

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo. 602-3-08

競争的な水素サプライチェーン構築に向けた 技術開発事業/総合調査研究/液化水素流体機 械・機器の性能評価に関連する標準化・ガイ ドライン策定の課題整理に係る調査

発表：2026年07月23日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

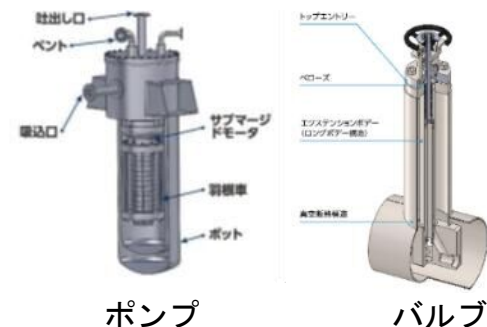
発表者名 伊賀由佳

団体名 学校法人早稲田大学、(国)東北大学流体科学研究所

問い合わせ先 E-mail: yuka.iga.b4@tohoku.ac.jp TEL:022-217-5229

事業概要

期間 開始：2024年11月26日 終了：2026年1月31日



事業の目的

本事業は、液化水素を大量輸送・貯蔵・供給する水素サプライチェーンの社会実装に向けて、**液化水素流体機械・機器の性能評価**に関する**標準化およびガイドライン策定**に資する基盤技術情報を整理することを目的として実施した調査研究である。

成果概要

本調査では、液化水素の受入、払出、輸送および利用に至るサプライチェーンを対象とし、ユーザー（プラントメーカー）および流体機械・機器メーカー双方の視点から、**想定される要求仕様および性能評価精度を整理**した。併せて、国内外における液化水素流体機械・機器の開発状況、**試験設備および性能評価方法の現状を調査**するとともに、先行分野であるLNG等の極低温流体機械・機器における性能評価手法および標準・ガイドラインの状況を整理した。

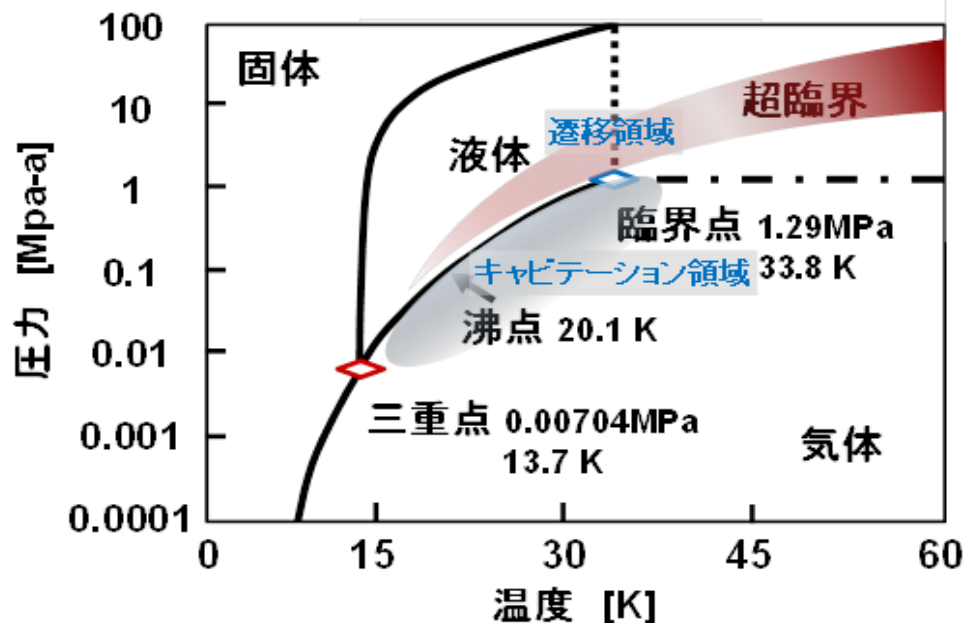
さらに、液化水素流体機械・機器の性能評価に不可欠な温度、圧力、流量、ボイド率等の物理量に着目し、現行および将来の**計測機器・計測手法について、開発状況、計測精度、適用限界および技術課題を整理**した。これらの調査結果を踏まえ、液化水素流体機械・機器の性能評価において、**標準化・ガイドライン策定を行うことが効果的と考えられる範囲を明確化**するとともに、その実現に向けた技術課題および解決策を整理した。

1. 事業の位置付け・必要性

液化水素の大量輸送を目的とした大流量ポンプやバルブ等の流体機械・機器の研究開発において、**評価式や評価方法が確立されていないこと、ならびに極低温（約20 K）条件下における圧縮性高速気液二相流や遷・超臨界流としての液化水素流れに対する温度、圧力、流量等の基礎物理量の計測技術および解析評価技術が未だ十分に確立されていないことが、**液化水素向け流体機械・機器の開発効率や社会実装のスピードを制約する要因の一つと考えられる。

液化水素性質の特異性（圧縮性、沸点、臨界点）を考慮した計測、性能評価技術が必要

- a. ポンプの輸送能力喪失の主要因である**キャビテーション**（液化水素が持つキャビテーション抑制効果）
- b. **臨界点近傍**（気体と液体が共存できる限界の温度・圧力条件の周辺）で生じる流体物性の急変現象
- c. 外部入熱により発生する**ボイルオフガス**（沸騰現象）



水素の状態線図

※宇宙分野での液化水素利用が先行しているが、運用形態（オフ・デザイン運転、長時間運転）やコスト要求が異質であることなどにより、水素社会向け設備の具体化には多くの技術課題が残されている。

2. 調査方法

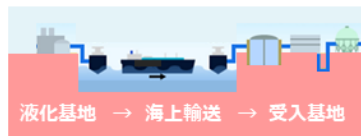
液化水素用流体機械・機器の性能評価に関して

- ① ユーザー（プラントメーカー）の要求
- ② 流体機械・機器メーカーの要望
- ③ 現状の計測技術の計測精度
- ④ 計測方法による計測誤差
- ⑤ 先行するLNG分野における標準・ガイドライン

を調査し、①～⑤の調査結果を総合して性能評価の標準化・ガイドラインの適用されるべき範囲と、計測技術における技術課題を導く

液化水素用機械・機器性能評価の調査

- ① ユーザー要求（プラントメーカー）



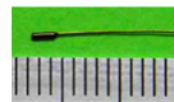
- ② メーカー要望（ポンプ、バルブメーカー等）



液化水素流れ計測技術の調査

- ③ 計測技術の限界

温度T：熱電対、白金、シリコンダイオード、
精度 $\pm K$ ，時定数sec，
圧力p，流量Q，



- ④ 将来計測技術

- ④ 計測方法による誤差

LH2は計測事例少
↓
LN2、LNGも含めて調査



- ⑤ LNG用流体機械性能評価

調査成果

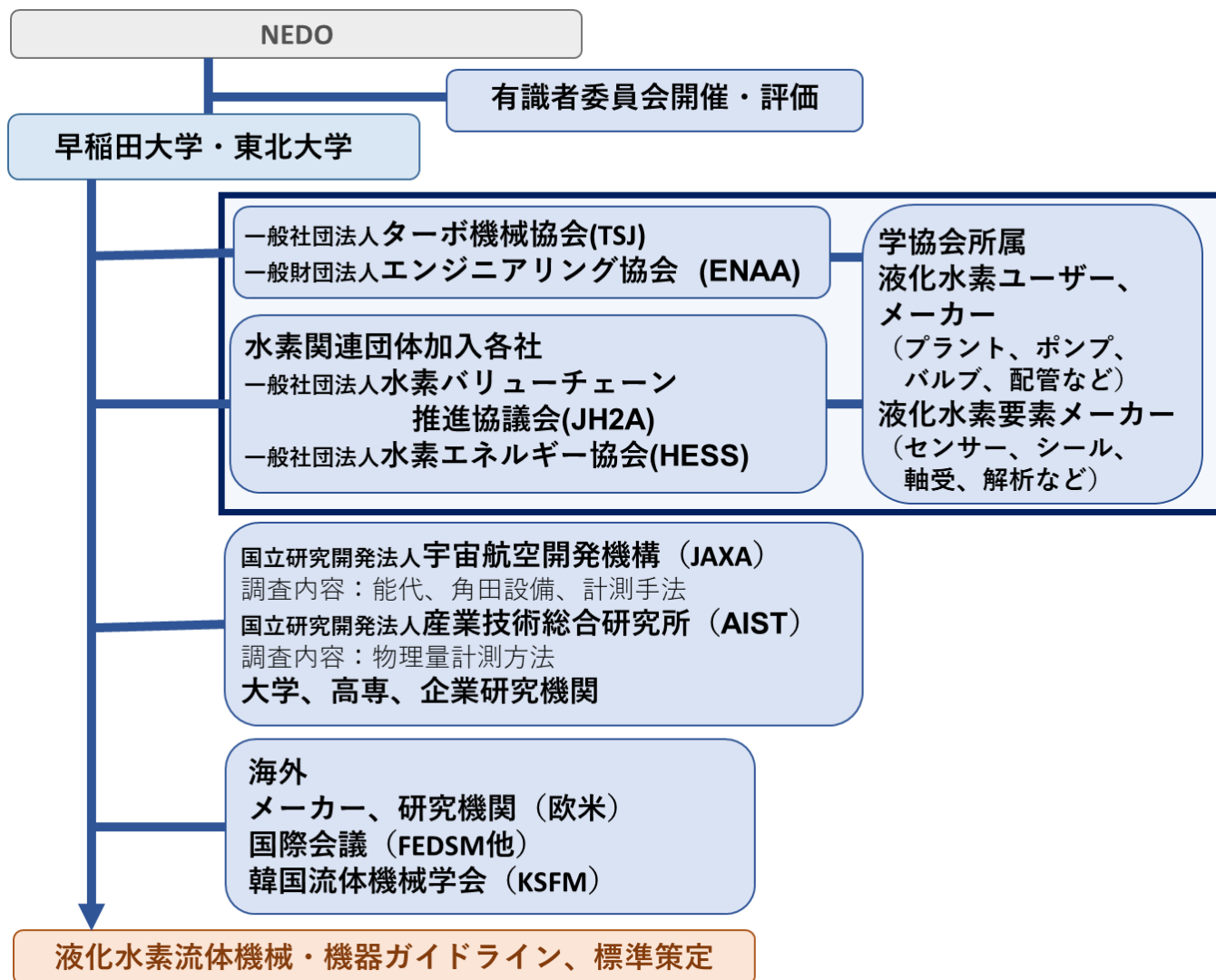
性能評価の標準化・ガイドラインの範囲，計測技術における技術課題

調査研究後の姿

性能評価の標準化・ガイドライン化による競争的な
水素サプライチェーンの構築

日本の水素分野の産業力強化、国際競争力強化

3 . 研究体制



ターボ機械協会「極低温流体基盤・応用技術研究分科会」

千代田化工建設、日揮グローバル、東洋エンジ、岩谷産業、富士電機、EDL、瀬尾高圧工業、フジキン、中北製作所、キッツ、イーグル工業、電業社機械製作所、日機装、セイコー化工機、大晃機械工業、シンコー、荏原製作所、西島製作所、タツノ、トヨタ自動車、川崎重工、三菱重工、IHI、IHI回転機械エンジニアリング、エンジニアリングデザインラボ、ケーディンス、サイバネットシステム株式会社、室蘭工業大学、東北大学、崇城大学、筑波大学、早稲田大学、九州大学、熊本高等専門学校、宇宙航空研究開発機構（JAXA） 他

有識者会議メンバー（敬称略、順不同）

宇宙航空研究開発機構（JAXA）

水素バリューチェーン推進協議会（JH2A）

水素供給利用技術協会（HySUT）

三菱重工業株式会社

株式会社IHI

吉田誠

若木勇記

富岡秀徳

恩河忠興

新井山一樹

アドバイザー委員（敬称略、順不同）

株式会社荏原製作所

日機装株式会社

株式会社西島製作所

岩谷産業株式会社

総合バルブコンサルタント

東京農業大学

本田修一郎

服部雅文

三浦知仁

広谷龍一

清水文泰

左村公

4. 調査結果の総合的整理

本調査を通じて、液化水素流体機械・機器の性能評価に関して、以下の点が共通した論点として整理された。

第一に、液化水素を対象とした流体機械・機器の設計および開発自体は、国内外で着実に進められている一方で、**性能評価の前提条件や評価方法の整理が十分に進んでいない**という点である。特に、**計測位置、計測条件、校正条件、および評価時の運用状態の定義が評価主体ごとに異なる**場合があり、評価結果の比較可能性や解釈に影響を与えている。

第二に、既存分野（LNG分野等）では、国際規格、国内指針、および事業者運用の組み合わせによって性能評価が成立しているが、**液化水素特有の極低温条件、低密度、二相化の可能性**を十分に反映した評価枠組みは確立されていない。このため、**既存規格や指針をそのまま液化水素分野に適用することは困難**であり、位置づけや適用範囲を整理した上で参照する必要がある。

第三に、性能評価に用いられる計測機器については、温度、圧力、流量といった基本的な計測は実施可能であるものの、**実流条件下での計測精度や再現性の整理が不十分**であり、特に**二相流・ボイド率**に関する定量的評価手法が確立していないことが確認された。

5. 標準化・ガイドライン化すべき共通領域と競争領域の区分

領域	領域の目的	対象の技術
共通領域 (ガイドライン, 標準化すべき 領域)	各社単独での投資・評価が難しく, 産業 全体での基礎となる領域 知見の共有で業界の底上げ	・計測技術 ・数値解析技術 ・臨界現象・沸騰・相変化の取扱い
競争領域	自社の強み・差別化 要素として保持すべき技術 製品の性能・コスト・信頼性を直接左右	・設計技術 ・製造技術 ・コスト低減技術 ・個別保証・信頼性確保

6. 性能評価ガイドライン整備に向けた具体的方向性

本調査の整理結果を踏まえると、液化水素流体機械・機器の性能評価に関するガイドライン整備に向けて、以下のような方向性が考えられる。

第一に、性能評価における**前提条件の明確化**である。具体的には、評価時の運転状態（定常運転、起動停止、流量変動時等）、計測位置、計測条件、校正条件を明示することにより、**評価結果の解釈**を支える共通基盤を整備する。

→性能評価方法は統一しない(できない)

第二に、計測結果の解釈に関する指針の整理である。液化水素特有の極低温条件や二相化の可能性を踏まえ、**計測値をどのような前提条件の下で性能評価に用いるかを整理**することが重要である。

→計測方法のガイドライン化

第三に、既存規格・指針との関係整理である。API規格やISO規格、国内指針等を参照する際には、**適用可能な範囲と限界を明示**し、液化水素分野における位置づけを整理することが求められる。

→範囲外に対しては新たに標準化・ガイドライン策定

（参考）既存の国内外のLNG・液化水素インフラガイドライン、規格

【産業用途向けの標準・ガイドライン】

規格番号	名称	概要
ISO/TR 15916:2015	水素安全に関する基本指針	気体および液体水素の安全な利用に関する基本的考察を提供する技術報告書。水素の特性や潜在的危険性を整理し、安全確保の指針を示す
NFPA 2:2023 全米防火協会	水素技術コード(Hydrogen Technologies Code)	圧縮水素ガス（GH ₂ ）および液体水素（LH ₂ ）の生成、設置、貯蔵、配管、使用・取扱いに関する基本的安全基準を定めた包括コード。固定設備・可搬容器・車両搭載などあらゆる水素利用形態をカバーする。
NFPA 55:2020 全米防火協会	圧縮ガスおよび低温液化ガスコード	圧縮ガスおよび低温（極低温）液化ガス全般の貯蔵に関する安全要求事項を定めるコード。容器・シリンダ・タンク内の圧縮水素ガスおよび液体水素の貯蔵要件を含む。
CGA P-12-2017 圧縮ガス協会	低温液体の安全取扱い指針	液体水素を含む低温液化ガス全般の安全な取り扱い手順をまとめた指針。低温液体の移送・貯蔵時の一般的注意事項（防凍措置、材料選定等）を提供。
OSHA 29 CFR 1910.103 米国労働安全衛生局	水素の取扱いに関する規則	米国労働安全規則における水素安全規定、産業現場での水素（気体・液体双方）の配管・設備設置、位置、試験等について最低要件を規定するもの

【貯蔵・輸送分野の標準・規格】

規格番号	名称	概要
ISO 21009-1:2022 ISO(TC220)	極低温容器－固定式真空断熱容器－設計・製造・検査試験	静置式の真空断熱二重殻式低温容器（断熱貯槽）の設計・製作・検査・試験方法を定めた国際標準。液体水素を含む冷却液化ガスの固定タンク（地上据付タンク）に適用される。
ISO 20421-1:2019 ISO(TC220)	極低温容器－大型可搬式真空断熱容器－設計・製造・検査試験	内容積 450 リットル超の大型可搬式低温容器（タンクローリーや ISO タンクコンテナ等）の設計・製造・試験基準。陸上・海上など複数の輸送形態に対応する容器が対象。※車両燃料タンク用途の LH ₂ 容器は除外（ISO 13985 を適用）
ISO 21013-3:2016 ISO(TC220)	極低温容器－過圧防止安全装置－放出能力算定方法	極低温容器の安全弁や破裂板など過圧保護装置の必要放出容量の算定手順を定めた規格。特に液体水素では常温水素とのオルソ・パラ変換熱など特殊な発熱要因があり、これらを考慮した安全弁容量算定を行うための基準となっている（本規格は元々欧州 EN 規格を国際標準化したもの）。
ISO 11326:2024 ISO(TC8)	船舶・海洋技術－液体水素貨物タンク試験手順	水素運搬船に搭載される液体水素貨物タンクの検査・試験要件を規定した新しい国際標準。液化水素をバラ積み輸送する専用船（LH ₂ タンカー）の貨物タンクについて、耐圧試験や気密試験などの検査基準を示す。
ISO/AWI 25736 ISO(TC8/SC3) (開発中)	船舶技術－液体水素貯蔵システムの材料適用指針	液体水素の海上輸送用カーゴシステムに適した金属材料選定のガイドライン。LH ₂ 雰囲気下で使用可能な材料と必要条件、および材料適合性試験方法について分析・提案する内容で、海事分野における液体水素貯槽の安全設計に資する（※現在開発中の委員会原案）。

ASME ボイラ圧力容器 コード Sec.VIII 米国機械学会	圧力容器の設計・製造基 準	世界的に広く参照される圧力容器設計コード。液体水素貯槽も本コード に基づき設計・製造されることが多い。材質、肉厚計算、溶接・非破壊 検査、耐圧試験など圧力容器の包括的基準を提供し、各国の法規（例： 日本の高圧ガス保安法容器基準）にも採用されている。
ASME B31.12:2023 米国機械学会	水素配管・パイプライン 規格	水素の配管・パイプライン設計に特化したコードで、気体水素はもちろん 液体水素の配管系にも適用可能。設計・製作・施工・試験・検査・維 持管理まで網羅し、高圧ガス配管の安全保障（シール材選定、急冷脆性 対策等）について詳細な規定を持つ。
CGA H-5-2014 圧縮ガス協会	水素バルブ供給システム 設置基準	大容量の水素貯蔵・供給設備（気体及び液体）の設置に関する指針。水 素貯蔵システムの設置場所の要件、配置、周囲との離隔距離、安全装置 や換気要件などについて規定している。液体水素タンクの地下設置や壁 根覆いに関する CGA 見解も示されている。
EIGA Doc.6 欧州産業ガス協会	液体水素の貯蔵・取扱 い・流通の安全指針	液体水素の固定式貯蔵設備の設計・レイアウト、操作上の安全留意事 項、および液体水素移送（充填・輸送）の手順についてガイドラインを 提供する文書。産業ガス各社の知見を基に安全距離や防災設備の推奨事 項を示している。
MSC.420(97) 国際海事機関	液化水素バルブ輸送に関 する暫定勧告	液化水素をバルブ輸送する船舶に関して、ルールの空白を埋めるための 暫定安全基準。カーゴタンク設計要件、配管・安全弁、漏洩検知と喚起 について特に規定。将来的に IGC Code 本体に正式掲載する予定。

【航空宇宙分野の標準・指針】

規格番号	名称	概要
ANSI/AIAA G-095A:2017 米国航空宇宙学会	水素及び水素システムの安全指針	NASA の旧基準を引き継ぎ策定された航空宇宙業界向けの水素安全ガイド。気体・液体・スラッシュ水素（水素水混合物）形態すべての水素について、システム設計、材料選定、運用、貯蔵、輸送に関する包括的な安全指針を提供する。
ISO/AWI 19888-1 ISO(TC197) (開発中)	水素技術－航空機－第 1 部：液体水素燃料貯蔵システム	将来の水素航空機（燃料電池航空機や水素燃焼エンジン航空機）に向けた国際標準の策定プロジェクト。液体水素を航空機搭載燃料として利用する際の貯蔵システムについて、設計・材料・製造・試験・検査要求を定める見込み。まだ開発途上のため詳細未確定。
MIL-PRF-27201C 米国国防総省	推進剤、液体水素（ロケット級）	ロケット用液体水素の純度・品質に関する軍用規格。ロケット推進剤として用いる液体水素の等級（例：酸素含有量や水分、不純物限度）を規定し、NASA や米国防省で参照される。民間用途では CGA G-5.3 等の高純度水素仕様が近似の役割を果たす。
ECSS-E-ST-35 欧州宇宙機関規格	極低温流体システム設計指針	欧州宇宙標準化機構(ECSS)による極低温推進剤ハンドリングのエンジニアリング標準。液体水素単独の規格ではないが、液体酸素/液体水素などロケット極低温推進剤の地上取扱設備設計、配管材料の選択、断熱や計装、安全対策についての推奨指針を示す。