

発表No. B2-15

水素社会構築技術開発事業/
大規模水素エネルギー利用技術開発/
液化水素用大型バルブの技術開発

| | |
|------|------------|
| 発表者名 | 船渡 正澄 |
| 団体名 | 株式会社キッツ |
| 発表日 | 2023年7月14日 |

連絡先：株式会社キッツ
水素事業部
水素研究開発Gr
E-mail：m-funato@kitz.co.jp

事業概要

1. 期間

開始 : 2020年7月
終了 : 2023年3月

2. 最終目標

液化水素の輸送貯蔵機器及び、受入基地機器の大型化に伴い、大口径の液化水素用遮断弁、逆止弁の開発を行い、液化水素輸送貯蔵及び受入基地の大型化実証プラントに使用され、実現に寄与することを目的とする。

3. 成果・進捗概要

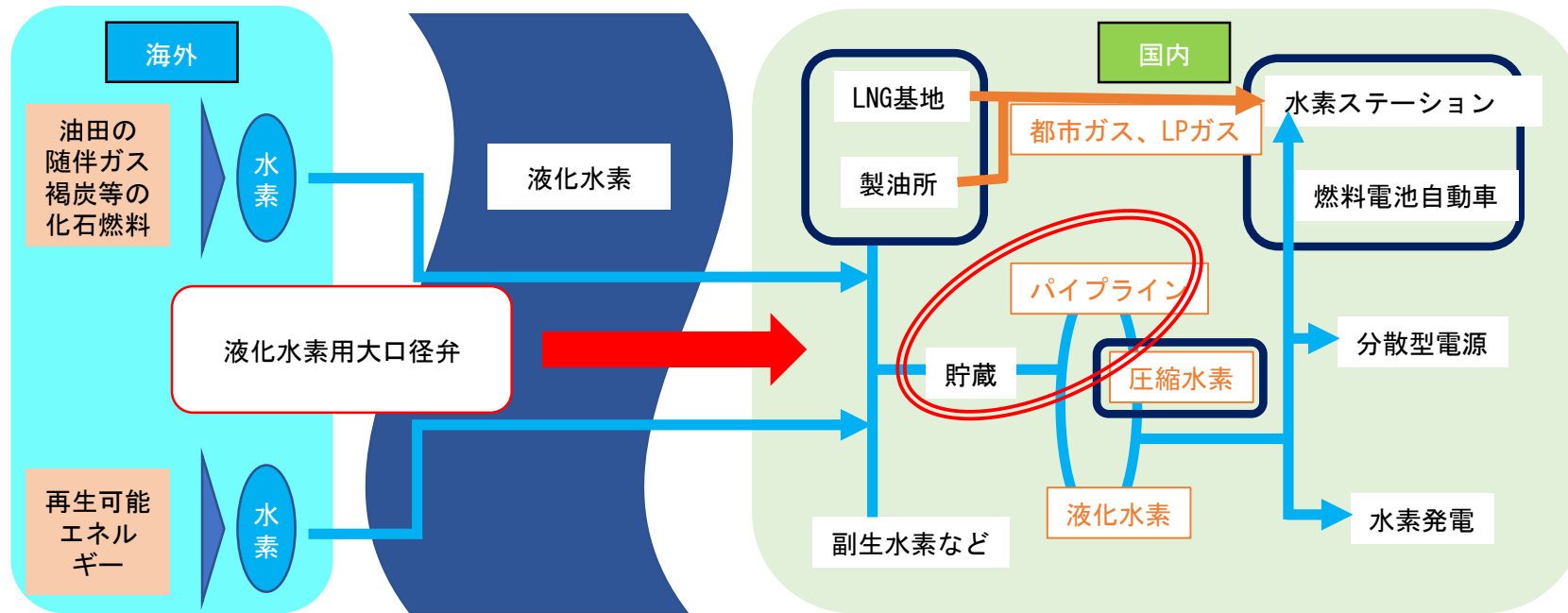
- ・ 2020年度 遮断弁はボール弁、逆止弁はスイング式を選定し、要素技術開発を実施。部分試作治具を製作し、評価試験を実施。(液化窒素) 真空断熱構造の検討と、それを考慮した組立・分解方法の検討を実施。
- ・ 2021年度 部分試作評価を液化窒素で実施し、封止可能であることを確認、これらを踏襲した中間口径の設計、弁試作を行い評価を実施。性能確立することができた。真空断熱構造の解析検証と、組立・分解治具の設計・製作を行い、実証した。
- ・ 2022年度 設計を最大口径の弁へ展開し、試作・評価試験を実施した。最大口径弁において、封止性能を確立することができた。鋳物化を想定し、真空性評価用の治具を製作し評価を実施した。

1. 事業の位置付け・必要性

液化水素の安定供給、使用に向けて海外からの調達が必要不可欠。
安定供給のために、大規模な受入基地、貯蔵設備が必要不可欠。
機器の一つとして、液化水素用大口径弁が必要だが、市場にない。



本事業により、液化水素用大口径弁の技術開発を行うことで、将来市場投入が可能となる。
受入基地、貯蔵設備で使用していただくことで、大規模化実現に寄与することができる。



2 . 研究開発マネジメントについて

液化水素の輸送貯蔵、受入基地は現存する液化天然ガス(LNG)市場と同等レベルでの大型化を目標
⇒キッツがもつLNG弁類、及び高圧水素用ガス用弁類の実績を元に、液化水素用弁類の大型化が可能
その上で、課題を挙げ、検討を行い技術開発を行うこととした。

| No. | 課題 | | 内容 |
|-----|-----------|-------|--|
| ① | 弁種の検討 | | 大口径化実現可能な弁種、構造の選定 |
| ② | 封止技術開発 | 外部封止 | -196℃⇒-253℃による外部封止性能の検討 目標値：外部漏れ無きこと |
| | | 内部封止 | -196℃⇒-253℃による内部封止性能の検討 目標値：10ml/min/inch |
| ③ | 製造方法検討 | | 大型精密部品の製造方法の検討 |
| ④ | 真空断熱構造の検討 | | 弁接続部を真空配管上部へ配置する構造検討 断熱性能の検討、弁保持方法の検討 |
| ⑤ | 弁試作評価 | 弁試作 | 弁の試作の実施 |
| | | 治工具 | 組立・分解治工具の検討 |
| | | 性能試験 | 弁に要求される性能評価試験を実施 |
| | | サイズ展開 | 弁のサイズ展開設計 |

2. 研究開発マネジメントについて

事業期間の開発スケジュールと研究実施体制

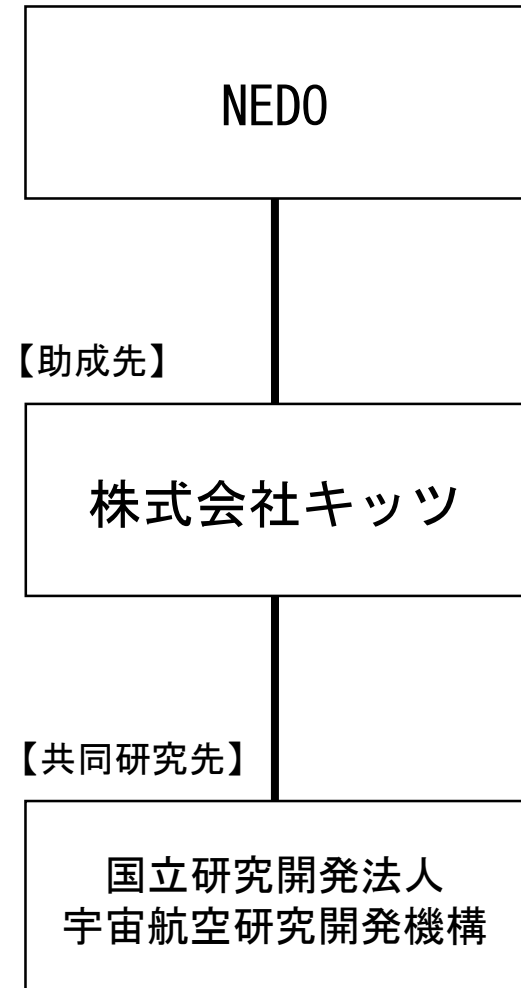
| 事業項目 | 2020年度 | | | | 2021年度 | | | | 2022年度 | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 第1 四半期 | 第2 四半期 | 第3 四半期 | 第4 四半期 | 第1 四半期 | 第2 四半期 | 第3 四半期 | 第4 四半期 | 第1 四半期 | 第2 四半期 | 第3 四半期 | 第4 四半期 |
| ① 弁種の検討 | | → | | | | | | | | | | |
| ② 封止技術開発 | | | | | | | | | | | | |
| a) 外部封止構造の検討 | | → | → | | | | | | | | | |
| b) 内部封止構造の検討 | | → | → | | | | | | | | | |
| c) 部分試作評価 | | | | | | | | | | | | |
| ③ 弁の製造方法の検討 | | | | | | | | | | | | |
| a) 大型化精密加工検討 | | → | → | | | | | | | | | |
| b) 分割構造の検討 | | → | → | | | | | | | | | |
| c) 鋳物化の検討 | | | | | | | | | | | | |
| ④ 真空断熱構造の検討 | | | | | | | | | | | | |
| a) 組立・分解の検討 | | | → | | | | | | | | | |
| b) 断熱性能検討 | | | | → | | | | | | | | |
| c) 弁保持方法の検討 | | | | | | | | | | | | |
| ⑤ 弁試作評価 | | | | | | | | | | | | |
| a) 弁の試作 | | | | | | | | | | | | |
| b) 治工具類の検討 | | | | | | | | | | | | |
| c) 性能試験 | | | | | | | | | | | | |
| d) 弁サイズ展開検討 | | | | | | | | | | | | |

要素技術
開発完了

設計完

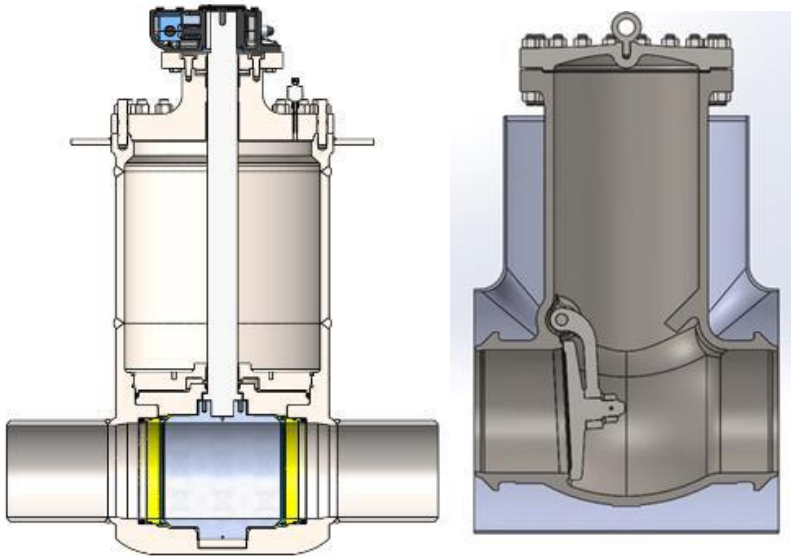
大口徑
試作評価完

中間口径
試作評価完了
(JAXAにて実施)

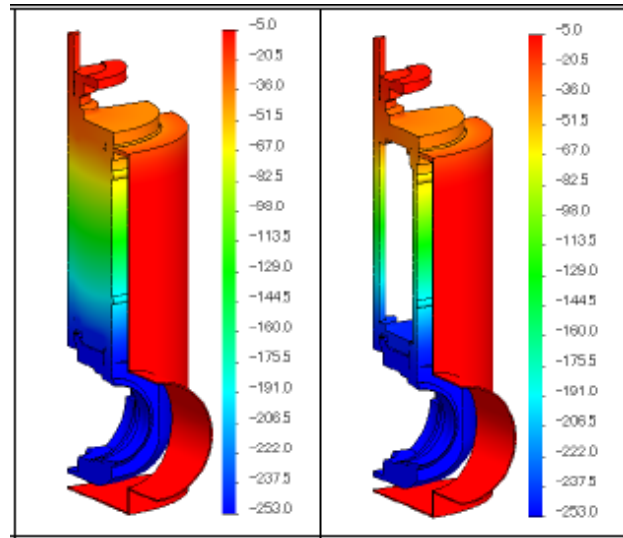


3. 研究開発成果について(2020年度)

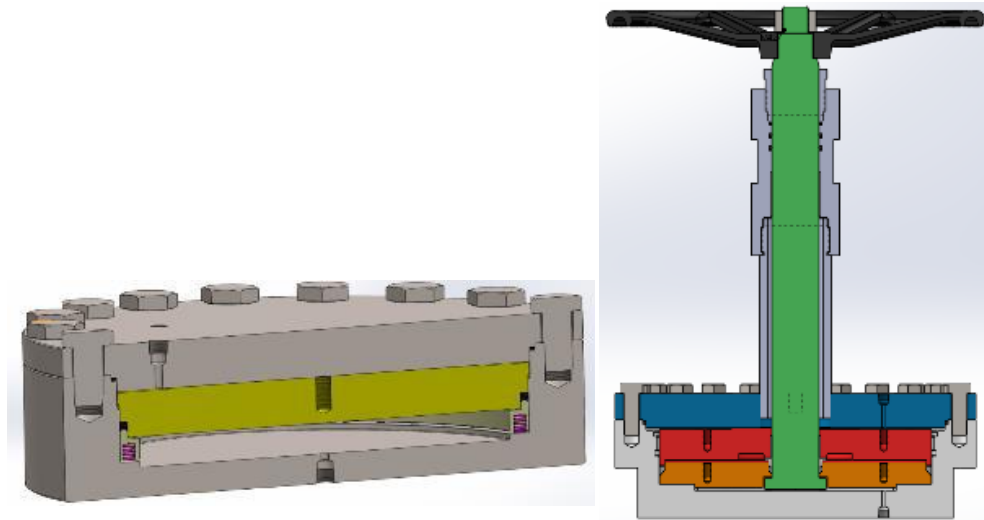
| No. | 課題 | 実施内容 | |
|-----|--------|---|--|
| ① | 弁種の検討 | メンテナンス性よりトップエントリー構造を採用。 ボール弁と、スイング式逆止弁を選定。 | |
| ② | 封止技術開発 | 外部封止 | 解析検証により、既存技術が流用できる外部封止位置とした。 |
| | | 内部封止 | LNG弁で実績のある樹脂材UHMW-PE(超高分子量ポリエチレン)を選定。 部分試作治具を設計、製作し社内評価(液化窒素)にて性能を確認。 |



概略設計モデル
左図：ボール弁、右図：チャッキ弁



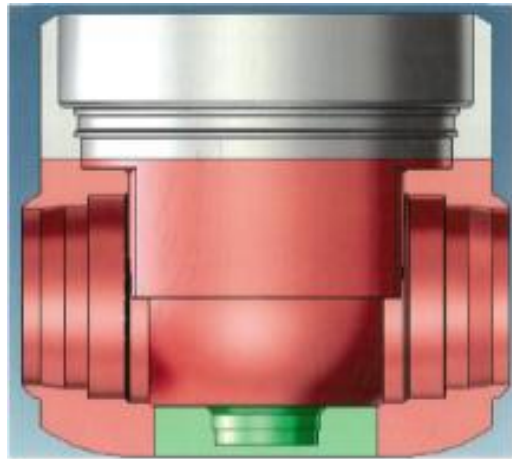
概略設計モデル解析検討結果



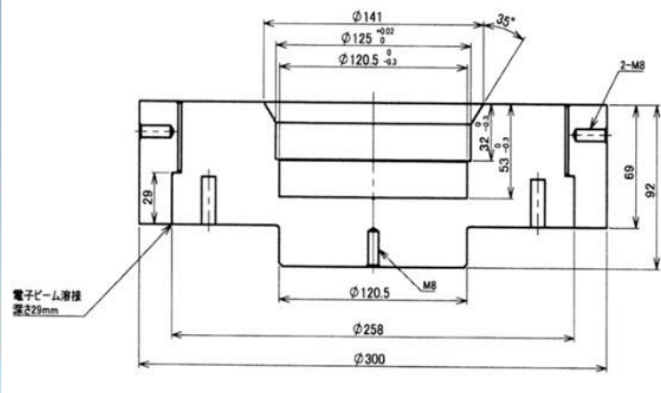
部分試作設計モデル
左図：リテーナ部分試作治具
右図：軸シール部分試作治具

3. 研究開発成果について(2020年度)

| No. | 課題 | 実施内容 |
|-----|-----------|--|
| ③ | 製造方法検討 | 主要耐圧部は、一体での加工が困難で、分割製作の検討が必要。溶接の熱影響が少ない電子ビーム溶接にて部分試作評価を実施。 |
| ④ | 真空断熱構造の検討 | 3Dプリンターで縮小モデルを作成し、組立・分解方法を検討。組立・分解治具の設計を行い、実現性の確認を行った。解析検証により、ロングネック部まで真空断熱ジャケットを取り付けることで、内部への入熱を抑えることが可能。真空ジャケット内でバルブを保持する、高強度断熱材を選定。 |



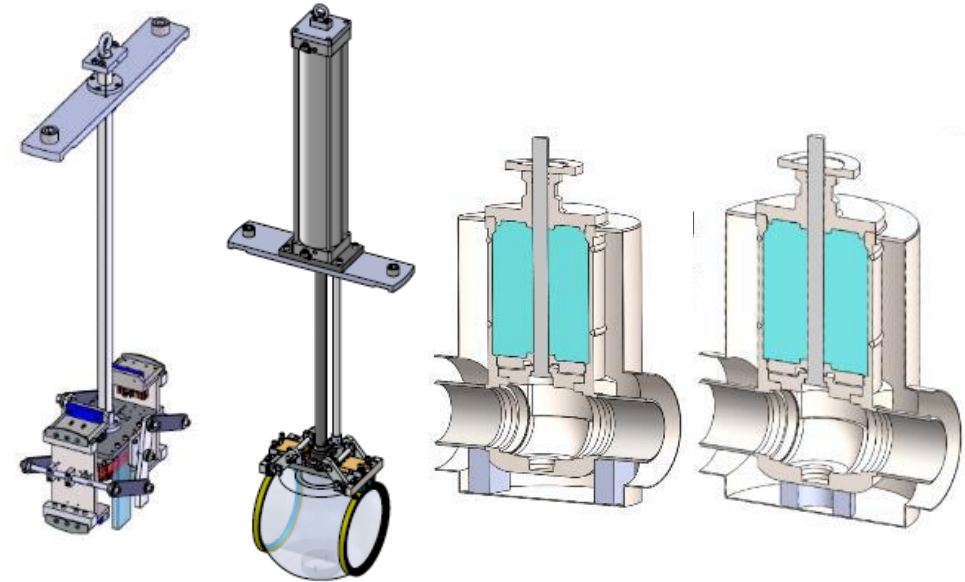
ボデーモデル断面図



分割製作検討 部分試作組図



縮小モデルと組立・分解治具モデル



サポート構造一例

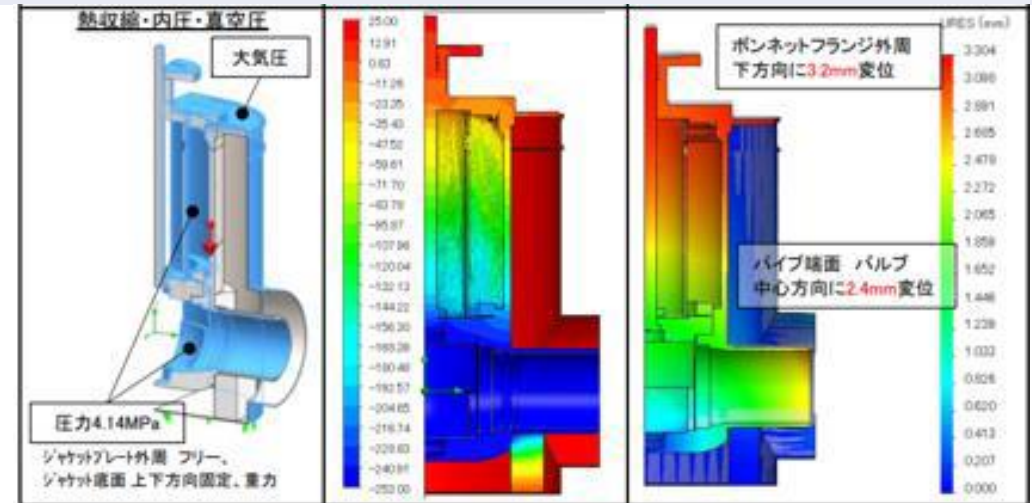
3. 研究開発成果について(2021年度)

| No. | 課題 | 実施内容 |
|-----|-----------|---|
| ② | 封止技術開発 | 2020年度製作の部分試作治具について、液化水素での評価試験を実施。ボール弁リテーナ治具、軸シール治具については目標達成。チャッキ弁については、目標未達のため、改良を実施。 |
| ④ | 真空断熱構造の検討 | 解析より入熱量を想定し、ジャケットの形状を決定。弁保持材として、GFRP(強化ガラス繊維樹脂)を選定。決定形状、保持材での解析を行い、温度分布、入熱量を含めた構造に問題がないことを確認。 |



液化水素評価試験の外観写真

左：ボール弁軸シール治具、中：ボール弁リテーナ治具、右：チャッキ弁治具



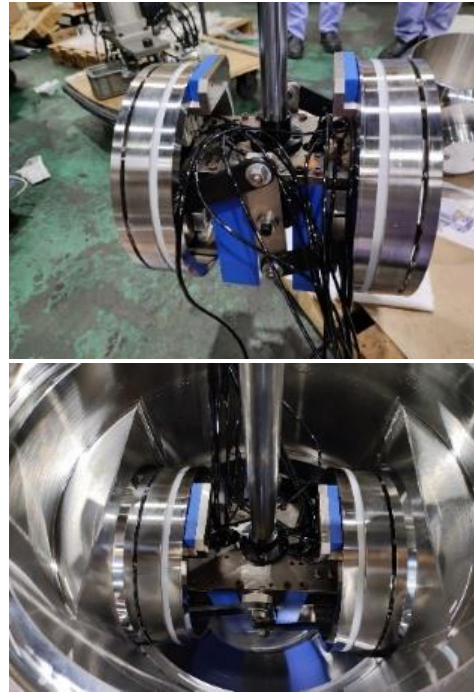
概略設計モデル解析検討結果

3. 研究開発成果について(2021年度)

| No. | 課題 | 実施内容 |
|-----|-------|--|
| ⑤ | 弁試作評価 | 部分試作評価結果を踏襲した設計で中間口径(10インチ)の弁試作を実施。ロングネック・トップエントリー構造のため、リテーナ及びボールの組立・分解に治具が必要となるため、2020年度に設計した治具を製作し、問題なく組立・分解ができることを確認。 |



10インチ試作弁外観写真
左：ボール弁、右：チャッキ弁



リテーナ組立治具



ボール組立治具

3. 研究開発成果について(2021年度)

| No. | 課題 | 実施内容 |
|-----|-------|--|
| ⑤ | 弁試作評価 | 10インチ試作弁の液化窒素における低温試験を社内実施。 目標性能を満足できていることを確認。 その後JAXAにて、液化水素による低温試験を実施。 チャッキ弁については、目標性能を達成したが、 ボール弁については内部漏洩が発生した。 ボール弁については社内で改良を行い液化窒素での試験ではあるが、 目標性能を達成した。 |



| 項目 | | 試験圧力 | 試験結果 |
|---------------|------|---|---------------------------|
| 社内検査 (LN2) | 外部封止 | 4.6MPa | 0.1~4.6MPaで漏れ0 |
| | 内部封止 | シート封止 0.1、0.6、1.0、2.0、3.0、4.0、 4.6MPa | 0.1~4.6MPaで漏れ0 |
| JAXA実流体 (LH2) | 外部封止 | 4.6MPa | 0.1~4.6MPaで漏れ0 |
| | 内部封止 | シート封止 0.1、0.6、1.0、2.0、3.0、4.0、 4.6MPa | 0.03~0.2MPaで多量漏れ、試験 中断 |

10インチボール弁液化水素試験外観写真と試験結果

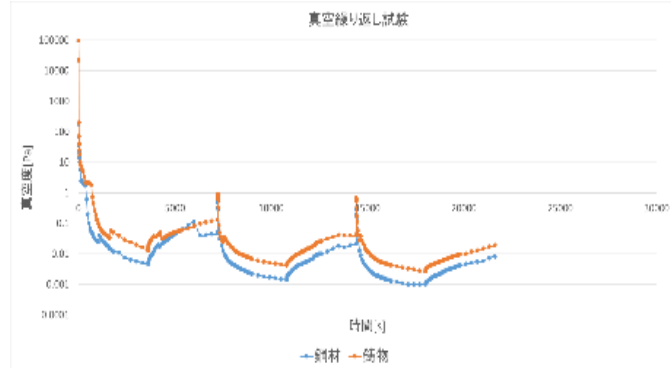
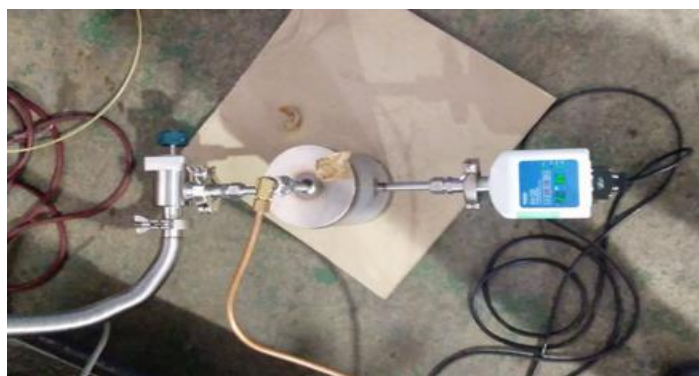


| 項目 | | 試験圧力 | 試験結果 |
|---------------|------|--|--|
| 社内検査 (LN2) | 外部封止 | 4.6MPa | 0.1~4.6MPaで漏れ0 |
| | 内部封止 | シート封止 0.1、0.6、1.0、2.0、3.0、4.0、 4.6MPa | 0.1~4.6MPaで漏れ0 |
| JAXA実流体 (LH2) | 外部封止 | 4.6MPa | 0.1~4.6MPaで漏れ0 |
| | 内部封止 | シート封止(低⇒高) 0.1、0.6、1.0、2.0、3.0、4.0、 4.6MPa | 0.1:380ml/min, 4.6:10ml/min 許 容漏れ量:500ml/min 合格 |

10インチチャッキ弁液化水素試験外観写真と試験結果

3. 研究開発成果について(2022年度)

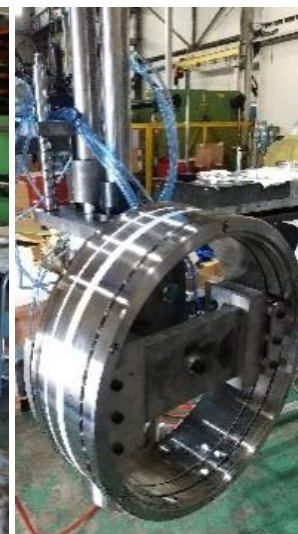
| No. | 課題 | 実施内容 |
|-----|-----------|---|
| ③ | 弁の製造方法の検討 | 鋳物化を想定し、懸念される真空性能の確認を行うため、治具を製作し真空引き、保持の試験を行い、影響がわずかであることが確認できた。 |
| ⑤ | 弁試作評価 | 10インチの設計、改良を元に最大口径20インチの弁設計を行い、試作弁の製作を行った。 10インチの組立・分解治具を元に、20インチ用の組立・分解治具を設計製作し、最大口径でも問題なく組立・分解が可能であることを確認した。 |



真空性能検証治具外観写真と試験結果グラフ



20インチ試作弁外観写真
左：ボール弁、右：チャッキ弁



20インチ組立・分解治具外観写真
左：ボール治具、中：リテーナ治具、右チャッキ治具

3. 研究開発成果について(2022年度)

| No. | 課題 | 実施内容 |
|-----|-------|--|
| ⑤ | 弁試作評価 | 20インチ試作弁の液化窒素における低温試験を社内実施。 ボール弁、チャッキ弁ともに、目標性能を満足できていることを確認。 その後JAXAにて、液化水素による低温試験を実施。 ボール弁、チャッキ弁ともに、目標性能を満足できていることを確認。 |



| 項目 | | 試験圧力 | 試験結果 |
|--------------|------|-------------|--------------------------------|
| 社内試験 (LN2) | 外部封止 | 4.2MPa | 漏れ0 |
| | 内部封止 | シート漏れ | 0.1、0.6、1.0、 2.0、3.0、4.2MPa |
| キャビティ漏れ | | 0.1~4.2で漏れ0 | |
| JAXA試験 (LH2) | 外部封止 | 4.2MPa | 漏れ0 |
| | 内部封止 | シート漏れ | 0.1、0.6、1.0、 2.0、3.0、4.2MPa |
| キャビティ漏れ | | 0.1~4.2で漏れ0 | |

| 項目 | | 試験圧力 | 試験結果 |
|--------------|------|-------------|--------------------------------|
| 社内試験 (LN2) | 外部封止 | 4.2MPa | 漏れ0 |
| | 内部封止 | シート漏れ | 0.1、0.6、1.0、 2.0、3.0、4.2MPa |
| キャビティ漏れ | | 0.1~4.2で漏れ0 | |
| JAXA試験 (LH2) | 外部封止 | 4.2MPa | 漏れ0 |
| | 内部封止 | シート漏れ | 0.1、0.6、1.0、 2.0、3.0、4.2MPa |
| キャビティ漏れ | | 0.1~4.2で漏れ0 | |

20インチボール弁液化水素試験外観写真と試験結果

20インチチャッキ弁液化水素試験外観写真と試験結果

4. 今後の見通しについて

・ 実用化・事業化に向けて

本事業で確立された技術を製品として反映、ラインナップ化

液化水素受入基地実証プラントにて使用、実用化、事業化に向けた第一歩を踏み出すことができる。

| 課題 | 内容 | 検討策 |
|-------|--|---|
| 信頼性 | 初期評価のみでは信頼性を得ることは難しい。 | フィールド試験、耐久試験等実施し、実使用における経年評価を検討。 最終的に、実証プラントでの実使用を目指す。 |
| サイズ展開 | 本事業では代表サイズのための検証のため、サイズ展開が必要。 | 客先ヒアリング等の市場調査を行い、市場要求のサイズを確定し、フルラインナップを目指す。 |
| 生産体制 | 実用化、事業化に向けて生産体制の構築が必要。 現状では、要求仕様、納期対応が困難。 | 今後の市場成長を見極め、市場規模(要求台数)に対応できる生産体制の検討、構築を進める。 |
| コスト | -253℃での鋳物使用が高圧ガス保安協会(KHK)にて認められていないため、鍛造材、鋼材での製作となり、コストがかかる。 | 鋳物使用のKHK認証取得のため、事前評価も含め、実施事項をKHKと調整し、認証取得を目指す。 |
| 認証取得 | KHK認証、日本海事協会(NK)認証の取得が要求される。 | KHK認証の取得、及びNK認証取得に向けた必要事項の確認と対応策の検討。 |

