

船舶事故調査報告書

船種船名 砂利運搬船 成和丸

船舶番号 135934

総トン数 55トン

事故種類 爆発

発生日時 平成24年12月11日 07時05分ごろ

発生場所 大阪府大阪市北区所在の大川右岸の船舶係留施設
大阪市都島区所在の毛馬三角点から真方位212° 630m付近
(概位 北緯34° 43.05′ 東経135° 31.10′)

平成26年1月9日

運輸安全委員会（海事部会）議決

委員長 後藤昇弘
委員 横山鐵男（部会長）
委員 庄司邦昭
委員 石川敏行
委員 根本美奈

要旨

<概要>

砂利運搬船^{せいわ}成和丸は、大阪府大阪市北区所在の大川右岸の船舶係留施設に係留中、平成24年12月11日07時05分ごろ船首甲板下の倉庫区画で爆発が発生した。

成和丸は、甲板員が死亡し、作業員が重傷及び船長が軽傷をそれぞれ負い、船首甲板等を破損した。

また、他船の作業員が軽傷を負い、周辺施設等に破損が生じた。

<原因>

本事故は、成和丸が、大阪市北区所在の大川右岸の船舶係留施設に係留中、船首甲板下の倉庫区画に置かれていたガスコンロからプロパンを主成分とする液化石油ガス

が漏えいしたため、同ガスと空気とが混ざり合っ^て混合ガスが形成され、爆発範囲内の濃度となった可燃性混合ガスが同倉庫区画に滞留しており、成和丸の作業員が点火棒ライターで同コンロに点火しようとした際、同ガスに着火して爆発したことにより発生した可能性があると考えられる。

ガスコンロからプロパンを主成分とする液化石油ガスが漏えいしたのは、本事故前日から容器のバルブが開栓された状態であったこと、及び本事故前日にガスコンロが使用された後、同コンロの器具栓が開栓された状態であったことによる可能性があると考えられる。

プロパンを主成分とする液化石油ガスと空気とが混ざり合っ^て混合ガスが形成され、爆発範囲内の濃度となった可燃性混合ガスが船首甲板下の倉庫区画に滞留していたのは、同倉庫区画が、通風管と出入口ハッチによる自然通風でしか換気できない上、本事故前日の17時00分ごろハッチが閉じられ、更に換気されにくい状況になったことによるものと考えられる。

単位換算表

1 kgf : 9.8 N

1 kgf/cm² : 98000 N/m²

1 kPa : 1,000 N/m²

1 MPa : 1,000,000 N/m²

なお、本報告書では、液化石油ガスの量（容量、流量、漏えい量等）については、質量の単位である「g」、「kg」を用いた。

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

砂利運搬船^{せいわ}成和丸は、大阪府大阪市北区所在の大川右岸の船舶係留施設に係留中、平成24年12月11日07時05分ごろ船首甲板下の倉庫区画で爆発が発生した。

成和丸は、甲板員が死亡し、作業員が重傷及び船長が軽傷をそれぞれ負い、船首甲板等を破損した。

また、他船の作業員が軽傷を負い、周辺施設等に破損が生じた。

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24年12月12日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか1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24年12月13日、平成25年6月11日、7月17日 現場調査

平成24年12月14日、15日、平成25年1月11日、6月4日、11日
～13日、7月10日、16日、29日、8月29日、9月13日、10月30日
口述聴取

平成25年4月30日、8月23日 回答書受領

1.2.3 調査協力

本事故に関し、独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門 工学博士堀口貞茲から、プロパンを主成分とする液化石油ガスの滞留及び拡散並びに同ガスと空気との混合ガスの爆発現象について、助言を得た。

1.2.4 情報提供

平成25年1月23日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通省海事局に対し、別紙1のとおり、事実情報の提供を行った。

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。

1.2.6 関係機関への意見照会

国土交通省海事局安全政策課及び大阪市消防局への意見照会を行った。

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、成和丸（以下「本船」という。）の船長（以下「船長A」という。）、機関員（以下「機関員A」という。）、作業員（以下「作業員A」という。）及び作業員として乗船経験のある大阪府淀川砂利採取組合（以下「砂利採取組合」という。）の組合員（以下「砂利採取組合員」という。）並びに本事故時、本船の左舷側3隻目に係留されていた船舶に向かう途中で負傷した同船舶の作業員（以下「作業員B」という。）の口述によれば、次のとおりであった。

2.1.1 本事故前日までの本船の運航状況等

本船は、大阪府枚方大橋^{ひらかた}付近の淀川で砂利を採取し、大阪市都島橋^{みやこじま}の両岸にある業者へ採取した砂利を荷揚げする日帰りの航海に従事していた。

本船は、出発前の打合せや荷揚げ待機をする際、‘本船の船首甲板下の倉庫区画’（以下「本件倉庫」という。）に乗組員が集合してお茶を飲むことにしており、船長Aは、お湯を沸かすために‘プロパンを主成分とする液化石油ガス’（以下「プロパンガス」という。）の容器やガスコンロ（以下「本件コンロ」という。）等を本件倉庫に持ち込んでいた。

本船は、平成24年12月10日08時15分ごろ砂利採取組合の所属船舶が使用する大阪市北区所在の‘大川右岸の船舶係留施設’（以下「本件係留施設」という。）を出発し、08時30分～09時00分ごろ毛馬^{けま}閘門^{こうもん}において、水位調整のために待機中、船長Aは、‘液化石油ガス販売店（以下「本件販売店」という。）に注文していたプロパンガス5kg入りの容器’（以下「本件容器」という。）が3日前に毛馬閘門の物品保管小屋に配達されていたので、本件容器を本件倉庫に持ち込んだ。

船長Aは、本件倉庫において、本件コンロから延びるガス用ゴム管（以下「本件ゴム管」という。）の先端に接続している圧力調整器（以下「本件調整器」という。）を本件容器に取り付けた。

本船は、枚方大橋付近の淀川右岸で砂利採取を終え、13時30分ごろ、都島橋付近の大川左岸に着き、係留して機関を停止したが、先に荷揚げを待っていた砂利運搬船が2隻いたので、自船の荷揚げの順番が来るまで、本件倉庫でお茶を飲みながら待機することにし、作業員Aがお湯を沸かしてお茶の準備を行った。

本船の乗組員4人及び他船の乗組員2人は、お茶の準備が整った後、本件倉庫に1時間30分ぐらい滞在していたが、この間にガス臭いと発言した者はおらず、また、本件倉庫内に設置していた小型発動機を使用することもなかった。

本船は、15時00分から16時30分ごろまで荷揚げを行った後、17時00

分ごろ、本件係留施設に到着して船首着けで係留され、乗組員4人が、本件倉庫で着替えを行ったが、このときも特段ガスの臭いを感じることもなく下船し、本件倉庫出入口のハッチが閉じられた。

2.1.2 本事故当日の状況

12月11日07時00分ごろ機関員A及び作業員Aが乗った乗用車が本件係留施設前に着き、作業員Aは先に本船に向かい、約1～2分遅れて船長Aが乗った乗用車が本件係留施設前に到着し、船長A及び機関員Aと一緒に本船に向かった。

作業員Bは、機関員A等よりも先に本件係留施設前に到着しており、本件係留施設付近の広場のたき火で暖を取っていたところ、船長A及び機関員Aが本船に向かっていることを見掛け、本船の左舷側3隻目に係留された船舶に向かって本件係留施設の通路を歩き始めた。

作業員Bは、本件係留施設の通路上で本船の近くに立ち止まっていた船長A及び機関員Aに声を掛けて追い抜いた後、本船の船首甲板上にある本件倉庫出入口のハッチ付近で船首方を向いて立っている本船の甲板員（以下「甲板員A」という。）を見た。

船長Aは、本件係留施設の鉄製柵をまたいで本船の右舷船首部に足を掛けたとき、大きな音を聞き、スローモーションのように少しずつ船首甲板がめくれ上がるのを見た。

機関員Aは、船長Aの後方で本船の方を向いて立っているとき、大きな音を聞くとともに、船首甲板がめくれ上がるのを見た。

作業員Bは、本件係留施設の通路上を歩いていたとき、大きな音を聞いた直後に背中に何か当たったことを感じ、前方に倒れ込んで胸を打ち、一瞬、気を失ったが、立ち上がって見れば、同通路上に鉄板が落ちていたので、これが自分の背中に当たったのだと思った。

作業員Bは、本件係留施設の鉄製柵に人がぶら下がった状態を見たとき、衣服から甲板員Aであることが分かった。

船長Aは、本船の右舷側に船首着けで係留されていた船舶に乗り、船首甲板がめくれ上がって中が見える状態となった本件倉庫をのぞいたところ、作業員Aが、散乱している積込品や木製敷板等の下に埋もれ、本件倉庫船尾側に置いてあった本件容器付近に倒れているところを発見した。

船長Aは、作業員Aの名前を大声で呼び掛けたところ、作業員Aが、頭部から出血し、動いていることが分かったので、携帯電話で119番通報した。

船長Aは、119番通報したのは、爆発の1分後ぐらいであったと感じたが、動揺していたので、2～3分経過していた可能性もあった。

機関員Aは、07時00分ごろ本件係留施設前に到着してから、乗用車の所で道具を準備し、船長Aと一緒に本船まで移動した時間を考えれば、爆発したのは、07時05分ごろではないかと思った。

(図2.1、写真2.1参照)

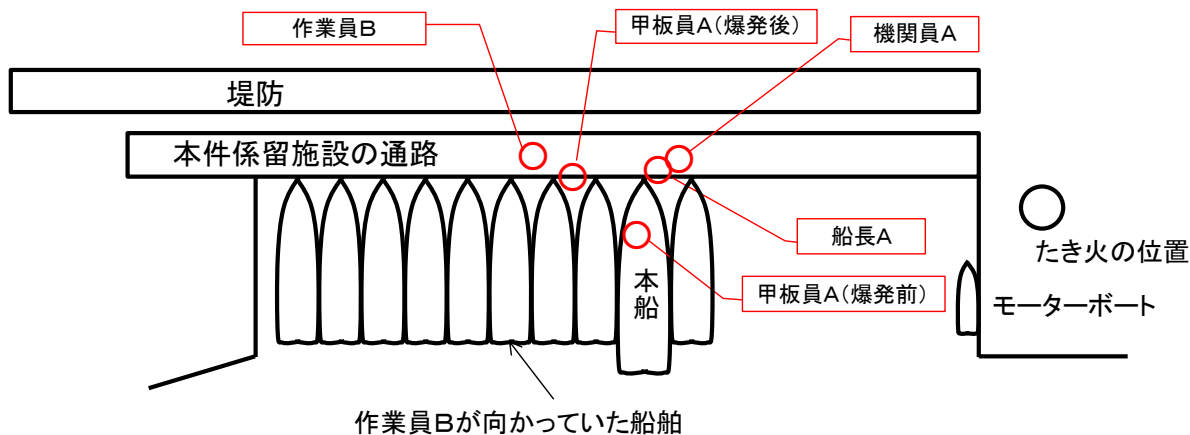


図2.1 本件係留施設における本船乗組員等の位置関係 (概略図)



写真2.1 本事故発生場所の状況 (大阪市消防局撮影)

本事故の発生日時は、平成24年12月11日07時05分ごろで、発生場所は、大阪府大阪市北区所在の本件係留施設であった。

(付図1 事故発生場所図 参照)

2.2 大阪市消防局による救助活動及び本件容器等の調査状況

2.2.1 大阪市消防局による救助活動

大阪市消防局の回答書によれば、次のとおりであった。

(1) 通報状況等

大阪市消防局は、07時08分に船長Aから「船の中でプロパンが爆発し、48歳の男が負傷した」旨の119番通報を受け、07時10分以降、順次、消防隊や救急隊等を出動させ、07時13分に最初の消防車両が事故現場に到着した。

大阪市消防局は、救助隊1、消火隊1、救急隊3、本部の部隊2及び指揮班1の合計7隊及び1班の総勢24人を本事故現場に出動させた。

(2) 甲板員A

07時18分、本件係留施設の柵上で体幹部を損傷しており、死亡状態であることが確認された。

(3) 作業員A

07時18分、本件倉庫でうずくまっているところを発見され、顔面及び左足に痛みを訴えていたことから、大阪府守口市内の病院に救急車で搬送された。

(4) 船長A

右前頭部に痛みを訴えていたことから、救急車で大阪市内の病院に搬送された。

(5) 作業員B

背中に痛みを訴えていたことから、救急車で大阪市内の病院に搬送された。

2.2.2 本事故後の本件容器、液化石油ガス器具等の状況

大阪市消防局の回答書によれば、次のとおりであった。

(1) 本件容器等

出動隊員は、本件倉庫に入ったとき、船尾側に置かれていた本件容器からプロパンガスの臭い及び放出音がしていることを認め、07時29分ごろ本件容器のバルブを閉栓した。本件容器のバルブは一ひねり（1回転に満たない程度）で閉栓することができた。

また、出動隊員は、本件容器付近で点火棒ライターを発見した。

(2) 本件コンロ

本件コンロは、爆発によって飛ばされたと考えられ、発見できなかった。

(3) 本件ゴム管

本事故後に撮影された写真等によれば、本件ゴム管は、本件容器に取り付けられた本件調整器との接続部付近で裂け目が生じ、一部分だけがつながった状態で垂れ下がっており、その先の端部にはホースバンドがなかった。

(写真 2.2.2-1 参照)



写真 2.2.2-1 本件容器等の状況 (大阪市消防局撮影)

(4) 漏えい試験等の結果

大阪市消防局は、本件容器を配達した本件販売店の店主を立ち合わせ、残存していた本件ゴム管、本件容器及び本件容器と本件調整器との接続部の漏えいの有無を確認したが、いずれも漏えいは認められなかった。(写真 2.2.2-2 参照)

また、本件容器の重量を計測したところ、7.3 kgf であった。(写真 2.2.2-3 参照)



写真 2.2.2-2 本件容器と本件調整器
接続部の漏えい確認 (大阪市消防局撮影)



写真 2.2.2-3 本件容器の重量計測
(大阪市消防局撮影)

2.3 本船における甲板員A及び作業員Aの平素の行動等

船長A、機関員A、砂利採取組合員及び作業員Aの口述によれば、次のとおりであった。

(1) 甲板員A

- ① 本船乗組員の中で最初に本船に到着し、船首甲板のマストを立てるなどの作業を行っていた。

② 06時40分ごろ本船に到着すれば、作業を始める前に本件倉庫に入り、私物を置いていた。なお、本事故後、本件倉庫で甲板員Aの弁当箱が発見された。

③ 本船到着後、お湯を沸かすことはなかった。

(2) 作業員A

① 07時00分ごろ、本船に到着後、本件倉庫に入り、着替えを行い、船首甲板のマストを立てたり、貨物倉の右舷側に差し板を立てたりしていた。甲板員Aが先に来ていたときは、本件倉庫出入口のハッチは開いた状態になっていた。

② 本件倉庫に入れば、プロパンガスの容器のバルブを一ひねり程度回して開け、本件コンロの器具栓つまみを最大位置までひねり、ガスを放出して点火棒ライターで点火した後、バケツからひしゃくでくんだ水を入れたやかんを本件コンロに掛けてお湯を沸かしていた。点火するときは片膝を立てる姿勢であった。

③ 本件コンロに点火後、船首甲板に上がって出発準備の作業を行った後、再び本件倉庫に戻り、お湯が沸いた後、本件コンロの器具栓つまみを戻して消火し、その後、容器のバルブを閉めるときと閉めないときがあった。

④ 寒い日は、本件コンロに火を点ける前後、石油ストーブを点けることがあったが、本事故当時、石油ストーブは使用していなかった。

⑤ 本船船尾側の操舵位置右舷側にある蓄電池の主電源スイッチを入れなければ、本件倉庫の電灯スイッチを入れても、電灯を点けることはできなかったが、本船に到着して本件倉庫に入ったときは、点くか点かないかは別にして電灯のスイッチを入れていた。主電源スイッチを入れるのは、船長A又は機関員Aであった。本件倉庫は、電灯を点けなくても、本件倉庫出入口のハッチを開放しておけば、十分に明るかった。

⑥ 本件倉庫での着替えは、本件コンロ点火後にする場合と点火前にする場合があった。なお、本事故当時の着衣は防寒着となっており、着替えをした状態であった。

⑦ 荷揚げ待機のお湯を沸かす場合も、前記②及び③の方法で本件コンロ等を使用していたが、朝とは違ってお湯を沸かしている間に本件倉庫から出ることはなかった。

⑧ 本件倉庫でタバコを吸うことがあったが、出発準備が終わる前に吸うことはなかった。

⑨ プロパンガスの容器のバルブが閉栓されていることを確認してから、下船するようにしていた。

⑩ これまでに下船する際、容器のバルブを閉め忘れた経験は、あったような気もするし、なかったような気もするが、思い出せなかった。

なお、作業員Aは、本事故前日や本事故当日のことは思い出せないが、本件倉庫でプロパンガスの臭いがしていることに気付いていれば、点火棒ライターに火を点けることは考えられないと思った。

2.4 人の死亡及び負傷に関する情報

(1) 甲板員A

死体検案書によれば、死因は、脳挫滅及び心臓挫滅であった。

(2) 作業員A

作業員A及び作業員Aを治療した医師の口述によれば、顔面の切創及び熱傷、気道熱傷並びに両足及び左手の骨折などを負い、約3ヶ月入院した。

作業員Aを治療した医師の口述によれば、作業員Aは、着衣部分の胴体に熱傷がなく、顔面に熱傷を負っていることから、前方から熱風を浴びた可能性がある。

(3) 船長A

船長Aの口述によれば、右前額部に裂傷を負った。

(4) 作業員B

作業員Bの口述によれば、背部に打撲傷を負った。

2.5 船舶及び船舶以外の施設等の損傷に関する情報

(1) 本船の損傷状況

現場調査及び本船の建造会社代表の口述並びに大阪市消防局の回答書によれば、次のとおりであった。

本件倉庫の天井部に当たる船首甲板が船首側の一部を残して船首方向にめくれ上がり、本件倉庫の四方壁面及び本件倉庫底面に凹損等を生じたほか、本件倉庫の敷板、積込品等が本件倉庫内外に散乱していた。(写真2.5-1、写真2.5-2、写真2.5-3参照)

船首甲板は、溶接部から切断した箇所が多いが、溶接部以外の所で鋼板が切断している箇所もあり、また、本件倉庫の天井部中央付近が外方向にゆがんでいた。(写真2.5-4参照)

本件倉庫は、底面にすずが付いており、また、底面や側面の骨材に曲損、左舷船尾側壁面に破断がそれぞれ生じていた。(写真2.5-5、写真2.5-6参照)



写真 2.5-1 本船の損傷状況
(大阪市消防局撮影)



写真 2.5-2 本船の損傷状況
(大阪市消防局撮影)



写真 2.5-3 本件倉庫の状況
(大阪市消防局撮影)



写真 2.5-4 本件倉庫天井部の状況



(←船首側) (船尾側→)

写真 2.5-5 本件倉庫の損傷状況



(←船尾側) (船首側→)

写真 2.5-6 本件倉庫の損傷状況

(2) 本件係留施設

本件係留施設の鉄製柵が破損していた。(写真 2.5-7 参照)

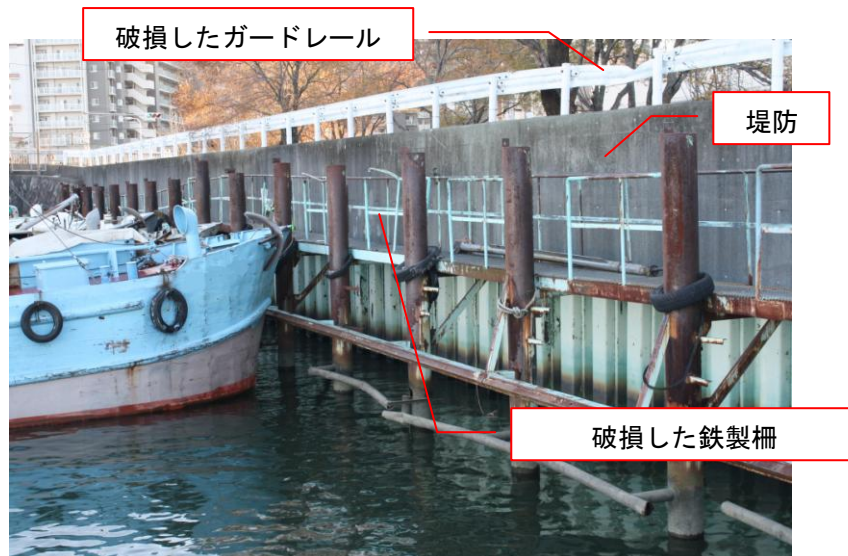


写真 2.5-7 鉄製柵及び堤防に設置されたガードレールの破損状況

(3) 係船中の船舶（本船以外）

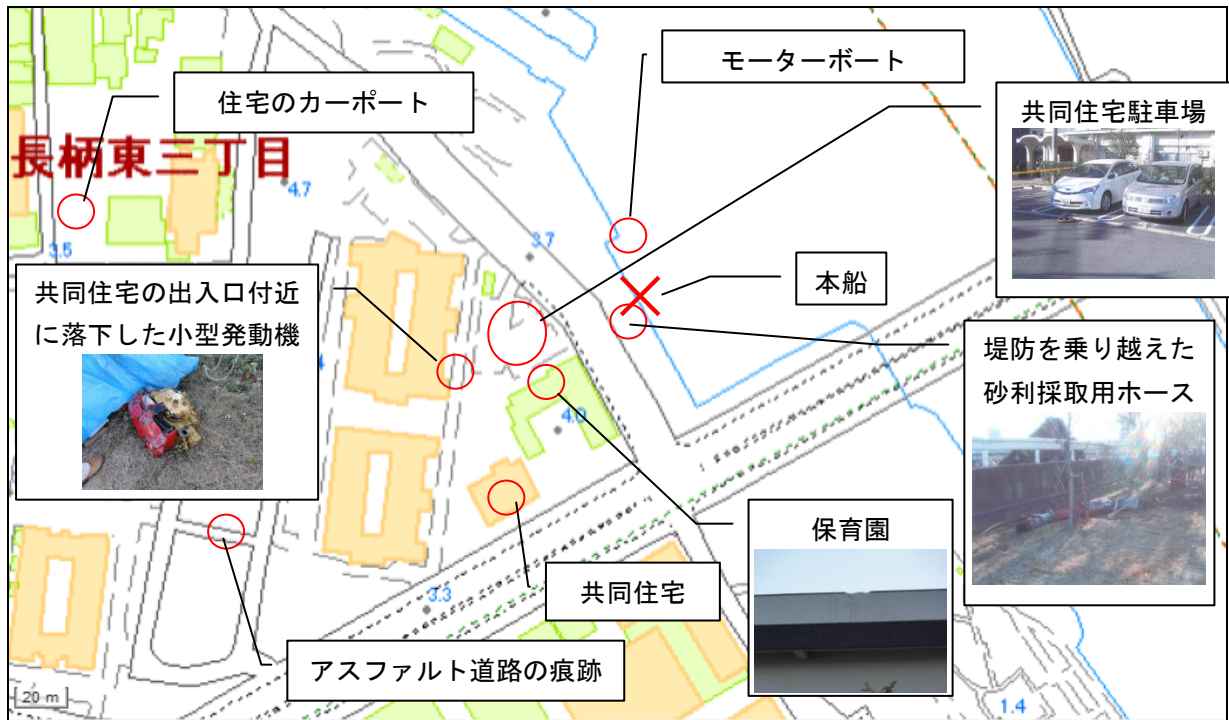
大阪市消防局の回答書によれば、本船の北西方約 18 m に位置する本件係留施設付近の水域に係船されていたモーターボートの窓ガラスが破損した。（図 2.5-1 参照）

(4) 本件係留施設周辺の施設

現場調査及び船長 A の口述並びに大阪市消防局の回答書によれば、飛散した本船の部材や積込品によって主に次の場所に破損が生じた。

- ① 本件係留施設付近の堤防に設置されたガードレール
- ② 共同住宅のひさし、雨どい及び窓
- ③ 共同住宅駐車場の自動車（7 台、一部は汚損程度）
- ④ 保育園の鉄柵及び屋根
- ⑤ 住宅のカーポート

なお、現場調査によれば、本船係留施設付近の堤防を乗り越えて落下した砂利採取用ホース及び共同住宅の出入口付近に落下した小型発動機が確認され、また、本船の部材が、本船の西南西方の直線距離にして約 150 m 離れたアスファルト道路まで 14 階建ての共同住宅を飛び越えて落下した痕跡が確認された。（図 2.5-1 参照）



(電子国土ポータル 国土地理院地形図利用)

図 2.5-1 主な破損等が生じた本件係留施設の周辺施設位置概略図

2.6 乗組員等に関する情報

(1) 性別、年齢、海技免状

船長A 男性 72歳

六級海技士(航海)

免許年月日 昭和44年9月12日

免状交付年月日 平成21年3月3日

(平成26年5月1日まで有効)

六級海技士(機関)

免許年月日 昭和40年8月13日

免状交付年月日 平成24年3月7日

(平成29年4月9日まで有効)

作業員A 男性 48歳

甲板員A 男性 68歳

作業員B 男性 60歳

(2) 主な経歴

① 船長A

船長Aの口述によれば、昭和30年ごろから父親の所有する砂利運搬船の乗組員となり、昭和44年ごろから船長職をとるようになった。

② 作業員A

作業員Aの口述によれば、平成19年に此之花砂利有限会社（以下「A社」という。）に雇用され、A社の砂利運搬船に乗り組むようになった。

(3) 健康状態

① 船長A

船長Aの口述によれば、健康状態は良好であり、嗅覚に異常はなかった。

② 作業員A

作業員Aの口述によれば、健康状態は良好であり、嗅覚に異常はなかった。

③ 甲板員A

船長A及び機関員Aの口述によれば、マスクをしていることがあったが、本事故時にマスクをしていたかどうかは分からなかった。

2.7 船舶等に関する情報

2.7.1 船舶の主要目

船舶番号	135934
船籍港	大阪府大阪市
船舶所有者	A社
総トン数	55トン
L×B×D	27.21m×6.00m×2.00m
船質	鋼
機関	ディーゼル機関1基
出力	404kW
進水年月	平成9年5月
航行区域	平水区域（ただし、湖川内に限る。）

2.7.2 設備等

(1) 船体の状況

船長Aの口述及び一般配置図によれば、本船は、船橋楼等を有しない平甲板型の船舶であり、船首側から順に船首甲板下にボイドスペース*1及び本件倉庫、船体中央部に上部が開口された貨物倉、船尾甲板下に機関室及びボイドスペースがあった。

(2) 船首甲板の状況

*1 「ボイドスペース」とは、船内に設置された空所のうちで使用されていない空所をいう。

船長A及び本船の建造会社代表の口述並びに一般配置図によれば、船首甲板には、左舷側にボイドスペース出入口及び本件倉庫出入口のハッチ各1基並びに本件倉庫の通風管1本が、右舷側に砂利採取及びアンカーに使用するウインチ1基が、中央部に折りたたみ式のマスト1基がそれぞれ設置されていた。

本船の建造会社代表の口述によれば、船首甲板の鋼板の厚さは約9mmであった。

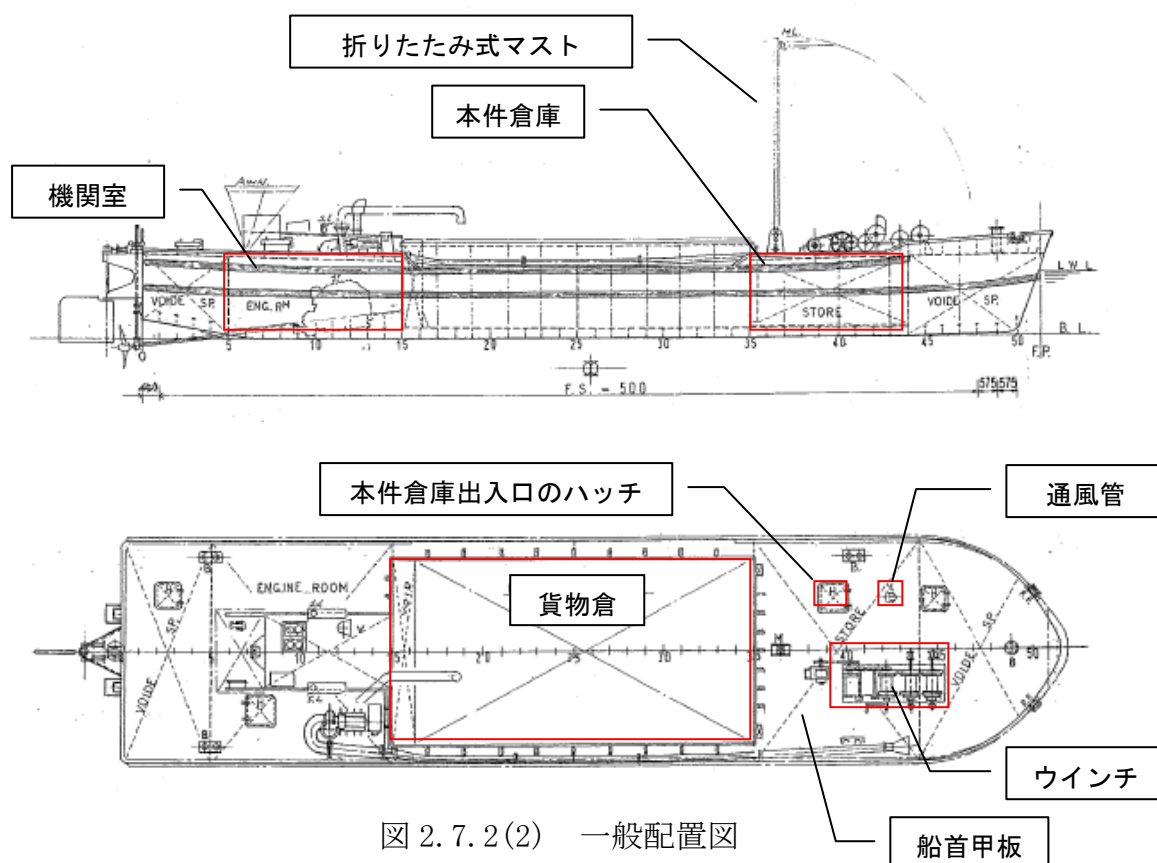


図 2.7.2(2) 一般配置図

(3) 本件倉庫の状況

船長A及び作業員Aの口述並びに大阪市消防局の回答書及び一般配置図によれば、本件倉庫は、船首尾方向の長さ約4.3m、船横方向の長さ約5.7m、深さ約2.3mであり、9本の支柱を立てられ、船尾側の一部分を除き、船底から約20cmの高さに木製床板が敷かれていた。

本船の建造会社代表の口述によれば、支柱上端を船首甲板の鋼板に、支柱下端を船底部の骨材にそれぞれ溶接していた。

船長A及び作業員Aの口述によれば、本件倉庫には、中央部に石油ストーブ及び机、船尾側に本件コンロ、本件コンロ船尾側の木製床板が敷かれていない場所に本件容器、左舷側に小型発動機、船首側に小型発動機始動用の蓄

電池、左舷船尾側に灯油のポリタンク及びバケツ（２つ）が置かれていた。

船長Aの口述によれば、ガス漏れ検知器は設置されていなかった。

(図 2.7.2(3) 参照)

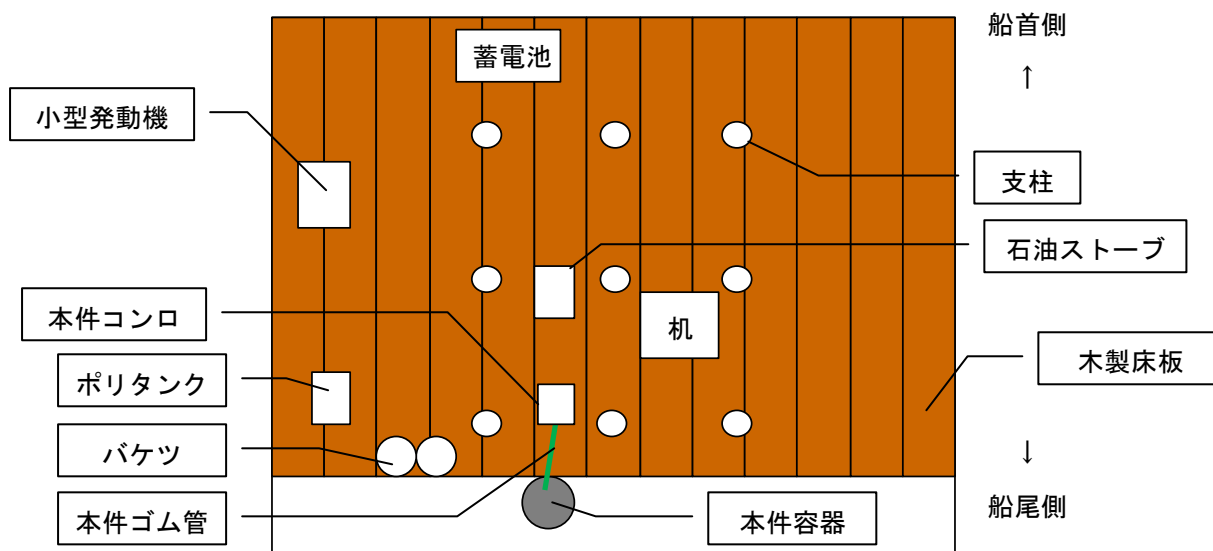


図 2.7.2(3) 本件倉庫の概略図

(4) 本件倉庫の換気状況

本船の建造会社代表の口述によれば、本件倉庫は、船首甲板に設けられた直径約 200 mm の通風管や出入口のハッチを開放することによって自然通風が可能ではあるが、空気がこもりやすいので、ガスによる溶接作業をする場合は、換気のために送風機を使用していた。

2.7.3 本船の船体及び機関に関する情報

船長Aの口述によれば、本船の船体及び機関に故障等の不具合はなかった。

2.8 A社及び砂利採取組合に関する情報

2.8.1 A社に関する情報

船長Aの口述及びA社の履歴事項全部証明書によれば、A社は、平成8年に砂利運搬船の個人所有者18人の共同出資によって設立され、同社の目的は、船舶による砂利採取、砂利及び川砂の販売、船舶による砂利及び川砂の運搬等であった。

A社は、本事故当時、所属する船舶が2隻、雇用者が作業員Aを含めて2人であり、船長A、甲板員A及び機関員AはA社の役員であった。

A社に所属する2隻の船舶の維持及び管理は、A社の代表である船長Aによって行われていた。

2.8.2 砂利採取組合に関する情報

船長Aの口述によれば、砂利採取組合は、A社を含む7つの事業者によって構成され、全船舶数は22隻であった。また、砂利採取組合の目的は、砂利採取組合の定款に次のとおり、記載されていた。

(目的)

第1条 本組合は、組合員の相互扶助の精神に基き、組合員のために必要な共同事業を行ない、もって組合員の自主的な経済活動を促進し、かつ、その経済的地位の向上を図ることを目的とする。

なお、船長Aの口述によれば、船長Aは、砂利採取組合の専務理事であった。

2.9 砂利採取事業に関する情報

2.9.1 砂利採取組合に所属する船舶の砂利採取事業等

国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所担当者によれば、近畿地方整備局長は、砂利採取組合に対し、河川法（昭和39年7月10日法律第167号）第25条に基づき、淀川における砂利採取の許可を与え、砂利採取法（昭和43年5月30日法律第74号）第16条に基づき、砂利採取計画を認可していた。

また、淀川河川事務所担当者によれば、本事故後、毛馬閘門の管理者である淀川河川事務所は、閘門の安全を確保するために砂利採取組合に所属する船舶からプロパンガスの容器が撤去されたことを確認した後、同船舶の毛馬閘門通航を認めた。

2.9.2 全国の河川で砂利採取を行う船舶

経済産業省が公表した「平成23年度砂利採取業務状況報告書集計表」によれば、河川で砂利採取を行う船舶は全国で141隻であった。（表2.9.2参照）

表 2.9.2 河川で砂利採取を行う船舶隻数

都道府県	採取船（隻）	都道府県	採取船（隻）
宮城県	1	静岡県	3
福島県	1	岐阜県	12
茨城県	55	愛知県	4
群馬県	3	大阪府	22
千葉県	2	島根県	1
神奈川県	1	高知県	1
山梨県	5	宮崎県	8
新潟県	12	鹿児島県	2
長野県	8	合計	141

2.10 本件容器及び液化石油ガス器具等に関する情報

2.10.1 本件容器

(1) 本件容器の容量及び重量

本件販売店の店主の口述によれば、本件容器は、高さ約445mm、外径275mmの5kg型鋼製圧力容器であり、プロパンガス（液体）12ℓを充填することが可能であった。

本件販売店の店主の口述によれば、5kg型の圧力容器は空の状態の重量が約7.4kgfであり、配達時の本件容器の重量は約12.4kgfであった。

(2) プロパンガスの容器の放出流量等

高圧ガス保安協会のウェブサイトの資料によれば、プロパンガスの容器からバルブを全開にして大気中にガスを放出させたときの放出流量実験結果は、表2.10.1のとおりであり、容器表面温度の低下によって徐々に放出速度は減衰する傾向にある。

表 2.10.1 放出流量実験結果

実施条件		ガス漏えい速度 (kg/min)			容器表面温度(℃)			漏えい開始 30分後の状況	
容器 (kg型)	圧力 調整器	開始時	10分後	30分後	開始時	10分後	30分後	漏えい量 (kg)	残量 (kg)
20	あり	0.34	0.28	0.15	16.0	-9.0	-25.0	7.2	12.8
50	あり	0.34	0.30	0.21	16.0	3.9	-12.1	8.0	42.0

高圧ガス保安協会担当者によれば、表2.10.1の傾向からすれば、5kg型容器の場合は、容器表面温度の低下による漏えい速度の減衰傾向がより顕著になり、漏えい開始30分後の漏えい量は、50kg型容器の半分程度になるものと推察される。

本件販売店の店主の口述によれば、容器が空になれば、放出音はしなくなるが、着臭剤が容器内に残るので、臭いはする。

液化石油ガス販売事業者担当者の口述によれば、容器のバルブは1回転以上回転（2～3回ひねった状態）させた場合に全開に近い流量となる。

(3) 本船で消費されるプロパンガスの容器の配達状況等

本件販売店の店主の口述によれば、船長Aから注文を受け、半年に1回ぐらいの頻度で毛馬閘門の物品保管小屋に容器を配達しており、本船で使用されることは知っていたが、本船における容器の設置状況や液化石油ガス器具の使用状況等は知らなかった。液化石油ガス器具等の使用上の注意事項等を

記載した書面を年1回程度消費者に配布するが、同小屋に配達するときに持って行ったことはなかった。

2.10.2 本件調整器

(1) 規格

本件調整器の製造会社によれば、次のとおりであった。

入口圧力 0.07～1.56 MPa

出口圧力 2.8±0.5 kPa

容 量*² 3 kg/h

製 造 年 昭和46～47年

接続方法 POL（左回転時に締まる）ハンドル締め

交換目安 3年6ヶ月

(2) 安全弁作動によるガス放出の可能性

一般財団法人日本エルピーガス検査機器協会（以下「LIA」という。）担当者によれば、圧力調整器内の高圧部からのガスを閉止する弁ゴムが劣化していた場合や同ゴムに異物が挟まった場合、高圧のガスが低圧部に流れ、安全弁が作動し、低圧部のガスが放出される。

高圧ガス保安協会担当者によれば、弁ゴムに異物が挟まるきっかけとなるのは、容器のバルブの開栓やガスコンロの器具栓の閉止などにより、弁ゴムが動く操作を行ったときである。

(3) 性能試験結果

LIAが実施した性能試験結果によれば、通常の使用状態を考慮し、本件調整器の入口側に0.07 MPa、0.30 MPa、0.50 MPa 及び1.00 MPa を加え、空気流量1.0 m³/h（プロパン換算で1.5 kg/h）、1.3 m³/h（プロパン換算で2.0 kg/h）、2.0 m³/h（プロパン換算で3.0 kg/h）及び2.2 m³/h（プロパン換算で3.3 kg/h）を流したときの出口圧力を測定した結果、表2.10.2のとおりとなった。

表 2.10.2 閉そく圧力及び調整圧力の測定結果

入口圧力 (MPa)	空気流量：m ³ /h（プロパン換算：kg/h）			
	0.0	1.0 (1.5)	1.3 (2.0)	2.0 (3.0)
閉そく圧力 (kPa)	調整圧力 (kPa)			

*² 「容量」とは、圧力調整器の入口側から規格内入口圧力のガスを供給したとき、出口圧力が、規格出口圧力の上限值から下限値までの範囲内の圧力を保つことができる液化石油ガスの量（1時間に減圧することができる質量であり、単位として「kg/h」が用いられる。）をいう。

0.07	2.62	2.21	1.98	1.71	1.65
0.30	2.74	2.35	2.13	1.87	1.77
0.50	2.86	2.45	2.24	1.99	1.90
1.00	3.09	2.63	2.47	2.20	2.12

(判定基準) 閉そく圧力：3.5kPa 以下、調整圧力：2.3～3.3kPa

(4) 外観等

L I Aが実施した外観の観察結果によれば、本体、カバー、ハンドルの塗装に膨れ及び剥がれ等が生じているが、本件調整器の性能に影響を及ぼす腐食等は見受けられなかった。また、本件調整器が正常な状態よりも上方に曲がっていることが確認された。(写真 2.10.2-1、写真 2.10.2-2 参照)



写真 2.10.2-1 本件調整器外観
(L I A撮影)



写真 2.10.2-2 本件調整器の変形
(L I A撮影)

2.10.3 本件ゴム管

(1) 本事故後の状況等

本件ゴム管は、外径約15mmの緑色に着色されたガス用ゴム管であり、本事故後、本件調整器に接続された状態でホースバンドと共に残された部分と約67cmの長さの部分の2つに分かれていた。また、旧式のホースバンドが取り付けられたガス用ゴム管の切れ端が発見されており、同切れ端の一方の端面と本件ゴム管(約67cmの長さの部分)の本件コンロに取り付けられていた端面とが合致した。(写真 2.10.3-1、写真 2.10.3-2 参照)



写真 2. 10. 3-1 本件ゴム管 (約 6 7 cm) 及びガス用ゴム管の切れ端



写真 2. 10. 3-2 本件調整器に残されていた本件ゴム管

(2) 使用状況等

船長A及び機関員Aの口述によれば、次のとおりであった。

購入時期ははっきりしないが、本船の運航を始めた約15年前には既に使用されていた。

本件ゴム管は、余りたるみのない状態で使用されていた。

(3) 製造時期等

本件ゴム管製造会社によれば、本件ゴム管は、プロパンガス用として昭和47年7月に製造されたものであり、通常に使用した場合の交換の目安は3年程度であった。

(4) 破断に関する情報

本件ゴム管製造会社によれば、次のとおりであった。

一般的にガス用ゴム管は、経年によってゴムの硬化が進み、特に、曲げ応力や引っ張り応力が掛かりやすい容器側やガスコンロ側の金属との接続部分でクラック（亀裂）が生じやすくなるが、本件ゴム管の本件調整器側の破断面には破断前に亀裂が生じていたような痕跡は外観上認められず、また、破断面の形状から、強い力が掛かって破断したものと考えられる。

本件調整器側取付け部付近の本件ゴム管の破断は、爆発時、本件コンロが取り付けられた状態で本件コンロが持ち上げられ、本件ゴム管が引っ張られたことによるものとするのが妥当である。

(5) 外観の観測結果に関するLIA担当者の見解

LIA担当者によれば、次のとおりであった。

① 圧力調整器側の本件ゴム管破断面は、せん断された様な形状に見受けられる。(写真 2. 10. 3-4、写真 2. 10. 3-7、写真 2. 10. 3-8 参照)

② 本件コンロ側の本件ゴム管端面は、ハサミのような刃物によって切断されたような形状に見受けられ、また、端面は切断されてから時間が経過し

ているものと推察される。(写真 2.10.3-5 参照)

- ③ 本件コンロ側の本件ゴム管端部は、本件調整器側の本件ゴム管端部のようなホースバンドが取り付けられていた痕跡がなく、内部がささくれ立って摩耗し、肉厚が薄くなっていた。(写真 2.10.3-3、写真 2.10.3-5 参照)

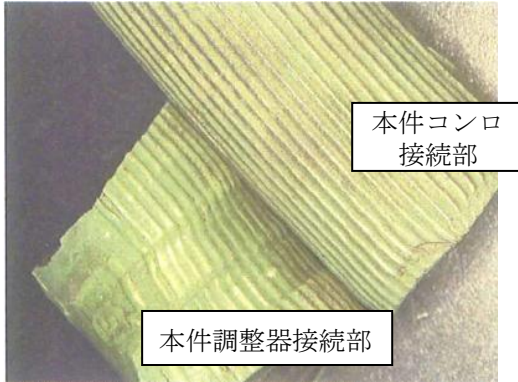


写真 2.10.3-3 本件ゴム管端部
(L I A 撮影)

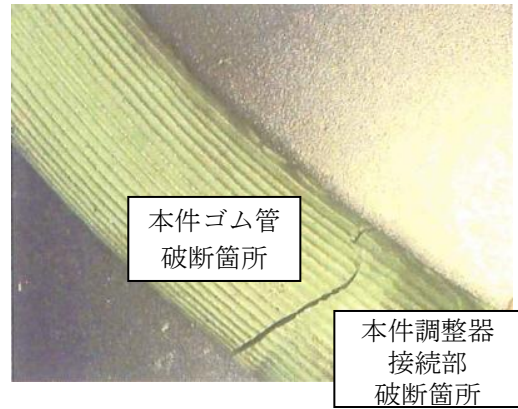


写真 2.10.3-4 本件ゴム管破断部
(L I A 撮影)

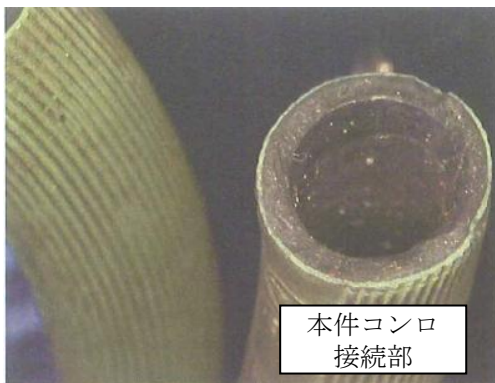


写真 2.10.3-5 本件ゴム管端面
(L I A 撮影)

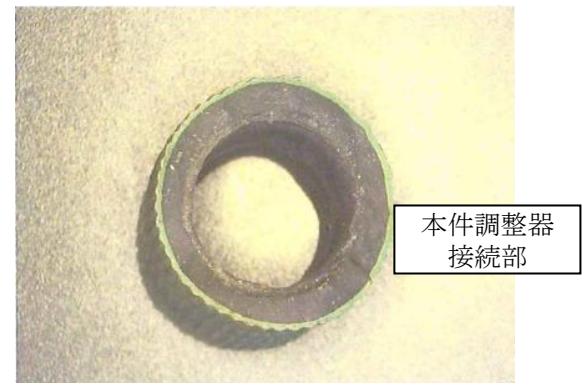


写真 2.10.3-6 本件ゴム管端面
(L I A 撮影)



写真 2.10.3-7 本件ゴム管破断部
(L I A 撮影)

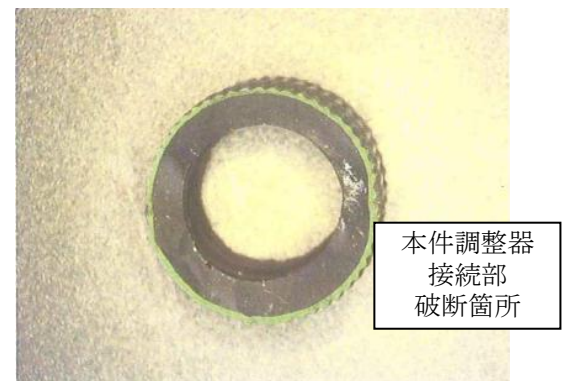


写真 2.10.3-8 本件ゴム管破断部
(L I A 撮影)

2.10.4 本件コンロ

(1) 使用状況等

船長A、作業員A、機関員A及び砂利採取組員の口述によれば、次のとおりであった。

本件コンロは、約30cm四方の一口ガスコンロであり、点火する場合は、器具栓のつまみをひねってガスが放出される状態とし、点火棒ライターで点火していた。

作業員Aは、本事故前日のことは思い出せないが、これまで使って本件コンロの炎に異常を感じたことはなかった。

購入時期ははっきりしないが、本船が建造された約15年前には既に使用されていた。

(2) 一口ガスコンロの1時間当たりのガス消費量

一般財団法人日本ガス機器検査協会（以下「JIA」という。）担当者によれば、ガスコンロ製造会社2社（以下「B社」及び「C社」という。）の本件コンロとほぼ同サイズの卓上型一口ガスコンロの1時間当たりのガス消費量は、以下のとおりであり、同消費量は、立ち消え安全装置^{*3}が付いていないガスコンロでは、器具栓を全開位置にした状態で火が点いていない場合にプロパンガスが空気中に放出する量とほぼ等しい。

B社製品 約0.25kg/h（3.51kW）

C社製品 約0.21kg/h（2.95kW）

(3) 立ち消え安全装置

JIA担当者によれば、次のとおりであった。

立ち消え安全装置は、平成元年以降、製造業者の自主規制によってガスコンロに取り付けられるようになったが、マッチ等で点火するタイプの卓上型ガスコンロは、自主規制の対象となっていなかった。

なお、平成20年10月以降に販売されるガスコンロは、法令により、立ち消え安全装置の取付けが義務付けられた。（平成21年9月30日まで販売猶予期間が設けられていた。）

(4) 耐用年数

JIA担当者によれば、卓上型一口ガスコンロは、可動部が少ない単純な構造となっていることもあって耐用年数はなく、使用頻度によっては何十年

^{*3} 「立ち消え安全装置」とは、日本工業規格（JIS）S2091「家庭用燃焼機器用語」によれば、「ガス燃焼機器において、点火時、再点火時の不点火、立ち消えなどによるトラブルを未然に防止する安全装置」と定義され、風などによって気が付かないうちに火が消えた場合にセンサーが働き、ガスを自動的に止める装置をいう。

も使える場合がある。

(5) ガス通路部の腐食及び器具栓部分の気密性低下の可能性

J I A担当者によれば、家庭用のガスコンロは、J I Aによる自主検査において、ガス通路部に耐熱性及び耐食性の材料を使用することが要求されており、また、腐食によって穴が開いたとしても、ピンホール程度であり、漏えい量は立ち消えなどによるバーナー部からの漏えい量よりも少ない。

J I A担当者によれば、器具栓部分は、グリスの不足などで気密が保たれなくなることによってガスが漏えいする可能性はあるが、漏えい量は立ち消えなどによるバーナー部からの漏えい量よりも少ない。

高圧ガス保安協会担当者によれば、腐食等によってガスコンロのガス通路部に漏えい箇所が生じ、大量にガスが漏えいしている場合は、使用時に炎に異常が出るなどの前兆を感じるはずである。

2.11 プロパンガス等に関する情報

2.11.1 プロパンガスの特性、臭い等に関する情報

(1) プロパンガスの特性

独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門 工学博士堀口貞茲によれば、次のとおりであった。

① プロパンガスの主成分であるプロパンは、空気より比重が重く（約1.5倍）、構造物内で漏れた場合には、底部をほうのように広がり、滞留するが、空気の移動がある場合、時間経過とともに、徐々に構造物内の中層や上層にも拡散する傾向がある。

② プロパンが空気と混合しながら、放出された場合（一次空気を取り込んだガスコンロのバーナー部からの放出、漏えい時の流速や流量が大きい場合など）には、空気の比重に近くなり、底部に限らず、中層や上層にも拡散しやすくなる。

③ プロパンが空気と混合して爆発範囲となる濃度（常温、大気圧下、以下同じ。）は約2.1～9.5 vol% である。

(2) プロパンガスの臭いに関する情報

① プロパンガスの臭い

『基礎からの爆発安全工学—構造物の耐爆設計の基礎—』（大野友則編著、平成22年森北出版株式会社発行）によれば、次のとおりであった。

都市ガスもプロパンガスも、無色無臭であるため人がガス漏れを感知することはできない。そのため、ガス容量が空気中の1/1000以上にな

ると感知できるようにメルカプタン^{*4}などを添加して着臭してある。

② 人間の嗅覚特性

『におい 基礎知識と不快対策・香りの活用』（檜崎正也著、平成22年株式会社オーム社発行）によれば、人間の嗅覚特性として次のような現象がある。

「順応」…臭いの提示時間に応じて感覚が減衰していく現象

「相互順応」…ある特定の臭いに順応すれば、他の異なる臭いの感じ方も弱くなる現象

「慣れ」…受容器レベルでは臭いに応答しているにもかかわらず、その臭いが意識として知覚されない現象（反復刺激と学習により、臭い知覚が減少又は消えること）

「マスキング」…悪臭よりも香気を強く放出すれば、香気は感じるが、悪臭の感じ方が弱くなる現象

「変調」…2種類の臭いを混ぜ合わせると全く別の臭いに感じられる現象

(3) プロパンガスの特性に関する船長Aの認識

船長Aの口述によれば、プロパンガスが低いところに溜まりやすいことは知っていたが、何十年も砂利運搬船の倉庫区画の中でプロパンガスを使用し、て爆発などはなかったため、本件倉庫においても使用を続けていた。

2.11.2 爆発に関する情報

(1) 爆発範囲内の濃度となったプロパンガスと空気の混合ガスの爆発
堀口博士によれば、次のとおりであった。

① ‘プロパンガスと空気とが混ざり合って混合ガスが形成され、爆発範囲内の濃度となった可燃性混合ガス’（以下「可燃性混合ガス」という。）が何らかの原因で着火すれば、着火位置を中心に可燃性混合ガスが存在する部分に火炎が燃え広がり、温度の高い燃焼ガスが（可燃性混合ガスがなくなるまで）生成され続ける。

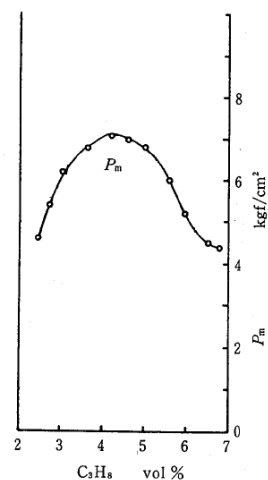
② 燃焼ガスは温度が高い（約1,400～2,000℃）ので、体積が膨張（熱膨張）し、密閉性が高い閉鎖空間においては、膨張した同ガスの体積が室内の容積以上には膨張できないため、室内の圧力が上昇する。

^{*4} メルカプタンは、アルコールの酸素原子を硫黄原子に変えたメルカプト基-SH をもつ化合物をいい、揮発しやすい不快臭があつて石油精製工程における悪臭はこのメルカプタンによる場合が多い。家庭用LPガスには法律上着臭が義務付けられているが、一部の着臭剤にはメルカプタンが使用されている。

③ 圧力は、室内の中で最も強度が弱い部分が破壊するまで上昇し続ける。
この部分が破壊した瞬間、そこから圧力が解放されて爆風や飛散物を吹き飛ばす。

(2) 密閉容器内における可燃性混合ガスの爆発実験結果

『プロパン，エチレン及び水素の爆発特性の比較－防爆電気機器の試験方法への応用を求めて－』（林年宏、田中隆二、坂主勝弘，産業安全研究所研究報告，1985年）によれば、可燃性混合ガスの爆発によって内壁に掛かる爆発圧力と空気中の濃度の関係について、20インチ容器における実験において、右図のような結果が得られている。



この実験結果によれば、プロパンの空気中の濃度が約4.2 vol%（容器内全体に充満）のとき、爆発によって内壁に掛かる爆発圧力 P_m （爆発前圧力が大気圧のとき）は最大値となる。

右図を読み取った数値は、表 2.11.2 のとおりであった。

表 2.11.2 P_m とプロパンの空気中の濃度の関係

濃度 (vol%)	2.4	2.8	3.2	3.6	4.2	4.6	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8
P_m (kgf/cm ²)	4.6	5.5	6.2	6.8	7.1	7.0	6.8	6.0	5.2	4.5	4.4
P_m (MPa)	0.45	0.54	0.61	0.67	0.70	0.69	0.67	0.59	0.51	0.44	0.43

堀口博士によれば、室内全体に充満していない場合の P_m の概算推定値は、室の容積と部分的に滞留している容積の比率に前記の実験結果の P_m を乗じた値に近くなるが、膨張によって空気の乱れが生じて火炎の境界面周辺におけるプロパンの空気中の濃度は変わるので、正確に推定することは困難である。

(3) 着火源

高圧ガス保安協会誌の論文『プロパンガスの爆発性と身の回りにおける着火源について』（p.14~23, 赤塚広隆, 1986年）によれば、着火源として次のものがある。

直接裸火…燃焼器具、マッチ、ライター、ストーブ等

高温物体…白熱灯、蛍光灯等

電気火花…コンセント、各種スイッチ部等

静電気火花…帯電による放電火花等

2.11.3 船舶におけるプロパンガスの容器の設置場所等に関する法令

プロパンガスの取扱い等に関しては、高圧ガス保安法（昭和26年6月7日法律第204号）や液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律（昭和42年12月28日法律第149号）があるが、船舶安全法が適用される本船においては、これらの法律の適用対象外となり、船舶安全法に基づく以下の法令の条文が適用される。

- (1) 危険物船舶運送及び貯蔵規則（昭和32年8月20日運輸省令第30号）
（抜粋）

第1条 船舶による危険物の運送及び貯蔵並びに常用危険物の取扱い並びにこれらに関し施設しなければならない事項及びその標準については、他の命令の規定によるほか、この規則の定めるところによる。

第2条 この規則において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

一～一の二 略

二 常用危険物 船舶の航行又は人命の安全を保持するため、当該船舶において使用する危険物をいう。

二の二～十一 略

第388条 常用危険物の容器、包装及び積載方法については、告示で定める基準によらなければならない。

- (2) 船舶による危険物の運送基準等を定める告示（昭和54年9月27日運輸省告示第549号）（抜粋）

第57条 規則（危険物船舶運送及び貯蔵規則を指す。）第388条の告示で定める基準は、別表第17に定めるとおりとする。

別表第17（常用危険物）

品名	容器及び包装	積載方法等
(略)	(略)	(略)
高圧ガス（プロパン等）（暖房、炊事等に使用するもの）	高圧容器	居住場所に漏えいガスが侵入しないような場所で、暴露甲板上の冷たい換気される箇所に積載すること。ただし、船積地を管轄する地方運輸局長が差し支えないと認める場合は、この限りではない。

		容器は、移動、転倒等を防止するために固定すること。
(略)	(略)	(略)

2.12 本船の船舶検査に関する情報

本船の船舶検査記録によれば、本船は、6年に一度の定期検査及び同検査の約3年後に行われる中間検査を受検していた。

船長Aの口述によれば、時期は覚えていないが、船舶検査官にプロパンガスの容器を本件倉庫に持ち込んでいることについて、外に設置するか、撤去するように指導されたことがあり、そのときは承諾したが、これまで爆発事故などは一度もなかったもので、本件倉庫で使用していた。

近畿運輸局安全環境部担当者によれば、高圧ガス容器を使用している船舶は、定期検査時に船舶の設備として船舶検査官によって固定配管の漏えい検査等が行われるが、移動可能な状態で持ち込まれている高圧ガス容器については、船舶の設備として「船舶による危険物の運送基準等を定める告示」に則って設置するか、撤去するように指導していた。

2.13 気象等に関する情報

2.13.1 気象観測値

本事故現場から南約3.0kmに位置する大阪管区气象台における観測値は、次のとおりであった。

07時00分 天気 晴れ、風向 北東、風速 1.0m/s、気温 2.0℃、湿度 70%

07時10分 風向 北北東、風速 1.1m/s、気温 2.0℃ 湿度 70%

2.13.2 乗組員の観測

船長A、機関員A及び作業員Bの口述によれば、本事故当時、天気は晴れ、風はほとんどなく、川面は穏やかであった。

2.14 船舶におけるプロパンガス漏えいによる火災及び爆発事故の発生状況

旧海難審判庁の裁決書によれば、平成元年以降に発生した船舶におけるプロパンガス漏えいによる火災事故3件及び爆発事故10件の発生状況は、次のとおりであった。

(付表1 船舶におけるプロパンガス漏えいによる火災及び爆発事故(平成元年以降) 参照)

(1) 船舶種類及び総トン数の状況

船舶種類別では、漁船が7隻、貨物船及び遊漁船が各2隻並びに引船及びヨットが各1隻であり、総トン数別では、「5トン未満」、「5トン以上20トン未満」及び「20トン以上」が各4隻であり、「トン数のないもの」が1隻であった。

(2) 死傷及び船体損傷の状況

10隻の船舶で死者が1人、負傷者が21人発生しており、負傷の内容は熱傷が最も多かった。また、船体の損傷が大きいものとしては、「甲板がめくれ上がる損傷」を生じた船舶が2隻、「構造物大破」又は「全焼」の船舶が3隻などであった。

(3) 容器のバルブの取扱い状況

液化石油ガス器具を使用していないときに容器のバルブを「開栓状態にしている」船舶が7隻、「閉栓状態にしている」船舶が4隻であり、「状況が明らかでない」船舶が2隻であった。

(4) プロパンガスの漏えい箇所、滞留場所及び着火源の状況

① 漏えい箇所は「ガス用ゴム管」が4件、「ガスコンロ」が3件、「ガスコック」及び「ガス配管」が各2件などとなっていた。

② 滞留場所は、「船員室」が5隻、「機関室」及び「調理室」が各3隻などであった。

③ 着火源は、「機器等から生じた電気火花」が6件、「コンロ点火時の火花」が3件、「喫煙時のマッチ及びライター」が2件などとなっていた。

(5) 爆発前の臭いの感知状況

爆発前に「臭いに気付いていた」のは4件、「気付いていなかった」のは7件であり、「状況が明らかでないもの」が2件であった。

なお、臭いに気付いていたが、換気措置が十分でなかったことが影響して事故が発生したものがあつた。

(6) プロパンガス漏えいの要因

プロパンガスが漏えいした要因は、「ガスコンロ、容器やガスコック等の閉栓が確認されなかった。」が6件、「ガス用ゴム管の経年劣化を点検していなかった。」及び「ガス用ゴム管や圧力調整器の取付け方法が不適切であった。」が各2件などとなっていた。

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、2.2.1、2.4及び2.5から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 船長Aは、平成24年12月10日08時30分～09時00分ごろ本件容器を本件倉庫に持ち込み、本件調整器と接続する作業を行った。
- (2) 作業員Aは、13時30分ごろお湯を沸かし、その後、15時00分ごろまで、本船の乗組員4人及び他船の乗組員2人が、本件倉庫でお茶を飲んだものの、ガスの臭いを感じた者はいなかった。
- (3) 本船は、17時00分ごろ大阪市北区所在の本件係留施設に係留し、本船乗組員4人が、本件倉庫で着替えを行ったものの、ガスの臭いを感じた者はおらず、下船した。
- (4) 本船は、11日07時05分ごろ、本件係留施設に船首着けで係留中、本件倉庫で爆発が発生した。
- (5) 船長Aは、本件倉庫内で積込品や木製敷板等に埋もれている作業員Aを発見し、07時08分に携帯電話で119番通報した。
- (6) 本船では、爆発により、甲板員Aが死亡し、船長A等の3人が負傷するとともに、船首甲板等に破損が生じ、また、本件係留施設や周辺施設等に破損が生じた。

3.1.2 事故発生日時及び場所

次のことから、本事故の発生日時は、平成24年12月11日07時05分ごろであったものと考えられる。

- (1) 2.1.2 から、船長Aが119番通報したのは、爆発後2～3分経過していたかもしれないと感じたこと。
- (2) 2.2.1(1)から、船長Aによる通報時刻が07時08分であったこと。
- (3) 2.1.2 から、機関員Aが07時05分ごろ爆発したと思ったこと。

2.1.1 から、本事故発生場所は、大阪市北区所在の本件係留施設であったものと認められる。

3.1.3 損傷の状況

損傷の状況は、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 2.5(1)、2.7.2(3)及び2.11.2(1)から、本船は、可燃性混合ガスへの着火によって生じた燃焼ガスが熱膨張して本件倉庫内の圧力が上昇したことに

より、圧力に耐えきれなくなった船首甲板（本件倉庫天井部）がめくれ上がるなどの破損を生じた。

- (2) 2.5 及び 2.11.2(1) から、本船では、船首甲板がめくれ上がったことにより、圧力が船外に放出され、船体部材や積込品が飛散し、本件係留施設や周辺施設等に破損が生じた。

3.1.4 死傷者の状況

死傷者の状況は、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 2.1.2、2.2.1(2)、2.4(1) 及び 2.5(1)、(2) から、甲板員 A は、本船の船首甲板上にいたところ、爆発によって本件係留施設の柵上に飛ばされ、脳挫滅及び心臓挫滅により、死亡した。
- (2) 2.1、2.2.1(3)、2.4(2) 及び 2.5(1)、(2) から、作業員 A は、本件倉庫の本件容器付近にいたところ、爆発により、顔面の切創及び熱傷、気道熱傷、両足及び左手の骨折等を負った。
- (3) 2.1、2.4(3)、(4) 及び 2.5 から、船長 A 及び作業員 B は、爆発時に飛散した船体部材又は積込品によって負傷した。

3.1.5 本件容器、液化石油ガス器具等の状況

2.2.2 及び 2.10 から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) 本件コンロは、爆発時に飛ばされ、発見されなかった。
- (2) 本件倉庫で発見された本件容器は、本事故後、重量約 7.3 kgf であり、空の状態であった。
- (3) 本件容器、本件容器と本件調整器との接続部及び本件ゴム管の残存部分には、漏えい箇所はなかった。
- (4) 本件調整器は、調整圧力が判定基準の範囲を一部下回っていたものの、本件コンロのプロパンガス消費量であれば、使用上支障はなかった。
- (5) 本件ゴム管の製造年は昭和 47 年であり、本件調整器の製造年は昭和 46～47 年であることから、いずれも交換の目安となる年数を超えていた。

3.2 事故要因の解析

3.2.1 乗組員及び船舶の状況

- (1) 乗組員
2.6(1) から、船長 A は、適法で有効な海技免状を有していた。
- (2) 船舶

2.7.3 から、船体及び機関には、不具合はなかったものと考えられる。

3.2.2 気象及び河川の状況

2.1.3 から、本事故当時、天気は晴れ、風は風速約 1.0m/s の北東風、気温は約 2.0℃、湿度は約 70% であり、川面は穏やかであったものと考えられる。

3.2.3 本事故発生後の本件容器のプロパンガス残量に関する解析

2.2.2(1)、2.2.2(3)及び 2.10.1(2)から、本事故発生後、07時29分ごろに本件容器からの放出音が確認されており、プロパンガスが大気中に放出されていたものと考えられることから、本事故時には、本件容器にプロパンガスが残っていたものと考えられる。

3.2.4 本件容器バルブの開栓状況に関する解析

- (1) 2.1.1 及び 2.3(2)から、作業員Aは、本事故前日の13時30分ごろ本件倉庫でお湯を沸かすために本件容器のバルブを開栓したものと考えられる。
- (2) 2.1、2.2.2(1)、2.3(2)、2.10.1(2)、3.1.5 及び 3.2.3 から、本件容器は、本事故当日の07時00分ごろに作業員Aが本船に到着してバルブを開栓した場合、消防隊員によって閉栓された07時29分ごろまで(約24分間)プロパンガスが大気中に放出されたとしても、本事故前日お湯を沸かすために1回使用されたのみであり、満量状態と考えられ、空の状態にはならないものと考えられることから、作業員Aが本船に到着する前から、プロパンガスは本件倉庫に漏えいしており、本件容器のバルブは開栓されていたものと考えられる。
- (3) 前記(1)及び(2)から、本件容器は、本事故前日の13時30分ごろ使用された後、本事故が発生した後に閉栓されるまで、バルブが開栓されていたものと考えられる。
- (4) 2.3(2)及び前記(3)から、平素、下船時に行われていた容器の閉栓確認が、本事故前日は行われなかったものと考えられる。

3.2.5 プロパンガスの漏えい箇所等に関する解析

2.1.1、2.1.10、3.1.5、3.2.3 及び 3.2.4(3)から次のとおりであった。

(1) 本件調整器

作業員Aは、本事故前日の13時30分ごろ本件コンロを使用してお湯を沸かしており、また、本件調整器は、本件コンロのプロパンガス消費量であれば、使用上支障はなかったことから、本件調整器からの漏えいはなかった

ものと考えられる。

(2) 本件ゴム管

次のことから、本事故発生前に本件ゴム管からの漏えいはなかった可能性があると考えられる。

- ① 本件ゴム管は、本件コンロが爆発によって持ち上げられたことにより、本件コンロから抜け出した可能性があると考えられること。
- ② 本件ゴム管は、本件コンロ側端面が本事故以前に長さを調整するなどの理由で切断されたものと考えられること、及び本件調整器側の破断面に破断する前に亀裂が生じていたような痕跡は外観上認められなかったこと。

(3) 本件コンロ

前記(1)及び(2)から、本件調整器及び本件ゴム管からの漏えいはなかった可能性があると考えられること、及び次のことから、本船は、本事故前日の13時30分ごろ本件コンロを使用してから乗組員が下船する17時00分ごろまでの間に本件コンロの器具栓が開栓された状態であったことにより、本件コンロのバーナー部からプロパンガスが漏えいした可能性があると考えられる。

なお、本件コンロが発見されなかったこと、及び作業員Aが本事故前日の本件コンロの使用状況を思い出せないことから、どのような状況で器具栓が開栓されたかを明らかにすることはできなかった。

- ① 5kg入りの本件容器は、満量状態であったと考えられるものの、本事故後、空の状態であったが、本件コンロと同程度の大きさの卓上型一口ガスコンロは、器具栓を全開にした状態におけるガスの放出量が約0.21～0.25kg/hであり、本件コンロは、本事故前日の13時30分ごろお湯を沸かした後、火が消えた状態で器具栓を全開し続けたとすれば、爆発するまでの時間（約17.5時間）に最大約3.675～4.375kgのプロパンガスが漏えいする可能性があると考えられ、本件容器が空の状態になりうること。
- ② 立ち消え安全装置が自主規制によって卓上型ガスコンロに取り付けられるようになったのは、平成元年以降であるが、マッチ等で点火するタイプの卓上型ガスコンロは、自主規制の対象となっておらず、本件コンロは、立ち消え安全装置がなかったものと考えられ、本件コンロを使用中に立ち消えとなれば、開栓状態となること。
- ③ 本件コンロは、本事故前日に使用されたことから、使用中に立ち消えした場合又は器具栓が閉止された後に何らかの理由で開栓された場合のみ、プロパンガスが漏えいすること。

このため、本船は、本件コンロに立ち消え安全装置が付いていなかったが、液化石油ガス器具等の定期的な点検を行い、平成20年10月以降に販売されるガスコンロに取付けが義務化された立ち消え安全装置付きのガスコンロに交換していれば、本事故の発生を回避できた可能性があると考えられる。

3.2.6 本件倉庫内のプロパンガスの濃度及び漏えい量に関する解析

(1) プロパンガス（プロパン100%の場合）が本件倉庫の一定の高さ（ Hm ）まで濃度分布がほぼ同じ状態で空気と混合（ Hm より上の高さにプロパンガスはないと仮定）していた場合、漏えい量別、高さ別のプロパンガスの空気中の平均的な濃度は、本件倉庫内の温度を $0^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ と仮定すれば、次式で求められる。

$$\text{本件倉庫の体積（高さ } Hm \text{）} : 24.51H \text{ (} m^3 \text{)} = 4.3m \times 5.7m \times Hm$$

$$1 \text{ モル当たりの体積（標準状態 } 0^{\circ}\text{C、} 1 \text{ 気圧）} : 0.0224 \text{ (} m^3/mol \text{)}$$

$$1 \text{ モル当たりの体積（} 15^{\circ}\text{C、} 1 \text{ 気圧）} : 0.0236 \text{ (} m^3/mol \text{)}$$

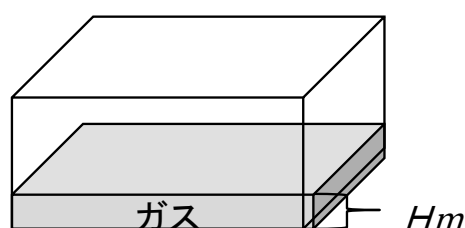
$$\text{プロパン（} C_3H_8 \text{）の分子量} : \text{約 } 44 \text{ g/mol}$$

< 0°C のとき >

$$\text{平均濃度 (vol\%)} \div \text{漏えい量 (g)} \div 44 \text{ (g/mol)} \times 0.0224 \text{ (} m^3/mol \text{)} \div 24.51H \text{ (} m^3 \text{)} \times 100$$

< 15°C のとき >

$$\text{平均濃度 (vol\%)} \div \text{漏えい量 (g)} \div 44 \text{ (g/mol)} \times 0.0236 \text{ (} m^3/mol \text{)} \div 24.51H \text{ (} m^3 \text{)} \times 100$$



漏えい量別、高さ別に平均濃度を算出した結果は、表3.2.6-1のとおりである。（爆発範囲の濃度約 $2.1\sim 9.5$ vol%）

表 3.2.6-1 平均濃度算出結果（漏えい量別、高さ別）

漏えい量 (kg)	高さ2.3m 平均濃度 (vol%)	高さ2.0m 平均濃度 (vol%)	高さ1.5m 平均濃度 (vol%)	高さ1.0m 平均濃度 (vol%)	高さ0.5m 平均濃度 (vol%)
0.5	0.45~0.48	0.52~0.55	0.69~0.73	1.04~1.09	2.08~2.19
1.0	0.90~0.95	1.04~1.09	1.38~1.46	2.08~2.19	4.15~4.38
1.5	1.35~1.43	1.56~1.64	2.08~2.19	3.12~3.28	6.23~6.56
2.0	1.81~1.90	2.08~2.19	2.77~2.92	4.15~4.38	8.31~8.75

2.5	2.26~2.38	2.60~2.74	3.46~3.65	5.19~5.47	10.39~10.94
3.0	2.71~2.85	3.12~3.28	4.15~4.38	6.23~6.57	12.46~13.13
3.5	3.16~3.33	3.63~3.83	4.85~5.11	7.27~7.66	14.54~15.32
4.0	3.61~3.81	4.15~4.38	5.54~5.84	8.31~8.75	16.62~17.51
4.5	4.06~4.28	4.67~4.92	6.23~6.57	9.35~9.85	18.69~19.70
5.0	4.52~4.78	5.19~5.47	6.92~7.29	10.39~10.94	20.77~21.88

※塗りつぶしは爆発範囲外

2.1.1、2.10.4(2)及び3.2.5(3)から、本事故前日に本船が本件コンロを使用した直後から下船までの時間は約3.5時間であり、この間に本件コンロのバーナー部からプロパンガスが漏えいした場合、漏えい量は、最大で約0.735~0.875kgとなるが、表3.2.6-1の算出結果から、0.875kg以下のプロパンガスが本件倉庫内に放出されていたとしても、爆発範囲内の濃度にはなりにくく、乗組員が下船する前から、プロパンガスが漏えいしていたとしても、本事故前日に爆発が発生しなかったことに矛盾はないものと考えられる。

(2) 2.11.2(1)及び(2)から、本件倉庫の総容積とプロパンガスがHmの高さまで均等な濃度（表3.2.6-1で算出した平均濃度の中間値）で分布しているときの容積の比率に表2.11.2の爆発圧力Pmの濃度直近値を乗じて爆発圧力の概算推定値を算出した結果（漏えい量別、高さ別）は、表3.2.6-2のとおりである。

表3.2.6-2 爆発圧力の概算推定値算出結果（漏えい量別、高さ別）

漏えい量 (kg)	高さ2.3m (容積比1)	高さ2.0m (容積比0.87)	高さ1.5m (容積比0.65)	高さ1.0m (容積比0.43)	高さ0.5m (容積比0.22)
	平均濃度 (vol%) / 爆発圧力 (MPa)	平均濃度 (vol%) / 爆発圧力 (MPa)	平均濃度 (vol%) / 爆発圧力 (MPa)	平均濃度 (vol%) / 爆発圧力 (MPa)	平均濃度 (vol%) / 爆発圧力 (MPa)
0.5					2.14/0.01未満
1.0				2.14/0.19未満	4.27/0.15
1.5			2.14/0.29未満	3.20/0.26	6.40/0.10
2.0		2.14/0.40未満	2.85/0.35	4.27/0.30	8.53/0.09未満
2.5	2.32/0.69	2.67/0.47	3.56/0.44	5.33/0.29	
3.0	2.78/0.54	3.20/0.53	4.27/0.46	6.40/0.19	
3.5	3.25/0.61	3.73/0.58	4.98/0.44	7.47/0.18未満	
4.0	3.71/0.67	4.27/0.61	5.69/0.39	8.53/0.18未満	
4.5	4.17/0.70	4.80/0.60	6.40/0.29	9.60/0.18未満	
5.0	4.65/0.69	5.33/0.58	7.11/0.29未満		

※灰色塗りつぶしは爆発範囲外

2.10.4(2)及び3.2.5(3)から、本件コンロは、器具栓を全開にした状態でバーナー部からプロパンガスが漏えいした場合に最大の漏えい量(約3.675~4.375kg)となるが、表3.2.6-2の算出結果によれば、2.0kg以上のプロパンガスが本件倉庫内に漏えいした場合に爆発範囲内の濃度となりやすいことから、器具栓が全開ではなかった可能性もあると考えられる。

また、表3.2.6-2の算出結果によれば、船底から約20cmの高さに置かれていた本件コンロから漏えいし、本件倉庫内に滞留した可燃性混合ガスは、約1.0mを超える高さまで拡散していた場合に着火時の本件倉庫内壁に加わる圧力が大きくなるものと考えられることから、本事故発生時、本件倉庫の中層から上層まで拡散していた可能性があると考えられる。(黄色塗りつぶしの範囲)

3.2.7 着火源に関する解析

2.2.2、2.3、2.7.2(3)及び2.11.2(3)から、次のとおりであった。

(1) 本件倉庫には、次のような着火源があったものと考えられる。

- ① 電灯スイッチを入れた際に生じる火花又は電灯
- ② 石油ストーブの裸火
- ③ 点火棒ライターの点火による裸火
- ④ 人の移動等によって発生する静電気

(2) 作業員Aは、平素、本件倉庫に入った後、電灯のスイッチを入れていたが、本事故当時、船長A及び機関員Aが本船に乗り込んでおらず、蓄電池のスイッチが入れられていないので、電灯は点かない状況であったものと考えられる。

(3) 甲板員Aは、作業員Aの前に本件倉庫に入り、私物を置いた後、甲板上に出ており、作業員Aは着替えを終えていることから、人の移動等による静電気は着火源でなかったものと考えられる。

(4) 石油ストーブは、本事故当時、使用されていなかったものと考えられる。

(5) 前記(1)~(4)から、作業員Aは、平素、朝には、本船に到着して本件倉庫に入り、点火棒ライターで本件コンロに点火してお湯を沸かしていたこと、本事故後、本件容器付近で作業員A及び点火棒ライターが発見されたことを総合的に勘案すれば、着火源は、作業員Aが本件コンロに点火しようとした際の点火棒ライターの点火による裸火であった可能性があると考えられる。

3.2.8 本件倉庫内のプロパンガスの臭い感知に関する解析

(1) 本事故当日の作業員Aの臭い感知に関する解析

2.3(2)及び3.2.7から、作業員Aは、本件倉庫において、着替えを行っ

た後、プロパンガスの臭いがしていることに気付かず、本件コンロに点火しようとして点火棒ライターを点火した可能性があると考えられる。

(2) 本事故当日の甲板員Aの臭い感知に関する解析

次のことから、甲板員Aは、本事故当日、本件倉庫に入った際、プロパンガスの臭いに気付いていなかった可能性があると考えられる。

2.1.2 及び 2.3 (1) から、甲板員Aは、作業員Aの乗船前、本件倉庫に入った後、甲板上に出ていたが、作業員Aが本件倉庫に入る前に甲板員Aからプロパンガスの臭いも含めて何らの注意もなかったものと考えられること。

(3) 本事故前日の本件倉庫内の臭い感知に関する解析

3.1.1(2)、(3) 及び 次のことから、本事故前日 17時00分ごろ乗組員が下船するまでの間、複数の人が、本件倉庫でプロパンガスの臭いがしていることに気付かなかった可能性があると考えられる。

① 前記(1) 及び(2) から、作業員A 及び甲板員Aは、本事故当日、本件倉庫に入った際、プロパンガスの臭いに気付いていなかった可能性があると考えられること。

② 2.10.4(2)、3.2.5(3) 及び 3.2.6 から、本事故前日 17時00分ごろまでの漏えい量は、本事故当日 07時00分ごろよりも少なかったものと考えられること。

(4) 本件倉庫内のプロパンガスの臭い感知に関する解析

2.11.1(2) 及び前記から、本件倉庫において、プロパンガスの漏えいが始まってから本事故が発生するまでの間、本船乗組員等の中にプロパンガスの臭いに気付いた者がおらず、本件倉庫は、プロパンガスの臭いに気付きにくい環境であった可能性があると考えられる。

本船乗組員等は、本件倉庫内において、「マスクング」や「変調」等の現象により、プロパンガスの臭いに気付いていなかった可能性があると考えられるが、どのような臭いが、これらの現象を生じさせたかを明らかにすることはできなかった。

3.2.9 本件倉庫の換気及びプロパンガスの滞留に関する解析

(1) 2.7.2(2) 及び(4) から、本件倉庫は、船首甲板に設けられた通風管及び出入口のハッチによる自然通風でしか換気できなかったものと考えられる。

(2) 2.1.1、2.11.1(1) 及び前記(1) から、本件倉庫は、本事故前日 17時00分ごろ出入口のハッチが閉められたことにより、更に換気されにくい状況になったものと考えられる。

- (3) 前記から、本件倉庫は、通風管と出入口のハッチによる自然通風でしか換気できない上、本事故前日の17時00分ごろハッチが閉じられ、更に換気されにくい状況になったことにより、プロパンガスが可燃性混合ガスとなって滞留したものと考えられる。

このため、上方にしか開口部を持たない場所においては、換気が容易でない可能性があり、プロパンガスの使用を避ける必要があるものと考えられる。

3.2.10 過去の船舶におけるプロパンガス漏えいによる火災及び爆発事故の傾向等 2.14から、次のとおりであったものと考えられる。

- (1) プロパンガスの漏えいによる火災や爆発により、死傷者が発生し、船舶に大きな損傷が生じる場合がある。
- (2) 液化石油ガス器具を使用していない場合であっても、容器のバルブを閉栓していない場合がある。
- (3) プロパンガスの漏えい箇所は、ガス用ゴム管、ガスコンロなどが多い。
- (4) 滞留場所は、船員室、機関室、調理室などが多い。
- (5) 着火源は、機器等から生じた電気火花、ガスコンロ点火時の火花、マッチやライターなどが多い。
- (6) 漏えいしたガスの臭いに気付いても、その後の換気措置が十分でなかったことが、事故発生に影響したものがある。
- (7) 前記から、液化石油ガス器具等の誤操作、経年劣化や取付け不良などにより、プロパンガスが漏えいする可能性が高く、容器の不使用时の閉栓を確実にし、液化石油ガス器具等の点検及び交換を定期的に行えば、同種事故の再発を防止できた。

3.2.11 本件倉庫でプロパンガスを使用していたことに関する解析

2.1、2.7.2(3)、2.10.1(3)、2.11.3及び2.12から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、「船舶による危険物の運送基準等を定める告示」に基づき、暴露甲板上への本件容器の設置が行われず、また、船長Aは、プロパンガスの容器を船外に設置するか、撤去するようとの船舶検査官からの指導があったが、これまで爆発事故などは一度もなかったため、本件倉庫に容器を置いていたものと考えられる。
- (2) 船長Aは、プロパンガスが底部に溜まりやすい特性があることを知っていたものの、これまでもプロパンガスを使い続け、爆発事故は一度もなかったため、本件倉庫においてプロパンガスを使用し続けていたものと考えられ

る。

- (3) 本件販売店は、平素、容器を本船内に直接配達していなかったため、本船におけるプロパンガスの使用状況を把握することができず、プロパンガス使用に関する助言ができなかったものと考えられる。
- (4) 船長Aは、船舶検査官に指導された際に本件容器を暴露甲板に移し、換気の良い場所で本件コンロを使用していれば、本事故の発生を回避できた可能性があると考えられる。

3.2.12 事故発生に関する解析

3.1、3.2.3～3.2.9及び3.2.11から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、大阪市北区所在の本件係留施設に係留され、本事故前日の12月10日17時00分ごろ乗組員が下船したものの、本件容器は、平素、下船時に行われていた閉栓確認が行われず、バルブが開栓された状態であり、また、本件コンロは、13時30分ごろお湯を沸かすのに使用された後、器具栓が開栓された状態となり、バーナー部から本件倉庫にプロパンガスが漏えいした可能性があると考えられる。
- (2) 本件倉庫は、通風管と出入口ハッチによる自然通風でしか換気できない上、本事故前日の17時00分ごろハッチが閉じられ、更に換気されにくい状況になったことから、プロパンガスが可燃性混合ガスとなって滞留したのと考えられる。
- (3) 作業員Aは、11日07時00分ごろ、本船に到着して本件倉庫へ入ったが、本件倉庫がプロパンガスの臭いに気付きにくい環境であったことから、プロパンガスの臭いに気付かなかった可能性があると考えられる。
- (4) 本船は、可燃性混合ガスが本件倉庫に滞留しており、作業員Aが点火棒ライターで本件コンロに点火しようとした際、可燃性混合ガスに着火して爆発が発生した可能性があると考えられる。
- (5) 本船では、爆発により、甲板員Aが死亡し、船長A等の3人が負傷するとともに、船首甲板等に破損が生じ、本件係留施設や周辺施設等に破損が生じたものと考えられる。

4 結 論

4.1 分析の要約

4.1.1 事故発生に至る経過

- (1) 本船は、12月10日13時30分ごろ作業員Aがお湯を沸かした際に本件コンロを使用し、その後、15時00分ごろまで、本船の乗組員4人及び他船の乗組員2人が、本件倉庫でお茶を飲んだものの、プロパンガスの臭いを感じた者はいなかったものと考えられる。(3.1.1(2))^{*5}
- (2) 本船は、17時00分ごろ、本件係留施設に到着し、本船乗組員4人が本件倉庫で着替えを行ったものの、プロパンガスの臭いを感じた者はおらず、本件倉庫出入口のハッチを閉めて下船したのものと考えられる。(3.1.1(3))
- (3) 本船は、11日07時05分ごろ、本件係留施設に船首着けで係留中、可燃性混合ガスが本件倉庫に滞留しており、作業員Aが点火棒ライターで本件コンロに点火しようとした際、爆発が発生した可能性があると考えられる。可燃性混合ガスへの着火によって生じた燃焼ガスが熱膨張して本件倉庫内の圧力が上昇したことにより、圧力に耐えきれなくなった船首甲板（本件倉庫天井部）がめくれ上がるなどの破損が生じたものと考えられる。(3.1.1(4)、3.1.2、3.1.3(1)、3.2.7及び3.2.9)
- (4) 本船は、船首甲板がめくれ上がったことにより、圧力が船外に放出されるとともに、船体部材や積込品が飛散し、本件係留施設や周辺施設等に破損が生じたものと考えられる。(3.1.3(2))
- (5) 甲板員Aは、本船の船首甲板上にいたところ、爆発によって本件係留施設の柵上に飛ばされ、脳挫滅及び心臓挫滅により、死亡したものと考えられる。(3.1.4(1))
- (6) 作業員Aは、本件倉庫の本件容器付近にいたところ、爆発により、顔面の切創及び熱傷、気道熱傷、両足及び左手の骨折等を負ったものと考えられる。(3.1.4(2))
- (7) 船長A及び作業員Bは、爆発時に飛散した船体部材又は積込品によって負傷したものと考えられる。(3.1.4(3))
- (8) 船長Aは、本件倉庫内で積込品や木製敷板等に埋もれている作業員Aを発見し、07時08分に携帯電話で119番通報したのものと考えられる。(3.1.1(5))

^{*5} 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関連する「3 分析」の主な項番号を示す。

4.1.2 本件倉庫へのプロパンガスの滞留及び着火源に関する解析

- (1) 本件容器は、平素、下船時に行われていた閉栓確認が本事故前日は行われなかったことでバルブが開栓された状態であり、また、本件コンロは、本事故前日の13時30分ごろお湯を沸かすのに使用された後、器具栓が開栓された状態となり、17時00分ごろ乗組員が下船するまでの間にバーナー部から本件倉庫にプロパンガスが漏えいした可能性があると考えられる。
(3.2.4、3.2.5(3)、3.2.12(1))
- (2) 本件倉庫は、通風管と出入口ハッチによる自然通風でしか換気できない上、本事故前日の17時00分ごろハッチが閉じられ、更に換気されにくい状況になったことから、プロパンガスが可燃性混合ガスとなって滞留したものと考えられる。(3.2.9)
- (3) 本件倉庫では、着火源は、①電灯スイッチを入れた際に生じる火花又は電灯②石油ストーブの裸火③点火棒ライターの点火による裸火④人の移動等によって発生する静電気が考えられるが、①、②及び④は、蓄電池のスイッチが入れられてなく、石油ストーブは使用しておらず、また、作業員Aの前に甲板員Aが本件倉庫に入った後に甲板上に出ていたことなどから、着火源ではなかったものと考えられる。一方、作業員Aの平素の行動、本件容器付近で作業員A及び点火棒ライターが発見されたことを総合的に勘案すれば、着火源は、作業員Aが本件コンロに点火しようとした際の点火棒ライターの点火による裸火であった可能性があると考えられる。(3.2.7)

4.2 原因

本事故は、本船が、大阪市北区の本件係留施設に係留中、本件倉庫に置かれていた本件コンロからプロパンガスが漏えいしたため、可燃性混合ガスが本件倉庫に滞留しており、作業員Aが点火棒ライターで本件コンロに点火しようとした際、可燃性混合ガスに着火して爆発したことにより発生した可能性があると考えられる。

本件コンロからプロパンガスが漏えいしたのは、本事故前日から本件容器のバルブが開栓された状態であったこと、及び本事故前日に本件コンロが使用された後、本件コンロの器具栓が開栓された状態であったことによる可能性があると考えられる。

可燃性混合ガスが滞留していたのは、本件倉庫が、通風管と出入口ハッチによる自然通風でしか換気できない上、本事故前日の17時00分ごろハッチが閉じられ、更に換気されにくい状況になったことによるものと考えられる。

4.3 その他判明した安全に関する事項

本船は、「船舶による危険物の運送基準等を定める告示」に基づいた本件容器の設

置が行われず、また、船長Aは、船舶検査官に指導されたものの、本件容器を本件倉庫に置いていたが、船舶検査官に指導された際に本件容器を暴露甲板に移し、換気の良い場所で本件コンロを使用していれば、本事故の発生を回避できた可能性があると考えられる。

また、本船では、本件コンロに立ち消え安全装置が付いていなかったが、液化石油ガス器具等の定期的な点検を行い、平成20年10月以降に販売されるガスコンロに取付けが義務化された立ち消え安全装置付きのガスコンロに交換していれば、本事故の発生を回避できた可能性があると考えられる。

5 再発防止策

本事故は、本船が、大阪市北区の本件係留施設に係留中、本件倉庫に置かれていた本件コンロからプロパンガスが漏えいしたため、可燃性混合ガスが本件倉庫に滞留しており、作業員Aが点火棒ライターで本件コンロに点火しようとした際、可燃性混合ガスに着火して爆発したことにより発生した可能性があると考えられる。

本件コンロからプロパンガスが漏えいしたのは、本事故前日から本件容器のバルブが開栓された状態であったこと、及び本事故前日に本件コンロが使用された後、本件コンロの器具栓が開栓された状態であったことによる可能性があると考えられる。

可燃性混合ガスが滞留していたのは、本件倉庫が、通風管と出入口ハッチによる自然通風でしか換気できない上、本事故前日の17時00分ごろハッチが閉じられ、更に換気されにくい状況になったことによるものと考えられる。

本船は、「船舶による危険物の運送基準等を定める告示」に基づいた本件容器の設置が行われず、また、船長Aは、船舶検査官に指導されたものの、本件容器を本件倉庫に置いていたが、船舶検査官に指導された際に本件容器を暴露甲板に移し、換気の良い場所で本件コンロを使用していれば、本事故の発生を回避できた可能性があると考えられる。

また、本船では、本件コンロに立ち消え安全装置が付いていなかったが、液化石油ガス器具等の定期的な点検を行い、平成20年10月以降に販売されるガスコンロに取付けが義務化された立ち消え安全装置付きのガスコンロに交換していれば、本事故の発生を回避できた可能性があると考えられる。

したがって、プロパンガスを使用する船舶の所有者及び乗組員は、プロパンガスの容器及び液化石油ガス器具を積載し、使用する場合、プロパンガスが漏えいしても、滞留しない場所を選定するとともに、これらの不使用时の閉栓の徹底及びこれらの定期的な点検を行う必要がある。

5.1 事故後に講じられた事故防止策

5.1.1 国土交通省が講じた措置

国土交通省海事局安全・環境政策課（現在の安全政策課）は、運輸安全委員会が平成25年1月23日に提供した事実情報を基に以下の事項について、一般社団法人日本旅客船協会、一般社団法人日本長距離フェリー協会、日本内航海運組合総連合会、船員災害防止協会、国土交通省港湾局、同省各地方運輸局、同省神戸運輸監理部及び内閣府沖縄総合事務局に対し、関係者へ注意喚起するように周知依頼を行った。

- (1) ガス用ゴム管自体の劣化状況やプロパンガスの容器とガス用ゴム管又はガス用ゴム管と液化石油ガス器具との接続が確実にされているかの確認をすること。
- (2) プロパンガスの容器等を使用しない時には、プロパンガスの容器の元栓や液化石油ガス器具コックの閉鎖が確実になされているかの確認をすること。

港湾局技術企画課は、社団法人日本埋立浚渫協会、社団法人日本潜水協会、社団法人日本海上起重技術協会、一般社団法人海洋調査協会、一般社団法人日本作業船協会、一般社団法人日本港湾タグ事業協会、日本港湾空港建設連合会、全国浚渫業協会及び全国ポンプ・圧送船協会に対し、前記と同様の注意喚起の協力依頼を行った。

各地方運輸局等は、前記(1)及び(2)について、情報の共有化を図り、船舶監査や船舶検査等の際、プロパンガスの容器の利用を確認した船舶に対し、口頭でプロパンガスの容器等の取扱い（「船舶による危険物の運送基準等を定める告示」の遵守等）に関する注意喚起を実施したほか、一部の地方運輸局では、造船所を通じ、ドック入りする船舶の所有者に過去の事件事例を配布するなどした。

5.1.2 砂利採取組合が講じた措置

砂利採取組合は、本事故発生当日の12月11日、所属する組合員を集め、関連する船舶22隻に対し、積み込んでいるプロパンガスの容器を全て提出するように指示したところ、12日、10本のプロパンガスの容器が提出されたので、同日中に本件販売店に引き取らせ、また、所属する船舶の乗組員約35人に対し、火気に注意して航行するように通達した。

砂利採取組合は、淀川河川事務所に安全確認書を提出し、本船を除く所属船舶の運航を12月13日から再開した。

5.2 今後必要とされる事故防止策

過去のプロパンガス漏えいによる火災及び爆発事故の要因によれば、液化石油ガス

器具の誤操作、経年劣化や取付け不良などにより、プロパンガスが漏えいする可能性があること、また、本事故のように上方にしか開口部を持たない場所においては、プロパンガスが漏えいして滞留した場合、換気が容易でない可能性があることから、船舶所有者は、船内の底部等の換気が困難な場所でのプロパンガスの使用を避け、「船舶による危険物の運送基準等を定める告示」の規定を遵守する必要がある。

また、船舶所有者及び乗組員は、小型の容器であっても、プロパンガスは漏えいすれば、火災や爆発によって甚大な被害を及ぼす虞があることを十分に理解し、使用に当たっては、次の点に留意する必要がある。

- (1) 換気のよい暴露甲板上に容器を固定すること。
- (2) 液化石油ガス器具等を換気のよい場所に適切に設置すること。
- (3) 容器及び液化石油ガス器具の閉栓確認を徹底すること。
- (4) 定期的に液化石油ガス器具等の点検及び交換を行うこと。

さらに、本事故はガスコンロの器具栓が開いていたことによってプロパンガスが漏えいした可能性があると考えられることから、船舶所有者は、立ち消え安全装置の付いているガスコンロを使用することが望まれる。

なお、船内の環境によっては、プロパンガスの臭いに気付きにくい可能性もあることから、プロパンガスが漏えいした場合の察知を容易にするため、船舶所有者は、プロパンガスを使用する場所にガス漏れ検知器を設置することが望まれる。

5.2.1 液化石油ガス販売事業者等への協力依頼

本事故においては、船舶所有者が、換気されにくい環境でプロパンガス（本項においては、以下「液化石油ガス」という。）を使用することの危険性に対し、十分な注意が向けられていなかったものと考えられ、容器を配達する際などにおいて、船舶で液化石油ガスを消費する者に接する機会がある液化石油ガス販売事業者から、容器の設置場所や液化石油ガス器具の使用環境等について、助言が得られれば、船舶所有者及び乗組員は液化石油ガスを使用する環境に注意が向きやすくなり、効果的に同種事故の再発を防止できるものと考えられる。

以上のことから、運輸安全委員会は、本事故の調査結果を踏まえ、同種事故の再発防止に寄与することができるよう、船舶内で液化石油ガスを使用する消費者（船舶所有者又は乗組員）に液化石油ガスを販売する場合、液化石油ガス販売事業者は同消費者に対し、以下の事項に留意するように周知することについて、一般社団法人全国LPガス協会等の関係団体を通じて液化石油ガス販売事業者及び保安機関に協力を依頼する。

- (1) 区画底部等の換気が困難な環境での液化石油ガスの使用は避けること。
- (2) 換気のよい暴露甲板上に容器を固定すること。
- (3) 液化石油ガス器具等を換気のよい場所に適切に設置すること。

- (4) 容器及び液化石油ガス器具の閉栓確認を徹底すること。
- (5) 定期的に液化石油ガス器具等の点検及び交換を行うこと。

5.2.2 一般社団法人日本砂利協会への協力依頼

運輸安全委員会は、本事故の調査結果を踏まえ、同種事故の再発防止に寄与することができるよう、協会誌等を通じて砂利採取事業者の本報告書の内容を周知することについて、一般社団法人日本砂利協会に協力を依頼する。

別紙1 運輸安全委員会が提供した事実情報

運委船第138号
平成25年1月23日

国土交通省海事局
安全・環境政策課長 殿

運輸安全委員会事務局
首席船舶事故調査官

事実調査で得られた情報の提供について

平成24年12月に発生した砂利運搬船成和丸爆発事故の原因については、現在調査中ではありますが、事実調査の過程で下記の事項が確認されましたので、お知らせ致します。

記

1. 事故の概要

- (1) 発生年月日 平成24年12月11日
- (2) 発生場所 大阪市北区所在の大川右岸の船舶係留施設に係留中の成和丸
- (3) 事故の経緯

成和丸（以下「本船」という。）は、大川右岸の船舶係留施設に係留中、船首倉庫区画内で爆発が発生した。

乗組員1名が死亡し、また、船首倉庫区画内にいた乗組員が重傷、係留施設にいた船長及び他船の乗組員が軽傷をそれぞれ負った。

本船は、爆発によって船首甲板が大破、積込品や船体の一部が飛散し、周囲の係留船舶、近隣の建物や自動車に破損が生じた。

2. 事実情報

現在までの調査で明らかになった事実は、以下のとおりである。

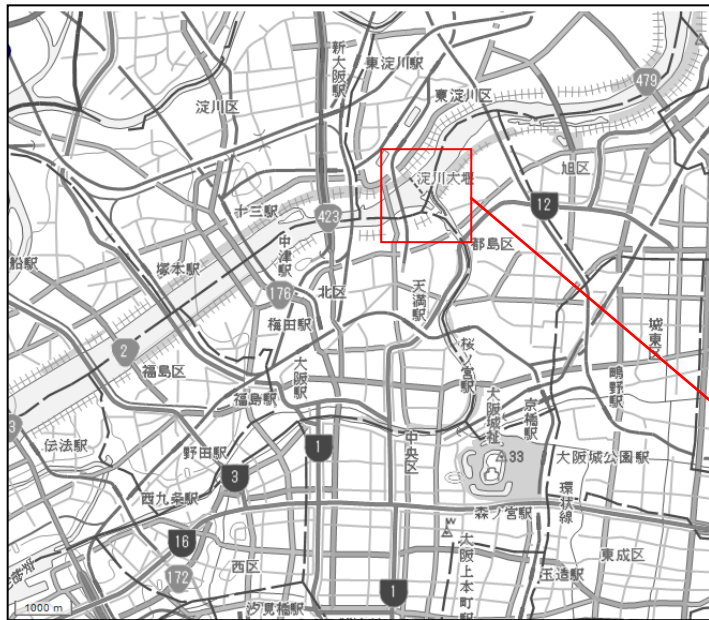
- (1) 爆発場所
本船の船首倉庫区画内
- (2) ガスコンロ・プロパンガスボンベ等の設置状況
本船は、倉庫区画内にガスボンベ（容量5kg）を持ち込み、ゴムホースを経てガスコンロに接続されていた。なお、ガスボンベは事故前日に交換されているが、爆発後、ガスボンベの中味は、ほぼ空の状態であった。

3. プロパンガスが爆発した船舶事故の過去事例

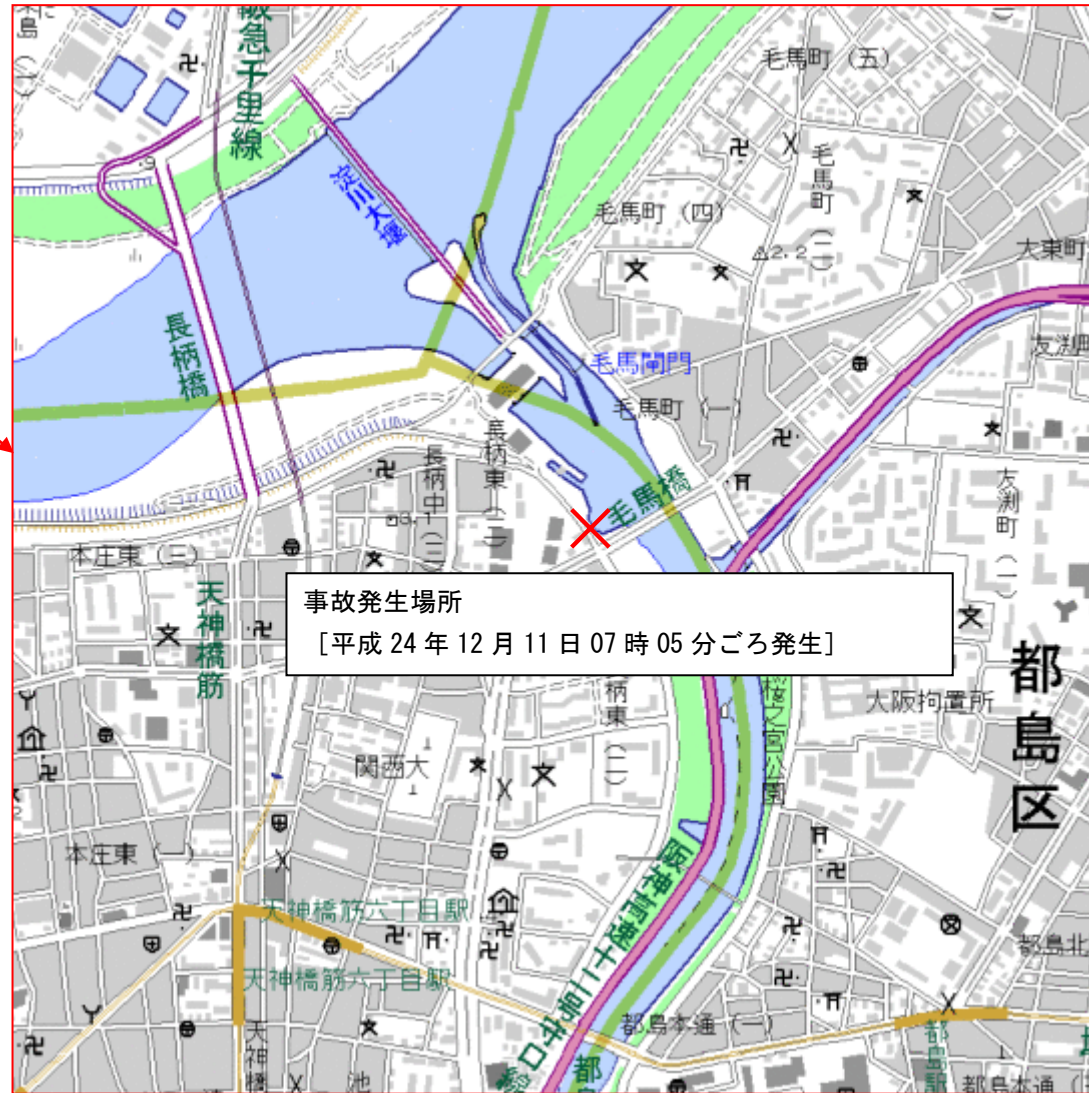
旧海難審判庁の裁決書によれば、次表のようなプロパンガスの爆発事故が発生している。

発生年	船種 (総トン数)	事故の概要	人的被害
平成元年	漁船 (284トン)	プロパンガス配管の取替工事後、ガス器具の燃焼試験中、 <u>開口されたままとなっていた配管末端部から同ガスが噴出し、同室内で使用中の電気ドリルの火花で着火したことにより爆発</u>	工員4名負傷 (熱傷等)
平成2年	漁船 (4トン)	<u>ガスコンロの点火栓が閉鎖されないままプロパンガスポンベの取替えが行われ、その元栓が開放されたことから、機関室に多量のガスが滞留し、コンロのテストを兼ねて点火した際に、機関室内のガスに引火して爆発</u>	乗組員1名負傷 (熱傷等)
平成3年	貨物船 (48トン)	<u>プロパンガス容器の元栓が閉じられず、同ガスが緩みのあったエルボ管継手から漏れ、船員室のガス台底部に滞留し、コンロの火が引火して爆発</u>	乗組員2名負傷 (熱傷)
平成4年	漁船 (14トン)	<u>ゴムホースを外す際に、閉止されていると思ったコックが開放されていて、同コックから放出されたプロパンガスが滞留し、寝台灯スイッチに生じた電気火花で着火して爆発</u>	乗組員6名負傷 (骨折や熱傷)
平成5年	漁船 (19トン)	<u>ゴムホースに生じた亀裂部より漏洩したプロパンガスが倉庫内に滞留し、ラインホーラ始動時に生じた電気火花で着火して爆発</u>	乗組員1名死亡 乗組員1名負傷 (骨折や熱傷)
平成6年	引船 (19トン)	<u>ガス器具を移動させる際に元栓側のゴム管の差し込みが緩みプロパンガスが漏れて滞留し、喫煙時のマッチ着火により爆発</u>	乗組員1名負傷 (熱傷)
平成8年	漁船 (4.9トン)	<u>ガスコンロのゴムホースにホースバンドを装着しないまま使用されていた同ホースがガスコンロの管口から抜け出し、漏洩したプロパンガスが滞留して喫煙時のライター着火により爆発</u>	乗組員等 3名負傷 (熱傷)
平成14年	漁船 (379トン)	<u>ガスコンロ使用后、ガスコックと元栓を完全に閉止しなかったことで漏洩した多量のプロパンガスが、動力分電箱内で生じた電気火花で着火して爆発</u>	死傷者なし
平成15年	遊漁船 (4.9トン)	<u>ガスストーブに接続されていないポンベの元栓が開放されたことで、プロパンガスが流入し、ガスストーブを点火して爆発</u>	死傷者なし
平成17年	漁船 (18トン)	<u>ポンベ元弁を開けるために部屋を離れる際、ガスコンロのコックを閉鎖しなかったため、同元弁を開けたことで、プロパンガスがガスコンロから漏洩して滞留し、電気ロースターのヒーター熱で着火して爆発</u>	乗組員1名 (熱傷)

付図1 事故発生場所図



(電子国土ポータル 国土地理院地形図利用)



付表1 船舶におけるプロパンガス漏えいによる火災及び爆発事故（平成元年以降）

発生年月日 発生時刻	船種 (トン数又は 全長)	ガス 漏えい箇 所	ガス 滞留場所	事故発生前 臭い感知	着火源	日頃の バルブ の扱い	容器 容量	事故要因	人的被害	物的被害
H1. 1. 24 14:40	漁船 (284 トン)	ガス配管 (ユニオン継手) 末端部	調理室	なし	電気ドリル の火花	不明	50kg	プロパンガス配管の取替え工事終了後、 所定の気密試験及び漏えい試験などの配 管系統の調査が不十分であり、液化石油 ガス器具の燃焼試験中、開口された状態 となっていた配管末端部からプロパンガ スが噴出し、調理室内で使用中の電気ドリ ルの火花で着火して爆発が発生した。	4人負傷	食料庫扉の外 れ、食器戸棚の ガラスの破損、 調理室側壁面に 小破口と凹損
H2. 10. 14 12:20	漁船 (4 トン)	ガスコン ロ	操舵室、 機関室	あり	コンロ点 火時の火 花	開放状態	10kg	操舵室のガスコンロの点火栓が閉栓され ない状態でプロパンガスの容器の取替え が行われ、容器のバルブが従来どおりに 開放されたことから、同室直下の機関室 に多量のガスが滞留した。 (ガスの臭いに気付いて換気を行い、ガ スは放逐されたと思ったので、甲板下の 閉ざされた機関室にガスが滞留している とは思わず、コンロを点火したところ、 引火して爆発した。)	1人負傷	機関室、操舵室 が大破し、廃船
H3. 6. 27 08:40	貨物船 (48 トン)	ガス配管 (エルボ 管継手)	船員室	あり	コンロ点 火時の火 花	開放状態	20kg	容器のバルブが閉じられず、プロパンガ スが、配管系統の緩みのあったエルボ管 継手から漏れ、船員室のガス台底部に滞 留し、ガスコンロ点検中にかくはんされ て空気と混ざり合い、爆発範囲内の濃度 となった際の2度目の点火で同コンロの 火が引火して爆発が発生した。 (ガスの臭いに気付いたが、ガスコンロ の不調と考え、同コンロを操作していた ところ、爆発が発生した。)	2人負傷	船室のベッド、 階段等を破損
H4. 5. 27 17:27	漁船 (14 トン)	ガスコッ ク	船員室	あり	寝台灯の スイッチ に生じた 電気火花	開放状態	10kg	プロパンガス販売事業者が、交換したガ スの容器のバルブを開ける際、階段囲壁 内のガス配管末端ガスコックの開閉状 況の確認が不十分であったこと、本船が、	6人負傷	船員室、同室後 方各室及び階段 囲壁が破損、漁 労甲板がめくれ

								同ガスコックを経て接続されたガス用ゴム管をガスコンロから外す際、同コックの開閉状況の確認が不十分であったことにより、開放状態の同コックから放出されたプロパンガスが階段囲壁下部にある後部船員室に滞留し、寝台灯スイッチに生じた電気火花が同室内の爆発範囲内の濃度となったプロパンガス混合気に着火して爆発が発生した。 (ガスの臭いを感じてガスコックを閉めたが、階段囲壁内の各開口部の扉や蓋を閉鎖した状態で離船した。)		上がり、船尾外板に破口が生じ、浸水して沈没し、廃船処分
H5. 5. 4 13:15	漁船 (19トン)	ガス用ゴム管(容器側接続部)	倉庫	なし	漁労機器始動器盤の電気接点部から発した火花	開放状態	10kg	瞬間湯沸器を新設する際、プロパンガスの爆発性に対する安全措置(容器を通風良好な場所に固定し、ガス配管を金属管による固定配管にするなどの安全措置)が不十分であり、ガス用ゴム管に生じた亀裂部より、漏えいしたプロパンガスが船首樓の倉庫内に滞留し、ラインホーラ始動時に生じた電気火花で着火して爆発が発生した。	1人死亡 1人負傷	船首樓甲板のめくれ上がり
H6. 7. 17 09:00	引船 (19トン)	ガス用ゴム管(容器側接続部)	操舵室、船員室通路	なし	喫煙時のマッチ	開放状態	5kg	液化石油ガス器具の使用後にバルブを閉めたり、ガス用ゴム管を点検したりするなどの安全管理が不十分であり、ガス用ゴム管からプロパンガスが漏れて滞留していたところ、マッチを点火したときに引火し、爆発が発生した。	1人負傷	船員室に掛けてあった衣服に着火
H8. 2. 2 14:28	貨物船 (198トン)	ガス用ゴム管(容器側接続部)	ギャレー	なし	燃焼中のバーナーの火	閉止状態	20kg	ガス冷蔵庫を取り扱うに当たり、プロパンガスを導くガス用ゴム管の点検が不十分であり、経年硬化した同ゴム管から漏れたプロパンガスに燃焼中のバーナーの火が引火し、火災が発生した。	なし	船橋楼等が焼損し、廃船処分
H8. 5. 29 12:38	漁船 (4.9トン)	ガス用ゴム管(ガスコンロ側接続部)	操舵室、機関室	なし 焼いかの臭い、飲酒、鼻が良くない	喫煙時のライター	閉止状態	10kg	ホースバンドを装着しないで使用されていたガス用ゴム管がガスコンロのガス管口から抜け、漏えいしたプロパンガスが操舵室直下の機関室内に滞留しており、喫煙時のライターで着火して爆発が発生	3人負傷	操舵室及び機関室の各出入口引き戸が吹き飛んで破損

								した。		
H14. 1. 25 17:00	漁船 (379 トン)	ガスコック	賄室、食堂、舵機室等	なし 付近に人がいない 警報装置は賄室のみ	動力用分電箱の電気火花	閉止状態	不明	ガス漏れ警報装置の設置方法が不適切であり、乗組員に気付かれずに漏えいしていた多量のプロパンガスが、動力分電箱内で生じた電気火花で着火し、爆発が発生した。	なし	賄室、食堂、舵機室、各食料品倉庫の器物等が破損
H15. 2. 3 05:40	遊漁船 (4.9 トン)	容器口	釣客用仮設部屋	不明	ガストーブ点火時の火花	閉止状態	不明	釣客用の仮設部屋に暖房用ガストーブを準備して遊漁のために発航する際、釣客に対して同ストーブの取扱いの指示が不十分であり、同ストーブに接続されていない船員室の容器のバルブが開放されてプロパンガスが仮設部屋に流入し、仮設部屋に置かれたガストーブが点火され、プロパンガスに引火して爆発が発生した。	なし	船員室及び仮設部屋の焼損
H17. 9. 1 07:50	漁船 (18 トン)	ガスコンロ	船員室	不明	電気ロースターのヒーター熱	閉止状態	10kg	船員室で朝食の準備中、容器元弁を開ける際、ガスコンロの器具コックの閉鎖が確認されなかったこと、及び同室を離れる際、中間コックが閉鎖されなかったことにより、プロパンガスが同コンロから漏えいして同室床上に滞留し、通電中の電気ロースターのヒーター熱で着火して爆発が発生した。	1人負傷	船員室天井及び上甲板船首部が膨出、操舵室の航海計器の一部が破損
H17. 12. 17 11:10	ヨット (9.56m)	圧力調整器	船室	なし	ガスコンロの火	閉止状態	5kg	容器と圧力調整器の取付け状況の確認が不十分であり、締め不足の圧力調整器の継手部から船室に漏えいしたガスが燃焼中のガスコンロで引火し、火災が発生した。	1人負傷	本船ほか係留船2隻が全焼
H18. 9. 30 05:30	遊漁船 (3.72 トン)	ガスコンロ	機関室	あり	ガス炊飯器のスイッチに生じた電気火花	閉止状態	不明	ガスコンロの器具栓の開閉状態の確認が不十分であり、ガスが、容器のバルブを開いたときに漏えいし、機関室等に滞留しており、ガス炊飯器のスイッチの火花で引火して火災が発生した。 (異臭がしたが、燃料油の臭いだと思い、異臭源の調査を行わなかった。)	1人負傷	全焼