

# 船舶事故調査報告書

船種船名 LPG船 第三十二雄豊丸

船舶番号 140807

総トン数 749トン

事故種類 火災

発生日時 平成27年12月16日 13時30分ごろ

発生場所 宮城県七ヶ浜町しちがはま東南東方沖

花淵灯台から真方位140° 4.0海里付近

(概位 北緯38° 14.6′ 東経141° 08.3′)

平成28年6月9日

運輸安全委員会(海事専門部会)議決

委員 庄司邦昭(部会長)

委員 小須田敏

委員 根本美奈

## 要旨

### <概要>

LPG船第三十二雄豊丸ゆうほうは、船長ほか5人が乗り組み、宮城県仙台塩釜港仙台区での揚げ荷を終えて栈橋を離れ、貨物タンクの減圧作業を行いながら宮城県七ヶ浜町東南東方沖を東進中、平成27年12月16日13時30分ごろ貨物配管のリキッドラインから放出していた液化プロパンガスに着火して付近の可燃物に燃え移った。

第三十二雄豊丸は、ハンドレールに巻かれていた擦れ止め材、右舷側船体中央部の塗膜等に焼損を生じた。

### <原因>

本事故は、第三十二雄豊丸が、貨物タンク内の圧力を下げる作業を行いながら七ヶ浜町東南東方沖を東進中、リキッドラインから放出中の液化プロパンガスに着火したため、付近の可燃物に燃え移ったことにより発生したものと考えられる。

リキッドラインから放出中の液化プロパンガスに着火したのは、液化プロパンガスがリキッドラインから高圧の状態に急激に放出され、放出された液化プロパンガスの帯電量が多くなり、付近の導電体との間で放電して引火した可能性があると考えられるが、その状況を明らかにすることはできなかった。

# 1 船舶事故調査の経過

## 1.1 船舶事故の概要

LPG船第三十二雄豊丸<sup>ゆうほう</sup>は、船長ほか5人が乗り組み、宮城県仙台塩釜港仙台区での揚げ荷を終えて栈橋を離れ、貨物タンクの減圧作業を行いながら宮城県七ヶ浜町東南東方沖を東進中、平成27年12月16日13時30分ごろ貨物配管のリキッドラインから放出していた液化プロパンガスに着火して付近の可燃物に燃え移った。

第三十二雄豊丸は、ハンドレールに巻かれていた擦れ止め材、右舷側船体中央部の塗膜等に焼損を生じた。

## 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27年12月17日、本事故の調査を担当する主管調査官（仙台事務所）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

平成27年12月17日 現場調査、口述聴取及び回答書受領

平成27年12月22日、平成28年1月6日 回答書受領

平成28年1月6日、14日、2月3日、29日 口述聴取及び回答書受領

平成28年2月2日 口述聴取

### 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 事故の経過

本事故が発生するまでの経過は、第三十二雄豊丸（以下「本船」という。）の一等航海士（以下「航海士A」という。）及び株式会社松和汽船（以下「A社」という。）担当者の口述並びに船長及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、船長及び航海士Aほか4人が乗り組み、平成27年12月16日11時40分ごろ仙台塩釜港仙台区に所在する民間会社所有の栈橋において、右舷着けした

状態で液化プロパン<sup>\*1</sup>約500tの揚げ荷を終え、翌日に同棧橋で予定していた別の種類の貨物を積荷するために貨物タンク内の圧力を下げる作業（以下「減圧作業」という。）を行う目的で、12時55分ごろ空船状態で同棧橋を離れ、七ヶ浜町東南東方沖へ向かった。

本船は、減圧作業の打合せを行った上で同作業の準備に取り掛かり、七ヶ浜町東南東方沖を東進中、13時20分ごろ、船長の指揮の下で航海士Aが指示し、圧縮機、1号及び2号貨物タンクのドレンの排出作業を開始した。

航海士Aは、13時23分ごろ、ベーパーライン<sup>\*2</sup>からの減圧作業として、2号貨物タンク上部の2V1弁、2V2弁及び2V3弁を開弁し、続いて1号貨物タンク上部の1V1弁、1V2弁及び1V3弁を開弁した後、V4弁及びV5弁を開弁し、二等航海士（以下「航海士B」という。）にマニホルド<sup>\*3</sup>先端のV7弁を徐々に開弁するよう指示して両貨物タンク内に残留していた液化プロパンガスの放出を開始した。

航海士Aは、13時26分ごろ両貨物タンク等からのドレンの排出が終了したことを確認した後、液切れ<sup>\*4</sup>を確認する目的でリキッドライン<sup>\*5</sup>の配管中に残留した液の放出作業を行うこととし、13時27分ごろ航海士Bに対して放出状況を確認しながらマニホルド先端のL3弁を少しずつ開弁するよう指示した。

航海士Aは、放出ガスの状況を見守っていたところ、放出ガスがふだんと同じであり、航海士BからL3弁を全開したとの合図を受け、1号貨物タンクの積荷用配管の残液の放出状況を確認するとともに減圧作業の時間を短縮することとし、航海士BにL3弁付近から離れるよう指示した後、1号貨物タンク上部の1L2弁を徐々に開弁し、白い霧状の放出ガスがふだんと同じであることを確認して全開とした。

本船は、航海士Aが、次に2号タンクの積荷用配管の残液の放出状況を確認するとともに減圧作業の時間を短縮するため、2号貨物タンク上部の2L2弁を徐々に開弁しながら全開とし、その約1～2分後の13時30分ごろ、リキッドラインから液化プロパンガスを放出しながら七ヶ浜町東南東方沖を東進中、放出ガスに着火して同ラインから炎が噴出する状況となり、付近のハンドレールに巻かれていた擦れ止め材、右舷側船体中央部の塗膜等に燃え移った。

---

\*1 「液化プロパン」とは、LP（Liquefied Petroleum）ガスの主成分の一つで、分子式 $C_3H_8$ のパラフィン系炭化水素を液化したものをいい、極めて可燃性、引火性が高い。

\*2 「ベーパーライン」とは、マニホルドから各貨物タンク上部につながる配管をいい、荷役を行う際に、陸上サイドとの圧力調整の目的で、ガスのやり取りを行ったり、減圧作業を行う際に使用する。

\*3 「マニホルド」(Manifold)とは、船舶の貨物タンクに通じる荷役配管と陸上側の荷役配管との接合部をいう。

\*4 「液切れ」とは、配管内に液がなくなった状態をいう。

\*5 「リキッドライン」とは、マニホルドから各貨物タンクの積荷配管及び揚げ荷配管につながる配管をいい、貨物を積み込んだり揚げたりする際に使用する。

航海士Aは、直ちに荷役事務室へ行き、荷役監視盤にある緊急遮断弁の操作ボタンを押して緊急遮断弁を閉弁させるとともに、減圧作業のために開弁していた全ての弁を閉弁するよう乗組員に指示した。

本船は、緊急遮断弁の閉弁により、13時31分ごろリキッドラインからの炎の噴出がなくなり、乗組員による持運び式粉末消火器及び放水による消火活動で13時32分ごろ鎮火した。

本船は、付近を航行中の船舶により、本事故の発生が海上保安庁に通報され、自力で仙台塩釜港塩釜区の検疫錨地に錨泊した。

本事故の発生日時は、平成27年12月16日13時30分ごろで、発生場所は、花淵灯台から140°（真方位、以下同じ。）4.0海里（M）付近であった。

（付図1 事故発生場所概略図、付図2 一般配置図、付図3 配管系統図、写真1 本船全景（左舷側）、写真2 貨物タンク上部 参照）

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷に関する情報

航海士Aの口述によれば、本船の乗組員に死傷者及び行方不明者はいなかった。

## 2.3 船舶の損傷に関する情報

本船は、右舷側のマニホールド付近のハンドレールに巻かれていた古い消火ホースを再利用した擦れ止め材、右舷側船体中央部の塗膜等に焼損を生じた。

（写真3 右舷側焼損状況、写真4 焼損部 参照）

## 2.4 乗組員に関する情報

### (1) 性別、年齢、海技免状

船長 男性 56歳

四級海技士（航海）

免許年月日 昭和57年7月14日

免状交付年月日 平成27年5月14日

免状有効期間満了日 平成31年12月13日

航海士A 男性 55歳

四級海技士（航海）

免許年月日 平成19年12月21日

免状交付年月日 平成27年9月2日

免状有効期間満了日 平成29年5月7日

### (2) 主な乗船履歴等

### ① 船長

A社の回答書によれば、学校を卒業後、甲板員として乗船し、海技免状を取得後、航海士として乗船するようになり、33歳ごろ船長職をとり、平成23年ごろ有限会社西豊海運（以下「B社」という。）に入った。LPG船には、昭和60年ごろに初めて乗船し、一等航海士として約8年間、船長として約16年間の合計約24年間の乗船経験を有していた。本船では、安全衛生担当者及び消火作業指揮者になっていた。健康状態は、良好であった。

### ② 航海士A

A社の回答書によれば、学校を卒業後、漁船に乗船した後、46歳ごろから内航船に乗船した。平成20年ごろB社に入ってLPG船に乗船し、LPG船の乗船経験は約6年間であった。健康状態は、良好であった。

## 2.5 船舶に関する情報

### 2.5.1 船舶の主要目

船舶番号	140807
船籍港	岡山県備前市
船舶所有者	A社、成和海運株式会社、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
運航者	田渕海運株式会社（以下「C社」という。）
総トン数	749トン
L×B×D	67.90m×11.50m×4.90m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関1基
出力	1,348kW
進水年月日	平成20年4月8日

### 2.5.2 船体等に関する情報

#### (1) 船体構造

本船は、船首尾楼付一層甲板船尾船橋型の液化ガス運搬船であり、船首から順に、船首楼、1号貨物タンク、2号貨物タンク、船橋楼を配し、1号貨物タンクと2号貨物タンクとの間の両舷には、陸上のローディングアーム<sup>\*6</sup>と接続するマニホールドが配置されていた。

<sup>\*6</sup> 「ローディングアーム」とは、荷役を行う際、マニホールドの荷役用配管のフランジへ接続する陸側の配管をいう。

(付図2 一般配置図、写真5 右舷側のマニホルド付近(1) 参照)

(2) 右舷側のマニホルド及びその付近

A社担当者の口述及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

右舷側のマニホルドは、船首側から、ベーパーライン、リキッドライン、ベーパーラインの順に配置されており、各フランジからハンドレールまでの距離が約1.35mであり、荷役及び減圧作業を行わないときは、各フランジに閉止板が取り付けられていた。

ハンドレールは、上段及び中段に横棒が取り付けられていたが、マニホルド付近ではローディングアームを接続したり減圧作業を行うため、取付け、取り外しが容易になるよう、上段の横棒の代わりにチェーン(以下「ハンドレールチェーン」という。)が取り付けられており、中段の横棒までの高さが約0.63mであった。本事故当時、減圧作業中であったため、ハンドレールチェーンは取り外されていた。

(図2.5-1 右舷側のマニホルド付近概略図 参照)

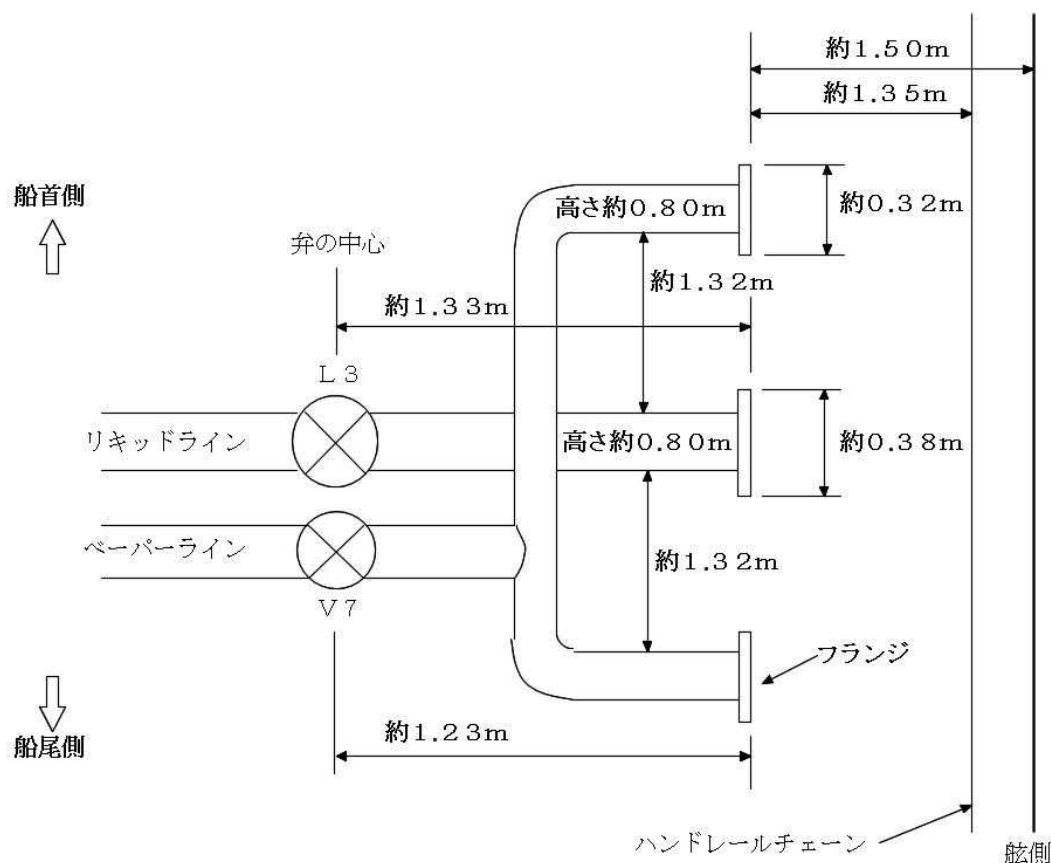


図2.5-1 右舷側のマニホルド付近概略図

(3) リキッドライン及びベーパーライン

本船は、両舷のマニホルドに1本のリキッドライン(圧力配管用炭素鋼鋼管製、呼び径200A)及び1本から2本に分岐したベーパーライン(圧力配管用炭素鋼鋼管製、呼び径150A)が取り付けられており、各ライン

のフランジ同士をステンレス製のボルト等で締め付けていた。

#### (4) 緊急遮断弁

本船は、各貨物タンクの元弁及びマニホルドの元弁として、リキッドライン及びベーパーラインにそれぞれ油圧作動式の緊急遮断弁が取り付けられており、1号貨物タンク上部と2号貨物タンク上部との間及び荷役事務室の荷役監視盤で操作できるようになっていた。

(写真6 右舷側のマニホルド付近(2)、写真7 荷役監視盤 参照)

## 2.6 減圧作業に関する情報

### 2.6.1 減圧作業

航海士Aの口述によれば、次のとおりであった。

減圧作業は、揚げ荷を行った後、次に予定していた別の種類の貨物を積載する際に、貨物が混合しないよう、揚げ荷終了後、港域外を航行しながら貨物タンク及び配管内に残留した液化プロパンガスを、貨物タンクの圧力が約0.02MPaになるまで、船外に放出するものであり、ベーパーラインだけを使用して減圧作業を行った場合、本船では約5～6時間を要する。

減圧作業の手順は、各貨物タンク等からのドレンを排出し、ベーパーラインから配管内及び貨物タンク内に残留した液化プロパンガスを船外に放出するとともに、リキッドラインの配管内に液が残留していると減圧作業終了後、残留した液が気化して圧力が上昇するため、リキッドラインの配管内の液切れを確認する目的で、リキッドラインからも船外に放出することがあった。

液化プロパンガスは、ベーパーラインから放出すれば、モヤモヤとしたガスが放出され、リキッドラインから放出すれば、配管及び周囲の空気が冷却され、最初は白い霧状の気液混合のガスが放出され、数分後にはベーパーラインからと同じくモヤモヤとしたガスが放出されるようになる。

減圧作業は、貨物の種類が変わるとき等に実施されるものであり、その頻度は本船で年間30～50回程度であった。

### 2.6.2 減圧作業開始時及び作業中の状況

航海士A及びA社担当者の口述並びにA社の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、揚げ荷終了後に残留している液化プロパンガス量が、貨物の種類、気温等により異なるが、本事故当日の同残留ガス量は約17.5tであり、減圧作業として、貨物タンク内の圧力が約0.55MPaの状態、同ガスをベーパーラインか

ら放出し、同タンク内の圧力が約0.45～0.47MPaとなった頃からリキッドラインから同ガスの放出を開始した。

### 2.6.3 減圧作業中のマニホールド付近の状況及びマニホールド付近の火気の状況

航海士Aの口述によれば、次のとおりであった。

減圧作業中、マニホールド下方の甲板上にはボルト、工具等が落ちて火花を発生しないようにゴムマットを敷き、減圧作業の準備として取り外したフランジの閉止板、ボルト、ナット、ハンドレールチェーン等をマニホールドから離れた場所に格納しており、また、リキッドラインから液化プロパンガスを放出中は危険なため、先端のL3弁を開弁後、乗組員にL3弁付近から離れるよう指示していたので、マニホールド付近には、乗組員はおらず、火気もなかった。

### 2.6.4 減圧作業手順に関する情報

A社の荷役作業手順書には、減圧作業手順に関し、次のとおり規定されていた。

#### 16.1 作業実施基準

減圧作業はカーゴタンクより可燃性を含む貨物を直接船外に放出する危険な作業である。したがって船長は以下の作業実施基準を満足していることを確認の上、直接指揮のもとで作業を実施しなければならない。

1. 港の境界付近の外で減圧作業を実施すること
2. 付近の天候に留意の上、落雷の恐れがないこと
3. 作業の手順と内容を全員に周知させること
4. 船舶輻そう海域では実施しないこと
5. 航行しながら作業を実施すること
6. 風下においては他船との距離を十分に確保すること
7. 居住区へのガスの侵入を防止するような針路をとること

#### 16.2 減圧作業手順

1. 作業前ミーティングを実施し、以下についての周知を行う。
  - ①作業責任者と役割分担
  - ②減圧するカーゴタンクと予定圧力
  - ③作業予定時間と航行予定海域
  - ④作業方法と手順
  - ⑤緊急時の措置等
2. 作業前には、次の事項について準備及び確認を実施する。
  - ①静電靴、帯電防止処理を施した作業服を着用する。
  - ②横風を受ける針路を採用し、他船との見合い関係に注意する。

- ③機関室、居住区、コンプレッサー室の強制換気装置の駆動。
- ④煙突の防煤金網を閉鎖（スパークアレスター装備船は除く）する。
- ⑤居住区、倉庫棟の扉・窓等の開口部を閉鎖し、指定出入口を表示（必要最小限の開閉）する。
- ⑥ガスを放出した際、ガスが衝突しないようにマニホールド付近のハンドレール・チェーンを取外す。
- ⑦減圧するカーゴタンクの配管が正しくラインアップされているかを確認する。
- ⑧照明器具（防爆型）、ガス検知器を準備する。
- ⑨ヘルメットを正しく着用する。
- ⑩カーゴタンクの減圧作業中である旨の表示を行う。

3. 作業中には、次の事項を実施する。

- ①作業直前に作業場所から離れた位置の除電棒または除電板にて静電気の除去を行う。
- ②作業中もできるだけ頻繁に除電を行う。
- ③作業中においても作業実施基準を満たさなくなった場合は、ただちに作業を中止する。
- ④減圧作業を実施するカーゴタンクの元弁と先端弁には必ず人員を配置する。
- ⑤ガスを放出する場合は、帯電による発火を防止するため、急激な放出を避ける。
- ⑥作業終了までカーゴタンク内の圧力監視を行う。
- ⑦その他、船長が必要を認めた事項。

4. 減圧作業終了手順として以下のことを実施する。

- ①予定していた圧力まで減圧されたことを確認する。
- ②甲板上、居住区、その他にガスの滞留がないことを確認する。
- ③作業に使用したすべてのバルブの閉止を確認し、固縛する。
- ④乗組員に作業の終了を周知する。
- ⑤表示・工具等を収納する。

#### 2.6.5 減圧作業中の火災発生事例に関する情報

航海士Aの口述によれば、数年前、乗船していたLPG船において減圧作業を実施した際、リキッドラインから液化プロパンガスの放出を開始したとき、本事故発生時と同様に放出中のガスに着火したが、緊急遮断弁を操作して閉弁することにより鎮火した。

## 2.7 減圧作業中の乗組員の服装に関する情報

航海士A及びA社担当者の口述によれば、本事故発生時、乗組員は荷役作業手順書で定められた静電靴、帯電防止処理を施した作業服、ヘルメット等を着用していた。

## 2.8 船舶の安全管理等に関する情報

### 2.8.1 組織及び安全管理

A社担当者の口述によれば、次のとおりであった。

本船は、A社が船舶所有者であり、B社が乗組員を配乗し、C社が運航していた。

本船は、A社が荷役作業手順書を作成し、C社が制定した安全管理規程、運航基準、船舶安全基準の下で運航されていた。

### 2.8.2 船員の教育

A社担当者の口述によれば、本船がドックに入った際、乗組員に対してBRM<sup>\*7</sup>を実施するとともに、1か月に1回以上、A社担当者が訪船して安全に関する事項、他船での事故例とその対策等の教育を行っていた。

## 2.9 放出ガスの帯電に関する情報

文献<sup>\*8</sup>によれば、次のとおりであった。

静電気は、異種の物体（固体又は液体）が、もとは帯電していなくても、接触したのちに分離すると発生し、物体が同種であっても、表面の汚れなどの状態の違いがあれば、摩擦により帯電する。2つの物体が接触した状態で圧力がかかったり摩擦があると、物体が分離した際に静電気が発生しやすい。また、物体の帯電量が大きい場合は、放電することがある。

また、一般的に、帯電現象は、次の状態で発生する。

(1) 摩擦、剝離帯電（接触、分離）

2つの物体の接触分離によって発生する静電気

(2) 流動帯電

導電率の低い流体を配管を通して輸送した際等に発生する静電気

(3) 噴出帯電

加圧液体、蒸気の噴出、塗料、消火剤等の噴霧によって発生する静電気

(4) 静電誘導による帯電

---

<sup>\*7</sup> 「BRM (Bridge Resource Management)」とは、船橋において、利用可能な全ての資源（人材、情報、知識等）を最大限に活用し、より一層安全、かつ、効率的な船舶の運航を行うことを目的とした考え方をいう。

<sup>\*8</sup> 「静電気がわかる本」（高橋雄造著、株式会社工業調査会、平成19年発行）

帯電物体の近くに絶縁された導体が存在する場合の帯電

## 2. 1 0 気象及び海象に関する情報

### 2. 10. 1 気象観測値

本事故現場の西北西方約 1 5. 4 km に位置する塩釜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。

1 3 時 0 0 分 天気 曇り、風向 北北西、風速 1. 4 m/s、気温 1 1. 4℃

1 4 時 0 0 分 天気 曇り、風向 北西、風速 1. 8 m/s、気温 1 1. 5℃

また、本事故現場の西方約 2 1. 5 km に位置する仙台管区気象台における観測値は、次のとおりであった。

1 3 時 0 0 分 風向 北西、風速 2. 5 m/s、気温 1 3. 1℃、湿度 5 6%

1 4 時 0 0 分 風向 北北西、風速 1. 1 m/s、気温 1 3. 0℃、湿度 5 8%

### 2. 10. 2 乗組員の観測

A社の回答書によれば、本事故発生時、天気は曇りであり、風速約 5. 0 m/s の北風が吹き、気温が約 1 4℃で、海上は波高約 1 m、視界は良好であった。

## 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 及び 2. 6 から、次のとおりであったものと考えられる。

(1) 本船は、平成 2 7 年 1 2 月 1 6 日 1 1 時 4 0 分ごろ、液化プロパン約 5 0 0 t を陸揚げし、1 号及び 2 号貨物タンクに約 1 7. 5 t の液化プロパンガスが残った状態で揚げ荷を終え、1 7 日に積載する予定であった別の貨物と混合しないよう減圧作業を行う目的で、1 2 時 5 5 分ごろ、空船状態で七ヶ浜町東南東方沖へ向かった。

(2) 本船は、減圧作業開始前に打合せを行った上で、船長の指揮の下で航海士 A が指示し、貨物タンク圧が約 0. 5 5 MP a の状態から液化プロパンガスを放出する減圧作業を開始した。

(3) 本船は、七ヶ浜町東南東沖を東進中、減圧作業として、最初に貨物タンク等からのドレンの排出を行い、次に、ベーパーラインのマニホールド先端の V 7 弁以外の弁を全開とした後、V 7 弁を徐々に開弁しながら放出状況を観察し、放出ガスがふだんと同じであることを確認した。

- (4) 本船は、貨物タンク等からのドレンの排出が終了した後、リキッドラインの配管内に液が残留していると気化して圧力が上昇するため、液切れを確認する目的で、リキッドラインのマニホールド先端のL 3弁を徐々に開弁し、放出ガスがふだんと同じであることを確認して全開とした。
- (5) 本船は、1号貨物タンクの積荷用配管の残液の放出状況を確認するとともに減圧作業の時間を短縮することとし、1号貨物タンク上部の1 L 2弁を徐々に開弁し、白い霧状の放出ガスがふだんと同じであることを確認した後、全開とした。
- (6) 本船は、2号貨物タンクの積荷用配管の残液の放出状況を確認するとともに減圧作業の時間を短縮することとし、2号貨物タンク上部の2 L 2弁を同じように徐々に開弁した後、全開とした。
- (7) 本船は、2 L 2弁を全開とし、その約1～2分後、リキッドラインの放出ガスに着火して同ラインから炎が噴出する状況となり、付近のハンドレールに巻かれていた擦れ止め材、右舷側船体中央部の塗膜等に燃え移った。
- (8) 本船は、直ちに荷役監視盤にある緊急遮断弁の操作ボタンを押して緊急遮断弁を閉弁させるとともに減圧作業のために開弁していた弁を閉弁し、持運び式粉末消火器及び放水による消火活動を行った。

### 3.1.2 事故発生日時及び場所

2.1から、本事故の発生日時は、平成27年12月16日13時30分ごろで、発生場所は、花淵灯台から140° 4.0M付近であったものと考えられる。

### 3.1.3 損傷の状況

2.3から、本船は、右舷側のマニホールド付近のハンドレールに巻かれていた擦れ止め材、右舷側船体中央部の塗膜等に焼損が生じたものと考えられる。

### 3.1.4 死傷者の状況

2.2から、本船の乗組員に死傷者はいなかったものと考えられる。

## 3.2 事故要因の解析

### 3.2.1 乗組員の状況

2.4から、船長及び航海士Aは、適法で有効な海技免状を有していた。また、LPG船の乗船経験は、それぞれ約24年間及び約6年間であったものと考えられる。

### 3.2.2 気象の状況

2.10から、本事故当時、天気は曇りで、風速約5.0m/sの北風が吹き、気温が約14℃で、波高が約1mであったものと考えられる。

### 3.2.3 リキッドラインから放出したガスに関する解析

(1) 2.6.1から、ベーパーラインから放出したガスはモヤモヤとしたガスであるのに対し、リキッドラインから液化プロパンガスを放出すると、配管及び周囲の空気が冷却され、白い霧状の気液混合のガスが放出されたものと考えられる。

(2) 2.6.1及び2.9(3)から、リキッドラインから放出された液化プロパンガスは、帯電していた可能性があると考えられる。

### 3.2.4 右舷側のマニホールド付近の火気に関する解析

2.1及び2.6.3から、本事故当時、右舷側のマニホールド付近には、火気がなかったものと考えられる。

### 3.2.5 荷役作業手順書による減圧作業手順の遵守状況

2.1、2.6及び3.1.1から、減圧作業は、船長の指揮の下で航海士Aが指示して行われ、作業前のミーティング、マニホールド付近のハンドレールチェーンの取り外し、静電靴及び帯電防止処理を施した作業服の着用等について、減圧作業手順を遵守していたものと考えられるが、貨物タンクの圧力が約0.45～0.47MPaでの状態でリキッドラインから放出しており、液化プロパンガスが高圧の状態で急激に放出された可能性があると考えられる。

### 3.2.6 リキッドラインから放出中の液化プロパンガスの着火に関する解析

2.1、2.6、2.9、3.1.1及び3.2.3～3.2.5から、次のとおりであった。

本船は、減圧作業として、ベーパーラインから液化プロパンガスの放出を開始し、ふだんと同じであることを確認した上で、リキッドラインから液切れを確認する目的で液化プロパンガス放出を開始し、その約1～2分後にリキッドラインから放出中の液化プロパンガスに着火したものと考えられる。

本船は、本事故当時、マニホールド付近に火気がないことから、放出中の液化プロパンガスに着火した要因として、リキッドラインの配管内等に残留していた液化プロパンガスが高圧の状態で急激に放出されたことから、放出された液化プロパンガスの帯電量が多くなり、船体構造物又は付近に置かれた導電体との間で放電し、放出中の液化プロパンガスに着火した可能性があると考えられる。

### 3.2.7 事故発生に関する解析

2.1、2.6、2.7、3.1.1及び3.2.6から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、平成27年12月16日11時40分ごろ、ガスとして残留した液化プロパンガスが約17.5tの状態ではげ荷を終えたものと考えられる。
- (2) 本船は、17日に積載する予定の別の貨物と混合しないよう減圧作業を行う目的で、棧橋を離れて航行中、マニホールド付近に火気のない状態でベーパーラインから液化プロパンガスの放出を開始したものと考えられる。
- (3) 本船は、ベーパーラインからの放出ガスがふだんと同じであることを確認した上で、リキッドラインの液切れを確認する目的で、リキッドラインから液化プロパンガスの放出を開始し、放出ガスがふだんと同じであることを確認した後、1号貨物タンク上部の元弁を全開としたものと考えられる。
- (4) 本船は、1号貨物タンク上部の元弁を全開としたのち、2号貨物タンク上部の元弁を全開とし、その約1～2分後、液化プロパンガスが高圧の状態ではげ荷に放出されたことから、リキッドラインから放出された液化プロパンガスの帯電量が多くなり、付近の導電体との間で放電して着火した可能性があると考えられるが、その状況を明らかにすることはできなかった。

### 3.2.8 本事故の防止に関する解析

2.9及び3.2.7から、本船は、液化プロパンガスがリキッドラインから高圧の状態ではげ荷に放出され、放出された液化プロパンガスの帯電量が多くなり、付近の導電体との間で放電して引火した可能性があると考えられ、可能であればリキッドラインから液化プロパンガスの放出を行わないこと、リキッドラインから液化プロパンガスを放出する際には圧力を下げた状態で放出すること、帯電量を多くしないようではげ荷に放出しないこと、付近に絶縁された導電体を置かないこと等により、本事故の発生を防止できた可能性があると考えられる。

## 4 原因

本事故は、本船が、減圧作業を行いながら七ヶ浜町東南東方沖を東進中、リキッドラインから放出中の液化プロパンガスに着火したため、付近の可燃物に燃え移ったことにより発生したものと考えられる。

リキッドラインから放出中の液化プロパンガスに着火したのは、液化プロパンガスがリキッドラインから高圧の状態ではげ荷に放出され、放出された液化プロパンガスの帯電量が多くなり、付近の導電体との間で放電して引火した可能性があると考えられ

るが、その状況を明らかにすることはできなかった。

## 5 再発防止策

本事故は、本船が、減圧作業を行いながら七ヶ浜町東南東方沖を東進中、液化プロパンガスがリキッドラインから高圧の状態ですら急激に放出され、放出された液化プロパンガスの帯電量が多くなり、付近の導電体との間で放電して引火した可能性があると考えられる。

したがって、可能であればリキッドラインから液化プロパンガスの放出を行わないこと、リキッドラインから液化プロパンガスを放出する際には圧力を下げた状態で放出すること、帯電量を多くしないよう急激に放出しないこと、付近に絶縁された導電体を置かないこと等により、本事故の発生を防止できた可能性があると考えられる。

### 5.1 事故後に講じられた事故等防止策

A社は、減圧作業に関し、担当者が訪船した際に、乗組員に対して安全教育を実施し、再発防止のために、恒久的な対策を構築するまではリキッドラインから液化プロパンガスの放出を行わないよう指導した。

なお、A社は、減圧作業としてリキッドラインから液化プロパンガスの放出を行わないこととし、急激な放出を行わずにベーパーラインから液化プロパンガスを安全に放出することができるよう、荷役作業手順書による減圧作業手順を改訂するとともに、新たに具体的な減圧作業実施手順を作成し、乗組員に対して指導した。

### 5.2 今後必要とされる事故等防止策

今後、同種事故の再発を防止するため、LPG船の船舶所有者は、減圧作業を行う際、乗組員に対し、次の対策を行うことを指導することが望まれる。

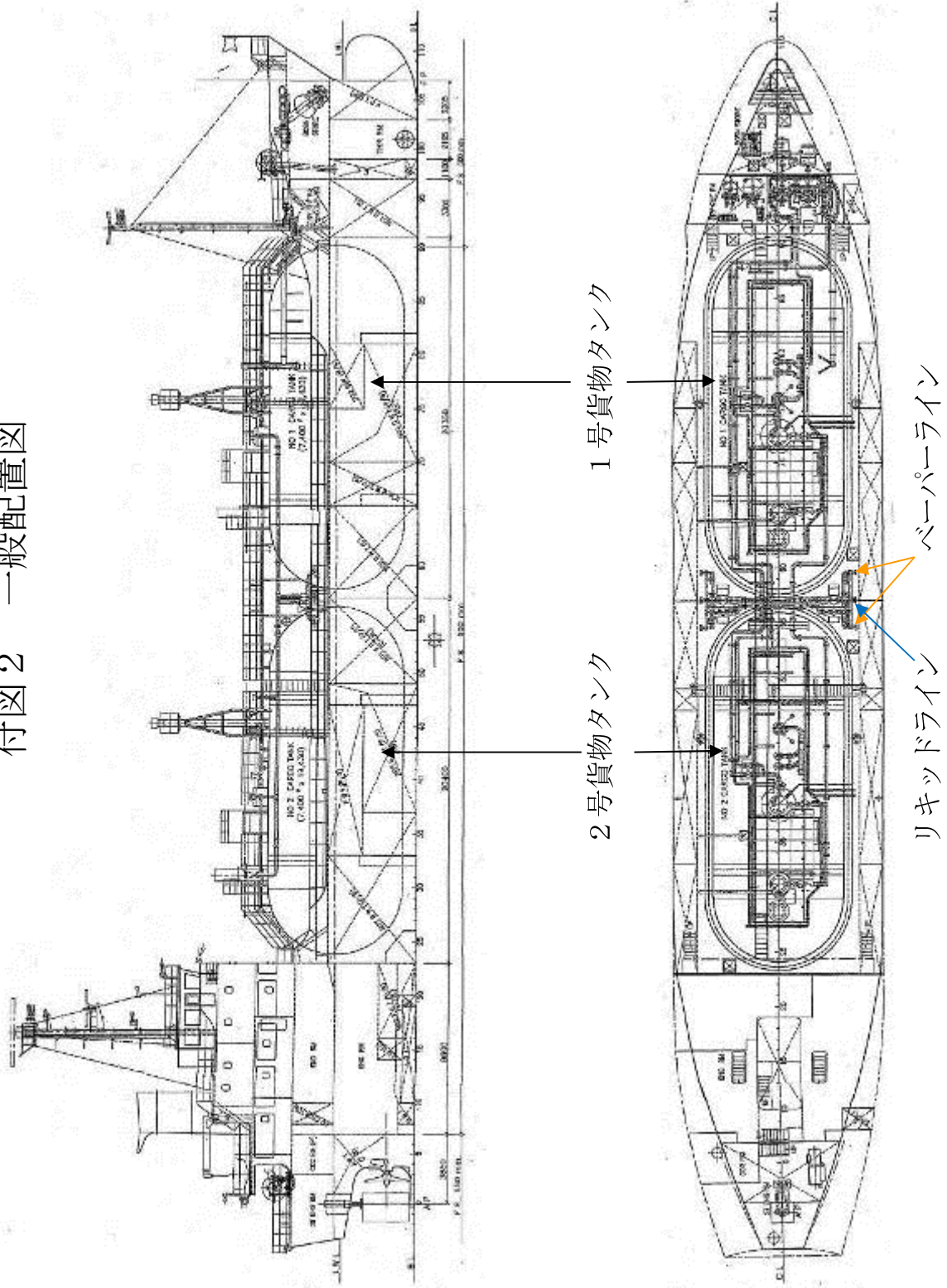
- (1) 可能であれば、リキッドラインから液化プロパンガスの放出を行わない。
- (2) リキッドラインから液化プロパンガスの放出を行う場合は、貨物タンクの圧力を下げてから行うか、弁を調整するなどして急激な放出を行わない。
- (3) 火気の管理を確実にし、照明器具を使用する際は防爆型を使用する。
- (4) 荷役配管の各フランジ間の接地に関し、定期的に抵抗の測定を行い、各フランジ間が接地されていることを確認する。
- (5) 人体への帯電を防止するため、静電靴、帯電防止処理を施した作業服を着用し、作業前に作業場所から離れた位置の除電棒又は除電板で静電気の除去を行うとともに、作業中もできるだけ頻繁に除電を行う。

- (6) 静電気対策として、工具、ボルト、ナット等は、マニホルドから十分に離れた場所に格納する。

付図1 事故発生場所概略図



付図2 一般配置図



1号貨物タンク

2号貨物タンク

ベリーパレット

リケットドライン

付図3 配管系統図

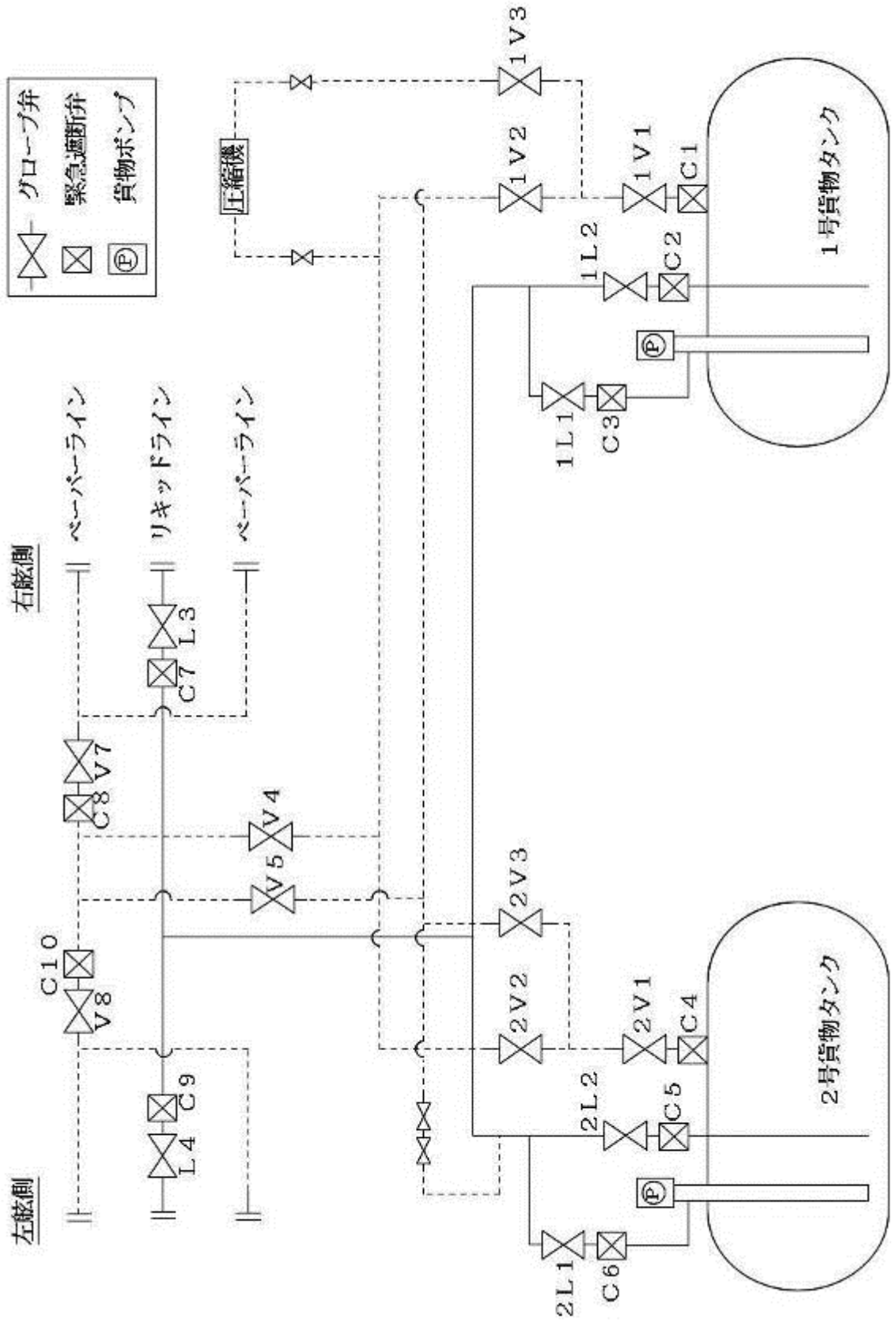


写真1 本船全景（左舷側）



写真2 貨物タンク上部



写真3 右舷側焼損状況

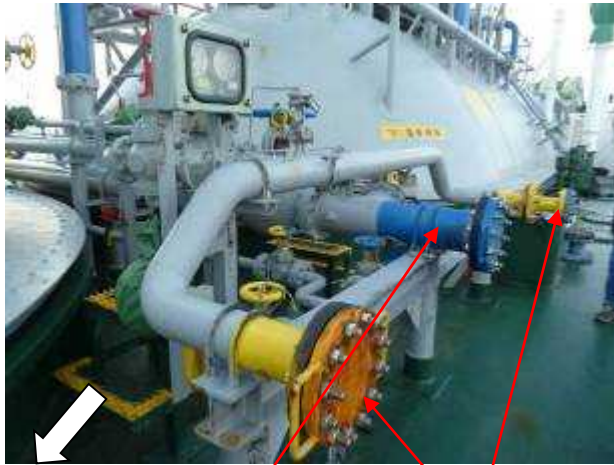


写真4 焼損部



焼損部

写真5 右舷側のマニホールド  
付近（1）

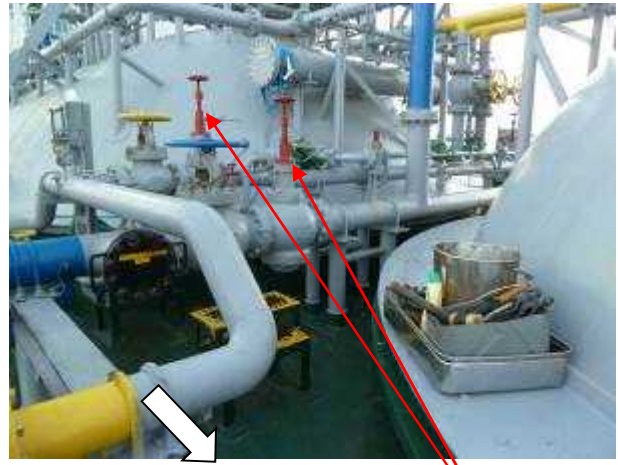


船尾方向

リキッドライン

ベーパーライン

写真6 右舷側のマニホールド  
付近（2）



船首方向

緊急遮断弁

写真7 荷役監視盤



緊急遮断弁操作ボタン