

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：**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**

大規模水素サプライチェーンの構築プロジェクト

【研究開発項目1】国際水素サプライチェーン技術の確立および液化水素関連機器の評価基盤の整備

研究開発内容② 液化水素関連材料評価基盤の整備

実施者名：国立研究開発法人物質・材料研究機構

代表名：理事長 宝野 和博

目次

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
研究開発内容に関する参考資料
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

液化水素関連材料評価基盤の整備を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

極低温水素雰囲気下での材料評価
試験設備の開発とデータベース基盤構築

研究開発内容

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

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

3 特殊実験施設の開発

4 材料データベース基盤の構築

アウトプット目標

- ・液化水素の製造、輸送・貯蔵、利用に関わる機器・材料の低価格化に資するため、極低温水素雰囲気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設備を整備する。
- ・関係機関と連携して金属母材や溶接部材等の機械特性等を評価しデータの提供を開始する。

KPI

常圧で、液化水素温度以上の使用温度範囲において、任意温度の水素雰囲気で、引張、破壊靱性、疲労、疲労き裂進展等の試験が可能な試験設備を開発する。

10MPaまでの高圧で、極低温から使用温度範囲において、任意温度の水素雰囲気で、引張、破壊靱性、疲労、疲労き裂進展等の試験が可能な試験設備を開発する。

試験設備に液化水素および最大10MPaの高圧水素ガスを安全かつ安定的に供給し、試験設備と周辺機器の安全な運転・管理に必要な水素対応の防爆設備を開発する。

規格化・規制見直し・新材料開発を加速するための効果的な材料データベース基盤を構築する。

KPI設定の考え方

従来は任意の極低温の水素雰囲気での機械特性評価は困難だったが、液化水素関連機器の開発と低コスト化のために低温特性・水素適合性の評価が必要（※）である。

従来は極低温域で任意圧力任意温度の水素雰囲気における機械特性評価は困難だったが、液化水素関連機器の開発と低コスト化のために低温特性・水素適合性の評価が必要（※）である。

液化水素関連機器の実用上の使用環境は温度が20K以上、圧力が10MPa以下が多いと考えられ、主にこの範囲での使用を想定した評価試験を適切かつ安全に行うために必要な設備（水素対応の防爆実験棟を含む）を開発する。

規格化・規制見直し・新材料開発等は関連機器の低コスト化や国際優位性を確保するために重要な取り組み（※）であり、これを効果的に推進するために、適切な材料データベース基盤の構築が必要である。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（全体像）

各KPIの目標達成に必要な解決方法

研究開発内容	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
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	常圧で、液化水素温度以上の使用温度範囲において、任意温度の水素雰囲気、引張、破壊靱性、疲労、疲労き裂進展等の試験が可能な試験設備を開発する。	要素技術(低温技術、機械特性評価技術)は存在するが、水素雰囲気ですら全てを両立させた実証例はない。 (提案時 TRL 1⇒現状 TRL 2)	実証機の製作完了 (TRL 3)	任意の極低温の水素雰囲気を発生・保持する主要技術 方式① 冷凍機による冷却を用いて温度を一定に制御する。 方式② 冷媒による冷却を用いて温度を一定に制御する。	90 %
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	10MPaまでの高圧で、極低温から使用温度範囲において、任意温度の水素雰囲気、引張、破壊靱性、疲労、疲労き裂進展等の試験が可能な試験設備を開発する。	要素技術(低温技術、高圧技術、機械特性評価技術)は存在するが、水素雰囲気ですら全てを両立させた実証例はない。 (提案時 TRL 1⇒現状 TRL 2)	実証機の製作完了 (TRL 3)	・ 高圧かつ極低温の水素雰囲気を発生・保持する主要技術 方式③ 摺動部分に真空ベローズを用いて高圧を保持する。 方式④ 摺動部分に樹脂製シールを用いて高圧を保持する。 ・ 中空試験を用いた評価技術	90 %
3 特殊実験施設の 開発	試験設備に液化水素および最大10MPaの高圧水素ガスを随時安全に供給し、試験設備と周辺機器の安全な運転・管理に必要な水素対応の防爆設備を開発する。	水素を安全に扱う要素技術(水素検知器、防爆機器、特殊配管等)は存在するが、設備毎に最適化する規定方法はない。 (提案時 TRL 1⇒現状 TRL 2)	実証設備の建設完了 (TRL 3)	・ 安全対策に関する国内外の実施例を視察・調査・分析し、本設備の設計に活かす。 ・ シミュレーションや模擬実験により機能を検証し最適設計を行う。 ・ リスクレベルに応じた安全対策、劣化対策等を検討、導入する。 ・ 非常時を想定したインターロックシステム等の導入を検討する。	90 %
4 材料データベース 基盤の構築	規格化・規制見直し・新材料開発に資するために、効果的な材料データベース基盤を構築する。	液化水素環境に対応できる材料は限定的であり、関連機器を低コスト化する上で障壁になっている。 (提案時 TRL 1⇒現状 TRL 2)	データベース基盤の構築完了 (TRL 3)	・ 「水素輸送技術等の大型化・高効率化技術開発・実証」の実施機関等と連携し、有識者会議を設置する。 ・ 有識者会議において、評価対象材料の選定、評価試験の手法等を戦略的に策定する。 ・ 本事業で整備した試験設備を使って、材料評価・解析を行い、データベースの基盤を構築する。	90 %

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容

	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
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	試験設備の仕様・構成の詳細設計を完了	常圧環境(0.1MPa：設計圧力0.3MPa)に対して、以下項目(P16)の詳細設計(試験機1台)を完了し、発注した：温度(4-353K)、環境(LH ₂ 、LHe、GH ₂ 、GHe)、試験機容量(±200kN)、試験周波数(～20Hz)、試験内容(①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、②マルチ型：6連引張試験、3連破壊靱性試験、冷凍システム(1基)	◎（理由）液体水素関連材料評価整備委員会を3回開催すると共に、機械メカ、材料メカを個別ヒアリングし、産業界のニーズを踏まえ、詳細設計を完了。
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	試験設備の仕様・構成の詳細設計を完了	高圧ガス環境に対して、以下項目(P16)の詳細設計(試験機3台)を完了し、発注した：温度(20-353K)、環境(GH ₂ 、GHe)、試験機容量(±100kN)、①(ガス圧～10MPa)短期評価用設備(引張試験、破壊靱性試験、疲労き裂進展試験)、②(ガス圧～10MPa)長期評価用設備(～1Hz、荷重/ひずみ制御疲労試験)、③(ガス圧～120MPa)中空試験片用評価設備(～20Hz、短期・長期評価に対応)、冷凍システム(3基)	○（理由）上欄と同じく産業界のニーズを踏まえ、詳細設計を完了するも、極低温・高圧ガス環境の長期間安定性や内部ロードセルの信頼性評価等も進めている。
3 特殊実験施設の開発	特殊実験施設の仕様・構成の詳細設計を完了	主要設備・施設図面として、以下項目(P17～20)の詳細設計を完了し、発注した：防爆実験室(W6m x D7m x H11m, 耐床2ton/m ² , 防爆室(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)、液体水素タンクならびに配管、機械室(試験機用油圧源、冷凍機用圧縮機、配電盤)	◎（理由）液体水素・水素ガスに実績のある企業・団体を見学・ヒアリングすることによって、高圧水素ガスに対する安全性、災害に対する強靱性を詳細設計に反映。
4 材料データベース基盤の構築	材料データベース基盤の構築のためのデータフォーマットの検討	MatNavi等の既存のデータベースに無い極低温、水素環境下に特有なデータ項目を抽出し、既存のデータフォーマットへの追加の検討を進めている。主な項目は以下である：材料(規格)、材料(熱処理、溶接条件)、試験片(形状)、水素環境下試験方法(引張、破壊靱性、き裂進展、疲労（荷重/ひずみ制御）、データ格納方式（データ形式）	◎（理由）NIMSのMatNavi等の既存データベースを参考にして、NIMS中核機能部門の協力の下、本プロジェクト用データフォーマットの最適化を図っている。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
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	試験設備の仕様・構成の詳細設計を完了	試験設備の詳細設計の完了に対しては、残された技術課題は無い。	試験設備の詳細設計は完了のため解決済である。
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	試験設備の仕様・構成の詳細設計を完了	ガス圧力が高圧(～10MPa)環境に対しては、以下の課題が存在する。 ①所望の温度に冷却・温調できるまでの時間を短縮する。 ②試験環境温度、試験片温度の安定度、均一度を長期間にわたって維持する。 ③内部ロードセルと外部ロードセルの出力値の対応関係を明確にし、内部ロードセルの信頼性・耐久性を保証する。	バッファータンク、冷凍機、伝熱スイッチ、ヒーター等を組合せたシステム開発により解決すると共にロードセルの信頼性を高める。
3 特殊実験施設の開発	特殊実験施設の仕様・構成の詳細設計を完了	施設の詳細設計の完了に対しては、残された技術課題は無い。	施設の詳細設計は完了のため解決済である。
4 材料データベース基盤の構築	材料データベース基盤の構築のためのデータフォーマットの検討	直近のマイルストーンに対しては、順調に進捗している。MatNavi等の既存のデータベースに無い極低温、水素環境下に特有なデータ項目の追加が適切であるかどうかの評価を進める予定である。	液体水素関連材料評価整備委員会に諮った上でデータベース基盤として最適であることを確認していく。

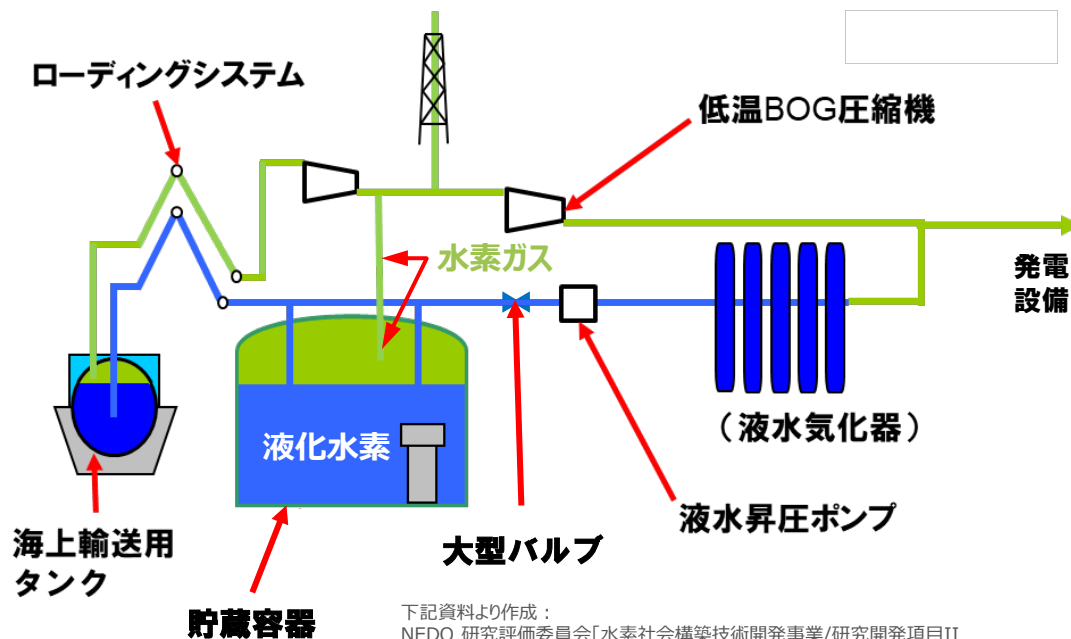
研究開発内容に関する 参考資料

温度・圧力

2019年度報告書 NEDO 水素社会構築技術開発事業総合調査研究

「極低温域材料試験設備の現状、課題抽出および将来展望に関する調査」およびNIMS調査結果より作成

液化水素インフライメージ



下記資料より作成：
NEDO 研究評価委員会「水素社会構築技術開発事業/研究開発項目II
(大規模水素エネルギー利用技術開発)」(中間評価) 分科会、資料 5
「液化水素の輸送貯蔵機器大型化および受入基地機器に関する開発」
川崎重工業、東京貿易エンジニアリング、IHI回転機械エンジニアリング、荏原製作所

材料が曝される環境

温度：液化水素中 (20 K)

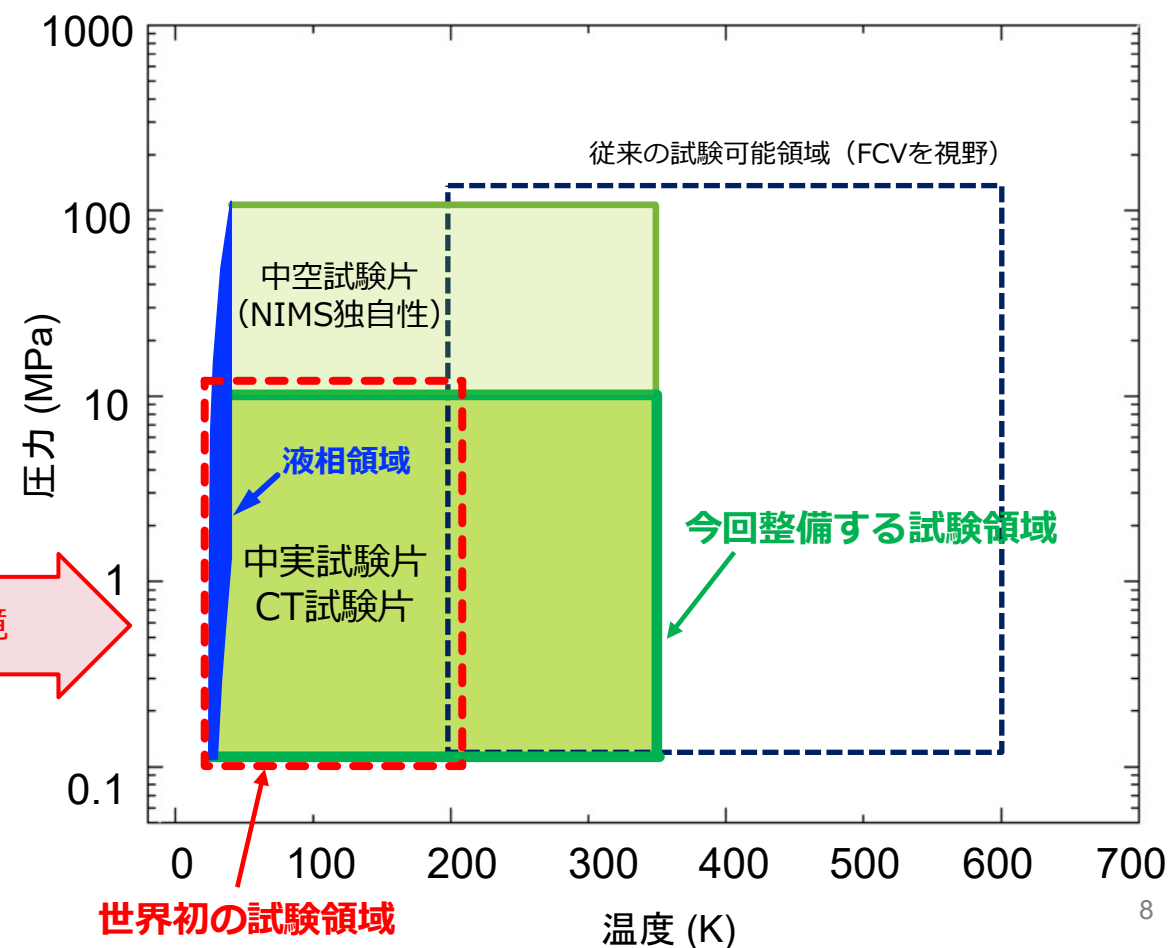
水素ガス中 (20 K < 温度 < 353 K)

圧力：大気圧 ~ 5 MPa

整備が必要な試験環境

独自性：中実・CT試験片に加えて中空試験片も適用 (P14,15)
新規性：国内初の試験圧力・温度環境 (下図)
優位性：中空, 33 K, 90 MPa で低ひずみ速度試験実績有 (P15)
実現可能性：中実・CT試験片用は開発課題あり (P9,12,13)

国内の代表的な水素環境下試験設備の温度・圧力環境



研究開発内容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

常圧試験機① シングル型とマルチ型機能を試験機1台に集約
引張試験 (SSRT*含) 中実試験片
(シングル・マルチ)

*SSRT: Slow Strain Rate Test (低ひずみ速度試験)

- 破壊靱性試験 (シングル・マルチ) CT試験片
- 疲労き裂進展試験 (シングル) CT試験片
- 疲労試験 (ひずみ・荷重制御) 中実試験片 (シングル)

○試験環境
常圧 液化水素, 低温水素ガス ($20\text{ K} < T < 353\text{ K}$)

新規性

: 低温水素ガス環境 ($20\text{ K} < T < 193\text{ K}$)

優位性

: 極低温での各種試験については約40年の実績あり (P10,11)

実現可能性

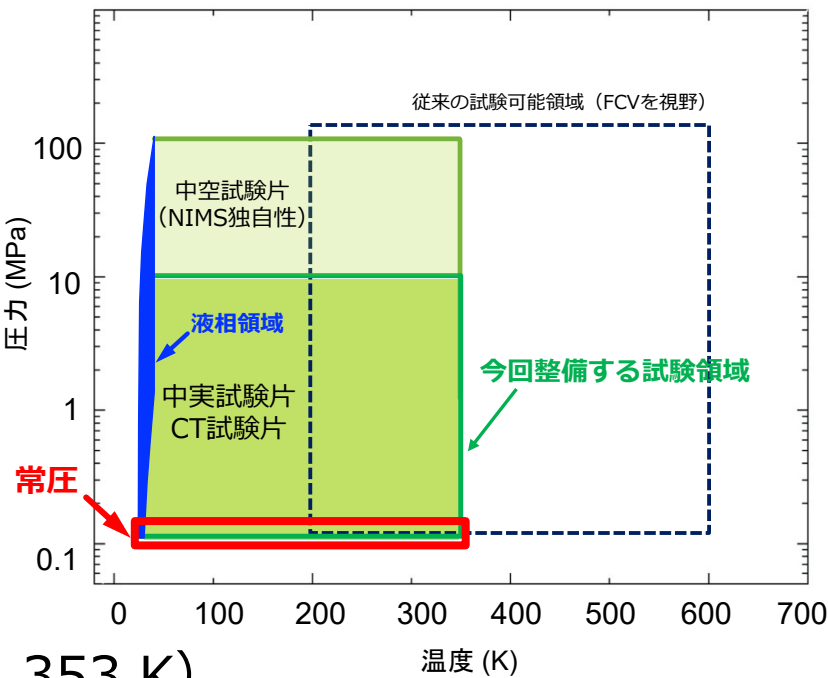
: 液化水素環境はWE-NET pjで実現済み

技術課題

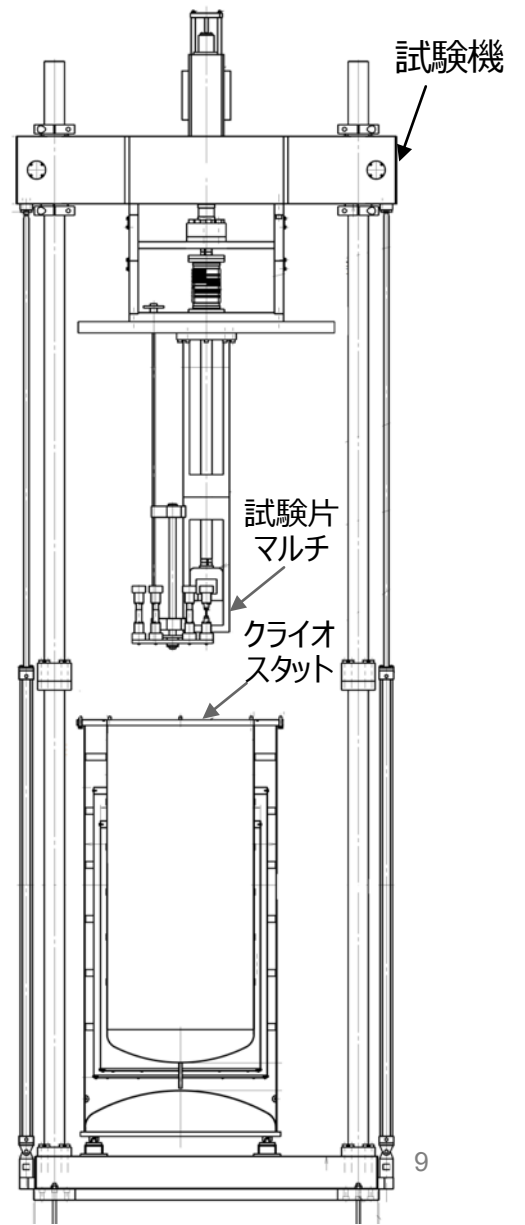
: $20\text{ K} < T < 193\text{ K}$ の任意温度の水素雰囲気を効率よく安定的に
得る冷却・温調方式

解決の見通し

: 複数の冷却・温調方式の比較・検討により最適化する (P12)



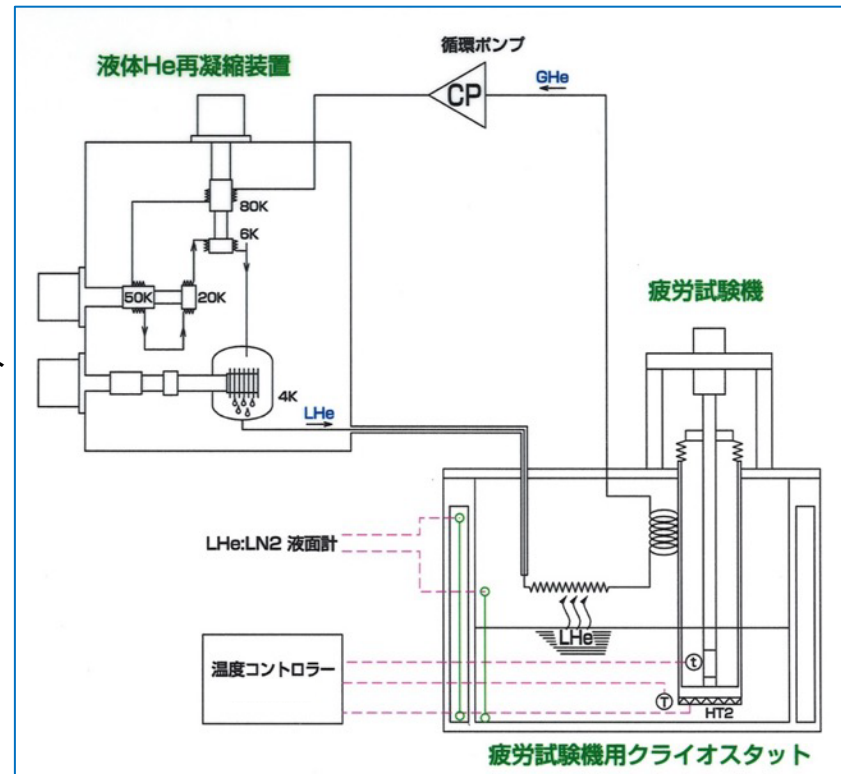
常圧試験機① マルチ引張試験イメージ



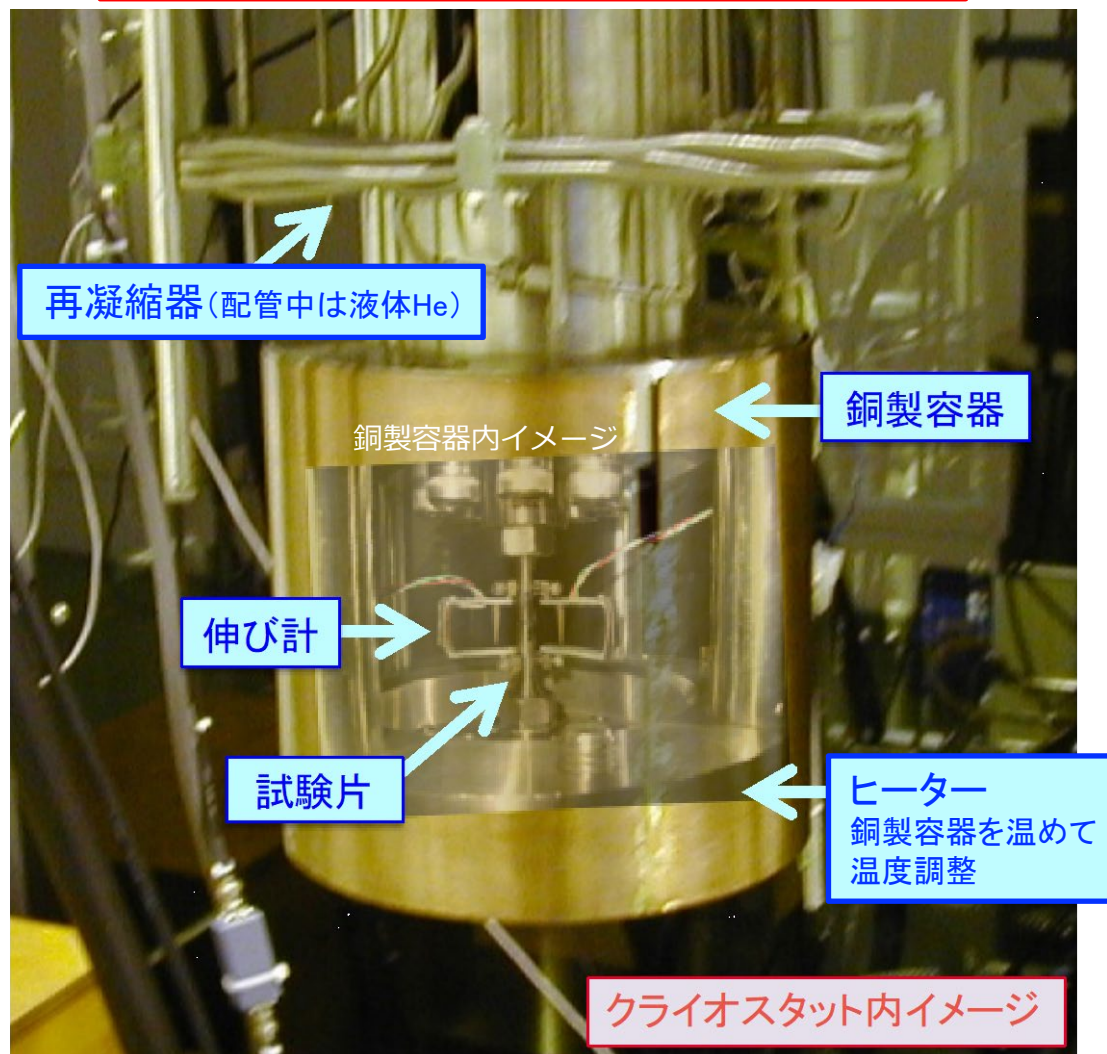
新規設備建設中も既設設備で極低温下での材料評価可能

1. 試験機
容量： 動的100 kN／静的150 kN, ストローク：±50 mm
2. 試験温度（環境）：実績ベース
4.2 K（液体He） 20 K（Heガス環境） 77 K（液体N₂） 室温（大気）
3. 試験
引張試験
破壊靱性試験
疲労試験（ひずみ／荷重制御）
疲労き裂進展試験
4. 実績
NIMS宇宙関連材料強度データシート
No. 1,3,5,6,7,10,23,29,30
（4 Kまたは20 Kのデータ含）

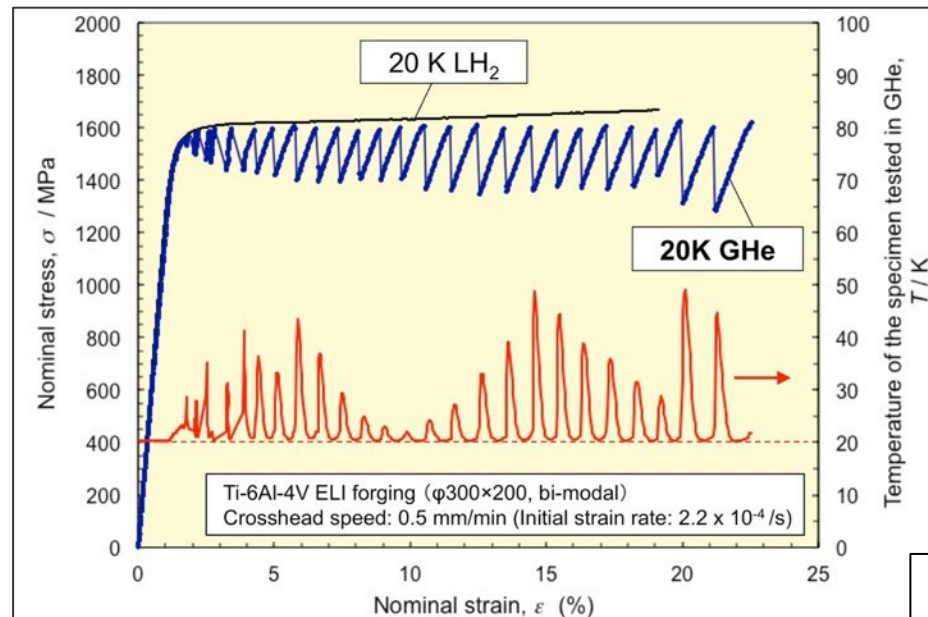
液体He再凝縮装置を有し
液体Heを補給することなく
長時間の疲労試験が可能



既設設備で20 KガスHeでの材料評価可能



再凝縮装置を利用して20 KガスHe環境を実現
平成28年度 文部科学大臣表彰 創意工夫功労賞受賞

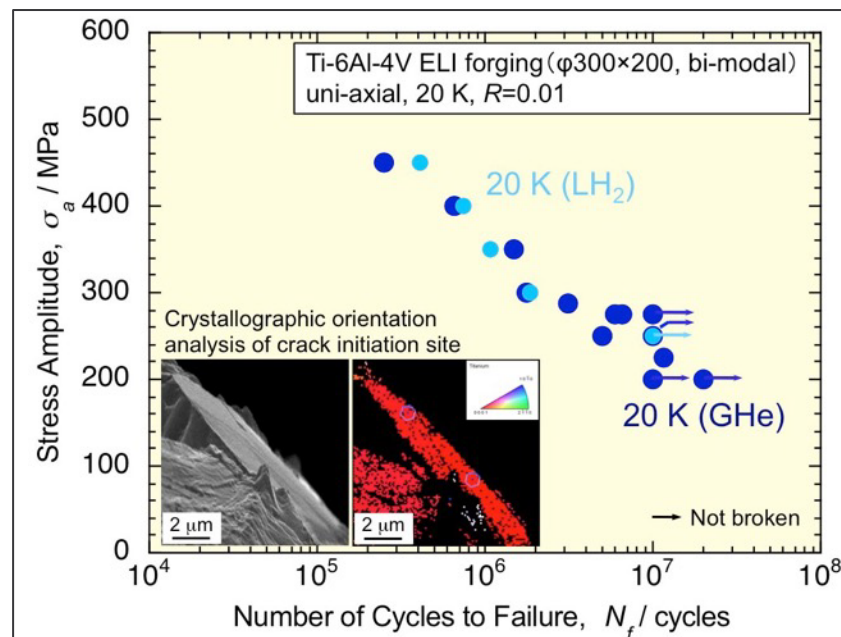


引張試験

応力-ひずみ線図
液化H₂とガスHeの比較

ガスHe中では塑性変形に伴い試験片が発熱
→ セレーションが起こり
変形挙動が異なる

備考： 液化H₂中データは
1997年にWE-NETプロジェクトで 現日本製鉄に設置された
設備で取得



疲労試験

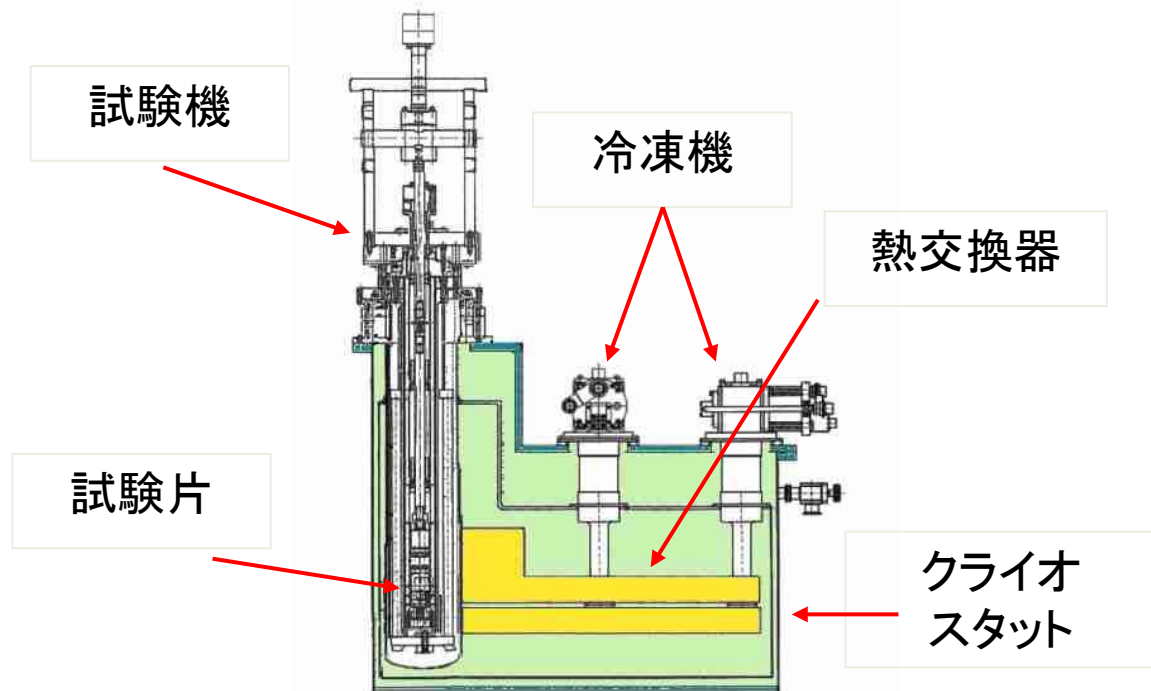
S-N線図
液化H₂とガスHeの比較

特性に環境の影響無

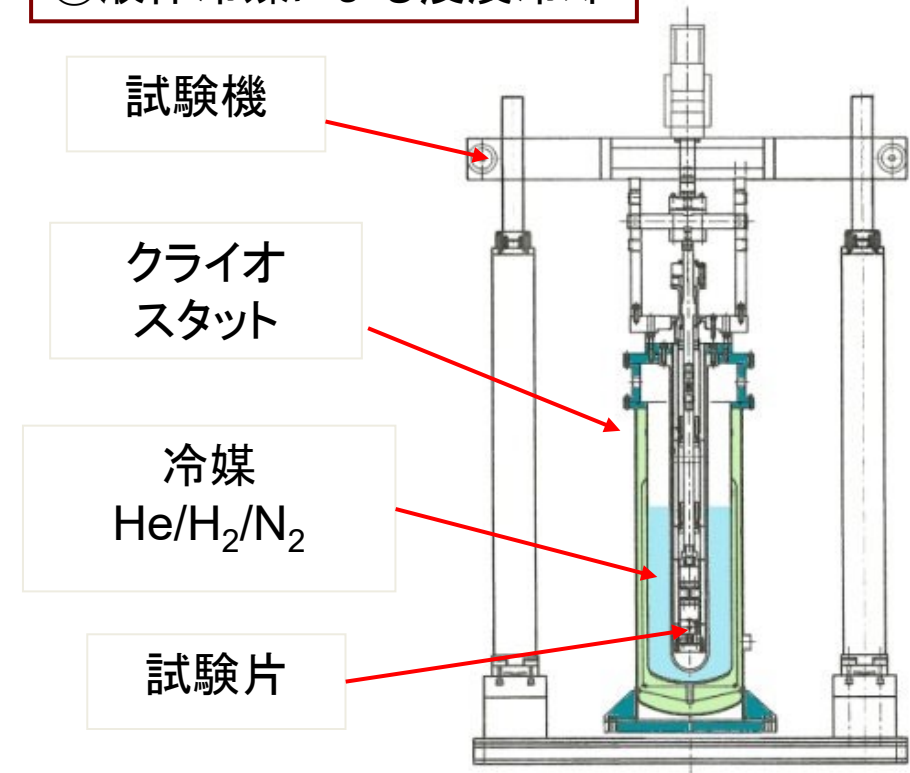
冷却には「①伝導冷却」方式と「②浸漬冷却」方式がある。最適な方式を決めるために熱計算、調査実験などを行う。

- ①「伝導冷却」方式の冷却源は「冷凍機」である。温調機能は優れているが、構造が複雑である。最適化の設計を行うには熱計算や調査実験が必要となる。
- ②「浸漬冷却」方式の冷却源は 液化 $\text{He}/\text{H}_2/\text{N}_2$ などの冷媒である。構造は単純であるが、得られる温度が液化ガスの大気圧沸点近傍となり、 $5\text{K}/20\text{K}/80\text{K}\sim\Delta 50\text{K}$ なので、試験内容によって使い分けることが必要で手間が増える。

①冷凍機による伝導冷却



②液体冷媒による浸漬冷却



研究開発内容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

高圧試験機① (シングル)

引張試験 (SSRT*含) 中実試験片
破壊靱性試験 CT試験片
疲労き裂進展試験 CT試験片

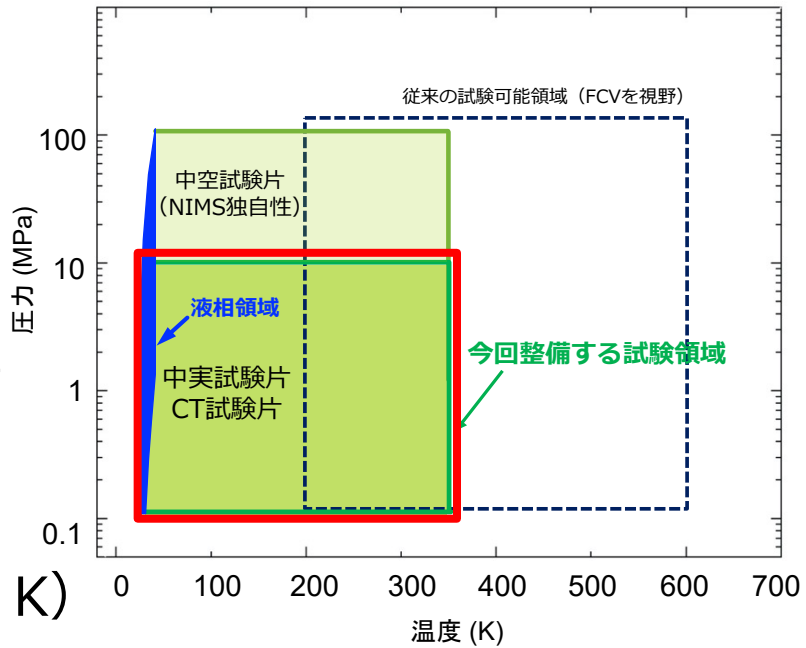
*SSRT: Slow Strain Rate Test (低ひずみ速度試験)

高圧試験機② (シングル)

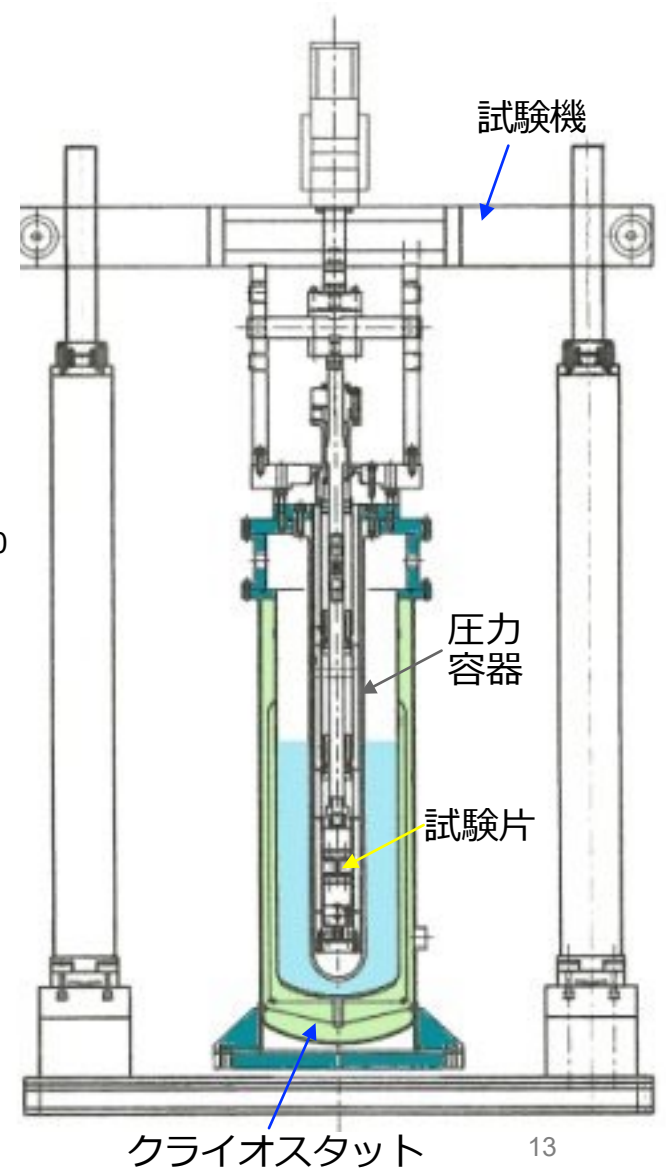
疲労試験 (ひずみ・荷重制御) 中実試験片

○試験環境

高圧 (常圧 $\leq p \leq 10$ MPa)
液化水素, 低温水素ガス ($20\text{ K} < T < 353\text{ K}$)



高圧試験機① 引張・疲労試験イメージ



- 新規性** : 極低温高圧水素ガス環境
(常圧 $\leq p \leq 10$ MPa, $20\text{ K} < T \leq 193\text{ K}$)
- 優位性** : 極低温での各種試験については約40年の実績あり (P10,11)
- 実現可能性** : 常圧液化水素環境についてはWE-NET pjで実現済み
- 技術課題** : 193 K以下の任意温度で高圧水素雰囲気を効率よく安定的に
得る冷却・温調技術 と 高圧保持技術
- 解決の見通し** : 複数の冷却・温調技術／高圧保持技術の比較・検討により
最適化する (P12 冷却・温調方式)

研究開発内容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

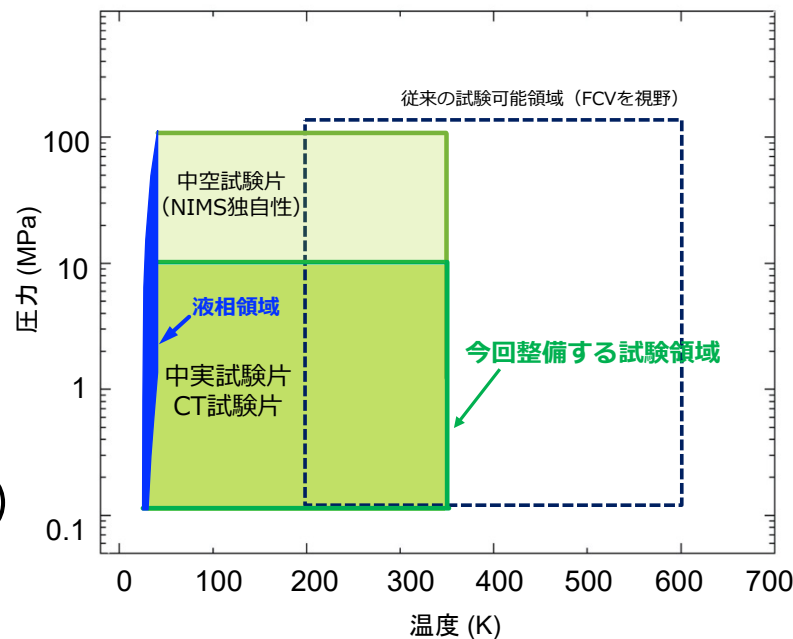
高圧 中空試験機 (シングル)

引張試験 (SSRT*1含) 中空試験片
疲労試験 (ひずみ・荷重制御) 中空試験片

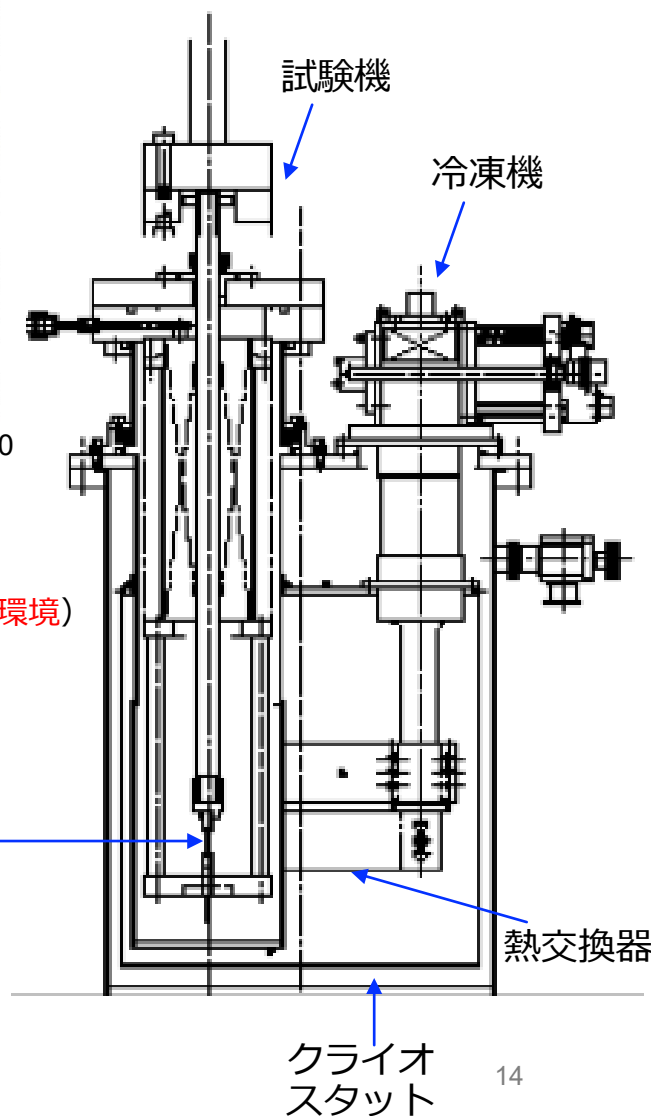
*1 SSRT: Slow Strain Rate Test (低ひずみ速度試験)

○試験環境

高圧 (常圧 $\leq p \leq 10$ MPa)
液化水素、低温水素ガス ($20\text{ K} < T < 353\text{ K}$)



中空試験片を用いた試験機 イメージ



独自性 : NIMSが提案し*2、NEDO超高压水素インフラ事業で日本高圧力技術協会規格(HPIS)化、ISO化に向けて研究開発中

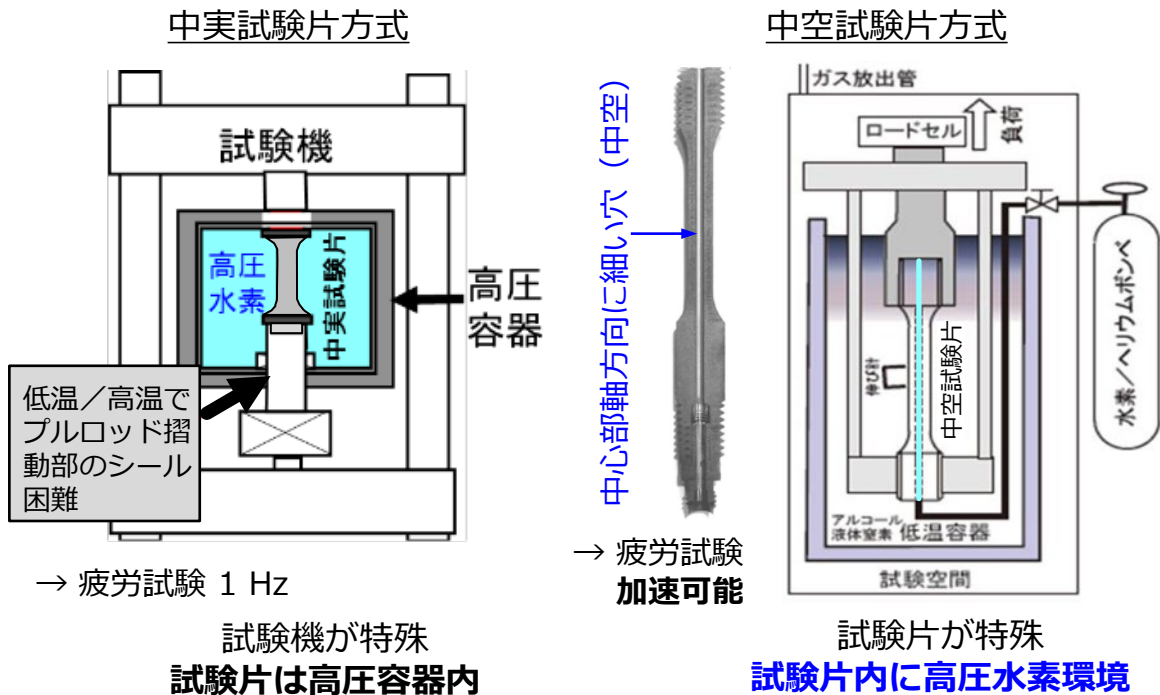
優位性 : 中実試験片の試験より簡便、低コスト
材料のスクリーニングに有効

実現可能性 : 33 K, 90 MPaH₂で中空SSRT試験の実績あり (P15)

*2 Influence of Roughness of Inner Surface of Simple Mechanical Testing Method to Evaluate Influence of High Pressure Hydrogen Gas, Proceedings of the ASME 2019 Pressure Vessels & Piping Conference. 2019, PVP 2019-93492-1-PVP 2019-93492-6

早く、安く、簡単に水素適合性を評価

中空試験法の独自性、優位性、実現可能性



高圧水素中材料試験費用の低減及び試験期間の短縮のために標準的な試験方法として**中空試験片高圧水素中材料試験法 (SSRT*・疲労)**を確立する。

*SSRT: Slow Strain Rate Test (低ひずみ速度試験)

NEDO超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業/国内規制適正化に関わる技術開発/
中空試験片高圧水素中材料試験法規格化のための研究開発 を実施中 (FY2018-2022 (予定))

○ 日本高圧力技術協会(HPI)に中空SSRT試験法HPIS化提案

2021年4月22日理事会で臨時専門委員会の設置承認

2022年に発行見込

○ ISO/TC164 (金属材料の機械的試験) SC1 (単軸試験) への提案

新規提案 (ISO/NP 7039) 投票結果: 承認基準を満たした。

規格審議: WD段階

規格発行: 2024年の見込

一般高圧ガス保安規則の改正 (2019/3/29)

XM19, SUH660が 常用圧力82 MPa以下、常用温度20 K以上 473K以下で使用可能になった

NIMSでの中空試験法による
評価結果が鋼種拡大
例示基準化に貢献

XM19, SUH660について**中空試験片**によるSSRT試験を実施
90 MPa高圧水素、高圧He **33 K**, 113 K, 193 K, 300 K

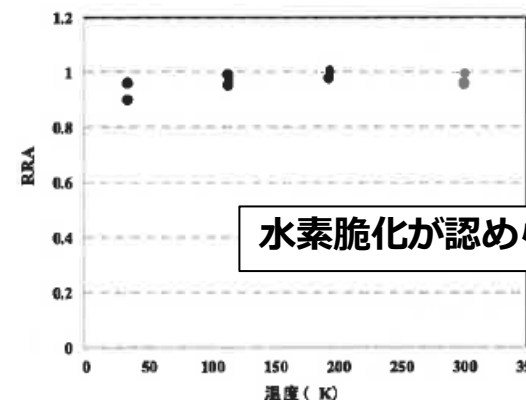


Fig. 6 RRA の温度依存性 (XM-19)

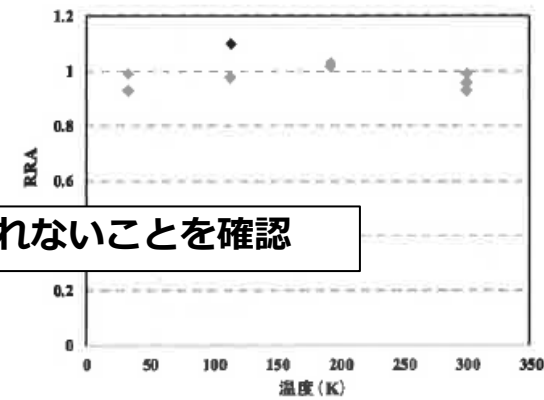


Fig. 7 RRA の温度依存性 (SUH660)

水素脆化が認められないことを確認

- KOBAYASHI, Hideo et al., CURRENT STATUS OF EVALUATION AND SELECTING OF MATERIALS TO BE USED FOR HYDROGEN REFUELING STATION EQUIPMENT IN JAPAN. Proceedings of the ASME 2017 Pressure Vessels & Piping Conference. 2017, PVP2017-66250-1-PVP2017-66250-7

- 辻上博司 他, 液化水素ポンプ昇圧型水素ステーション用高強度材料の水素適合性・低温靱性評価, 圧力技術, vol. 55, No.6, (2017), pp. 26-32

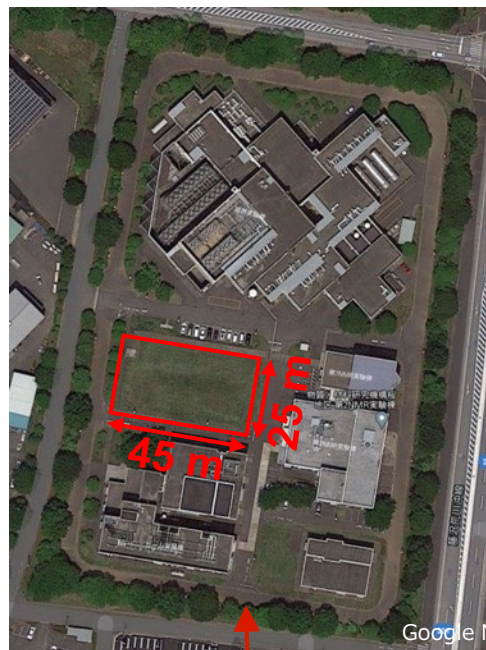
開発する評価試験設備の仕様・構成のまとめ

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)

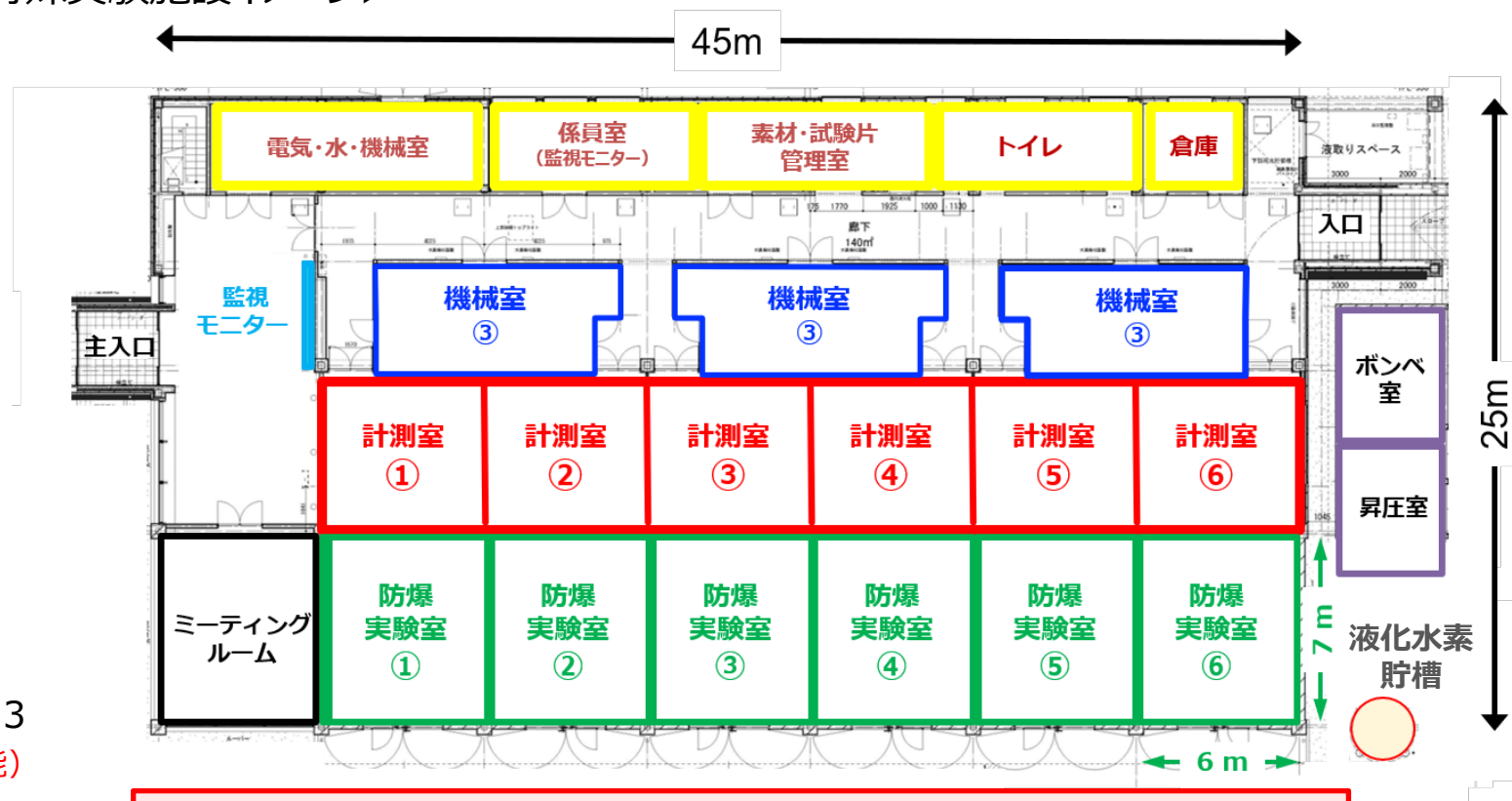
2
高圧極低温水素
雰囲気での機械
特性評価試験
設備の開発
(試験機3台:
No.2, No.3,
No.4)

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
3							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	±100 kN		~ 20 Hz	(中空／中実 試験片使用可) 引張／圧縮試験 荷重／ひずみ制御疲労試験	120 MPaブースター装備 中空試験片 評価部 外径 φ7 mm, 内径 φ1 mm 中実試験片 φ7 mm 冷凍機利用

研究開発内容③ 特殊実験施設の開発

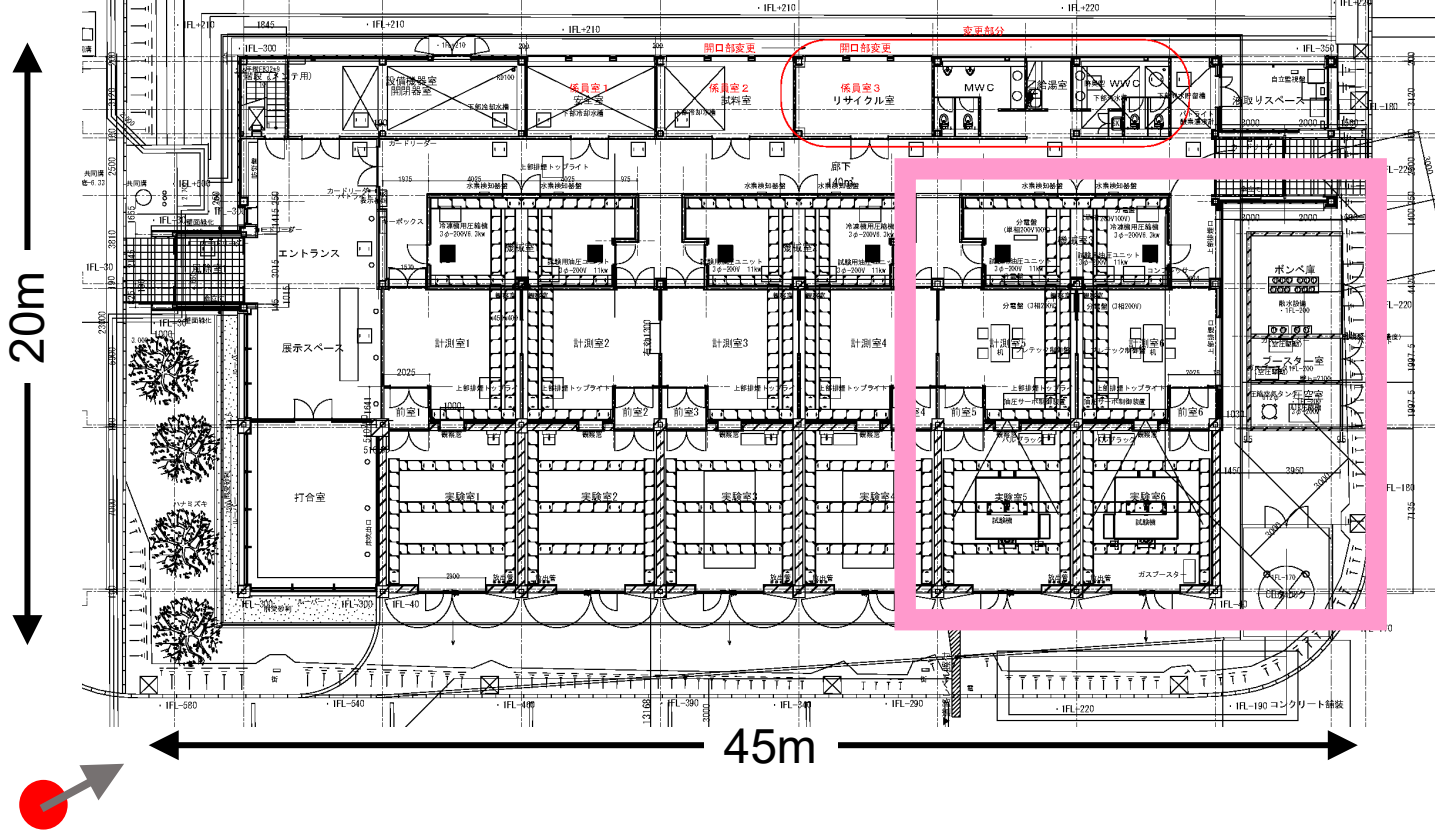


＜特殊実験施設イメージ＞



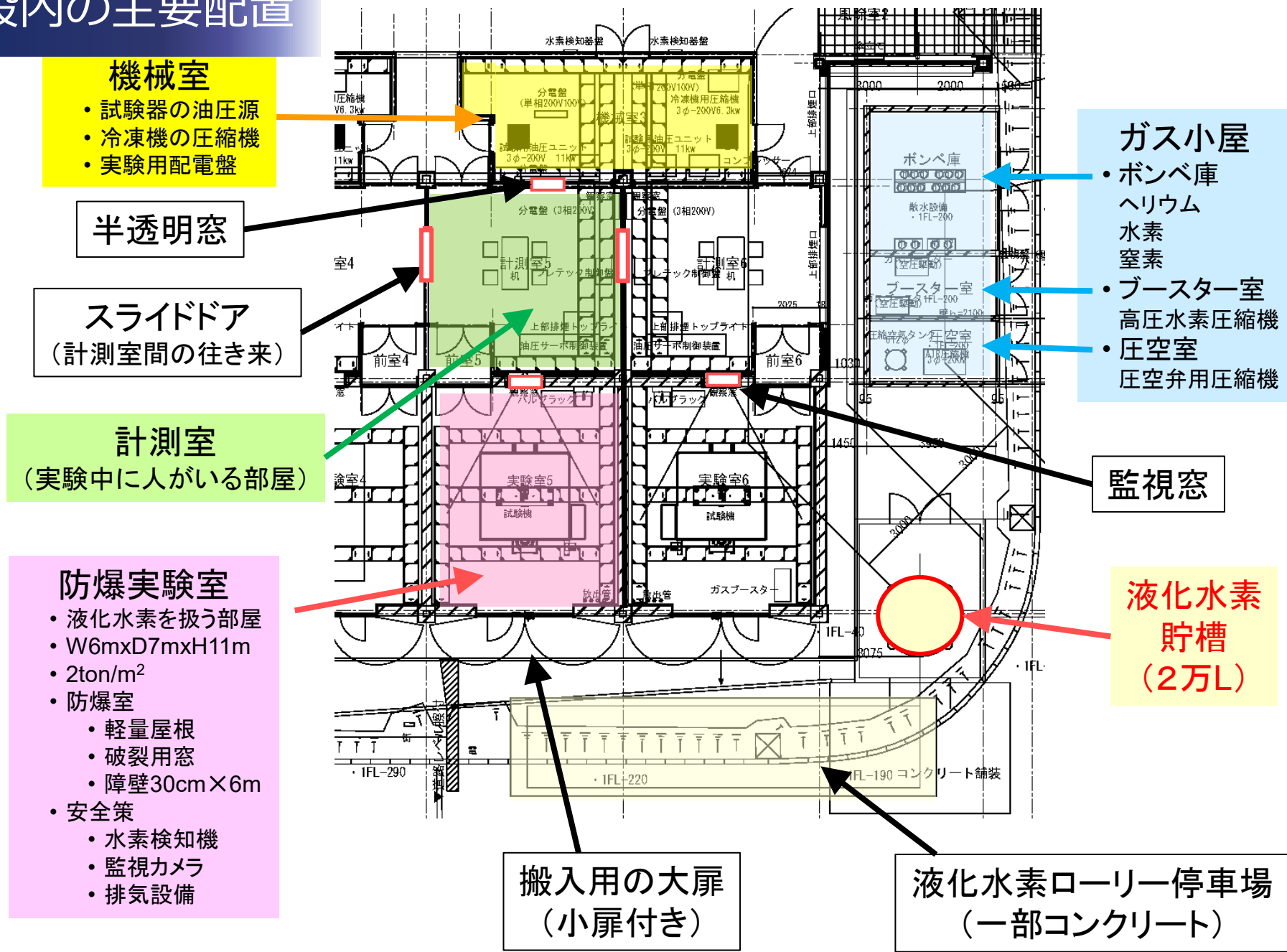
- ・ **独自性**：第1種高圧ガス製造所として25年以上活動してきた豊富な経験を活かせる
(液体ヘリウムの液化・回収量17万L/年、液体窒素消費量70万L/年など)
- ・ **新規性**：極低温水素雰囲気下で統一的な材料評価ができる試験設備として国内初
- ・ **優位性**：国立研究開発法人による持続可能な運営
- ・ **実現可能性**：地盤調査や地歴調査等の結果、立地条件は良好であり、建設に支障なし
- ・ **解決の見通し**：国内外の水素防爆設備を参考にして安全性を高める

特殊実験施設図面と外観



完成予想図

特殊実験施設内の主要配置



研究開発内容④ 材料データベース基盤の構築

優位性 NIMSはデータ中核拠点としてデータベースを運用している

新規性 液水関連材料データベースの構築

GI基金で整備した設備の利用を促進し、企業の液化水素関連材料・機器開発を支援するための低温特性・水素適合性の評価・解析・データベース（DB）化とその利用促進に取り組む



<https://mits.nims.go.jp>

データサービス ▾ DICEとは 利用方法 お知らせ 関連サイト お問い合わせ ▾

NIMS 物質・材料データベース (MatNavi)

優位性

十数種類の材料DBで構成された統合DBシステム。さらに複合材料熱物性予測システムのようなアプリケーションも提供。ユーザ登録を行えば、無料で各種DBを検索・閲覧することが可能。

- ・高分子DB (化学構造、重合、加工、物性、NMRスペクトル・・・)
- ・無機材料DB (結晶構造、状態図、物性・・・)
- ・金属材料DB (密度、弾性係数、クリープ特性、疲労特性・・・)
- ・電子構造計算DB (第一原理計算によるバンド構造・・・) など

NIMS 構造材料データシート：4種類

宇宙関連材料強度データシート P22

クリープDS

単式クリープ試験機
(470台、10万時間試験)



信頼性は国際的に高く評価。発電プラントの高温・高圧力環境下で材料を安全に使用するために、様々な材料のクリープ現象を測定。長時間クリープ試験データに基づき、材質劣化機構や寿命予測法等の検討を行い、許容引張応力の見直しや寿命評価式等の策定に貢献。微細金属組織集とクリープ変形データ集もある。

疲労DS

マルチ回転曲げ疲労試験機
(3年間疲労試験)



信頼性の高いデータを30年以上にわたり公表。国産材料の疲労データを系統的に整備。3年間の長期疲労試験や加速試験によるギガサイクル疲労データを中心に拡充中。長期間使用されたプラント等の材料の劣化状況や余寿命評価する場合の基準的参照データとして活用。溶接継手疲労や高温疲労のDSがある。

腐食DS

つくば屋外暴露施設外観



大気環境下での材料信頼性を担保する上で屋外での腐食試験は重要。炭素鋼の大気腐食に及ぼす合金成分の効果を体系的に整理。雨などによる付着塩分の洗い流しのない遮へい環境での腐食試験も同時に行い、海浜地域における遮へい環境下での材料の腐食が非常に深刻になることを報告。高耐食性材料の設計に活用。

新規性

DB化に向けたイメージ

1. 液化水素関連材料評価整備委員会（有識者会議）を設置

※「水素輸送技術等の大型化・高効率化技術開発・実証」の実施機関等と連携

2. 検討会で、国費で評価する材料を検討

3. 取得したデータを検討会で評価（データベース化の承認）

4. NIMS MatNavi等、NIMSデータ中核拠点において公開・利活用促進

※ データの公開／非公開は業界と相談する。

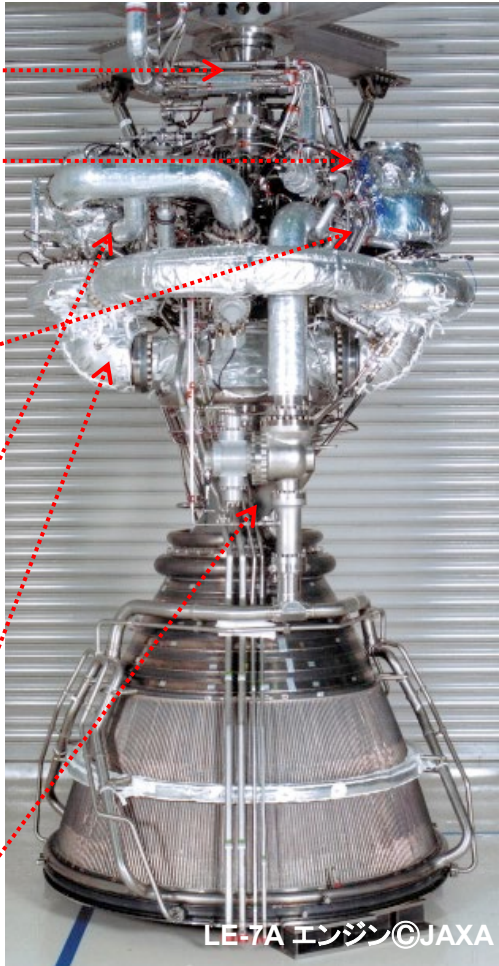
優位性 極低温の材料特性評価実績とDB NIMS宇宙関連材料強度データシート（FY2001-）

設計・製造に不可欠な実機材料の特性データベースを学術情報とともに提供 国産ロケットエンジンの信頼性向上と打ち上げ成功に貢献

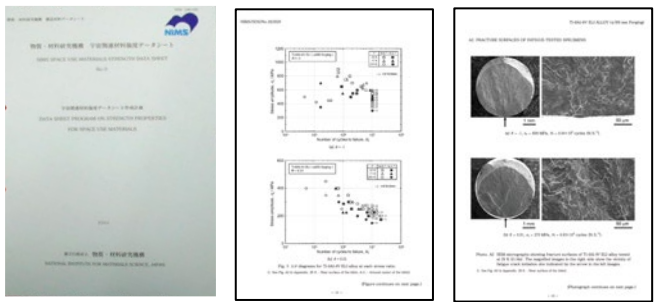
H-IIA/B、H3ロケットの打ち上げ成功の鍵を握るロケットエンジン。使用材料は極限環境（極低温～高温）に曝される。ロケットエンジンの安全な運転のために、P10,11の試験設備で極低温での材料特性を評価し、「材料の壊れ方」を把握した上で、宇宙関連材料強度データシートとして発行。

NIMSがこれまでに評価した内容（一部）

主要元素	材料	特性	試験温度 / K	使用部位
Co	Alloy 188 棒材	引張、高サイクル疲労 シャルピー衝撃	77, 293, 750 77, 293	噴射器
Ti	Ti-5Al-2.5Sn ELI合金 鍛造材	引張、破壊靱性、高サイクル疲労 シャルピー衝撃 疲労き裂進展	4, 20, 77, 293 4, 77, 293 20, 293	ターボポンプ
	Ti-6Al-4V ELI合金 鍛造材	引張、破壊靱性、高サイクル疲労	20, 77, 293	
Al	A356-T6 鋳造材	引張、破壊靱性、高サイクル疲労 疲労き裂進展	20, 77, 293 20, 77, 293	ターボポンプ
Fe	Alloy A286 鍛造材	引張、高サイクル疲労 シャルピー衝撃	4, 20, 77, 293, 873 4, 77, 293	
		破壊靱性	4, 20, 77, 293	
	304L 鍛造材	引張、高サイクル疲労 シャルピー衝撃	4, 20, 77, 293, 773 4, 77, 293	
		破壊靱性	4, 20, 77, 293	
Ni	Alloy 718 鍛造材	引張、破壊靱性、高サイクル疲労 シャルピー衝撃 疲労き裂進展	4, 20, 77, 293, 767 4, 77, 293 77, 293, 767	ターボポンプ
		引張、破壊靱性、高サイクル疲労	4, 20, 77, 293, 767	
		シャルピー衝撃	4, 77, 293	
	Alloy 718 精密鋳造材	引張、破壊靱性、高サイクル疲労 シャルピー衝撃 疲労き裂進展	4, 20, 77, 293, 767 4, 77, 293 20, 77, 293, 767	ターボポンプ
		引張、高サイクル疲労	293, 800	
	Alloy 718 板材 (1228K、1318K、1338K ST) 母材と溶接材	引張、破壊靱性、低サイクル疲労、 高サイクル疲労(切欠きの影響)、 疲労き裂進展	77, 293, 873	
	Alloy625 板材 母材と溶接材	引張、高サイクル疲労、破壊靱性、 低サイクル疲労(三角波)	77, 293, 873	
Cu	Cu-Cr-Zr 鍛造材	引張、低サイクル疲労(三角波)	293, 773, 823, 923	燃焼室
		クリープ	773, 823, 923	
		低サイクル疲労(引張保持)	773, 823, 923	
		低サイクル疲労(圧縮保持)	773, 823, 923	

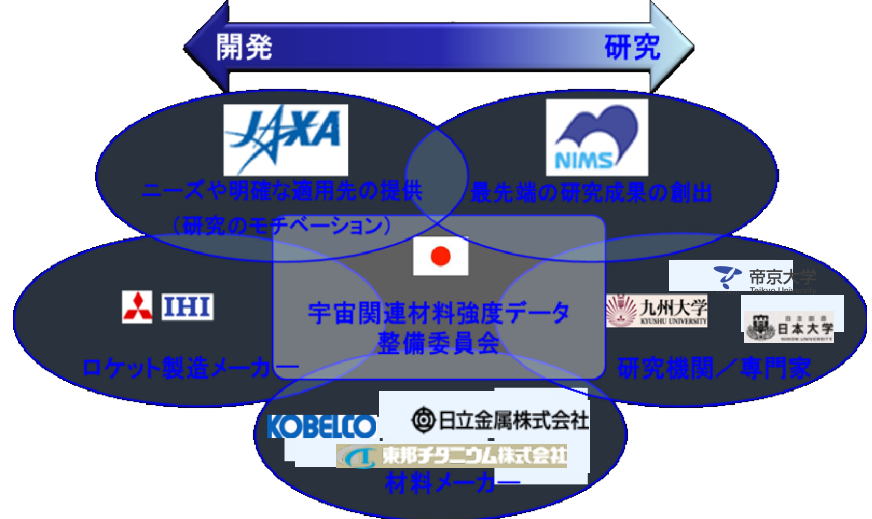


LE-7A エンジン ©JAXA



宇宙関連材料強度データシート

製造履歴、化学組成、試験片採取方法、材料試験データ、金属組織・破面写真を掲載



宇宙関連材料強度特性データ整備委員会

評価する材料・特性の決定、データの検証はロケット製造メーカー、材料メーカー、大学、国研の各専門家集団で構成される宇宙関連材料強度特性データ整備委員会で推進。NIMSはオールジャパン体制で進める宇宙輸送機の研究開発の一端を担っている。

- 使用可能材料に関する規制の見直しや規格化、国際標準化へ向けた取り組みへの貢献
- 関連材料・機器の低コスト化・軽量化・性能向上へ向けた取り組みへの貢献

<現状>

液化水素の輸送容器や貯蔵タンク：オーステナイト系ステンレス鋼を多用

- **日本**の高圧ガス保安法：
液化水素温度で使用可能なオーステナイト系ステンレス鋼 **6 種類**
(他の材料も、適用時に有識者の審査を経ることで、使用許可を得ることができる。)
- **ドイツ**圧力容器規格AD2000：
液化水素温度で使用可能なオーステナイト系ステンレス鋼 **23 種類**
欧州では同用途に対する適用可能材料が、日本より多い。

日本とドイツの液化水素温度での使用認可材料の比較
(オーステナイト系ステンレス)

	ドイツで 適用可能 (EN)	日 本	
		同左JIS相当品	適用可能
1	1.4301	SUS304	○
2	1.4303	SUS305	
3	1.4307	SUS304L	○
4	1.4315	SUS304N1	
5	1.4550	SUS347	
6	1.4401	SUS316	○
7	1.4404	SUS316	○
8	1.4432	SUS316L	○
9	1.4580		
10	1.4434	SUS317LN	
11	1.4435	SUS316L	○
12	1.4436	SUS316	○
13	1.4438	SUS317L	○
14	1.4439		
15	1.4449		
16	1.4306	SUS304L	○
17	1.4541	SUS321	
18	1.4571	SUS316Ti	
19	1.4311	SUS304LN	N材は高強度材
20	1.4406	SUS316LN	
21	1.4429	SUS316LN	
22	1.4308	SCS13	
23	1.4408	SCS14	○

N材は高強度材

鋳鋼（LNGでは使用可）

- 規制見直し、国際標準化 本設備による信頼性の高いデータが重要
- 軽量化 **高強度N材**の使用拡大により、例えば容器重量を削減可能。
- 低コスト化 **鋳鋼**の使用拡大により、液水バルブのコスト低減可能。
(現状は鍛鋼からの削り出し)

民間企業が必要とする材料規格化における中立機関としてのNIMSの優位性

- **VAMAS（※）との関わり** ※ VAMAS：ベルサイユサミットに基づく新材料と標準に関する国際共同研究
長年にわたる活動実績(1957年～)が豊富。

VAMAS 国内対応委員会を近年、NIMSが委員長を歴任し、委員会全体をリード。
今後、新材料として液化水素適合性材料の評価法や標準化研究の提案が可能。

- **ISOとの関わり**
TC164(金属材料の機械試験)の歴代国際議長、提案/制定の実績が豊富。

ISO/TC164のSC1(短軸試験)では中空SSRT試験法を議論中：
水素以外の高圧ガスを含め温度や圧力も制限していない：引張強度、伸び、絞りを測定

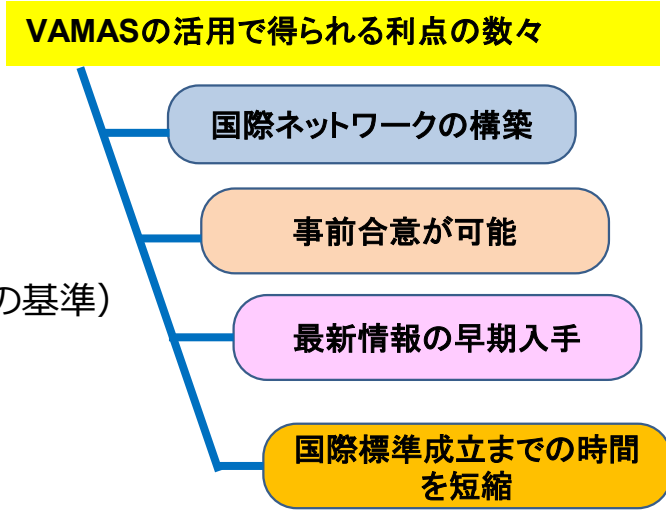
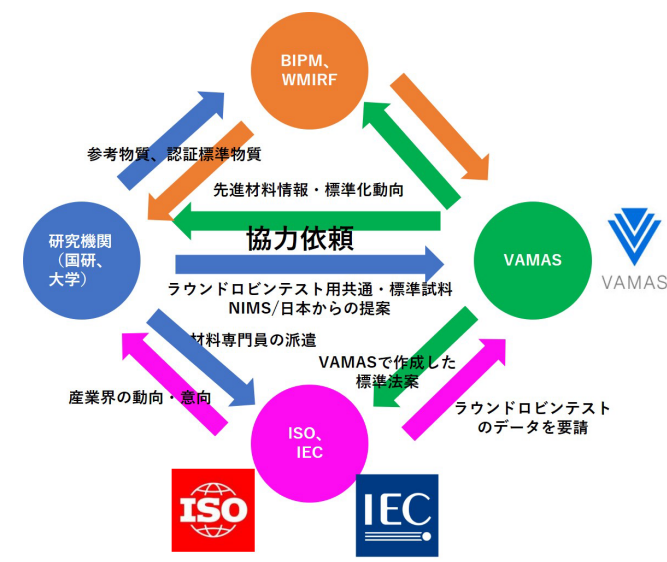
- **ASMEとの関わり**
NIMSのクリープデータで多くの圧力容器のASMEコードが制定されている。
今後、液化水素/水素環境中材料特性データの提供も視野にある。

- **JISとの関わり**
提案/制定の実績。JISCや経産省/規格協会/鉄鋼連盟の委員活動などの実績が豊富。

- **HPISとの関わり**
高圧水素環境(-80℃(193K)から室温まで)の材料スクリーニング(引張強度、伸びの低下を脆化性の基準)

- **産業標準化事業に関する表彰受賞歴**

・ 工業標準化事業表彰 経済産業大臣賞	和田 仁（2007）	緒形俊夫（2014）
・ 産業技術環境局長表彰	菊池正紀（2018）	西島 元（2020）
・ 日本機械学会標準事業 コードエンジニア賞	澤田 浩太（2021）	



国際標準化への貢献

産業界が材料・試験法の国際標準化に必要なデータを提供

各社社内での国際標準化戦略検討、策定



業界内議論（委員会設置）、
国内とりまとめ



ISO規格の制定手順（※）

- (1) 新作業項目（NP）の提案
- (2) 作業原案（WD）の作成
- (3) 委員会原案（CD）の作成
- (4) 国際規格原案（DIS）の照会及び策定
- (5) 最終国際規格案（FDIS）の策定
- (6) 国際規格の発行

NIMSから産業界に対して：

- ・ 信頼性あるデータの提供
- ・ データの解釈
- ・ 委員会活動への協力、参加
- ・ その他の助言

NIMS

NEDO中空試験片高圧水素中材料
試験法規格化のための研究開発

ISO TC164（金属材料の機械的
試験）議長

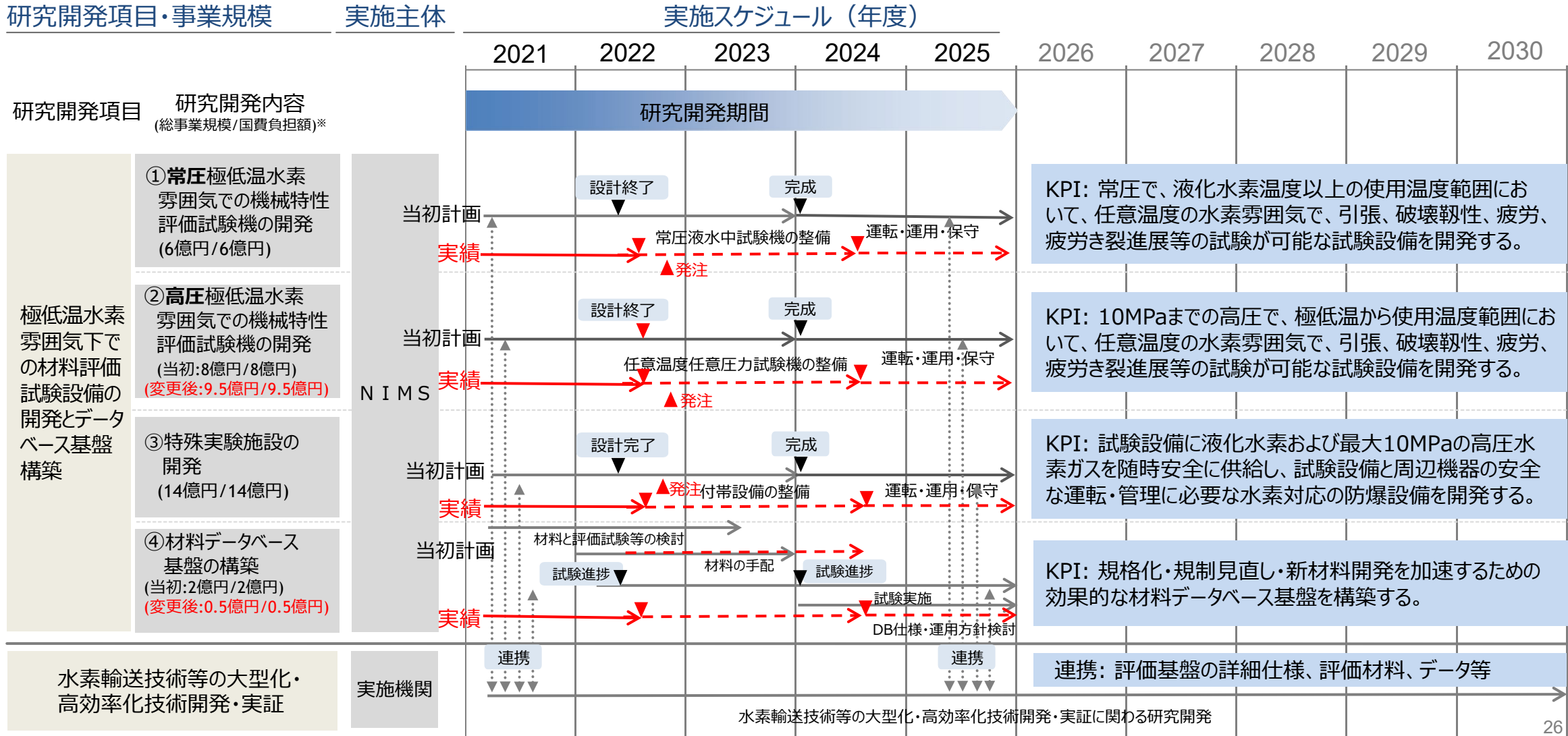
産業界からNIMSへの要請：

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

※ISO規格の制定手順（日本産業標準調査会JISCのサイトより）
<https://www.jisc.go.jp/international/iso-prcs.html>

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

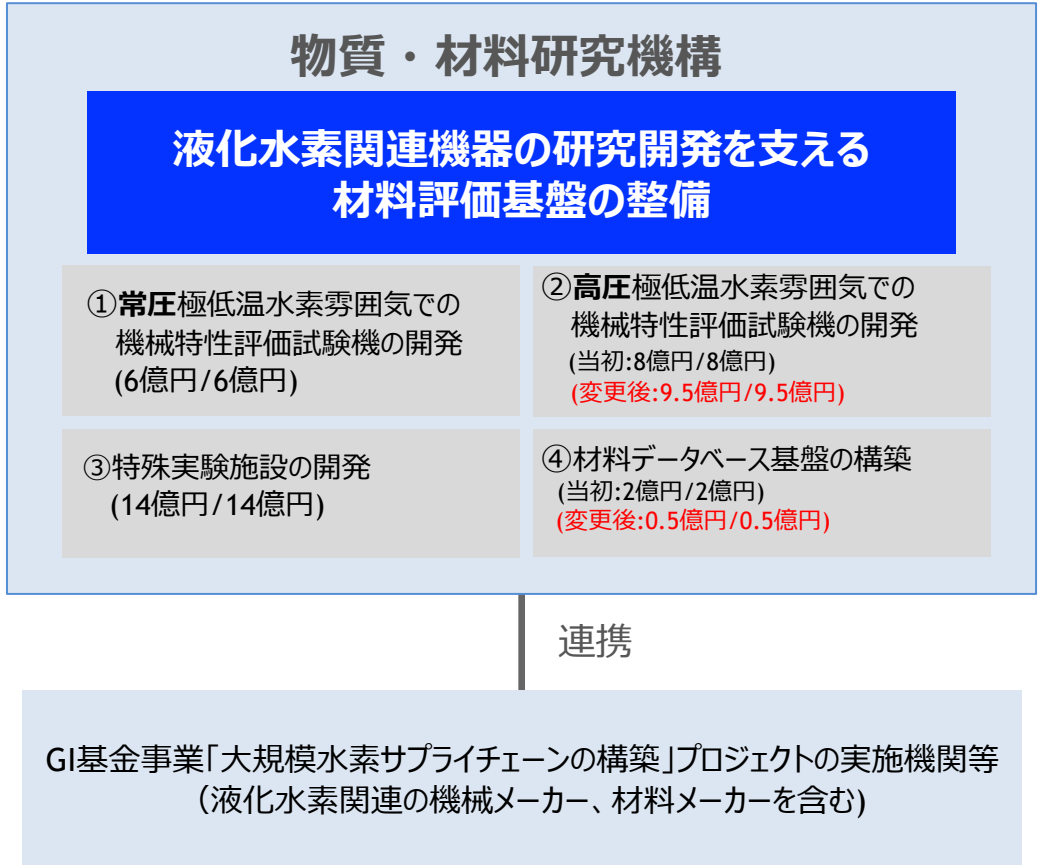


*総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額、国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額

2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携

実施体制図 ※金額は、総事業費/国費負担額



主体の役割と連携方法

主体の役割

- 各設備の開発・整備を行う
- 開発・整備した設備を使って材料の評価試験を行う
- 材料データベースを作成する
- 材料等の規格化・規制見直し・新材料開発への支援を行う

共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携

- 「大規模水素サプライチェーンの構築」プロジェクトの実施機関等を含む関係機関の有識者からなる「液化水素関連材料評価整備委員会」を本事業内に組織し、実施の初期段階から、評価基盤の詳細仕様（試験機の仕様、付帯設備の仕様、評価対象の材料の選定、データベースフォーマットの仕様など）について、検討を進めている。
- 個別案件（外部からの試験依頼、データの評価・解析、新材料開発など）については個別のオープン／クローズ戦略に応じ、対応する。

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
極低温水素雰囲気下での材料評価試験設備の開発とデータベース基盤構築	1 常圧極低温水素雰囲気での機械特性評価試験機の開発(開発中)	<ul style="list-style-type: none">由利 他, ヘリウム再凝縮冷凍方式による極低温疲労試験機の20年間の運転実績, 2002年度低温工学・超電導学会小野 他, 宇宙関連材料強度データシート, 金属. (2021) 306-314.極低温評価の豊富な実績 http://smds.nims.go.jp/space/	<ul style="list-style-type: none">4K冷凍機による極低温ヘリウム雰囲気での試験設備を独自に開発した技術と実績(P10,11)冷凍機の開発技術をもつ専門家チームの協力が得られる(P12)
	2 高圧極低温水素雰囲気での機械特性評価試験機の開発(開発中)	<ul style="list-style-type: none">緒形, 日本金属学会誌, vol.72 (2008) 125-131辻上 他, 液化水素ポンプ昇圧型水素ステーション用高強度材料の水素適合性・低温靱性評価, 圧力技術, vol.55, No.6 (2017) 26-32	<ul style="list-style-type: none">高圧低温の水素ガスを封入した中空試験片を用いる独自の試験方法を開発した技術と実績(P15)数10L規模の大容量で10MPaの高圧水素ガスを取り扱った実績はない
	3 特殊実験施設の開発(開発中)	<ul style="list-style-type: none">第1種高圧ガス製造所として豊富な運用実績を有する(液体ヘリウムの液化・回収量17万L/年、液体窒素消費量70万L/年など)https://www.nims.go.jp/TML/japanese/helium.html	<ul style="list-style-type: none">立地が工業用地なので液化水素の取扱いに適する液化水素および高圧水素を扱うために適切な防爆の実験室および建屋がないため新規に建設する必要がある(P17)
	4 材料データベース基盤の構築(開発中)	<ul style="list-style-type: none">NIMS物質・材料データベース (MatNavi) https://mits.nims.go.jpVAMAS, ISO, ASME, JIS等での活動実績 (P24)	<ul style="list-style-type: none">データの単なる集積ではなく、材料の専門家による科学的知見に基づいたデータベース基盤の構築が可能。将来データ駆動型材料開発も視野に。

4. その他

4. その他／（1）想定されるリスク要因と対処方針

研究開発責任者等が何らかの理由でプロジェクトに参画出来なくなった場合でも組織として継続する

研究開発（技術）におけるリスクと対応	社会実装（経済社会）におけるリスクと対応	その他（自然災害等）のリスクと対応
<ul style="list-style-type: none">研究開発責任者やチームリーダー等中心的人物が何らかの理由でプロジェクトに参画出来なくなった場合、組織としてどう継続性を担保 <p>→ 複数の組織に跨る実施体制を構築し、事業の中心となる者が事業期間中に継続参加が困難となった場合でも組織全体で事業を継続する。</p> <p>→ 研究員、エンジニアの新規採用等を実施し、事業の実施体制を維持・強化する。</p>	<ul style="list-style-type: none">試験設備の調達コスト高騰および調達期間の長期化によるリスク <p>→ 複数の機能を1台の試験設備に集約し、試験設備の導入台数を削減する等を実施する。</p> <p>→ アウトプットに影響を与えることなしに、試験設備の完成時期を6か月後ろ倒し。</p>	<ul style="list-style-type: none">地震・風水害によるリスク <p>→ 特殊実験施設の強靱化設計を実施</p>
<div>▼</div> <ul style="list-style-type: none">事業中止の判断基準：試験設備・特殊実験施設の導入・維持・管理ならびに安全確保に必要な人員を確保できなくなった場合や特殊実験施設の強靱化設計の想定を超える地震・風水害による甚大な被害が発生した場合。		