

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo.602-1-10

中空試験片を用いた低温高圧水素環境での材料 特性評価に係る研究開発

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

発表：2026年7月21日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 早川 正夫

団体名（国研）物質・材料研究機構

問い合わせ先 <https://www.nims.go.jp/contact/index.html>

事業概要

1. 期間：2023年6月～2028年2月

2. 最終目標：

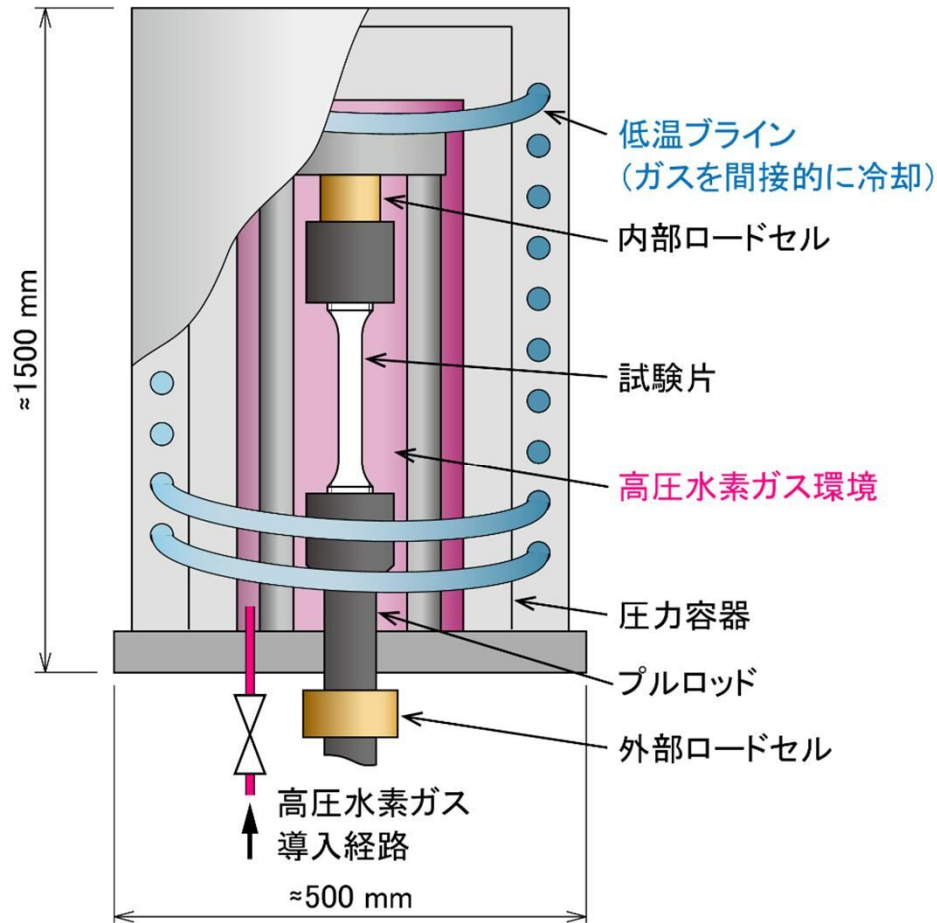
液化水素関連機器の設計・製造に活用できる
－253℃～室温の高圧水素ガス環境中の材料特性データを整備する。

3. 成果・進捗概要：

高圧水素ガス環境におけるSSRT特性の温度依存性を評価

1. 事業の位置付け・必要性

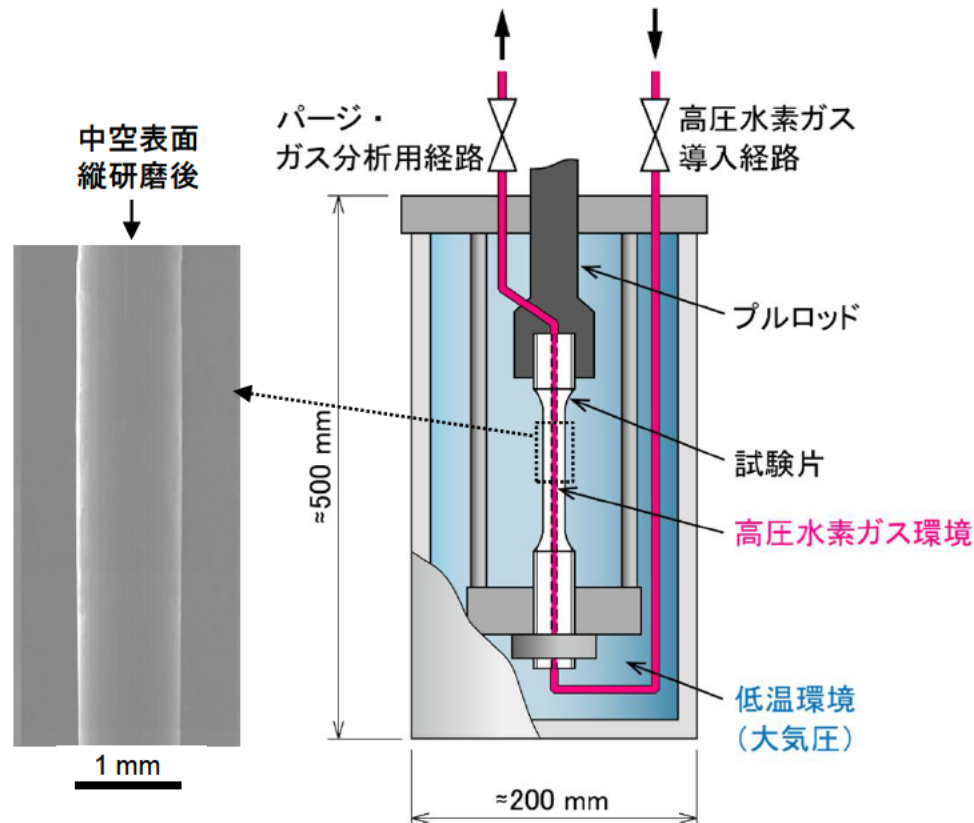
極低温域－253℃～－45℃の高圧水素ガス環境下
材料強度特性データはほとんど存在していない



水素環境中の試験機は
大がかりで、試験手順
が煩雑・高コスト

1. 事業の位置付け・必要性

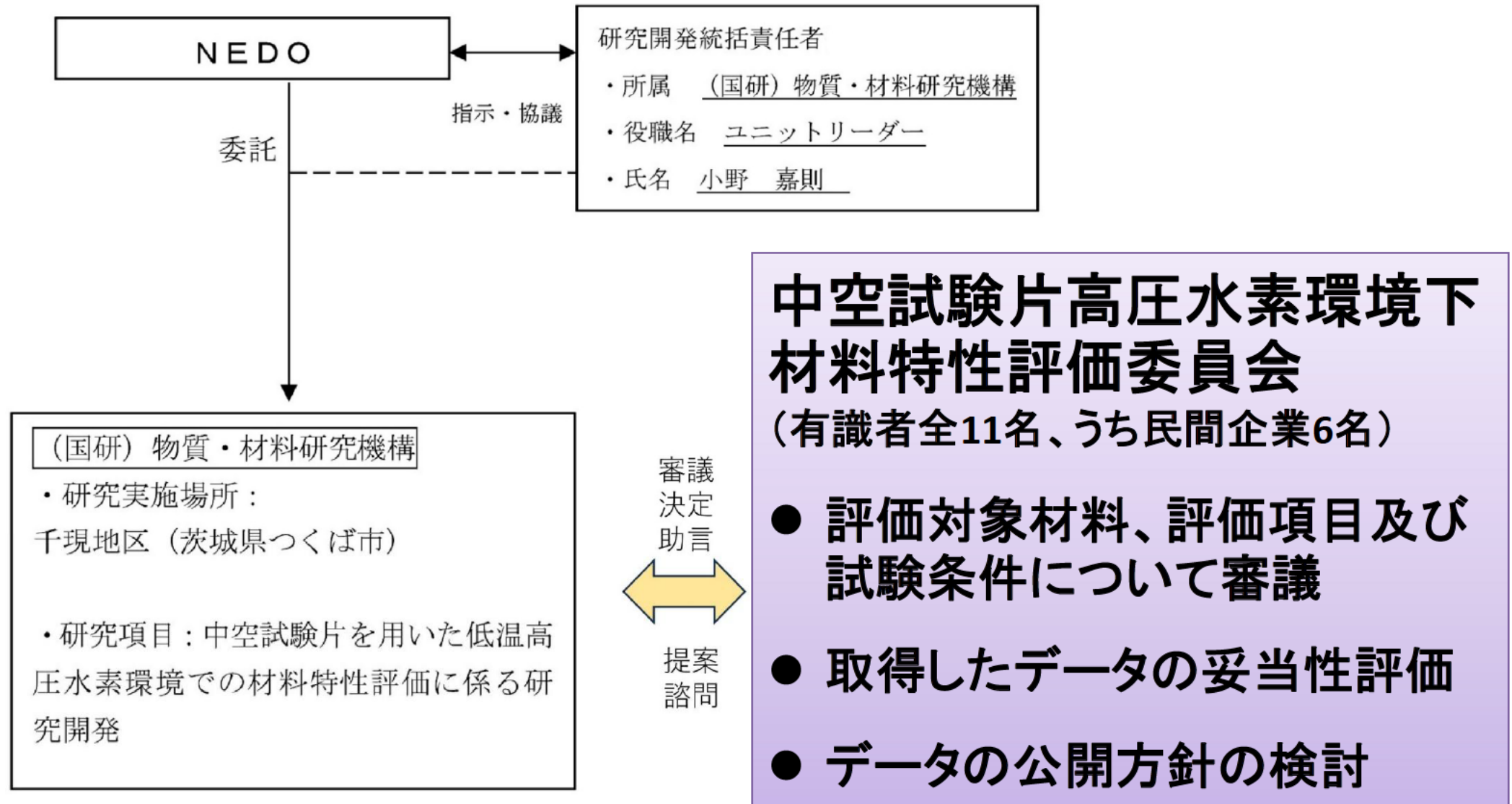
中空試験片方式(提案方式)は試験機がコンパクトで試験効率を高めやすい ⇒ 試験コストの低減が可能



新しい試験方式であるため、試験データの蓄積が必要

2. 研究開発マネジメントについて - 実施体制-

中空試験片高圧水素環境下材料特性評価委員会



水素サプライチェーンへの適用を前提に、材料特性評価 委員会で審議・承認

- 評価対象材料の一覧 -

I. LNG温度での使用が認められている（基準で例示されている）材料

- 高圧ガス保安法に例示

	JIS		ASTM		備考
①	G5121	SCS13A	A351M	CF-8	ステンレス鋼 鋳鋼 SUS304相当
②		SCS14A		CF-8M	ステンレス鋼 鋳鋼 SUS316相当
③		SCS16A		CF-3M	ステンレス鋼 鋳鋼 SUS316L相当
④	G3127	9%Ni鋼 (SL9N520/SL9N590)	A353M or A553M		低温圧力容器用ニッケル鋼鋼板

- 日本ガス協会LNG地上式貯槽指針に例示

⑤ 36%Ni合金（インバー合金）板材 S36N240 ガス工作物技術基準・同解釈例の解説 別表第1

II. 海外で使用が認められているが国内には基準で例示されていない材料

	JIS		ASTM		備考
⑥	G4304	SUS304N1	A240M	304N	熱間圧延ステンレス鋼板 窒素（N）含有オーステナイト系ステン レス鋼
⑦		SUS316LN		316LN	

III. 材料メーカーが開発し提案している新しい材料

⑧ STH[®]2 低Cr低Ni省Mo型オーステナイト系ステンレス鋼
<https://stainless.nipponsteel.com/news/2021/20210623.php>

IV. ①～⑧の評価の基準となる材料

	JIS		ASTM		備考
⑨	G4304	SUS316L	A240M	316L	熱間圧延ステンレス鋼板

2. 研究開発マネジメントについて

計画通り進捗し、③SSRT特性の温度依存性を評価

事業スケジュール

	2023年度				2024年度				2025年度				2026年度				2027年度			
	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
①中空試験片を用いた極低温・高圧水素ガス中SSRTの試験時間短縮による試験高効率化のための試験システムとプロトコルの開発・最適化				→																
②評価対象材料と評価項目の決定ならびに試験結果の妥当性検討のための委員会の開催																				→
③高圧水素ガス環境におけるSSRT特性の温度依存性評価																				→
④高圧水素ガス環境における疲労特性の温度依存性評価（参考）																				→
⑤データ公開方法の検討												→								

3. 研究開発成果について

産業ニーズの高いステンレス鋳鋼の水素適合性

化学成分 熱処理条件

SCS16A

(JIS G5121:2003) 1080℃ × 1 hour 水冷

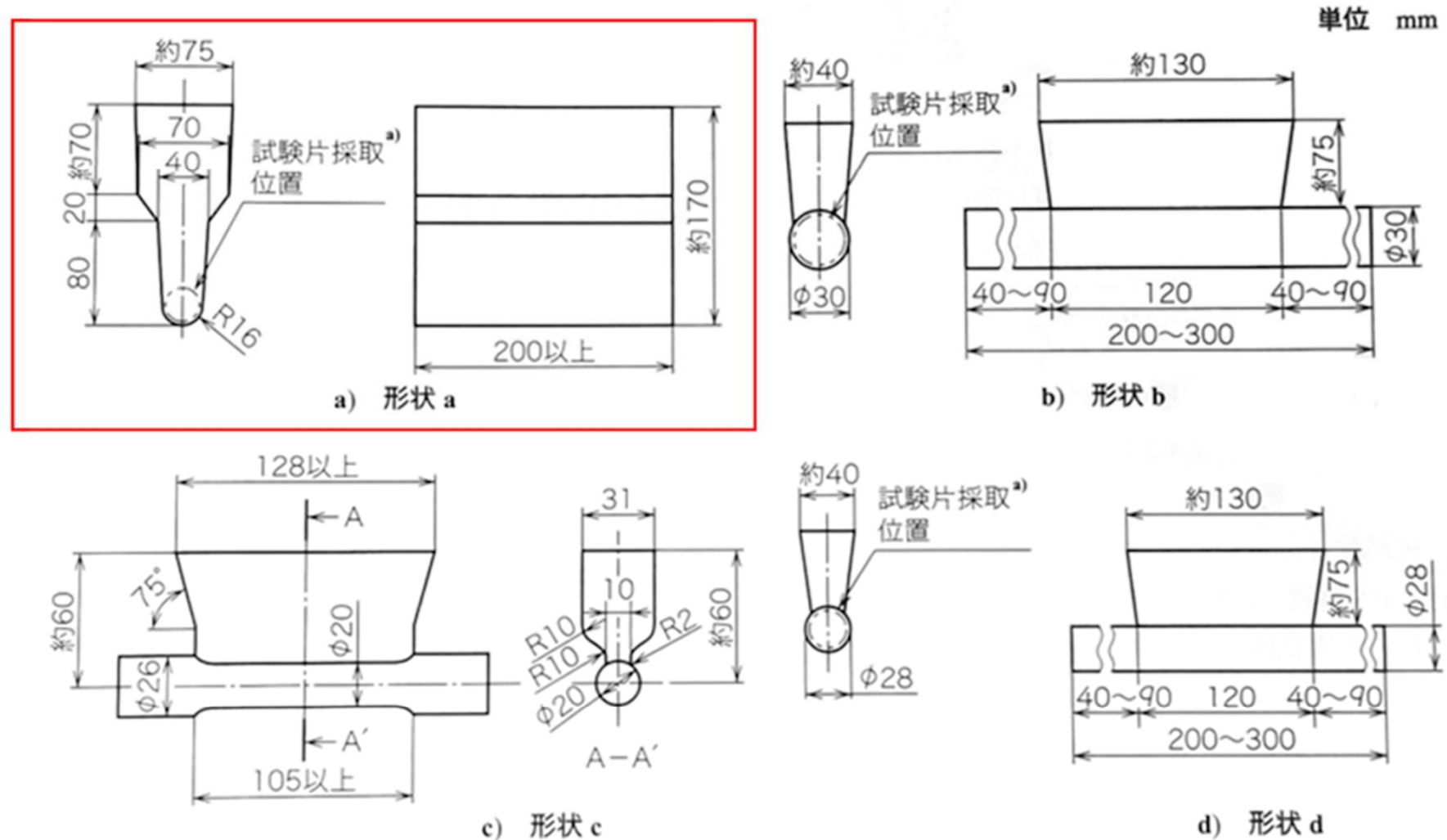
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
JIS G 5121 SCS16A	≤0.03	≤1.50	≤1.50	≤ 0.040	≤0.040	9.00~13.00	17.00~21.00	2.00~3.00
ASTM A351/A351M CF3M	≤0.03	≤1.50	≤1.50	≤ 0.040	≤ 0.040	9.0~13.0	17.0~21.0	2.0~3.0

引張特性、硬さ

	規格値 (JIS)	実績値
引張強さ	≥ 480 MPa	540 MPa
耐力	≥ 205 MPa	273 MPa
伸び	≥ 33%	≥ 42%
硬さ (HBW)	≤ 183	167

ステンレス鋳鋼（Y字ブロック）の作製

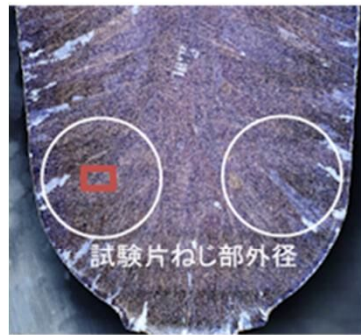
JIS G 0307: 2014 鋳鋼品の製造，試験及び検査の通則



注 a) 試験片は，この図に二点鎖線で示した供試材の下辺に近い位置から採取する。

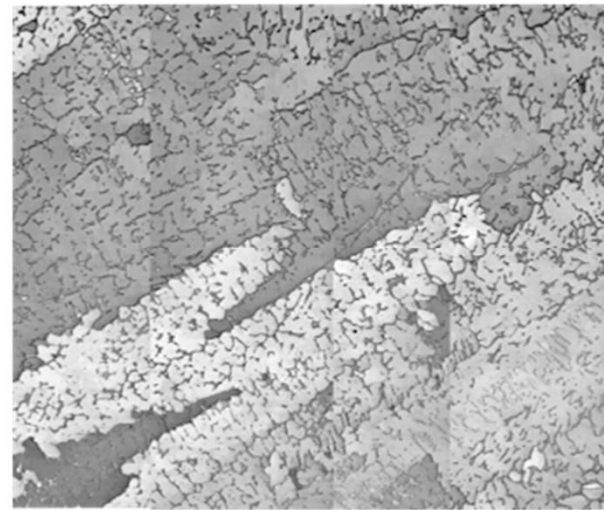
図 1—供試材の形状及び寸法

SCS16Aの初期組織 ミリオーダーサイズの柱状晶



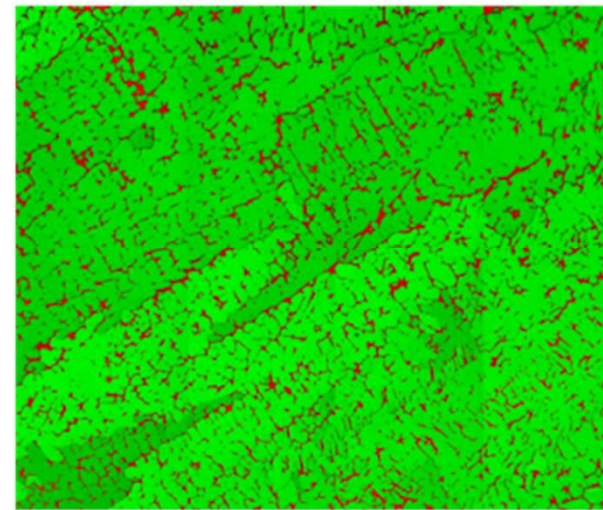
10 mm

IQ

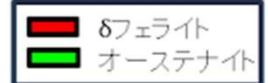


500 μm

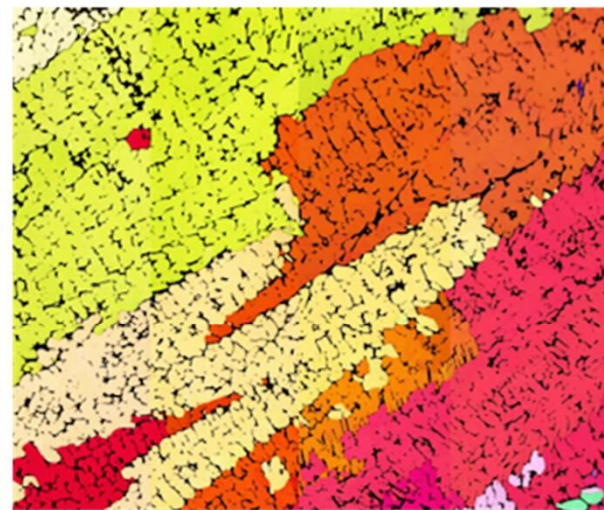
IQ + Phase



500 μm

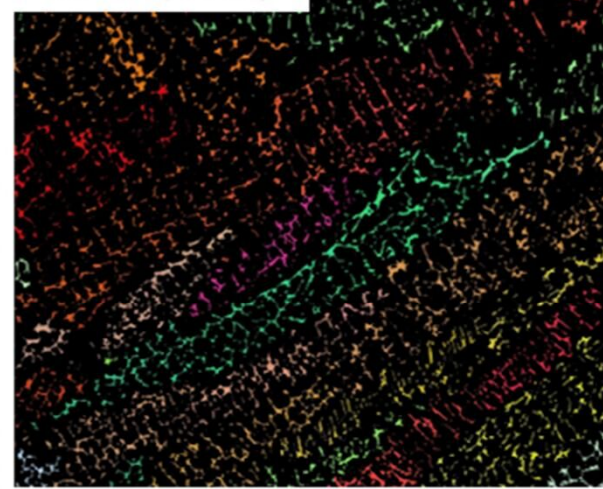


IQ + IPF(γ , LD)



500 μm

IQ + IPF(δ , LD)



500 μm

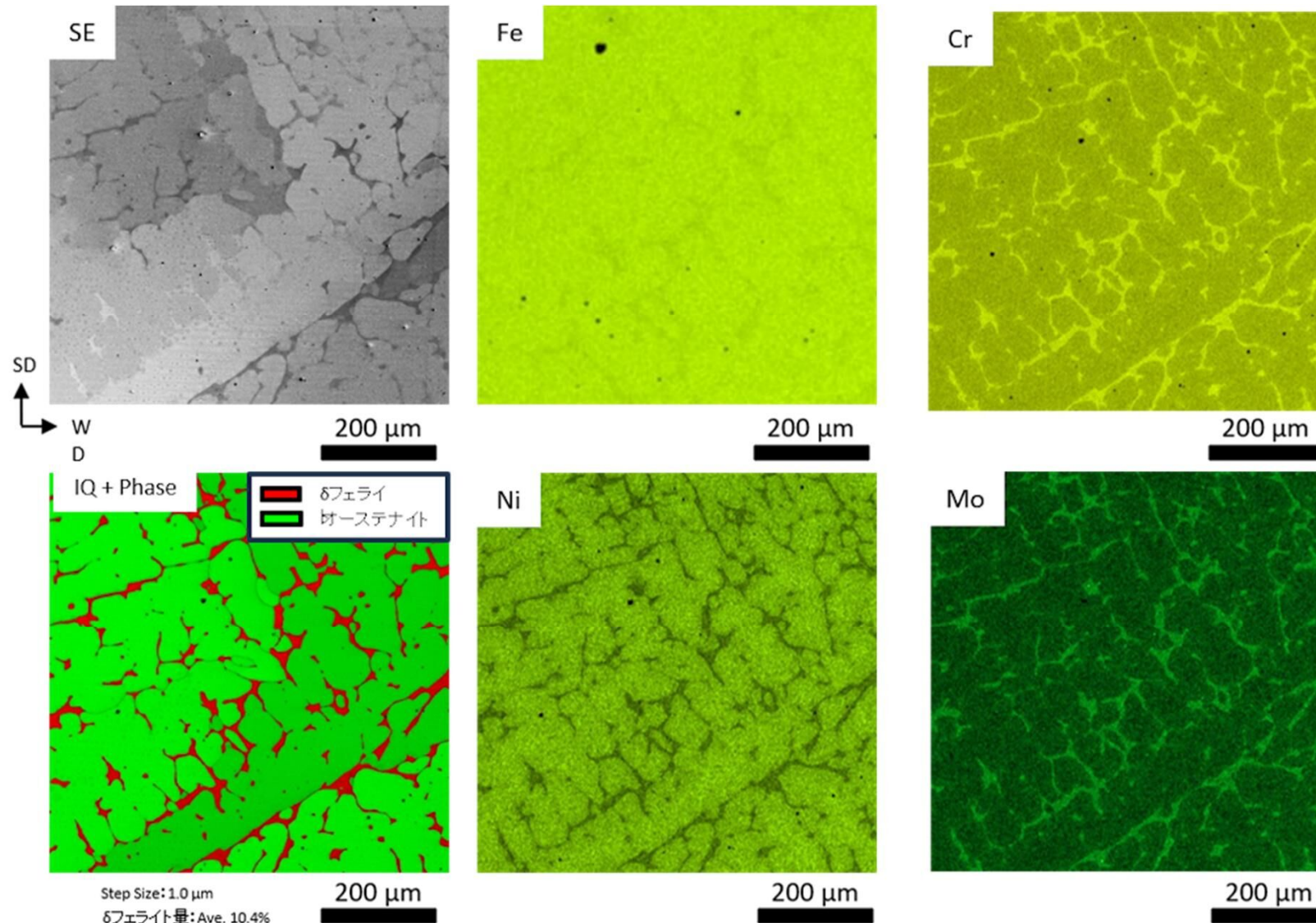


SCS16Aの初期組織／試験片中心付近

δフェライト（10%）とオーステナイト相

（Cr, Mo リッチ）

（Ni リッチ）

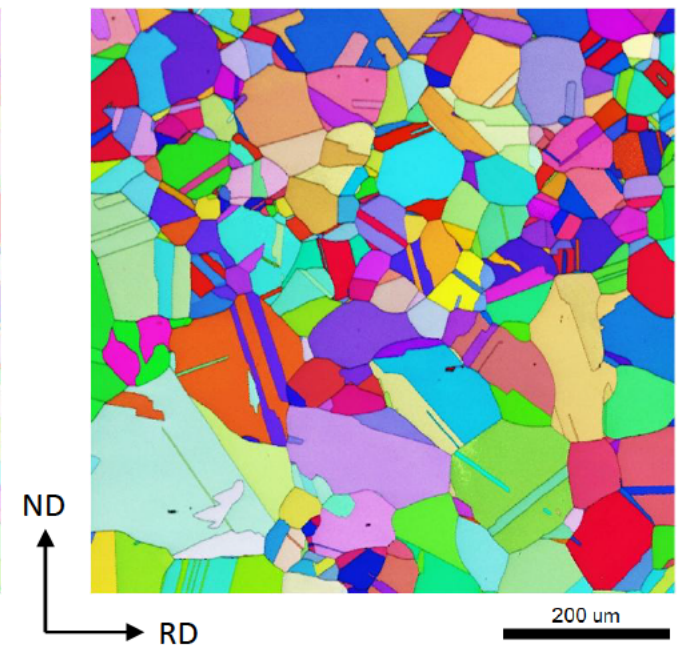
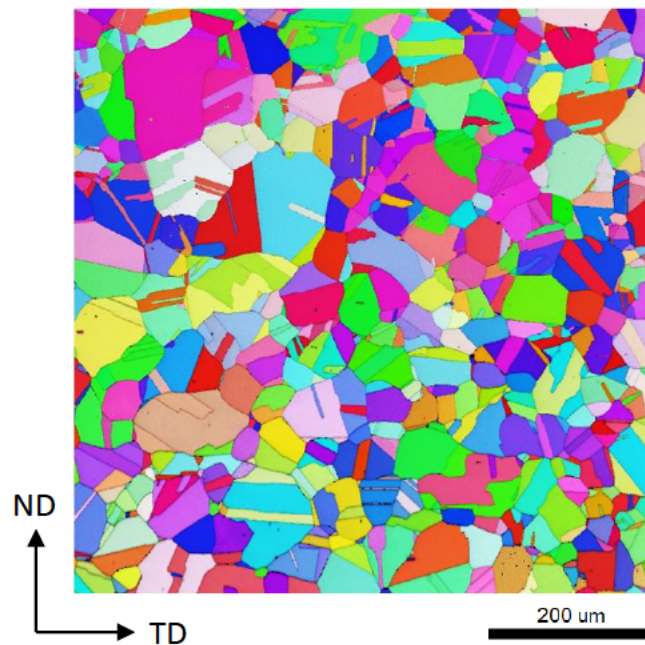
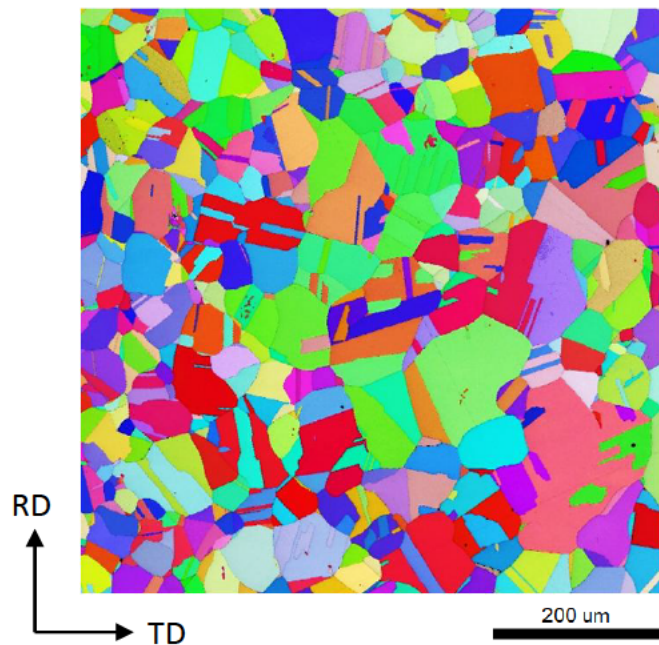


(参考) SUS316Lの化学組成・初期組織

最終熱処理: (JIS G4304:2021) 1120°C × 4 min. WQ

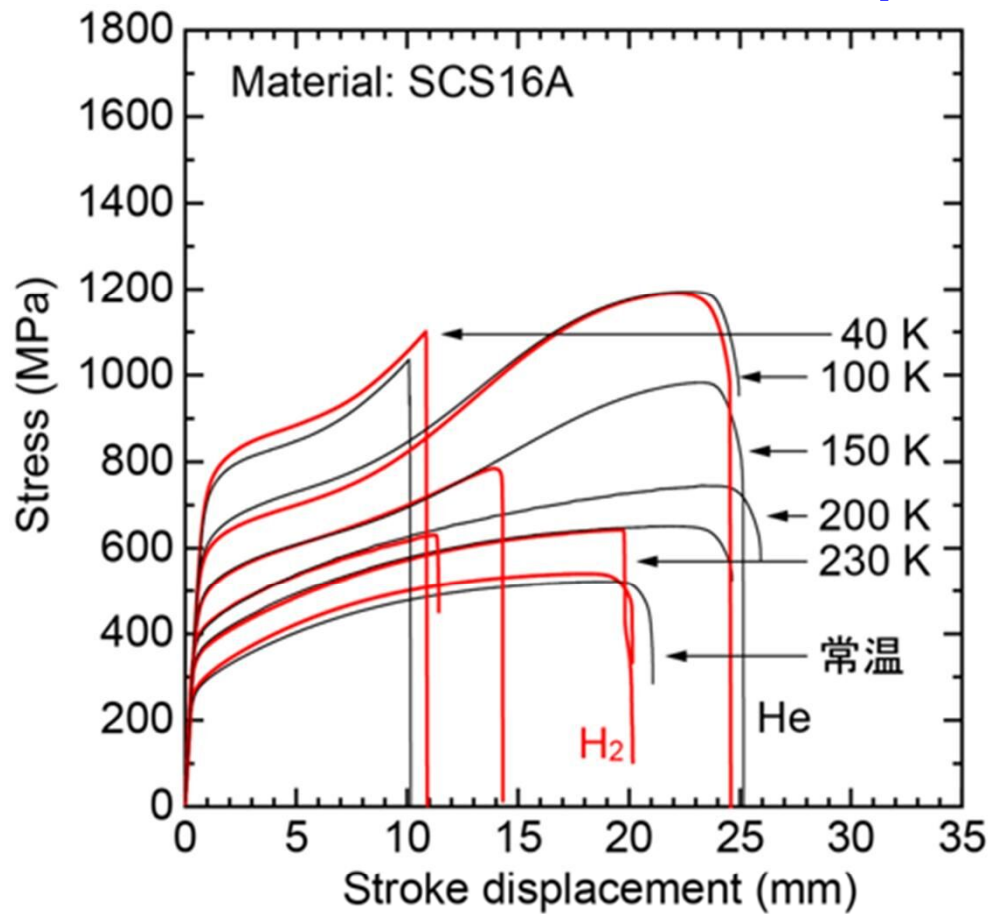
	C	Si	Mn	P	S
JIS G4304	≤ 0.030	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.045	≤ 0.030
実績	0.017	0.52	0.84	0.029	0.002

	Ni	Cr	Mo	N*	Cu*
JIS G4304	12.00~ 15.00	16.00~ 18.00	2.00~ 3.00	-	-
実績	12.08	17.44	2.23	0.0346	0.25

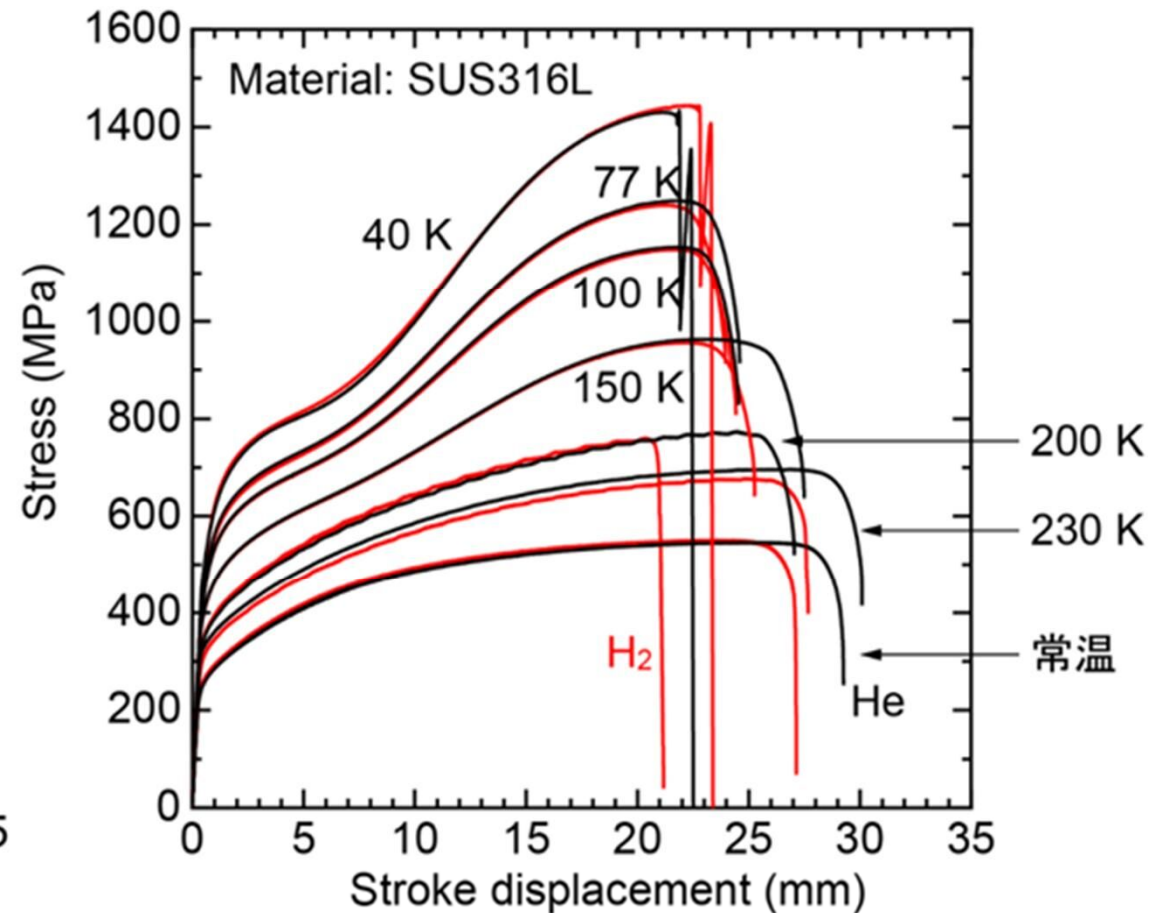


3. 研究開発成果について - 応力-ストローク線図 -

SCS16A : 200K付近で水素による延性低下



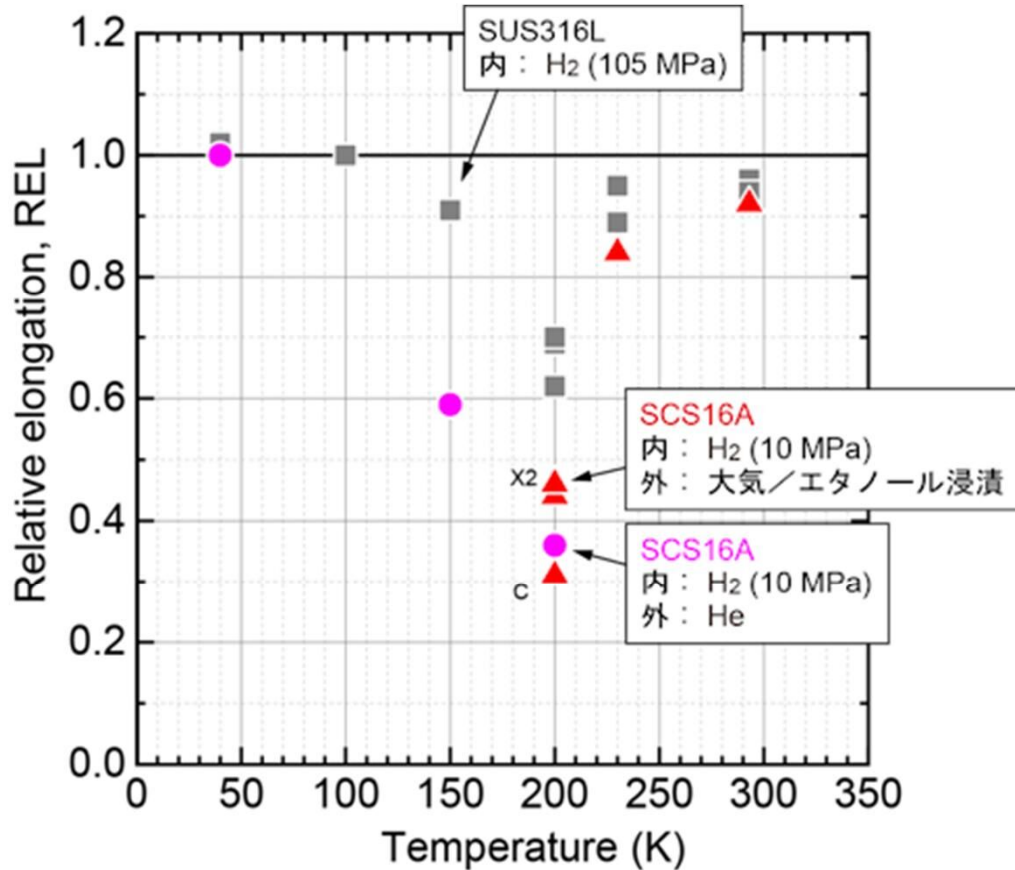
初期ひずみ速度: $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$



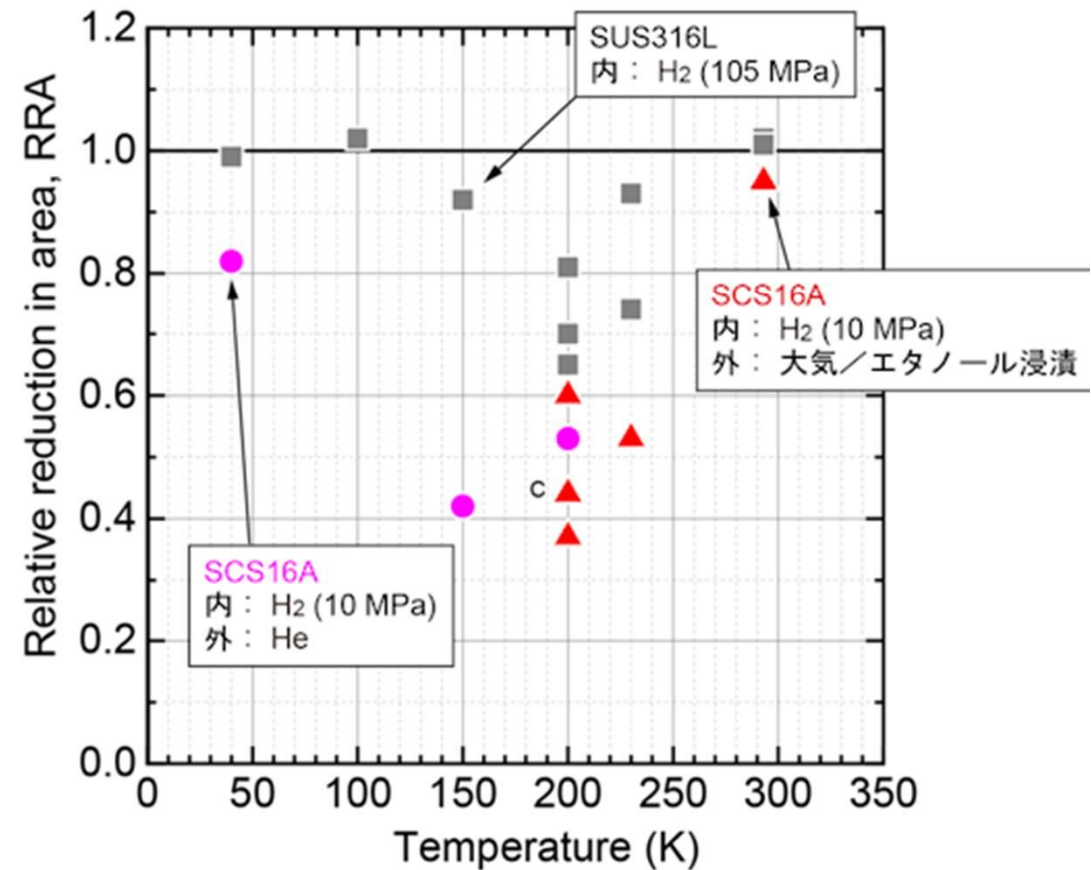
SUS316L
Ni_{eq} (平山): 26.9%

3. 研究開発成果について - REL, RRAの温度依存性 -

SCS16A : SUS316Lと比べてREL・RRAともに低い



REL : 相対破断伸び



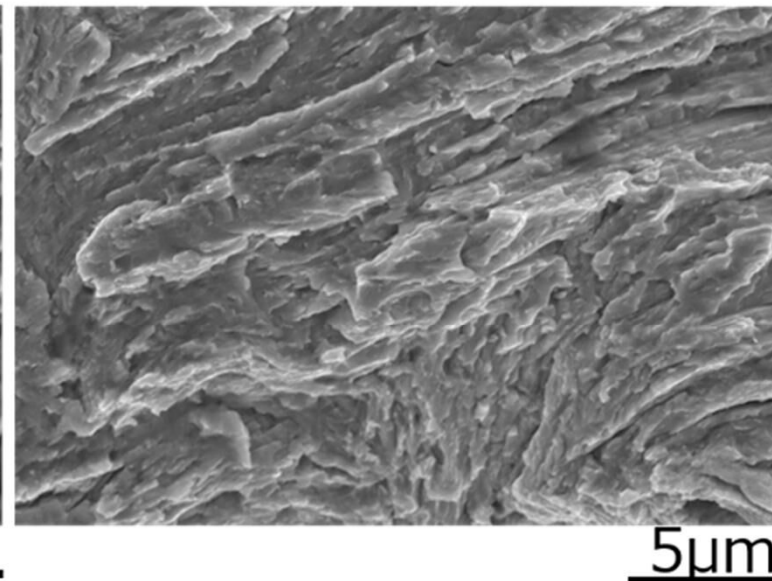
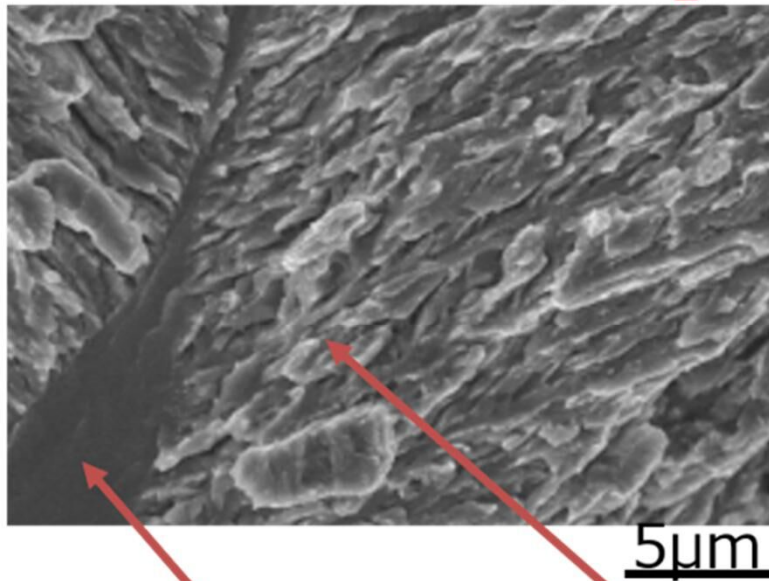
RRA : 相対絞り

$$REL = EL_{H_2} / EL_{He}$$
$$RRA = RA_{H_2} / RA_{He}$$

SCS16A破面形態／SUS316Lとの比較

オーステナイト相領域の破面形態は
SUS316Lの形態に類似
⇒共通の水素脆化メカニズムを示唆

SCS16A (200 K, H_2) SUS316L (200 K, H_2)



δフェライト オーステナイト (γ)

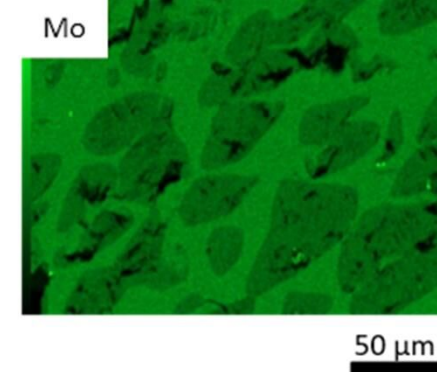
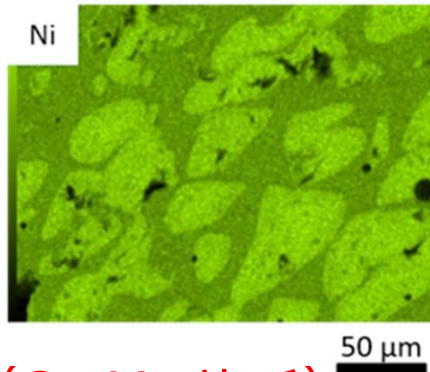
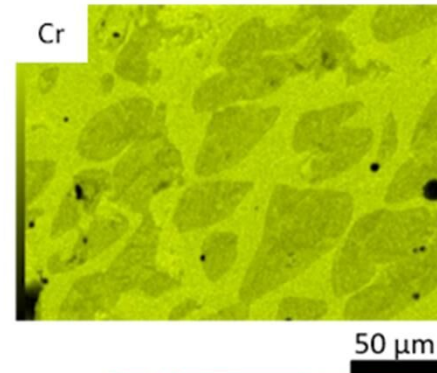
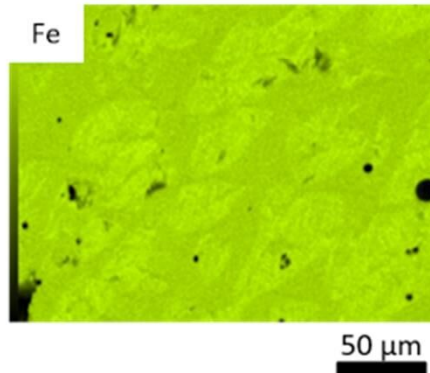
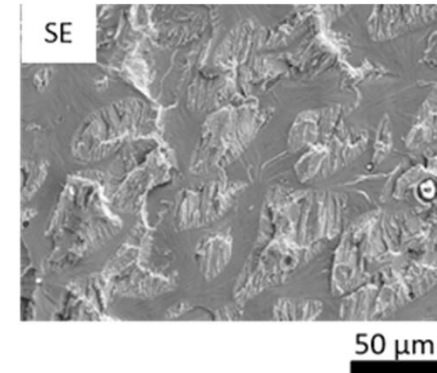
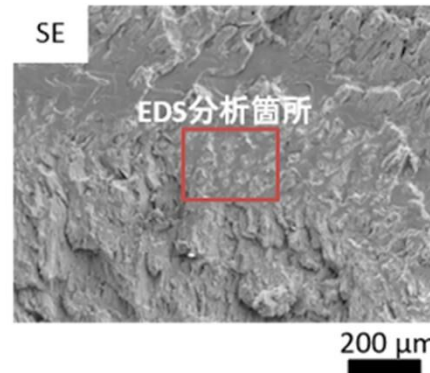
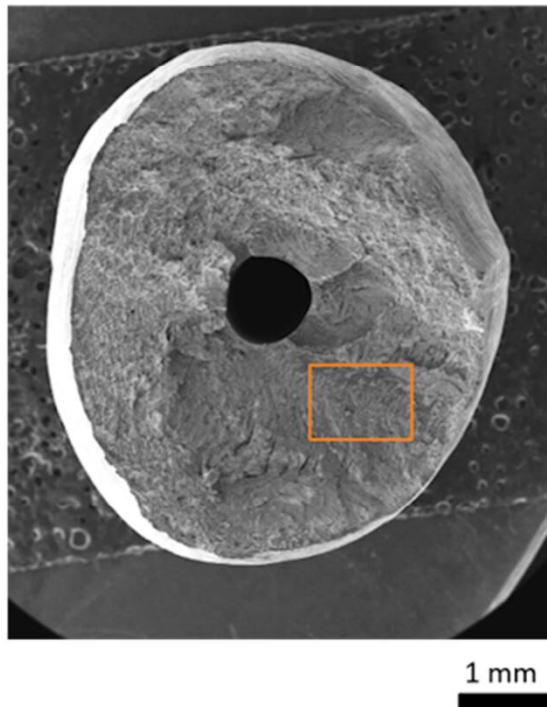
破面形態 (SCS16A)

水素暴露側の破面で δ フェライト相（平坦な領域）が多い
⇒延性低下と関連

200 K

内環境: 10 MPa H_2

外環境: He



平坦な領域・・・ δ フェライト (Cr, Mo リッチ)
凹凸のある領域・・・オーステナイト (Ni リッチ)

4. 今後の見通しについて

- 高圧／低温度領域での耐水素特性について信頼性の高いデータ公開

- 中空試験片方式に関心のある民間企業・研究機関への情報提供や技術交流



- 国内産業育成、競争力強化につなげ、水素社会の実現に寄与

- 中空試験片方式の普及を促進し、水素適合性試験の低コスト化・高スループット化に貢献