

国土交通省 海事局 海洋・環境政策課 殿
委託調査事業

新燃料等に対応するための **Ready** 船設計及
び既存船向け省エネ・省 **CO2** 技術に関する
調査研究

成果報告書

2026年3月

一般財団法人 日本造船技術センター

附録 1

調査研究の成果報告書

調査①

新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

内航船の新燃料等対応Ready船設計等調査事業の 調査報告

①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較



1



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 目次

- 調査研究計画

- 調査(1) Ready船の定義と範囲の検討
 - Ready船の定義の整理
 - 現状のReady船の調査
 - Ready船のエンジンと燃料の組合せの検討
 - 新燃料等の供給条件の検討

- 調査(2)Ready船に必要な設計要件・仕様の整理
 - 新燃料等の燃料供給系統に係る安全要件の検討
 - 燃料供給系統に必要な機器の調査と系統図の作成

2

□ 調査研究の進め方

- 新燃料等を使用する船舶に必要な設計要件と重油燃料船の設計要件を調査・比較し、新燃料等の種類ごとにReady船の建造に当たって必要な仕様を整理。

(1) Ready船の定義と範囲の検討

- Ready船の定義の整理
 現状のReady船の調査を行い、Ready船のエンジンと燃料の組合せの検討結果等を踏まえて、技術的・経済的側面から実現性の高いReady船の範囲を検討。
- 現状のReady船の調査
 船級協会のReady船認証ガイドラインやReady船の事例等から、Ready船の種類及びどのような新燃料等対応レベルが選択されているかの実態を調査。
- Ready船のエンジンと燃料の組合せの検討
 経済性評価の実施前の初期段階の選定として、現状のエンジンの開発状況や燃料の物性を考慮し、Ready船に必要な船体とエンジンの新燃料等への準備状況と燃料の組合せを明示。
- 新燃料等の供給条件の検討
 新燃料等の供給条件について、ヒアリングや委員会での意見、また文献などの内容を参考にして、主に都市や地方、航路条件、船種等で、どのような問題点と利点が存在するか検討。

(2) Ready船に必要な設計要件・仕様の整理

- 新燃料等の燃料供給系統に係る安全要件の検討
 新燃料等を使用する船舶の安全要件として、IMO基準を調査し、燃料タンクからエンジンに供給されるまでの燃料供給系統に関わる要件の比較表を作成
 調査項目 燃料タンクの配置要件/設計要件（例えば、適用可能なタンク種別や貯蔵要件）
 タンクコネクションスペースの配置要件、燃料調整室の配置要件
 バンキングステーションの配置要件、燃料配管の配置要件/設計要件、機関室配置要件
- 燃料供給系統に必要な機器の調査と系統図の作成
 燃料供給系統に関わる要件の比較表をもとに、エンジンメーカー等の既存資料を基に燃料の供給系統に必要な機器を調査し、これらの配置がわかるような系統図の概要を作成。

□ 参考資料

No.	搭載エンジン	新燃料等利用時の措置	A重油*	C重油*	バイオ (FAME)	LNG (メタン)	メタノール	アンモニア	水素
1	重油専焼エンジン	エンジン全体の換装				CH ₄	CH ₃ OH	NH ₃	H ₂
2	重油専焼エンジン	エンジン主要部品（ピストン、シリンダーヘッドなど）の交換							
3	デュアルフューエルエンジン	軽微な部品の追加・交換							
4	デュアルフューエルエンジン	部品交換なし（部品の動作確認のみ）							

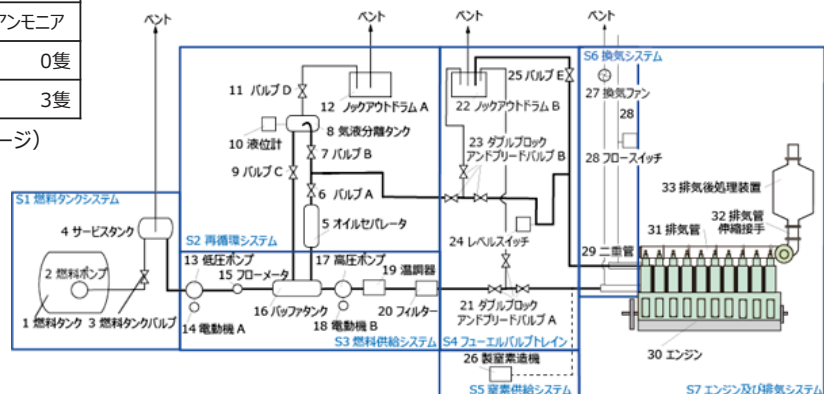
化学式									
液体密度 (温度)	kg/m ³ (°C)	846 (15)	972 (15)	865 (15)	426 (-164)	796 (15)	681 (-33)	71 (-253)	
低位発熱量	MJ/kg	45.5	40.9	37.3	50.0	19.9	18.6	120.0	
低位発熱量 (水の標準熱より)	GJ/m ³	38.5	39.8	32.3	21.3	15.9	12.7	8.5	
沸点 (大気圧下)	°C	-	-	-	-164	65	-33	-253	
自己着火温度	°C	-	-	-	640	460	651	520	
燃焼速度	cm/s	-	-	-	40	56	7	312	
備考						有毒	有毒		

搭載エンジンの新燃料等対応状況（イメージ）

従来燃料	新燃料等			
	LNG	メタノール	水素	アンモニア
重油	2隻	2隻	0隻	0隻
LNG		0隻	0隻	3隻

現状のReady船隻数（燃料の組合せ）（イメージ）

重油と主要な新燃料等の物性や安全性



アンモニア燃料船の燃料系統図の概要

1. Ready 船の定義の整理

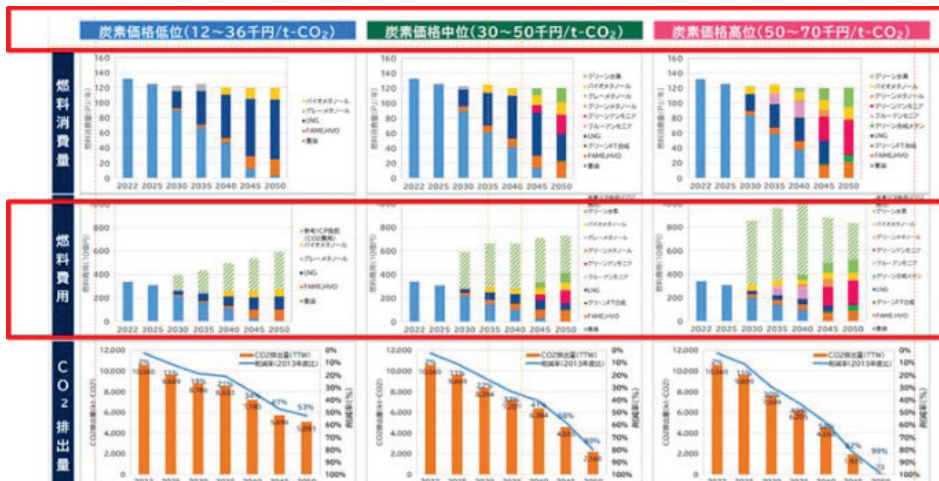
背景・必要性

- 地球温暖化対策計画（令和7年2月閣議決定（改定））で定められたCO2削減に係る中期目標、長期目標（2050年カーボンニュートラル）の内航海運における実現には、低炭素代替燃料（新燃料）への転換が必須。
- 一方、現時点においては、船舶及び燃料供給に係る技術・コスト・制度・インフラ面の課題から、新燃料船舶を建造していく環境は十分とは言えない。
- しかしながら、内航船舶は一般に20年程度使用されることから、新燃料船普及に向けた過渡期対応として、**将来的に新燃料を使用可能とするための改造を促した設計の船舶**（以下「Ready船」という。）の建造を促進することが、CO2削減目標の達成及び内航海運におけるスムーズな燃料転換の一助となる可能性がある。

1. Ready 船の定義の整理

背景・必要性

- 国際海運においては、IMOにおいてCO2排出規制を超過した場合は負担金（380ドル/CO2トン=57,000円/CO2トン）を課すルールが検討されている。
- 仮に、将来国内においてIMO規制と同等の規制が行われた場合、重油価格は約3倍となる可能性がある
※重油価格100,000円/トンとすると、1トン当たり171,000円（重油1トン当たり約3トンのCO2が排出）の負担金が生じ、負担金込みの重油価格は271,000円となる。
- 将来の新燃料の普及や規制の動向は不確実性が大きいものの、Ready船の建造が内航事業者の安定した事業運営及びCO2排出削減目標の達成の一助となる可能性がある。





①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(1)Ready 船の定義と範囲の検討

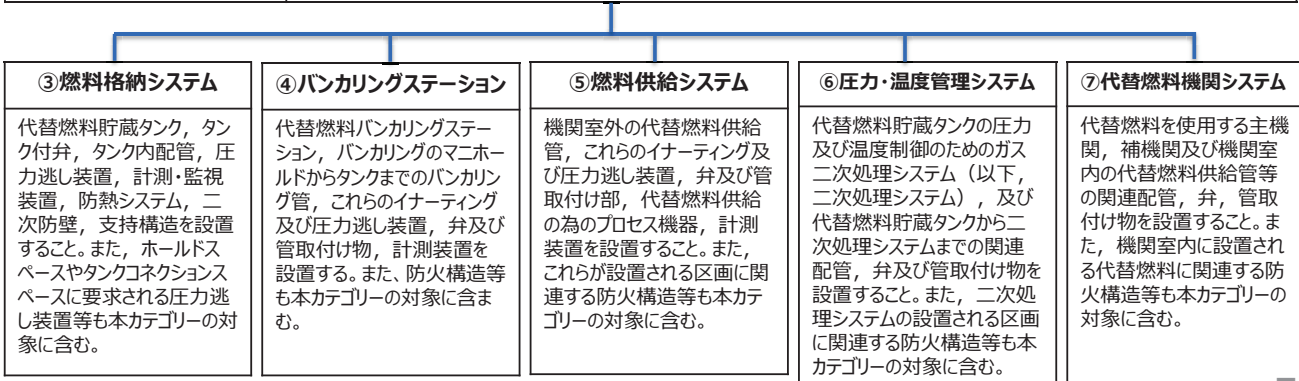
1. Ready 船の定義の整理

Ready船の範囲とレベル

- Ready船とは将来の改造を見据えた準備のことであるが、建造時点での程度の準備を行うか（例：設計のみか、実際に機器を搭載するか）、については対応のレベルに幅がある。
- 船体構造そのものに係る改造は困難であることから、本調査におけるReady船の該当範囲は下記とする。
 - ・ 最低限、船体に係る概念設計及び構造について、新燃料への転換に係る将来の改造を見越したものとする（下記①②は必須）
 - ・ その上で、建造時点で改造時に必要となる各機器をどの程度導入しておくかは各船次第（下記③～⑦はReady船の対応レベルの幅に含まれる）

NK新燃料船ガイドライン^[1]より

船体構造	実施内容
①代替燃料対応概念設計	代替燃料使用のためのコンセプト設計がなされ、その設計が関連規定の基礎的な要件に適合することが確認されたこと。
②代替燃料対応船体構造	代替燃料貯蔵タンク及びホールスペースを本船に搭載する区画のアレンジ、また搭載されるタンクに応じたタンク配置、周辺船体構造の局部構造強度、及び鋼材グレードに関連した要件を満足するよう設計し、この設計に従った船体を有すること。



[1] NK代替燃料船ガイドライン 付属書1 Alternative Fuel ready船 (第3.0.1版), https://www.classnk.or.jp/account/ja/Rules_Guidance/ssl/login.aspx?ref=guidelines



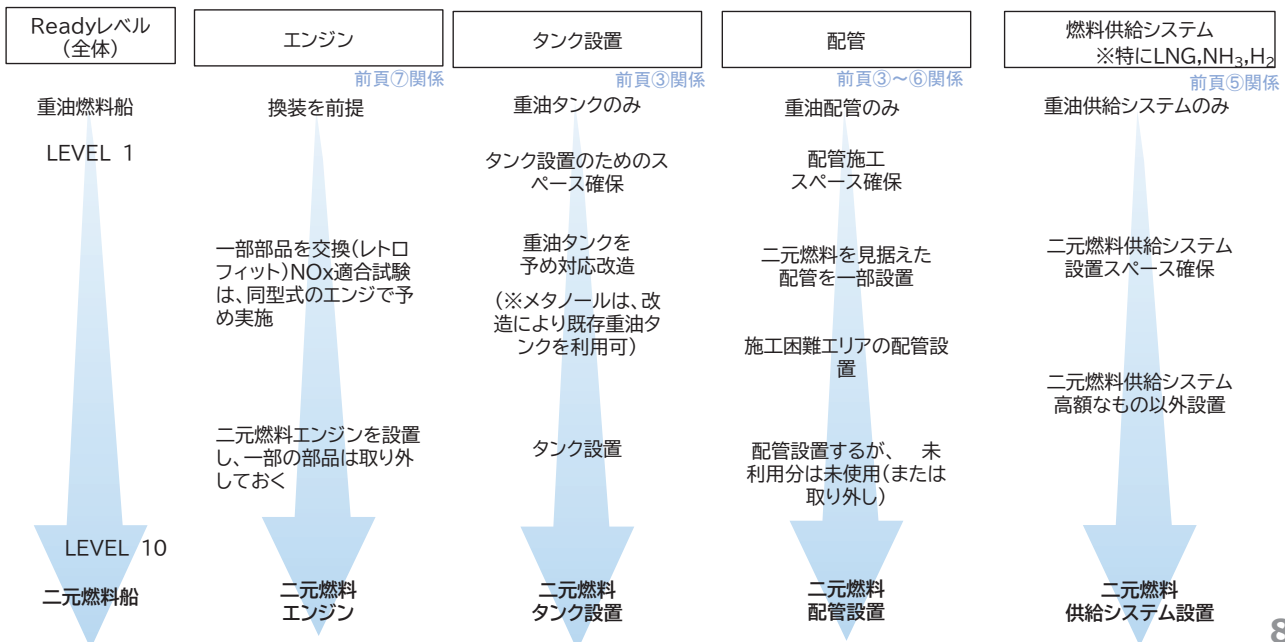
①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(1)Ready 船の定義と範囲の検討

1. Ready 船の定義の整理

Ready船のレベルの考え方（イメージ）

- Ready船において、新燃料に対応するための設備を建造時点であらかじめどの程度導入しておくかは各船次第（Ready船のレベル）。
- Ready船のレベルについては、「初期費用」と「後からの改造の困難さ」のバランスにより選択されるものと考えられる（新燃料の供給が整備されない場合等は、二元燃料船への改造を行わないケースもあり得るため）。





①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

- 船級協会ではReady船（Alternative Fuel Ready）について、将来的に代替燃料を使用するためのコンセプト設計，又は部分的な設備の詳細設計並びに搭載を行った船舶と定義している。
- 国内内航海運の明確なReady船の事例は少ないため、国内外のReady船及び代替燃料船の事例について調査した。
- 次頁以降に、主なReady船・代替燃料船の事例として、メタノールReady船及び二元燃料船、LNG燃料船、アンモニアReady船、水素Ready船の調査結果を示す。
- 事例調査からは、建造されているReady船は、コンセプトデザインの実施を行っている段階のものから、主機および船体構造の準備をしているものまで、幅広い段階にあることが分かる。

9



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

メタノールReady船 主機換装、燃料タンク増設、配管系統新設



Stena Germanica (Stena Line)

船種：フェリー
 建造：Astilleros Españoles, Spain
 改造：Remontowa, Poland
 2000年6月竣工
 2015年改造
 船級：Lloyd's Register
 全長：240 m
 全幅：29 m
 喫水：6.1 m
 乗客：1,300人
 車両：300両

メタノール燃料改修に使用されたヴァルツィラZ40 4ストロークエンジン

- 硫黄(SOx)や亜酸化窒素(NOx)排出の規制に対応して、レトロフィットでメタノール焚きに改造（2015年）。
- 当時、メタノール燃料船舶の建造に関するIGFコードやその他の規制指針は存在せず、リスクベースのアプローチで対応。
- 売船時の価格を維持するため、重油タンクを残し、メタノールの毒性と可燃性から、漏洩リスクを最小限に抑えるため、メタノールタンクは、船底のバラストタンク内に新たに設置し、タンク周囲を水で満たした。
- 現在では、船級規則により設計上の課題が軽減されている。
- タンク周囲にはコーファタムの設置が義務付けられるが、最低喫水線以下の外板で囲まれた面、メチル/エチルアルコールを含む他の燃料タンク、および燃料準備室は例外となる。

Source: Lloyd's Register Website

<https://www.lr.org/en/knowledge/case-studies/pioneering-methanol-engine-retrofits-in-shipping/>

10



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

メタノールReady船 補機類・配管系の搭載



Eco Umande (X-Press Feeders (シンガポール))

船種：コンテナ船 (1171TEU)
建造：New Dayang Shipbuilding Co., Ltd
全長148m
全幅27.2m
深さ14.3m
主機：MAN 社製の5S50MEメタノール二元燃料エンジン
(Everllence B. & W. 5S50ME-C9.6-LGIM - 2-stroke 5-cyl. 500mm x2214mm bore/stroke 6,650 kW total at 117rpm)

- SUMEC Marine Co., Ltd.傘下のNew Dayang Shipbuilding Co., Ltd.によって建造され、当初はメタノール燃料を予備燃料として2024年3月に就航。PaxOcean Engineering Zhoushan (中国)で2024年3月24日から7月3日の期間にメタノール燃料船への改装が行われた。
- 新規設置したシステム
メタノール燃料システム、窒素システム、メタノール機器室のビルジ水システム、メタノールタンクバントおよびスweepシステム、LFSS計器用空気システム、泡消火システム、メタノール燃料供給系とその補助システム用のステンレス鋼製パイプライン
- 改修した既存システム
CO2システム、全船空気計測システム、機関室給水システム、高温・低温淡水冷却システム、圧縮空気システム、制御空気システム、消火水システム、換気システム
- 燃料タンクは新造時にメタノール積載可能な設計仕様

Source: xinde marine news Website
<https://www.xindemarinenews.com/m/view.php?aid=55075>

11



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

メタノールReady船 機関室構造、船体構造で対応



Florvik(SMT Shipping)

船種：セメント運搬船
建造：Royal Bodewes SY
2023年竣工
全長：90m
全幅：12.5m
深さ：8.6m
載貨重量トン数：4280トン
喫水：6m

- 将来的にメタノールで航行できる機関室が準備されており、メインデッキにもメタノール燃料タンクの設置に備えて補強が行われている。
- 貨物取扱システムは顧客の需要に最適化されており、船内に完全に統合されている。

Source: Royal Bodewes Website
<https://royalbodewes.com/vessel/florvik/>

12



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

メタノールReady船 メタノールReady仕様



MAERSK EL PALOMAR

(日鮮海運(株))

船種：大型コンテナ船
建造：JMU呉事業所
2024年3月竣工
船級：DNV
全長：335 m
型幅：51 m
型深：27.1 m
喫水：16 m
総トン数：127,832
主機関：7G95ME-C10.5

- メタノールReadyの仕様を採用し、DNV Fuel ready (LFL [AEC; D; MEC]) Notationを取得。
- 最大2,500個の冷蔵・冷凍コンテナ搭載が可能。
- 温室効果ガス排出規制であるエネルギー効率設計指標 (EEDI) は リファレンスラインに対して50%以上の削減。
- EGCS SOxスクラバーの採用、NOx TierⅢ規制への適応、有害物質一覧表の保持等に適合、DNV CLEAN Notationの取得、荷役時にディーゼル発電機の運転停止を可能とするAMSP (Alternative Maritime Shore Power、陸上電源供給システム) を搭載するなど、様々な環境規制に対応。

Source: 日本船舶海洋工学会 西部支部メールマガジン第115号
<https://www.jasnaoe.or.jp/mailnews/west/115/article01.html>

13



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

メタノール二元燃料船



Green Future (NYK)

船種：ばら積み船
建造：常石造船
2025年5月竣工
全長：199.99m
全幅：32.25m
深さ：19.15m
載貨重量トン数：約65,700MT
貨物艙容量：約81,500m³
喫水：13.8m

- NYKバルク・プロジェクト株式会社が神原汽船株式会社から定期傭船するメタノール二元燃料ばら積み船。
- メタノール燃料タンクは上甲板の居住区後方に設置。

Source: NYK Website
https://www.nyk.com/news/2025/20250514_02.html

14



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

メタノール燃料船（重油も可）



第一めた丸（（株）商船三井内航、田淵海運（株）
新居浜海運（株））

船種：メタノール輸送船
建造：株式会社カナサシ重工
2024年7月竣工
総トン数：約570トン
全長：約65.50m
全幅：10.00m
喫水：約4.38m
航海速力：11.15ノット以上
主機関：阪神内燃機工業株式会社
船舶用メタノール燃料エンジン「LA28M」1基

- 本船は環境にやさしい「メタノール」を燃料とする国内初の内航船。
- 省エネ装置や運航支援・自動荷役システムなどを備えた最新鋭の船舶。
- 2024年12月にカナサシ重工から引渡しを受け、国内メタノール輸送に従事。
- 「メタノール」は従来の船用燃料重油と比較し、SOxに加えて、地球温暖化の原因となるCO2や、酸性雨等の原因となるNOxの排出量も削減。
- 重油による低負荷運転が可能。

Source: 商船三井内航 Website
<https://www.mol-naikou.co.jp/ships/第一めた丸/>

15



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

LNG燃料船

既に燃料供給されており、Ready船ではなくLNG燃料船として就航している。

さんふらわあ くれない（株式会社商船三井）

建造：三菱造船株式会社

全長：199.9m、幅：28.0m、総トン数：17114トン、旅客定員：716名、積載能力：13mトラック137

台及び乗用車100台、主機関：Wärtsilä 製 16V31DF×2、2023年1月就航



LNGバンカリングの様子

- 燃料タンクは、真空保冷性ステンレス 二重殻方式の独立C型円筒タンク2基に液体LNGを貯蔵する。
- LNG-FGSS（Fuel Gas Supply System）は、このLNGタンクに付属するTCS（Tank Connection Space）に、液体LNGを吸引するポンプや、熱交換器でガス燃料化した後に機関室内の主機や発電機エンジンなどへ送る機器類をパッケージで装備し、LNG-PACとして本船の甲板の船尾暴露部に搭載した。
- LNG燃料はタンクローリー車から右舷に設けられたバンカーステーションを経由して積載される。なお将来LNGバンカー船の配備が増えることを見越して、左舷にはバンカー船接舷用ビットなどとともにバンカー船専用の補給口を設けている。

Source: 三菱重工技報 Website
<https://www.mhi.com/jp/technology/review/sites/g/files/jwhtju2326/files/tr/pdf/612/612040.pdf>

16



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

アンモニアReady船 コンセプトデザインを実施



CRYSTAL ODYSSEY

(SINGAPORE、KUMIAI NAVIGATION社)

船種：LPG/アンモニア運搬船

建造：川崎重工

2025年6月竣工

船級：NK・シンガポール

全長：229.90m

全幅：37.20m m

満載喫水：11.65m

総トン数：49,561トン

航海速力：約17.0ノット

載貨重量：56,331トン

主機関：川崎-MAN B&W 6G60ME-C10.5-LGIP×1

- LPGとアンモニアを運搬可能で、混載して同時に運搬することもできる。
- 主機関には、川崎重工製の船用電子制御式液化石油ガスインジェクションディーゼル機関（ME-LGIPエンジン）「川崎-MAN B&W 6G60ME-C10.5-LGIP」を採用。
- LPGを燃料としているが、アンモニアを船舶燃料として使用するためのコンセプトデザイン承認を日本海事協会より取得しており、将来、アンモニアを船舶燃料として利用可能な仕様への変更が可能となっている。

Source:川崎重工 Website

https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/news_250630_1.html

17



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

アンモニアReady船



Bochem Houston

(Compagnie Maritime Belge(CMB)社)

船種：多目的ケミカル・タンカー

建造：China Merchants Jinling Shipyard (CMJL)

2023年8月竣工

船級：American Bureau of Shipping (ABS)

全長：158.98m

全幅：27.00m

満載喫水：10.20m

総トン数：18,082トン

航海速力：約14.0ノット

載貨重量：25,999トン

主機関：Everllence B. & W. 5S50ME-C9.7×1

- IMOのTier III対応
- アンモニア対応ケミカルタンカー
- 6隻の新造船のうちの1隻（残りの5隻は2023年と2024年に就役予定）
- CMB社は、2025年までに計8隻の姉妹船を所有

Source:Website

<https://www.offshore-energy.biz/stolt-tankers-adds-bochem-houston-1st-of-6-newbuilds-chartered-from-cmb/>
<https://www.manifoldtimes.com/news/stolt-tankers-welcomes-ammonia-ready-chemical-tanker-bochem-houston-to-fleet/>

18



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

アンモニアReady船 アンモニア対応主機関搭載



Belyamato

(Belships ASA社)

船種：ばら積み貨物船

建造：今治造船

2022年11月竣工

船級：Det Norske Veritas (DNV)

全長：199.98m

全幅：32.24m

満載喫水：19.30m

総トン数：36,218トン

航海速力：

載貨重量：63,696トン

主機関：Everllence B. & W. 6S50ME-C9.6×1

- 「アンモニア対応主機関」を搭載して建造

Source: Website

https://docs.publicnow.com/viewDoc?hash_primary=D96DBE8DAA85CCC973E4C46F5E179853F081195B

21



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

2. 現状のReady 船の調査

水素Ready コンセプトデザイン、船体構造



輝光丸（上野トランステック）

船種：タンカー

建造：福岡造船(長崎)

2025年10月竣工

船籍：日本

船級：NK

全長：104.93 m

垂直線間長：97.00 m

喫水：6.81 m

全幅：16.00 m

総トン数：4,443トン

電気推進 4ストロークディーゼル発電機×4

- 「水素燃料Ready船」として、将来的に水素燃料を使用するためのコンセプト設計がなされているだけでなく、水素燃料貯蔵タンク及びタンクを搭載する区画の配置に関連する安全要件を満たした船体構造も有している。
- リチウムイオン蓄電池（バッテリー）の搭載により燃料消費量の最適化が図られている。
- 船内の主機（4ストローク発電機、製造メーカはヤンマー）とは別に、新規開発の水素燃料エンジン（発電機）とコンテナユニット型水素燃料供給システムを上甲板部分に水素による発電装置として搭載する。これらを搭載した場所は、将来、水素燃料タンクの設置場所として活用される予定である。
- 就航時、重油を燃料とした電気推進船として運航。

2026年以降の予定

- バイオ燃料の一種であるHVO（Hydrotreated Vegetable Oil）を着火用に使用し、甲板上の「水素燃料エンジン（発電機）」と「バッテリー」により、ゼロエミッション航海の実証試験を行う。
- 将来の改装では、主機を水素燃料に対応できるように改造し、上甲板の「水素燃料エンジン（発電機）」と「水素燃料供給システム」（コンテナユニット型）は水素燃料タンクへ置き換わる予定。

Source: Uyeno Group Holdings, Ltd. Website

<https://www.uyeno-group.co.jp/news/138>

22



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

3. Ready 船のエンジンと燃料の組合せの検討

- 新燃料の候補（LNG、メタノール、メタノール、アンモニア、水素）はいずれも体積当たり発熱量が重油より小さい。
- 常温常圧で液体なのはメタノール、エタノールのみ。

各燃料の物性

		A重油 ²⁾	C重油 ²⁾	バイオ ³⁾ (FAME)	メタン	メタノール	エタノール ₄₎	アンモニア	水素
化学式 ¹⁾					CH ₄	CH ₃ OH	C ₂ H ₆ O	NH ₃	H ₂
液体密度 ¹⁾ (温度)	kg/m ³ (°C)	866 (15)	922 (15)	885 (15)	426 (-164)	796 (15)	794 (15)	681 (-33)	71 (-253)
低位発熱量 ¹⁾	MJ/kg	42.8	42.0	37.3	50.0	19.9	27 ⁵⁾	18.6	120.0
低位発熱量※ (液の体積当たり)	GJ/m ³	37.0	38.7	32.3	21.3 1.8倍※	15.9 2.4倍※	21.4 1.7倍※	12.7 3.0倍※	8.5 4.5倍※
沸点 ¹⁾ (大気圧下)	°C	-	-	-	-164	65	78	-33	-253
自己着火温度 ¹⁾	°C	-	-	-	640	470	420	651	520
燃焼速度 ¹⁾	cm/s	-	-	-	40	56	43 ⁶⁾	13	312
備考						有毒		有毒	

1) MSC 104/15/30 Necessity of deliberations on operational safety measures and fire safety measures (2),3)以外)

2) 海技研で入手したもの

3) 水島ら、ポスト新長期排出ガス規制適合ディーゼル重量車の実路走行排出ガス評価、交通安全環境研究所フォーラム2013

4) <https://www.eng-book.com/pdfs/bf0c2aef4d8a598f9e5972be04c5f7ec.pdf>

5) https://www.mlit.go.jp/jidosha/alcohol/01/08_1.pdf

6) 田上えら、エタノール及びPRFの層流燃焼特性に関する研究、日本機械学会B編78巻792号(2012-8)

※液体密度と低位発熱量から算出

※A重油と同等の航続距離を維持するために必要なタンクサイズ

23



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

3. Ready 船のエンジンと燃料の組合せの検討

➤ メタノール Ready 重油燃料船

【メリット】

- 常温常圧で液体。燃料タンクや供給システムの設計が容易であり、既存の設計を利用しやすいため、設計・改造の難易度が低い。
- 燃焼特性がディーゼル燃料に近く、エンジン適合性が高い。内航船主機の多くを占める低速4ストローク機関では、すでにメタノール燃料利用エンジンが実用化され、DFエンジンの開発が進んでいる。

【デメリット】

- 重油より体積当たり発熱量が低く燃料タンクの大型化が必要（A重油比2.4倍）。
- グリーンメタノールを使わない場合は、CO₂削減効果が限定的。
- 腐食性が高く、燃料システムにステンレス鋼などの特殊材料が必要。
- 毒性への対応が必要。（現状のIMOのガイドラインにおいてもメタノール毒性への特別な考慮を求めるとのみで、具体的な対策は要求されない。アンモニア燃料船ガイドライン等の知見を基に、2026年以降でガイドラインの改正検討が開始予定。）

24



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

3. Ready 船のエンジンと燃料の組合せの検討

▶ LNG Ready 重油燃料船

【メリット】

- DFEンジンがすでに実用化されており、既存の技術実績が豊富。
- SOx・PM排出がほぼゼロ、機関形式によってはNOxの大幅低減も達成されている。

【デメリット】

- 超低温（-162℃）で液化貯蔵が必要であり貯蔵・管理コストが高い。
- 重油より体積当たり発熱量が低く燃料タンクの大型化が必要（A重油比1.8倍）
- グリーンメタンを使わない場合は、CO₂削減効果が限定的。
- 機関形式によっては、メタンスリップによるGHG排出増の懸念がある。

▶ アンモニア Ready 重油燃料船

【メリット】

- 炭素を含まず、CO₂排出ゼロ燃料に転換可能。

【デメリット】

- 低温（-33℃）で液化貯蔵が必要であり貯蔵・管理コストが高い。（LNGよりは容易）
- 重油より体積当たり発熱量が低く燃料タンクの大型化が必要（A重油比3.0倍）。
- 毒性・腐食性が高く、安全対策が必要。特に、毒性への対応として、大気放出に伴うパージガスの処理のために除害装置の設置やアンモニア検知装置を多数設置する必要がある。
- 燃焼制御技術及び排ガスの後処理技術の開発が必要。



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

3. Ready 船のエンジンと燃料の組合せの検討

▶ 液化水素 Ready 重油燃料船

【メリット】

- 再生可能エネルギー由来の水素で完全脱炭素化が可能。

【デメリット】

- 超々低温（-253℃）で液化貯蔵が必要であり貯蔵・管理コストが高い。
- 重油より体積当たり発熱量が低く燃料タンクの超々大型化が必要（A重油比4.5倍）。
- 火災の危険性を従来船と同等とするために厳重な対策が必要となる。

▶ 圧縮水素（35MPa） Ready 重油燃料船

【メリット】

- 再生可能エネルギー由来の水素で完全脱炭素化が可能。
- 常温での保存であるため、液化水素に比べて取扱が容易。高圧ガスを減圧すれば利用できるため、供給設備が簡易。

【デメリット】

- 貯蔵温度以外は、液化水素と同様
- 重油より体積当たり発熱量が低く燃料タンクの超々大型化が必要（A重油比8.2倍）。
- 小型タンク（水素容量19kg）はあるが、大型のタンクが今のところない。20トン未満の小型船舶や電気推進船の燃料として利用があるものの、内航船の主機関（推進用機関）の燃料としての実績は見あたらない。

3. Ready 船のエンジンと燃料の組合せの検討

各燃料の比較 (まとめ)

項目／燃料種	LNG	メタノール	アンモニア	液化水素	圧縮水素
積載性	・-162℃で液化貯蔵が必要	・常温常圧で液体のため、燃料タンク・供給システムの設計が容易かつ重油用設備を流用しやすい。→Ready 船に有利	・-33℃で液化貯蔵が必要	・-253℃で液化貯蔵が必要	・常温だが高圧 (30MPa 又は70MPa) で貯蔵が必要。
航続性	・航続距離維持には燃料タンク大型化が必要 (重油の約1.8倍)。	・航続距離維持には燃料タンク大型化が必要 (重油の約2.4倍)。	・航続距離維持には燃料タンク大型化が必要 (重油の約3.0倍)。	・航続距離維持には燃料タンク大型化が必要 (重油の約4.5倍)。	・航続距離維持には燃料タンク大型化が必要 (重油の約8.2倍)。
安全性	・火災の危険性を従来船と同等とするために厳重な対策が必要となる。 ・安全性確保のため防爆機器が必要。 ・低温液体の取扱が必要。	・腐食性、毒性が高く、材料選定や毒性対策が必要。 ・アンモニアよりは軽度であるものの低濃度 (数百～数千ppmレベル) での漏洩防止が必要	・毒性、腐食性が高く、除害装置・ガス検知器の設置など厳格な安全対策が必要。 ・極低温 (数十～数百ppmレベル) での漏洩対策が必要	・火災の危険性を従来船と同等とするために厳重な対策が必要となる。 ・安全性確保のため防爆機器が必要。 ・極低温液体の取扱が必要。	・液化水素とほぼ同じ。 ・超高压に起因する様々なリスクや材料等の制限がある。
入手性 (インフラ整備)	・既存の技術実績、供給インフラが比較的整っている。	・燃料供給インフラが未整備。	・燃料供給インフラが未整備。	・燃料供給インフラが未整備。	・燃料供給インフラが未整備 (水素ステーションなどで整備されている)。
その他	・DFエンジンが実用化済み。 ・メタンスリップの温暖化懸念あり。	・内航船で運搬・燃料利用の実績がある。 ・エンジン適合性が高く、DFエンジン開発進行中。	・すでに運搬、冷凍機利用の実績あり。	・船舶での実績がほぼない。 ・水素浸食や脆性を考慮すべき。	・大型化は困難な可能性あり。

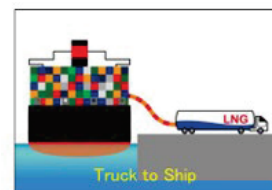
4. 新燃料等の供給条件の検討

バンカリング

➢ 主なバンカリング形式としては、① Truck to Ship、② Shore to Ship、③ Ship to Shipがある。

Truck to Ship

- ・ 比較的少量のバンカリングで利用
- ・ 設備投資が比較的小さい
- ・ バンカリングが実施できる岸壁・船種船型が制限



Shore to Ship

- ・ 比較的多量のバンカリングで利用
- ・ 設備投資が比較的大きい
- ・ バンカリングが実施できる岸壁・船種船型が制限



Ship to Ship

- ・ 比較的多量のバンカリングで利用
- ・ 設備投資が比較的大きい
- ・ バンカリングが実施できる岸壁・船種船型の幅が広い





①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(1)Ready 船の定義と範囲の検討

4. 新燃料等の供給条件の検討

バンカリング

- (全体) 製油所や油槽所出荷のような体制が整えば、Shore to Shipが効率的という捉え方もある一方、全ての船舶の燃料を補給するという観点では供給量や柔軟性の観点から、Ship to Shipが広く利用可能となることが望ましい。
- LNGについては、いくつかの拠点でShip to Shipのバンカー船があるが、現状、内航船向けに広く十分なバンカー船が整備済みとは言えない。Truck to Shipのバンカリングを実施するケースでは、労務面等での課題がある。
- メタノールについては、バンカリング需要が高まった際、小型ケミカルタンカーをバンカー船に転用できる可能性がある。一方、インフラ整備はまだ十分でなく、手続き面等の課題もある。
- アンモニアについては、貨物としての輸送実績はあるがバンカリング実績はまだ少なく、安全対策、液化水素は高度な断熱技術(真空二重構造のタンクや配管等)等が必要であり、同規模のLNGバンカー船よりもアンモニア・水素用バンカー船の建造費が高額となる可能性がある。
- 液化水素については、政府のグリーンイノベーション基金等において燃料供給システムの開発・実証が行われている。トレーラや水素ステーションから直接バンカリングできない等規制面の課題もある。
- 圧縮水素については、ポンペゴと補給するという方法がとられているが、容量が多くなると交換が困難となる構造的な課題がある。

【参考】

- (港湾局) メタノールバンカリング拠点のあり方検討会
https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_fr4_000080.html
- (海事局) LNGバンカリングガイドライン改定に向けた検討委員会
https://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_tk7_000055.html
- (海事局) アンモニア燃料船への安全かつ円滑なバンカリングの実施に向けた検討委員会
https://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_tk7_000060.html



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(1)Ready 船の定義と範囲の検討

4. 新燃料等の供給条件の検討

バンカリング

- 近年の新燃料のバンカリングに関するプロジェクト・実績や制度面の状況は以下のとおり。

燃料種別	主なプロジェクト・国内実績 (全国+港別の要点)	主要な制度・GL/マイルストーン
LNG	【横浜】ASUKA IIIへTTS (2025/6/10-11) [3] / Ecobunker Tokyo Bay (係留施設整備・計画) [5] 【名古屋・三河】『かぐや』STS100回 (2024/11/5、三河) [4] 【北海道 (苫小牧西港)】フェリー向けTTS開始 (さんふらわあ かむい、2025/5) [15] 【九州・瀬戸内】『KEYS Azalea』竣工 (地域初のLNG B/S、2024/3/28) [19] / 大阪ガス: Shore-to-Ship開始、STSは2026年度予定[18] 【別府】『さんふらわあくれない』初回TTS (2022/12/23) [17]	LNGバンカリングガイドライン (GL) : 2013/6策定 2023/6改訂 / 夜間条件追加 (2024/5/31) [1] 錨泊中条件追加 (2025/3/27) [2]
メタノール	【横浜】南本牧: STSシミュレーション (2024/9/18、Alette Maersk×英華丸) [7] 【千葉】MGCターミナル (受入・貯蔵) [21]	国交省『メタノール拠点のあり方とりまとめ』 (2025/3/13) [6]
アンモニア	【横浜】A-TugへTTS (2024/7/17、本牧) [9] 【海外→国内】MOL×伊藤忠: STS実証のJDA (2025/8/19) [11] / 伊藤忠: 5,000m ³ 級B/S新造発注 (2025/7/14、2027竣工予定) [10]	国交省『アンモニア・バンカリングGL』 (2025/6/30) [8]
水素	【神戸】Hy touch 神戸: LH ₂ 荷役・貯蔵の実証 (神戸空港島) [13]	港湾局『水素・アンモニア受入環境GL (中間)』 (2025/3/24) [12]

[1] 国土交通省 (海事局) : 夜間におけるLNGバンカリング条件の追加 (2024/5/31) https://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji07_hh_000319.html
[2] 国土交通省 (海事局) : 錨泊中におけるLNGバンカリング条件の追加 (2025/3/27) https://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji07_hh_000360.html
[3] 横浜市 (港湾局) : ASUKA IIIへのLNGバンカリング (2025/7/9公開PDF / 実施は6/10-11) https://www.city.yokohama.lg.jp/lang/overseas/port/kankyocnp/initiatives.files/0066_20250709.pdf
[4] NYK : LNG B/S『かぐや』STS100回達成 (2024/11/5) <https://www.nyk.com/english/news/20241108.html>
[5] World Ports Org. : Ecobunker Tokyo Bay (横浜での係留施設整備、2025) <https://www.worldports.org/ing-bunkering-to-commence-at-japans-yokohama-port/>
[6] 国交省 (港湾局) : メタノール拠点のあり方とりまとめ (2025/3/13) <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001873348.pdf>
[7] 横浜市 : メタノールSTSシミュレーション (2024/9/18) <https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/koho-kocho/press/kowan/2024/20240918.html>
[8] 国交省 (海事局) : アンモニア・バンカリングGL策定 (2025/6/30) https://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji07_hh_000378.html
[9] 日本郵船 : TTSで燃料アンモニアをA-Tugへ供給 (2024/7/17) https://www.nyk.com/english/news/2024/20240717_01.html
[10] 伊藤忠商事 : 5,000m³級アンモニア・バンカリング船 新造発注 (2025/7/14) <https://www.itochu.co.jp/en/news/press/2025/250714.html>
[11] 商船三井 : 伊藤忠とアンモニアSTS実証のJDA (2025/8/19) <https://www.mol.co.jp/en/info/article/2025/0819.html>
[12] 国交省 (港湾局) : 『港湾における水素・アンモニア受入環境GL (中間)』 (2025/3/24) https://www.mlit.go.jp/report/press/port05_hh_000370.html
[13] 神戸市 : Hy touch 神戸 (液化水素の荷役・貯蔵実証) <https://www.city.kobe.lg.jp/a73498/ondanka/3d3.html>
[14] JTTRI : 水素ICEと段階的バンカリング像 (2025/03/04) https://www.jttri.or.jp/symposium250304_04.pdf
[15] 北海道ガス : 苫小牧西港でフェリー向けLNGバンカリング開始 (2025/5/14) <https://www.hokkaido-gas.co.jp/news/20250514>
[16] 商船三井テクノロート : 別府港での初回LNGバンカリング (2022/12/23) <https://www.motech.co.jp/information/3458/>
[17] 大阪ガス : Shore to Ship開始 / STSは2026年度開始予定 (2025/4/21) https://www.osaka-gas.co.jp/company/press/pr2025/1787353_58387.html
[18] 国交省 (港湾局) : 九州・瀬戸内での初のLNGバンカリング船『KEYS Azalea』竣工 (2024/3/28) https://www.mlit.go.jp/report/press/port02_hh_000204.html

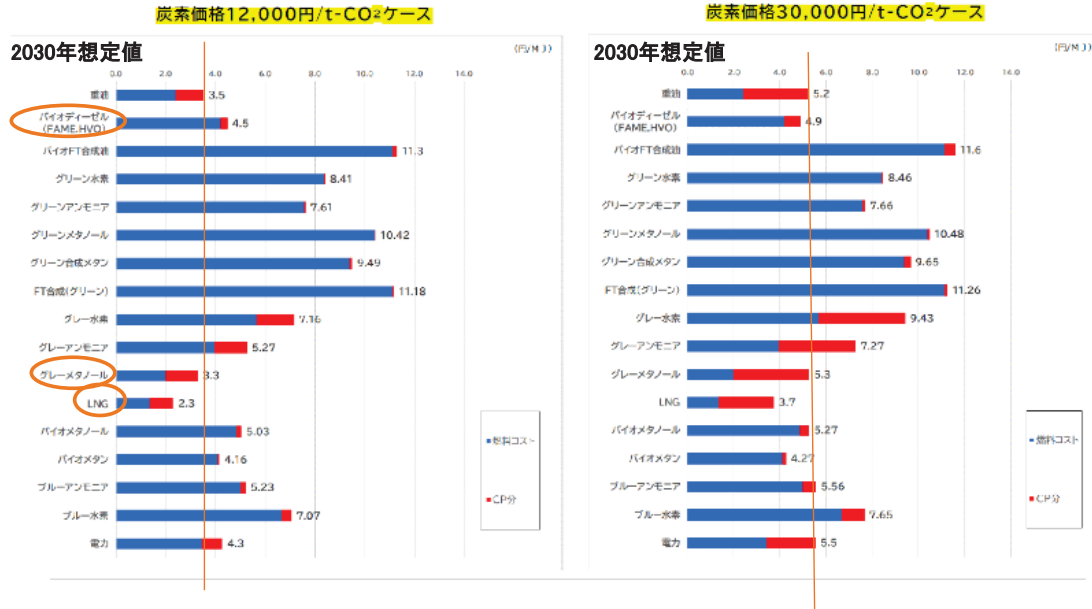
①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(1)Ready 船の定義と範囲の検討

4. 新燃料等の供給条件の検討

新燃料価格

- ▶ 短中期的にはバイオディーゼル（FAME）やLNG、メタノールにはコスト競争力があり、重油からの転換が期待される燃料と想定される。



出典 三菱総合研究所（2025） 内航海運における燃料動向等に関する調査研究

①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

1. 新燃料等の燃料供給系統に係る安全要件の検討

燃料タンクの設計配置

項目	LNG	メタノール/エタノール	アンモニア	水素
	IGFコードMSC.391(95)	メタノール/エタノール燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1621)	アンモニア燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1687)	水素燃料船暫定ガイドライン案*1 [CCC 11/WR.4, Annex 2]
燃料タンクの配置要件	隔離距離要件 幅方向の隔離距離 ・ 船側からB/5 又は11.5m のいずれか小さい方よりも内側。(Bは船幅) 船側及び船尾端外板からの隔離距離 ・ 旅客船の場合はB/10、最低0.8m以上。貨物船の場合は、燃料タンクの容積に応じて0.8-2.0m以上。 ・ 船底外板から距離B/15 又は2.0 m のいずれか小さい方より上側。 ・ 衝突隔壁より船尾側に配置 ・ 他の船舶との衝突確率を考慮することで、より船側からの距離を近づける配置も可能。ただし、最低0.8m以上。 ・ 閉鎖区画に設置する場合はタンクホールスペース内に配置。	・ 一体型燃料タンクは、保護コファダムで囲むべき。ただし、最下水線以下の船殻板で囲まれた面、メチル/エチルアルコールを含む他の燃料タンク、または燃料調整室に接する面を除く。 ・ 独立型タンクは、開放甲板上またはタンクホールスペース内に設置 ・ 燃料タンクの境界は、A類期間区域及び他の高火災危険区域から、少なくとも600 mmの厚さのコツファダムで隔てられ、A-60級以上の断熱材で断熱されること。	・ 隔離距離の要件はLNGの要件(IGFコード)と同じ	・ 隔離距離の要件はLNGの要件(IGFコード)と同じ
	その他の配置要件 ・ 閉鎖区画に設置する場合はタンクホールスペース内に配置。	・ 開放甲板上の燃料タンクはコーミングで囲み、漏えい燃料を専用のタンクに集めること。	・ 閉鎖区画に設置要件は、LNGの要件(IGFコード)と同じ	・ 液化水素用、圧縮水素用の燃料タンクおよび関連接続部・機器は、自然換気が可能で漏洩時の妨げのない開放デッキ上の区域に設置。 ・ リスク評価を基に、他の配置(密閉空間または半密閉空間への貯蔵)も代替設計が可能。
燃料タンクの設計要件	・ メンブレンタンク、タイプA、タイプB、タイプCタンクが使用可能。 ・ 冗長性確保の観点からタンクは2つ以上の搭載が必須。ただし、タイプCタンクでは1つ。	・ 通常オペレーション中は、すべての燃料タンクを常にイナート状態に保つ。	・ タンク種類、冗長性の確保はLNGの要件(IGFコード)と同じ。 ・ 大気圧下で-30℃以下で貯蔵が原則。常温加圧、セミプレは同等の安全性を示した上での代替設計。 ・ 応力腐食割れを考慮しIGCコードのアンモニア用の材料要件を参照する。	・ 真空断熱タイプCタンクのみ。 ・ 他のタンクタイプは代替設計。 ・ 真空空間の圧力解放装置は、クワイオボンピング作用を考慮。 ・ 冗長性確保の観点からタンクは2つ以上の搭載が必須。ただし、タイプCタンクでは1つ。

*1 水素燃料船ガイドライン案は2026年5月のMSC111にて承認予定。



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

1. 新燃料等の燃料供給系統に係る安全要件の検討

タンクコネクションスペースの要件

項目	LNG	メタノール/エタノール	アンモニア	水素
	IGFコードMSC.391(95)	メタノール/エタノール燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1621)	アンモニア燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1687)	水素燃料船暫定ガイドライン案 [CCC 11/WP.4, Annex 2]
タンクコネクションスペースの要件	<ul style="list-style-type: none"> すべてのタンク接続部、付属品、フランジ、及びタンク付弁は、タンク接続部が開放甲板にある場合を除き、ガス密のタンクコネクションスペース内に設置。 主ガス燃料弁はタンクコネクションスペース内に配置 燃料タンクの格納設備との境界はA-60級防熱及び900mmのコファダムで隔離。 閉鎖区画に設置する場合はタンクホールドスペース内に配置。 30回以上の換気能力のある機械式通風ファンを設置 	<ul style="list-style-type: none"> LNGの要件(IGFコード)をベースに、以下を追加 閉鎖区画に設置される燃料タンクについては、燃料タンクホールドスペースとは別に、タンクコネクションスペースを設置 開放甲板上に設置される燃料タンクについても、リスク評価に基づき、漏れいガスが開放甲板上に蓄積したり、居住空間や機関室などの非危険空間に流入したりする可能性がある場合には、タンクコネクションスペースを設置。 漏洩したメチルアルコール/エチルアルコールによる蒸気の滞留を防止できるよう、排気口の位置を適切に配置。 	<ul style="list-style-type: none"> LNGの要件(IGFコード)をベースに、以下を追加 タンクコネクションスペース内に設置が許可される燃料調整設備を除き、タンクコネクションスペースと燃料調整室は結合してはならない。 タンクコネクションスペースの入口は、最大漏洩時の液面高さ考慮した敷居高さに設計。(300 mm未満) アンモニア漏れを防ぐため、水スクリーンを設置。 また、アンモニア漏れを防ぐため、常に水供給が可能な水スクリーンを設置。 タンクコネクションスペースへのアクセスは、自己閉鎖式気密ドアを備えたボルト固定ハッチが使用可能。また、呼吸装置と個人用保護具(PPE)を着用した要員が負傷者を避難させることを容易にするように配置。 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料タンク接続部、フランジ、およびタンクバルブは、自然換気と漏洩物の妨げられない排出が可能な開放デッキ上に設置、またはタンクコネクションスペース内に囲い込むこと。 タンク接続空間内の配管システムのすべての部分は、二次被覆内に配置されなければならない。 TCSの隔壁の材質は、それが受ける可能性のある最低温度に対応する設計温度を有すべきである。 閉鎖区画に設置されたタンクコネクションスペースは、イナートまたは真空。 代替設計により換気も認められる。



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

1. 新燃料等の燃料供給系統に係る安全要件の検討

燃料調整室及びバンカリングステーションの要件

項目	LNG	メタノール/エタノール	アンモニア	水素
	IGFコードMSC.391(95)	メタノール/エタノール燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1621)	アンモニア燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1687)	水素燃料船暫定ガイドライン案 [CCC 11/WP.4, Annex 2]
燃料調整室の要件	<ul style="list-style-type: none"> 「燃料調整室」とは、燃料を処理するためのポンプ、圧縮機及び/又は気化器を含む区域をいう。 タンクコネクションスペースに適用される要件に従い配置及び設備される場合を除き、開放甲板上に配置しなければならない。 甲板下の設置する場合、開放甲板からの出入りが可能とし、エアロックが必要 30回以上の換気能力のある機械式通風ファンを設置 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料調整室は、A類機関区域に設置してはならない。周囲の密閉された空間に対して気体および液体の漏れがない構造とし、開放された大気中に排気されるようにしなければならない。 燃料調整区域には、効果的な機械式強制換気システム(排気式)を設けなければならない。通常運転時、換気率は1時間あたり少なくとも30回以上とする 漏洩したメチルアルコール/エチルアルコールによる蒸気の滞留を防止できるよう、排気口の位置を適切に配置。 	<ul style="list-style-type: none"> LNGの要件(IGFコード)をベースに、以下を追加 燃料調整設備は、燃料調整室に配置。ただし、タンク内に浸漬されたポンプ用の蒸発器、熱交換器および電動機は、タンクコネクションスペースにも配置可。 燃料調整室の入口は、最大漏洩時の液面高さ考慮した敷居高さに設計。(300 mm未満) アンモニア漏れを防ぐために水スクリーンを設置。 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料調整設備は、自然換気が可能で、漏洩時の妨げのない排出が可能な甲板上の区域に設置すること。 蒸発器、熱交換器、およびタンク内に設置されたポンプ用モーターは、タンクコネクションスペース(存在する場合)設置してもよい 他の配置は、リスク評価を基に代替設計が可能。 閉鎖区画に設置された燃料調整室は、イナートまたは真空。 代替設計により換気も認められる。
バンカリングステーションの要件	<ul style="list-style-type: none"> 開放甲板上に配置。閉鎖場所又は半閉鎖場所となる場合にはリスク評価が必須。 	<ul style="list-style-type: none"> 開放甲板上に設置。閉鎖式または半閉鎖式については、機械換気設備に関する特別な考慮が必要。 居住区域、業務区域、機関室及び制御室への入口、空気取入口及び開口部は、バンカリングステーションに向いていないこと。 閉鎖式または半閉鎖式は、気密及び液密の境界で囲う。 バンカリング管接続部の下にコーミング及びドリップトレイの設置。緊急用シャワーと眼洗設備を設置。 	<ul style="list-style-type: none"> LNGの要件(IGFコード)をベースに、以下を追加 バルブやフランジ、ホース等からの漏洩を覆い、蒸発を低減させるため、機械式スプレーシールドを設置。 アクセスに関して、呼吸装置と個人用保護具(PPE)を着用した要員が負傷者を避難させることを容易にするように配置する。 	<ul style="list-style-type: none"> バンカリングステーションは、自然換気が可能で漏れい時に妨げのない開放甲板に設置すべき。 閉鎖区画または半閉鎖区画に設置されたバンカリングステーションは、代替設計。



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

1. 新燃料等の燃料供給系統に係る安全要件の検討

機関室の要件

項目	LNG	メタノール/エタノール	アンモニア	水素
	IGFコードMSC.391(95)	メタノール/エタノール燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1621)	アンモニア燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1687)	水素燃料船暫定ガイドライン案 [CCC 11/WR.4, Annex 2]
機関室のコンセプトに関する要件	ガス安全機関区域	<ul style="list-style-type: none"> 燃料配管は二重管。 機関区域の境界内にある全ての燃料配管は、ガス及び液体密閉されたエンクロージャで囲われなければならない。 燃料配管は、居住区域、業務区域、電気設備のある部屋、制御場所を直接通過させてはならない。 二重被覆構造の燃料配管のアンジュラスペースは、30回以上の常時換気される管又はダクトの内部に配置し、ガス検知器を設けなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> ガス安全機関区域のコンセプトを適用。(燃料配管の二重管化等) 燃料配管は、居住区域、業務区域、電気設備のある部屋、制御場所を直接通過させてはならない。 	<ul style="list-style-type: none"> ガス安全機関区域のコンセプトを適用。(燃料配管の二重管化等) 燃料配管は、居住区域、業務区域、電気設備のある部屋、制御場所を直接通過させてはならない。
	ESD保護機関区域	<ul style="list-style-type: none"> 燃料配管は、単管が許容。 共通の隔壁を有さない2以上の機関区域を配置。 各機関区域の通風には、30回以上の換気能力のあるファンを2つ以上設置。 各機関区域に、2つ以上のガス検知器を設置。 出入り口にはエアロックを設置 	<ul style="list-style-type: none"> ESD保護機関区域のコンセプトは記載なし。(適用しない。) 	<ul style="list-style-type: none"> ESD保護機関区域のコンセプトは適用しない。

*ESD:緊急遮断

35



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

1. 新燃料等の燃料供給系統に係る安全要件の検討

燃料配管の要件

項目	LNG	メタノール/エタノール	アンモニア	水素	
	IGFコードMSC.391(95)	メタノール/エタノール燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1621)	アンモニア燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1687)	水素燃料船暫定ガイドライン案 [CCC 11/WR.4, Annex 2]	
燃料配管の要件	燃料配管の要件	<ul style="list-style-type: none"> 船側から最低800mm隔離。 液化ガス燃料管は、漏洩を内部に留めることができる二次的な囲壁で保護しなければならない。ただし、燃料調整室またはタンクコネクションベースにある場合は除く。 燃料配管は、居住区域、業務区域、電気設備のある部屋、制御場所を直接通過させてはならない。 ガス状燃料配管に関しては、船内の閉鎖場所を通過する燃料配管は、30回以上の常時換気される管又はダクトの内部に配置し、ガス検知器を設けなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 機関区域の境界内にある全ての燃料配管は、ガス及び液体密閉されたエンクロージャで囲われなければならない。 燃料配管は、居住区域、業務区域、電気設備のある部屋、制御場所を直接通過させてはならない。 二重被覆構造の燃料配管のアンジュラスペースは、30回以上の常時換気される管又はダクトの内部に配置し、ガス検知器を設けなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> LNGの要件をベースに以下を追加 燃料供給システム内で意図しない相変化を起こさないように設計、配置しなければならない。 燃料配管のパージガス、安全弁からの解放ガスは、除害装置を通じて、アンモニア濃度110ppm未満に低減し、バントポストから排出。 	<ul style="list-style-type: none"> 船側から最低800mm隔離。 燃料配管は、居住区域、業務区域、電気設備のある部屋、制御場所を直接通過させてはならない。
	その他の要件	<ul style="list-style-type: none"> ESD保護機関区域が適用される場合は、ガス燃料供給システムの圧力は、1.0 MPaを超えない。また、ガス燃料供給ラインの設計圧力は、1.0 MPa以上。 		<ul style="list-style-type: none"> 液体アンモニア用の燃料配管は、最低設計圧力18 bar。ガス状アンモニア用の燃料配管は、最低設計圧力10 bar。 応力腐食割れを考慮するため、IGFコードのアンモニア用の材料要件を参照する。 	

36



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

1. 新燃料等の燃料供給系統に係る安全要件の検討

その他の要件

項目	LNG	メタノール/エタノール	アンモニア	水素
	IGFコードMSC.391(95)	メタノール/エタノール燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1621)	アンモニア燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1687)	水素燃料船暫定ガイドライン案 [CCC 11/WP.4, Annex 2]
その他の要件	<ul style="list-style-type: none"> 他のビルジと分離されたビルジウェル 	<ul style="list-style-type: none"> 危険区域のビルジシステムは各区画に分離して配置し、船外またはガス検知器を備えた密閉タンクへ排出。 二つ以上の危険区域のビルジ配管が接続されている場合、接続されたビルジ配管を通じて一区域のガスが他の区域へ流入するのを防止する手段を設けること。 	<ul style="list-style-type: none"> 毒性の曝露を防止するため、船内の区画及びエリアは毒性エリア及び毒性区画を設定。救命設備、脱出経路、吸排気口、居住区域などの開口を設置できない。 燃料タンク、配管、バント管、アンモニア機器の内部、TCS、タンクホールスペース、燃料調整室、二重管の外管内部は毒性区画に該当。 ガス拡散解析を行い、開口、業務区域、制御室、期間区域は、アンモニア220ppmを超えないことを示すべき。再配置が困難な場合、緩和措置を設けることもよい。 アンモニア漏洩に備えて、船内の全乗組員を収容できる閉鎖された避難場所を設ける。外部のアンモニアを取り込まない環境を維持する。 外部へのアンモニア放出の際には、除害装置を用いて、220ppm以下に除害して放出。 	<ul style="list-style-type: none"> LNGの要件(IGFコード)と同じ。

37



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

1. 新燃料等の燃料供給系統に係る安全要件の検討

バントガスの要件

項目	LNG	メタノール/エタノール	アンモニア	水素
	IGFコードMSC.391(95)	メタノール/エタノール燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1621)	アンモニア燃料船暫定ガイドライン(MSC.1-Circ.1687)	水素燃料船暫定ガイドライン案 [CCC 11/WP.4, Annex 2]
(排出濃度)	<ul style="list-style-type: none"> 濃度の基準値はない 	<ul style="list-style-type: none"> 濃度の基準値はない 	<ul style="list-style-type: none"> 220ppm以下に除害する必要がある。110ppm以上で警報発出。 <p>【参考】悪臭防止法では、煙突出口125ppm程度（東京都）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 濃度の基準値はない
(出口隔離距離)	<ul style="list-style-type: none"> 防爆を目的として、出口からの危険場所として隔離距離が、決まっている。 	<ul style="list-style-type: none"> 防爆を目的として、出口からの危険場所として隔離距離が、決まっている（IGFコードと同様）。 	<ul style="list-style-type: none"> 防爆を目的として、出口からの危険場所として隔離距離が、決まっている（IGFコードと同様）。 毒性区画/エリアは防爆と同様の隔離距離要件で設定。また、拡散解析等を実施し、リスク評価結果から隔離距離を変更可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 防爆を目的として、出口からの危険場所として隔離距離が、決まっている。また、IGFコードの規定を準用しつつ、主管庁の特別な考慮の下、IEC 60079-10-1 に基づく拡散解析により開放甲板上の危険場所の範囲を設定可能。（ただし、最低でもLNGの危険場所の範囲を満たすこと。）

アンモニア排水に係る要件の検討状況(IMO)

- 2025年4月のMEPC83において、韓国から新規作業計画が提出され、PPR13（2026年2月）とPPR14（2027年第一四半期）において、アンモニア排水管理ガイドラインの具体的な検討を開始することに合意。船内への廃液タンク設置や陸上受入施設に係る規制の必要性を含めた審議が行われる予定。

38

①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

1. 新燃料等の燃料供給系統に係る安全要件の検討

<参考> 重油燃料タンク等に関わる要件

項目	要件(SOLAS II-1/4規則、MARPOR ANNEX I 12A規則)
燃料タンクの配置要件	<ul style="list-style-type: none"> 燃料油タンク（二重底区画に配置されるものを除く。）は、A 類機関区域の外部に配置されること。 燃料油、潤滑油その他の可燃性油は、船首倉に積載してはならない。 燃料油タンクは、実行可能な限り、船体の一部を形成するものでなければならない。 燃料油タンクは、二重底タンクと共通の境界を有することが望ましく、A 類機関区域と共通タンク境界の面積は、最小にことめなければならない。 二重底タンク以外の燃料油タンクがA 類機関区域内に設けられる場合には、引火点が摂氏60 度よりも低い燃料油をその燃料油タンクに入れてはならない <p>船底からの垂直分離距離</p> <ul style="list-style-type: none"> 船底から B/20 又は2.0m のいずれか小さい方、ただし0.76mを下回らない。(Bは船幅) <p>タンクの最側端から船側外板までの分離距離</p>
燃料タンク等の設計要件	<ul style="list-style-type: none"> 600m²以上の燃料タンクは、その容積に応じて0.76m-2.0m以上。 燃料油装置は0.18 MPaを超える熱せられた油を内蔵するものは、破損及び漏れの検出を妨げるような場所に設けてはならない。機関区域においては、当該燃料油装置の部分を十分に照明する。 機関区域の通風は、通常の状態において、油性蒸気が滞留するのを防ぐのに十分なものでなければならない。 燃料油タンクは過圧を防ぐための装置を取り付ける。 空気管及びオーバーフロー管並びに逃がし弁の放出口は、油及び蒸気の発生からの爆発又は火災の危険性のない場所に、かつ、船員区域、旅客区域又は特殊分類区域、閉鎖されたロールオン・ロールオフ区域、機関区域その他これに類する区域のいずれにも導いてはならない。 燃料油管並びにその弁及び附属品は、鋼その他の承認された材料のものでなければならない。 高圧燃料ポンプと燃料噴射装置の間のすべての外部高圧燃料供給管は、二重化された管被覆装置により保護されなければならない。管被覆装置は、漏洩物を収集する手段を備え、高圧燃料油管の損傷を知らせるための警報装置を備えたものでなければならない。 燃料油管は、可能な限り、高温表面、電気設備その他の発火源から遠くに設置しなければならない。かつ、当該着火源への油の飛沫又は油の漏洩を避けるために、スクリーン又は他の適切な方法で防護しなければならない。 燃料装置の破損時に、飛散した油が接触する可能性のある摂氏220 度以上のすべての表面は、適切に断熱されなければならない。

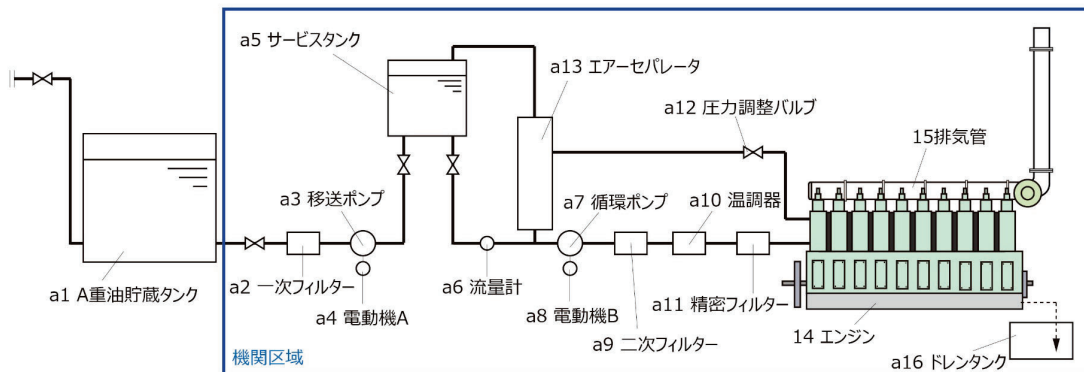
①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較

(2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

2. 燃料供給系統に必要な機器の調査と系統図の作成

- 既存資料より、従来船(A重油)とDFエンジンのメタノール燃料船、アンモニア燃料船、水素燃料船の燃料系統図を作成し、必要な機器の確認を行った。

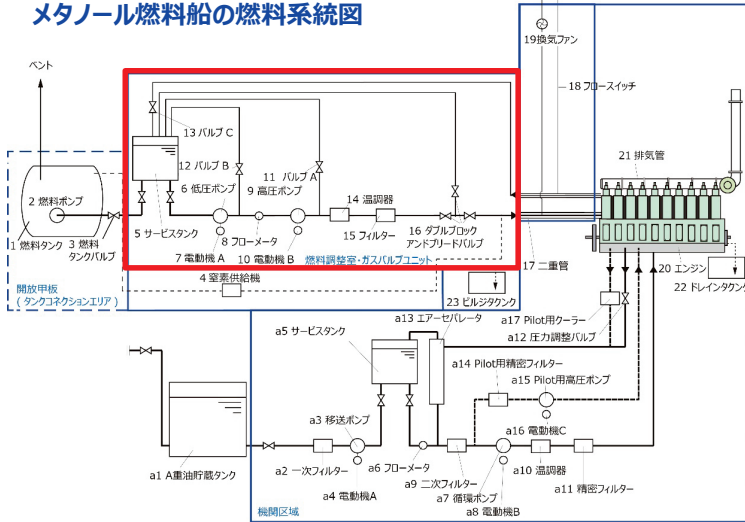
従来船(A重油)の燃料系統図



番号	A重油関連機器名	番号	A重油関連機器名
a1	A重油貯蔵タンク	a9	二次フィルター
a2	一次フィルター	a10	温調器
a3	移送ポンプ	a11	精密フィルター
a4	電動機A	a12	圧力調整バルブ
a5	サービスタンク	a13	エアセパレーター
a6	フローメータ	14	エンジン
a7	循環ポンプ	15	排気管
a8	電動機 B	16	ドレンタンク

①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

2. 燃料供給系統に必要な機器の調査と系統図の作成 メタノール燃料船の燃料系統図



番号	メタノール関連機器名
1	燃料タンク
2	燃料ポンプ
3	燃料タンクバルブ
4	サービスタンク
5	低圧ポンプ
6	電動機 A
7	フローメータ
8	高圧ポンプ
9	電動機 B
10	バルブA
11	バルブB
12	バルブC
13	温調器
14	フィルター
15	ダブルブロックアンドブリードバルブ
16	窒素供給機
17	二重管
18	フローズスイッチ
19	換気ファン
20	エンジン
21	排気管
22	ドレインタンク
23	ビルジタンク

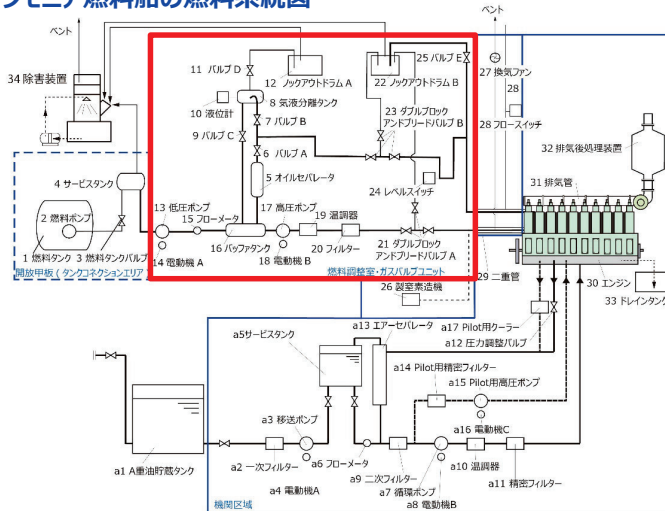
番号	A重油関連機器名	番号	A重油関連機器名
a1	A重油貯蔵タンク	a10	温調器
a2	一次フィルター	a11	精密フィルター
a3	移送ポンプ	a12	圧力調整バルブ
a4	電動機A	a13	エアセレータ
a5	サービスタンク	a14	Pilot用精密フィルター
a6	フローメータ	a15	Pilot用高圧ポンプ
a7	循環ポンプ	a16	電動機C
a8	電動機 B	a17	Pilot用クーラー
a9	二次フィルター	-	-

・ 参考資料[1],[2]を基に追記

[1] Wärtsilä, Product Guide Wärtsilä 20DF, <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets/wartsila-20>
 [2] MAN, The Methanol-fuelled MAN B&W LGIM Engine, <https://www.man-es.com/docs/default-source/document-sync-archive/the-methanol-fuelled-man-b-w-lgim-engine-eng.pdf>

①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

2. 燃料供給系統に必要な機器の調査と系統図の作成 アンモニア燃料船の燃料系統図



番号	アンモニア関連機器名
1	燃料タンク
2	燃料ポンプ
3	燃料タンクバルブ
4	サービスタンク
5	オイルセレータ
6	バルブA
7	バルブB
8	気液分離タンク
9	バルブC
10	液位計
11	バルブD
12	ノックアウトドラムA
13	低圧ポンプ
14	電動機 A
15	フローメータ
16	バフタンク
17	高圧ポンプ
18	電動機 B
19	温調器
20	フィルター
21	ダブルブロックアンドブリードバルブA
22	ノックアウトドラムB
23	ダブルブロックアンドブリードバルブB
24	レベルスイッチ
25	バルブE
26	窒素供給機
27	換気ファン
28	フローズスイッチ
29	二重管
30	エンジン
31	排気管
32	排気管伸縮接手
33	排気後処理装置
34	ドレインタンク
35	除害装置

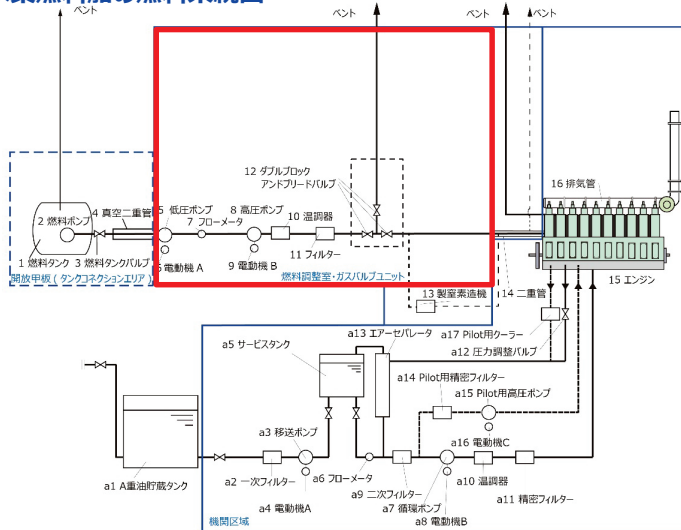
番号	A重油関連機器名	番号	A重油関連機器名
a1	A重油貯蔵タンク	a10	温調器
a2	一次フィルター	a11	精密フィルター
a3	移送ポンプ	a12	圧力調整バルブ
a4	電動機A	a13	エアセレータ
a5	サービスタンク	a14	Pilot用精密フィルター
a6	フローメータ	a15	Pilot用高圧ポンプ
a7	循環ポンプ	a16	電動機C
a8	電動機 B	a17	Pilot用クーラー
a9	二次フィルター	-	-

・ 参考資料[1],[2]を基に追記

[1] Wärtsilä, Product Guide Wärtsilä 20DF, <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets/wartsila-20>
 [2] MAN B&W, two-stroke engine operating on ammonia, <https://www.man-es.com/docs/default-source/document-sync/man-b-w-two-stroke-engine-operating-on-ammonia-eng.pdf>

①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

2. 燃料供給系統に必要な機器の調査と系統図の作成 水素燃料船の燃料系統図



番号	水素関連機器名
1	燃料タンク
2	燃料ポンプ
3	燃料タンクバルブ
4	真空二重管
5	低圧ポンプ
6	電動機 A
7	フローメータ
8	高圧ポンプ
9	電動機 B
10	温調器
11	フィルター
12	ダブルブロックアンドブリードバルブ
13	窒素供給機
14	二重管
15	エンジン
16	排気管

・ 参考資料[1],[2]を基に追記

番号	A重油関連機器名	番号	A重油関連機器名
a1	A重油貯蔵タンク	a10	温調器
a2	一次フィルター	a11	精密フィルター
a3	移送ポンプ	a12	圧力調整バルブ
a4	電動機A	a13	エアセレーター
a5	サービスタック	a14	Pilot用精密フィルター
a6	フローメータ	a15	Pilot用高圧ポンプ
a7	循環ポンプ	a16	電動機C
a8	電動機 B	a17	Pilot用クーラー
a9	二次フィルター	-	-

[1] Wärtsilä, 20DF Product Guide.pdf, <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets/wartsila-20>
 [2] CCC 11-INF.9 - Development of liquefied hydrogen-fuelled ship (Japan)

43

①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (2)Ready 船に必要な設計要件・仕様の整理

まとめ

各燃料は重油と比較し、以下の特徴がある。

- メタノール/エタノール
 - ・ 一体型、独立型の燃料タンクが配置可能。船側、船底からの隔離距離要件も、コファダムで囲うことで満足する。
 - ・ 機関室は、燃料配管の二重管を基本とする設計のみ。
 - ・ 防爆対策の危険場所の設定が必要になるため、開口等の配置は十分な検討が必要。
 - ・ 空気より蒸気が重いことから、漏えい時等の換気装置の配置は十分な検討が必要。
 - ・ メタノールは毒性への対策が必要とされるが具体的な要件はない。
- LNG
 - ・ 内航船では、比較的タンク容量の小さい独立型タイプCタンクが想定される。しかしながら、船側、船底からの隔離距離要件があるため、中小型内航船で配置することは設計上のハードルが高い。
 - ・ 基本的に機関室は、燃料配管の二重管を基本とする設計のみになる（燃料供給圧が低い場合のみ2種類のコンセプトから選択可能）。
 - ・ 防爆対策の危険場所の設定が必要になるため、開口等の配置は十分な検討が必要。
- アンモニア
 - ・ 内航船では、比較的タンク容量の小さい独立型タイプCタンクが想定される。しかしながら、船側、船底からの隔離距離要件があるため、中小型内航船で配置することは設計上のハードルが高い。
 - ・ 機関室は、燃料配管の二重管を基本とする設計のみ。
 - ・ 防爆対策の危険場所の設定に加えて、毒性区画/エリアの設定が必要なため、開口等の配置がより難しい。
 - ・ 除害装置の配置や除染シャワー、避難場所の設置等の毒性への対策に必要な設備が多い。
- 水素（液化、圧縮）
 - ・ 現状、独立型真空断熱タイプCタンクのみ。船側、船底からの隔離距離要件があるため、中小型内航船で配置することは設計上のハードルが高い。
 - ・ 機関室は、燃料配管の二重管を基本とするが他のコンセプトも代替設計で採用可能。
 - ・ 防爆対策の危険場所の設定が必要になるため、開口等の配置は十分な検討が必要。

44

附録 2

調査研究の成果報告書

調査②

Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや建造費用などの調査

内航船の新燃料等対応Ready船設計等調査事業の 調査報告

②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査



1



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 目次

- 調査研究計画

- 調査(1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討
 - Ready船に必要な機器・タンクスペース等の配置の検討
 - Ready船と重油燃料船との建造費用の差の検討

- 調査(2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

- 調査(3)経済性評価及びGHG削減評価を含むReady船のコンセプトに基づくシナリオの作成
 - Ready船コンセプトの運航費用の検討
 - Ready船コンセプトの経済性評価・GHG削減評価に基づくシナリオ作成

2



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 調査研究計画 ※第1回 内航船の新燃料等対応Ready船設計等調査検討委員会 資料

□ 調査研究の進め方

- 重油燃料船比較のReady船の関連情報を調査し、当該調査結果及び①の調査結果を活用し、コンセプト対象となるReady船を選定し、当該Ready船のコンセプト図及び新燃料等導入のシナリオを作成するための調査を実施。

(1)Ready 船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

- Ready船に必要な機器・タンクスペース等の配置の検討

①の検討結果をもとに、新燃料等に必要となる機器のリストを作成。新燃料等の物性や船舶の運航を考慮し、主要なスペースである燃料タンクの必要容積を概要配置図から検討。概要配置図における船種と燃料の組合せは、実現可能性等から決定。この際、将来に新燃料等への改造を行う際の追加安全対策の要否やスペース（タンク・配管等）の確保、就航後の貨物積載量における影響等を考慮。

- Ready船と重油燃料船との建造費用の差の検討

重油燃料船の建造費用は、既存データや文献値等に基づき、必要な場合は費用推計式も作成して検討。費用データは入手困難であるため、国土交通省が公表する運輸関連事業投入調査における鋼船製造業の年間費用等のデータを活用し費用構造を把握。Ready船の建造費用差は、①の検討結果等に基づき、燃料系統、配管、タンク等の特性を考慮。

(2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

- これまでの調査内容を基に、新燃料等について評価し、コンセプト図を作成する船種と新燃料等の組合せを決定。新燃料等の評価項目：積載性 航続性 安全性 入手性 取扱性 費用、評価項目の重み
- 総合評価をもとに選定した数種類の内航船（新燃料等種、船種、大きさ）において、Ready船として備えるべき必要な要件や配慮すべき事項を考慮し、主要機器（エンジン、燃料タンク、配管設備など）のおおよその船上配置を検討し、これらの検討結果を明示する新燃料等Ready船のコンセプト図を作成。

(3)経済性評価及びGHG削減評価を含むReady船のコンセプトに基づくシナリオの作成

- Ready船コンセプトの運航費用の検討

Ready船コンセプト船の経済性評価は、CAPEXに相当する重油燃料船との建造費用の差に加え、これまでの調査内容と、既存データや文献値等から、Ready船コンセプト、重油燃料船、新燃料等船のOPEXに相当する運航費用を推定。

- Ready船コンセプトの経済性評価・GHG削減評価に基づくシナリオ作成

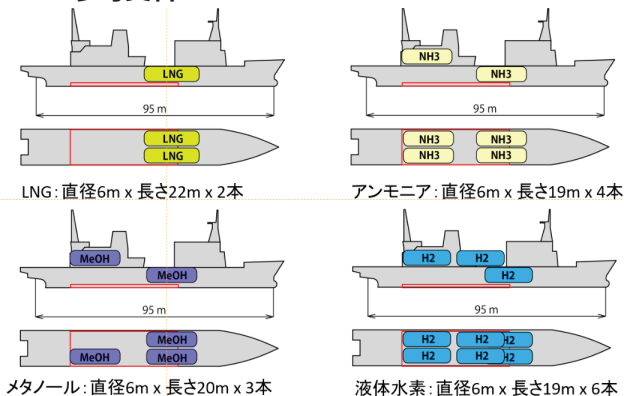
Ready船コンセプト、重油燃料船、新燃料等船の経済性とGHG削減を導入時期等で評価するシナリオを作成。経済性に関しては、NPV（正味現在価値）、投資の回収期間、IRR（内部収益率）等を検討。

3



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 調査研究計画 ※第1回 内航船の新燃料等対応Ready船設計等調査検討委員会 資料

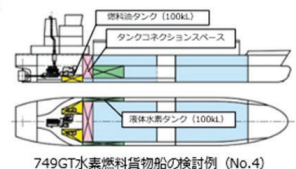
□ 参考資料



● 749GT水素燃料貨物船の検討例

- 例えば、熱量比で50%の水素を利用することを想定し、既存重油タンクの1/2を液体水素タンクに置き換える（No.4）。
- CO₂削減50%の水素運航は4日程度となる。
- 残りを重油で運航した場合、トータルのCO₂削減は15%程度となる。

※ 水素/タンクの傾度の傾度が浅ければ、CO₂削減50%を維持できる。



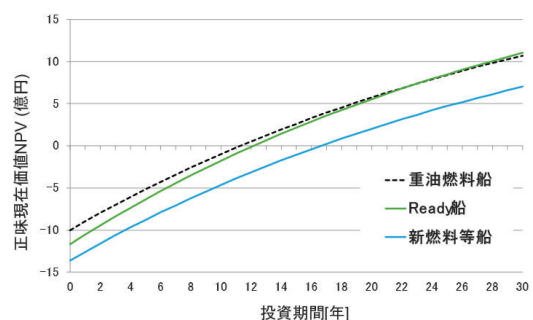
No.	タンク寸法	設定モード	性能	特徴・備考
1	変更	100%水素利用（FCまたは専機エンジン） 既存船と同じ航続距離	900kLの液体水素タンクが必要 （重油の4.5倍）	タンク寸法が大きくなる。
2		100%水素利用（FCまたは専機エンジン） 航続距離は既存船の1/2	450kLの液体水素タンクが必要 （重油の2.3倍）	
3		100%水素利用（専機エンジンなど）または重油 既存重油タンクの1/2（100kL）に液体水素	85%負荷時、約2.5日の水素運航が可能	水素運航時間が短い。
4	変更なし	50%水素利用（水素燃焼エンジンなど） 既存重油タンクの1/2（100kL）に液体水素	85%負荷時、約9日の水素運航が可能、残りの重油で約12日の運航が可能 全航続距離は既存船の1/2	検討初期段階としては妥当と考えられる。
5		50%水素利用（水素燃焼エンジンなど） 既存重油タンクの3/4（150kL）に液体水素	85%負荷時、約7日の水素利用運航、残りの重油で約5日の運航が可能 全航続距離は既存船の1/3	連続航続距離がやや短い。

Ready船の概要とコンセプト図の例

概要配置図によるタンクスペース・配置の検討例

		積載性	航続性	安全性	入手性	総合評価
重み		4	3	2	4	
499GT 貨物船	LNG	3	3	3	3	39
	メタノール	4	4	3	3	46
	水素	1	2	3	3	28
	アンモニア	1	2	2	2	22

総合評価表のイメージ（仮の数字）



対象船のNPVを比較するイメージ

4



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 前回第2回委員会報告時からの進捗

- 調査(1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討
 - Ready船に必要な機器・タンクスペース等の配置の検討
 - Ready船と重油燃料船との建造費用の差の検討
 - 概要配置図(燃料タンクの配置・サイズのイメージ図)について、前回提示した一般貨物船、フェリーに加え、タンカー、セメント船、RORO船、中小型旅客船を追加。
- 調査(2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成
 - コンセプト図について、前回提示した499GT一般貨物船を精査した上で、999GTタンカー、5000GTセメント船、12000GTフェリーを追加。
- 調査(3)経済性評価及びGHG削減評価を含むReady船のコンセプトに基づくシナリオの作成
 - Ready船コンセプトの運航費用の検討
 - Ready船コンセプトの経済性評価・GHG削減評価に基づくシナリオ作成
 - 経済性評価について、前回提示した暫定版を精査

5



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

- Ready船に必要な機器・タンクスペース等の配置の検討
- Ready船と重油燃料船との建造費用の差の検討

調査(1)の進め方

1. 各新燃料等の特性比較(調査①の結果)
新燃料等の積載性、安全性、入手性等を整理。
2. 事業者ヒアリング
Ready船の検討にあたり、船舶の設計や燃料の取扱に係るヒアリングを実施。
3. 概要配置図の作成
主要なスペースである燃料タンクの必要容積を計算・配置した概要配置図を作成。
 - ※連携型省エネ船のコンセプト船に準拠する形で以下について作成。
一般貨物船、タンカー、セメント船、RORO船、フェリー、中小型旅客船
4. 各燃料船の導入可能な船種・サイズの整理
各新燃料等が、どういった船種・サイズであれば現実的に導入に向けた実現性が高いかを整理



調査(2)における「コンセプト図(詳細版)を作成する船種・サイズの絞り込み」につなげていく。

6



①新燃料等船と重油燃料船との設計要件の相違に関する調査・比較 (1)Ready 船の定義と範囲の検討

3. Ready 船のエンジンと燃料の組合せの検討 各燃料の比較 (まとめ)

項目／燃料種	LNG	メタノール	アンモニア	液化水素	圧縮水素
積載性	・-162℃で液化貯蔵が必要	・常温常圧で液体のため、燃料タンク・供給システムの設計が容易かつ重油用設備を流用しやすい。→Ready船に有利	・-33℃で液化貯蔵が必要	・-253℃で液化貯蔵が必要	・常温だが高圧（30MPa又は70MPa）で貯蔵が必要。
航続性	・航続距離維持には燃料タンク大型化が必要（重油の約1.8倍）。	・航続距離維持には燃料タンク大型化が必要（重油の約2.4倍）。	・航続距離維持には燃料タンク大型化が必要（重油の約3.0倍）。	・航続距離維持には燃料タンク大型化が必要（重油の約4.5倍）。	・航続距離維持には燃料タンク大型化が必要（重油の約8.2倍）。
安全性	・火災の危険性を従来船と同等とするために厳重な対策が必要となる。 ・安全性確保のため防爆機器が必要。 ・低温液体の取扱が必要。	・腐食性、毒性があり（アンモニアよりは軽度）、材料選定や毒性対策が必要。	・腐食性、毒性があることに加え、臭気強度が高いため（公害・近隣トラブルといった悪臭防止法の観点から）、除害装置・ガス検知器の設置など厳格な安全対策が必要。	・火災の危険性を従来船と同等とするために厳重な対策が必要となる。 ・安全性確保のため防爆機器が必要。 ・極低温液体の取扱が必要。	・液化水素とほぼ同じ。 ・超高圧に起因する様々なリスクや材料等の制限がある。
入手性（インフラ整備）	・普及度・技術実績は十分にあるが、船舶燃料へのインフラ整備として以下が課題。 Ship to Ship方式：26年2月現在、LNGパンカリング船は2隻と少ない。 Truck to Ship方式：パンカリングに伴う準備負担が多めであり、長い補油時間が必要	・燃料供給インフラが未整備。需要の初期段階においては既存のケミカルタンカーを転用することにより、新たな設備投資を伴わず対応が可能。	・燃料供給インフラが未整備。	・燃料供給インフラが未整備。	・燃料供給インフラが未整備（水素ステーションなどで整備されている）。
その他	・DFエンジンが実用化済み。 ・メタンスリップの温暖化懸念あり。	・内航船で運搬・燃料利用の実績がある。 ・エンジン適合性が高く、DFエンジン開発進行中。	・すでに運搬、冷凍機利用の実績あり。	・船舶での実績がほぼない。 ・水素浸食や脆性を考慮すべき。	・大型化は困難な可能性あり。

7



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

事業者ヒアリング①

項目	ヒアリング内容	まとめ
燃料	<ul style="list-style-type: none"> ● 重油からの二酸化炭素について、常温液体の燃料の方がスペース面で有利。液化ガス燃料はスペース上難しいだろう。 ● 重油で使っていたタンクや配管をメタノールに流用するのは、防腐措置等の規制対応は必要になるかもしれないが、できなくはないだろう。 ● 499のタンクサイズを増加するには、バラスタングのスペースを活用、主機近くの船底のスペースを活用、等して可能性はあると思う。バラスタングを小さくする場合はオペレーションは少し制限があるかもしれないが、メタノールに切り替える際に一部のバラスタングと一体化してタンクを大型化する、といった手段もあり得る。メタノールは船体一体型のタンクが可能なので検討に自由度がある。 ● アンモニアは毒性が懸念、液化水素は管理が難しい。 ● 内航については、LNG、アンモニアは無理と感じる。そもそも作れる造船所が少ない。燃料管理も極めて大変。水素は近距離用、後はハイブリッド、重油、メタノールの活用、というのが当面の内航低炭素化に向けた選択肢ではないか。 ● 液化ガス燃料の配管二重化は造船所単独でできるかという難しいかもしれない。外で作った配管を持ってきてつなげるだけならできるかもしれない。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 常温液体のメタノールがスペース等を考慮すると重油からの二元燃料化には有利。 ➢ 内航において（特に小型中型）、液化ガス燃料を使用するハードルは高い。
航続距離	<ul style="list-style-type: none"> ● 航続距離減少は、定期航路のみの船舶であれば受け入れられるかもしれないが、20年後のオペレーションを見越すのは困難なため、難色を示されるのでは。スペックを下げてと海外売船にも影響する。 ● 航続距離が短くなることでどれほどの障壁については、不定船、定期船の違いも大きい。船舶毎に航行様態が異なる。一般的なモデル船としてはやはり航続距離が短くなるという点への影響は大きい。 ● 重油はオーバーフロー対策のため、燃料タンクの容量の70-80%程度しか使用されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 航続距離の減少はオペレーション上の制約を招くため、その影響は大きい。

8



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

事業者ヒアリング②

項目	ヒアリング内容	まとめ
船倉 (貨物) スペース	<ul style="list-style-type: none"> ● 499で貨物スペースを削減するのは厳しい。例えば鋼材であれば長さは決まっているので、そこを短くする、となると荷主との関係で困難と思われる。少なくとも一般的なモデル船としては扱えないだろう。 ● 999であっても、可能な限り貨物スペースをとりとるので、結局499と同じくスペースは厳しい。 ● 貨物スペースについて、荷物のロットが決まっているので、運ぶ量が減ることへの抵抗はかなりある。499は1500DWTが標準的。これを確保するのは外したくないだろう。少なくとも、貨物スペースが小さくなっている船の市場価値は小さくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 貨物スペースの減少は荷主との関係で困難なことがあり、船舶の市場価値を大きく下げられる恐れがある。
燃料タンク 配置	<ul style="list-style-type: none"> ● 5000トン以上はトン数で変わるのは入港料だけなのであまり気にしないだろうが、1000トン未満は規制が変わるためトン数増加には難色を示されるだろう。燃料タンクの外付けはトン数が増加してしまう。 ● 貨物船の499トンの壁は非常に大きい。港湾荷役、船員規制、入港規制、といった点に全て影響してくるので、荷主だけでは解決できない。 ● 燃料タンクのサイズ減少（航続距離減少）無しに船体内に収まるかは仕様次第。499には余分なスペースは少ないので難しいのでは。特にタンカーは燃料タンク場所の規制が厳しく（貨物スペースは不可）、あまり自由度はない。 ● 5000トンであっても外付け燃料タンクを設置するスペースをねん出するのは容易でない。貨物船とかの甲板上部に外付けタンクを設置するスペースを確保するのは難しい。 ● タンクの外付けは復原性の問題もあるので基本的に困難。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 外付けタンクの設置は、総トン数増加及び復原性の問題があり、特に小型・中型船では基本的に困難。
改造 (Ready 船のレベ ル)	<ul style="list-style-type: none"> ● 船体を切るような大規模改造は非現実的。造船所のマンパワーも足りておらず、受けられないだろう。できるのはハッチから入る範囲での改造になる。 ● 改造について、機関室においては防爆等に注意が必要であり途中からの改造は無理。最初から新燃料対応の設計とする必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 大規模改造は困難なことが多く、最初から高いレベルのReady船とすることが望ましい。

9



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

事業者ヒアリング③

項目	ヒアリング内容	まとめ
建造費用	<ul style="list-style-type: none"> ● 新燃料船は設計コストに加え、大手造船所のライセンス技術が必要になるため高額になる。1隻目はおそらく1.5-2.0倍。2隻目以降はライセンス料金不要といったケースもあり契約次第。 ● メタノール燃料船の価格について、艀装に関してステンレス 二重配管。窒素パージなど付属品が生じるので当然価格は高くなる。窒素発生装置は高額だが後でも設置可能だろう。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 新燃料船の価格についてケースバイケース。特に初期はより高額になる可能性。 ➢ 一部機器は改造時に設置とすることが可能（Ready船のメリット）
その他 (全体への 懸念)	<ul style="list-style-type: none"> ● Ready船全体について、難しいという印象。小型内航船はスペースが厳しい。燃料の取扱いの技術を持っている人員も少ないし、安全性の懸念もある。小規模事業者が多い中、手を挙げられる事業者が少ないうら。 ● GHG削減に係る経済的必要性に競争力が無い中、もうけぐあいを示す指標が下がってしまう場合、事業者としても手をあげにくい。現在、内航におけるバンカリング状況がよくない。もうけがとりにくくなり、バンカリング船が減っている。老朽船のリプレースをする資金もない。船員も減っており、夜にはバンカリングしないという港湾も増えている。燃料管理に人の手がかかるとさらに難しい。 ● 新燃料船については、採算に乗せるのは厳しい印象。二層甲板タンカーを認める等、何かあれば可能性はあるかもしれない。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 内航船の現状を踏まえたGHG対策推進の難しさ、人員確保の困難さ、規制面（トン数免除等）での対応の必要性、について指摘があった。

10



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

事業者ヒアリングまとめ

	まとめ
燃料	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 常温液体のメタノールがスペース等を考慮すると重油からの二元燃料化には有利。 ▶ 内航において（特に小型中型）、液化ガス燃料を使用するハードルは高い。
航続距離	▶ 航続距離の減少はオペレーション上の制約を招くため、その影響は大きい。
船倉（貨物）スペース	▶ 貨物スペースの減少は荷主との関係で困難なことがあり、船舶の市場価値を大きく下げる恐れがある。
燃料タンク配置	▶ 外付けタンクの設置は、総トン数増加及び復原性の問題があり、特に小型・中型船では基本的に困難。
改造（Ready船のレベル）	▶ 大規模改造は困難なことが多く、最初から高いレベルのReady船とすることが望ましい。
建造費用	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 新燃料船の価格についてケースバイケース。特に初期はより高額になる可能性。 ▶ 一部高額機器は改造時に設置とすることが可能（Ready船のメリット）。
その他（全体への懸念）	▶ 内航船の現状を踏まえたGHG対策推進の難しさ、人員確保の困難さ、規制面（トン数免除等）での対応の必要性、について指摘があった。

11



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

概要配置図について

- 概要配置図は、各船種・サイズにおいて、新燃料毎に燃料タンクサイズ・配置がどういった形になるかのイメージを図示したもの。

概要配置図を作成した対象船要目

		19GT 小型旅客船	199GT 中型旅客船	499GT 一般貨物船	999GT タンカー	5000GT セメント船	12000GT フェリー	13000GT RoRo船
船長さ(O.A)	m	18	35	76	73	115	173	160
船幅(MLD)	m	3.8	7.8	13	12	18	27	26.5
喫水(EXT)	m	0.5	1.5	4	5	7	6	7
総トン数	ton	19	199	499	999	5000	12000	13000
主機関出力	kW	400	735	735	1500	3300	15000	16000
船速	knot	10	10	11	13	13	23	21
燃料油容積	m ³	2.1	7	100	126	430	790	925
燃料油重量	ton	1.8	6	87	114	390	726	840
航続距離	n.m.	250	460	7200	5300	9600	7000	7000
備考							旅客定員650名 トラック150台 乗用車75台	トレーラ130台 商品車260台

※燃料貯蔵量は、Ready船（燃料油＋新燃料）と従来船（燃料油）の航続距離を同等として検討。
また、燃料油：新燃料＝25：75とした。

12



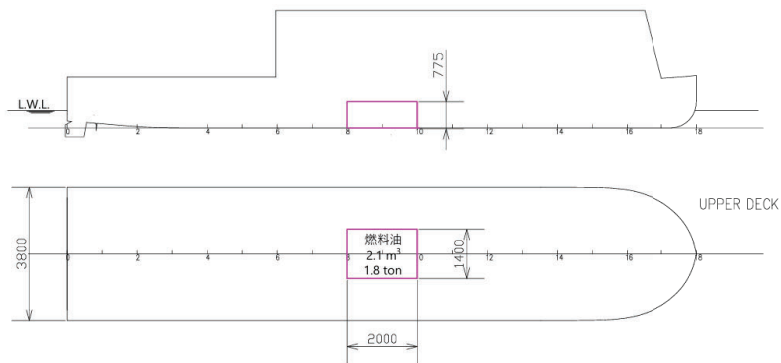
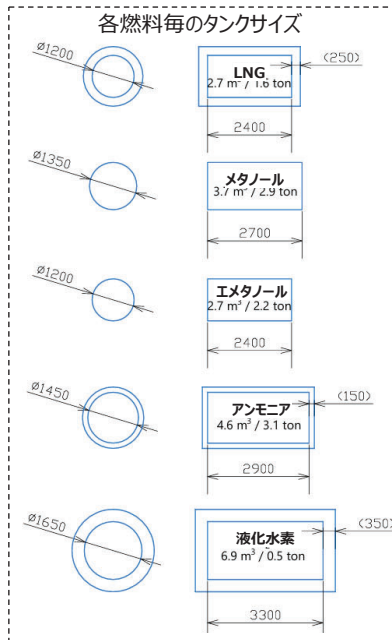
②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査

(1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

概要配置図の作成 (19GT小型旅客船)

- 小型旅客船は、航続距離が他の船種に比べて短いものの、代替燃料タンク（特にLNG、アンモニア、液化水素）は船体に対して大きな容積を占有することとなり、船尾開放甲板及び船内のいずれにおいても設置はハードルが高い（安全性、復原性、総トン数増加等の課題がある。）

		19GT 小型旅客船
船長さ(O.A)	m	18
船幅(MLD)	m	3.8
喫水(EXT)	m	0.5
総トン数	ton	19
主機関出力	kW	400
船速	knot	10
燃料油容積	m ³	2.1
燃料油重量	ton	1.8
航続距離	n.m.	250



※タンクサイズ・配置のイメージを図示したものであり、復原性の計算等を行っていない。

13



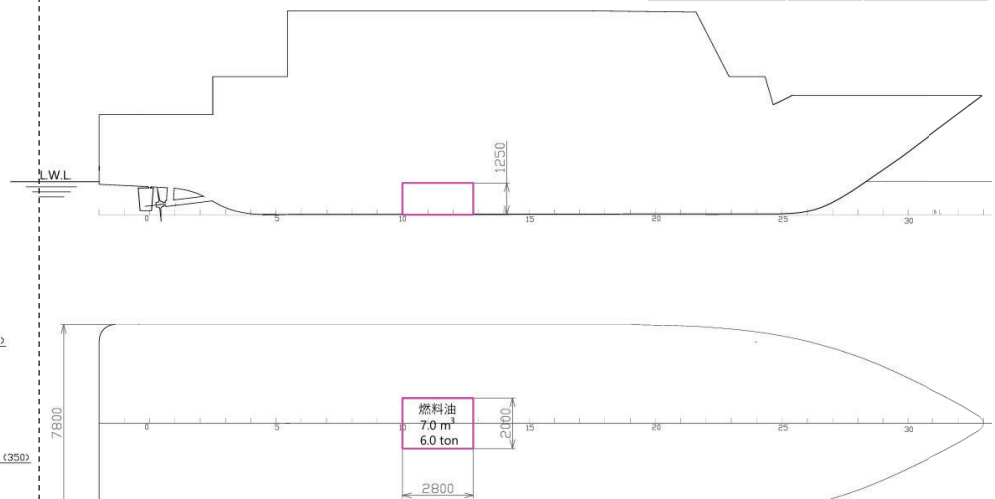
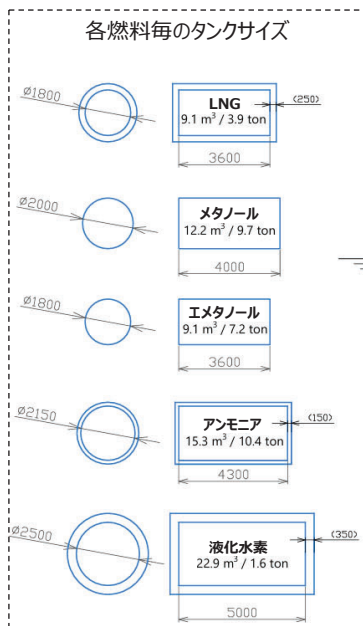
②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査

(1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

概要配置図の作成 (199GT中型旅客船)

- 中型旅客船は、航続距離が他の船種に比べて短いものの、代替燃料タンク（特にLNG、アンモニア、液化水素）は船体に対して大きな容積を占有することとなり、船尾開放甲板及び船内のいずれにおいても設置はハードルが高い（安全性、復原性、総トン数増加等の課題がある。）

		199GT 中型旅客船
船長さ(O.A)	m	35
船幅(MLD)	m	7.8
喫水(EXT)	m	1.5
総トン数	ton	199
主機関出力	kW	735
船速	knot	10
燃料油容積	m ³	7
燃料油重量	ton	6
航続距離	n.m.	460



※タンクサイズ・配置のイメージを図示したものであり、復原性の計算等を行っていない。

14



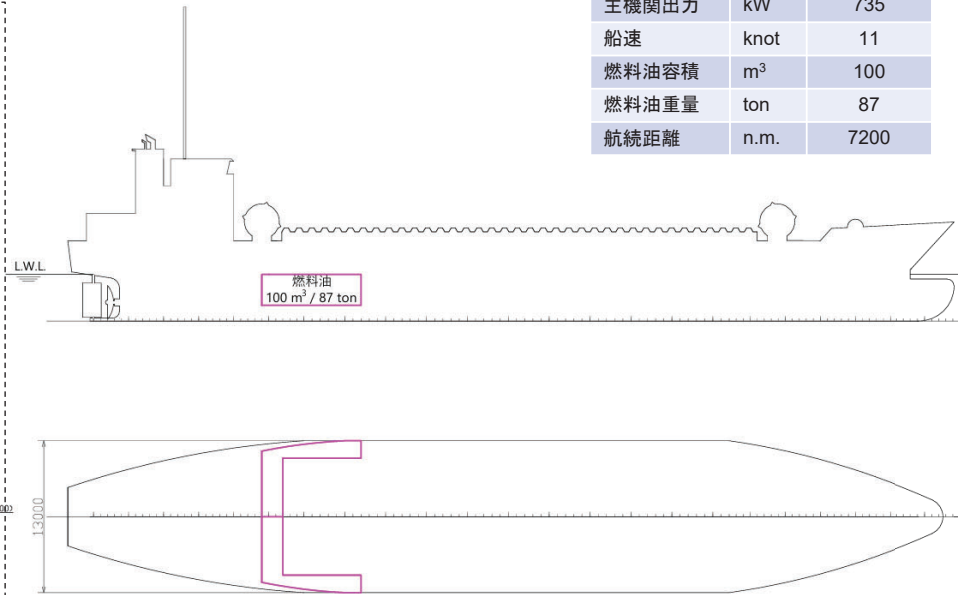
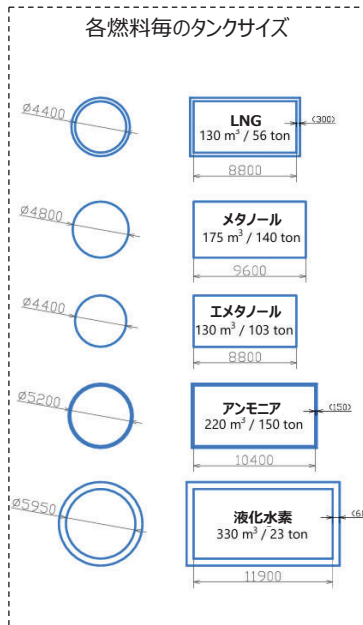
②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査

(1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

概要配置図の作成 (499GT一般貨物船)

- メタノール、エタノールは総トン数を増加させずに船内にタンクを設置できる可能性がある。ただし、コファダムやタンク接続スペースの設置などについて検討が必要。(⇒コンセプト図を参照)
- LNG、アンモニア、液化水素は、船体に対してタンクが過大な容積となり設置が困難であり、甲板上に設置した場合は復原性に加え総トン数が増加することも課題。

		499GT 一般貨物船
船長さ(O.A)	m	76
船幅(MLD)	m	13
喫水(EXT)	m	4
総トン数	ton	499
主機関出力	kW	735
船速	knot	11
燃料油容積	m ³	100
燃料油重量	ton	87
航続距離	n.m.	7200



※タンクサイズ・配置のイメージを図示したものであり、復原性の計算等を行っていない。

15



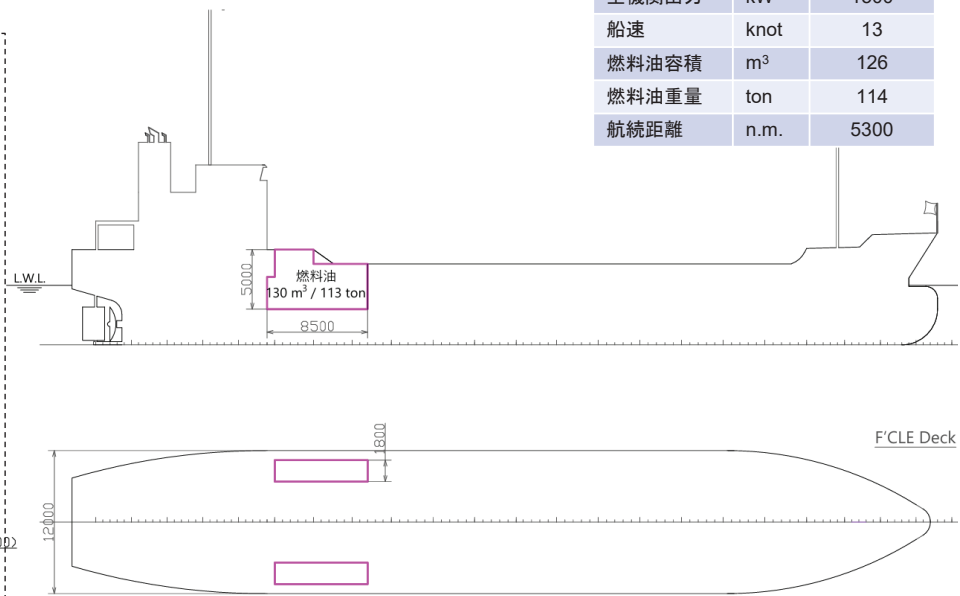
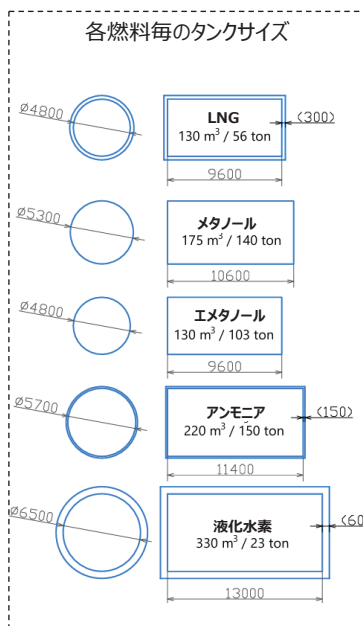
②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査

(1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

概要配置図の作成 (タンカー (999GT))

- メタノール、エタノールは総トン数を増加させずに船内にタンクを設置できる可能性がある。ただし、コファダムやタンク接続スペースの設置などについて検討が必要。(⇒コンセプト図を参照)
- LNG、アンモニア、液化水素は、船体に対してタンクが過大な容積となり設置が困難であり、甲板上に設置した場合は復原性に加え総トン数が増加することも課題。

		999GT タンカー
船長さ(O.A)	m	73
船幅(MLD)	m	12
喫水(EXT)	m	5
総トン数	ton	999
主機関出力	kW	1500
船速	knot	13
燃料油容積	m ³	126
燃料油重量	ton	114
航続距離	n.m.	5300



※タンクサイズ・配置のイメージを図示したものであり、復原性の計算等を行っていない。

16



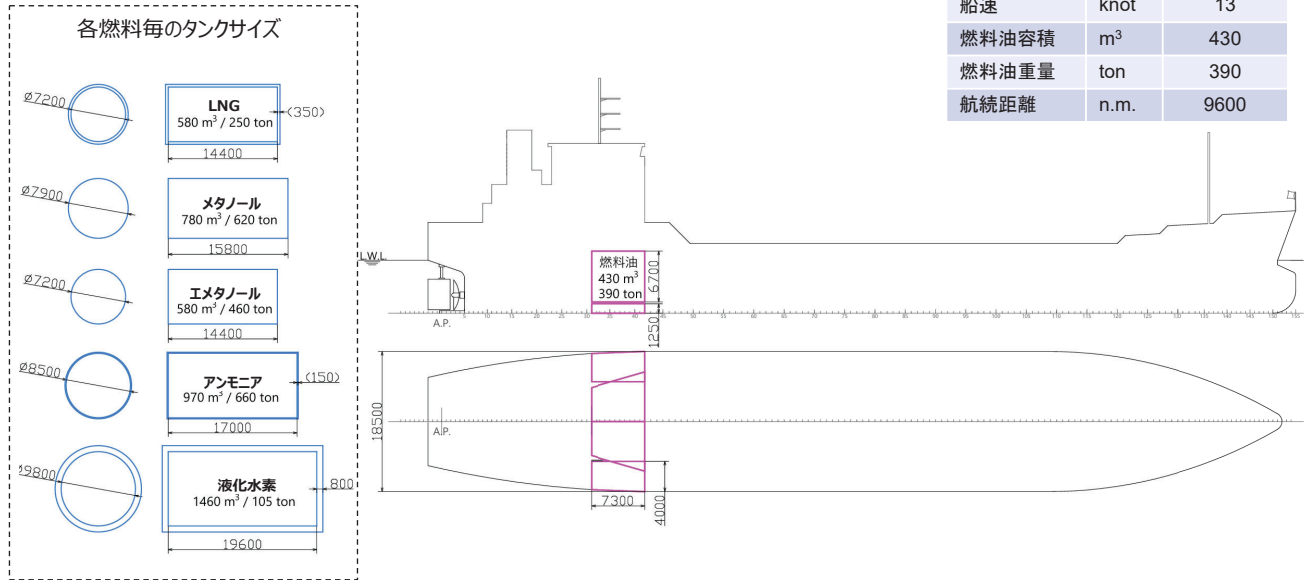
②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査

(1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

概要配置図の作成 (5000GTセメント船)

- LNG、アンモニア、液化水素は、船体に対して過大な容積となり設置が困難である。ただし、5000GT級では総トン数増加は許容しやすく、貯蔵燃料容積（航続距離）を抑制したうえで船尾開放板へ設置することは検討の余地がある。

		5000GT セメント船
船長さ(O.A)	m	115
船幅(MLD)	m	18
喫水(EXT)	m	7
総トン数	ton	5000
主機関出力	kW	3300
船速	knot	13
燃料油容積	m ³	430
燃料油重量	ton	390
航続距離	n.m.	9600



※タンクサイズ・配置のイメージを図示したものであり、復原性の計算等はない。

17

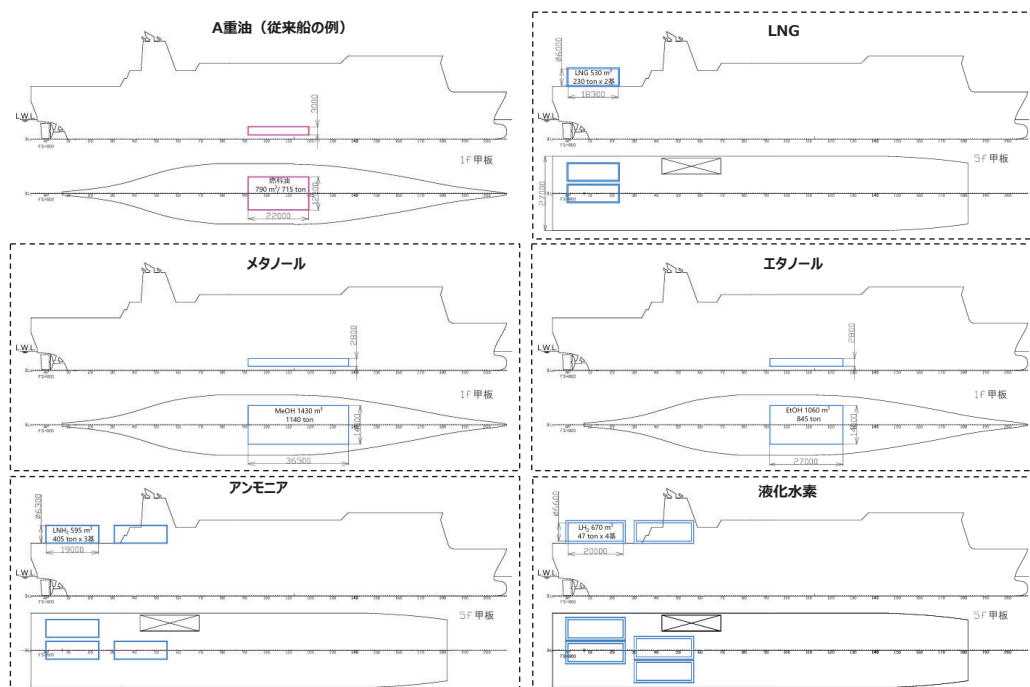


②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査

(1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

概要配置図の作成 (12000GTフェリー)

- いずれの燃料もタンク配置が可能。
- 液化ガス燃料については、開放甲板上の配置を検討した。
- メタノール、エタノールについては、甲板一層分 (1f甲板) の空間に収まるようにタンク設置の高さを制限した。



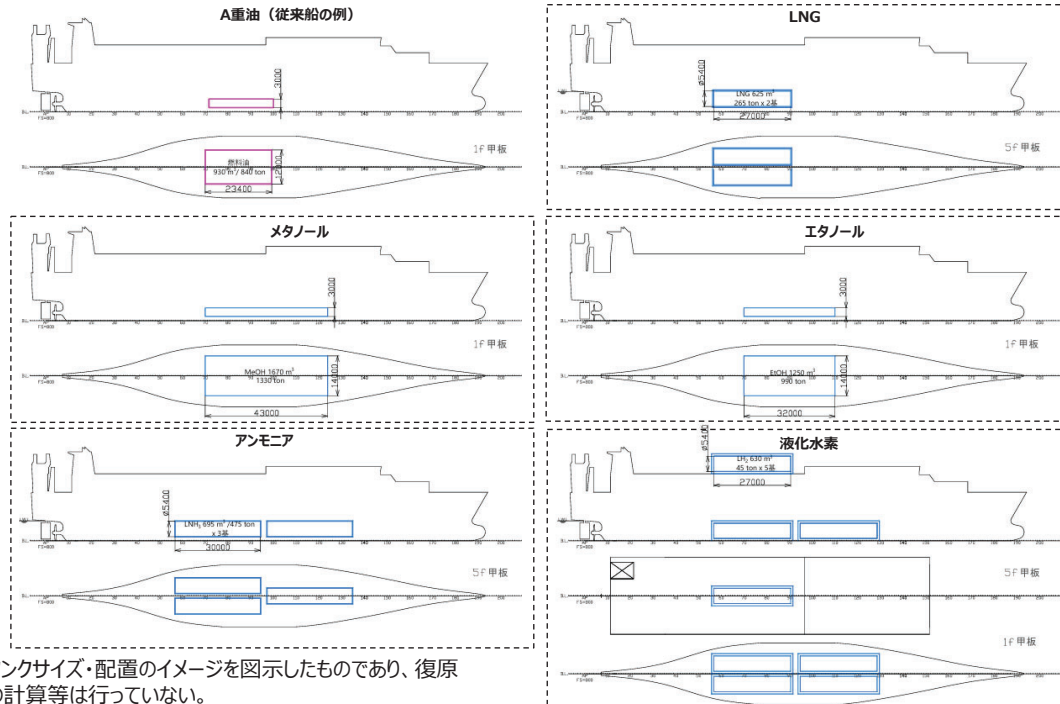
※タンクサイズ・配置のイメージを図示したものであり、復原性の計算等はない。

18

②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

概要配置図の作成 (13000GT RoRo船)

- 液化ガス燃料については、開放甲板上の配置を検討した。
- メタノール、エタノールについては、甲板一層分 (1f甲板) の空間に収まるようにタンク設置の高さを制限した。
- 液化ガス燃料については、開放甲板上ではタンク設置位置が高くなりすぎることから船底配置を検討し、2f甲板以下の空間に収まるようにタンク設置の高さを制限した。



19

②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

新燃料Readyコンセプトの検討の概要

①新燃料の選定

これまでの検討やヒアリング結果を踏まえ、コンセプトモデルで使用する新燃料は、**メタノール**とした。

- 今回は重油から新燃料への二元化を検討しており、同じく常温液体であり、燃料タンク・配管等の流用が可能なメタノールが、燃料系統に割けるスペースが限定的な小型内航船においては大きなアドバンテージがある。
- 液化ガス燃料は、タンク・配管等を別途設置する必要があり、さらにタンクサイズが極めて大きくなる。スペースが限定的な小型内航船において総トン数を維持しつつ、液化ガス燃料タンクを追加で設置することはほぼ不可能。また、低温状態を維持する必要がある等、バンカリングや運航中の管理が困難という問題点がある。
- LNGについては普及段階にあり、Ready船ではなく新造時から専焼又は二元燃料船を検討することになると思われるため、本調査におけるコンセプトモデルの検討対象から外した。
- アンモニアについては強い毒性があること、また液化水素は超低温、圧縮水素は高圧を維持する必要があることからそれぞれ取り扱いが難しいため、本調査のメインターゲットが中小型内航船であることを踏まえ、本調査におけるコンセプトモデルの検討対象から外した。

②船種・サイズの選定

連携型省エネ船のコンセプト船に準拠する形で、Ready船の実現性に加え、Ready船導入に見通しがついた場合のCO2削減への寄与度 (= 隻数) を踏まえ、以下3船種・サイズを選定した。

- 499GT一般貨物船
- 999GTタンカー
- 5000GTセメント船
- 12000GTフェリー (燃料タンク配置を示した簡易版)

③コンセプト検討内容

- 重油・メタノールタンクの配置
- 航続距離・船倉スペース
- 機関室内メタノール関連機器の配置
- バンカリングステーションの配置 (危険場所)、バントの配置 (危険場所)
- バラスト

20



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

各項目の評価基準

点数	積載性	航続性	安全性	入手性
4	重油と比較して燃料としての取扱・管理が同等レベル（常温常圧で液体等）	燃料の単位体積発熱量が重油と同等であり、重油と同等の航続距離維持が容易	火災危険性・毒性等を踏まえ、重油と同等の安全性確保が容易	重油と同等の供給体制が整っている。
3	重油と比較して取扱・管理に課題があり、対応が必要（通常運航時では業務負担が少ない）	燃料の単位体積発熱量が重油より小さく、重油と同等の航続距離維持がやや困難（タンク容量1~2倍程度）	重油と比べ安全性確保において課題があり、対応が必要（通常運航時では業務負担が少ない）	重油と同等ではないが、一部では燃料供給体制が整ってきている又は今後体制が整っていく見込みが高い。
2	重油と比較して取扱・管理に大きな課題があり、特別な対応が必要（通常運航時でも業務負担が大きい）	燃料の単位体積発熱量が重油よりかなり小さく、重油と同等の航続距離維持がかなり困難（タンク容量3~5倍程度）	重油と比べ安全性確保において大きな課題があり、特別な対応が必要（漏洩や事故時等の影響が大きい事に加え、事故時のみならず継続した対策が必要）	重油と同等の燃料供給体制が整っていく上で課題があり、今後の体制整備を見通す上で不透明さが残っている。
1	重油と比較して取扱・管理に極めて大きな課題がある（対応が困難なレベル）	燃料の単位体積発熱量が重油より極めて小さく、重油と同等の航続距離維持が極めて困難（タンク容量5倍以上）	重油と比べ安全性確保において極めて大きな課題がある（対応が困難なレベル）	重油と同等の燃料供給体制が整っていく上で大きな課題がある（現時点で今後の体制整備を見通すことが困難なレベル）
備考	想定しているのは重油との二元燃料化であり、改造の必要規模（既存施設の流用可否）も考慮。	燃料タンクに係る規制も関係する（船体一体型が可能、独立型タンクが必要、等）。大型船舶では対応へのハードルは下がる等、個船のサイズ・オペレーション・航路に応じた評価が必要。	内航船の船体サイズ、事業環境を踏まえた上で評価を実施。	現時点での実証プロジェクトの実施状況を踏まえたもの。陸上側の供給体制の整備状況を含め注視していく必要がある。

21



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

499GT一般貨物船における燃料毎の評価

- ▶ 常温常圧液体という特性を持つメタノールが高評価。
- ▶ 水素（液化/圧縮）、アンモニアは、管理が困難であること、航続距離の維持が困難であること等から低評価としている。

		積載性	航続性	安全性	入手性	総合評価
	重み	3	3	2	2	
499GT 貨物船	LNG	2 低温を維持する必要があり 取扱・管理の負担が大きい	2 航続距離を維持するためには、 重油比1.8倍の大きさのタンク が必要（外付けは総トン数が 増加するため困難）	3 火災の危険性を従来船と同 等とするために厳重な対策が 必要となる。安全性確保のた め防爆機器が必要	3 大型外航船においては普及段 階にある（内航においては課 題あり）	24
	メタノール	4 常温常圧液体であること、重 油タンクの流用が可能である ことから、重油からのReady 船として優位性が高い	3 航続距離を維持するためには、 重油比2.4倍の大きさのタンク が必要（一体型タンクが採用可 能であり船内に収まる可能性）	3 腐食性、毒性があり、材料選 定や毒性対策が必要（アン モニアよりは軽度）	2 いくつかの実証プロジェクトが 実施されている（普及段階 にはない）	31
	アンモニア	2 低温を維持する必要があり取 扱・管理の負担が大きい	2 航続距離を維持するためには、 重油比3倍の大きさのタンクが 必要（外付けは総トン数が増 加するため困難）	2 毒性、腐食性が高く、除害装 置・ガス検知器の設置など厳 格な安全対策が必要	2 いくつかの実証プロジェクトが 実施されている（普及段階に はない）	20
	水素	2 超低温を維持する必要があり 取扱・管理の負担が極めて大 きい	1 航続距離を維持するためには、 重油比4.5倍の大きさのタンク が必要（事実上設置困難） （外付けは総トン数が増加す るため困難）。	3 火災の危険性を従来船と同 等とするために厳重な対策が 必要となる。安全性確保のた め防爆機器が必要	2 いくつかの実証プロジェクトが 実施されている（普及段階に はない）	19

(※) 重みづけ

- 1 対策が他の船種に比較して容易に可能
- 2 特記事項なし
- 3 対策が他の船種に比較して難しい（または重要性が高い）

22



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

999GTタンカーにおける燃料毎の評価

- 499GT一般貨物船とほぼ同様の評価結果。メタノールについて、船底にスペースがなく船体一体型のタンクの採用が困難であり、船内にタンクを収める場合は貨物艙に影響を与えることが避けられないため、航続性の評価を下げている。
- 一般貨物船と比べて甲板上のスペースが活用しやすいが、総トン数増加（499GTより影響小）や復原性の課題があるため、外付けタンク設置のハードルは499GTと同じく高い。

		積載性	航続性	安全性	入手性	総合評価
	重み	3	3	2	2	
999GT タンカー	LNG	2 低温を維持する必要がある 取扱・管理の負担が大きい	2 航続距離を維持するためには、 重油比1.8倍の大きさのタンク が必要（外付けは総トン数が 増加するため困難）	3 火災の危険性を従来船と同 等とするために厳重な対策が 必要となる。安全性確保のた め防爆機器が必要	3 大型外航船においては普及段 階にある（内航においては課 題あり）	24
	メタノール	4 常温常圧液体であること、重 油タンクの流用が可能である ことから、重油からのReady 船として優位性が高い	2 航続距離を維持するためには、 重油比2.4倍の大きさのタンク が必要（外付けは総トン数が 増加するため困難）	3 腐食性、毒性があり、材料選 定や毒性対策が必要（アン モニアよりは軽度）	2 いくつかの実証プロジェクトが 実施されている（普及段階 にはない）	28
	アンモニア	2 低温を維持する必要がある取 扱・管理の負担が大きい	2 航続距離を維持するためには、 重油比3倍の大きさのタンクが 必要（外付けは総トン数が 増加するため困難）	2 毒性、腐食性が高く、除害装 置・ガス検知器の設置など厳 格な安全対策が必要	2 いくつかの実証プロジェクトが 実施されている（普及段階に はない）	20
	水素	2 超低温を維持する必要がある 取扱・管理の負担が極めて大 きい	1 航続距離を維持するためには、 重油比4.5倍の大きさのタンク が必要（事実上設置困難） （外付けは総トン数が増加す るため困難）。	3 火災の危険性を従来船と同 等とするために厳重な対策が 必要となる。安全性確保のた め防爆機器が必要	2 いくつかの実証プロジェクトが 実施されている（普及段階に はない）	19

23



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

5000GTセメント船における燃料毎の評価

- 499GT、999GTと比較すると総トン数増加による影響が小さいこと、船舶サイズ及び乗船者の規模が大きくなり燃料管理の負担が相対的に小さくなることから、積載性及び航続性の重みづけを下げている。
- 復原性や荷役装置との関係等があり外付けタンクの設置は課題がある。

		積載性	航続性	安全性	入手性	総合評価
	重み	2	2	2	2	
5000 GT セメント 船	LNG	2 低温を維持する必要がある 取扱・管理の負担が大きい	2 航続距離を維持するためには、 重油比1.8倍の大きさのタンク が必要	3 火災の危険性を従来船と同 等とするために厳重な対策が 必要となる。安全性確保のた め防爆機器が必要	3 大型外航船においては普及段 階にある（内航においては課 題あり）	20
	メタノール	4 常温常圧液体であること、重 油タンクの流用が可能である ことから、重油からのReady 船として優位性が高い	3 航続距離を維持するためには、 重油比2.4倍の大きさのタンク が必要	3 腐食性、毒性があり、材料選 定や毒性対策が必要（アン モニアよりは軽度）	2 いくつかの実証プロジェクトが 実施されている（普及段階 にはない）	24
	アンモニア	2 低温を維持する必要がある取 扱・管理の負担が大きい	2 航続距離を維持するためには、 重油比3倍の大きさのタンクが 必要	2 毒性、腐食性が高く、除害装 置・ガス検知器の設置など厳 格な安全対策が必要	2 いくつかの実証プロジェクトが 実施されている（普及段階に はない）	16
	水素	2 超低温を維持する必要がある 取扱・管理の負担が極めて大 きい	1 航続距離を維持するためには、 重油比4.5倍の大きさのタンク が必要	3 火災の危険性を従来船と同 等とするために厳重な対策が 必要となる。安全性確保のた め防爆機器が必要	2 いくつかの実証プロジェクトが 実施されている（普及段階に はない）	16

24



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

12000GTフェリーにおける燃料毎の評価

- ▶ 総トン数増加による影響が小さいこと、船舶サイズ及び乗船者の規模が大きくなり燃料管理の負担が相対的に小さくなることから、積載性及び航続性の重みづけを更に下げている。燃料タンクの外付け及び船内への配置のいずれも可能。
- ▶ 旅客船であることから安全性の重みづけを上げている。

	重み	積載性	航続性	安全性	入手性	総合評価
		1	1	3	2	
12000 GT フェリー	LNG	2 低温を維持する必要があるため取扱・管理の負担が大きい	2 航続距離を維持するためには、重油比1.8倍の大きさのタンクが必要	3 火災の危険性を従来船と同等とするために厳重な対策が必要となる。安全性確保のため防爆機器が必要	3 大型外航船においては普及段階にある（内航においては課題あり）	24
	メタノール	4 常温常圧液体であること、重油タンクの流用が可能であることから、重油からのReady船として優位性が高い	3 航続距離を維持するためには、重油比2.4倍の大きさのタンクが必要	3 腐食性、毒性があり、材料選定や毒性対策が必要（アンモニアよりは軽度）	2 いくつかの実証プロジェクトが実施されている（普及段階にはない）	31
	アンモニア	2 低温を維持する必要があるため取扱・管理の負担が大きい	2 航続距離を維持するためには、重油比3倍の大きさのタンクが必要	2 毒性、腐食性が高く、除害装置・ガス検知器の設置など厳格な安全対策が必要	2 いくつかの実証プロジェクトが実施されている（普及段階にはない）	20
	水素	2 超低温を維持する必要があるため取扱・管理の負担が極めて大きい	1 航続距離を維持するためには、重油比4.5倍の大きさのタンクが必要	3 火災の危険性を従来船と同等とするために厳重な対策が必要となる。安全性確保のため防爆機器が必要	2 いくつかの実証プロジェクトが実施されている（普及段階にはない）	19

25



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (1)Ready船と重油燃料船との性能差と建造費用の検討

各燃料船の導入可能な船種・サイズの整理

- 各新燃料等が、どういった船種・サイズであれば現実的に導入に向けた実現性が高いかを整理した（5～10年後までを想定）。
- オペレーション条件（貨物スペース、総トン数に係る規制、航続距離等）を可能な限り従来船と同等とするという前提の下、有望な選択肢を洗い出すためのイメージを作成したものであり、正確性を重視したものではない。

船種	サイズ	LNG	メタノール・エタノール	アンモニア	液化水素	圧縮水素	水素燃料電池
一般貨物船	199						可能性あり
	299～749		可能性あり				
	5000～	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)		
タンカー	199						可能性あり
	499～999		可能性あり				
	5000～	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)		
セメント船	199						可能性あり
	499～999		可能性あり				
	5000～	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)		
RORO	499～999		可能性あり				
	5000～	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)		
	～100						
旅客船フェリー	499～999		可能性あり			可能性あり	可能性あり
	5000～	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)	可能性大(一部実績あり)		

※タンカー、RORO船は甲板上にスペースがあり、外付けタンクの設置が検討しやすい可能性あり。

※燃料電池については、電気推進船であることが前提。

26



②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

コンセプト検討～499GT貨物船、999GTタンカー、5000GTセメント共通事項～

- 建造時・改造後のReady船の主要目（船長、船幅、喫水、機関出力、船速）は、従来船と同等とする。
 - 建造時は、改造後のメタノールタンクとする部分の一部を重油タンクとして使用する。建造時に使用しないメタノールタンク空間は、なるべく船倉としての利用を検討するが、困難な場合はVOIDとして利用しないこととする。
 - パイロット燃料用及び非常用として、改造後も一部の重油タンクを残す。従来船とReady船（建造時・改造後）で航続距離が同等になるように総燃料貯蔵量を設定する。なお、改造後のメタノールとA重油の貯蔵発熱量の比率は、メタノール：A重油＝75：25とする。（従来船のC重油/A重油比率を参考に決定）※1
 - 燃料タンク周りの保護コファダムの厚みは600mmとする。
 - エンジンの選定
 - 低速4ストロークメタノール/A重油二元燃料エンジンとする。建造時より二元燃料エンジンを設置し、メタノール関連装置を取り外して保管することを想定（高いReadyレベル）※2
 - エンジンの大きさ、出力、熱効率等は、従来の重油燃料ディーゼルエンジンと同等を想定
 - メタノール/パイロットA重油ともにディーゼル燃焼方式としコモンレール方式を想定（メタノール高圧ポンプが必要）
 - メタノール高圧ポンプは、燃料調整室に設置
 - プロペラ軸直結式を想定
 - 排気後処理装置は設置しない
- ※1 最適な比率は個々の船舶の事情次第であり詳細設計の段階で検討が必要な課題となる。なお、メタノールの割合を減らせばタンク容積の合計は縮小可能であるが、タンク周りのコファダムがあるため船倉長さ低下率の低減効果は限定的となる。
- ※2 本調査においては、「建造時は重油専焼エンジンとして設置し後に二元燃料エンジンに改造すること」（低いReadyレベル）については、改造期間やコストを十分に明らかにできなかった。今後低いReadyレベルが優位となる可能性もある。

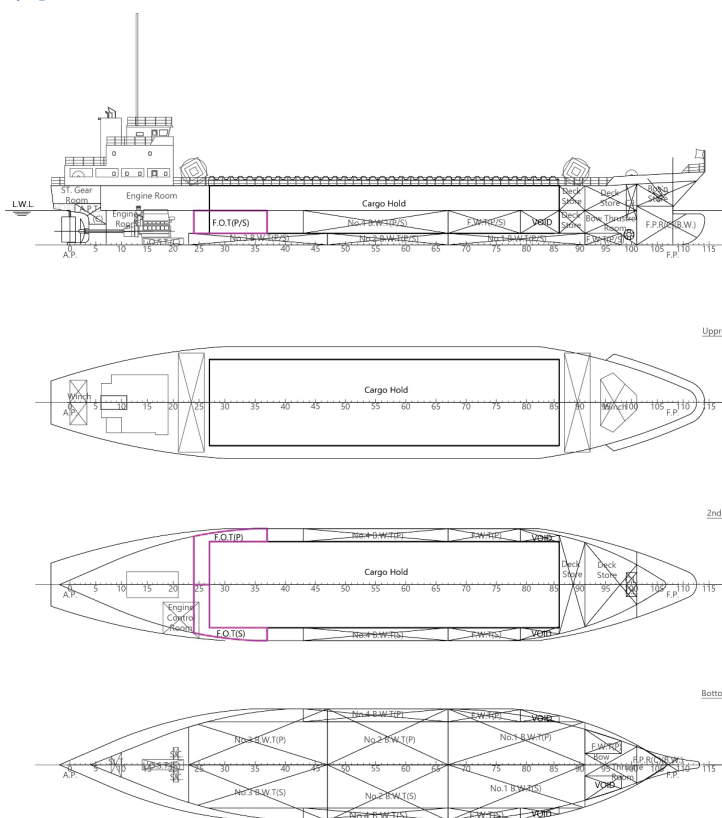
【課題】

- 重油⇒メタノールによる燃料重量増加、設備重量増加、バラストタンク容量減少に伴うオペレーション上の問題への対策。（なお、2026年9月のIMO第12回貨物運送小委員会に向けてガイドライン改正が審議されており、その中で欧州より水が入ったタンク（バラストタンクを含む）をコファダムとみなせるように緩和が提案されている。）
- メタノール内面処理として無機ジंक処理が有効であるが、重油/メタノール共用には問題がある可能性がある。この場合、改装時にA重油タンクからメタノールに切り替える際には、無機ジंक処理の下地としてプラスト処理を施す必要があるが、スペースの都合等により改造工事時に実施することが困難な場合がある。
- 保護コファダム厚み600mmが薄いため、製作難易度が高く、検査時に内部に侵入することが難しい可能性がある。 27



499GT貨物船 コンセプト図作成の参考にした従来船

【従来船（比較用）】



従来船の主要目

船長さ(O.A)	76	m
船長さ(P.P)	70	m
船幅(MLD)	13	m
喫水(EXT)	4	m
総トン数	499	ton
載貨重量	1700	ton
主機関出力	735	kW
船速	11	knot
A重油容積	100	m ³
A重油重量	87	ton
A重油航続距離	7200	n.m.



499GT貨物船 Ready船コンセプトの検討（ダブルハル型メタノールタンク案）

メタノールReady船の方針

燃料油	改造前はA重油専焼
総トン数	499GTを維持
メタノールタンク	船倉機関側に配置し、ダブルハル構造とする。建造時のメタノールスペースは船倉として利用し、従来船と同等の船倉スペースになるようにする。改造時にメタノールタンクや保護コファダムを新しく構築する。
A重油タンク	建造時は従来船と同様の機関室・船倉周りのコの字型の配置とする。
バラスタタンク	保護コファダムをバラスタタンクとして利用できれば減少量を少なくできる。
その他タンク類	清水タンク、雑用水タンク、冷却水タンク、ホールド洗浄水タンクの容積は、従来船と同等とする。

<課題>

- 改造時にA重油タンク排除・メタノールタンク・保護コファダム構築などの改造負荷が大きい。対策として、工場でメタノールタンク・保護コファダムをユニットとして製作し、船に取り付ける方法が考えられる。
- 改造時に船倉長さ約11%減少する。

メタノールReady船の主要目

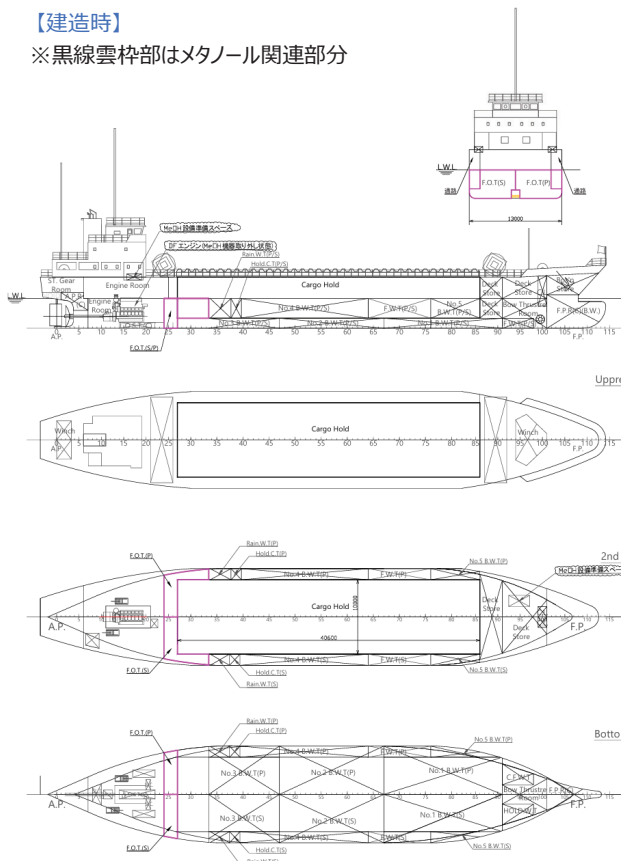
	従来船	改造前	改造後	
船長さ(O.A)		76		m
船長さ(P.P)		70		m
船幅(MLD)		13		m
喫水(EXT)		4		m
総トン数		499		ton
載貨重量		1700		ton
主機関出力		735		kW
船速		11		knot
A重油容積		100	25	m ³
A重油重量		87	23	ton
A重油航続距離		7200	1800	n.m.
C重油容積	-	-	-	m ³
C重油重量	-	-	-	ton
C重油航続距離	-	-	-	n.m.
MeOH容積	0	0	175	m ³
MeOH燃料重量	0	0	139	ton
MeOH航続距離	0	0	5400	n.m.
総航続距離		7200		n.m.
船倉幅		10		m
船倉深さ		5.5		m
船倉長さ	40.6	40.6	36.4	m
船倉長さ低下率	-	0%	-10.8%	



499GT貨物船 Ready船コンセプト図（ダブルハル型メタノールタンク案）

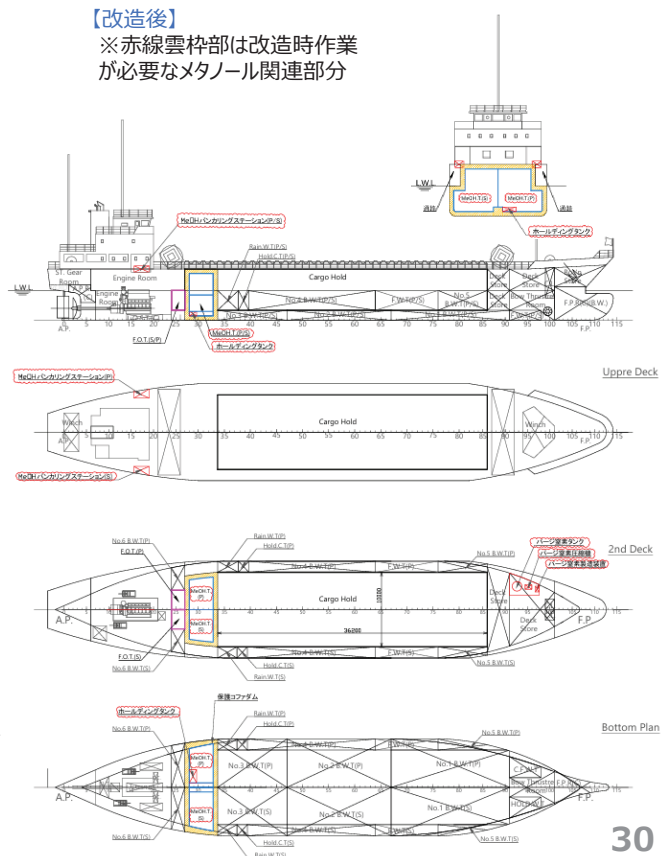
【建造時】

※黒線雲枠部はメタノール関連部分



【改造後】

※赤線雲枠部は改造時作業が必要なメタノール関連部分





499GT貨物船 Ready船コンセプトの検討（凹型メタノールタンク案（三重底案））

メタノールReady船の方針

燃料油	改造前はA重油専焼
総トン数	499GTを維持
メタノールタンク	船体中央の船倉周辺に凹型に配置
A重油タンク	建造時は、船底側の一部をA重油タンクとして利用し、使用しないタンクは空で運用する。「改造後に必要な容積」を確保したA重油タンクは、機関室側に配置する。建造時・改造後と本タンクは継続して使用する。
バラスタック	従来船のバラスタック部分にメタノールタンクを配置することから、バラスタ容量が減少する。
その他タンク類	清水タンク、雑用水タンク、冷却水タンク、ホールド洗浄水タンクの容積は、従来船と同等とする。

<課題>

- ▶ タンク・保護コファダムの空間が薄く広いため製作難易度が高く、フレームを考慮した場合、検査時に内部に侵入することが難しい可能性がある。
- ▶ 燃料タンク高さが薄いため、ポンプ吸い出し限界液位の問題や、液面変動による液位監視の難しさ、ポンプへのガス混入など、克服するべき技術課題が複数ある。
- ▶ 二重底厚みを大きくする必要があり、三重底厚みを厚くすることで、燃料タンク長さを短くでき、バラスタ容量を大きく確保できる。この場合、船倉高さとのトレードオフとなる。
- ▶ バラストが搭載されていた部分にメタノールタンクを配置するため、バラスタ容量が減少する。（コファダムをバラスタに利用することを想定した場合約7%程度の減少）

メタノールReady船の主要目

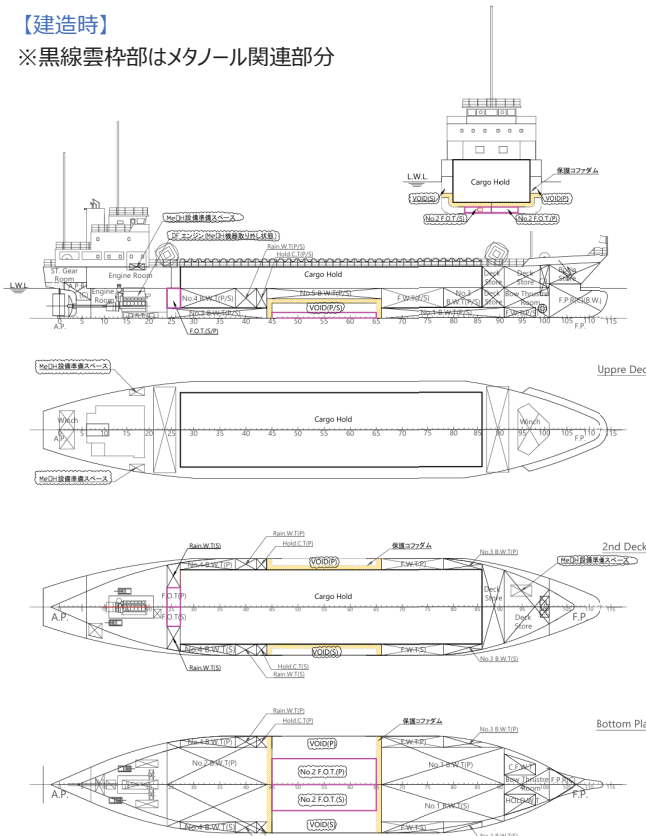
	従来船	改造前	改造後	
船長さ(O.A)		76		m
船長さ(P.P)		70		m
船幅(MLD)		13		m
喫水(EXT)		4		m
総トン数		499		ton
載貨重量		1700		ton
主機関出力		735		kW
船速		11		knot
A重油容積	100		25	m ³
A重油重量	87		23	ton
A重油航続距離	7200		1800	n.m.
C重油容積	-	-	-	m ³
C重油重量	-	-	-	ton
C重油航続距離	-	-	-	n.m.
MeOH容積	0	0	175	m ³
MeOH燃料重量	0	0	139	ton
MeOH航続距離	0	0	5400	n.m.
総航続距離		7200		n.m.
船倉長さ	40.6	40.6	40.6	
船倉幅	10	10	10	
船倉深さ	5.5	5.5	5.5	



499GT貨物船 Ready船コンセプト図（凹型メタノールタンク案（三重底案））

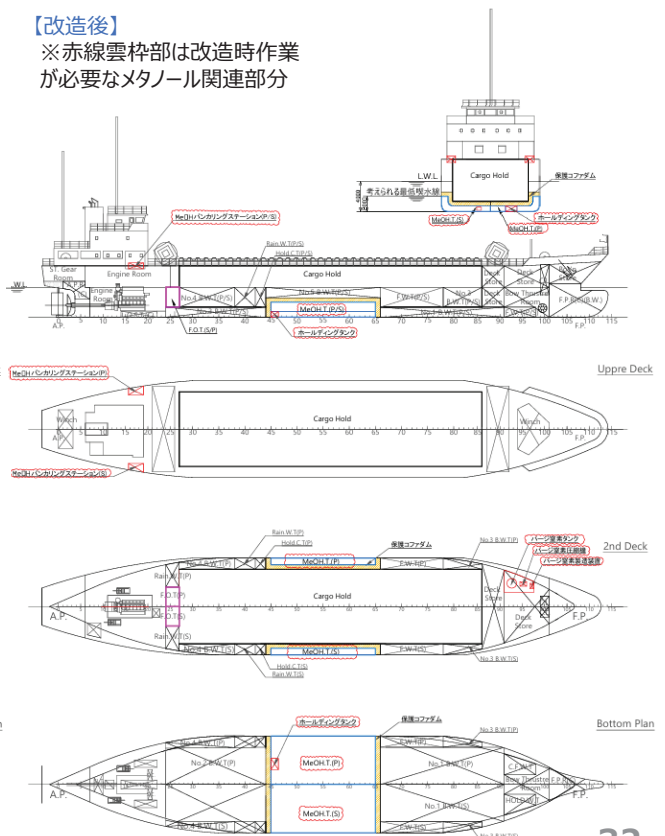
【建造時】

※黒線雲枠部はメタノール関連部分



【改造後】

※赤線雲枠部は改造時作業が必要なメタノール関連部分





499GT貨物船 Ready船コンセプト図（凹型メタノールタンク案（三重底案））

凹型タンクを採用した場合、Ready 船改造後にバラスト状態で適切な船体姿勢を保てるかどうかの検討を実施

➤ 前提条件

- バラスト状態は、載貨重量無しの状態とする。また、船底部分のバラストタンクのみ使用する。
- バラスト時にプロペラ上端がプロペラ直径の10%の没水深度となる姿勢がつくれるかを確認する。
- 船体形状、重量重心、毎cmトリムモーメントの詳細は不明。

➤ 仮定

- 満載時はイーブンキール。
- バラスト状態ではカーゴホールド、燃料タンクは完全に空虚となると仮定し、それぞれの重心位置で質量が消失する。
- バラストタンクは、満水にできるとする。バラストタンクの形状は、一般配置図の形状を直線的に近似した形状とする。
- 貨物の質量は、DWTより、燃料の質量を引いたものとする。
- 浮面心の位置は、類似船型から推定する。

➤ 検討結果

- プロペラ直径2.8m、シューピースがあるため、ベースラインからプロペラ上端の高さは3.1mとなる。プロペラ位置において3.38mの喫水が必要である。
- 満載喫水は4.0mであるが、カーゴホールドおよび燃料タンクが完全に空虚となり、バラストタンクが満水の状態では、平均喫水は、2.44mとなる。（喫水の変化は満載時の水線面積を用いて近似的に計算）
- カーゴホールドおよび燃料タンクが完全に空虚となり、バラストタンクが満水の状態、浮面心を中心にモーメントを計算しトリムを求める。計算の結果、船尾側沈のモーメントが働き、船尾は1.06m沈み、船首は1.06m浮く、その際、A.P.での喫水は、3.5m、F.P.での喫水は1.28mとなり、プロペラの没水深度は確保できる。
- バラストタンクは通常満水（100%）としなが、今回タンク形状を直線で近似し、実際の容量より、計算上の容量が少なめとなることを勘案し、満水で計算した。

【課題】

船舶のトリム等については、検査・承認を受けた復原性資料に示される範囲内であること、船橋視界が確保されていること（※）等の要件があり、詳細設計の段階ではこれらを満たすよう検討が必要。

※全長55m以上の船舶に対して船首より船舶の全長の2倍又は500mのいずれか短い距離以上離れた水面が明瞭に視認できること、という要件が定められている（船橋からの視界及び船橋に設ける窓の要件を定める告示(平成十年七月一日)(運輸省告示第三百三十七号)）

33



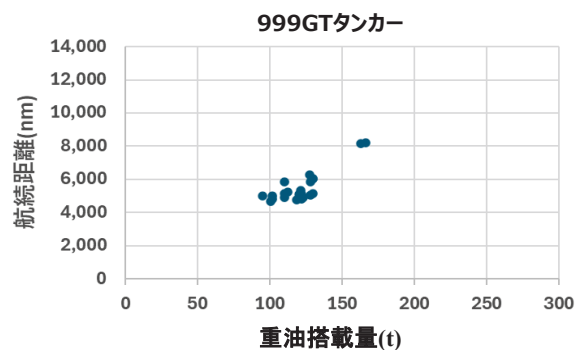
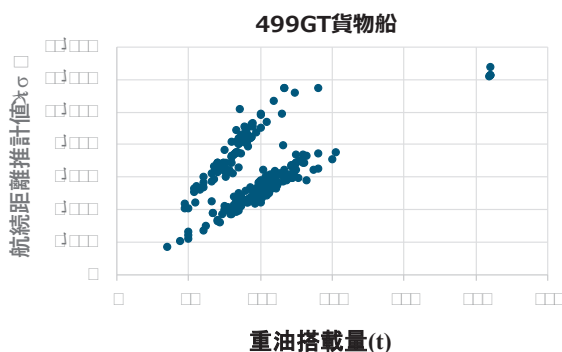
（参考）499GT貨物船と999GTタンカーの燃料搭載量と航続距離の分布

- 船舶明細書（2023年）に掲載されている499GT貨物船（241隻）及び999GTタンカー（27隻）において、航続距離（縦軸）及び重油搭載量（横軸）を比較した。
- 結果、必ずしも航続距離と重油搭載量は一定の比例関係にはなく（特に499GT貨物船）、航続距離に照らしてかなり余裕を持った重油搭載量としている船舶もあった。
- 重油と比べて体積あたりの発熱量が低い新燃料を使用する場合、航続距離の低下が避けられないケースが考えられるが、それがオペレーションに与える影響の大きさは、個々の船舶の状況により異なると考えられる。（低下量にもよるが、現状の運用を大きく変える必要がない船舶が存在する可能性もある。）

※連続航続距離を低減する場合、バンカリングできる港湾の制限や悪天候等のリスクを踏まえた運用が必要。

※現状においても、バンカー船の高齢化に伴う隻数の不足や船員不足などによって、バンカリング場所の制限や長時間化等の課題が生じており、新燃料におけるこれらの対策についても要検討。

※重油はオーバーフロー対策でタンク容量の75%程度しか使用しないのが一般的とのこと。



34

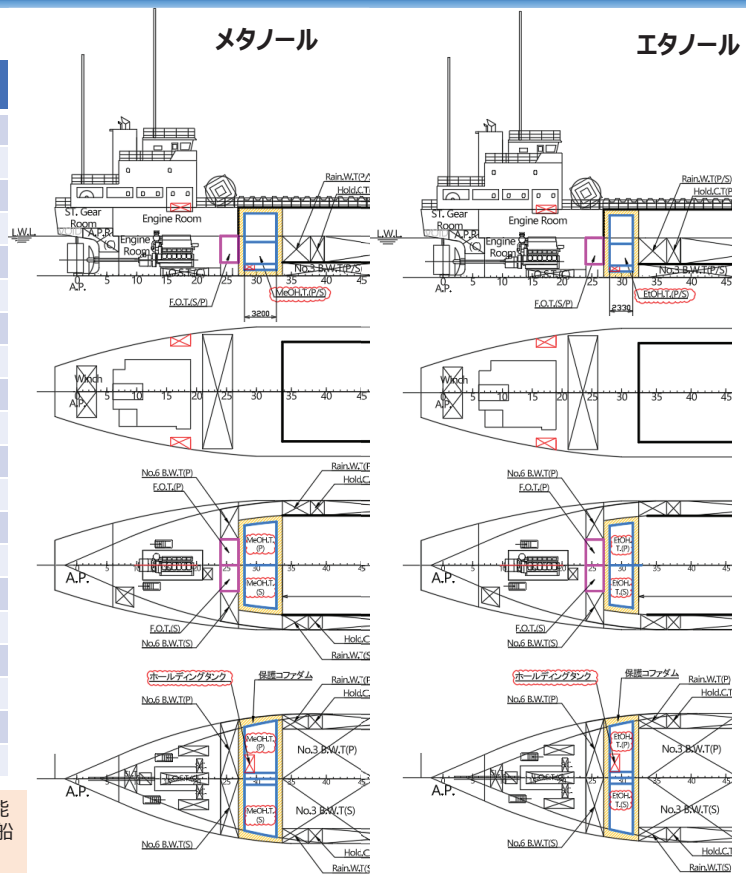


499GT貨物船 Ready船コンセプトの検討（ダブルハル型メタノール/エタノール比較）

メタノール/エタノールReady船の主要目

	従来船	メタノール	エタノール	
船長さ(O.A)		76		m
船長さ(P.P)		70		m
船幅(MLD)		13		m
喫水(EXT)		4		m
総トン数		499		ton
載貨重量		1700		ton
主機関出力		735		kW
船速		11		knot
A重油容積	100	2525		m ³
A重油重量	87	23		ton
A重油航続距離	7200	1800		n.m.
C重油容積	-	-	-	m ³
新燃料容積	0	175	130	m ³
新燃料重量	0	139	103	ton
新燃料航続距離	0	5400		n.m.
総航続距離		7200		n.m.
船倉幅		10		m
船倉深さ		5.5		m
船倉長さ	40.6	36.4	37.1	m
船倉長さ低下率	-	-10.8%	-8.6%	

エタノールは、メタノールに対して燃料貯蔵容積を36%低減可能
※一方、共に燃料タンク周囲をコファダムで囲う必要があるため船倉長さ低下率は17%低減となる（-4.2m→-3.5m）。

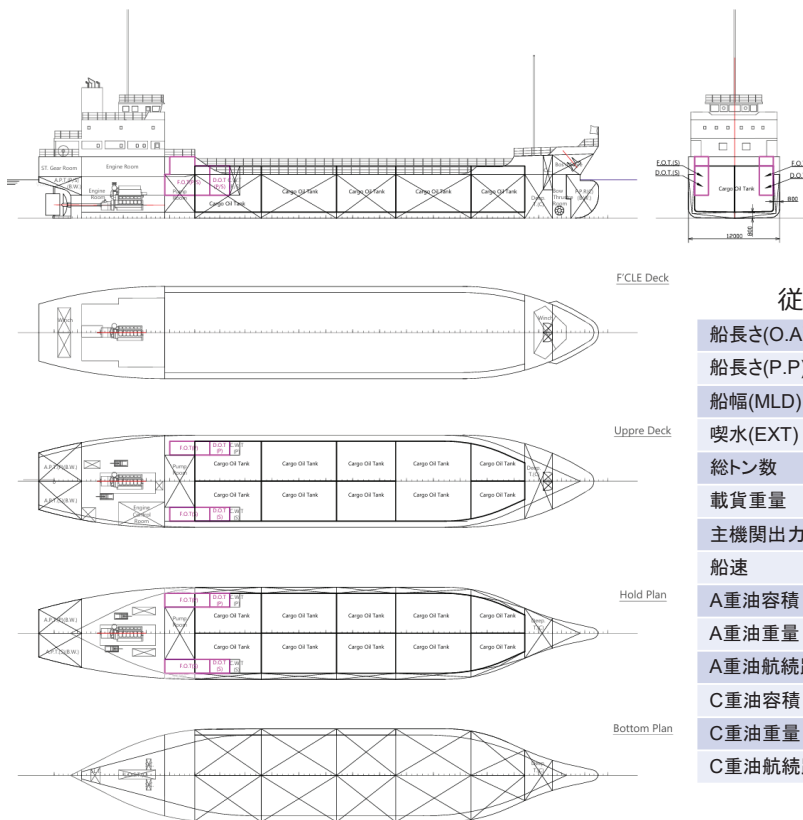


35



999GTタンカー コンセプト図作成の参考にした従来船

【従来船（比較用）】



従来船の主要目

船長さ(O.A)	73	m
船長さ(P.P)	69	m
船幅(MLD)	12	m
喫水(EXT)	5	m
総トン数	999	ton
載貨重量	2100	ton
主機関出力	1500	kW
船速	13	knot
A重油容積	35	m ³
A重油重量	30	ton
A重油航続距離	1400	n.m.
C重油容積	91	m ³
C重油重量	84	ton
C重油航続距離	3900	n.m.

36



999GTタンカー Ready船コンセプトの検討

メタノールReady船の方針

燃料油	改造前はA重油専焼
総トン数	999GTを維持
メタノールタンク	貨物槽と同様のダブルハル構造・寸法で機関側に配置する。
A重油タンク	建造時は、メタノールタンクの一部を仕切り、A重油タンクを配置する。それ以外の空間は貨物槽として利用する。「改造後に必要な容積」を確保したA重油タンクは、機関室側に配置する。改造後も本タンクは継続して使用する。
バラスタタンク	バラスタタンク容積は、保護コファダムを利用できれば従来船とほぼ同等。
その他タンク類	清水タンク、ホールド洗浄水タンクの容積は、従来船と同等

<課題>

- 貨物槽容量が従来船に対して、建造時は-3%、改造後は10%減少する。
- 貨物槽の機関室側は、荷役配管など艤装品が多いことから、船主側貨物槽をメタノール燃料タンクに利用することも検討の価値がある。

メタノールReady船の主要目

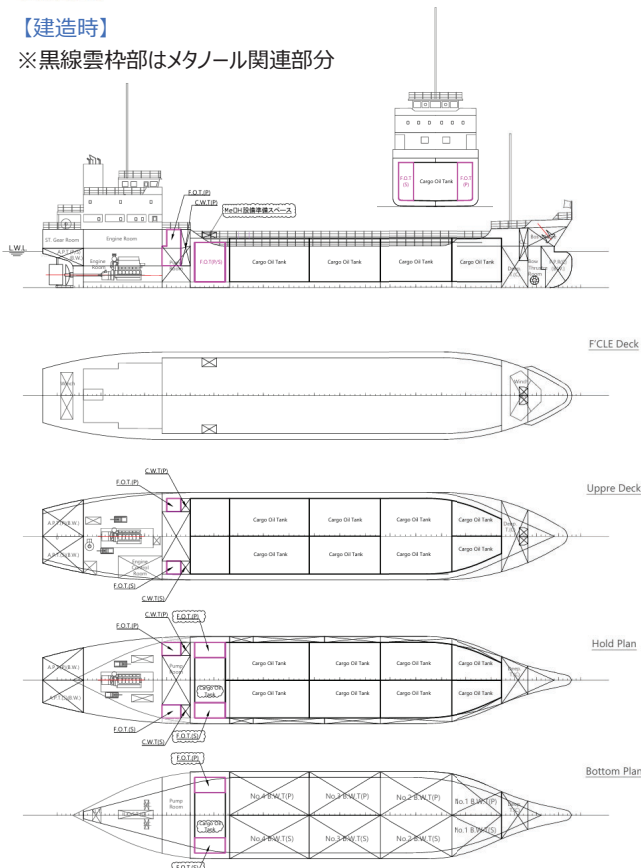
	従来船	改造前	改造後	
船長さ(O.A)		73		m
船長さ(P.P)		69		m
船幅(MLD)		12		m
喫水(EXT)		5		m
総トン数		999		ton
載貨重量		2100		ton
主機関出力		1500		kW
船速		13		knot
A重油容積	35	130	33	m ³
A重油重量	30	113	30	ton
A重油航続距離	1400	5300	1330	n.m.
C重油容積	91	-	-	m ³
C重油重量	84	-	-	ton
C重油航続距離	3900	-	-	n.m.
MeOH容積	-	-	227	m ³
MeOH燃料重量	-	-	181	ton
MeOH航続距離	-	-	3970	n.m.
総航続距離		5300		n.m.
貨物槽容積	2500	2350	2200	m ³
貨物槽容積低下率	-	-3%	-10%	



999GTタンカー Ready船コンセプト図

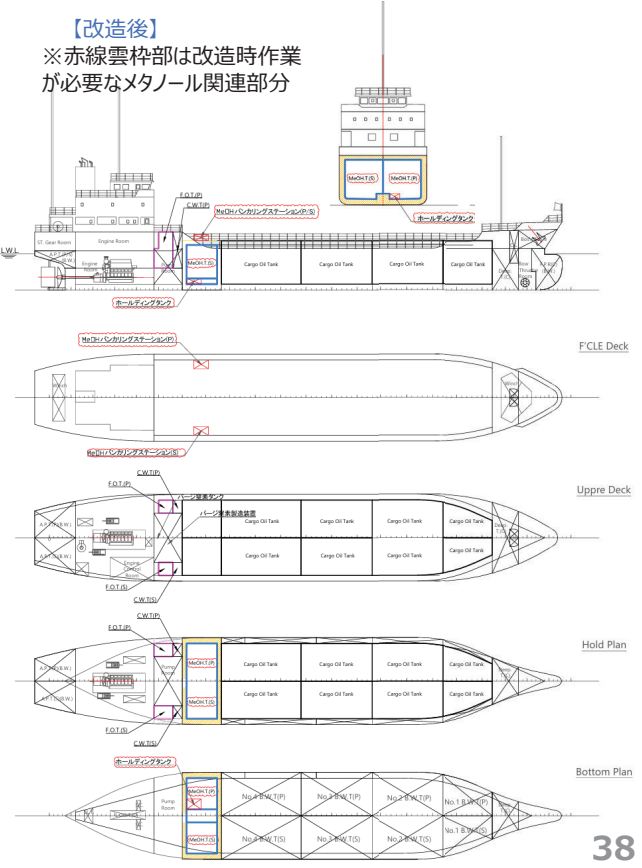
【建造時】

※黒線雲枠部はメタノール関連部分



【改造後】

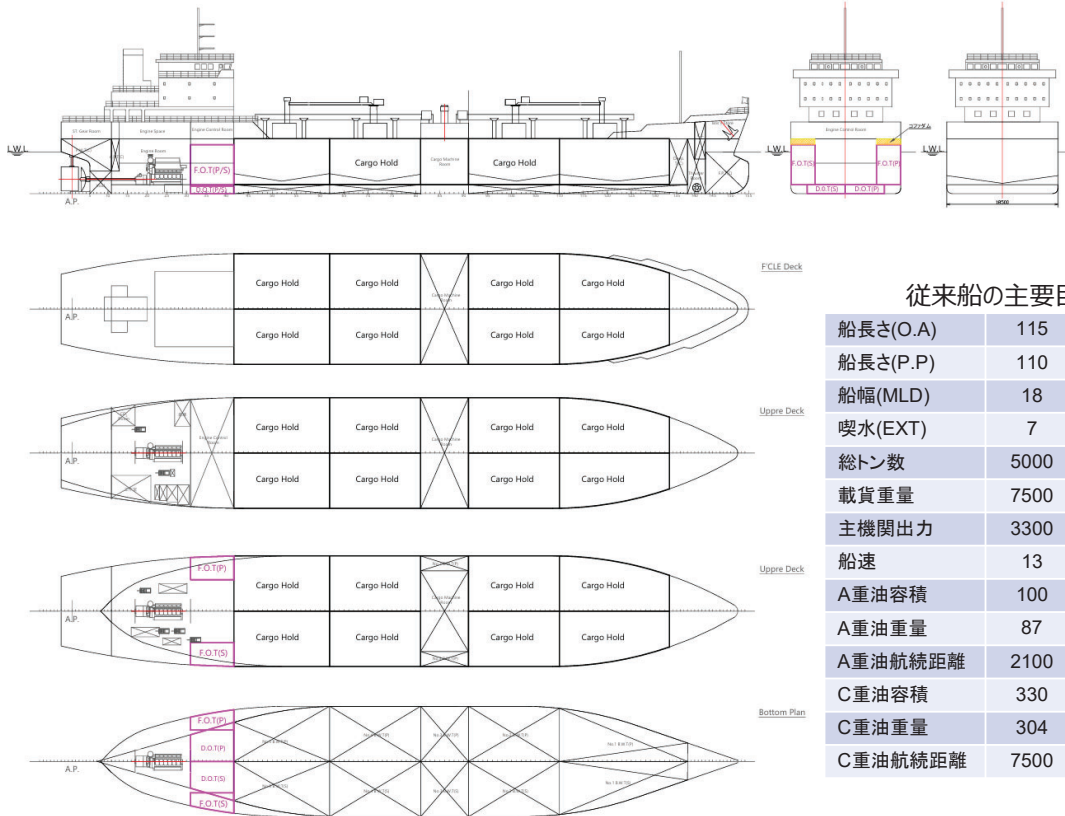
※赤線雲枠部は改造時作業が必要なメタノール関連部分





5000GTセメント船 コンセプト図作成の参考にした従来船

【従来船（比較用）】



39



5000GTセメント船 Ready船コンセプトの検討

メタノールReady船の方針

燃料油	改造前はC重油船
総トン数	999GT未満の内航船と異なり、総トン数制限が緩いため、総トン数を増加を許容したメタノール燃料タンク配置を検討。
メタノールタンク	従来船の機関制御室をメタノールタンク空間として利用する。居住区は1階層増やし、機関制御室はメタノールタンクの上に配置する。
A重油タンク	建造時は、メタノールタンクの一部を仕切りA重油タンクを配置する。それ以外の空間は利用しない。「改造後に必要な容積」を確保したA重油タンクは、船底に配置する。改造後も本タンクは継続して使用する。
バラスタタンク	バラスタタンク容積は、従来船と同等。
その他タンク類	清水タンク等の容積は、従来船と同等

<課題>

- 従来船の機関制御室の位置をメタノールタンクに利用し、機関制御室をPoopDeckに配置することの実現性と実用性（機関制御室からエンジン目視できるか、機関制御室から機関室へのアクセス性、機関士の使用感など）。
- 建造時に利用しない大きな空間（VOID）が船内にある。
- 建造時はC重油関連機器を搭載するため、改造時に燃料調整室などの区画を用意する必要があり、作業量が多い。

メタノールReady船の主要目

	従来船	改造前	改造後	
船長さ(O.A)		115		m
船長さ(P.P)		110		m
船幅(MLD)		18		m
喫水(EXT)		7		m
総トン数		5000		ton
載貨重量		7500		ton
主機関出力		3300		kW
船速		13		knot
A重油容積	100	111	111	m ³
A重油重量	87	103	103	ton
A重油航続距離	2100	2400	2400	n.m.
C重油容積	330	320	-	m ³
C重油重量	304	295	-	ton
C重油航続距離	7500	7200	-	n.m.
MeOH容積	-	-	778	m ³
MeOH燃料重量	-	-	619	ton
MeOH航続距離	-	-	7200	n.m.
総航続距離		9600		n.m.

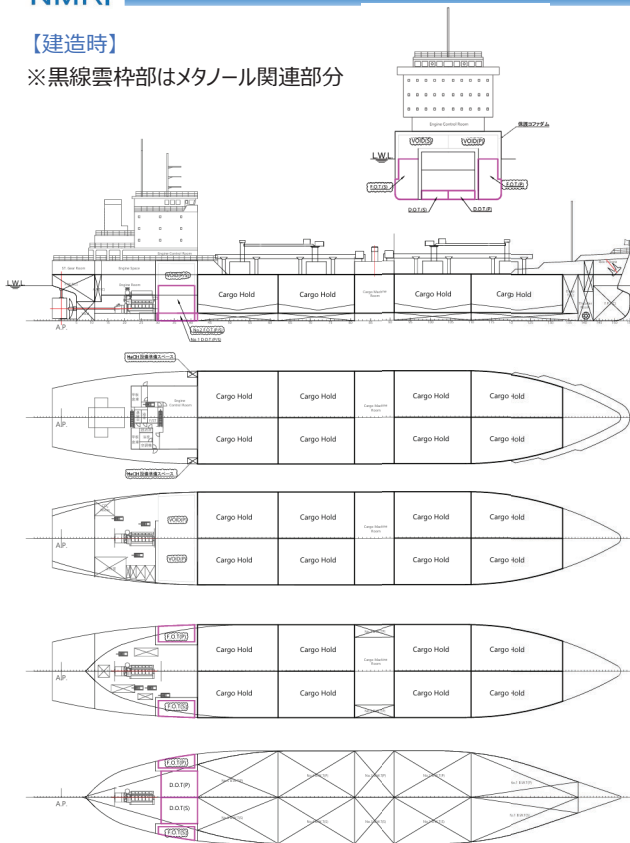
40



5000GTセメント船 Ready船コンセプト図

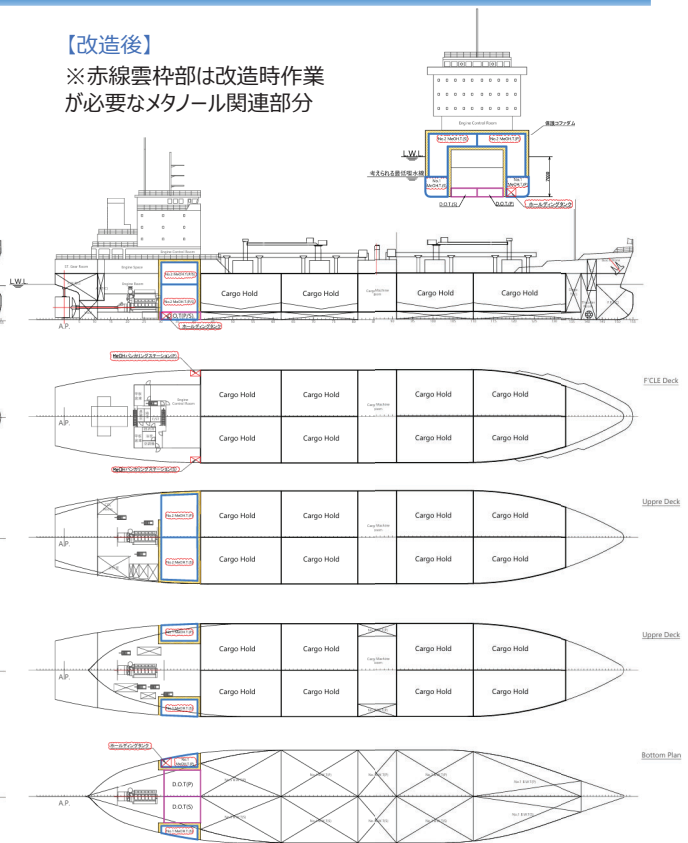
【建造時】

※黒線雲枠部はメタノール関連部分



【改造後】

※赤線雲枠部は改造時作業
が必要なメタノール関連部分



41



12000GTフェリー Ready船コンセプトの検討

メタノールReady船の方針

燃料油	改造前はC重油船
総トン数	999GT未満の内航船と異なり、総トン数制限が緩いため、総トン数を増加を許容できる。
メタノールタンク	船底空間への配置する。全周に保護コファダムを配置する。
A重油タンク	建造時は、メタノールタンクの一部を仕切りC重油タンクを配置する。それ以外の空間は利用しない。「改造後に必要な容積」を確保したA重油タンクは、船底に配置する。改造後も本タンクは継続して使用する。
バラスタタンク	従来船のタンク配置の情報が得られていないため未検討
その他タンク類	従来船のタンク配置の情報が得られていないため未検討

メタノールReady船の主要目

	従来船	改造前	改造後	
船長さ(O.A)		173		m
船長さ(P.P)		163		m
船幅(MLD)		27		m
喫水(EXT)		6		m
総トン数		12000		ton
車載数		トラック150台、乗用車75台		—
主機関出力		15000(7500kW/2基)		kW
船速		23		knot
A重油容積	210	210	210	m ³
A重油重量	181	181	181	ton
A重油航続距離	1800	1800	1800	n.m.
C重油容積	580	580	-	m ³
C重油重量	545	545	-	ton
C重油航続距離	5200	5200	-	n.m.
MeOH容積	-	-	1430	m ³
MeOH燃料重量	-	-	1135	ton
MeOH航続距離	-	-	5200	n.m.
総航続距離		7000		n.m.

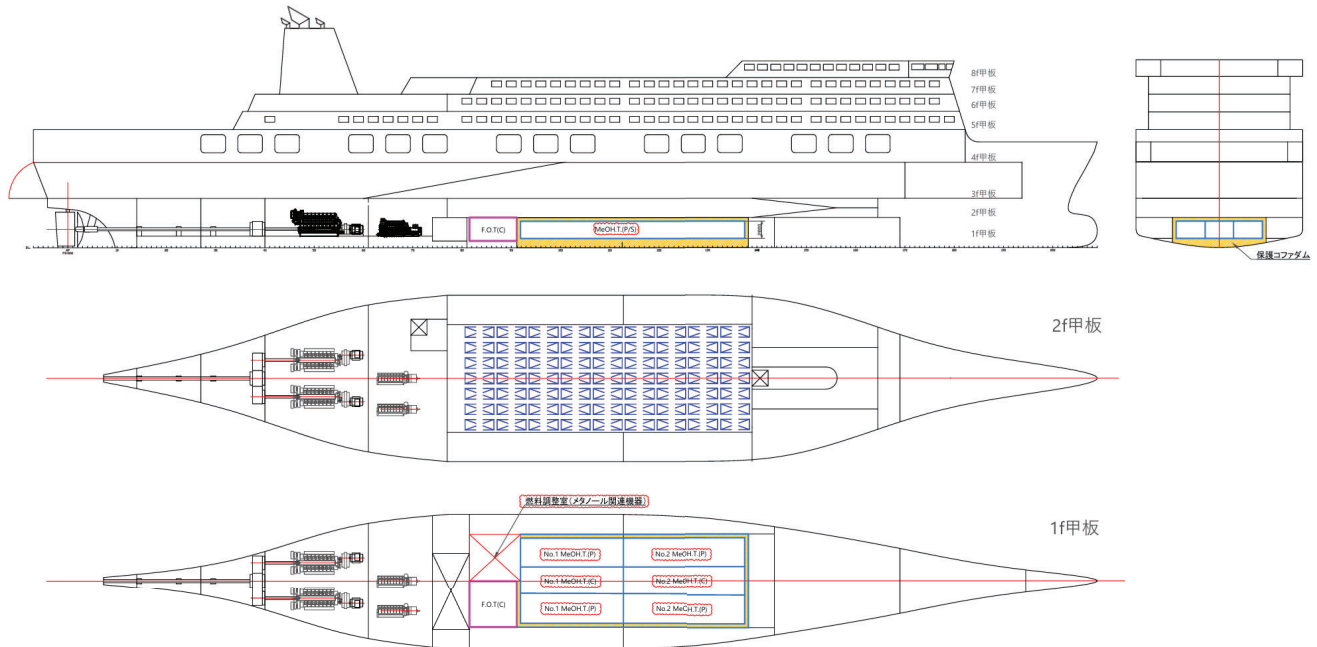
<課題>

- ・旅客を考慮した安全対策や臭気対策の検討が重要。
- ・バンカリング時の旅客乗下船、荷役への制限について検討が必要。

42

【改造後】

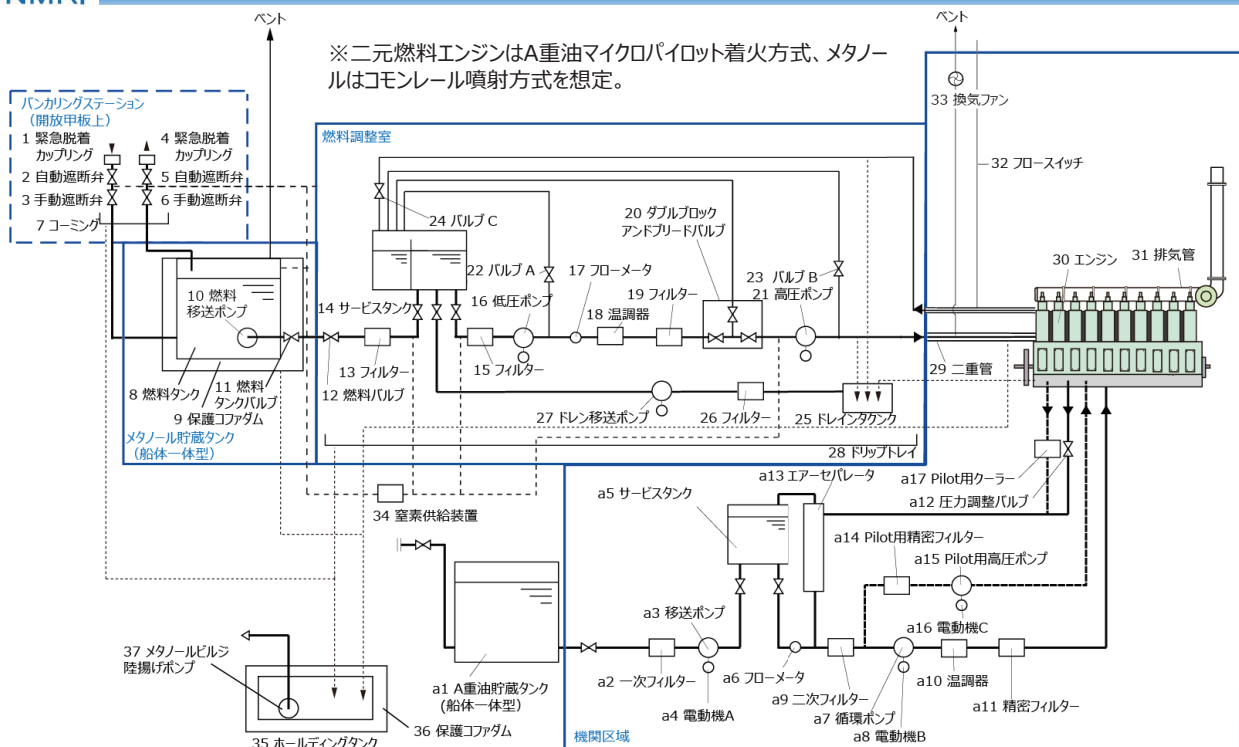
※赤線雲枠部は改造時作業
が必要なメタノール関連部分



コンセプト	499GT一般貨物船 ダブルハル型	499GT一般貨物船 凹型（三重底）	999GTタンカー	5000GTセメント船	12000GTフェリー
燃料油	改造前はA重油専焼	改造前はA重油専焼	改造前はA重油専焼	改造前はC重油船	改造前はC重油船
総トン数	499GTを維持	499GTを維持	999GTを維持	総トン数増加を伴うメタノール燃料 タンク配置（総トン数増加に伴う 制度面でのデメリット小）	総トン数増加を伴うメタノール燃料 タンク配置（総トン数増加に伴う 制度面でのデメリット小）
重油航続距離 Ready ⇒ 改造後 （ ）は従来船	7200n.m. ⇒ 1800n.m. (7200n.m.)	7200n.m. ⇒ 1800n.m. (7200n.m.)	5300n.m. ⇒ 1330n.m. (5300n.m.)	9600n.m. ⇒ 2400n.m. (9600n.m.)	7000n.m. ⇒ 1800n.m. (7000n.m.)
メタノール航続距離 Ready ⇒ 改造後 （ ）は従来船	5400n.m. (7200n.m.)	5400n.m. (7200n.m.)	3970n.m. (5300n.m.)	7200n.m. (9600n.m.)	5200n.m. (7000n.m.)
合計航続距離 Ready ⇒ 改造後 （ ）は従来船	7200n.m. (7200n.m.)	7200n.m. (7200n.m.)	5300n.m. (5300n.m.)	9600n.m. (9600n.m.)	7000n.m. (7000n.m.)
船倉長さ・貨物容積 （ ）は従来船	40.6m⇒36.4m △0% △11% (40.6m)	変化なし	2350m3⇒2200m3 △3% △10% (2500m3)	変化なし	変化なし
メタノールタンク	船倉機関側に配置し、ダブルハル 構造とする。建造時のメタノールス ペースは船倉として利用し、従来船船体中央の船倉周辺に凹型に配 置する。改造時にメタノールタンクや保 護コファダムを新しく構築する。	建造時は、船底側の一部をA重油 タンクとして利用し、使用しないタン クは空で運用する。「改造後に必 要な容積」を確保したA重油タンク は、機関室側に配置する。建造 時・改造後と本タンクは継続して使 用する。	貨物槽と同様のダブルハル構造・ 寸法で機関側に配置する。	従来船の機関制御室をメタノール タンク空間として利用する。居住区 は1階層増やし、機関制御室はメ タノールタンクの上に配置する。	船底空間への配置する。全周に保 護コファダムを配置する。
A重油タンク	建造時は、従来船と同様の機関 室・船倉周りのコの字型の配置とす る。	建造時は、船底側の一部をA重油 タンクとして利用し、使用しないタン クは空で運用する。「改造後に必 要な容積」を確保したA重油タンク は、機関室側に配置する。建造 時・改造後と本タンクは継続して使 用する。	建造時は、メタノールタンクの一部 を仕切りA重油タンクを配置する。 それ以外の空間は貨物槽として利 用する。「改造後に必要な容積」を 確保したA重油タンクは、機関室 側に配置する。改造後も本タンク は継続して使用する。	建造時は、メタノールタンクの一部 を仕切りA重油タンクを配置する。 それ以外の空間は利用しない。 「改造後に必要な容積」を確保し たA重油タンクは、船底に配置する。 改造後も本タンクは継続して使用 する。	建造時は、メタノールタンクの一部 を仕切りC重油タンクを配置する。 それ以外の空間は利用しない。 「改造後に必要な容積」を確保し たA重油タンクは、船底に配置する。 改造後も本タンクは継続して使用 する。
バラストタンク	保護コファダムをバラストタンクとして 利用できれば減少量を少なくできる	従来船のバラストタンク部分にメタ ノールタンクを配置することから、バ ラスト容量が減少する。	バラストタンク容積は、保護コファ ダムを利用できれば従来船とほぼ同 等。	バラストタンク容積は、従来船と同 等。	従来船のタンク配置の情報が得ら れていないため未検討
その他タンク類	清水タンク、雑用水タンク、冷却水 タンク、ホールド洗浄水タンクの容 積は、従来船と同等とする。	清水タンク、雑用水タンク、冷却水 タンク、ホールド洗浄水タンクの容 積は、従来船と同等とする。	清水タンク、ホールド洗浄水タンク の容積は、従来船と同等	清水タンク等の容積は、従来船と 同等	従来船のタンク配置の情報が得ら れていないため未検討

機関室内メタノール関連機器配置の検討

機関室配置コンセプト図の作成のためのメタノール/A重油燃料系統図

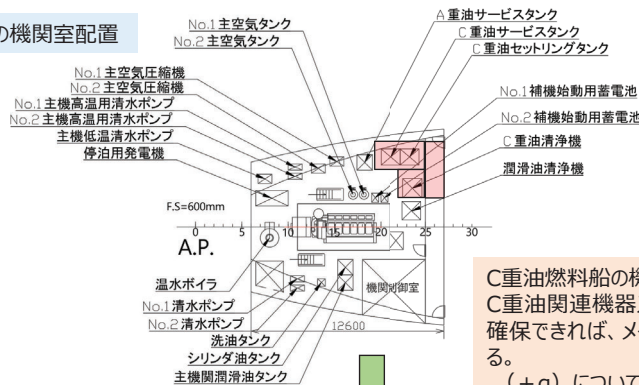


- バンカリングステーションのベーパーリタードラインは、設置されない場合もある。
- メタノール高圧ポンプはエンジン一体型である場合や、機械式噴射ポンプでは不要となる場合がある。
- 危険場所を回避するために、メタノール移送ポンプやビルジ荷揚げポンプ、保護コファダム用バラストポンプは、サブマージ型ポンプとし、タンク内に設置する。(※規則H編4.2.4-1(1)(b)に規定されるサブマージド形ポンプ用電動機も利用可能)

機関室内メタノール関連機器配置の検討 (499GT貨物船)

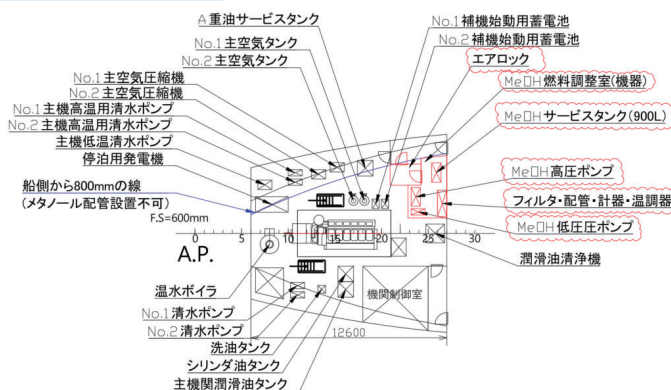
499GT貨物船 メタノール関連機器設置スペースの確保の検討

499GT貨物船 C重油船の機関室配置

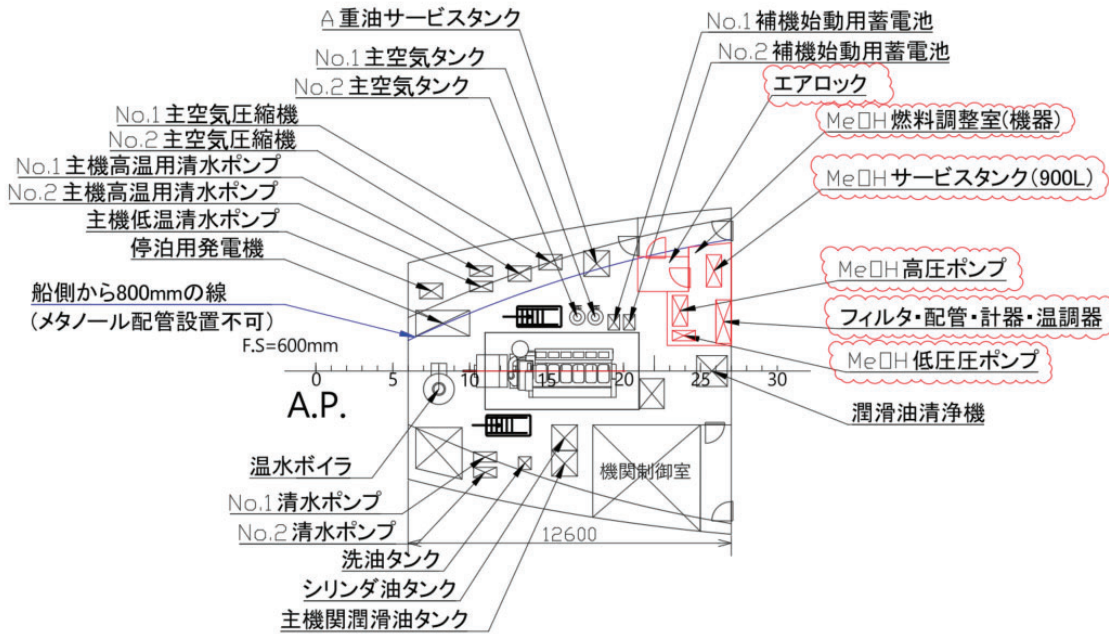


C重油燃料船の機関室サイズ・配置をベースに、C重油関連機器スペース (+a) を燃料調整室として確保できれば、メタノール機器を搭載できる可能性がある。
(+a) については船倉への通路の一部を利用する。

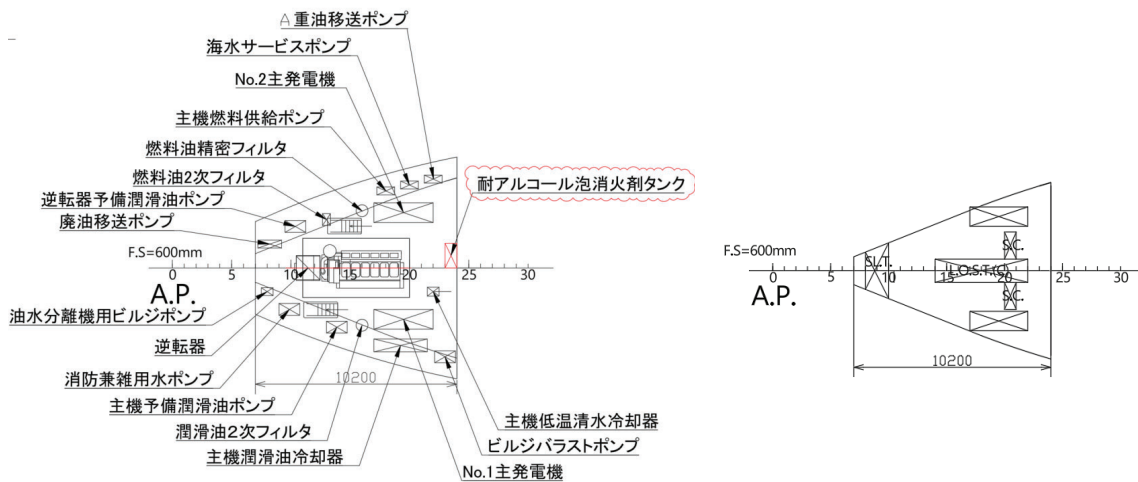
499GT貨物船 メタノールReady船の機関室配置



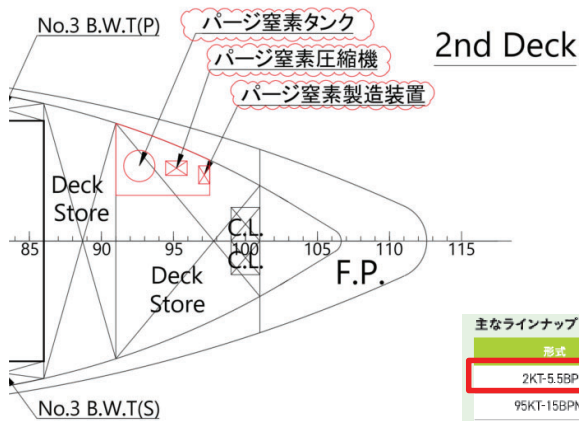
※近年の比較的小型の内航船はA重油専焼船が多いが、C重油船の機関室スペースを想定できれば配置できる可能性が高い。



- 船倉への通路の一部を燃料調整室に利用するが、船倉への通路は別経路にて確保。
- 燃料調整室へはエアロックを介して入室する。この際、エアロック内での異常発生時は、隣接する区画の電気機器の遮断を行わなければならないため、これを回避するためにエアロックと機関室の間に区画を用意している。



- 2nd Deckに耐アルコール泡消火剤タンクを配置。それ以外の配置は、従来船と同等。
- 燃料タンクやホールタンクへ接続する配管が通ることが想定される。



内航オイルタンカー用

内航オイルタンカー向けに小容量タイプの機種をご用意しています。
メタノール燃料船やLPG燃料船などの燃料切替用途にもご使用いただけます。



主なラインナップ

形式	窒素純度 (%)	発生量 (Nm ³ /h)	外形寸法 W×D×H (mm)	空圧圧縮機 (定格kW×台数)
2KT-5.5BPN	99	5.5	460×750×1,350	7.5 kW×1台
95KT-15BPNH	95	15	460×970×1,350	7.5 kW×1台
95KT-60BPN	95	60	850×1,300×1,800	9 kW×1台

※窒素純度は、窒素ガス+アルゴンガス等の容積比率を記載しています。
※発生量は、周囲温度20℃、湿度60%条件下において0℃大気圧基準に換算した最大流量を記載しています。
※詳細仕様はP&IDマニュアルのものを参照してください。

出展：前川製作所，船用PSA方式窒素ガス発生装置カタログ

- 窒素製造装置を機関室外部に配置する場合、換気や酸素濃度検知・警報の要件があることから、船主部に専用区画を用意することにした。
- パージ窒素の連続供給能力は、燃料タンク内のイナーテイングを考慮して、最大燃料消費体積流量の1.5倍を最低流量として想定機器を選定。選定機器は1.0倍程度の窒素供給能力を有する。(999GTタンカー、5000GTセメント船に対しても十分な余力であることから同機器の使用を想定する)
- 配管のパージやガスフリー作業に使用する窒素は、比較的短時間に大流量が必要なことから、供給源として貯蔵タンクを配置することにした。(容量2m³/圧力0.75MPa) 窒素の充填は、窒素製造装置の余剰能力を利用する。

② Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

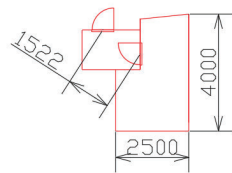
メタノールReady船におけるメタノール関連機器の設置時期 (499GT貨物船 (ダブルハル案) 建造時・改造時)

- 経時劣化の懸念がある弁、ポンプ、計測機器などは改造時に設置する。
- 改造時に作業の困難が予想される、または経時劣化の懸念が少ない設備 (タンク類、配管類、ダクト類) は、建造時に設置する。
- メタノールタンクは、改造時にA重油タンクを撤去したうえで設置する。工事難易度を下げ、工期を短縮するため、あらかじめ工場でメタノールタンク・保護コファダムユニットを製作しておき、船に取り付ける方法が考えられる。

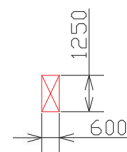
項番	装置	建造時	改造時
1	緊急脱着カップリング		○
2	自動遮断弁		○
3	手動遮断弁		○
4	緊急脱着カップリング (ペーパーリタード)		○
5	自動遮断弁 (ペーパーリタード)		○
6	手動遮断弁 (ペーパーリタード)		○
7	コーミング		○
8	燃料タンク		○
9	保護コファダム		○
10	燃料移送ポンプ		○
11	燃料タンクバルブ		○
12	燃料バルブ		○
13	フィルター		○
14	サービスタンク	○	
15	フィルター		○
16	低圧ポンプ		○
17	フローメータ		○
18	温調器		○
19	フィルター		○

項番	装置	建造時	改造時
20	ダブルロックアンドブリードバルブ		○
21	高圧ポンプ		○
22	バルブA		○
23	バルブB		○
24	バルブC		○
25	ドレンタンク	○	
26	フィルター		○
27	ドレン移送ポンプ		○
28	ドリップトレイ		○
29	二重管	○	
30	エンジン	○	
31	排気管	○	
32	フロースイッチ		○
33	換気ファン		○
34	窒素供給機		○
35	ホールディングタンク	○	
36	保護コファダム	○	
37	メタノールビルジ陸揚げポンプ		○

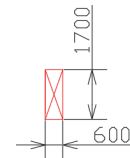
※項番は、燃料系統図に対応



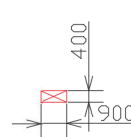
燃料調整室



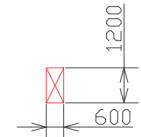
MeOH サービスタンク(900L)



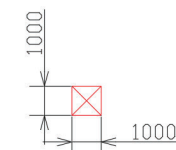
フィルタ・配管・計器・温調器



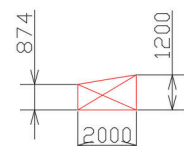
MeOH 低圧ポンプ



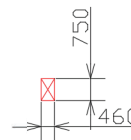
MeOH 高圧ポンプ



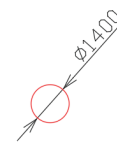
MeOH 緊急用
シャワー・洗顔器



MeOH バンカリング
ステーション



パージ窒素製造装置

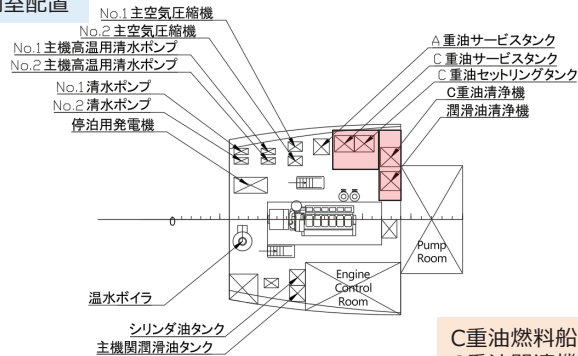


パージ窒素タンク

機関室内メタノール関連機器配置の検討 (999GTタンカー)

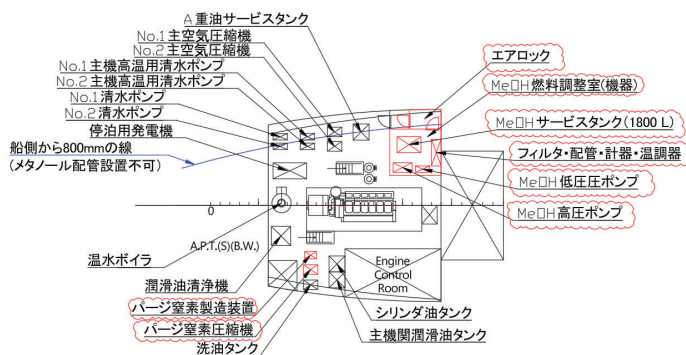
999GTタンカー メタノール関連機器設置スペースの確保の検討

999GTタンカー C重油船の機関室配置



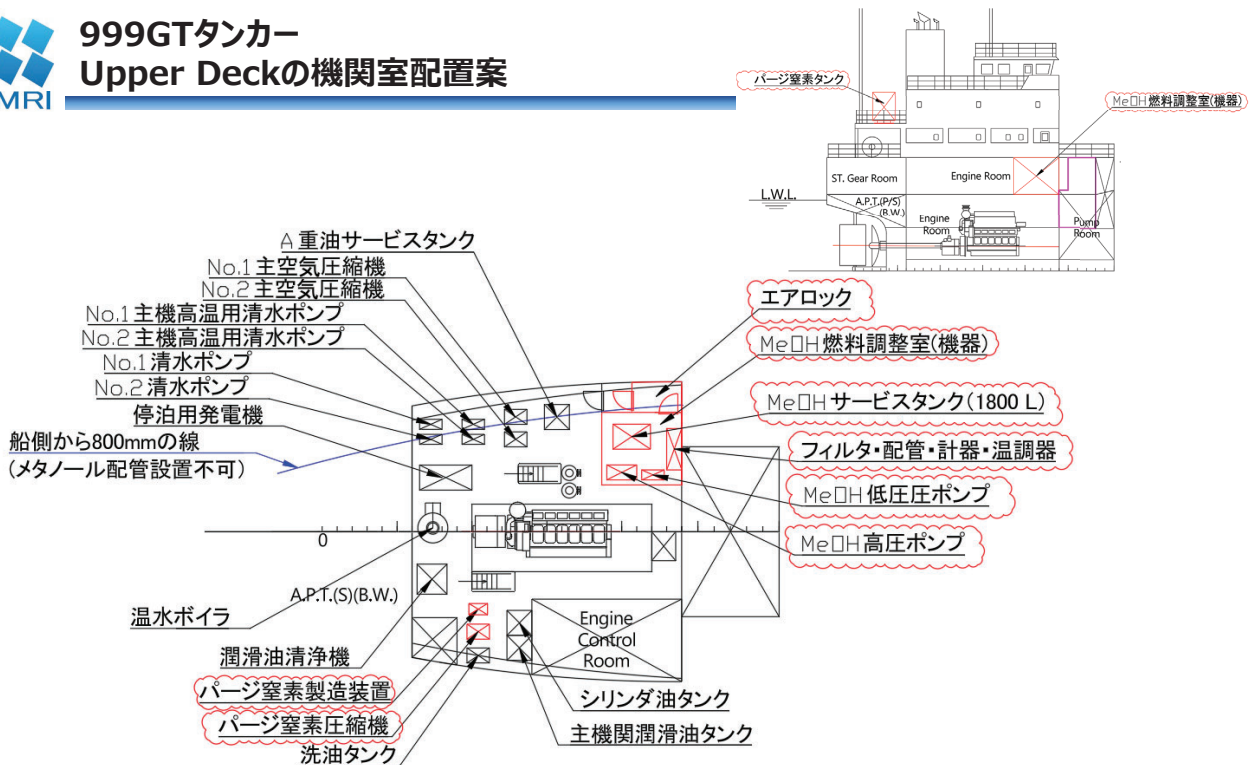
C重油燃料船の機関室サイズ・配置をベースに考えれば、C重油関連機器スペース (+a) に、メタノール機器を搭載できる可能性がある。
(+a) については潤滑油清浄機位置の再配置を検討

999GTタンカー メタノールReady船の機関室配置

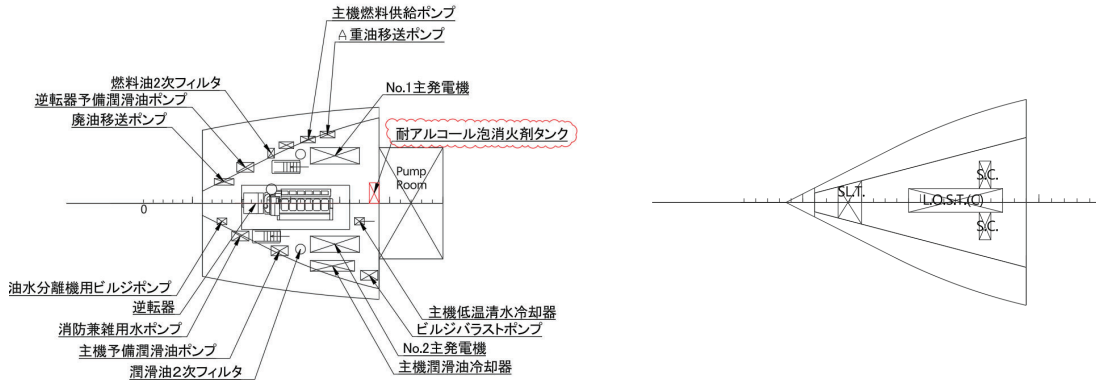


※近年の比較的小型の内航船はA重油専焼船が多いが、C重油船の機関室スペースを想定できれば配置できる可能性が高い。

999GTタンカー Upper Deckの機関室配置案



- 499GT貨物船に対して、機関室の幅は大きいながさは同等である。また、船倉への通路の確保が不要であることから燃料調整室は大きく確保できる。
- 機関室内に、パージ窒素の製造装置と圧縮機を配置。パージ窒素タンクは、機関室内に配置が困難であったことから、開放甲板上に配置することにした。



- 2nd Deckに耐アルコール泡消火剤タンクを配置。それ以外の配置は、従来船と同等。
- 燃料タンクやホールディングタンクへ接続する配管が通ることが想定される。

②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

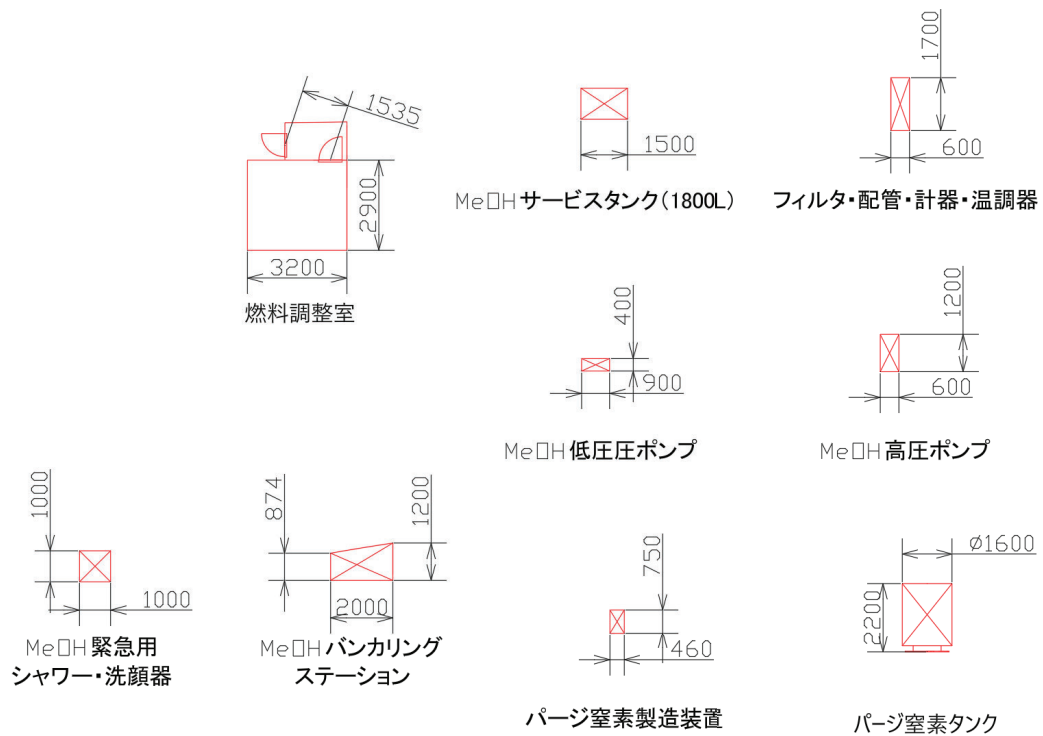
メタノールReady船におけるメタノール関連機器の設置時期 (999GTタンカー 建造時・改造時)

- 経時劣化の懸念がある弁、ポンプ、計測機器などは改造後に設置する。
- 改造時に作業の困難が予想され経時劣化の懸念が少ない設備 (タンク類や配管類) は、建造時に設置する。
- メタノールタンクは改造前に設置するが一部をA重油タンクとして利用する。改造時はA重油の区画撤去と内面の清掃と防錆処理 (無機ジंक処理など) を実施。

項番	装置	建造時	改造時
1	緊急脱着カップリング		○
2	自動遮断弁		○
3	手動遮断弁		○
4	緊急脱着カップリング (ベーパーリタード)		○
5	自動遮断弁 (ベーパーリタード)		○
6	手動遮断弁 (ベーパーリタード)		○
7	コーミング		○
8	燃料タンク	○	
9	保護コファダム	○	
10	燃料移送ポンプ		○
11	燃料タンクバルブ		○
12	燃料バルブ		○
13	フィルター		○
14	サービスタンク	○	
15	フィルター		○
16	低圧ポンプ		○
17	フローメータ		○
18	温調器		○
19	フィルター		○

項番	装置	建造時	改造時
20	ダブルロックアンドプリードバルブ		○
21	高圧ポンプ		○
22	バルブA		○
23	バルブB		○
24	バルブC		○
25	ドレンタンク	○	
26	フィルター		○
27	ドレン移送ポンプ		○
28	ドリップトレイ		○
29	二重管	○	
30	エンジン	○	
31	排気管	○	
32	フロースイッチ		○
33	換気ファン		○
34	窒素供給機		○
35	ホールディングタンク	○	
36	保護コファダム	○	
37	メタノールビルジ陸揚げポンプ		○

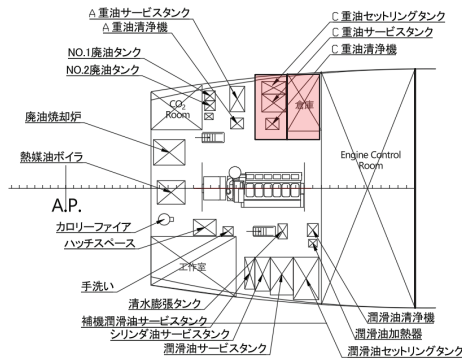
※項番は、燃料系統図に対応



機関室内メタノール関連機器配置の検討 (5000GTセメント船)

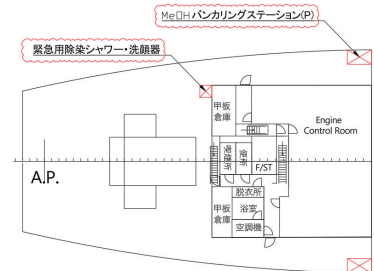
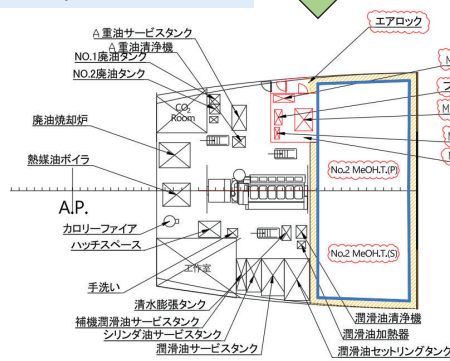
5000GTセメント船 メタノール関連機器設置スペースの確保の検討

5000GTセメント船 C重油船の機関室配置



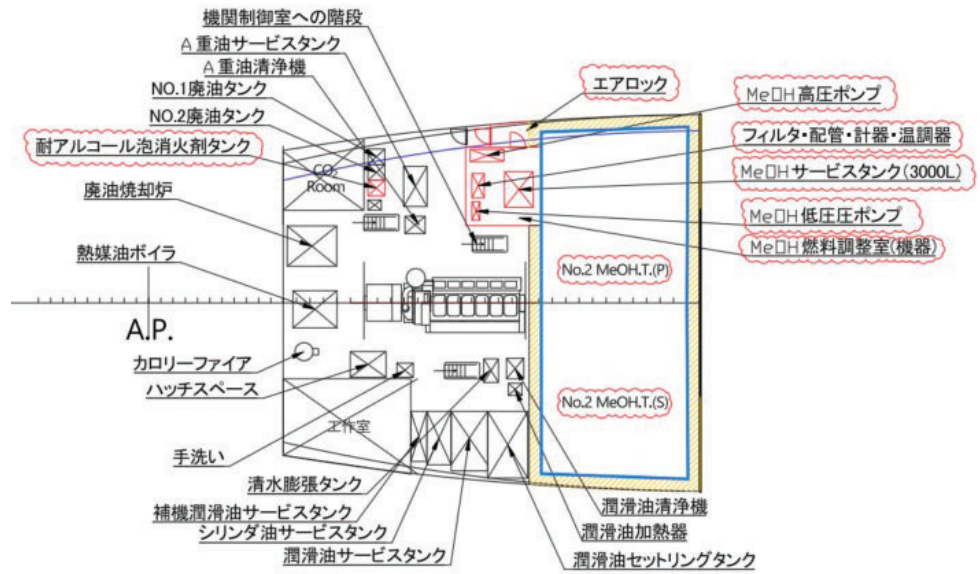
機関室内の配置は、C重油燃料船の機関室サイズ・配置をベースに考えれば、C重油関連機器スペース (+a) に、メタノール機器を搭載できる可能性がある。
(+a) については倉庫部分を利用

5000GTセメント船 メタノールReady船の機関室配置

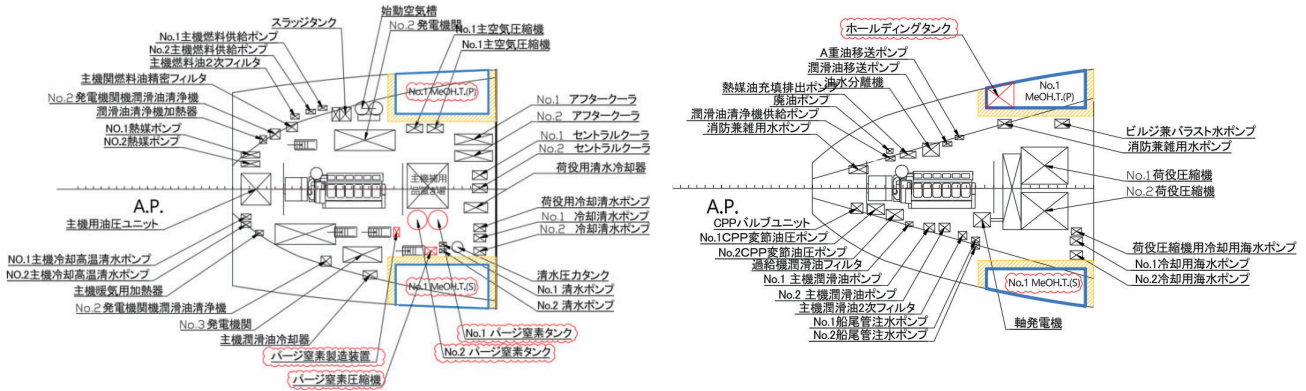


※ 機関制御室はPOOP DECK 居住区に移動

5000GTセメント船 Upper Deckの機関室配置案



- 燃料調整室とメタノールタンクの間は、保護コファダムは不要。燃料調整室タンクと隣接するため、燃料移送配管や燃料タンクバルブなどは燃料調整室内に配置が可能
- 耐アルコール泡消火剤タンクを配置。



▶ パージ窒素の製造装置と圧縮機、タンクを配置。

② Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (2)各船種に対する新燃料等Ready船の総合評価とコンセプト図の作成

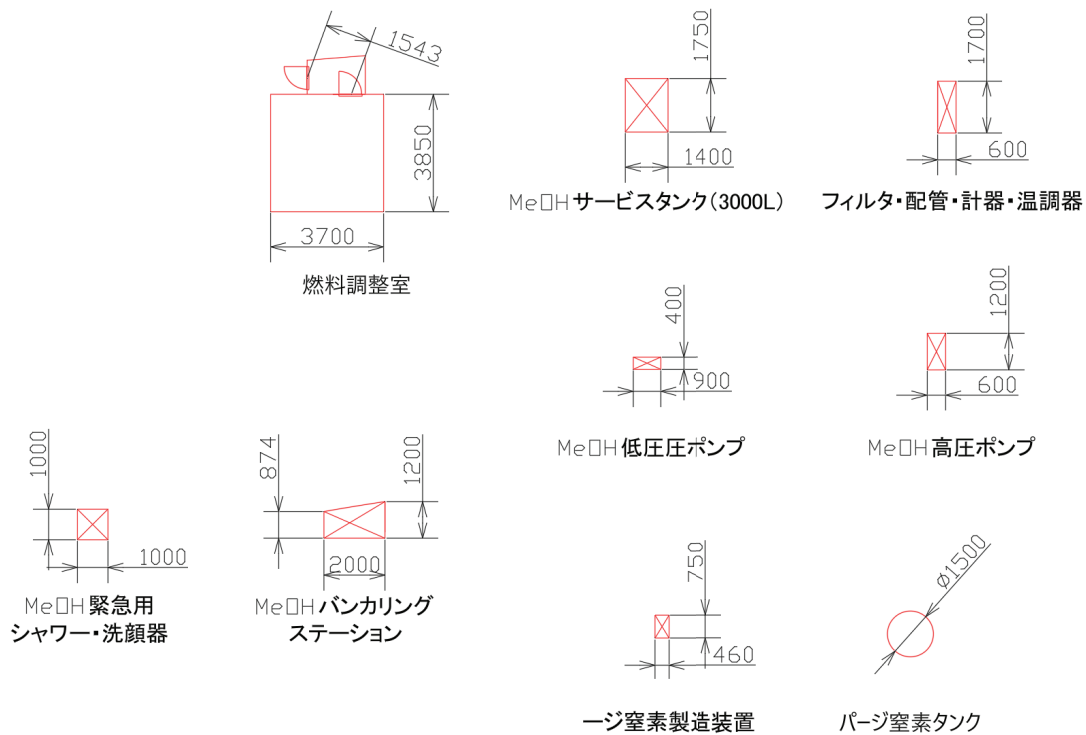
メタノールReady船におけるメタノール関連機器の設置時期（5000GTセメント船 建造時・改造時）

- ▶ 経時劣化の懸念がある弁、ポンプ、計測機器などは改造時に設置する。
- ▶ 改造時に作業の困難が予想され、経時劣化の懸念が少ない設備（タンク類や配管類）は、建造時に設置する。
- ▶ メタノールタンクは建造時に設置するが一部をC重油タンクとして利用する。改造時はC重油の区画撤去と内面の清掃・防錆処理などを実施。C重油タンクのため加熱装置なども撤去。
- ▶ 建造時はC重油利関連機器（サービスタンク・クリーンタンク・清浄機・加熱器）が機関室内に配置されるため、燃料調整室の設置は建造時に実施する。

項番	装置	建造時	改造時
1	緊急脱着カップリング		○
2	自動遮断弁		○
3	手動遮断弁		○
4	緊急脱着カップリング（ベーパーリタード）		○
5	自動遮断弁（ベーパーリタード）		○
6	手動遮断弁（ベーパーリタード）		○
7	コーミング		○
8	燃料タンク	○	
9	保護コファダム	○	
10	燃料移送ポンプ		○
11	燃料タンクバルブ		○
12	燃料バルブ		○
13	フィルター		○
14	サービスタンク		○
15	フィルター		○
16	低圧ポンプ		○
17	フローメータ		○
18	温調器		○
19	フィルター		○

項番	装置	建造時	改造時
20	ダブルロックアンドプリードバルブ		○
21	高圧ポンプ		○
22	バルブA		○
23	バルブB		○
24	バルブC		○
25	ドレンタンク	○	
26	フィルター		○
27	ドレン移送ポンプ		○
28	ドリップトレイ		○
29	二重管	○	
30	エンジン	○	
31	排気管	○	
32	フロースイッチ		○
33	換気ファン		○
34	窒素供給機		○
35	ホールディングタンク	○	
36	保護コファダム	○	
37	メタノールビルジ陸揚げポンプ		○

※項番は、燃料系統図に対応



バンカリングステーションとベントの配置検討

バンカリングステーションとバンドの配置検討にあたり、ルール上の隔離距離要件を満たす必要がある。

<危険場所における制限事項>

- 居住区域の開口、換気取入れ口を危険場所に設置してはならない。
- 危険場所に設置する電気設備については、危険場所の分類(第0種から第2種)に対応した設備(防爆要件)が求められる。

ベント配置に関しては、

- ベント出口から6m(下側半球状、上側円筒状(高さ制限なし))の範囲が第1種危険場所、その外側4mの範囲が第2種危険場所に該当
- ベント出口から10mの範囲に、発火源(ファンネル出口など)と居住区域・業務区域の開口、換気取入れ口を設置してはならない。

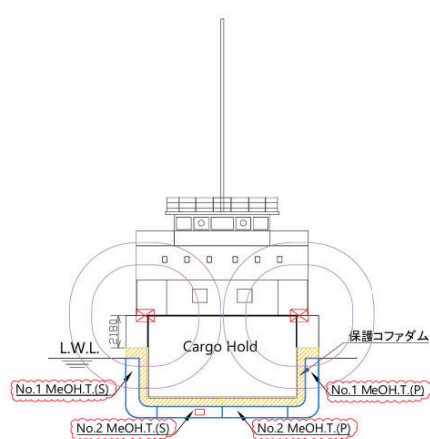
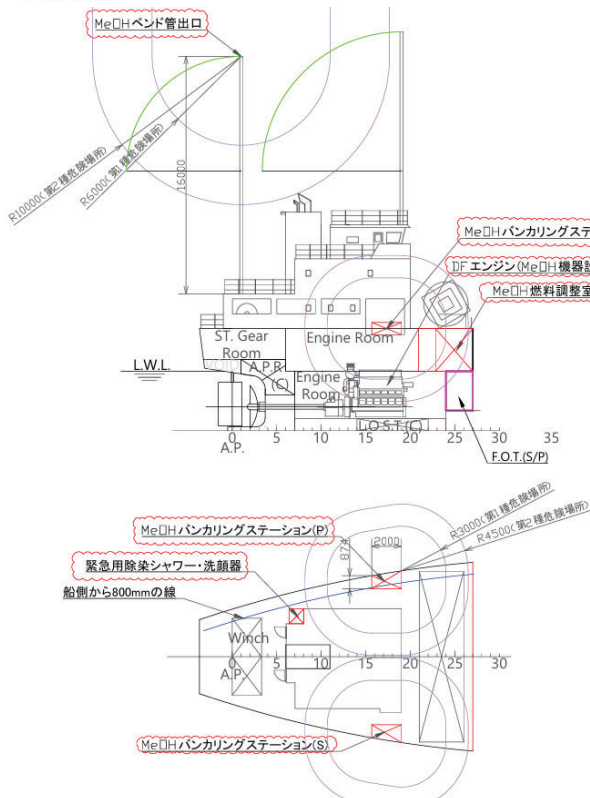
バンカリングステーション配置に関しては、

漏洩防止の保護コーミングから周囲3mの範囲(高さ2.4m以内)が第1種危険場所、その外側1.5mの範囲が第2種危険場所に該当

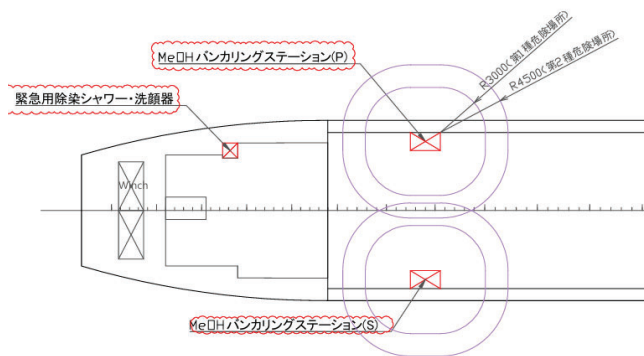
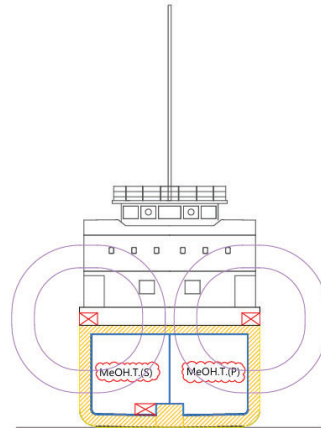
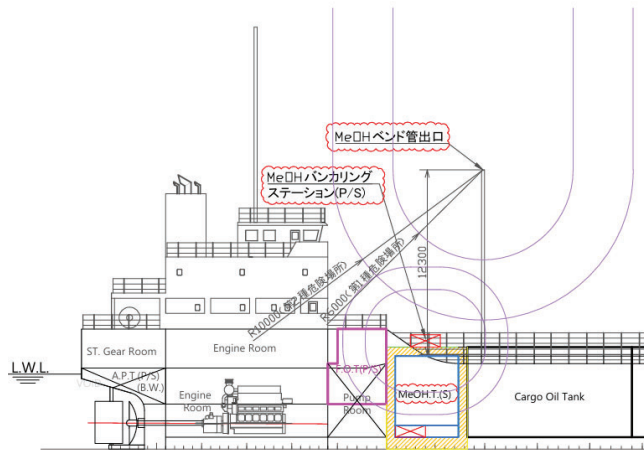
(※本検討では、安全側に立ち、保護コーミングではなく機器や配管が設置される領域を考慮して、そこから3mを第1種危険場所に想定した)

ガス拡散解析による代替設計

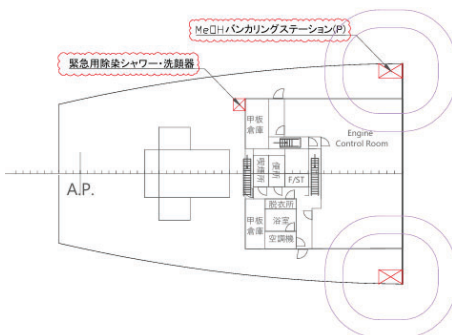
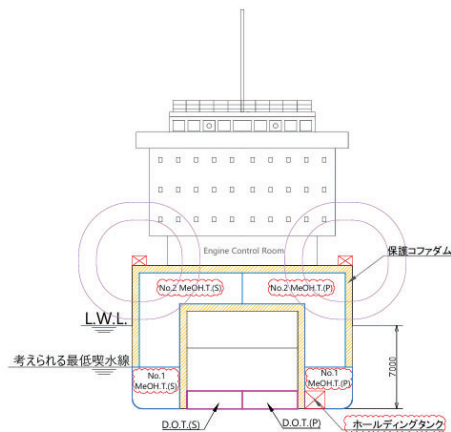
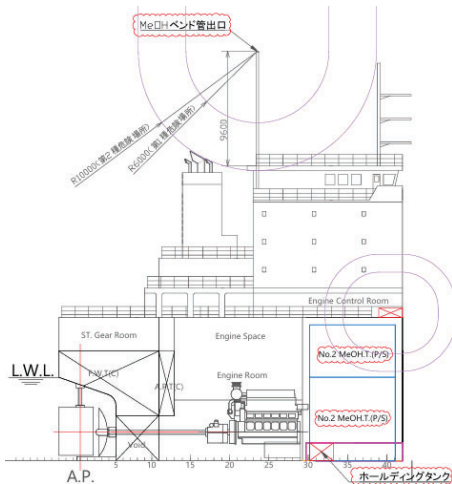
ルール上の隔離距離に代わり、ガス拡散解析(数値流体解析を利用)を用いて、実際のガス拡散挙動に基づいた合理的な配置を設計する手法。船級協会に対し、科学的なシミュレーション結果を示すことで、「規定の距離を確保した場合と同等以上の安全性」を証明し、スペースの最適化や配置制限の緩和を図る。



- バンカリングステーションに対する危険場所は、居住区の大部分と重複することから、バンカリングステーションを船体中央付近への配置することやガス拡散解析による代替設計による検討が必要になる可能性がある。
- バンカリングステーションに対する危険場所のすぐ外側に、緊急用除染シャワー・洗眼器を設置する。
- ベントマストをカーゴホール付近に配置することが困難なことから、開放甲板船尾側に配置した。この配置では、ベントマストが高くなり、さらに機関室やプロペラの上部に位置することから振動の影響を強く受け、構造上の課題がある。このため、ガス拡散解析による代替設計などの検討が必要となる可能性がある。
- ベント排気口からレーダーマストを10m隔離するために、レーダーマストを前方に移動した。
- 鉄鋼運搬船を想定した場合、全天候バージに入港するためにベントマストを折りたたむことを検討する必要がある。



- バンカリングステーションは居住区から離れた配置が可能であり、危険場所と居住区が重複しない配置が実現できる。上甲板にもバンカリングステーション関連機器設置スペースを確保する余地がある。
- ベントマストをカーゴタンク上に配置できるため、排気出口からの離隔距離を考慮が不要となり、マスト高さを抑制することができる。振動源からも離れた配置にできる。



- バンカリングステーションに対する危険場所は、居住区と重複するが、その割合は比較的小さい。バンカリングステーションを船首側に可能な限り移動することで居住区との重複を少なくすることは、検討の余地がある。
- ベントマストからレーダーマストを10m離隔するために、レーダーマストを前方に移動した。
- ベントマストをカーゴタンク上に配置することも検討の余地がある。

499GT一般貨物船 凹型メタノールタンク案(三重度案)	999GTタンカー	5000GTセメント船
<p>○バンカリングステーションに対する危険場所は、居住区の大部分と重複することから、バンカリングステーションを船体中央付近への配置することやガス拡散解析による代替設計による検討が必要になる可能性がある。</p> <p>○バンカリングステーションに対する危険場所のすぐ外側に、緊急用除染シャワー・洗眼器を設置する。</p> <p>○ベントマストをカーゴホール付近に配置することが困難なことから、開放甲板船尾側に配置した。</p> <p>この場合、ベントマストが高くなり、また機関室やロペラの上部に位置することから振動の影響を強く受け、構造上の課題がある。ガス拡散解析による代替設計などの検討が必要となる可能性がある。</p> <p>○ベントマストからレーダーマストを10m離隔するために、レーダーマストを前方に移動した。</p> <p>○鉄鋼運搬船を想定した場合、全天候バージに入港するためにベントマストを折りたたむことを検討する必要がある。</p>	<p>○バンカリングステーションは居住区から離れた配置が可能であり、危険場所と居住区が重複しない配置が実現できる。上甲板にもバンカリングステーション関連機器設置スペースを確保する余地がある。</p> <p>○ベントマストをカーゴタンク上に配置できるため、排気出口からの離隔距離を考慮が不要となり、マスト高さを抑制することができる。振動源からも離れた配置にできる。</p>	<p>○バンカリングステーションに対する危険場所は、居住区と重複するが、その割合は比較的小さい。バンカリングステーションを船首側に可能な限り移動することで居住区との重複を少なくすることは、検討の余地がある。</p> <p>○ベントマストからレーダーマストを10m離隔するために、レーダーマストを前方に移動した。</p> <p>○ベントマストをカーゴタンク上に配置することも検討の余地がある。</p>

② Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 (3) 経済性評価及びGHG 削減評価を含むReady 船のコンセプトに基づくシナリオの作成

1. Ready 船コンセプトの建造・運航費用の検討
2. Ready 船コンセプトの経済性評価・GHG 削減評価に基づくシナリオ作成

- Ready船（499GT一般貨物船）の建造に係る経済合理性を評価するため、建造後20年間（2030-2050年）の従来船（重油専焼）とReady船（改造時期を5年、10年、15年にケーススタディ）のコストを比較した。
 - 重油専焼船
 - Ready船（グレーメタノール）
 - Ready船（バイオメタノール）
 - Ready船（グリーンメタノール）
- 重油専焼船の新造価格は8.5億円、Ready船の新造価格は1.2倍（10.2億円）と仮定。Ready船の改造費は新造価格の1割（1億円）と仮定。
- 船舶の運航に係るコスト（年間）は以下とした。

船舶購入・改造費	新造費用（14年償却）、改造費用（5年償却）
船舶経費	123.9百万円
運航経費	15.7百万円
燃料費	燃料価格×平均燃料消費量（941kl）

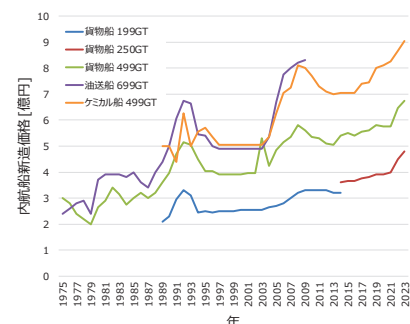
出典：内航海運データ集2025年（日本内航海運組合総連合会）、
内航海運コスト分析調査報告書2007年（運輸政策研究機構）

(参考2)

日本海事協会の試算において、64,000DWTバルクキャリアの新造価格は、メタノール燃料船の場合は従来燃料船比1.2倍という仮定がおかれている。

出典：IMO及びEU規制を踏まえたコストシミュレーション（2025年4月 日本海事協会）

(参考1) 内航船舶の新造船価格の推移

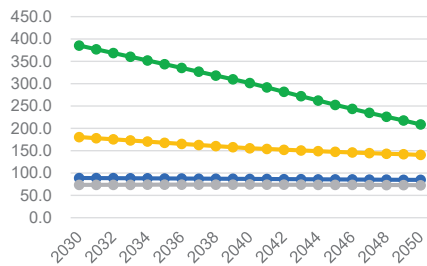


出典 日本内航海運組合総連合会、2025、データで読み解く内航海運（2024 年度版）

②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 ③ 経済性評価及びGHG 削減評価を含むReady 船のコンセプトに基づくシナリオの作成

- 燃料価格、炭素価格については、各燃料の炭素強度を以下 2 パターンの値を適用して試算。
 - ① Tank to Wake (TtW): 燃焼によるCO₂量で評価
 - ② Well to Wake (WtW): 上記に加え、燃料の生産・輸送を含むライフサイクルを評価

○燃料価格 (円/重油L) 炭素価格なし



出典：
内航海運における燃料動向等に関する調査研究 2025年 (三菱総合研究所)

■ A重油 ■ グレーメタノール
■ バイオメタノール ■ グリーンメタノール

○炭素価格シナリオ (円/t-CO₂)

	2030年	2035年	2040年	2045年	2050年
シナリオ①	12,000	18,000	24,000	30,000	36,000
シナリオ②	30,000	35,000	40,000	45,000	50,000
シナリオ③	50,000	55,000	60,000	65,000	70,000

○各燃料の炭素強度 (gCO₂/MJ)

	2030年		2040年		2050年	
	①TtW	②WtW	①TtW	②WtW	①TtW	②WtW
重油	76.8	94.1	76.8	94.1	76.8	94.1
グレーメタノール	68.0	109.0	68.0	109.0	68.0	109.0
バイオメタノール	0	13.62	0	13.62	0	13.62
グリーンメタノール	0	3.37	0	3.15	0	2.87

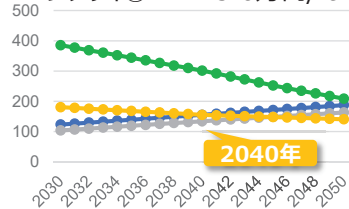
②Ready 船と重油燃料船との性能差の見込みや、建造費用などの調査 ③ 経済性評価及びGHG 削減評価を含むReady 船のコンセプトに基づくシナリオの作成

○ケース毎の燃料価格比較 (円/重油L) 炭素価格込み

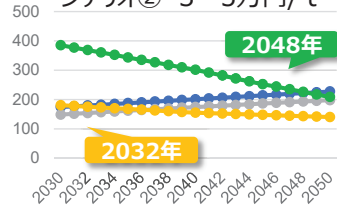
① Tank to Wake (TtW): 燃焼によるCO₂量で評価

- ✓ グレーメタノールは重油より10%排出量が少なくなるため、重油と比べ、常にコスト優位に推移
- ✓ バイオ、グリーンメタノールは共にCO₂排出量はゼロであるため、重油とコスト逆転する時期が注視点

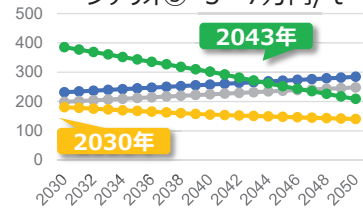
シナリオ① 1.2~3.6万円/ t-CO₂



シナリオ② 3~5万円/ t-CO₂



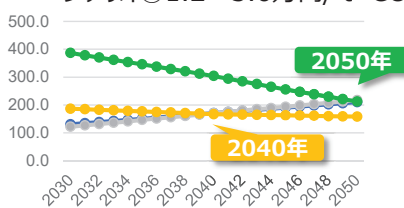
シナリオ③ 5~7万円/ t-CO₂



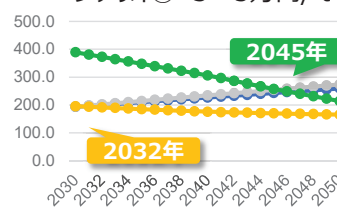
② Well to Wake (WtW): ライフサイクルで生じるCO₂量で評価

- ✓ ライフサイクルで評価した場合、グリーンメタノールがCI値は低いですが、今回設定のシナリオ上ではバイオメタノールがコスト優位の結果となった。

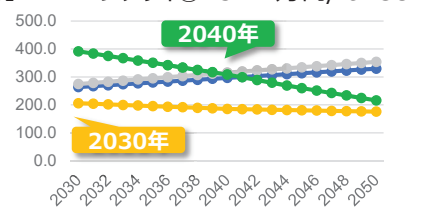
シナリオ① 1.2~3.6万円/ t-CO₂



シナリオ② 3~5万円/ t-CO₂



シナリオ③ 5~7万円/ t-CO₂



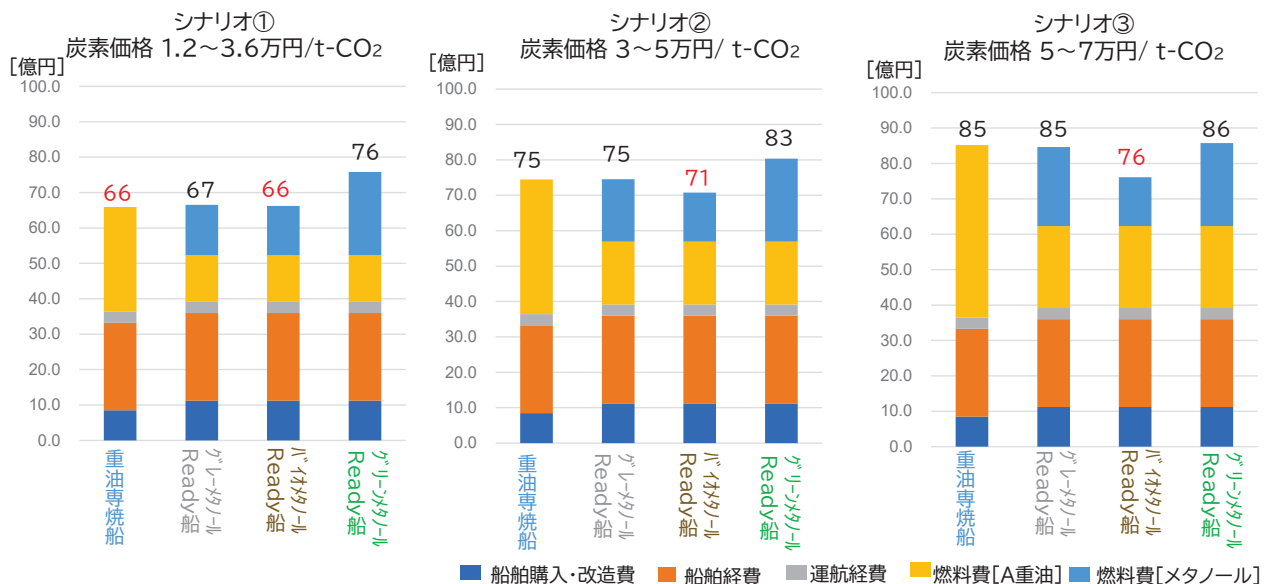
■ A重油 ■ グレーメタノール ■ バイオメタノール ■ グリーンメタノール

① TtW（燃焼によるCO₂量）評価でのケーススタディ

① Tank to Wake (TtW): 船舶上での燃焼部分のみを評価

- 建造後20年間のコスト累計の比較では、いずれのシナリオにおいてもバイオメタノールが最もコスト優位となった。（シナリオ①では重油と同等）
- 一方、Ready船の詳細なコスト分析を行う上では、さらに改造期間の営業機会損失（定期検査中に完了しない場合）、貨物艙の減少による営業利益損失（ダブルハル型の場合）に加え、バンカリングにかかる時間が長くなる恐れや船員にかかるコスト増（危険物等取扱責任者（低引火点燃料）の乗船が必要）等もあることが課題としてあげられる。

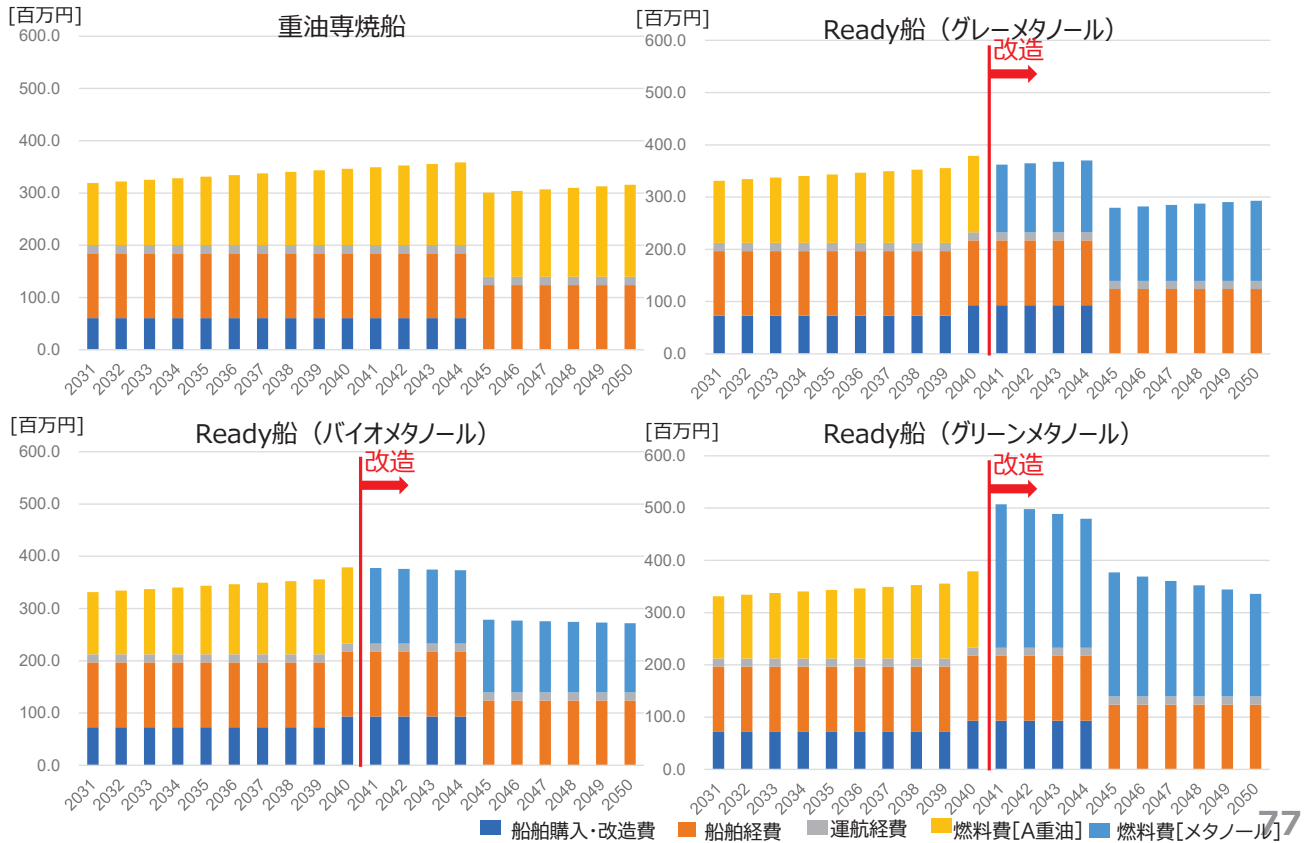
建造後20年間のコスト累計の比較（10年後に改造、TtW）





経済性評価（499GT一般貨物船）

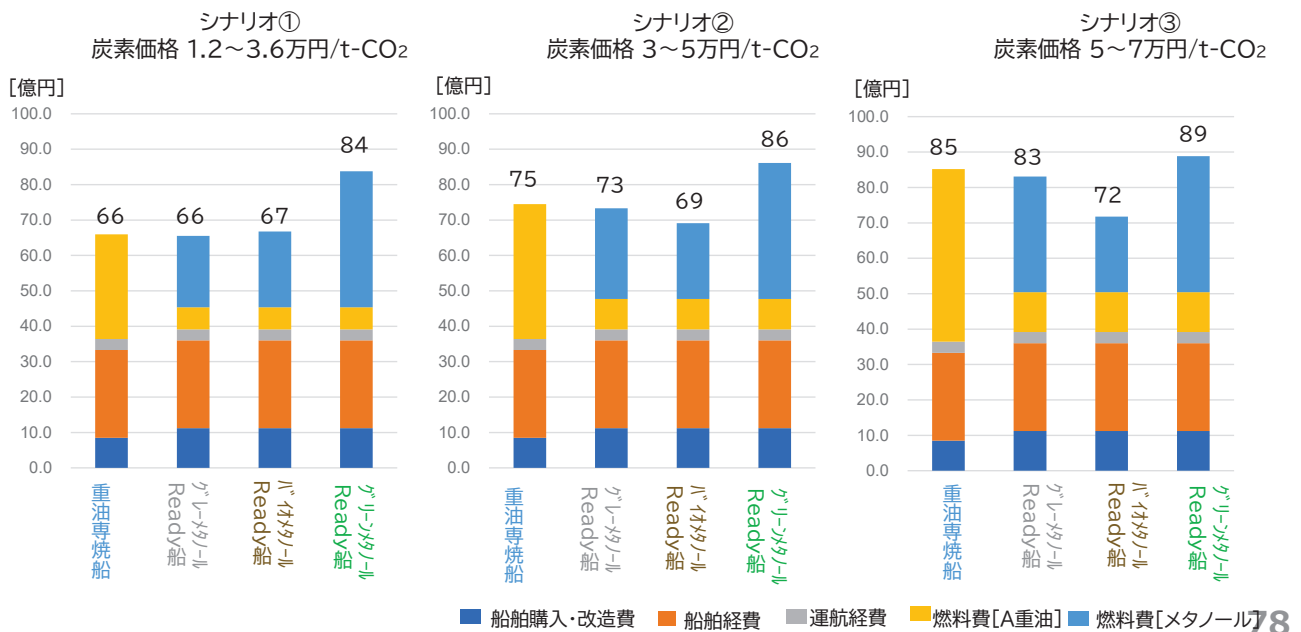
船舶の運航に係るコスト（各年毎、シナリオ①）（10年後に改造、TtW）



経済性評価（499GT一般貨物船）

- 比較のため、改造時期を建造後5年後としたもの。

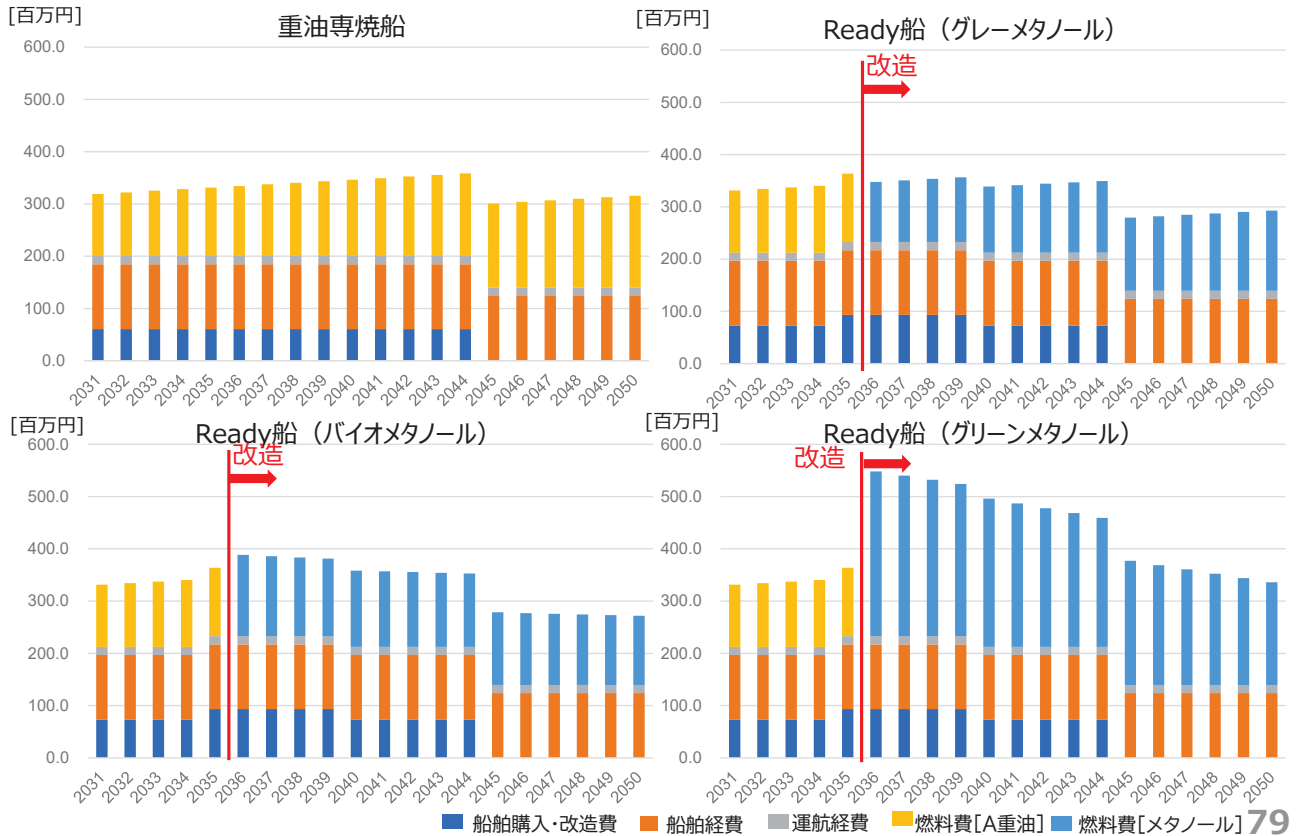
建造後20年間のコスト累計の比較（5年後に改造、TtW）





経済性評価（499GT一般貨物船）

船舶の運航に係るコスト（各年毎、シナリオ①）（5年後に改造、TtW）



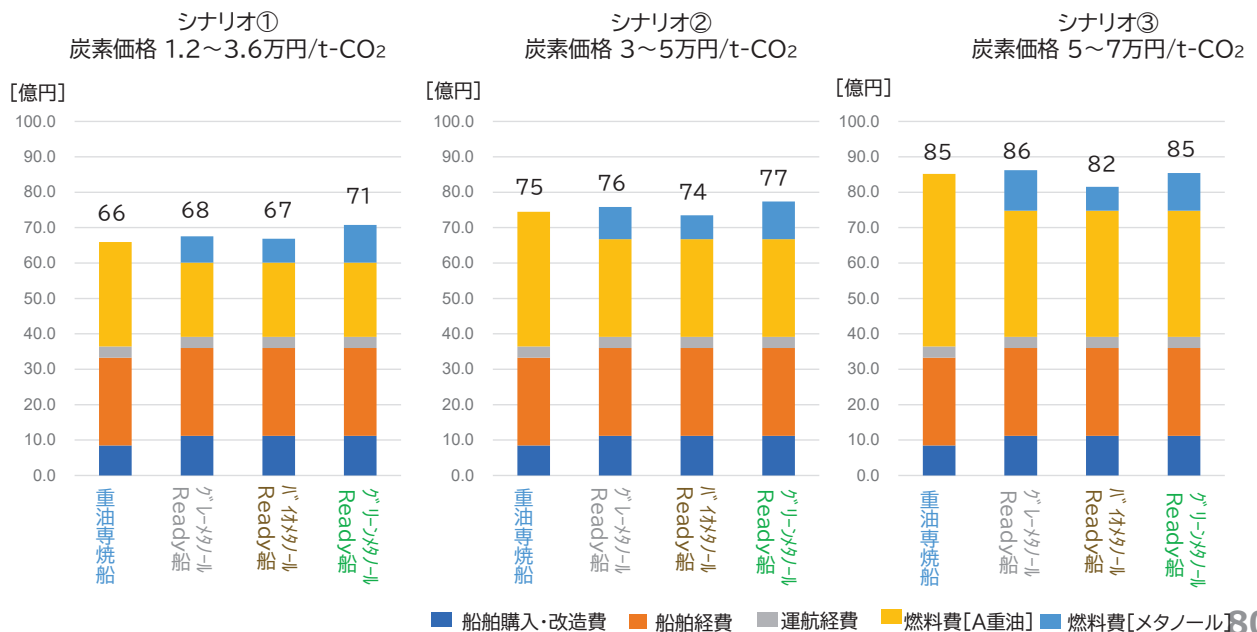
79



経済性評価（499GT一般貨物船）

- 比較のため、改造時期を建造後15年後としたもの。

建造後20年間のコスト累計の比較（15年後に改造、TtW）

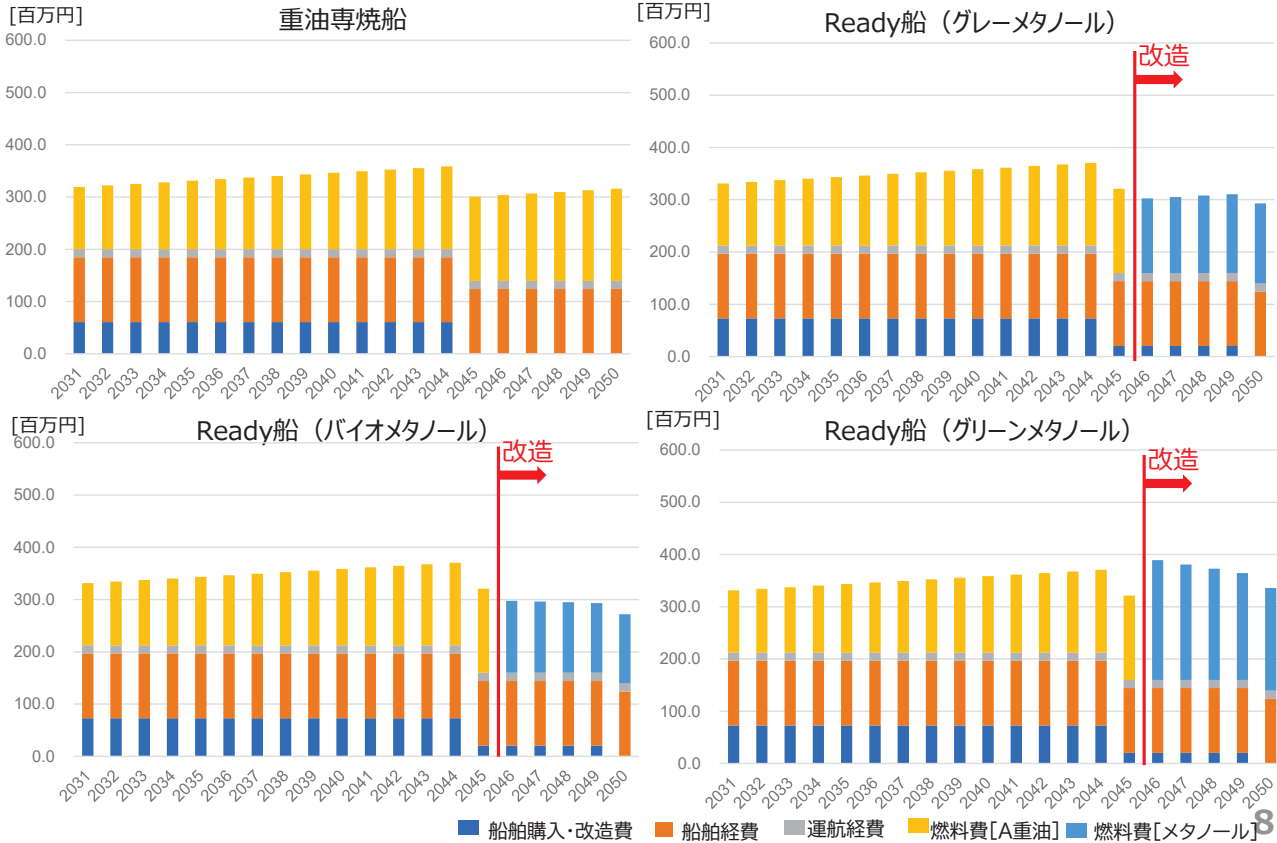


80



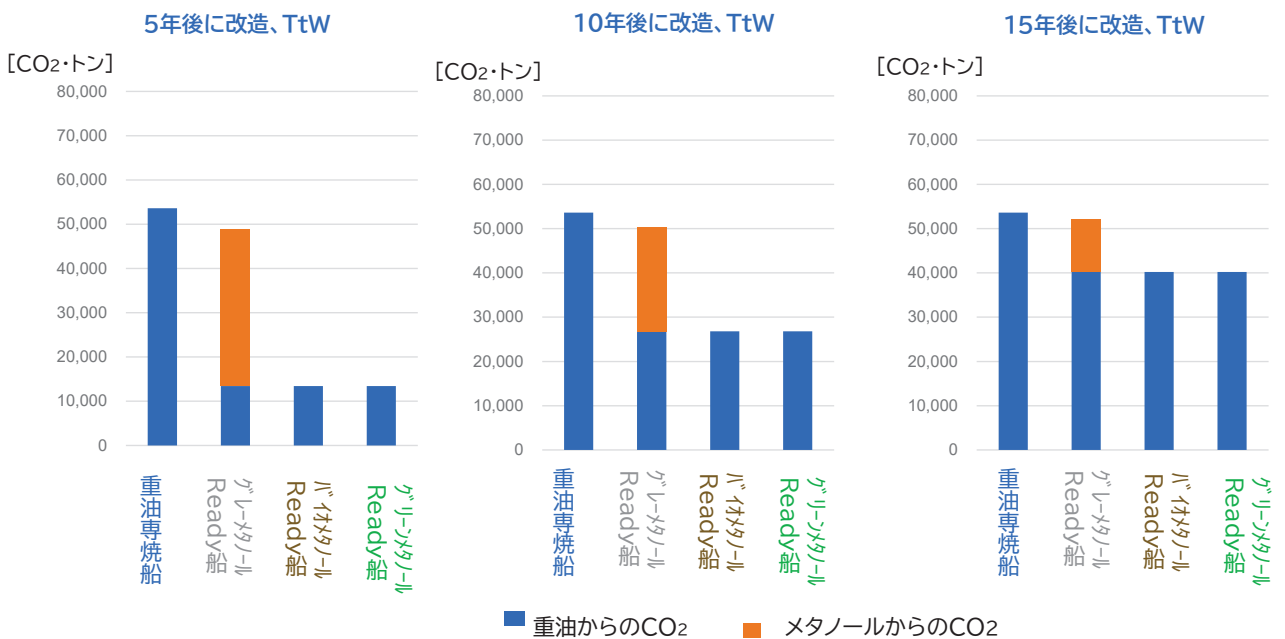
経済性評価（499GT一般貨物船）

船舶の運航に係るコスト（各年毎、シナリオ①）（15年後に改造、TtW）



経済性評価（499GT一般貨物船）

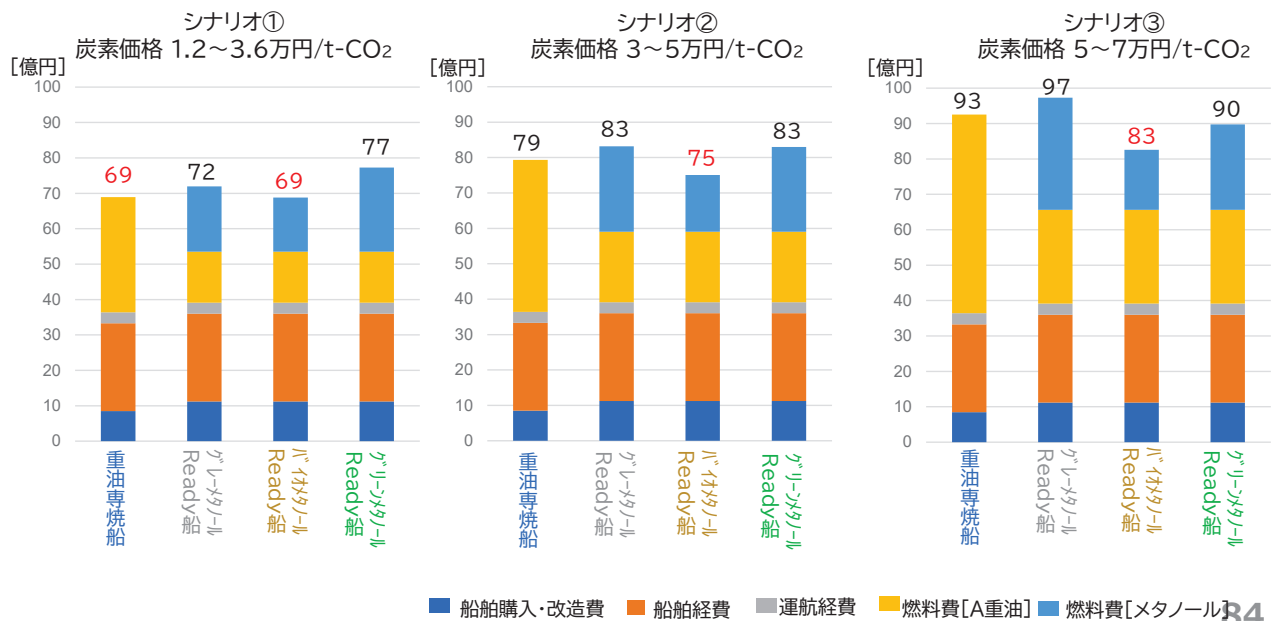
CO2排出量の比較(20年間の合計)



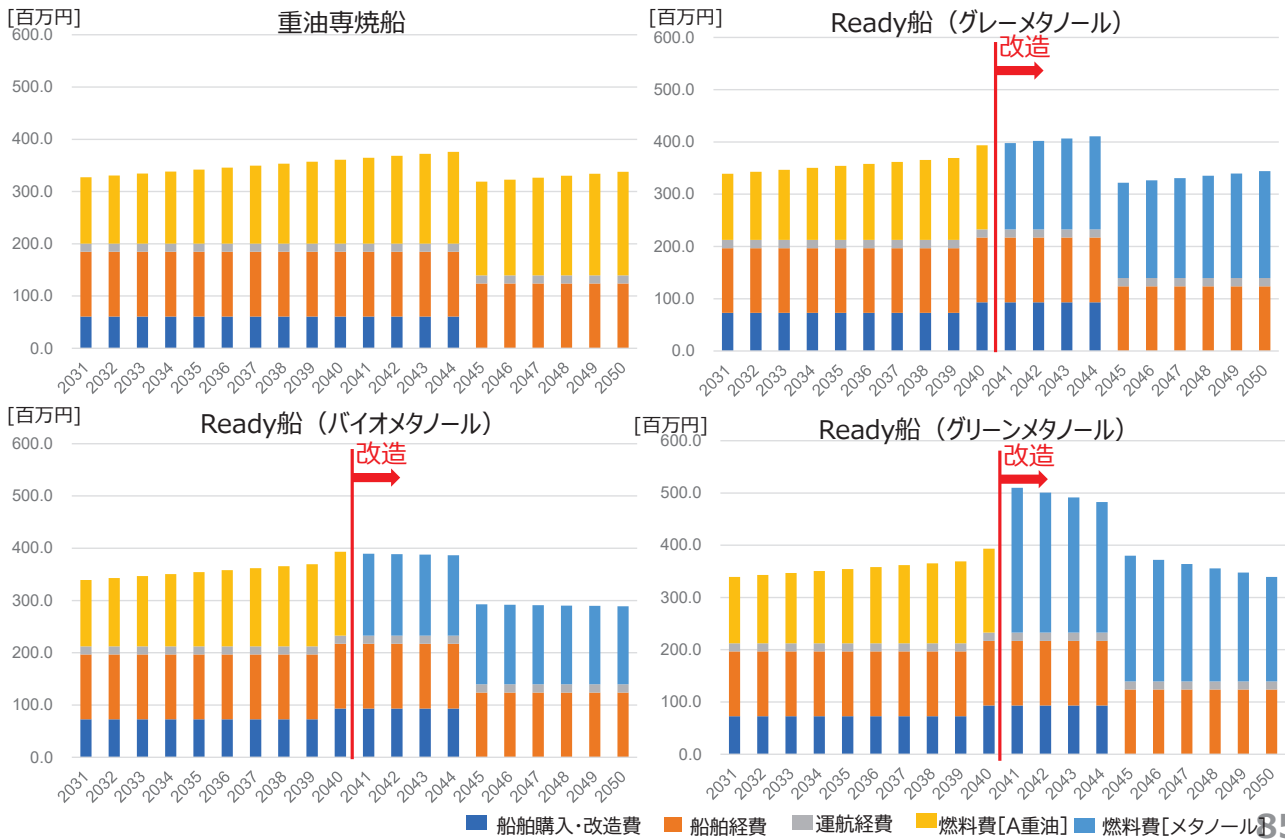
② WtW（ライフサイクル込み）評価でのケーススタディ

- 建造後20年間のコスト累計の比較では、いずれのシナリオにおいてもバイオメタノールが最もコスト優位となった。（シナリオ①では重油と同等）

建造後20年間のコスト累計の比較（10年後に改造、WtW）

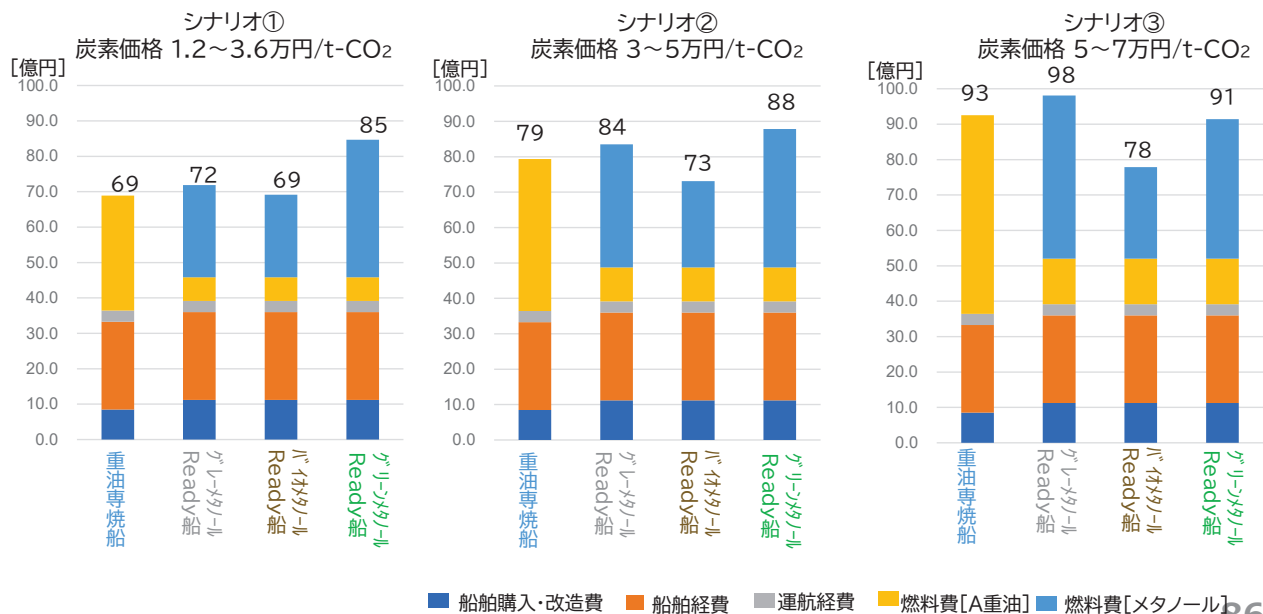


船舶の運航に係るコスト（各年毎、シナリオ①）（10年後に改造、TtW）



- 比較のため、改造時期を建造後5年後としたもの。

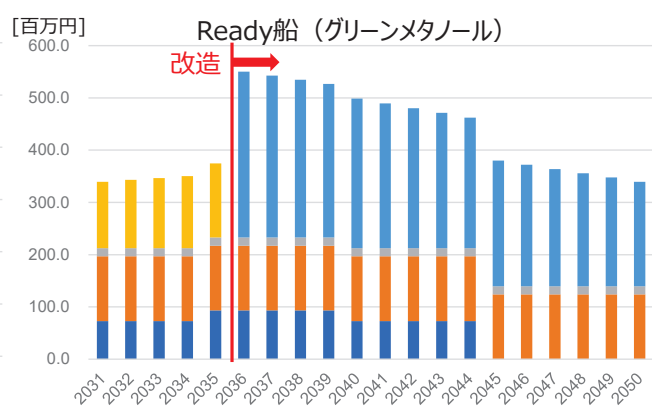
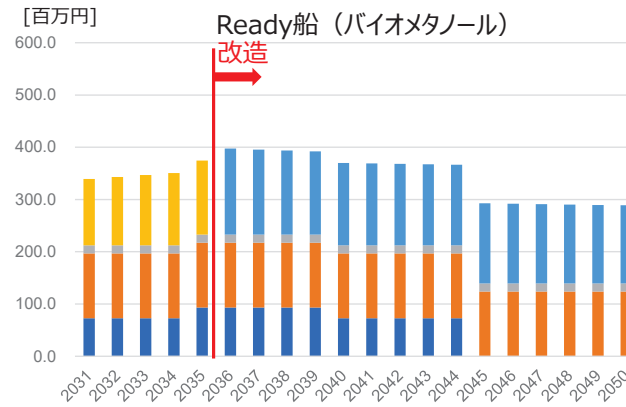
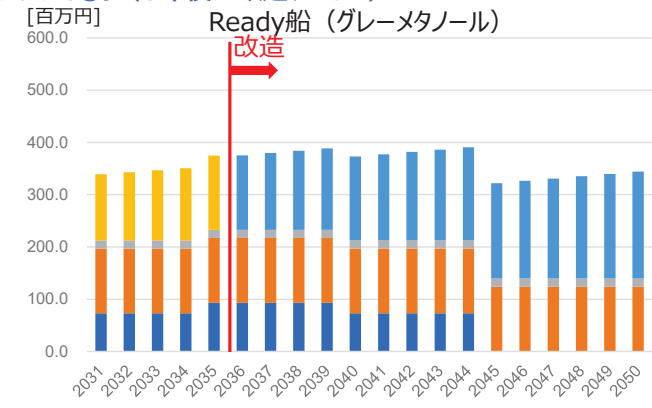
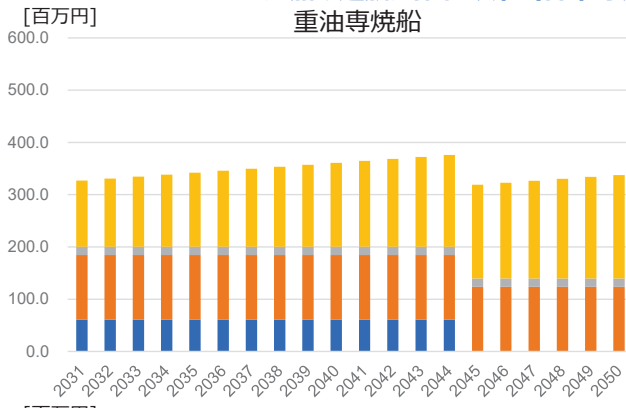
建造後20年間のコスト累計の比較（5年後に改造、WtW）





経済性評価（499GT一般貨物船）

船舶の運航に係るコスト（各年毎、シナリオ①）（5年後に改造、WtW）



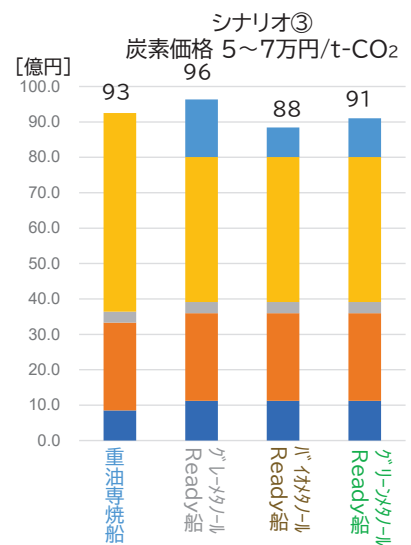
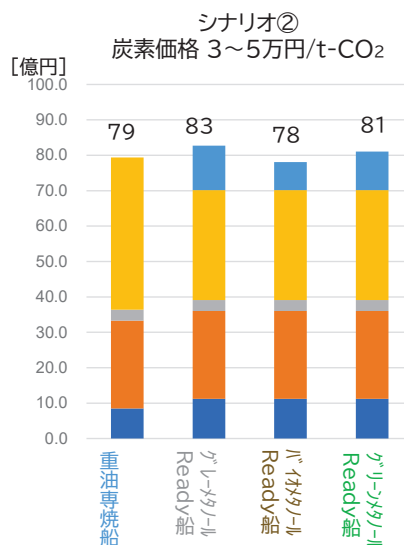
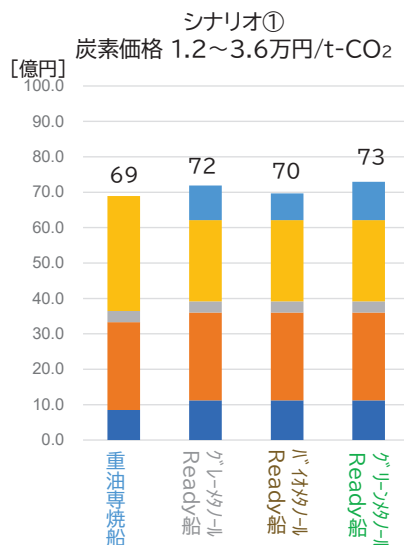
■ 船舶購入・改造費 ■ 船舶経費 ■ 運航経費 ■ 燃料費[A重油] ■ 燃料費[メタノール] 87



経済性評価（499GT一般貨物船）

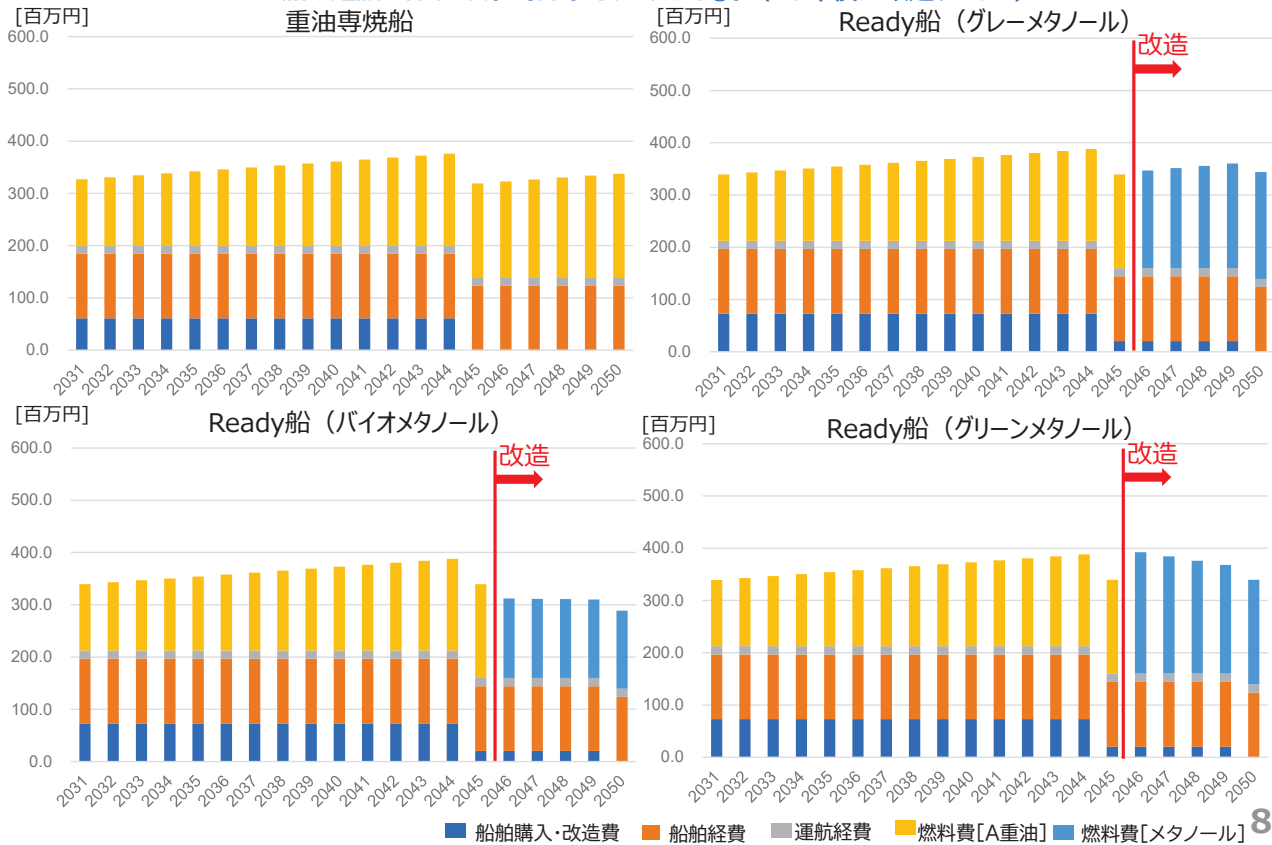
- 比較のため、改造時期を建造後15年後としたもの。

建造後20年間のコスト累計の比較（15年後に改造、WtW）

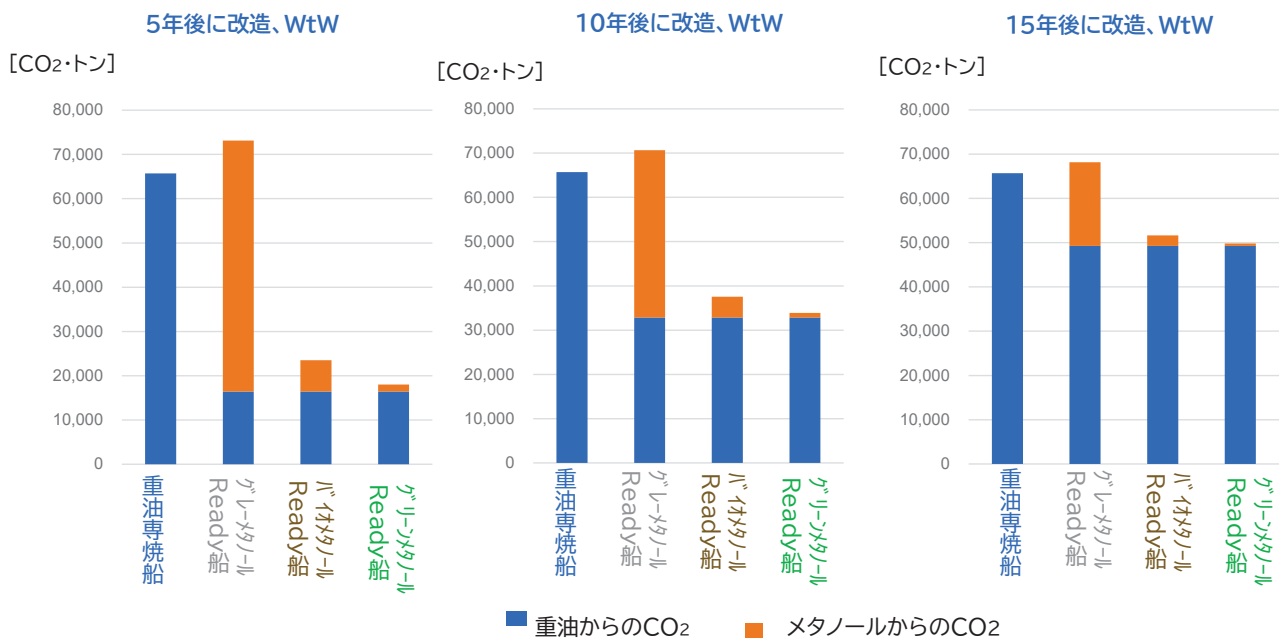


■ 船舶購入・改造費 ■ 船舶経費 ■ 運航経費 ■ 燃料費[A重油] ■ 燃料費[メタノール] 88

船舶の運航に係るコスト（各年毎、シナリオ①）（15年後に改造、WtW）



CO₂排出量の比較(20年間の合計)



附録 3

調査研究の成果報告書

調査③

中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査

内航船の新燃料等対応Ready船設計等調査事業の 調査報告

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査

SRC ③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 目次

- 調査研究計画
- 調査(1)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の類型化
 - ①バッテリー活用の方式の類型化
 - ②バッテリー活用モードの定義
 - ③バッテリーの活用方式と活用モードの対応関係の整理（調査対象船舶）
- 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査
 - ①船舶の大きさとバッテリー容量の関係の整理
 - ②国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査
 - ③船舶のバッテリー活用の技術動向の調査
- 調査(3)海運事業者等のニーズを踏まえた船種や船のサイズの設定
 - ①コンセプトモデル船の設定
 - ②関連情報の調査
- 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理
 - ①コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理
 - ②コンセプトモデル船の機器の費用に関する整理
 - ③技術的課題及び制度的課題の整理

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査研究計画

□ 調査研究の進め方

- 海運事業者等のニーズを踏まえて船種や船のサイズを設定した上で、新造も含めたこれらの機器のスペック、寸法、費用等の整理するための技術調査を実施。

(1) 純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の類型化

- ・ 技術進展に伴い船舶の推進において様々なバッテリーが活用されていることを踏まえ、船舶と同じくバッテリー活用する電気自動車等の分類を事例に純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船を類型化を実施。

(2) 純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

- ・ 船種や船のサイズを設定するための参考として、国内及び海外で就航中及び計画中の純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船を対象に事例調査を実施。

(3) 海運事業者等のニーズを踏まえた船種や船のサイズの設定（コンセプトモデル船の設定）

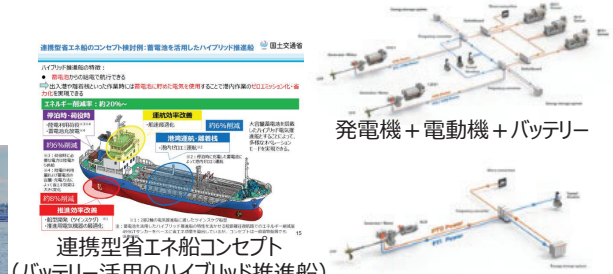
- ・ 純バッテリー推進船、ハイブリッド推進船及び電気推進船を就航又は計画する海運事業者のニーズとシステムの製造・開発メーカー等に技術適用性を伺うヒアリングを実施し、本件の調査対象船舶（コンセプトモデル船）の船種や船のサイズを設定

(4) コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法、費用等の整理

- ・ 調査対象船舶について、文献調査、ヒアリング調査等を実施し、バッテリー活用推進方式毎に機器のスペック、寸法、費用等の関連の整理と代表的な機器構成のレイアウト（システム構成図等）を整理。
- ・ また、調査結果を踏まえ、調査対象船舶の適用拡大・普及に際しての技術的課題及び制度的課題を整理。



推進にバッテリーを活用する国内の船舶の例



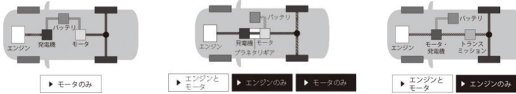
（バッテリー活用）ハイブリッド推進船）
構成機器のレイアウトの例（ハイブリッド推進）

3

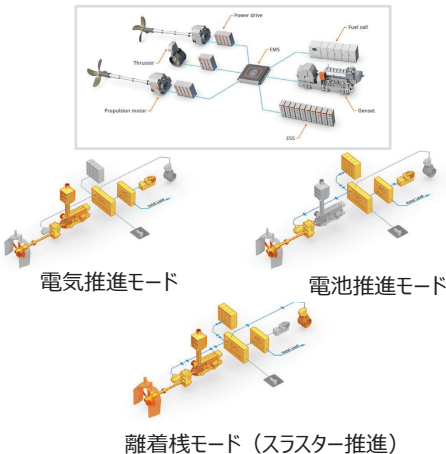
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査研究計画

□ 参考資料

BEV	Battery Electric Vehicle	(バッテリー式) 電気自動車
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle	燃料電池自動車
PHEV	Plug in Hybrid Electric Vehicle	プラグインハイブリッド自動車
HEV	Hybrid Electric Vehicle	ハイブリッド自動車
		ストロングハイブリッド
		マイルドハイブリッド
		シリーズ方式
		エンジンで発電した電力でモーターを駆動
		スプリット方式
		エンジンとモーターを使い分ける方式
		パラレル方式
		発電時や加速時にモーターがエンジンをサポート



バッテリー活用する電気自動車等の分類
(赤字がハイブリッド推進関係)



ハイブリッド推進船のバリエーション

機器区分	主な項目
搭載船舶	船種、船のサイズ、航行区域（航続距離等）、バッテリー活用推進システムの利用方法
バッテリー活用の推進方式	純バッテリー推進船：BEV、FCEV、P/ハイブリッド推進、ハイブリッド推進船：ハイブリッド推進（ストロング・マイルド）
バッテリー活用の推進モード	運航モード 離着機モード
バッテリー	大きさ、重量、設置場所、種類、容量（kWh）、電圧（V）、充電方法・時間（充電方式（陸電、発電機など）、充電規格（CHAdeMOなど））
電動機	数量、寸法、設置場所、定格出力（kW）、回転数（rpm）、冷却装置（空冷/水冷）
発電機	大きさ、設置場所、搭載有無、搭載数、出力（kW）、使用燃料、（交流発電機使用の場合、コンバーター（AC/DC））
推進システム	ダイレクトドライブプロペラ、PODプロペラ、スラスタ等
配電システム	大きさ、設置場所、配置上の制約（距離など） 直流モーター（DC）：配電盤、電圧、コンバーター（DC/DC） 交流モーター（AC）：配電盤、電圧、インバーター（DC/AC）、コンバーター（AC/DC、DC/DC）
冷却・熱管理システム	冷却装置（空冷、水冷）の種類。容量、換気装置の有無、取付条件
監視システム	BMS（電圧・電流・温度）・EMS（バッテリー、発電機、モーターの統合制御、付加）の設置場所と寸法
安全システム	火災探知装置、遮断装置、ガス排気装置、その他法令対応状況
新造船・既存船への技術適用性	新造船のみ適用（既存船適用が困難理由等） 既存船にも適用（既存船適用の場合の留意点等）

調査する純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の関連リスト

4

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(1)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の類型化

□ 調査内容

① バッテリー活用方式の類型化

➢ 事例に従いバッテリー活用方式を類型化し、純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船を定義。

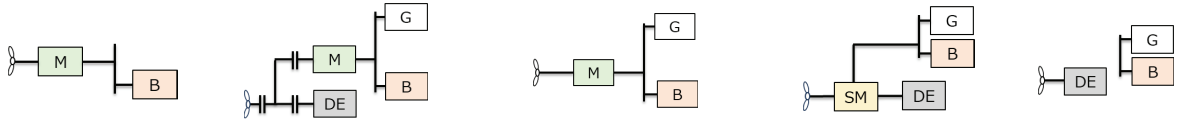
② バッテリー活用モードの定義

➢ 携帯型省エネ船の開発・普及に向けた検討会とりまとめ付録「コンセプト整理表」に従いバッテリー活用モードを定義。

③ バッテリーの活用方式と活用モードの対応関係の整理（調査対象船舶）

➢ バッテリーの活用方式と活用モードの対応関係を整理。

➢ 純バッテリー推進船とハイブリッド推進船の調査対象を定義（バッテリーを推進モードで使用する船舶）。



純バッテリー推進船 ハイブリッド推進船・パラレル方式 ハイブリッド推進船・シリーズ方式 ハイブリッド推進船・アシスト方式 ハイブリッド船

モード	名称	定義
運航	全海域での推進活用	出港から入港までの全区域でバッテリーを使用する
	限定的な推進活用(短距離推進)	航行中の短距離区間でバッテリーを使用する
	限定的な推進活用(主機アシスト)	主機での航行中に推進を補助するのに使用する
離着岸	港内での推進活用	離岸から出港までおよび入港から着岸までの区間で使用する
その他	-	荷役、停泊時、推進以外のエネルギーマネジメント（ピークカット等）等に使用する

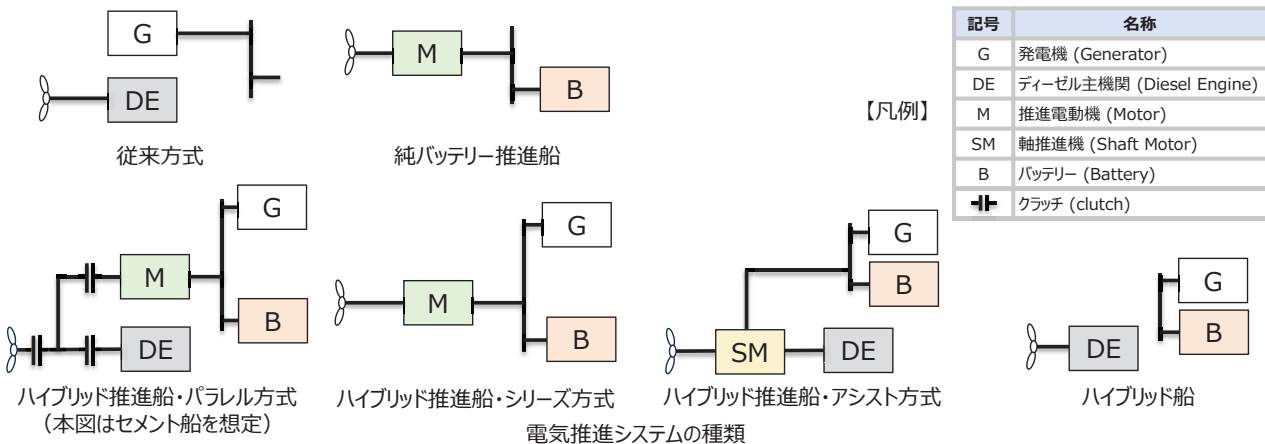
モード	バッテリー活用方式	バッテリー活用モード				
		純バッテリー推進船	ハイブリッド推進船 パラレル方式	ハイブリッド推進船 シリーズ方式	ハイブリッド推進船 アシスト方式	ハイブリッド船
運航	全海域での推進活用	○	-	-	-	-
	限定的な推進活用(短距離推進)	-	○	○	-	-
	限定的な推進活用(主機アシスト)	-	-	-	○	-
離着岸	港内での推進活用	○	○	○	-	-
その他	-	○	○	○	○	○

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(1)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の類型化

① バッテリー活用方式の類型化

➢ 技術進展に伴い船舶の推進において様々なバッテリーが活用されていることを踏まえ、事例に従いバッテリー活用方式を類型化し、純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船を定義。

名称	定義
純バッテリー推進船	バッテリーの電力のみで推進電動機を動作して推進する方式
ハイブリッド推進船・パラレル方式	主機関または推進電動機のいずれかで推進する方式
ハイブリッド推進船・シリーズ方式	発電機またはバッテリーの電力で推進電動機を動作して推進する方式
ハイブリッド推進船・アシスト方式	主機による推進を基本とし、推進電動機で推力を補助する方式
ハイブリッド船	推進は主機で行ない、バッテリーの電力をエネルギー・マネジメント等の推進以外に利用する方式



③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(1)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の類型化

② バッテリー活用モードの定義

- ▶ 連携型省エネ船の開発・普及に向けた検討会とりまとめ付録「コンセプト整理表」に従いバッテリー活用モードを定義。
- ▶ 運航および離着積を中心に整理。本調査の主対象でない推進に直接関係しない用途荷役・停泊等は、検討対象外（参考情報扱い）とする。

モード	名称	定義
運航	全海域での推進活用	出港から入港までの全区域でバッテリーを使用する
	限定的な推進活用(短距離推進)	航行中の短距離区間でバッテリーを使用する
	限定的な推進活用(主機アシスト)	主機での航行中に推進を補助するのに使用する
離着積	港内での推進活用	離岸から出港までおよび入港から着積までの区間で使用する
その他	-	荷役、停泊時、推進以外のエネルギーマネジメント（ピークカット等）等を使用する

③ バッテリーの活用方式と活用モードの対応関係の整理（調査対象船舶）

- ▶ ①②の踏まえ、バッテリーの活用方式と活用モードの対応関係を整理。純バッテリー推進船とハイブリッド推進船の調査対象を定義（バッテリーを推進モードで使用する船舶）。
- ▶ アシスト方式ハイブリッド推進船は、ハイブリッド推進の定義に含まれるが、本調査の主対象は電動機が推進を担う構成であるため、検討対象外（参考情報扱い）とする。
- ▶ 推進に用いないエネルギーマネジメント用途（ピークカット等）のハイブリッド船も、同様な理由で検討対象外（参考情報扱い）とする。

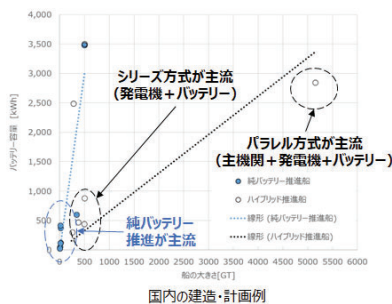
モード	バッテリー活用方式		純バッテリー推進船	ハイブリッド推進船 パラレル方式	ハイブリッド推進船 シリーズ方式	ハイブリッド推進船 アシスト方式	ハイブリッド船
	バッテリー活用モード						
運航	全海域での推進活用		○	— 通常はディーゼル機関	— 通常は推進電動機 + 発電機	— 通常はディーゼル機関	— 通常はディーゼル機関
	限定的な推進活用（短距離推進）		—	○	○	—	—
	限定的な推進活用（主機アシスト）		—	—	—	○	—
離着積	港内での推進活用		○	○	○	—	—
その他	—		○	○	○	○	○

※灰色部は検討範囲外

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

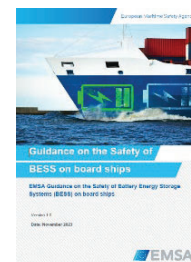
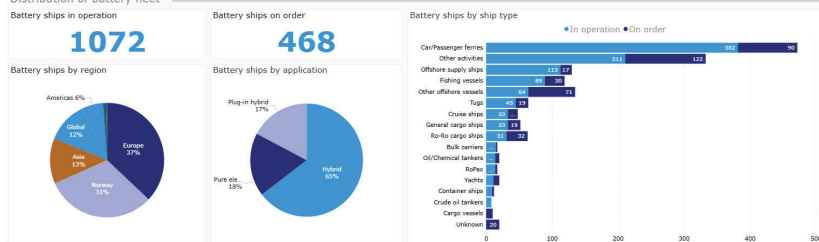
□ 調査内容

- ① 船舶の大きさとバッテリー容量の関係の整理
 - ▶ バッテリー推進船の基本計画のため、事例を調査し、総トン数（GT）とバッテリー容量（kWh）の関係を整理。
- ② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査
 - ▶ 国内外で就航中・計画中の船舶の事例を調査し、総トン数、推進方式、バッテリー容量、運航形態等を整理。
- ③ 船舶のバッテリー活用の技術動向の調査
 - ▶ 安全規制、政策等の欧州を中心としたバッテリー活用の技術動向を調査。



船名	Fugan	GREBE	浦戸	e-Oshima	あまのり
建造船所	ツナイクワト	長井造船所	大永造船	大島造船所	興産造船/井川造船所
総トン数	16	14	19	340	499
LxBxD [m]	17.7x3.3x不明	18.0x3.8x不明	15.0x6.8x不明	35.0x9.6x不明	62.0x10.3x4.2
バロウ/名義	130	298	370	600	3,480
メーカー	GSユアテ	東芝	東芝	GSユアテ	Corvus
速力 [kn]	4	6	7	8.5	10
航行区域	平水	平水	平水	平水	平水
推進電動機出力 [kW]	25x2	80x2	100x2	220x2	300x2
1日の航行距離 [km/日]	35(20)	40(22)	24(13)	6(3) (1往復航行)	200 (7往復航行)
充電機	充電機	充電機	充電機	充電機	充電機
充電機	7km(4nm)回、5回/日 連続、充電方法不明。	連続航行、8km(4nm)回、5回/日連続。 充電は、専用設備で連続充電(CHARGE-MO方式)にて実施。	0.6km(回、40回/日、連続、充電は、1回以上/日充電可能(無充電1.4往復可能)にて実施。	不定期航行(半日航行)、充電は、充電440Vにて実施。 航行中は、充電機を使用して充電。	充電は、専用設備にて、充電を使用。時間は8~10時間。 航行中は、充電機を使用して充電。
参考	https://naunehi-fc.com/craft/select-02/	https://www.kanai-mar.go.jp/2chokushi/youjikan/2019en/rimu-shi-dekete_1.pdf	http://www.ferry-main.jp/wp-content/uploads/2023/07/2023-96.pdf	https://galei.co.jp/top/e/111/	https://www.seabattanker.com/news-release/0123-196/

Distribution of battery fleet

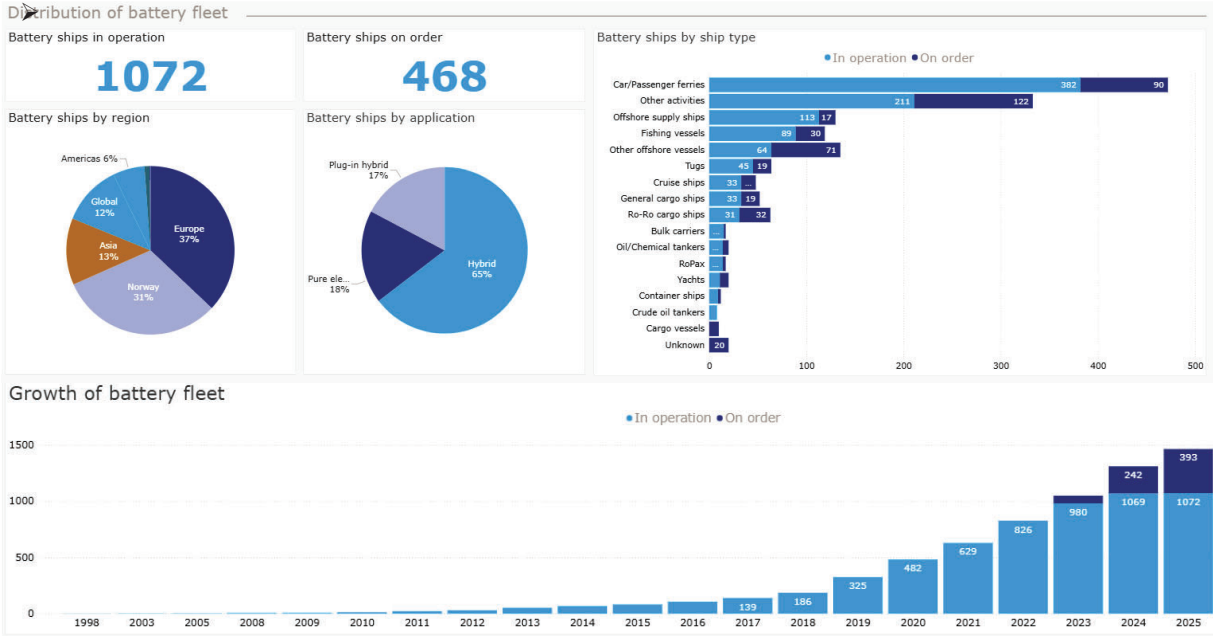


③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船とハイブリッド推進船の事例

□ 国内外のバッテリーを搭載した船舶の実績

- ▶ バッテリー搭載船は近年で急増傾向。2025年10月時点で1,072隻が就航であり、今後468隻が建造予定。
- ▶ そのうち約70%が欧州にて運用。電化方式は、80%以上がハイブリッド推進船(プラグインハイブリッド推進船)。
- ▶ 純バッテリー推進船は約18%。
- ▶ 船種は約40%が客船・フェリー。貨物船(一般貨物、バルクキャリア、タンカーなど)は総計で100隻・10%程度。



バッテリーを搭載した船舶 (DNV Alternative Fuel Insight (2025.10時点))

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

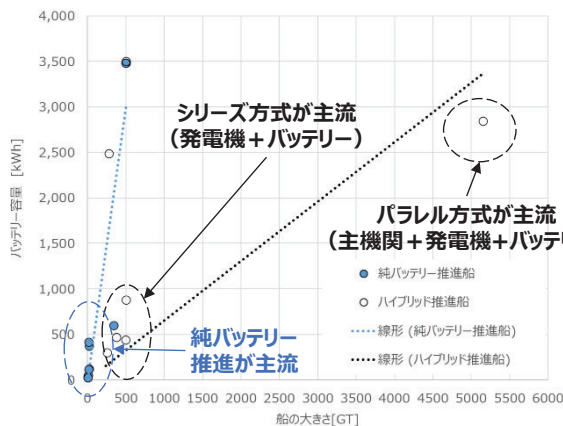
① 船舶の大きさとバッテリー容量の関係の整理

- ▶ 国内・海外の実船事例について、船の大きさ (GT) とバッテリー容量 (kWh) の関係を整理。
- ▶ 純バッテリー推進船については、国内は20GT程度の小型旅客船が中心。バッテリー容量は、主として500kWh以下。海外では、150GT位まで存在し、概ね199GT程度まで成立し得ることが示唆。また、1,000GT級で成立している例もあるが、航行距離が短いなど運用が限定的であり、同一規模で一般化する場合は発電機との併用が現実的。
- ▶ ハイブリッド推進船については、国内では、250~499GTを中心に事例があり、バッテリー容量は概ね500~1,000kWh規模である。海外でも同程度である。中型 (~999GT)では、電気推進船にバッテリーを加えるシリーズ方式が現実的であり、これより大型では主機と電動機の併用が主流になると考えられる。
- ▶ 以上より、船の大きさと電気推進システムの関係は、次のとおり整理できる。

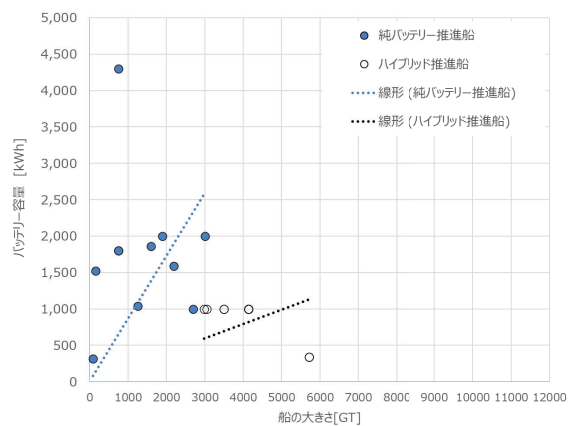
- 小型 (~199GT) : 純バッテリー推進船が主流
- 中型 (~999GT) : ハイブリッド推進船・シリーズ方式が主流
- 大型 (999GT以上) : ハイブリッド推進船・パラレル方式が主流



純バッテリー推進船 ハイブリッド推進船
シリーズ方式 ハイブリッド推進船
パラレル方式



国内の建造・計画例



海外の建造・計画例

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 国内の就航中・計画中の純バッテリー推進船とハイブリッド推進船の事例（まとめ）

就航済みの船舶

就航年	船種	GT	船名	推進機駆動方式	バッテリー容量 [kWh]
2010	実験船	3	らいちょうI	純バッテリー推進船	40
2011	実験船	1.3	らいちょうS	純バッテリー推進船	26
2012	旅客船	11	あまのかわ	純バッテリー推進船	52
2013	タグボート	256	翼	ハイブリッド推進船（パラレル方式）	300
2014	旅客船	19	VIBES ONE	純バッテリー推進船	120
2014	旅客船	4.9	ちゅらら	純バッテリー推進船	26
2014	実験船	9.1	らいちょうN	ハイブリッド推進船（シリーズ方式）	145
2015	旅客船	16	fugan	純バッテリー推進船	130
2019	貨物船	499	うたしま	ハイブリッド推進船（パラレル方式）	3,500
2019	旅客フェリー	340	e-Oshima	純バッテリー推進船	600
2022	バンカー船	499	あさひ	純バッテリー推進船	3,480
2023	タグボート	280	大河	ハイブリッド推進船（シリーズ方式）	2,486
2023	バンカー船	497	あかり	純バッテリー推進船	3,480
2023	バイオマス運搬船	496	あすか	ハイブリッド推進船（シリーズ方式）	440
2023	練習船	373	大島丸	ハイブリッド推進船（シリーズ方式）	471
2024	石炭石専用船	5,154	下北丸	ハイブリッド推進船（パラレル方式）	2,847
2024	内航貨物船	499	むかいしま	ハイブリッド推進船（シリーズ方式）	880
2024	旅客船	238	HANARIA	ハイブリッド推進船（シリーズ方式）	440
2024	旅客船	14	Grebe	純バッテリー推進船	298
2025	作業船	5	e-Crea	純バッテリー推進船	123
2025	旅客船	19	浦戸	純バッテリー推進船	370
2025	作業船	17	つつじ	純バッテリー推進船	417

建造中の船舶

就航年	船種	GT	船名	推進機駆動方式	バッテリー容量 [kWh]
2026	タグボート	-	電気推進タグボート	純バッテリー推進船	2,700
2027	タグボート	199	電気推進タグボート	純バッテリー推進船	3,200
2027	コンテナ船	499	次世代EV船	-	-
2027	タグボート	-	電気推進タグボート	純バッテリー推進船	6,000



③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 国内の就航中の純バッテリー推進船

					
船名	Fugan	GREBE	浦戸	e-Oshima	あさひ/あかり
建造造船所	ツネシクラフト	空兵衛造船所	大永造船	大島造船所	興亜産業/井村造船所
総トン数	16	14	19	340	499
L×B×d [m]	17.7×3.3×不明	18.0×3.8×不明	15.0×6.8×不明	35.0×9.6×不明	62.0×10.3×4.2
バッテリー容量 [kWh]	130	298	370	600	3,480
メーカー	GSユアサ	東芝	東芝	GSユアサ	Corvus
速力 [kn]	4	6	7	8.5	10
航行区域	平水	平水	平水	平水	平水
推進電動機出力 [kW]	25×2	80×2	100×2	220×2	300×2
1日の航続距離 [km(nm)]	35(20)	40(22)	24(13)	6(3) (1往復の距離)	200 (フル充電での距離)
その他 発電機	太陽光パネル	太陽光パネル	-	-	発電機
関連	7km(4nm)/回,5回/日 運航。充電方法不明。	姉妹船coot. 8km (4nm)/回,5回/日運航。 充電は、専用岸壁で直流 電源(CHAdemo方式)に て実施。	0.6km/回、40回/日。 充電は、1回以上/日(無充 電で14往復可能)。方式 不明。	不定期に運航(来賓送迎 用)。充電は、陸電440Vで 2.5時間。	充電は、専用施設にて、陸 電を使用。時間は8~10 時間。 錨泊する場合に発電機を 使用して充電。
参考	https://tsuneishi-fc.com/craft/elect-02/	https://www.kansai.meti.go.jp/2kokusai/ryouujikan/2024tour/mikatafivelakes_j.pdf	http://cruise-ferry.main.jp/wp-content/uploads/2025/07/2025-96.pdf	https://jp.osy.co.jp/to pics/6118/	https://www.asahi-tanker.com/news-release/2023/1660/

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 国内で就航中の純バッテリー推進船

					
船名	らいちょうI	らいちょうS	あまのかわ	ちゆらら	VIBES ONE
建造造船所	ニュージャパンマリン	不明	ツネイシクラフト	不明	ツネイシクラフト
総トン数	3.5	1.3	11	4.8	19
L×B×d [m]	10×2.3×1.2	8.04×2.24×0.85	15.0×3.2×1.6	不明	19.99×6×1.8
バッテリー容量 [kWh]	40	26	52	26	120
メーカー	東芝	不明	不明	不明	東芝
速力 [kn]	12	12	4	不明	10
航行区域	平水	平水	平水	平水	平水
推進電動機出力 [kW]	45	45	22	45	不明
1日の航続距離 [km(nm)]	44(24)	66(36)	不明	不明	37(20)
その他発電機	-	-	太陽光パネル	-	-
関連					
参考	https://www.jttri.or.jp/docs/180221_prese-ntation-04.pdf	https://www.yokogawa.co.jp/library/resources/references/fam3-kaiyodai/	https://tsuneishi-fc.com/craft/elect-01/	https://www.yokogawa.co.jp/library/resources/references/fam3-kaiyodai/	https://tsuneishi-fc.com/craft/elect-03/

13

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 国内の就航中の純バッテリー推進船

		
船名	つつじ	E-Crea
建造造船所	片原造船	京浜ドック
総トン数	17	5
L×B×d [m]	13×6.4×2.1	9×3×1.7
バッテリー容量 [kWh]	417	123
メーカー	不明	Shift
速力 [kn]	7.6	7
航行区域	平水	不明
推進電動機出力 [kW]	80×2	不明
1日の航続距離 [km(nm)]	67(36)	不明
その他発電機	不明	不明
関連		
参考	https://www.city.kawasaki.jp/templates/prs/580/0000181107.html	https://www.nyk.com/news/2025/20250526_01.html

14

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

一般財団法人
日本造船技術センター

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 国内で就航中のハイブリッド推進船

					
形式	ハイブリッド推進 (パラレル方式)	ハイブリッド推進 (パラレル方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)
船名	うたしま	下北丸	HANARIA	あすか	むかいしま
建造造船所	小池造船海運	常石造船	本瓦造船	本田重工業	小池造船海運
総トン数	499	5,154	238	496	499
L×B×d [m]	76.19×12×4.17	93.8×18.2×不明	33×10×1.6	71.9×12×4	74×12×4.24
バッテリー容量[kWh]	3,500	2,541	450	440	880
メーカー	東芝	川崎重工	ヤンマー	Corvus	東芝
速力 [kn]	11	12.9	10.5	11	10
航行区域	沿海 (非国際)	不明	限定沿海	沿海 (非国際)	沿海 (非国際)
主機出力 [kW]	1,324	3,560	-	-	-
推進電動機出力 [kW]	300	不明	400×2	360×2	360×2
発電機	推進電動機兼 軸発電機	推進電動機兼 軸発電機	発電機450kW×1基 水素燃料電池	発電機500kW×2基	発電機800kW, 320kW各 1基
関連	バッテリーは、港内・低速航海、停泊で使用。航海中に充電。	航行区間：尻屋岬～室蘭 (約110 km)。バッテリーは、港内航行に使用。	バッテリーは、推進用、船内一般電源および燃料電池システムのバックアップ。バッテリー単独使用時の運航は30分程度。	港内・荷役時にバッテリーを使用。	港内での電池単独運航、航走中は発電機効率運転+電池平準。
参考	https://www.nsu-naiko.co.jp/wp-content/uploads/2019/02/20190218.pdf	https://www.jasnaoe.or.jp/soy/?id=soy03	https://www.jasnaoe.or.jp/soy/?id=soy03	https://www.asahi-tanker.com/news-release/2023/1861/	https://www.jmd.co.jp/article.php?no=293654

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

一般財団法人
日本造船技術センター

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 国内で就航中のハイブリッド推進船

				
形式	ハイブリッド推進 (パラレル方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)
船名	翼	大河	大島丸	らいちようN
建造造船所	京浜ドック	金川造船	三菱造船	不明
総トン数	256	281	373	9.1
L×B×d [m]	37.2×9.8×4.4	34×10.2×4.3	56.49×10.6×5.8	14×3.5×不明
バッテリー容量 [kWh]	300	2,486	417	145
メーカー	IHI	不明	不明	東芝
速力 [kn]	15	14	12.5	8
航行区域	限定沿海	限定沿海	不明	不明
主機出力 [kW]	2,648	不明	不明	-
推進電動機出力 [kW]	588	不明	1,490	90
発電機	800	不明	750×3	
関連				
参考	https://www.keihindock.co.jp/business/shipbuilding/	http://www.kdy-kobe.co.jp/topics/file/20230301.pdf	https://www.oshima-k.ac.jp/school/curriculum/shousen/oshima_maru/	https://www.yokogawa.co.jp/library/resources/references/fam3-kaiyodai/

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 国内で計画中の純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船

	調整中			
形式	純バッテリー推進船	純バッテリー推進船	ハイブリッド推進 (方式不明)	純バッテリー推進船
船名	-	-	-	-
建造造船所	京浜ドック	ダイソー	三浦造船所	未定
総トン数		199	499	未定
L×B×d [m]	37.5×9.8×3.5	33×9.6×4.0	81×13.5×6.6	不明
バッテリー容量 [kWh]	2,700	3,160	2,000 (コンテナ交換式)	6,660
メーカー	不明	不明	不明	不明
速力 [kn]	15	14	12.5	14
航行区域	不明	不明	不明	不明
主機出力 [kW]	不明	不明	不明	不明
推進電動機出力 [kW]	3,236	不明	720	不明
発電機 [kW]	450×2	あり	不明	不明
関連				DC(直流)・1000kW級の急速充電機を検討
参考	https://www.jmd.co.jp/article.php?no=304066	https://www.khi.co.jp/news/detail/20241108_1.html	https://www.imotoline.co.jp/news/202404181614430/	https://marindows.com/news/powerd-ev-harbor-tugboat-development-project/

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 海外の就航中・計画中の純バッテリー推進船とハイブリッド推進船の事例 (まとめ)

就航年	船種	GT	船名	推進機駆動方式	バッテリー容量 [kWh]
2014	フェリー	1,598	Ampere	純バッテリー推進船	1,860
2017	フェリー	2,697	Gloppefjord	ハイブリッド推進船	585
2017	フェリー	2,697	Eidsfjord	純バッテリー推進船	585
2017	フェリー	1,251	Elektra	ハイブリッド推進船	1,040
2018	旅客船	753	Future of the Fjords	純バッテリー推進船	1,800
2024	一般貨物	4,135	Maximar	ハイブリッド推進船	1,000
2018	フェリー	2,194	HUSAVIK	純バッテリー推進船	1,590
2018	フェリー	7,294	Flatoy	ハイブリッド推進船	1,800
2019	一般貨物	2,984	Hagland Captain	ハイブリッド推進船	1,000
2022	コンテナ	3,221	Yara Birkeland	純バッテリー推進船	6,800
2023	一般貨物	4,135	Electramar	ハイブリッド推進船	1,000
2023	一般貨物	3,492	Misje Verde	ハイブリッド推進船	1,000
2023	一般貨物	3,492	Misje Viola	ハイブリッド推進船	1,000
2023	一般貨物	3,052	Hagland Premier	ハイブリッド推進船	1,000
2024	一般貨物	4,135	Stellamar	ハイブリッド推進船	1,000
2024	一般貨物	4,135	Ecomar	ハイブリッド推進船	1,000
2024	一般貨物	4,135	Aquamar	ハイブリッド推進船	1,000
2025	一般貨物	4,135	Terramar	ハイブリッド推進船	1,000
不明	ドライバルク	5,699	Aasfjell	ハイブリッド推進船	339
不明	ドライバルク	5,699	Aasfoss	ハイブリッド推進船	339
不明	コンテナ	1,900	Alphenaar	純バッテリー推進船	2,000
不明	一般貨物	不明	— (Guangzhou electric inland tanker)	純バッテリー推進船	2,400
不明	旅客船	90	Maid of the Mist	純バッテリー推進船	316
不明	旅客船	150	MS Medstrum	純バッテリー推進船	1,524
不明	フェリー	747	Ellen	純バッテリー推進船	4,300




③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 海外の就航中の純バッテリー推進船

					
船名	Maid of the Mist	MS Medstrøm	Ellen	ALPHENAAR	Yara Birkeland
建造造船所	Burger Boat Company	Fjellstrand	Søby Værft A/S	Damen	VARD
総トン数	90	150	747	1,900	3,221
L×B×d [m]	27.4×10.4×不明	31.0×9.3×不明	59.4×13.4×不明	90×11.5×3.6	79.5×14.8×6
バッテリー容量 [kWh]	316	1,524	4,300	2,000 (10分交換式)	6,800
メーカー	Spear Power Systems(米)	Corvus	Leclanché(スイス)	不明	不明
速力 [kn]	8	23	12	6.5	6
航行区域	不明(米国・ナイアガラの滝 周辺の遊覧)	不明(ノルウェー・諸島を 経由する定期航路)	不明(デンマークのエーロ島 とアルス島間を航行)	内陸水路	coastal / sheltered waters
推進電動機出力 [kW]	400	550×2	750×2	544×2	900×2
発電機	-	-	-	-	-
関連	約5km(20分)/回航行。 38kWhを消費。夜間に充電を 実施。	7km/回で運航する定期高速 水上バス。1日の航行回数は 不明。ターミナルで急速充電 (2,300kW(AC))。	40km/回。1回の充電で 92km(50nm)航行可能。岸 壁側の自動アームが接続し、乗 下船時間(約20分)の間に高 圧ACで急速部分充電。	104TEUコンテナ船。 交換式の20ft.コンテナに 2600kWhのバッテリーを搭載。 1本当たり15~30nm航行可 能。	120TEUコンテナ船。 自律運航コンテナ船。ノルウェー ヘロイア〜プレヴィクの 13km(7nm)を往復。(週2回)
参考	https://global.abb/group/en/technology/did-you-know/maid-of-the-mist	https://fjellstrand.no/projects/nb-1700-medstrom/	https://www.ship-technology.com/features/ellen-e-ferry/	https://concordiadamen.com/delivery-container-dry-bulk/alphenaar/	https://www.var-d.com/sh-shipbuilding/references/yara-birkeland

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 海外の就航中の純バッテリー推進船

			
船名	Ampere	Future of the Fjords	Husavik
建造造船所	Fjellstrand	Brødrene Aa	Havyard Ship Technology
総トン数	1,598	753	2,159
L×B×d [m]	80.8×20.8×不明	42.5×15.2×不明	66×14×不明
バッテリー容量 [kWh]	1,090	1,800	1,590
メーカー	Corvus	不明	不明
速力 [kn]	10	16	11
航行区域	不明	不明	不明
推進電動機出力 [kW]	900×2	450×2	不明
発電機	-	-	-
関連	5.7kmの航路を1日約 34便を運航。		
参考	https://fjellstrand.no/projects/nb-1696-ampere/	https://www.braa.no/fast-ferries/futureofthefjords	https://www.fjord1.no/eng/about-fjord1/our-vessels

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 海外の就航中のハイブリッド推進船

					
形式	ハイブリッド推進船	ハイブリッド推進船	ハイブリッド推進船	ハイブリッド推進船	ハイブリッド推進船
船名	Hagland Premier	Hagland Captain	Maximar	Misje Verde	Elektra
建造造船所	RoyalBodewes	RoyalBodewes	Chowgule & Company	Colombo Dock yard	Crist-Gdynia Shipyard
総トン数	3,052	2,984	4,135	3,492	1,275
L×B×d [m]	87×15×6.35	90×14.4×6.35	90×16×6.1	90×16×6.5	98×16×3.55
バッテリー容量 [kWh]	994	994	994	1,000	1,060
速力 [kn]	11	11.5	12	11.5	11
航行区域	不明	不明	不明	不明	
主機出力[kW]	1,800	1,980	1,920	1,600	—
推進電動機出力 [kW]	450 (軸推進機)	450 (軸推進機)	不明	不明	900×2
発電機 [kW]	450 (軸発電機)	450 (軸発電機)	不明	不明	420×3
関連			姉妹船：Electramar, Stellamar, Ecomar, Aquamar, Terramar,		1.6kmの航路を1日約25便運航
参考	https://www.hagland.com/fleet/hagland-tba-1/	https://www.hagland.com/fleet/hagland-captain/	https://www.atobac.se/fleet/maximar	https://misje.no/wp-content/uploads/2023/06/VERDE-Description-1.pdf	http://www.finferries.fi/media/elektra-technical-data.pdf

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

② 国内外の代表的な純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査 □ 海外の就航中のハイブリッド推進船

				
形式	ハイブリッド推進船	ハイブリッド推進船	ハイブリッド推進船	ハイブリッド推進船
船名	Aasfjell	—	Gloppefjord	Flatoy
建造造船所	Royal Bodewes	Guangzhou Shipyard	Tersan Shipyard	Vard Brevik
総トン数	5,699	不明	2,697	7294
L×B×d [m]	120×15.8×7.5	70.5×14×4.5	106×17×3.8	134×21×4.2
バッテリー容量 [kWh]	560	2,400	1,040	1,000
速力 [kn]	11	7	13.5	不明
航行区域	不明	不明	不明	不明
主機出力 [kW]	2,600	不明	不明	不明
推進電動機出力 [kW]	不明	不明	不明	不明
発電機 [kW]	不明	不明	500×2	不明
関連	姉妹船：aasfoss		姉妹船：Eidsfjord	
参考	https://royalbodewes.com/vessel/aasfjell/	https://en.people.cn/n3/2017/1113/c90000-9292144.html	https://tersanshipyard.com/en/projects/gloppefjord	https://www.vard.com/shipbuilding/references/flatoy%3C3%B8y

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(2)純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の事例調査

③ 船舶のバッテリー活用の技術動向の調査

□ 船内バッテリー安全ガイドンス (EMSA, 2023)

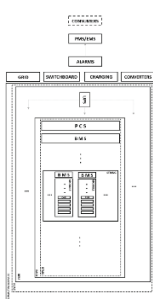
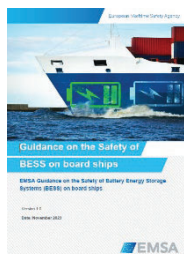
- クラス規則・国際規格と併用し、設計～運用・保守・教育までを包括的にカバーした資料。
- バッテリーの主なリスクとして、熱暴走から発火・ガス放出を想定。想定をもとに機能要件を設計・設置・運用へ反映。
- 基本構成は、BMS (監視・保護・遮断)、EMS (電力需給の監視・アラーム)、変換器・充放電器、UPS (安全系のバックアップ電源)。

□ 2050年に向けた電力 (バッテリー) の活用(DNV Maritime Forecast 2050,2024)

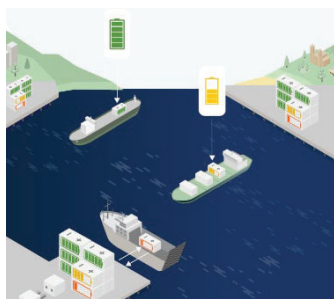
- EUでは2030年から5,000GT以上の船に停泊ゼロエミが求められる。
- 海上で電気を使うには、バッテリーを積んだハイブリッド船が現実的で、短い航海を何度もする船ほど有効。
- 陸の電気を使うのが一番効率的。充電方法はプラグのほかに、自動接続、バッテリー交換、洋上での充電などを想定。
- 設備はまず安全で確実な接続を整え、長く充電してピークを抑える運用が有効。
- 将来はコンテナ等による交換方式や洋上充電も選択肢になる。

□ 欧州が進める「安全・持続可能・スマートバッテリー」(欧州バッテリーロードマップ, 2023)

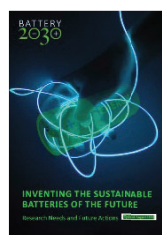
- 欧州が掲げる「安全・持続可能・スマートな次世代バッテリー(劣化しない・危なくない・捨てない電池)」を2030年までに実現するための科学・技術ロードマップ。



バッテリーの安全ガイドンス



バッテリーのコンテナ交換方式



バッテリー研究の総合的なアプローチ

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(3)海運事業者等のニーズを踏まえた船種や船のサイズの設定

□ 調査内容

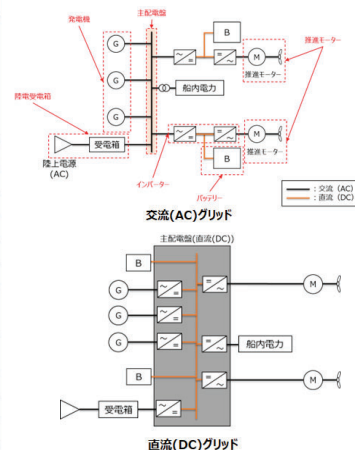
① コンセプトモデル船の設定

- 海運事業者のニーズとシステムの製造・開発メーカー等に純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船の技術適用性を伺うヒアリングを実施し、本調査の対象船舶 (コンセプトモデル船) の船種や船のサイズを設定。

② 関連情報の調査

- ヒアリングにあわせて、純バッテリー推進船及びハイブリッド推進船を検討する上で必要となる関連情報を調査 (船内グリッド構成、シリーズ方式の推進システム、バッテリーシステム、水冷インバーター、陸上電力供給、バッテリー監視・安全システム等)。

	純バッテリー推進			ハイブリッド推進			
	20GT 小型旅客船	199GT 中型旅客船	499GT 一般貨物船	499GT タンカー	749GT セメント船	999GT タンカー	5000GT セメント船
総トン数 [GT]	17	199	499	499	749	999	5000
載貨重量 [t]	-	-	1700	1200	2200	2300	7500
航行区域	平水	平水	沿海	沿海	沿海	沿海	沿海
L×B×d [m]	18×4×1.0	40×6×1.5	70×12.5×4.3	65×10×4.2	75×14×4.5	80×12×5.0	115×18×7.0
速力 [kn]	4.0	7.0	11.5	11.0	12.5	12.5	13.0
主機開出力 [kW]	80×2	250×2	735	735	1,618	1,618	3,300
バッテリー活用 電気推進システム	純バッテリー推進	純バッテリー推進	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (パラレル方式)
バッテリー活用 モード	運航・港内	運航・港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内
バッテリー容量 [kWh]	300	2,000	470	470	570	1,070	750
推進方式	2基2軸	2基2軸	2基1軸(直列)	2基1軸(直列)	2基2軸	2基2軸	1基1軸
発電機 [kW]	-	-	500kW×2	500kW×2	800kW×3	800kW×3	1500kW×3
推進機 [kW]	80kW×2	300kW×2	360kW×2	360kW×2	900kW×2	850kW×2	600kW×1



③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(3)海運事業者等のニーズを踏まえた船種や船のサイズの設定

① コンセプトモデル船の設定

□ 活用モードを踏まえたバッテリー容量の設定

(a) バッテリー容量と推進に必要な電力量

➢ 電力用途（推進・その他）、推進性能（船速、距離・時間・航海数）、バッテリー性能（充電率・劣化度）等

(b) バッテリー容量と必要な搭載スペース

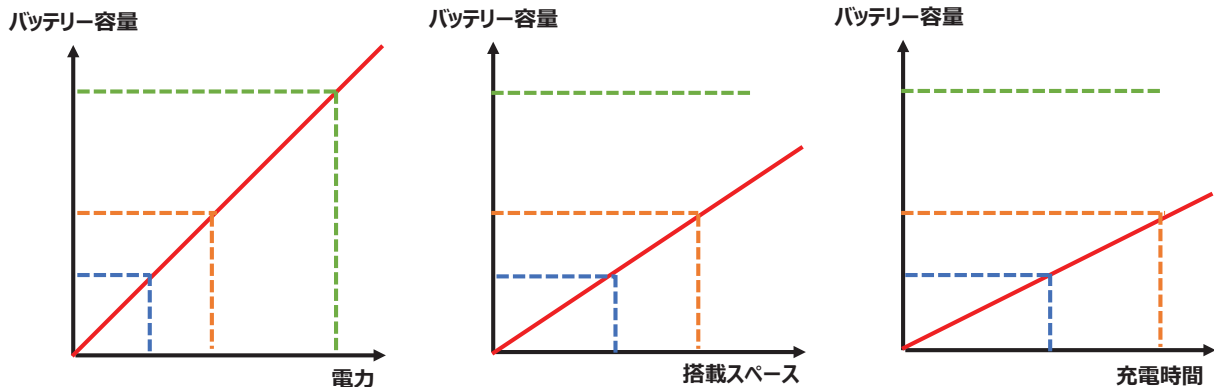
➢ 関連機器含む容積・重量、安全規制（危険物・防爆等）、船内の設置場所等

(c) バッテリー容量と必要な充電時間

➢ 陸上充電（通常・急速充電、停泊時間等）

□ 電気推進システムの構成の設定

➢ 交流(AC)/直流(DC)グリッド、空冷/水冷方式、735kW以上/未満の推進出力等



25

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(3)海運事業者等のニーズを踏まえた船種や船のサイズの設定

① コンセプトモデル船の設定

□ 事業者ヒアリング

(a) 運事業者・船主向け（実務的妥当性・運用面の課題）

➢ 電気推進システムに対する貴社の関心度をお聞かせください。

➢ バッテリーの使用を想定する船種、サイズ、航行条件を教えてください。（例：運航距離、船速、時間等）

➢ バッテリーの使用モードと容量は、一般的に見て妥当ですか？

➢ 陸電の利用経験の有無と利用する際の規格・時間の妥当性を教えてください。（電圧・電流、接続本数）

➢ 電動化を検討する際に重視する点を教えてください。（例：バッテリー容量、船舶への影響、メンテ、コスト）バッテリー搭載への懸念点または必要と考える対策について教えてください。（充放電方法、水冷装置等）

(b) メーカー・造船所向け（技術的成立性・制約条件の確認）

➢ 貴社の機器がコンセプトモデルに適用可能ですか？

➢ 推進機、発電機、配電盤・制御盤のスペース・容量・設置位置は一般的に見て妥当ですか？

➢ コンテナ型バッテリーは、実際に搭載可能でしょうか？

➢ バッテリーの船内への結線はどのように処理するのがよいでしょうか。（配電方式見直し、DCリンクに結線等）

➢ 搭載・設置時に制約となる要素があれば教えてください。（例：寸法・重量・冷却・通風クリアランス等）

➢ バッテリー設置する場合のスペースや安全対策上の課題はありますか？

➢ 陸電条件での充電・運用は、貴社機器で対応可能ですか。（例：AC440V、125A、2系統）

➢ 公開可能な範囲での価格帯を教えてください。

26

① コンセプトモデル船の設定

□ 事業者ヒアリング

➤ ヒアリングシート

機器区分	主な項目	内容
搭載船舶	船のサイズ (総トン数)	
	全長 [m]	
	幅 [m]	
	喫水 [m]	
	航行区域	
	航続距離 [km]	
	航行時間 [h]	
	船員数 [名]	
	バッテリー活用推進システム	
	巡行速力 [kn]	
最高速力 [kn]		
推進方式		
バッテリー活用モード		
バッテリー	形式	
	メーカー	
	仕様	
	本船への搭載量	
電動機	出力 [kW]	
	使用電力	
	冷却方式	
	数量 [基]	
	冷却装置 (空冷/水冷)	

機器区分	主な項目	内容
発電機	出力 [kW]	
	燃料	
	搭載数 [基]	
推進システム	方式	
	数量 [基]	
配電システム	配電盤	
	船内グリッド	
	DC/ACインバーター	
	イグニッション電池ユニット その他	
冷却・熱管理システム	バッテリー室の冷却装置	
監視システム	BMS (電圧・電流・温度)	
	EMS	
安全システム	火災探知装置	
	遮断装置	
	換気装置 消火設備	
新造船・既存船への技術適用性		
陸上給電設備	出力 [kW]	
	充電方式	
	接続コネクタ	

① コンセプトモデル船の設定

- 内航貨物船・旅客船において、隻数の多い船種・サイズへのアプローチを想定して、連携型省エネ船のコンセプト整理表をベースに7タイプを検討。5000GTセメント船は、パラレル方式に加えて、参考として軸発方式を記載。
- それぞれの船型について代表的なサイズ・船速・主機のサイズを検討。これらについて電化する際の推進システム、バッテリー活用モード、発電機、推進電動機の出力を検討。バッテリー容量は、想定する使い方（電動機の負荷率と時間等）、および充電率・劣化度（共に80%として計算）を考慮して算定。

純バッテリー推進

ハイブリッド推進

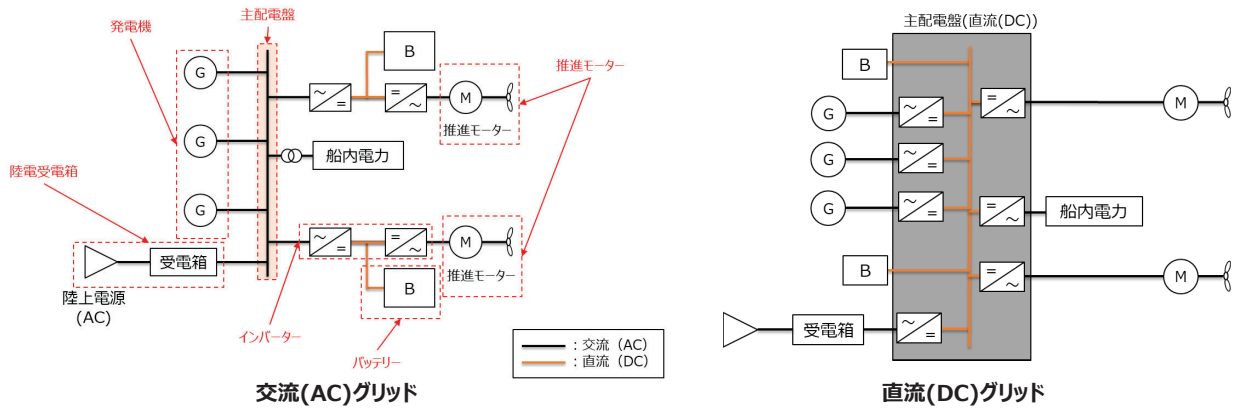
	20GT未満 小型旅客船	199GT 中型旅客船	499GT 一般貨物船	499GT タンカー	749GT セメント船	999GT タンカー	5000GT セメント船
総トン数 [GT]	17	199	499	499	749	999	5000
載貨重量 [t]	-	-	1700	1200	2200	2300	7500
航行区域	平水	平水	沿海	沿海	沿海	沿海	沿海
L×B×d [m]	18×4×1.0	40×6×1.5	70×12.5×4.3	65×10×4.2	75×14×4.5	80×12×5.0	115×18×7.0
速力 [kn]	4.0	7.0	11.5	11.0	12.5	12.5	13.0
主機関出力 [kW]	80×2	250×2	735	735	1,618	1,618	3,300
バッテリー活用 電気推進システム	純バッテリー推進	純バッテリー推進	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (パラレル方式)
バッテリー活用 モード	運航・港内	運航・港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内
バッテリー容量 [kWh]	300	2,000	470	470	570	1,070	750
推進方式	2基2軸	2基2軸	2基1軸(直列)	2基1軸(直列)	2基2軸	2基2軸	1基1軸
発電機 [kW]	-	-	500kW×2	500kW×2	800kW×3	800kW×3	1500kW×3
推進機 [kW]	80kW×2	300kW×2	360kW×2	360kW×2	900kW×2	850kW×2	600kW×1

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(3)海運事業者等のニーズを踏まえた船種や船のサイズの設定

② 関連情報の調査

□ バッテリー搭載を踏まえた機器構成の例

- 電力系統図の例を示す。推進に必要な主な機器は、推進電動機、発電機、バッテリー、インバーター、主配電盤である。また、バッテリーを充電するために必要な陸電受電箱についても合わせて示す。
- 船内電力系統は、交流(AC)、直流(DC)の2種類より、使用する機器の構成や使いやすさにより設定するが、DCは参考・将来検討の位置づけとし、現行の評価・試算は基本的にはAC前提で実施。



	交流(AC)グリッド	直流(DC)グリッド
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 実績が豊富であり、保守しやすい。 機器も標準化されており、審査も容易。 	<ul style="list-style-type: none"> 主配電盤に整流器等を集約し、機側にはインバーターのみ設置する為、シンプル。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 推進装置の各系統で整流器とインバーターが必要であり、スペースを取る。(CPPの場合は不要) 電力の変換機器が多いため、効率がDCより劣る。 	<ul style="list-style-type: none"> 国内では実績に乏しく、対応機器が少ない。 主配電盤が大型化する傾向にある。

交流(AC)と直流(DC)のメリット・デメリット

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(3)海運事業者等のニーズを踏まえた船種や船のサイズの設定

② 関連情報の調査

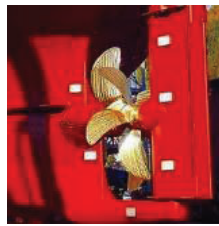
□ ハイブリッド推進シリーズ方式の推進方式

- 次の3方式を検討。それぞれについてメリットとデメリットを整理。
- 推進用インバーターの水冷化による小型化・軽量化の効果について、公開されているメーカーを基に整理。水冷式インバーターは、空冷式と比較して放熱効率が高く、設置スペースおよび重量の低減が可能とされている。国内においては、BEMACおよびTMEICが水冷式インバーターを取り扱っている。主なメーカーの公表事例は以下のとおり。

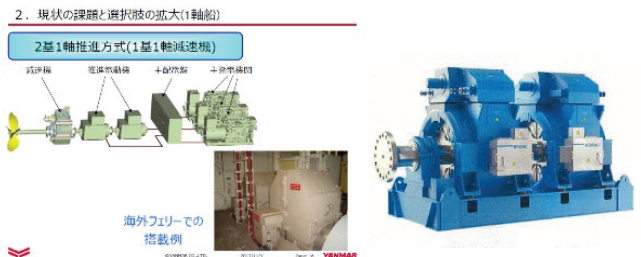
推進方式	2基2軸	二重反転プロペラ(CRP)	2基1軸
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 構成がシンプルで扱いやすく、設計・保守が容易 操縦性に優れ、冗長性を確保しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 1軸船型をベースとした設計が可能 推進性能が高い 	<ul style="list-style-type: none"> 1軸船型をベースとした設計が可能 運航条件に応じて推進電動機を使い分けることで、省エネルギー運航が可能
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 波浪中性能に課題 2軸船を前提とした船型開発が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 機械構成が非常に複雑で高コスト。 取り扱いメーカーも限定的であり、内航では採用実績が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 縦置き配置の場合は、長手方向に一定のスペースが必要 推進電動機の出力配分・制御が必要であり、制御系が複雑化する



2基2軸の例
(旭タンカー)



二重反転プロペラ(CRP)の例
(JMU)



2基1軸の例
(ヤンマー, BEMAC)

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(3)海運事業者等のニーズを踏まえた船種や船のサイズの設定

② 関連情報の調査

□ バッテリー

- 主要なバッテリー種類のメリット・デメリットを整理。
- 国内のバッテリー推進船に使用されるバッテリーは、主にリチウムイオン方式。東芝とCorvusの2種を調査。
- コンテナ型バッテリー（リチウムイオン方式）のミライバッテリー（東芝）とCorvusの2種を調査。

	三元系(NCM・NCA)	リン酸鉄(LFP)	全固体電池(開発途上)
メリット	エネルギー密度が高く高性能 比較的軽量である	安全性が高い サイクル寿命が長い 比較的安価である	安全性が高い エネルギー密度が高い
デメリット	安全性に劣る コストが高い	比較的重量が重い サイズが大きくなる	実用化は開発途上 比較的重量が重い

	電力量 [kWh]	重量 [kg]	長さ [m]	幅 [m]	高さ [m]
東芝	1.24	約15	0.19	0.36	0.13
Corvus	124	約1,628	2.24	0.87	0.74

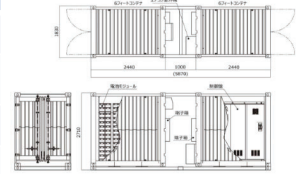


東芝:バッテリーモジュール



Corvus:バッテリーパック

	電力量 [kWh]	重量 [t]	長さ [m]	幅 [m]	高さ [m]
内航ミライ研究会 ミライバッテリー (東芝)	Mark I	164	約10	3.54	2.93
	Mark II	300	約15	5.87	1.83
Corvus コンテナバッテリー	10ft.型	744	約15	2.99	2.44
	20ft.型	1,492	約27	6.06	2.44



ミライバッテリー

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(3)海運事業者等のニーズを踏まえた船種や船のサイズの設定

② 関連情報の調査

□ 水冷インバーター

- 推進用インバーターの水冷化による小型化・軽量化の効果について、公開されているメーカーを
基に整理。水冷式インバーターは、空冷式と比較して放熱効率が高く、設置スペースおよび重
量の低減が可能とされている。国内においては、BEMACおよびTMEICが水冷式インバーターを
取り扱っている。主なメーカーの公表事例を調査。
- ABB (ACS800LC)
 - 水冷化により、設置スペースを30%以上削減、重量を40%軽量化
- Siemens (SINAMICS S120)
 - 水冷化構成により、設置面積が最大50%縮小
- BEMAC (SWITCH)
 - 機器周囲の離隔距離や空調設備が不要となり、大幅な小型化が可能
- TMEIC
 - 従来機種と比較して、体積を43%削減



水冷インバーターの例
(Siemens SINAMICS S120)



ABB liquid-cooled drives

ABB's ACS800LC drives and drive modules with direct liquid cooling and robust design are an ultimate solution for various applications where space saving, silent operation or durability in harsh environments is a must.

ABB offers ready-made cabinets which are always engineered to order to meet the customer needs. Also available are module packages for customers who are seeking to build their own cabinets.

The cabinets and modules have high power density in a compact design, making them ideal for applications where it is essential to save space.

The ACS800LC modules are specifically designed for OEMs and systems integrators, who want to build their own cabinets. ABB offers an extensive selection of electrical and mechanical installation accessories and provides support to help in cabinet design and assembly, while detailed kit drawings and 3D models are also available free of charge.

The latest generation of ABB's ACS800LC ready-made cabinets and drive modules offer many benefits compared with previous iterations, with upwards of 30 percent less space required compared to an equivalent air-cooled drive at the same power rating, and 40 percent less weight.

The number of components has also been reduced by 40 percent for ease of maintenance and enhanced reliability, while the drive is designed from the outset to be installed into totally enclosed cabinets.

Your benefits

- Advanced liquid cooling enables a compact drive system with high power density
- Built on ABB's common drives architecture
- Direct torque control (DTC) for precise open and close loop control
- Marine type approvals from various key classification bodies
- Optimal solution for demanding operational environments
- Reliable operation and optimized uptime
- Fast maintenance and easy serviceability
- Extensive support for cabinet design and assembly
- All key functionalities for marine such as motor control, diode or IGBT supply units for generator integration, DC/DC converters for integrating energy storage and Optimal Grid Control for grid forming and synchronizing to existing grids



水冷インバーターの例 (ABB ACS800LC)

- **コンパクト**
従来機種と比較して体積を43%削減(当社比)
- **高い変換効率(98%)**
- **拡張性**
並列接続で2000kWまで対応



水冷インバーターの例 (TMEIC)

② 関連情報の調査

□ PMモーター（永久磁石モーター）

- PMモーターの効果を整理。
 - ・ 永久磁石をローターに配置し、従来の空冷誘導電動機に比べて効率がよく、電力のロスが少ないため、高効率によるGHG排出量の削減に直結する。
 - ・ メンテナンスについて、磁石を用いた回転体でありブラシ等がないため、誘導電動機と比較してメンテナンスの頻度や間隔を長く保つことができる。

- 主な国内メーカーの動向を調査。

➢ BEMAC

- ・ 用途① : 軸発電機
- ・ 出力レンジ : 約550kW～約12MW
- ・ 約550kW～約5000kWまで納入実績あり。
- ・ 主要ターゲット：5,000GT以上のRORO船、フェリー、大型ばら積み貨物船等
- ・ 航海中電力需要が一定以上ある船で導入メリットが大きい。



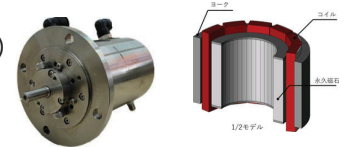
BEMAC : PM軸発電機カタログ

- ・ 用途② : 推進用電動機
- ・ 出力レンジ : 550kW～12MW
- ・ 両軸ベアリング付構造。タンデム構造（2基1軸）による構成が可能。
- ・ タンデム構造（2基1軸）により冗長性確保（1台故障時も推進可能）



➢ 大洋電機

- ・ 用途 : 小型船向け推進モーター（想定）
- ・ 出力レンジ : 50kW～250kW（250kW以上については今後の開発課題）
- ・ 開発段階。国内での内製化を志向している。



② 関連情報の調査

□ PMモーター（永久磁石モーター）

- PMモーターの効果を整理。
 - ・ 永久磁石をローターに配置し、従来の空冷誘導電動機に比べて効率がよく、電力のロスが少ないため、高効率によるGHG排出量の削減に直結する。
 - ・ メンテナンスについて、磁石を用いた回転体でありブラシ等がないため、誘導電動機と比較してメンテナンスの頻度や間隔を長く保つことができる。

- 主な国内メーカーの事例を調査。

➢ BEMAC

- ・ 用途① : 軸発電機
- ・ 出力レンジ : 約550kW～約5000kW（実績ベース）
- ・ 軸発電機にてPMモーター製品の実績あり。（PMM1000M等）
- ・ 主要ターゲット：5,000GT以上のRORO船、フェリー、大型ばら積み貨物船等
- ・ 航海中電力需要が一定以上ある船で導入メリットが大きい。

- ・ 用途② : 推進用電動機（PMモーター）
- ・ 出力レンジ : 約550kW～12MW/基
- ・ 推進用電動機も展開しており、用途の拡張が可能
- ・ タンデム構造の採用により冗長性を確保（1台故障時も推進可能）

・ 特徴 :

- ・ 推進用電動機も展開しており、用途の拡張が可能
- ・ タンデム構造の採用により冗長性を確保（1台故障時も推進可能）
- ・ 大型船向け電気推進システムへの適用が可能
- ・ 主要ターゲット :
- ・ RORO船、フェリー、大型ばら積み貨物船 等
- ・ 航海中の電力需要が一定以上ある船舶

② 関連情報の調査

□ 陸上からの電力供給

- 陸上から船舶へ電力を供給する陸電（Shore Connection）は、一般に交流（AC）方式が主流であり、供給電圧として高圧（例：6.6kV／11kV級）と低圧（例：440V級）が用いられる。高圧陸電はIEC/IEEE 80005-1、低圧陸電はIEC/IEEE 80005-3にて要求事項が示されている。
- 本調査では、代表例として三相AC 440V・125A程度の構成例を示す。なお、港湾・施設により電圧・電流値や受電方式は異なるため、適用にあたっては現地条件に基づき供給可能電力・電力量を再計算することが望ましい。
- また近年は、直流（DC）方式による高出力給電・充電も検討されている。DC方式は周波数（50Hz／60Hz）の差異を考慮する必要がなく、構成次第では変換段数の低減により損失低減が期待できる。一方で、港湾設備側の安全要求や運用ルール等の整備が前提となるため、本資料では参考として示す。

方式	規格	電圧 [V]	電流 [A]	出力 (1時間当たりの充電量)	備考
				[kW]	
交流	低圧・三相	440	125	76	内航船向け
	高圧・三相	6,600	300	2,700	外航船向け
直流	CHAdEMO 1.0	500	125	50	現行モデル

方式	規格	電圧 [V]	電流 [A]	出力 (1時間当たりの充電量)	備考
				[kW]	
直流	CHAdEMO 2.0	1,000	400	400	2025年秋以降に導入
	TESLA V2 SuperCharger	400	375	150	旧モデル
	TESLA V3 SuperCharger	400	625	250	現行モデル
	TESLA V4 SuperCharger	~1,000	625	500~600	一部運用中
	CHAdEMO 3.0	1,500	600	900	構想段階

② 関連情報の調査

□ バッテリーの監視・安全規則

- 船舶にバッテリーを搭載する際に参考となる規則を以下に示す。
- 対応規則
 - ・ NK鋼船規則 H編 5章 電気推進船に対する追加規定 および 付属書 2.11.1-2. 蓄電池システム
 - ・ JIS F8102（船用電気設備）
 - ・ IEC 62619（JIS8715-2）（産業用リチウムイオンバッテリーの安全性要求事項）
 - ・ IEC 62620（JIS8715-1）（産業用リチウムイオンバッテリーの性能要求事項）
- 本船において検討する項目を次のように設定。
 - ・ 冷却・熱管理システム
発熱による劣化や熱暴走を防止するため、電池温度を許容範囲内に維持する。
 - ・ 監視システム
電圧・電流・温度・絶縁状態等を常時監視し、異常を早期に検知する。異常時には警報を発し、必要に応じて自動遮断等の保護動作を行う。
 - ・ 安全システム
火災・ガス発生等の異常時に人命・設備を保護するため、検知・遮断・換気制御・消火等を行う。

蓄電池に関する基準・検査 《追加改訂》

国土交通省

【ポイント】NK鋼船規則H編(2023年1月施行)

- 5.2.1 リチウムイオン蓄電池により構成される蓄電池システム及び関連機器に適用
 - 総容量20kWh以上のものを対象
 - IEC規格及びJIS C規格に基づくこと
- 5.2.2 安全要件
 - 設置区画(専用区画、環境条件)、換気(通風装置、危険場所、ガス検知器)、火災考慮(防熱、火災探知、消火設備)
 - リスク評価(人員及び船舶の安全性に対するリスク検証とその対策)
 - システム設計、電力変換器、船内試験、保守管理
- 5.2.3 推進用電源・主電源・非常電源とする場合の追加要件
 - 一般(冗長性)、十分な容量、監視、電力変換器、並列運転での負荷分担
 - 工場試験、船内試験
- 5.2.4 蓄電池システム
 - 一般(遮断・保護、塩害・結露防止)、BMS(計測・機能、セルバランス、情報、警報)、工場試験

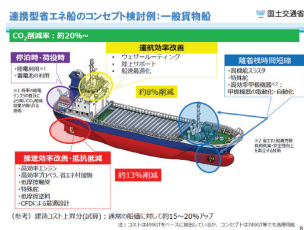
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法、費用等の整理

□ 調査内容

- ①コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理
 - ヒアリングおよび公開資料等で得られたに基づき、コンセプトモデル船ごとに船体主要目、一般配置図等を取りまとめ。
- ②コンセプトモデル船の機器の費用に関する整理
 - コンセプトモデル船の通常の船価に対する建造コスト上昇分を試算（連携型省エネ船のコンセプト船並び）。
- ③技術的課題及び制度的課題の整理
 - 調査結果を踏まえ、コンセプトモデル船の適用拡大・普及に際しての技術的課題及び制度的課題を整理。

①船体主要目および関連リスト	➢ 船の主要目、バッテリーの搭載量、電動機・発電機の出力等の関連の一覧表
②一般配置図	➢ 推進用バッテリー、電動機、発電機、インバーター等の配置
③機関室配置図	➢ 主要機器の機関室への配置
④電力系統図	➢ 船内のグリッド構成、バッテリーとの結線位置、陸上電力との接続方
⑤バッテリー容量	➢ 運航条件に対する電力量、バッテリーの容量と搭載位置、充電時間等

	499GT 一般貨物船
建造コスト上昇率[%]	約30%～ 95%アップ



③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

①コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ コンセプトモデル船

- 内航貨物船・旅客船において、隻数の多い船種・サイズへのアプローチを想定して、連携型省エネ船のコンセプト整理表をベースに7タイプを検討。
- 代表的なサイズ・船速・主機サイズ、電化する際の推進システム、バッテリー活用モード、発電機、推進電動機の出力を検討。バッテリー容量は、想定する使い方（電動機の負荷率と時間等）、充電率・劣化度（共に80%として計算）を考慮して算定。

	純バッテリー推進			ハイブリッド推進			
	20GT未満 小型旅客船	199GT 中型旅客船	499GT 一般貨物船	499GT タンカー	749GT セメント船	999GT タンカー	5000GT セメント船
総トン数 [GT]	17	199	499	499	749	999	5000
載貨重量 [t]	-	-	1700	1200	2200	2300	7500
航行区域	平水	平水	沿海	沿海	沿海	沿海	沿海
L×B×d [m]	18×4×1.0	40×6×1.5	70×12.5×4.3	65×10×4.2	75×14×4.5	80×12×5.0	115×18×7.0
速力 [kn]	4.0	7.0	11.5	11.0	12.5	12.5	13.0
主機関出力 [kW]	80×2	250×2	735	735	1,618	1,618	3,300
バッテリー活用 電気推進システム	純バッテリー推進	純バッテリー推進	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (パラレル方式)
バッテリー活用 モード	運航・港内	運航・港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内
バッテリー容量 [kWh]	300	2,000	470	470	570	1,070	750
推進方式	2基2軸	2基2軸	2基1軸(直列)	2基1軸(直列)	2基2軸	2基2軸	1基1軸
発電機 [kW]	-	-	500kW×2	500kW×2	800kW×3	800kW×3	1500kW×3
推進機 [kW]	80kW×2	300kW×2	360kW×2	360kW×2	900kW×2	850kW×2	600kW×1

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ 純バッテリー推進 20GT未満小型旅客船

➤ 船体主要目および関連リスト



機器区分	主な項目	内容
搭載船舶	船のサイズ (総トン数)	17
	全長 [m]	18.0
	幅 [m]	4.0
	喫水 [m]	1.0
	航行区域	平水
	航続距離 [km]	45
	航行時間 [h]	5
	船員数 [名]	3
	バッテリー活用推進システム	推進電動機駆動
	巡行速力 [kn]	4.0
最高速力 [kn]	8.0	
推進方式		純バッテリー推進
バッテリー活用モード		運航・離着岸を含めた全モード
バッテリー	形式	リチウムイオン電池
	メーカー	東芝 (SCiB)、Type3-23
	仕様	寸法：W190 × D361 × H125 mm、質量：約15 kg、公称27.6 V、45 Ah、1.242 kWh、電池室漏洩検知器、温度センサ付
	本船への搭載量	300kWh (重量：4約トン)
推進電動機	出力 [kW]	80
	使用電力	AC 200V
	冷却方式	水冷
	数量 [基]	2
	冷却装置 (空冷/水冷)	水冷

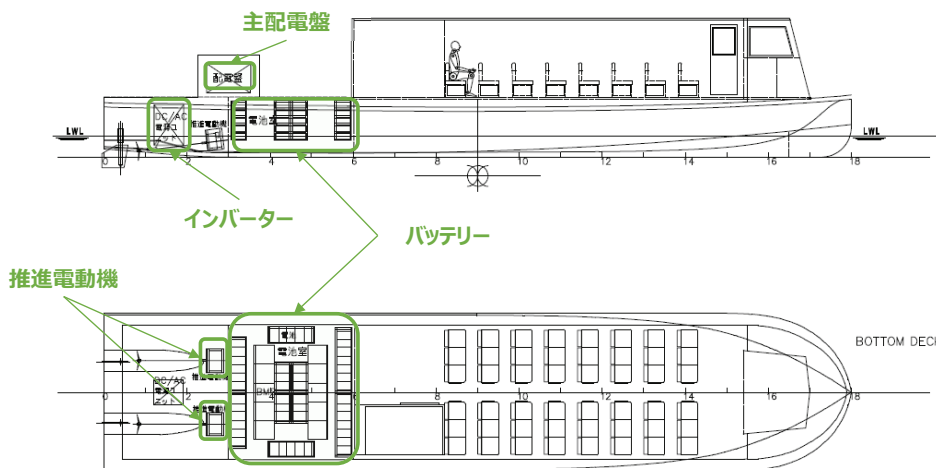
機器区分	主な項目	内容
発電機	出力 [kW]	—
	燃料	—
	搭載数 [基]	—
推進システム	方式	ダイレクトドライブ
	数量 [基]	2
配電システム	配電盤	配電盤：なし
	船内グリッド	DC 400V
	DC/ACインバーター	AC200V:2基、AC100V:1基
冷却・熱管理システム	バッテリー室の冷却装置	空冷
	監視システム	BMS (電圧・電流・温度)
安全システム	EMS	2
	火災探知装置	電池室に漏洩検知器、温度センサーを装備
	遮断装置	インバーター装置に装備
	換気装置	なし
新造船・既存船への技術適用性	消火設備	自動拡散型粉末消火器
	陸上給電設備	出力 [kW]
	充電方式	急速充電器
	接続コネクタ	CHAdeMO

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ 純バッテリー推進 20GT未満小型旅客船

➤ 一般配置図



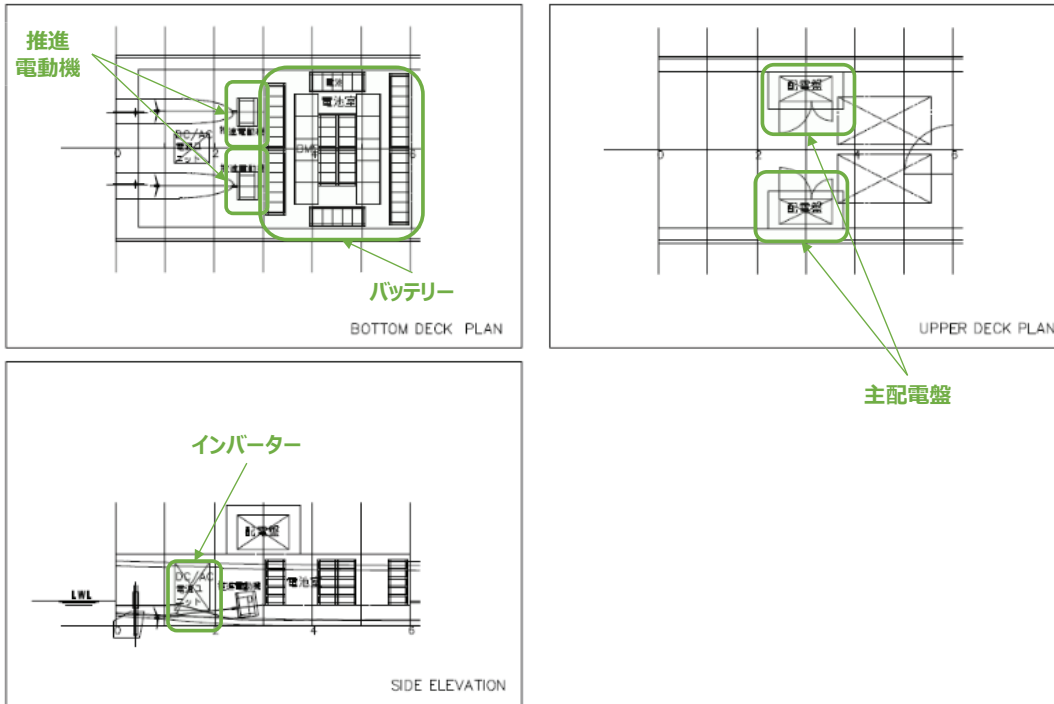
一般配置図 (船内へのバッテリーの配置)

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ 純バッテリー推進 20GT未満小型旅客船

➢ 機関室配置図



機関室配置図

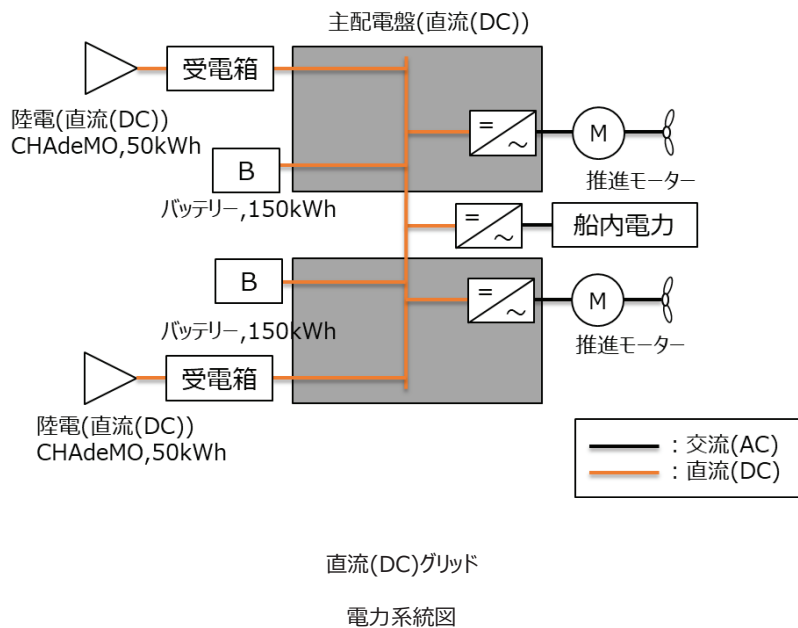
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ 純バッテリー推進 20GT未満小型旅客船

➢ 電力系統図

- 主なエネルギーはバッテリー(直流)であり、船内グリッドは、直流(DC)とした。
- 陸上からの電力供給は、直流(CHAdeMO方式)として検討。
- 推進電動機および船内電力は、交流(AC)であるため、主配電盤内にインバーターを設置。



③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ 純バッテリー推進 20GT未満小型旅客船

➢ バッテリー容量と推進に必要な電力量

- ・ 運航は出力の40%、出入港は10%とし、船内電力は、10kWと設定した。
- ・ 1日の運航は、2時間(0.5時間×4回)とした。
- ・ 上記の条件に基づく1日の運航に必要な電力量は、約180kWhと推定した。

⇒ 180kWh

➢ バッテリー容量と必要な搭載スペース

- ・ 船内床下スペースにバッテリー配置を検討。
- ・ 充電率・劣化度をそれぞれ約80%と仮定し、300kWhを搭載。

⇒ 300kWh

➢ バッテリー容量と必要な充電時間

- ・ 陸電は、CHAdEMO方式(直流)とし、出力は、約50kW。
- ・ 1日の運航終了後に夜間・専用岸壁で充電。3.5時間程度で満充電可能。

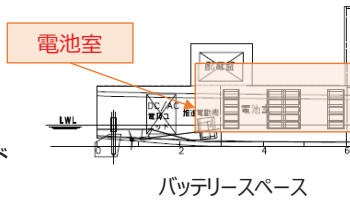
⇒ 180kWh

※ 日中の運航間に充電を実施することにより、運航時間の延長が可能となる。
(充電1時間当たり、約0.5時間の運航時間延長が可能と想定される。)

搭載するバッテリー容量：300kWh

電力調査表 (1日の運航に必要な電力量)

	航海時	出入港時	乗下船時	停泊時
船内電力 [kw]	10	10	10	10
推進 [kw]	64	16	0	0
合計所要電力 [kw]	74	26	10	10
時間/日	2	0.5	1	0.5
小計 [kw]	148	13	10	5
合計所要電力 [kw]	180			



再エネ100%遊覧船 美浜町レイクセンターの概要



陸上電力からの充電

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ 純バッテリー推進 199GT中型旅客船

➢ 船体主要目および関連リスト

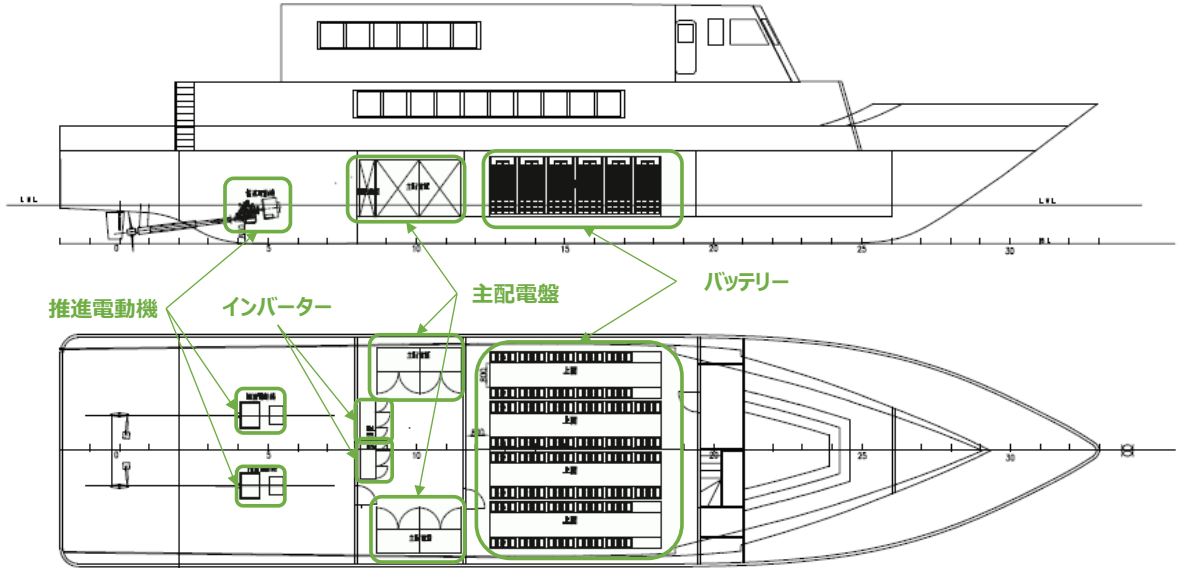


機器区分	主な項目	内容
搭載船舶	船のサイズ (総トン数)	199
	全長 [m]	40.0
	幅 [m]	6.0
	喫水 [m]	1.5
	航行区域	平水
	航続距離 [km]	40
	航行時間 [h]	3
	船員数 [名]	4
バッテリー活用推進システム	推進電動機駆動	
巡行速力 [kn]	7.0	
最高速力 [kn]	10.0	
推進方式		純バッテリー推進
バッテリー活用モード		運航・離着岸を含めた全モード
バッテリー	形式	リチウムイオン電池
	メーカー仕様	東芝(SCiB)、Type3-23 寸法: W190 × D361 × H125 mm、質量: 約15 kg、公称27.6 V、45 Ah、1.242 kWh、電池室漏洩検知器、温度センサー付)
	本船への搭載量	2,000kWh (重量: 約26トン)
推進電動機	出力 [kW]	300
	使用電力	AC 200V
	冷却方式	水冷
	数量 [基]	2
	冷却装置 (空冷/水冷)	水冷

機器区分	主な項目	内容
発電機	出力 [kW]	-
	燃料搭載数 [基]	-
推進システム	方式	ダイレクトドライブ
	数量 [基]	2
配電システム	配電盤	配電盤: なし、遮断装置: インバーター装置に装備
	船内グリッド DC/ACインバーター	DC 400V AC200V:2基、AC100V:1基
	イグニッション電池ユニット	鉛蓄電池(発電機用)
	その他	二系統に別れており、冗長性確保
冷却・熱管理システム	バッテリー室の冷却装置	空冷
監視システム	BMS (電圧・電流・温度)	BMS:10基。セルごとに通信し、熱制御の異常等を監視。船内・陸上の双方で監視可能。
	EMS	2
安全システム	火災探知装置	電池室に漏洩検知器、温度センサーを装備
	遮断装置	インバーター装置に装備
	換気装置	なし
	消火設備	自動拡散型粉末消火器
新造船・既存船への技術適用性		新造船・既存船どちらにも適用可能
陸上給電設備	出力 [kW]	150
	充電方式	陸電受電箱
	接続コネクタ	5芯コード

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査
調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

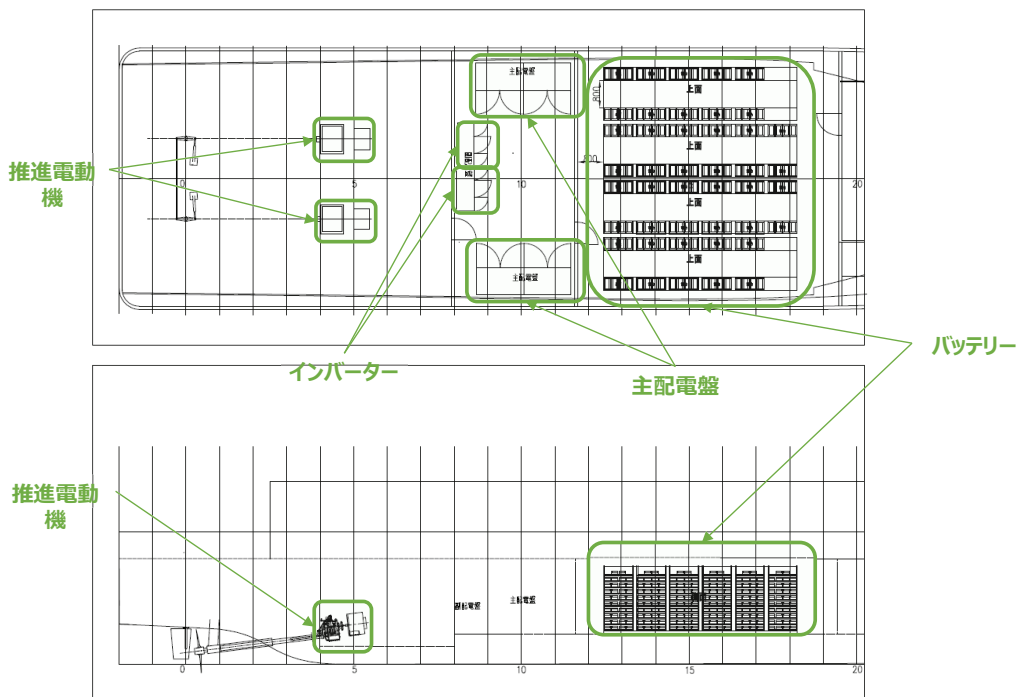
- ① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理
 - 純バッテリー推進 199GT中型旅客船
 - 一般配置図



一般配置図 (船内へのバッテリーの配置)

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査
調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

- ① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理
 - 純バッテリー推進 199GT中型旅客船
 - 機関室配置図



機関室配置図

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

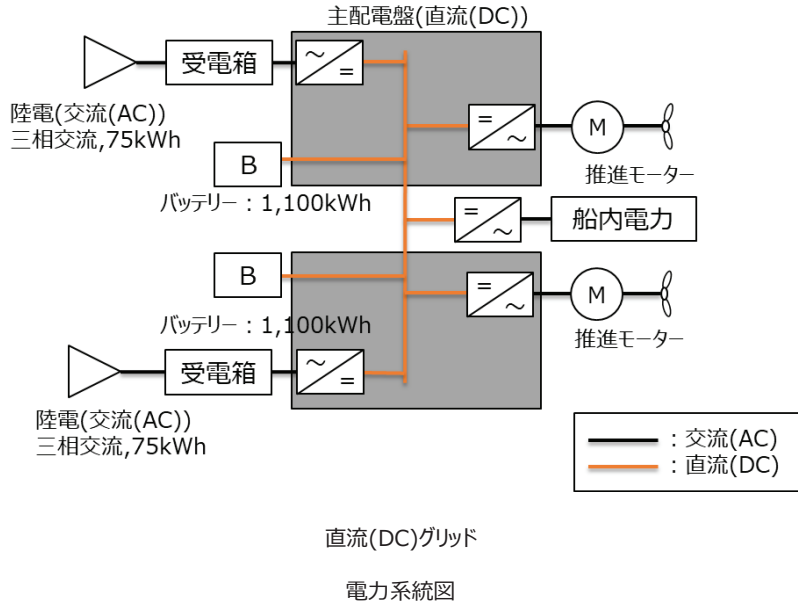
① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ 純バッテリー推進 199GT中型旅客船



➤ 電力系統図

- 主なエネルギーはバッテリー(直流)であり、船内グリッドは、直流(DC)とした。
- 陸上からの電力供給は、三相交流電源440V、125A、2系統を検討。
- 推進電動機および船内電力は交流(AC)であるため、コンバーターを設置。



③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ 純バッテリー推進 199GT中型旅客船



➤ バッテリー容量と推進に必要な電力量

- 運航は出力の40%、出入港は10%とし、船内電力は、100kWと設定した。
- 1日の運航は、3時間(1時間×3回)とした。
- 上記の条件に基づく1日の運航に必要な電力量は、約1,380kWhと推定した。

⇒ 1,280kWh

➤ バッテリー容量と必要な搭載スペース

- 船内床下スペースにバッテリー配置を検討。
- 充電率・劣化度をそれぞれ約80%と仮定し、2,000kWhを搭載

⇒ 2,000kWh

➤ バッテリー容量と必要な充電時間

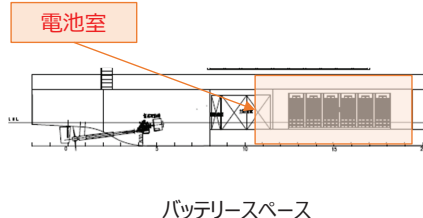
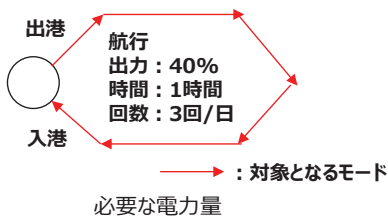
- 陸電の仕様：三相交流440V、125A、2系統と考えると、
 $\sqrt{3} \times 440V \times 125A \times \text{力率}(0.8) \times 2 = \text{約} 150 \text{ [kW]}$
- 1日の運航終了後に夜間・専用岸壁で充電。
- 8.5時間程度で満充電可能。

⇒ 1,280kWh

搭載するバッテリー容量：2,000kWh

電力調査表 (1日の運航に必要な電力量)

	航海時	出入港時	乗下船時	停泊時
船内電力 [kw]	100	100	50	50
推進出力 [kw]	240	60	0	0
合計所要電力 [kw]	340	160	50	50
時間/日	3	1	1	1
小計 [kWh]	1,020	160	50	50
1日当たり消費電力量 [kWh/日]	1,280			



③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 499GT一般貨物船

➢ 船体主要目および関連リスト



機器区分	主な項目	内容
搭載船舶	船のサイズ (総トン数)	499
	全長 [m]	70.0
	幅 [m]	12.5
	喫水 [m]	4.3
	航行区域	沿海 (非国際)
	航続距離 [km]	14
	航行時間 [h]	1
	船員数 [名]	5
	バッテリー活用推進システム	短距離運航・港内
	巡行速度 [kn]	11.5
最高速度 [kn]	12.0	
推進方式		ハイブリッド推進、シリーズ方式
バッテリー活用モード		短距離運航・港内
バッテリー	形式	リチウムイオン電池
	メーカー	東芝 (SCIB), Type3-23
	仕様	寸法: W190 × D361 × H125 mm, 質量: 約15 kg, 公称27.6 V, 45 Ah, 1.242 kWh, 電池室漏洩検知器、温度センサー付)
	本船への搭載量	470kWh (重量: 約6トン)
推進電動機	出力 [kW]	360
	使用電力	AC 440V
	冷却方式	水冷
	数量 [基]	2
	冷却装置 (空冷/水冷)	水冷

機器区分	主な項目	内容
発電機	出力 [kW]	500
	燃料	A重油
	搭載数 [基]	2
推進システム	方式	2基1軸
	数量 [基]	2
配電システム	配電盤	配電盤: 主発電機兼同期盤, 440V給電盤, 集合始動配電盤, 100V給電盤及びDC 24V充放電盤で構成
	船内グリッド	AC 440V
	DC/ACインバーター	AC220V:1基, AC100V:1基
	イグニッション電池ユニット その他	鉛蓄電池(発電機用) 変圧器2基 (AC440Vから220Vおよび100V)
冷却・熱管理システム	バッテリー室の冷却装置	空冷
監視システム	BMS (電圧・電流・温度)	BMS:10基。セルごとに通信し、熱制御の異常等を監視。船内・陸上の双方で監視可能。
	EMS	2
安全システム	火災探知装置	電池室に漏洩検知器、温度センサーを装備
	遮断装置	インバーター装置に装備
	換気装置	なし
	消火設備	自動拡散型粉末消火器
新造船・既存船への技術適用性		新造船・既存船どちらにも適用可能
陸上給電設備	出力 [kW]	150
	充電方式	陸電受電箱
	接続コネクタ	5芯コード

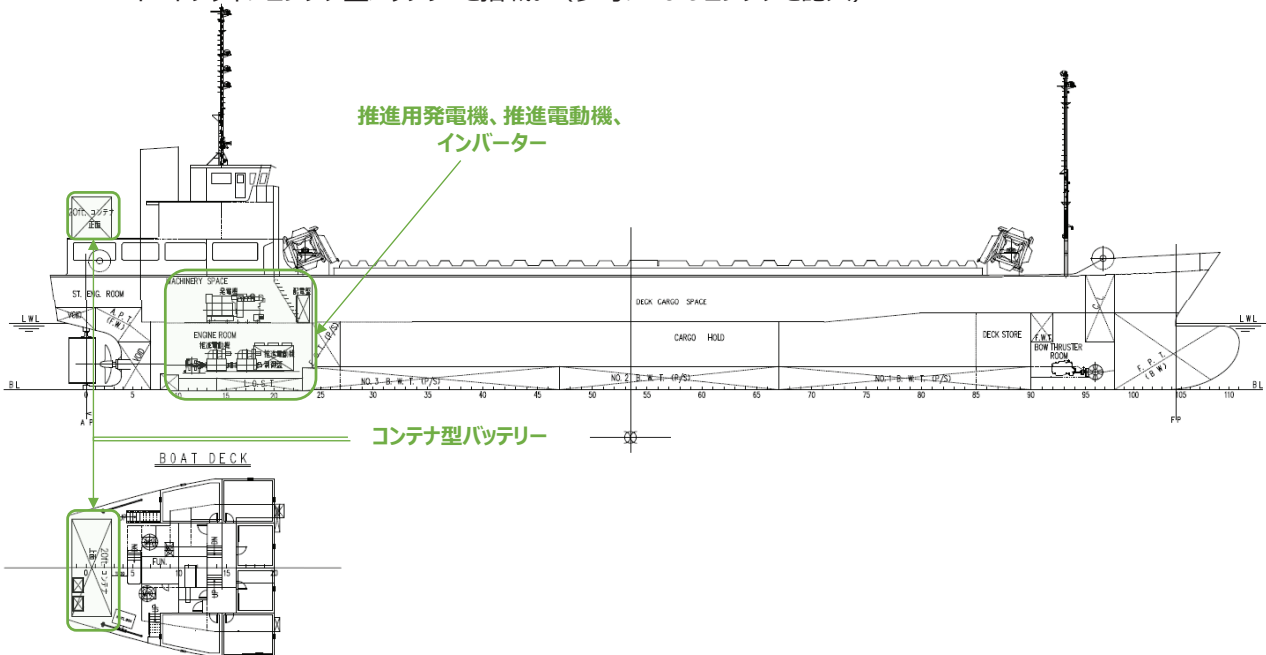
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 499GT一般貨物船

➢ 一般配置図

- ・ 推進電動機は、2基をタンデム型に配置し、同一軸を駆動。
- ・ 推進用発電機、電動機、インバーター、バッテリーを図のように搭載。
- ・ ポートデッキにコンテナ型バッテリーを搭載。(参考に20ft.コンテナを記入)



一般配置図

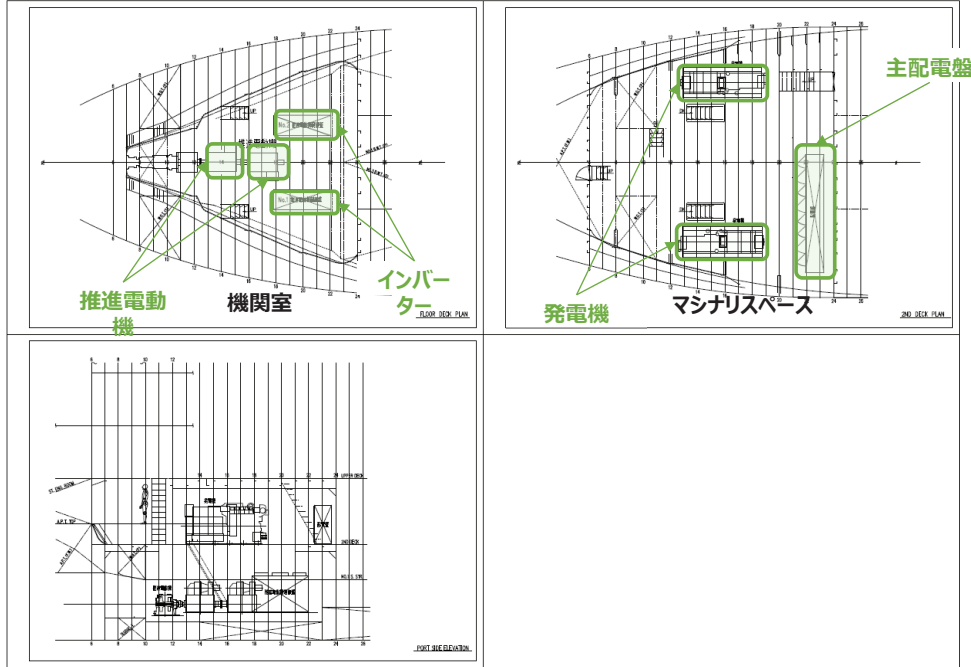
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 499GT一般貨物船

➤ 機関室配置図

- ・ 機関室は、上段をマシナリースペース、下段を機関室とする2段構成とした。電動機およびインバータは下段の機関室に、発電機および配電盤は上段のマシナリースペースに設置する構成とした。



機関室配置図

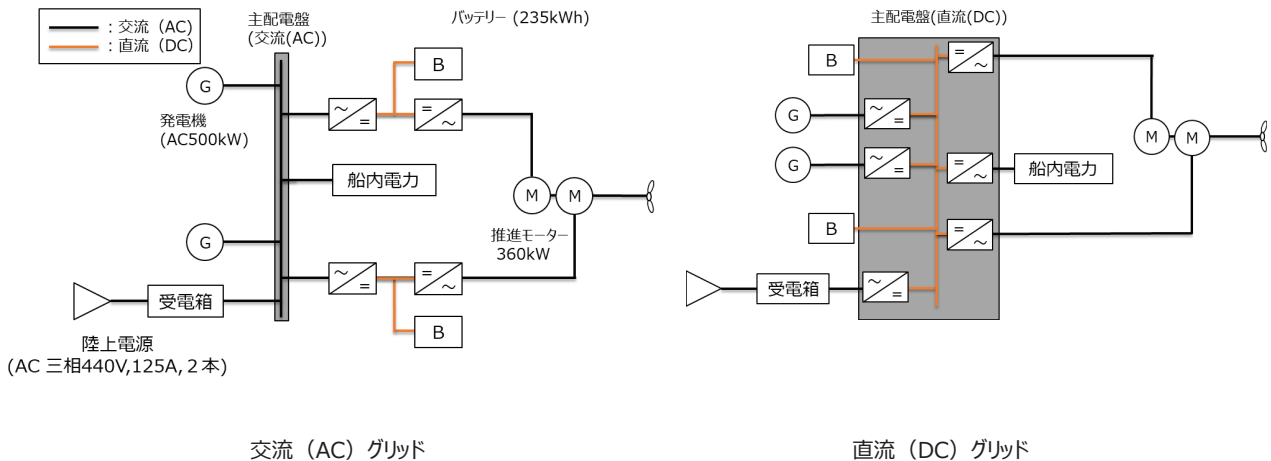
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 499GT一般貨物船

➤ 電力系統図

- ・ 発電機と推進電動機は各2基として船内グリッドを作成。
- ・ ACグリッドを想定しているが、参考としてDCグリッドの概略図を整理。
- ・ ACグリッドにおいて、バッテリーは、推進電動機用のインバーターの中にあるDCリンクに結線。
- ・ DCグリッドでは、主配電盤に直接結線。
- ・ バッテリーは、船内グリッドを通じて陸電より充電する。



電力系統図

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 499GT一般貨物船

➢ バッテリー容量と推進に必要な電力量

- ・ 短距離運航・港内操船を対象とする。
- ・ 1回の入出港に必要な電力量は、推進機出力の40%×0.5時間。
(360kW×2)×40%×0.5時間 ≒ 150 [kWh]
- ・ 1回の航行で入港・出港を各1回行なうものとして、必要な電力量を300kWhと推定。

⇒ 300kWh

➢ バッテリー容量と必要な搭載スペース

- ・ 機関室内への設置は、スペースの関係で難しい為、ポートデッキにコンテナ型バッテリーを2段積みで設置。
- ・ 充電率・劣化度をそれぞれ80%と仮定し、470kWhを搭載。

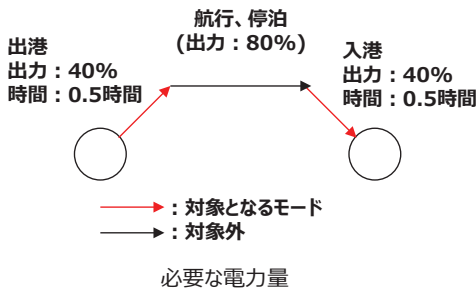
⇒ 470kWh

➢ バッテリー容量と必要な充電時間

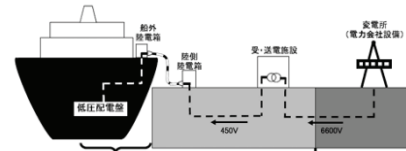
- ・ 陸電の仕様を三相交流440V,125A,2系統とすると1時間当たりの電力は、 $\sqrt{3} \times 440V \times 125A \times \text{力率}(0.8) \times 2 \approx 150$ [kW]
- ・ これにより、荷役中の2時間で満充電にすることが可能。

⇒ 300kWh

搭載するバッテリー容量：470kWh



必要なスペース



陸上電力からの充電

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 499GTタンカー

➢ 船体主要目および関連リスト

機器区分	主な項目	内容
搭載船舶	船のサイズ (総トン数)	499
	全長 [m]	65.0
	幅 [m]	10.0
	喫水 [m]	4.2
	航行区域	沿海 (非国際)
	航続距離 [km]	14
	航行時間 [h]	1
	船員数 [名]	5
推進方式	バッテリー活用推進システム	短距離運航・港内
	巡航速度 [kn]	11.0
	最高速度 [kn]	12.0
推進方式		ハイブリッド推進、シリーズ方式
バッテリー活用モード		短距離運航・港内
バッテリー	形式	リチウムイオン電池
	メーカー	東芝 (SCiB)、Type3-23
	仕様	寸法: W190 × D361 × H125 mm、質量: 約15 kg、公称27.6 V、45 Ah、1.242 kWh、電池室漏洩検知器、温度センサ付)
	本船への搭載量	470kWh (重量: 約6トン)
推進電動機	出力 [kW]	360
	使用電力	AC 440V
	冷却方式	水冷
	数量 [基]	2
	冷却装置 (空冷/水冷)	水冷

機器区分	主な項目	内容
発電機	出力 [kW]	500
	燃料	A重油
	搭載数 [基]	2
推進システム	方式	2基1軸
	数量 [基]	2
配電システム	配電盤	配電盤: 主発電機兼同期盤, 440V給電盤, 集合始動配電器, 100V給電盤及びDC 24V充電電盤で構成
	船内グリッド	AC 440V
	DC/ACインバーター	AC220V:1基、AC100V:1基
	イグニッション電池ユニット	鉛蓄電池(発電機用)
	その他	変圧器2基 (AC440Vから220Vおよび100V)
冷却・熱管理システム	バッテリー室の冷却装置	空冷
監視システム	BMS (電圧・電流・温度)	BMS:10基。セルごとに通信し、熱制御の異常等を監視。船内・陸上の双方で監視可能。
	EMS	
安全システム	火災探知装置	電池室に漏洩検知器、温度センサを装備
	遮断装置	インバーター装置に装備
	換気装置	なし
	消火設備	自動拡散型粉末消火器
新造船・既存船への技術適用性		新造船・既存船どちらにも適用可能
陸上給電設備	出力 [kW]	150
	充電方式	陸電受電箱
	接続コネクタ	5芯コード

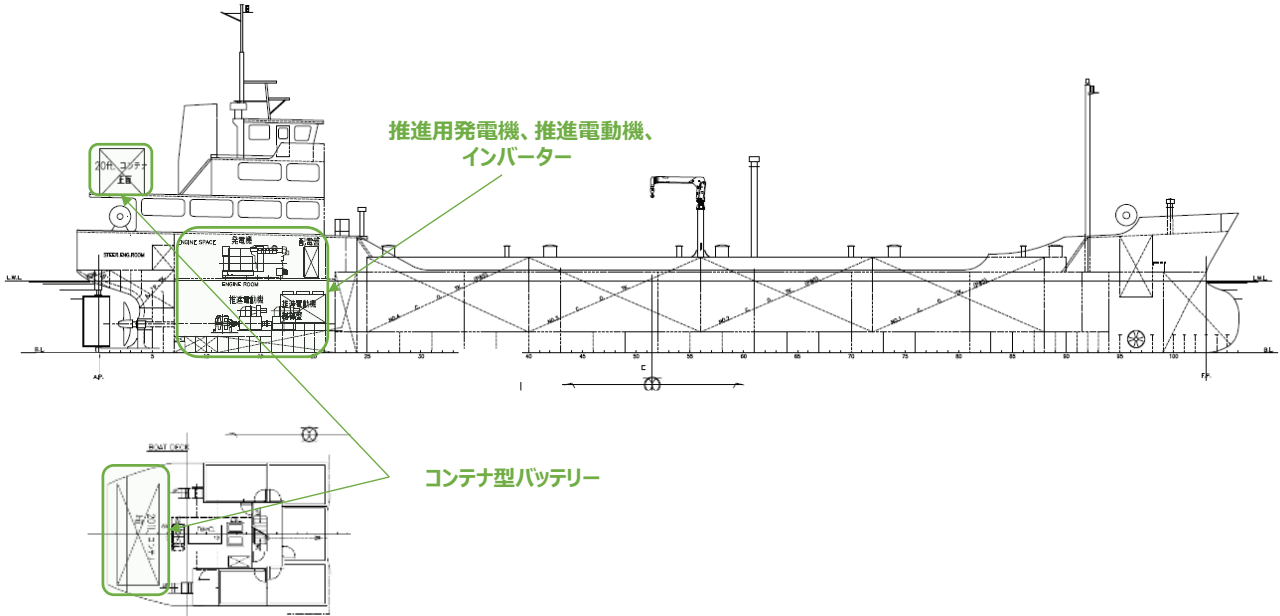
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 499GTタンカー

➢ 一般配置図

- ・ コンセプトモデルの一般配置図を示す。
- ・ 推進電動機は、2基をタンデム型に配置し、同一軸を駆動。
- ・ 推進用発電機、電動機、インバーター、バッテリーを図のように搭載。
- ・ ポートデッキにコンテナ型バッテリーを搭載。(参考に20ft.コンテナを記入)



一般配置図

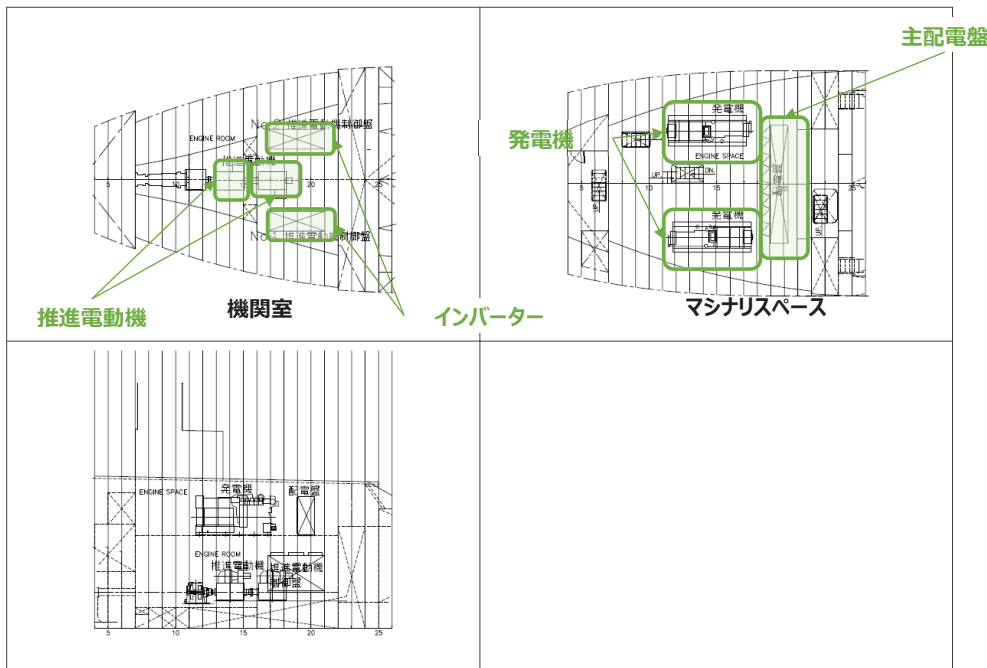
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 499GTタンカー

➢ 機関室配置図

- ・ 機関室は、上段をマシナリースペース、下段を機関室とする2段構成とした。電動機およびインバータは下段の機関室に、発電機および配電盤は上段のマシナリースペースに設置する構成とした。



機関室配置図

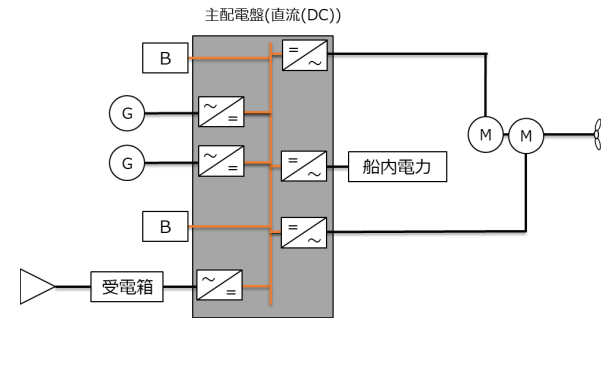
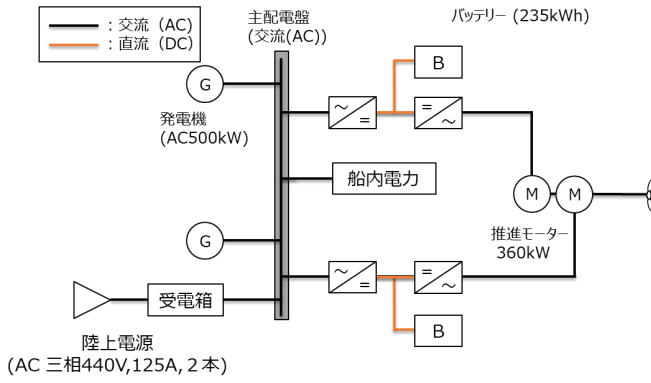
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 499GTタンカー

➢ 電力系統図

- ・ 発電機と推進機は各2基として船内グリッドを作成。
- ・ ACグリッドを想定しているが、参考としてDCグリッドの概略図を整理。
- ・ ACグリッドにおいて、バッテリーは、推進電動機用のインバーターの中にあるDCリンクに結線。
- ・ DCグリッドでは、主配電盤に直接結線。
- ・ バッテリーは、船内グリッドを通じて陸電より充電する。



交流 (AC) グリッド

直流 (DC) グリッド

電力系統図

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 499GTタンカー

➢ バッテリー容量と推進に必要な電力量

- ・ 短距離離港・港内操船を対象とする。
- ・ 1回の入出港に必要な電力量は、推進機出力の40%×0.5時間。
(360kW×2)×40%×0.5時間 ≒ 150 [kWh]
- ・ 1回の航行で入港・出港を各1回行なうものとして、必要な電力量を300kWhと推定。

⇒ 300kWh

➢ バッテリー容量と必要な搭載スペース

- ・ 機関室内への設置は、スペースの関係で難しい為、
- ・ ポートデッキにコンテナ型バッテリーを2段積みで設置。
- ・ 充電率・劣化度をそれぞれ80%と仮定し、470kWhを搭載。

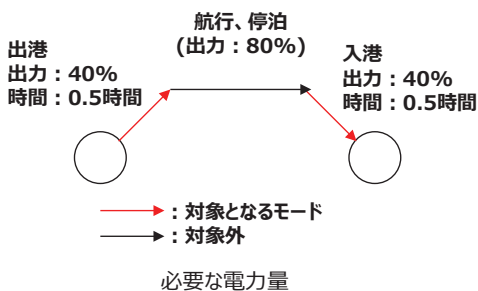
⇒ 470kWh

➢ バッテリー容量と必要な充電時間

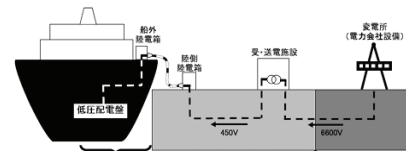
- ・ 陸電の仕様を三相交流440V,125A,2系統とすると1時間当たりの電力は、
 $\sqrt{3} \times 440V \times 125A \times \text{力率}(0.8) \times 2 \approx 150$ [kW]
- ・ これにより、約2時間で満充電にすることが可能。

⇒ 300kWh

搭載するバッテリー容量：470kWh



必要な電力量



陸上電力からの充電

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 749GTセメント船

➢ 船体主要目および関連リスト



機器区分	主な項目	内容
搭載船舶	船のサイズ (総トン数)	749
	全長 [m]	75.0
	幅 [m]	14.0
	喫水 [m]	4.5
	航行区域	沿海 (非国際)
	航続距離 [km]	14
	航行時間 [h]	1
	船員数 [名]	7
	バッテリー活用推進システム	短距離運航・港内
	巡航速度 [kn]	12.5
最高速度 [kn]	13.0	
推進方式		ハイブリッド推進、シリーズ方式
バッテリー活用モード		短距離運航・港内
バッテリー	形式	リチウムイオン電池
	メーカー	東芝 (SCIB), Type3-23
	仕様	寸法: W190 × D361 × H125 mm, 質量: 約15 kg, 公称27.6 V, 45 Ah, 1.242 kWh, 電池室漏洩検知器、温度センサ付
	本船への搭載量	570kWh (重量: 約7トン)
推進電動機	出力 [kW]	900
	使用電力	AC 440V
	冷却方式	水冷
	数量 [基]	2
	冷却装置 (空冷/水冷)	水冷

機器区分	主な項目	内容
発電機	出力 [kW]	800
	燃料	A重油
推進システム	搭載数 [基]	3
	その他	-
	方式	2基2軸
配電システム	数量 [基]	2
	配電盤	配電盤: 主発電機兼同期盤, 440V給電盤, 集合始動配電盤, 100V給電盤及びDC 24V充放電盤で構成
船内グリッド	DC/ACインバーター	AC 440V
		AC220V:1基, AC100V:1基
	イグニッション電池ユニット	鉛蓄電池(発電機用)
安全システム	その他	変圧器2基 (AC440Vから220Vおよび100V)
	バッテリー室の冷却装置	空冷
監視システム	BMS (電圧・電流・温度)	BMS:10基。セルごとに通信し、熱制御の異常等を監視。船内・陸上の双方で監視可能。
安全システム	EMS	2
	火災探知装置	電池室に漏洩検知器、温度センサーを装備
	遮断装置	インバーター装置に装備
	換気装置	なし
新造船・既存船への技術適用性	消火設備	自動拡散型粉末消火器
		新造船・既存船どちらにも適用可能
陸上給電設備	出力 [kW]	150
	充電方式	陸電受電箱
	接続コネクタ	5芯コード

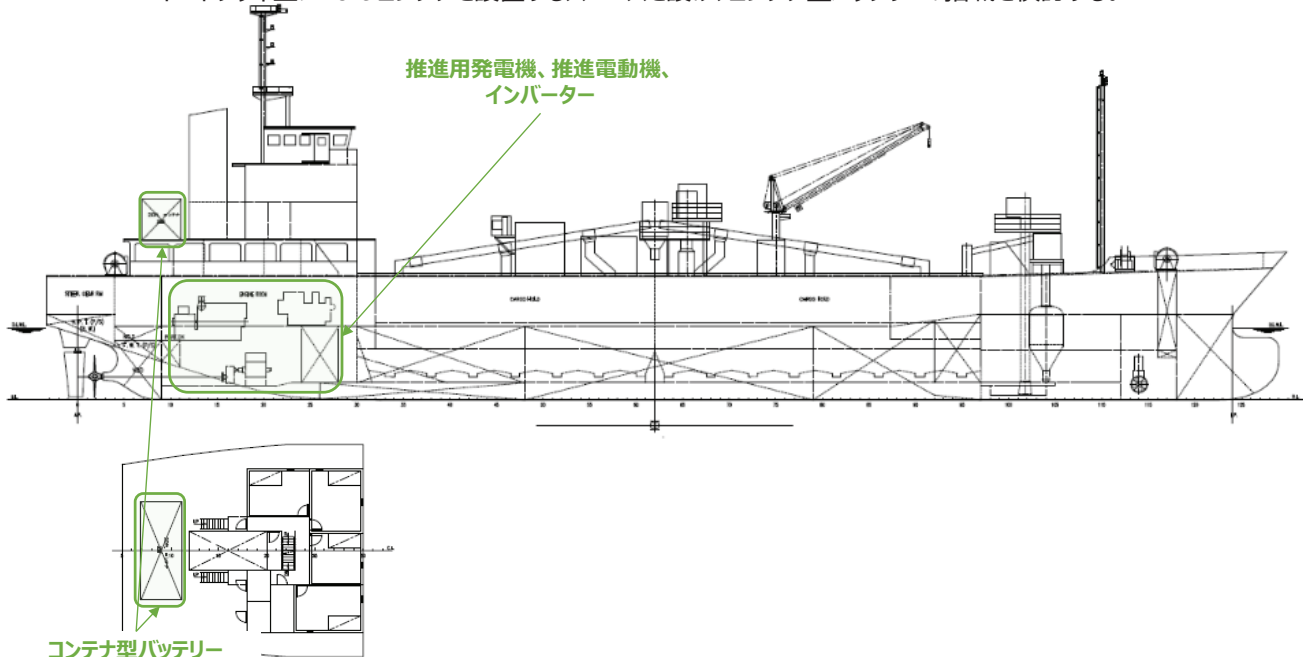
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 749GTセメント船

➢ 一般配置図

- ・ コンセプトモデルの一般配置図を示す。本船は、2基2軸のシリーズ方式とする。
- ・ 推進用発電機を3基、推進電動機を2基およびインバーターを搭載。
- ・ ポートデッキ上に20ft.コンテナを設置するスペースを設け、コンテナ型バッテリーの搭載を検討する。



一般配置図

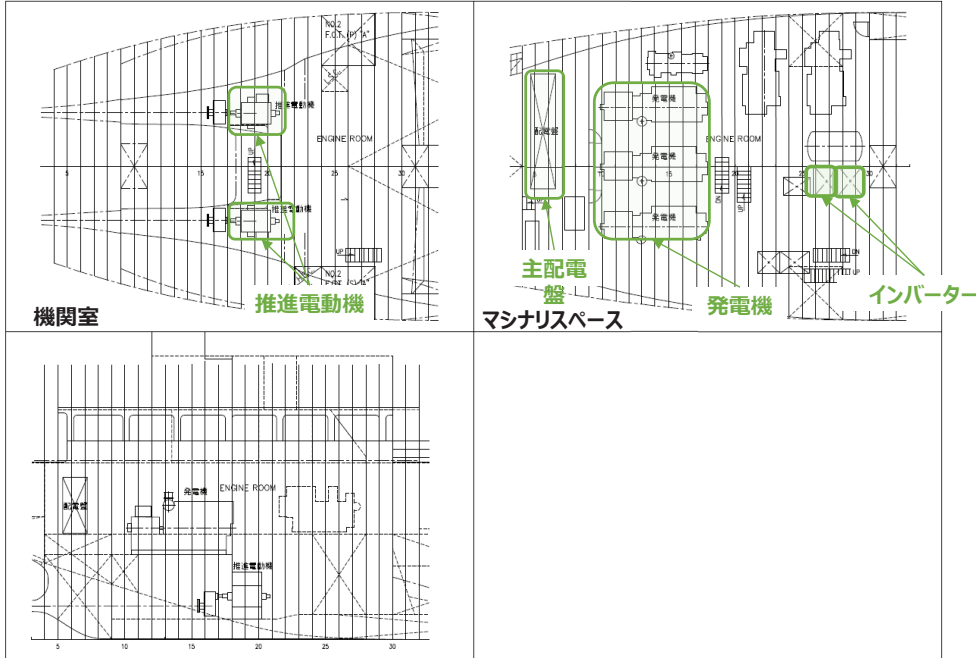
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 749GTセメント船

➤ 機関室配置図

- 機関室は、上段をマシナリースペース、下段を機関室とする2段構成とした。電動機およびインバータは下段の機関室に、発電機および配電盤は上段のマシナリースペースに設置する構成とした。



機関室配置図

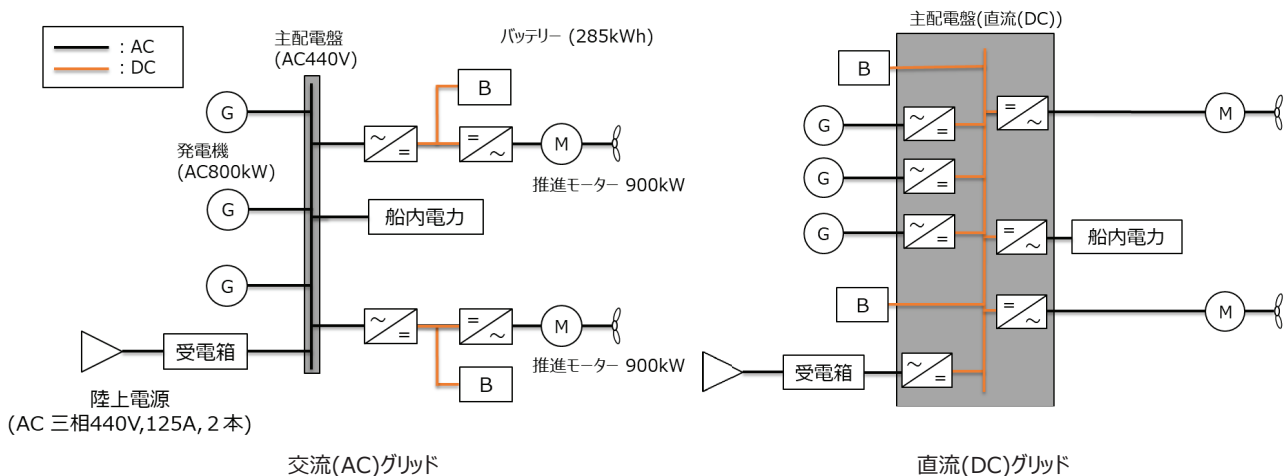
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 749GTセメント船

➤ 電力系統図

- 発電機3基、推進機2基として船内グリッドを作成。
- ACグリッドを想定しているが、参考としてDCグリッドについても概略図を整理。
- ACグリッドにおいて、バッテリーは、推進機用のインバーターの中にあるDCリンクに結線することを検討。
- DCグリッドでは、主配電盤に直接結線。
- バッテリーは、船内グリッドを通じて陸電より充電する。



電力系統図

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 749GTセメント船

➢ バッテリー容量と推進に必要な電力量

- セメント船の推進出力を電動機出力の50%と想定。
- 1回の入出港に必要な電力量は、推進出力の40%×0.5時間。
(900kW×50%×2)×40%×0.5時間 ≒ 180 [kWh]
- 1回の航行で入港・出港を各1回行なうとして、必要な電力量を360kWhと推定。

⇒ 360kWh

➢ バッテリー容量と必要な搭載スペース

- 機関室内への設置は、スペースの関係で難しい。ポートデッキにコンテナ型バッテリーを設置。
- 充電率・劣化度をそれぞれ80%と仮定し、570kWhを搭載。
- ミライバッテリー（6ft.コンテナ2基）を2段積みして、570kWhを搭載。

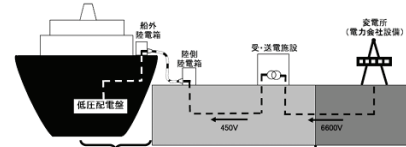
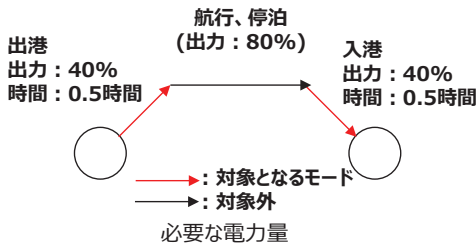
⇒ 570kWh

➢ バッテリー容量と必要な充電時間

- 陸電の仕様：三相交流440V,125A、2系統と考えると、
√3×440V×125A×力率(0.8)×2=約150 [kW]
- 荷役装置の能力は、積荷：1000t/h 揚荷：200～400t/hであり、
- DWTが約2200tより、積荷は約3時間、揚荷は約6時間程度と想定。
- よって、約2.2時間で満充電が可能。

⇒ 360kWh

搭載するバッテリー容量：570kWh



③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 999GTタンカー

➢ 船体主要目および関連リスト



機器区分	主な項目	内容
搭載船舶	船のサイズ (総トン数)	999
	全長 [m]	80.0
	幅 [m]	12.0
	喫水 [m]	5.0
	航行区域	沿海 (非国際)
	航続距離 [km]	14
	航行時間 [h]	1
	船員数 [名]	11
	バッテリー活用推進システム	短距離運航・港内
	巡行速度 [kn]	12.5
最高速度 [kn]	13.0	
推進方式		ハイブリッド推進、シリーズ方式
バッテリー活用モード		短距離運航・港内
バッテリー	形式	リチウムイオン電池
	メーカー	東芝 (SCiB)、Type3-23
	仕様	寸法：W190 × D361 × H125 mm、質量：約15 kg、公称27.6 V、45 Ah、1.242 kWh、電池室漏洩検知器、温度センサ付
	本船への搭載量	1,070kWh (重量：約14トン)
推進電動機	出力 [kW]	850
	使用電力	AC 440V
	冷却方式	水冷
	数量 [基]	2
	冷却装置 (空冷/水冷)	水冷

機器区分	主な項目	内容	
発電機	出力 [kW]	800	
	燃料	A重油	
	搭載数 [基]	3	
推進システム	方式	2基2軸	
	数量 [基]	2	
配電システム	配電盤	配電盤：主発電機兼同期盤、440V給電盤、集合始動配電盤、100V給電盤及びDC 24V充電電盤で構成	
	船内グリッド	AC 440V	
	DC/ACインバーター	AC220V:1基、AC100V:1基	
	イグニッション電池ユニット	鉛蓄電池(発電機用)	
	その他	変圧器2基 (AC440Vから220Vおよび100V)	
	冷却・熱管理システム	バッテリー室の冷却装置	空冷
	監視システム	BMS (電圧・電流・温度)	BMS:10基。セルごとに通信し、熱制御の異常等を監視。船内・陸上の双方で監視可能。
		EMS	2
	安全システム	火災探知装置	電池室に漏洩検知器、温度センサを装備
		遮断装置	インバーター装置に装備
換気装置		なし	
消火設備		自動拡散型粉末消火器	
新造船・既存船への技術適用性		新造船・既存船どちらにも適用可能	
陸上給電設備	出力 [kW]	150	
	充電方式	陸電受電箱	
	接続コネクタ	5芯コード	

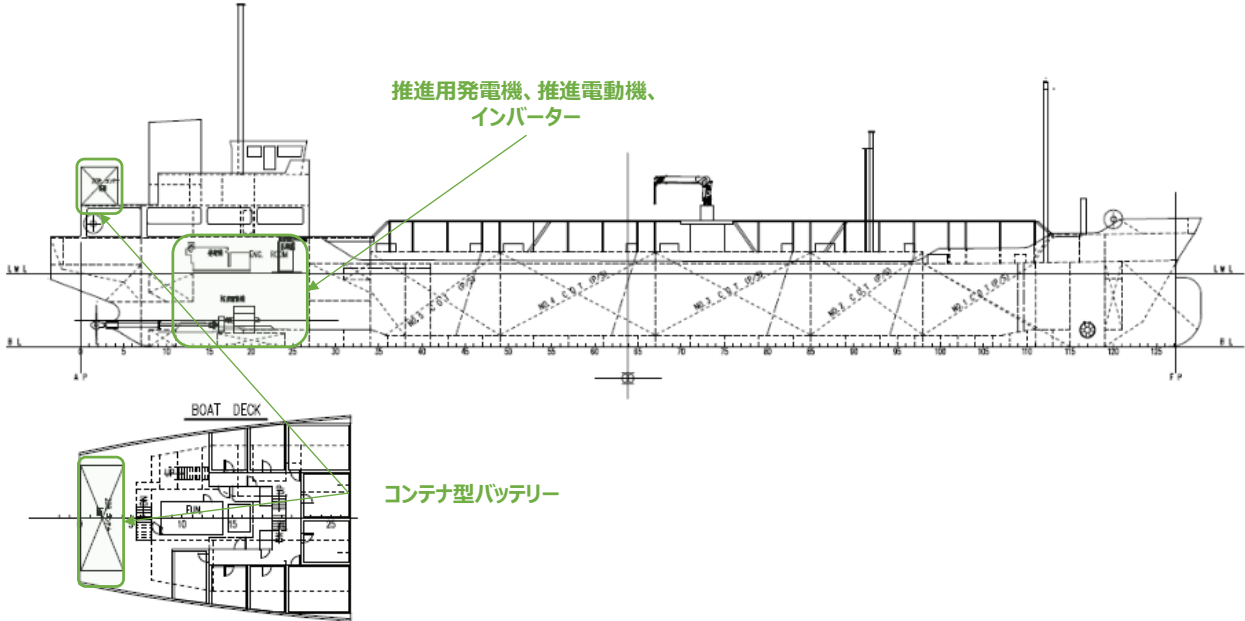
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 999GTタンカー

➢ 一般配置図

- ・ コンセプトモデルの一般配置図を示す。本船は、2基2軸のシリーズ方式とする。
- ・ 推進用発電機を3基、推進電動機を2基およびインバーターを搭載。
- ・ ポートデッキ上に20ft.コンテナを設置するスペースを設け、コンテナ型バッテリーの搭載を検討。



一般配置図

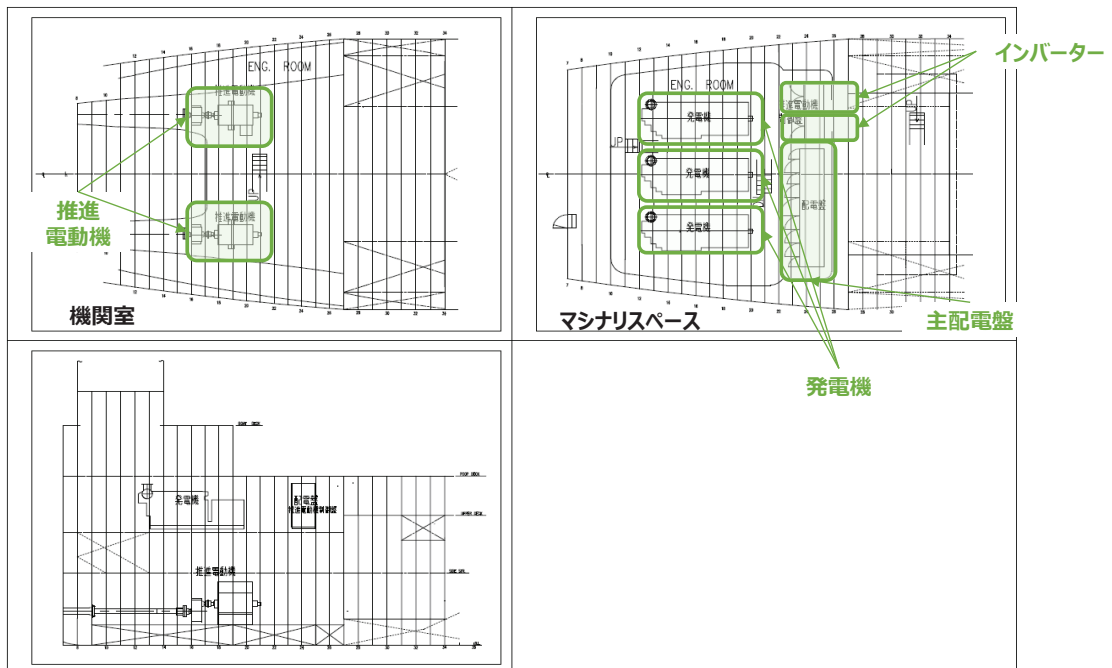
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 999GTタンカー

➢ 機関室配置図

- ・ 機関室は、上段をマシナリースペース、下段を機関室とする2段構成とした。電動機およびインバーターは下段の機関室に、発電機および配電盤は上段のマシナリースペースに設置する構成とした。



機関室配置図

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

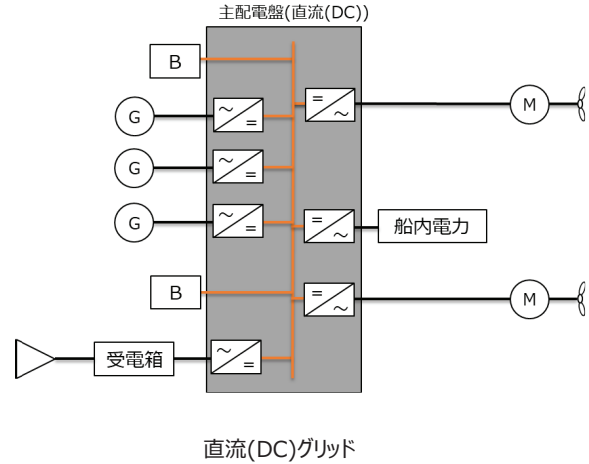
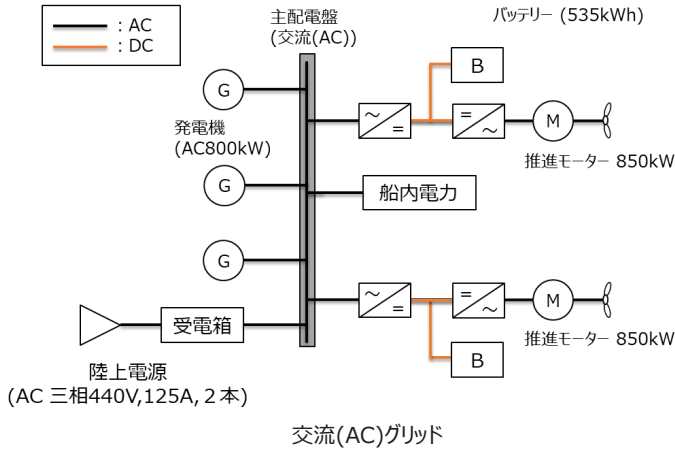
① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 999GTタンカー



➢ 電力系統図

- ・ 発電機 3 基、推進機2基として船内グリッドを作成。
- ・ ACグリッドを想定しているが、参考としてDCグリッドについても概略図を整理。
- ・ ACグリッドにおいて、バッテリーは、推進機用のインバーターの中にあるDCリンクに結線することを検討。
- ・ DCグリッドでは、主配電盤に直接結線。
- ・ バッテリーは、船内グリッドを通じて陸電より充電する。



電力系統図

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 999GTタンカー



➢ バッテリー容量と推進に必要な電力量

- ・ 短距離運航・港内操船を対象とする。
- ・ 1回の入出港に必要な電力量は、推進機出力の40%×0.5時間。
(850kW×2)×40%×0.5時間 ≒ 340 [kWh]
- ・ 1回の航行で入港・出港を各1回行なうものとして、必要な電力量を680kWhと推定。

⇒ 680kWh

➢ バッテリー容量と必要な搭載スペース

- ・ 機関室内への設置は、スペースの関係で難しい。
- ・ ポートデッキにコンテナ型バッテリーを設置。
- ・ 充電率・劣化度をそれぞれ80%と仮定し、1,070kWhを搭載。

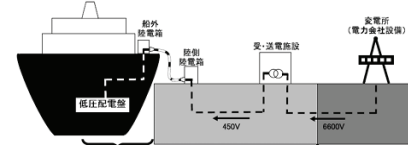
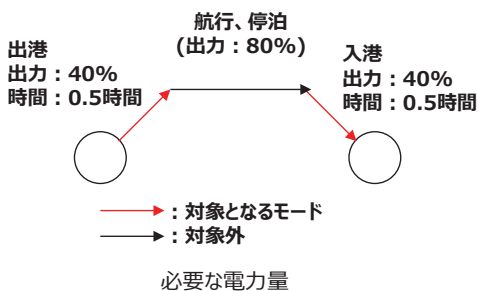
⇒ 1,070kWh

➢ バッテリー容量と必要な充電時間

- ・ 陸電の仕様を三相交流440V,125A,2系統とすると1時間当たりの電力は、
 $\sqrt{3} \times 440V \times 125A \times \text{力率}(0.8) \times 2 \approx 150$ [kW]
- ・ これにより、約4.5時間で満充電にすることが可能。

⇒ 680kWh

搭載するバッテリー容量：1,070kWh



陸上電力からの充電

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

- ハイブリッド推進 5,000GTセメント船
- 船体主要目および関連リスト



機器区分	主な項目	内容
搭載船舶	船のサイズ (総トン数)	5000
	全長 [m]	115.0
	幅 [m]	18.0
	喫水 [m]	7.0
	航行区域	沿海 (非国際)
	航続距離 [km]	14
	航行時間 [h]	1
	船員数 [名]	11
	バッテリー活用推進システム	短距離運航・港内
	巡行速力 [kn]	13.0
最高速力 [kn]	14.0	
推進方式		ハイブリッド推進、パラレル方式
バッテリー活用モード		短距離運航・港内
バッテリー	形式	リチウムイオン電池
	メーカー	東芝 (SCiB), Type3-23
	仕様	寸法: W190 × D361 × H125 mm, 質量: 約15 kg, 公称27.6 V, 45 Ah, 1.242 kWh, 電池室漏洩検知器、温度センサ付
	本船への搭載量	750kWh (重量: 約10トン)
推進電動機	出力 [kW]	600
	使用電力	AC 440V
	冷却方式	水冷
	数量 [基]	1
	冷却装置 (空冷/水冷)	水冷

機器区分	主な項目	内容
発電機	出力 [kW]	1500
	燃料	A重油
	搭載数 [基]	3
推進システム	方式	FPP
	数量 [基]	1
配電システム	配電盤	配電盤: 主発電機盤兼同期盤, 440V給電盤, 集合始動配電盤, 100V給電盤及びDC 24V充放電盤で構成
	船内グリッド	AC 440V
	DC/ACインバーター	AC220V:1基, AC100V:1基
	イグニッション電池ユニット その他	鉛蓄電池(発電機用) 変圧器2基 (AC440Vから220Vおよび100V)
冷却・熱管理システム	バッテリー室の冷却装置	空冷
監視システム	BMS (電圧・電流・温度)	BMS:10基。セルごとに通信し、熱制御の異常等を監視。船内・陸上の双方で監視可能。
	EMS	
安全システム	火災探知装置	2 電池室に漏洩検知器、温度センサを装備
	遮断装置	インバーター装置に装備
	換気装置	なし
	消火設備	自動拡散型粉末消火器
新造船・既存船への技術適用性		新造船・既存船どちらにも適用可能
陸上給電設備	出力 [kW]	150
	充電方式	陸電受電箱
	接続コネクタ	5芯コード

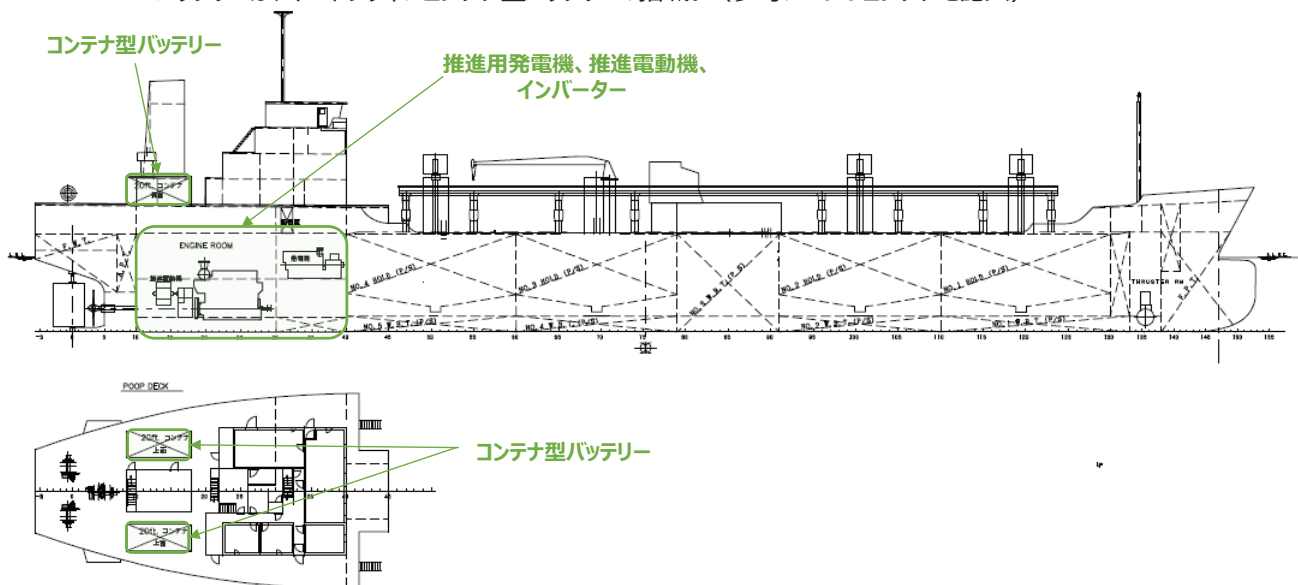
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

- ハイブリッド推進 5,000GTセメント船
- 一般配置図



- パラレル方式で電化したコンセプト船の例を一般配置図と機関室配置図で示す。
- 主機関の減速機に推進用電動機を設置し、推進用発電機、電動機、インバーター、バッテリーを搭載。
- 港内で推進する際に切り替えて利用。
- バッテリーは、ポートデッキにコンテナ型バッテリーの搭載。(参考に20ft.コンテナを記入)



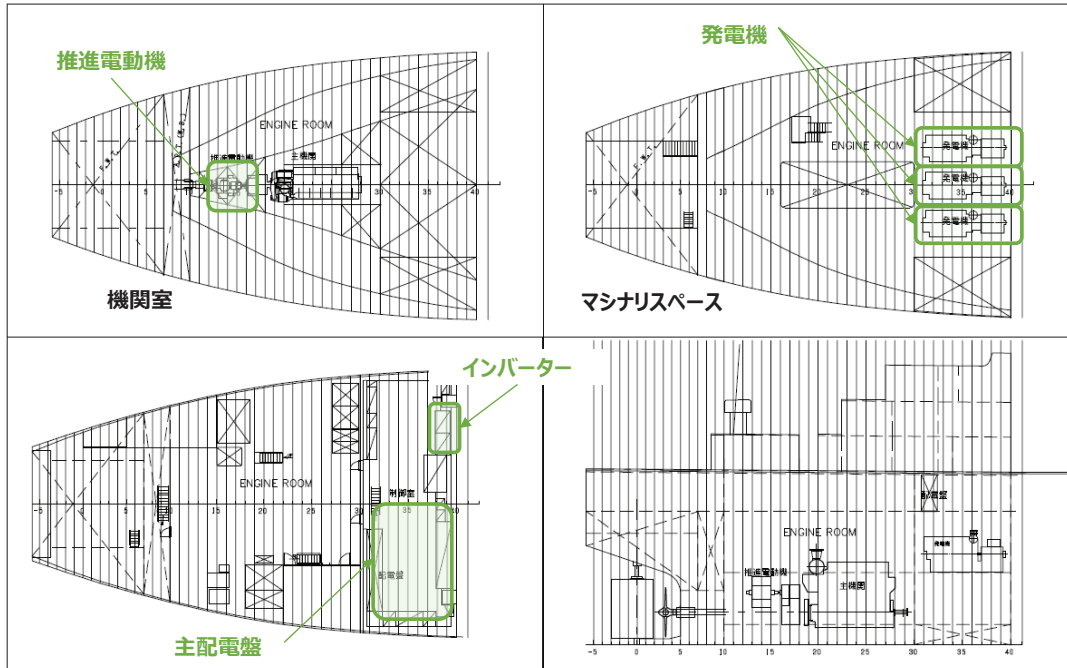
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 5,000GTセメント船

➤ 機関室配置図

- ・ 電動機(1台)、インバーターを搭載。
- ・ 主に主機による推進とし、電動機は短距離航行に使用する。



機関室配置図

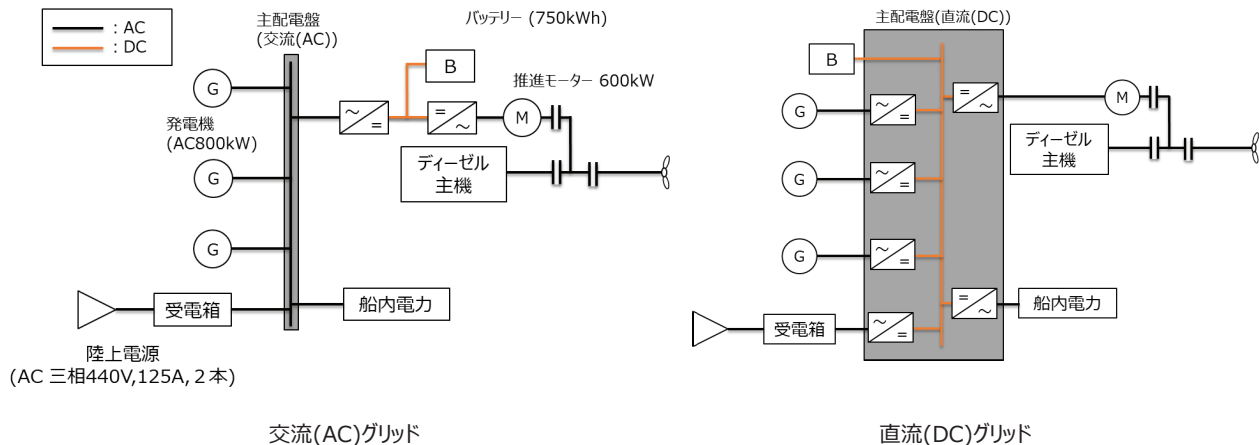
③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 5,000GTセメント船

➤ 電力系統図

- ・ 本船は、パラレル方式として、バッテリー電力を用いて1基の推進電動機を駆動する構成の考え方を整理した。
- ・ ACグリッドを想定しているが、参考としてDCグリッドの概略図を整理。
- ・ ACグリッドにおいて、バッテリーは、推進機用のインバーターの中にあるDCリンクに結線することを検討。
- ・ DCグリッドでは、バッテリーは主配電盤に結線することを検討。
- ・ バッテリーは、船内グリッドを通じて陸電より充電。



電力系統図

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

① コンセプトモデル船の機器のスペック、寸法等に関する整理

□ ハイブリッド推進 5,000GTセメント船

➢ バッテリー容量と推進に必要な電力量

- 短距離運航・港内操船を対象とする。
- 1回の入出港に必要な電力量は、推進電動機出力の80%×0.5時間。
 $600kW \times 80\% \times 0.5時間 \approx 240 [kWh]$
- 1回の航行で入港・出港を各1回行なうとして、必要な電力量を480kWhと推定。

⇒ 480kWh

➢ バッテリー容量と必要な搭載スペース

- ポートデッキにコンテナ型バッテリーを2段積みで設置。
- 充電率・劣化度をそれぞれ80%と仮定し、750kWhを搭載。

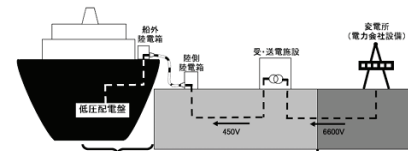
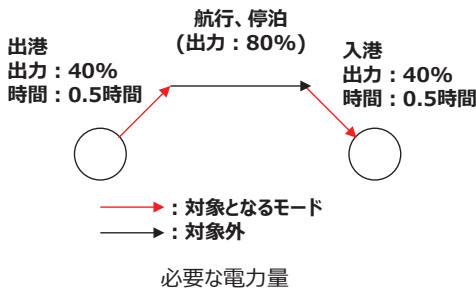
⇒ 750kWh

➢ バッテリー容量と必要な充電時間

- 陸電の仕様を三相交流440V,125A,2系統とすると1時間当たりの電力は、
 $\sqrt{3} \times 440V \times 125A \times 力率(0.8) \times 2 \approx 約150 [kW]$
- これにより、荷役中の3.2時間で満充電にすることが可能。

⇒ 480kWh

搭載するバッテリー容量：750kWh



③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

② コンセプトモデル船の機器の費用に関する整理

- 純バッテリー推進化・ハイブリッド推進化に伴う通常の船価に対する建造コスト上昇分を試算（国土交通省が公表の「連携型省エネ船のコンセプト検討例」で示される建造コスト上昇分と同じ）。
- 船種・サイズにより異なるが、20%～185%の範囲で建造コストが上昇。小型船ほど機器コストの比率が高くなり、上昇率が大きくなる傾向が見られる。

純バッテリー推進

ハイブリッド推進

	20GT未満 小型旅客船	199GT 中型旅客船	499GT 一般貨物船	499GT タンカー	749GT セメント船	999GT タンカー	5000GT セメント船
総トン数 [GT]	17	199	499	499	749	999	5000
載貨重量 [t]	-	-	1700	1200	2200	2300	7500
航行区域	平水	平水	沿海	沿海	沿海	沿海	沿海
L×B×d [m]	18×4×1.0	40×6×1.5	70×12.5×4.3	65×10×4.2	75×14×4.5	80×12×5.0	115×18×7.0
速度 [kn]	4.0	7.0	11.5	11.0	12.5	12.5	13.0
主機関出力 [kW]	80×2	250×2	735	735	1,618	1,618	3,300
バッテリー活用 電気推進システム	純バッテリー推進	純バッテリー推進	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (シリーズ方式)	ハイブリッド推進 (パラレル方式)
バッテリー活用 モード	運航・港内	運航・港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内	短距離運航・ 港内
バッテリー容量 [kWh]	300	2,000	470	470	570	1,070	750
推進方式	2基2軸	2基2軸	2基1軸(直列)	2基1軸(直列)	2基2軸	2基2軸	1基1軸
発電機 [kW]	-	-	500kW×2	500kW×2	800kW×3	800kW×3	1500kW×3
推進機 [kW]	80kW×2	300kW×2	360kW×2	360kW×2	900kW×2	850kW×2	600kW×1
建造コスト上昇分	約80～145% アップ	約70%～ 185%アップ	約30%～95% アップ	約30%～80% アップ	約25%～70% アップ	約30%～90% アップ	約20%～60% アップ

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

② コンセプトモデル船の機器の費用に関する整理

□ 船価に対する建造コスト上昇分の試算方法

① 試算対象

- 国土交通省が公表の「連携型省エネ船のコンセプト検討例」の省エネ技術の導入例の技術分類に従い(a)電気推進・(b)ハイブリッド推進で分類し、(c)電池推進を追加。各技術は排他関係にあるとして、次の機器で構成。
 - (a)電気推進 : 推進電動機・発電機、配電システム等(注)
 - (b)ハイブリッド推進 : バッテリー、冷却・熱管理・監視・安全システム、陸上給電+(a)
 - (c)電池推進 : バッテリー、冷却・熱管理・監視・安全システム、陸上給電+(a)-推進用発電機
- (注)プロペラ等の推進システムは試算対象から除外
- 「連携型省エネ船のコンセプト検討例」と同様に建造コスト(CAPEX)を対象とし、運用コスト(OPEX)は除外。

② 試算方法

- ハイブリッド推進船 [建造コスト上昇率] = [コスト(b)ハイブリッド推進コスト] ÷ [通常の船価(ディーゼル推進)]
- 純バッテリー船 [建造コスト上昇率] = [コスト(c)電池推進コスト] ÷ [通常の船価(ディーゼル推進)]

③ 個別コスト

船価(通常の船価)

- 国土交通省が公表の「連携型省エネ船のコンセプト検討例」の建造コスト上昇率の試算で使用した値を使用。

(a)電気推進

- これまで建造された電気推進船の実績から算定。

(b)ハイブリッド推進・(c)電池推進

- 機器メーカーへのヒアリングから算定。
- コストの大半を占めるバッテリーとインバータについては、鉄道・運輸機構の調査結果(内航船におけるバッテリー技術活用の調査)を活用。

1kWhあたりのバッテリーの価格と1kWあたりのインバーターの価格

	1kWhあたりのバッテリーの価格 [百万円]	1kWあたりのインバーターの価格 [百万円]
標準価格	0.080	0.25
最高価格	0.200	0.50

4. バッテリー利用のコンセプト検討

(注) 400GT 2,000GT 推進用発電機、推進電動機、インバータ、配電システム等(注)

(注) 推進用発電機、推進電動機、インバータ、配電システム等(注)

(注) 推進用発電機、推進電動機、インバータ、配電システム等(注)

(注) 推進用発電機、推進電動機、インバータ、配電システム等(注)

(注) 推進用発電機、推進電動機、インバータ、配電システム等(注)

(注) 推進用発電機、推進電動機、インバータ、配電システム等(注)

(注) 推進用発電機、推進電動機、インバータ、配電システム等(注)

(注) 推進用発電機、推進電動機、インバータ、配電システム等(注)

内航船におけるバッテリー技術活用の調査, 令和6年度鉄道建設・運輸機構調査研究, 2025.3

③ 中小型船のバッテリー活用を見据えた電化の技術調査 調査(4)機器のスペック、寸法、費用等の整理

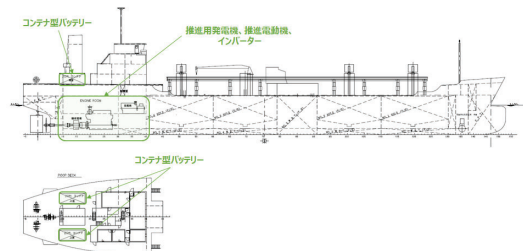
② コンセプトモデル船の機器の費用に関する整理

□ 参考情報: アシスト方式ハイブリッド推進船の費用

- アシスト方式(軸発)は調査対象外だが、導入ニーズを踏まえ参考情報として、建造コスト上昇率を試算。

アシスト推進

	11,000GT RORO船	3,500GT ばら積み貨物船
総トン数 [GT]	11,000	3,500
載貨重量 [t]	6,900	5,000
航行区域	沿海	-
L×B×d [m]	175×26.5×18	90×15.5×8.8
速力 [kn]	22.6	11.5
主機関出力 [kW]	15,000	1,600
バッテリー活用 電気推進システム	アシスト方式	アシスト方式
バッテリー活用 モード	主機アシスト・港内	主機アシスト・港内
バッテリー容量 [kWh]	3,000	1,000
推進方式	1基1軸	1基1軸
発電機 [kW]	1300×1 950×2	-
軸発出力 [kW]	1640	800
建造コスト上昇分	約25~60%アップ	約25~60%アップ



アシスト方式ハイブリッド推進船
一般配置図イメージ

③ 技術的課題及び制度的課題の整理

- ヒアリング調査で海運事業者等から意見があった純バッテリー船・ハイブリッド船のコンセプトモデル船の適用拡大・普及に際しての技術的課題及び制度的課題は次のとおり。

区分	事業者意見
技術的課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ バッテリーの陸上充電設備が不足。 ➤ 船員労務負荷の面で重い充電ケーブルの取り回し作業の改善のため、バッテリーの陸上充電設備の標準化や簡素化が必要。 ➤ バッテリーの小型・高性能化が必要（非三元系バッテリーの活用、半固体・全固体バッテリーの開発等）。
制度的課題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ バッテリーの安全確保が必要。事故が起きると普及に影響するため、品質確認・経年劣化の安全試験が必要。また、半固体・全固体バッテリーは安全性の向上が見込まれており、その特性に応じた安全基準の見直し等が期待される。 ➤ バッテリーの船内搭載スペースの確保が必要。

附録 4

調査研究の成果報告書

調査④

既存船に導入しやすい省エネ・省 CO2 技術の整理

内航船の新燃料等対応Ready船設計等調査事業の 調査報告

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理

- 調査研究計画
- 調査(1)省エネ技術の整理
- 調査(2)既存船向け導入コンセプトの作成

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理

調査研究計画 ※第1回 内航船の新燃料等対応Ready船設計等調査検討委員会 資料

□ 調査研究の進め方

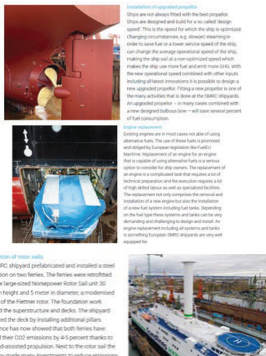
➤ 「連携型省エネ船の開発・普及に向けた検討会」とりまとめに掲載されている省エネ技術やその他の既存船に導入しやすい省エネ技術について整理を行い、既存船向けのコンセプトを作成するための技術調査を実施。

(1) 省エネ技術の整理

- 「連携型省エネ船の開発・普及に向けた検討会」とりまとめ付録「コンセプト整理表」に掲載の省エネ技術を対象に予備調査として、公開情報の範囲で既存船への適用の可能性と「コンセプト整理表」の該当項目を更新。
- 予備調査の結果について、海運事業者・造船所・メーカー等にヒアリング調査を実施し、予備調査の結果を更新。既存船への導入のしやすさを図るために新造船に搭載時の技術の実効性・既存船導入の工事の難易度も同う。

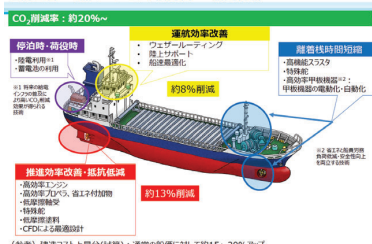
(2) 既存船向け導入（既存船レトロフィット）コンセプトの作成

- 上記の結果をもとに、既存船に導入される調査対象省エネ技術を搭載した導入コンセプトを作成（国土交通省が公表の「連携型省エネ船のコンセプト検討例」の図の更新）。
- なお、「連携型省エネ船のコンセプト検討例」の図に掲載される「建造コストの上昇分」については、改造等の工事費、工事期間中の不稼働損等を船種・大きさ一律の費用算定方法の設定が困難なため、可能な範囲で対応。



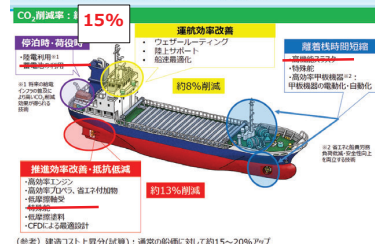
「Retrofitting of ships in Europe」に掲載する省エネ技術の例

連携型省エネ船のコンセプト検討例：一般貨物船



新造船コンセプト

連携型省エネ船のコンセプト検討例：一般貨物船



既存船コンセプト

既存船への省エネ技術適用コンセプトのイメージ

3

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理

調査研究計画 ※第1回 内航船の新燃料等対応Ready船設計等調査検討委員会 資料

□ 参考資料

貨物船のコンセプト整理表

モード	省エネ技術の分類	省エネ技術の導入例	エネルギー削減割合 [%]	省エネ効果 (モード毎) [%]	省エネ効果 (全体) [%]	備考	注釈	
運航	エンジン効率改善	高効率エンジン	25	23	○	23		
		エンジン出力の最適化	18	89	○	89		
	推進効率改善	船体空気抵抗低減	4.8	36	○	36		
		省エネ付加物	3.8	27	○	27		
		燃料噴射制御	1.5	14	○	14		
	船体構造	船体空気抵抗低減(健全性の維持)	0.5	0.5				
		船体空気抵抗低減	5.0	4.5				
		船体空気抵抗低減	2.5	2.3				
		船体空気抵抗低減(健全性の維持)	2.5	2.3				メンテナンスが重要
	高度設計技術	船体空気抵抗低減(健全性の維持)	1.8	0.9				
船体空気抵抗低減		2.0	1.8					
船体空気抵抗低減		1.8	0.9					
船体空気抵抗低減		2.0	1.8					
推進効率改善	燃料噴射制御	2.0	1.8	○	1.8			
	燃料噴射制御	3.0	3.2	○	3.2	省エネ技術/設備形式で対応可能な場合		
推進効率改善	燃料噴射制御	5.0	4.6	○	4.6	省エネ技術/設備形式で対応可能な場合		
	燃料噴射制御	5.0	4.6					
その他	燃料噴射制御	0.6	0.5					
	燃料噴射制御	5.0	4.6					

- モード
- 運航
- 省エネ技術の分類
- 抵抗低減
- 省エネ技術の導入例
- 空気潤滑
- エネルギー消費割合
- 91%
- 省エネ効果（モード毎）
- 2.5%
- 省エネ効果（全体）
- 2.3%

項目	内容
新造船搭載の技術の実効性	導入により期待通りの効果が得られたか。運航者・乗組員・船主の評価等
既存船導入の難易度	①工事 工事に際し想定外に苦勞した点や、特に工夫した点 高・中・低の3段階で評価 ・高： ドックイン、構造改造・大規模配管・電気工事あり ・中： 配管・電源の見直し要 ・低： 既設システム利用可、簡易装着で対応 ②その他 ・運航への影響（工事期間の確保等）等
費用対効果・継続性	投資の妥当性（大まかな認識）および他船展開の可否
今後の推奨可否	再現性・汎用性についての見解

「連携型省エネ船開発・普及に向けた検討会」とりまとめ付録「コンセプト整理表」

調査対象省エネ技術のヒアリング項目（既存船への導入のしやすさ関連）

4

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理 調査(1)省エネ技術の整理

□ 省エネ技術の整理

- 予備調査として、コンセプト整理表に掲載の省エネ技術を整理。
- 海運事業者・造船所・メーカー等にヒアリング調査を実施し、予備調査の結果を更新。

① 既存船レトロフィットの技術的な適用性

- 既存船レトロフィット技術を扱う次の海外文献に従い既存船導入の技術的な適用性を整理。
 - DNV : Energy Efficiency Report 2025, Energy-efficiency measures and technologies
 - ABS : Retrofits for Energy and Emissions Improvement
 - EU : Retrofitting of ships in Europe
 - IMO : IMO GHG Study
- 海外文献に掲載の記既存船レトロフィット技術の多くは、船の運航全体（トータル）で最も省エネ効果が期待される「運航モード」の技術。海外文献に類似技術がないものは、「該当なし」と表記。
- コンセプト整理表に掲載ないが、海外文献に掲載の技術として、風力補助推進システムとエンジン交換を追加。

$$\text{省エネ効果(トータル)} = \frac{\text{エネルギー消費割合(モード毎)} \times \text{省エネ効果(モード毎)}}{100}$$

② 既存船レトロフィットの工事の難易度

- 既存船レトロフィットが技術的に適用可能な技術について、工事の難易度を整理。
 - 高 : 長期間の事前準備・ドックインを伴う大規模改修工事（1か月以上→船体改造・新規システムの整備等）
 - 中 : 通常ドックインで対応可能な中規模改修工事（1週間から1か月以内→既設系統の見直し等）
 - 低 : 通常ドックイン・臨時アフロートで対応可能な小規模改修工事（3日から1週間→既設系統利用可等）
- 事前ヒアリングとして、修繕造船所に話を伺ったところ、技術的には適用可能と言えどもメンテナンスの範囲を超える技術は、工事の難易度は非常に高いとの意見が多く寄せられた。

No.	モード整理表	省エネ技術の分類整理表	省エネ技術の導入例整理表	省エネ効果 (モード毎)[%]*貨物船			船舶省エネ効果 (モード毎)[%]*貨物船			技術的な適用可能性				工事難易度	
				最小値	最大値	平均	タンカー	セメント船・749GT	セメント船・5000GT	DNV	ABS	EU	IMO		
1	運航	エンジン効率改善	高効率エンジン	2.0	3.0	2.6	2.5	2.5	3.0	3.0	○	○	○	○	高
2	運航	エンジン効率改善	エンジン出力の最適化	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	○	○	○	○	高
3	運航	推進効率改善	高効率プロペラ	2.0	4.0	3.3	4.0	4.0	3.0	2.0	○	○	○	○	高
4	運航	推進効率改善	省エネ付加物	3.0	7.0	4.0	3.0	3.0	3.0	7.0	○	○	○	○	中
5	運航	推進効率改善	低摩擦軸受	0.5	4.0	1.9	1.5	1.5	4.0	0.5	○	○	○	○	中
6	運航	推進効率改善	プロペラ健全化 (健全性の維持)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	○	○	○	○	低
7	運航	推進効率改善	1機1軸化	0.0	0.0	-	-	-	-	-	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	-

コンセプト整理表に掲載される省エネ技術(抜粋)

5

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理 調査(1)省エネ技術の整理

□ 省エネ技術の整理

- 予備調査 コンセプト整理表に掲載の省エネ技術の整理の結果

No.	モード整理表	省エネ技術の分類整理表	省エネ技術の導入例整理表	②連携型省エネ船の「新造船コンセプト」の省エネ効果と適用				③省エネ技術の既存船レトロフィット適用性				工事難易度				
				貨物船		タンカー		セメント船・749GT		セメント船・5000GT			技術適用性			
				省エネ効果 (モード毎) [%]	新造船コンセプト適用技術	省エネ効果 (モード毎) [%]	新造船コンセプト適用技術	省エネ効果 (モード毎) [%]	新造船コンセプト適用技術	省エネ効果 (モード毎) [%]	新造船コンセプト適用技術		DNV	ABS	EU	IMO
1	運航	エンジン効率改善	高効率エンジン	2.5	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	○	○	○	○	高		
2	運航	エンジン効率改善	エンジン出力の最適化	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	○	○	○	○	高		
3	運航	推進効率改善	高効率プロペラ	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	○	○	○	○	高		
4	運航	推進効率改善	省エネ付加物	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	7.0	○	○	○	○	中		
5	運航	推進効率改善	低摩擦軸受	1.5	4.0	1.5	4.0	4.0	0.5	○	○	○	○	中		
6	運航	推進効率改善	プロペラ健全化 (健全性の維持)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	○	○	○	○	低		
7	運航	推進効率改善	1機1軸化	-	-	-	-	-	-	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	-		
8	運航	抵抗低減	船型改善	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	○	○	○	○	高		
9	運航	抵抗低減	空気滑層	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	○	○	○	○	高		
10	運航	抵抗低減	低摩擦塗料	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	○	○	○	○	低		
11	運航	抵抗低減	船体健全化 (健全性の維持)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	○	○	○	○	低		
12	運航	抵抗低減	抵抗スラストトンネル	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	○	○	○	○	高		
13	運航	抵抗低減	船体軽量化	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	○	○	○	○	高		
14	運航	抵抗低減	風圧抵抗低減形状	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	○	○	○	○	高		
15	運航	高度設計技術	水筒試験による最適設計	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	○	○	○	○	高		
16	運航	高度設計技術	CFDによる最適設計	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	○	○	○	○	高		
17	運航	運航効率改善	ウェザールーティング	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	4.0	○	○	○	○	中		
18	運航	運航効率改善	最適航路選択・船速最適化 (減速航行)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	○	○	○	○	中		
19	運航	運航効率改善	陸上サポート (節主運航)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	○	○	○	○	高		
20	運航	運航効率改善	船速最適化 (減速航行)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	○	○	○	○	中		
21	運航	補機効率改善	補機インバータ制御	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	中		
22	運航	補機効率改善	L1B等蓄電池への代替	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	中		
23	運航	その他	電気推進	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	○	○	○	○	中		
24	運航	その他	ハイブリッド推進	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	○	○	○	○	中		
25	運航	その他	水素軽油混焼エンジン	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	中		
26	離着岸	離着岸時間短縮	高機能スラスト	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	○	○	○	○	高		
27	離着岸	離着岸時間短縮	大径角舵・特殊舵	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	○	○	○	○	高		
28	離着岸	離着岸時間短縮	高機能船体支保装置	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	○	○	○	○	高		
29	離着岸	離着岸時間短縮	高機能甲板機器	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	○	○	○	○	高		
30	荷役	荷役効率改善	高効率機器の採用	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	5.0	○	○	○	○	高		
31	荷役	荷役時間短縮	運用効率改善	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	○	○	○	○	高		
32	荷役	エンジン効率改善	高効率エンジン	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	○	○	○	○	高		
33	停泊	電気機器効率改善	補機インバータ制御	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	○	○	○	○	高		
34	停泊	発電機効率改善	発電機効率改善	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	○	○	○	○	高		
35	停泊	蓄電池	大容量蓄電池搭載	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	○	○	○	○	高		
36	その他	排熱回収	排熱回収システム	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	○	○	○	○	高		
37	その他	排熱回収	排熱回収装置	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	○	○	○	○	高		
38	その他	船内電力消費削減	高効率船内電力機器 (LED等)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	○	○	○	○	高		
39	その他	船内電力消費削減	太陽電池パネル	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	○	○	○	○	低		
40	その他	定時運航維持	岸上サポート (機器管理)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	○	○	○	○	高		
41	その他	発電装置	陸揚発電装置	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	中		
51	その他	風力補助推進システム	風力補助推進システム	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	高		
52	その他	エンジン交換	エンジン交換	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	高		

6

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理 調査(1)省エネ技術の整理

一般財団法人
日本造船技術センター

□ 省エネ技術の整理

➢ 既存船レトロフィット技術を扱う海外文献

- DNV : Energy Efficiency Report 2025, Energy-efficiency measures and technologies
- 37の省エネ技術を掲載。新造船・既存船の適用分類に加え、省エネ率、コスト（CAPEX・OPEX）、適用船の種類等の情報が掲載。

No.	Measure	Efficiency gain		CAPEX		OPEX		New Build	VESSEL TYPES APPLICABILITY								
		Likely (%)	High (%)	Likely [kUSD]	High [kUSD]	Likely [% or kUSD]	High [% or kUSD]		Both	Bulk carriers	Tankers	Gas carriers	Car carriers	Container ships	Cruise / RoPax		
1.	Energy consumers																
1.1	Auxiliary systems optimization	エネルギー消費機器															
1.2	Energy-efficient lighting system	省エネ照明システム	0.5	1.5	50	1,000	1.0%	2.0%	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
2.	Energy harvest-ing	エネルギー収穫															
2.1	Solar panels	太陽光パネル	0.5	1.0	5	30	-	-	Both	Medium	Good	Good	Good	Good	Medium	Medium	Medium
2.2	Wind-assisted propulsion systems	風力補助推進システム	0.0	2.0	700	3,000	1%	1%	Both	Good	Medium	Medium	Good	Good	Medium	Medium	Medium
3.	Propulsion and Hull	推進・船体															
3.1	Air lubrication system	空気潤滑システム	0.0	8.0	500	3,500	1%	1%	Both	Medium	Medium	Good	Medium	Good	Good	Good	Good
3.2	Bulbous bow retrofit	球状船首の最適化 (レトロフィット)	2.0	15.0	500	1,500	-	-	Retrofit	Not	Not	Medium	Medium	Good	Good	Good	Good
3.3	High-performance coatings	高性能塗料	2.0	8.0	50	600	-	-	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
3.4	High-efficiency rudder	高効率舵	2.0	4.0	500	1,500	-	-	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
3.5	Hull and propeller cleaning	船体・プロペラ清掃	3.0	6.0	25	50	-	-	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
3.6	Hull form optimization	船型最適化	2.0	20.0	70	300	-	-	Both	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
3.7	Hull form optimization for real sea states	実海況に基づく船型最適化	0.0	2.0	200	200	-	-	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
3.8	ESDs Aft of the propeller	プロペラ後方に設置する省エネ装置	0.0	3.0	25	120	-	-	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
3.9	ESDs Fwd of the propeller	プロペラ前方に設置する省エネ装置	2.0	9.0	200	600	-	-	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
3.10	Propeller measures	プロペラ最適化	2.0	7.0	200	2,500	-	-	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
3.11	Wing shields (and aerodynamic optimization)	防風盾 (および空力最適化)	1.0	2.0	500	1,700	-	-	Both	Not	Not	Medium	Good	Good	Good	Good	Good
4.	Machinery	機関システム															
4.1	Batteries	バッテリー	2.5	5.0	1,000	3,000	2.5	25.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.2	Electronic auto-tuning	電子オートチューニング	0.5	2.0	5	10	1.0	3.0	Retrofit	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.3	Engine de-rating	エンジン出力低減 (デレーティング)	5.0	15.0	50	1,000	6.0	20.0	Retrofit	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.4	Engine performance testing and tuning	エンジン性能試験・調整	1.0	4.0	50	150	1.0	3.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.5	Exhaust-gas boilers on auxiliary engines	機関副排気ボイラー	0.3	1.0	100	300	0.3	0.5	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.6	Improved auxiliary engines load	機関副エンジンの改善	1.0	5.0	-	-	1.0	5.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.7	Optimized turbocharger for lower engine loads	低負荷対応型 turbocharger の最適化	1.0	3.0	30	100	1.0	3.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.8	Shaft generator (PTO/PTI)	シャフトジェネレーター (PTO/PTI)	2.0	5.0	700	2,000	0.5	1.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.9	Shore power	陸上電源 (陸電)	25.0	50.0	20	1,000	-	-	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.10	Steam plant operation improvement	蒸気プラント運転改善	0.5	1.5	50	300	0.2	1.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.11	Variable engine speed	可変エンジン回転数	1.0	30.0	700	3,000	0.2	1.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.12	Variable frequency drives	可変周波数ドライブ (VFD)	0.5	2.0	70	300	0.2	2.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
4.13	Waste-heat recovery	廃熱回収	5.0	12.0	1,500	9,000	2.0	5.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
5.	Operational	運航															
5.1	Autopilot adjustment and usage	オートパイロットの調整・運用改善	0.2	0.5	-	-	5.0	5.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
5.2	Deadweight/maximum draught increase	デッドウェイト/最大喫水の増加	-	-	30	50	-	-	Retrofit	Medium	Medium	Medium	Not	Good	Good	Good	Medium
5.3	Optimization of bow thruster openings	プロペラ開口部の最適化	1.0	5.0	700	3,000	1.0	10.0	Both	Medium	Medium	Medium	Good	Good	Good	Good	Good
5.4	Trim optimization	吃水最適化	2.0	7.0	50	60	0.0	0.0	Both	Medium	Medium	Medium	Good	Good	Good	Good	Good
5.5	Part optimization	埠頭オペレーション最適化	0.2	1.0	-	-	-	-	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
5.6	Speed optimization	速度最適化	5.0	40.0	-	-	-	-	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Medium
5.7	Weather routing	ウェザートルーティング	3.0	10.0	Software-based	-	2.0	10.0	Both	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
5.8	DP Power system upgrades	動的位置保持の電力システムの改良	5.0	30.0	Dependent on system	-	5.0	30.0	Both	Not	Good	Not	Not	Not	Not	Not	Not

出典: <https://www.dnv.com/maritime/publications/energy-efficiency-report-download/>

7

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理 調査(1)省エネ技術の整理

一般財団法人
日本造船技術センター

□ 省エネ技術の整理

➢ 既存船レトロフィット技術を扱う海外文献

- ABS : Retrofits for Energy and Emissions Improvement
- 31の省エネ技術を掲載。既存船適用 (レトロフィット) に特化したもので、技術の効果が掲載。

No.	Measure	Measure	overview
1.	PROPULSION EFFICIENCY	推進効率	
1.1	Propeller modification	プロペラ改良	スレード間隙の減りを改善することで推進効率を向上させる。
1.2	Propeller replacement	プロペラ交換	船舶の運航プロファイルにおいて推進効率を向上させる。
1.3	Bulbous bow optimization	球状船首の最適化	想定する船速および喫水において抵抗を低減する。
1.4	Bow foils	船首フェイル	船体のトウ運動を減衰させて抵抗を低減する。
1.5	Bow wind shield/deflector	船首防風シールド/ディフレクター	船体の空力特性を改善して抵抗を低減する。
1.6	Containership side gap protector	コンテナ船用サイドギャッププロテクター	船体の空力特性を改善して抵抗を低減する。
1.7	Propeller cap fin	プロペラキャップフィン	プロペラの流体力学的損失を低減する。
1.8	Duct, primarily for slower vessels, e.g., tankers and bulk carriers Duct with twisted fin, primarily for faster vessels, e.g., containerships	ダクト (低速船向け: タンカー/バルカー、ツイストフィン付きダクト (高速船向け: コンテナ船))	フィン付きダクトをプロペラ前方に設置する。ダクトは後流を加速して推力を生み、フィンはアスワールを生成して損失を低減し、推力を増加させる。
1.9	Wake equalizing and flow separation alleviating devices	後流均一化・流れ分離抑制装置	後流を均一化して推進効率を向上させる。ダクトの縦断面により渦が発生し流れが加速される。
1.10	Rudder bulb	ラダーバルブ (舵バルブ)	ラダーバルブはハブを最小化し、回転損失の一部を回収する。
1.11	Lower friction coatings	低摩擦塗料	高度な塗料を適用して摩擦抵抗を低減する。
1.12	Air lubrication system (ALS)	空気潤滑システム (ALS)	船底に空気を送り込むことで摩擦抵抗を低減する。
2.	TRANSMISSION EFFICIENCY	伝達効率	
2.1	Multi-sloped aftmost bearing	複数傾斜型船尾側軸部軸受	軸受の故障を防止し、伝達損失を低減する。
3.	COMBUSTION EFFICIENCY	燃焼効率	
3.1	Propulsion engine new nozzles	主機用新型ノズル	比燃料消費率 (SFOC) を低減する。
4.	AUXILIARY ENGINE LOAD REDUCTION	機関副エンジンの低減	
4.1	Variable frequency drives (VFD) for pumps, fans and other electrical equipment	ポンプ・ファン等用可変周波数ドライブ (VFD)	VFDにより流量を回転制御で調整し、低負荷で消費を削減する。ファンなどの可変容量機器にも適用可能。
4.2	Heat, ventilation and air conditioning (HVAC) automated control systems	HVAC (空調) 自動制御システム	必要量に応じた可変容量を提供し、常にフル容量運転する必要をなくす。
4.3	Solar films/screens on bridge windows	ブリッジ窓のソーラーフィルム/遮光フィルム	冷却需要を低減しHVACの電力消費を削減する。太陽放射遮断も改良して作業環境を向上させる。
4.4	Light-emitting diode (LED) lighting	LED照明	白熱電球をLEDに交換して電力需要を削減する (動作センサーの無効を問わず)。
4.5	Onshore power supply (OPS)	陸上電源供給 (OPS)	港内での機関副エンジンを低減する。
5.	WASTE HEAT RECOVERY	廃熱回収	
5.1	Microboiler or auxiliary engine exhaust gas economizer	マイクロボイラー/補機副排気エクスゾーマイザ	補機副の余熱を利用し、マイクロボイラーで蒸気生成に必要なエネルギーを低減する。
5.2	WHR system	廃熱回収システム (WHR)	余熱排熱を用いて排ガスタービンや蒸気タービンを駆動し、電力や加熱に利用する。
6.	RENEWABLE ENERGY	再生可能エネルギー	
6.1	Photovoltaic (PV) solar panel	太陽光発電 (PV) パネル	太陽エネルギーを補助電力に変換する。
6.2	Wind turbine	風力タービン	風エネルギーを補助電力に変換する。
6.3	WPT	WPT (Wind Propulsion Technology 等)	風エネルギーを推進電力に変換する。
7.	ALTERNATIVE FUEL	代替燃料	
7.1	Propulsion engine modification for new fuel	新燃料対応の主機改造	WTW (井戸から排気まで) GHG排出量を削減する。
8.	EMISSIONS ABATEMENT FUEL	排出削減型燃料/排出抑制燃料	
8.1	OCCS	船上炭素回収システム (OCCS)	船内のGHG排出量を削減する。
9.	ENERGY OPTIMIZATION VIA SOFTWARE/HARDWARE	ソフトウェア/ハードウェアによるエネルギー最適化	
9.1	VFD optimization	VFD最適化	電力需要を削減する。
9.2	Energy/power management, including HVAC optimization	エネルギー/電力管理 (HVAC最適化を含む)	電力需要を削減する。
9.3	Trim optimization	吃水最適化	推進エネルギー需要を削減する。
9.4	Optimum cargo tank heating	カーゴタンク加熱の最適化	蒸気エネルギー需要を削減する。
10.	CAPACITY	輸送能力	
10.1	Increase of deadweight via deeper draft	喫水増加によるデッドウェイト増加	運航効率を改善する。

出典: <https://ww2.eagle.org/en/publication-flip/retrofits-for-energy-and-emissions-improvement.html>

8

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理 調査(1)省エネ技術の整理

□ 省エネ技術の整理

➢ 既存船レトロフィット技術を扱う海外文献

- EU : Retrofitting of ships in Europe
- 7分野の省エネ技術を掲載。既存船適用（レトロフィット）に特化したもので、技術の効果が掲載。

No.	Measure	Overview
1.	Installation of rotor sails ローターセイルの設置	欧州の修繕造船所は、2隻のフェリーに鋼製基礎をブラバ化して設置しました。フェリーには、高さ3メートル、直径5メートルの大型ノースパワ-ローターセイル装置（フレットノ-ローターの改良版）が1基後付けされました。この基礎工事は上部構造や甲板が含まれており、修繕造船所は追加の支柱を設置することで甲板を補強しました。 これまでの運航経験から、この風力補助推進により、2隻のフェリーはいずれもCO2排出量を4~5%削減できていたことが明らかになってきました。ローターセイルのほかにも、同社は排出削減のため多くの投資を行いました。
2.	Installation of upgraded propeller 高性能プロペラの設置	船舶には、必ずしも最適なプロペラが装備されているとは限りません。船は一般に「設計速度」と呼ばれる速度を基準に設計・建造されます。これは船が最適化されている速度です。しかし、燃料節約のためのスロー・スチーミング（低速運航）や、サービススピードの低下など運航条件が変わると、船の平均運航速度も変化し、結果として最適化されていない速度で航行することになり、燃料消費量やGHG排出量が増えています。 新しい運航速度に加え、最新の技術革新を含むさまざまな入力データを基にすれば、アップグレードされた新しいプロペラを設計することが可能です。修繕造船所では、このような新型プロペラの装着も多くなっています。アップグレードされたプロペラは、多くの場合、新設計のプロペラと組み合わせることで、燃料消費量を数パーセント削減することができます。
3.	Bulbous bow replacement 球状船首の交換	燃料節約や温室効果ガス排出削減のためのスロー・スチーミングなど、運航条件が変化すると、船のプロペラが機能しなくなり、場合によっては逆効果となる場合があります。運航条件が変わった際には、プロペラの再計算と再設計が不可欠です。欧州の修繕造船所は、新しいプロペラのプロペラ設計だけでなく、その製造および取り付けについても高い能力を有しています。
4.	Engine replacement エンジン交換	既存のエンジンは、多くの場合、代替燃料を使用することができません。これらの燃料の使用は、FuelEU Maritimeなどの欧州法令によって促進・義務化されています。代替燃料を使用できるエンジンへの換装は、船主にとって検討すべき重要な選択肢です。 エンジンの交換は複雑な作業であり、綿密な技術準備に加え、高度な技能を持つ作業員と専門施設が必要となります。交換作業には、既存エンジンの撤去と新エンジンの据え付けだけでなく、燃料タンクを含む新しい燃料供給システムの設置も含まれます。燃料の種類によっては、こうしたシステムやタンクの設計・設置が非常に高度で難易度の高いものになります。 エンジン換装および関連する全システム・タンクの設置について、欧州の修繕造船所は十分な設備と能力を備えています。
4.	Retrofit of a battery system バッテリーシステムのレトロフィット（後付け設置）	船舶には高度なバッテリー電力システムを装備することができます。この場合、既存のエンジン/バッテリーパックと補機が追加されています。 1.2MWのバッテリーシステムは、スラスターや他の船内システムの電力需要が増加した際に、ディーゼルエンジンの出力を上げることなく追加エネルギーを供給するために電力を蓄えます。 その結果、船舶の燃料消費量、SOx・NOx・GHG排出量が削減され、効率と環境性能が向上します。
6.	Exhaust gas treatment 排ガス処理	既存船に対するもう一つ興味深いレトロフィットとして、船載型カーボンキャプチャー（OCC）システムの導入があります。この装置は船の排ガスシステムに追加する形で設置され、排ガスを処理することでCO2を捕集します。 OCCシステムは船内の他のシステムとの統合が必要であり、捕集したCO2は後に適切なインフラへ荷揚げするまでの間、船内で一時的に貯蔵する必要があります。そのため、OCCレトロフィットにはCO2貯蔵タンクを含むCO2関連システムの設置も含まれます。こうしたシステム全体の導入は、船の技術システムおよび設計に大きな影響を与えます。 欧州の修繕造船所は、この種のOCCシステムの設置をすでに複数実施しています。
7.	Ship lengthening 船体延長（ドライドッキングによる延長）	さまざまな理由から、船舶を延長（ストレッチング）することがあります。例えば、サービススピードを下げた場合、機関出力や耐航性能の観点から船を延長することが有効となる場合があります。 しかし、この作業は巨大な鋼構造物を結合するだけでなく、電気ケーブルや配管などを一度切断し再接続する必要があるため、非常に複雑です。延長された船は、経済性の面でも、また気候負荷の観点からもスケールメリットが向上します。欧州の修繕造船所は、このような高度で複雑なプロジェクトを実施するための適切な設備、技能、技術的ノウハウを備えています。

出典 : https://www.seaeurope.eu/wp-content/uploads/2025/08/2024_Retrofitting-of-ships-in-Europe_Brochure.pdf

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理 調査(1)省エネ技術の整理

□ 省エネ技術の整理

➢ 既存船レトロフィット技術を扱う海外文献

- IMO : IMO GHG Study
- 30のGHG削減技術（代替燃料含む）を掲載。新造船・既存船の適用分類に加え、GHG削減率（省エネ率）、コスト（CAPEX・OPEX）を適用船の種別等の情報が掲載。

No.	Measure		GHG reduction		CAPEX		OPEX	
			Likely [%]	High [%]	Likely [USD]	High [USD]	Likely [USD]	High [USD]
1.	Propeller maintenance	プロペラの保守	-	-	-	-	-	-
1.1	Propeller performance monitoring	プロペラ性能モニタリング	0.50	4.00	10,000	15,000	1,500	1,500
1.2	Propeller Polishing (same as 1.2a or 1.2b)	プロペラ研磨 (1.2aまたは1.2bと同じ)	1.00	3.00	-	-	6,000	10,000
1.2a	Propeller brushing (increased frequency)	プロペラブラッシング (頻度増)	0.50	2.90	3,000	4,500	-	-
1.2b	Propeller brushing	プロペラブラッシング	2.00	5.00	15,000	20,000	-	-
2.	Propeller/propulsion system upgrades	プロペラ/推進システムのアップグレード	-	-	-	-	-	-
2.1	Propeller / Rudder Upgrade	プロペラ/舵 (ラダー) のアップグレード	1.80	5.00	920,000	1,020,000	-	-
2.2	Propeller upgrade (windlet, nozzle)	プロペラの改良 (ウィンドレット、ノズルなど)	0.40	4.00	510,000	580,000	-	-
2.3	Propeller boss cap fins	プロペラボスキャップフィン (PBCF)	4.00	5.00	various	various	-	-
3.	Hull coating and maintenance	船体塗装および保守	-	-	-	-	-	-
3.1	Hull performance monitoring	船体性能モニタリング	0.50	4.90	45,000	45,000	5,000	5,000
3.2	Hull Coating	船体塗装	0.70	2.90	various	various	-	-
3.3	Hull Coating 2	船体塗装 (2)	1.50	7.30	various	various	-	-
3.4	Hull Cleaning	船体クリーニング	1.00	10.00	-	-	various	various
3.5	Hull hydroblasting (underwater)	船体のハイドロブラスト (水中洗浄)	1.00	10.00	-	-	various	various
3.6	Dry-dock full blast (as opposed to spot blast)	ドック入り時の全面ブラスト (スポットブラストではなく)	5.00	10.00	-	-	various	various
4.	Voyage and operations options	航海・運航オプション	-	-	-	-	-	-
4.1	Shaft power meter (performance monitoring)	推力 (シャフトパワー) 計測装置 (性能モニタリング)	0.50	0.50	26,000	31,200	20,000	24,000
4.2	Fuel consumption meter (performance monitoring)	燃料消費量計 (性能モニタリング)	0.50	0.50	46,000	55,200	35,000	45,000
4.3	Weather Routing	ウェザールーティング	0.50	0.50	-	-	800	1,600
4.4	Autopilot upgrade and adjustment	オートパイロットのアップグレードおよび調整	0.50	0.50	20,000	25,000	-	-
5.	Main engine retrofit	主機のレトロフィット	-	-	-	-	-	-
5.1	Main engine Tuning and Common Rail (same as 5.1a+5.1b)	主機エンジンおよびコモンレール化 (5.1a+5.1bと同じ)	0.50	0.50	48,100	52,800	-	-
5.1a	Main engine tuning	主機エンジンチューニング	0.50	0.50	11,600	12,800	-	-
5.1b	Common rail upgrade	コモンレールアップグレード	0.50	0.50	36,500	40,000	-	-
6.	Retrofit hull improvements	船体改良 (レトロフィット)	-	-	-	-	-	-
6.1	Transverse thruster opening (flow optimization, grids)	横スラスター開口部の最適化 (流れの最適化、グリッド)	0.50	0.50	30,000	35,000	-	-
7.	Auxiliary systems	補助システム (Auxiliary systems)	-	-	-	-	-	-
7.1	Energy Saving Utilities (e.g. Lighting)	省エネ設備 (例: 照明)	0.50	0.50	73,000	80,000	-	-
7.2	Speed Control of Pumps and Fans	ポンプおよびファン速度制御	0.50	0.50	144,000	160,000	-	-
7.3	Power management (new ships only)	パワーマネジメント (新造船のみ)	0.50	0.50	58,000	65,000	-	-
8.	Other retrofit options	その他のレトロフィットオプション	-	-	-	-	-	-
8.0	Towing kite	トーイングカイト (引き風による補助推進)	various	various	various	various	-	-
9.	Speed Reduction	速度低減 (スビー・ドレダクション)	-	-	-	-	-	-
9.1	Speed Reduction	速度低減 (スビー・ドレダクション)	0.50	0.50	various	various	-	-
10.	Air lubrication (new ships only)	空気を潤滑システム (新造船のみ)	-	-	-	-	-	-
10.1	Air lubrication (new ships only)	空気を潤滑システム (新造船のみ)	0.50	0.50	various	various	-	-
11.	Other options	その他のオプション	-	-	-	-	-	-
11.1	Optimization of Trim & Ballast	トランムおよびバラストの最適化	0.50	0.50	88,000	88,000	-	-
11.2	Waste Heat Recovery	廃熱回収 (WHR)	0.50	0.50	various	various	-40,000	-50,000
11.3	LNG	LNG (燃料転換)	0.50	0.50	various	various	various	various

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理
(2) 既存船向け導入コンセプトの作成

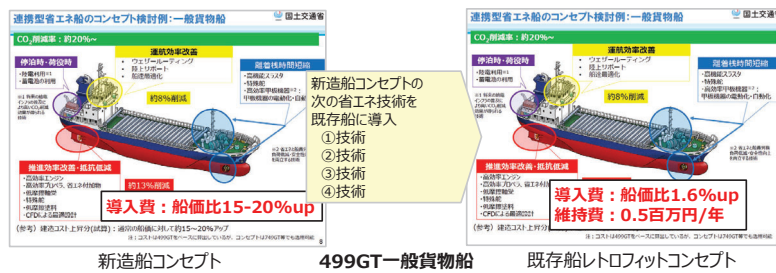
□ 既存船レトロフィットコンセプトの作成

▶ 連携型省エネ船の新造船コンセプトの適用技術のうち、予備調査で既存船レトロフィットが「技術的な適用性あり」・「工事の難易度が中以下」と判断された技術を「連携型省エネ船の新造船コンセプト検討例」の次の船種に適用。

- ・ 貨物船 ※499GT相当
- ・ タンカー ※499GT相当
- ・ セメント船・749GT
- ・ セメント船・5000GT

▶ 「連携型省エネ船のコンセプト検討例」に掲載される(a)CO2削減率と(b)建造コスト上昇分 (CAPEX) の情報の更新とともに、レトロフィットの費用回収で重要視される(c)導入技術の整備費 (OPEX) と(d)燃料削減費の情報を追加。

- (a)CO2削減率 (燃費削減率) : コンセプト整理表のCO2削減率 (省エネ効果) を使用
 - (b)建造コスト上昇分 (機器CAPEX) : コンセプト整理表の機器コスト・船価を使用
 - (c)導入技術の整備費 (機器OPEX) : DNV「Energy Efficiency Report」の類似機器OPEXの値を使用。
 - (d)燃料削減費 : 年間消費量に機器の燃費削減率を乗じて算定 (単価80[千円/kl]) 。
- ▶ 参考情報として導入の費用対効果も算定 (回収期間法、内部収益率法 (IRR)、現在価値法 (NPV)) 。



既存船への省エネ技術適用コンセプトのイメージ

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理
(2) 既存船向け導入コンセプトの作成

□ 既存船レトロフィットコンセプトの作成


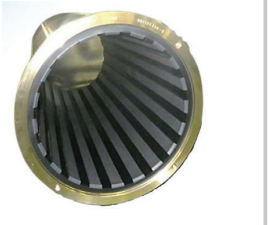
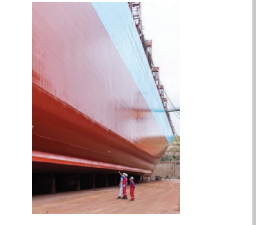
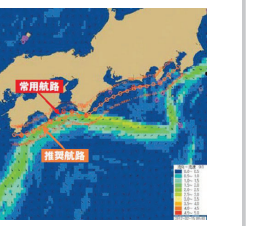
▶ 既存船レトロフィットコンセプトに適用した省エネ技術

No.	①連携型省エネ船の省エネ技術			②連携型省エネ船の新造船コンセプトの省エネ効果と適用						③省エネ技術の既存船レトロフィット適用性				工事難易度		
	モード	省エネ技術の分類	省エネ技術の導入例	省エネ効果 (モード毎) [%]	新造船 コンセプト 適用技術	省エネ効果 (モード毎) [%]	新造船 コンセプト 適用技術	省エネ効果 (モード毎) [%]	新造船 コンセプト 適用技術	省エネ効果 (モード毎) [%]	新造船 コンセプト 適用技術	DNV	ABS		EU	IMO
1	運航	エンジン効率改善	高効率エンジン	2.5	○	2.5	○	3.0	○	3.0	○	○	○	○	○	高
2	運航	エンジン効率改善	エンジン出力の最適化	1.0	○	1.0	○	1.0	○	1.0	○	○	○	○	○	高
3	運航	推進効率改善	高効率プロペラ	4.0	○	4.0	○	3.0	○	2.0	○	○	○	○	○	高
4	運航	推進効率改善	省エネ付加物	3.0	○	3.0	○	3.0	○	7.0	○	○	○	○	○	中
5	運航	推進効率改善	低摩擦機軸	1.5	○	1.5	○	4.0	○	0.5	○	○	○	○	○	中
6	運航	推進効率改善	プロペラ健全化 (健全性の維持)	0.5	-	0.5	-	0.5	-	0.5	-	○	○	該当なし	○	低
7	運航	推進効率改善	1機1軸化	-	-	-	-	-	-	-	-	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	-
8	運航	抵抗低減	船型改善	5.0	○	5.0	○	4.0	○	3.0	○	○	○	○	○	高
9	運航	抵抗低減	空気潤滑	2.5	○	2.5	○	2.5	○	2.5	○	○	○	該当なし	○	高
10	運航	抵抗低減	低摩擦塗料	2.5	○	2.5	○	2.5	○	2.5	○	○	○	該当なし	○	低
11	運航	抵抗低減	船体健全化 (健全性の維持)	2.5	-	2.5	-	2.5	-	2.5	-	○	○	該当なし	○	低
12	運航	抵抗低減	低抵抗スラストトンネル	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	○	○	該当なし	○	高
13	運航	抵抗低減	船体軽量化	2.0	-	2.0	-	2.0	-	2.0	-	○	○	該当なし	○	高
14	運航	抵抗低減	風圧抵抗低減形状	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	○	○	該当なし	○	高
15	運航	高度設計技術	水櫃試験による最適設計	2.0	-	2.0	-	2.0	-	2.0	-	○	○	該当なし	○	高
16	運航	高度設計技術	CFDによる最適設計	2.0	-	2.0	-	2.0	-	2.0	-	○	○	該当なし	○	高
17	運航	運航効率改善	カブスターディング	3.5	○	3.5	○	3.0	○	4.0	○	○	○	該当なし	○	中
18	運航	運航効率改善	船尾噴流最適化 (減速航)	5.0	○	5.0	○	5.0	○	5.0	○	○	○	該当なし	○	-
19	運航	運航効率改善	陸上サポート (寄主連携)	5.0	○	5.0	○	5.0	○	5.0	○	○	○	該当なし	○	-
20	運航	運航効率改善	船速最適化 (減速航行)	5.0	○	5.0	○	5.0	○	5.0	○	○	○	該当なし	○	-
21	運航	補機効率改善	補機インバータ制御	0.6	-	0.6	-	0.6	-	0.6	-	○	○	○	○	中
22	運航	補機効率改善	LIB等蓄電池への代替	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	中
23	運航	その他	電気推進	5.0	-	5.0	-	5.0	-	5.0	-	○	○	該当なし	○	-
24	運航	その他	ハイブリッド推進	5.0	-	5.0	-	5.0	-	5.0	-	○	○	該当なし	○	-
25	運航	その他	水素燃料油混焼エンジン	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	-
26	離着陸	離着陸時間短縮	高機能スラスト	30.0	○	30.0	○	30.0	○	30.0	○	○	○	○	○	-
27	離着陸	離着陸時間短縮	大舵舵舵・特殊舵	25.0	○	25.0	○	25.0	○	25.0	○	○	○	○	○	-
28	離着陸	離着陸時間短縮	高機能操舵支援装置	20.0	-	20.0	-	20.0	-	20.0	-	○	○	○	○	-
29	離着陸	離着陸時間短縮	高機能甲板機器	5.0	○	5.0	○	5.0	○	5.0	○	○	○	○	○	-
30	荷役	荷役効率改善	高効率機器の採用	5.0	○	5.0	○	3.0	○	5.0	○	○	○	○	○	-
31	荷役	荷役時間短縮	運用効率改善	2.0	○	2.0	○	2.0	○	2.0	○	○	○	○	○	-
32	荷役	エンジン効率改善	高効率エンジン	2.5	○	2.5	○	3.0	○	3.0	○	○	○	○	○	-
33	停泊	電気機器効率改善	補機インバータ制御	0.6	-	0.6	-	0.6	-	0.6	-	○	○	○	○	-
34	停泊	陸電利用	陸電利用	25.0	-	25.0	-	25.0	-	25.0	-	○	○	○	○	高
35	停泊	蓄電池	大容量蓄電池搭載	5.0	-	5.0	-	5.0	-	5.0	-	○	○	○	○	中
36	その他	排熱回収	蓄熱型蓄熱システム	2.0	-	2.0	-	2.0	-	2.0	-	○	○	○	○	高
37	その他	排熱回収	排熱回収発電	1.5	-	1.5	-	1.5	-	1.5	-	○	○	○	○	高
38	その他	船内電力消費削減	高効率船内電力機器 (LEDなど)	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	○	○	○	○	高
39	その他	船内電力消費削減	太陽電池パネル	0.5	-	0.5	-	0.5	-	0.5	-	○	○	○	○	低
40	その他	定額運航維持	陸上サポート (機器管理)	2.0	-	2.0	-	2.0	-	2.0	-	○	○	○	○	-
41	その他	発電装置	発電装置	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	中
51	その他		風力補助推進システム	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	中
52	その他		エンジン交換	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	高

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理
(2) 既存船向け導入コンセプトの作成

□ 既存船レトロフィットコンセプトの作成

▶ 既存船レトロフィットコンセプトに適用した省エネ技術

省エネ付加物	低摩擦軸受	低摩擦塗料	ウェザールーティング
<p>▶ 省エネ付加物は、取り付ける場所や効果によって様々な形式がある。省エネ付加物は、推進効率改善と抵抗低減の両者に貢献する技術であり、船体形状や運航に合わせた最適技術の採用が重要である。</p> <p>▶ 例えば、プロペラの前方に取り付けるダクトやフィン、プロペラの後方に取り付けるプロペラボスキャップや舵バルブなどがあり、それらを組み合わせて使用することもできる。</p>	<p>▶ 船尾管に低摩擦な軸受を用いる技術である。従来から広く用いられてきたゴム軸受を、樹脂材料などの摩擦係数が低い材料を接触面に使用することによって省エネ化が図られる。</p>	<p>▶ 海洋生物の付着防止、船体表面の摩擦抵抗低減によって省エネ効果が得られる。</p> <p>▶ 各塗料メーカーによって、様々な低摩擦塗料が開発・製品化されている。</p>	<p>▶ ウェザールーティングは、船舶が航海中に遭遇する気象・海象を予測し、船舶の状態や性能、到着時間などを考慮して、燃料消費量や最短航海時間などを踏まえた最適航路を導くためのシステムである。</p> <p>▶ 本技術は、設備を搭載するだけでなく、適切に運用されることで省エネが図られる。制御技術進展により速度管理等との組み合わせにより初期投資に対するコストパフォーマンスが高い一方、効果は使用状況により異なる。</p>
 <p>出典： 鉄道・運輸機構内航船支援セミナー ナカマプロペラ株式会社</p>	 <p>出典： 鉄道・運輸機構内航船支援セミナー 株式会社ミカサ</p>	 <p>出典： DNV Energy Efficiency Report 2025</p>	 <p>出典： 日本気象協会</p>

出典：国土交通省「連携型省エネ船開発・普及に向けた検討会」とりまとめ

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理
(2) 既存船向け導入コンセプトの作成

□ 既存船レトロフィットコンセプトの作成

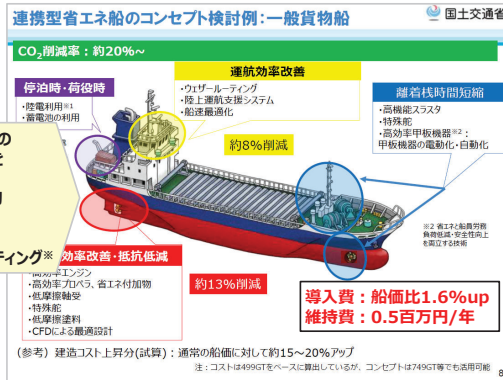
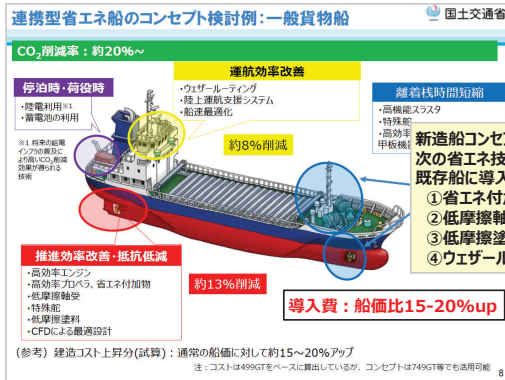
▶ 既存船レトロフィットコンセプトの省エネ技術のOPEX (DNV調査の類似機器のOPEX)

ID	モード	省エネ技術の分類	省エネ技術の導入例	導入費用		ID	モード	省エネ技術の分類	省エネ技術の導入例	導入費用	
				OPEX	類似技術 (DNV)					OPEX	類似技術 (DNV)
				[百万円/年]						[百万円/年]	
1	運航	エンジン効率改善	高効率エンジン	0.9	4.3	26	離着陸	離着陸時間短縮	高機能スラスター	0.2	5.3
2	運航	エンジン効率改善	エンジン出力の最適化	0.2	4.4	27	離着陸	離着陸時間短縮	大舵角舵・特殊舵	0.4	高効率舵
3	運航	推進効率改善	高効率プロペラ	none	3.10	28	離着陸	離着陸時間短縮	船機操舵支援装置	0.1	補機システムの最適化
4	運航	推進効率改善	省エネ付加物	none	3.9	29	離着陸	離着陸時間短縮	高機能甲板機器	0.1	補機システムの最適化
5	運航	推進効率改善	低摩擦軸受	-	3.10	30	荷役	荷役効率改善	高効率機器の採用	none	2.3
6	運航	推進効率改善	プロペラ健全化 (健全性の維持)	none	3.5	31	荷役	荷役時間短縮	運用効率改善	none	2.3
7	運航	推進効率改善	1機1軸化	-	-	32	荷役	エンジン効率改善	高効率エンジン	none	2.3
8	運航	抵抗低減	船型最適化	none	3.6	33	停泊	電気機器効率改善	補機インバータ制御	0.1	補機システムの最適化
9	運航	抵抗低減	空気清浄	0.8	5.1	34	停泊	発電機効率改善	発電機効率改善	none	4.9
10	運航	抵抗低減	低摩擦塗料	5年更新	3.3	35	停泊	蓄電池	大容量蓄電池搭載	0.4	1.1
11	運航	抵抗低減	船体健全化 (健全性の維持)	none	3.5	36	その他	排熱回収	高性能蓄電プラント	0.0	4.10
12	運航	抵抗低減	低抵抗スラスター	0.2	5.3	37	その他	排熱回収	排熱回収発電	0.3	4.13
13	運航	抵抗低減	船体軽量化	none	3.11	38	その他	船内電力消費削減	高効率船内電力機器 (LEDなど)	none	1.2
14	運航	抵抗低減	船圧抵抗低減形状	none	3.2	39	その他	船内電力消費削減	太陽電池パネル	1.1	2.1
15	運航	船体設計技術	水筒試験による最適設計	none	3.6	40	その他	定時運航維持	岸上サポート (機器管理)	-	-
16	運航	船体設計技術	CFDによる最適設計	none	5.6	41	その他	発電機装置	補機電装	0.1	4.8
17	運航	推進効率改善	ウェザールーティング	0.3	5.7						
18	運航	運航効率改善	最適航路設定・船速最適化 (減速航行)	0.8	5.1						
19	運航	運航効率改善	陸上サポート (荷主連携)	-	-						
20	運航	運航効率改善	船速最適化 (減速航行)	0.8	5.1						
21	運航	補機効率改善	補機インバータ制御	0.1	1.1						
22	運航	補機効率改善	LiB等蓄電池への代替	0.4	4.1						
23	運航	その他	電気推進	-	-						
24	運航	その他	ハイブリッド推進	-	-						
25	運航	その他	水素燃料電池エンジン	-	-						

出典：DNV「Energy Efficiency Report 2025」

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理 (2) 既存船向け導入コンセプトの作成

□ 既存船レトロフィットコンセプトの作成 ➢ 貨物船



新造船コンセプト

既存船レトロフィットコンセプト

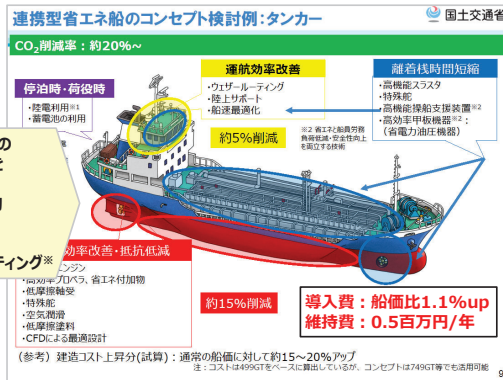
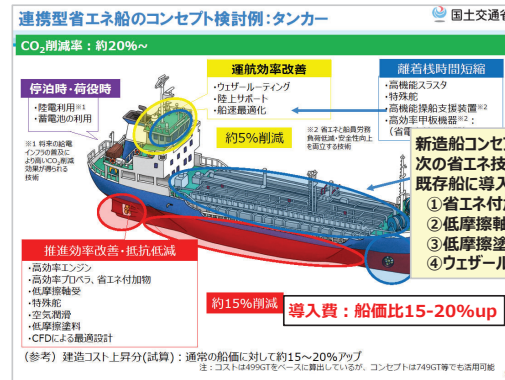
※船速管理含む

モデル船		貨物船		省エネ効果 (トータル)		省エネ効果 (トータル)		省エネ効果 (モード毎)		導入費用		導入費用	
(a)CO2削減率 (燃費削減率)		省エネ効果 (トータル)		9.6 [%]		省エネ効果 (モード毎)		省エネ効果 (トータル)		CAPEX		OPEX	
(b)建造コスト上昇分		船価上昇率		1.6 [%]		省エネ効果 (モード毎)		省エネ効果 (トータル)		[百万円]		[百万円/年]	
(c)導入技術の整備費 (機器OPEX)		燃料削減率		0.5 [%]		省エネ効果 (モード毎)		省エネ効果 (トータル)		[百万円]		[百万円/年]	
(d)燃料削減率		燃料単価		-3.7 [%]		省エネ効果 (モード毎)		省エネ効果 (トータル)		[百万円]		[百万円/年]	
No.	モード	省エネ技術の分類	省エネ技術の導入例	既存船レトロフィット	燃費削減率	省エネ効果	省エネ効果	省エネ効果	導入費用	導入費用	導入費用	導入費用	
	整理表	整理表	整理表	コンセプト	エネルギー	消費割合	(モード毎)	(トータル)	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX	
				適用技術	[%]	[%]	[%]	[%]	[百万円]	[百万円/年]	[百万円]	[百万円/年]	
連携型省エネ船のコンセプトの省エネ技術													
4	運航	推進効率改善	省エネ付加物	○	91.0%	3.0%	2.7%	5.0	none				
5	運航	推進効率改善	低摩擦軸受	○	91.0%	1.5%	1.4%	5.0	-				
10	運航	抵抗低減	低摩擦塗料	○	91.0%	2.5%	2.3%	1.0	0.2				
17	運航	運航効率改善	ウェザールーティング	○	91.0%	3.5%	3.2%	2.0	0.3				

15

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理 (2) 既存船向け導入コンセプトの作成

□ 既存船レトロフィットコンセプトの作成 ➢ タンカー



新造船コンセプト

既存船レトロフィットコンセプト

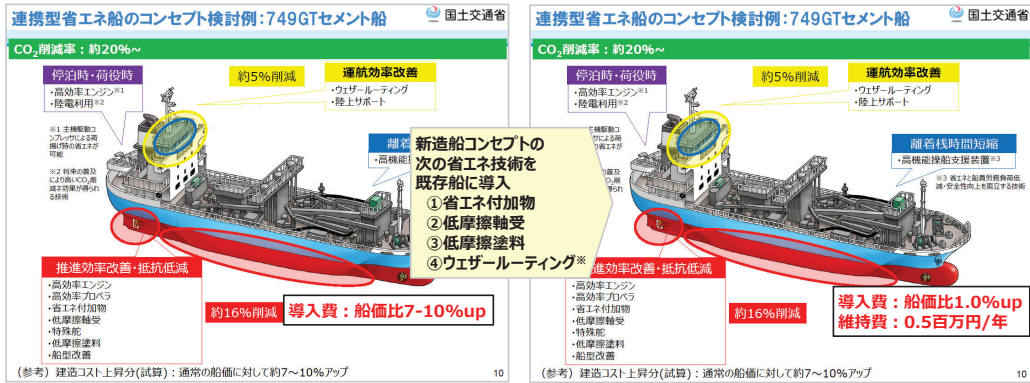
※船速管理含む

モデル船		タンカー		省エネ効果 (トータル)		省エネ効果 (トータル)		省エネ効果 (モード毎)		導入費用		導入費用	
(a)CO2削減率 (燃費削減率)		省エネ効果 (トータル)		9.7 [%]		省エネ効果 (モード毎)		省エネ効果 (トータル)		CAPEX		OPEX	
(b)建造コスト上昇分		船価上昇率		1.1 [%]		省エネ効果 (モード毎)		省エネ効果 (トータル)		[百万円]		[百万円/年]	
(c)導入技術の整備費 (機器OPEX)		燃料削減率		0.5 [%]		省エネ効果 (モード毎)		省エネ効果 (トータル)		[百万円]		[百万円/年]	
(d)燃料削減率		燃料単価		-4.3 [%]		省エネ効果 (モード毎)		省エネ効果 (トータル)		[百万円]		[百万円/年]	
No.	モード	省エネ技術の分類	省エネ技術の導入例	既存船レトロフィット	燃費削減率	省エネ効果	省エネ効果	省エネ効果	導入費用	導入費用	導入費用	導入費用	
	整理表	整理表	整理表	コンセプト	エネルギー	消費割合	(モード毎)	(トータル)	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX	
				適用技術	[%]	[%]	[%]	[%]	[百万円]	[百万円/年]	[百万円]	[百万円/年]	
連携型省エネ船のコンセプトの省エネ技術													
4	運航	推進効率改善	省エネ付加物	○	92.0%	3.0%	2.8%	5.0	none				
5	運航	推進効率改善	低摩擦軸受	○	92.0%	1.5%	1.4%	5.0	-				
10	運航	抵抗低減	低摩擦塗料	○	92.0%	2.5%	2.3%	1.0	0.2				
17	運航	運航効率改善	ウェザールーティング	○	91.0%	3.5%	3.2%	2.0	0.3				

16

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理 (2) 既存船向け導入コンセプトの作成

□ 既存船レトロフィットコンセプトの作成 ➢ セメント船・749GT

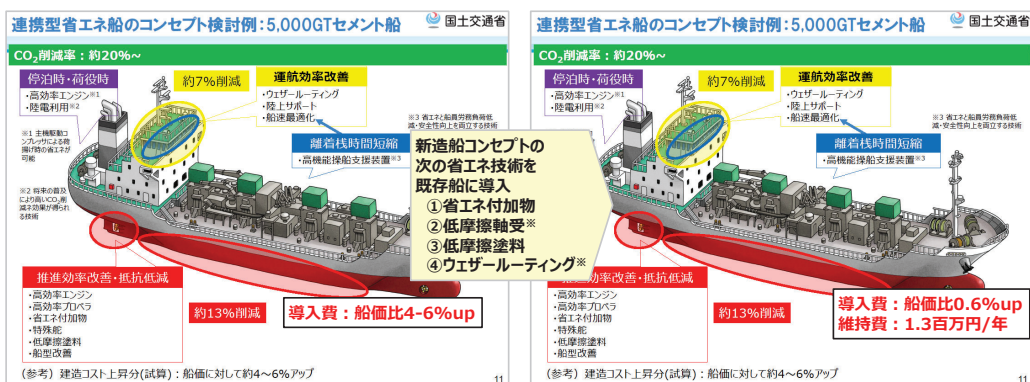


モデル船		セメント船・749GT		省エネ効果 (トータル)		省エネ効果 (モード毎)		導入費用		燃料単価	
(a)CO ₂ 削減率 (燃費削減率)				8.4 [%]				導入費用 CAPEX		10 [百万円]	
(b)建造コスト上昇分				1.0 [%]				導入費用 OPEX		80 [千円/kl]	
(c)導入技術の整備費 (機器OPEX)				0.5 [百万円/年]				燃料単価		80 [千円/kl]	
(d)燃料削減費				-3.6 [百万円/年]							
No.	モード	省エネ技術の分類	省エネ技術の導入例	既存船	燃費削減率	省エネ効果	省エネ効果	導入費用	導入費用		
				レトロフィット	エネルギー	省エネ効果	省エネ効果	CAPEX	OPEX		
				適用技術	消費割合	(モード毎)	(トータル)	[百万円]	[百万円/年]		
連携型省エネ船のコンセプトの省エネ技術											
4	運航	推進効率改善	省エネ付加物	○	68.0%	3.0%	2.0%	5.0	none		
5	運航	推進効率改善	低摩擦軸受	○	68.0%	4.0%	2.7%	2.0	-		
10	運航	抵抗低減	低摩擦塗料	○	68.0%	2.5%	1.7%	1.0	0.2		
17	運航	運航効率改善	ウエザールーティング	○	68.0%	3.0%	2.0%	2.0	0.3		

17

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理 (2) 既存船向け導入コンセプトの作成

□ 既存船レトロフィットコンセプトの作成 ➢ セメント船・5000GT



モデル船		セメント船・5000GT		省エネ効果 (トータル)		省エネ効果 (モード毎)		導入費用		燃料単価	
(a)CO ₂ 削減率 (燃費削減率)				10.2 [%]				導入費用 CAPEX		17 [百万円]	
(b)建造コスト上昇分				0.6 [%]				導入費用 OPEX		80 [千円/kl]	
(c)導入技術の整備費 (機器OPEX)				1.3 [百万円/年]				燃料単価		80 [千円/kl]	
(d)燃料削減費				-12.5 [百万円/年]							
No.	モード	省エネ技術の分類	省エネ技術の導入例	既存船	燃費削減率	省エネ効果	省エネ効果	導入費用	導入費用		
				レトロフィット	エネルギー	省エネ効果	省エネ効果	CAPEX	OPEX		
				適用技術	消費割合	(モード毎)	(トータル)	[百万円]	[百万円/年]		
連携型省エネ船のコンセプトの省エネ技術											
4	運航	推進効率改善	省エネ付加物	○	75.0%	7.0%	5.3%	10.0	none		
5	運航	推進効率改善	低摩擦軸受	○	-	-	-	-	-		
10	運航	抵抗低減	低摩擦塗料	○	75.0%	2.5%	1.9%	5.0	1.0		
17	運航	運航効率改善	ウエザールーティング	○	75.0%	4.0%	3.0%	2.0	0.3		

18

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理
(2) 既存船向け導入コンセプトの作成

- 既存船レトロフィットコンセプトの作成
 - 導入の費用対効果（省エネ投資の経済性評価の方法）

回収期間法	現在価値法 (NPV)	内部収益率法 (IRR)
➢ 投資額を回収できるまでの期間を計算して、投資判断を行う方法 	➢ キャッシュフローの現在価値を投資額の現在価値で差し引き、プラスであれば投資をするという判断を行う方法 ➢ 正味現在価値がプラスであれば、投資をした方が良いと判断 	➢ 内部収益率が資本コストより高ければ投資と判断を行う方法 ➢ 内部収益率とは、正味現在価値がゼロになるような割引率と定義 ➢ 内部収益率が、資本コスト（投資案件の年平均調達コスト）よりも大きいのであれば、投資をした方が良いと判断
回収期間法 投資額を、省エネによる正味CFで何年で回収できるかを評価 	将来の回収による正味CFの現在価値を求める $n \text{年後正味CFの現在価値} = n \text{年後正味CF} \times \frac{1}{(1+r)^n}$ (算出事例) 割引率 6%の時、3年後の10万円の現在価値は、 $100,000 \times \frac{1}{(1+0.06)^3} = 83,962 \text{円}$ (逆に、83,962円を利率6%の複利で3年間運用すると、元利合計は100,000円となる)	内部収益率 (IRR) 法 毎年の回収による正味CFを現在価値に換算した合計額が、投資額と一致する割引率を評価

出典：（公財）大阪産業創造館,省エネ投資の経済性評価の方法
https://www.sansokan.jp/akinai/faq/detail.san?H_FAQ_CL=0&H_FAQ_NO=1378

④ 既存船に導入しやすい省エネ・省CO2技術の整理
(2) 既存船向け導入コンセプトの作成

- 既存船レトロフィットコンセプトの作成
 - 導入の費用対効果（省エネ投資の経済性評価の試算結果）

貨物船

モルル船	貨物船
投資額	13.0 [百万円]
導入費用CAPEX	0.5 [百万円/年]
導入費用OPEX	-3.7 [百万円/年]
回収額	削減費用
使用期間	20 [年]
回収期間法	
回収期間	5 [年]
NPV法 (Net Present Value)	
正味現在価値 (NPV)	36 [百万円]
割引率	5%
IRR法 (Internal Rate of Return)	
内部収益率 (IRR)	24.6%

タンカー

モルル船	タンカー
投資額	13.0 [百万円]
導入費用CAPEX	0.5 [百万円/年]
導入費用OPEX	-4.3 [百万円/年]
回収額	削減費用
使用期間	20 [年]
回収期間法	
回収期間	4 [年]
NPV法 (Net Present Value)	
正味現在価値 (NPV)	45 [百万円]
割引率	5%
IRR法 (Internal Rate of Return)	
内部収益率 (IRR)	28.8%

セメント船
・749GT

モルル船	セメント船-749GT
投資額	10.0 [百万円]
導入費用CAPEX	0.5 [百万円/年]
導入費用OPEX	-3.6 [百万円/年]
回収額	削減費用
使用期間	20 [年]
回収期間法	
回収期間	4 [年]
NPV法 (Net Present Value)	
正味現在価値 (NPV)	37 [百万円]
割引率	5%
IRR法 (Internal Rate of Return)	
内部収益率 (IRR)	30.8%

セメント船
・5000GT

モルル船	セメント船-5000GT
投資額	17.0 [百万円]
導入費用CAPEX	1.3 [百万円/年]
導入費用OPEX	-12.5 [百万円/年]
回収額	削減費用
使用期間	20 [年]
回収期間法	
回収期間	2 [年]
NPV法 (Net Present Value)	
正味現在価値 (NPV)	156 [百万円]
割引率	5%
IRR法 (Internal Rate of Return)	
内部収益率 (IRR)	66.1%

※ 機器導入費/維持費・燃料削減費で費用対効果を試算。ただし、実際の投資判断には船舶経費その他経費の考慮が必要（特にNPV法・IRR法は過度に評価）。中小企業の多くは回収期間法を利用し、大型投資案件が対象のNPV法・IRR法の利用率は2割程度。