

船舶事故調査報告書

平成23年9月15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 石 川 敏 行

事故種類	爆発
発生日時	平成22年7月14日（水） 01時00分ごろ
発生場所	長崎県佐世保市ハウステンボス内運河 佐世保市針尾港北防波堤灯台から真方位025° 2.3海里付近 （概位 北緯33° 05.3′ 東経129° 47.3′）
事故調査の経過	平成22年7月14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。 原因関係者から意見聴取を行った。
事実情報 船種船名、総トン数 船舶番号、船舶所有者等 L×B×D、船質 機関、出力、進水等	遊覧船 アルクマール、4.7トン 293-25356長崎、ハウステンボス株式会社 11.98m (Lr) × 3.91m × 0.89m、FRP 交流電動機2基、37.0kW（合計連続最大）、平成3年8月
乗組員等に関する情報	船長 男性 57歳 一級小型船舶操縦士・特殊小型船舶操縦士・特定 免許登録日 平成8年10月31日 免許証交付日 平成22年9月16日 （平成27年9月27日まで有効） なお、本船は、特定の者を船長として定めておらず、本事故が発生する直前に本船に乗り組み、電池の充電を行った者を本事故における船長とした。
死傷者等	なし
損傷	本船の推進用主電源として搭載していたリチウムイオンポリマー二次電池*1、電池室の天井及び配線一部焼損、甲板亀裂、操縦スタンド、右舷ブルワーク、客室椅子席等の破損
事故の経過	アルクマール（以下「本船」という。）は、平成22年7月6日11時ごろに遊覧を終えて以降ハウステンボス内運河の北棧橋に停泊中、船長が、12日14時00分ごろ、太陽電池から‘推進モーター（交流電動機）用の主電源として搭載していたリチウムイオンポリマー二次電池’（以下「本件電池」という。）全部に充電を開始し、16時00分ごろ、本件電池の容量がほぼ100%の電圧となったことを確認し、充電回路の配線用遮

*1 「リチウムイオンポリマー二次電池」とは、電解質としてゲル状のポリマー（高分子）を使用し、電解質中のリチウムイオンが電気伝導を担う充放電可能な電池をいう。エネルギー密度が高く、バッテリーを放電しきらない状態での再充電を繰り返した場合の特性が良いなどの利点を有するが、過度に充電した場合の過熱並びに過度に放電した場合の劣化及び異常発熱を防止するために充放電を監視する電池保護回路が設けられている。

	<p>断器（NFB）を切って下船した。</p> <p>本船は、7月14日01時00分ごろ、本船係留場所近くの住人が爆発音を聞き、08時35分ごろ、付近を航行していた遊覧船の船長が、本船が破損していることを発見した。（写真1参照）</p> <p>本事故当時、本船は無人で、推進モーター回路及び充電回路の各配線用遮断器は切られ、本件電池は充放電されていない状態であった。</p>
<p>気象・海象</p>	<p>気象：天気 雨、風向 南南西、風力 1、気温 25.6℃、気圧 1009.0hPa、湿度 89%</p>
<p>その他の事項</p>	<p>本船は、甲板下に電池室、機関室及び操舵機室等が配置され、電池室には、船首側隔壁に電線用貫通口が設けられ、客席の屋根に3kWの太陽電池パネルが設置されていた。</p> <p>本件電池システムは、電池室に、船首側から順にA、B及びCと称するユニットに、それぞれ本件電池が4個、縦に37mmの隙間を空けて重ねてラックに収納され、本件電池12個全部が直列に接続されていた。Aユニットの各本件電池は、上段のものから順にA₁、A₂、A₃、A₄と呼称され、Bユニット及びCユニットも同様にB₁～B₄、C₁～C₄と呼称されていた。（付図1参照）</p> <p>本件電池は、直列に接続された7個のセル^{*2}及び各セルの電圧を監視する電池監視回路（Battery Management System（以下「BMS」という。））をケースに収納した構造であり、電源保護ヒューズにより過電流から保護されていた。</p> <p>本件電池は、BMSが過充電及び過放電を検知した場合、警報として本件電池に設けられた表示灯が点灯（過放電については併せてブザーの鳴動）するようになっていた。</p> <p>本件電池のセルは、ゲル状の電解質（リチウム塩）ポリマーが浸潤したセパレーターと称するポリエチレンの多孔質絶縁膜の片面に正極活性剤を塗布し、アルミニウム箔を接着した正極と、反対側の面に負極活性剤を塗布し、銅箔を接着した負極板とを交互に折り畳んで積層した構造で、全体が外装に封入されていた。</p> <p>本船は、平成22年4月以降、本事故発生まで延べ8日間臨時便として運航され、航行中及び充電中には電池室の換気ファンが運転されていた。</p> <p>本船は、停泊中に本件電池システムを本件電池システムの容量がほぼ100%の電圧となるまで充電し、充電後に充電回路の配線用遮断器を切っていた。</p> <p>運航管理者は、本船の運航を行った者から、電池室内の、ビルジの滞留、壁面への結露、異臭等の異常の発生及び本件電池の警報表示灯の点灯について、報告を受けたことがなかった。</p> <p>本件電池は、動力用の電池として使用される場合の安全性について適用を受ける法令及び規格はなかった。</p> <p>本件電池は、セルの製造会社（以下「A社」という。）が製造したセルを本件電池の製造会社（以下「B社」という。）が輸入し、B社製BMSや制御配線を本件電池ケース内部に組み込んで製造したものであった。</p>

^{*2} 「セル」とは、電池を構成する単位となる単電池をいう。本件電池は、7つのセルを直列に接続した構成であった。

	<p>B社は、本件電池を設計、製造し、充放電試験等を行い、異状がないことを確認していた。</p> <p>B社の担当者によると、B社が製造し、販売したリチウムイオンポリマー二次電池で、本事故前に爆発したものはなかった。</p> <p>B社及び本船の電気推進制御システムの設計及び製造を行った会社（以下「C社」という。）は、これまでリチウムイオンポリマー二次電池を電源とする電気推進船の電池及びシステムの設計及び製造をしたことがなかった。</p> <p>B社の担当者及びC社の担当者によると、本件電池に関し、B社及びC社は、過充電の状態となるとセルが過熱して発火及び爆発に至る可能性について認識していたが、その他の状態において発火又は爆発する可能性について、セル又は本件電池を提供したA社又はB社から説明を受けていなかった。</p> <p>焼損した本件電池のうち最も焼損の激しかったC₁のセルは、アルミ箔が溶けてほとんど残っておらず、上側のセルより下側のセルの方が激しく損傷していた。（写真2、写真3参照）</p> <p>本船には、小動物等の外部からの侵入の形跡は認められなかった。</p> <p>B社によると、セルは、150℃以上の状態が20分間継続すると、セル内部でガスが発生し、外装が膨張して破裂する。このガスを東京都産業技術研究所で分析したところ、引火性ガスであることが確認された。</p> <p>本件電池を調査した消防署職員の口述によると、次のとおりであった。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 焼損した本件電池の制御用配線の断線箇所には、発火源であることを示す溶痕^{*3}は認められなかった。 2 銅箔の一部には、高温にさらされたことを示す光沢があった。 3 C₁のケースの底板は、最下部のセルと接する箇所が酸化しており高温にさらされたことを示していた。 <p>C₁のセルは、内部には異物が混入した場合などに生じる局所的な損傷などの痕跡はなかった。</p>								
分析	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="518 1359 815 1395">乗組員等の関与</td> <td data-bbox="815 1359 1452 1395">不明</td> </tr> <tr> <td data-bbox="518 1395 815 1433">船体・機関等の関与</td> <td data-bbox="815 1395 1452 1433">あり</td> </tr> <tr> <td data-bbox="518 1433 815 1471">気象・海象の関与</td> <td data-bbox="815 1433 1452 1471">なし</td> </tr> <tr> <td data-bbox="518 1471 815 1904">判明した事項の解析</td> <td data-bbox="815 1471 1452 1904"> <p>本船は、ハウステンボス内にある運河の北棧橋に無人で係留中、C₁のセルが過熱したことから、生じた引火性ガスが甲板下の電池室及び他の区画に滞留し、爆発限界となった引火性ガスが過熱した高温部で着火して爆発した可能性があると考えられる。</p> <p>過熱した高温部は、C₁の下側のセルが最も激しく焼損していたこと、C₁のケースの底板の箇所の焼損が激しいこと、及びC₁の配線には発火源としての溶痕が認められなかったことから、C₁の下部であった可能性があると考えられるが、過熱し</p> </td> </tr> </table>	乗組員等の関与	不明	船体・機関等の関与	あり	気象・海象の関与	なし	判明した事項の解析	<p>本船は、ハウステンボス内にある運河の北棧橋に無人で係留中、C₁のセルが過熱したことから、生じた引火性ガスが甲板下の電池室及び他の区画に滞留し、爆発限界となった引火性ガスが過熱した高温部で着火して爆発した可能性があると考えられる。</p> <p>過熱した高温部は、C₁の下側のセルが最も激しく焼損していたこと、C₁のケースの底板の箇所の焼損が激しいこと、及びC₁の配線には発火源としての溶痕が認められなかったことから、C₁の下部であった可能性があると考えられるが、過熱し</p>
乗組員等の関与	不明								
船体・機関等の関与	あり								
気象・海象の関与	なし								
判明した事項の解析	<p>本船は、ハウステンボス内にある運河の北棧橋に無人で係留中、C₁のセルが過熱したことから、生じた引火性ガスが甲板下の電池室及び他の区画に滞留し、爆発限界となった引火性ガスが過熱した高温部で着火して爆発した可能性があると考えられる。</p> <p>過熱した高温部は、C₁の下側のセルが最も激しく焼損していたこと、C₁のケースの底板の箇所の焼損が激しいこと、及びC₁の配線には発火源としての溶痕が認められなかったことから、C₁の下部であった可能性があると考えられるが、過熱し</p>								

*3 「溶痕」とは、電気火災で電圧が印加された状態で電線が短絡したときに発生する銅が球状に溶融した痕跡をいう。周囲の温度により凝固する際の溶痕の状態が異なることを利用し、火災の原因となった溶痕と、火災の熱により二次的に発生した溶痕を判別することができる。

	た状況を明らかにすることはできなかった。
原因	本事故は、夜間、本船が、ハウステンボス内運河の北棧橋に無人で係留中、本件電池のセルが過熱したため、生じた引火性ガスが甲板下に滞留し、引火性ガスが過熱した高温部で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。

付図 1 本船の配置

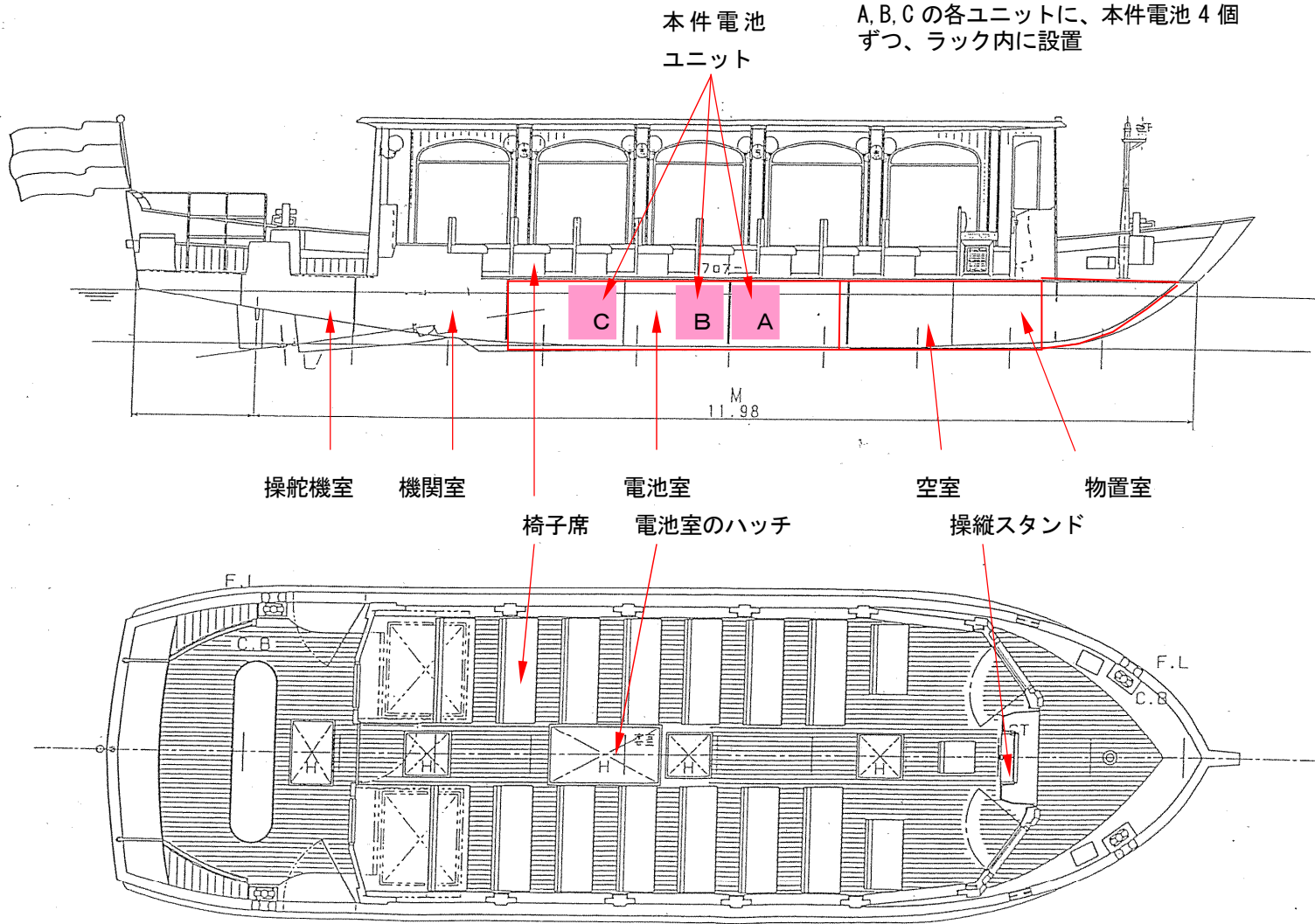


写真 1 本船客室の破損状況



写真2 焼損した本件電池（C₁）の外観

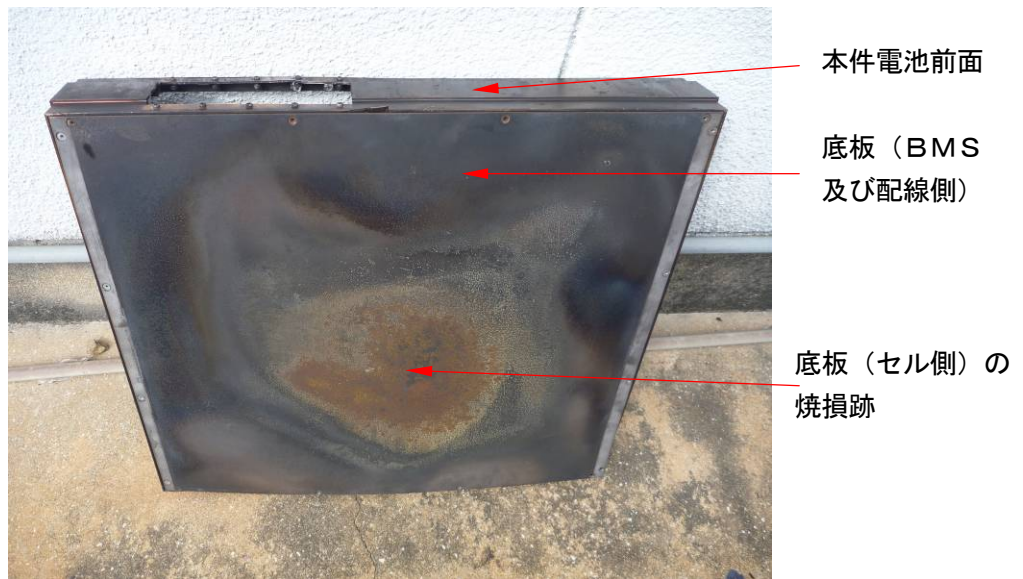


写真3 本件電池（C₁）のセル内部の焼損状況

