

船舶用水素ディーゼル混焼エンジン取り組みについて

Initiatives to develop hydrogen-diesel dual-fuel marine engines

ジャパンハイドロ（株） 山口 聡
JPNH2ydro CO.,LTD. Satoshi Yamaguchi

1. 概要

2021年に竣工した世界初となる水素燃料旅客船「Hydro BINGO（ハイドロびんご）」※1に搭載されている水素、ディーゼル混焼エンジンの概要と今後の水素エンジン関連プロジェクトのロードマップについて。また日本国内での水素ステーション併設エンジン開発 R&D センターによる水素エンジン開発についての取り組み内容のご紹介。

2. 水素エンジン取り組み内容

ジャパンハイドロでは3段階のステップにて日本国内における水素エンジン開発を取り組み中である。〈Fig 1〉
STEP 1 としては既に世界初の水素混焼エンジン搭載旅客船 HydroBINGO を竣工し2021年から実証実験を開始中である。

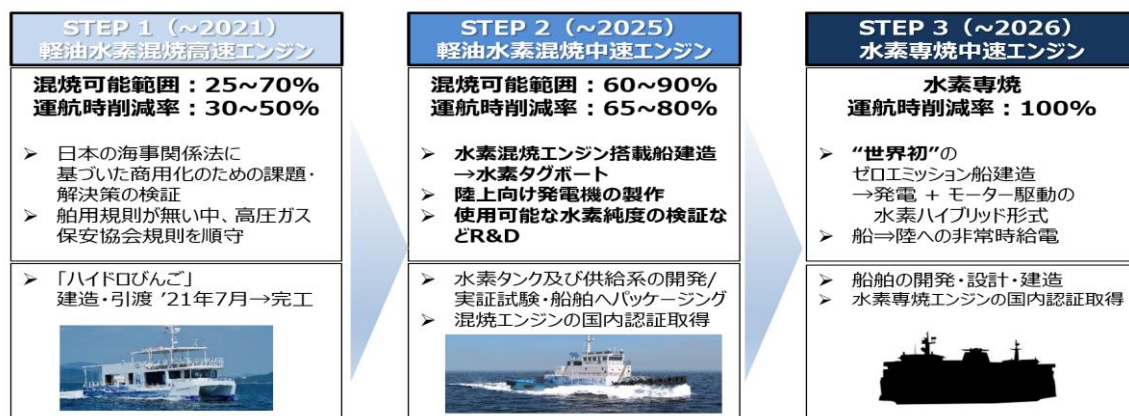


Fig. 1 Japan Hydro development steps

また、エンジン開発だけでなく、水素供給施設を併設することによる以下のような3つの社会的課題についても解決することを目的としている。〈Fig 2〉

- 国内水素インフラの進展(副生水素はじめ供給量やバンカリング整備)
- 船主や運航者にとっての経済性(CAPEX/OPEX など採算性確保)
- 船舶の安定運航(いざという時の“Return to Home” 策の担保等)

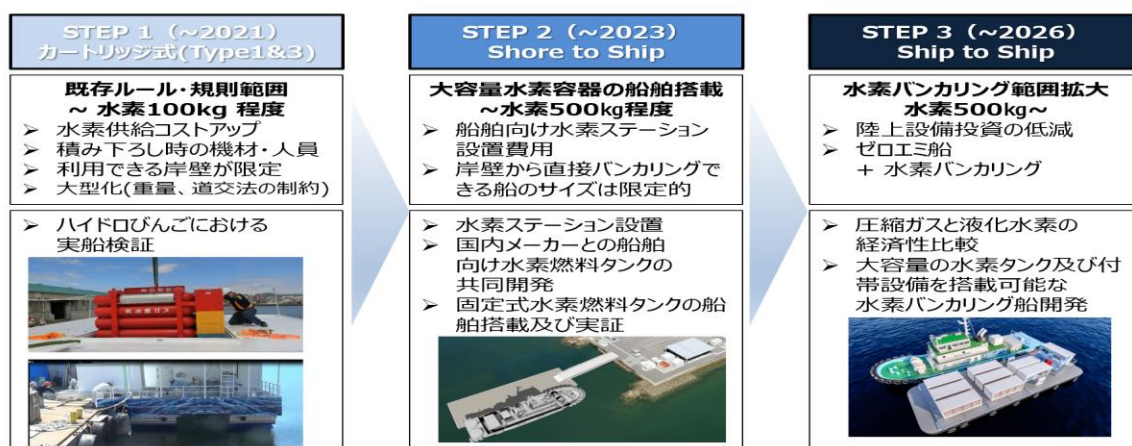


Fig. 2 Hydrogen Bunkering Initiatives

3. 水素混焼エンジンの基本原理

HydroBINGO で実証実験中の水素混焼エンジンの技術紹介の説明が Fig.3 となる。

4 ストロークディーゼルエンジンを基本としておりインテークマニホールドから気体である水素の噴射を行い、従来のディーゼル噴射を火種とすることで水素混焼を実現している。

- 1) 吸入行程中に吸気ポートから水素噴射
- 2) 圧縮工程中に水素がさらに均一で均質な混合となる
- 3) 上死点の直前に少量のパイロット燃料(ディーゼル)が燃焼室内に噴射される
- 4) ディーゼルは(高温高压のため)自動的に発火し、すべての H2 と共に燃焼してパワー行程中にピストンを押し下げる
- 5) 排気ガス中の NOx と CO2 の排出量が少なくなります。

上記のような混焼プロセスにおいて水素燃焼時にベースのディーゼルエンジンの各種燃焼パラメータや排出ガス成分が改造前のディーゼルエンジン同等もしくはそれ以下になるようにエンジン制御パラメータを適合している。

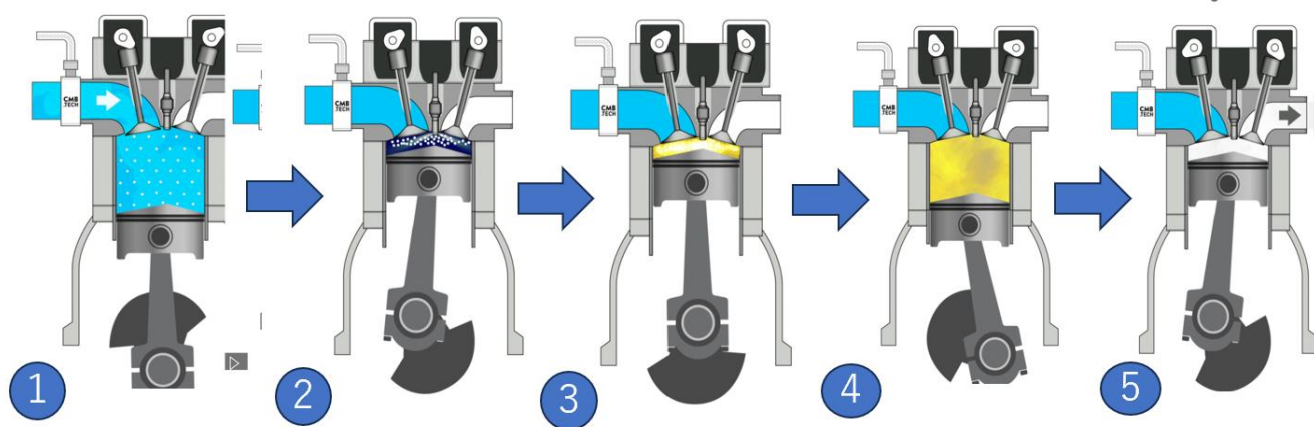


Fig 3 H2 dual fuel technology

4. 主要部品の構造

水素噴射関連の部品については量産型のディーゼルエンジン側の改造範囲が最小限になるように、Fig. 4 のようなインテークマニホールドの部品を追加することで水素インジェクターおよび関連システム部品を搭載している。

サーマルスイッチはエンジンからのバックファイアを防ぎます。また圧力センサと温度センサは水素噴射量の算出を行います。このように既存ディーゼルエンジンのハードウェア部品の変更はほとんど必要なく大規模な再開発なしでディーゼル燃焼エンジンの信頼性を活用できます。

また水素漏洩対策については二重配管などによる漏洩時のリスク対応、圧力センサによる漏洩監視などリスク対応を十分に対策することで船舶認証取得を可能としている。

5. 今後の課題

今後の開発課題としては以下の4つが考えられる。

- 1) 水素混焼時の異常燃焼時の原因と対策
- 2) 水素混焼エンジンの混焼率向上
- 3) 水素専焼エンジンの実証実験と課題抽出
- 4) 水素燃焼時の各種部品やシステムへの影響

特に4)の水素エンジン燃焼時における部品、オイル、ブローバイガスへの影響検証については今後、部品サプライヤー様、計測器メーカー様との提携、共同開発などが必要と考える。



Fig 4 H2 dual fuel – Injection manifold

6. まとめ、海運におけるゼロエミッションの実現を目指して

今後の取り組みとして以下のプロジェクトを推進中である。

1) 水素燃料タグボート

大出力の水素エンジンや大容量の高圧ガス貯蔵並びに供給システムを船舶で安全に運用するための課題を整理することを目的として、水素混焼エンジンを搭載したタグボートを開発中です。水素供給インフラの整備段階においても安定して使用することが可能な船舶です。タグボートは船の大きさからは想像もできないほどの高出力なエンジンを載せています。今回の開発ではタグボートから排出される CO₂ 排出量を従来のエンジンに比べ、最大 80%削減することを目指しています。現在は常石造船において 2025 年後半の竣工を目指して建造を進めています。

2) 水素エンジン発電機

ゼロエミッション船には、複数の水素専焼エンジンを発電機と組み合わせた電気推進を採用します。まずは陸上で使用できる発電装置セットを開発することで、船舶に搭載する前に専焼エンジンの試運転と課題整理を行います。現在はエンジンの製造と発電機セットの設計、各種規制への対応に取り組んでいます。

3) 水素エンジン研究開発センター

水素エンジンの更なる性能向上や様々な環境規制への適合の確認を実施するために、排気ガス分析・燃焼解析装置などの計測機器を備えたエンジンテストベンチを有する研究開発センターを 2024 年 9 月 4 日に開設しました。同センターでは船舶への水素ガス供給が可能な水素ステーションの建設も並行して行っており、水素ステーションは 2025 年前半の竣工を予定しています。