然オルト積みに切り替えた。このことについてE社海務部次長AIは、第12次航まではいずれの航海も積荷の種類及び揚地が違っていたところ、第13次航から積荷が1種類1港揚げになったためであると供述しているが、そのほかに、同次航の一等航海士AJは、比重の大きい鉄鉱石をホモ積みすると重心が下がるため、オルト積みにして重心を上げ横揺周期を長くするためであったと証言している。操船資料により同周期を計算すると、ホモ積みの場合には約8.8秒となり、オルト積みの場合には約10.7秒となり、オルト積みにすると乗心地がよくなることは明らかである。第26表に乗組員の縦強度についての関心を示す。

なお、航海撮要日誌中の記載によると、第13次航以後本船は好天に恵まれ、鉄鉱石をオルト積みした状態で風力7以上のしけに出会った航海としては、第17次航と後述の遭難航次が挙げられ、第17次航では北大西洋において、昭和42年12月1日風向南風力7天候雨、2日風向南東風力9天候曇、3日風向南南東風力8天候半晴であったが、この航海の風は正横方向の風で、クリストバル、ダンケルク間の平均速力は13.58ノットであった。また、第23表のハッチリストに見るように、第1次航の積載量が最も少なく、途中多少の起伏はあるが、次第に増加して行き、遭難航次の積載量が最も多く、許容限いっぱいであることは注目を要する。

第二六表 乗組員の縦強度についての関心

<p>(初代船長) 質問調書</p>	<p>問、縦強度計算をしたか、答、聞いていない。</p>
<p>(第三代船長) 質問調書</p>	<p>操船資料に基づき縦強度の計算を一等航海士(受取りのO君)がやつて私に通知してくれた。</p>
<p>(第四代船長) 質問調書</p>	<p>問、操船参考資料について知っているか、答、ドラフト計算資料とか試運転時のデータなどが載っている程度と読み特にぼりばあ丸で注意するような事項はなかった。一等航海士(N、S)が積荷計画を立てるわけですが私に何もいわなかったし私も積付量の制限については注意していなかった。</p>
<p>(第五代船長) 質問調書</p>	<p>問、操船参考資料によつて縦強度計算をしたことは、 答、一等航海士(S)が積付計算をしていたと思うが報告はなく私自身はやつていない、</p>
<p>(初代一航) 質問調書</p>	<p>問、アイアン・ペレットを積んだ経験はあるか、答、ありませんコンセントレートのみでした、一次航は四番倉にも積んだと思います他はオルタネート・ローディングでした、空船のときは波のため振動がありました。満船のときはほとんどありませんでした。</p>
<p>(第二代一航) 供述</p>	<p>ホモ積みからオルト積みが変わつた理由①Gを上げてローリング・ピリオドをゆるやかにする②揚地における都合初めてオルト積みしたときは私が決めた。</p>
<p>(第三代一航) 質問調書</p>	<p>縦強度の計算、これは毎航やつた、問、オルタネート・ローディングで何か不都合な点を感じたか、答、初めの航海では大きなハッチをからにし満載してちよつと気になった。</p>

第7 就航後の損傷と修理補強

1、就航直後の損傷と修理補強

(1) ビルジホッパー上部たな板下方からの漏水

本船は、空倉のまま船首2.84メートル船尾5.70メートルの喫水で昭和40年9月13日午後1時40分東京を発し、サンファン経由サンニコラスに向かって処女航海の途につき、両港において鉄鉱石42,871ロングトン进行積みし、こえて10月7日午後5時20分船首9.90メートル船尾10.24メートルの喫水でサンニコラスを発してアントワープに向かい、同月28日午前8時25分同地に入港した。この間本船は、東京からサンファンへの航海中、第2番倉(右舷側フレーム181から182まで)及び第4番倉(右舷側フレーム101から102まで)のビルジホッパー上部たな板下方からの漏水を発見し、ついで10月6日サンファンにおける荷役終了後、第3番倉(左舷側フレーム141から142まで)の同様位置からの漏水を発見し、更にサンニコラスからアントワープへの航海中、同月18日第3番倉(右舷側フレーム138)の同様位置からの漏水を発見し、その旨E社本社に報告した。D社東京第2工場艦船設計部船殻設計1課長AKは、本船が処女航海において前示箇所から漏水があったとの報告を受け、直ちに飛行機でアントワープにいたり調査したところ、乗組員の手によりセメント補修が施されており、ビルジホッパー上部たな板と斜板との取合い部の溶接すみ肉部にき裂があることがわかったので、同地において次の応急修理を行なった。

(イ) すみ肉溶接の溶着金属をはつりとしてき裂調査

(ロ) そのすみ肉溶接の増し盛り

(ハ) 片側からダブラーあて

(ニ) 第3番倉ではき裂発生箇所だけでなく前後1肋骨間隔ずつすみ肉溶接の増し盛り

本船は、同年12月14日から25日にかけて千葉において、前示応急修理工事を本格的に施工し直すとともに、次の工事を行なった。

(イ) 全船倉にわたり前示溶接部の溶接脚長の増し盛り

(ロ) 第2、3、4番倉中央部(船倉の長さの約2分の1)はガウジング後溶接

(ハ) (ロ)の箇所を除く第1ないし第5番倉の倉口範囲は増し盛り

東京第2工場船殻工作部工務課長ALは、この工事の監督にあたり、本船入港前に千葉へ溶接機24台をトラックで送り、また、工員40人ばかりを電車で送り、着工前にマグナフラックスにより全倉のビルジホッパー上部たな板と斜板との取合い部を検査したうえ、前示修理を施工し、工事終了後外観検査をしたのち、マグナフラックス検査を行なった。第2、3、4番倉への漏水箇所は、いずれも船倉の中央部にあたり、き裂発生の原因としてD社及び日本海事協会検査員は、同取合い部が縦式構造と横式構造との連結部にあたっているため、設計上力のかかるところでありながら、溶接すみ肉部が溶着量の小さい溶接であったこと等によるものであると述べている。

(2) 隆起甲板回りの損傷

初年度に主としてハッチコーナー附近、隆起甲板と上甲板との取合い部に次に示すき裂が計71箇所発生した。

(イ) ハッチエンドコーミングステーのき裂

フレーム117(右舷)、127(両舷)、157(両舷)、167(右舷)、計6箇所

(ロ) ハッチエンドコーミングステーと上甲板との取合い部のき裂フレーム87 (右舷)、117、127、157、197 (特記以外は両舷)、計9箇所

(ハ) 上甲板と隆起甲板との取合い部ビードのき裂

第2、3番倉間 (左舷) 1箇所、第3、4番倉間 (右舷) 2箇所、第4、5番倉間 (右舷) 2箇所、計5箇所

(ニ) 隆起甲板下側のブラケット回りのき裂

フレーム86、118から121まで、126、158から161まで、166、198から202まで、208から212まで (フレーム202は右舷のみ、他はすべて両舷)、計41箇所

(ホ) 横置隔壁とハッチサイドガーダーとの取合い部のき裂

フレーム85 (右舷)、125、162 (右舷)、165、203、207 (特記以外は両舷)、計10箇所

(ヘ) 第4番倉ハッチコーナーにき裂1箇所

これらの損傷に対し、戸畑において第1、2、3、4番バラストタンクのすみ肉溶接部のマグナフラックス検査をしたうえ、同41年4月11日から13日にかけて呉において次の工事を行なった。

(イ) き裂箇所の補修

ハッチエンドコーミングステー回りの穴うめ、フレーム87、117、167 (左舷)、197、232 (特記以外は両舷) 計9箇所、隆起甲板下側ブラケット回りの穴うめ (第1番倉ないし第4番倉及び各コファードム、いずれも両舷) 計58箇所。

(ロ) ブラケットの新設

① 倉口内において、ハッチエンドビームの上甲板面に水平ブラケットを設け、従前の隆起甲板面のブラケットと合わせて2段とした。(フレーム87、117、127、157、167、197、213、いずれも両舷計14枚)

② 倉口外において、隆起甲板と上甲板間にブラケットを設けた。(フレーム85、122、125、162、165、203、207、いずれも両舷計14枚)

③ 横置隔壁とハッチサイドガーダーとの取合い部に水平ブラケットを2段に設けた。(フレーム85、122、125、162、165、203、207、いずれも両舷計56枚)

第5番倉については、当時トップサイドタンクに燃料油がはいっていたため工事を見合わせ、そのほか、ハッチエンドコーミングステーの一部を切り替えた。(フレーム127、157、167、ただし167は右舷のみ他は両舷計5箇所) なお、隆起甲板下のブラケットについては、建造当時一部を付け忘れ、今回の工事で取り付けしていることがのちに判明した。

2、中間検査工事等

(1) 同41年10月相生工事 (第2種中検、11日から20日まで)

(イ) 同年5月8日サンニコラス港岸壁西方における船底接触のため、フォアピークタンク及び第1番バラストタンク船底外板に最大40ミリの凹損を生じ、これに対し次の工事を行なった。

① 右舷外板新替え3枚 (A板フレーム229半から239半まで、A板フレーム239半から

249半まで、C板フレーム219半から229半まで)、左舷外板新替え1枚(A板フレーム239半から249半まで)

② 船底外板曲り直し14枚

③ フレーム219から240までの船底に250ミリの逆山形材計148本をアドITIONALスティフナーとして新設

フォアピークタンク後部から第1番バラストタンク前部にかけて凹損があり、当時の日本海事協会相生支部検査員AMは、同凹損をパンティングによるものと解し、同協会、船主、造船所の三者が協議した結果、パンティングに備えて船底外板を補強することに決め、従前の船底ロンジの中間に同スティフナーを各舷に9条新設した。

(ロ) ハッチコーミングステーの上甲板との取合い溶接部にき裂5箇所(第5番倉4、第4番倉1)及び第3番倉左舷前部の同ステーにき裂1箇所あり、いずれも溶接補修した。

(ハ) 第1番左舷トップサイドタンク内トランスリング(フレーム234)のカラープレートにき裂3箇所及び第5番右舷ビルジホッパー内トランスリングにき裂3箇所(フレーム50、55、60)あり、いずれも溶接補修した。

(ニ) 第5番倉のフレーム77のハッチエンドコーミング部及びフレーム82の横置隔壁部に同41年4月呉で施工したと同様に補強のためブラケット計12枚を新設した。

(ホ) 本船は、第2、5番倉のトップサイドタンクが燃料油タンクになっていて、上甲板から直接バラストタンク内にはいり難いため、両倉のビルジホッパー斜板下部の両舷前後部にフラット型マンホールを計8個新設した。

(2) 同43年2月相生工事(臨時検査、6日から15日まで)

(イ) 同42年8月22日サンニコラス港における岸壁接触のため、第5番バラストタンク及び第2番燃料油タンクの各左舷側外板に40ミリの凹損を生じ、これに対し次の工事を行なった。

① 左舷外板新替えN板1枚(フレーム57半から65半まで)、O板1枚(フレーム57半から65半まで)、P板3枚(フレーム49半から57半まで、57半から65半まで、65半から73半まで)計5枚

② 左舷外板曲り直し計9枚

③ 内部材一部切替え及び曲り直し

(ロ) 同42年12月9日ダンケルク港における岸壁接触のため、右舷船首(第1番バラストタンク)外板に70ないし80ミリの凹損を生じ、これに対し次の工事を行なった。

① 右舷外板新替えR板2枚(フレーム202半から219半まで、219半から229半まで)、Q板1枚(フレーム209半から219半まで)、P板1枚(フレーム219半から229半まで)計4枚

② 右舷外板一部切替え1枚(P板フレーム209半から214半まで)

③ 右舷外板曲り直し計10枚

④ 内部材一部切替え及び曲り直し

外板取替え工事終了後溶接部の外観検査、ホーステストを行なったが、X線透過検査は行なわれ

ず、なお、同工事はAN株式会社及びAO株式会社の各下請けで施工された。

(ハ) 第4番倉右舷ハッチコーミングステーのき裂5箇所、ハッチコーミング付F・Bのき裂4箇所及びハッチコーミング付根部にき裂2箇所(第4、5番倉各1)あり、いずれも溶接補修した。

(ニ) 第5番バラスタンク内トランスリング付きカラプレートにき裂5箇所及び第2番燃料油タンク底板にき裂1箇所あり、いずれも溶接補修した。

(ホ) フレーム238水密隔壁にき裂3箇所あり、溶接補修のうえ、同隔壁取付けブラケットの一部のスカロップに穴うめを施工した。本船では就航後フォアピークタンクには排水に時間がかかる場所からほとんど張水せず(エダクター新設後も張水していない。)、このため、同タンク内には電気防食が施工されていたけれども、防食効果がほとんどなく、将来大幅な補修を必要とすることが予想されたので、当時の検査員APは、船主に適当な対策を立てるよう勧告した。

(ヘ) 船倉内ホッパープレートの凹損

① 第1番倉

左舷2箇所(フレーム218から219まで、226から227まで) 右舷6箇所(フレーム215、216から217まで、218から219まで、221から222まで、222、ただし218から219までのみ2箇所)

② 第3番倉

右舷1箇所(フレーム154から155まで)

③ 第5番倉

左舷1箇所(フレーム47から48まで)、右舷2箇所(フレーム53から54まで、65から66まで)

荷役によるこれらの損傷に対し、厚さ13ミリのダブリングプレートを取り付けた。

(3) 同43年10月相生工事(第2種中検、12日から18日まで)

(イ) 同年8月20日サンニコラス港における岸壁接触のため、フレーム202から209間の左舷O板、P板に最大40ミリの凹損、フレーム209から219間の左舷N板からQ板までに最大80ミリの凹損をそれぞれ生じ、これに対し次の工事を行なった。

① フレーム202から209間の損傷に対しては、第1番バラスタンク内にはいり検査したところ、肋骨には異状がなく、第2番バラスタンク内にははいらなかったが、外観により肋骨には異状がないものと認め、日本海事協会、E社協議のうえ、修理を見合わせて現状のままとすることにした。

② フレーム209から219間の損傷に対しては、左舷外板3枚(O、P、Q板、フレーム209半から219半まで)新替え、左舷外板一部曲り直し3箇所、損傷内部材一部切替えを施工した。外板取替え工事終了後溶接部の外観検査、気密試験を行なったが、X線透過検査は行なわれず、なお、同工事はAO株式会社及びAN株式会社の各下請けで施工された。

(ロ) 第3番倉左舷側ハッチエンドコーミングステー根元にき裂2箇所(フレーム127、157)あり、これを溶接補修した。

3、エダクター及び燃料油管の新設

(1) フォアピークタンクにエダクターの新設

フォアピークタンクの排水に時間がかかるため、内径150ミリの排水管を300ミリに模様替えの申請が本船からE社工務部に出されたが、同工務部では、内径300ミリの排水管を二重底内に設置し直すことは難工事のためこれをやめ、同タンクにエダクターを新設することとし、同41年10月相生工事の際施工した。この工事にはAO株式会社及びその下請けのAQ株式会社があたり、同タンクの左舷外板、計画満載喫水線上350ミリのところに穴をあけてそこに内径200ミリの管を取り付けたが、外板への穴あけについては日本海事協会の検査を受けなかった。工事終了後排水試験を行なったところ、計画どおりでなく、多少の効果がある程度に過ぎず、本船ではエダクター新設後も従前どおり空船航海の場合同タンクにほとんど張水しなかった。

(2) 燃料油管の新設

第1番燃料油タンクに送油する場合、パイプダクトを経てポンプで送油するため約10時間もかかるから、同タンクに直接送油できるよう燃料油管新設の申請が本船からE社工務部に出された。東京第2工場サービス課員ARは、同41年10月相生工事の際同地に出張して本船の補修工事の取りまとめにあっていたところ、同工務部工務課副主事ASから燃料油管新設の要望があったので、東京第2工場と連絡した結果、同タンク上部の甲板に送油口をうがち甲板上から流し込みにより送油できるよう計画を立て、第2番倉の後部ハッチコーナーから前方約600ミリ、同倉の両サイドハッチコーミングの外側約1,400ミリの両舷甲板に径150ミリの円形送油口をうがつこととし、当時左舷側の燃料油タンク内には残油があったので、とりあえず右舷側の工事のみ施工することとした。同工事は、AO株式会社が下請けし、甲板に送油口をうがって管用座金を溶接したうえ、これに燃料油取入れ口から甲板上を経て径125ミリの送油管を配管して連結し、左舷側の同工事については、座金のみを本船に支給し翌42年1月7日広畑において下請け業者であるAO株式会社のまた下請けのATの手により施工されたが、甲板に送油口をうがつにあたっては、いずれも日本海事協会の検査を受けなかった。

4、バラストタンク等の電気防食

本船の各バラストタンク、フォアピークタンク及びアフターピークタンク内には電気防食が採用され、各タンクの張水率を45パーセント、海水温度を18度、防食電流密度を毎平方メートル0.07アンペアとして、アルミニウムアノード4年ものが各タンクの防食面積に応じて甲板裏を除き全面に取り付けられていた。本船建造当時は、一般に電気防食がかなり有効なものと考えられていたが、本船のような大型のバラストタンクへの施工はあまり実例がなかった。本船の修理担当者は、同42年12月21日付甲板部中間検査修繕仕様書をもって本社工務部に対し、「各バラストタンク内不良防食マグネシウム（アルミニウムの誤記と認められる。）取替えX（脱字）本及び脱落マグネシウム取付け第1番バラストタンク（右舷）2個、第5番バラストタンク（右舷）1個、アフターピークタンク13個計16個」の申請をしたが、却下され、更に同43年8月26日付甲板部中間検査修繕仕様書をもって同工務部に対し、「各バラストタンク内不良防食材取替え、全防食材がその効力を失っていると思われるので調査のうえ今回半分でも取替え」との摘要をつけ、あわせて「トップサイドタンクの防食材を次のドックに亜鉛に取替えの要あり」との申請をしたが、これも取り上げられず、

同43年10月相生工事の際には施工されなかった。同年2月14日付日本海事協会検査員AP作成の検査報告書には、「本船は電気防食を大幅に採用しているが、フォアピークタンクにはめったにウォーターバラストを張ることがないということで防食効果がほとんどなく、塗料や水セメントも施していないため発錆びがひどく、将来大幅な補修を必要とすることが予想されたので、船主に適当な対策をたてるよう勧告しておいた、なお、常時ウォーターバラストを張るタンクでもあまり防食効果は上がっていないようである」と記載され、更に同43年10月15日付検査員AM作成の検査報告書には、「本タンク（第1番バラストタンク）の内部材（水平ウエブ、リング等）はかなり腐食が認められ（原厚9ないし10ミリのところ5ないし6ミリのものもある、特にタンク上部付近）、防食のためにアルミニウムが取り付けられているが、上部付近に対しては効果がないようである」と記載され、同人に対する質問調書中にも同旨の供述記載（腐食状況の図を含む）があり、本件発生後同協会が主体となり全日本海員組合が任意これに参加して行われた鉱石専用船及び鉱石油兼用船の点検の結果を考え合わせると、電気防食は予想されたほどの効果が上がらず、バラストタンク内は、本船建造当時一般に考えられていたよりもはるかに腐食が進行していたものと認めるのが相当である。

第8 本件の発生

1、本船が遭遇した気象、海象

(1) 昭和43年12月末から翌44年1月5日までの日本東方洋上の気象概況は、次のとおりである。

(イ) 昭和43年12月は異常な暖冬の日が続いたが、下旬になってシベリヤの高気圧が急速に発達しはじめ、31日にはこの冬の最高1,083ミリバールにまで発達した。この間高層の北太平洋高気圧の尾根はシベリヤ東部にまで勢力を伸ばしはじめ、いわゆるブロッキング現象を起こした。このためそれまで順調に西から東に進んでいた地表の低気圧や気圧の谷は動きがきわめて遅くなり、大気の流れも大きくだ行するようになった。31日午前9時（日本標準時、以下同じ。）に能登半島付近にあった1,005ミリバールの低気圧は、同日午後3時には房総半島東方海上に達して996ミリバールとなり、その後時速70キロメートルで北東ないし東北東進し、翌44年1月1日午後9時にはカムチャツカ半島南海上で992ミリバールに発達した。

(ロ) 1月1日午後3時にはこの低気圧の後面、房総半島の東300キロメートル付近に998ミリバールの低気圧が発生した。この低気圧は、3日午前3時にはカムチャツカ半島南海上に達し、986ミリバールに発達した。

(ハ) また、1月3日午前3時には三陸沖に1,001ミリバールの低気圧が発生し、時速50キロメートルで北東に進み、同日午後9時には北海道南東約900キロメートルの地点で990ミリバールに発達し、寒冷前線が中心から南西にのび硫黄島付近に達していた。その後この低気圧は急速に発達しながら時速50キロメートルで北東に進み、4日午前9時には北緯44度48分東経155度48分の地点で980ミリバールとなり、同日午後9時には北緯46度30分東経159度12分の地点で968ミリバールと著しく発達し、5日午前9時にはカムチャツカ半島南端に達した。

(ニ) いっぽう、バイカル湖付近の高気圧は1月2日午前9時には1,058ミリバールに発達し、それから南にのびる気圧の尾根は華中から南西諸島を経て日本の南海上に張り出し、日本付近は

西高東低の典型的な気圧配置になり、この状態はその後9日まで続いた。

(ホ) これらの高気圧と低気圧によって日本の東海上は1日から2日にかけて低気圧の中心から600海里以内は25ないし45ノットの強風が吹いた。その後強風圏は更に拡大し、3日から4日にかけて低気圧の中心から700海里以内の海域と前線付近では25ないし45ノットの強風になった。

(ヘ) この結果、ぼりばあ丸遭難海域付近では波浪の発達が著しく、関東東方洋上三陸沖では長時間にわたり大しけが続いた。

(ト) 西進中のぼりばあ丸付近では1月2日午前3時から同9時の間に寒冷前線が通過したのち季節風が次第に強まり、4日及び5日には優勢な前示低気圧の位置からぼりばあ丸付近の海面まで1,000海里程度も離れているのに、その付近一帯はかなりの強風となった。冬季この種の低気圧によるものは、低気圧がもっとも発達しきった時よりも、発達途中のほうが強い風となることが多く、4日午前に強風域が出現した。5日の午前に再び本州南方海上の風が強まり、ぼりばあ丸付近では午前9時ごろには35ノット以上の強風が吹いていた。なお、3日午後3時から同9時の間に寒冷前線が通過するとともにぼりばあ丸付近の天候は一変し、気圧が急上昇して風向は西南西から西北西に転じ、新鮮な寒気の反乱のために気温は一気に10度前後急降下し、水温は気温よりも8度ばかり高くなっている。次に3日午後9時、4日午前9時及び5日午前9時の天気図と波浪図を示す。

(チ) その後華中からあらわれた移動性高気圧によって11日には遭難海域の大しけもようやく峠を越した。

(2) ぼりばあ丸付近の気象、海象

1月3日から5日までのぼりばあ丸の位置及び近傍の気象、海象は、第27表に示すとおりである。

(3) 有義波高、平均周期及び主な波向

鑑定人AU大学助教授AVは、理事官の依頼により1月3日午前9時から同月5日午後3時までの、6時間おきのぼりばあ丸地点における波浪状況について鑑定を行なったが、これは、日本南東海域の図上に120海里間隔の格子点を縦15、横21の広がりにつけて、この全格子点について、気象庁の資料から得た風向風速により波浪の2次元スペクトル計算を行ない、それから有義波高、平均周期及び主な波向を求めたもので、格子点について計算したため、ぼりばあ丸の船位と合致しない分については、周辺の格子点の値より内挿法により求めた値をぼりばあ丸のものとしてある。そのようにして求めた、ぼりばあ丸の船位における有義波高、平均周期及び主な波向の3時間ごとの値を第28表に示す。ぼりばあ丸地点で最も波が高かったのは1月4日午前9時と推定され、有義波高で8.0メートル、このときの平均周期は10.6秒、主な波向は330度となっており、遭難当時の波は有義波高で7.2ないし7.3メートルと推定され、前示最高時の8.0メートルより少し低く、また、周期も9.7ないし9.9秒で少し短い波で、主な波向は270度となっている。本鑑定結果と第29表に示す来援船健島丸乗組員の目視による観測結果を比較すると、それほど違いはない。

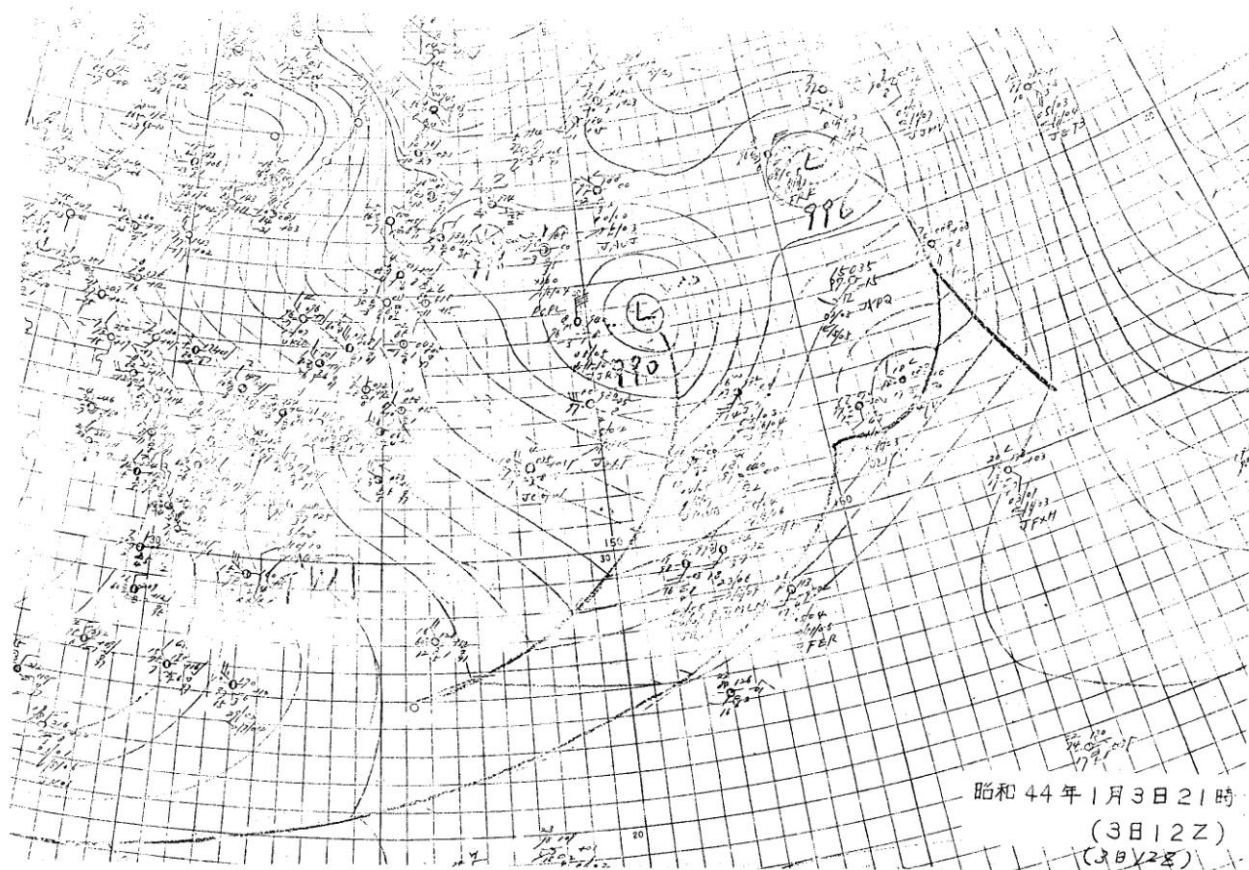
以上説示のとおり1月4日及び5日に本船が遭遇したしけは、冬季北太平洋において例年起り得るかなりのしけであったことは認められるが、気象庁の天気図、気象庁の気象、海象についての

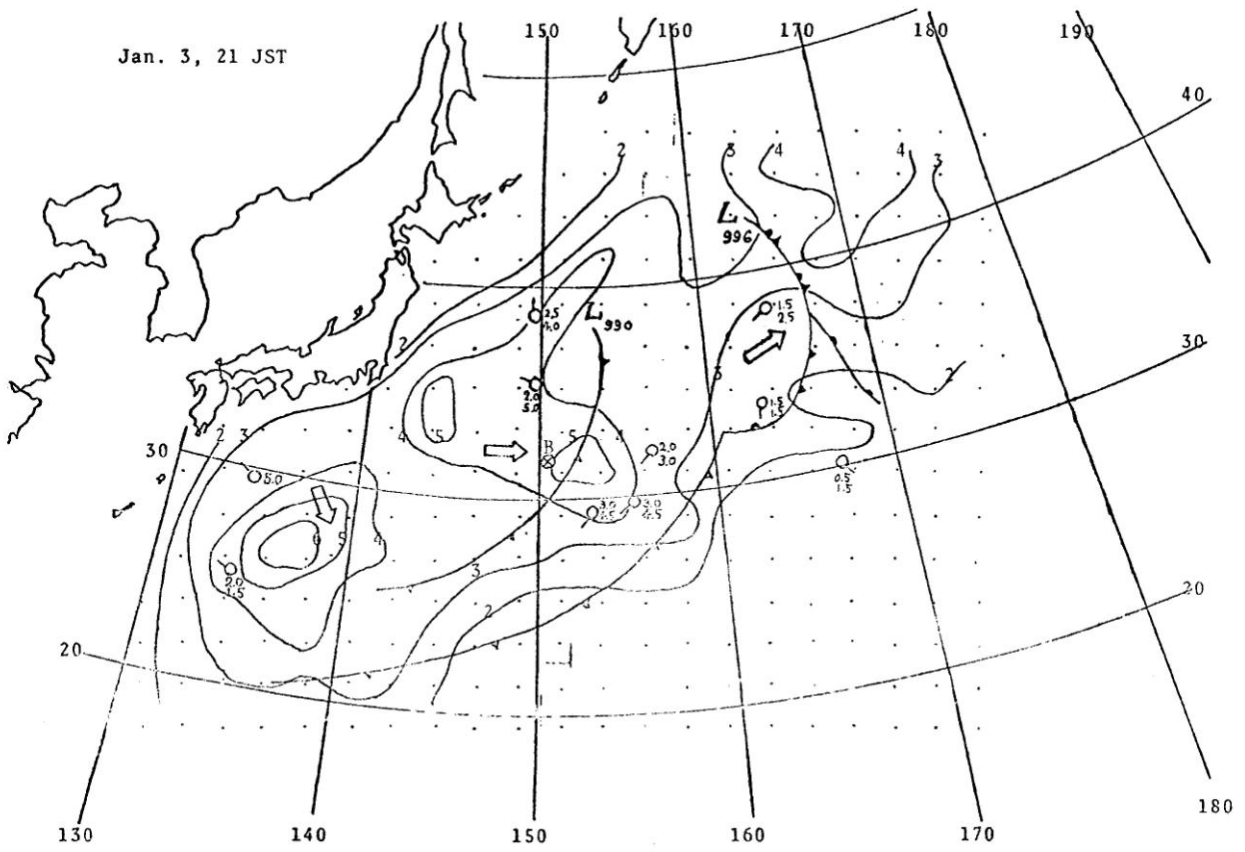
資料、AV助教授の鑑定結果、付近を航行していた船舶の資料、生存者の供述、証人気象庁主任予報官AW、証人気象庁海上気象課長AXの証言のいずれからも、異常な荒天であったとする証拠はない。しかしてロングエツトヒギンスの理論によると、観測単位200、500、1000の場合最高波の平均値はそれぞれ有義波高の1.72倍、1.84倍、1.93倍となるが、当時有義波高8.0メートルに対し、そのような極端に高い波が存在した可能性は少ないものと考えられる。

第27表 ほりばあ丸の船位及び付近の気象、海象

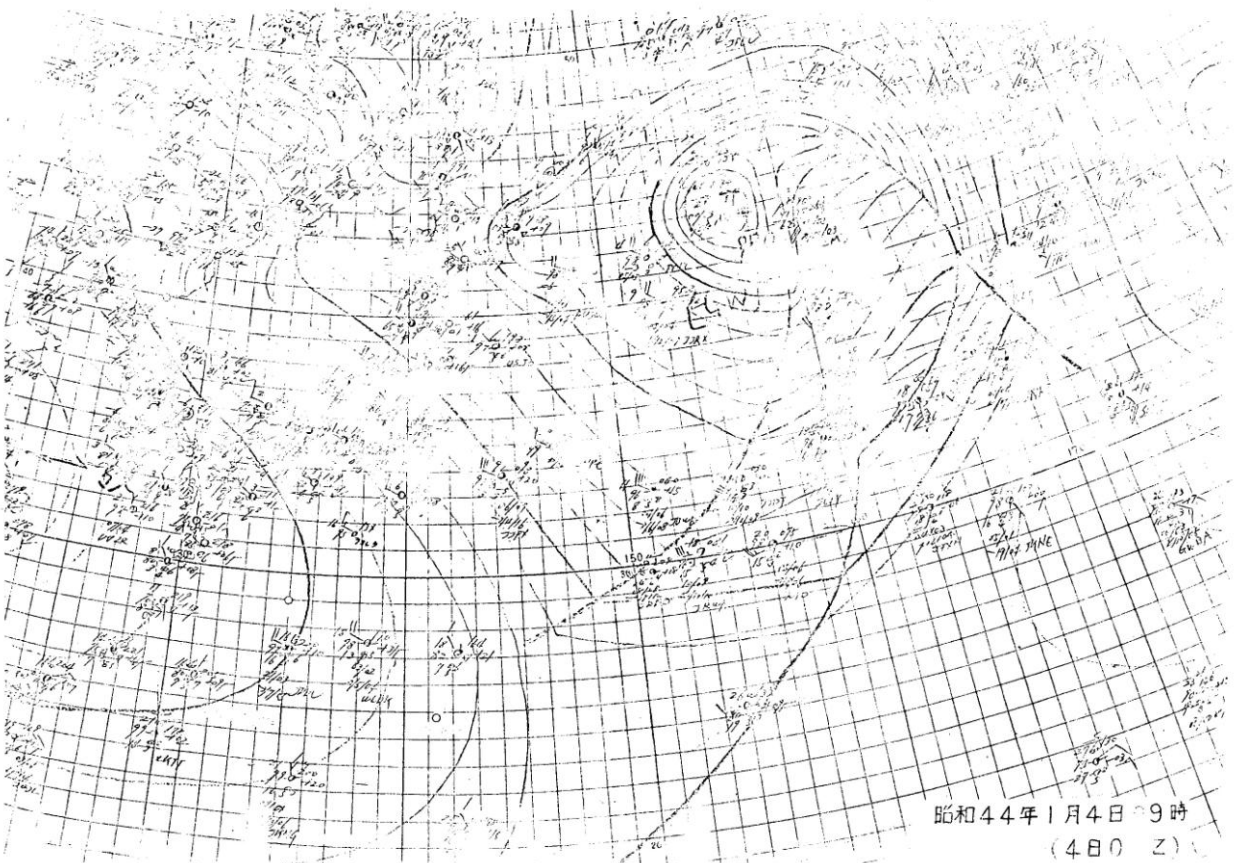
月日	時刻 (JST)	位置		天候	風向・風速 (ノット)	気圧 (mb)	気温 (°C)	水温 (°C)	うねり			風浪	
		緯度(N)	経度(E)						波向	周期 (sec)	波高 (m)	周期 (sec)	波高 (m)
1-3	03	30.5	153.2		West 10	1007	18.0	20.0					
	* 09	30.9	151.7	①	WSW 26	1005.5	19.0	21.0	West	7	2.5	4~6	2.5
	15	31.2	151.0		WSW 25	1004	20.0	19.0					
	21	31.5	150.2		WNW 30	1004	12.0	20.0					
1-4	03	31.7	149.4		NW 30	1004	12.0	20.0					
	09	31.9	148.6		WNW 30	1008	12.0	20.0					
	* 15	32.2	147.8	①or②	NW 27	1009	12.0	20.0	NW	8	3.5	5~7	3.5
	21	32.4	146.7		NW 25	1012	13.0	19.0					
1-5	03	32.7	145.7		West 25	1014	13.5	18.5					
	09	33.0	144.6		West 35	1014	14.0	19.0					

* 印はほりばあ丸の観測結果である。ただし波浪の値については計測器によるものでなく、目視によるもので精度は不明である。



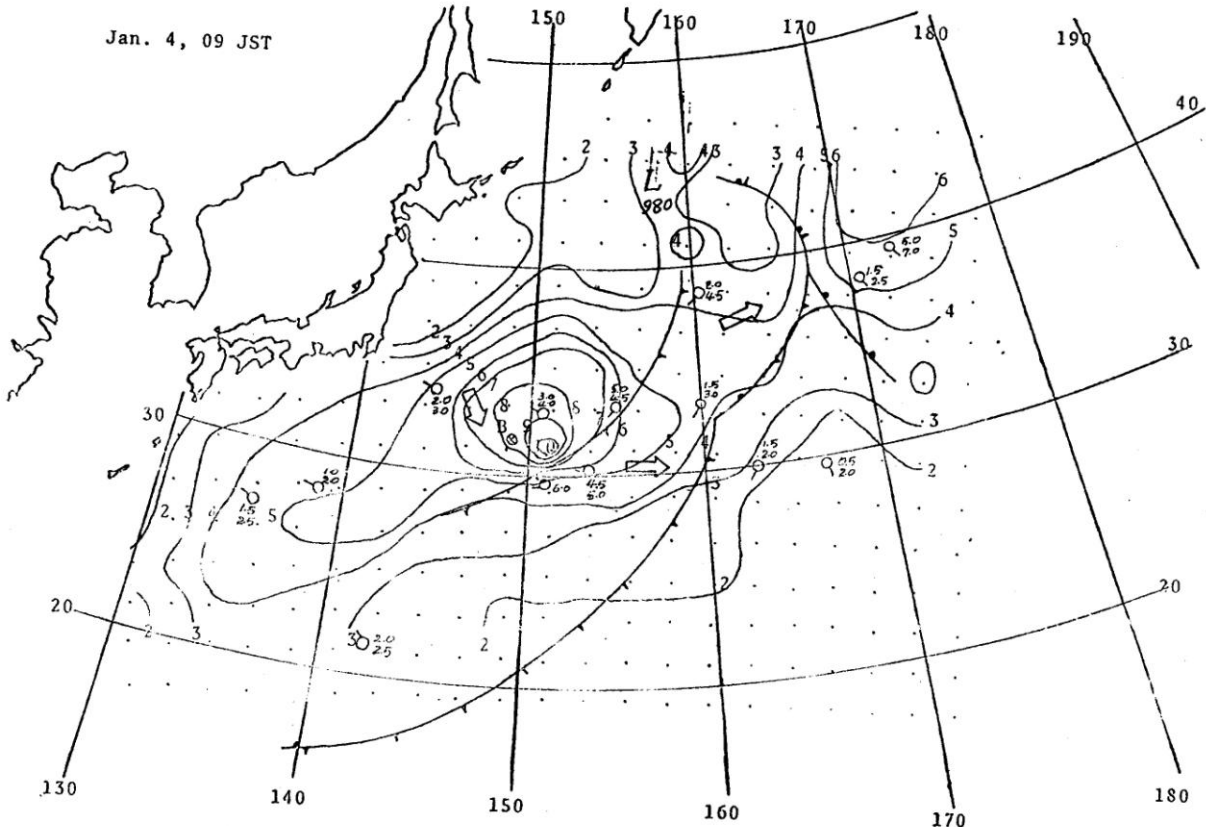


推定波浪図，等波高線は有義波高(m)， \odot はハリボ丸。

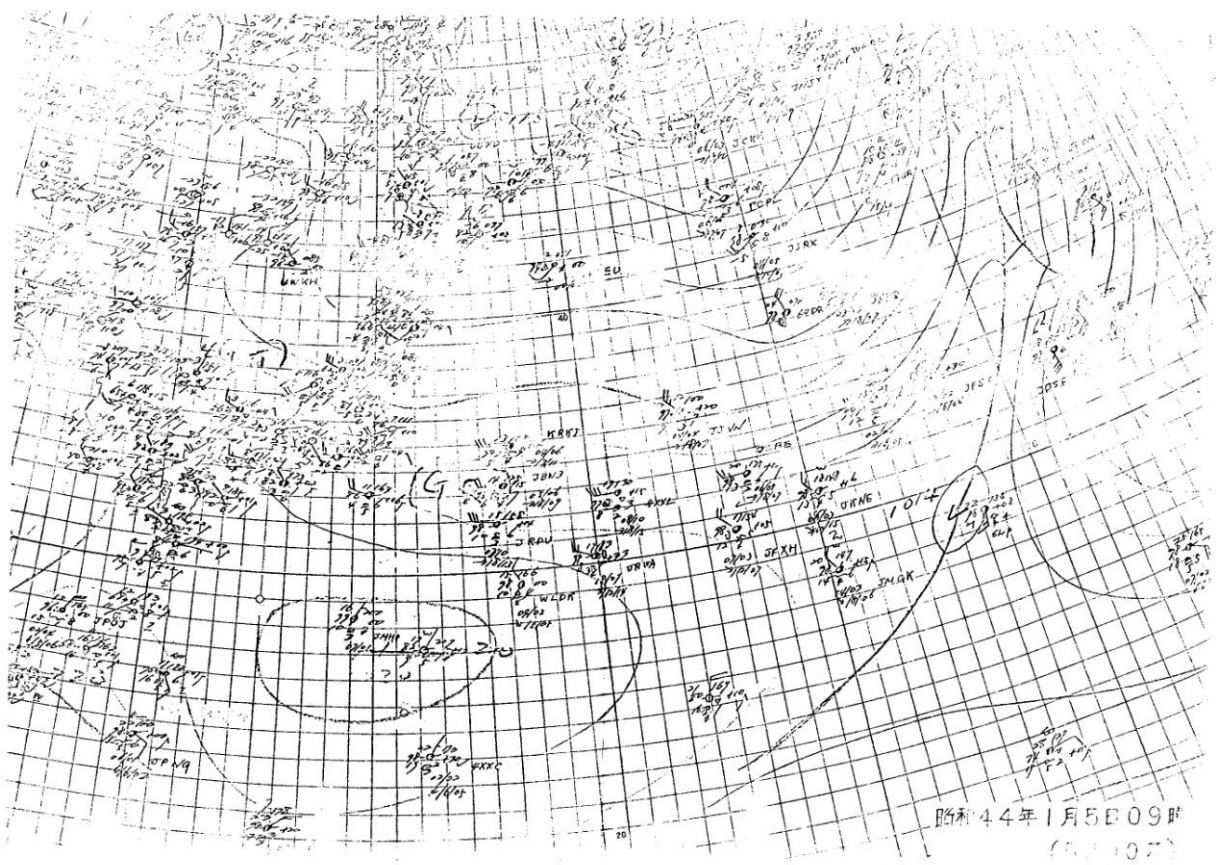


昭和44年1月4日 9時
(4日) 乙

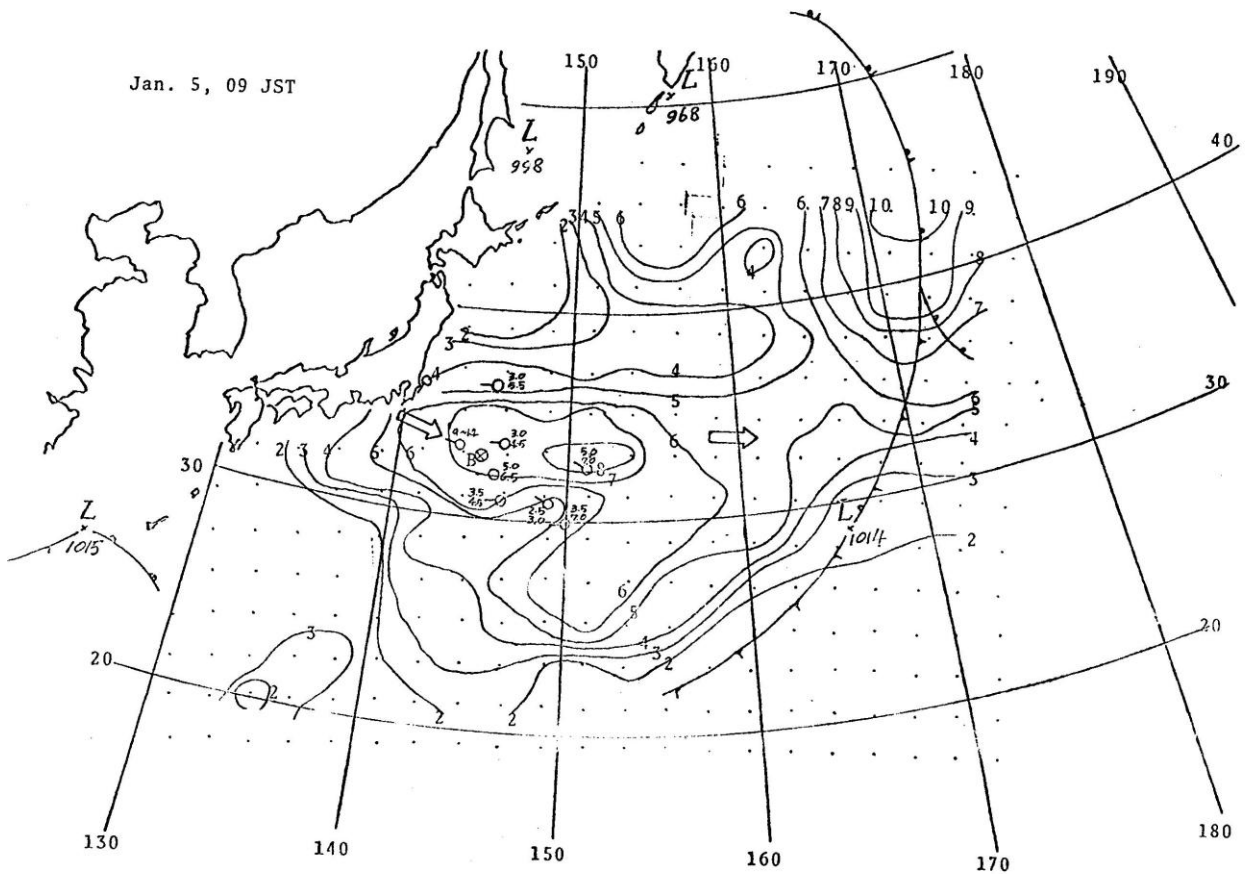
Jan. 4, 09 JST



推定波浪図，等波高線は有義波高(m)， \textcircled{B} はほりばあ丸。



昭和44年1月5日09時
(5107)



推定波浪図，等波高線は有義波高(m)， \textcircled{B} はほりばあ丸

2、運航模様

本船は、昭和43年10月18日D社相生第1工場において第2種中間検査に伴う修理工事を終え、試運転を終了した同日午後5時空倉のまま船首3.10メートル船尾5.69メートルの喫水で相生を発し、グラットストーンを経てタコマにいたる第25次航の途につき、こえて23日台風21号（IRMA）に遭遇したので、適宜減速し、また、針路も種々に変えながら進行したが、空船航海であったため船体が激しく動揺して炊飯することもできず、このときの荒天は本船が就航後遭遇した荒天のうちで最大のものであり、23日午前3時から同5時までの間の最大風速はほぼ55ノットに達した。左に当時の航海記録を示す。

第28表 ほりばあ丸の船位における推定有義波高平均周期及び主な波向

月日	時刻 (JST)	風向 (°)	風速 (ノット)	有義波高 (m)	平均周期 (sec)	主な波向 (°)
1—3	09	290	27	4.0	8.3	300
	12	285	26	4.2	8.1	270
	15	255	28	4.2	7.9	270
	18	255	28	4.3	8.0	270
	21	300	30	5.0	8.6	270
1—4	00	300	30	5.6	9.0	300
	03	315	33	6.8	9.8	300
	06	320	33	7.5	10.2	330
	09	325	34	8.0	10.6	330
	12	325	34	7.6	10.1	000
	15	315	28	7.0	10.0	350
	18	315	27	6.7	9.6	330
	21	300	24	5.5	9.1	330
1—5	00	290	26	4.9	8.5	300
	03	315	29	5.7	9.0	300
	06	315	30	6.1	9.3	330
	09	270	36	7.3	9.9	300
	12	270	38	7.2	9.7	270
	15	285	30	7.5	9.9	270

第二九表 遭難当時の風、波、うねり(その一)

<p>気象庁 午前九時 (海象の解析図)</p>	<p>波浪の波長二六〇五メートル、周期五〇七秒、波高四・五メートル、うねりの波長六七〇九八メートル、周期八秒、波高五・五メートル</p> <p>風向西ないし西北西、風速一五ないし一八メートル/秒、波浪の方向西、高さ(有義波)五ないし六メートル</p>
<p>気象協会 午前九時</p>	<p>晴、風向西、風速三五ノット(地衡風三一ノット)、波浪の波長七〇メートル、周期八・〇ないし八・三秒、波高八・二メートル、うねりの方向西</p>
<p>AV鑑定書 午前九時</p>	<p>風向二七〇度、風速三六ノット、有義波高七・三メートル平均周期九・九秒、主な波向三〇〇度</p> <p>風向二七〇度、風速三八ノット、有義波高七・二メートル平均周期九・七秒、主な波向二七〇度</p>
<p>A 受審人</p>	<p>午前四時風向西南西、風力八と日誌につけた。 うねりは船の上からはそんなに感じない。海中に浮いていたとき波の高さ二〇メートルぐらい。</p>
<p>B I 司ちゆう員</p>	<p>晴、満船だったのでこの程度のしけでは机上の物が転げて落ちるといふ状態ではない。</p>
<p>健島丸航海日誌</p>	<p>午前一一時天候半晴、風向西北西、風力九、波浪八、うねり七。</p>

第二九表 遭難当時の風、波、うねり（その二）

健島丸 船長	晴少し雲あり、風向西ないし西北西、風力せいぜい八ぐらい九まで吹いていなかつたかも知れない、波浪八、うねり七、波長二〇メートル、周期一〇秒、うねりの高さ七ないし八メートル、波の高さうねりの高さぐらい。
健島丸 三航士	あの程度のしけはよくあるもの、うねりの長さ二〇〇ないし三〇〇メートル、周期一三ないし一四秒、うねりの高させいぜい八メートル
健島丸 一航士	当時の風力八ないし九が特別にひどいものとは思われない、うねりの長さ約船だけ、周期約一五秒、高さ七メートル前後。
健島丸 甲板手 a	風力七ぐらい、波浪七ぐらい、この程度なら冬分の北太平洋としては普通。
健島丸 甲板員 b	冬分の北太平洋だつたら普通、ペンキ塗りをやつていたぐらいですから。
健島丸 二航士	風力七ないし八、波浪（結局うねり）七ないし八、波の長さ二〇〇メートル、周期七ないし八秒、高さ一二ないし一三メートル。
健島丸 甲板手 c	風力八ぐらい、波浪八ぐらい、冬分の北太平洋だつたらあの程度のしけはあたりまえ。
健島丸 甲板長	風力七ないし八、七ないし八メートルの波高、追波であの程度のときならペンキ塗りをやるのは本船の場合普通。
健島丸 甲板手 d	晴多少曇、風速二〇メートル／秒前後、波浪七、波高二、三メートル。
健島丸 事務長	冬の北太平洋特有のものに類似したもの。
健島丸 甲板手 e	このときの荒天は今まで何度か経験した程度のしけ。

二三日	二二日	日付
八八・二	一一四・七	毎分回転数
五・二六	一三・八五	平均速力 (ノット)
適	適	F・Oハンドル
宜	宜	
南南東	東南東	風向
一一	九	風力
雨	半晴	天候
九	六	海面状態

気象庁で作成した天気図から推定したばりばあ丸の船位付近における気象、海象の解析結果は、第30表に示すとおりである。同表中2通りの船位を記入してあるのは、付近島しょと荒天航法の関係で本船の針路を二通りに考え、これにより船位を推測したものである。同台風が通過したのち、船尾機関室附近にある清水タンクのタンク底板に長さ約100ミリのき裂を発見したので、航行中機関部員の手により溶接修理を施工し、その後更に清水タンクの上方にある飲料水タンクの後壁（給水管が貫通している箇所）にも長さ約50ミリのき裂を発見し、本船は、同月30日午後1時（現地時刻、以下同じ。）グラットストーンに入港し、同地で機関部員の手によりき裂箇所の溶接修理を施工し、アルミナ50, 887キロトン積み取ってタコマに向かったが、この航海では風力7以上のしけにはあわず、翌11月19日午後10時40分同地に入港のうえ、積荷を陸揚げして第25次航を終えた。次いで本船は、空倉のままサンニコラスに向け第26次航の途につき、出港後船倉内に荷役による損傷を発見したので、機関部員の手により溶接修理を施工し、甲板部員の手により倉底の掃除を行ない、平穏な航海を続けたのち、翌12月9日午前11時15分サンニコラスに到着した。同地で積載の鉄鉱石は、径1ないし2センチメートルのほぼ球状のAPPJペレットで、載貨係数が17.5立方フィート/ロングトンであり、荷くずれのおそれはなかった。その積付け方法は、第2、4番倉を空倉

とし、第1番倉に11,604ロングトン、第3番倉に24,185ロングトン、第5番倉に17,111ロングトンのオルト積みとし、計52,900ロングトン(53,746キログラム)を積載した。こうして本船は、船長AZ(甲種船長免状受有)ほか32名が乗り組み、前示貨物を載せ、燃料油1,522ロングトン及び清水310ロングトンを保有し、

第30表 ほりばあ丸の船位及び付近の気象・海象

時刻 (日本時)	海 域		海面気圧 (mb)	天 候	風		風 浪		宇野木法による波浪		
	N	E			方 向	風 速 (ノット)	周 期 (sec)	波 高 (m)	方 向	周期 (sec)	波高 (m)
22日 15	16.6	145.2	1005	雨強し	East	30	7 ~8	3.5~4.0	ESE	8.5	4.0
21	16.3	145.9	1000	//	ESE	40	6 ~8	4.0~6.5	ESE	9.0	5.5
21	16.1	145.7	998	//	ESE	40	6 ~8.5	4.0~6.5	ESE	9.0	6.0
23日 03	16.2	146.3	996	//	SSE	45	6 ~8	4.0~7.0	SSE	9.5	6.5
03	15.9	146.1	994	//	SSE~ South	45	6 ~8	4.0~7.0	SSE~ South	9.5	7.0
06	16.1	146.4	997	//	South	45	6.5~9	5.0~8.0	South	10.0	7.0
06	15.9	146.3	997	//	South	45	6.5~9	5.0~8.0	South	10.0	7.0
09	16.0	146.4	1001	雨	South~ SSW	40	6.5~9	4.5~7.5	South~ SSW	9.5	7.0
09	15.9	146.4	1001	//	South~ SSW	40	6.5~9	4.5~7.5	South~ SSW	9.5	7.0
12	15.8	146.5	1004	//	SSW	30	6.5~8.5	4.5~6.0	SSW	9.5	6.0
15	15.2	146.6	1005	曇	SSW	20	6.5~10	3.5~4.0	SSW	9.0	4.5

船首11.30メートル船尾12.00メートル平均11.65メートルの喫水をもって、翌10日午前7時40分サンニコラスを発して京浜港川崎区に向かった。翌11日午前8時56分オーシャンルーツより船長あてに、「北緯25度東経165度の地点まで大圏コースを採り、ついで航程線航法で仕向け地に向かうことを勧める。」旨の電文が送達され、本船は、その後ウェザールーテングに従ってハワイ群島の南側を通る航路を採り、太平洋気象分析会社に次の気象通報を送った。

一月 四日	〇六	三三・二	一四七・八	北西	二五	一一	北西 一一
〃	〇六	二五・三	一六八・七	南	一四	三	北西 一〇
二月 三日	〇〇	二四・八	一七〇・一	北西	一六	三	北北西 八
〃	〇六	二四・四	一七四・四	北北西	七	二	南南東 八
二月 三〇日	〇〇	二四・一	一七六・〇	南南東	二〇	六	南南東 五
日 付	(Z)時刻	(北緯)	(東経)	風 向	風 速 (ノット)	風 浪 (フイート)	うねり (フイート)

発航後順調な航海が続いたが、翌44年1月3日正午（本船時刻、以下同じ。）ごろ本船は、大陸から南西諸島を経て日本の南海上に張り出した高気圧の圏内にはいったため、同日午後から風力5ないし6に増勢した季節風のなかを航行するようになり、同夜機関長の当直（8-12時）中に主機のハンドルノッチを下げ（回転数不明）、翌4日午前の一等機関士の当直時間（4-8時）には風力が8くらいに増勢したので再度ハンドルノッチを下げ、受審人Aは、正午から午後4時までの当直中ハンドルノッチが6.2（回転数毎分90）まで下がっているのを確認しており、その後一等機関士の当直中にハンドルノッチが6.4（回転数毎分94ないし95）に上げられた。本船は、E社本社あてに電報で、「5日朝川崎着予定」、ついで「5日午後3時着予定」、更に「6日正午着予定強風のため遅れる」との連絡をし、4日夕刻ころから風力8の西ないし西北西風を左舷船首に受け、ローリングはほとんどなく、ピッチングはあったけれども、満載状態で喫水が深かったため、それほどの動揺を感じることなく、真針路をほぼ西北西に定め、8.7ノットの平均速力で航海を続け、5日午前10時5分（日本標準時、以下同じ。）ごろ横浜市高島町BAあてに、「指定とれたか明日着く入港食ビール96頼む返」との電報を発信し、同一針路のまま続航中、同時30分ごろ北緯33度0分東経144度36分ばかりの地点において、突然船体が第2番倉付近から折損し、本船は航行不能となった。当時天候は半晴で風力8の西ないし西北西風が吹き、海上は波浪が高く、有義波高7.2メートル、平均周期9.7秒、主な波向270度、気温約14度、水温約19度であった。

本船は、直ちに機関を停止し、同時に「遭難、遭難、本船位置北緯33度0分東経144度36分、フォックスル2つに折れた、前部沈没航行不可能、まもなく短艇に移る、直ぐ救助頼む」との発信をし、同時36分ごろ再び同様の発信をし、同時58分ごろ健島丸に対し、「2番ハッチより折損、1、2番ハッチ浸水現在浮上しているが海没のうれいあり、総員非常配置退避準備した」と、同11時11分ごろ健島丸に対し、「E社本社に至急連絡頼む、2番ハッチより折損、1、2番ハッチ浸水現在浮上しているが海没のうれいあり、総員非常配置準備した」と重ねて打電し、これに対し健島丸は、「今の電報承知した、すぐ本社に連絡する」との返電を打ち、「貴船の煙突の色は何ですか」と尋ねたところ、「赤です」との応答があり、その後「本船は貴船の風下に回るからそちらのほうにポートを回して下さい」と発信したが、ぼりばあ丸からは応答がなかった。

これよりさきA受審人は、同日午前10時15分ごろ起床し、小用をたしたのちポートデッキの娯楽室通路に掲示してあるテレファックスニュースを読んでいたとき、それまでなんら異常な衝撃を感じなかったのに突然船橋あたりで一等機関士BBが「おもてが折れた、あれ見い」と大声で叫び、その直後三等航海士BCらしい「えっ」という声が聞こえたので、娯楽室前面のいちばん左舷寄りの丸窓から前方をのぞいたところ、いつも見えるフォアマスト、ウィンドラス、船首楼の後壁、階段などが見えず、前部上甲板の断面から波が打ち上がっていたので、前部が落ちてしまったと思い、急いで自室に帰って上着を着用し、身じたくしたうえ救命胴衣を手にとって室外に出た。そうしているうちに「何々浸水何々短艇部署につけ」とのBC三等航海士の声を聞き、救命艇のところまで行ったが、そのときには甲板部員たちが救命艇降下作業を開始していた。A受審人は、とりあえず機関室に降りたところ、制御室にはBB一等機関士、三等機関士BD及び操機手BEの3人がおり、機関はすでに停止されていた。A受審人は、BE操機手に同ポンプ回りのバルブの閉鎖を確認させ、BD三等機関士に「おもてが折れた」と告げたところ、BD三等機関士は、「機関室では全然気がつかなかった、急にアースランプがついた」と答え、BB一等機関士らは、A受審人を機関室にとどめ、救命胴衣を着装するため機関室から上がって行った。そのうちにBB一等機関士から電話で指示があったので、A受審人は、日誌類を持って機関室から上がり、自室に帰ってズボン下をはくなど耐寒の用意をしたのち、1号救命艇に日誌類を運び込んだ。そのころほとんどの乗組員が救命胴衣を着装して救命艇の近くに集まっており、相前後して2号、1号救命艇が振り出され、乗組員は救命艇内に要具の積込みにかかった。その後機関長BFらは、機関室に降りて機関の運転に従事したが、船橋からの連絡により機関の運転をやめて甲板上に上がり、甲板長BGは、1号救命艇の船底せんの閉鎖を確認したのち、甲板部員を連れて居住区の防水とびらを閉めに行った。そのころA受審人は、BB一等機関士の指示により古い日誌類をとりキャビンデッキ下の総合事務室におもむき、その際機関室出入口の木製とびらが半開きになっているのに気付き、船体がある程度前に傾いてきていると思ったが、歩行しにくいことは全くなく、古い日誌類を3冊ばかり持って自室に帰り、私物をまとめたスーツケースを下げて再び1号救命艇わきのキャビンデッキに引き返した。同11時ごろには来援中の健島丸の煙が左舷正横付近に見え、次第に近づいてくるのがわかり、そのころ2隻の救命艇は、まだキャビンデッキより上であって、すぐ乗艇できる位置までは降下されていなかった。こうしている間に船体が徐々に沈みつつあったが、乗組員たちは本船が沈没するなどとは思わず、キャビンデッキの後部に集まり救助船の近づくのを待っていたところ、同時27分少し前突然ぎしぎしと異音がしはじめ、2号救命艇付近の乗組員のなか

から「沈むんではないか」との声が上がり、そのとき船橋から「ボートをおろせ」との指令が発せられた。キャビンデッキの後部に集まっていた乗組員らは、直ちにめいめいの救命艇にかけ寄ったところ、その瞬間ギュウという音がして船体は急速に沈みはじめ、1号救命艇のそばに集まっていた乗組員らは、前方への傾斜が大きいため救命艇を降下することができず、キャビンデッキの階段から上甲板後部のほうにかけ降りた。A受審人は、同所の階段から降りたものの、船体の大傾斜のため前に進むことができず、そのままハンドレール越しに海中に飛び込み、同時27分ごろ本船は、前示船体折損地点付近において、船首を下にして逆立ちの状態に沈没した。A受審人は、海中で渦に巻き込まれたが、やがて浮上して付近にあった救命浮環にすがり、それから転覆している救命艇に泳ぎつき、救命艇のライフラインに足をかけ、ローリングチョックにつかまって漂流中健島丸に救助されたが、本件遭難により左肺炎にかかり、左胸部に傷を負った。

司ちゅう員BHは、同日午前6時ごろ起床し、受持の各室の掃除をし、毎週水曜日と日曜日の昼食は洋食であったので、冷蔵庫に行き、バターをとってギャレーに届け自室にもどる途中、それまでなら異常な衝撃を感じなかったのに、同10時30分ごろ部員食堂のスピーカーのブザーが鳴ったあと、BC三等航海士の声で「総員短艇部署につけ」との放送を2回聞き、そのころすでに主機が停止となっていたので、機関故障のため短艇部署につけとのことかと思い、自室でセーターとジャンパーを着て救命胴衣を着装したのち、急いでキャビンデッキに出たところ、自分と同じ2号救命艇の部署の者は、ほとんど全員救命胴衣を着装して同デッキに集まっていた。その後BH司ちゅう員は、司ちゅう長BIの指示により毛布、朝食の残り、水などを艇内に運んでいたものの、事情がよくわからないので付近の人に尋ねたところ、「おもてがなくなった」とのことに、同デッキ左舷端付近から船首方をのぞくと、船首楼の後壁が見えなかったので、おもてがなくなったと思った。その後BH司ちゅう員は、健島丸の煙が左舷真横の方向に見えてきたので、あと1時間ぐらいで、同船が救助にくると思い、同デッキの2号艇わきで待機していたところ、突然ガクンガクンと大きな衝撃を続けて2回感じ、本船は瞬時に前示のとおり沈没した。沈没の渦に巻き込まれたBH司ちゅう員は、その後海面に浮き上がり、救命胴衣についている笛を吹いたところ、近くで「おうい」とだれかの声が聞こえたが、まもなくそれも聞こえなくなり、ひとりで波間に浮いているうち健島丸に救助されたが、本件遭難により骨盤骨折、右側腹部に創、頭部胸部に傷を負った。

健島丸(BJ株式会社所属、総トン数8,853トン)は、釜山からロスアンゼルスに向け航行中、同日午前10時30分ごろ北緯33度3分東経144度8分の地点において、ぼりばあ丸の遭難通信を受信し、レーダー及び無線方向探知機を使用して同船を探知したうえ、同時57分ごろこれに向首し76度の真針路で進行し、総員を配置につかせ、舷側に網をたらし、救命浮環、投げ綱、衣糧等を用意し、同11時11分ごろ前示ぼりばあ丸から依頼のあったE社本社あての電報を中継した。そのころ健島丸船長BKは、肉眼によりぼりばあ丸の船体を視認し、接近するにつれて同船は前方に3度ないし5度傾斜はしているものの、左右への傾きがほとんどなく、波が前のほうに多少上がって第2番倉付近から先は見えないのがわかり、この状態は同船を視認したときからほとんど変化がなかったため、同人ほか健島丸乗組員らは、自船の現場到着までにぼりばあ丸が沈没するなど考えてもいなかったところ、同時27分ごろ距離6.7海里に接近したとき、船橋前面に水けむりが船橋の高さぐらいまで立ち上がり、次の瞬間同船は船首を海中に突っ込んで逆立ちの状態となり、たちまちにして船影を海面下に没した。BK船長は、引き続き遭難現場に向け急行し、同時52分ごろ左舷正横200

メートルぐらいのところにはぼりばあ丸の乗組員が2人ばかり救命胴衣を着けて浮いているのを発見し、風浪に妨げられながらも種々に操船して近づき、同日午後零時22分ごろA受審人を救助し、ついで同時42分ごろBH司ちゅう員を救助した。救助にあたりBK船長は、救命艇を降下することもいちおう考えたが、当時海上は波浪が高く、遭難者を救助したころにはかろうじて回頭したほどであり、救命艇を降下することは危険であると判断したため、この方策をとらなかった。健島丸は、その後10時ごろまで付近海面一帯の捜索を続けたが、他の乗組員を発見できず、ぼりばあ丸のゴムボートを揚収したのち横浜に向かい、本牧沖で救助者をE社に引き渡したうえ、目的地に向け続航した。

豊和丸は、ロスアンゼルスから横浜に向け航行中、同日午後0時6分ごろぼりばあ丸の遭難を知り、直ちに救助に向かい、同3時36分ごろ遭難地点付近に到着して捜索にあたり、ぼりばあ丸機関長用救命胴衣、一等機関士用救命胴衣、救命浮環1個及び2号救命艇を発見揚収したが、乗組員は発見できず、こえて8日午後6時捜索を打ち切り目的地に向け続航した。もんでびでお丸は、バルボアから横浜に向け航行中、5日午前10時43、4分ごろぼりばあ丸の遭難通信を受信し、直ちに救助に向かい、同日午後4時ごろ遭難地点付近に到着して捜索にあたり、同船の救命艇の一部、救命胴衣1個を発見揚収したが乗組員は発見できず、翌6日午後3時ごろ捜索を打ち切り目的地に向け続航した。ぼりばあ丸の遭難を知り、即刻海上保安庁巡視船、航空機及び海上自衛隊航空機が出動し、付近航行中の船舶と協力して海、空から長期にわたり捜索を行ない、その後ぼりばあ丸の漂流物、流出油などを発見したが、乗組員は発見できず、こえて20日捜索を打ち切り、AZ船長ほか30名の乗組員はついに行方不明となり、のちに死亡と認定された。

第9 本件に関連のある調査、研究等

本件遭難が報ぜられると、新造後3年半に満たない大型船の沈没ということで、関係方面に多大の関心が集まり、本件に関連する種々の調査、研究あるいは意見が発表されたが、その主なものは次のとおりである。

1、運輸省

政府は、ぼりばあ丸遭難の事態を重視し、直ちに運輸省造船技術審議会内に鉱石運搬船特別部会を設置してこの種鉱石運搬船の建造に関し留意すべき事項を検討し、昭和44年9月同部会は、ぼりばあ丸を除外した現存の大型鉱石運搬船については、専用船も多目的ばら積船も安全上問題となる点はないとの結論を出したが、なお、今後配慮すべき事項として大要次のような意見を提示した。

- ① 新らしい構造の船で設計上基準に定められていないものについては、十分な航行実績を得るまでは精度の高い計算を行なうこと。
- ② 部材寸法の決定にあたっての強度計算法については、一層の精密化を図るための研究開発を促進し、鋼材についてはき裂の発生、伝播及び停止特性に関する試験研究を行ない、大型化、構造の特殊化等に伴い厚板の使用についても幅広く検討する必要がある。
- ③ 建造にあたっては工作精度の向上のほか設備の改善、検査装置の開発にも努力し、修理に際しては設計の面までさかのぼって検討し、その成果を設計に役立てること。
- ④ 運航を船の性能に適応したものとするため、運航計画の策定、運航マニュアルの充実活用、乗組員の機器等に対する習熟度の向上を図り、また、試運転方案の改良等につき検討すること。

- ⑤ 救命設備については乗組員の安全確保のため総合的なシステムとして開発し、また、船舶の安全確保のため、航行データによる総合的安全航行システムを開発すること。

2、日本海事協会

日本海事協会は、本件発生直後同協会内にぼりばあ丸事故調査班を設置し、事故に関連する技術的調査及びその原因究明を行なったが、同46年5月21日現在異常な海象等があったのではないか程度の論議にとどまり、まだ結論が得られていない。同協会は、同44年2月12日付をもって技師長から各支部長あてに、この種の大型船では左記の場所に損傷を生じた例があったから、検査の際参考とされたい旨の通ちょうを出した。

- ① ビルジホッパー部桁板の座屈
- ② トップサイドタンク内桁板の座屈
- ③ 船側肋骨下端部の損傷
- ④ 二重底内桁板の座屈

また、同協会は、運輸省の指示により同45年2月以降船の長さ200メートル以上の鉱石専用船39隻、鉱石油兼用船30隻合計69隻について点検を実施し、その結果が運輸省からまとめて発表された。同点検によりタンカー、ばら積貨物船、鉱石船等において電気防食では防食効果が十分とは認められない場合がかなり多いことが判明したので、同協会は、塗装の要求範囲及び電気防食の基準を定め、同46年1月19日通ちょう71HC5RZをもって各支部長にこれを通知し、更にその取扱について、同年3月25日通ちょう71HC54RZをもって各支部長に、「バラストタンク等の塗装及び電気防食の取扱要領」を通知した。

3、D社

D社では、本件発生直後ぼりばあ丸事故調査委員会を組織して原因の究明に乗り出し、同45年8月同委員会は、大要次のような中間報告を発表した。

- ① 船体強度については、従来の計算法ばかりでなく、電子計算機による精密計算、水槽実験等も行なったが、事故とつながる数値は出なかった。
- ② 使用鋼材は、ミルシートにより調査したが、材質上の欠陥は見当らず、また、修理工作関係も調査したが、問題となる要素が見出されなかった。
- ③ ぼりばあ丸が遭遇した海象状況について日本気象協会に調査を依頼したところ、同44年1月4日午前9時における風浪とうねりの自乗平均値で表わされた有義波高は9.8メートル、平均周期9.6秒、平均波長9.6メートルで、5日午前9時においては、有義波高8.2メートル、平均周期8.3秒、平均波長7.0メートルと推定され、この波浪は有義波高であるから、実際にはもっと苛酷な波も受けているものと思われるとの結果が得られた。

4、日本造船研究協会

近年の大型ばら積貨物兼鉱石運搬船は、従来の小型鉱石運搬船あるいは一般貨物船とは著しく異なるので、船体の構造強度上特異な問題があるものとして、日本造船研究協会は、本件発生後「大型鉱石運搬船の安全に関する研究」と題する調査研究事業を起し、同事業の一環として行なった2隻の

ばら積貨物船八雲丸（64, 880載貨重量トン）及び昭武丸（63, 420載貨重量トン）についての実船試験の結果を同45年3月発表した。同試験は、主として波浪中航走時の船体各部の動的応力及び荷役時の船体各部の静的応力のほか、気象、海象及び船体動揺について計測を行なったもので、大要次のような所見を発表した。

- ① 波浪曲げモーメントによる曲げ応力は、理論計算値と傾向的には合致するが、いくらか計算値より大きい応力変動を示す。
- ② 同一海象条件下における波浪曲げ応力の計測値のばらつきが他の船種のそれと比較して相当に大きい。
- ③ 波浪曲げ応力に重畳して比較的大きい曲げ振動応力がほとんど常時存在しており、構造不連続部などの応力集中箇所においては、疲労に対する考慮が必要と思われる。
- ④ 荷役時の横応力及び局部応力は、理論計算値、計測値ともに精度向上の必要がある。
- ⑤ 荷役時の応力変化は、相当に大きい箇所もあるので、他の応力が重畳する場合は、その合成された最大応力について検討を要する。

また、同協会は、同月第119研究部会報告として、大型鉱石運搬船の船体構造材料に関する研究を行ない、ぼりばあ丸の船底外板に使用されたと同厚の19ミリA級鋼（略号19A）、強力甲板に使用されたと同厚の38ミリD級鋼（略号38D）その他主要鋼材について脆性破壊の発生及び伝播特性並びに疲労破壊に関する各種実験による研究結果を発表したが、そのうちに注目すべき点は、常温において16キロの応力レベル下では、38D材はあらかじめ約4.6メートルのき裂長さがながり脆性破壊は起こらず、19A材では約1.3メートルのき裂長さがあれば起こり得るとし、応力レベルが8キロに下がれば、38D材ではほとんど脆性破壊の可能性がなく、19A材でも約5.4メートルのき裂長さがながり脆性破壊は起こり得ない、としていることである。

5、全日本海員組合

全日本海員組合は、日本海事協会が主体となって実施された大型船の点検結果に、同組合の自主点検によるばら積貨物船15隻の資料を加えて独自にまとめ、同45年9月「大型船損傷の実態」として発表した。そのうち本件に関係のある部分を摘記すると大要次のとおりである。

- ① 第18次計画造船から第21次計画造船にいたる建造船舶の1隻あたりの損傷及び修理件数が、他の期間に造られた船舶と比較して異常に多い。
- ② 8大造船所別に1隻あたりの損傷件数及び修理に使用した鋼材を調査したところ、D社は、件数において2位、鋼材数において1位であった。
- ③ 8大造船所別に工作ミスをもとめたところ、D社が最も多く、そのうち溶接忘れの件数が最も多かった。
- ④ 日本海事協会の検査は、現状では航行安全を担保するに十分なものではなく、鋼船規則も内容的に多くの問題をかかえている。
- ⑤ 電気防食の効果がほとんどなく、これに反し有効な塗装をしたものは腐食が非常に少なかった。

第2部 証 拠

(「証拠の標目」 省略)

D社は、S教授の鑑定に対して次のような問題点を提示し、同鑑定が信頼できないと主張している。

- ① 剪断による許容応力を、計算方式を異にした日本海事協会の規則から類推しているが、同協会
は許容応力を定めてはいない。
- ② 有限要素法により電子計算機を使用した計算方式と比べて、多くの仮定を設けて思い切った単
純化を行なっているので現実に即しない点がある。
- ③ 他の実在船についても強度計算を行ない、その比較によって強度が判定されるべきであるのに、
それがなされていない。
- ④ S計算方式によりD社が他のばら積貨物船について剪断応力を計算した結果、ぼりばあ丸より
もはるかに高い剪断応力が算出された船もあるが、これらの船はなんらの事故もなく現在就航し
ている。
- ⑤ S鑑定の剪断応力は、仮定の外力に対する架空の応力にすぎず、遭難時の剪断応力ではない。
これらの問題点について当審判庁は、次の理由によりその主張を容認できないので、これをし
りぞける。
- ① 日本海事協会が許容応力を定めてそれにより部材寸法を定めてはいないという点については、
鋼船規則がほとんど部材寸法に関する規定であるところから許容応力値そのものは条文に明記
されていないが、構造材料の寸法を規制するにあたって、当該材料の許容応力を全く考慮に入れ
ないで寸法を決定するということは常識上からも考えられないことであり、鋼船規則解説等にも
基準となる許容応力の記載が随所にあり、BQ証人も基準許容応力についての証言を行なってい
る。S教授は、このことを説明したうえで、同規則第15編第3節第4条の算式から許容応力を
逆算したと証言しており、その考え方自体に問題とすべき点はない。また、他の計算方式から類
推した許容応力を自己の計算方式に採用することの是非については、対象となる位置及び部材が
同一であって、応力の種類が同一である限り、その許容応力に相異があることがむしろ不合理で
ある。D社は、AB、LR等外国の船級協会の規則から類推される許容応力がはなはだしく相異
することをもって許容応力に固定したものが無い旨主張するが、他の応力の重複が考えられる部
位について、剪断応力のみを取り上げる場合は、その剪断に対する許容応力を低く抑えなければ
ならないことは当然である。ここで注目すべきことは、これら外国の船級協会の罰則から類推さ
れる剪断に対する許容応力は、いずれも13キロを上回っていないことである。これはミーゼス
の等価応力に関する式 $\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$ において、直応力 σ の存在しない応力の場合においては、
断応力 τ が13キロになれば、これと等価な直応力 σ_e はほぼ22.5キロとなり、普通鋼材の
降伏応力とほとんど見合う値となることから証明され、S教授が縦桁、肋板等の剪断に対する
許容応力を22.5キロに採ったことは鋼船規則から類推しなくても妥当な数値であるといえる。
ちなみにAC教授は、日本海事協会が使っていると思われる剪断に対する許容応力の13キロは
大きすぎると証言し、また、BQ証人は、船側外板の平均剪断許容応力が当初10キロであった
ものを合理化して12キロに上げた旨証言している。D社が13キロを越える剪断応力をもって、

なお妥当な応力値であるとする主張は、理解し難いところである。

- ② 有限要素法により電子計算機を使用した計算方法に比べて、S教授の鑑定がそぼくな手計算によるものであるかのような表現をしているが、同鑑定も電子計算機による精度の高い計算を行なったものであり、D社は、同教授が先に発表した近似計算法と本鑑定とを混同しているのではないか。本来有限要素法と電子計算機とは別個のものであり、いかにも有限要素法は、電子計算機に複雑な立体構造のデータを投入する1つの便利な手段であるには違いないが、現状では電子計算機の容量に制限があつて、かなり多くの簡易化ないしはモデル化を行なう必要がある。曲面を数個の平面に置き換えたり、Zユニット方式において複雑な構造をすべて立体格子構造にモデル化したりするのもその一例であつて、D社の主張するように、二重底パネルを直交異方性板と見なすことが大胆な近似化であり、有限要素法がすべて精密なモデル化であるということにはならない。S教授の計算方式の基礎となつた式そのものは、数学的に正しい理論であつて、あいまいさや不連続部が介入する余地はない。ただ隣接条件や拘束条件等を考慮するとき、そのモデル化や等価置換方法等については諸説が分かれるところであるが、これはどのような計算方法にも一様に付随する必要やむを得ない簡略化のための手段であつて、そのこと自体をもって現実に即しないという主張は当たらない。
- ③ 他の実在船の応力計算については、S教授が鑑定を応諾しておらず、このことは、AC教授及びBR鑑定人の各鑑定についてもいえることであつて、両鑑定においても他船の応力計算を行っていない。3つの鑑定のうち、1つの鑑定が自己に不利な鑑定結果が出たからといって、当該鑑定のみにも他船の応力計算を求めるといふことは、当を得たものではない。
- ④ D社が、S教授の計算方式によって二重底及び船側構造の局部強度計算を行なった八雲川丸ほか13隻（外国船級船10隻、日本海事協会船級船4隻）の計算結果については、これら船舶のうち2隻の資料が当審判庁に提出されているのみであり、また、同社が、14隻を全部計算すると計算量がぼう大なものとなり短時日に手計算を行なうことは不可能であるから、S鑑定と同一計算方式を電子計算機のプログラムに組んで算出したと述べていることなどのため、どのようなデータを投入したか詳細に検討することができない。しかしS教授の鑑定においては、ぼりばあ丸の横置隔壁下部スツールの両下端が、ばら積貨物船内規に適合しないのでその片側だけしか肋板によって支えられていない構造であるところから同隔壁部を単純支持であるとみなし、貨物倉長さを固有隔壁間の全長にとって計算したものであるが、同内規に適合して両端部が肋板によって支えられている他の船舶にまで同様な支持条件で計算するのは、正しい計算を行なったものとは認められない。また、同一積荷条件で比較すべきであると主張しながら、ぼりばあ丸の第3番倉については、実際の積付率である84%を採っているのに対し、他の船舶の対象となる積付倉については、鉱石を甲板線の最高部までいっぱいにならして積んだほぼ100%の積付率をもって計算している。このような積付方法が実際に可能であるか否かは別として、例示船舶の全積付倉についてこのような苛酷な積付けを行なった場合は、鉱石重量が載貨重量をはるかに超過してしまうことになるので、その分だけ他の積付倉の積付率を軽減しない限り所期の計画喫水を維持することはできない。いまかりにぼりばあ丸についてこれと同じ積荷条件、すなわち第3番倉に比重2の鉄鉱石を甲板線最高部までいっぱい積み、残余を第1及び第5番倉に積み分けて喫水にあまり変化がないようにしたものと計算すると、第3番倉二重底の下向き荷重 p はほぼ毎

平方センチメートル²、49キログラムとなり、S教授の鑑定中、積付倉二重底の各応力値はほぼ34%増しとなるので、他船のそれより著しく大きな値となることがわかる。このことは例示した14隻の計算内容に、実情を無視した苛酷な条件を与えたことの証左であり、この結果をもってばあ丸の構造強底と比較することはできない。

次にD社は、さんまるていん丸ほか8隻についてS鑑定と同一計算方式を電子計算機のプログラムに組み、縦曲げに対する船側構造の剪断強度を計算したと述べているが、さんまるていん丸の計算では、ホッパータンクのねじりモーメントを同船固有のデータによらないで、ばあ丸の計算資料より概略化して出した数値を用い、かつ、積付倉である第3番倉について行なっているが、ばら積貨物船内規に適合しない構造のばあ丸の計算資料から同内規適格船の数値を概略化によって類推することは基本的に誤りがあり、また荷重のとり方にも問題があった。前示8隻がさんまるていん丸の場合と同様な概略化によって計算されたものか、あるいは正規に各船固有のデータを電子計算機に投入して算出されたものか、提出時の時間的経緯からみてこの点疑問である。

- ⑤ 1月4日午前9時の有義波高は、AV助教授の鑑定結果によると8.0メートルであるが、ロングエツトヒギンスの理論から、この場合の10分の1最高波の平均値は約10.2メートルとなり、1月4日及び5日にはその程度の波高の波浪が存在した可能性が考えられること、健島丸のBM三等航海士に対する質問調書中うねりの長さ200ないし300メートル周期13ないし14秒との、同船BL一等航海士に対する質問調書中うねりの長さ約船たけ周期約15秒との、同船BK船長に対する質問調書中うねりの波長200メートルとの、同船BP二等航海士に対する質問調書中波浪（結局うねり）の長さ200メートルとの各供述記載に徴し、200メートル程度の波長の波浪が存在した可能性が考えられること、しかもS教授の鑑定結果では、ばあ丸のホッパー斜板上部の等価応力 σ_e が30キロを越え、この値は普通鋼材の降伏応力を大幅に上回っており、同鑑定の剪断応力は遭難時の剪断応力とかけ離れたものではない。

第3部 結論

第1 原因判断及び法令の適用

本件は、運航責任者のほとんど全員が死亡し、船体もまた6,000メートルあまりの海底に沈没し、原因を探究するのにきわめて困難な事件である。本船は、沈没前にE社本社に対し、「2番ハッチより折損、1、2番ハッチ浸水現在浮上しているが海没のうれいあり、総員非常配置退避準備した」との発信をしており、当時船橋には船長ほか航海士らが集まっていて、船橋から前方を見れば折損箇所は一目瞭然であるはずであって、これと健島丸のBK船長に対する質問調書中、「2番倉の中央付近まで見えていたと思います、あるいは2番倉の後部付近までだったかも知れません」、同船BL一等航海士に対する質問調書中、「前部の断面は大体2番くらいではなかったか」及び同船BM三等航海士に対する質問調書中、「どのハッチ付近からなくなっているのかは分かりません、でも残っている船体はかなり長いものと覚えています」との各供述記載とに徴し、第2番倉付近において折損したものと認められ、これを覆すにたる証拠はない。しかして同倉のどこから折損したかについては、確実な証拠がないため判然としないが、前示各証拠と造船面についての検討結果とから、同倉後部から折損した可能性が考えられ

る。

1、造船面について

D社の設計及び建造段階における図面、資料等の管理に関しては、重要な資料が早い機会に滅失したり廃却されたり、当審判庁に提出するたびに諸データが改訂されたり、あるいは記載事項に脱落箇所や不審と思われる箇所が少なからず認められる。当審判庁は、これらの点について慎重審理にあたったが、その真偽を解明できなかった。そこで提出された本船の完成仕様書、中央切断完成図、操船資料等が本船建造当時真正に作成されたものとして、以下船体折損の原因について判断を加えることとする。

(1) 船体の強度

前示のとおり日本船では載貨重量トン数50,000トンを超える二重船側構造のばら積貨物船は、ぼりばあ丸1隻だけであって、同型船と船体の強度を直接比較検討することができず、AB船級船のチャールスEウィルソン及びヒロイックも、積付状態及び運航実績が明らかでないため、これまた比較の対象となし難い。本船の船体の強度については、日本海事協会相生支部長BNに対する質問調書中、「ぼりばあ丸は鉍石船の規定にもばら積貨物船の規定にも関係なく一般規定で製造されているのに、巨大船の本船に鉍石を1、3、5番倉に積み2、4番倉をからにしている点に問題があります。隔壁の数も7枚しかなく、長さからは9枚以上なければならないと思います、この船は進水後まもなくタンクテストの際タンクの骨がゆがんだのです、処女航海のときビルジホッパー一部のたなの溶接部が広範囲にわたってき裂をしています、当時大型船の強度について未知の点があったのであるから、もっと安全係数を高めて設計する必要があったと思います、強度計算が甘かったのが最初から座屈を起こしたり隆起甲板、ホッパー一部などにき裂を生じたりしています」との供述記載及び同協会東京支部検査員BOに対する質問調書中、「ぼりばあ丸は試運転時振動が多くて設計部長にこの船は振動が多いなといいましたらそれを計測させているとのことでした、乗っていて（船橋にいて）の感じでは船体がねじれるような感じを受けました、本件後日本海事協会本部でこの振動についても話しました、ですがこれはこのたびの事故には結びつかないとのことでした、私の感じとしてはひよわな船ということです」との供述記載は、いずれも抽象的ではあるが、本船の船体の強度を最も端的に表現しているものと考えられる。現在においては、ばら積貨物船に関する内規が制定され、その安全性はいちおう担保されているが、ぼりばあ丸建造当時においては、この種船舶に対する規定類が整備されておらず、ばら積貨物船については、鋼船規則中一般貨物船の規定を適用し、断面係数面からの積付条件の差のみをもってこれが補強条件としたにすぎないものであった。この差は、実際に作図して検討した積付条件による曲げモーメント及び剪断力の最大値の差と比較するとき、過小なものであり、その後制定されたばら積貨物船内規による部材寸法要求値に照らして見ても、ぼりばあ丸は、かなり多くの点において強度が不足していることは、すでに説示したとおりである。また、ぼりばあ丸と鉄鉍石のオルト積みをしている類似船とを比較した場合、第8表及び第9表に示すとおり、二重船側構造を除き、本船の部材寸法はこれらの船を下回っており、ことにビルジホッパー斜板に12ミリA級鋼を使用しているのは本船のみであり、更にチャールスEウィルソン及びヒロイックと比較しても、二重船殻の部材寸法は、はるかに両船を下回っている。

S教授の鑑定結果によると、船体の縦曲げによってぼりばあ丸に生ずる最大剪断力は、D社の資料から、満載帰港状態におけるサギングの場合にフレーム163の位置に生ずる10,250トンであると推定され、この剪断力によって船側構造に生ずる剪断応力は、ホッパー斜板の上部で最大となり、その値は16.5キロに達する。この部分ではホッパーに作用するねじりモーメントによって生ずる剪断応力が同じ方向に作用するため、このねじりモーメントの影響を考慮すると最大剪断応力は21.6キロとなり、等価応力 σ_e の値は37.5キロになる。いっぽう、二重底構造に作用する浮力の一部は横隔壁へ伝達されるので、この影響を考慮すれば、最大剪断力は約11%減少し、また、腐食による板厚の減少量をかりに2.5ミリの半分とすれば、剪断応力は約7.5%小さくなる。しかし、このような修正を行なっても、ホッパー斜板上部の σ_e は30キロ以上となるので、この部分では降伏を生ずる可能性があるとなっており、更に同教授は鑑定要旨中、「本船の遭難時における損傷状況の詳細が不明なため、この部分の強度不足が損傷の主要な原因と断定することはできないが、少なくとも損傷原因のひとつとなる可能性はあると考えられる」と述べており、当審判庁は、これを重視し、ホッパー斜板上部の強度不足が本件発生のおもな原因をなしたものとする。しかしてS教授の鑑定結果中、ホッパーとの接合点における二重底肋板の剪断応力 τ_y は、腐食による板厚の減少量をかりに2.5ミリの半分とし、かつ、肋板端上部の肘板による補強の効果を考慮(1.5/1.6倍)しても、ケース(1)の場合14.3キロ、ケース(2)の場合14.9キロ、ケース(3)の場合15.3キロとなり、いずれも過大であって、この部分で降伏を生ずる可能性があり、また、船側肋骨の下端における応力 $\sigma_{nB} + \sigma_{2B}$ は、腐食による板厚の減少量をかりに2.5ミリの半分としても、ケース(1)の場合23.2キロ、ケース(2)の場合30.4キロ、ケース(3)の場合21.3キロとなり、その値がいずれもかなり大きくなるので、工作の不良等が重なればクラックを生ずる可能性がある。

次にAC教授の鑑定結果は前示のとおりであるが、同教授の計算法では腐食予備厚が差し引かれていない。腐食量2.5ミリを差し引いた場合には、第19.2表の σ_n 及び τ の値は15.6%程度大きくなるが、いま、腐食による板厚の減少量をかりに2.5ミリの半分とし、S教授が算出した減少率で計算すると、同表中ケース(1)の桁材端の τ 12.6キロは13.6キロとなり、これを等価な引張応力であらわすと23.6キロとなり、肋板端の τ 11.8キロは12.9キロとなり、これを等価な引張応力であらわすと22.3キロとなり、肋板中央の $\sigma_n(o)$ 15.9キロは16.9キロとなり、船側二重船殻下端の $\sigma_n(i)$ 14.5キロは15.9キロとなり、このうち肋板中央の $\sigma_n(o)$ 及び船側二重船殻下端の $\sigma_n(i)$ は、それぞれ横方向圧縮による座屈応力16.9キロ及び15.94キロに見合う値となる。S教授の鑑定とAC教授の鑑定とでは、満載帰港状態と満載出港状態との違いはあるが、条件を等しくした場合、結果的にはさほど顕著な相違がない。

(2) バラストタンクの腐食

本船のように片航海はバラストタンクをからにして赤道水域を航過する船舶に対し、アルミニウム陽極による電気防食が十分に有効であったか否かについては、前示修理工事の際の日本海事協会検査員の検査報告書中の記載、本船甲板部中間検査修繕仕様書中の記載及び本件発生後行なわれた同種船舶の点検結果等に徴すると、同防食は本船建造当時一般に考えられていたほど効果がなく、バラストタンク内は予想外に腐食しており、同タンク部材の腐食衰耗による船体の急速な強度

低下も考えられる。

(3) 材料について

前示のとおり本船建造当時のミルシートはすでに廃却され、また、カッテングプランも滅失し、D社が新たに鋼材メーカーから取り寄せたミルシートは、これを外板展開図、鋼材配置図と照合すると、板厚の大きい鋼材が図面に記載のものよりかなり不足しているばかりか、上級の鋼材が下級鋼材の配置箇所に使用されたり、他船用の鋼材が多数引き当てられたことになっており、かつ、プレート関係のミルシートは全部提出済みであると供述しながら、新たに発見されたとして他船名儀を含む約85トン分のミルシートが追加提出され、これでははたして本船が図面どおりの鋼材を使用して建造されたか、あるいは鋼材の不正使用があったのではないかとの疑いが起こり、材料面からの原因も見のがすわけにはゆかない。

(4) 第1番燃料油タンクの上部甲板にうがった送油口

同送油口は、前示のとおり下請け業者であるAO株式会社及びまた下請けのATの手により施工されたもので、その位置がハッチコーナーに近く、しかもマンホールとほとんど一線をなし、隆起甲板構造によりハッチコーナーの応力集中を避けてあるとはいえ、強力甲板の最も応力集中をきたし易い箇所にあり、工事にあたっては、D社相生第1工場もE社工務部も監督をしておらず、また、日本海事協会の検査も受けておらず、はたしてどのような工事をしたのか明らかでなく、同送油口の工作が不完全な部分から疲労によりき裂が進展したことも考えられる。

(5) 工作について

全日本海員組合の調査によると、第20次、第21次計画造船にはD社で建造された船舶に溶接忘れ、溶接不良の件数が最も多くなっており、本船では、前示のとおり隆起甲板下のブラケットを付け忘れたり、ビルジホッパー上部のたな板のところの溶接が脚長不足等のため同所から漏水したりしたという事実があり、また、建造当時東京第2工場には技師資格を有しない溶接工が何人かいて内構の溶接にあったこと等からみて、巨大、かつ、全溶接構造鋼船の本船にこのほかにも溶接忘れ、溶接不良が全くなかったとは断言できない。

(6) 試運転時及び就航直後に発生した各損傷

試運転時のビルジホッパートランスリング、横置隔壁内ウェブプレート等の損傷に対しては、ストラットを設け、補強材を取り付けるなどの修理が行なわれ、ビルジホッパー上部たな板のところのき裂に対しても、千葉において本格的修理が施工され、また、隆起甲板回りの損傷に対しては、呉及び相生においてき裂箇所の補修、ブラケットの新設等が行なわれ、これらの補強修理を施工したのちは、第5番ホッパータンクのトランスリングにき裂、同タンク内トランスリング付きカラープレートにき裂、第3番倉左舷側ハッチエンドコーミングステー根元にき裂(2箇所)がそれぞれ発生修理されているが、それ以外に前示各箇所に損傷が発生したとの報告は見当たらない。

(7) 脆性破壊について

日本造船研究協会の研究結果によると、ぼりばあ丸の船底外板に使用されたと同厚の19ミリA級鋼(19A)及び強力甲板に使用されたと同厚の38ミリD級鋼(38D)その他について脆性破壊の発生及び伝播特性並びに疲労破壊に関する各種実験を行なったところ、温度15度において16キロの応力レベル下では、38D材はあらかじめ約4.6メートルのき裂長さがない限り脆性破壊は起こらず、19A材では約1.3メートルのき裂長さがあれば起こり得るとし、応力レベル

が8キロに下がれば、38D材ではほとんど脆性破壊の可能性がなく、19A材でも約5.4メートルのき裂長さが無い限り脆性破壊が起こり得ないことを示している。本件の場合、本船が遭遇した温度、第2番貨物倉付近に生ずる応力等からみて、脆性破壊の可能性はきわめて少ないものと考えられる。

2、運航面について

前示のとおり本船は、第13次航から鉄鉱石のオルト積みをはじめたところ、その後好天に恵まれ、鉄鉱石をオルト積みした状態で風力7以上のしけに出会った航海としては、第17次航と遭難航次が挙げられるが、第17次航の際は正横方向の風で、クリストバル、ダンケルク間の平均速力は13.58ノットであった。遭難前の第25次往航の際は、台風21号に遭遇し、このときの荒天は就航後遭遇した荒天のうちで最大のものであり、本船は、適宜減速、変針等の措置をとったが、空船航海で船体が激しく動揺し、その後清水タンク及び飲料水タンクにそれぞれき裂が発見されている。しかしこれらは航海、機関両撮要日誌及び生存者の供述によるもののみであって、同航海の運航の責任者がほとんど全員死亡しているため、甲板回り、倉内の各点検模様及び荒天避航の詳細については、明らかでない。次に遭難時の南米から日本への航海にあたって本船は、冬季北太平洋における無難な航路を選定しており、日本に近づき季節風の強吹する圏内にはいつてからは適宜減速し、船体折損の約25分前にはBAあてに入港食ビール手配頼む旨の電報を打電しており、更に生存者のA受審人及びBH司ちゅう員は、起床してからおもてが折れたと聞くまでなんら異常な衝撃を感じなかったと供述していることからみて、遭難直前まで航海に特に不安はなかったものと考えられる。遭難航次における鉄鉱石の積付模様は第23表に示すとおりで、積載量もこれまでの最高で許容限いっぱいとなっているが、冬季北太平洋を航行する場合、このような積付状態にした経緯については、これまた運航の責任者がほとんど全員死亡しているため明らかでなく、結局、運航担当者の所為が本件発生の原因となったか否かについて断定することができない。

3、気象、海象面について

1月4日及び5日に本船が遭遇したしけは、冬季北太平洋において例年起り得るかなりのしけであったことは認められるが、気象庁の天気図、気象庁の気象、海象についての資料、AV助教授の鑑定結果、付近を航行していた船舶の資料、生存者の供述、証人氣象庁主任予報官AWの証言、証人氣象庁海上気象課長AXの証言のいずれからも、異常な荒天であったとする証拠はない。しかしてロングエットヒギンスの理論によると、観測単位200、500、1,000の場合最高波の平均値はそれぞれ有義波高の1.72倍、1.84倍、1.93倍となるが、当時有義波高8.0メートルに対し、そのような極端に高い波が存在した可能性は少ないものと考えられる。

本件遭難は、海難審判法第2条第1号及び第2号に該当し、ぼりばあ丸が、鉄鉱石を貨物倉ひとつおきに積載した場合、第2番貨物倉と第3番貨物倉との境界付近において、ビルジホッパー斜板の上部にかなり広い範囲にわたって過大な剪断応力が発生し、この部分で降伏を生ずる可能性があり、また両倉の各中央における二重底肋板端部の剪断応力の値が過大であって、この部分で降伏を生ずる可能性があり、更に両倉の各中央における船側肋骨下端の応力の値がかなり大きく、工作の不良等が重

なればクラックを生ずる可能性があったところ、3年3箇月にわたる就航中、バラストタンク内が予想外に腐食し、船体主要鋼材の腐食衰耗箇所に応力集中をきたした結果、第2番貨物倉付近において切損するにいたったものと考えられるが、船体の折損状況を確認することができず、たほうでは、鋼材の不正使用の疑いがあるほか、第1番燃料油タンクの送油口工事の不手ぎわ、溶接工作の不良等の原因が単一または重畳して船体折損にいたった可能性も考えられ、結局、本件発生の原因を断定することができない。

受審人Aの所為は本件発生の原因とならない。

指定海難関係人B及び指定海難関係人Cの各所為が本件発生の原因となったか否かについては、いずれも断定することができない。

第2 海難防止上の要望事項

本件遭難に関連し、この種海難を防止するうえに必要と思われる事項は、次のとおりである。

- 1、新しい構造の船で基準に定められていないものを設計、建造するにあたっては、この種船舶の十分な運航実績を得るまでは積付方法、積載量等に慎重な配慮を払うとともに精度の高い計算を行なうべきである。今日のような大型船が建造されなかった時代には、剪断応力の値は一般に小さく、剪断応力はあまり重要と考えられていなかったようであるが、最近の大型船では船が大きくなった割には板厚が大きくなるため、剪断応力の値がかなり大きくなる場合が多い。今後大型船を設計する場合には剪断応力の値にも十分注意する必要がある。
- 2、外力、特に波浪外力については、まだ十分に究明されていない分野があり、波浪に対する船体構造計算法のいっそうの精密化を図るため、実船による計測、模型船による実験、構造解析の応用等により、波浪外力全般にわたって実験的、理論的考察を進める必要がある。本件遭難は、冬季北太平洋において例年起り得るかなりのしけのなかで起こった海難であり、巷間には、予想もできない波浪外力、または波浪以外の特別の大きな力が加わったためではないか、あるいは船体のどこかに構造寸法からは考え及ばない弱いところがあったためではないかとの説をなす者もいるが、事件を安易に不可測のベールによって包み去ることは、いたずらに乗組員に悲惨な海難の結末のみを背負わせることになり、この種海難の原因探究に資することにならない。当審判庁が船体強度に関する精密計算と同時に波浪外力究明の必要性を強調するゆえんもここにある。
- 3、船の運航は、いかなる場合においてもその性能に適応したものとする必要のあることは多言を要しないところである。かつて漁船が木造船から鋼船に変わったとき、船の乗組員のなかには鋼船だから大丈夫とのばく然とした考えから、荒天の場合もしいて航海を続け、このため遭難が続発した例がある。船が巨大化したからといって、部材寸法はそれに対応した割合で増大しているわけではなく、波長が200ないし300メートルの海上では巨大船の方がむしろ危険にさらされることもあり、荒天に遭遇した場合には、巨大船といえども適宜変針、減速等の措置をとらなければならないことはいまでもない。ぼりばあ丸においては、台風21号に遭遇したときはもちろん、遭難時の航海においても、日本に近づき季節風の強吹する圏内にはいつてからは、冬季北太平洋において例年起り得るか

なりのしけであったので、慎重な配慮をして幾度かハンドルノッチを下げたことは優に肯認できる。しかして気象庁の予報が必ずしも適中するとは限らず、ときには台風が自船針路の右を通過するか、針路線上を通過するか、あるいは左を通過するか、台風が間近に接近するまで予測できないこともあり、船長はこれを入念に検討している時間的余裕がなく、また、不正確な外国の気象通報に悩まされることもしばしば経験するところである。このような場合、船長の判断に反して自船が暴風圏内に突入しても、船体の強度についての明確な認識があれば、船長は自信をもって適切な荒天操船を行なうことができ、乗組員は安心して物資の輸送に専念できるのである。船が著しく巨大化した今日、造船所においても船が遭遇すると思われる風速、波浪等について船体強度上の具体的判断資料を提供し、設計者と運航者との密接な連絡を図り、乗組員の不安一掃に努めることを期待するものである。

4、バラスタタンク等の電気防食については、随時点検、定期点検を行なって防食効果の実態を把握し、要すれば実績のある塗装をもってこれに代え、あるいは電気防食の方法を改善するなどの必要がある。日本海事協会はこの点に注目して、塗装の要求範囲及び電気防食の基準を定め、昭和46年1月19日通ちょう71HC5RZをもって各支部長にこれを通知し、更にその取扱について、同年3月25日通ちょう71HC54RZをもって各支部長に、「バラスタタンク等の塗装及び電気防食の取扱要領」を通知した。この通知は、やや遅かったうらみはあるが、適切な措置である。

5、水密隔壁の総数については、すでに説示したとおり日本海事協会が長年にわたる造船界の経験、実績によって規定したものであり、世界各国の船級協会の規定も結論的には日本とほぼ同様である。日本海事協会は、船の強度が同等と認めた場合に水密隔壁の省略を承認しているが、その裏付けとなる精密な立体強度計算を行なっているわけではない。しかして水密隔壁の総数を減少して船倉が長くなると、鉄鉱石等比重の大きい貨物をオルト積みした場合には、船体の縦曲げによって生ずる最大剪断力及び船側肋骨の下端における内側板の曲げ応力が著しく大きくなり、また、二重底の撓み、船底外板に生ずる船横方向の曲げ応力及び肋板端部の剪断応力も増加し、更に載貨重量トン数が50,000トンを超え、船倉の数がぼりばあ丸と同じく5個のばら積貨物船では、船倉の長大化による損傷が少なからず発生しており、水密隔壁の数と船の強度との関係が理論的にも究明されつつある。水密隔壁の数が少ないと荷役には好都合であろうけれども、いったん船体に損傷が発生した場合には、浸水を抑止する障壁が少なく、沈没しなくともよい船が沈没する場合すらある。人命尊重に関しては、船客と乗組員との間に軽重の差を設けるべきでなく、この面からは区画可浸の考えを国際航海に従事する旅客船に限定することなく、貨物船にも及ぼすべきものと思料する。たほう、油槽船が衝突、座礁などして貨物油倉に損傷を生じ、積載油が流出した場合には、水密区画の大きい船舶ほど港湾等にじんな大な損害を与えるおそれがあり、水密隔壁の総数は、荷役の都合の面からだけでなく、損傷発生の場合も含めて慎重に決定する必要がある。

6、船の検査については、従来期間を定めて検査が行なわれているが、最近では船の稼働率が大幅に向上したため、10年前に比べると船の航海時間は飛躍的に増大しており、それだけに部材の損耗も激しい。したがって船の検査も航海時間に応じて実施するのが合理的であり、中間検査の際に内部検査を行なうなど検査基準を厳格にするのも、ひとつの方法である。船が経済上の要求により著しく巨大

化したため、検査には多大の労力を要し、限られた少ない日数で広い船内各部を入念に検査することは至難である。このため検査は局部的になりがちであり、その際見落とされた損傷が大海難を惹き起こしかねず、用船契約上の制約等があるにしても、工事期間は船内各部の検査を重視して決定する必要がある。

7、船の建造当時の図面、資料等の保存期間、保存方法等については、なんら規定されていないが、ぼりばあ丸のように新らしい構造の船で設計上基準に定められていないもの場合には、特に図面、資料等の管理を厳重にし、第2船、第3船の建造に直ちに役立ち得るよう、また、同型船あるいは類似船に事故があった場合、調査活動に利するよう図面、資料等を一定期間保存することを義務づける必要がある。ぼりばあ丸の基本設計の段階で作成された諸計算、仕様書、図面、カッテングプラン等が滅失してしまい、建造当時のミルシート、その他の資料が新造後はいじめての定期検査の到来を待たずに廃却されたが、このような処置は、はなはだ遺憾なことである。

8、船の救命設備については、大きな海難が起こるたびごとに問題になるが、まだ十分有効な設備が開発されず、救命艇は波が高いと降下の途中で転覆するおそれがあり、また、ゴムボートは軽くて風に吹き飛ばされ、強風の場合にはあまり有効でないといわれ、結局、昔からの救命胴衣しか頼るものがない現状であり、その救命胴衣も寒い海中では短時間しか役に立たない。最近安全かつ容易に船から離脱し、洋上に浮上し続けうるカプセル型救命容器、平服の上に着用して保温をはかり、長時間漂流できるような耐寒、耐水服等が開発されつつあるが、これらの1日も早い実用化を望むものである。船は年々しかも急速に巨大化しつつあるが、乗組員の人命についても同様に深い考慮を払い、船が荒天下沈没するようなことがあっても、人命だけは無事救助されるよう、救命設備面はもとより、総合的的海難救助システムの確立を切望するものである。

よって主文のとおり裁決する。

昭和47年第二審第38号

機船ぼりばあ丸遭難事件〔原審横浜〕

言 渡 年 月 日 昭和48年1月31日言渡

審 判 庁 高等海難審判庁（愛沢新五、保田立男、清水信重、松本金十郎、西山茂樹）

理 事 官 吉田鉞太郎、鈴木正雄、大伴叔了、中尾忠信

受 審 人 A

指定海難関係人 B

指定海難関係人 C

二 審 請 求 者 補佐人 a、b（いずれもA受審人選任）

主 文

本件第二審の請求を棄却する。

理 由

海難審判法は、海難審判庁の審判によって海難の原因を明らかにし、以てその発生の防止に寄与することを目的とし、海難が受審人の故意又は過失に因って発生したものであるときはこれを懲戒し、また、必要と認めるときは、海難の原因に関係がある指定海難関係人に対し勧告をすることとしており、海難審判庁が、海難審判法の規定に基づいてする本案裁決には、海難の原因を明らかにした裁決（原因解明裁決）、海難の原因を明らかにし懲戒する裁決（懲戒裁決）及び海難の原因を明らかにし勧告をする旨の裁決（勧告裁決）の3種がある。このうち受審人が懲戒処分を受けるのは懲戒裁決のみである。

また同法は、第46条第1項及び第2項において、「理事官又は受審人は、地方海難審判庁の裁決に対して、命令の定めるところにより、高等海難審判庁に第二審の請求をすることができる。補佐人は、受審人のため独立して第二審の請求をすることができる。但し、受審人の明示した意思に反してこれをする事はできない。」と規定し、理事官、受審人及び受審人のためにする補佐人に第二審請求権を認めているが、指定海難関係人については、同法施行規則中にも、勧告を受けた場合に弁明書を差し出すことができる旨の規定があるにとどまり、第二審請求権を認めていない。

理事官は、公益の代表者として審判庁のなした前示のどの種類の裁決に対しても広く第二審請求権を有することは当然であり、また、懲戒裁決において懲戒処分を受けた受審人は、その権利義務に変更を生ぜしめる法的拘束力を受けるのであるから第二審請求権を有するものであることはこれまた当然である。しかし懲戒処分を受けない受審人は、法的不利益を受忍すべき立場にない点において指定海難関係人となんらの差異が認められず、法は前示のように指定海難関係人を第二審請求権者から除外しており、審判の迅速性、経済性及び法的安定性などの要請があることを考慮すれば、第46条において受審人に第二審請求権を認めた趣旨は、法的不利益の救済にあるのであって、同条に規定する受審人には懲

戒処分を受けない者は含まれないと解するのが相当である。

受審人に第二審請求権が認められない場合に、その補佐人に第二審請求権が認められないのは補佐人の性格上当然である。

横浜地方海難審判庁のなした機船ぼりばあ丸遭難事件の裁決は原因解明裁決であり、しかも「受審人Aの所為は、本件発生の原因とならない。」としているのであって、なんらの不利益を受けないA受審人のためにした a、b 両補佐人の第二審請求は、海難審判法の解釈を誤ってなされたものであるから、同法第48条の規定を適用し、本件第二審の請求を棄却する。

よって主文のとおり裁決する。