

事業名：超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業/水素ステーションのコスト低減等に関連する技術開発/
長寿命高压水素シール部材・継手部材及び機器開発に関する研究開発

発表者名：一般社団法人水素供給利用技術協会 (HySUT), 国立大学法人九州大学, 一般財団法人化学物質評価研究機構 (CERI), N O K 株式会社, 高石工業株式会社, 日本ピラー工業株式会社, 株式会社キッツ, 株式会社フジキン, 株式会社タツノ, トキコシステムソリューションズ株式会社

研究目的

水素ステーションにおいて2011～2015年度に28件の水素漏えい事故が発生し、漏えい部位の3/4が締結部とシール部である。今後の水素ステーションの増加、充填頻度の上昇により今後更に漏えい事故の増加が予想され、締結部とシール部の漏えい防止対策が急務である。
 本事業では、水素ステーションで多数存在する継手部やシール部分の漏えいに関し、多様な漏えい原因の切り分け、検証と漏えい防止策を策定し、もって漏えいの無い継手や弁・フィルター等の機器を開発する。
 水素ステーション設備の信頼性向上と運営コストの低減に寄与する。

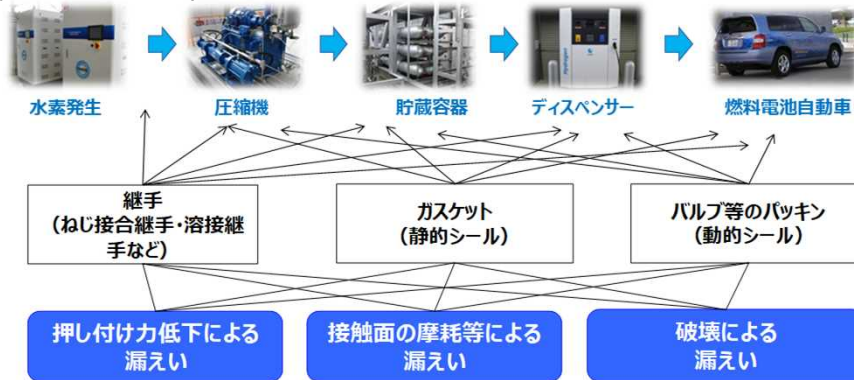
研究開発の目標

2020年度中間目標：
 ・継手部材、シール部材の耐久性を、水素ステーションにおける充填回数15,000回相当とする。
 ・継手部材、シール部材の加速耐久性評価法案を設定する。
 2022年度最終目標：
 ・継手部材、シール部材の耐久性を、水素ステーションにおける充填回数30,000回相当とする。
 ・継手部材、シール部材の加速耐久性評価法案を確立する。

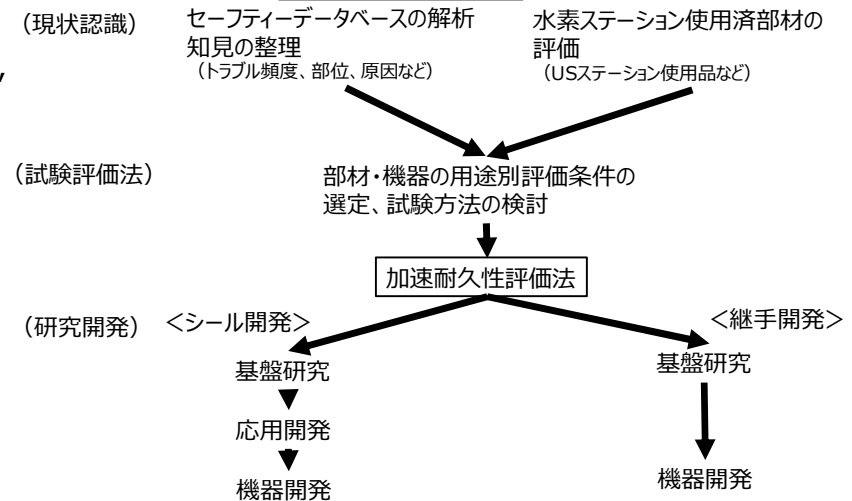
事業概要

水素ステーションにおける締結・摺動要素と潜在的漏えい箇所

水素ステーションの増加、使用頻度の上昇により、漏えい事故の増加が予想され、漏えい防止の対策が急務である。



研究開発の進め方



研究開発体制

- ① セーフティデータベースの解析知見の整理：HySUT
- ② 部材・機器の用途別評価条件の選定、試験方法の検討：HySUT, キッツ, フジキン, タツノ, トキコシステムソリューションズ
- ③ シール基盤・改良開発：九州大学, CERI, NOK, 高石工業, 日本ピラー工業
- ④ 継手基盤・機器開発：九州大学, キッツ, フジキン
- ⑤ シール成果に基づく機器開発：キッツ, フジキン, タツノ, トキコシステムソリューションズ

連絡先

一般社団法人水素供給利用技術協会
 E-mail: hysut@hysut.or.jp
 TEL: 03-3560-2802

研究成果の概要

開発項目	成果
<p>① セーフティーデータベース (SDB) の解析知見の整理 前事業で作成したSDBの情報を整理し、事故発生状況、頻度、原因など解析結果を本事業に活用。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・シール、継手のトラブル事例解析より、プレクーラー二次側での漏えいトラブル発生が重要であることが判明した。 ・充填回数とトラブル発生頻度の相関性を解析した結果、充填回数0～50回での漏えい件数が最も多く、水素ステーション運営開始初期の段階でシール部・継手部から漏えいが発生していることを確認した。
<p>② 部材・機器の用途別評価条件の選定、試験方法の検討 商用ステーションの継手、シール、バルブの使用条件を考慮した用途別評価条件を決定し、他サブテーマの前提試験条件を設定。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・サブテーマ③で設定された劣化モデルシール部材を用いた加速評価法案を検証した。 ・水素ステーション充填制御における遮断弁動作に基づいて、遮断弁開閉回数、圧力変動、ガス温度変動を調査しシール部材に対する負荷を検討した。 ・充填時のシール部材に対する負荷に基づいて試験パターン、水素ステーションにおける評価用充填パターンを設定した。
<p>③ シール基盤・改良開発 シール部材等の加速耐久性評価法の確立、シール基盤研究の成果に基づき長寿命シール部材等を開発。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・水素機器用高分子材料水素特性データベースを拡充。 ・15～30k回充填相当劣化モデルシール部材作製法開発、加速評価法案設定。 ・水素ステーション使用済みシール部材の回収、調査を実施。 ・バルブ、フィルター等の機器に用いるシールシステムの設計検討を実施。 ・圧縮機ピストンリング材の摩耗に伴うトライボケミカル反応による硫化水素発生確認。
<p>④ 継手基盤・機器開発 漏えいが最多の機械継手について、事故事例分析、評価試験、理論解析及び実地検証により漏えいの無い機械継手を開発。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・継手漏洩評価のための新しい評価手法（実験と解析）を確立した。 ・締付けの繰返しと潤滑の有無で締付けトルクと接触面圧の関係が変化。 ・繰返し圧縮により接触面圧低下。横方向ミスアラインメントの影響小。 ・繰返し曲げにより接触面圧低下。 ・高圧水素の引張漏洩試験で繰返し締付けにより漏洩時の接触面圧が増加。 ・FEM解析により継手シール部、ネジ部の塑性変形を確認した。
<p>⑤ シール成果に基づく機器開発 本事業で開発した改良シールを備えた改良弁・フィルターの加速耐久性試験を行い、漏えいの無い弁・フィルターを開発。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・基盤・改良開発に基づき、新たな機器（バルブ、フィルター等）の設計検討を実施した。 ・サブテーマ③で開発した劣化モデルシール部材作製法により故意的に劣化因子を与えた従来シール部材の評価を行い、劣化要因を検討した。 ・劣化度と漏えいの相関を確認し、加速耐久性評価法の概要を検討した。

**加速耐久性
評価法案(仮)**

Oリング
シール部材

シール部材加速劣化

拡張疲労

実機溝寸法より拡張率設定

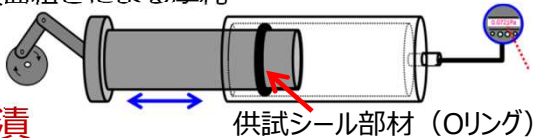
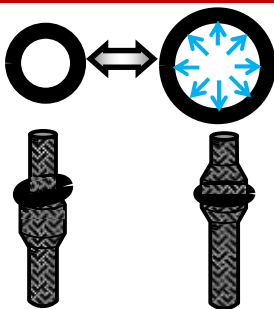
表面摩耗

実機溝材料・表面粗さによる摩耗

軸摩耗

グリース浸漬

使用予定グリースによる評価
使用材料の劣化が抑制されるグリース選定



模擬劣化
Oリング
シール部材

実機に装着



30,000回充填耐久性

シール特性
維持

実機耐久評価

劣化シール部材と初期品の
性能差を検証

シール特性
低下大

30,000回以下でリーク

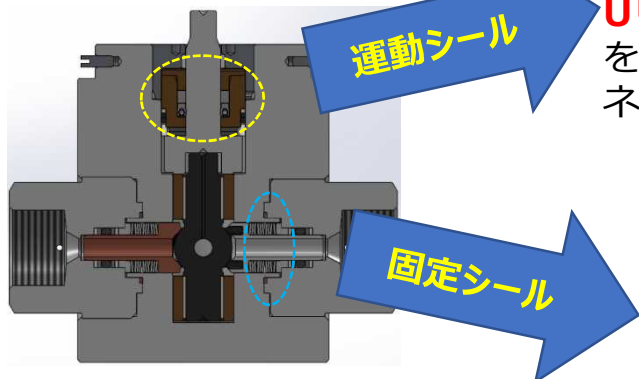
30,000回充填相当の劣化模擬
シール部材を装着した機器の
シール性能評価により寿命判断

実機設計およびHRSにおける充填時の作動条件よりOリング
疲労回数, 摺動距離を設定 (> 30,000回)

**シール基盤研究・応用開発成果を
適用した機器開発**

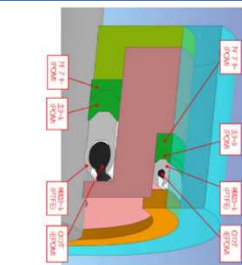
(サブテーマ③・⑤連携)

新規シール構造を適用した機器の
基礎設計完了, 加速耐久性評価法案
により検証を継続

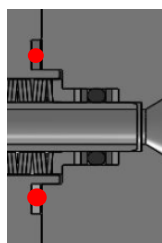


運動シール

固定シール



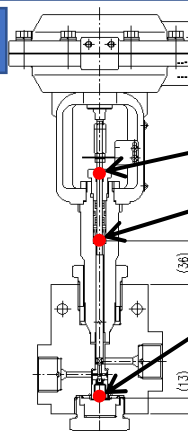
UリングとVパッキン
を組合わせたコンビ
ネーションシール構造。



Oリング

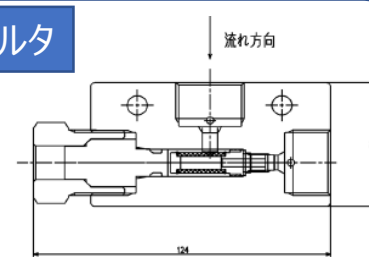
金属ガスケットをOリン
グに変更し, 締付けトル
クの軽減, 分解組立が容
易となる構造とする

遮断弁

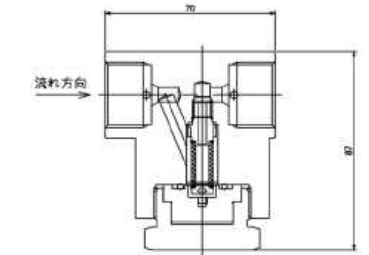


- ③パッキン
オサ工部
- ②グランド
パッキン下部
(外部シール)
- ①ガスケット部
(外部シール)

フィルタ



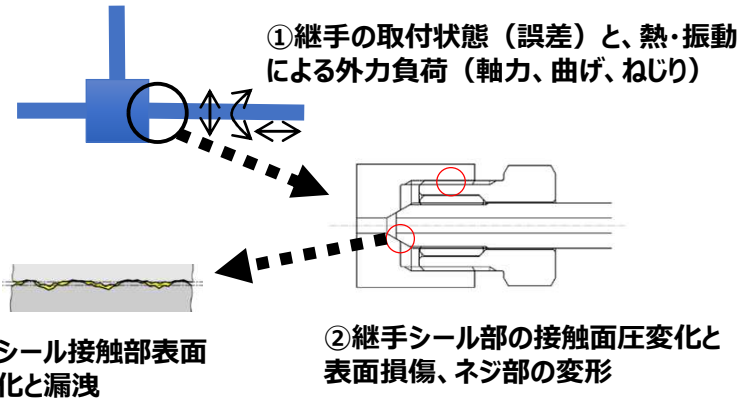
軸シール型



平面シール型

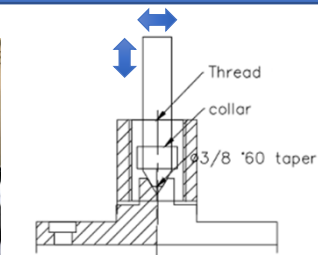
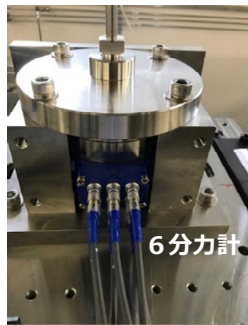
継手基盤・機器開発

継手ゆるみによる漏えい



漏えいに到るプロセスは(1)組付け誤差，施工に起因して締結時に初期歪が生じ，(2)温度変動，振動などの繰返し外力負荷により継手シール部の接触面圧が低下・不均一化して漏洩に至る，と考えられる。

継手要素試験装置の開発



形状，寸法材料，仕上げなどを制御し，かつシール部の6分力を測定可能とするため，独自の供試体を開発。

FEM解析

計算モデル例：ナットを時計回りに60°回転，締付け後，チューブ150mmの位置で横に2mm変位



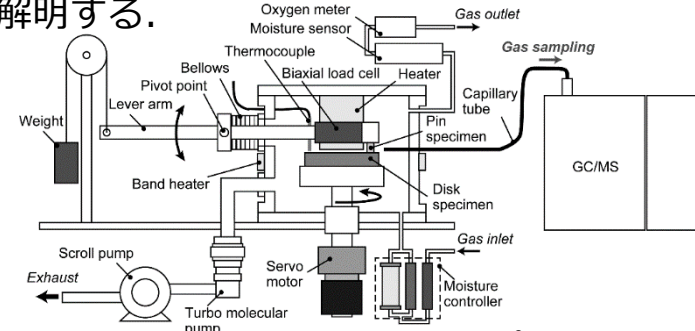
継手シール部、ネジ部の塑性変形発生を確認

(評価結果)

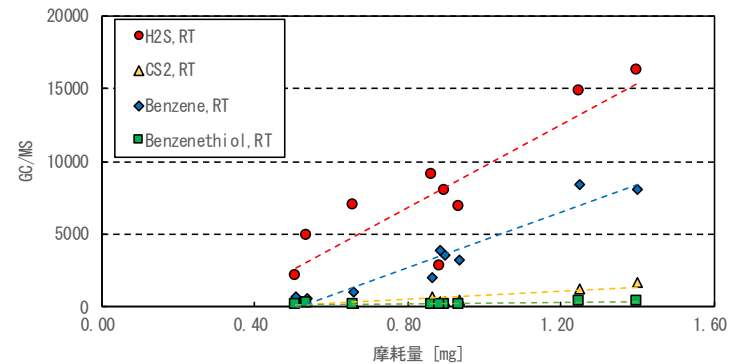
- ・軸力サイクル：繰返し圧縮により表面損傷，接触面圧低下。
- ・曲げサイクル：曲げモーメントが高い場合，接触面圧低下。
- ・締付けの繰返しと潤滑の有無で締付けトルクと接触面圧の関係，及び漏洩時の接触面圧が変化

ピストンリング材の摩擦摩耗とガスエミッション

100MPa級高圧水素ガス圧縮機に用いられるピストンリングは、高いガス圧と高温にされながら高速でしゅう動するため、配合に含まれるポリフェニレンサルファイド (PPS) からの硫化水素の発生が懸念される。ピストンリング材の摩擦摩耗特性を評価するとともに、しゅう動に伴う硫化水素の発生を確認し、発生メカニズムを解明する。



高純度水素ガス雰囲気においてピストンリング材のピン・オン・ディスク型しゅう動試験中は発生する微量成分（ガスエミッション、GE）をガスクロマトグラフ質量分析計により分析。



- ・しゅう動によるGE発生メカニズムは単純な熱分解ではなく機械的せん断による分子鎖の破断を含むトライボケミカル反応