NEDO水素・アンモニア成果報告会2025
発表No.P2-59

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／
共通基盤整備に係る技術開発／

中空試験片を用いた低温高圧水素環境での材料特性評価に係る研究開発

団体名：国立研究開発法人物質・材料研究機構

発表日：2025年7月16日

【事業内容、開発目標】

【期間】　2023年6月開始 ～　2028年3月終了（予定）

【最終目標】
－253°C～室温の幅広い温度域の高圧水素ガス環境において材料特性データを取得し、液化水素関連機器の設計・製造に関わる国内事業者に、それらのデータを水素利用機器の開発や設計に活用できる形で提供する。

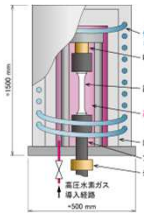
【事業の背景】
水素社会の実現のためには、効率的かつ安価な大規模水素の製造・輸送・貯蔵が必要であるが、そのサプライチェーンには液化水素によるサプライチェーン構築が大きく期待されている。一方、液化水素は貯蔵温度が－253°Cと非常に低く、貯槽や配管類に使用される材料は過酷な極低温環境に曝される。加えて、高圧水素ガスが材料に触れることにより材料特性が劣化する現象である水素脆化への懸念もあることから、低温度から極低温度の温度範囲において材料が水素に曝された場合の材料特性を明らかにすることが、液化水素関連機器の開発・設計・製造において不可欠である。

【事業の課題・意義】
しかしながら、その材料特性データは測定が容易ではなく、特に－253～－45°Cの高圧水素ガス環境下で公開されている材料特性データはほとんど存在していないのが実情であり、この領域において高い信頼性のある材料特性データが求められている。

【事業の目的】
本事業においては中空試験片材料評価設備を用いて、さまざまな金属材料を対象にこの領域でのSSRT、疲労特性などの材料特性データを取得し、液化水素関連機器の開発・設計・製造に資することによって、安全な水素社会の実現に寄与する。

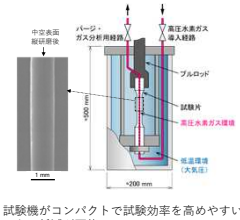
【中空試験片方式の材料評価設備】

中実試験片方式



○ 過去に多くのデータが取得されており、結果の比較が容易
△ 試験機が大がかりとなることから、試験手順が煩雑で高コストになりがち。特に極低温の試験を実現するためには技術的課題が多い

中空試験片方式（提案方式）



○ 試験機がコンパクトで試験効率を高めやすい→ 試験コストの低減が可能
○ 試験片外側の環境に制限がなく、伝導冷却や浸漬冷却などの多様な冷却方式を適用可能
→ 高効率な冷却を実現可能
△ 新しい試験方式であるため、試験データの蓄積が必要

【事業の実施内容】
①中空試験片を用いた極低温・高圧水素ガス中 SSRT の試験時間短縮による試験高効率化のための試験システムとプロトコルの開発・最適化
冷却・昇温時間を短縮するためのクライオスタット構造の最適化検討や試験治具の改良、試験プロトコルの最適化などを講じることにより、－253°Cでの高圧水素ガス環境中 SSRT に要する時間を 3 日から 2 日へ短縮する。

②評価対象材料と評価項目の決定ならびに試験結果の妥当性検討のための委員会の開催
外部有識者からなる高圧水素環境下材料特性評価委員会を構成し、評価対象材料と試験項目について議論を行い、評価対象材料およびデータ取得計画が産業ニーズに沿うものであることを確認する。材料特性データの取得後は、同委員会に結果を報告し、試験結果の妥当性についても議論を行う。

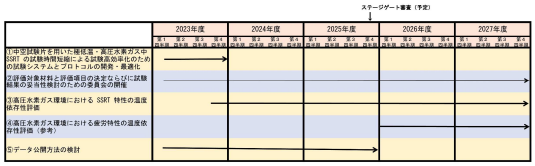
③高圧水素ガス環境における SSRT 特性の温度依存性評価
2024～2025 年度において、－253°C～室温の高圧水素ガス環境中における信頼性の高い材料特性データを戦略的に取得する。温度、圧力等の試験条件は、各部材が曝される実環境を配慮して定める。得られたデータは②の委員会での評価を経て、必要により2026年度以降により細かい条件下での材料特性データを取得を行う。

④高圧水素ガス環境における疲労特性の温度依存性評価（参考）
2024～2025 年度に評価した SSRT 特性を基に、疲労特性を取得すべき材料を検討し、②の委員会に諮る。それに基づき、2026～2027 年度にかけて、－253°C～室温の温度範囲において、疲労寿命および疲労限度を評価する。

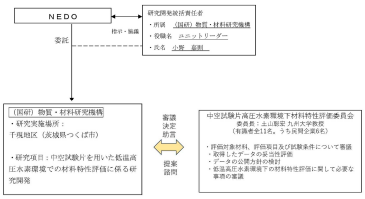
⑤データ公開方法の検討
取得したデータの公開方法を検討し、材料特性データ公開方針案を作成する。案は②の委員会に諮り決定する。方針案の作成にあたっては、国内産業の開発力強化、国際競争力強化に資する観点からの配慮を行う。

注）本技術開発事業の研究開発項目Ⅰ「大規模水素サプライチェーンの構築に係る技術開発」で東京大学が実施している「大型液化水素貯槽実現に向けた極低温・水素環境下材料信頼性評価法確立および社会受容のための実大試験」との連携を行う。

【スケジュール】



【委員会体制】



【2024年度開発成果】

評価対象材料

I.　LNG温度での使用が認められている（基準で例示されている）材料
- 高圧ガス保安法に例示

	JIS		ASTM		備考
①	G5121	SCS13A	A351M	CF-8	ステンレス鋳鋼　SUS304相当
②		SCS14A		CF-8M	ステンレス鋳鋼　SUS316相当
③		SCS16A		CF-3M	ステンレス鋳鋼　SUS316L相当
④	G3127	9%Ni鋼（SL9N520/SL9N590）	A353M or A553M		低温圧力容器用ニッケル鋼鋼板

- 日本ガス協会LNG地上式貯槽指針に例示

⑤　36%Ni合金（インバー合金）板材　S36N240　　ガス工作物技術基準・同解釈例の解説　別表第1

II.　海外で使用が認められているが国内には基準で例示されていない材料

	JIS		ASTM		備考
⑥	G4304	SUS304N1	A240M	304N	熱間圧延ステンレス鋼板
⑦		SUS316LN		316LN	窒素（N）含有オーステナイト系ステンレス鋼

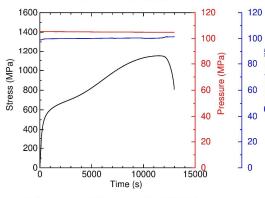
III.　材料メーカーが開発し提案している新しい材料
⑧　STH^{HP}2　　低Cr低Ni窒Mo型オーステナイト系ステンレス鋼
https://www.nippon-steel.com/product/stainless/csc/campaign/hydrogen/index.html

IV.　①～⑧の評価の基準となる材料

	JIS		ASTM		備考
⑨	G4304	SUS316L	A240M	316L	熱間圧延ステンレス鋼板

試験中の温度・試験片内圧の変動

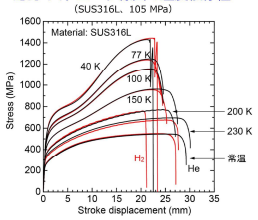
（105 MPa、100 K試験）



試験を通して温度・圧力が規定範囲内に収まっていることを全数確認。

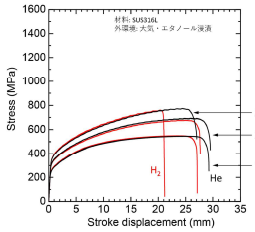
応力-ストローク線図の温度依存性

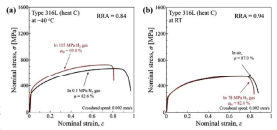
（SUS316L、105 MPa）



SUS316L　Ni_{eq}（甲山）：26.9%　Ni_{eq}（三加）：28.0%

応力－ストローク線図の温度依存性

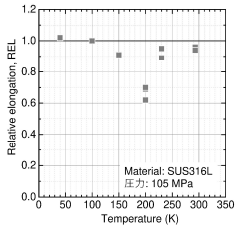




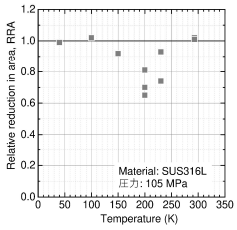
水素利用技術研究開発事業／燃料電池自動車及び水素供給インフラの国内規制逃止化、国際基準調和・国際標準化に関する研究開発／水素ステーション用金属材料の鋼種拡大に関する研究開発　　平成25年度～平成29年度成果報告書 p.103

先行事業で報告された試験結果とおおよそ整合

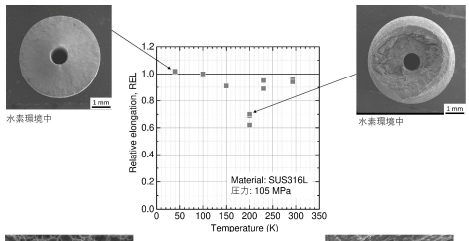
相対伸びの温度依存性

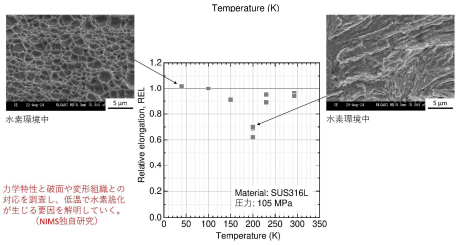


相対絞りの温度依存性



破面観察





力学特性と破面や変形組織との対応を調査し、低温で水素脆化が生じる要因を解明していく。（NIMS独自研究）

データ公開法の検討

・NEDO競争的な水素SC事業／水素社会構築に向けた鋼材開発事業の「鋼材ステアリング会議」おいて、先行して議論、検討されている考え方に沿って設定する。

【実用化・事業化への見通し】

【実用化・事業化への見通し】
・本事業を通じて、高圧／低温度領域での耐水素特性について信頼性の高いデータを取得する。
→国内産業育成、競争力強化につなげ、水素社会の実現に寄与する。

【波及効果】
・中空試験片法による耐水素特性評価法の拡大。
・新規参入の促進、競争による水素インフラのコスト削減。
・測定方法標準化への取り組み。【例：ISO7039-2024制定に寄与】

連絡先：和田健太郎
WADA.Kentaro@nims.go.jp