

## ■冷凍部会だより

第5回冷凍部会例会は毎年恒例の環境・安全委員会との合同ワーキングとして、昨今注目されている「水素」をテーマに2024年12月10日（火）に川崎重工業(株)東京本社においてハイブリッド形式で開催された。

講演件数は3件で構成され、参加者数は対面31名、リモート11名の計42名と多くの方にご参加いただいた。

1件目は寺尾 悠 氏（東京大学）から「液体水素を利用した超電導回転機技術」のタイトルで、ご自身の研究も含めた最新の超電導回転機技術について以下の内容でご講演いただいた。

1. 水素と回転機技術
2. プラントへの応用
3. 自動車への応用
4. ロケットへの応用
5. おわりに

1.水素と回転機技術ではタービン発電機の冷却方法の主な冷却手法の紹介からはじまり、水素冷却は特に効率が高く、歴史も長く親和性があり、高圧の冷却媒体で使用されていることとその特徴をコンパクトに説明され、液体水素利用の回転機の活躍が大いに期待できる旨のバックグラウンドが説明された。また、液体水素に使用するポンプの種類とその用途についても説明され、例として、JAXAのLE-5 ロケットエンジンのターボポンプやトヨタの液体水素GRカラーラの燃料ポンプが挙げられ、最先端の技術が紹介された。

2.プラントへの応用においては、超電導技術を用いることでポンプシステムの高効率化と高信頼性が期待されていることがあげられ、液体水素ポンプシステムの開発例として、三菱重工や荏原製作所などが開発中の液体水素ポンプシステムの様々な実用例も紹介されこちらも開発の将来展望に大いに期待が持てる内容であった。

3.自動車への応用では、自動車における超電導回転機技術を更に深掘りしたお話をいただいた。水素とガソリンの爆発安全に対する認識の紹介から始まり、BMW、武蔵工大(現東京都市大)、トヨタ自動車における具体的な開発事例が紹介され実際の開発状況をうかがい知ることが出来た。また、ポンプに用いられる超電導モータの設計コンセプトや巻き線材料及びその重量検討や連続運転時間の具体的な検討なども紹介された。

4.ロケットの応用では、開発中の液体燃料ターボポンプや現用ロケットの液体燃料供給システム、併せて紙面には書けない興味深い事例を動画と併せてご紹介いただいたが、ご自身が研究中のロケットにおける超電導モータ導入や積層超伝導体による超電導磁気軸受の利点や設計ポイントなどを中心にご紹介いただいた。

全体を通して液体水素を利用した超電導回転機技術をコ

ンパクトに網羅した私のような水素初学者でも理解しやすいととてもよくまとめられた講演だった。一概に超電導回転機技術と言っても宇宙工学用と自動車・プラント用またその用途によって要求される耐久性が桁違いに違いその開発が一筋縄ではいかないことも良く理解でき、開発されている方々も大いにヒントを得られたのではないかと思われる。



Fig.1 寺尾氏による講演の様子

2,3件目の講演は、神谷 祥二 氏（川崎重工業）より「水素関連安全規制の国内外の動向（国内編）」と「水素関連安全規制の国内外の動向（海外事例紹介）」を、以下内容でご講演いただいた。

1. まえがき
2. 国内の水素安全性規制の動向
  - 2.1 水素社会推進法
  - 2.2 FCV用水素スタンド
  - 2.3 高圧ガス保安法(一般則、コンビナート則)における保安距離
  - 2.4 防液堤
  - 2.5 液体水素漏洩特性に関する NEDO プロジェクト
3. 海外の水素安全性規制の動向
  - 3.1 安全に対する規定アプローチと性能アプローチ
  - 3.2 欧州 PRESLEY プロジェクト
  - 3.3 欧州 ELVHS プロジェクト
  - 3.4 米国 NFPA2 コードとサンディア研究所の漏洩試験

2. 国内水素安全性規制の動向では 2050 年までのカーボンニュートラルを達成するための「水素社会推進法」における水素の立ち位置及び産業イメージを簡単に紹介された後、神戸 LH<sub>2</sub> 基地などの保安距離等について具体的な事例について策定までの詳細な解説があった。この中で最も関

心を引いた内容は高圧ガス保安法において保安距離設定の科学的根拠が不明なことである。これは筆者も高圧ガス保安法と日頃接していて疑問に思っていた点であり、識者もぶち当たる共通の壁であることを再認識した。防液堤の話では物性毎に異なる防液堤を設置するなど事例解説も行われ規制策定から実装までの苦労がうかがわれた。また、水素ガスは可燃性ガスだが他液化ガスとの流動特性が異なる点が議論となり、大規模水素サプライチェーン構築のために、NEDO プロジェクトで国内受入基地の液体水素漏洩試験と評価シミュレーションのモデル開発を行っていることも紹介された。



Fig.2 神谷氏の講演の様子

3.海外の水素安全性規制の動向では、安全規制で最近よく話題になる、安全に対する規定アプローチと性能アプローチについて解説された。性能アプローチについてはノルウェーの LH 推進船が具体的事例として紹介されて、併せてそのプロセスの解説をいただいた。他、欧州 PRESLEY プロジェクト、欧州 ELVHS プロジェクト、米国 NFPA2 コードとサンディア研究所の漏洩試験などが紹介され海外におけるプロジェクトの規模の大きさを感じ取り、日本における規制緩和も含めた対応の難しさがうかがわれた。

各講演後の質疑応答では質問や議論が活発に行われ、液体水素への関心の高さがうかがわれた。なお、上記3件の講演内容詳細については例年通り冷凍部会年間講演会集に掲載予定なので是非そちらをご覧ください。

終わりに「環境・安全委員会の 2024 年度活動報告」が伊藤委員長(JASTE)からあり、今後の活動方針としては①規制緩和への取り組み②安全ガイドライン作成③他組織との連携、があげられ、委員会の活動方向が転機を迎えつつあることなどを述べ合同ワーキングは盛会のうちに終えることができました。



Fig.3 会場の様子

この合同 WG は多くの方にご参加頂くためにハイブリッド開催とさせていただいたが、昨今のネットワークのセキュリティ事情などから配信側の回線状況がよくなく、オンライン参加の方には一部音声聞きにくくご不便をおかけしましたことをこの場をお借りしてお詫びします。委員会が開催する合同 WG は手弁当で開催している側面もあるので多少のご不便はご容赦いただきたく思う次第だが、再度ご不便などあった際には積極的にお声がけいただければ運営サイドとしては大変助かります。引き続き会員の皆様には環境・安全委員会の活動へのご理解とご協力を賜りたくどうぞよろしくお願いいたします。

(東大 物性研 鷺山 玲子)