

船舶事故調査報告書

船種船名 油タンカー 聖幸丸

船舶番号 132787

総トン数 998トン

事故種類 爆発

発生日時 平成26年5月29日 09時20分ごろ

発生場所 兵庫県姫路市姫路港南方沖

広畑東防波堤灯台から真方位162° 2.1海里付近

(概位 北緯34° 43.8' 東経134° 38.5')

平成27年11月26日

運輸安全委員会(海事部会)議決

委員長 後藤昇弘

委員 庄司邦昭(部会長)

委員 小須田敏

委員 石川敏行

委員 根本美奈

要旨

<概要>

油タンカー^{しょうこう}聖幸丸は、船長ほか7人が乗り組み、兵庫県姫路市姫路港南方沖で錨泊して整備作業中、平成26年5月29日09時20分ごろ、貨物油タンクが爆発し、炎上した。

聖幸丸は、船長が死亡し、乗組員4人が熱傷等の重傷を負い、貨物油タンク、上甲板、船首部等に破損及び焼損を生じ、18時59分ごろ沈没した。

<原因>

本事故は、聖幸丸が、揚げ荷をした後、姫路港南方沖において錨泊中、甲板上でガストーチバーナ等を使用して固着していたオイルタイトハッチ及びエアーハッチの各

ハッチカバーの蝶形締付金物を焼くなどして動くようにするための作業、電動式ディスクグラインダ、電動式多針たがね等を使用したさび落とし作業及びさびを落とした箇所の塗装作業を行った際、船長が使用していたガストーチバーナの火炎が、爆発範囲内の可燃性混合ガスに着火したため、爆発したことにより発生したものと考えられる。

船長が使用していたガストーチバーナの火炎が、爆発範囲内の可燃性混合ガスに着火したのは、次の要因が複合して生じたことによる可能性があると考えられる。

- (1) 船長及び一等航海士が、ベトナム社会主義共和国を産油地とするチムサオ原油と称する原油を揚げ荷してから本事故時までの間ガスフリー作業を行わず、貨物油タンク内で爆発範囲内の可燃性混合ガスが形成されていたこと
- (2) オイルタイトハッチ及びエアーハッチの各ハッチカバーが開放された状態であったこと
- (3) 船長がオイルタイトハッチ及びエアーハッチ付近でガストーチバーナ等を使用して固着していたオイルタイトハッチ及びエアーハッチの各ハッチカバーの蝶形締付金物を焼くなどして動くようにするための作業を行ったこと

また、船長及び一等航海士が、ガストーチバーナ等を使用して固着していたオイルタイトハッチ及びエアーハッチの各ハッチカバーの蝶形締付金物を焼くなどして動くようにするための作業、電動式ディスクグラインダ、電動式多針たがね等を使用したさび落とし作業及びさびを落とした箇所の塗装作業を行うに当たり、作業場所及びその周辺のガス検知作業を行わなかったことは、本事故の発生に関与した可能性があると考えられる。

こうした複数要因の背景には、聖幸丸において、タンカーの船上で高熱作業を行う際の安全に対する意識が十分でなかった可能性があると考えられる。

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

油タンカー^{しょうこう} 聖幸丸は、船長ほか7人が乗り組み、兵庫県姫路市姫路港南方沖で錨泊して整備作業中、平成26年5月29日09時20分ごろ、貨物油タンクが爆発し、炎上した。

聖幸丸は、船長が死亡し、乗組員4人が熱傷等の重傷を負い、貨物油タンク、上甲板、船首部等に破損及び焼損を生じ、18時59分ごろ沈没した。

1.2 船舶事故調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成26年5月29日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか2人の船舶事故調査官を指名した。

1.2.2 調査の実施時期

平成26年5月29日、7月26日、30日、10月7日 現場調査

平成26年5月30日、31日、6月12日、25日、7月1日、31日、9月5日、10月8日、10日、平成27年2月16日、4月3日、13日、5月25日、6月3日、16日 口述聴取

平成26年7月16日、8月13日、9月16日、11月5日、20日、12月3日、平成27年2月17日、3月9日、4月10日、5月7日 回答書受領

1.2.3 調査の委託

本事故の調査に当たり、一般社団法人日本海事検定協会に対し、聖幸丸が本事故発生前に積載していた原油の成分に関する調査を委託した。

1.2.4 調査協力

国立大学法人横浜国立大学大学院環境情報研究院及び国立研究開発法人海上技術安全研究所の専門家から可燃性混合ガスの着火現象等について助言を得た。

1.2.5 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 事実情報

2.1 事故の経過

2.1.1 乗組員の口述等による事故の経過

本事故が発生し、救助に至るまでの経過は、聖幸丸（以下「本船」という。）の一等航海士（以下「本件一航士」という。）、甲板長、甲板員、機関長、一等機関士（以下「一機士」という。）、司厨長、本船の船舶所有者兼船舶管理会社である聖朋海運株式会社（以下「A社」という。）の管理責任者及び本船の乗組員4人を救助した漁船の船長の口述によれば、次のとおりであった。

(1) 姫路港に入港するまでの経過

本船は、船長（以下「本件船長」という。）ほか7人が乗り組み、1番から4番まで左右各舷の貨物油タンク（以下「タンク」という。）に合計約2,000klの‘ベトナム社会主義共和国を産油地とするチムサオ原油と称する原油’（以下「本件原油」という。）を積載し、平成26年5月22日18時00分ごろ兵庫県相生市相生港^{あいおい}に向けて広島県江田島市鹿川港^{えたじま かのかわ}を出港した。（写真2.1-1参照）



写真2.1-1 本船

本船は、23日13時20分ごろ相生港に入港し、全ての本件原油を揚げ荷して次の積荷に備え、16時10分ごろ姫路港に向けて相生港を出港し、タンク内に送風するために各タンク上部の甲板上に設けられた‘オイルタイトハッチ^{*1}及びエアハッチ^{*2}’（以下「ハッチ」という。）の各ハッチカバー

*1 「オイルタイトハッチ」とは、主として貨物油タンク内への人の出入りに使用されるハッチをいう。

*2 「エアハッチ」とは、液面から貨物油タンク頂板までの距離測定用のハッチをいう。近年は、エアハッチに通気管が接続されているものが多い。

(以下「ハッチカバー」という。)を全て開放したものの、ガスフリー^{*3}送風機を使用するガスフリー作業を行わなかった。

本船は、姫路港入港前に、ハッチカバー及び貨物油管系統の各弁を全て閉鎖し、通気管系統の自動呼吸弁^{*4}のバイパス弁を開放して常時通気することができる状態で、17時25分ごろ姫路港飾磨^{しかま}8号岸壁に着いた。

(2) 姫路港入港後から本事故発生に至るまでの経過

本船は、24日は休日とし、25日の朝から本件船長並びに‘本件一航士、甲板長、甲板手及び甲板員’（以下「甲板部乗組員4人」という。）が、甲板上で‘ガストーチバーナ（以下「バーナ」という。）等を使用して固着していたハッチカバーの蝶形締付金物を焼くなどして動くようにするための作業’（以下「本件バーナ作業」という。）及び‘電動式ディスクグラインダ、電動式多針たがね等’（以下「グラインダ等」という。）を使用したさび落とし作業を始め、昼ごろに作業を終えた。

本船は、26日は雨で本件バーナ作業を含む甲板上の作業を中止し、27日07時00分ごろ姫路港南方沖にシフトするために飾磨8号岸壁を離れ、07時30分ごろ錨泊した。

本船は、27日の昼ごろまで及び28日の午前中、甲板上で本件バーナ作業、‘グラインダ等を使用したさび落とし作業及びさびを落とした箇所の塗装作業’（以下「本件さび落とし作業」という。）を行った。

本件船長は、29日の朝、甲板部乗組員4人にそれぞれの作業内容を指示し、09時00分ごろから、本件船長が甲板上で本件バーナ作業を始め、本件一航士及び甲板手が左舷4番タンクのオイルタイトハッチから数m離れた左舷船尾側の甲板上で、甲板長及び甲板員が左舷3番タンクのオイルタイトハッチ及びエアーハッチから数m離れた左舷船首側付近の甲板上で、本件さび落とし作業をそれぞれ始めた。

本件一航士は、本件さび落とし作業中に、本件船長が左舷1番タンクのオイルタイトハッチ付近の甲板上で本件バーナ作業を行っているのを見掛けた。

本船は、本件船長が本件バーナ作業を、甲板部乗組員4人が本件さび落とし作業を行っていたところ、爆発し、炎上した。

司厨長は、ギャレーで昼食の準備を行っていたとき、数秒間隔で2回の爆

^{*3} 「ガスフリー」とは、タンク区画が有効なガス検知器で検査され、その時点で特定の作業目的に対し、可燃性ガスが十分に除去されている状態をいう。(出典 「国際オイルタンカーとターミナル安全指針(第2版)」、日本タンカー協会訳、同協会発行(昭和50年7月))

^{*4} 「自動呼吸弁」とは、貨物油タンク内外の気温差等によって生じるタンク内のガスを放出したり、あるいは外気を吸入したりして、タンク内の圧力を大気圧に調整するための弁をいう。

発音を聞き、船尾部にある居住区から外に出たところ、右舷4番タンクから火が出ているのを見た。また、機関室内で整備作業を行っていた機関長及び一機士は、数秒間隔で2回の爆発音を聞き、船尾甲板に出て船首方を見たところ、もうもうと上がる黒煙を見た。

(写真2.1-2～写真2.1-4、図2.1-1参照)

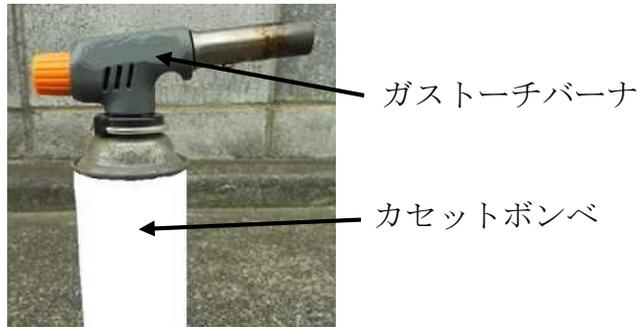


写真2.1-2 バーナ（本船使用の類似品）



写真2.1-3
電動式ディスクグラインダ
（本船使用の類似品）



写真2.1-4 電動式多針たがね
（本船使用の類似品）

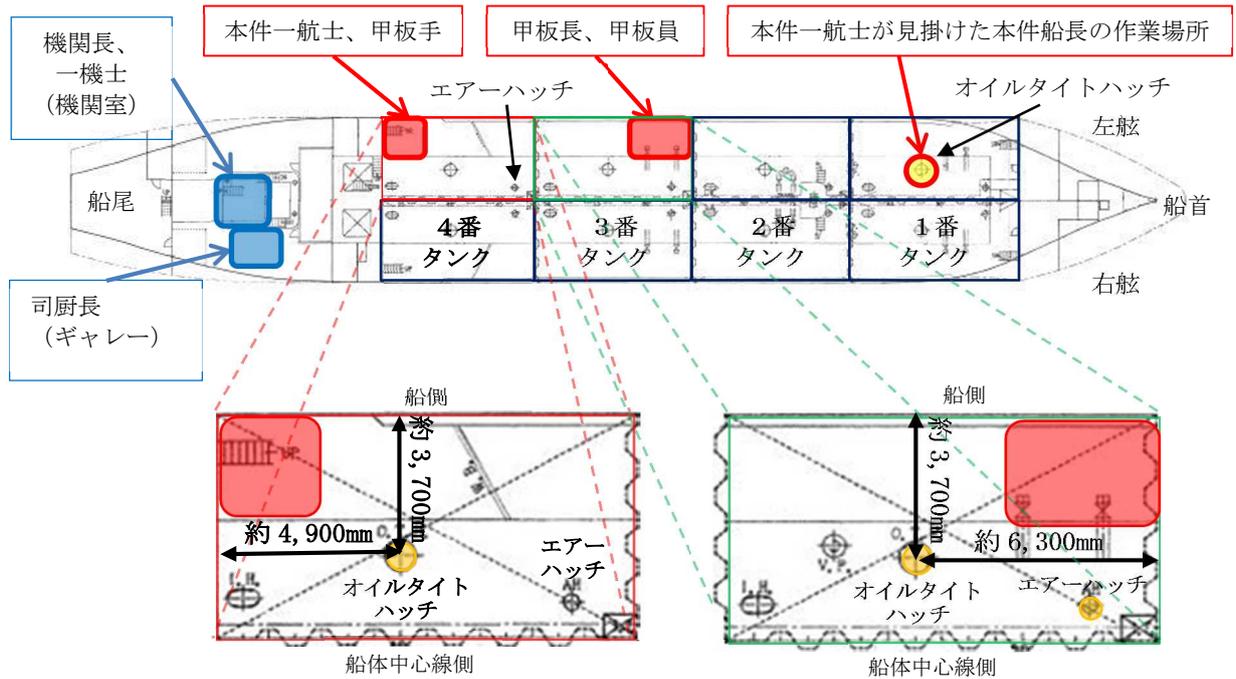


図 2.1-1 本事故当時の作業場所

(3) 本事故発生から救助までの経過

本件一航士及び甲板員は、爆風によって吹き飛ばされ、いずれも左舷方に落水した。

甲板手は背中が燃えている状態で、甲板長は全身が燃えている状態で、上甲板左舷側を通過して船尾甲板に避難し、司厨長は、清水をかけて二人の火を消した。

甲板長は、避難する間に、落水した本件一航士の救命浮環を求める声を聞き、一機士から受け取った救命浮環を海に投下した。本件一航士は、救命浮環を受け取り、付近にいた甲板員にもつかまらせた。

付近で操業中の漁船の船長は、09時20分ごろ爆発音を聞き、黒煙が上がっている本船を見て救助に向かい、本件一航士及び甲板員を海中から引き揚げ、さらに甲板長及び甲板手を本船から移乗させて姫路港に移送した。

甲板部乗組員4人は、救急車等で兵庫県内4か所の病院にそれぞれ搬送された。

機関長、一機士及び司厨長は、付近を航行中の貨物船の搭載艇に救助され、本事故現場に到着した巡視艇に移乗した。

本船は、海上保安庁の巡視艇及び姫路市消防局の消防艇が消火作業中、18時59分ごろ沈没した。

本件船長は、31日11時20分ごろA社が手配した本船の漏油調査中の

潜水士により右舷4番タンク内部で発見された後、死亡が確認された。

本船は、7月23日に引き揚げられ、その後、解体された。

本事故の発生日時は、平成26年5月29日09時20分ごろで、発生場所は、広畑東防波堤灯台から162°（真方位、以下同じ。）2.1海里（M）付近であった。（付図1 事故発生場所概略図 参照）

2.1.2 船舶自動識別装置による本船の船位等

民間会社が受信した本船の船舶自動識別装置（AIS）^{*5}の情報記録によれば、平成26年5月29日09時15分49秒～09時24分48秒の間における本船の船位等は、表2.1-1のとおりであった。

表2.1-1 AIS記録（抜粋）

時刻 (時:分:秒)	船位 [*]		対地針路 [*] (°)	船首方位 [*] (°)	対地速力 (ノット(kn))
	北緯 (° - ')	東経 (° - ')			
09:15:49	34-43.82118	134-38.47242	259.3	100	0.1
09:18:47	34-43.82178	134-38.47200	257.1	099	0.1
09:21:49	34-43.82280	134-38.47278	306.3	098	0.1
09:24:48	34-43.82262	134-38.47182	278.3	105	0.1

※ 船位は、船橋上方に設置されたGPSアンテナの位置であり、対地針路及び船首方位は真方位である。

2.2 人の死亡及び負傷に関する情報

2.2.1 死亡者

本件船長の死体検案書によれば、本件船長の死因は、脳挫滅^{ざめつ}であった。

2.2.2 負傷者

搬送された病院の回答書及び診断書並びに管理責任者、本件一航士及び甲板員の口述によれば、次のとおりであった。

(1) 本件一航士

^{*5} 「船舶自動識別装置（AIS: Automatic Identification System）」とは、船舶の識別符号、種類、船名、船位、針路、速力、目的地、航行状態等に関する情報を自動的に送受信し、船舶相互間、陸上局の航行援助施設等との間で情報を交換する装置をいう。

本件一航士は、顔面、頸部^{けい}等の熱傷^{*6}、気道熱傷^{*7}等の重傷を負い、約3か月の入院を要した。

(2) 甲板長

甲板長は、顔面、背部、臀部^{でん}等の熱傷及び気道熱傷の重傷を負い、約10か月半の入院を要した。

(3) 甲板手

甲板手は、顔面、背部等の熱傷の重傷を負い、約2か月の入院を要した。

(4) 甲板員

甲板員は、顔面等の熱傷、左大腿骨骨幹部開放骨折等の重傷を負い、約4か月半の入院を要した。

2.3 船舶の損傷等に関する情報

2.3.1 上甲板、タンク隔壁等の損傷状況

本船は、タンクの上甲板、トランク甲板（膨張トランク^{*8}上の甲板）、船首楼甲板、タンクの縦通隔壁、横置隔壁^{*9}、貨物油管等に破損、焼損等を生じた。

(図2.3-1、写真2.3-1、図2.3-2、図2.3-3参照)

^{*6} 「熱傷」とは、高温による生体の組織損傷（皮膚の損傷）をいう。(出典 「医学大辞典 第2版」、総編集：伊藤正男、井村裕夫、高久史磨、株式会社医学書院（平成22年5月発行）)

^{*7} 「気道熱傷」とは、火災や爆発の際に煙や有毒ガスを吸入することによって生じる呼吸器系の障害の総称をいう。(出典 「医学大辞典 第2版」、総編集：伊藤正男、井村裕夫、高久史磨、株式会社医学書院（平成22年5月発行）)

^{*8} 「膨張トランク」とは、温度上昇による貨物油の膨張やガソリンガスの発生に伴うタンク内圧力の上昇を緩和するためにタンクの上部に設けられた空間をいう。

^{*9} 「縦通隔壁、横置隔壁」とは、それぞれ船体内部を縦又は横方向に仕切る構造の壁であって、水密構造のものをいう。浸水等による損害を局部的に食い止め、船舶の安全を確保するとともに、船体の縦強度や横強度を保持する。また、縦通隔壁は、積載した液体の自由表面による復原性の減少を防ぐ役目を持つ。

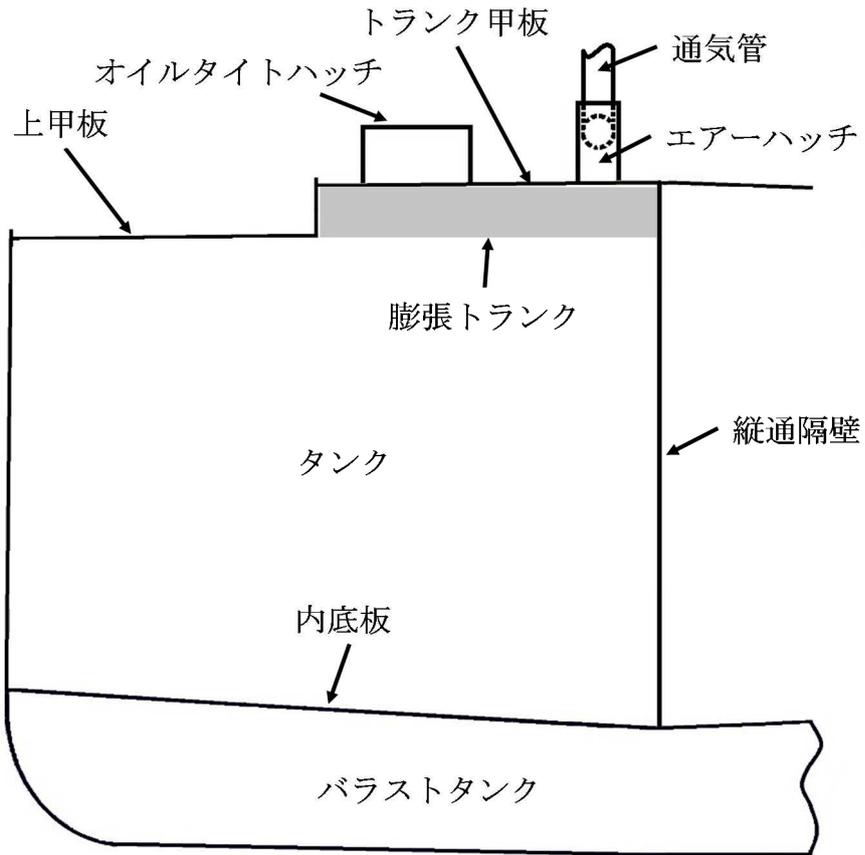


図 2. 3 - 1 上甲板等の配置



写真 2. 3 - 1 上甲板等の損傷状況

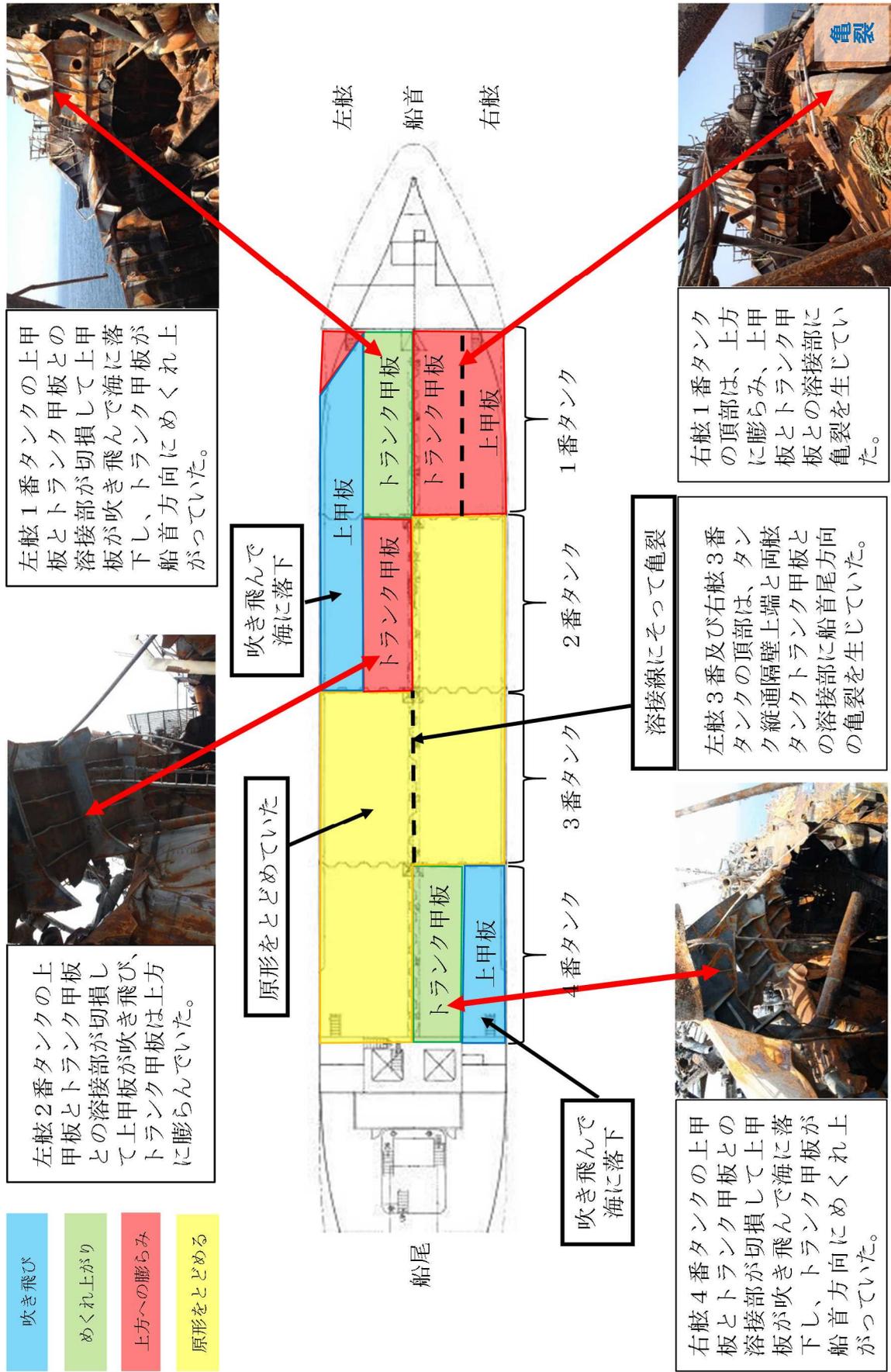


図 2.3-2 タンク部上甲板の損傷状況

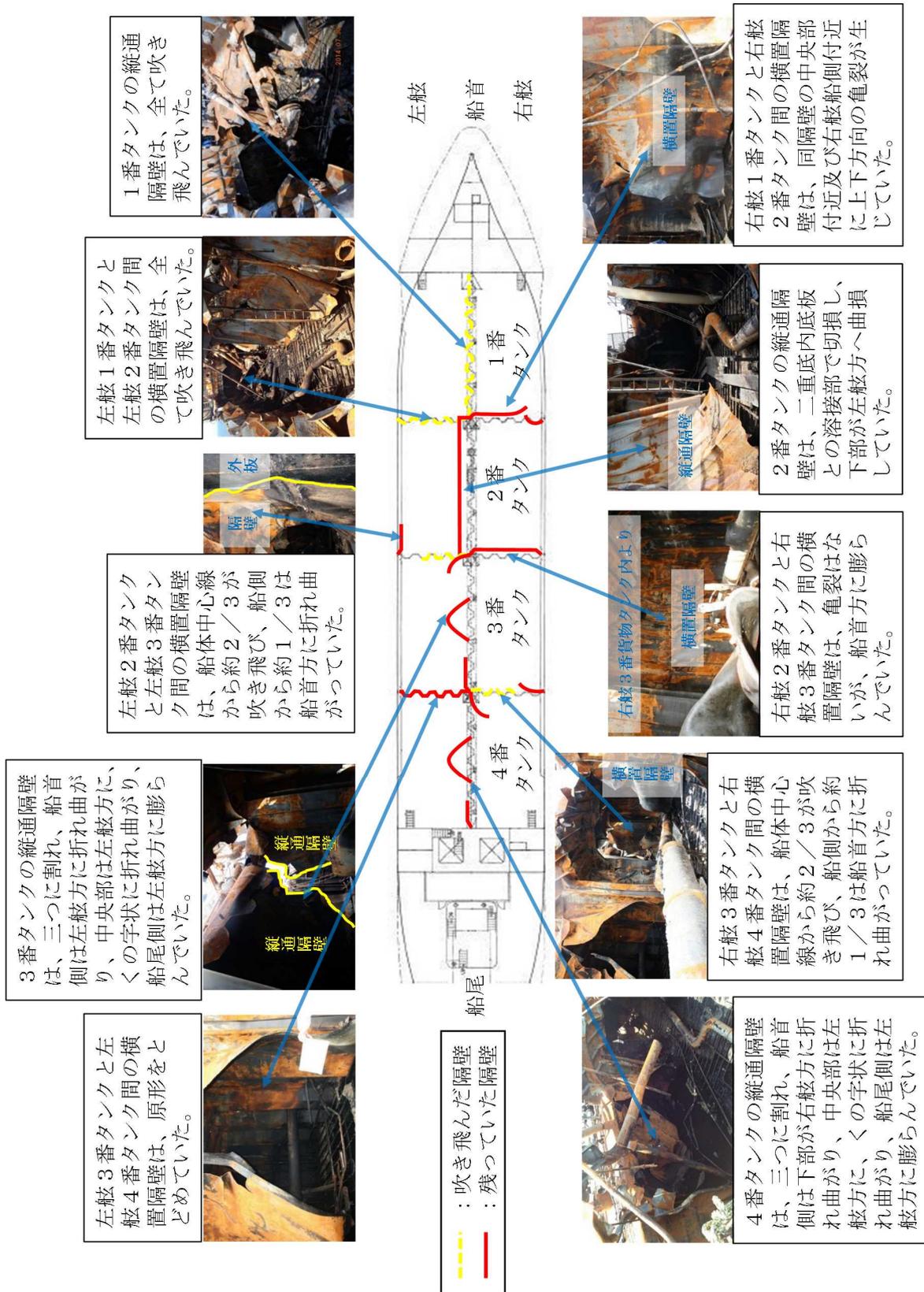


図 2.3-3 タンク隔壁の損傷状況

2.3.2 オイルタイトハッチカバーの状況

(1) オイルタイトハッチカバー

A社が所有する他の油タンカーに設置された類似のオイルタイトハッチカバーの状況は、次のとおりであった。

オイルタイトハッチカバーは、水平開閉式で、腕中央上部のハンドルにより、ハッチカバー開閉用のねじ棒を回してハッチカバーを持ち上げ、ハッチコーミングとハッチカバーの間に隙間が生じた状態で、回転軸を中心に水平面上で回転させて開ける仕組みとなっていた。また、ハッチコーミングとハッチカバーの間に隙間が生じたとき、ねじ棒は、上端がナットから長く突き出ており、ねじ棒とナットの位置関係からハッチカバーの開閉状況を確認することができた。(写真2.3-2参照)

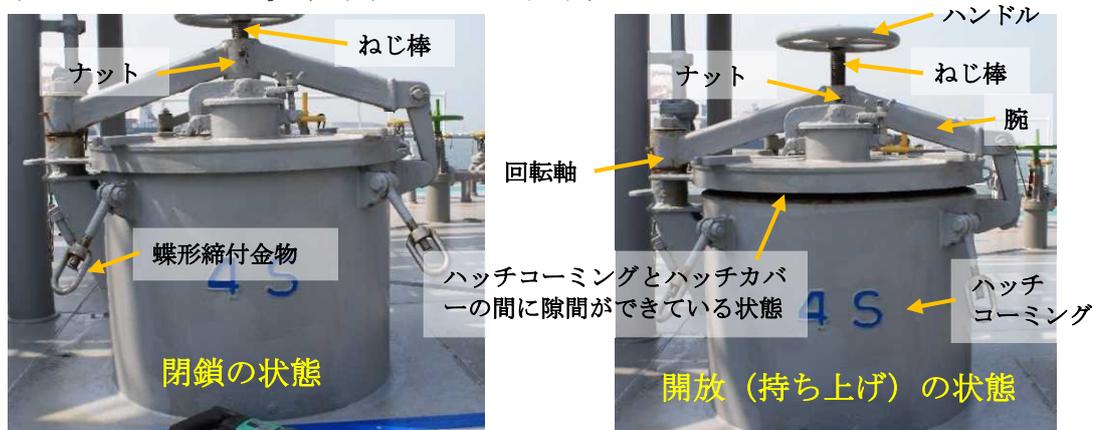


写真2.3-2 オイルタイトハッチカバーの開閉状態

(2) 本船のオイルタイトハッチカバーの開閉状況

全てのオイルタイトハッチカバーは、回転軸の基部の溶接部が切損し、吹き飛んでいたが、開閉状況を確認することができた2組のオイルタイトハッチは、次のとおりであった。

① 右舷2番タンクのオイルタイトハッチカバー

回転軸のハッチカバー側の切断面とハッチコーミング側の切断面を合わせたところ、ハッチカバーは、時計回りに約50°開放していた。(写真2.3-3参照)

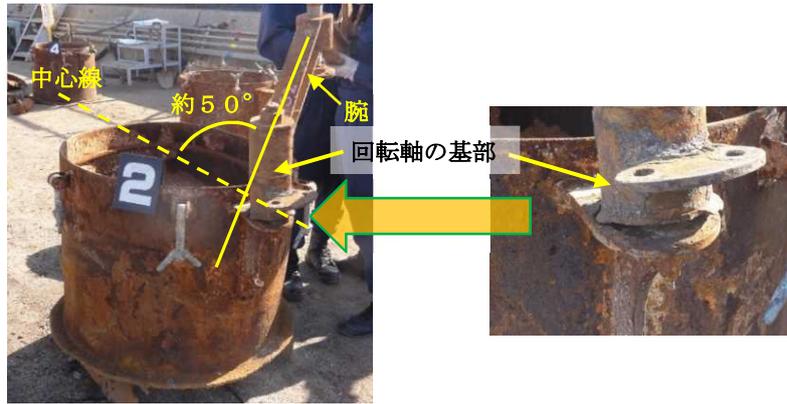


写真2.3-3 右舷2番タンクのオイルタイトハッチの状況

② 左舷4番タンクのオイルタイトハッチカバー

ねじ棒が、ハッチカバーを開放する方向へほぼ終端まで回転し、上端が、ナットから長く突き出した状態であった。(写真2.3-4参照)



写真2.3-4 左舷4番タンクオイルタイトハッチの状況

(3) 甲板上における本件さび落とし作業中の開閉状況

本件一航士及び管理責任者の口述によれば、本船は、ハッチ及びその周辺で本件さび落とし作業を行う際、ハッチカバーがこれらの作業の支障になったときには、作業しやすいようにハッチカバーをその都度開閉していた。

2.3.3 その他の損傷状況

貨物油管、通気管等は、1番及び4番タンク付近の上甲板上を中心に破損又は曲損を生じ、1番タンク内では原形をとどめないほど破損、曲損等を生じ、2番及び3番タンク内では一部が破断を生じ、4番タンク内ではほぼ原形をとどめていた。

2.4 乗組員等に関する情報

(1) 性別、年齢及び海技免状

① 本件船長 男性 64歳

四級海技士（航海）

免許年月日 昭和47年1月14日

免状交付年月日 平成25年5月9日

免状有効期間満了日 平成30年5月8日

② 本件一航士 男性 45歳

四級海技士（航海）

免許年月日 平成5年1月24日

免状交付年月日 平成25年12月12日

免状有効期間満了日 平成31年1月23日

③ 甲板長 男性 61歳

④ 甲板手 男性 65歳

⑤ 甲板員 男性 23歳

⑥ 管理責任者 男性 53歳

⑦ 安全統括管理者 男性 61歳

(2) 主な乗船履歴等

管理責任者、本件一航士、甲板長、甲板員及び本船の運航者である旭タンカー株式会社（以下「B社」という。）担当者の口述によれば、次のとおりであった。

① 本件船長

約30年間のタンカーの乗船経験を有し、平成15年10月にA社に入社してA社のタンカーに船長として乗り組むようになり、本船には平成25年12月から船長として乗り組んでいた。

本件船長が5月29日の朝にA社に送付した「運航・動静連絡書」には、船長を含め、乗組員8人の健康状態は良好である旨の記載があった。

② 本件一航士

約20年間のタンカーの乗船経験を有し、平成22年12月にA社に入社して本船に一等航海士として乗り組んでいた。

健康状態は良好であった。

③ 甲板長

約40年間の漁船の乗船経験を有し、平成20年2月にA社に入社してA社のタンカーに甲板手及び甲板長として乗り組むようになり、本船の乗船経験は約6か月であった。

健康状態は良好であった。

④ 甲板手

約20年間のタンカーの乗船経験を有し、平成26年5月13日に甲板手として本船に乗り組んだ。

健康状態は良好であった。

⑤ 甲板員

約2年半の漁船の乗船経験を有し、平成25年7月にA社に入社してA社のタンカーに甲板員として乗り組むようになり、本船の乗船経験は約4か月であった。

健康状態は良好であった。

⑥ 管理責任者

A社及び他社で機関部乗組員として合計約20年の乗船経験を有し、平成9年4月からA社の海務監督として陸上勤務となり、平成14年5月にA社が安全管理システムを導入する際、管理責任者を兼務するようになった。

⑦ 安全統括管理者

昭和53年11月にB社に入社し、安全管理部長等を経た後、平成23年4月に常務取締役就任し、平成25年4月に安全統括管理者を兼務するようになった。

2.5 船舶等に関する情報

2.5.1 船舶の主要目

船舶番号	132787
船籍港	広島県大崎上島町
船舶所有者	A社
船舶管理会社	A社
運航者	B社
船級	一般財団法人日本海事協会（以下「NK」という。）
総トン数	998トン
L×B×D	81.02m×11.80m×5.60m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関1基
出力	1,912kW
推進器	4翼可変ピッチプロペラ1個
進水年月日	平成7年10月10日

2.5.2 運航状況等に関する情報

管理責任者及び本件一航士の口述並びに荷役関係書類によれば、次のとおりであった。

本船は、A社及びB社間の定期用船契約に基づき、A社が本船の保守管理及び船員の配乗を行い、B社が電力会社の専航船^{*10}として原油又は重油の国内輸送に従事する運航を行っており、主な積地が、鹿川港、和歌山県和歌山下津港及び愛知県名古屋港であり、主な揚げ地が相生港であった。

本船は、本事故当時、揚げ荷後の空船であり、各タンクには、底部に合計で約40～50klのスラッジ^{*11}が残存していた。

2.5.3 船舶の設備等に関する情報

(1) 船体配置

本船は、船首尾楼付船尾機関型の油タンカーで、船首側から順に甲板倉庫、左右各舷に1番から4番までのタンク合計8個、ポンプ室、機関室及び操舵機室が配置され、船尾甲板には居住区、ギャレー等が設けられていた。

(図2.5-1参照)

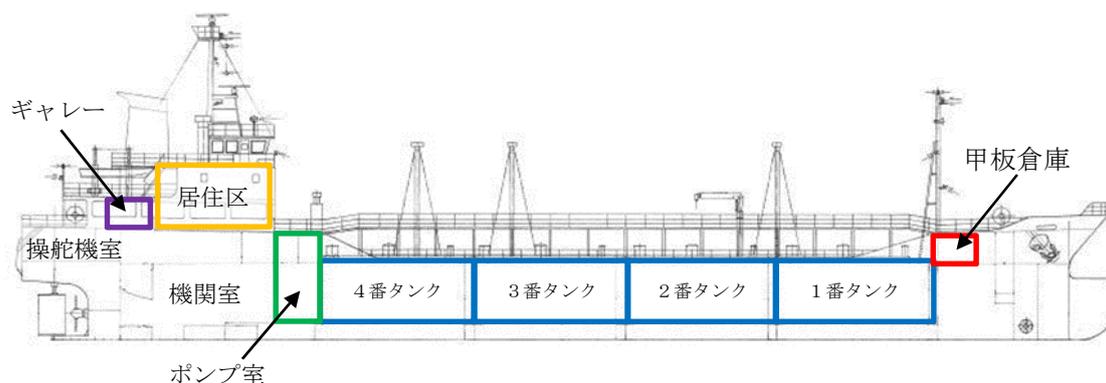


図2.5-1 船体配置

(2) タンク等

タンクは、合計容量約2,250m³であり、各タンクには、直径約760mm、高さ約600mmのオイルタイトハッチが、直径約400mm、高さ約910mmのエアハッチがそれぞれ1個設けられていた。(図2.3-1、

^{*10} 「専航船」とは、一定の航路又は貨物を決めて運航し、月又は年単位等で航海数にかかわらず一定の運賃で運航する仕組みをいう。

^{*11} 「スラッジ」とは、石油、ワックス、砂、スケールあるいは他の異物が含まれたカーゴタンク内の堆積物をいう。(出典 「国際オイルタンカーとターミナル安全指針(第2版)」、日本タンカー協会誌、同協会発行(昭和50年7月))

図 2.5-2、図 2.5-3、写真 2.5-1 参照)



図 2.5-2 タンク配置

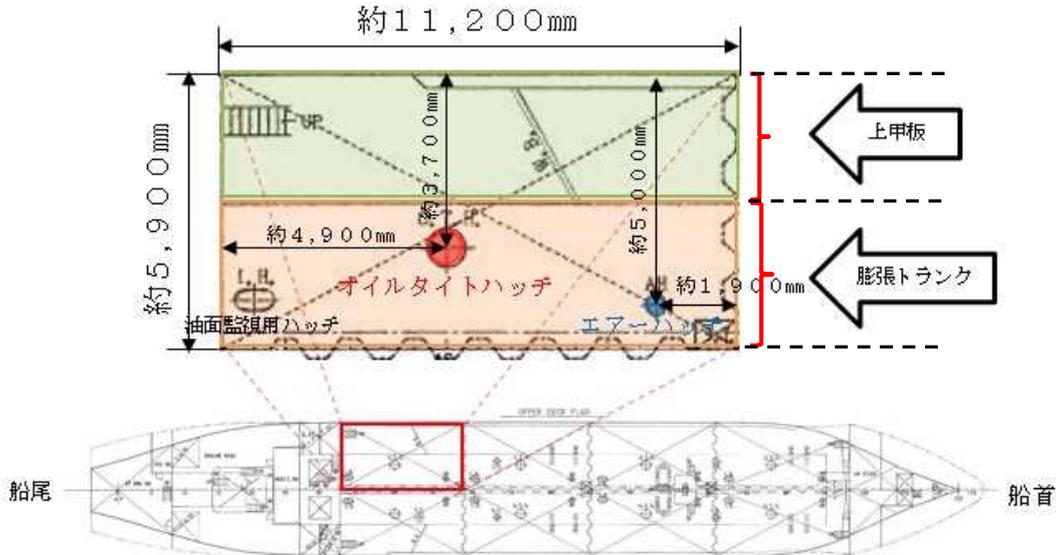


図 2.5-3 ハッチの配置 (左舷 4 番タンク上)



写真 2.5-1 エアハッチ (A社僚船の類似品)

(3) ガスフリー送風機

本船は、タンク内の換気用に固定式的气体フリー送風機 (90 m³/min) が船首楼の甲板倉庫内に 2 台設置され、揚げ荷後、タンク内をガスフリーとするため、全てのハッチカバーを閉鎖し、同送風機を運転して貨物油管から各タンク内に送風し、通気管を通じて「貨物油から蒸発した炭素数が 4～11 までの揮発性ガス」(以下「ガソリンガス」という。)等を大気中に排気

できるようになっていた。(図2.5-4、図2.5-5参照)

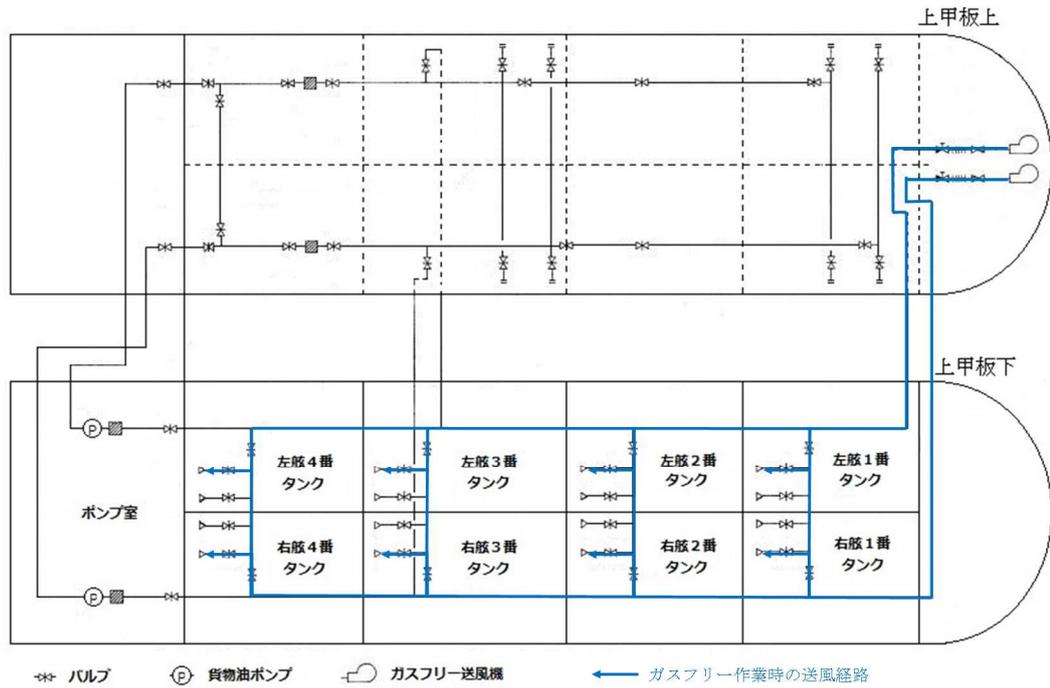


図2.5-4 貨物油管系統図

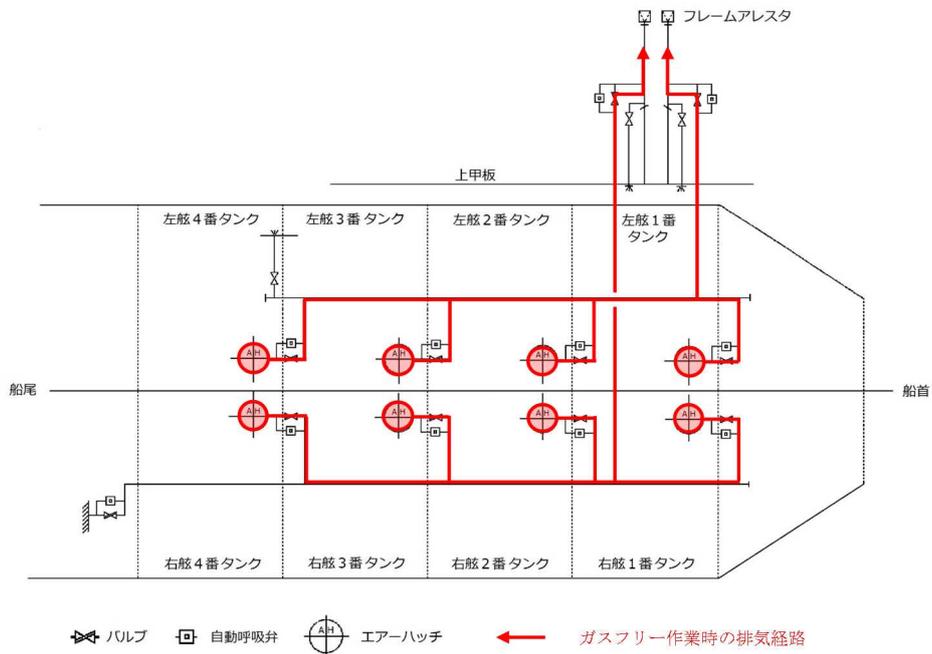


図2.5-5 通気管系統図

(4) 貨物油加熱装置

本船は、輸送時に貨物油を加熱するため、熱媒ボイラ^{*12}が機関室に設置され、タンク底部に配管されたタンク加熱管に接続されていた。

(5) ガス検知器

管理責任者の口述によれば、本船は、本船の積荷に対して有効なガス検知器を2台備え、平成25年10月22日に製造会社の代理店により2台共校正が行われていた。

(6) 本船の船体、機関等に関する情報

本件一航士の口述によれば、本船は、本事故発生時、船体、機関及び機器類に不具合又は故障はなかった。

2.6 積載貨物に関する情報

2.6.1 原油の危険性

「内航タンカー安全指針^{*13} [加除式]」（全国内航タンカー海運組合編、株式会社成山堂書店、平成24年3月発行）によれば、次のとおりであった。

1.1.1 石油類の危険性

(1) (略)

(2) 引火性と引火点

(前略)

原油、ガソリン等のように引火点が常温以下（ -40°C ）のものは、通常我々が取り扱う常温では、常に可燃性ガスが発生しており引火する危険性があるといえる。(後略)

(7) 石油類ガスの密度

(前略)

石油類のガスの空気に対する相対密度を見てみると、メタン（密度0.55）を除き、他のガスは全て空気よりも重い。(後略)

2.6.2 本事故発生前に積載していた本件原油の性状等

本事故発生前に本船に積載していた本件原油の性状等は、次のとおりであった。

(1) 流動点

^{*12} 「熱媒ボイラ」とは、密閉系の間接加熱設備の熱媒油を加熱するボイラをいう。

^{*13} 「内航タンカー安全指針」とは、内航海運における油タンカー、ケミカルタンカー及びLPGタンカー乗組員の安全知識の向上と安全作業の遂行を図ることにより、事故を未然に防止することを目的として編集された指針をいい、危険物取扱規程、タンク清掃作業要領書、油濁防止規程及び有害液体汚染防止規程からなる。

荷役関係書類によれば、流動点^{*14}は35℃であった。(写真2.6-1参照)



写真2.6-1 本件原油(常温時)

(2) 揚げ荷時の貨物油温度

荷役関係書類によれば、本件原油は、加熱されており、揚げ荷時の貨物油温度は約50℃であった。

(3) 一般社団法人日本海事検定協会による本件原油の調査とその結果

本件原油の成分について、一般社団法人日本海事検定協会に調査を委託した。

① 調査に用いた試料

本船が本事故直前に本件原油を積み込んだ鹿川港の原油タンクから採取した同種原油の試料。

② 調査結果

本件原油に含まれるガソリンガスの質量分率^{*15}(%)の合計は、約16.4%であった。

2.6.3 原油タンカーにおける揚げ荷後のタンク内ガソリンガス濃度に関する情報

‘内航タンカー運航会社が平成26年12月5日に行った原油タンカーにおける揚げ荷後のタンク内のガソリンガス濃度実測結果に関する情報’(以下「タンク内濃度実測結果」という。)によれば、次のとおりであった。

(1) 調査対象

① 内航原油タンカー(タンク容量約5,500m³)

② 油種 スマトラライト原油(流動点 27.5℃、ガソリンガス 約

^{*14} 「流動点」とは、流動状態を保つことができる最低温度をいう。

^{*15} 「質量分率」とは、物質の質量で計算したときの割合をいう。

9.5 vol%^{*16)}

③ 揚げ荷時の貨物油温度 53℃

(2) 調査方法

揚げ荷終了後、ガスフリー送風機の運転開始後2時間ごと及びガスフリー送風機の運転終了後2時間ごとにタンク内ガソリンガス濃度を計測した。

(3) 調査結果の概要

揚げ荷終了時点では、ガソリンガス濃度は、計測した4タンク全てにおいて‘爆発下限界 (Lower Explosive Limit)’ (以下「LEL」という。) を超えており、ガスフリー送風機の運転開始2時間後でも、4タンク中1タンクにおいてLELを超えていた。

(付表1 原油タンカー揚げ荷後のタンク内ガソリンガス濃度の調査 参照)

2.7 着火、爆発等に関する情報

(1) ガソリンガスの流出と換気に関する情報

「ユーザーのための工場防爆設備ガイド (労働安全衛生総合研究所技術指針 JNIOOSH-TR-N0.44)」(平成24年)によれば、ガソリンガスの換気有効度(換気の実効性)について、次のとおりであった。

附属書2-A 換気に関する補足説明

(a) 自然換気

屋外区域においては、換気の評価に当たっては、局所的な最小風速及び換気有効度を考慮する必要がある。最小風速が0.5m/sで、実質的に連続的に存在するときは、換気有効度は良とする。

(2) 火炎及び火花の着火能力等に関する情報

① 「新版 防火・防爆対策技術ハンドブック」(上原陽一、小川輝繁監修、株式会社テクノシステム、平成16年9月発行)によれば、次のとおりであった。

a 火炎

火炎は温度が1000℃を超える高温ガスであり、可燃性ガスや固体を十分着火させる能力がある。

b 火花

火花に発火能力があるかどうかは、可燃性混合気が発火するために必要な最小発火エネルギーを、その火花が有するかどうかで決まる。(後略)

^{*16} 「vol%」とは、体積濃度のことをいい、ある体積において、物質がその体積中でどの程度占有しているかを%で表したものである。

- ② 「基礎からの爆発安全工学 ―構造物の耐爆設計の基礎―」（大野友則著、森北出版株式会社、平成23年11月発行）によれば、最小着火エネルギーは、次のとおりであった。

（前略）

最小着火エネルギーとは、最小体積の火炎を生成するために必要なエネルギーである。最小着火エネルギーは、ガスの種類・濃度、不活性気体の種類・濃度、温度、圧力によって異なる。（後略）

- (3) 静電気と湿度に関する情報

- ① 「爆発防止技術の実際―産業爆発事故の分析と対策―」（F・T・ボダーサ著 緒方純俊訳、海文堂出版株式会社、昭和59年7月発行）によれば、次のとおりであった。

（前略）

相対湿度が低ければ、物質中の水分を蒸発させて導電率を下げ、静電気の流出を困難にする。相対湿度が60～70%ほどになると、微視的厚さの水分膜が表面を覆うので、物体は導電性になる。（後略）

- ② 「Technical Sheet (No.10001) バチッと感じる静電気。湿度との関係は？」（平井学、大阪府立産業技術総合研究所、平成22年4月発行）によれば、和紙の帯電性と湿度の関連性に関する調査結果から、帯電量は、電気抵抗値が小さいほど早く減少することがわかっている。

2.8 船舶の運航管理等に関する情報

2.8.1 安全管理マニュアルに関する情報

- (1) 安全管理システム

管理責任者の口述及び安全管理マニュアルによれば、次のとおりであった。

A社は、船舶安全管理認定書等交付規則（平成12年運輸省告示第274号）に^{のつと}則って、安全管理マニュアルを作成し、NKから適合認定証の交付を受け、本船は、NKから船舶安全管理認定書の交付を受け、管理責任者を中心に安全管理システムを運用していた。

なお、本船のように船舶安全法（昭和8年法律第11号）上、安全管理システムによる安全管理の義務化がなされていない内航船舶であっても、タンカーを中心に荷主や用船者が、船舶管理者に対して安全管理システムによる安全管理を求める例が多いことから、A社も安全管理システムを構築して本船を含め所有する4隻のタンカーの安全管理を行っていた。

- (2) 高熱作業に関する安全管理マニュアルの関連規定及び実施状況等

管理責任者、本件一航士、甲板長及び甲板員の口述並びに安全管理マニユ

アルによれば、高熱作業の安全管理について、危険物船舶運送及び貯蔵規則（昭和32年運輸省令第30号）、船員労働安全衛生規則（昭和39年運輸省令第53号）等の関係法令等に基づきA社が定めた規定の内容及び本船の実施状況は、次のとおりであった。

① 作業責任者

a 規定

甲板部の作業責任者は、一等航海士と定めていた。

b 実施状況

本件一航士が作業責任者として高熱作業に当たっていた。

② ガス検知作業

a 規定

高熱作業を行う場合には、作業開始前及び作業期間中定期的に作業場所及びその周辺のガス検知作業を実施して安全を確認することと定めていた。

b 実施状況

5月25日から本事故当日まで、本件バーナ作業及びさび落とし作業の前及び作業中にガス検知作業を行っていなかった。

③ 作業許可

a 規定

危険区域（機関室及び居住区以外の区域）において高熱作業を行う場合には、次のとおり「裸火を伴う高熱作業（電気溶接、ガス溶接等）」と「その他の高熱作業（さび落とし作業、グラインダ掛け作業等）」の区分ごとに、事前に「危険作業申請許可書」（以下「申請書」という。）を提出し、許可を得ることと定めていた。

作業	申請者	許可者
裸火を伴う高熱作業	船長	会社（管理責任者）
その他の高熱作業	作業責任者	船長

また、申請書では、作業を許可するにあたり、管理責任者がコメントを付して許可することとなっていた。

b 実施状況

5月25日から本事故当日まで、本件船長からA社に対し、甲板上における「裸火を伴う高熱作業」に関する許可の申請はなされなかった。

④ ガス等と火気との接触防止

a 規定

スラッジその他の可燃物等の存在する場所、ガソリンガス発生のおそ

れのある場所及びその周辺で高熱作業を行う場合には、ガス、スラッジ等と火気との接触防止措置を講じることと定めていた。

b 実施状況

本船は、ハッチ及びその周辺で本件さび落とし作業を行う際、ハッチカバーがこれらの作業の支障になったときには、作業しやすいようにハッチカバーをその都度開閉していた。

⑤ ガスフリー

a 規定

高熱作業を行う場合は、作業場所をガスフリー（ガソリンガス濃度が0.05 vol%以下の状態）とすることと定めていた。

タンク内のガスフリー作業を行う場合には、一等航海士が、事前に申請書を船長に提出して許可を得た後に、船長が、一等航海士を作業責任者として作業を行わせ、また、ガソリンガス濃度が、許容濃度以下であることを手順に従って確認し、作業を終了することと定めていた。

b 実施状況等

(a) 揚げ荷後のふだんの実施状況

本件一航士は、ガスフリー作業を行う前にその申請書を本件船長に提出していた。

本船では、ガスフリー送風機の使用の有無にかかわらず、ハッチカバーを開放した状態で時間が経てばタンク内のガソリンガスが大気中に排出されると認識されており、比較的航行時間の長い相生港から鹿川港又は名古屋港へ向かう場合は、ハッチカバーを開放するのみで、ガスフリー送風機を使用するガスフリー作業を行わず、比較的航行時間の短い相生港から和歌山下津港へ向かう場合は、ガスフリー送風機を使用するガスフリー作業を行っていた。

(b) 本事故前最後の揚げ荷後の実施状況

本船は、5月23日相生港出港から姫路港入港までの約1時間、タンク内に送風するために全てのハッチカバーを開放したが、ガスフリー送風機を使用するガスフリー作業を行っていなかった。

本件一航士は、積地に移動する間にガスフリー作業を行う予定であった。

(c) 本事故当時のグラインダ等を使用した作業時のガスフリーの実施状況と乗組員の認識

本件一航士は、甲板上のグラインダ等を使用した作業を行う際、ハッチカバーが閉鎖されていたので大丈夫だと思い、25日から本

故当日まで、高熱作業前にガスフリー作業を行っていなかった。

(3) 教育に関する安全管理マニュアルの関連規定及び実施状況

管理責任者及び甲板員の口述、安全管理マニュアル並びに教育の記録によれば、高熱作業に関する安全管理マニュアル等の教育について、A社が定めた規定の内容及び本船の実施状況は、次のとおりであった。

① A社による教育

a 規定

A社は、A社が管理する船舶に乗船する乗組員に対し、新規雇用時、乗船前、入渠時等の機会に、安全管理マニュアル等について教育を行うことと定めていた。

b 実施状況

A社は、乗船前等の機会を利用して高熱作業を含む安全管理マニュアル等について随時指導していた。

A社は、入渠した際、管理責任者に加え、運航者や荷主関係者を講師に招き、安全管理マニュアル等について指導していた。

② 船長による教育

a 規定

船長は、船員に対し、関連法規、安全管理マニュアル等の徹底について教育を、また、新乗船者に対して高熱作業等を含む業務の習熟のための研修を行うことと定めていた。

b 実施状況

本件船長は、安全管理マニュアル等について、通常月1回程度指導しており、平成26年4月に1回実施していた。

本件船長は、乗組員が交代した際、新乗船者に対して高熱作業等について指導しており、平成26年4月には、一機士及び甲板員の乗船時に実施していた。

2.8.2 安全管理規程に関する情報

B社担当者の口述及び安全管理規程によれば、ガスフリー作業及び貨物の危険性等に関する教育について、内航海運業法（昭和27年法律第151号）等の関係法令等に基づきB社が定めた規定の内容及び本船の実施状況は、次のとおりであった。

(1) ガスフリー作業の規定

船内の主要な作業は、安全管理規程に基づく船舶作業基準集に作業基準があり、ガスフリー作業の手順、作業終了時の確認事項等が定められていた。なお、ガスフリーの作業基準は、A社の安全管理マニュアルに規定された作

業手順と同様の内容であった。

(2) 教育

① 規定

B社は、運航する船舶の所有者や運航する船舶に乗船する乗組員等に対し、関係法令及び輸送の安全を確保するために必要な教育を行うことと定めていた。

② 実施状況

a 独立行政法人海技教育機構海技大学校における研修

B社は、独立行政法人海技教育機構海技大学校と提携し、B社が運航するタンカーに乗船する乗組員に対し、研修を受講させており、研修内容には、関係法令及び石油類の危険性、ガスフリー作業の必要性が含まれていた。

なお、本件船長及び甲板長は平成20年に、甲板員は平成26年にそれぞれ受講していた。

b 入渠時における研修

B社は、運航する船舶が入渠する際に訪船し、乗組員に対して安全管理規程に関する研修を行っており、本船に対しては、平成25年10月23日に実施していた。

c 船舶所有者に対する安全研修

B社は、運航する船舶の所有者に対し、年2回安全研修会を開催し、研修を行っていた。

2.9 気象及び海象に関する情報

2.9.1 気象観測値

本事故現場の北北東方約12.2kmに位置する姫路特別地域気象観測所における観測値は、次のとおりであった。

5月27日 最低気温 16.2℃、最高気温 24.8℃

5月28日 最低気温 13.6℃、最高気温 27.5℃

5月29日 最低気温 16.6℃ (04時30分ごろ)

5月29日

09時20分 風向 南西、風速 1.9m/s、気温 23.8℃、相対湿度
61%

2.9.2 乗組員による観測

本件一航士、一機士及び甲板員の口述によれば、本事故当時、本船の右舷方から

弱い風が吹いていた。

2.9.3 海上保安庁の観測

海上保安庁の情報によれば、本事故現場付近の本事故直後の天気は晴れ、風向は南西、風速は約1.0m/sであった。

2.9.4 潮流

海上保安庁刊行の潮汐表によれば、播磨灘における本事故当時の潮流は、約0.9knの西流であった。

3 分析

3.1 事故発生の状況

3.1.1 事故発生に至る経過

2.1.1から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本船は、5月23日相生港で積荷の本件原油約2,000klを全て揚げ荷して16時10分ごろ出港し、17時25分ごろ姫路港に入港した。
- (2) 本船は、25日に甲板上で本件バーナ作業及びグラインダ等を使用したさび落とし作業を行ったが、26日は雨のため本件バーナ作業を含む甲板上の作業を行わなかった。
- (3) 本船は、27日朝に姫路港南方沖にシフトして錨泊し、昼ごろまで及び28日の午前中、甲板上で本件バーナ作業及び本件さび落とし作業を行った。
- (4) 本船は、29日09時00分ごろから、本件船長が甲板上で本件バーナ作業を、甲板部乗組員4人が甲板上で本件さび落とし作業を行っていたところ、タンクが爆発し、炎上した。

3.1.2 爆発の状況

2.1.1及び2.3から、損傷状況が激しい左舷1番タンク及び右舷4番タンクが、爆発したのと考えられる。

3.1.3 事故発生日時及び場所

2.1から、本事故の発生日時は、平成26年5月29日09時20分ごろで、発生場所は、広畑東防波堤灯台から162°2.1M付近であったものと考えられる。

3.1.4 死傷者の状況

2.2から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本件船長は、脳挫滅により死亡した。
- (2) 本件一航士は、顔面、頸部等の熱傷、気道熱傷等の重傷を負った。
- (3) 甲板長は、顔面、背部、臀部等の熱傷及び気道熱傷の重傷を負った。
- (4) 甲板手は、顔面、背部等の熱傷の重傷を負った。
- (5) 甲板員は、顔面等の熱傷、左大腿骨骨幹部開放骨折等の重傷を負った。

3.1.5 損傷の状況

2.3から、本船は、タンクの上甲板部分、トランク甲板、船首楼甲板、タンクの縦通隔壁、横置隔壁、貨物油管等に破損、焼損等を生じたものと認められる。

3.2 事故要因の解析

3.2.1 乗組員の状況

2.4から、本件船長及び本件一航士は、適法で有効な海技免状を有していた。また、本件船長及び甲板部乗組員4人は、本事故当時、健康状態は良好であったものと考えられる。

3.2.2 船舶の状況

2.5.3(6)から、船体及び機関に不具合又は故障はなかったものと考えられる。

3.2.3 気象及び海象の状況

2.9から、本事故発生時、天気は晴れ、気温は約24℃、相対湿度は約61%で、風速約1.0m/sの南西の風が吹いていたものと考えられる。また、5月28日の最高気温(27.5℃)と本事故時までの最低気温(16.6℃)との差は約10℃、本事故当日の最低気温と本事故発生時の気温との差は約7℃であったものと考えられる。

3.2.4 本事故発生時のハッチカバーの開閉状況

- (1) 2.3.2(1)及び(2)から、右舷2番タンクのオイルタイトハッチカバーは、時計回りに約50°開放していたものと考えられる。また、左舷4番タンクのオイルタイトハッチカバーは、開放していたものと考えられる。
- (2) 前記(1)から、一部のハッチカバーは、本件バーナ作業の際、開放された状態であったものと考えられる。

3.2.5 タンク内で爆発範囲内の可燃性混合ガス^{*17}が形成される状況等に関する解析

(1) 揚げ荷時におけるガソリンガスの発生

2.6から、本船は、揚げ荷時の貨物油の温度が約50℃であったので、揚げ荷終了時の全てのタンク内には、貨物油に含有していた軽質分が蒸発してガソリンガスが発生し、貨物油の揚げ荷に伴って通気管から流入した空気と共に存在していた可能性があると考えられる。

(2) 揚げ荷終了後におけるガソリンガスの排出

① 2.1.1及び2.8.1(2)⑤から、本船は、相生港から姫路港に向かう約1時間、全てのハッチカバーを開放したが、ガスフリー送風機を使用するガスフリー作業を行っていなかったものと考えられる。

② 2.6.3から、タンク内濃度実測結果において、ガソリンガス分を約9.5vol%含むスマトラライト原油を揚げ荷した後にガスフリー送風機を2時間運転した場合においても、タンク内のガソリンガス濃度は、一部のタンク内でLEL以上であったので、ガスフリー送風機を使用せずにタンク内及び貨物油管内のガソリンガスを排出することは困難であるものと考えられる。

このことから、ガソリンガスを排出するためには、安全管理マニュアルに従って、ガスフリー送風機を使用する必要があった。

(3) 本事故当時における爆発範囲内の可燃性混合ガスの形成等

2.1.1、2.6、3.2.3、3.2.4並びに前記(1)及び(2)から、姫路港入港時、本船のタンク内には、LEL以上の可燃性混合ガスが存在しており、さらに、本事故発生時まで、夜間の気温低下により内部の気体が収縮して外気（空気）が流入し、それらの気体が、濃度差による拡散及び温度差による対流、通気管又はハッチカバーが開放された一部のハッチからの空気の流入等によって流動して混合したことにより、「爆発範囲内の可燃性混合ガス」（以下「爆発範囲の混合ガス」という。）が形成されたものと考えられる。

3.2.6 タンクからの爆発範囲の混合ガスの流出状況に関する解析

(1) 3.2.3から、3.2.5(3)で生じた爆発範囲の混合ガスは、気温上昇による膨張等によって、ハッチカバーが開放されたハッチからタンクの外へ流出した可能性があるが、爆発範囲の混合ガスのタンクからの流出状況は、明らかにすることができなかった。

(2) 2.7(1)、3.2.3及び前記(1)から、本事故発生時、風速が約1.0m/sで

^{*17} 「可燃性混合ガス」とは、ガソリンガス等と空気等の混合ガスをいう。

あったので、爆発範囲の混合ガスがハッチから流出したと仮定した場合、爆発範囲の混合ガスは甲板上に滞留することなく風（空気）で希釈され、ハッチから遠ざかるに従って濃度が急速に低下した可能性があると考えられる。

3.2.7 着火源及び着火場所に関する解析

(1) バーナの火炎及びバーナの使用場所に関する解析

① 2.7(2)から、火炎は、温度が1,000℃を超え、爆発範囲の混合ガスを十分に着火させる能力があるので、バーナの火炎は、容易に着火源になり得るものと認められる。

② 2.1.1、3.2.6 及び前記①から、バーナは、ハッチの蝶形締付金物付近で使用されており、ハッチ付近の爆発範囲の混合ガスにバーナの火炎が触れた可能性があると考えられる。

(2) グライнда等が発する火花及びグライнда等の使用場所に関する解析

① 2.7(2)から、グライнда等が発する火花又は電動工具のモータ内のブラシが発する電気火花は、ガスの種類、濃度、温度、圧力等によって定まる最小着火エネルギーに達すれば着火源となるものと認められる。

② 2.1.1、3.2.6 及び前記①から、グライнда等は、作業場所付近のどのハッチからも数m離れた場所で使用されており、爆発範囲の混合ガスがハッチから流出したと仮定した場合、爆発範囲の混合ガスはハッチから遠ざかるに従って希釈され、濃度が急速に低下した可能性があるため、グライнда等から発する火花又は電動工具のモータ内のブラシから発する電気火花は、ハッチの蝶形締付金物付近で使用されていたバーナの火炎と比較して着火源となった可能性が低いものと考えられる。

(3) 静電気に関する解析

2.7(3)及び3.2.3 から、人体に帯電した静電気は、火花の様な静電スパークを発して着火源になる可能性があるが、本事故発生時の相対湿度は約61%あり、人体表面と空気の間電気抵抗が小さくなって（≒導電性になって）人体表面から空気中に電気が流出し、静電気は比較的早く減少することから、着火源になることはなかった可能性があると考えられる。

(付表2 着火源の可能性に関する解析、付表3 着火源の特定に関する解析 参照)

3.2.8 損傷状況から見た着火場所の特定及び爆発発生の状況に関する解析

2.1.1、2.3、2.5.3、3.1.2、3.2.4～3.2.7 並びに損傷状況に関する下記(1)及び(2)の分析から、船長が、左舷1番タンクのハッチの蝶形締付金物付近で使用し

ていたバーナの火炎が、左舷1番タンク内で形成された爆発範囲の混合ガスに着火して爆発し、爆発による火炎は、破損した隔壁及び甲板上に配管されたタンクの通気管を通じて他のタンクに伝わり、続けて右舷4番タンクが爆発した可能性があるが、着火及び爆発発生箇所並びに火炎の伝搬状況は、明らかにすることができなかった。

(1) 2.3から、3番タンクの縦通隔壁は、右舷から左舷方に折れ曲がり、左舷2番タンクと左舷3番タンク間の横置隔壁の船側から約1/3は、船首方に折れ曲がったものと認められる。

(2) 前記(1)から、3番タンクの縦通隔壁の損傷は、右舷から左舷方へ進んだ爆風が、左舷2番タンクと左舷3番タンク間の横置隔壁の損傷は、船尾から船首方へ進んだ爆風が、それぞれ影響を与えた可能性があると考えられる。

(付図2 着火場所の特定及び爆発発生の状況に関する解析図 参照)

3.2.9 安全管理の状況等

(1) 安全管理マニュアルの実施状況等

① 高熱作業の実施状況等

a 作業の分類

2.8.1(2)から、甲板上の本件バーナ作業及びグラインダ等を使用したさび落とし作業は、それぞれ「裸火を伴う高熱作業」及び「その他の高熱作業」に位置付けられているものと認められる。

b ガス検知作業の実施状況

2.5.3(5)及び2.8.1(2)から、本船は、本事故当時、適切なガス検知器を備えていたが、安全管理マニュアルに規定されていた作業場所及びその周辺のガソリンガスのガス検知作業を行っていなかったものと考えられる。

c 作業許可の実施状況

2.8.1(2)から、本件船長は、本件バーナ作業を行うに当たり、安全管理マニュアルに規定されたA社からの許可を得ていなかったものと考えられる。

d 接触防止措置の実施状況

2.5.2及び2.8.1(2)から、本船は、ハッチ及びその周辺で本件さび落とし作業を行う際、ガソリンガス、スラッジ等が存在していたタンクのハッチカバーを開放し、安全管理マニュアルに規定されたガソリンガス、スラッジ等と火気との接触防止措置を講じていなかったものと考えられる。

② ガスフリー作業の実施状況等

a 揚げ荷後のふだんのガスフリー作業

2.8.1(2)から、本船は、ガスフリー送風機の使用の有無にかかわらず、ハッチカバーを開放した状態で時間が経てばタンク内のガソリンガスが大気中に排出されるという誤った認識を持っていたものと考えられる。

b 本事故当時のガスフリー作業

2.1.1及び2.8.1(2)から、本船は、本件船長及び本件一航士が相生港から姫路港に向かう際、全てのハッチカバーを約1時間開放したが、安全管理マニュアルに規定されていたガスフリー送風機を使用するガスフリー作業を行っていなかったものと考えられる。また、5月25日から本事故時まで、甲板上の本件バーナ作業及びグラインダ等を使用したさび落とし作業前にガスフリー作業は行っていなかったものと考えられる。

③ 高熱作業を行う際の乗組員の安全に対する意識

前記①及び②から、本船では、揚げ荷の際に発生したガソリンガス等が存在する状況下、ガスフリー作業及びガス検知作業による安全確認を省略するなど、タンカーの船上で高熱作業を行う際の安全に対する意識が十分でなかった可能性があると考えられる。

④ 教育の実施状況

2.1.1、2.8.1(2)及び(3)並びに前記①及び②から、A社は、本件船長を含む本船の乗組員に対し、本件船長は、本船の乗組員に対し、それぞれ安全管理マニュアルに従って教育を行っていたが、本船では、甲板上におけるバーナの使用などの際、安全管理マニュアルに規定されていた高熱作業の手順が遵守されず、また、ガスフリー方法が適切に認識されていなかったものと考えられる。

(2) 安全管理規程による教育の実施状況

2.8.2(2)から、B社は、A社を含むB社が運航する船舶の所有者及びB社が運航する船舶の乗組員に対し、安全管理規程に従って教育を行っていたものと考えられる。

3.2.10 事故発生に関する解析

3.1.1、3.1.2及び3.2.3～3.2.9から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、本件船長及び本件一航士が5月23日に相生港で本件原油を揚げ荷してから本事故時までの間、ガスフリー作業を行っていなかったことから、本事故当時タンク内で爆発範囲の混合ガスが形成されていたものと考えられる。

- (2) 本船は、25日に甲板上で本件バーナ作業及びグラインダ等を使用したさび落とし作業を行い、27日朝に姫路港南方沖にシフトして錨泊した後、28日まで甲板上で本件バーナ作業及び本件さび落とし作業を行ったものと考えられる。
- (3) 本船は、29日の朝から、本件船長が甲板上のハッチ付近で本件バーナ作業を、甲板部乗組員4人がハッチから数m離れた甲板上で本件さび落とし作業を行ったものと考えられる。
- (4) 本件船長及び本件一航士は、本件バーナ作業及び本件さび落とし作業を行うに当たり、作業場所及びその周辺のガス検知作業を行っていなかったものと考えられる。
- (5) 一部のハッチカバーは、本件バーナ作業及び本件さび落とし作業を行った際、開放された状態であったものと考えられる。
- (6) 爆発範囲の混合ガスは、気温上昇による爆発範囲の混合ガスの膨張等によって、ハッチカバーが開放されたハッチからタンクの外へ流出した可能性があるが、爆発範囲の混合ガスのタンクからの流出状況は、明らかにすることができなかった。
- (7) グラインダ等から発する火花又は電動工具のモータ内のブラシから発する電気火花は、グラインダ等が、作業場所付近のどのハッチからも数m離れた場所で使用されており、ハッチ付近で使用されていたバーナの火炎と比較して着火源となった可能性が低いものと考えられる。
- (8) 本船は、甲板上の本件バーナ作業及び本件さび落とし作業中、本件船長が使用していたバーナの火炎が、爆発範囲の混合ガスに着火したことから、爆発が発生したものと考えられる。
- (9) 本船は、爆発により本件船長が死亡し、甲板部乗組員4人が負傷するとともに、上甲板、タンク隔壁及び貨物油管等に損傷が生じたものと考えられる。
- (10) 本船では、揚げ荷の際に発生したガソリンガス等が存在する状況下、ガスフリー作業及びガス検知作業による安全確認を省略するなど、タンカーの船上で高熱作業を行う際の安全に対する意識が十分でなかった可能性があると考えられる。
- (11) 本件船長が、本件バーナ作業を行うに当たり、安全管理マニュアルに規定されたA社からの許可を得ていれば、A社から作業の可否判断及び作業を行う際の注意事項が指示され、遵守されることにより、本事故の発生を回避できた可能性があると考えられる。

4 結 論

4.1 原因

本事故は、本船が、揚げ荷をした後、姫路港南方沖において錨泊中、甲板上で本件バーナ作業及び本件さび落とし作業を行った際、本件船長が使用していたバーナの火炎が、爆発範囲の混合ガスに着火したため、爆発したことにより発生したものと考えられる。

本件船長が使用していたバーナの火炎が、爆発範囲の混合ガスに着火したのは、次の要因が複合して生じたことによる可能性があると考えられる。

- (1) 本件船長及び本件一航士が、本件原油を揚げ荷してから本事故時までの間ガスフリー作業を行わず、タンク内で爆発範囲の混合ガスが形成されていたこと
- (2) ハッチカバーが開放された状態であったこと
- (3) 本件船長がハッチ付近で本件バーナ作業を行ったこと

また、本件船長及び本件一航士が、本件バーナ作業及び本件さび落とし作業を行うに当たり、作業場所及びその周辺のガス検知作業を行わなかったことは、本事故の発生に關与した可能性があると考えられる。

こうした複数要因の背景には、本船において、タンカーの船上で高熱作業を行う際の安全に対する意識が十分でなかった可能性があると考えられる。

4.2 その他判明した安全に関する事項

本件船長が、本件バーナ作業を行うに当たり、安全管理マニュアルに規定されたA社に対する申請書を提出していれば、A社による作業の可否判断及び作業を行う際の注意事項の指示がなされ、これに従うことにより、本事故の発生を回避できた可能性があると考えられる。

甲板部乗組員は、ハッチカバーを開放した状態で本件さび落とし作業を行ったが、グラインダ等の発する火花は、条件により着火源となる可能性があると考えられることから、グラインダ等を使用する場合は、必ず爆発範囲の混合ガス、スラッジ等と火気との接触防止措置を講じる必要があったものと考えられる。

本船では、揚げ荷後のふだんのガスフリー作業において、ガスフリー送風機の使用の有無にかかわらず、ハッチカバーを開放した状態で時間が経てばタンク内のガソリンガスが大気中に排出されるという誤った認識を持っていたが、ガソリンガスを排出するためには、必ずガスフリー送風機を使用する必要があったものと考えられる。

5 再発防止策

本船では、揚げ荷の際に発生したガソリンガス等が存在する状況下、ガスフリー作業及びガス検知作業による安全確認を省略するなど、タンカーの船上で高熱作業を行う際の安全に対する意識が十分でなかった可能性があると考えられる。

したがって、同種事故の再発防止のため、A社は、所属の乗組員に対し、貨物油の危険性、高熱作業の危険性及びガスフリー作業の必要性並びに高熱作業及びガスフリー作業の手順に関する教育及び訓練を強化し、タンカーの船上における高熱作業、ガスフリー作業等の危険を伴う作業に対する乗組員の安全意識を高める必要があるものと考えられる。

5.1 事故後に講じられた事故等防止策

5.1.1 A社により講じられた措置

- (1) A社は、本事故直後、管理責任者を同社所属船に訪船させ、本事故の概要を説明し、高熱作業を行う際には、安全管理マニュアルの規定を遵守して安全に作業を行うよう周知徹底を図るとともに、ガス検知器の取扱い方法を確認した。
- (2) A社は、平成26年9月1日に安全管理マニュアルを次のとおり改訂し、安全管理マニュアルの改訂後、9月下旬までに管理責任者を同社所属船に訪船させ、改訂内容を周知し、これを確実に実施するよう指導した。
 - ① 高熱作業の分類を見直し、火花が発生するグラインダ等を使用する作業を会社（管理責任者）許可に変更した。
 - ② 作業前の安全確認のために高熱作業チェックリスト及び環境測定記録（ガス検知結果等の記録）を作成し、ハッチ等タンク開口部の閉鎖状況等を確認させるとともにガソリンガスを測定し、記録させることとした。さらに、同チェックリスト及び環境測定記録は、会社に許可を申請する際、添付させることとした。
- (3) A社は、安全管理マニュアルに基づくリスク評価及び危険予知活動（KY活動）について、管理責任者を平成27年1月下旬から2月下旬に同社所属船に訪船させ、リスク評価及び危険予知活動の実施について指導し、高熱作業を含め作業前に危険予知活動を実施させることとした。なお、危険予知活動の実施に当たっては、船長等管理職だけでなく、その他の乗組員が自ら積極的に取り組む姿勢を育むため、リーダーを乗組員持ち回りで実施するよう指導した。
- (4) A社は、管理責任者を同社所属船に訪船させ、高熱作業を含め危険作業を

行う場合の作業手順に関する模擬訓練を定期的実施し、実施状況を確認することとした。

- (5) A社は、同社所属の船長に対して、1年に1回又は2回の頻度で、高熱作業手順を含む安全作業手順及び同手順に関する乗組員への指導について教育を実施することとした。
- (6) A社は、1年に2回程度、同社所属の船員に対する研修会を開催し、高熱作業手順を含む安全作業手順に関する教育を実施することとした。
- (7) A社は、A社陸上社員及び乗組員の教育に使用するため、本事故を含めたA社所属船の過去のトラブル及び事故事例の概要、原因、再発防止策等を資料としてまとめることとした。
- (8) A社は、申請書提出忘れ防止のため、A社所属船から毎日送付される「運航・動静連絡書」の書式を変更し、当日の作業及び荷役関係の予定等を記載して提出させることとした。

5.1.2 B社により講じられた措置

- (1) B社は、本事故直後、運航船舶の各船舶所有者に対し、緊急訪船して法令、作業基準、安全管理マニュアル等を遵守しなければならないこと、及び次の事項について周知徹底するよう指示した。
 - ① 原油を積載する船舶は、危険区域においてさび落としを含む高熱作業を実施する場合は、作業前にタンク内及び作業場所付近のガソリンガス検知作業を必ず行い、20%LEL以下であることを確認するまでは作業を行わないこと。
 - ② 前記①の作業を行う際には、会社（船舶管理会社（管理責任者等））の許可を得ること。
 - ③ 原油を積載する船舶がさび落としを含む高熱作業を実施する場合は、揚げ荷後であってもハッチカバーは必ず閉鎖すること。
 - ④ ハッチカバー等タンク開口部のパッキンは、閉鎖時にタンク外にガスが漏れ出さない状態であることを確認すること。
- (2) B社は、運航船舶の各船舶所有者に対する研修会において、本事故の概要を説明するとともに、各種作業におけるマニュアル等を遵守しなければならないことを乗組員に周知徹底するよう依頼した。
- (3) B社は、独立行政法人海技教育機構海技大学校提携研修において、本事故の概要を説明するとともに、ガスフリー作業等に関する講義内容を拡充した。

5.2 今後必要とされる事故等防止策

5.2.1 油タンカーの船舶所有者、船舶管理会社及び運航者

船舶所有者、船舶管理会社及び運航者は、乗組員に対し、貨物油の危険性、高熱作業の危険性及びガスフリー作業の必要性に関する教育指導を徹底するとともに、高熱作業、ガスフリー作業等船上における危険を伴う作業を行う場合の作業手順に関する模擬訓練を定期的実施することが望まれる。

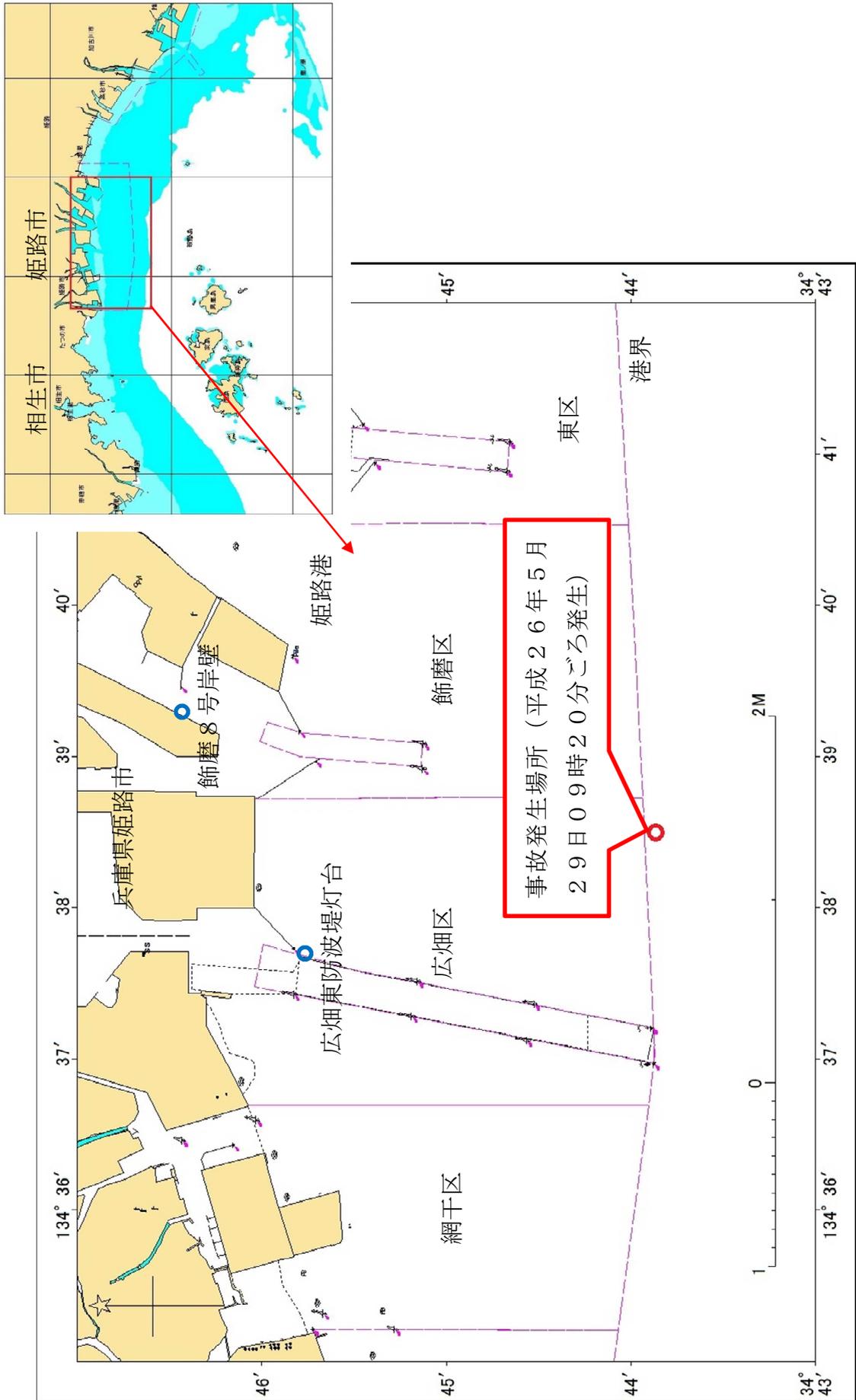
5.2.2 油タンカーの乗組員

油タンカーの乗組員は、次の点に留意して作業を実施する必要がある。

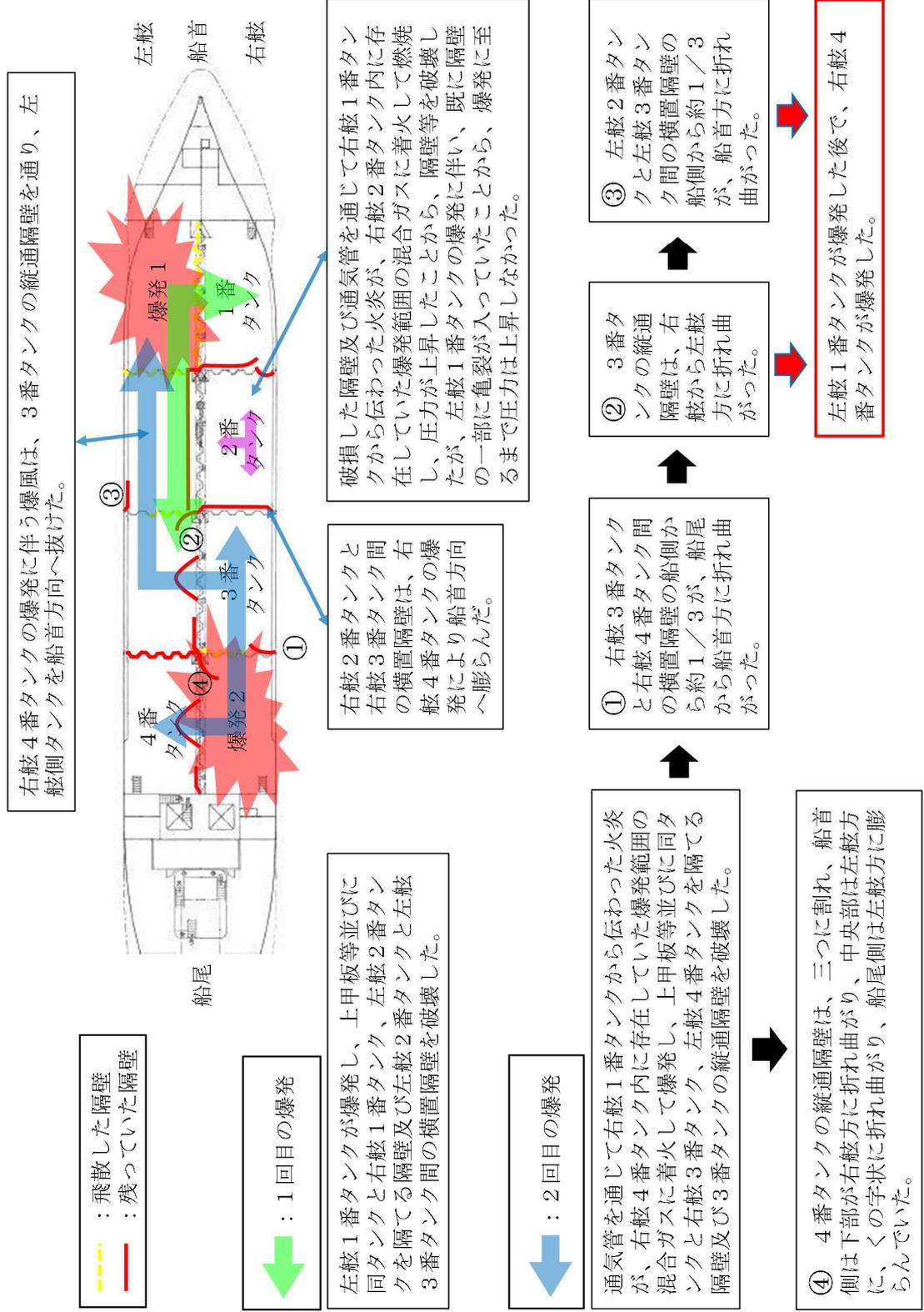
- (1) ガスフリー送風機を使用せずにタンク内及び貨物油管内のガソリンガスを排出することは困難であるものと考えられることから、ガソリンガスを排出するためには、ガスフリー送風機を使用する必要がある。
- (2) グライнда等の発する火花は、条件により着火源となる可能性があるものと考えられることから、グラインダ等を使用する場合は、爆発範囲の混合ガスの排除、火気とガス、スラッジ等との接触防止を確実にし、ガス検知作業により安全を確認する等適切に作業を行う必要がある。

なお、近年、一部の外航船等では、船上におけるさび落とし作業において、熱の発生を伴わない高圧洗浄機が利用されている例がある。(別添 参考資料「さび落とし作業における高圧洗浄機の利用」 参照)

付図1 事故発生場所概略図



付図 2 着火場所の特定及び爆発発生状況に関する解析図



付表1 原油タンカー揚げ荷後のタンク内ガソリンガス濃度の調査

船種	原油タンカー
実施日	平成26年12月5日
原油種	原油(スマトラライト)
油種	流動点: 27.5°C
揚げ荷時加熱温度	53°C
貨物タンク容積合計	約5,500m ³
ガスフリー送風機能力	150m ³ /min×2台(実測実施当日は、1台使用)

時間	揚荷役終了後	ガスフリー中 (約2時間後)		ガスフリー中 (約4時間後)		ガスフリー中 (約6時間後)		ガスフリー中 (約8時間後)		ガスフリー中 (約10時間後)		ガスフリー中 (約12時間後)		ガスフリー中 (約14時間後)		ガスフリー中 (約16時間後)	
		13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	1:30	3:30	5:30	7:30	9:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30
気温(°C)	11	10	9	8	9	15	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
タンク温度(°C)	32	25	21	19	19	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
3P	100以上	17.5	4.5	4.5	2.5	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
704.095m ³	100以上	19.0	5.5	3.0	3.5	3.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3S	100以上	88.0	20.5	8.0	8.5	5.0	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
705.732m ³	100以上	100以上	20.5	20.5	8.5	5.5	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
4P	100以上	19.5	4.5	3.0	3.0	3.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
674.388m ³	100以上	22.0	5.5	4.0	4.0	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
4S	100以上	23.0	6.0	6.0	4.0	4.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
676.229m ³	100以上	49.0	9.5	5.0	5.5	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	100以上	57.5	11.0	11.0	5.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	100以上	59.0	11.0	5.0	5.0	4.0	3.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

時間	ガスフリー後 (約2時間後)	ガスフリー後 (約4時間後)		ガスフリー後 (約6時間後)		ガスフリー後 (約8時間後)		ガスフリー後 (約10時間後)		ガスフリー後 (約12時間後)		ガスフリー後 (約14時間後)		ガスフリー後 (約16時間後)		
		3:30	5:30	7:30	9:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	1:30	3:30	5:30	7:30
気温(°C)	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
タンク温度(°C)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
3P	3.5	5.0	4.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
704.095m ³	3.5	5.5	6.5	7.5	8.0	8.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
3S	4.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
705.732m ³	4.5	5.0	6.0	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
4P	5.5	6.0	6.5	7.5	8.0	8.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
674.388m ³	6.0	6.5	7.5	8.5	8.5	8.5	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
4S	3.5	4.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
676.229m ³	4.0	5.5	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	4.5	5.5	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	4.0	4.0	6.5	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	5.0	5.0	7.0	7.5	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	5.5	5.0	7.5	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0

付表2 着火源の可能性に関する解析

着火源になり得る可能性と危険性		危険性
バーナの炎		
ディスクグラインダ等がさび落としをした際に発する火花	電動工具のモータ内のブラシが発する電気火花	
静電気		
<p>容易に着火源になり得るものと認められる</p> <p>ガソリンガスの種類、濃度、温度、圧力等によって定まる最小着火エネルギーに達すれば着火源になり得るものと認められる</p> <p>人体に帯電した静電エネルギーは、着火源になり得る可能性があるが、相対湿度（約61%）から、本事故の着火源にはならなかった可能性があると考えられる</p>		<p>高</p> <p>低</p>

付表3 着火源の特定に関する解析

作業者	本件船長	本件一航士 甲板手	甲板長 甲板員
作業場所 及び 爆発範囲の混合ガスが存在した可能性	左舷1番タンクのハッチ付近で作業していた可能性がある ハッチ付近で作業を行っていた可能性があることから、作業場所付近では爆発範囲の混合ガスが存在した可能性は 高い	左舷4番タンク船尾側付近で作業していた 作業場所付近のどのハッチからも数m離れて作業していたことから、外気風の影響を受け、作業場所付近では爆発範囲の混合ガスが存在した可能性は 低い	左舷3番タンク船首側付近で作業していた
主な使用工具と着火源になり得る可能性	バーナ 高	電動式ディスクグラインダ 中	電動式多針たがね 中
着火の可能性	高	低	低

さび落とし作業における高圧洗浄機の利用

近年、一部の外航船等では、船上におけるさび落とし作業において、熱の発生を伴わない高圧洗浄機（高圧水等の噴射によりさびを落とすことができる機器）が利用されている例がある。

なお、同洗浄機を船上で利用する場合、次の点を考慮する必要がある。

- ① 高圧洗浄機は、小型の内燃機関や電動機（一般的には非防爆タイプ）を動力源としており、油タンカーで同洗浄機を用いる場合、洗浄機本体を危険区域外に設置し、高圧ホースを延長して利用する必要がある。
- ② 本船のさびの状況によっては、効果的にさびを落とすために高圧水に砂を加える等の必要がある場合がある。