

リチウムイオン電池を動力源とする小型船舶の 安全対策に関する調査研究報告書

平成24年3月

日本小型船舶検査機構

「リチウムイオン電池を動力源とする小型船舶の安全対策に関する調査研究報告書」

目 次

1.調査研究の目的及び実施方法	1
1-1 調査研究の目的	1
1-2 調査研究の内容及び実施方法	1
1-3 委員会等について	1
1-3-1 委員会の構成	1
1-3-2 委員会の経過	2
2.電池推進船の現状	6
2-1 用語の定義	6
2-2 リチウムイオン電池	7
2-2-1 リチウムイオン電池の概要	7
2-2-2 リチウムイオン電池の原理	8
2-2-3 リチウムイオン電池の特徴	8
2-2-4 リチウムイオン電池の構造	9
2-2-5 リチウムイオン電池の特性	10
2-2-6 リチウムイオン電池の安全性	11
2-3 電池推進船の概要	12
2-3-1 電池推進船の電気系統の概要（ソーラーパネル付）	12
2-3-2 具体的な事例	13
3.アルクマール事故概要	15
3-1 船舶概要	15
3-2 事故概要	16
3-3 想定される事故原因	18
3-3-1 JCIとしての事故原因の推定（事故発生直後）	18
3-3-2 メーカー等からの聞き取り事項（事故発生直後）	19
3-4 考察	23
4.船舶安全法関係の関連規則	24
4-1 蓄電池関係	24
4-2 電動機関係（参考）	25
4-2-1 電動機に係る検査基準	25
4-2-2 電動機に係る検査の方法（細則第2編）	26
4-2-3 大出力電動機に係る検査の方法	27

4-3 配線工事関係(船舶内)	31
5.安全対策の検討	33
5-1 リチウムイオン電池の安全性と品質	33
5-1-1 産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム) SBAS1101:2011 について	33
5-1-2 国連危険物勧告試験基準	33
5-1-3 外力基準の検討	35
5-2 配線工事関係(組電池内)	37
5-3 電池の管理、制御システム	38
5-3-1 セル毎の電圧モニタリングの必要性について	38
5-3-2 過充電防止について(国立大学法人東京海洋大学「らいちょうⅠ」の場合)	40
5-3-3 小括	40
5-4 船体(被害制御)関係	41
5-4-1 一般船舶の被害制御	41
5-4-2 電池推進船の被害制御	43
5-4-3 被害制御の既存の規則	44
5-4-4 船体構造等に関する安全対策	46
5-5 船舶の設計に係る安全対策	48
5-6 運航者が留意することが望ましい事項	49
5-7 まとめ(総論)	50
5-7-1 ハード面における安全対策	50
5-7-2 ソフト面における安全対策	50
6. 結言	51
付録	
付録1 「産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム)」 SBAS1101:2011 の概要	53
付録2 「国連危険物勧告試験基準第5版第38.3節の仮対訳」	61
付録3 「一般電装品の製作に対する要求仕様(案)」	81
付録4 国内外の規格策定動向	87

1. 調査研究の目的及び実施方法

1-1 調査研究の目的*

平成 22 年 7 月 14 日の深夜に長崎県ハウステンボスにおいて、リチウムイオン電池を推進力源とする旅客船が、係留中に爆発事故を起こし関係者において原因調査中である。

現在、国立大学法人東京海洋大学が同様のリチウムイオン電池を推進力源に採用した電池推進船(以下「電池推進船」という。)を研究用として運航させているが、大気汚染防止対策、新技術導入の観点から、今後電池推進船の研究、建造が見込まれるものと思われる。

現時点においては、リチウムイオン電池を船舶に使用する際の技術基準等はないため、これを契機として、事故原因を踏まえ、船舶に搭載するリチウムイオン電池に対する安全対策について検討を行い、事故の再発防止に資することを目的とする。

1-2 調査研究の内容及び実施方法

「リチウムイオン電池を動力源とする小型船舶の安全対策に関する検討委員会」を設置し、次の検討、調査等を行なった。

- ① リチウムイオン電池の特性の把握
- ② 陸上における使用実態の把握及び同類事故事例の収集
- ③ ハウステンボスの旅客船の爆発事故原因の推定
- ④ 現状の制御システム及び安全対策の検証
- ⑤ リチウムイオン電池を船舶に使用する際の安全対策の検討・評価

1-3 委員会等について

1-3-1 委員会の構成(委員 50 音順)

委員長	太田 進	独立行政法人海上技術安全研究所 運航・物流系 上席研究員
委員	木船 弘康	国立大学法人東京海洋大学 海洋工学部 海洋電子 機械工学科 准教授
委員	賞雅 寛而	国立大学法人東京海洋大学 海洋工学部 教授 海洋科学技術研究科長
委員	中満 和弘	株式会社 GS ユアサ リチウムイオン電池事業部 事業統括本部 部長
委員	中村 光雄	富士重工業株式会社 スバル技術研究所 プロジェクトジェネラルマネージャ
委員	原山 徹夫	アイティオー株式会社 環境事業部 東京支店 支店長

*国土交通省運輸安全委員会は、平成 23 年 10 月 28 日に事故原因の可能性を報告している(運輸安全委員会報告 MA2011-10、No.50 参照)

委 員	平田 宏一	独立行政法人海上技術安全研究所 動力システム系 次世代動力システムセンター センター長
委 員	松村 純一	社団法人日本船舶電装協会 専務理事
オブザーバー	今井 治郎	一般財団法人日本海事協会 機関部 主管(電気)
	大出 剛	国立大学法人東京海洋大学 産学・地域連携推進機 構 電池推進船プロジェクト 客員教授
	中根 育朗	社団法人電池工業会 小型二次電池部会 部長
	関戸 常道	社団法人日本船舶電装協会 技術部長
	森 廣司	ハウステンボス株式会社 船舶運航本部 統括責任者
	山田 敏雅	株式会社エジソンパワー 代表取締役
関 係 省 庁	加藤 光一	国土交通省 海事局 安全・環境政策課長 (同上前任者 坂下 広朗)
	平原 祐	国土交通省 海事局 安全基準課長 (同上前任者 久保田 秀夫)
	秋田 務	国土交通省 海事局 検査測度課長
日本小型船舶検査機構	理 事	澤山 健一
	(同上前任者	吉海 浩一郎)
	業務部 検査検定課長	山澤 時廣
	業務部 検査検定課 課長代理	鈴木 輝昭
事務局	業務部 業務部長	山崎 壽久
日本小型船舶検査機構	(同上前任者(企画部長)	浅野 光司)
	業務部 調査企画課長	平野 智巳
	業務部 調査企画課 課長代理	築山 直樹
	(同上前任者	佐々木 紀弘)
	業務部 調査企画課 企画係長	渡邊 和幸

1-3-2 委員会の経過

第1回 委員会

- ① 開催年月日 平成22年11月15日(月)
- ② 開催場所 日本小型船舶検査機構 第一会議室
- ③ 出席者 (委員・オブザーバー50音順、敬称略)
- 委 員 太田 進(委員長)、木船 弘康、賞雅 寛而、中村 光雄、原山 徹夫、
平田 宏一、松村 純一

関係省庁 田村 顕洋課長補佐(総括)(代理:海事局安全・環境政策課長)、山口
祥功専門官(代理:海事局安全基準課長)、鈴木 長之船舶検査官(代
理:海事局検査測度課長)

オブザーバー 中根 育朗(社団法人電池工業会)、柳楽 泰久(社団法人日本船舶電
装協会)、森 廣司(ハウステンボス株式会社)、山田 敏雅(株式会社エ
ジソンパワー)

日本小型船舶検査機構(以下「JCI」という。)

吉海(理事)、山崎(業務部長)、山澤(業務部検査検定課長)、鈴木(業
務部検査検定課課長代理)

事務局 浅野(企画部長)、平野(企画部企画課長兼技術課長)、佐々木(企画部
技術課課長代理)

④ 主な審議事項

- 事業計画について
- ハウステンボス爆発事故の概要について
- 推定される事故原因について
- 本調査研究事業の今後の進め方について

第2回 委員会

① 開催年月日 平成23年2月15日(火)

② 開催場所 国立大学法人東京海洋大学 品川キャンパス 本部管理棟
第1会議室

③ 出席者

委員長 太田 進

委員 木船 弘康、賞雅 寛而、中満 和弘、中村 光雄、原山 徹夫、平田
宏一、松村 純一

関係省庁 田村 顕洋課長補佐(総括)(代理:海事局安全・環境政策課長)、山口
祥功専門官(代理:海事局安全基準課長)、鈴木 長之船舶検査官(代
理:海事局検査測度課長)

オブザーバー 今井 治郎(財団法人日本海事協会)、大出 剛(国立大学法人東京海
洋大学)、酒井 達夫(株式会社エジソンパワー)、中根 育朗(社団法人
電池工業会)、柳楽 泰久(社団法人日本船舶電装協会)

J C I 澤山(理事)、山崎(業務部長)、山澤(業務部検査検定課長)、鈴木(業
務部検査検定課課長代理)

事務局 浅野(企画部長)、平野(企画部企画課長兼技術課長)、佐々木(企画部
技術課課長代理)

④ 主な審議事項

- 推定される事故原因について(前回からの継続審議)

- 船舶における被害制御の考え方について
- 「らいちょうⅠ」における追加的安全対策について

第3回 委員会

- ① 開催年月日 平成23年5月25日(水)
- ② 開催場所 日本小型船舶検査機構 第一会議室
- ③ 出席者
- 委員長 太田 進
- 委員 木船 弘康、賞雅 寛而、中満 和弘、中村 光雄、原山 徹夫、平田 宏一、松村 純一
- 関係省庁 松尾 真治課長補佐(総括)(代理:海事局安全・環境政策課長)、山口 祥功専門官(代理:海事局安全基準課長)、桶谷 光洋船舶検査官(代理:海事局検査測度課長)
- オブザーバー 今井 治郎(一般財団法人日本海事協会)、大出 剛(国立大学法人東京海洋大学)、関戸 常道(社団法人日本船舶電装協会)、中根 育朗(社団法人電池工業会)
- J C I 山澤(業務部検査検定課長)、鈴木(業務部検査検定課課長代理)
- 事務局 山崎(業務部長)、平野(業務部調査企画課長)、佐々木(業務部調査企画課課長代理)、渡邊(業務部調査企画課企画係長)
- ④ 主な審議事項
- リチウムイオン電池を動力源とする小型船舶の安全対策について
 - 「調査研究報告書」の目次及び執筆担当者について

第4回(最終回) 委員会

- ① 開催年月日 平成23年12月19日(月)
- ② 開催場所 日本小型船舶検査機構 第一会議室
- ③ 出席者
- 委員長 太田 進
- 委員 木船 弘康、賞雅 寛而、中満 和弘、中村 光雄、原山 徹夫、松村 純一
- 関係省庁 井上 清登安全・環境評価官(代理:海事局安全・環境政策課長)、山口 祥功専門官(代理:海事局安全基準課長)、池田 隆之船舶検査官(代理:海事局検査測度課長)
- オブザーバー 今井 治郎(一般財団法人日本海事協会)、大出 剛(国立大学法人東京海洋大学)、中根 育朗(社団法人電池工業会)、関戸 常道(社団法人日本船舶電装協会)、森 廣司(ハウステンボス株式会社)、酒井 達夫(株式会社エジソンパワー)

J C I 遠藤(業務部次長)、山澤(業務部検査検定課長)、鈴木(業務部検査検定課課長代理)

事務局 山崎(業務部長)、平野(業務部調査企画課長)、築山(業務部調査企画課課長代理)、渡邊(業務部調査企画課企画係長)

④ 主な審議事項

- 「調査研究報告書(案)」について

2. 電池推進船の現状

2-1 用語の定義*

本報告書で用いる主な用語の定義は次による。

① 単電池(cell):

リチウムの酸化と還元からエネルギーを引き出す電気化学的ユニット。その用途で使用される際の最終的な形状でなく、端子の取り回しがなされておらず、電子制御装置が取り付けられていないため、その状態のままでは目的の用途に使用できない。

【参考】「セル」「素電池」と呼ぶこともある。

② モジュール(module):

直列及び／又は並列接続された単電池群。ヒューズや PTC(Positive temperature coefficient) 素子などの保護装置や監視回路を備えていても備えていなくてもよい。電池システムをメンテナンスする際、モジュールは輸送、交換が可能である。一般的なセル・モジュールの模式図を図2-1に示す。

③ 電池パック:

1つ以上の単電池、又はモジュールを組み込んだユニット。ハウジングや端子構造を持ち、保護装置もしくは保護回路を含んでいるもの。単電池の電圧を元に電池システムに制御情報(信号)の出力を有するもの。

④ 電池システム(組電池):

1つ以上の単電池、モジュール、又は電池パックを組み込んだシステム。過充電、過大電流、又は過昇温等が生じないように制御するための電池制御装置:バッテリーマネージメントユニット(Battery Management Unit (BMU))を有するもの。冷却装置、加温装置を有する場合もある。

【参考】「バッテリー」と呼ぶこともある。BMU は、バッテリーマネージメントシステム(Battery Management System (BMS))と呼ぶこともある。

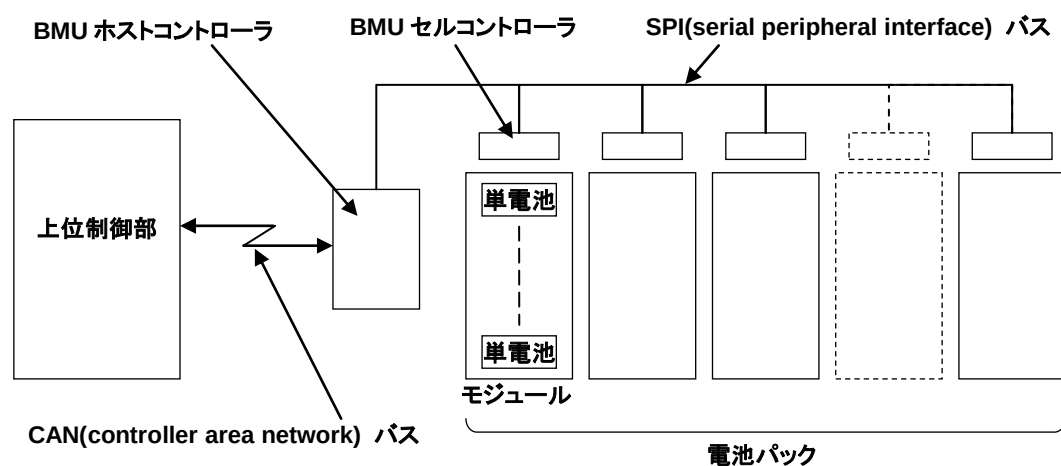


図2-1 セル・モジュールの模式図

*産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム)SBAS1101:2011 より引用

2-2 リチウムイオン電池

2-2-1 リチウムイオン電池の概要

① リチウム

原子番号 3 の元素で元素記号は「Li」、常温では安定な結晶で比重 0.534、融点 180℃、沸点 1330℃、銀白色の柔らかい金属。水分があると常温でも窒素と反応し窒素リチウム(Li₃N)を生じ、熱すると燃焼して酸化リチウム(Li₂O)になるなど化学反応の激しい物質。

② 1 次電池と 2 次電池

1 次電池とは、直流電力の放電のみができる電池(化学電池)をいい、2 次電池とは、充電を行うことで電気を蓄えて電池として使用できる蓄電池のことを言う。

③ リチウム電池

リチウム電池は、陰極の負極活物質^{*1}に金属リチウムを、陽極の正極活物質にはフッ化黒鉛、二酸化マンガン、硫化鉄等数種類の素材を使用した電池である(二酸化マンガンが最も広く使用されている。)。公称電圧は 3V と通常の乾電池の 2 倍である。1980 年代にリチウムを陰極に用いたリチウム二次電池が製品化されたが、リチウム陰極表面にデントライト(樹枝状晶)^{*2}の成長によって陽極と陰極が短絡して発火する事故が発生した。その他寿命の低下問題もあり、それらの対策が困難なことから広く採用されなかった。しかし、リチウム電池の理論的な容量はリチウムイオン電池(炭素系)の 10 倍以上にもなることから、将来の 2 次電池として有力視されている。

注 1: 活物質とは、電池の電極材料で、電気を起こす反応に関与する物質。

注 2: デントライト(樹枝状晶)とは、リチウム電池では放電時にリチウム金属が電子を放出して(酸化)リチウムイオンになり、充電時にはリチウムイオンが電子を獲得して(還元)リチウム金属が析出する反応が起るが、その時に析出物が樹木の枝のような結晶になることを言う。リチウムが枝状の結晶になると陰極のリチウム酸化物が電極板から脱落して電池が機能しなくなったり、成長したリチウム金属の枝の結晶が陰極と陽極を隔離しているセパレーターを貫通して短絡を引き起こすと、爆発や発火事故を起こすことがある。

④ リチウムイオン電池

リチウムイオン電池は、非水電解質 2 次電池の一種で、電解質中のリチウムイオンが電気伝導を担う電池である。陽極の正極活物質にリチウム含有遷移金属^{*3}酸化物を、陰極の負極活物質にグラファイトなどの炭素を、電解質としては、液状でリチウム塩、エチレンカーボネートのような有機溶媒にリチウム塩を溶解したものを使用した電池である。

注 3: 遷移金属とは、金属元素の化学的な分類の名称。コバルト、ニッケル、マンガン、鉄など。

⑤ リチウムイオンポリマー電池

リチウムイオン電池の一種で、電解質にポリエチレンオキシドやポリフッ化ビニリデンからなるポリマーに電解液を含ませてゲル化したもので本質的にはリチウムイオン電池と変わらない。電解質が準固体状態であるため、液漏れしにくいという利点がある。

2-2-2 リチウムイオン電池の原理

リチウムイオン電池の構成については 2-2-1-④に記載のとおりであるが、充電時には、正極に含有されるリチウムイオンが負極に移動し、放電時には、リチウムイオンが負極から正極に移動する。リチウムイオン電池の作動原理を図2-2に示す。

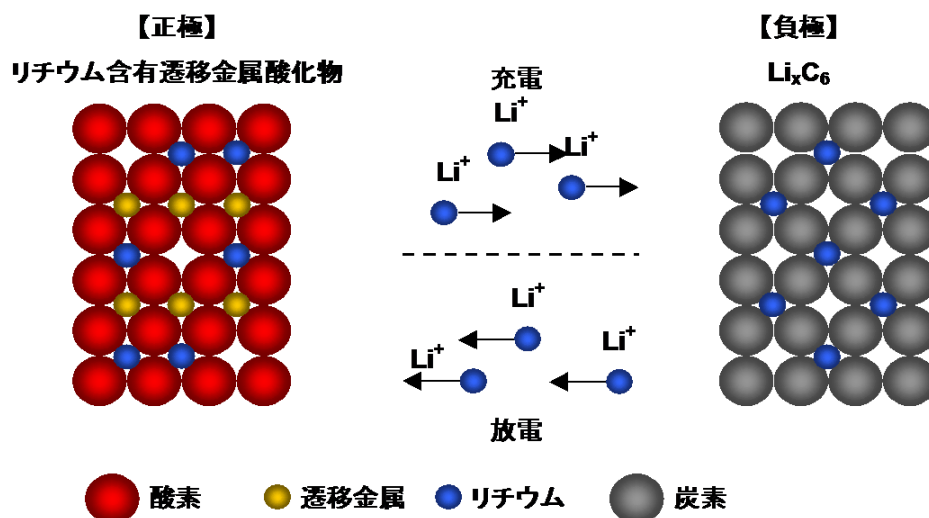


図2-2 リチウムイオン電池の作動原理

リチウムイオン電池は、通常の作動電圧範囲（2.5V～4.20V）では、鉛電池やニカド電池と異なり、ガスが発生しない完全密閉電池である。

2-2-3 リチウムイオン電池の特徴

リチウムイオン電池は、放電電圧が3.2V～3.7Vと高いことから、他の電池系と比較して、単位体積当たり、および、単位質量当たりのエネルギー密度が高い。各種電池系の質量エネルギー密度と出力密度の比較を図2-3に示す。

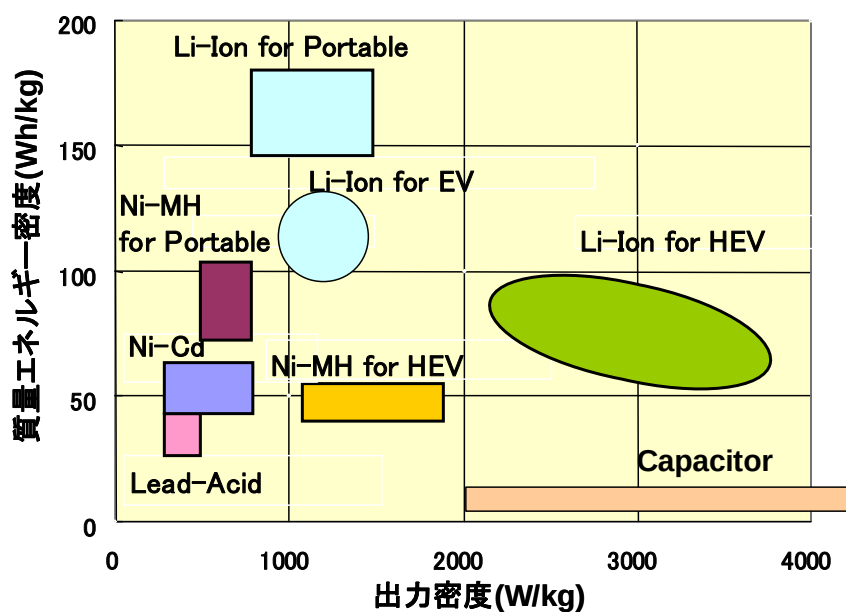


図2-3 各種電池系の質量エネルギー密度と出力密度の比較

携帯電話用などの小型リチウムイオン電池は、小型ニッケル水素電池に比べて、2倍以上のエネルギーを蓄えることができる。ハイブリッド車用などの高出力タイプのリチウムイオン電池は、ニッケル水素電池に比べて、2倍以上の出力を得ることが可能である。

また、リチウムイオン電池は、充電時の電流効率がほぼ 100%と高く、大電流放電時の電圧低下も少ないというメリットがある。ニカド電池などに見られるメモリー効果^{*4}もない。

サイクル寿命性能^{*5}も優れており、毎日充放電される用途にも適している。

現時点では、リチウムイオン電池は、鉛電池などと比較して、高価であることがデメリットとされることもあるが、市場の拡大や量産規模の拡大により、大幅なコスト低減が進むものと考えられる。

注 4: メモリー効果とは、部分的な使用を繰り返すと容量が減少してくる現象のこと。

注 5: サイクル寿命性能とは、「完全放電+完全充電」の 1 サイクルとして何サイクル充放電できるかで電池の性能を表すこと。

2-2-4 リチウムイオン電池の構造

リチウムイオン電池には、円筒形、角形、ラミネート形などのいくつかの異なる構造の電池がある。円筒形リチウムイオン電池(図2-4)は、サイズの標準化が進んでおり、18650 サイズ(直径 18mm、高さ 65mm)などの電池が、パソコンなどの電子機器に広く一般的に使用されている。

角形リチウムイオン電池やラミネート形リチウムイオン電池は、携帯電話などの薄形化に好適であるとされ、軽薄短小の携帯機器に広く使用されている。昨今、電池の大型化が進んでおり、ハイブリット車(Hev)や電気自動車(EV)などのエコカーや蓄電用途への適用が進んでいる。各種電池の例を図2-5～図2-10に示す。

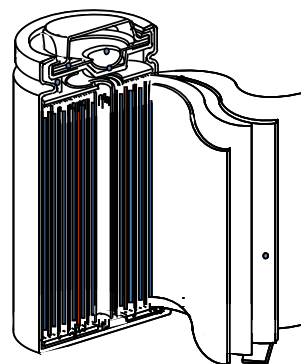


図2-4 円筒形電池の一例

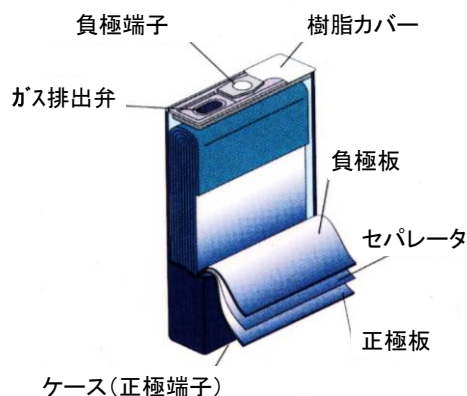


図2-5 角形電池の一例

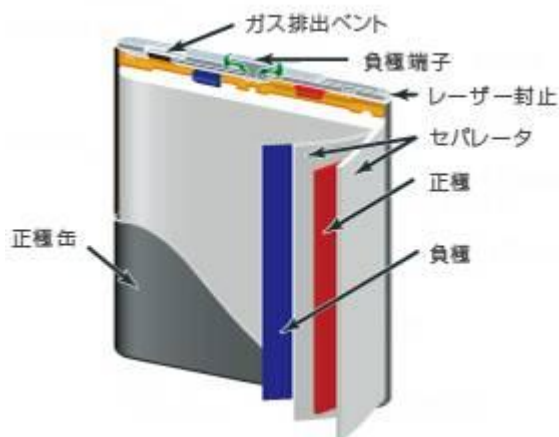


図2-6 角形電池の一例



図2-7 HEV 用角形電池の一例



図2-8 EV 用角形電池の一例

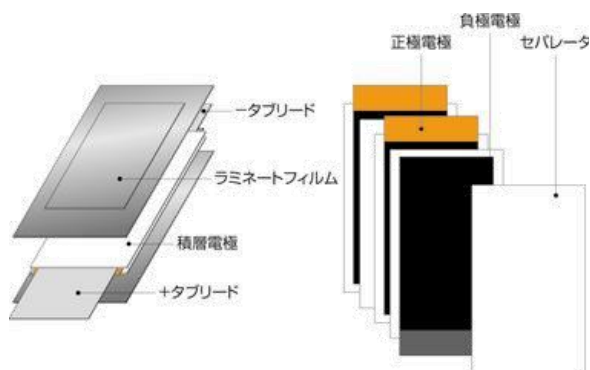


図2-9 ラミネート電池の一例(参考)



図2-10 ラミネート電池の一例(参考)

2-2-2-5 リチウムイオン電池の特性

リチウムイオン電池は、使用する正極・負極活物質の種類によって、作動電圧や放電電圧特性が異なるが、特に、正極活物質の種類によって、その違いが大きい。

正極活物質の種類によって、放電中間電圧^{※6}は、3.2V、3.6V、3.7V などの違いがある。放電電圧特性も、鉄系やコバルト系のように平坦な電圧低下特性を示すものと、マンガン系のようになだらかな電圧低下特性を示すものがある。正極活物質の異なるリチウムイオン電池の放電特性の一例を図2-11に示す。

注 6: 放電中間電圧とは、放電過程の平均的な作動電圧を示すものである。

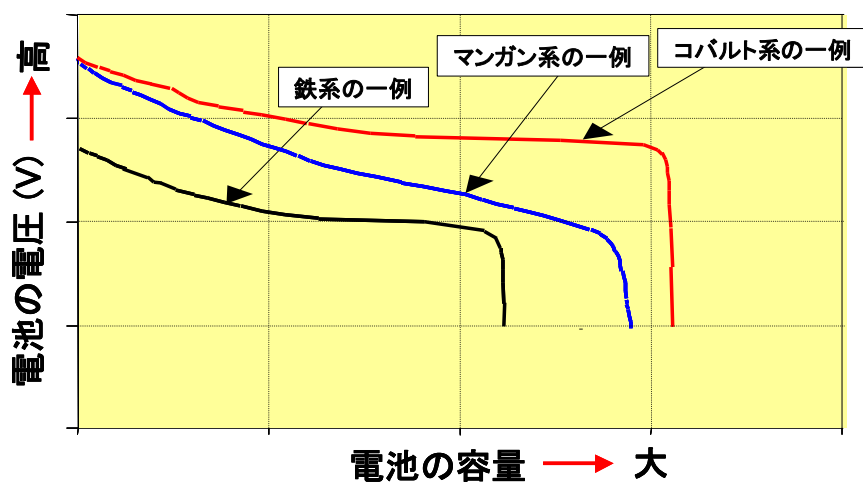


図2-11 正極活物質の異なるリチウムイオン電池の放電特性の一例

負極活物質にも、平坦な電圧特性を示すグラファイト系と、なだらかな電圧特性を示すソフトカーボン系やハードカーボン系などがある。

正極、負極のいずれの場合も、それぞれ、用途によって、適・不適があり、使用される用途や要求される性能に合わせて、活物質系は、適宜、選択される。

設計コンセプトの違いや各種の安全化技術の採用などによって、リチウムイオン電池の安全性や信頼性が大きく異なるが、一般的には、容量が小さい(エネルギー密度が小さい)電池系の方が、安全性の確保は容易であると言われている。

また、電圧が低いほど、電解液の分解などによる性能劣化が少ないため、長寿命化をはかることが容易である。

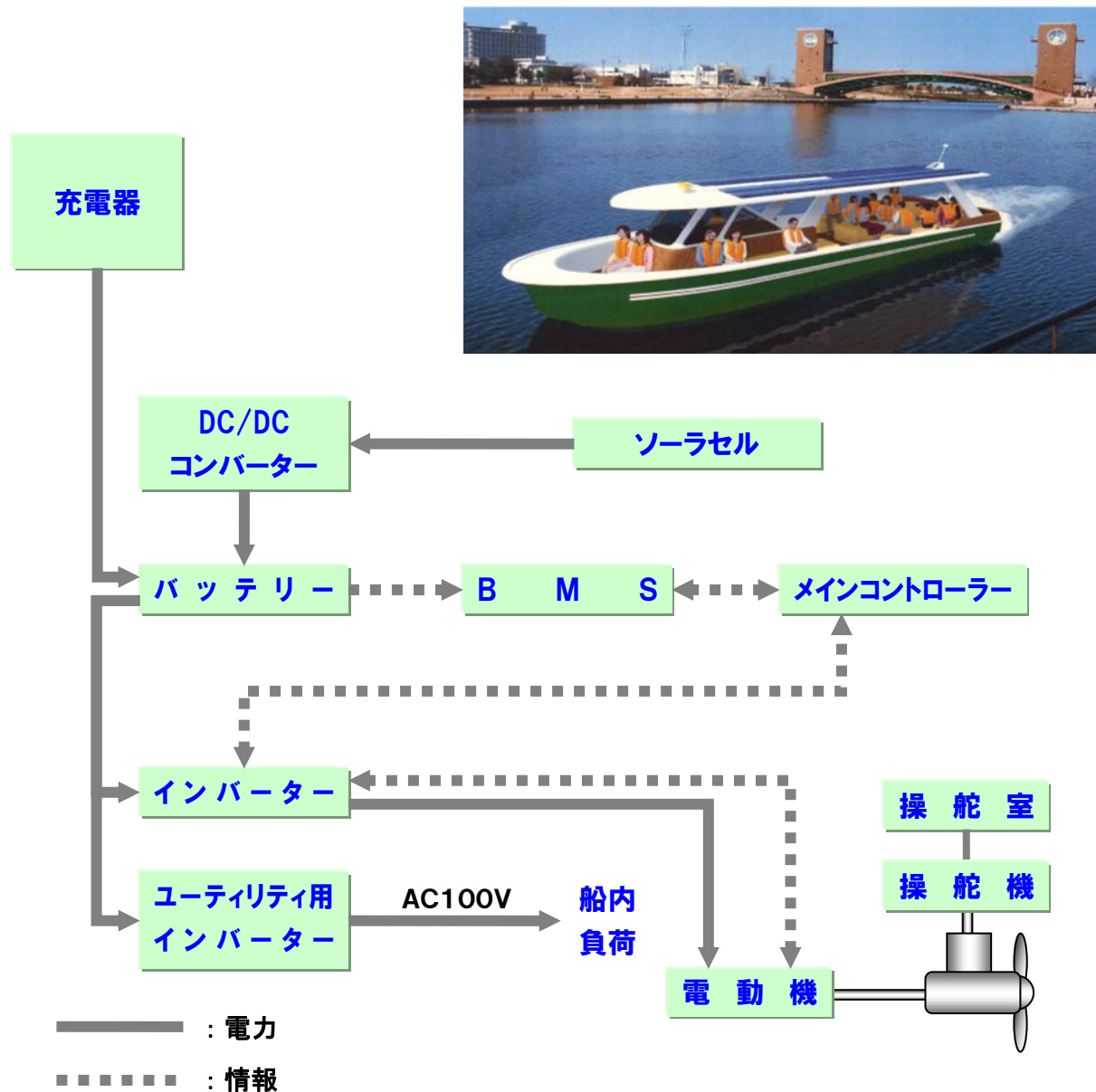
2-2-6 リチウムイオン電池の安全性

昨今、国内外においてリチウムイオン電池の安全規格制定に向けた検討が進められており、国内においては、社団法人電池工業会が「産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム)SBAS1101:2011」を発行している。それらの規格に合格できる設計・製造が行われた場合は、単電池自体でも、高い安全性が確保されるに至っている。ただし、誤使用、機器の故障、事故の発生時などに、過充電、過大電流、高温等を避けるために、電池システムには保護回路や電池制御装置を具備することが必須である。

リチウムイオン単電池は完全密閉構造であり、通常使用時には、単電池からガスが排出されることはない。ただし、外部からの衝撃、過熱等の異常により、単電池が壊れた場合には、電解液が可燃性の有機溶媒であることから、漏れ出た電解液が燃焼することや、電解液が揮発した引火性ガスが爆発する可能性があることも否定できない。電池システムの設計においては、単電池に衝撃や応力が加わりにくい構造にすることや、万が一、電解液が漏れた場合にも、電解液や揮発したガスが滞留しない構造にする配慮も必要である。

2-3 電池推進船の概要

2-3-1 電池推進船の電気系統の概要（ソーラーパネル付）



電池推進船のメリットとデメリット(ディーゼルエンジンと比較した場合)

メリット	デメリット
振動が少なく騒音が小さい メンテナンスが容易 コンピューター制御との相性がよい 等々	速力が遅い (5~10 ノット) 航続距離が少ない (4~8 時間)

2-3-2 具体的な事例

(1) Case A(富山県) 旅客船



L:12.58m B:3.26m d:0.5m
 速 力: 4Kt
 航続時間: 7時間
 建造者: 国内造船所
 就 航: 2009年7月



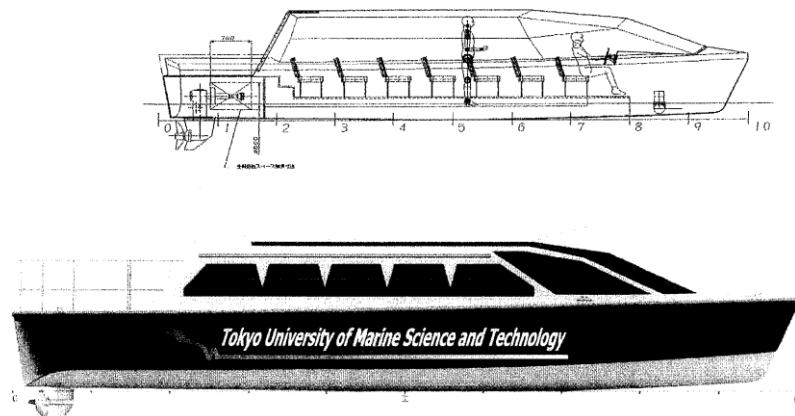
- ・係船設備(棧橋)
- ・充電基地

L:6.6m B:2.8m d:0.7m
 速 力: 5Kt
 航続時間: 10時間
 建造者: 輸入艇
 就 航: 2009年7月

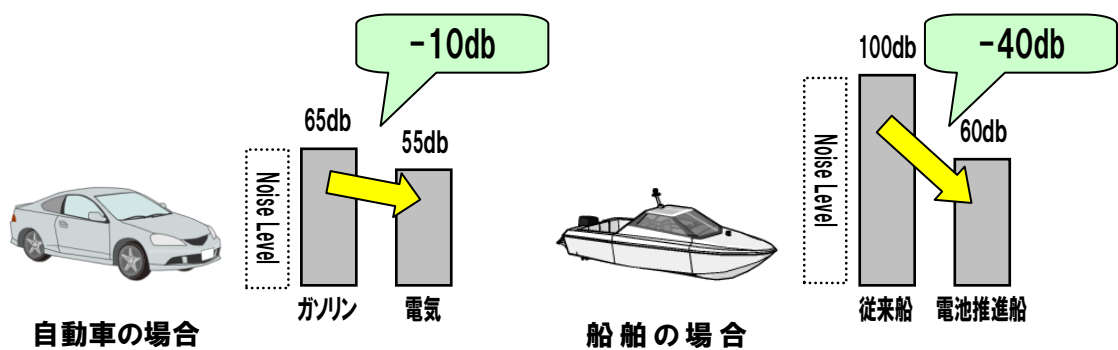


(2) Case B(大学の調査研究) 研究船

L:10.0m B:2.20m D:1.05m
速力: 6Kt
航続時間: 2時間
建造者: 国内造船所
就航: 2010年7月



騒音の減少



3. アルクマール事故概要

3-1 船舶概要

船名	アルクマール
所有者	ハウステンボス株式会社
検査済票番号	293-25336
船舶の用途	旅客船
総トン数(G/T)、L×B×D(m)	4.7トン 11.98×3.91×0.89
航行区域	限定平水(HTB 運河及び HTB から 2 海里の水域)
最大搭載人員	旅客 51 名 船員 1 名 その他 0 名 合計 52 名
主機の種類 / 馬力	電動機 / 18.5kw×2 台
進水(竣工)年月	平成 3 年 8 月進水
改造履歴	① 平成 21 年 8 月 定期検査時にディーゼル機関(2 機)を撤去し、ソーラー発電システム、電動機等を搭載 ② 平成 22 年 3 月 蓄電池を鉛バッテリーからリチウムイオン電池へ変更、臨時検査受検

3-2 事故概要

長崎県ハウステンボスにおいて、リチウムイオン電池を推進力源に使用した小型船舶(旅客船)が係留中に起した爆発事故の概要を以下に示す。

- ① 平成22年7月12日午後4時頃まで充電作業を行い、ブレーカーを遮断。その後、事故発見の14日まで運航せずそのまま係留
- ② 平成22年7月14日8時30分頃本船が損傷しているのをスタッフが発見。損傷状況は、客席ベンチシート及び床板がはずれ舷側に亀裂が発生し、バッテリー区画には「すす」が付着。翌日、警察が捜査を行なうも事件性はないとの判断で捜査は一旦終了
- ③ 7月18日、改めて警察及び消防の実況見分が行われ、同船のセルを製造したA社(海外)及びA社からセルを輸入し、組電池として製造・販売したB社が立ち会った。
- ④ 12日から14日の間に爆発が発生と推定。
- ⑤ 過充電に対する警報装置(ランプ点灯、外部出力)が装備され、外部出力による自動充電カット機能有。運行者の証言では、当時は充電を行っていなかったことから、警報装置及び自動充電カット装置は作動せず。(設計コンサル(C社)の情報。JCIヒアリングによる)



客室を船尾より船首を見る



客室を船首より船尾を見る



(右舷側)バッテリー区画の船側外板と甲板の接合部剥離



(左舷側)バッテリー区画の船側外板と甲板の接合部剥離



バッテリー区画(ハッチより見る)



バッテリー区画(ハッチより見る)



バッテリーケースの端子部



バッテリーケースの端子部の反対側



バッテリー区画の強制排気ファン



すずの付着状況(バッテリー端子部、配線)

爆発の状況写真

3-3 想定される事故原因

3-3-1 JCIとしての事故原因の推定(事故発生直後)

(1) 爆発の状況等から推測される原因

① バッテリー区画全体の損傷

乗客用ベンチシートの脱落及び外板と甲板の接合部の剥離から判断すると、爆発の衝撃は相当なものであると言える。ベンチシートの重量を30kgと仮定すると2～3脚のシートが浮上って脱落していることから、数10kgf以上の外力が発生したものと思われる。

② リチウムイオン電池のケースの上蓋の曲損(盛り)

リチウムイオン電池の上蓋が盛り上がった形で曲損しているが、上蓋が脱落するには至っていない。①の損傷と比較すると上蓋の曲損は軽微であり、加わった外力も少ないと考えられる。仮に1回の爆発であったとすると、リチウムイオン電池そのものが爆発中心であれば、上蓋だけではなくその他の部分の損傷も激しいものになると予想される。また、同時に複数のセルが爆発する可能性は少ないと考えられる。

③ 区画全体の「すす」の付着

「すす」は有機物が不完全燃焼を起こして生じる炭素の微粒子や、建築物の天井などに溜るきめ細かいほこりである。写真から判断すると区画全体に均一に「すす」が付着しているが、火災発生時のように高温で部品(ビニール系ホース等)が溶ける状態になっていない。爆発が起きる環境下で不完全燃焼により「すす」が付着する原因は、更なる検証・考察が必要と思われる。

④ バッテリー区画の天井部発泡材とバッテリー端子部電線の損傷の相違

バッテリー区画天井部の発泡材は、燃えると言うよりも、あぶり出して溶けている状態である。それに対しバッテリー端子部の電線は完全に溶けている。これより、炎(熱)が加わった時間、及び炎からの距離が両者で異なっていたものと推測される。

⑤ 加圧状態の可能性

バッテリー区画には強制換気装置が設置されており、かつ、自然換気も可能となっているため、区画が発生ガス等により加圧状態となっていた可能性は無いと考えられる。

⑥ 係留中の天候等

＜佐世保市のデータ＞

日	天候	最高気温(℃)	最低気温(℃)
12	雨	26	23
13	曇	27	24
14	曇	26	23

上記のデータより、バッテリー区画の温度は通常の可燃物が自然発火するほどの高温に上昇した可能性は少ないと考えられる。

⑦ 警報措置が作動していなかった状態

前述の事故概要に記載のとおり、過充電に対する警報装置(ランプ点灯、外部出力)が装備され、外部出力による自動的に充電をカットする機能を有していたが、運航者の証言では、当時は充電を行っていなかったことから、警報装置及び自動充電カット装置は作動していなかったとのことである。このことから過充電の状態では無かったと判断できる。

そうすると現時点の知見から別の爆発(発火)原因を推定することは困難であるため、更なる検証・考察が必要である。

(2) 過充電及び短絡試験の情報(インターネット情報)

① リチウムイオンポリマー電池の過充電実験

過充電の場合、最初にセル(容器)からガスが激しく発生し(電池容量によっては爆発の可能性も無視できない)、その後しばらくしてから発火し炎を出して燃えた。

<http://www.youtube.com/watch?v=Rb8-MYGyTIE&NR=1>

② リチウムイオンポリマー電池の短絡試験

過充電の実験と同様に、短絡後断片的にガスがセルから吹き出し、その後しばらくしてから発火し炎を出して燃えた。

<http://www.youtube.com/watch?v=AKBaaeFMK9k&feature=related>

(3) 考えられる原因のまとめ

【可能性-1】 過充電により発生した可燃性ガスの引火・爆発

【可能性-2】 電池の内部又は外部端子の短絡による引火・爆発

【可能性-3】 バッテリー区画内にバッテリーとは無関係の引火性ガスが充満して引火・爆発

3-3-2 メーカー等からの聞き取り事項(事故発生直後)

以下は、2010 年 7 月にJCIが関係メーカー及び他の専門家から聞き取り調査した結果である。
また、注は委員会が追記したものである。

(1) B社

① ガス発生の可能性

通常の動作範囲電圧においても、微量ながらガスの発生はある^{*1}。また、動作電圧の上限を少し(0.1V 程度)超えただけでも、ガス発生量は増す^{*2}。このガス^{*3}が大気に解放されるような設置環境であれば、ガス濃度もさほど上がらず問題とならないが、これが閉囲される場所であれば、濃度が上がり発火源を伴って爆発に至るケースが想定される。

従って、万が一を考えれば換気の要件は重要と考える。営業する際も設置環境については説明を行っている。

② 他の原因

内部でのショートが考えられる。

注 1: 電解液の分解を意味するものと解されるが、その場合の分解生成ガスは、炭酸ガスを主成分とした「非燃焼性」

のガスである。また、単電池外にガスが放出されるような印象を受けるが、リチウムイオン電池は完全密閉型の電池であり、通常の使用時に、ガスが単電池外に放出されることはない。

注 2: 通常の電池設計では、標準的な充電電圧(例えば、4.2V)を、0.1V 程度超えたとしても(例えば、4.31V)、電池の安全性が低下しないような設計をしていることが多く、0.1V 程度の変化で、問題が生じることは少ない。

注 3: 正常な使用状況においては、単電池外に内部のガスが出ることはない。何かの外的要因等(外部からの衝撃、圧力、クラッシュ等)によって単電池に亀裂や穴が開いた場合にのみ、内部のガスが電池外に出ることがある。ただし、その場合にも、燃焼や爆発の心配をするべきなのは、充電時にわずかに生じる可能性のある炭酸ガス等ではない。注意すべきは、可燃性の電解液の漏洩及びその電解液が揮発したガスである。

(2) D社

① 製造部門

a) ガス発生の可能性

無視してよいレベルだが、高温状態で放置すると発生する場合がある。

b) 過充電対策

モバイルタイプに限れば、温度ヒューズ等保護回路が組み込まれており、一定のレベルに達すると充電されない仕組みとなっている。

c) 発火について

150 度～160 度の温度で 1～2 時間放置すると、発火する可能性がある。

d) ガス漏れ対策

セルをパッケージで覆うタイプの場合、種類によってはセルを樹脂で覆い完全密閉する手法がある。

② 開発部門*4

a) 基本的な考え方

リチウムイオン電池は使用環境、使用状態等により性能が大きく変化する非常にデリケートな電池のため、電池単体で性能を評価することは適当でない。通常、システム及び電池について平均 70～80 項目の安全対策(過充電対策等)を施している。そのため、リチウムイオン電池単体の販売はどこも行なっていないと思われる。

b) ガス発生の可能性

発生の可能性はゼロではない。

c) 爆発の可能性

パッケージ内部のセルからガスが発生したと想定しても、爆発に至る濃度には達することは考えられない。

d) 過充電対策

対策している。

e) 発火について

高温に放置された場合は発火の可能性がある。

注 4: ガスの発生についてのコメントは、電解液が分解して生じる炭酸ガスを指すのか、電解液が揮発した可燃性のガ

スを指すのか判然としない。

(3) E社

① ガスの発生に対する対策

設置場所により換気(通気性)への配慮は必要^{*5}。換気の程度は搭載する電池の大きさにより異なる。大型の電池は、より換気の配慮が必要と考える。

② 不具合(発火、発熱等)の原因と対策

過充電による熱暴走(発熱が更なる発熱を招くという正のフィードバックにより、温度の制御が出来なくなる現象、あるいはそのような状態)があるが、最悪の事象に至らないように何重もの安全対策(電池自身、電池制御装置、充電装置)がとられるのが一般的。

過去の他社情報として、製造工程で金属異物が混入し電極間短絡による発熱がある。防水対策としては、セルを防水構造としたり、室内設置としている。振動の不具合はあまりない。

その他の安全性については国内電池メーカー各社とも、釘刺し試験、落下試験、圧壊試験などの試験を国連輸送試験規格、SAE 安全規格に準じて実施していると思われる。

注 5: 事故や誤使用で、電池から可燃性の電解液が漏れた場合を想定したコメントと考えられる。

(4) F社

不具合発生の要因として①異物の混入、②電池の温度上昇、③過充電の3点が考えられる。

(現在実験用として電動船外機を稼働中:臨時航行許可書取得)

① 異物の混入

- セルの製造段階で電解液に異物が混入する。
- 完成状態のものに外部から釘状のものが突き刺さる。

② 電池の温度上昇

実験船の電池の設置区画の温度上昇が想定されるが、現在使用している電池は電池の温度が 60 度を越えなければ、劣化、発火等はないものと考えている。また、通常の航行状態等で電池区画の温度上昇があったとしても、電池本体の温度が 60 度を超えることは想定していない。

※ 夏場の設置区画のデータ取りは、今夏実施する予定。

③ 過充電

BMU により、過充電の場合には、自動的に充電を遮断するシステムを採用している。また、BMU が故障した場合は充電が停止する仕組みとなっている。

(5) 電池推進船の情報(研究船)

① ガスの発生及び爆発

過充電により熱暴走し電解質がガス化するが、一般的には充電容量に対し 200% 前後の過充電の状態でガス化する。

なお、本船の場合は、通常の充電では過充電警報装置(自動充電カット装置付)が装

備されているため、警報装置が故障しない限り 100%以上の充電状態となる可能性はない。また、単電池は気密構造であり、万一に備え個々の単電池に防爆型安全弁が装備されている。仮に単電池内にガスが発生して加圧状態となっても安全弁が作動し加圧状態を避ける機能を有している。

② 単電池の温度上昇

単電池温度が上がると電池内部の電解質が分解し発熱する。発熱温度が放熱温度を上回ると熱暴走を起こし、発煙・発火する可能性がある。なお、富士重工業株式会社及び国立大学法人東京海洋大学の実験によると、充電中は 100%充電状態で 4℃～5℃の温度上昇であった。

本船の場合、各電池パックに温度センサーが装備されており、60℃で警報を発し自動充電カットする装置を有しているが、これは火災対策ではなく電池の劣化防止のための対策である。

3-4 考察

本調査研究の契機となった「旅客船アルクマール爆発事故」の原因について、国土交通省運輸安全委員会は、以下のとおり報告している(運輸安全委員会報告 MA2011-10. No.50 参照)。

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。

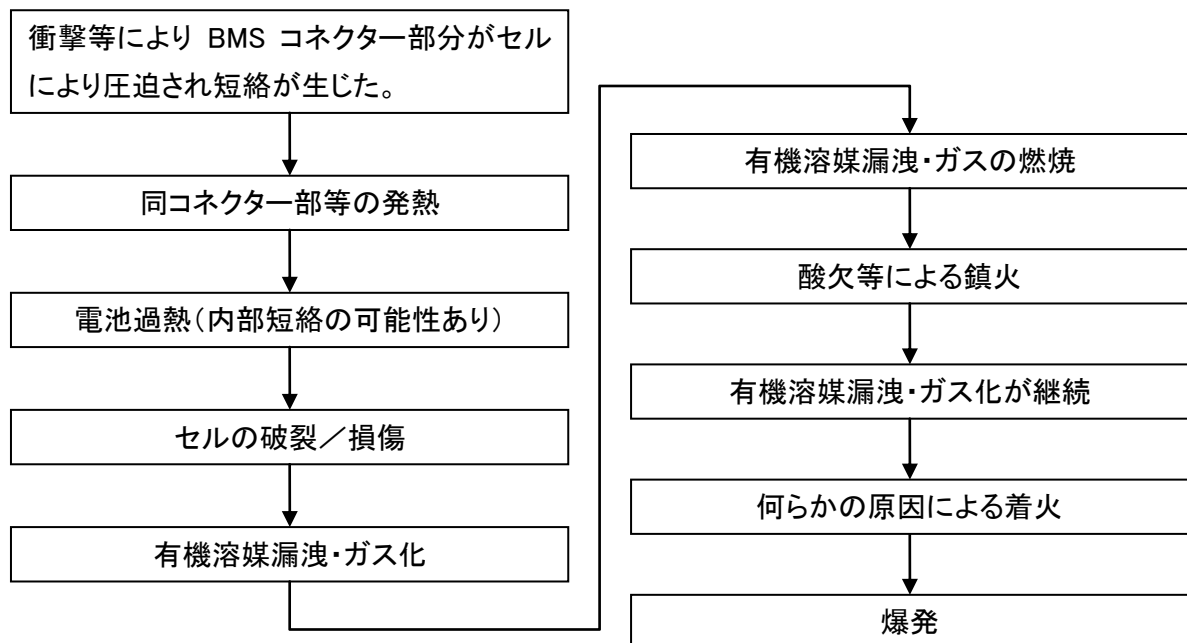
また、「事実情報－その他の事項」には、以下の記述がある。

B社(本件電池の製造会社)によると、セルは、150° C 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。

さらに、委員会における審議の中では、ガス発生シナリオについて、B 社より、以下の説明があった。

今回の事故は充電中ではなかったことから、過充電によるガスの発生は考えられないので、短絡による発火が先にあり、その後ガスが発生したと考えている。また、ガス発生原因となる過熱を引き起こした組電池内部の火災の着火の原因に関しては、輸送時の衝撃により BMS コネクター部分がセルにより圧迫されたと考えられる不具合(短絡)が生じた事例があることから、今回も同様の原因ではないかと考えている。

今回の事故は状況からして過充電によるものではないと考えられる。また、事故として認識されているのは火災ではなく爆発である。以上を考慮すれば、事故に至るシナリオとしては、断定はできないが、以下が考えられる。



このことから、今回の事故について言えば、輸送時に、または、船舶に積載した状態で、電池に作用する外力によって、電池に不具合が生じたことが、電池の過熱の原因、ひいては爆発事故の原因となっている可能性がある。

4. 船舶安全法関係の関連規則

4-1 蓄電池関係

船舶設備規程(昭和九年二月一日逋信省令第六号)

第三節 蓄電池

(蓄電池の性能)

第二百二条 蓄電池は、日本工業規格「船用鉛蓄電池」の規格に適合するもの又はこれと同等以上の効力を有するものでなければならない。

小型船舶安全規則(昭和四十九年八月二十七日運輸省令第三十六号)

(蓄電池室及び蓄電池箱)

第九十条 蓄電池は、適当な換気装置を備え付けた蓄電池室又は保護おおいを施した適当な箱に収めて通風良好な場所に設置しなければならない。ただし、検査機関が当該蓄電池の構造等を考慮してさしつかえないと認める場合は、この限りでない。

2 前項の蓄電池室又は蓄電池箱は、他の電気設備及び火気から十分隔離しなければならない。

3 酸性蓄電池を収める蓄電池室又は箱には、有効な防食措置を施さなければならない。

(逆流防止装置)

第九十一条 発電機により充電される蓄電池には、逆流防止装置を備え付けなければならない。

日本小型船舶検査機構検査事務規程細則(以下「細則」という。)

第1編 小型船舶安全規則に関する細則(以下「第1編」という。)

90.1(a) 「適当な換気装置を備え付けた蓄電池室」又は「通風良好な場所」とは、次のものをいう。

(1) 当該区画内で充電を行う場合以下のいずれかの条件を満足している場合

(i) 24.2(a)に適合する場所又は 24.6(c)の要件を満足する場所

(ii) 機関室

(iii) 常時換気されている旅客室等であって十分な広さの区画(この場合設置されるバッテリーは小型のもの(12V に換算した合計容量が 5m³ の区画で 70Ah、10m³ の区画で 120Ah 程度までを標準とする。)に限る。)

(iv) 発生した水素が発火源と接触する危険のない方法でバッテリーから暴露部に直接、かつ、確実に導かれている蓄電池室

(2) 当該区画で充電を行わない場合適当な換気口(1 個でも差し支えない。)が設けられていること。

(b) 次の ISO 規格に従って設置された蓄電池については、本項本文の要件に適合するものと認めて差し支えない。

ISO 10133:2000「Small craft - Electrical systems - Extra - low - voltage d.c. installations (舟艇－電気装置－低電圧直流電気装置)」

4-2 電動機関係(参考)

4-2-1 電動機に係る検査基準

(性能及び構造)

小型船舶安全規則(昭和四十九年八月二十七日運輸省令第三十六号)

(性能及び構造)

第八十八条 電気機械及び電気器具は、その使用目的に応じた十分な性能を有するものでなければならない。ただし、小型船舶の推進、排水その他の安全性に直接関係のない電気機械及び電気器具であると検査機関が認めるものについては、この限りでない。

2 電気機械及び電気器具は、通常の使用に際して、取扱者に危険を与えない構造のものでなければならない。

3 水滴、油、ビルジ等の落下、はねかえり又は浸水のおそれのある場所に設置する電気機械及び電気器具は、正常な機能を妨害されないように保護しなければならない。

4 爆発若しくは引火しやすい物質が発生し、蓄積し、又は貯蔵される場所に設ける電気機械及び電気器具は、爆発性ガスによる爆発の危険のない構造のものとしなければならない。

細則第1編

88.1 (a) 「その使用目的に応じた十分な性能を有するもの」とは、それぞれ次に適合するものとする。なお、以下88.1において使用する用語の定義は、設備規程第171条に定めるところによる。

(1) 発電機及び電動機

(i) 負荷試験を行い、温度上昇が表88.1<1>に掲げる値を超えないものであり、かつ、異常な振動、有害な火花の発生(整流不良等による)のないもの

表 88.1<1> 発電機及び電動機の温度上昇限度(度)

(基準周囲温度の限度45℃)

電動機又は発電機の部分	A種絶縁			E種絶縁			B種絶縁			F種絶縁			H種絶縁		
	温度計法	抵抗法	押込温度計法	温度計法	抵抗法	押込温度計法	温度計法	抵抗法	押込温度計法	温度計法	抵抗法	押込温度計法	温度計法	抵抗法	押込温度計法
固定子巻線	45	55	55	60	70	70	65	75	75	80	95	95	100	120	120
絶縁された回転子巻線	45	55	-	60	70	-	65	75	-	80	95	-	100	120	-

(注) 温度測定方法はJIS C 4004の定めるところによる。

- (ii) 定格速度の120%の速度で1分間の過速度試験を行い支障なく運転できるもの
- (iii) 絶縁抵抗試験を行い、次の値以上あるもの

$$\text{絶縁抵抗} = (\text{定格電圧} \times 3) / (\text{定格出力(kW又はkVA)} + 1000) \text{M}\Omega$$

(2) 変圧器

定格出力で負荷試験を行い、温度上昇が表88.1<2>の値を超えないもの

表 88.1<2> 温度上昇限度(度)

(基準周囲温度の限度 45℃)

部 分		測定方法	A種絶縁	E種絶縁	B種絶縁	F種絶縁	H種絶縁
巻線	乾式変圧器	抵抗法	55	70	75	95	120
	油入変圧器	抵抗法	60	—	—	—	—
油		温度計法	45				
鉄 心 表 面		温度計法	絶縁物を損傷しない温度				

4-2-2 電動機に係る検査の方法(細則第2編)

第2編 検査の実施方法に関する細則

2-1-4 検査の実施

(3) 設備の検査

(ii) 設備の現状、数量

(b) 電気設備

1) 特殊な構造の電気機器

防爆型(本質安全防爆構造を含む。)、防水型、水中型その他特殊な電気機器にあっては、承認試験及び承認後の検査につき意見を添えて本部に伺い出ること。

2) 完成試験

発電機、電動機、変圧器、配電盤又は制御器にあっては、それぞれ次に掲げる事項に留意のうえ、細則第1編88.1(a)及び89.0(a)に適合していることを確認する試験を行うこと。ただし、定格出力が1kW又は1kVA未満の電気機器(防爆型、水中型、防水型等特殊なものを除く。)については、製造者の試験成績書を認めて試験(立会)を省略して差し支えない。

i) 発電機又は電動機

温度試験は、定格電流を通じ、連続定格のものにあっては1時間の連続運転を、短時間定格のものにあっては定格時間までの連続運転を行い異常のないことを確認すること。ただし、セルモータにあっては、絶縁抵抗試験のみでよい。

過速度耐力試験は、無負荷状態で行うこと。

絶縁抵抗試験は、温度試験の前及び直後において、線間及び電線と大地との間に所定の電圧を加えて行うこと。この場合半導体回路のあるものは、これらを取りはずして行うこと。

ii) 変圧器

定格電流を通じ、細則第1編88.1(a)(2)に適合していることを確認する試験を行うこと。

iii) 配電盤又は制御器

絶縁抵抗試験を行い、絶縁状態が良好であることを確認すること。なお、負荷に適合している自動しゃ断器が取り付けられていることを確認すること。

3) 効力試験

船内据え付後、電動通風機の作動試験を行いその効力を確認すること。

4) 電路の完成検査

船内の配線工事が完了した後、電路についてその敷設状態を検査し、導通試験及び絶縁抵抗試験を行い、配線及び絶縁状態が良好であることを確認すること。

この場合半導体回路のあるものは、これらを取りはずして行うこと。

5) 蓄電池室又は蓄電池の設置場所が、細則第1編90.1(a)の規定に適合していることを確認すること。

4-2-3 大出力電動機に係る検査の方法

船舶設備規程(昭和九年二月一日逓信省令第六号)

(完成試験)

第百八十一条 次に掲げる電気機械及び電気器具のうち、船舶の安全性又は居住性に直接関係のあるものは、それぞれ各号に掲げる完成試験のうち、その使用目的に応じて必要なものに合格したものでなければならない。

一 (略)

二 電動機 温度試験 過負荷耐力試験 過速度耐力試験 整流試験 絶縁抵抗試験 絶縁耐力試験 特性試験

三～五 (略)

(温度上昇限度)

第百九十条 発電機の温度上昇限度は、第十号表に定めるところによる。

(過負荷耐力)

第百九十一条 連続定格の発電機は、二五パーセントの過負荷で次表に掲げる時間中支障なく運転できるものでなければならない。この場合において同表の毎分一〇〇〇回転についての出力は、次の算式により算出したものとする。

毎分1000回転についての出力＝{定格出力(キロワット又はキロボルトアンペア)×1000}÷
定格回転数

毎分一〇〇〇回転についての出力(キロワット又はキロボルトアンペア)	時間
三未満のもの	一五分間
三以上七・五未満のもの	三〇分間
七・五以上のもの	二時間

2 前項の発電機は、五〇パーセントの過負荷で一分間支障なく運転できるものでなければならない。

(過速度耐力)

第百九十二条 発電機は、次に掲げる速度で一分間支障なく運転できるものでなければならない。

一 (略)

二 内燃機関直結発電機 定格速度の一二〇パーセント

三 (略)

(整流)

第百九十三条 直流発電機は、界磁調整器を定格出力、定格電圧、定格回転数に相当する値に調整し、その調整値及びブラシの位置を変更しないで、連続定格のものにあつては定格電流の一五〇パーセント以内、短時間定格のものにあつては定格電流以下において、有害な火花を生じないものでなければならない。

(絶縁抵抗)

第百九十四条 発電機の絶縁抵抗は、次の算式を満足するものでなければならない。

絶縁抵抗＝〔(定格電圧×3)÷{定格出力(キロワット又はキロボルトアンペア)+1000}〕メガオーム

(絶縁耐力)

第百九十五条 発電機の絶縁耐力の試験は、第十一号表に定める試験電圧による。

(直流発電機)

第百九十六条 直流発電機は、原動機の世界速度変動をも考慮してなるべく平復巻特性を有し、かつ、二〇パーセントから一〇〇パーセントまでの負荷を漸増し、又は漸減した場合において、その電圧が定格電圧の六パーセント以上の変動を生じないものでなければならない。ただし、負荷の変動の少ない用途に使用するものであつて、その電圧特性曲線の垂下が定格電圧の一五パーセントをこえないものについては、分巻特性のものでもよい。

第十号表 回転機の温度上昇限度表 (第百九十条関係)

機器の部分		型式	温度上昇限度(摂氏・度)			
			A種絶縁のもの		B種絶縁のもの	
			温度計 法による	抵抗法 による	温度計 法による	抵抗法 による
交流機回転子巻線		全閉形以外のもの	五〇	六〇	七〇	八〇
		全閉形	五五	六五	七五	八五
整流子をもつ電機子の巻線		全閉形以外のもの	五〇	—	七〇	—
		全閉形	五五	—	七五	—
絶縁を施した回転子巻線		全閉形以外のもの	五〇	六〇	七〇	八〇
		全閉形	五五	六五	七五	八五
直流を通 じる界磁	一般のもの	全閉形以外のもの	五〇	六〇	七〇	八〇
		全閉形	五五	六五	七五	八五

巻線	露出した平打巻	全閉形以外のもの	六〇	六〇	八〇	八〇
		全閉形	六五	六五	八五	八五
	円筒回転子形交流タービン発電機		—	—	—	九〇
鉄心その他の部分で絶縁巻線に近接した部分		全閉形以外のもの	五〇	—	七〇	—
		全閉形	五五	—	七五	—
絶縁されない短絡巻線、鉄心その他の機械的部分で絶縁巻線に近接しない部分、ブラシ及びブラシ保持器			機械的に支障なく、かつ、附近の絶縁物に損傷を起さない温度			
整流子及び集電環			六五	—	八五	—

備考

- 一 周囲温度が摂氏四〇度をこえる場所を使用するものには、その超過する温度をこの表の温度上昇限度から減ずるものとする。
- 二 整流子又は集電環にB種絶縁を施した場合であつて、A種絶縁を施したものがこれに極めて近接しているときは、その温度上昇限度は摂氏六五度とする。

第十一号表 絶縁耐力試験電圧表（第百九十五条関係）

機器の部分		試験電圧(ボルト)
直流機及び交流機の電機子巻線		一キロワット以上のもの $2E + 1000$ （ただし、最低一五〇〇）
直流機界磁巻線		一キロワット未満のもの 定格電圧が五〇ボルト未満のものは五〇〇、定格電圧が五〇ボルト以上二五〇ボルト未満のものは一〇〇〇、二五〇ボルト以上のものは $2E + 500$
電動機として起動しない同期機の界磁巻線		$10E_x$ （ただし、最低一五〇〇）
電動機として起動する同期機の界磁巻線	界磁巻線を短絡して起動するもの	$10E_x$ （ただし、最低一五〇〇）
	界磁巻線を開いて起動するもの	$2E_{i} + 1000$
絶縁した起動用回転子巻線		$2E_{i} + 1000$
誘導機一次巻線		一キロワット未満のもの $2E + 500$ （ただし、最低一〇〇〇）
		一キロワット以上のもの $2E + 1000$ （ただし、最低一五〇〇）
巻線形誘導機二次巻線		$2E_s + 1000$ （ただし、最低一二〇〇）

備考

- 一 E は、主機定格電圧とする。
- 二 E_x は、励磁機定格電圧とする。
- 三 E_i は、回転子を静止させ、起動電圧を電機子巻線に加えた場合の界磁巻線又は起動用回転子巻線の端子間に生ずる誘起電圧とする。ただし、界磁巻線又は起動用回転子巻線に高抵抗を接続して起動する場合には、その状態における端子電圧とする。
- 四 E_s は、二次巻線端子の最大誘起電圧とする。
- 五 電動機として起動する界磁巻線であつて、これを短絡して起動するもののうち、その界磁短絡用抵抗値が界磁巻線抵抗値の一〇倍をこえるものについては、これを界磁巻線を開いて起動するものとみなす。

検査項目

(1) 温度上昇試験

1/4、2/4、3/4、4/4 の出力時において、固定端及び回転端付近の温度を計測する。

(2) 過速度耐力試験

定格回転数の 1.2 倍の回転数で1分間以上運転し、異常がないことを確認する。

(3) 絶縁抵抗試験

(i)抵抗値は次式で算定した値以上とする。

$$(\text{定格電圧} \times 3) / (\text{定格出力(KW 又は KVA)} + 1000) \text{M}\Omega$$

(ii)当該試験は、温度上昇試験を行う前後に実施する。

(iii)当該試験は、過速度耐力試験に続き絶縁耐力試験を行う前後に実施する。

(4) 絶縁耐力試験

試験電圧は、主機定格電圧 $\times 2 + 1000$ とする。

4-3 配線工事関係(船舶内)

船体に装備される電装品の取付及び配線工事は、造船所における艤装工事として行われ、工事方法としては、社団法人日本船舶電装協会から発行されている「船舶電気装備工事ハンドブック」、「小型船舶等の電気装備工事ハンドブック」及び造船所の艤装工事手法にて、船体動揺、振動等の影響を受けないように取付及び配線工事が行われていることが、一般的である。

具体的な工事方法としては、一例として、「船舶電気装備工事ハンドブック」で推奨している電装品の取り付け及び配線工事例を以下に記載する。

① 船体に装備される電装品への配線例(機関室内の配線例)

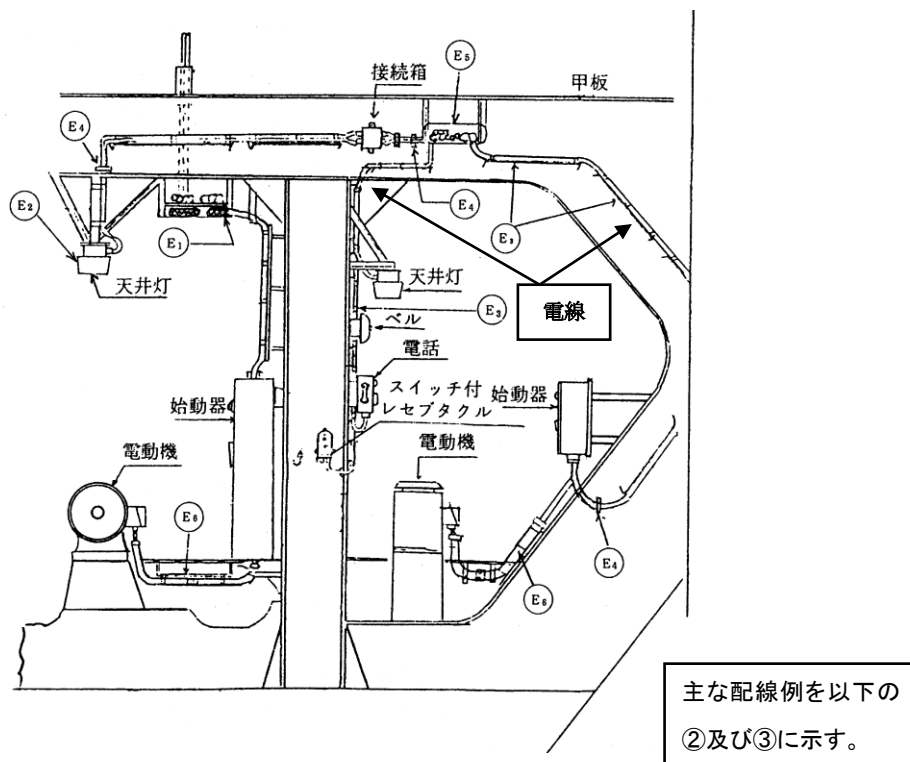


図4-1

② 機器への配線例(天井灯の取付例)

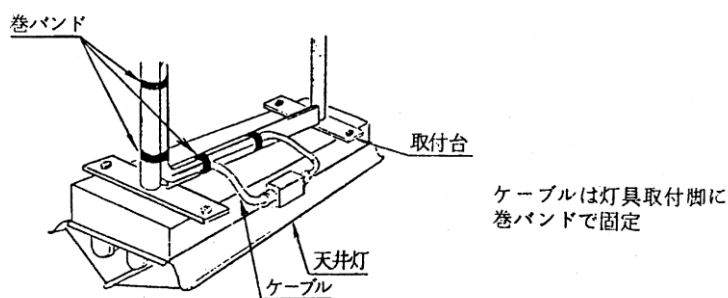


図4-2 (E2) 蛍光天上灯のケーブル固定

③ 複数の電線の配線例(船体内部材への取付例)

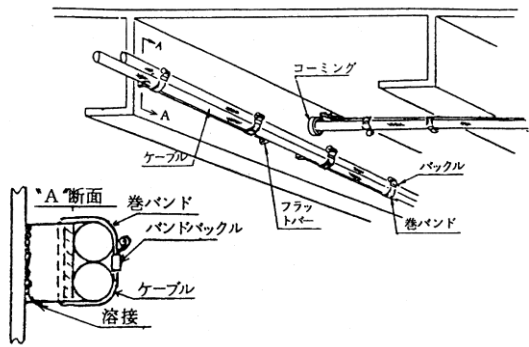


図4-3 (E₃) フラットバー電路

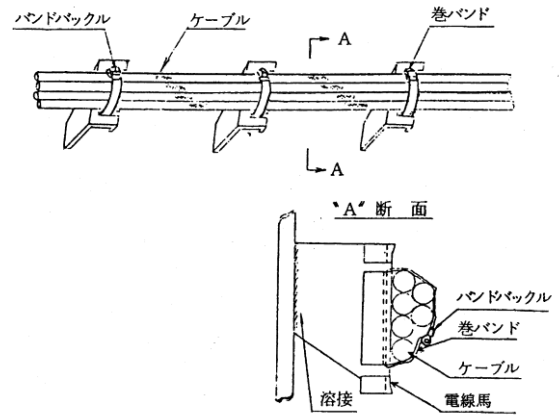


図4-4 (E₄) 電線馬電路

5. 安全対策の検討

第3章で述べた事故船舶に限らず、リチウムイオン電池を動力源とする船舶(以下「リチウムイオン電池推進船」という。)の安全は、電池自体や船舶に関する基準、規格やその適合性の確認及び電池の管理・制御等というハード面による対策に加えて、操船者その他運航に従事する者(以下「運航者」という。)におけるリチウム電池の特性や運用方法の理解などのソフト面による対策も重要であり、その双方及びそれが一体となって担保されるものであると考える。

さらに、リチウムイオン電池推進船はその新規性により、船舶設計に際し船舶設計者と電池システム設計者のコミュニケーションも重要となってくる。

以下に、これらに関して考察し、本章末尾にリチウムイオン電池推進船の安全上の対策としてまとめる。

5-1 リチウムイオン電池の安全性と品質

5-1-1 産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム)SBAS1101:2011について

リチウムイオン電池に係る安全性試験基準については、社団法人日本電池工業会より、同工業会の規格である「産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム)SBAS1101:2011」(以下「SBAS1101」という。)が平成23年7月29日に発行された(付録1参照)。

SBAS1101は、リチウムイオン電池を用いた電池システムが備えるべき要件が記載されている。特に電池制御装置(Battery Management Unit。以下「BMU」という。)に対する要件や、BMUでは防ぎきれない内部短絡への対応も盛り込まれており、電池システムの安全性担保には極めて有効な規格となると考えられる。

一方、この規格は、多くの電池システムを網羅する安全性規格であるため、「小型船舶用」等を想定した場合は、不十分な項目が生じる可能性もある。

従って、小型船舶用リチウムイオン電池システムの安全基準として、基本はSBAS1101に置き、必要があれば修正、補足を行うことで対応すべきと考える。

5-1-2 国連危険物勧告試験基準

(1) 国連危険物勧告試験基準

リチウムイオン電池に係る試験基準は、国連危険物勧告試験基準第38.3節に記載されている。現行(2010年1月1日発効)の国際海上危険物規程(IMDG Code)では、国連危険物勧告試験基準の版は明記されていなかったが、第35-10改正(発効:2012年1月1日。)では、以下のとおり、改正第5版を使用することが明記された。(Resolution MSC.294(87) 参照)

Manual of test and criteria means the fifth revised edition of the United Nations publication entitled "Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria" (ST/SG/AC.10/11/Rev.5).

IMDG Codeの改正は、正式な発効の一年前から各国の規則に取り入れて良い旨が合意されており、我が国では、第35-10改正は2011年1月1日から危規則に取り入れられている。独立行

政法人海上技術安全研究所が作成した同基準第 5 版第 38.3 節の仮の対訳を付録 1 に示す。また、第 5 版に対する改正(国連危険物輸送・分類調和専門家委員会(Committee of experts on the transport of dangerous goods and on the globally harmonized system of classification and labelling of chemicals)第 5 回会議(2010 年 12 月)報告書補追2(ST/SG/AC.10/38/Add.2)参照)を付録 2 に示す。

これらの基準は、基本的には貨物として電池を運送する際の安全確保を目的としているが、その試験項目は以下のとおりであり、運送時以外の電池の安全確保にも有効と考えられている。

- T.1 高度模擬実験
- T.2 熱試験
- T.3 振動
- T.4 衝撃
- T.5 外部短絡
- T.6 衝突
- T.7 過充電
- T.8 強制放電

一方でこれらの基準は、一つの型式の電池を試験するのに、多数の電池を損傷／破壊する、または劣化させる必要があり、非常にコストがかかるものとなっている。そのため、船舶と同様に、他品種少量生産を要求される電池には、適しない面もある。

(2) 国連危険物勧告試験基準と IEC 60945:2002 の比較

IEC 60945:2002 と国連危険物勧告試験基準(付録2参照)概略の比較を行うと以下のとおりである。なお、リチウムイオン電池は“Protected”の装置と仮定している。

- (1) 高温試験:国連危険物勧告試験基準(T.2)では、温度 75° C と 45° C でそれぞれ 6 時間維持することを 10 回繰り返した後、電池の機能を確認する。これに対して IEC 60945:2002 では、70° C に 10～16 時間維持した後、機能を確認する。
- (2) 振動試験:国連危険物勧告試験基準(T.3)では、周波数を 7～200 Hz まで変化させて、最大 8G の加速度を、一方向について総計 3 時間作用させた後、電池の機能を確認する。これに対して IEC 60945:2002 では、共振点において約 0.7 G の加速度を二時間作用させた後、機能を確認する。
- (3) 衝撃試験:国連危険物勧告試験基準(T.4)では、150 G – 6 ms の衝撃を 18 回与えた後、電池の機能を確認する。これに対して IEC 60945:2002 では、前述の振動試験により、耐衝撃性も合わせて評価している。即ち、振動試験とは別の衝撃試験は無い。

国連危険物勧告試験基準第 38.3 節は、耐環境性試験基準としては、製品の海上輸送を前提とした基準であるため、船舶用の各種電気設備に対するものと比較して、非常に厳しいものと言える。このことから、国連危険物勧告試験基準第 38.3 節ではなく、IEC 60945:2002 の試験基準を適用することも、一つの安全対策と考えられる。但し、IEC 60945:2002 をリチウムイオン電池に適用する場合、適切な「機能試験」(動作確認試験)を規定する必要がある。

なお、社団法人日本電池工業会から「リチウム金属電池およびリチウムイオン電池の輸送に関する手引書 第5版 2011年9月(平成23年9月)」が発行された。国連危険物勧告試験基準で試験を実施する場合には、同手引書が参考となるものと考えられる。

5-1-3 外力基準の検討

3-4節で述べたとおり、輸送時または船舶の積載時に電池に作用した外力による電池の不具合が事故の原因となっている可能性がある。そのため、加速度に耐える性能を電池に要求することも、安全対策の一つと考えられる。そのため加速度基準について以下に述べる。

社団法人日本船舶電装協会による「一般電装品の製作に対する要求仕様(案)」2.3節では、参考として、以下の表に示す船体傾斜角度基準の例を挙げている。また、振動等については、「通常の状態における振動及び衝撃に十分耐えるものとする。」との案を示している(付録3参照)。

電気設備の種類	左右方向		前後方向	
	静的傾斜 (横傾斜)	動的傾斜 (ローリング)	静的傾斜 (縦傾斜)	動的傾斜 (ピッチング)
非常用電気設備、各種開閉装置(遮断器など)並びに電気及び電子器具	22.5°	22.5°	10°	10°
その他の電気設備	15°	22.5°	5°	7.5°

注 左右方向及び前後方向の傾斜は、同時に起こることを考慮しなければならない。

上の表は、各種装置が安全に運転できるための基準としては妥当と考えられるが、例えば、電気器具について、短絡等の不具合を起こさないための基準としては、十分とは考えがたい。そこで、IEC 60945:2002 “Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - General requirements - Methods of testing and required test results” を調査した。

この規格は、IMO 総会決議 A.574(14) “Recommendation on general requirements for electronic navigational aids” 及び A.569(14) “General requirements for shipborne radio equipment forming part of the future global maritime distress and safety system”、また、これら決議に基づく A.694(17) “General requirements for shipborne radio equipment forming part of the global maritime distress and safety system (GMDSS) and for electronic navigational aids”、さらには EMC の基準である A.813(19) “General requirements for electromagnetic compatibility (EMC) for all electrical and electronic ship’s equipment” をも取り込んだ、これら決議の改正版と位置づけられるもので、IMO の各種基準において引用されている。

規格の第8章は、電気設備の耐久性試験基準(Durability and resistance to environmental conditions - Methods of testing and required test results)であり、一般要件として、以下の基準が示されている。

Table 3 – Durability and resistance to environmental conditions

	Portable	Protected	Exposed	Submerged
Dry heat	+55 °C (storage +70 °C)	+55 °C (storage +70 °C)	+55 °C	(storage +70 °C)
Damp heat	+40 °C 93 % relative humidity 1 cycle			*
Low temperature	−20 °C (storage −30 °C)	−15 °C	−25 °C	*
Thermal shock	45 K into water	*		
Drop onto hard surface	6 drops from 1 m	*		
Drop into water	3 drops from 20 m	*		
Vibration Sweep	2 Hz – 13.2 Hz at ± 1 mm, 13.2 Hz – 100 Hz at 7 m/s² and for 2 h on each resonance, otherwise 2 h at 30 Hz in all three axes			
Rain and spray	*		12.5 mm nozzle 100 l/min at 3 m	*
Water immersion	100 kPa (1 bar) for 5 min 10 kPa (0,1 bar) for two-way VHF	*		600 kPa (6 bar) for 12 h
Solar radiation	1120 W/m2 80 h	*		
Oil resistance	ISO Oil No. 1 24 h, 19 °C	*		
Corrosion	Four periods of seven days at 40 °C with 90 % – 95 % relative humidity after 2 h salt spray			

* Not applicable

振動試験について簡単に説明すると、この試験はプロペラ振動、エンジン振動及びスラミングを考慮したもので、船体動揺を考慮したものではない。試験の概略の手順は以下のとおり。

- (1) 供試体に 2 Hz から 13.2 Hz までは振幅 1 mm、13.2 Hz から 100 Hz までは加速度 7 m/s² の振動を与え、共振点を求める。
- (2) 次に、共振周波数で 2 時間加震し、不具合が生じないことを確認する。この周波数範囲に共振点が無い場合は 30 Hz で加震する。
- (3) その後、供試体が所定の機能を発揮することを確認する。
- (4) 以上を、三軸方向(他の二軸方向)について実施する。

IEC60945:2002 に基づいて他の試験を実施する場合、推進用のリチウムイオン電池は“Protected”の装置として扱うのが適当と考えられる。

5-2 配線工事関係(組電池内)

船体に装備される電装品の内部における取り付け及び配線工事など電装品の内部工事は、製造メーカーの組立工事として行われ、工事方法としては、船舶設備規程、船級協会の規格や製造メーカーの製造手法に従って、船体動揺、振動等の影響を受けないように行われている。また、当該性能について確認検査が実施されているが、船体に装備される電装品に対する取り付け及び配線工事のような統一的な工事方法はなく、製造メーカーの手法に負うところが大きい。

従って、組電池内の配線についても、電装関連の工事を行う事業者に対し、電装品に関する製作及び工事要領の作成、内部周知の徹底を図ることが望ましいと考え、付録3に示す「一般電装品の製作に対する要求仕様(案)」に基づく内部工事を行うことを指導することが、組電池内の配線についても有効であると考え。

5-3 電池の管理、制御システム

5-3-1 セル毎の電圧モニタリングの必要性について

リチウムイオン電池を船舶で使用する場合は、車両(EV)と同様に大容量・高電圧の電池システムになる。大容量はセルを多数個並列に接続することで、高出力は直列に接続することで得られるが、このような構造(スタック型)の電池システムでは各セルの電圧を精密に計測、監視しなければならない。そのモニタリングの必要性について「セルバランス機能」と「過充電防止」に焦点を当てて述べる。

(1) セルバランスについて

多数のセルを直列に接続して使用する場合、充放電を繰り返すと各セル間の電圧アンバランスが生じ、過充電や過放電に至る可能性がある。

過放電に至ると、正極の活物質のコバルトが溶出したり、負極の集電体(電池の電極材料で、電気とりだす端子)の銅泊が溶出してしまい二次電池として機能しなくなる。

また、過充電に至ると、正極側では電解液の酸化・結晶構造の破壊により発熱し、負極側では金属リチウムが析出する。その結果、電池を急激に劣化させるだけでなく、最悪の場合は発煙・発火といった事故につながるため、各セルの電圧(充電率)をバランスさせなければならない

(2) セルアンバランスの要因

各セル間の電圧バランスが崩れる要因として各セルの自己放電量(内部放電)の差、劣化の差、温度のバラツキなどが上げられる。

一般的に電池には自己放電(内部放電)があり、リチウムイオン電池は他の二次電池に比べ自己放電の小さな電池であるが、これをゼロにすることはできない。

図5-1に円筒型リチウムイオン電池の放電特性例を示す。

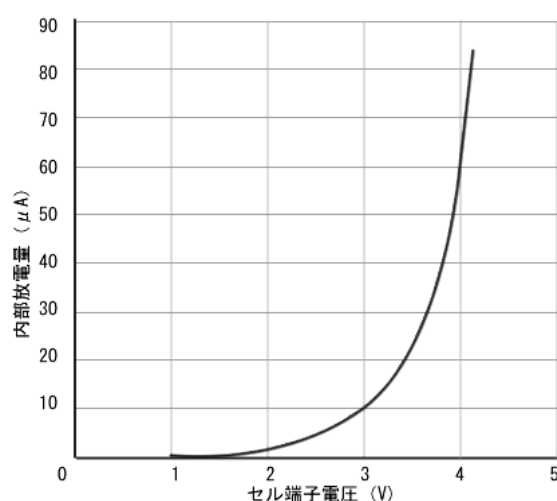


図5-1 自己放電特性

自己放電量はセル毎に異なるため、セルメーカーはエージング(セルの満充電状態から、例えば1ヶ月間放置した後に電圧を測定し、電圧低下の大きなセルを不良品として判断すること。)によって差の大きいものを排除するが、それでも自己放電のアンバランスは必ず残る。さらに、温度による影響も大きく、セル単体の温度が10℃上昇すると放電量が2倍になるものもある。

よって、複数のセルを組み合わせた電池パックは、時間が経つにつれこの自己放電量の差によってセル電圧に格差が生じる。

(3) セルアンバランスの危険性

図5-2に示すようにセルがアンバランス状態になった電池パックを放電させると、自己放電量の多いセルAは自己放電量の少ないセルBよりも早く電圧下限に達する。また、充電動作に移ると今度はセルBが早く電圧上限に達する。

このようなセルアンバランスが生じている状態で、全てのセル電圧を監視せずに充放電を繰り返すと、アンバランスの拡大に伴い電圧上限、電圧下限をオーバーするセルが発生し、すなわち一部のセルが過放電や過充電の状態となり、その結果、電池が機能を喪失だけでなく、発煙・発火等の事故につながる恐れもある。

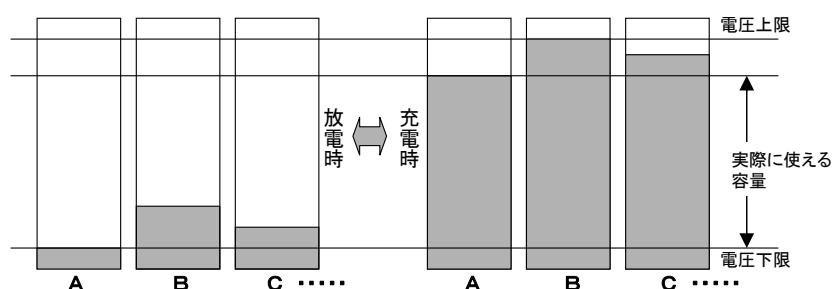


図5-2 セルアンバランス状態での充放電

(4) セルバランスのモニタリング

上述のような危険性を排除するためには、図5-2でいえば、放電時には最も自己放電量が多いセルAの電圧が下限に達したところで放電を止め、充電時には最も自己放電量の少ないセルBの電圧が上限に達したところで充電を止める必要がある。

そのためには、全てのセル電圧を個別に監視するとともに、過放電、過充電を防止する保護回路を設ける必要があり、そうすることで過放電、過充電に伴う危険性は排除できる。

しかしながら、今度はセルアンバランスの拡大に伴い十分な放電、充電ができないセルが増えるため、安全に利用できる電池パックの容量が見かけ上減少するという問題が起きる。

(5) セルバランス補正

セルバランス補正とは、セルアンバランス状態を自動的に補正することである。セルバランス補正を行わずにセル全体を一様に充電、放電させると、セルアンバランスは拡大する一方である。そこで各セルの端子電圧を個別に測定しそれぞれの充電状態を判定し、必要に応じて各セルを個別に充電あるいは放電し、各セルの電圧を揃えるという対策が取られる。これによって電池パック容量の見かけ上の減少を抑制することが可能となる。

セルバランス補正の具体的な方法としては、バイパス方式（放電時に電圧の低いセルをバイパスして放電させない、充電時に電圧の高いセルをバイパスして充電させない）、放電方式（電圧の高いセルを外付け抵抗で放電させる）などがある。

国立大学法人東京海洋大学「らいちょうⅠ」及び「らいちょうS」は放電方式を採用している。

5-3-2 過充電防止について(国立大学法人東京海洋大学「らいちょう I」の場合)

充電の方式にはプラグイン充電と急速充電がある。プラグイン充電は船内に搭載した充電器(オンボードチャージャ)の AC 端子を2線単相 100V または 3 線単相 200V に接続して充電する形式である。急速充電は EV 向け専用充電器から直流電力を直接電池に流して充電する形式であり、CHAdeMO プロトコル(自動車メーカー、電力会社を幹事会員とする CHAdeMO 協議会が標準化を進めている急速充電器の商標名)に準拠している。

いずれの場合もリチウムイオン電池の充電には定電流・定電圧(CC/CV)充電を行う。

CC/CV 充電は設定電圧になるまで定電流充電を行い、電池端子電圧が設定電圧になると定電圧充電に切り替え、端子電圧を維持させながら充電電流を下げ、ある電流値以下になると終了する充電方式である。

充電器と電池制御側では電池パック全体の電圧および電流を相互に監視しながら制御している。なお「らいちょう I」では、CHAdeMO プロトコルに準拠しているため、電池制御側が Master、充電器側が Slave という関係となっている。

しかし5-3-1(4)で述べたとおり、過充電を防止するためにはトータル電圧のみでなく全てのセル電圧を個別に計測、監視しなければならない。その上で、全てのセルが電圧上限を超えて過充電にならないように充電停止動作するなどの適切な保護制御をしなければならない。電圧下限も同様である。

5-3-3 小括

このようにスタック型の電池システムでは、各セルの電圧を個別に全て精密に測定、監視する必要がある。

また、最近では、放電に伴うパワー低下の影響を避けるため平坦な電圧変動特性を有する電池(2-2-5参照)が使用される傾向があり、セル電圧の変動が小さいことから、電圧測定精度が高くないとセルバランスの制御精度が低くなり、過放電による電池の機能喪失や過充電による発煙・発火の危険性が生じることとなる。らいちょう I の実績を参考にとすると、セル電圧の測定は 10mV 以下の精度が必要と思われる。

セルバランス機能付きの専用監視 IC も多くの IC メーカーから製品化されているので参照するとよい。

5-4 船体(被害制御)関係

5-4-1 一般船舶の被害制御

(1) 想定される被害

被害の要因としては、座礁、衝突・接触等による船舶の外部からの要因と、主機、補助機関、ポンプ類等の船舶に装備されている機器類の故障・不具合による船舶の内部からの要因との2種類に大別されることが考えられる。それらの要因を具体的に述べると以下のとおりとなる。

なお、ここでは人的ミスによるヒューマンエラーの被害は想定していない。

① 外的要因による被害

- 船体外板の亀裂、破損等による浸水
→ 浮力の損失、船体傾斜
- プロペラ、プロペラ軸の曲損、折損
→ 推進性能の低下、航行能力の損失
- 舵、ウォータージェット装置(インペラー等)の曲損、脱落
→ 操縦性能の損失

② 内的要因による被害

- 推進機関(主機、補機)の故障
→ 推進性能の損失
- 燃料系統の故障
→ 主機関、機器類の動力源の損失
- 電気系統の故障
→ 電力の損失による通信装置、制御装置の能力低下
- その他機器類の故障
→ 各種機能の低下

(2) 被害時の残存機能

被害時に船舶が最低限保持しておかなくてはならない機能としては、次のことが考えられる。ただし、乗組員の身体安全及び遭難に備えての食糧確保については、当然のことながら必須条件であるが、ここではそれら条件は考慮せず、ハード面で必要とする残存機能を想定する。

① 浮力確保(不沈性能)

人命の安全確保を第一に考えると、浮いていることが最も重要な機能であると考えられる。また、被害時に乗組員が救助されるまでの間、可能な限り海水に浸されず安定姿勢を維持できるようにするために、単に浮いているだけではなく、浸水後の船体傾斜状態をある程度安定した状態に保持しておく必要がある。

なお、小型船舶安全規則に定める特殊小型船舶(水上オートバイ)では不沈性能だけを要求しているが(船体傾斜は問わない)、海上に落ちた乗船者が捉まって救助を待つという状態は、水上オートバイに限って想定すべきもので、一般小型船舶では想定しなくてもよいと考えられる。

② 航行能力

船体の傾斜を安定させた状態であっても、浮いて漂流しているだけだと気象・海象の変化に伴う波浪に対し、転覆の回避、あるいは他船・障害物等との衝突を回避する動作をとることができない。このため、自船の船位、状態をコントロールできるだけの航行能力は必要である。

③ 方向性の制御能力

航行能力と組み合わせて考える機能であるが、航行能力が確保できれば、当然のことながら船舶が動く方向を制御する機能が必要となる。

④ 通信機能

陸上又は捜索機関(海上保安庁等)への救助要請のための通信手段が必要である。なお、通信手段には、本船の電源を利用する無線設備と、本船の電源を必要としないイーパブ等の自動的に遭難信号を発信する救命設備がある。

(3) 残存機能を確保するための対策

被害制御の設計思想としては、①船体の構造配置 ②装備する機器類の機能と冗長性及び③船舶を制御する手順を考慮する必要があるが、設計としては以下の項目を検討することが考えられる。

① 構造配置

- 衝突等により外板の損傷により船体の区画に生じる被害(火災・浸水等の二次被害を含む)が発生しても、航行能力を保持する構造配置とする。

② 機器類の装備

- 推進性能、制御系統に影響のある1つの機器類が被害を受け使用不能になっても、安全圏へ退避するまでの間、本船の方向制御(操縦)が可能な装備とする。
- 船体の大きさに余裕がある大型船では、機器類の二重装備により故障による被害制御を行うシステムとする。

③ 制御の手順

- 船内の警報その他により被害の内容を把握する。
- 被害が確認された時点で、船長判断により被害が拡大しないための制御作業を行う。
- 被害制御作業の後、復旧・排水作業等可能な範囲の応急措置を行う。
- 航行及び制御機能が残存していれば、安全圏又は母港へ退避する行動を開始する。
- 浮力機能のみで航行及び制御機能が残存していなければ、無線設備又は救命設備等により陸上への救助を求める。

5-4-2 電池推進船の被害制御

電池推進船の被害制御については基本的には一般船と同様であるが、電池推進船の特徴を踏まえて考えると次の被害が考えられる。なお、現状の電池推進船の建造及び運航実績からすると、航行する海域は運河・湖川等の内水面であり、陸岸から離れたとしても数百メートルの範囲ため、海象条件は船舶安全法で定める平水区域相当と仮定することで問題ないとする。

なお、ここでは人的ミスによるヒューマンエラーの被害は想定していない。

(1) 電池推進船の主な特徴

- ① 航海速力が一般船に比べ遅い(5 ノット～10 ノット)
- ② 航続距離が短い(2 時間程度)
- ③ 蓄電池の電圧から推進力となる電動機の出力が小さい(船体重量に制限がかかる)。
- ④ 従来線に比べて充電(燃料補給)に時間がかかる。

(2) 被害の想定

- ① 外的要因
 - 一般船と同じ
- ② 内的要因

- 電池の故障(短絡、発熱、暴発)

電池推進船の推進性能にとって最も重要な装置の故障であるが、これまで一般的に使用している鉛蓄電池の場合は、大きな故障に至っていないものの、リチウムイオン電池に関しては、爆発事故が発生している。

- 電動機の故障

巻き線(ローター、コア)の固定不良、老化等による短絡故障のような電氣的な故障と、過負荷・外力による回転軸の曲損、軸受け部の摩耗等の機械的な故障が考えられる。

- 機器類の故障
一般船と同じ。

(3) 残存機能を確保する対策

基本的には一般船と同様であるが、航行区域が狭い範囲に限定されるため、浮力確保及び航行能力以外はある程度緩和可能と考えられる。特に通信機能については、陸上からの視認範囲であることを考慮すれば、機能の冗長性は省略して問題ないと考えられる。なお、浮力確保及び自航能力については、一般船と同様に想定すべきと考えられる。

(4) リチウムイオン電池推進船について想定する被害制御と安全対策

現在運航しているリチウムイオン電池推進船(例:らいちょう I)を考慮すると、最悪の被害である爆発(短絡)を想定すると、次の機能を確保し、当面、運航している。

- ① 浮力確保

爆発の可能性のある区画に破口が生じて浸水した場合であっても、規則に定める乾舷を確保できること(原則、水平状態を想定)。

- ② 通信手段

一般船に同じ。ただし、航行区域を考慮し緩和可能と考えられる。

③ リチウムイオン電池区画の対策

リチウムイオン電池区画のハッチ(上甲板上)については、以下のとおり措置する。

- ハッチに締付装置(クリップ)を備える場合、航行時はクリップを雨水や波浪等により甲板部に侵入した水が同区画に浸入しない程度で、部分的に締付けない状態にしておく(爆発時の爆風をハッチ開口から逃がすことで船体損傷を最小限とする。)
- 航行時には同区画の上部に人が近づかないこと。ただし、調査又は業務のために同区画へ近づく場合は除く。

④ ソフト面での対策

ハード面の安全対策を補足する目的で次のようなソフト面の対策も検討する必要があると考えられる。

- 異常を発見した場合は直ちに運航を取止め、安全が確認されるまでは運航を開始しないこと。
- 運航時の船長のほか乗船者(作業員)の作業分担を明確にし、各人が自身の作業分担を把握しておくこと。
- 緊急時の本船の措置(とるべき行動)及び連絡体制を明確にし、それらを明記した資料を船内掲示して乗船者が確認できるようにしておくこと。

5-4-3 被害制御の既存の規則

被害制御の対策に関する既存の基準としては、1974 年の海上における人命の安全のための国際条約(SOLAS 条約)に規定されている「高速船の安全に関する国際規則(HSC-Code)」があるが、その中の附属書 4「故障モードと影響解析(FMEA: Failure Modes and Effects Analysis)の手順」に解析の手順等が定められている。以下にその概要を説明する。

(1) 定義

- ① システムを構成する機器に着目し、その機器に考えられるあらゆる故障モードを取り上げ、その故障がシステムに及ぼす影響を解析する手法である。
- ② 各機器についてその本来の機能、故障モード、故障メーカーニズム、システムへの影響、故障検出方法などの項目を徹底的に調べ上げ表の形にまとめる解析方法である。

(2) 目的

FMEA は機器の故障に着目しているため機械的なシステムに適しているものであり、目的とするところは、できるだけ抜けの無いよう系統的に調べ上げることであり、そのため定形化した手順を用いている。

(3) 解析の手法

① 解析の主要目的

安全性の水準の査定、総合的な訓練、運行及び保守プログラム、製造計画(基本設

計)の確認のためのデータを提供する必要がある。

② 解析の範囲

一度に一つの原因により故障した場合を検討するという単一故障を基本としている。
ただし、二次的故障(一つの原因の故障が他の故障を引き起こす場合)、共通原因故障(一つの原因で複数の機器が同時に故障する現象)は検討対象となる。

③ 解析すべきシステム

- 方向制御システム
- 機関システム及びその関連システム
- 電気設備
- 安定化システム

④ システム機能の解析

第一段階としてシステムの機能上の解析を実施し、不合格となったシステムのみについて詳細な機器レベルを解析する。

⑤ 考慮すべき運航モード

全速時における通常の航行条件、過密状態の海域において許容される最高航行速度、離接岸時の操縦方法

⑥ 考慮すべきシステムの故障モード

機能の完全喪失、最大出力又は最小出力への急激な切り替、制御不能又は出力変動、時期尚早の動作、指定時の動作不能、指定時の動作停止不能

⑦ 詳細 FMEA の実施条件

システム故障による影響が危険又は破滅的な場合で二重化装置が備えられていない場合。

(4) 影響 / Effect の定義< HSC コード (MSC 73/21/Add.1) ANNEX 5>

① 小さな影響

Minor effect 「小さな影響」とは、コードで定義された故障又は乗組員の過失から生じる影響で乗組員によって容易に埋め合わせが可能な場合をいう。具体的には次のことを含む。

- 乗組員の操作上の業務負担が若干増えること、または乗組員が業務を遂行する上での困難性が若干増大すること。
- 操作機能が若干低下すること。
- 運航条件がわずかに変更すること。

② 大きな影響

Major effect 「大きな影響」とは、以下のことを引き起こす影響である。

- 乗組員の操船上の業務又自らの業務を遂行の妨げになる困難性の著しい増加。ただし、乗組員の業務負担はその能力を越えない範囲とする。
- 操船機能が著しく低下すること。
- 運航条件が著しく変化すること。但し、操船要員に通常以上の技能を要求しな

くとも安全に航行できる条件であること。

③ 危険な影響

Hazardous effect 「危険な影響」とは、以下のことを引き起こす影響をいう。

- 通常想定することができず、かつ、外部の支援を必要とする重大な状態で、乗組員が操船又は業務を遂行することが困難な状態になること。
- 船体強度及び操船機能が低下すること。
- 乗組員が限界条件に達する又は負傷すること。
- 外部からの救援活動が絶対に必要となること。

④ 破滅的な影響

Catastrophic effect 「破滅的な影響」とは、結果として船舶の損失、又は死亡事故を引き起こす影響。

5-4-4 船体構造等に関する安全対策

(1) 概要

前節まで(5-4-1～5-4-3節)で記述した想定される被害のうち、内的要因を考慮したリチウムイオン電池推進船の船体構造等を検討する。

なお、ここでは、内的要因のうち電池の故障を対象とするが、爆発については、参考程度に留めることとする。

【想定する被害】

- 電池の故障・・・短絡による発熱、火災

(2) 想定する範囲

現時点では、電池の能力、充電施設及びリチウムイオン電池推進船の速力、航続距離を踏まえると、陸岸から相当の距離離れた海域まで航行すること及び母港(基地)を多数設定することの必要性は乏しいと考えられる。

(3) 損傷範囲の抑制

損傷する範囲を最小限に抑え、乗船者の安全を確保するためには、電池の設置する場所を限定(制限)する必要がある。具体的には、独立した区画(隔壁と外板とで囲われる区画)とし居住スペースから分離することが考えられる。また、船体の大きさ等から独立した区画とすることが困難な場合は、電池を格納庫(置タンクのイメージ)に収納する等の措置をとる。

(4) 初期の被害制御

一般的な船舶の機関室火災の初期的な被害制御としては、次のとおりのシナリオが考えられている。

火災探知(操船により火元を風下へ)→機関停止→通風停止→消火器作動(消火剤放出)

リチウムイオン電池の故障による火災の場合は、短絡した時点で電源が遮断され動力源である電動機が停止する可能性がある。そのため、火災発生とほぼ同時期に推進力が無くなることが想定される。従って、一般船とは異なり次のようなシナリオが考えられる。

火災探知→通風停止→消火器作動

なお、一般船のようなエンジンの場合は、エンジンが作動していれば区画内の空気を吸い込むため、消火器作動により噴霧された消火剤も吸い込む可能性が高いが、リチウムイオン電池推進船の電池火災では、エンジンの消火剤吸い込みに相当する事象は起きないため、消火器による消火は一般船の機関室火災に比べて有効と思われる。

(5) 二次的な被害制御

火災発生と同時に電源が喪失されると電動機、電気系統が作動停止し、推進力及び操縦性能が無くなるため本船を制御できなくなり、他船、障害物との衝突又は座礁等の危険性が生じる。これを回避するためには2次(補助)電源を確保し、電源の切り替えにより最低限の操縦性能を維持し又は通信手段(形象物含む)を確保することが求められる。なお、この場合、配線系統が健全であることが前提となる。

(6) 浮力の確保

現行基準では、火災に関しては消火設備の設置で対応する基準となっているが、リチウムイオン電池推進船においても火災については同様に考えて問題ないと思われる。

従って、火災により船体が損傷し、復原性能低下(沈没)を回避することまで要求しなくて問題ないを考える。

(7) 爆発に対する対策(参考)

船体構造の現行基準では、爆発が起ることを想定したものとなっていない。前述のとおり、「爆発しても健全性を維持する」というシナリオは検討しないため、ここでは参考程度の意見に留める。

一般的な船舶では爆発に対する被害制御は考慮しないが、軍艦等においては、外的、内的要因による爆発に対する被害制御のシナリオがあると考えられている。基本的な考えとしては、爆発による被害を最小限に留め、被害が拡大しないことが求められている。爆発に関しては、爆発源のある区画の構造を部分的に弱くすることで、その部分に被害を集中させ他への損傷を抑えることが考えられている。リチウムイオン電池推進船に関して言えば、電池区画の上部にハッチを設け、爆発時にハッチを飛ばすことで爆風を吸収することが考えられる。

(8) 要求すべき船体構造等

上記のとおり検討結果を踏まえ、船体の構造配置として以下の案が考えられる。

- ① 居住区画と分離する。
- ② 電池区画には独立した換気装置を設置する。
- ③ 電池箱又は区画を構成する材料は難燃性のものを使用する。
- ④ 専門知識を持った者が容易にアクセスし、開放点検しうるように同区画を設置する。

5-5 船舶の設計に係る安全対策

これまでに述べた安全対策に加え、今回のような事故の防止に資する可能性のある対策としては、「船舶の設計者と電池を供給する者(以下「電池設計者」と呼ぶ。)のコミュニケーション」が考えられる。

委員会では、今般の事故の間接的原因の可能性のある事項として、船舶設計者と電池設計者のコミュニケーション不足が挙げられた。即ち、船舶設計者は、各種環境条件下における電池の信頼性に関する配慮が不十分であり、電池設計者は船舶において電池が晒される振動・動揺・温度・湿度・海塩粒子等の環境条件に関する配慮が不十分であった可能性があるとの指摘があった。こうした指摘を考慮すれば、船舶設計者及び電池設計者は以下の基本的事項を理解した上で、電池の使用方法や環境条件について、十分なコミュニケーションを確保することも安全対策の一つである。

- ① 電池は、その内部に着火エネルギーを有する可燃物であり、無条件に安定な物質ではない。
- ② 船舶には動揺・振動があり、電池は高温・低温・高湿度・海塩粒子に晒される。

船舶用の電池そのものに各種環境試験を含む厳しい基準が適用されれば、ここで述べた対策の重要性は下がると考えられるが、そうした試験基準の適用にかかわらず、船舶設計者の電池に関する理解及び電池設計者の船舶に関する理解は、安全の基礎として重要と言える。

5-6 運航者が留意することが望ましい事項

リチウムイオン電池推進船を運航する際に、リチウム電池の特性や運用方法の理解などのソフト面における対策も重要である。以下にソフト面で留意することが望ましい事項を列記する。

① 適切な充電作業の実施

メーカーが作成したマニュアル等に定められた装置・方法により充電を行う。

② 発航前点検の実施

一般船と同様に発航前の点検を実施する。その際には、電路に不用意に触らないよう注意する。

③ 定期的な点検・整備の実施

メーカーが作成したマニュアル等により、定期的な点検を実施する。

④ 緊急時の対応

緊急時に取りべき行動及び連絡体制等を明確にした資料を作成し、船内に常備する。

5-7 まとめ(総論)

5-7-1 ハード面における安全対策

(1) リチウムイオン電池の品質

産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム SBA S1101:2011)、国連危険物勧告試験基準及び IEC60945:2002 に基づき安全性が確認されている電池を使用することが望ましい。

なお、現在、付録4のとおり、船舶や自動車の動力にエネルギーを供給するリチウムイオン電池にかかる試験基準等の策定作業が進められているが、IEC 62660-1 Ed. 1.0:2010 (b)、IEC 62660-2 Ed. 1.0:2010 (b)、SBA S1101:2011 を除き報告書を作成する時点では成案となっていないため、本報告書では、これらの規格／基準は参考として例示する。

(2) 配線工事関係(組電池内)

社団法人日本船舶電装協会より示された「一般電装品の製作に対する要求仕様(案)」により、組電池内の配線の取り付け及び配線工事を行うことを推奨する(付録3)。

(3) 電池の管理、制御システム

5-3節「電池の管理、制御システム」(国立大学法人東京海洋大学)より示されたセル毎の電圧のモニタリングによる過放電・過充電防止対策を基本とした「バッテリーマネジメントシステムの安全対策」に基づき安全性が講じられていることが望ましい。

(4) 船体(被害制御)関係

船体構造配置による浮力の維持や、機器の二重化等による推進能力の確保等の対策が講じられていることが望ましい。

(5) 船舶の設計に係る安全対策

船舶設計者及び電池設計者はリチウムイオン電池に関する基本的事項を理解した上で、電池の使用方法や環境条件について、十分なコミュニケーションの確保に努める必要がある。

5-7-2 ソフト面における安全対策

(1) 運航者が留意することが望ましい事項

リチウムイオン電池推進船を運航する際に、リチウム電池の特性や運用方法の理解などのソフト面における対策も重要である。具体的には、適切な充電作業の実施、発航前点検の実施、定期的な点検・整備の実施及び緊急時の対応について留意することが望ましい。

6. 結言

本委員会は、平成 22 年 7 月 14 日の深夜に発生したリチウムイオン電池を推進力源とする旅客船の爆発事故を受けて、今後の安全対策を明らかにすべく検討を進めてきた。検討に際しては、事故の関係者や各分野の専門家の方々からお話を伺い、また、事故を起こした船に積載されていた電池の一部を現物確認するなど、可能な範囲で、事故原因についても検討を進めた。その結果、様々な観点から、こうした船舶の安全に資すると考えられる対策を挙げることができた。爆発事故に関して言えば、一般には、事故後の被害の低減対策よりも、事故の発生防止対策が重要視される。そのため、本委員会では、次のことを骨子として、リチウムイオン電池を用いる船に特有と考えられる爆発事故防止対策をまとめた。

安全のためには、まず、電池そのものに、何らかの安全基準を適用することが考えられる。具体的には、社団法人日本電池工業会が作成した「産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム)SBAS1001:2011」(5-1-1 節参照)または国連危険物勧告試験基準(5-1-2 節参照)を適用するのが妥当と考えられる。

次に、電池の電解液が漏洩しても可燃性ガスを滞留させないため、設置場所の通風には配慮を要する。また、電池の製造業者は、船舶における使用環境を理解する必要があると同時に、船舶の運航者・所有者は、リチウムイオン電池の使用上の注意を十分に理解する必要がある。

現在の船舶の安全に係る規則には、リチウムイオン電池の使用を想定した事項は含まれていない。本委員会における検討結果が、リチウムイオン電池を使用する船舶の安全性の向上に資することを期待する。

付録1

産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム) SBAS1101:2011 の概要

1 概要

電池はエネルギーを蓄えるデバイスであり、蓄えられたエネルギーが一時に放出される事態となれば事故の発生が予測され、その安全性と品質は十分に確保される必要がある。

特にリチウムイオン電池では、単位体積、単位重量当たり蓄えられるエネルギーが高く、また電池内部に有機溶媒などの可燃物質が含まれているため、その必要性は一層高い。

これまでのリチウムイオン電池の主な用途は、携帯電話や、ラップトップパソコンなどの携帯用電子機器などであり、これら機器用のリチウムイオン電池の安全に関しては、電気用品安全法の技術基準、IEC 及び JIS などの規格、並びに業界のガイドラインなど安全を担保するための様々な文書が公開されている。

一方船舶の動力用などの用途では、蓄えるエネルギー量がパソコンなどに比べて 2～3 桁高く開発段階であること、市場形成が充分でないことなどの要因で規格等は未整備であった。しかしながら近年の環境保護への意識の高まりから EV の開発が急激に進み、大型のリチウムイオン電池に関しても電池の開発と規格化の動きが活発化していた。

こうした中、2011 年 7 月に社団法人電池工業会から、業界規格として、「産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム) SBAS1101:2011 (以下「SBAS1101」という。))が発行された。以下、この規格に関する概略説明と、小型船舶の推進動力用電池への適用の是非について考察する。

2 適用範囲

SBAS1101 は産業用リチウム二次単電池及び電池システムの安全性試験について規定しており、リチウム二次電池には大別して据置用途、移動体用途、携帯機器用途があり、SBAS1101 の適用範囲で、移動体用途に関しては、「フォークリフト、ゴルフカート、無人搬送車(AGV)、鉄道及び海洋用途など。ただし路上走行車は除く。」と記載されている。従って、この規格は小型船舶の推進動力用リチウムイオン電池も想定しているものと考ええる。

3 規格の概要

SBAS1101 では、「安全性に関する一般事項」「製品安全」「機能安全」という3つの大きな項目に関して適合が求められている。

以下、それぞれの項目に関して概要を記載する。

(1) 安全性に関する一般事項

安全性に関する一般事項として、

- ① 絶縁及び配線
- ② 温度、電圧又は電流の管理
- ③ 電池パック／又は電池システムの端子接続部
- ④ 電池システムへの単電池、モジュール又は電池パックの組込

⑤ 電池システム設計

⑥ 品質計画

への適合が求められる。

なお、これらの事項に関しての適合に関しては、関連規格への適合と後述する、「製品安全」「機能安全」への適合により確認される。

(2) 製品安全

製品安全の項目では、予見可能な誤使用を想定した下記の試験への適合が求められる。

① 外部短絡試験

a) 要求事項

正極端子と負極端子との短絡試験を行い安全であることを確認する。

b) 試験

試験対象：単電池(満充電)

周囲温度： $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$

短絡抵抗：総計 $30 \pm 10\text{m}\Omega$

試験終了：時間を経過又は単電池表面温度と周囲温度との差がその最大値の 20% 以下になるまでのいずれか短い間放置する。

c) 判定基準

発火又は破裂なきこと。

② 衝突試験

a) 要求事項

輸送時の安全性を確保するために、本衝突試験を行う。

b) 試験

試験対象：単電池(50%充電)

条 件：直径 15.8mm の丸棒を単電池の中央に配置し、高さ $61 \pm 2.5\text{ cm}$ から 9.1kg の重量物をその棒の上へ落下させる。

(2方向:各方向で別個の単電池を使用する。)

c) 判定基準

試験後の単電池外部温度が 170°C を超えないこと及び試験後 6 時間以内に発火又は破裂なきこと。

③ 落下試験

a) 要求事項

単電池又は電池システムが落下しても安全であることを確認する。

b) 試験

試験対象：単電池と電池システム(満充電)

試験高さ：下表による。

表5-1 落下試験方法及び試験条件

試験対象の質量	試験方法	落下高さ
7kg 以下	全体	100 cm
7-20kg	全体*	10 cm
20-50kg	角部及び辺部*	10 cm
50-100kg	角部及び辺部*	5 cm
100kg 超	角部及び辺部*	2.5 cm

* 7kgを超える質量の試験対象については、製造業者の指定する底面を下にして試験を行う。

試験手順: 全体落下試験、角部及び辺部落下試験の詳細は SBAS1101 を参照。

c) 判定基準

発火又は破裂なきこと。

④ 加熱試験

a) 要求事項

異常高温での安全性を確認する。

b) 試験

試験対象: 単電池(満充電)

条 件: 周囲温度を $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ /分の昇温速度で $85 \pm 5^{\circ}\text{C}$ の温度まで上昇させる。

その後、単電池をこの温度で 3 時間保持する。

c) 判定基準

発火又は破裂なきこと。

⑤ 過充電試験

この試験は、充電電圧制御に関して互いに独立した二重保護がなされていない電池システムの場合のみに適用される。

a) 要求事項

製造業者が推奨する充電電圧以上の電圧で充電されても安全であることを確認する。

b) 試験

試験対象: 単電池

条 件: 周囲温度 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ で試験する。試験する単電池を、 $0.2I_t\text{A}$ ($I_t\text{A} = \text{定格容量(Ah)}/1\text{(h)}$) の定電流で、製造業者が指定する

放電終止電圧まで放電する。その後、放電した単電池を、単電池の最大充電電流値で定電流充電する。単電池製造業者が指定する上限充電電圧の 120% に単電池の電圧が到達した時点で、定電流充電を停止する。定電流充電を停止後、単電池の電圧と温度を測定する。試験は、単電池表面温度が一定温度になるまで、又は周囲温度に戻るまで継続する。(ここでの一定温度とは、30 分間で 10℃ 以内の温度変化とする。)

- c) 判定基準
発火又は破裂なきこと。

⑥ 強制放電試験

- a) 要求事項
複数の単電池を用いる用途で、単電池を誤って逆接続して逆充電された場合や、直列の単電池間で残容量差が発生した場合などの安全性を確認する。

- b) 試験

試験対象：単電池

条 件：放電した単電池に対し、1ItA の電流で 90 分間逆充電を行う。
ただし、単電池製造業者の指定する最大放電電流が 1ItA に満たない場合は、その電流で定格容量の 150% まで逆充電を行う。

- c) 判定基準
発火又は破裂なきこと。

(3) 機能安全(システムの安全性)

本章の冒頭に電池のリスクについて記載しているが、特に大容量の電池システムでは、その容量増加に伴って、万一の事故発生時には、被害も大きくなることが予測される。

しかしながら、電池システムの安全性を、単電池のみで担保することは、極めて困難であると認識されるため、システム全体での安全性の担保が求められる。また電池システムへの安全に対する要求事項は、電池の用途、設置場所、設置環境などと密接に関わると考えられるため、安全性の確保のためには、機能安全の考え方が必要であるとの認識に基づきこの要求がなされている。

なお、機能安全に関しての詳細は、IEC61508 を参照されたい。

以下、SBAS1101 で要求される項目を記載する。

① 一般要求事項

- a) 要求事項
電池システム製造業者は、プロセス上の危険源及びリスク評価と軽減を行うこと。
(例: FTA、FMEA)

- b) 手順

- (a) 危険源分析
- (b) リスク評価
- (c) 安全度水準(SIL)目標

危険源あるいはリスクの例としては、次のようなものがある。

過放電後の充電、EMC、感電、浸水、外部短絡、内部短絡、過充電、過熱、落下、圧壊、漏液、排出ガスへの引火、火災、地震、津波等

この要求項目には、明確な判断基準が記載されていない。これは、機能安全に関して、小規模システムでは例が少ないこと、第三者評価機関での機能安全の認証が未成熟であること、並びに IEC61508 自体が難解であること等が考慮されたためである。従って本項目への適合については、製造事業者自らの責任において、取り組むべきと考える、

② バッテリーマネジメントユニット(BMU)又はバッテリーマネジメントシステム(BMS)

SBAS1101 では電池を制御する BMU に対して、機能安全の一部が要求項目として取り入れられた。BMU に関する具体的な要求項目は、過充電電圧制御、過大充電電流制御、充電時過熱制御の3項目ではあるが、本来 BMU が有すべき機能、制御については下記の記載に従い、注意深く設計評価される必要がある。

a) 要求事項

BMU は、単電池が動作領域内となるように、単電池及び電池システムを監視し制御する。BMU は、一般要求事項の(c)項で定義された安全度水準(SIL)目標に適合するように設計されること。単電池の動作領域の主な要素は、電圧、電流及び温度である。それらは一般要求事項に示す手順に従い各々の用途に応じた適切な設計及び評価がなされること。特に安全性確保に重要な充電制御に関しては、下記の3種の試験を実施し確認すること。

注；BMU の機能は、アプリケーション(電池使用機器)側に割り当てることができる。その場合、電池システムは、アプリケーション側にある BMU の機能を含むものとする。

③ 過充電電圧制御確認試験

a) 要求事項

BMU は、充電電圧を単電池の上限充電電圧以下に制御しなければならない。BMU は電池システムがさらなる重大な結果に至ることを防止するために、主開閉器を自動的に開く等により、過充電電流を遮断しなければならない。

b) 試験

試験対象：電池システム条件：推奨される充電器の最大電流で、上限充電電圧より 10%高い充電電圧に設定し、BMU により充電が終了す

るまで行う。ただし、システム全体に 10%高い充電電圧を印加するのが難しい場合には、別の充電電源を準備するなどし、一部の単電池のみに上限充電電圧を超える充電電圧を設定する方法でも良い。データの取得および状態観察は、電流が停止してから 1 時間を経過するまで実施する。

c) 判定基準

単電池の電圧が上限充電電圧を超えないこと。

電池システムの全ての機能は、試験の間、設計されたとおり完全に動作すること。

発火又は破裂なきこと。

④ 過大充電電流制御確認試験

a) 要求事項

BMU は、入力電流を単電池の最大充電電流以下に制御しなければならない。

BMU は、電池システムがさらなる重大な結果に至ることを防止するために、主開閉器を自動的に開く等により、過充電電流を遮断しなければならない。

b) 試験

試験対象：電池システム

条件：単電池製造業者が指定する最大充電電流の 120%で充電し、BMU により充電が終了するまで行う。データの取得および状態観察は、電流が停止してから 1 時間を経過するまで実施する。

c) 判定基準

BMU が過大電流を検出して充電が終了すること。

電池システムの全ての機能は、試験の間、設計されたとおり完全に動作すること。

発火又は破裂なきこと。

⑤ 充電時過熱制御確認試験

a) 要求事項

BMU は、単電池の動作保証温度外で充電させないよう制御しなければならない。

BMU は、電池システムがさらなる重大な結果に至ることを防止するために、主開閉器を自動的に開く等により、充電電流を遮断しなければならない。

b) 試験

試験対象：電池システム

条件：電池システム又は単電池製造業者が指定した電流値で定格容量の 50%まで充電する。電池システム内の単電池の表面温度を、製造業者が指示する使用範囲の上限温度に対して 5℃上昇させる。単電池製造業者が指定する充電電流値で充電し、BMU により充電が終了するまで行う。データの取得および状態観察

は、電流が停止してから 1 時間を経過するまで実施する。

c) 合格判定基準

BMU が使用範囲の上限温度を検出し充電が終了すること。

電池システムの全ての機能は、試験の間、設計されたとおり完全に動作すること。

発火又は破裂なきこと。

⑥ 耐熱暴走試験

電池の内部で何らかの理由により生じる短絡(内部短絡)は、BMU により保護することは極めて困難である。従って、万一内部短絡が生じた場合に備え、

a) 内部短絡が生じて燃えることのない単電池を使用する。

b) 内部短絡が生じ単電池が燃えたとしても、他の電池を類焼させない電池システムとする。

のいずれかの要件を満たす必要がある。

従って、単電池が内部短絡した際に、電池システムの火災に至らないことを確認するため、下記に示す単電池の耐内部短絡試験又は電池システムの類焼試験のいずれか一方を実施することを求めている。

⑦ 耐内部短絡試験

a) 要求事項

単電池において内部短絡が発生しても安全であることを確認する。

b) 試験

試験対象：単電池(満充電)

条 件：電池内にニッケルの小片を入れて、短絡させる。

詳細は SBAS1101:2011 を参照。(参考:JISC8714)

c) 判定基準

発火なきこと。

また、短絡時の加圧力と電圧挙動を記録すること。短絡痕の確認は写真等で記録すること。

⑧ 耐類焼試験

a) 要求事項

電池システム内の一つの単電池が自己発熱を伴う温度上昇(熱暴走)した場合でも、電池システムとしては安全であることを確認する。

b) 試験

試験対象：電池システム又はモジュール(満充電)

条 件：周囲温度 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ で試験する。

電池システム又はモジュール内の任意の単電池を熱暴走する

まで加熱する。

単電池を加熱する方法として、抵抗加熱器や熱伝導ヒーターの使用が可能である。

単電池が熱暴走し始めたら加熱を停止し、1 時間放置する。単電池を熱暴走させる方法として、他の手法も可能である。単電池の熱暴走手法については、報告書に記述する。

c) 判定基準

電池システム外装からの発火、電池システム外装の破裂なきこと。

ただし、本試験目的のために意図的に熱暴走させる単電池からの発火は除外される。

(4) 品質の確保

単電池・電池システムに対する品質の維持は、安全性確保の点で極めて重要である。従って、SBAS1101 には品質に関する要求項目があり、その本意とするところは ISO9000 シリーズへの適合と解釈できる。下記に品質に関する要求事項を記載する。

① 品質計画

a) 要求事項

電池システムの製造業者は、単電池、モジュール、電池パック又は電池システムのそれぞれの形式ごとに生産工程内に材料、構成要素並びに、単電池、モジュール、電池パック及び電池システムの検査手順を規定する品質計画を策定する。電池システムの製造業者は、製品の安全性に関与するので生産工程能力を把握し、必要な工程管理を制定する。(例:ISO9001 等)

付録2 国連危険物勧告試験基準第5版第38.3節の仮対訳

38.3 Lithium metal and lithium ion batteries	38.3 リチウム金属及びリチウムイオン組電池
---	--------------------------------

38.3.1 Purpose

38.3.1 目的

This section presents the procedures to be followed for the classification of lithium metal and lithium ion cells and batteries (see UN Nos. 3090, 3091, 3480 and 3481, and the applicable special provisions of Chapter 3.3 of the Model Regulations).

本節は、リチウム金属、リチウムイオン単電池及び組電池の分類手順について示している(国連番号 3090、3091、3480 及び 3481 並びにモデル規則の 3.3 章の適用される特別規定を参照)。

38.3.2 Scope

38.3.2 範囲

38.3.2.1 Lithium metal and lithium ion cells and batteries shall be subjected to the tests, as required by special provisions 188 and 230 of Chapter 3.3 of the Model Regulations prior to the transport of a particular cell or battery type. Cells or batteries which differ from a tested type by:

38.3.2.1 リチウム金属リチウムイオン単電池及び組電池については、特定の単電池又は組電池型式を輸送する前に、モデル規則の 3.3 章の特別規定 188 及び 230 で要求されている試験を実施しなければならない。試験した型式と異なる次のリチウム単電池又は組電池は、新しい型式とみなし、要求される試験を実施しなければならない。

- (a) For primary cells and batteries, a change of more than 0.1 g or 20% by mass, whichever is greater, to the cathode, to the anode, or to the electrolyte;
- (b) For rechargeable cells and batteries, a change in Watt-hours of more than 20% or an increase in voltage of more than 20%; or
- (c) A change that would materially affect the test results,

- (a) 一次単電池および一次組電池については、陽極、陰極又は電解質を質量で 0.1 g 又は 20 % (どちらか大きい方) を超える変更、
- (b) 充電式単電池および組電池については、ワット時又はボルト数を 20% 以上超える変更、又は
- (c) 試験結果に著しく影響を及ぼす変更

shall be considered a new type and shall be subjected to the required tests.

In the event that a cell or battery type does not meet one or more of the test requirements, steps shall be taken to correct the deficiency or deficiencies that caused the failure before such cell or battery type is retested.

リチウム単電池又は組電池形式が 1 つ又は 2 つ以上の試験要件を満たさない場合、それら単電池もしくは組電池型式を再試験する前に、不合格の原因となる欠陥又は欠陥類を正す処置をしなければならない。

38.3.2.2 For the purposes of classification, the following definitions apply:

38.3.2.2 分類目的のため、次の定義を適用する:

Aggregate lithium content means the sum of the grams of lithium content contained by the cells comprising a battery.

総リチウム含有量とは、組電池を構成する単電池が内蔵するリチウム含有量の総グラム数をいう。

Battery means one or more cells which are electrically connected together by permanent means, including case, terminals, and markings.

組電池とは、容器、端子及び表示を含め、永続的方法で1個以上の単電池を電氣的に組み立てたものをいう。

NOTE: Units that are commonly referred to as "battery packs", "modules" or "battery assemblies" having the primary function of providing a source of power to another piece of equipment are for the purposes of the Model Regulations and this Manual treated as batteries.

注記: 他の装置の構成要素に動力源を提供する基本的機能を備えた「バッテリーパック」と一般的に言われている装置は、モデル規則およびこの手引書の目的上、組電池として扱われる。

Button cell or battery means a round small cell or battery when the overall height is less than the diameter.

ボタン単電池又は組電池は、全高が直径より小さい円形の単電池又は組電池をいう。

<i>Cell</i> means a single encased electrochemical unit (one positive and one negative electrode) which exhibits a voltage differential across its two terminals. Under the Model Regulations and this Manual, to the extent the encased electrochemical unit meets the definition of "cell" herein, it is a "cell", not a "battery", regardless of whether the unit is termed a "battery" or a "single cell battery" outside of the Model Regulations and this Manual.	単電池とは、2 個の端子を経由して電圧差を外部へ供給する、ケース入り単一の電気化学的ユニット(1 個の陽極及び 1 個の陰極)をいう。モデル規則およびこの手引書外で、ユニットを「組電池」又は「単一単電池の組電池」と称しているかに関わらず、モデル規則およびこの手引書においては、この中の「単電池」の定義を満たす、ケース入り電気化学的ユニットは、「単電池」であり「組電池」ではない。
<i>Component cell</i> means a cell contained in a battery.	構成部品単電池とは、組電池に組み込まれている単電池をいう。
<i>Cycle</i> means one sequence of fully charging and fully discharging a rechargeable cell or battery.	サイクルとは、再充電式単電池又は組電池を完全充電し、それを完全放電する 1 連続をいう。
<i>Disassembly</i> means a vent or rupture where solid matter from any part of a cell or battery penetrates a wire mesh screen (annealed aluminium wire with a diameter of 0.25 mm and grid density of 6 to 7 wires per cm) placed 25 cm away from the cell or battery.	分解とは、単電池又は組電池の部分からのどんな固形物でもそれが単電池又は組電池から 25 cm 離して設置した金網の遮蔽物(0.25 mm 径の焼き鈍しアルミニウム線で単位 cm 当たり 6 から 7 個の格子密度)を貫通する場合のガス放出又は破裂をいう。
<i>Effluent</i> means a liquid or gas released when a cell or battery vents or leaks.	放出物とは、単電池又は組電池が噴出したり漏洩したりするとき放出される液体又はガスをいう。
<i>First cycle</i> means the initial cycle following completion of all manufacturing processes.	初回サイクルとは、全ての製造工程終了後の最初のサイクルをいう。
<i>Fully charged</i> means a rechargeable cell or battery which has been electrically charged to its design rated capacity	完全充電したとは、再充電式単電池又は組電池がその設計定格容量まで電氣的に充電されることをいう。

Fully discharged means either:

a primary cell or battery which has been electrically discharged to remove 100% of its rated capacity; or

a rechargeable cell or battery which has been electrically discharged to its endpoint voltage as specified by the manufacturer.

完全放電したとは、次のいずれかのことをいう：

一次単電池又は組電池が電氣的に放電され、その定格容量の 100 %を失ったことである；又は、

再充電式単電池又は組電池が、製造業者が指定した終止電圧まで放電されたことである。

Large battery means a lithium metal battery or lithium ion battery with a gross mass of more than 12 kg.

大型組電池とは、総質量が 12kg を超えるリチウム金属電池又はリチウムイオン組電池をいう。

Large cell means a lithium metal cell in which the lithium content of the anode, when fully charged, is more than 12 g, or in the case of a lithium ion cell, means a cell with a Watt-hour rating of more than 150 Wh.

大型単電池とは、完全に充電された時、陽極のリチウム含有量が 12 g を超えるリチウム金属電池、又は 150 ワット時以上のリチウムイオン単電池をいう。

Leakage means the escape of material from a cell or battery.

漏液とは、単電池又は組電池からの物質の漏れをいう。

Lithium content is applied to lithium metal and lithium alloy cells and batteries and for a cell means the mass of lithium in the anode of a lithium metal or lithium alloy cell, which for a primary cell is measured when the cell is in an undischarged state and for a rechargeable cell is measured when the cell is fully charged. The lithium content of a battery equals the sum of the grams of lithium content contained in the component cells of the battery.

リチウム含有量とは、リチウム金属およびリチウム合金の単電池又は組電池に適用され、単電池については、リチウム金属又は合金単電池の陽極中のリチウムの質量をいい、一次単電池の場合は、単電池が放電されていない状態の時測定され、再充電式単電池の場合、単電池が完全に充電されている時測定される。組電池のリチウム含有量は、組電池の複数の構成部品単電池に含まれるリチウム含有量の総グラム数そのものである。

Lithium ion cell or battery means a rechargeable electrochemical cell or battery in which the positive and negative electrodes are both intercalation compounds (intercalated lithium exists in an ionic or quasi-atomic form with the lattice of the electrode material) constructed with no metallic lithium in either electrode. A lithium polymer cell or battery that uses lithium ion chemistries, as described herein, is regulated as a lithium ion cell or battery.

リチウムイオン単電池又は組電池とは、再充電式電気化学セル又はバッテリーをいい、陽及び陰の両電極のいずれもリチウム金属で構成されていない層間化合物(挿入されたリチウムは、電極材料の格子のイオン又は準原子として存在)である。リチウムイオンの化学的性質を利用したリチウムポリマー単電池又は組電池は、上述したように、リチウムイオン単電池又は組電池とする。

Mass loss means a loss of mass that exceeds the values in Table 38.3.2.2 below. In order to quantify the mass loss, the following procedure is provided:

質量損失とは、以下の表 38.3.2.2 の値を超える質量損失いう。質量損失を数値で表すため、次の手順を規定する:

where M_1 is the mass before the test and M_2 is the mass after the test. When mass loss does not exceed the values in Table 38.3.2.2, it shall be considered as "no mass loss".

ここで M_1 は、試験前の質量で、 M_2 は、試験後の質量である。質量損失が表 38.3.2.2 の値を超えない場合、「質量損失なし」とみなす。

Table 38.3.2.2: Mass loss limit

Mass M of cell or battery	Mass loss limit
$M < 1\text{ g}$	0.5%
$1\text{ g} < M < 5\text{ g}$	0.2%
$M \geq 5\text{ g}$	0.1%

表 38.3.2.2: 質量損失上限

単電池又は組電池の質量 M	質量損失上限
$M < 1\text{ g}$	0.5 %
$1\text{ g} < M < 5\text{ g}$	0.2 %
$M \geq 5\text{ g}$	0.1 %

Primary means a cell or battery which is not designed to be electrically charged or recharged.

一次電池とは、充電又は再充電するよう設計されていない単電池又は組電池をいう。

Prismatic cell or battery means a cell or battery whose ends are similar, equal and parallel rectilinear figures, and whose sides are parallelograms.

角形単電池又は組電池とは、その端部が相似で、等しくかつ平行な直線の形状をしており、その側面は平行四辺形である。

Protective devices means devices such as fuses, diodes and current limiters which interrupt the current flow, block the current flow in one direction or limit the current flow in an electrical circuit.

回線保護装置とは、ヒューズ、ダイオード及び電流制限器のような装置をいい、電流の遮断、1方向の電流を遮断、もしくは電気回路の電流を制限するものである。

Rated capacity means the capacity, in ampere-hours, of a cell or battery as measured by subjecting it to a load, temperature and voltage cut-off point specified by the manufacturer.

定格容量とは、製造業者が指定した負荷、温度及びカットオフ電圧を条件として測定された単電池又は組電池のアンペア時で表した容量をいう。

Rechargeable means a cell or battery which is designed to be electrically recharged.

再充電式とは、単電池又は組電池が再充電されるように設計されていることをいう。

Rupture means the mechanical failure of a cell container or battery case induced by an internal or external cause, resulting in exposure or spillage but not ejection of solid materials.

破裂とは、内部的又は外部的原因により引き起こされる単電池容器又は組電池容器の機械的故障をいい、結果的に個体物質の露出又は流出を招くが、噴出ではない。

Short circuit means a direct connection between positive and negative terminals of a cell or battery that provides a virtual zero resistance path for current flow.

短絡とは、単電池又は組電池の陽極及び陰極を直接接続することをいい、事実上電流経路が電気抵抗ゼロとなる。

Small battery means a lithium metal battery or lithium ion battery with a gross mass of not more than 12 kg.

小型組電池とは、総リチウム含有量が 12kg 以下のリチウム金属組電池又はリチウムイオン組電池をいう。

Small cell means a lithium metal cell in which the lithium content of the anode, when fully charged, is not more than 12 g, or in the case of a lithium ion cell, means a cell with a Watt-hour rating of not more than 150 Wh.

小型単電池とは、完全に充電した時、陽極のリチウム含有量が、12 g 以下のリチウム金属単電池、又は 150 ワット時以下のリチウムイオン単電池をいう。

Type means a particular electrochemical system and physical design of cells or batteries.

型式とは、単電池又は組電池の固有の電気化学的システム及び物理的設計をいう。

Undischarged means a primary cell or battery that has not been wholly or partly discharged.

放電されていないとは、一次単電池又は組電池が完全に又は部分的にも放電されていないことをいう。

Venting means the release of excessive internal pressure from a cell or battery in a manner intended by design to preclude rupture or disassembly.

ガス放出とは、破裂又は分解を防ぐ設計により、単電池又は組電池から過剰な内部圧力を解放することをいう。

Watt-hour rating, expressed in Watt-hours, is calculated by multiplying a cell's or battery's capacity, in ampere-hours, by its nominal voltage.

ワット時と表されるワット時定格は、単電池もしくは組電池のアンペア時の容量を公称電圧でかけた値である。

38.3.3 When a cell or battery type is to be tested under this sub-section, the number and condition of cells and batteries of each type to be tested are as follows:

38.3.3 単電池又は組電池型式をこの節の条件で試験する時、試験する各型式の単電池及び組電池の数量及び条件は次のとおりである：

- (a) When testing primary cells and batteries under tests 1 to 5 the following shall be tested in the quantity indicated:
- (i) ten cells in undischarged states;
 - (ii) ten cells in fully discharged states;
 - (iii) four small batteries in undischarged states;
 - (iv) four small batteries in fully discharged states;
 - (v) four large batteries in undischarged states; and
 - (vi) four large batteries in fully discharged states.
- (b) When testing rechargeable cells and batteries under tests 1 to 5 the following shall be tested in the quantity indicated:
- (i) ten cells at first cycle, in fully charged states;
 - (ii) four small batteries at first cycle, in fully charged states;
 - (iii) four small batteries after 50 cycles ending in fully charged states;
 - (iv) two large batteries at first cycle, in fully charged states; and
 - (v) two large batteries after 25 cycles ending in fully charged states.
- (a) 試験 1 から 5 に基づいて一次単電池及び組電池を試験する場合、次に指示された分量で試験をおこなう:
- (i) 放電されていない状態の 10 個の単電池、
 - (ii) 完全に放電された状態の 10 個の単電池、
 - (iii) 放電されていない状態の 4 個の小型組電池、
 - (iv) 完全に放電された状態の 4 個の小型組電池、
 - (v) 放電されていない状態の 4 個の大型組電池、
 - (vi) 完全に放電された状態の 4 個の大型組電池。
- (b) 試験 1 から 5 に基づいて再充電式単電池及び組電池を試験する場合、次に示された分量で試験をおこなう:
- (i) 初回サイクルで、完全に充電されている状態の 10 個の単電池、
 - (ii) 初回サイクルで、完全に放電された状態の 10 個の単電池、
 - (iii) 初回サイクルで、完全に充電されている状態の 4 個の組電池、
 - (iv) 初回サイクルで、完全に放電された状態の 4 個の組電池、
 - (v) 50 サイクル終了後、完全に放電された状態の 4 個の組電池、
 - (vi) 50 サイクル終了後、完全に放電された状態の 4 個の組電池。

- (c) When testing primary and rechargeable cells under test 6, the following shall be tested in the quantity indicated:
- (i) for primary cells, five cells in undischarged states and five cells in fully discharged states;
 - (ii) for component cells of primary batteries, five cells in undischarged states and five cells in fully discharged states;
 - (iii) for rechargeable cells, five cells at first cycle at 50% of the design rated capacity; and
 - (iv) for component cells of rechargeable batteries, five cells at first cycle at 50% of the design rated capacity.
- For prismatic cells, ten test cells are required instead of the five described above, so that the procedure can be carried out on five cells along the longitudinal axes and, separately, five cells along the other axes. In every case, the test cell is only subjected to one impact.
- (c) 試験 6 に基づいて一次及び再充電式単電池を試験する場合、次に示された分量で試験をおこなう:
- (i) 一次単電池については、放電されていない状態の 5 個の単電池及び完全に放電された状態の 5 個の単電池、
 - (ii) 一次組電池の構成部品単電池については、放電されていない状態の 5 個の単電池及び完全に放電された状態の 5 個の単電池、
 - (iii) 再充電式単電池については、初回サイクルで設計定格容量の 50 % の 5 個の単電池及び完全に放電した状態の 50 サイクル終了後の 5 個の単電池、
 - (iv) 再充電式組電池の構成部品単電池については、初回サイクルで設計定格容量の 50 % の 5 個の単電池及び完全に放電した状態の 50 サイクル終了後の 5 個の単電池。
- 角形単電池については、縦軸方向で、5 個の単電池、そして別に、その他の軸方向で 5 個の単電池について手順を行うことができるよう、上記した 5 個の代わりに 10 個の試験単電池が、充電状態の各々について試験する必要がある。全ての場合で、試験単電池は 1 回だけ打撃を受ける。

- (d) When testing rechargeable batteries under test 7, the following shall be tested in the quantity indicated:
- (i) four small batteries at first cycle, in fully charged states;
 - (ii) four small batteries after 50 cycles ending in fully charged states;
 - (iii) two large batteries at first cycle, in fully charged states; and
 - (iv) two large batteries after 25 cycles ending in fully charged states.
- Batteries not equipped with overcharge protection that are designed for use only in a battery assembly, which affords such protection, are not subject to the requirements of this test.
- (d) 試験 7 に基づいて再充電式組電池を試験する場合、次に示された分量で試験をおこなう:
- (i) 初回サイクルで完全に充電した状態の 4 個の小型組電池、
 - (ii) 50 サイクル終了後完全に充電した状態の 4 個の小型組電池、
 - (iii) 初回サイクルで完全に充電した状態の 2つの大型組電池、
 - (iv) 25 サイクル終了後完全に充電した状態の 2 個の大型組電池。
- アンブリ専用設計された過充電保護が必要だが機能がついていない組電池は、この試験の義務対象ではない。
- (e) When testing primary and rechargeable cells under test 8, the following shall be tested in the quantity indicated:
- (i) ten primary cells in fully discharged states;
 - (ii) ten rechargeable cells, at first cycle in fully discharged states; and
 - (iii) ten rechargeable cells after 50 cycles ending in fully discharged states.
- (e) 試験 8 に基づいて一次及び再充電式単電池を試験する場合、次のとおり試験する:
- (i) 完全に放電させた状態の 10 個の一次単電池、
 - (ii) 初回サイクルで完全に放電した状態の 10 個の充電式単電池、
 - (iii) 50 サイクル終了後完全に放電した状態の 10 個の充電式組電池。

- (f) When testing a battery assembly in which the aggregate lithium content of all anodes, when fully charged, is not more than 500 g, or in the case of a lithium ion battery, with a Watt-hour rating of not more than 6200 Watt-hours, that is assembled from cells or batteries that have passed all applicable tests, one battery assembly in a fully charged state shall be tested under tests 3, and 5, and, in addition, test 7 in the case of a rechargeable battery assembly. For a rechargeable battery assembly, the assembly shall have been cycled at least 25 cycles.
- (f) 完全に充電した時、全ての陽極の総リチウム量が 500g 以下の組電池アッセンブリ、もしくは、適用される全ての試験に合格した単電池又は組電池から集められたワット時 6200Wh 以下のリチウムイオン組電池を試験する際は、完全に充電された組電池アッセンブリ1つに試験3および試験5を実施し、充電式組電池アッセンブリの場合は加えて試験7を実施する。充電式組電池アッセンブリの場合、アッセンブリは少なくとも 25 サイクルとする。

When batteries that have passed all applicable tests are electrically connected to form a battery assembly in which the aggregate lithium content of all anodes, when fully charged, is more than 500 g, or in the case of a lithium ion battery, with a Watt-hour rating of more than 6200 Watt-hours, that battery assembly does not need to be tested if it is equipped with a system capable of monitoring the battery assembly and preventing short circuits, or over discharge between the batteries in the assembly and any overheating or overcharge of the battery assembly.

適用される全ての試験に合格した組電池を電気によって接続することで、完全に充電した際、全ての陽極の総リチウム含有量が 500 g 以上の組電池アッセンブリを造る場合は、組電池アッセンブリを監視、かつ、短絡又はアッセンブリの組電池間の過放電及び過熱又は組電池アッセンブリの過充電を防止できるシステムを備えていれば、その組電池アッセンブリは試験する必要はない。

38.3.4 Procedure

Each cell and battery type shall be subjected to tests 1 to 8. Tests 1 to 5 shall be conducted in sequence on the same cell or battery. Tests 6 and 8 shall be conducted using not otherwise tested cells or batteries. Test 7 may be conducted using undamaged batteries previously used in Tests 1 to 5 for purposes of testing on cycled batteries.

38.3.4.1 *Test T.1: Altitude simulation*

38.3.4.1.1 Purpose

This test simulates air transport under low-pressure conditions.

38.3.4.1.2 Test procedure

Test cells and batteries shall be stored at a pressure of 11.6 kPa or less for at least six hours at ambient temperature ($20 \pm 5^{\circ}\text{C}$).

38.3.4.1.3 Requirement

Cells and batteries meet this requirement if there is no mass loss, no leakage, no venting, no disassembly, no rupture and no fire and if the open circuit voltage of each test cell or battery after testing is not less than 90% of its voltage immediately prior to this procedure. The requirement relating to voltage is not applicable to test cells and batteries at fully discharged states

38.3.4 手順

各型式の単電池及び組電池は、試験 1 から 8 を実施する。試験 1 から 5 は、同一の単電池又は組電池を用いて順番に実施する。試験 6 及び 8 は、他の試験で使用されていない単電池又は組電池を使用して実施するものとする。試験 7 は、充放電サイクルを経た組電池を試験するので既に試験 1 から 5 で使用し、損傷していない組電池を使用して実施してよい。

38.3.4.1 試験 T.1 : 高度模擬実験

38.3.4.1.1 目的

本試験は低圧条件下の航空機輸送の模擬実験である。

38.3.4.1.2 試験方法

試験単電池及び組電池を 11.6kPa 以下の圧力、周囲温度 ($20 \pm 5^{\circ}\text{C}$) で 6 時間以上放置するものとする。

38.3.4.1.3 要件

質量損失、漏液、ガス放出、分解、破裂及び発火がなく、かつ、試験後、各試験した単電池又は組電池の開路電圧がこの手順を行う直前の電圧の 90 % 以上であれば、単電池及び組電池は、この要件を満足している。電圧に関する要件は、完全に放電した状態の試験用単電池及び組電池には適用されない。

38.3.4.2 *Test T.2: Thermal test*

38.3.4.2 試験 T.2 : 熱試験

38.3.4.2.1 Purpose

38.3.4.2.1 目的

This test assesses cell and battery seal integrity and internal electrical connections. The test is conducted using rapid and extreme temperature changes.

本試験は、単電池及び組電池の密封完全度及び内部電気接続を評価する。この試験は、急激にかつ極端に温度を変化させて行われる。

38.3.4.2.2 Test procedure

38.3.4.2.2 試験手順

Test cells and batteries are to be stored for at least six hours at a test temperature equal to $75 \pm 2^{\circ}\text{C}$, followed by storage for at least six hours at a test temperature equal to $-40 \pm 2^{\circ}\text{C}$. The maximum time interval between test temperature extremes is 30 minutes. This procedure is to be repeated 10 times, after which all test cells and batteries are to be stored for 24 hours at ambient temperature ($20 \pm 5^{\circ}\text{C}$). For large cells and batteries the duration of exposure to the test temperature extremes should be at least 12 hours.

試験用単電池及び組電池は、 $75 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の試験温度で 6 時間以上放置した後、引き続き $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の試験温度で 6 時間以上放置すること。この両極端の試験温度間の時間間隔は最大 30 分とする。この手順は、10 回繰り返し、その後すべての単電池及び組電池を周囲温度 ($20 \pm 5^{\circ}\text{C}$) で 24 時間放置すること。大型の単電池及び組電池の場合は、両極端の試験温度に暴露し続ける時間は、12 時間以上とする。

38.3.4.2.3 Requirement

38.3.4.2.3 要件

Cells and batteries meet this requirement if there is no mass loss, no leakage, no venting, no disassembly, no rupture and no fire and if the open circuit voltage of each test cell or battery after testing is not less than 90% of its voltage immediately prior to this procedure. The requirement relating to voltage is not applicable to test cells and batteries at fully discharged states.

質量損失、漏液、ガス放出、分解、破裂及び発火がなく、かつ、試験後、各試験した単電池又は組電池の開路電圧がこの手順を行う直前の電圧の 90 % 以上であれば、単電池及び組電池は、この要件を満足している。電圧に関する要件は、完全に放電した状態の試験用単電池及び組電池には適用されない。

38.3.4.3 *Test T.3: Vibration*

38.3.4.3 試験 T.3 : 振動

38.3.4.3.1 Purpose

38.3.4.3.1 目的

This test simulates vibration during transport.

本試験は、輸送中の振動の模擬実験をする。

38.3.4.3.2 Test procedure

38.3.4.3.2 試験手順

Cells and batteries are firmly secured to the platform of the vibration machine without distorting the cells in such a manner as to faithfully transmit the vibration. The vibration shall be a sinusoidal wave form with a logarithmic sweep between 7 Hz and 200 Hz and back to 7 Hz traversed in 15 minutes. This cycle shall be repeated 12 times for a total of 3 hours for each of three mutually perpendicular mounting positions of the cell. One of the directions of vibration must be perpendicular to the terminal face.

正確に振動を伝える方法で単電池を変形させずに振動機械の台に単電池及び組電池をしっかりと固定する。振動は、7 Hz から 200 Hz 間、そして 7 Hz に戻るかたちで 15 分間行き来する対数掃引の正弦波である。このサイクルは、単電池の互いに垂直な 3 軸方向の取付位置で各々について 12 回、全部で 3 時間繰り返すものとする。振動の 1 方向は、端子面に対し垂直でなければならない。

The logarithmic frequency sweep is as follows: from 7 Hz a peak acceleration of 1 g_n is maintained until 18 Hz is reached. The amplitude is then maintained at 0.8 mm (1.6 mm total excursion) and the frequency increased until a peak acceleration of 8 g_n occurs (approximately 50 Hz). A peak acceleration of 8 g_n is then maintained until the frequency is increased to 200 Hz.

対数掃引は次のとおりである: 7 Hz から 18 Hz に達するまで 1 g_n の最高加速度を維持する。次に振幅を 0.8 mm (全行程 1.6 mm) に維持し、8 g_n の最高加速度が生じるまで周波数を増加する (約 50 Hz)。次に周波数が 200 Hz に増加するまで 8 g_n の最高加速度を維持する。

38.3.4.3.3 Requirement

Cells and batteries meet this requirement if there is no mass loss ,no leakage ,no venting ,no disassembly, no rupture and no fire and if the open circuit voltage of each test cell or battery after testing is not less than 90% of its voltage immediately prior to this procedure. The requirement relating to voltage is not applicable to test cells and batteries at fully discharged states.

38.3.4.3.3 要件

質量損失、漏液、ガス放出、分解、破裂及び発火がなく、かつ、試験後、各試験した単電池又は組電池の開路電圧がこの手順を行う直前の電圧の 90 %以上であれば、単電池及び組電池は、この要件を満足している。電圧に関する要件は、完全に放電した状態の試験用単電池及び組電池には適用されない。

38.3.4.4 *Test T.4: Shock*

38.3.4.4 試験 T.4 : 衝撃

38.3.4.4.1 Purpose

38.3.4.4.1 目的

This test simulates possible impacts during transport.

本試験は、輸送中に予想される打撃の模擬実験である。

38.3.4.4.2 Test procedure

38.3.4.4.2 試験手順

Test cells and batteries shall be secured to the testing machine by means of a rigid mount which will support all mounting surfaces of each test battery. Each cell or battery shall be subjected to a half-sine shock of peak acceleration of 150 g_n and pulse duration of 6 milliseconds. Each cell or battery shall be subjected to three shocks in the positive direction followed by three shocks in the negative direction of three mutually perpendicular mounting positions of the cell or battery for a total of 18 shocks.

試験用単電池及び組電池は、試験組電池の全ての取付面を支える固定補助方式で試験装置に固定する。各単電池又は組電池に 150 g_n の最高加速度とパルスの正弦波半周期の打撃を 6 ms 加える。各単電池又は組電池に、単電池又は組電池の互いに垂直な 3 軸方向の取り付け位置で各々のマイナス方向に 3 衝撃、続いてプラス方向に 3 衝撃、全部で 18 衝撃加える。

However, large cells and large batteries shall be subjected to a half-sine shock of peak acceleration of 50 g_n and pulse duration of 11 milliseconds. Each cell or battery is subjected to three shocks in the positive direction followed by three shocks in the negative direction of each of three mutually perpendicular mounting positions of the cell for a total of 18 shocks.	ただし、大型単電池及び組電池については、50 g_n の最高加速度とパルスの正弦波半周期の衝撃を 11 ms 加える。各単電池又は組電池に、単電池又は組電池の互いに垂直な 3 軸方向の取付位置で各々マイナス方向に 3 衝撃、続いてプラス方向に 3 衝撃、全部で 18 衝撃加える。
---	---

38.3.4.4.3 Requirement

38.3.4.4.3 要件

Cells and batteries meet this requirement if there is no mass loss, no leakage, no venting, no disassembly, no rupture and no fire and if the open circuit voltage of each test cell or battery after testing is not less than 90% of its voltage immediately prior to this procedure. The requirement relating to voltage is not applicable to test cells and batteries at fully discharged states.	質量損失、漏液、ガス放出、分解、破裂及び発火がなく、かつ、試験後、各試験した単電池又は組電池の開路電圧がこの手順を行う直前の電圧の 90 % 以上であれば、単電池及び組電池は、この要件を満足している。電圧に関する要件は、完全に放電した状態の試験用単電池及び組電池には適用されない。
---	---

38.3.4.5 *Test T.5: External short circuit*

38.3.4.5 試験 T.5 : 外部短絡

38.3.4.5.1 Purpose

38.3.4.5.1 目的

This test simulates an external short circuit.	本試験は、外部短絡の模擬実験である。
---	---------------------------

38.3.4.5.2 Test procedure

The cell or battery to be tested shall be temperature stabilized so that its external case temperature reaches $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ and then the cell or battery shall be subjected to a short circuit condition with a total external resistance of less than 0.1 ohm at $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$. This short circuit condition is continued for at least one hour after the cell or battery external case temperature has returned to $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$. The cell or battery must be observed for a further six hours for the test to be concluded.

38.3.4.5.3 Requirement

Cells and batteries meet this requirement if their external temperature does not exceed 170°C and there is no disassembly, no rupture and no fire within six hours of this test.

38.3.4.6 Test T.6: Impact

38.3.4.6.1 Purpose

This test simulates an impact.

38.3.4.6.2 Test procedure

The test sample cell or component cell is to be placed on a flat surface. A 15.8 mm diameter bar is to be placed across the centre of the sample. A 9.1 kg mass is to be dropped from a height of 61 ± 2.5 cm on to the sample.

38.3.4.5.2 試験手順

容器外面温度が $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ に達するよう試験する単電池又は組電池の温度を安定化させ、次に $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ で 0.1 ohm 未満の総外部抵抗を有する短絡状態にする。単電池又は組電池の外面容器温度が $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ に戻った後、この短絡状態を 1 時間以上継続する。単電池又は組電池を、試験の結論を出すため、さらに 6 時間観察する。

38.3.4.5.3 要件

容器外面温度が 170°C を超えず、かつ、この試験の 6 時間以内に分解、破裂及び発火しないのであれば、単電池及び組電池はこの要件を満たしている。

38.3.4.6 試験 T.6 : 衝突

38.3.4.6.1 目的

本試験は、打撃の模擬実験をする。

38.3.4.6.2 試験手順

試験試料単電池又構成部品単電池を平面に置くこと。直径 15.8 mm の棒を試料の中央を横切るように置くこと。9.1 kg 質量の重りを試料の上方 61 ± 2.5 cm の高さから落下させる。

A cylindrical or prismatic cell is to be impacted with its longitudinal axis parallel to the flat surface and perpendicular to the longitudinal axis of the 15.8 mm diameter curved surface lying across the centre of the test sample. A prismatic cell is also to be rotated 90 degrees around its longitudinal axis so that both the wide and narrow sides will be subjected to the impact. Each sample is to be subjected to only a single impact. Separate samples are to be used for each impact.

円筒又は角形単電池は、平面と平行に置いた試料の縦軸及び試験試料の中央に横たわる直径 15.8 mm の曲面の縦軸に対し垂直に打撃を加えること。角形単電池は長側面と短側面の両方に打撃が加わるようその縦軸を中心に 90°回転させること。1 試料に 1 回のみ打撃を加えること。個々の試料は別々の打撃のために使用すること。

A coin or button cell is to be impacted with the flat surface of the sample parallel to the flat surface and the 15.8 mm diameter curved surface lying across its centre.

コイン又はボタン状単電池は、平面と平行に置いた試料の平面及び試料中央に横たわる直径 15.8 mm の曲面に打撃を加えること。

38.3.4.6.3 Requirement

38.3.4.6.3 要件

Cells and component cells meet this requirement if their external temperature does not exceed 170°C and there is no disassembly and no fire within six hours of this test.

外部温度が 170°C を超えずかつ、この試験の 6 時間以内に分解、破裂及び発火しないのであれば、単電池及び構成部品単電池はこの要件を満たしている。

38.3.4.7 *Test T.7: Overcharge*

38.3.4.7 試験 T.7 : 過充電

38.3.4.7.1 Purpose

38.3.4.7.1 目的

This test evaluates the ability of a rechargeable battery to withstand an overcharge condition.

本試験は、充電式組電池の耐過充電能力を評価する。

38.3.4.7.2 Test procedure

The charge currents shall be twice the manufacturer's recommended maximum continuous charge current. The minimum voltage of the test shall be as follows:

- (a) when the manufacturer's recommended charge voltage is not more than 18V, the minimum voltage of the test shall be the lesser of two times the maximum charge voltage of the battery or 22V.
- (b) when the manufacturer's recommended charge voltage is more than 18V, the minimum voltage of the test shall be 1.2 times the maximum charge voltage.

Tests are to be conducted at ambient temperature. The duration of the test shall be 24 hours.

38.3.4.7.3 Requirement

Rechargeable batteries meet this requirement if there is no disassembly and no fire within seven days of the test.

38.3.4.8 Test T.8: Forced discharge

38.3.4.8.1 Purpose

This test evaluates the ability of a primary or a rechargeable cell to withstand a forced discharge condition.

38.3.4.7.2 手順

充電電流は、製造業者が推薦する最大連続充電電流の 2 倍とする。試験の最低電圧は次のとおりとする:

- (a) 製造業者の推薦する充電電圧が 18 V 以下の場合、試験の最低電圧は、組電池の最大充電電圧の 2 倍又は 22 V のいずれか小さい方である。
- (b) 製造業者の推薦する充電電圧が 18 V を超える場合、試験の最低電圧は、最大充電電圧の 1.2 倍である。

試験は、周囲温度で行うこと。試験持続時間は、24 時間とする。

38.3.4.7.3 要件

再充電式組電池は、7 日間の試験期間内に分解及び発火しなければ、この試験要件を満たしている。

38.3.4.8 試験 T.8 : 強制放電

38.3.4.8.1 目的

本試験は、一次又は充電式単電池の耐強制放電条件を評価する。

38.3.4.8.2 Test procedure

Each cell shall be forced discharged at ambient temperature by connecting it in series with a 12V D.C. power supply at an initial current equal to the maximum discharge current specified by the manufacturer.

The specified discharge current is to be obtained by connecting a resistive load of the appropriate size and rating in series with the test cell. Each cell shall be forced discharged for a time interval (in hours) equal to its rated capacity divided by the initial test current (in ampere).

38.3.4.8.3 Requirement

Primary or rechargeable cells meet this requirement if there is no disassembly and no fire within seven days of the test.

38.3.4.8.2 試験手順

各単電池を 12 V 直流電源装置に直列に接続して、製造業者が指定した最大放電電流と同等の初期電流を周囲温度で強制放電させる。

定められた放電電流は、適切な大きさの負荷抵抗に接続し、試験単電池を直列にして得ること。各単電池は、初期試験電流(A)でその定格容量を割った値と同じ時間間隔(h)で強制放電すること。

38.3.4.8.3 要件

一次又は充電式単電池は、7 日間の試験期間内に分解及び発火しなければ、この要件を満たしている。

付録3 一般電装品の製作に対する要求仕様(案)

1. 適用範囲

この規定は、小型船舶に搭載される一般電装品(低圧制御盤類)の製作に対する要求仕様である。

なお、本仕様は、船舶設備規程、NK 鋼船規則、日本電機工業会規格(JEM)及び日本工業規格(JISF)を参考に作成した。

2. 使用条件

2.1 一般

特に指定が有る場合を除き、次の使用条件で支障なく、その性能を保持できなければならない。

2.2 温度及び湿度

温度及び湿度は、次による。

- a) 周囲温度の範囲は、0℃～45℃とする。
- b) 湿度は、上記温度で相対湿度 95%とする。

2.3 船体の傾斜角度(参考)

表 1 は、小型船舶を除いた船舶に適用されている規定であり、小型船舶向けの電装品を設計する上での参考として記載した。

表1 船体の傾斜角度

電 気 設 備 の 種 類	左右方向		前後方向	
	静的傾斜 (横傾斜)	動的傾斜 (ローリング)	静的傾斜 (縦傾斜)	動的傾斜 (ピッチング)
非常用電気設備、各種開閉装置(遮断器など)並びに電気及び電子器具	22.5°	22.5°	10°	10°
そ の 他 の 電 気 設 備	15°	22.5°	5°	7.5°

注 左右方向及び前後方向の傾斜は、同時に起こることを考慮しなければならない。

なお、表 1 は、NK 鋼船規則表 H1.2 の規定値であるが、前後方向の静的傾斜における「その他の電気設備」の 5° は、船舶設備規程第 177 条では、10° に規定されている。

2.4 船体の振動及び衝撃

通常の状態における振動及び衝撃に十分耐えるものとする。

3. 定格

3. 1 定格電圧

定格電圧は、直流 240～373V(参考)、交流は 250V 以下とする。

3. 2 定格周波数

定格周波数は、60Hzとする。

3. 3 警報及び通信回路の定格電圧

警報及び通信回路の定格電圧は、直流12Vもしくは24Vする。

4. 性能

4. 1 入力電圧及び入力周波数の許容変動(参考)

以下に記述の入力電圧及び入力周波数の許容変動値は、小型船舶を除いた船舶に適用されている規定であり、小型船舶向けの電装品を設計する上での参考として記載した。

定格入力周波数で入力電圧が定格値の 90%～106%に変化しても、また、定格入力電圧で入力周波が定格値の±5%に変化しても、支障なく動作しなければならない。

なお、過渡時には、定格入力周波数で入力電圧が定格値の±20%(1.5 秒)変化しても、また、定格入力電圧で入力周波数が定格値の±10%(5 秒)変化しても実用上支障なく動作しなければならない。

警報及び通信回路の電源が蓄電池などから給電される場合は、供給電圧が定格値の 75%～130%に変化しても支障なく動作しなければならない。

4. 2 耐電圧

6. 6によって試験したとき、これに耐えなければならない。

4. 3 絶縁抵抗

6. 7によって試験したとき、これを満足しなければならない。

5. 構造

5. 1 保護等級

盤は、使用条件に応じて、外来固形物及び水(液体)の侵入に対する保護及び感電に対する保護を目的とした表2及び表3の保護等級を満足しなければならない。

なお、IP○○


第1 特性数 第2 特性数

表2 外来物・感電に対する保護等級

(第1特性数字)

保護等級	保護性能
0	無保護
1	手などの外来物に対する保護
2	指などの外来物に対する保護
3	工具、鋼線など直径 2.5mm 以上の外来物が入らないもの
4	鋼線など直径1mm 以上の外来物が入らないもの
5	粉塵などの外来物の侵入によって有害な影響のないもの
6	粉塵などの外来物の入らないもの

表3 液体に対する保護等級

(第2特性数字)

保護等級	保護性能
0	無保護
1	垂直に落ちてくる水滴によって有害な影響のないもの
2	鉛直から 15° の範囲で落ちてくる水滴によって有害な影響のないもの
3	鉛直から 60° の降雨によって有害な影響のないもの
4	いかなる方向からの水の飛まつを受けても有害な影響のないもの
5	いかなる方向からの水の直接噴流を受けても有害な影響のないもの
6	いかなる方向からの水の直接噴流を受けても内部に水が入らないもの
7	定められた条件で水中に没しても内部に水が入らないもの
8	水中に常時没して使用できるもの ^(*1)

(*1) 試験方法は、使用者と製造者との協定による。

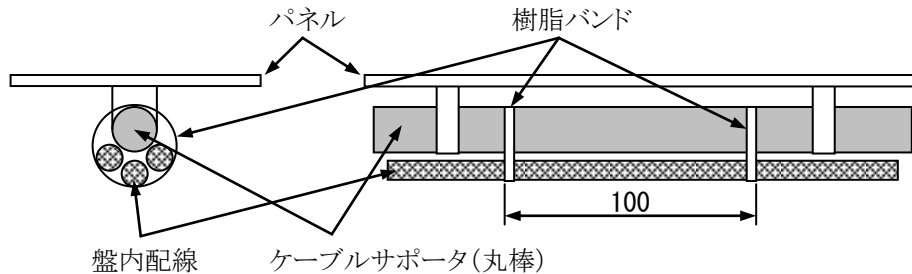
5. 2 絶縁距離(空間距離及び沿面距離)

空間距離及び沿面距離の最小値は、船舶設備規程第 178 条及び NK 鋼船規則表 H2.4、表 H2.7 による。

なお、末尾に空間距離及び沿面距離の考え方を添付する。

5.3 部品の固定

盤内に装備される部品は、“2.3 船体の傾斜角度”で規定された表1の動揺に対して、部品の移動及び外れが発生しないこと。また、盤内配線は、動力線と制御線に分けて、樹脂バンド(インシュロック)等により、100mm前後の間隔で箱体に固縛しなければならない。(以下に一例を示す。)



6. 試験及び検査

6.1 一般

組立完了品について、この規定を満足しなければならない。

6.2 試験及び検査の種類

試験及び検査の種類は、次による。

- a) 構造検査
- b) 回路検査
- c) 動作試験
- d) 耐電圧試験
- e) 絶縁抵抗試験

6.3 構造検査

主要寸法、材質、構造、部品の機械的動作、銘板、塗装などを検査する。

なお、装備場所に応じて耐震性及び保護構造に注意しなければならない。

6.4 回路検査

配線、接続などが接続図と相違しないか、また、電線の種類及び大きさ、接続部の締付け、部品の定格などが適正であるかを検査する。

6.5 動作試験

各回路につき、それぞれの条件で規定どおり動作することを検査する。この試験は、定格電圧及びその85%の電圧で行う。

6.6 耐電圧試験

すべての主回路の導電部を接続したものと、フレームとの間及び異極導電部との間に、商用周波数のなるべく正弦波形に近い表2の試験電圧を1分間加える。この場合、耐電圧試験の前に絶縁抵抗を測っておかなければならない。

なお、このとき、計器及び電子機器を外してもよい。

表4 試験電圧

単位 V

定格電圧	試験電圧
60 以下	500
60 超過	定格電圧の 2 倍 + 1000 (最小 1500)

6.7 絶縁抵抗試験

耐電圧試験終了後、すべての導電部を接続したものと、フレームとの間及び異極導電部との間の絶縁抵抗は、直流 500V の絶縁抵抗計で計測したとき、それぞれ 1M Ω 以上でなければならない。

以上

(参考)

空間距離及び沿面距離 (Clearance and Creepage Distance)

絶縁物で隔離することなく電氣的絶縁を達成するためには、空間距離、及び沿面距離の双方を確保する必要がある。

空間距離(clearance)

2つの導電性部分間の、空間を通る最短距離

沿面距離(creepage distance)

2つの導電性部分間の、絶縁物の表面に沿った最短距離

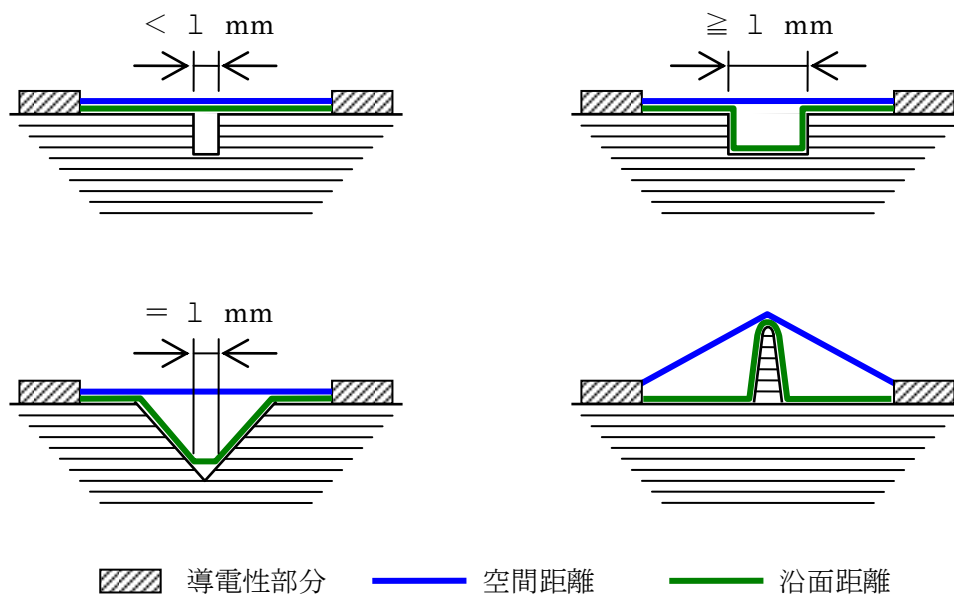


図 空間距離と沿面距離の例

絶縁を達成するために必要となる距離は、必要な絶縁の強度、動作電圧や想定される過電圧の程度、汚染度、絶縁物の耐トラッキング性などを含む、いくつかの要因の影響を受け、また、空間距離については、高度(標高)による補正が必要となる場合もある。

付録4 国内外の規格策定動向

(1) リチウム蓄電池の国際標準化の動向

a) 産業用

- IEC¹の技術委員会 TC²21 の傘下にある SC³21A で審議中
- IEC62620 で産業用(大容量)リチウムイオン電池の(単電池／組電池)の性能規格案を、IEC62619 で産業用(大容量)リチウムイオン電池の(単電池／組電池)の安全規格案を作成
- 日本は上記の国際標準(IEC規格)の先取りを行い、JIS化を早期に進める予定

b) 自動車用

- (標題仮訳)電気自動車の推進用二次リチウムイオンセル第1部:性能試験(IEC 62660-1 Ed. 1.0:2010 (b) 発行年月日 2010-12-16 TC 21 ICS 43.120)
- (標題仮訳)電気自動車の推進用二次リチウムイオンセル第2部:信頼性及び誤用試験(IEC 62660-2 Ed. 1.0:2010 (b) 発行年月日 2010-12-16 TC 21 ICS 43.120)

(2) 業界規格策定動向

- 産業用リチウム二次電池の安全性試験(単電池及び電池システム SBA S1101:2011)2011年7月発行

(3) 自動車国際基準の策定動向

- 国連欧州経済委員会自動車基準調和フォーラム(WP29⁴)において、自動車に搭載するリチウムイオン電池の安全基準を検討中
2012年5月の衝突安全専門分科会(GRSP⁵)で基準最終化の見込み

(4) 国連危険物輸送勧告

- リチウムイオン電池に係る試験基準は、国連危険物勧告試験基準第38.3節に記載されている。現行(2010年1月1日発効)の国際海上危険物規程(IMDG Code)では、国連危険物勧告試験基準の版は明記されていなかったが、第35-10改正(発効:2012年1月1日)で改正第5版を使用することが明記された(Resolution MSC.294(87)参照)。
- 我が国では、第35-10改正は2011年1月1日から危規則に取り入れられている。
- これらの基準は、基本的には貨物として電池を運送する際の安全確保を目的としているが、運送時以外の電池の安全確保にも有効と考えられている。

1 International Electro-technical Commission

2 Technical Committee

3 Sub Committee

4 WP29(World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations):自動車基準の国際調和と認証の相互承認を多国間で審議する唯一の場

5 The Working Party on Passive Safety