

2025年度 JPECフォーラム

# 水素社会構築に向けた鋼材研究開発

2025年5月13日

一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター

水素エネルギー部 水素利用推進室

—禁無断転載・複製 ©JPEC 2025—



# 本日の内容

---

本NEDO事業の背景

事業体制

各テーマ内容

1-1 Ni当量低減検討

1-2 溶接に関する検討

1-3 冷間加工材に関する検討

1-4 データベースの拡大

まとめ

# 本NEDO事業の背景（1）

## 『水素基本戦略 令和5年6月6日』

水素基本戦略

令和5年6月6日

再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議

(3) 多国籍枠組みでの活動 .....	23
3-8. 国民理解 .....	24
第4章 水素産業競争力強化に向けた方向性 .....	24
4-1. 水素産業競争力強化に向けた基本的な考え方 .....	24
4-2. 水素産業戦略 .....	25
(1) 水素供給 .....	26
(2) 脱炭素型発電 .....	30
(3) 燃料電池 .....	30
(4) 水素の直接利用 .....	37
(5) 水素化合物 .....	38
第5章 水素の安全な利活用に向けた方向性 .....	40
5-1. 水素の安全な利活用に向けた基本的な考え方 .....	40
5-2. 水素保安戦略 .....	40
(1) 技術開発等を通じた科学的データ・根拠に基づく取組 .....	41
(2) 水素社会の段階的な実装に向けたルール合理化・適正化 .....	41
(3) 水素利用環境の整備 .....	42

### (3) 燃料電池

C) マザーマーケットである我が国における需要の拡大

#### ①モビリティ・動力分野

(水素ステーションの整備方針)

水素ステーションの部材の交換頻度の低減、

低温・高圧水素環境下で使用可能な安価な鋼材  
(SUS300 系等)の検討や

SUS316 系、SUS316L 系のニッケル当量規制の見直しといった、

コスト削減に向けた開発も引き続き進めていく。

# 本NEDO事業の背景（2）

- 例示基準化鋼材を使用した高压ガス設備の認可取得は **一般申請**ができる、事業者が鋼材の試験データを提示し水素適合性を証明する**事前評価は必要無い**
  - 高価なNiの含有量低減
  - 市中に流通している鋼材が利用できれば製造コスト低減や流通性改善等も期待される
- ⇒ 水素ステーション、水素サプライチェーンに係るコスト削減に繋がる

## SUS316系に係る例示基準化の推移

### ● 35MPa水素ステーション

① SUS316Lに限る

### ● 70MPa水素ステーション

② Ni当量<sup>(\*1)</sup>規制

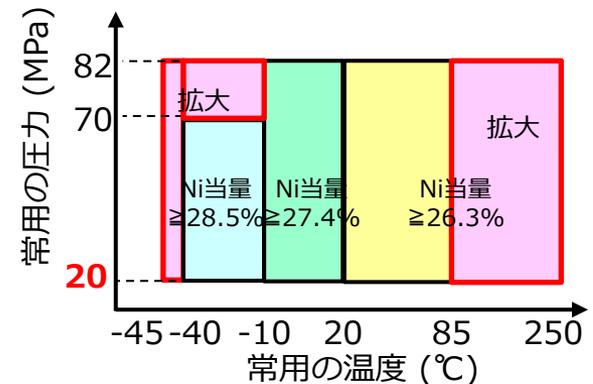
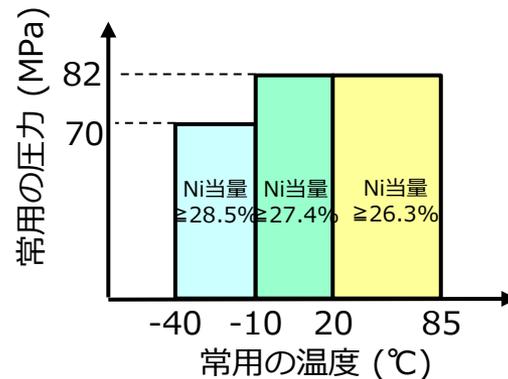
③ 範囲の拡大

④ 『伸び』指標導入によるNi当量規制の改定 <次ページご参照>

(\*1) Ni当量：オーステナイト安定度を表す指標

Ni当量（平山の式）

$$=12.6C+0.35Si+1.05Mn+Ni+0.65Cr+0.98Mo$$



# 本NEDO事業の背景（3）

## 『超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業(2018～2022年度)』 成果

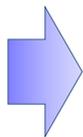
- ・「絞り」に代わり「伸び」を指標とする新たな水素特性判断基準を作成
  - ・使用可能な汎用ステンレス鋼の拡大範囲を提案
- ⇒ 一般則例示基準の改正 <2020年11月4日公布>

◎ 新たな水素適合性についての基本的な考え方

- 強度の確保： 大気中と比較して、水素中で引張強さが低下しない（RTS（相対引張強さ）=1）
- 延性の確保： 判定式[伸びの実測値×REL（相対伸び）≥ 伸びの規格値] を満たす
- 疲労特性の確保： 大気中と比較して、水素中で疲労限度が低下しない

2018年時の一般則例示基準における  
使用可能範囲

温度範囲	絞り	伸び	Ni当量
-45℃～250℃	材料規格 (60%) に対し 75%以上	材料規格 の通り	28.5%以上
-10℃～250℃			27.4%以上
20℃～250℃			26.3%以上



新たな水素特性判断基準に基づく使用可能範囲

温度範囲	絞り	伸び	Ni当量(*1)
-45℃～250℃	材料規格 のとおり	材料規格 のとおり	28.5%以上
-10℃～250℃			27.4%以上
20℃～250℃			26.3%以上

温度範囲	材料形状	絞り	伸び	Ni当量(*1)
-45℃～ 250℃	棒	材料規格 のとおり	57%以上	26.9%以上
	管		50%以上	
	鍛鋼		42%以上	

(\*1) Ni当量：オーステナイト安定度を表す指標

Ni当量（平山の式）

$$=12.6C+0.35Si+1.05Mn+Ni+0.65Cr+0.98Mo$$

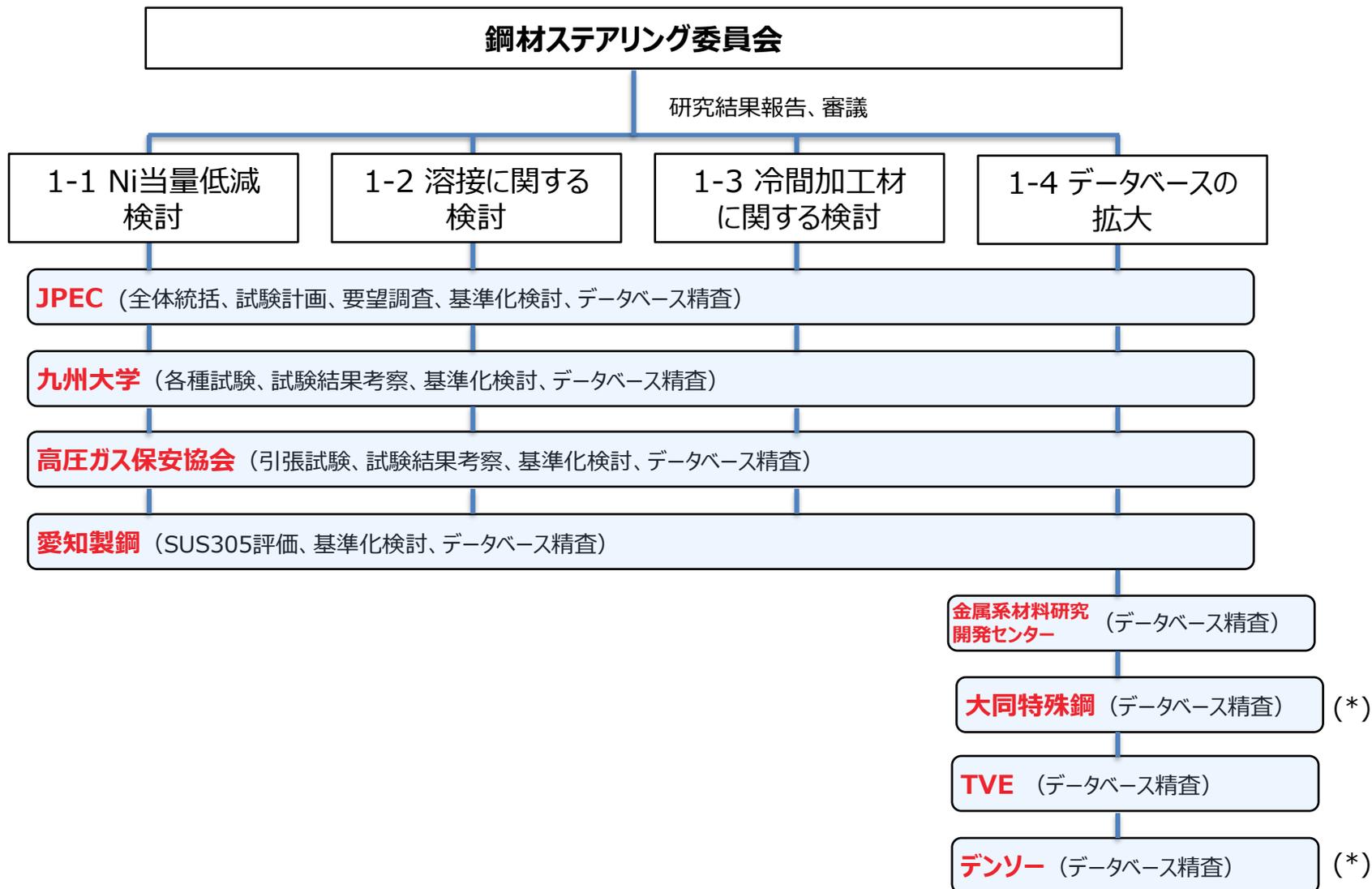
# 本NEDO事業の背景（４）

- ・研究開発を進めている鋼種 = インフラ業界からの要望に基づく
- ・例示基準の改正、基準化に資する鋼材の水素適合性に係るデータの取得を行う

金属材料	使用機器	業界要望
<b>SUS316系</b>	継手、配管等	例示基準の改正，冷間加工材の基準化，溶接の技術文書化
<b>SUS305</b>	継手、配管等	例示基準化，冷間加工材の基準化
<b>SUS304</b>	継手、配管等	例示基準化

# 事業体制

## 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／ 水素社会構築に向けた鋼材研究開発



(\*) 2023年度～2024年度

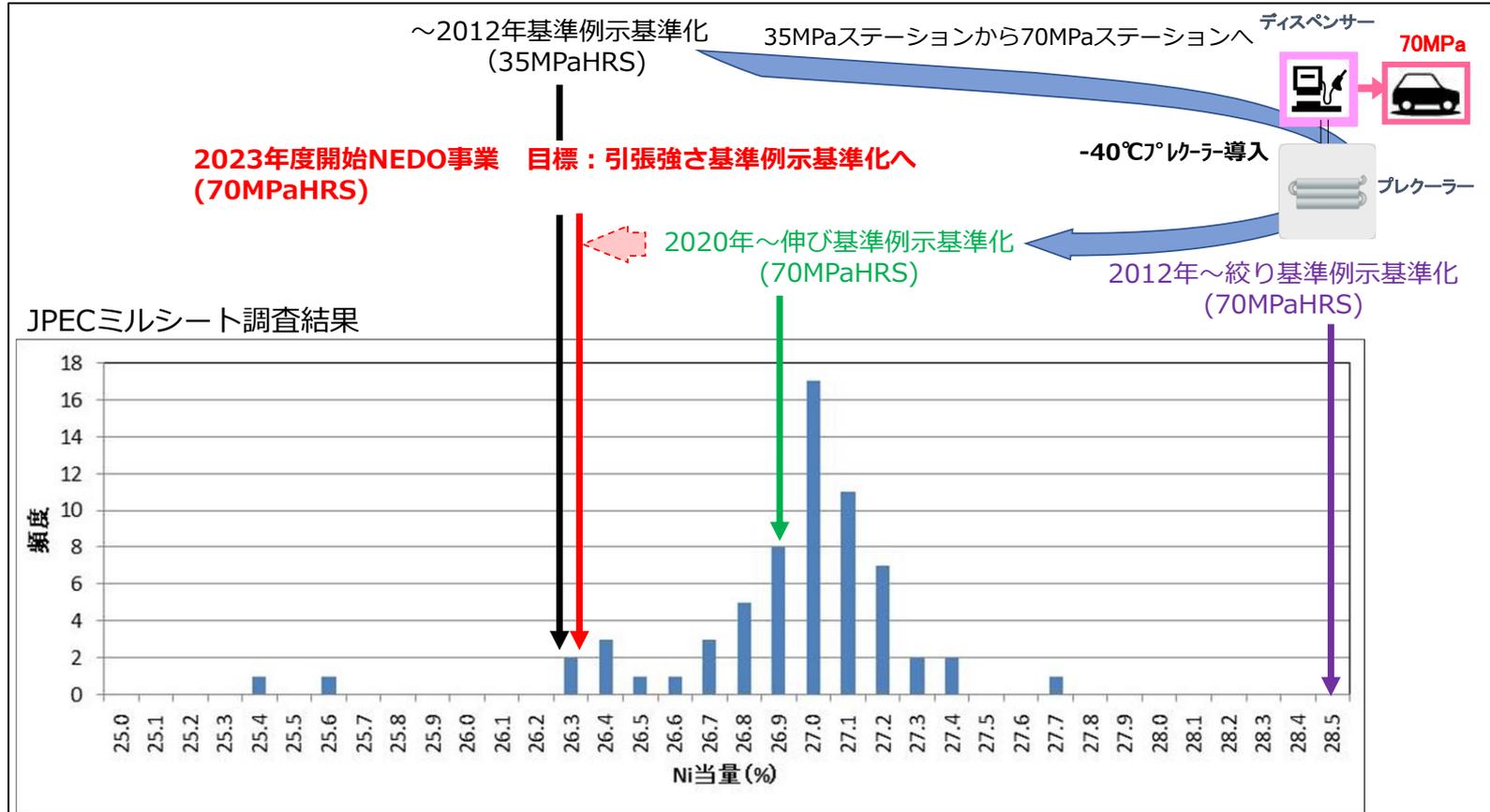
# 1-1 Ni当量低減検討 研究内容

内容： 現行-45℃基準: Ni当量26.9%から更なるNi当量低減を図り、SUS316Lの使用を可能とする

KHKS0220規定  
の水素適合性  
判断基準

- ✓ 強度の確保： 大気中と比較して、水素中で引張強さが低下しない (RTS=1)
- ✓ 延性の確保： 伸びの実測値×REL (相対伸び) ≥ 伸びの材料規格値

## Ni当量低減のイメージ

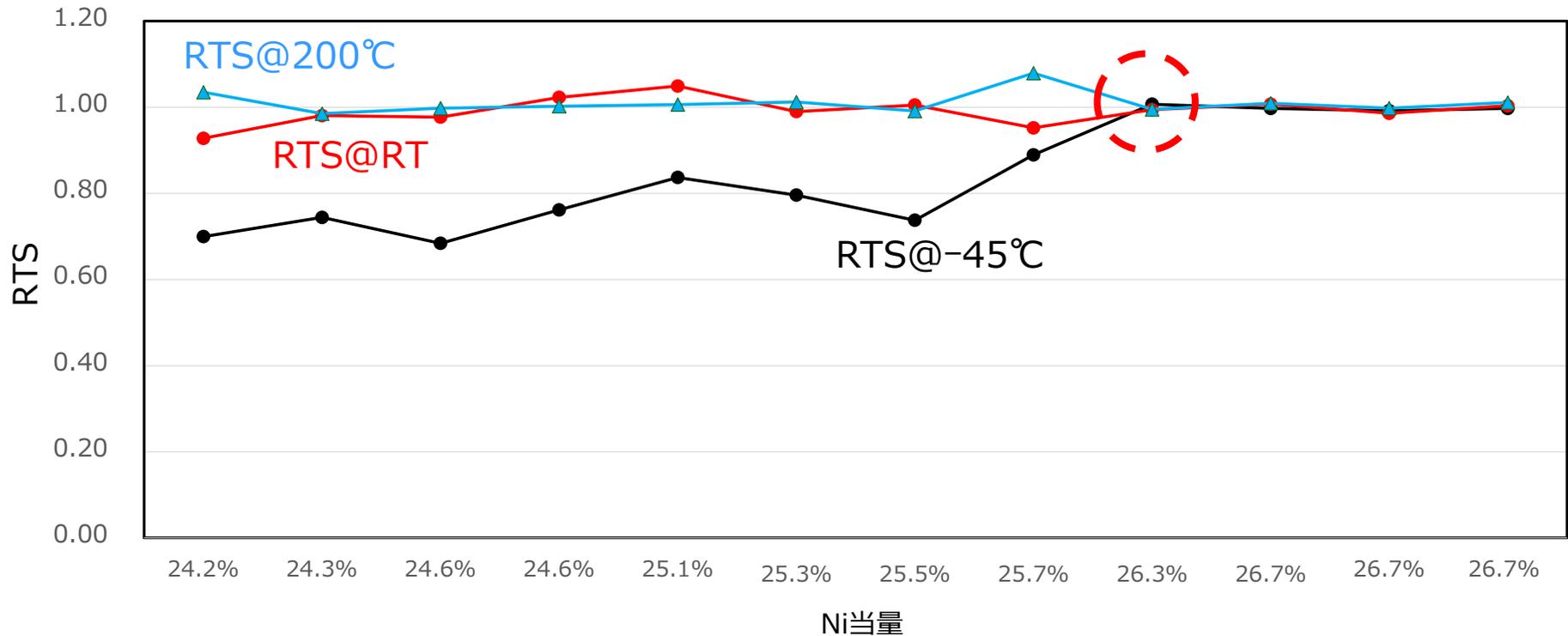


# 1-1 Ni当量低減検討 研究進捗〈引張強さ〉

## 強度の確保

Ni当量26.3%材は、  
-45℃でも、大気中と比較して、水素中で引張強さが低下しない (RTS(相対引張強さ)=1)

図 Ni当量とRTSの関係

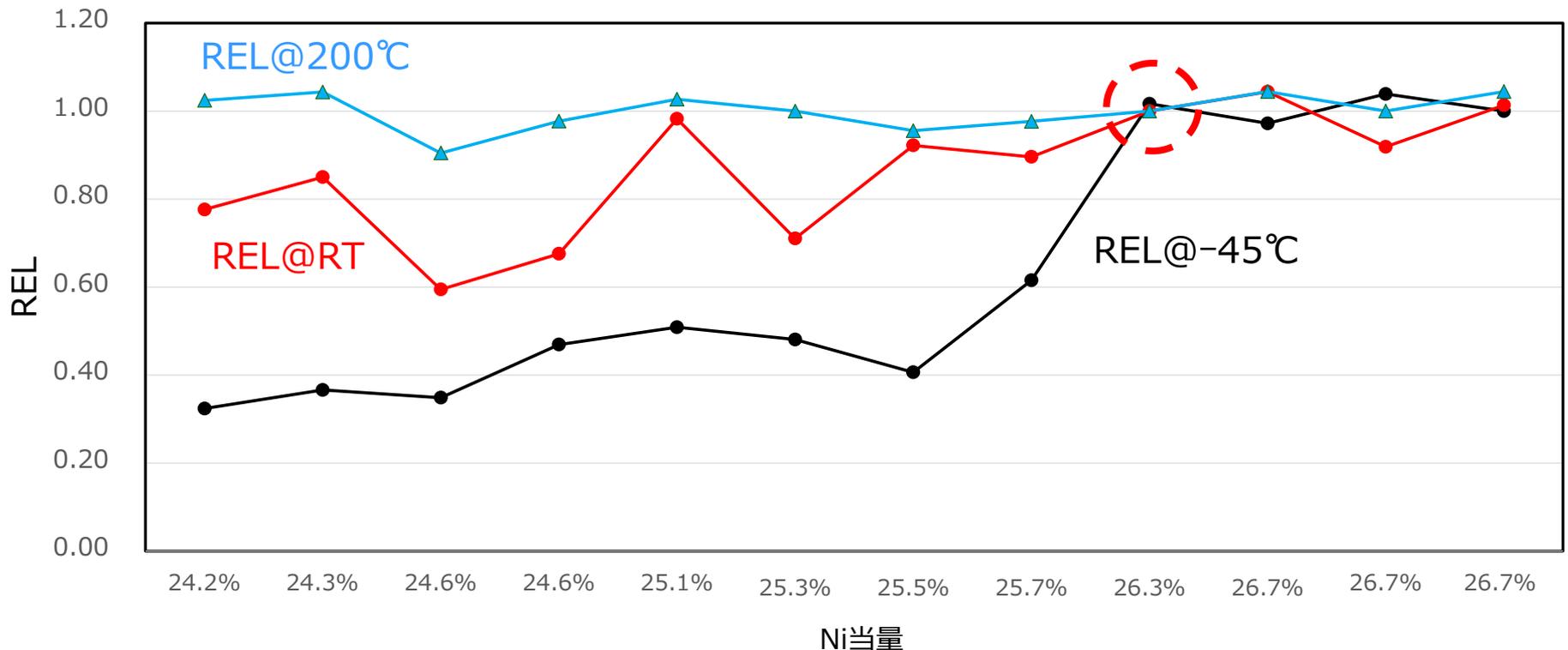


# 1-1 Ni当量低減検討 研究進捗<延性>

## 延性の確保

Ni当量26.3%材は、  
REL (相対伸び) = 1.0であり、  
判定式『 伸びの実測値× REL ≥ 伸びの材料規格値 』も満たす

図 Ni当量とRELの関係



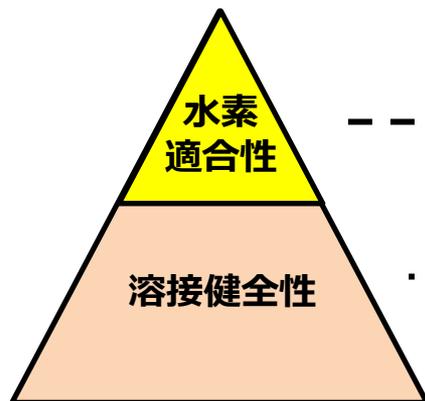
# 1-2 溶接に関する検討 研究背景(1)

内容： 溶接継手の水素適合性の判断基準を明らかにする、好適事例を追記し『溶接技術指針』を改訂

## 背景

- 溶接を行うことで、金属組織は変化する  
⇒ 溶接後熱処理(溶体化処理)は、金属組織をオーステナイト構造に戻し水素適合性の改善に効果的  
しかし、工数・コスト等の問題と、衝撃吸収性能低下を避けるため、オーステナイト系ステンレス鋼の溶接では溶接後熱処理を行わない溶接施工方法が一般的
- 溶接後熱処理を行わない (as welded) の溶接部の水素適合性を判断する方法は明確になっておらず、基準化されていない

<溶接継手に対する要件>



高圧水素に対する要件

溶接技術指針に纏める

&

溶接に対する一般的な要件

・特定則例示基準別添1、別添7、JIS B 8265等で規定

✓ 継手引張試験、曲げ試験、衝撃試験や溶接欠陥の有無 等

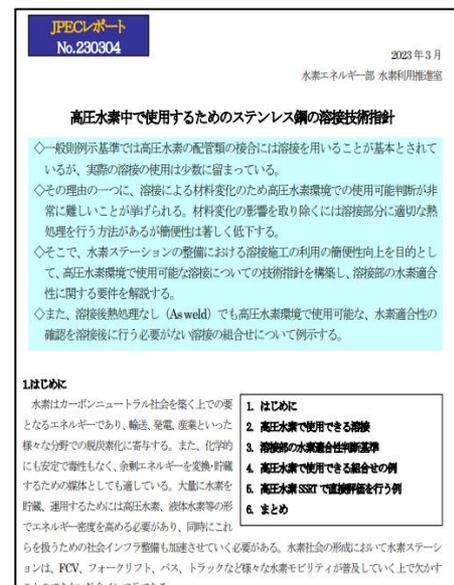
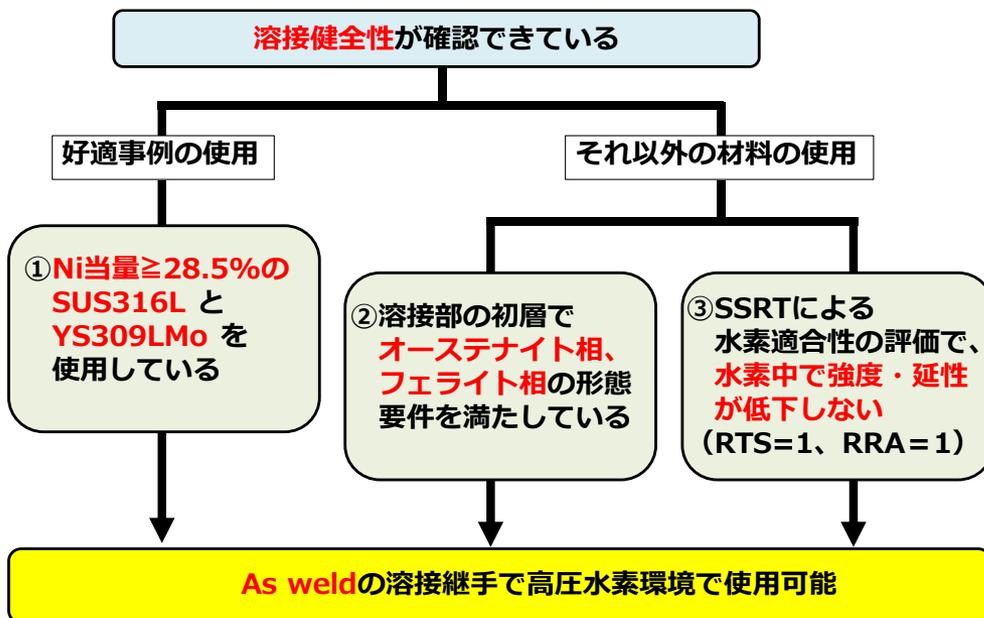
# 1-2 溶接に関する検討 研究背景(2)

『超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業(2018~2022年度)』 成果

## 『溶接技術指針』制定(\*)

- ・溶接部の水素適合性の要件と判断基準の明確化
- ・溶接部の水素適合性の確認にSSRTを代替する簡易的な手法を紹介
- ・溶接部の健全性と水素適合性は分けて扱う（溶接健全性の確保は従来の枠組みによる）
- ・従来の溶接施工方法確認に影響を与えない
- ・溶接部の水素適合性の確認が不要（水素適合性が保証できる）な材料の組み合わせを例示

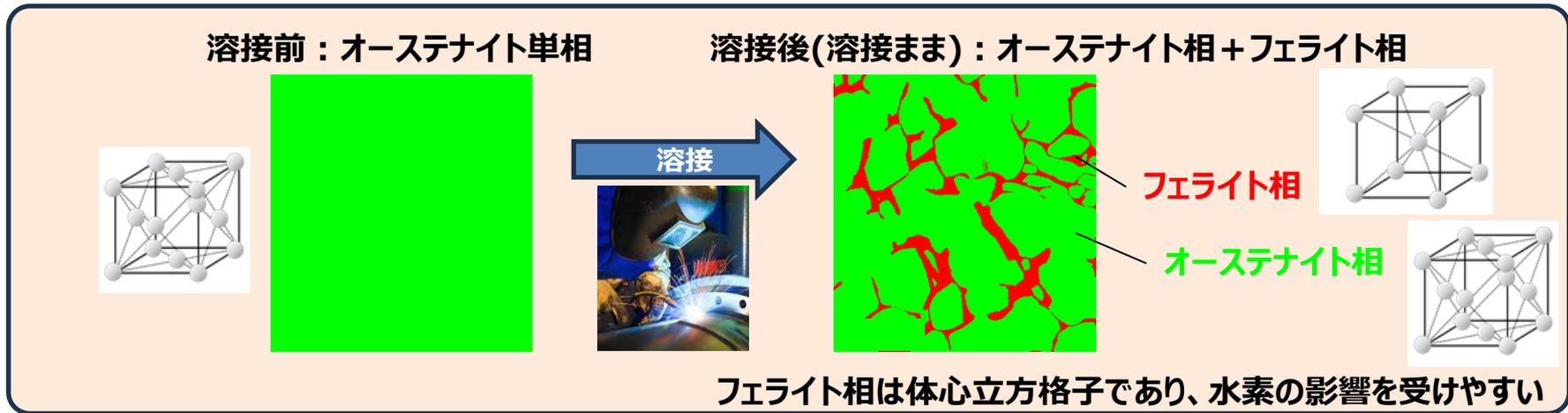
課題 好適事例は、Ni当量 $\geq 28.5\%$ のSUS316LとYS309LMoの組合せ の一種



(\*) JPECホームページから入手可能 [https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2023/03/JPEC\\_report\\_No.230304.pdf](https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2023/03/JPEC_report_No.230304.pdf)

# 1-2 溶接に関する検討 水素適合性判断基準検討

SUS316Lの溶接における、水素適合性の考え方・判断方法・基準の定量化に向けたロジック検討



- オーステナイト相 き裂進展時にき裂の先端がマルテンサイト化した場合に水素の影響を顕著に受ける
- マルテンサイト変態が起きにくい、安定度の高いオーステナイト相であることが重要
- フェライト相 構造的にき裂進展しやすく、水素で助長されやすい
- 溶接金属内に過剰にフェライト相がネットワーク化されていると水素の影響が顕著

〈溶接部の水素適合性の考え方〉

水素に安定なオーステナイト相 + 過剰なネットワークを有しないフェライト相、の組合せで水素適合性が確保される

# 1-3 冷間加工材に関する検討 研究背景

内容： 冷間加工材に強度水準を設定する考え方の有用性を検証

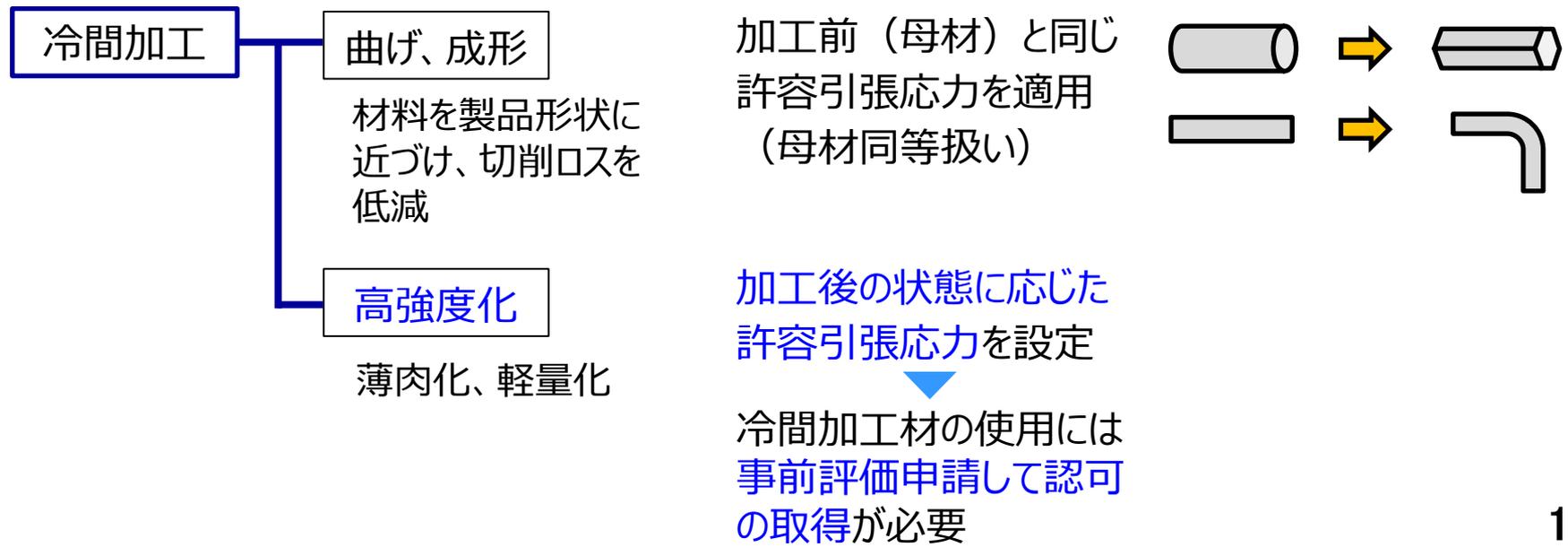
## 背景

冷間加工は、様々な部品の材料強度を高めるとともに精密な加工形状を実現する技術

- 課題：
- ・材料規格は無い。設計規格への許容引張応力の設定事例もない
  - ・加工の度に強度が変わるため、毎回水素適合性の評価が必要となる

解決案： 規格値の考え方で一律に強度や伸びの保証ができれば、過剰な試験を課すことが避けられる

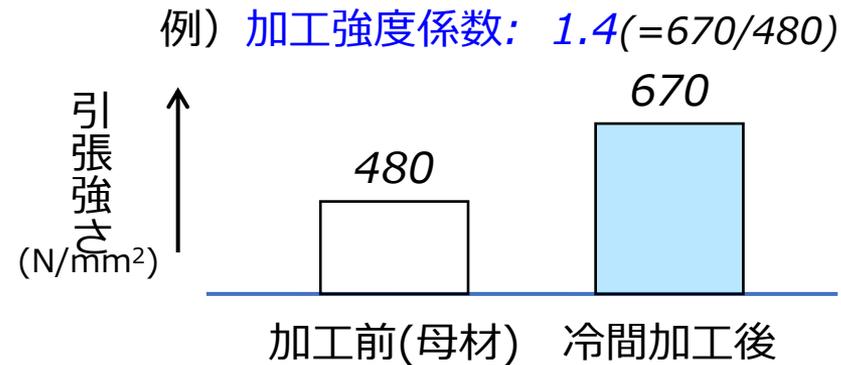
研究内容： SUS316L、SUS305などの冷間加工部品の加工条件に基づく強度水準を検討



# 1-3 冷間加工材に関する検討 許容引張応力の検討

1. 冷間引抜材 (SUS316L) において、加工度と棒材径が分かれば、加工後の引張強度を推定できる係数『加工強度係数(\*)』が存在

\*) 加工強度係数 = 冷間加工後の引張強さ / 加工前(母材)の引張強さ



2. 上記加工強度係数により、冷間加工材の許容引張応力を設定可能な式を構築

$$\text{冷間加工材の許容引張応力} \leq \text{母材の許容引張応力} \times \text{加工強度係数}$$

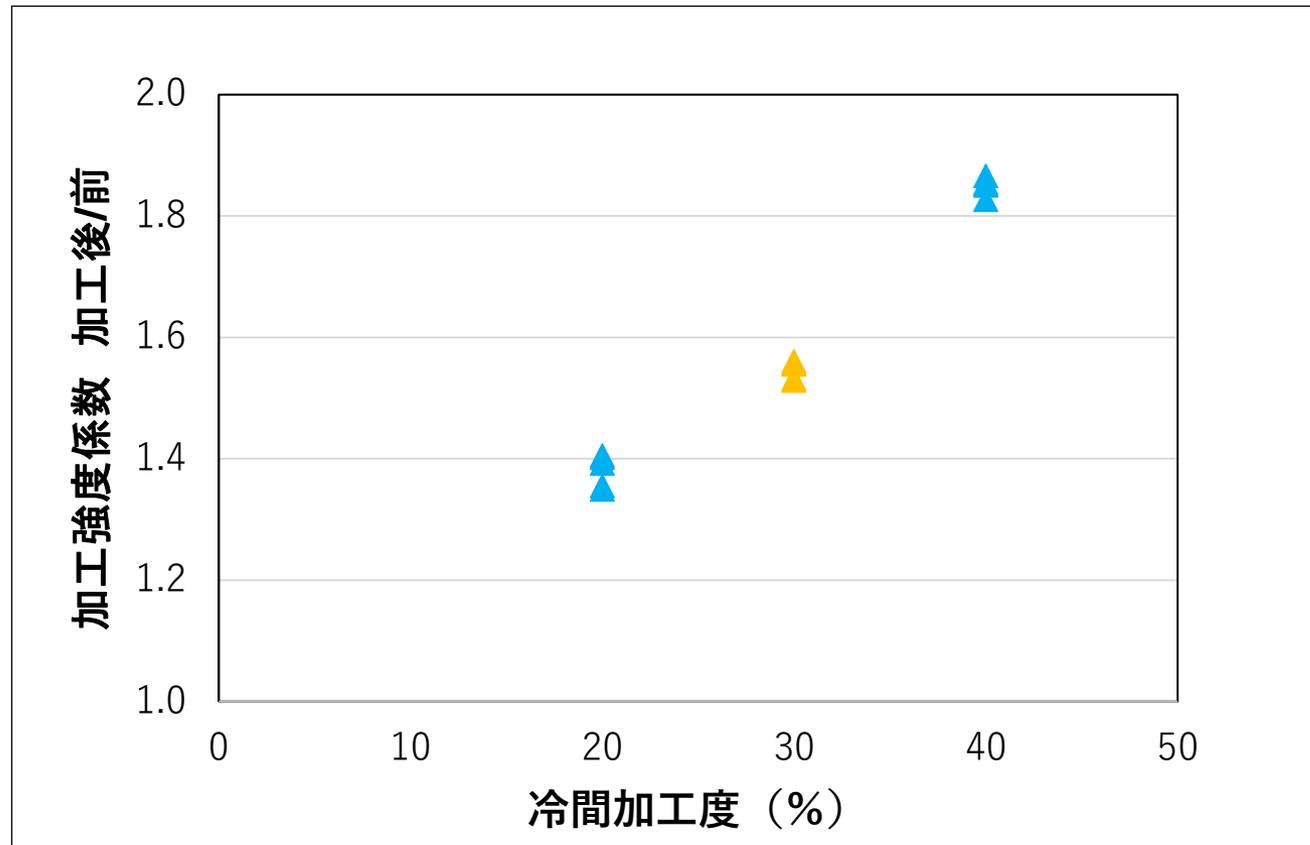
JIS B8265, 8267に示された値

※水素雰囲気に限らずあらゆる分野で適用可能

3. 上記式は、SUS305の冷間引抜材、およびSUS316, 316Lの冷間圧延材にも展開可能

# 1-3 冷間加工材に関する検討 許容引張応力の検討

- ・ SSRT & 通常引張試験 (SUS316L, 加工度20%,  $\Phi 20$ , RT)

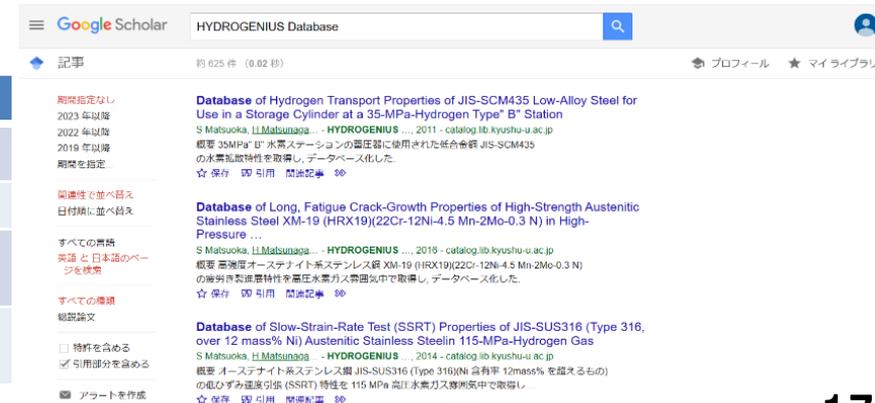
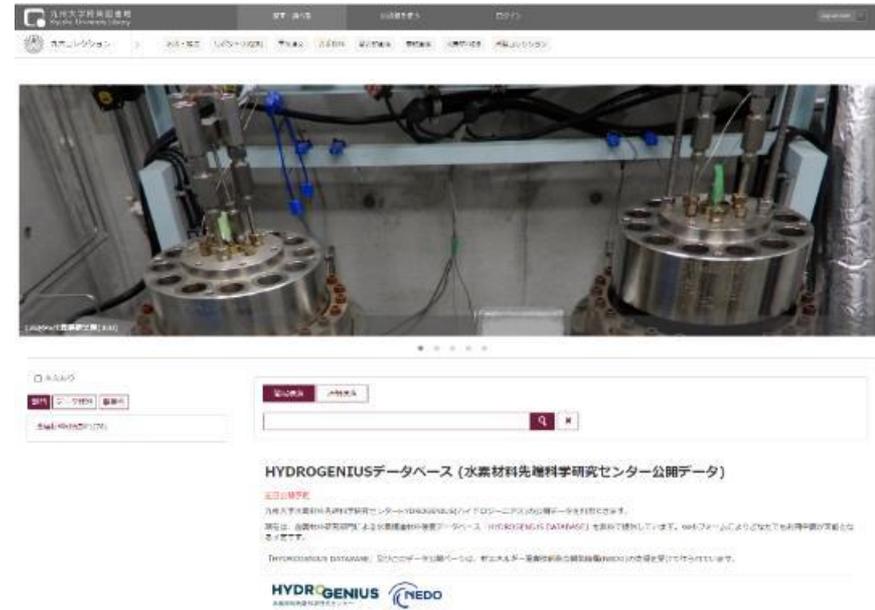
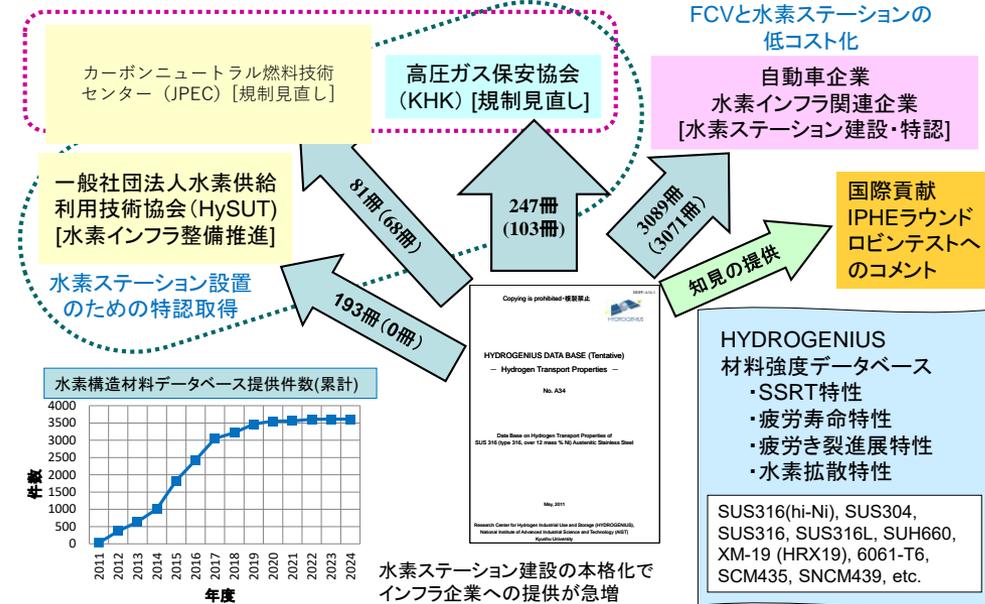


- ① 加工強度係数は加工度と相関がある (右上がり)
- ② 棒材径が大きい程、加工強度係数のMin.値は小さい

# 1-4 データベースの拡大

## 内容： 鋼材の水素適合性に係るデータをデータベース化し公開

全113冊, 総ページ数: 約2800頁, 提供総数: 約3,600件



NEDO事業名	年度	データベース No.	冊数
水素先端科学基礎研究事業	2006~2012	1 ~ 48, 51	49
水素利用技術研究開発事業	2013~2017	49 ~ 50, 52 ~ 78	29
超高压水素インフラ本格普及技術開発事業	2018~2022	79 ~ 109	31
<b>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</b>	<b>2023~ 2024.12</b>	<b>110 ~ 113</b>	<b>4</b>

- オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に向け研究開発を実施

- 1-1 Ni当量低減検討

- Ni当量26.3%材の水素適合性を確認、-45℃高圧水素中でも安全に使用可能である見込み

- 1-2 溶接に関する検討

- 溶接部の水素適合性の考え方、判断基準を構築

- 1-3 冷間加工材に関する検討

- SUS316L、SUS305の冷間引抜材の許容引張応力案について検討

- 1-4 データベースの拡大

- 鋼材の水素適合性に係るデータベースを準備

- 成果を得て、鋼材のコスト削減、利用拡大に繋げる

# ご清聴ありがとうございました

## 謝辞

以上の発表に関する技術開発は、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\*）からの委託事業「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」（プロジェクトコード：P23004）によるものです。

また、技術開発成果は、委託事業「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業」（プロジェクトコード：P18011）の結果得られたものです。

\*New Energy and Industrial Technology Development Organization