

船舶インシデント調査報告書

令和5年12月20日
 運輸安全委員会（海事専門部会）議決
 委員 伊藤 裕 康（部会長）
 委員 上野 道 雄
 委員 岡本 満喜子

インシデント種類	運航不能（機関故障）
発生日時	令和4年10月9日 22時29分ごろ
発生場所	高知県土佐清水市足摺岬 ^{あしずり} 東北東方沖 足摺岬灯台から真方位066° 28.3海里（M）付近 （概位 北緯32° 55.1′ 東経133° 32.0′）
インシデントの概要	ロールオン・ロールオフ貨物船 ^{りゅうきゅう} 琉球エクスプレス5は、航行中、主機の運転ができなくなり、運航不能となった。
インシデント調査の経過	令和4年12月6日、本インシデントの調査を担当する主管調査官（神戸事務所）ほか1人の地方事故調査官を指名した。 原因関係者から意見聴取を行った。
事実情報 船種船名、総トン数 船舶番号、船舶所有者等 L×B×D、船質 機関、出力、進水等	ロールオン・ロールオフ貨物船 琉球エクスプレス5、 10,034トン 143005、マルエーフェリー株式会社（A社） 168.70m×26.60m×19.20m、鋼 ディーゼル機関、13,280kW、平成29年5日 2サイクル、回転数毎分127、8気筒、ボア500mm、使用燃料 C重油、平成28年11月機関製造
乗組員等に関する情報	船長 67歳 一級海技士（航海） 免許年月日 平成13年11月6日 免状交付年月日 令和3年8月23日 免状有効期間満了日 令和8年11月5日 機関長 61歳 一級海技士（機関） 免許年月日 平成10年8月13日 免状交付年月日 平成30年7月2日 免状有効期間満了日 令和5年8月12日
死傷者等	なし
損傷	なし
気象・海象	気象：天気 雨、風向 南東、風力 3、視界 良好 海象：波高 約1.5m

インシデントの経過

本船は、船長及び機関長ほか12人が乗り組み、車両197台及び貨物約5,104tを積載し、令和4年10月9日00時55分ごろ、沖縄県那覇港に向けて京浜港東京区を出港した。

本船は、主機関を回転数毎分(rpm)113とし、可変ピッチプロペラ(以下「CPP」という。)の翼角を23.7°として、約17.5ノットの対地速力で足摺岬東北東方沖を南西進中、22時29分ごろブラックアウトが発生して主機関が停止した。

本船は、非常用発電機が立ち上がって電源が復旧し、重要補機類は順次復旧した。

船長は、航海士から報告を受けて、A社担当者にブラックアウトが発生して主機関が停止し、非常用発電機が立ち上がって電源は復旧したが、まだ主機関を始動できない旨の連絡を行ったところ、機関長から直接詳細を報告させるよう指示を受けた。

本船は、ブラックアウトが発生した際、本船機関室に夜間当直者を配置しないMO(エムゼロ)モードでの当直体制で、当直中の機関士は、自室の警報盤の警報が多数鳴動したので機関長に報告し、機関室に行って状況を確認したところ、電源復旧後もCPPシステム及びエンジンコントロールシステムの異常を示す警報が継続していることを確認した。

機関長は、機関士から報告を受けて、機関室に行って状況を確認し、警報のリセットを試みたところ、CPPの翼角異常を示す警報を解除できず、CPPについて調査したところ、機関制御室のコントロールパネルの翼角指示計では28.6°を示していたCPPの翼角が、機側の翼角指示計では前進方向34°(最大目盛りは35°)を示していたので、翼角の変節制御に不具合が発生していることを認めた。

本船は、機関長が主機関の始動を試みたが、CPPの翼角が中立に戻らず始動できなかったため漂流を続け、船長は、10日00時20分ごろ海上保安部に状況を報告した。

機関長は、A社担当者に機側のCPPの翼角指示計が前進方向34°を示しており、主機関を始動できない状況等詳細を報告した。

A社担当者は、本船CPPの設計・製造会社(以下「B社」という。)担当者に本船の状況を説明し、CPPの翼角を中立に戻すための手順の指示を受け、機関長へその指示を伝えた。

機関長は、指示を受けた手順により翼角を中立に戻そうとしたが、翼角は中立に戻らなかったため、その報告を受けたA社担当者は、自力航行不可と判断し、05時30分ごろ、サルベージ会社に本船の救助及びえい航を依頼した。

本船は、来援した救助船によりえい航され、12日13時40分ごろ鹿児島県志布志市志布志港に入港した。

	<p>本船は、B社担当者が訪船調査を行った結果、CPPハブボディ内部の送油管（OT管）が破断、又は外れている可能性が高いと判断され、25日にドックに入渠後、ハブボディからOT管外筒を抜き出したところ、OT管外筒がシリンダ船尾側のフランジ部で破断していることが確認された。</p> <p>B社は、破断部からCPPの翼角を後進方向に変節する作動油が抜けて、翼角が一気に前進方向34°になり、主機関は過負荷となって回転数を維持できず75rpm以下に低下し、軸発電機の安全装置が働いてブラックアウトに至ったものと判断した。</p> <p>（付図1 推定航行経路図、付表1 本船のAIS記録（抜粋）、付図2 CPP翼変節機構、付図3 本船のCPPの構造、写真6 本船、写真7 機関室 参照）</p>
<p>その他の事項</p>	<p>本船の主機関のCPP装置は、4翼が取り付けられたハブボディ内部のシリンダを、プロペラ軸内でプロペラ軸と一緒に回転するOT管を通る作動油により、軸方向に前後させることによって翼角の変節を制御する構造であった。</p> <p>OT管は、外筒及び内筒と呼ばれる二重の鋼管により送油経路を2経路構成しており、シリンダ内を通った外筒の船尾端フランジ部が船尾側からシリンダにボルトで固定され、外筒内を通る内筒の船尾端フランジ部が外筒の船尾端フランジ部に船尾側からボルトで固定されていた。</p> <p>CPPの翼角は、OT管の内筒内の送油経路を通る作動油が翼角を前進方向に変節させるシリンダ船尾側受圧面に、外筒と内筒の間の送油経路を通る作動油が翼角を後進方向に変節させるシリンダ船首側受圧面にそれぞれ作用し、シリンダを軸方向に前後させるようになっていた。</p> <p>本船は、令和3年7月CPP作動油に乳化が見られたので、CPP翼取付部のOリングの交換が行われ、A社は、その後、水分及び海水混入の有無を調査する目的で、定期的に作動油の性状分析を行っているところ、海水と推定される混入が確認された。（表1参照）</p>

表 1 作動油性状分析結果（潤滑油は作動油を指す）

受付日	測定項目			所見
	水分(KF法) Wt%	ナトリウム mg/kg	塩化物イオン mg/kg	
令和3年8月31日	0.027	4.7	12	試料の水分量が0.2wt%未満であるため、海水混入を推定することができません。
令和3年9月27日	0.48	1.2	3.2	潤滑油の水分が海水である場合、油中のナトリウムは約48mg/kg、塩化物イオンは約91mg/kgであり、分析結果はこの値より少なく海水でないと考えられる。
令和3年10月18日	4.4	1.7	9.7	潤滑油の水分が海水である場合、油中のナトリウムは約440mg/kg、塩化物イオンは約840mg/kgであり、分析結果はこの値より少なく海水でないと考えられる。
令和3年11月8日	0.8	18	48	潤滑油の水分が海水である場合、油中のナトリウムは約80mg/kg、塩化物イオンは約150mg/kgであり、分析結果はこの値より少なく海水でないと考えられる。しかし、海水の希釈や海塩粒子の混入が認められる。【NO2 CPP出口フィルター】
令和3年12月3日	0.3	45	82	潤滑油の水分が海水である場合、油中のナトリウムは約30mg/kg、塩化物イオンは約60mg/kgであり、水分は海水と推定される。【NO2 CPP出口フィルター】
令和4年2月10日	0.51	12.9	54.5	潤滑油の水分が海水である場合、油中のナトリウムは約51mg/kg、塩化物イオンは約97mg/kgであり、水分は海水が希釈されたものと推定される。
測定方法及び測定項目		・水分(KF法) (JIS K 2275) ・ナトリウム(Na)及び塩化物イオン(CL)		
		試料に水を加え超音波洗浄機と遠心分離機を使って抽出した抽出水について、誘導結合プラズマ発光分析法(ICP-OES)によりナトリウム、イオンクロマトグラフ法により塩化物イオンを分析する。		

本船は、令和4年3月28日にドックに入渠後、CPPを開放点検したところ、CPPハブボディ内部の海水の混入、CPP翼取付部のOリングの損傷並びにハブボディ及びクランクリングの摺動部に摩耗が確認されたので、Oリングの交換及びクランクリングの新替え（以下「本件修理工事」という。）が行われた。

また、OT管外筒がシリンダ船尾側のフランジ部で破断していることが確認されたので、OT管を径の大きい対策品へ換装後、CPPハブボディ内のフラッシング、タンク内の清掃及び作動油の交換が行われ、翼角は作動油の漏れもなく正常に作動することが確認された。

本件修理工事において、作動油システムのフラッシングは可能な限り綿密に行われたが、ハブボディ内部の構造が複雑であり、送油経路内に残留する海水を全て除去することは困難である可能性があった。（図1、図2参照）

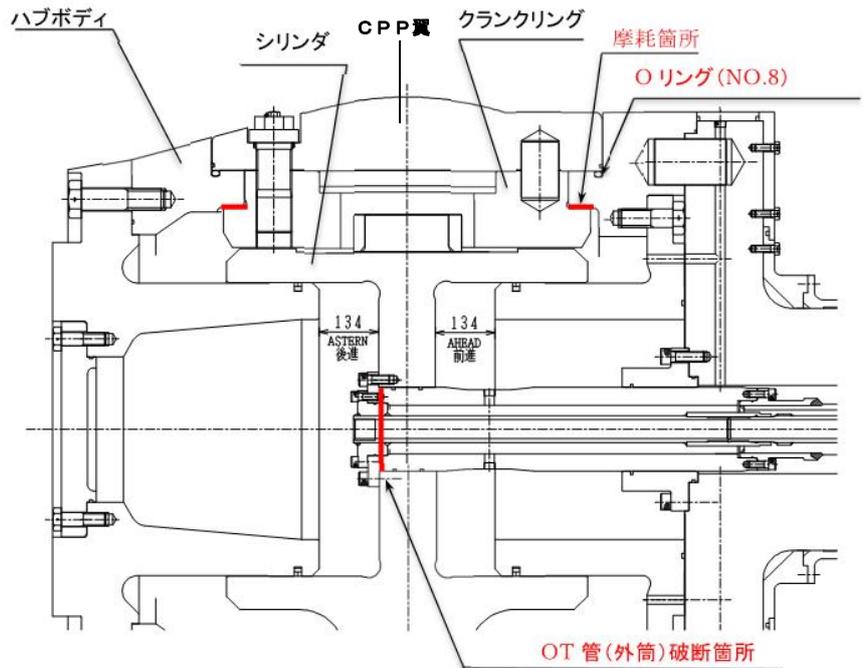


図1 CPP断面図

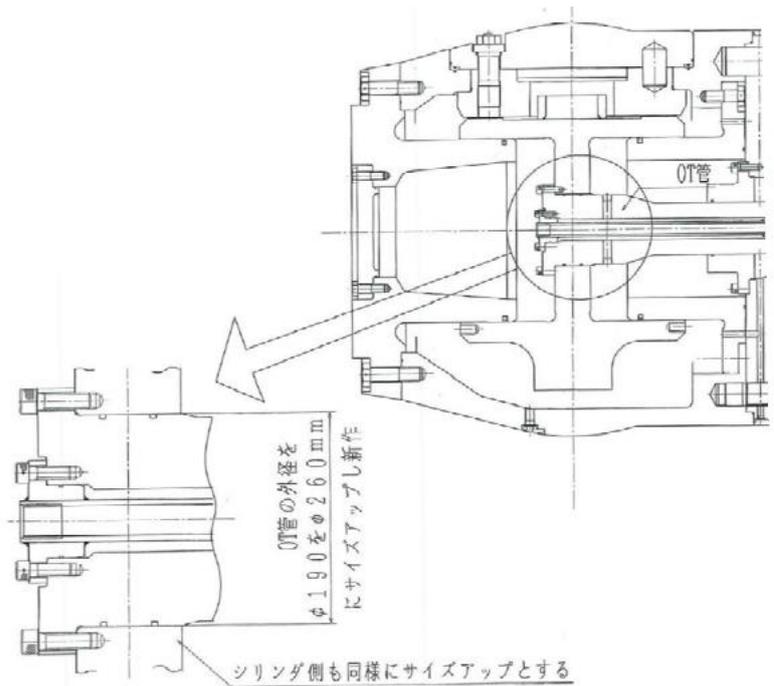


図2 OT管外筒（2022年3月の仕様変更）

本船は、本インシデント後、ドックに入渠してCPPを開放点検した結果、下記の状況が確認された。

- (1) 外観調査の結果、CPP翼等に損傷等異常は確認されなかった。
- (2) CPP翼取付部からの作動油の漏れは確認されなかった。
- (3) CPP翼取付部の No. 8 Oリングへの異物の付着及び損傷が確認された。

- (4) ハブボディ内部に海水が混入していた。
- (5) ハブボディからOT管外筒を抜き出したところ、OT管外筒がシリンダ船尾側のフランジ部で破断していた。

上記より、OT管外筒がシリンダ船尾側のフランジ部で破断し、破断した外筒がシリンダから船首側に抜けたことにより、CPPの翼角の変節制御不能に陥ったことが判明した。(図2、写真1～3参照)



写真1 OT管外筒フランジ部破断面



写真2 OT管外筒破断面



写真3 破断したOT管外筒

B社から依頼を受けて解析を行った第三者機関は、OT管外筒のフランジ部破断面を分析したところ、貝殻模様（ビーチマーク）が明瞭に確認され、フランジR部を起点とした疲労破壊であると判断した。また、疲労破壊によって生じるストライエーション（繰返し応力によって破断面に生じる縞模様）の集合状態から、切損には回転曲げの荷重が繰り返し作用したと考えられるとB社に報告した。(写真4、写真5参照)

ビーチマーク



写真4 フランジ部破断面

ストライエーション

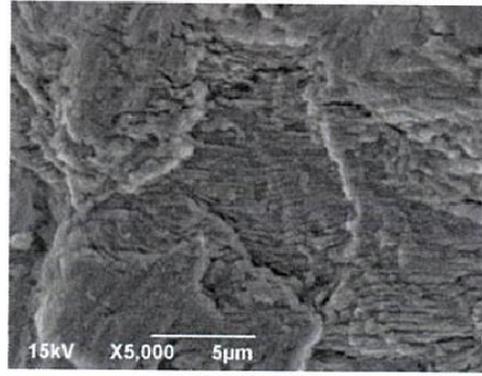


写真5 破断面の亀裂進展部

B社は、第三者機関の報告を受け、OT管外筒のフランジ部の破断について、下記の原因が考えられるとA社に報告した。

- (1) 曲げ荷重は片持ち梁（一端が固定され他端が持出されて自由な状態にある梁のこと）の状態の際に発生するが、令和4年3月の時点でハブボディ内部に海水が混入しており、その影響でハブボディとクランクリングの摩耗が進み、ハブボディ内部でシリンダの動きを抑えることが困難となり、結果、片持ち梁の状態となった可能性。
- (2) 本船特有の振動の影響、海水混入により腐食環境下で応力が作用したことが複合的な要因となり、破断に至った可能性。
- (3) OT管外筒を径の大きい対策品へ換装したが、結果としてOT管外筒自体の重量が増加したことにより、フランジR部へかかる曲げ荷重が増大し、令和4年10月の破断に影響を与えた可能性。
- (4) 振動の影響で曲げ荷重による応力が繰り返し作用したこと、C P P油圧系統に残存した海水による影響が複合的な要因となり破断が促進された可能性。（図3参照）

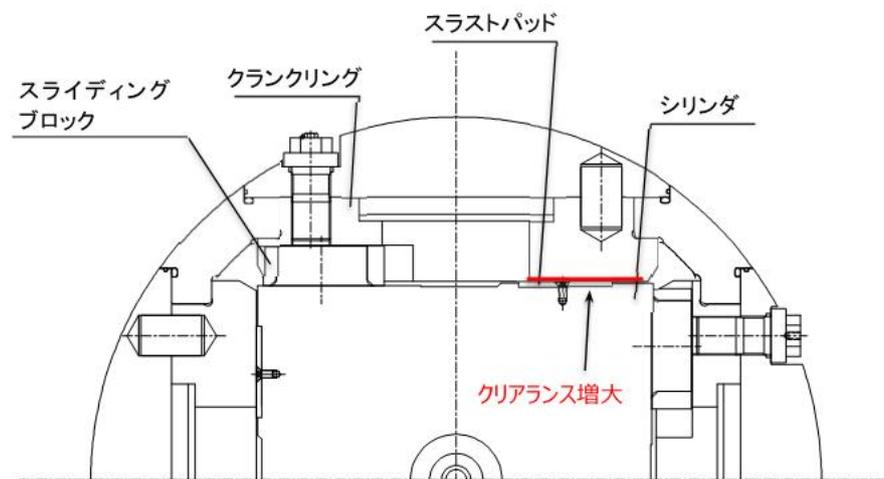


図3 クランクリング スラストパッド（シリンダ附属）

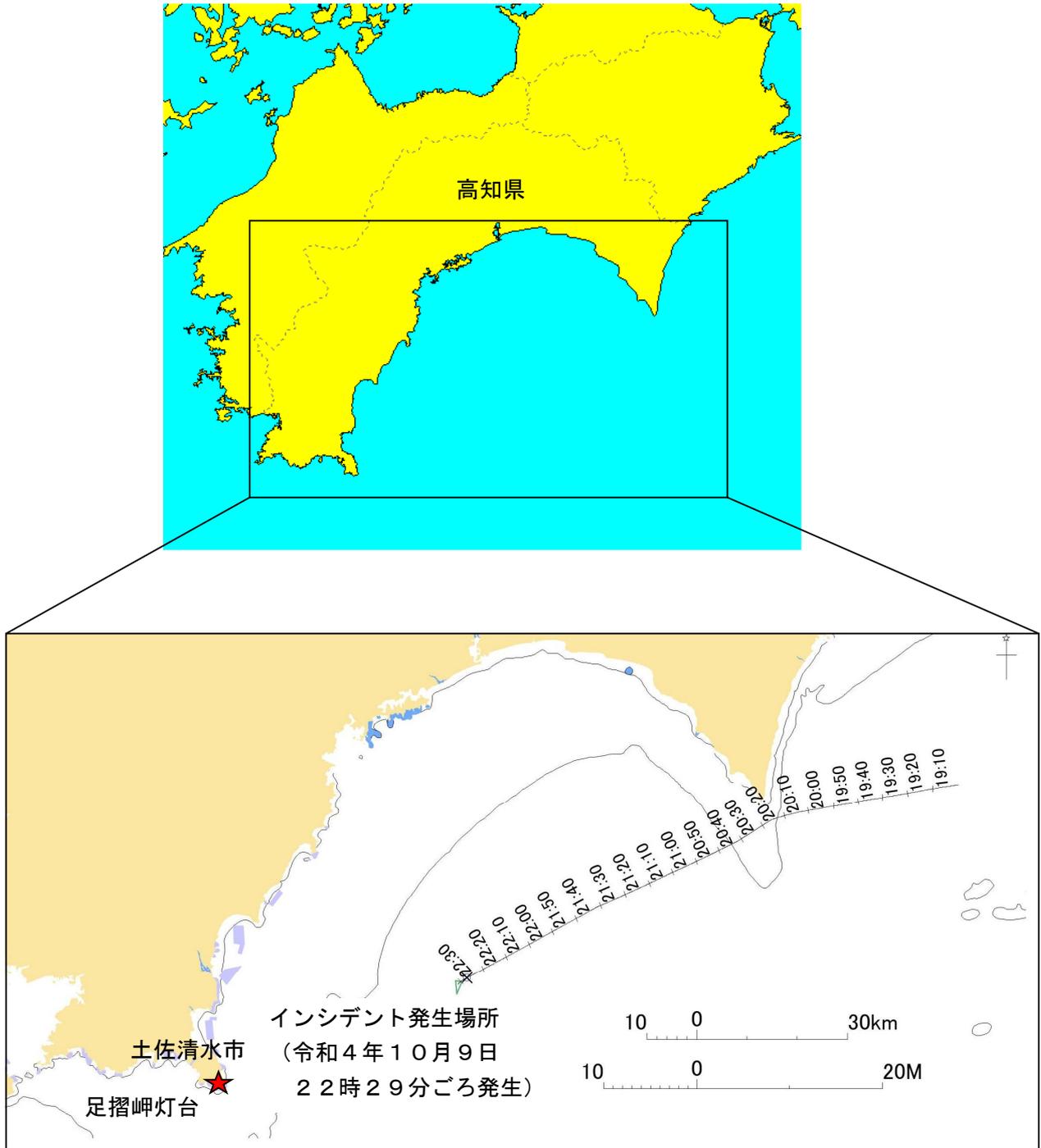
	<p>B社は、本インシデント後、本船の同型船である琉球エクスプレス2及び琉球エクスプレス3について、定期検査を実施し、琉球エクスプレス3について、OT管外筒のフランジR部に本船と動揺の亀裂が生じている状況を確認した。</p> <p>B社は、数多くのCPP装置の製造販売を行っているが、これまで本船と同様事例の発生は確認されておらず、本インシデント後に実施した同型のCPPシステムについて定期検査等への立ち会いにおいても、本船と同様事例の発生は認められなかった。</p>
<p>分析</p> <p>乗組員等の関与 船体・機関等の関与 気象・海象等の関与 判明した事項の解析</p>	<p>あり</p> <p>あり</p> <p>なし</p> <p>本船は、足摺岬東北東方沖を航行中、OT管外筒がシリンダ船尾側のフランジ部で破断し、破断した外筒がシリンダから船首側に抜けてCPPの翼角の変節制御不能に陥ったことから、主機が停止して運転ができなくなり、運航不能となったものと推定される。</p> <p>本船は、OT管外筒のフランジ部に外筒による回転曲げの荷重が繰り返し作用し、フランジR部を起点とした疲労破壊が生じたことから、OT管外筒がフランジ部で破断したものと考えられる。</p> <p>本船は、ハブボディ内部に海水が混入した影響でハブボディとクラウンリングの摩耗が進み、ハブボディ内部でシリンダの動きを抑えることが困難となったことから、OT管が片持ち梁の状態となり曲げ荷重が発生し、フランジ部に外筒による回転曲げの荷重が繰り返し作用した可能性があると考えられる。</p> <p>本船は、本船特有の振動の影響で曲げ荷重による応力が繰り返し作用したこと、及び、本件修理工事において送油経路内に残存した海水の影響による腐食環境下で同応力が繰り返し作用したことから、疲労破壊が促進され破断した可能性があるものと考えられる。</p> <p>本船は、令和4年3月のCPP開放点検の際、OT管外筒を径の大きい対策品へ換装したことから、OT管外筒の重量が増加し、フランジR部へかかる曲げ荷重が増大し、OT管外筒のフランジ部の破断に影響を与えた可能性があると考えられる。</p>
<p>原因</p>	<p>本インシデントは、夜間、本船が、足摺岬東北東方沖を航行中、OT管外筒がシリンダ船尾側のフランジ部で破断し、破断した外筒がシリンダから船首側に抜けてCPPの翼角の変節制御不能に陥ったため、主機が停止して運転ができなくなったことにより発生したものと推定される。</p>
<p>再発防止策</p>	<p>B社は、A社に対してOT管外筒のフランジ部に応力が集中しない分割式とし、外筒がシリンダから船首側へ抜けてしまわないようにするため、外筒をシリンダの船首側と船尾側の両側から押さえ板により</p>

挟み込む形状とする対応案を示し、A社は、同案を了承し、本船、本船と同型船である琉球エクスプレス2及び琉球エクスプレス3については、曲げ応力が発生しない球面軸受構造を採用し、OT管外筒を組立式の仕様に変更した。

今後の同種事故等の再発防止に役立つ事項として、次のことが考えられる。

- ・ 船舶所有者は、定期的に作動油の性状分析を行い、CPPの開放を伴う定期検査の際、各部の隙間や厚さの計測を実施し、CPPの状況を確認して異常な兆候が見られた場合、製造会社と協議し対応すること。

付図1 推定航行経路図

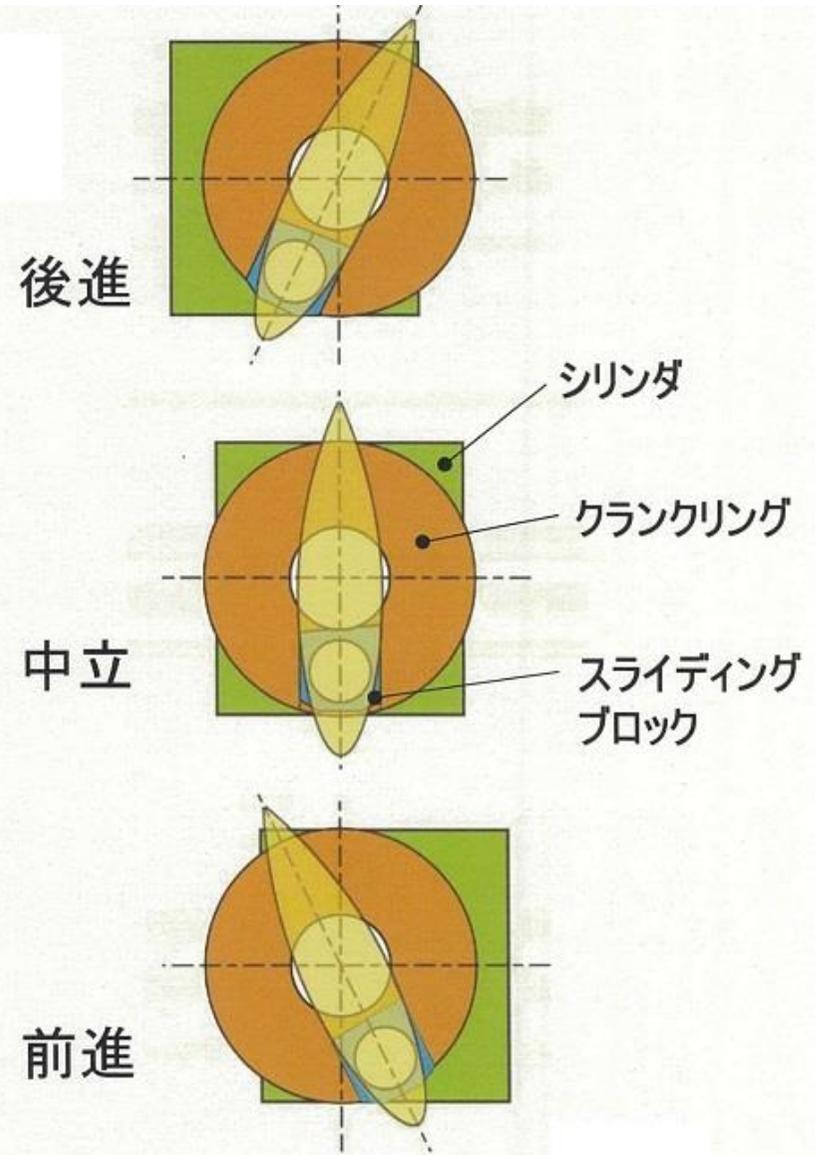
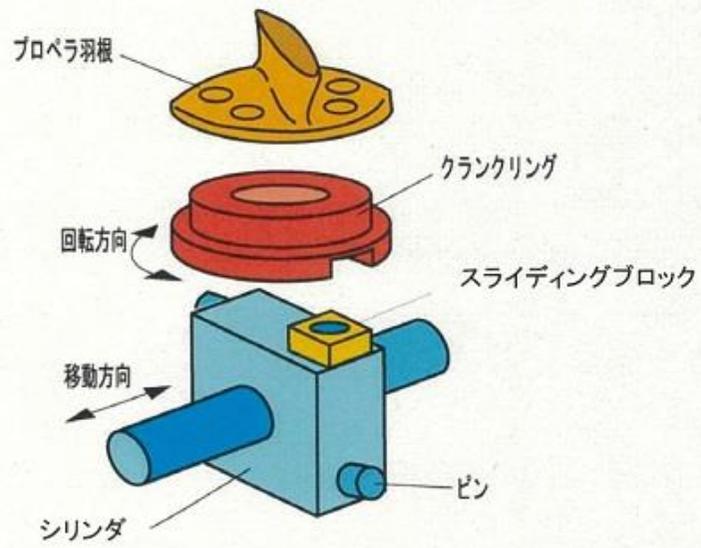


付表 1 本船のAIS記録(抜粋)

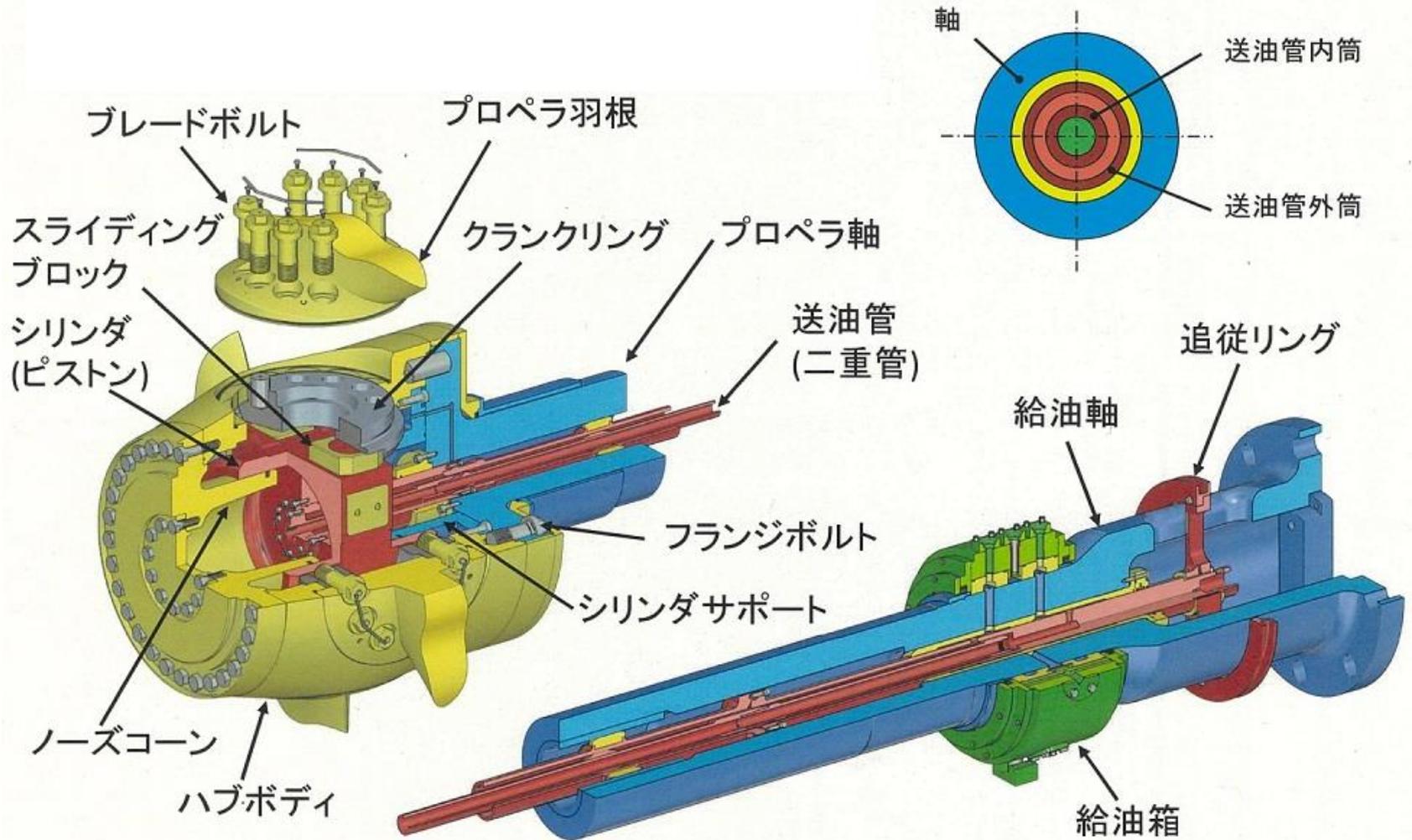
時刻 (時:分:秒)	船位※		対地針路※ (°)	船首方位※ (°)	対地速力 (kn)
	緯度 (° -' -")	経度 (° -' -")			
19:00:02	033-16-35.0	134-35-55.6	261.0	260	16.6
19:20:02	033-15-38.9	134-29-24.6	259.7	256	16.5
19:40:02	033-14-44.2	134-23-03.5	258.2	256	15.5
20:00:13	033-13-44.1	134-16-35.7	260.5	260	16.7
20:20:02	033-12-05.7	134-10-41.5	236.6	242	16.4
20:40:01	033-09-22.3	134-05-07.0	244.9	248	15.9
21:00:02	033-06-58.9	133-59-10.1	245.3	247	17.0
21:20:02	033-04-32.5	133-53-02.0	244.7	244	17.5
21:40:01	033-01-57.0	133-46-43.1	241.2	240	17.8
22:00:02	032-59-06.0	133-40-40.0	241.6	240	17.4
22:05:08	032-58-24.0	133-39-09.7	240.9	240	17.4
22:10:01	032-57-43.3	133-37-41.2	242.1	240	17.3
22:15:08	032-57-01.2	133-36-09.9	241.2	241	17.5
22:20:02	032-56-20.2	133-34-41.2	241.5	241	17.3
22:21:02	032-56-11.9	133-34-23.0	241.1	241	17.2
22:22:02	032-56-03.3	133-34-05.3	240.7	240	17.3
22:23:02	032-55-54.8	133-33-47.3	240.6	240	17.5
22:24:02	032-55-46.5	133-33-29.1	241.2	241	17.7
22:25:02	032-55-38.0	133-33-10.7	242.0	241	17.6
22:26:02	032-55-29.8	133-32-52.4	241.9	241	17.6
22:27:02	032-55-21.8	133-32-34.6	242.2	241	17.3
22:28:02	032-55-13.5	133-32-16.4	241.5	241	17.2
22:29:02	032-55-05.8	133-32-00.4	239.0	237	13.2
22:30:01	032-54-59.6	133-31-49.8	228.5	227	9.3
22:31:01	032-54-54.1	133-31-42.6	224.1	221	7.3
22:32:01	032-54-49.5	133-31-37.2	223.3	218	5.9
22:33:11	032-54-45.0	133-31-32.4	218.0	207	4.5
22:34:01	032-54-42.2	133-31-30.3	214.0	197	3.5
22:35:01	032-54-39.5	133-31-28.3	218.6	189	3.1

※船位は、本船の船橋上方に設置されたGPSアンテナ位置であり、GPSアンテナの位置は、本船の船首から約41m、船尾から約128m、左舷から約8m、右舷から約19mであった。また、対地針路は真方位である。

付図2 CPP翼変節機構



付図3 本船のCPPの構造



※プロペラ軸と給油軸はスリーブ継手で接続される

写真6 本船



写真7 機関室

