

内航船におけるバッテリー技術活用の調査

調査報告書

目次

1. はじめに
 2. 既存研究に関する整理
 3. 船舶向け利用実績のあるバッテリーの調査
 4. バッテリー利用のコンセプト検討
 5. 就航済みの船舶への聞き取り調査
 6. バッテリーに関する国内技術動向の調査
 7. まとめ
- 参考文献

1. はじめに

本調査の目的（仕様書より）

内航海運における2030年度のCO₂排出削減目標の達成に向け、注目されている省エネ技術の一つにバッテリーの活用がある。国土交通省海事局が策定した連携型省エネ船の設計コンセプトにも省エネ機器の一つとして記載があり、出入港や離着桟といった作業時には陸上給電によりバッテリーに貯めた電気を使用することで港内作業のゼロエミッション化・省力化の実現を期待される。

国内の事例を見ると、2019年に日本初のフルバッテリー小型旅客船とリチウムイオンバッテリーを搭載した内航貨物船が就航したのを皮切りに、2022年に日本初フルバッテリー推進タンカーが就航するなど、バッテリー技術を活用した船舶が実用化され始めており、今後より一層の普及が期待される。

また政府も2023年に閣議決定された脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律案に基づき、GX経済移行債によるバッテリー生産支援を開始している。このような状況を踏まえ、内航船のゼロエミッション化・省力化を推進すべく、現在の国内のバッテリー導入船の実態把握をすることを目的として、「内航船におけるバッテリー技術活用の調査」を実施することとする。

2. 既存研究に関する整理

- バッテリー活用技術に関連する業界団体，学会などによる既往研究について情報収集の上，各調査の概要等について整理する⁽¹⁾⁻⁽¹⁰⁾。

次世代電池の種類と特徴

No.	種類	特徴
1	先進リチウムイオン電池 (現行LiBの高性能化)	● 現行LiBの低コスト化，高容量化，長寿命化を図る。 ● 資源制約の大きい希少材料の使用量を削減する。 ● 正極材料の一部を安価な鉄やマンガンに置き換える。
2	リチウムイオン全固体電池	● 現行LiBの電解液を固体に置き換える。 ● 燃えにくくなり，安全性が向上する。 ● 急速充電が可能で，エネルギー密度が高い。 ● 幅広い温度帯（-30℃～100℃）に対応する。
3	有機正極二次電池	● 正極にレアメタルを用いず，有機物に置き換える。 ● 資源不足や資源価格変動高騰の影響を受けにくい。
4	ナトリウムイオン電池	● レアメタルに頼らず，安定した材料を使用できる。
5	カリウムイオン電池	● LiBと比べて安価な材料で構成できる。
6	フッ化物イオン電池	● 材料の環境負荷が小さく，資源不足の問題がない。 ● 理論エネルギー密度が高い。
7	リチウム硫黄電池	● 負極にリチウム，正極に硫黄を使用した電池であり，エネルギー密度が高い。

2. 既存研究に関する整理

インターネット調査の概要

文献	調査先	概要およびURL
1	国立研究開発法人産業技術総合研究所（産総研マガジン）	● 全固体電池などの次世代の二次電池について、専門家の視点から概説している。 ● https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20231025.html
2	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）	● 電気自動車（EV）の広範な普及に向けて、高いエネルギー密度と安全性を両立可能な「フッ化物電池」と「亜鉛負極電池」の研究開発（事業期間：2021～2025年度）を紹介している。 ● https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100193.html
3	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）	● 2018年に実施された全固体リチウムイオン電池の研究開発プロジェクトを紹介している。 ● https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100968.html
4	トヨタ自動車	● トヨタが2026年次世代BEV導入を目指して取り組んでいる全固体電池などの新技術を紹介している。 ● https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/39330299.html
5	本田技研工業（ホンダ）	● ホンダが独自に取り組んでいる全固体電池の開発を紹介している。研究室レベルでの技術確立ではなく、低コスト化や量産のための開発を進めている。 ● https://global.honda.jp/tech/All-solid-state_battery_technology/
6	日産自動車	● 2028年度までに自社開発の全固体電池を搭載したEVを市場投入することを目指し、同電池の量産化に向けたパイロットラインを2024年度までに横浜工場内に設置する予定であることを発表している。 ● 2022/4/8付けのニュースリリースである。 ● https://global.nissannews.com/ja-JP/releases/release-8aef385f4e3efd0619b175c665007f52-220408-01-j
7	橋本総研.com	● 電気自動車や電池技術に関するニュースサイトであり、特許出願件数から見る全固体電池の開発動向などがまとめられている。 ● https://hasimoto-soken.com/archives/330
8	AUTO CAR JAPAN	● 国内外の自動車に関連するニュースサイトであり、海外自動車メーカーとしては、BMW、メルセデスベンツ、フォルクスワーゲングループの全固体電池の開発動向などが紹介されている。 ● https://www.autocar.jp/post/1098337/2#s6
9	Solid State Marine社	● 小型ボート用の全固体電池を開発し、販売している。 ● https://solidstatemarine.com/
10	SOLiTHOR社	● 安全な全固体電池セル技術の開発や製造、商品化を進めている。 ● https://www.solithor.com/en/home

2. 既存研究に関する整理

(1) 電気自動車用革新型蓄電池（NEDO）

- NEDOの電気自動車用革新型蓄電池開発においては、車載バッテリーについて、信頼性・安全性を損ねることなく、高エネルギー密度化を向上させ、バッテリーパックの低コスト化及び軽量・コンパクト化を実現することを目指している⁽²⁾。
- 特に、エネルギー密度と安全性のポテンシャルや日本のオリジナリティが高い「フッ化物電池」と、安全性に大きなメリットがあり低コスト化にも有利な「亜鉛負極電池」の2種類をターゲットとし、研究開発を実施している。

(2) 全固体電池の研究開発

- 全固体電池は、電解質に液体ではなく固体を使う。電気自動車EVなどの走行距離を大幅に伸ばし、充電時間の短縮も期待できる。
- トヨタ自動車⁽⁴⁾、ホンダ⁽⁵⁾、日産自動車⁽⁶⁾などの国内自動車メーカーをはじめとして、BYDやフォルクスワーゲングループなどの海外自動車メーカー^{(7),(8)}は、2020年代後半の量産化に向けて、生産技術の検証等を進めるなどの研究開発を加速している。

2. 既存研究に関する整理

(3) 船舶用全固体電池の研究開発状況

- 海外においては、船舶に用いるための全固体電池の研究開発が進められているとの情報がある。
- 2023年に設立された米国のSolid State Marine社は、小型ボート用の全固体電池を開発し、販売している⁽⁹⁾。
- 2021年に設立されたベルギーのSOLiTHOR社は、航空分野や船舶分野への適用を踏まえて、安全な全固体電池セル技術の開発や製造、商品化を進めている⁽¹⁰⁾。

(4) まとめ

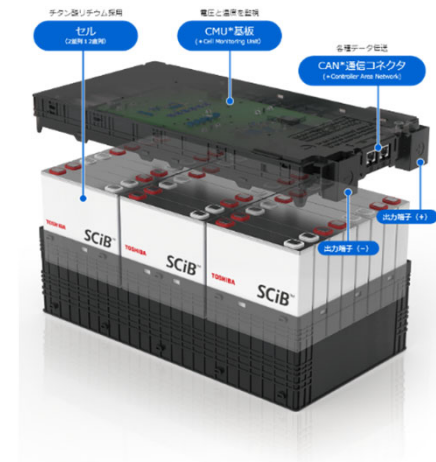
- ① 自動車業界をはじめとして、様々な電池について研究開発が進められている。正極材料や負極材料などの材料開発が活発に行われている。
- ② 現状の大容量蓄電池としては、リチウムイオン電池が主流であり、さらなる高エネルギー密度化、低コスト化、長寿命化などを目指した研究開発が進められている。
- ③ 近い将来の自動車用電池として、電解質に固体を使う全固体電池が注目されている。運行距離の大幅な増加や充電時間の短縮が期待されている。

3. 船舶向け利用実績のあるバッテリーの調査

- 船舶向け利用実績のあるバッテリーおよび全固体電池等の今後船舶向け活用が見込まれるバッテリーについて、基本的な仕組み、特徴及び取り扱いメーカーを調査し、整理する。

(1) SCiB（東芝）

- SCiBセルは、負極材料にチタン酸リチウムを使用したチタン酸リチウム二次電池と呼ばれる電池である。それらのセルとBMSを組み合わせた電池モジュールが製品化されている。
- 日本海事協会のリチウムイオン電池モジュール&コンポーネントについての鑑定書を取得している。
- 遊覧船や内航貨物船など、数隻の船舶に搭載されている⁽¹¹⁾。
- 20000回の充放電後も70%以上の容量を維持するとのことである⁽¹³⁾。



SCiBモジュール⁽¹²⁾

3. 船舶向け利用実績のあるバッテリーの調査

(2) リチウムイオン電池システム（GSユアサ）

- 2019年6月に運航を開始した完全バッテリー推進船「e-Oshima」の動力源として、590.5kWhの大容量リチウムイオン電池を搭載している^{(14),(15)}。
- 同社のLIM50ENは、マンガン系リチウム電池を用いた電池モジュールである。
- この電池モジュールを組み合わせたコンテナ型バッテリーシステムは、陸上の発電設備や港湾設備、あるいは鉄道分野などでも使われている⁽¹⁶⁾。

「e-Oshima」に搭載した電池システムの仕様^{(14),(15)}

使用電池モジュール形式	LIM50EN-12（12セルモジュール）
電池数量（セル）	3,360 （14モジュール直列×10並列×2ユニット）
定格容量	590.5kWh（2ユニット）
公称電圧	622V



産業用リチウムイオン電池モジュール
「LIM50EN」⁽¹⁵⁾

3. 船舶向け利用実績のあるバッテリーの調査

(3) 船舶向け電池システム（コルバス・エナジー）

- Corvus Energy社（ノルウェー）は、海事、オフショア、港湾向けのエネルギー貯蔵を開発・販売している。同社の電池システムは、小型の全電気旅客フェリー（容量60kWh）や全長250mの大型ハイブリッドRo-Pax船（容量5500kWh）など、海外では多くの船舶に搭載されている⁽¹⁷⁾。
- 2021年に進水したバンカリング船「あさひ」は、同社の大容量バッテリー（容量3480kWh）と川崎重工業製の推進システムを搭載している。



大型船向け電池システム
Corvus Blue Whale ESS⁽¹⁷⁾

Corvus Blue Whale ESSの仕様⁽¹⁷⁾

MODEL	Corvus Blue Whale ESS
Battery Cell Chemistry	Lithium Iron Phosphate（リン酸鉄系）
Single Module Size/Increments	48.23kWh / 80VDC
Single Module Capacity	628Ah
Single Pack Range	336-5472kWh / 560-1120VDC
Module Volumetric Energy Density	192Wh/L
Module Specific Energy	122Wh/kg

3. 船舶向け利用実績のあるバッテリーの調査

(4) 内航ミライ研究会のコンテナ型バッテリー

- (一社) 内航ミライ研究会は、499GT貨物船「國喜68」と499GT貨物船「ちゅらさん」の2隻に、コンテナ型バッテリーを搭載している⁽¹⁸⁾。



國喜68に搭載したコンテナ型バッテリー



ちゅらさんに搭載したコンテナ型バッテリー

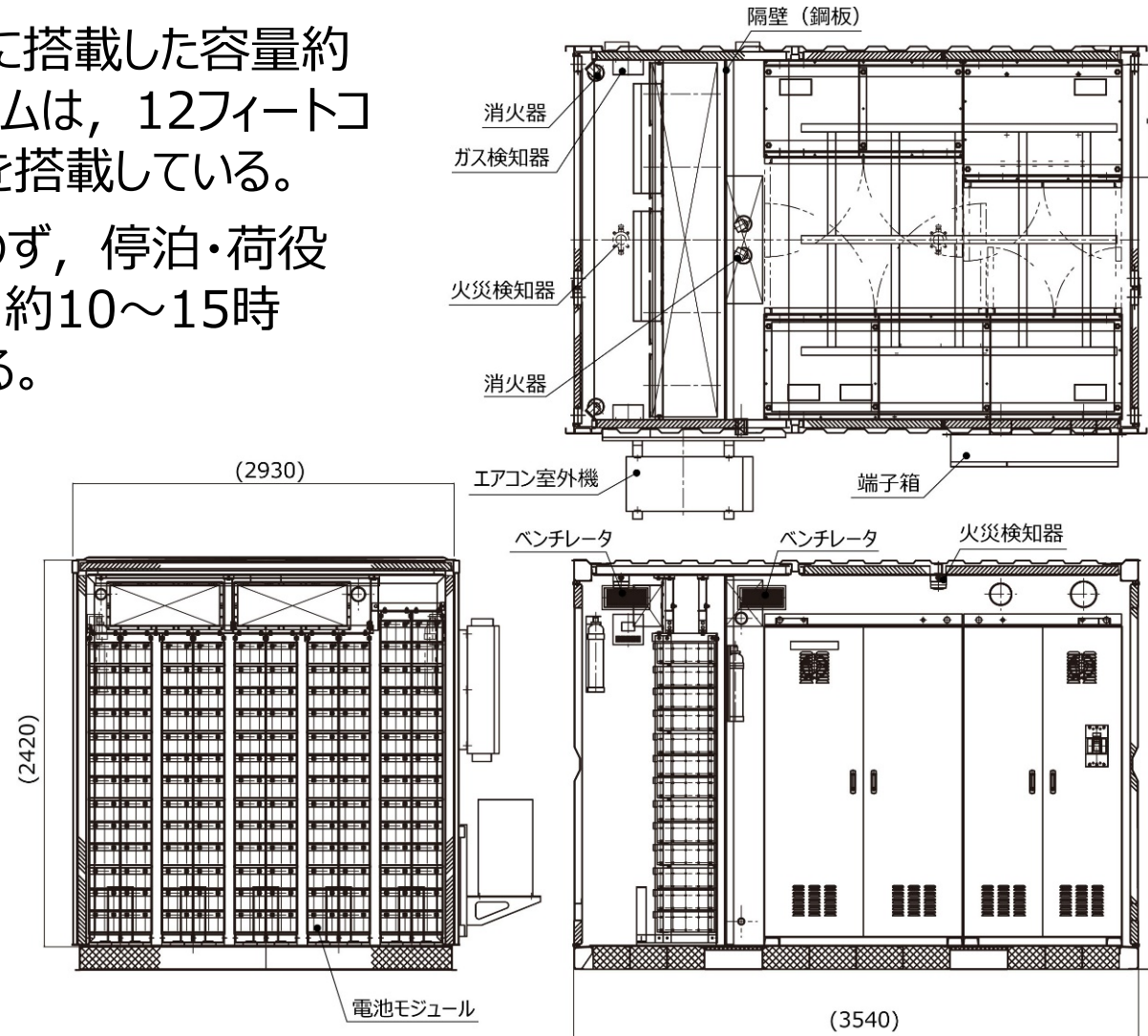
3. 船舶向け利用実績のあるバッテリーの調査

(4) 内航ミライ研究会のコンテナ型バッテリー

- 499GT貨物船「國喜68」に搭載した容量約164kWhのバッテリーシステムは、12フィートコンテナに、バッテリーと電源を搭載している。
- バッテリーは推進力には使わず、停泊・荷役時の船内電源に利用する。約10～15時間、船内電力を供給できる。

【補足】

- ✓ コンテナ内は隔壁（鋼板）によりバッテリーの設置場所と制御盤の設置場所が区切られている。
- ✓ バッテリーの設置区画には、ガス検知器や火災検知器、消火器が設置されている。
- ✓ 制御盤（電力変換器）を搭載した区画にはエアコンや火災検知器が設置されている。

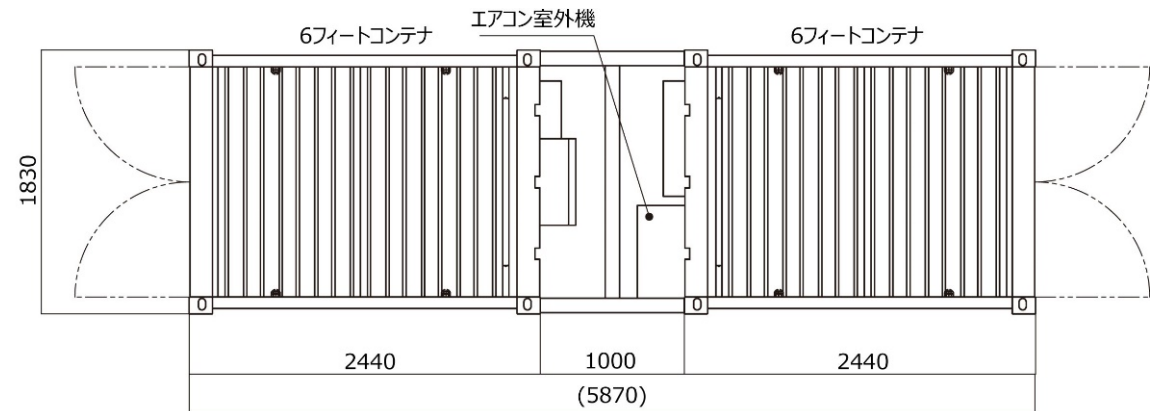


國喜68に搭載したコンテナ型バッテリー

3. 船舶向け利用実績のあるバッテリーの調査

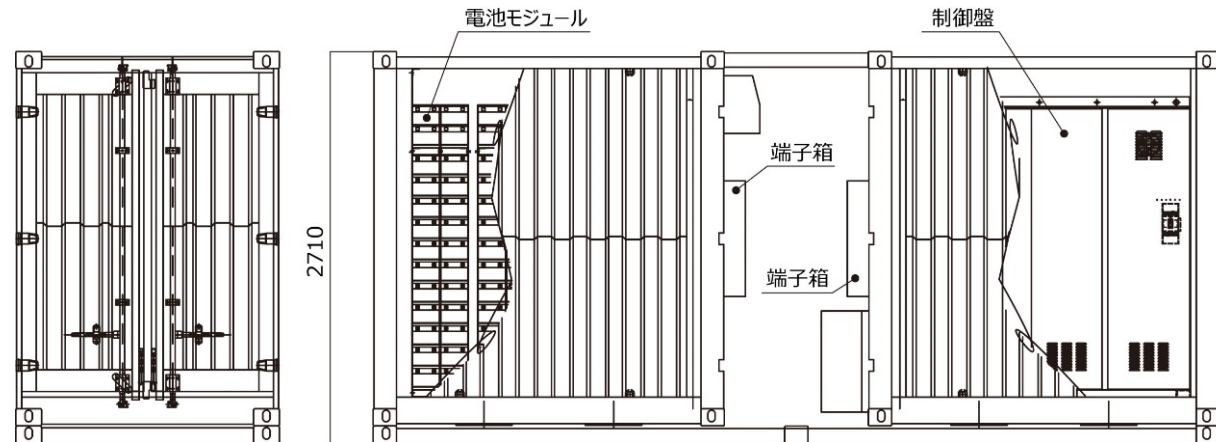
(4) 内航ミライ研究会のコンテナ型バッテリー

- 499GT貨物船「ちゅらさん」に搭載した容量約300kWhのバッテリーシステムは、2器の6フィートコンテナの一方にバッテリー、もう一方に電力変換器を搭載している。
- バッテリーは、本船の省エネ機器である空気潤滑システムのブロー駆動や、停泊・荷役時の船内電源に利用できる。



【補足】

- ✓ 2台のコンテナの間には、配線を接続するための端子箱やエアコン室外機が設置されている。
- ✓ コンテナ内の機器は國喜68とほぼ同じであり、バッテリーを搭載したコンテナにはガス検知器や火災検知器、消火器が設置されている。
- ✓ 制御盤（電力変換器）を搭載したコンテナにはエアコンや火災検知器が設置されている。



ちゅらさんに搭載したコンテナ型バッテリー

3. 船舶向け利用実績のあるバッテリーの調査

(5) PowerX社のバッテリーシステム

- 2021年に設立された株式会社パワーエックスは、容量2.7MWhのコンテナ型大容量電池システムや容量358kWhのパッケージ蓄電池などを開発・販売している⁽¹⁹⁾。
- 233kWhまたは269kWhのラック単位で構成することで、様々な規模の船舶への搭載を可能とする。
- 同社は、船で電気を運搬する「海上パワーグリッド」などの新しい技術を提案している。

Mega Powerの諸元 (PowerX) ⁽¹⁹⁾

ESS上限運転停止電圧	1,292 V
運転電圧範囲	850-1,241 V
電池種類	LFP (リン酸鉄リチウムイオン電池)
外寸	H2896mm W2438mm D6058mm (20フィートコンテナ)
重量	約29,600 kg
公称容量	2,742 kWh
定格容量	2,468 kWh
安全基準	IEC62619, IEC 62933-5, JIS 8715-2, JIS C4441
認証	UL9540/9540A, UL1973

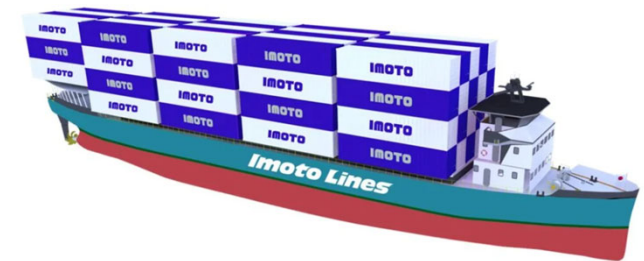


Mega Power (PowerX) ⁽¹⁹⁾

3. 船舶向け利用実績のあるバッテリーの調査

(6) 次世代ゼロエミ内航コンテナ船プロジェクト（井本商運, Marindows）

- 井本商運とMarindowsは、交換式コンテナ蓄電池を用いて、蓄電池や発電機によるハイブリッド運航を可能とする内航コンテナ船の建造プロジェクトを実施している⁽²⁰⁾。
- 目標航続距離は、ハイブリッド時最大2700mile（5000km）、ゼロエミ時（コンテナ蓄電池5本）80mile（333km）、ゼロエミ時（最大）コンテナ電池の本数と容量としている。



次世代ゼロエミ内航コンテナ船プロジェクト
（井本商運, Marindows）⁽²⁰⁾

(7) その他のコンテナ型バッテリーシステム

- 船舶用に限らず、国内外において、コンテナ内に大容量バッテリーを設置したシステムの製品開発が進められている⁽²¹⁾⁻⁽²⁵⁾。
- コンテナ内にバッテリーと電力変換器を搭載したパッケージが多い。
- コンテナ型バッテリーの容量や仕様は様々であり、コンテナ内に搭載する電力変換器の性能などによって大きく異なる。

3. 船舶向け利用実績のあるバッテリーの調査

(8) まとめ

- ① 国内外において、リチウムイオン電池を搭載した船舶が数多く建造されている。
- ② 完成度が高く、安全性が高い電池モジュールが販売されており、船舶への搭載における技術的なハードルは低くなってきたと考えられる。
- ③ 複数の電池モジュールと、インバータ、コンバータ、DC/DC変換器などの電力変換器を組み合わせ、それらをパッケージ化したコンテナ型バッテリーの製品開発が進められている。船種や船の大きさによって異なるが、コンテナ型バッテリーは船舶への搭載性を高められると考えられる。
- ④ 一方、パッケージ化されたバッテリー製品は数多くあるものの、特に海外製品では、詳細な構造や性能については公表されていないことが多い。受注生産あるいは開発過程の製品も多いと考えられ、船舶に搭載する際には詳細な検討が必要である。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

- バッテリーの利用形態に応じてモデルケースを検討し、関連機器の仕様や概略配置などを調査・整理する。
- 船種として以下のA)～C)を対象に、以下のa)～c)に想定したバッテリーの利用形態に応じてモデルケースを検討し、以下の①～⑥に掲げる調査項目を整理した資料を作成する。

調査対象となる船種

- A) 旅客船（総トン数約100トン，航続距離約5mile，船速約10knot を想定）
- B) 貨物船（総トン数 499トン，航続距離約50mile，船速約11knot を想定）
- C) 貨物船（総トン数 499トン，航続距離約300mile，船速約11knot を想定）

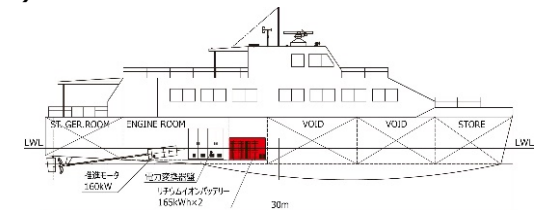
想定されるバッテリーの利用形態

- a) 推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用
- b) 荷役作業 + 停泊利用
- c) 停泊利用のみ

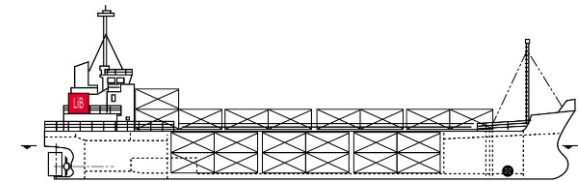
調査項目

- ① 設置するバッテリーの仕様，バッテリー以外に必要な機器，概略の全体配置
- ② 満充電での使用可能時間
- ③ 充電方法（船内発電機・軸発電機、陸上給電）別の1回あたりにかかる充電時間
- ④ 充電回数の上限又は耐用年数
- ⑤ CO₂削減効果，概算導入費用，積載減少量，メンテナンス内容（リフレッシュの必要性や交換作業など）と容易さ
- ⑥ ⑤を考慮した上でのメリット・デメリット

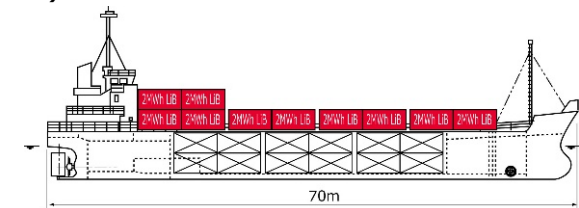
A) 100GT型旅客船



B) 499GT型旅客船（航続距離：短）



C) 499GT型旅客船（航続距離：長）



4. バッテリー利用のコンセプト検討

(1) 調査対象となる船種と想定されるバッテリーの利用形態の組み合わせの検討

- コンセプト検討に先立ち、3種類の船種A)～C)とバッテリーの利用形態a)～c)の9通りの組み合わせについて検討した。

No.	調査対象となる船種	バッテリーの利用形態	概要
1	A) 100GT型旅客船	a) 推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用	推進モータ出力は280kW程度と想定される。電池容量を320kWh (160kWh×2) として、コンセプト検討を進める。
2		b) 荷役作業 + 停泊利用	小型旅客船の場合、数時間以上の停泊では船内発電機をOFFにすることが多く、数分程度の旅客の乗下船時（貨物船の荷役に相当）の停泊ではバッテリーに切り替えるメリットはほとんどないと考えられる。
3		c) 停泊利用のみ	
4	B) 499GT型旅客船 (航続距離：短)	a) 推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用	499GT貨物船の実績データを踏まえて、3通りの利用形態a)～c)のコンセプト検討を進める。 a)の推進利用においては、推進方式を電気推進にするか、ハイブリッド推進（例えばモータアシスト）するなどの対応が必要となる。今回のコンセプト検討においては、バッテリーだけに着目し、推進方式についての検討は行わない。
5		b) 荷役作業 + 停泊利用	
6		c) 停泊利用のみ	
7	C) 499GT型旅客船 (航続距離：長)	a) 推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用	499GT貨物船の実績データを踏まえて、コンセプト検討を進める。B)と同様、推進方式についての検討は行わない。
8		b) 荷役作業 + 停泊利用	バッテリーを推進に使用しないため、ディーゼル推進となる。したがって、B)のコンセプト検討と同じである。
9		c) 停泊利用のみ	

4. バッテリー利用のコンセプト検討

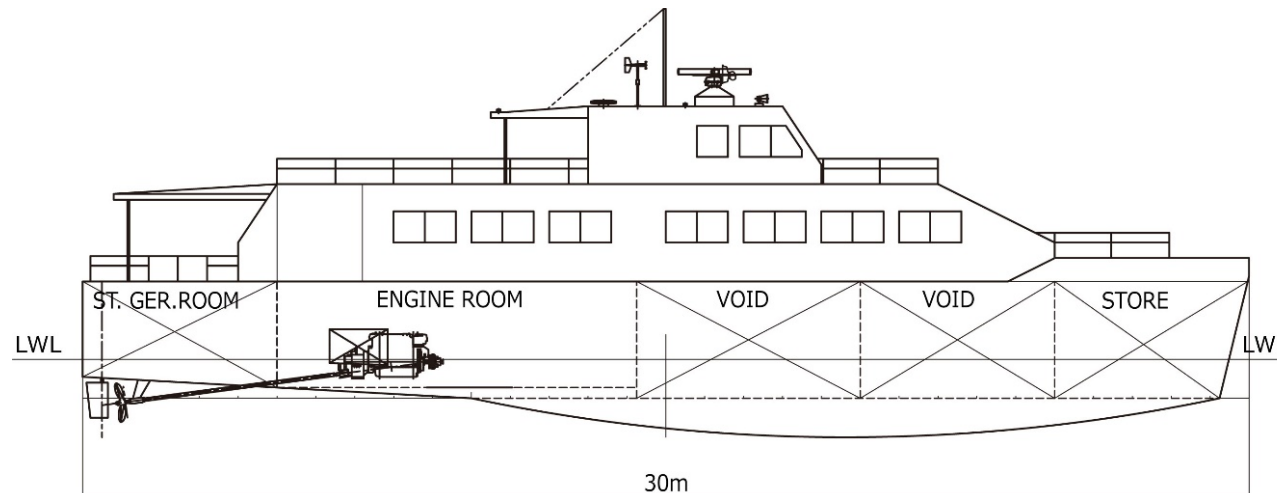
(2) 100GT型バッテリー推進旅客船

(a) 船体の諸元

- 100GT型バッテリー推進旅客船は、全長30m、幅8m程度、運航速力10knotとしたときの推進モータ出力は280kW程度と想定される^{(26),(27)}。
- 運航時の船内電力は航路や季節などによって大きく異なると考えられるが、以下の試算では20kWと仮定する。

100GT型バッテリー推進旅客船の諸元例（船体）

	項目	仕様
船体	全長	30m
	幅	8m
	深さ	2.8m
	総トン数	約100トン
	運航速力	10knot
動力	運航時モータ出力	280kW
	運航時船内電力	20kW



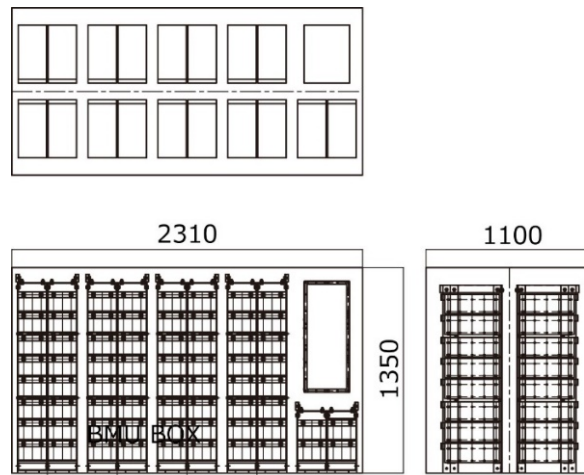
100GT型旅客船のイメージ

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(2) 100GT型バッテリー推進旅客船

(b) 電池システムの検討

- 必要とされる電池容量を厳密に求めるのは難しいが、以下の試算では1C放電を想定して320kWh（160kWh×2）とする。
- 運航距離が5mile、運航時間が0.5hを想定しているため、電力変換の効率を踏まえた1航海あたりに必要な電池容量量は158kWhとなる。
- SOC100%から運航を開始した場合、1航海終了時のSOCは53%となる。



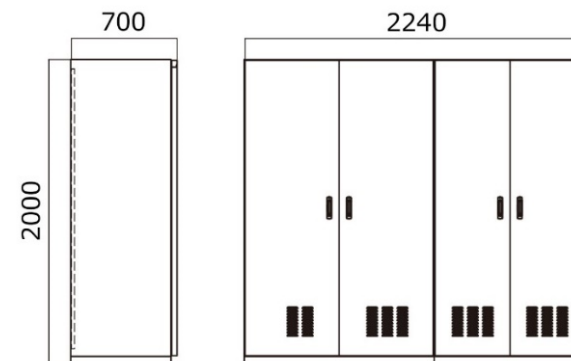
160kWh級電池システムの概略寸法

100GT型バッテリー推進旅客船の諸元例（電池）

	項目	仕様
電池システム	全電池容量	320kWh
	想定運航距離	5mile / 1航海
	運航時間	0.5h
	電池使用量	158kWh ※効率95%として

※ 電池システムおよび電力変換器盤の寸法は國喜68を参考とした。

※ ただし、最小限の構成としている。船内電力系統（船内発電機）との接続や陸電による充電設備の仕様によっては追加の機器が必要となる。



電力変換器盤の概略寸法

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(2) 100GT型バッテリー推進旅客船

(c) 充電方法の検討

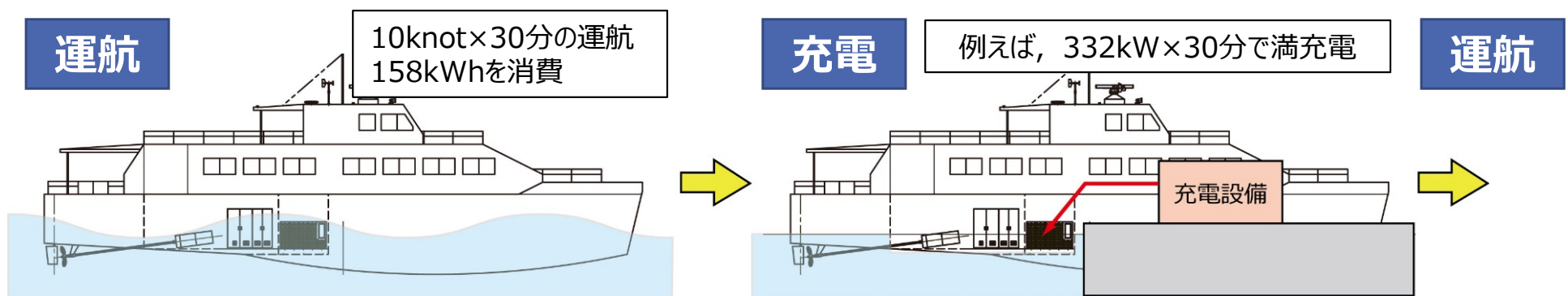
- 1航海毎に充電することを想定する。
- 電力変換の効率を踏まえた充電電力量は166kWhであり、充電時間に応じて充電出力が異なる。

100GT型バッテリー推進旅客船の諸元例（充電）

	項目	仕様
充電	充電時間	0.5～2h
	充電電力量	166kWh ※効率95%として
	充電出力	83～332kW

- 充電回数の上限を20000回と仮定した場合、1日に4航海（4充電）した場合の耐用年数は13.7年、1日に10航海した場合の耐用年数は5.5年となる。

※ 充電回数の上限は、電池メーカーのカatalogを参照した⁽⁷⁾。セルの種類や使用条件により特性は大きく異なることが想定される。



100GT型バッテリー推進旅客船の運航イメージ

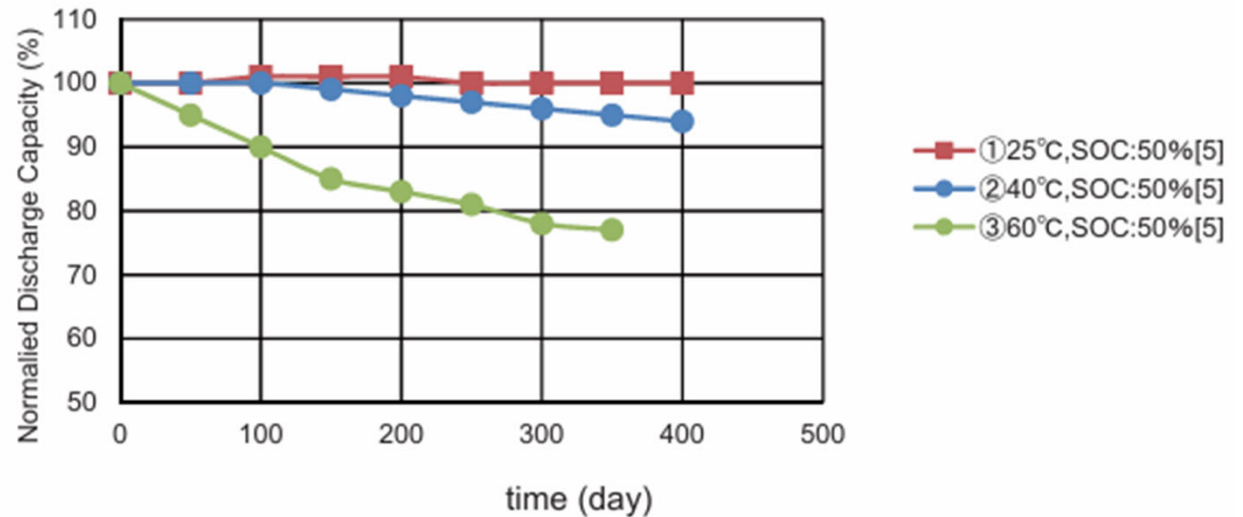
【補足】リチウムイオン電池の劣化について

一般に、リチウムイオン電池が劣化すると電池容量が減少する。リチウムイオン電池の劣化は、保存温度の影響を大きく受けることが知られている。

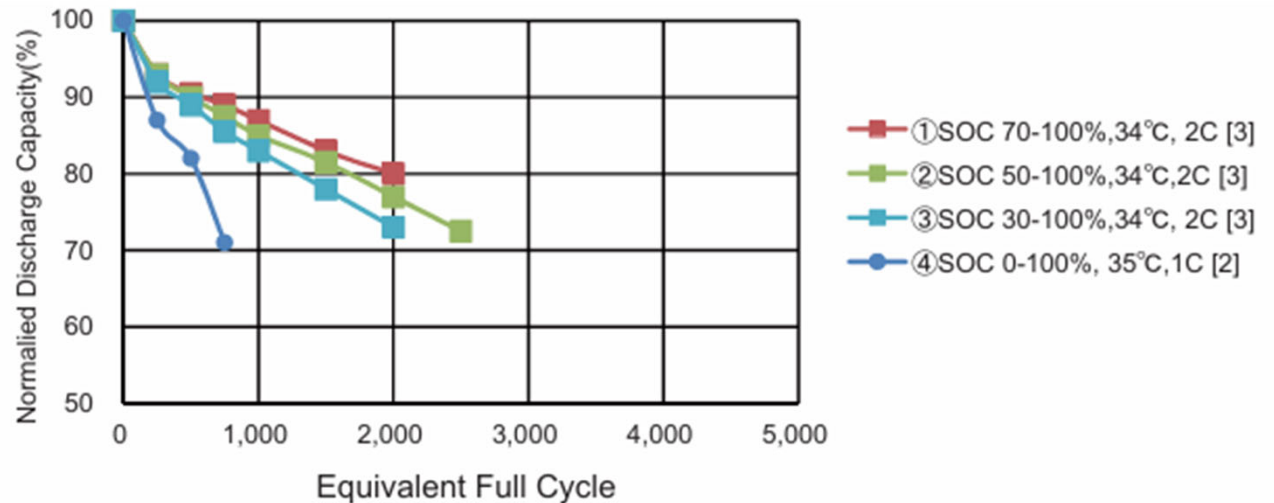
（国研）科学技術振興機構低炭素社会戦略センターの報告資料によれば、温度が25℃の場合は400日の保存をしても劣化は確認されていない。温度を40℃とした場合は400日後の電池容量は94%、60℃とした場合は400日後の電池容量が80%以下になっている⁽²⁸⁾。

また、サイクル試験の場合、温度条件のほか、放電深度やCレートの影響を受ける。

船舶に搭載されるリチウムイオン電池は、運用方法や周囲温度が様々であり、劣化状態を推測するのは難しい。電池メーカーの技術資料等が入手できる場合は、周囲温度の影響やサイクル劣化の特性から、目標の耐用年数における容量が不足しないように、最初に搭載するバッテリーの容量を決める必要がある。



保存温度の影響（SOC50%）（28）



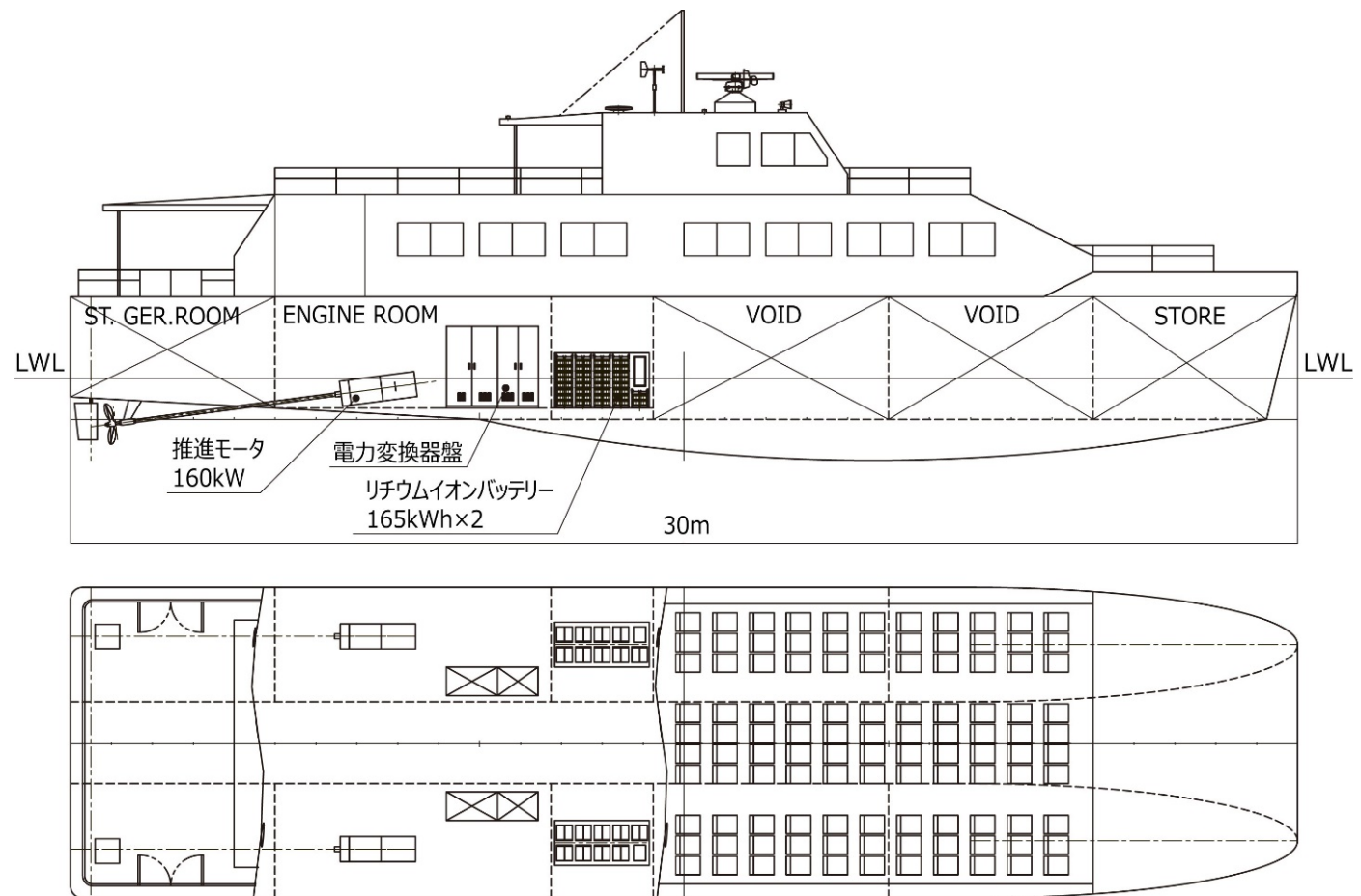
放電深度の影響（サイクル試験）（28）

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(2) 100GT型バッテリー推進旅客船

(d) 概略配置の検討

- 本船は、運航距離が短く、電池容量が比較的小さいため、必要最小限の機器は機関室内に設置できると推定される。
- 設置スペースに起因する旅客定員の減少などの問題は起こりにくいと考えられる。



100GT型バッテリー推進旅客船の概略検討例

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(2) 100GT型バッテリー推進旅客船

(e) CO₂削減効果

- ディーゼル推進の場合，1航海あたりの燃料消費量は35L，CO₂排出量は105kgと推定される。1日に4航海したとき，年間のCO₂排出量は153tonとなる。
- 本船はフル電動船であり，船から排出されるCO₂の削減率は100%である。
- 陸電による充電時に使用する電力の排出係数を0.00043t-CO₂/kWhとした場合，年間のCO₂排出量は104tonとなり，CO₂削減率は約32%となる。

【補足】

- ✓ CO₂（温室効果ガス）排出量の算定方法は，環境省により電気事業者別排出係数として細かく定められている⁽²⁹⁾。
- ✓ 同じ電気事業者であっても，複数のメニューがあり，排出係数[t-CO₂/kWh]が異なる。
- ✓ 排出係数は最低0，最大0.0007t-CO₂/kWh程度であり，現時点の全国平均は0.00043t-CO₂/kWh程度である。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(2) 100GT型バッテリー推進旅客船

(f) 導入費用の推定

- 2022～2023年のリチウムイオン電池の取引価格を参考にして、電池パックの価格を2.4万円/kWhとした場合、320kWhの電池は768万円程度と算出される。
- 船舶に搭載する電池モジュールは、20万円/kWh程度の製品もあり、320kWhの電池は6400万円となる。当面の目標は6～8万円/kWh程度と考えられる。
- 電力変換器（インバータ）の価格を16万円/kWとした場合、300kWの電力変換器は4800万円と概算される。
- 船舶に搭載する電力変換器は、開発費を含めて40～50万円/kW程度と推定される。この金額は機器構成によって、大きく異なるので注意が必要である。
- 以上より、本船の導入費用は、5500万円～2億1400万円であると推定される。

【補足】

- ✓ 文献調査によれば、リチウムイオン電池の価格は下落傾向にある。2022年は\$161/kWh、2023年は\$139/kWhCO₂である⁽³⁰⁾、⁽³¹⁾。上記では\$150/kWh、158円/\$と仮定して算出した。
- ✓ 文献調査によれば、太陽光発電で使われる電力変換器は800～3000ドル/kWである⁽³²⁾。上記では\$1000/kW、158円/\$と仮定して算出した。

※ 導入費用調査については、インターネット情報を活用している。文献(30)は田中貴金属の記事、(31)と(32)は海外の情報サイトである。詳細は報告書末の参考文献を参照していただきたい。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(2) 100GT型バッテリー推進旅客船

(g) メリット・デメリットおよび課題

メリット

- 本船はフル電動化を想定しているため、CO₂削減効果が高い。
- ディーゼルエンジンと比べてメンテナンス性は優れていると考えられる。
- 本船は、運航距離が短く、電池容量が比較的小さいため、設置スペースに起因する旅客定員の減少などの問題は起こりにくいと考えられる。

※ 電力変換器盤の寸法は國喜68を参考とした。ただし、最小限の構成としている。船内電力系統（例えば船内発電機）との接続や陸電による充電設備の仕様によっては追加の機器が必要となる。

デメリット

- 短距離運航を想定した旅客船であるが、充電時間については課題が多い。運航上、1航海毎に十分な充電ができない場合、より容量が大きい電池を搭載する必要がある。

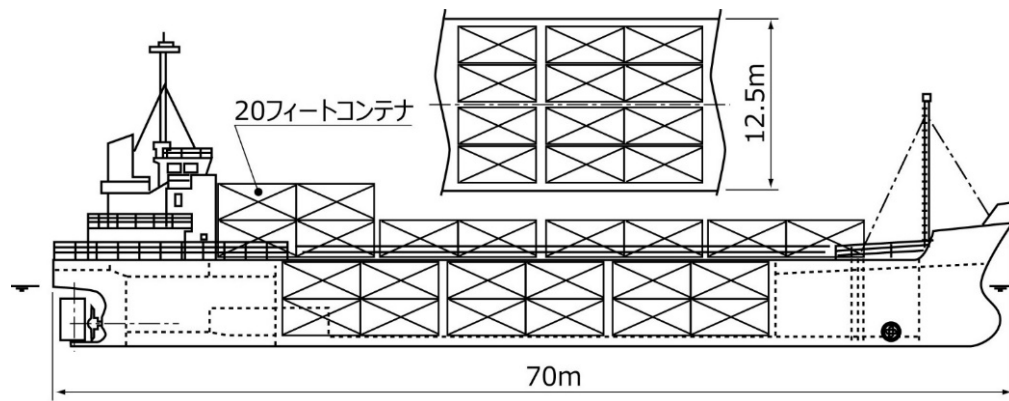
4. バッテリー利用のコンセプト検討

(3) 499GT型貨物船の実態調査

- バッテリー利用の貨物船の検討を始めるにあたり、運航プロファイルを設定するため、既存船の実態を参考とする。

(a) 船体の諸元

- 本検討においては、499GT貨物船（コンテナ船）に、着脱が容易で、搭載スペース減少の影響を評価しやすいコンテナ型バッテリーを搭載する。
- 499GT型貨物船は、全長70m、幅12.5m程度とする。運航速力11knotとしたときの推進出力は700kW程度と想定される。
- 船内電力は、既存船の実測データ等を踏まえて、10～60kWと仮定する。



499GT型貨物船のイメージ

499GT型貨物船の諸元例（船体）

	項目	仕様
船体	全長	70m
	幅	12.5m
	深さ	6.8m
	総トン数	約499トン
	運航速力	11knot
動力	運航時推進出力	700kW
	船内電力	10～60kW

4. バッテリー利用のコンセプト検討

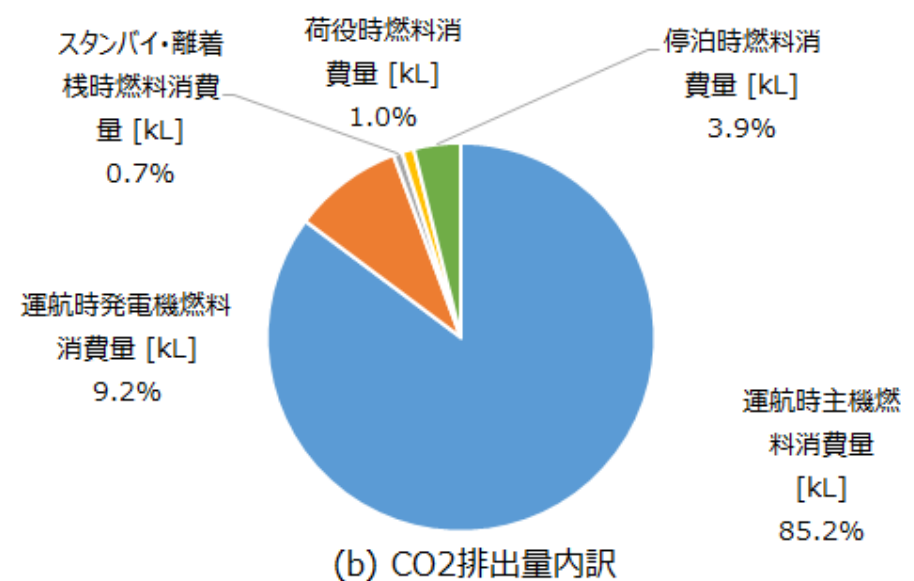
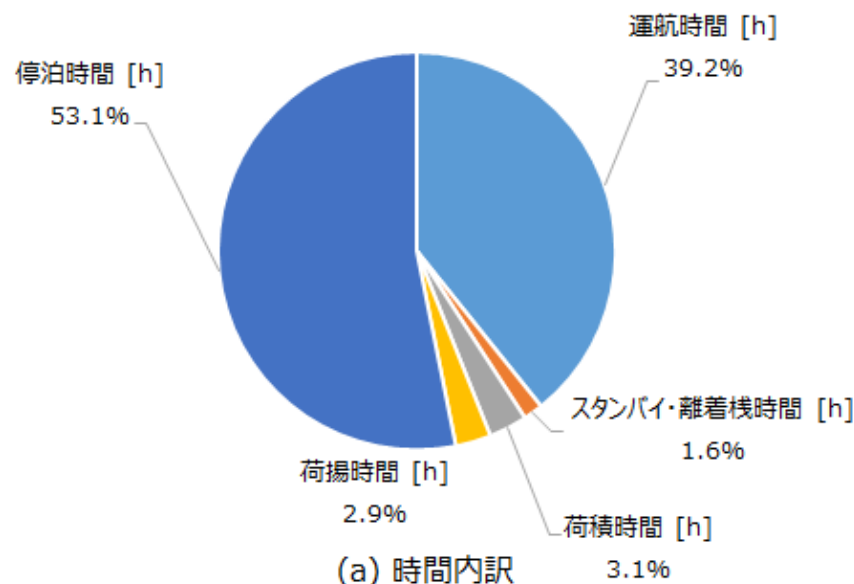
(3) 499GT型貨物船の実態調査

(b) 499GT貨物船「國喜68」の運航実態

- 海上技術安全研究所らは、499GT貨物船「國喜68」の時間内訳や燃料消費の実態（主機，発電機）など，詳細なデータを取得している⁽³³⁾。
- 本件の499GT型バッテリー推進貨物船のコンセプト検討においては，これらのデータを参考に行っている。



499GT貨物船「國喜68」



國喜68の運航実態解析例（2023/6月末～2024/1月）

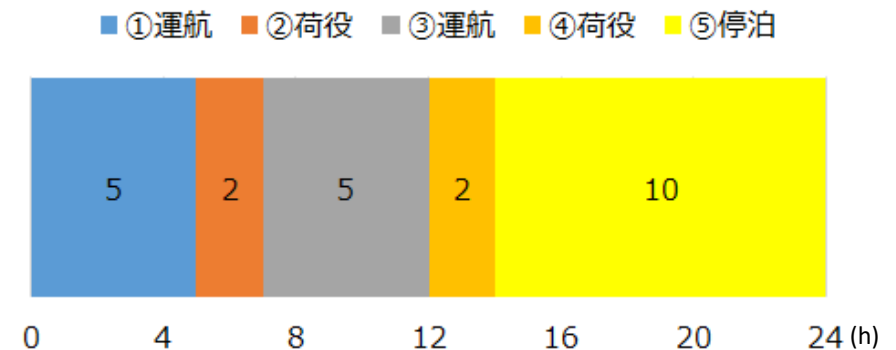
4. バッテリー利用のコンセプト検討

(3) 499GT型貨物船の実態調査

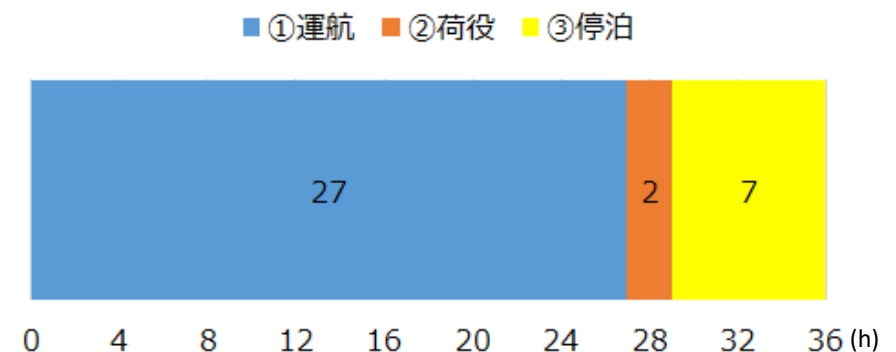
(c) 運航プロフィール

- 以上を踏まえて、本船の運航プロフィールを仮定する。

- バッテリーによる航続距離50mileとした499GT型バッテリー推進貨物船では、國喜68の運航実態を踏まえた上で、①5時間の運航、②2時間の荷役、③5時間の運航、④2時間の荷役、⑤10時間の停泊と仮定する。
- バッテリーを推進に使う場合、②の荷役時および④～⑤の荷役・停泊時、次の運航のためにバッテリーを充電するものとして試算する。あるいは③運航をディーゼル推進として、⑤停泊時に充電することもできる
- 荷役・停泊時のみ、あるいは停泊時のみにバッテリーを使う場合、陸電は使用しない。運航時の発電機により充電する。
- バッテリーによる航続距離300mileとした499GT型バッテリー推進貨物船では、①27時間の運航の後、②荷役～③停泊と仮定する。
- 充電は②以降に行うことし、①運航に必要なバッテリーを検討する。



航続距離50mileとした場合の運航プロフィール例



航続距離300mileとした場合の運航プロフィール例

4. バッテリー利用のコンセプト検討

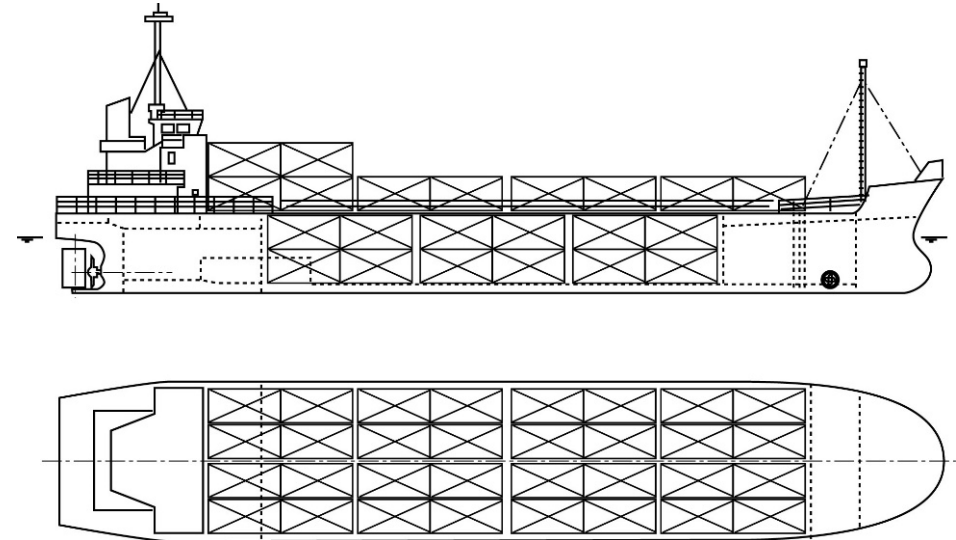
(4) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離50mile）

(a) 船体の諸元

- 船体の諸元は、前述と同じであり、全長70m、幅12.5m、運航速力11knotとしたときの推進出力は700kWとする。
- 運航時の船内電力は、既存船の実測データ等を踏まえて、ディーゼル主機運転時に60kW、それ以外るとき10kWと仮定し、船内でバッテリーを充電するときはその電力を追加する。

499GT型バッテリー推進貨物船の諸元例（船体）

	項目	仕様
船体	全長	70m
	幅	12.5m
	深さ	6.8m
	総トン数	約499トン
	運航速力	11knot
動力	運航時推進出力	700kW
	運航時船内電力	10～60kW（充電を除く）



499GT型バッテリー推進貨物船のイメージ

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(4) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離50mile）

(b) 電池システムの検討

- 以下の3通りの利用形態に必要な電池容量を求める。

a) 推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用

b) 荷役作業 + 停泊利用

c) 停泊利用のみ

499GT型バッテリー推進貨物船の諸元例（電池システム，1日あたり）

	項目	a) 推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用	b) 荷役作業 + 停泊利用	c) 停泊利用のみ
推進	出力×時間／効率	710kW×5h／95%	---	---
	必要電池容量	3737kWh	---	---
荷役	出力×時間／効率	10kW×4h／95%	10kW×4h／95%	---
	必要電池容量	42kWh（または陸電）	42kWh	---
停泊	出力×時間／効率	10kW×10h／95%	10kW×10h／95%	10kW×10h／95%
	必要電池容量	105kWh（または陸電）	105kWh	105kWh
全電池容量		3737～3884kWh	147kWh	105kWh

※ 本表の全電池容量は，1回の運航（5h）において，SOC100%から0%まで使うことを想定した試算である。長期使用によるバッテリーの劣化が想定される場合，より大きい容量のバッテリーが必要となる。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(4) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離50mile）

(c) 充電方法の検討

- a)～c)の利用形態において，充電方法を検討する。
- a)については，運航中の発電機の使用は難しいため，陸電による充電とする。
- b)とc)については，陸電による充電が理想であるが，現時点では港湾側の設備が十分ではない（5章参照）。また，バッテリー利用時の取り扱いやすさや静粛性といった特性を十分に活かすため，運航中に発電機によって充電することを基本としている。

499GT型バッテリー推進貨物船における充電方法の検討例

	項目	a) 推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用		b) 荷役作業 + 停泊利用	c) 停泊利用のみ
充電	充電方法	荷役時の陸電による急速充電	荷役・停泊時の陸電による充電	運航時の発電機により充電	運航時の発電機により充電
	充電時間	2h	12h	10h	10h
	充電電力量	3954kWh	3934kW	155kWh	111kWh
	充電出力	1977kW	328kW	15.5kW	11.1kW
備考		②の荷役時，次の運航のためにバッテリーを充電	④～⑤の荷役・停泊時，次の運航のためにバッテリーを充電		

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(4) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離50mile）

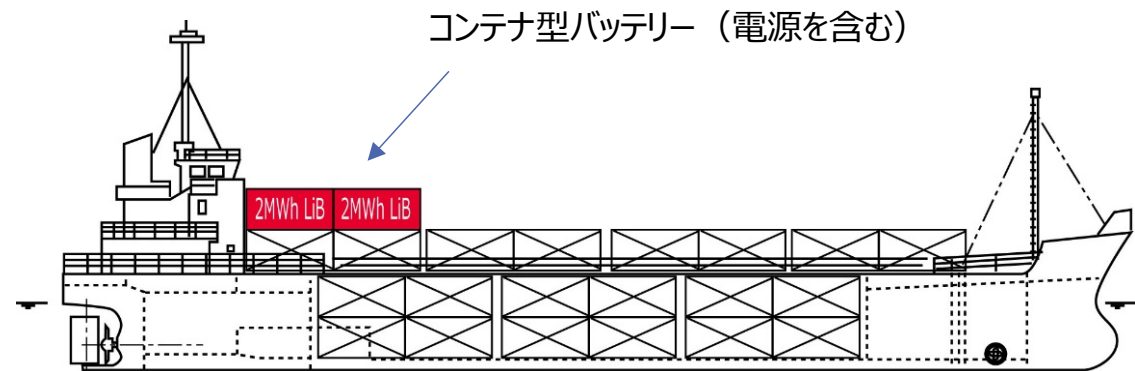
(d) 概略配置の検討

- a)の電池容量は約4000kWhであり，20フィートコンテナ×2台程度と推定される。

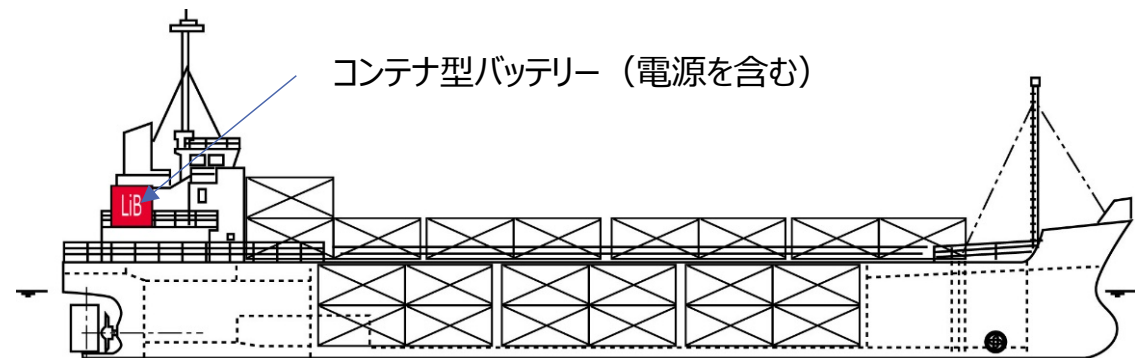
※ コンテナ型バッテリーの電池容量は様々である。ここでは，20フィートコンテナ，電池容量2000kWhと仮定している。

※ コンテナ型バッテリーの搭載場所は，機関室との配線を除き，本船の運用状況によって任意に設定できる。

- b)の電池容量は150kWh程度であり，國喜68と同程度である。c)の電池容量は國喜68よりも小さい。
- どちらも電力変換器を含めて12フィートコンテナに収まる程度である。



a) 推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用



b) 荷役作業 + 停泊利用，またはc) 停泊利用のみ

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(4) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離50mile）

(e) CO₂削減効果

- 同一の船を重油焚きのディーゼルエンジンによって運航する場合，1日あたりの燃料消費量は約1.6kL，CO₂排出量は約5tonと推定される。

499GT型バッテリー推進貨物船のCO₂排出量と削減率の推定例

	項目	既存ディーゼル推進	a) 推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用	b) 荷役作業 + 停泊利用	c) 停泊利用のみ
運航	出力×時間	主機700kW 発電機60kW×10h	主機700kW 発電機60kW×5h	主機700kW 発電機75kW×10h	主機700kW 発電機71kW×10h
	燃料消費量	1618L/day	809L/day	1653L/day	1643L/day
荷役	出力×時間	発電機10kW×4h	陸電使用	バッテリー使用	発電機10kW×4h
	燃料消費量	11.1L/day	0	0	11.1L/day
停泊	出力×時間	発電機10kW×10h	陸電使用	バッテリー使用	バッテリー使用
	燃料消費量	27.8L/day	0	0	0
全燃料消費量		1657L/day	809L/day	1653L/day	1654L/day
CO ₂ 排出量		4970kg/day	2427kg/day	4959kg/day	4962kg/day
CO ₂ 削減率		0	49%	0.22%	0.16%
備考		基準	急速充電時は排出0		

※ 主機の燃料消費率を190g/kWh，発電機は高負荷時210g/kWh，低負荷時250g/kWhとしている。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(4) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離50mile）

(f) 導入費用の推定

- バッテリーの最低価格を2.4万円/kWh（電池パックの取引価格）⁽³⁰⁾, ⁽³¹⁾, 推定標準価格を8万円/kWh（目標価格）, 最高価格を20万円/kWh（実態調査）として試算する。
- 電力変換器（インバータ）の最低価格を16万円/kW（陸上設備ベース）⁽³²⁾, 推定標準価格を25万円/kW（船用量産時の推定）, 最高価格を50万円/kW（単品開発品）として試算する。

499GT型バッテリー推進貨物船の導入費用の推定

項目	a) 推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用		b) 荷役作業 + 停泊利用	c) 停泊利用のみ
全電池容量	3884kWh		147kWh	105kWh
バッテリー最大充放電出力 （電力変換器出力）	1977kW （急速充電）	745kW （運航時）	15.5kW	11.1kW
システム最低価格	4億950万円	2億1240万円	710万円	470万円
システム標準価格	8億500万円	4億9700万円	1730万円	1190万円
システム最高価格	17億6530万円	11億4930万円	4050万円	2800万円

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(4) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離50mile）

(g) メリット・デメリットおよび課題

メリット

- 停泊用に限定するなどによって、リーズナブルなシステムを構築できる可能性がある。

デメリット

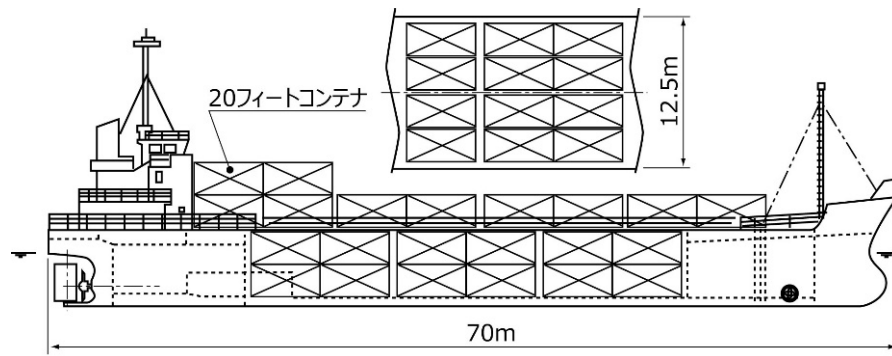
- 貨物積載量の減少分については検討課題である。
- バッテリーを推進に使用する場合、陸電設備に課題がある。コンテナ型バッテリーの積み替えなどを検討する必要がある。
- バッテリーシステムの価格に課題がある。自動車用バッテリーと同等の価格に下げられるかは不明である。また、安全性の確保のため、推進の冗長性確保（二重化）なども価格上昇の要因となり得る。
- バッテリーや電力変換器は重量が大きい。海上コンテナの強度や積み替え時に用いる荷役クレーンの強度に注意する必要がある。
- 積み替え時の陸上保管の蓄電池設備は陸上設備と見なされる。保管量や保管方法については、消防法などの関連法令に注意する必要がある。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(5) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離300mile）

(a) 船体の諸元および電池システムの検討

- 航続距離を300mileとした499GT型バッテリー推進貨物船を検討する。
- 船体諸元は、前記の航続距離を50mileとした船舶と同じである。
- 運航プロファイルは、①27時間の運航の後、②荷役～③停泊とし、充電は②以降に行う。
- a) 推進利用＋荷役作業＋停泊利用について検討する。



499GT型バッテリー推進貨物船のイメージ

499GT型バッテリー推進貨物船の諸元例（船体、電池）

	項目	仕様
船体	全長	70m
	幅	12.5m
	深さ	6.8m
	総トン数	約499トン
	運航速力	11knot
動力	運航時推進出力	700kW
	運航時船内電力	10kW
電池システム	想定運航距離	300mile
	運航時間	27.3h
	推進に必要な電池容量	21456kWh ※効率95%として

※ 本表の全電池容量は、1回の運航（27h）において、SOC100%から0%まで使うことを想定した試算である。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(5) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離300mile）

(b) 充電方法の検討

- 27hの運航後に充電することを想定した場合、電力変換の効率を踏まえた充電電力量は約22.6MWhであり、充電出力および充電時間は右表のようになる。
- 検討に用いたバッテリーの耐用年数は、船自体の寿命より長い、メーカー保証は10～15年程度である。

499GT型バッテリー推進貨物船の諸元例（充電）

	項目	仕様
充電	充電電力量	22585kWh ※効率95%として
	充電出力×充電時間	941kW×24h 1882kW×12h

※ 充電回数の上限は、電池メーカーのカatalogを参照とした⁽⁷⁾。セルの種類や使用条件により特性は大きく異なることが想定される。

※ 本コンセプト設計において、バッテリーの劣化（容量の減少）は考慮していない。本船はCレートが0.04であり、通常使われるバッテリーと比べてかなり低い。そのため、劣化は進みにくいと考えられるが、詳細は不明である。上記の通り、電池メーカーの技術資料等が入手できる場合は、周囲温度の影響やサイクル劣化の特性から、目標の耐用年数における容量が不足しないように、最初に搭載する電池の容量を決める必要がある。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

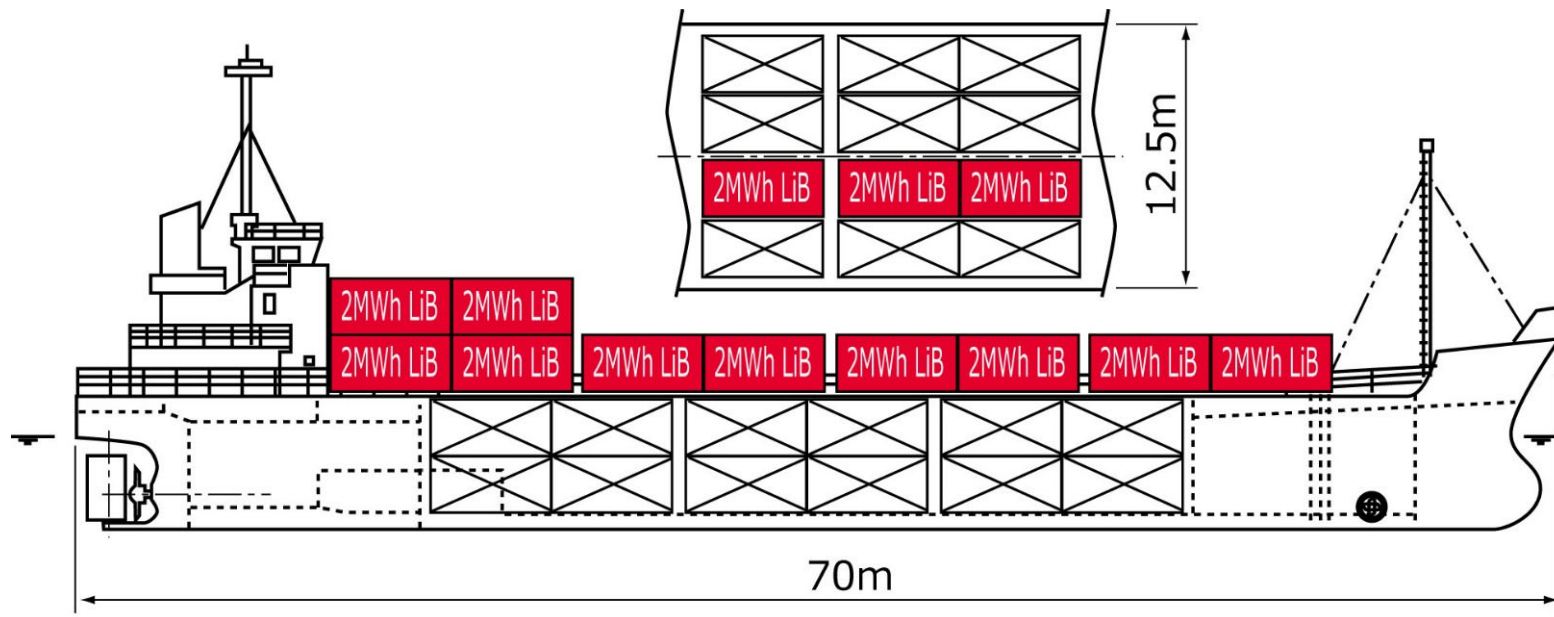
(5) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離300mile）

(c) 概略配置の検討

- の電池容量は約21MWhであり、設置スペースは、20フィートコンテナ×10台程度と推定される。88台のコンテナのうちの10台であり、貨物搭載は11%減少している。

※ コンテナ型バッテリーの電池容量は様々である。ここでは、20フィートコンテナ、電池容量2000kWhと仮定している。

※ コンテナ型バッテリーの搭載場所は、機関室との配線を除き、本船の運用状況によって任意に設定できる。



航続距離300mileの499GT型バッテリー推進貨物船

推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(5) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離300mile）

(d) CO₂削減効果

- 前項同様，ディーゼル推進船の1日あたりの燃料消費量は約1.6kL，CO₂排出量は約5tonと推定される。これらを0（削減率100%）にできる。

(e) 導入費用の推定

- 前記の試算と同様，導入費用を算出した。現時点では，許容しがたい価格であり，低コスト化が必要不可欠である。

499GT型バッテリー推進貨物船（航続距離300m）の導入費用の推定

項目	バッテリーによる航続距離300mile (推進利用 + 荷役作業 + 停泊利用)
全電池容量	21456kWh
バッテリー最大出力（電力変換器出力）※	710kW
システム最低価格	6億2850万円
システム標準価格	18億9400万円
システム最高価格	46億4620万円

※ バッテリーを積み替えることとし，充電設備は陸上に設置することを想定している。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(5) 499GT型バッテリー推進貨物船（バッテリーによる航続距離300mile）

(g) メリット・デメリットおよび課題

メリット

- フル電動化であり，CO₂削減効果が極めて高い。

デメリット

- 貨物積載量の減少は許容しにくいレベルである。バッテリーシステムの小型化（次世代高エネルギー密度電池）が必須である。
- 現状では，充電のための陸電設備が限定的であり，ブレイクスルー技術が必要となり得る。自然エネルギーの共用といった環境調和性に優れた技術，陸上のバッテリーから船上のバッテリーによる直接急速充電をする新技術などが考えられる。
- その他，前記の航続距離50mileの貨物船と同様，コストや保管についての課題がある。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(6) まとめ

- ① フル電動化したバッテリー船は、CO₂削減効果が高い、メンテナンス性といったメリットがある。
- ② 運航距離が短い場合やバッテリーの用途を停泊用に限定する場合など、設置スペースに起因する旅客定員や貨物積載量の減少などの問題は起こりにくいと考えられる。
- ③ 長距離を運航する場合、バッテリーシステムの設置スペースは許容できないレベルとなり得る。バッテリーシステムの小型化や次世代高エネルギー密度電池の開発が必須である。
- ④ 短距離運航、長距離運航に限らず、充電設備や充電時間については課題が多い。コンテナ型バッテリーの積み替えや急速充電方法などを検討する必要がある。また、バッテリーの充電に用いる陸電設備は、各船舶の運航プロファイルを満たす仕様が要求される。
- ⑤ バッテリーシステムの価格に課題がある。自動車用バッテリーと同等の価格に下げられるかは不明であり、付属機器によっても価格上昇の要因となり得る。停泊用に限定するなどによって、リーズナブルなシステムを構築できる可能性がある。

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(6) まとめ

- ⑥ 安全性が高いバッテリーシステムであることが重要である。また、船員（特に機関士）がバッテリー船の運航・管理の知識を持つこと、メーカーによる十分な陸上支援が必要となり得ることなどの課題がある。
- ⑦ 長期使用によるバッテリーの劣化が生じる場合、より大きい容量のバッテリーが必要となる。バッテリーの劣化は運用方法や使用温度の影響を受けるため、適切な運用と温度管理が重要となる。

5. 就航済みの船舶への聞き取り調査

- 推進，荷役作業，停泊のいずれかの用途にバッテリーを活用している就航済み船舶に訪船および聞き取り調査を行い，所見と併せてその結果を整理する。
- 確認する項目は，船の要目，バッテリーの用途及び「4. バッテリー利用のコンセプト検討」に掲げた6項目とする。
- 対象船は，499GT貨物船「國喜68」，499GT貨物船「ちゅらさん」，小型旅客船「HANARIA」および電池推進タンカー「あさひ」の4隻とし，関係者から聞き取り調査を行った⁽³⁴⁾⁻⁽³⁷⁾。



499GT貨物船「國喜68」



小型旅客船「HANARIA」

5. 就航済みの船舶への聞き取り調査

(1) 対象船の要目

國喜68			ちゅらさん		
 164kWhのコンテナ型バッテリーシステムを搭載。バッテリーは停泊・荷役時の船内電源に利用する。	船種	一般貨物船	 約300kWhのコンテナ型バッテリーシステムを搭載。バッテリーは空気潤滑システムの駆動源や船内電源に利用する。	船種	コンテナ船
	総トン数	499GT		総トン数	499GT
	全長	70.0m		全長	70.0m
	幅	12.5m		幅	12.5m
	深さ	6.83m		深さ	6.97m
	主機	阪神内燃機LA30G-94		主機	阪神内燃機LA32G
	定格出力	735kW/240min ⁻¹		定格出力	1471kW/270min ⁻¹
	建造造船所	山中造船		建造造船所	矢野造船
HANARIA			あさひ（あかり）		
 動力源として、水素燃料電池2基と450kWhリチウムイオンバッテリー2基、ディーゼル発電機1基を搭載	船種	旅客船	 ピュアバッテリー電気推進タンカー。川崎港の給電ステーションから供給された電気をエネルギーとして運航する。	船種	油タンカー
	総トン数	238GT		総トン数	492GT
	全長	33m		全長	62.0m
	幅	10m		幅	10.3m
	航海速力	約10.2knot		深さ	4.7m
	定員	約103名		速力	約10knot
	使用燃料	水素 & バイオ燃料ハイブリッド		主推進装置	アジマススラスト300kWx2
	建造造船所	本瓦造船		電池容量	3480kWh
船主 MOTENA – Sea			船主 旭タンカー		

5. 就航済みの船舶への聞き取り調査

(1) 國喜68（内航ミライ研究会）

No.	調査内容	國喜68
①	バッテリーの用途	● 推進力には使わず、停泊・荷役時の船内電源に利用する。
②	設置するバッテリーの仕様、バッテリー以外に必要な機器、概略の全体配置	● 本報告書 3 (4)参照。
③	満充電での使用可能時間	● 停泊時、約10～15時間の船内電力を供給できる。ただし、放電末まで使用していないため、停泊時の8～10hに使用している（別途データあり）。 ● 冬の寒冷地では、消費電力が大きいとため、バッテリーの使用に注意する必要がある（機関長）。
④	充電方法（船内発電機・軸発電機、陸上給電）別の1回あたりにかかる充電時間	● 運航時に船内発電機から充電することがほとんどである。 ● 実運航において、陸上給電はない。 ● 定期的な使用ではないため、充電時間は不明確である（別途データあり）。
⑤	充電回数の上限又は耐用年数	● 耐用年数は最低でも10～15年を想定している。
⑥	CO2削減効果、概算導入費用、積載減少量、メンテナンス内容（リフレッシュの必要性や交換作業など）と容易さ	● CO2削減効果は別途資料あり（環境省事業）。 ● （その他は要整理）
⑦	メリット・デメリット	● 停泊時の静粛性（テレビの音が聞こえる）。 ● 船内電力切り替え時のブラックアウトレス。 ● バッテリーがメンテナンスフリーであること、既存の発電機を短くできることなど、メンテナンス性に優れる。
備考（所感）		● 主発電機などと比べて、停泊時に大幅なCO2削減をできることは興味深い。ただし、少なくとも船員はバッテリーによるCO2削減効果について、必ずしも関心は高くない。

5. 就航済みの船舶への聞き取り調査

(2) ちゅらさん（内航ミライ研究会）

No.	調査内容	ちゅらさん
①	バッテリーの用途	● 推進力には使わず、本船の省エネ機器である空気潤滑システムのブロー駆動や、停泊・荷役時の船内電源に利用する。
②	設置するバッテリーの仕様、バッテリー以外に必要な機器、概略の全体配置	● 本報告書 3 (4) 参照。
③	満充電での使用可能時間	● 停泊時、満充電の状態から約20時間の船内電力を供給できる。 ● ただし、空気潤滑システムのブロー駆動は運航中の使用になるため、バッテリーの使用可能時間は明確ではない。
④	充電方法（船内発電機・軸発電機、陸上給電）別の1回あたりにかかる充電時間	● 実運航において、陸上給電はない（陸上設備がない）。 ● 空気潤滑システムの使用を含めて、効率的な充電方法を知りたい（機関長）。
⑤	充電回数の上限又は耐用年数	● 耐用年数は最低でも10～15年を想定している。
⑥	CO2削減効果、概算導入費用、積載減少量、メンテナンス内容（リフレッシュの必要性や交換作業など）と容易さ	● CO2削減効果については検証中である（エネ庁事業）。ただし、バッテリー以外の効果も含まれる。 ● （その他は要整理）

5. 就航済みの船舶への聞き取り調査

(2) ちゅらさん（内航ミライ研究会）

No.	調査内容	ちゅらさん
⑦	メリット・デメリット	● ブラックアウトレスで電源を切り替えできるのは助かる。 ● 停泊中に静寂性が高いのは非常に良い。 ● 船側でのメンテナンス項目が少ない（ほぼ無い）のはありがたい。 ● 主発電機の容量に余裕がなく、バッテリー残量と発電機負荷の両方を気にして運用しないといけない。 ● 主発電機からの充電中、発電機エンジンの排気温度が高くなるので注意が必要である。 ● バッテリーを空気潤滑システムの運転に使用する場合、主発電機の容量が大きいのか、空気潤滑システムの消費電力が小さければ、あまり色々気にすることなく運用できると思われる。
	備考（所感）	● 本船は2025年1月に就航を開始した新造船であり、バッテリー関連のデータを収集中である。 ● 本船は、運航時の空気潤滑システムの運転と停泊・荷役時の船内電源の両方にバッテリーを使用する。船内電力マネジメントを含めたバッテリー運用の最適化が重要となり得る。

5. 就航済みの船舶への聞き取り調査

(3) HANARIA (MOTENA – Sea)

No.	調査内容	HANARIA
①	バッテリーの用途	● 推進用および船内一般電源、燃料電池システムのバックアップとして使用する。
②	設置するバッテリーの仕様、バッテリー以外に必要となる機器、概略の全体配置	● バッテリーは、容量450kWh（225kW×2機）のヤンマー製である。 ● バッテリーは、燃料電池システムおよびディーゼル発電機と併用される。それぞれは別の区画に設置されている。 ● バッテリー室には、換気システム（空調はなし）、CO₂消火設備、AC/DCインバータなどが設置されている。
③	満充電での使用可能時間	● 燃料電池システムと併用しており、使用可能時間はモードにより大きく異なる。 ● 仮にバッテリーだけを使用した場合、通常運航は30分程度、純停泊は5～6時間程度である。
④	充電方法（船内発電機・軸発電機、陸上給電）別の1回あたりにかかる充電時間	● 燃料電池システムおよびディーゼル発電機、陸電で充電可能である（AC200V）。 ● 陸上の配電盤やケーブルなど、陸上設備の制限があり、陸電充電の利用は多くはない。 ● 通常の岸壁では、陸電による充電をほぼできないのが実情である。
⑤	充電回数の上限又は耐用年数	● 15年程度を想定している（初期検討時）。
⑥	CO2削減効果、概算導入費用、積載減少量、メンテナンス内容（リフレッシュの必要性や交換作業など）と容易さ	● CO2削減効果は、従来船と比べて53～100%削減（バッテリー以外を含む）と試算している。 ● 導入費は公開していない。 ● 区画制限があるので、旅客定員に影響を受ける。本船は定員に合わせて船の大きさを決めている。 ● 現時点でバッテリーの不具合はない。現在、詳細なデータを取得中であり、バッテリーや周辺の電気システムに改善点などがあれば対応したい。 ● 船員はメンテナンスを一切しない（メンテナンスができるシステムではない）。

5. 就航済みの船舶への聞き取り調査

(3) HANARIA (MOTENA – Sea)

No.	調査内容	HANARIA
⑦	メリット・デメリット	● 本船のバッテリーは、燃料電池システムの運転に必要な不可欠な設備であるが、バッテリー単体としてのメリット・デメリットは説明しにくい。 ● 船内発電機や燃料電池の運転と比べて、静粛性が高い。船種によってはメリットが高い。 ● メンテナンスフリーであること、負荷変動に対する反応性が高いことなどのメリットがある。 ● 母線が太く、曲げ加工などの電装に苦勞する。 ● 故障時、現場での修理ができないことはデメリットと言える。 ● 接点が多いため、振動が多い船の場合は対応が必要となり得る。 ● ディーゼルエンジンや燃料電池と比べて、充電（燃料補給）に時間を要する。ただし、本船では、充電時間は1時間程度であり、問題になっていない。 ● バッテリーの組み立て方によっては、設置スペース（特に高さ）が問題となり得る。 ● 本船では、バッテリーモジュールの筐体に耐食性が高い材料を使用している。 ● 船全体の空調を考える必要がある。例えば、電力制御盤の熱発生などがあり、船全体の集中制御などを検討したい。
	備考（所感）	● 船員（船長）への聞き取り調査を行った結果、電気推進システムの一部品として認識し、使用しているため、バッテリー単体としての詳細な情報は得られなかった。 ● 一方、船主への聞き取り調査では、バッテリーシステムに対する期待や運用上の課題、デメリットなど、詳細な情報を得ることができた。

5. 就航済みの船舶への聞き取り調査

(4) あさひ（旭タンカー）

No.	調査内容	あさひ
①	バッテリーの用途	● 推進と荷役，出入港，船内電力のすべてに使用している。 ● 停泊中は主に充電しているが，停泊中の船内給電もできる。 ● 電池推進船は「あさひ」と「あかり」があり，電池システムは同じである。
②	設置するバッテリーの仕様，バッテリー以外に必要となる機器，概略の全体配置	● 容量3480kWh，Corvus Energy オルカ（空冷式）。 ● カーゴタンクの船首側に上下2層のバッテリー専用区画を設けている（1740kWh×2）。 ● 2つの区画にはエアコンを設置し，推奨温度に合わせて，常時運転している。冷房のみ使用している。 ● バッテリー区画にはCO₂消火設備を設置している。 ● 機関室にインバータなどを設置している。回生抵抗はない。 ● BMSによる監視は，モジュール毎，13モジュールで構成されるラック毎，さらにその上流側でも監視している。
③	満充電での使用可能時間	● 1日の運航に使用でき，おおよそ8～10時間である。 ● 過去のデータにあわせてバッテリー容量を決定している（SOC10～80%を使用）。 ● 今までに1日の運用でバッテリー容量が足りなくなったことはない。ただし，運用が2日間に渡る場合（1晩を錨泊する場合），船内の小型発電機を使う。
④	充電方法（船内発電機・軸発電機，陸上給電）別の1回あたりにかかる充電時間	● 基本は夜間の陸電を使い，充電時間は8～10時間である。 ● 出力300kWの充電設備が必要であり，既製品がなく，カスタマイズが必要である。 ● 当初，パワーケーブル3本，信号線，アースなど合計10本にコネクタがあり，作業負担が大きかった。そのため，2つのコネクタ（海外製）とした。 ● 現状，陸電によるトラブルはない。ただし，陸電設備を船主だけで管理するのは難しく，電池船の普及のためには公共機関の協力が必要である。

5. 就航済みの船舶への聞き取り調査

(4) あさひ（旭タンカー）

No.	調査内容	あさひ
⑤	充電回数の上限又は耐用年数	● 充放電回数によるが、現状では10年で交換することを想定している（10年後にSOH80%と予測）。なお、現在、劣化状況をモニター中であり、詳細はわからない。
⑥	CO2削減効果、概算導入費用、積載減少量、メンテナンス内容（リフレッシュの必要性や交換作業など）と容易さ	● CO2削減効果は、現在、検証中である。従来のタンカーと比べて、おおよそ90%以上と想定している（再エネ電源を使用した場合）。 ● 概算導入費用は非公開である。船価は1.4倍程度であるが、すべてがバッテリーによるものではない（自動荷役システムや居住区デザインが含まれている）。 ● 積載減少量はなく、従来のタンカーと変わらない。それを確認できたため建造した。 ● 年に1回、SOHの計測などを行うが、通常は監視メンテナンスフリーであり、船員による作業はない。ただし、インバータなどは基板交換があり得る（例えば10年後など）。
⑦	メリット・デメリット	● 静粛性が高く、テレビが聞こえる。 ● 電気推進は、トルクが大きく、操船性がよい。しかも、本船はアジマススラストであり、操船性に優れている。 ● メンテナンスが不要であり、機関部の労働負荷が低減した。船内に搭載している工具が少ない。 ● 出港時、従来のディーゼル推進船は、主発電機運転、主機始動、さらに暖機といった手順が必要である。それに対して、電池推進船は、出港前準備が極めて簡単であり、時間短縮ができる。 ● 本船の場合、航続距離に問題はない。ただし、運航の柔軟性を向上させるため、高エネルギー密度の次世代電池に期待する。
備考（所感）		● バッテリーシステムの船舶への導入・普及において、陸電設備の設置や管理の課題が多いと思われる。普及のためには、国や自治体などの公共機関の協力が必要であると考えられる。

5. 就航済みの船舶への聞き取り調査

(5) まとめ

- ① 調査した船舶の船種やバッテリーの用途が異なるため、一概には言えないが、船員や事業者は、バッテリーのメリットとして、静粛性やメンテナンス性の高さをあげており、バッテリーへの期待は高い。
- ② 陸電による充電をする場合、陸上設備の課題が多い。例えば、配電盤やケーブルなどの陸上設備の制限などに課題がある。また、バッテリーシステムの船舶への導入・普及において、特に陸電設備の設置や管理に課題がある。普及のためには、国や自治体などの公共機関の協力が必要であると考えられる。
- ③ 船舶へのバッテリー搭載はまだ普及段階ではなく、検証中の船舶が多い。バッテリーの用途により異なるが、船内電力マネジメントを含めたバッテリー運用の最適化が重要となり得る。

6. バッテリーに関する国内技術動向の調査

- 内航船におけるバッテリー活用の関係省庁の政策動向，研究開発動向，陸上給電および港湾施設の最近の動向について情報収集し，法的課題，技術的課題を整理する。

(1) 内航船におけるバッテリー活用の国内動向

No.	項目	概要
1	関係省庁の政策動向	● 内航海運における2030年度のCO₂排出削減目標の達成に向け，バッテリーの活用が注目されている。 ● 国土交通省海事局が策定した連携型省エネ船の設計コンセプトにも省エネ機器の一つとして記載されている。
2	研究開発動向	● 自動車業界をはじめとして，様々な電池について研究開発が進められている（本報告書第2章参照）。 ● リチウムイオン電池を搭載した船舶が数多く建造されはじめている。船舶への搭載における技術的なハードルは低くなってきたと考えられる（本報告書第3章参照）。
3	港湾施設の動向	● CNP（カーボンニュートラルポート）などの検討が進められているものの，現状の多くの港では，バッテリー船の充電に十分な設備は設置されていない。

6. バッテリーに関する国内技術動向の調査

(2) 課題整理

No.	項目	概要
1	法的課題	● 日本マリンエンジニアリング学会は、大容量蓄電池導入に関連した調査を行い、大容量蓄電池導入における調査研究報告書を取りまとめている⁽³⁸⁾。報告書のAppendix-8では、国内外船級ABS⁽³⁹⁾、Bureau Veritas⁽⁴⁰⁾、DNV⁽⁴¹⁾、Lloyd's Register⁽⁴²⁾、日本海事協会⁽⁴³⁾によるリチウムイオン電池に関連する要求事項をまとめている。なお、同報告書には、関連技術の解説や船舶への導入事例なども詳細にまとめられている。 ● 日本船舶電装協会は、電池推進船電気装備工事指針の作成に関する調査研究委員会において、電池推進船の現状、法規制の整理、リチウムイオン電池の特性等を調査しながら技術的なポイントを電気装備工事指針として取りまとめる事業を進めている⁽⁴⁴⁾。 ● バッテリーを港で積み替える場合、陸上保管の蓄電池設備は陸上設備と見なされる。保管量や保管方法については、消防法などの関連法令に注意する必要がある。
2	技術的課題	● 特に長距離を運航する船舶に推進用とのバッテリーを搭載する場合、設置スペース、充電設備や充電時間、バッテリーシステムの価格に課題がある。 ● 陸電による充電をする場合、陸上設備の課題が多い。例えば、配電盤やケーブルなどの陸上設備の制限や陸電設備の設置コストなどに課題がある。

6. バッテリーに関する国内技術動向の調査

(3) リチウムイオン電池の火災対応

No.	項目	概要
1	電気自動車	● 日産自動車は、電気自動車（EV）が事故にあったときの注意事項として、火災を消火するときは必ず電気火災用の消火器（ABC、BCまたはCタイプ）を使用すること、消火栓などから大量の放水が可能な場合のみ水での消火も可能としている⁽⁴⁵⁾。 ● また、不適切な消火作業は危険なため絶対に行わないことといった警告をしている。
2	陸上蓄電池設備	● 総務省消防庁に関連する検討会は、リチウム二次電池が延焼拡大した場合の消火について実証実験を実施し、スプリンクラが有効であることを確認している⁽⁴⁶⁾、⁽⁴⁷⁾。
3	特殊消火器	● 例えば、米国・カナダを拠点とするHCL社は、リチウム二次電池に特化した消火器「FCL-X」を開発し、販売している⁽⁴⁸⁾、⁽⁴⁹⁾。電気自動車用リチウム二次電池の消火実験を行い、検証を進めている。

7. まとめ

以上、現在の国内のバッテリー導入船の実態把握をすることを目的として、内航船におけるバッテリー技術活用について調査した。以下、調査結果をまとめる。

- ① 現状の大容量蓄電池としては、リチウムイオン電池が主流であり、さらなる高エネルギー密度化、低コスト化、長寿命化などを目指した研究開発が進められている。近い将来の電池として、全固体電池が注目されており、船舶分野への展開も期待できる。
- ② 国内外において、リチウムイオン電池を搭載した船舶が数多く建造されはじめている。完成度が高く、安全性が高い電池モジュールが販売されており、船舶への搭載における技術的なハードルは低くなってきたと考えられる。
- ③ フル電動化したバッテリー船は、CO₂削減効果が高い、静粛性が高い、メンテナンス性といったメリットがある。一方、特に長距離を運航する場合、設置スペースや充電設備、充電時間、バッテリーシステムの価格に課題がある。
- ④ 陸電による充電をする場合、陸上設備の課題が多い。例えば、配電盤やケーブルなどの陸上設備の制限や陸電設備の設置コストなどに課題がある。

参考文献

- (1) 産総研HP, https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20231025.html
- (2) NEDO HP, https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100193.html
- (3) NEDO HP, https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100968.html
- (4) トヨタ自動車HP, <https://global.toyota/jp/newsroom/corporate/39330299.html>
- (5) ホンダ, https://global.honda/jp/tech/All-solid-state_battery_technology/
- (6) 日産自動車, <https://global.nissannews.com/ja-JP/releases/release-8aef385f4e3efd0619b175c665007f52-220408-01-j>
- (7) 橋本総研, <https://hasimoto-soken.com/archives/330>
- (8) AUTO CAR JAPAN, <https://www.autocar.jp/post/1098337/2#s6>
- (9) Solid State Marine社, <https://solidstatemarine.com/>
- (10) SOLiTHOR社, <https://www.solithor.com/en/home>
- (11) 東芝HP, <https://www.global.toshiba/jp/products-solutions/battery/scib.html>
- (12) 東芝, SCiB電池システムコンポーネントカタログ, https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/products-solutions/battery/scib/pdf/Toshiba_SCiB_component.pdf
- (13) 東芝, SCiBカタログ, https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/products-solutions/battery/scib/pdf/SCiB_toshiba.pdf
- (14) GSユアサ, ニュースリリース, https://www.gs-yuasa.com/jp/newsrelease/article.php?ucode=gs190618203407_664
- (15) GSユアサ, LIM50EN Industrial Lithium-Ion Battery, https://www.gsyuasa-lp.com/SpecSheets/LIM50EN_Data_Sheet.pdf
- (16) GSユアサ, 産業用リチウムイオン電池LIMシリーズ総合カタログ, <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00120/00015/gs-yuasa.pdf>
- (17) Corvus Energy, <https://corvusenergy.com/>
- (18) 内航ミライ研究会, ニュースリリース, <https://www.7151000.jp/blog/categories/ニュースリリース>

参考文献

- (19) パワーエックス, <https://power-x.jp/>
- (20) 井本商運, プレスリリース, <https://www.imotoline.co.jp/news/202404181614430/>
- (21) GSユアサ, <https://newsroom.gs-yuasa.com/news-release/173>
- (22) 三菱重工, <https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/503/503056.pdf>
- (23) セイキ, <https://e-seiki.com/product/高電圧蓄電用バッテリーユニット-h48050-2/>
- (24) IHI, https://www.ihl.co.jp/all_news/2013/industrial_general_machine/1190251_1695.html
- (25) エジソンパワー, <https://battery-manufacturing.com/wp/wp-content/uploads/2024/04/2024液冷式コンテナ型蓄電池カタログ.pdf>
- (26) 豊島フェリー, <https://t-ferry.com/company/ships/>
- (27) フェリーなんきゅう, <http://nankyu-ferry.com/ship/>
- (28) 科学技術振興機構, リチウムイオン電池の劣化挙動調査, <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2019-sr-01.pdf>
- (29) 環境省, 電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用)－R4年度実績－, https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/r06_denki_coefficient_rev10.pdf
- (30) 田中貴金属, <https://tanaka-preciousmetals.com/jp/elements/news-cred-20240226/>
- (31) Electric Vehicle Outlook 2024, <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>
- (32) MOKOENERGY, <https://www.mokoenergy.com/ja/solar-inverter-cost/>
- (33) 平田, 連携型省エネ船のコンセプトと今後の在り方, 鉄道・運輸機構, 令和6年度内航船舶技術支援セミナー, https://www.jrtt.go.jp/ship/seminar/asset/241022_02_nmri.pdf
- (34) あさひ, https://e5ship.com/wp-content/uploads/2022/06/2022-03-31_jp.pdf
- (35) あさひ, <https://www.tepco.co.jp/ep/notice/pressrelease/2022/pdf/220414j0102.pdf>
- (36) https://www.jrtt.go.jp/corporate/public_relations/magazine/82_JRTT%20TOPICS2.pdf
- (37) <https://www.jrtt.go.jp/ship/achievement/photo.html>

参考文献

- (38) 日本マリンエンジニアリング学会, 大容量蓄電池導入における調査研究報告書,
<https://www.jime.jp/uploads/ckfinder/pdf-guideline/469.pdf>
- (39) ABS, Requirements for Use of Lithium-ion Batteries in the Marine and Offshore Industries
- (40) Bureau Veritas, RULES FOR THE CLASSIFICATION OF STEEL SHIP, NR467
- (41) DNV, RULES FOR CLASSIFICATION Ships, Part 6 Additional class notations, Chapter 2 Propulsion, power generation and auxiliary systems, SECTION 1 ELECTRICAL ENERGY STORAGE
- (42) Lloyd's Register, Rules and Regulations for the Classification of Ships
- (43) 日本海事協会, 鋼船規則H編 附属書2.11.1-2. 蓄電池システム
- (44) 日本船舶電装協会, プレスリリース, https://www.ship-densou.or.jp/plessrelease/2024_denchi_suishin.pdf
- (45) 日産自動車, https://www.nissan.co.jp/OPTIONAL-PARTS/NAVIOM/LEAF_SPECIAL/1709/Pg/ze0j1-9ccb1159-139c-46bd-9e20-76958ff23595.html
- (46) リチウムイオン蓄電池に係る火災予防上の安全対策に関する検討報告書, 2023
- (47) リチウムイオン蓄電池に係る危険物規制に関する検討報告書, 2024
- (48) HCL社, <https://fullcirclelithium.com/>
- (49) HCL社, <https://www.fullcirclelithium.com/wp-content/uploads/2024/06/FCL-X-Third-Party-Test-Report-1.pdf>