

# 船舶インシデント調査報告書

船種 船名 貨物船 第八盛山丸  
船舶番号 137043  
総トン数 498トン

インシデント種類 運航不能（機関故障）

発生日時 令和2年4月19日 17時00分ごろ

発生場所 沖縄県伊平屋村伊平屋島北東方沖

伊平屋島灯台から真方位056° 10.3海里付近

（概位 北緯27° 11.3′ 東経128° 10.8′）

令和2年12月9日

運輸安全委員会（海事専門部会）議決

委員 佐藤 雄二（部会長）

委員 田村 兼吉

委員 岡本 満喜子

## 要 旨

### <概要>

貨物船第八盛山丸<sup>せいざん</sup>は、船長及び機関長ほか3人が乗り組み、コンテナ貨物約600tを積載し、沖縄県伊平屋村伊平屋島北東方沖を南西進中、令和2年4月19日17時00分ごろ主機が異音を発して回転数が低下し、主機の運転ができなくなり、運航不能となった。

### <原因>

本インシデントは、第八盛山丸が、主機の燃料油を硫黄分濃度が3.5質量%以下のC重油から硫黄分濃度が0.5質量%以下である低硫黄C重油に変更した際、潤滑油について従来の高塩基価潤滑油を使用し続け、シリンダライナ内面が鏡面状態になったため、十分な油膜が保持できなくなり、5番シリンダでスカフィングが発生し、プロテクトリングとピストンクラウンのトップランドが固着して主機駆動部が破損に至り、運転ができなくなったことにより発生したものと考えられる。

シリンダライナ内面が鏡面状態になったのは、ピストンクラウンのトップランドやリング溝に硬質のカルシウムが堆積して析出し、ボアポリッシュによる摩耗をしたことによる可能性があると考えられる。

第八盛山丸が従来の高塩基価潤滑油を使用し続けたのは、第八盛山丸の船舶管理会社が、機関長に対し、硫黄分濃度が0.5質量%以下である低硫黄C重油使用に関する2020年硫黄酸化物SO<sub>x</sub>規制適合船用燃料油使用手引書及び技術情報について適切に情報提供を行っておらず、機関長がこれらの情報を知らなかったことによる可能性があると考えられる。

# 1 船舶インシデント調査の経過

## 1.1 船舶インシデントの概要

貨物船第八盛山丸<sup>せいざん</sup>は、船長及び機関長ほか3人が乗り組み、コンテナ貨物約600tを積載し、沖縄県伊平屋村伊平屋島北東方沖を南西進中、令和2年4月19日17時00分ごろ主機が異音を発して回転数が低下し、主機の運転ができなくなり、運航不能となった。

## 1.2 船舶インシデント調査の概要

### 1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、令和2年5月12日、本インシデントの調査を担当する主管調査官ほか1人の地方事故調査官を指名した。

### 1.2.2 調査の実施時期

令和2年5月18日、29日、6月4日 口述聴取

令和2年5月20日、25日 現場調査及び口述聴取

令和2年5月21日、22日、29日 回答書受領

### 1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

# 2 事実情報

## 2.1 インシデントの経過

本インシデントが発生するまでの経過は、第八盛山丸（以下「本船」という。）の機関長及び本船の船舶管理会社（芙蓉海運株式会社、以下「A社」という。）担当者の口述によれば、次のとおりであった。

本船は、船長及び機関長ほか3人が乗り組み、鹿児島県鹿児島市鹿児島港でコンテナ貨物約600tを積載し、令和2年4月18日15時10分ごろ沖縄県那覇港に向けて鹿児島港を出港した。

機関長は、19日17時00分ごろ、本船が伊平屋島北東方沖を南西進中、居室で休んでいたところ、機関室からカン、カン、カンという連続した大きな金属音を聞き、続いて、船橋で航海当直に当たっていた航海士（以下「航海士A」という。）から、主機の回転数が低下しているとの連絡を受けた。

機関長は、機関室に入って主機の回転計で回転数が低下していることを認め、主機に異常が発生したと判断し、主機の使用燃料油をC重油からA重油に切り替えた後、主機操縦スタンドの操縦ハンドルを操作して主機を停止した。

機関長は、主機が停止した後、主機上段を点検したところ、船尾から順に番号が付された5番シリンダの安全弁が開いていることを認め、シリンダヘッドカバーを取り外してシリンダヘッドを確認すると、吸気弁側及び排気弁側プッシュロッド\*1が曲損していることを認めた。

機関長は、主機が運転できないので航行不能と判断し、本船のえい航をA社へ依頼するよう船長へ進言した。

本船は、船長がA社に航行不能な状況を連絡してA社からタグボート会社に依頼し、20日15時20分ごろ来援したタグボートにえい航され、21日09時40分ごろ那覇港に入港した。

本インシデントの発生日時は、令和2年4月19日17時00分ごろであり、発生場所は、伊平屋島灯台から真方位056°10.3海里(M)付近であった。

(付図1 インシデント発生場所概略図 参照)

## 2.2 人の死傷等に関する情報

機関長及びA社担当者の口述によれば、死傷者はいなかった。

## 2.3 船舶の損傷に関する情報

機関長、A社担当者の口述及び機関修理会社の修理報告書によれば、次のとおりであった。

本船は、主機の5番シリンダにおいて、ピストンクラウンのトップランドが、シリンダライナ（以下「ライナ」という。）上部内周に装着されたプロテクトリング\*2と固着し、ピストン頂部に吸気弁及び排気弁のバルブスタンプ\*3による打痕が認められ、ピストンスカートがピストンピンを起点として割れて破損し、ライナの内面に4か所の縦傷が生じ、破損したピストンスカートの破片による無数の傷が生じていた。

主機の5番シリンダヘッドにおいて、吸気弁側及び排気弁側プッシュロッド、吸気弁及び排気弁の弁棒がそれぞれ曲損し、排気弁のバルブコッタが脱落していた。(写真

---

\*1 「プッシュロッド」とは、4サイクル機関においてカム軸に設置された吸気カム及び排気カムからの力を弁腕に伝えて吸気弁及び排気弁を開閉させる長い棒をいう。

\*2 「プロテクトリング」とは、カーボンスラッジの堆積防止と潤滑油の燃焼室への掻き上げの低減を目的として、ライナ内面上部に挿入された薄肉の炭素鋼製のリングをいう。

\*3 「バルブスタンプ」とは、ピストンが上死点付近に位置するとき、吸気弁及び排気弁とピストン頂部が干渉することをいう。

1～3参照)



写真1 ピストンクラウンのトップランドとプロテクトリングの固着

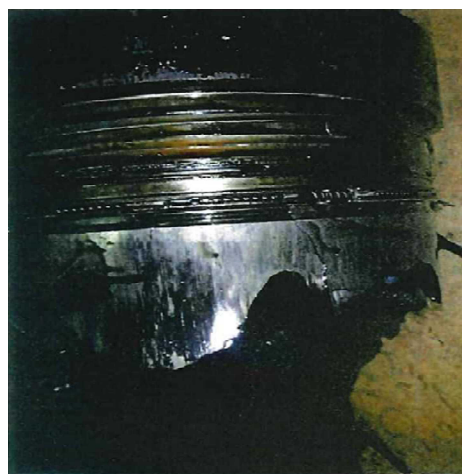


写真2 ピストンスカートの割れ



写真3 ライナ内面の損傷

## 2.4 乗組員に関する情報

### (1) 性別、年齢、海技免状等

① 船長 男性 55歳

四級海技士（航海）

免許年月日 平成7年1月26日

免状交付年月日 令和元年7月3日

免状有効期間満了日 令和6年7月10日

② 機関長 男性 69歳

三級海技士（機関）

免許年月日 昭和55年11月26日

免状交付年月日 平成30年12月17日

免状有効期間満了日 令和6年4月6日

(2) 主な乗船履歴等

機関長及びA社担当者の口述によれば、次のとおりであった。

① 船長

船長は、船舶所有会社（芙蓉物流株式会社、以下「B社」という。）に令和2年3月ごろ入社し、船長として乗船していた。

B社に入社する前は、他社が管理する船舶で船長として約10年の経歴を有していた。

本インシデント時、健康状態は良好であった。

② 機関長

機関長は、本船の機関長として約10年の経歴を有しており、本船で機関長になる前は、他の船舶で機関長として約30年の経歴を有していた。

本インシデント時、健康状態は良好であった。

2.5 船舶等に関する情報

2.5.1 船舶の主要目

船舶番号	137043
船籍港	鹿児島県鹿児島市
船舶所有者	B社
船舶管理会社	A社
運航会社	南日本汽船株式会社（鹿児島荷役海陸運輸株式会社（以下「C社」という。））
総トン数	498トン
航行区域	近海区域
L×B×D	72.04m×12.50m×6.75m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関1基
出力	1,471kW
推進器	4翼固定ピッチプロペラ1個
進水年月日	平成14年12月3日

（写真4 本船、付図2 一般配置図 参照）



写真4 本船

#### 2.5.2 船舶に関するその他の情報

本船は、船尾船橋二層甲板型の貨物船で、機関室が船橋の下部に配置されており、本インシデント時の喫水が、船首約2.40m、船尾約4.25mであった。

#### 2.5.3 主機等に関する情報

##### (1) 主機の配置

主機は、2層の甲板から構成される機関室の最下層の甲板に設置されていた。

##### (2) 主機に関する情報

機関長及び主機製造会社（以下「D社」という。）担当者の口述並びにD社主機説明書によれば、以下のとおりであった。

##### ① 主機

主機は、立型水冷直接噴射式4サイクル6シリンダのトランクピストン型ディーゼル機関で、C重油及びA重油を燃料油として使用することができ、本インシデント時、C重油を使用していた。（写真5参照）



写真5 主機

② 燃料油系統

主機の燃料油は、C重油及びA重油が使用されており、C重油が、C重油用燃料油タンクからC重油移送ポンプでC重油セッティングタンクへ移送された後、燃料油清浄機で遠心分離により清浄されてC重油サービスタンクへ一旦貯蔵され、一方、A重油が、A重油用燃料油タンクからA重油移送ポンプでA重油サービスタンクへ一旦貯蔵されていた。

C重油又はA重油は、それぞれのサービスタンクから1次こし器を通り、燃料油供給ポンプで加圧され、燃料油加熱器、自動逆洗式フィルタ、2次こし器を経て、主機の各シリンダの燃料噴射ポンプに供給されるようになっていた。

主機の燃料油は、通常航海中、C重油を使用しており、主機の停止前及び運転開始後、約1時間のみA重油に切り換えて使用していた。(図1参照)

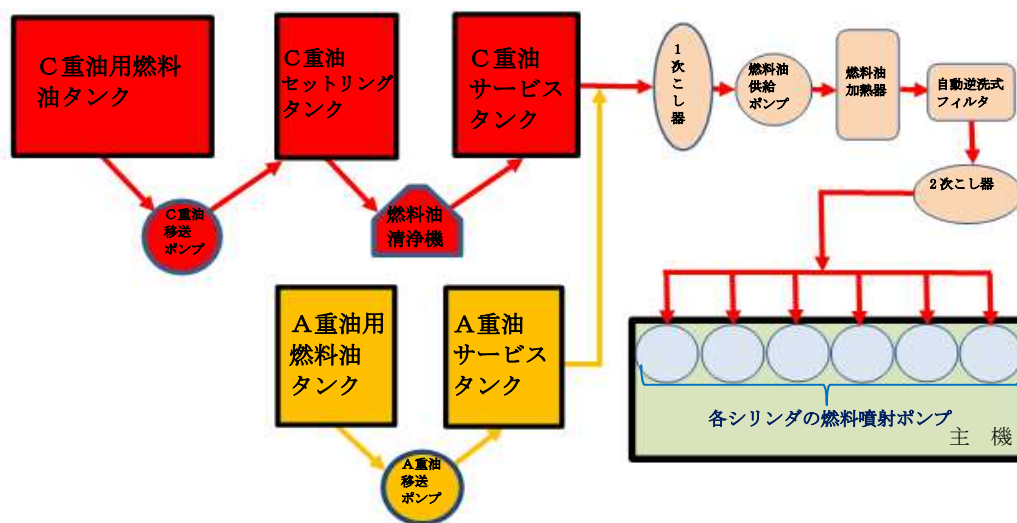


図1 燃料油系統図

### ③ 潤滑油系統

主機は、トランクピストン型ディーゼル機関であり、燃焼室とクランクケースが分離されておらず、潤滑油として、‘ピストンとライナの摺動面<sup>しゅうどうめん</sup>を潤滑するシリンダ用潤滑油と主軸受等の各駆動部及びピストン内部に供給されるシステム油とを兼用するトランクピストン型ディーゼル機関用潤滑油’（以下「トランクピストン油」という。）を使用していた。

潤滑油は、主機のクランクケース下部のオイルパンの下に設置されたサンプタンクから1次こし器を通して吸引する潤滑油ポンプによって加圧され、冷却器、2次こし器を経て、潤滑油入口主管に送られた後、各主軸受、各シリンダのクランクピン軸受、連接棒を通してピストン内部に供給されていた。

ピストン内部に供給された潤滑油は、オイルパンに流れ落ちた後、サンプタンクに集まり、再び循環して各部に供給されていた。

ピストンとライナの摺動面は、クランクピン軸受やピストン内部に供給されてオイルパンに流れ落ちる潤滑油が、クランク軸の回転によるはねかけによりライナ内面に供給され、ピストンの上下動により潤滑されるようになっていた。（図2参照）

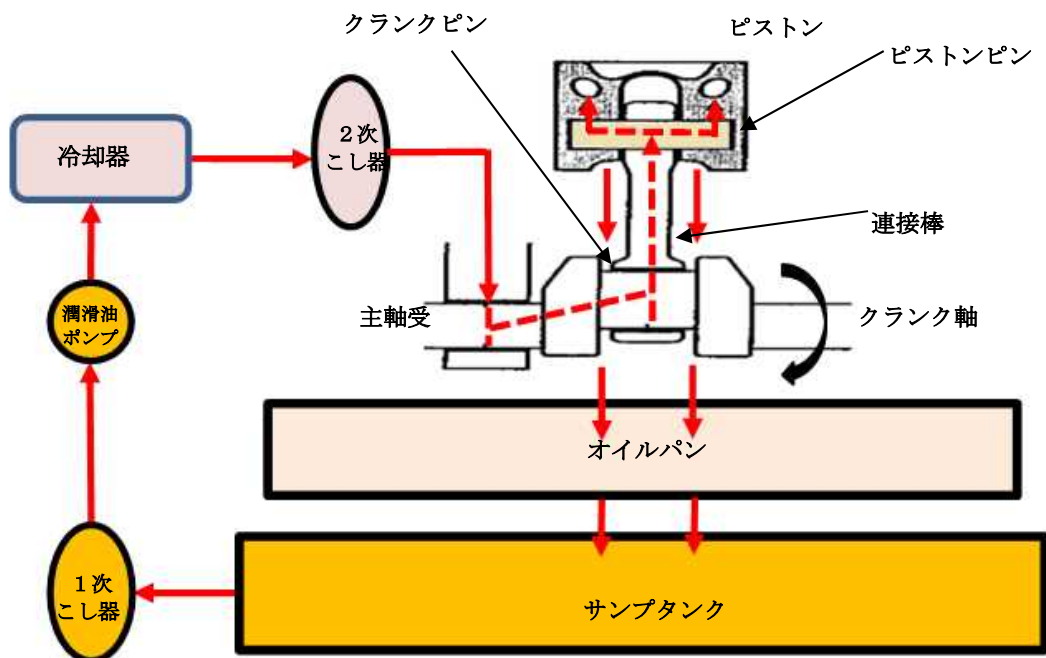


図2 潤滑油系統図

### ④ ピストン等に関する情報

ピストンは、<sup>ちゅうてつ</sup> 鋳鉄製の一体型であり、ピストンスカートの外周表面には

ライナとの摺動面において、潤滑性を持たせるため特殊コーティングが施されていた。

ピストンピンは、全浮動式であり、同ピンが抜けないように、前後方向にC型スナップリングをはめ込むことで保持されていた。

ピストンリングは、圧縮リング3本とオイルリング2本で構成され、ピストンに設けられたリング溝にはめ込まれていた。

ピストンリング及びリング溝の表面には、クロムメッキが施されていた。

(図3参照)

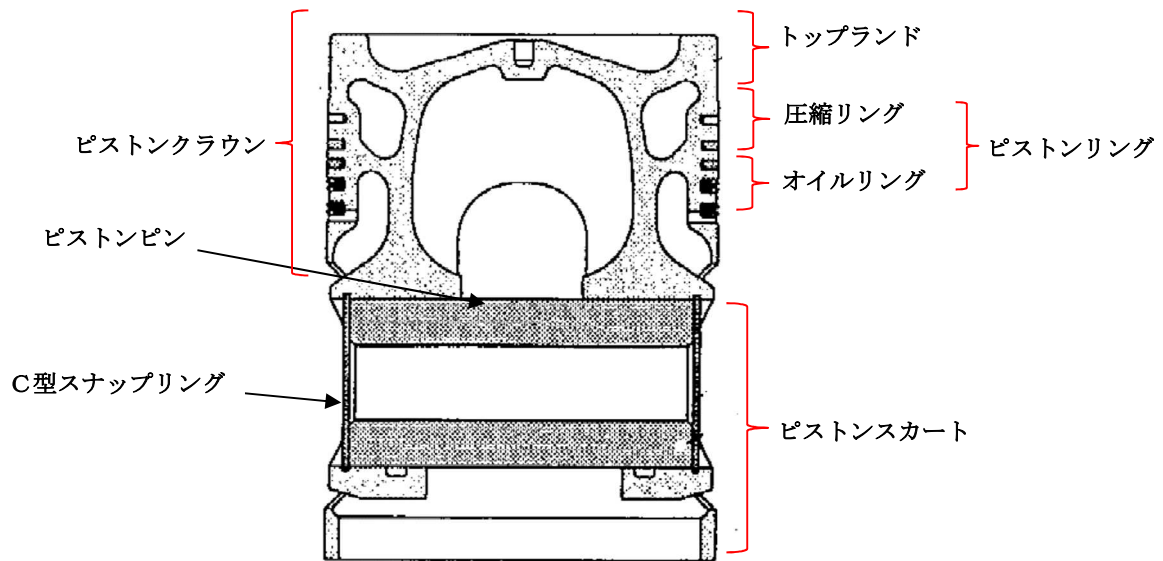


図3 ピストン

#### ⑤ ライナに関する情報

ライナは、耐摩耗性特殊鋳鉄製であり、内面には潤滑油を保持し、油膜を形成する目的でホーニング加工\*4による凹凸が施されている。

本インシデント時、5番シリンダのライナは、内面がボアポリッシュ\*5による摩耗で凹凸がなくなり鏡面状態となっていた。

ライナの上部内面には、カーボンスラッジの堆積防止と潤滑油の燃焼室への掻き揚げ防止の目的で炭素鋼製のプロテクトリングが装着されていた。

(図4参照)

\*4 「ホーニング加工」とは、砥石のついた工具を用いて、ライナの内面を研磨することをいう。

\*5 「ボアポリッシュ」とは、ピストンクラウンのトップランド側面に堆積した燃焼残渣物等がピストンの往復運動の度にライナ内面を研磨して鏡面状に摩耗することをいう。

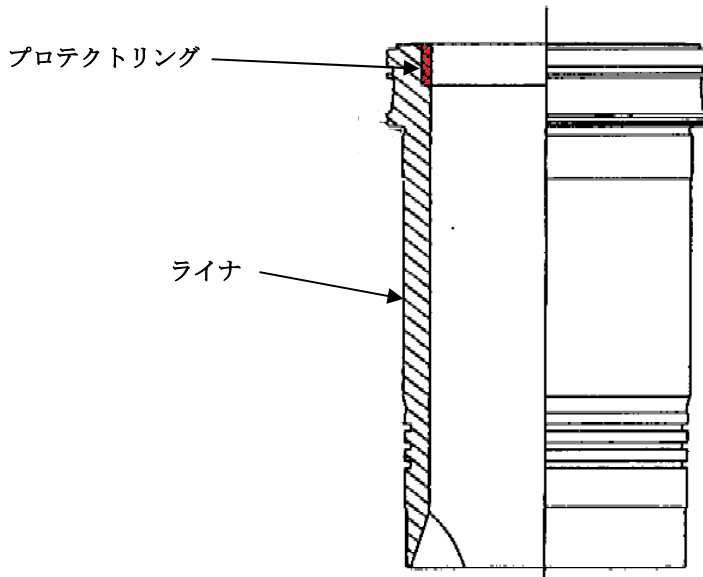


図4 ライナ

⑥ シリンダヘッド及び動弁装置に関する情報

シリンダヘッドは、鋳鉄製であり、4本のボルトでシリンダブロック上部に締め付けられ、ライナ及びピストンと共に燃焼室を形成していた。

吸気弁及び排気弁は、各2本の4弁方式であり、シリンダヘッドにおいて各弁の弁座が下部の燃焼室側に設けられ、弁案内に各弁の弁棒を下から貫通して上部で弁ばね、バルブローテータ及び2つ割れのバルブコッタが装着され、弁ばねの力によって弁座に各弁の弁傘の当たり面が押し付けられるようになっていた。

吸気弁及び排気弁は、カム軸に設けられた吸気カム及び排気カムの動きを、スウィングアーム、プッシュロッド、弁腕及び弁押しえティーを経て開閉されるようになっていた。(図5及び図6参照)

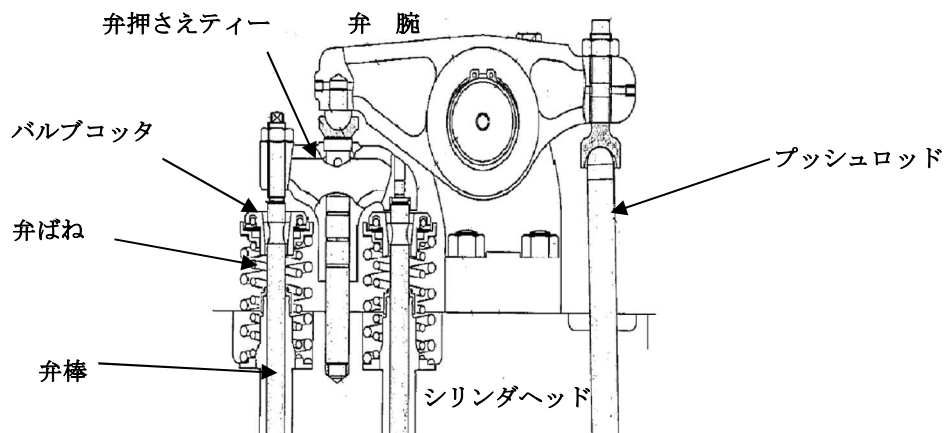


図5 動弁装置-1

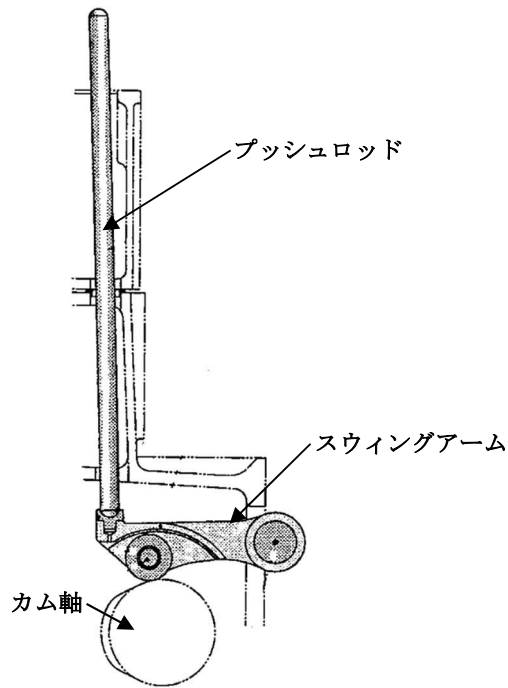


図6 動弁装置－2

## 2.6 機関室航海当直体制に関する情報

機関長及びA社担当者の口述によれば、本船は、通常航海中、機関長及び一等機関士の2人が6時間毎の機関室当直を行っており、本インシデント時、一等機関士が機関当直に当たっていた。

## 2.7 主機の燃料油に関する情報

### 2.7.1 本インシデント時に使用していた燃料油の状況

機関長及びC社担当者の口述によれば、本インシデント時に使用していた燃料油は、令和2年4月16日に那覇港及び18日に鹿児島港で補油した‘硫黄分濃度が0.5質量%以下である低硫黄C重油’（以下「LSC重油」という。）であり、両港で補油されたLSC重油の主な分析値は、次のとおりであった。

#### (1) 那覇港補油（10kℓ）

密度（15℃）	0.9119g/cm <sup>3</sup>
動粘度（50℃）	31.7mm <sup>2</sup> /s
水分	0.05容量%
硫黄分	0.40質量%
流動点	-15℃
引火点	90℃

#### (2) 鹿児島港補油（50kℓ）

密度（15℃）	0.9119g/cm <sup>3</sup>
---------	-------------------------

動粘度 (50℃)	31.7 mm <sup>2</sup> /s
水分	0.05 容量%
硫黄分	0.40 質量%
流動点	-15℃
引火点	90℃

## 2.7.2 本船のLSC重油使用開始時期に関する情報

C社担当者の口述によれば、本船は、2020年硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)規制適合船用燃料油であるLSC重油を主機の燃料油として供給を開始したのが、令和元年12月4日であり、以降は主機の燃料油としてLSC重油を使用していた。

主機は、令和元年12月3日以前、硫黄分濃度が3.5質量%以下のC重油を使用していた。

## 2.7.3 2020年硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)規制適合船用燃料油に関する情報

国際海事機関(IMO)において、船舶による大気汚染の防止を図る目的のマルポール条約(MARPOL条約)が2008年に改正され、船舶の排気ガス中の硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)を規制する目的で、2020年1月1日より燃料油に含まれる硫黄分濃度を3.5質量%以下から0.5質量%以下に引き下げられることとなっていた。

マルポール条約においては、大気汚染に関する規制について、内航船と外航船とで差を設けられていないので、令和2年1月1日以降、内航船においても硫黄分0.5質量%以下の燃料油を使用することが義務化されていた。(SO<sub>x</sub>スクラバの搭載により排気ガス中の硫黄酸化物を除去する場合は従来通り硫黄分濃度が3.5質量%以下の燃料油を使用することができる。)

本船は、SO<sub>x</sub>スクラバを搭載していなかったため、2020年硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)規制適合船用燃料油を使用していた。

## 2.8 主機の潤滑油に関する情報

### 2.8.1 本インシデント時に使用していた主機の潤滑油の状況

機関長及びC社担当者の口述によれば、本インシデント時本船の主機に使用していた潤滑油は、SAE粘度分類\*6が30で、塩基価(アルカリ価)が30mgKOH/gであるトランクピストン油であり、本インシデント以前から使用されていた。

潤滑油製造会社(以下「E社」という。)によれば、この潤滑油の仕様は、次のと

\*6 「SAE粘度分類」とは、米国自動車技術協会(Society of Automotive Engineers)が制定した油の粘度分類に基づく粘度表記をいう。

おりであった。

SAE粘度分類	30
密度(15℃)	0.905g/cm <sup>3</sup>
引火点	260℃
動粘度(40℃)	91.0mm <sup>2</sup> /s
動粘度(100℃)	10.9mm <sup>2</sup> /s
粘度指数	105
流動点	-15℃
塩基価(アルカリ価)	30mgKOH/g

## 2.8.2 本船の主機に使用されていた潤滑油の状況

機関長及びC社担当者によれば、本船の主機は、燃料油をLSC重油に変更した以降も、本インシデント時以前より使用していた潤滑油として、塩基価(アルカリ価)が30mgKOH/gであるトランクピストン油を継続して使用していた。

## 2.8.3 2020年硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)規制適合船用燃料油の使用に関する情報

国土交通省海事局は、主として内航船の船舶所有者、運航者、船員等の船舶関係者に向けて、2020年硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)規制適合船用燃料油に対する適切な対応を実施する参考として、‘2020年硫黄酸化物SO<sub>x</sub>規制適合船用燃料油使用手引書’(以下「使用手引書」という。)を平成31年3月29日に初版を、令和元年9月10日に第2版をそれぞれ発行していた。

この使用手引書第2版によれば、次のように記載されていた。

(潤滑油のアルカリ価(BN)が高い場合の影響)

燃料油中の硫黄分が低下すると、燃焼によって発生しシリンダ面に凝縮する硫酸の量が減ります。

HSC重油<sup>\*7</sup>を使用するディーゼルエンジンに使用されているトランクピストン油やシリンダ油などの潤滑油は、中和用のアルカリ添加剤を多く含んでいる(BNが高い)ので、LSC重油使用に際して適切な潤滑油に交換しなければ、アルカリ添加剤が余剰となり、硬質のカルシウム分が析出し、ピストンリングランド部に堆積することがあります。これが堆積したまま長時間運転すると、ボアポリッシュなどによりシリンダライナに潤滑油を保持できなくなり、最悪の場合、潤滑不良によりピストンリングやシリンダライナが異常摩耗する可能性があります。

---

\*7 「HSC重油」とは、硫黄分濃度が3.5質量%以下のC重油をいう。

#### 2.8.4 潤滑油の成分に関する情報

E社担当者の口述によれば、次のとおりであった。

E社は、SAE粘度分類が30であるトランクピストン油を、塩基価（アルカリ価）別に40mgKOH/g、30mgKOH/g、20mgKOH/g及び13mgKOH/gの4種類製造しており、40mgKOH/g及び30mgKOH/gのトランクピストン油を高塩基価（高アルカリ価）トランクピストン油、20mgKOH/g及び13mgKOH/gのトランクピストン油を中塩基価（中アルカリ価）トランクピストン油として位置付けていた。

潤滑油は、原油を蒸留精製して製造される基油（ベースオイル）と呼ばれる鉱物油に各種添加剤を加えることで成り立っており、4種類のトランクピストン油は、基油（ベースオイル）及び添加剤の種類は同じであり、添加剤の量が異なっているだけなので、混合安定性\*8については問題がなかった。

潤滑油の塩基価（アルカリ価）の高低を決めるのは、添加剤のうち清浄剤として添加されているカルシウムを主体とする金属系清浄剤の量である。

#### 2.8.5 潤滑油における余剰な塩基価（アルカリ価）の弊害に関する情報

D社及びE社担当者の口述によれば、次のとおりであった。

本船の主機に使用されている潤滑油は、トランクピストン油であり、ピストンとライナの摺動面において、潤滑し焼付きを防止すると同時に燃料油の硫黄分から生成する硫酸によるライナ及びピストンリングの硫酸腐食を防止する酸中和の役割が求められている。

酸中和の力は、カルシウム主体の金属系清浄剤が担っており、金属系清浄剤の量によって決まる塩基価（アルカリ価）がその能力を示す指標となる。（図7参照）

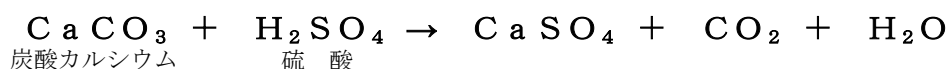


図7 金属系清浄剤による酸中和反応

主機が、従来の硫黄分濃度が3.5質量%以下のC重油から硫黄分濃度が0.5質量%以下のLSC重油を使用するようになると、燃料油の硫黄分から生成する硫酸の量は減少するので、同じ塩基価（アルカリ価）の潤滑油を使用すれば、余剰な金属系清浄剤からカルシウムがピストンクラウンのトップランドやリング溝に堆積して硬化し、ライナ内面がボアポリッシュによる摩耗でホーニング加工による凹凸がなくなり鏡面状態となる。

主機のライナ内面が鏡面状態となると、潤滑油の油膜が十分保持されなくなり、

\*8 「混合安定性」とは、異種油を混合して変質、スラッジの生成などが起こらない性質をいう。

ピストンとライナの摺動部にスカフィング\*9が発生する。

## 2.8.6 主機の潤滑油管理に関する情報

機関長の口述によれば、次のとおりであった。

機関長は、主機の潤滑油をサンプタンクに約3,000ℓ入れておき、航海中の見回りでサンプタンクの潤滑油の量をゲージで計測し、計測値が最初の量から約100ℓ減っている場合に新しい潤滑油を、潤滑油貯蔵タンクから約100ℓ補充する方法でサンプタンクにおける潤滑油の量を維持していた。

本船は、新しい潤滑油のサンプタンクへの補充を3～4日航海する毎に行っていた。

主機の潤滑油は、サンプタンクから潤滑油清浄機付ポンプによって汲み上げられ、遠心分離型の潤滑油清浄機に送られ、ゴミ、スラッジ及び水を除去した後、再びサンプタンクに戻される側流清浄方式によって清浄されていた。

本船は、主機の潤滑油を約2年毎に新替えしていた。

本船は、主機の潤滑油について、定期的にサンプルを採取し、陸上の分析機関における性状分析を実施していなかった。

本船の潤滑油は、機関長がC社に必要量を連絡し、C社を通じてサプライヤーに発注され、補油されていた。

機関長は、使用手引書、LSC重油使用に関するD社及びE社の技術情報について存在を知らず、見たことがなかったため、主機の燃料油としてLSC重油が供給された以降も主機の潤滑油として塩基価（アルカリ価）が30mgKOH/gであるトランクピストン油を発注し、使用していた。

## 2.9 本インシデント前の主機の状態に関する情報

### 2.9.1 主機の運転履歴

運転記録によれば、主機は、総運転時間が約92,000時間であった。

### 2.9.2 主機の稼働時間

機関長の口述によれば、本船の主機の1か月の稼働時間は約500時間であった。

### 2.9.3 入渠履歴

---

\*9 「スカフィング」とは、摺動部において油膜が破壊され、金属同士が接触する癒着と剝離による損傷をいう。

機関長の口述によれば、本船は、令和元年6月に造船所に入渠したが、主機についてピストン抜き工事を実施しなかった。

## 2.10 気象及び海象に関する情報

### 2.10.1 気象観測値

本インシデント発生現場の南西方約35.7kmに位置する伊是名<sup>いぜな</sup>地域気象観測所における観測値は、次のとおりであった。

17時00分 天気 曇り、風向 南、風速 2.7m/s、気温 23.0℃

### 2.10.2 乗組員等の観測

航海日誌によれば、本インシデント発生現場付近における本インシデント時の天気は曇り、風向は南、風力は4であった。

## 3 分析

### 3.1 インシデント発生の状況

#### 3.1.1 インシデント発生に至る経過

2.1から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、令和2年4月18日15時10分ごろ沖縄県那覇港に向けて鹿児島県鹿児島市鹿児島港を出港したものと推定される。
- (2) 機関長は、19日17時00分ごろ本船が伊平屋島北東方沖を南西進中、機関室からカン、カン、カンという連続した金属音を聞き、続いて、船橋にて航海当直に当たっていた航海士Aから主機の回転数が低下しているとの連絡を受け、機関室で主機が異音を発して回転数が低下していることを認めたものと考えられる。
- (3) 機関長は、主機に異常が発生したと思い、使用している燃料油をC重油からA重油に切り替えた後、主機操縦スタンドの操縦ハンドルを操作して主機を停止したものと考えられる。
- (4) 機関長は、主機を停止して点検を行ったところ、5番シリンダの安全弁が開いていることを認め、5番シリンダのシリンダヘッドカバーを取り外してシリンダヘッドを確認したところ、吸気弁側及び排気弁側のプッシュロッドが曲損していることを認めたものと考えられる。
- (5) 機関長は、主機を運転できないので航行不能と判断し、本船のえい航をA社へ依頼するように船長へ進言したものと考えられる。

(6) 本船は、船長が航行不能な状況をA社へ連絡してA社からタグボート会社にタグボートを依頼し、20日15時20分ごろ来援したタグボートにえい航され、21日09時40分ごろ那覇港に入港したものと推定される。

### 3.1.2 インシデント発生日時及び場所

2.1から、本インシデントの発生日時は、令和2年4月19日17時00分ごろであり、発生場所は、伊平屋島灯台から真方位056°10.3M付近であったものと考えられる。

### 3.1.3 死傷者等の状況

2.2から、乗組員に死傷者はいなかったものと推定される。

### 3.1.4 主機の破損等の状況

2.1、2.3及び3.1.1(4)から、本船は、主機の5番シリンダにおいて、以下の破損等が発生したものと考えられる。

- (1) ピストンクラウンのトップランドが、ライナ上部の内周に装着されたプロテクトリングと固着していた。
- (2) ピストン頂部に吸気弁及び排気弁のバルブスタンプによる打痕が認められた。
- (3) ピストンスカートが、ピストンピンを起点として割れて破損していた。
- (4) ライナが、内面に4か所の縦傷を生じ、また破損したピストンスカートの破片による無数の傷が生じていた。
- (5) シリンダヘッドにおいて、吸気弁側及び排気弁側のプッシュロッド並びに吸気弁及び排気弁の弁棒が曲損し、排気弁のバルブコッタが脱落していた。

## 3.2 インシデント要因の解析

### 3.2.1 乗組員の状況

2.4から、次のとおりであった。

船長及び機関長は、適法で有効な海技免状を有していた。

船長及び機関長は、本インシデント当時、健康状態は良好であったものと考えられる。

### 3.2.2 気象及び海象の状況

2.10から、本インシデント当時の天気は曇り、南の風、風速約2.7m/s、気温が約23.0℃であったものと考えられる。

### 3.2.3 主機の5番シリンダにおいて吸気弁側及び排気弁側のプッシュロッド曲損に関する解析

2.3及び2.5.3から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) ライナの内面が、ボアポリッシュによる摩耗でホーニング加工による凹凸がなくなって鏡面状態となり、潤滑油の油膜が十分保持されなくなった。
- (2) ライナとピストンが摺動面において油膜不足からスカフィングを発生し、油膜が最も薄くなる上死点付近でライナ上部内面に装着されたプロテクトリングとピストンクラウンのトップランドとが固着した。
- (3) プロテクトリングとピストンクラウンのトップランドが上死点付近で固着しているため、吸気弁及び排気弁が、開閉によりピストン頂部に接触してバルブスタンプを発生した。
- (4) バルブスタンプにより吸気弁及び排気弁の弁棒並びに吸気弁側及び排気弁側のプッシュロッドが曲損し、排気弁のバルブコッタが脱落した。

### 3.2.4 主機で使用していた燃料油及び潤滑油とライナへの影響に関する解析

2.5.3、2.7及び2.8から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、本インシデント発生時まで主機の潤滑油として塩基価（アルカリ価）が30mgKOH/gの潤滑油を使用していたものと考えられる。
- (2) 本船は、令和元年12月4日より、主機の燃料油として硫黄分濃度が0.5質量%以下のLSC重油を使用していたものと考えられる。
- (3) 本船は、主機が燃料油としてLSC重油を使用する状況下、潤滑油を硫黄分濃度が3.5質量%以下のHSC重油で運転時から使用していた塩基価（アルカリ価）が30mgKOH/gの潤滑油を継続して使用していたものと考えられる。
- (4) 本船は、主機がLSC重油を燃料油として運転する状況下、塩基価（アルカリ価）の高い潤滑油を使用し続けたことで、潤滑油に含まれる余剰な金属系清浄剤から生じた硬質のカルシウムがピストンクラウンのトップランドやリング溝に堆積して析出し、ボアポリッシュによる摩耗によってライナ内面を鏡面状態にした可能性があると考えられる。

### 3.2.5 機関長のLSC重油使用に関する使用手引書及び技術情報の認識に関する解析

2.8.6から、A社は、機関長がLSC重油使用に関する使用手引書及び技術情報を知らなかったことから、主機の燃料油としてHSC重油からLSC重油に変更する前、機関長に対し、これらの情報提供を適切に行っていなかった可能性がある

考えられる。

### 3.2.6 インシデント発生に関する解析

3.1.1、3.1.4 及び 3.2.3～3.2.5 から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、本インシデント発生時まで主機の潤滑油として塩基価（アルカリ価）30mgKOH/g の潤滑油を使用していたものと考えられる。
- (2) 本船は、令和元年12月4日より、主機の燃料油として硫黄分濃度が0.5質量%以下のLSC重油を使用していたものと考えられる。
- (3) 本船は、主機の燃料油としてLSC重油を使用していたところ、潤滑油の余剰な金属系清浄剤から生じた硬質のカルシウムがピストンのトップランドやリング溝に堆積して析出し、ボアポリッシュによる摩耗によってライナ内面を鏡面状態にした可能性があると考えられる。
- (4) 本船は、主機の燃料油をHSC重油からLSC重油に変更した際、潤滑油について従来の高塩基価潤滑油を使用し続け、ライナ内面が鏡面状態になったことから、十分な油膜が保持できなくなり、5番シリンダでスカフィングが発生し、プロテクトリングとピストンクラウンのトップランドが固着したものと考えられる。
- (5) 本船は、主機の5番シリンダにおいて、プロテクトリングとピストンクラウンのトップランドが固着した状況下、ピストンがクランク軸の回転によって接続棒で下へ引っ張られ、ピストンスカートがピストンピンを起点として割れて破損したものと考えられる。
- (6) 本船は、主機の5番シリンダにおいて、破損したピストンスカートがクランク軸の回転によってライナ内で振れ回ってライナに損傷を与え、破片がクランク室下部のオイルパンに落下したものと考えられる。
- (7) 本船は、主機の5番シリンダにおいて、プロテクトリングとピストンクラウンのトップランドとが上死点付近で固着したことから、吸気弁及び排気弁が開閉によりピストン頂部に接触してバルブスタンプを発生したものと考えられる。
- (8) 本船は、主機の5番シリンダにおいて、バルブスタンプにより吸気弁及び排気弁の弁棒並びに吸気弁側及び排気弁側のプッシュロッドが曲損し、排気弁のバルブコッタが脱落したものと考えられる。
- (9) A社は、機関長がLSC重油使用に関する使用手引書及び技術情報を知らなかったことから、主機の燃料油としてHSC重油からLSC重油に変更する前に機関長に対し、これらの情報提供を適切に行っていなかった可能性があると考えられる。

## 4 原因

本インシデントは、本船が、主機の燃料油をHSC重油からLSC重油に変更した際、潤滑油について従来の高塩基価潤滑油を使用し続けたため、ライナ内面が鏡面状態になって十分な油膜が保持できなくなり、5番シリンダでスカフィングが発生し、プロテクトリングとピストンクラウンのトップランドが固着して主機駆動部が破損に至り、運転ができなくなったことにより発生したものと考えられる。

ライナ内面が鏡面状態になったのは、ピストンクラウンのトップランドやリング溝に硬質のカルシウムが堆積して析出し、ボアポリッシュによる摩耗をしたことによる可能性があると考えられる。

本船が従来の高塩基価潤滑油を使用し続けたのは、A社が、機関長に対し、LSC重油使用に関する使用手引書及び技術情報について適切に情報提供を行っておらず、機関長がこれらの情報を知らなかったことによる可能性があると考えられる。

## 5 再発防止策

本インシデントは、本船が、主機の燃料油をHSC重油からLSC重油に変更した際、潤滑油について従来の高塩基価潤滑油を使用し続けたため、ライナ内面が鏡面状態になって十分な油膜が保持できなくなり、5番シリンダでスカフィングが発生し、プロテクトリングとピストンクラウンのトップランドが固着して主機駆動部が破損に至り、運転ができなくなったことにより発生したものと考えられる。

ライナ内面が鏡面状態になったのは、ピストンクラウンのトップランドやリング溝に硬質のカルシウムが堆積して析出し、ボアポリッシュによる摩耗をしたことによる可能性があると考えられる。

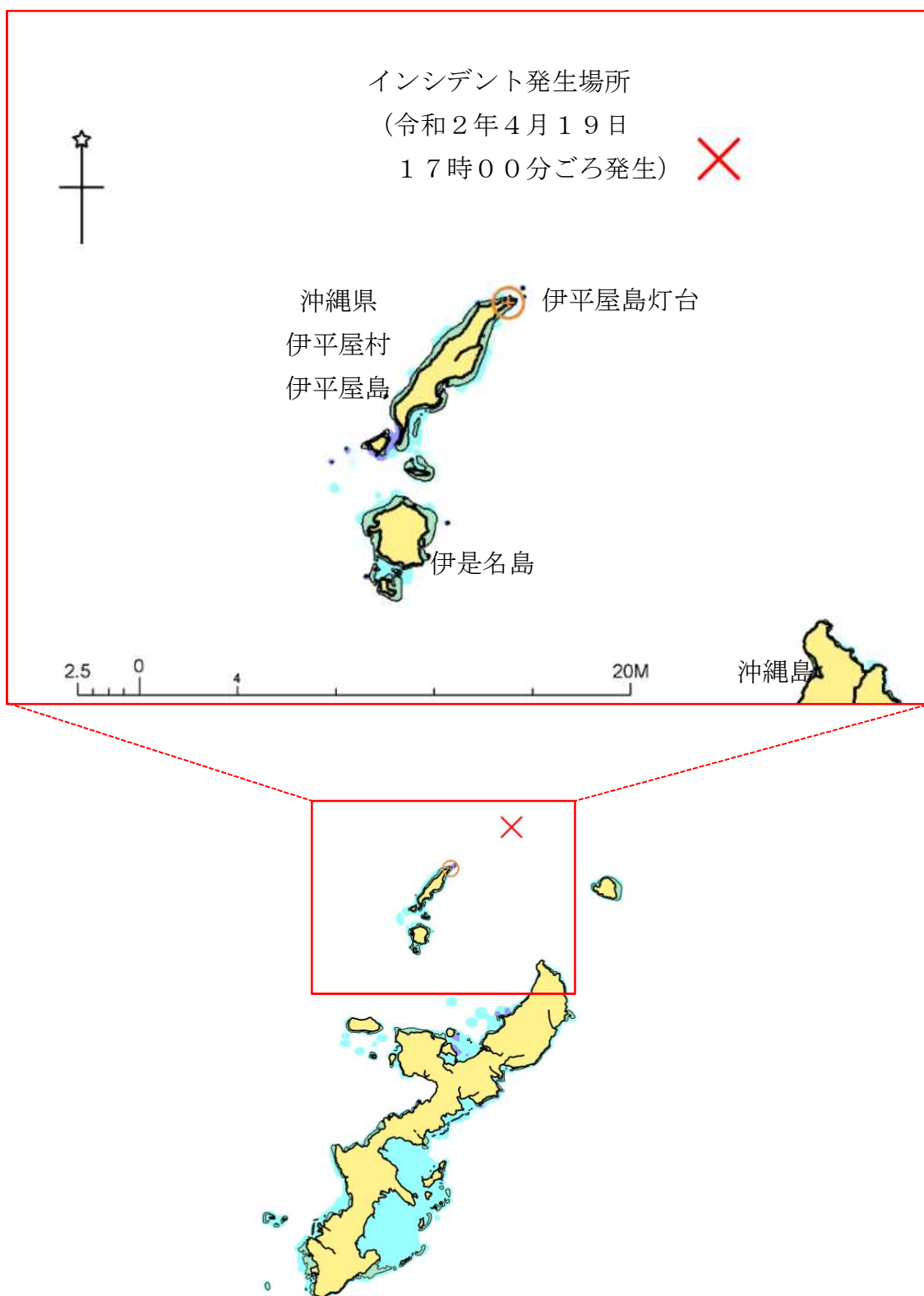
本船が従来の高塩基価潤滑油を使用し続けたのは、A社が、機関長に対し、LSC重油使用に関する使用手引書及び技術情報について適切に情報提供を行っておらず、機関長がこれらの情報を知らなかったことによる可能性があると考えられる。

したがって、次の再発防止策を講じる必要があると考えられる。

- (1) 機関長及び船舶管理会社は、主機で使用する燃料油をLSC重油に変更したことに合わせて、使用する潤滑油を塩基価（アルカリ価）の低い適切な潤滑油に交換して、余剰な金属系清浄剤から硬質のカルシウムが生じないようにすること。

- (2) 機関長及び船舶管理会社は、使用している主機の潤滑油について、定期的な性状分析を実施し、主機の状態を正確に把握するようにすること。
- (3) 船舶管理会社は、担当者が定期的に訪船等し、本船の運航に関わる最新の技術情報等を遅滞なく乗組員に伝え、その情報に基づいて対応されていることを確認すること。

付図1 インシデント発生場所概略図



付図2 一般配置図

