

水素社会実現への一歩！低温・高圧水素環境下での材料特性評価設備が完成 ～試験温度・圧力域を大幅に拡大 水素供給コストの低減に材料評価から寄与～

配布日時：2024 年 10 月 28 日 14 時
NIMS（国立研究開発法人物質・材料研究機構）

概要

1. NIMS は、低温の水素環境下における材料の機械的特性を評価する試験設備を設置し、本格的な稼働に向けて運転を開始しました。本設備は、従来に比べて低温の水素環境下での材料試験領域を世界初の温度・圧力領域に拡大した点に特徴があります。本設備を用いて、液化水素を含む低温水素ガス環境下での材料特性を明らかにすることで、水素サプライチェーンの構築において安価な材料の利用が可能となり、機器の設備コストや運転コスト、さらには水素供給コストが低減されることが期待されます。
2. 水素社会の実現に向けては、水素の供給コストの低減が求められています。しかし、液化水素温度（20 K）や水素ガス環境といった過酷な条件で利用できる材料が現状では限られているため、各種設備の大幅なコスト削減には限界がありました。
3. 今回完成した設備は、幅広い材料において、液化水素を含む低温水素環境下（温度：20K～200K、圧力：常圧～10MPa）での機械的特性や水素適性などの材料特性について、正確かつ信頼性の高いデータを取得することができます。これにより、水素環境下で利用できる材料の幅が広がり、安全性を確保しつつ各構成機器のコストを下げることを期待されます。
4. 2025 年度末までに、この設備が正確で信頼できる材料特性データを安定的かつ継続的に提供できることを検証し、2026 年度からは、水素サプライチェーンに使用される材料の機械的特性データを本格的に取得して提供する予定です。
5. この設備を用いた試験は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が推進する「グリーンイノベーション基金事業」の「大規模水素サプライチェーンの構築プロジェクト」において、「液化水素関連機器の研究開発を支える材料評価基盤の整備」として実施されます。



図：水素防爆の仕様を備えた水素環境材料実験棟。液化水素を含む低温水素環境での材料の機械的特性を評価する試験設備 4 台とともに、内容量が 24,000L の液化水素貯槽を設置。

* 物質・材料研究機構は、その略称を NIMS（National Institute for Materials Science）に統一しております。

背景

2020 年 10 月、日本は「2050 年カーボンニュートラル」を宣言し、2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする目標を掲げました。この目標は、従来の政府方針を大幅に前倒しするものであり、その達成のためにはエネルギーをはじめとする産業部門の構造転換や、大胆な投資によるイノベーションといった取組を大幅に加速させることが必要です。このため、国はグリーンイノベーション基金事業を創設し、NEDO がこの基金による技術開発・実証を運営、管理することになりました。本事業では、官民で野心的かつ具体的な目標を共有した上で、これを経営課題として取り組む企業などに対して、技術開発・実証から社会実装まで継続して最長 10 年間の支援を行います。

本事業は、グリーン成長戦略^{※1}において実行計画が策定されている重点分野を支援対象としており、その一つに「水素」があります。水素は、直接的に電力分野の脱炭素化に貢献するだけでなく、余剰電力などを水素に変換して貯蔵・利用することにより、再生可能エネルギーなどのゼロエミッション電源のポテンシャルを最大限活用することもできるため、カーボンニュートラル達成に必要な不可欠な二次エネルギーとして大きく期待されています。なかでも、液化水素はエネルギー密度が常温気体状態の約 800 倍と高く、水素サプライチェーンにおいて大量の水素を輸送・貯蔵できる水素キャリアとしてその利用が期待されています。

水素社会の実現を通じて、カーボンニュートラルを達成するためには、供給設備の大型化による供給コストの削減と、大規模な需要創出の双方を同時に実現する必要があります。政府において、水素の供給コスト（CIF 価格）を、標準状態（0℃、1 気圧）の気体について 2030 年に 30 円/m³、2050 年には 20 円/m³以下に低減する目標が掲げられており、その実現のため、各種設備について大幅なコスト削減が必要となります。しかし、液化水素を取り扱う上では、液化水素温度（20 K すなわち -253℃）や水素ガス環境といった過酷な条件で使用できる材料が現状では限られており、コスト削減には限界があるとされています。安全性を確保しつつ各構成機器のコストを下げることも機器開発の幅を広げ、国際競争力を強化するためには、液化水素を含む低温水素環境下で使用できる材料を増やすことが必要であり、そのためには、材料の極低温での機械特性や水素適性などの材料特性について、正確かつ信頼できるデータを取得し、評価を行う設備群を整備することが必要です。

現在、国内における液化水素環境下での材料評価を可能とする試験設備は、NEDO が 1993 年度から 2002 年度に実施した「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術研究開発」(World Energy Network: WE-NET) プロジェクト^{※2}で整備された 1 基のみです（現在は民間企業が所有）。この設備では大気圧の液化水素環境下での材料の機械特性評価を行います。液化水素温度以上 200 K 以下の低温水素環境や大気圧以上の水素ガス環境下での評価を行うことはできません。水素サプライチェーンの商用化実証に進みつつある現時点では、材料の使用環境（温度、圧力等）に合わせた機械試験のニーズが高くなっており、液化水素環境下での特性データ取得は、海外の評価試験設備も利用せざるを得ない状況にあります。液化水素関連産業の国際競争力強化、産業財産権の確保等の観点からも、国内に液化水素温度領域での材料特性を評価する設備を整備することは喫緊の課題となっています。水素サプライチェーンの本格実証に先行して評価基盤を整備することで、液化水素に関連する機器全般について、世界をリードする技術開発を継続して支え、参入障壁を下げることや市場の拡大にもつながることも期待されます。

事業内容と成果

NIMS が「グリーンイノベーション基金事業」の「大規模水素サプライチェーンの構築」^{※3}プロジェクトに提案し、2021 年度に採択されたテーマ「液化水素関連機器の研究開発を支える材料評価基盤の整備」^{※4}では、液化水素の製造、輸送・貯蔵、利用に関わる各構成機器の設備の低コスト化に資するため、液化水素を含む低温水素環境下での材料の機械特性等を統一的に評価する上で基盤となる試験設備を 2025 年度末までに整備します。液化水素による水素サプライチェーンの関連機器において、使用される材料が曝される環境（温度、圧力）は、液化水素温度（図 1 青線参照）および水素ガス温度 20 K（-253℃）～ 353 K（80℃）（図 1 緑線参照）、圧力 5 MPa 以下程度、とされています。そこで、採択されたテーマにおいては、液化水素温度である 20 K から 353 K までの温度域、常圧～10 MPa の環境下で、引張試験、疲労試験、破壊靱性試験などの機械的特性試験を可能とする設備の整備を行うこととしました（図 2）。このうち、温度が 20～200 K、かつ、圧力が大気圧（0.1 MPa）～10 MPa の試験範囲は、公開されている材料評価試験設備としては世界初の温度・圧力領域となり、これまで得ることができなかった条件下での新しい材料特

性データを取得することが可能となります。また、NIMS で開発した中空試験片を用いれば、20 K から 353 K の温度域で、100 MPa 程度の高圧水素ガス環境での試験も可能になります。

採択以降、基本設計、詳細設計、製作、据付を行ってきましたが、このたび、一連の設備の設置が完了し、本格的な稼働にむけて運転を開始しました。また、並行して今後得られる試験データを蓄積するためのデータベースシステムの基盤整備にも着手しました。

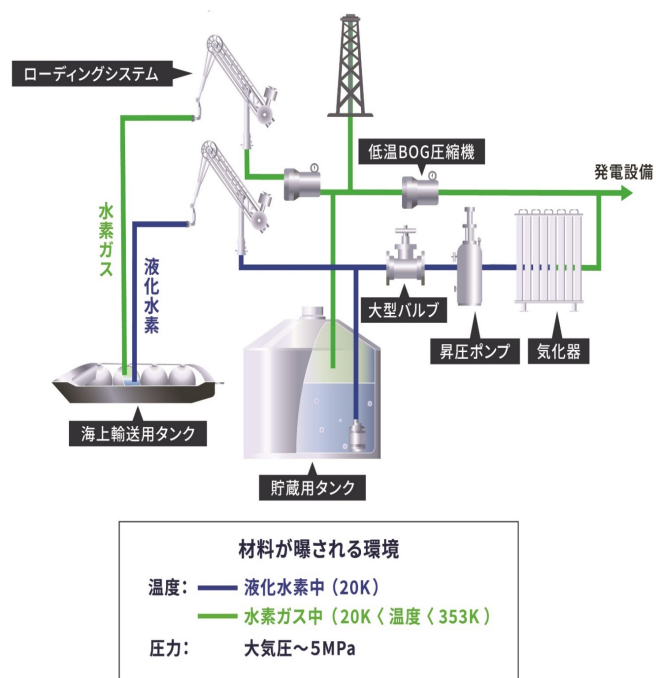


図 1 液化水素インフラのイメージ

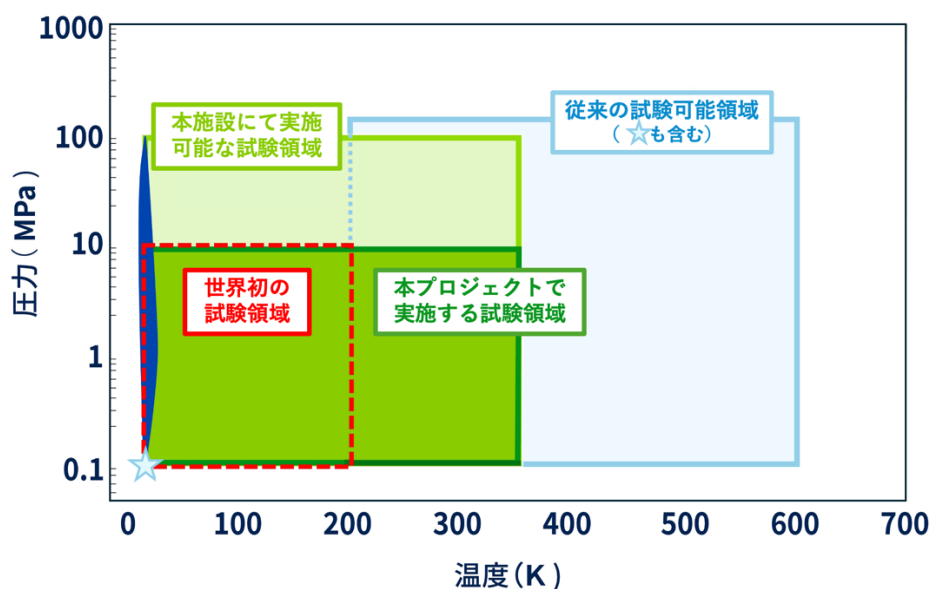


図 2：水素環境下試験設備の温度・圧力環境の比較。従来は 200K 以上が中心で、低温領域は常圧・液化水素環境 (20K) 下の設備があるのみ (☆)。今回、20K~200K かつ常圧~10MPa まで、低温での幅広い温度・圧力域で試験が可能となった。

今後の展開

今回の課題「液化水素関連機器の研究開発を支える材料評価基盤の整備」では、試験設備が正確で信頼できる材料特性データを安定的かつ継続的に提供できることを 2025 年度末までに検証し、整備を完了させることを目標としています。その上で、2026 年度以降は、水素サプライチェーンに使用される材料の機械特性データを本格的に取得し、提供する予定です。また、得られるデータを中心とした材料信頼性の根拠となる材料データベースを構築します。これらの材料特性評価、データベースが液化水素の製造、輸送・貯蔵、利用に関わる各構成機器の開発、低コスト化に寄与することをめざします。

用語解説

※1 グリーン成長戦略

日本政府が掲げる「2050 年カーボンニュートラル」への挑戦を、経済と環境の好循環につなげるための産業政策として、2021 年 6 月 18 日、経済産業省が関係省庁と連携して「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定。

<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005.html>

※2 NEDO「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術研究開発」

(World Energy Network : WE-NET) プロジェクト

<https://www.ena.or.jp/WE-NET/>

※3 グリーンイノベーション基金事業「大規模水素サプライチェーンの構築」

<https://green-innovation.nedo.go.jp/project/hydrogen-supply-chain/>

※4 同 「液化水素関連機器の研究開発を支える材料評価基盤の整備」

<https://green-innovation.nedo.go.jp/project/hydrogen-supply-chain/scheme/>

本件に関するお問い合わせ先

(研究内容に関すること)

NIMS 技術開発・共用部門 極限環境材料データユニット
ユニットリーダー 小野嘉則 (おの よしのり)

E-mail: ONO.Yoshinori@nims.go.jp

TEL: 029-859-2335

(報道・広報に関すること)

NIMS 国際・広報部門 広報室

〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

E-mail: pressrelease@ml.nims.go.jp

TEL: 029-859-2026, FAX: 029-859-2017