

本資料は〇/年 〇月 〇日付けで登録区分、  
変更する。

[技術情報室]

# 材料特性データ集

Mod. 9Cr-1Mo 鋼(SR)の大気中およびナトリウム中疲労特性

No. F01

1991年7月

動力炉・核燃料開発事業団  
大洗工学センター

この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。ついでに複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター 技術開発部・技術管理室

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

Ⓐ



# 材料特性データ集

Mod. 9Cr-1Mo鋼(SR)の大気中およびナトリウム中疲労特性

No. F01

小峰 龍司\* , 平川 康\* , 古川 智弘\*  
川島 成一\*\* , 小林 秀明\*\* , 高森 裕二\*\*  
石上 勝夫\*\* , 吉田 英一\* , 和田 雄作\*

## 要 旨

本報告は、高温構造材料設計 材料強度基準および高温強度特性評価法の高度化に供することを目的に、FBR大形炉用蒸気発生器材料として適用が予定されているMod. 9Cr-1Mo鋼について、材料開発室の研究開発計画に基づいた試験で取得した大気中およびナトリウム中低サイクル疲労特性データをまとめたものである。

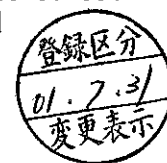
今回報告する試験内容は、

- (1) 材料 : Mod. 9Cr-1Mo 鋼 応力除去焼鈍処理 (SR) 材
- ①伝熱管相当板 F 2 ヒート (SR) 12 t × 1000mm × 1000mm
  - ②鍛鋼品 F 4 ヒート (SR) 250 t × 1000mm × 1000mm
  - ③板 F 6 ヒート (SR) 25 t × 1000mm × 1000mm
- (2) 試験環境 : 大気中およびナトリウム中
- (3) 試験温度 : 450, 500, 550, 600, 650℃
- (4) ひずみ速度 : 0.1%/sec
- (5) ひずみ範囲 : 0.38%~1.86%
- (6) データ点数 : 83点

なお、材料特性データは、「FBR構造材料データ処理システム S M A T」のデータ様式に従い作成したものである。

\* 大洗工学センター 機器構造開発部 材料開発室

\*\* 常陽産業(株) (大洗工学センター 機器構造開発部 材料開発室 常駐)



MATERIALS PROPERTIES DATA SHEET (No.F01)

Low-cycle fatigue Properties data on Mod.9Cr-1Mo steel in air and in sodium

Ryuji KOMINE\*<sup>1</sup>, Yasushi HIRAKAWA\*<sup>1</sup>, Tomohiro FURUKAWA\*<sup>1</sup>  
Seiichi KAWASHIMA\*<sup>2</sup>, Hideaki KOBAYASHI\*<sup>2</sup>, Yuji TAKAMORI\*<sup>2</sup>  
Katsuo ISHIGAMI\*<sup>2</sup>, Eiichi YOSHIDA\*<sup>1</sup>, Yusaku WADA\*<sup>1</sup>

ABSTRACT

In order to advancement in materials strength standard on elevated temperature design guide of the FBRs and evaluation method of materials strength behavior, this report are presented about the low-cycle fatigue properties of Mod.9Cr-1Mo steel, based on the R & D results obtained through the activities of material tests.

Contents of the data sheet are as follows ;

- Material ; Mod.9Cr-1Mo steel (SR)
  - F2 Heat 1,000 × 1,000 × 12mm<sup>t</sup> (Plate)
  - F4 Heat 1,000 × 1,000 × 250mm<sup>t</sup> (Forging)
  - F6 Heat 1,000 × 1,000 × 25mm<sup>t</sup> (Plate)
- Environment ; In Air and in Sodium
- Test temperature ; 450, 500, 550, 600 and 650°C
- Strain rate ; 0.1%/sec (10<sup>-3</sup>mm/mm/sec)
- Strain range ; 0.38% ~ 1.86%
- Number of data ; 83 points

---

\* 1 Materials Development Section, Systems and Components Division, OEC/PNC

\* 2 Joyo Industry Co. Ltd.

## 目 次

1.	Mod. 9Cr-1Mo 鋼大気中およびナトリウム中疲労試験の総括表 .....	1
2.	FBR 金属材料データシート Mod. 9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) .....	2
2-1	Mod. 9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) ナトリウム中疲労試験結果 .....	8
2-2	Mod. 9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) 大気中疲労試験結果 .....	15
3.	FBR 金属材料データシート Mod. 9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F 4) .....	26
4.	FBR 金属材料データシート Mod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) .....	35
5.	Mod. 9Cr-1Mo 鋼疲労特性 .....	47
6.	Appendix .....	52
7.	材料特性データ発行総括表 .....	67

## 図リスト

図 1	450℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の ナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A) .....	11
図 2	500℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の ナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A) .....	11
図 3	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の ナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A) .....	12
図 4	600℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の ナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A) .....	12
図 5	450℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の ナトリウム中繰り返し応力曲線 (試験片Type A) .....	13
図 6	500℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の ナトリウム中繰り返し応力曲線 (試験片Type A) .....	13
図 7	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の ナトリウム中繰り返し応力曲線 (試験片Type A) .....	14
図 8	600℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の ナトリウム中繰り返し応力曲線 (試験片Type A) .....	14
図 9	450℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C) .....	20
図10	500℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C) .....	20
図11	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C) .....	21
図12	600℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C) .....	21
図13	450℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type B) .....	22

図14	500℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type B)	22
図15	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type B)	23
図16	600℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type B)	23
図17	450℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C)	24
図18	500℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C)	24
図19	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C)	25
図20	600℃における Mod.9Cr-1Mo鋼伝熱管相当板 (F 2) の 大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C)	25
図21	500℃における Mod.9Cr-1Mo鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C)	32
図22	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C)	32
図23	500℃における Mod.9Cr-1Mo鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C)	33
図24	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中繰り返し応力曲線(1) (試験片Type C)	33
図25	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中繰り返し応力曲線(2) (試験片Type C)	34
図26	450℃における Mod.9Cr-1Mo鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C)	41
図27	500℃における Mod.9Cr-1Mo鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C)	41

図28	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C) .....	42
図29	600℃における Mod.9Cr-1Mo鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C) .....	42
図30	650℃における Mod.9Cr-1Mo鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C) .....	43
図31	450℃における Mod.9Cr-1Mo鋼板 (F 6) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C) .....	44
図32	500℃における Mod.9Cr-1Mo鋼板 (F 6) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C) .....	44
図33	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼板 (F 6) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C) .....	45
図34	600℃における Mod.9Cr-1Mo鋼板 (F 6) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C) .....	45
図35	650℃における Mod.9Cr-1Mo鋼板 (F 6) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C) .....	46
図36	450℃における Mod.9Cr-1Mo鋼の大気中および ナトリウム中疲労寿命特性 .....	48
図37	500℃における Mod.9Cr-1Mo鋼の大気中および ナトリウム中疲労寿命特性 .....	48
図38	550℃における Mod.9Cr-1Mo鋼の大気中および ナトリウム中疲労寿命特性 .....	49
図39	600℃における Mod.9Cr-1Mo鋼の大気中および ナトリウム中疲労寿命特性 .....	49
図40	650℃における Mod.9Cr-1Mo鋼の大気中および ナトリウム中疲労寿命特性 .....	50
図41	Mod.9Cr-1Mo 鋼の大気中およびナトリウム中疲労動的ひずみ-応力曲線 .....	51



## 1. Mod.9Cr-1Mo 鋼大気中およびナトリウム中疲労試験の総括表

Materials	Mod.9Cr-1Mo steel				
Heat No of Materials	F 2		F 2	F 4	F 6
Environment	in Sodium	in Air	in Air		
Type of Specimen	Type A	Type B	Type C		
Type of loading	Uniaxial push-pull				
Control	Constant displacement control		Constant strain control		
Loading waveform	Triangular waveform				
Strain rate	0.1%/sec				
Strain range	0.49%~1.5%	0.41%~1.86%	0.38%~1.2%		
Temperature	450, 500, 550, 600℃		450, 500, 550, 600, 650℃		
Number of data points	14本	15本	54本		
Sodium conditions Sodium velocity	1 m/sec	—	—		
Cold trap Temperature	120℃	—	—		

(補足)

※ 試験片形状について、Appendix 1 に記載した。

- ・ナトリウム中疲労試験片 : Type A
- ・ナトリウム中ひずみ校正試験片 : Type B
- ・大気中疲労試験片 : Type C

※ 鍛鋼品 (F 4 ヒート) の試験片採取位置および方向について、Appendix 2 に記載した。

※ ナトリウム中試験方法およびナトリウム中疲労試験のひずみ校正試験方法については、Appendix 3 に記載した。

※ 繰り返し破断回数 (Nf) の定義について、Appendix 4 に記載した。

破断回数は、Nf の 1/2Nf 時の応力から 25% 減衰 (N<sub>25</sub>) した時点を繰り返し破断回数 (Nf) とした。

※ 破断位置 (A, B, C) の定義については、Appendix 5 に記載した。

※ ナトリウム試験ループのフローシートを Appendix 6 に示し、ナトリウム中および大気中の疲労試験部外観図を Appendix 7 に記載した。

※ その他、試験方法については、「高速炉構造材料における疲労試験方法の標準化に関する試験技術のまとめ」 小峰他、PNC TN9440 91-004 参照

## 2. FBR金属材料データシート

Mod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2)

(12 t × 1000 × 1000)

F B R 金属材料試験データシート (B1)

B1: 素材 (1/2)

①素材種類	②製品区分	素 材 寸 法 (mm)				製 造 者 名	製 造 年 月 日	ミルシートNo.	ヒートNo.					
7	5	12 t x	1000 b. s. or D. x	1000 z	SUMITOMO KINZOKU	86年3月18日	AU00472	A5B1303						
材料適用規格	規格分類記号	鍛錬・圧延比	結 晶 粒 度 No.		フェライト量 (%)		非 金 属 介 在 物 量 (*10 <sup>3</sup> %)							
ASTM	A387		A	7.0	F		A	0	B 8	C 0	Total 8			
炉 型 式		溶 解 方 法		脱 酸 方 法		鑄 込 方 法		保 管 場 所						
No.	③ 熱 處 理	温 度 (°C)	保持時間(hr)	④冷却 方 法	No.	③ 熱 處 理	温 度 (°C)	保持時間(hr)	④冷却 方 法	No.	③ 熱 處 理	温 度 (°C)	保持時間(hr)	④冷却 方 法
(1)	N	1050	8.3	AC	(2)	T	780	1.0	AC	(3)	SR	740	8.4	FC
(4)					(5)					(6)				
素 材 識 別 番 号	F2													

①素材種類	②製品区分	③熱処理	④冷却方法
1: SUS304 2: SUS316 3: SUS321 4: 2.25Cr-1Mo 5: INCONEL 718 6: 9Cr-1Mo 7: Mod. 9Cr-1Mo 8: 9Cr-1Mo-Nb.V 9: 9Cr-2Mo 10: 9Cr-2Mo-Nb.V 11: Others ( )	1: Hot Rolled 2: Cold Rolled 3: Forged 4: Tube 5: Equivalent Tube 6: Pipe 7: Bar 8: Casting 9: Ring 10: Others ( )	Q : Quench N : Normalize T : Temper ST : Solution Treatment STT: Stabilizing Treatment IA : Isothermal Anneal FA : Full Anneal A : Anneal SR : Stress Relief 0 : Others ( )	AC: Air Cool FC: Furnace Cool WQ: Water Quench OQ: Oil Quench BC: Blast Cool MC: Mist Cool

F B R 金属材料試験データシート (B2)

B2: 素材 (2/2)

機械的特性  
(ミルシート記載値)

引 張 試 験								硬 さ 試 験														
①試験片規格	号数	応力除去熱処理の有無	試験温度 (°C)	0.2%耐力 (kg/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	破断伸び (%)	絞り (%)	②試験方法	硬さ													
J		Y	20	49.7	69.3	29.7	74.3															
衝 撃 試 験					③ そ の 他 材 料 試 験																	
①試験片規格	号数	試験温度 (°C)	吸収エネルギー (kgf-m)	切欠形状	切欠寸法 (mm)	P	T	U	T	R	T	M	T	V	T	Bend	Dimer	Flar	Flat	Hydre	M. Etc	O. M
						NO	YES	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES	NO	NO	NO	NO	NO	YES
化 学 成 分 L a d i e (wt%)																						
分 析 場 所		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr														
SUMITOMO KINZOKU		0.10	0.39	0.41	0.013	0.001	0.06	8.77														
Mo	Cu	V	Co	Ti	Nb+Ta	W	B <sup>7</sup>	B <sup>10</sup>														
0.96		0.22			0.087																	
As	Al sol	Sl total	N sol	N total	O																	
	0.011			0.0502																		
化 学 成 分 C h e c k (wt%)																						
分 析 場 所		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr														
SUMITOMO KINZOKU		0.10	0.40	0.43	0.014	0.001	0.07	8.73														
Mo	Cu	V	Co	Ti	Nb+Ta	W	B <sup>7</sup>	B <sup>10</sup>														
0.96		0.22			0.09																	
As	Al sol	Al total	N sol	N total	O																	
	0.013			0.051																		

①試験片規格	②硬さ試験方法	③その他の材料試験		
J: JIS A: ASTM O: Others ( )	HB : Brinell HV : Vickers HS : Shore HRB: Rockwell B HRC: Rockwell C	PT: 浸透探傷試験 UT: 超音波探傷試験 RT: 放射線透過試験 MT: 磁粉探傷試験 VT: 外観検査	Bend. : 曲げ試験 Dimen.: 寸法試験 Flar. : 押し広げ試験 Flat. : 扁平試験 Hydro.: 水圧試験	M. Etc: マクロチェック O. M : 光学顕微鏡観察

FBR金属材料試験データシート (D1)

D1: 試験片 (1/3)

①種類	②適用規格		③採取位置	④採取方向	⑤表面処理		⑥試験片寸法 (mm)			⑦切欠		⑧ツバ、ペローズの有無	⑨機械加工	
	規格名	号数			仕上げ	粗さ (μ)	評点距離	平行部外径	平行部長さ	形状	形状係数		場所	日付
BM	0		3				27	10	30	3		3		

試験片番号

素材識別番号  
又は  
溶接識別番号

US6A4	US6A2	US6A1	US6A0	US6A7	US6A6	US6A5	US6B3	US6B2	US6B1	US6B0	F2
US6B8	US6B6	US6B5									F2

①種類	②規格名	③採取位置	④採取方向	⑤表面処理 仕上げ	⑥切欠形状	⑦ツバ、ペローズの有無
BM: Base Metal WJ: Weld Joint DM: Deposited Metal WM: Weld Metal	J: JIS A: ASTM  O: Others (FBR )	1: 0/4t 2: 1/4t 3: 1/2t 4: 3/4t 5: 4/4t 6: Others ( )	L: Longitudinal T: Transverse V: Vertical	AM: As Machined P: Polising E: Electropolising PG: Paper Grinding  O: Others ( )	1: V-Notched 2: U-Notched 3: Smoothed 4: Arc-Notched  5: Others ( )	1: ツバ 2: ペローズ 3: ツバ、ペローズ  4: Others ( )

FBR金属材料試験データシート(D1)

D1: 試験片 (2/3)

①種類	②適用規格		③採取位置	④採取方向	⑤表面処理		⑥試験片寸法 (mm)			⑦切欠		⑧ツバ、ペローズの有無	⑨機械加工	
	規格名	号数			仕上げ	粗さ(μ)	評点距離	平行部外径	平行部長さ	形状	形状係数		場所	日付
BM	0		3				27	10	30	3		1		

試験片番号												素材識別番号 又は 溶接識別番号
US6C1	US6C0	UG6C7	UG6C6	US6C5	US6C4	US6C3	US6C2	UG6C9	UG6C8	US6C9		F2
US6C8	UG6D3	UG6D1	UG6D4									F2

①種類	②規格名	③採取位置	④採取方向	⑤表面処理 仕上げ	⑥切欠形状	⑦ツバ、ペローズの有無
BM: Base Metal WJ: Weld Joint DM: Deposited Metal WM: Weld Metal	J: JIS A: ASTM  0: Others (FBR)	1: 0/4t 2: 1/4t 3: 1/2t 4: 3/4t 5: 4/4t 6: Others ( )	L: Longitudinal T: Transverse V: Vertical	AM: As Machined P: Polising E: Electropolising PG: Paper Grinding  0: Others ( )	1: V-Notched 2: U-Notched 3: Smoothed 4: Arc-Notched  5: Others ( )	1: ツバ 2: ペローズ 3: ツバ、ペローズ  4: Others ( )

## FBR金属材料試験データシート(D1)

D1:試験片(3/3)

①種類	②適用規格		③採取位置	④採取方向	⑤表面処理		⑥試験片寸法 (mm)			⑦切欠		⑧ツバ、ペローズの有無	⑨機械加工	
	規格名	号数			⑤仕上げ	粗さ(μ)	評点距離	平行部外径	平行部長さ	⑥形状	形状係数		場	所
BM	0		3				20	10	25	3				
試験片番号												素材識別番号 又は 溶接識別番号		
UH6B0	UH6A4	UH6B7	UH6B8	UH6A0	UH6B2	UH6A5	UH6B1	UH6B6	UH6B3	UH6A8	F2			
UH6A9	UH6B5	UH6B4	UH6A7	UH6A2							F2			

①種類	②規格名	③採取位置	④採取方向	⑤表面処理 仕上げ	⑥切欠形状	⑦ツバ、ペローズの有無
BM: Base Metal WJ: Weld Joint DM: Deposited Metal WM: Weld Metal	J: JIS A: ASTM  0: Others (FBR)	1: 0/4t 2: 1/4t 3: 1/2t 4: 3/4t 5: 4/4t 6: Others	L: Longitudinal T: Transverse V: Vertical	AM: As Machined P: Polishing E: Electropolishing PG: Paper Grinding  0: Others	1: V-Notched 2: U-Notched 3: Smoothed 4: Arc-Notched  5: Others	1: ツバ 2: ペローズ 3: ツバ、ペローズ  4: Others

## 2 - 1 Mod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2)

### ナトリウム中疲労試験結果

- 図 1 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) のナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A)
- 図 2 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) のナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A)
- 図 3 550℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) のナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A)
- 図 4 600℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) のナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A)
- 図 5 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) のナトリウム中繰り返し応力曲線 (試験片Type A)
- 図 6 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) のナトリウム中繰り返し応力曲線 (試験片Type A)
- 図 7 550℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) のナトリウム中繰り返し応力曲線 (試験片Type A)
- 図 8 600℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) のナトリウム中繰り返し応力曲線 (試験片Type A)



## F B R 金属材料データシート (H1)

H1: 疲労 (1/2)

①試験雰囲気		②制御方法													
3		H													
試験片番号	③歪み種類	④歪み波形	保持時間 (hr)	引張側	歪み速度 (%/sec)	引張側	試験温度 (°C)	平均歪み (%)	全歪み範囲 (%)	塑性歪み範囲 (%)	繰り返し数 (cycles)	⑤破断位置	Nf/2における最大・最小応力(kg/mm <sup>2</sup> )		
				圧縮側		圧縮側							cycles	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$
US6A4	3	1		0		0.1	450	0	0.485	0.200	93569	A	45000	29.666	30.208
US6A2	3	1		0		0.1	450	0	0.696	0.356	15726	A	8000	32.722	32.563
US6A1	3	1		0		0.1	450	0	0.963	0.622	4859	A	2500	34.377	35.428
US6A0	3	1		0		0.1	450	0	1.496	1.107	1327	A	700	37.688	38.706
US6A7	3	1		0		0.1	500	0	0.678	0.356	13800	A	7000	29.826	30.653
US6A6	3	1		0		0.1	500	0	0.978	0.659	4749	A	2500	32.213	32.945
US6A5	3	1		0		0.1	500	0	1.463	1.174	1520	A	800	33.327	34.568
US6B3	3	1		0		0.1	550	0	0.537	0.311	16912	A	8000	22.791	26.420
US6B2	3	1		0		0.1	550	0	0.693	0.478	14854	A	7000	23.428	27.597
US6B1	3	1		0		0.1	550	0	0.993	0.741	3565	A	1800	25.497	29.539

①試験雰囲気	②制御方法	③歪み種類	④歪み波形	⑤破断位置
1: In Air 2: In Stagnant Na 3: In Flowing Na 4: In Hot Lab 5: In Vacuum 6: In He 7: In N <sub>2</sub>	8: In Ar     9: Others ( )	D: Diametral Strain C. A: Axial Strain C. S: Stress C. L: Load C. H: Displacement C.  3: Others (Displacement )	1: Triangular 2: fast-slow 3: slow-fast 4: Trapezoidal  5: Others ( )	i) 母材、溶金試験片の場合 A B C ii) 継手試験片の場合 BM WM Bond HAZ

FBR金属材料データシート (H1)

H1: 疲労 (2/2)

①試験雰囲気		②制御方法													
3		H													
試験片番号	③歪み種類	④歪み波形	保持時間 (hr)	引張側	歪み速度 (%/sec)	引張側	試験温度 (°C)	平均歪み (%)	全歪み範囲 (%)	塑性歪み範囲 (%)	繰り返し数 (cycles)	⑤破断位置	Nf/2における最大・最小応力 (kg/mm <sup>2</sup> )		
				圧縮側		圧縮側							cycles	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$
US6B0	3	1		0		0.1	550	0	1.444	1.444	2351	A	1200	27.438	28.712
US6B8	3	1		0		0.1	600	0	0.507	0.326	33235	A	16000	17.061	21.359
US6B6	3	1		0		0.1	600	0	0.941	0.741	5320	A	2500	19.321	24.574
US6B5	3	1		0		0.1	600	0	1.504	1.322	1286	A	600	20.786	26.101

①試験雰囲気	②制御方法	③歪み種類	④歪み波形	⑤破断位置
1: In Air 2: In Stagnant Na 3: In Flowing Na 4: In Hot Lab 5: In Vacuum 6: In He 7: In N <sub>2</sub>	8: In Ar     9: Others ( )	D: Diametral Strain C. A: Axial Strain C. S: Stress C. L: Load C. H: Displacement C.  3: Others (Displacement )	1: Triangular 2: fast-slow 3: slow-fast 4: Trapezoidal  5: Others ( )	i) 母材、溶金試験片の場合 A B C ii) 継手試験片の場合 BM WM Bond HAZ

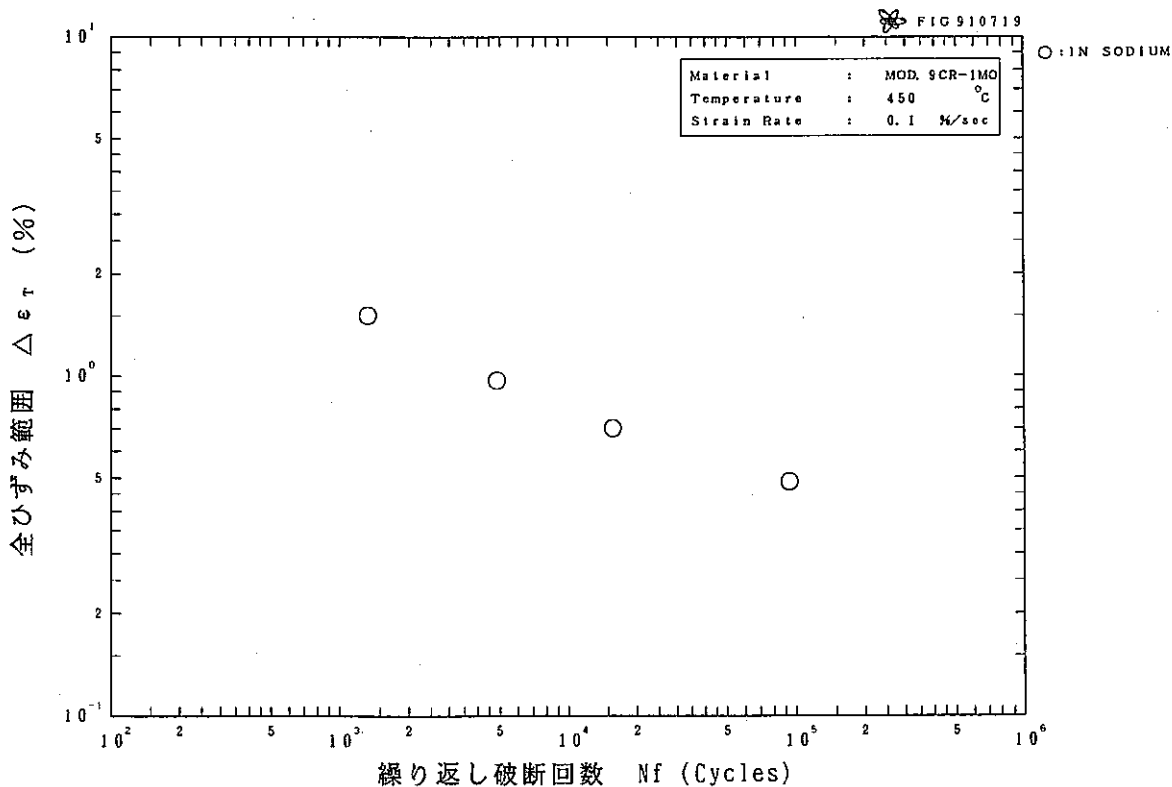


図1 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の  
ナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A)

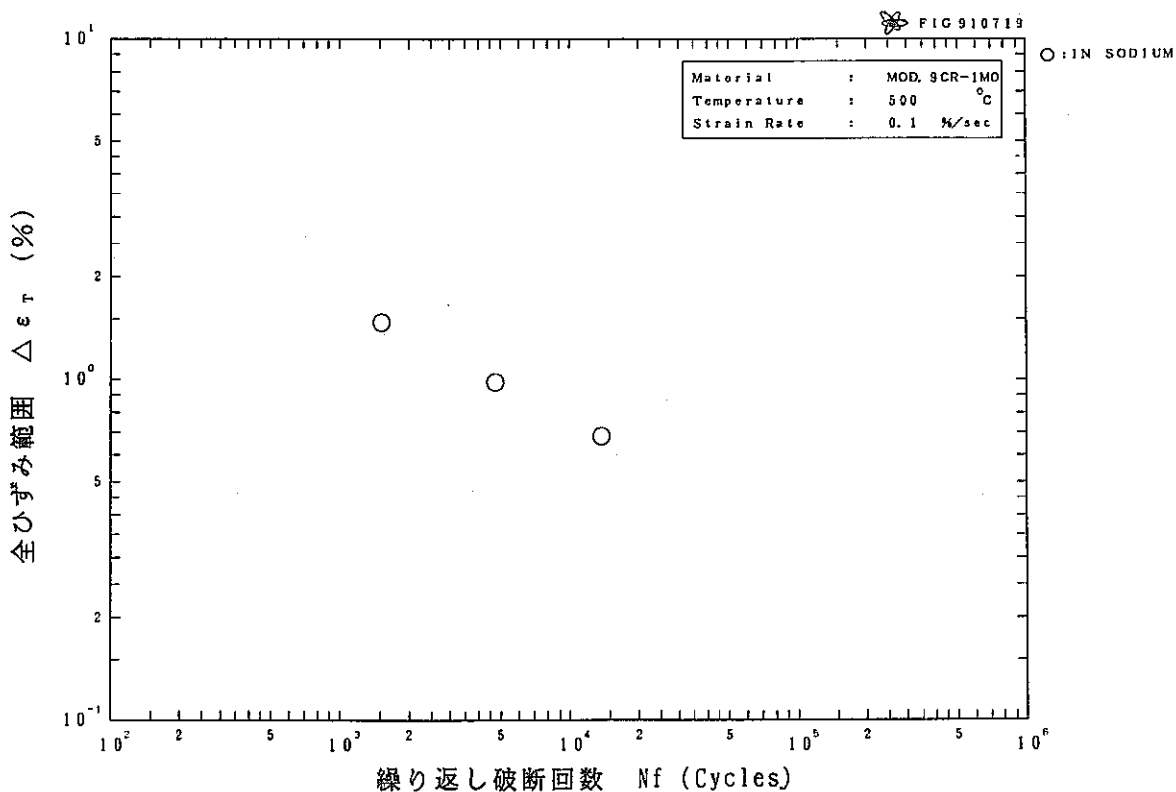


図2 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の  
ナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A)

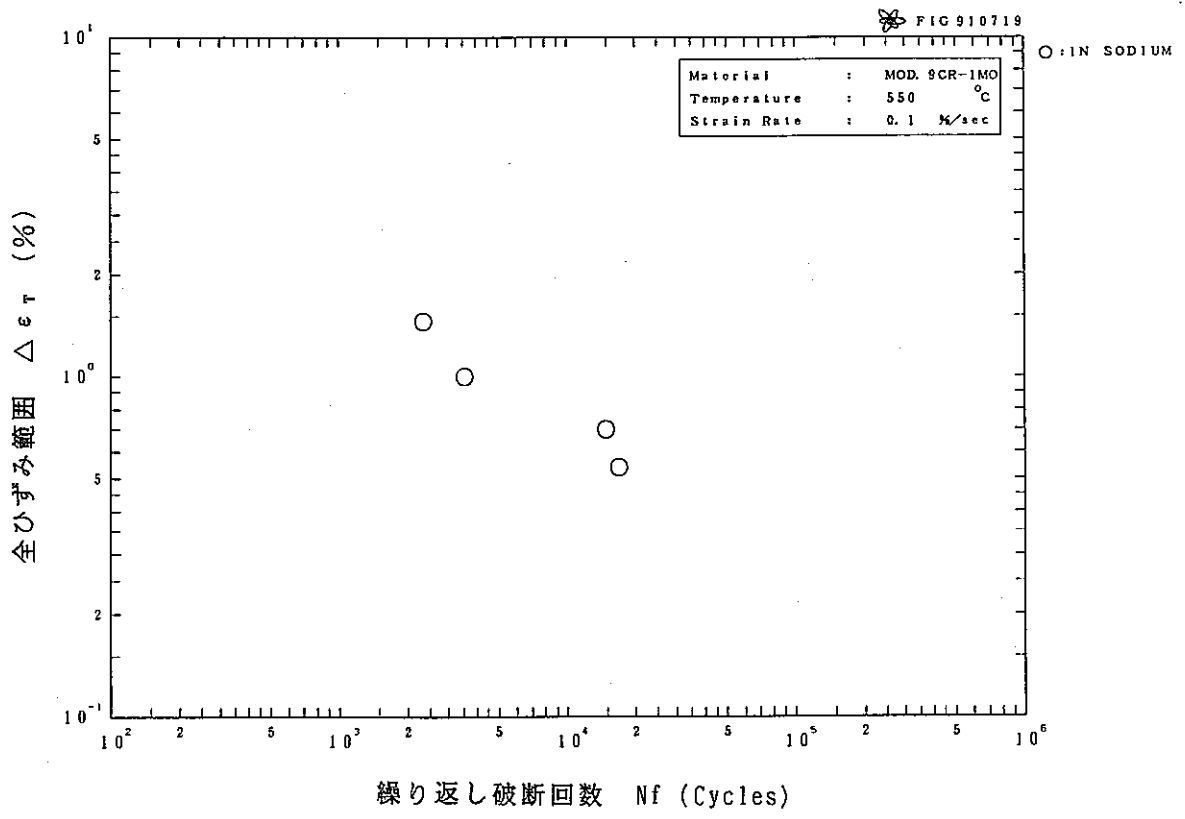


図3 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F2) のナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A)

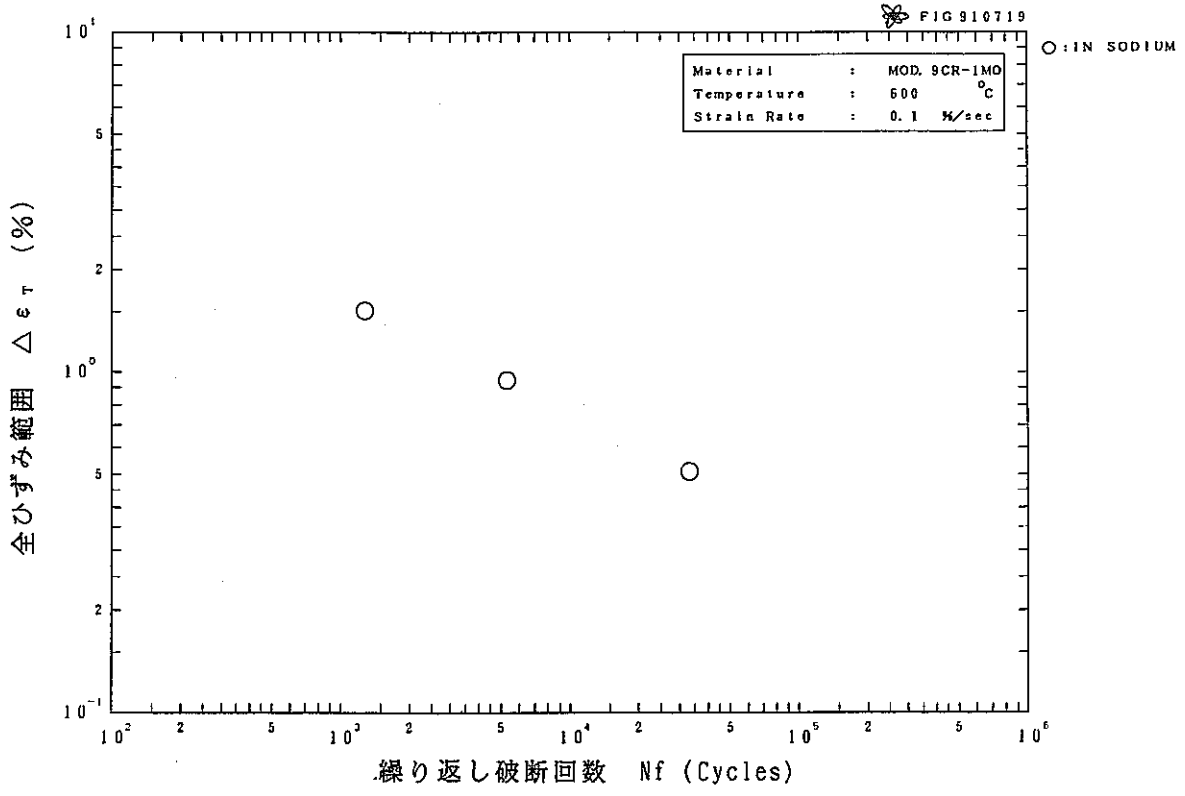


図4 600℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F2) のナトリウム中疲労寿命特性 (試験片Type A)

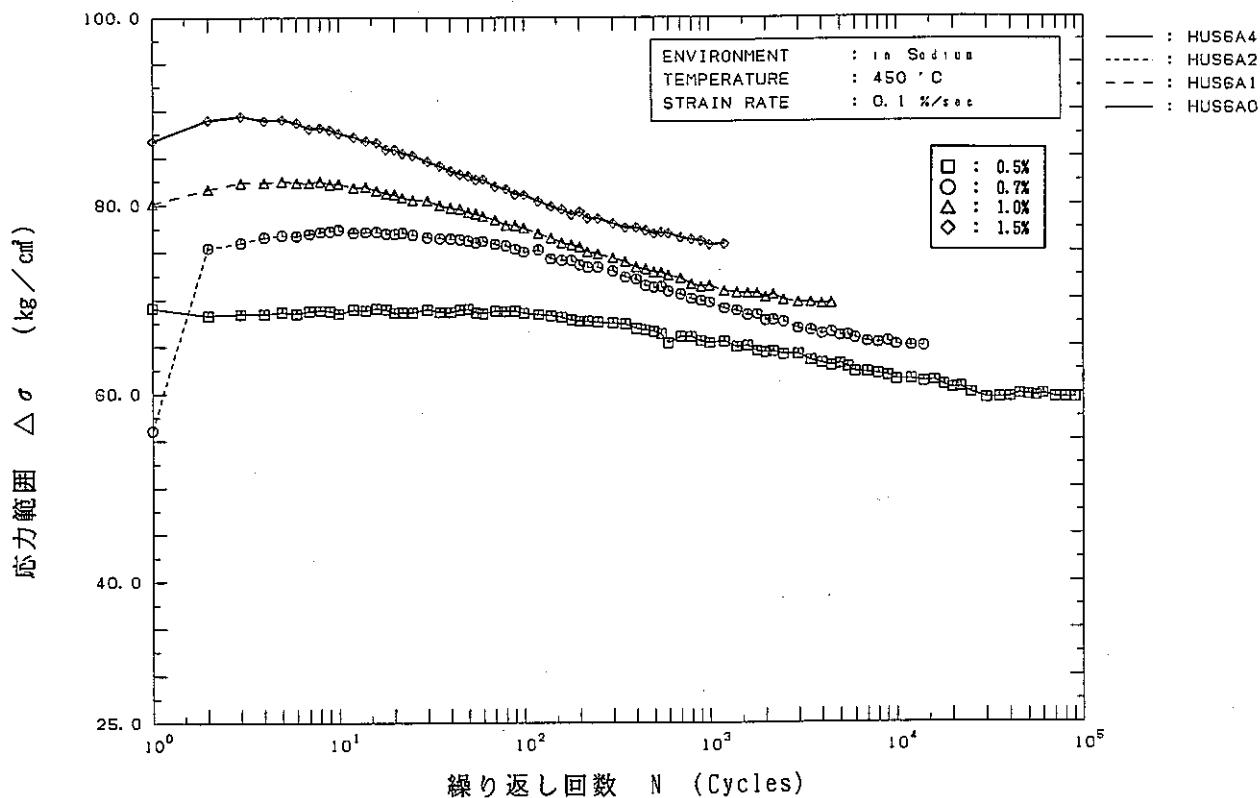


図5 450℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) のナトリウム中繰返し応力曲線 (試験片Type A)

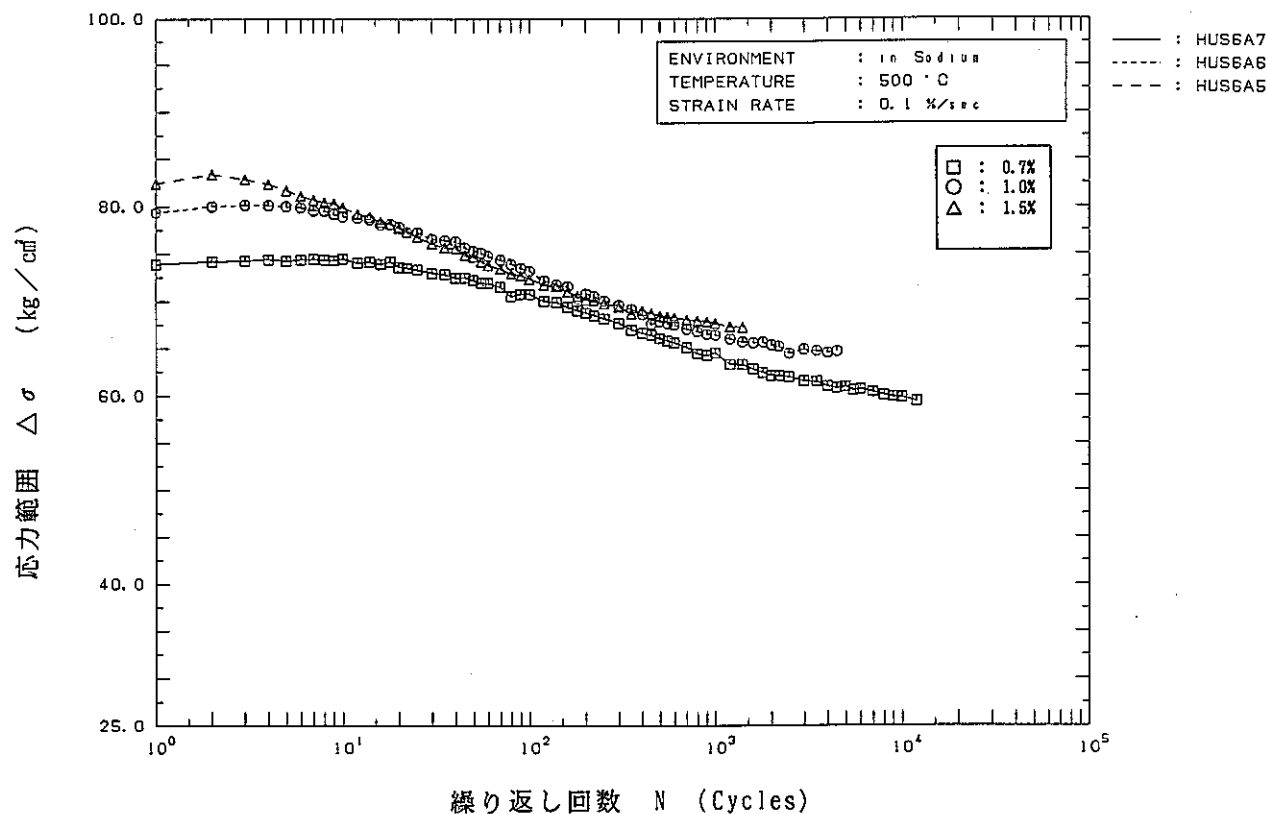


図6 500℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) のナトリウム中繰返し応力曲線 (試験片Type A)

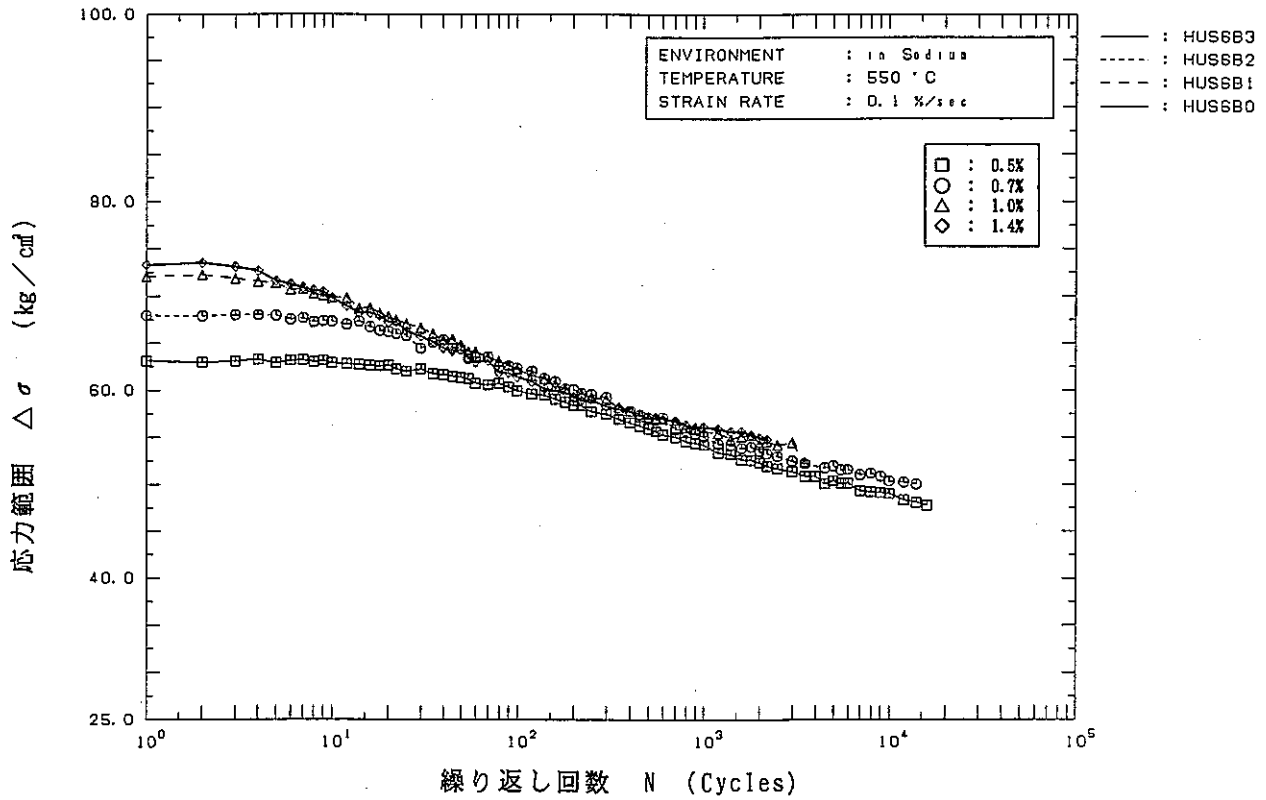


図7 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F2) の  
 ナトリウム中繰返し応力曲線 (試験片Type A)

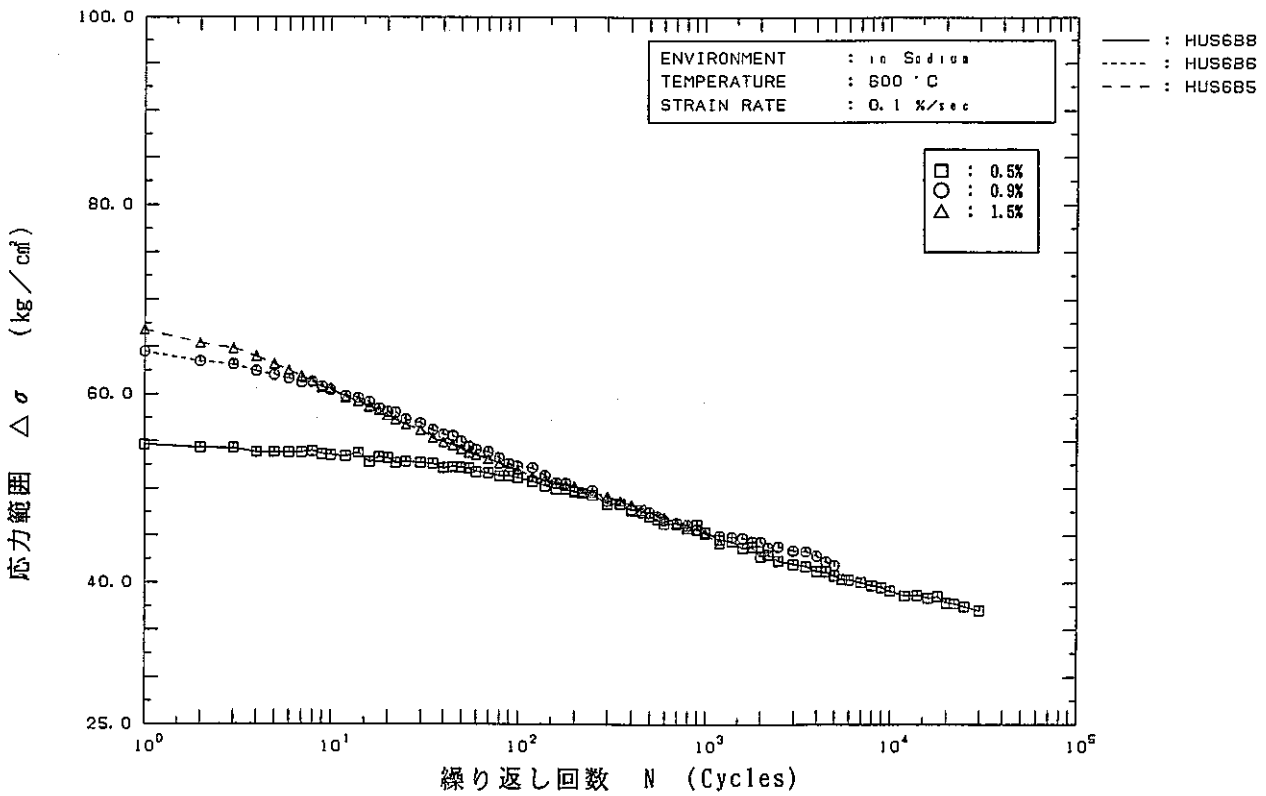


図8 600℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F2) の  
 ナトリウム中繰返し応力曲線 (試験片Type A)

## 2 - 2 Mod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2)

### 大気中疲労試験結果

- 図9 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C)
- 図10 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C)
- 図11 550℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C)
- 図12 600℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C)
- 図13 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type B)
- 図14 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type B)
- 図15 550℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type B)
- 図16 600℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type B)
- 図17 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C)
- 図18 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C)
- 図19 550℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C)
- 図20 600℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰り返し応力曲線 (試験片Type C)

## FBR金属材料データシート (H1)

H1: 疲労 (1/4)

①試験雰囲気		②制御方法												
1		H												
試験片番号	③歪み種類	④歪み波形	保持時間 (hr)	引張側 圧縮側	歪み速度 (%/sec)	引張側 圧縮側	試験温度 (°C)	平均歪み (%)	全歪み範囲 (%)	塑性歪み範囲 (%)	繰り返し数 (cycles)	⑤破断位置	Nf/2における最大・最小応力 (kg/mm <sup>2</sup> )	
													cycles	$\sigma_{max}$ $\sigma'_{max}$
US6C1	3	1		0 0		0.1 0.1	450	0	0.516	0.185	18883	A	9000	30.810 31.580
US6C0	3	1		0 0		0.1 0.1	450	0	0.802	0.440	3638	A	1800	34.220 34.730
UG6C7	3	1		0 0		0.1 0.1	450	0	0.972	0.602	1547	A	800	35.940 36.540
UG6C6	3	1		0 0		0.1 0.1	450	0	1.650	1.257	715	A	360	38.670 39.500
US6C5	3	1		0 0		0.1 0.1	500	0	0.412	0.118	27450	A	14000	27.500 28.070
US6C4	3	1		0 0		0.1 0.1	500	0	0.770	0.440	1214	A	600	32.050 32.120
US6C3	3	1		0 0		0.1 0.1	500	0	1.139	0.771	962	A	500	34.660 35.110
US6C2	3	1		0 0		0.1 0.1	500	0	1.859	1.482	390	A	200	35.750 36.570
UG6C9	3	1		0 0		0.1 0.1	550	0	0.592	0.306	6682	A	3500	26.040 28.740
UG6C8	3	1		0 0		0.1 0.1	550	0	0.666	0.385	4208	A	2000	25.780 28.490

①試験雰囲気	②制御方法	③歪み種類	④歪み波形	⑤破断位置	
1: In Air 2: In Stagnant Na 3: In Flowing Na 4: In Hot Lab 5: In Vacuum 6: In He 7: In N <sub>2</sub>	8: In Ar    9: Others ( )	D: Diametral Strain C. A: Axial Strain C. S: Stress C. L: Load C. H: Displacement C.	1: Axial Strain 2: Diametral Strain  3: Others (Displacement )	1: Triangular 2: fast-slow 3: slow-fast 4: Trapezoidal  5: Others ( )	i) 母材、溶金試験片の場合 A B C ii) 継手試験片の場合 BM WM Bond HAZ



FBR金属材料データシート (H1)

H1: 疲労 (2/4)

①試験雰囲気		②制御方法													
1		H													
試験片番号	③歪み種類	④歪み波形	保持時間 (h r)	引張側	歪み速度 (%/sec)	引張側	試験温度 (°C)	平均歪み (%)	全歪み範囲 (%)	塑性歪み範囲 (%)	繰り返し数 (cycles)	⑤破断位置	Nf/2における最大・最小応力 (kg/mm <sup>2</sup> )		
				圧縮側		圧縮側							cycles	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$
US6C9	3	1		0		0.1	550	0	1.114	0.808	1250	A	600	28.300	30.750
US6C8	3	1		0		0.1	550	0	1.663	1.330	621	A	300	29.630	32.790
UG6D3	3	1		0		0.1	600	0	0.630	0.378	3303	A	1600	20.880	23.870
UG6D1	3	1		0		0.1	600	0	1.044	0.775	1721	A	900	22.410	25.560
UG6D4	3	1		0		0.1	600	0	1.648	1.375	544	A	250	24.730	27.980

①試験雰囲気	②制御方法	③歪み種類	④歪み波形	⑤破断位置
1: In Air 2: In Stagnant Na 3: In Flowing Na 4: In Hot Lab 5: In Vacuum 6: In He 7: In N <sub>2</sub>	8: In Ar     9: Others ( )	D: Diametral Strain C. A: Axial Strain C. S: Stress C. L: Load C. H: Displacement C.  3: Others (Displacement )	1: Triangular 2: fast-slow 3: slow-fast 4: Trapezoidal  5: Others ( )	i) 母材、溶金試験片の場合 A B C ii) 継手試験片の場合 BM WM Bond HAZ

F B R 金属材料データシート (H1)

H1 : 疲労 (3/4)

①試験雰囲気		②制御方法													
1		A													
試験片番号	③歪み種類	④歪み波形	保持時間 (hr)	引張側	歪み速度 (%/sec)	引張側	試験温度 (°C)	平均歪み (%)	全歪み範囲 (%)	塑性歪み範囲 (%)	繰り返し数 (cycles)	⑤破断位置	Nf/2における最大・最小応力 (kg/mm <sup>2</sup> )		
				圧縮側		圧縮側								cycles	$\sigma_{max}$
UH6B0	1	1		0		0.1	450	0	1.198	0.785	2349	A	1200	36.463	39.727
UH6A4	1	1		0		0.1	450	0	0.999	0.595	2874	A	1500	34.380	37.333
UH6B7	1	1		0		0.1	450	0	0.697	0.304	10200	A	5000	31.644	34.598
UH6B8	1	1		0		0.1	450	0	0.497	0.134	92178	A	45000	29.189	32.018
UH6B2	1	1		0		0.1	500	0	1.200	0.792	1902	A	900	32.422	35.592
UH6A5	1	1		0		0.1	500	0	0.999	0.622	2546	A	1200	31.738	34.753
UH6B1	1	1		0		0.1	500	0	0.699	0.349	7432	A	4000	29.251	32.111
UH6B6	1	1		0		0.1	500	0	0.498	0.161	25806	A	12000	27.852	30.650
UH6B3	1	1		0		0.1	550	0	1.199	0.844	1515	A	700	26.920	29.873
UH6A8	1	1		0		0.1	550	0	1.000	0.665	2294	A	1000	27.759	30.712

①試験雰囲気	②制御方法	③歪み種類	④歪み波形	⑤破断位置
1: In Air 2: In Stagnant Na 3: In Flowing Na 4: In Hot Lab 5: In Vacuum 6: In He 7: In N <sub>2</sub>	8: In Ar     9: Others ( )	D: Diametral Strain C. A: Axial Strain C. S: Stress C. L: Load C. H: Displacement C.  3: Others ( )	1: Triangular 2: fast-slow 3: slow-fast 4: Trapezoidal  5: Others ( )	i) 母材、溶金試験片の場合 A B C ii) 継手試験片の場合 BM WM Bond HAZ

FBR金属材料データシート (H1)

H1: 疲労 (4/4)

①試験雰囲気		②制御方法													
1		A													
試験片番号	③歪み種類	④歪み波形	保持時間 (hr)	引張側	歪み速度 (%/sec)	引張側	試験温度 (°C)	平均歪み (%)	全歪み範囲 (%)	塑性歪み範囲 (%)	繰り返し数 (cycles)	⑤破断位置	Nf/2における最大・最小応力 (kg/mm <sup>2</sup> )		
				圧縮側		圧縮側							cycles	$\sigma$ max	$\sigma$ min
UH6A9	1	1		0		0.1	550	0	0.698	0.403	4938	A	2000	26.640	29.531
UH6B5	1	1		0		0.1	550	0	0.497	0.201	15996	A	8000	24.153	26.857
UH6B4	1	1		0		0.1	600	0	1.201	0.907	994	A	500	22.474	25.427
UH6A7	1	1		0		0.1	600	0	1.000	0.715	1826	A	900	21.946	24.806
UH6A2	1	1		0		0.1	600	0	0.699	0.410	4272	A	2000	21.946	22.816
UH6A0	1	1		0		0.1	600	0	0.495	0.244	11392	A	5500	20.609	21.542

①試験雰囲気	②制御方法	③歪み種類	④歪み波形	⑤破断位置
1: In Air 2: In Stagnant Na 3: In Flowing Na 4: In Hot Lab 5: In Vacuum 6: In He 7: In N <sub>2</sub>	8: In Ar     9: Others ( )	D: Diametral Strain C. A: Axial Strain C. S: Stress C. L: Load C. H: Displacement C.  3: Others ( )	1: Triangular 2: fast-slow 3: slow-fast 4: Trapezoidal  5: Others ( )	i) 母材、溶金試験片の場合 A B C ii) 継手試験片の場合 BM WM Bond HAZ

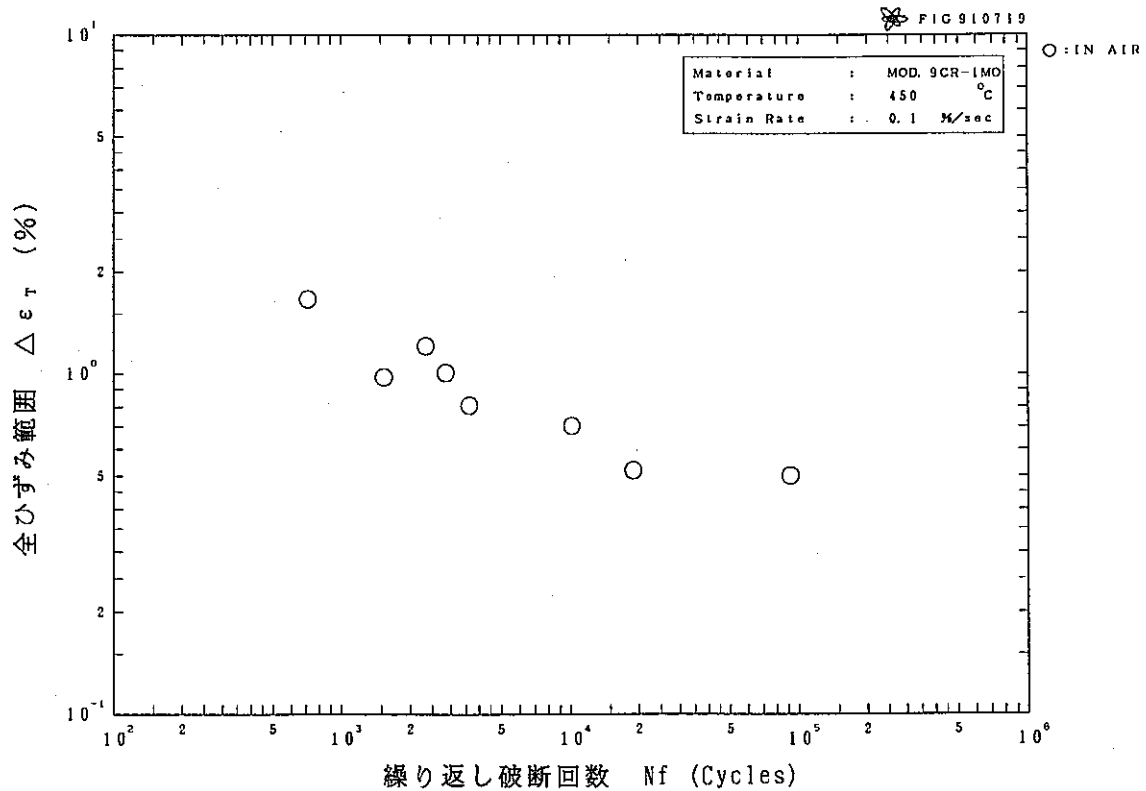


図9 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C)

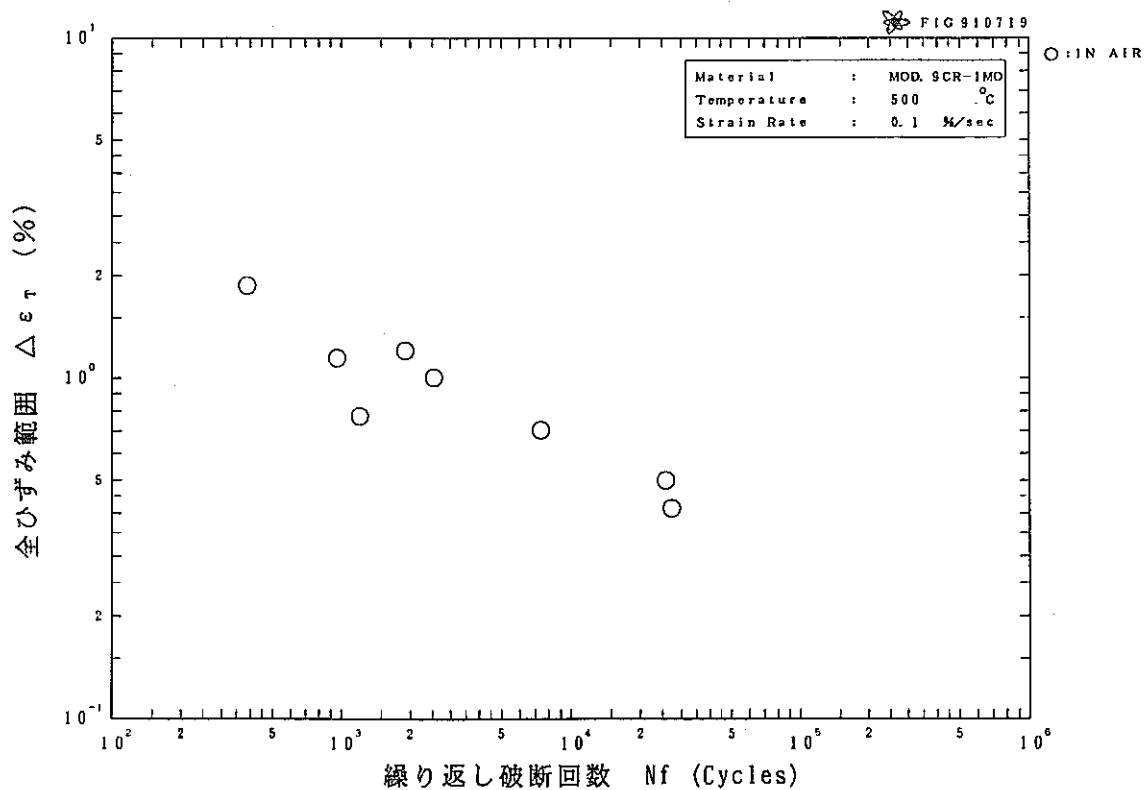


図10 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C)

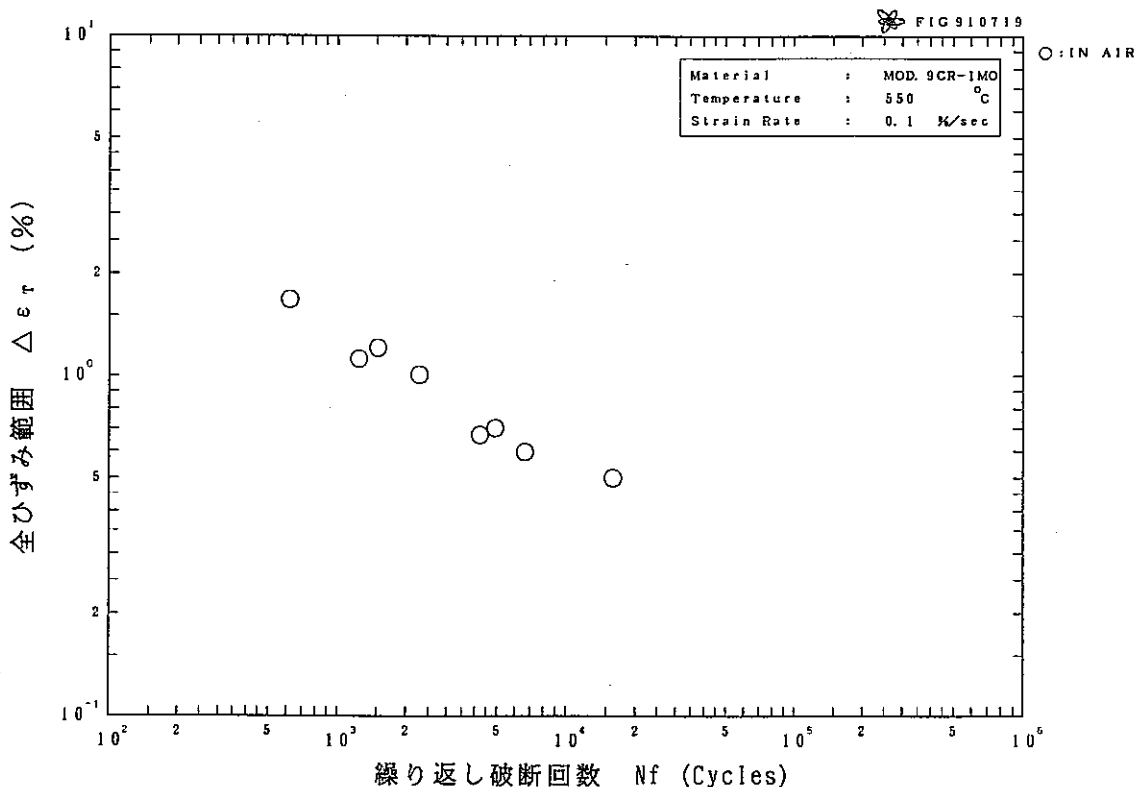


図11 550℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C)

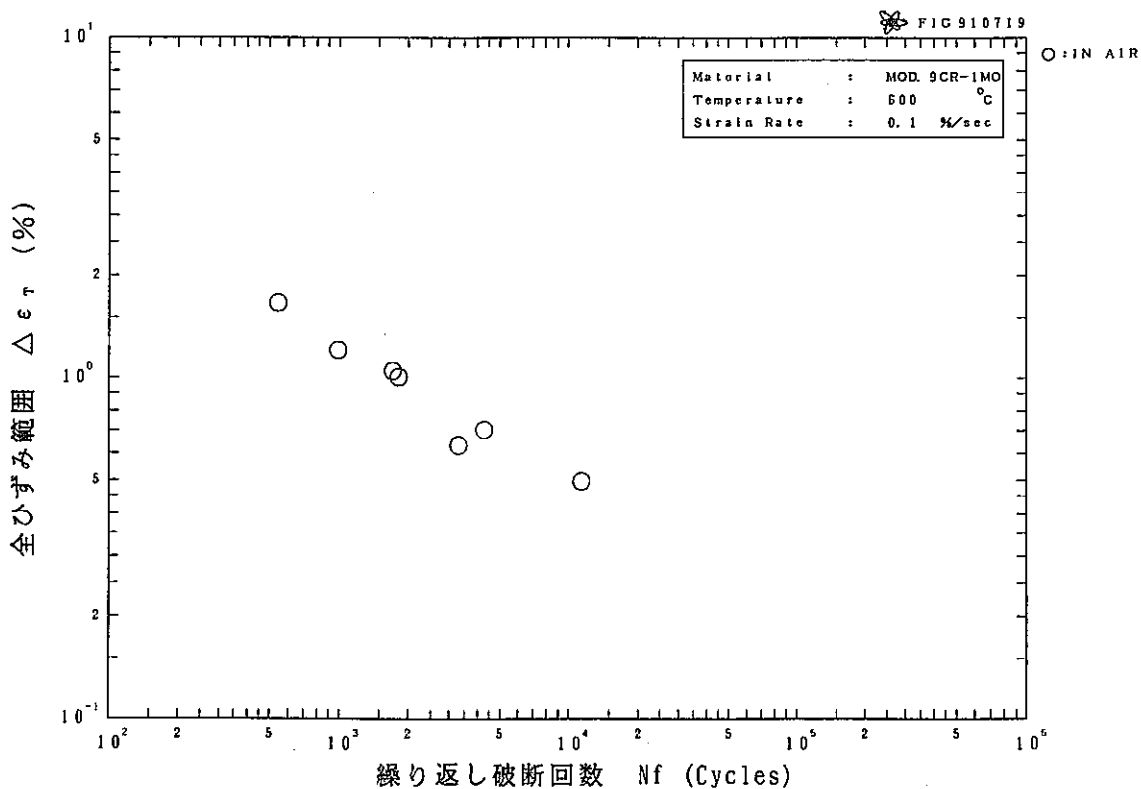


図12 600℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type B, C)

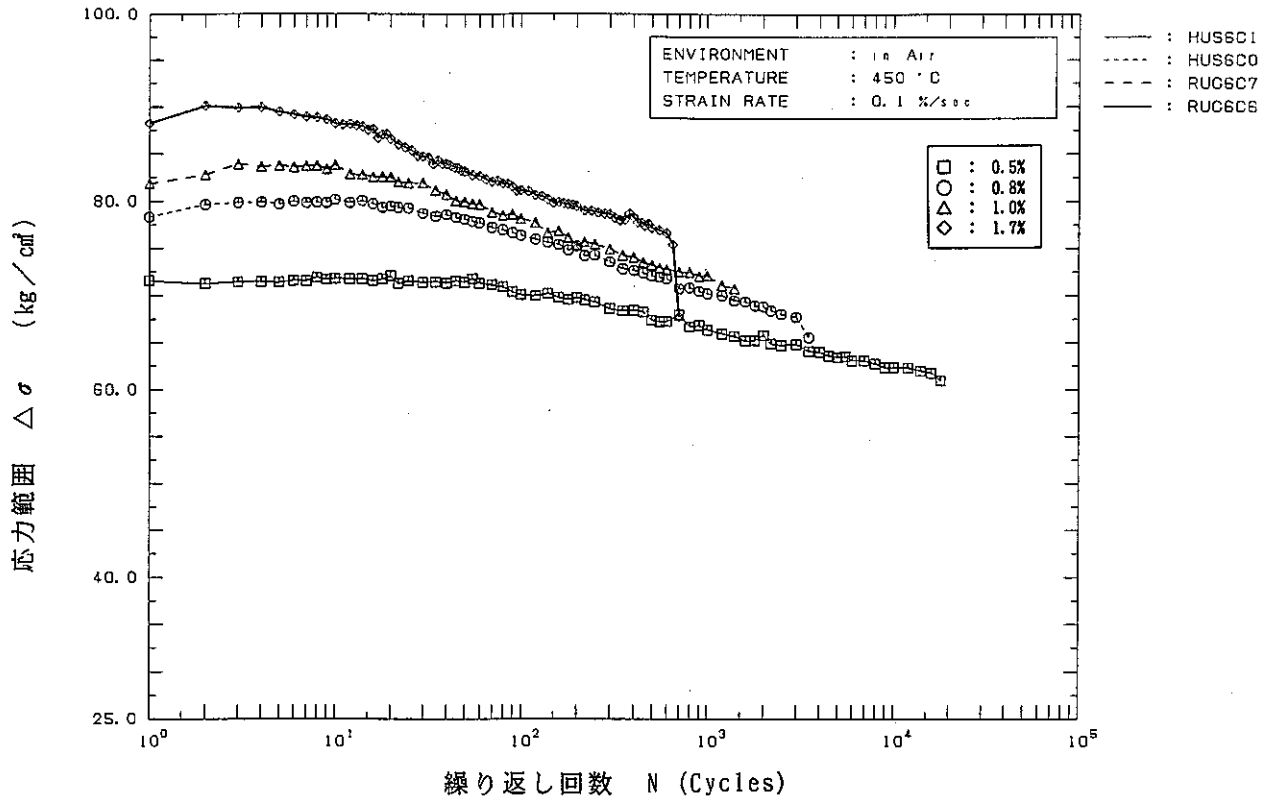


図13 450℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type B)

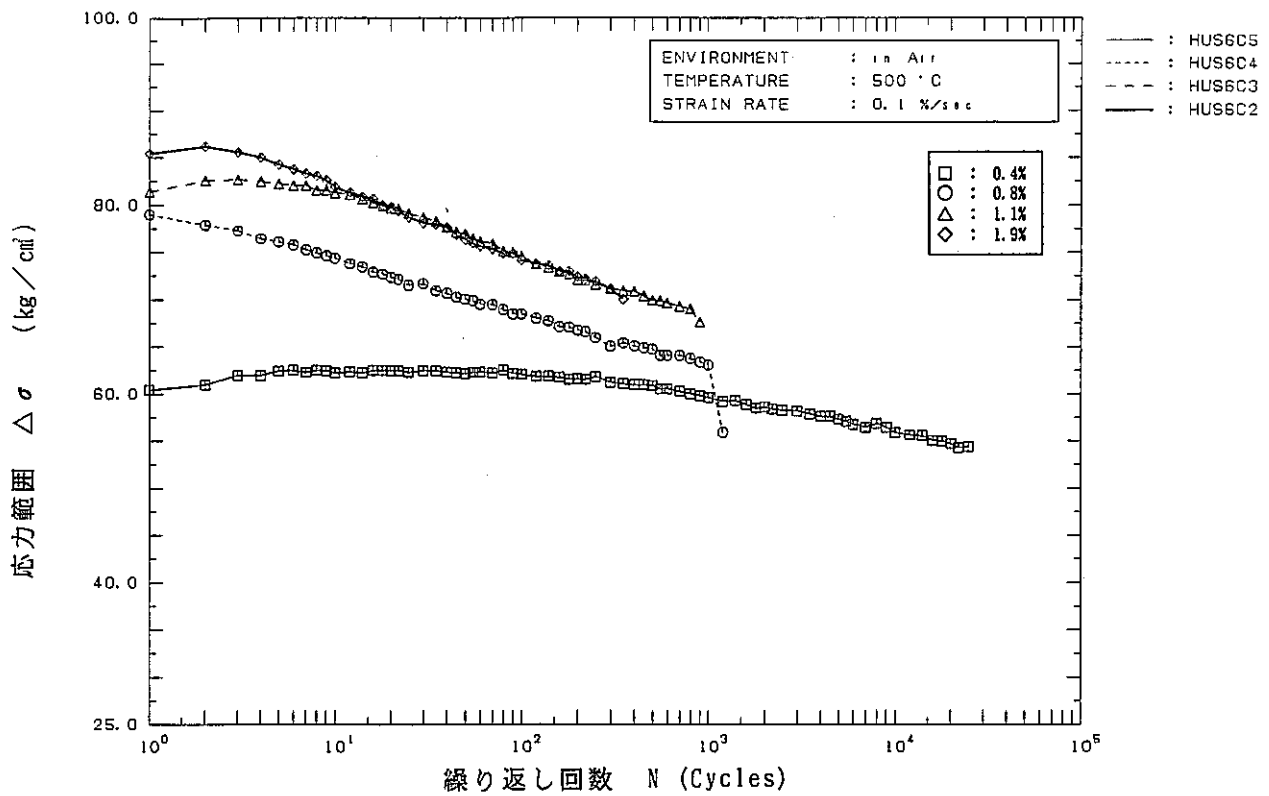


図14 500℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type B)

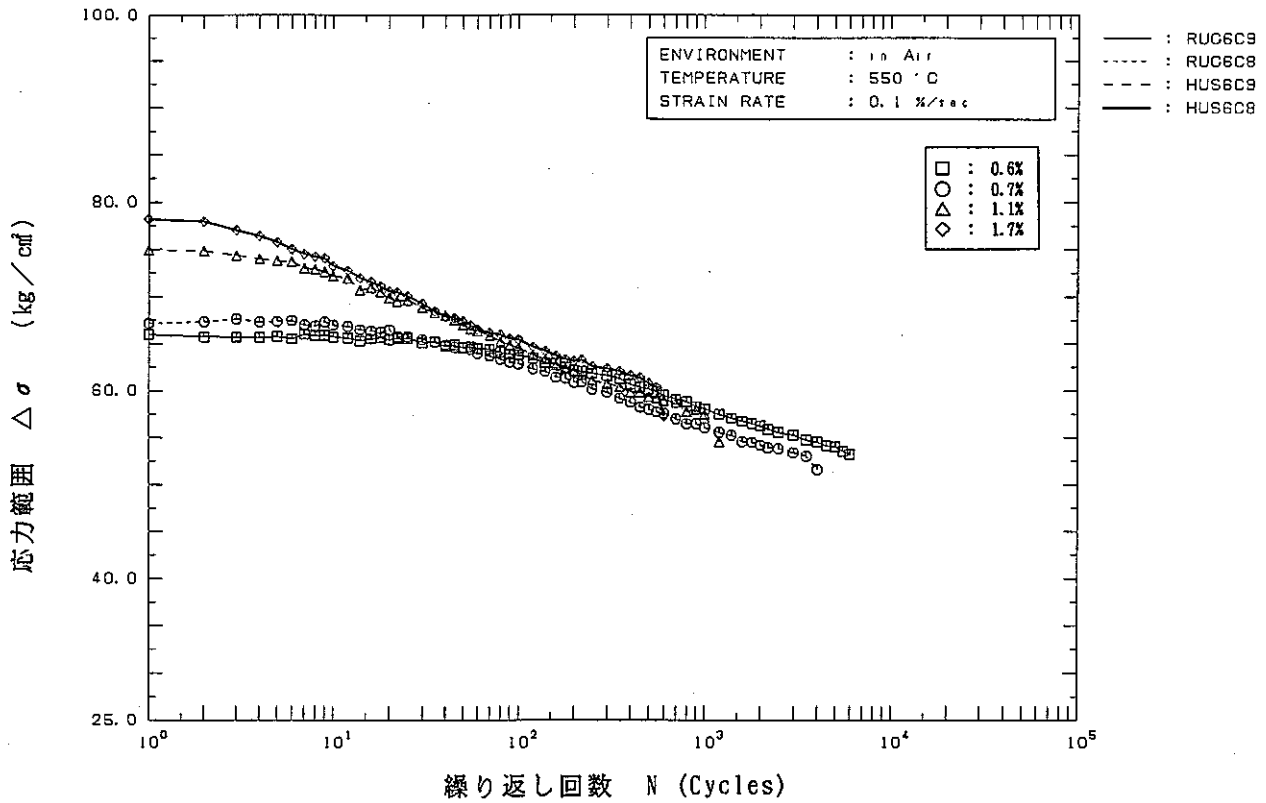


図15 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type B)

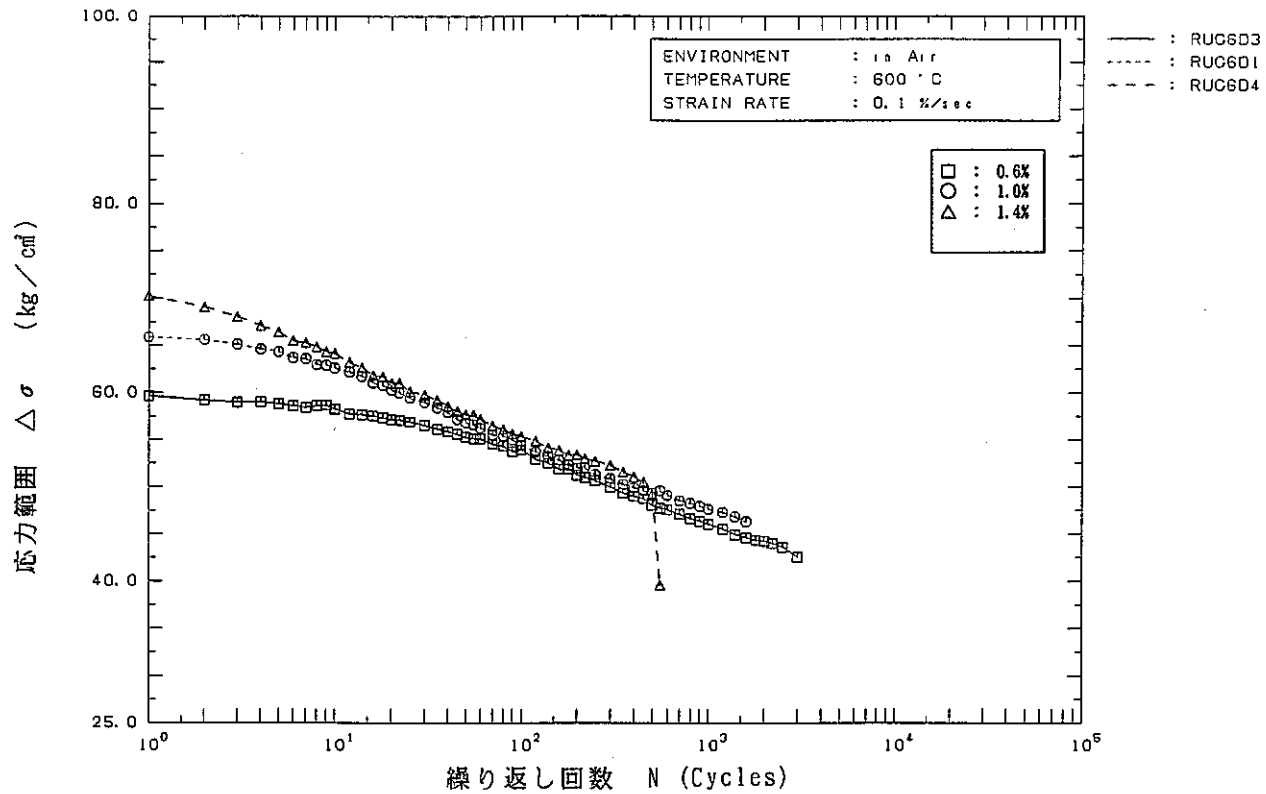


図16 600℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type B)

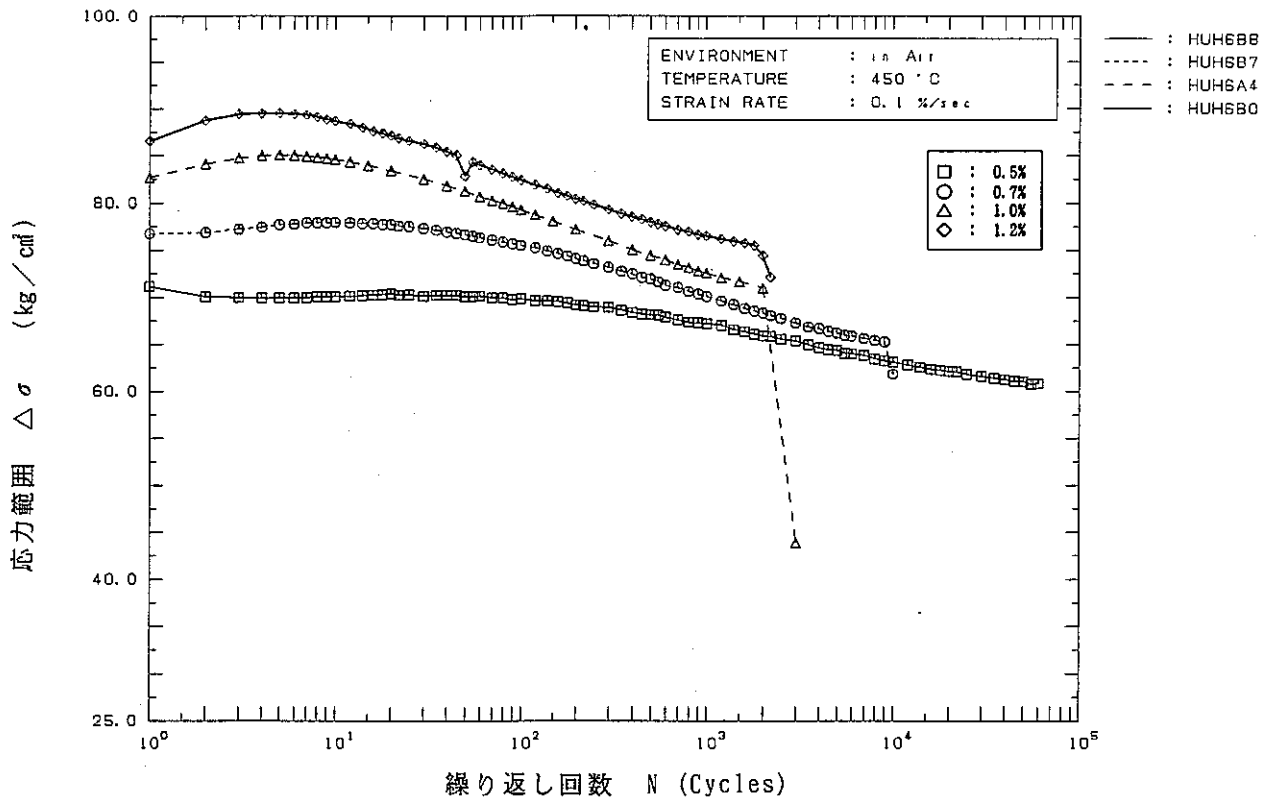


図17 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type C)

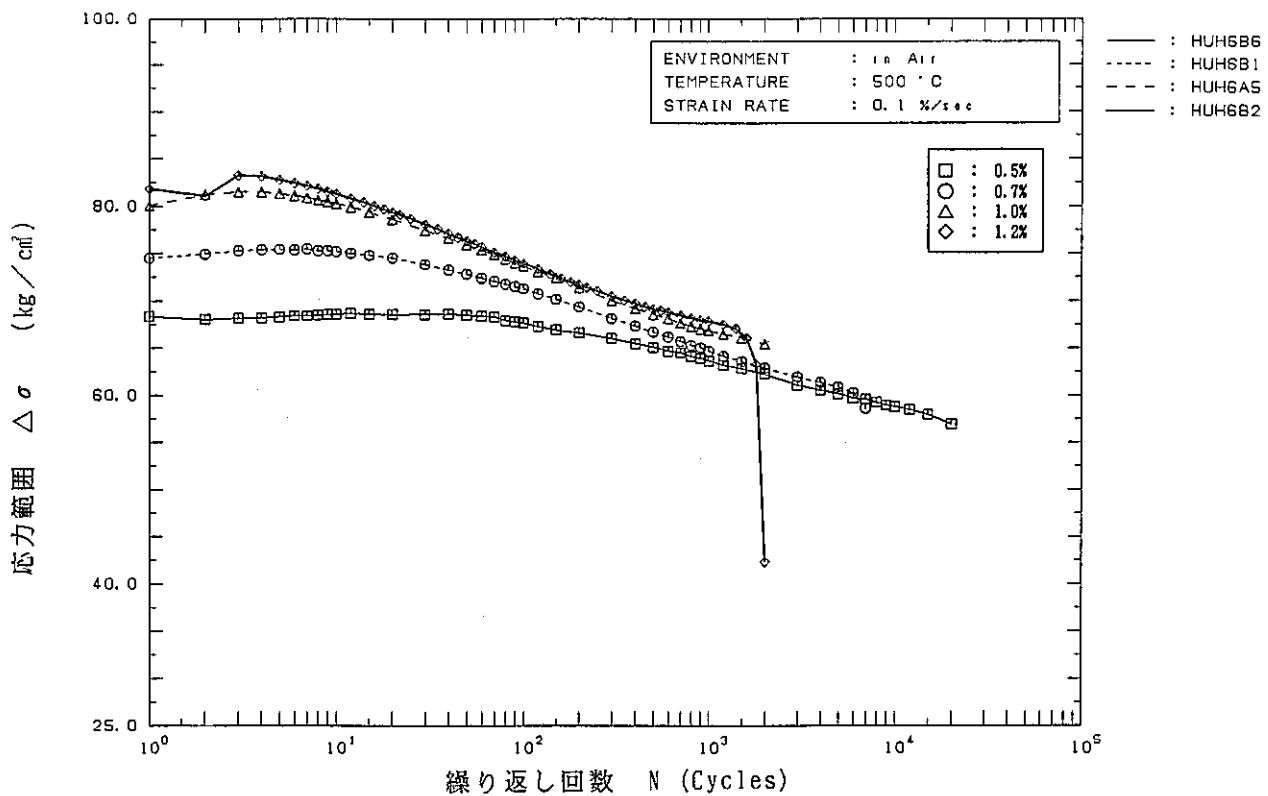


図18 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F 2) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type C)



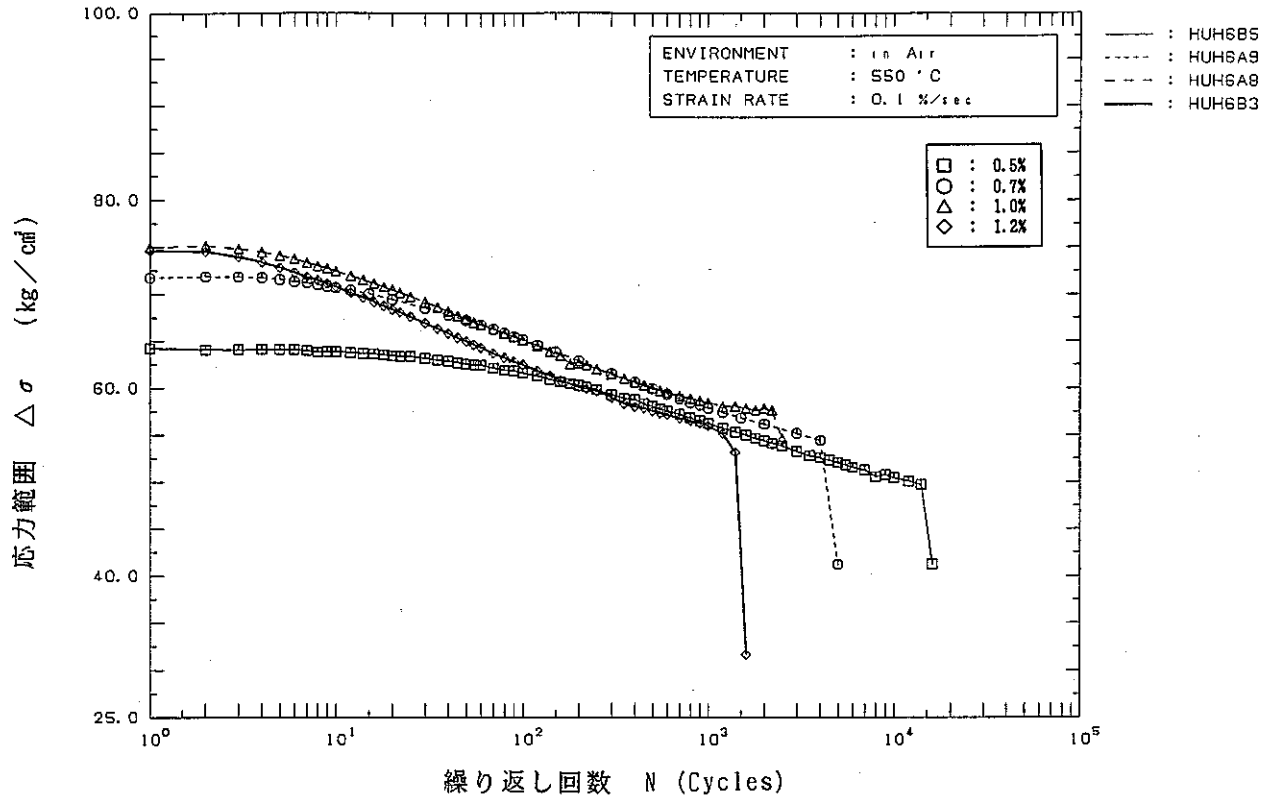


図19 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F2) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type C)

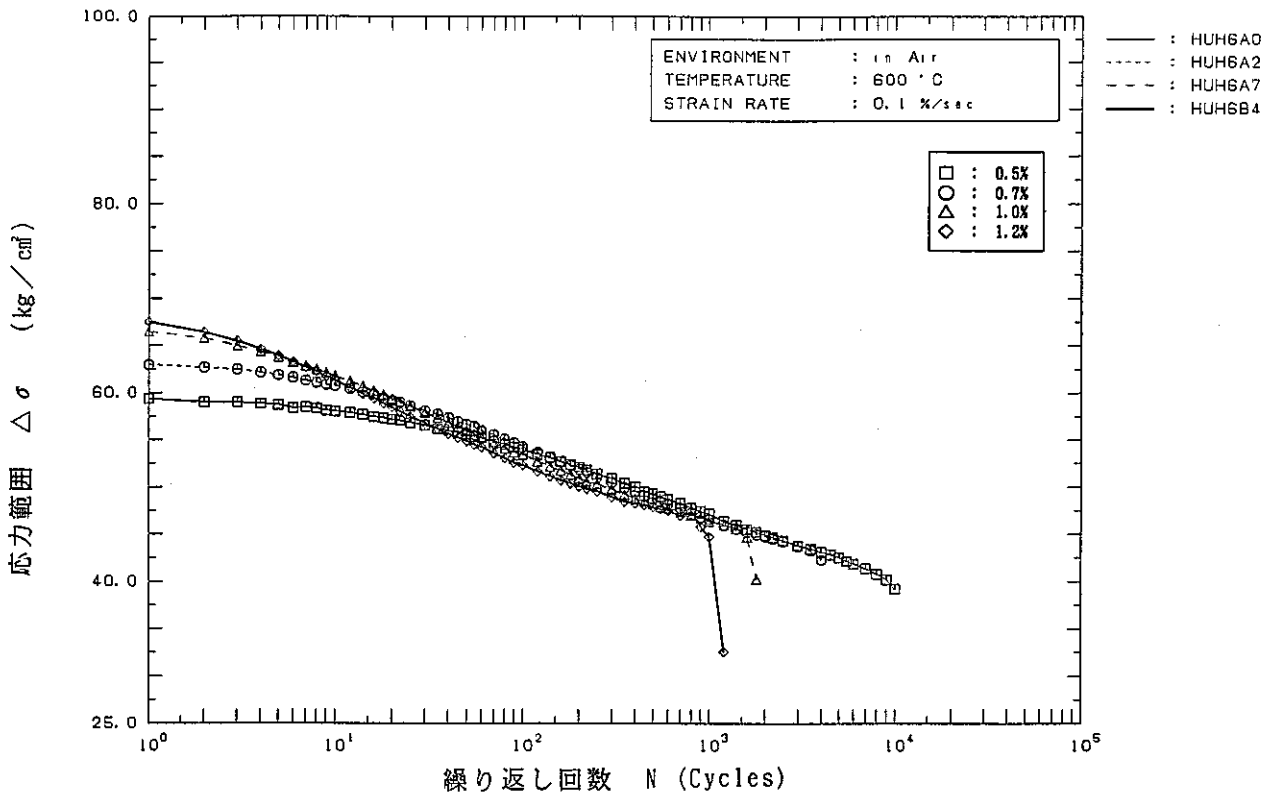


図20 600℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼伝熱管相当板 (F2) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type C)

### 3. FBR 金属材料データシート

Mod.9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F 4)

(250 t × 1000 × 1000)

- 図21 500℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中疲労寿命特性  
(試験片Type C)
- 図22 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中疲労寿命特性  
(試験片Type C)
- 図23 500℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中繰り返し応力曲線  
(試験片Type C)
- 図24 500℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中繰り返し応力曲線(1)  
(試験片Type C)
- 図25 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中繰り返し応力曲線(2)  
(試験片Type C)

F B R 金属材料試験データシート (B1)

B1: 素材 (1/2)

①素材種類	②製品区分	素材寸法 (mm)				製造者名	製造年月日	ミルシートNo.	ヒートNo.
7	3	250 t x	1000 b. or 0. D x	1000 ̑	KAWASAKI SEITETU	86年6月3日		10211	
材料適用規格	規格分類記号	鍛錬・圧延比	結晶粒度 No.		フェライト量 (%)	非金属介在物量 (*10 <sup>3</sup> %)			
		0.769	A	8.5 F		A 0	B 0	C 8	Total 8
炉型式		溶解方法		脱酸方法		鑄込方法		保管場所	
EF		LRF		ESR				MDS	
No.	③熱処理	温度 (°C)	保持時間 (hr)	④冷却方法	No.	③熱処理	温度 (°C)	保持時間 (hr)	④冷却方法
(1)	N	1040	6.0	WQ	(2)	T	760	6.0	AC
(4)					(5)				(6)
素材 識 別 番 号	F4								

①素材種類	②製品区分	③熱処理	④冷却方法
1: SUS304 2: SUS316 3: SUS321 4: 2.25Cr-1Mo 5: INCONEL 718 6: 9Cr-1Mo 7: Mod. 9Cr-1Mo 8: 9Cr-1Mo-Nb.V 9: 9Cr-2Mo 10: 9Cr-2Mo-Nb.V 11: Others ( )	1: Hot Rolled 2: Cold Rolled 3: Forged 4: Tube 5: Equivalent Tube 6: Pipe 7: Bar 8: Casting 9: Ring 10: Others ( )	Q : Quench N : Normalize T : Temper ST : Solution Treatment STT: Stabilizing Treatment IA : Isothermal Anneal FA : Full Anneal A : Anneal SR : Stress Relief 0 : Others ( )	AC: Air Cool FC: Furnace Cool WQ: Water Quench OQ: Oil Quench BC: Blast Cool MC: Mist Cool

F B R 金属材料試験データシート (B2)

B2: 素材 (2/2)

機械的特性  
(ミルシート記載値)

引 張 試 験								硬 さ 試 験														
①試験片規格	号数	応力除去熱処理の有無	試験温度 (°C)	0.2%耐力 (kg/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	破断伸び (%)	絞り (%)	②試験方法	硬さ													
J		Y	20	51.0	68.0	24.0	74.0	HV	209.8													
衝 撃 試 験					③ そ の 他 材 料 試 験																	
①試験片規格	号数	試験温度 (°C)	吸収エネルギー (kgf-m)	切欠形状	切欠寸法 (mm)	P	T	U	T	R	T	M	T	V	T	Bend	Dimer	Flar	Flat	Hydre	M. Etc	O. M
J		20	20.9			YES	YES	NO	NO	YES	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
化 学 成 分 L a d l e (wt%)																						
分 析 場 所		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr														
KAWASAKI SEITETU		0.10	0.25	0.37	0.008	0.003	0.08	9.10														
Mo	Cu	V	Co	Ti	Nb+Ta	W	B <sup>7</sup>	B <sup>10</sup>														
0.93		0.022			0.09																	
As	Al sol	Si total	N sol	N total	O																	
		0.002		0.043																		
化 学 成 分 C h e e c k (wt%)																						
分 析 場 所		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr														
KAWASAKI SEITETU		0.10	0.25	0.37	0.008	0.003	0.08	9.10														
Mo	Cu	V	Co	Ti	Nb+Ta	W	B <sup>7</sup>	B <sup>10</sup>														
0.93		0.022			0.09																	
As	Al sol	Al total	N sol	N total	O																	
		0.002		0.043																		

①試験片規格	②硬さ試験方法	③その他の材料試験		
J: JIS A: ASTM O: Others ( )	HB: Brinell HV: Vickers HS: Shore HRB: Rockwell B HRC: Rockwell C	PT: 浸透探傷試験 UT: 超音波探傷試験 RT: 放射線透過試験 MT: 磁粉探傷試験 VT: 外観検査	Bend.: 曲げ試験 Dimen.: 寸法試験 Flar.: 押し広げ試験 Flat.: 偏平試験 Hydro.: 水圧試験	M. Etc: マクロチェック O. M: 光学顕微鏡観察

## FBR金属材料試験データシート(D1)

D1:試験片(1/1)

①種類	②適用規格		③採取位置	④採取方向	⑤表面処理		⑥試験片寸法(mm)			⑦切欠		⑧ツバ、ペローズの有無	⑨機械加工	
	規格名	号数			仕上げ	粗さ(μ)	評点距離	平行部外径	平行部長さ	形状	形状係数		場所	日付
BM	0		3				20	10	25	3				
試 験 片 番 号												素材識別番号 又は 溶接識別番号		
MH6K2	MH6K1	MH6J0	MH6J6	MH6J9	MH6K0	MH6J4	MH6J5	MH6J1	MH6A2	MH6D6	F4			
MH6E8	MH6F6	MH6G3	MH6C4	MH6H5	MH6I3	MH6B3					F4			

①種類	②規格名	③採取位置	④採取方向	⑤表面処理 仕上げ	⑥切欠形状	⑦ツバ、ペローズの有無
BM: Base Metal WJ: Weld Joint DM: Deposited Metal WM: Weld Metal	J: JIS A: ASTM  O: Others (FBR)	1: 0/4t 2: 1/4t 3: 1/2t 4: 3/4t 5: 4/4t 6: Others ( )	L: Longitudinal T: Transverse V: Vertical	AM: As Machined P: Polising E: Electropolising PG: Paper Grinding  O: Others ( )	1: V-Notched 2: U-Notched 3: Smoothed 4: Arc-Notched  5: Others ( )	1: ツバ 2: ペローズ 3: ツバ、ペローズ  4: Others ( )

## FBR金属材料データシート (H1)

H1: 疲労 (1/2)

①試験雰囲気		②制御方法													
1		A													
試験片番号	③歪み種類	④歪み波形	保持時間 (hr)	引張側	歪み速度 (%/sec)	引張側	試験温度 (°C)	平均歪み (%)	全歪み範囲 (%)	塑性歪み範囲 (%)	繰り返し数 (cycles)	⑤破断位置	Nf/2における最大・最小応力 (kg/mm <sup>2</sup> )		
				圧縮側		圧縮側							cycles	$\sigma$ max	$\sigma$ min
MH6K2	1	1		0		0.1	500	0	0.401	0.098	79070	A	40000	25.521	25.583
MH6K1	1	1		0		0.1	500	0	0.488	0.147	35054	A	16000	25.801	26.888
MH6J0	1	1		0		0.1	500	0	0.703	0.362	7528	A	4000	28.567	29.779
MH6J6	1	1		0		0.1	500	0	1.003	0.643	2266	A	1000	30.246	31.862
MH6J9	1	1		0		0.1	500	0	0.384	0.095	53876	A	25000	25.769	26.422
MH6K0	1	1		0		0.1	550	0	0.394	0.186	72230	A	35000	20.547	21.542
MH6J4	1	1		0		0.1	550	0	0.489	0.173	13779	A	6000	23.780	25.272
MH6J5	1	1		0		0.1	550	0	0.699	0.396	5934	A	3000	24.060	25.210
MH6J1	1	1		0		0.1	550	0	1.006	0.674	1389	A	700	26.298	27.914
MH6A2	1	1		0		0.1	550	0	0.496	0.178	16489	A	8000	25.086	23.345

①試験雰囲気	②制御方法	③歪み種類	④歪み波形	⑤破断位置	
1: In Air 2: In Stagnant Na 3: In Flowing Na 4: In Hot Lab 5: In Vacuum 6: In He 7: In N <sub>2</sub>	8: In Ar     9: Others ( )	D: Diametral Strain C. A: Axial Strain C. S: Stress C. L: Load C. H: Displacement C.	1: Axial Strain 2: Diametral Strain  3: Others ( )	1: Triangular 2: fast-slow 3: slow-fast 4: Trapezoidal  5: Others ( )	i) 母材、溶金試験片の場合 A B C ii) 継手試験片の場合 BM WM Bond HAZ

## FBR金属材料データシート (H1)

H1: 疲労 (2/2)

①試験雰囲気		②制御方法													
1		A													
試験片番号	③歪み種類	④歪み波形	保持時間 (hr)	引張側	歪み速度 (%/sec)	引張側	試験温度 (°C)	平均歪み (%)	全歪み範囲 (%)	塑性歪み範囲 (%)	繰り返し数 (cycles)	⑤破断位置	Nf/2における最大・最小応力 (kg/mm <sup>2</sup> )		
				圧縮側		圧縮側							cycles	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$
MH6D6	1	1		0		0.1	550	0	0.437	0.163	10490	A	5000	26.049	22.910
MH6E8	1	1		0		0.1	550	0	0.458	0.165	21014	A	10000	21.946	23.967
MH6F6	1	1		0		0.1	550	0	0.501	0.211	10217	A	5000	24.215	24.744
MH6G3	1	1		0		0.1	550	0	0.479	0.185	18606	C	9000	24.495	22.443
MH6C4	1	1		0		0.1	550	0	0.477	0.186	10294	A	5000	23.500	24.992
MH6H5	1	1		0		0.1	550	0	0.479	0.177	17772	A	9000	22.070	23.625
MH6I3	1	1		0		0.1	550	0	0.475	0.180	18018	A	9000	22.692	24.122
MH6B3	1	1		0		0.1	550	0	0.474	0.199	7486	A	3500	23.873	25.521

①試験雰囲気	②制御方法	③歪み種類	④歪み波形	⑤破断位置
1: In Air 2: In Stagnant Na 3: In Flowing Na 4: In Hot Lab 5: In Vacuum 6: In He 7: In Ne	8: In Ar D: Diametral Strain C. A: Axial Strain C. S: Stress C. L: Load C. H: Displacement C.	1: Axial Strain 2: Diametral Strain 3: Others	1: Triangular 2: fast-slow 3: slow-fast 4: Trapezoidal 5: Others	i) 母材、溶金試験片の場合 A B C ii) 継手試験片の場合 BM WM Bond HAZ
	9: Others ( )	( )	( )	

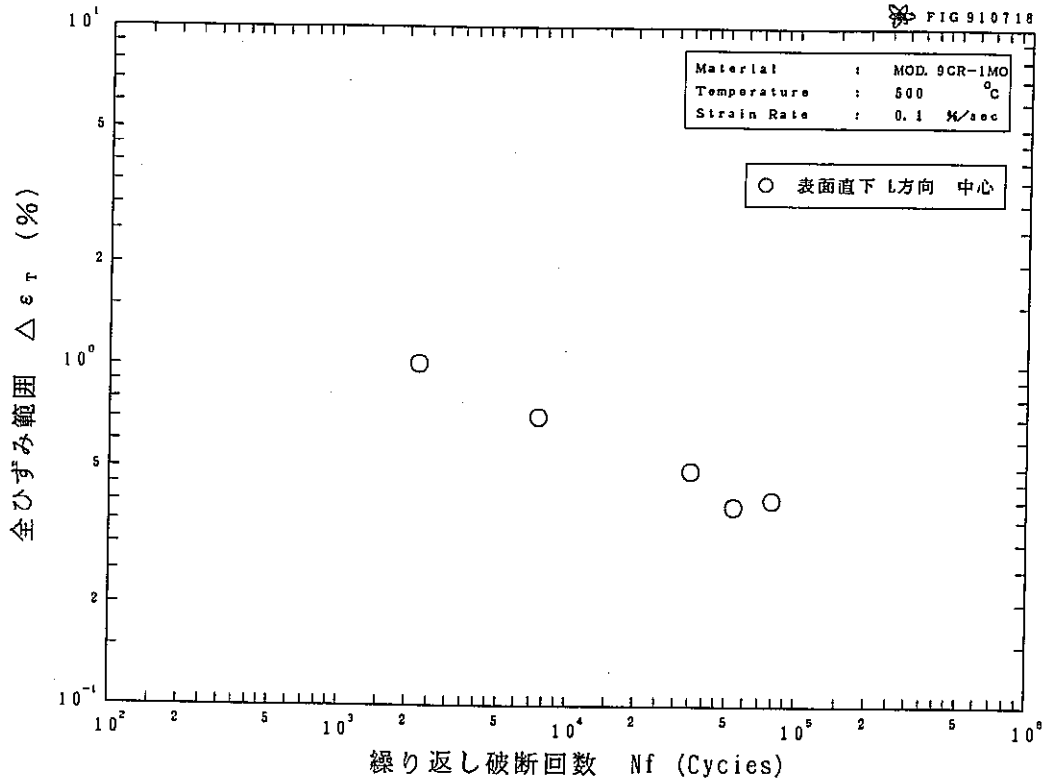


図21 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C)

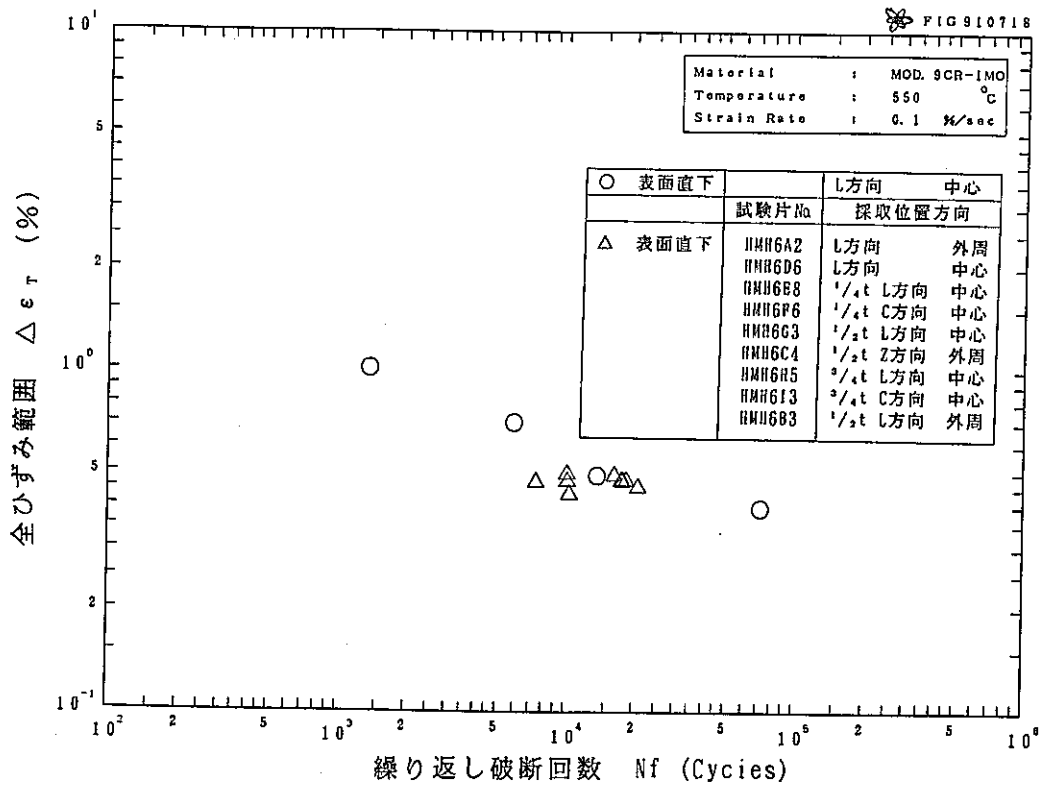


図22 550℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F 4) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C)



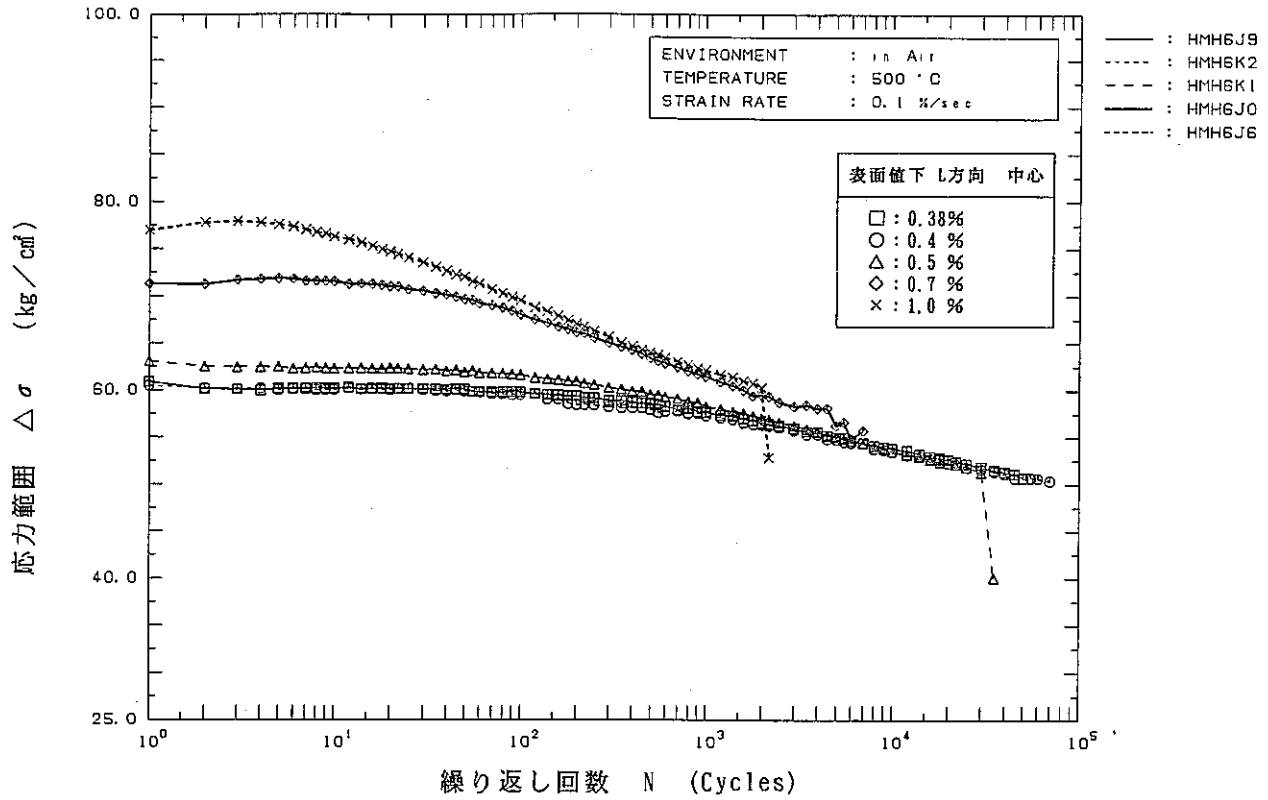


図23 500℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F4) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type C)

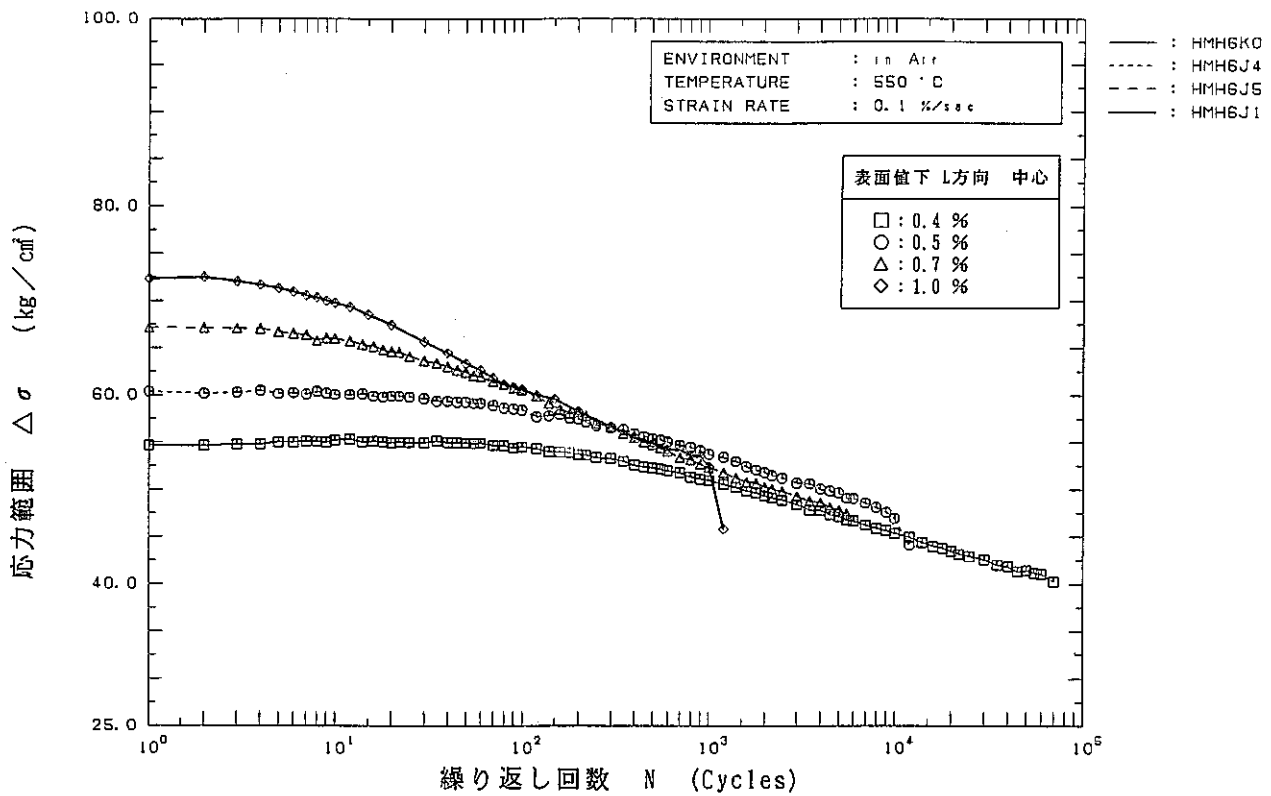


図24 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F4) の大気中繰返し応力曲線(1) (試験片Type C)

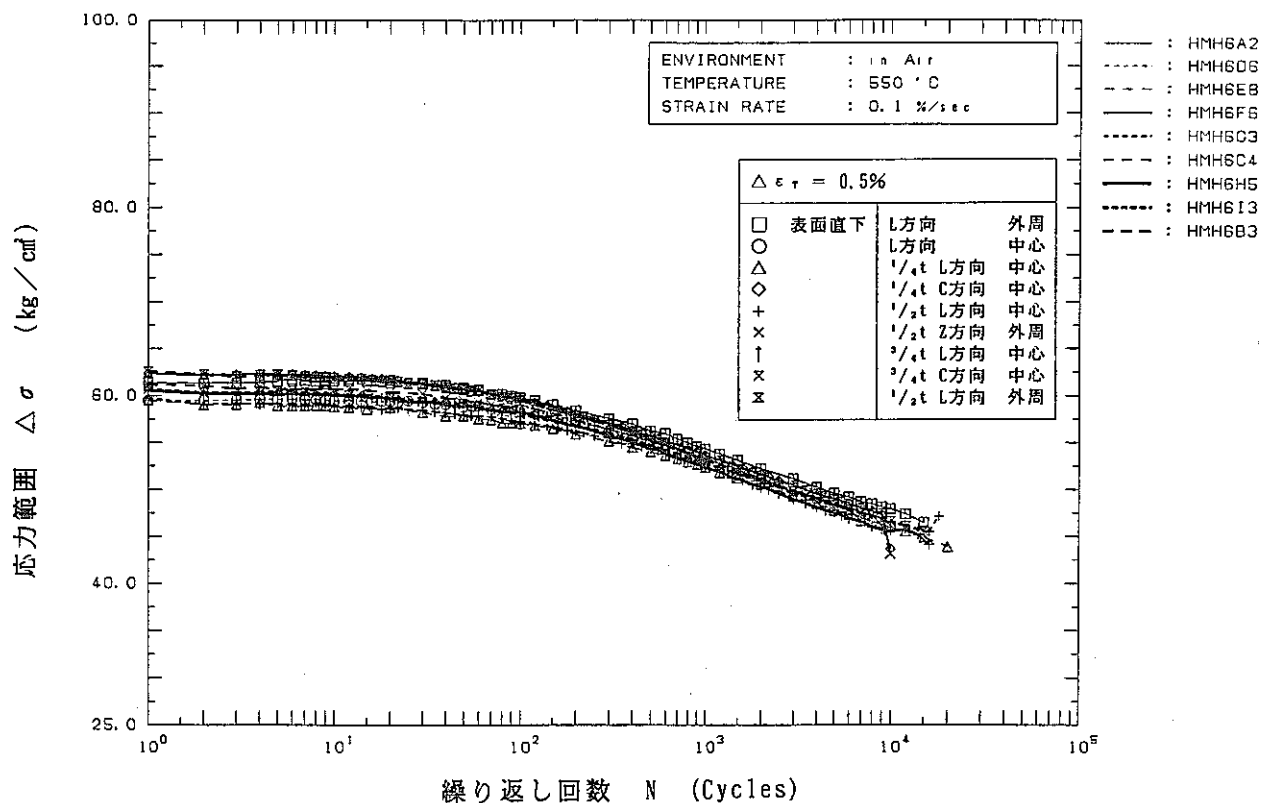


図25 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼鍛鋼品 (F4) の大気中繰返し応力曲線(2)  
 (試験片Type C)

## 4. FBR金属材料データシート

Mod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6)

(25 t × 1000 × 1000)

- 図26 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性  
(試験片Type C)
- 図27 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性  
(試験片Type C)
- 図28 550℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性  
(試験片Type C)
- 図29 600℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性  
(試験片Type C)
- 図30 650℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性  
(試験片Type C)
- 図31 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中繰り返し応力曲線  
(試験片Type C)
- 図32 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中繰り返し応力曲線  
(試験片Type C)
- 図33 550℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中繰り返し応力曲線  
(試験片Type C)
- 図34 600℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中繰り返し応力曲線  
(試験片Type C)
- 図35 650℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中繰り返し応力曲線  
(試験片Type C)

F B R 金属材料試験データシート (B1)

B1: 素材 (1/2)

①素材種類	②製品区分	素 材 寸 法 (mm)				製 造 者 名	製 造 年 月 日	ミルシートNo.	ヒートNo.						
7	1	25 t × 1000 b. s. or D × 1000 z				SUMITOMO KINZOKU	86年 7月 25日	AU01293	A5B1303						
材料適用規格	規格分類記号	鍛錬・圧延比	結 晶 粒 度 No.		フェライト量 (%)	非 金 属 介 在 物 量 (*10 <sup>3</sup> %)									
ASTM	A387		A	7.0	F	A	0	B	8	C	0	Total	8		
炉 型 式		溶 解 方 法		脱 酸 方 法		鑄 込 方 法		保 管 場 所							
								MDS							
No.	③ 熱 処理	温 度 (°C)	保持時間 (hr)	④冷却 方法	No.	③ 熱 処理	温 度 (°C)	保持時間 (hr)	④冷却 方法	No.	③ 熱 処理	温 度 (°C)	保持時間 (hr)	④冷却 方法	
(1)	N	1050	1.08	AC	(2)	T	780	1.42	AC	(3)	SR	740	8.4	FC	
(4)					(5)					(6)					
素 材 識 別 番 号	F6														

①素材種類	②製品区分	③熱処理	④冷却方法
1: SUS304 2: SUS316 3: SUS321 4: 2.25Cr-1Mo 5: INCONEL 718 6: 9Cr-1Mo 7: Mod. 9Cr-1Mo 8: 9Cr-1Mo-Nb.V 9: 9Cr-2Mo 10: 9Cr-2Mo-Nb.V 11: Others ( )	1: Hot Rolled 2: Cold Rolled 3: Forged 4: Tube 5: Equivalent Tube 6: Pipe 7: Bar 8: Casting 9: Ring 10: Others ( )	Q : Quench N : Normalize T : Temper ST : Solution Treatment STT: Stabilizing Treatment IA : Isothermal Anneal FA : Full Anneal A : Anneal SR : Stress Relief 0 : Others ( )	AC: Air Cool FC: Furnace Cool WQ: Water Quench OQ: Oil Quench BC: Blast Cool MC: Mist Cool

F B R 金属材料試験データシート (B2)

B2: 素材 (2/2)

機械的特性  
(ミルシート記載値)

引 張 試 験								硬 さ 試 験														
①試験片規格	号数	応力除去熱処理の有無	試験温度 (°C)	0.2%耐力 (kg/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	破断伸び (%)	絞り (%)	②試験方法	硬さ													
J		Y	20	49.9	68.2	26.0	69.0															
衝 撃 試 験					③ そ の 他 材 料 試 験																	
①試験片規格	号数	試験温度 (°C)	吸収エネルギー (kgf-m)	切欠形状	切欠寸法 (mm)	P	T	U	T	R	T	M	T	V	T	Bend	Dimer	Flar	Flat	Hydre	M. Etc	O. M
						NO	YES	NO	NO	NO	NO	NO	YES	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES
化 学 成 分 L a d l e (wt%)																						
分 析 場 所		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr														
SUMITOMO KINZOKU		0.10	0.39	0.41	0.013	0.001	0.06	8.77														
Mo	Cu	V	Co	Ti	Nb+Ta	W	B <sup>7</sup>	B <sup>10</sup>														
0.96		0.20			0.087																	
As	Al sol	Sl total	N sol	N total	O																	
	0.011			0.0502																		
化 学 成 分 C h e c k (wt%)																						
分 析 場 所		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr														
SUMITOMO KINZOKU		0.10	0.39	0.42	0.014	0.001	0.06	8.75														
Mo	Cu	V	Co	Ti	Nb+Ta	W	B <sup>7</sup>	B <sup>10</sup>														
0.97		0.21			0.089																	
As	Al sol	Al total	N sol	N total	O																	
	0.012			0.0505																		

①試験片規格	②硬さ試験方法	③その他の材料試験		
J: JIS A: ASTM O: Others ( )	HB: Brinell HV: Vickers HS: Shore HRB: Rockwell B HRC: Rockwell C	PT: 浸透探傷試験 UT: 超音波探傷試験 RT: 放射線透過試験 MT: 磁粉探傷試験 VT: 外観検査	Bend.: 曲げ試験 Dimen.: 寸法試験 Flar.: 押し広げ試験 Flat.: 扁平試験 Hydro.: 水圧試験	M. Etc: マクロチェック O. M: 光学顕微鏡観察

FBR金属材料試験データシート(D1)

D1: 試験片 (1/1)

①種類	②適用規格		③採取位置	④採取方向	⑤表面処理		⑥試験片寸法 (mm)			⑦切欠		⑧ツバ、ペローズの有無	⑨機械加工								
	②規格名	②号数			⑤仕上げ	⑤粗さ(μ)	⑥評点距離	⑥平行部外径	⑥平行部長さ	⑥形状	⑥形状係数		⑨場	⑨所	⑨日付						
BM	0		3				20	10	25	3											
試 験 片 番 号												素材識別番号 又は 溶接識別番号									
TH6B2	TH6A8		TH6B1		TH6C4		TH6A0		TH6A1		TH6A4		TH6B9		TH6B7		TH6C7		TH6B3		F6
TH6B5	TH6C6		TH6B0		TH6A5		TH6C1		TH6A2		TH6C0		TH6A7		TH6B6						F6

①種類	②規格名	③採取位置	④採取方向	⑤表面処理 仕上げ	⑥切欠形状	⑦ツバ、ペローズの有無
BM: Base Metal WJ: Weld Joint DM: Deposited Metal WM: Weld Metal	J: JIS A: ASTM  O: Others (FBR )	1: 0/4t 2: 1/4t 3: 1/2t 4: 3/4t 5: 4/4t 6: Others ( )	L: Longitudinal T: Transverse V: Vertical	AM: As Machined P: Polising E: Electropolising PG: Paper Grinding  O: Others ( )	1: V-Notched 2: U-Notched 3: Smoothed 4: Arc-Notched  5: Others ( )	1: ツバ 2: ペローズ 3: ツバ、ペローズ  4: Others ( )

## F B R 金属材料データシート (H1)

H1: 疲労 (1/2)

①試験雰囲気		②制御方法													
1		A													
試験片番号	③歪み種類	④歪み波形	保持時間 (hr)	引張側	歪み速度 (%/sec)	引張側	試験温度 (°C)	平均歪み (%)	全歪み範囲 (%)	塑性歪み範囲 (%)	繰り返し数 (cycles)	⑤破断位置	Nf/2における最大・最小応力 (kg/mm <sup>2</sup> )		
				圧縮側		圧縮側							cycles	$\sigma_{max}$ $\sigma'_{max}$	$\sigma_{min}$ $\sigma'_{min}$
TH6B2	1	1		0 0		0.1 0.1	450	0	0.495	0.180	42639	A	22000	30.183	30.588
TH6A8	1	1		0 0		0.1 0.1	450	0	0.689	0.318	8173	A	4000	32.328	33.168
TH6B1	1	1		0 0		0.1 0.1	450	0	1.003	0.607	3596	A	1800	34.442	35.095
TH6C4	1	1		0 0		0.1 0.1	450	0	1.204	0.799	1710	A	800	36.400	37.675
TH6A0	1	1		0 0		0.1 0.1	500	0	0.499	0.170	16615	A	8000	28.474	28.349
TH6A1	1	1		0 0		0.1 0.1	500	0	0.699	0.361	4908	A	2500	31.458	31.582
TH6A4	1	1		0 0		0.1 0.1	500	0	0.995	0.593	2904	A	1400	29.531	32.919
TH6B9	1	1		0 0		0.1 0.1	650	0	0.701	0.472	3334	A	1600	16.475	17.190
TH6B7	1	1		0 0		0.1 0.1	650	0	0.955	0.776	1883	A	900	17.003	17.874
TH6C7	1	1		0 0		0.1 0.1	650	0	1.198	0.940	1065	A	500	17.781	18.713

①試験雰囲気	②制御方法	③歪み種類	④歪み波形	⑤破断位置	
1: In Air 2: In Stagnant Na 3: In Flowing Na 4: In Hot Lab 5: In Vacuum 6: In He 7: In Ne	8: In Ar     9: Others ( )	D: Diametral Strain C. A: Axial Strain C. S: Stress C. L: Load C. H: Displacement C.	1: Axial Strain 2: Diametral Strain  3: Others ( )	1: Triangular 2: fast-slow 3: slow-fast 4: Trapezoidal  5: Others ( )	i) 母材、溶金試験片の場合 A B C ii) 継手試験片の場合 BM WM Bond HAZ

F B R 金属材料データシート (H1)

H1: 疲労 (2/2)

①試験雰囲気		②制御方法													
1		A													
試験片番号	③歪み種類	④歪み波形	保持時間 (hr)	引張側	歪み速度 (%/sec)	引張側	試験温度 (°C)	平均歪み (%)	全歪み範囲 (%)	塑性歪み範囲 (%)	繰り返し数 (cycles)	⑤破断位置	Nf/2における最大・最小応力 (kg/mm <sup>2</sup> )		
				圧縮側		圧縮側							cycles	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$
TH6B3	1	1	0	0	0.1	0.1	550	0	0.702	0.394	5087	A	2500	25.117	25.894
TH6B5	1	1	0	0	0.1	0.1	550	0	1.002	0.680	2323	A	1200	27.013	27.572
TH6C6	1	1	0	0	0.1	0.1	550	0	1.197	0.838	1706	A	800	28.847	30.059
TH6B0	1	1	0	0	0.1	0.1	600	0	0.485	0.230	9853	A	5000	18.837	20.703
TH6A5	1	1	0	0	0.1	0.1	600	0	0.706	0.423	4694	A	2500	21.013	21.386
TH6C1	1	1	0	0	0.1	0.1	600	0	0.998	0.714	2062	A	1000	22.630	23.656
TH6A2	1	1	0	0	0.1	0.1	600	0	1.200	0.936	1606	A	800	22.847	23.220
TH6C0	1	1	0	0	0.1	0.1	650	0	0.501	0.277	9857	A	5000	16.351	17.066
TH6A7	1	1	0	0	0.1	0.1	500	0	1.199	0.801	1597	A	700	31.209	33.447
TH6B6	1	1	0	0	0.1	0.1	550	0	0.504	0.202	13016	A	6000	24.246	24.961

①試験雰囲気	②制御方法	③歪み種類	④歪み波形	⑤破断位置
1: In Air 2: In Stagnant Na 3: In Flowing Na 4: In Hot Lab 5: In Vacuum 6: In He 7: In N <sub>2</sub>	D: Diametral Strain C. A: Axial Strain C. S: Stress C. L: Load C. H: Displacement C.	1: Axial Strain 2: Diametral Strain 3: Others ( )	1: Triangular 2: fast-slow 3: slow-fast 4: Trapezoidal 5: Others ( )	i) 母材、溶金試験片の場合 A B C ii) 継手試験片の場合 BM WM Bond HAZ
8: In Ar 9: Others ( )				



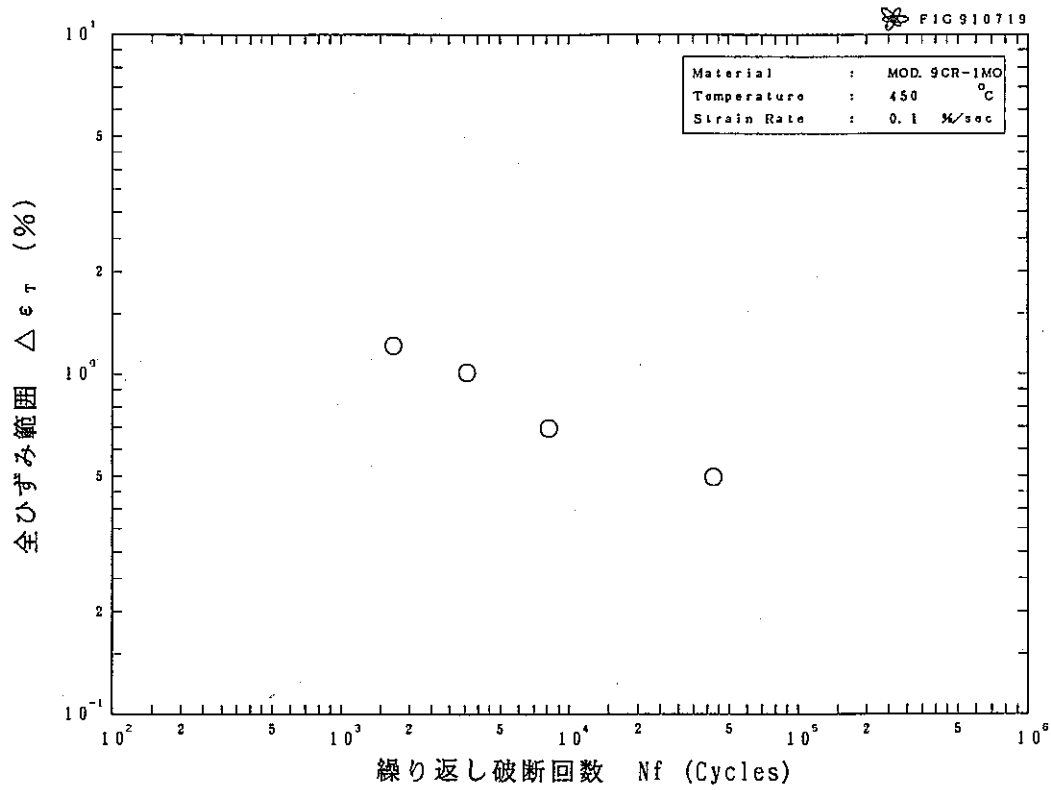


図26 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 ( F 6 ) の大気中疲労寿命特性 ( 試験片Type C)

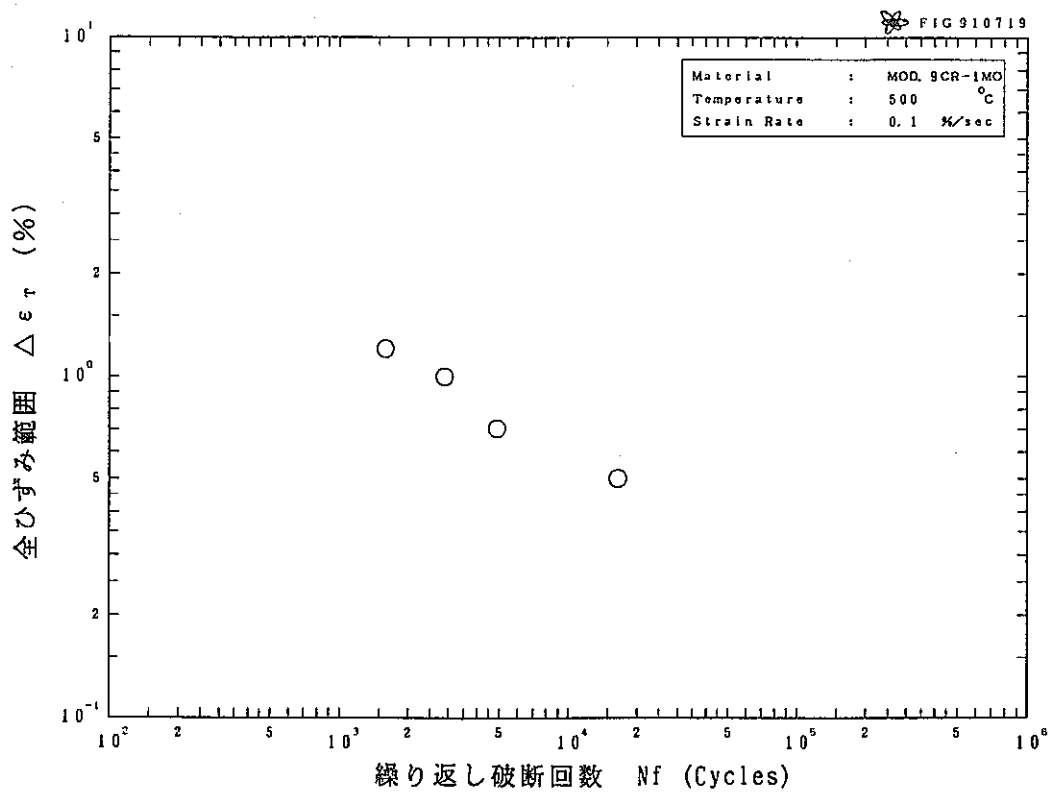


図27 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼板 ( F 6 ) の大気中疲労寿命特性 ( 試験片Type C)

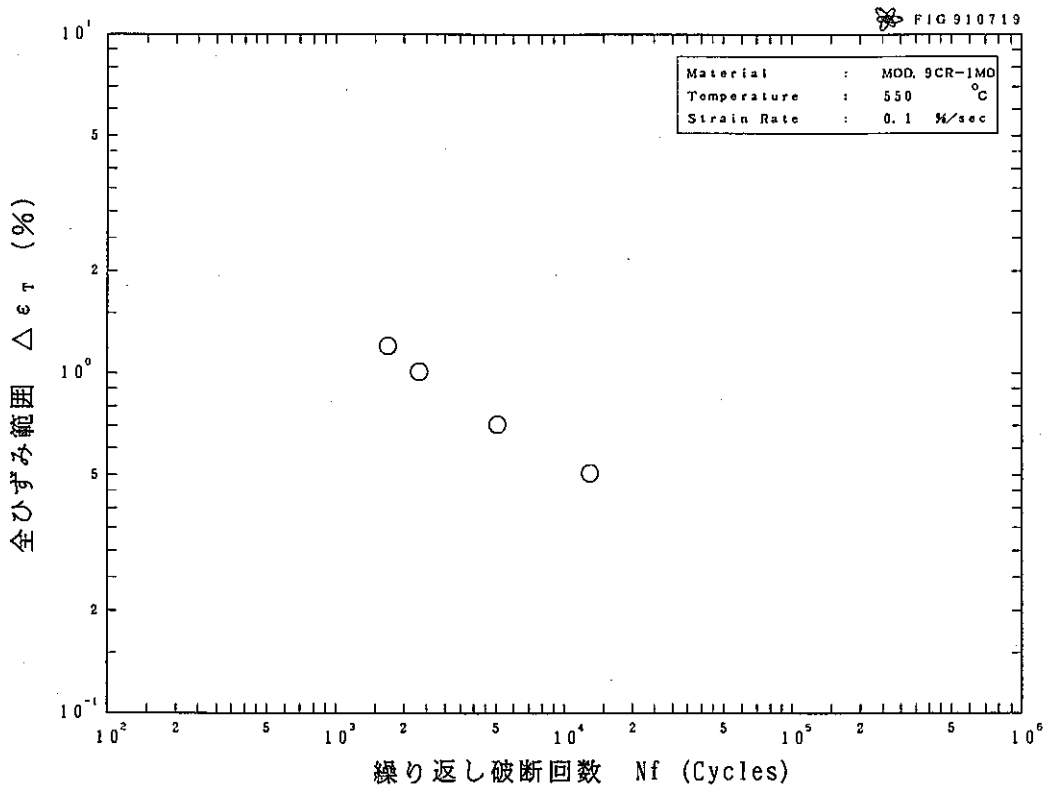


図28 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C)

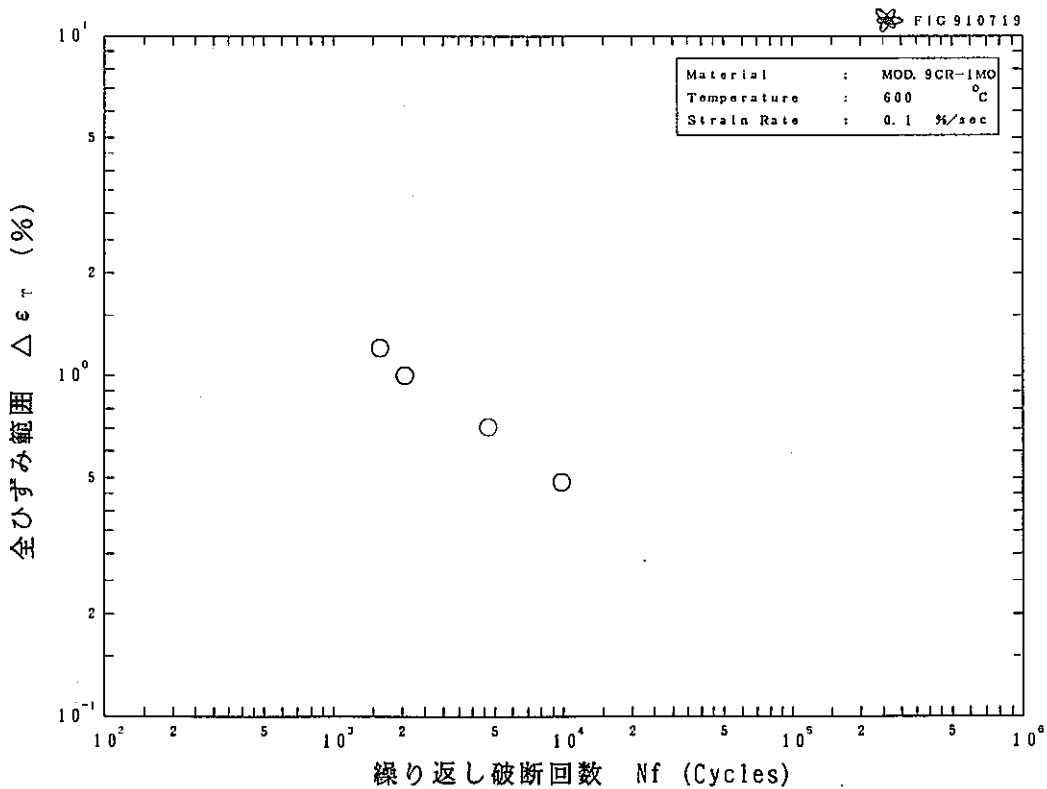


図29 600℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C)

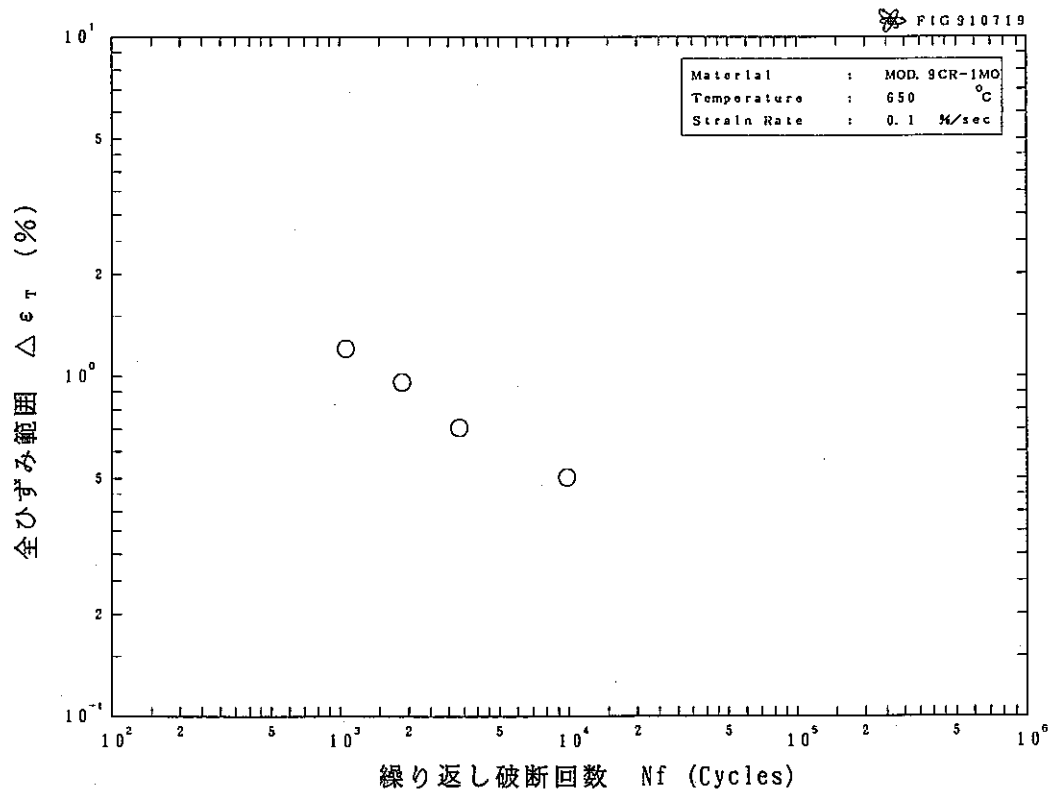


図30 650℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中疲労寿命特性 (試験片Type C)

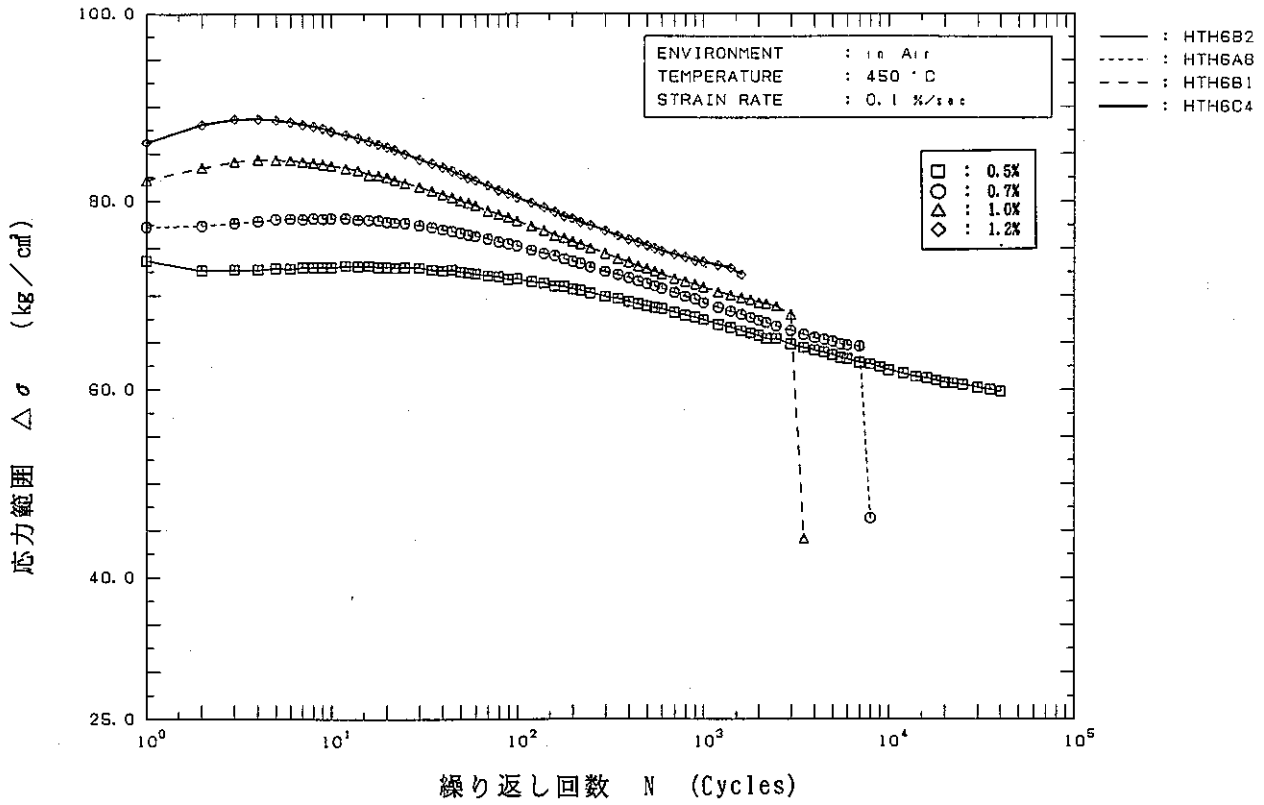


図31 450℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type C)

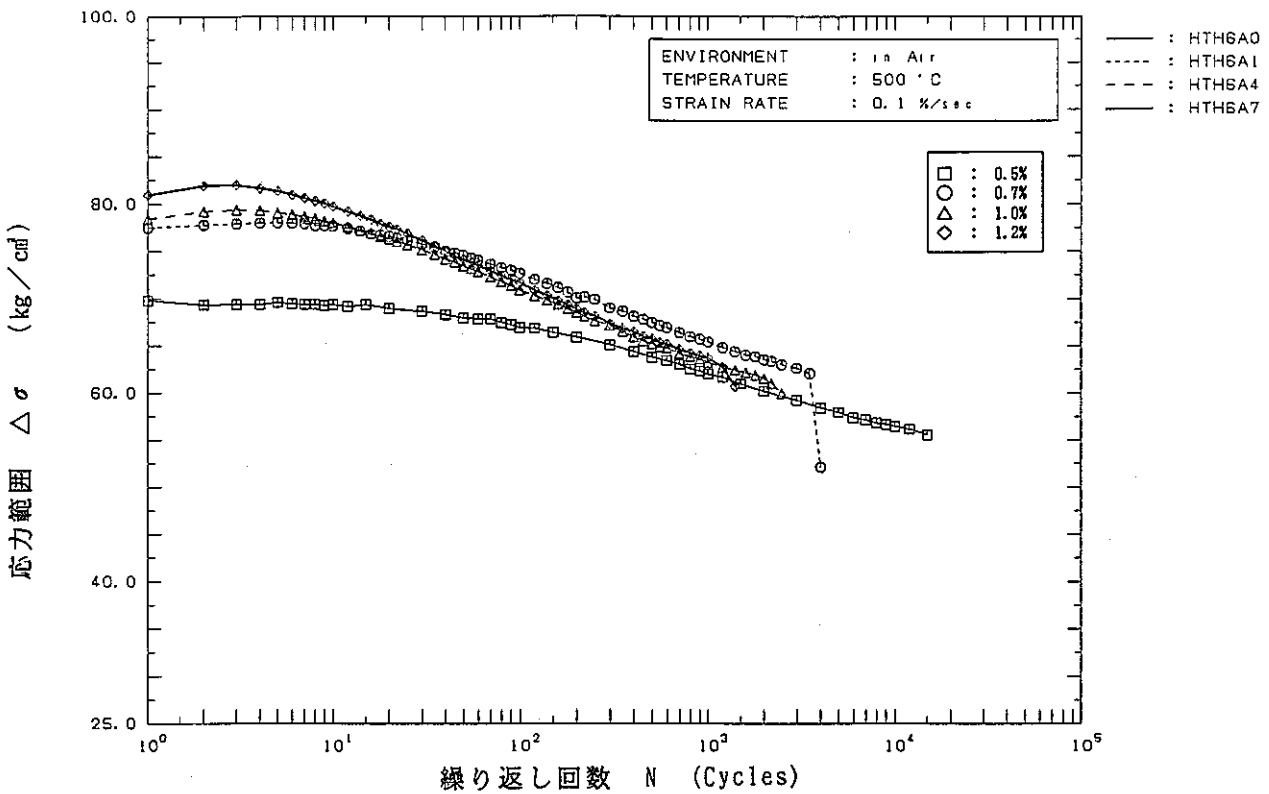


図32 500℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type C)

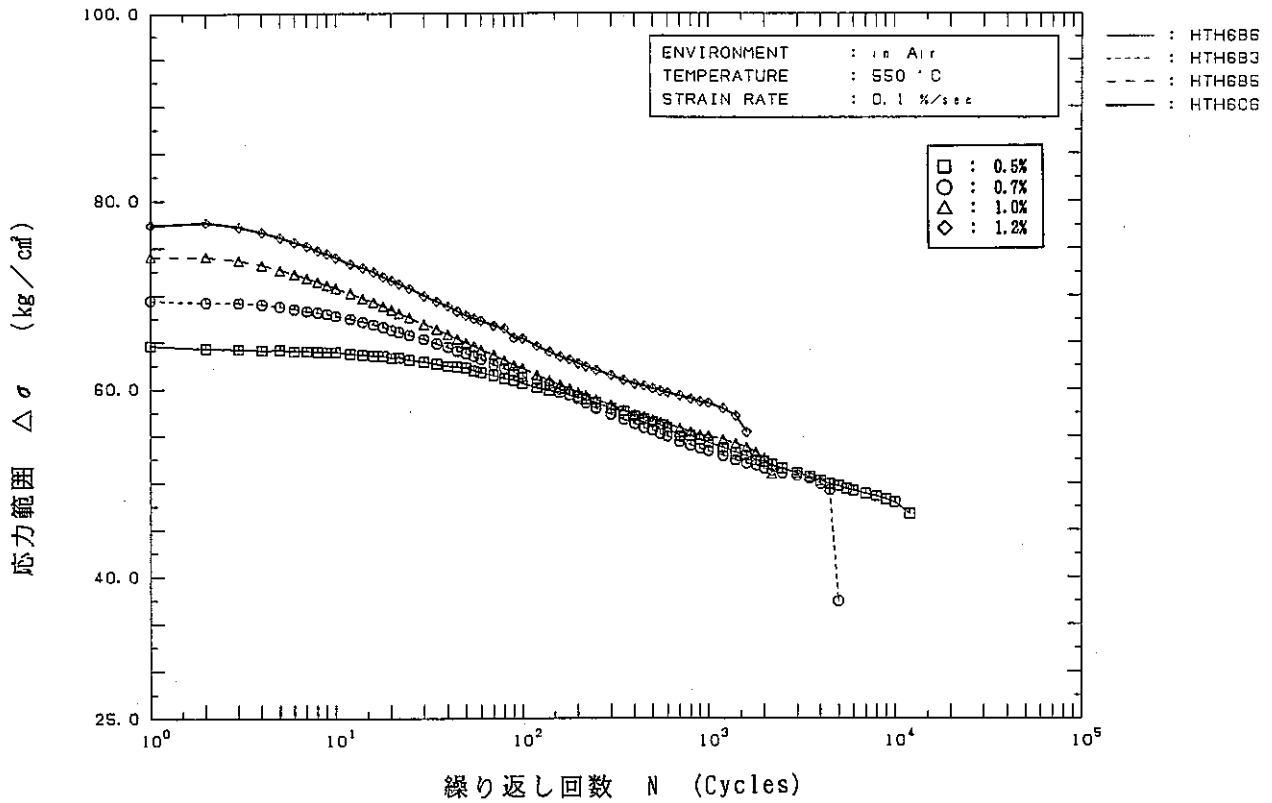


図33 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type C)

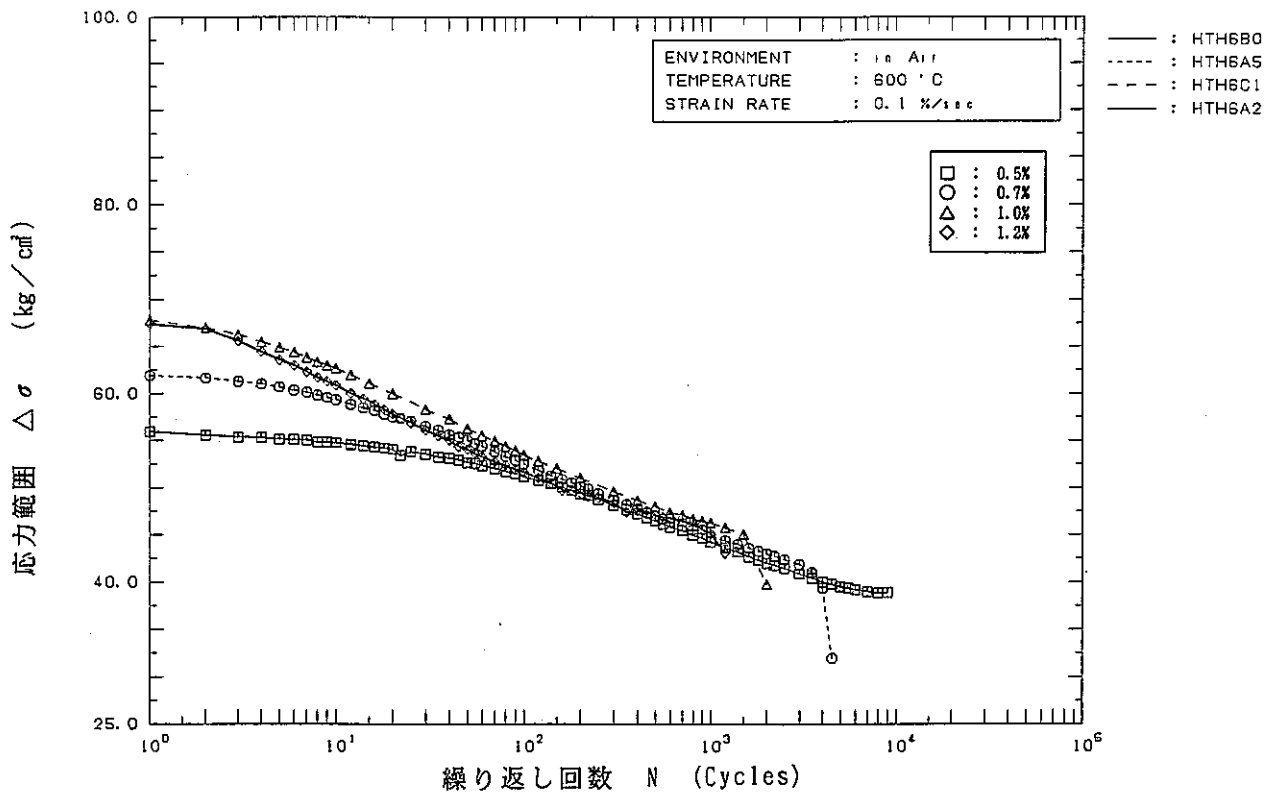


図34 600℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type C)

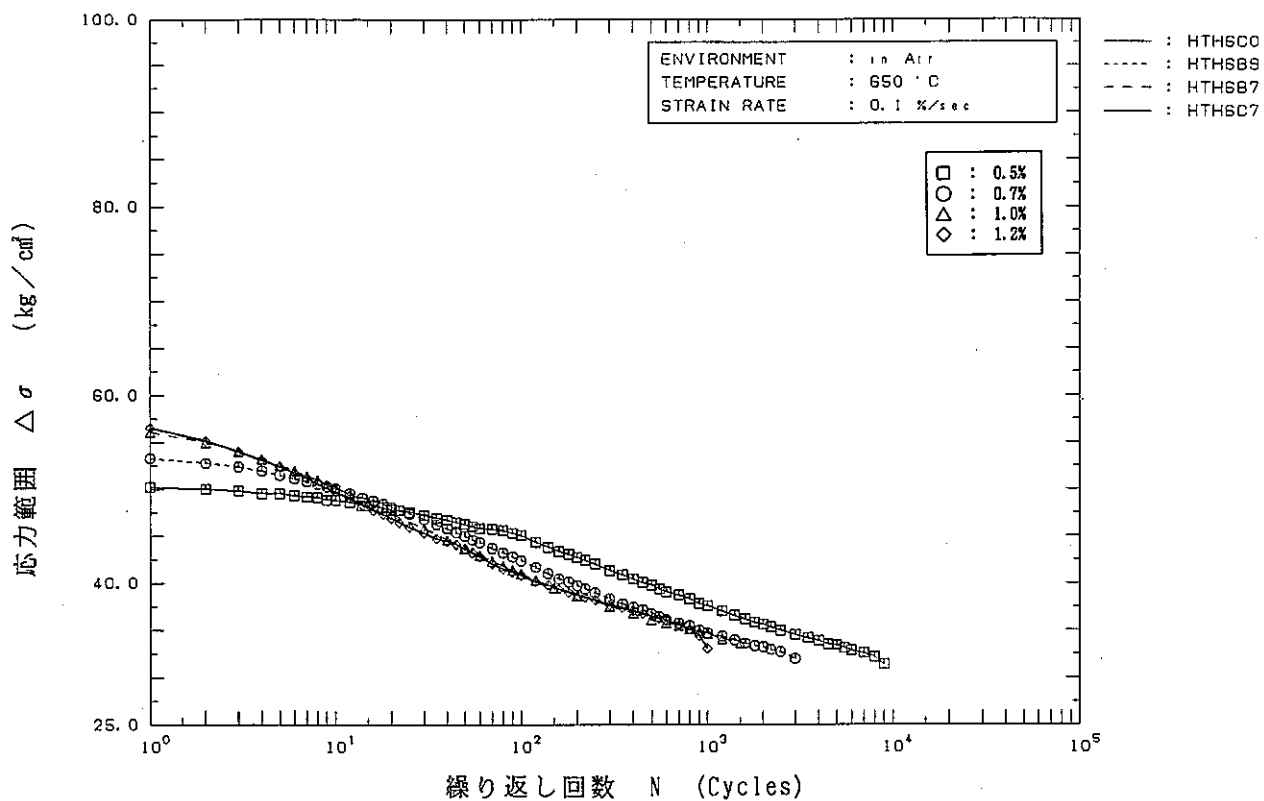


図35 650℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼板 (F 6) の大気中繰返し応力曲線 (試験片Type C)

## 5. Mod.9Cr-1Mo 鋼疲労特性

・ナトリウム中および大気中疲労寿命特性

・動的ひずみ-応力曲線

図36 450℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼のナトリウム中および大気中疲労寿命特性

図37 500℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼のナトリウム中および大気中疲労寿命特性

図38 550℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼のナトリウム中および大気中疲労寿命特性

図39 600℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼のナトリウム中および大気中疲労寿命特性

図40 650℃におけるMod.9Cr-1Mo 鋼のナトリウム中および大気中疲労寿命特性

図41 Mod.9Cr-1Mo 鋼のナトリウム中および大気中疲労動的ひずみ-応力曲線

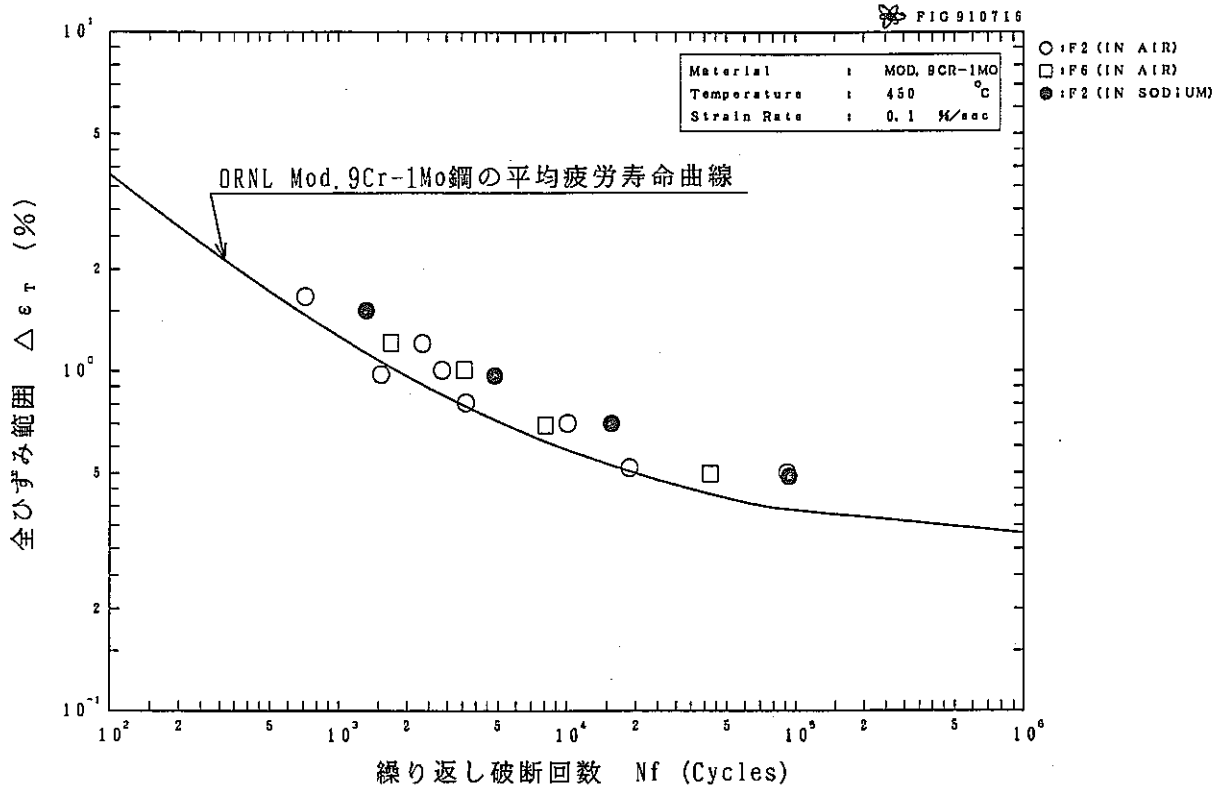


図36 450℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼の大気中およびナトリウム中疲労寿命特性

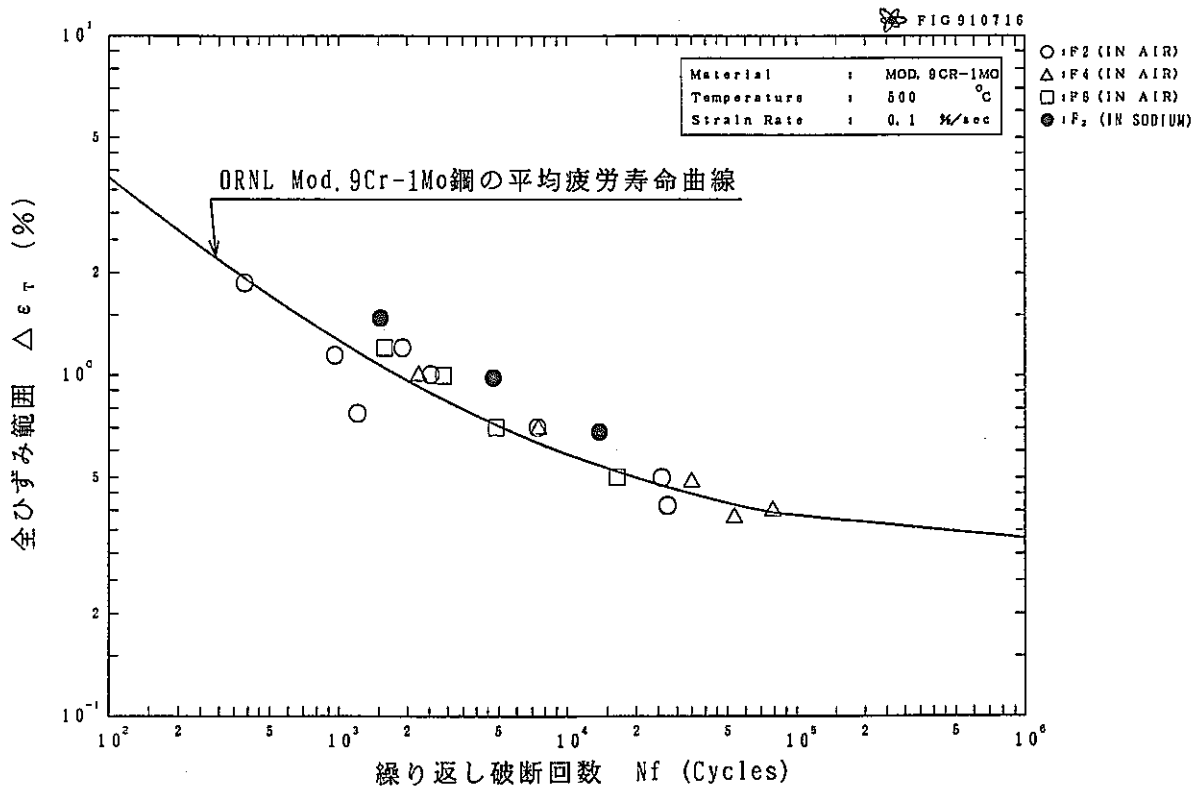


図37 500℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼の大気中およびナトリウム中疲労寿命特性



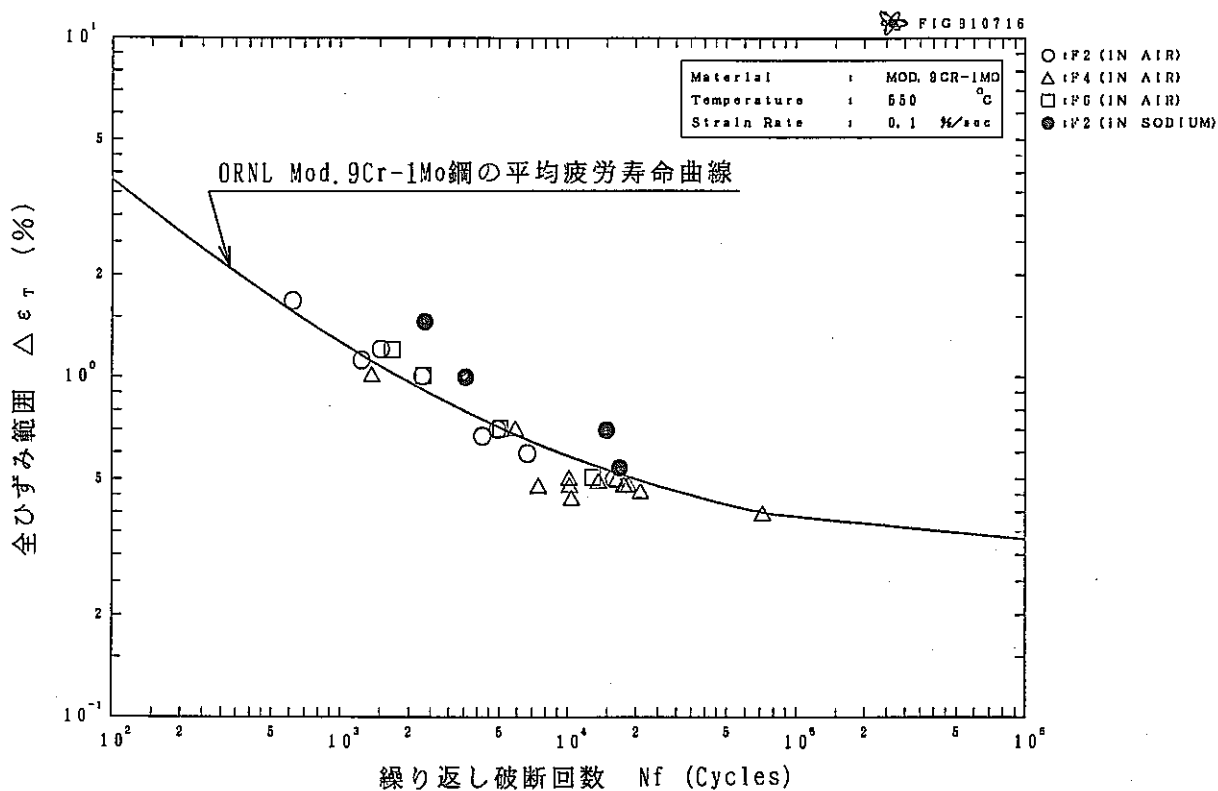


図38 550℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼の大気中およびナトリウム中疲労寿命特性

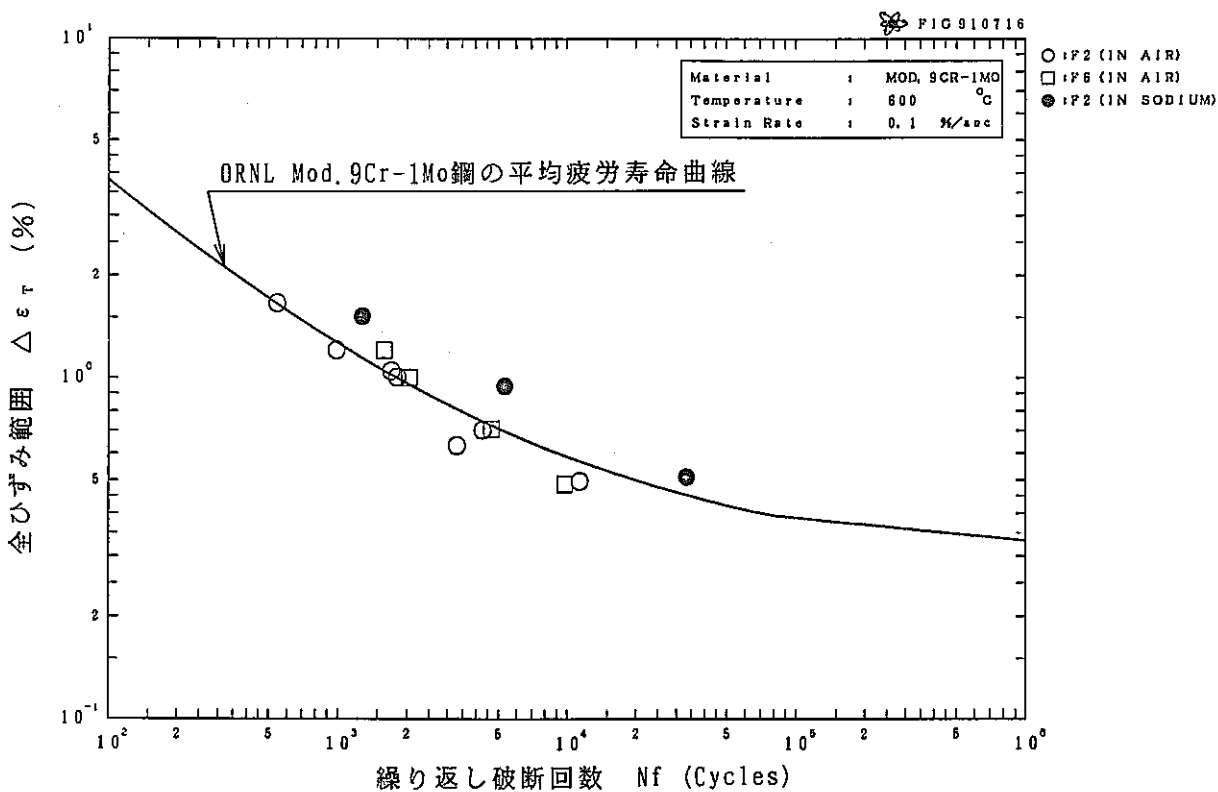


図39 600℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼の大気中およびナトリウム中疲労寿命特性

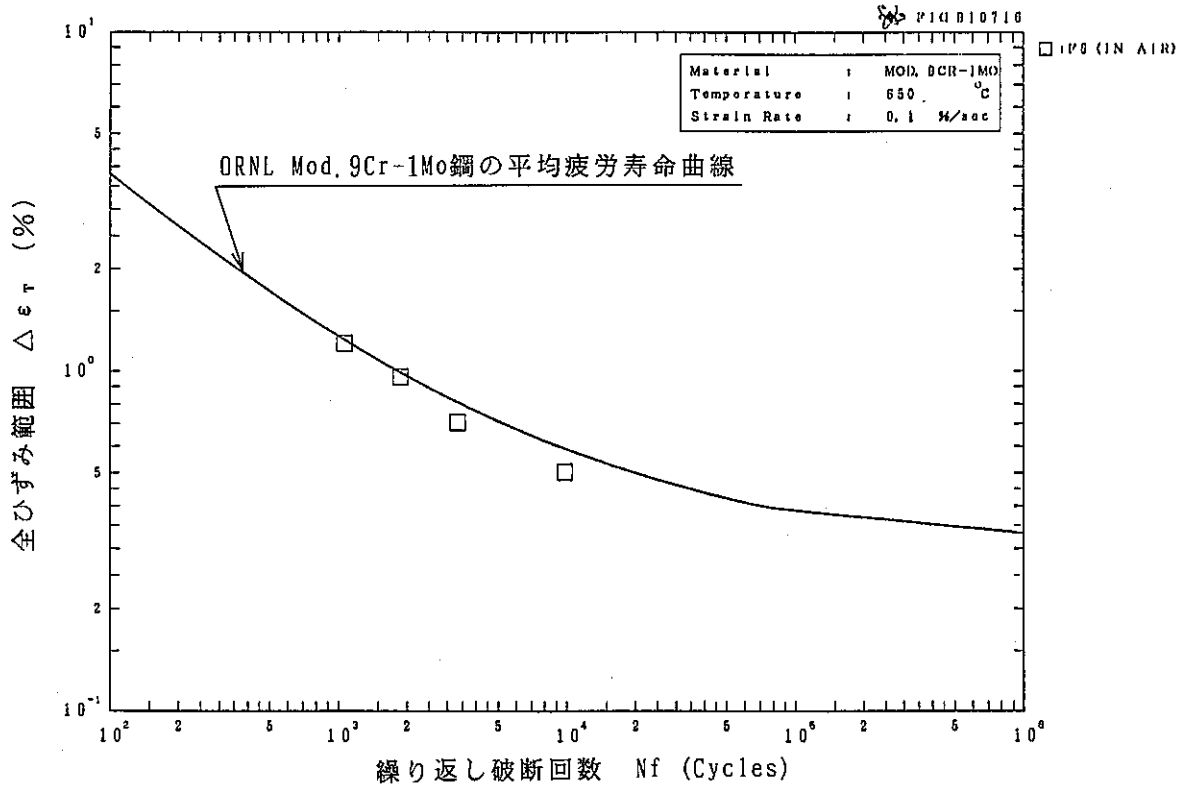


図40 650℃におけるMod. 9Cr-1Mo 鋼の大気中およびナトリウム中疲労寿命特性

FIG 910627

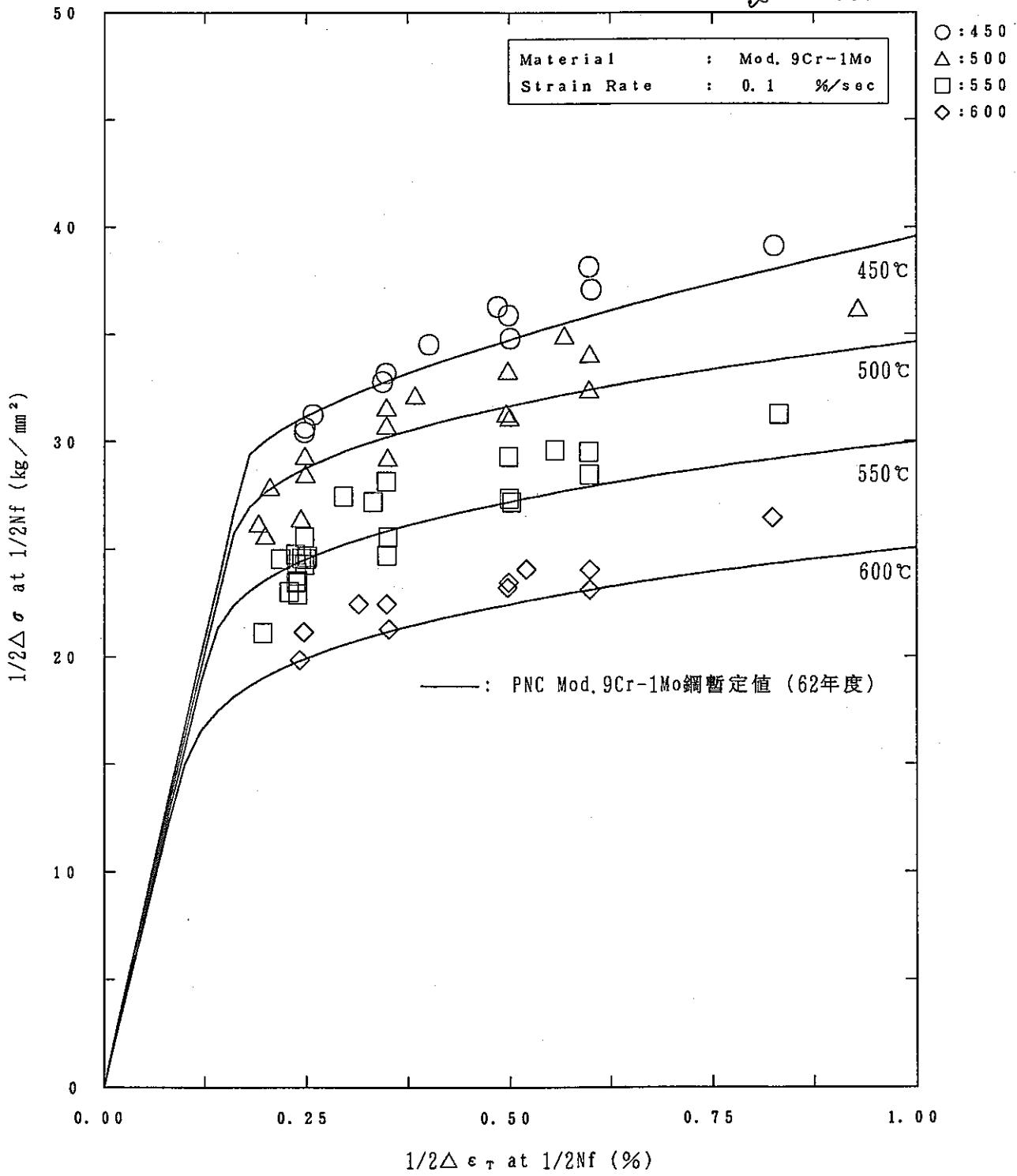


図41 Mod. 9Cr-1Mo鋼の大気中およびナトリウム中疲労動的ひずみ-応力曲線

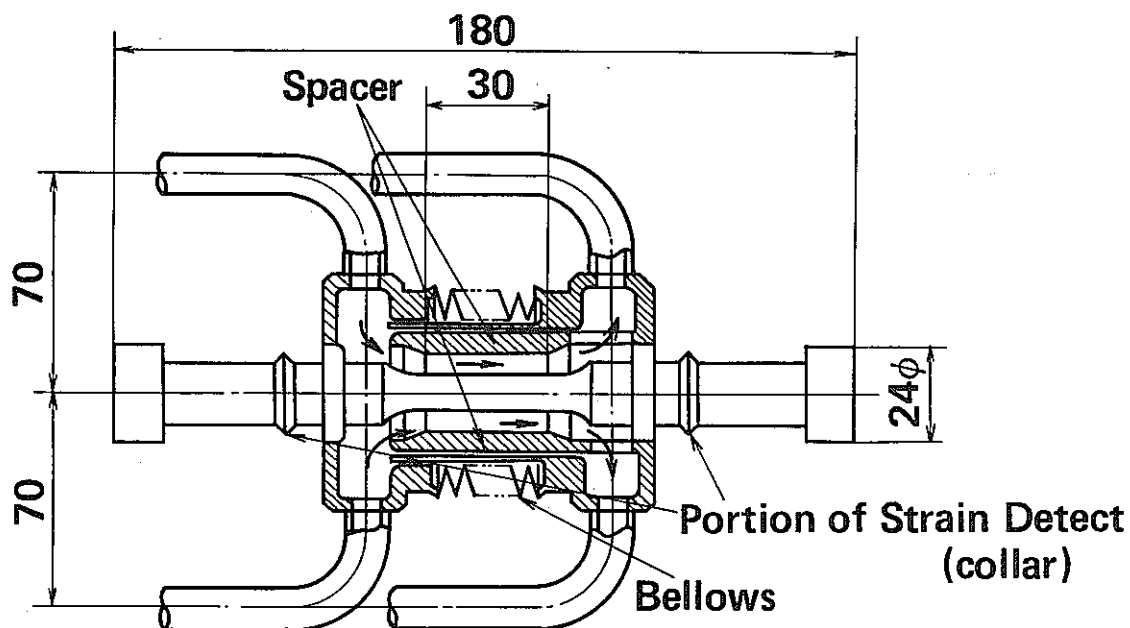
## 6. Appendix

- Appendix 1 疲労試験片形状図
- Appendix 2 Mod. 9Cr-1Mo鋼鍛鋼品の試験片採取位置及び方向
- Appendix 3 ナトリウム中試験方法及びナトリウム中ひずみ校正試験方法
- Appendix 4 繰り返し破断回数 (NF) の定義
- Appendix 5 破断位置 (A, B, C) の定義
- Appendix 6 ナトリウム疲労試験ループ2のフローシート
- Appendix 7 疲労試験部外観図

Appendix 1 疲勞試驗片形状図

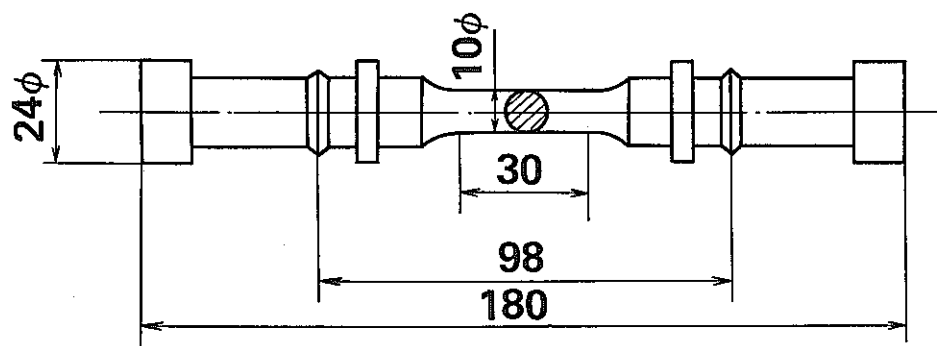
Appendix 1 疲労試験片形状図

(1) ナトリウム中疲労試験片

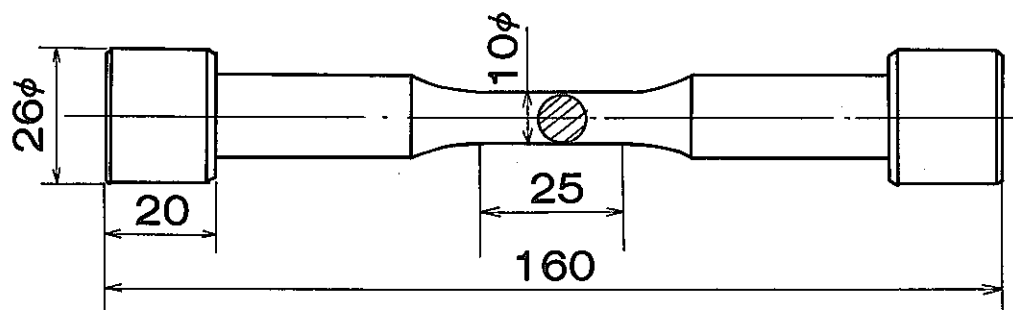


Type A

(2) 大気中疲労試験片 (ひずみ較正用大気中疲労試験片)



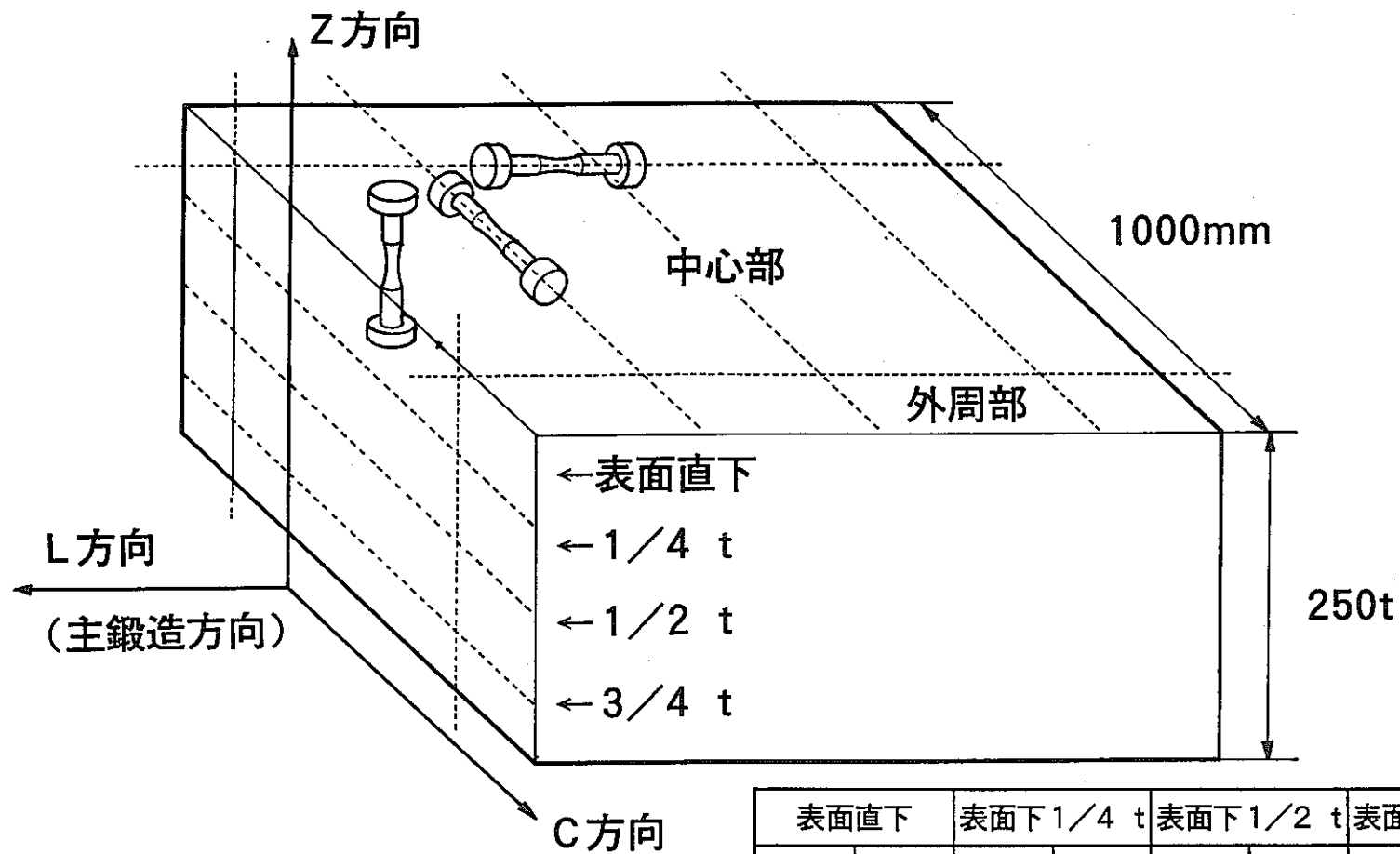
Type B



Type C

Appendix 2 Mod. 9Cr-1Mo鋼鍛鋼品の試験片採取位置及び方向

Appendix 2 Mod. 9Cr-1Mo鋼鍛鋼品の試験片採取位置及び方向





Appendix 3 ナトリウム中試験方法及びナトリウム中  
ひずみ校正試験方法

## Appendix 3 ナトリウム中試験方法及びナトリウム中 ひずみ校正試験方法

### 1. ナトリウム中試験方法

本試験に使用したナトリウム中疲労試験装置は、ナトリウム疲労試験ループ2に設置されており、同一構成、同一性能を有する2基の疲労試験機からなる。そのナトリウム疲労試験ループ2のフローシートをAppendix 6に示し、試験部の概略をAppendix 7に示す。

ナトリウムの純度は、コールドトラップ (CT) により制御され、その最低温度は120℃ (酸素濃度は、Eichelbergerの式で1.03ppm) に維持した。またナトリウムの純度監視はプラグ計 (PI) で行なった。試験温度は、ベローズ付疲労試験片 (Appendix 1 Type A) の上下部プレナムに取り付けられた熱電対 (K) で測定され、試験装置下部に取り付けられた加熱器により制御され、その温度精度は、 $\pm 2$ ℃である。試験部のナトリウム流量は6 l/min一定であり、この時の試験片表面のナトリウム流速は1 m/secである。

ナトリウム中疲労試験機は、大気中とナトリウム中の試験を同一条件で行うことができる構造となっている。ナトリウム中試験でのひずみの測定・制御は、試験片 (Type A) のベローズ両側のつばにアームを取り付けて計測・制御するアーム型ひずみ計 (Appendix 7; Extensometer S) で行なった。電気炉は二つ割り型管状炉で、ナトリウム中試験ではナトリウムチャージ後の放熱を補うために用いる。

大気中試験でのひずみの制御は、ナトリウム中と同じようにアーム型ひずみ計 (Appendix 7; Extensometer S) で行い、ナトリウム中ひずみ校正用として、大気中試験片 (Appendix 1 Type B) 平行部のひずみの測定に、標点間距離 (GL) 27mmの押し当て型ひずみ計 (Appendix 7; Extensometer A) を用いた。試験片の加熱は、上記電気炉により行なわれ、試験片平行部に取り付けられた熱電対で測定し、 $\pm 3$ ℃以内に制御した。

### 2. ナトリウム中ひずみ校正方法

ナトリウム中における構造材料の疲労強度を評価するためには、アーム型ひずみ計 (Extensometer S) で測定したつば間変位から試験片平行部のひずみを算定することが必要となる。大気中試験では、アーム型ひずみ計と押し当て型ひずみ計によって、つば間変

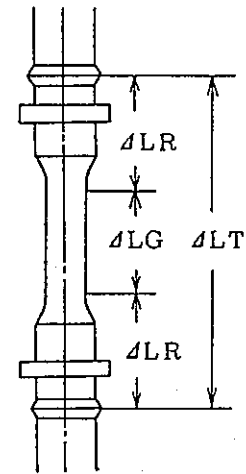
位と試験片平行部のひずみとを併せて測定しており、この結果を用いて大気中とナトリウム中とで材料の応力-ひずみ挙動はほとんど変わらないこととし、以下の方法でナトリウム中でのひずみの較正を行なった。

- (1) つば間の総変位 $\Delta LT$ は、つば間の平行部および平行部以外のそれぞれの全変位 $\Delta LG$ 、 $\Delta LR$ によって次式のように表せる。

$$\Delta LT^{Na} = \Delta LG^{Na} + \Delta LR^{Na} \quad (1)$$

$$\Delta LT^{Air} = \Delta LG^{Air} + \Delta LR^{Air} \quad (2)$$

ここで、NaおよびAirはそれぞれナトリウム中および大気中での値を示す。



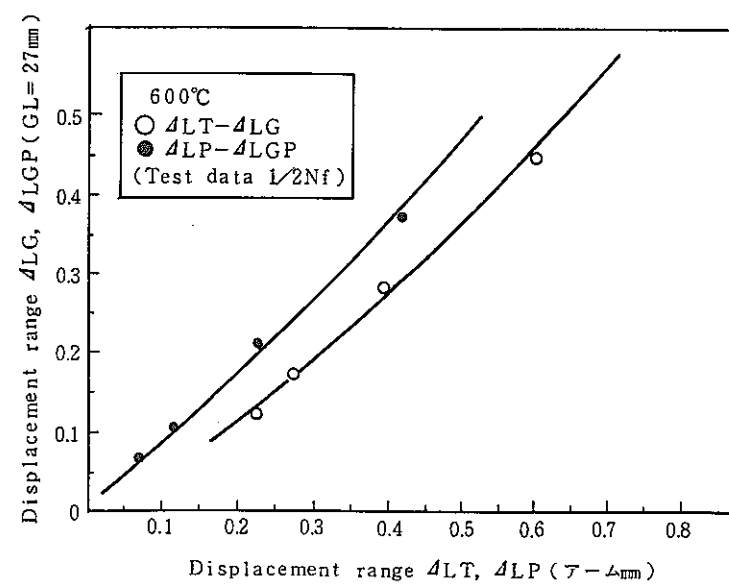
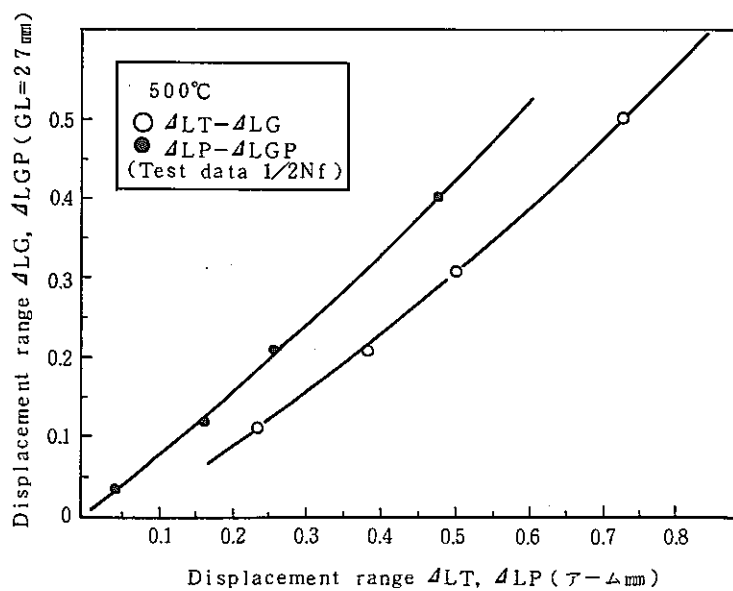
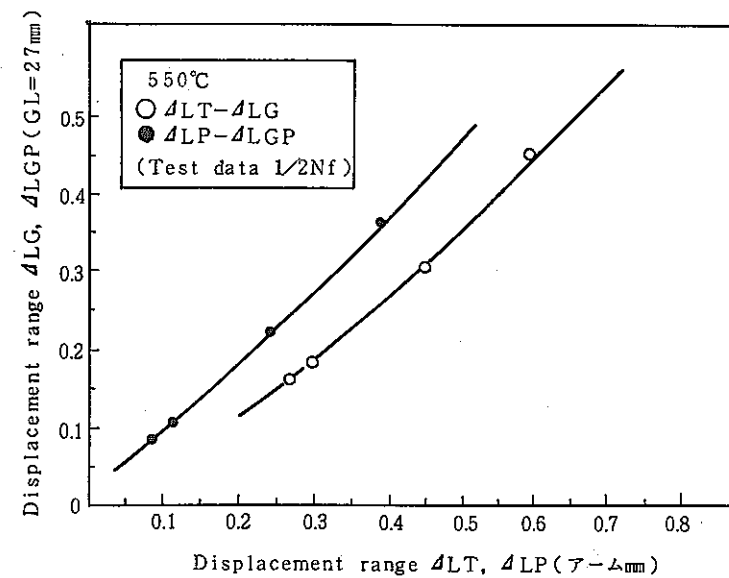
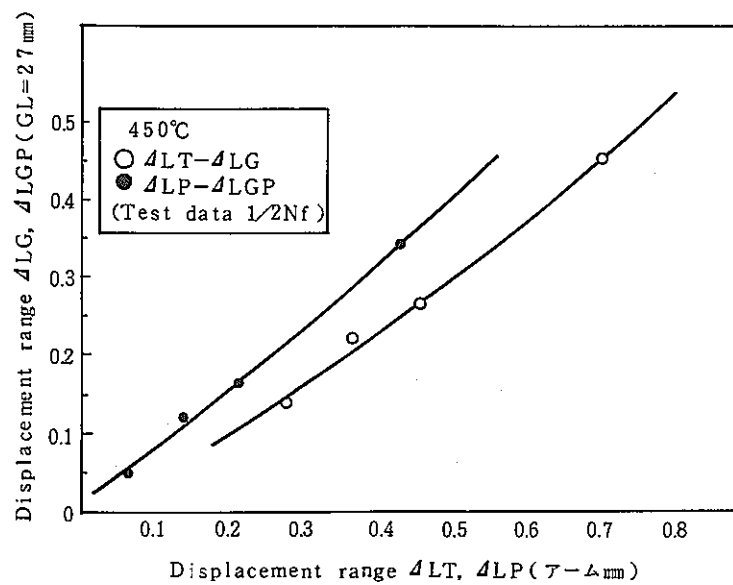
- (2) 試験片材料、温度および負荷条件が同一であれば、試験材の履歴は別として単に試験環境が、大気中とナトリウム中とで異なるだけならば、その応力-ひずみ挙動はほぼ同等であるため、一定のつば間変位 $\Delta LT$ の繰り返しに対して、ナトリウム中と大気中の $\Delta LG$ と $\Delta LR$ は、それぞれほぼ同じ値にあると考えられる。 $(\Delta LG^{Na} = \Delta LG^{Air}, \Delta LR^{Na} = \Delta LR^{Air})$

- (3) これにより、大気中試験から得られた $\Delta LT^{Air}$ と $\Delta LG^{Air}$ の関係に対し、ナトリウム中試験における $\Delta LT^{Na}$ を代入すれば、 $\Delta LG^{Na}$ が求まる。

- (4) 平行部の塑性変位 $\Delta LGP$ は、全ひずみの場合に準じてつば間の塑性変位 $\Delta LP$ を用いて、大気中の $\Delta LP - \Delta LGP$ の関係に代入して求める。

これらの結果から、Mod. 9Cr-1Mo鋼の各温度別ひずみ較正曲線を示す。

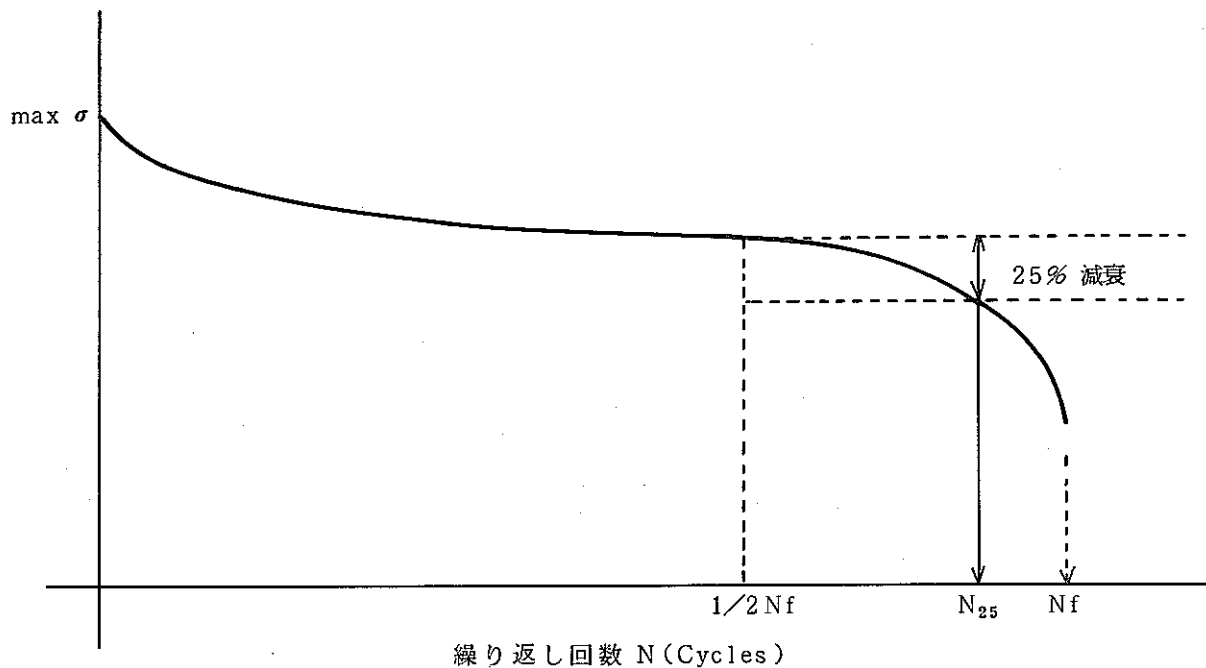
## Mod. 9Cr-1Mo鋼ひずみ校正試験結果



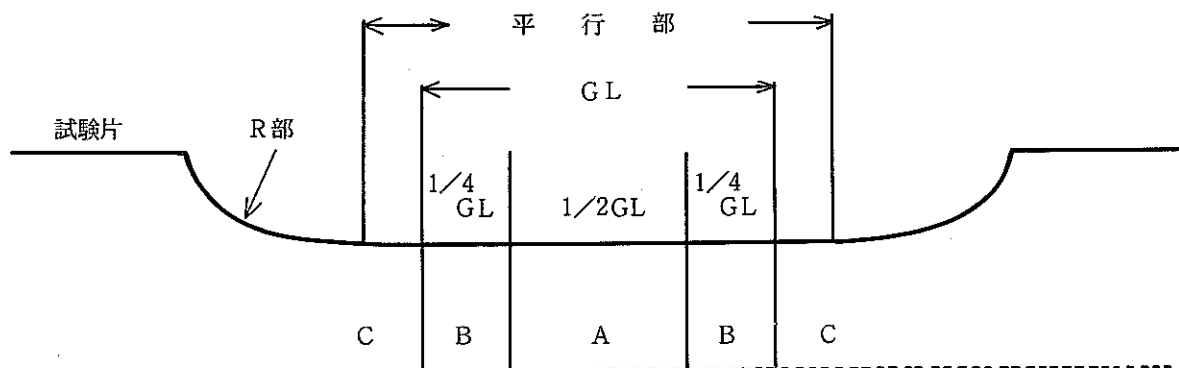
Appendix 4 繰り返し破断回数 (Nf) の定義

Appendix 5 破断位置 (A, B, C) の定義

Appendix 4 繰返し破断回数 (Nf) の定義

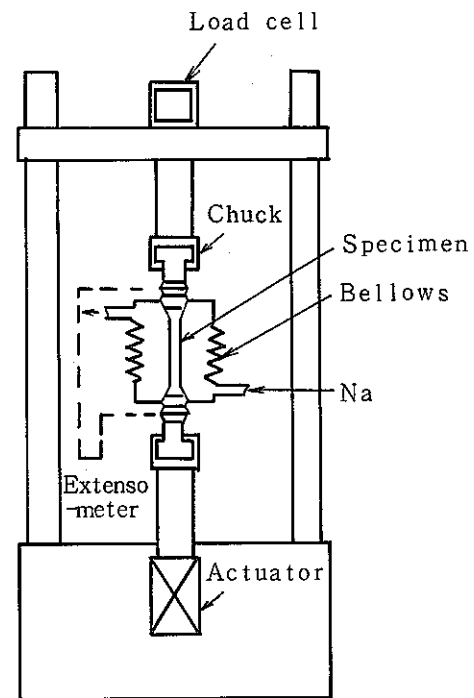
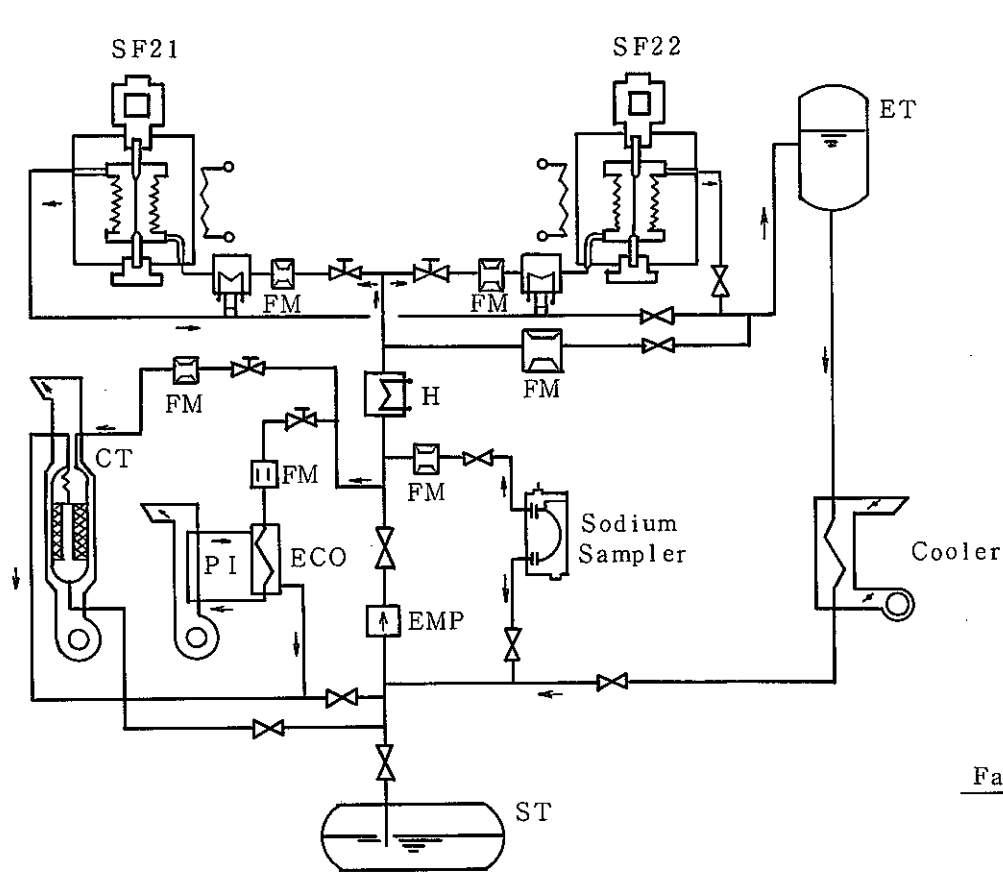


Appendix 5 破断位置 (A, B, C) の定義



Appendix 6 ナトリウム疲労試験ループ2のフローシート

Appendix 6 ナトリウム疲労試験ループ2のフローシート



Fatigue testing machine (SF-21, SF-22)

- Temperature : max 600°C
- Flow rate : 15 l/min
- Velocity : 1 m/sec
- Testing materials: SUS304, 316 and 2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo steel

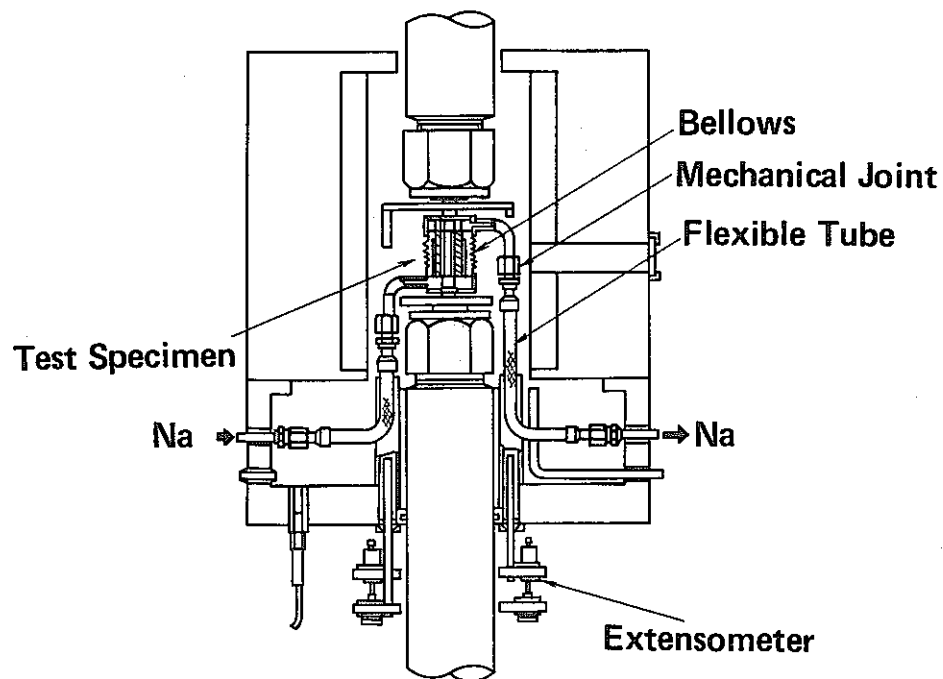
Fatigue test loop-2 and fatigue testing machine.



Appendix 7 疲勞試驗部外觀圖

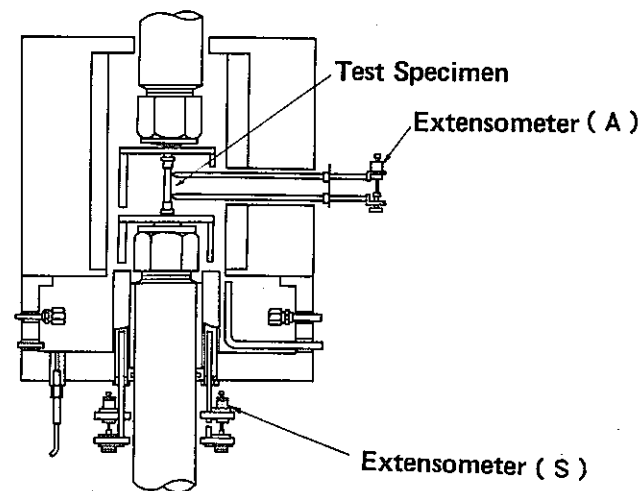
Appendix 7 疲労試験部外観図

ナトリウム中疲労試験部外観図

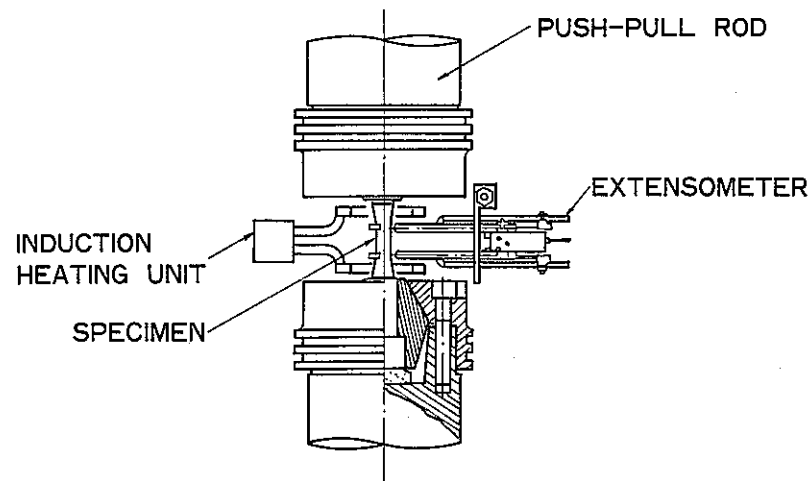


ナトリウム中疲労試験片 (Type A) 用試験部

大気中疲労試験部外観図



大気中疲労試験片 (Type B) 用試験部



大気中疲労試験片 (Type C) 用試験部

## 7. 材料特性データ発行総括表

Mod. 9Cr-1Mo鋼疲労試験データ総括表

データシート 発行Vol. No.	シート No.	熱処理	ひずみ速度度	試 験 温 度												合計	試験機関	出典番号 及び依頼番号
				室 温	100℃	200℃	300℃	350℃	400℃	450℃	500℃	550℃	600℃	650℃	700℃			
NoF 01	F2	S R	0.1%/sec							④	④	④	④			⑬ ⑭ ⑮	PNC	87-77G 88-40G (Na) 88-40G (Air)
		S R	0.1%/sec							④	③	④	③					
		S R	0.1%/sec							④	④	④	③					
	F4	S R	0.1%/sec								⑤	④				⑨ ⑨	PNC	86-56G 86-57G
		S R	0.1%/sec									⑨						
	F6	S R	0.1%/sec							④	④	④	④	④		⑳	PNC	87-78G

○付：試験終了

## 材料特性データ集発行一覧

No	報告書 No	データ集 発行No	発行年月	材料特性データ集発行件名	対象鋼種	材料特性データ集概要	備考
1	PN9450 91-004	NoF 01	1991/7	Mod. 9Cr-1Mo鋼 (SR) の大気中およびナトリウム 中疲労特性	Mod. 9Cr-1Mo鋼	温度：450℃～650℃ 環境：大気中、ナトリウム中 試験：低サイクル疲労試験	
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

## 材料特性データ集の発行要領について

本データ集は、動力炉・核燃料開発事業団において作成された研究開発計画に基づき行われた、材料強度試験結果を材料鋼種ごとに整理まとめたものである。今後、これらのデータ集を随時発行して行く予定であり、材料強度基準および高温強度特性評価の高度化等に役立てられることを期待するものである。

以下に、データ集発行要領を示す。

### 1. 材料特性データ集の発行管理番号登録

動力炉・核燃料事業団の成果報告書とは別に、材料特性データ集としての管理番号の登録を受けるものとする。

#### (1) 管理番号の登録区分

登録区分は材料種別と特性試験項目別によって行う。材料種別は、データ集の管理番号で区別判断が可能であり、材料の製品形状や製作メーカ、および材料ヒート等は材料特性データ集の中で区別し、管理番号上には示さない。

#### ① 材料区分

材料区分	材 料 鋼 種	材料区分	材 料 鋼 種
A	SUS304	O	PNC SUS316
B	SUS316	P	改良オーステナイト
C	SUS321	Q	フェライト／マルテンサイト
D	2¼Cr-1Mo	R	ODS
E	INCONEL718	S	セラミックス
F	Mod. 9Cr-1Mo	T	Hard-facing
G	9Cr-1Mo-Nb-V	U～Y	
H	9Cr-2Mo	Z その他	サーベランス材等
I	9Cr-1Mo-Nb-V		
J～N			

② 特性試験項目（データ集の管理番号としての区分はされない）

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| ・引張特性              | ・ナトリウム中腐食特性      |
| ・クリープ特性            | ・アルカリ腐食・応力腐食割れ特性 |
| ・疲労特性              | ・水／蒸気中腐食疲労特性     |
| ・クリープ疲労特性          | ・トライボロジ特性        |
| ・衝撃特性              | ・物性的・化学的性質       |
| ・き裂進展特性（クリープ／疲労含む） | ・その他             |

(2) 管理番号の登録

材料特性データ集の管理番号登録は、発行部署が管理する。また、データの追加等による訂正版の追加発行は、管理番号に従い、適宜材料特性データ集の改訂版として発行していく。

