

NEDO水素・燃料電池成果報告会2024

発表No.B1-7

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 /
液化水素関連材料評価基盤の整備

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



発表者名 小野 嘉則
団体名 国立研究開発法人物質・材料研究機構
発表日 2024年7月18日

連絡先: 小野嘉則
国立研究開発法人物質・材料研究機構
ONO.Yoshinori@nims.go.jp

1. 期間

開始:2021年10月

終了(予定):2026年 3月

2. 最終目標

液化水素関連機器の材料に関する規制見直しや技術開発力強化等に資するため、

- 極低温水素環境下で材料の機械特性を評価するための試験設備を整備
- 材料データベースを構築し、その利活用を促進

3. 成果・進捗概要

① 評価試験設備の開発

仕様詳細を検討し、2023年1月に発注した(2024年7月竣工予定)。

② 特殊実験施設の開発

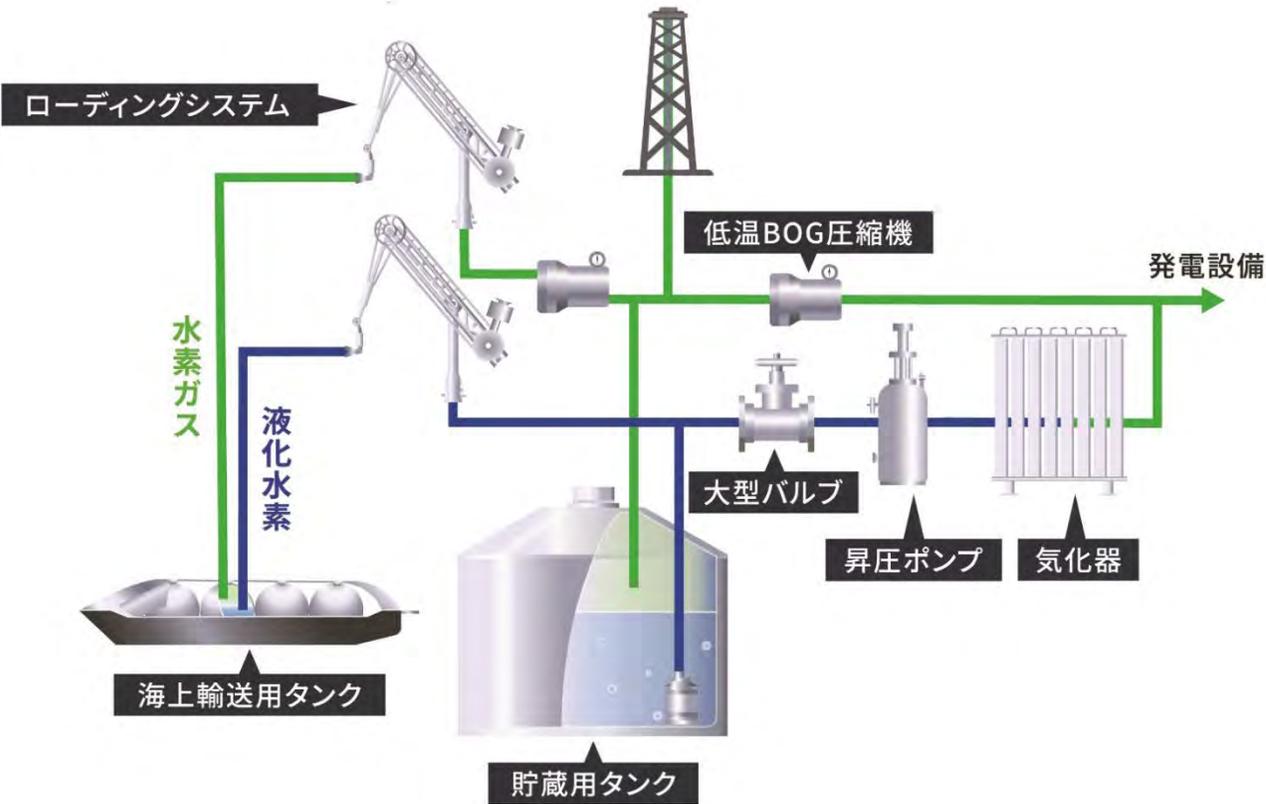
仕様詳細を検討し、2023年1月に発注し、2024年2月竣工した。

③ 材料データベース基盤の構築

弊機構で提供しているデータベースを最大限活用して共通の構造を持ったデータベースを構築することとし、2023年3月に発注した。

1. 事業の位置付け・必要性

液化水素インフラのイメージ



GXを通じた同時実現が我が国の目標:

- ①エネルギー安定供給、
- ②経済成長・国際的な産業競争力強化
- ③脱炭素

2050年カーボンニュートラル達成。
大規模かつ強靱な水素サプライチェーンの構築。

液化水素関連機器に使える材料は限定的。

- 液化水素環境: 20 K(-253°C) 低温脆化
- 水素ガス環境: 水素脆化

安全性を確保しつつ、製造コストを下げること、
機器開発の幅を広げ、国際競争力を強化すること、
が重要。

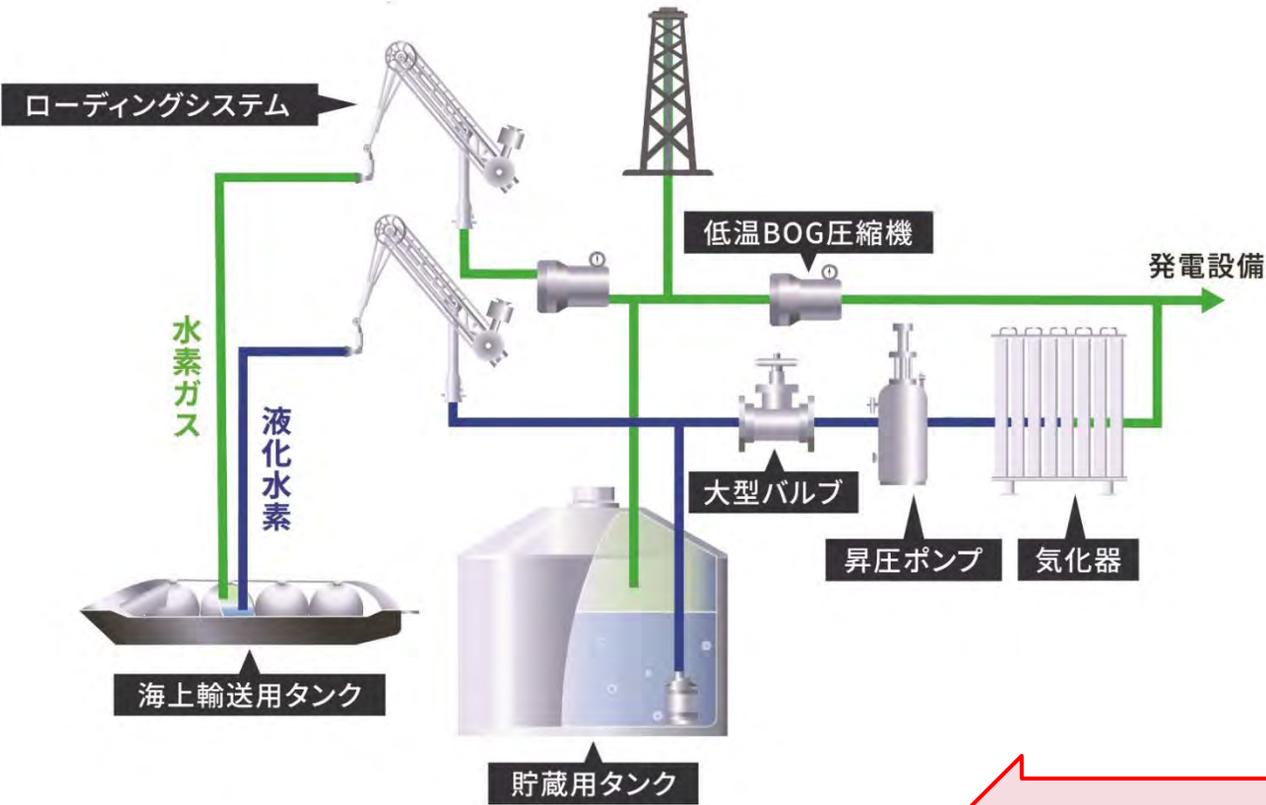
常温から液化水素温度までの温度範囲で、材料の低温特性、耐水素特性を正しく評価し、
信頼できる材料の材料特性データを提供することが必要。

液化水素サプライチェーン構築の技術的基盤の一つとして開発の加速に資する。

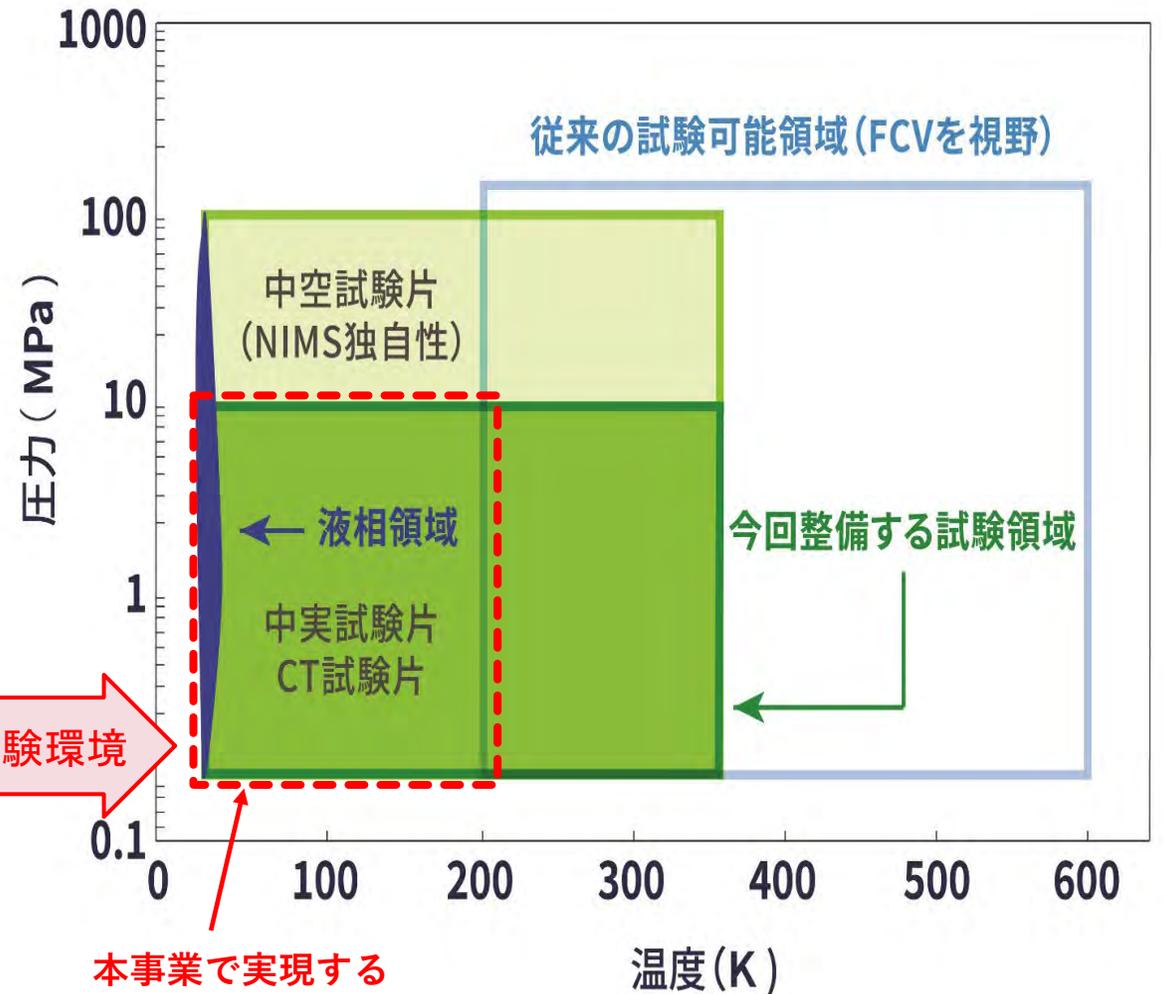
1. 事業の位置付け・必要性

— 整備が必要な試験環境 —

液化水素インフラのイメージ



国内の代表的な水素環境下試験設備の温度・圧力環境



整備が必要な試験環境

本事業で実現する
世界初の試験領域

材料が曝される環境

- 温度: — 液化水素中 (20K)
- 水素ガス中 (20K < 温度 < 353K)
- 圧力: 大気圧~5MPa

2. 研究開発マネジメントについて – 研究開発の目標 –

① 評価試験設備の開発

- 中実試験片： 引張、疲労(ひずみ/荷重制御)
- CT試験片： 疲労き裂進展、破壊靱性
- 中空試験片： 疲労(荷重制御)

所望の環境下で試験を可能とする評価試験設備を設計・製作し、整備する。

② 特殊実験施設の開発

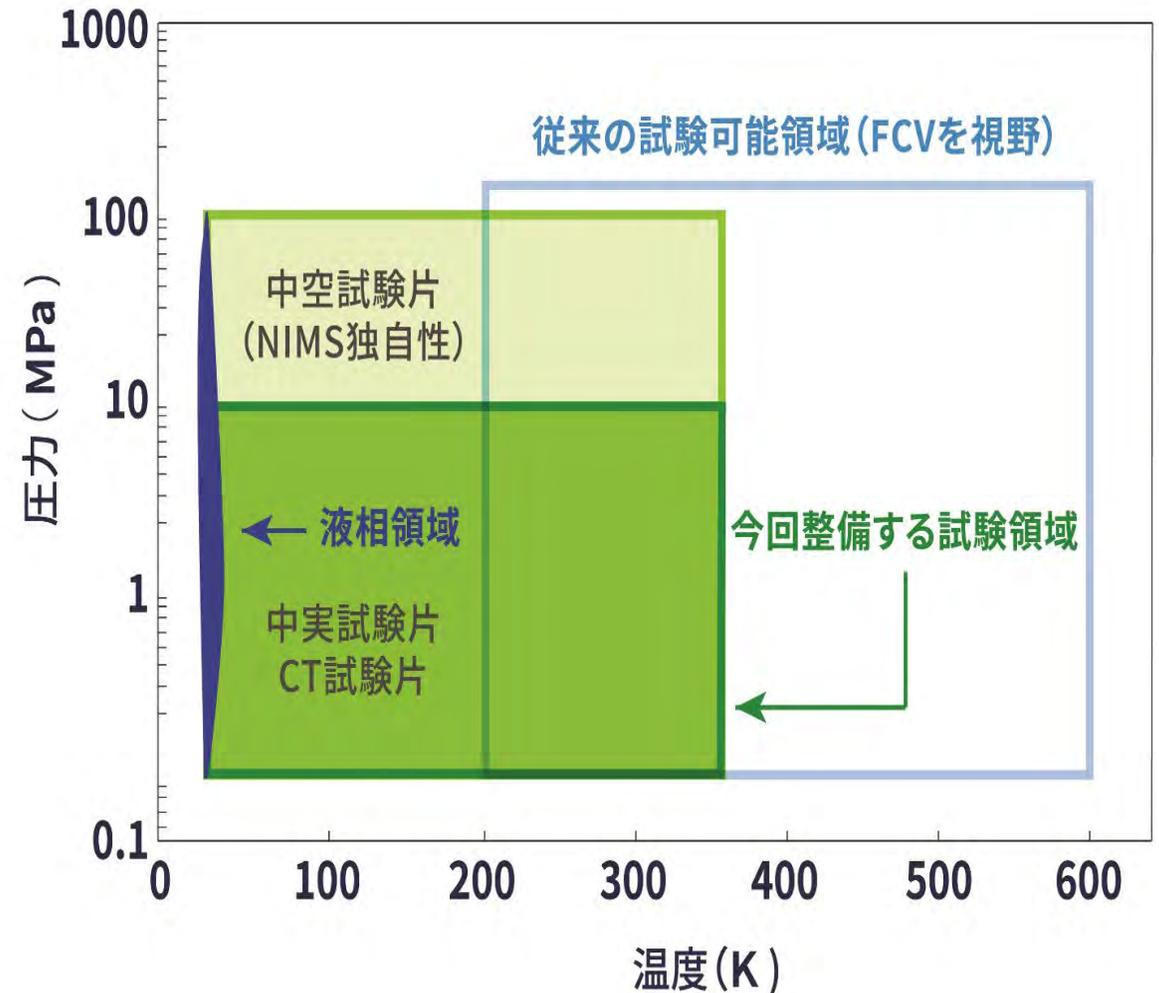
評価試験設備の運転・管理に適切な特殊実験施設の仕様・構成を検討し、建設を行う。付帯設備も含め、法令等に従った構成とし、十分な安全対策に配慮する。

③ 材料データベース基盤の構築

- ・新設/既設の評価試験設備で評価する材料を検討。
- ・事業内/事業後に取得するデータを利用者が使いやすいデータベースとする検討。

④ 評価試験設備の運用方針の検討

本事業で整備した評価試験設備に関する利用方法、利用料の案を作成する。



2. 研究開発マネジメントについて - 産業界のニーズに貢献 -

研究開発の進捗は、外部有識者からなる「**液化水素関連材料評価基盤整備委員会**」で審議・検討。

NIMS

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事業

- ・評価設備の整備
- ・試験設備の運用 材料試験・評価
- ・材料データベース基盤の構築
- ・評価技術の開発、高度化、ノウハウ蓄積

提案
諮問

審議
助言

液化水素関連材料評価基盤整備委員会

有識者合計12名(民間8名)委員長:梅澤修(横国大学教授)

- (1) 評価試験設備の仕様、構成ならびに設計等に関する審議
- (2) 評価する材料と実施する試験の種類等に関する審議
- (3) データベース化のための基本構成とその運用方針に関する審議
- (4) その他評価基盤整備に向けて必要な事項に関する審議

開催実績: FY2022/ 4/4、6/7、8/25、3/24 FY2023/ 7/31、3/19

産業界

大規模水素サプライチェーンの
構築プロジェクト

産業ニーズ・
情報の共有
(戦略の共有)

事業戦略
知財戦略
標準化戦略

産業界からNIMSへ:

- ・戦略策定への協力要請
- ・信頼できるデータの要請
- ・材料提供
- ・委員会活動への協力要請

2. 研究開発マネジメントについて – 研究開発スケジュール –

- ・「液化水素サプライチェーンの商用化実証」と連携を取りながら事業推進
- ・2026年度以降「液化水素サプライチェーンの商用化実証」を中心に液化水素関連機器開発に信頼性の高いデータを提供

| テーマ | FY2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 液化水素サプライチェーンの商用化実証 (日本水素エネルギー(株), ENEOS(株), 岩谷産業(株)) | → | | | | | | | | | |

| 研究開発項目 | 研究開発期間 | |
|---------------------------|-------------|---------------------|
| | 2022 | 2023 |
| ① 液化水素を含む低温水素環境下評価試験設備の開発 | 設計完了 ▲発注 | 評価試験設備の整備 ▼完成 |
| ② 特殊実験施設の開発 | 設計完了 ▲発注 | 付帯設備の整備 ▼完成 |
| ③ 材料データベース基盤の構築 | フォーマット検討 | データフォーマットの整備 ▲発注 |

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 (NIMS)

運用

運用方針検討

2. 研究開発マネジメントについて – 整備する材料評価設備 –

1
常圧極低温水素
 雰囲気での機械
 特性評価試験
 設備の開発
 (試験機1台:
 No.1)

2
高圧極低温水素
 雰囲気での機械
 特性評価試験
 設備の開発
 (試験機3台:
 No.2, No.3,
 No.4)

| No | ガス 圧力 | 試験 温度 | 環 境 | 試験機 容量 | ストローク | 試験 周波数 | 試験内容 | 備 考 |
|--------------|--|-------------------|--|---|--------------|-----------|---|---|
| 1 | 大気圧 (0.1 MPa) 設計圧力 0.3MPa | 4 - 353 K | LH ₂ , LHe GH ₂ , GHe | ±200 kN 補助 Load cell (検討中) | ±75 mm 以上 | ~ 20 Hz | 【シングル型】 引張試験 破壊靱性試験 疲労き裂進展試験 荷重／ひずみ制御疲労試験 | 引張: 平行部直径 φ4, φ6.25, φ7 mm, 12.5 mm幅平板 疲労: 試験片 φ7 mm CT試験片: 0.5T, 1T, 1.5T 冷凍機利用 |
| | | | | | | - | 【マルチ型】 6連引張試験 (6本以上 / 日) 3連破壊靱性試験 (数個 / 日) | 引張: 平行部直径 φ7 mm CT試験片: 0.5T, 1T |
| 2 | ~10 MPa | 20 - 353 K | GH ₂ , GHe | ±100 kN | ±75 mm 以上 | ~ 1 Hz | 引張試験 破壊靱性試験 疲労き裂進展試験 | 引張: 平行部直径 φ7 mm CT試験片: 0.5T, 1T 冷凍機利用 |
| 荷重／ひずみ制御疲労試験 | | | | | | | 疲労: 平行部直径 φ7 mm 冷凍機利用 | |
| 4 | | | | | | | 中空内は 最大 120 MPa | 中空内: 高圧 GH ₂ , GHe 外側: 大気圧 GH ₂ , GHe LH ₂ |

3. 研究開発成果について (2023年度成果) ① 評価試験設備の開発

4種類の評価試験装置の整備を計画し、設計、発注。2024年度7月竣工予定。

1号機 大気圧低温水素環境下マルチ型/シングル型試験装置

大気圧、液化水素、水素/ヘリウムガス環境

マルチ型

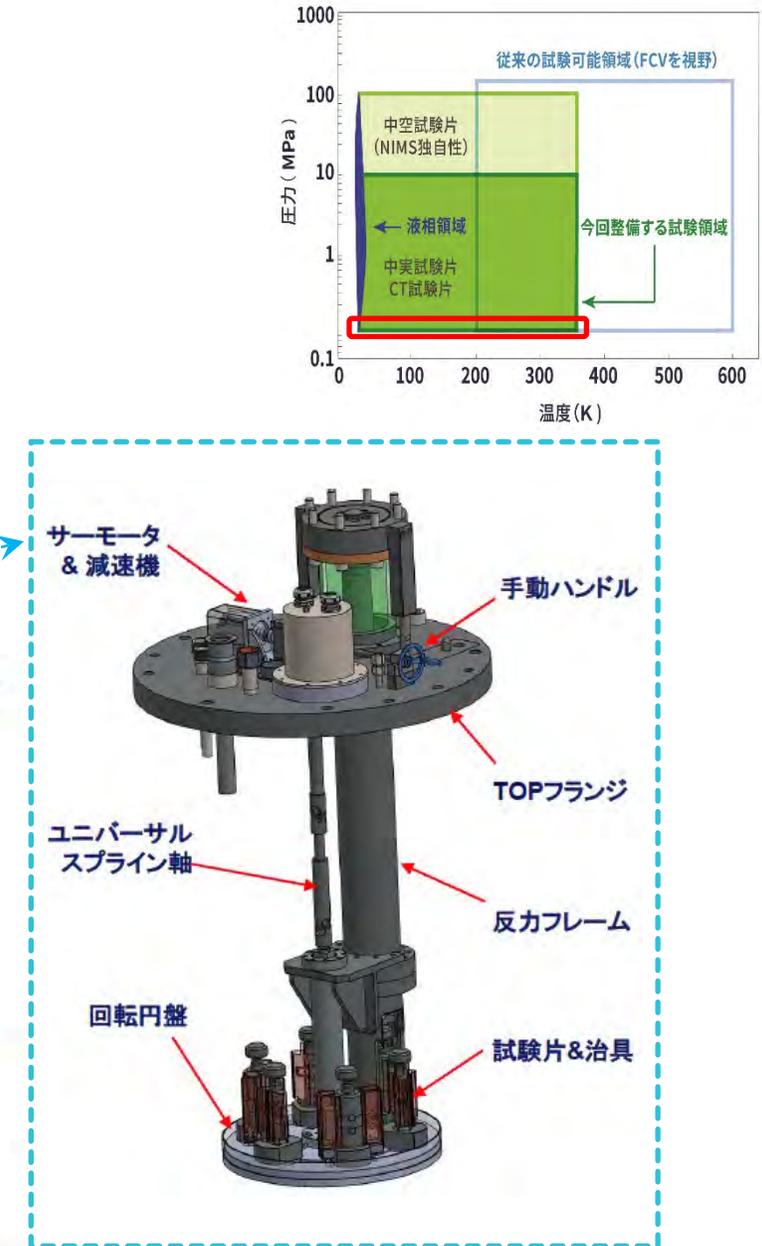
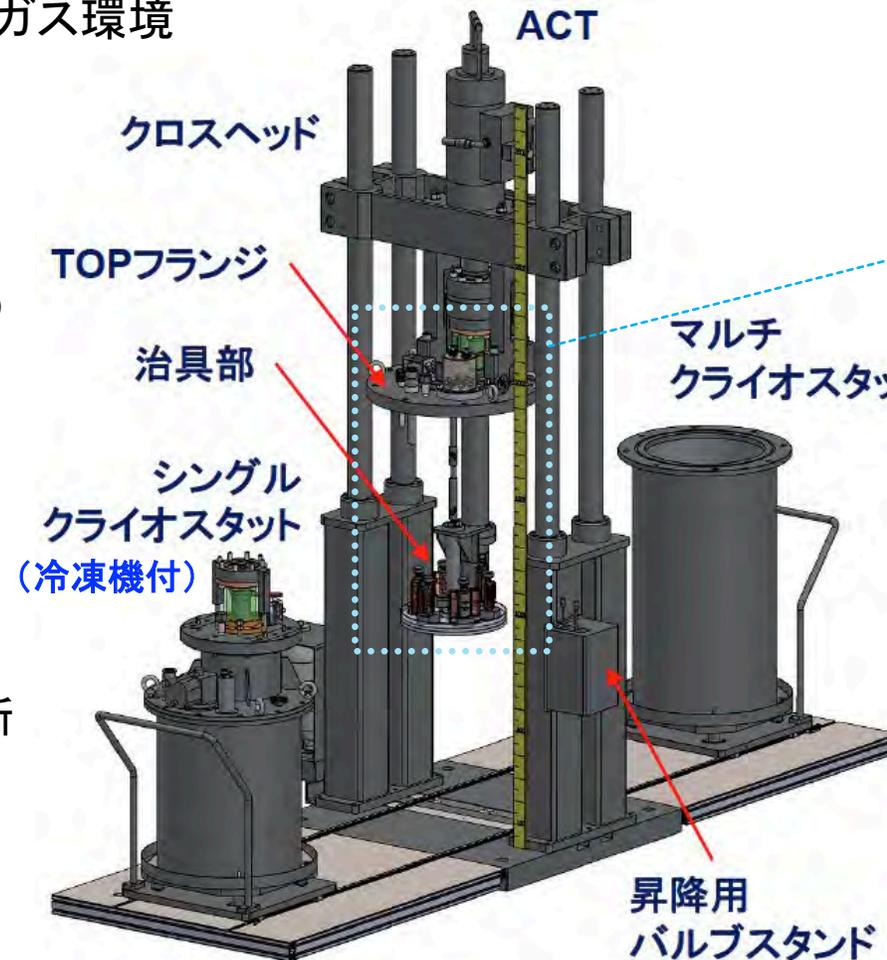
1回の試験バッチにつき引張試験片最大6本もしくは破壊靱性試験片3個の試験片を破断

- 引張(中実試験片)
- 破壊靱性(CT試験片)

シングル型

1回の試験バッチで1つの試験片を破断

- 疲労(中実試験片)
- 疲労き裂進展(CT試験片)



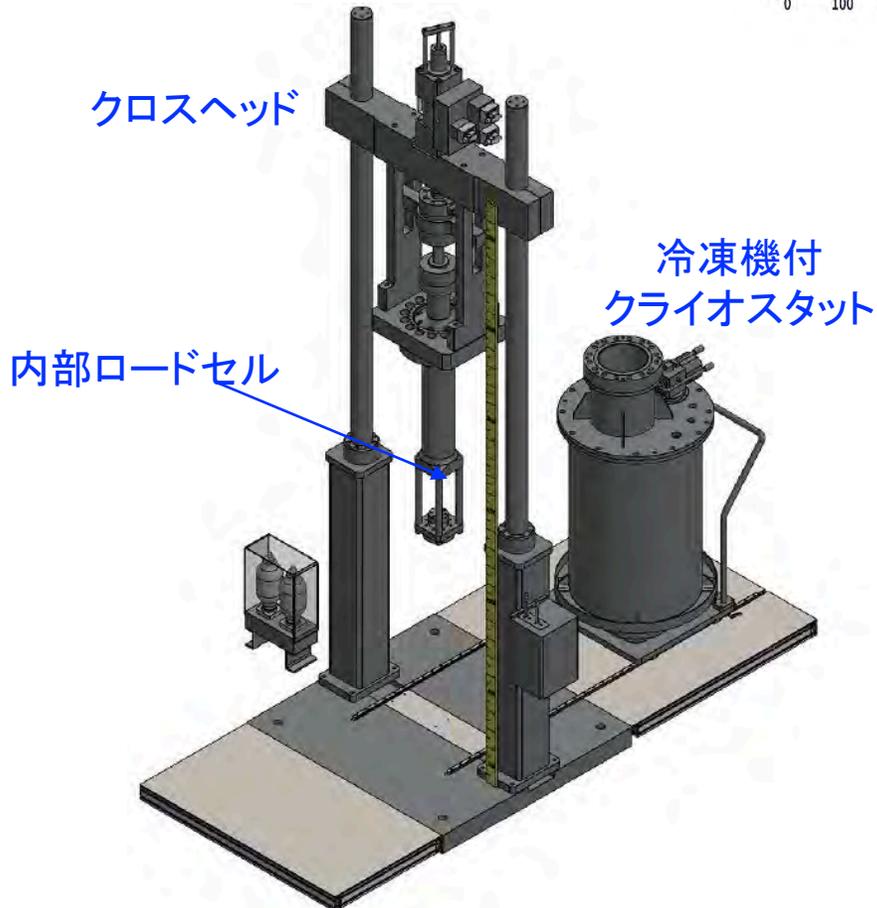
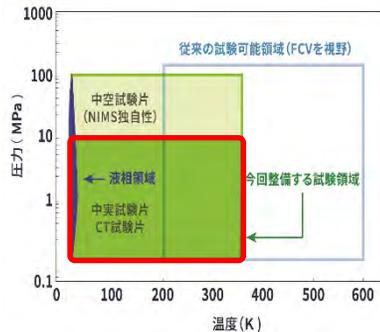
3. 研究開発成果について (2023年度成果) ① 評価試験設備の開発

3, 4号機 高圧低温水素環境下試験装置

高圧、水素／ヘリウムガス環境

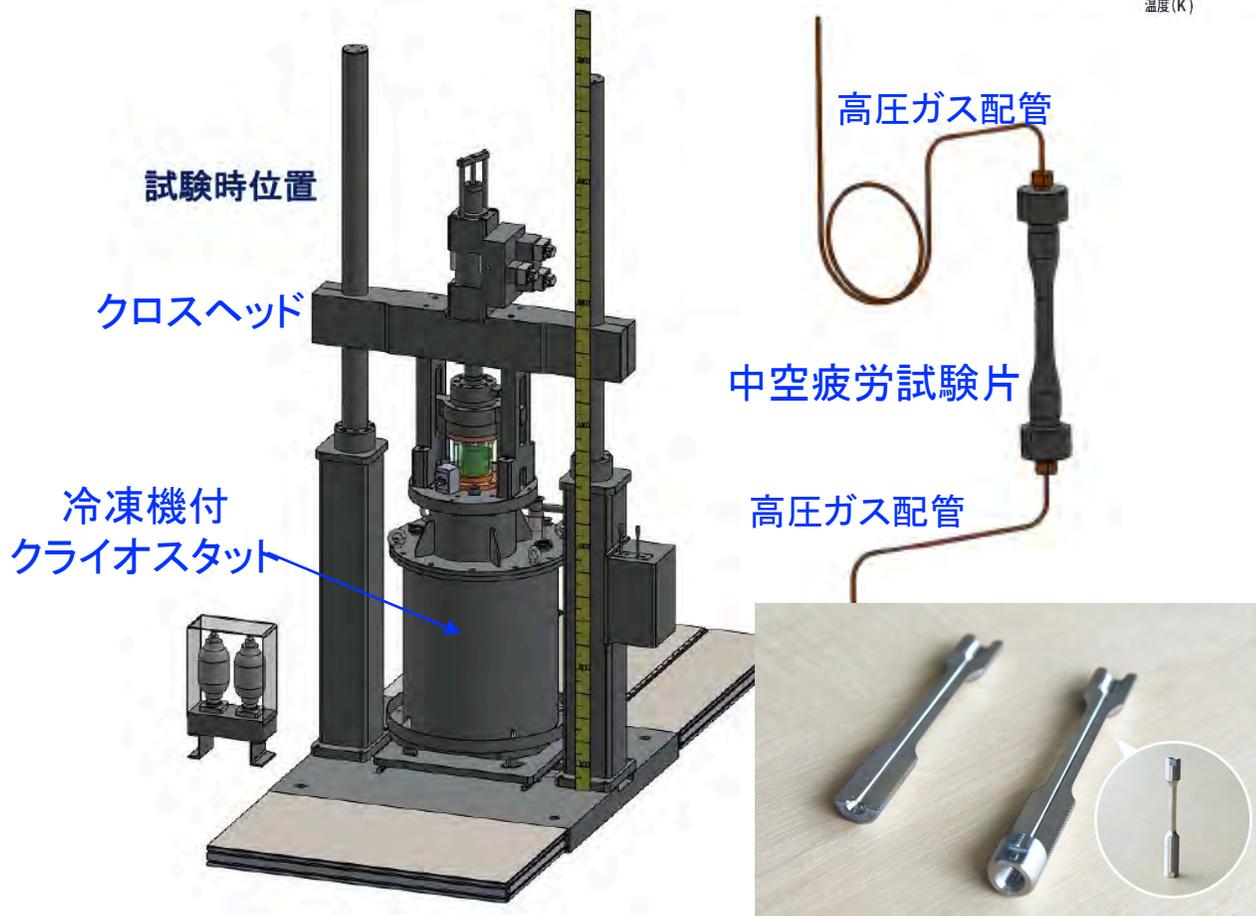
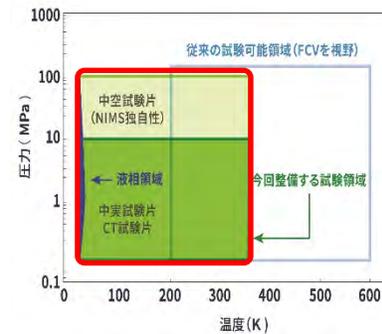
3号機 引張、破壊靱性、
疲労き裂進展

4号機 荷重／ひずみ制御疲労



5号機 高圧低温水素環境下 中実／中空試験装置

中実試験片 大気圧、液化水素
中空試験片 高圧水素／ヘリウムガス環境
荷重／ひずみ制御疲労



3. 研究開発成果について（2023年度成果）② 特殊実験施設の開発

評価試験設備を設置する実験施設について、関連法令等を満たし、更に**安全を確保するための保安装置を装備した施設**を検討、基本設計を行ない、建設を行った。2024年2月に竣工し、引き続き、評価試験設備に供給する**特殊ガス・液化水素の配管の設置工事**を行った(2024年4月竣工)。

※コスト削減の取り組み

【障壁の高さを低く】

- ・高さを6mから3.5mに変更。

【通常コンクリートを減らす】

- ・外壁のうち障壁から屋根の軒先までの部分はコンクリートからALC板に変更(白い塗装の部分)

【遮光・遮熱機能を全廃】

- ・障壁およびコンクリートの部分に遮熱用のルーバーをつける予定だったが全て見送り。
- ・打合せ室についても窓のルーバー見送り。

【西側エントランス風除室の外壁】

- ・コンクリートで施工する予定をALC板に変更。

【ボンベ庫など】

- ・30分以上散水できる消火設備を法律上の問題のない30分までの散水設備に変更。
- ・水素排気システムは水封安全器や加温器などを集約。

【電気室】

- ・冷却水などの機械設備と電気設備を同室にすることでスペースを節約。

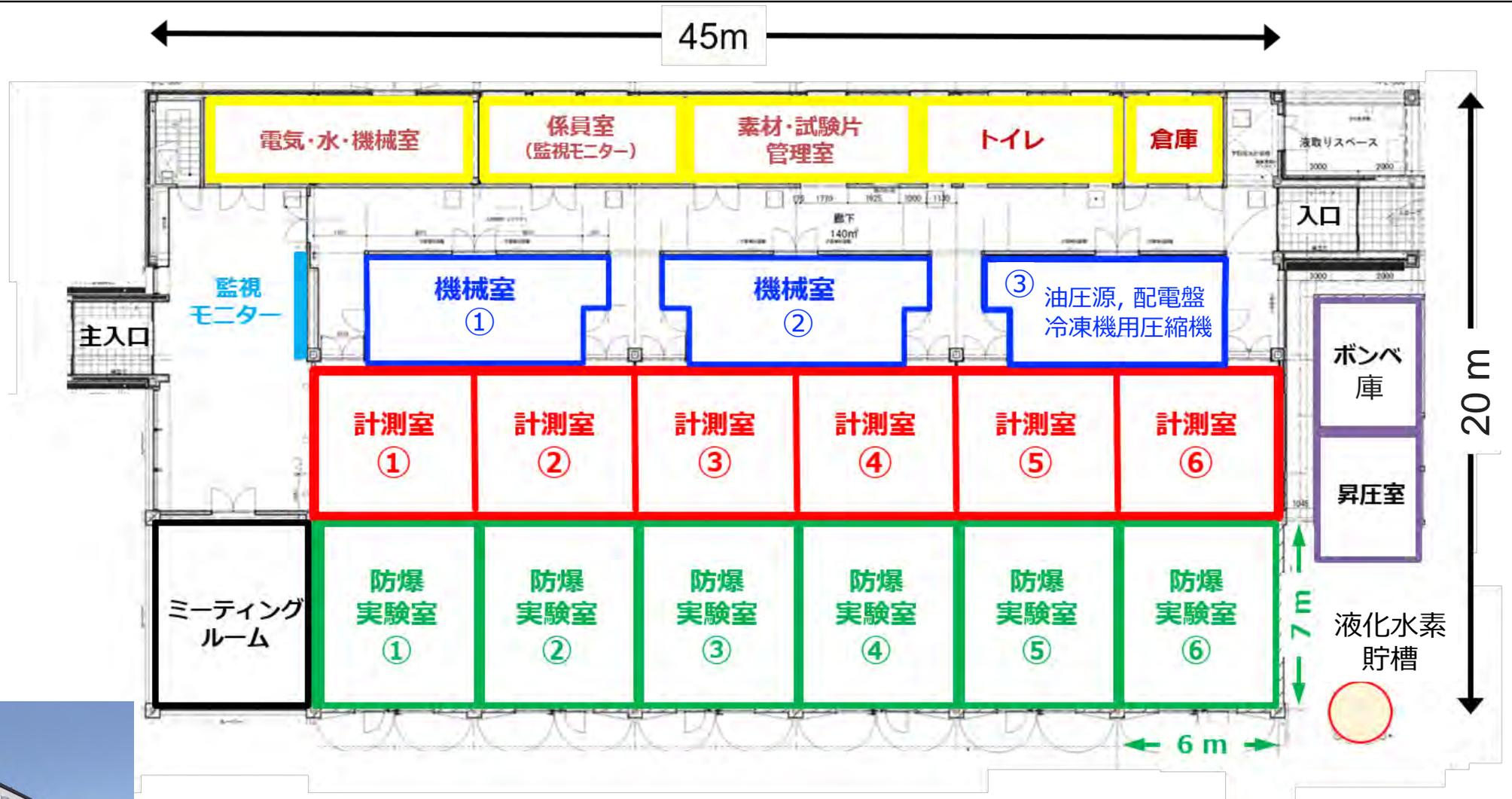
【外構】

- ・建物の外周はコンクリート舗装から砂利に変更。
- ・発生残土は構内で処分。
- ・外周の植栽は見送り。



2024年2月竣工

3. 研究開発成果について（2023年度成果）② 特殊実験施設の開発



防爆実験室 : W6m x D7m x H10m, 耐床2ton/m²、軽量屋根、破裂用窓、障壁30cmx6m、安全策 (水素検知器、監視カメラ、排気設備)

3. 研究開発成果について（2023年度成果）② 特殊実験施設の開発



液化水素貯槽 2024年3月竣工



特殊ガス配管、液化水素配管

3. 研究開発成果について ③材料データベース基盤の構築

1) 対象材料と評価試験種類等の検討

①の評価試験設備が整備されたことを確認するため、また、既設の極低温環境下での試験設備を用いて評価試験を行うための対象材料を決定した。詳細仕様を検討の上、ステンレス鋼とアルミニウム合金の調達を行った。

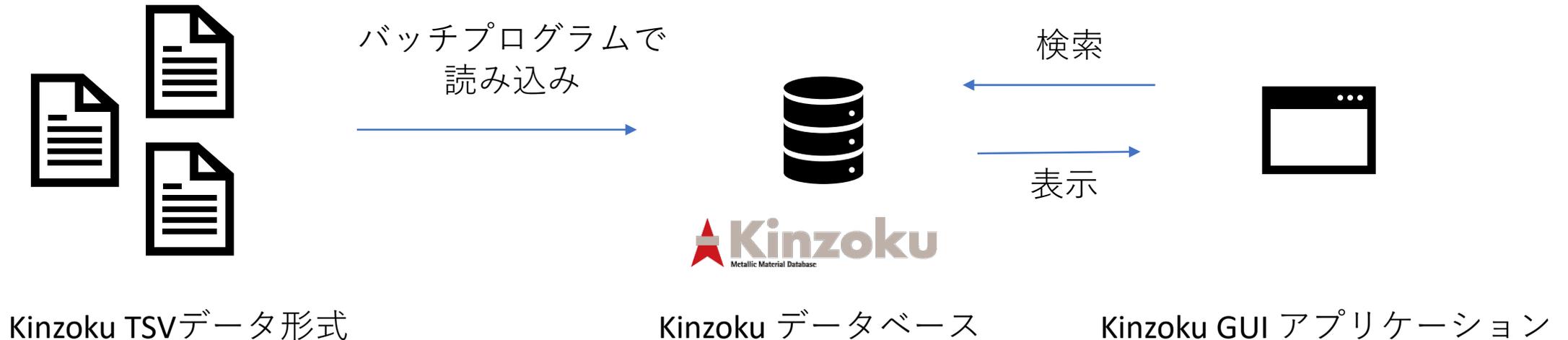
2) データベース基盤の検討

①の評価試験設備で今後取得する材料特性データをデータベースとして保管し、利活用するためのデータベース基盤の仕様を検討した。物材機構が運用している「KINZOKU」と同じデータフォーマットのデータベースとすることを決定し、耐水素特性に関するデータ項目を追加検討し、プログラム制作を発注した（2024年11月末完成予定）。

Kinzokuシステムと構築方針：

下地にするKinzokuシステムは、Kinzokuデータベース、GUIシステム、及びデータベースにデータを読み込ませるためのバッチプログラムから成る。このバッチプログラムに、所定のデータ形式（プレーンテキストTSV群）に従って整形したデータファイルを読み込ませると、そのデータがシステム上で検索・表示可能になる。

本事業の材料データベース基盤として、Kinzokuデータベース・GUIシステム・バッチプログラムに得たデータを読み込ませるために必要な機能追加を行い、MatNavi版とは別にもう一つのインスタンスをDICEのクラウド環境上に設置し、そこにデータを読み込ませる実証を行うこととし、プログラムの制作に着手した。



3. 研究開発成果について - 広報等の取り組み -

1) 成果発表

① 2023年10月11日 NIMS材料技術展示会2023 ポスター発表
(東京国際フォーラム)

② 2023年11月6, 7日 NIMS AWARD シンポジウム2023
ポスター発表(つくば国際会議場)

※一般社団法人 日本鉄鋼協会 2024年秋季(第188回)講演大会
2024年9月18日(水)~20(金) @大阪大学・豊中キャンパス
シンポジウムを開催予定
「液化水素サプライチェーンを支える材料開発と信頼性評価の進展」

2) 新聞報道

2023年10月3日 鉄鋼新聞1面に記事掲載
「物材機構 極低温下の試験設備整備」



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

Developing a foundation for material evaluations to support R & D on liquefied hydrogen-related equipment



小野 嘉則^{1,2)}
早川 正夫²⁾
清水 禎¹⁾

ONO.Yoshinori@nims.go.jp
HAYAKAWA Masao@nims.go.jp
SHIMIZU Tadashi@nims.go.jp

和田 健太郎²⁾
日比 政昭¹⁾
片山 英樹³⁾

WADA.Kentarou@nims.go.jp
HIBI.Masaaki@nims.go.jp
KATAYAMA Hideki@nims.go.jp

技術開発・共用部門 材料データプラットフォーム 極限環境材料データユニット¹⁾、
構造材料研究センター 極低温疲労グループ²⁾、構造材料研究センター³⁾

事業の背景

●水素の社会実装を促すには、供給設備大型化による供給コストの低減と、大規模な水素需要の創出を同時に行う必要があります。水素供給コスト低減のためには、液化水素関連機器の設備・運転コストを低減し各設備を大型化する必要がありますが、設備を構成する材料に対するニーズが多様化しています。一方、極低温水素環境で使用可能な材料は法規制により限定的となっています。

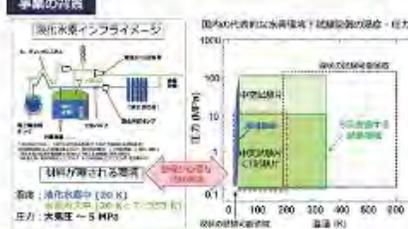
事業の狙い

●液化水素関連機器に使用される材料の規制見直しや技術開発力強化に資するため、極低温水素環境下試験設備を整備し、機械特性評価を行い、材料データベースを作成し、その利活用の促進を図ります。

事業内容

この成果は、主に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)の委託業務の結果得られたものです。

① 事業の背景



国内の代表的な液化水素環境下試験設備の設置・能力比較

圧力(MPa) vs. 試験温度(K)

② 特殊試験施設



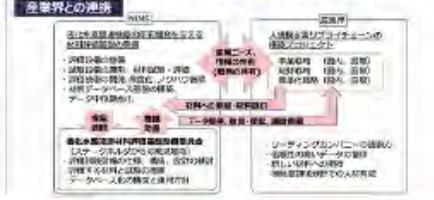
特殊試験施設建設予定地
建設工事進捗状況(6月14日)

③ 材料データベース基盤の構築

NIMS DBと共通の構造力学DB構築が事業のデータ基盤として利活用し、信頼性を確保



④ 産業界との連携

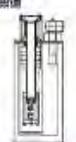


産業界との連携

⑤ 研究開発項目とスケジュール (FY2021-2025)

| 研究開発項目 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| 極低温水素環境での材料特性評価試験設備の整備 | 計画 | 計画 | 計画 | 計画 | 計画 |
| 極低温水素環境での材料特性評価試験設備の整備 | 計画 | 計画 | 計画 | 計画 | 計画 |
| 材料データベース基盤の構築 | 計画 | 計画 | 計画 | 計画 | 計画 |

※2026年度以降「大規模液化水素サプライチェーンの構築」19年から25年度に、18年度以降の設備へ、1) 導入予定の評価試験設備



単位: 1) 100kN, 2) 15, 3) 50, 4) 100, 5) 200, 6) 300, 7) 400, 8) 500, 9) 600, 10) 700

応用分野と今後の展開

- 極低温水素環境で使用可能な材料の拡大
- 液化水素を搭載する大型FCVや航空機用の材料の特性評価
- 国際標準化推進と日本企業の競争力向上への貢献

実用化へ向けた課題

- 長期間安定した極低温・高圧力環境を得るための技術確立
- 試験設備と特殊試験施設の安全な運用方法の検討と確立
- データフォーマットの最適化とデータベースの公開/非公開の戦略検討

4. 今後の見通しについて

◎本年度下期にすべての材料評価設備が竣工。
本格運用に向けて全設備、施設の試運転、
調整を行う。

◎事業期間内において

・SUS316L、A-5083-O の特性を評価

・ラウンドロビン試験の実施

- 液化水素環境
- 高圧低温水素ガス環境
- 液化ヘリウム環境

・NIMS既存の設備を用いた極低温特性の
温度依存性の評価

・運用法の検討

・データベース基盤整備の確認



評価試験設備（据付調整中）