

船舶事故調査報告書

船種船名 引火性液体物質ばら積船兼油タンカー 第十五旭豊丸
船舶番号 137241
総トン数 499トン

事故種類 爆発

発生日時 平成28年7月29日 11時50分ごろ

発生場所 千葉県千葉港千葉第4区企業専用棧橋

千葉港コスモ石油シーバース灯から真方位168° 850m付近

(概位 北緯35° 31.9' 東経140° 03.6')

平成29年11月1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>

引火性液体物質ばら積船兼油タンカー第十五旭豊丸は、船長ほか4人が乗り組み、平成28年7月29日09時00分ごろ千葉港千葉第4区の企業専用棧橋に左舷着けし、左舷3番貨物油タンクにキシレン液を積載した後、バッチページを行った際、同貨物油タンク内で爆発を生じた。

第十五旭豊丸は、左舷3番貨物油タンクの縦通隔壁及びトランク甲板に曲損、同貨物油タンクのオイルタイトハッチのカバー等に焼損を生じた。

<原因>

本事故は、第十五旭豊丸が、千葉港千葉第4区の企業専用棧橋に着棧中、キシレン液を積載した後、液押し作業に引き続き‘窒素ガス投入弁の出口側から船側の受入弁の下流側に位置するベルマウスまでの配管’(本件配管)内の湾曲部及び内壁等に残

るキシレン液を左舷3番貨物油タンクに押し入れる作業を行った際、同貨物油タンク内で爆発したものと考えられる。

本船は、液押し作業の際、窒素ガスの気泡が液面から出てくることを左舷3番貨物油タンクのオイルタイトハッチのカバーに設けられた覗き孔^{のぞ}から確認しない状況下、同作業が開始してから約5秒で船側の受入弁を閉鎖したことから、本件配管内にキシレン液が通常より残っていた可能性があると考えられる。また、その状態で本件配管内の湾曲部及び内壁等に残るキシレン液を左舷3番貨物油タンクに押し入れる作業を行ったことから、本件配管内に残っていたキシレン液及び窒素ガス^{かくはん}が共に同貨物油タンク内のキシレン液中に噴出して気泡を生じ、同液面を揺動及び攪拌^{かくはん}するなどしてキシレン液が同液面上で飛散した際、帯電したミストを発生した可能性があると考えられる。

左舷3番貨物油タンク内の上部は、キシレン気体と残存していた空気との混合気体が爆発限界内にあったことから、帯電量が最大付近にあったキシレン液のミスト間、又は同貨物油タンク内部の突起状の構造物との間の放電により、着火して爆発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

引火性液体物質ばら積船兼油タンカー第十五旭豊丸^{きよくほう}は、船長ほか4人が乗り組み、平成28年7月29日09時00分ごろ千葉港千葉第4区の企業専用棧橋に左舷着けし、左舷3番貨物油タンクにキシレン液を積載した後、バッチパーズを行った際、同貨物油タンク内で爆発を生じた。

第十五旭豊丸は、左舷3番貨物油タンクの縦通隔壁及びトランク甲板に曲損、同貨物油タンクのオイルタイトハッチのカバー等に焼損を生じた。

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28年8月1日、本事故の調査を担当する主管調査官（横浜事務所）を指名した。

なお、後日、1人の地方事故調査官を新たに指名した。

1.2.2 調査の実施時期

平成28年8月4日、12日、平成29年1月24日、26日、2月2日、3日、5月26日 口述聴取

平成28年8月10日、31日、9月1日、13日、12月26日、平成29年1月18日～20日、2月1日、5月30日 回答書受領

平成29年1月13日 現場調査、口述聴取及び回答書受領

平成29年1月27日 現場調査及び口述聴取

平成29年3月6日 口述聴取及び回答書受領

1.2.3 調査協力等

消防庁消防研究センター主任研究官から、左舷3番貨物油タンクの爆発発生のみかニズムに関する解析について助言及び協力を得た。

1.2.4 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、船長、一等航海士（以下「一航士」という。）、機関長、荷役作業責任者及び荷役作業員の口述並びに石油化学製品製造業者（以下「A社」という。）の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、船長、一航士、機関長及び機関員ほか1人が乗り組み、平成28年7月29日09時00分ごろ千葉港千葉第4区にあるA社専用栈橋に左舷着けした。

本船は、船長が船舶荷役作業要領書に従って乗組員とミーティングを行い、09時15分ごろ、一航士と荷役業務の委託会社（以下「B社」という。）に在籍する荷役作業責任者が、キシレン液の荷役準備としてA社が作成した船舶荷役安全確認表（保安、火気、荷役のそれぞれにわたって安全を確保する項目が記載された表）に従って船内の火気が始末されているか、接地が良好な場所に船体アースを取り付けているかなどの点検を行った。

船長は、積荷役に備え、左舷側のマニホールド（船舶の貨物油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）及び3番貨物油タンク付近に配置につくよう乗組員全員に指示した。

本船は、A社専用栈橋に設置されたローディングアーム^{*1}のフランジとマニホールドのフランジとがボルト締めによって接続され、荷役作業員が09時30分ごろローディングアームの入口弁（以下「①弁」という。）及び船側の受入弁（以下「②弁」という。）を開放し、両舷の1番及び2番の貨物油タンク並びに右舷3番貨物油タンクに合計約510klのキシレン液を積み、‘左舷3番貨物油タンク’（以下「本件タンク」という。）に約69kl（タンク容量の約45%）を積載した。

荷役作業責任者は、11時45分ごろ一航士にキシレン液の積載が終了したことを連絡し、約3m離れた荷役作業員に口頭で指示して①弁を閉鎖させた。

荷役作業員は、引き続き窒素ガスを供給して‘窒素ガス投入弁（以下「③弁」という。）の出口側から②弁の下流側に位置するベルマウスまでの配管’（以下「本件配管」という。）内に残っているキシレン液を本件タンクに押し入れる液押し作業を行うことを一航士に伝え、荷役作業責任者の指示を受け、窒素ガスの大気放出弁（以下「④弁」という。）を閉鎖し、窒素ガス元弁（以下「⑤弁」という。）を全開とし、③弁を調整しながら開放（全揚程の約半分の揚程）して液押し作業を開始した。

機関長は、機関員と共にマニホールド付近で配置についていたところ、液押し作業が開

^{*1} 「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。

始されてから約5秒後にマニホールド付近からバチバチという聞き慣れない音に気づき、②弁を閉鎖した。

荷役作業責任者は、本船の②弁付近で荷役作業の指揮をとっていたところ、②弁が閉鎖されたことを認め、液押し作業が終了したものと思い、その後、本件配管内を感覚的に約0.5MPaまで蓄圧することを目標とし、窒素ガスが流れる音が小さくなったところで、本件配管内の湾曲部及び内壁等に残るキシレン液を本件タンクに押し入れる作業（以下「バッチパージ」という。）を行うこととし、②弁を開放するよう機関長に指示した。

機関長は、聞き慣れない音を聞いていたものの、荷役作業責任者から②弁を開放するよう指示を受けたので、ゆっくりと②弁を開放した。

(図1 参照)

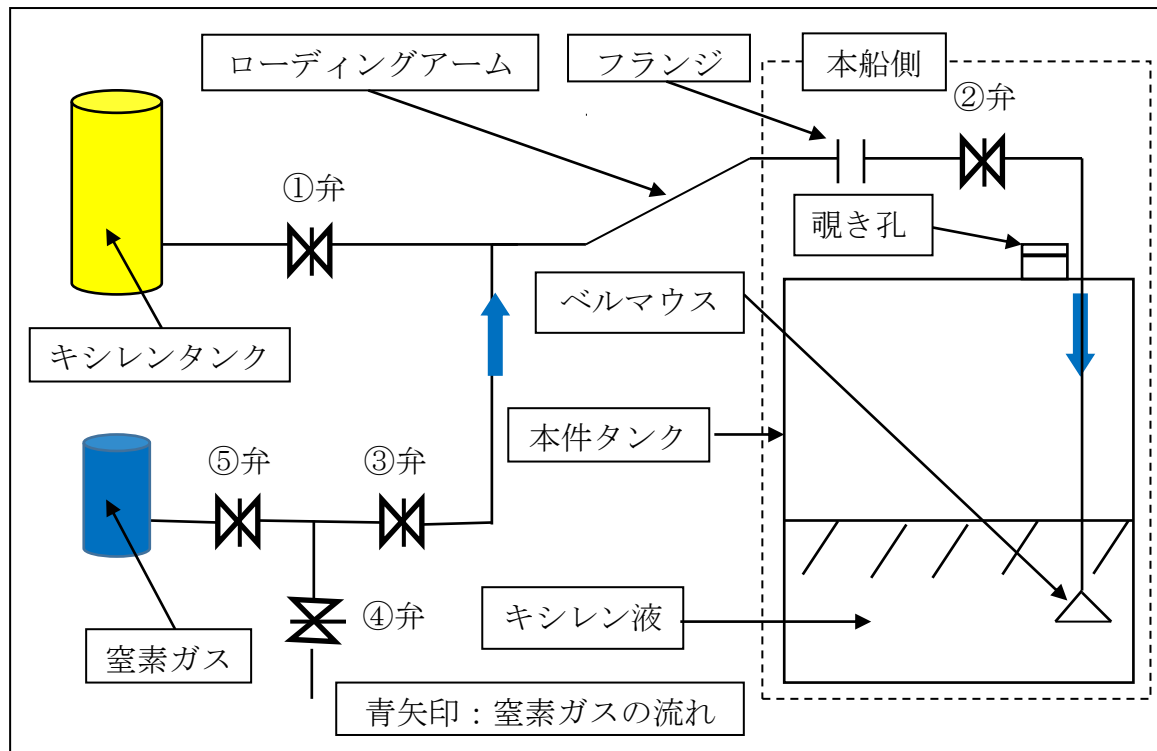


図1 液押し作業及びバッチパージの概略

機関員は、11時50分ごろ本件タンクのオイルタイトハッチのカバーの隙間から炎が噴出したのを目撃した。

機関長は、本件タンクのオイルタイトハッチのカバーの隙間から煙が噴出したのを見たので爆発が生じたと思い、②弁を閉鎖した後、荷役作業責任者等に、また、船長及び一航士に爆発が発生したことを伝えた。

荷役作業責任者は、ボンという音を聞き、本件タンクで爆発が生じたと思い、陸上の荷役作業員に③弁及び⑤弁を閉鎖するよう指示した。

船長は、食堂で運航者のアスト株式会社（以下「C社」という。）に電話をしてい

たところ、ボンという音を聞き、食堂の窓から貨物油タンク付近に黒煙が見えたので、3番貨物油タンクに向かったところ、本件タンク付近の甲板上が隆起しているのを認め、本件タンク内で爆発が生じたことを知り、C社及び船舶所有者の有限会社東光海運（以下「D社」という。）に本事故の発生を連絡した。

船長は、3番貨物油タンク付近の甲板上を冷却する目的で甲板上に備えられた散水装置から海水を散水するよう乗組員に指示した。

D社担当者は、国土交通省関東運輸局に本事故の発生を連絡した。

本船は、17時08分ごろ関東運輸局の検査を受け、同運輸局から臨時航行許可証を得た後、キシレンを全量荷揚げし、広島県尾道市所在の造船所に向け、30日02時19分ごろA社専用栈橋を離れた。

本事故の発生日時は、平成28年7月29日11時50分ごろであり、発生場所は、千葉港コスモ石油シーバース灯から168°（真方位、以下同じ。）850m付近にあるA社専用栈橋であった。

（付図1 事故発生場所概略図 参照）

2.2 人の死亡及び負傷に関する情報

船長及び一航士の口述によれば、乗組員に死傷者はいなかった。

A社の回答書によれば、荷役作業員等に死傷者はいなかった。

2.3 船舶の損傷に関する情報

A社及びC社の回答書によれば、本件タンクの縦通隔壁が右舷側に膨らむように曲損し、本件タンクのトランク甲板に隆起を、本件タンクのオイルタイトハッチのカバー等に焼損を生じた。

2.4 乗組員等に関する情報

(1) 性別、年齢、海技免状

船長 男性 38歳

四級海技士（航海）

免許年月日 平成18年12月28日

免状交付年月日 平成24年1月13日

免状有効期間満了日 平成28年12月27日

一航士 男性 30歳

四級海技士（航海）

免許年月日 平成18年10月16日

免状交付年月日 平成25年3月14日

免状有効期間満了日 平成28年10月15日

機関長 男性 39歳

四級海技士（機関、機関限定）

免許年月日 平成26年7月4日

免状交付年月日 平成28年7月20日

免状有効期間満了日 平成31年7月3日

荷役作業責任者 男性 30歳

荷役作業員 男性 27歳

(2) 主な乗船履歴等

船長、一航士、機関長、荷役作業責任者及び荷役作業員の口述並びにA社、B社及びC社の回答書によれば、次のとおりであった。

① 船長

学校を卒業して漁船に乗船し、平成22年ごろにD社に入ってケミカルタンカーに乗船し、キシレン液等の引火性液体の荷役経験が通算して約9年であり、平成23年ごろから船長として乗船している。本船では、荷役最高責任者、安全担当者及び消火作業指揮者に選任されていた。

本事故当時、健康状態は良好であった。

② 一航士

学校を卒業して漁船に乗船し、平成22年ごろにD社に入ってケミカルタンカーに乗船し、キシレン液等の引火性液体の荷役経験が通算して約9年であり、平成20年ごろから一航士として乗船している。本船では、荷役実務指揮者に選任されていた。

本事故当時、健康状態は良好であった。

③ 機関長

学校を卒業して漁船及び商船に乗船するなどし、平成16年ごろにD社に入ってケミカルタンカーに乗船し、キシレン液等の引火性液体の荷役経験が通算して約14年であり、平成23年ごろから機関長として乗船している。

本事故当時、健康状態は良好であった。

④ 荷役作業責任者

学校を卒業後、他の業種を経験したのち、平成26年ごろにB社に入り、キシレン液等の引火性液体の荷役業務に従事し、荷役作業責任者としての業務経験が約2年3か月であった。

本事故当時、健康状態は良好であった。

⑤ 荷役作業員

学校を卒業後、平成18年ごろから石油化学製品の性状分析等の業務に約2年間従事し、荷役作業員としての業務経験が約8年であった。

2.5 船舶等に関する情報

2.5.1 船舶の主要目

船舶番号	137241
船舶所有者	D社
運航者	C社
総トン数	499トン
L×B×D	64.76m×10.00m×4.50m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関
出力	735kW
推進器	固定ピッチプロペラ
進水年月日	平成15年9月18日

2.5.2 船体等に関する情報

本船は、一層凹甲板船尾機関型の引火性液体物質ばら積船兼油タンカーであり、船首から順に、それぞれ両舷対称に1番貨物油タンク、2番貨物油タンク、3番貨物油タンク及び4番貨物油タンクを配し、各貨物油タンクのトランク甲板上にはオイルタイトハッチを備え、3番貨物油タンクのトランク甲板上付近に、陸上のローディングアームと接続するマニホールドが配置されていた。

本件タンクは、容量が約151.7klであり、内部には設備上、必要なタンク洗浄ノズル、ストロー管等の突起状の構造物を設けていた。

本船は、船体中央部のトランク甲板上に散水装置を装備し、機関室内に備えた消防兼雑用水ポンプを用いて海水を散水できるようになっていた。

(図2 参照)

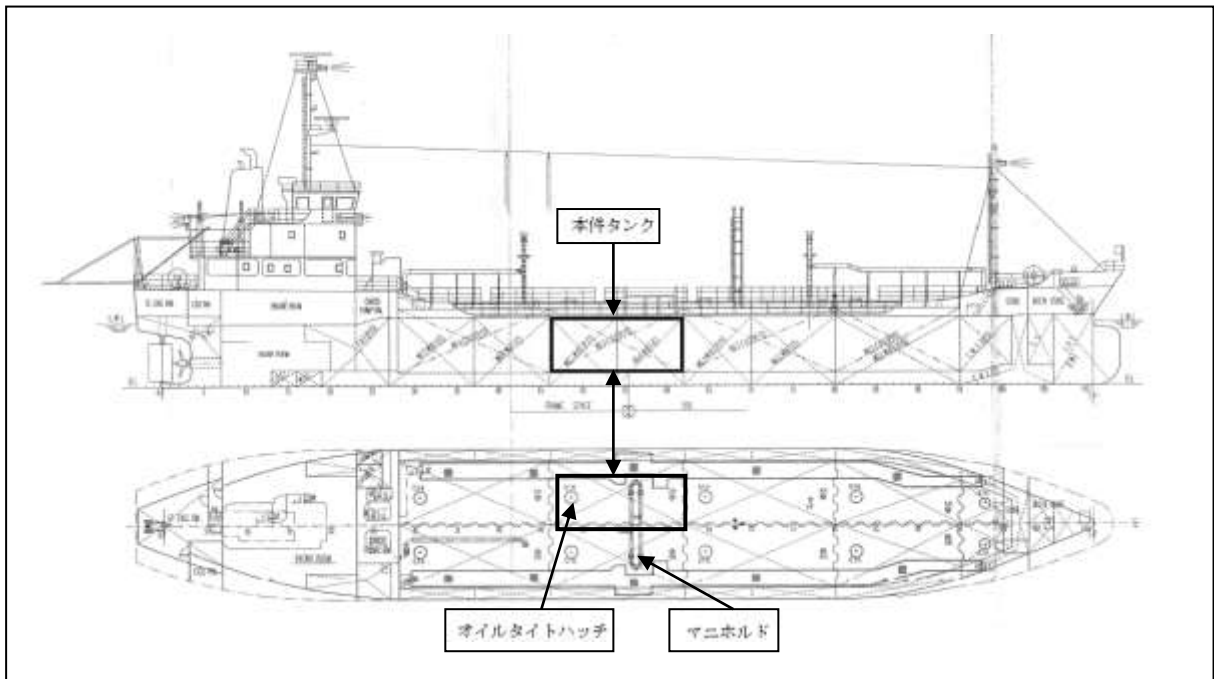


図2 一般配置図

2.5.3 液押し作業及びバッチパーズ時の配管に関する情報

ローディングアームの配管には、陸上側において窒素ガスの配管が接続されており、同ガスのタンク出口圧力が約0.7MPaであった。

③弁、④弁及び⑤弁には、仕切弁が使用されていた。

本件配管には、本事故当時、圧力計が取り付けられておらず、本事故後、圧力計が取り付けられ、③弁の開度を全揚程の約半分の揚程に調整した際の窒素ガスの圧力は約0.3MPaである。

(写真1 参照)

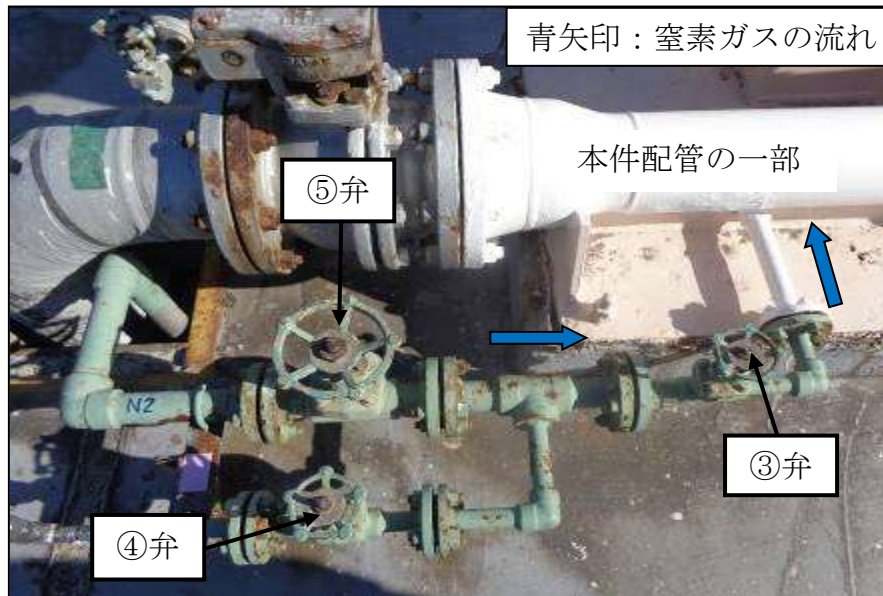


写真1 本件配管への窒素ガスの接続状況

2.6 キシレン液に関する情報

2.6.1 キシレン液の成分

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。

本事故時に積載されていたキシレン液は、本事故後に分析した結果、エチルベンゼン、p-キシレン、m-キシレン、o-キシレン等が含まれており、それぞれの含有量が wt%^{*2}で56.69、10.29、22.69、10.00であり、電気伝導率が、エチルベンゼン等の平均値として約17ピコジーメンズ毎メートル (pS/m) であった。

2.6.2 キシレン気体と空気との混合気体

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。

本件タンク内の上部には、‘キシレン気体と残存していた空気との混合気体’（以下「本件可燃性混合気体」という。）が存在していた。

本件可燃性混合気体の爆発限界（爆発可能な可燃性気体と空気の濃度範囲）は、ルシャトリエの式を用いて計算した結果、約1.0～約6.9 vol%^{*3}であった。

本事故当時、気温が約30℃であったことから、液温30℃におけるキシレンの飽和蒸気圧力をキシレン-蒸気圧線図から求めると、約1.56 kPa であり、キシ

^{*2} 「wt%」とは、質量パーセント濃度（重量パーセント濃度）を示す単位であり、100分率記号にweightを略したwtをつけて表す。

^{*3} 「vol%」とは、体積パーセント濃度（容量パーセント濃度）を示す単位であり、100分率記号にvolumeを略したvolをつけて表す。

レン気体の濃度が約1.54 vol%（液温30℃、大気圧）であった。

2.6.3 キシレン液の帯電

文献^{*4}、^{*5}、^{*6}によれば、次のとおりであった。

電気伝導率は、50 pS/m 以下になるにしたがって絶縁性が高まり、帯電しやすくなる。

積荷を行うタンクは、約100kl前後の容量で静電気が溜まりやすく、かつ、積み込み容量が約50%付近で最も帯電量が高まる。

石油類の電荷発生量は、流速の1.75乗に比例して大きくなり、また、強く攪拌するほど大きくなる。

2.7 帯電による爆発発生に関する情報

文献^{*7}によれば、次のとおりであった。

爆発を生じるのは、

- (1) 石油ガスと空気との混合比が爆発の上下限界内にあること
- (2) 放電エネルギーが可燃性物質の最小着火エネルギーよりも大きいことが必要である。

放電は、電荷が蓄積して電界強度が大きくなり、電極に相当するものの間に充分高い電位差がかけられると発生する。

2.8 本事故時の液押し作業に関する情報

機関長及び荷役作業員の口述によれば、次のとおりであった。

機関長は、本件配管に窒素ガスの流れる音を聞きながら、窒素ガスの気泡が液面から出てくることを本件タンクのオイルタイトハッチのカバーに設けられた覗き孔から確認し、本件配管内に残っていたキシレン液が本件タンクに押し入れられたと判断するつもりであった。

機関長は、本事故当時、窒素ガスの気泡が液面から出てくることを覗き孔から確認していないことを一航士にも、荷役作業責任者にも伝えていなかった。

*4 「静電気安全指針2007」（独立行政法人労働安全研究所）

*5 「可燃性液体充填時の静電気危険と対策」（静電気学会誌、1991）

*6 「タンカー安全担当者教本」（船員災害防止協会編、株式会社成山堂発行）

*7 「タンカーの火災とその対策」（今井金矢著、株式会社成山堂、昭和41年発行）

2.9 安全管理等に関する情報

2.9.1 船舶の安全管理

船長の口述及びC社の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、C社によって作成された船舶荷役作業要領書に従って荷役を実施していた。

船舶荷役作業要領書は、荷役作業の安全について、乗組員が行うべき手順と留意点を次のとおり定めていた。

荷役中における厳守事項として、荷役作業は、陸側の指示の下に行い、船側で勝手に作業を行わない。

1. 着棧及び荷役準備 (略)

2. 着棧 (略)

3. 積荷準備 (略)

4. 積荷役

1. (略)

↳

10. (略)

11. 手順は、陸側から封入されるチッソ (エア) で、液押しを数回行う。

留意点は、液押しの回数は陸側と打合わせすること。

声掛けを行い連携を取りながら作業していく。

※声掛けとは、液押しの回数及び弁を開閉操作する際の確認を船側と陸上側との間で十分に連絡を取り合うことである。

2.9.2 A社の安全管理

A社の回答書によれば、次のとおりであった。

A社は、B社に荷役作業を委託しており、B社が作成したキシレン出荷作業安全作業手順書で定められた項目に従って荷役作業責任者及び荷役作業員が荷役業務を行っていた。

キシレン出荷作業安全作業手順書には、キシレン積荷役作業時の手順について次のように記載されている。

準備作業時の作業手順

1 各種書類、出荷数量インボイス作成

↳ (略)

6 ローディングアームの取り付け箇所の漏れテスト実施、ミーティングを行う。

荷役本作業

7 ローディングアーム元弁を開ける、製品課へのポンプスタート依頼
↳ (略)

15 ローディングアーム元弁閉止

後始末作業

16 ローディングアーム閉止後アーム内液抜きパージを実施

17 アーム元の窒素弁を開ける、アームに圧をかける

18 船側のマニホールド弁を圧が上がったら開けて一気に液を抜く

19 上記作業を3～4回実施する

2.10 気象及び海象に関する情報

2.10.1 気象観測値

事故現場の北北東方約4.8海里(M)に位置する千葉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。

11時50分 風向 西南西、風速 3.3m/s、気温 28.3℃

2.10.2 乗組員等の観測

船長の口述によれば、本事故当時、天気は晴れであり、風速約1～2m/sの南西風が吹き、気温が約30℃、海上は平穏、視界は良好であった。

A社の回答書によれば、本事故当時、天気は晴れであり、風速約3.2m/sの西風が吹き、気温が約30℃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2.5.2から次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本船は、千葉港千葉第4区のA社専用棧橋に着棧中、キシレン液を両舷の1番及び2番の貨物油タンク並びに右舷3番貨物油タンクに合計約510kℓ積載した。
- (2) 本件タンクには、キシレン液が約69kℓ積載された。
- (3) 荷役作業責任者は、11時45分ごろキシレン液の積載が終了したことを一航士に連絡し、①弁を閉鎖した。
- (4) 荷役作業員は、本件タンクの液押し作業を行うこととし、②弁が開放されている状態で、⑤弁を全開にした後、③弁を調整しながら開放した。

- (5) 機関長は、液押し作業が開始されてから約5秒後に聞き慣れない音に気づき、②弁を閉鎖した。
- (6) 荷役作業責任者は、②弁が閉鎖されたことを認め、バッチパージを行うこととし、本件配管内を感覚的に目標の約0.5MPaに蓄圧した後、窒素ガスが流れる音が小さくなったところで②弁を開放するよう機関長に指示した。
- (7) 機関長は、荷役作業責任者から指示を受け、ゆっくりと②弁を開放したところ、本件タンクのオイルタイトハッチのカバーの隙間から煙の噴出を認め、爆発が生じたと思い、②弁を閉鎖した。
- (8) 荷役作業責任者は、②弁付近でボンという音を聞き、爆発が生じたと思い、荷役作業員に③弁及び⑤弁の閉鎖を指示した。
- (9) 船長は、本件タンク内で爆発が生じていたことを確認し、3番貨物油タンク付近の甲板上を冷却する目的で甲板上に備えられた散水装置から海水を散水するよう乗組員に指示した。

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28年7月29日11時50分ごろであり、発生場所は、千葉港コスモ石油シーバース灯から168°850m付近にあるA社専用栈橋であったものと考えられる。

3.1.3 死傷者等の状況

2.1及び2.2から、乗組員及び荷役作業員等に死傷者はいなかったものと考えられる。

3.1.4 損傷の状況

2.3から、本船は、本件タンクの縦通隔壁が右舷側に膨らむように曲損し、本件タンクのトランク甲板に隆起を、本件タンクのオイルタイトハッチのカバー等に焼損を生じたものと考えられる。

3.2 事故要因の解析

3.2.1 乗組員等の状況

2.4から、次のとおりであった。

(1) 船長

船長は、適法で有効な海技免状を有していた。

船長は、キシレン液等の引火性液体の荷役経験が約9年であり、本事故当時、健康状態は良好であったものと考えられる。

(2) 一航士

一航士は、適法で有効な海技免状を有していた。

一航士は、キシレン液等の引火性液体の荷役経験が約9年であり、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) 機関長

機関長は、適法で有効な海技免状を有していた。

機関長は、キシレン液等の引火性液体の荷役経験が約14年であり、本事故当時、健康状態は良好であったものと考えられる。

(4) 荷役作業責任者

荷役作業責任者は、平成26年ごろからキシレン液等の引火性液体の荷役業務に従事しており、荷役作業責任者としての業務経験が約2年3か月であり、本事故当時、健康状態は良好であったものと考えられる。

(5) 荷役作業員

荷役作業員は、荷役作業員としての業務経験が約8年であり、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 気象及び海象の状況

2.10から、本事故当時、天気は晴れであり、風力2の南西風が吹き、気温が約30℃で、海上は平穏であったものと考えられる。

3.2.3 本事故当時の液押し作業及びバッチパージに関する解析

2.1、2.5.3、2.8、2.9及び3.1.1から、次のとおりであった。

- (1) 機関長は、液押し作業において、窒素ガスの気泡が液面から出てくることを本件タンクのオイルタイトハッチのカバーに設けられた覗き孔から確認し、本件配管内に残っていたキシレン液が本件タンクに押し入れられたと判断するつもりであったものと考えられる。
- (2) 機関長は、液押し作業が開始されてから約5秒後に聞き慣れない音に気づき、②弁を閉鎖したものの、窒素ガスの気泡が液面から出てくることを確認していなかったものと考えられる。
- (3) 機関長は、窒素ガスの気泡が液面から出てくることを確認していなかったことを一航士にも、荷役作業責任者にも伝えていなかったものと考えられる。
- (4) 荷役作業責任者は、機関長が②弁を閉鎖したことから、液押し作業が終了したと思い、バッチパージを行うこととしたものと考えられる。
- (5) 本件配管内は、③弁が全揚程の約半分の揚程に開放された状態で②弁が閉鎖されていたこと、その後、本件配管内を流れる窒素ガスの音が小さくなっ

たことから、約0.3MPaから約0.7MPaに蓄圧されたものと考えられる。

- (6) 以上のことから、本船は、本件配管内にキシレン液が通常より残った状態でバッチパーズが行われた可能性があると考えられる。
- (7) C社は、船舶荷役作業要領書において液押しを陸上側からの指示により、数回行うと定め、また、A社は、キシレン出火作業安全作業手順書において液抜きパーズを3～4回実施すると定めていたものの、いずれも液押し作業及びバッチパーズ時の注意すべき事項についての記載がなかったものと考えられる。
- (8) 機関長が液押し作業が開始されてから約5秒後に気付いた聞き慣れない音については、その発生源等を明らかにすることはできなかった。

3.2.4 本件可燃性混合気体に関する解析

2.6から、本件タンク内の上部に存在した本件可燃性混合気体の爆発限界は、約1.0～約6.9vol%であり、本事故時のキシレン気体の濃度が約1.54vol%で爆発限界の下限值付近にあったものと考えられる。

3.2.5 爆発に関する解析

2.1、2.5.2、2.6～2.8及び3.2.3及び3.2.4から、次のとおりであった可能性があると考えられる。

(1) 着火源の存在

本件配管内は、キシレン液が通常より残った状態で約0.7MPaに蓄圧され、バッチパーズが行われたものと考えられることから、キシレン液及び窒素ガスが共に本件タンク内のキシレン液中に噴出して気泡を生じ、また、キシレン液面を揺動及び攪拌するなどしてキシレン液が同液面上で飛散した際、帯電したミストを発生した。

キシレン液は、電気伝導率が、約17pS/mであり、帯電しやすい上に、積載量が本件タンク容量の約45%であったことから、本件タンク内上部のミストの帯電量が最大付近にあった。

(2) 爆発の発生

本件タンクは、本件タンク内上部に帯電量が最大付近であったキシレン液のミストが存在し、本件可燃性混合気体中でミスト間、又は本件タンク内部の突起状の構造物との間で放電したことから、着火し、爆発した。

3.2.6 事故発生に関する解析

2.1、2.5.2、2.6、3.1.1、3.2.3、3.2.4及び3.2.5から、次のとおりであつ

た。

- (1) 本船は、11時45分ごろキシレン液の積載が3番貨物油タンクで終了し、本件タンクにはキシレン液が約6.9kℓ（タンク容量の約4.5%）積載されており、キシレン液面より上方には本件可燃性混合気体が存在し、キシレン気体の濃度が約1.54vol%であり、爆発限界内にあったものと考えられる。
- (2) 本船は、液押し作業が、約0.3MPaの窒素ガスで本件タンクに開始されたが、聞き慣れない音に気付いた機関長が約5秒後に②弁を閉鎖したことから、本件配管内にキシレン液が通常より残った可能性があると考えられる。
- (3) 本船は、約0.7MPaに蓄圧された窒素ガスでバッチパージを行ったものと考えられる。
- (4) 本船は、本件タンクにタンク容量の約4.5%のキシレン液が積載され、キシレン液の帯電量が最大付近であった状況下、バッチパージにより、本件配管内に残ったキシレン液及び窒素ガスが共に本件タンク内のキシレン液中に噴出して気泡を生じ、また、キシレン液面を揺動及び攪拌するなどしてキシレン液が同液面上で飛散した際、帯電したミストを発生した可能性があると考えられる。
- (5) 本船は、本件タンクに積載されたキシレン液の帯電したミスト間、又は本件タンク内部の突起状の構造物との間で放電し、着火して爆発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。

3.3 本事故の防止に関する解析

2.1、2.8、3.2.3及び3.2.6から、次のとおりであった。

本船は、機関長が液押し作業の際に窒素ガスの気泡が液面から出てくることを荷役作業責任者に伝え、本件配管内にキシレン液が残っていない状態でバッチパージを行うことにより、本事故の発生を防止できたものと考えられる。

本船は、バッチパージを行う際、本件配管の圧力を抑えることにより、本件タンクにキシレン液及び窒素ガスが共に本件タンク内のキシレン液中に噴出して気泡を生じることを、また、キシレン液面を揺動及び攪拌するなどしてキシレン液が同液面で飛散することを抑え、帯電したミストの発生を防ぎ、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、千葉港千葉第4区のA社専用棧橋に着棧中、キシレン液を積載

した後、液押し作業に引き続きバッチパーズを行った際、本件タンク内で爆発したものと考えられる。

本船は、液押し作業の際、窒素ガスの気泡が液面から出てくることを本件タンクのオイルタイトハッチのカバーに設けられた覗き孔から確認しない状況下、同作業を開始してから約5秒で②弁を閉鎖したことから、本件配管内にキシレン液が通常より残っていた可能性があると考えられる。また、その状態でバッチパーズを行ったことから、本件配管内に残っていたキシレン液及び窒素ガスが共に本件タンク内のキシレン液中に噴出して気泡を生じ、同液面を揺動及び攪拌するなどしてキシレン液が同液面上で飛散した際、帯電したミストを発生した可能性があると考えられる。

本件タンク内の上部は、本件可燃性混合気体が爆発限界内にあったことから、帯電量が最大付近にあったキシレン液のミスト間、又は本件タンク内部の突起状の構造物との間の放電により、着火して爆発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、千葉港千葉第4区のA社専用棧橋に着棧中、本件配管内にキシレン液が通常より残り、また、バッチパーズを行った際、本件配管の圧力が約0.7MPaに蓄圧され、残っていたキシレン液が窒素ガスと共に本件タンク内のキシレン液中に噴出し、本件タンクのキシレン液面より上方にあった本件可燃性混合気体中でミスト間、又は本件タンク内部の突起状の構造物との間の放電により、着火して本件タンクで爆発し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を図るため、次の措置を講じる必要がある。

- (1) 液押し作業は、キシレン液が本件配管内に極力残さぬように行うこと。
- (2) バッチパーズは、貨物油タンク内部のキシレン液面が攪拌等を生じないように圧力を抑えて行うことが望ましい。
- (3) 液押し作業及びバッチパーズの際には、船側の作業者と陸上側の作業者との連絡を密にし、合図等を出しながら行うこと。

5.1 A社によって講じられた措置

A社は、再発防止策として、次の措置を講じた。

- (1) ローディングアーム付近には圧力計を設置し、圧力が約0.3MPaの窒素ガスで液押し作業及びバッチパーズを行うこととした。
- (2) 積荷役中に帯電した積荷による貨物油タンク内部の放電、着火を防止するた

め、荷役終了後、約30分間の静置時間を設けた。

- (3) 荷役開始前に適宜、船側の作業者と注意事項などを確認するとともに異常を感じた際は陸側の作業者に申し出てもらうことを依頼する。

付図1 事故発生場所概略図

