

発表No.A1-17

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業／
燃料電池の多用途活用実現技術開発／
商用運航の実現を可能とする
水素燃料電池船とエネルギー供給システムの開発・実証

発表者名	牧平尚久
団体名	岩谷産業株式会社 関西電力株式会社 株式会社 名村造船所 国立大学法人 東京海洋大学
発表日	2024年7月18日

連絡先：
岩谷産業株式会社 牧平
E-mail：makihira@iwatani.co.jp

事業概要

1. 期間

開始 : (西暦) 2021年8月

終了 (予定) : (西暦) 2025年3月

2. 最終目標

内航船を主な対象とし、商用化にかかる課題を解決し、水素燃料電池船普及に貢献することを目的とする。

3. 成果・進捗概要

バンカリング設備や水素燃料電池船、それらを繋ぐトータルエネルギーマネジメントシステムの要件や構成要素の調査・整理、実証試験を実施し、各々の仕様書(案)を作成した。2023年度は、それらの設計仕様に基づき、バンカリング設備を設置完了し、船舶の建造を進めるとともに、トータルエネルギーマネジメントシステムシステムの詳細仕様を構築した。

※詳細は以下の実施項目ごとに報告。

- 1) トータルエネルギーマネジメントシステムの開発
- 2) エネルギー供給インフラの開発
- 3) 船体構造開発
- 4) 実証運航

1. 事業の位置付け・必要性

○研究目的

現時点で事業化、商用運航している水素燃料電池船は我が国に存在していない。

・充填/充電の比率やタイミングに係るマネジメントシステム

商用化、普及を目指す上では複数隻の運航を想定し、燃料供給をタイミング良く行うこと、各水素燃料電池船が絶え間なく運航できることが重要だが、そのための仕組みが整っていないのが現状である。
(例えば、本事業で開発する、船舶・バンカリング設備間での通信を含むトータルエネルギーマネジメントシステム)

・エネルギー供給インフラ（水素と電気のバンカリング設備）

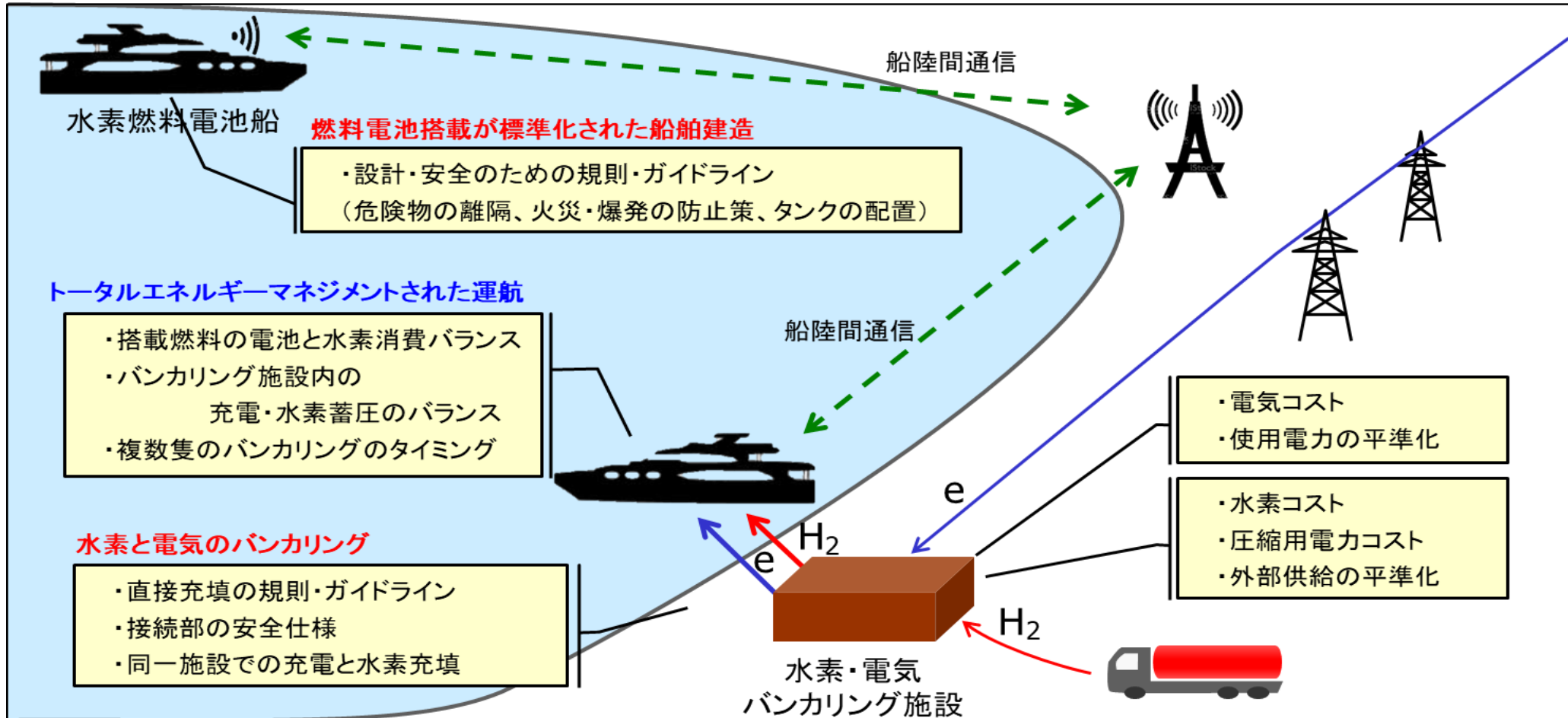
液化水素型燃料電池船の開発検討や水素混焼(軽油)船の運航といった状況変化、あるいは、従前よりある実証試験艇等も存在するが、それらへの水素バンカリング施設については検討が未成熟であり、普及型のステーションの開発やそれに伴う法規制に係る対応は未だ完了していない。

・船体構造（燃料電池等設置）

2021年8月に内航船について国土交通省海事局より「水素燃料電池船の安全ガイドライン」が公表されたが、日本国内において、現時点ではこれに従って建造された船舶は少なく、同等安全証明により適用基準緩和が可能とされているものの、現実的には、内航船建造の小型造船所ではそこまでの対応は困難であり、実績が必要である。

本研究では 日本国内で水素燃料電池船と供給システムを建造・建設した上で、複数隻が絶え間なく運航できるトータルエネルギーマネジメントシステムの構築を三位一体で開発することを目指す。

1. 事業の位置付け・必要性



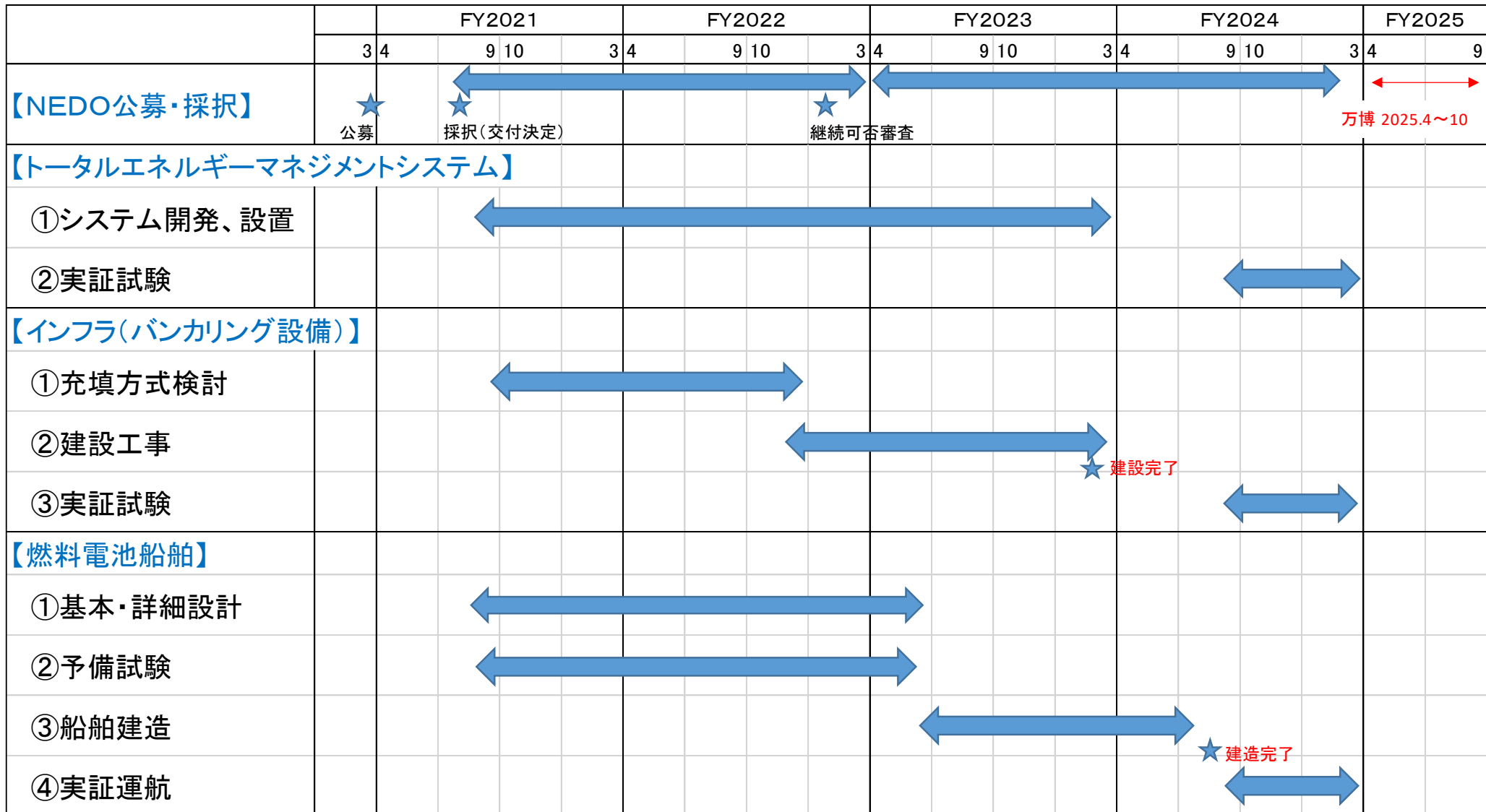
大阪・関西万博での運航、将来の水素燃料電池船普及を見据え、以下の開発と実証運航を行なう。

- ・**充填/充電の比率やタイミングに係るマネジメントシステム**の開発 (関西電力、東京海洋大学)
- ・**エネルギー供給インフラ**(水素と電気のバンカリング設備)の開発 (岩谷産業、関西電力、東京海洋大学)
- ・**船体構造**の開発 (燃料電池等設置区画の標準化に向けた検討) (岩谷産業、名村造船所、東京海洋大学)

これらを通じ、コストの低減や、複数隻の水素燃料電池船に滞りなく充填/充電できるシステムの提案を行なう。

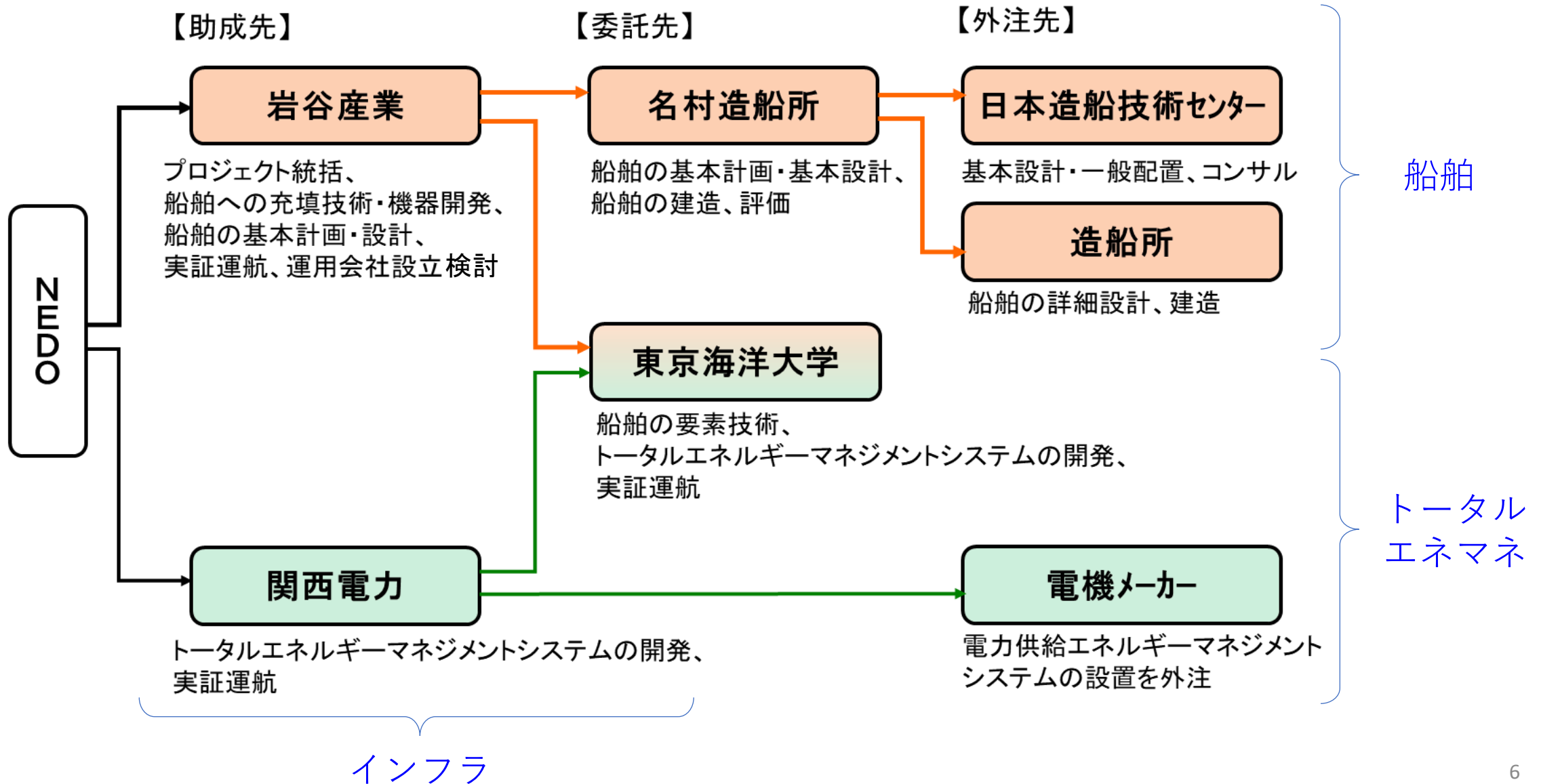
2. 研究開発マネジメントについて

<開発スケジュール>



2. 研究開発マネジメントについて

- 研究開発の実施体制



3. 研究開発成果について

実施項目1) トータルエネルギーマネジメントシステムの開発 (関西電力、東京海洋大学)

開発する水素燃料電池船と船陸間通信を行ない、また、バンカリング施設に関する制御を組み込んだトータルエネルギーマネジメントシステム(TEMS)を構築する。

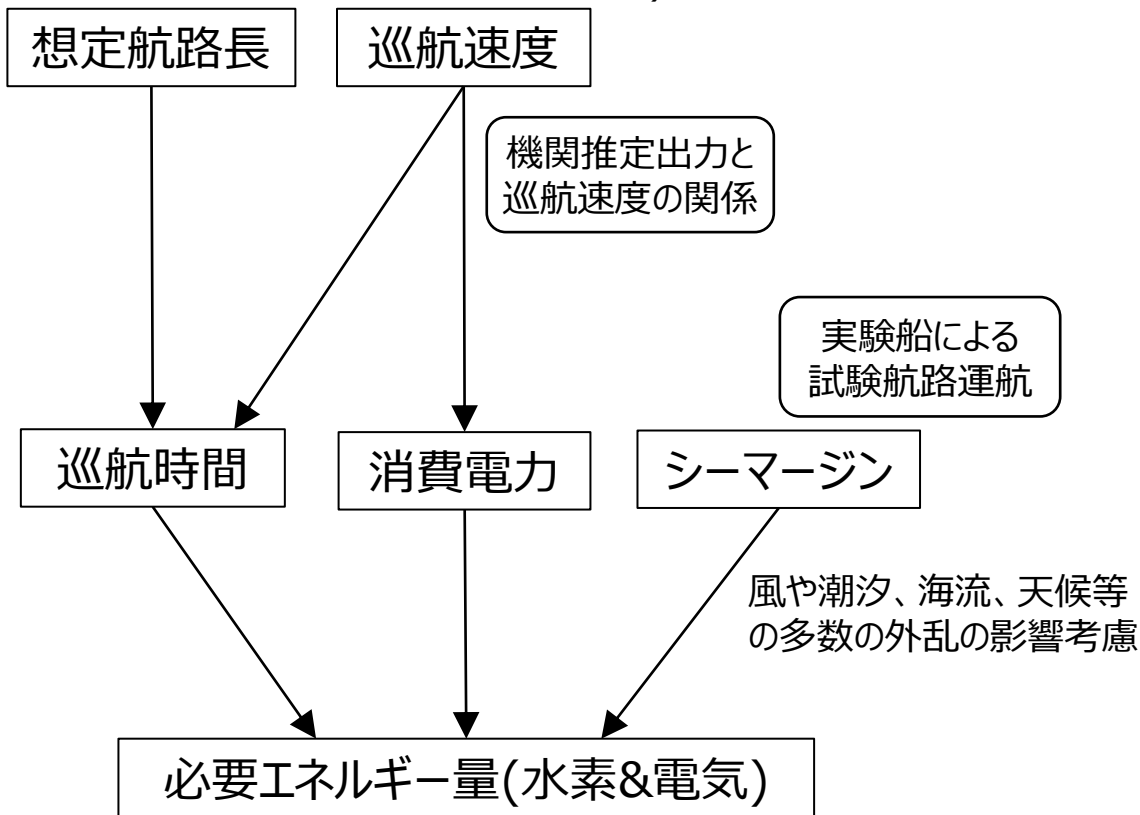
	最終目標 (～FY2024)	進捗 (FY2023)
① 船側必要エネルギー量の推測手法策定	<ul style="list-style-type: none">・ <u>消費エネルギー可視化システム</u>の構築、およびバンカリング施設への<u>実装</u>を行なう。・ 実証試験を通じた<u>商用運航時の運用コスト試算と今後の課題点整理</u>を行なう。	東京海洋大学の実験船「らいちょうN」の試験航路での運航データ、および本船想定航路での運航速度・時間より、運航形態による <u>必要エネルギー総量を求める手法</u> を策定し、水素あるいは電気主体の運航可否を明らかにした。
② TEMSシステム開発		<u>TEMSシステムの詳細仕様</u> を検討し、 <u>構築した</u> 。システムで利用する陸側および船陸間連携情報の通信仕様を確定し、バンカリング設備の稼働をスケジュール化。シミュレーションにより、ロードバランシング機能を検証した。

3. 研究開発成果について

① 船側必要エネルギー量の推測手法策定：総量および水素・電気配分

船側の必要エネルギー量(水素&電気)は、実験船*の試験航路での運航によりエネルギー消費量を取得してシーマージンを求め、本船想定航路での運航速度・時間より推測。

*) 東京海洋大学の「らいちょうN」



必要エネルギー量推測フロー

想定航路の運航形態による必要なエネルギー量の検討結果

【船舶使用可能エネルギー量】水素：2015kWh、電気：934kWh

バンカリング 頻度	運航必要 エネルギー量 [kWh]	エネルギー 仕様	消費エネルギー 内訳		運航の特徴
			水素 [%]	電気 [%]	
毎日	960	水素主体	100	0	水素のみで運航可能
		電気主体	2	98	電気のみでは若干不足
3日毎	2,600	水素主体	77	23	電気の残量に余裕あり
		電気主体	64	36	電気の不足分が多い
1週間毎	5,100	水素主体	-	-	不成立
		電気主体	-	-	不成立

運航形態による必要エネルギー量を求め、水素あるいは電気主体の運航可否を明らかにし、それらのエネルギー配分を示した。

3. 研究開発成果について

② TEMSシステム開発

◇ バンカリング設備の適切な稼働計画

i) 運航に必要なエネルギー量供給

船舶側より情報を取得し、船舶および陸上蓄電池の充電電力の制御により充填・充電時間を確保

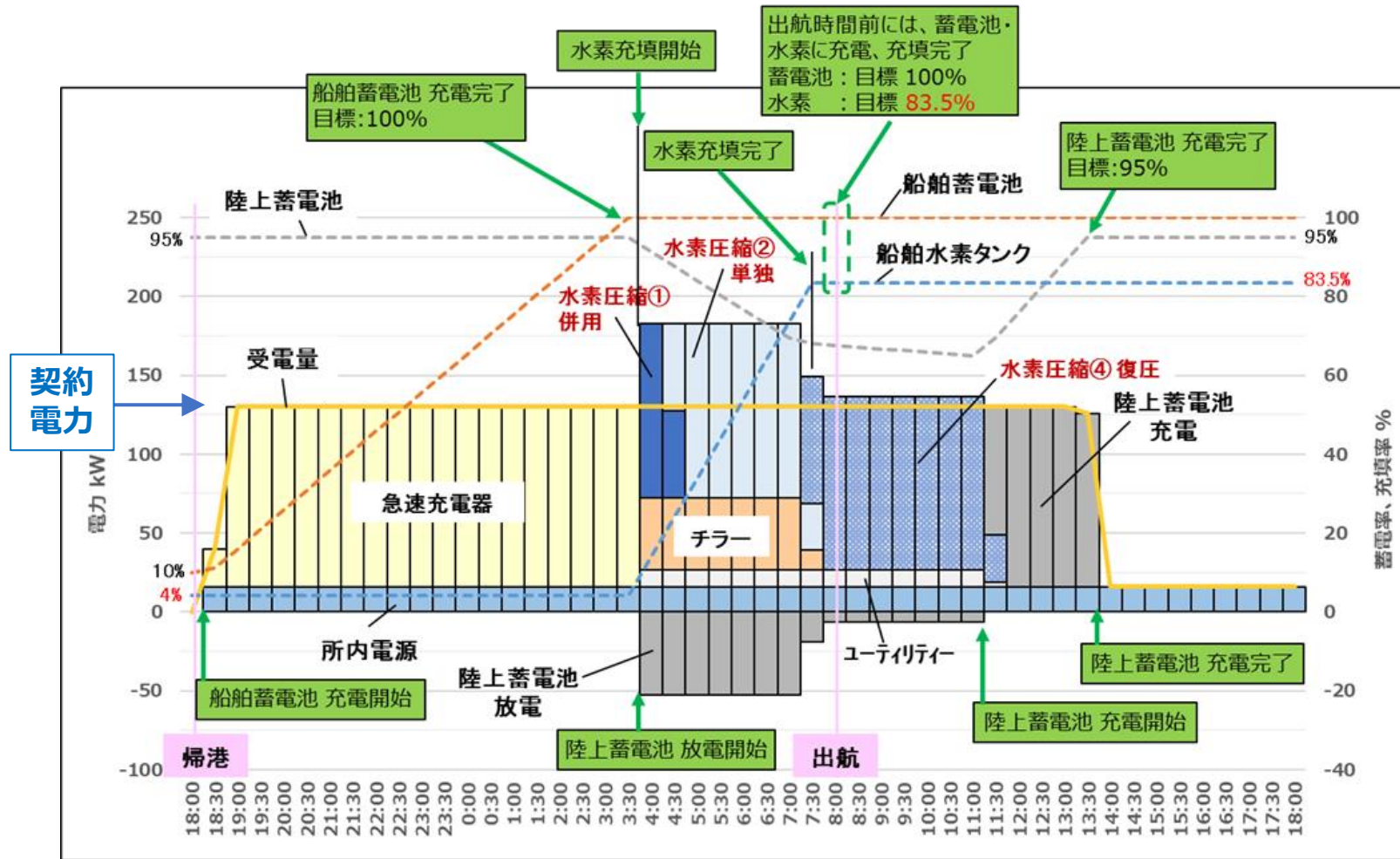
ii) 系統受電電力抑制

陸上蓄電池からの電力供給によるピークカット

iii) コストやCO₂排出量削減

目的関数として設定

システム構築し、機能検証実施



TEMSシミュレーション結果例

(3日毎バンカリング、2,600kWh、水素・電気：現状料金)

系統からの受電電力が契約電力を超える期間に陸上蓄電池より電力供給し、**契約電力以下に抑制**。出航までに**必要なエネルギー量のバンカリングを完了**させるスケジューリング可能。

3. 研究開発成果について

実施項目2) エネルギー供給インフラの開発 (岩谷産業、関西電力、東京海洋大学)

- ・ エネルギー需給に合わせた水素充填を行なうため、構成機器の最適化を行なう。
船舶特有の塩害、揺動による水素漏れ等を予防するため、評価試験を行ない、仕様に反映させる。
- ・ 蓄電池を備えた電気バンカリング技術の開発を行ない、水素圧縮及び船舶充電によるピーク電力を抑制するための効率的な運用・制御が可能な仕組みを開発する。

	最終目標 (～FY2024)	進捗 (FY2023)
①水素バンカリング技術	・ 揺動・塩害に対応した充填機器の設計と性能評価を行ない、それに基づき <u>水素・電気バンカリング施設を建設し、実証試験により最終仕様・運用マニュアルを完成させる。</u>	水素バンカリングについて、水素ステーション部分（圧縮機、蓄圧器など）およびバンカリングシステム（ディスペンサー、ホース・ノズル、充填用アーム）を関西電力(株)南港発電所敷地内に <u>設置完了</u> した。
②電気バンカリング技術	・ <u>実証試験</u> を通じ（エネルギーマネジメントと結合し）、 <u>経済性評価のためのデータ</u> を取得する。	電気バンカリング各種設備（受配電設備、急速充電器、ケーブルマネジメントシステム）に加えてロードバランシングのための蓄電池システムを同敷地内に <u>設置完了</u> した。

3. 研究開発成果について

実施項目2) エネルギー供給インフラの開発 (岩谷産業、関西電力、東京海洋大学)

①②水素・電気バンカリング技術

バンカリング施設概要 (充填・充電システムのイメージ図)

同一施設で充填・充電が可能な
定置式・普及型のバンカリング設備を敷設した (2024年2月)

水素充填システム

陸： F C V用充填ノズル、ホース(約8m)



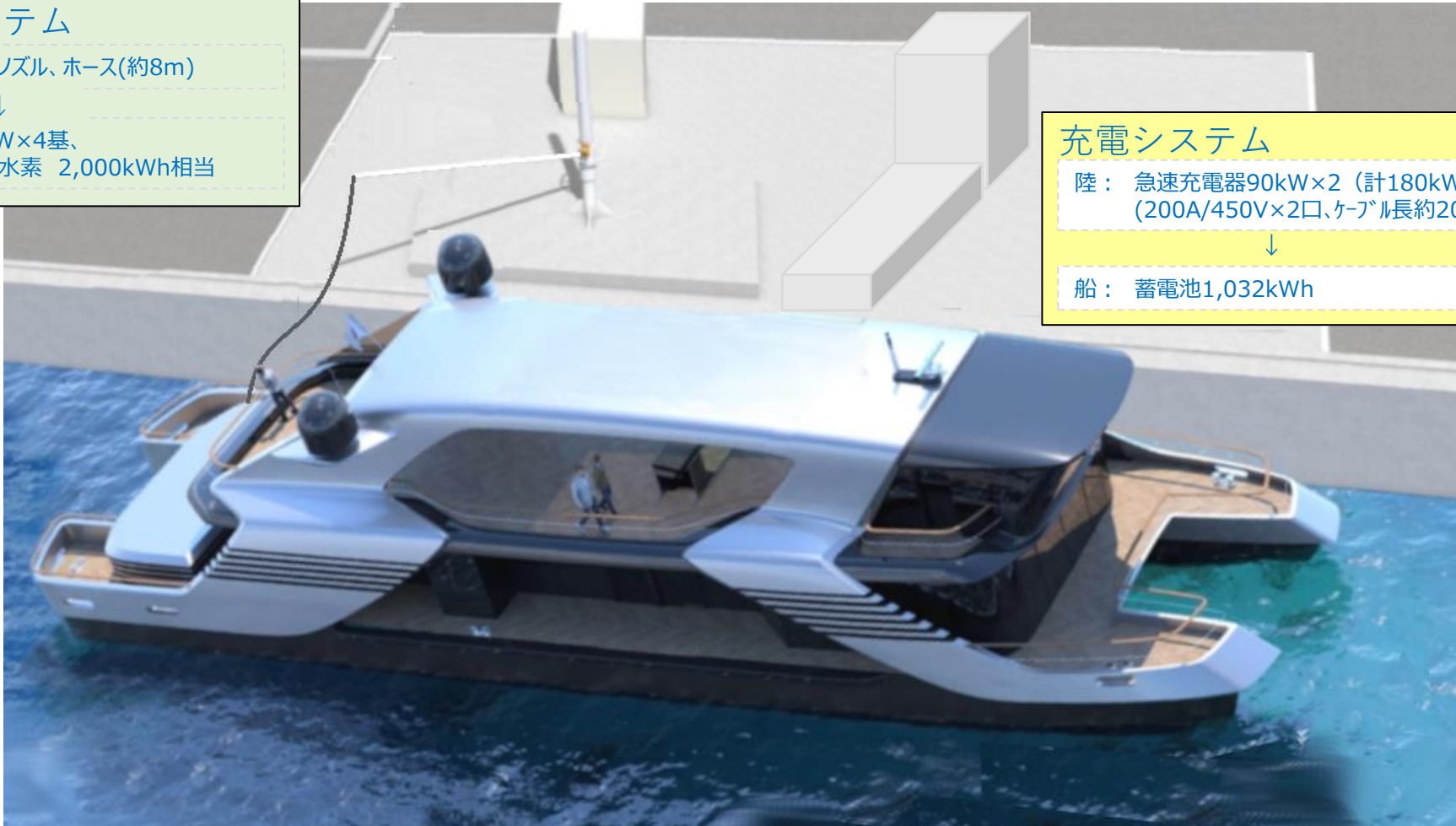
船： 燃料電池60kW×4基、
TypeIV容器、水素 2,000kWh相当

充電システム

陸： 急速充電器90kW×2 (計180kW)
(200A/450V×2口、ケーブル長約20m)

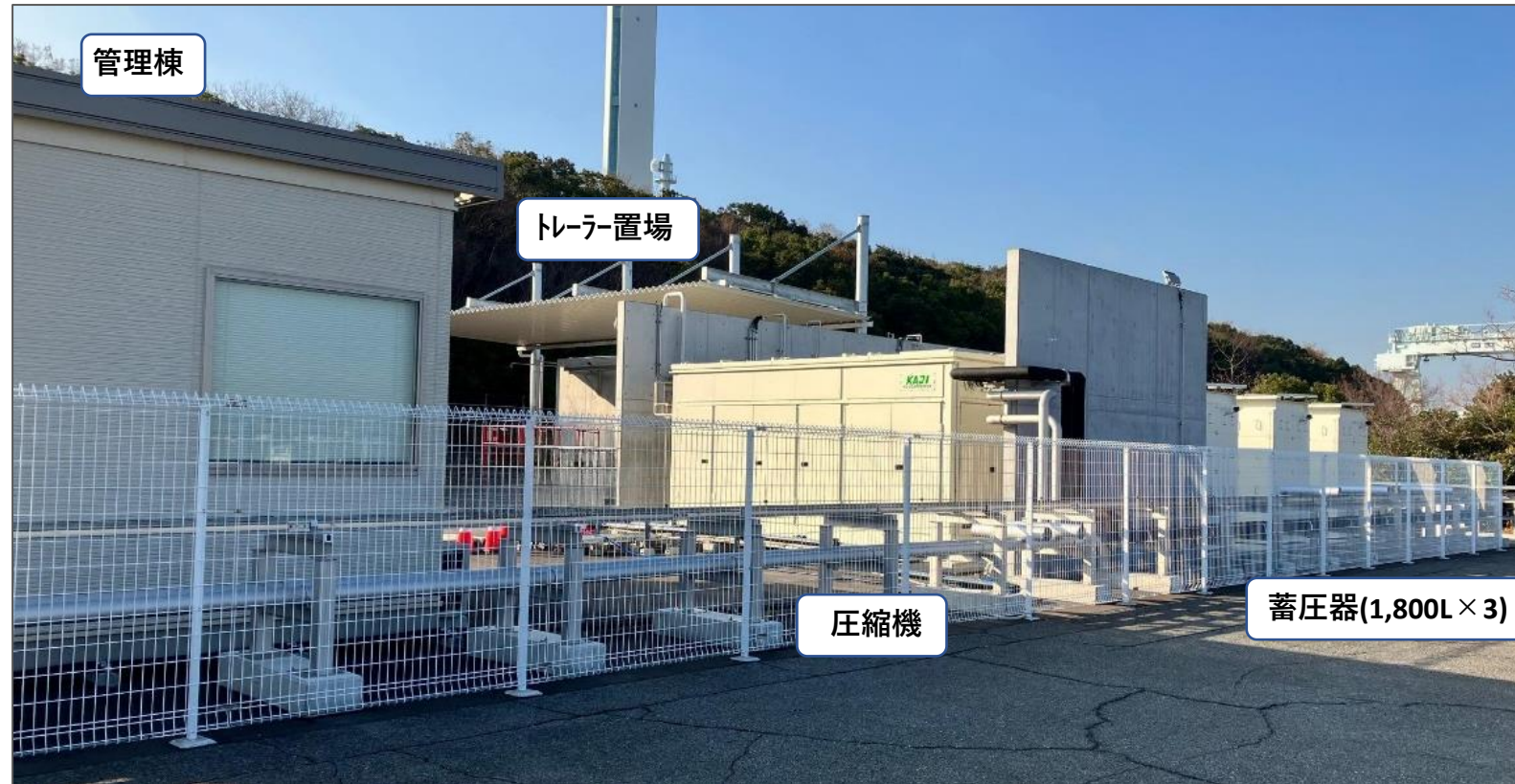


船： 蓄電池1,032kWh



3. 研究開発成果について < 設置した水素バンカリング関連設備 >

実施項目2) エネルギー供給インフラの開発 (岩谷産業、関西電力、東京海洋大学)



水素ステーション (トレー置場、圧縮機、蓄圧器など)

バンカリングシステム (ディスペンサー、充填アームなど)



3. 研究開発成果について < 設置した電気バンク関連設備 >

実施項目2) エネルギー供給インフラの開発 (岩谷産業、関西電力、東京海洋大学)



受配電設備 (40ftコンテナ内収容)



蓄電池およびPCS (20ftコンテナ2基内収容)



急速充電器 (盤収容)



ケーブルマネジメントシステム
(ガイドローラー方式)



3. 研究開発成果について

① 水素バンカリング技術

◇ 耐塩化

塩水暴露を行ない、塩害の影響を確認。さらに、ディスペンサーおよびノズル・ホースは雨水や塩害対策のため、収納庫に格納。

◇ 係留中の波の影響や潮位差による

船体の揺動への対応

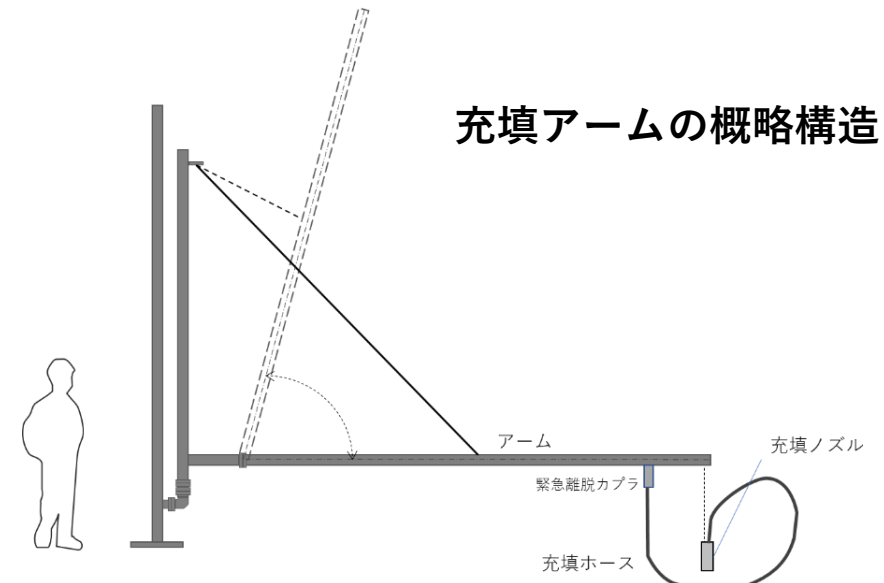
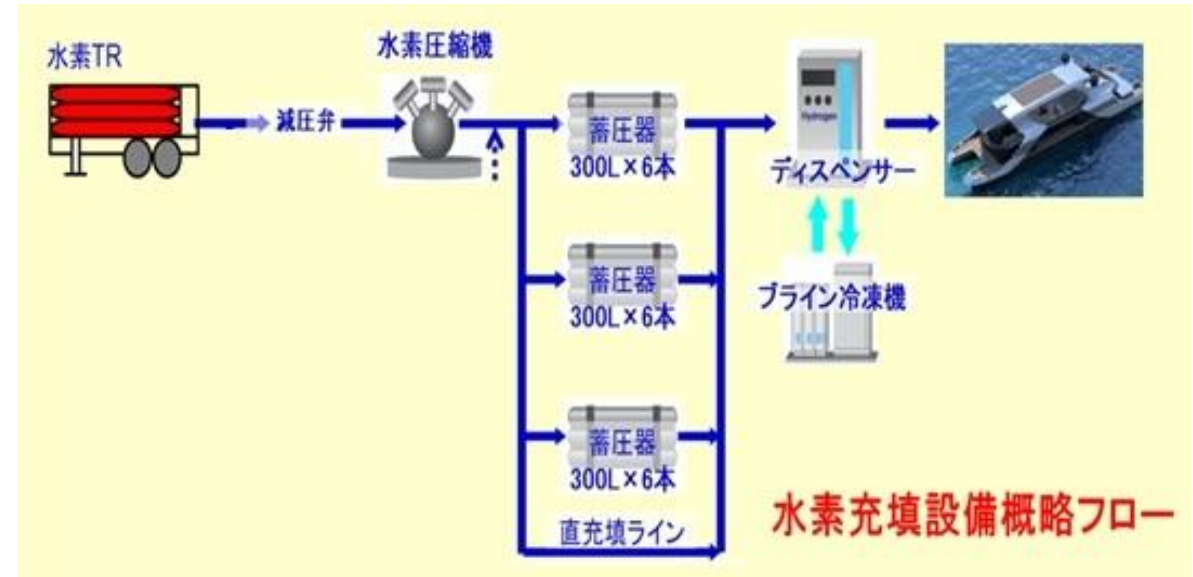
充填アームおよびホースにて潮位差や揺動を吸収する構造。意図せぬ船舶の離岸によるホースの破損を防止するための措置として、アーム・ホース接続部に緊急離脱カプラーを設置。

◇ 単一設備・船舶による運用リスクへの対応

圧縮機等の設備トラブルに備えた、バックアップラインの設置など。

◇ 船舶(海域)への充填対応

FCV向けの一般的な水素ステーションとは異なる対応として、護岸敷使用許可、水域占有許可申請など。



3. 研究開発成果について

② 電気バンカリング技術

◇ ロードバランシング

陸上蓄電池からの電力供給により、水素バンカリング設備や急速充電器稼働時にピークとなる系統受電電力の低減制御。

◇ 耐塩化

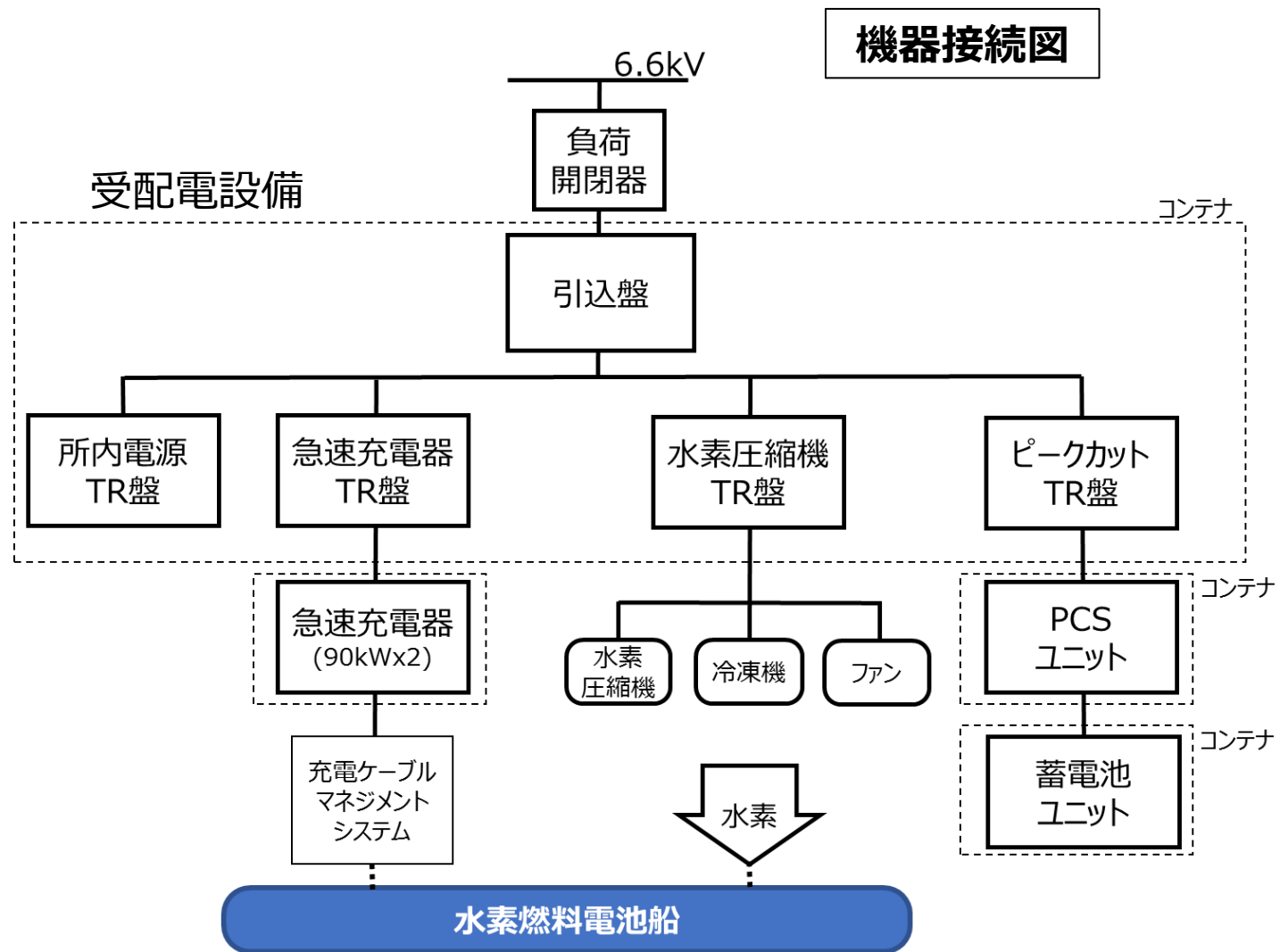
重耐塩仕様のコンテナや収容盤により対策。

◇ 係留中の波の影響や潮位差による 船体の揺動範囲拡大対応と干渉回避

急速充電器のケーブルマネジメントシステムをアーム方式からガイドローラー方式に変更。

◇ 長時間の充電対応(255分以上)

急速充電器(CHAdemo)の上位制御として、最大充電時間後の充電再開制御をTEMSに実装。



3. 研究開発成果について

実施項目3) 船体構造の開発 (岩谷産業、名村造船所、東京海洋大学)

- ・ 応募時において水素燃料電池船の安全基準は策定されていなかった。⇒2021年8月に国交省公表。
- ・ 安全基準を満たす船体構造を検討し、一般船に容易に搭載可能な汎用コンポーネントとする。
- ・ 東京海洋大学の実験船に組み込み、部分的な検証実験などを進める。

	最終目標 (～FY2024)	進捗 (FY2023)
①本船の詳細設計および建造	開発した構造 (コンポーネント) を基に、内航旅客船を建造し、詳細設計書を作成する。	2023年度より <u>詳細設計を開始し、船舶の建造に着手した</u> 。水素燃料電池、リチウムイオン二次電池、水素タンクなどの配置を決定し、完全ガイドラインに係る協議やリスク評価、システム設計と並行し船舶建造を進めている。
②課題抽出および改良設計	実証運航を通じて、開発した構造の課題抽出および改良設計を行なう。	(FY2024に実施) ※2024年度の実証運航を通じ、各コンポーネントおよび水素供給配管周りの課題抽出および改良設計を行なう。

3. 研究開発成果について

実施項目3) 船体構造の開発 (岩谷産業、名村造船所、東京海洋大学)

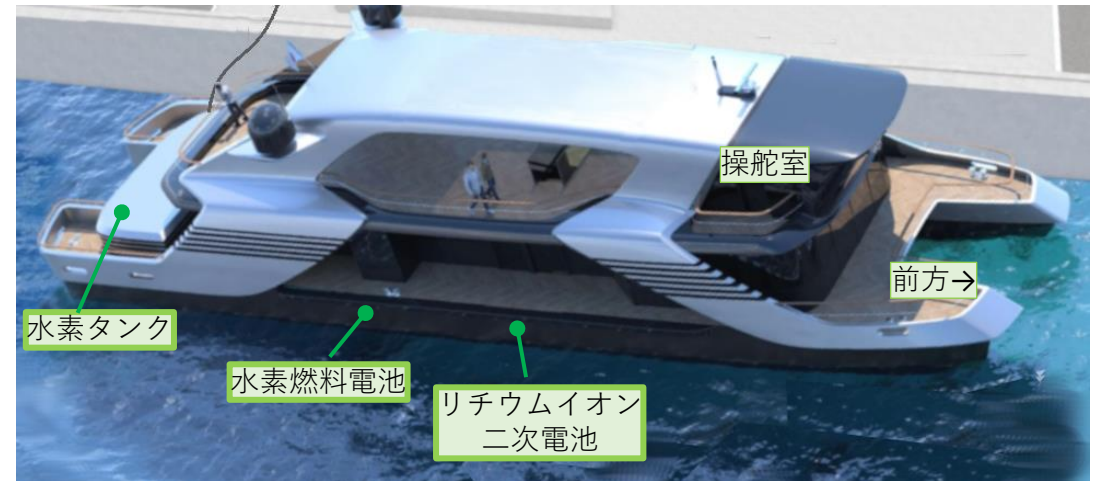
①本船の詳細設計および建造、②課題抽出および改良設計

本船の基本計画・主要目

本船の動力は水素燃料電池ならびにリチウムイオン二次電池のハイブリッドであり、航海速度10 ktでの最大航続距離 約130 kmを目指している。これらをターゲットに主要機器等を検討した結果、主要目等は以下の通りとなった。

全長 : 約29.5 m 幅(型) : 約8.0 m
 深さ(型) : 約2.5 m 計画喫水 : 約1.1 m
 総トン数 : 約175トン双胴船
 定員 : 約150名の旅客船

主要機器の配置は右図の通り。



船舶コンセプトの検討

	従来船	水素FC船	電気船	水素FC+電気船	説明
先進性	×	○	○	○	水素・電気ともに先進性が高いが、純水素と電気のハイブリッドはチャレンジ事例が少ない
環境性	×	○	○	○	走行時CO ₂ 、NO _x 、SO _x 、PM、排出ゼロ
快適性	×	○	○	○	従来船や水素エンジン船に対し、低騒音、低振動。整備・運用の負担も軽減
経済性	○	×	△	×→△	船・インフラ整備によるコストが上がる→FC+電気ハイブリッドにすることで全体のコストが下がり汎用化が図れる
利便性	○	△	×	×→△	充電設備整備に加えて充電時間が長い→ハイブリッドでエネマネすることで設備低減や充電時間が短縮

3. 研究開発成果について

実施項目3) 船体構造の開発 (岩谷産業、名村造船所、東京海洋大学)

①本船の詳細設計および建造、②課題抽出および改良設計

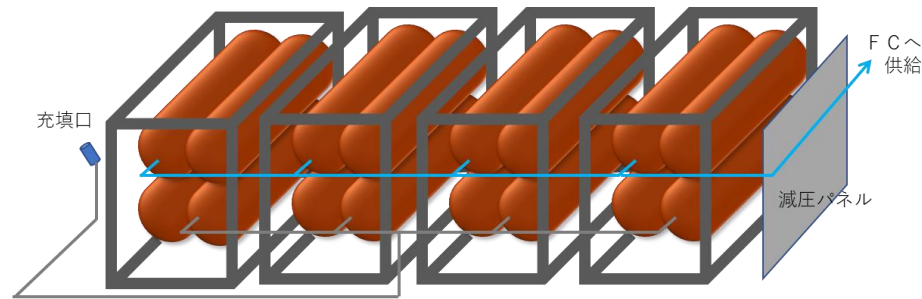
本船の配置検討

水素およびLIBの搭載位置は右図の通りとし、搭載量は以下の通り。

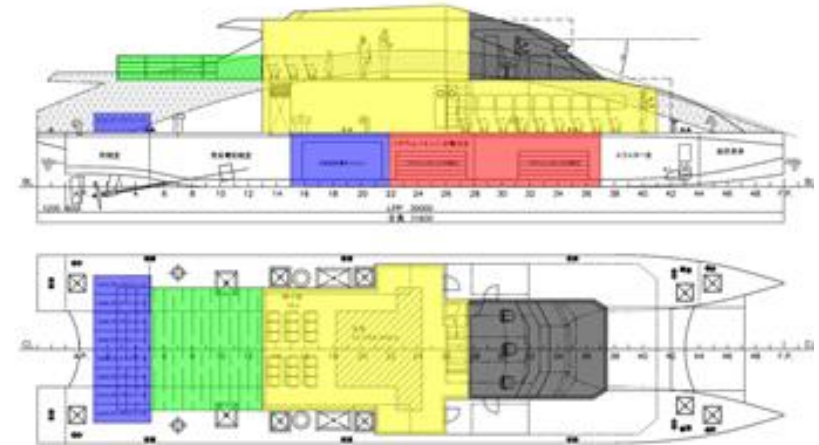
水素・・・約2,000kWh相当

電気・・・約1,000kWh

水素タンクモジュールは据置型とし、水素ガスの補充は前記の水素バンカリング設備からの水素充填により行なう。



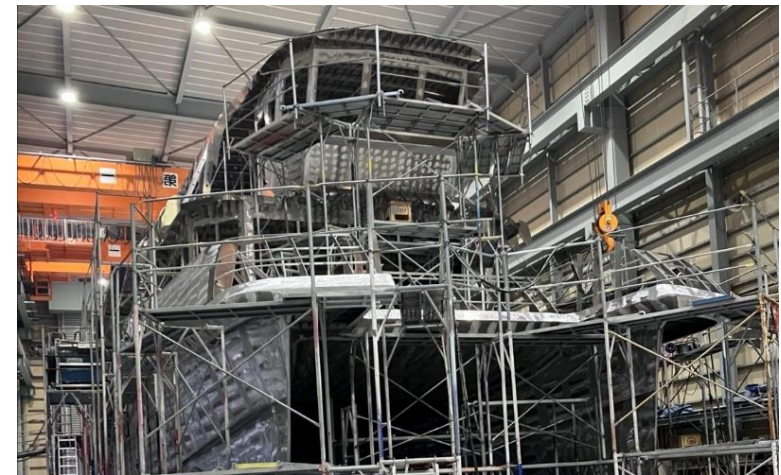
水素タンクモジュール



船舶の基本設計 ■:水素、■:蓄電池

本船の建造状況

安全ガイドラインへの対応、リスク評価の実施、電気推進システムの細部仕様検討、制御システムの仕様検討(特に水素充填中の安全対策)について検討を進めつつ、船舶の建造を進めており、完成間近。



2月頃の建造状況 (※発表時現在ほぼ完成)

3. 研究開発成果について

実施項目4) 実証運航 (岩谷産業、関西電力、東京海洋大学)

項目①、②の開発成果を活用し、関係省庁との折衝を行ないながら、実証試験を行なう。

	最終目標 (～FY2024)	進捗 (FY2023)
①本船での試験運航、複数船種のエネマネ検討	<ul style="list-style-type: none">・ 試験運航による<u>運航データ取得</u>・ 複数船種の<u>エネマネ検討</u>	(FY2024に実施)
③経済性評価、モデルケース検討	<ul style="list-style-type: none">・ 水素燃料電池船の建造および経済的運航を実現するための<u>指針提示</u>・ <u>モデルケース提案</u>	(FY2024に実施)

4. 今後の見通しについて

今後の実施予定内容について

- ・2024年度は、建設済みのバンキング設備および2024年度夏頃に建造完了する燃料電池船を用いて実証試験を行う。
 - ・燃料電池船は、予備実証の内容を踏まえ、運航データの取得や、必要エネルギー量推測手法の検証、トータルエネルギーマネジメントの検証などを行う。その上で、4種の船種を例示し、評価、課題点の整理を行う。
 - ・燃料電池船は、国交省の認証を得るとともに、旅客船としての要件を満たしていることを確認する。

今後の事業化について

○事業化想定線表

	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度
大阪・関西万博 向け運航	実証 試験	運航							
新航路によ る運航	実証 試験								

様々な条件下での
運航データの
取得

※旅客認証取得

商用化に向けては、既存業者のない新規航路を構築する必要があり、
周辺自治体や企業と新規航路開拓に向けた協議を開始