

2024年度 JPECフォーラム

水素社会構築に向けた鋼材研究開発

2024年5月14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 2024—



本日の内容

本NEDO事業の背景

事業体制

各テーマ内容

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発
 - 1-1 Ni当量の低減検討
 - 1-2 溶接に関する検討
 - 1-3 冷間加工材に関する基準化検討
2. オーステナイト系ステンレス鋼に関するデータベースの拡大

まとめ

本NEDO事業の背景

事業体制

各テーマ内容

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発
 - 1-1 Ni当量の低減検討
 - 1-2 溶接に関する検討
 - 1-3 冷間加工材に関する基準化検討
2. オーステナイト系ステンレス鋼に関する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) 多国間枠組みでの活動 | 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

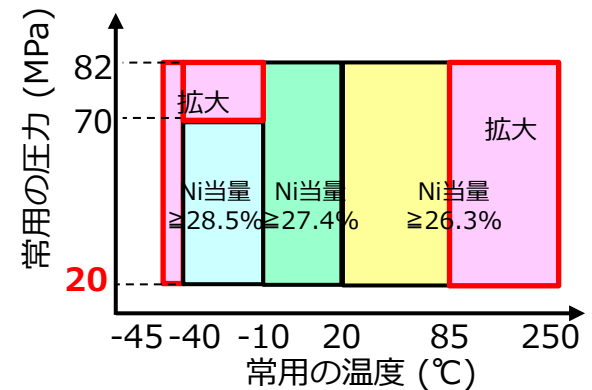
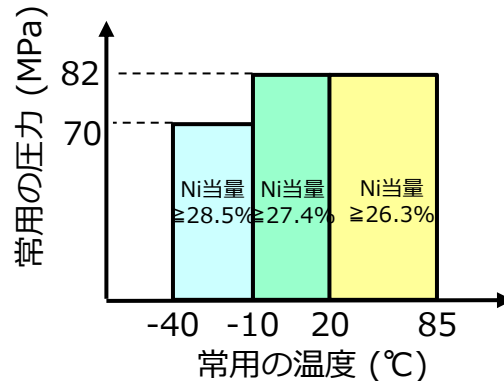
SUS316系に係る例示基準化の推移

- 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(*1)規制

(*1) Ni当量 (平山の式)

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



- ③ 範囲の拡大

- ④ 『伸び』指標導入によるNi当量規制の改定 <12ページご参照>

本NEDO事業の背景（3）

- ・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 |
|----------------|--------|----------------------------|
| SUS316系 | 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 |
| SUS305 | 継手、配管等 | 例示基準化，冷間加工材の基準化 |
| SUS304 | 継手、配管等 | 例示基準化 |

本日の内容

本NEDO事業の背景

事業体制

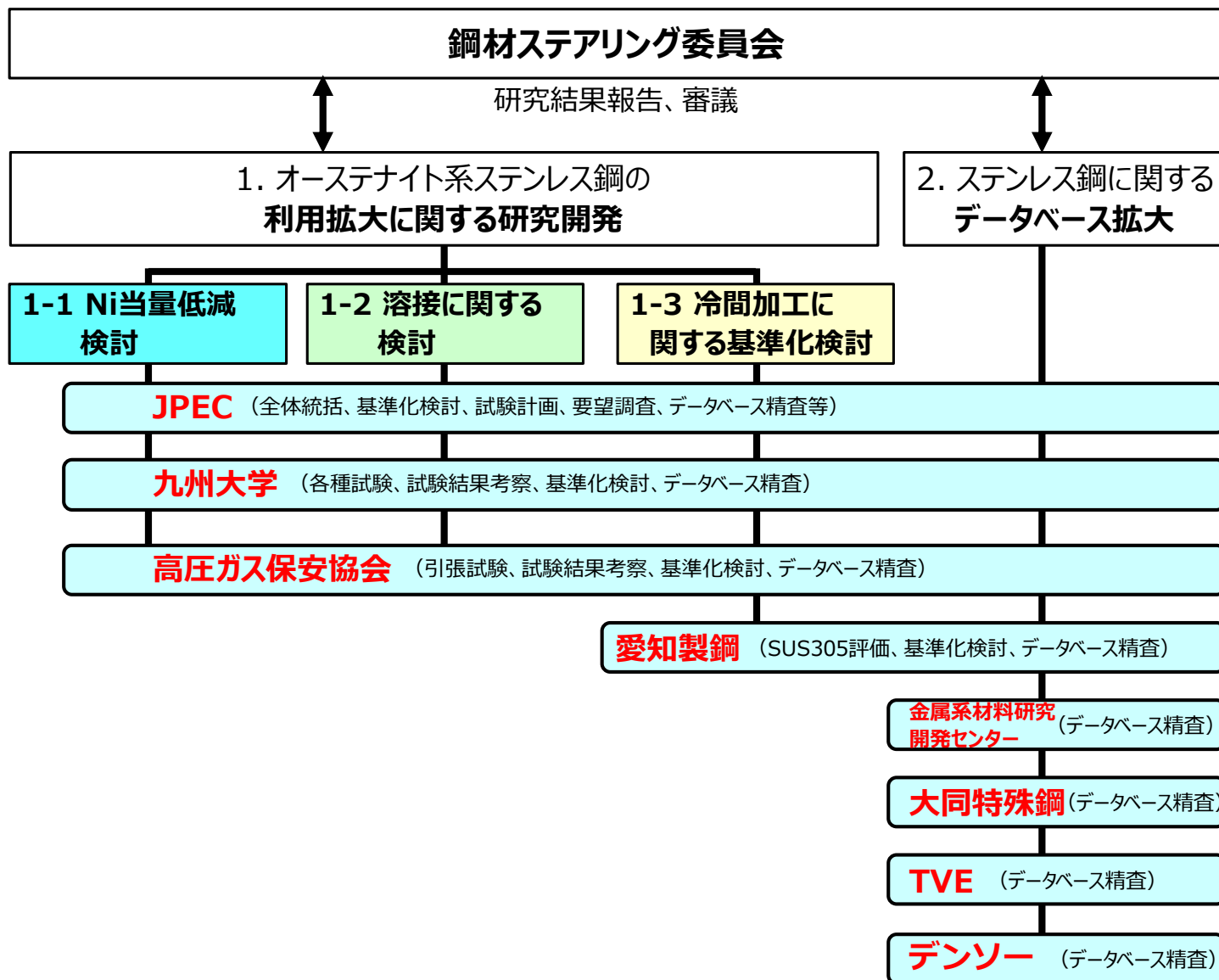
各テーマ内容

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発
 - 1-1 Ni当量の低減検討
 - 1-2 溶接に関する検討
 - 1-3 冷間加工材に関する基準化検討
2. オーステナイト系ステンレス鋼に関するデータベースの拡大

まとめ

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



本日の内容

本NEDO事業の背景

事業体制

各テーマ内容

- 1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発**
 - 1-1 Ni当量の低減検討**
 - 1-2 溶接に関する検討**
 - 1-3 冷間加工材に関する基準化検討**
- 2. オーステナイト系ステンレス鋼に関するデータベースの拡大**

まとめ

本日の内容

本NEDO事業の背景

事業体制

各テーマ内容

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-1 Ni当量の低減検討

1-2 溶接に関する検討

1-3 冷間加工材に関する基準化検討

2. オーステナイト系ステンレス鋼に関するデータベースの拡大

まとめ

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-1 Ni当量の低減検討

内容： Ni当量26.9% の規制を見直し、SUS316Lの使用を可能とする

Ni当量低減のイメージ

検討の意義

Ni当量例示基準化の流れ

次期NEDO事業
(70MPaHRS)

目標：引張強さ基準例示基準化へ

35MPaステーションから70MPaステーションへ

プレクーラー温度による適材適所の検討も ← -40℃プレクーラー導入

ディスペンサー

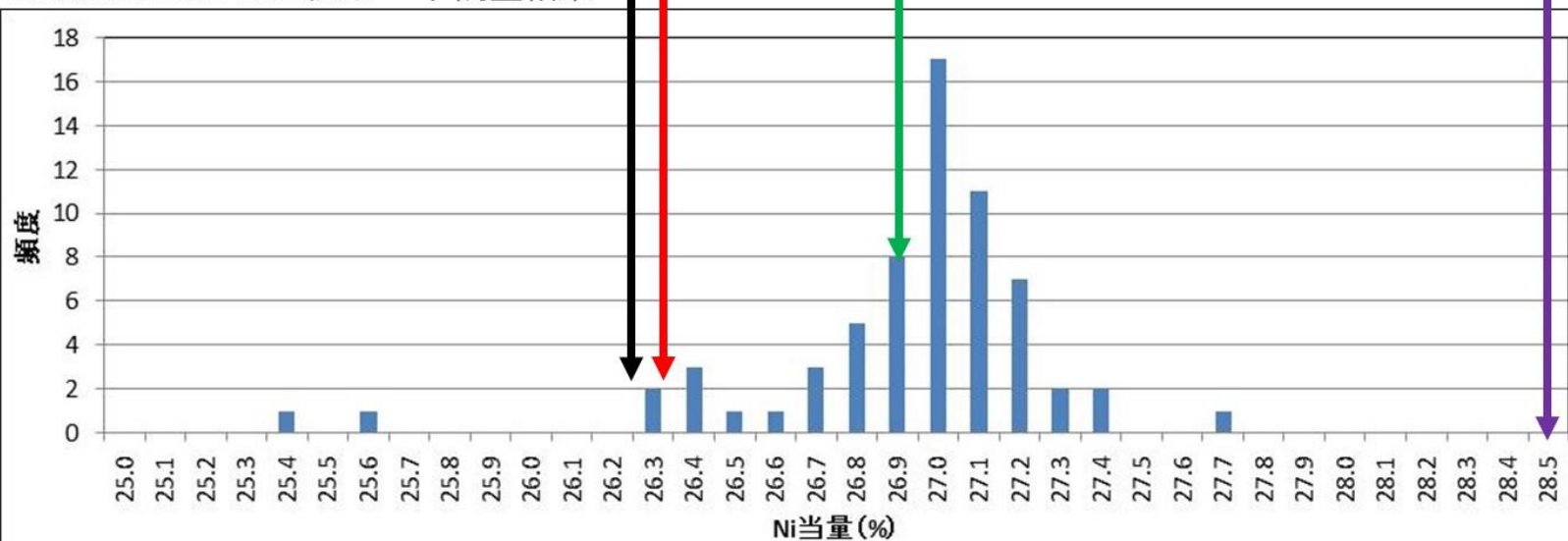
70MPa



プレクーラー

2012年～絞り基準例示基準化
(70MPaHRS)

SUS316LのJPECミルシート調査結果



1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

『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

- ・「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
 - ✓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) ≥ 伸びの規格値
 - ✓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
 - ・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>

2018年時の一般則例示基準における
材料使用可能範囲

| 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
材料使用可能範囲

| 温度範囲 | 絞り | 伸び | Ni当量 |
|-----------|---------------------|-------------|---------|
| -45℃～250℃ | 材料規格 の通り | 材料規格 の通り | 28.5%以上 |
| -10℃～250℃ | | | 27.4%以上 |
| 20℃～250℃ | | | 26.3%以上 |

Ni当量 (平山の式)

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

単位：質量%

| 温度範囲 | 材料形状 | 伸び | Ni当量 |
|-----------|------|-------|---------------------|
| -45℃～250℃ | 棒 | 57%以上 | 26.9% 以上 |
| | 管 | 50%以上 | |
| | 鍛鋼 | 42%以上 | |

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-1 Ni当量の低減検討

内容： Ni当量26.9% の規制を見直し、SUS316Lの使用を可能とする

Ni当量低減のイメージ

検討の意義

Ni当量例示基準化の流れ

次期NEDO事業
(70MPaHRS)

目標：引張強さ基準例示基準化へ

35MPaステーションから70MPaステーションへ

プレクーラー温度による適材適所の検討も ← -40℃プレクーラー導入

ディスペンサー

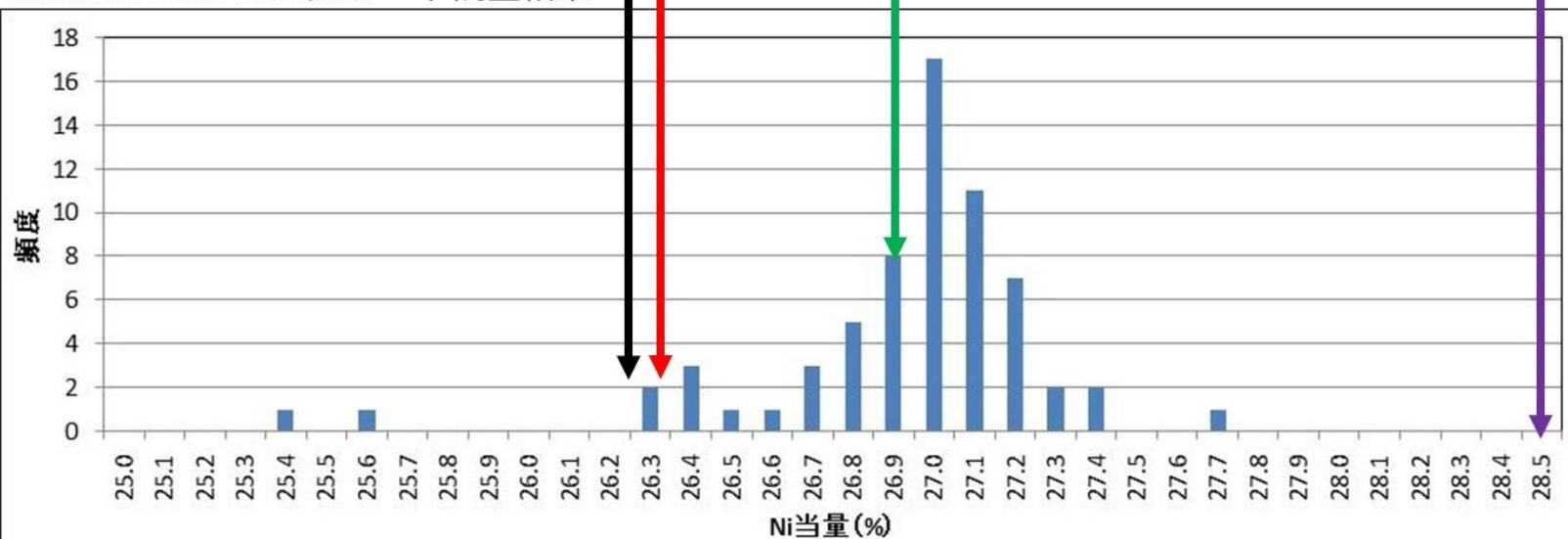
70MPa



プレクーラー

2012年～絞り基準例示基準化
(70MPaHRS)

SUS316LのJPECミルシート調査結果



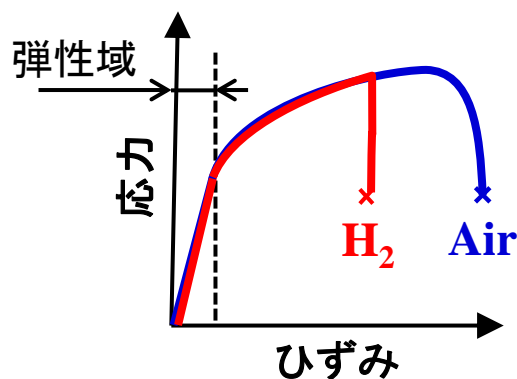
1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-1 Ni当量の低減検討

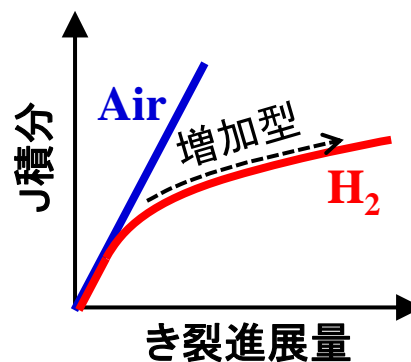
- ・Ni当量26%付近の鋼材の水素適合性に係るデータ取得・解析
- ・さらなる使用可能範囲拡大のため安全を確保する水素適合性判断基準策定に向けて検討

水素環境中で安全確保のための基本となるデータ解析例

◎ SSRT特性：**塑性変形(延性破壊)を示す**

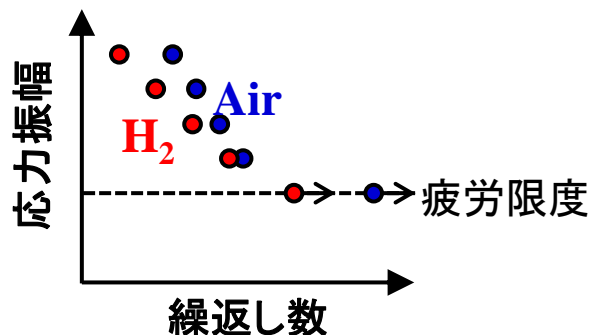


◎ 破壊靱性：**安定な亀裂進展を示す**

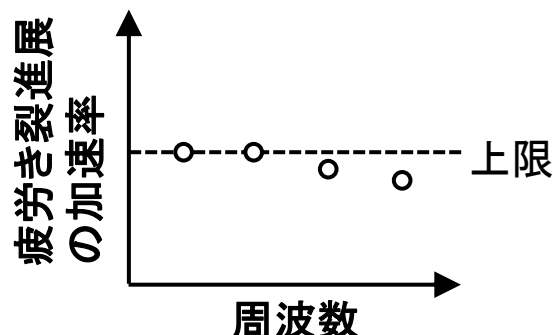


ほかに
◎結晶粒径
◎限界クロス
ヘッド試験
◎定荷重試験

◎ 疲労寿命特性：**疲労限度が大気中と同等**



◎ 疲労き裂進展特性：**時間依存型にならない**



本日の内容

本NEDO事業の背景

事業体制

各テーマ内容

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-1 Ni当量の低減検討

1-2 溶接に関する検討

1-3 冷間加工材に関する基準化検討

2. オーステナイト系ステンレス鋼に関するデータベースの拡大

まとめ

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-2 溶接に関する検討

内容： 溶接継手の水素適合性判断基準を見直し『溶接技術指針』を改訂する

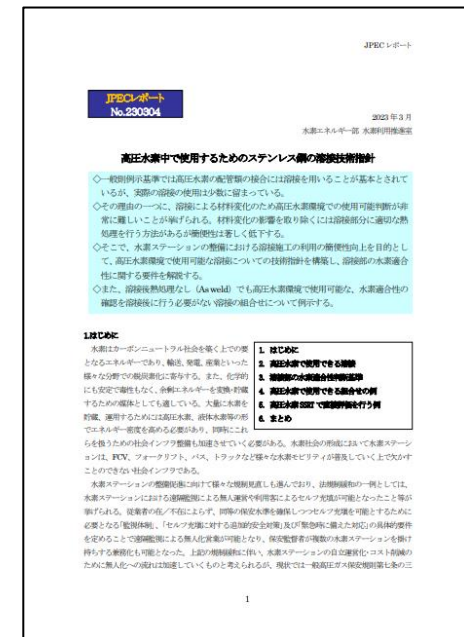
『超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業(2018～2022年度)』 成果

- 溶接継手は、水素漏洩に対して機械式継手よりも高信頼性が期待できる
- 溶接後の溶体化処理を行わない溶接まま (As weld) で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もされていない

⇒ 2023年3月『溶接技術指針』を制定

- 溶接まま (As weld) の溶接継手を対象に、溶接後に水素適合性の確認を行う必要がない母材と溶加材の組合せの例示、溶接部の水素適合性に関する要件を解説
- JPECホームページから入手可能

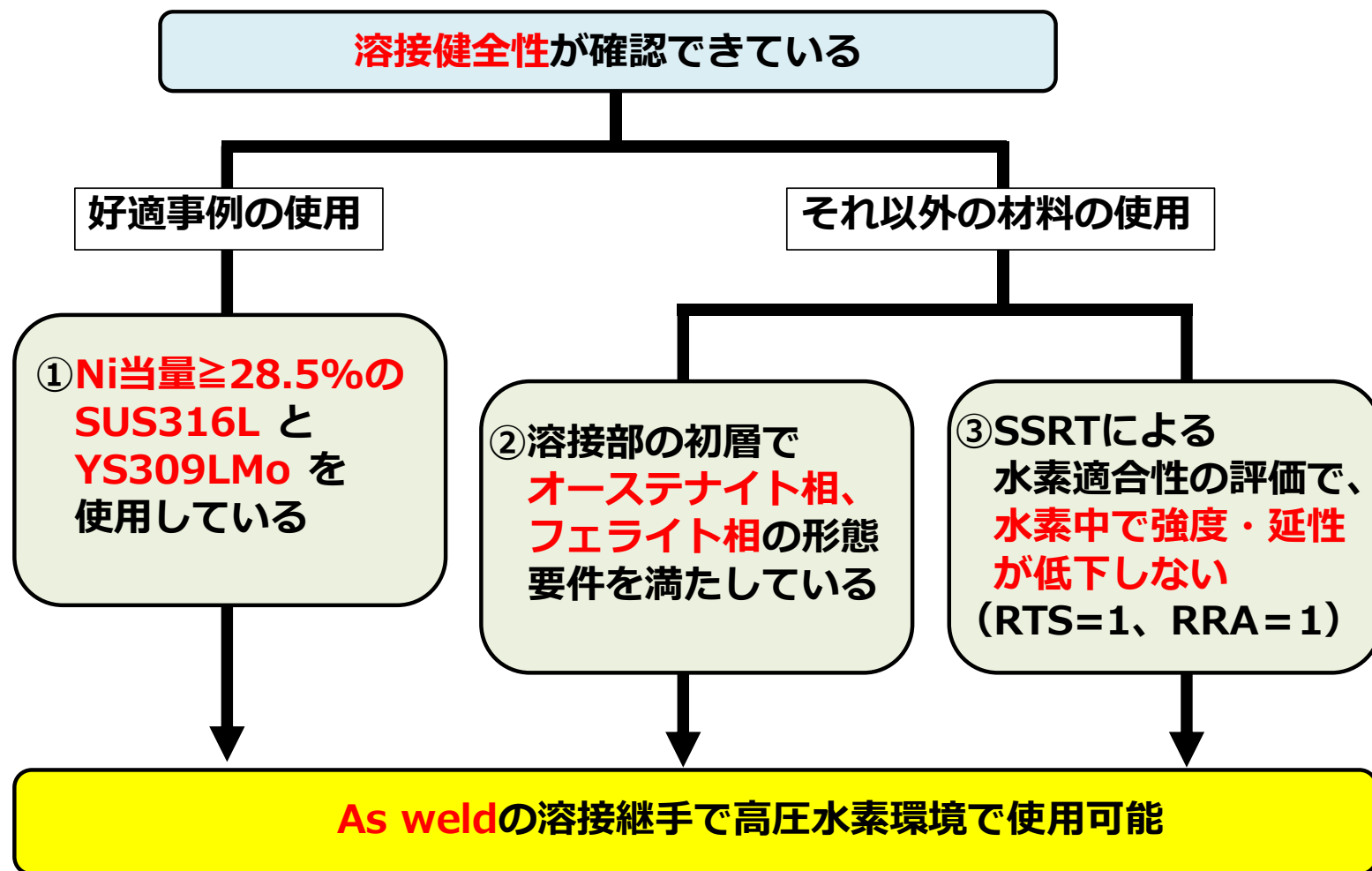
https://www.pecj.or.jp/wp-content/uploads/2023/03/JPEC_report_No.230304.pdf



1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-2 溶接に関する検討

『溶接技術指針』で示す高圧水素環境下で使用可能な溶接継手の判断基準



本日の内容

本NEDO事業の背景

事業体制

各テーマ内容

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-1 Ni当量の低減検討

1-2 溶接に関する検討

1-3 冷間加工材に関する基準化検討

2. オーステナイト系ステンレス鋼に関するデータベースの拡大

まとめ

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-3 冷間加工材に関する基準化検討

内容 : SUS316L、SUS316、SUS305等の冷間加工材の強度水準案を作成する

○冷間加工材(*1)のニーズ

曲げ・成形 ⇒ 素材を製品形状に近づけ、切削ロスを低減

高強度化 ⇒ 薄肉化、軽量化

*1) 冷間加工法 : 圧延、引抜、押出、鍛造 など

○課題

・JIS規格に、冷間加工材に関する規定は無い

- 機械的性質 (引張強さ、伸び、 など)

- 許容引張応力

⇒ 高圧ガス設備に利用するためには“事前評価”が必要

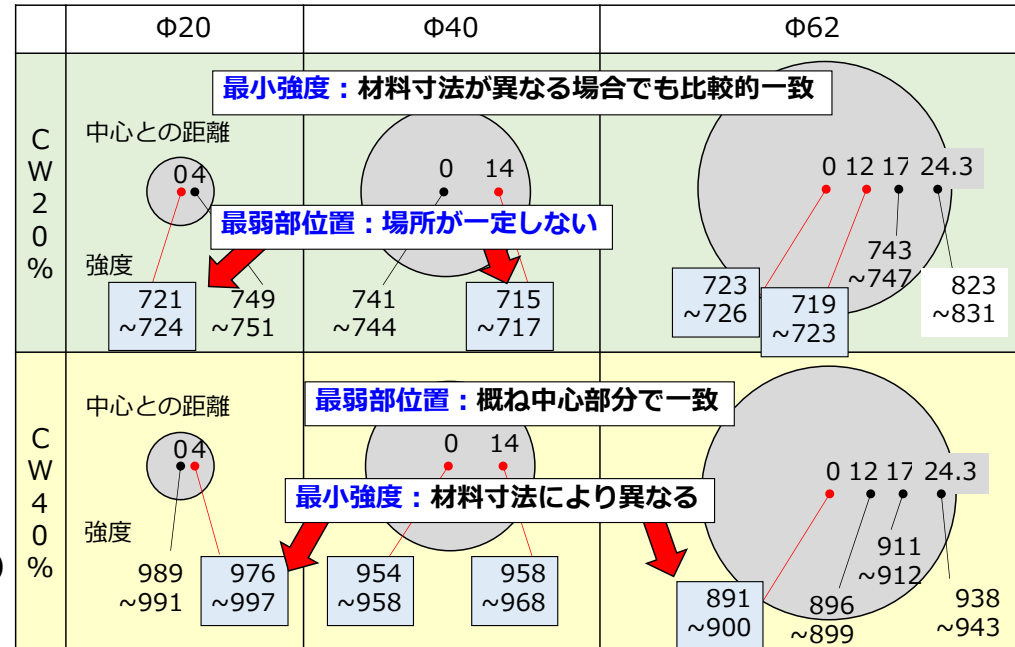
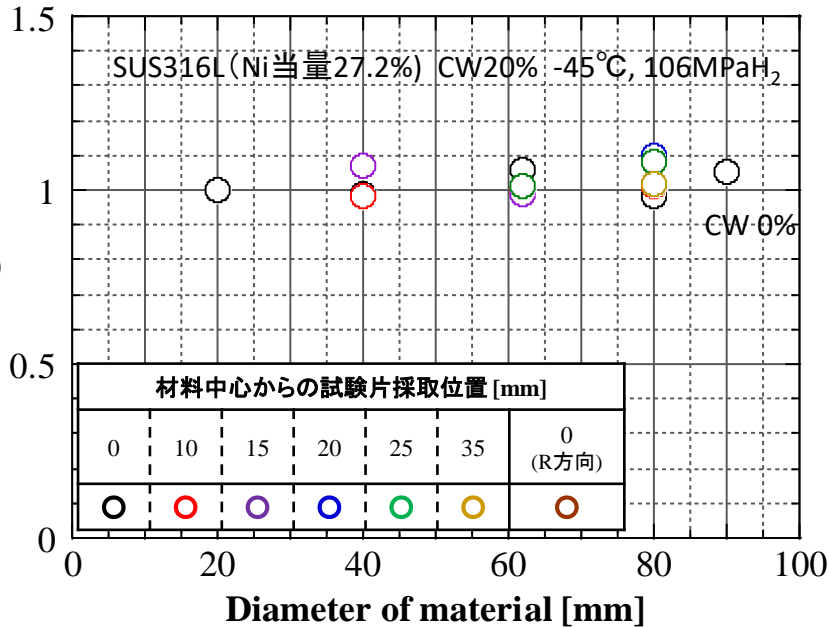
⇒ 一般申請できるようにするためには、許容引張応力を設定し、JIS規格化さらには一般則例示基準化が必要

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-3 冷間加工材に関する基準化検討

SUS316L冷間引抜材

- ・水素適合性を検証
 - ・試験片位置を決定できず、材料強度を定義できない
- ➡
- ・データ解析・バラつきの原因検討
 - ・強度水準設定のための一番弱い部位の把握



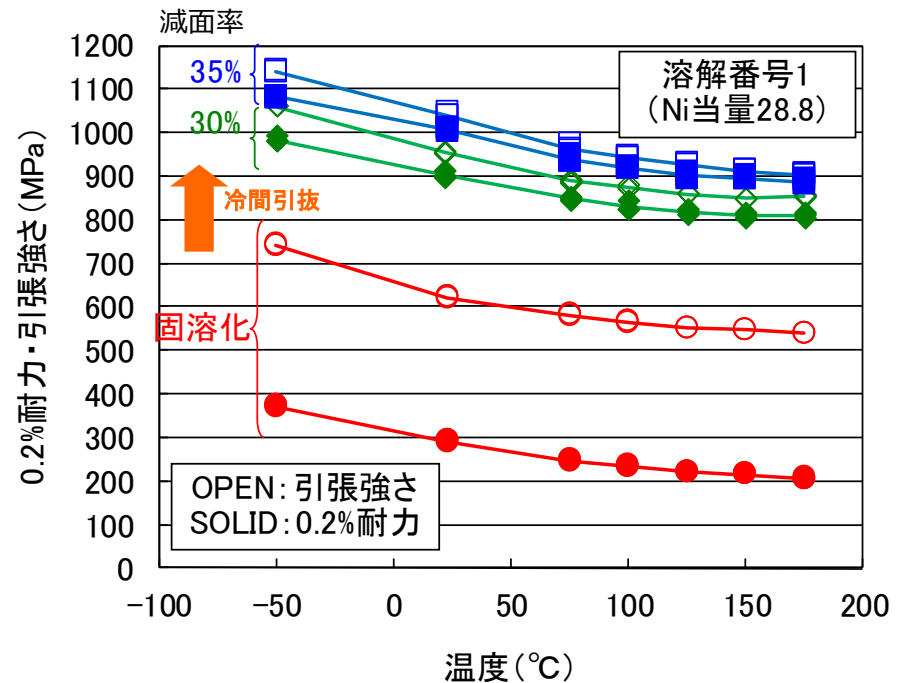
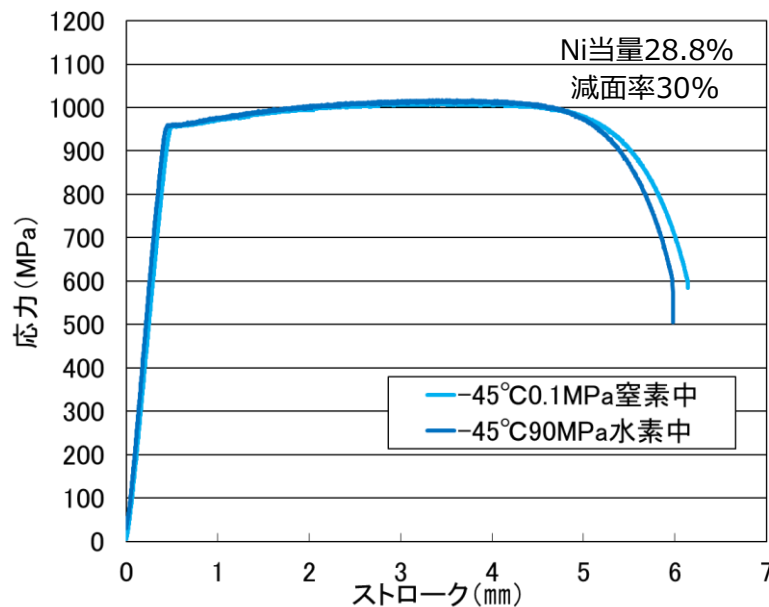
1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発

1-3 冷間加工材に関する基準化検討

SUS305冷間引抜材

- ・水素適合性を検証
- ・許容引張応力設定に資するNi当量4水準、冷間加工度2水準の材料特性評価を実施、 -50°C ～ 175°C における機械的性質データを取得

➡ 疲労限度に係るデータ取得、強度水準案検討



本日の内容

本NEDO事業の背景

事業体制

各テーマ内容

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発
 - 1-1 Ni当量の低減検討
 - 1-2 溶接に関する検討
 - 1-3 冷間加工材に関する基準化検討
- 2. オーステナイト系ステンレス鋼に関するデータベースの拡大**

まとめ

2. オーステナイト系ステンレス鋼に関するデータベースの拡大

内容： 本事業で得られた鋼材データをデータベース化し公開

これまでのデータベース公開の成果

全109冊, 総ページ数: 約2700頁, 提供総数: 約3,600件

HYDROGENIUS

FCVと水素ステーションの
低コスト化

自動車企業
水素インフラ関連企業
[水素ステーション建設・特認]

国際貢献
IPHEラウンド
ロビンテストへの
コメント

規制見直し・使用材料拡大作業

JPEC
[規制見直し]

高圧ガス保安協会
(KHK) [規制見直し]

一般社団法人水素供給
利用技術協会 (HySUT)
[水素インフラ整備推進]

水素ステーション設置
のための特認取得

81冊 (68冊)

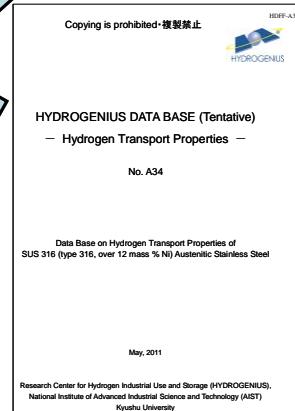
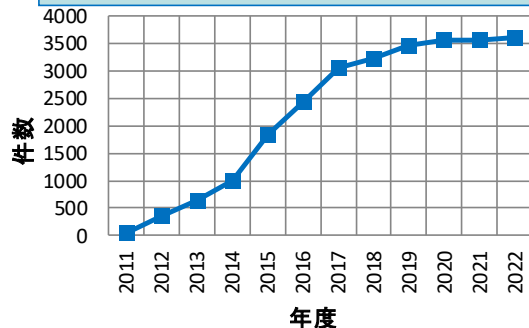
246冊
(102冊)

3088冊
(3070冊)

知見の提供

193冊 (0冊)

水素構造材料データベース提供件数(累計)



水素ステーション建設の本格化で
インフラ企業への提供が急増

HYDROGENIUS
材料強度データベース

- ・SSRT特性
- ・疲労寿命特性
- ・疲労き裂進展特性
- ・水素拡散特性

SUS316(hi-Ni), SUS304,
SUS316, SUS316L, SUH660,
XM-19 (HRX19), 6061-T6,
SCM435, SNCM439, etc.

カッコ内の数字は平成25年度以降の提供件数。(令和5年2月現在)

本日の内容

本NEDO事業の背景

事業体制

各テーマ内容

1. オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発
 - 1-1 Ni当量の低減検討
 - 1-2 溶接に関する検討
 - 1-3 冷間加工材に関する基準化検討
2. オーステナイト系ステンレス鋼に関するデータベースの拡大

まとめ

- 2023年度開始のNEDO事業で、オーステナイト系ステンレス鋼の利用拡大に関する研究開発を実施

<目標>

- Ni当量規制の見直し案作成
 - 溶接継手の水素適合性判断基準の見直し『溶接技術指針』を改訂
 - 冷間加工材に関する強度水準案作成
 - 鋼材データのデータベース化・公開
- 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