

「水素利用技術研究開発事業 / 燃料電池自動車及び水素供給
インフラの国内規制適正化、国際基準調和・国際標準化に関する
研究開発 / 燃料電池自動車及び水素ステーション関連機器向け
使用可能鋼材の拡大に関する研究開発」（事後評価）

プロジェクトの概要（公開）

一般財団法人金属系材料研究開発センター

株式会社日本製鋼所

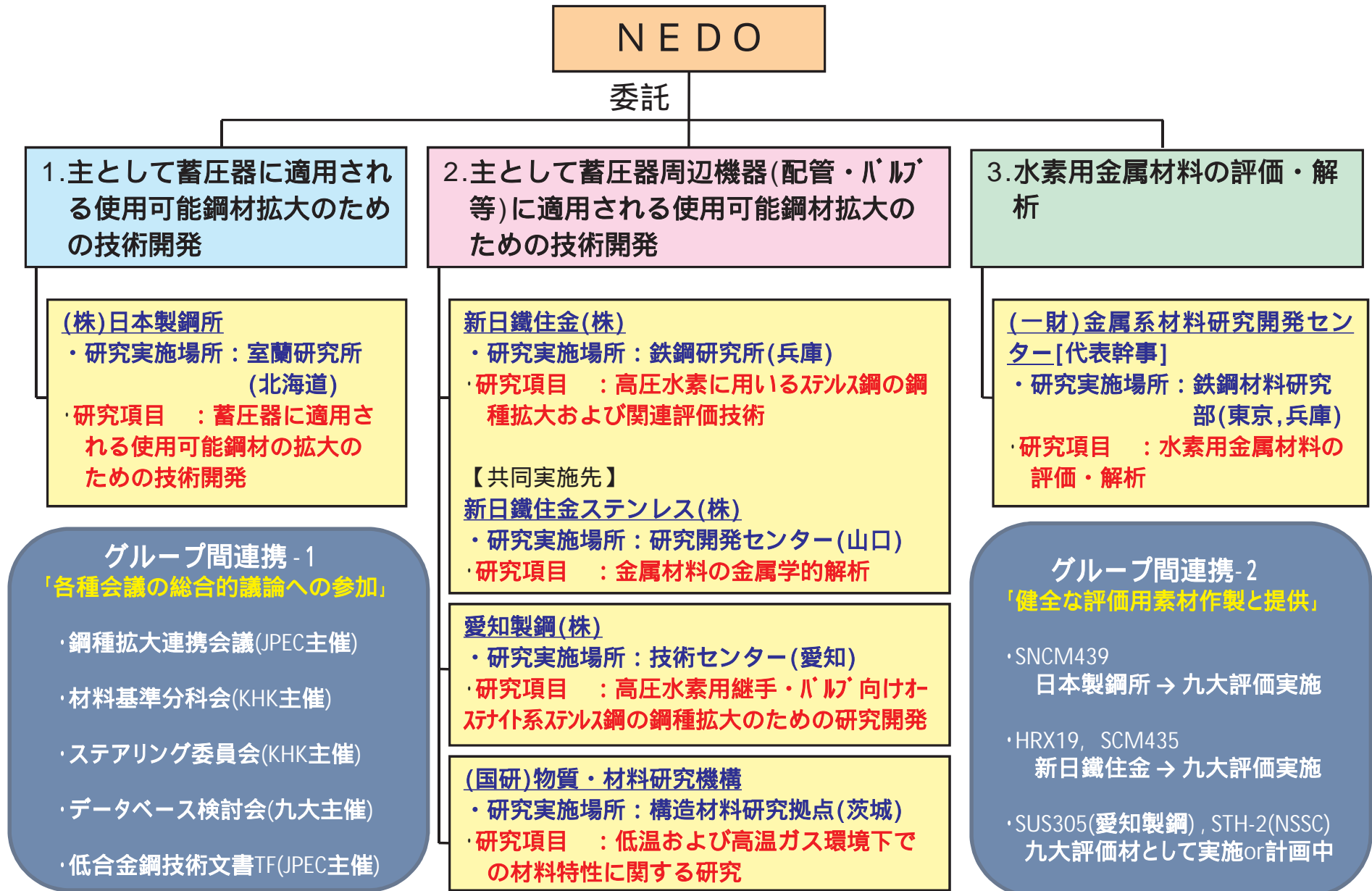
新日鐵住金株式会社（共）新日鐵住金ステンレス株式会社

愛知製鋼株式会社

国立研究開発法人物質・材料研究機構

平成29年11月24日

研究開発体制 / 課題 / 「JPEC・KHK・九大」グループとの連携状況



3 . 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度

個別研究開発項目の目標と達成状況

開発項目	最終目標	成果	達成度	備考
主として蓄圧器に適用される使用可能鋼材拡大のための技術開発【日本製鋼所】	低合金鋼の安全利用に資する知見を獲得し、基準作成に協力。	材料データ提供、設計・製造の知見等を通じて低合金鋼技術文書の策定に貢献した。		H30年2月 達成予定
-1高圧水素に用いるステンレス鋼の鋼種拡大及び関連評価技術の開発【新日鐵住金、(共)新日鐵住金ステンレス】	新規水素用高機能ステンレス鋼の基準・標準化に必要な材料データ採取と溶接等に係わる利用技術データの拡充	HRX19の溶接継手は母材と同等の優れた耐水素脆化特性を有し、STH-2の耐水素ガス脆化特性向上にCu, Nが有効なことを確認した。		H30年2月 達成予定
-2高圧水素用継手・バルブ向けオーステナイト系ステンレス鋼の鋼種拡大のための研究開発【愛知製鋼】	高圧水素環境下で使用可能でMoフリー省資源鋼SUS305相当のステンレス鋼棒鋼および鍛造品の開発による使用可能鋼材の拡大	SUS305相当高圧水素用ステンレス鋼の棒材および鍛造品を開発し、良好な水素環境特性を得た。		H30年2月 達成予定
-3低温及び高温ガス環境下での材料特性に関する研究【物質・材料研究機構】	各種鉄鋼材料の高圧水素環境中引張特性の極低温域までの中空試験片を用いた簡便な評価と水素環境脆化に及ぼす因子の把握	STH2、HRX19やSUS630等について高圧水素環境中の機械的性質を評価し、水素環境脆化挙動に関する知見を得た。		H30年2月 達成予定
水素用金属材料の評価と解析【金属系材料研究開発センター】	開発した評価試験法の標準試験方法としての可能性の検証	従来データとの比較により簡便な評価試験法の有効性を確認した。		H30年2月 達成予定

大幅達成、 達成、 達成見込み、 X未達

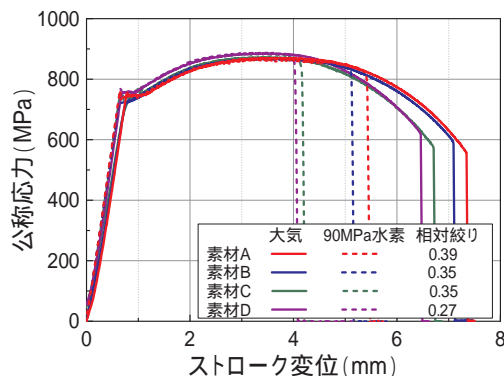
各個別テーマの成果と意義

主として蓄圧器に適用される使用可能鋼材拡大のための技術開発

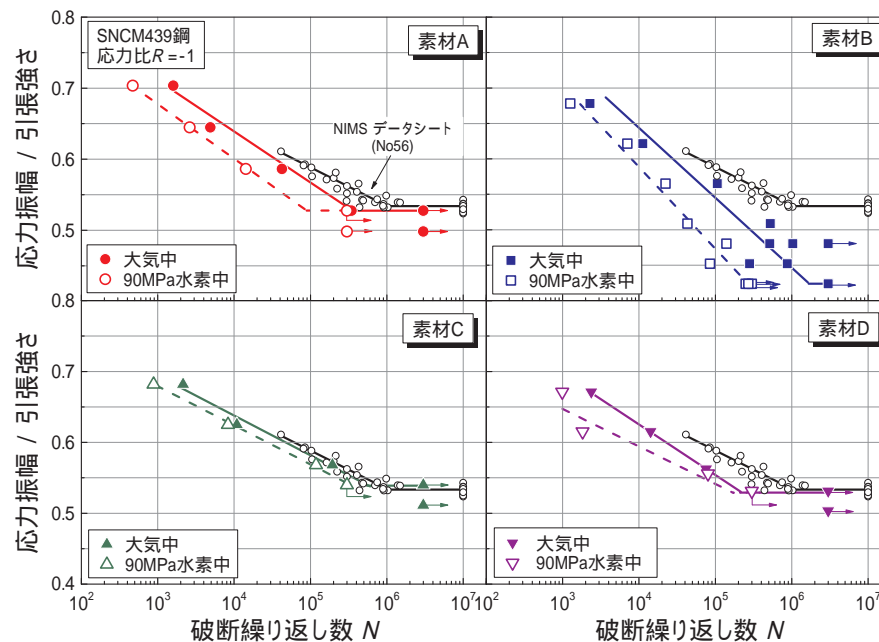
蓄圧器材の安全性評価試験に関して、試験方法による影響や非金属介在物の影響を調査し、得られた知見を低合金鋼技術文書へ反映することで、**材料規格等で防ぎきれない粗悪材が製品に使用されることを防ぐ。**

蓄圧器部材の評価試験項目

評価試験項目	目的
SSRT試験	水素適合性の判定
疲労試験	許容繰返し数の検証
疲労き裂進展試験	疲労き裂進展速度の把握
遅れ割れ試験	水素助長割れ下限界
ライジングロート試験	応力拡大係数 K_{IH} の把握



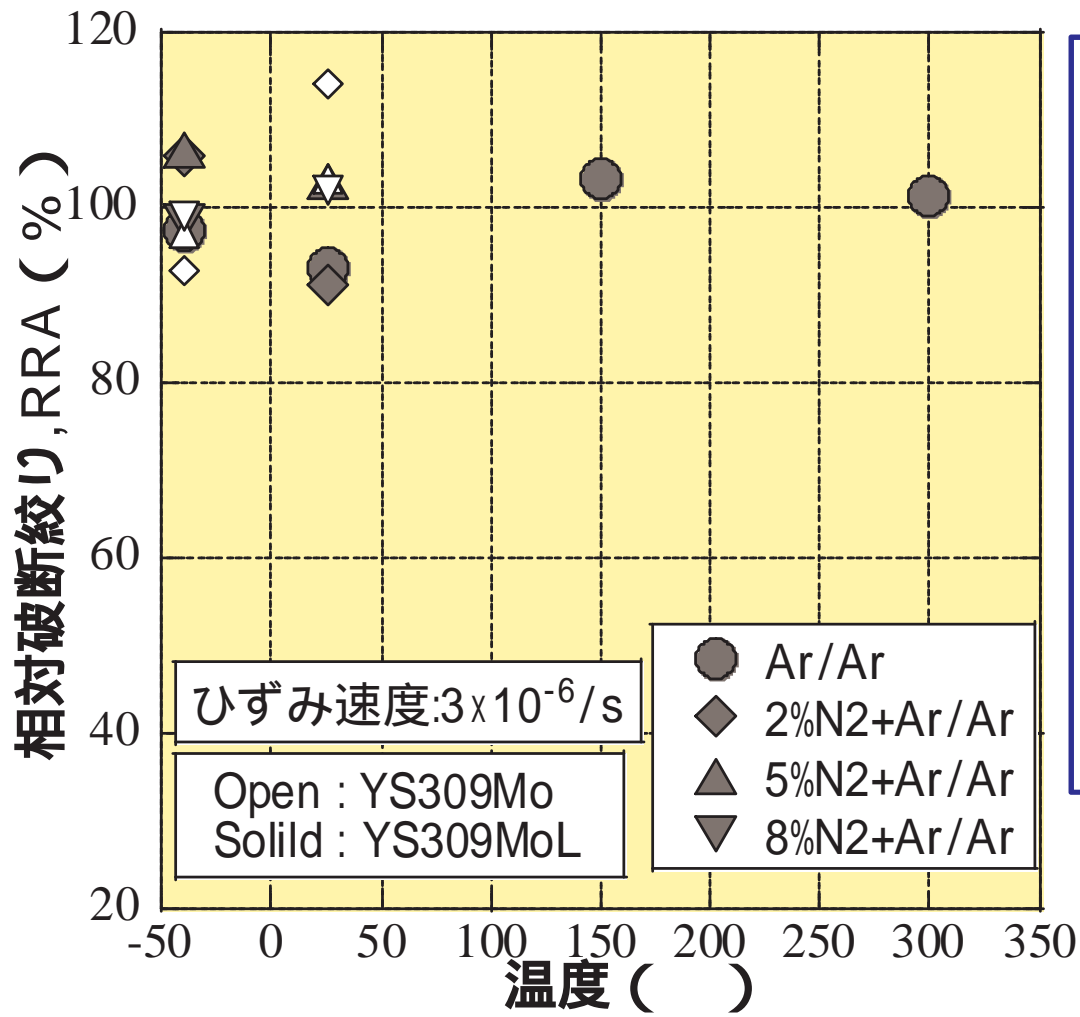
SSRT特性の比較



疲労特性の比較

3. 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度 (2) 成果の意義

**目標：HRX19母材同等の耐水素ガス脆化特性を確保：フィラー溶接継手
母材に近いNi当量の溶接材料を選定(YS309MoL,YS309Mo系)**



試験方法

- 素材：HRX19 板厚15mm
- 溶接材料：YS309Mo*,YS309MoL*
- 溶接方法：1G自動TIG
- シールドガス：2%,5%,8% N2+Ar
- バックシールドガス：Ar
- *JISZ3321該当材を使用

SSRT条件

- 85MPaH2@150,300
- 90MPaH2@RT
- 70MPaH2@-40

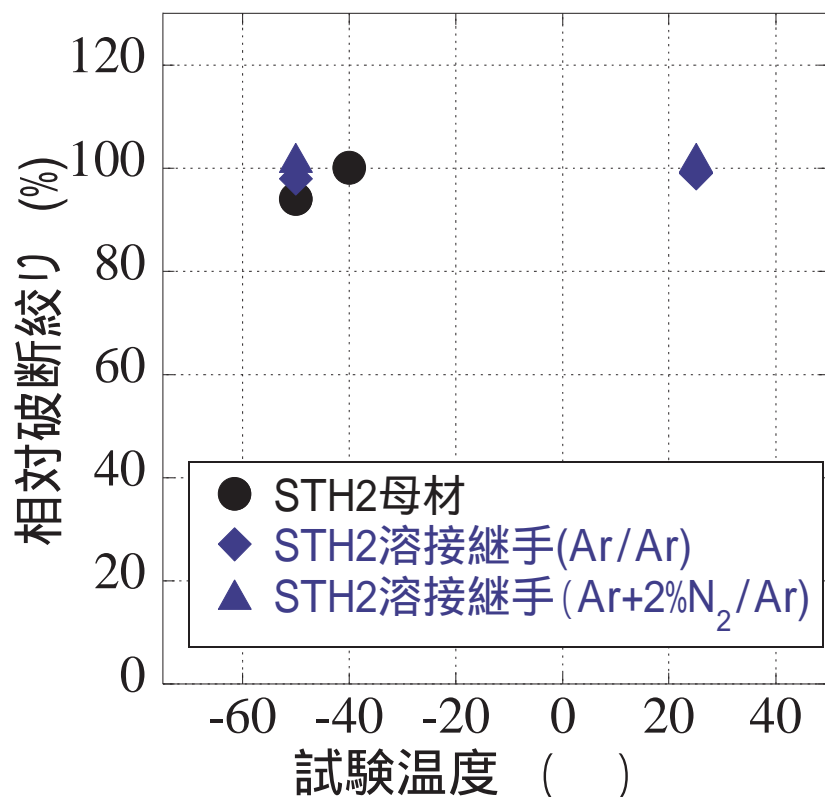
低温から高温までHRX19溶接継手は良好な水素脆化特性を示す



3. 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度 (2) 成果の意義

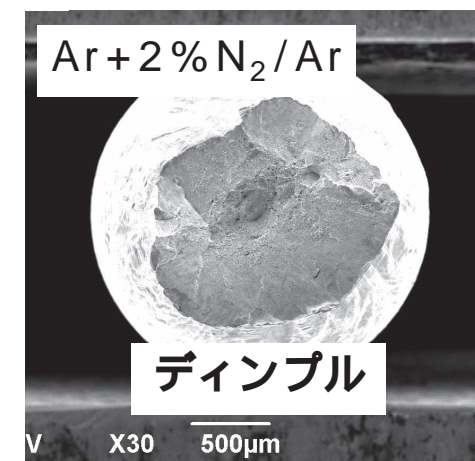
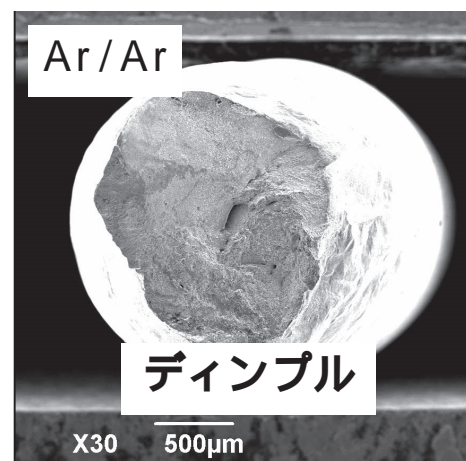
STH2の溶接性に係わる利用技術データ拡充

母材の耐水素ガス脆化特性が良好であることを確認できたSTH2において利用技術データの拡充を行うため、YS309MoLを溶接材料として自動TIG溶接により溶接継手を作製し、SSRT試験により耐水素脆化特性を評価する



- ・溶接材料：YS309MoL
- ・溶接方法：1G自動TIG
- ・シールドガス：Ar, 2%N₂+Ar
- ・バックシールドガス：Ar

-50 °C ・70MPa水素中破面



STH2溶接継手の耐水素ガス脆化特性は-50 °Cまで良好であることを確認できた

3 . 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度 (2) 成果の意義

各個別テーマの成果と意義

-2 高圧水素用継手・バルブ向けオーステナイト系ステンレス鋼の鋼種拡大のための研究開発

表. 高圧水素用SUS305 (AUS305-H2)の
化学成分の例 (%)

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ni当量
SUS305 成分規格	0.12 以下	1.00 以下	2.00 以下	0.045 以下	0.030 以下	10.50 -13.00	17.00 -19.00	-	-
AUS305-H2	0.11	0.95	1.92	0.032	0.006	12.88	18.87	-	28.9
SUS316L	0.021	0.53	1.19	0.032	0.004	13.44	17.02	2.76	28.9

Ni当量(平山の式) = 12.6C+0.35Si+1.05Mn+Ni+0.65Cr+0.98Mo

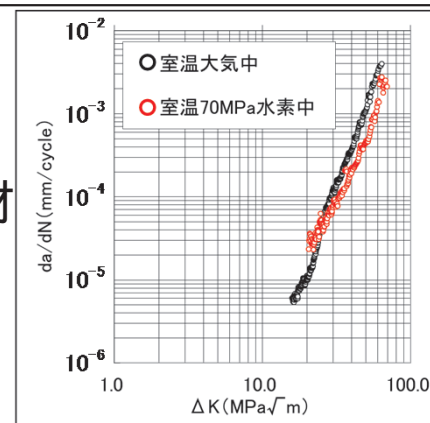
表. 機械的性質の例

鋼種	状態	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	絞り (%)
AUS305-H2	固溶化熱処理材	272	604	60	76
	冷間引抜材(減面率20%)	708	800	33	71
SUS316L	固溶化熱処理材	265	578	56	81
	冷間引抜材(減面率20%)	690	772	28	75

- ・高価なMoを含有せず、安価なC等の添加によりSUS305にて、Ni当量28.5以上を実現。
- ・高圧水素環境にて良好な延性が得られることを確認。

高圧水素中
疲労き裂進展

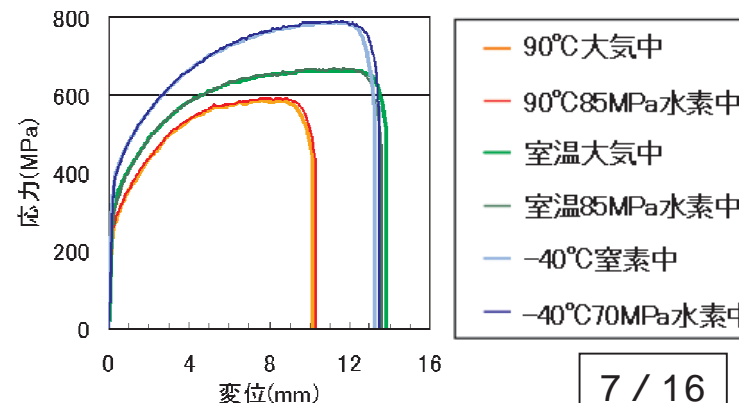
固溶化熱処理材



高圧水素中SSRT

50t電気炉-AOD溶解、
連続鋳造、圧延後
固溶化熱処理材

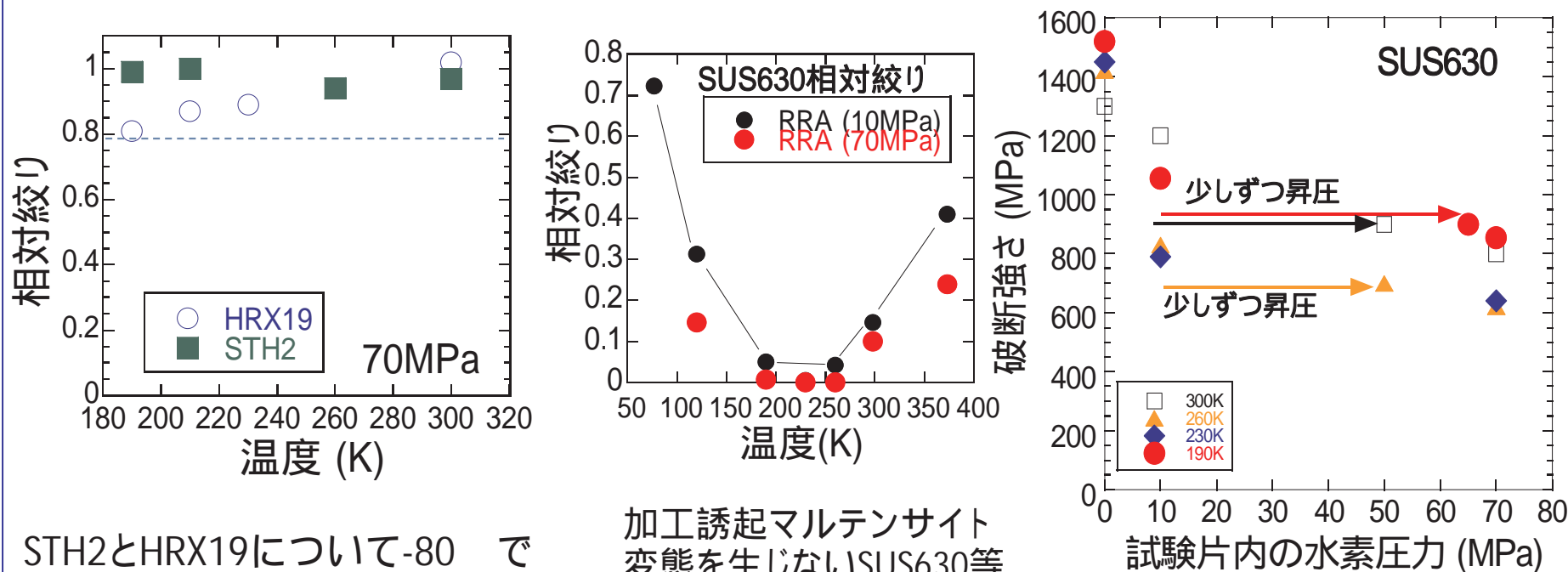
温度	相対絞り
-40	0.95
R.T.	1.12
90	1.04



各個別テーマの成果と意義

-3 低温及び高温ガス環境下での材料特性に関する研究【物質・材料研究機構】

量産プロセスで製造された各種水素環境用鉄鋼材料(SUS316L、STH2、HRX19)とSUS630について、高圧水素環境中の引張特性を極低温域まで中空試験片を用いた簡便な評価試験方法による低温域までの特性評価を実施し、水素環境脆化に及ぼす因子を把握した。



STH2とHRX19について-80 度でも70MPa水素環境で水素の影響が小さいことを確認した。

加工誘起マルテンサイト変態を生じないSUS630等は、-40 度付近で水素の影響が大きくなる。

水素ガス脆化は臨界の水素圧力・応力で一義的に決まる。

3 . 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度 (2) 成果の意義

プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

小項目「燃料電池自動車及び水素ステーション関連機器向け使用可能鋼材の拡大に関する研究開発」に関する研究開発全体の総括として、目標は計画どおりに達成予定である。

【成果の意義】

主として蓄圧器に適用される使用可能鋼材拡大のための技術開発

必要な材料データの採取と製造メーカーとしての知見の反映により低合金技術文書の完成に寄与した(予定)。これによりCr-Mo低合金鋼を高圧水素環境において安全に使用することが可能となると共に水素ステーション用素材の低コスト化により今後の市場拡大が期待できる。

高圧水素用継手・バルブ向けオーステナイト系ステンレス鋼の鋼種拡大のための研究開発

(1) HRX19の特性および利用技術に関するデータの拡充を目的に、高圧水素環境中の各種データの蓄積を行い、特にフィルター有無の場合について溶接継手の水素中のデータの拡充により 実用化に必要なデータを取得したことは、水素社会インフラ基盤構築に寄与するものである。

また、水素脆性発現の指標としてN,Cuの影響を反映したNi当量式の提案に資する材料特性データを取得した。本成果により水素インフラで使用可能な低コストの鋼種の拡大が期待できる。

(2) Ni当量28.5以上の高圧水素用SUS305ステンレス鋼に関し、固溶化熱処理材、冷間引抜材、鍛造材において、SUS316Lと比較して遜色のない、高圧水素ガス環境における延性確保が確認された。

本鋼種は高価なMoを含有せず、鋼材の低コスト化に寄与する。

(3) 高圧水素環境中の簡便な評価法を確立し、STH2、HRX19やSUS630等について機械的性質を評価し、高圧水素環境脆化挙動に関する知見を得た。確立した高圧水素環境中の簡便な評価法や得られた知見は、将来の市場拡大に貢献するものである。

水素用金属材料の評価と解析

高圧水素環境中における試験データの妥当性と簡易試験法の有効性を確認した。

3 . 研究開発成果について (3) 知財と標準化 (4) 成果の普及

成果の普及

「燃料電池自動車及び水素ステーション関連機器向け使用可能鋼材の拡大に関する研究開発」

	H25	H26	H27	H28	H29	計
論文(査読付き)	3	3	2	2	0	10件
研究発表・講演	6	10	11	9	5	41件
受賞実績	0	2	1	0	0	3件
新聞・雑誌等への掲載	2	1	23	2	1	29件
展示会への出展	0	0	2	2	2	6件

平成29年度9月25日現在

知的財産権の確保に向けた取り組み

「燃料電池自動車及び水素ステーション関連機器向け使用可能鋼材の拡大に関する研究開発」
戦略に沿った具体的取り組み

- 1 . 水素ステーション用に使用可能な鋼材として着目した非磁性鋼及びそれを使用した蓄圧器部材について特許出願を行った(2件)。
- 2 . HRX19およびSTH-2に関しては、得られた研究成果は各種学協会・雑誌、等にて積極的な公表を行う。新知見が得られた場合には特許出願を行う。
- 3 . 高圧水素用SUS305鋼に関しては論文投稿や学会発表等による公知化を推進する一方、隣接成分(非JIS組成)については特許出願を行った(1件)。

	平成25 年度	平成26 年度	平成27 年度	平成28 年度	平成29 年度	計
特許出願(うち外国出願)	0	1	0	1	1	3件

平成29年度9月21日現在

3 . 研究開発成果について (4) 成果の普及

成果の普及

一般に向けた情報発信例

1. HRX19に関する記事が掲載された新聞他

<2015年>

1月21日 日本経済新聞
1月21日 日刊産業新聞
1月21日 産経新聞
1月21日 日刊自動車新聞
1月21日 日経産業新聞
1月21日 フジサンケイビジネスアイ
1月21日 鉄鋼新聞
1月21日 鉄鋼通信
1月21日 日刊工業新聞
1月21日 日本金属通信
1月21日 時事通信
1月22日 化学工業日報

<2015年>

1月31日 HYDRHYTHM2015 Vol.5
2月2日 ガスエネ新聞
2月27日 FC EXPO
3月16日 日刊工業新聞
3月17日 日経産業新聞
3月24日 レアメタルニュース
4月8日 高機能金属展
5月11日 日経Automotive6月号
7月3日 日刊工業新聞
<2016年>
6月15日 日経産業新聞
9月3日 週刊ダイヤモンド

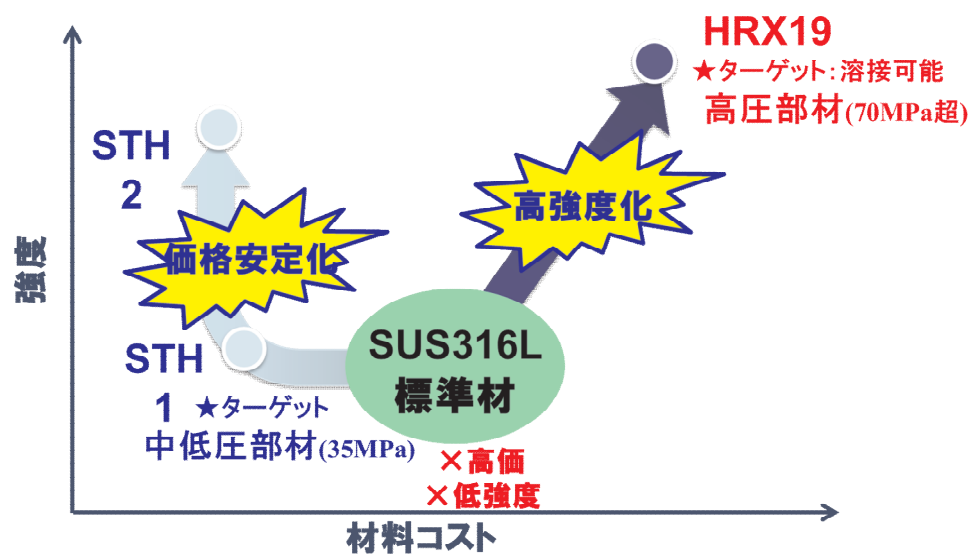
2. JRCM NEWSにおけるレポート記事掲載

参画している5つの研究機関がJRCM NEWS(毎月1000部発行、関連産業界他に配布)において各々の成果を本事業5年間に各2回(計10回)紹介。

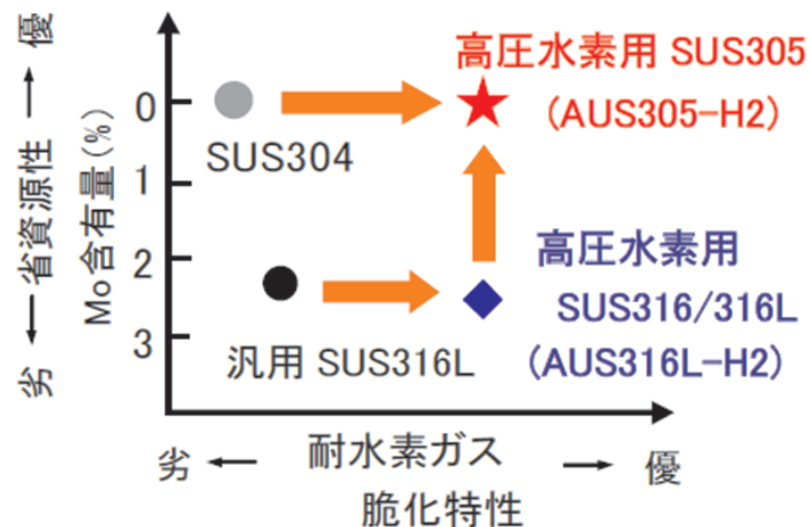
4. 実用化の見通しについて

本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

低合金鋼においては、蓄圧器製造メーカーとしての知見を反映させた低合金鋼技術文書が発行され、水素の影響を受ける高強度低合金鋼においても安全に使用することが可能となり、水素ステーションおよび燃料電池自動車、等に採用されることを実用化と考える。また、水素環境用に開発された各種ステンレス鋼においては、それらの特徴や利点を活かして水素ステーションおよび燃料電池自動車、等に採用されることを実用化と考える。これらに関する製造・販売が継続される状況を事業化と考える。



HRX19とSTHの位置付け



SUS305の位置付け

4 . 実用化の見通しについて

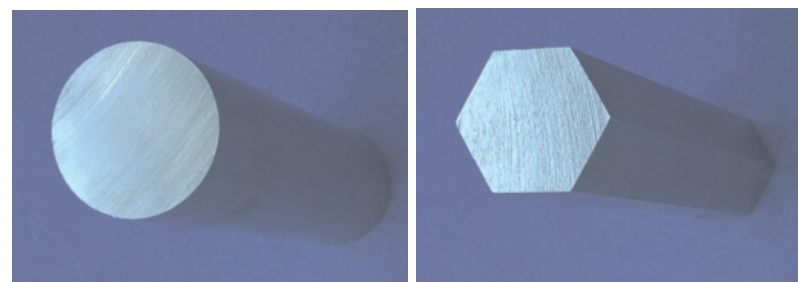
成果の実用化の見通し

低合金鋼： 技術文書の完成と共に軽量化蓄圧器を開発し、実機として製造を開始する。
耐久性を犠牲にすることなく蓄圧器の更なるコスト低減について検討する。

成果	製品	市場規模予測（富士経済予測）
低合金鋼技術文書の作成	水素蓄圧器：安全性の確保と機器の低コスト化	水素蓄圧器 1,680 百万円（2025年）
設計係数低減蓄圧器の開発	水素蓄圧器：高耐久性を維持したまま、軽量化を達成	

高圧水素用SUS305：高圧水素用継手やバルブ等に素材として使用される棒鋼形状での商品化を進める。

高圧水素用機器に用いられているSUS316L棒鋼市場の一部を省資源性に優れ、低コストの本鋼に置き換える。
工場の量産設備を用いた製造工程を確立、鋼種名「AUS305-H2」として、鋼材サンプルをユーザーに販売中。



JISG4303
熱間圧延棒鋼

冷間引抜棒鋼(高耐力、
高引張強さ、ニアネット
シェイプ)

高圧水素用SUS305棒鋼製品イメージ

4 . 実用化の見通しについて

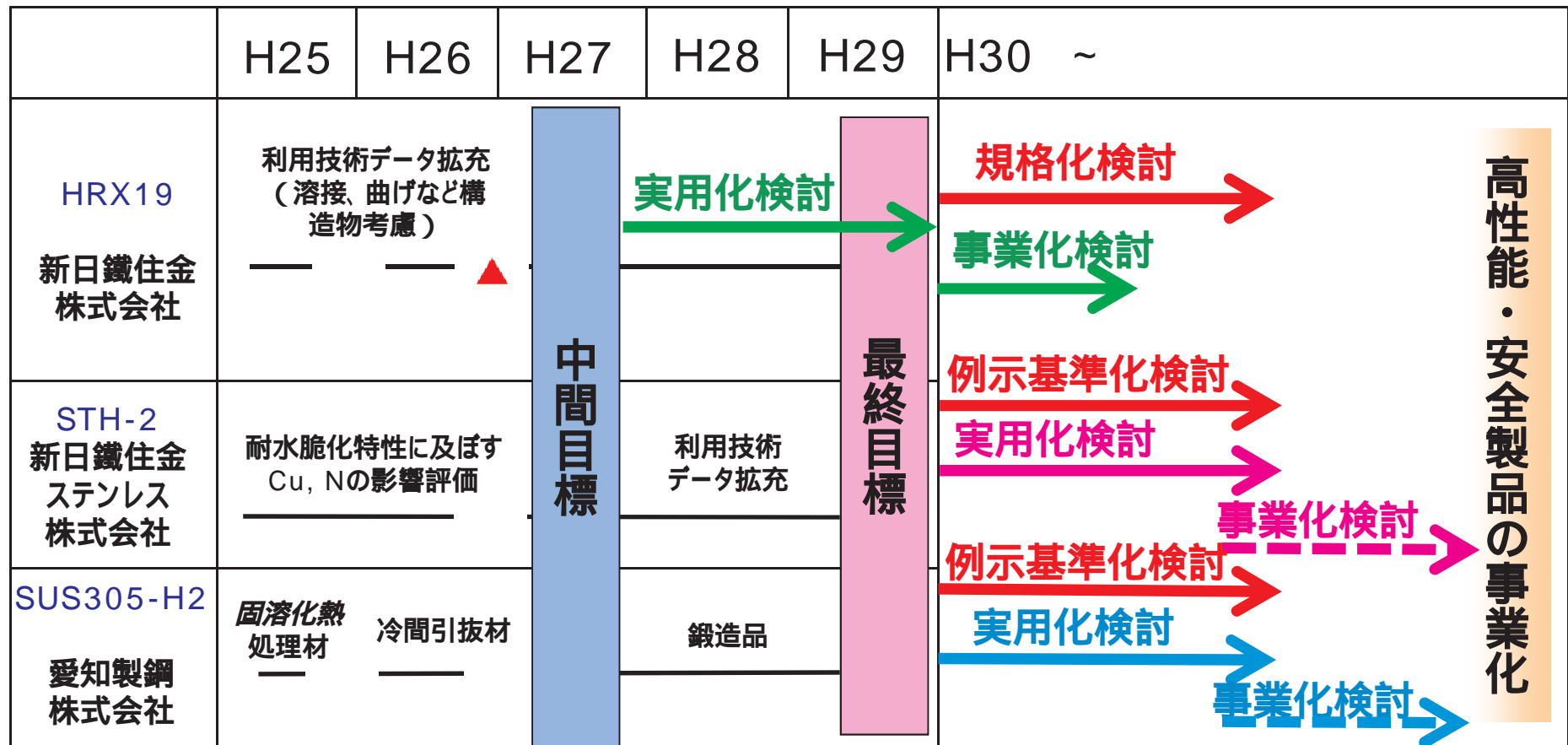
成果の実用化の見通し

実用化に対する課題と今後の方針

- HRX19・・・水素ステーション用機器にHRX19およびXM19が使用されているSUS316Lに比べて**優れた耐水素ガス脆化特性・疲労特性を有していることを確認済み**。今後は構造物を考慮した利用技術データ(溶接や曲げ等)を継続採取し、本鋼に関して**溶接を利用した実用化・規格化を目指す**。
- STH2・・・水素ステーション想定環境下で**SUS316Lと同等の耐水素ガス脆化特性を有することを確認済み**。また、Cu,Nは耐水素ガス脆化特性の向上に有効であることを確認し、これら元素の影響を加味したNi当量式提案に資するデータ採取を実施した。今後は実用化・例示基準化を目指す。
- SUS305・・・高圧水素用機器の**低コスト化に有効であることをユーザーと共に確認済み**。工場の量産設備を用いた製造工程を確立し、「AUS305-H2」として**サンプルをユーザーに販売中**。今後は水素ステーション用機器および燃料電池自動車用機器への適用に向けて実用化・例示基準化を目指す。

4 . 実用化の見通しについて

開発ステンレス鋼の実用化に向けた具体的取り組み



高性能・安全製品の事業化

：基本特性確認

：基本技術確立