

研究成果 1

Ni基合金HR6Wのクリープ条件下での
損傷シミュレーションと結晶方位解析

緒方 隆志



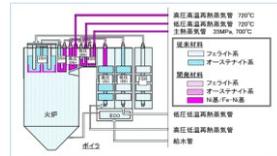
供試材料

Ni基合金HR6W (45Ni-23Cr-7W) 平均結晶粒径:約260 μ m

A-USC候補材としてクリープ強度、クリープ延性、大径厚肉管の製造性や耐熱疲労特性を重視し開発された



金属組織 100 μ m



A-USC発電プラント ボイラ

化学組成

C	Si	Mn	Cr	Fe	W	Ti	Nb	B	N	Ni
0.10以下	1.0以下	1.50以下	21.5-24.5	20.0-27.0	6.0-8.0	0.05-0.20	0.10-0.35	0.0005-0.006	0.02以下	Remainder



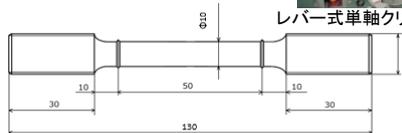
試験条件および試験装置

○実施試験: **クリープ試験**

- 試験条件
 - 温度: 750°C
 - 負荷応力: 105MPa, 95MPa
 - 各応力で**中断材**および**破断材**を作製
- 試験片寸法
 - 長さ: 130mm 標点距離: 50mm, ϕ : 10mm



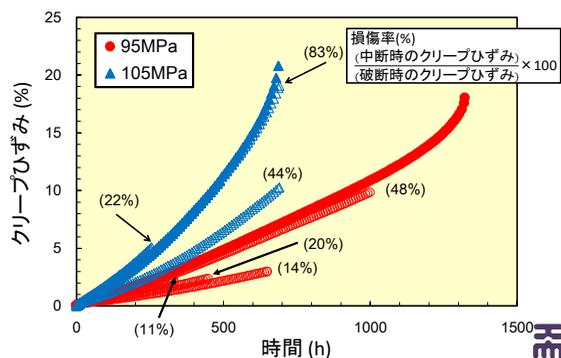
レバー式単軸クリープ試験機



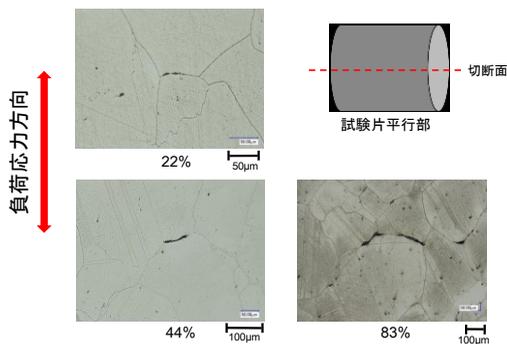
試験片形状



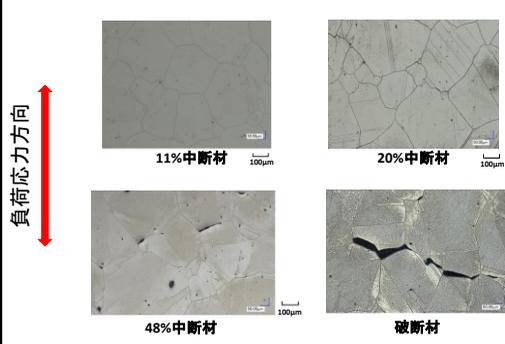
クリープ試験結果

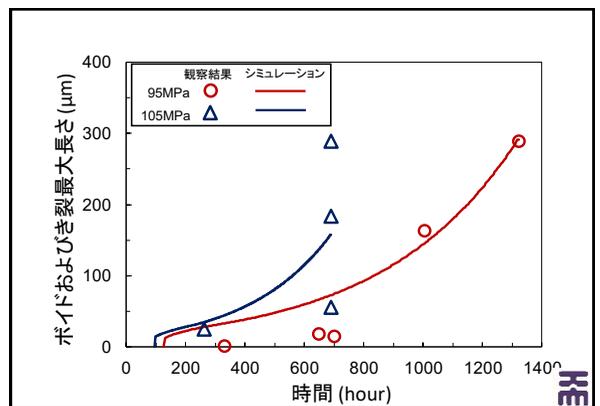
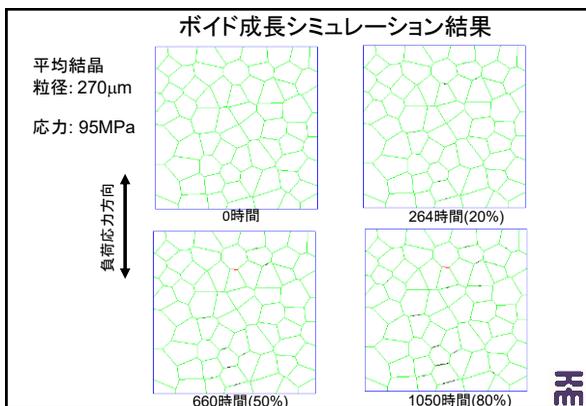
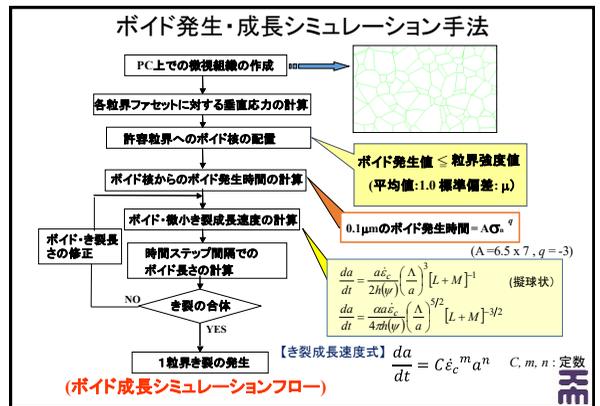
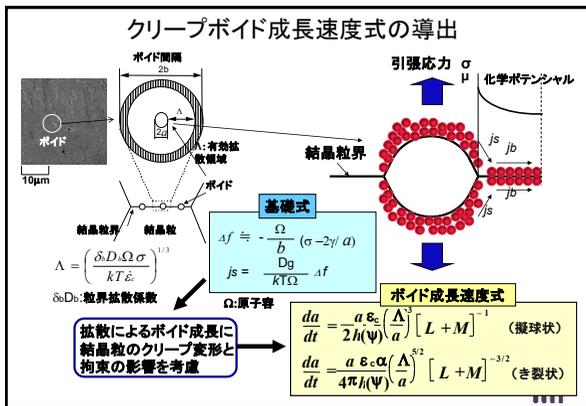
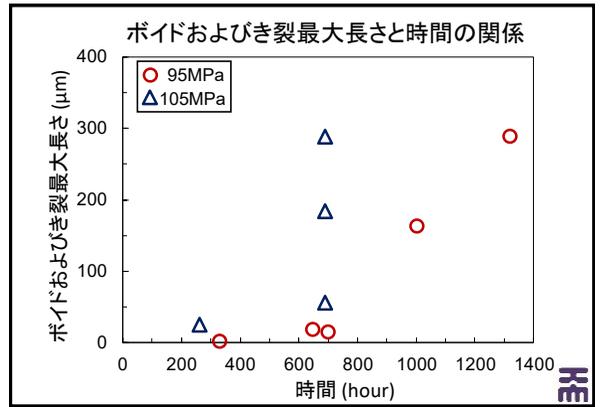
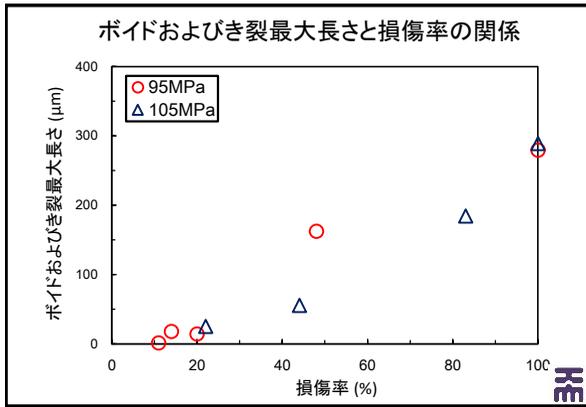


損傷材の縦断面観察(応力105MPa)



損傷材の縦断面観察(応力95MPa)





研究成果 2

改良9Cr-1Mo鋼溶接継手のミニチュア試験片を用いたクリープ強度評価



背景

超々臨界圧火力発電プラントの高温蒸気配管には、高温強度に優れた改良9Cr鋼が使用されている。配管溶接部では熱影響部(HAZ)でクリープ損傷(Type IV損傷)の進行が懸念されている。



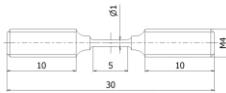
火力発電プラント高温配管

溶接部のクリープ損傷を予測するには、各部位のクリープ特性を取得し、有限要素解析による応力、ひずみ状態を明らかにする必要がある。

HAZや溶接金属は幅が狭く、標準サイズ試験片を採取することが困難であるため、微小な試験片を用いたクリープ試験によるクリープ特性の把握が必要となる。

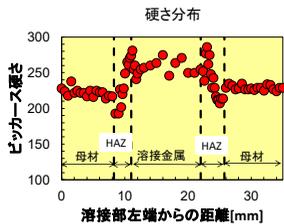
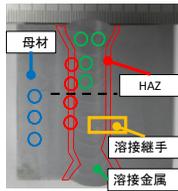


改良9Cr-1Mo鋼溶接継手およびミニチュア試験片



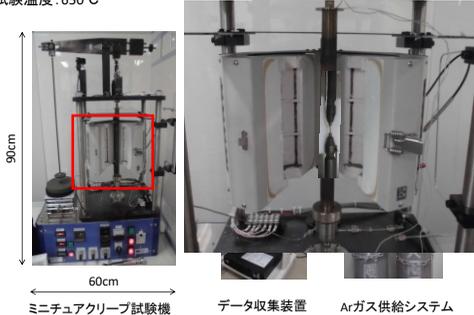
ミニチュア試験片

溶接方法	狭開先MAG溶接
溶接後熱処理	745°C × 150分



ミニチュア片を用いたクリープ試験方法

試験温度: 650°C



ミニチュアクリープ試験機 データ収集装置 Arガス供給システム



標準溶接継手を用いたクリープ試験



クリープ試験機



直径:10mm
平行部:50mm

標準溶接継手試験片

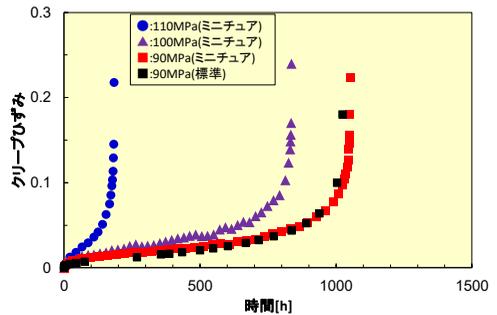
標準クリープ試験条件

温度: 650°C

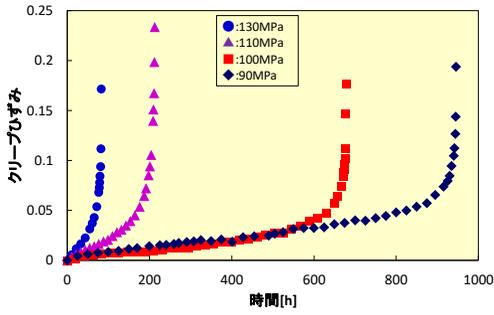
部位	応力 σ [MPa]
溶接継手	90 78 72 66



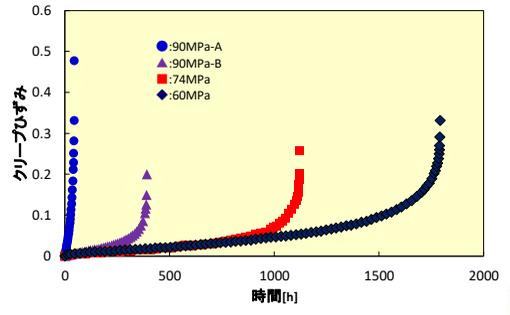
母材から採取したミニチュア試験片の試験結果



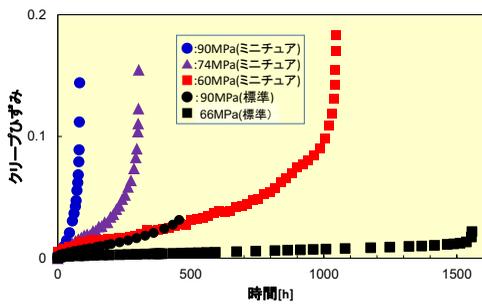
溶接金属から採取したミニチュア試験片の試験結果



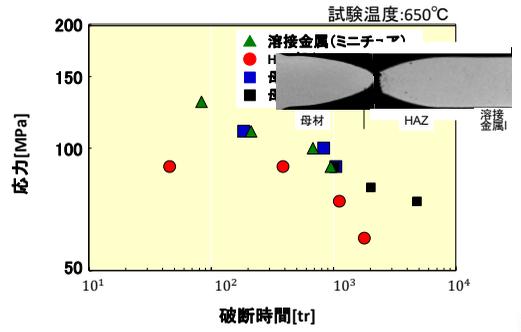
HAZから採取したミニチュア試験片の試験結果



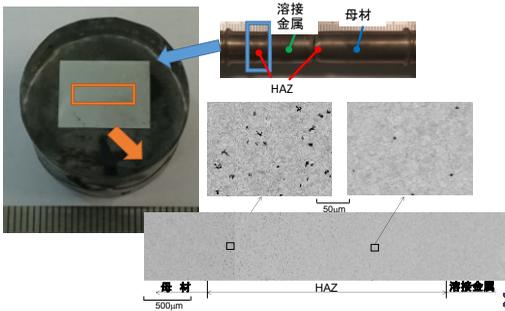
標準およびミニチュア継手試験片の試験結果



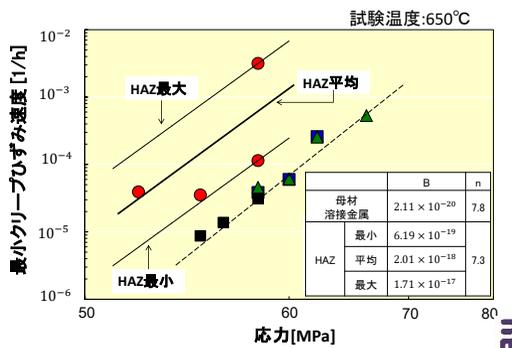
各部位から採取したミニチュア試験片の破断特性



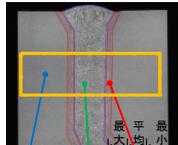
標準溶接継手HAZの組織観察



最小クリープひずみ速度と応力の関係



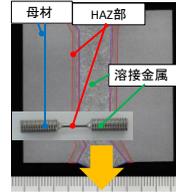
標準溶接継手試験片のFEM解析



- 解析モデル
直径10mm, 標点間50mm, HAZの長さを2mmとした丸棒単軸溶接継手クリープ試験片
- 解析条件
温度: 650°C、応力 σ : 60MPa
解析時間: 1500時間
Norton則: $\dot{\epsilon}_c = B\sigma^n$

	B	n
母材	2.11×10^{-20}	7.8
溶接金属		
HAZ最小	6.19×10^{-19}	7.3
HAZ平均	2.01×10^{-18}	
HAZ最大	1.71×10^{-17}	

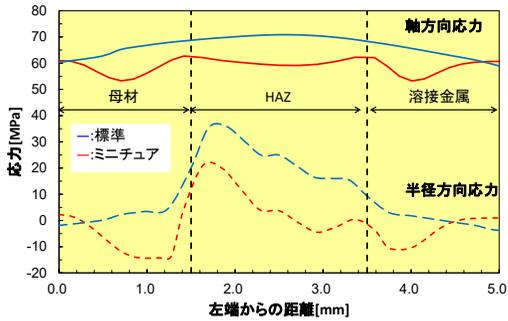
ミニチュア溶接継手試験片のFEM解析



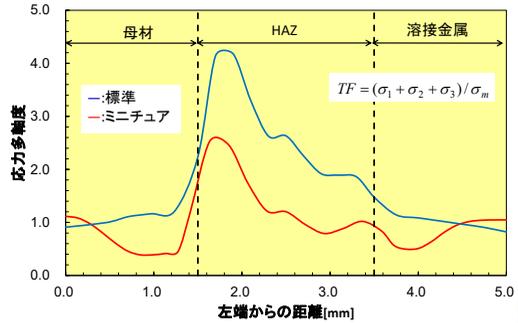
- 解析モデル
直径1mm, 標点間5mm, HAZの長さを2mmとした丸棒単軸ミニチュア溶接継手クリープ試験片
- 解析条件
温度: 650°C、応力 σ : 60MPa
解析時間: 1000時間
Norton則: $\dot{\epsilon}_c = B\sigma^n$

	B	n
母材	2.11×10^{-20}	7.8
溶接金属		
HAZ最小	6.19×10^{-19}	7.3
HAZ平均	2.01×10^{-18}	
HAZ最大	1.71×10^{-17}	

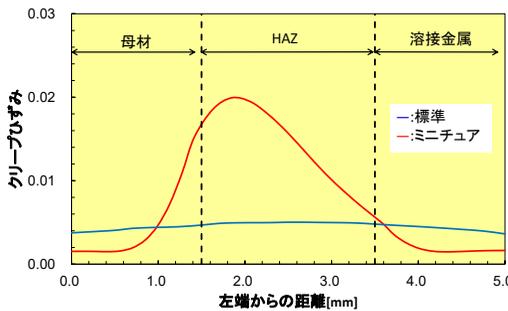
溶接継手試験片内の応力成分分布の比較



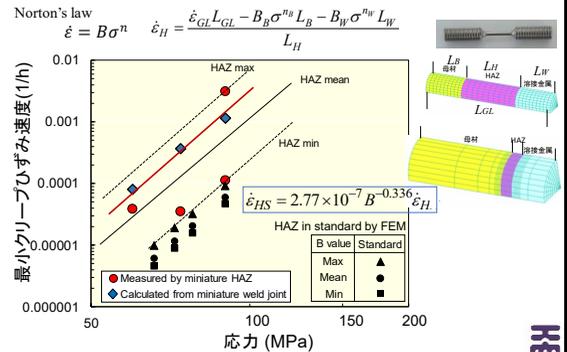
溶接継手試験片内の多軸係数分布の比較



溶接継手試験片内のクリープひずみ分布の比較



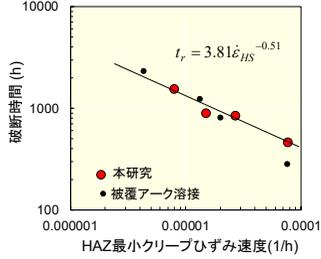
ミニチュアおよび標準試験片HAZの最小クリープひずみ速度



標準溶接継手HAZ最小クリープひずみ速度と破断時間の関係

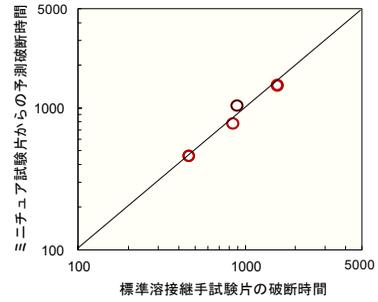
【ミニチュア試験片HAZ最小クリープ速度】 【標準試験片HAZ最小クリープ速度】

$$\dot{\epsilon}_{II} = \frac{\dot{\epsilon}_{GL} L_{GL} - B_B \sigma^{n_B} L_B - B_W \sigma^{n_W} L_W}{L_{II}} \quad \rightarrow \quad \dot{\epsilon}_{HS} = 2.77 \times 10^{-7} B^{-0.336} \dot{\epsilon}_{II}$$



KE

ミニチュア溶接継手試験結果からの標準溶接継手試験片の破断時間予測結果



KE

まとめ

- 溶接部各部位から切り出したミニチュア試験片を用いてクリープ試験を実施し、応力と最小クリープひずみ速度の関係を取得した。同一応力でのクリープひずみ速度は、溶接金属と母材はほぼ同等であり、HAZはこれらに比べ大きい値を示した。
- 標準溶接継手試験片はType IV破断し、母材に比べて短時間で破断した。また、ミニチュア溶接継手試験片は、標準溶接継手試験片に比べ短時間でType IV破断した。
- クリープ試験とFEM解析に基づいて、ミニチュア溶接継手と標準溶接継手内のHAZのクリープひずみ速度の関係式を求め、これを用いてミニチュア試験結果から、標準溶接継手の破断時間を予測する手法を提案した。

KE