（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構様　内航支援セミナー

燃料電池船の実証試験に関するご紹介

2022年11月18日

ヤンマーパワーテクノロジー㈱
特機事業部
システムエンジニアリング部

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.　作成日：2022/11/10

1．背景

2．ヤンマーにおける舶用燃料電池の取組み

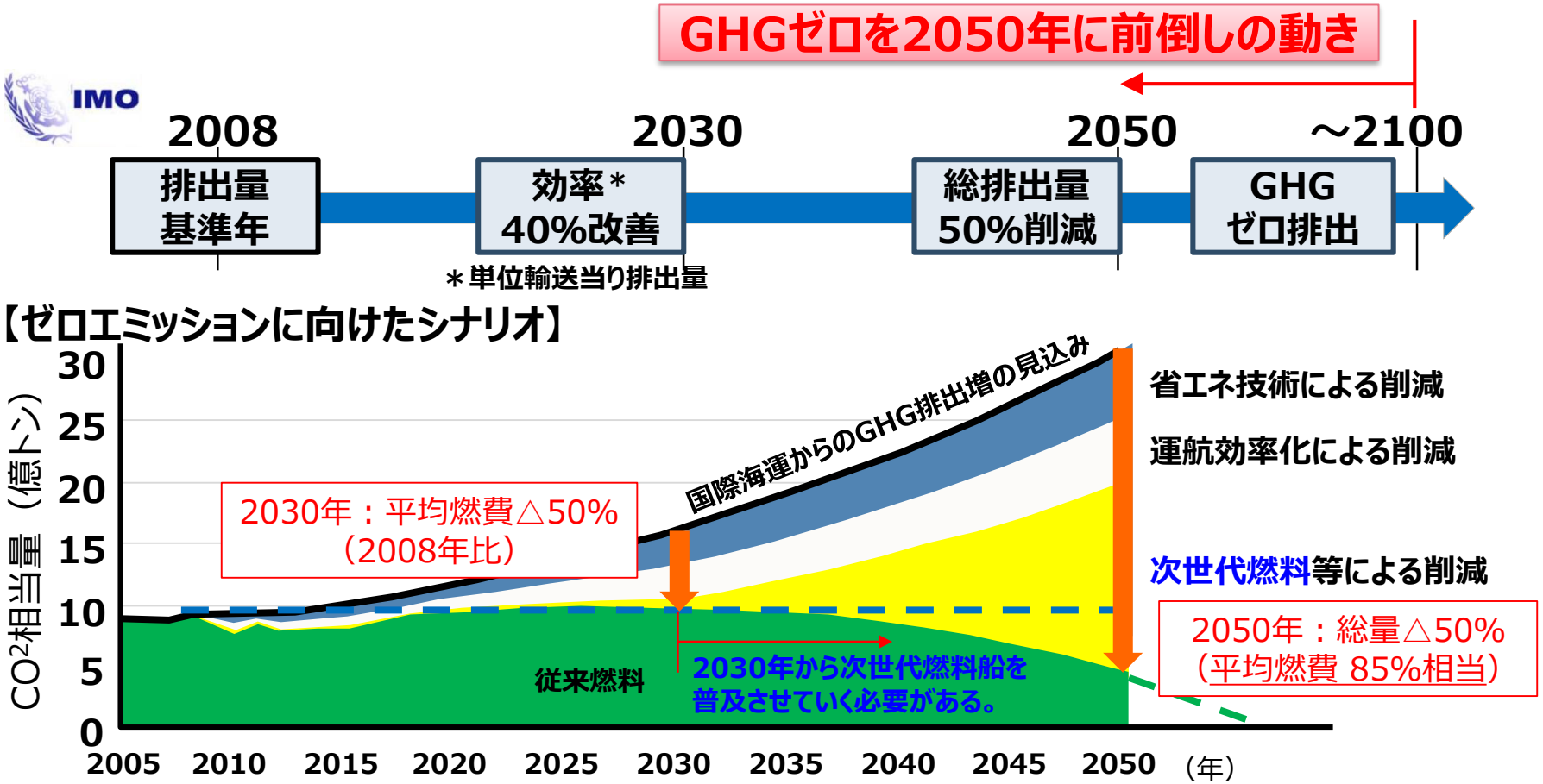
3．今後の展開

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

1．背景

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

IMOによる「GHG削減戦略」の採択と対応の方向性



【出典】国土交通省　海事局

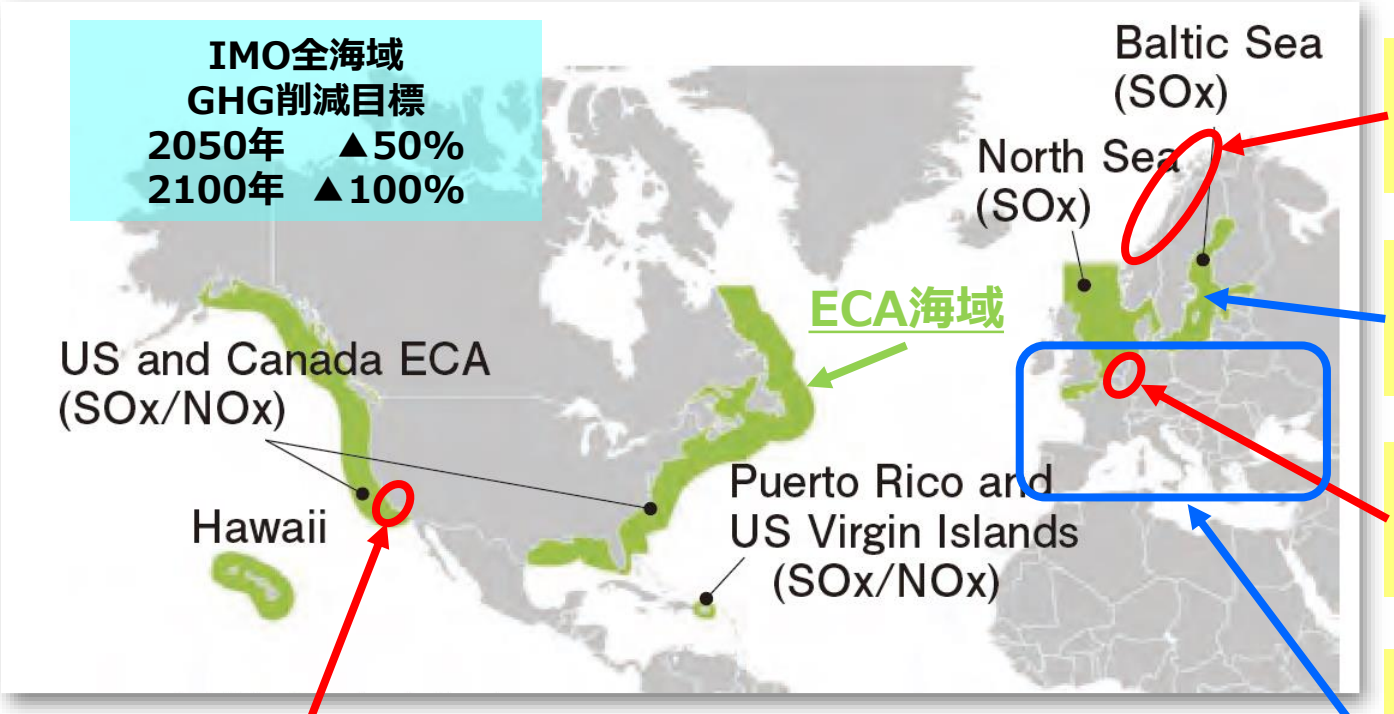
© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

YANMAR

欧米の規制・政策動向

■ **IMOのGHG削減目標に加え、北海、バルト海、EU内陸航路、フィヨルド周辺等のNOx規制が順次強化中**

➢ **代替燃料ICEで対応困難な船舶への水素FC検討が加速**



フィヨルド周辺
ゼロエミ規制
(2026年施行予定)

北海、バルト海
NOx ECA規制
(2021年施行予定)

アムステルダム運河
ゼロエミ規制
(2025年施行予定)

EU内陸河川/運河
EU stage V
Inland Waterway
排ガス規制
(2021年施行予定)

LA/LB港湾
港湾機材のゼロエミ目標
(～2030年)

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

国内外の水素燃料電池船のプロジェクト

■ 2020年代前半に就航を目指す水素燃料電池船のプロジェクトが国内外で複数進行中

HyseasIII

https://www.hyseas3.eu/

Flagships
(cargo vessel)

https://flagships.eu/

高出力燃料電池搭載船の実用化に向けた実証
(NEDO)

https://www.city.yokohama.lg.jp/city-info/koho-kocho/press/kowan/2020/20210226newsrelease.files/0004_20210225.pdf

Water-Go-Round

https://watergoround.com/

Flagships
(car ferry)

https://flagships.eu/2019/10/04/presenting-the-flagships-h2/

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
(NEDO)

http://www.iwatani.co.jp/img/jpn/pdf/newsrelease/137320201125_news_jp3.pdf

© YANMAR HOLDINGS CO., LTD.

舶用水素燃料電池システム

■ 複数企業が舶用水素燃料電池システムの開発/商品化を発表

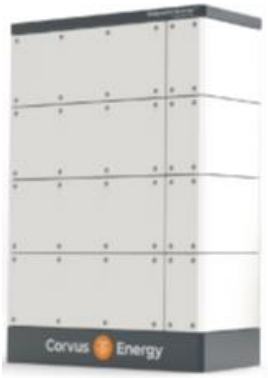
Ballard

https://www.ballard.com/fuel-cell-solutions/fuel-cell-power-products/marine-modules

PowerCell

https://www.datocms-assets.com/36080/1621497029-powercellution-marine-system-200.pdf

Corvus Energy



https://corvusenergy.com/wp-content/uploads/2021/01/CE_Datasheets_Corvus_Hydrogen_Fuel_Cell_01.02.21.pdf

Nedstack

https://nedstack.com/en/pemgen-solutions/maritime-power-installations/pemgen-mt-fcpi-100

東芝

https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2021/03/a08.pdf

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

２．ヤンマーにおける舶用燃料電池の取組み

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

YANMAR

舶用燃料電池に関する取組み経緯

■ 国交省様/環境省様の補助事業を通じて技術/経験を蓄積

➢ **LNG改質型→純水素型PEFC（FCV搭載品）へ変遷**

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
LNG改質PEFC	**技術開発** ・スタック、改質器等の要素試験 （国交省補助事業）								
				技術開発・実証 ・リチウムイオン電池、ガスエンジンを含めた複合システム開発 （環境省補助事業）					
純水素PEFC			**安全ガイドライン策定** ・リチウムイオン電池を含めた複合システム開発/既存試験船に搭載して試験 （国交省委託事業）						
						ロードマップ策定 ・水素供給インフラを含めたFS検討 （環境省/国交省委託事業）			
							技術開発・実証 **・高圧水素タンクも含めた試験艇開発** **（大阪府補助金活用）**		

トヨタ製FCユニット（MIRAI用）

水素燃料電池船の安全ガイドライン策定事業（国交省請負研究）

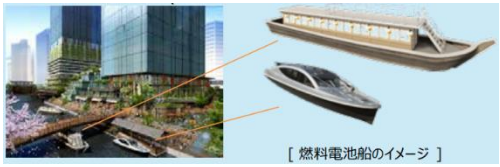
© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

YANMAR

事業概要

国土交通省海事局が推進する『**水素社会実現に向けた安全対策**』

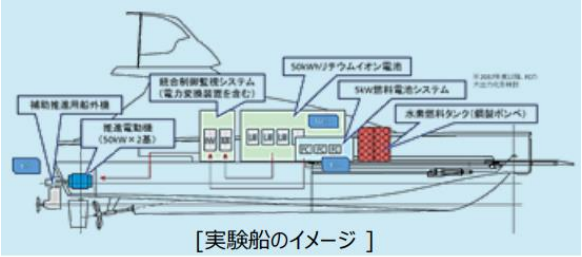
水素燃料電池船の実用化にあたって
船舶の安全面を担保する制度の整備が必要


[燃料電池船のイメージ]

目的：設計・開発の指針となる**水素燃料電池船の安全ガイドライン**を策定し
燃料電池船導入に向けた取組を促進する

安全ガイドライン案策定作業の一部を国交省海事局からの請負研究として
(一財)日本船舶技術研究協会、海上技術安全研究所、ヤンマー㈱が実施

2015年度	2016年度	2017年度
要素試験・陸上試験 →	→	
	実船試験 →	→
	安全ガイドライン案の策定 →	→


[実験船のイメージ]

小型実験船による実証試験

■ 既存実験船を改装して舶用燃料電池システム試作機を搭載

燃料電池とリチウムイオン電池のハイブリッド設計による電気推進システムを構築し、
航海による負荷変動に対し速やかに追従できるパワーマネージメントシステムの検証を実施

（海技研所有の実験船を燃料電池船に改造）

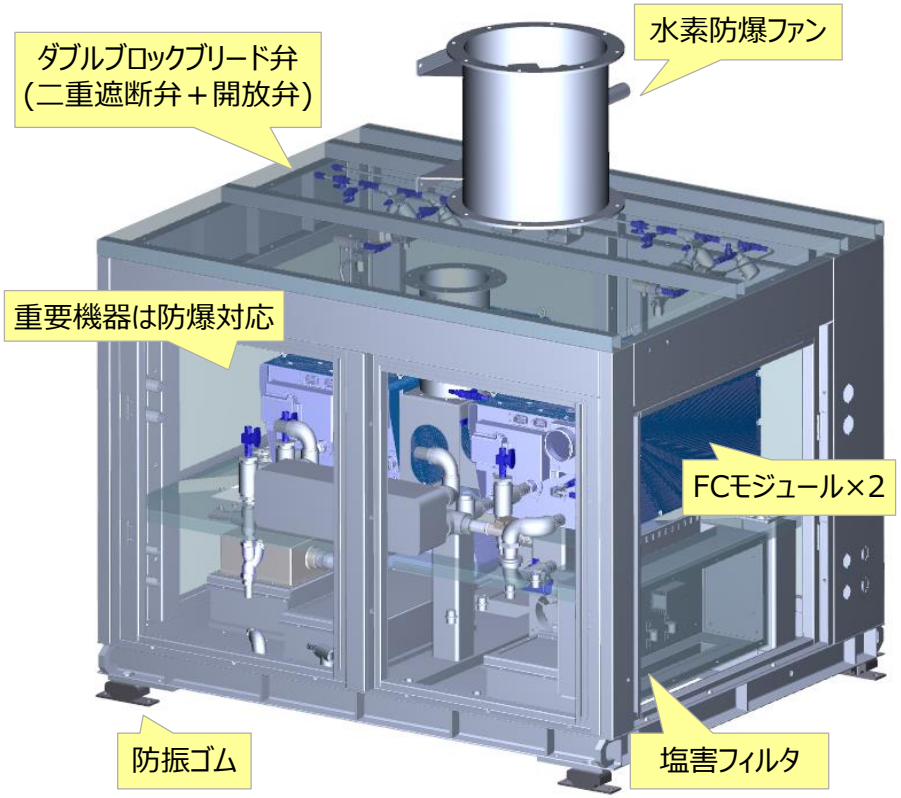
※本実験船は、海上技術安全研究所が国土交通省による交通運輸技術開発推進制度「離島の交通支援のためのシームレス小型船システムの開発」として社会実験を行った事業で開発した。

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

YANMAR

60kW級舶用燃料電池システム試作機の開発

- **燃料電池モジュールと周辺機器をマリナイズ（舶用化）**
- **パワーマネジメントを含むハイブリッド電気推進システムを構築**



推進用モータ

船外機（アウトドライブ）

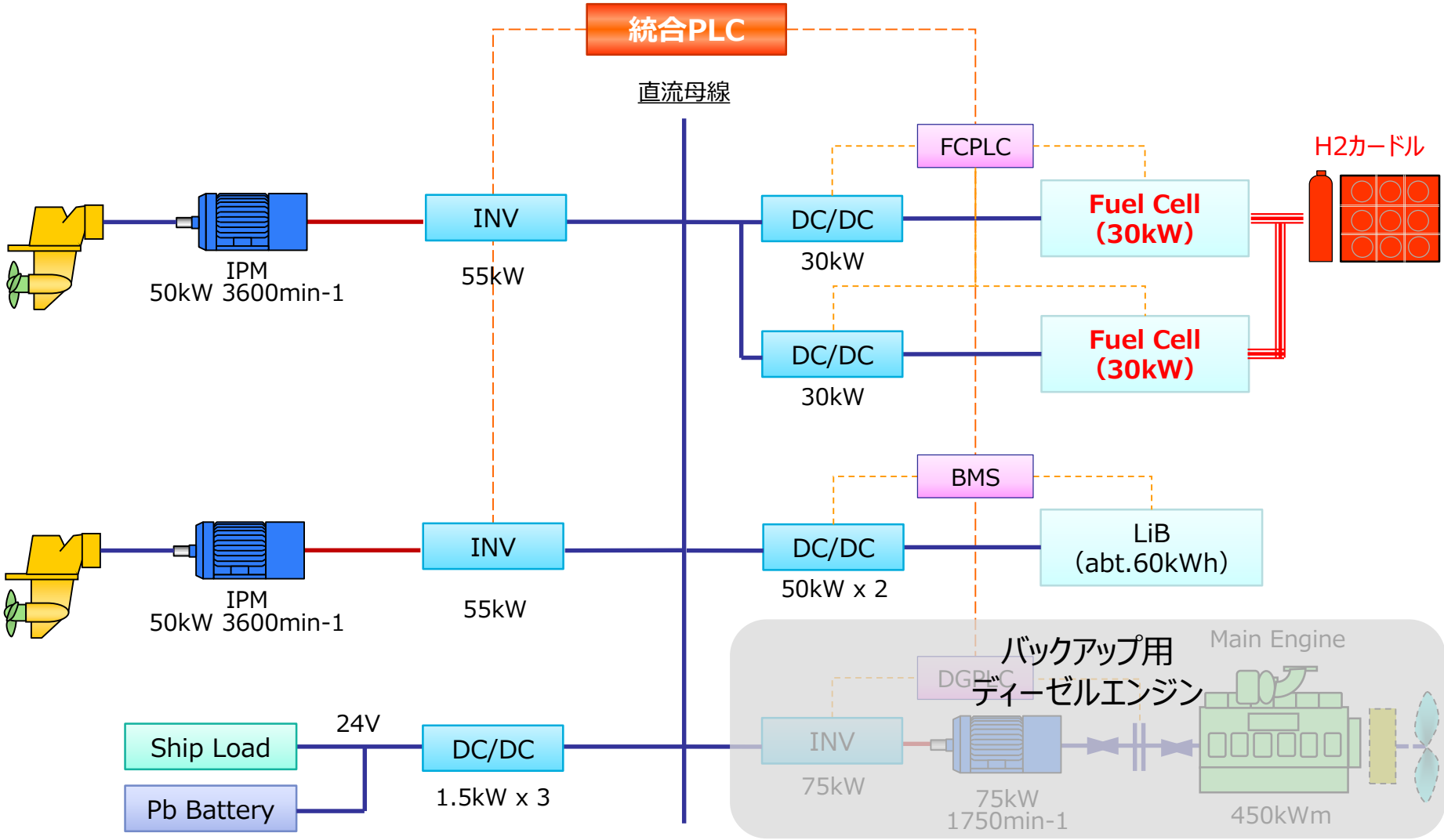
推進用インバータ

ユーザーインターフェイス

燃料電池システム

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

電力システム構成



© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

水素燃料電池プレジャーボート実証事業

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

YANMAR

舶用燃料電池システム/燃料電池搭載試験艇の開発

■「水素燃料電池船の安全ガイドライン」に初めて正式に準拠

- 実運用に向けた課題抽出/対策案検討の為に、大分県および大阪湾（万博予定会場周辺）にて実証試験を実施

News Release

2021 年 3 月 24 日
ヤンマーホールディングス株式会社

舶用燃料電池システムの実証試験を開始

ヤンマーホールディングス株式会社（本社：大阪市、社長：山岡健人）及び同グループ会社のヤンマーパワーテクノロジー株式会社（本社：大阪市、社長：田尾知久）は、3 月 24 日より舶用水素燃料電池システムの実証試験を開始しました。

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

YANMAR

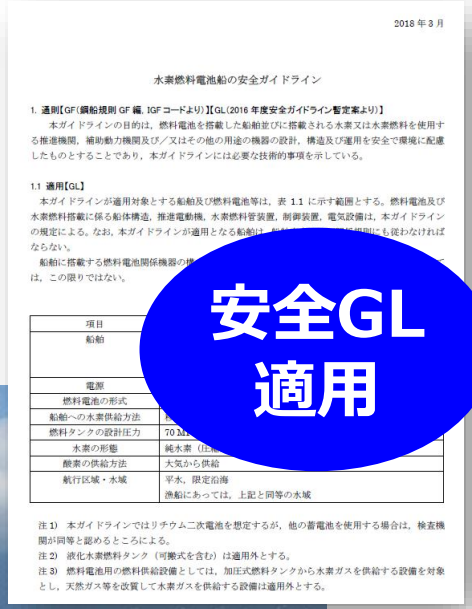
実証試験コンセプト

■ **トヨタ自動車様のMIRAI用FCユニット/水素タンクをベースとした舶用FCシステムを開発し、実船試験により実運用課題/顧客価値を抽出**

高出力連続航行（多船種模擬）

実運用課題/顧客価値を抽出

水素充填設備運用



2018 年 3 月

水素燃料電池船の安全ガイドライン

1. 適用【GF（鋼船規則 GF 編，IGF コードより）】【GL（2016 年度安全ガイドライン暫定案より）】

本ガイドラインの目的は，燃料電池を搭載した船舶並びに搭載される水素又は水素燃料を使用する推進機関，補助動力機関及び／又はその他の用途の機器の設計，構造及び運用を安全で環境に配慮したものとすることであり，本ガイドラインには必要な技術的事項を示している。

1.1 適用【GL】

本ガイドラインが適用対象とする船舶及び燃料電池等は，表 1.1 に示す範囲とする。燃料電池及び水素燃料搭載に係る船体構造，推進電動機，水素燃料管装置，制御装置，電気設備は，本ガイドラインの規定による。なお，本ガイドラインが適用となる船舶は

ならない。

船舶に搭載する燃料電池関係機器の

は，この限りではない。

項目	
船舶	
電源	
燃料電池の形式	
船舶への水素供給方法	
燃料タンクの設計圧力	70 M
水素の形態	純水素（
酸素の供給方法	大気から供給
航行区域・水域	平水，限定沿海 漁船にあっては，上記と同等の水域

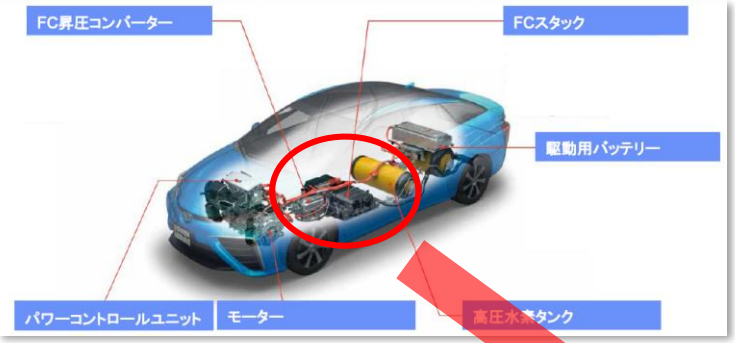
注 1） 本ガイドラインではリチウム二次電池を想定するが，他の蓄電池を使用する場合は，検査機関が同等と認めるところによる。

注 2） 液化水素燃料タンク（可搬式を含む）は適用外とする。

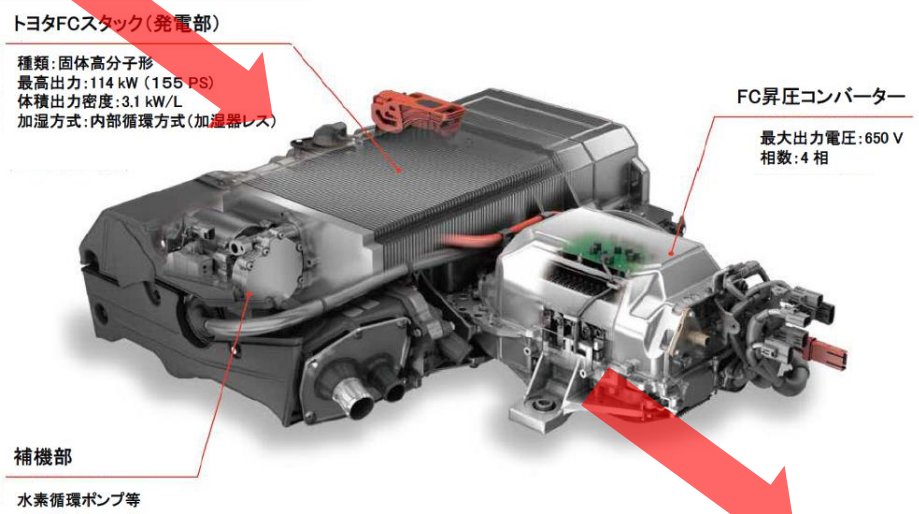
注 3） 燃料電池用の燃料供給設備としては，加圧式燃料タンクから水素ガスを供給する設備を対象とし，天然ガス等を改質して水素ガスを供給する設備は適用外とする。

安全GL適用

FCシステム（トヨタMIRAI搭載品）



ヤンマーでマリナイズして搭載
（冷却方式、パワマネ、ルール対応等）



© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

YANMAR

試験艇要目

■ 定格出力250kWの純電動パワートレインを搭載

全長	12.4m
全幅	3.4m
総トン数	7.9トン
FCシステム （トヨタ製MIRAI搭載品）	最高出力：92kW×2台
高圧水素タンクユニット （トヨタ製MIRAI搭載品）	最大充填圧力：70MPa
リチウムイオン電池 (東芝製SCiB)	公称容量：32kWh 最高出力：150kW
推進モータ	定格出力：250kW
航海速力	最高速度：22ノット
定員	10名

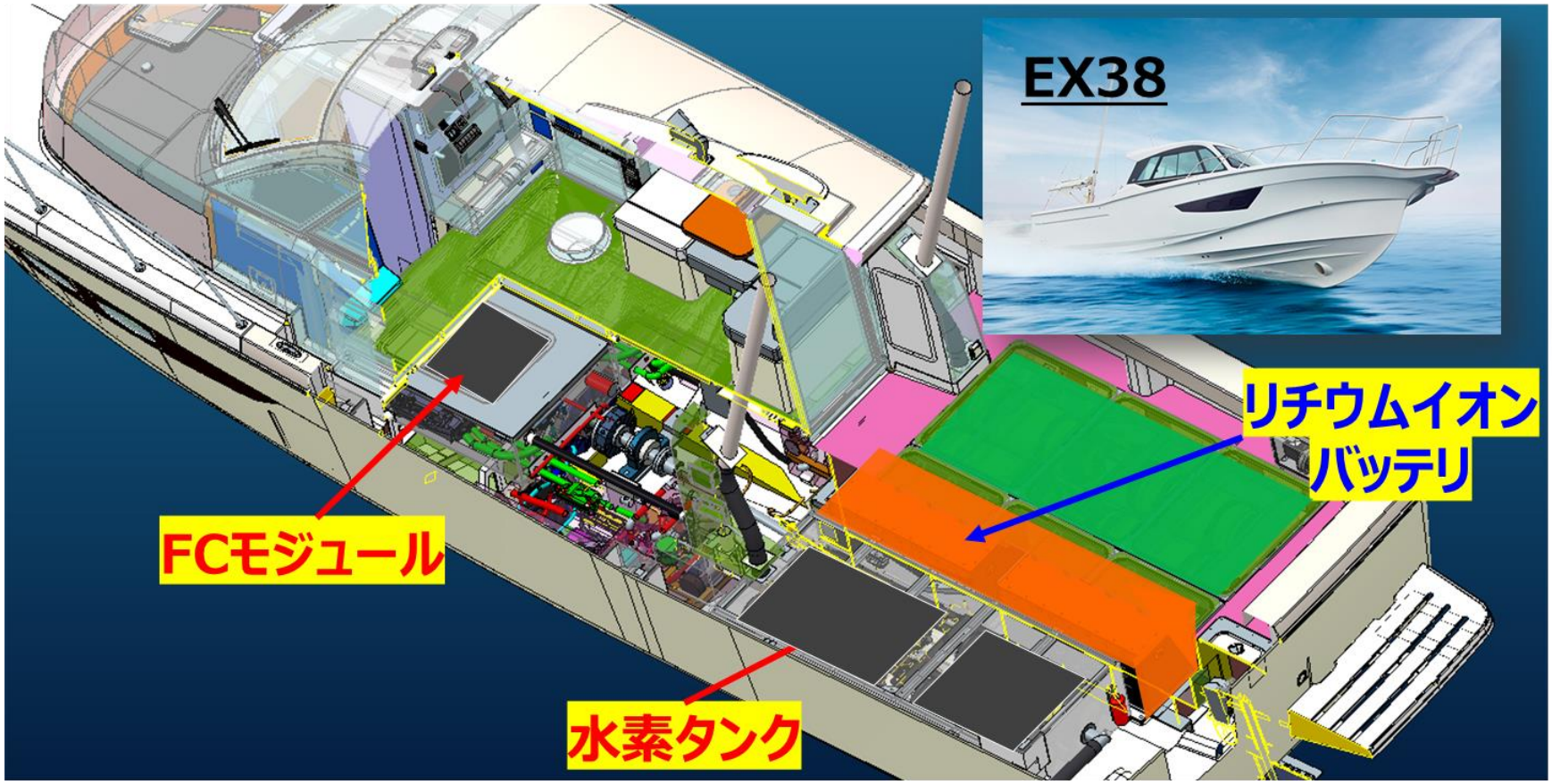
© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

フル電動パワートレイン（FC＋バッテリ）

YANMAR

船体イメージ

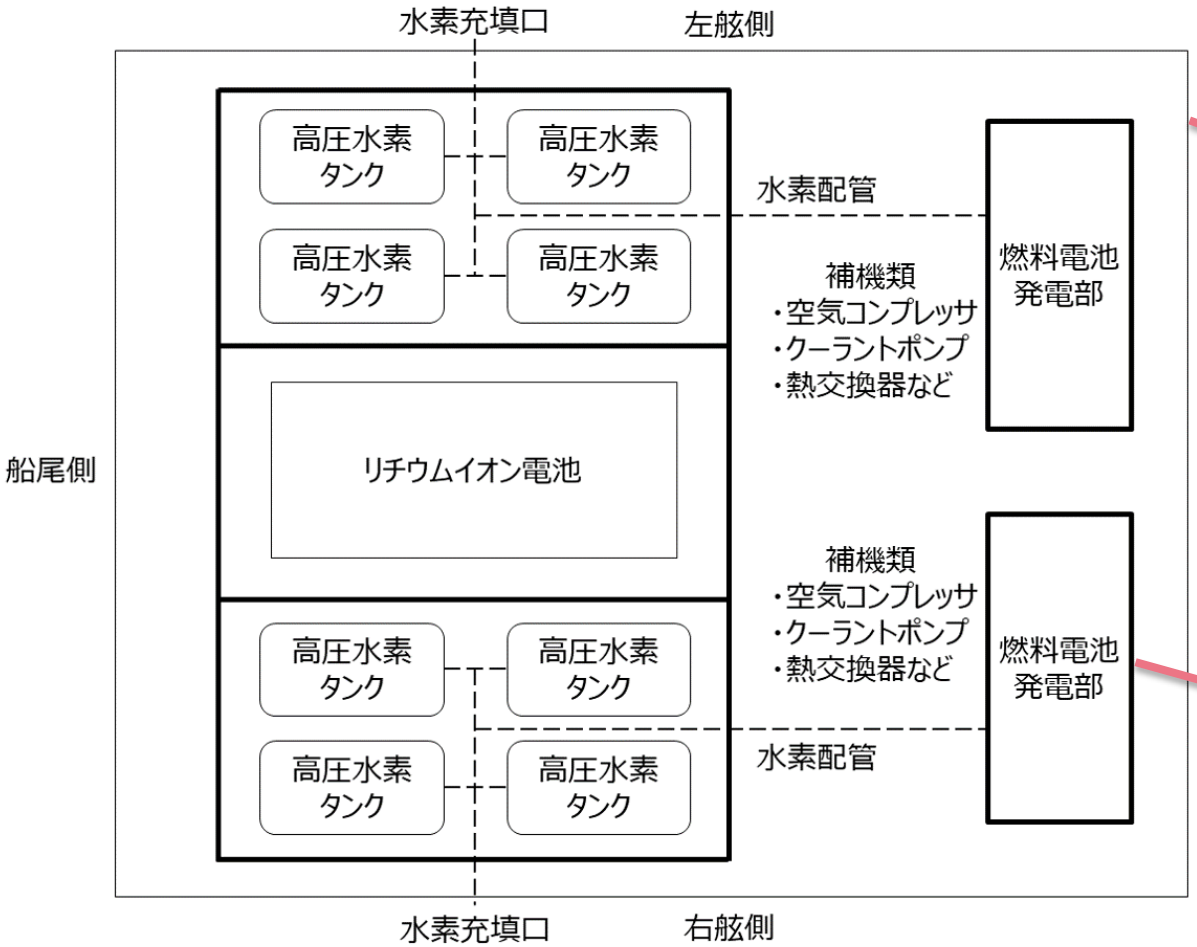
- 水素タンク、FCモジュール、バッテリを**すべて船体内部に搭載**
- 「水素燃料電池船の安全ガイドライン」に従って設計

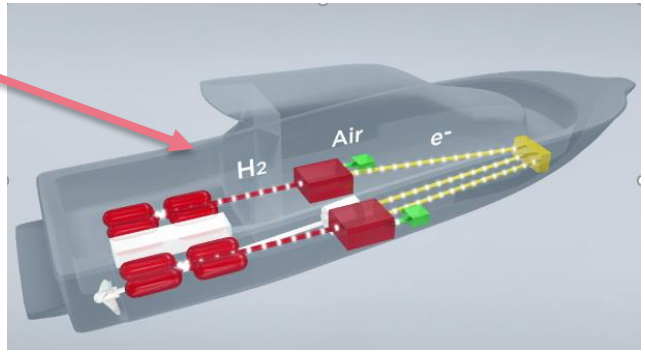


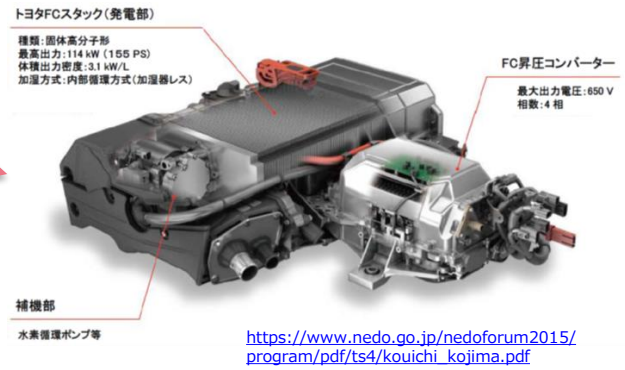
© YANMAR POWER TECHNOLOGY CO., LTD.

甲板下の機器レイアウト概要図（主要機器抜粋）

■ 燃料電池システム、高圧水素タンクユニット、リチウムイオン電池、推進モータ等の主要機器を全て甲板下の船体内部に搭載





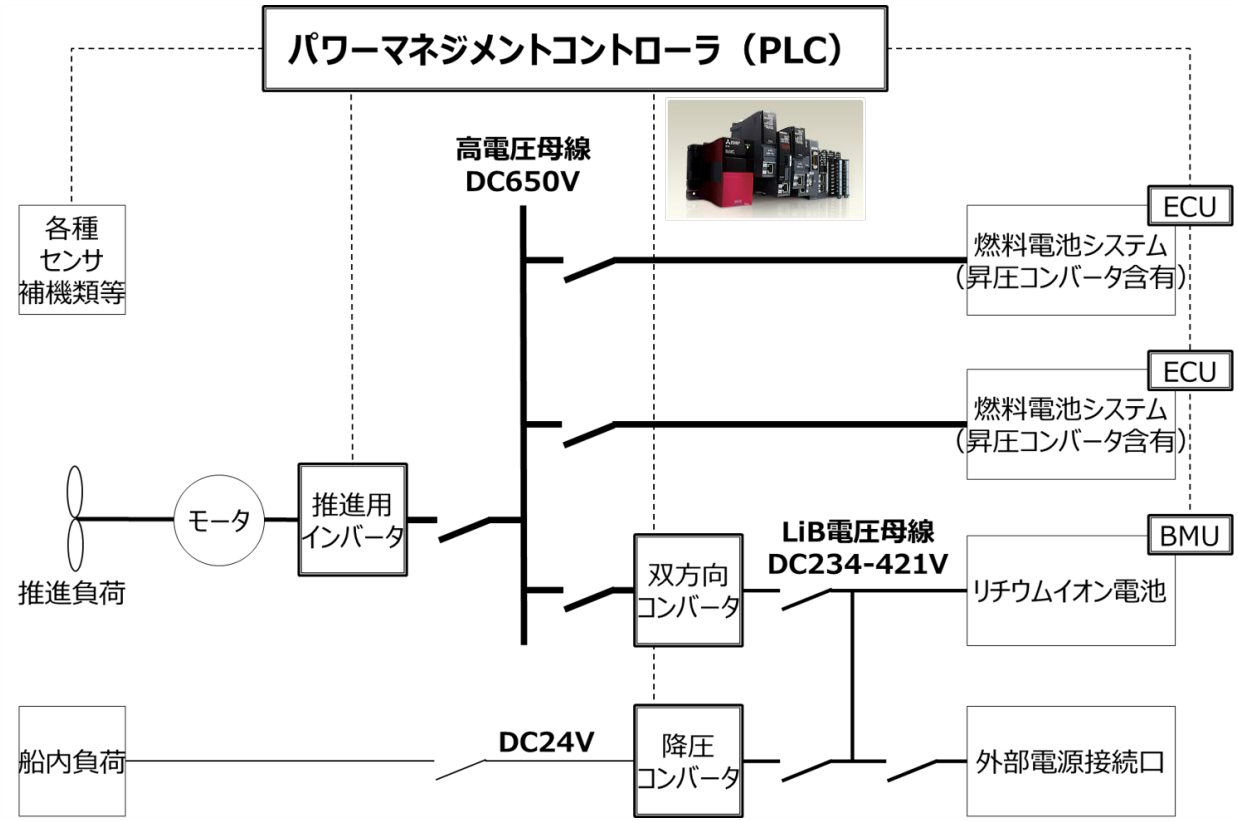


https://www.nedo.go.jp/nedoforum2015/program/pdf/ts4/kouichi_kojima.pdf

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

パワーマネジメントシステム

■ **推進負荷の急激な増減等に燃料電池システムの出力制御が対応できない場合には、自動的にリチウムイオン電池による出力アシスト／吸収、モータ回転数を制限**



© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

(1) 大分県国東湾での試験結果

・簡易式水素充填装置を用いた水素充填（～19MPa）
・海上航行試験（試運転調整/基本性能確認）

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

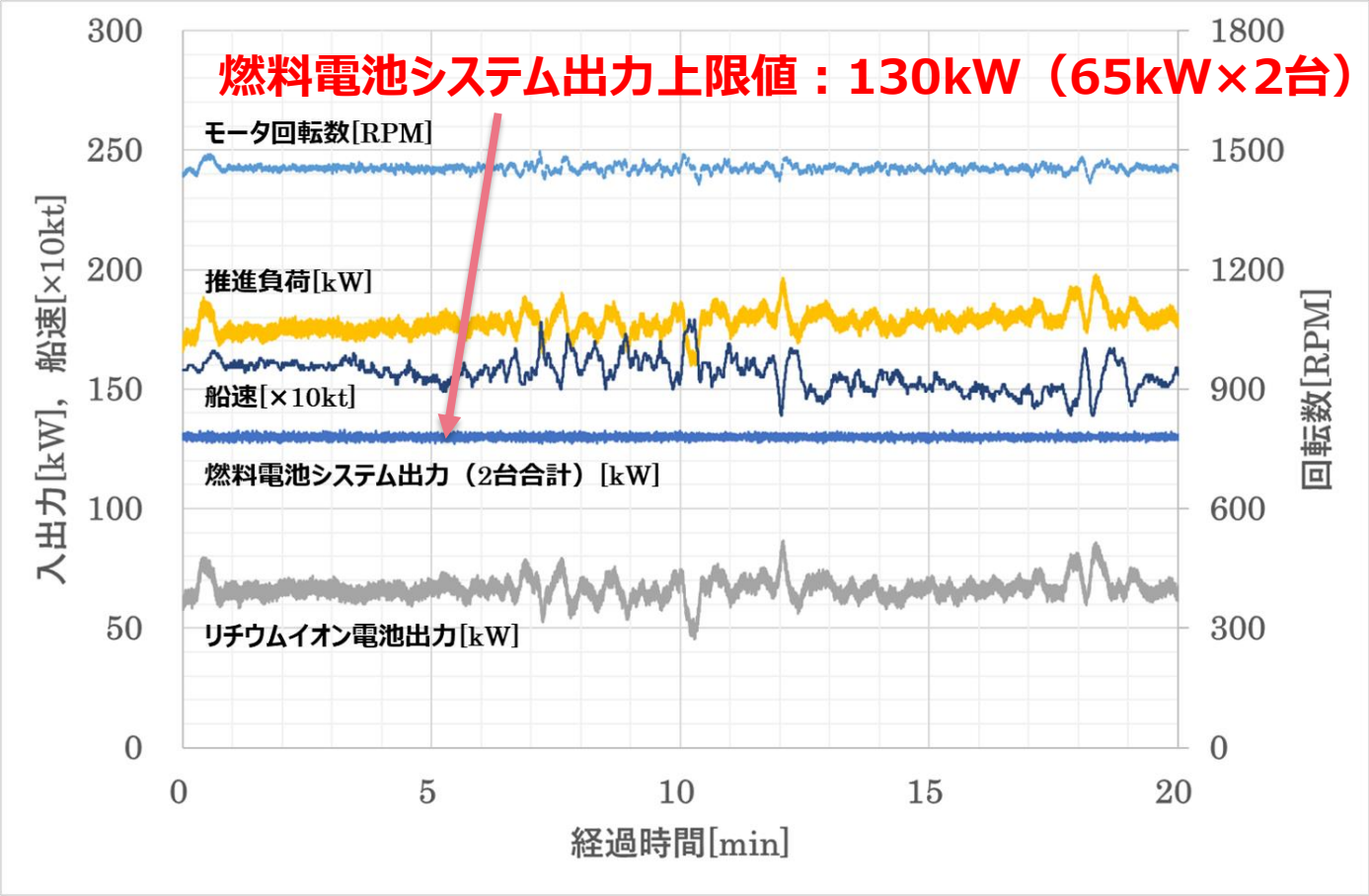
簡易式水素充填装置による水素充填

■ 19MPa水素カードルから差圧式で水素充填

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

海上航行試験結果①：航行安定性

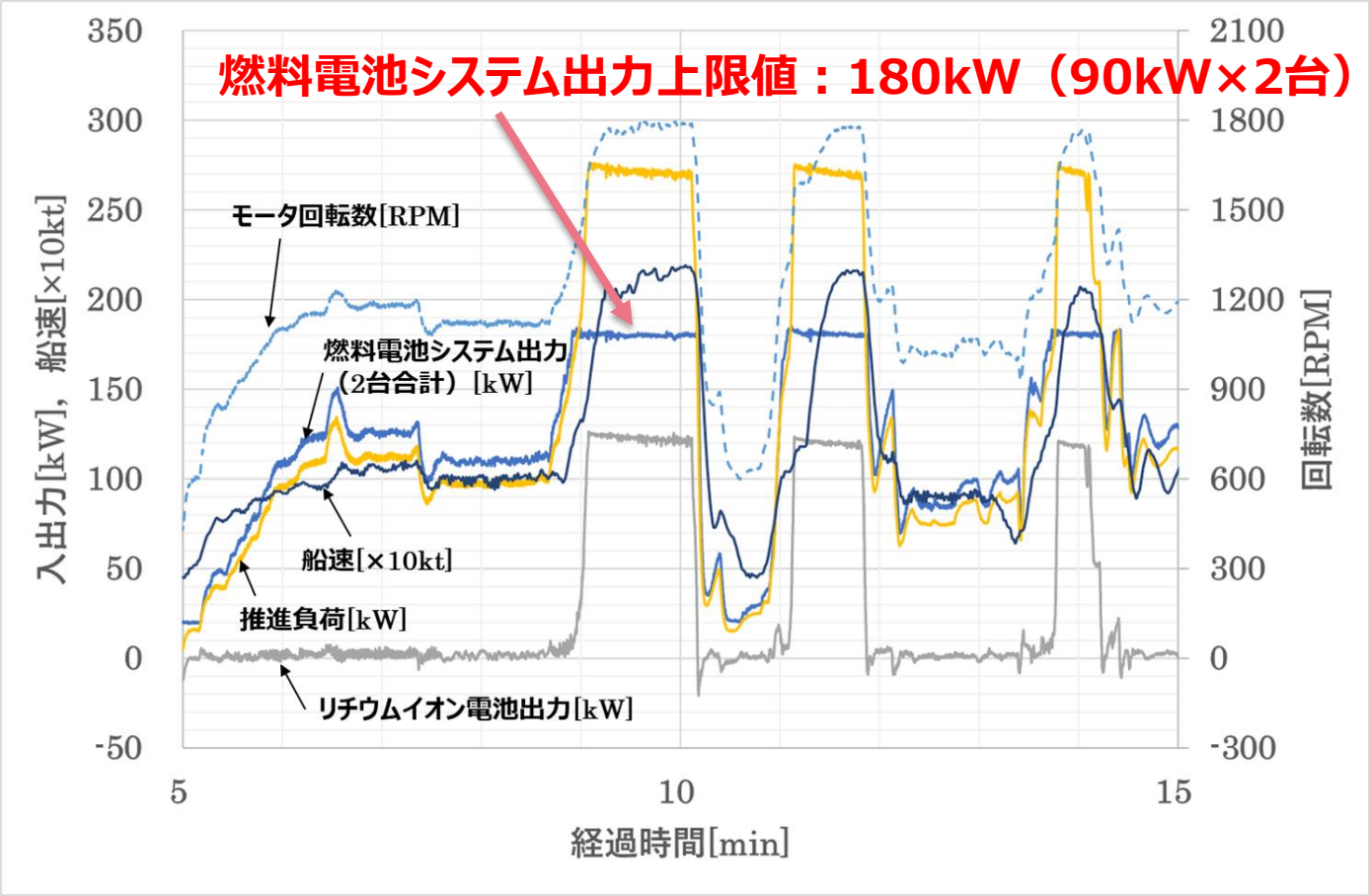
■ リチウムイオン電池での出力アシストおよび負荷変動吸収による安定航行を確認



© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

海上航行試験結果②：過負荷状態における航行継続性

■ **推進負荷が約275kW（定格出力の110%）においても、リチウムイオン電池による出力アシストで継続航行可能**



© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

(2) 大阪府大阪港での試験結果

・移動式水素充填ステーションを用いた水素充填（～70MPa）
・海上航行試験（基本性能確認）

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

大阪湾での実証試験

■ **移動式水素ステーションから海上船体へ70MPa水素充填を行い、大阪万博会場予定地と周辺観光地を繋ぐ航路で実証**

- **旅客船を想定した模擬航行試験（数回往復/日）**

移動式水素ステーション

充填方式を新規検討・充填ホース延長等

【出典】2025年大阪・関西万博における水素利活用策／プロジェクト提案書（H_2Osakaビジョン推進会議）
http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/39576/00000000/teiansho.pdf

© YANMAR HOLDINGS CO., LTD.

移動式STからのバンカリング風景

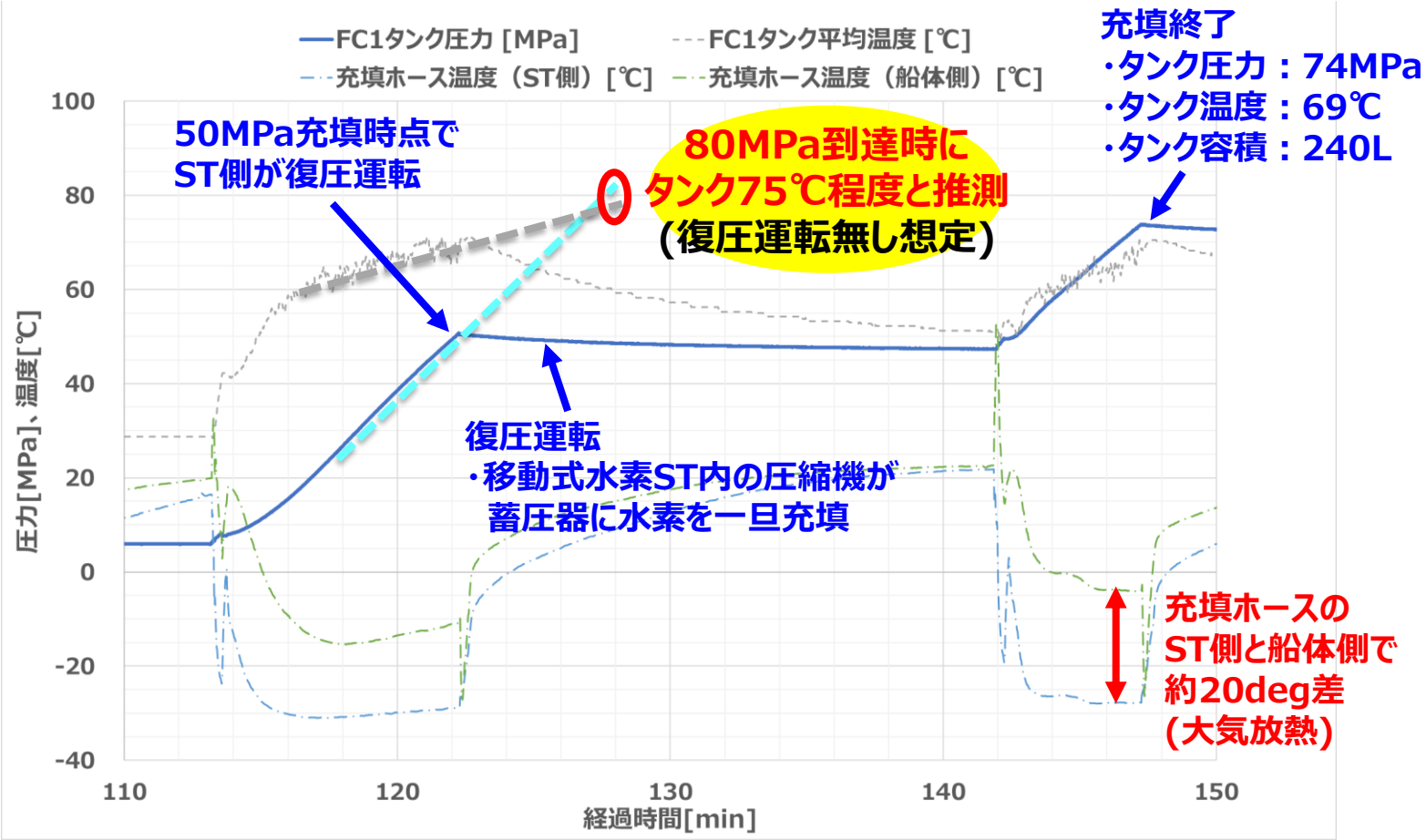
© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

YANMAR

充填試験結果例：タンク初期圧6MPa、昇圧率5MPa/min、プレクールT40

■ 現状の移動式ステーションから充填可能な事を確認

➢ 但し、充填条件等については、今後精査が必要（昇圧率等）

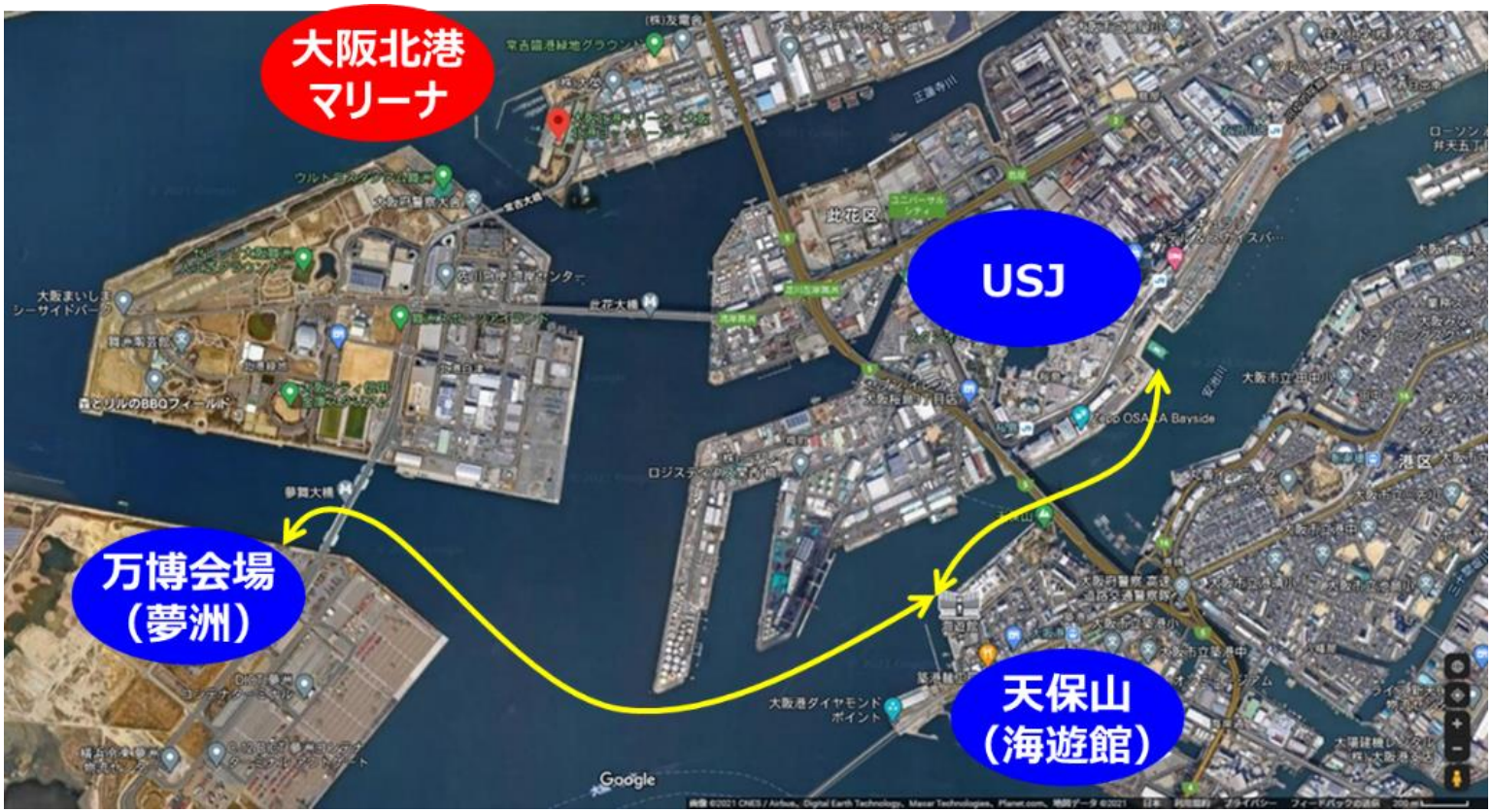


© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

大阪での試験航路

■ **2025年大阪・関西万博会場予定地と市内沿岸部の観光地を結ぶ航路での航行試験を実施**

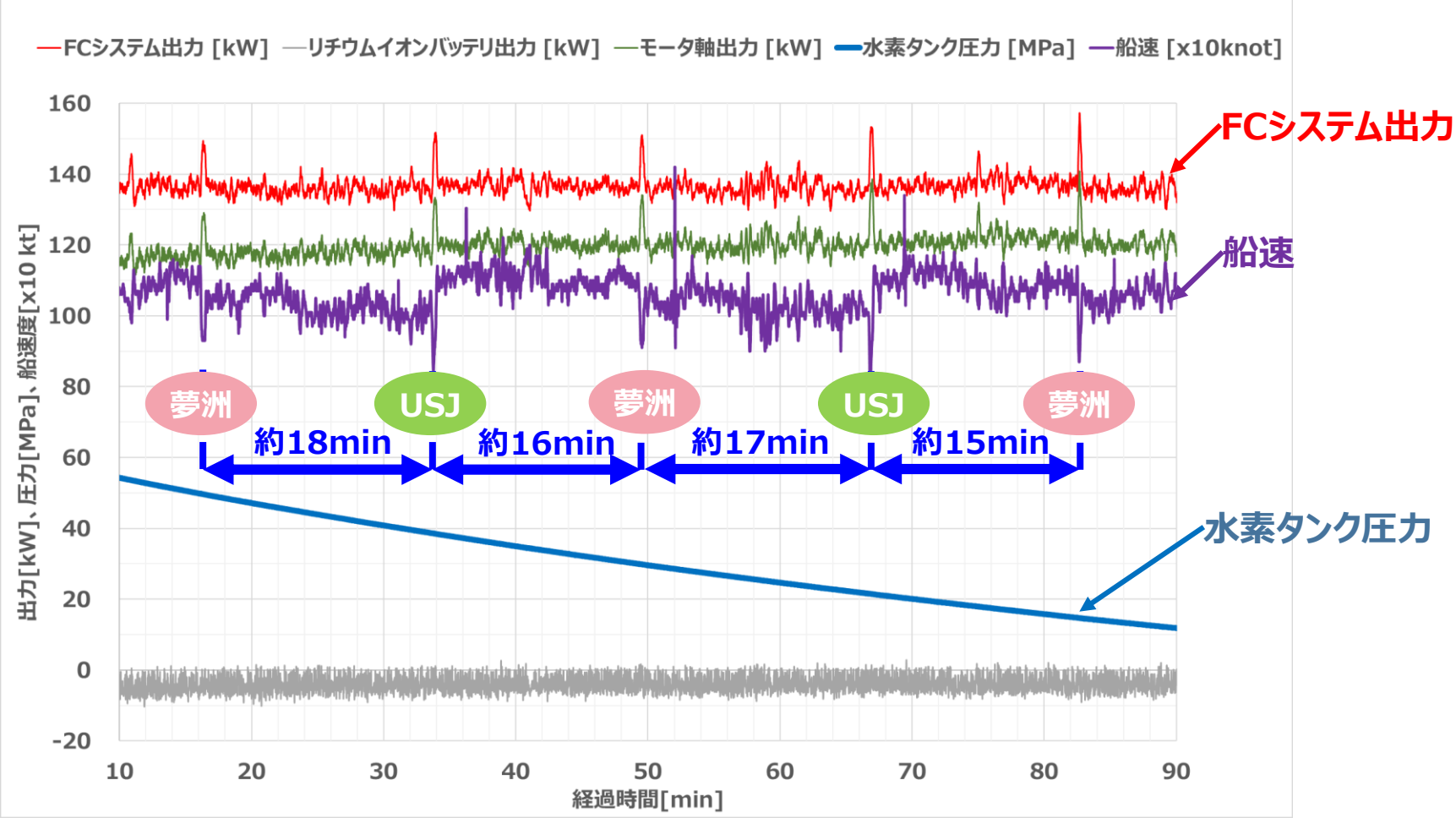
- **70MPa高圧水素充填により航続時間を確保**



海上航行試験結果例（夢洲～USJ）

■ 夢洲～USJ間を片道15～18分程度で連続周遊

- 水素タンク圧力：約50MPa→約10MPa



© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

3．今後の展開

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.

YANMAR

今後の開発方向性

■ 300kW級の舶用燃料電池システムを2023年に市場投入する

300kW級水素燃料電池システム

※イメージ

2020
実証試験開始

2021
大阪での実証試験成功

2023
水素燃料電池システム実用化
市場投入(300kW級)

2025
大阪・関西万博やCNP向けに
システムパッケージの商用利用
を目指す

© YANMAR Power Technology Co., Ltd.