

Supported by  日本 THE NIPPON
財團 FOUNDATION

蓄電技術の標準化に関する調査研究



2013年3月

一般財団法人日本船舶技術研究協会

はしがき

本報告書は、日本財団の2012年度「船舶関係工業標準化事業」の調査研究の一環として、電気設備分科会のもとで独立行政法人海上技術安全研究所に委託して実施した「蓄電技術の標準化に関する調査研究」の成果をとりまとめたものである。

【目 次】

第1章 はじめに	1
第2章 新型蓄電技術の開発状況	2
2.1 ナトリウム硫黄（NAS）電池	2
2.1.1 構造	2
2.1.2 電池反応	3
2.1.3 特徴	3
2.1.4 開発状況	4
2.2 ニッケル水素電池	4
2.2.1 構造	4
2.2.2 電池反応	5
2.2.3 特徴	5
2.2.4 開発状況	6
2.3 リチウムイオン電池	6
2.3.1 構造	6
2.3.2 電池反応	8
2.3.3 特徴	9
2.3.4 開発状況	9
2.4 各種蓄電池の比較	11
第3章 新型蓄電技術の船舶への利用状況	12
3.1 大容量蓄電池の貨物船への適用	12
3.1.1 ハイブリッド自動車運搬船「EMERALD ACE」	12
3.1.2 自動車運搬船「アウリガ・リーダー」	13
3.1.3 タグボート用ハイブリッド推進システム	13
3.1.4 船舶用リチウムイオン電池システムの開発	14
3.2 小型旅客船の推進利用	15
3.2.1 電池推進船「らいちょう I」	15
3.2.2 ソーラー旅客船「アルクマール」	15

3.2.3 リチウムイオン電池推進船「あまのかわ」	16
3.2.4 電池駆動実験船「かがやき」	16
3.2.5 ソーラー船「SORA」	17
3.3 小型漁船への新型蓄電池の適用	18
3.3.1 小型電池推進漁船「らいちょう S」	18
3.3.2 ハイブリッド漁船	18
3.3.3 漁船用電動船外機	19
3.4 調査結果のまとめ	19
 第4章 新型蓄電技術に関する規則、規格の作成状況及び内容	21
4.1 國際規則・規格等	21
4.2 国内規則・規格等	21
4.3 公的機関の動向	25
4.3.1 東京消防庁	25
4.3.2 総務省消防庁	26
4.3.3 日本小型船舶検査機構（JCI）	26
4.4 その他の留意すべき規格等	26
4.5 調査結果のまとめ	28
 第5章 規格作成の必要性に関するヒアリング調査	29
5.1 船舶関連事業者等	29
5.2 運航事業者	32
5.3 国内電池関連メーカ	33
5.4 調査結果のまとめ	34
 第6章 規格作成の必要性と規格内容の検討	35
6.1 必要とされる新型蓄電技術に関する規格	35
6.2 必要とされる規格の構成案	36
 第7章 まとめ	38
おわりに	39
参考文献	40
付録　　船用電気設備「大容量電池システム」の規格案	42

第1章 はじめに

近年の化石燃料枯渇問題の顕在化や燃料価格の高騰による船舶運航費の増加に伴い、船舶運航時のエネルギーの高効率利用が求められている。この運航エネルギーの高効率利用技術の1つとして、リチウムイオン電池等の新型蓄電池の船舶への搭載がある。比較的大型の船舶においては、太陽光エネルギーや陸電システムの利用により、電気エネルギーを蓄電池に蓄え、航行時の動力エネルギーとして用いる技術開発や船内電力供給の補助、非常用電源としての活用が期待されている。一方、比較的小型の船舶におけるリチウムイオン電池等の新型蓄電技術は、大気汚染防止対策やCO₂排出削減対策等の観点から、観光船、旅客船、生簀用漁船、研究調査船等の小型船舶の推進動力源としての実用化、あるいは実用化に向けた活発な取り組みが行われている。

今後、リチウムイオン電池等の新型蓄電池の船舶関係への一層の利用が期待されており、技術開発及び普及の円滑な促進並びに適切な安全対策の構築の観点から規格化の必要性に関する検討を行うことが必要である。

本調査研究「蓄電技術の標準化に関する調査研究」では、リチウムイオン電池等の新型蓄電技術に関し、現状の利用状況、関係規則・規格の作成状況等の調査を行うとともに、規格作成の必要性に関する予備的な調査を行った。

本報告書第2章では、ナトリウム硫黄（NAS）電池、ニッケル水素電池並びにリチウムイオン電池等の新型蓄電池の構造や特徴並びに現在の開発状況についてまとめている。第3章では、新型蓄電技術の船舶への利用状況の調査結果についてまとめている。第4章では、リチウムイオン電池等の新型蓄電技術に関し、現状の国内外における関係規則・規格の作成状況等の調査を行った結果について述べている。第5章では、造船所や舶用機器メーカー等の船舶関連事業者、研究機関、運航事業者並びに電池関連メーカーを対象として、船舶に係る新型蓄電技術に関する規格作成の必要性についてのヒアリング調査の結果について記している。そして、第6章では、それまでの調査結果を踏まえて、船舶に特化した新型蓄電技術に関する規格作成の必要性とその規格の内容について検討している。

第2章 新型蓄電技術の開発状況

図2.1は現行で広く使われている蓄電池、大容量蓄電池として期待されている新型蓄電池、さらに将来の高性能蓄電池として期待されている次世代蓄電池についてまとめたものである。本調査研究では、新型蓄電池として、ナトリウム硫黄（NAS）電池、ニッケル水素電池およびリチウムイオン電池を主な調査対象とする。

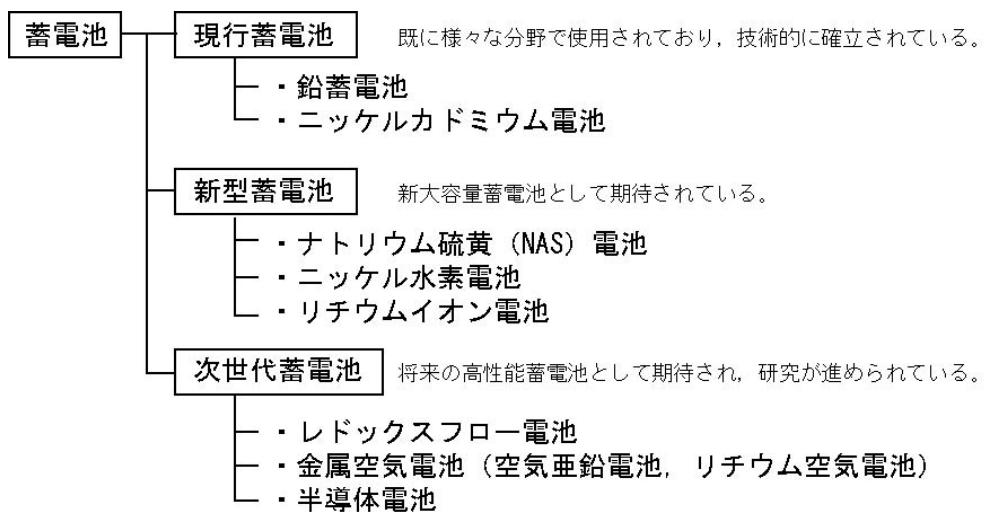


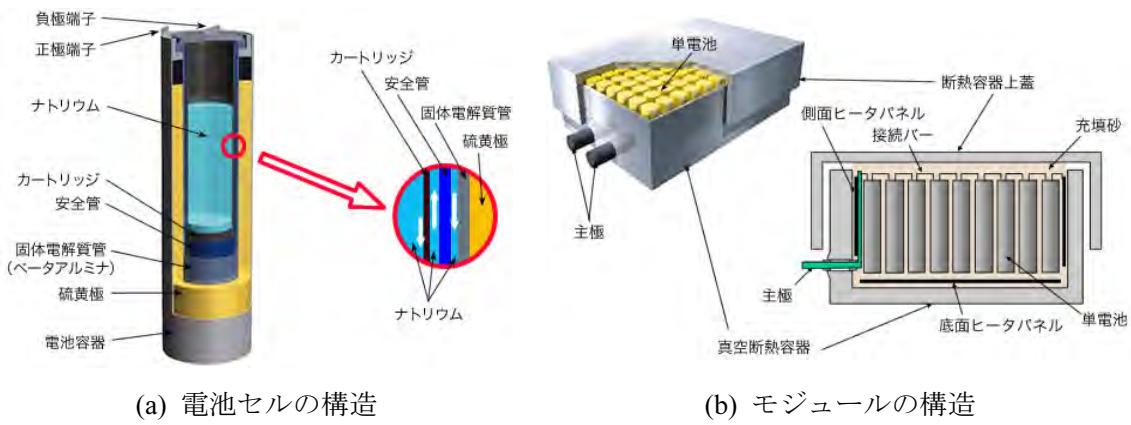
図2.1 蓄電池の種類

2.1 ナトリウム硫黄（NAS）電池

2.1.1 構造

図2.2にNAS電池の単電池（セル）およびモジュールの構造を示す^{(2-1),(2-2)}。同図のNAS電池のセルは円筒状の完全密封構造であり、活物質として負極にナトリウム（Na）、正極に硫黄（S）を使用している。約300°Cの動作温度域において、セル中のナトリウムと硫黄は液体となり、固体電解質のナトリウムイオン伝導性のベータアルミニナファインセラミックスで分離した構造となる。

また、NAS電池モジュールの構造は、約300°Cで動作させるための昇温保温機構が必要となり、この熱管理機構を含めてモジュールと呼ぶ。モジュールは断熱容器内部に電池セル、昇温・保温のためのヒータ、過電流から電池を守るためのヒューズ、モジュール内温度を均一に保ちかつ熱容量を付与しさらに非常時には自己消火剤としての機能を有する珪砂等を収納した構造となる。



(a) 電池セルの構造

(b) モジュールの構造

図 2.2 NAS 電池のセルの構造とモジュールの構造^{(2-1),(2-2)}

2.1.2 電池反応

図 2.3 に NAS 電池の反応機構のモデルを示す⁽²⁻³⁾。NAS 電池は活物質であるナトリウムおよび硫黄を溶融状態に保ち、負極の溶融ナトリウムは、ベータアルミナファインセラミックスとの界面で Na^+ に酸化され電解質を通って正極に移動する。正極では Na^+ が硫黄によって還元され五硫化ナトリウム (Na_2S_5) となる。

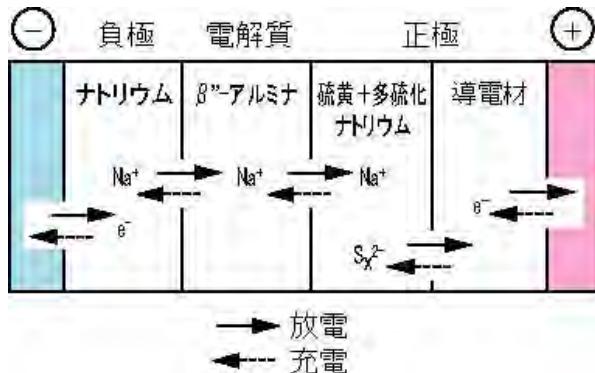


図 2.3 NAS 電池の反応機構

2.1.3 特徴

NAS 電池の特徴は以下の通りである⁽²⁻⁴⁾。

- ・イオン伝導のための溶媒が不要であり、エネルギー密度を高めることができる。鉛蓄電池の約 3 倍の体積エネルギー密度であり、鉛電池と比べて設置スペースを 1/3 にできる。
- ・原理上、自己放電が全くなく、充放電効率が高い。
- ・2,500 回以上の充放電が可能で、長期耐久性に優れている。
- ・完全密封型構造であるため、大気汚染物質を排出せず、環境に優しい。
- ・ポンプやバルブなどの駆動部がないため保守が容易である。
- ・作動温度域（約 300°C）を維持する必要がある。
- ・発火した場合、通常の水系消火薬は使用できず、一般の消防署では即応が難しい。なお、

消火には乾燥砂等を用いる必要がある。

2.1.4 開発状況

日本ガイシは 1984 年から東京電力と共同で、NAS 電池用固体電解質の開発を開始した。そして、2002 年には事業化、2003 年からは量産を開始し、現在、NAS 電池は日本ガイシ株式会社が唯一の量産メーカーとなっている。日本ガイシが開発している NAS 電池は、定格出力×6 時間相当のエネルギーを貯蔵することができ、複数の NAS 電池モジュールを直並列化することでメガワット規模の電力貯蔵システムを構築可能である。2011 年 3 月末時点で、NAS 電池は国内外含めて 174 か所の施設に設置されている⁽²⁻⁵⁾。

2011 年 9 月 21 日、三菱マテリアル筑波製作所に設置された東京電力所有の普及タイプの NAS 電池で火災事故が発生したため、全納入先事業者に NAS 電池利用蓄電システムの使用停止を要請した。その後、第三者事故調査委員会が火災原因究明報告と事故対策をまとめ、原因の究明と安全強化対策の確立し、2012 年 6 月から操業を再開している。

主な安全強化対策として、図 2.4 に示すような NAS 電池のモジュール電池の延焼防止対策が挙げられる⁽²⁻⁶⁾。また、その他の安全強化対策として、火災発生を早期に発見するための監視体制の強化、火災発生に備えた消火設備と防火備品の設置および消火体制の整備、火災発生に備えた避難経路の策定と誘導体制の整備等の対応が挙げられている。

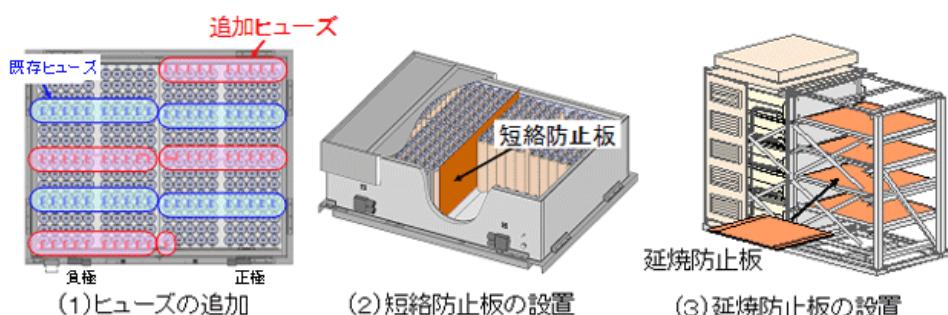


図 2.4 NAS 電池のモジュール電池の延焼防止対策⁽²⁻⁶⁾

2.2 ニッケル水素電池

2.2.1 構造

図 2.5 に示すニッケル水素電池の電池セルは、電解液を含浸させたセパレータで仕切られた正極板（ニッケル）及び負極板（水素吸蔵合金）をロール状にした構造であり、正極板及び負極板をそれぞれ正極端子、負極端子に接続した状態でスチール製のケースに収められ、その外側は絶縁チューブで覆われている。スチール製のケースは負極端子を兼ね、正極端子とは樹脂製のガスケットにより絶縁される。なお、正極端子には、内圧が異常に高まった場合に内部のガスを排出してケースの破裂を防ぐためのガス排出弁が取り付けられている。

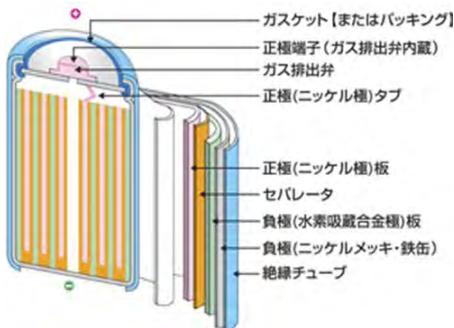


図 2.5 ニッケル水素電池セルの構造⁽²⁻⁶⁾

2.2.2 電池反応

図 2.6 にニッケル水素電池の反応機構を示す。ニッケル水素電池は、正極をオキシ水酸化ニッケル (2NiOOH)、負極を水素吸蔵合金 (M)、電解液を水酸化カリウム水溶液で構成する。放電時には、負極で水素吸蔵合金の水素が水酸化物イオンと反応し水と電子が生成され、放電時には、正極でオキシ水酸化ニッケルと水が電子を受け取り、水酸化ニッケル (Ni(OH)_2) と水酸化物イオンが生成される。全体としては、放電時に水素吸蔵合金とオキシ水酸化ニッケルが水と反応して水酸化ニッケルが発生し、充電時にこれと逆の反応が起こる。

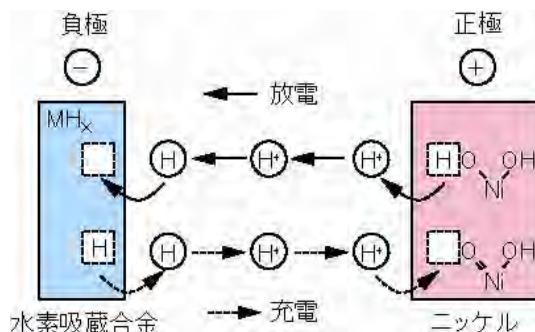


図 2.6 ニッケル水素電池の反応機構

2.2.3 特徴

ニッケル水素電池は、ニッケルカドミウム電池の約 2.5 倍の電気容量を持ち、有害物質のカドミウムを使用せず、環境への影響が少ないため、ニッケルカドミウム電池からニッケル水素電池への代替が進められてきた。ニッケル水素電池の特徴は以下の通りである⁽²⁻⁴⁾。

- ・ 内部抵抗が小さく、大電流放電が可能である。
- ・ ニッケルカドミウム電池には劣るもの、低温特性に優れ低温時の電圧降下が少ない。
- ・ メモリ効果がある（ニッケルカドミウム電池と比較すると小さい）。
- ・ ニッケルカドミウム電池に比べて過放電に弱く、完全放電すると電池が劣化し容量の低下が起こる。

- ・自己放電が大きい。
- ・満充電時に大きな発熱を伴うため、温度管理が重要である。
- ・充電状態管理のため、監視状態をリセットする必要がある。

2.2.4 開発状況

図 2.7 に川崎重工が開発したギガセル（登録商標）の構造を示す⁽²⁻⁸⁾。ギガセルは、隔壁によって直列接続される複数の単セルで構成され、隔壁の表・裏面がそれぞれ正極及び負極となるバイポーラ構造を用い、単セルの内部は、セパレータを挟んで正極及び負極の成形体（電極）が交互に積層する構造を用いたバイポーラ 3D 構造により、単セル内部および単セル間の接続によるエネルギー損失を抑え、大容量化および高速充放電を可能としたニッケル水素電池モジュールである。また、強制空冷ファンを装着した強力な放熱機構により、大出力で充放電しても温度上昇が少なく安全性が高い。

従来の円筒形ニッケル水素電池は、セパレータを挟んで正極および負極の各 1 枚の電極板を巻いた構造になっているため、高速充放電時の放熱が難しく、また各電池間をケーブル接続する際に発生するエネルギー損失もあり、電池の大容量化には限界があった。ギガセルではそれらの欠点を改良している。

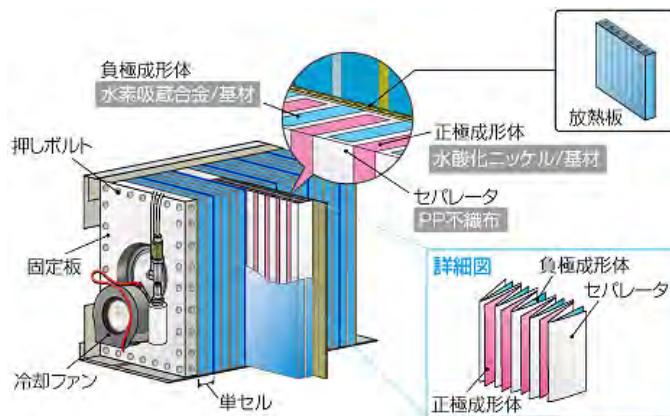


図 2.7 ギガセルと従来型ニッケル水素電池の構造⁽²⁻⁸⁾

2.3 リチウムイオン電池

2.3.1 構造

図 2.8 にリチウムイオン電池の電池セルの構造例を示す。同図に示す電池セルは、電解液を含浸させたセパレータで仕切られた正極板及び負極板を積層状にした構造であり、正極板及び負極板をそれぞれ正極端子、負極端子に接続した状態でケースに収められた構造である。ケースは負極端子を兼ね、正極端子とは樹脂製のガスケット及び絶縁板により絶縁される。なお、正極端子には、内圧が異常に高まった場合に内部のガスを排出してケースの破裂を防ぐためのガス排出弁が取り付けられている。また、ケース内には温度上昇によ

り抵抗が増大する PTC 素子が組み込まれ、温度上昇時に電流を遮断する機構が設けられている場合もある。

リチウムイオン電池は正極材料、負極材料、電解質及びセパレータの組み合わせにより多くの種類がある。特に正極材料は、電池の安全性（過熱時の酸素発生）に大きく影響する。表 2.1 にリチウムイオン電池の構成材料の組み合わせの例を示す。

また、リチウムイオン電池は、形状によって、円筒型、角型およびラミネート型が製品化されている。図 2.9(a)は、18650 と呼ばれる直径 18 mm、高さ 65 mm の円筒型リチウムイオン電池であり、ノート型パソコンや携帯電話などの蓄電池として広く使われている。図 2.9(b)は、携帯電話に使われている角型リチウムイオン電池である。図 2.9(c)はラミネート型リチウムイオン電池であり、一般にこのままの状態で市販されることではなく、パッケージ化（モジュール化）された状態で製品化されている（図 2.9(d)）。

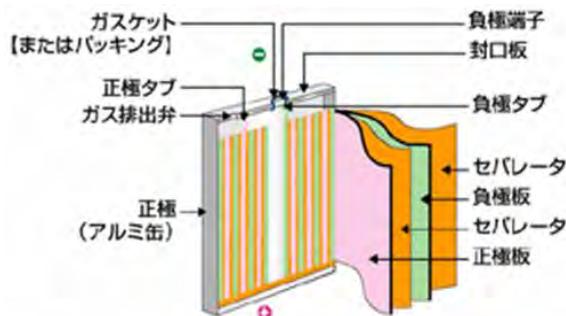


図 2.8 リチウムイオン電池の構造⁽²⁻⁶⁾

表 2.1 リチウムイオン電池の構成材料の組み合わせの例

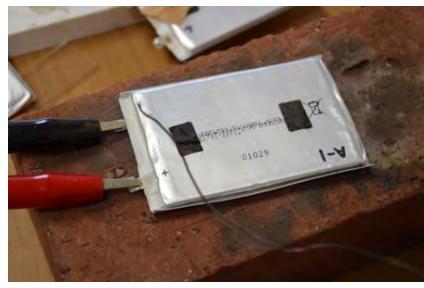
正極材料	コバルト酸リチウム (LiCoO_2) ニッケル酸リチウム (LiNiO_2) マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4) リン酸鉄リチウム (LiFePO_4) など
負極材料	黒鉛 (LiC_6) チタン酸リチウム ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) など
電解質	過塩素酸リチウム (LiClO_4) ヘキサフルオロリン酸リチウム (LiPF_6) ホウフッ化リチウム (LiBF_4) など
セパレータ	ポリエチレン (PE) ポリプロピレン (PP)



(a) 円筒型リチウムイオン電池 18650



(b) 角型リチウムイオン電池



(c) ラミネート型リチウムイオン電池



(d) ラミネート型電池モジュール

図 2.9 リチウムイオン電池の形状

2.3.2 電池反応

図 2.10 に正極にコバルト酸リチウムを使用したリチウムイオン電池の反応機構を示す。正極をコバルト酸リチウム、負極を黒鉛、電解液を有機溶媒にリチウム塩を溶解させた有機水溶液で構成される。充電時には、正極のコバルト酸リチウムより電子とリチウムイオンが生成する。このリチウムイオンは電解液およびセパレータを介して負極へと移動し黒鉛の層と層の間に吸収される。一方、電子は電池正極端子から外部電線および充電器を通り負極端子、負極へと移動する。放電時には負極で黒鉛から放出されたリチウムイオンが再度電解液とセパレータを介して正極へ移動しコバルト酸リチウムに戻り、電子は負極端子から外部電線、外部負荷を経由し正極端子、正極へと戻る。

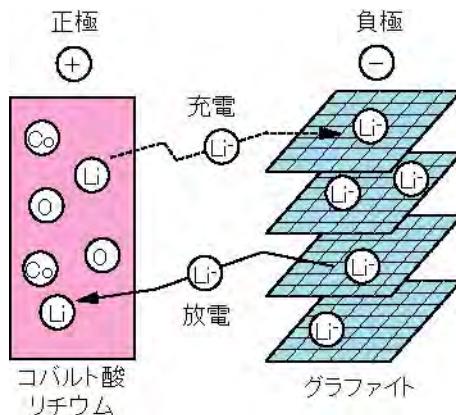


図 2.10 リチウムイオン電池の反応機構

2.3.3 特徴

リチウムイオン電池が発売された 1990 年代は、リチウムイオン電池は大電流放電に適さず、低温特性がニッケルカドミウム電池やニッケル水素電池よりも劣るといった短所があった。その後、改良がなされて大電流放電特性や低温放電特性はニッケルカドミウム電池やニッケル水素電池と同等程度に改善されている。

一方、現在のリチウムイオン電池は、過充電・過放電時の異常発熱や高コストといった短所が残されている。これらの短所を克服するため、極板や電解質等の研究が活発に進められており、その一部は製品化されている。

リチウムイオン電池の一般的な特徴は以下の通りである。

- ・他の蓄電池よりエネルギー密度が高い。
- ・メモリ効果がない。
- ・自己放電が少ない（ニッケルカドミウム電池やニッケル水素電池の 1/10 程度）。
- ・過充電、過放電ともに異常発熱の危険性があり、保護回路及び単電池毎の電圧管理が必要となる。
- ・コストが高い。

2.3.4 開発状況

図 2.11 に国内電池メーカーが開発している高性能リチウムイオン電池を示す。

図 2.11(a)は東芝が開発した SCiB (Super Charge ion Battery) である。負極材料にチタン酸リチウム ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) を用いたことを特徴とする。チタン酸リチウムは、それ自体が燃焼することのない安定的な物質であり、電解液との反応性も低いため高い安全性を持つ。また、内部インピーダンスが極めて低い構造となっており、充放電時の大電流入出力（充電時間は従来のリチウムイオン電池の 1/6 程度以下）や-30°C の低温動作可能などの高い性能を持つ。さらに、6000 回の充放電後の容量が 80 % と長寿命であり、内部短絡時に熱暴走しないといった特徴を有する。

図 2.11(b)は、日立ビーグルエナジーが開発したリチウムイオン電池である。同社では、ハイブリッド電気自動車 (HEV) やプラグイン・ハイブリッド電気自動車 (PHEV)，電気自動車 (EV) などの次世代自動車用途で開発が進められており、円筒形リチウムイオン電池セルの第 1 世代 (2000 年) では出力密度 2000 W/kg，第 2 世代 (2006 年) では出力密度 2600 W/kg，第 3 世代 (2010 年) では出力密度 3000 W/kg とリチウムイオン電池の高出力密度化を推進されている。第 4 世代 (2013 年予定) の角形リチウムイオン電池セルでは、マンガン系の新規正極材、電極の薄膜化、集電方法および形状の工夫による独自の電池構造を採用し、出力密度 4500 W/kg を達成している。

図 2.11(c)は、SONY 製のリチウムイオン電池モジュールであり、正極材料にオリビン型リン酸鉄リチウムを用いたことを特徴とする。オリビン型リン酸鉄リチウムは結晶構造が

強固で高温においても熱安定性が高いという性質を持つ。また、電気抵抗を低減することで高出力を可能にする粉体設計技術と従来のセル構造技術を併せて用いることで、高出力（出力密度 1800W/kg）・長寿命化（2000 回の充放電後の容量が 80%）を実現している。この電池モジュールは、データサーバ用バックアップ電源や携帯電話の無線基地局用バックアップ電源などの定置型電源用途として対応できる。

図 2.11(d)は、三菱重工が開発した容量 50Ah、電圧 3.7V の 185 Wh 級大容量リチウムイオン電池「MLiX」である。同社では、40 フィートコンテナ（長さ約 12 m）に 2000 個以上の MLiX を収め、最大出力 1 MW、蓄電容量 408 kWh のコンテナ型メガワット級大型蓄電システムの開発も進めている。コンテナを増設することにより最大出力を 20MkW まで拡張可能である。また、充放電を行うパワーコンディショナも同コンテナ内に収納され可搬可能である。

一方、海外（主に中国や韓国）では、安価なリチウムイオン電池が開発され、広く市販されている（図 2.12）。現状、入手しやすい大容量リチウムイオン電池の多くは海外製である。電池セルの詳細については、公開されていないことが多いが、最近ではリン酸鉄を正極材料とした電池が広く普及しているようである。



(a) 東芝製 SCiB 標準モジュール⁽²⁻⁹⁾



(b) 日立ビーグルエナジー製電池セル⁽²⁻¹⁰⁾



(c) SONY 製電池モジュール⁽²⁻¹¹⁾



(d) 三菱重工製大容量電池⁽²⁻¹²⁾

図 2.11 最近の国産リチウムイオン電池



(a) 12 V - 40 Ah リチウムイオン電池

(b) 12 V - 3 Ah リチウムイオン電池

図 2.12 海外製リチウムイオン電池の一例

2.4 各種蓄電池の比較

図 2.13 は、家電用や産業用、自動車用に開発されている各種蓄電池のエネルギー密度を示したものである⁽²⁻¹³⁾。これより、リチウムイオン電池は、鉛蓄電池やニッケル水素電池と比べて、エネルギー密度が大きく、軽くて小さい蓄電システムの構築が可能であることがわかる。

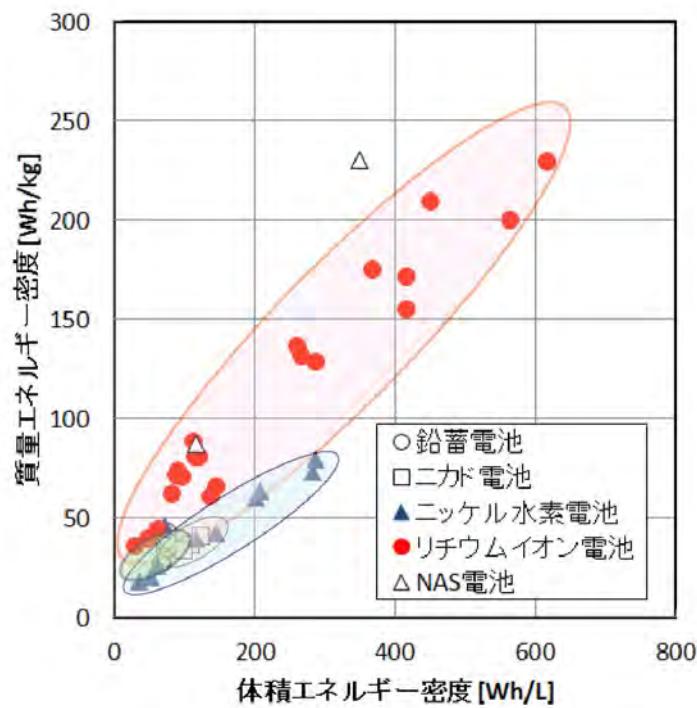


図 2.13 各種蓄電池のエネルギー密度

第3章 新型蓄電技術の船舶への利用状況

リチウムイオン電池をはじめとした新型蓄電池は、エネルギー平滑化などの産業用、パソコンや携帯電話、カメラなどの民生用、ハイブリッド自動車や電気自動車（EV）など運輸機器の様々な陸上分野で幅広く使用されるようになっている⁽³⁻¹⁾。

一方、船舶の分野においても、研究開発プロジェクトの一環として大容量新型蓄電池を搭載した船舶の試験航行や小型船舶の電池推進化など、環境調和性に優れた船舶の技術開発のために徐々に使われはじめている。以下、新型蓄電技術の船舶への利用状況の調査結果について記す。

3.1 大容量蓄電池の貨物船への適用

大容量蓄電池の貨物船への適用例としては、以下のような事例がある。いずれも、研究開発プロジェクトの一環として大容量蓄電池を搭載しており、試験的な使用に留まっている状況である。

3.1.1 ハイブリッド自動車運搬船「EMERALD ACE」

図3.1に示すハイブリッド自動車運搬船「EMERALD ACE」（全長199.99m、全幅32.26m、喫水9.725m）は、基準小型車換算で6,400台の載貨台数を持つ大型船である。本船には、商船三井、三菱重工業およびパナソニックエナジー社が共同で開発した太陽光発電システムとリチウムイオン電池を組み合わせたハイブリッド電力給電システムを搭載している。このシステムは、国土交通省の「船舶からのCO₂削減技術開発支援事業」の補助対象事業並びに日本海事協会の「国際海運における温室効果ガス削減技術に関する研究開発」の共同研究テーマとして採択され、研究・開発が進められ、2012年6月に竣工した⁽³⁻²⁾。

本船は、停泊中にディーゼル発電機を停止し、太陽光パネルで発電した直流電流を250kWパワーコンディショナで直流から交流に変換して船内に給電するほか、直流電流のまま、リチウムイオン電池に蓄電することで停泊中のゼロエミッションを目指している。

蓄電システムは、312本のリチウムイオン電池で構成したバッテリモジュールを1,040個搭載し、これを20モジュールずつ収納した52個の電源ユニットを並列接続する^{(3-3),(3-4)}。全体で30万本以上の電池セルが内蔵される。これにより、電気自動車100台分に当たる約2.2MWhの電力量を実力値で備えており、大洋航海中に太陽光発電システムで発電した電力を蓄え、港内では蓄えた電力で船内の電力を賄うことができる。



(a) エメラルドエース外観



(b) 搭載されたリチウムイオン電池セル

図 3.1 エメラルドエースの外観及びリチウムイオン電池^{(3-3),(3-4)}

3.1.2 自動車運搬船「アーリガ・リーダー」

図 3.2 に示す自動車運搬船「アーリガ・リーダー (Auriga Leader)」(全長 199.99 m, 全幅 32.26 m, 型深 34.52 m) は、日本郵船が運航する最大積載自動車数 6200 台の大型船である。本船は 2008 年 12 月に竣工後、太陽光パネルの発電状況や耐久性を検証してきた。その結果、大容量蓄電池を利用して、電力系統への給電量を平滑化させるシステムが発電状態を安定させることに有効であることが確認された。そのため、日本郵船、川崎重工業、MTI および日本海事協会は、国土交通省の「船舶からの CO₂ 削減技術開発支援事業」の補助を受けて、40 kW 級の太陽光発電システムと 100 kWh の大容量ニッケル水素電池「ギガセル」(川崎重工業) を組み合わせたハイブリッド電力給電システムを本船に搭載し、実証実験を行っている⁽³⁻⁵⁾。



図 3.2 アーリガ・リーダーの外観⁽³⁻⁶⁾

3.1.3 タグボート用ハイブリッド推進システム

図 3.3 に示す新潟原動機らが開発したタグボート用ハイブリッド推進システムは、ハイブリッド自動車と同様にエンジン、モータおよびリチウムイオン電池を用いた推進システムであり、従来同型機関に比べて、約 20 % の燃料消費量を低減することを目指している^{(3-7),(3-8)}。駆動源（主機関、モータ）、電力供給源（ディーゼル発電機関、高性能リチウムイオン電池）

がそれぞれ2つずつあり、それらの組み合わせにより、状況に応じた高効率な運転が可能である。また、低速航行時に積極的に高性能リチウムイオン電池を用い、主機関を停止させることにより燃料消費量を削減できること、急激な負荷変動に対してモータが主機関をアシストすることにより瞬時の黒煙排出を防止できるといった特徴がある。

本船は、2013年2月に京浜ドック追浜工場で完工後、主として横浜港での曳船作業に従事し、様々な検証作業が行われる予定とされている⁽³⁻⁹⁾。

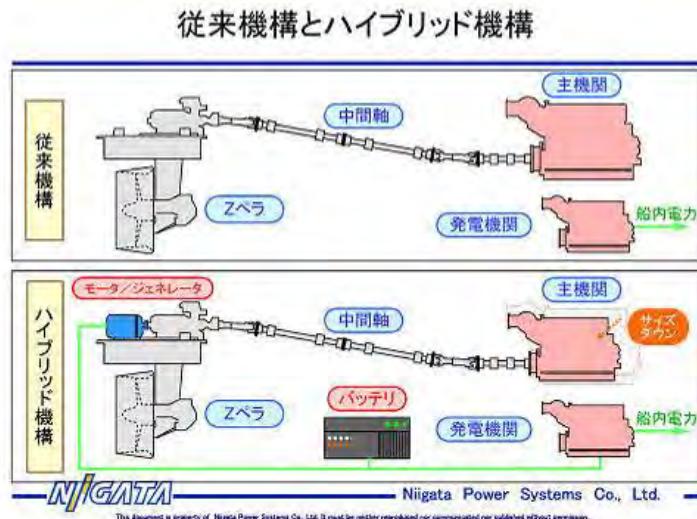


図3.3 新潟原動機製タグボート用ハイブリッド推進システムの概要⁽³⁻⁷⁾

3.1.4 船舶用リチウムイオン電池システムの開発

船舶用電気機器メーカーの渦潮電機は、2010年頃から船舶用リチウムイオン電池の開発を始め、船舶の電源設備のハイブリッド化や環境負荷の低減をターゲットとした高付加価値製品の開発を進めている。2012年4月には、東京ビッグサイトで開催されたSEA JAPAN 2012において、同社で開発したリチウムイオン電池システムを出展している（図3.4）。



図3.4 船舶用リチウムイオン電池システム（SEA JAPAN 2012）⁽³⁻¹⁰⁾

3.2 小型旅客船の推進利用

リチウムイオン電池等の新型蓄電池の低コスト化に伴い、大容量蓄電池を搭載した小型船舶として、数隻の電池推進船が開発されている。以下、代表的な小型電池推進船の開発状況について記す。

3.2.1 電池推進船「らいちょうⅠ」

図3.5は、東京海洋大学らが平成22年に開発した「らいちょうⅠ」（全長約10m、全幅約2.3m、全深さ約1.2m、定員12名（乗組員2名、旅客10名））である。本船は、リチウムイオン電池および推進モータを動力とすることで、航行中に排気ガスや二酸化炭素を出さないこと、急速充電対応型の高出力蓄電池（蓄電池容量約18kWh）を搭載していることなどの特徴を有している。電動推進機の出力は25kW、計画速力は1/2載荷状態において約10knot、満載状態において約8.5knot、充電時間は30分、連続航行時間は45分である^{(3-11),(3-12)}。



図3.5 急速充電対応型電池推進船「らいちょうⅠ」⁽³⁻¹¹⁾

3.2.2 ソーラー旅客船「アルクマール」

図3.6に示すアルクマール（全長11.98m、全幅3.91m、深さ0.89m）は、太陽光発電パネルおよびリチウムイオン電池を搭載した定員乗組員52名のモータ推進船であり、2010年にハウステンボス（長崎県佐世保市）、長崎総合科学大学、長菱制御システム、前畑造船、長崎県工業技術センター等が開発した。推進には約18.5kWの電動機2台を用いている。

2010年7月、アルクマールは停留中にリチウムイオン電池の爆発事故を起こしており、日本小型船舶検査機構（JCI）により、事故原因を踏まえた安全対策について検討されている（4.3.3項参照）⁽³⁻¹³⁾。



図 3.6 ソーラー旅客船「アルクマール」⁽³⁻¹⁴⁾

3.2.3 リチウムイオン電池推進船「あまのかわ」

図 3.7 に示すリチウムイオン電池推進船「あまのかわ」（全長 15 m, 全幅 3.2 m, 水面からの高さ 1.6 m）は、リチウムイオン電池および電動推進モータを搭載し、屋根上のソーラーパネルを設置した定員 42 名の電池推進旅客船である。最大速力は 4 knot 程度、推進電動機の出力は 22 kW であり、伴ピーアールによって大阪の東横堀川などで観光用船として運航されている。船体の製作はツネイシクラフト＆ファシリティーズ、電気推進機器の製作は大洋電機、リチウムイオン電池は三菱重工業製が採用され、2012 年に就航した⁽³⁻¹⁵⁾。



(a) あまのかわの外観

(b) 屋根上のソーラーパネル

図 3.7 リチウムイオン電池推進船「あまのかわ」⁽³⁻¹⁶⁾

3.2.4 電池駆動実験船「かがやき」

図 3.8 に示す電池駆動実験船「かがやき」（全長 12.06 m, 全幅 3.08 m, 深さ 0.98 m）は、120 Ah (320V) のリン酸鉄系リチウムイオン電池および 50 kW の電動推進モータ 2 台によりジェット推進器を稼働する定員乗組員 13 名の電池駆動実験船である。近畿経済産業局のプロジェクトにおいて、ふくい産業支援センター、福井大学、ナノリサーチ、アイエフ産

業、マイクロ・ビーグル・ラボ、エレクセル、ニシエフ等が参加し、2011年に開発した⁽³⁻¹⁷⁾。



(a) かがやきの外観

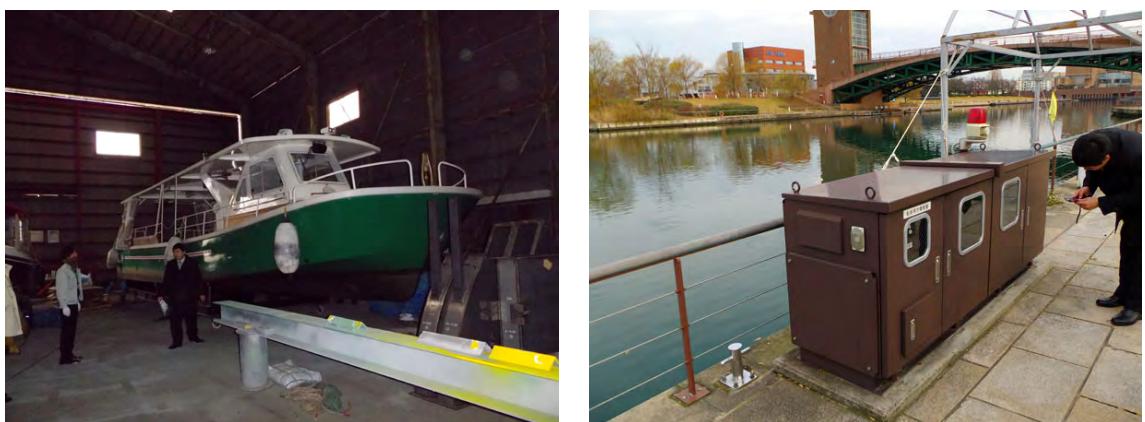
(b) 充電装置

図 3.8 電池駆動実験船「かがやき」⁽³⁻¹⁷⁾

3.2.5 ソーラー船「SORA」

図 3.9 に示すソーラー船「SORA」（全長 12.58 m, 全幅 3.26 m, 喫水 0.5m, 乗客定員 40 人）は、新日本海重工業と富山県観光課が運航する観光用の小型船である⁽³⁻¹⁸⁾。本船には、推進電力用の直流 96 V 系電源（総電気容量 1200 Ah）と電気機器用の直流 24 V 系電源（総電気容量 400 Ah）が搭載されており、どちらの蓄電池も国産のディープサイクル鉛蓄電池が用いられている。4 knot 航行時の連続航行時間は 7 時間以上、連続航行距離は 28 mile 以上とされている。これらの蓄電池は、最大出力 55 W の太陽電池が設置されており、ソーラー発電と陸上からの商用電源により充電される。

なお、本船は本調査研究で対象としている新型蓄電池を搭載している船舶ではないが、実運用をしている電池推進船の実例として紹介している。



(a) SORA の外観

(b) 陸電設備

図 3.9 ソーラー船「SORA」

3.3 小型漁船への新型蓄電池の適用

3.3.1 小型電池推進漁船「らいちょう S」

図 3.10 に示す小型電池推進漁船「らいちょう S」（全長 8.02 m, 全幅 2.24 m, 全深さ 0.85 m, 総トン数 1.3 ton）は、リチウムイオン電池を搭載したモータ駆動のウォータージェット推進船であり、2011 年に東京海洋大学、東京船舶電機（株）、（株）アルバック、（株）石垣、中国塗料（株）により開発された。蓄電池容量 18 kWh (SOC 80%) の急速充電対応型リチウムイオン電池を搭載し、推進力には電動機推進器出力 25 kW のウォータージェット推進器を用いている。定員乗組員 11 名、重荷時、速力 10 knot で航行可能である。らいちょう S は、長崎県対馬市豆酈漁港の漁港エコ化事業において実証実験が行われている⁽³⁻¹⁹⁾。



図 3.10 小型電池推進漁船「らいちょう S」⁽³⁻¹⁹⁾

3.3.2 ハイブリッド漁船

大阪市立大学の南繁行特任教授らは、エンジンと電気モータの 2 つの動力源を持つハイブリッド漁船の研究開発を進めている。図 3.11 に示すハイブリッド漁船「PHEB-2」は、既存のディーゼルエンジン推進漁船（全長 12 m）に蓄電池と推進用電動モータを取り付けており、電池推進の制御性や振動騒音特性等を調べる実験を行っている^{(3-20),(3-21)}。南繁行特任教授らが研究開発を進めているハイブリッド船の多くは、蓄電池に鉛蓄電池を搭載しているが、一部の実験船では国産のリチウムイオン電池を使用しているとのことである。

また、南繁行特任教授らは、古野電気や兵庫県立工業技術センターとともに、漁業従事者の負担低減を目指して、ハイブリッド船による省エネ型定点航行システムの開発を進めている。本船は、ディーゼルエンジンとプロペラの間にモータが配置され、モータには容量 10 kWh のリチウムイオン電池が接続されている。低速であればリチウムイオン電池により約 20 km の航行が可能となっている。



図 3.11 ハイブリッド漁船「PHEB-2」⁽³⁻²¹⁾

3.3.3 漁船用電動船外機

水産庁は、アイテイオー、越智造船所、海洋水産システム協会と共同で、2013年度末までにCO₂排出量を50%以上削減するモータとリチウムイオン電池を搭載した電動漁船の開発を行っている⁽³⁻²²⁾。

図3.12に示すような電動漁船の実験船として、長さ6m級2隻および10m級1隻の開発が行われており、既に北海道、沖縄県、三重県の3カ所で実証実験が始まられている。2012年度には新たに10m級の船数隻の実験が予定されている。



(a) 電動漁船の外観



(b) 電動船外機

図 3.12 電動漁船の外観

3.4 調査結果のまとめ

本章では、新型蓄電技術の船舶への利用状況の調査結果について述べた。表3.1は新型蓄電池を搭載した船舶の年別推移を示している。これらの調査結果より、新型蓄電池の船舶への搭載は、小型船舶を中心に年々増加している状況にあることがわかった。また、これらの船舶のほとんどは、試験的な運航、または建造時の個別検査で対応されているのが実情であり、今後の発展によっては、安全面の対応を含めた適切な規格化が必要になるものと考えられる。

表 3.1 新型蓄電池を搭載した船舶の年別推移

年	船舶
2008	●自動車運搬船「アシリガ・リーダー」(日本郵船)
2010	●急速充電対応型電池推進船「らいちょう I」(東京海洋大学) ●旅客ソーラーシップ「アルクマール」(ハウステンボス) ●6 m 級電動漁船 (アイテイオー)
2011	●電池駆動実験船「かがやき」(近畿経済産業局) ●小型電池推進漁船「らいちょう S」(東京海洋大学) ●6 m 級電動漁船 2 隻 (アイテイオー) ●10 m 級電動漁船 3 隻 (アイテイオー, ミツイワ)
2012	●ハイブリッド自動車運搬船「EMERALD ACE」(商船三井) ●リチウムイオン電池推進旅客船 (伴ピーアール) ●ハイブリッド漁船 (古野電気, 兵庫県立工業技術センター, 大阪市立大学) ●6 m 級電動漁船 (アイテイオー) ●10 m 級電動漁船 (アイテイオー)

第4章 新型蓄電技術に関する規則・規格の作成状況及び内容

本章では、リチウムイオン電池等の新型蓄電技術に関し、現状の国内外における関係規則・規格の作成状況等の調査を行った結果について述べる。

4.1 国際規則・規格等

本調査研究を実施した段階では、船舶に特化した新型蓄電池に関連する国際規則・規格は見当たらなかった。一方、産業用あるいは自動車用の大容量リチウムイオン電池の規格化のため、いくつかの国際規格が公開されている。

表4.1は、主にリチウムイオン電池に関連した国際規則・規格等の概要をまとめている。既に公開されている公的な国際規格としては、国際連合（UN）による危険物輸送勧告とそれに基づく国連危険物勧告試験基準がある。

IEC（国際電気標準会議、International Electrotechnical Commission）では、既に電気自動車推進用リチウムイオン電池に特化した規格（IEC 62660）を発行しており、産業用リチウムイオン電池に関するいくつかの規格化が審議されている。

非営利民間企業のUL（Underwriters Laboratories Inc., アメリカ）や安全性試験を請け負う民間企業テュフ・ラインランド（TÜV Rheinland, ドイツ）では、リチウムイオン電池の安全性認証試験の方法を公開し、各種試験を実施している。

4.2 国内規則・規格等

表4.2に蓄電池に関連する主な国内規則・規格等をまとめている。表4.2(a)に示すように、2010年以降、大容量化された産業用リチウムイオン電池に関連したいくつかの規格が発行されている。2012年に発行されたJIS C 8715では、産業用リチウムイオン電池の性能及び表示要求事項、安全性要求事項について規格化されており、安全性試験方法について詳細に記されている（表4.3参照）。

表4.2(b)には、リチウムイオン電池以外の主なJIS規格をまとめている。これらには、従来型蓄電池を含めているが、今後、新型蓄電池の規格化を検討する際にはこれらの既存の規格を参考にすることとなる。船舶に特化した蓄電池に関するJIS規格は、JIS F 8068とJIS F 8101である。これらは従来型蓄電池（鉛蓄電池）を対象としており、リチウムイオン電池を含めた新型蓄電池は対象とされていない。

表 4.1 現状の主な国際規格（審議中を含む）

規則・規格	概要
UN Manual of Test and Criteria. Part III, subsection 38.3 :2003	国連による危険物輸送に関する規制勧告に基づく試験基準マニュアル。リチウムイオン電池の安全性認証試験条件として、振動試験、衝撃試験、衝突試験、高度模擬試験、温度試験、外部短絡試験、過充電試験、強制放電試験の方法が明記されている。 (国連危険物勧告試験基準第5版第38.3節)
IEC 62660: 2010	電気自動車推進用リチウムイオン電池の性能試験、信頼性等が明記されている。 Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Part 1: Performance testing Part 2: Reliability and abuse testing
IEC 62619 (審議中)	アルカリまたはその他の酸を含まない電解液の二次単電池と蓄電池－産業用途のリチウム二次単電池と蓄電池安全性要求事項 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for large format secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications 産業用リチウムイオン電池の安全規格案および性能規格案
IEC 62620 (審議中)	アルカリまたはその他の酸を含まない電解液の二次単電池と蓄電池－産業用途のリチウム二次単電池と蓄電池 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Large format secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications
UL 1642: 1999 Lithium Batteries :	リチウムイオン電池の安全性認証試験条件として、振動試験、高度模擬試験、衝突試験、衝撃試験、熱サイクル試験、高温試験、外部短絡試験、過充電試験、強制放電試験の方法が記されている。
TÜV Rheinland Japan Ltd. : Abuse Test Manual for Lithium-ion cells v.2 : 2011	リチウムイオン電池の安全性認証試験条件として、振動試験、落下試験、貫通試験、海水浸水試験、衝突試験、熱サイクル試験、高温試験、外部短絡試験、過充電試験、過放電試験の方法が記されている。

表 4.2 現状の主な国内規格

(a) リチウムイオン電池に関する規格

規則・規格	概要
JIS C 8711: 2006 ポータブル機器用リチウム二次電池	ポータブル機器用のリチウム二次電池の単電池及び組電池における性能試験、呼び方、表示、寸法及びその他の要求事項について規定
JIS C 8714: 2007 携帯電子機器用リチウムイオン蓄電池の単電池及び組電池	携帯電子機器に使用する円筒形のリチウムイオン蓄電池、角形のリチウムイオン蓄電池及びリチウムイオンポリマー蓄電池について、通常使用時並びに予見可能な誤使用時に対する安全性試験方法について規定
JIS C 8715-1: 2012 産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム －第1部：性能要求事項	産業用リチウム二次電池の性能及び表示要求事項について規定
JIS C 8715-2: 2012 産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム －第2部：安全性要求事項	産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システムの安全性要求事項について規定
SBA S 1101: 2011 産業用リチウムイオン二次電池の安全性試験（単電池及び電池システム）	電池工業会規格 産業用リチウム二次電池及び電池システムの安全性試験について規定
JEAC 5006-2010 電力貯蔵用電池規程	日本電気協会 NAS電池、レドックスフロー電池等の技術的事項を規定（H12年）、リチウムイオン電池の追加（H18、H19年）およびニッケル水素電池の追加（2010年）

表 4.2 現状の主な国内規格

(b) リチウムイオン電池以外の主な JIS 規格（従来型蓄電池を含む）

規則・規格	概要
JIS C 8701: 1975 可搬鉛蓄電池	電気通信、実験、医療などの電源に使う可搬のペースト式鉛蓄電池について規定
JIS C 8702-1 : 2009 小形制御弁式鉛蓄電池 －第 1 部：一般要求事項、機能特性及び試験方法	補水を必要としないサイクル仕様用、トリクル仕様用及び浮動仕様用小形制御弁式鉛蓄電池の一般要求事項及び機能特性並びにこれに対応する試験方法について規定
JIS C 8702-2 : 2009 小形制御弁式鉛蓄電池 －第 2 部：寸法、端子及び表示	小形制御弁式鉛蓄電池の寸法、端子及び表示について規定
JIS C 8702-3 : 2009 小形制御弁式鉛蓄電池 －第 3 部：電気機器への使用に際しての安全性	小形制御弁式鉛蓄電池について、人、資材に対する危険及び被害を防止するための規定
JIS C 8704-1 : 2006 据置鉛蓄電池 －一般の要求事項及び試験方法 －第 1 部：ベント形	負荷または直流電源に常に接続するベント形据置鉛蓄電池の一般的な要求事項並びに主要特性及びその試験方法について規定
JIS C 8704-2-1 : 2006 据置鉛蓄電池 －第 2-1 部：制御弁式－試験方法	負荷及び直流電源に常に接続され、一般に、定置状態で用いる制御弁式据置鉛蓄電池の試験方法について規定
JIS C 8704-2-2 : 2006 据置鉛蓄電池 －第 2-2 部：制御弁式－要求事項	荷及び直流電源に常に接続され、一般に定置状態で用いる制御弁式据置鉛蓄電池の要求事項について規定
JIS C 8708 : 2007 密閉形ニッケル・水素蓄電池	小形角形、円筒形及びボタン形の密閉形ニッケル・水素蓄電池の試験方法及び要求事項について規定
JIS C 8712: 2006 密閉形小形二次電池の安全性	ポータブル機器用に使用するニッケル・カドミウム蓄電池、ニッケル・水素蓄電池及びリチウム二次電池の単電池並びに組電池の通常使用時及び予見可能な誤使用時における安全な作動の要求事項及び試験方法について規定
JIS C 8713: 2006 密閉形小形二次電池の機械的試験	密閉形小形二次電池及び組電池の取扱い、並びに通常の使用における機械的特性を確認するための試験及び要件について規定
JIS C 8708: 2007 密閉形ニッケル・水素蓄電池	携帯電子機器に使用する円筒形のリチウムイオン蓄電池、角形のリチウムイオン蓄電池及びリチウムイオンポリマー蓄電池について、通常使用時並びに予見可能な誤使用時に対する安全性試験方法について規定
JIS D 1303 : 2004 電気自動車－電池－充電効率試験方法	電気自動車用電池の単位電池の充電効率を求める試験方法について規定
JIS F 8068 : 1996 舶用電気設備 第 305 部 機器－電池	船内に恒久的に装備される蓄電池に適用。傾斜、トレイ、銘板等について規定
JIS F 8101 : 2003 舶用鉛蓄電池	船で、通信、灯火、非常用、エンジン始動用などの電源に使用する鉛蓄電池について規定

表 4.3 単電池および電池システムの試験概要 (JIS C 8715-2 より一部抜粋)

試験名	条件概要	評価基準
過充電電圧制御確認試験	メーカーが設定した上限充電電圧の 1.1 倍の充電電圧に設定し、最大充電電流値で充電し、BMU により動作が停止するまで行う。	破裂なし、発火なし セル電圧が上限電圧を超えない、電池システムの全機能が正常である
過大充電電流制御確認試験	メーカーが設定した最大充電電流値の 1.2 倍で充電し、BMU により動作が停止するまで行う。	破裂なし、発火なし 過大電流を検出して充電が停止する 電池システムの全機能が正常である
充電時過熱制御確認試験	メーカーが設定した電流値で、定格容量の 50 %まで充電、上限温度に対して 5 °C 高い温度に設定して、メーカーが設定した電流値で充電し、BMU により動作が停止するまで行う。	破裂なし、発火なし 上限温度を検出して充電が停止する。 電池システムの全機能が正常である。
耐内部短絡試験 (セル)	電池内にニッケル小片を入れて短絡させる。	発火なし
耐類焼試験 (モジュール、電池システム)	内部のセルを熱暴走するまで加熱、1 h 放置する。	電池システム筐体からの発火なし。

耐内部短絡試験、耐類焼試験はどちらか一方を実施すればよい。

4.3 公的機関の動向

リチウムイオン電池は、携帯電話やパソコン等様々な用途に使用されており、近年では電気自動車や家庭用蓄電池にも使用され、広く国民生活に普及している。一方、リチウムイオン電池の電解液には、石油類と同様の引火性液体が使われており、一部では火災事故が起こっている。そのようなことから、公的機関はリチウムイオン電池の安全対策を目的とした調査を行い、以下に示すような調査報告書を発行している。

4.3.1 東京消防庁

2011 年、東京消防庁は、「リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の普及に対応した火災予防対策等検討委員会報告書」を作成し、陸上におけるリチウムイオン電池を用いた蓄電・貯蔵設備の設置に関して、BMS (バッテリーマネジメントシステム) などの制御装置の設置の必要性、適切な維持管理の必要性、窒素ガス消火設備の有効性等、火災予防上の措置に関する提言がなされた。

4.3.2 総務省消防庁

2011 年、総務省消防庁は「リチウムイオン電池に関する危険物施設の安全対策のあり方に関する検討報告書」を作成し、リチウムイオン電池の火災危険性を再検証し、貯蔵・運用における危険物施設の合理的な安全対策を提示することを目的として、蓄電池の設置・貯蔵に関する安全対策を検討した。

4.3.3 日本小型船舶検査機構（JCI）

日本小型船舶検査機構（JCI）は、平成 22 年 7 月に長崎県ハウステンボスにおいて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、事故の再発防止に資することを目的とした調査研究を行った。

同機構が 2012 年に発行した「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報告書」では、リチウムイオン電池の品質や要求すべき船体構造、船舶の設計に係る安全対策等のハード面における安全対策、運航者が留意することが望ましい事項等のソフト面における安全対策を提言している。

4.4 その他の留意すべき規格等

以上に述べた蓄電池に関する規格の他、大容量蓄電池を船舶に適用する際に留意する必要がある規格等を表 4.4 にまとめておく。

例えば、JIS F 8073 では、船舶の電気推進装置に対する要求事項として、発電機、原動機、周辺電気機器の仕様、システム設計、据付及び試験について規定されている。

日本海事協会（NK）が発行している鋼船規則 H 編では、常設して使用されるベント形二次電池（充放電時にガスを発生する蓄電池）の構造や設置場所、区画の換気について規定や半導体電力変換装置や電気推進船に対する規定が記載されている。鋼船規則 R 編では、火災探知及び警報、通風装置、消火設備等の規格が記載されている。

また、日本海事協会（NK）は大容量蓄電池ガイドラインを作成中である。日本海事協会が検討を進めている大容量蓄電池ガイドライン（案）では、蓄電池ばかりでなく、充放電システムを含めた設備を船舶に搭載する際の基準を提案している。また、新型蓄電技術についてはリスク評価を課すことが盛り込まれている点はこれまでにない特徴である。表 4.5 に大容量蓄電池ガイドライン（案）の概要を示す。

表 4.4 その他の留意すべき規格等

規則・規格	概要
JIS F 8073 : 2010 舶用電気設備 第 501 部：個別規定 電気推進装置	すべての電気推進装置に対する要求事項として、発電機、原動機、周辺電気機器の仕様、システム設計、据付及び試験について規定
日本海事協会 鋼船規則 H 編 電気設備	常設して使用されるベント形二次電池（充放電時にガスを発生する蓄電池）の構造や設置場所、区画の換気について記載されている（2.11 節）。 さらに、半導体電力変換装置（2.12 節）や電気推進船に対する規定（5 章）などがある。
日本海事協会 鋼船規則 R 編 防火構造、脱出設備及び消火設備	火災探知及び警報、通風装置、消火設備等の規格が記載されている。
日本海事協会 大容量蓄電池ガイドライン（案）	充放電システムを含めた設備を船舶に搭載する際の基準について記載している。

表 4.5 大容量蓄電池ガイドライン（案）の主な内容

規則・規格	概要
適用範囲	シール形鉛蓄電池、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池、ニッケルカドミウム電池、NAS 電池およびそれらに接続される充放電設備。
提出図面等	蓄電池仕様書、電路系統図、充放電システムの接続図、リスク評価表など（蓄電池設備の容量により異なる）。
蓄電池の要件	既存の規格に適合すること（例：リチウムイオン電池 JIS C 8715-2、SBA S 1101）。
警報および安全装置	設備容量に応じて、蓄電池の監視装置、警報装置等を設けるなど。
リスク評価	設備容量に応じて、リチウムイオン電池または NAS 電池を用いる場合、蓄電池および充放電システムが発火に至るまでの全ての要因や消火設備などのリスク評価を実施すること。
蓄電池設置区画	設備容量に応じた周囲条件、防火構造、通風装置など。
防火・消火設備	設備容量に応じた火災探知警報装置、消火設備など。
船内試験	設備容量に応じて、電圧変動特性、周波数変動特性、安全装置・警報装置の動作試験などの確認試験を実施する。

4.5 調査結果のまとめ

大気汚染防止対策や新技术導入の観点から、今後、小型船では電池推進船の研究・建造、大型船では新型蓄電池を利用したハイブリッド船等の大容量蓄電池の利用が見込まれるものと考えられる。一方、現時点において、リチウムイオン電池等の新型蓄電池を船舶に使用する際の技術基準や規格はなく、新型蓄電池を船舶に搭載する際の安全対策についてのより詳細な検討が必要であると考えられる。

蓄電池の大容量化に伴い、陸上産業分野では、JIS C 8715などの蓄電池の試験・評価方法に関する新しい規格が作成されている。船舶の分野では、それらの規格や技術を適切に活用するとともに、船舶に特化した規格作成が必要になるものと考えられる。

第5章 規格作成の必要性に関するヒアリング調査

本調査研究では、リチウムイオン電池等の新型蓄電技術に関し、規格作成の必要性に関する予備的な調査として、船舶関連事業者を主対象としてヒアリング調査を実施した。以下、造船所や舶用機器メーカー等の船舶関連事業者、研究機関、運航事業者並びに電池関連メーカーを対象として、船舶に係る新型蓄電技術に関する規格作成の必要性についてのヒアリング調査の結果について記す。

5.1 船舶関連事業者等

船舶関連事業者として、造船所や舶用エンジンメーカー、舶用・陸用電気機器メーカーの技術者、大学および公的機関の研究者からヒアリング調査を行った。以下のコメントには、組織としての公式見解ではなく、ヒアリング対象者の個人的なコメントが含まれていることを留意していただきたい。

(1) A 社（造船関係）

- ・ 小型レジャーボート、小型漁船等の建造を行っている。
- ・ まだ具体的ではないが、将来的に蓄電池を利用したハイブリッド船に期待している。

(2) B 社（舶用エンジン関係）

- ・ 舶用エンジン関連の製造・販売を行っている。電気推進船に利用することを想定した蓄電システムに関連した研究・開発を進めている。
- ・ 蓄電システムは母線や蓄電システムに異常があれば解列するという思想で開発を進めている。
- ・ 蓄電システムを「主発電機と同一」と規格に記載されると実船搭載が難しくなる。あくまで補助発電機として扱っていただきたい。

(3) C 社（小型船舶設計関係）

- ・ 小型レジャーボートや観光船等の設計を行っている。
- ・ 小型船を中心に電池推進船の引合いが急増しており、今後も増えていくと考えている。
- ・ 新型蓄電池については、しっかりした規格が必要と考えている。一方、電池利用技術の開発に支障が生じるような規格化は望ましくない。
- ・ 鉛蓄電池であっても水素を発生する。蓄電池を利用する場合、水素等の可燃ガスが電池設置区画やそれ以外の場所に滞留させないように、換気が重要である。
- ・ 蓄電池の容量ごとに必要な換気量が規格に表記してあるとよい。セルについても必要な換気量が個々に表記してあると使いやすい。

- ・セルごとに発生する恐れのある可燃ガス量もセルに表記して欲しい。また、ガスの重さ（密度）も船舶や換気システムの設計に重要となる可能性がある。

(4) D 社 (研究機関)

- ・蓄電池を利用した小型ハイブリッド船の研究・開発を行っている。
- ・現在までに4隻の実験船を開発しており、そのうちの1隻にリチウムイオン電池を搭載している。
- ・小型船では静寂さが求められるため、蓄電池を利用した推進システムは重要である。
- ・電池は3~4年経過すると機能が落ちる。そのような場合の対応は必要と思われる。
- ・セルの結線は問題となりやすい。極板固定用のねじが緩むと発熱・故障の原因になる。ねじの緩み等、点検項目の明確化が重要である。
- ・セルによっては、極板端子の強度が低く、結線が難しいことがある。結線方法についてはセルメーカーでも考えてもらえるようにしてほしい。

(5) E 社 (舶用機械関係)

- ・小型漁船を主対象として電池推進システムの開発・販売を行っている。
- ・セルは海外製、制御システムは国内メーカーのものを使用している。
- ・現在までに8隻の小型船に電池推進システムを搭載しているが、蓄電池に関連したトラブルはない。
- ・リチウムイオン電池は可燃性ガスを発生する可能性があるが、運航事業者が危険物として認識して取り扱えば問題ないと考えている。
- ・検査を受けるにあたり、必要な試験方法と判断基準を明確にしてほしい。

(6) F 社 (舶用電気関係)

- ・舶用の電気関連設備の製造・販売を行っている。
- ・蓄電池を利用したシステムを開発・販売する立場としては、現状の個別対応では不具合が生じることがある。何らかの規格・基準の作成が望ましい。
- ・リスク評価を事業者に課すことは有用である。リチウムイオン電池セル自体はJISやSBA等の基準があるが、リチウムイオン電池セル内に可燃物が発生する可能性があることは変わらない。セル、BMSおよび充放電システムを含めたリスク評価を課すことでメーカーの能力を選別できると考えられる。
- ・BMSが陸上用の汎用品であった場合でも、試験により性能が確認できる方法を整備して欲しい。
- ・蓄電池システムの製造工程を認定する認定工場のような制度があるとよい。
- ・設置する蓄電池の容量に応じて、規制の内容を分けることも考えられる。また、設置だけでなく、保守や装置の能力を含めた規定を作ることも考えられる。

- ・船特有の用途（電池の船内電力への接続など）への対応は考慮が欲しい。
- ・推進や船内電力など、蓄電池の用途により規格の内容が異なった場合、一番厳しい内容に合わせて蓄電池システムを開発する。

(7) G 社（造船関係）

- ・小型船の製造を行っており、電池推進船の開発も行った。
- ・船を作る側がどこまで考えればよいのかがわかる規格化が望ましい。公平なルールとして自由な競争ができる内容である必要がある。
- ・セル用、安全装置などを考慮したシステム用、そして船全体用としての3種類の規格が必要になると考えられる。
- ・舶用のリチウムイオン電池セルの開発は難しい。そのため、汎用リチウムイオン電池セルを船舶に搭載する際の規格が必要である。内容としては、不良なセルを排除できることが望ましく、最低でもUL規格を満たす必要がある。
- ・システム用の規格としては、電池側に対する負荷にどのような装置に接続するかを考慮した規格が必要である。
- ・蓄電池の用途によって振動の有無が異なる。例えば、ディーゼルエンジンと蓄電池の両方を搭載する船舶のように振動源がある場合と電池推進船のように震動源がない場合では、振動対策の強度設計が異なってくる。
- ・電池の出力を直流で使う場合とインバータを介して交流で使う場合では、半導体機器に生じる可能性のあるノイズ対策が変わってくる。
- ・船全体としては、設置場所や必要な警報装置、故障信号の出し方、消火設備などを考慮した規格が必要である。船のサイズや電池の搭載容量ごとに規格の内容を分けることも考慮するとよい。

(8) H 社（舶用電気関係）

- ・舶用電気機器の製造・販売を行っており、G社とともに電池推進船の開発を行った。
- ・ハイブリッド自動車や電気自動車の技術をそのまま船舶に適用することは難しい。
- ・規格化に先行して電池推進船の開発を進めてきた。厳しすぎる規格は開発の負担となるが、今までに開発した電池推進船等の結果に基づき、適切な規格作成を進めていただきたい。
- ・日本だけが特殊な基準に縛られることがないように留意する必要がある。国際法、国内法に対して舶用蓄電池の規格をどのように位置付けるか、国の関与が必要になってくる。
- ・海外に規格がないのであれば、日本が先導して規格化を進めてほしい。

(9) I 社（公的研究所）

- ・電池推進船開発プロジェクトを担当した。
- ・電池推進船の検査に何が必要になるのかを整理して、基準を明確にしてほしい。
- ・安全面をどこまで考慮すればよいのかを規定してほしい。
- ・規格は必要であるが、新規の開発技術に対して柔軟な姿勢で運用できる体制にしてほしい。

(10) J社（陸上電気関連）

- ・主に陸上用の電気機器に携わっているが、一部の舶用電気機器（電池推進システム）のプロジェクトにも参加している。
- ・リチウムイオン電池を使用する場合、マネジメントシステムが重要になるが、その制御手法は各社の独自技術となるため、詳細な規格化は難しいと考えられる。
- ・寿命評価等で新たな試験方法が規格化されることを想定した場合、新たな試験設備の導入が必要となることが心配である。
- ・電圧や電流等については規格で縛ることなく、設計の自由度を維持していただきたい。

(11) K社（舶用機器関連）

- ・小型の漁船やレジャーボート用の艤装機器の製造・販売を行っている。
- ・省エネ機器の製品開発には取り組んでいるが、電池利用の製品にはまだ着手していない。
- ・漁船は、漁具の利用等で負荷変動が大きいため、蓄電池を利用したハイブリッド化は省エネ効果が高いと考えている。
- ・漁船の省エネ化は助成を受けやすく、新型蓄電池の船舶搭載は実現しやすいと考えている。
- ・新型蓄電池の船舶搭載に関する現状の規格についての知識がなく、規格化の必要性についてはコメントできない。

5.2 運航事業者

内航貨物船、観光旅客船および内航旅客船の3社の運航事業者に対してヒアリング調査を行った。以下、主なコメントをまとめておく。なお、下記の3社の他にも内航船の運航事業者に対して新型蓄電池の規格作成の必要性に関する情報交換を行う機会があったが、具体的に船舶への蓄電池搭載を検討していない事業者からは有効な回答を得ることができなかったため、ここでは省略する。

(1) L社（内航貨物船運航事業者）

- ・内航貨物船（電気推進船を含む）の運航を行っている。
- ・停泊中、荷役中に大容量蓄電池を使うことによる省エネ化、出入港時の利用（スラスタ運転時）の電池利用を期待している。

- ・ 現状の非常用鉛蓄電池は性能低下によって使用できなくなっている例もある。管理された電池システムの採用は期待できる。
- ・ まずは省エネ化による燃料消費削減とコスト回収が課題である。
- ・ 規格等（検査方法等）については内容がわからぬいためコメントできない。現在就航している電池搭載船で実際にどのような対応がとられてきたのかを知りたい。

(2) M 社（観光旅客船関係）

- ・ 観光用旅客船（電池推進船を含む）の運航を行っている。
- ・ 電池推進船を作るために、安全面をどこまで考慮すればよいのか、その範囲を決めてほしい。
- ・ 電池から発生するガスに関して、換気の方法や容量などが決まっていると使いやすい。
- ・ セルの認証や電池推進船の受検に当たり、最低限のクリアする内容を明示してほしい。
- ・ ユーザが想定した仕様を満たせるように、セルの寿命設計に関しても規格がほしい。
- ・ 自動車業界では充電の方法も規格化されている。同様に、船用でも充電方法の規格があってもよい。

(3) N 社（内航旅客船運航事業者）

- ・瀬戸内海で小型高速旅客船やフェリーの運航を行っている。
- ・一部の航路で電池推進の適用可能性を検討したことがある。
- ・いずれは大容量蓄電池が使われるを考えているが、蓄電池のコストは高く、近いうちに小型高速旅客船やフェリーに大容量蓄電池が使われるとは考えていない。

5.3 国内電池関連メーカー

現状では船舶に特化した電池関連メーカーは見当たらない。以下の 3 社の電池関連メーカーは主に陸上据付用および自動車用の大容量リチウムイオン電池に関する国内民間企業である。

(1) O 社

- ・ 安全性を最優先とした大容量リチウムイオン電池（主に陸上据付用）の開発を進めている。
- ・ 現状の SBA 規格では、世界のリチウムイオン電池の半分以上が認証されることとなり、粗悪品の排除は難しいと思われる。
- ・ SBA 等の規格は発火なきことを評価基準においているため、発火した場合の対応についての基準・規制が必要となり得る。
- ・ 保護装置による危険性がある電池セルの認可、あるいは危険性のあるセルは不認可等の基準・規制のスタンスを決める必要がある。

(2) P 社

- ・ 主に自動車用リチウムイオン電池の開発を進めている。
- ・ セル単体での販売はしない。パッケージ化することで安全性を確保している。
- ・ 電池モジュールの認証は、BMU や BMS の制御ロジックの提示が必要となり、極めて難しい。セルの種類、モジュールの構成方法が数多くある中で基準構築は困難である。

(3) Q 社

- ・ 海外製電池セルを購入し、電池システムを製造・販売している。
- ・ 今までに事故はなく、安全性には問題ないと考えている。

5.4 調査結果のまとめ

以上、国内 17 社（機関）の技術者等を対象として、新型蓄電池の規格作成の必要性に関するヒアリング調査を行った。上記に挙げたコメントの多くは、実際に船舶用の新型蓄電池や電池推進船の開発に携わっている関係者から得られており、概ね大部分の事業者は規格の必要性を感じているように見受けられる。一方、現状で蓄電池に携わっていない関係者は、規格作成に対する関心が少なく、有効なコメントが得られていないのが実情である。

以下、ヒアリング調査の結果をまとめる。

- (a) 大容量蓄電池の船舶適用への期待は高まっており、いくつかの搭載例、検討例があるものの、その適用基準は明確でなく、個々で対応されているのが現状である。
- (b) 自由な電池利用技術の開発を保ちつつも、しっかりした規格は必要である、という認識は多くの関係者に共通したコメントである。
- (c) 造船所や運航事業者等が新型蓄電池を使用したいと考えた場合、安全性に関する基準が明確でなく、その選定は難しいのが現状である。
- (d) 国内電池メーカーであっても蓄電池の安全性に関する見解は様々である。
- (e) 近年、大容量蓄電池を搭載した多くの小型船舶が就航しており、その関係者の多くは安全性や船舶の検査に関する規格作成を要望している。一方、比較的大型の貨物船などでは、蓄電池システムの実証試験並びに開発段階であり、厳密な規格作成は困難な状況であると考えられる。

第6章 規格作成の必要性と規格内容の検討

6.1 必要とされる新型蓄電技術に関する規格

JIS C 8715 などで産業用大容量蓄電池の規格がつくられているものの、船舶搭載に特化した規格・基準はつくられていないのが実情である。また、蓄電池の設置区画や消火設備、周囲の構成等、船舶特有の安全面における課題がある。したがって、以下の事項を踏まえて、船舶に特化した規格作成が望ましい。

(1) 電池セルおよび電池システムの規格

電池セルおよび電池システムの規格については、JIS C 8715 のような陸上の汎用の大容量蓄電池のセル及び電池システムを対象とした規格に準じることで、船舶における電池利用が進展すると考えられる。

一方、JIS C 8715 では BMS の動作においてセルの充電電圧・電流の制御、温度制御試験等の規格はあるが、船舶特有の傾斜や塩害、振動対策に関する試験規格はない。例えば、振動等の外力によって BMS の監視に関わる信号が取得できなくなった場合を考慮した試験など、JIS C 8715 で考慮されていない船舶特有の内容については、新たな船舶における電池システムの規格を検討する必要がある。

これらの規格化においては、船舶特有の電池セルおよび電池システムの規格と、大容量蓄電池を船舶に搭載する際の規格の2通りに分けて検討することも有効である。

(2) 舶用蓄電池システムに要求されるハードウェアの要件

舶用蓄電池システムに要求されるハードウェアの要件は、蓄電池の電気容量だけでなく、負荷の種類や充電時の供給源の状況等の接続先の形態に応じて設定する必要がある。例えば、負荷の接続先として、主推進電動機、補助推進電動機、船内電源、非常用電源などが考えられ、さらに直流のまま使用するのか、あるいはコンバータ等で交流に変換して使用するのかによって要件が異なってくる。また、充電時の供給源としては、ディーゼル発電機、陸上からの電力供給（陸電）、太陽電池や風力発電機などが考えられ、それぞれの特徴に応じた要件を定める必要があると考えられる。

一方、船舶において大容量蓄電池を安全に使用する際には、蓄電池とその充放電状態を管理する制御システム（BMS）、さらに船内電力系との接続の適切なマッチングが必要不可欠である。これらについては、電池メーカや BMS 開発メーカによる技術動向等を詳細に見極め、より詳細な規格の内容を検討する必要がある。

(3) 舶用蓄電池システムの設置区画

船舶における蓄電池システムの設置区画を考慮した規格では、船種や船のサイズに応じ

て、電池システムを設置可能な区画、蓄電池の容量、設置場所における換気方法、消火設備、ガス検知器、警報などについて規格化することが必要になると考えられる。

特に、大容量蓄電池を搭載した小型船が実用化されている状況から、小型船舶を対象とした電池システムの設置区画に関する規格整備が早急に望まれる。

(4) リスク評価

日本海事協会が検討を進めている大容量蓄電池ガイドライン（案）では、新型蓄電技術の船舶搭載に当たって、リスク評価を課すことが盛り込まれている。これは新技術導入のために有効な手段であると考えられ、船舶の安全運航や技術進展のために有効に活用されることが望ましい。

一方、JIS Z 8051「安全側面－規格への導入指針」では、絶対的な安全というものはありえず、安全はリスクを許容可能なレベル（社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスク）まで低減させることで達成されると明記されている。すなわち、船舶に特化した規格においては、「社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスク」について詳細に検討する必要があると考えられる。

(5) 適用範囲

新たな船舶に特化した蓄電池の規格を作成する場合、その適用範囲を適切に定める必要がある。現状で規格化されていないシール形鉛蓄電池、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池、ニッケルカドミウム電池並びにNAS電池のすべてを含めるのか、あるいは昨今の実用開発が盛んなリチウムイオン電池だけを対象とするのかによって、規格の内容や構成は大きく異なってくるものと考えられる。

また、船種、船舶の大きさ、または搭載する蓄電池の電気容量等で必要要件を分類し、新型蓄電池の規格化を進める事が望ましいと考えられる。

6.2 必要とされる規格の構成案

以上に述べた検討事項並びに日本海事協会が作成を進めている大容量蓄電池ガイドライン（案）およびJIS F 8073「舶用電気設備 第501部：個別規定 電気推進装置」等を参考にして、規格を作成する際のスコープ案を検討する。表6.1に検討結果並びに必要とされる規格の構成案をまとめておく。

表 6.1 必要とされる規格の構成案

章・項	題目	内容・備考
1	適用範囲	本規格で適用される蓄電池の種類、容量の範囲
2	引用規格	引用する既存規格
3	用語及び定義	電池関連の用語説明
4	単電池及び電池システム	船舶特有の蓄電池関連規格
4.1	要件（一般要求事項）	船舶の傾斜、周囲温度等の条件
4.2	トレイ	蓄電池を収納する容器の規格
4.3	銘板及び表示	製造業者名、容量並びに電池の健全さを表す指標等
4.4	保護装置	ヒューズ等の設置
5	蓄電池設備	船舶と蓄電池との接続等
5.1	給電方法別の蓄電池設備の構成及び要件	蓄電池設備による単独給電、船内発電機との連系等の構成とそれぞれの要件
5.2	その他の要件	充電電圧の指示計、充電器等
6	設置区画と保護設備	蓄電池の設置区画並びに保護設備の規格
6.1	一般	蓄電池の専用区画
6.2	換気装置	通風装置の設置
6.3	探知及び警報	可燃性ガスの発生や火災の探知、消火のための警報
6.4	消火設備	固定式消火装置の設置
7	リスク評価	船舶搭載の条件となるリスク評価の考え方
7.1	安全側面	許容可能なリスクレベルの考え方
7.2	予見可能な誤使用	電池に関する予見可能な誤使用の定義
7.3	リスク評価の原則	リスク評価の手順
8	試験	船舶搭載のための試験方法
8.1	一般	蓄電池を船舶に搭載するための個別の試験方法
8.2	製造中試験	試験計画の作成
8.3	工場立会試験	要求事項及び仕様を満たしていることの確認
8.4	ドック及び海上での試運転	試験手順の文書化、海上試験の概要
9	文書化及び提出書類	構成要素及びシステムの文書化
9.1	文書化	要求事項を満たしていることを示す証書の提出
9.2	提出書類	提出する書類の一覧

第7章 まとめ

- (1) リチウムイオン電池等の新型蓄電技術に関し、現状の利用状況について調査した結果、新型蓄電池を搭載した船舶は小型船舶を中心に年々増加しており、現状の建造時の個別対応だけでは新造船の設計・開発が難しい状況となっていると考えられる。
- (2) 国内外の関係規則・規格の作成状況等の調査を進め、蓄電池の大容量化に伴い、陸上産業分野では JIS C 8715 などの蓄電池の試験方法に関する新しい規格がつくられていること、日本海事協会では蓄電池や充放電システムを船舶に搭載する際の基準（ガイドライン）を作成中であることなど、関連分野での動きが活発であることがわかった。
- (3) 船舶関係者等からヒアリング調査を実施し、新型蓄電池や電池推進船の開発に携わっている関係者のほとんどは規格の必要性を感じていることがわかった。
- (4) 上記の調査結果を踏まえて、新型蓄電池に必要とされる規格として、負荷側の形態に応じたハードウェアの要件や設置区画と保護設備等の検討を進める必要があることを提案した。

おわりに

2012年度の研究では、リチウムイオン電池等の新型蓄電技術に関し、利用状況の現状、関係規則・規格の作成状況等の調査と規格作成の必要性に関する予備的な調査を行った。2013年度は、この「蓄電技術の標準化に関する調査研究」の報告書を踏まえ、『リチウムイオン電池等の新型蓄電池に関する、船舶に特化した規格作成について、どんな規格とするのか（規格の種類、規格の対象 ETC）を検討する。その後に規格案の作成を検討する。』（第17回電気設備分科会（2012年度 第2回）、議事録案4ページのJIS F化に関する審議結果より）に基づき作業を行う。

参考文献

- (2-1) 北陸電力株式会社 HP, <http://www.rikuden.co.jp/nas/tanden.html>
- (2-2) 北陸電力株式会社 HP, <http://www.rikuden.co.jp/nas/mojule.html>
- (2-3) 北陸電力株式会社 HP, <http://www.rikuden.co.jp/nas/genri.html>
- (2-4) エネルギーの貯蔵・輸送, NTS, 2008.
- (2-5) 片寄雅之, NAS 電池の課題と対策(他県で発生した火災をうけて), Safety & Tomorrow No.144 (2012.7), p.33-41.
- (2-6) 日本ガイシ株式会社 HP, http://www.ngk.co.jp/announce/111031_nas.html
- (2-7) 一般社団法人電池工業会 HP : <http://www.baj.or.jp/knowledge/structure.html>
- (2-8) 川崎重工業株式会社 HP : <http://www.khi.co.jp/gigacell/intro/archi.html>
- (2-9) 株式会社東芝 HP, http://www.toshiba.co.jp/rdc/rd/fields/07_t39.htm
- (2-10) 日立ビーグルエナジー社 HP, <http://www.hitachi-ve.co.jp/products/spec/index.html>
- (2-11) SONY 株式会社 HP, <http://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/201006/10-080/>
- (2-12) 三菱重工業株式会社 HP, http://www.mhi.co.jp/power/lithium/lineup/mlix_v.html
- (2-13) 独立行政法人産業技術総合研究所, 産総研 TODAY, 2009, Vol. 9, No.8
- (3-1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 二次電池技術開発ロードマップ Battery RM2010.
- (3-2) 商船三井プレスリリース「界初の新造ハイブリッド自動車船「EMERALD ACE」が竣工～停泊中ゼロエミッションを実現～」,
<http://www.mol.co.jp/pr-j/2012/j-pr-1242.html>
- (3-3) パナソニックニュース「HIT 太陽電池, リチウムイオン電池で船舶の CO₂削減に貢献」, <http://panasonic.co.jp/news/topics/2012/100101.html>
- (3-4) 家電 Watch 「商船三井, ソーラーパネルと蓄電池を搭載したハイブリッド自動車船」,
http://kaden.watch.impress.co.jp/docs/news/20120625_542686.html
- (3-5) 川崎重工業プレスリリース, 世界初の太陽光エネルギー船がさらに進化－自動車運搬船「アウリガ・リーダー」にハイブリッド給電システム搭載－, 2011年5月.
- (3-6) 日本郵船ニュース「新日本石油共同プロジェクト 世界初, 太陽光エネルギー船が出帆」, http://www.nyk.com/news/2008/1219_01.htm
- (3-7) 新潟原動機ニュース, https://www.niigata-power.com/whats_new/20111124.html
- (3-8) IHI プレスリリース, <http://www.ihi.co.jp/ihi/press/2011/2011-11-24/index.html>
- (3-9) 日本郵船ニュースリリース, http://www.nyk.com/release/1960/NE_120424_2.html
- (3-10) 湾潮電機 HP, <http://www.bemac-uzushio.com/topics/2012/05/000139.html>
- (3-11) 東京海洋大学, 急速充電対応型電池推進船「らいちょう」,
<http://www2.kaiyodai.ac.jp/~takamasa/kaiyodai-ees-project/index.html>
- (3-12) 賀雅寛而, 世界初の急速充電対応型電池推進船「らいちょう I」の開発と実証, 最

先端サステナブル・テクノロジー・セミナー～環境技術とオープンイノベーション
～資料，2010年11月。

- (3-13) 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，2012年3月。
- (3-14) ハウステンボス，<http://www.huistenbosch.co.jp/aboutus/energy/index.html>
- (3-15) 伴ピーアール株式会社 HP，<http://www.banpr.co.jp/rivercruise.html>
- (3-16) ツネイシクラフト＆ファシリティーズ，電気推進船 RYUSE50 カタログ，2012.
- (3-17) 近畿経済産業局，電池駆動船説明書，
http://www.kansai.meti.go.jp/8kaikei/nyusatsu/kogatasempaku_gaiyou2.pdf
- (3-18) 富岩水上ライン，<http://www.fugan-suijo-line.jp/index.php>
- (3-19) 東京海洋大学，急速充電対応型電池推進船「らいちょう」，
<http://www2.kaiyodai.ac.jp/~takamasa/kaiyodai-ees-project/kaiyodai-ees-project23-3.html>
- (3-20) 南繁行，プラグインハイブリッド船の開発経緯とその研究経験から学ぶこと，科学・技術研究，第1巻2号，2012年。
- (3-21) 南繁行，電池搭載小型ハイブリッド船の魅力，海洋水産エンジニアリング，2012年11月。
- (3-22) アイティーオー，<http://www.eco-ito.co.jp/>

付録

船用電気設備「大容量蓄電池システム」の規格案

付録 船用電気設備「大容量蓄電池システム」の規格案

船用電気設備 大容量蓄電池システム（仮）

序文

1 適用範囲

船内に恒久的に装備されるシール形鉛蓄電池、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池、ニッケルカドミウム電池、NAS電池及びそれらに接続される充放電設備について規定する。

ただし、定格容量●kWh未満の蓄電池については除外する。

2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS F 8061 船用電気設備—第101部：定義及び一般要求事項

JIS F 8068 船用電気設備—第305部：機器—電池

JIS F 8073 船用電気設備—第501部：個別規定—電気推進装置

JIS C 8715-1 産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム—第1部：性能要求事項

JIS C 8715-2 産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム—第2部：安全性要求事項

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、次による【以下は一例】。

3.1 単電池（secondary cell）（JIS C 8712）

電極、セパレータ、電解液、容器、端子などから構成され、充電することによって化学エネルギーを電気エネルギーに転換して電気エネルギー源を供給するシステムの基本構成ユニット。

3.2 リチウム二次単電池（JIS C 8715-1）

リチウムの酸化・還元で電気的エネルギーを供給する充電式の電池。単電池は、端子配置及び電子制御装置を備えていないため、すぐに使用できる状態はない。

3.3 電池システム（JIS C 8715-1）

一つ以上の単電池、電池モジュール又は電池パックを組み込んだシステム。単電池が使用範囲内となるように監視し制御するバッテリーマネジメントユニット（BMU）をもつ。また、電池システムは、冷却装置及び／又は加温装置をもつ場合もある。複数の電池シス

テムが更に大きな電池システムを構成することもある。電池システムは、組電池ともいう。

4 単電池及び電池システム

4.1 要件（一般要求事項）

(1) 傾斜

電池は、通常の状態から 40° 傾斜しても、電解液がこぼれないような構造のものでなければならぬ (JIS F 8068)。

(2) 周囲条件

電池の選定及び配置に適用する周囲条件は、閉区画内で $0\sim45^{\circ}\text{C}$ 、傾斜角度●●とする (鋼船規則 H 1.1.7)。

(3) リチウムイオン電池

リチウムイオン電池の単電池又は電池システムの安全性は、JIS C 8715-2 に適合しなければならない (NK ガイドライン案)。

4.2 トレイ

電池は、取り扱いやすいように取手を付けた堅固な構造で、適切な材料の木枠またはトレイの中にまとめて配置しなければならぬ (JIS F 8068)。

4.3 銘板及び表示

各木枠またはトレイには、丈夫な銘板を確実に取り付け、製造業者名と所在地及び電池種別を含めた形式、特定の放電率 (指定された用途に相当した値が望ましい) における電流-時間容量並びに電池の健全さを表す指標を明記しなければならぬ (JIS F 8068)。

電池の健全さを表す指標としては、鉛蓄電池の場合は全充電状態における電解液の比重、リチウムイオン電池においては全充電状態における電圧及び全放電状態における電圧などがある。

4.4 保護装置

特にリチウムイオン蓄電池の場合は、熱暴走により発火するおそれがあるため、電池の直近 (電池モジュール内) にヒューズを設けるか、短絡事故により発火しない耐性が求められる (NK ガイドライン (案) より)。

5 蓄電池設備

5.1 給電方法別の蓄電池設備の構成及び要件

以下の設備構成に対する要件を記載する。

- (1) 蓄電池設備単独で船内負荷に給電する場合
 - (2) 船内発電機との連系を条件とする場合
 - (3) 非常負荷へ給電する場合
 - (4) 重要負荷へ給電する場合
 - (5) 非重要負荷専用に給電する場合
 - (6) 2組要求される主電源装置のうちの1つとして利用する場合
- (NK ガイドライン (案) より)

5.2 その他の要件

(1) 指示計

充電設備の中に充電電圧を示す指示計を設けなければならない (JIS F 8068)。

(2) 充電器

充電器は、蓄電池メーカーが指定する仕様に従って設計されたものでなければならない (NK ガイドライン (案) より)。

6 設置区画と保護設備

6.1 一般

容量の大きい蓄電池は、専用の区画に設置しなければならない (NK 鋼船規則 H 2.11.3)。

6.2 換気装置

蓄電池収納区画は、独立の通風装置によって、有効に換気されなければならない (NK 鋼船規則 H 2.11.5)

6.3 探知及び警報

可燃性ガスの発生や火災を探知し、安全な脱出及び消火活動のために警報を発する必要がある (NK 鋼船規則 R 7.1.1 より)。

6.4 消火設備

火災の発生場所において火災を鎮圧し、迅速に消化する必要がある。そのためには、当該場所における火災の発達の可能性を考慮した固定式消火装置の設置が必要となる (NK 鋼船規則 R 10.1.1 より)。

7 リスクアセスメント (リスク評価)

7.1 安全側面

絶対的な安全というものはありえない。安全は、リスクを許容可能なレベル（社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスク）まで低減させることで達成される（JIS Z 8051）。

7.2 予見可能な誤使用

電池に関する予見可能な誤使用として、電池の誤った接続、外部短絡、自然落下、衝撃、加熱、圧壊、過充電、強制放電、高率充電がある（JIS C 8712）。

7.3 リスクアセスメントの原則

機械類（電池システム）の制限の決定、危険源の同定、リスク見積り、リスクの評価を実施する（JIS B 9702）。

8 試験

8.1 一般

JIS F 船用電気設備シリーズ（IEC 60092）の他の部に規定される標準試験に加えて、次の特別な試験を実施しなければならない（JIS F 8073）。

8.2 製造中試験

製造業者及び下請け供給業者が実施するすべての試験を記した計画書を、製造前に作成しなければならない（JIS F 8073）。

8.3 工場立会試験

装置に関するすべての通常の立会試験は、実現可能な限り製造業者の工場で実施し、それらがこの規格の要求事項及び注文時の仕様を満たしていることを示さなければならない（JIS F 8073）。

8.4 ドック及び海上での試運転

ドック及び海上での試運転を行う前に、試験手順を文書化しなければならない。
ヒートラン試験及び操縦試験を含め、全面的な試験を実施しなければならない。これには全速力からゼロ速度への船舶の危急停止を含めなければならない（JIS F 8073）。

9 文書化及び提出書類

9.1 文書化

関係するすべての構成要素及びシステムについて、完全な形の文書が確実に用意される

ことについて指定機関は、責任を負わなければならない（JIS F 8073）。

それぞれの製造元は、自社の装置が要求事項を満たしていることを示す証書を提出しなければならない（JIS F 8073）。

9.2 提出書類

- (1) 蓄電池仕様書
- (2) 電路系統図（保護装置の定格と調整値、ケーブルの種類と導体の大きさ等を含む。）
- (3) 短絡電流計算書（蓄電池が単独運転を行う場合）
- (4) 電圧降下計算書
- (5) 充放電システムの組立図（保護装置、計器、電線等の仕様を含む）及び接続図
- (6) 蓄電池設備の電気機器配置図
- (7) リスク評価表

（NK ガイドライン（案）より

執筆担当者

独立行政法人海上技術安全研究所

発行者 一般財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052

東京都港区赤坂2-10-9 ラウンドクロス赤坂

電 話 : 03-5575-6425 (総務グループ)

: 03-5575-6426 (基準・規格グループ 規格ユニット)

ファックス : 03-5114-8941 (基準・規格グループ 規格ユニット)

ホームページ : <http://www.jstra.jp/>

本書は、日本財団の助成金を受けて作成しました。

本書の無断転載・複写・複製を禁じます。

