

金属加工部材の水素・アンモニア 利用環境適合性評価技術の開発 (第1報)

金属・物性科
分析・化学科
南相馬技術支援C

○工藤弘行
伊藤弘康
穴澤大樹

背景

脱炭素社会の機運が高まり、発電・エネルギー分野で、**過酷環境**
(水素、アンモニア、高温、低温など) で金属材料が使用されるケースが増えている。

素材メーカーから購入してそのまま使用する場合と異なり、鋳造、溶接、曲げ加工などの「**金属加工部材**」は**材料特性が低下**するため、加工を行う企業が独自に評価をする必要性がある。

しかし、**加工企業**だけでなく**発注元企業**も材料評価ノウハウが無く、困っている。

加工企業

発注元企業

A社

X社
Y社
Z社

想定される最終製品

港湾 燃料受入設備

↓
統一的評価の可能性を模索

目的

ハイテクプラザや近隣の研究機関で、
過酷環境で使用される金属加工部材の適合性を
安価、短時間で評価できる技術を開発する。

現状

試験できる機関が5~10機関。

料金 1シリーズ 百万円 ~数百万円

水素脆化試験 1年待ち

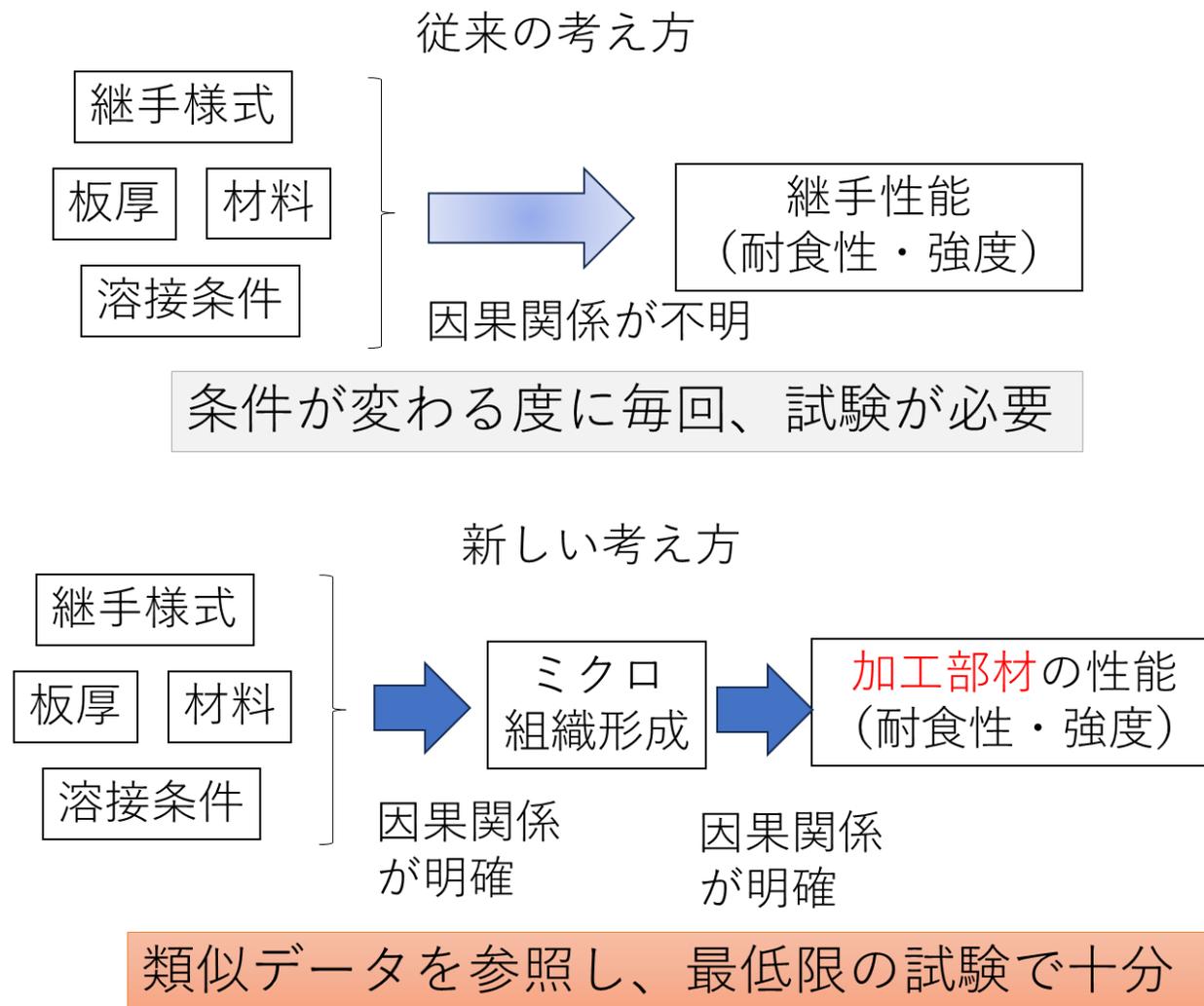
ハイテクの強み

溶接や熱処理など**金属加工の過程**や、

破壊・腐食など不具合メカニズムの理解に基づいた手法で、

県内企業の加工部材を評価することで、製品採用の後押しをする。

具体的なアプローチ（新しい考え方を導入）



対象材料（二相ステンレス鋼）

正式には、オーステナイト・フェライト二相ステンレス

アンモニア タンクでSUS304に替わる材料として有望視される。

SUS304 オーステナイト系ステンレス 耐食性は良いが、強度（耐力）不足

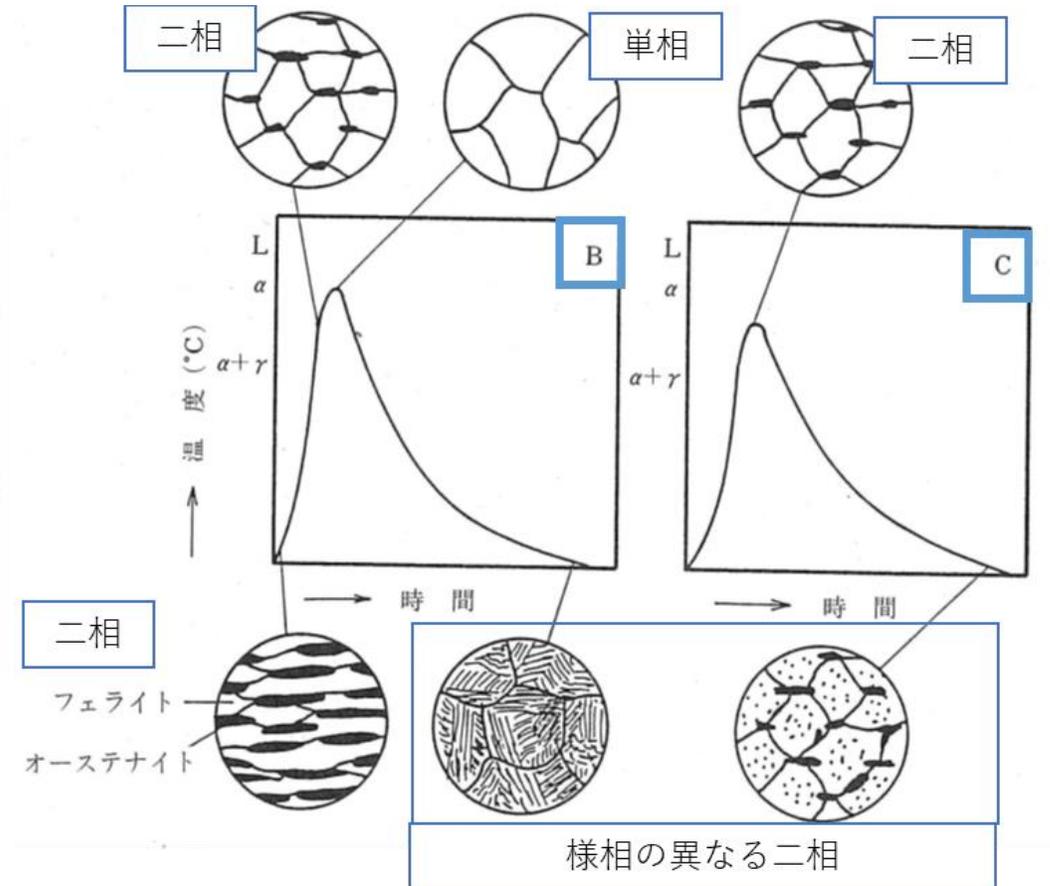
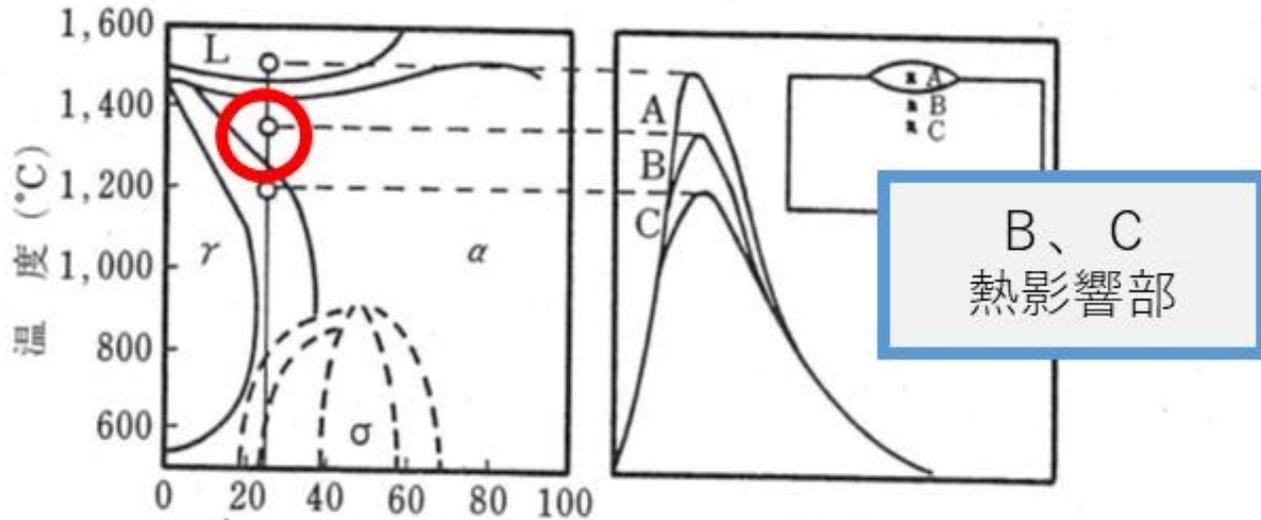
通称「リーン二相」：リーンは高価なNiを節約した意味

リーン二相ステンレス	
材種番号	主要な化学成分
SUS821L1	21Cr-2Ni-3Mn-Cu-0.17N
SUS329J1	23Cr-5Ni-1Mo-0.17N
オーステナイト系ステンレス	
材種番号	主要な化学成分
SUS304	18Cr-8Ni
SUS316L	18Cr-12Ni-2Mo

溶接部でのアンモニアSCC（応力腐食割れ）
が最重要とみられる

ミクロ組織形成の根拠 (状態図と熱履歴)

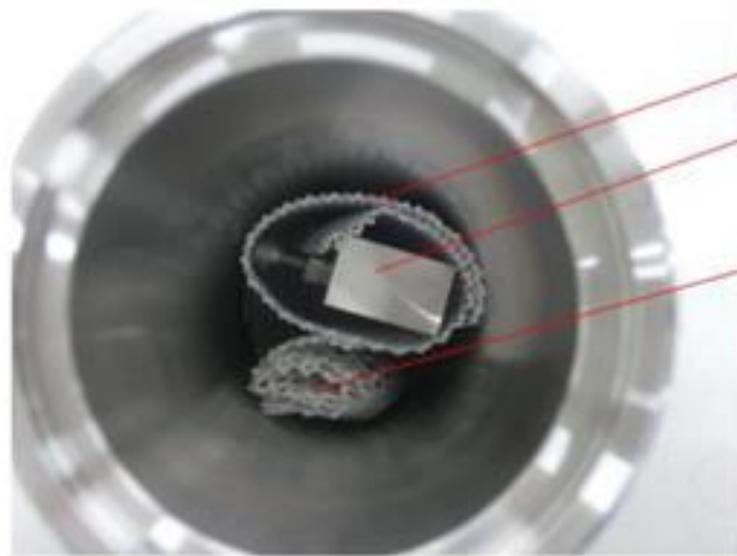
二相ステンレスの平衡状態図



実施内容① 液体アンモニア浸漬試験

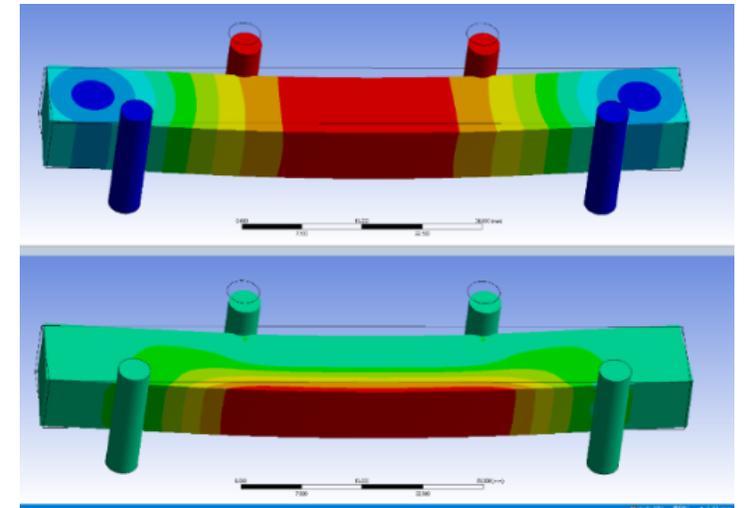
委託分析

- ① 単純腐食 . . . 板材試験片
- ② 応力腐食割れ . . . 板材試験片 + 4点曲げ治具



PTFE製ネット
応力腐食曲げ試験片
板形状試験片

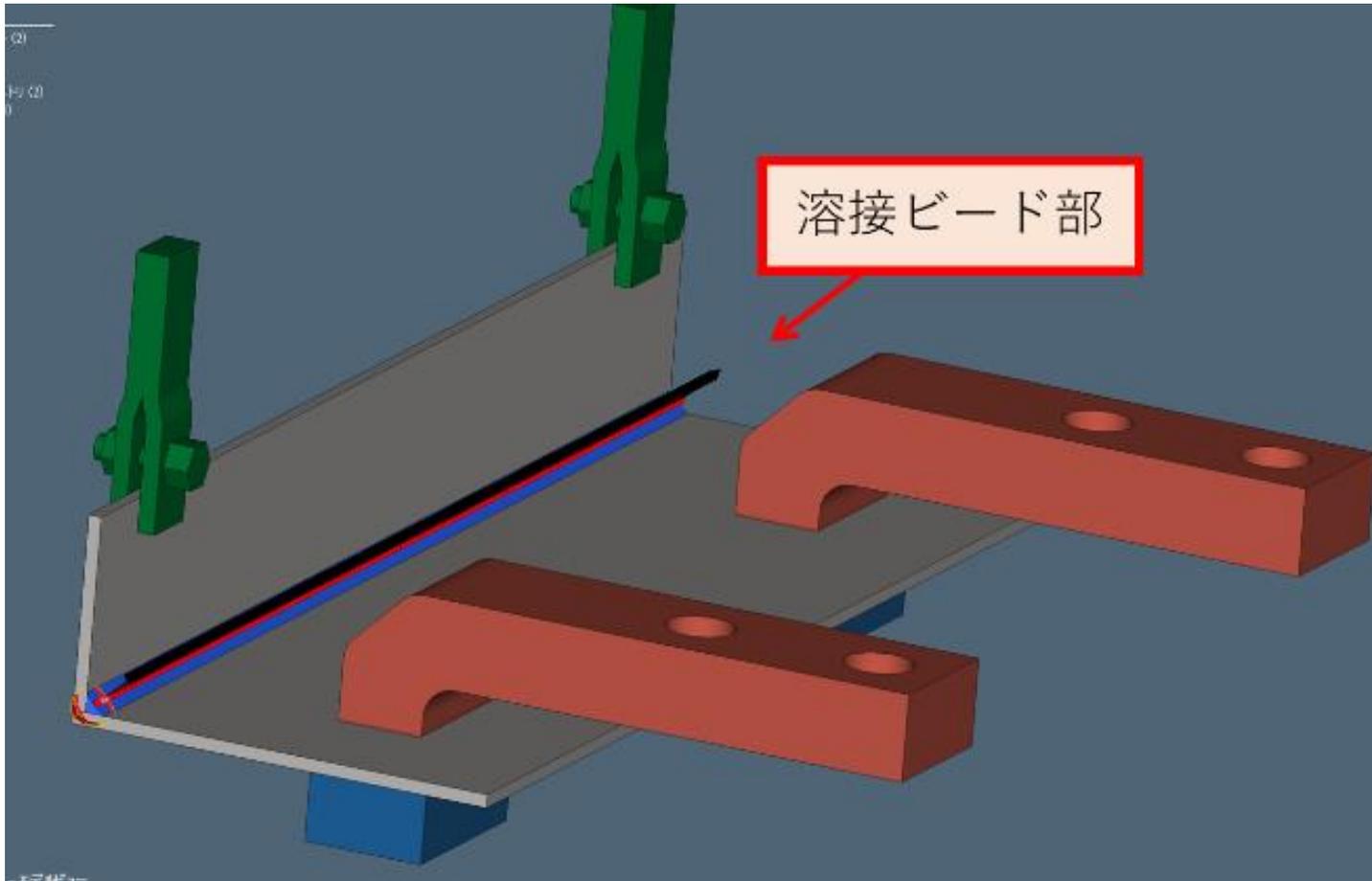
-33°C、96h



民間の受託試験機関でも、始まったばかりの段階

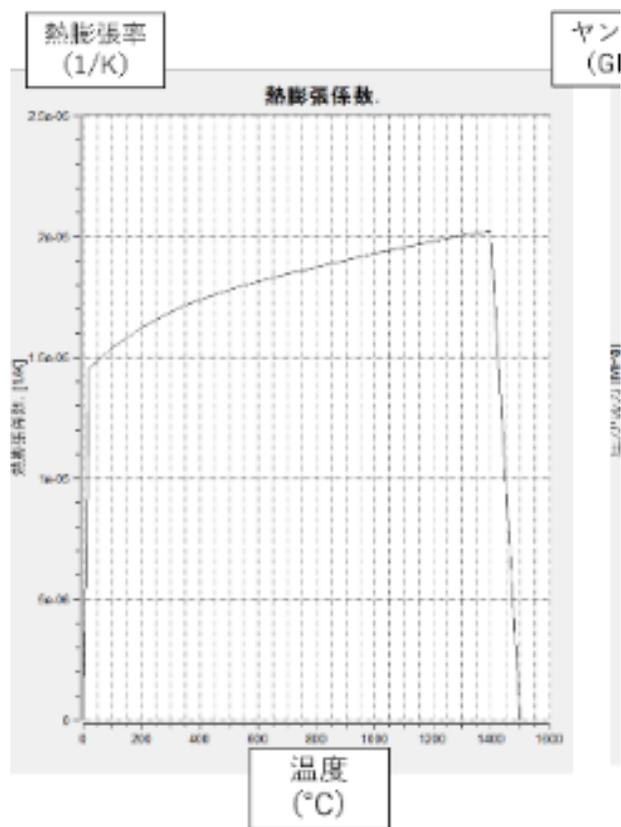
実施内容②（解析モデル）

隅肉溶接



実施内容②（材料データベース）

溶接CAEは、室温～融点まで、広い温度範囲の温度依存性込みの物性値が必要



Simufact Material 2023.4	
File	エクストラ ヘルプ
材料	
	742 の 8 材料データの検索
データレコードプロパティ	
Name	値
材料グループ	ステンレス鋼
アプリケーションの領域	Welding
温度 [°C]	何も選択されていません
材料条件	何も選択されていません
標準	何も選択されていません
塑性モデル	何も選択されていません
材料のプロパティ	何も選択されていません
インポート元	何も選択されていません

材料	最低温度 [°C]	最高温度 [°C]
316H_sw	20	1400
316L_sw	23	1400
316LNSPH_sw	20	1500
316L-w_sw	23	1400
H400_sw	20	1450
X2CrTiNb18_sw	25	1500
X5CrNi18-10_sw	20	1500
X5CrNi18-9-sw	20	1500

二相ステンレスのように、比較的新しい、マイナーな材料はリストに無い。

実施内容③（材料物性値計算）

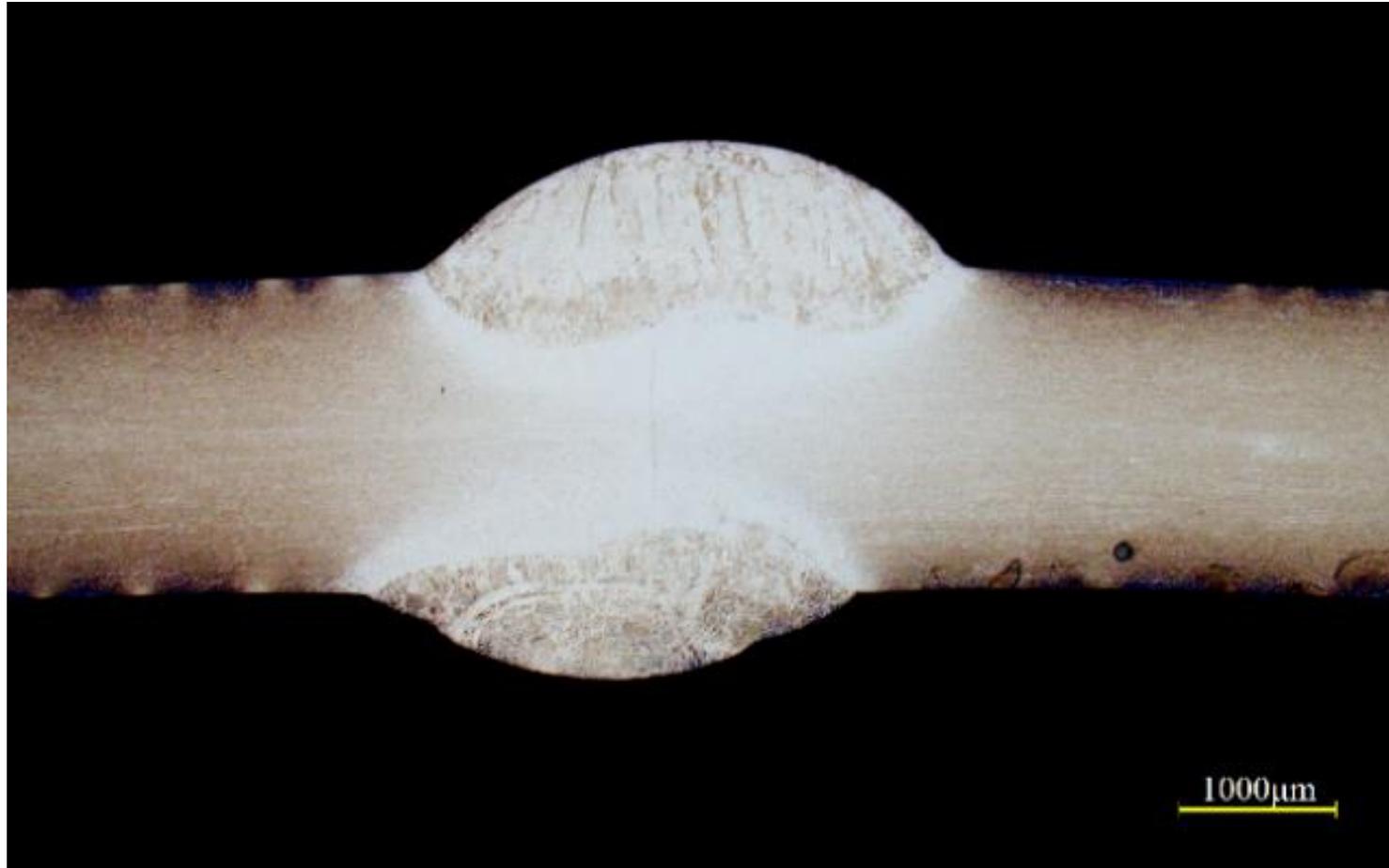
使用ソフト「JMatPro」



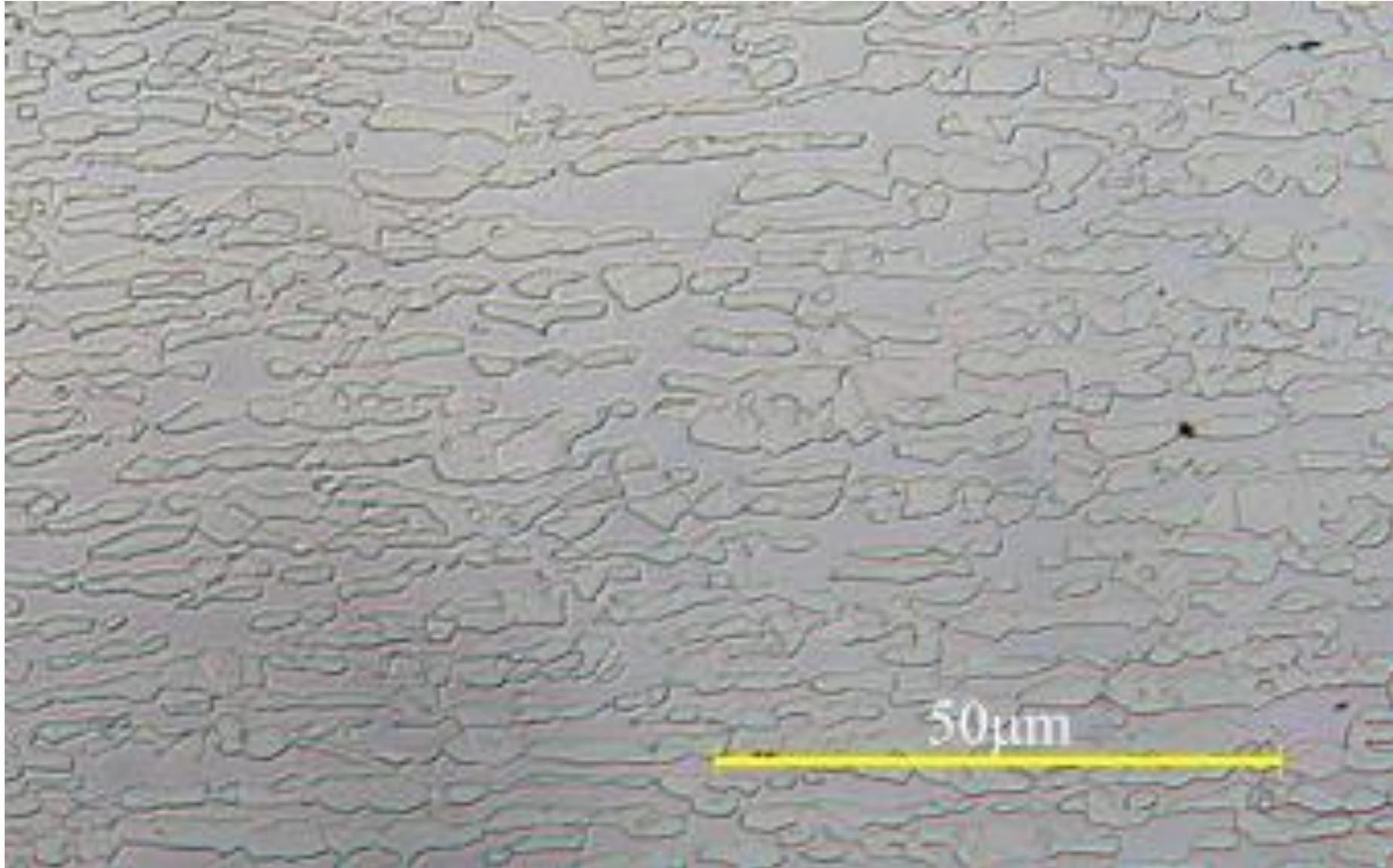
- ◆ リストに無かった二相ステンレスの物性値を計算する
- ◆ 組織形成の予測に使えるデータを算出する。

結果① (SUS821マクロ写真・浸漬前)

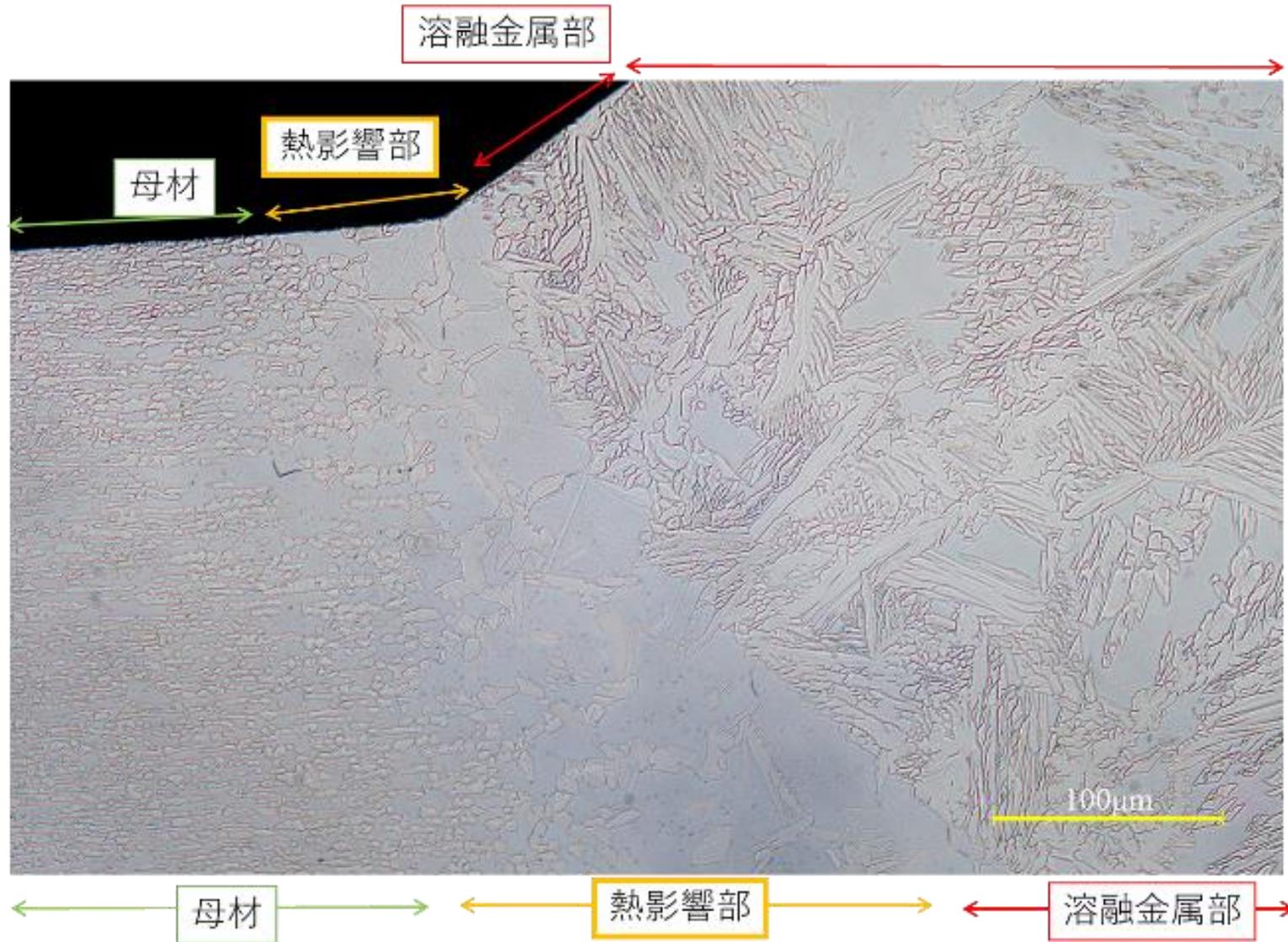
白い部分が「熱影響部」



結果① (SUS821母材写真・浸漬前)



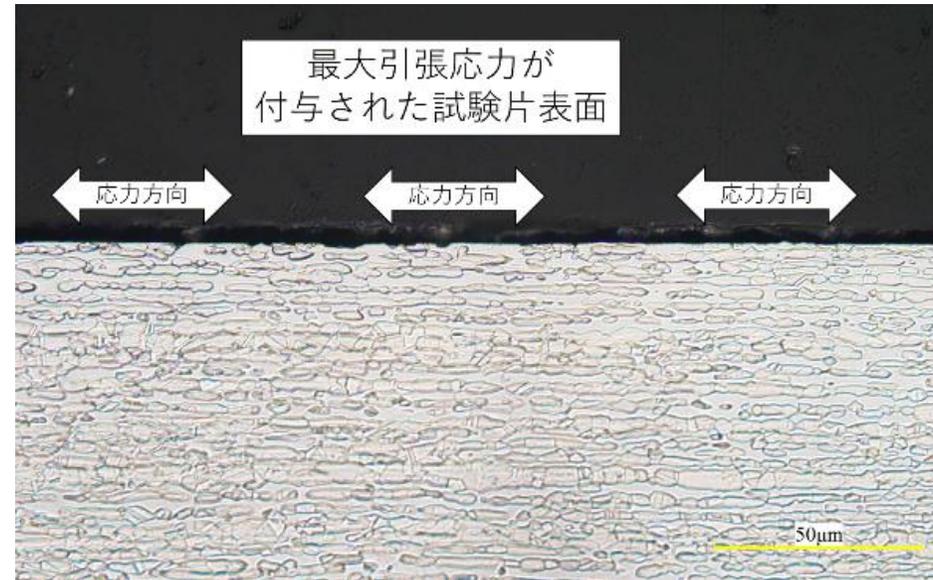
結果① (SUS821母材写真・浸漬前)



◆オーステナイト相の消失

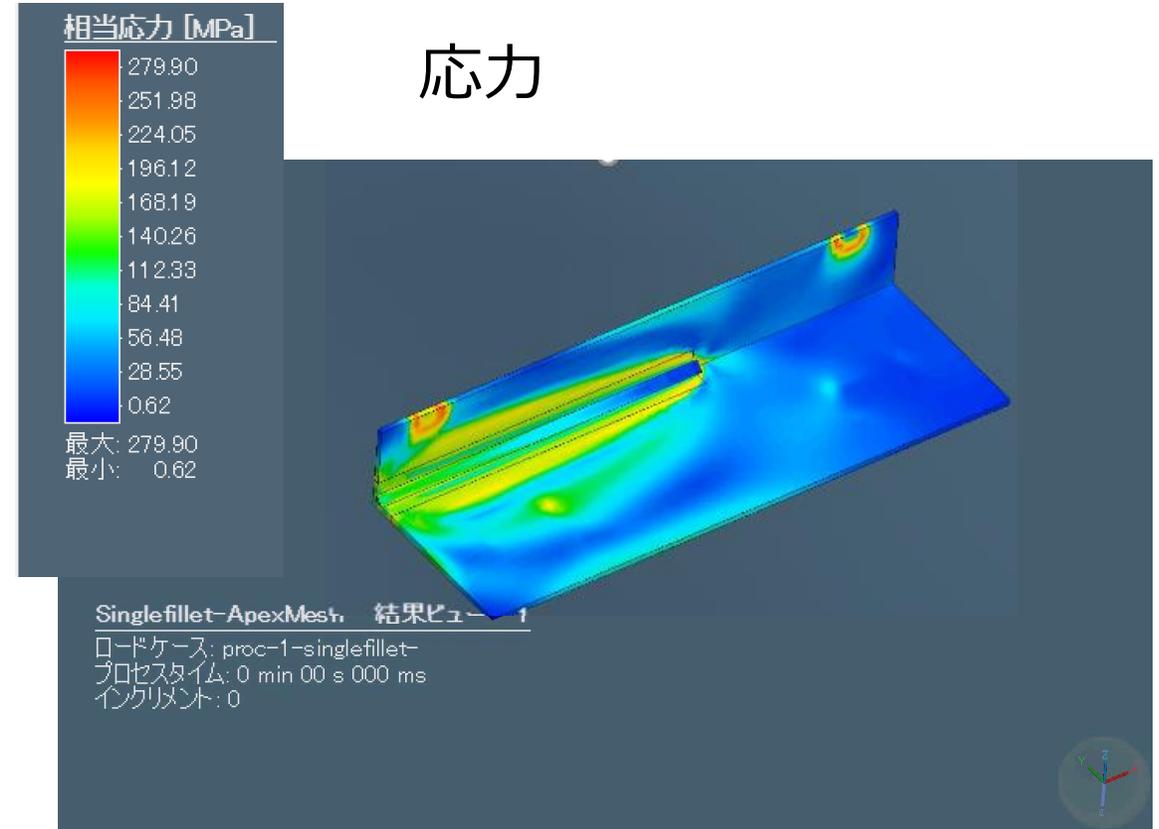
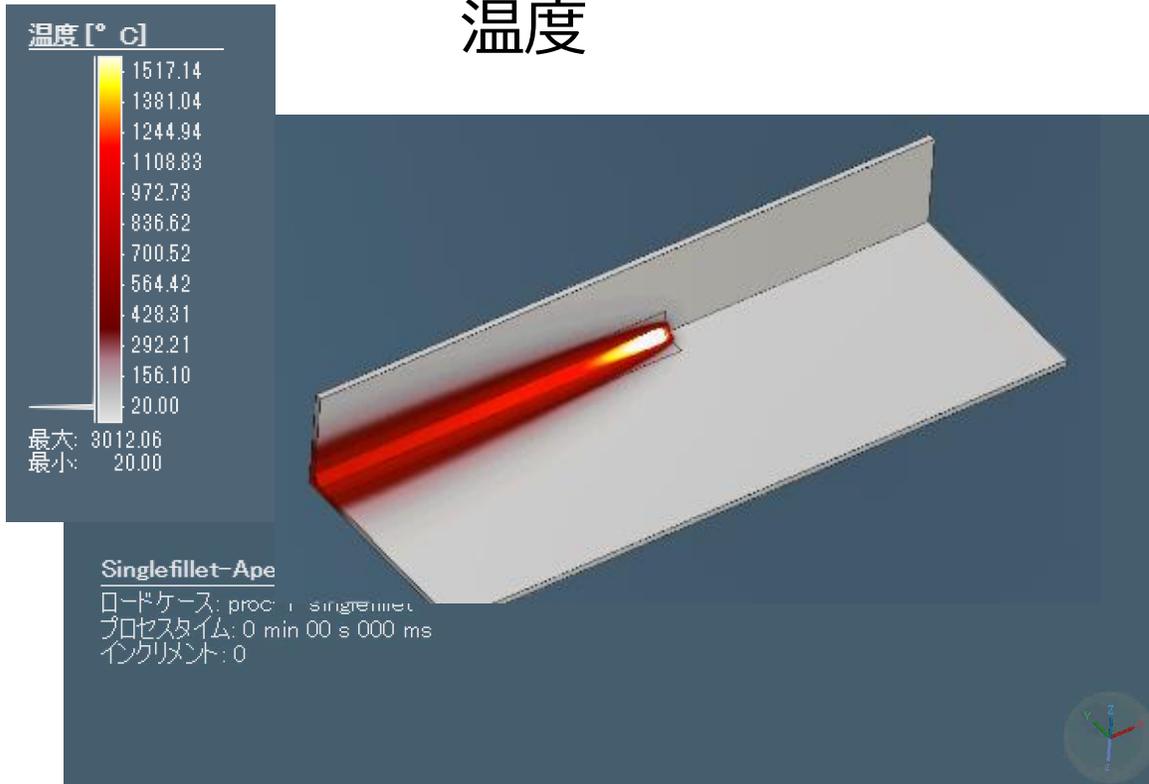
◆フェライト相の
結晶粒粗大化

結果① (SUS821浸漬試験後の観察)



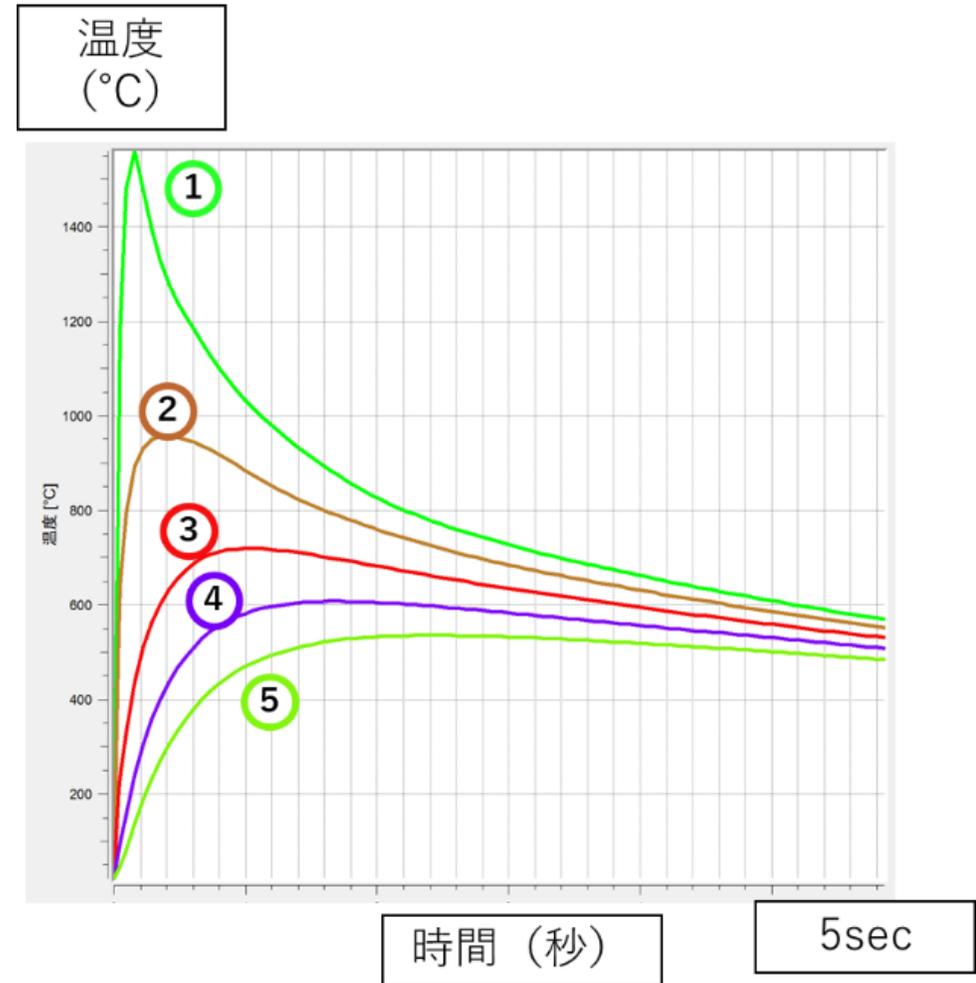
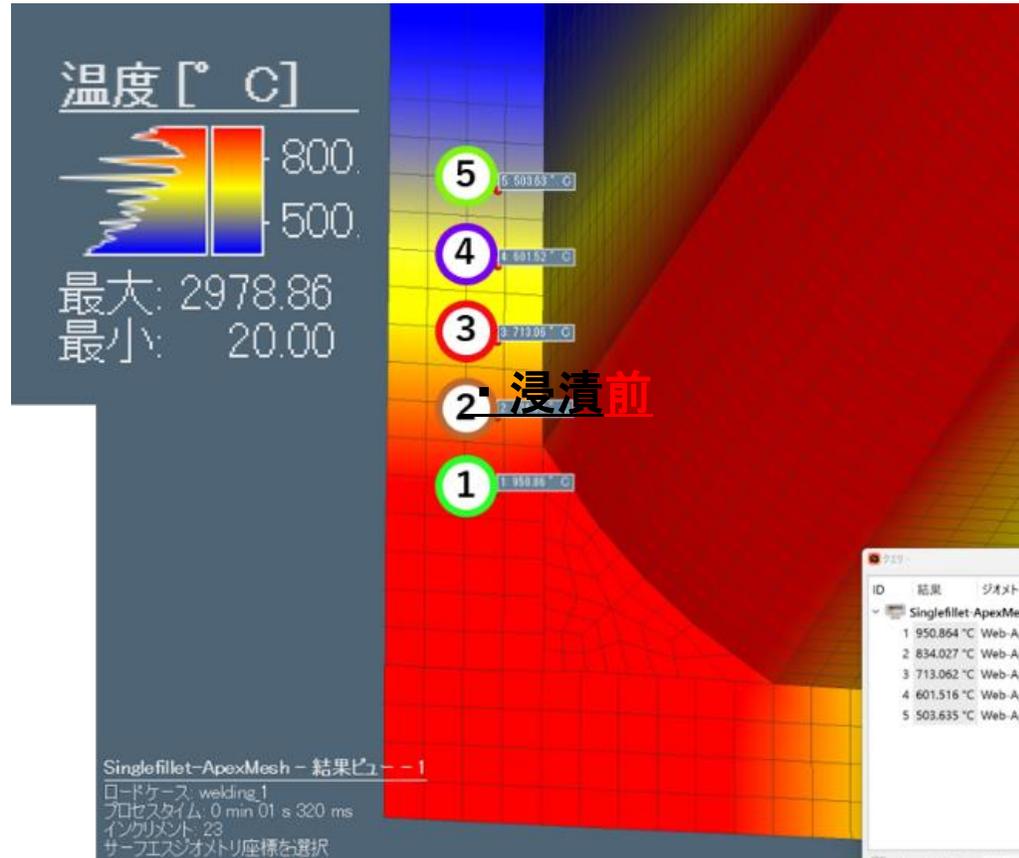
孔食、亀裂などの異常なし ⇒ 96 h の浸漬に対して十分な耐食性

結果② (溶接CAE)



溶接の過程を計算できていることを確認

結果②（溶接CAEによる熱履歴計算）



僅かな位置の違いに応じた、熱履歴計算が可能

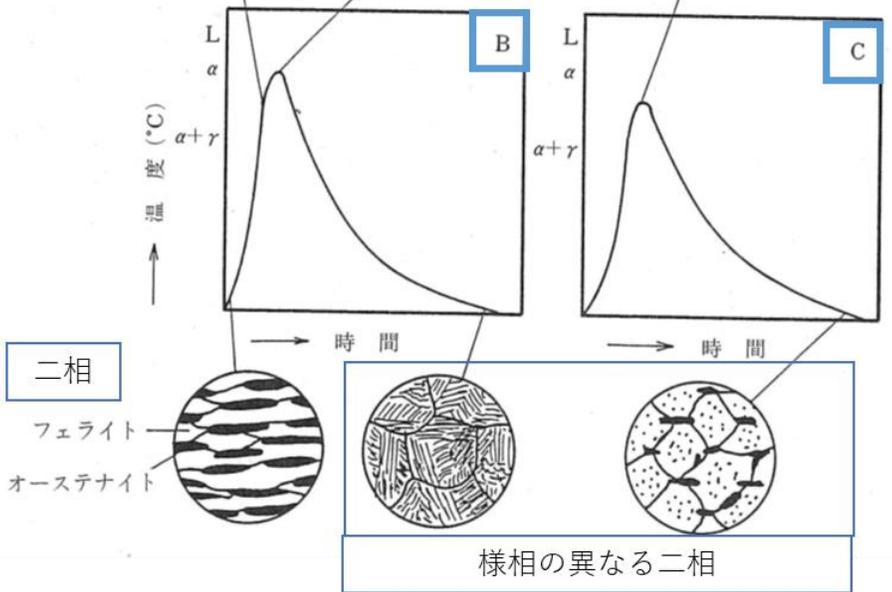
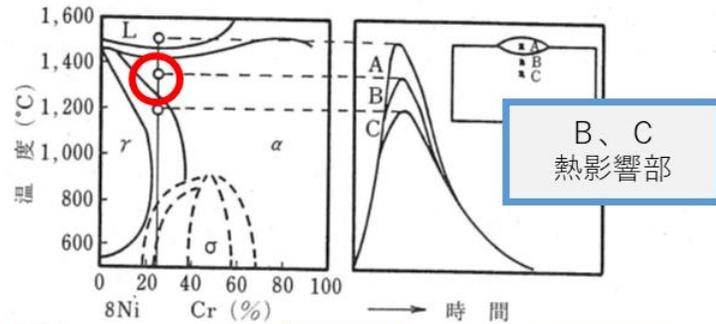
考察（評価手法の提案） 「熱履歴に着目」

従来の考え（1995）

ステンレス鋼便覧より引用、追記

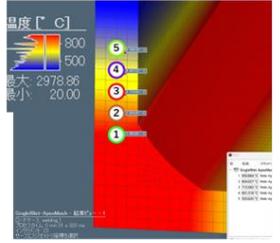
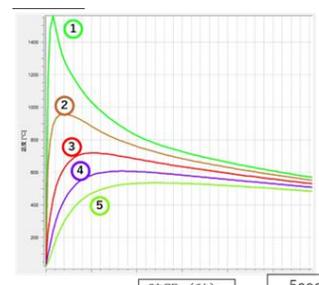
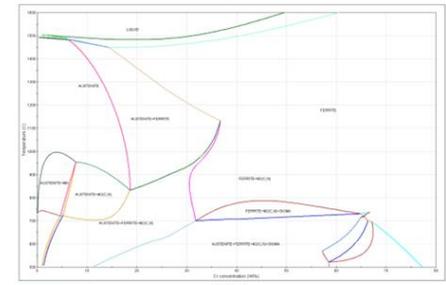
約30年の進化

当所提案の新手法（2024）



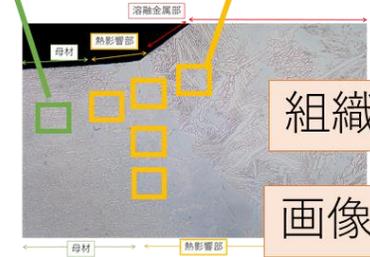
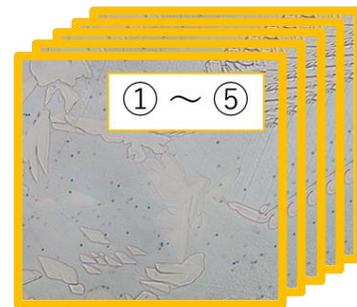
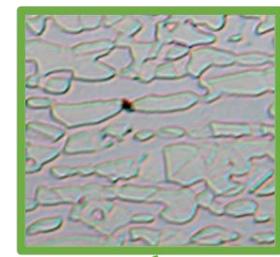
材料物性値計算CAE
JMatPro

溶接解析CAE
Simufact



元素分析

	Wt%
Fe	94.83
Al	0.0
Co	0.0
Cr	0.0
Cu	0.0
Mn	3.0
Mo	0.0
Nb	0.0
Ni	2.0
O	0.0
Si	0.0
Ti	0.0
V	0.0
W	0.0
C	0.0
N	0.17

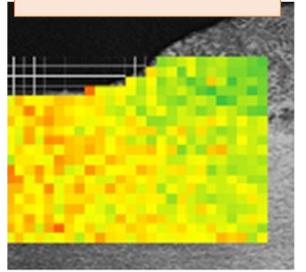


組織観察

画像処理

組織予測・硬さ予測

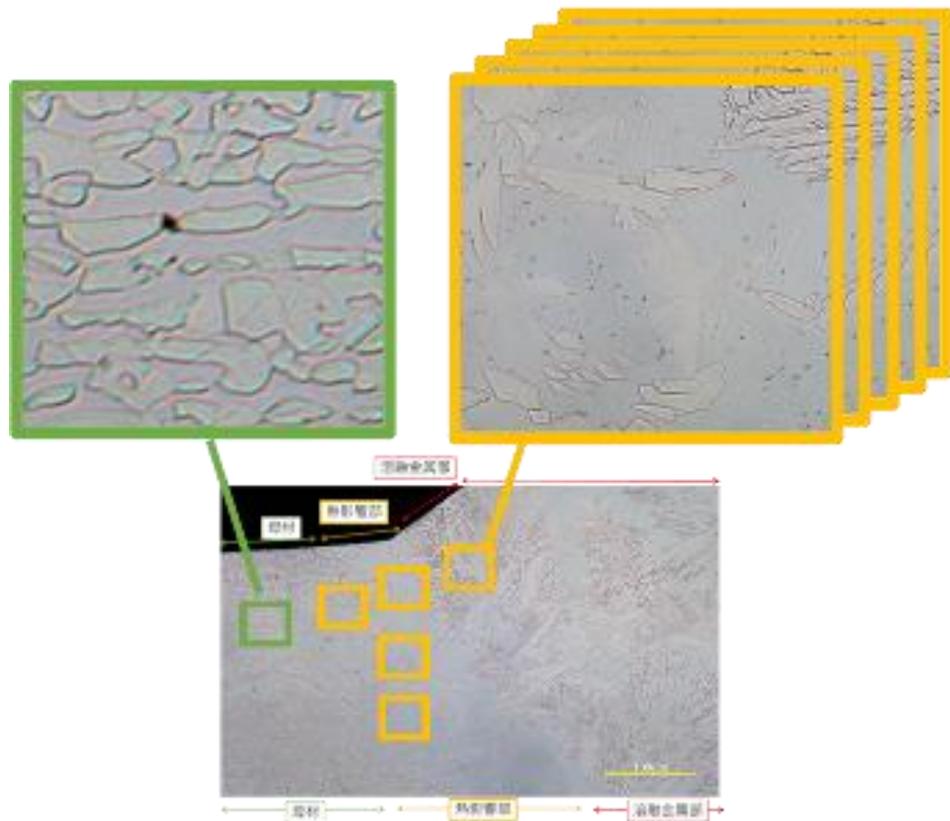
硬さ分布マッピング



考察（今後の試験：熱履歴に区分した評価）

6種類の材料とみなす。

母材
熱影響部を
熱履歴①～⑤に分類



液体アンモニア
浸漬試験

母材と熱履歴①～⑤の
耐食性を定量評価

まとめ

★ 液体アンモニア浸漬試験を実施し、安全な条件を確認した。

⇒ R6は、腐食電位を付与した試験を予定

★ 二相ステンレスを対象に、熱履歴に着目した評価手法を提案した。

⇒ R6に実施し、現実性と妥当性を検証

★ 来期R6より、水素脆化評価を本格化。陰極チャージ、昇温脱離水素分析。