

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

船舶からのCO2排出量の削減を図るため、船用機関の燃料を天然ガス化する取り組みが進められている。その一方、更なるCO2排出量低減を達成するためにはガスエンジン発電機関、燃料電池、蓄電池を併用した電力マネジメントシステムによる効率化が必要である。

本事業では、ガスエンジン発電機関及び船用燃料電池システム等に係る全体複合システムの制御技術の確立、燃料電池システムの低コスト化等を図るため、LNG燃料を使用した船用複合システムのモデル実証を行う。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【船用燃料電池システム】

- 解決すべき課題: 船用に適用可能な信頼性・耐久性確立
- 取組方針: 耐久性/信頼性が確立されている家庭用燃料電池スタック技術の応用、および船用要件に対応したシステム構築
- 進捗レベル: 燃料電池ユニット(10kWシステム1台)の製作を完了し、試験中である
- 実用化レベルに2020年到達見込

A2.【船用PEFC向け天然ガス改質装置】

- 解決すべき課題: 船用に適用可能な信頼性・耐久性確立
- 取組方針: RER社がNEDO等の事業で開発した小型・高効率な水素ステーション用の高性能触媒やCO2除去技術を応用
- 進捗レベル: 改質装置の製作完了
- 実用化レベルに2020年到達見込

A3.【船用ガスエンジン】

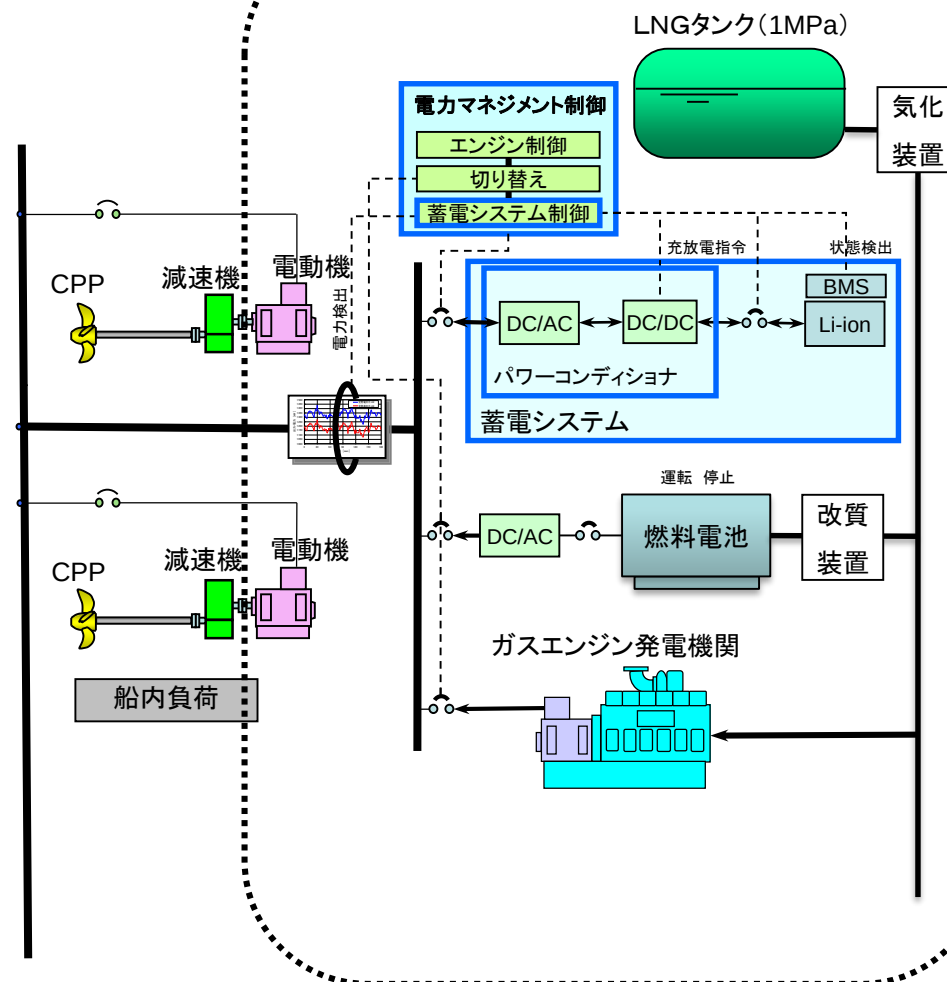
- 解決すべき課題: 船用に適したガス燃料供給弁、及び船級規則に沿った制御システムの確立及び、信頼性、耐久性の確立
- 取組方針: 実績のある陸用ガスエンジンをベースとし、船用要件に則したエンジンの開発
- 進捗レベル: 船用ガスエンジンの設計試作を完了し、試験中である
- 実用化レベルに2020年到達見込

B. 開発要素のシステム統合と、C.その実証

- 解決すべき課題: 複合システムの統合制御・監視及び負荷平準化技術の確立
- 対応策: モデルベース開発を利用した短期間での最適制御技術の構築
- 実用化レベルに2019年到達見込

③【システム構成】

開発・実証部分

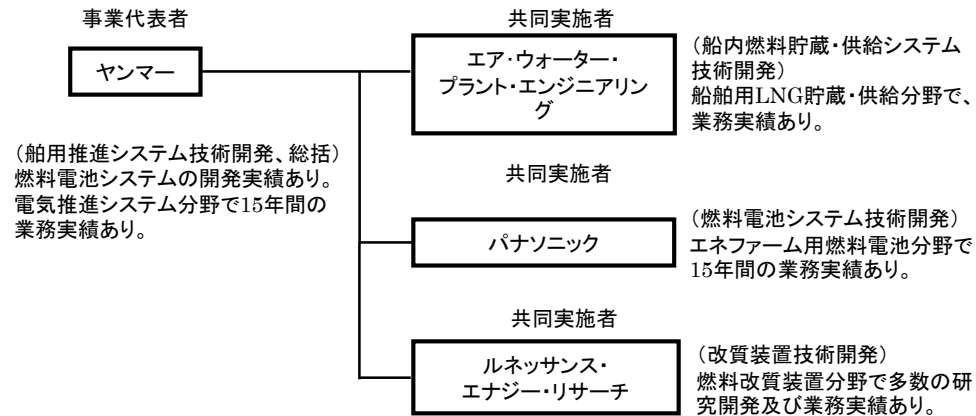


④【技術開発の目標・リスク】

- 想定ユーザ・利用価値: 内航船、CO2削減、低エミッション、低騒音、低振動
- 目標となる仕様及び性能: 船用複合システムの統合制御技術の確立
- 開発工程のリスク・対応策: リスクは負荷変動に対する追従性、対応策は電力シミュレーションにより統合制御技術の確立をめざす

(2)実施計画等

①【実施体制】



②【実施スケジュール】

※補助対象は、船用複合システム関連のみ

実施項目	平成28年度	平成29年度	平成30年度
船用燃料電池システム及び改質装置の開発・実証	65百万円	79百万円	
LNG貯蔵・供給装置の開発・実証	7百万円	38百万円	
船用ガスエンジンの開発・実証	3百万円	26百万円	
船用ガスヒートポンプの実証			
全体複合システムの統合制御技術の開発・実証	4百万円	25百万円	
全体複合システムの統合陸上試験			44.6百万円
全体複合システムの信頼性・安全性確立のための開発・実証	2百万円	4百万円	
合計	81百万円	172百万円	44.6百万円

※ H30年度計画は、H29年度中間評価会における変更分を記載

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者	ヤンマー株式会社
--------------	----------

- ・2020年度には実用化の目途(技術確立)
- ・その後の計画については未定(コスト、採算性などの検討が必要)

○事業展開における普及の見込み

- ・導入コスト、運用コストについては、技術確立の目途がたち、市場動向から判断したい。

○年度別販売見込み

- ・目標販売台数は事業計画時とし、日本でのシェア率と弊社のシェア率から予測

年度	2020	2022	2025	2030
目標販売台数(台)	56	74	91	112
目標累積販売台数(台)	56	196	453	993
目標販売価格(円/台)	3000万円	3000万円	3000万円	3000万円

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・船級や各省規制の更なる規制緩和が必要
- ・LNG供給のインフラ整備が必要
- ・燃料電池システムのコストが高く、普及の為には補助金等の後押しが必要

④【エネルギー起源CO2削減効果】

開発品(装置/システム)1台当たりのCO2削減量(t-CO2/年・隻)	196.4 t
-------------------------------------	---------

年度	2020	2022	2025	2030
CO2 削減量(万t-CO2/年)	5.1	8.5	14.8	28.1
累積CO2 削減量(万t-CO2)	5.1	20.3	58.3	171.4
CO2 削減コスト(円/t-CO2) (2020年度は不要)		731	255	87

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・CO2排出量:▲29%、NOx排出量:▲80%、Sox・PM排出量:ゼロ、システム総合発電効率≥40%、システム出力:≥420kWの船用複合システムを開発した。
- ・ハードウェア/ソフトウェアともに船用規格に準拠した設計を元に製作し、船用ガスエンジンに求められる性能を確認した。
- ・船用用途に適した触媒を有する改質装置を開発・製作し、1時間以内の起動完了とCO10ppm以下の安定運転を確認した。
- ・定置用スタックに対して船用規格に準拠したシステム設計を適用し、さらに出力アップを実施した結果、船用対応を実現するとともに目標の出力、セル電圧を確認することができた。
- ・ガスエンジン発電機、改質燃料電池、蓄電池からなる複合システムに対して、負荷変動抑制制御をメインとした電力マネジメント制御を構築し、実機にて定常動作を確認した。
- ・バンカリング方式についての検討を行い、ランニングコストや安全面からTruck to Ship方式が最も適していることが分かった。
- ・LNG燃料用蒸発器を小型化するため、温水循環式とし、さらにマイクロチャネル型熱交換器を使用する設計を適用した。
- ・船舶として規格準拠が困難な項目について、ガスバント出口における排出ガスの大気拡散シミュレーションを実施した結果、爆発下限界以上のガス濃度が生じる範囲を限定することができた。
- ・シミュレーション結果や運航ルート、旅客人員等を条件に、複合システム搭載船の一般配置図を作成した。船用規格やメンテナンスを考慮し、実船建造可能なレベルの船体設計を完了させた。

②【CO2削減効果】

○2020年時点の削減効果 (試算方法パターン B-b, II-i)

- ・2020年に期待されるLNG燃料船の国内外導入隻数:1,470隻(*1)
- ・右記システム船1隻当たりのCO2削減量:196トン/年(*2)
〔従来型ディーゼル船1隻当たりのCO2排出量:679トン/年
船用複合システム船1隻当たりのCO2排出量:483トン/年
GHP採用によるCO2削減量:55トン/年〕
- ・国内年間CO2削減量:約2.9万トン-CO2 (*3)

○2022年時点の削減効果 (試算方法パターン B-b, II-i)

- ・2022年に期待されるLNG燃料船の国内外導入隻数:2,200隻(*1)
- ・右記システム船1隻当たりのCO2削減量:196トン/年(*2)
〔従来型ディーゼル船1隻当たりのCO2排出量:679トン/年
船用複合システム船1隻当たりのCO2排出量:483トン/年
GHP採用によるCO2削減量:55トン/年〕
- ・国内年間CO2削減量:約4.3万トン-CO2 (*3)

○2030年時点の削減効果

(試算方法パターン B-b, II-i)

- ・2030年に期待されるLNG燃料船の国内外導入隻数:7,200隻(*1)
- ・右記システム船1隻当たりのCO2削減量:196トン/年(*2)
〔従来型ディーゼル船1隻当たりのCO2排出量:679トン/年
船用複合システム船1隻当たりのCO2排出量:483トン/年
GHP採用によるCO2削減量:55トン/年〕
- ・国内年間CO2削減量:約14.1万トン-CO2(*3)

※ 1:「LNG燃料船の建造需要予測(2012-2024年)調査」(日本船舶輸出組合ほか)の中成長予測データを基に作成。

※ 2: 船全長40メートル、160総トンクラスの従来型ディーゼル船のCO2排出量として、240kW主機1基、112kW補機1基を毎日8時間運転したと仮定して試算。

※ 3: 日本船主協会ホームページによる世界商船隻数に占める日本内航船隻数の割合(約10%)で試算。

③【成果発表状況】

- ・『燃料電池船の開発への取り組み』、FC EXPO 2018 水素・燃料電池展専門技術セミナー、2018年5月2日、東京
- ・『Development of hybrid electricity supply system using LNG reforming and fuel cell』、GASTECH 2018 Hydrogen Session, 17th September 2018, BARCELONA SPAIN

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- ・2020年までに、船用高速ガスエンジンを2隻へ搭載・商用運航
- ・2025年までに、燃料電池を含めた複合システム搭載船の商用運航を開始

○事業拡大シナリオ

年度	2020	2022	2025	2030
船用ガスエンジン	搭載船2隻の商用運航	搭載船3隻の商用運航	複合システム搭載船の商用運航開始	システムの商品ラインナップ拡充
燃料電池	大出力燃料電池の検討	搭載船1隻のモニタ運航		
複合システム	引合作業	搭載船1隻のモニタ運航		

○シナリオ実現上の課題

- ・ガスエンジン普及のためには、LNG自身のコスト低減、及びインフラ設備と関連機器のコスト低減が必須である。
- ・船用燃料電池普及のためには、燃料電池に適した規格の制定、及び燃料電池の出力密度の向上(コンパクト化)、並びにスタック、関連機器のコスト低減が必要である。

○参考資料

【実施計画におけるCO2削減効果の計算方法について】

実用化・製品化され普及した場合の、2020年におけるエネルギー起源CO2の削減効果

本提案のLNG燃料を使用した船用複合システム船によるCO2削減効果を、160総トン（全長40メートル）クラスの従来型ディーゼル船と比較すると

【従来型ディーゼル船】

ディーゼル主機平均負荷240kw（燃料消費率:208g/kwh）／ディーゼル補機平均負荷112kw（燃料消費率:230g/kwh）

稼働時間:8hr／日、350日／年

A重油: 比重-0.8556 発熱量-39.1GJ/kl* C排出係数-0.0189tC/GJ *

1隻あたりのCO2排出量 671.1 t／年・隻

【船用複合システム船】

ガスエンジン平均負荷249kw（熱効率:39.0%）／100kW燃料電池（熱効率:45.0%）

稼働時間:8hr／日、350日／年

LNG: 発熱量-54.6GJ/t* C排出係数-0.0135tC/GJ *

1隻あたりのCO2排出量 474.7 t／年・隻

【CO2排出削減量】 196.4 t／年・隻

*「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」（環境省）より

(1) 本提案の船用複合システム船の普及に伴うCO2排出量削減効果予測

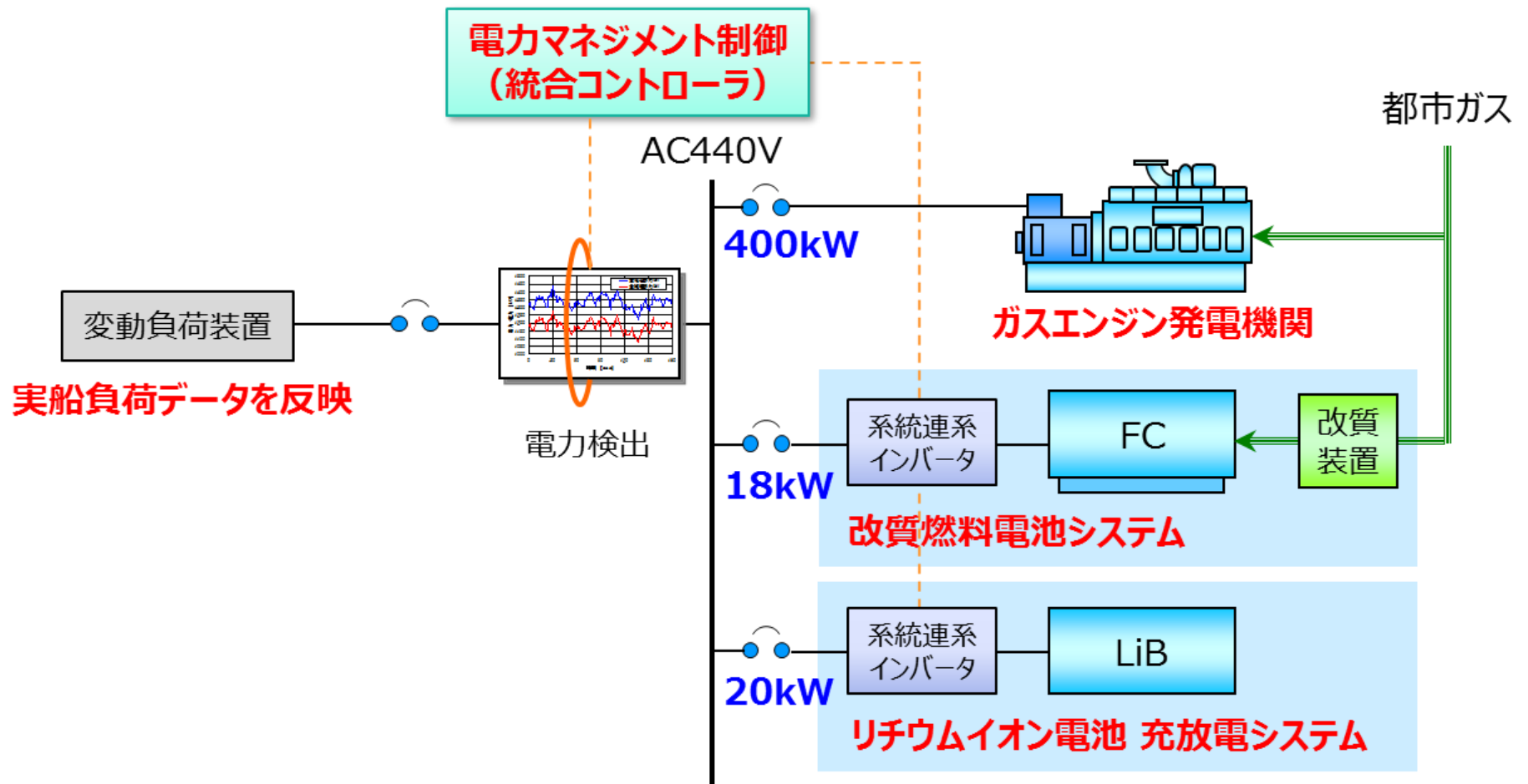
「LNG燃料船の建造需要予測（2012-2024年）」に基づくLNG船の世界導入数予測と、日本シェアを10%と仮定（日本船主協会HPより）した時の国内年間CO2排出削減量の見積り

年次	LNG燃料船導入数（世界）	LNG燃料船導入数（日本）	国内年間CO2排出削減量
2020	2590	259	5.1 万t
2022	4341	434	8.5 万t
2025	7550	755	14.8 万t
2030	14300	1430	28.1 万t

○参考資料

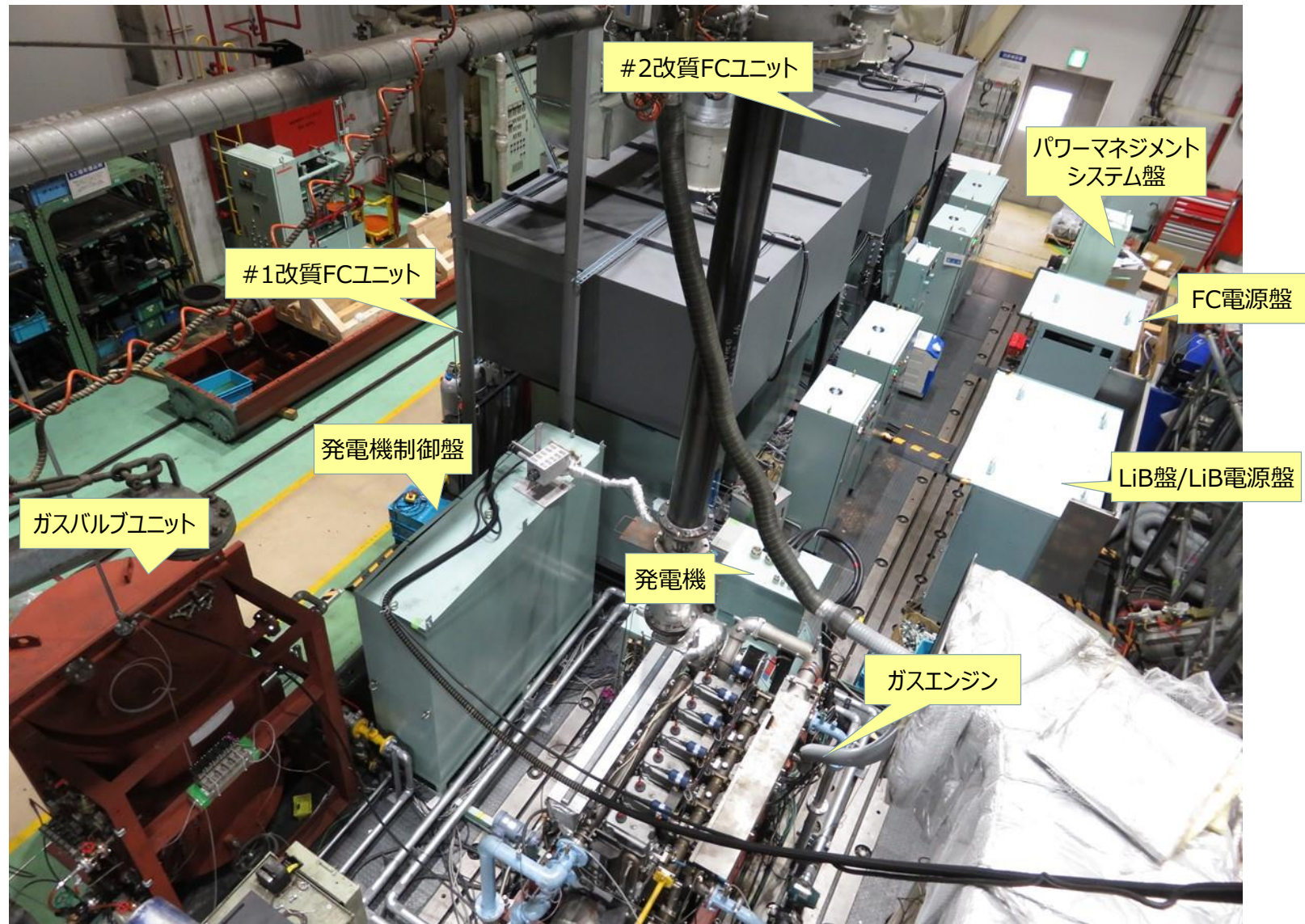
【陸上試験システム システム構成図】

ガスエンジン発電機、改質燃料電池システム、及びLiBを電力源とし、変動負荷装置により推進負荷と船内負荷を模擬した構成である。



○参考資料

【陸上試験システム 全体構成(1)】



○参考資料

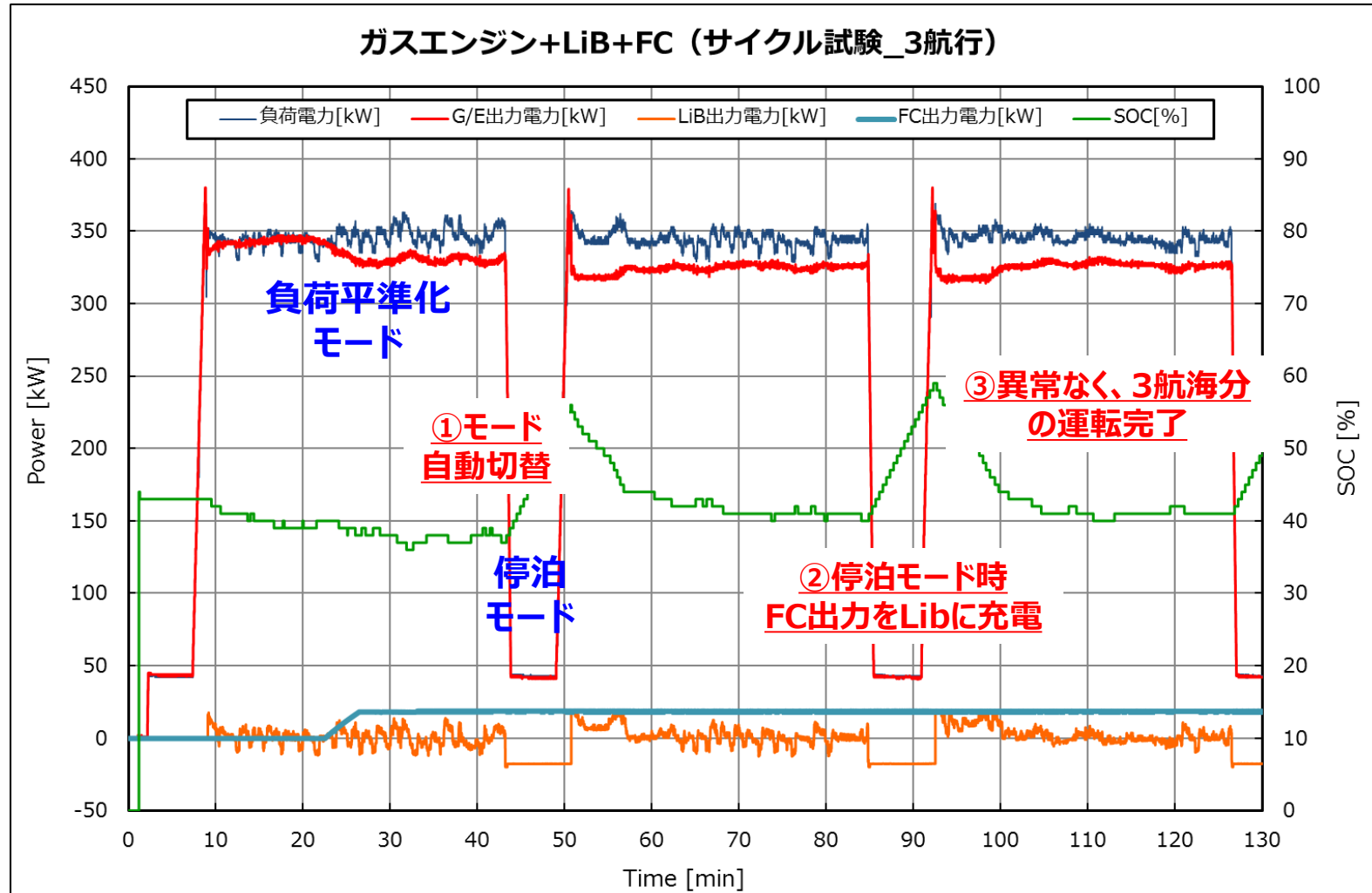
【陸上試験システム 全体構成(2)】



○参考資料

【ガスエンジン+LiB+FCの連系試験結果】

浅草～お台場までの航路を模擬し、ガスエンジン+LiB+FCの連携試験を行った。
その結果、負荷平準化モード、停泊モードの両モードにおける定常な動作を確認した。



○参考資料

【CO2削減効果】

- 2020年、2025年段階で期待されるCO2削減効果は下記の通りとなる。
 - 2020年：従来艇と比較して▲約20%/隻・年
 - 2025年：従来艇と比較して▲約30%/隻・年

項目	従来D/E船				ガス専焼エンジン船 (2020年)				LNG複合システム船 (2025年)			
状態	航行時		停泊時		航行時		停泊時		航行時		停泊時	
機関	主機関	補機関	主機関	補機関	G/E	G/E	G/E	G/E	G/E	FC	G/E	FC
定格出力 (kW)	456	80	456	80	400	400	400	400	400	100	0	100
負荷率 (%)	66	75	5	75	45	45	7.5	7.5	75	60	0	60
平均出力 (kW)	301	60	23	60	180	180	30	30	300	60	0	60
効率(%)	38.7	37.5	28.1	37.5	38.0	38.0	10.0	10.0	40.5	43.6	0	43.6
消費燃料 エネルギー (kW-LHV)	778	160	81	160	474	474	300	300	741	138	0	138
運転時間 (hr/day)	9.3		1.3		9.3		1.3		9.3		1.3	
消費燃料 エネルギー (kWh-LHV)	9078				9642				8381			
CO2原単位 (kg/kWh)	0.26				0.20				0.20			
CO2排出量 (kg/day)	2387				1911				1661			
CO2排出量 削減比	0% (比較基準)				▲19.9%				▲30.4%			

CO₂排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

▪ 評価点 6.0点（10点満点中）

▪ 評価コメント

〔評価された点〕

- ― 船舶からのCO₂排出削減を図るため、船舶に適用可能な信頼性・耐久性を持つガスエンジン発電機関や燃料電池システム等船舶複合システムを開発し、所期の技術的目標を達成している点、事業展開における導入コストや運用コストの推定がなされている点は評価できる。

〔今後の課題〕

- ― 本複合システムとしての総合的な利点、実際の船舶への搭載性、低負荷域での適用についてさらに明確にし、本提案方式の優位性の検証を引き続き進めていく必要がある。その上で、本システムを採用する利用者を確実に見出して普及の目途を付ける必要がある。
- ― 船舶用燃料電池の普及のため、出力とコスト両面での向上の可能性を検討することが望まれる。
- ― 開発成果の積極的な外部発表に努めること。また、積極的な特許出願も望まれる。

〔その他特記事項〕

（なし）