2019年度NEDO次世代電池・水素成果報告会

発表No.H1-12

超高圧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／新たな水素特性判断基準の導入に関する研究開発

鈴木　修一

- 一般財団法人石油エネルギー技術センター（JPEC）
- 高圧ガス保安協会（KHK）
- 国立大学法人九州大学
- 一般財団法人金属系材料研究開発センター（JRCM）
- 日本製鉄株式会社
- （共同実施）日鉄ステンレス株式会社
- （再委託）国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）
- 愛知製鋼株式会社
- 株式会社日本製鋼所（JSW）

連絡先
一財）石油エネルギー技術センター
E-mail : sh-suzuki@pecj.or.jp
TEL : 03-5402-8513

発表日　2019年7月18日

事業概要

1. 期間

開始 ：2018年6月
終了（予定）：2021年2月

2. 最終目標

実施項目	最終目標（2020年度）
①汎用ステンレス鋼の**使用可能範囲拡大**に関する研究開発	水素ステーションで使用可能な汎用ステンレス鋼の候補から優先度の高いSUS316系のデータ取得を行い、使用可能範囲を明らかにする。また、取得したデータを基に新たな水素特性判断基準を検討する。
②汎用ステンレス鋼**冷間加工材**に関する研究開発	汎用ステンレス鋼冷間加工材について、水素ステーションにおける使用条件を明確化する。
③汎用ステンレス鋼**溶接材**に関する研究開発	汎用ステンレス鋼の溶接について、その材料特性、水素適合性を測定し、基本的な材料特性、使用条件等を明らかとする。 汎用ステンレス鋼の溶接に関する水素適合性検討結果に基づき、技術指針作成に向け必要な検討課題を明らかにする。
④**汎用低合金鋼**の高温適用に関する研究開発	汎用低合金鋼の高温水素ガス中使用を想定したデータ取得により水素圧縮機への適用可否を判断し、低合金鋼技術文書(JPEC-TD 0003)へ反映を検討する。

3.成果・進捗概要

実施項目	成果内容
①汎用ステンレス鋼の使用可能範囲拡大に関する研究開発	新指標の判定基準を構築するため、水素適合性評価試験を開始した。Ni当量下限値を見極めるため、既存データを補完するデータを取得中（Ni当量24.2%, 25.1%, 26.5%, 26.8%）。 ・SSRT：引張強さ・伸び・絞りのNi当量依存性、温度依存性、水素圧依存性 ・疲労試験：水素中で疲労限度が低下しないことの確認
②汎用ステンレス鋼冷間加工材に関する研究開発	SUS316系、SUS305の冷間加工材について、種々の冷間加工度での水素適合性評価試験を開始した。
③汎用ステンレス鋼溶接材に関する研究開発	Ni当量を制御した溶接継手用の汎用SUS鋼材を製作し、マッチングフィラーを用いたバタリング溶接試験材を製造した。
④汎用低合金鋼の高温適用に関する研究開発	圧縮機の動作状況を模擬した評価方法を確立した。一部材料について水素適合性評価試験を開始した。

事業の社会的背景

（出典）2019.3.12 METI
水素・燃料電池戦略ロードマップ

②水素ステーション

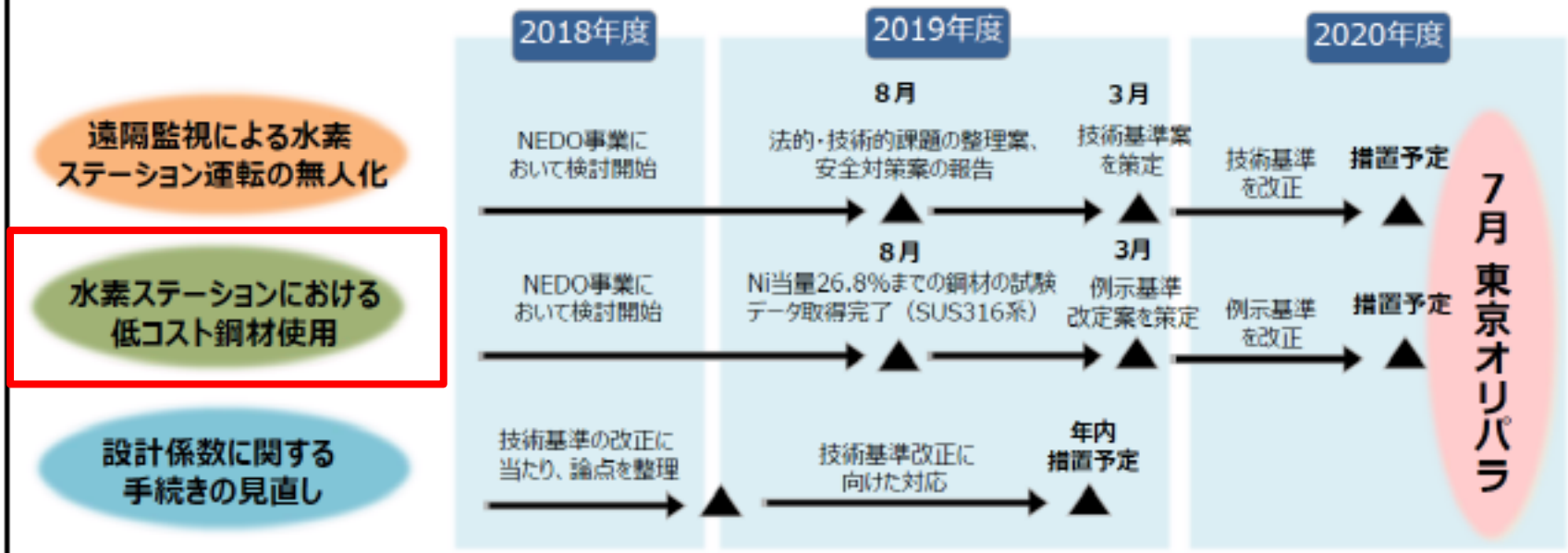
＜ロードマップ＞

- 水素ステーションについて、官民一体となって 2020 年度までに 160 箇所、2025 年度までに 320 箇所を整備し、2020 年代後半までに水素ステーション事業の自立化を目指す。
- 水素調達コストについて、2020 年代後半には水素販売差益（粗利 [5]）で 500 円/kg程度を目指す。
- 水素ステーションの整備費・運営費について、2020 年頃までに導入初期との比較で半減（整備費：2.3 億円、運営費：2.3 千万円）し、2025 年頃までに導入初期との比較で大幅削減（整備費：2.0 億円、運営費：1.5 千万円）することを目指し、要素技術毎に下表のとおりコスト目標を定める。
- 標準化・規格化については、水素ステーションの各機器の仕様や制御方法を統一するため、2020 年度までに各機器についての業界統一規格を策定することを目指す。

	導入初期	2016年	2025年頃
圧縮機	1.40億円	0.90億円	0.50億円（100台/年・社）
蓄圧器	0.50億円	0.50億円	0.10億円（500本/年・社）
プレクーラー	0.30億円	0.20億円	0.10億円（100台/年・社）
ディスペンサー	0.60億円	0.20億円	0.20億円（100台/年・社）
その他工事費	1.80億円	1.70億円	1.10億円
整備費計	**4.60億円** →	**3.50億円** →	**2.00億円**

水素ステーション事業の自立化に向け、コスト低減のためのさらなる取り組みが必要

- 水素ステーションの整備費・運営費を低減させるため、安全確保を前提に、規制改革実施計画（2017 年 6 月 9 日閣議決定）で掲げられている 37 項目の規制見直しを着実に進める。以下の主要 3 項目については、達成目標時期を下図のとおり定める。



（出典）2019.3.12 METI
水素・燃料電池戦略ロードマップ

水素ステーションでの低コスト鋼材使用は最重要テーマの一つ

事業の目的

水素ステーションの建設コスト低減に向けた、低コスト鋼材の使用可否判断を行うため、以下の検討を実施する。

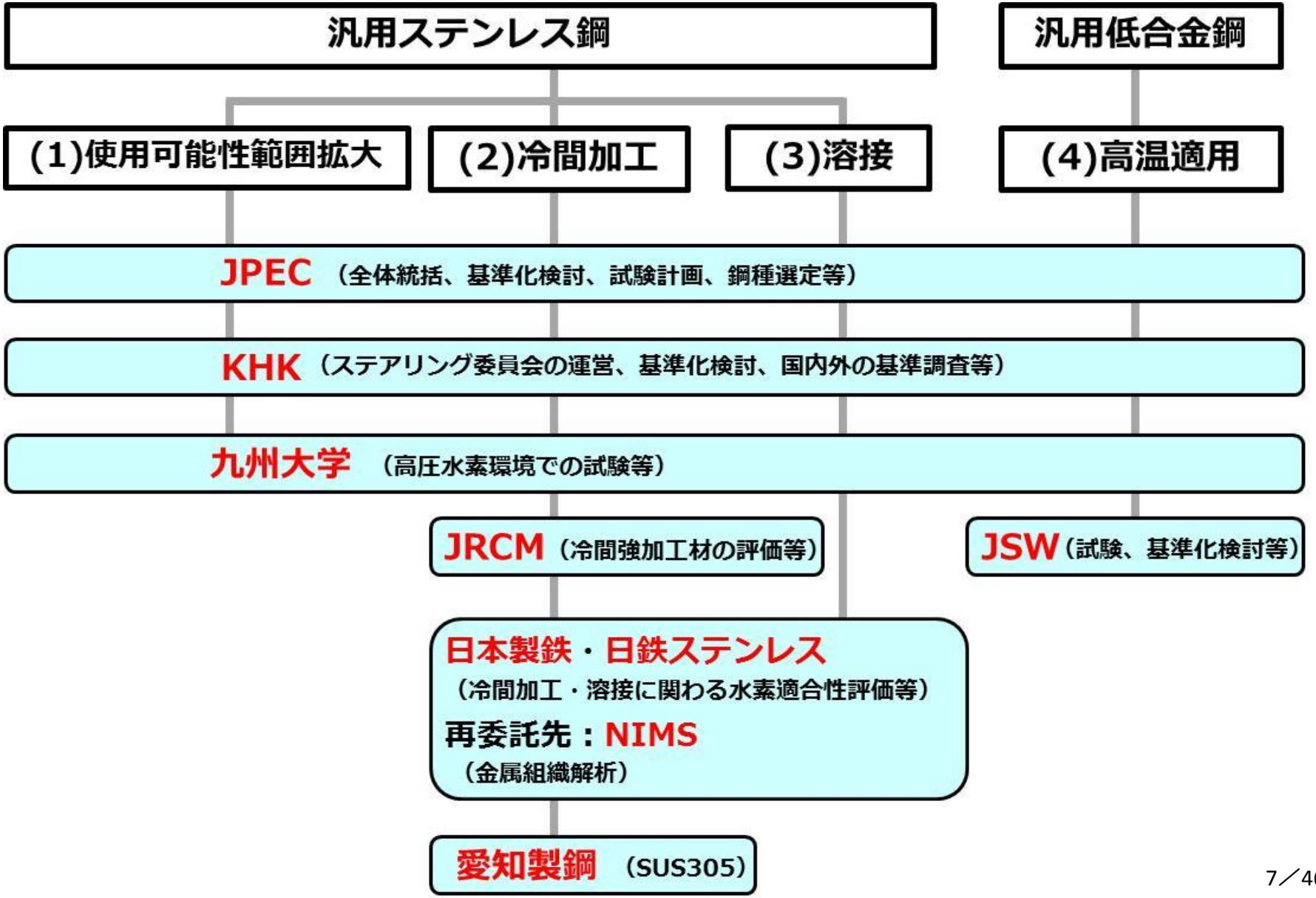
①汎用ステンレス鋼の使用可能範囲拡大に関する研究開発

②汎用ステンレス鋼冷間加工材に関する研究開発

③汎用ステンレス鋼溶接材に関する研究開発

④汎用低合金鋼の高温適用に関する研究開発

事業体制


汎用ステンレス鋼
汎用低合金鋼
(1)使用可能性範囲拡大
(2)冷間加工
(3)溶接
(4)高温適用
JPEC （全体統括、基準化検討、試験計画、鋼種選定等）
KHK（ステアリング委員会の運営、基準化検討、国内外の基準調査等）
九州大学 （高圧水素環境での試験等）
JRCM（冷間強加工材の評価等）
JSW（試験、基準化検討等）
日本製鉄・日鉄ステンレス
（冷間加工・溶接に関わる水素適合性評価等）
再委託先：NIMS
（金属組織解析）
愛知製鋼 （SUS305）

研究の背景

水素ステーション用鋼材に関する規制と取組みの経緯

【研究の背景】

水素ステーション用鋼材の規制の経緯について

・燃料電池自動車には普及拡大・利便性向上のため、航続距離の延長が求められた。

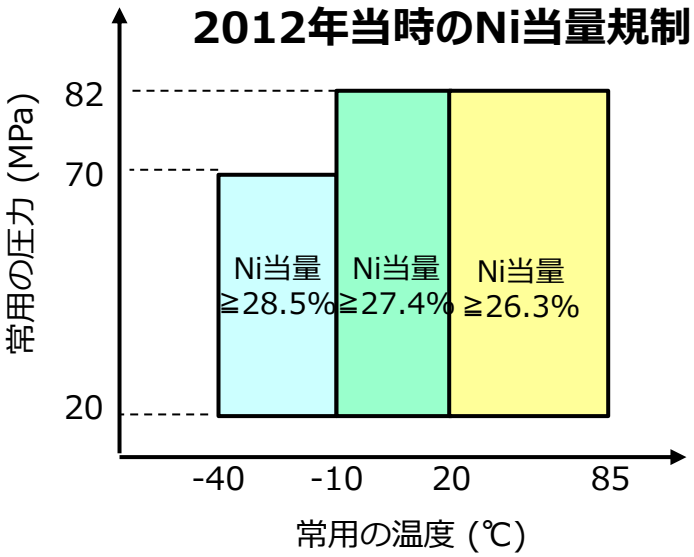
➡ FCV側では、**タンク内の水素圧力を高める**必要があった。

・当時の水素ステーションの充填圧力は35MPaが主流であった。

➡ 水素ステーション側にも、**高充填圧力、高速充填能力**が求められた。

充填時の温度上昇抑制のため、水素ステーション側では水素をあらかじめ-40℃程度に冷却しておく必要が生じ、**高水素圧・低温環境での使用に耐える鋼材の選定**が必要となった。

そこで、2012年度に、絞りを指標としたSUS316系ステンレスの判断基準（**Ni当量規制**）を制定。70MPa水素ステーション建設に寄与した。



絞りを指標とした鋼材の選定基準

出典：高圧ガス Vol.49 No.10 (2012)山田敏弘・小林英男「水素ステーション設備に使用する材料の選定基準」

- データ解析の結果、水素適合性の指標として「絞り」に着目
- 安全担保の基準として、「水素中の絞り値 ≧ JIS規格値」を想定
- 申請者の利便性を鑑み、(SSRT試験を実施することなく)ミルシート記載事項から判断出来る要求事項を例示

例示基準要求

JIS規格におけるSUS316・SUS316Lの絞り規定値は60%以上

ミルシート記載の実績値調査の結果、大気中の絞りの実績値は75%を超える

実使用条件における絞り値の低下を加味してもJIS規格を上回ることを条件

水素中の絞り ≧ JIS規格値(大気中) を担保

即ち、

水素中の絞り（ 75% × RRA*（相対絞り比）） ≧ 60%

を満たす、RRA ≧0.8となる材料の条件（Ni当量）を見出す。

＊RRA（相対絞り比）＝水素中の絞り÷大気中の絞り

低温・高圧水素中の絞りに関するNi当量の影響

出典：高圧ガス Vol.49 No.10 (2012)山田敏弘・小林英男「水素ステーション設備に使用する材料の選定基準」

JIS規格におけるSUS316・SUS316Lの絞り規定値は60%以上である。
ミルシート記載の実績値調査の結果、絞りの実績値は75%を超える。

⬇

RRA ≧ 0.8であれば、下記判別式を満足する。(SSRT試験免除のためNi当量を規制)

[引張試験または ミルシートの絞り] × RRA ≧ 規格の絞り

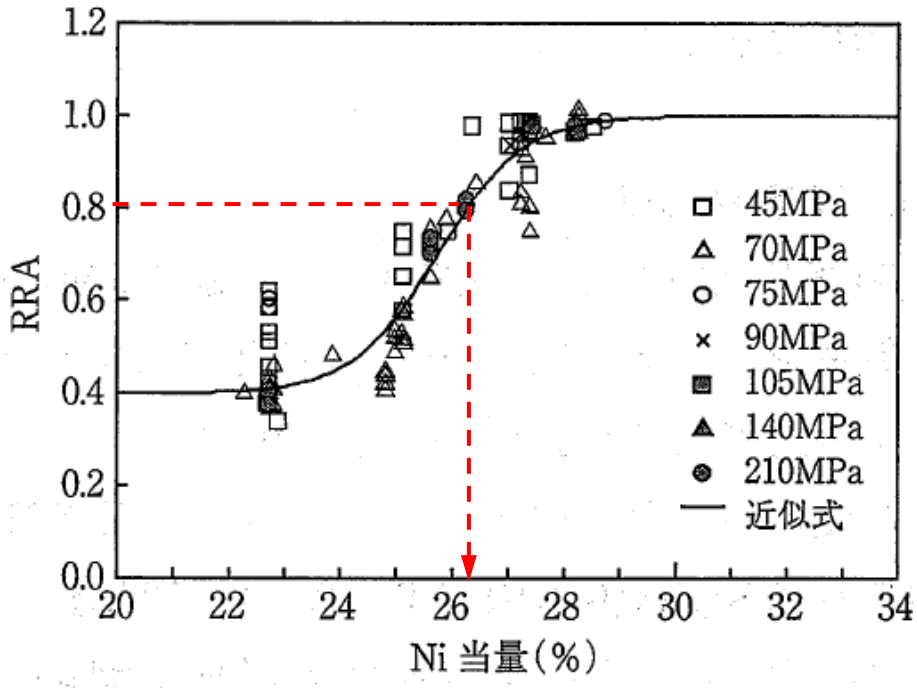


図 20℃におけるNi当量とRRAの関係

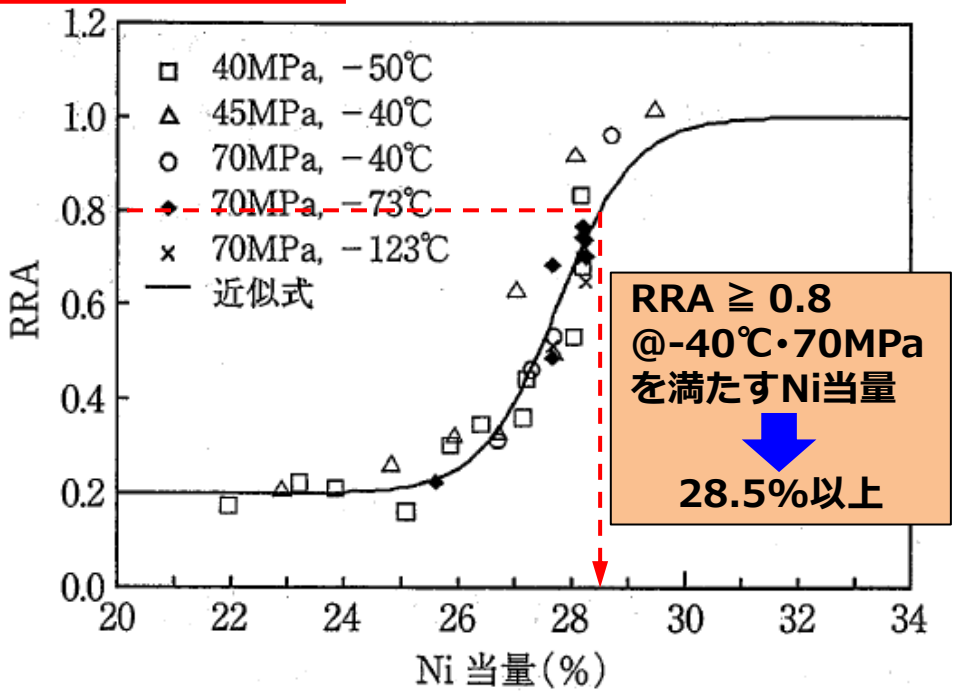
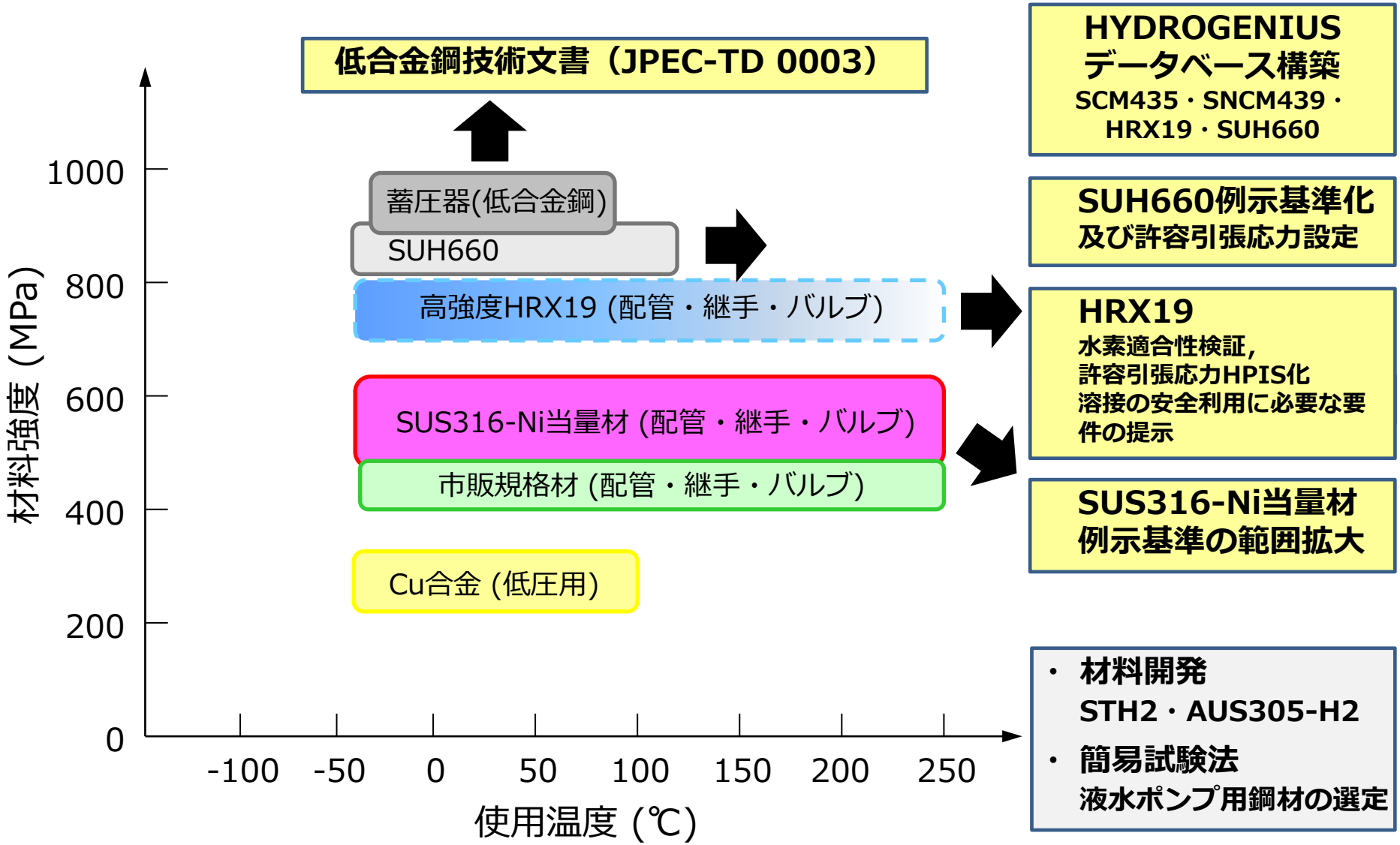


図 -40℃におけるNi当量とRRAの関係

前NEDO事業(2013～2017年度)における鋼種拡大の実績

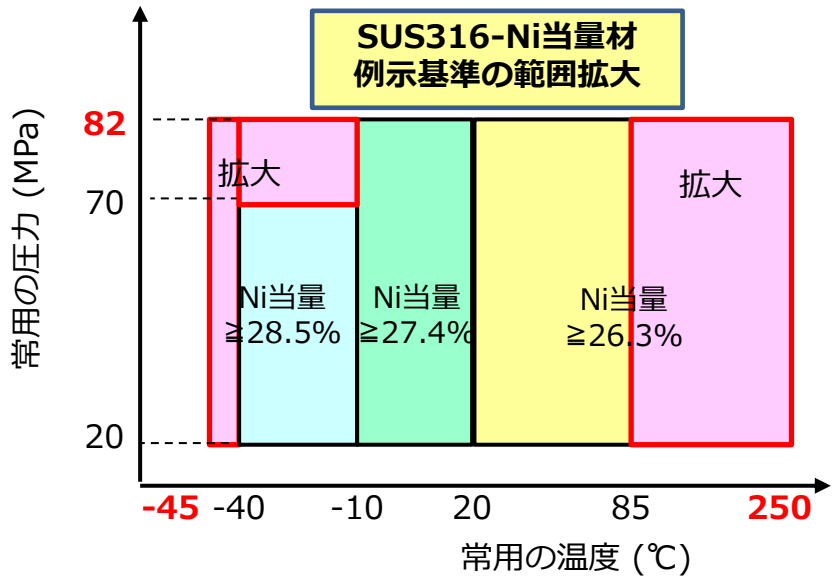
水素ステーションで使用可能な鋼種、範囲を拡大

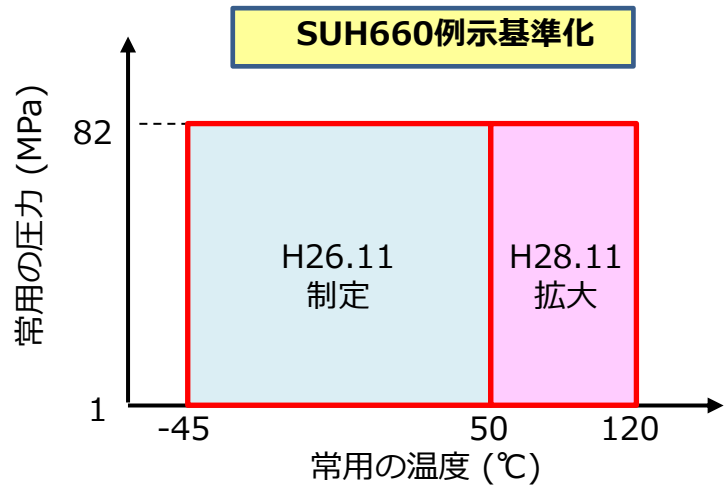


使用温度と材料強度の関係

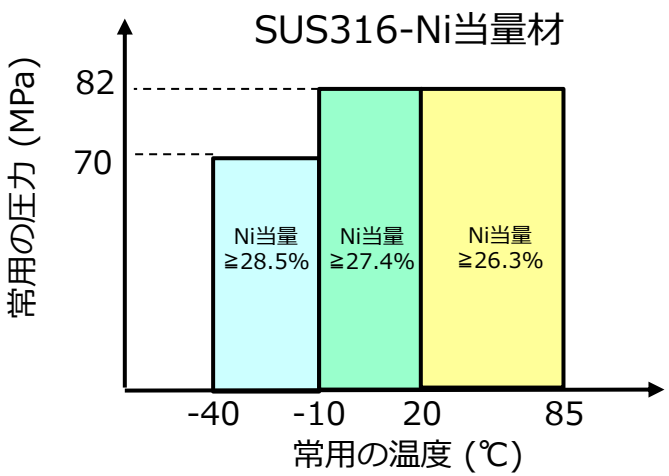
前NEDO事業の例示基準化実績

鋼種・対象範囲を拡大し例示基準化した。

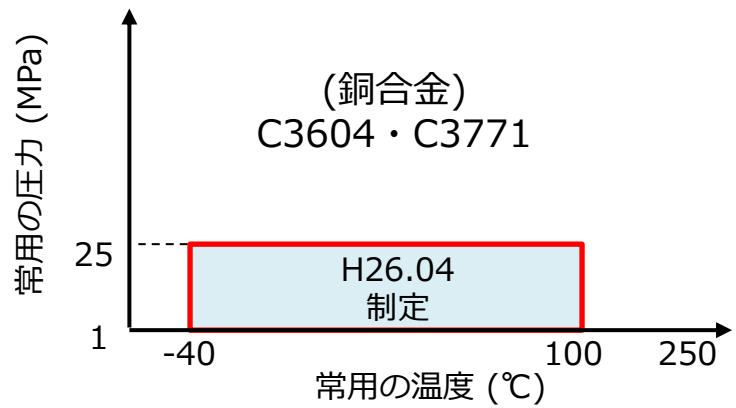




・範囲の拡大（高圧、高低温）
・20MPa以下：Ni当量の枠外



・種類の拡大



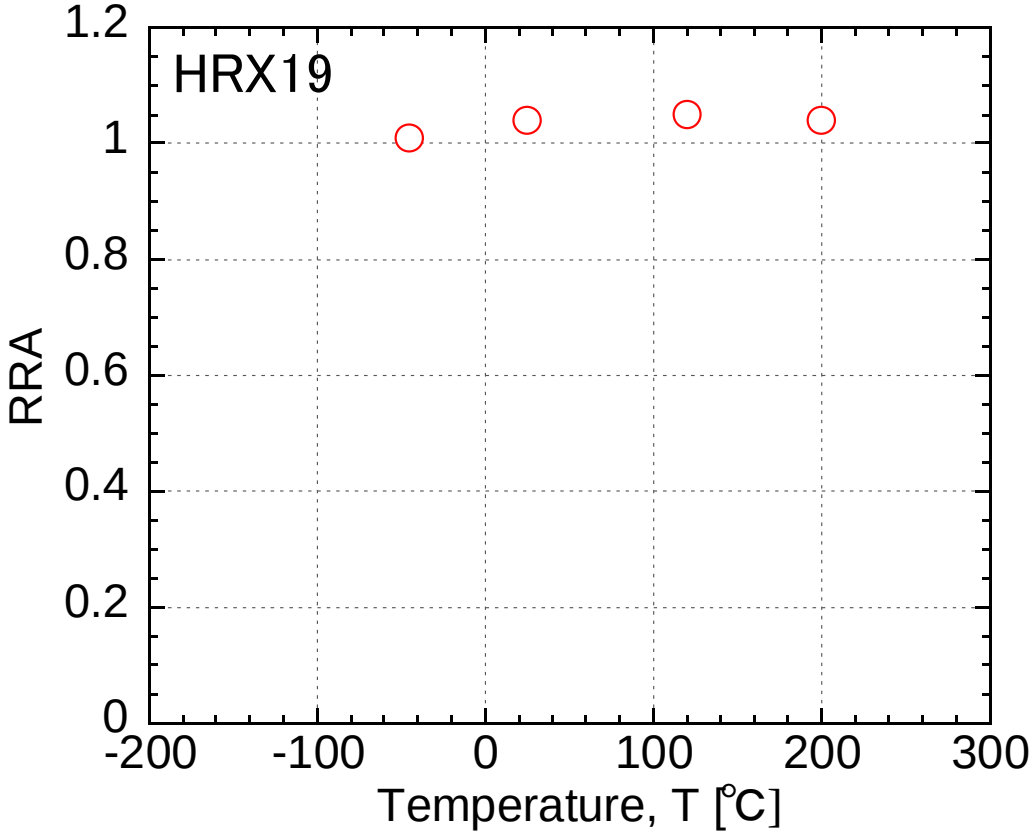
SUH660：許容引張応力追記

許容引張応力について申請を行い、例示基準に追記された。
（2016年11月1日施行）

①特定則例示基準別添1別表1　（一部抜粋）　⇒ SUH660の許容引張応力値追記

規格名称	種類の記号	製造方法等	規定最小引張強さ	各温度における許容引張応力（N/mm²）																			
				温度 −269	−196～−60	−45	−30	−10	0	40	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375～800
耐熱鋼棒 JIS G 4311 (1991)	SUH 21～ SUH 409	(略)																					
	SUH 446	(53)	510	—	—	—	—	—	128	128	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(略)
耐熱鋼板 JIS G 4312 (1991)	SUH 660	(66)(67) (68)(69)	900	—	—	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	223	222	220	218	216	214	213	—
	SUH 661	(62) (9)(62)	690 690	—	—	—	—	—	172 172	172 172	172 172	171 172	165 170	159 169	153 166	148 164	144 162	142 160	137 159	135 158	132 157	130 156	(略)
	SUS 304～ SUS 430	(略)																					

HRX19：水素適合性検証

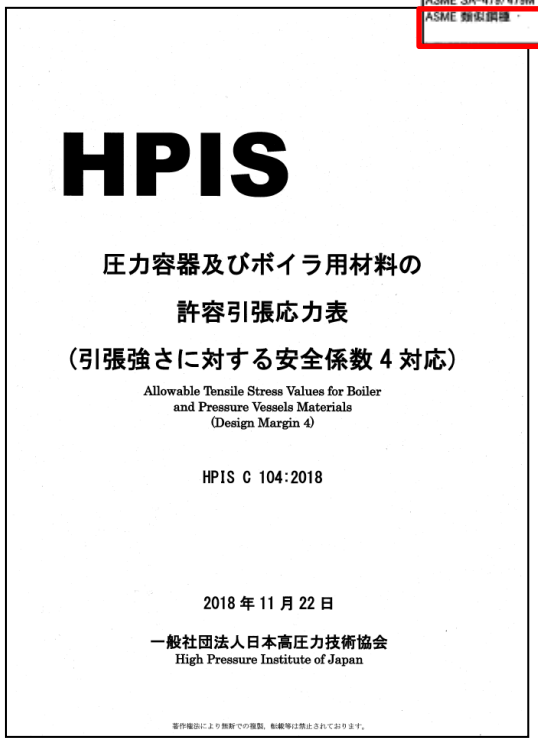


溶接可能な高強度ステンレス鋼であるHRX19について、-45℃から200℃の温度範囲において良好な耐水素性を示すことを検証した。

HRX19：許容引張応力のHPIS化

表1．2 鉄鋼材料の許容引張応力（JIS以外の材料）

種類	記号	標準成分(%)	材料規格の引張強さ N/mm²	母材の区分	グループ番号	外圧チャート番号	製造方法	注	各温度(℃)における許容引張応力 N/mm² ～40	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	記号
ASME SA-312/312M (2015)	TPXM-19	22Cr-13Ni-5Mn	690			2	S		172	172	171	167	163	160	157	155	154	153	152	151	150	149	148	146	144	143	141	138	136	133	121	85	57	TPXM-19
ASME SA-479/479M (2015)	XM-19	22Cr-13Ni-5Mn	690			2		g) h)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	153	152	151	150	149	148	146	144	143	141	138	136	133	121	85	57	XM-19
ASME 類似鋼種	TPXM-19-ETP					2	S	i) j) k)	200	200	196	190	186	182	180	177	175																	TPXM-19-ETP
	XM-19-ETP					2		h) j) k) l)	200	200	196	190	186	182	180	177	175																	XM-19-ETP



HPIS

圧力容器及びボイラ用材料の

許容引張応力表

（引張強さに対する安全係数 4 対応）

Allowable Tensile Stress Values for Boiler
and Pressure Vessels Materials
(Design Margin 4)

HPIS C 104:2018

2018 年 11 月 22 日

一般社団法人日本高圧力技術協会
High Pressure Institute of Japan

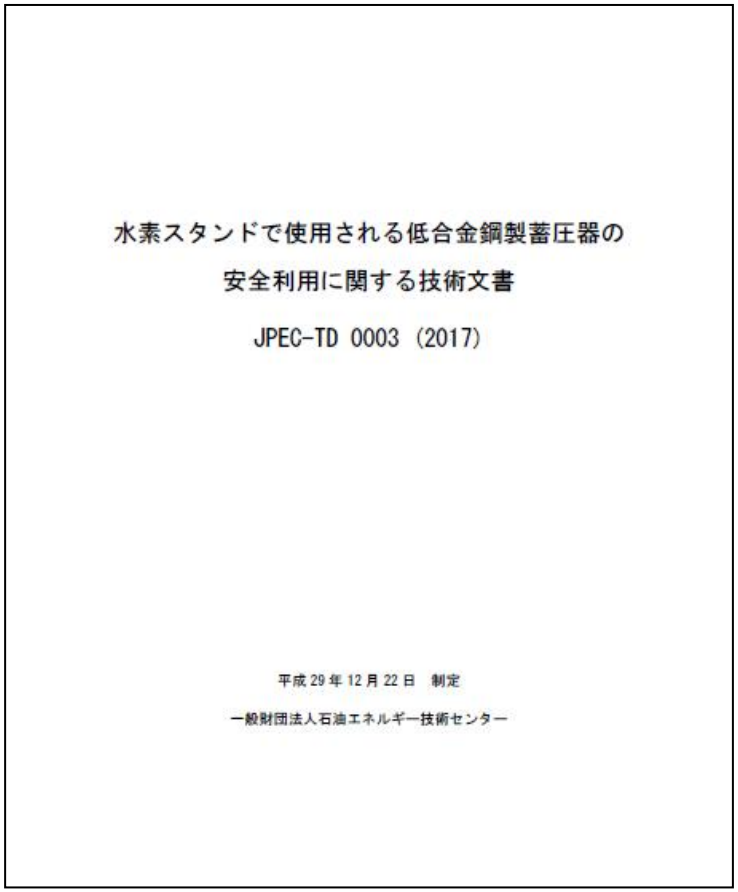
著作権法により無断での複製、転載等は禁止されております。

記号	形状	各温度(℃)における許容引張応力 N/mm² ～40	75	100	125	150	175	200	225	250
TPXM-19-ETP	管	200	200	196	190	186	182	180	177	175
XM19-ETP	丸棒	200	200	196	190	186	182	180	177	175

耐水素性に優れ溶接可能な高強度ステンレス鋼であるHRX19について、ASME規格材XM-19の質別材(XM-19-ETP)として、-45℃～250℃の温度範囲で許容引張応力を制定した。(HPIS C104：2018)

低合金鋼技術文書

低合金鋼技術文書案を検討し、業界自主基準の審議体であるJPEC水素インフラ規格基準委員会で承認され、JPEC-TD 0003として発行した。 ⇒ JPECのHPで公開



水素スタンドで使用される低合金鋼製蓄圧器の

安全利用に関する技術文書

JPEC-TD 0003 (2017)

平成 29 年 12 月 22 日　制定

一般財団法人石油エネルギー技術センター

http://www.pecj.or.jp/japanese/committee/pdf/jpec-td_0003.pdf

研究の概要と成果

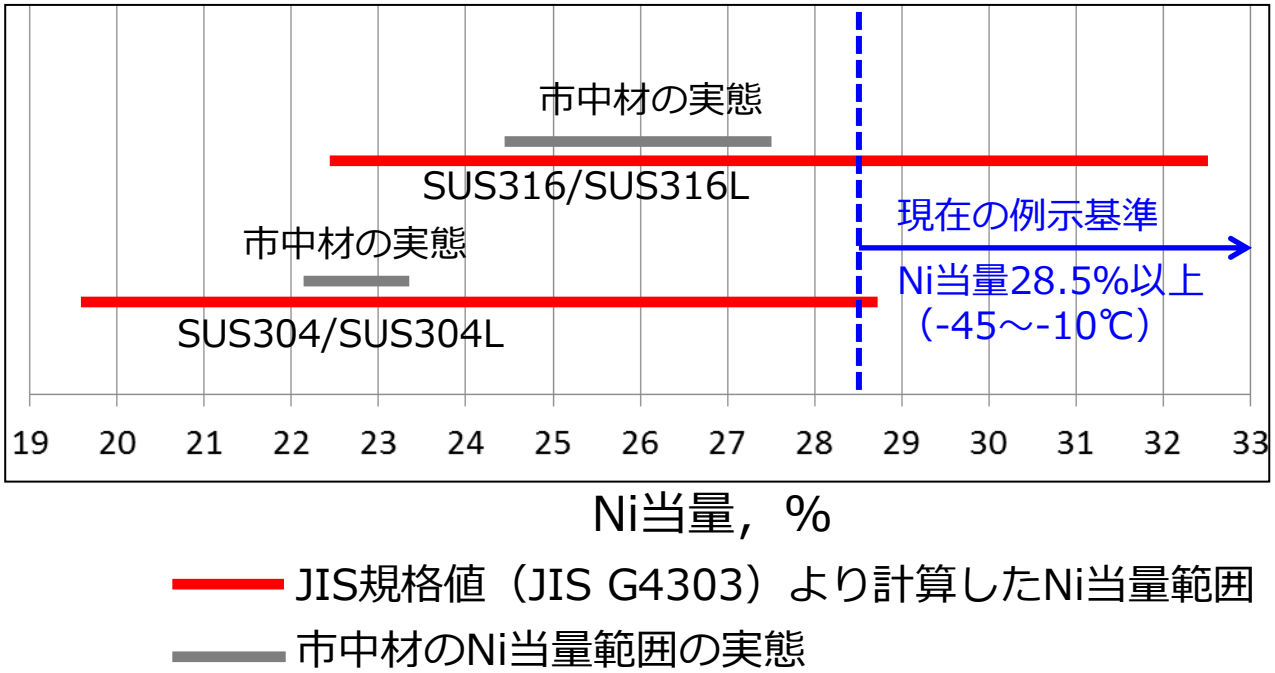
①汎用ステンレス鋼の使用可能範囲拡大に関する研究開発

【課題】

・規制制定当時は信頼できるデータが少なく、水素の影響を最も受ける絞りを判断基準に採用せざるを得なかった。（過剰な安全性）

・絞りを判断基準としたことで、材料への要求（Ni当量材）が高くなった。

・Ni当量材は水素の影響が極めて少ないが、現状では汎用材の利用が望めない。結果的に水素ステーション建設コストの増大要因の一つとなっている。



水素ステーションコスト低減策の一つとして
汎用性の高い鋼材の使用が求められている。

【本研究の実施内容】

目的：現在の例示基準の根拠となっている、絞り特性基準の置き換えの可能性を検討する

⇒ Ni当量の緩和を目指す

◎絞りに代わる新たな水素特性判断基準（新指標）の検討

(1)絞り以外の特性を用いた、新たな水素特性判断基準を創出する。

(2)低温、高圧の水素中等での様々な挙動を評価し、水素適合性を検証する。

【研究目標・スケジュール】

水素ステーションで使用可能な汎用ステンレス鋼の候補から優先度の高いSUS316系のデータ取得を行い、使用可能範囲を明らかにする。

また、取得したデータを基に新たな水素特性判断基準を検討する。

研究開発項目	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度（参考）	2022年度（参考）
①汎用ステンレス鋼の**使用可能範囲拡大**に関する研究開発	SUS316系の水素適合性検討 →		▽新指標の判定基準作成	▽基準化に資する資料作成	
		SUS316系の基準化検討 →			
			SUS304系の水素適合性検討 →	基準化に資する資料作成▽	
			境界条件を考慮した適材適所の基準化検討 →		

【研究成果のアウトプットイメージ】

安全性・実用性を両立する新たな水素特性判断基準（新指標）の創出

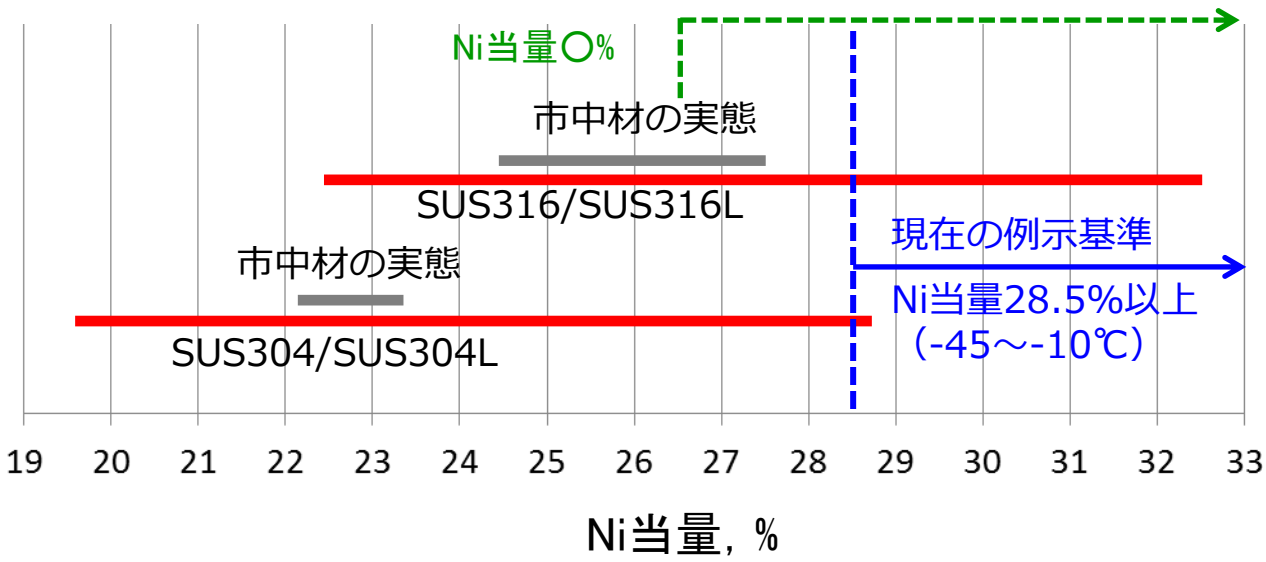
↓

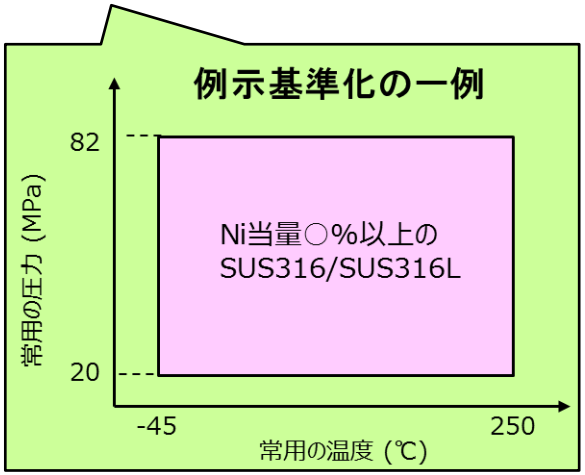
例示基準におけるNi当量範囲の拡大

↓

水素ステーションへの汎用市中材（SUS316系）の適用による
建設コストの低減

使用可能範囲の見極め ⇒ 例示基準化





JIS規格値（JIS G4303）より計算したNi当量範囲

市中材のNi当量範囲の実態

【検討状況】

(1)新たな水素特性判断基準（新指標）の創出

2018年度では水素適合性の考え方について整理を行った。
今後は安全性と実用性を兼ね備えた新たな指標の策定を進める。

◎新たな水素適合性についての基本方針
要件：高圧水素ガス環境下における「延性」と「強度」の確保

1．強度の確保
- SSRTの応力-ストローク線図において、最大荷重点を超過すること
- 引張強さの実測値× RTS（相対引張強さ比）≧ 引張強さの最小規格値

2．延性の確保
- 高圧機器に使用する材料の選定においては、延性破壊することが前提
- 絞りの実測値× RRA（相対絞り比）≧ 絞りの最小規格値
- 絞りの規格値のない材料は「伸びの実測値× RE（相対伸び比）≧ 伸びの最小規格値」、絞りの規格値のない冷間加工材にあっては「（伸びの実測値+冷間加工度）× RE（相対伸び比）≧ 加工前の伸びの最小規格値」

3．疲労特性の確保
- 疲労限：大気中と比較して、水素中で疲労限度が低下しないこと

4．許容引張応力の担保
- 1.～3.を満たせば、水素中においても既存の許容引張応力が使用可

(2) 水素適合性の検討

2018年度はSUS316系汎用ステンレス鋼について水素適合性の評価を開始した。

また、新指標による基準策定は十分な実験データの蓄積の元に行われることが望ましい。
しかし、文献等の既報データの実験条件は必ずしも同一ではなく、活用にあたっては
試験片仕様等の測定条件が実験結果に与える影響を検討する必要があった。

そこで、以下の実験パラメータが試験結果に与える影響の検討も行っている。

- SSRT試験片の平行部径の影響
- SSRT試験片の平行部表面仕上げ状態の影響
- SSRTにおける伸び測定方法の精度に関する検討
- SUS316系ステンレス鋼の水素適合性に及ぼす試験圧力の影響
- SUS316系ステンレス鋼の水素適合性に及ぼす素材形状の影響

上記実験パラメータの影響を確認し、水素適合性の評価を実施している。

- SUS316系ステンレスのNi当量が水素適合性に及ぼす影響の検討

【まとめ】

①SUS316のSSRT結果に関して、

試験片の平行部径、仕上げ状態、標線の取り方、測定時の水素圧力、および素材の形状について影響を評価した。

これらの実験パラメータに伴う実験結果への影響は無視できることがわかった。

よって、各種文献や前事業の結果を含めた、実験パラメータが統一されていない幅広いデータを新指標の検討に活用できることが確認された。

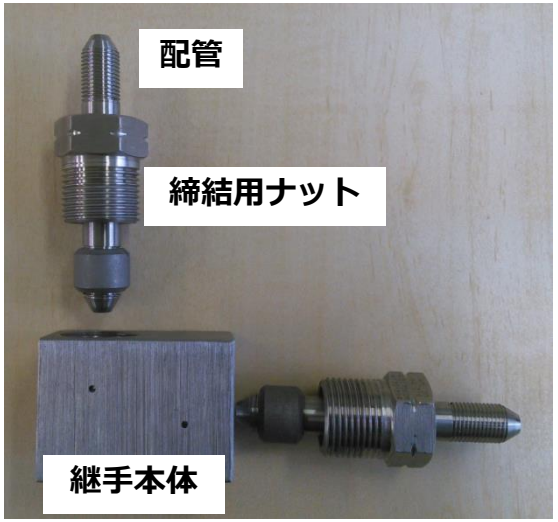
②SSRTでは特に低温ではNi当量によって水素適合性への差が認められる。

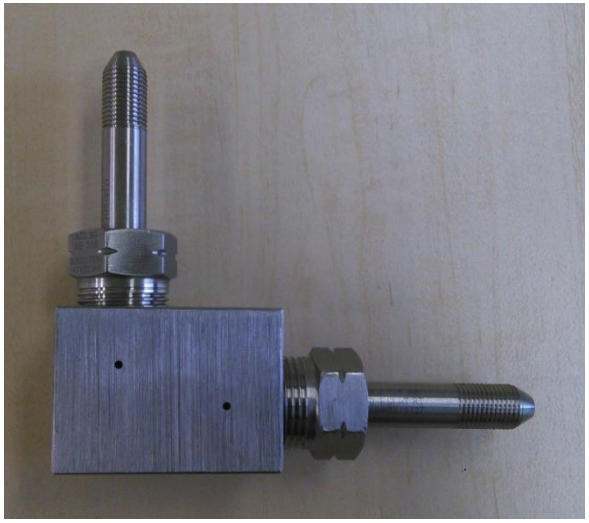
今後はNi当量が疲労に及ぼす影響についても検討を予定している。

②汎用ステンレス鋼冷間加工材に関する研究開発（SUS316系）

【背景・課題】

・高圧水素設備において、配管の向きを変更する場合でも機械式継手が主に使用されていた。





・曲げ加工等の冷間加工を行うと、金属組織が変化する可能性が知られている。冷間加工による水素適合性への影響が未知数のため、水素ステーションでは配管の曲げ加工は行われていない。

・冷間加工を行うと高強度化するため、部品の薄肉化・小型化が見込まれる。

そこで、冷間加工度による水素適合性への影響を明らかにし、水素ステーションでの使用可能条件を明らかにすることが望まれている。

【本研究の実施内容】

目的：母材に冷間加工を施すことにより、どの程度水素適合性が変化するかを検証し、安全に使用可能な条件を明確にする。

◎SUS316系冷間加工材の水素適合性の検討
母材のNi当量と冷間加工度が水素適合性に及ぼす影響について検証する。
SUS316系を先行して検討し、次いでSUS304系冷間加工材の検討を行う。

【研究目標・スケジュール】

汎用ステンレス鋼冷間加工材について、水素ステーションにおける使用条件を明確化する。

冷間加工材の使用条件を明確化した後、基準化に資する技術資料を作成する。

研究開発項目	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度（参考）	2022年度（参考）
③汎用ステンレス鋼**溶接材**に関する研究開発	SUS316系冷間加工材の水素適合性検討 →			▽使用条件明確化	基準化に資する資料作成▽
			SUS304系冷間加工材の水素適合性検討 →		

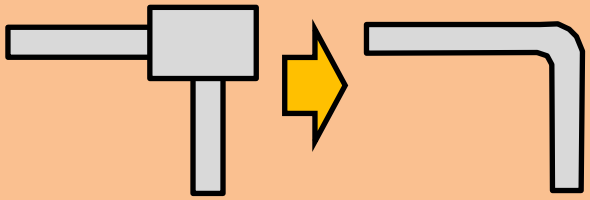
【研究成果のアウトプットイメージ】

高Ni当量材

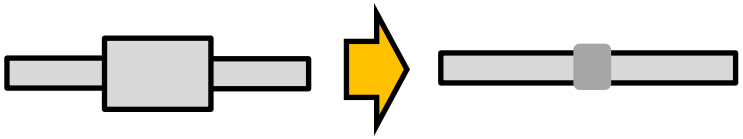
↓

①汎用ステンレス鋼

②冷間加工



③溶接



	①汎用ステンレス鋼	②冷間加工	③溶接
建設コスト	低減	機械継手代替	機械継手代替
維持コスト	―	大幅低減	大幅低減
備考（理由）	安価な量産流通材の使用により、調達期間の短縮・価格低減効果を期待	信頼性向上 機械継手等の接合が不要となり、漏洩等の不具合減少	信頼性向上 機械継手に代替することで漏洩等の不具合減少

機械式継手の代替により、材料コストと水素の漏えいのリスクを低減させる。

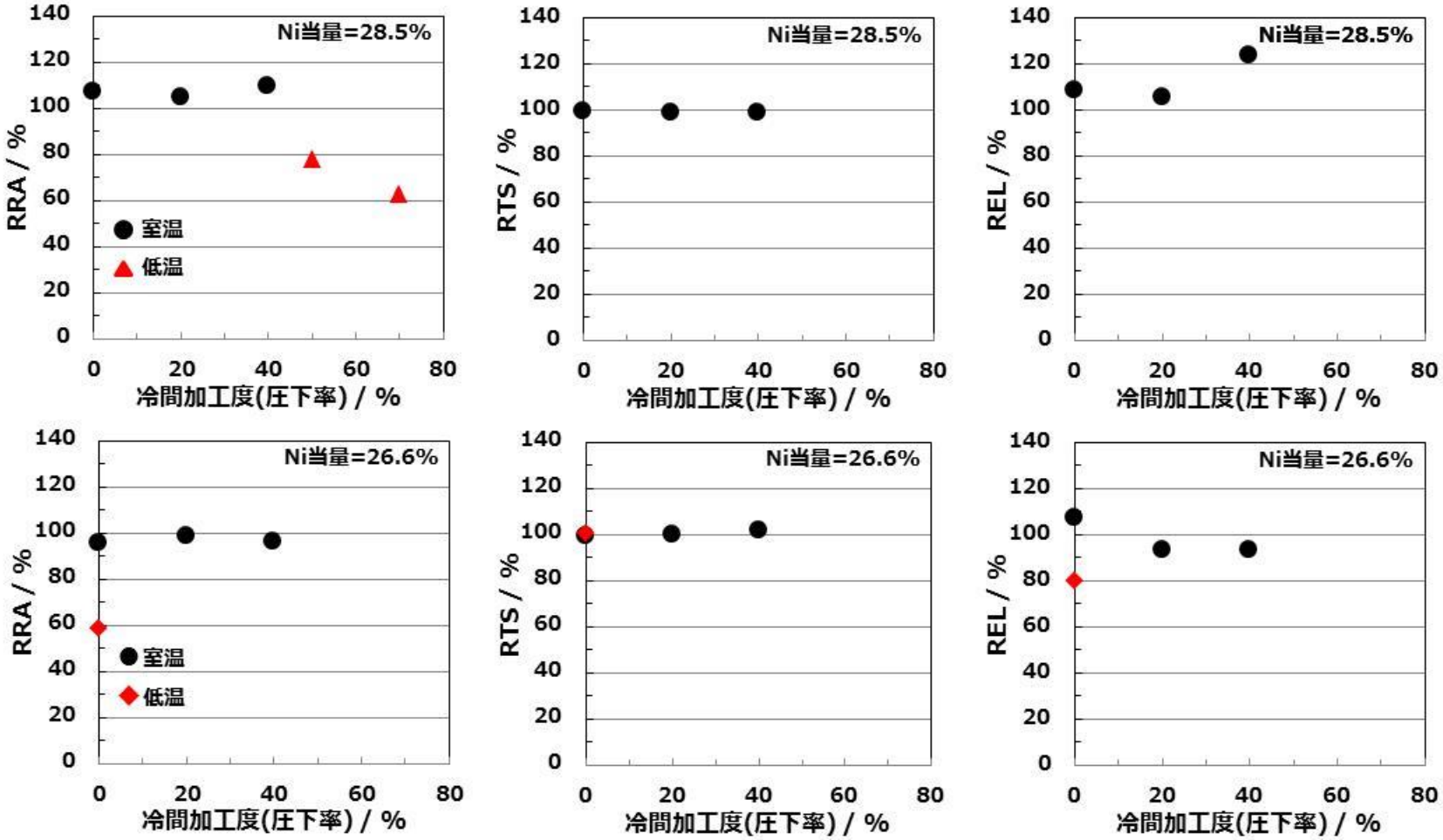
【検討状況・まとめ】

SUS316/SUS316Lステンレス鋼の冷間加工材について水素適合性を評価中。

室温においては、Ni当量=26.6%及び28.5%の場合、水素脆化特性に及ぼす冷間加工の影響は低いことが明らかとなった。

ただし、Ni当量=26.6%の場合、低温においては未加工であってもRRAの低下が認められる。

今後、各種Ni当量・冷間加工度の特性評価を進める。



②汎用ステンレス鋼冷間加工材に関する研究開発（SUS305系）

【背景・課題】

・高圧水素設備では充填ノズル、安全弁、流量調整バルブなど多種多様の部品が使用されている。

　これらの部品の材料としてSUH660を用いる場合、SUH660は強度および水素適合性において優れた特性を有するものの、材料コストおよび加工性の面で課題がある。

・SUH660と同等の強度を有し、切削加工に適したSUS305冷間加工材を高圧水素設備に使用することが可能であれば、材料コストおよび加工性の面で大幅な改善が見込める。

【本研究の実施内容】

目的：母材に冷間加工を施すことにより、どの程度水素適合性が変化するかを検証し、安全に使用可能な条件を明確にする。

機器設計に必要となる許容引張応力の設定を目指す。

◎SUS305系冷間加工材の水素適合性の検討

母材のNi当量と冷間加工度が水素適合性に及ぼす影響について検証する。

母材の許容引張応力の設定に関する材料評価を行う。

【研究目標・スケジュール】

汎用ステンレス鋼冷間加工材について、水素ステーションにおける使用条件を明確化する。

冷間加工材の使用条件を明確化した後、基準化に資する技術資料を作成する。

許容引張応力の設定のための検討を行う。

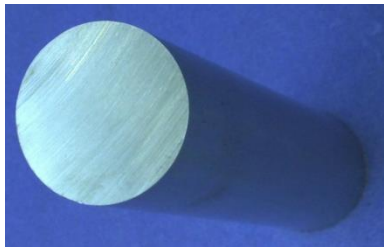
研究開発項目	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度（参考）	2022年度（参考）
②汎用ステンレス鋼**冷間加工材**に関する研究開発	▽使用条件明確化 SUS305系冷間加工材の許容引張応力、水素適合性検討 基準化検討			基準化に資する資料作成▽	

【検討状況】

検討用のSUS305母材を作製。成分や強度の分析を実施した。固溶化熱処理材の金属組織は、SUS316L等と同様のオーステナイト単相構造になっていることを確認した。

φ20mm冷間引抜き材(減面率35%)を評価した結果、SUH660相当以上の機械的特性を有することを確認した。また、-40℃・70MPa水素中のSSRTを実施した結果、良好な水素適合性が得られることを確認した。

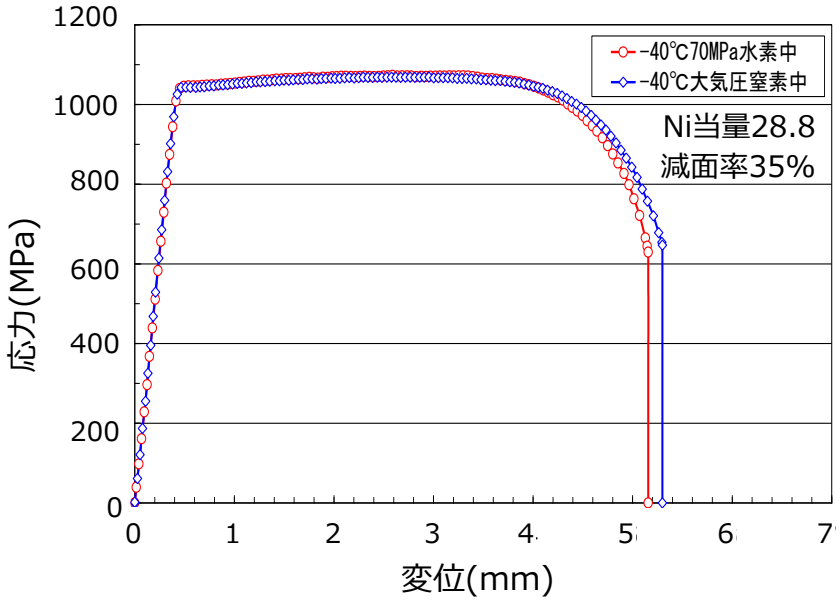
今後、評価を継続するとともに、許容引張応力の設定のためのデータ取得も開始する。



丸鋼棒

SUS305冷間加工材の機械的特性(予備検討結果)

鋼種	加工度(減面率)	引張強さ(MPa)	0.2%耐力(MPa)	伸び(%)	絞り(%)
SUS305	0%	621	291	58	77
	35%	1039	1006	17	65
SUH660規格値		≧ 900	≧ 590	≧ 15	≧ 18



SUS305冷間加工材の水素適合性検証結果

③汎用ステンレス鋼溶接材に関する研究開発

【背景・課題】

・高圧ガス保安法　一般高圧ガス保安規則　第七条の三　2の十四

圧縮水素及び液化水素のガス設備に係る配管、管継手及びバルブの接合は、溶接により行うこと。ただし、溶接によることが適当でない場合は、保安上必要な強度を有するフランジ接合又はねじ接合継手による接合をもつて代えることができる。

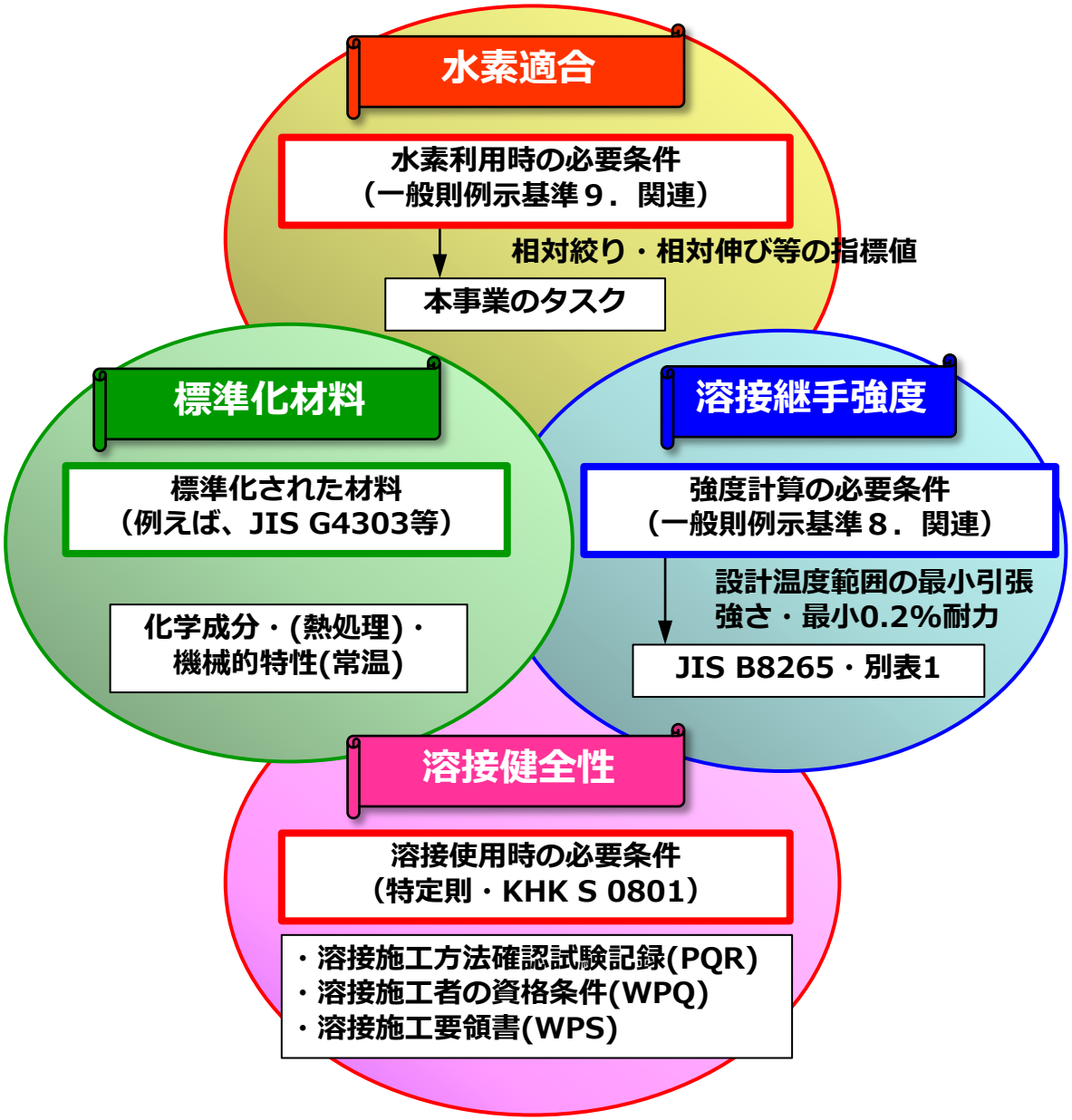
・高圧水素設備での溶接使用について、例示基準や技術指針はない。

水素ステーションで溶接を用いる場合に事前申請を求められることがあるが、溶接に関する技術文書等が発行されていない。

結果的に機械式継手が広く使用されているものの、製造コストや漏えいのリスク、日常の管理面で負担となっている。

・高圧水素設備で簡便に溶接を用いるための技術指針の発行が望まれる。

・溶接を使用するための安全要件



【本研究の実施内容】

目的：水素ステーションで溶接が広く用いられるよう、技術指針等でのガイドライン化を目指す。
また、安価な施工方法である、As Weldとしての使用について可能性を検討する。

◎溶接部の水素適合性の検討
母材、溶接金属、溶接部の各部において水素適合性を検証する。
水素適合性が許容範囲となる母材や溶接条件(溶加棒・入熱量・速度等)を把握する。

【研究目標・スケジュール】

汎用ステンレス鋼の溶接について、その材料特性、水素適合性を測定し、基本的な材料特性、使用条件等を明らかとする。

汎用ステンレス鋼の溶接に関する水素適合性検討結果に基づき、技術指針作成に必要な検討課題を明らかにする。

研究開発項目	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度（参考）	2022年度（参考）
③汎用ステンレス鋼**溶接材**に関する研究開発	溶接部の水素適合性検討				
		技術指針検討		▽検討課題明確化	技術指針提案▽

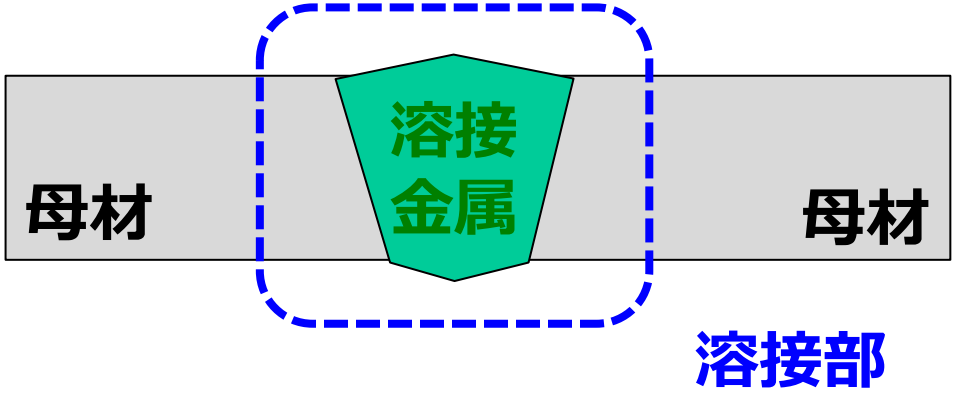
溶接継手をAs Weldで使用するための検討

	As Weld	固溶化処理
添加元素の分布	溶融部・熱影響部に有効元素が偏在する懸念あり。 ※ 水素適合性に影響しなければ問題なし	溶融部・熱影響部において偏在する有効元素が均質化され、水素適合性が改善される可能性あり。
残留応力	熱応力による残留応力発生	残留応力の除去が可能
変形	溶接時の相対位置を維持	残留応力開放に伴い変形する懸念あり
施工費用	安価(熱処理費用が不要)	高価(熱処理費用が追加発生)

①母材

②溶接金属

③溶接部



これらの健全性を評価する必要がある.

Step1
母材，溶接金属の評価

⇨

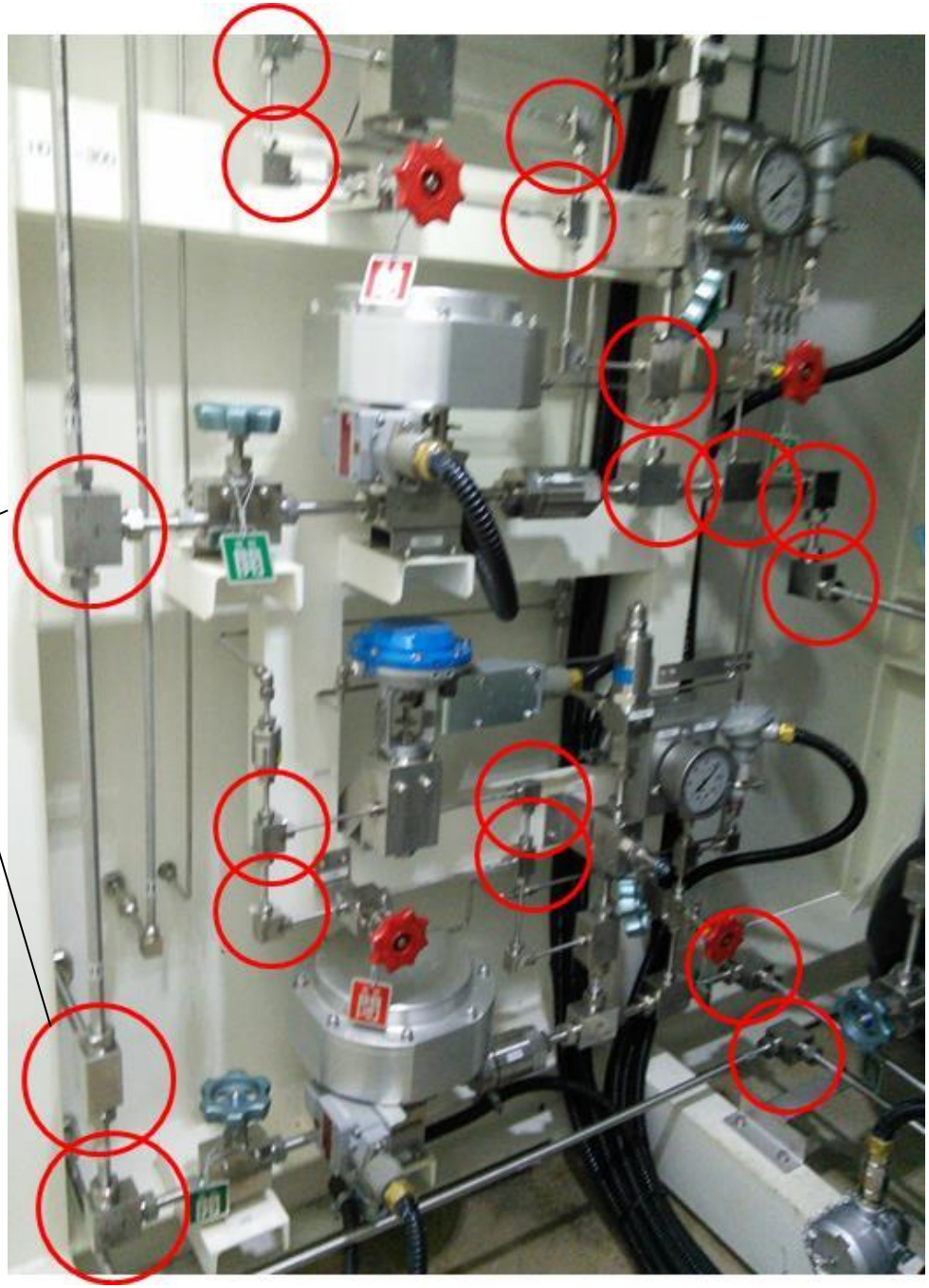
Step2
溶接部の評価

【研究成果のアウトプットイメージ】

○高圧水素配管の実例

非常に多くの機械式継手が
使用されている

機械式継手



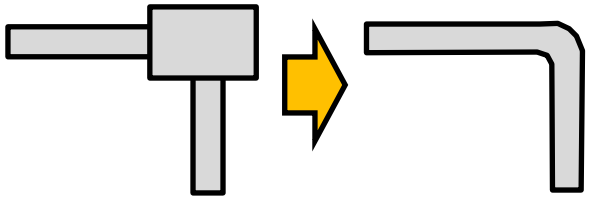
締め付け状態の管理、
リークチェックなど、
日常管理の負荷が大きい

高Ni当量材

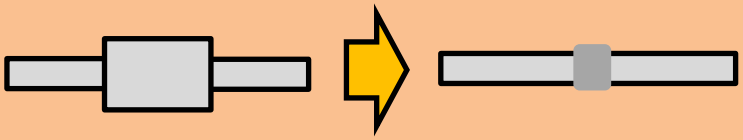
↓

①汎用ステンレス鋼

②冷間加工



③溶接



	①汎用ステンレス鋼	②冷間加工	③溶接
建設コスト	低減	機械継手代替	機械継手代替
維持コスト	―	大幅低減	大幅低減
備考（理由）	安価な量産流通材の使用により、調達期間の短縮・価格低減効果を期待	信頼性向上 機械継手等の接合が不要となり、漏洩等の不具合減少	信頼性向上 機械継手に代替することで漏洩等の不具合減少

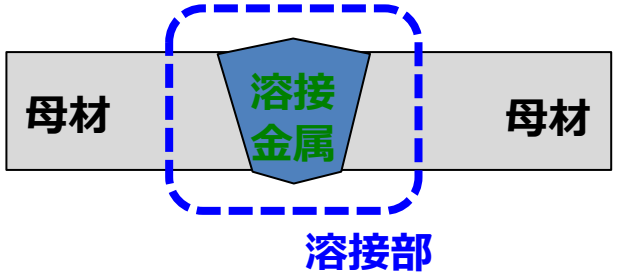
機械式継手の置き換えにより、水素の漏えいのリスクを低減させる。

【検討状況・まとめ】

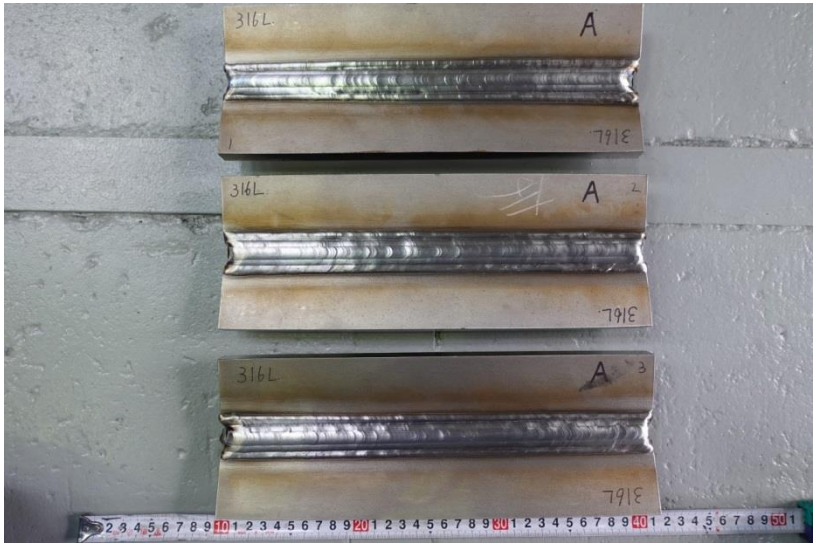
Ni当量を制御した素材を鋳造し、圧延加工により溶接試験用板材を製造、バタリング溶接により、溶接金属を製作して評価を実施中。

種々の母材、溶接金属棒、Ni当量の組み合わせおよび溶接条件の検討を行い、水素ステーションで使用可能な汎用ステンレス鋼の溶接について明確化を図っていく。

水素ステーション建設用の溶接方法について、技術指針等の整備を目指す。



- **溶接**継手は、①**母材**，②溶接金属，③溶接部からなり、これら全ての水素適合性を検証する必要がある。
- 母材と最適な溶接金属の組合せにより溶接継手を製作し、水素適合性を評価する。



バタリング溶接試験体の事例

④汎用低合金鋼の高温適用に関する研究開発

【背景・課題】

・水素ステーションでは高圧水素の製造に水素圧縮機が一般に用いられる。

1MPa未満の水素ガスを80MPa以上に圧縮する例もあり、水素圧縮機には高圧・高温部が存在する。

高圧・高温部の材料として一般的にSUH660が用いられているが、材料コストおよび加工性の面で課題がある。

・一方、蓄圧器にはSNCM439等の安価で加工性の良い汎用低合金鋼が使用できる。

現状では高温における水素適合性が未知のため、水素圧縮機の高温部に汎用低合金鋼を適用できない。

・圧縮機内部の高圧・高温環境では、鋼中に水素が侵入するため、圧縮機の稼働・停止の繰り返しに伴い、鋼中の水素量が増加し、水素による材料への影響が懸念される。

【本研究の実施内容】

目的：温度と圧力の変動が重複する水素圧縮機の使用環境を勘案し、適切な評価手法にもとづき、水素圧縮機での使用を想定した低合金鋼の安全利用に必要な要件を確認し、低合金鋼技術文書に反映する。

◎汎用低合金鋼の高温適用の検討

水素圧縮機の稼働状況を模擬した評価方法を確立し、材料への水素チャージ、高温による水素適合性への影響を評価し、水素圧縮機への適用可否判断を行う。

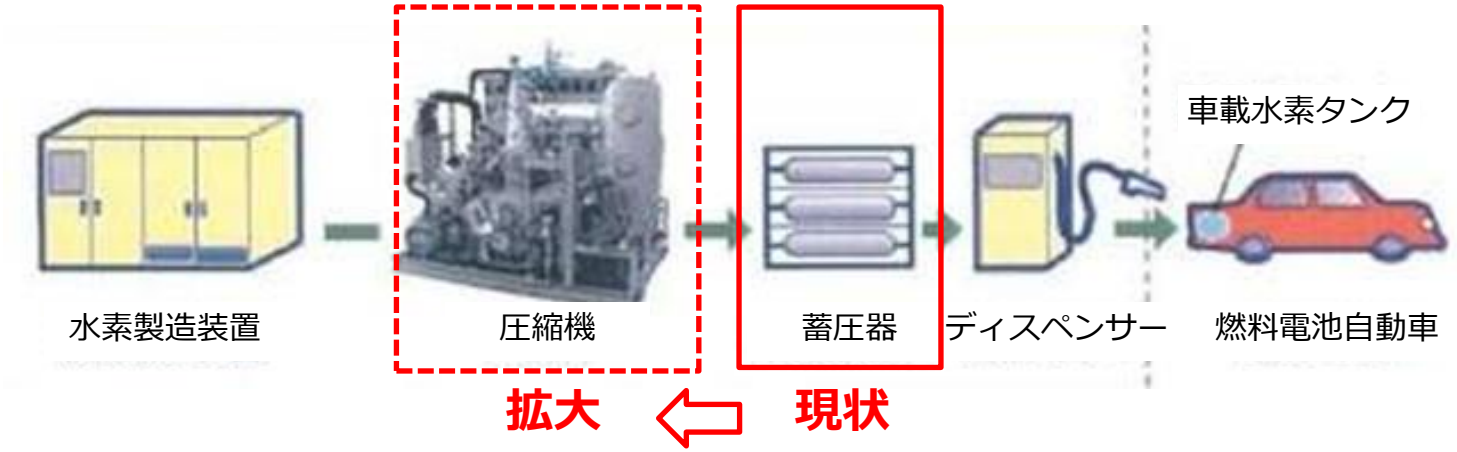
【研究目標・スケジュール】

汎用低合金鋼の高温水素ガス中使用を想定したデータを取得し、汎用低合金鋼の水素圧縮機への適用可否を判断する。

低合金鋼技術文書の改訂を目指す。

研究開発項目	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度（参考）	2022年度（参考）
④**汎用低合金鋼**の高温適用に関する研究開発	低合金鋼の水素適合性検討 → ▽圧縮機への適用可否判断				
	技術文書化検討・TF&分科会開催 → 技術文書改訂▽				

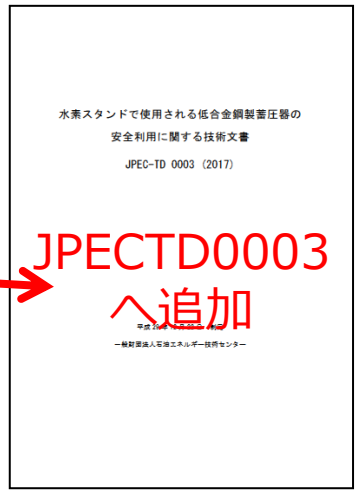
【研究成果のアウトプットイメージ】



①低合金鋼技術文書の適用範囲拡大を目指す

**　現行適用範囲　　蓄圧器**

⇒改訂後適用範囲　蓄圧器＋圧縮機

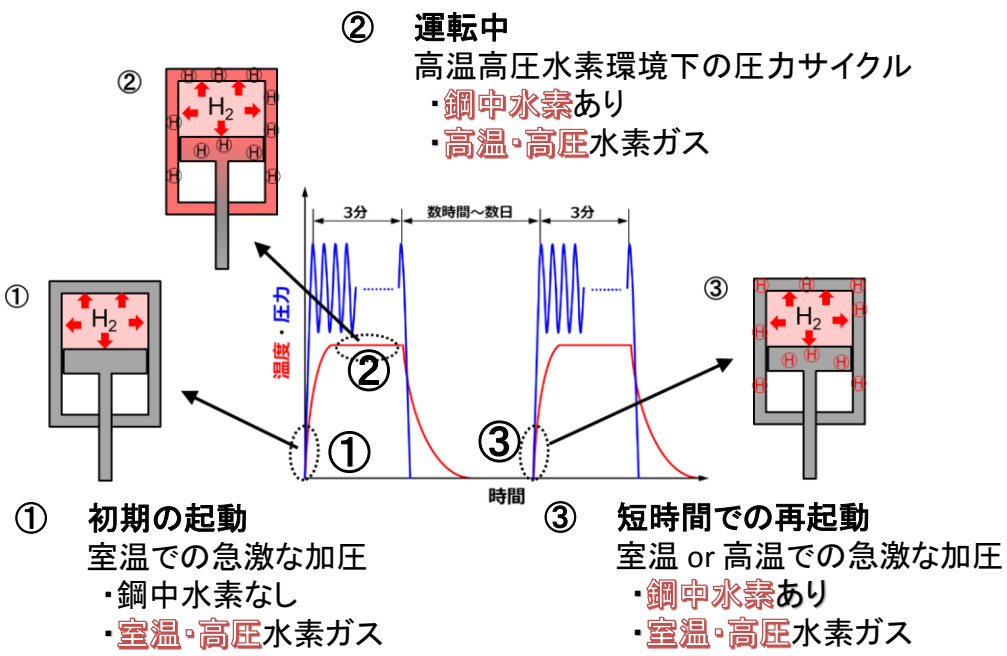


②KHKS0220改正におけるデータの提供

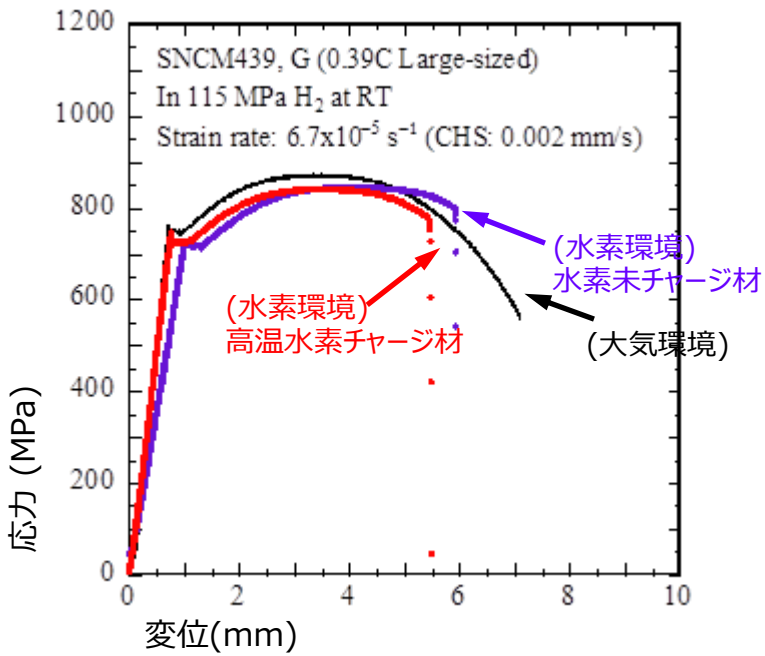
**　⇒超高圧設備の特認＆事前評価の容易化**

SNCM439のSSRT検証結果

予備検討として圧縮機の稼働を模擬した水素チャージを行った低合金鋼のSSRTを実施し、顕著な劣化が認められないことを確認した。
今後はK_{IH}や疲労き裂進展についても評価を行う予定。



圧縮機の使用環境



予備試験結果(SSRT)