

## CONTENTS—目次

液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」の開発と将来展望

川崎重工業株式会社 液化水素運搬船開発部  
特別主席 村岸 治……………1～2

株式会社三ツ星～水中機器用フロートケーブルの紹介～

株式会社三ツ星 技術開発センター ……………3～4

## 液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」の開発と将来展望

川崎重工業株式会社 液化水素運搬船開発部 特別主席 むらぎし おさむ  
村岸 治

### 1. カーボンニュートラルに向けて

2015年の国連気候変動枠組条約 COP21 (パリ協定) にて、低炭素から脱炭素へのシフトが目標とされ、我が国や先進国では2050年までに二酸化炭素(以下 CO<sub>2</sub>) の排出量を実質ゼロとするカーボンニュートラルの実現が目標と定められた。

水素は、燃焼時に CO<sub>2</sub> を排出しないので上記目標達成への鍵になると同時に、化石燃料、バイオマス

などの改質や工業プロセスからの副産物、自然エネルギーによる水電気分解など様々なエネルギー源から製造が可能のため、海外の豊富な資源からの調達や融通が可能になる。

「すいそ ふろんていあ」は海外で生産された水素を液化した状態で輸送することを実証するために開発し建造された。

### 2. CO<sub>2</sub>フリー水素サプライチェーンのコンセプト

水素は様々な国の資源から調達できるため、我が国のエネルギーセキュリティを担保すると期待される。CO<sub>2</sub>フリー水素サプライチェーンでは、豪州に豊富に賦存し安価な褐炭から製造した水素ガスを冷却液化することにより体積を800分の1にし、利用国である我が国に輸送し産業利用することを想定している(図1)。本船は水素チェーン実現で目指す「つくる」「はこぶ・ためる」「つかう」の各シーンのうち、「はこぶ」を実現した。

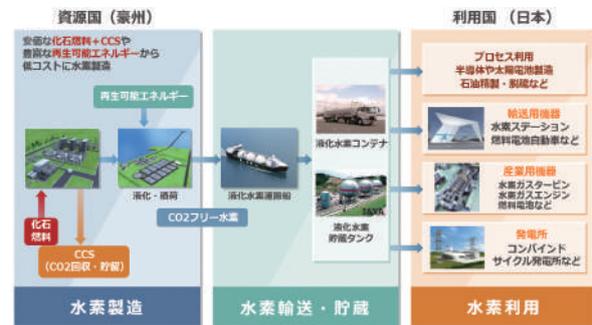


図1 日豪CO<sub>2</sub>フリー水素サプライチェーン

### 3. 液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」の開発

#### 3.1 船体

本船はLNG内航船の船型をベースに、円筒型横置き貨物タンクが前後に2基搭載できるように設計され、さらに外洋を航行できるように船長を長くし116mとした。前後に配置するホールドのうち前方のホールドに容量1,250m<sup>3</sup>のタンクを1基搭載した(図2)。



図2 液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」

#### 3.2 貨物タンク

貨物タンクには貯槽時の圧力状態により常圧式と蓄圧式がある。本船のタンクサイズでは蓄圧式を採用している。航行中の入熱による水素の蒸発を圧力を保持することでタンクの外へ水素ガスを出さない方式である。

液化水素は沸点が-253℃とLNGよりも90℃も低いため、およそ10倍の断熱性能が必要となる。侵入熱を極限まで抑えるため、伝熱の基本3形態の対流、ふく射、伝導のそれぞれに対応した。対流に対しては二重殻構造を採用し、二重殻の間を真空とした。内槽が外槽から受けるふく射に対しては、積層断熱材というアルミ蒸着を施した樹脂フィルムを内槽表面に巻くことで電磁波反射により断熱させた。内槽は外槽内に安定して支持される必要があるが、支持構造の固体伝導伝熱は大きくなる。そこで強度に比べて熱伝導が小さいガラス繊維強化プラスチック(GFRP)を使った支持構造を採用した。

これにより航行中の蓄圧が可能な性能を実現した(図3)。

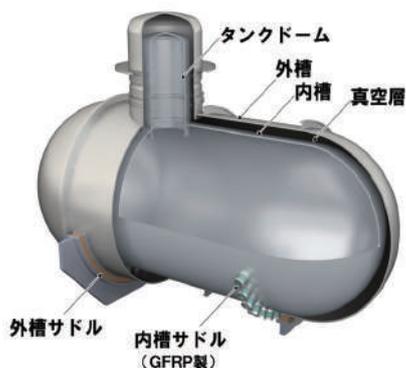


図3 蓄圧式貨物タンク

### 3.3 安全性確保への取り組み

液化ガスを輸送する船舶の設計製造には、国際海事機関IMO (International Maritime Organization) により採択された「液化ガスのばら積み運送のため

の船舶の構造および設備に関する国際規則(通称IGCコード<sup>1)</sup>)に準拠することが要求されている。しかし、現用のIGCコードでの貨物はLPGやLNGなどを対象としており、液化水素は対象とされていない。このため、IMOは日豪による共同提案を承認する形で日豪間の液化水素の海上輸送に対する「暫定勧告<sup>2)</sup>」を発行した。さらに、(財)日本海事協会(ClassNK)がIMO暫定勧告をベースに、各項目をより具体的な要件として規定し、思想および事故シナリオからの要件を補完した「液化水素運搬船ガイドライン<sup>3)</sup>」を発行しており、これにも準拠することで高い安全性を確保させた。

液化水素や水素ガスをハンドリングする船上の貨物機器はほとんどが開発品となった。液化水素を貨物として取り扱う上で、各機器と操作に関してHAZID、HAZOP、FMEA、Bow-tieなどの専門的な分析手法を用いたリスクアセスメントを海上技術安全研究所のご指導の下、造船所、船主、船級協会、メーカーの協力を得て実施した。

## 4. 実証への取り組み

### 4.1 建造

2019年12月に約4,000名の来場者の下、弊社神戸工場で命名・進水式が行われ、2020年3月には、播磨工場で製造された貨物タンクを搭載した(図4)。



図4 「すいそ ぶろんていあ」への貨物タンクの搭載

高断熱の荷役実現のため、真空構造の配管(真空二重配管、真空ジャケット付弁、バイヨネット接手)などを採用し、本船は完成した。2021年6月から、神戸空港島に建設した液化水素荷役実証ターミナル「Hy touch 神戸」にて約4ヶ月間の荷役オペレーションを検証した(図5)。9月には、液化水素満載による近海試験航海を行い、20日間以上の蓄圧性能を実証した(図6)。

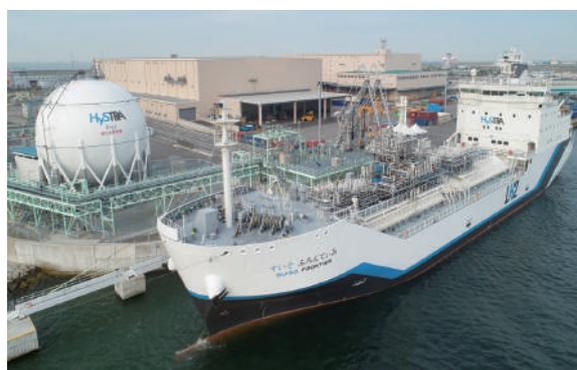


図5 Hy touch 神戸での荷役実証

### 4.2 輸送実証

2021年12月、本船は豪州へ向けて神戸を出発し2022年1月20日に豪州に到着した。豪州産液化水素を搭載し2022年2月25日に神戸に帰港した。



図6 液化水素満載による近海試験航海

## 5. 将来展望

本船は、供給国と消費国間で大量の液化水素を安全に安定して輸送実証する目的で建造された。今後は、荷役や運航に関するデータの蓄積により、大型船開発、荷役基地・水素流通インフラ整備への推進力になり、次世代エネルギーの需要供給システムの構築の上で海事クラスターでの産業振興に貢献するものと期待される。

2020年代後半には商用化の成立を見極めるべく機器の大型化と水素チェーンの社会実装が日本を起点

として実証される計画である。2030年代には、欧州等の海外で順次展開される水素チェーンへの立ち上がりにより、年間20~30万トンの液化水素輸送が必要となり、海上輸送ビジネスが成立すると予想される。さらに、2050年代には水素による脱炭素化を日本がリードし、年間900万トンの液化水素輸送需要が予測されている。これらの需要に応えるべく、現在弊社では16万m<sup>3</sup>の液化水素を搭載できる大型船を開発、設計中である。

最後に、当実証事業は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 助成事業「未利用褐炭由来水素大規模海上輸送サプライチェーン

構築実証事業」の一環として実施しており、ここに感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) Resolution MSC.370 (93) Amendments to the International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk, IMO (IGC Code) (2014)
- 2) Resolution MSC.420 (97) Interim Recommendations for Carriage of Liquefied Hydrogen in Bulk, IMO (2016)
- 3) 液化水素運搬船ガイドライン, 日本海事協会 (2017)

## 株式会社三ツ星～水中機器用フロートケーブルの紹介～

株式会社三ツ星 技術開発センター

### 1. はじめに

株式会社三ツ星 (本社：大阪市、社長：青木邦博) は1919年 (大正8) 年創業、1947年 (昭和22年) 設立の電線メーカーです。

主力製品は、工場や工事現場などで使用される柔軟で断線しにくく、通電状態のまま移動可能なキャブタイヤケーブル (※)、汎用品からクレーン等の産業用機械に使用されるケーブルまで多種多様なラインナップを取り揃えています。



写真1 キャブタイヤケーブルの一例

※キャブタイヤケーブルとは辻馬車 (cab) の車輪 (tire) のように丈夫な外装で被覆されていることが由来。

### 2. 水中機器用フロートケーブル

ケーブルを水に浮かせる方法として、ケーブルにブイ (浮き) を一定間隔で取付ける等が一般的でしたが、作業工数と運用の手間、その他メンテナンスコストがかかってしまうことが課題でした。

そこで、通常のケーブルを発泡被覆材で覆い、ケーブルそのものに浮力性を持たせる発想で開発した商品が「水中機器用フロートケーブル」です。材質には、軟質塩化ビニル発泡材を採用し、フロート色として、海上での視認性を高めたイエロー、使用場所の景観を考慮したブルー、汚れが目立ちにくいブラックと計3色をご用意しております。特に、本素材は、軽く、頑丈で、柔軟性に富み、ケーブルが水に浮くのはもちろんのこと、水や海水による被覆材への加水分解はほとんど無く、浮力調整や使用環境に応じた外径調整も簡易に対応可能です。

これらの特徴をアピールして、PVC Award (塩ビ工業・環境協会、日本ビニル工業会、日本ビニル商業連合会、日本プラスチック製品加工組合連合会の共同主催) に出品し、準大賞を受賞致しました。本コンテストはPVC (塩ビ素材) の優れた特性を活

かすと共に、生活の利便性向上や、リサイクル・防災・安全など環境や社会に貢献する製品の発掘を目指しており、今回のテーマ「生活を豊かにするPVC製品」では、弾力性、耐久性など軟質PVC発泡体の特徴が活かされ、ケーブル保護の機能がある点が、PVC市場における新たな用途展開として高く評価されました。



写真2 PVC Award 2021 展示会場風景 (GOOD DESIGN MARUNOUCHIにて)

### 3. 石川県穴水町穴水湾フィールド実験

2021年12月、能登半島先端の石川県の穴水湾にて、フロートケーブルのフィールド実験を行いました。

実際、海中においては、ケーブルが水に浮くことにより水中機器の動作がスムーズになるだけでなく、ケーブルの絡まり等が無くなり、展開・収納もスムーズに行えることを実証テストにて確認することが出来ました。



写真3 フロートケーブルフィールド実験風景

#### 4. 導入事例

導入事例として、プールのお掃除ロボット用給電ケーブルでは、当社の耐屈曲性ケーブルを選定され、フロート化しました。その結果、縦横無尽に移動しても断線のトラブルなく、耐久性が向上したと高評価を得ました。

また、水中ポンプや水中産業機械(水中バックホウ等)の給電ケーブルでは、ブイを紐で結んで取付ける作業が不要となっただけでなく、使用後はブイを取り外してドラムに収納する手間がなくなって、施工性が向上したことにより、もう元に戻れないという声を頂いております。

そして、現場で作業を行う潜水士の方々からは、水中溶接用フロートケーブルを採用することにより、水底でのトラブル(具体的には岩礁とのこすれによるシースのキズ)の解消又肩に担いで移動する負担が軽減され、作業性が向上したと伺っております。

他にも、ケーブル以外のフロート化にも取り組んでおります。具体的には、養殖場での作業機器に使用する高圧ホースや水中油圧機器(切断機等)に使用される油圧ホース等のフロート化においても、この技術を活かして実績を上げています。



写真4 水中溶接用フロートケーブル作業風景

#### 5. 新技術情報提供システム (NETIS) 登録

2022年1月、水中機器用フロートケーブルの性能と利便性が公共工事等で活用できると評価され、国土交通省のデータベースである新技術情報提供システム (NETIS) に登録(登録 No: KK-210070-A) されました。

実際、ダムやため池、公園の噴水等に使用する水中ポンプにおいて、ポンプ発電機間の給電ケーブルをフロートケーブル化する案件が、お陰様で増えております。

#### 6. 終わりに

当社は、これまでの「水」関連分野の強みを活かし、2021年11月、港湾や海洋・河川分野に特化した研究組織「アクアラボ」を立ち上げました。今後、この分野へ一層力を入れ、自然災害に備えた防災工事や復旧工事、洋上風力発電、ダムの点検や補修、養殖場で使用する水中機器などで活躍する付加価値の高い商品を提案して参ります。

本プロジェクトの一環として、海の問題に取り組む高等専門学校に水中機器用フロートケーブルを提供(写真5)しております。長い歴史と技術、そしてノウハウを持つメーカーとして、未来ある若者たちの挑戦を少しでも応援できればと思います。

更に当社の取組みをより多くの方に知って頂き、お客様がより安全でかつ効率的な現場にできるよう

に商材をご提供できれば幸いです。

これからも株式会社三ツ星を、どうぞよろしく願います。



写真5 高等専門学校に提供している水中フロートケーブルの実証実験風景

#### 参考文献

- 1) PVCnewsNo.115号
- 2) Development of Underwater SmallCultivating Robot "EXPLOWER", Masayoshi OZAWA, Kobe City College of Technology, No.22-2 Proceedings of the 2022 JSME,Conference on Robotics and Mechatronics, Sapporo, Japan, June 1-4, 2022

#### 編集室から

ウクライナにロシアが侵攻して1年がたつ。化石燃料の高騰による物価上昇が世界を襲っている。世界経済には大ダメージであるが、見方を変えれば脱炭素に向けたエネルギー転換への強風にも思える。本誌で紹介した水素利用も含め、再生可能エネルギーのコスト競争力が相対的に増すことは間違いない。洋上風力だけではなく、波力や潮力、海洋温度差など、海洋再生可能エネルギーにとっての大きな追い風とならないか。(塚)

#### Techno-Ocean News No.84 2023年3月発行(年4回)

発行: テクノオーシャン・ネットワーク (TON)

〒650-0046 神戸市中央区港島中町6丁目9-1

(一財) 神戸観光局内

☎078-303-0029 ☎078-302-6475

URL: <https://www.techno-ocean.com>

e-mail: [techno-ocean@kcva.or.jp](mailto:techno-ocean@kcva.or.jp)