令和４年度
ゼロエミッション漁船等技術調査事業
報告書

令和５年３月

一般社団法人海洋水産システム協会

目　次

第 1 章　事業の概要 …… 1
1.1 事業目的 …… 1
1.2 事業の内容 …… 1
(1) 代替エネルギーによる動力構成の試設計 …… 1
(2) 検討委員会 …… 2

第 2 章　ゼロエミッション化に向けた代替エネルギーの調査検討 …… 4
2.1 船舶のゼロエミッション化の動向 …… 4
(1) 国際海運の低炭素化…脱炭素化の動向 …… 4
(2) 内航船分野の脱炭素化について …… 8
2.2 ガス燃料エンジンの開発状況 …… 9
(1) ガスエンジンについて …… 9
(2) 二元燃料（DF）エンジン …… 11
2.3 ガス燃料船の艤装設計の留意事項 …… 13
(1) 燃料タンクの配置 …… 14
(2) 燃料タンク関連要件 …… 14
(3) ガス燃料配管系と機関区域の要件 …… 15
2.4 沖合漁船の脱炭素化に向けた代替燃料の選定 …… 16
(1) 代替燃料候補 …… 16
(2) ゼロエミッション漁船の代替燃料の選定 …… 18

第 3 章　沖合漁船の動力構成および燃油消費実態の調査 …… 20
3.1 調査対象漁船の選定 …… 20
3.2 沖合底びき網漁船（板びき 105GT、A 丸）の実態調査 …… 20
(1) 操業形態 …… 20
(2) 機関の運転状況および燃料消費量 …… 21
(3) 給油量とその頻度 …… 23
(4) その他 …… 23
3.3 沖合底びき網（かけまわし 144GT、B 丸）の実態調査 …… 25
(1) 操業形態 …… 25

(2) 機関の運転状況および燃料消費量 …… 27
(3) 年間を通した操業実績と給油量 …… 29
(4) その他 …… 30
3.4 大中型まき網漁業網船（北まき 199GT、C 丸）の実態調査 …… 32
(1) 操業形態 …… 32
(2) 機関の運転状況および燃料消費量 …… 33
(3) 給油量およびその頻度 …… 34
(4) その他 …… 35
3.5 大中型まき網漁業網船（遠まき 199GT、D 丸）の実態調査 …… 37
(1) 操業形態 …… 37
(2) 主要目と動力構成 …… 38
(3) 給油の実態および燃料消費量 …… 39
(4) その他 …… 41
3.6 ゼロエミッション漁船の代替燃料積載量の決定 …… 44

第 4 章　代替エネルギーを活用した漁船の試設計 …… 45
4.1 試設計の条件 …… 45
4.2 試設計の実施 …… 46
4.3 試設計の結果 …… 47
(1) 沖合底びき網漁船（板びき 105GT、A 丸） …… 47
(2) 沖合底びき網漁船（かけまわし 144GT、B 丸） …… 50
(3) 大中型まき網漁業網船（北まき 199GT、C 丸） …… 53
(4) 大中型まき網漁業網船（遠まき 199GT、D 丸） …… 56
4.4 試設計結果のまとめ …… 59
(1) 船の大きさについて …… 59
(2) 燃料油タンクについて …… 60
(3) 試設計結果についての所感 …… 60

第 5 章　まとめ …… 62
5.1 代替エネルギーによる動力構成の試設計 …… 62
5.2 今後の方向性 …… 62

第１章　事業の概要

1.1　事業の目的

水産業においても２０５０年までのカーボンニュートラルを図るため、沖合漁業における既存漁船のエネルギー消費を見直すとともに、化石燃料に代わり二酸化炭素を排出しない新たな代替エネルギーによる漁船の動力構成についての試設計に取組むことにより、漁船のゼロエミッション化技術の開発を促進することを目的とする。

1.2　事業の内容

漁船の新たな動力源として活用可能となりうる化石燃料に代わって二酸化炭素を排出しない新たな代替エネルギーの候補をリストアップし、技術的な整理を行うとともに、代表的な沖合漁業の既存漁船のエネルギー消費を見直し、適すると判断された代替エネルギーを活用した漁船の動力構成について試設計を実施する。

試設計の結果よりゼロエミッション漁船に対する課題を取りまとめる。

(1) 代替エネルギーによる動力構成の試設計

（ア）新たな代替エネルギーの候補のリストアップ

国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ（2020 年 3 月　国際海運 GHG ゼロエミッションプロジェクト）等を参考とし船舶関係における研究・開発の状況を調査し、舶用機器の動力源となりうる二酸化炭素の排出をしない代替エネルギーについてリストアップを行い、漁船での活用を前提に、技術的な整理（漁船への搭載可能性、補給の容易性、漁撈作業への影響等）を行う。

（イ）代表的な沖合漁業の動力構成および燃油消費実態の調査

大中型まき網漁業の網船、沖合底びき網漁船（いずれも２タイプ）を対象とし、代替エネルギーの活用を前提に、漁船漁業構造改革総合対策事業（もうかる漁業創設支援事業）で実証結果や操業・消費実態等の調査を行い、既存漁船の操業形態やエネルギーの消費構造を見直し、漁船の将来像と代替エネルギーとのマッチングの検討を行い、漁業での活用に適した代替エネルギーの絞り込みを実施する。

（ウ）代替エネルギーを活用した漁船の動力構成について試設計

将来の沖合漁船の想定し、２漁業種４タイプの代替エネルギーを活用した動力構成の要目表を作成して試設計を実施する。その結果を踏まえた沖合漁船の要目表を作成する。

(2) 検討委員会

代替エネルギーによる漁船の動力構成の試設計に関する分析・検討を行う機関として、外部の専門委員等からなる委員会を設置して検討を行った。委員会構成名簿ならびに開催実績は以下のとおり。

①検討委員会構成

表 1.1　検討委員会構成名簿

	氏　名	所属及び役職	備　考
1	小田　健一	元水産工学研究所　漁業生産工学部長	委員長
2	酒井　久治	国立大学法人東京海洋大学　名誉教授	
3	三好　潤	国立研究開発法人水産研究・教育機構　水産技術研究所 水産工学部　漁業生産工学グループ　主任研究員	
4	平田　宏一	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 環境･動力系 動力ｼｽﾃﾑ研究ｸﾞﾙｰﾌﾟ ｸﾞﾙｰﾌﾟ長	
5	武井　篤	一般社団法人全国まき網漁業協会　専務理事	
6	郡司　理	一般社団法人全国底曳網漁業連合会　事務局長	

②検討委員会開催実績

第 1 回検討委員会

日　時：2022 年 7 月 19 日（火）10：00～

場　所：海洋水産システム協会　会議室

議　事：①ゼロエミッション漁船等技術調査事業について

②実施内容と進め方について

第 2 回検討委員会

日　時：2022 年 11 月 22 日（火）10：00～

場　所：海洋水産システム協会　会議室

議　事：①既存漁船の現地調査結果について

②代替エネルギーの絞り込みについて

③代替エネルギーを活用した試設計の方針について

第 3 回検討委員会

日時：2023 年 3 月 16 日（木）10：00～

場所： 海洋水産システム協会　会議室

議事：①ゼロエミッション漁船試設計の結果について

②本事業のまとめ方について（報告書案の確認）

表 1.2　検討委員会出席者名簿

	氏　名	所属及び役職	備　考
（委員）			
1	小田　健一	元水産工学研究所　漁業生産工学部長	委員長
2	酒井　久治	国立大学法人東京海洋大学　名誉教授	
3	三好　潤	国立研究開発法人水産研究・教育機構　水産技術研究所 水産工学部　漁業生産工学グループ　主任研究員	
4	平田　宏一	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 環境･動力系 動力ｼｽﾃﾑ研究ｸﾞﾙｰﾌﾟ ｸﾞﾙｰﾌﾟ長	
5	武井　篤	一般社団法人全国まき網漁業協会　専務理事	
6	郡司　理	一般社団法人全国底曳網漁業連合会　事務局長	
（臨席）			
	南　克洋	水産庁　増殖推進部研究指導課　海洋技術室長	
	岡本　圭祐	水産庁　増殖推進部研究指導課　海洋技術室課長補佐	
	水野　一穂	水産庁　増殖推進部研究指導課　海洋技術室 生産技術班　指導係員	
（事務局）			
	平石　一夫	一般社団法人海洋水産システム協会　専務理事	
	長谷川　勝男		
	酒井　拓宏	一般社団法人海洋水産システム協会　研究開発部長	
	岩田　佳之	一般社団法人海洋水産システム協会　研究開発部兼設計部技師	

第 2 章　ゼロエミッション化に向けた代替エネルギーの調査検討

世界的な地球温暖化防止対策については、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）において議論され、COP21（第 21 回気候変動枠組条約締約国会議、2015 年 12 月）で採択された「パリ協定」では、すべての国が 2020 年以降の温室効果ガス排出削減に取り組む枠組みが合意された。パリ協定では、脱炭素化に向けて各国が 5 年ごとに削減目標を提出することとし、更新の際には以前の目標より前進させることを規定している。また、世界共通の長期目標として「産業革命前からの平均気温上昇を 2℃未満に抑制、さらに 1.5℃以内に向けた努力」を設定している。2018 年 10 月、国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC）では、平均気温昇を 1.5℃以内に抑えるためには 2050 年近辺までにカーボンニュートラルが必要であることが報告された。世界全体で気候変動対策の重要性が認識されるなか、多くの国が「2050 年カーボンニュートラル実現」を表明し、世界的な脱炭素の動きが加速している。我が国も 2020 年 10 月に菅総理より「2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言された。2021 年 4 月の地球温暖化対策推進本部及び気候サミットにおいて、我が国は 2050 年カーボンユートラルに向けて、「2030 年度において、温室効果ガスを 2013 年度から 46%の削減を目指し、さらに 50%の高みに向け挑戦を続ける」という従来の目標を 7 割以上引き上げる野心的な目標を発表した。日本政府は、2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、全ての社会経済活動において脱炭素を主要課題の一つと位置づけ、脱炭素を軸として成長に資する政策を推進していくとしている。

2.1 船舶のゼロエミッション化の動向

(1) 国際海運の低炭素化・脱炭素化の動向

世界全体の地球温暖化対策は UNFCCC の下で議論されるが、国境を越えて移動する国際海運からの温室効果ガス（GHG）排出削減については、国際海事機関（IMO）に検討が委ねられている。IMO において、2018 年 4 月に「GHG 削減戦略（図 2.1）」が採択され、2008 年を基準年として、①2030 年までに単位輸送当たりの CO_2 排出量を 40%以上削減、②2050 年までに GHG 総排出量 50%以上削減、③今世紀中なるべく早期に GHG 排出ゼロを目指すことが、目標として掲げられた。

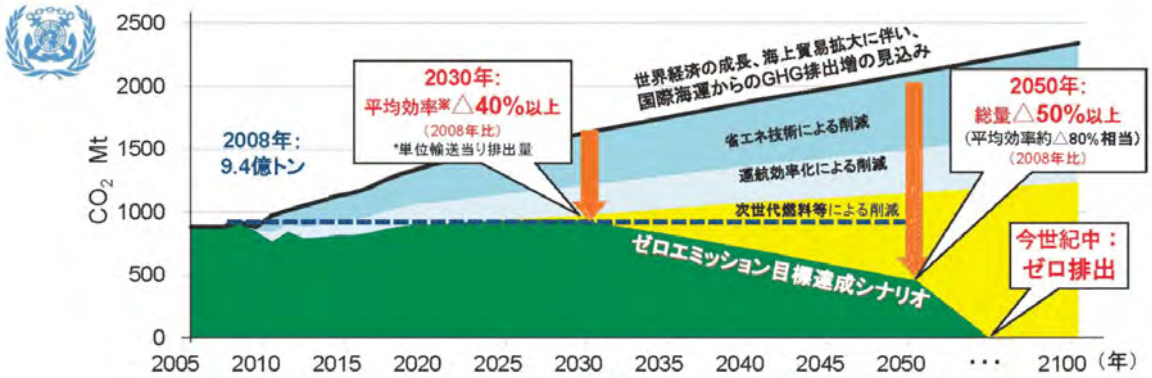

図 2.1　国際海運の GHG 削減目標　（文献 2 から転載）

国際海運分野では、2013 年から新造船に対してエネルギー効率設計指標（EEDI）を導入し、段階的に規制値を強化する取り組みが行われているものの、既存船については EEDI 規制対象外となっているため、既存船に対する GHG 削減の新たな枠組みが議論されている。GHG 削減戦略の 2050 年数値目標達成のためには EEDI 規制の強化だけでは不十分であり、化石燃料を主とする従来の燃料から脱炭素燃料への切り替えが不可欠となる。

このような国際海運のＧＨＧ削減の動きを受け、2018 年 4 月に産官学の連携による「国際海運 GHG ゼロエミッションプロジェクト」が設立され、IMO の GHG 削減目標達成に向けた基本的な考え方の整理、2030 年目標値達成のための方策の検討、2050 年以降の目標達成に向けたロードマップが検討され、2020 年 3 月に「国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」[1)]として発表された。また、国交省は 2021 年 7 月に「次世代船舶の開発」プロジェクトの研究開発・社会実装計画（案）[2)]を公表した。この中には、2050 年の目標達成のための代替燃料移行シナリオ、今後の技術開発の工程表等が明記されている。

これらの検討のなかで、2050 年の GHG 削減目標値を達成するために活用される可能性のある代替燃料として、水素、アンモニア、LNG、合成燃料、バイオ燃料等がリストアップされている。それぞれの代替燃料の特徴について表 2.1 に示す。

表 2.1　GHG 削減のための代替燃料　（文献 1 をもとに作成）

	熱量当たりのCO_2排出量（C重油比*1）	熱量当たりの燃料体積（液化時・C重油比*1）	利　点	課　題
水素（H_2）（燃料電池含む）	0	4.46	・船上CO_2排出ゼロ ・小型の水素燃料混焼船は実績あり ・小型の燃料電池船は実績あり	・燃料体積がC重油の約4.5倍 ・貯蔵安定性の技術課題（液体時-253℃） ・供給インフラ未整備・バンカリング技術未成熟 ・エンジンの燃焼制御技術等
アンモニア（NH_3）	0	2.72	・船上CO_2排出ゼロ	・NOx発生、N_2O発生（温室効果はCO_2の約300倍） ・毒性あり ・専焼での燃焼性、大出力化等の技術課題
LNG	0.74（メタンスリップ未考慮）	1.65	・LNG燃料船は実用化済 ・水素等に比べエネルギー体積密度が高い ・合成/バイオメタン用にインフラ転用可能 ・現行IGFコードで規則整備済	・CO_2削減効果は限定的 ・メタンスリップ（温室効果はCO_2の約25倍）
メタン（CH_4）	0.71 【0】*2 （メタンスリップ未考慮）	1.80	・実用化済のLNGと利用技術は同等 ・LNGのインフラ転用可能	・メタンスリップ（温室効果はCO_2の約25倍）
バイオディーゼル	【0】	（～1.2）	・陸上において混焼は商業レベル ・バイオ燃料はカーボンニュートラル扱い	・貯蔵安定性の技術課題 ・他セクター消費のため海運への供給不足の可能性
メタノール（CH_3OH）	0.90 【0】*2	2.39	・メタノール燃料船は建造実績あり ・取扱い容易	・燃料体積がC重油の約2.4倍 ・低着火性、大出力化の技術課題
エタノール（C_2H_5OH）	0.93 【0】*2	1.79	・バイオエタノール生産は商業レベル ・取扱い容易	・低着火性、大出力化の技術課題

＊1　熱量当たりのCO2排出量及び燃料体積（液化時）は、低位発熱量40.4MJ/kg、CO2排出係数Cf=3.114t-CO2/t-Fuel、比重0.94の舶用重油（C重油）を基準としている。熱量当たりのCO2排出量は、IPCCガイドライン及びMOのEEDI計算ガイドラインの低位発熱量を基に算出している。
＊2　カーボンリサイクル燃料（CO2を分離・回収して再利用する技術によって人工的に製造される燃料）やバイオ燃料の場合ゼロとなる。

また、代替燃料以外の GHG 削減手法として、風力の利用、バッテリー推進や排気 CO_2 回収等がオプションとして挙げられるものの課題も多い。外航商船では、風力とバッテリー利用による GHG 削減は限定的であり、補助的な役割に留まると思われる。陸上では排ガス中の CO_2 を回収する実証化済の技術である CO_2 回収法は、GHG を一定以上削減するためには CO_2 回収率の向上が課題となる。CO_2

回収装置は、外航船への適用は可能と考えられているが、排ガスの前処理（脱硝、脱硫など）が必要なこと、回収後の CO_2 体積・重量が大きいこと等の理由から小型船舶への適用は無理があるのが現状である。

以上のように脱炭素化に資する代替燃料・技術オプションのリストアップを行うとともに、GHG 削減の中長期目標達成に向けた外航海運の GHG 削減シナリオが検討された。オプション絞り込みの条件は、①2028 年までに対 2008 年比で 90%以上の GHG を削減する船舶の投入が期待できること、②長期的には国際海運のゼロエミッション実現を可能とするものとしている。これらの条件を満たすオプションとして、水素燃料船、アンモニア燃料船、カーボンリサイクルメタン燃料船および船上 CO_2 回収設備を搭載する大型船舶を挙げている。カーボンリサイクルメタンとは、回収した CO_2 と水素から製造されるメタン（合成燃料）を指す。液体水素及びアンモニア燃料は、それぞれ技術的課題はあるものの、今後、専焼エンジンの開発の加速が見込まれており、2028 年までにはこれらの燃料を使用する船舶の投入が可能と考えられている。カーボンリサイクルメタン燃料船については、LNG の主成分はメタンであることから、カーボンリサイクル燃料として製造されるメタンは、既に実用化されている LNG 燃料船にそのまま利用可能である。

GHG 削減戦略の 2050 年目標を達成するシナリオが二通り考えられた（図 2.2）。水素燃料、アンモニア燃料、カーボンリサイクルメタン燃料及び船上 CO_2 回収の代替燃料・技術オプションの投入が期待できるのは 2028 年以降となるため、当面の GHG 削減を進めるための現実的な選択肢は、既に実用化されている LNG 燃料であり、両シナリオとも LNG 燃料が普及拡大するとしている。水素・アンモニア拡大シナリオでは、水素・アンモニア燃料について、船舶の技術開発が進み燃料供給の拡大を想定している。これらの燃料は、2028 年頃から新造船の投入が開始される前提であるため、その間、LNG 船の普及もある程度進むことが想定される。このシナリオでは、2050 年には国際海運で消費されるエネルギーの約 45%が水素・アンモニア、約 30%が LNG、約 7%がカーボンリサイクルメタン又はバイオメタンで賄われ、約 5%が船上 CO_2 回収を導入することで 2050 年の目標値達成を見込んでいる。

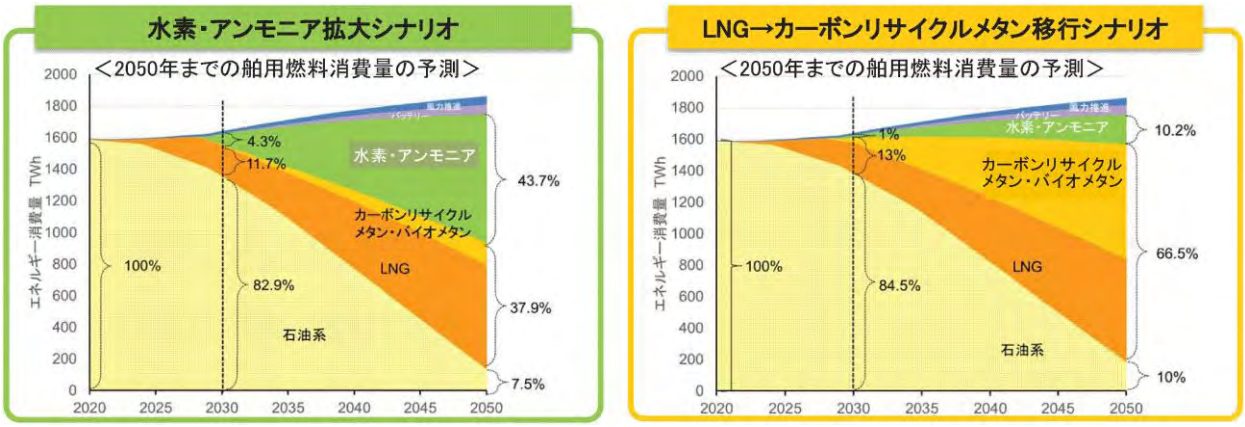

図 2.2　国際海運のエネルギー消費に占める代替燃料等の割合（文献 2 から転載）

二つめの LNG→カーボンリサイクルメタン移行シナリオでは、LNG 燃料船の普及と LNG 燃料の供給インフラ整備が進む一方、水素・アンモニア燃料のインフラ整備は大幅に進まないことを想定している。このシナリオでは、2050 年に国際海運で消費されるエネルギーの約 75%が LNG 又はカーボンリサイクルメタン若しくはバイオメタン、約 10%が水素・アンモニアにより賄われ、LNG 燃料船の約 20%が船上 CO_2 回収を導入することで 2050 年目標値が達成できるとしている。

以上のような検討を踏まえて作成された国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップを図 2.3 に示す。水素やアンモニア等、ゼロエミッション船の燃料の選定については、それぞれにメリット・デメリットがあることから、長期的にどれが主要燃料となるか、或いは複数の燃料が共存するかを現時点で見極めるのは困難とされる。また、燃料供給インフラの整備状況等、寄港地や船の種類によって代替燃料の棲み分けも考えられるため、現時点では代替燃料を絞り込まず、それぞれの技術開発を進めるとしている。水素は 2030 年までに実証運航完了、アンモニアは 2028 年までに商業運航実現を目指すためには、水素・アンモニアとも専焼エンジンの早期開発が必要となる。

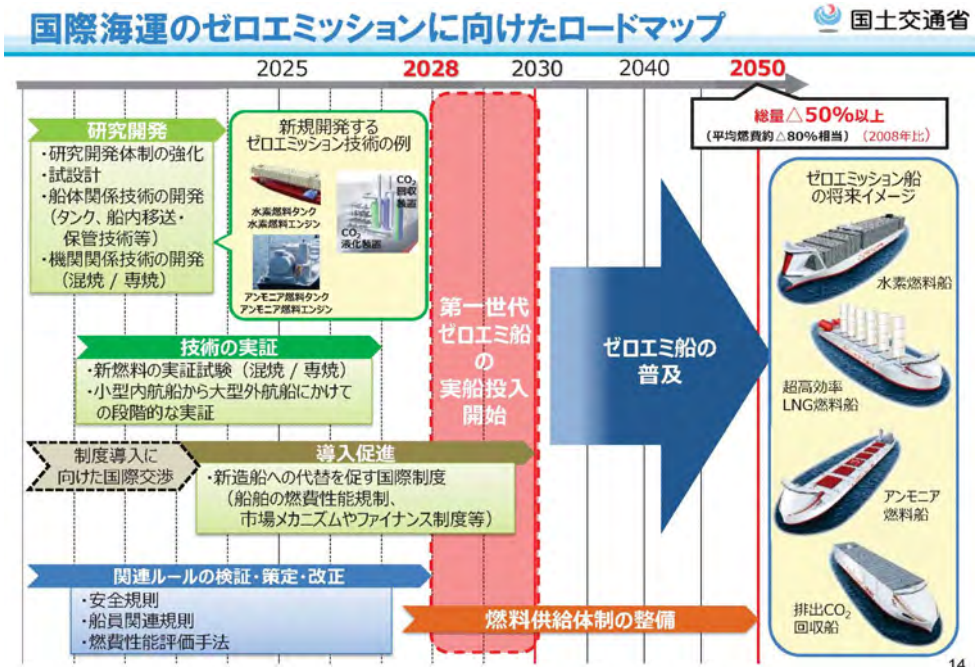

図 2.3　国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ（文献 2 から転載）

水素燃料船およびアンモニア燃料船を実現するためには、エンジン、燃料タンク、燃料供給システムの開発が不可欠である。水素は、着火エネルギーが小さく燃焼速度が大きいことからエンジンにおいては、高度な燃焼制御技術と水素の漏洩・脆性対策が必要である。液体水素は重油の 4.5 倍の体積となるため、省スペース化、極低温保管（-253℃）に伴う BOG 発生を含めた圧力管理対策が必要となる。一方、アンモニアは、常温保管が可能で貯蔵面のメリットはあるが、難燃性であるアンモニアの燃焼制御の問題、排気中の N_2O（CO_2 の 300 倍の温室効果）対策に加え、アンモニアの腐食性、毒性への対策が必要である。

国際海運の 2050 年カーボンニュートラルに向けた課題が図 2.4 のように整理されている。カー

ボンニュートララル実現のためには、海運、造船、舶用及び船員の分野のほか、燃料供給サイド面も含めて、時間軸も意識して総合的に課題解決を進める必要がある。

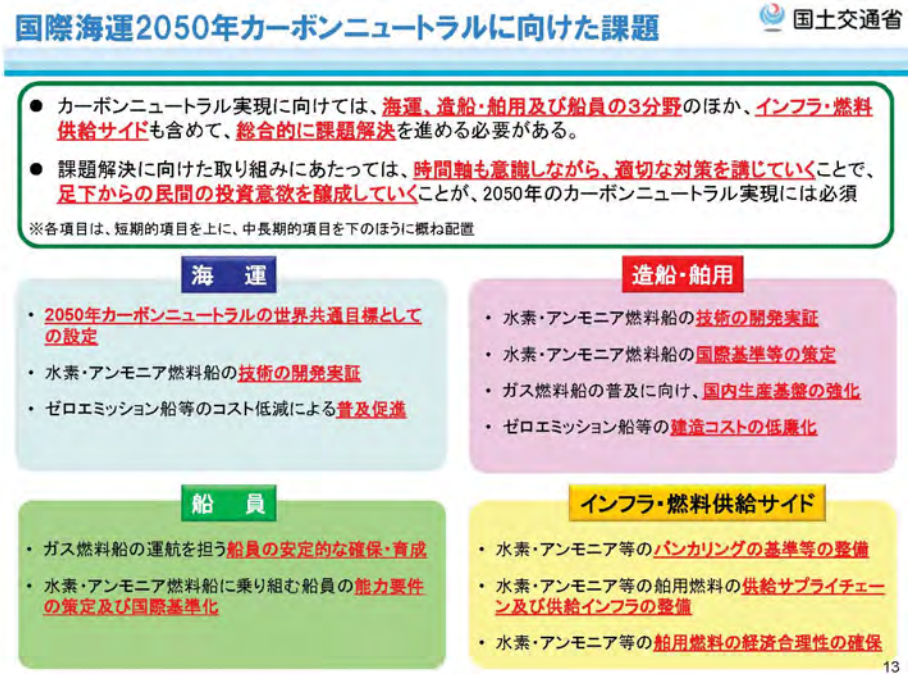

図 2.4　国際海運 2050 年カーボンニュートラルに向けた課題（文献 3 から転載）

(2) 内航船分野の脱炭素化について

沖合漁船の脱炭素化を考えるときに、船舶の総トン数規模から内航船分野の脱炭素に向けた取り組みが参考になろう。第 2 回内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会（2021 年 5 月）資料[4]では、燃料と動力システムの種類毎に、GHG 削減率、航続距離、機器構成等を踏まえて、実現性が高いと考えられる GHG 削減船を取りまとめている（表 2.2）。

表 2.2　内航船の代替燃料による GHG 削減の検討（文献 4 から転載）

	GHG削減	呼称	概要	特徴・適用性
短期	低（20%程度）	水素混焼ディーゼルエンジン船	水素混焼率10～30%程度の水素・重油混焼エンジンを搭載	技術的ハードルがやや低く，早期に実現できる。
		LNG燃料エンジン船	LNG専焼ガスエンジンを搭載	既存技術で対応できる。
	中（50%程度）	水素混焼ディーゼルエンジン船	水素混焼率50%程度の水素・重油混焼エンジンを搭載	水素混焼率を高めることでGHG削減率を高める。
		水素燃料電池ハイブリッド船	水素燃料電池と重油炊きディーゼル発電機を組み合わせた電気推進船	バランスがよく，中・小型の船舶への適用性が高い。
	高（100%）	電池推進船	蓄電池だけのエネルギーで推進	短距離航路の船舶に有効である。
		水素燃料電池船	主に水素燃料電池で推進	比較的小さい船舶に有効である。
		水素燃料電池・蓄電池ハイブリッド船	蓄電池と水素燃料電池のハイブリッド電気推進船	バランスがよく，既存技術で対応しやすい。
中長期	高（100%）	バイオ燃料船	バイオ燃料炊きエンジンを搭載	技術的ハードルが低く，燃料供給ができれば既存船を適用しやすい。
		水素・バイオ燃料混焼船	バイオ燃料炊きエンジンの一部を水素混焼（10～50%）	燃料供給のバランスが取りやすくなる可能性がある。
		アンモニア専焼エンジン船	アンモニア専燃エンジンを搭載	大型船への適用性がやや高い。
		水素専焼エンジン船	水素専燃エンジンを搭載	中・小型の船舶への適用性がやや高い。

そこでは、様々なGHG削減技術の選択肢があり、技術開発と実装に取り組むことで、短期目標(2030年）と中長期目標（2050年）のGHG削減を達成するオプションを提示している。また、内航船舶へのカーボンニュートラル技術それぞれの適用性が、船の大きさや運航距離とも関連づけた技術導入オプションとしてマップ化された（図2.5)。短距離航路の小型船では蓄電池の利用や、バイオ燃料の利用が選択肢の一つとなる。水素燃料は、小型から大型の船舶まで幅広く利用できる可能性が高い。アンモニア燃料は、長距離航路の大型船舶に有力と考えられる。この図を漁船に当てはめると、沖合漁船の総トン数100～200GT規模では、水素、LNG、アンモニアそれぞれが適用可能と考えられる。ゼロエミッション燃料の絞り込みには今後の技術開発動向等の推移を見守る必要がある。

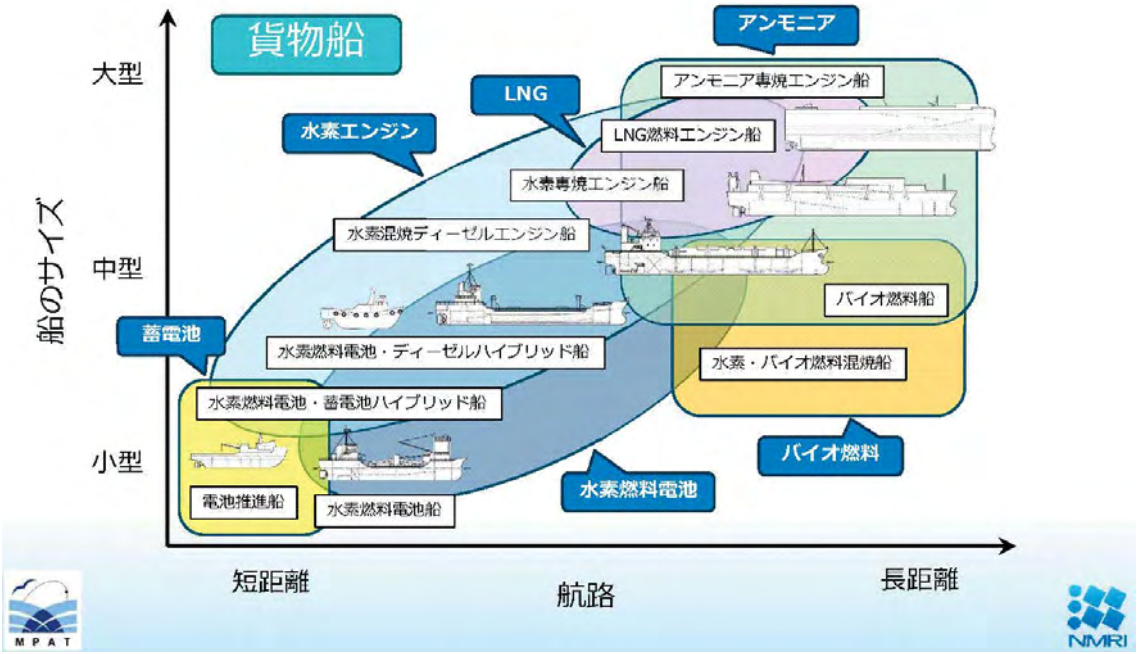

図2.5　内航船舶のカーボンニュートラル技術適用マップ（文献4から転載）

2.2　ガス燃料エンジンの開発状況

（1）ガスエンジンについて

低炭素・脱炭素燃料として、LNG、水素、アンモニア等がリストアップされるが、それぞれの物性・燃焼性は異なるものの、これらはエンジンへはガス燃料として供給されるため、ゼロエミッション対応のガス燃料エンジンの技術開発が基盤となる。既にLNGと重油の二元燃料エンジンは実用化されているが、現段階で舶用の水素専焼エンジンおよびアンモニア専焼エンジンは技術開発の途上であり、ゼロエミッション船実現に向けては、これらの開発・実証が大きな課題である。グリーンイノベーション基金「次世代船舶の開発プロジェクト」[5)]では、水素・アンモニアを燃料とするゼロエミッション船のコアとなるエンジン、燃料タンク、燃料供給システム等の開発・実証を進めている。

水素は燃焼速度が大きいため「過早着火」への対応がキーポイントとされる。水素燃焼エンジンでは、混焼率（CO_2削減率）を向上させて「専燃」とすれば、ゼロエミッションが達成できる。また、難燃性の燃料であるアンモニアは、石油燃料の混焼が基本となる。中高速機関では、燃焼時間の確

保が難しいことから、未燃アンモニアが排出される。排ガス中の NOx 除去に加えて未燃 NH_3 および N_2O に対する後処理技術が必要となる。これらを考慮すると、沖合漁船の中高速機関では、アンモニアよりも水素の適用性が高いと考えられる。

既に実用化されている LNG 燃料のガス焚きエンジンは 3 種類の燃焼方式がある。①ガスエンジン（ガス専焼エンジン）：希薄予混合燃焼方式（リーンバーン方式）によるガス燃料専用で、ガスは低圧で噴射され、エンジンは火花点火によって燃焼が開始するオットーサイクルで運転される（図 2.6a）。燃料の混合比が小さい希薄燃焼方式であるため、燃焼温度が低く NOx 発生が少なくなるが、ノッキングが起こりやすい。②二元燃料（Dual Fuel）エンジン：ガスと液体燃料両方の運転が可能であり、始動はディーゼルモードとし燃焼安定後にガス燃料に切り替わる。ガスモード運転中にガス供給が遮断された場合には自動的にディーゼルモードへ切り替わる。低圧ガスで予混合気をつくり燃焼開始はパイロット燃料（A 重油等）で着火させる。③ガスディーゼルエンジン（高圧 DF エンジン）：ガス混焼またはディーゼル専焼で運転される（図 2.6b）。ガス燃料は圧縮後の燃焼室に直接噴射するため高い圧力が必要となる。ノッキングは起こらず高効率・高出力化が可能であるが、NOx が多いのが欠点である。

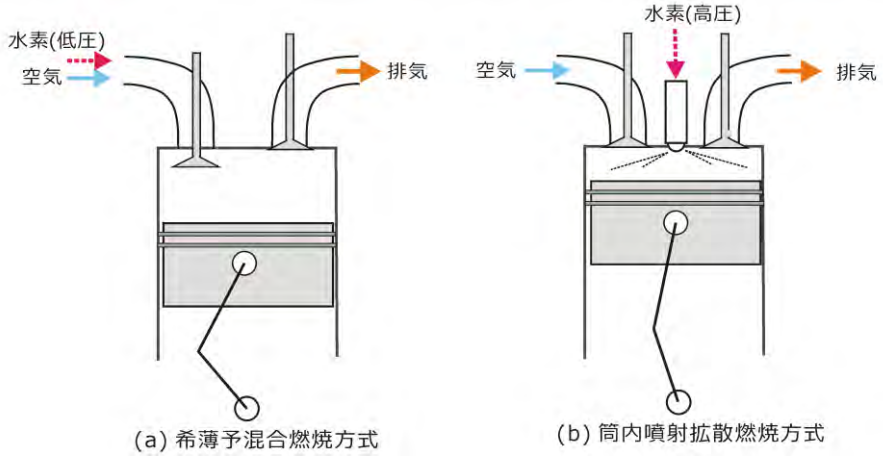

図 2.6　ガスエンジンの燃焼方式

ガスエンジンの燃焼方式として、筒内へ高圧ガスを噴射する方法は、ディーゼルと同様の拡散燃焼を可能とするが、燃焼室にガスを直接噴射するために 300 気圧以上が必要であることから、圧縮機動力が大きく総合的なエンジン効率が低下すること、NOx が高いため排気後処理装置が必要となることからその採用は大型商船の低速エンジンに限られている。一般に、予混合燃焼・強制着火方式のガスエンジンは、拡散燃焼・自己着火方式のディーゼルエンジンと異なる特性を有する。予混合燃焼に起因して急加速時など空燃比が小さくなるとノッキングが発生する。また、急減速時など空燃比が大きいと失火が発生する。そのため、安定燃焼できる範囲が限られている（図 2.7）。エンジン負荷が高くなるほど安定燃焼域は狭くなる一方、熱効率はノッキング域に近いほど高くなる特性である。このため、ガスエンジンの高出力・高効率化には、空燃比・吸気温度の制御、異常燃焼の検出、点火時期の制御など高度な電子制御システムが必要となる。

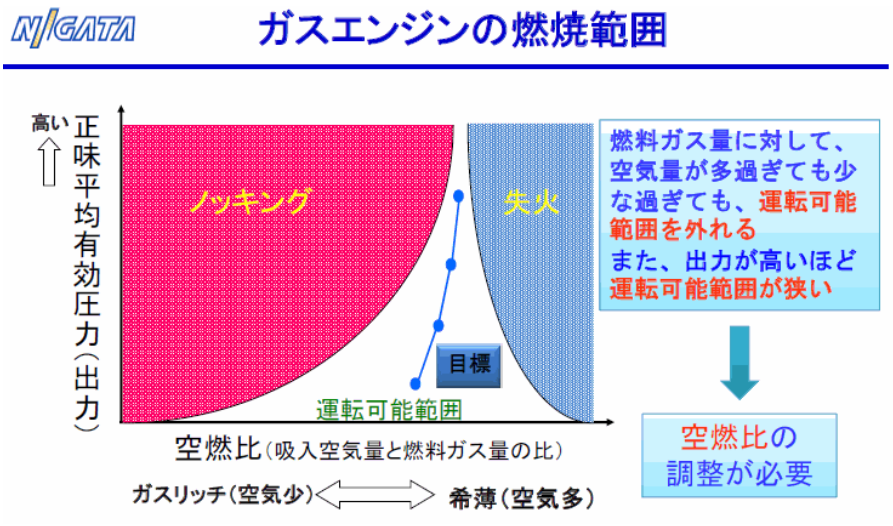

図 2.7　ガスエンジンの燃焼範囲（文献 6 から転載）

(2) 二元燃料（DF）エンジン

船舶では環境対策として、燃料を重油からより環境に優しい天然ガス（LNG）に転換する取り組みとして LNG 燃料エンジンの開発が進められてきた。日本初の LNG 燃料船として 2015 年に竣工したタグボート魁（さきがけ、272GT）にデュアルフューエル（DF）機関（IHI 原動機製 28AHX-DF）が搭載された[7]。LNG 燃料船として 2019 年にはタグボートいしん(250GT)にヤンマー製 DF 機関(6EY26DF)が搭載された。ガスエンジンとディーゼルエンジンの特性を併せ持つ DF エンジンは、航行する条件に合わせた燃料の選択が可能となる。燃料供給系として、メイン燃料系統、パイロット燃料系統、ガス燃料系統の 3 つの噴射系を持つ構造となっている（図 2.8）。

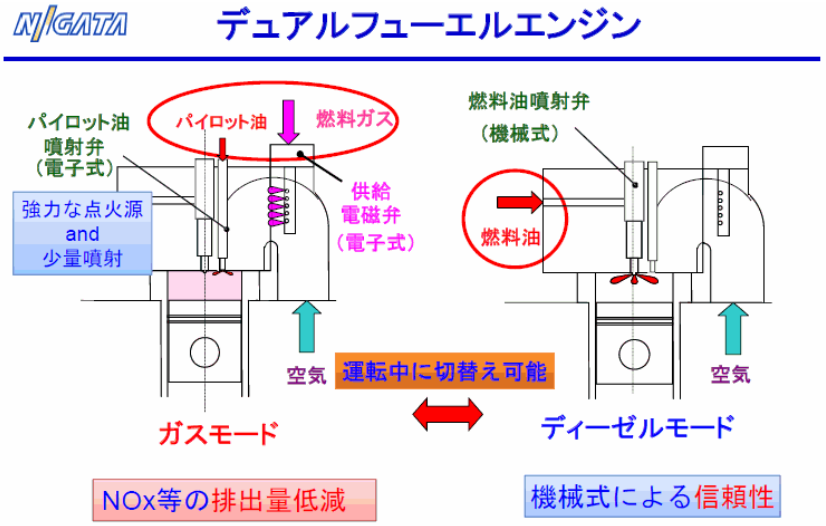

図 2.8　LNG・重油の DF エンジン（文献 6 から転載）

DF エンジンの制御系は、コモンレール・ガス噴射・空燃比制御等の運転制御、各気筒間の筒内圧バランス・ノッキング回避制御、負荷変動時や運転モード切種制御装置および多数のセンサ類で構成されている（図 2.9）。DF エンジンの操作領域として、全ての負荷に対してガスモード運転が可能

であるが、起動時・緊急時・停止時はディーゼルモードとしている。なお、現在、漁船機関メーカー各社が DF エンジンを製品化しており、その出力範囲は 1000～4000kW である。

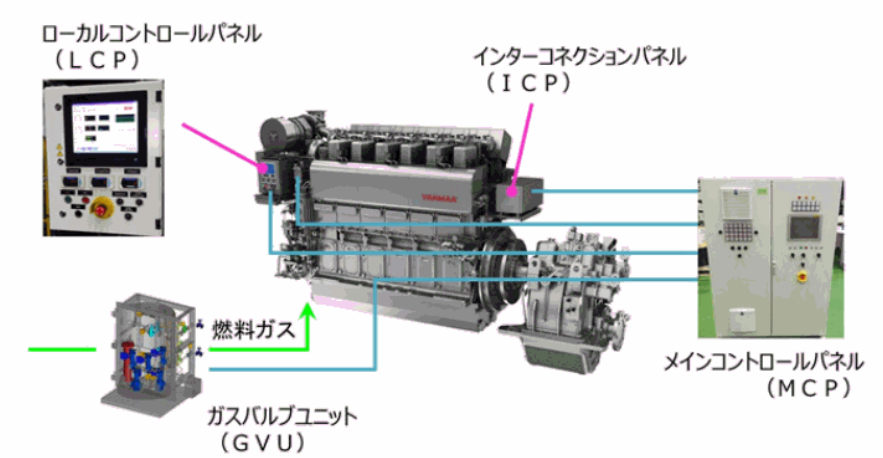

図 2.9　DF エンジン制御装置の概要（文献 8 から転載）

DF エンジンの燃料切り替え運転時の例を図 2.10 に示す。ディーゼルモードからガスモードへ移行する際のディーゼルとガスのガバナ操作割合の変化を示している。ガスモードへ移行する間は空燃比変動によるノッキング発生を防ぐために、モード移行に 30 秒ほどの時間を要している。一方、ガスモードからディーゼルモードへ移行する場合は、ディーゼルモードではノッキングは発生しないため全負荷域において瞬時に移行が可能である。このため、ガスモード運転中に何か故障が発生しても機関を停止することなく速やかにディーゼルモードで運転が継続可能となる。このように船舶推進系の冗長性確保の観点からも DF エンジンは効果的である。水素専焼エンジンの開発・実証は、DF エンジンの延長線上で進むものと考えられる。

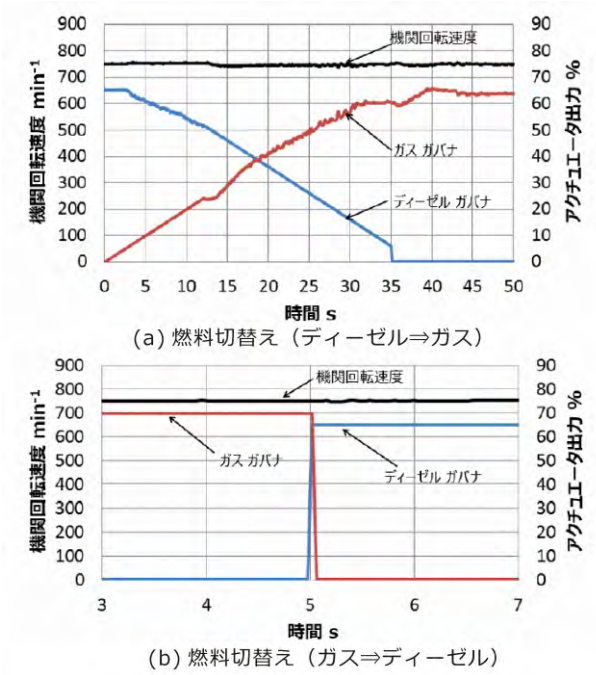

図 2.10　DF エンジンの燃料切替え時の運転事例（文献 8 から転載）

2.3 ガス燃料船の艤装設計の留意事項

ゼロエミッション船の燃料は、水素、アンモニア、カーボンリサイクルメタン等が候補として挙がっている。しかし、長期的にどれが主要な燃料になるかは、燃料価格や供給インフラの整備状況等にも依存するため、現時点では見極めが困難な状況にある。これらの代替燃料は、液化状態から気化させたガス燃料をエンジンや燃料電池に供給する方式であり、ガス燃料の性状は、従来の油燃料に比べ引火点が低く、ガスが船内に漏洩した場合には爆発性雰囲気を形成する可能性がある。また、船内での貯蔵方法は、低温貯蔵であり同時に BOG（ボイルオフガス）によってタンク内は高圧化するといった特殊な環境であるため、油燃料を対象とした従来の安全設備要件では従来船と同等の安全性確保は困難である。

船舶における燃料電池については、IMO で IGF コード改正の前段階として、燃料電池使用の安全要件をとりまとめた暫定ガイドラインを策定することが合意された。この状況を受けて、2019 年 3 月に ClassNK「燃料電池搭載船ガイドライン」が発行されている。水素・アンモニア燃料船についても、その実用化・普及のためには、船舶の設計・運航のための国際的に統一された安全基準策定が必要であり、2022 年から IMO にて水素燃料船・アンモニア燃料船の安全ガイドライン策定に向けた作業が開始されている。水素・アンモニア燃料は、液化温度や燃焼速度等の物性はそれぞれ異なるものの、低引火点燃料であることはＬＮＧとも共通している。そこで、既にガス燃料船として実用化されている LNG を使用するガス燃料船の安全要件が参考となる。

LNG 燃料船の安全指針の策定については、SOLAS 条約では原則として低引火点燃料の使用が禁止されていたことから、IMO ではガス燃料および低引火点燃料を使用する船舶に対する国際規則 IGF Code の審議を 2004 年より開始し、2015 年 6 月に IMO の第 95 回海上安全委員会（MSC95）で採択された。IGF コードは、将来的に使用が予想される LNG 以外のガス燃料（プロパン、ブタン、等）および低引火点液体燃料（メタノール、エタノール、等）も IGF コードの適用範囲とし、コード名称を「International Code of Safety for ships gases or low-flash point fuels」とすることが合意されている [9]。それぞれの燃料の性状に応じた安全要件の検討が必要となることから、当面は優先的に LNG のみが適用範囲となった。IGF コードは、目的と機能要件を規定することで、設計・建造・オペレーションの指針を与える構成となっており、その目的は、「ガス又は低引火点燃料を使用する推進機関、補機発電機関及び/又は他の目的に使用する機関を搭載する船舶に対し、安全で環境に配慮したシステムの設計、構造及び運用を提供することである」としている。IGF コードは、主に 4 つの Part から構成され、Part A には船舶の構造および設備に関する要件、Part B には製造・工作・試験に関する要件、Part C/D には船員への研修やオペレーションなど船舶の運航・運用面に関する要件を規定している。この IGF コードを準拠して Class NK ではガス燃料船を対象とした「鋼船規則　GF 編　低引火点燃料船」を制定された。これらを参照して、LNG 燃料船の艤装設計上の留意事項を以下に示す。

(1) 燃料タンクの配置

燃料タンクの配置については、タンクおよびその接続部からの漏洩による低温、可燃性および毒性によって、船舶および乗組員が危険に曝されることがないように規定されている。甲板下にタンクを設ける場合、衝突又は座礁等による船体損傷を考慮し、外板から 0.80m 以上離して設置すること（図 2.11）、燃料温度が-10℃以下の場合は二重底によりホールドスペースを海水から隔離すること、燃料温度が-50℃以下の場合は船側タンクを構成する縦通隔壁を設けることが規定されている。

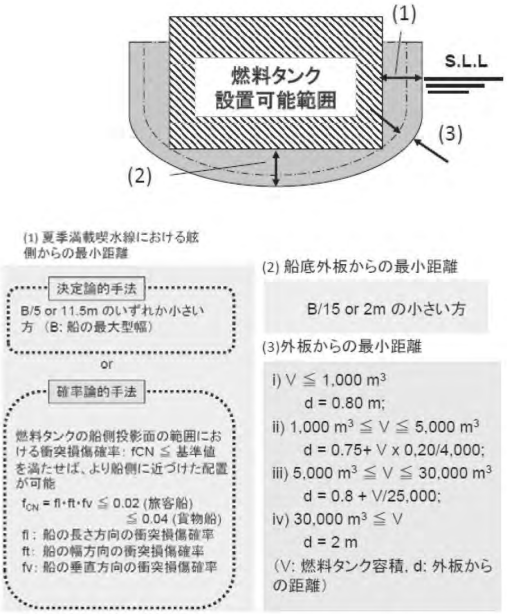

図 2.11　燃料タンクの配置要件（文献 10 から転載）

(2) 燃料タンク関連要件

開放甲板下（密閉区域）に設置されるガス燃料タンクの全てのタンク接続部、付属品、フランジ、弁類はタンクコネクションスペース内に設置すること、隣接区画に対してガス密であること、独立した開放甲板からの直接の出入口を設けること、毎時 30 回以上の換気可能な排気ファンを設けること、ガス検知器及び火災検知器を設けること等が要求される（図 2.12）。

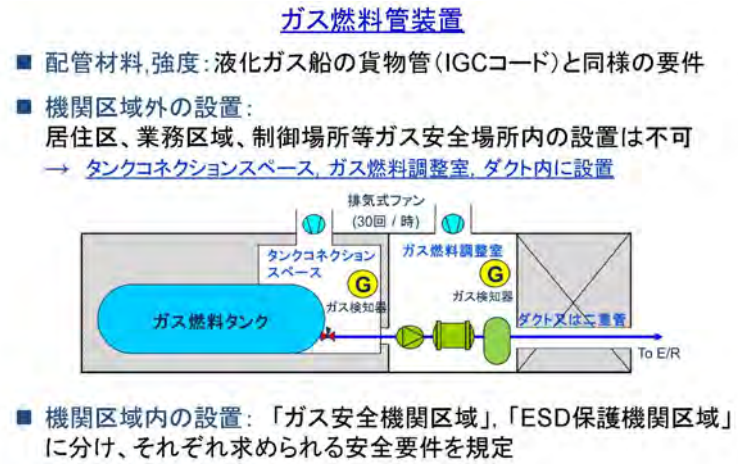

図 2.12　ガス燃料管装置の配置要件（文献 11 から転載）

(3) ガス燃料配管系と機関区域の要件

燃料タンクから機関区域前の範囲では、ガス燃料管装置をガス安全場所に直接設置することは認められず、ガス燃料機器室、バルブユニット室又はダクト内の設置が要求される。機関区域は、ガス漏洩時の安全性に応じて「ガス安全機関区域」と「ESD 保護機関区域」の 2 つの機関区域の概念が規定されている。ガス安全機関区域は、正常状態のみならず異常状態においてもガス安全とみなされる機関区域と規定され、例えば、機関区域内にガスを引き込む配管は二重管とすることで内管からのガス漏洩があっても機関区域にガスの漏洩が起きないような設備としている（図 2.13)。

ESD 保護機関区域は新しい概念であり、正常状態において危険はないが、特定の異常状態では危険が生じる機関区域と規定され、単一の故障が機関区域へのガス燃料放出の原因となりうるため、ガス漏洩等の異常時には、ガス燃料の供給を停止し、着火源となりうる機器は自動的に緊急停止が要求される。また、爆発および機関区域外部の損傷に対する保護および推進力・電力供給の冗長性の確保が要求される。その一例として、1 箇所の機関区域への燃料供給が遮断された場合に動力の喪失とならないように、異なる機関区域に機関を分配して配置することが要求される。内航船への LNG 主機関搭載について、高度な電子制御を必要とするガスエンジンでは、機関の複数台化や二元燃料等により冗長性の確保が必要とされる。水素専焼エンジンを搭載する場合も推進力・電力供給の冗長性の確保が求められる。

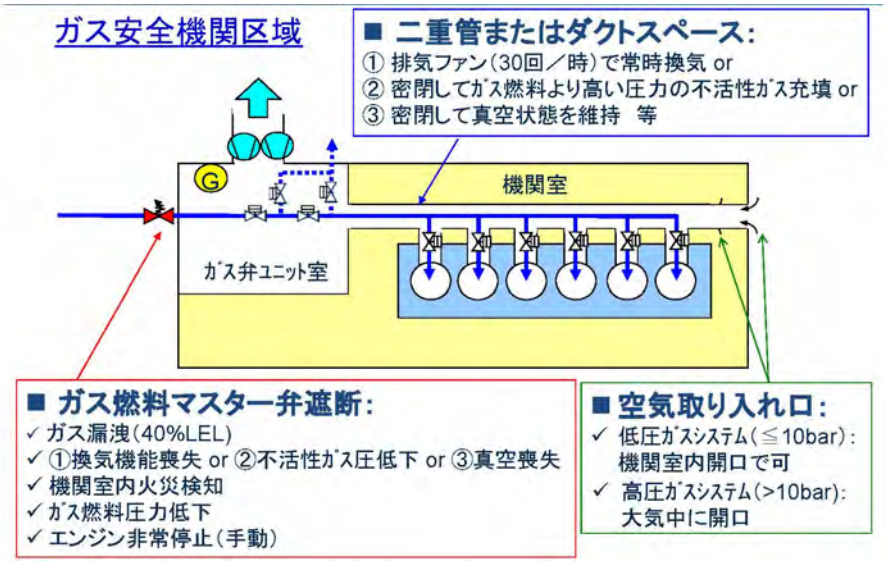

図 2.13　ガス安全機関区域の要件（文献 11 から転載）

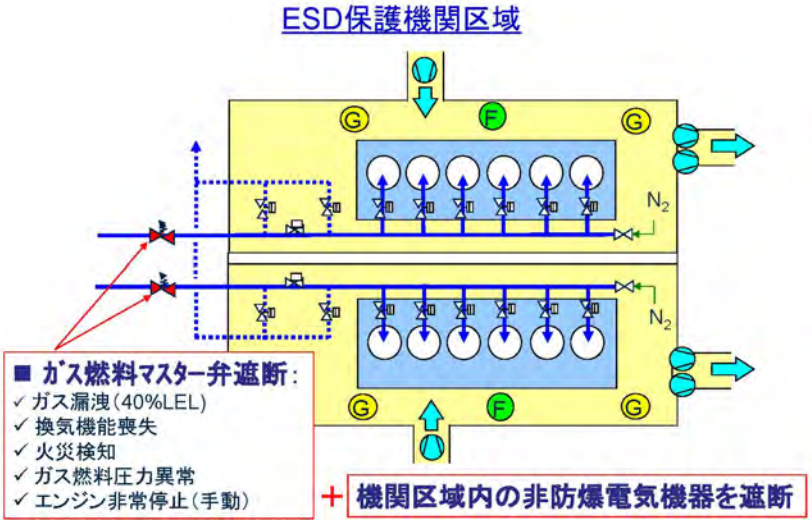

図 2.14　ESD 保護機関区域の要件（文献 11 から転載）

2.4 沖合漁船の脱炭素化に向けた代替燃料の選定

ここまで国際海運および内航分野について、船舶のゼロエミッション化に向けた技術的動向を整理した。表 2.1 で GHG 削減が可能となる代替燃料候補を示した。ここでは、再度、代替燃料候補をリストアップし、それぞれの物性とメリット・デメリットを紹介し、ゼロエミ漁船で使用する代替燃料を絞り込む。

(1) 代替燃料候補

漁船のゼロエミッション化に向けた代替燃料の候補を表 2.3 に示す。沖合漁業に従事する船は燃料として A 重油を使用していることから、ここでは MGO（A 重油）に対比して示した。

バイオディーゼル燃料（BDF）には、菜種油、パーム油、廃食油等からエステル処理をして製造される FAME の他、植物油に石油精製で使われている水素化処理を施して製造される HVO 等があり、これらは軽油とほぼ同じ性状のため既存エンジンにそのまま使用可能であるが、精製コストが高いことと供給量に制限があることが課題となる。将来的にも沖合漁船の代替燃料となりうる可能性は低いと考えられる。

液化天然ガス（LNG）の性状は、算出される地域によって異なるものの、いずれもメタンを主成分（約 90%）とし、その他にエタン（約 6%）、プロパン（約 2%）、ブタン等の炭化水素を含む。不純物として水分、酸素、窒素、二酸化炭素、硫化水素等が含まれているが、液化して貯蔵・運搬する場合は、不純物は前処理工程で分離・除去される。LNG を燃料とするエンジンおよび船舶は既に実用化され、関連規則も整備されている。LNG は水素・アンモニアに比べてエネルギー体積密度が高いこと、将来的に実用化が期待されるカーボンリサイクルメタンの利用に移行する際に現状の LNG 燃料船のインフラ設備が使用可能であることなど、ゼロエミッション船実現の選択肢の一つとなる。その一方で、温室効果の大きい未燃のメタンが排出されるメタンスリップを抑制する技術開発が必要である。

表 2.3　ゼロエミッション漁船の代替燃料候補

	MGO	BDF	天然ガス（LNG）	メタン CH_4	メタノール CH_3OH_8	水 素 LH_2	アンモニア NH_3
密　度（液体）　t/kL	0.864	0.860～0.900	0.48	0.42	0.79	0.071	0.696
真発熱量　GJ/t	42.5	29.2	49.8	50.0	19.9	120.0	22.5
沸　点　℃	180～360	345～354	-162	-161	65	-253	-33
発 火 点　℃	250	256～299	537	537	440	500～571	630
可燃範囲　vol % in air	0.7～5	―	5～15	4.4～17	6～26	4 ～76	15～34
層流燃焼速度　m/s	0.35～0.40	―	0.4	0.4	―	3	0.07
CO_2排出量　kg-CO_2/GJ	75	0	55.8	50.0	69.1	0	0
容積当たり発熱量　GJ/kL	36.7	33.2	21.6	21.0	15.7	8.5	15.7
発熱量当たり容積比（MGO基準）	1.00	1.11	1.70	1.75	2.34	4.32	2.35
船上での貯蔵方法（液体状態）	船体付きタンク（常温・常圧）	船体付きタンク（常温・常圧）	Type C（-160～-140℃、0.07～0.5MPa）	Type C（-160～-140℃、0.07～0.5MPa）	船体付きタンク（常温・常圧）	Type C・真空防熱タンク（-250℃、0.5MPa）	Type C（-30～-10℃、0.07～0.5MPa）
舶用エンジン燃焼サイクル	ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ	ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ	ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ/ｵｯﾄｰ	ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ/ｵｯﾄｰ	ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ/ｵｯﾄｰ	ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ/ｵｯﾄｰ	ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ/ｵｯﾄｰ
備　考	舶用A重油	原料・製造法により性状が異なる	産地により性状が異なる、メタンスリップ(GWP:28)が課題	メタンスリップ。カーボンリサイクル合成メタンではCO2排出ゼロカウント。	毒性あり。カーボンリサイクル合成メタンではCO2排出ゼロカウント。	燃料タンクが課題	難燃性・毒性・N_2O(GWP:265)が課題

＊ 真発熱量・CO_2排出係数は「エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数の解説(資源エネルギー庁、2020年)」参照。
＊ 層流燃焼速度は、海上技術安全研究所・高橋千織「低炭素燃料・脱炭素燃料の特性」から引用。

カーボンリサイクル燃料（合成燃料）の実用化の技術開発も注目されている。カーボンリサイクル燃料とは、排気ガス中の CO_2 を分離・回収して再利用するリサイクル技術によって人工的に製造される燃料である [12)]。CO_2 を原料に製造可能な合成燃料のうち、舶用で使用が見込まれる燃料として、メタン、メタノール、エタノール等がある。陸上で回収された CO_2 により製造される合成燃料はカーボンフリー燃料として扱われる。液体燃料であるメタノールは取扱いが容易であることから、将来的にカーボンフリーメタノールが利用できるような環境を整えることができれば、ゼロエミション漁船の代替燃料の有力な選択肢となろう。

水素は、陸上の燃料電池車での利用など、多くの分野でゼロエミッションを実現できるカーボンフリー燃料として期待されている。既に、小型の水素燃料混焼船および水素燃料電池船も竣工している。一方、水素は従来の燃料とは著しく異なる特性を多く有している。分子量および粘性は非常に小さいため、漏洩を完全に防止することは難しいこと、金属材料中に侵入した水素によって材料の強度が低下する水素脆化が生じることなどが指摘されている。また、水素は空気との混合により容易に爆発性雰囲気を形成し、その爆発限界は下限 4%、上限 75%であり、他の可燃性ガスと比べて燃焼範囲が非常に広い（メタン：5～15%、プロパン：2～10.5%）。燃焼速度は約 3m/s でメタンの 0.4m/s と比較して数倍大きく、水素に着火すると短時間で炎が広がり、配管内を火炎が容易に伝播することにも留意する必要である。

アンモニア（NH_3）は、水素と同様にカーボンフリー燃料として期待される。沸点-253℃の水素と比べて、沸点-33℃のアンモニアは液体貯蔵およびバンカリングも容易となる。一方で、他の燃料と比べて燃焼性が低く燃えづらいためアンモニア専焼エンジンの実現は難しく、石油燃料による継続的な燃焼アシストが必要と指摘されている。難燃性のため未燃アンモニアが排出されること、燃焼

時にNOx発生が多くなること、温室効果がCO_2の300倍とされる亜酸化窒素（N_2O）が発生することから、これらの削減・後処理技術の開発が課題である。さらに、金属への腐食性と人体への毒性の対策も必要となる。

(2) ゼロエミッション漁船の代替燃料の選定

船舶の脱炭素化の代替燃料候補は、前述したように多岐に及んでいるが、将来的な社会実装に向けて、エンジン等のエネルギー機器と代替燃料の組み合わせのセットで脱炭素化へ適用技術が絞り込まれてくるもとと考えられる。現時点では、水素専焼エンジンおよびアンモニア専焼エンジンが開発・実証が計画通りに進捗するのか不透明な状況であるものの、ここでは、計画通りに進展することを想定して、ゼロエミッション漁船の試設計に向けた代替燃料として水素を選定することにした。主な理由は以下のとおりである。

・カーボンフリー燃料である水素とアンモニアを候補とした。
・沖合漁船搭載主機関（中速機関）を想定すると、水素専焼機関の技術開発の進展が見込まれること。アンモニア専焼機関の場合は、排気の後処理設備等が過大となり漁船への搭載は困難と判断した。
・水素社会実現に向けて水素供給インフラの整備が陸上を中心に全国的に期待できること。
・漁船搭載の補機関（中高速機関）は水素燃料電池への代替が可能。
・水素利用の最大の課題は水素燃料タンクが重油の4.5倍必要となるが、今回は、船体設計に及ぼすその影響も評価することが可能との認識のもと、水素燃料船を試設計することにする。

参考文献

(1) 国交省：国際海運のゼロエミションに向けたロードマップ、2020 年 3 月.

(2) 国交省：「次世代船舶の開発」プロジェクトの研究開発・社会実装計画（案）について、2021 年 7 月.

(3) 国交省：国際海運 2050 年カーボンニュートラルに向けた取組み、2022 年 4 月・

(4) 海技研・平田：内航船舶のカーボンニュートラル推進に向けた短期的取り組みの検討、第 2 回内航カーボンユートラル推進に向けた検討会、2021 年 5 月.

(5) 国交省： グリーンイノベーション基金事業「次世代船舶の開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画、2021 年 7 月.

(6) 新潟原動機：舶用デュアルフューエルエンジンの開発、日本海事協会環境セミナー、2014 年 9 月.

(7) 小林・元田：LNG 燃料タグボートに搭載する DF 機関の稼働状況と性能改善、日本マリンエンジニアリング学会誌、57(4)、2022 年.

(8) ヤンマー：6EY26DF 形デュアルフューエルエンジンの開発～IMO 3 次規制対応～、ヤンマーテクニカルレビュー、2019 年 4 月.

(9) 資源エネルギー部：LNG 燃料船に関連する国際規則（IGF コード）の審議状況とガス燃料船ガイドラインについて、日本海事協会誌、305、2013 年.

(10) 西藤・上田・酒井：ガス燃料船の設計要件（IGF Code)、日本マリンエンジニアリング学会誌、51(1)、2016 年.

(11) 日本海事協会：NK の取り組みーLNG 燃料船―、環境セミナー（天然ガス燃料船特集)、2014 年 9 月.

(12) 川又・渡辺・雲石：船上 CO2 回収装置の開発、ClassNK 技報 No.5、2022 年.

第 3 章　沖合漁船の動力構成および燃料消費実態の調査

3.1　調査対象漁船の選定

沖合底びき網漁業および大中型まき網漁業を対象にゼロエミッション漁船の検討を進めることとし、既に省エネの取組みを行い燃料消費量等の記録を取られている漁船漁業構造改革プロジェクト（もうかる漁業）等に参画している漁船から調査対象船を選定した。

①沖合底びき網漁船（板びき 105GT、A 丸）

宮城県沖合底びき網漁業協同組合所属の本船（平成 29 年 1 月竣工）は、同組合が実施する「宮城県沖合底びき網地域漁業プロジェクト（がんばる漁業）」に参画しており、省エネ・省コストおよび労働・居住・作業環境の向上が図られている。

②沖合底びき網漁船（かけまわし 144GT、B 丸）

兵庫県浜坂漁業協同組合所属の本船（平成 30 年 8 月竣工）は、同組合が実施する「浜坂地域プロジェクト：改革型漁船等の収益性改善の実証事業（平成 30 年度～令和 5 年度）」に参画している。本船は、沖合底びき網（かけまわし）といか釣り兼業漁船（144GT）として建造された。

③大中型まき網漁業網船（北まき 199GT、C 丸）

北部太平洋まき網漁業協同組合連合会所属の本船（平成 31 年 5 月竣工）は、同組合が実施する「北部太平洋まき網漁業地域プロジェクト：改革型漁船等の収益性改善の実証事業（平成 31 年度～令和 5 年度）」に参画している。

④大中型まき網漁業網船（遠まき 199GT、D 丸）

日本遠洋旋網漁業協同組合所属の本船（令和 2 年 3 月竣工）は、同組合が実施する「遠旋組合地域プロジェクト：資源管理・労働環境改善型漁船の計画的・効率的導入の実証事業（令和 2 年度～令和 6 年度）」に参画している。

3.2　沖合底びき網漁船（板びき 105GT、A 丸）の実態調査

宮城県沖合底びき網漁業協同組合所属の沖合底びき網漁船の現地調査を令和 4 年 8 月 25 日（場所：造船所ヤマニシにてドック中）に実施した。本船は、105GT 型（被代船は 65GT）として平成 29 年 1 月に竣工した。

(1) 操業形態

現在は、1 日あるいは 2 日操業が主である。1 日操業の場合、日の出から日没までを目安として、航行 5 時間、トロール操業 12 時間（曳網 3 時間×3 回）を基本とし、出航から帰港までは 14～17 時間程度、平均的な燃油消費量は 3.2kL/日である。漁場が沖合の場合には、操業時間は 53～57 時間となり、燃油消費量は最大 9.8kL を使用する。漁獲物取り込み時には冷海水で 1 次冷却の後、氷で鮮度保持して持ち帰る。なお、夜間のトロール操業は可能である。

操業海域は、宮城県沖の水深 100～1,000m の範囲である（図 3.1）。水深 100～300m ではサバ、スルメイカ等を漁獲対象とし、水深 300～500m ではマダラ、スケトウダラ等が対象となり、700m 以深では沖ハモやイトヒキダラ、キチジが漁獲主対象となる。深海トロールも考慮して、底びきワープ

はφ23mm×2,800m を使用している。曳網時の主機関負荷は、浅場と深場で大きな差異はないとのことであった。その理由として、1 網当たりの入網量は、浅場では多く、深場では少ないことが影響している。

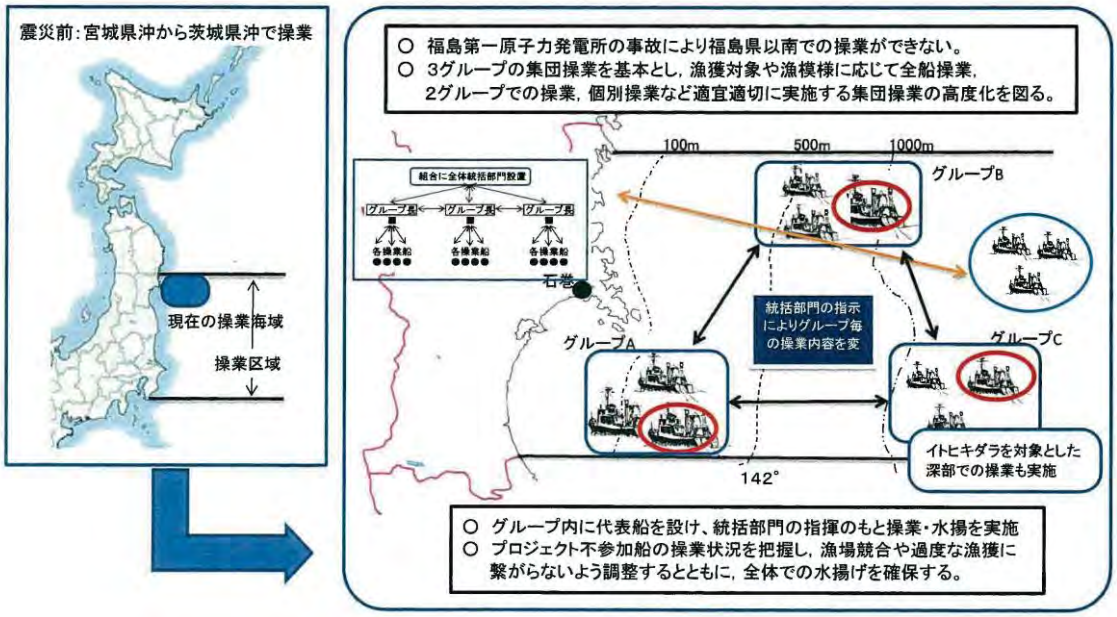

図 3.1　操業海域　（宮城県沖合底びき網漁業地域プロジェクト改革計画書から転載）

(2) 機関の運転状況および燃料消費量

本船の主要目を表 3.1 に示す。本船は、往航・復航時は船速 12～12.5kt（翼角 20.5 度）で運航し、曳網時は船速 4kt（翼角 15 度）で、ワープ巻き上げ時は微速（翼角 8 度)、揚網時は微速（翼角 2 度）としている。1 操業の曳網時間は入網量にもよるが 3 時間を基本とする。

表 3.1　沖合底びき網漁船（板びき 105GT、A 丸）の主要目

漁業種類	沖合底びき網	発電機	
竣工	平成29年1月	補機駆動	150kVA×225V 1台
総トン数	105　GT	主機駆動	80kVA×225V 1台
L×B×D　　m	27.5×7.2×3.1	漁労設備	
魚艙　　m^3	(B) 62.64	トロールウインチ	9t×75m/min　2台
燃油タンク　m^3	42.25	センター巻ウインチ	6t/3.5t×40・67m/min　1台
清水タンク　m^3	3.15	袖巻きウインチ	4t/2.2t×40・67m/min　2台
主機関		船尾右舷立ローラ	5t×40m/min　1台
型式	赤阪鐵工所　K28BFD-1 ×1	電動ホイスト	YJ-1500×4台、YJ-900×1台
定格出力	735kW/360rpm	冷凍・冷蔵装置	冷媒：R404A、　凍結温度：-35℃、保冷温度：-35℃
シリンダ数	6		
直径×行程 mm	280×480	特殊設備	
推進器　　mm	かもめ　CPP、4翼×3,050	主機関前増速機	日立ニコ　増速比3.25
補機関		バウスラスタ	かもめ　9.8kN×1台
型式	ヤンマー 6HAL2-WHT　×1	造水機	笹倉　1.2 t/day
定格出力	160kW/1,200rpm		
シリンダ数	6		
直径×行程 mm	130×165		

主機関、補機関の動力系の構成を図 3.2 に示す。トロールウインチ等の油圧漁労装置は、主機前の増速機を介して駆動する油圧ポンプを動力源とする。本船は、主機駆動の発電装置も備えているが、使用頻度が少ないことから図 3.2 では省略した。

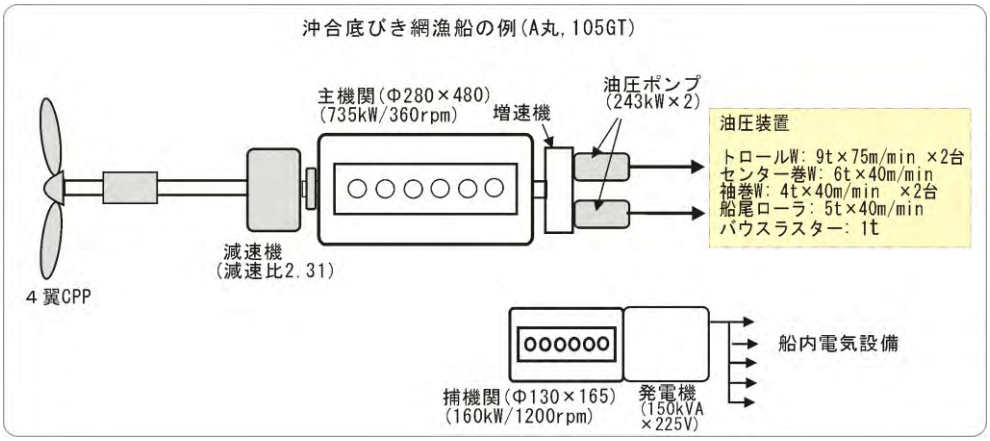

図 3.2　動力システム構成の概念図

聞き取りを基に 1 日操業の主機関・補機関の負荷パターンを推定した（図 3.3）。主機関および補機関の燃費率はそれぞれ 0.22L/kWh、0.26L/kWh としてした。主機関負荷は、航行時 100%、曳網時 80%、ワープ巻き上げ時 90%として 1 日の燃料消費量を約 2,700L と推定した。補機関は、1 日を通してほぼ一定の負荷で運転されるとのことであったので、ここでは負荷率 40%で連続運転されると仮定して燃料消費量を 400L/日と見積もった。主機関約 2,700L、補機関約 400L で合計 3.1kL/日と試算した。図 3.3 では、主機関の負荷変動を単純にパターン化したが、巻き上げ・漁獲物取り込み時など、油圧装置に係る負荷変動はより複雑になっているもと推測される。脱炭素のガス燃料を導入する場合には、急激な負荷変動への主機関の追随性に留意する必要がある。

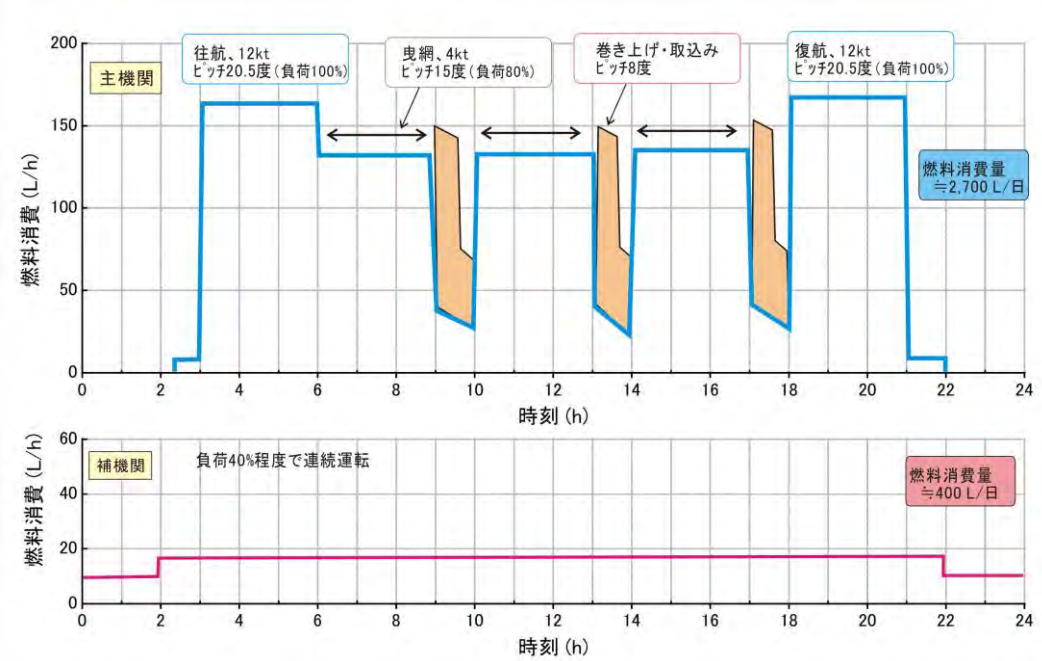

図 3.3　主機関・補機関の負荷変動パターンの推定

(3) 給油量とその頻度

月毎の操業日数と給油量（令和 3 年度の実績値）を表 3.2 に示す。毎月の給油量は 40～88kL であり、操業 1 日当たりの燃料消費量は 2.1～4.6kL である。本船の燃油タンク容量 42kL のため、数字の上からは燃油消費量が少ない月は無給油でも 1 ケ月間操業可能である。燃油消費量が多い月では、ほぼ燃油タンク容量 2 回分の給油が行われている。毎週 1 回給油するとすれば、1 回の給油量は、10～20kL と推察される。なお、給油に要する時間は 1 時間程度とのことであった。

表 3.2　月毎の給油量（令和 3 年度）

月	操業日数	給油量(L/月)	L/日(平均)
9	21	54,358	2,588
10	18	72,500	4,028
11	20	63,000	3,150
12	14	56,800	4,057
1	15	42,800	2,853
2	17	57,000	3,353
3	19	68,600	3,611
4	19	87,500	4,605
5	19	40,400	2,126
6	18	49,600	2,756

(4) その他

今後、工夫・導入できそうな省エネ方策として、漁場探索の効率化が指摘された。漁場の海底の水温が分かれば、漁場選択に有効とのことであった。表層水温は把握が容易であるが、海底の水温分布の把握は難しいのが実情である。曳網すればネットゾンデで水温の把握は可能であるものの、漁場選択段階での海底水温の把握が必要との意見であった。簡便で安価な計測手法が要望された。

図 3.4　沖合底びき網漁船（板びき 105GT、A 丸）の写真

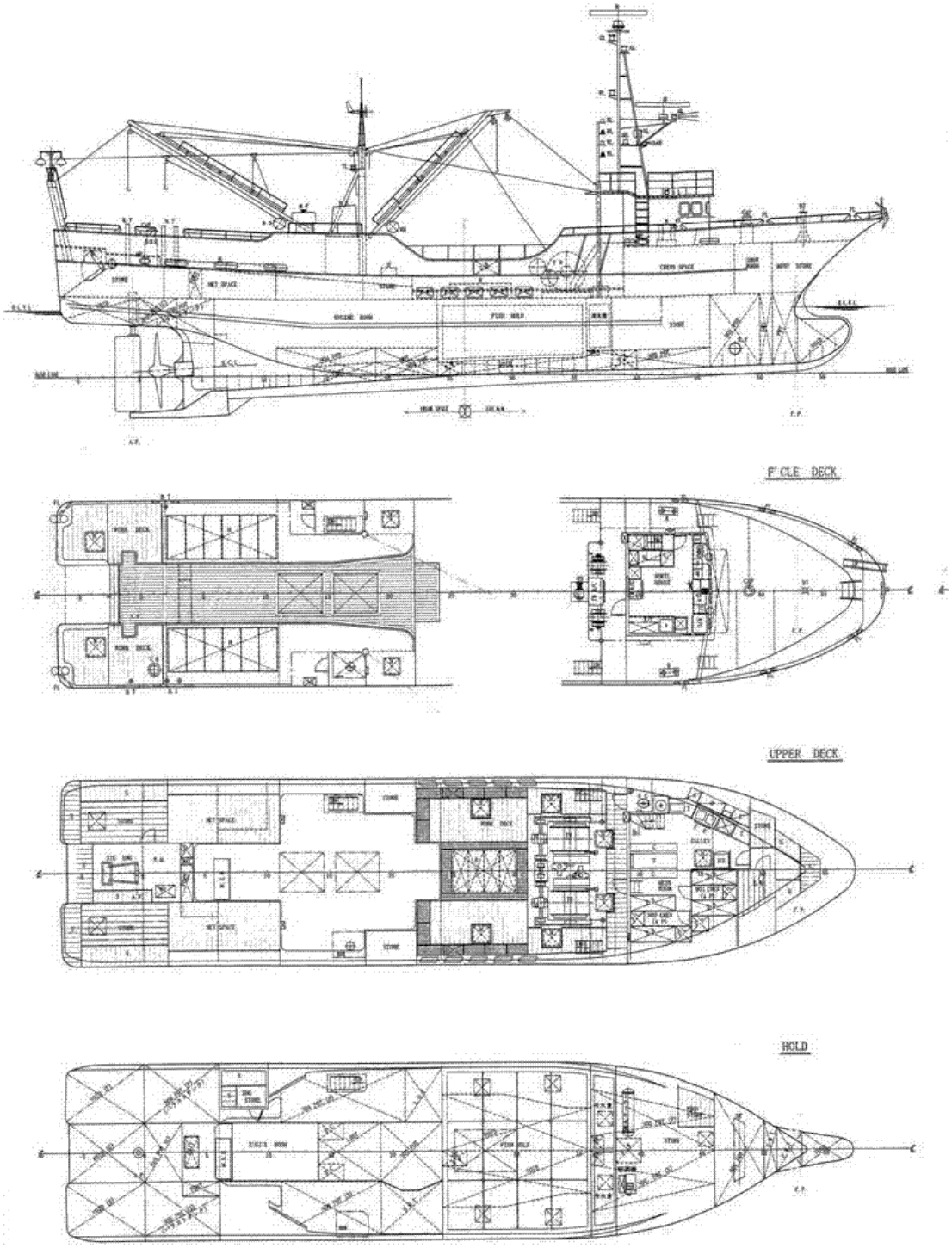

図 3.5　沖合底びき網漁船（板びき 105GT、A 丸）の一般配置図

3.3　沖合底びき網漁船（かけまわし 144GT、B 丸）の実態調査

兵庫県浜坂漁業協同組合所属の沖合底びき網漁船の現地調査を令和 4 年 8 月 29 日　（場所：浜坂漁港）に実施した。本船は、沖合底びき網漁業といか釣り漁業兼業船として、作業環境・居住環境向上のためにハードオーニングと甲板上の居住区を設け、144GT として平成 30 年 8 月に竣工した（被代船 95GT は 23 年間使用）。

（1）操業形態

浜坂漁協には、沖合底びき網専業船に加えて沖合底びき網・いか釣り兼業漁船が 2 隻在籍する。この兼業船のうちの 1 隻を調査対象とした。本船の令和 3 年度の操業記録によれば、7 月下旬から 9 月中旬までスルメイカを対象にいか釣り漁業に従事している。10 月上旬から底びき網漁業に移行し、11 月からはズワイガニシーズンを迎える。翌年 6 月 30 日で底びき網は終漁となる。浜坂地区の沖合底びき網漁業および兼業で行われるいか釣り漁業の操業の概略を図 3.6 に示す。なお、本年（令和 4 年）は、いか釣りの出漁はなしとのことであった。いか釣り操業は大和堆など漁場が遠いため燃油コストが大きいこと、スルメイカ資源の動向から一定の漁獲量が見込めないことがその理由とされた。

本船は、底びき網漁業を主とするいか釣り兼業船であり、漁法切り替え時の漁労装備換装については、重機の手配以外は乗組員で対応しているとのことであった。要点は以下のとおり。いか釣り換装時には、底びきウインチとロープリールを取り外し、甲板をフラットにして舷側に自動いか釣り機を搭載する。揚網機（ネットリール）を取り外した場所に集魚灯の安定器を搭載する。この安定器の重量は大きい。集魚灯（250kW 制限）設備の電気配線等も自ら行う。

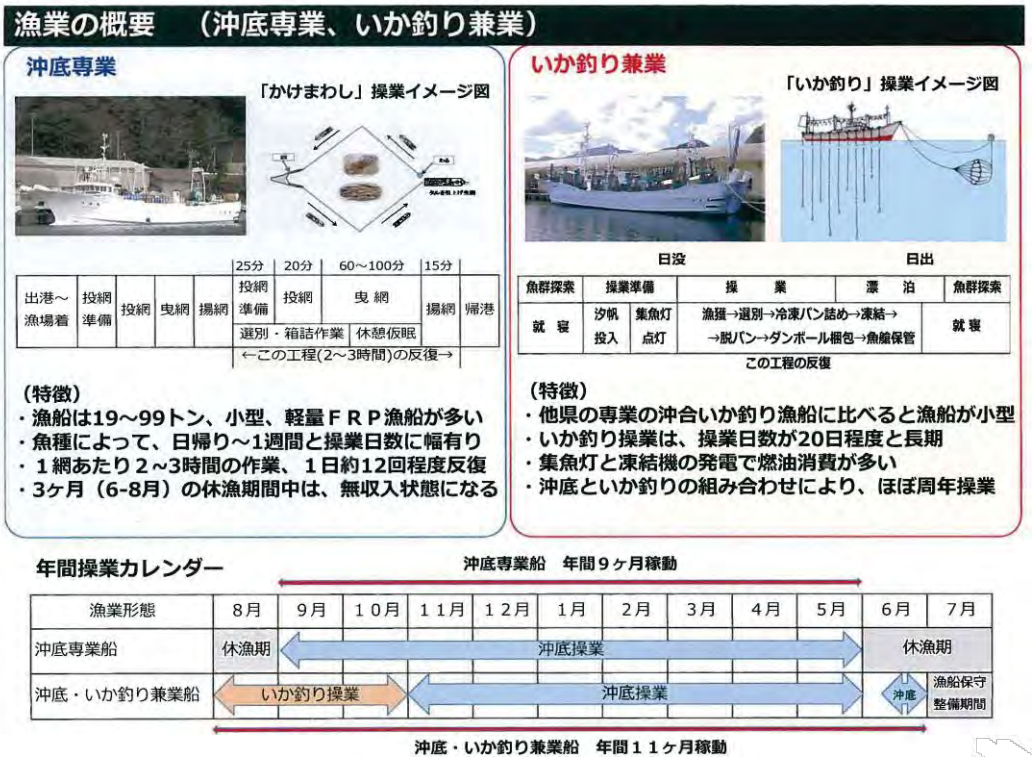

図 3.6　漁業の概要　（浜坂地域プロジェクト改革計画書から転載）

集魚灯の電源は、主機駆動の発電機から供給している。この主機駆動発電機は底びき網操業時には使用しない。これらの換装作業に 2 日間を要する。いか釣り兼業を長年続けてきたので装備の換装作業等が可能であるが、「経験のない船がこれから兼業を始めることは容易でないと思う」との意見であった。また、漁船の設計段階で漁労装備の換装を考慮しておくことが必要とのことである。

兵庫県浜坂地域の底びき網操業の漁場と漁獲対象種を図 3.7、図 3.8 に示す。漁場利用においては、ズワイガニの資源管理に配慮した取り組みが行われている。底びき網漁獲対象として、ズワイガニは活魚で陸揚げされる。その他は冷凍品が主である。エビ・魚類は、サイズ別にスチロール箱詰めとする。選別規格が細かいこととスチロール箱代など、多大な労力とコストがかかることが課題とされた。なお、いか釣り操業では、全て冷凍品（8kg 入り冷凍パン使用）として水揚げする。

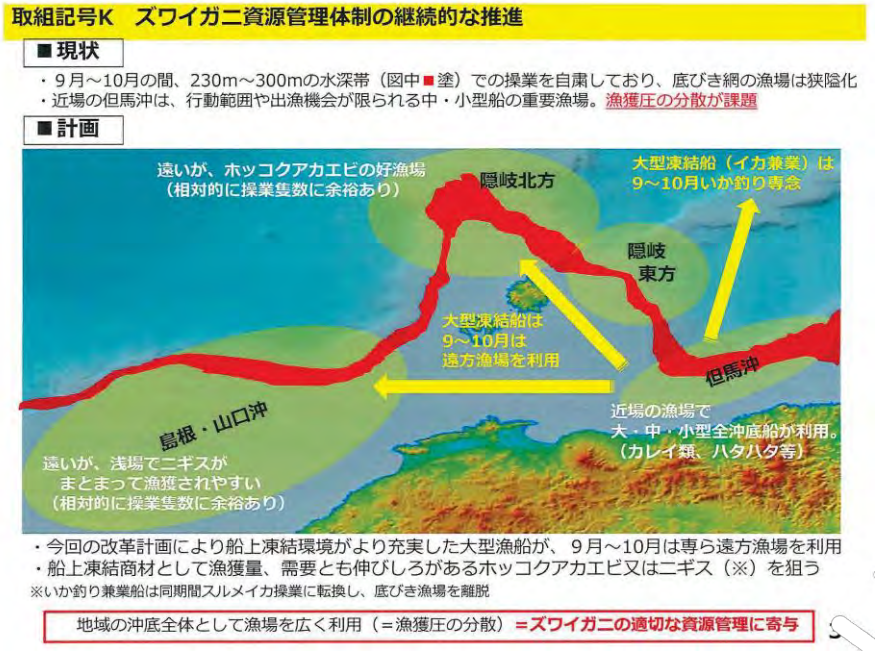

図 3.7　沖合底びき網漁場　（浜坂地域プロジェクト改革計画書から転載）

図 3.8　主な漁獲物　（浜坂地域プロジェクト改革計画書から転載）

本船の操業記録から令和３年度の航海事例をピックアップして表 3.3 に示す。大和堆へのいか釣り操業では航海日数がほぼ２週間と長くなっている。底びき網操業でも浜田沖や隠岐西方・北方など漁場が遠隔化すると航海日数が 5～6 日を要する。航海後の給油量から航海中の 1 日当たりの燃油消費量を計算すると、ばらつきが大きいものの平均は 2.2kL/日程度が目安となる。

表 3.3　沖合底びき網漁船（かけまわし 144GT、B 丸）いか釣り兼業時の航海例

操 業 日	航海日数	給油量(kL)	燃料消費量(kL/日)	漁 場	主対象種
R3年7月27日～8月9日	12.8	31.0	2.42	大和堆	スルメイカ（イカ釣り）
R3年9月3日～9月13日	13.8	39.1	2.83	大和堆	スルメイカ（イカ釣り）
R3年10月26日～10月31日	5.7	21.2	3.72	隠岐北方	アカエビ・ガラエビ
R3年11月11日～11月5日	3.6	8.1	2.25	隠岐東方	ズワイガニ
R3年11月29日～12月6日	6.3	12.2	1.94	隠岐西方・東方	ズワイガニ
R3年12月13日～12月17日	3.7	10.0	2.70	地先沖・隠岐東方	ズワイガニ
R3年12月28日～12月29日	1.4	3.8	2.71	地先沖	ズワイガニ
R4年1月15日～1月20日	4.8	11.0	2.29	隠岐東方	ズワイガニ
R4年3月19日～3月24日	日帰り6回	6.0	1.00	地先沖	ズワイガニ・ホタルイカ・マダイ
R4年4月9日～4月14日	日帰り6回	10.8	1.80	地先沖	ホタルイカ・ハタハタ・アカガレイ
R4年5月14日～5月20日	6.0	16.5	2.75	浜田沖	ホタルイカ・アカエビ・モサエビ・ガラエビ
R4年5月21日～5月27日	5.7	16.4	2.88	隠岐西方	アカエビ・ガラエビ・ホタルイカ
R4年6月7日～6月19日	12.0	23.4	1.95	大和堆	アカエビ

＊ 燃料消費量(kL/日) ＝ 給油量/航海日数

(2) 機関の運転状況および燃料消費量

本船の主要目を表 3.4 に示す。主機関は被代船（95GT）よりも低出力の機関が搭載されている（1,323kW⇒956kW）。本船の主機関、補機関等の動力系の構成を図 3.9 に示す。底びきウインチ等の油圧漁労装置は、主機前の増速機を介して駆動する油圧ポンプによって駆動する。

表 3.4　沖合底びき網漁船（かけまわし 144GT、B 丸）の主要目

漁業種類	沖合底びき網	発電機	
竣工	平成30年8月	補機駆動	200kVA×225V 1台
総トン数	144　GT		130kVA×225V 1台
L×B×D　　m	32.5×6.48×2.66	主機駆動	450kVA×225V (集魚灯用) 1台
魚艙　　m^3	(B) 81.83	漁労設備	
凍結室　　m^3	35.48	底びきウインチ	8/4.3t×75/140m/min　2台
燃油タンク　m^3	54.84	船尾・中央作業ウインチ	4t×35m/min　各1台
清水タンク　m^3	13.2	船首作業ウインチ	4t×35m/min　1台
主機関		船尾・中央主揚網機	6.2/3.1t×35/66m/min　各1台
型式	新潟原動機　6MG22HX ×1	船首補助揚網機	1.8/1t×58/98m/min　1台
定格出力	956kW/1,000rpm	巻返しロープリール	1/0.5t×150/300m/min　1台
シリンダ数	6	冷凍・冷蔵装置	
直径×行程 mm	220×280		
推進器　　mm	かもめ　CPP、4翼×2,300	特殊設備	
補機関	ヤンマー製 2基	主機関前増速機	
型式	6HAL2-WDT　　4HAL2-TN1	バウスラスタ	
定格出力	200kW/1,200rpm　116kW/1800rpm	造水機	
シリンダ数	6　　4		
直径×行程 mm	130×165　　130×165		

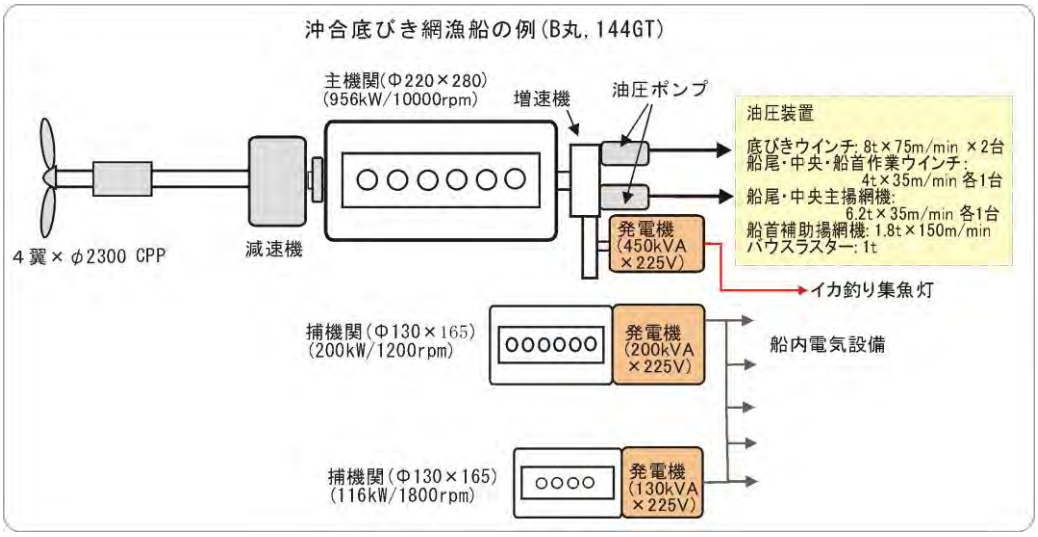

図 3.9　動力システム構成の概念図

発電用の補機関を 2 基装備している。この 2 基は並列運転せずに、電力負荷に応じて切り替えて運転される。冷凍作業が多い時などは、電力負荷が大きくなるため、出力の高い方の補機関が使用されるものと推察される。

聞き取りを基に、漁場漂泊条件の操業日の主機関・補機関の負荷変動を図 3.10 のように推定した。主機関および補機関の燃費率はそれぞれ 0.24L/kWh、0.26L/kWh とした。主機関負荷は、航行時 70%、曳網時 10%、揚縄・揚網時は推進に係る負荷を 40%として油圧ポンプ駆動に係る負荷 30%を加えた。1 日のかけまわし操業を 6 回として主機関の燃料消費量は約 1,400L/日と推定した。補機関は、1 日を通して負荷率 40%で運転されると仮定して燃料消費量を 440L/日と見積もった。主機関約 1,400L、補機関約 440L で合計 1.84kL/日と試算した。

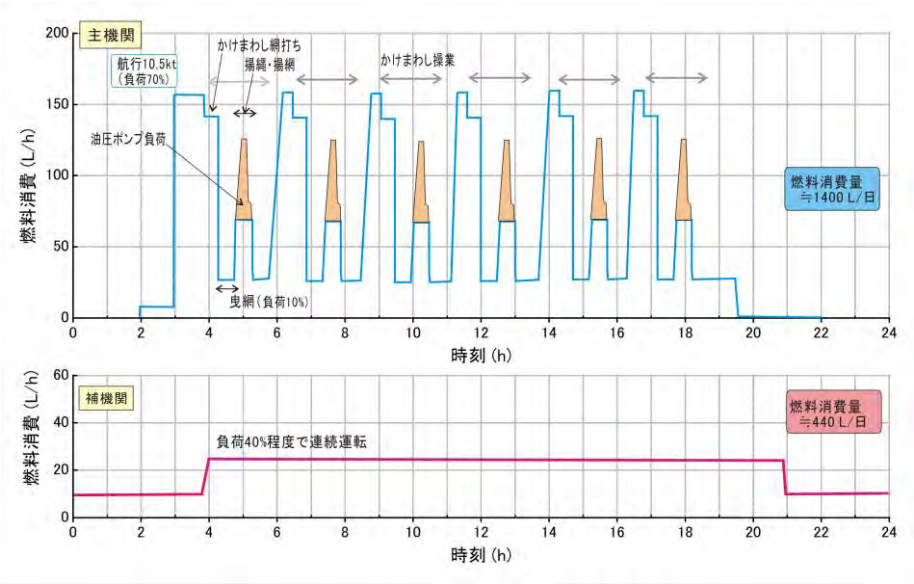

図 3.10　主機関・補機関の負荷変動パターン（推定値）

図 3.10 は漁場に滞在した操業パターンを仮定し、往航・漁場移動・復航に係る航行時の燃料消費分が省略されているため主機関の燃料消費量は比較的小さい値となっている。本船は、航行時は船速 10.5kt（主機関 850～860rpm、負荷 70～80%）、かけまわし漁具投入後の曳網時は 0.6～0.7kt（主機関負荷 10%程度）で運航している。ズワイガニ操業ではカニ網を用いて曳網速度 2～3kt で曳網時間は短い。漁獲対象に応じて使用する網と曳網速度等が異なる。かけまわし 1 操業の所要時間は、カニで 1 時間 40 分ほど、ホタルイカやエビでは 2 時間ほどである。使用する網はホタル網が最も大きい。本船はネットリールを 4 基装備しており、漁場と対象種に合わせて頻繁に網替えが可能である。かけまわしロープは、片舷 1,900m で太さφ42～φ65 の構成としている。コンパウンドロープは伸びるためコンビネーションロープを使用している。操業の最大水深は 700～800m の海底までである。

図 3.10 では、主機関の稼働時間と負荷変動を単純にパターン化したが、かけまわし操業では曳網時は微速のため低負荷であること、揚縄時には油圧ウインチの負荷が加わること等から主機関の負荷変動は急激な増減を繰り返すことが予想される。脱炭素のガス燃料を導入する場合には、急激な負荷変動への主機関の追随性に留意する必要がある。

(3) 年間を通した操業実績と給油量

月毎の航海日数と給油量（令和 3 年度の実績値）等を図 3.11 に示す。8～9 月はいか釣り操業の実績であり、10 月以降は底びき網操業の実績である。底びき網操業の毎月の給油量は 35～70kL である。本船の燃油タンク容積 54.84m^3 と比較すれば、1 カ月の給油量はタンク容積とほぼ同等となっている。底びき網操業の 1 日当たりの燃料消費量を「給油量/航海日数」で試算すると、1.6～2.8kL/日となる。

本船の給油の実績について図 3.12 に示す。10 月からの底びき網操業では、1 回の給油量は 20ｋL 以上が 2 回あるものの、ほとんどが 16ｋＬ以下となっている。給油の頻度としては、5 回～6 回が標準となる。なお、本船の給油場所はいか釣り操業時に酒田が 1 回あるのみで、他は全て浜坂である。

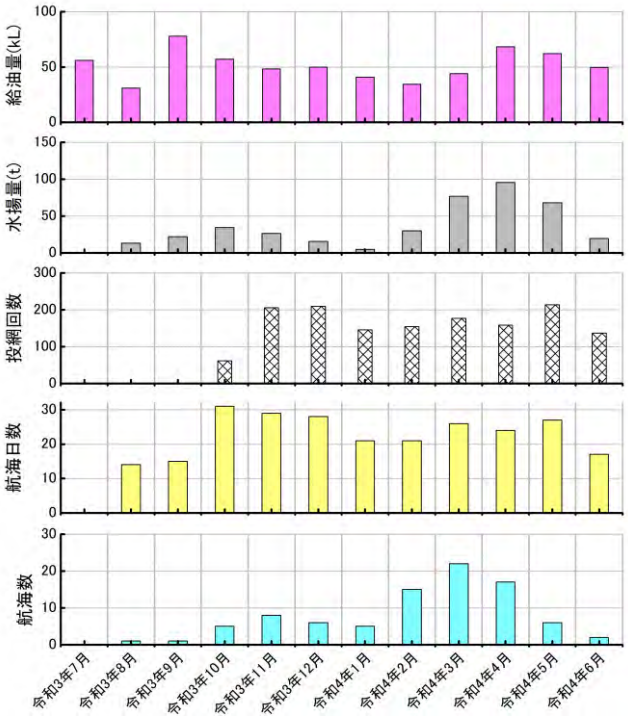

図 3.11　月毎の航海日数、操業実績、給油量

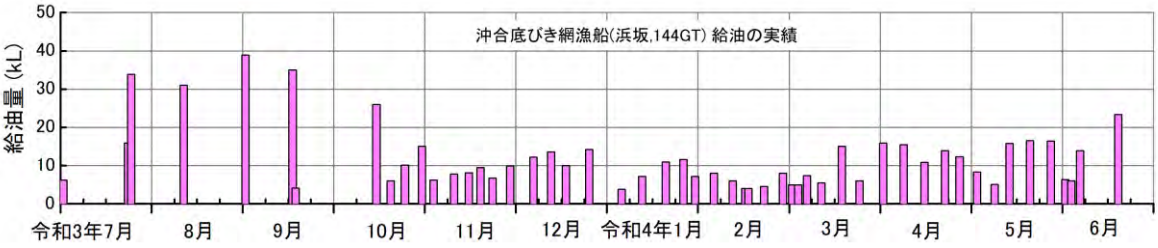

図 3.12　給油の実績

(4) その他

現状の A 重油燃料から新たなに脱炭素燃料を導入する場合、船型が大型化することが予想されるが、船の大型化による影響の有無を尋ねたところ、現在の漁港の構造上、入出港が困難になるとのことであった。現在の 144GT 船の場合も港に入れるか不安があった。脱炭素燃料の導入に当たっては、漁港規模・構造との関係に配慮する必要がある。

図 3.13　沖合底びき網漁船（かけまわし 144GT、B 丸）の写真

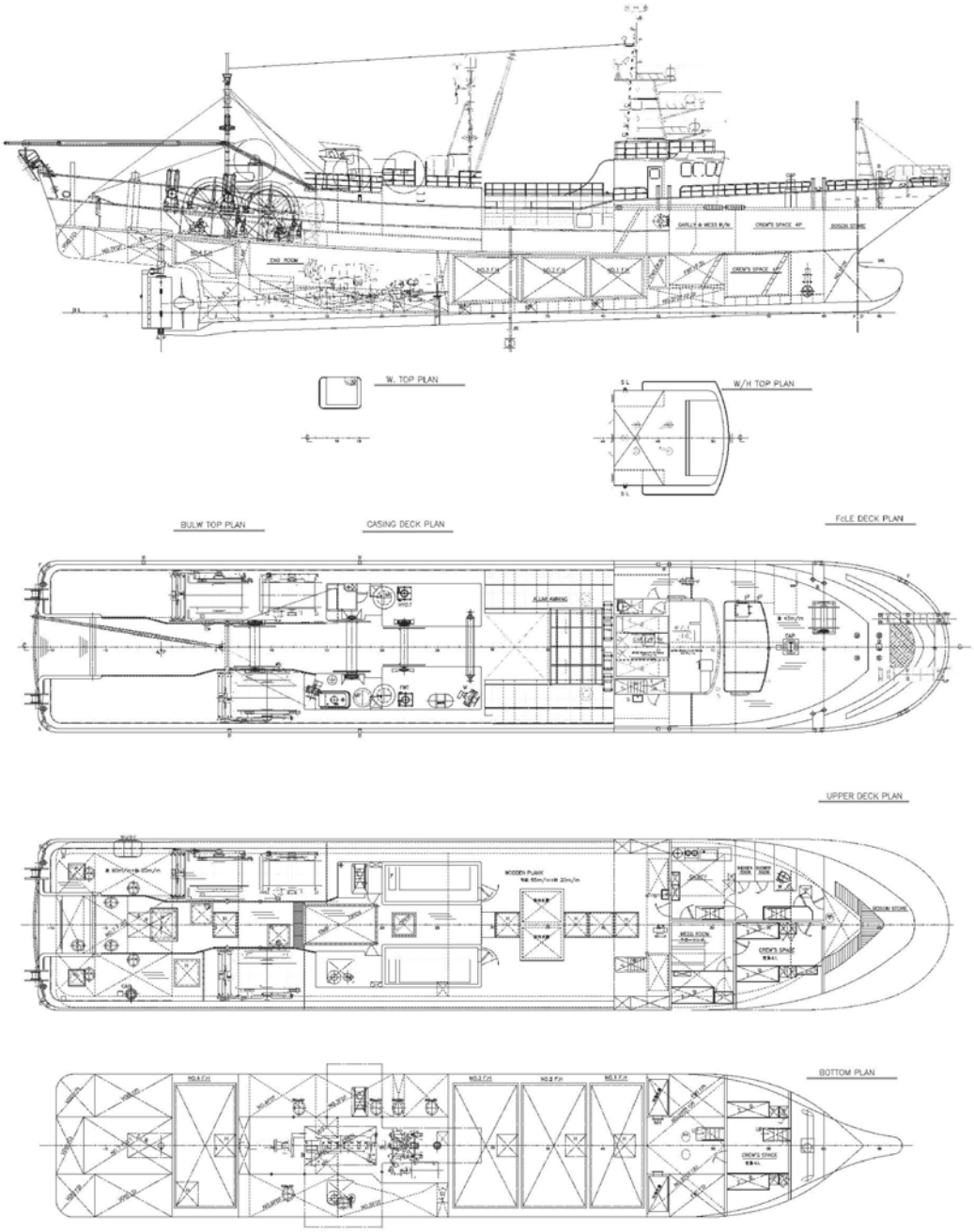

図 3.14　沖合底びき網漁船（かけまわし 144GT、B 丸）の一般配置図

3.4　大中型まき網漁業網船（北まき 199GT、C 丸）の実態調査

北部太平洋まき網漁業協同組合連合会所属のまき網漁業網船の現地調査を令和 4 年 9 月 22 日(場所：銚子市漁協第一卸売市場会議室）に実施した。本船（大中型まき網漁業網船）は、199GT として平成 31 年 5 月に竣工した（被代船は 86GT)。調査当日、本船は館山でドック中であったため、聞き取りのみの調査となった。

図 3.15　大中型まき網漁業の網船（北まき 199GT、C 丸）
（海洋水産エンジニアング 147 号(2019 年 9 月)から転載）

(1) 操業形態

北部太平洋まき網漁業協同組合連合会の傘下にある本船は、北部太平洋海区でイワシ、サバを主対象にまき網操業を行っている。船団構成は、もうかる漁業改革計画に沿って従来の 3 隻体制から網船(199GT)と運搬船（332GT）の 2 隻体制に移行した（図 3.16)。作業艇（搭載艇）として 13GT 船と 19GT 船が加わってまき網操業を行っている。年間の操業形態は、7 月まではサバ・イワシ主体で銚子～常磐沖、7 月下旬の八戸沖のイカ解禁に合わせて北上し、八戸沖でイカ、サバ等の操業を行う。11 月初旬頃にサバの移動に合わせて漁場が南下する。11 月下旬以降は三陸～銚子沖が主となる。

日帰り操業で、毎日、漁場周辺の漁港に入港する。沖泊りは年に数回程度である。かつお・まぐろ操業を行うまき網漁船に比べると沖泊りは少ない。寄港する漁港は、銚子以北の小名浜、石巻、気仙沼、八戸等である。北海道沖の許可は保持しないため、八戸漁港が北限である。

まき網操業の投網回数は最大 2～3 回/日である。出航から漁場までは、船速概ね 13.5kt（主機関 780rpm、ピッチ角 18.0 度）で航行する。ピッチ角を 18.5 度とすると船速は 14.5kt 程度に上昇する。作業艇を牽引する場合には、船速は若干落ちる。まき網操業時、クラッチを切った後は主機関 680rpm で油圧ポンプを駆動する。この時の負荷率は 10%程度。燃料消費量の目安として、八戸から銚子までの航海で約 6ｋL を消費する。長い航海時には入港時間を見計らって回転数を若干落として減速航行を行う。裏こぎには作業艇 2 隻を使用しているが、このうちの 19ＧＴ船は長い場合には 2 時間以上の裏こぎを行う。この時の機関負荷はほぼ 100％に近い。荒天時の出漁判断については、風速 10m/ｓ以下を目安にしているとのことであった。

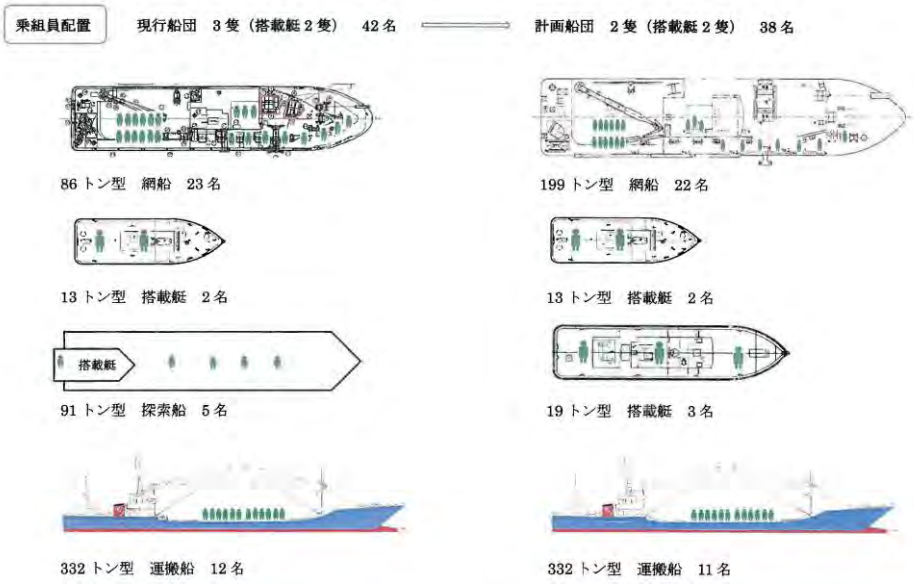

図 3.16　船団構成の合理化（北まき 199GT、C 丸）
（北部太平洋大中型まき網漁業地域プロジェクト改革計画書から転載）

(2) 機関の運転状況および燃料消費量

本船（C 丸）の主要目（表 3.5）と主機関、補機関等の動力系の構成（図 3.17）を示す。パースウインチ等の油圧漁労装置は、主機前の増速機を介して駆動する油圧ポンプを動力源としている。本船は、発電用の補機関を 2 基装備している。この 2 基は同時運転することはなく、船内電力は補機 1 基の運転で間に合う。電動油圧装置として、アゼ巻ウインチがある。これは 2 隻の船をもやう時に使用するウインチである。電動油圧装置のため、リモコンで遠隔操作が可能である。本船では、ブリッジにて船頭がリモコンを操作している。そのため、従来は甲板で操作していた人員 1 人の削減が可能となった。

表 3.5　大中型まき網漁業網船（北まき 199GT、C 丸）の主要目

漁業種類	大中型まき網漁業	発電機	
竣工	令和元年5月	補機駆動	250kVA×225V×2台
総トン数	199　GT	漁労設備	
L×B×D　m	38.6×8.80×3.75	パースウインチ	4t×80m/min　1台
魚 艙　m^3	―	大手巻ウインチ	8t×55m/min　1台
燃油タンク　m^3	108.99	大手巻ウインチ	6t×60m/min　1台
清水タンク　m^3	20.84	モヤイ巻ウインチ	6t×48.8m/min　1台
主機関		操船ウインチ	8t×40m/min　1台
型　式	新潟原動機 6MG28AHX-1N ×1	魚締ウインチ	2t×45m/min　2台
定格出力	2,206kW/800rpm	魚締ウインチ	4t×45m/min　4台
シリンダ数	6	ネットホーラー	12t×60m/min　1式
直径×行程 mm	280×390	ハイパワークレーン	70t　1式
推進器　mm	かもめ　CPP、4翼×2,900	リングウインチ	4t×60m/min　1台
補機関		伝馬巻兼アバ寄ウインチ	6t×40m/min　1台
型式	ヤンマー 6HAL2-WDT　×2	特殊設備	
定格出力	200kW/1,200rpm	バウスラスタ	TFA-20UN ×1
シリンダ数	6	スタンスラスタ	TFA-25UN ×1
直径×行程 mm	130×165	特殊舵K7ラダー	k 7-S420/26 ×1

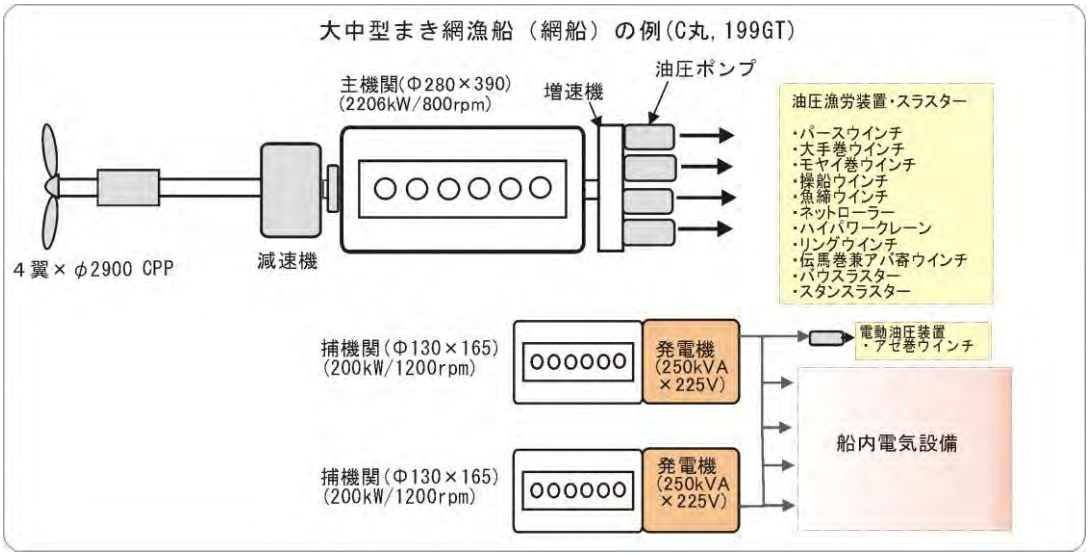

図 3.17　動力システム構成の概念図

聞き取りを基に、日帰り操業の主機関・補機関の負荷変動を図 3.18 のように概略推定した。主機関および補機関の燃費率はそれぞれ 0.24L/kWh、0.26L/kWh とした。主機関負荷は、往航時 75%、探索時 50%、まき網操業時は、揚網過程からプロペラを停止するため航行負荷は 0%に対して、油圧ポンプ駆動に係る主機関の負荷を 15%とした。網船は漁獲物の搬送は行なわないことから、復航時は負荷 50%程度の省エネ航行で帰港するとした。補機関は、1 日を通して負荷率 40%程度で運転されると仮定して燃料消費量を 440L/日と見積もった。主機関約 2,600L、補機関約 440L で合計 3.04kL/日と試算した。

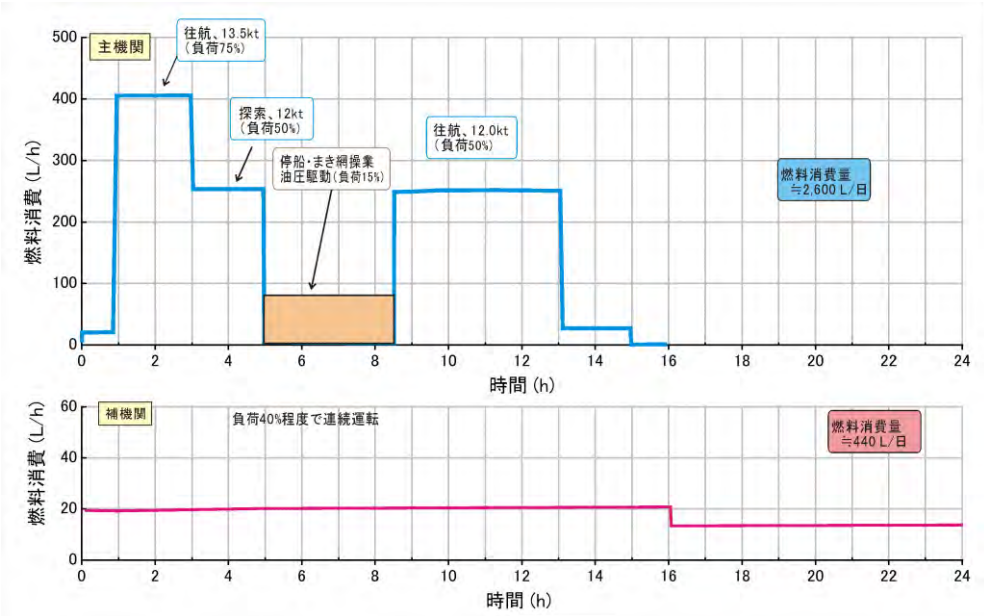

図 3.18　主機関・補機関の負荷変動パターン（推定値）

(3) 給油量およびその頻度

本船は年間を通して日帰り操業を主とし、漁場移動に合わせて寄港地が移動するが、各漁港で給

油は比較的容易である。給油は 3～4 日の出漁後に行い、1 回の給油量は 14～15kL（タンクローリ 2 台分）を目安としている。漁場が遠い時は給油量 20kL の場合もある。燃油タンクは船のバランスと安全性を考えて常時満タンを意識している。ヒール調整用のバラストタンクは清水を使うようにしている。海水を使用すると配管・バルブ類に錆が生じる。バラスト水の移動がない船首バラストのみは海水を使用している。網船本船のバランスは重要で、ソナーによる魚群探索にも影響する。なお、ソナー使用時は、船底からのソナーを 2～3m突出させるため、船速を 12kt に抑えて航行している。

（4）その他

現状の A 重油燃料から新たなに脱炭素燃料（ガス燃料）を導入する場合、船型が大型化（長さ、幅、喫水の増大）することが予想されるが、船の大型化による影響の有無を尋ねたところ、現在の漁港の構造上、入出港が困難になるとのことであった。銚子入港は現状船が限界、八戸でも海底に船底が接触したことがある。長さ・幅については、安定性が向上するならば大きくなっても使用上の問題はない。旧船（80GT 型）から 199GT に大型化したが、操業中の操船性（特に旋回性）については問題ない。また、研究サイドへの要望として、喫水が浅くても安定性の高い船の研究も行って頂きたいとの意見があった。

乗組員の海技資格取得に関して、免状をとるのに陸上で講習等が 3 ケ月必要であることが資格取得を難しくしている理由との意見があった。

大中型まき網漁業・網船(199GT)

大中型まき網漁業・網船(199GT)

大中型まき網漁業・網船(199GT)

大中型まき網漁業・運搬船(332GT)

図 3.19　大中型まき網漁船（北まき 199GT、C 丸）および運搬船（332GT）
（令和 4 年 10 月 26 日撮影）

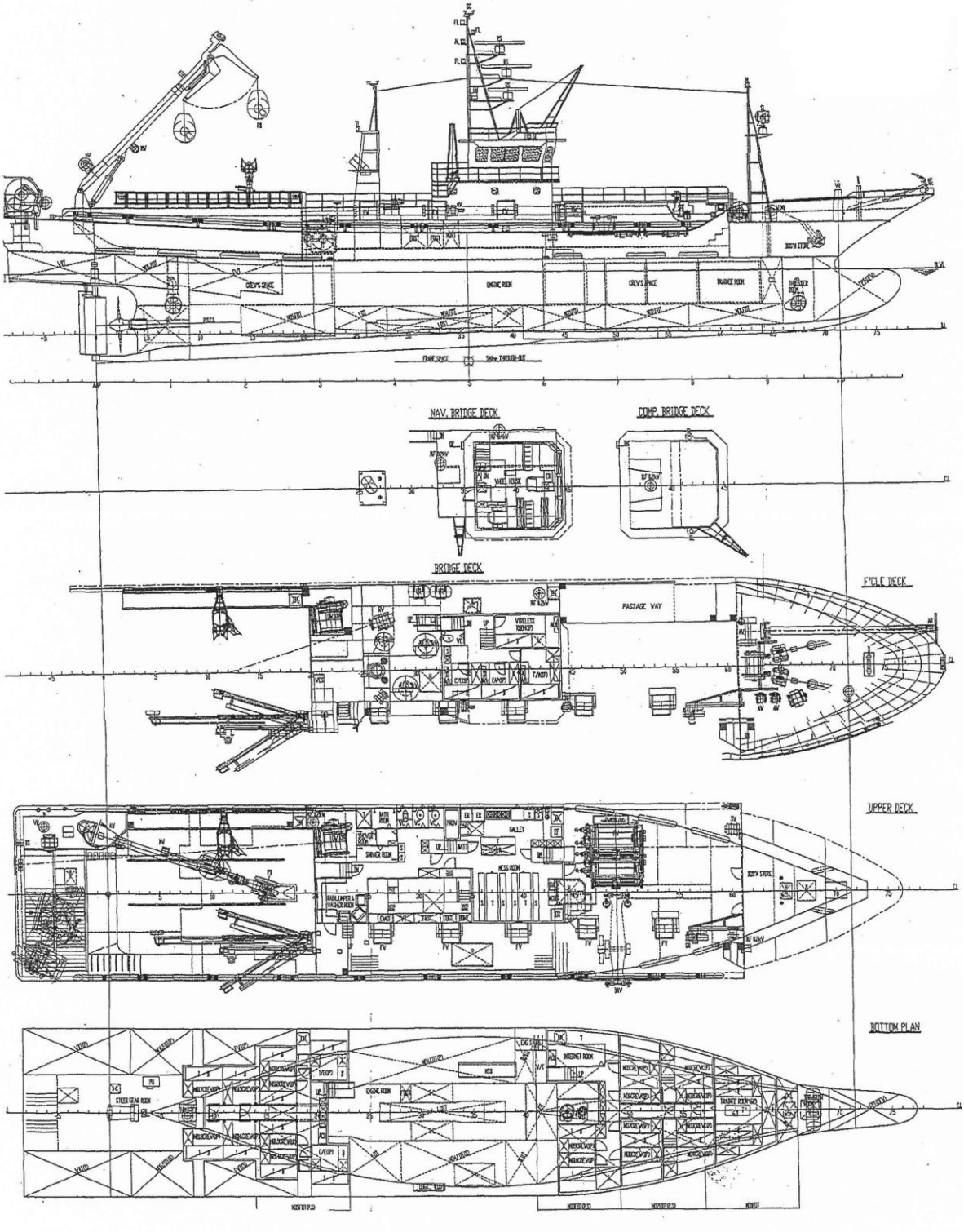

図 3.20　大中型まき網漁船（北まき 199GT、C 丸）の一般配置

3.5　大中型まき網漁業網船（遠まき 199GT、D 丸）の実態調査

日本遠洋旋網漁業協同組合所属の大中型まき網漁業網船（199GT）の現地調査を令和 4 年 9 月 29 日　（場所：平戸鉄工造船）に実施した。本船は、199GT として令和 2 年 3 月に竣工した（被代船 135GT）。調査当日、本船は平戸鉄工造船で上架整備中であった。

図 3.21 大中型まき網漁業の網船（遠まき 199GT、D 丸）
（東洋漁業 HP から転載）

（1）操業形態

日本遠洋旋網漁業協同組合に所属する本船は、九州西部海区・東海黄海海区および日本海海区で、アジ、サバ、マグロを主対象にまき網操業を行っている（図 3.22）。船団構成は、網船（199GT+作業艇）、灯船（185GT）と運搬船 2 隻（235GT、315GT）の 4 隻体制である（図 3.23）。年間の操業パターンは、4～5 月は五島沖および東シナ海でアジ・サバ操業、６～7 月は山陰沖でクロマグロ操業と五島沖でヨコワ操業を行う。ヨコワは生簀で曳航してまぐろ養殖業者に引き渡す。また、8 月にかけて五島沖・東シナ海でアジ・サバ操業も行う。9 月は休業とし、ドックで船の整備を行う。10 月以降、3 月にかけては五島沖・東シナ海でアジ・サバ操業を行う。令和 2 年度は 12 月に三陸沖に出漁したが、令和 3 年度は三陸沖の出漁を見合わせた。

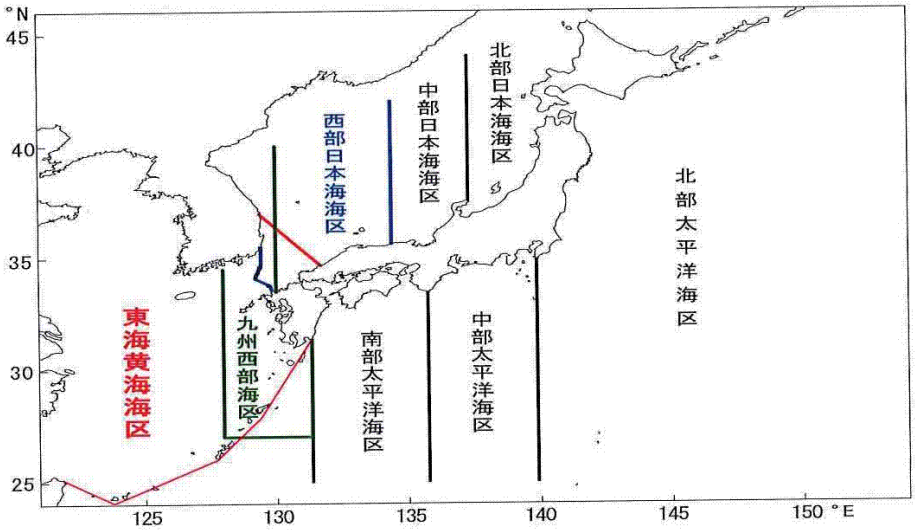

図 3.22　大中型まき網漁業許可の海区

集魚灯を使用するまき網漁業では、月夜間の1週間は休業とする。九州西方海域のアジ・サバ操業の漁場選択は、探索と云うよりも、むしろ瀬をとることを基本とする。複数のポイントの中から漁場を選択して、そこで集魚して操業を行っている。一方、クロマグロ操業では、鳥付き魚群の発見等、カツオ一本釣り漁業と同様な探索を行っている。マグロの群れを発見したら、群れの遊泳速度等、網を巻けるタイミングまで追尾（4～5kt）する。クロマグロ操業では他魚種の混獲はないとのことであった（大目網使用のため）。

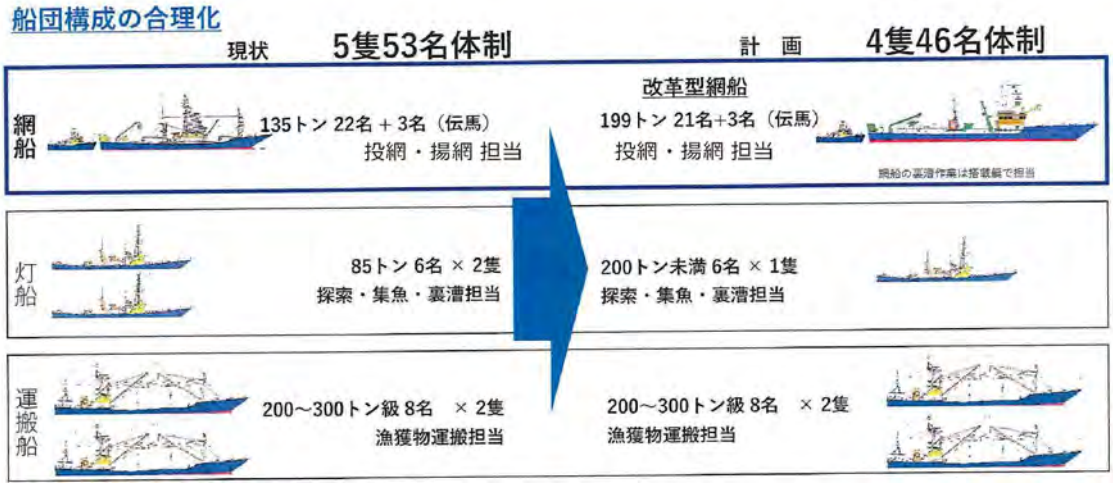

図 3.23　大中型まき網D丸船団の構成　（遠旋組合地域プロジェクト改革計画書から転載）

まき網操業の投網回数は制限されていないが、集魚に時間がかかる関係で1日1回が基本となる。集魚時間は、灯つきが良い時は2～3時間であるが、最長6～7時間に及ぶ場合もある。夕刻6～7時から集魚を開始し、朝6時頃に操業を終了するのが一般的である。本船は、漁場までの往航や帰港時の復航は、船速13～14kt（主機関680rpm、ピッチ角17～180度）で航行する。最大船速は14.8kt（主機関710rpm、ピッチ角20度）である。漁場が対馬周辺や西沖では片道9～11時間の航海となる。より遠方の東シナ海では片道20時間を要する。投網後の環締め・揚網過程は、停船状態とし、油圧駆動のため主機関は570～580rpmで運用する。この揚網・漁獲物取り込み過程に2～3時間を要する。アジ・サバ等の漁獲物は、運搬船に積載して長崎、松浦、唐津、福岡等のまき網の産地市場に水揚げする。網船と灯船が漁場に滞在するなかで、2隻の運搬船は、漁獲物を高鮮度で出荷するため、漁場と水揚げ地のピストン輸送を繰り返す。山陰沖のクロマグロは、境港、浜田が水揚げ基地となる。東シナ海等、漁場が遠い場合、運搬船は、水揚げ地まで15kt航行で1日半を要する。従って、連日の操業のためには、最低2隻の運搬船が必要である。遠洋旋網漁業協同組合地域プロジェクトでは、改革計画として、まき網漁業3船団が連携して運搬船を共同利用することで1隻を削減する試みも実施している。

(2) 主要目と動力構成

本船の主要目（表3.6）と主機関、補機関等の動力系の構成（図3.24）を示す。パースウインチ等の油圧漁労装置は、主機前の増速機を介して駆動する油圧ポンプを動力源としている。本船は、

発電用の補機関を 2 台装備している。航行時や漂泊時の船内電力は補機関 1 台の運転で賄える。補機関の 1 台には油圧ポンプが装備されており、航行時等、主機関駆動の油圧ポンプが利用できない時に、この補機駆動の油圧ポンプにより油圧装置を稼働する。

表 3.6　大中型まき網漁業網船（遠まき 199GT、D 丸）の主要目

漁業種類	大中型まき網漁業	漁労設備	
竣　工	令和2年3月	船首パースウインチ	4t×73m/min　1台
総トン数	199　GT	船尾パースウインチ	4t×73m/min　1台
L×B×D　　m	40.1×8.60×3.70	船首大手巻ウインチ	8t×50m/min　1台
魚　艙　　m^3	ー	船尾大手巻ウインチ	10t×50m/min　1台
燃油タンク　m^3	77.8	アゼ巻ウインチ	3t×80m/min　1台
清水タンク　m^3	25.18	操船ウインチ	8t×40m/min　1台
主機関	ダイハツ 6DKM-28EF ×1	網捌機	4t×50m/min　1台
定格出力	2,059kW/750rpm	魚締ウインチ	5t×45m/min　2台
シリンダ数	6	起倒式ネットホーラー	12t×45m/min　1式
直径×行程 mm	280×390	船首ハイパワークレーン	UNC-0918T-N-R　1式
推進器　　mm	かもめ　CPP、4翼×2,920	船尾ハイパワークレーン	UNC-1350T-N-L　1式
主機前油圧駆動装置	A4VS0500DP 245kW/1,316rpm ×4	サイドローラー	2.6t×38m/min　1式
		伝馬巻ウインチ	8t×40m/min　1台
補機関	ヤンマー 6NY16L-HW　×2	特殊設備	
定格出力	265kW/1,200rpm	バウスラスタ	TFA-20UN　（推力2ｔ）
シリンダ数	6	補機前油圧駆動装置	HL35-4
直径×行程 mm	160×200		
発電機（補機駆動）	300kVA×225V×2台		

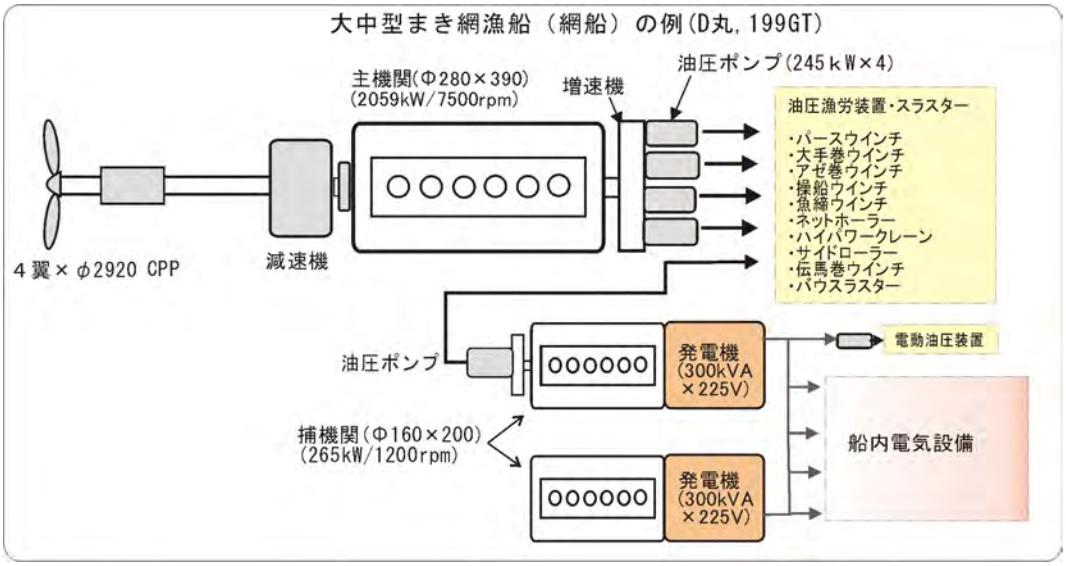

図 3.24　動力システム構成の概念図

(3) 給油の実態および燃料消費量

令和 3 年度の本船（D 丸）の給油記録を基に年間を通した給油の実態を示す（図 3.25）。寄港地の給油、海上で運搬船からの給油に区分した。9 月は休業のため給油の機会はなかった。その他の月は、頻繁に給油が行われている。陸上からの給油は、月に 1～2 回程度である。6 月のみ 5 回の給油

があるが、この月はクロマグロ操業あるいはヨコワ操業の時期で、頻繁に入港したためである。網船が漁場に滞在して日々操業を繰り返す場合には、本船は運搬船から頻繁に給油されている。毎回の給油量は 8kL ほどである。

本船の 1 日当たりの燃料消費量を図 3.26 に示す。1 日当たりの燃料消費量は、多い日で 8ｋL 程度に対し、標準的な値として 2～4ｋL の日が多い。燃料消費量が多いのは、往航、復航、漁場移動等、1 日中航行している条件である。漁場に滞在して操業する場合は 2～4kL の燃料消費量となる。この場合、2～4kL とばらつくのは、漁場移動の有無等が関係しているものと推察される。

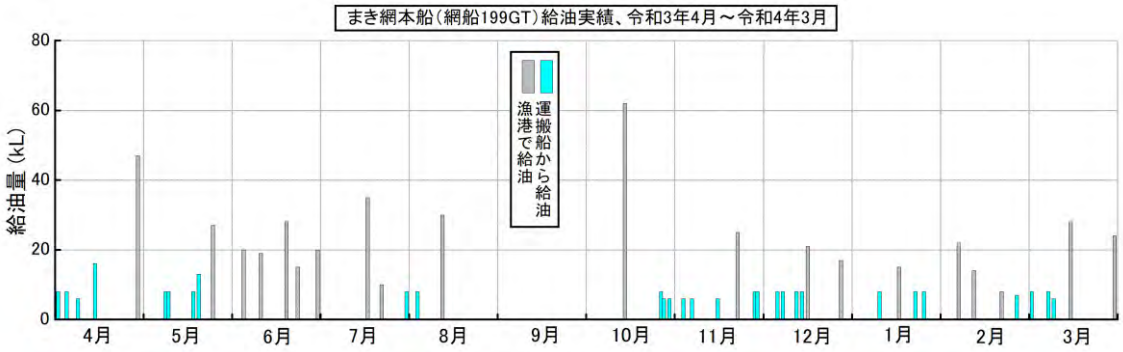

図 3.25　本船の給油実績（令和 3 年 4 月～令和 4 年 3 月）

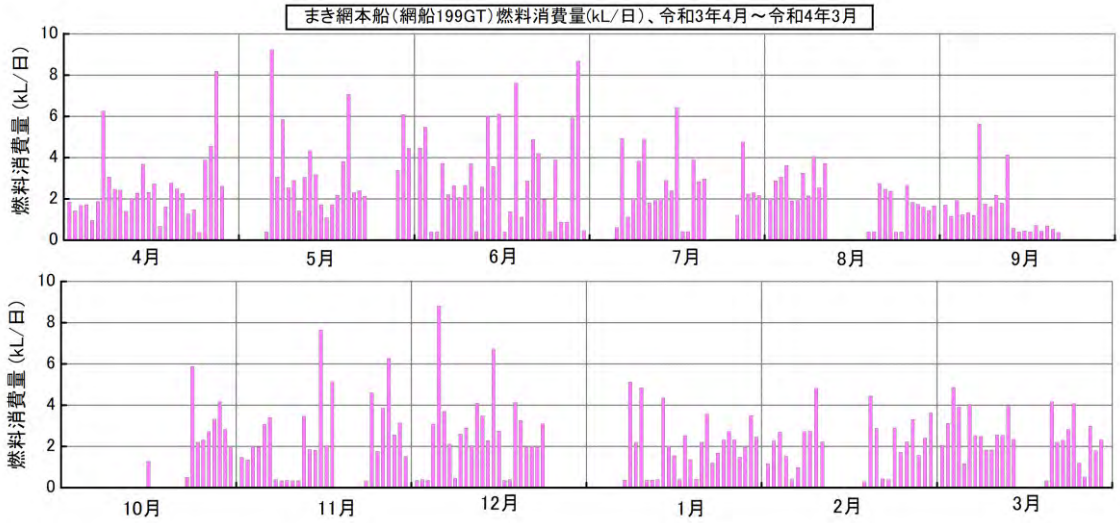

図 3.26　本船の 1 日当たりの燃料消費量

聞き取りを基に、漁場滞在操業日の主機関・補機関の負荷変動を概略推定した（図 3.27）。主機関および補機関の燃費率はそれぞれ 0.23L/kWh、0.25L/kWh とした。主機関の推進負荷は、往航時 75%、探索時 40%、まき網操業の揚網作業・漁獲物取り込み時はプロペラを停止するため 0%とした。一方、操業時の油圧ポンプ駆動に係る主機関の負荷を 15%とした。

補機関は、1 日を通して負荷率 40%程度で運転され、1 日の燃料消費量を 700L/日と見積もった。主機関約 2,200L、補機関約 700L で合計 2.9kL/日と試算した。

このようなパターンが漁場滞在時の平均的な燃料消費量と考えられる。

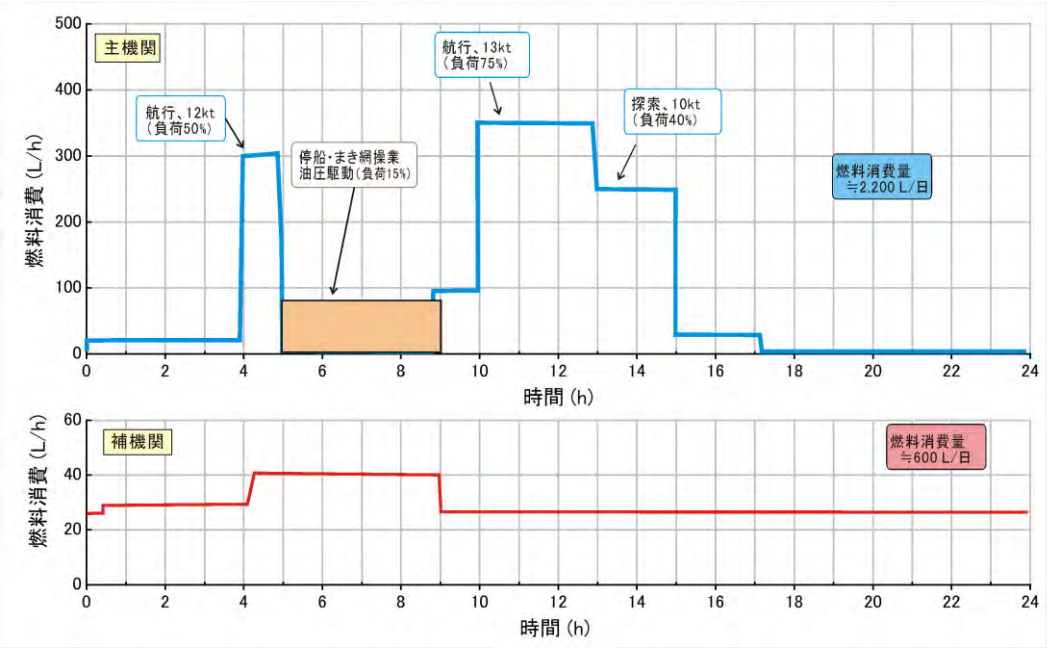

図 3.27　主機関・補機関の負荷変動パターン（推定値）

（4）その他

本船（199GT 一層甲板船）は、旧船（135GT 型）と比較して操業上、特段の影響はないとのことであった。一方、199GT 二層甲板型の場合には、風圧面積が大きくなるため、風の影響を受けやすいとされる。

2050 年カーボンニュートラル化に対する漁業者の感触として、世の中の趨勢として必要性は理解するものの、ガス燃料のタンク容積の増大に伴い船型が大型化（喫水増大等）するとドック入り可能な場所が限定されるとの意見があった。二層甲板型 199G T 船では、長崎地区でドック入り可能な場所は一箇所のみとのことであった。また、脱炭素燃料のバンカリング（補給）の場所や頻度等の懸念も指摘された。長崎地区のまき網船団の場合は、洋上でのバンカリングが大きな課題となりそうである。

当地区のまき網操業の漁獲物アジ・サバは、陸上で選別・仕分けが必須であり、この選別コスト・スチロール箱代など生産者の負担が大きく、経営を圧迫する一因であるとの意見があった。

上架中の本船

本船側面

プロペラ・舵

主機関

補機関

機関室操作盤

油圧ポンプ操作盤

ブリッジ・主機関操作盤

ブリッジ・航海計器類

バースウインチ

網置き場

ネットホーラー

図 3.28　上架中の大中型まき網漁船（遠まき 199GT、D 丸）

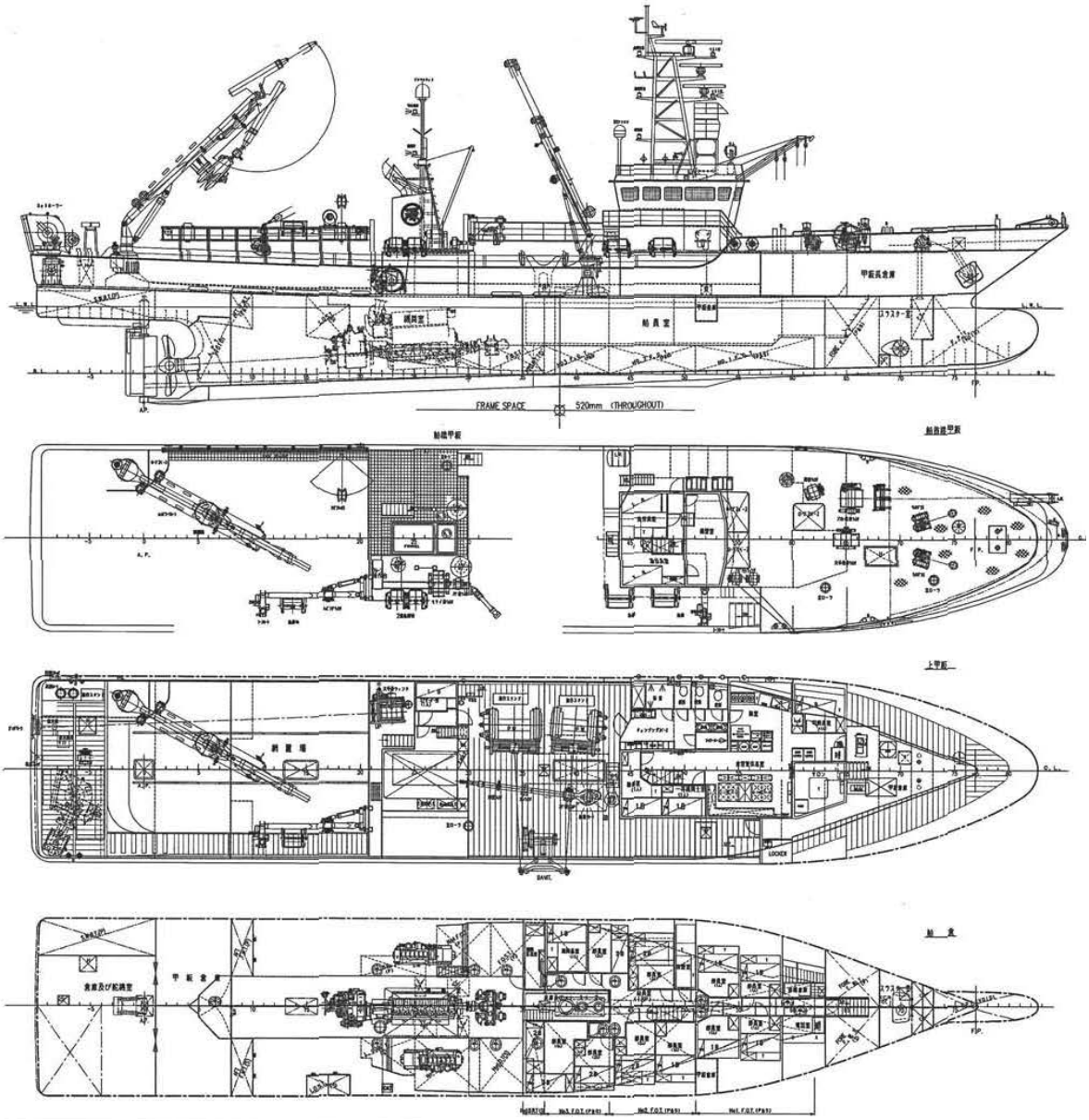

図 3.29　大中型まき網漁船（遠まき 199GT、D 丸）の一般配置図

3.6　ゼロエミッション漁船の代替燃料積載量の決定

沖合底びき網漁船と大中型まき網漁業網船の燃油消費量と給油量の実態調査を基に、最低限必要と考えられる燃油量を検討した。年間を通して最も燃油消費量が多い1航海を可能とすることを原則とした。沖合底びき網漁船B丸は、兼業のイカ釣り操業は長期航海のため1航海の燃料消費量は30～40kLと沖合底びき網操業の約2倍の値であるが、ここでは、沖合底びき網操業に着目して必要燃油量はA重油20kLとした。大中型まき網漁業D丸は、操業中は洋上に20日以上留まり、運搬船から洋上で給油を受けているのが実態であったため、必要最小限のA重油は20ｋLとした。D丸のゼロエミッション化においては、これまでと同様に洋上補給を受けることを前提とする。

以上のように算定した必要燃油量（A重油）から、これらの漁船をベースとするゼロエミッション漁船（水素燃料船）の水素燃料積載量を表3.7に示す。水素燃料（LH_2）の容積当たりの発熱量は重油の1/4.5（表2.3参照）であることから、必要な水素燃料は重油の4.5倍とした。試設計する漁船の必要水素量は、A丸45m^3、B丸90m^3、C丸45m^3、D丸90m^{3}として、ゼロエミッション漁船の試設計を行うことにする。

表3.7　調査対象漁船の燃料消費量から算定した必要燃油量

地　区	漁業種類 (総トン数)	L×B×D (m) 燃油タンク	主機関型式 (ﾎﾞｱ×ｽﾄﾛｰｸ)	補機関	燃料消費 (kL/日)	燃料消費 (kL/航海)	必要燃油量 (A重油)	必要水素量 (液体水素)	備　考
現地調査① A丸 (宮城県石巻)	沖合底びき網 (板びき,105GT)	27.5×7.2×3.10 42.2 m^3	赤阪 K28BFD, 735kW/360 rpm、 (280×480)	160kW×1	～5.0	～10	10 kL	45 m^3	1航海を担保
現地調査② B丸 (兵庫県浜坂)	沖合底びき網 (かけ回し,144GT)	32.5×6.48×2.66 54.8 m^7	新潟 6MG22HX, 956kW/1000rpm、 (220×280)	200kW, 116kW	～2.8	～18	20 kL	90 m^3	1航海を担保
現地調査③ C丸 (千葉県銚子)	大中型まき網 (北まき,199GT)	38.6×8.8×3.75 108.9 m^3	新潟6MG28AHX, 2206kW/800rpm、 (280×390)	200kW×2	～3.0	～9	10 kL	45 m^3	1航海を担保
現地調査④ D丸 (長崎県平戸)	大中型まき網 (遠旋,199GT)	40.1×8.6×3.70 77.5 m^3	ﾀﾞｲﾊﾂ 6DKM-28EF, 2059kW/750rpm、 (280×390)	265kW×2	～8.0	～40	20 kL	90 m^3	1航海は最大25日、現行の洋上補給も想定

＊水素換算（×4.5で計算）

第４章　代替エネルギーを活用した漁船の試設計

4.1　試設計の条件

脱炭素漁船の試設計にあたり条件を下記のとおり設定した。

・脱炭素漁船の代替燃料は水素として、主機関は水素専焼で計画する。

・この水素燃料船の検討にあたっては、水素燃料電池船の安全ガイドライン（国交省海事局、令和３年８月）に原則基づくものとする。

→水素タンクは船体外板から 800mm 以上離して配置する。

→危険場所（水素タンク区画、タンクコネクションスペース、燃料電池設置区画、等）は、独立した閉囲区画とする。

→危険場所（閉鎖区域）への交通は、非危険場所から直接の立ち入りは禁止とし、必要な場合はエアロック等の措置を行う。

→タンクコネクションスペース上方の暴露甲板にバンカリングスペースを設ける。

・水素タンク搭載に伴う船体容積増の検討は、原則、船体を延長することで対応することとし、船体の幅・深さについては、必要最小限の増加に留めることとする。

・主機関の出力は現船と同等とする。ただし、水素専焼エンジン（予混合燃焼方式）は重油焚きエンジン（ディーゼル燃焼方式）と比べて出力が落ちるため、同一出力を確保するために現船搭載エンジンより大型の機関とする。

・発電機用の小型・高速の水素焚きのエンジンの開発は進められていないことから、補機関の代替として燃料電池を用いる。既存船の発電機２式を燃料電池２台に代替する。

・水素量は、現地調査から明らかとなった１航海あたりの燃料消費量（A 重油）を基に、発熱量換算（×4.5）して必要な液体水素積載量を設定した。

・水素燃料タンクの容積は、必要な水素量から積み付け量を考慮し算出した（＝必要水素量/0.7)。

・水素燃料タンクは、１本では船体が大幅に長くなること、冗長性の観点から燃料供給ライン２系統を必要とすることからタンク本数は２本と設定した。また、造船所との打合せにより、船長が過大とならないようタンク直径を可能な限り太くした。タンク厚みは、LNG 燃料船の事例を参考に防熱材等を含め 200mm とした。

以上の試設計条件を基に決定した水素燃料タンクの大きさを表 4.1 に示す。

表 4.1　水素燃料タンク容積の算出

地　区	L_A×B×D (m) 燃油タンク	主機関	補機関	必要な燃油量 （A重油）	必要水素量	必要タンク容積	1本あたりのタンク容積	タンク内径 × タンク長さ	タンク重量 （乾燥質量 ・1本あたり）	備　考
沖合底びき網漁船 105GT板曳 （宮城県石巻市）	34.03×7.2 ×3.10 60.90 m^3	735kW	160kW 80kVA(軸発)	10kL	45m^3	65m^3	33m^3	2.1m × 9.6m	21.9t	1航海を担保
沖合底びき網漁船 144GTかけまわし （兵庫県浜坂）	41.20×6.48 ×2.66 54.84 m^3	956kW	200kW 116kW	20kL	90m^3	129m^3	65m^3	2.6m × 12.3m	33.1t	1航海を担保
大中型まき網漁業 網船199GT （北まき）	48.45×8.8 ×3.75 108.99 m^3	2206kW	200kW ×2	10kL	45m^3	65m^3	33m^3	2.6m × 6.3m	19.1t	1航海を担保
大中型まき網漁業 網船199GT （遠まき）	49.91×8.6 ×3.70 77.5 m^3	2059kW	265kW ×2	20kL	90m^3	129m^3	65m^3	3.0m × 9.2m	29.8t	1航海は最大25日、現行の洋上補給も想定

4.2　試設計の実施

検討委員会にて承認された試設計の条件に基づき、造船所 3 社へ試設計の業務発注を行った。

各造船所とは下記のとおり打合せを実施した。なお、試設計に当たっては過大な船規模・装備にならないよう留意するとともに、連絡を密に取って進めた。

表 4.2　打合せスケジュール・内容

時　期	内　容
第 1 回造船所打合せ 令和 4 年 12 月中旬	仕様書の内容を確認。
第 2 回造船所打合せ 令和 5 年 1 月下旬・2 月上旬	進捗状況の確認。 （一般配置図より水素タンクの大きさ、安全対策等）
第 3 回造船所打合せ 令和 5 年 2 月中旬	成果物の確認。 （一般配置図、建造要目書、中央断面図、機関室配置図（概略）、総トン数計算書、推定馬力計算書（概略）、安全性に係る資料（復原性等））

4.3　試設計の結果

各船の試設計の結果は以下のとおり。

(1) 沖合底びき網漁船（板びき 105GT、A 丸）

① 要 目

表 4.3　沖合底びき網漁船（板びき 105GT、A 丸）の要目比較

	現 船	ゼロエミッション漁船
総トン数	105 トン	384 トン
全長	34.03m	53.07m
垂線間長	27.20m	45.70m
幅	7.20m	11.60
深さ	3.10m	4.10m
計画満載喫水	2.70	3.70m
LBD	607.1	2173.5
主機関	735kW×1 台	
発電機	160kW 80kVA（軸発）	
燃料電池		160kW×2 台
速力（公試状態）	約 13.6kt	約 11.5kt
燃料	A 重油	水素
燃料タンク容積	60.90m^3	66.0m^3
魚倉容積	62.64m^3	66.54m^3

② 一般配置図、機関室配置図、中央断面図

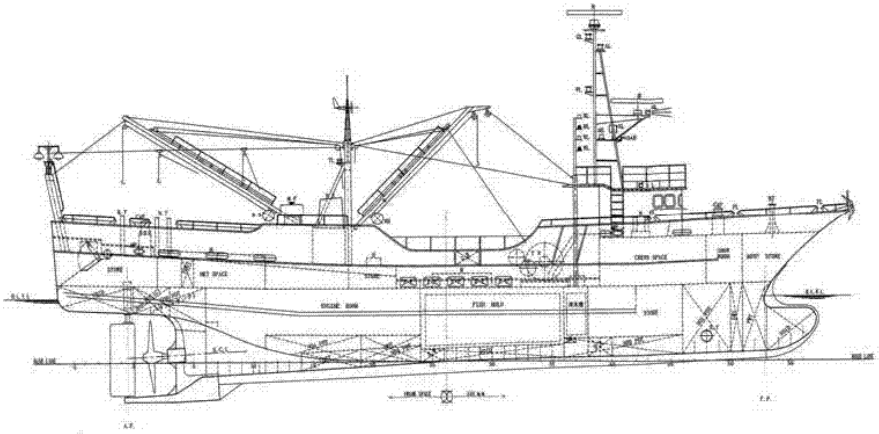

図 4.1　現船側面図

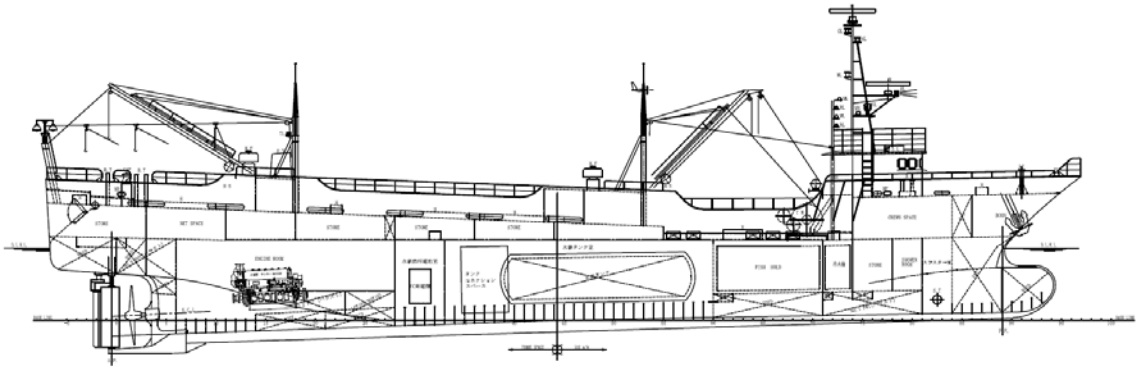

図 4.2　ゼロエミッション漁船側面図

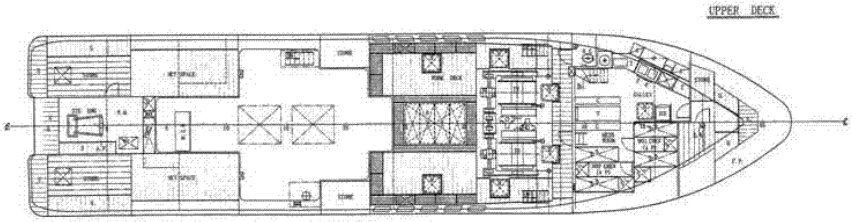

図 4.3　現船上甲板平面図

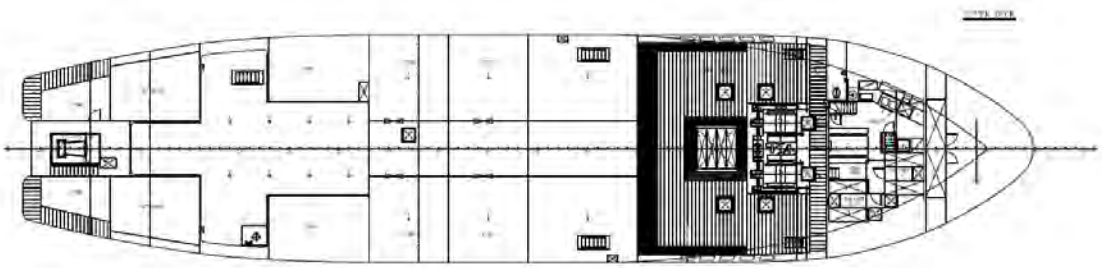

図 4.4　ゼロエミッション漁船上甲板平面図

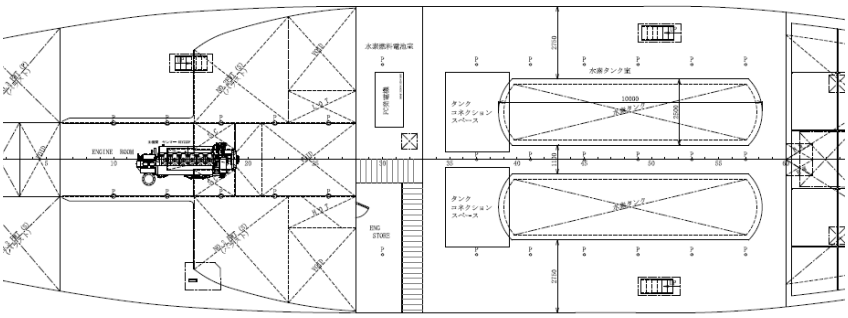

図 4.5　ゼロエミッション漁船機関室・水素タンク室

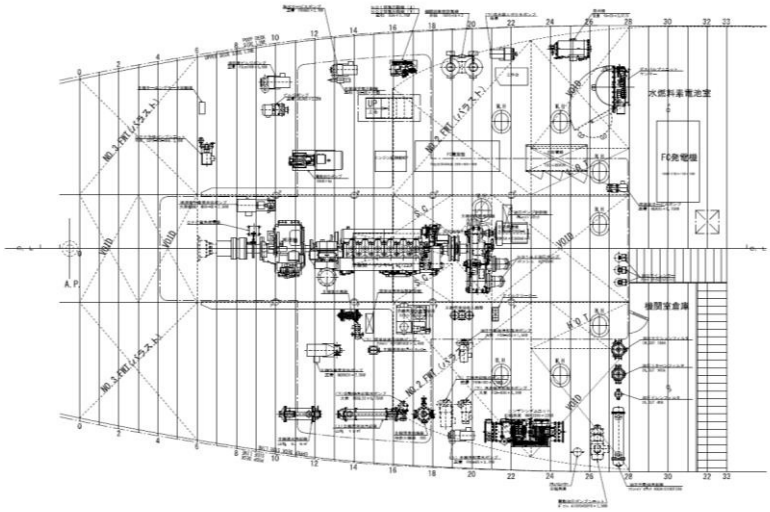

図 4.6　機関室配置図

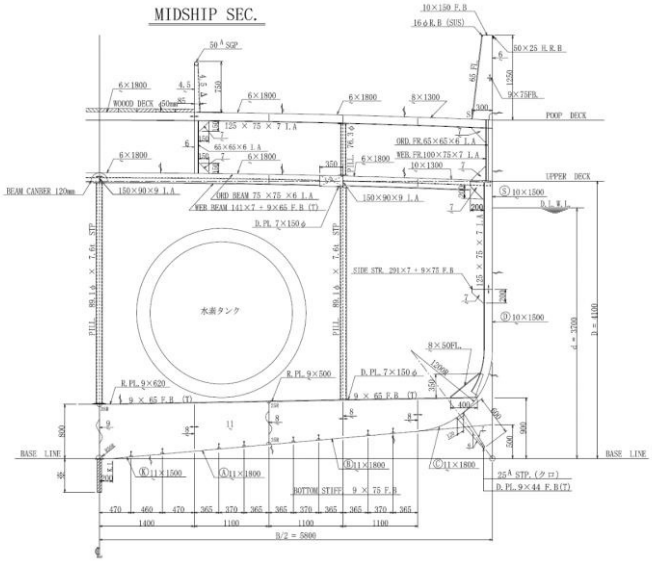

図 4.7　ゼロエミッション漁船中央断面図

(2) 沖合底びき網（かけまわし 144GT、B 丸）

① 要 目

表 4.4　沖合底びき網（かけまわし 144GT、B 丸）要目比較

	現 船	ゼロエミッション漁船
総トン数	144 トン	391 トン
全長	41.20m	61.36m
垂線間長	31.55m	50.00
幅	6.48m	8.80m
深さ	2.66m	4.30m
計画満載喫水	2.68m	4.34m
LBD	543.8	1892.0
主機関	956kW×1 台	
発電機	200kW 116kW	
燃料電池		200kW×2 台
速力（公試状態）	約 13.3kt	約 12.6kt
燃料	A 重油	水素
燃料タンク容積	54.8m^3	130.0m^3
魚倉	４倉 81.83m^3	２倉 87.75m^3

② 一般配置図、機関室配置図、中央断面図

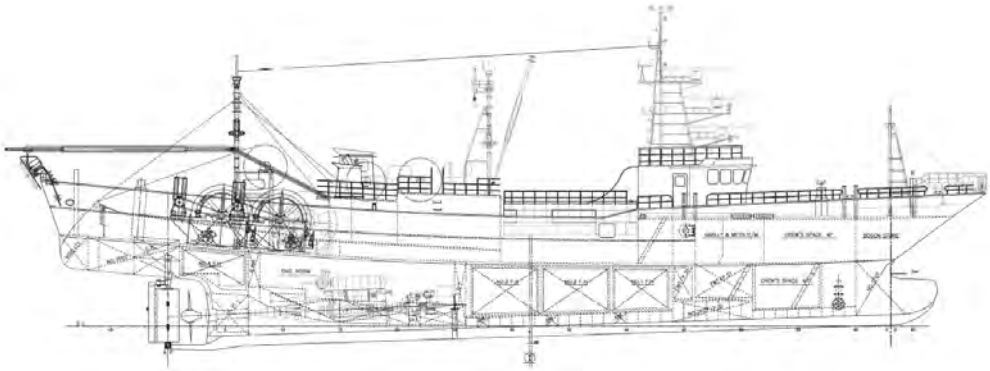

図 4.8　現船側面図

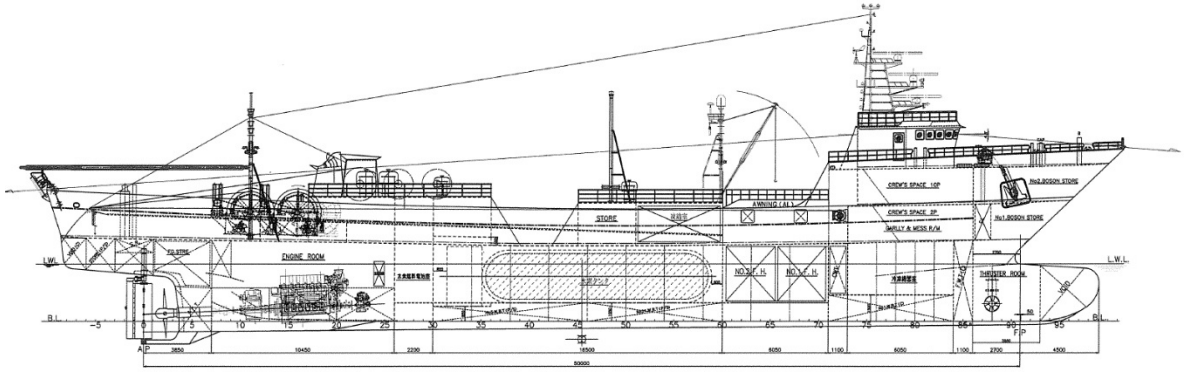

図 4.9　ゼロエミッション漁船側面図

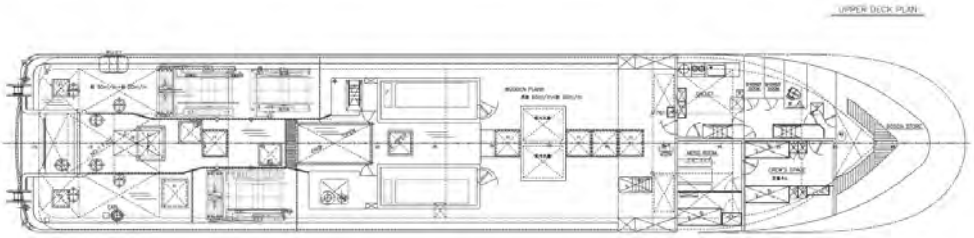

図 4.10　現船上甲板平面図

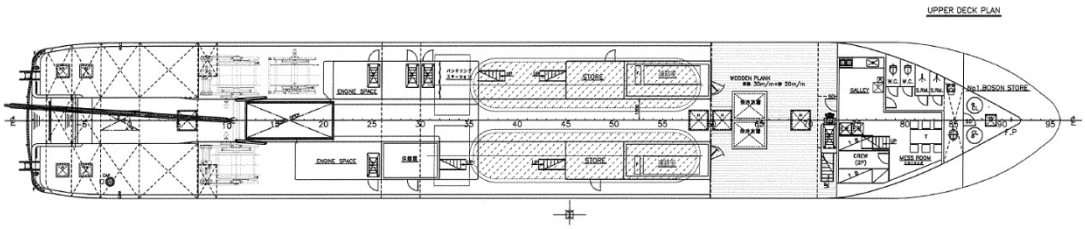

図 4.11　ゼロエミッション漁船上甲板平面図

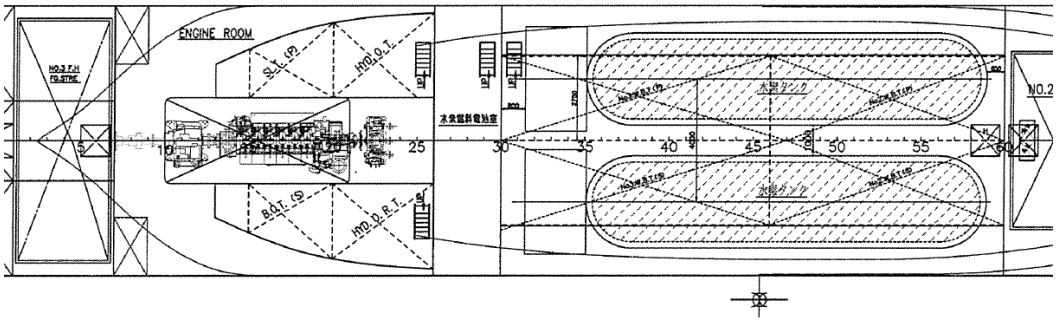

図 4.12　ゼロエミッション漁船機関室・水素タンク室

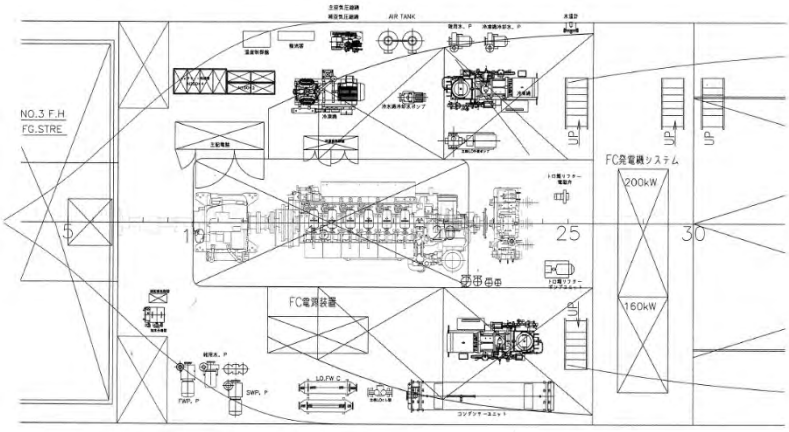

図 4.13　ゼロエミッション漁船機関室配置図

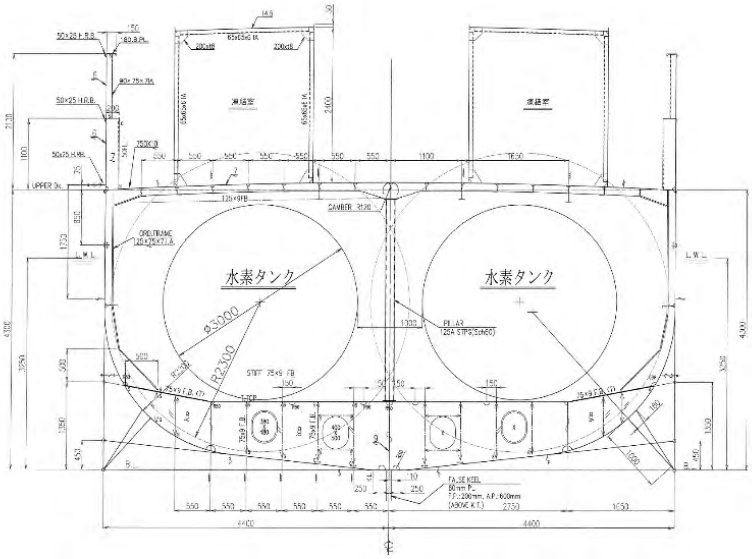

図 4.14　ゼロエミッション漁船中央断面図

(3) 大中型まき網漁業網船（北まき 199GT、C 丸）

① 要 目

表 4.5　大中型まき網漁業網船（北まき 199GT、C 丸）要目比較

	現船	ゼロエミッション漁船
総トン数	199 トン	457 トン
全長	48.45m	55.35m
垂線間長	38.60m	46.00m
幅	8.80m	11.00m
深さ	3.75m	4.70m
計画満載喫水	3.15m	4.25m
LBD	1273.8	2378.2
主機関	2206kW×1 台	
発電機	200kW×2 台	
燃料電池		200kW×2 台
速力（公試状態）	約 16.6kt	約 15.9kt
燃料	A 重油	水素
燃料タンク容積	108.99m^3	66.0m^3

② 一般配置図、機関室配置図、中央断面図

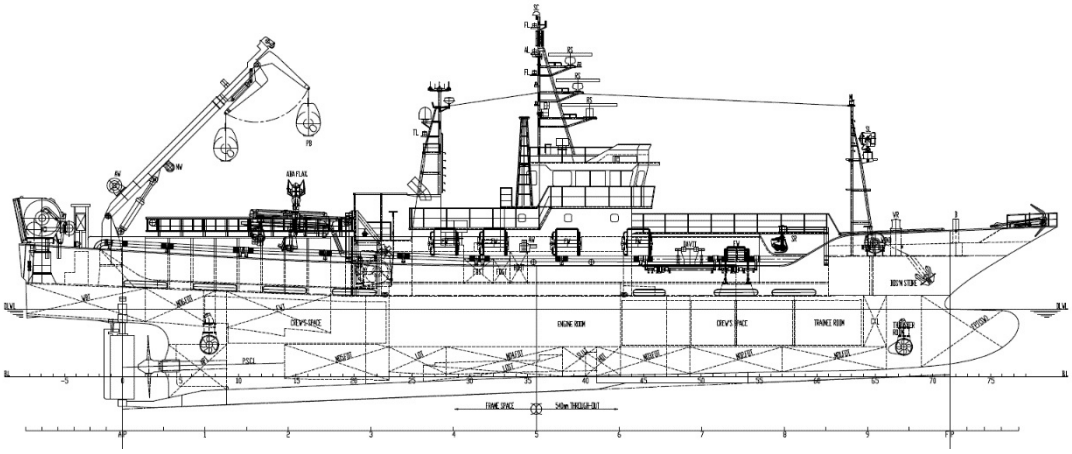

図 4.15　現船側面図

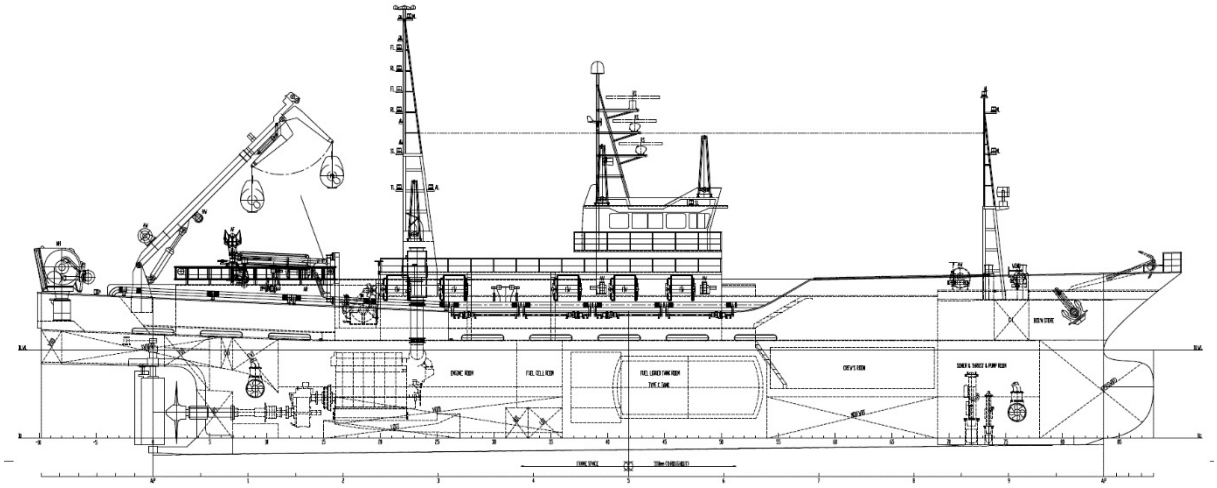

図 4.16　ゼロエミッション漁船側面図

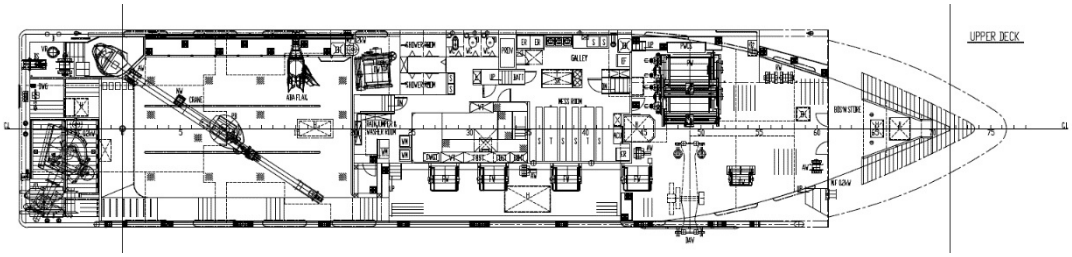

図 4.17　現船上甲板平面図

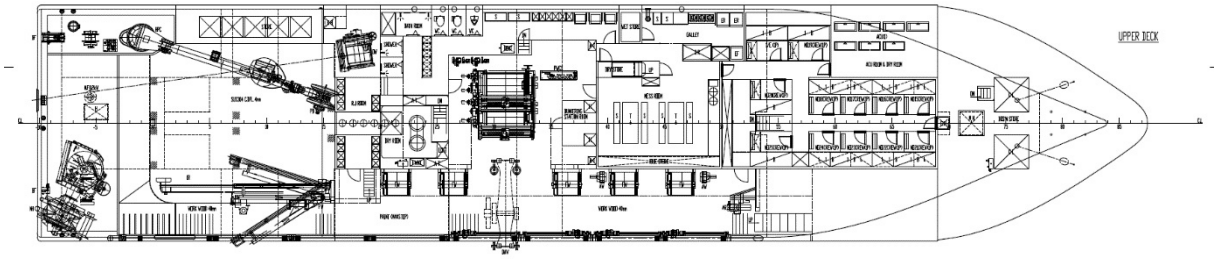

図 4.18　ゼロエミッション漁船上甲板平面図

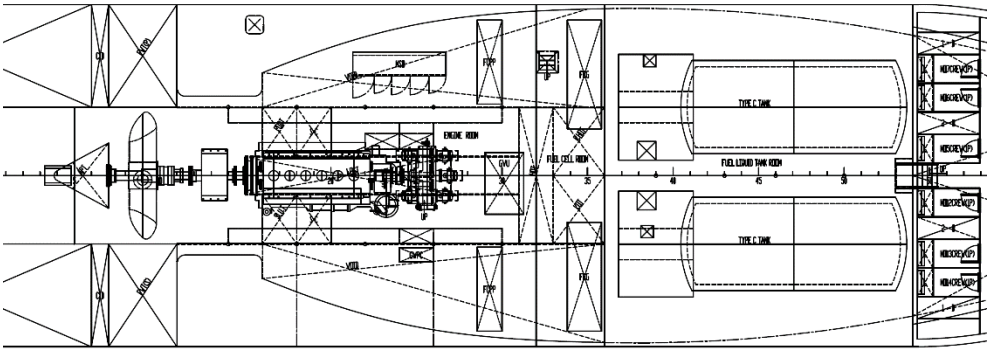

図 4.19　ゼロエミッション漁船中央断面図

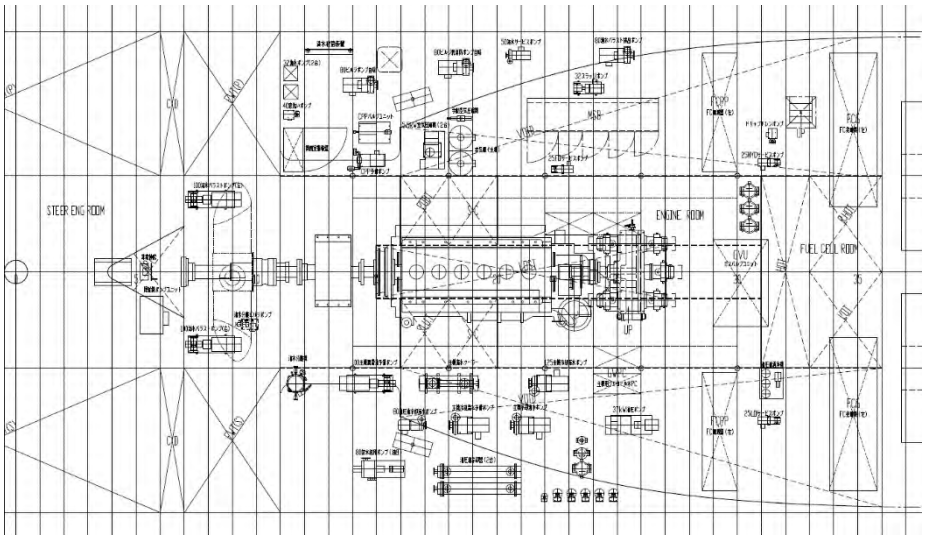

図 4.20　ゼロエミッション漁船機関室配置図

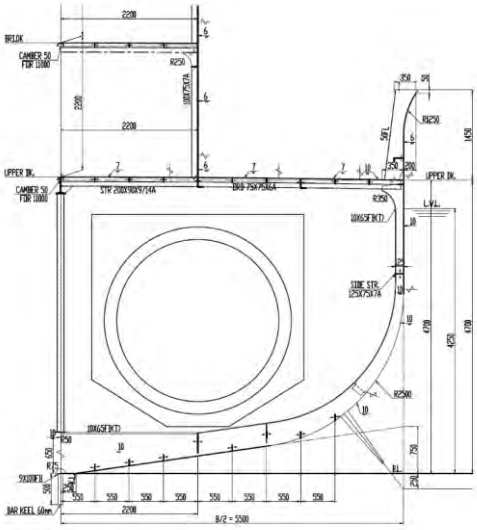

図 4.21　ゼロエミッション漁船中央断面図

(4) 大中型まき網漁業網船（遠まき 199GT、D 丸）

① 要 目

表 4.6　大中型まき網漁業網船（遠まき 199GT、D 丸）要目比較

	現船	ゼロエミッション漁船
総トン数	199 トン	385 トン
全長	49.91m	63.36
垂線間長	40.00m	52.56
幅	8.60m	11.00
深さ	3.70m	4.20
計画満載喫水	3.20m	3.70m
LBD	1272.8	2428.3
主機関	2059kW	
発電機	265kW×2 台	
燃料電池		265kW×2 台
速力（公試状態）	約 15.8kt	約 14kt
燃料	A 重油	水素
燃料タンク容積	77.5m^3	130m^3

② 一般配置図、機関室配置図、中央断面図

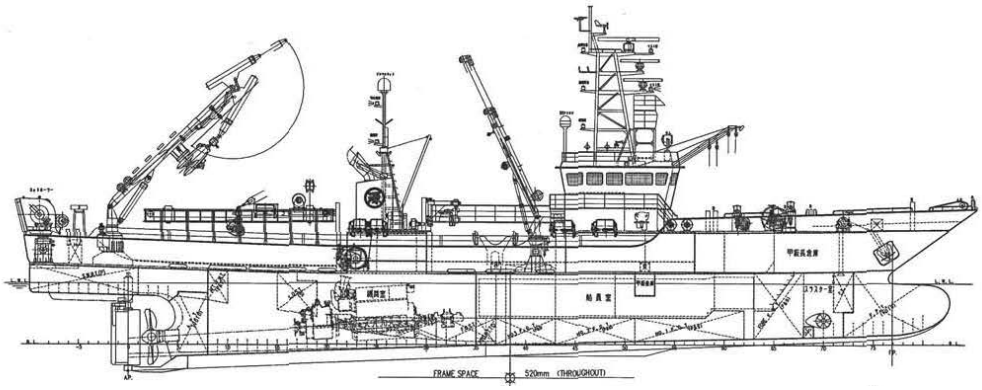

図 4.22　現船側面図

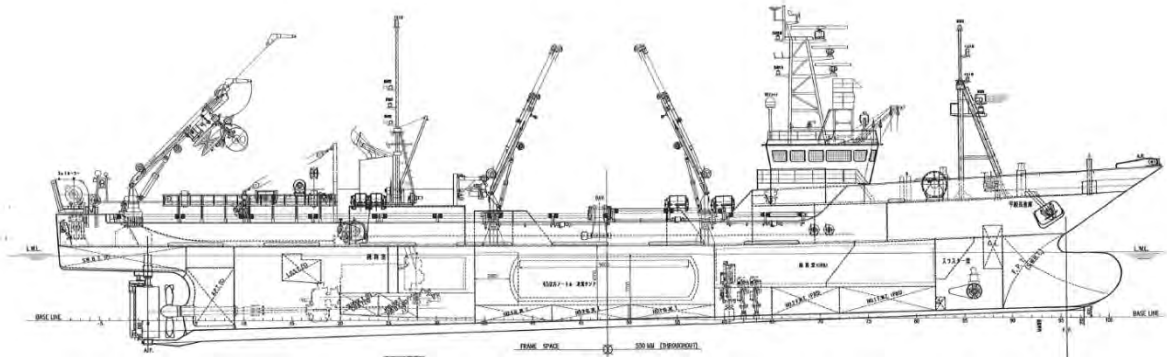

図 4.23　ゼロエミッション漁船側面図

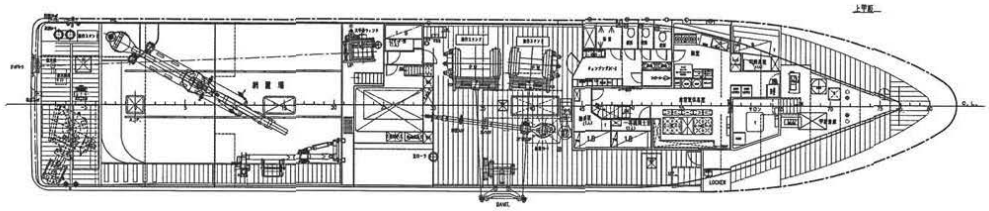

図 4.24　現船上甲板平面図

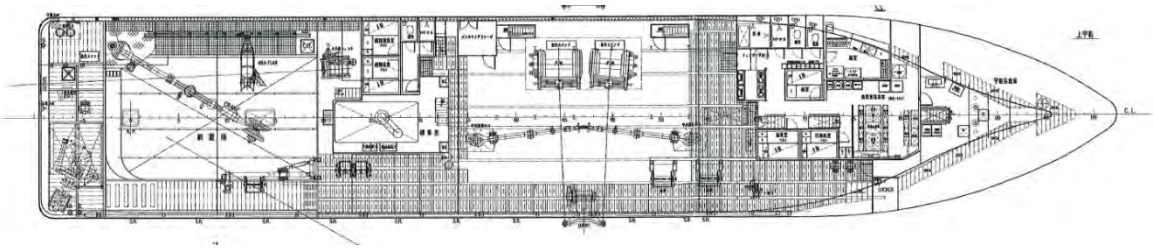

図 4.25　ゼロエミッション漁船上甲板平面図

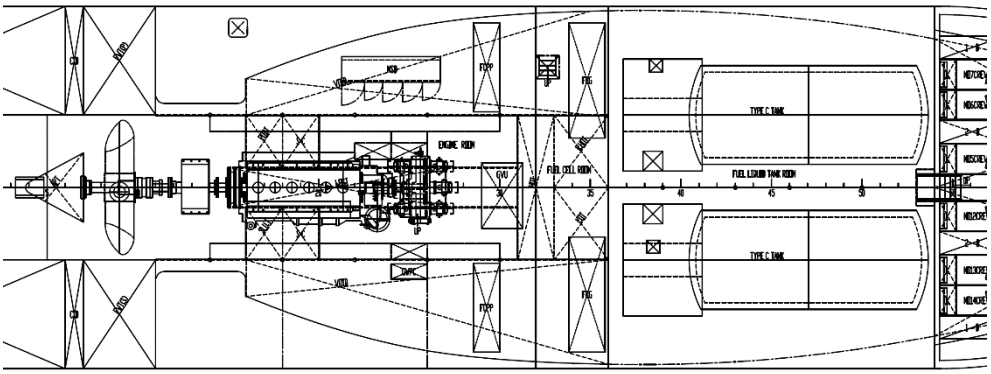

図 4.26　ゼロエミッション漁船機関室・水素タンク室

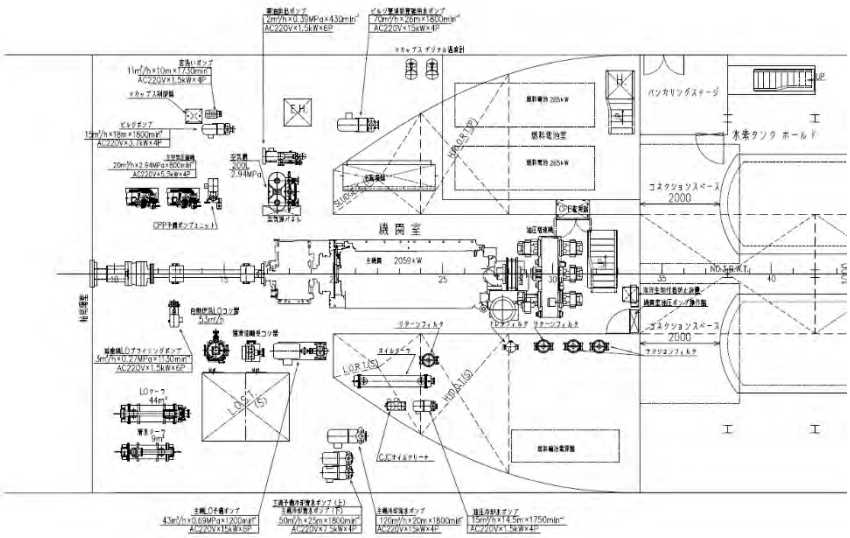

図 4.27　ゼロエミッション漁船機関室配置図

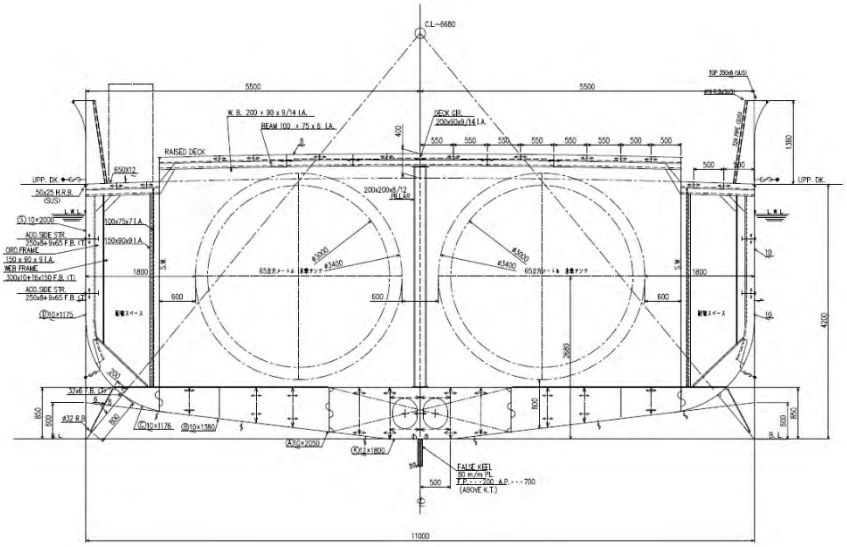

図 4.28　ゼロエミッション漁船中央断面図

4.4　試設計結果のまとめ

液体水素をエネルギー源とする場合、水素タンクの搭載により新たな容積が必要となるため船体は大型化する。今回の試設計では、既存船をベースとして水素燃料タンク室や燃料電池設備区画等を増設した概念設計であり、総トン数の増加が顕著となった。総トン数の適正化のためには、タンク形状・配置と船体諸寸法の最適化等、より合理的な配置を考える詳細設計が必要であり、ゼロエミッション漁船の具体化に向けた将来的な課題となる。

使用燃料を重油から液体水素とすると、既存船で燃料油タンクとしていた船底は空きスペースとなり船の重心が上がってしまうため、安全性の確保のために船底には海水バラストを積み込むことを想定している。

水素タンクの配置等については、多様な設計が可能となることから、今回の試設計はその一例であることに留意する。

(1) 船の大きさについて

沖合底引き網漁船のA丸とB丸の試設計結果を比較するとA丸は幅広（長さ幅深さの比（B/L、D/L）を現船と同一）としているのに対し、B丸は安全を確保できるものとして最低限の幅で検討が行われた。

大中型まき網漁業網船のC丸とD丸では長さ方向は水素タンクの長さ(C丸:6.3m、D丸:9.2m)の影響によりC丸に比べD丸は長くなっている。深さについては、D丸はタンクの直上部分を隆起させており、船全体としてはC丸に比べ深さは小さくなっている。総トン数については、C丸は上甲板上の容積がD丸に比べ大きいため、総トン数は大きくなっている。その要因の1つとして既存船では船尾甲板下にあった居住区をゼロエミッション漁船では船首上甲板上に設けていることが挙げられる。

漁撈設備については、C丸では船体長さの増大に応じてパースウィンチを操舵室の船尾側に配置しており、D丸では甲板全体で作業ができるようクレーンを1台追加している。

表 4.7　主要寸法比較

		A丸	B丸	C丸	D丸
現船	総トン数	105トン	144トン	199トン	199トン
	全長[m]	34.03	41.2	48.45	49.91
	水線間長[m]	27.20	31.55	38.60	40.00
	幅[m]	7.20	6.48	8.80	8.60
	深さ[m]	3.10	2.66	3.75	3.70
	LBD	607.1	543.8	1273.8	1272.8
ゼロエミッション漁船	総トン数	384トン	391トン	457トン	385トン
	全長[m]	53.07	61.36	55.35	63.36
	水線間長[m]	45.70	50.00	46.00	52.56
	幅[m]	11.60	8.80	11.00	11.00
	深さ[m]	4.10	4.30	4.70	4.20
	LBD	2173.5	1892.0	2378.2	2428.3
	水素タンク容積[m3]	66.0	130.0	66.0	130.0
	1本当たりの 水素タンク内径×長さ[m]	2.1×9.6	2.6×12.3	2.6×6.3	3.0×9.2

(2) 燃料油タンクについて

沖底船の場合、A 丸は 60.90m^3→66.0m^3、B 丸は 54.84m^3→130m^3 となっている。それぞれ現地調査の結果から 1 航海するのに必要な燃料油を算出し水素量を設定した。

大中型まき網漁業網船の場合、C 丸の燃料油タンクは 108.99m^3→66.00m^3、D 丸は 77.56m^3→130m^3 となっている。D 丸は元々タンク容積が C 丸より小さく、D 丸は運搬船から洋上補給を受ける操業となっている。今回の設計条件として、C 丸は 1 航海あたりに使用する燃料を基準として必要な水素量を設定している。D 丸は出港時の給油量は 20kL 前後、多い時には 30kL の場合もあるが、今回の検討は 20kL で設定し、洋上補給体制も維持することを前提とした試設計としている。

(3) 試設計結果についての所感

船体が大幅に大型化するため、現存の漁具や操業手法の適切・合理的であるかの検証が必要である。また、喫水が深くなることから漁港の整備等の検討も合わせて必要になる。特に沖合底びき網漁業等の地域経済の基幹産業は、拠点港の移転は困難であると思われる。

今回の検討では現船と同じ出力としているため船の大型化により速力は下がっているが、これを現船と同程度の速力を確保する場合には、消費エネルギー増による更なる大型化が必要となる。

また、技術面として代替燃料を活用した動力機構の開発や、インフラとして経済合理性ある供給体制の実現、ルールとして船員資格及び安全基準等の整備が重大な影響を及ぼすと考えられるため、今後、船舶関連産業界におけるゼロエミッション化に向けたこれらの課題解決に向けた取組状況を踏まえ、漁船での実現に向けたロードマップを具体化する必要がある。

試設計について調査を行った現船の漁業者からは、①大型化により漁業者の成り手が減っている中で船員資格のハードルが上がること、水素取扱者の資格が必要になることに懸念が生じること。②今の船でも入れる港が限られることから、船が大きくなれば入る港を変えるか今の港を整備する必要となること。③2050 年までにすべての漁船をゼロエミッションとするならば、漁船は 30 年以上使い続けるため、次の船をうかつに建造することができないこと。④今以上の費用をかけて現船と同じ能力の船とするのは非効率であり、費用をかけるのであれば多目的にするなど効率的な船にすること等の意見があった。

第5章　まとめ

5.1　代替エネルギーによる動力構成の試設計

脱炭素化漁船実現に向けた代替エネルギー候補のリストアップとして、船舶の脱炭素化の技術動向、舶用エンジン等の脱炭素化に向けた技術開発の状況を精査し、沖合漁船の脱炭素化に向けた代替燃料の選定を行った。現時点での国内の脱炭素の取組状況を基に検討し、水素社会実現に向けて水素供給インフラの整備が期待されることも考慮して代替燃料は水素とし、液体水素タンクを船内に搭載する漁船の試設計を行うこととした。

対象漁船として、代表的な沖合漁業である沖合底びき網漁船、大中型まき網漁業の網船の操業・燃油消費実態調査を行った。対象船は直近に建造された漁船漁業構造改革プロジェクト等に参画している船の中から、沖合底びき網漁業は宮城 105 トン（板びき）、日本海 142 トン（かけまわし）、大中型まき網は北部太平洋 199 トン型まき網本船、東海・黄海対応 199 トン型まき網本船を選定した。

試設計の条件は、調査を行った 4 タイプの漁船の操業形態やエネルギー消費構造等から 1 航海を担保できる必要最小限の水素量としたうえで、主機関出力は現状維持、補機関は燃料電池に代替等の条件を設定し、代替燃料を活用した動力構成の仕様書を作成した。

試設計では、仕様書に基づき 4 タイプの漁船を建造した各造船所が行い、一般配置図・要目表・中央断面図・各種計算書等を作成した。

試設計の結果、船体は 4 タイプとも大型化し、主機関は既存船と同一出力のため速力は低下している。喫水は深くなるため、入る港を変えるか今の港を整備する必要が生じる。なお、船の大型化によって、作業スペース・居住区には余裕が生まれている。

ただし、液体水素をエネルギー源とする場合、必要容積の水素タンクを搭載するため船は大型化するが、船の L,B,D とタンク配置等の検討によって多様な設計が可能となる。今回の試設計はその一例であることに留意する。

本年度の成果は実際の建造に直結するものではないが、具体的な検討を進めるためのスタートモデルとして、今後の沖合漁船のゼロエミッション化の検討に資するといえる。

5.2　今後の方向性

本年度は、脱炭素化漁船実現に向けて現時点で考えられる代替エネルギー候補のリストアップを行い、沖合漁船の脱炭素化に向けて代替燃料について検討を行った。また、既存船と同等の漁獲機能の保持を前提として、液体水素を活用した漁船 4 タイプの試設計を行った。ゼロエミッション化に向けた漁船の検討においては、安全性、作業性、信頼性、経済性の面からも漁業生産システムの持続性の確保が求められる。

技術面として代替燃料を活用した動力機構の開発、インフラとして経済合理性ある供給体制の実現、ルールとして船員資格及び安全基準等の整備状況を注視し、情報を更新しつつ適切に評価していく必要がある。また、これらの影響は重大と考えられるため、今後、船舶関連産業界におけるゼロエミッション化に向けた課題解決に向けた取組状況を踏まえ、漁船での実現に向けたロードマップを具体化する必要がある。

なお、ゼロエミッション漁船実現に向け、水素燃料の活用を想定した場合の課題としては以下のようなことがあげられている。

① 漁業現場への適用性（液体水素への留意点）

漁船装備の漁労機械は主機前の油圧を動力源としている。操業時の漁労機械は負荷変動が大きく、ガス燃料主機関の負荷追随性か現時点では課題となる。

水素燃料は、小型の燃料電池船や水素混焼機関搭載船で導入が開始されたばかりであり、現段階では船の安全基準は未整備であるため、500 トン未満の漁船に対応した水素の取扱要領や資格要件が今のところ確立しておらず、安全性の担保が難しい。

各漁港に水素燃料供給設備の整備可能性を検討する必要である。また、今回の東海・黄海対応 199 トン型まき網本船（遠まき 199GT、D 丸）の場合には洋上補給を前提としたが、水素燃料の洋上補給体制の確保についても課題である。

② 漁船のゼロエミッション実現に向けたステップ

ゼロエミッション化に向けて、一足飛びにゼロエミッション漁船の代船建造を進めることが適切なのか、低炭素化⇒脱炭素化の過程を経ることが現実的なのか、検討が必要である。脱炭素化の過渡期には代替燃料混焼方式の導入や LNG 燃料船等、内航船分野の動向に留意することも重要である。

③ 経済性について

ゼロエミッション漁船は、建造コスト、維持管理コスト、燃料コストとも増大が見込まれる。船型が大きくなるのであれば、現行の漁労を見直し、省人化・自動化を実現する漁業技術の開発も同時並行で必要であり、漁船の装備や操業手法など総合的に合理化・効率化することが求められる。