

船舶事故調査報告書

船種船名 ヨット シースパロー
船舶番号 250-32376長崎
総トン数 5トン未満(長さ8.59m)

事故種類 爆発
発生日時 平成20年11月2日 10時21分ごろ
発生場所 長崎県長崎市所在のマリーナ係留施設
長崎港小江沖防波堤灯台から真方位154°1,820m付近
(概位 北緯32°44.3 東経129°49.0)

平成21年8月20日

運輸安全委員会(海事専門部会)議決

委 員 横 山 鐵 男(部会長)
委 員 山 本 哲 也
委 員 根 本 美 奈

1 船舶事故調査の経過

1.1 船舶事故の概要

ヨット シースパローは、船長ほか2人が乗り組み、長崎県長崎市福田本町所在のマリーナにおいて、キャビン内に設置された主機の拭取り作業を行った後に主機を始動した際、異常な高速回転となり、主機操縦レバーを操作したところ、クラッチが前進から後進に入り、主機が停止した直後、平成20年11月2日(日)10時21分ごろ、キャビン内で爆発が発生した。

船長は左第2中足骨骨折を、乗組員1人は両手背及び顔面に熱傷を負い、本船は、爆風でデッキが割れるとともに多数のき裂を生じた。

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20年11月2日、本事故の調査を担当する主管調査官（長崎事務所）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20年11月3日、6日 現場調査

平成20年12月3日、7日、8日、11日、19日、平成21年4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

本事故に至るまでの経過は、シースパロー（以下「本船」という。）船長及び乗組員A（以下「クルーA」という。）の口述によれば、次のとおりであった。

2.1.1 主機が異常な高速回転に至るまでの経過

本船は、平成20年11月2日、長崎港小江沖防波堤灯台から真方位154°、1,820m付近の、長崎県長崎市所在のマリーナ係留施設に船首を南南西方に向けて右舷付け係留していた。

09時00分ごろから、船長は、出港準備を開始し、09時30分ごろクルーA及び乗組員B（以下「クルーB」という。）が到着して、3人で出港準備を進めた。

船長は、予定していたもう1人のクルーが来られなくなったため、クルージングの行き先を変更して時間的に余裕ができたことから、出港前に、主機のエンジンボックスを開放してエンジンオイルを点検した後、主機の汚れを拭き取る作業を行うこととした。

船長は、発電機駆動用ベルトが擦れて生じた粉塵で主機が汚れているのが、以前から気になっていたため、拭取り作業のために、スプレー式油脂洗剤（以下「スプレー剤」という。）（840m 缶入り）を約1週間前に本船に積み込んでいた。

船長は、スプレー剤本体に記載してある注意書きをよく読んでいなかったため、スプレー剤には引火性があり、使用に際しては火気厳禁であることを把握していな

かった。

10時00分ごろ、船長は、クルーAにスプレー剤を使用した主機の拭取りを指示し、自分は主機の左舷側に座り、スプレー剤を使用して主機の左舷側の拭取りを行った。クルーAも、主機の右舷側に座り、同様にスプレー剤を使用して主機の右舷側の拭取りを開始し、クルーBは、本船上又は棧橋でバケツに水を汲んだり、ウエスを洗ったり、ゴミを捨てたりして、洗浄作業の手伝いを行っていた。

10時10分ごろ、船長とクルーAは、スプレー剤を合計で1本使い切った後、ウエスで主機を拭き取り、10時20分ごろ、主機のキースイッチを入れ、セルモーターボタンを押して始動した直後、主機が異常な高速回転となった。

2.1.2 主機の異常な高速回転から爆発に至るまでの経過

主機の異常な高速回転に驚いたクルーAがキースイッチを切ったものの、主機は停止せず、さらに、船長が、機側の主機操縦レバーが中立位置になっているのを確かめたうえ燃料遮断装置を操作したが、主機は停止しなかった。

そこで、船長は、デッキ上に上がって、コクピット^{*1}後部右舷側の主機操縦レバーを前後に揺すっていたところ、クラッチが前進に入り、棧橋に係留索をとったままの状態であったため船体前部が持ち上がった。驚いた船長は、主機操縦レバーを中立に戻そうとしたところ、今度は反対にクラッチが後進に入ったことから負荷が急激に増大して主機が急停止し、10時21分ごろ爆発が発生した。

その結果、主機の燃料遮断装置付近にいたクルーAは爆風を受けて長いすまで吹き飛ばされ、コクピットにいた船長は、割れたデッキの衝撃を左足に受けた。クルーBは艇外にいて負傷しなかった。

船長及びクルーAは、艇外に逃れて棧橋の水道で頭から水を浴び、その後、近くにいた人が依頼した救急車により病院に搬送された。

本事故の発生日時は、平成20年11月2日10時21分ごろで、発生場所は、長崎港小江沖防波堤灯台から真方位154°1,820m付近であった。

(付図1 事故発生場所図 参照)

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷に関する情報

船長及びクルーAの口述並びに診断書によれば、船長は左第2中足骨骨折で全治2ヶ月と診断され、クルーAは両手背及び顔面の熱傷で18日間入院した。

*1 「コクピット」とは、操縦席のことをいう。

2.3 船舶の損傷に関する情報

船長の口述及び現場調査によれば、本船は、デッキが爆風で大きく割れるとともに、デッキの至る所にき裂が生じて全損となった。

(写真1 本船、写真2 デッキ上、写真3 キャビン入口コンパニオンハッチ 参照)

2.4 乗組員等に関する情報

(1) 性別、年齢及び操縦免許証

船長 男性 38歳

一級小型船舶操縦士・特殊小型船舶操縦士

免許登録日 平成14年3月11日

免許証交付日 平成19年6月28日

(平成24年3月10日まで有効)

クルーA 男性 47歳

一級小型船舶操縦士・特殊小型船舶操縦士

免許登録日 平成9年6月19日

免許証交付日 平成19年8月9日

(平成24年8月8日まで有効)

(2) 主な乗船履歴等

船長

船長の口述によれば、次のとおりであった。

主な乗船履歴

26歳ごろから約13年間にわたり、日曜日はほぼ毎週、マリーナから野母埼にかけての海域でクルージングを行ったり、レースに出走したりしていた。

健康状態

健康状態は良好であった。

クルーA

クルーAの口述によれば、次のとおりであった。

主な乗船履歴

32歳ごろから外洋クルーザータイプのヨットにクルーで乗船しており、最近ではほぼ毎週日曜日、本船に乗船してクルージングを行ったり、レースに出走したりしていた。

健康状態

健康状態は良好であった。

2.5 船舶等に関する情報

2.5.1 船舶の主要目

船舶番号	250-32376長崎
船籍港	長崎県長崎市
船舶所有者	個人所有
L×B×D	8.59m×3.30m×1.30m
船質	FRP
機関	ディーゼル機関1基
出力	11kW(連続最大)
推進器	2翼フォールディングプロペラ ^{*2} 1個
進水年月	平成7年4月

2.5.2 キャビン内の状況

キャビンへの入口となるコンパニオンハッチがコクピット前面にあり、その大きさは約50cm四方で、人ひとりが入ることができる大きさであった。また、キャビン前部に、長さ約30cm、幅約40cmのハッチが配置されていた。

(写真2 デッキ上、写真3 キャビン入口コンパニオンハッチ 参照)

キャビン内には、ほぼ中央部に主機として4ストローク・ディーゼル機関が、その後方に燃料タンクが配置され、主機と燃料タンクは、FRP製のエンジンボックスで覆われていた。そして、主機付属の発電機及び吸気サイレンサは主機の左舷船首側に取り付けられており、また、操作パネルは同ボックス下のコーミング右舷前部に取り付けられていて、右からキースイッチ、セルモーターボタン、燃料遮断装置となっていた。一方、エンジンボックスは、中央で前後に2分割され、中央部の留め具を外せば開放できるようになっていた。

主機の要目表によれば、主機は2シリンダで、シリンダの内径が75mm、行程が72mmで、1シリンダ当たりの総行程容積は、0.318であった。

また、キャビンの中央部両舷には、長いすが配置され、右舷側長いす前方に、調理に使用されるコンロが設置されていて、その後部がバッテリー収納庫になっており、2個のバッテリーが収納されていた。一方、左舷側長いすの前方は、パントリーとなっていた。

なお、コクピット前面のコンパニオンハッチとキャビン前部のハッチを開けると自然換気できるようになっていたが、船長の口述によれば、事故当時、キャビン前

*2 「フォールディングプロペラ」とは、通常、プロペラ翼が閉じており、プロペラシャフトが回転すると遠心力で開くタイプのプロペラで、帆走する際は、抵抗力が減少する。

部のハッチは開けられていなかった。

(付図2 船体図、付図3 キャビン平面図(床面)、付図4 キャビン平面図(長いす上面) 参照)

2.5.3 キャビン内

キャビン床面の平面図は付図3のとおりであり、また、長いす上面での平面図は付図4のとおりで、床面からの高さは、長いす上面までが約34cm、主機吸気口までが約45cm、キャビン入口のコンパニオンハッチ下端までが約99cmであった。

2.5.4 主機操縦レバーに関する情報

主機操縦レバーは、前後進切替と増減速とを1本のレバーで行うようになっており、クラッチが中立となる直立位置から、前方に倒すとクラッチが前進に入り、更に倒すと増速するようになっていた。また、同レバーを後方に倒すとクラッチが後進に入り、更に倒すと後進のまま増速するようになっていた。

2.6 気象及び海象等に関する情報

2.6.1 気象観測値

事故現場の東方約5kmに位置する長崎海洋気象台の気象観測結果によれば、事故発生時間帯の観測値は、次のとおりであった。

08時00分 風 なし、気温 15.5

09時00分 風 なし、気温 17.2

10時00分 風向 北西、風速 0.6m/s、気温 19.5

11時00分 風向 南西、風速 0.8m/s、気温 20.1

2.6.2 乗組員の観測

船長の口述によれば、事故現場付近の気象及び海象は、次のとおりであった。

天気 晴れ、風 約3m/s、波 なし、視界 良好

2.7 係留状態に関する情報

船長及びクルーAの口述によれば、次のとおりであった。

本船は、長崎市所在のマリーナの浮き桟橋に、入船状態の右舷付けで係留されていて、船首部から、右舷及び左舷前方に1本ずつ、右舷後方に1本、さらに、船尾部から右舷前方及び後方に1本ずつの合計5本の係留索をとっていた。

2.8 主機の回転数に関する情報

船長及びクルー A の口述によれば、通常、主機を毎分回転数 (rpm) 2,400 ~ 2,800 rpm で使用しており、最高で 3,100 rpm くらいまで使用したことがあった。本事故時は、主機の回転音などから判断して、3,500 rpm くらいであった。

2.9 スプレー剤に関する情報

2.9.1 スプレー剤

(1) 成分等

スプレー剤販売会社 (以下「本件販売会社」という。) 担当者の口述及び製品安全データシート^{*3}によれば、次のとおりであった。

容量 840m の缶に圧縮ガスを封入したスプレー式で、同ガスの成分は、イソヘキサンが 297.5 g、エタノールが 40.5 g、LPG が 180 g、CO₂ が 6 g である。

なお、スプレー剤の各成分の分子量は、空気(窒素約 78%、酸素約 21%、その他約 1%) の平均分子量より大きい。

(2) 缶本体に記載された注意書き

缶本体には、「引火性」であること、「密室での使用を避ける」こと、「火気と高温に注意する」こと及び「火気厳禁」などが記載されていた。

(3) 爆発限界に関する情報

スプレー剤輸入商社担当者の口述によれば、スプレー剤の爆発限界は、1.2 vol% ~ 7.7 vol% である。

2.9.2 使用量等

船長及びクルー A の口述によれば、次のとおりであった。

2人は、爆発事故の前、主機本体洗浄のため、船内でスプレー剤を 1本使用して、2人で未使用の 1本を使い切った。

主機洗浄用に噴射されたスプレー剤には、家庭用プロパンガスに似た臭いがついていた。キャビン内はその臭いがした。

2.10 爆発後のキャビンの状況

船長、クルー A 及び機関整備業者担当者の口述並びに現場調査によれば、爆発後のキャビンの状況は、次のとおりであった。

*3 「製品安全データシート」とは、労働安全衛生法に定められており、危険有害な化学製品について、安全な取扱いを確保するための参考情報として、取り扱う業者に提供されるものである。

- (1) バッテリーの状況
キャビン内のバッテリー収納蓋や蓋の留具に異常はなく、バッテリー切替スイッチや2個のバッテリーの端子にも、スパーク痕は認められなかった。
(写真4 バッテリー収納庫 参照)
- (2) コンロの状況
キャビン内の右舷側前端に設置されたコンロは、事故当時使用されておらず、周囲に損傷のあとも見られなかった。
(写真5 コンロ 参照)
- (3) エンジンボックスの状況
爆発後、主機を覆っているエンジンボックスが、前後に分かれた状態で分離しており、留具の一部が破損していた。
(写真6 キャビン後部、写真7 主機、写真8 エンジンボックス 参照)
- (4) 主機付属の発電機の状況
本船主機の製造者が主機付属の発電機を分解したところ、カーボンブラシ^{*4}は綺麗で、スパーク痕も見あたらなかった。
(写真7 主機、写真9 発電機及び吸気口(1)、写真10 発電機及び吸気口(2)、写真11 発電機(1)、写真12 発電機(2) 参照)
- (5) 主機の状況
本船主機の製造者が吸気サイレンサを分解したところ、吸気フィルタの一部が内側から外側に向けて破れており、内側から外側にガスが噴出した、バックファイヤ^{*5}の痕跡が認められたが、主機本体に損傷はなかった。
(写真13 吸気サイレンサ分解状況、写真14 吸気フィルタ損傷状況 参照)

3 分析

3.1 事故発生の状況

3.1.1 事故発生に至る経過

(1) 主機の高速回転に至る経過

2.1及び2.5.2から、船長及びクルーAが、通風装置のない、又、自然通

^{*4} 「カーボンブラシ」とは、発電機の回転する部分(整流子面)に接触して、電機子でできた電流を外部に取出す役目をするものである。

^{*5} 「バックファイヤ」とは、シリンダ内の火炎が吸気側へ戻ることをいう。

風されていない狭いキャビンにおいて、主機拭取りのため、スプレー剤を約1本分使用し、作業を終え、その後、エンジンボックスを閉めて主機を始動したところ、異常な高速回転となったものと考えられる。

(2) 爆発に至る経過

2.1、2.3及び2.5.4から、主機が異常な高速運転となり、船長及びクルーAが、キースイッチや燃料遮断装置などを操作したものの主機が高速回転を続けたので、船長がコクピットで主機操縦レバーを前後に振って異状がないか確認しているうちクラッチが前進に入って急激に船体前部が持ち上がったものと考えられる。驚いた船長が、主機操縦レバーを中立にしようとしたところ、勢いが余ってクラッチが後進に入り、負荷が急激に増大したことから主機が急停止し、その直後、爆発が発生してデッキが爆風で大きく割れ、本船が全損になったものと考えられる。

3.1.2 発生日時及び場所

2.1から、平成20年11月2日10時21分ごろ、長崎港小江沖防波堤灯台から154°1,820m付近で発生したものと考えられる。

3.2 事故要因の解析

3.2.1 乗組員及び船舶の状況

(1) 乗組員の状況に関する解析

2.4(1)から、船長及びクルーAは、適法で有効な操縦免許証を有していた。

また、2.4(2)から、船長及びクルーAの健康状態は良好であったものと考えられる。

(2) キャビン内の状況に関する解析

2.1から、本船主機は、発電機駆動用ベルトが擦れて粉塵が出て汚れていたことから、掃除の目的でスプレー剤が使用されたもので、本事故が発生するまでキャビン内に可燃性ガスは滞留していなかったものと考えられる。

3.2.2 気象の状況

2.6から、天気晴れ、北西風約3m/s、波なし、視界良好であったものと考えられる。

3.2.3 主機の異常運転に関する解析

(1) 異常な高速回転に関する解析

2.1、2.5.2、及び2.9から、換気が行われていない狭いキャビン内において、引火性のスプレー剤が使用されて可燃性ガスが滞留し、主機始動時、可燃性ガスが主機吸気口から吸い込まれてシリンダ内に供給され、更に燃料が噴射されて燃料が過剰となり、主機の異常な高速回転が発生したものと考えられる。

(2) 燃料遮断装置を操作したにもかかわらず主機が停止しなかったことに関する解析

2.1及び2.9から、異常な高速回転となった主機を停止しようと燃料遮断装置が操作され、燃料の供給が停止されたものの、吸気口の周囲には可燃性ガスが滞留しており、同口から可燃性ガスを吸い込んでシリンダ内で爆発し続け、高速回転が継続されたものと考えられる。

2.1.1、2.5.2 及び2.8から、本船主機は、1回の爆発（2回転）で、約0.636の空気を吸気口周囲から吸い込んで消費する。主機が異常な高速回転となったとき、周囲に滞留していた可燃性ガスを毎分約1,113（主機回転数3500rpmとして）を消費すると考えられ、別表1のキャビン内容積から、燃料が供給されなくても数分間、高速回転を継続した可能性があると考えられる。

主機を停止するには、給気を絶つ、つまり、吸気口をふさぐ方法があるが、当時の状況では不可能であったものと考えられる。

さらに、高速回転が継続した場合、主機の潤滑及び冷却が阻害され、主軸受やクランクピン軸受などの軸受の焼付き、ピストンとシリンダライナの焼付き、連接棒が振れ回ってクランク室を突き破るなどの事故に至る可能性があったものと考えられる。

(3) クラッチが前進に入ってから状況に関する解析

2.1、2.5.4 及び2.7から、船長が異常な高速回転を続けている主機を停止しようと、中立位置にあった主機操縦レバーを前後に揺すっていたところ、レバーが前方に倒れてクラッチが前進に入り、プロペラが高速で回転して前進方向の推進力が発生したものと考えられる。しかし、前後に合計5本の係留索を使用して係留していたことから、船体前部が持ち上がったものの、棧橋や他船との衝突を避けることができたものと考えられる。

3.2.4 事故発生に関する解析

可燃性ガスによる爆発が生じる条件は、爆発限界内濃度の可燃性ガスの存在と着火源の存在である。これらについて解析する。

(1) 可燃性ガスの滞留に関する解析

2.1、2.9.2、3.2.1(2)から、主機拭取り前は可燃性ガスがなく、拭取りに際してスプレー剤が使用され、また、スプレー剤使用後は臭いも認識されており、スプレー剤から噴霧された可燃性ガスが、換気装置のない狭いキャビン内に滞留したものと考えられる。

(2) 噴射された可燃性ガスの濃度に関する解析

(算式については、別表1 キャビン内の容積、別表2 スプレー剤可燃性ガスの各成分と容積 参照)

キャビン内の容積

各容積を試算すると以下のとおりである。

a キャビン入口のコンパニオンハッチ下端から下の容積 = 8,798

b 主機吸気口から下部の容積 = 3,329

噴射されたスプレー剤の可燃性ガスの各成分と容積

a エタノール = 21.1

b プロパン = 49.1

c ブタン = 37.2

d イソヘキサン = 83.0

可燃性ガス濃度

このスプレー剤のガスがキャビンに噴射されたが、分散状況は、キャビン下部に沈降した場合とキャビン入口より下部のキャビン全体に分散した場合とが考えられるので、それぞれについて解析した。

a キャビン入口より下部のキャビン全体に分散した場合

可燃性ガス濃度 (vol%) は、以下のとおりと考えられる。

$$190.4 / 8,798 = 2.2 \text{ vol\%}$$

b 主機吸気口より下部に沈降した場合

可燃性ガス濃度 (vol%) は、以下のとおりと考えられる。

$$190.4 / 3,329 = 5.7 \text{ vol\%}$$

事故当時のスプレー剤の可燃性ガス濃度は、その構成成分がいずれも空気より重いことから、キャビン上部では薄く、下部では濃い状況であったと考えられる。一方、スプレー剤の爆発限界は、2.9.1(3)から、1.2 vol% ~ 7.7 vol%であり、上記の「a キャビン入口より下部のキャビン全体に分散した場合」及び「b 主機吸気口より下部に沈降した場合」のいずれの場合においても、当時の可燃性ガス濃度は、爆発限界の雰囲気に入っており、着火源があれば、爆発が発生する可能性があったものと考えられる。

(3) 着火源の存在に関する解析

キャビン内に設置された着火源となりうる各機器について、爆発発生後の状況から、着火源について解析した。

バッテリー

2.10(1)から、バッテリー収納庫内のバッテリーに損傷や異常が認められなかったことから、着火源ではないものと考えられる。

コンロ

2.10(2)から、右舷側前端に設置されたコンロは事故当時使用されておらず、周囲に損傷が認められなかったことから、着火源ではないものと考えられる。

エンジンボックス

2.10(3)から、主機を覆っているエンジンボックスが前後に分かれ、留具の一部が破損していたことから、主機が着火源となり、エンジンボックス内で爆発が発生して同ボックスの留具を破損させ、同ボックスを前後に分離させたものと考えられる。

主機付属の発電機

2.10(4)から、主機の左舷船首側に取り付けられた主機付属の発電機に損傷は認められず、カーボンブラシにスパーク痕がなかったことから、主機付属の発電機は着火源でないものと考えられる。

主機

2.10(3)から、主機吸気フィルタの一部が中側から外側に向けて、つまり、通常の空気の流れとは逆方向に破損していたことから、吸気口からバックファイヤが発生したものと考えられる。

以上のことから、可燃性ガスが主機吸気口から吸い込まれて主機が異常な高速回転となった後、急停止したことにより、シリンダ内の火炎が吸気側に戻るバックファイヤが生じ、爆発限界内の雰囲気にあったエンジンボックス内に排出された火炎が着火源となったものと考えられる。

(4) スプレー剤使用時の危険性の認識に関する解析

2.1から、船長は、スプレー剤本体に記載された注意書きを読んでいなかったため、スプレー剤が引火性で火気厳禁であることを把握していなかったものと考えられる。

4 原因

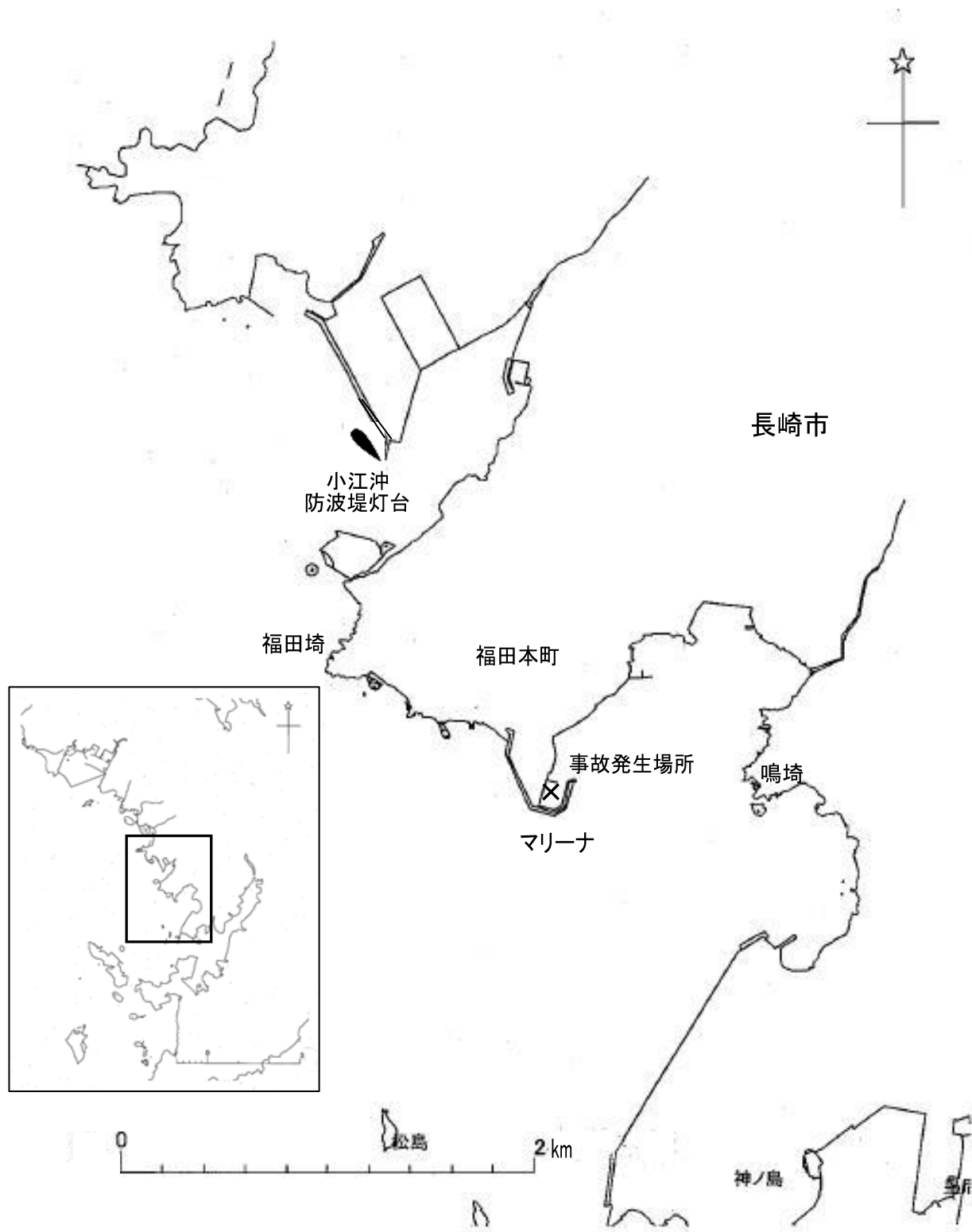
本事故は、長崎県長崎市福田本町所在のマリーナの係留施設において、本船が出港準備中、キャビン内で主機の拭取り作業を終えて爆発限界内濃度の可燃性ガスが滞留していた状況下、主機始動時に主機が同ガスを吸引して異常な高速回転となり、主機操縦レバーの操作によって主機が急停止した際、主機の吸気口からバックファイヤが生じたため、可燃性ガスに着火したことにより発生したものと考えられる。

バックファイヤが生じたのは、異常な高速回転となった主機が急停止したことによるものと考えられる。

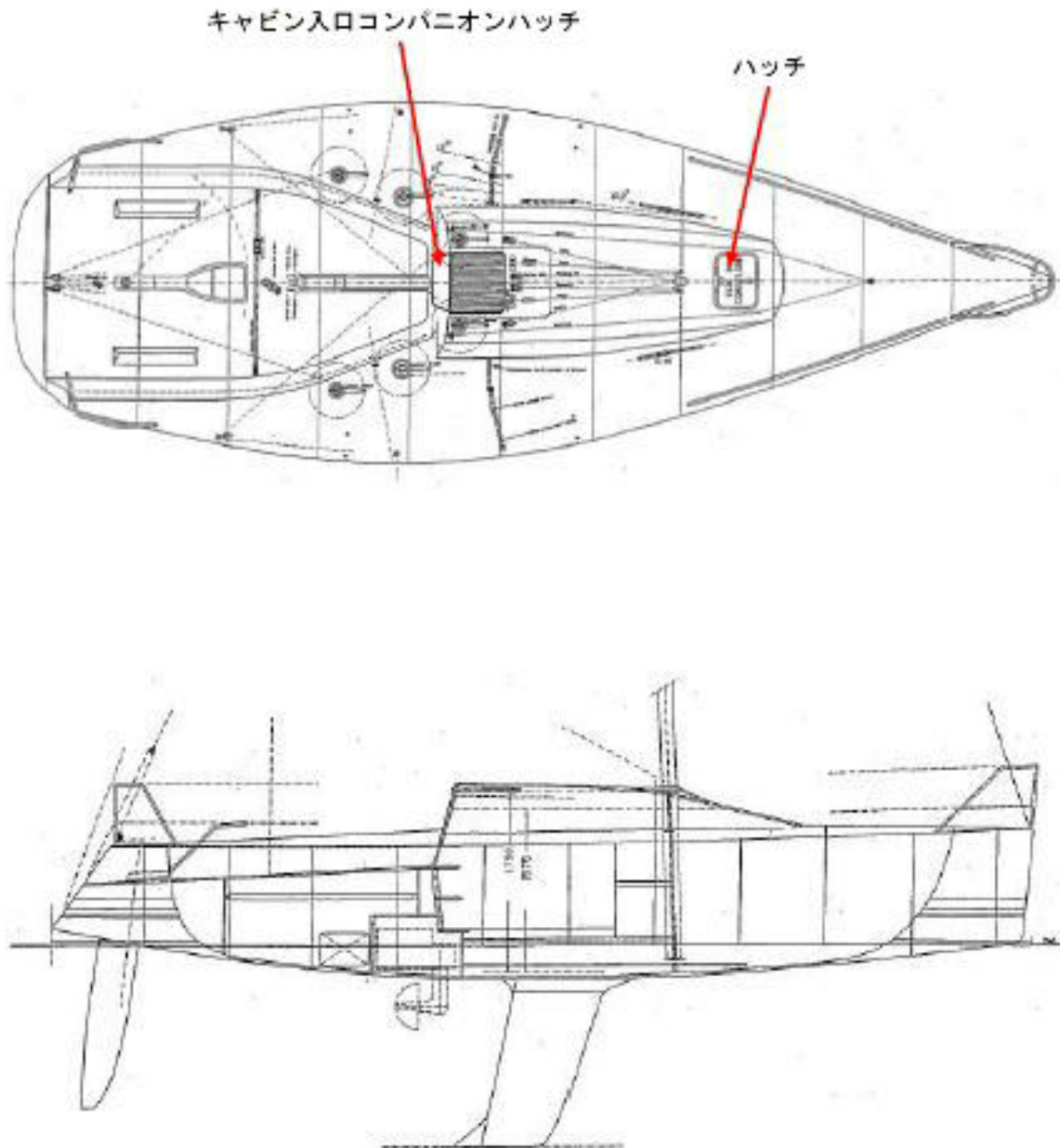
爆発限界内濃度の可燃性ガスが滞留していたのは、換気がなされていない狭いキャビン内において、主機の拭取り作業中、多量のスプレー剤が使用されたことによるものと考えられる。

狭いキャビン内において、換気を行わないまま多量のスプレー剤が使用されたのは、船長が、スプレー剤本体に記載してある注意書きをよく読んでいなかったため、スプレー剤には引火性があり、火気厳禁であることを把握しておらず、スプレー剤使用時の危険性に対する認識がなかったことによるものと考えられる。

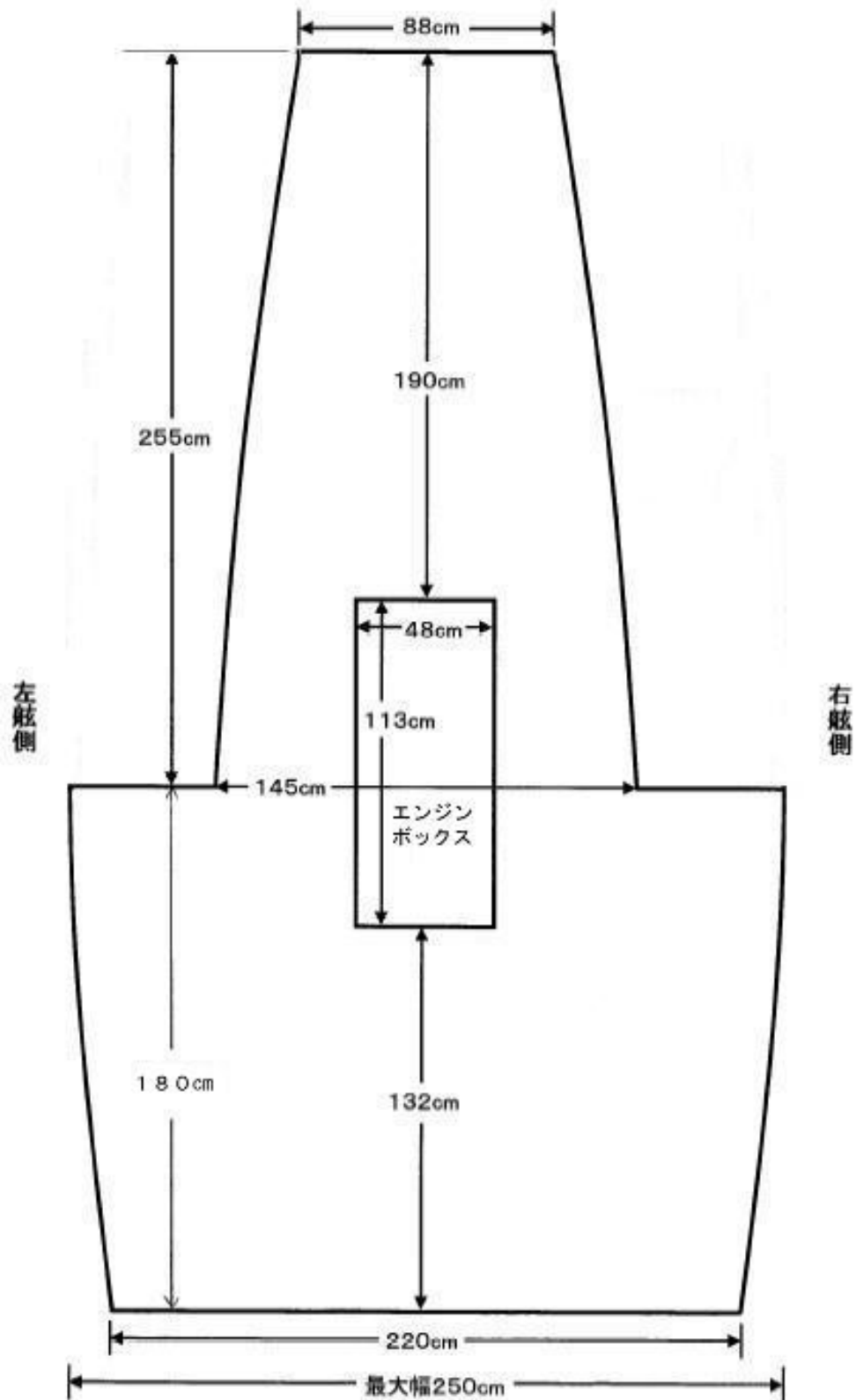
付図1 事故発生場所図



付図2 船体図



付図3 キャビン平面図(床面)



付図4 キャビン平面図(長いす上面)

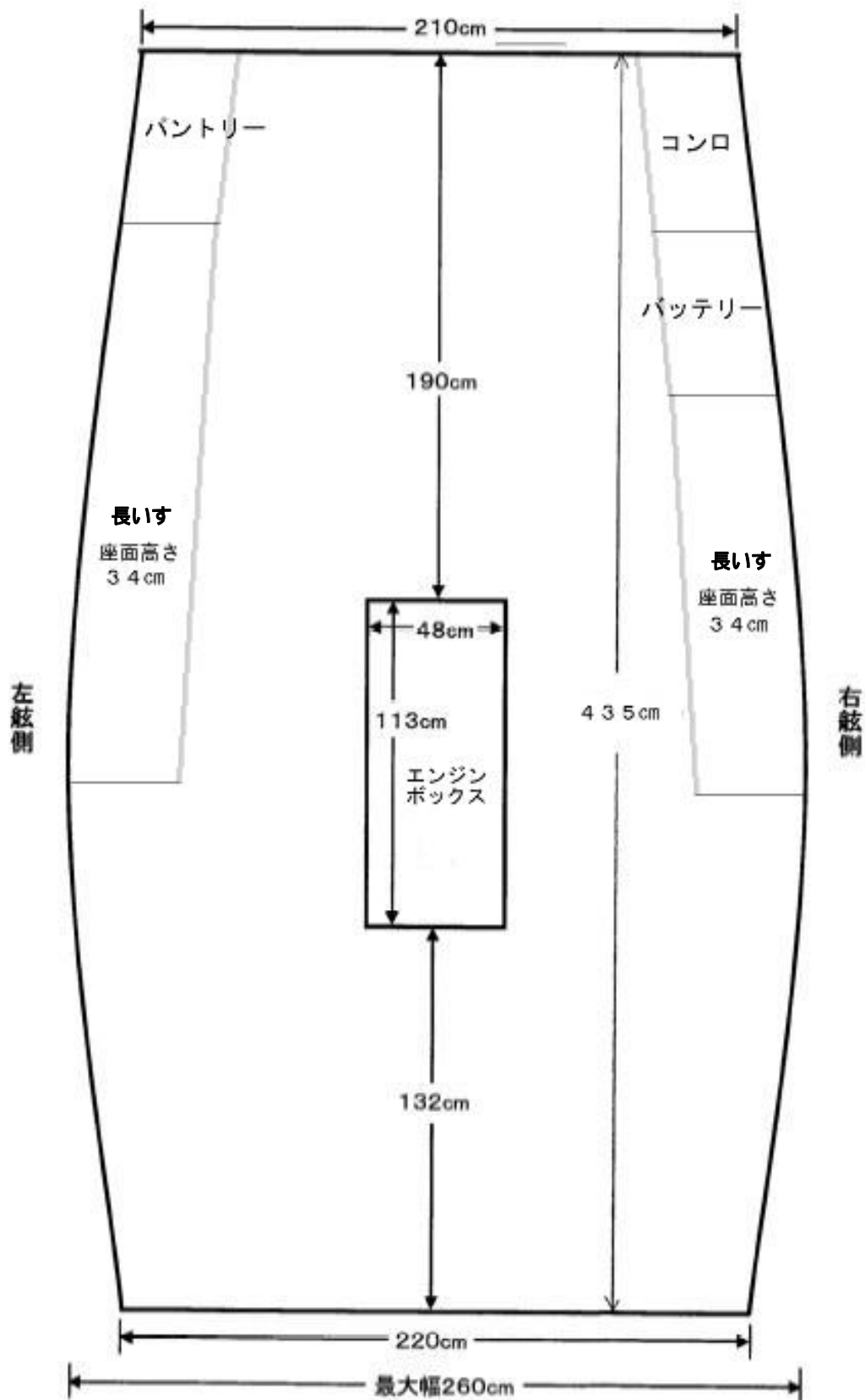


写真1 本船



写真2 デッキ上 (手前が船尾側)

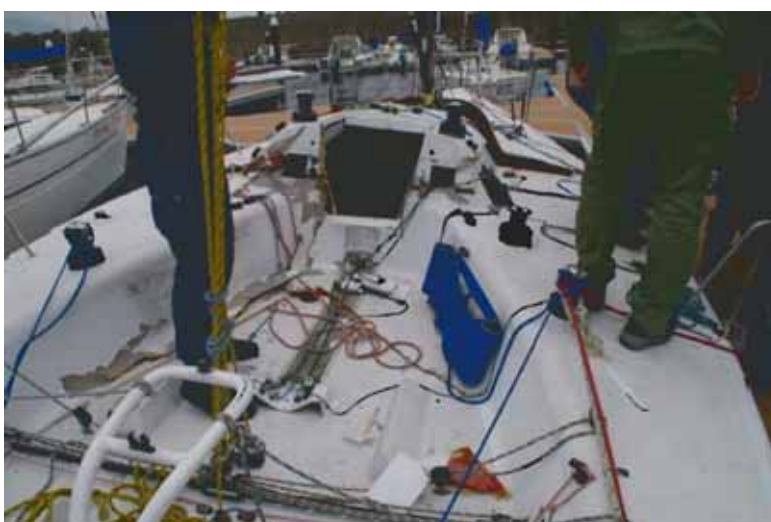


写真3 キャビン入口コンパニオンハッチ



写真4 バッテリー収納庫



バッテリー
切替スイッチ

写真5 コンロ



写真6 キャビン後部



燃料タンク

主機

写真7 主機



写真8 エンジンボックス



写真9 発電機及び吸気口(1)



写真 1 0 発電機及び吸気口 (2)



写真 1 1 発電機 (1)



写真 1 2 発電機 (2)



写真 1 3 吸気サイレンサ分解状況



写真 1 4 吸気フィルタ損傷状況



別表1 キャビン内の容積

(2.5.3. 付図2 船体図、付図3 キャビン平面図(床面)、付図4 キャビン平面図(長いす上面) 参照)

			幅(cm)	長さ(cm)	高さ(cm)	容積(cm ³)	容積(l)
ア	長いす上面から下部の容積	前部	116.5	255	34	1,010,055	
		後部	235	180	34	1,438,200	
		エンジンボックス	48	113	34	184,416	
		小計	前部 + 後部 - エンジンボックス =			2,263,839	
イ	長いす上面から主機吸気口までの容積	235	435	11	1,124,475		
	エンジンボックス	48	113	11	59,664		
	小計	長いす上面から主機吸気口までの容積 - エンジンボックス =			1,064,811		
ウ	主機吸気口からキャビン入口コンパニオンハッチ下端までの容積	235	435	54	5,520,150		
	エンジンボックス	48	113	26	141,024		
	小計	主機吸気口からキャビン入口コンパニオンハッチ下端までの容積 - エンジンボックス =			5,379,126		
エ	主機吸気口から下部の容積				ア + イ =	3,328,650	3,329
オ	キャビン入口のコンパニオンハッチ下端から下の容積				ア + イ + ウ =	8,707,776	8,708

・キャビンの幅について、外板が円弧状になっているため、最大幅と最長幅の中間値とした。

別表2 スプレー剤可燃性ガスの各成分と容積

2.6.1から、当時の気温は19.5 である。

また、LPGは、プロパンとブタンで構成され、本件販売会社担当の口述によれば、重量比で、50% : 50%であった。

成分	分子式	分子量 (g/mol)	(1) 噴霧重量 (g)	(2) 噴霧された可 燃性ガス容積 (l)
エタノール	C ₂ H ₅ OH	46	40.5	21.1
プロパン	C ₃ H ₈	44	90.0	49.1
ブタン	C ₄ H ₁₀	58	90.0	37.2
イソヘキサン	C ₆ H ₁₄	86	297.5	83.0

(1) 本件販売会社担当の口述による。

(2) 噴霧された燃焼ガスの容積(2)は、以下の算式によって求められる。

気温 19.5 での成分A蒸気(ガス) 1molの容積

標準状態(0、1気圧)で、成分A蒸気(ガス) 1molは 22.4/である。

シャルルの法則^{*1}により、 $V_1 / T_1 = V_2 / T_2$ (1気圧で一定)

$V_1 = 22.4$ 、 $T_1 = 273.15$ 、 $T_2 = 273.15 + 19.5$ を当てはめると

$22.4 / 273.15 = V_2 / (273.15 + 19.5)$ $V_2 = 24.0/$

したがって、気温 19.5 での成分A蒸気(ガス) 1molの容積は、24.0/である。

成分A蒸気(ガス) Y(g)の容積X(l)

$Y(g) : X(l) = \text{分子量}(g) : 24.0(l)$

したがって、噴霧された可燃性ガスの容積X(l) = (Y(g) × 24.0(l)) / 分子量(g) で、

求められる。

^{*1}「シャルルの法則」とは、圧力が一定のとき、体積(V)は絶対温度(T)に比例する法則である。