

熱応力緩和構造モデル(1)供試体熱過渡強度試験

第3報 供試体の材料強度

1990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及び周知を目的とする社内資料です。刊行物に引用する場合には、事業団の承認が必要です。

熱応力緩和構造モデル(1)供試体熱過渡強度試験

第 3 報 供試体の材料強度

田中 信之* , 菊池 政之*

渡士 克己* , 岩田 耕司*

要 旨

本試験は熱応力緩和構造モデル(1)供試体と同一仕様の材料(SUSF304、SUS304TP及びSUS304)を用いて、疲労試験及びクリープ試験を実施し、「高速原型炉高温構造設計方針材料強度基準等」の最適疲労破損式からの偏差の調査及びクリープひずみ式ならびに主クリープ破断関係式の適合性を調査する事を主たる目的として実施したものである。さらに非弾性解析を実施するに当たって繰り返し応力-ひずみ関係の平均的挙動に対する偏差の調査も合わせて行った。

本試験結果から熱応力緩和構造モデル(1)供試体に用いた材料は板材のクリープ強度がやや高目であった事を除いて、疲労強度、クリープ強度共にSUS304の平均的強度を有する事、また繰り返し応力-ひずみ関係、クリープひずみも平均的挙動を示す事が明らかとなった。従って板材(供試体ではスリット入り円筒胴に使用)を除き、非弾性解析及びクリープ疲労損傷評価を実施する場合、現行の材料強度基準等が適用できる。

* 大洗工学センター 機器構造開発部 構造工学室

July 1990

Creep Fatigue Test of Thermal Stress Mitigation Structure Model (1)
under Thermal Transient Loadings

(3) Mechanical Properties of the Test Model Materials

TANAKA, N* . KIKUCHI, M*

WATASHI, K* . IWATA, K *

ABSTRACT

This study was carried out in order to examine the basic mechanical properties of the materials (SUSF304, SUS304TP and SUS304) which had the same specifications as was used for fabricating the Stress Mitigation Structure Model (1). Fatigue and creep tests were conducted and the results were compared with the best fit curve for fatigue failure, creep strain equation and creep rupture equation of the material strength standard for "Monju".

Besides, stress-strain curves at the steady state load cycle were compared with the standard bi-linear stress-strain relationship installed in FINAS.

The results are summarized as follows.

The materials had almost the same value for both fatigue failure strength and creep rupture strength as the average trend value of the material strength standard for "Monju", except for the creep rupture strength of the plate material which showed rather higher value.

Besides, cyclic stress-strain curves and creep strain behavior showed nearly the same tendency as the standard or FINAS data.

So, it should be said that inelastic thermal stress analysis and creep-fatigue damage evaluation can be done by using the average standard values described in the material strength standard for "Monju".

*Structural Engineering Section, O-arai Engineering Center

目 次

1. 緒言	1
2. 試験研究の概要	2
2.1 試験研究の範囲	2
2.2 試験研究結果の概要	2
3. 供試材の仕様	4
4. 試験方法	6
4.1 試験片の採取方法	6
4.2 試験片の形状・寸法	6
4.3 試験機仕様	6
4.4 試験方法	15
4.4.1 引張試験	15
4.4.2 疲労試験	15
4.4.3 クリープ試験	15
5. 試験結果	23
5.1 引張試験	23
5.2 疲労試験	23
5.3 クリープ試験	23
6. 考察	65
6.1 引張特性	65
6.2 疲労特性	65
6.3 クリープ特性	65
7. 結言	76
8. 謝辞	77
参考文献	78
付録	79

表リスト

表 2.1	試験条件一覧表	3
表 3.1	SUS304 鍛造材の寸法	4
表 3.2	SUS304 管材の寸法	4
表 3.3	SUS304 板材の寸法	4
表 4.1	疲労試験機仕様	11
表 4.2	クリープ試験機の仕様	14
表 4.3	高温変位計仕様	16
表 4.4	高温変位計仕様	17
表 5.1	高温引張試験結果	24
表 5.2	高温低サイクル疲労試験結果一覧表	27
表 5.3	クリープ試験結果	57

図リスト (1)

図 4.1	SUS304 鍛造材 (支持スカート) からの試験片採取方法	7
図 4.2	SUS304 管材 (内筒) からの試験片採取方法	8
図 4.3	SUS304 板材 (円筒胴) からの試験片採取方法	8
図 4.4	高温低サイクル疲労試験片形状	9
図 4.5	引張、クリープ試験片形状	10
図 4.6	高温変位計取付図	18
図 4.7	高温変位計取付図	19
図 5.1	繰返しに伴う応力の挙動(1A-3,1A-6)	28
図 5.2	繰返しに伴う応力の挙動(1A-2,1A-1,1A-4)	29
図 5.3	繰返しに伴う応力の挙動(1A-1,1A-5)	30
図 5.4	繰返しに伴う応力の挙動(2A-1,2A-2)	31
図 5.5	繰返しに伴う応力の挙動(3-1,3-2)	32
図 5.6	ひずみ-応力線図(1A-3)	33
図 5.7	1/2Nf のひずみ及び応力-時間線図(1A-3)	34
図 5.8	ひずみ-応力線図(1A-6)	35
図 5.9	1/2Nf のひずみ及び応力-時間線図(1A-6)	36
図 5.10	ひずみ-応力線図(1A-2)	37
図 5.11	1/2Nf のひずみ及び応力-時間線図(1A-2)	38
図 5.12	ひずみ-応力線図(1A-1)	39
図 5.13	1/2Nf のひずみ及び応力-時間線図(1A-1)	40
図 5.14	ひずみ-応力線図(1A-5)	41
図 5.15	1/2Nf のひずみ及び応力-時間線図(1A-5)	42
図 5.16	ひずみ-応力線図(1A-4)	43
図 5.17	1/2Nf のひずみ及び応力-時間線図(1A-4)	44
図 5.18	ひずみ-応力線図(2-1)	45
図 5.19	1/2Nf のひずみ及び応力-時間線図(2-1)	46
図 5.20	ひずみ-応力線図(2-2)	47

図リスト (2)

図 5.21	1/2 N f のひずみ及び応力-時間線図(2-2)	48
図 5.22	ひずみ-応力線図(3-1)	49
図 5.23	1/2 N f のひずみ及び応力-時間線図(3-1)	50
図 5.24	ひずみ-応力線図(3-2)	51
図 5.25	1/2 N f のひずみ及び応力-時間線図(3-2)	52
図 5.26	クリープ曲線 (550℃,ダイヤルデータ)	58
図 5.27	クリープ曲線 (620℃,ダイヤルデータ)	59
図 5.28	クリープ曲線 (550℃,デジタルデータ)	60
図 5.29	クリープ曲線 (620℃,デジタルデータ)	61
図 6.1	静的引張強度	66
図 6.2	破損繰返し数 N f とひずみ範囲 $\Delta \epsilon$ 及び原型炉材料強度基準値の比較	67
図 6.3	破損繰返し数 N f とひずみ範囲 $\Delta \epsilon$ 及び原型炉材料強度基準値の比較	68
図 6.4	破損繰返し数 N f の計算値と実験値の比較	69
図 6.5	動的応力-ひずみ線図の計算値と実験値の比較 (T=550℃)	70
図 6.6	動的応力-ひずみ線図の計算値と実験値の比較 (T=620℃)	71
図 6.7	クリープ破断応力強さ σ_R (kg/mm ²)	72
図 6.8	破断時間 t_r の計算値と実験値の比較	73
図 6.9	定常クリープ速度 ϵ_s の計算値と実験値の比較	74
図 6.10	クリープひずみ ϵ_c の計算値と実験値の比較	75

写真 リスト

写真 4.1	高温低サイクル疲労試験状況	21
写真 5.1	静的引張試験後の外観	25
写真 5.2	高温低サイクル試験後の外観(1)	53
写真 5.3	高温低サイクル試験後の外観(2)	55
写真 5.4	クリープ試験後の外観	63

1. 緒 言

本試験は熱応力緩和構造モデル(1)供試体と同一仕様の材料(SUSF304、SUS304TP及びSUS304)を用いて、疲労試験及びクリープ試験を実施し、「高速原型炉高温構造設計方針材料強度基準等」の最適疲労破損式からの偏差の調査及びクリープひずみ式ならびに主クリープ破断関係式の適合性を調査する事を主たる目的として実施したものである。さらに非弾性解析を実施するに当たって繰り返し応力-ひずみ関係の平均的挙動に対する偏差の調査も合わせて行った。

試験材は次の3種の供試体部材と同等な初期材を用いた。

- (1) 支持スカート : SUS F 304 (鍛造材)
- (2) 内 筒 : SUS 304 TP (管材)
- (3) 円 筒 胴 : SUS 304 (板材)

また、試験は次の3種とした。

- (1) 引張試験
- (2) 疲労試験
- (3) クリープ試験

本試験により得られる供試体素材の基礎特性データは、引き続き実施される本供試体熱過渡試験の非弾性解析及びクリープ疲労損傷評価の際の有力な情報を与えるものである。

2. 試験研究の概要

2.1 試験研究の範囲

本研究においては、SUS304鍛造材の引張試験、疲労試験、クリープ試験とSUS304管材の引張試験、疲労試験、クリープ試験及びSUS304板材の引張試験、疲労試験、クリープ試験を実施した。

これらの試験条件の詳細を表2.1に示した。

2.2 試験研究結果の概要

(1) 引張試験

0.2%耐力及び引張強さは、材料強度基準値を満足している。

(2) 疲労試験

疲労強度は材料強度基準値の平均的挙動を示しており、安全率は基準値と同等である。

(3) クリープ試験

クリープ強度は板材を除いて材料強度基準値の平均的挙動を示しており、破断に対するバラツキは $\alpha_F = 1.6$ 以内である。

3. 供試材の仕様

(1) SUS304 鍛造材 (支持スカート)

SUS304 鍛造材は、表3.1に示す寸法のものを使用した。この鍛造材は、JIS G 3214「高温圧力容器部品用ステンレス鍛鋼品」により製作されたものを使用した。

表3.1 SUS304 鍛造材の寸法

鋼種の名称	寸法
SUS F 304	内径 ϕ 990×外径 ϕ 1322-175 ϕ (1/8分割品)

(2) SUS304 管材 (内筒)

SUS304 管材は、表3.2に示す寸法のものを使用した。この管材は、JIS G 3459「配管用ステンレス鋼管」により製作されたものを使用した。

表3.2 SUS304 管材の寸法

鋼種の名称	寸法
SUS 304 TP	ϕ 406.4×21.4t-130 ϕ

(3) SUS304 板材 (円筒胴)

SUS304 板材は、表3.3に示す寸法のものを使用した。この板材は、JIS G 4303「熱間圧延ステンレス鋼板」により製作されたものを使用した。

表3.3 SUS304 板材の寸法

鋼種の名称	寸法
SUS 304	40t×500×300 ϕ

以上の供試材の化学成分、機械的性質を表3.4に示す。詳細は第1報⁽³⁾を参照されたい。

表 3. 4 供試体材料仕様

No	品 名	数量	材質	素材寸法	機 械 的 性 質					化 学 成 分 (Wt%)							熱 処 理 条 件
					0.02%耐力	引張強さ	伸び	絞り	硬 さ	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	
					(Kg/mm ²)	(Kg/mm ²)	%	%	HB								
1	外 胴	1	SUS 304	40×2480×4100	27	64	61	—	155以下	0.05	0.52	0.84	0.027	0.005	8.63	18.44	1040℃ 12分 水冷
2	上・下部鏡板	1 1	SUS 304	30×1524×3048	22	61	67	—	154以下	0.04	0.60	1.01	0.031	0.008	9.16	18.12	1100℃ 7.5分 水冷
* 3	スリット入り 円筒胴	1	SUS 304	40×2000×4000	28	62	63	—	156以下	0.06	0.48	0.84	0.028	0.005	8.51	18.35	1040℃ 12分 水冷
4	入口ノズル	1	SUS F304	310φ	24	56	58	79	131以下	0.053	0.72	1.85	0.018	0.004	9.81	18.14	1050℃ 4時間 水冷
5	入口ノズル フリュードヘッド	1	SUS F304	310φ	24	55	67	78	131以下	0.053	0.72	1.85	0.018	0.004	9.81	18.14	1050℃ 4時間 水冷
6	熱遮蔽板	1	SUS 304	6×1145×2199	29	60	63	—	139以下	0.05	0.53	0.83	0.031	0.003	8.55	18.38	1040℃ 12分 水冷
7	計装ノズル	4	SUS 304	60×4000	28	63	55	68	174以下	0.06	0.53	1.08	0.036	0.024	8.10	18.23	1050℃ 水冷
8	計 装 管	4 4	SUS 304	3.4×34.0×6000 5.2×76.3×6000	36 32	69 64	64 54	—		0.05 0.05	0.43 0.46	1.21 1.16	0.032 0.026	0.002 0.001	8.30 8.35	18.30 18.45	1050℃ 3分 水冷
9	計装管板	4	SUS 304	18×2480×6100	29	64	63	—	160以下	0.05	0.51	0.83	0.029	0.005	8.72	18.34	1040℃ 12分 水冷
* 10	支持スカート	1	SUS F304	1319φ×317	26	55	67	78	143以下	0.053	0.72	1.85	0.018	0.004	9.80	18.13	1050℃ 4時間 水冷
11	出口ノズル	1	SUS 304	230φ	28	60	66	—	167以下	0.04	0.47	1.43	0.032	0.021	8.18	18.31	1050℃ 4時間 水冷
* 12	内 筒	4	SUS 304 TP	406.4φ×21.4t ×5500	31	58	63	—		0.053	0.40	1.79	0.024	0.007	8.87	18.31	1050℃ 3時間 水冷

*本試験に選定した3鋼種

4. 試験方法

4.1 試験片の採取方法

試験片の採取方法を図4.1, 図4.2及び図4.3に示す。鍛造材の試験片採取に当っては、試験片の長手軸方向が、主鍛造方向と一致するように採取する。管材の試験片は試験片の長手軸方向が管の長手方向と一致するように採取する。板材の試験片は、試験片の長手軸方向が、圧延方向と一致するように採取する。

4.2 試験片の形状・寸法

各試験片の形状・寸法を図4.4, 図4.5に示す。いずれの試験片も原則として「FBR金属材料試験実施要領書(改訂版)²⁾」及び関連するJIS規格に準ずるものとする。

引張試験、クリープ試験片は、直径10mm, 標点間50mmのつば付き中実丸棒型を、疲労試験片は、直径10mm, 平行部25mmの中実丸棒型を使用する。

4.3 試験機仕様

疲労試験機、クリープ試験機についての詳細な仕様を表4.1～表4.2に示す。低サイクル疲労試験機は電気油圧サーボ疲労試験機であり、加熱は抵抗式加熱である。

クリープ試験機は、JIS Z2271(1978)「金属材料の引張クリープ試験方法」及びJIS Z2272(1978)「金属材料の引張クリープ破断試験方法」に適合するものである。本試験研究では、最大負荷容量3ton、最高加熱温度900℃、変位測定はダイヤルゲージ検出方式のものを使用する。試験片の加熱は上中下3分割方式の電気炉によるもので、標点間内3点の温度計測を行い、上中下個々に調節可能なものである。

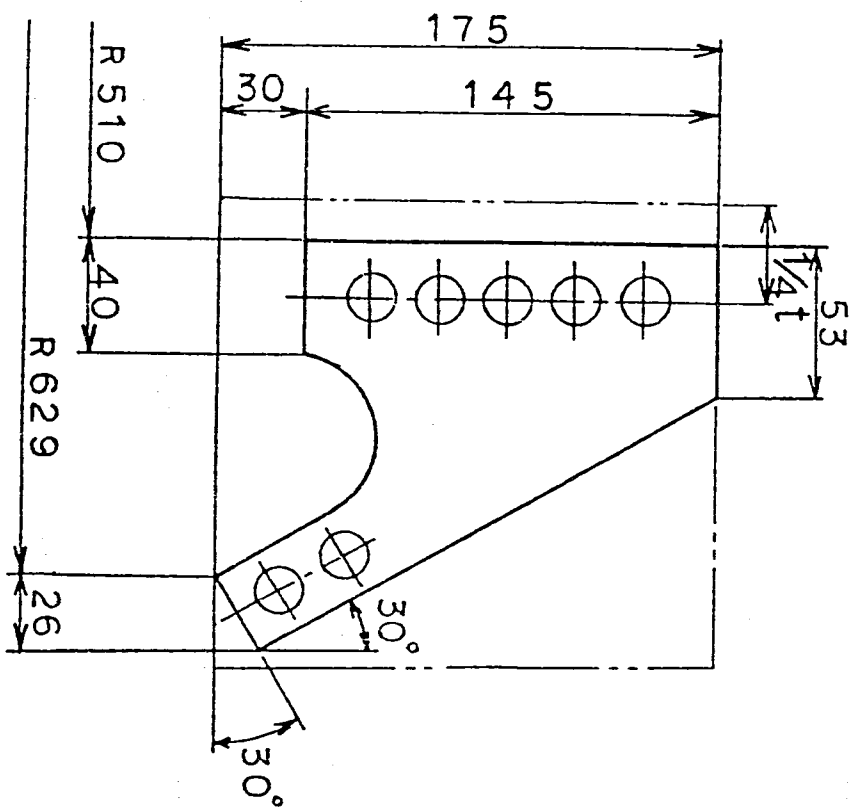
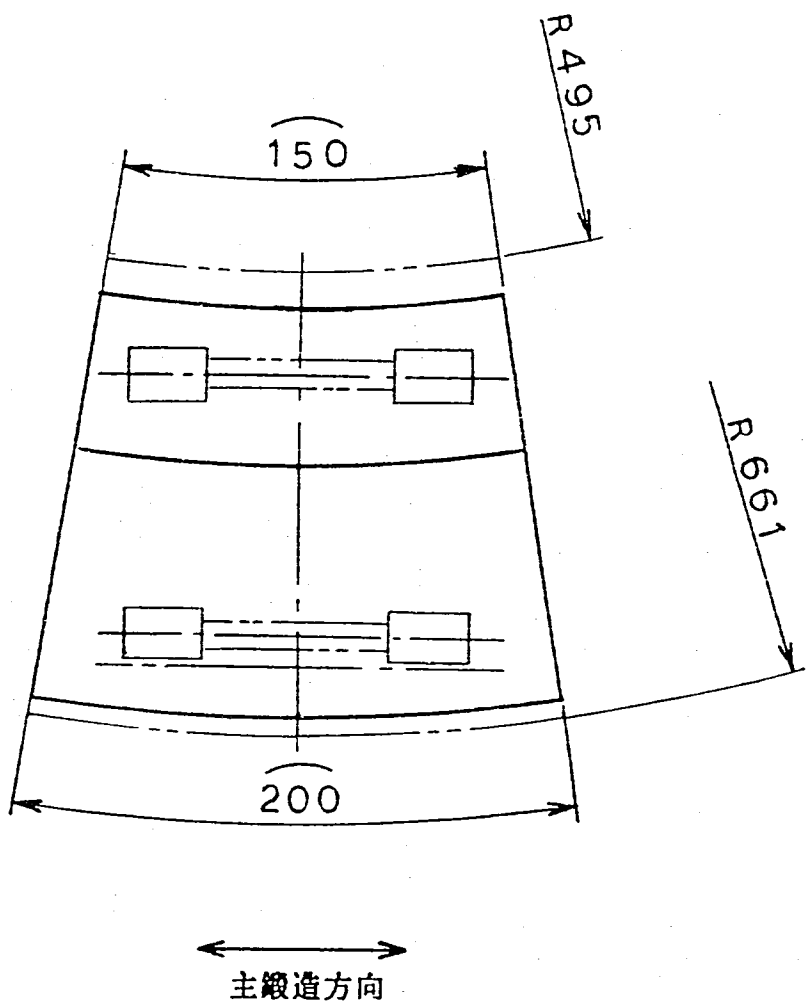


図4.1 SUS304鍛造材(支持スカート)からの試験片採取方法

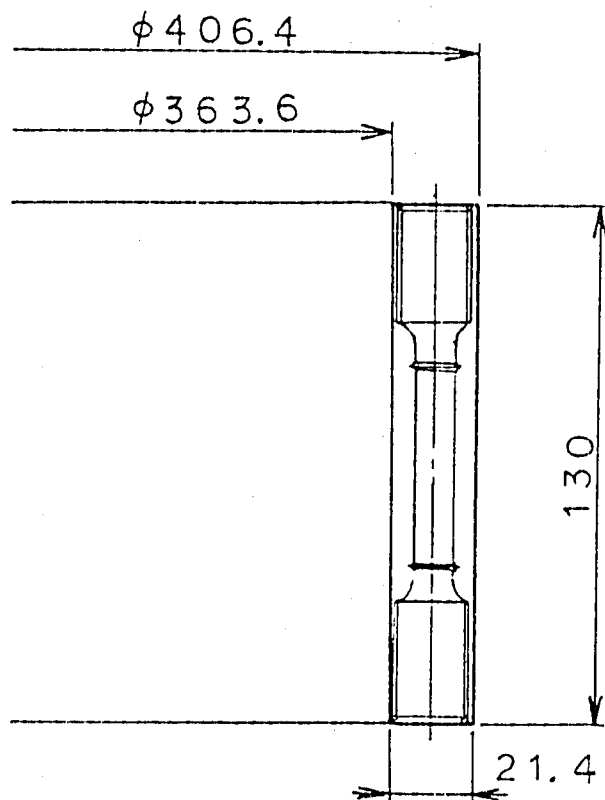


図4.2 SUS304 管材（内筒）からの試験片採取方法

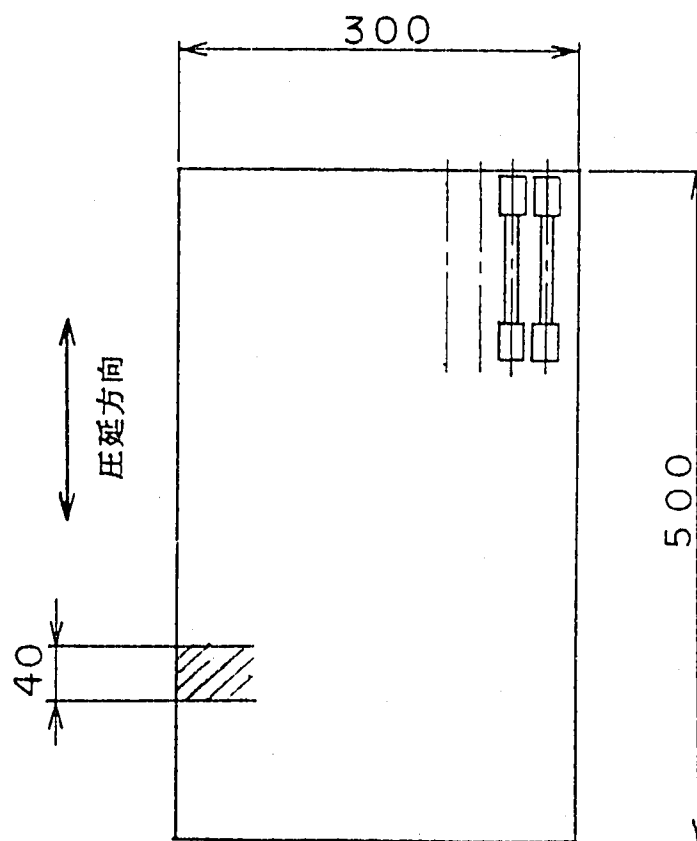


図4.3 SUS304 板材（円筒胴）からの試験片採取方法

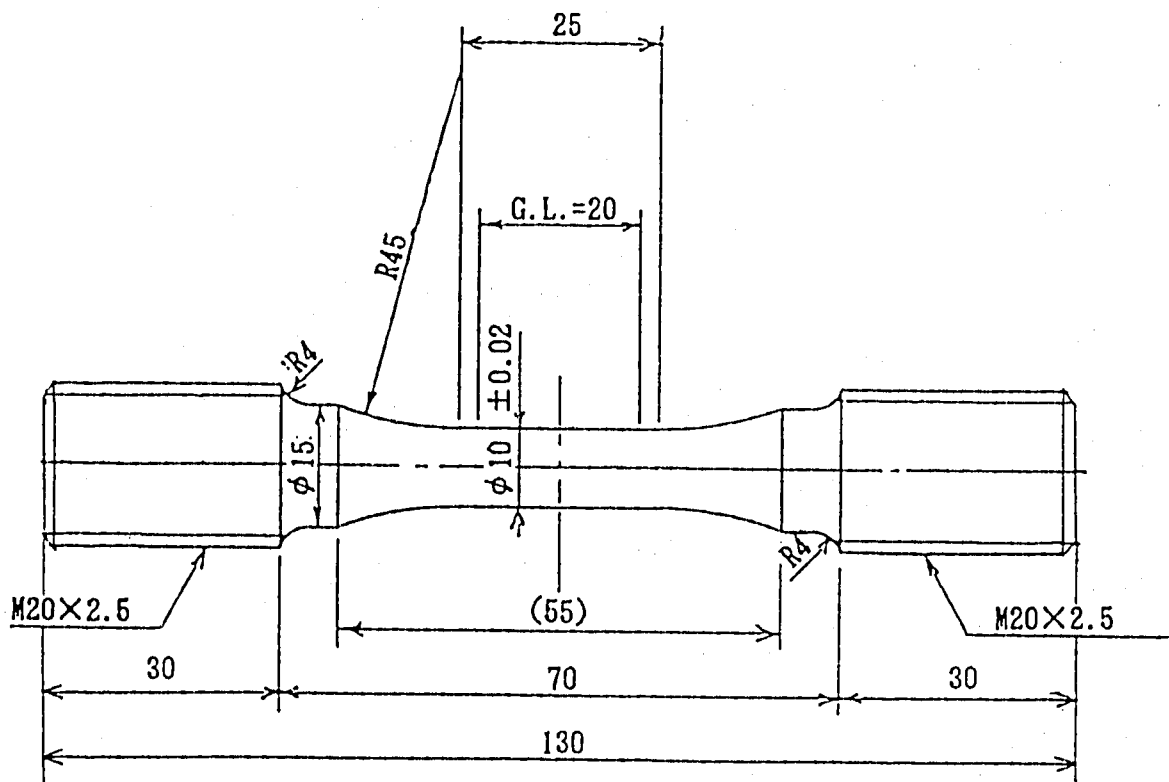


図4.4 高温低サイクル疲労試験片形状

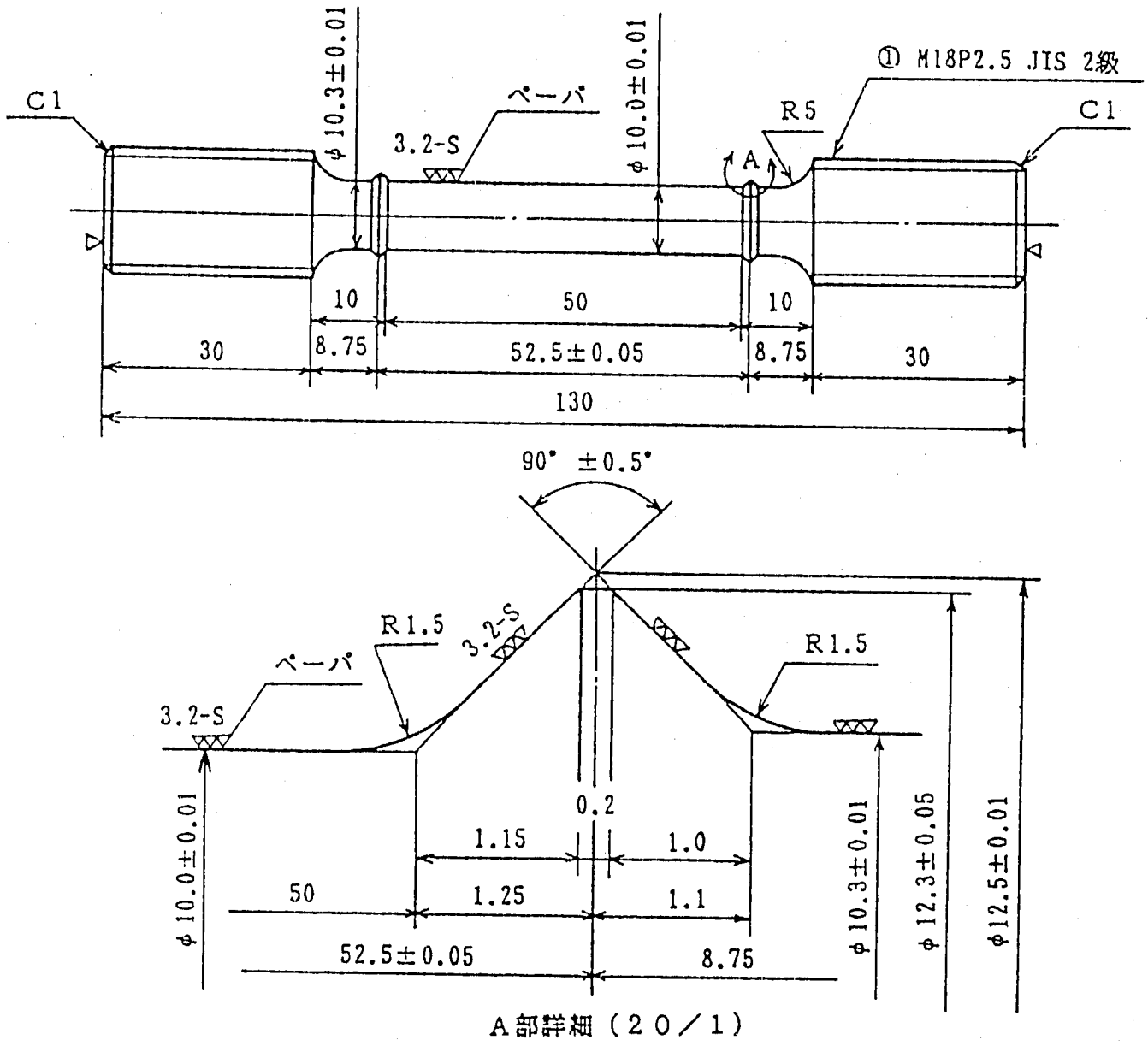


図4.5 引張、クリープ試験片形状

表4.1 疲労試験機仕様 (1)

項 目	内 容
1. 試験機本体 1) 形 式 2) 構 造 3) 容 量 4) 試 験 空 間 柱間隔 (内側) 摺具取付間隔 5) 剛 性 6) クロスヘッド 昇 降 方 式 固 定 方 式 7) 外 観 寸 法 8) 重 量	E20(1241)形 2本柱、下アクチュエータ式 動的 ±20tf 静的 ±30tf 675mm 約275~1375mm 約0.0065mm/tf (クロスヘッド、テーブル間隔500mmにおいて) 油圧昇降 油圧クランプ 約幅 1290mm×奥行 900mm 高さ 2850mm 約2000kg
2. アクチュエータ 1) 形 状 2) 容 量 3) ピストンストローク 4) ストローク検出器 5) 軸 受 方 式	20T±25MM 動的 ±20tf, 静的 ±30tf 最大 ±25mm 内蔵 差動トランス ±25mm 内蔵 流体潤滑軸受方式

表4.1 疲労試験機仕様 …… (2)

項 目	内 容
3. 制御装置	
3.1 制御装置4880形	
1) 形 式	4880形 (CRTはカラー)
2) 波形発生機能	正弦波、三角波、ランプ波、ホールド波、 ハーバサイン波
3) 繰返し波系出力	0.00001~50Hz (正弦波、三角波、ハーバサイン波)
4) ランプ波系出力	0.05~3.2×10 ⁻⁸ sec./フルスケール (ランプ波)
5) ホールド時間	0.1~2×10 ⁸ sec.
6) 試験波形	付属プログラムによる
7) 計測機能	荷重, ストローク変位 実単位表示
8) 制御機能	荷重, ストローク変位 自動振幅不正機能付き (正弦波、三角波、 ハーバサイン波時) 自動平均値補正機能付き (ホールド、正弦波、 三角波、ハーバサイン波時)
9) 使用言語	BASIC
10) パソコン	PC-9801 UV11
11) 無停電電源装置付き	

表4.1 疲労試験機仕様 …… (3)

項 目	内 容
4. 加熱炉	
4.1 加熱炉	
1) 形 式	縦割り形状炉 (三段分割)
2) 高温温度	1000℃
3) 均 熱 部	試験片平行部 20mm
4) 温度分布	±5℃ (300℃~1000℃) 以内
5) 適合試験片	ネジエンド形試験片
6) 外径寸法	約φ260mm (外形) ×約340mm (高さ) 炉外周 水冷ジャケットつき
4.2 温度制御盤	
1) 温度制御方式	PIDによるSCR制御
2) 温度検出器	R熱電対 3対
3) 温度目盛範囲	0~1200℃
4) 温度制御精度	全目盛 (1200℃) の±0.5%以内
5) 電 源	単相 100V 4kW

表4.2 クリープ試験機の仕様

項 目	内 容
型 式	たて型単テコ荷重式自立型
容 量	0.5t、1.5t、3t
レバ ー 比	5、10、20
荷 重 精 度	±0.3%以内(容量の5~100%にて)
破断検出器	リミットスイッチ式
加熱炉型式	たて割り型管状炉(三段分割)
最高加熱温度	900℃
温 度 分 布	±1℃
温 度 制 御	SCR比例制御方式
温度調節精度	±1℃
温度検出方式	熱伝対式 (R型)
温度記録計	自動平衡式 (打点式)

4.4 試験方法

4.4.1 引張試験

引張試験は、JIS B 7721 (1973)「引張試験機」及びJIS G 0567 (1978)「鉄鋼材料及び耐熱合金の高温引張試験方法」に基づいた。

4.4.2 疲労試験

試験はすべて変位制御の低サイクル疲労試験とした。変位は試験片の平行部のG.L.間の軸方向変位を変位検出器(差動変圧器型、G.L.=20mm)で検出し、これを原形状を中心に両振りになるよう三角波の制御を行った。試験中の変位と荷重の関係(塑性変形に対してはヒステリシスループを描く)をコンピュータにより随時記録した。ひずみ速度 ϵ は、 $10^{-3} \cdot \text{sec}^{-1}$ および $10^{-4} \cdot \text{sec}^{-1}$ とした。変位計の取付図を図4.6に仕様を表4.3に示す。

試験温度は、高速原型炉構造材料試験の基本温度である550℃および供試体の試験最高温度620℃で実施した。温度は抵抗式加熱により試験片中央部が所定の温度になるように制御した。

破損繰返し数は、試験片が完全破断することを目標として実施し、破損寿命は荷重が定常状態の3/4に減少した時点と定義した。

写真4.1は高温低サイクル疲労試験状況を示す。

4.4.3 クリープ試験

クリープ試験は、JIS Z 2271 (1978)「金属材料の引張クリープ試験方法」及びJIS Z 2272 (1978)「金属材料の引張クリープ破断試験方法」を基本とし、「FBR金属材料試験実施要領書」に準じた。

最大負荷容量が、3tonのシングルレバー負荷方式で、クリープ伸びの検出は、標点間に取付けた検出治具のアームを電気炉外に取り出し、2個の差動トランスに連動してその平均値を測定するものとした。変位計の取付図を図4.7に、仕様を表4.4に示す。

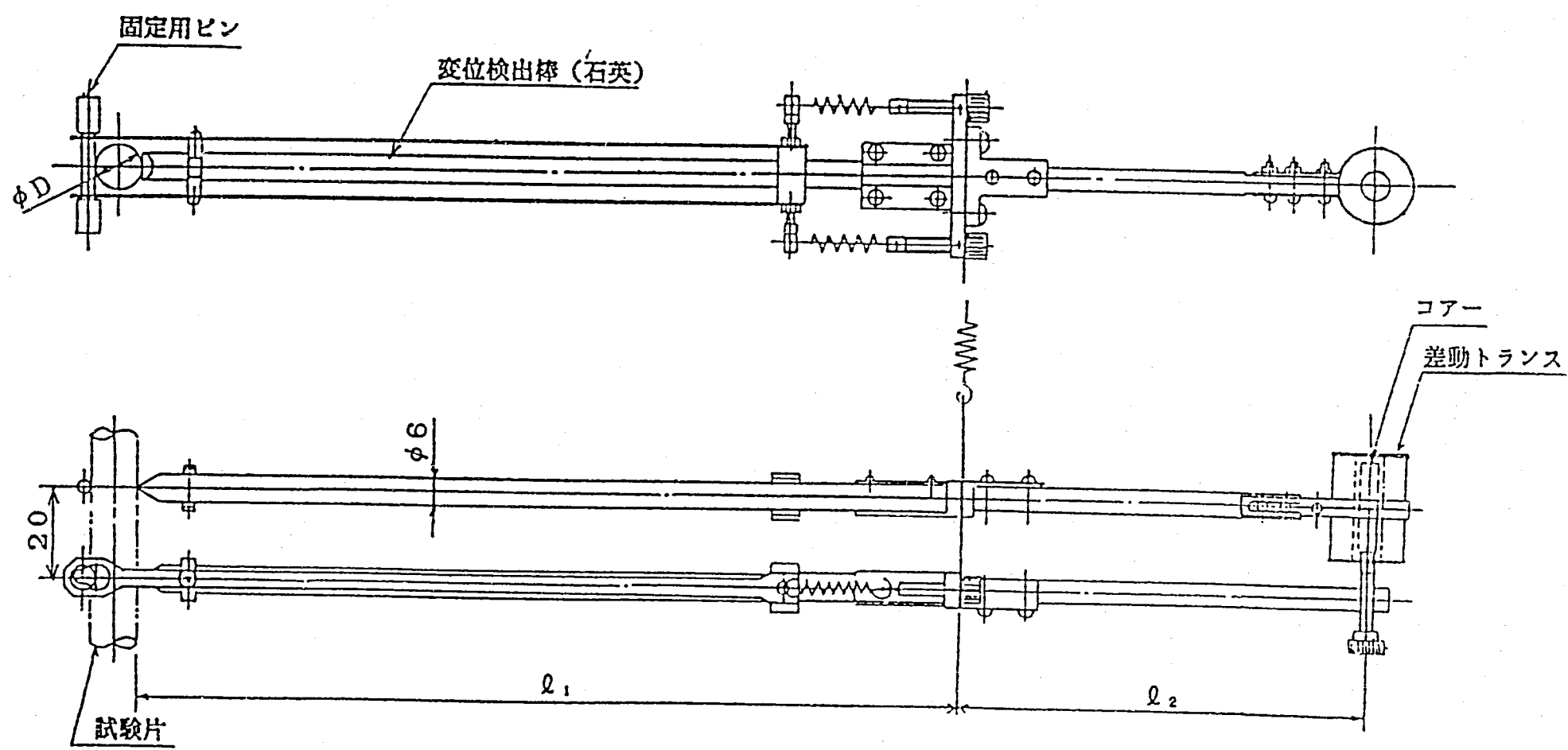
クリープひずみは、標点間の伸びを差動トランスで測定し、温度とともにデジタルプリンタにて自動記録した。

表4.3 高温変位計仕様

項 目		内 容
形 番		5241
一 般 名 称		抵抗式加熱炉用高温変位計
検 出 量		標点間変位 (差動トランス式)
試 験 片 雰 囲 気		-10℃~1000℃
ゲージ長 (mm)	標 点 間	20
測 定 範 囲 (mm)		±1
使用可能周波数 (Hz)		0.1%/sec
精 度 (アンプ, 指示計を含む)	静的測定精度	各レンジフルスケールの±1%
	振幅安定度	各レンジフルスケールの±1%以内 (24時間, 温度変化15℃以内において)
	平均値安定度	各レンジフルスケールの±1%以内 (24時間, 温度変化15℃以内において)
適合試験片	形 状	丸棒平滑形
	寸 法 (mm)	10φ
適 合 ア ン プ		4411A

表4.4 高温変位計仕様

項 目	内 容
形 名	変位変換器 (ダイヤルゲージ形)
定 格 容 量	5mm
定 格 出 力	1.5mV/V
非 直 線 性	0.5% F.S.
ヒステリシス	0.5% F.S.
入・出力抵抗	120Ω
零点の温度影響	0.05% F.S/°C
温度補償影響	0°C~60°C



l_1	l_2	ϕD
180	90	$\phi 10$

図 4. 6 高温変位計取付図

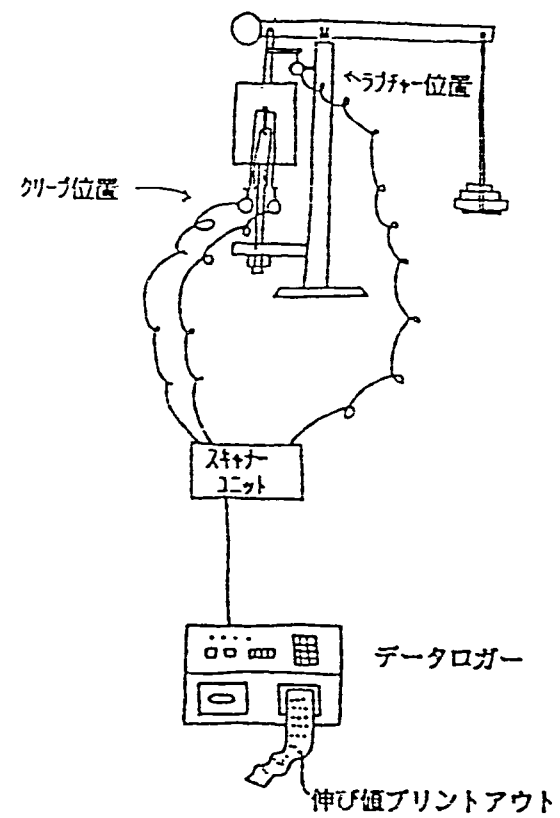
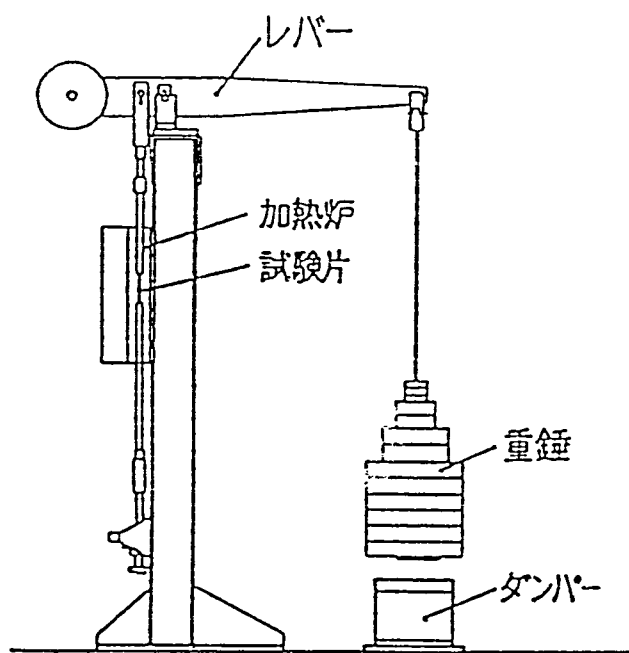


図4.7 高温変位計取付図

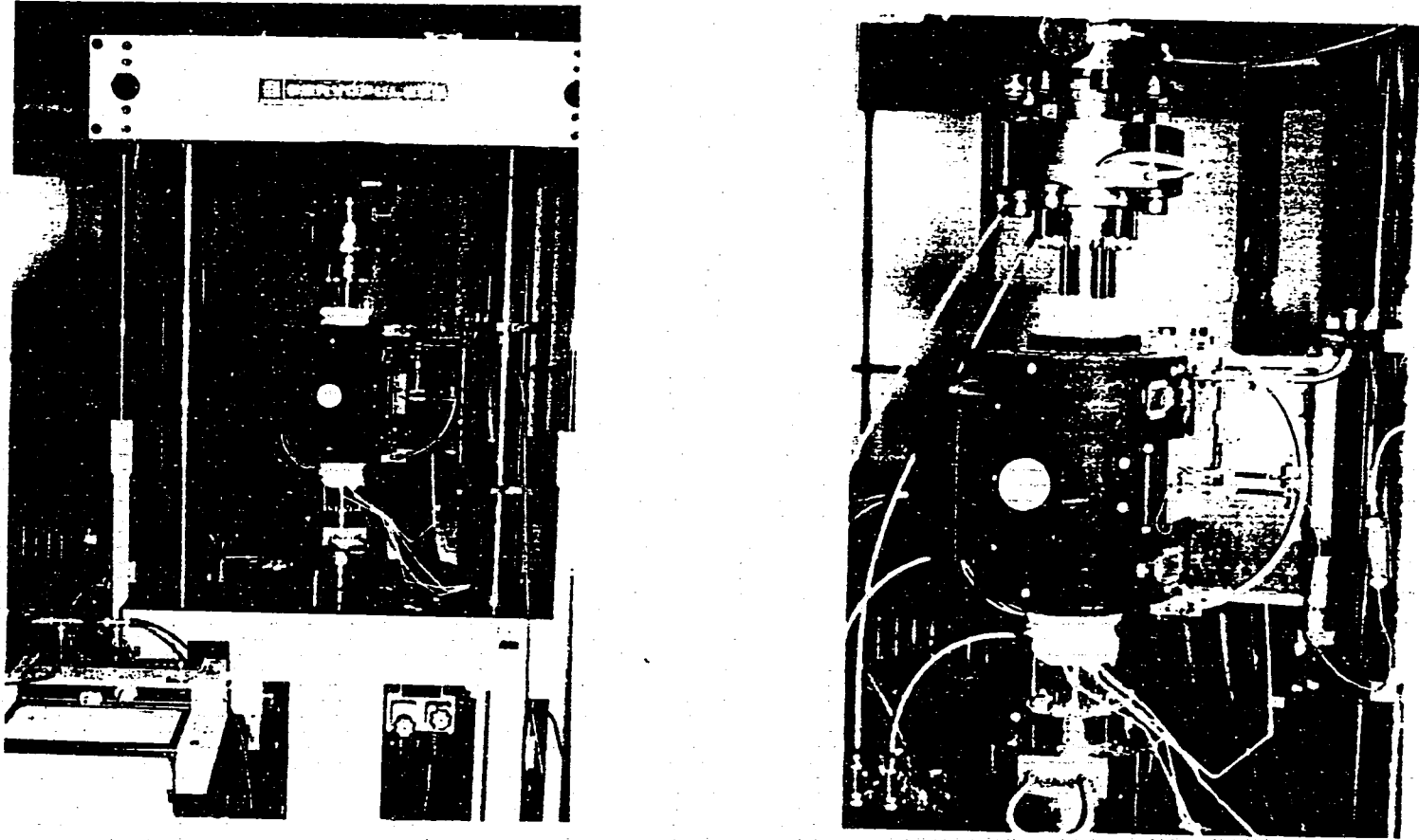


写真4. 1 高温低サイクル疲労試験状況

5. 試験結果

5.1 引張試験

表5.1はSUS304鍛造材（支持スカート）、SUS304管材（内筒）、SUS304板材（円筒胴）の550℃、620℃における引張試験結果を示す。

写真5.1は引張試験後の試験片外観を示す。

5.2 疲労試験

表5.2に高温低サイクル疲労試験結果をまとめて示す。 $\Delta \epsilon_t$ 、 $\Delta \epsilon_p$ 、 $\Delta \epsilon_e$ 及び $\Delta \sigma$ は、破断寿命 N_f の1/2の近傍で採取した応力-ひずみ関係のヒステリシスループより通常の方法で求めた。破断寿命 N_f は引張応力が定常値の75%になった時点と定義した。

図5.1から図5.5は応力の繰返し挙動を示したものである。図5.6から図5.25に応力-ひずみ及び応力-時間線図を示す。

写真5.2及び写真5.3は疲労試験後の試験片外観を示す。

5.3 クリープ試験

表5.3にクリープ試験結果を示す。図5.26から図5.29にクリープ曲線を示す。

写真5.4はクリープ試験後の試験片外観を示す。

表 5. 1 高温引張試験結果

温度 (°C)	試験片番号	引 張 試 験 結 果				
		0.2%耐力 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	破断伸び (%)	絞り (%)	破断位置 (JIS Z-2241)
550	1B-1	14.5	37.5	44.6	76.0	A
620	1B-2	11.5	32.7	52.4	76.1	A
	2-3	11.3	33.6	50.0	69.9	A
	3-3	14.3	35.2	49.6	73.0	A

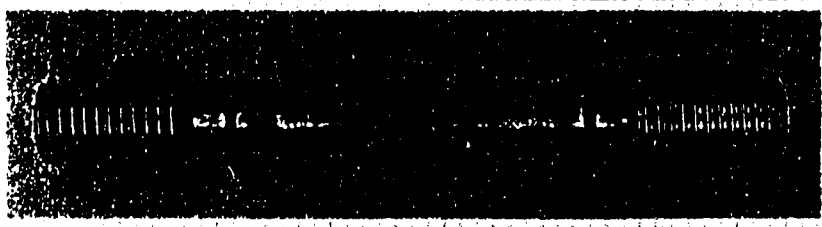
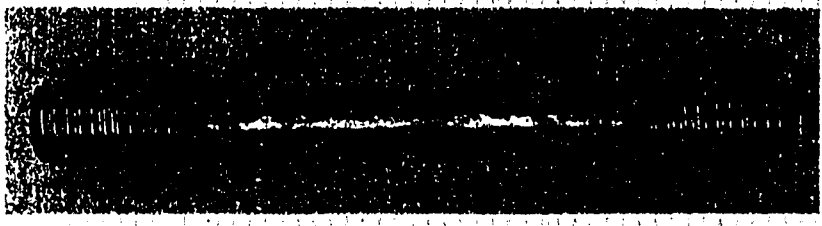
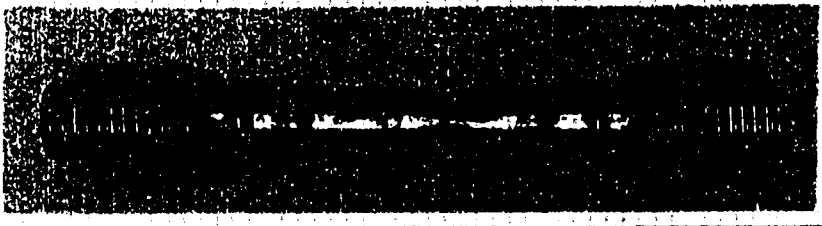

試験温度 (°C)	試験片 番号	
550	1B-1	
620	2-3	
620	3-3	

写真5. 1 静的引張試験後の外観

表5.2 高温低サイクル疲労試験結果一覧表

温 度 (°C)	分 類	試 験 片 番 号	ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ (%/sec)	ひずみ保持時間		ひずみ範囲		Nf (cycles)	定常応力(kgf/mm ²)	
				引張(min)	圧縮(min)	$\Delta \epsilon_t$ (%)	$\Delta \epsilon_p$ (%)		σ_{max}	σ_{mix}
550	鍛造材	1A-3	0.10	0	0	0.81	0.42	4629	24.6	-25.7
550	鍛造材	1A-6	0.01	0	0	0.80	0.42	2318	28.4	-29.7
620	鍛造材	1A-2	0.10	0	0	1.00	0.63	1824	25.9	-26.8
620	鍛造材	1A-1	0.10	0	0	0.80	0.44	2600	24.5	-25.1
620	鍛造材	1A-5	0.01	0	0	0.80	0.46	1443	23.6	-24.0
620	鍛造材	1A-4	0.10	0	0	0.70	0.37	3491	23.5	-24.0
620	管 材	2-1	0.10	0	0	0.81	0.47	2621	24.3	-25.1
620	管 材	2-2	0.10	0	0	0.71	0.41	2822	24.1	-24.0
620	板 材	3-1	0.10	0	0	0.81	0.45	2708	26.1	-26.5
620	板 材	3-2	0.10	0	0	0.71	0.37	2882	24.5	-25.1

ひずみおよび応力は $\frac{1}{2}$ Nf近傍のデータ

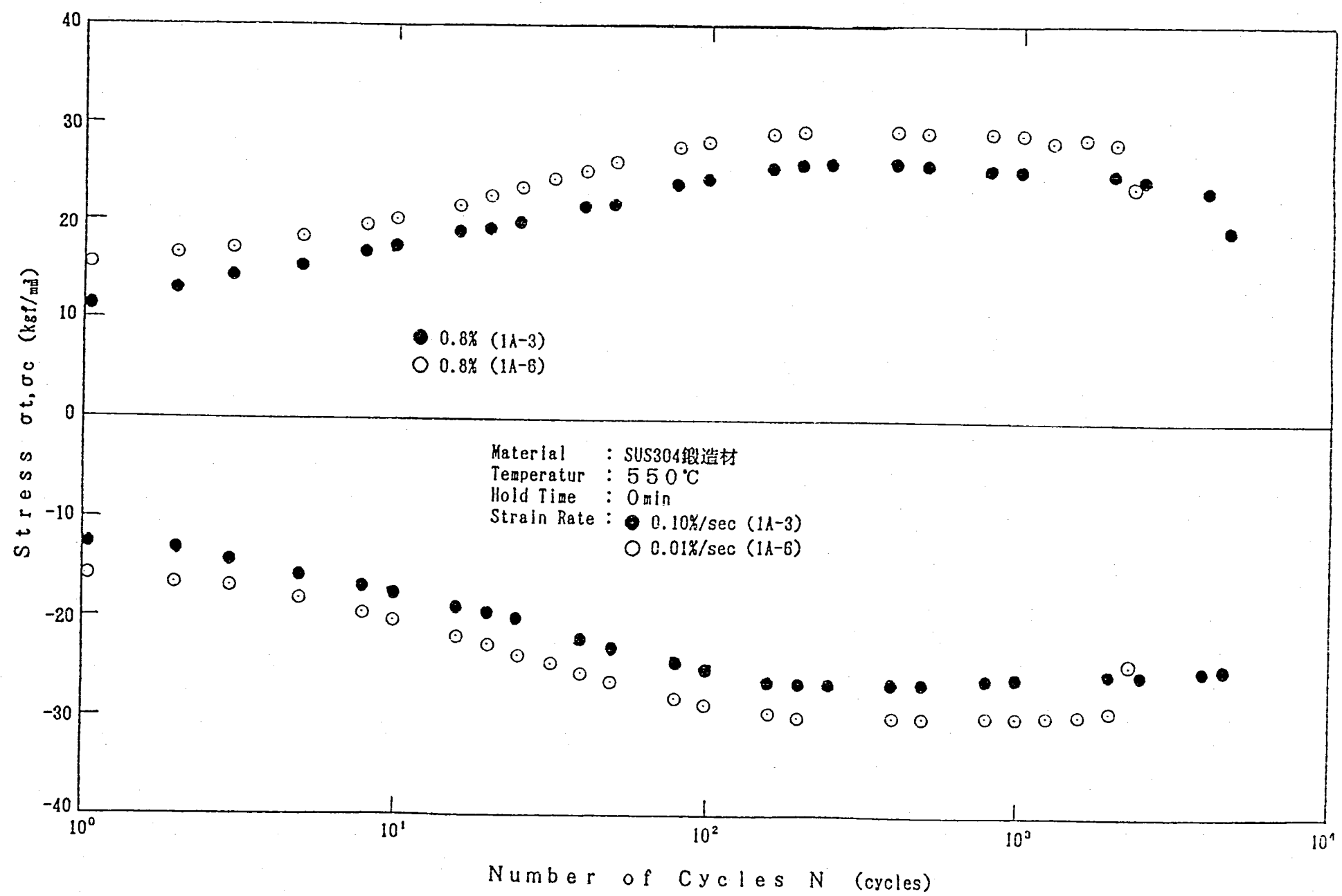


図5. 1 繰返しに伴う応力の挙動 (1A-3, 1A-6)

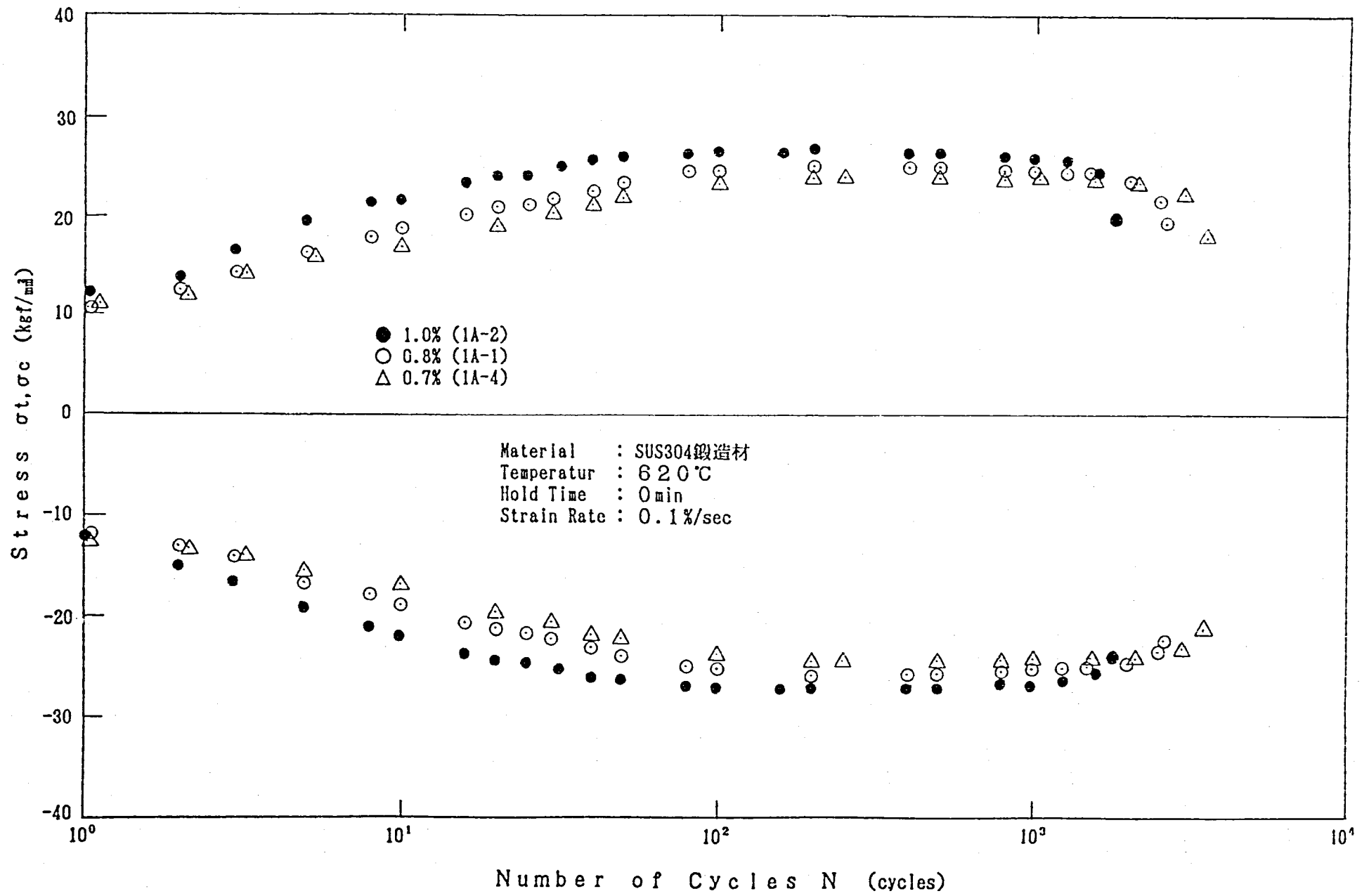


図5. 2 繰返しに伴う応力の挙動 (1A-2, 1A-1, 1A-4)

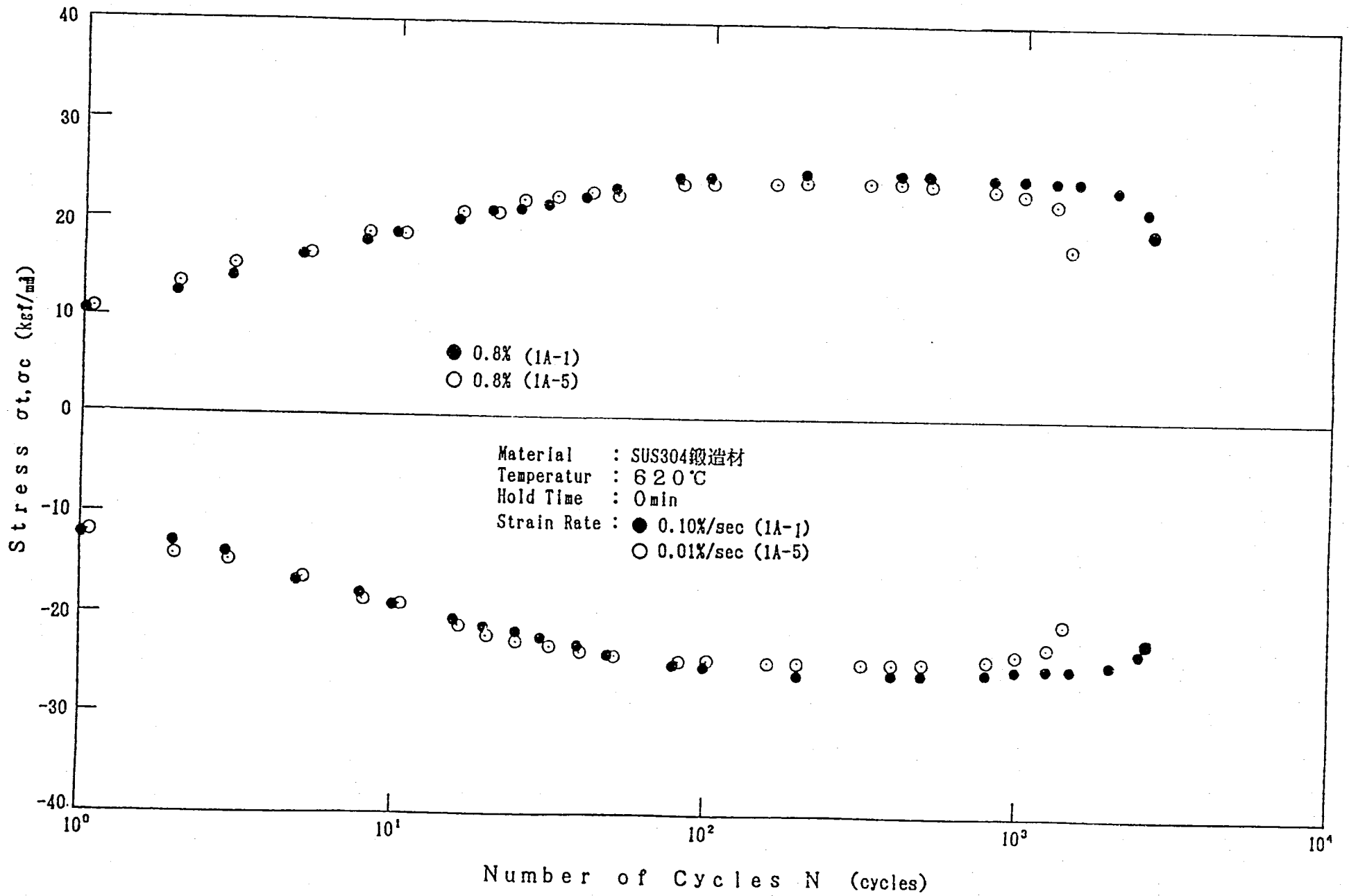


図5.3 繰返しに伴う応力の挙動 (1A-1, 1A-5)

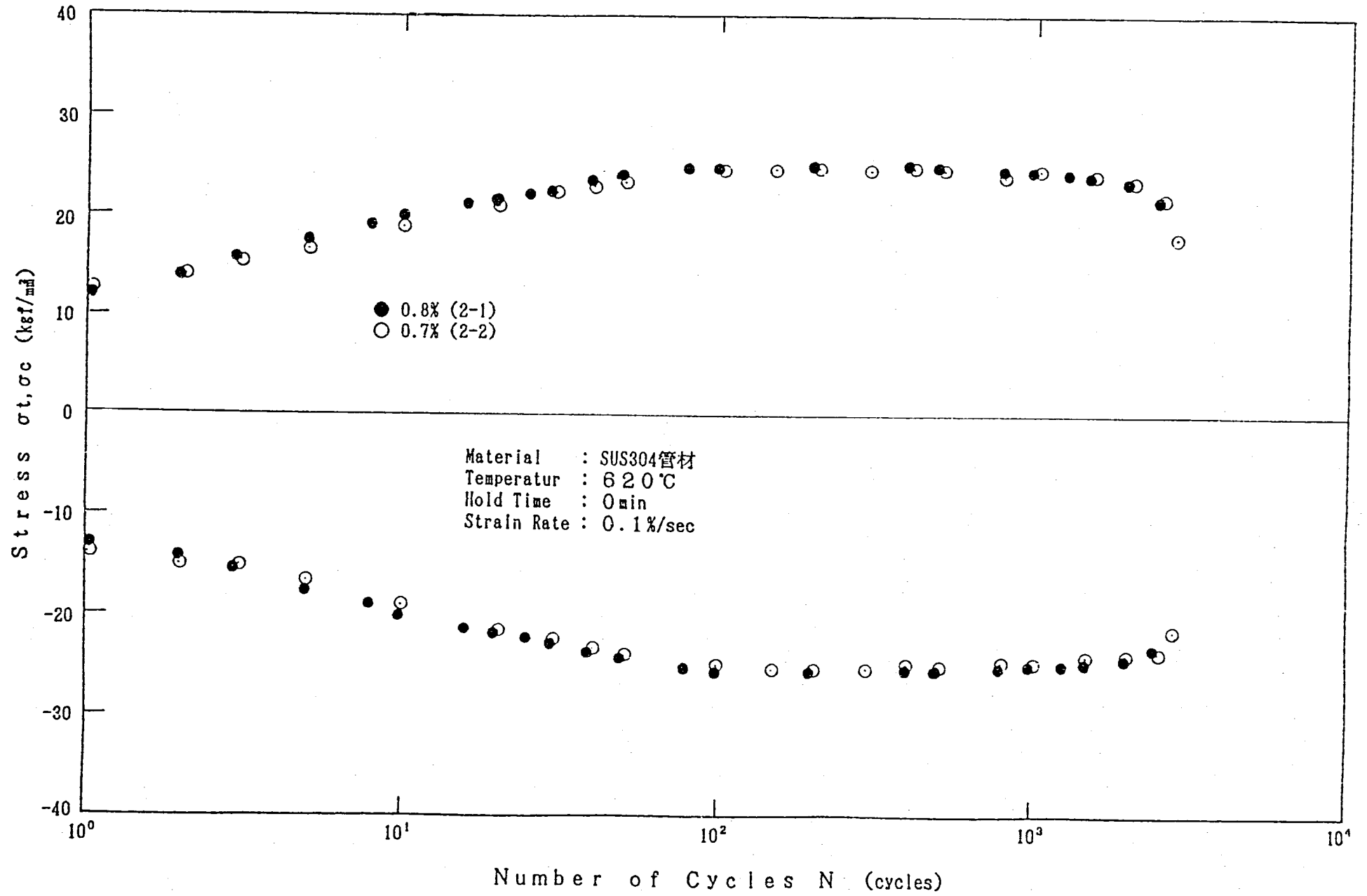


図5.4 繰返しに伴う応力の挙動 (2A-1, 2A-2)

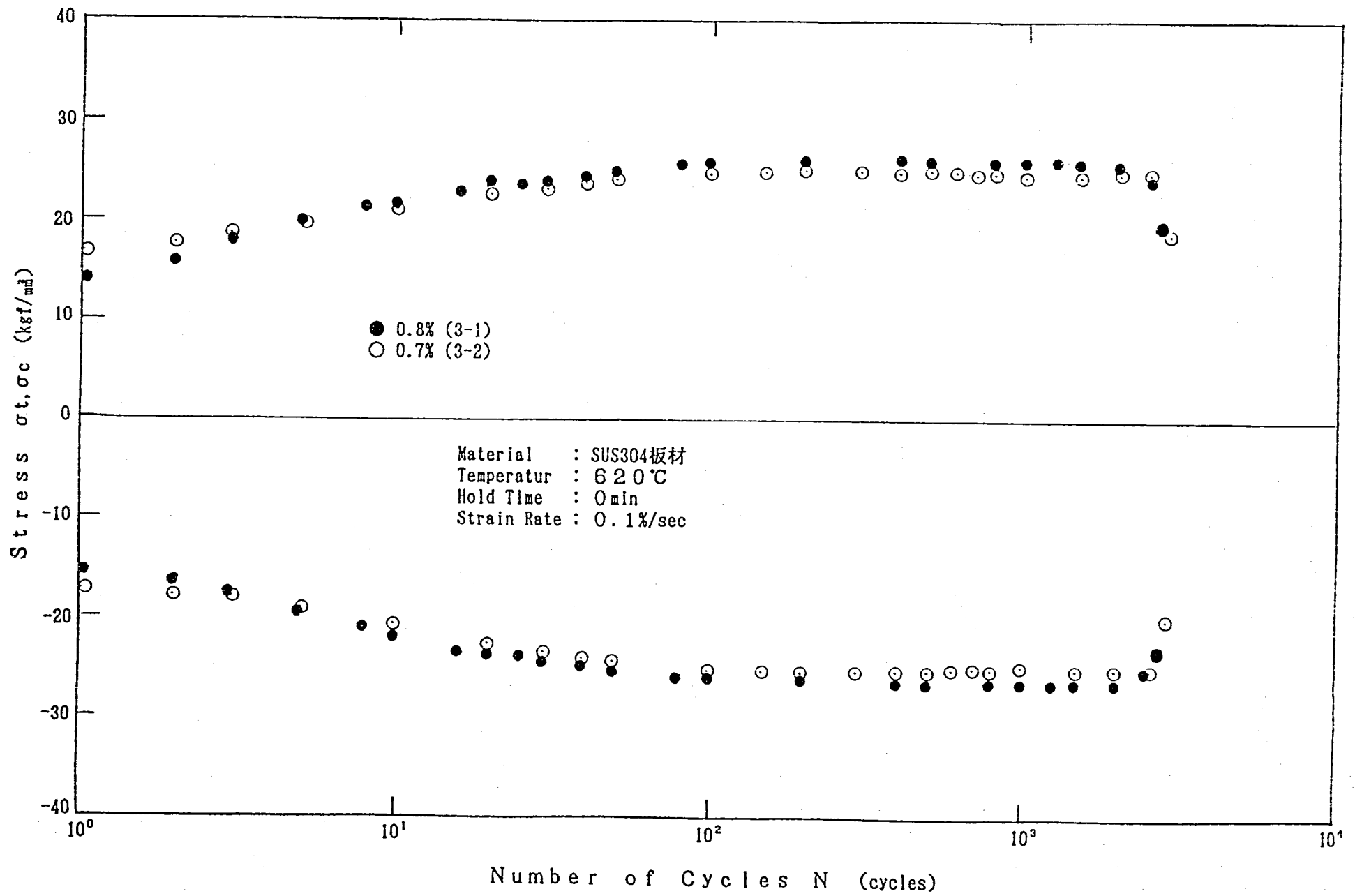
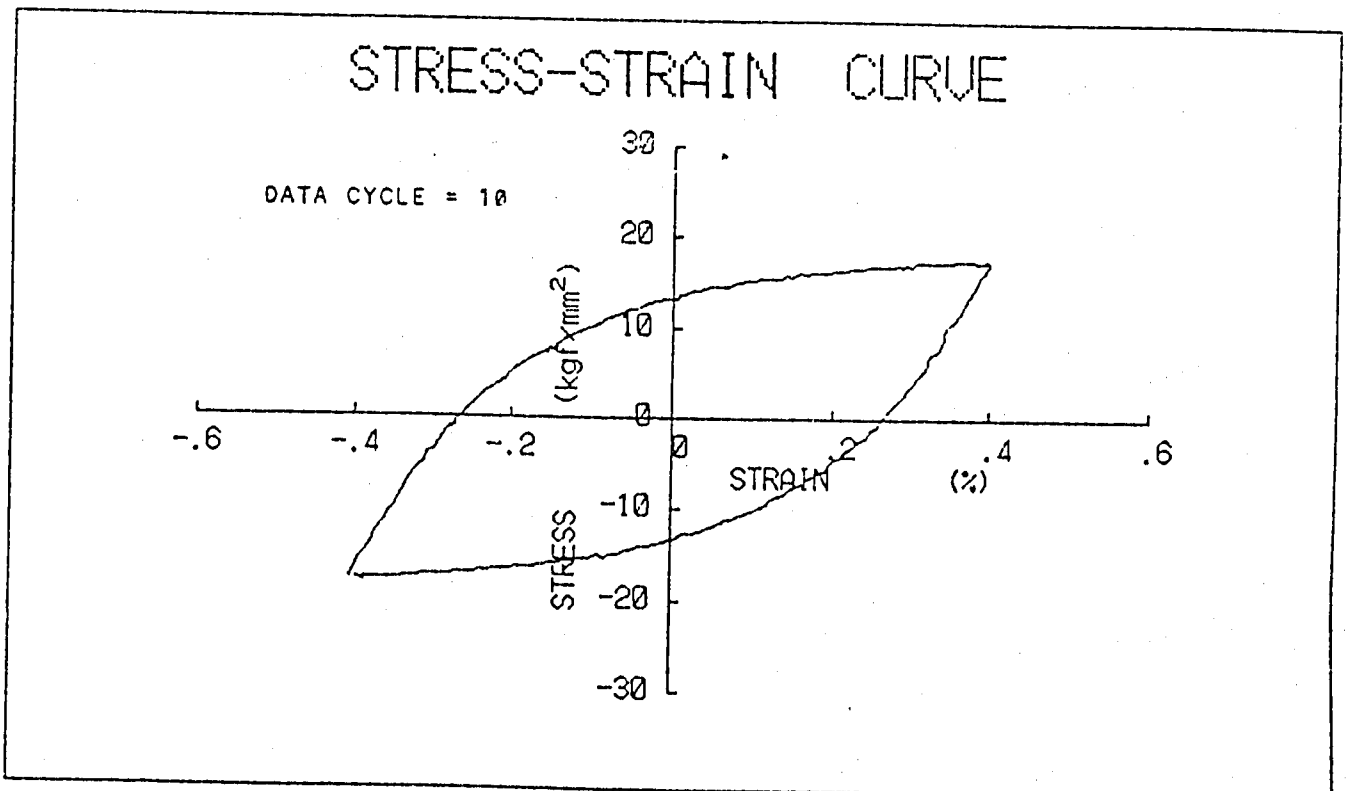
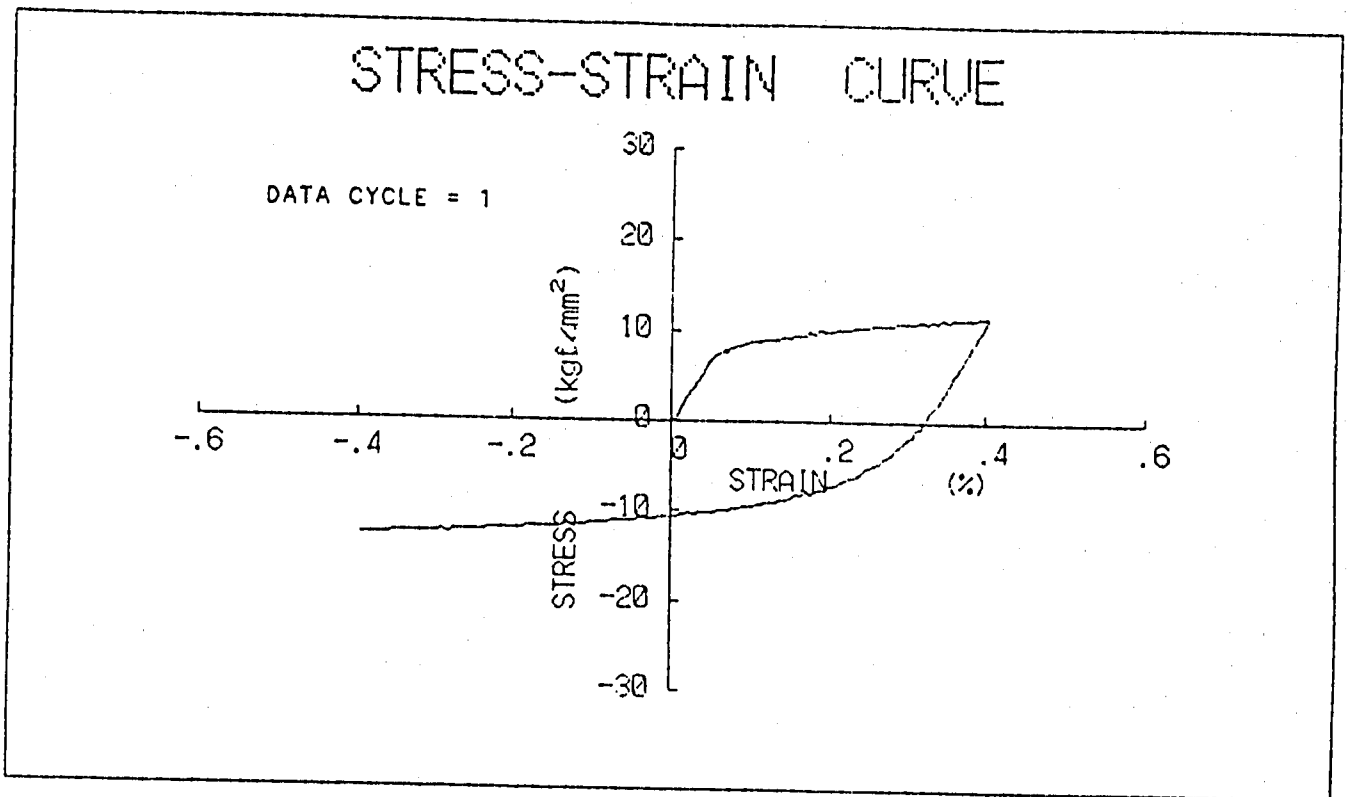
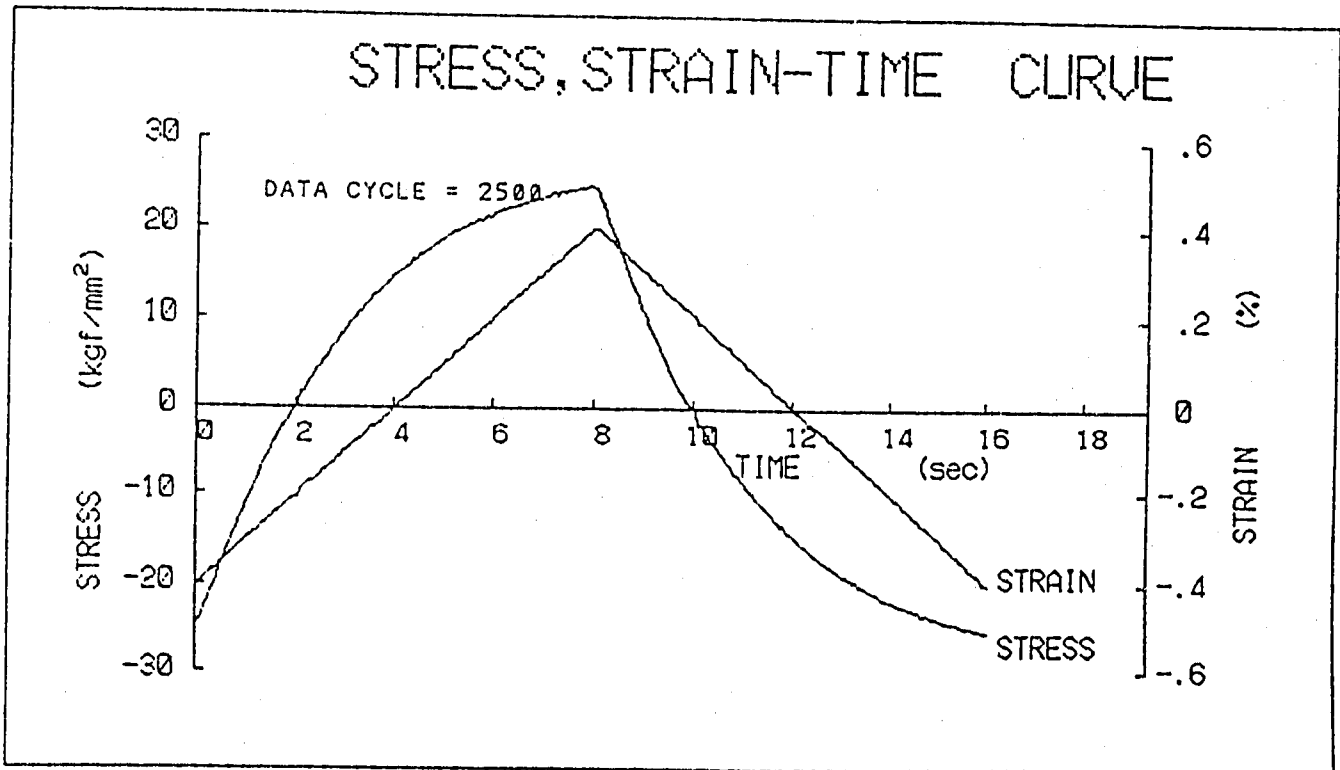
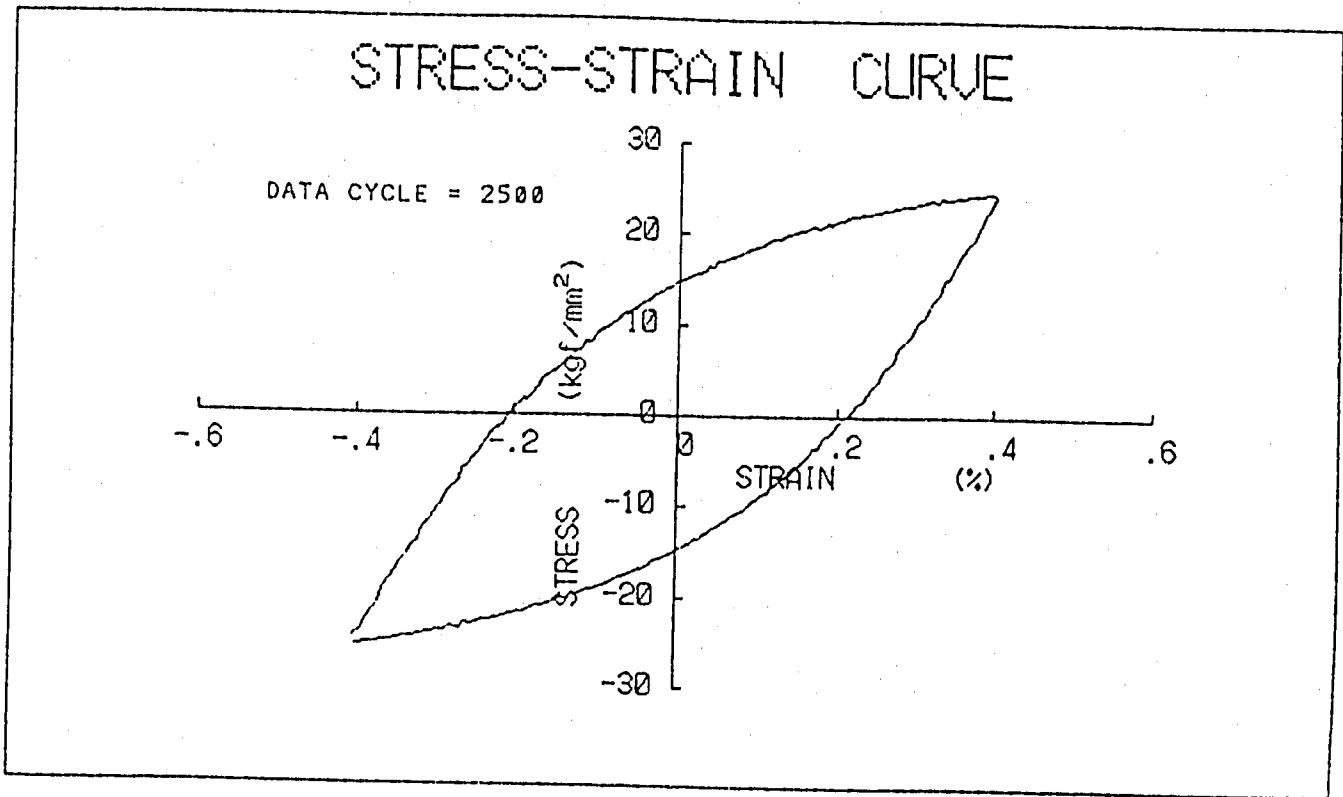


図5.5 繰返しに伴う応力の挙動 (3-1, 3-2)



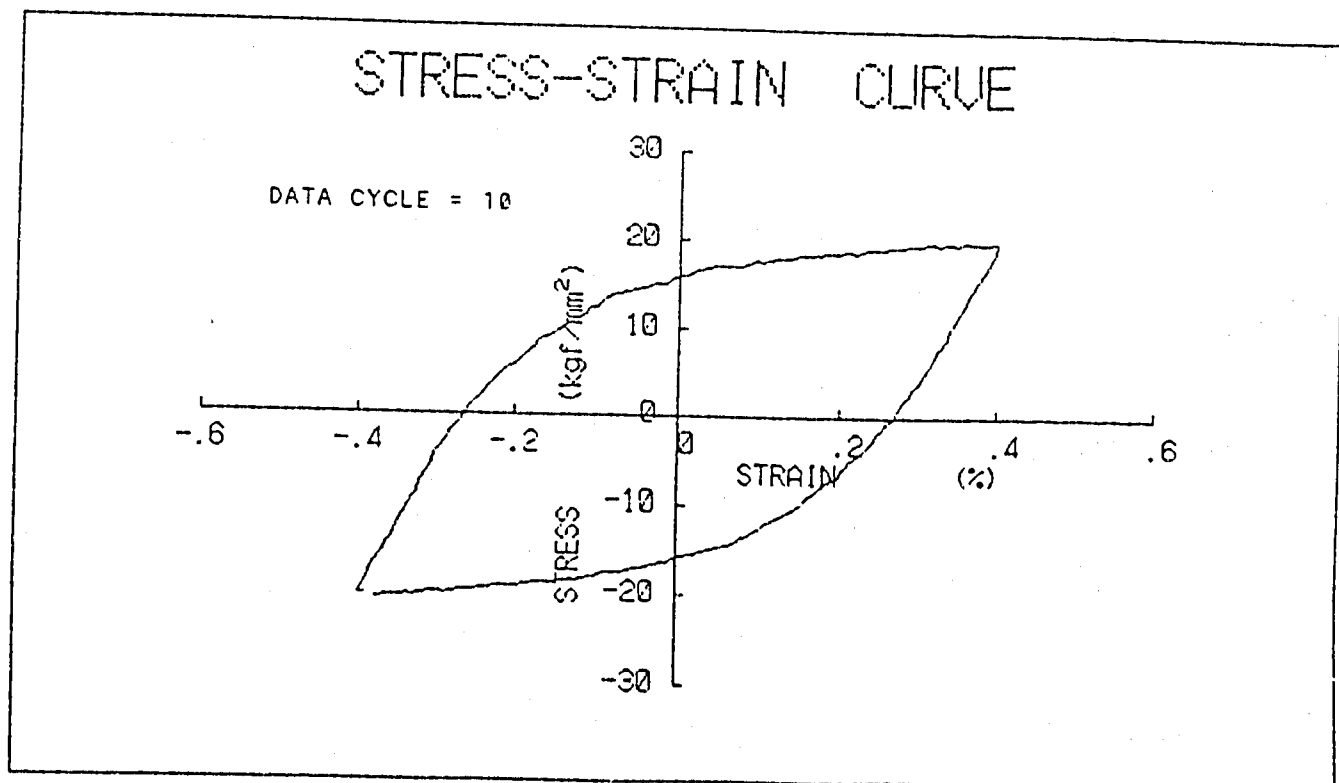
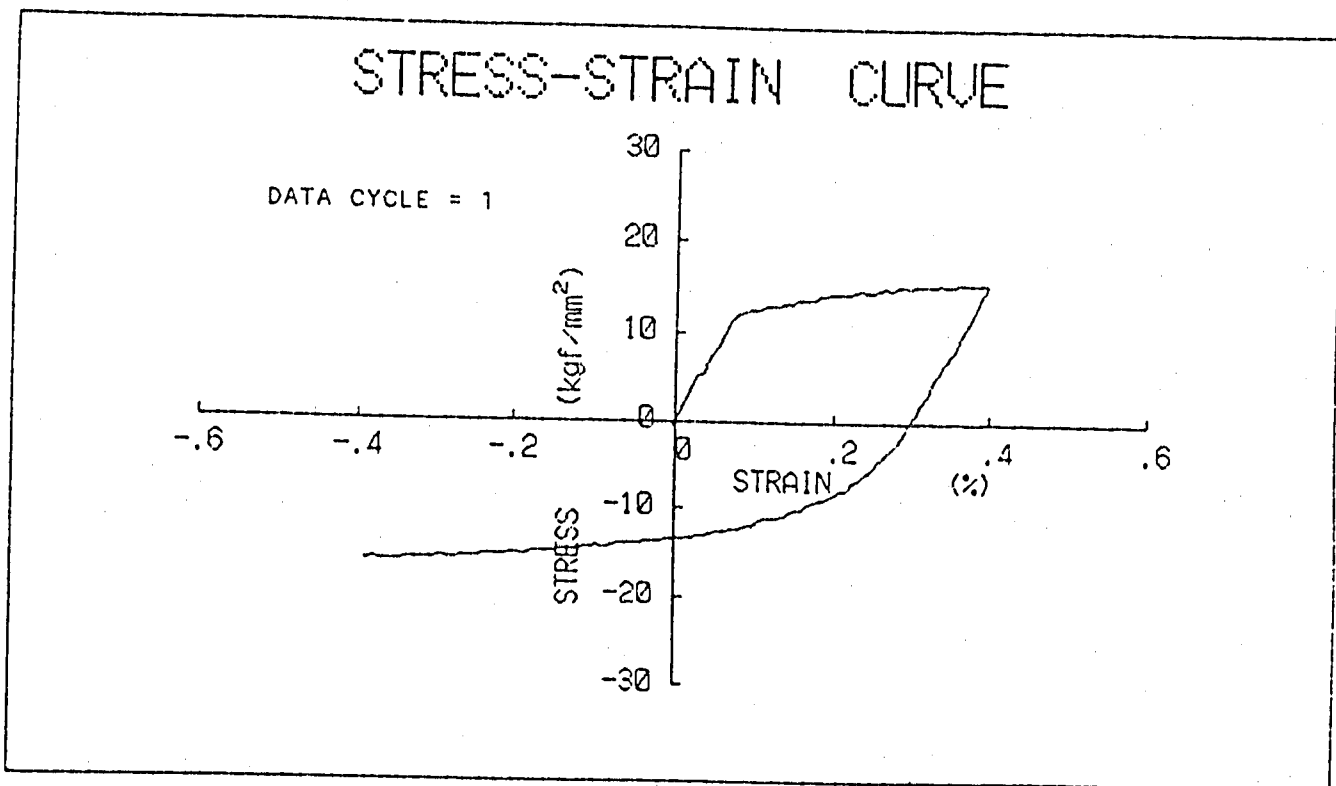
マーク：1A-3 試験温度：550℃ $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図5.6 ひずみ-応力線図 (1A-3)



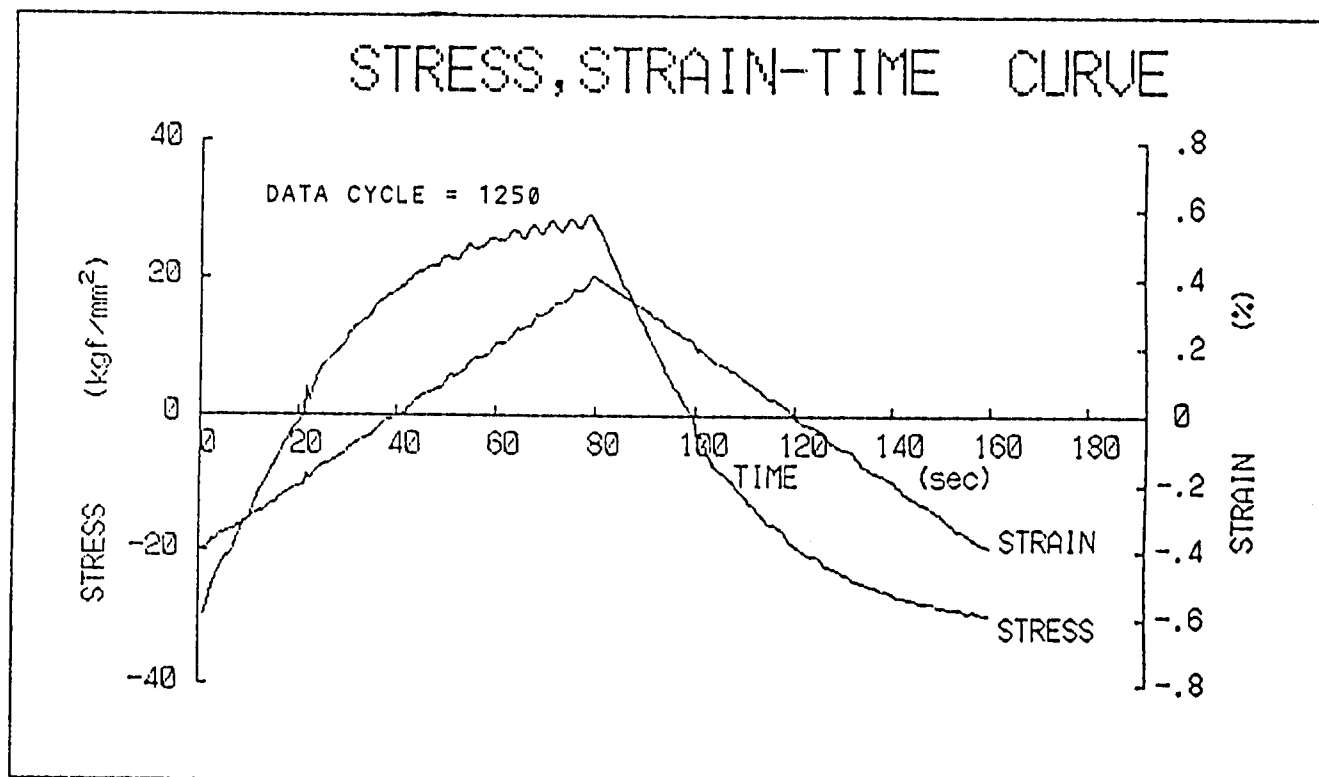
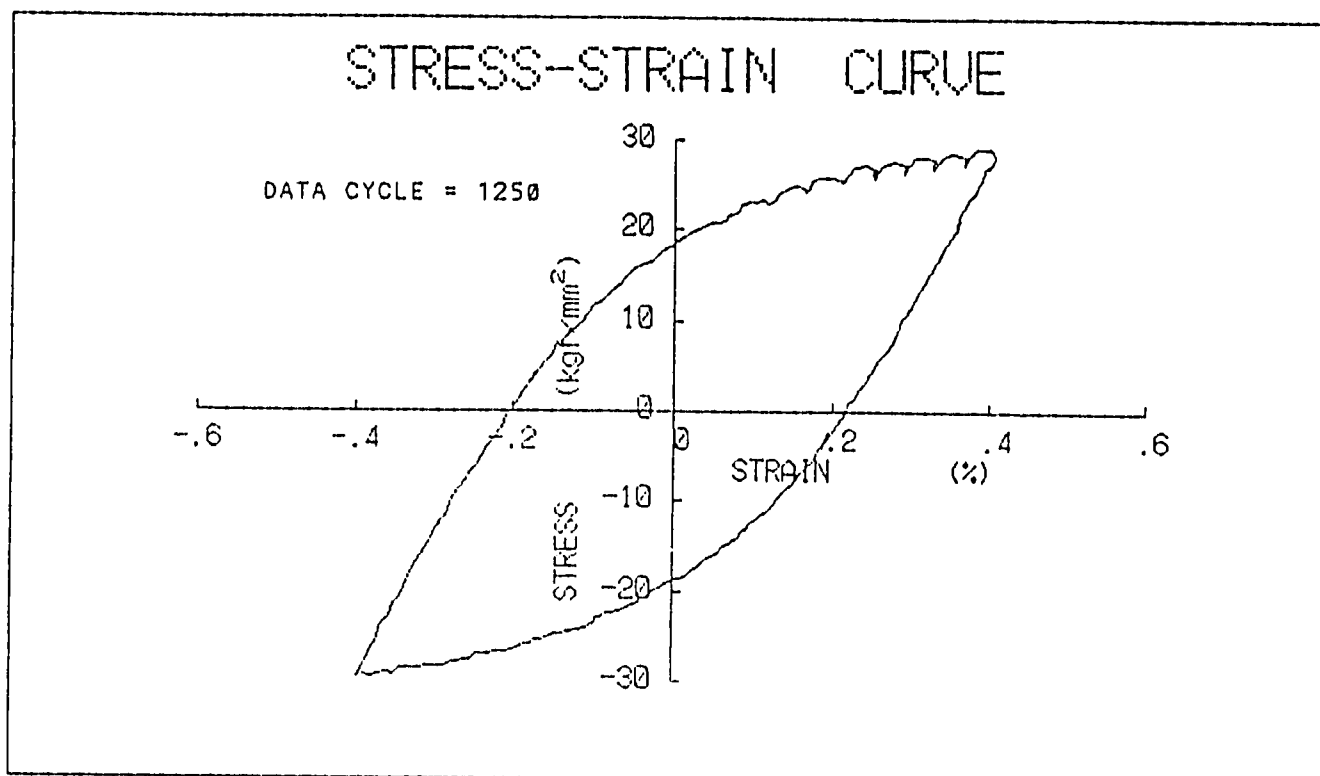
マーク：1A-3 試験温度：550℃ $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図5.7 1/2Nfのひずみ及び応力-時間線図(1A-3)



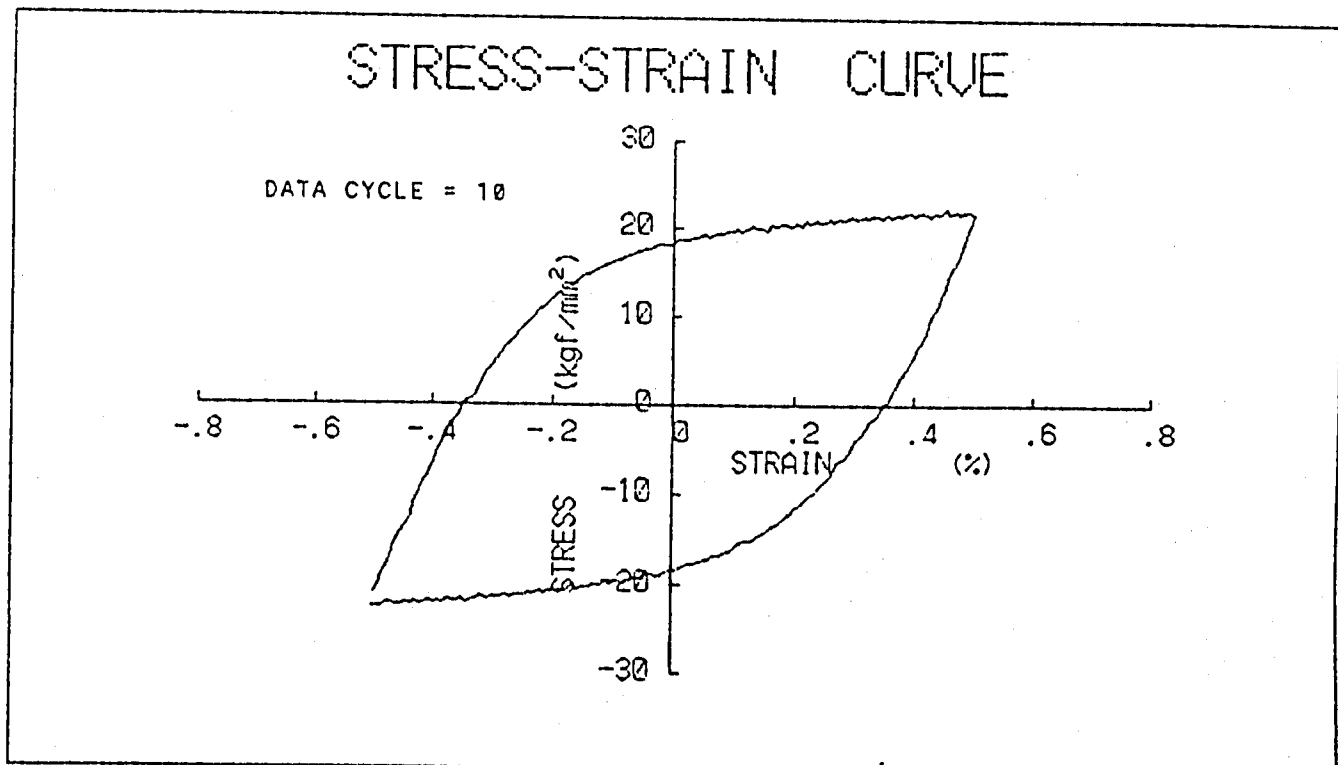
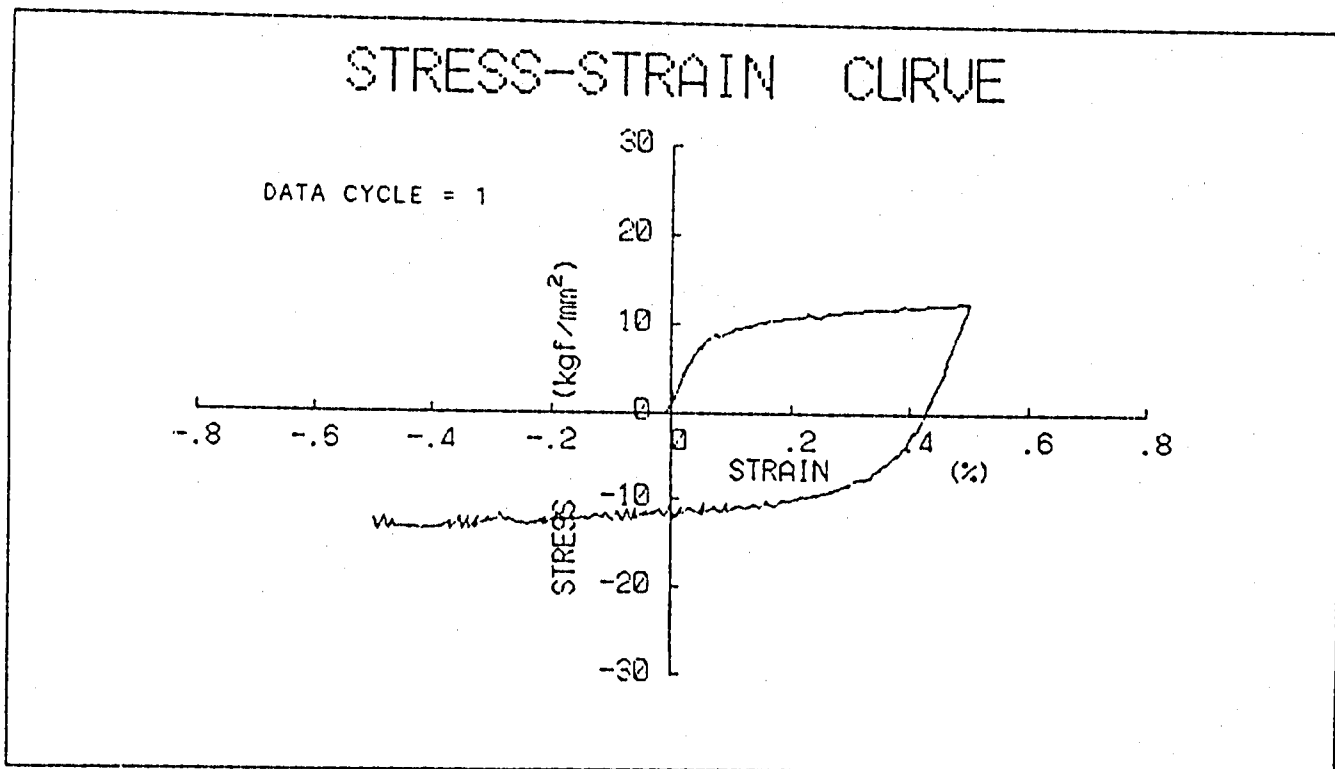
マーク：1A-6 試験温度：550℃ $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.01\%/sec$

図5.8 ひずみ-応力線図 (1A-6)



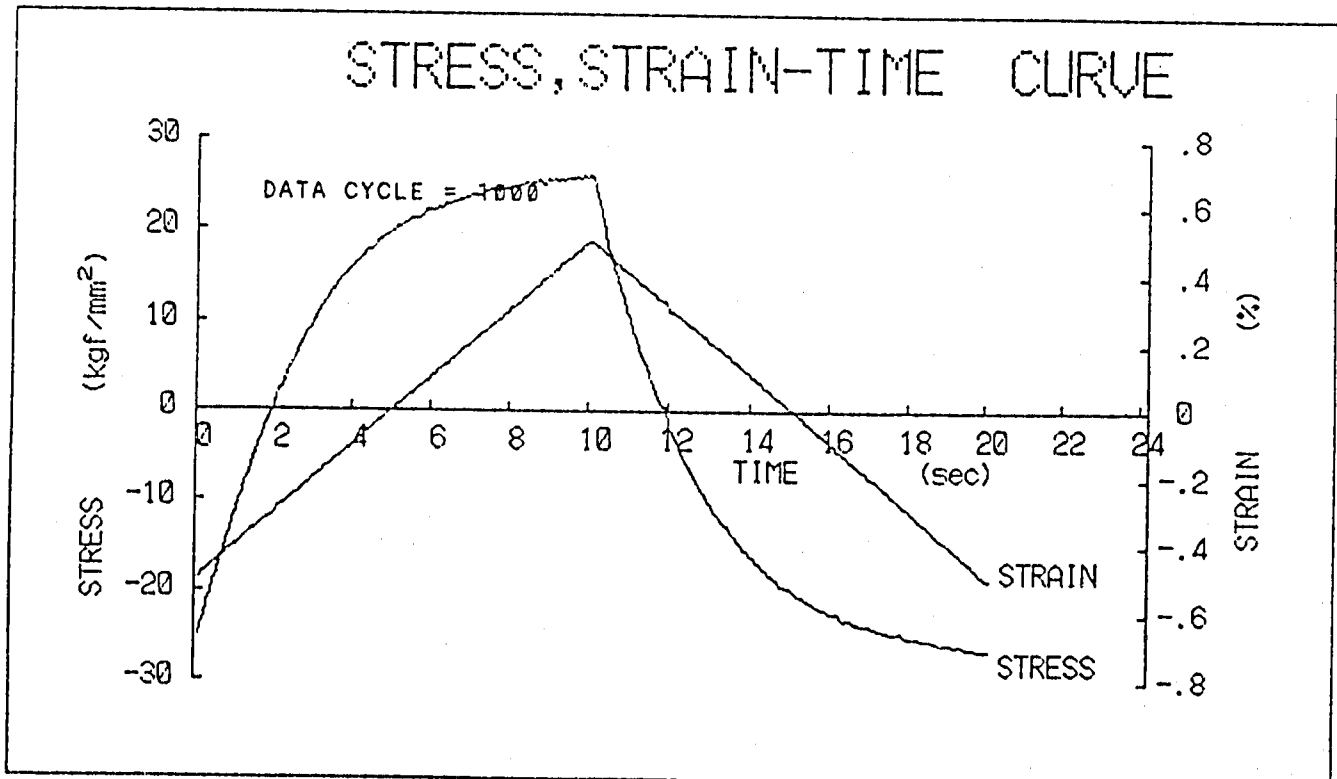
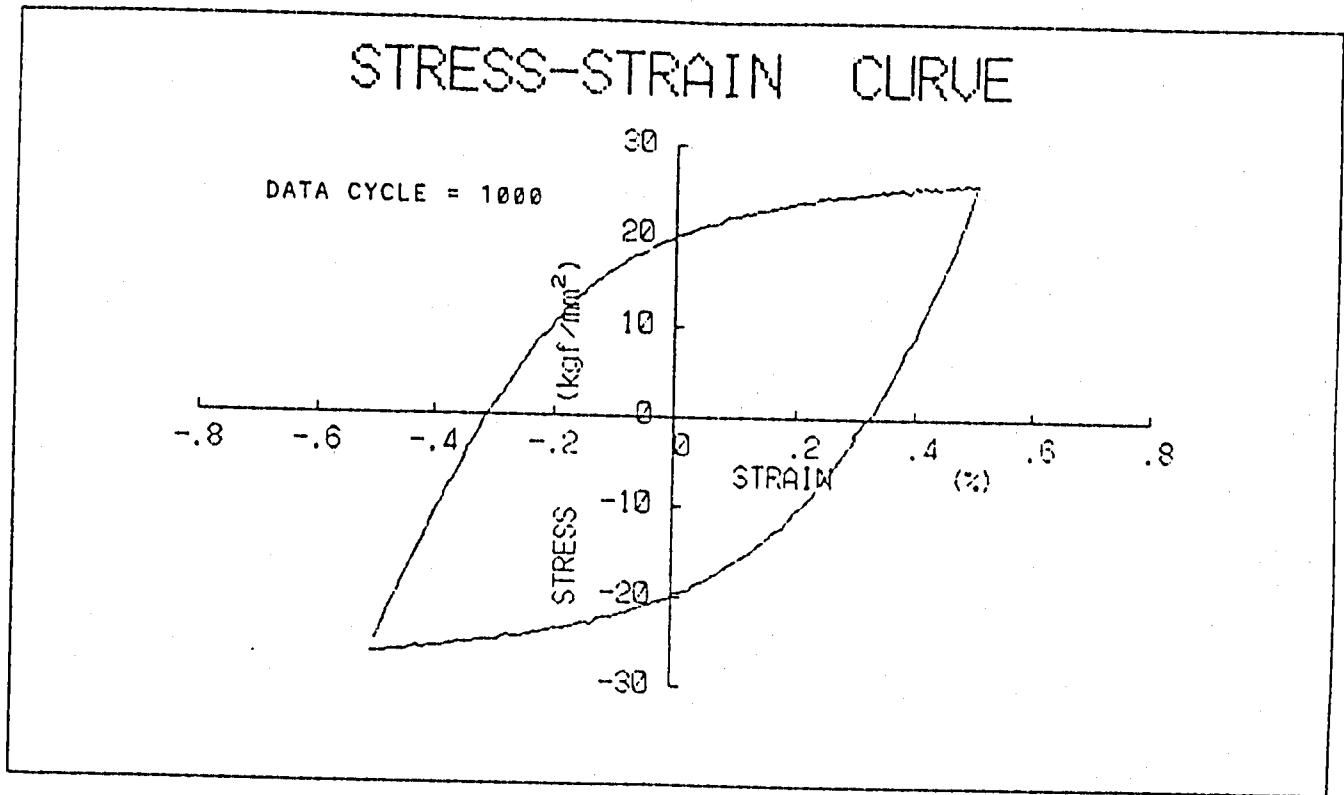
マーク：1A-6 試験温度：550℃ $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.01\%/sec$

図 5.9 1/2Nf のひずみ及び応力-時間線図 (1A-6)



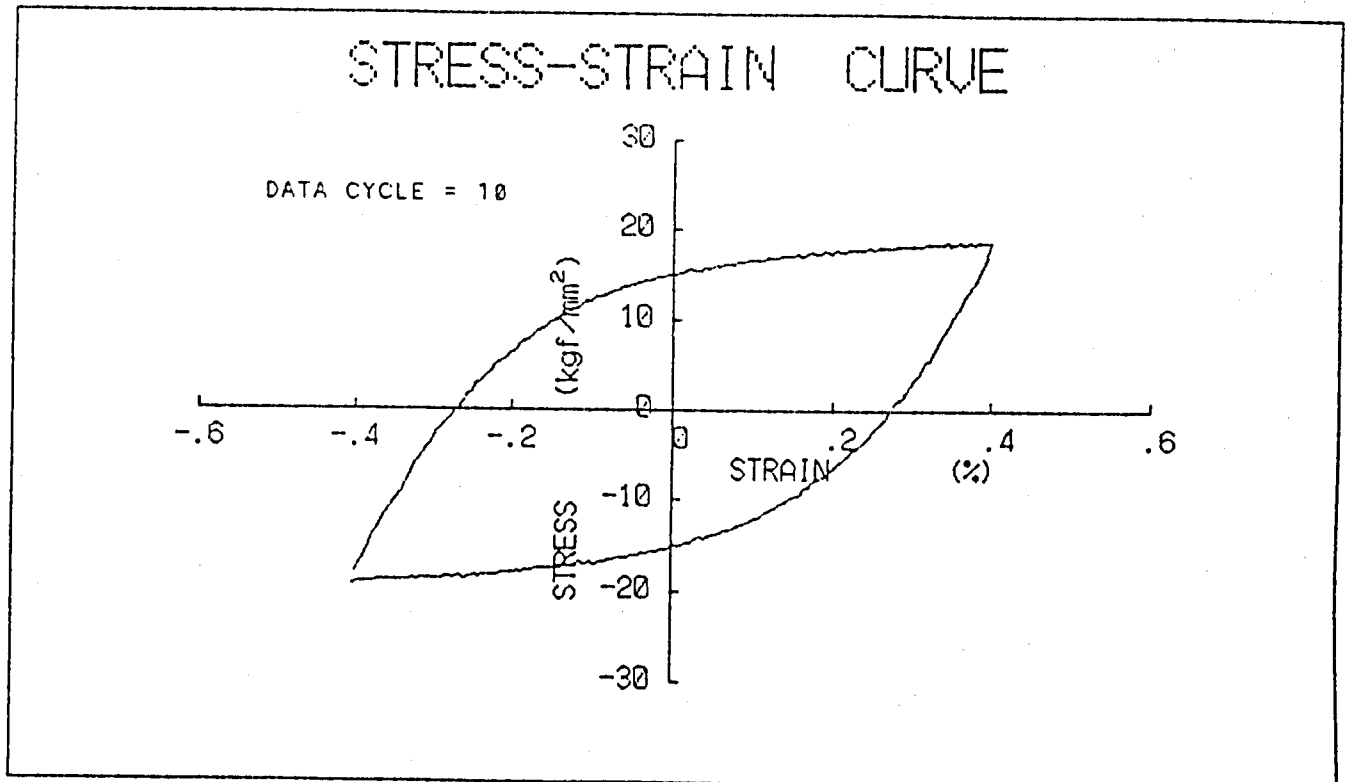
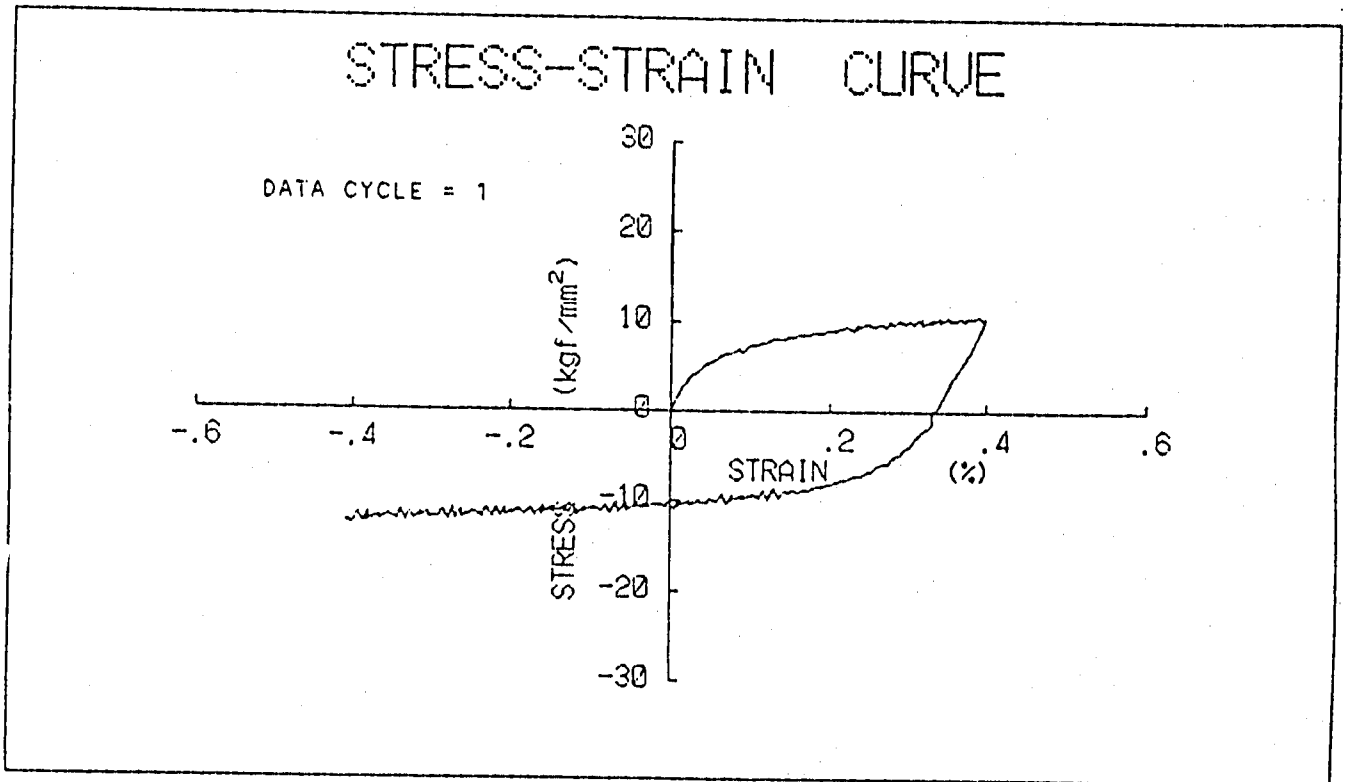
マーク：1A-2 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 1.0\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.10 ひずみ-応力線図 (1A-2)



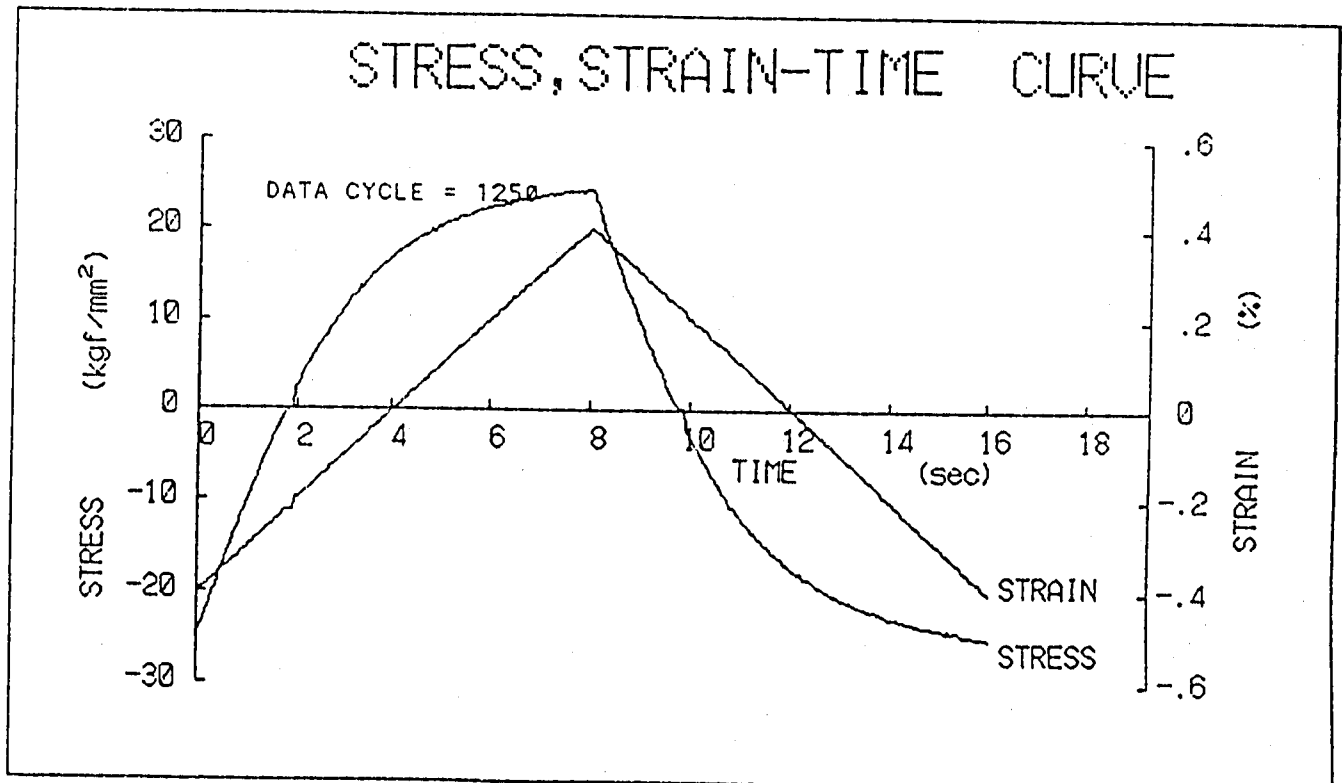
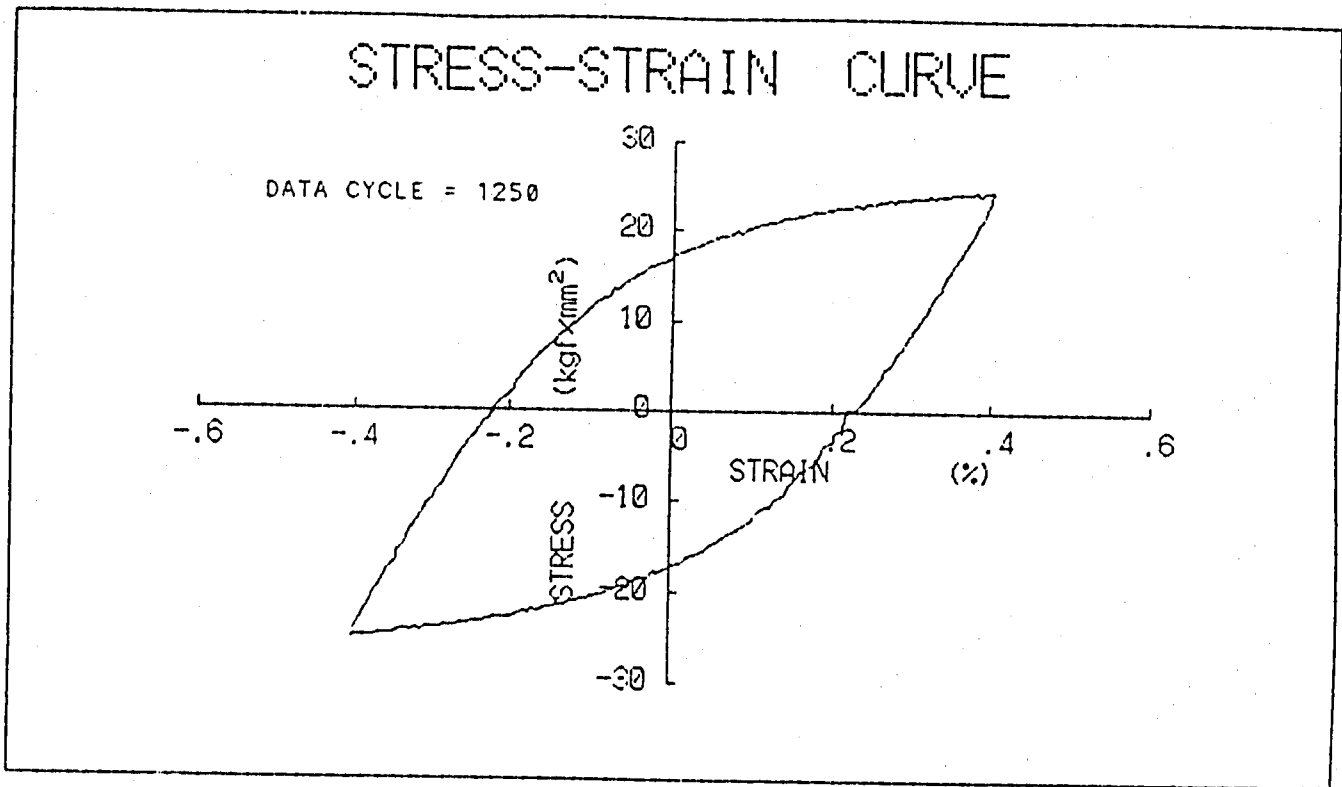
マーク：1A-2 試験温度：620°C $\Delta \epsilon t = 1.0\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.11 1/2Nf のひずみ及び応力-時間線図 (1A-2)



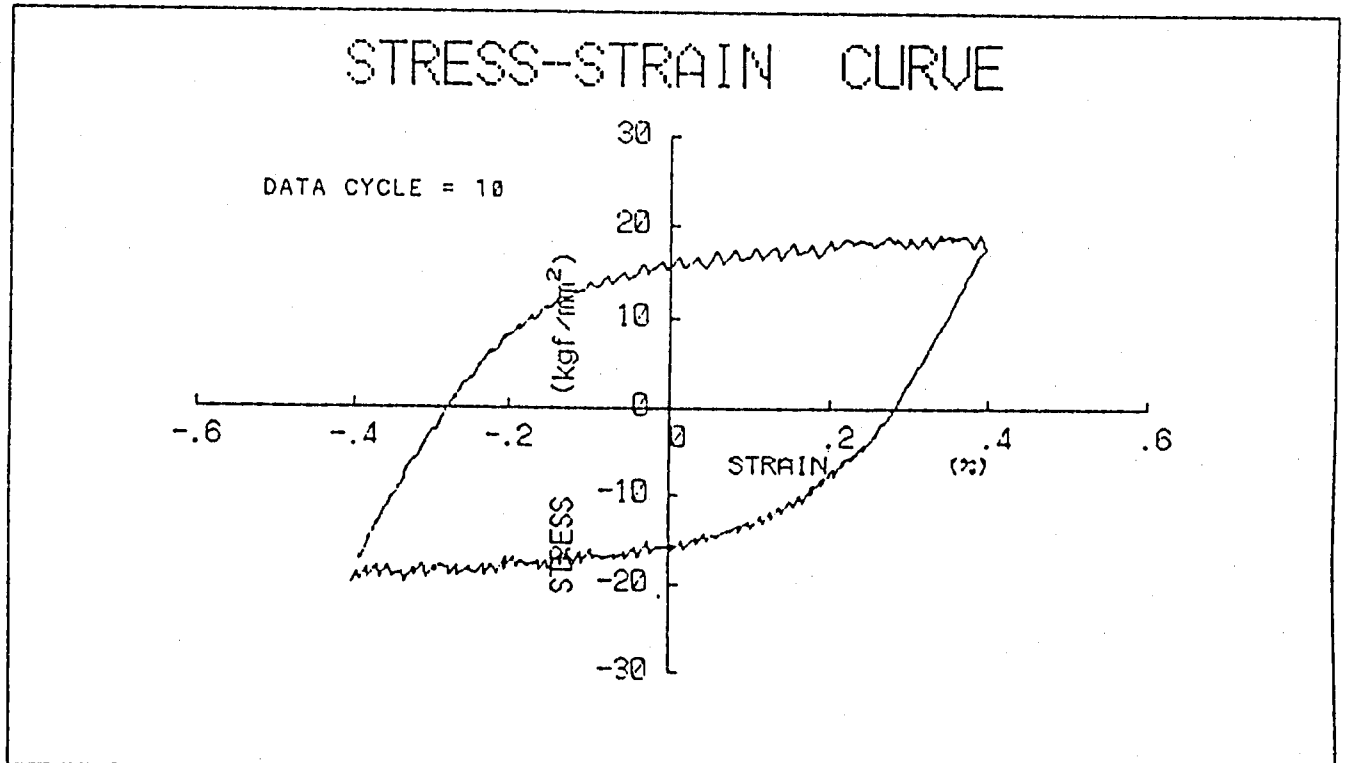
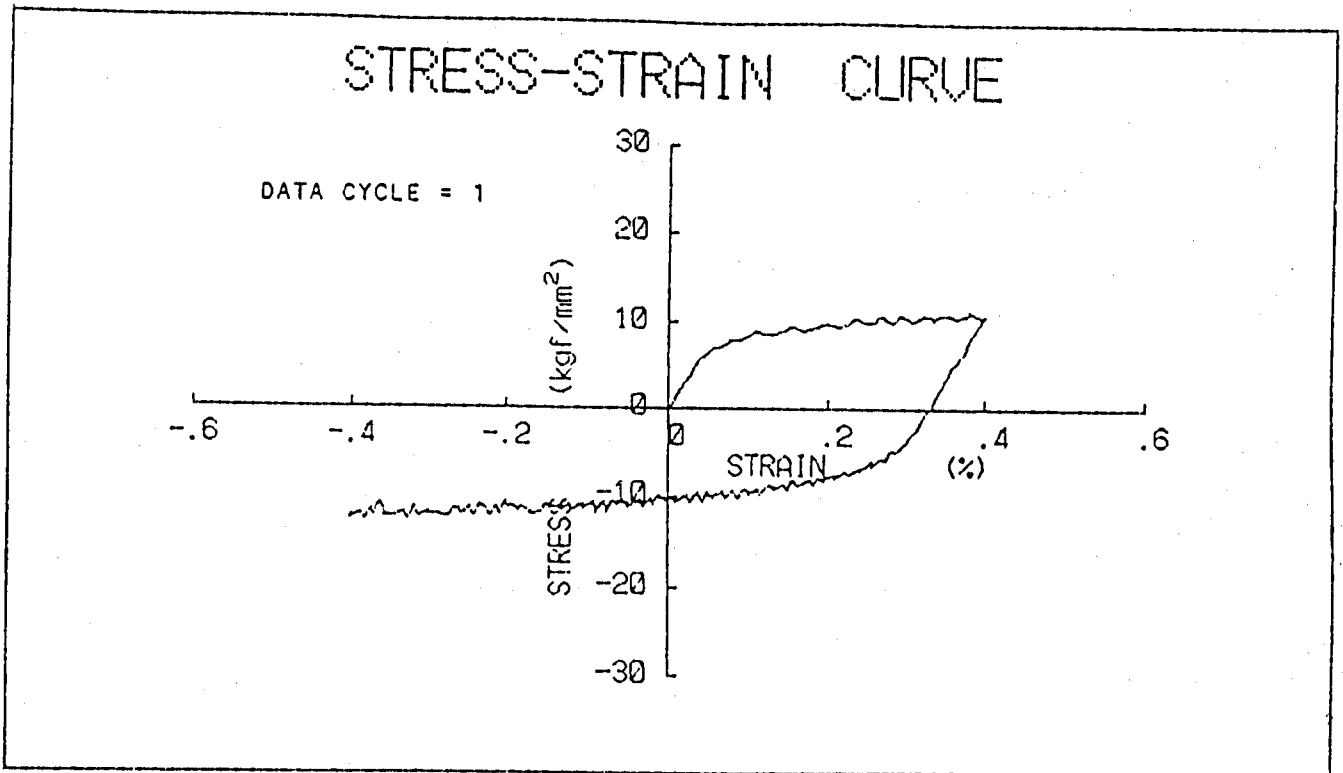
マーク：1A-1 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.12 ひずみ-応力線図 (1A-1)



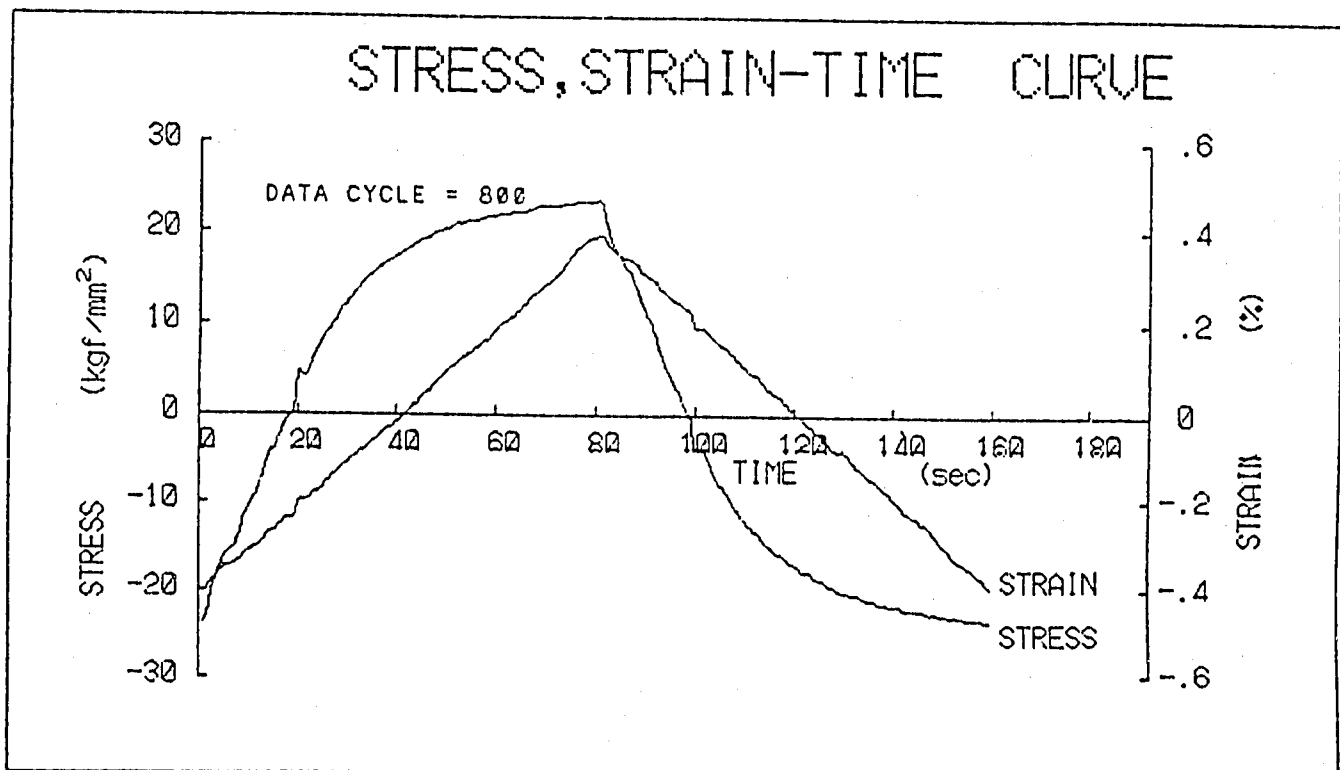
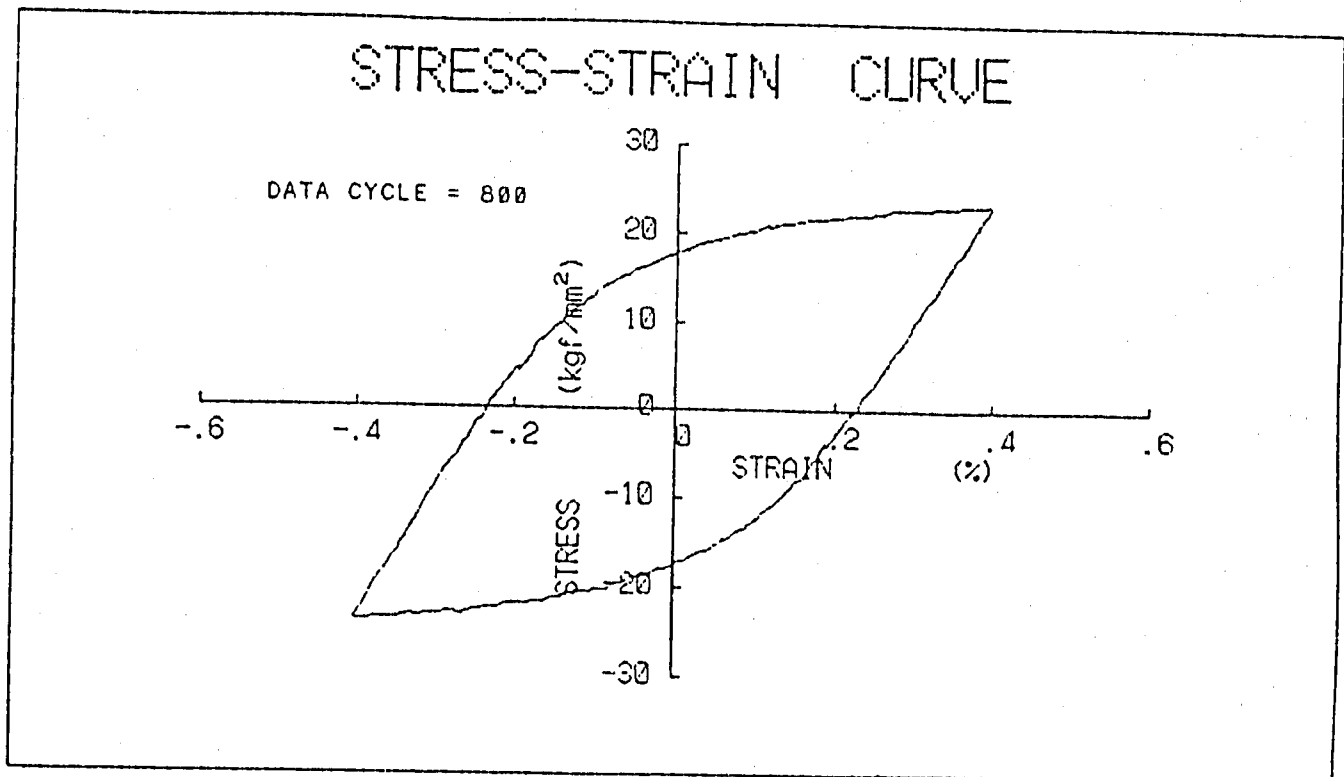
マーク：1A-1 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.13 1/2 Nf のひずみ及び応力-時間線図 (1A-1)



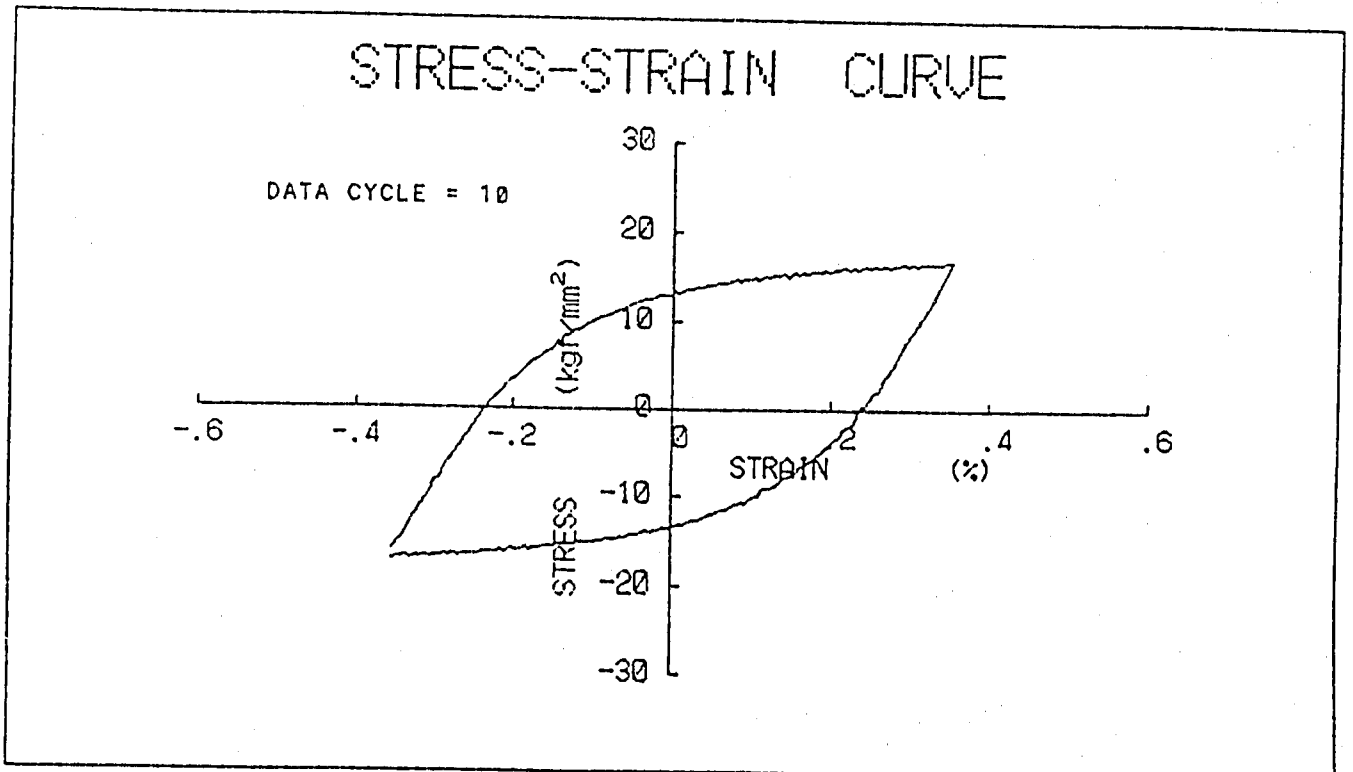
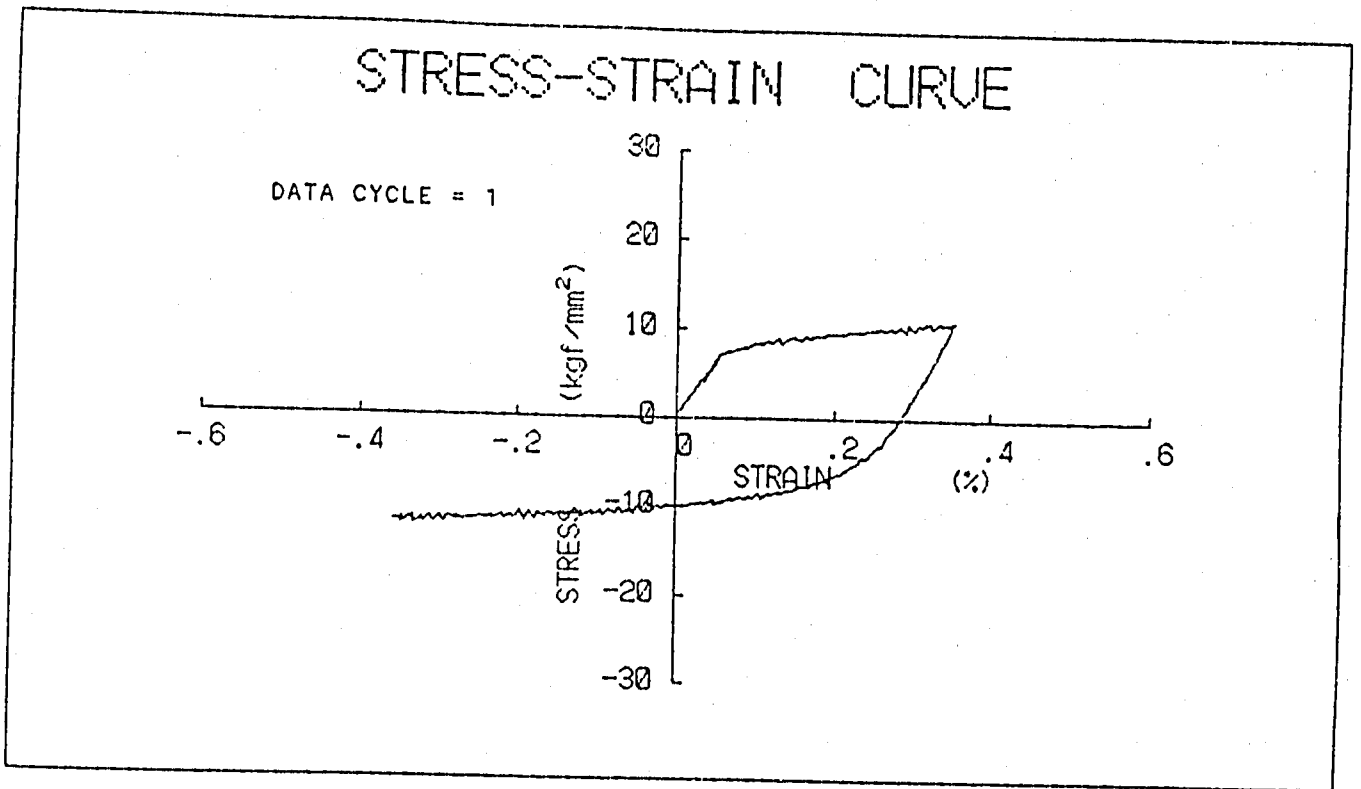
マーク：1A-5 試験温度：620°C $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.01\%/sec$

図 5.14 ひずみ-応力線図 (1A-5)



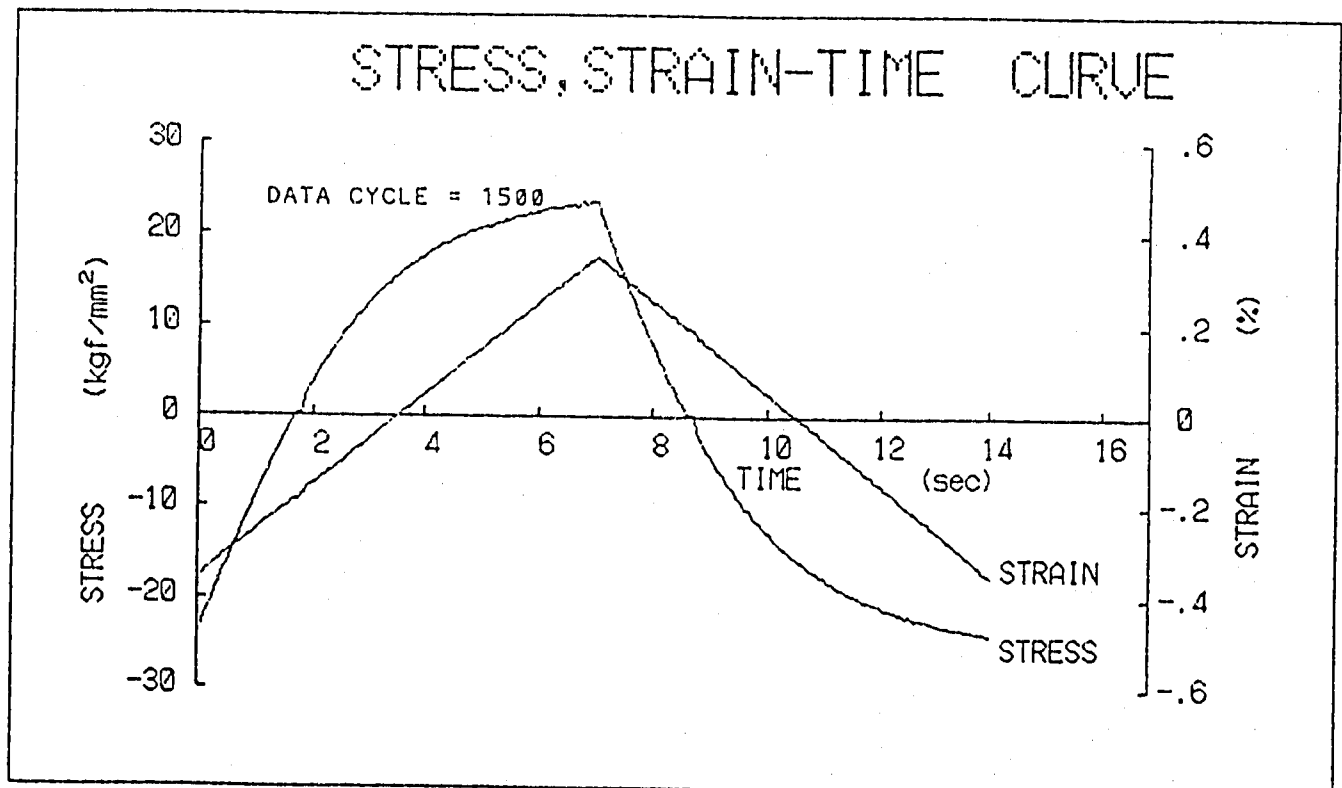
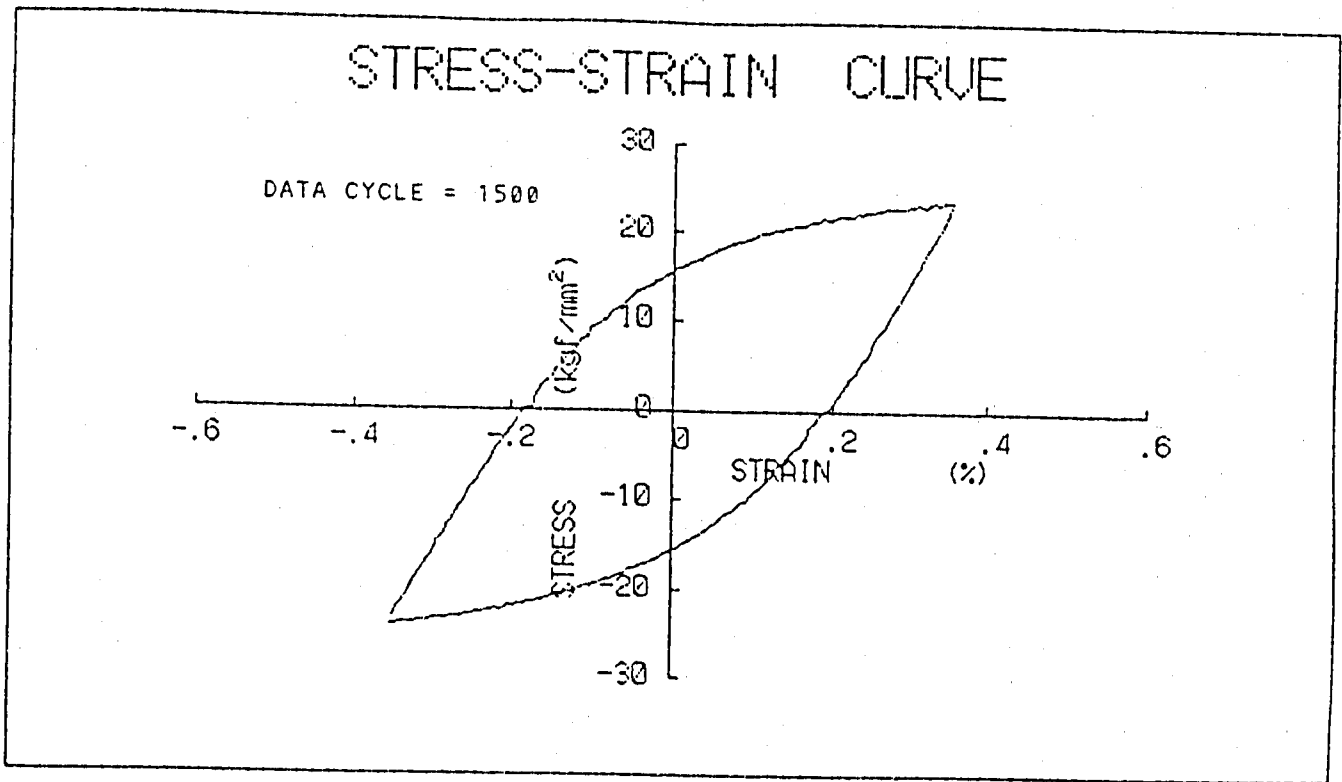
マーク : 1A-5 試験温度 : 620°C $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.01\%/sec$

図 5.15 1/2 N f のひずみ及び応力-時間線図 (1A-5)



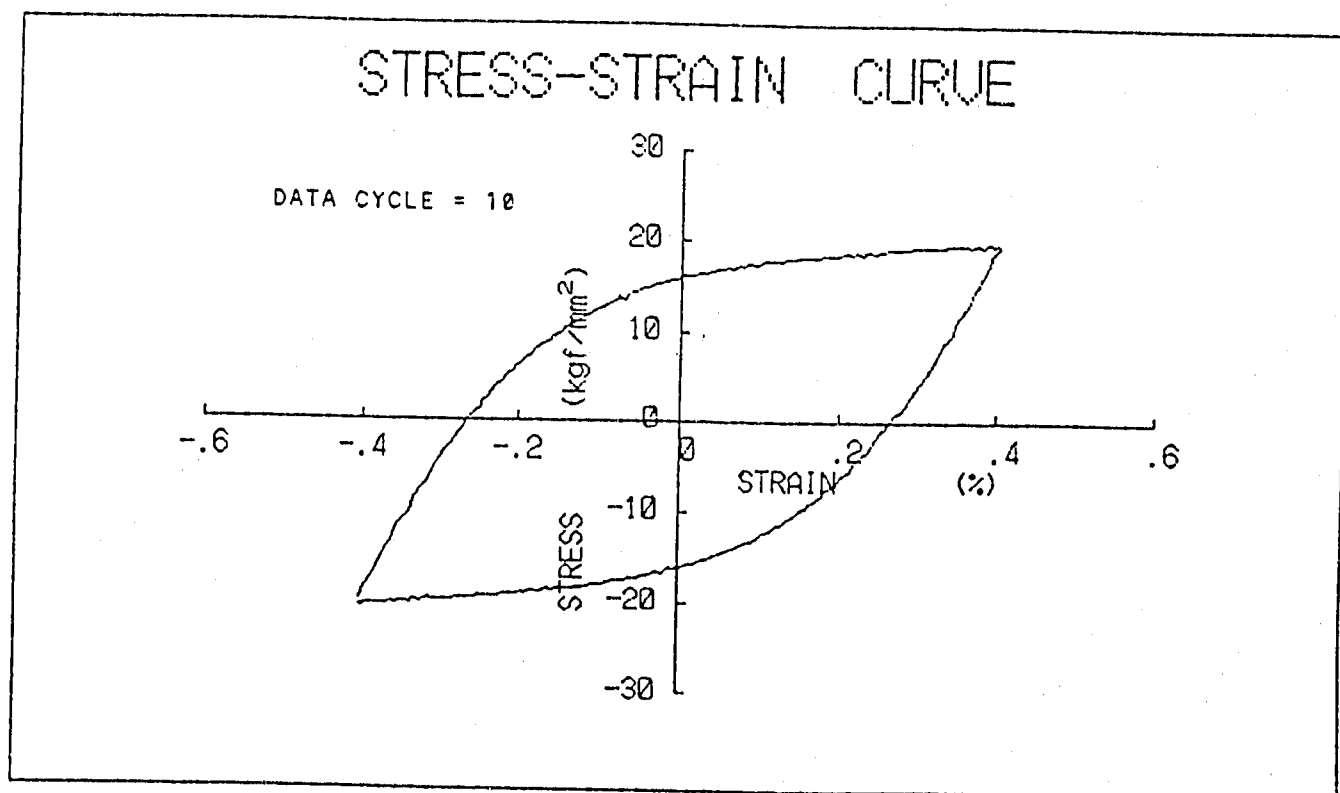
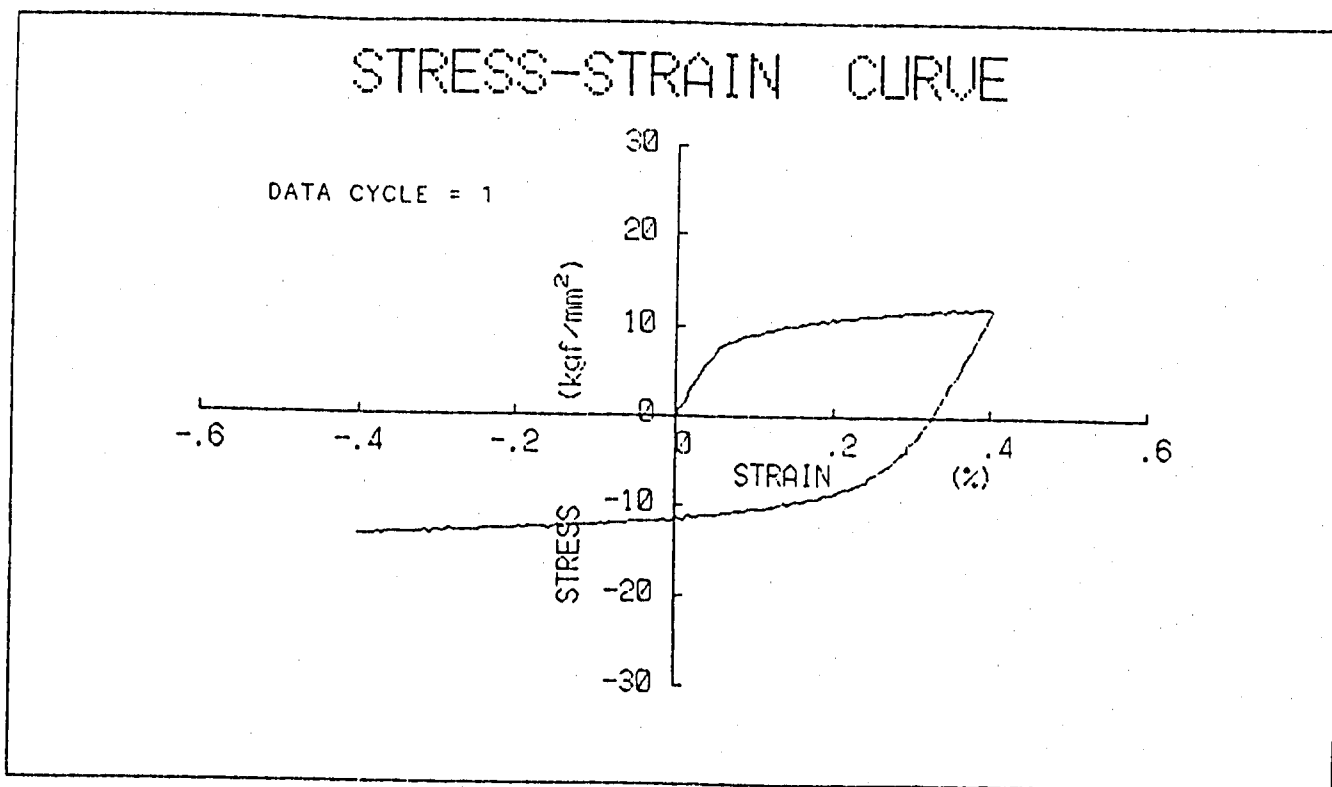
マーク：1A-4 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.7\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.16 ひずみ-応力線図 (1A-4)



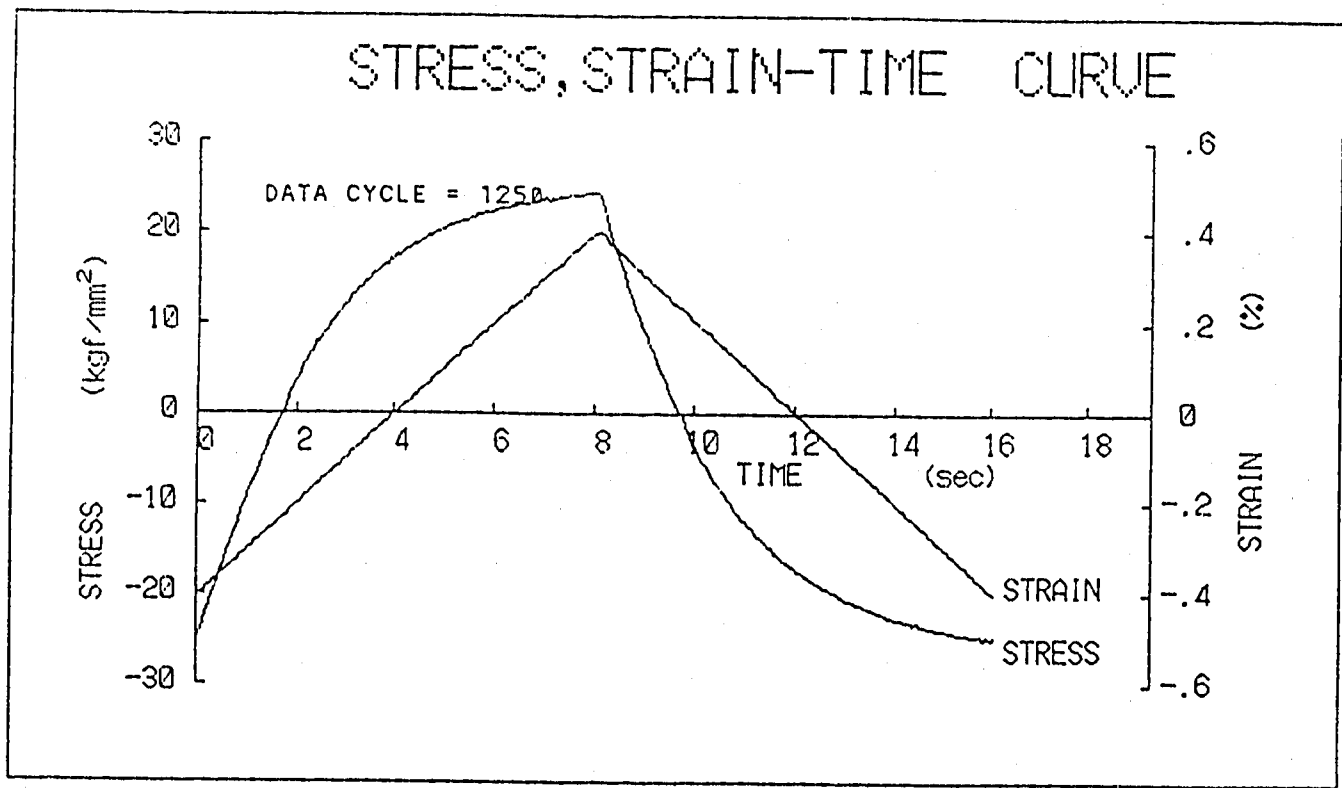
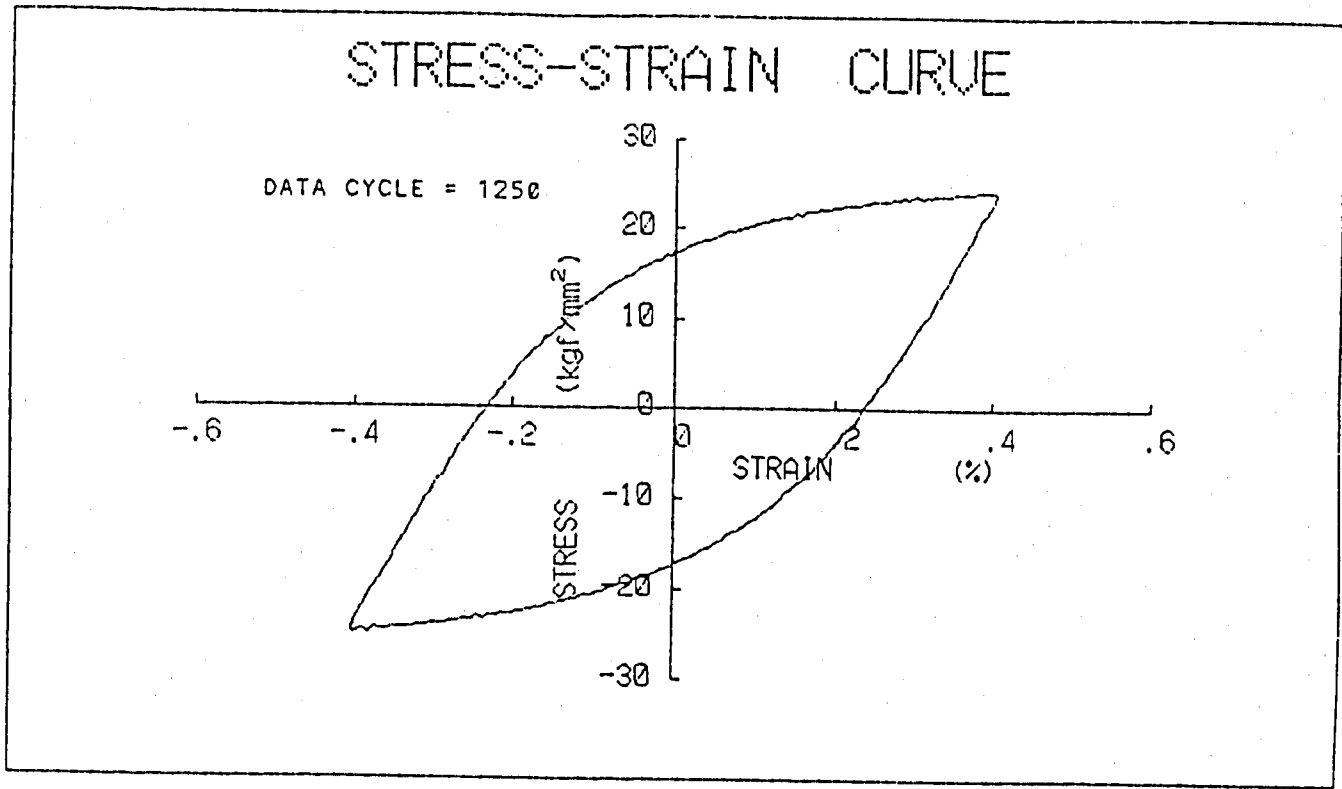
マーク : 1A-4 試験温度 : 620°C $\Delta \epsilon t = 0.7\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.17 1/2 N f のひずみ及び応力-時間線図 (1A-4)



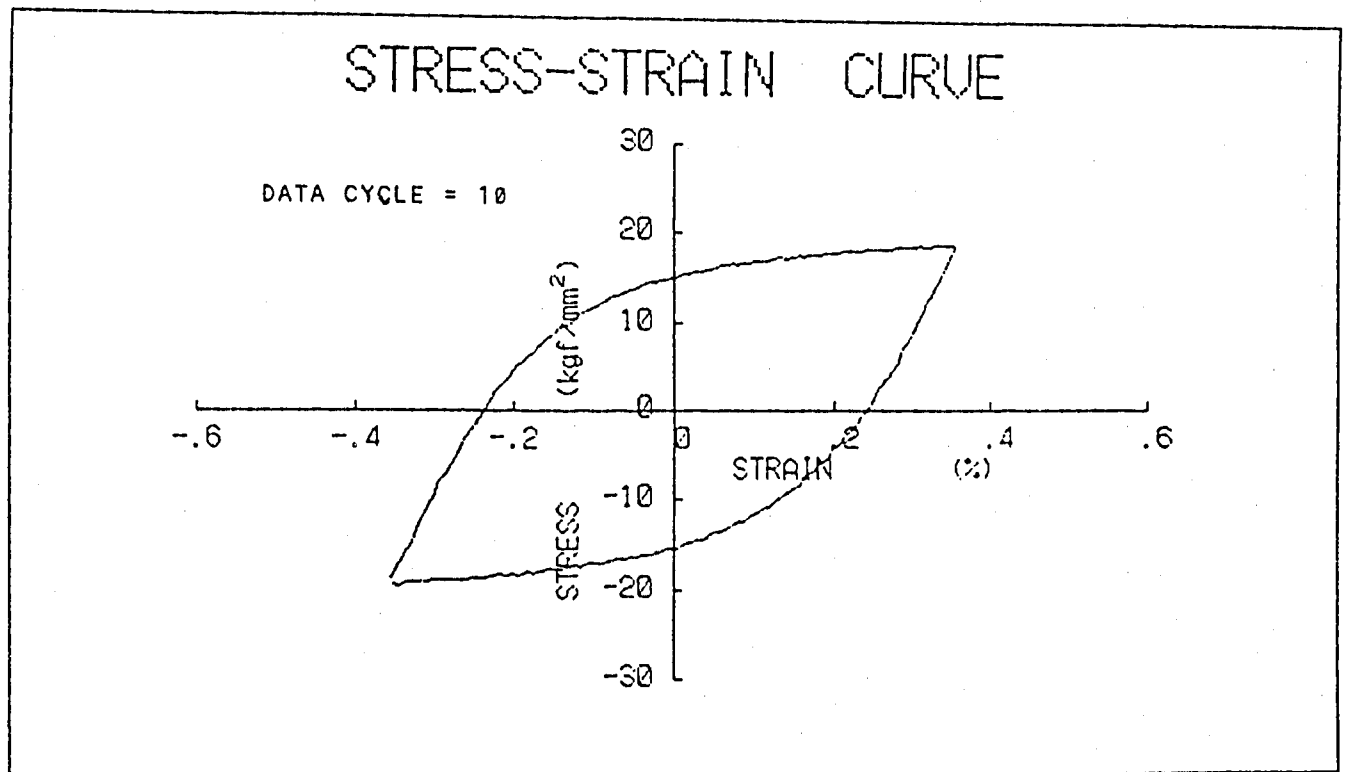
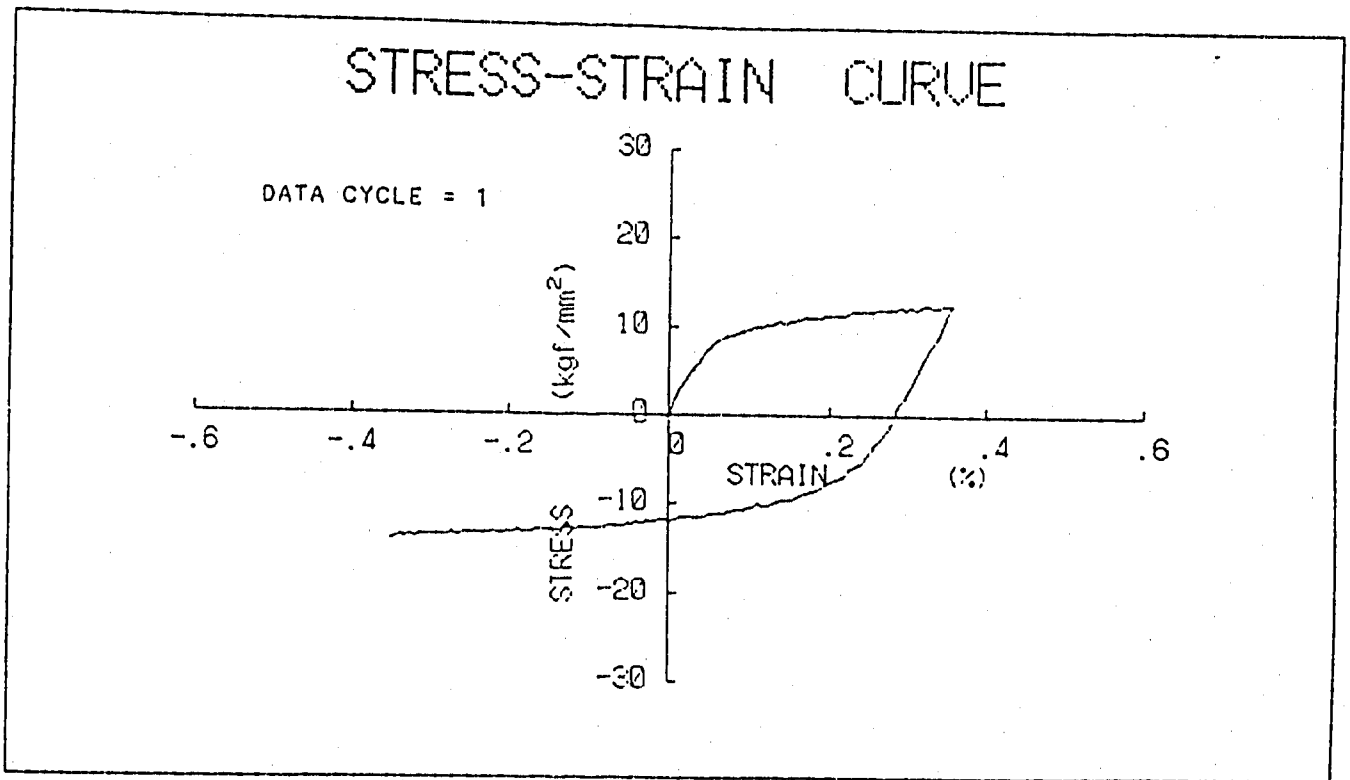
マーク：2-1 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.18 ひずみ-応力線図 (2-1)



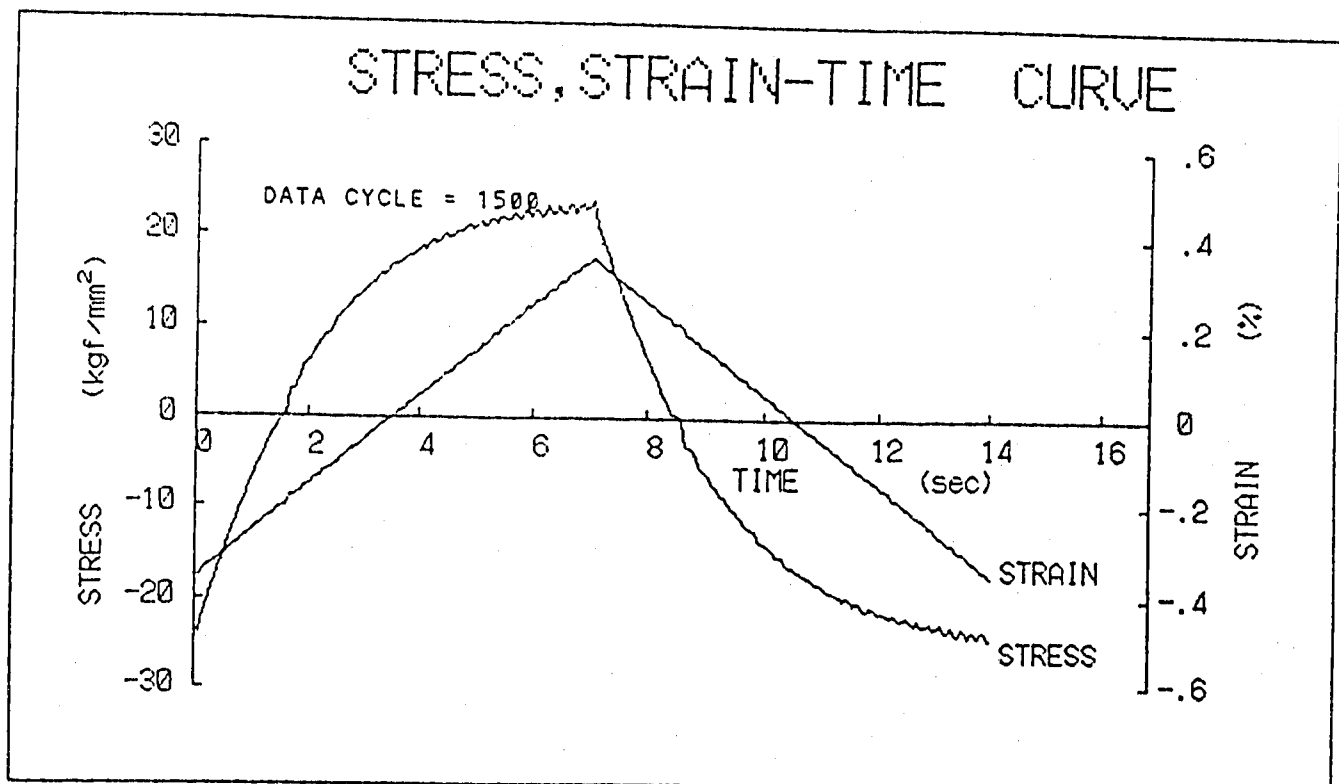
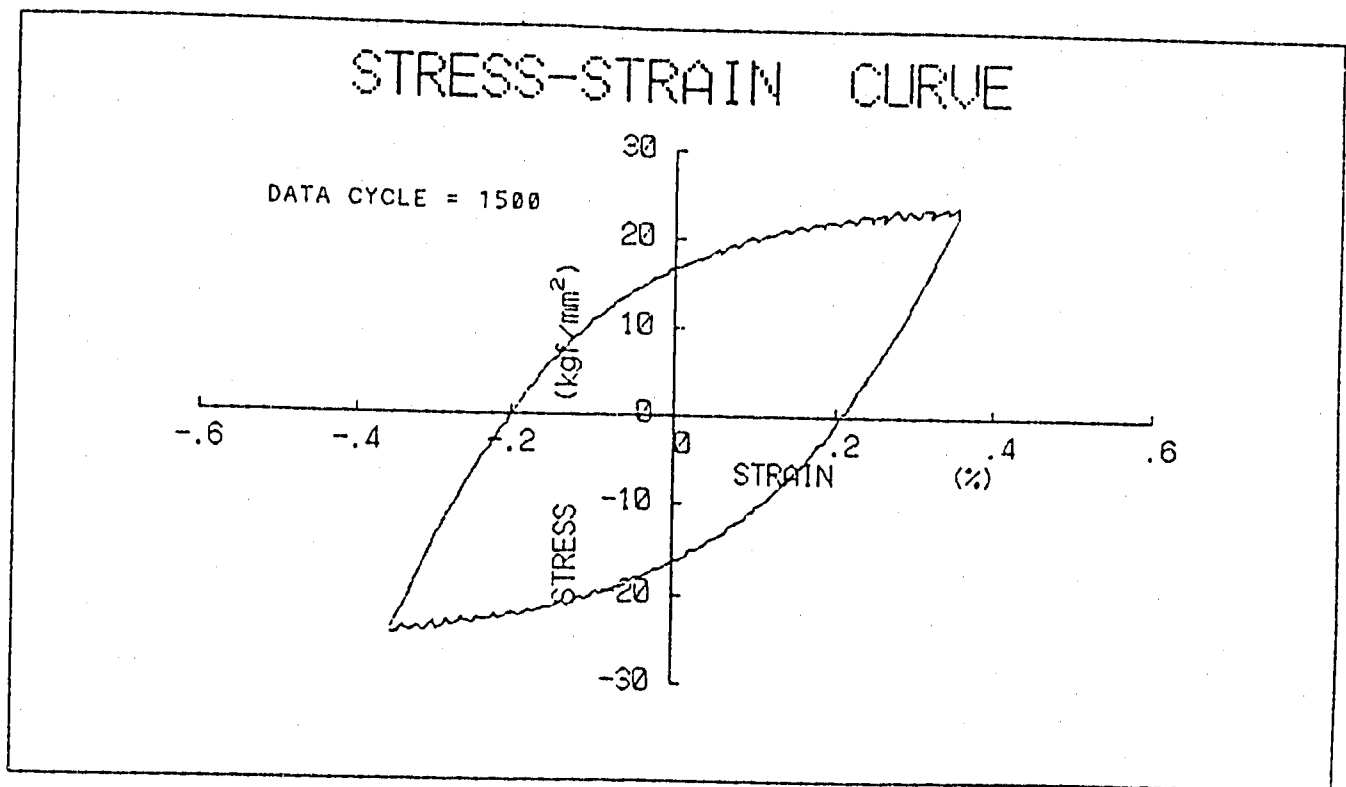
マーク：2-1 試験温度：620°C $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.19 1/2 N f のひずみ及び応力-時間線図 (2-1)



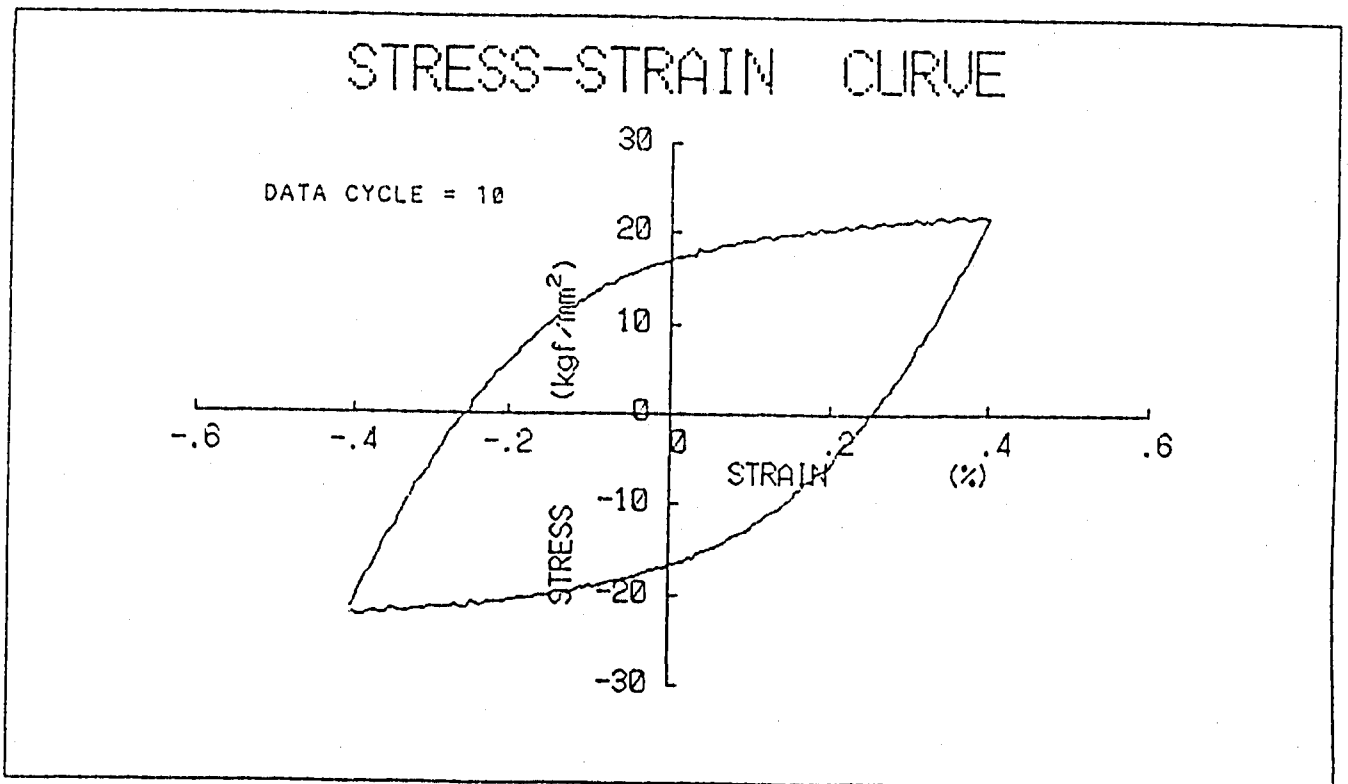
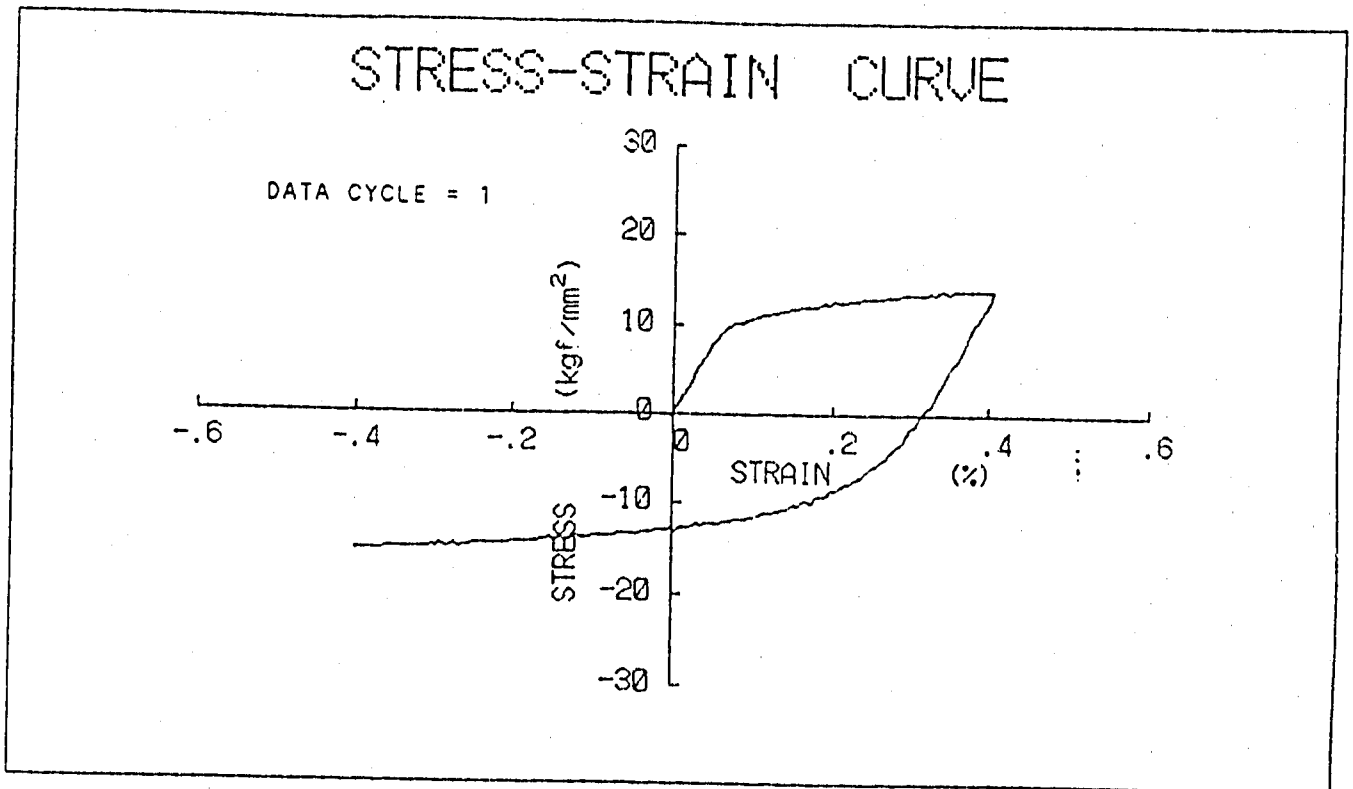
マーク：2-2 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.7\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.20 ひずみ-応力線図 (2-2)



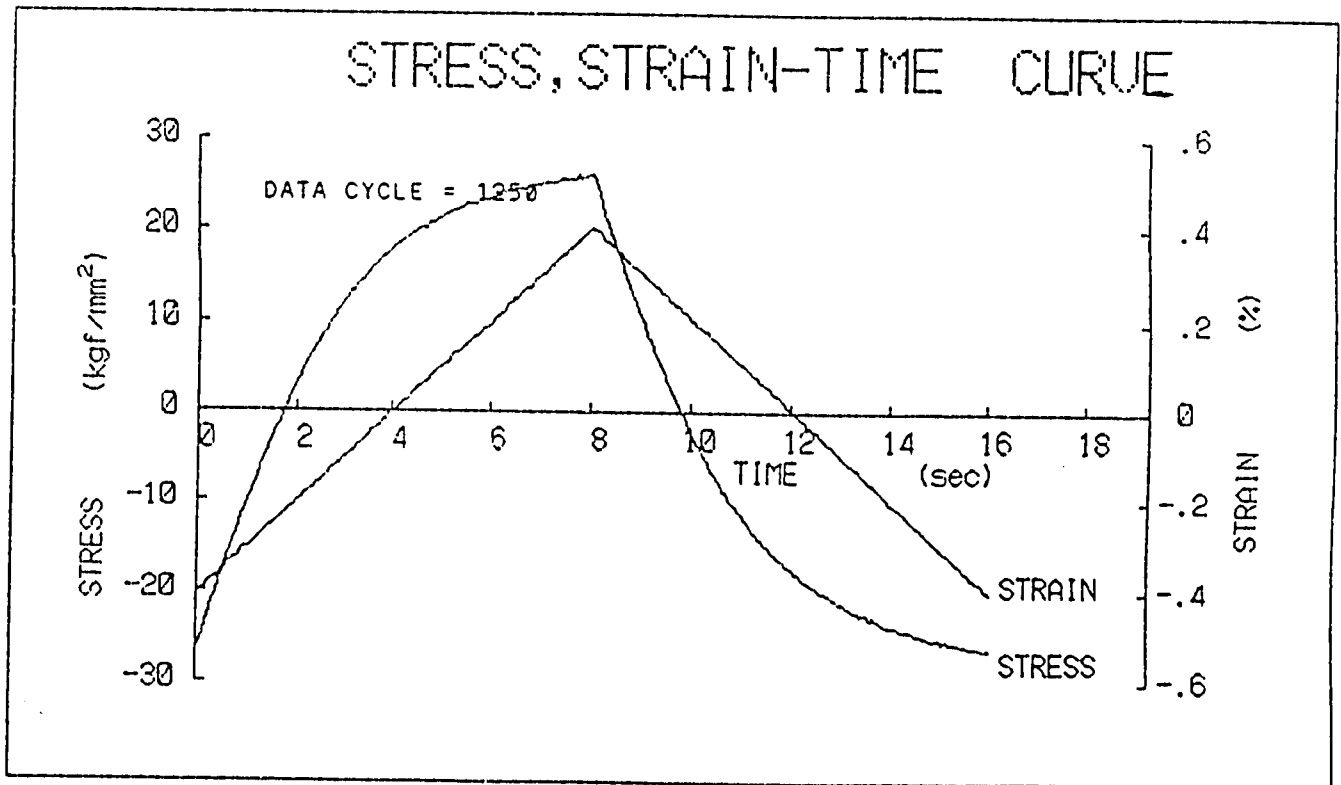
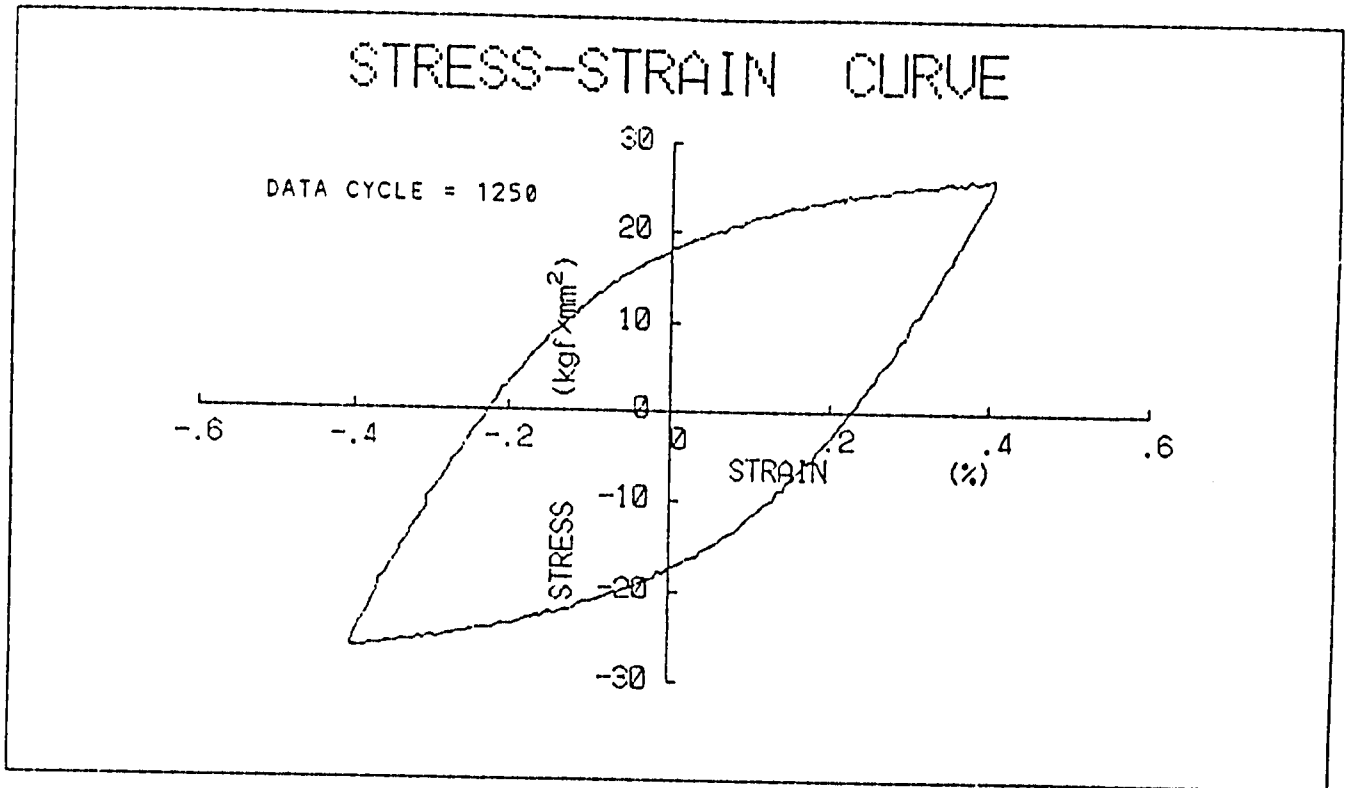
マーク：2-2 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.7\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.21 1/2 N f のひずみ及び応力-時間線図 (2-2)



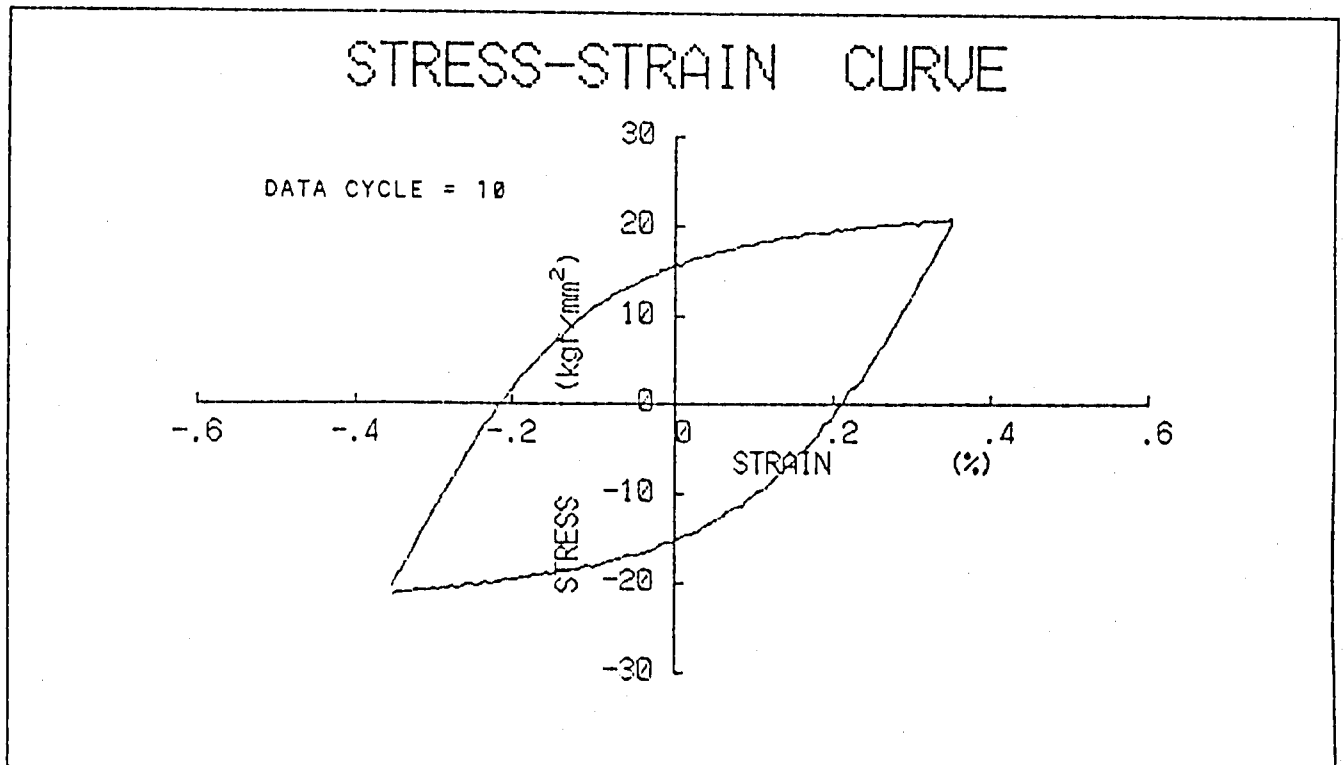
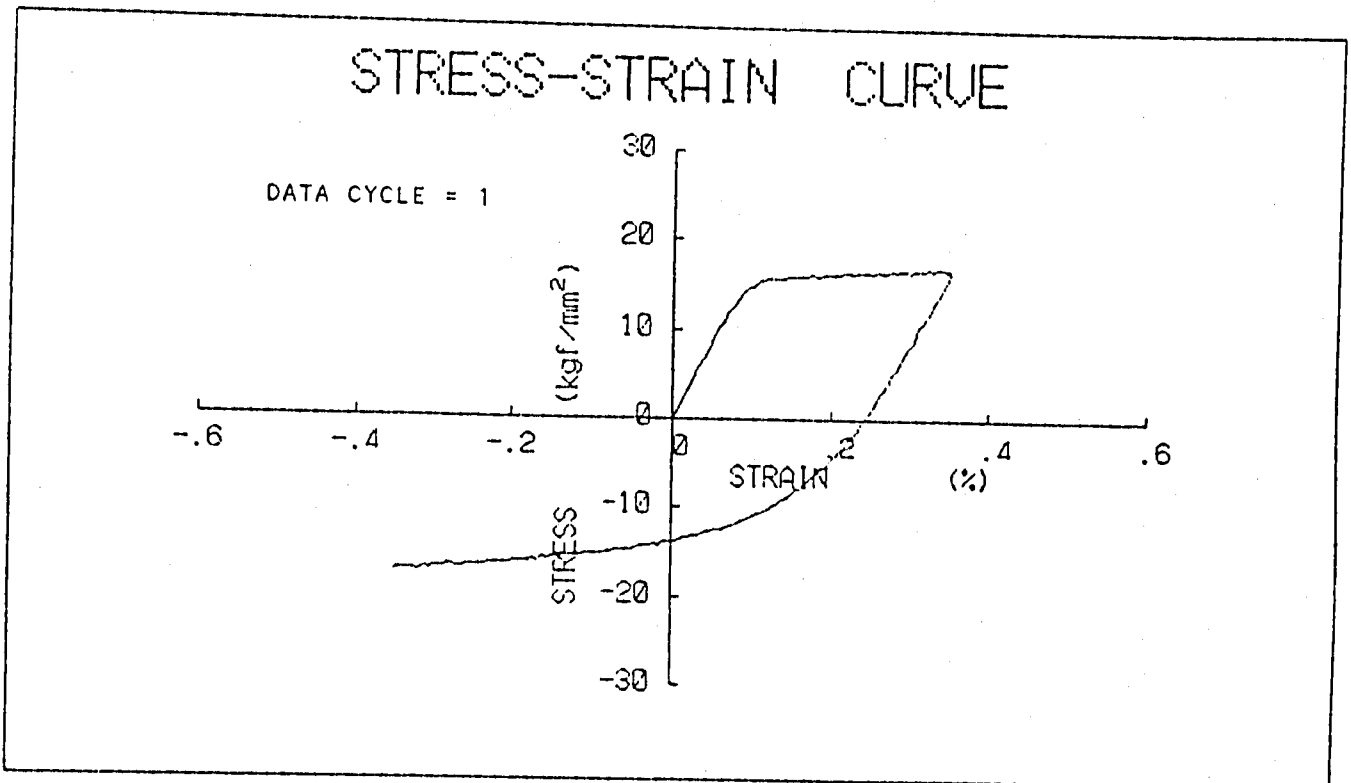
マーク：3-1 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.22 ひずみ-応力線図 (3-1)



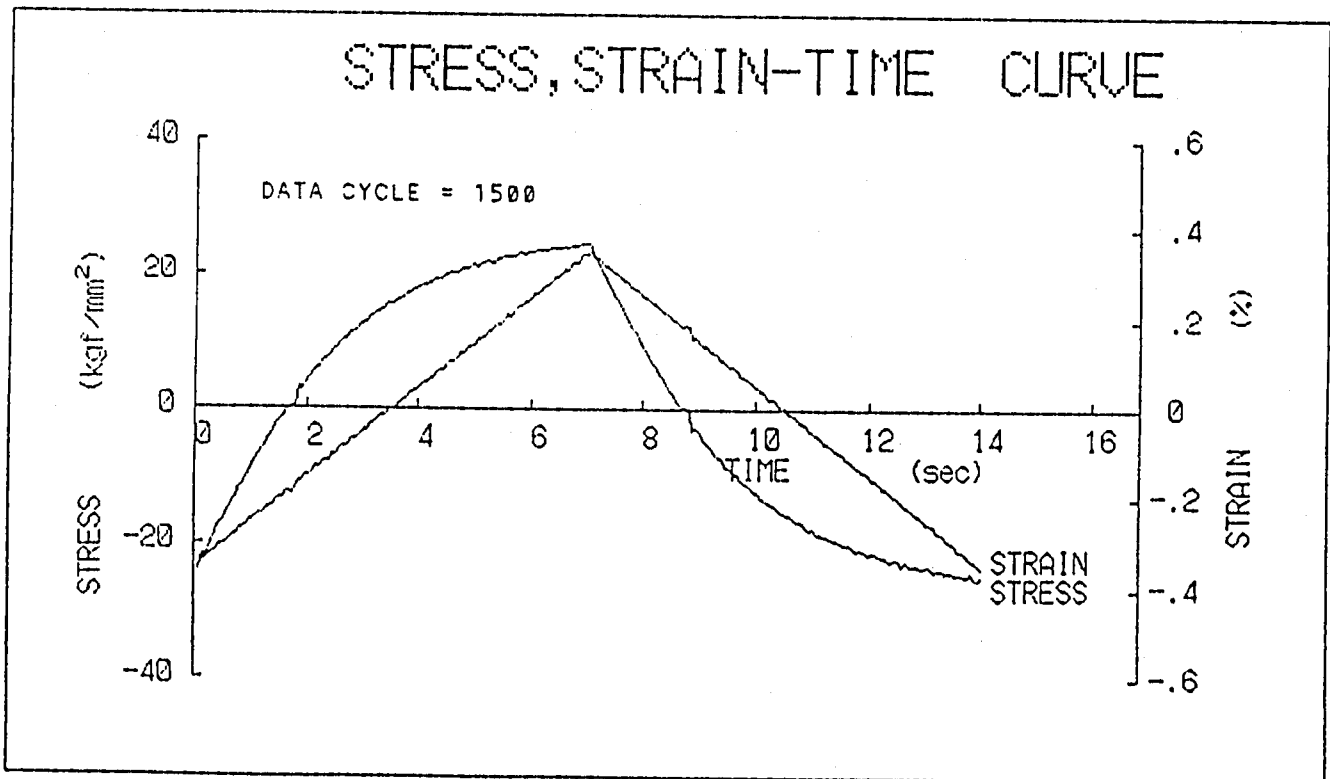
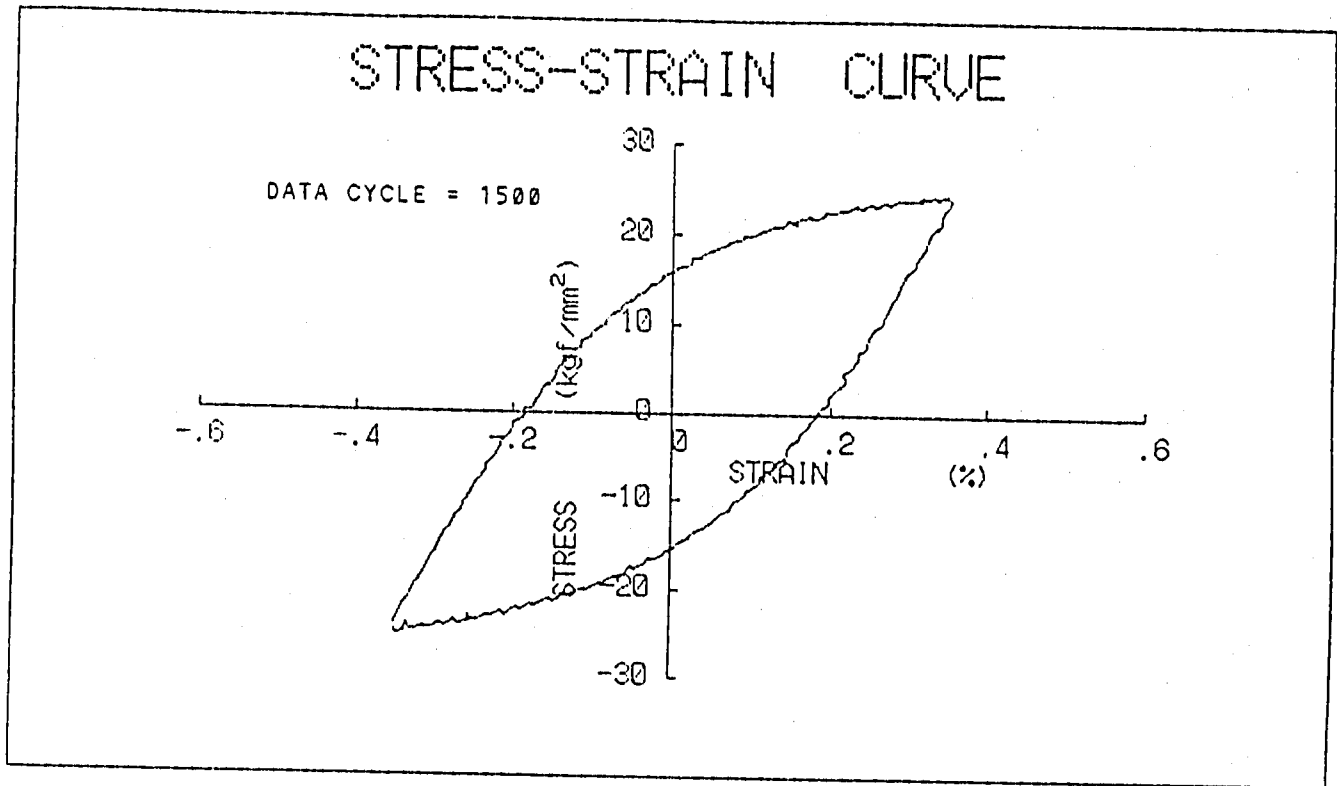
マーク：3-1 試験温度：620°C $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.23 1/2 N f のひずみ及び応力-時間線図 (3-1)



マーク：3-2 試験温度：620°C $\Delta \epsilon t = 0.7\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.24 ひずみ-応力線図 (3-2)



マーク : 3-2 試験温度 : 620°C $\Delta \epsilon t = 0.7\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$

図 5.25 1/2 N f のひずみ及び応力-時間線図 (3-2)

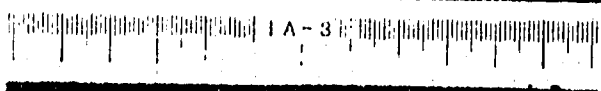


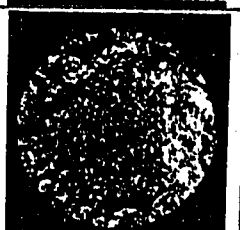
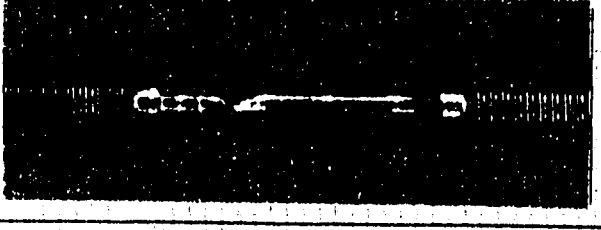

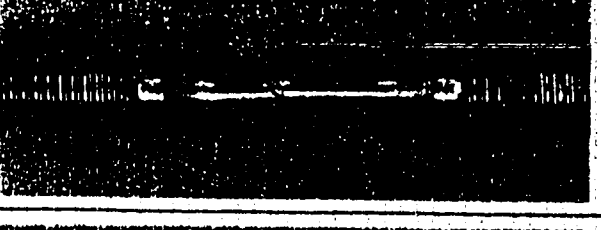
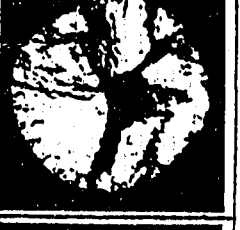
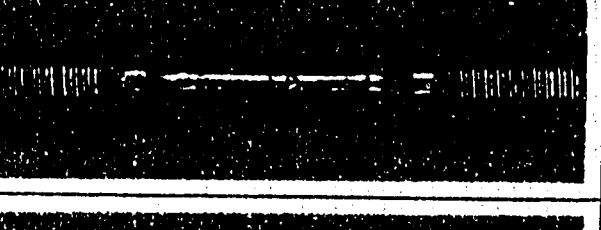

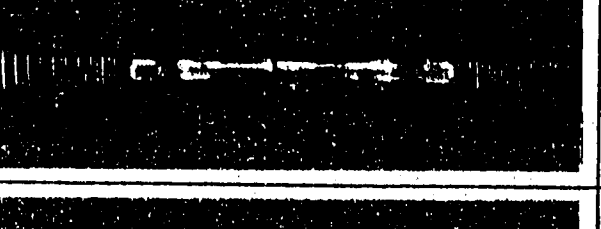

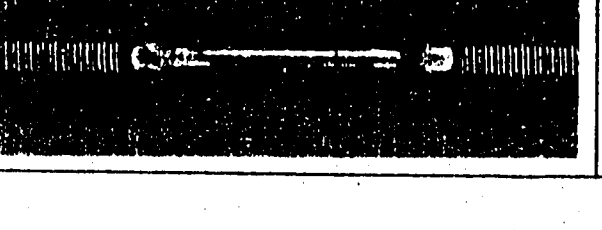
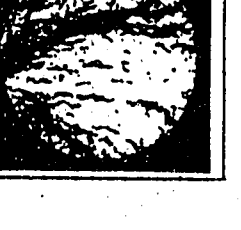
試験温度 (°C)	試験片 番号	全ひずみ 範囲 $\Delta \epsilon t(\%)$	破断寿命 Nf (cycle)		破面 
550	1A-3	0.81	4629		
550	1A-6	0.80	2318		
620	1A-2	1.00	1824		
620	1A-1	0.80	2600		
620	1A-5	0.80	1443		
620	1A-4	0.70	3491		

写真5. 2 高温低サイクル試験後の外観 (1)

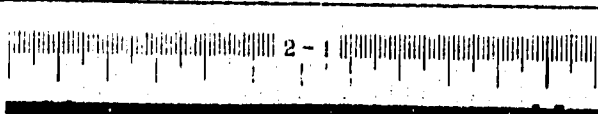
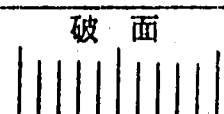
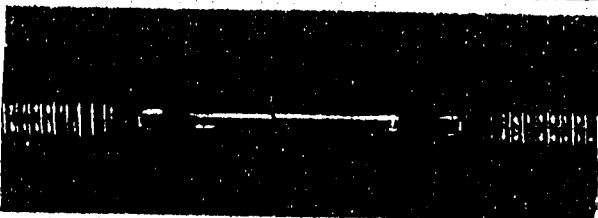

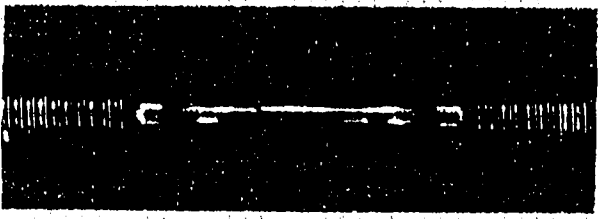

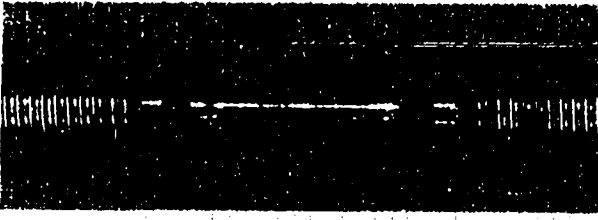


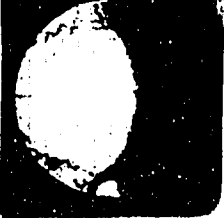
試験温度 (°C)	試験片 番号	全ひずみ 範囲 $\Delta \epsilon t(\%)$	破断寿命 Nf (cycle)		破面 
620	2-1	0.81	2621		
620	2-2	0.71	2822		
620	3-1	0.81	2708		
620	3-2	0.71	2882		

写真5.3 高温低サイクル試験後の外観(2)

表5.3 クリーブ試験結果

温度 (°C)	試験片番号	応力 (kgf/mm ²)	破断時間 (h)	破断伸び (%)	絞り (%)	破断位置 (JISZ-2241)	負荷完了 時ひずみ (%)	定常クリープ 速度 (%/h)	三次クリープ 開始時ひずみ (%)	三次クリープ 開始時間 (hr)
550	1A-1	26.0	576.9	22	28	B	10.06	0.0090	15.40	467.5
	1A-2	24.0	1110.6	19	28	B	8.18	0.0045	13.35	940.0
620	1A-3	16.0	520.0	38	39	B	2.80	0.028	8.30	162.0
	1A-4	15.0	939.5	39	38	B	2.55	0.015	7.60	275.0
	2-1	16.0	1161.6	33	38	B	2.05	0.013	9.90	540.0
	2-4	15.0	1931.9	27	40	B	2.07	0.0061	7.16	710.0
	3-1	16.0	<3507>	-	-	-	1.52	0.0027	9.70	2100.0
	3-2	15.0	<3507>	-	-	-	1.47	0.0013	-	-

< > : 中止時間 予想破断時間を大幅に上まわったため中断した。

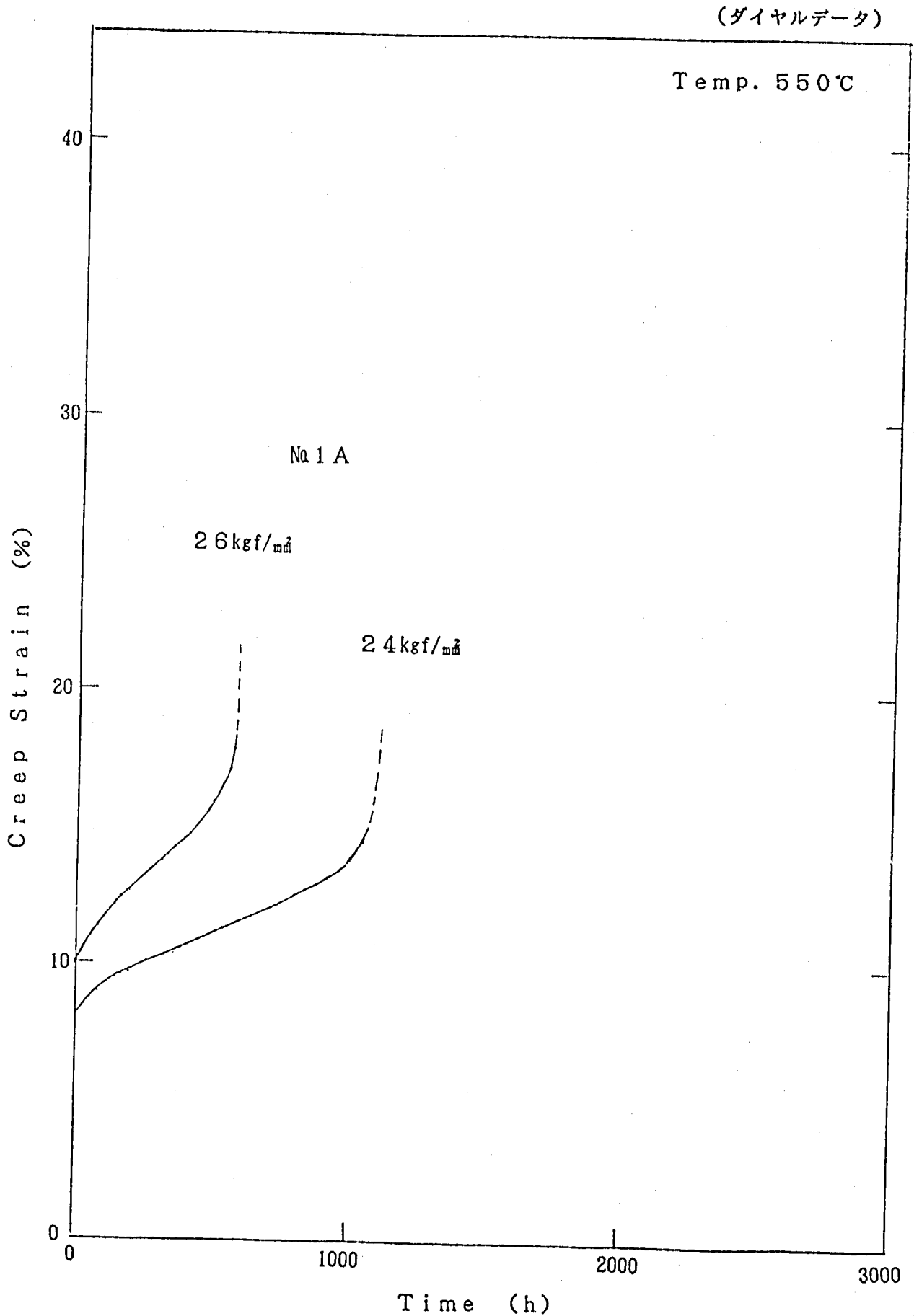


図 5.26 クリープ曲線 (550°C, ダイヤルデータ)

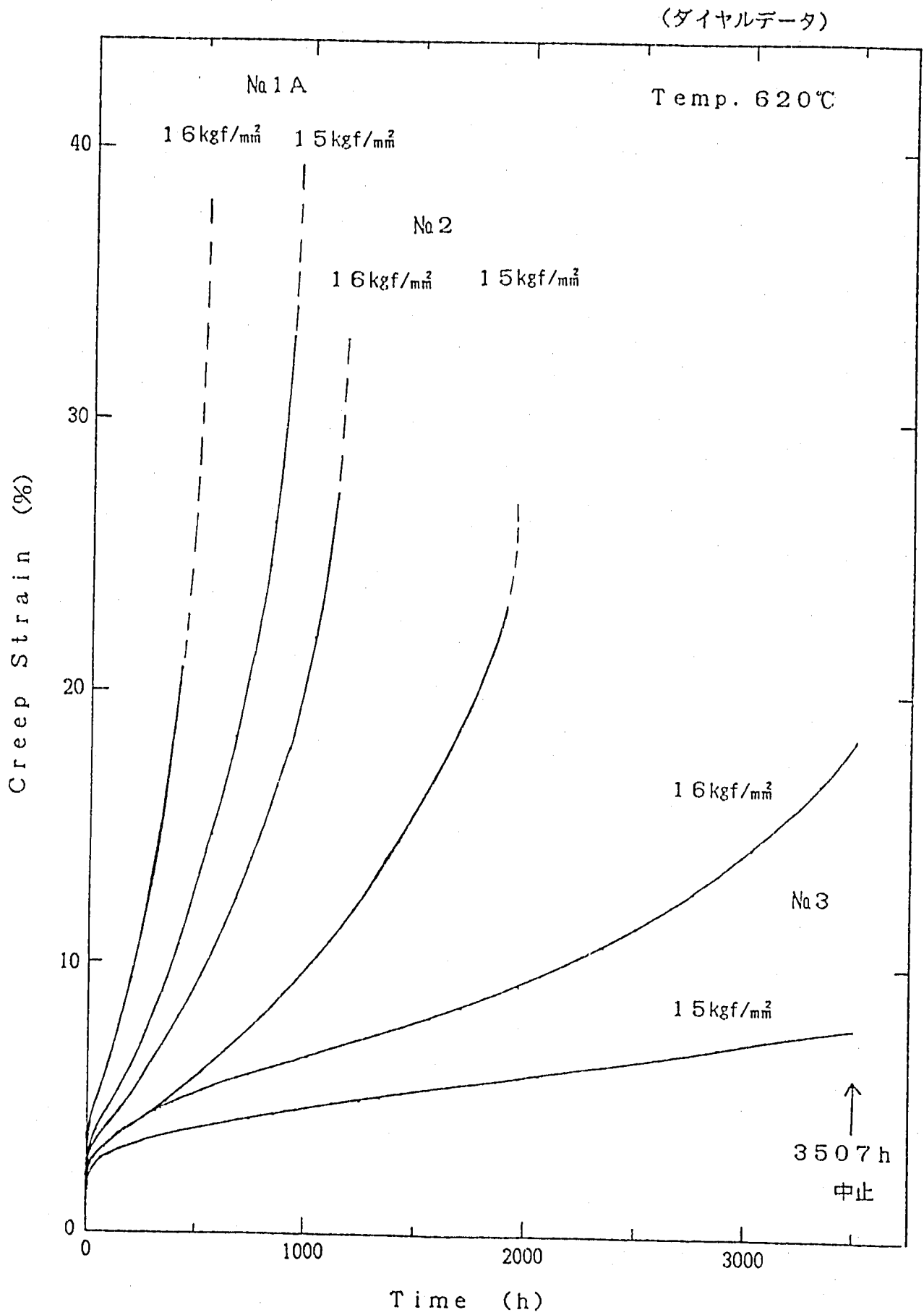


図 5.27 クリープ曲線 (620°C, ダイヤルデータ)

(デジタルデータ)

Temp. 550°C

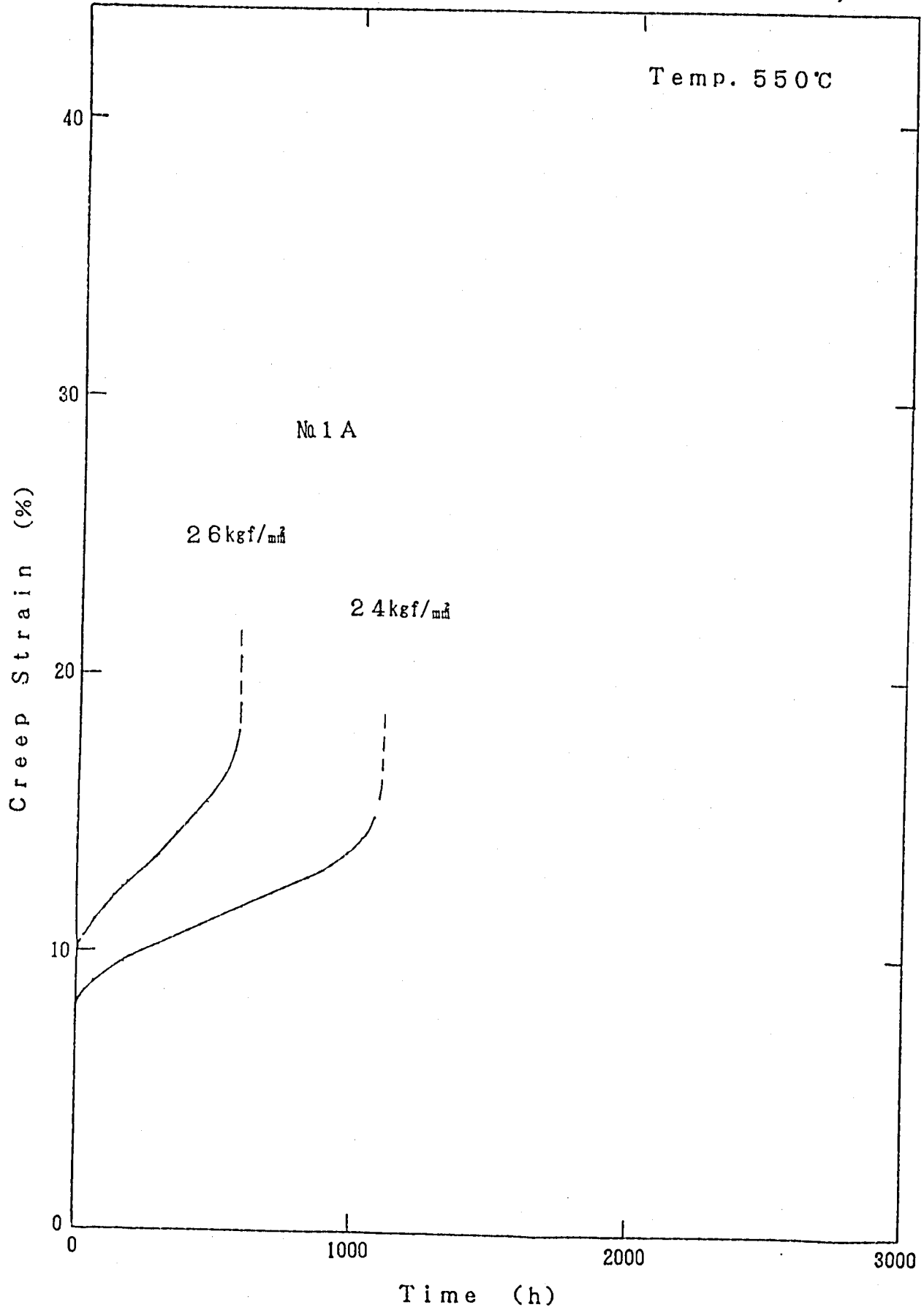


図 5.28 クリープ曲線 (550°C, デジタルデータ)

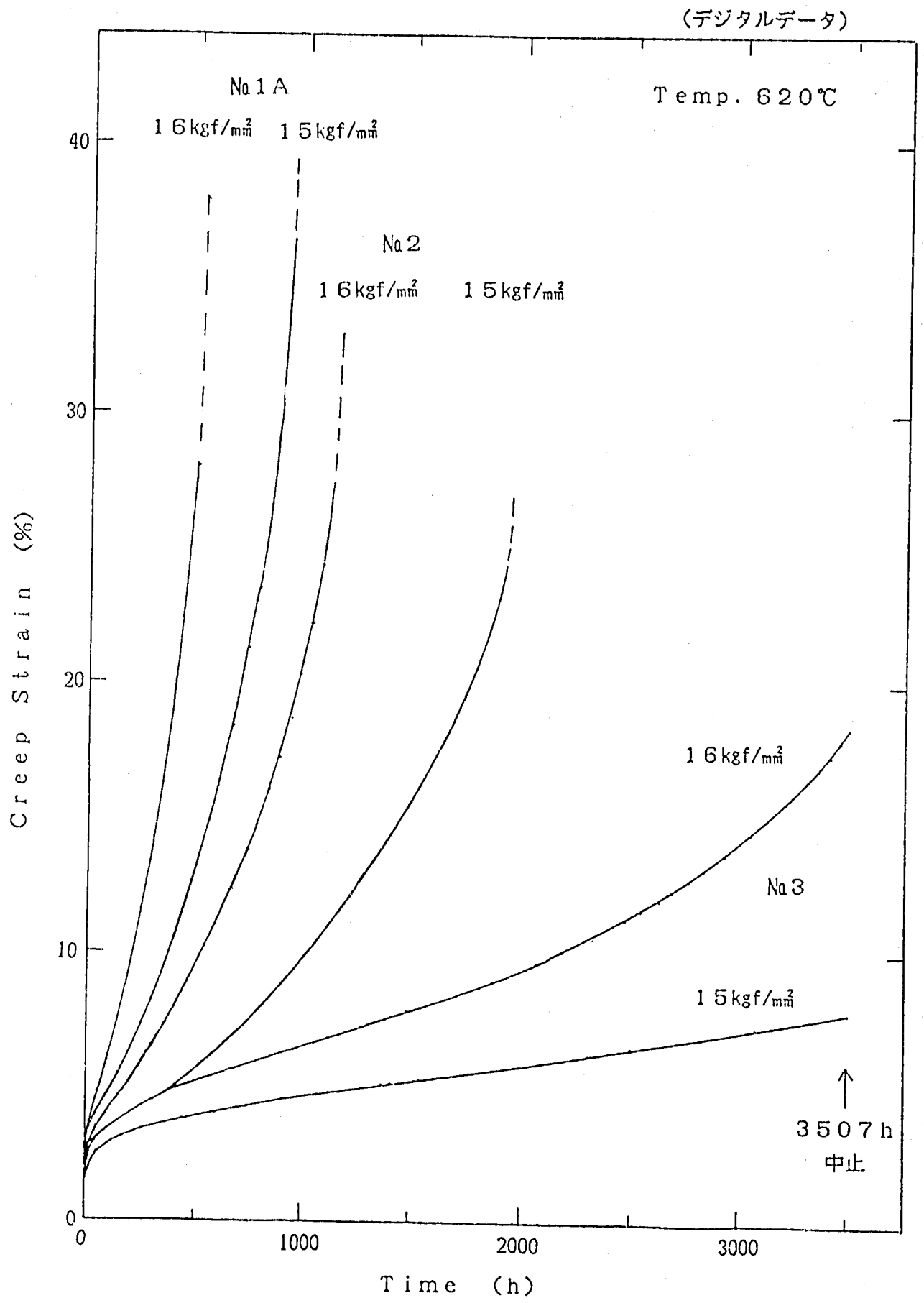
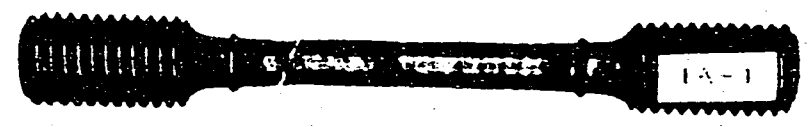
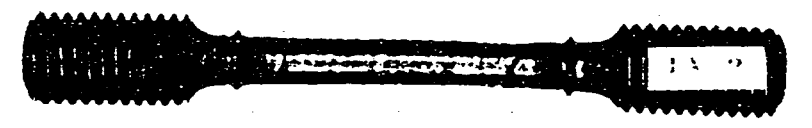
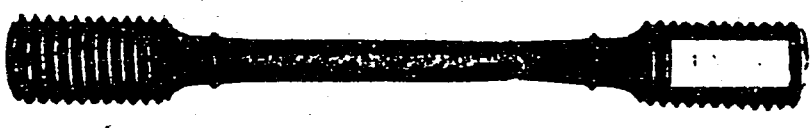


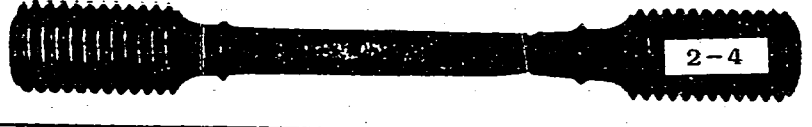

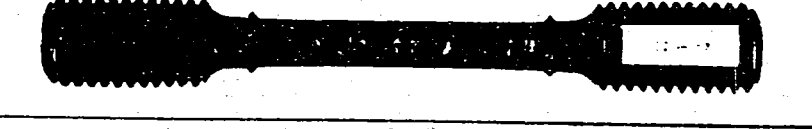


図5.29 クリープ曲線 (620°C, デジタルデータ)

写真5.4 クリープ試験後の外観

試験温度 (°C)	試験片番号	応力 (kgf/mm ²)	破断時間 (h)	
550	1A-1	26.0	576.9	
	1A-2	24.0	1110.6	
620	1A-3	16.0	520.0	
	1A-4	15.0	939.5	
	2-1	16.0	1161.6	
	2-4	15.0	1931.9	
	3-1	16.0	3507 (中止)	
	3-2	15.0	3507 (中止)	

6. 考 察

1)

供試体各部の初期材の引張、疲労、クリープ特性を材料強度基準と比較し評価した。

6.1 引張特性

図6.1に0.2%耐力及び引張強さの値を材料強度基準値と比較して示す。550℃、620℃いずれの場合も、また、すべての材料において基準値を満足している。

6.2 疲労特性

図6.2, 図6.3に破損繰返し数 N_f とひずみ範囲 $\Delta \epsilon$ 及び原型炉材料強度基準値の比較を示す。図6.2では(A)線図に対し、ひずみ速度が0.1%/secの実験値をプロットし、図6.3では、(B)線図にひずみ速度が0.01%/secの実験値をプロットした。いずれの実験値もひずみで約2倍、回数で約20倍の裕度を有している。これは図6.4に示すように、材料強度基準の計算式と実験値の比較でも良く判る。実験データの平均は、基準値(直線)と良く一致している。

図6.5, 図6.6に材料強度基準上の動的応力ひずみ線図と実験値の比較を示す。550℃において実験値は平均的な値を示していると言えるが、620℃の場合は、多少応力値が大きめの値を示した。

また付録Cには定常状態におけるヒステリシスループとFINASに示されている2直線近似を比較した結果を示すが、応力-ひずみ関係はほぼ一致している。

6.3 クリープ特性

図6.7にクリープ破断強さを計算値と実験値を比較して示す。設計線図の時間に関する安全裕度を除外した値と比較した。実験値は線図上にプロットされており、材料が平均的な挙動を示していると言える。

図6.8に破断時間の計算値と実験値の比較を示す。板材で高クリープ強度を示す2点を除いてデータのバラツキ範囲は $\alpha R=1.6$ 程度に納まっており均一なクリープ特性を示していると言って良い。

図6.9に定常クリープ速度の実験値との比較を示す。計算値より多少高めあるいは低めの値を示すデータもあるがほぼバラツキの範囲内である。

図6.10にクリープひずみ ϵ_c の計算値と実験値の比較を示す。実験値は計算値の $\alpha R=3.0$ と $\alpha R=1/3$ の範囲内であり、従来のデータと同程度のバラツキである。

また付録Dには時間軸に対してクリープひずみの計算値と実験値を比較した結果を参考として示している。

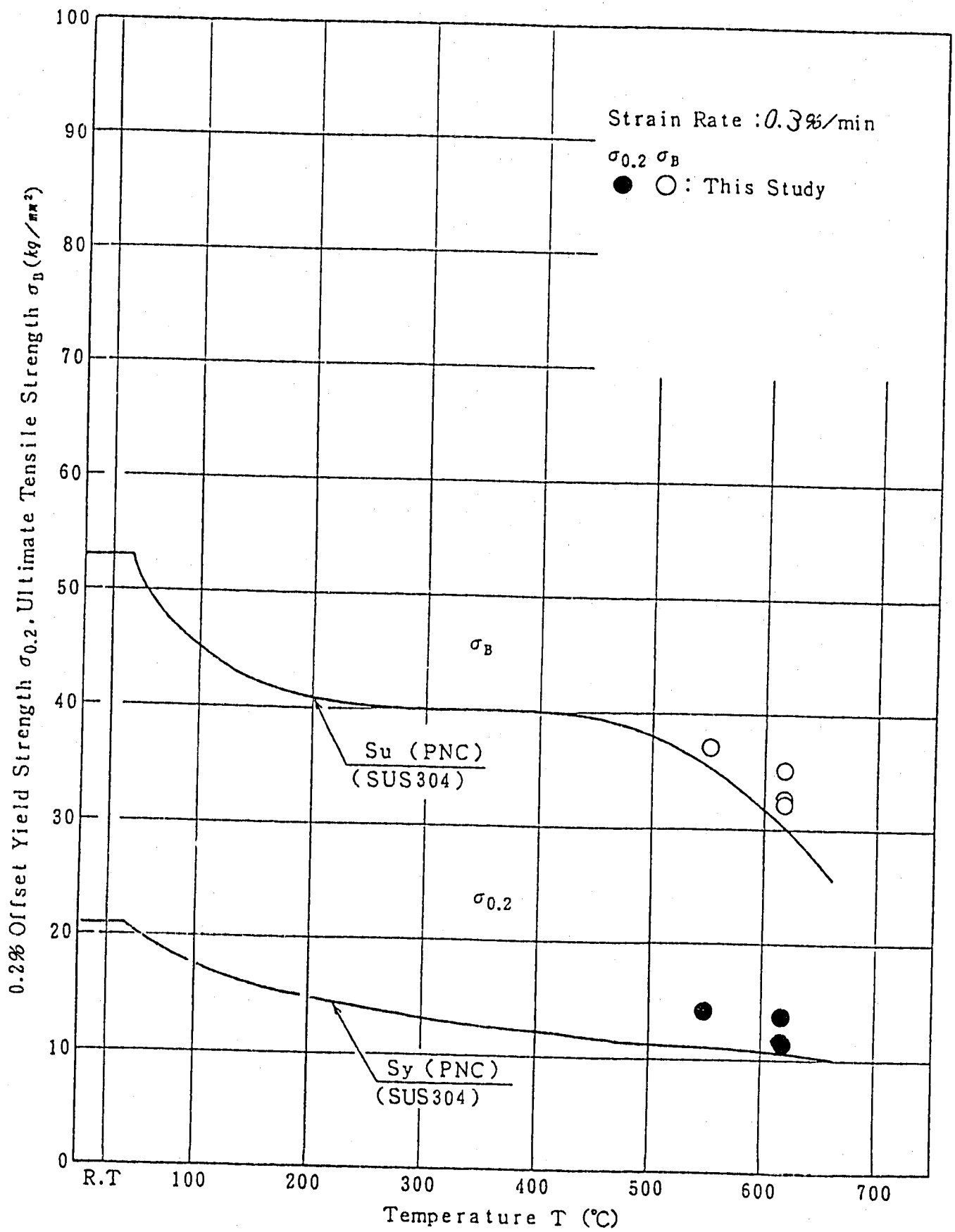


图6.1 静的引張強度

材料 : SUS 304, SUS 316, SUS 321

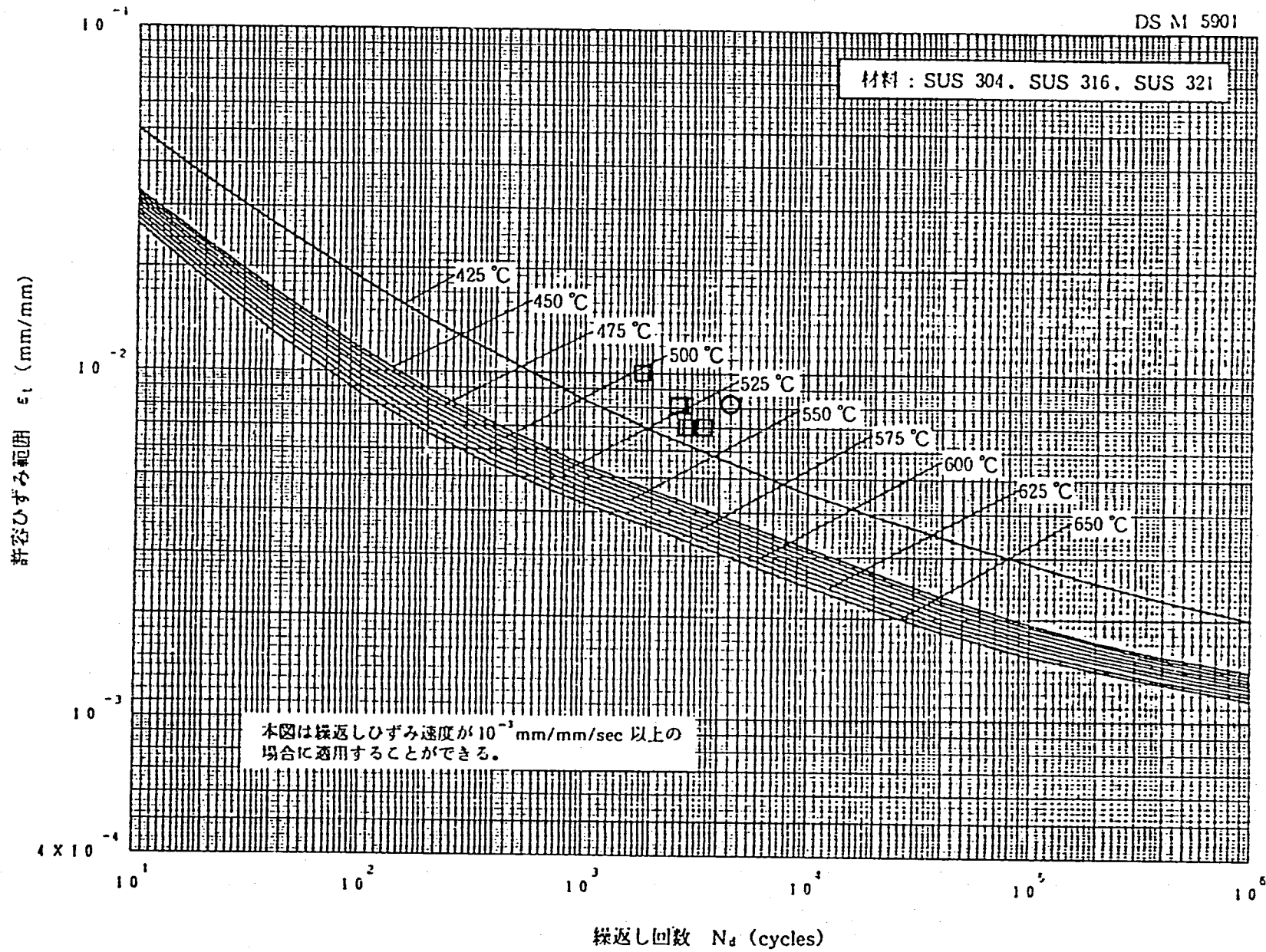


図6.2 破損繰返し数 N_f とひずみ範囲 $\Delta \epsilon$ 及び原型炉材料強度基準値の比較

材料 : SUS 304, SUS 316, SUS 321

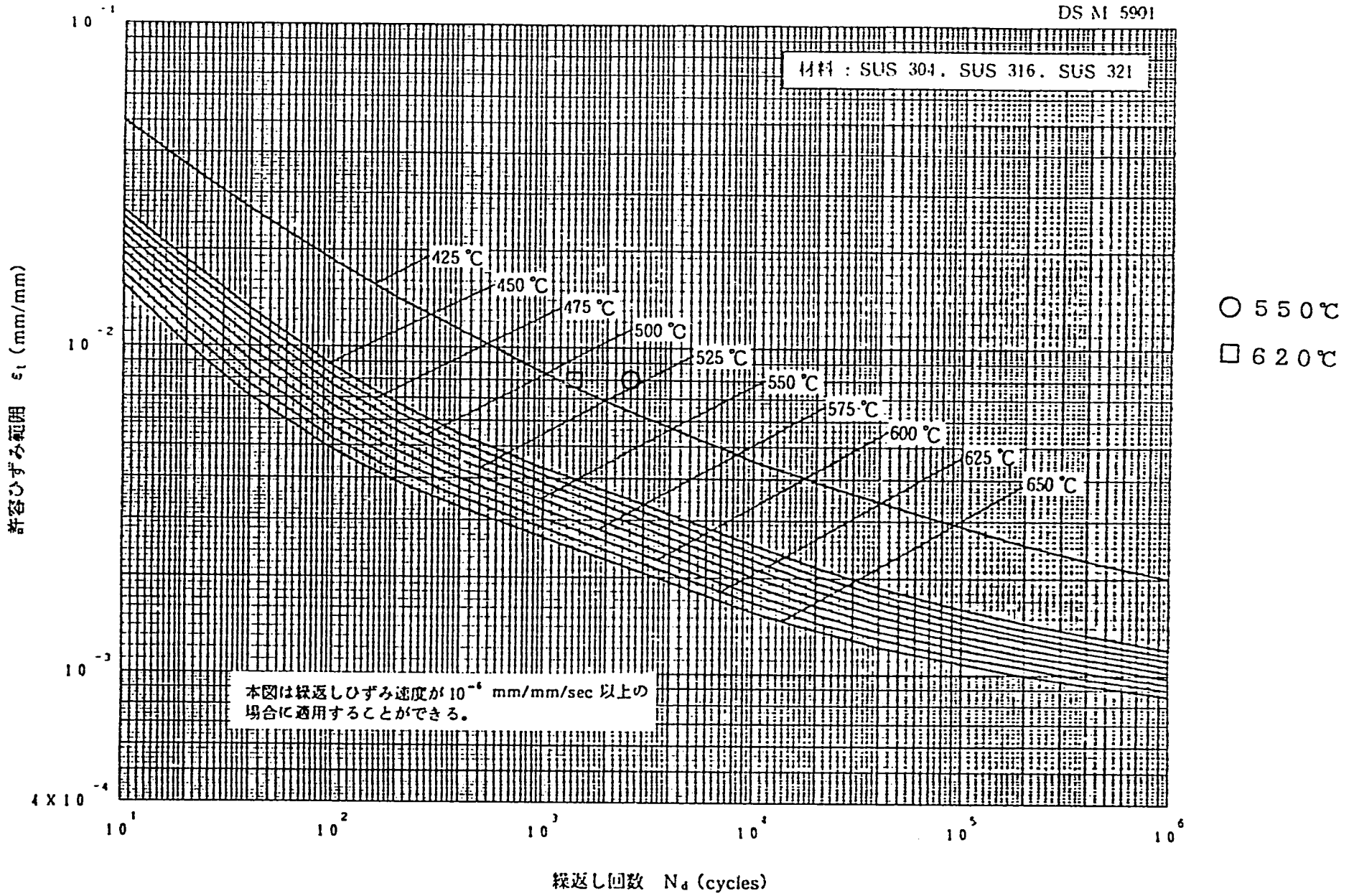


図6.3 破損繰返し数 N_f とひずみ範囲 $\Delta \epsilon$ 及び原型炉材料強度基準値の比較

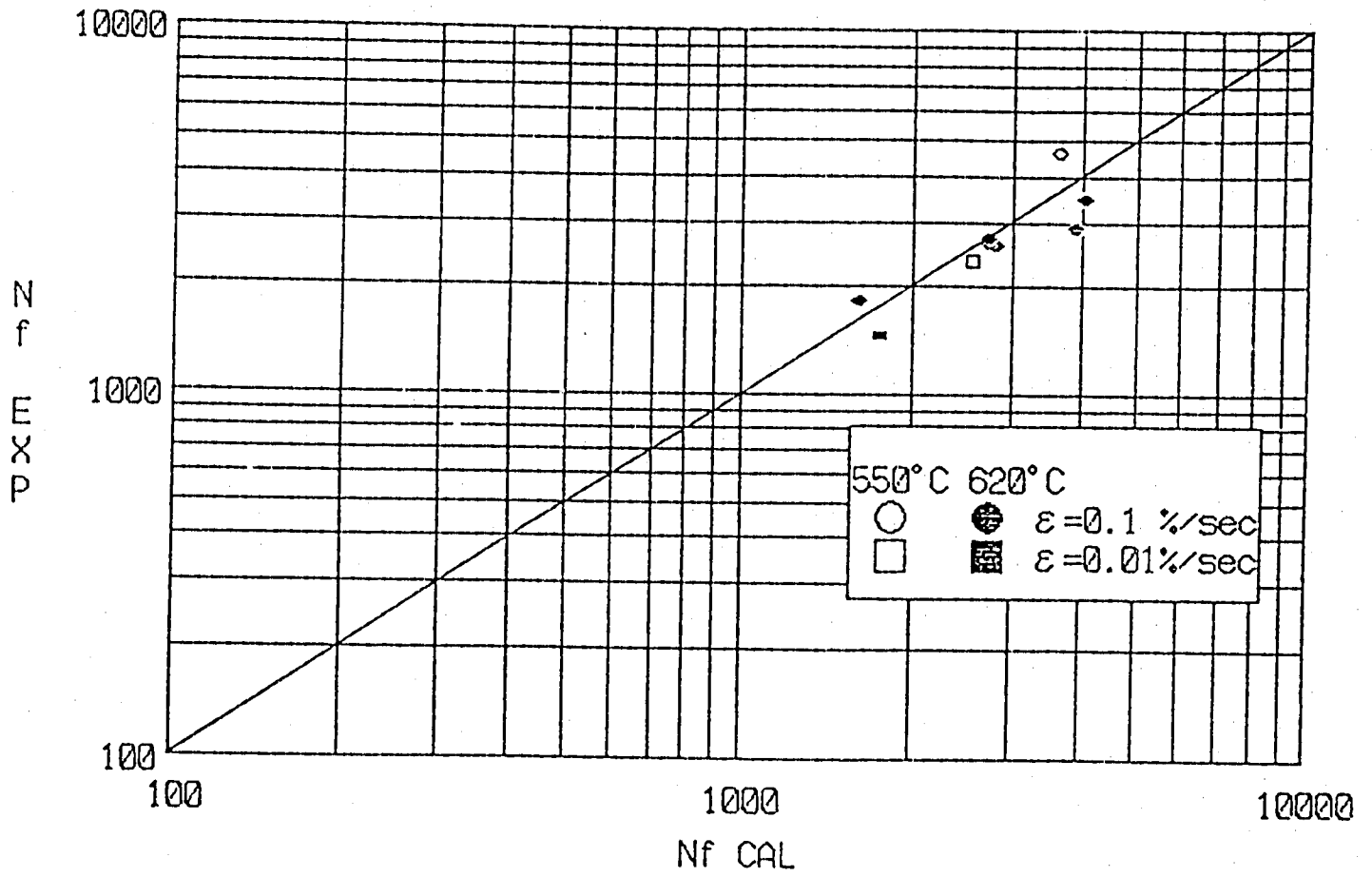


図6.4 破損繰返し数Nfの計算値と実験値の比較

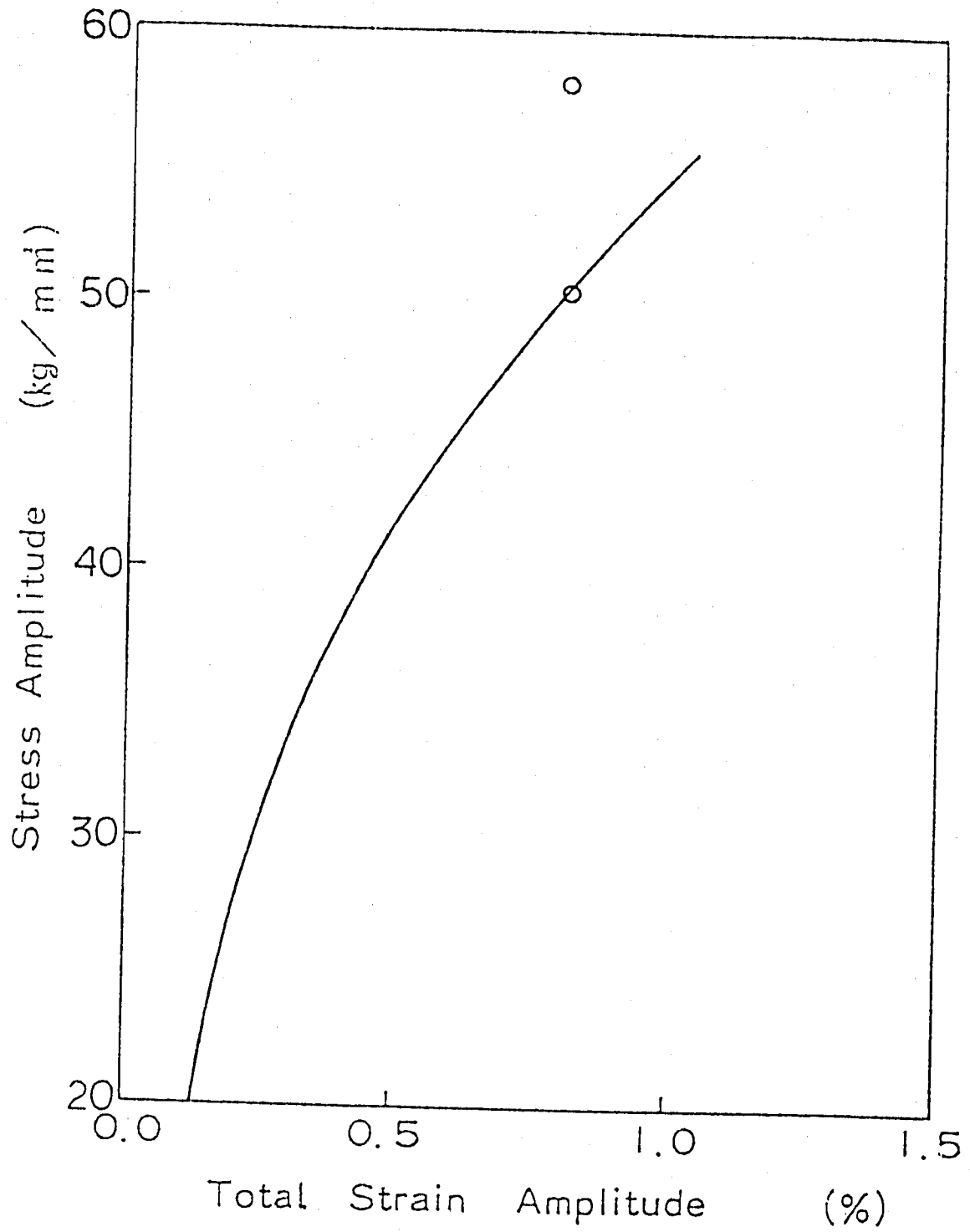


図6.5 動的応力-ひずみ線図の計算値と実験値の比較 (T=550℃)

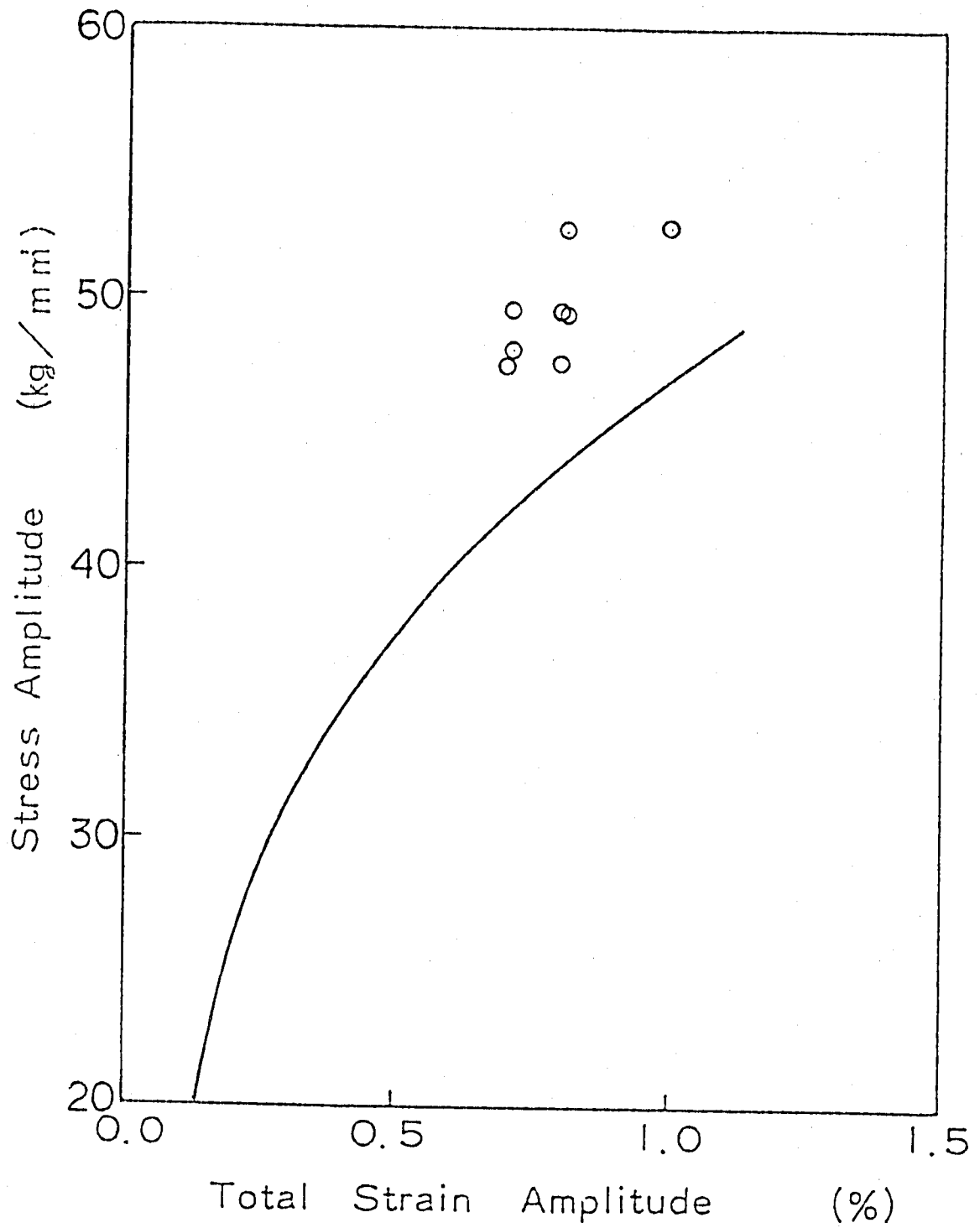


図6.6 動的応力-ひずみ線図の計算値と実験値の比較 (T = 620°C)

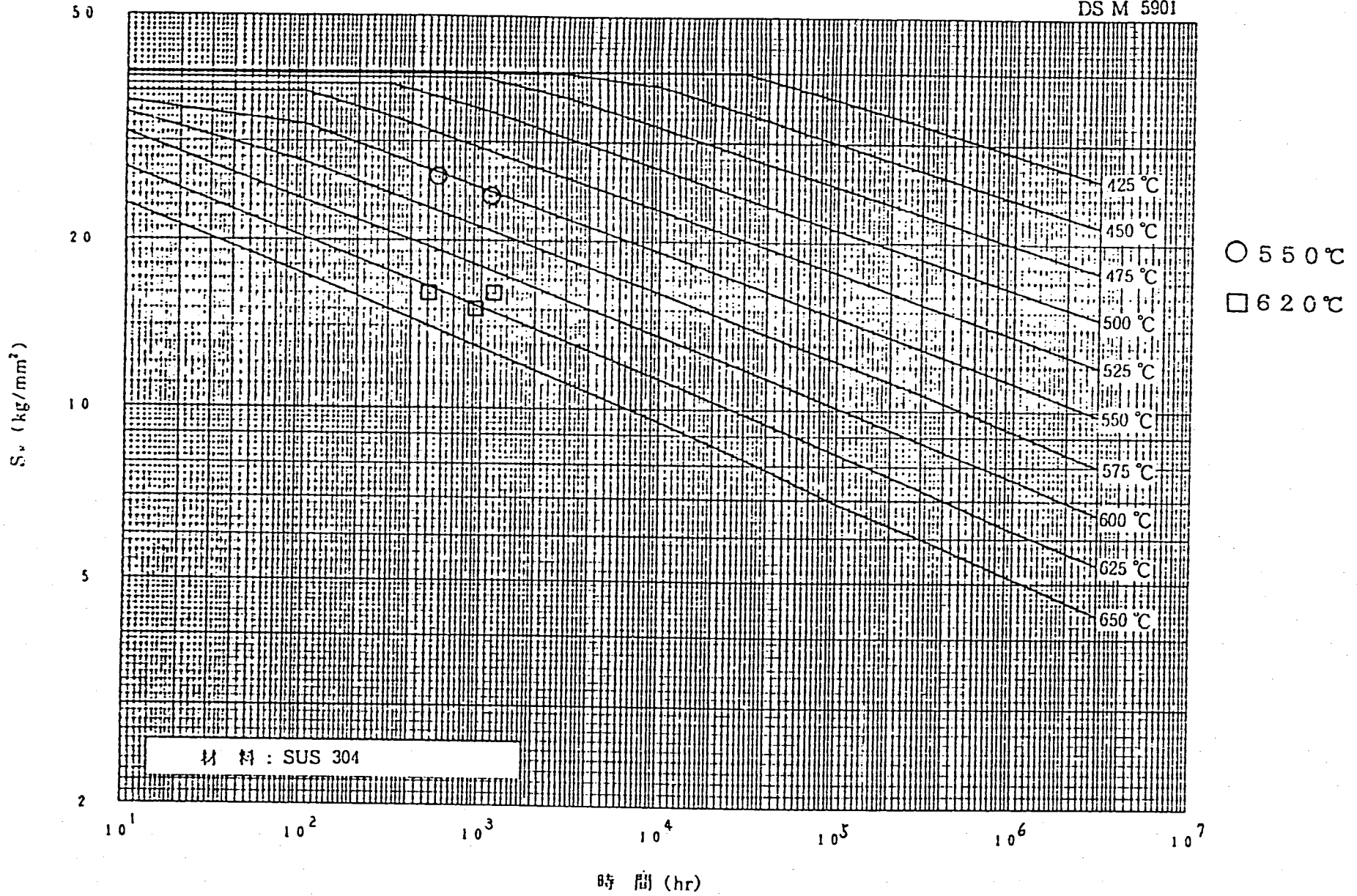


図6.7 クリープ破断応力強さ σ_R (kg/mm²)

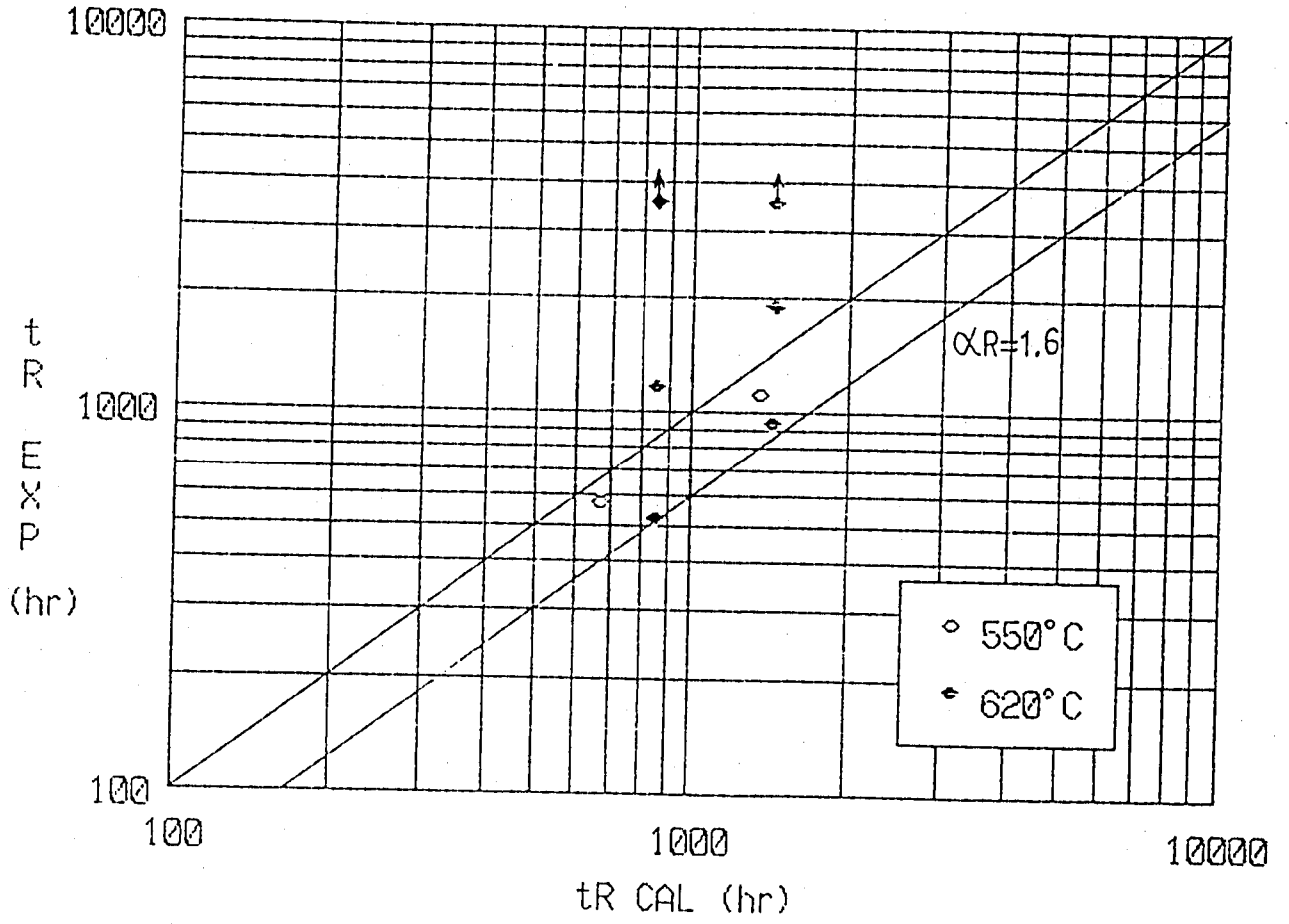


図6.8 破断時間 t_r の計算値と実験値の比較

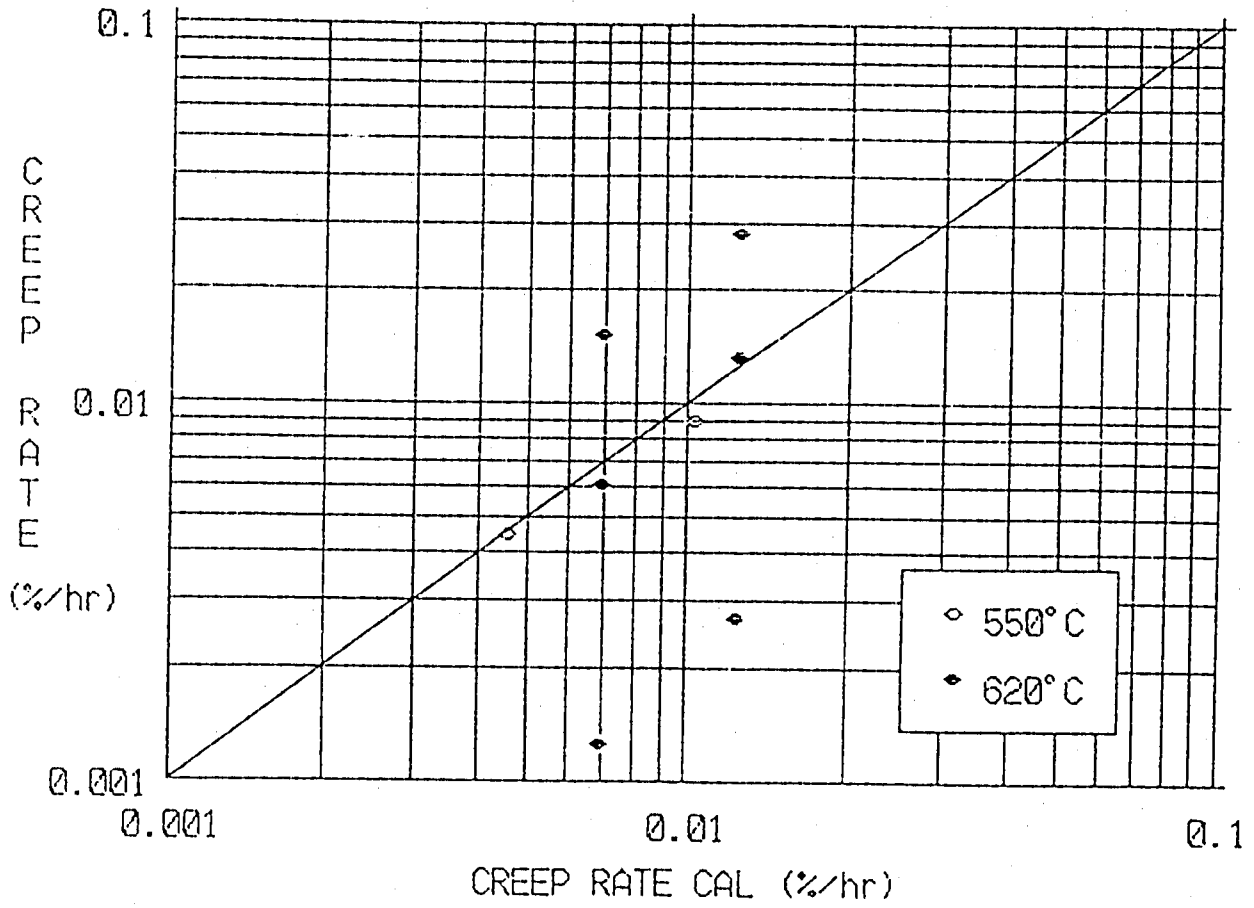


図6.9 定常クリープ速度 ϵ_s の計算値と実験値の比較

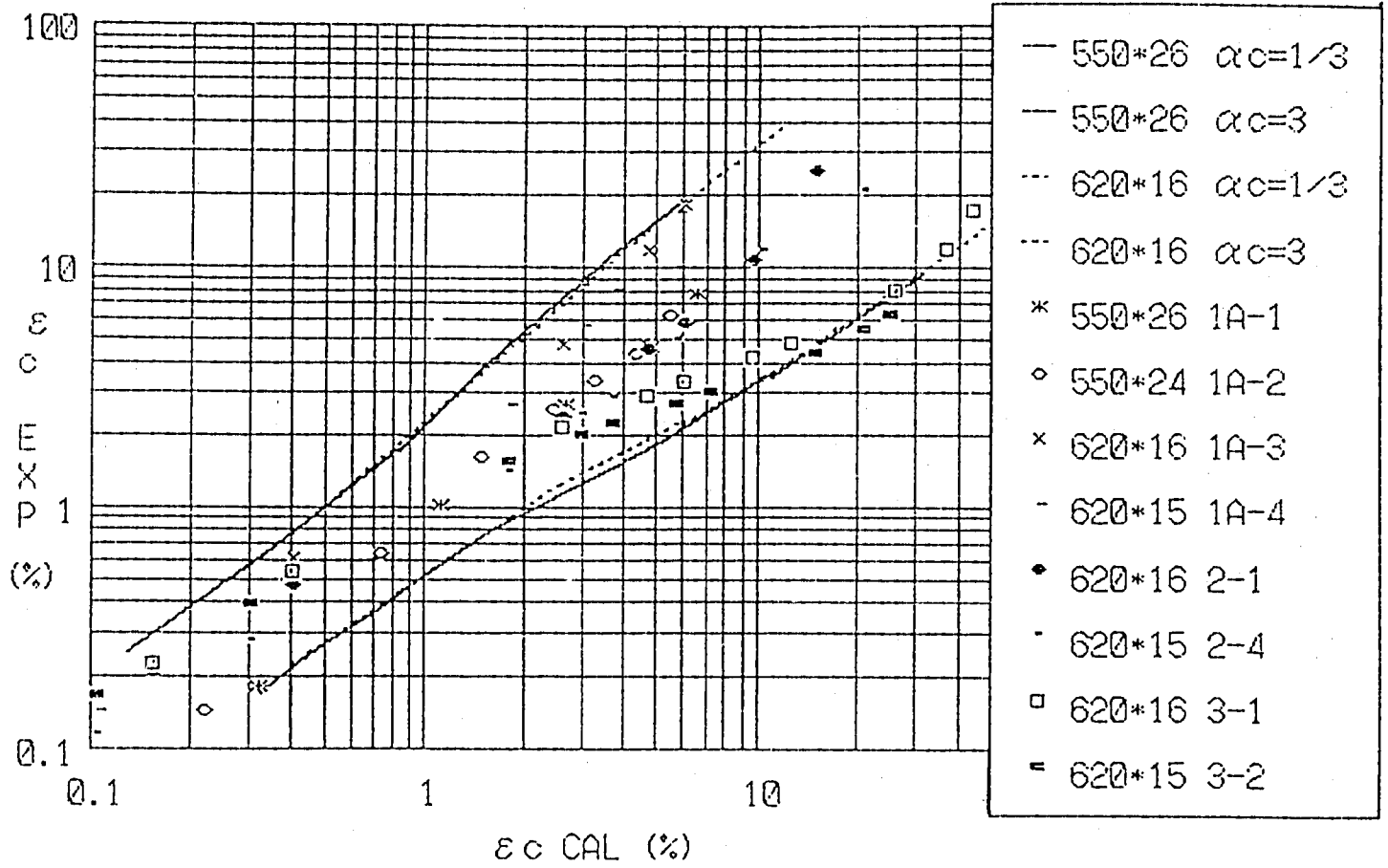


図6.10 クリープひずみ ϵ_c の計算値と実験値の比較

7. 結 言

熱応力緩和構造モデル(1)供試体のクリープ疲労損傷評価を行う際の基礎データを得るために、本供試体と同一仕様の材料（SUSF304、SUS304TP及びSUS304）を用いて疲労試験及びクリープ試験を実施し、「高速原型炉高温構造設計方針材料基準等」の最適疲労破損式、クリープひずみ式及び主クリープ破断関係式等との適合性を調査した。

主な結論は以下の通りである。

- (1) 0.2%耐力及び引張強さは、材料強度基準値を満足している。
- (2) 疲労強度は材料強度基準値の平均的な値を示している。
- (3) 板材を除いて、クリープ強度は材料強度基準値の平均的な値を示しており、破断に対するバラツキは $\alpha R=1.6$ 以内である。
- (4) 定常状態での繰り返し応力-ひずみ関係及びクリープひずみ挙動の両者ともSUS304の平均的挙動を示している。
- (5) 以上を総合して供試体に用いた素材は、材料強度基準で想定したSUS304材の平均的値を示しており、基準値を修正することなく、そのまま適用することができる。

ただし上記板材を使用したスリット入り円筒胴のクリープ損傷を評価する際には注意を要する。

8. 謝 辞

この試験研究は熱応力緩和構造モデル(1)供試体の製作を行った(株)日立製作所に依頼して実施した同素材の材料試験データをとりまとめたものである。同社原子力開発部上野敏雄技師、鈴木智博氏はじめ関係各位に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 動力炉・核燃料事業団「高速原型炉高温構造設計方針・材料強度基準等」
PNC N241 84-08 (1) (昭和59-9)
- 2) FBR金属材料試験 実施要領書 (改訂版)
PNC N241 79-32, 昭和55年 3月
- 3) 梅田、菊池他；熱応力緩和構造モデル(1)熱過渡強度試験
第1報 試験・検査 PNC SN9410 89-170 1989年6月

付録A 疲労試験データ

表リスト

表1	高温低サイクル疲労試験結果 (1A-3)	81
表2	高温低サイクル疲労試験結果 (1A-6)	82
表3	高温低サイクル疲労試験結果 (1A-2)	83
表4	高温低サイクル疲労試験結果 (1A-1)	84
表5	高温低サイクル疲労試験結果 (1A-5)	85
表6	高温低サイクル疲労試験結果 (1A-4)	86
表7	高温低サイクル疲労試験結果 (2-1)	87
表8	高温低サイクル疲労試験結果 (2-2)	88
表9	高温低サイクル疲労試験結果 (3-1)	89
表10	高温低サイクル疲労試験結果 (3-2)	90

表1 高温低サイクル疲労試験結果

年. 月. 日	H1. 12. 4	試験機	EHF-ED20-40L型(島津製)			
TPNo.	1A-3	材質	SUS304	温度(°C)	550	
試験片寸法	10.01	周波数(Hz)	0.00625	波形	三角波	
N (cycles)	$\Delta \varepsilon_t$ (%)	$\Delta \varepsilon_p$ (%)	$\Delta \varepsilon_e$ (%)	σ_{max} (kgf/mm ²)	σ_{min} (kgf/mm ²)	$\Delta \sigma$ (kgf/mm ²)
1	0.79	0.63	0.16	11.5	-12.7	24.2
2	0.80	0.62	0.18	13.2	-13.2	26.4
3	0.80	0.59	0.21	14.4	-14.3	28.7
5	0.81	0.57	0.24	15.4	-15.7	31.1
8	0.81	0.55	0.26	16.8	-16.8	33.6
10	0.81	0.53	0.28	17.6	-17.7	35.3
16	0.80	0.50	0.30	19.0	-19.1	38.1
20	0.81	0.50	0.31	19.3	-19.6	38.9
258	0.81	0.49	0.32	19.9	-20.2	40.1
40	0.82	0.47	0.35	21.7	-22.2	43.9
50	0.81	0.45	0.36	21.9	-23.0	44.9
80	0.80	0.42	0.38	23.9	-24.7	48.6
100	0.80	0.41	0.39	24.7	-25.2	49.9
160	0.81	0.41	0.40	25.6	-26.4	52.0
200	0.80	0.40	0.40	26.0	-26.7	52.7
250	0.80	0.40	0.40	26.2	-26.7	52.9
400	0.81	0.40	0.41	26.1	-26.6	52.7
500	0.80	0.40	0.40	26.0	-26.5	52.5
800	0.81	0.41	0.40	25.7	-26.0	51.7
1000	0.80	0.41	0.39	25.5	-25.9	51.4
2000	0.80	0.41	0.39	25.2	-25.5	50.7
2500	0.81	0.42	0.39	24.6	-25.7	50.3
4000	0.81	0.42	0.39	23.6	-25.1	48.7
Nf/2近傍のデータ						
Nf/2=2500 (cycles)						
$\Delta \varepsilon_t=0.81$ (%)			$\sigma_{max}=24.6$ (kgf/mm ²)			
$\Delta \varepsilon_p=0.42$ (%)			$\sigma_{min}=-25.7$ (kgf/mm ²)			
$\Delta \varepsilon_e=0.39$ (%)			$\Delta \sigma=50.3$ (kgf/mm ²)			
$\frac{3}{4} \sigma_{max} Nf=4629$ (cycles)			破断Nf=4740 (cycles)		破断位置:B	

表2 高温低サイクル疲労試験結果

年.月.日	H2. 1. 19	試験機	EHF-ED20-40L型(島津製)			
TPNo.	1A-6	材質	SUS304	温度(°C)	550	
試験片寸法	9.99	周波数(Hz)	0.00625	波形	三角波	
N (cycles)	$\Delta \varepsilon_t$ (%)	$\Delta \varepsilon_p$ (%)	$\Delta \varepsilon_e$ (%)	σ_{max} (kgf/cm ²)	σ_{min} (kgf/cm ²)	$\Delta \sigma$ (kgf/cm ²)
1	0.78	0.62	0.16	15.5	-15.9	31.4
2	0.81	0.61	0.20	16.7	-16.6	33.3
3	0.82	0.61	0.21	17.2	-16.9	34.1
5	0.79	0.55	0.24	18.3	-18.2	36.5
8	0.80	0.54	0.26	19.5	-19.6	39.1
10	0.80	0.53	0.27	20.2	-20.3	40.5
16	0.80	0.50	0.30	21.7	-22.0	43.7
20	0.79	0.48	0.31	22.6	-22.8	45.4
25	0.80	0.48	0.32	23.5	-23.8	47.3
32	0.79	0.47	0.32	24.3	-24.7	49.0
40	0.79	0.46	0.33	25.2	-25.6	50.8
50	0.79	0.45	0.34	26.1	-26.5	52.6
80	0.79	0.43	0.36	27.7	-28.2	55.9
100	0.79	0.42	0.37	28.2	-28.9	57.1
160	0.79	0.41	0.38	29.1	-29.7	58.8
200	0.79	0.40	0.39	29.3	-30.0	59.3
400	0.79	0.40	0.39	29.3	-30.0	59.3
500	0.79	0.40	0.39	29.2	-30.0	59.2
800	0.80	0.41	0.39	29.1	-29.8	58.9
1000	0.80	0.41	0.39	29.0	-29.9	58.9
1250	0.80	0.42	0.38	28.4	-29.7	58.1
1600	0.81	0.41	0.40	28.7	-29.6	58.3
2000	0.80	0.41	0.39	28.3	-29.3	57.6
Nf/2近傍のデータ						
Nf/2=1250 (cycles)						
$\Delta \varepsilon_t=0.80$ (%)			$\sigma_{max}=28.4$ (kgf/cm ²)			
$\Delta \varepsilon_p=0.42$ (%)			$\sigma_{min}=-29.7$ (kgf/cm ²)			
$\Delta \varepsilon_e=0.38$ (%)			$\Delta \sigma=58.1$ (kgf/cm ²)			
% $\sigma_{max}Nf=2318$ (cycles)			破断Nf=2318 (cycles)		破断位置:C	

表3 高温低サイクル疲労試験結果

年.月.日	H1. 11. 30		試験機	EHF-ED20-40L型(島津製)		
TPNo.	1A-2		材質	SUS304	温度(°C)	620
試験片寸法	10.00		周波数(Hz)	0.00625	波形	三角波
N (cycles)	$\Delta \epsilon t$ (%)	$\Delta \epsilon p$ (%)	$\Delta \epsilon e$ (%)	σ_{max} (kgf/mm ²)	σ_{min} (kgf/mm ²)	$\Delta \sigma$ (kgf/mm ²)
1	1.00	0.85	0.15	12.4	-12.2	24.6
2	1.00	0.82	0.18	13.8	-15.0	28.8
3	1.00	0.77	0.23	16.7	-16.8	33.5
5	1.01	0.74	0.27	19.6	-19.4	39.0
8	1.01	0.72	0.29	21.4	-21.2	42.3
10	1.01	0.70	0.31	21.7	-22.2	43.9
16	1.01	0.68	0.33	23.4	-23.7	47.1
20	1.01	0.68	0.33	24.1	-24.5	48.6
25	1.00	0.67	0.33	24.1	-24.5	48.6
32	1.00	0.66	0.34	25.1	-25.2	50.3
40	1.00	0.66	0.34	25.6	-26.0	51.6
50	1.00	0.65	0.35	26.0	-26.2	52.2
80	1.00	0.64	0.36	26.3	-26.8	53.1
100	1.00	0.64	0.36	26.6	-27.0	53.6
160	1.01	0.65	0.36	26.5	-27.2	53.7
200	1.01	0.65	0.36	26.9	-27.2	54.1
400	1.00	0.65	0.35	26.4	-27.0	53.4
500	1.01	0.64	0.37	26.4	-27.0	53.4
800	1.01	0.63	0.38	26.1	-26.7	52.8
1000	1.00	0.63	0.37	25.9	-26.8	52.7
1250	1.00	0.63	0.37	25.7	-26.3	52.0
1600	1.00	0.63	0.38	24.7	-25.7	50.4
<p>Nf/2近傍のデータ</p> <p>Nf/2=1000 (cycles)</p> <p>$\Delta \epsilon t = 1.00$ (%) $\sigma_{max} = 25.9$ (kgf/mm²)</p> <p>$\Delta \epsilon p = 0.63$ (%) $\sigma_{min} = -26.8$ (kgf/mm²)</p> <p>$\Delta \epsilon e = 0.37$ (%) $\Delta \sigma = 52.7$ (kgf/mm²)</p>						
<p>$\frac{1}{2} \sigma_{max} Nf = 1824$ (cycles)</p>			<p>破断Nf=1845 (cycles)</p>		<p>破断位置: B</p>	

表4 高温低サイクル疲労試験結果

年.月.日	H1.11.28	試験機	EHF-ED20-40L型(島津製)			
TPNo.	1A-1	材質	SUS304	温度(°C)	620	
試験片寸法	10.01	周波数(Hz)	0.00625	波形	三角波	
N (cycles)	$\Delta \varepsilon_t$ (%)	$\Delta \varepsilon_p$ (%)	$\Delta \varepsilon_e$ (%)	σ_{max} (kgf/mm ²)	σ_{min} (kgf/mm ²)	$\Delta \sigma$ (kgf/mm ²)
1	0.80	0.67	0.13	10.5	-12.2	22.7
2	0.80	0.65	0.15	12.5	-13.0	25.5
3	0.80	0.63	0.17	14.2	-14.0	28.2
5	0.81	0.59	0.22	16.3	-16.6	32.9
8	0.80	0.56	0.24	17.8	-17.8	35.6
10	0.80	0.54	0.26	18.7	-19.0	37.7
16	0.81	0.52	0.29	20.1	-20.6	40.7
20	0.81	0.52	0.29	20.9	-21.2	42.1
25	0.80	0.51	0.29	21.2	-21.6	42.8
30	0.81	0.51	0.30	21.7	-22.3	44.0
40	0.81	0.49	0.32	22.5	-23.1	45.6
50	0.80	0.48	0.32	23.4	-23.9	47.3
80	0.80	0.47	0.33	24.6	-24.9	49.5
100	0.80	0.46	0.34	24.7	-25.2	49.9
200	0.80	0.45	0.35	25.1	-25.8	50.9
400	0.80	0.45	0.35	25.0	-25.7	50.7
500	0.80	0.44	0.36	25.0	-25.6	50.6
800	0.80	0.45	0.35	24.7	-25.4	50.1
1000	0.80	0.44	0.36	24.6	-25.2	49.8
1250	0.80	0.44	0.36	24.5	-25.1	49.6
1700	0.80	0.45	0.35	24.4	-25.0	49.4
2000	0.80	0.44	0.36	23.7	-24.6	48.3
2500	0.81	0.45	0.36	21.7	-23.4	45.1
Nf/2近傍のデータ						
Nf/2=1250 (cycles)						
$\Delta \varepsilon_t=0.80$ (%)			$\sigma_{max}=24.5$ (kgf/mm ²)			
$\Delta \varepsilon_p=0.44$ (%)			$\sigma_{min}=-25.1$ (kgf/mm ²)			
$\Delta \varepsilon_e=0.36$ (%)			$\Delta \sigma=49.6$ (kgf/mm ²)			
$\frac{3}{4}\sigma_{max}Nf=2600$ (cycles)			破断Nf=2688 (cycles)		破断位置:A	

表5 高温低サイクル疲労試験結果

年.月.日	H2. 1. 11	試験機	EHF-ED20-40L型(島津製)			
TPNo.	1A-5	材質	SUS304	温度(°C)	620	
試験片寸法	10.00	周波数(Hz)	0.00625	波形	三角波	
N (cycles)	$\Delta \epsilon_t$ (%)	$\Delta \epsilon_p$ (%)	$\Delta \epsilon_e$ (%)	σ_{max} (kgf/mm ²)	σ_{min} (kgf/mm ²)	$\Delta \sigma$ (kgf/mm ²)
1	0.80	0.66	0.14	10.7	-11.8	22.5
2	0.80	0.64	0.16	13.5	-14.3	27.8
3	0.81	0.63	0.18	15.4	-14.8	30.2
5	0.81	0.60	0.21	16.4	-16.3	32.7
8	0.81	0.57	0.24	18.6	-18.5	37.1
10	0.81	0.56	0.25	18.5	-19.0	37.5
16	0.81	0.53	0.28	20.9	-21.1	42.0
20	0.81	0.53	0.28	20.6	-22.1	42.7
25	0.81	0.51	0.30	22.1	-22.7	44.8
32	0.81	0.51	0.30	22.4	-23.1	45.5
40	0.82	0.51	0.31	22.8	-23.7	46.5
50	0.80	0.49	0.31	22.5	-23.9	46.4
80	0.81	0.50	0.31	23.8	-24.5	48.3
100	0.89	0.41	0.48	23.9	-24.3	48.2
160	0.89	0.45	0.44	24.0	-24.5	48.5
200	0.89	0.55	0.34	24.2	-24.4	48.6
320	0.80	0.46	0.34	24.1	-24.6	48.7
400	0.82	0.48	0.34	24.1	-24.6	48.7
500	0.81	0.47	0.34	24.0	-24.4	48.4
800	0.80	0.46	0.34	23.6	-24.0	47.6
1000	0.80	0.46	0.34	23.2	-23.7	46.9
1250	0.80	0.46	0.34	22.2	-22.9	45.1
Nf/2近傍のデータ						
Nf/2 = 800 (cycles)						
$\Delta \epsilon_t = 0.80$ (%)			$\sigma_{max} = 23.6$ (kgf/mm ²)			
$\Delta \epsilon_p = 0.46$ (%)			$\sigma_{min} = -24.0$ (kgf/mm ²)			
$\Delta \epsilon_e = 0.34$ (%)			$\Delta \sigma = 47.6$ (kgf/mm ²)			
$\% \sigma_{max} N_f = 1443$ (cycles)			破断 Nf = 1668 (cycles)		破断位置: A	

表6 高温低サイクル疲労試験結果

年. 月. 日	H1. 12. 5		試験機	EHF-ED20-40L型 (島津製)		
TPNo.	1A-4		材質	SUS304	温度 (°C)	620
試験片寸法	10.0		周波数(Hz)	0.00625	波形	三角波
N (cycles)	$\Delta \varepsilon_t$ (%)	$\Delta \varepsilon_p$ (%)	$\Delta \varepsilon_e$ (%)	σ_{max} (kgf/mm ²)	σ_{min} (kgf/mm ²)	$\Delta \sigma$ (kgf/mm ²)
1	0.71	0.56	0.15	10.8	-11.8	22.6
2	0.70	0.55	0.15	11.8	-13.2	25.0
3	0.70	0.52	0.18	14.2	-13.9	28.1
5	0.70	0.49	0.21	15.8	-15.5	31.3
10	0.70	0.47	0.23	16.8	-16.8	33.6
20	0.71	0.44	0.27	19.0	-19.6	38.6
30	0.71	0.42	0.29	20.4	-20.7	41.1
40	0.70	0.40	0.30	21.2	-21.8	43.0
50	0.70	0.40	0.30	21.8	-22.2	44.0
100	0.70	0.38	0.32	23.3	-23.7	47.0
200	0.71	0.38	0.33	23.8	-24.4	48.2
250	0.71	0.38	0.33	24.0	-24.4	48.4
500	0.71	0.38	0.33	23.9	-24.3	48.2
800	0.71	0.38	0.33	23.8	-24.2	48.0
1000	0.71	0.38	0.33	23.8	-24.1	47.9
1500	0.70	0.37	0.33	23.5	-24.0	47.5
2000	0.71	0.38	0.33	23.2	-24.0	47.2
3000	0.71	0.38	0.33	22.3	-23.2	45.5
Nf/2近傍のデータ						
Nf/2=1500 (cycles)						
$\Delta \varepsilon_t=0.70$ (%)		$\sigma_{max}=23.5$ (kgf/mm ²)				
$\Delta \varepsilon_p=0.37$ (%)		$\sigma_{min}=-24.0$ (kgf/mm ²)				
$\Delta \varepsilon_e=0.33$ (%)		$\Delta \sigma=47.5$ (kgf/mm ²)				
$\frac{1}{2} \sigma_{max} Nf=3491$ (cycles)			破断Nf=4066 (cycles)		破断位置: B	

表7 高温低サイクル疲労試験結果

年.月.日	H1.10.17	試験機	EHF-ED20-40L型(島津製)			
TPNo.	2-1	材質	SUS304	温度(°C)	620	
試験片寸法	9.99	周波数(Hz)	0.00625	波形	三角波	
N (cycles)	$\Delta \varepsilon_t$ (%)	$\Delta \varepsilon_p$ (%)	$\Delta \varepsilon_e$ (%)	σ_{max} (kgf/mm ²)	σ_{min} (kgf/mm ²)	$\Delta \sigma$ (kgf/mm ²)
1	0.80	0.79	0.01	12.0	-13.3	25.3
2	0.80	0.79	0.01	14.0	-14.3	28.3
3	0.81	0.60	0.21	15.7	-15.6	31.3
5	0.81	0.57	0.24	17.6	-17.7	35.3
8	0.81	0.55	0.26	19.1	-19.1	38.2
10	0.81	0.53	0.28	19.9	-20.2	40.1
16	0.81	0.51	0.30	21.1	-21.5	42.6
20	0.81	0.51	0.30	21.6	-22.0	43.6
25	0.80	0.50	0.30	22.2	-22.4	44.6
30	0.81	0.50	0.31	22.4	-23.0	45.4
40	0.81	0.49	0.32	23.5	-23.8	47.3
50	0.80	0.48	0.32	23.9	-24.4	48.3
80	0.81	0.47	0.34	24.8	-25.3	50.1
100	0.81	0.47	0.34	24.8	-25.8	50.6
200	0.81	0.46	0.35	25.1	-25.8	50.9
400	0.81	0.46	0.35	25.1	-25.6	50.7
500	0.81	0.47	0.34	24.9	-25.6	50.5
800	0.81	0.47	0.34	24.6	-25.3	49.9
1000	0.80	0.46	0.34	24.6	-25.2	49.8
1250	0.81	0.47	0.34	24.3	-25.1	49.4
1500	0.80	0.46	0.34	24.1	-24.9	49.0
2000	0.81	0.46	0.35	23.5	-24.6	48.1
2500	0.81	0.45	0.36	21.8	-23.5	45.3
Nf/2近傍のデータ						
Nf/2=1250 (cycles)						
$\Delta \varepsilon_t=0.81$ (%)		$\sigma_{max}=24.3$ (kgf/mm ²)				
$\Delta \varepsilon_p=0.47$ (%)		$\sigma_{min}=-25.1$ (kgf/mm ²)				
$\Delta \varepsilon_e=0.34$ (%)		$\Delta \sigma=49.4$ (kgf/mm ²)				
% $\sigma_{max}Nf=2621$ (cycles)			破断Nf=3242 (cycles)		破断位置: B	

表8 高温低サイクル疲労試験結果

年.月.日	H2. 1. 10	試験機	EHF-ED20-40L型(島津製)			
TPNo.	2-2	材質	SUS304	温度(°C)	620	
試験片寸法	10.00	周波数(Hz)	0.00714	波形	三角波	
N (cycles)	$\Delta \varepsilon_t$ (%)	$\Delta \varepsilon_p$ (%)	$\Delta \varepsilon_e$ (%)	σ_{max} (kgf/mm ²)	σ_{min} (kgf/mm ²)	$\Delta \sigma$ (kgf/mm ²)
1	0.70	0.56	0.14	12.4	-14.0	26.4
2	0.70	0.55	0.15	14.2	-15.0	29.2
3	0.71	0.54	0.17	15.3	-15.1	30.4
5	0.71	0.52	0.19	16.7	-16.6	33.3
10	0.71	0.48	0.23	18.8	-19.1	37.9
20	0.71	0.45	0.26	21.0	-21.5	42.5
30	0.71	0.44	0.27	22.3	-22.5	44.8
40	0.71	0.43	0.28	22.9	-23.3	46.2
50	0.71	0.42	0.29	23.3	-24.0	47.3
100	0.71	0.41	0.30	24.6	-25.0	49.6
150	0.71	0.40	0.31	24.7	-25.4	50.1
200	0.71	0.40	0.31	24.7	-25.4	50.1
300	0.71	0.40	0.31	24.5	-25.3	49.8
400	0.71	0.40	0.31	24.8	-24.9	49.7
500	0.71	0.41	0.30	24.7	-25.2	49.9
800	0.71	0.41	0.30	23.9	-24.7	48.6
1000	0.71	0.41	0.30	24.5	-24.8	49.3
1500	0.71	0.41	0.30	24.1	-24.0	48.1
2000	0.71	0.41	0.30	23.4	-23.8	47.2
2500	0.71	0.40	0.31	21.8	-23.7	45.5
Nf/2近傍のデータ						
Nf/2=1500 (cycles) -						
$\Delta \varepsilon_t=0.71$ (%)			$\sigma_{max}=24.1$ (kgf/mm ²)			
$\Delta \varepsilon_p=0.41$ (%)			$\sigma_{min}=-24.0$ (kgf/mm ²)			
$\Delta \varepsilon_e=0.30$ (%)			$\Delta \sigma=48.1$ (kgf/mm ²)			
$\% \sigma_{max} Nf=2822$ (cycles)			破断Nf=3625 (cycles)		破断位置: B	

表9 高温低サイクル疲労試験結果

年. 月. 日	H1. 10. 19		試験機	EHF-ED20-40L型 (島津製)		
TPNo.	3-1		材質	SUS304	温度 (°C)	620
試験片寸法	10.00		周波数(Hz)	0.00625	波形	三角波
N (cycles)	$\Delta \varepsilon_t$ (%)	$\Delta \varepsilon_p$ (%)	$\Delta \varepsilon_e$ (%)	σ_{max} (kgf/cm ²)	σ_{min} (kgf/cm ²)	$\Delta \sigma$ (kgf/cm ²)
1	0.80	0.71	0.09	14.0	-15.3	29.3
2	0.80	0.70	0.10	15.9	-16.4	32.3
3	0.80	0.57	0.23	18.0	-17.6	35.6
5	0.81	0.54	0.27	19.9	-19.7	39.6
8	0.81	0.53	0.28	21.3	-21.2	42.4
10	0.81	0.51	0.30	21.7	-22.0	43.7
16	0.81	0.50	0.31	22.8	-23.5	46.3
20	0.81	0.49	0.32	23.8	-23.8	47.6
25	0.80	0.48	0.32	23.5	-23.9	47.4
30	0.81	0.48	0.33	24.0	-24.6	48.6
40	0.80	0.47	0.33	24.5	-24.9	49.4
50	0.81	0.47	0.34	24.9	-25.5	50.4
80	0.80	0.46	0.34	25.7	-26.0	51.7
100	0.81	0.46	0.35	25.9	-26.1	52.0
200	0.80	0.45	0.35	26.1	-26.2	52.3
400	0.81	0.45	0.36	26.2	-26.5	52.7
500	0.81	0.46	0.35	26.1	-26.6	52.7
800	0.81	0.45	0.36	26.0	-26.4	52.4
1000	0.80	0.45	0.35	26.0	-26.5	52.5
1250	0.81	0.45	0.36	26.1	-26.5	52.6
1500	0.81	0.45	0.36	25.9	-26.4	52.3
2000	0.81	0.45	0.36	25.6	-26.4	52.0
2500	0.81	0.44	0.37	24.1	-25.2	49.3
Nf/2近傍のデータ						
Nf/2=1250 (cycles)						
$\Delta \varepsilon_t=0.81$ (%)			$\sigma_{max}=26.1$ (kgf/cm ²)			
$\Delta \varepsilon_p=0.45$ (%)			$\sigma_{min}=-26.5$ (kgf/cm ²)			
$\Delta \varepsilon_e=0.36$ (%)			$\Delta \sigma=52.6$ (kgf/cm ²)			
$\% \sigma_{max} Nf=2708$ (cycles)			破断Nf=3308 (cycles)		破断位置:C	

表10 高温低サイクル疲労試験結果

年.月.日	H2. 1. 9	試験機	EHF-ED20-40L型(島津製)			
TPNo.	3-2	材質	SUS304	温度(°C)	620	
試験片寸法	10.00	周波数(Hz)	0.00714	波形	三角波	
N (cycles)	$\Delta \varepsilon_t$ (%)	$\Delta \varepsilon_p$ (%)	$\Delta \varepsilon_e$ (%)	σ_{max} (kgf/mm ²)	σ_{min} (kgf/mm ²)	$\Delta \sigma$ (kgf/mm ²)
1	0.70	0.49	0.21	16.8	-17.4	34.2
2	0.70	0.46	0.22	17.6	-17.9	35.5
3	0.71	0.47	0.24	18.6	-17.9	36.5
5	0.71	0.45	0.26	19.5	-19.1	38.6
10	0.71	0.43	0.28	21.0	-20.7	41.7
20	0.71	0.40	0.31	22.5	-22.7	45.2
30	0.71	0.39	0.32	23.1	-23.5	46.6
40	0.71	0.39	0.32	23.6	-24.2	47.8
50	0.71	0.38	0.33	24.1	-24.3	48.4
100	0.81	0.40	0.41	24.6	-25.3	49.9
150	0.71	0.37	0.34	24.9	-25.3	50.2
200	0.71	0.37	0.34	25.1	-25.5	50.6
300	0.71	0.37	0.34	25.0	-25.3	50.3
400	0.71	0.37	0.34	24.8	-25.2	50.0
500	0.71	0.37	0.34	25.1	-25.2	50.3
600	0.71	0.37	0.34	25.0	-25.1	50.1
700	0.71	0.37	0.34	24.7	-24.9	49.6
800	0.71	0.37	0.34	24.8	-25.1	49.9
1000	0.71	0.37	0.34	24.5	-24.7	49.2
1500	0.71	0.37	0.34	24.5	-25.1	49.6
2000	0.71	0.37	0.34	24.8	-25.0	49.8
2500	0.71	0.37	0.34	24.9	-25.0	49.9
Nf/2近傍のデータ						
Nf/2=1500 (cycles)						
$\Delta \varepsilon_t=0.71$ (%)			$\sigma_{max}=24.5$ (kgf/mm ²)			
$\Delta \varepsilon_p=0.37$ (%)			$\sigma_{min}=-25.1$ (kgf/mm ²)			
$\Delta \varepsilon_e=0.34$ (%)			$\Delta \sigma=49.6$ (kgf/mm ²)			
$\frac{1}{4} \sigma_{max} Nf=2882$ (cycles)			破断Nf=2882 (cycles)		破断位置:C	

付録B クリープ試験データ

表リスト

表11	クリープひずみ(ダイヤルデータ), 1A-1	93
表12	クリープひずみ(ダイヤルデータ), 1A-2	94
表13	クリープひずみ(ダイヤルデータ), 1A-3	95
表14	クリープひずみ(ダイヤルデータ), 1A-4	96
表15	クリープひずみ(ダイヤルデータ), 2-1	97
表16	クリープひずみ(ダイヤルデータ), 2-4	98
表17	クリープひずみ(ダイヤルデータ), 3-1	99
表18	クリープひずみ(ダイヤルデータ), 3-2	100
表19	クリープひずみ(デジタルデータ), 1A-1	101
表20	クリープひずみ(デジタルデータ), 1A-2	102
表21	クリープひずみ(デジタルデータ), 1A-3	103
表22	クリープひずみ(デジタルデータ), 1A-4	104
表23	クリープひずみ(デジタルデータ), 2-1	105
表24	クリープひずみ(デジタルデータ), 2-4	106
表25	クリープひずみ(デジタルデータ), 3-1	107
表26	クリープひずみ(デジタルデータ), 3-2	108

表11 クリープひずみ (ダイヤルデータ)

試験片符号：1A-1		試験条件：550℃×26kgf/cm ²					
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	10.059	532	16.605				
0.25	10.054	549	17.005				
0.5	10.064	556	17.164				
0.75	10.077	573	17.888				
1	10.087						
2	10.133	576.9	破断				
4	10.214						
5	10.238						
6	10.259						
21	10.570						
28	10.696						
45	10.973						
52	11.083						
69	11.343						
76	11.423						
141	12.212						
148	12.288						
165	12.466						
172	12.535						
189	12.692						
196	12.747						
237	13.158						
244	13.206						
261	13.364						
268	13.429						
309	13.797						
313	13.878						
333	14.016						
340	14.075						
357	14.225						
364	14.279						
381	14.445						
388	14.523						
405	14.681						
412	14.770						
477	15.628						
484	15.739						
501	16.043						
508	16.176						
525	16.476						

表12

クリープひずみ (ダイヤルデータ)

試験片符号：1A-2		試験条件：550°C×24kgf/mm ²					
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	8.178	532	11.389				
0.25	8.176	549	11.430				
0.5	8.176	556	11.462				
0.75	8.187	573	11.526				
1	8.190	580	11.585				
2	8.221	645	11.813				
4	8.280	652	11.835				
5	8.320	669	11.915				
6	8.329	676	11.967				
21	8.465	693	12.019				
28	8.547	700	12.051				
45	8.738	717	12.111				
52	8.816	724	12.129				
69	8.973	741	12.196				
76	9.023	748	12.228				
141	9.468	813	12.572				
148	9.523	820	12.618				
165	9.614	837	12.691				
172	9.646	844	12.716				
189	9.738	861	12.824				
196	9.788	868	12.873				
237	10.007	885	12.983				
244	10.033	892	13.013				
261	10.105	909	13.134				
268	10.146	916	13.176				
309	10.325	981	13.692				
316	10.387	1005	13.935				
333	10.445	1029	14.188				
340	10.475	1053	14.474				
357	10.545						
364	10.568	1110.6	破断				
381	10.642						
388	10.675						
405	10.737						
412	10.776						
477	11.066						
484	11.098						
501	11.176						
508	11.250						
525	11.343						

表13

クリープひずみ(ダイヤルデータ)

試験片符号：1A-3		試験条件：620°C×16kgf/cm ²					
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	2.795						
0.25	2.871						
0.5	2.931						
0.75	2.991						
1	3.021						
2	3.162						
4	3.335						
5	3.406						
6	3.462						
21	4.096						
28	4.312						
45	4.822						
52	5.036						
69	5.529						
76	5.692						
141	7.610						
148	7.842						
165	8.432						
172	8.673						
189	9.262						
196	9.511						
237	11.178						
244	11.409						
261	12.120						
268	12.429						
309	14.438						
316	14.910						
333	15.755						
340	16.076						
357	17.117						
364	17.534						
381	18.630						
388	19.176						
405	20.227						
412	20.826						
520.0	破断						

表14 クリープひずみ (ダイヤルデータ)

試験片符号: 1A-4		試験条件: 620°C X 15kgf/cm ²					
時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)
0	2.548	532	14.004				
0.25	2.587	549	14.534				
0.5	2.629	556	14.693				
0.75	2.670	573	15.242				
1	2.692	580	15.433				
2	2.790	645	17.509				
4	2.907	652	17.720				
5	2.335	669	18.340				
6	2.989	676	18.582				
21	3.402	693	19.219				
28	3.530	700	19.459				
45	3.825	717	20.128				
52	3.937	724	20.364				
69	4.217	741	21.076				
76	4.304	748	21.375				
141	5.234	813	24.635				
148	5.342	820	25.066				
165	5.628	837	26.169				
172	5.744	844	26.522				
189	6.031	861	27.708				
196	6.147	868	28.310				
237	6.922	885	29.842				
244	7.031	892	30.316				
261	7.353	909	32.273				
268	7.500	916	33.085				
309	8.345						
316	8.532	939.5	破断				
333	8.868						
340	9.010						
357	9.414						
364	9.570						
381	9.977						
388	10.171						
405	10.547						
412	10.738						
477	12.463						
484	12.641						
501	13.128						
508	13.318						
525	13.812						

表15 クリープひずみ(ダイヤルデータ)

試験片符号：2-1		試験条件：620℃×16kgf/md					
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	2.050	532	9.863				
0.25	2.124	549	10.141				
0.5	2.179	556	10.245				
0.75	2.228	573	10.556				
1	2.256	580	10.644				
2	2.356	645	11.810				
4	2.473	652	11.909				
5	2.527	669	12.259				
6	2.562	676	12.392				
21	2.945	693	12.739				
28	3.058	700	12.873				
45	3.322	717	13.242				
52	3.420	724	13.363				
69	3.660	741	13.806				
76	3.744	748	13.865				
141	4.452	813	15.343				
148	4.533	820	15.522				
165	4.715	837	15.949				
172	4.808	844	16.079				
189	5.014	861	16.492				
196	5.096	868	16.689				
237	5.650	885	17.172				
244	5.727	892	17.319				
261	5.942	909	17.845				
268	6.032	916	18.026				
309	6.566	981	20.170				
316	6.667	1005	21.029				
333	6.894	1029	22.023				
340	6.982	1053	22.947				
357	7.222	1125	27.139				
364	7.315						
381	7.543	1161.6	破断				
388	7.656						
405	7.872		—				
412	7.979						
477	8.942						
484	9.054						
501	9.341						
508	9.451						
525	9.746						

表16 クリープひずみ (ダイヤルデータ)

試験片符号：2-4				試験条件：620℃×15kgf/mm ²			
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	2.071	504	5.676	1632	17.679		
0.25	2.114	510	5.734	1656	18.103		
0.5	2.136	528	5.853	1680	18.506		
0.75	2.171	534	5.884	1704	18.914		
1	2.186	552	5.995	1728	19.333		
2	2.242	558	6.023	1752	19.795		
3	2.289	624	6.507	1848	21.729		
4	2.319	630	6.569	1896	23.068		
5	2.350	648	6.690				
6	2.368	654	6.747	1931.9	破断		
24	2.655	672	6.892				
30	2.721	678	6.912				
48	2.870	696	7.053				
54	2.910	720	7.252				
72	3.042	744	7.441				
78	3.085	767	7.653				
120	3.360	816	8.035				
126	3.394	864	8.454				
144	3.489	888	8.698				
150	3.533	912	8.890				
168	3.666	960	9.338				
174	3.676	984	9.547				
192	3.792	1008	9.761				
198	3.812	1032	9.977				
216	3.925	1056	10.232				
222	3.961	1128	11.009				
288	4.369	1152	11.290				
294	4.409	1176	11.589				
312	4.518	1200	11.885				
318	4.540	1224	12.133				
336	4.634	1296	13.016				
342	4.672	1320	13.320				
360	4.780	1344	13.619				
366	4.826	1368	13.923				
384	4.936	1392	14.205				
390	4.978	1464	15.180				
456	5.365	1488	15.493				
462	5.437	1512	15.819				
480	5.518	1536	16.142				
486	5.564	1560	16.500				

表17 クリープひずみ (ダイヤルデータ)

試験片符号: 3-1				試験条件: 620°C × 1.6 kgf/mm ²			
時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)
0	1.521	532	5.214	1509	7.908	2733	12.583
0.25	1.620	549	5.259	1533	7.969	2757	12.712
0.5	1.674	556	5.286	1557	8.033	2829	13.113
0.75	1.721	573	5.330	1581	8.097	2853	13.248
1	1.744	580	5.367	1653	8.297	2877	13.390
2	1.861	645	5.551	1677	8.361	2901	13.531
4	1.999	652	5.562	1701	8.432	2925	13.707
5	2.053	669	5.617	1725	8.504	2949	13.857
6	2.096	676	5.636	1749	8.565	2973	13.980
21	2.511	693	5.698	1821	8.774	3021	14.279
28	2.627	700	5.722	1845	8.868	3069	14.613
45	2.842	717	5.757	1869	8.950	3093	14.783
52	2.927	724	5.779	1877	8.973	3117	14.954
69	3.106	741	5.826	1893	9.030	3165	15.327
76	3.170	748	5.840	1917	9.121	3189	15.499
141	3.643	813	6.025	1965	9.189	3213	15.688
148	3.681	820	6.037	1989	9.344	3237	15.890
165	3.776	837	6.080	2013	9.425	3261	16.078
174	3.820	844	6.105	2037	9.500	3333	16.680
189	3.896	861	6.141	2061	9.582	3357	16.891
196	3.930	868	6.157	2085	9.725	3381	17.130
237	4.119	885	6.199	2109	9.766	3405	17.374
244	4.149	892	6.220	2181	10.066	3429	17.572
261	4.235	909	6.269	2205	10.166	3501	18.404
268	4.257	916	6.285	2229	10.295		
309	4.423	981	6.455	2253	10.369	3507	中止
316	4.443	988	6.469	2277	10.460		
333	4.513	1005	6.529	2325	10.651		
340	4.539	1029	6.586	2349	10.748		
357	4.603	1053	6.651	2373	10.847		
364	4.622	1125	6.854	2397	10.967		
381	4.681	1173	6.995	2421	11.067		
388	4.708	1245	7.176	2493	11.421		
405	4.762	1269	7.233	2517	11.527		
412	4.788	1317	7.393	2541	11.653		
477	4.994	1341	7.447	2565	11.745		
484	5.020	1365	7.507	2589	11.857		
501	5.069	1389	7.589	2661	12.201		
508	5.130	1413	7.649	2685	12.335		
525	5.187	1437	7.710	2709	12.453		

表18 クリーブひずみ (ダイヤルデータ)

試験片符号: 3-2		試験条件: 620°C × 15 kgf/mm ²					
時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)
0	1.466	532	3.917	1509	5.269	2733	6.788
0.25	1.531	549	3.940	1533	5.300	2757	6.809
0.5	1.571	556	3.964	1557	5.324	2829	6.895
0.75	1.608	573	3.980	1581	5.352	2853	6.936
1	1.629	580	3.996	1653	5.433	2877	6.975
2	1.712	645	4.082	1677	5.462	2901	6.990
4	1.816	652	4.114	1701	5.485	2925	7.032
5	1.859	669	4.128	1725	5.532	2949	7.071
6	1.890	676	4.138	1749	5.569	2973	7.108
21	2.210	693	4.163	1821	5.661	3021	7.179
28	2.292	700	4.174	1845	5.682	3069	7.260
45	2.471	717	4.190	1869	5.692	3093	7.292
52	2.534	724	4.202	1877	5.701	3117	7.330
69	2.649	741	4.225	1893	5.712	3165	7.393
76	2.700	748	4.239	1917	5.755	3189	7.432
141	2.998	813	4.329	1965	5.782	3213	7.459
148	3.021	820	4.346	1989	5.825	3237	7.484
165	3.080	837	4.369	2013	5.847	3261	7.521
174	3.104	844	4.376	2037	5.883	3333	7.619
189	3.137	861	4.393	2061	5.901	3357	7.661
196	3.181	868	4.412	2085	5.954	3381	7.694
237	3.290	885	4.430	2109	5.993	3405	7.737
244	3.311	892	4.464	2181	6.070	3429	7.761
261	3.355	909	4.467	2205	6.098	3501	7.728
268	3.391	916	4.480	2229	6.149		
309	3.479	981	4.566	2253	6.173	3507	中止
316	3.505	988	4.589	2277	6.195		
333	3.534	1005	4.601	2325	6.255		
340	3.552	1029	4.636	2349	6.286		
357	3.587	1053	4.669	2373	6.339		
364	3.595	1125	4.774	2397	6.372		
381	3.634	1173	4.835	2421	6.378		
388	3.646	1245	4.932	2493	6.487		
405	3.674	1269	4.972	2517	6.518		
412	3.700	1317	5.021	2541	6.541		
477	3.816	1341	5.049	2565	6.567		
484	3.833	1365	5.088	2589	6.593		
501	3.861	1389	5.109	2661	6.691		
508	3.892	1413	5.151	2685	6.717		
525	3.904	1437	5.186	2709	6.746		

表19

クリープひずみ (デジタルデータ)

試験片符号：1A-1		試験条件：550°C×26kgf/cm ²					
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	—	336	13.86				
2	10.08	348	14.03				
4	10.17	360	14.29				
6	10.23	372	14.42				
8	10.28	384	14.51				
10	10.31	396	14.66				
12	10.35	408	14.72				
14	10.39	420	14.86				
16	10.43	432	14.96				
18	10.47	444	15.15				
20	10.50	456	15.25				
22	10.53	468	15.43				
24	10.56	480	15.57				
30	10.62	492	15.79				
36	10.65	504	15.98				
42	10.83	528	16.42				
48	10.92	552	16.96				
60	11.11	576	17.96				
72	11.25						
84	11.44	576.9	破断				
96	11.54						
108	11.76						
120	11.91						
132	12.05						
144	12.14						
156	12.29						
168	12.36						
180	12.50						
192	12.57						
204	12.69						
216	12.78						
228	12.94						
240	13.02						
252	13.16						
264	13.21		—				
276	13.37						
288	13.43						
300	13.57						
312	13.63						
324	13.78						

表20

クリープひずみ (デジタルデータ)

試験片符号：1A-2		試験条件：550°C×24kgf/cm ²					
時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)
0	—	336	10.44				
2	8.22	348	10.49				
4	8.28	360	10.53				
6	8.33	372	10.59				
8	8.35	384	10.64				
10	8.37	396	10.68				
12	8.39	408	10.74				
14	8.40	420	10.79				
16	8.41	432	10.84				
18	8.43	444	10.91				
20	8.46	456	10.95				
22	8.48	468	11.02				
24	8.50	480	11.06				
30	8.58	492	11.11				
36	8.64	504	11.16				
42	8.71	528	11.33				
48	8.77	552	11.40				
60	8.88	576	11.49				
72	8.97	600	11.60				
84	9.08	624	11.70				
96	9.16	648	11.79				
108	9.25	672	11.89				
120	9.32	696	11.99				
132	9.40	744	12.21				
144	9.48	792	12.43				
156	9.56	840	12.72				
168	9.61	888	12.99				
180	9.69	936	13.31				
192	9.74	984	13.70				
204	9.81	1032	14.21				
216	9.87	1080	14.87				
228	9.94						
240	9.99	1110.6	破断				
252	10.05						
264	10.10						
276	10.16						
288	10.21						
300	10.28						
312	10.33						
324	10.39						

表21

クリープひずみ(デジタルデータ)

試験片符号：1A-3		試験条件：620℃×16kgf/cm ²					
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	—	336	15.83				
2	3.08	348	16.50				
4	3.25	360	17.20				
6	3.38	372	17.96				
8	6.48	384	18.70				
10	3.57	396	19.54				
12	3.66	408	20.36				
14	3.73	420	21.33				
16	3.81	432	22.32				
18	3.88	444	23.45				
20	3.95	456	24.60				
22	4.02	468	25.92				
24	4.08	480	26.97				
30	4.27	492	27.61				
36	4.44	504	27.96				
42	4.62						
48	4.78	520.0	破断				
60	5.11						
72	5.42						
84	5.76						
96	6.07						
108	6.43						
120	6.77						
132	7.14						
144	7.51						
156	8.02						
168	8.45						
180	8.87						
192	9.26						
204	9.72						
216	10.15						
228	10.63						
240	11.10						
252	11.60						
264	12.08		—				
276	12.68						
288	13.26						
300	13.87						
312	14.44						
324	15.10						

表22

クリープひずみ (デジタルデータ)

試験片符号：1A-4		試験条件：620℃×15kgf/cm ²					
時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)	時間(hr)	歪 (%)
0	—	336	8.91				
2	2.79	348	9.22				
4	2.90	360	9.49				
6	3.00	372	9.78				
8	3.06	384	10.05				
10	3.12	396	10.36				
12	3.18	408	10.63				
14	3.23	420	10.95				
16	3.28	432	11.23				
18	3.33	444	11.57				
20	3.36	456	11.86				
22	3.41	468	12.21				
24	3.45	480	12.51				
30	3.56	492	12.87				
36	3.67	504	13.19				
42	3.77	528	13.88				
48	3.86	552	14.58				
60	4.05	576	15.31				
72	4.22	600	16.06				
84	4.39	624	16.82				
96	4.55	648	17.61				
108	4.76	672	18.43				
120	4.93	696	19.32				
132	5.11	744	21.27				
144	5.28	792	23.51				
156	5.49	840	26.33				
168	5.66	888	29.95				
180	5.88	936	36.36				
192	6.06						
204	6.26	939.5	破断				
216	6.47						
228	6.72						
240	6.93						
252	7.18						
264	7.39						
276	7.65						
288	7.88						
300	8.15						
312	8.38						
324	8.66						

表23 クリーブひずみ (デジタルデータ)

試験片符号：2-1		試験条件：620°C×16kgf/cm ²					
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	—	336	6.94				
2	2.36	348	7.12				
4	2.48	360	7.28				
6	2.58	372	7.47				
8	2.64	384	7.60				
10	2.70	396	7.79				
12	2.76	408	7.91				
14	2.81	420	8.11				
16	2.85	432	8.26				
18	2.90	444	8.47				
20	2.92	456	8.60				
22	2.97	468	8.82				
24	3.00	480	8.97				
30	3.10	492	9.19				
36	3.19	504	9.36				
42	3.28	528	9.77				
48	3.35	552	10.16				
60	3.53	576	10.60				
72	3.65	600	10.99				
84	3.83	624	11.42				
96	3.94	648	11.85				
108	4.11	672	12.30				
120	4.25	696	12.80				
132	4.39	744	13.78				
144	4.48	792	14.85				
156	4.66	840	16.03				
168	4.75	888	17.21				
180	4.93	936	18.68				
192	5.03	984	20.29				
204	5.21	1032	22.19				
216	5.34	1080	24.30				
228	5.53	1128	27.39				
240	5.65						
252	5.85	1161.6	破断				
264	5.95						
276	6.16						
288	6.28						
300	6.48						
312	6.60						
324	6.78						

表24

クリープひずみ (デジタルデータ)

試験片符号：2-4		試験条件：620℃×15kgf/mm ²					
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	-	336	4.67	1176	11.65		
2	2.26	348	4.74	1200	11.92		
4	2.33	360	4.80	1224	12.17		
6	2.38	372	4.89	1248	12.46		
8	2.42	384	4.96	1272	12.76		
10	2.47	396	5.03	1296	13.05		
12	2.50	408	5.09	1320	13.36		
14	2.53	420	5.17	1344	13.66		
16	2.56	432	5.24	1368	13.96		
18	2.59	444	5.33	1392	14.25		
20	2.62	456	5.39	1416	14.57		
22	2.64	468	5.48	1440	14.90		
24	2.67	480	5.54	1464	15.22		
30	2.74	492	5.63	1488	15.55		
36	2.78	504	5.69	1512	15.87		
42	2.83	528	5.88	1536	16.20		
48	2.89	552	6.02	1560	16.53		
60	2.98	576	6.14	1584	16.89		
72	3.07	600	6.32	1608	17.30		
84	3.13	624	6.51	1632	17.71		
96	3.23	648	6.70	1656	18.15		
108	3.29	672	6.90	1680	18.55		
120	3.37	696	7.07	1704	18.95		
132	3.42	720	7.28	1728	19.37		
144	3.50	744	7.45	1752	19.85		
156	3.58	824	8.14	1776	20.30		
168	3.68	840	8.27	1800	20.78		
180	3.73	864	8.50	1824	21.28		
192	3.80	888	8.69	1848	21.80		
204	3.86	912	8.92	1872	22.45		
216	3.93	936	9.15	1896	23.18		
226	4.01	960	9.38	1920	24.24		
240	4.09	984	9.59				
252	4.16	1008	9.80	1931.9	破断		
264	4.24	1032	10.06				
276	4.31	1056	10.20				
288	4.39	1080	10.54				
300	4.43	1104	10.80				
312	4.54	1128	11.06				
324	4.60	1152	11.33				

表25 クリープひずみ (デジタルデータ)

試験片符号: 3-1		試験条件: 620℃×16kgf/mm ²					
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	—	336	4.54	1128	6.89	2591	11.86
2	1.85	348	4.58	1152	6.94	2615	11.97
4	1.99	360	4.62	1176	7.02	2639	12.09
6	2.09	372	4.66	1200	7.09	2663	12.21
8	2.17	384	4.69	1224	7.15	2687	12.34
10	2.24	396	4.74	1248	7.22	2711	12.46
12	2.31	408	4.78	1272	7.28	2735	12.60
14	2.35	420	4.83	1296	7.34	2759	12.72
16	2.41	432	4.87	1320	7.43	2783	12.86
18	2.45	444	4.91	1344	7.48	2807	12.98
20	2.49	456	4.94	1368	7.55	2831	13.11
22	2.53	468	4.98	1392	7.62	2855	13.25
24	2.56	480	5.02	1416	7.68	2879	13.38
30	2.66	492	5.05	1440	7.75	2903	13.52
36	2.75	504	5.08	1464	7.81	2927	13.70
42	2.82	528	5.21	1488	7.87	2951	13.85
48	2.88	552	5.27	1512	7.95	3048	14.46
60	3.02	576	5.34	1536	8.01	3072	14.63
72	3.13	600	5.42	2068	9.67	3096	14.80
84	3.25	624	5.49	2088	9.72	3120	14.98
96	3.33	648	5.57	2112	9.80	3144	15.18
108	3.42	672	5.63	2136	9.89	3168	15.35
120	3.50	696	5.72	2160	9.97	3192	15.52
132	3.59	720	5.78	2184	10.07	3216	15.71
144	3.66	744	5.85	2208	10.17	3240	15.92
156	3.74	768	5.91	2232	10.30	3264	16.10
168	3.79	792	5.98	2256	10.38	3288	16.30
180	3.87	816	6.04	2280	10.46	3312	16.48
192	3.92	840	6.11	2304	10.55	3336	16.70
204	3.98	864	6.16	2328	10.65	3360	16.90
216	4.03	888	6.22	2352	10.75	3384	17.15
228	4.09	912	6.29	2372	10.84	3408	17.38
240	4.13	936	6.36	2399	10.95	3432	17.59
252	4.20	960	6.44	2423	11.06	3456	17.85
264	4.25	984	6.49	2447	11.18	3480	18.14
276	4.30	1008	6.57	2471	11.28	3504	18.41
288	4.35	1032	6.63	2495	11.42		
300	4.40	1056	6.68	2519	11.52	3507	中止
312	4.44	1080	6.74	2543	11.64		
324	4.49	1104	6.81	2567	11.75		

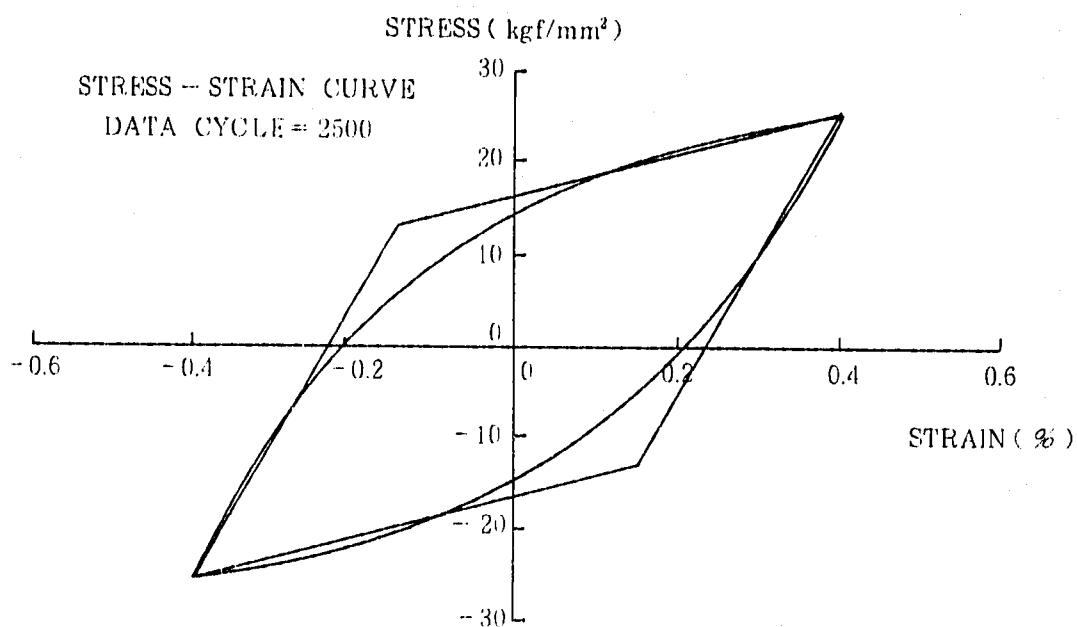
表26

クリープひずみ (デジタルデータ)

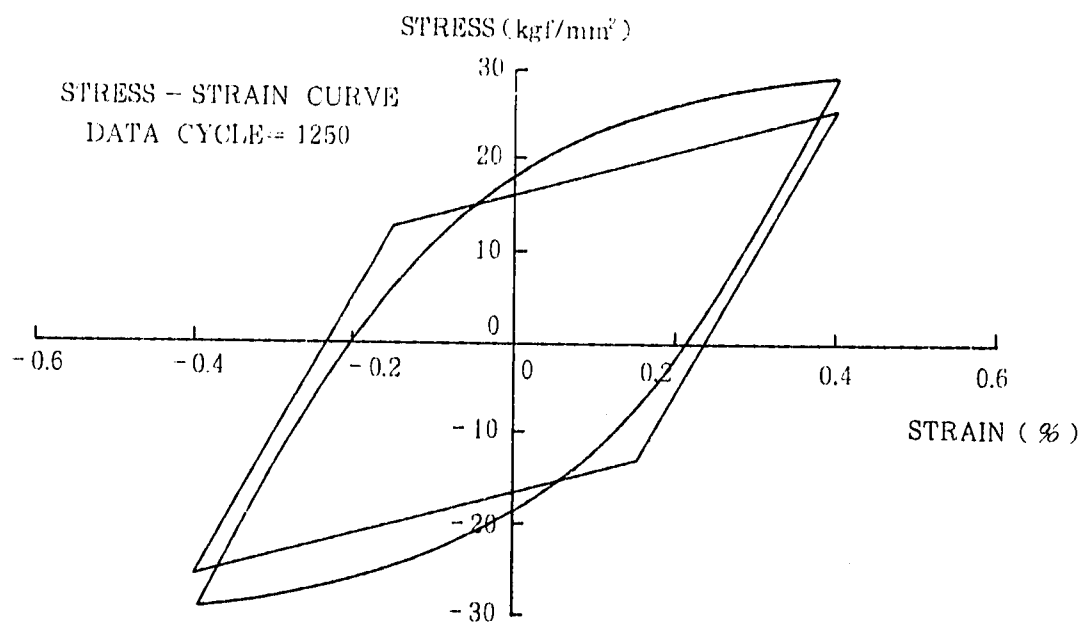
試験片符号：3-2		試験条件：620℃×15kgf/mm ²					
時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)	時間(hr)	歪(%)
0	—	336	3.53	1128	4.75	2591	6.62
2	1.71	348	3.54	1152	4.79	2615	6.65
4	1.81	360	3.56	1176	4.82	2639	6.67
6	1.89	372	3.58	1200	4.85	2663	6.69
8	1.95	384	3.61	1224	4.88	2687	6.72
10	2.00	396	3.62	1248	4.94	2711	6.75
12	2.05	408	3.66	1272	4.95	2735	6.79
14	2.09	420	3.69	1296	4.97	2759	6.81
16	2.12	432	3.73	1320	5.00	2783	6.85
18	2.16	444	3.74	1344	5.02	2807	6.90
20	2.19	456	3.78	1368	5.09	2831	6.92
22	2.22	468	3.79	1392	5.08	2855	6.93
24	2.24	480	3.84	1416	5.13	2879	6.96
30	2.32	492	3.83	1440	5.16	2903	7.01
36	2.40	504	3.87	1464	5.19	2927	7.03
42	2.45	528	3.90	1488	5.22	2951	7.05
48	2.50	552	3.95	1512	5.25	3048	7.22
60	2.59	576	3.97	1536	5.27	3072	7.25
72	2.68	600	4.00	2068	5.94	3096	7.32
84	2.73	624	4.04	2088	5.96	3120	7.36
96	2.81	648	4.07	2112	6.00	3144	7.38
108	2.84	672	4.12	2136	6.06	3168	7.40
120	2.89	696	4.15	2160	6.07	3192	7.43
132	2.94	720	4.20	2184	6.09	3216	7.48
144	3.00	744	4.22	2208	6.13	3240	7.53
156	3.04	768	4.25	2232	6.18	3264	7.55
168	3.08	792	4.29	2256	6.21	3288	7.58
180	3.10	816	4.34	2280	6.23	3312	7.61
192	3.16	840	4.35	2304	6.27	3336	7.63
204	3.17	864	4.38	2328	6.29	3360	7.66
216	3.22	888	4.44	2352	6.32	3384	7.72
228	3.24	912	4.45	2372	6.36	3408	7.75
240	3.28	936	4.49	2399	6.35	3432	7.78
252	3.31	960	4.53	2423	6.40	3456	7.82
264	3.36	984	4.57	2447	6.43	3480	7.88
276	3.38	1008	4.62	2471	6.45	3504	7.91
288	3.43	1032	4.62	2495	6.50		
300	3.44	1056	4.65	2519	6.53	3507	中止
312	3.48	1080	4.68	2543	6.55		
324	3.49	1104	4.72	2567	6.58		

付録C 繰り返し応力-ひずみ曲線と2直線近似の比較

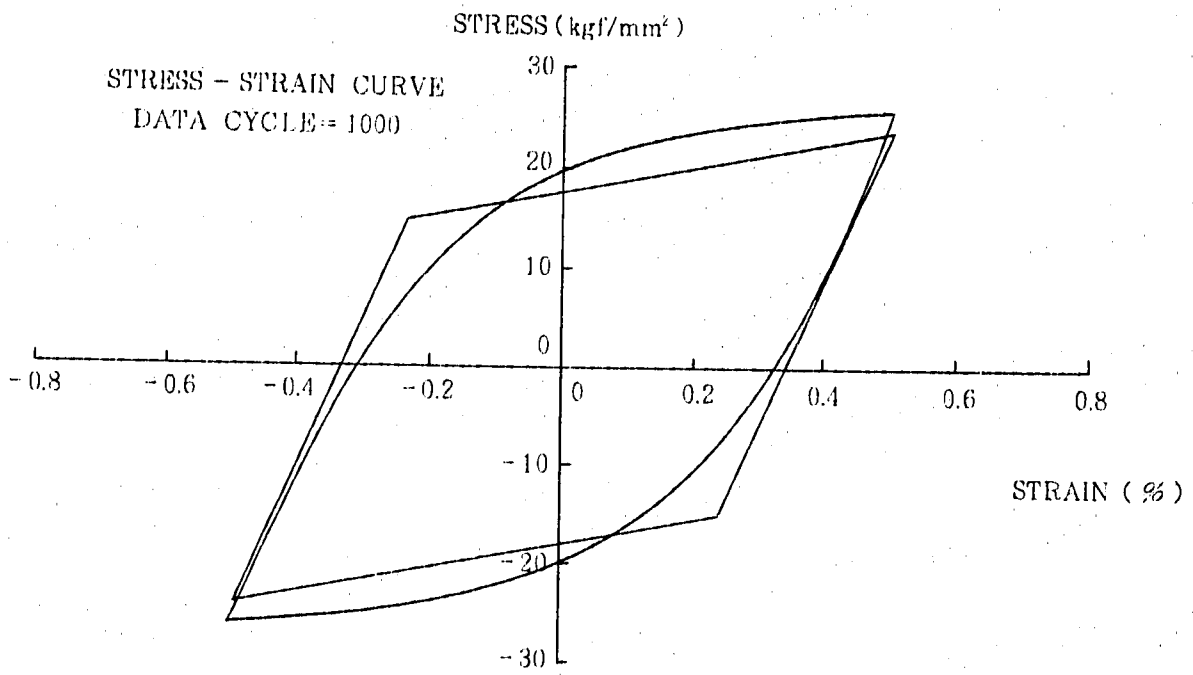
付図1	1A-3 (550°C、 $\Delta \varepsilon_1 = 0.8\%$ 、 $\dot{\varepsilon} = 0.1\%/sec$)	111
付図2	1A-6 (550°C、 $\Delta \varepsilon_1 = 0.8\%$ 、 $\dot{\varepsilon} = 0.01\%/sec$)	111
付図3	1A-2 (620°C、 $\Delta \varepsilon_1 = 1.0\%$ 、 $\dot{\varepsilon} = 0.1\%/sec$)	112
付図4	1A-1 (620°C、 $\Delta \varepsilon_1 = 0.8\%$ 、 $\dot{\varepsilon} = 0.1\%/sec$)	112
付図5	1A-5 (620°C、 $\Delta \varepsilon_1 = 0.8\%$ 、 $\dot{\varepsilon} = 0.01\%/sec$)	113
付図6	1A-4 (620°C、 $\Delta \varepsilon_1 = 0.7\%$ 、 $\dot{\varepsilon} = 0.1\%/sec$)	113
付図7	2-1 (620°C、 $\Delta \varepsilon_1 = 0.8\%$ 、 $\dot{\varepsilon} = 0.1\%/sec$)	114
付図8	2-2 (620°C、 $\Delta \varepsilon_1 = 0.7\%$ 、 $\dot{\varepsilon} = 0.1\%/sec$)	114
付図9	3-1 (620°C、 $\Delta \varepsilon_1 = 0.8\%$ 、 $\dot{\varepsilon} = 0.1\%/sec$)	115
付図10	3-2 (620°C、 $\Delta \varepsilon_1 = 0.7\%$ 、 $\dot{\varepsilon} = 0.1\%/sec$)	115



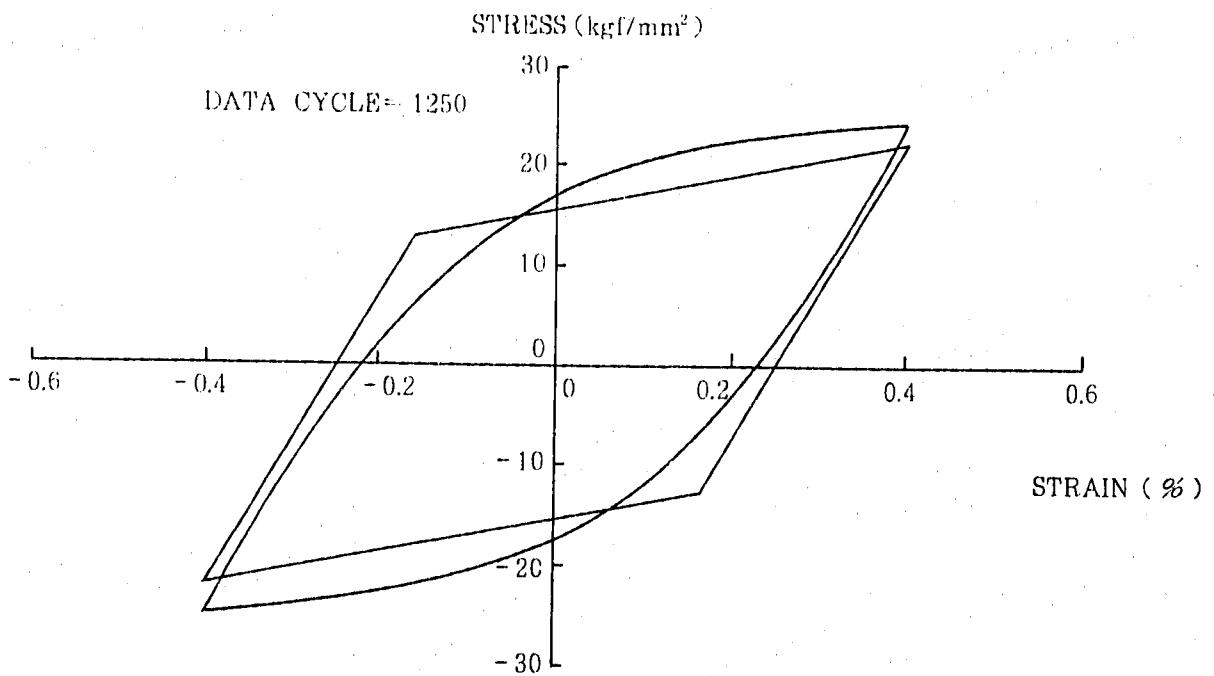
付図1 マーク : 1A-3 試験温度 : 550°C $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$ A



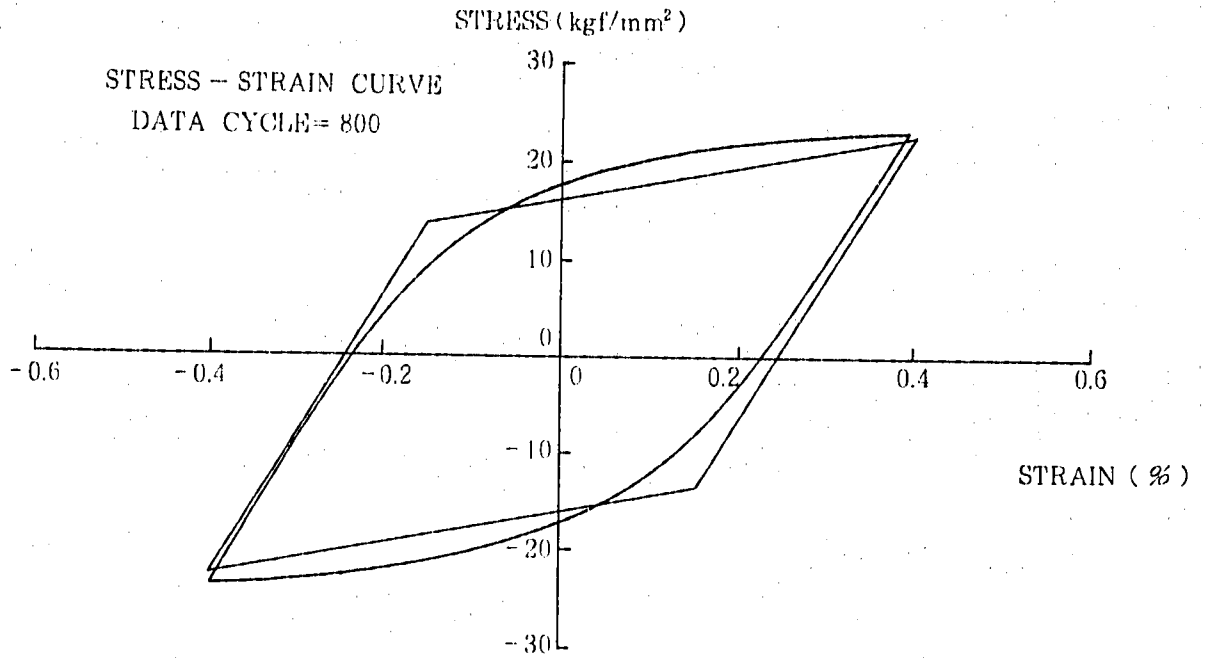
付図2 マーク : 1A-6 試験温度 : 550°C $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.01\%/sec$ B



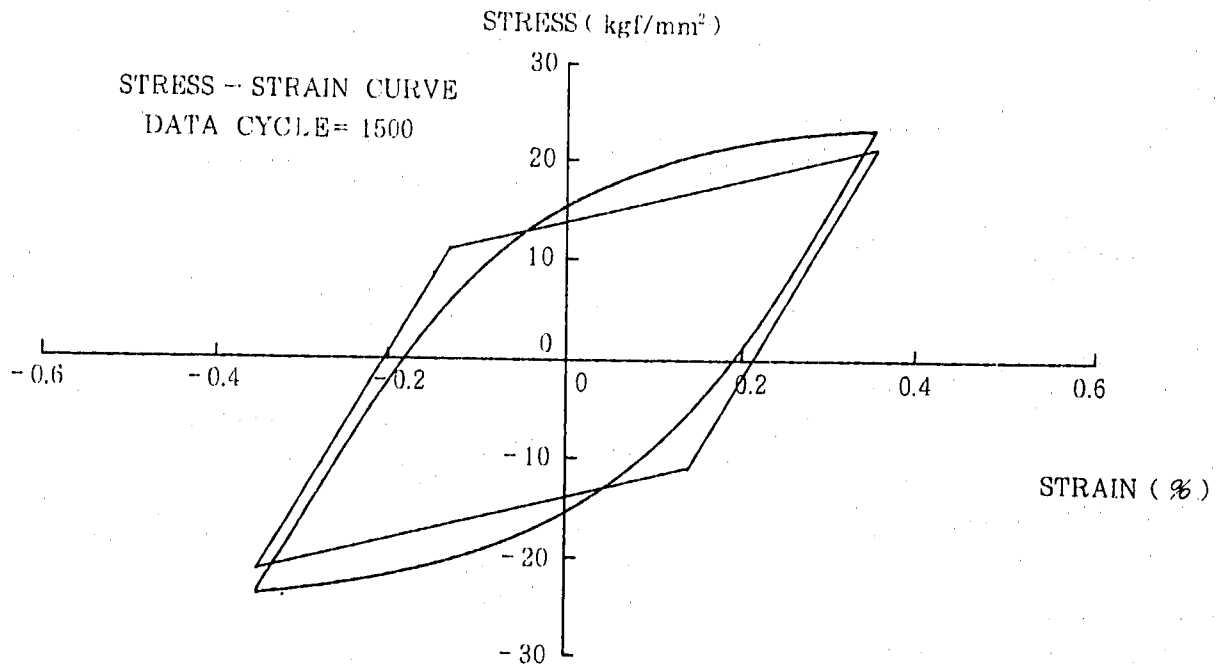
付図3 マーク：1A-2 試験温度：620°C $\Delta \epsilon t = 1.0\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$ C



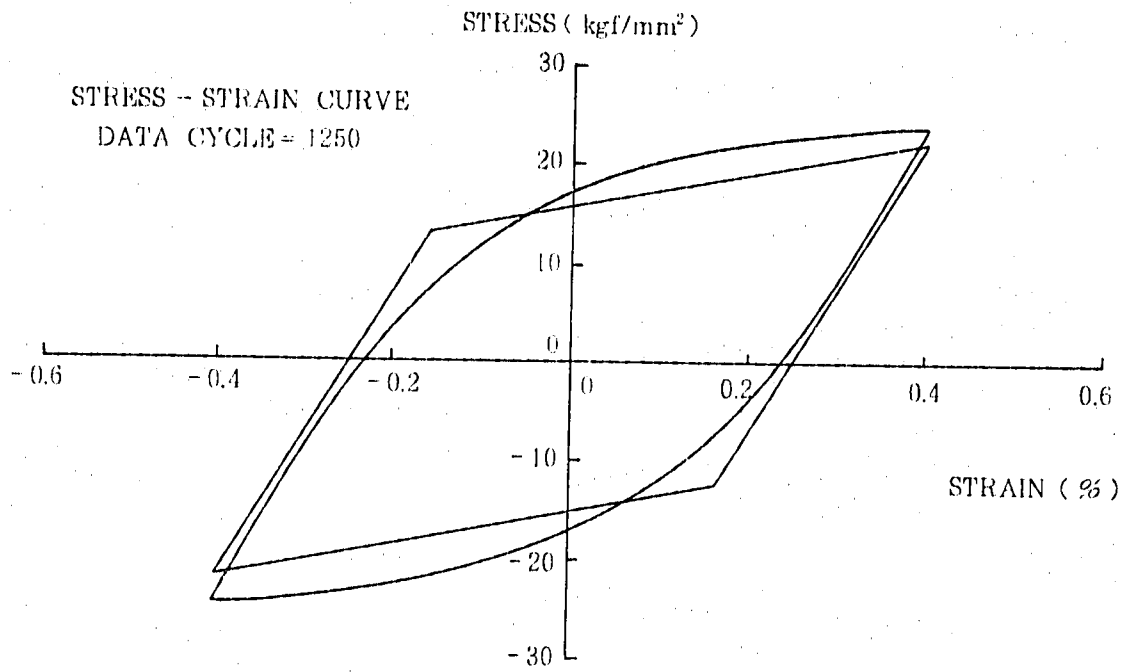
付図4 マーク：1A-1 試験温度：620°C $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$ D



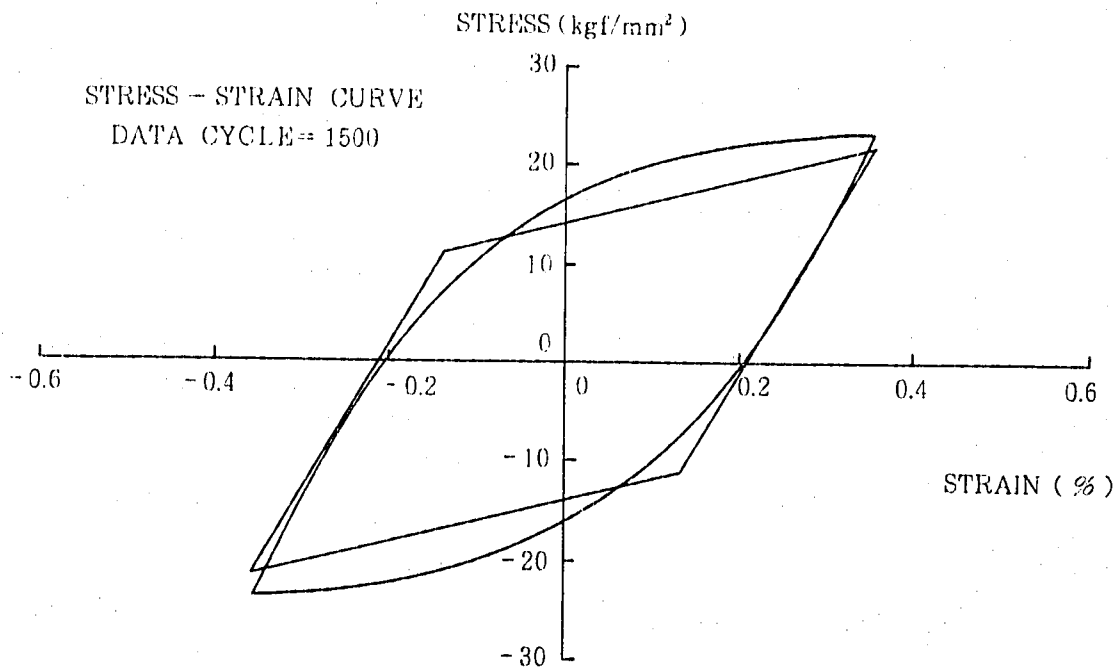
付図5 マーク：1A-5 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.01\%/sec$ E



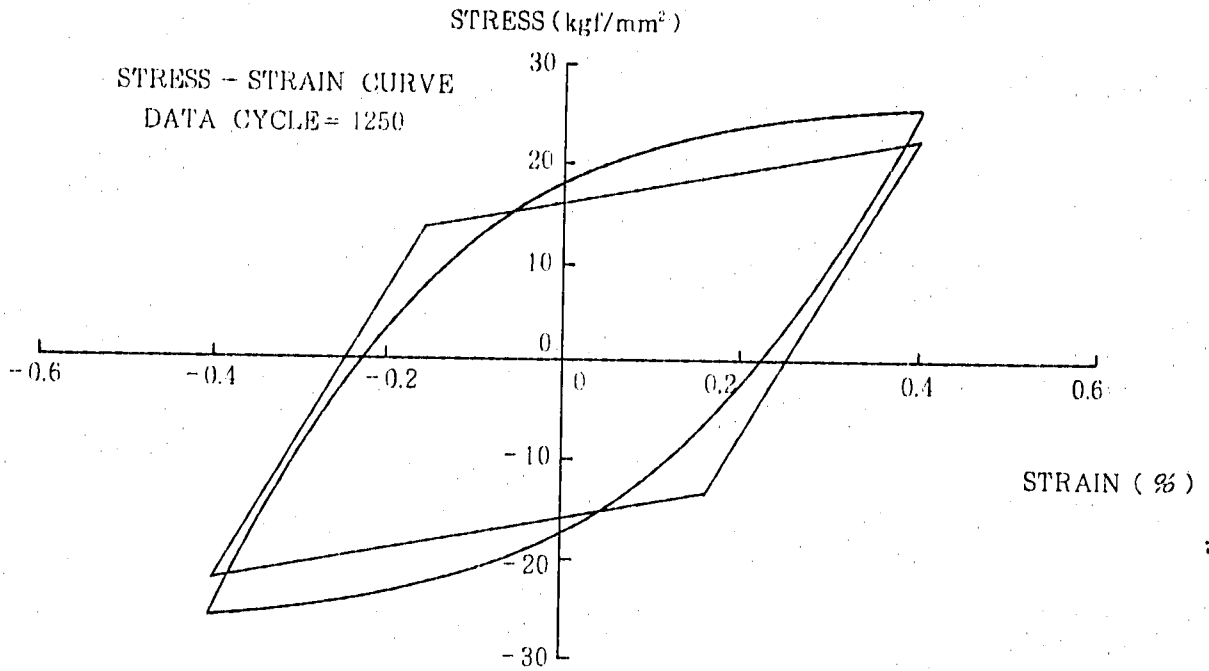
付図6 マーク：1A-4 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.7\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$ F



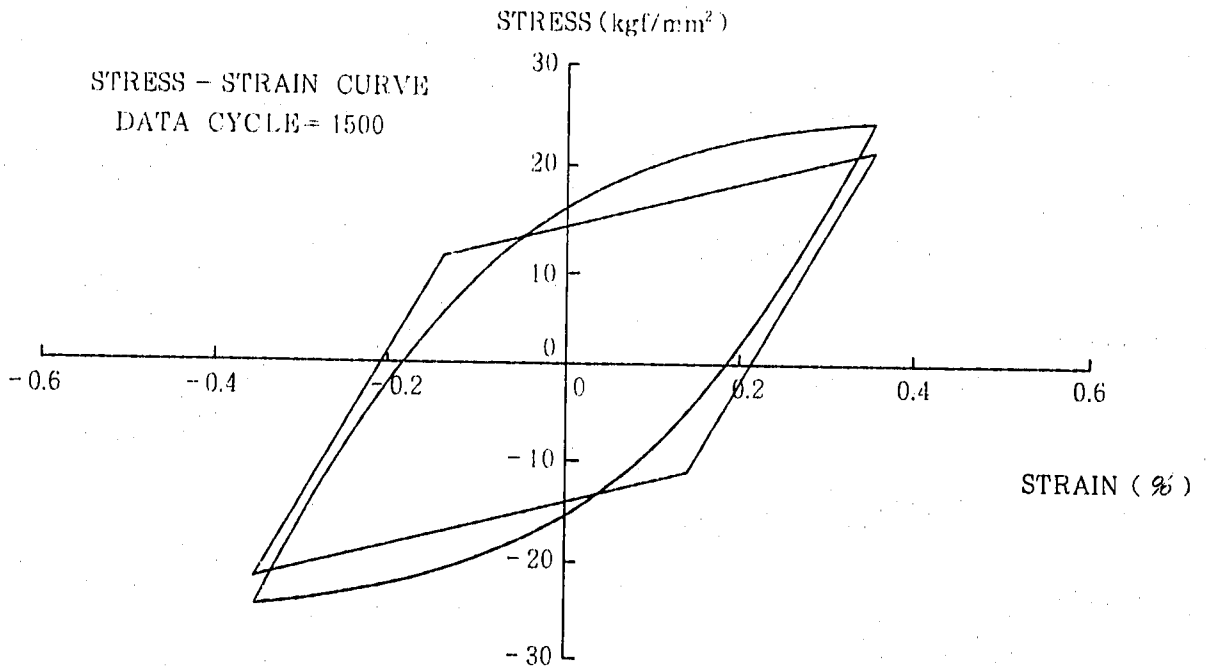
付図7 マーク：2-1 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon_t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$ G



付図8 マーク：2-2 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon_t = 0.7\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$ H



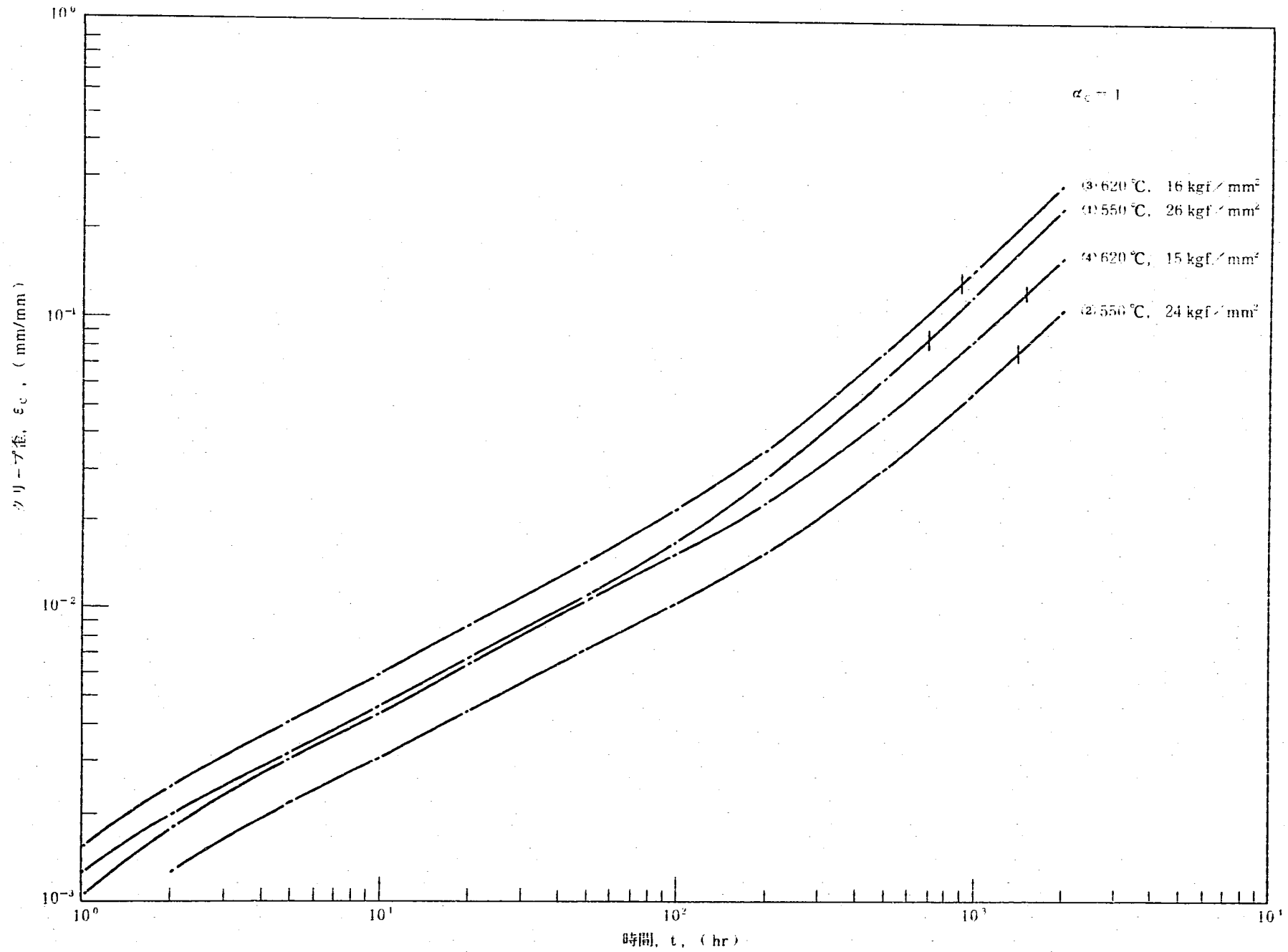
付図9 マーク：3-1 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.8\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$ I



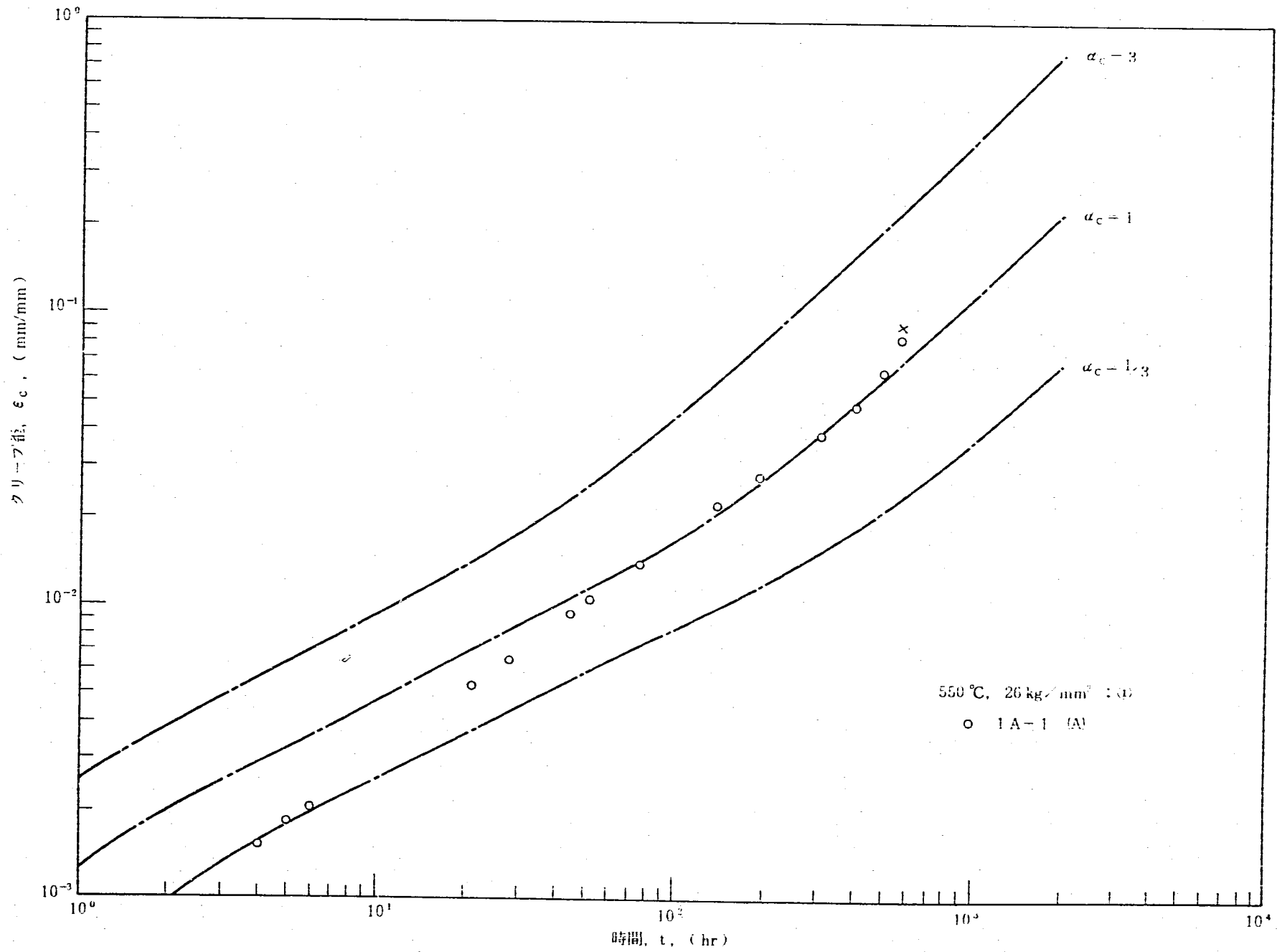
付図10 マーク：3-2 試験温度：620℃ $\Delta \epsilon t = 0.7\%$ $\dot{\epsilon} = 0.1\%/sec$ J

付録D クリープ曲線の計算値と実験値の比較

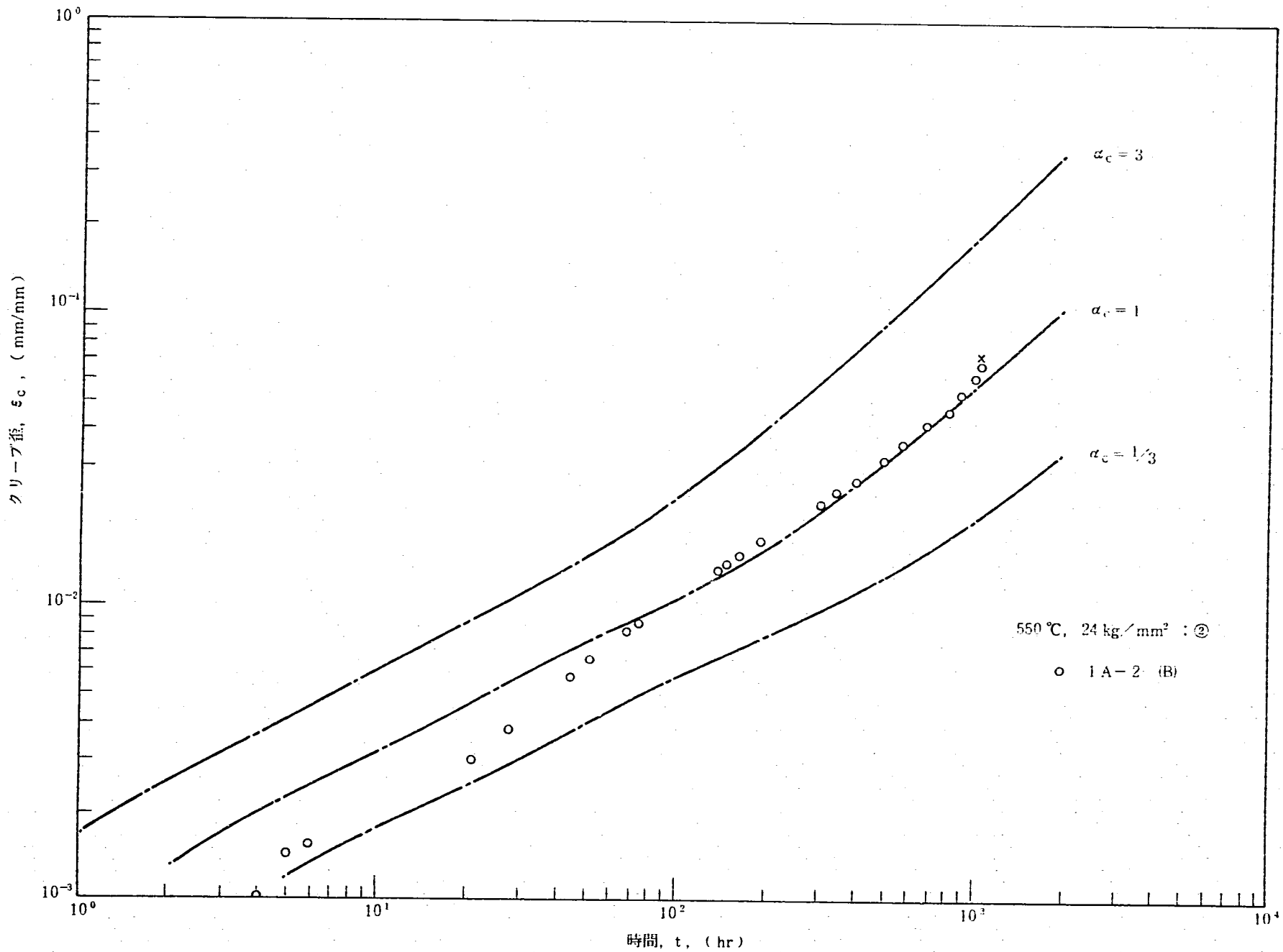
付図11	4 試験条件での平均クリープ曲線（計算値）の比較	119
付図12	550℃、 $\sigma = 2.6 \text{ kgf/mm}^2$ 条件での計算値と実験値の比較	120
付図13	550℃、 $\sigma = 2.4 \text{ kgf/mm}^2$ 条件での計算値と実験値の比較	121
付図14	620℃、 $\sigma = 1.6 \text{ kgf/mm}^2$ 条件での計算値と実験値の比較	122
付図15	620℃、 $\sigma = 1.5 \text{ kgf/mm}^2$ 条件での計算値と実験値の比較	123



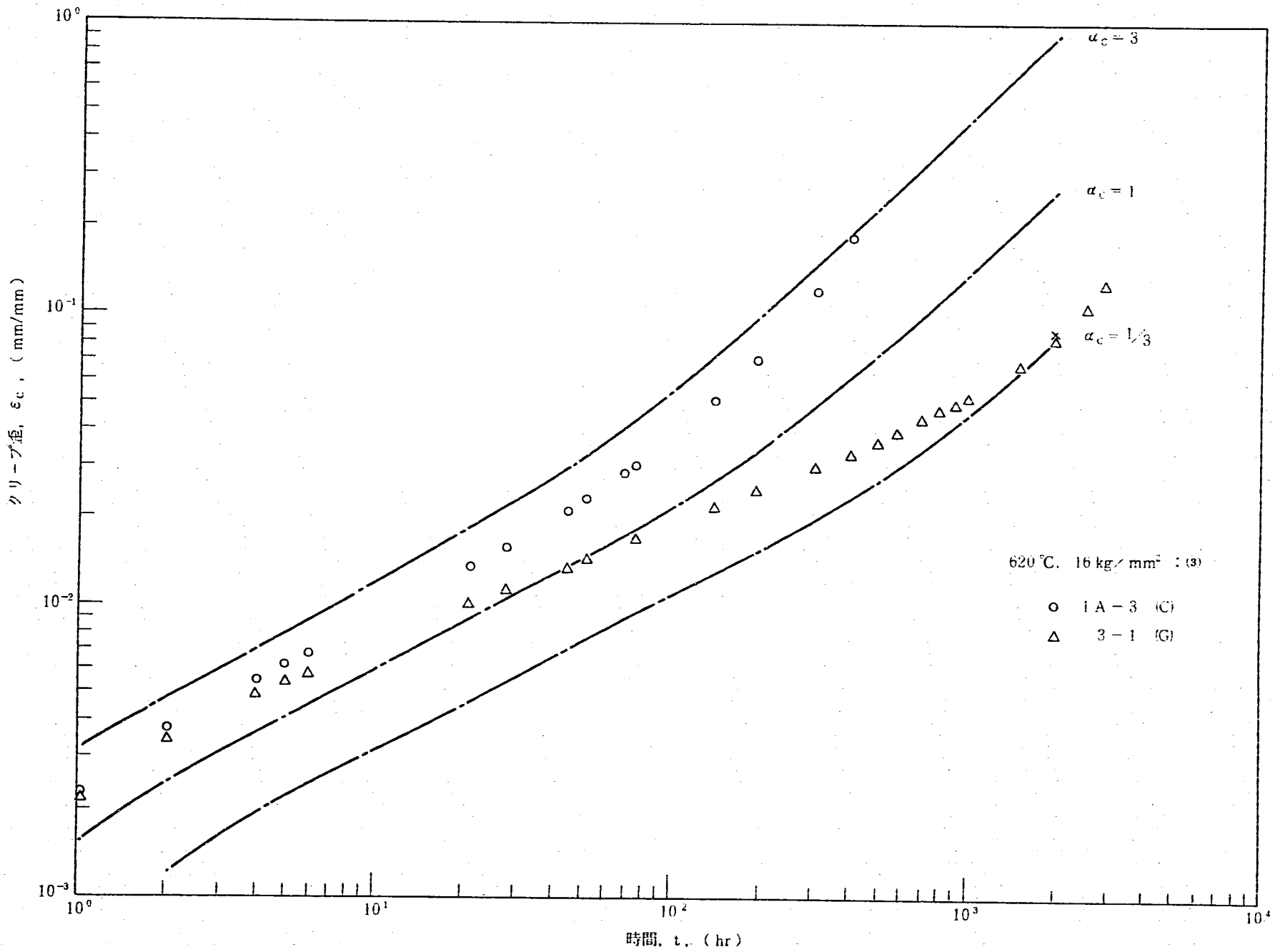
付図11 4試験条件での平均クリープ曲線(計算値)の比較



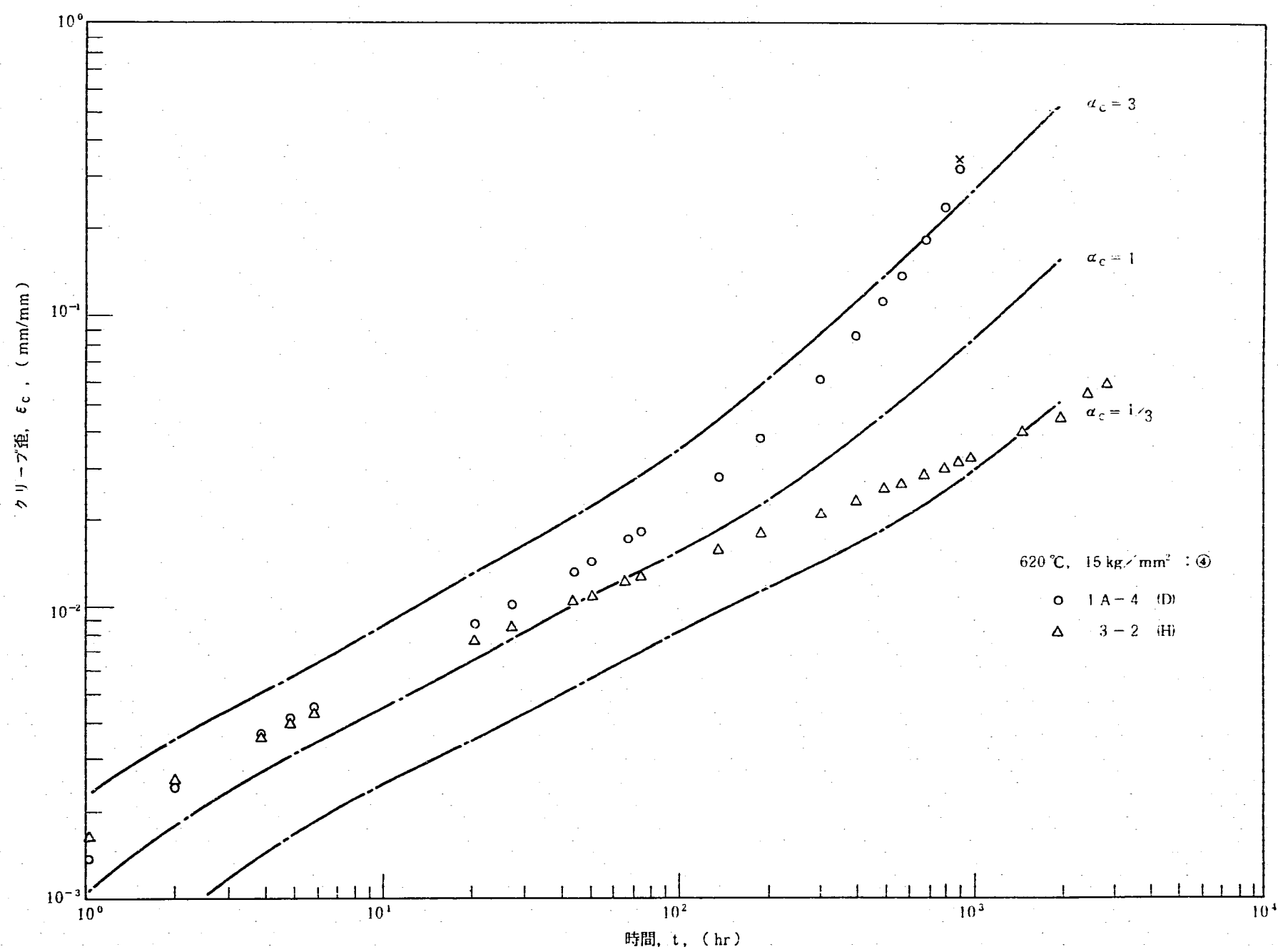
付図12 550°C、 $\sigma = 26 \text{ kg/mm}^2$ 条件での計算値と実験値の比較



付図13 550 °C、 $\sigma = 24 \text{ kg/mm}^2$ 条件での計算値と実験値の比較



付図14 620 °C、 $\sigma = 16 \text{ kg/mm}^2$ 条件での計算値と実験値の比較



付図15 620°C、 $\sigma = 15 \text{ kg/mm}^2$ 条件での計算値と実験値の比較