

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
2007. 6. 6
変更する。

[技術情報室]

ATR実証炉燃料被覆管のLOCA時を模擬した 外圧座屈試験（I）

1987年5月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

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

けに配
お、こ

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

目 次

1. 試験目的	1
2. 試験方法	2
2.1 試験装置	2
2.2 試験方法	2
2.2.1 供試材	2
2.2.2 試験条件	2
2.2.3 試験方法	3
3. 試験結果	5
3.1 中空試験結果	5
3.2 中実試験結果	5
3.3 中央部欠損試験結果	6
4. 評価	7
5. まとめ	8

目 次

1. 試験目的	1
2. 試験方法	2
2.1 試験装置	2
2.2 試験方法	2
2.2.1 供試材	2
2.2.2 試験条件	2
2.2.3 試験方法	3
3. 試験結果	5
3.1 中空試験結果	5
3.2 中実試験結果	5
3.3 中央部欠損試験結果	6
4. 評価	7
5. まとめ	8

表 の リ ス ト

表-1	試験条件	3
表-2-1	中空試験結果 (外圧 70 kg/cm ²)	11
表-2-2	中空試験結果 (外圧 70 kg/cm ²)	12
表-3	中空試験結果 (外圧 60 kg/cm ²)	13
表-4	ヘリウムリーク試験結果	15
表-5	中実試験結果 (外圧 70 kg/cm ²)	18
表-6	中央部欠損試験結果 (外圧 70 kg/cm ²)	19

図 の リ ス ト

図-1	試験装置の概略図	9
図-2	試験片形状図	10
図-3	中空試験の温度と座屈時間の関係 (外圧 70, 60 kg/cm ²)	14
図-4	中空試験の温度と座屈時間の関係 (外圧 70 kg/cm ²)	16
図-5	中空試験の温度と座屈時間の関係 (外圧 60 kg/cm ²)	17

写 真 の リ ス ト

写真1-1-1	中空試験後試料外観 (試験温度 750 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	20
写真1-1-2	中空試験後試料外観 (試験温度 750 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	20
写真1-2-1	中空試験後試料外観 (試験温度 700 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	21
写真1-2-2	中空試験後試料外観 (試験温度 700 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	21
写真1-3-1	中空試験後試料外観 (試験温度 675 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	22
写真1-3-2	中空試験後試料外観 (試験温度 675 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	22
写真1-4-1	中空試験後試料外観 (試験温度 650 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	23
写真1-4-2	中空試験後試料外観 (試験温度 650 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	23
写真1-5-1	中空試験後試料外観 (試験温度 625 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	24
写真1-5-2	中空試験後試料外観 (試験温度 625 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	24
写真1-6-1	中空試験後試料外観 (試験温度 625 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	25
写真1-6-2	中空試験後試料外観 (試験温度 625 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	25
写真1-7-1	中空試験後試料外観 (試験温度 750 °C, 外圧 60 kg/cm ²)	26
写真1-7-2	中空試験後試料外観 (試験温度 750 °C, 外圧 60 kg/cm ²)	26
写真1-8-1	中空試験後試料外観 (試験温度 725 °C, 外圧 60 kg/cm ²)	27
写真1-8-2	中空試験後試料外観 (試験温度 725 °C, 外圧 60 kg/cm ²)	27
写真1-9-1	中空試験後試料外観 (試験温度 700 °C, 外圧 60 kg/cm ²)	28
写真1-9-2	中空試験後試料外観 (試験温度 700 °C, 外圧 60 kg/cm ²)	28
写真1-10-1	中空試験後試料外観 (試験温度 675 °C, 外圧 60 kg/cm ²)	29
写真1-10-2	中空試験後試料外観 (試験温度 675 °C, 外圧 60 kg/cm ²)	29
写真1-11-1	中空試験後試料外観 (試験温度 650 °C, 外圧 60 kg/cm ²)	30
写真1-11-2	中空試験後試料外観 (試験温度 650 °C, 外圧 60 kg/cm ²)	30
写真2-1	中実試験後試料外観 (試験温度 800 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	31
写真2-2	中実試験後試料外観 (試験温度 700 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	32
写真3-1-1	中央部欠損試験後試料外観 (試験温度 800 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	33
写真3-1-2	中央部欠損試験後試料外観 (試験温度 800 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	33
写真3-2-1	写真3-1-1の拡大	34
写真3-2-2	写真3-1-2の拡大	34
写真3-3	中央部欠損試験後試料外観 (試験温度 750 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	35
写真3-4	中央部欠損試験後試料外観 (試験温度 700 °C, 外圧 70 kg/cm ²)	36

チャートのリスト

チャート 1	中実試験後試料の軸方向形状 (試料No S10898-11)	37
チャート 2	中実試験後試料の軸方向形状 (試料No S10898-10)	38
チャート 3	中実試験後試料の軸方向形状 (試料No S10898-9)	39
チャート 4	中実試験後試料の軸方向形状 (試料No S10898-7)	40
チャート 5	中実試験後試料の軸方向形状 (試料No S10900-13)	41
チャート 6	中実試験後試料の軸方向形状 (試料No S10900-12)	42
チャート 7	中実試験後試料の軸方向形状 (試料No S10900-11)	43

1. 試 験 目 的

ATR 実証炉では、冷却材喪失事故 (LOCA) が発生した後、原子炉冷却材圧力が高いうちに燃料被覆管温度が上昇することが考えられる。この LOCA 時の解析では、被覆管内、外圧差が 60 kg/cm²程度、外圧の方が高い間に燃料被覆管温度は約 690 °C まで上昇することが予想される。このような条件下でも ATR 実証炉燃料被覆管の外圧座屈は起こらないと言われており、また仮に起こったとしても破損に至ることはないと言われている。しかし“破損しない”と断言するにはデータ数が少く、それを実証するには十分な根拠となっていない。したがって、62～64 年度に炉外試験を計画し、そのデータを基に根拠の妥当性について評価することとなった。

本試験は、被覆管外圧座屈試験装置の製作にあたっての基本仕様を決定するために、簡易装置により実験し、そのデータを得たものである。

2. 試験方法

2.1 試験装置

試験装置の概略を図-1に示す。

本試験装置は、圧力容器内に試験片を装着した後、不活性ガス(Arガス)によって内、外圧を同時に負荷し、直接通電方式により加熱した後、内圧だけをパーージすることによって、試験片を座屈させる装置である。尚、昇温能力は最高800°C、加圧能力は最大100 kg/cm²である。

2.2 試験方法

2.2.1 供試材

ATR実証炉被覆管

(1) 材質

Zry-2

(2) 寸法

14.50 mm^{OD}×12.70 mm^{ID}×0.82 mm^T×300 mm^L

(3) 試験片形状

中空、中実、および中央部欠損試験片形状を図-2に示す。

① 中空試験片

外圧座屈発生条件を調べるための、被覆管中空状態の試験片。

② 中実試験片

被覆管に模擬ペレットを封入し、ATR実証炉燃料ピンを模擬した状態で座屈させ、被覆管の座屈による破損の有無を調べるための被覆管中実状態の試験片。

③ 中央部欠損試験片

中実試験片の中央部に外径2mmのペレットスペーサを入れ、ATR実証炉燃料ピンの燃料ペレット焼きしまり等によるペレット欠損を模擬した状態で座屈させ、被覆管の座屈による破損を調べるための、被覆管中央部欠損状態の試験片。

2.2.2 試験条件

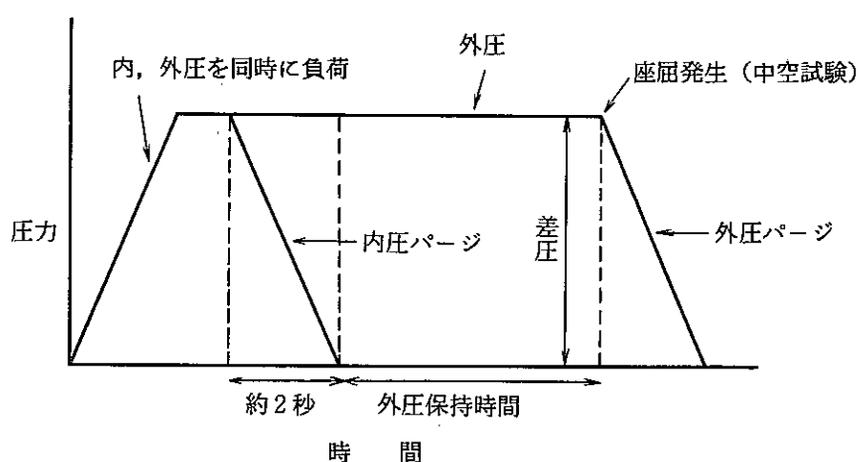
試験条件を表-1に示す。

表-1 試験条件

試験名 \ 条件	外 圧 (kg/cm ²)	温 度 (°C)	外圧保持時間 (秒)
中 空 試 験	60	650~750	座屈発生まで
	70	600~750	座屈発生まで
中 実 試 験	70	700	20, 60
		800	20, 60
中央部欠損試験	70	700	20
		750	20
		800	60

2.2.3 試験方法

試験時の内圧および外圧の変動と、時間の経過の関係を次図に示す。



(1) 中空試験

常温で中空試験片に内、外圧を試験圧力まで同時に負荷(差圧0)した後、昇温し、内圧だけをパージすることによって、試験開始とした。試験時間の計測は、圧力チャート上の内、外圧差が試験圧力となった時からとし、座屈発生は、座屈による試験片容量の変化によっておこる圧力チャート上の内圧および外圧変化から検知し、座屈発生と同時に外圧をパージした。

試験終了後、内圧導入端栓の加圧穴をTIG溶接で塞ぎ、ヘリウムリーク試験を行って座屈による破損(貫通孔)の有無を調べた。

(2) 中実試験

常温で中実試験片に内、外圧を試験圧力まで同時に負荷(差圧0)した後、昇温し、内圧だけをパージすることによって、試験開始とした。試験時間の計測は、圧力チャート上の内、外圧

差が試験圧力になった時からとし、保持時間に達すると同時に外圧をパーズした。

座屈の形態は、試験前、後の外径測定値および*形状測定装置による測定結果から判定した。また、試験終了後、内圧導入端栓の加圧穴を TIG 溶接で塞ぎ、ヘリウムリーク試験を行って座屈による破損（貫通孔）の有無を調べた。

* 被測定物の表面を触針で走査し、凹凸を拡大して記録紙に描く装置。

(3) 中央部欠損試験

常温で中央部欠損試験片に内、外圧を試験圧力まで同時に負荷（差圧 0）した後、昇温し、内圧だけをパーズすることによって、試験開始とした。試験時間の計測は、圧力チャート上の内、外圧差が試験圧力になった時からとし、保持時間に達すると同時に外圧をパーズした。

試験終了後、内圧導入端栓の加圧穴を TIG 溶接で塞ぎ、ヘリウムリーク試験を行って座屈による破損（貫通孔）の有無を調べた。

3. 試験結果

3.1 中空試験結果

試験温度と試験開始から座屈発生までの時間の関係を表-2-1, 2, 表-3および図-3に, ヘリウムリーク試験結果を表-4に示す。尚, 表-2-1, 2, 表-3には, 初期楕円度と座屈の方向の関係も示す。

- (1) 試験結果から差圧 70 kg/cm^2 一定の状態では 640°C 近傍で, 差圧 60 kg/cm^2 一定の状態では 710°C 近傍で, それぞれ 30 秒後に座屈が発生すると考えられる。しかしながら, 今回の試験で得られたデータにはバラツキがあり, 低温側ほど大きくなっている。これは, 本装置が直接通電加熱方式であること, および昇温時にガスの対流が起こることから, 試験片軸方向の温度分布は試験温度となる試験片中央部が測定点 3ヶ所の中で最高温度となり, 上部, 下部の測定点はそれより低く最大差で 30°C となっていること。また, 内圧をパーージした後に温度が不安定となり, 座屈時間の長くなる低温側でこの影響を大きく受けることが要因と考えられる。

試験片軸方向温度の不均一性を考慮し, 温度幅をプロットして図-4, 5に示す。この場合, 差圧 70 kg/cm^2 一定の状態では 620°C 近傍で, 差圧 60 kg/cm^2 一定の状態では 680°C 近傍で, それぞれ 30 秒後に座屈が発生すると考えられる。

- (2) ヘリウムリーク試験の結果, 「ふげん」燃料要素製造時の判定基準を十分に満足しており, 座屈による破損(貫通孔)は認められなかった。
- (3) 初期楕円度と座屈方向の相関は, 本試験の供試材程度の初期楕円度では認められなかった。

3.2 中実試験結果

試験温度, 外圧保持時間と座屈形態の関係を表-5に, ヘリウムリーク試験結果を表-4に示す。尚, 表-5には, 試験前, 後の試験片寸法も示す。

- (1) 試験結果から差圧 70 kg/cm^2 一定の状態では, 試験温度 800°C , 外圧保持時間 60 秒で Waisting, 試験温度 800°C , 外圧保持時間 20 秒で Collapse の座屈形態が見られた。
- (2) ヘリウムリーク試験の結果, 「ふげん」燃料要素製造時の判定基準を十分に満足しており, Waisting, Collapse の座屈形態でも, 座屈による破損(貫通孔)の発生は認められなかった。

注) 座屈形態の定義

- ペレットに接触していない状態 (Free standing)
- 微かに楕円化し, ペレットと 2 点で接触している状態 (Buckling)
- ペレット上に一様に潰れている状態 (Collapse)

○ペレットの軸方向ギャップに沿ってくびれている状態 (Waisting)

3.3 中央部欠損試験結果

試験温度、外圧保持時間とペレット欠損部の座屈形態の関係を表-6に、ヘリウムリーク試験結果を表-4に示す。尚、表-6には試験前、後の試験片寸法も示す。

- (1) 試験結果から差圧 70 kg/cm^2 一定の状態でのペレット欠損部は、試験温度 $800 \text{ }^\circ\text{C}$ 、外圧保持時間 60 秒で、2 方向から外径 2 mm のペレットスペーサまで、完全に座屈した。
- (2) ヘリウムリーク試験の結果、「ふげん」燃料要素製造時の判定基準を十分に満足しており、ペレット欠損部が 2 方向から外径 2 mm のペレットスペーサまで完全に座屈している状態でも、座屈による破損（貫通孔）の発生は認められなかった。

4. 評 価

ATR 実証炉燃料要素の LOCA 時の外圧座屈発生条件は、外圧 70 kg/cm^2 の状態では 620°C 近傍で、外圧 60 kg/cm^2 の状態では 680°C 近傍で、それぞれ 30 秒後に座屈が発生することが判った。また、外圧 70 kg/cm^2 、温度 800°C の状態では、外圧保持時間が 20 秒以上で、被覆管の破損の原因となる座屈形態である Collapse, および Waisting が発生することが判った。

破損については、今回実施した試験の中で破損に対して最も厳しい条件となる、燃料ペレット焼きしまり等によるペレット欠損状態を模擬した中央部欠損試験の結果でも、被覆管の破損の発生は認められなかった。

5. ま と め

ATR 実証炉燃料要素の LOCA 時を模擬して行った、ATR 実証炉燃料被覆管の外圧座屈予備試験の結果をまとめると、次のとおりである。

- (1) ATR 実証炉燃料要素の LOCA 時の外圧座屈発生条件は、次のとおりである。
 - ① 外圧 70 kg/cm^2 の状態では 620°C 近傍で、外圧 60 kg/cm^2 の状態では 680°C 近傍で、それぞれ 30 秒後に座屈が発生する。
 - ② 外圧 70 kg/cm^2 、温度 800°C 、外圧保持時間 20 秒以上で、被覆管の破損の原因となる Collapse、および Waisting が発生する。
- (2) 座屈による破損は、すべての試験片に認められなかった。
- (3) 本試験で得られたデータを基に、試験装置を 62 年度に製作する予定である。試験装置の主仕様は、現有装置と基本的には同等とするが、LOCA 時の被覆管温度の急上昇を模擬するため、昇温速度は最大 300°C/sec を目標とする。
- (4) 63 年度から試験の実施を予定しており、得られたデータを基に LOCA 時の被覆管の外圧座屈による破損について評価を行う。

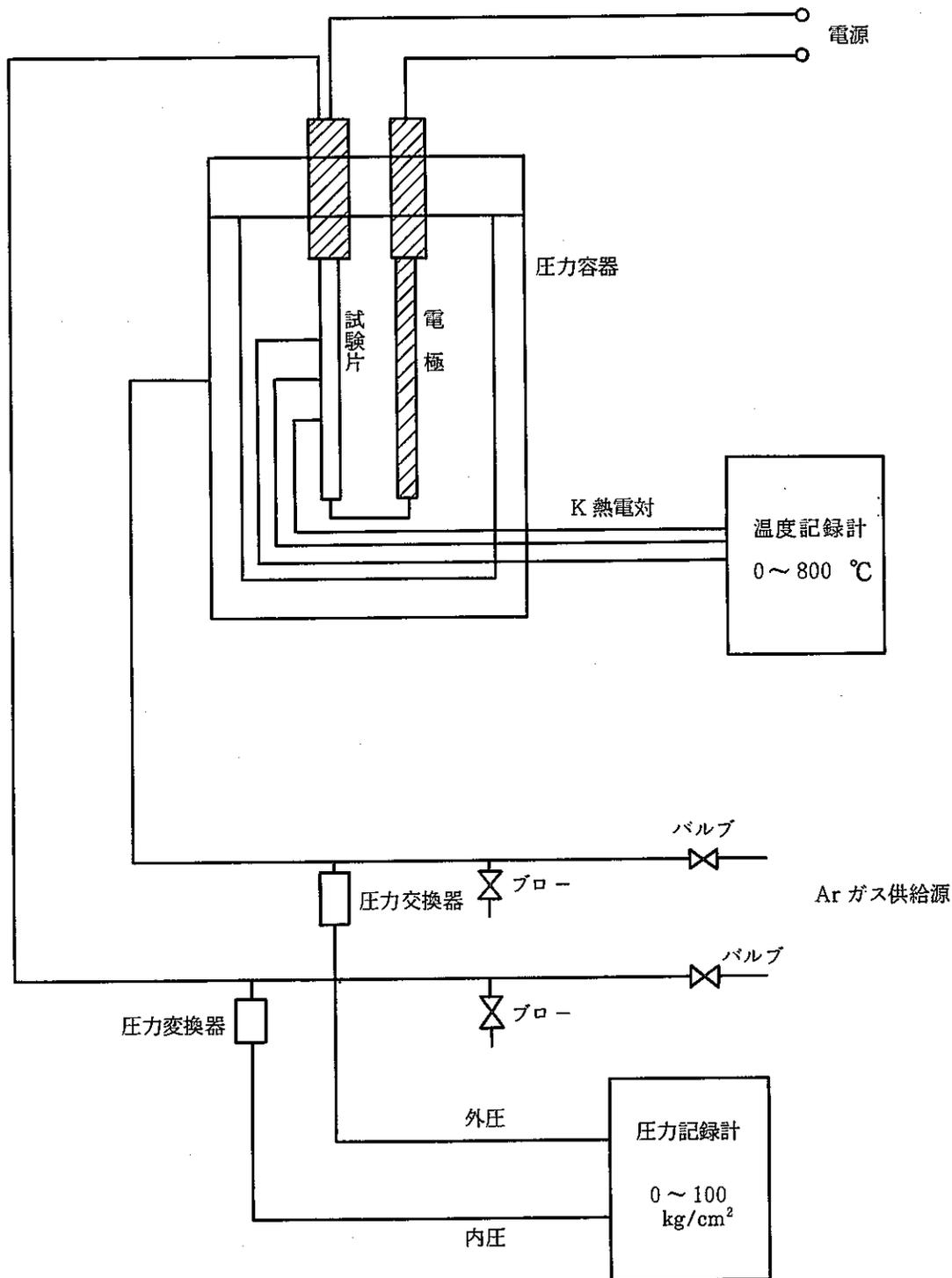


図-1 試験装置の概略図

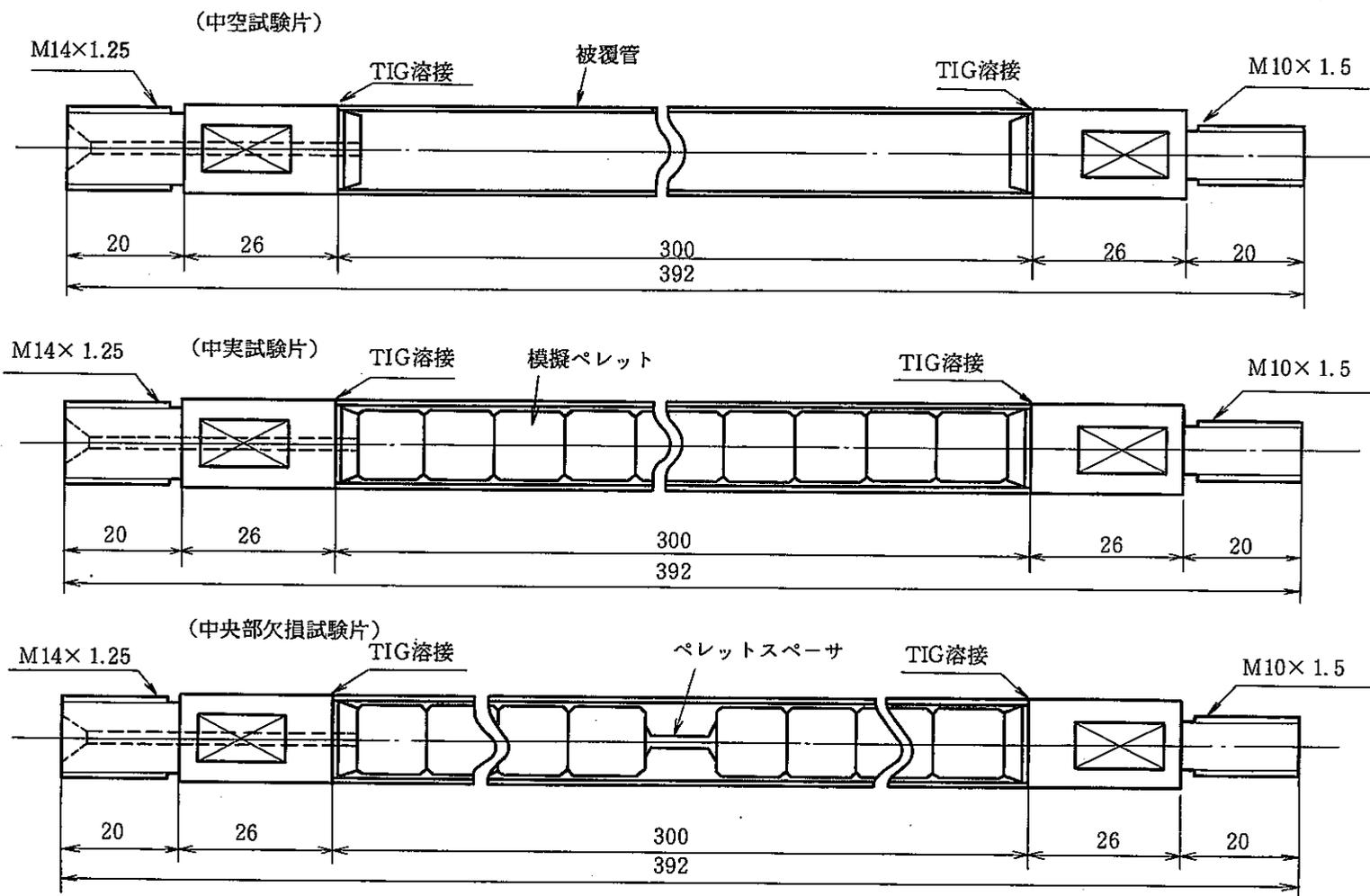


図-2 外圧座屈試験片形状図

表 - 2 - 1 中空試験結果 (外圧 70 kg/cm²)

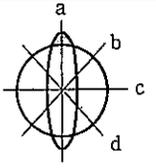
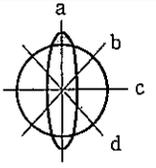
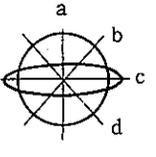
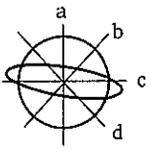
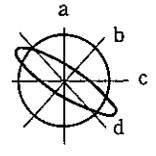
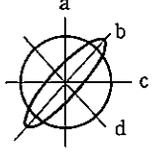
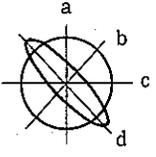
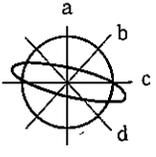
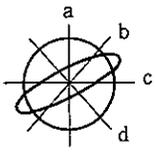
試験片 NO.	試験温度 (°C)	座屈時間 (sec)	試験片寸法 (mm)		座屈方向 
			a	b	
S 10899-5	750	2.5	a	14.465	
			b	14.462	
			c	14.463	
			d	14.463	
S 10901-12	750	4.5	a	14.461	
			b	14.461	
			c	14.460	
			d	14.461	
S 10902-6	700	6	a	14.460	
			b	14.458	
			c	14.458	
			d	14.458	
S 10899-13	700	26	a	14.468	
			b	14.467	
			c	14.468	
			d	14.468	
S 10902-2	675	20	a	14.458	
			b	14.458	
			c	14.459	
			d	14.458	
S 10899-3	675	36	a	14.462	
			b	14.463	
			c	14.461	
			d	14.462	
S 10899-4	675	42	a	14.465	
			b	14.467	
			c	14.467	
			d	14.468	
S 10903-9	650	22	a	14.464	
			b	14.461	
			c	14.463	
			d	14.463	

表-2-2 中空試験結果 (外圧 70 kg/cm²)

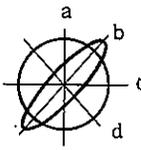
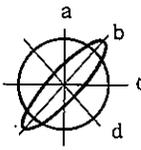
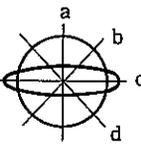
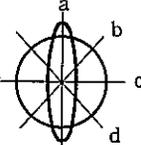
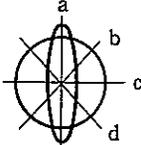
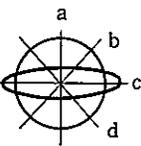
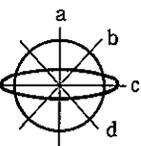
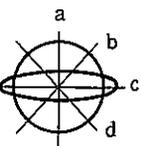
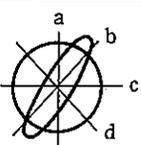
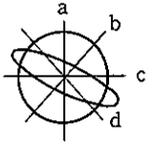
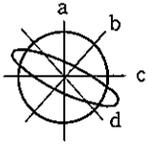
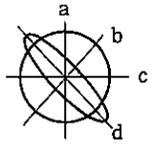
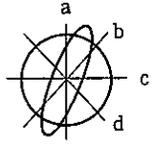
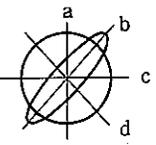
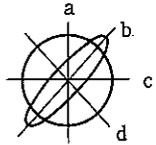
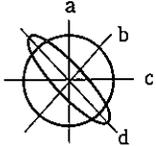
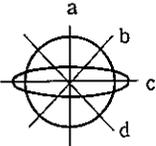
試験片 NO.	試験温度 (°C)	座屈時間 (sec)	試験片寸法 (mm)		座屈方向 
			a	b	
S 10902-8	650	32	a	14.458	
			b	14.459	
			c	14.457	
			d	14.458	
S 10899-6	650	44	a	14.465	
			b	14.466	
			c	14.464	
			d	14.466	
S 10899-2	650	99	a	14.466	
			b	14.465	
			c	14.464	
			d	14.463	
S 10902-11	625	64	a	14.458	
			b	14.458	
			c	14.458	
			d	14.455	
S 10903-10	625	143	a	14.463	
			b	14.461	
			c	14.463	
			d	14.461	
S 10899-11	625	185	a	14.469	
			b	14.467	
			c	14.468	
			d	14.466	
S 10899-8	600	273	a	14.463	
			b	14.464	
			c	14.466	
			d	14.464	
S 10899-12	600	394	a	14.467	
			d	14.467	
			c	14.469	
			d	14.469	

表 - 3 中空試験結果 (外圧 70 kg/cm²)

試験片 NO.	試験温度 (°C)	座屈時間 (sec)	試験片寸法 (mm)		座屈方向 
			a	b	
S 10900-8	750	5	a	14.468	
			b	14.467	
			c	14.467	
			d	14.468	
S 10900-2	725	25	a	14.463	
			b	14.462	
			c	14.462	
			d	14.463	
S 10900-10	725	32	a	14.466	
			b	14.466	
			c	14.467	
			d	14.467	
S 10900-7	700	37	a	14.464	
			b	14.464	
			c	14.461	
			d	14.464	
S 10900-3	700	72	a	14.466	
			b	14.466	
			c	14.467	
			d	14.465	
S 10900-4	675	78	a	14.467	
			b	14.466	
			c	14.467	
			d	14.466	
S 10900-6	650	205	a	14.464	
			b	14.465	
			c	14.465	
			d	14.464	

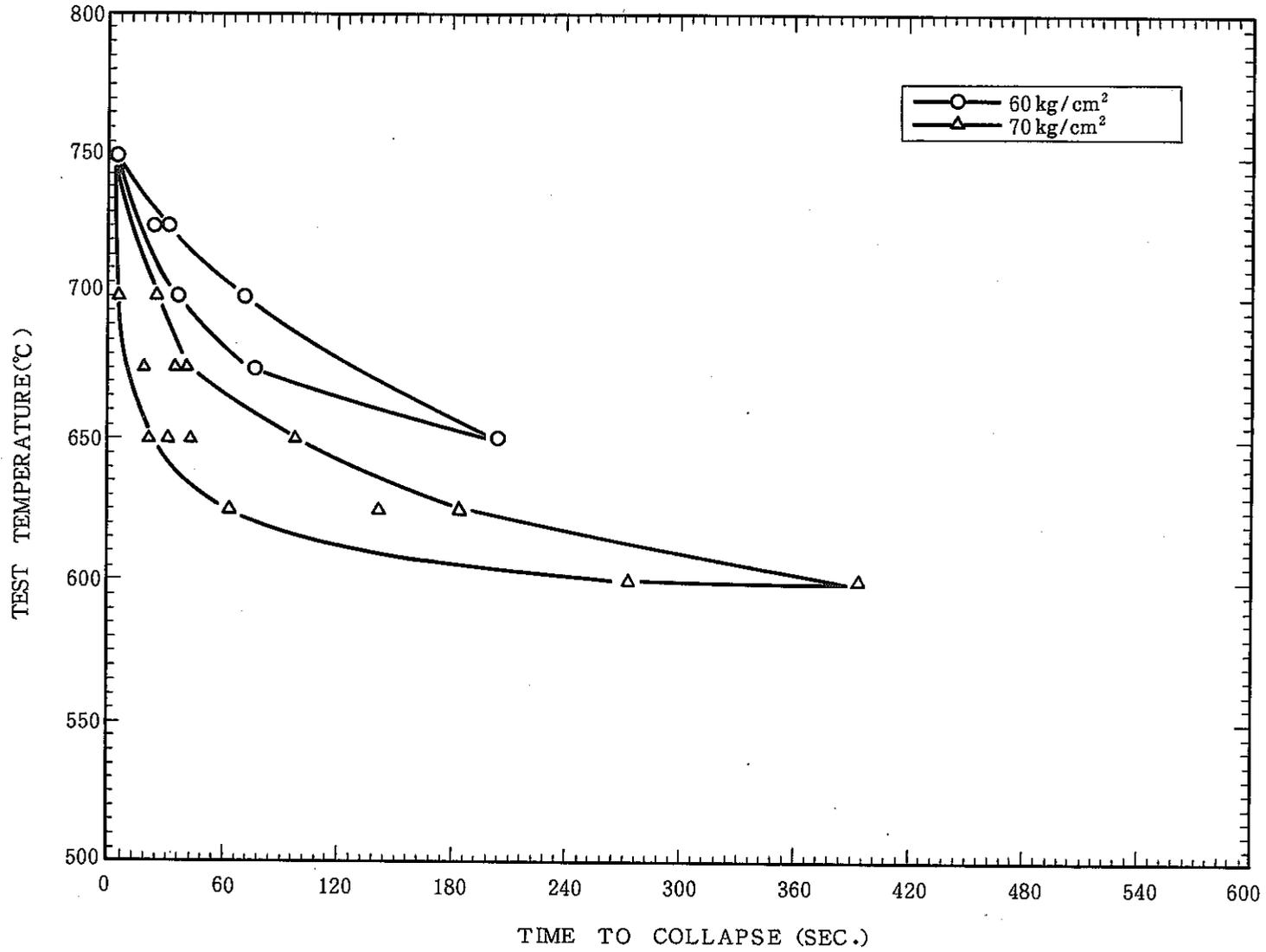


図-3 中空試験の温度と座屈時間の関係 (外圧 70, 60 kg/cm²)

表-4 ヘリウムリーク試験結果

試料番号	試験結果	判定基準 (ふげん燃料要素の 判定基準)
* 1	$\leq 4.2 \times 10^{-9}$ atm cc/sec	$\leq 3 \times 10^{-8}$ atm cc/sec

* 1: 試料番号を以下に示す。

(中空試験片)

S 10899-5 S 10901-12 S 10902-6 S 10899-13
 S 10902-2 S 10899-3 S 10899-4 S 10903-9
 S 10902-8 S 10899-6 S 10899-2 S 10902-11
 S 10903-10 S 10899-11 S 10899-8 S 10899-12
 S 10900-8 S 10900-2 S 10900-10 S 10900-7
 S 10900-3 S 10900-4 S 10900-6

(中実試験片)

S 10900-11 S 10900-12 S 10900-13 S 10898-7
 S 10888-9 S 10898-10 S 10898-11

(中央部欠損試験片)

S 10899-1 S 10902-10 S 10898-5

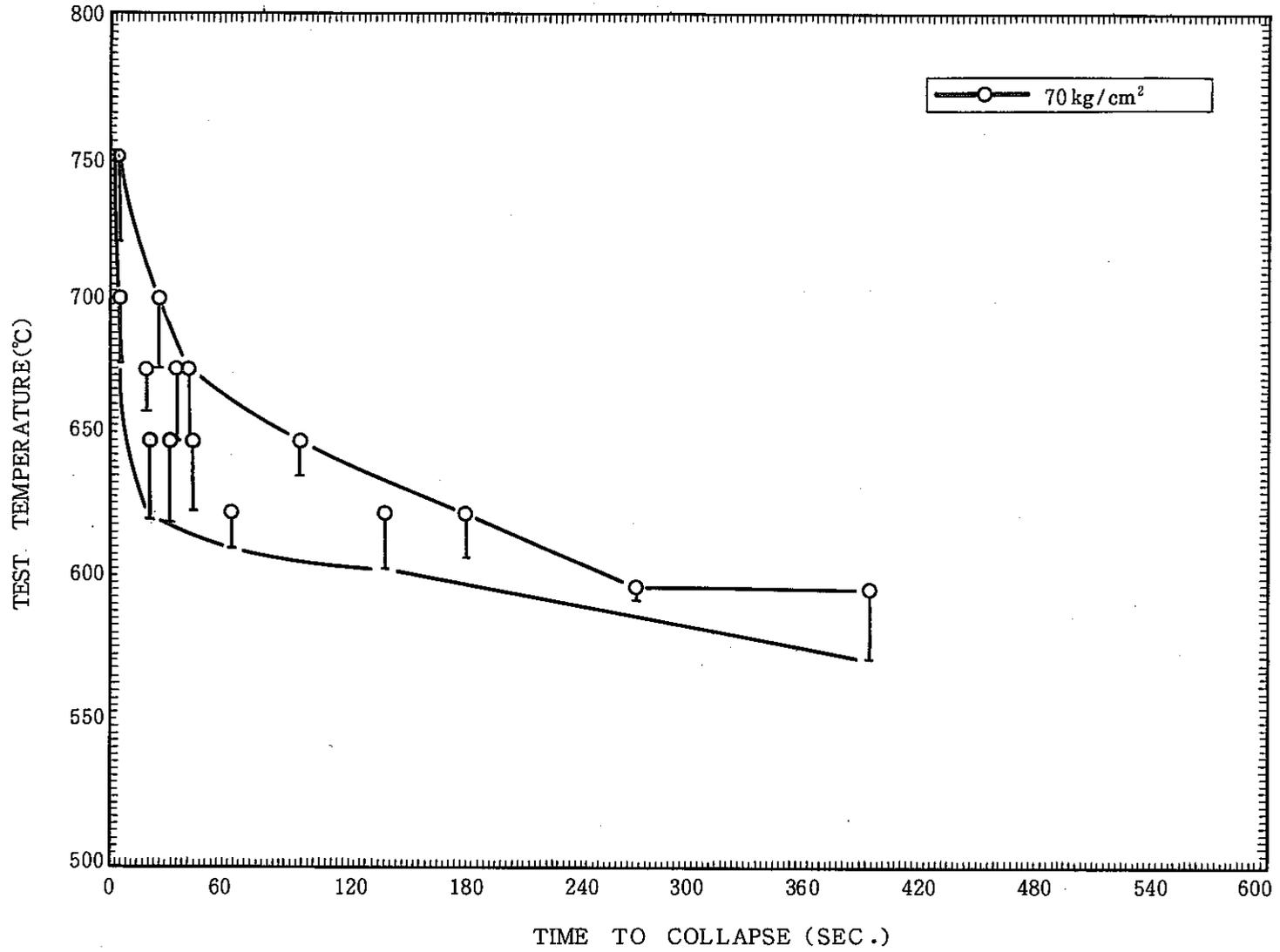


図-4 中空試験の温度と座屈時間の関係 (外圧 70 kg/cm²)

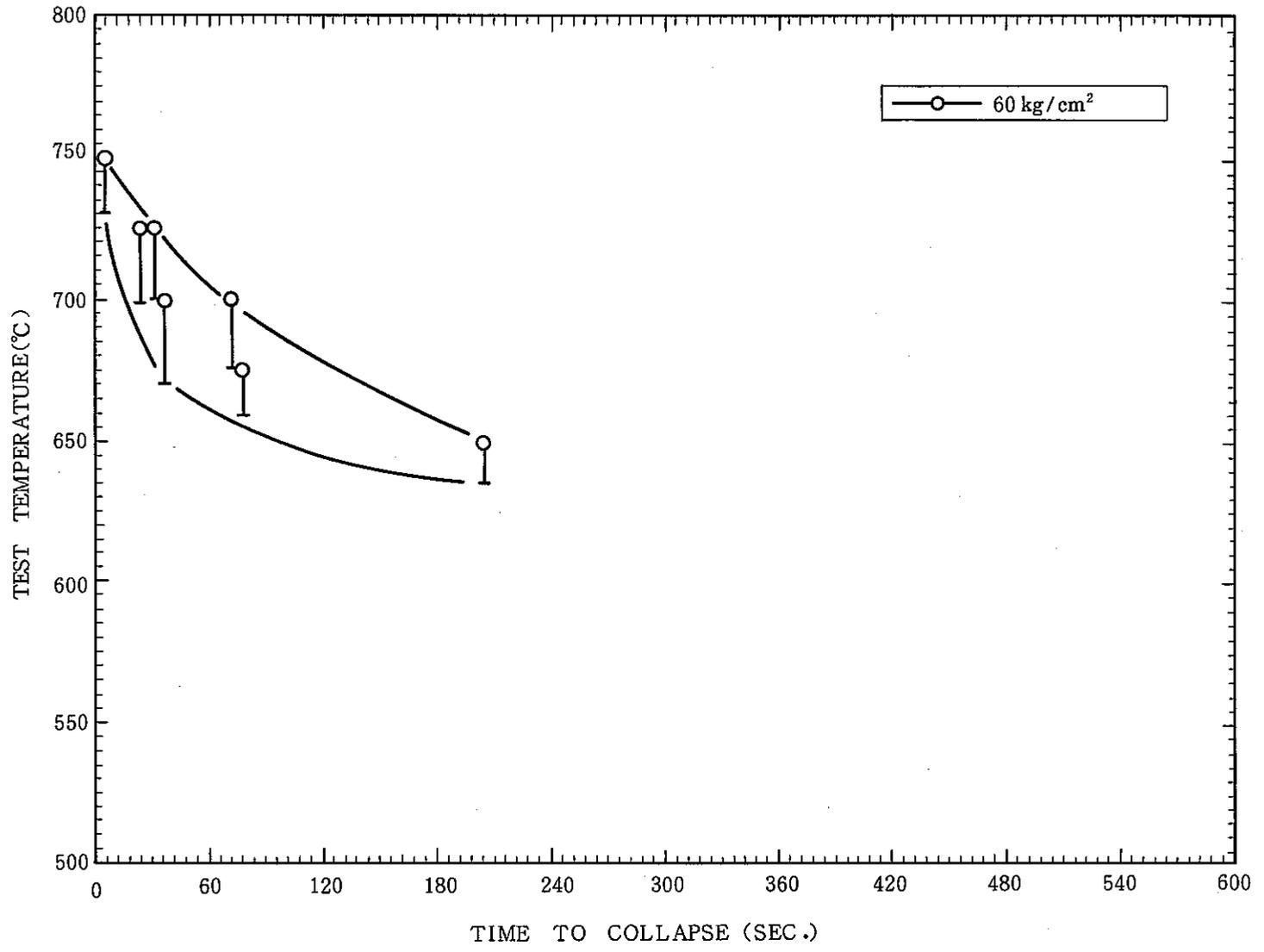


図-5 中空試験の温度と座屈時間の関係 (外圧 60 kg/cm²)

表 - 5 中実試験結果 (外圧 70 kg/cm²)

試験片 No	試験温度 (°C)	外圧保持時間 (sec)	試験片寸法 (mm)		座屈形態	
			試験前	試験後		
S 10900-11	800	60	a	14.472	14.255	Waisting
			b	14.472	14.240	
			c	14.472	14.237	
			d	14.472	14.234	
S 10900-12	800	60	a	14.471	14.238	Waisting
			b	14.472	14.232	
			c	14.471	14.238	
			d	14.469	14.246	
S 10900-13	800	20	a	14.468	14.218	Free standing or Buckling
			b	14.469	14.440	
			c	14.467	14.328	
			d	14.466	14.222	
S 10898-7	800	20	a	14.469	14.231	Collapse
			b	14.468	14.223	
			c	14.467	14.237	
			d	14.467	14.262	
S 10898-9	700	60	a	14.469	14.401	Free standing or Buckling
			b	14.468	14.307	
			c	14.471	14.502	
			d	14.469	14.572	
S 10898-10	700	20	a	14.469	14.238	Free standing or Buckling
			b	14.469	14.410	
			c	14.469	14.610	
			d	14.469	14.345	
S 10898-11	700	20	a	14.473	14.449	Free standing or Buckling
			b	14.470	14.314	
			c	14.471	14.370	
			d	14.473	14.535	

表-6 中央部欠損試験結果 (外圧 70 kg/cm²)

試験片 No.	試験温度 (°C)	外圧保持試験 (sec)	試験片寸法 (mm)		欠損部の座屈状態 (外観)	
			試験前	試験後		
S10898-5	800	60	a	14.469	測定不能	2方向から外径2mmのペレットスペーサまで完全に座屈している。 (写真3-2-1, 3-2-2参照)
			b	14.470	"	
			c	14.469	"	
			d	14.470	"	
S10902-10	750	20	a	14.457	14.223	2方向から微かにくびれている。
			b	14.459	14.222	
			c	14.459	14.553	
			d	14.460	14.226	
S10899-1	700	20	a	14.462	14.445	1ヶ所だけ微かにくぼんでいる。
			b	14.465	14.445	
			c	14.464	14.332	
			d	14.466	14.119	

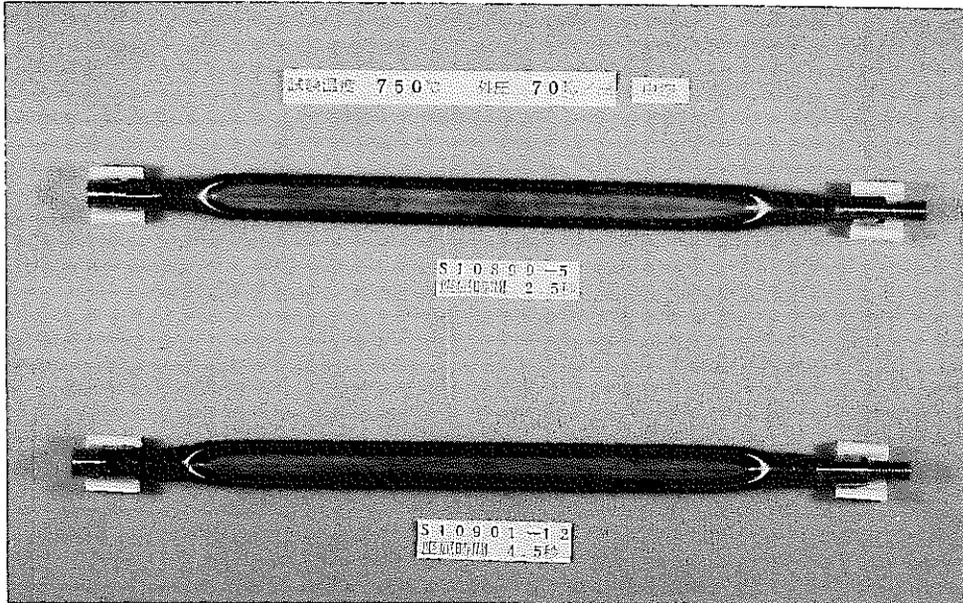


写真1-1-1 中空試験後試料外観 (試験温度 750°C, 外圧 70 kg/cm²)

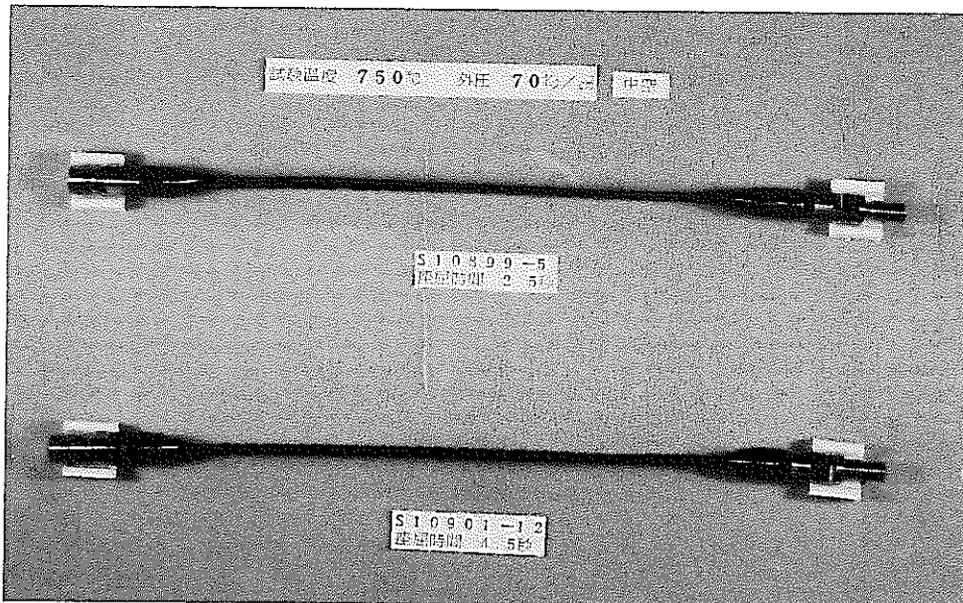


写真1-1-2 中空試験後試料外観 (試験温度 750°C, 外圧 70 kg/cm²)

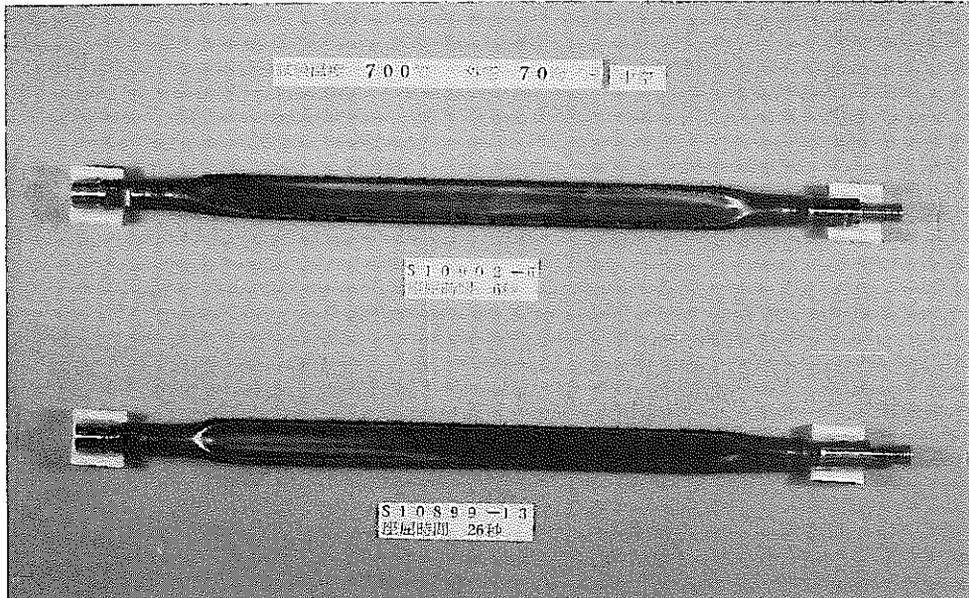


写真1-2-1 中空試験後試料外観(試験温度 700℃, 外圧 70 kg/cm²)

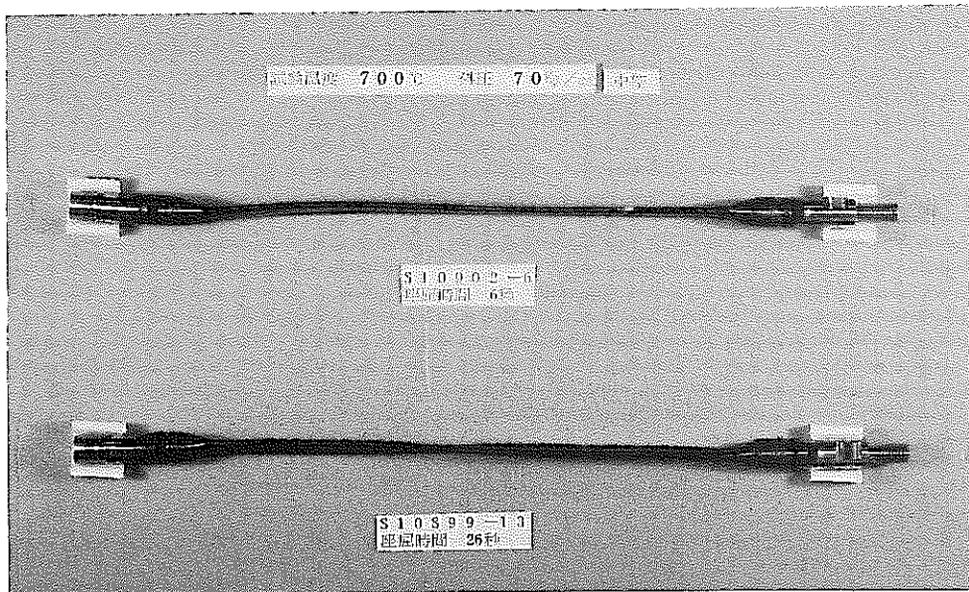


写真1-2-2 中空試験後試料外観(試験温度 700℃, 外圧 70 kg/cm²)

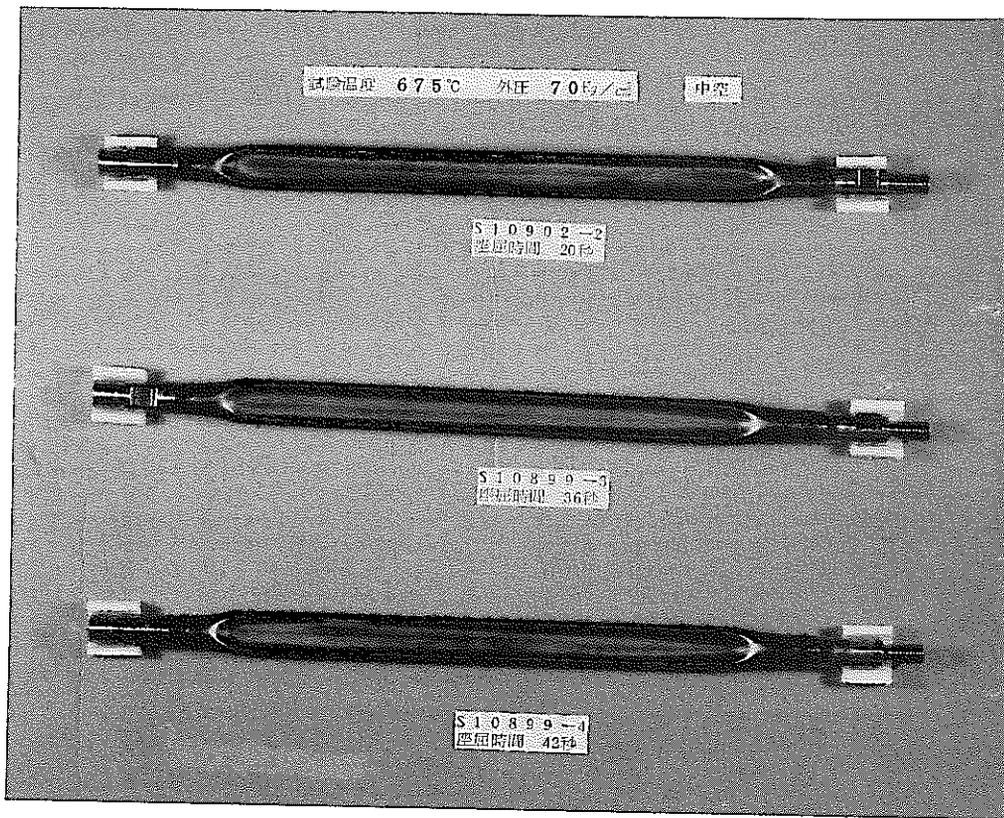


写真1-3-1 中空試験後試料外観（試験温度 675°C，外圧 70 kg/cm²）

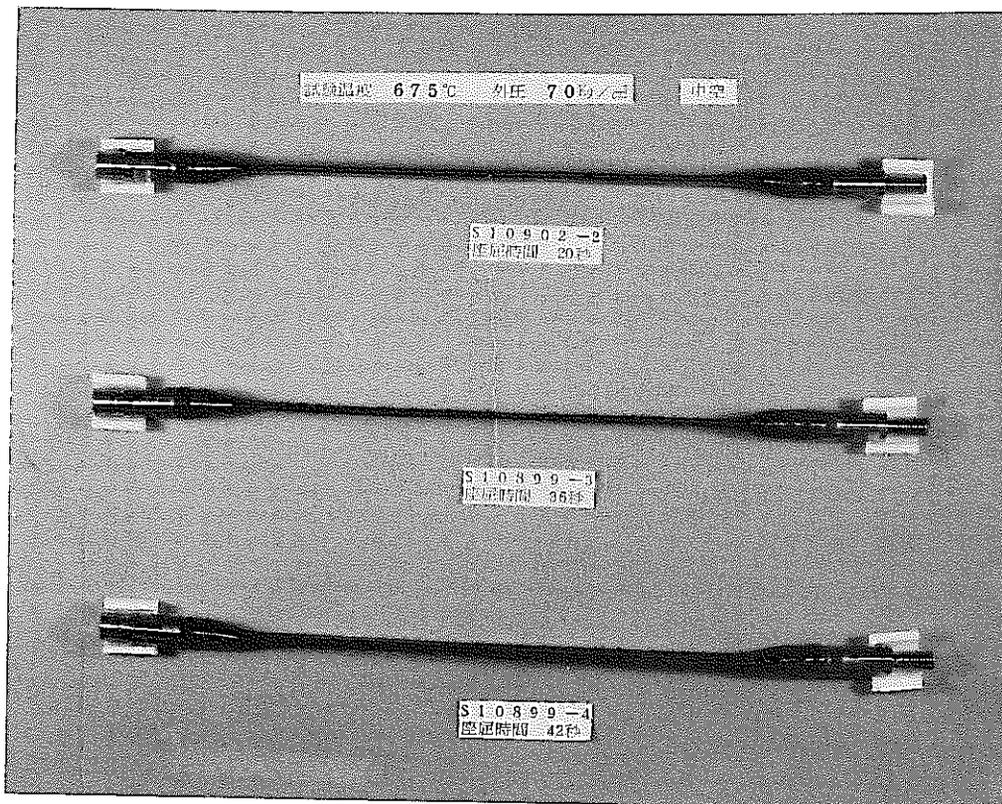


写真1-3-2 中空試験後試料外観（試験温度 675°C，外圧 70 kg/cm²）

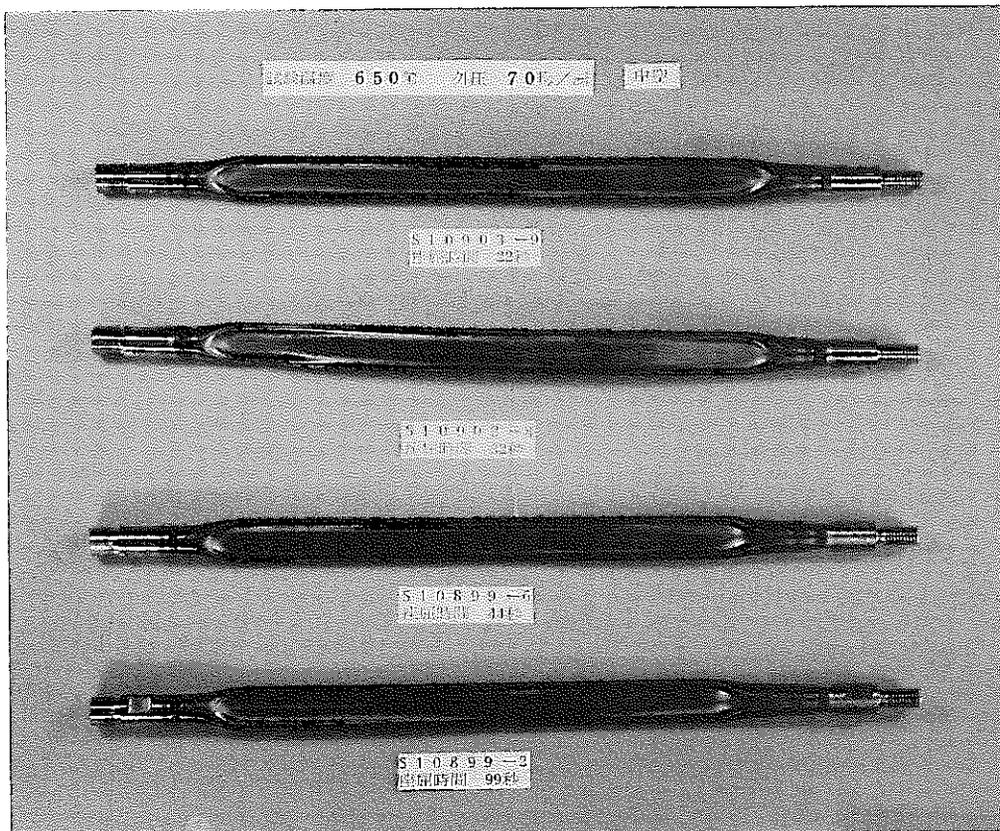


写真 1-4-1 中空試験後試料外観 (試験温度 650°C, 外圧 70 kg/cm²)

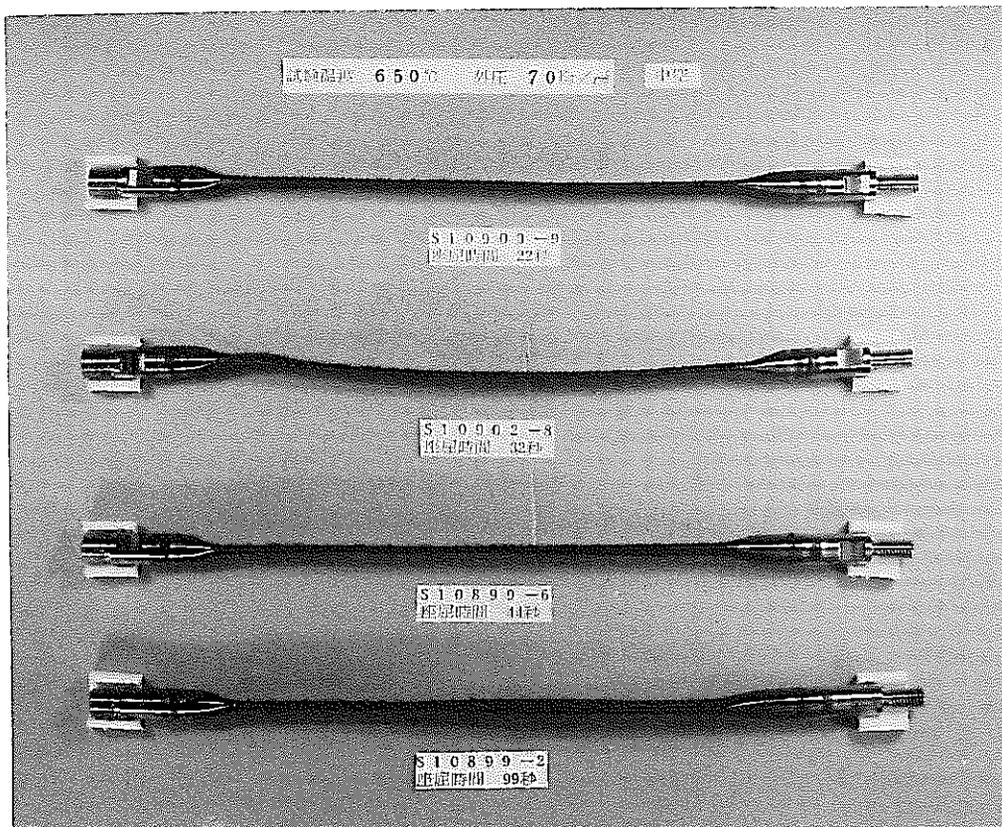


写真 1-4-2 中空試験後試料外観 (試験温度 650°C, 外圧 70 kg/cm²)

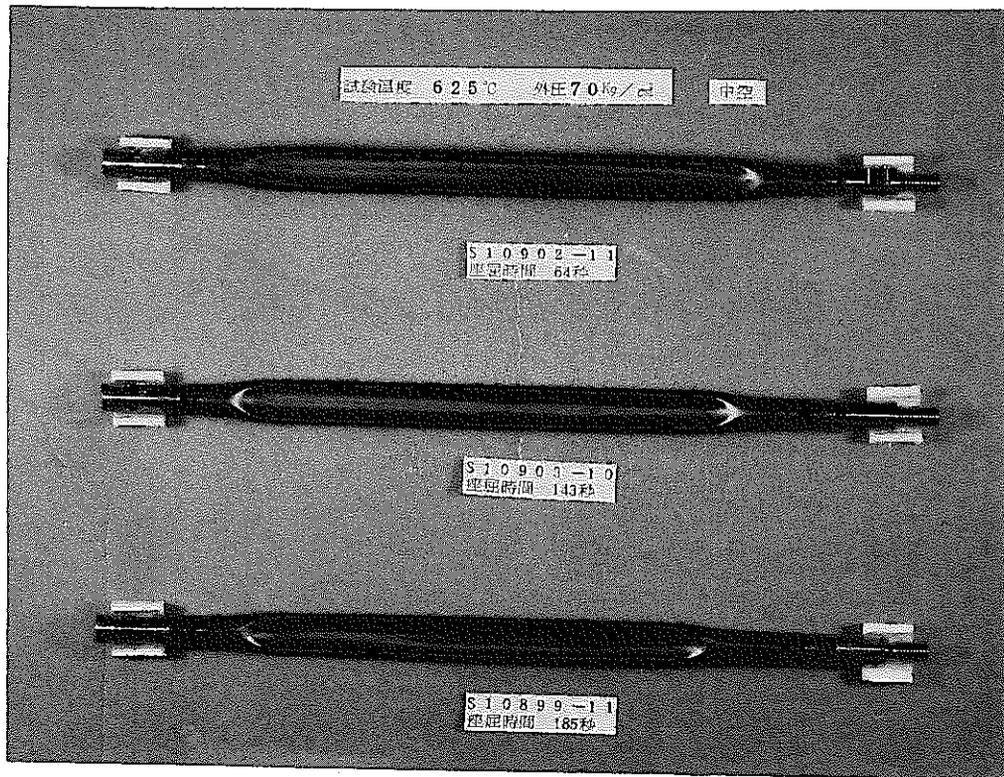


写真1-5-1 中空試験後試料外観(試験温度 625°C, 外圧 70 kg/cm²)

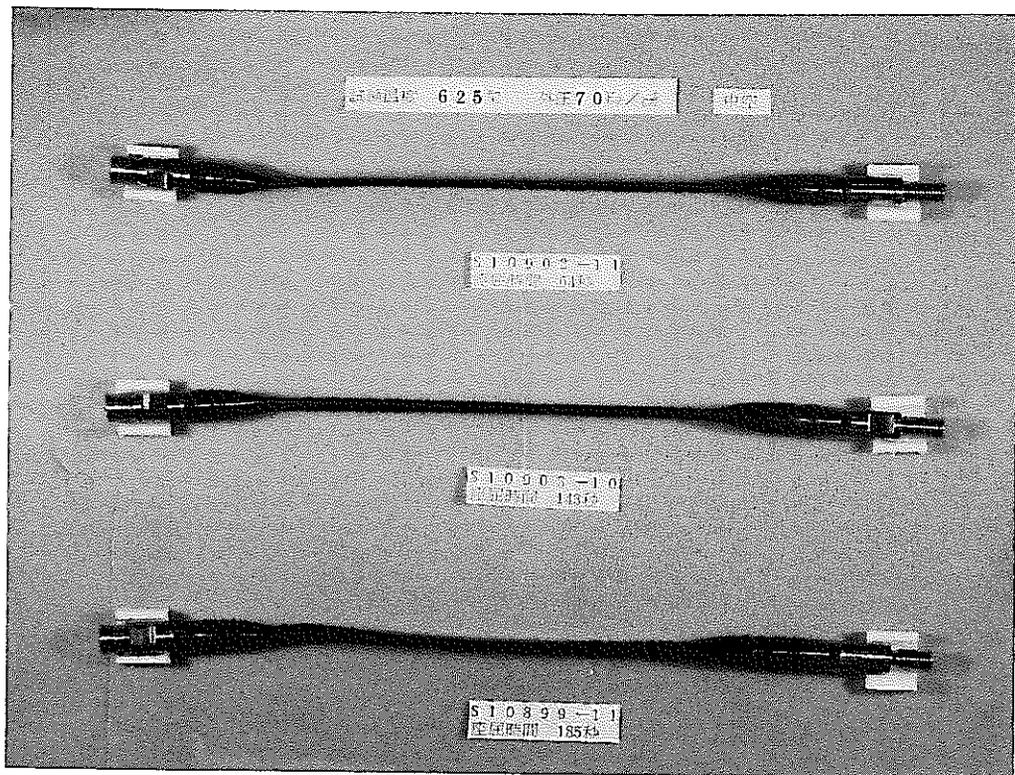


写真1-5-2 中空試験後試料外観(試験温度 625°C, 外圧 70 kg/cm²)

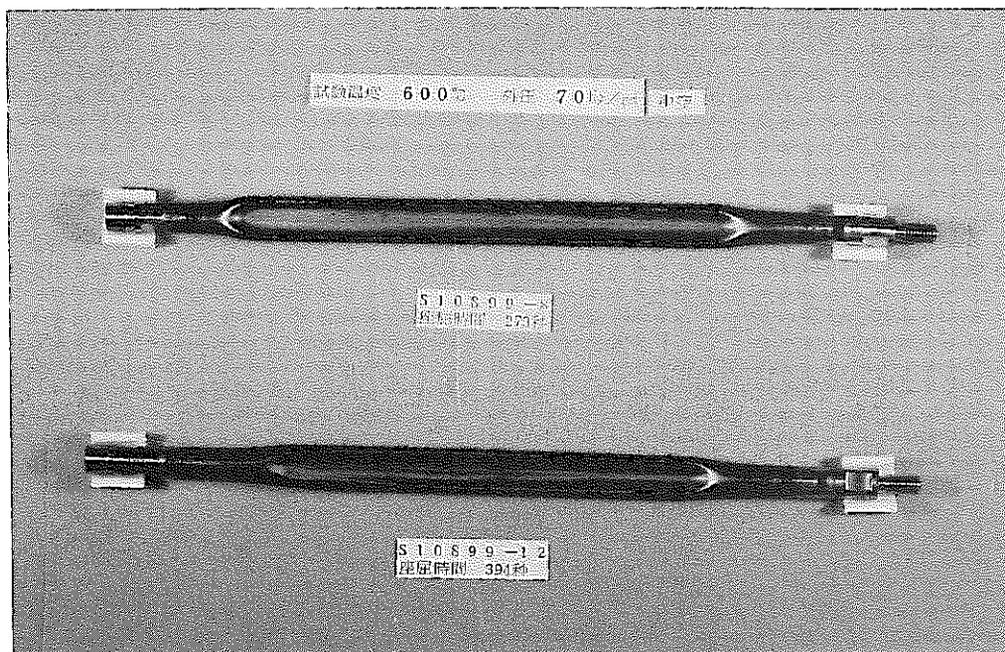


写真 1-6-1 中空試験後試料外観 (試験温度 600°C, 外圧 70 kg/cm²)

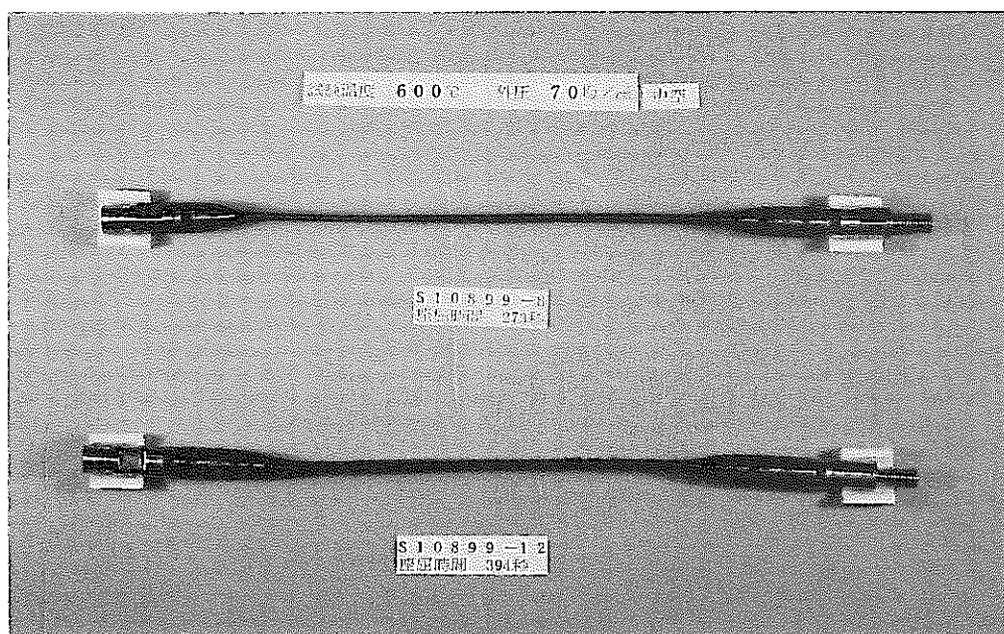


写真 1-6-2 中空試験後試料外観 (試験温度 600°C, 外圧 70 kg/cm²)

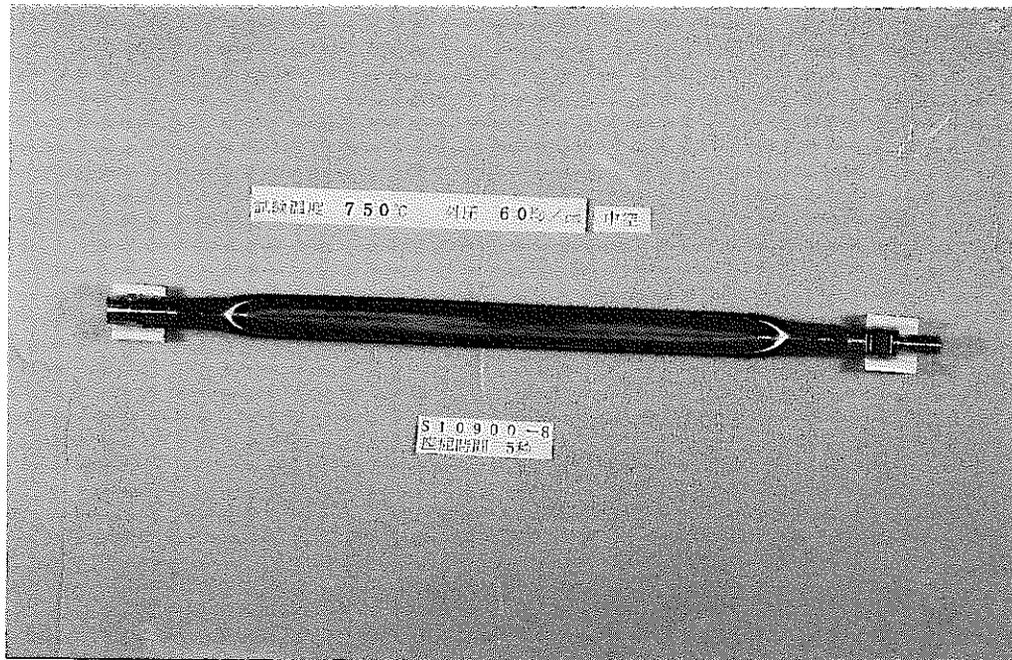


写真 1-7-1 中空試験後試料外観 (試験温度 750°C, 外圧 60 kg/cm²)

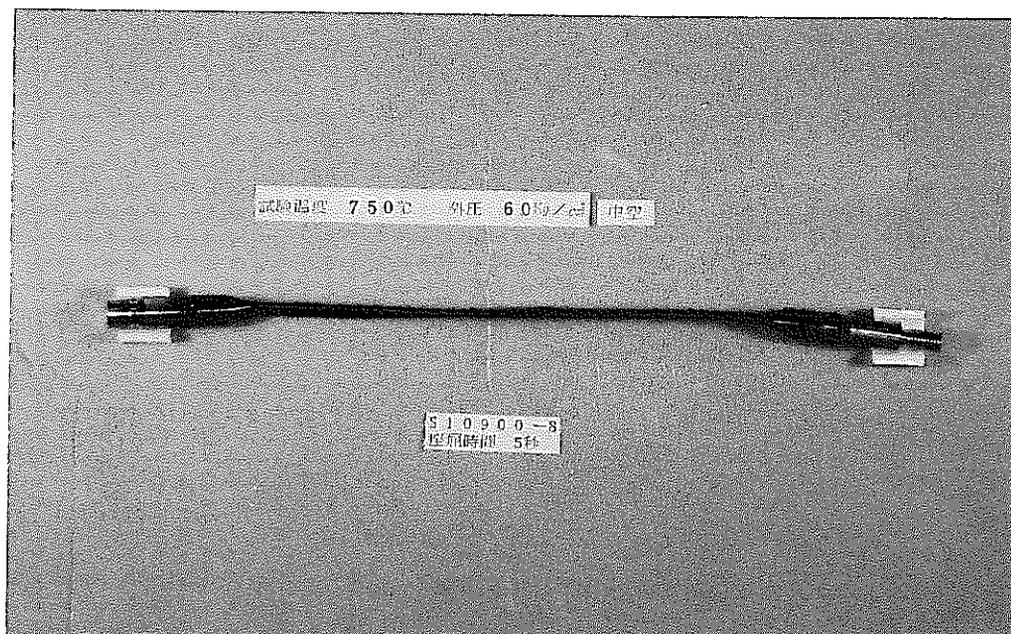


写真 1-7-2 中空試験後試料外観 (試験温度 750°C, 外圧 60 kg/cm²)

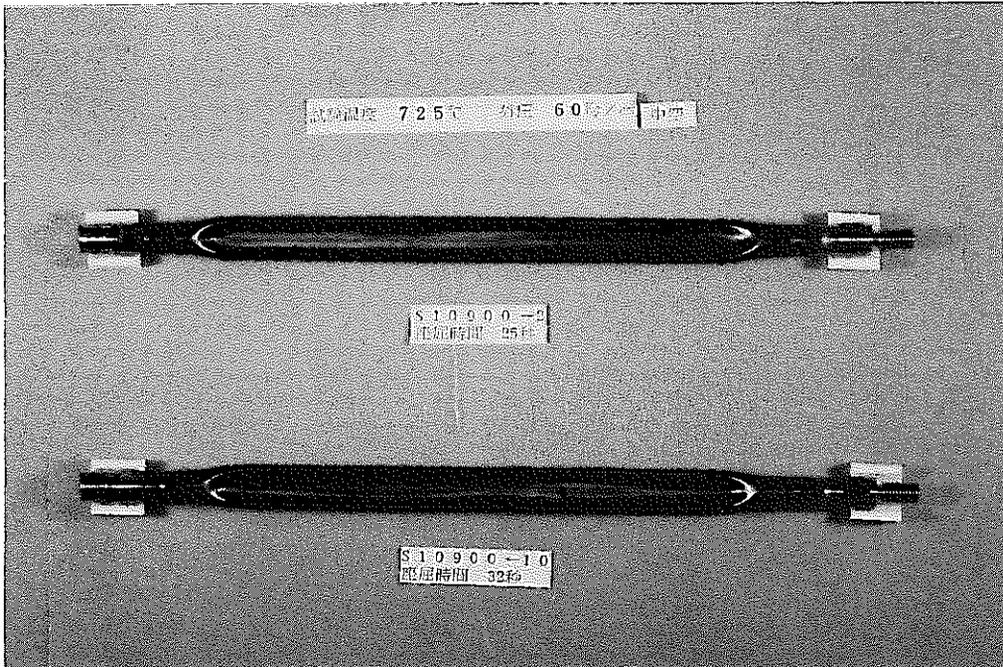


写真 1-8-1 中空試験後試料外観 (試験温度 725°C, 外圧 60 kg/cm²)

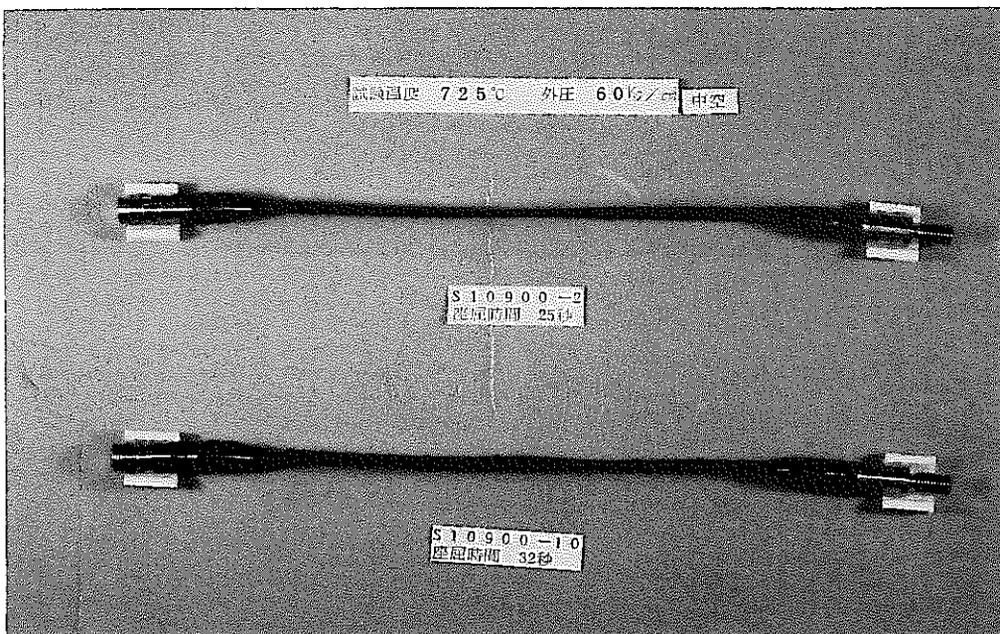


写真 1-8-2 中空試験後試料外観 (試験温度 725°C, 外圧 60 kg/cm²)

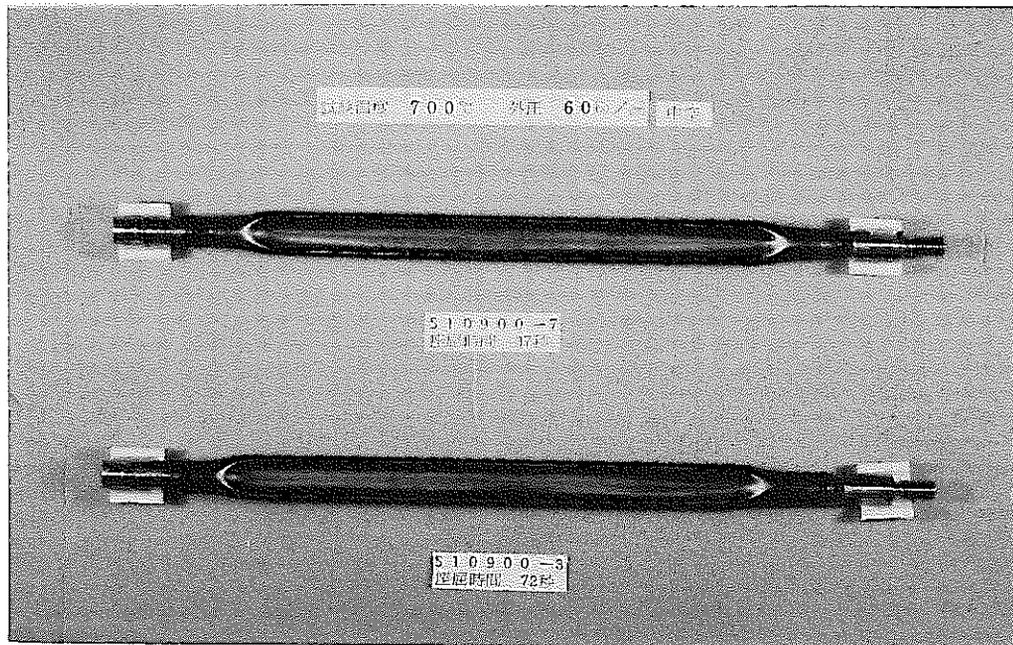


写真 1-9-1 中空試験後試料外観 (試験温度 700°C, 外圧 60 kg/cm²)

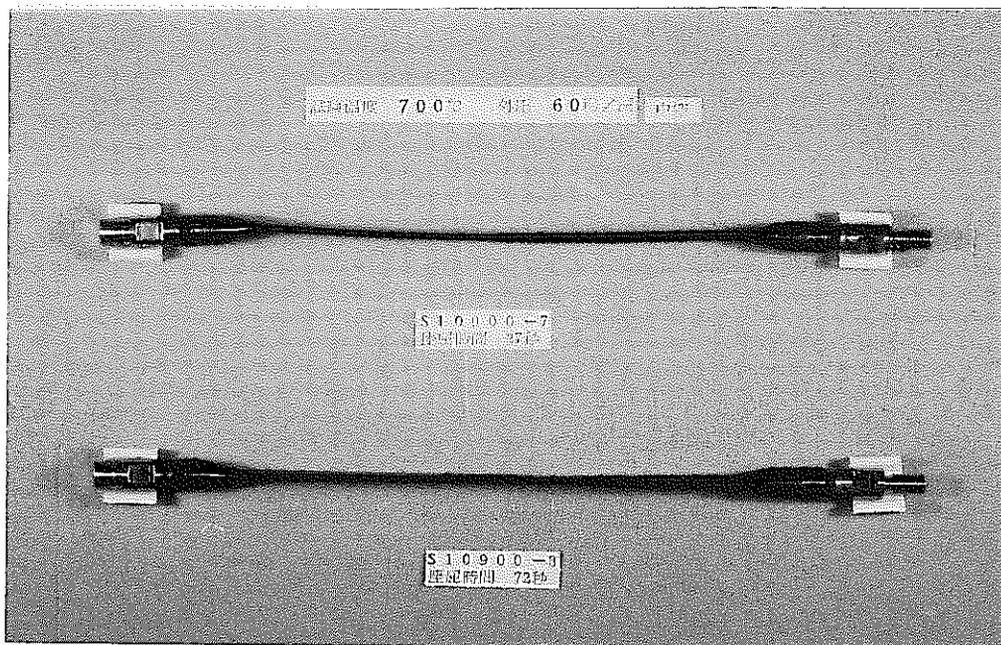


写真 1-9-2 中空試験後試料外観 (試験温度 700°C, 外圧 60 kg/cm²)

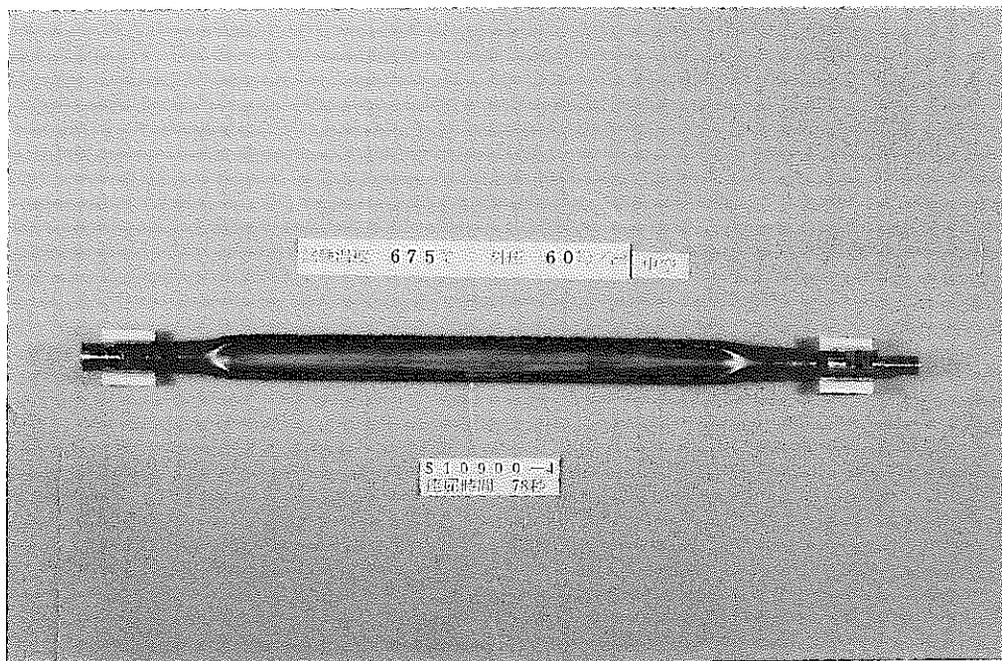


写真 1-10-1 中空試験後試料外観 (試験温度 675°C, 外圧 60 kg/cm²)

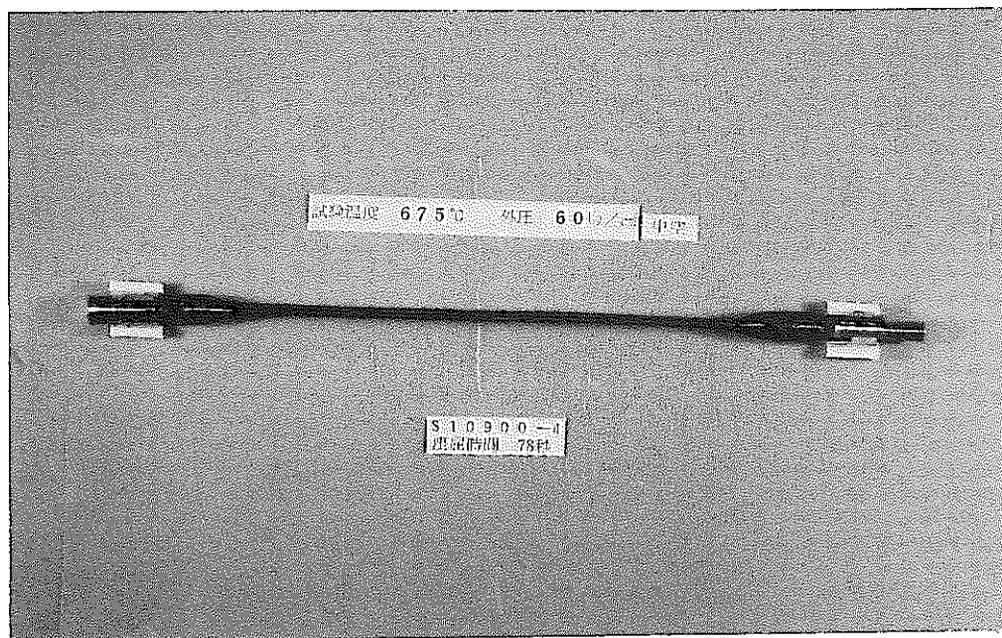


写真 1-10-2 中空試験後試料外観 (試験温度 675°C, 外圧 60 kg/cm²)

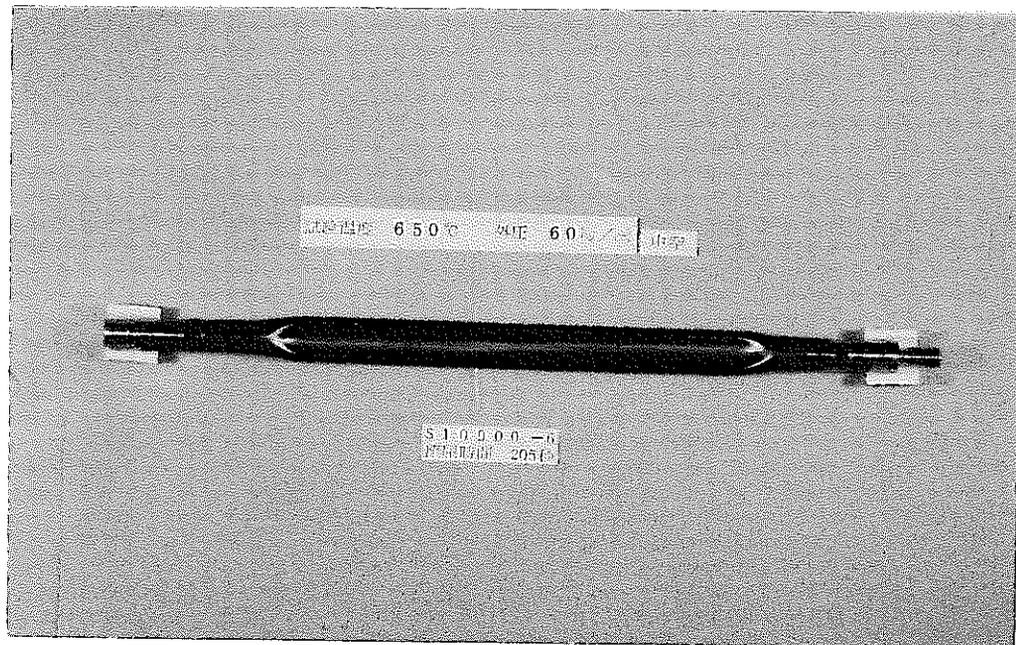


写真 1-11-1 中空試験後試料外観 (試験温度 650°C, 外圧 60 kg/cm²)

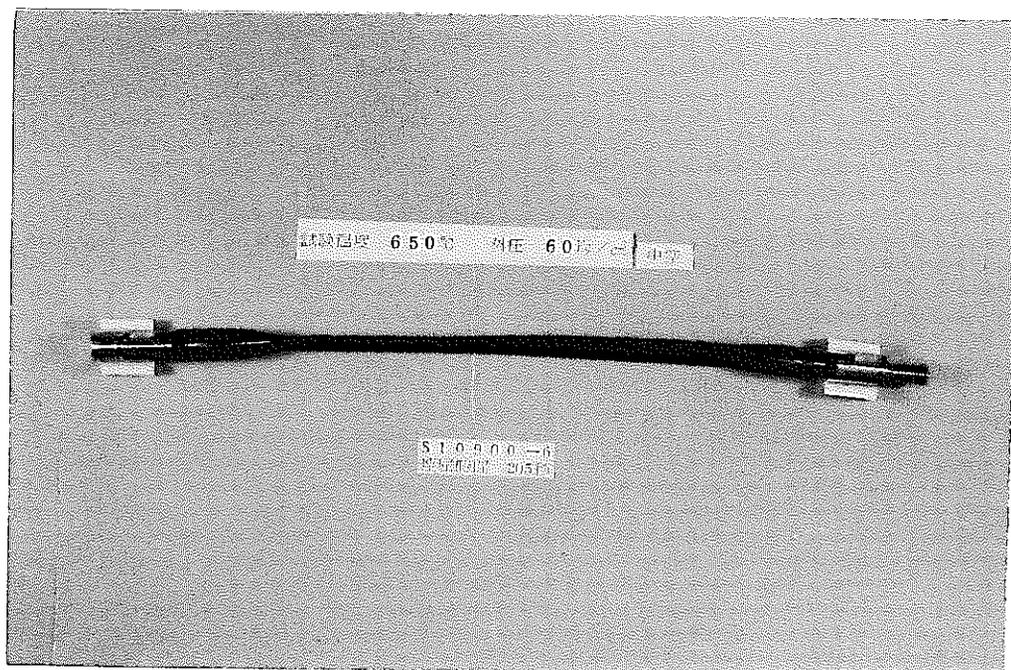


写真 1-11-2 中空試験後試料外観 (試験温度 650°C, 外圧 60 kg/cm²)

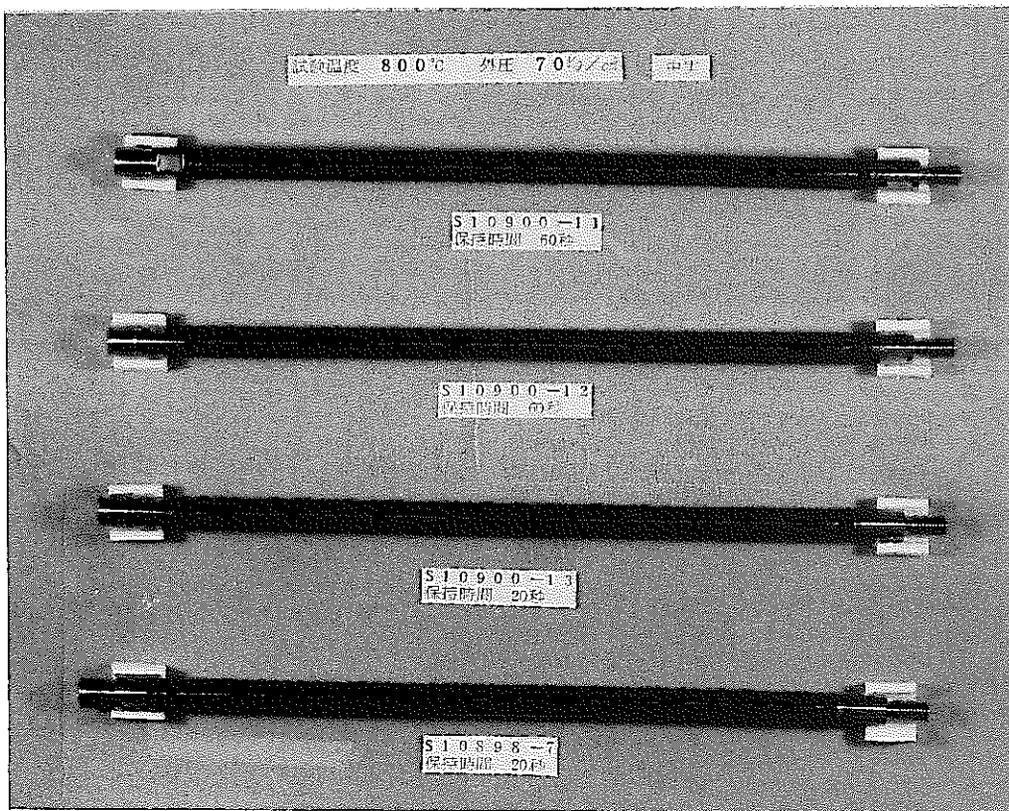


写真 2-1 中実試験後試料外観 (試験温度 800 °C, 外圧 70 kg/cm²)

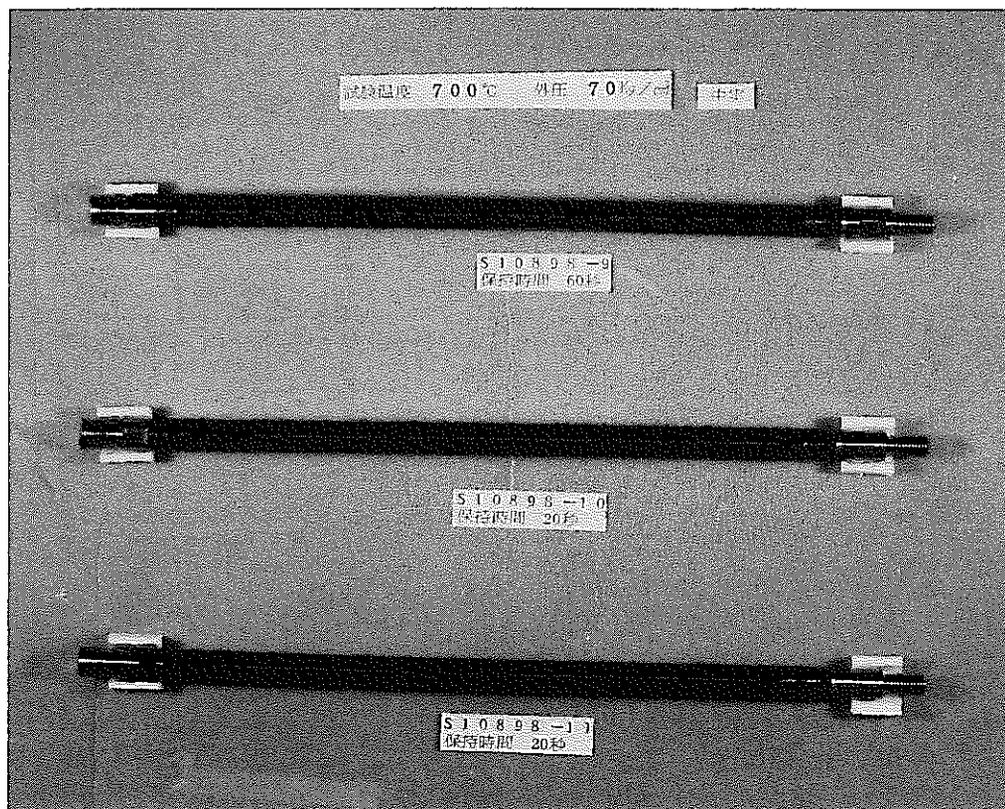


写真 2-2 中実試験後試料外観 (試験温度 700 °C, 外圧 70 kg/cm²)

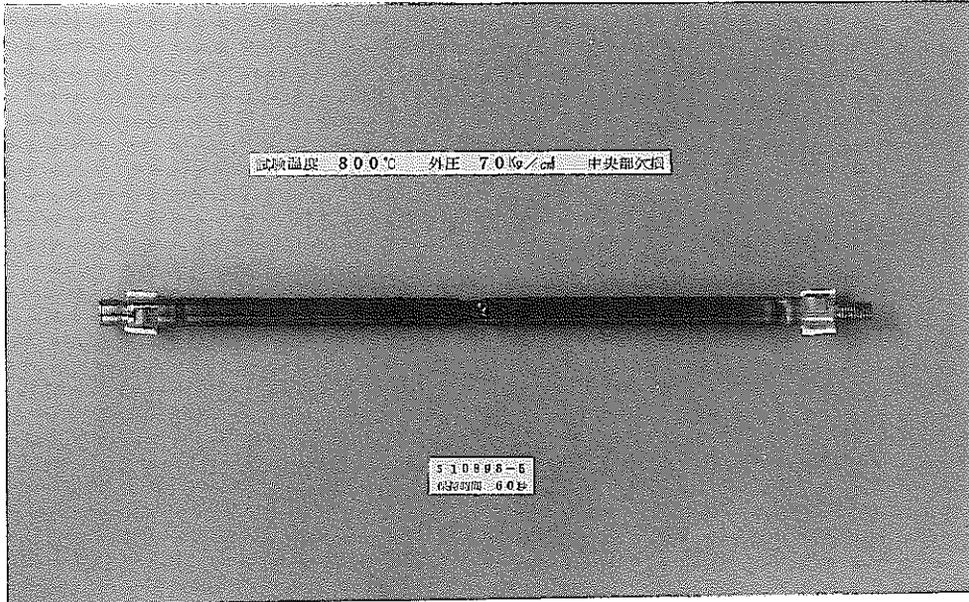


写真 3-1-1 中央部欠損試験後試料外観 (試験温度 800 °C, 外圧 70 kg/cm²)

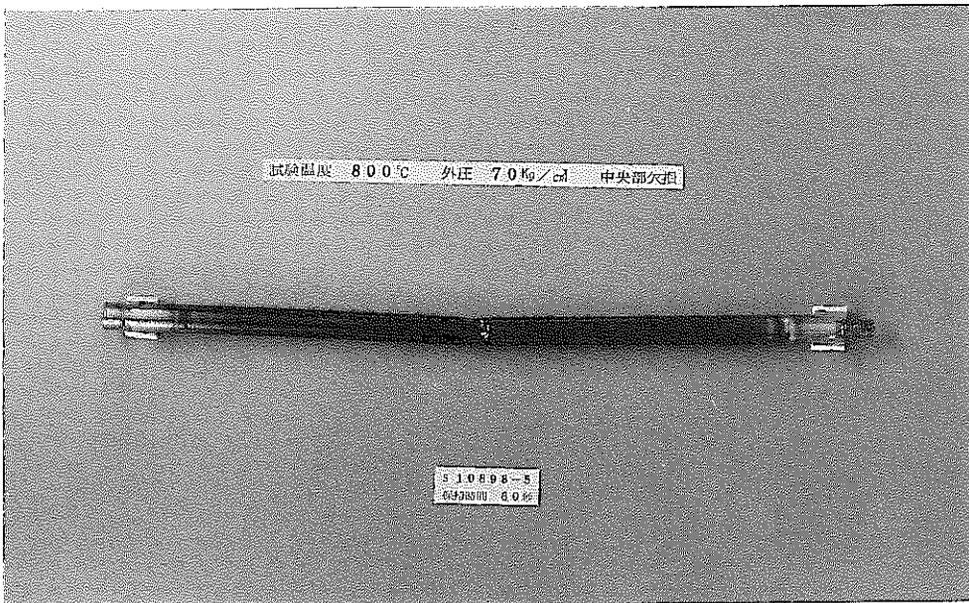


写真 3-1-2 中央部欠損試験後試料外観 (試験温度 800 °C, 外圧 70 kg/cm²)

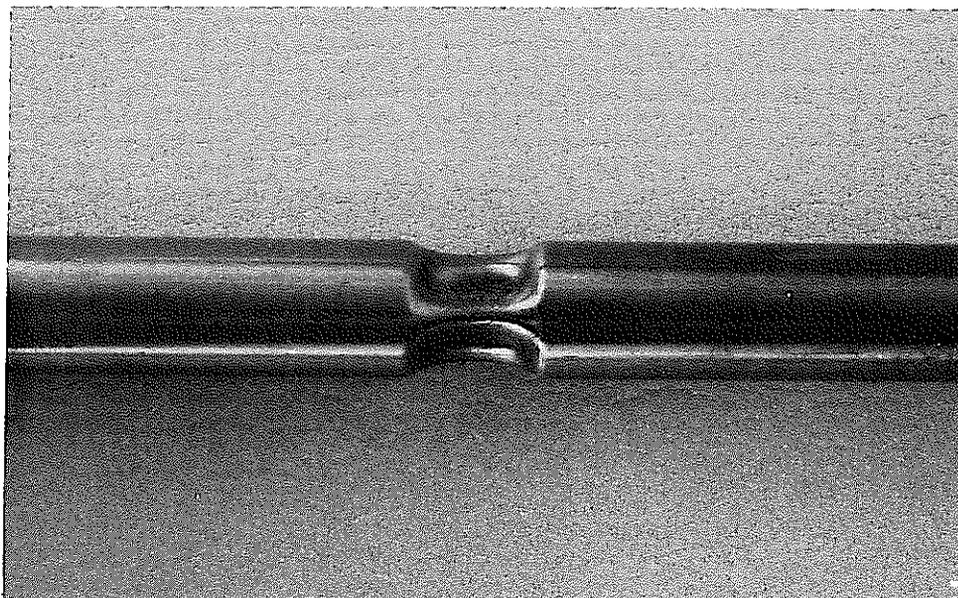


写真 3-2-1 写真 3-1-1 の拡大

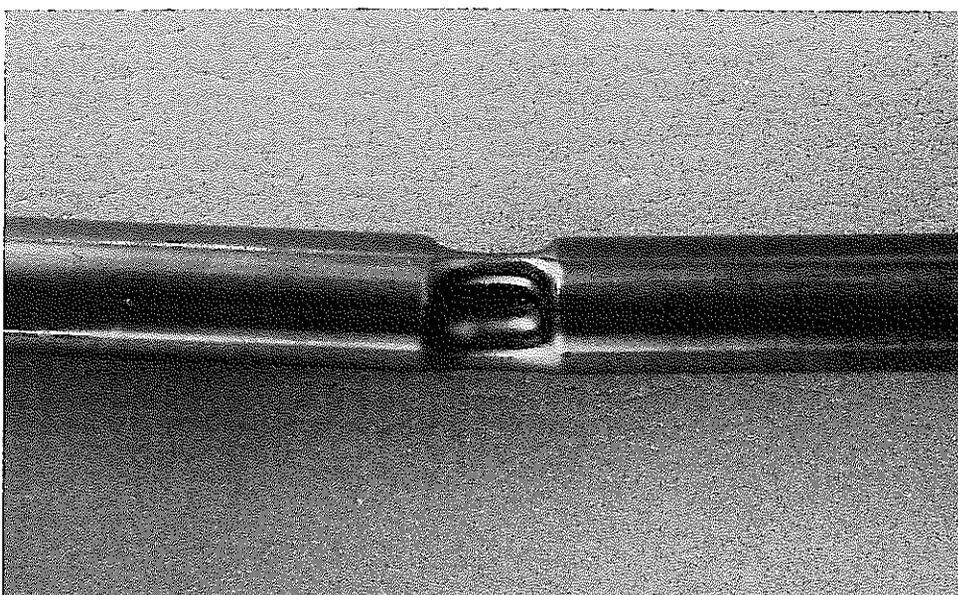


写真 3-2-2 写真 3-1-2 の拡大

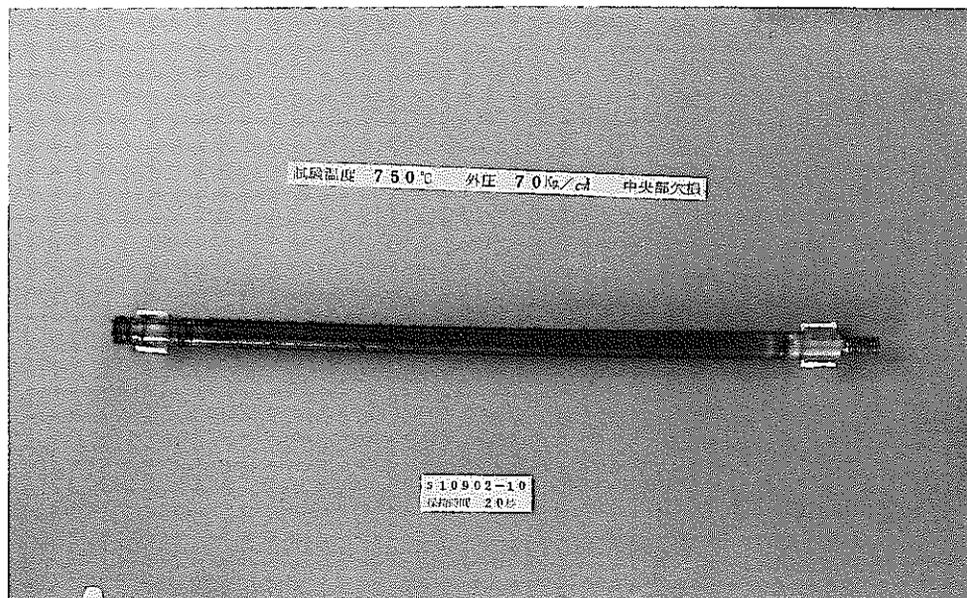


写真 3-3 中央部欠損試験後試料外観（試験温度 750 °C，外圧 70 kg/cm²）

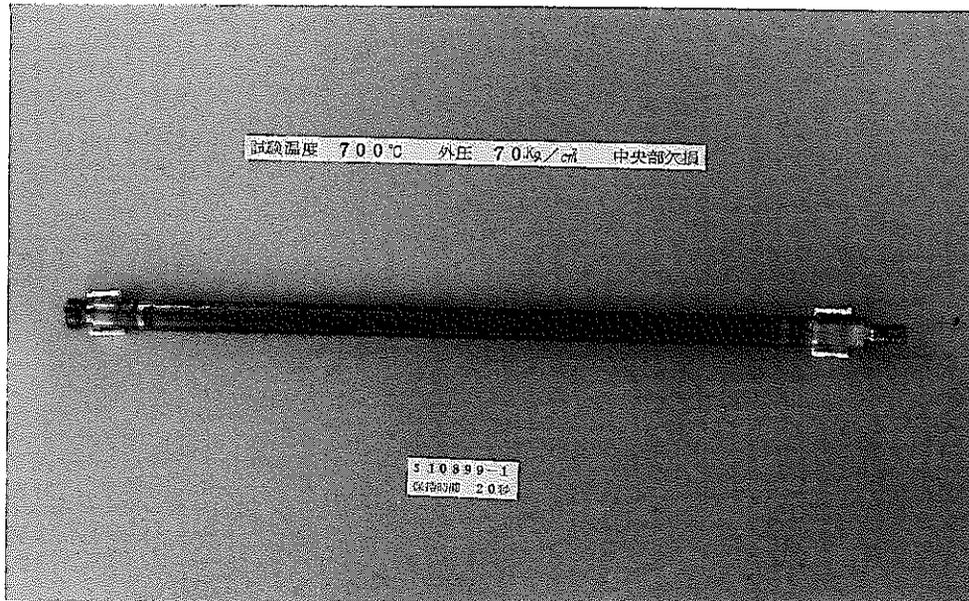


写真 3-4 中央部欠損試験後試料外観 (試験温度 700 °C, 外圧 70 kg/cm²)

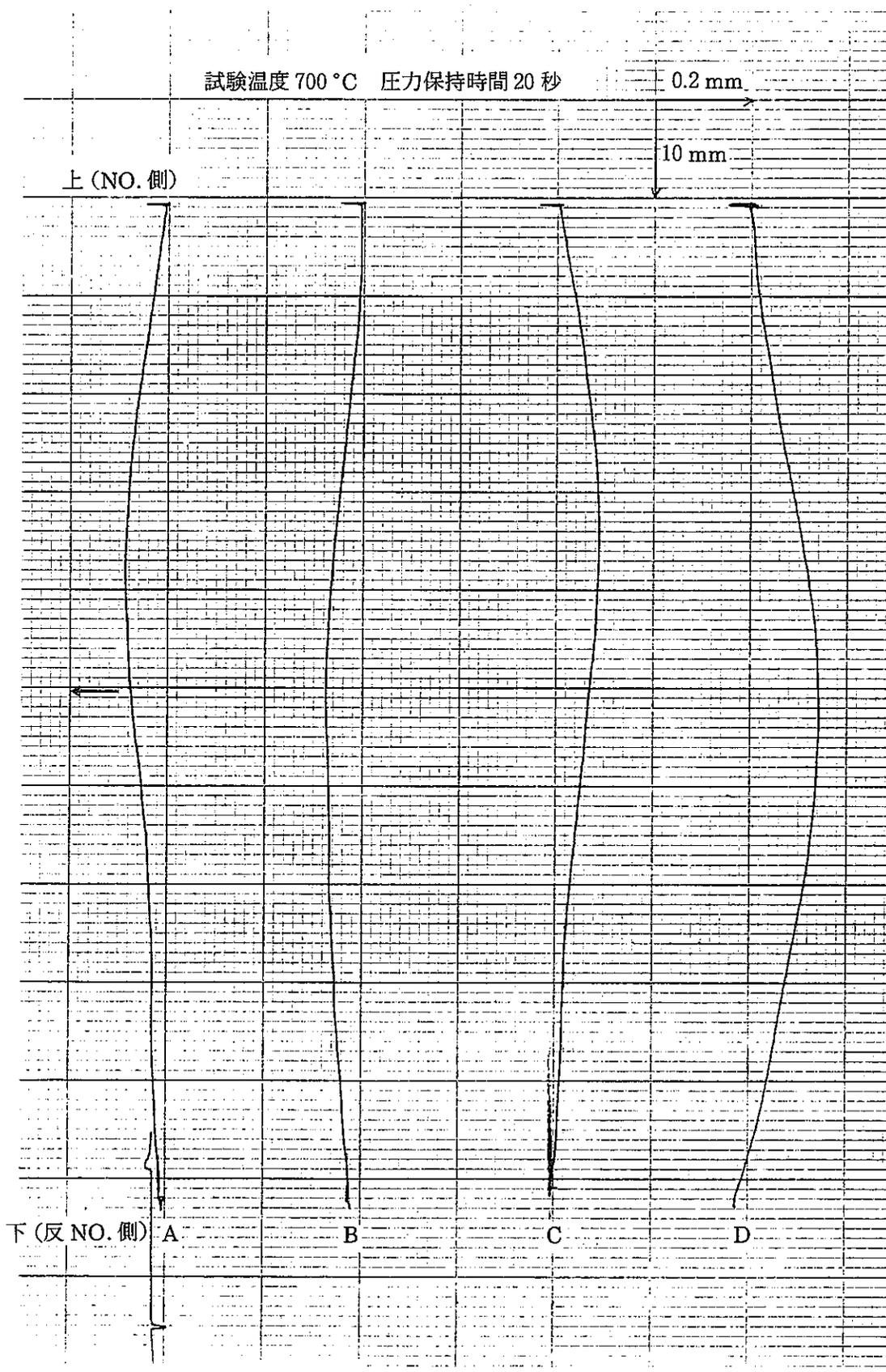


チャート 1 中実試験後試料の軸方向形状 (試料 No. S10898-11)

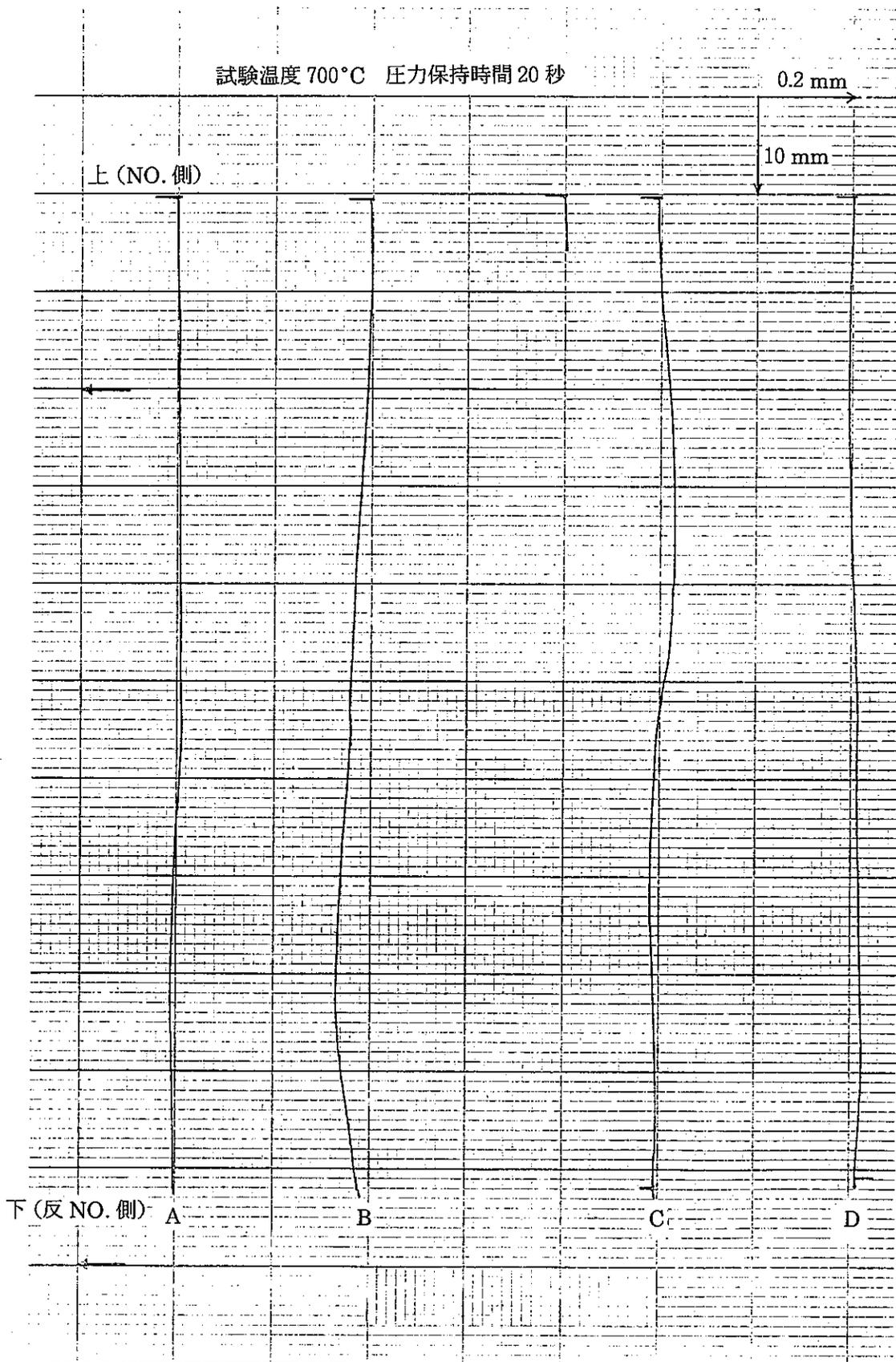


チャート 2 中実試験後試料の軸方向形状 (試料 No. S10898-10)

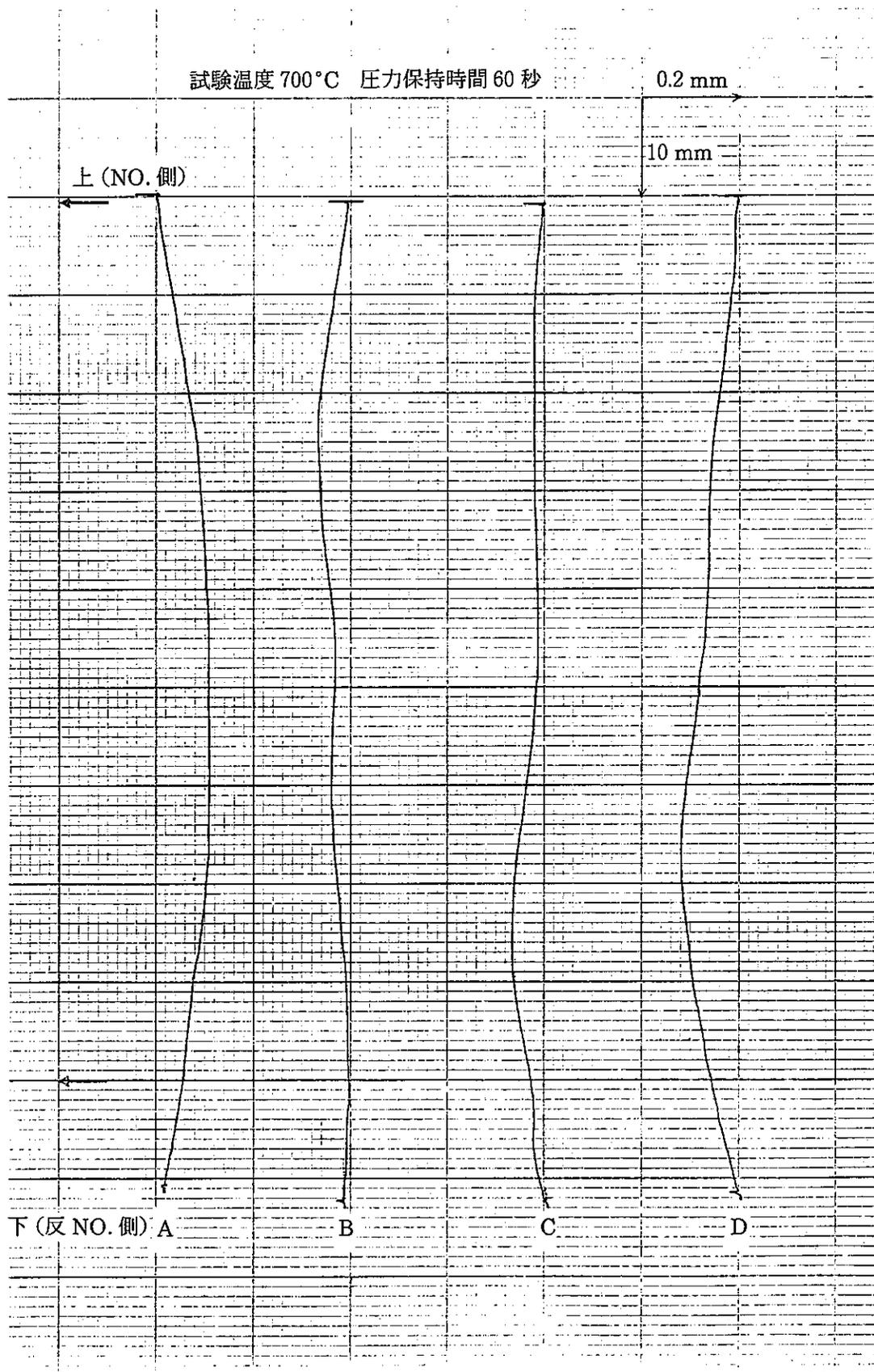


チャート 3 中実試験後試料の軸方向形状 (試料 No. S10898-9)

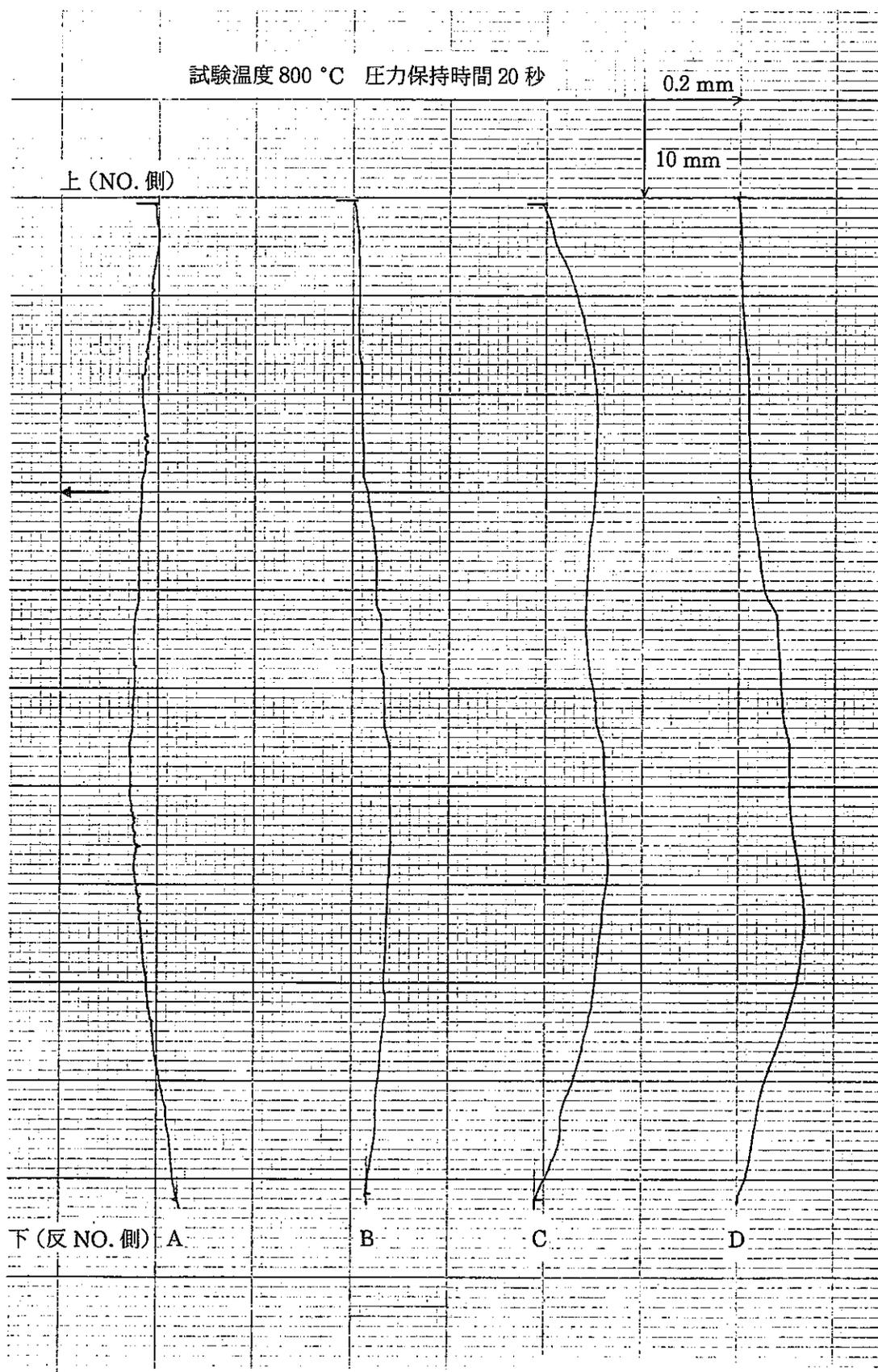


チャート 4 中実試験後試料の軸方向形状 (試料 No. S10898-7)

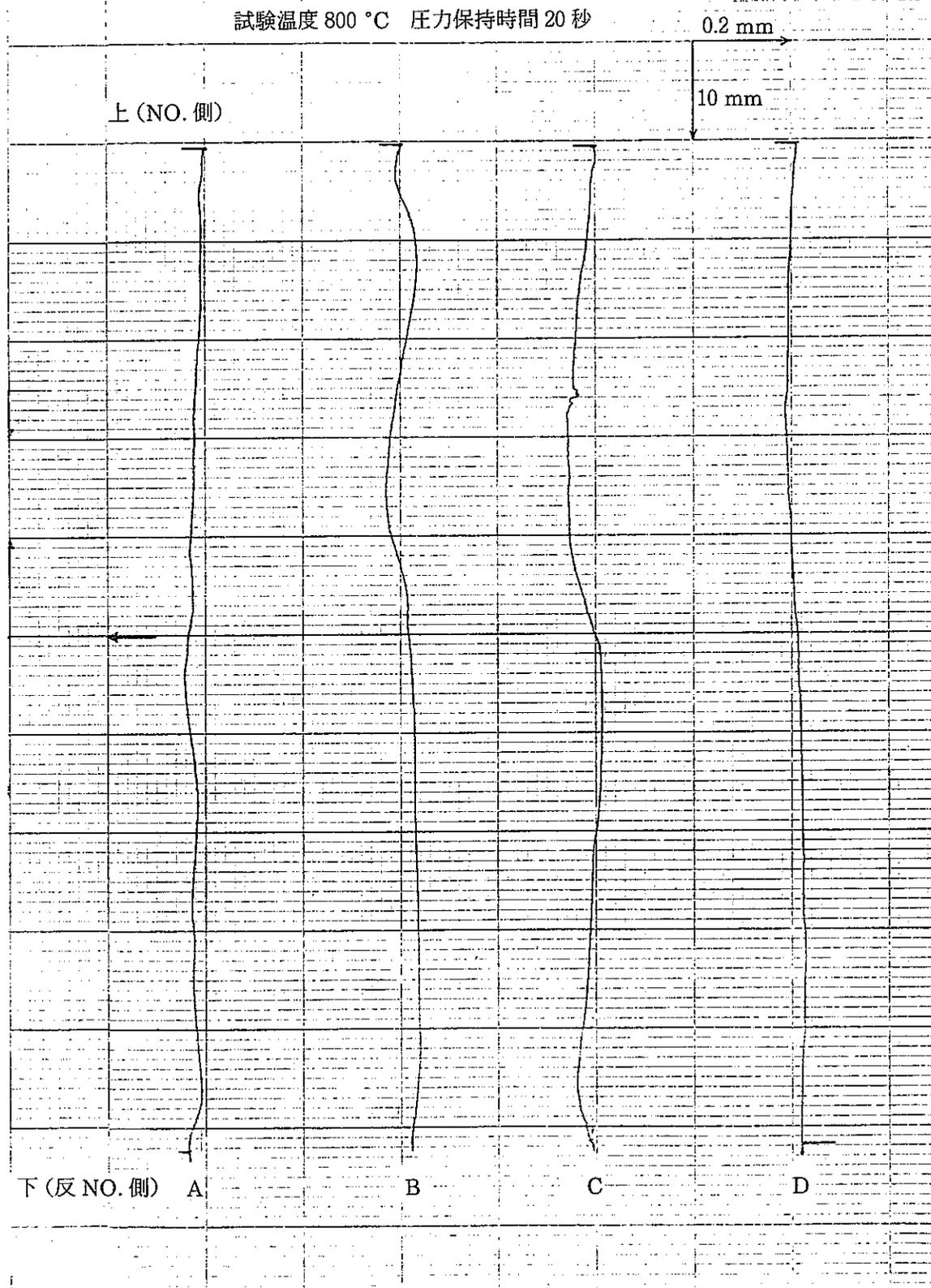


チャート 5 中実試験後試料の軸方向形状 (試料 No. S10900-13)

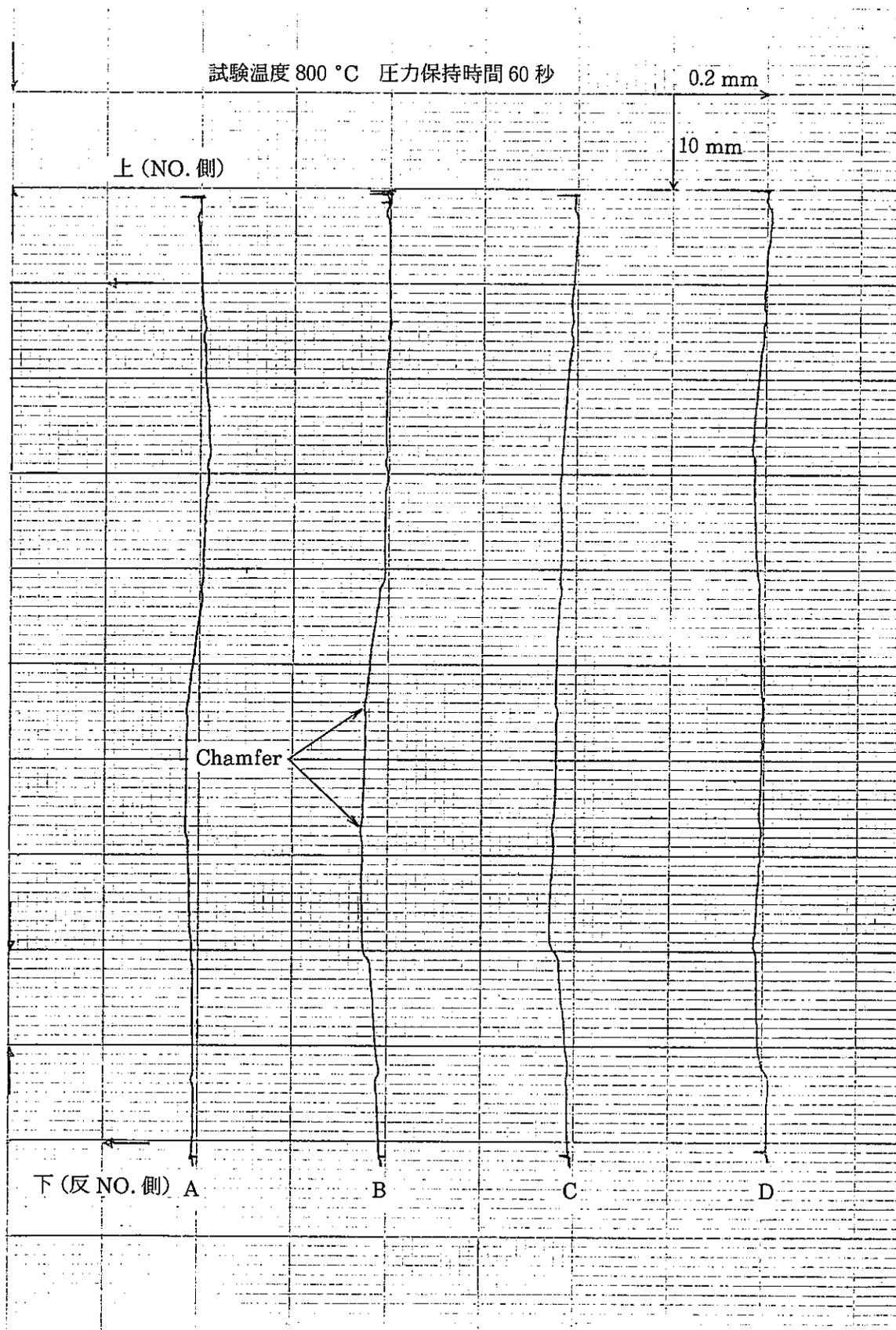


チャート 6 中実試験後試料の軸方向形状 (試料 No. S10900-12)

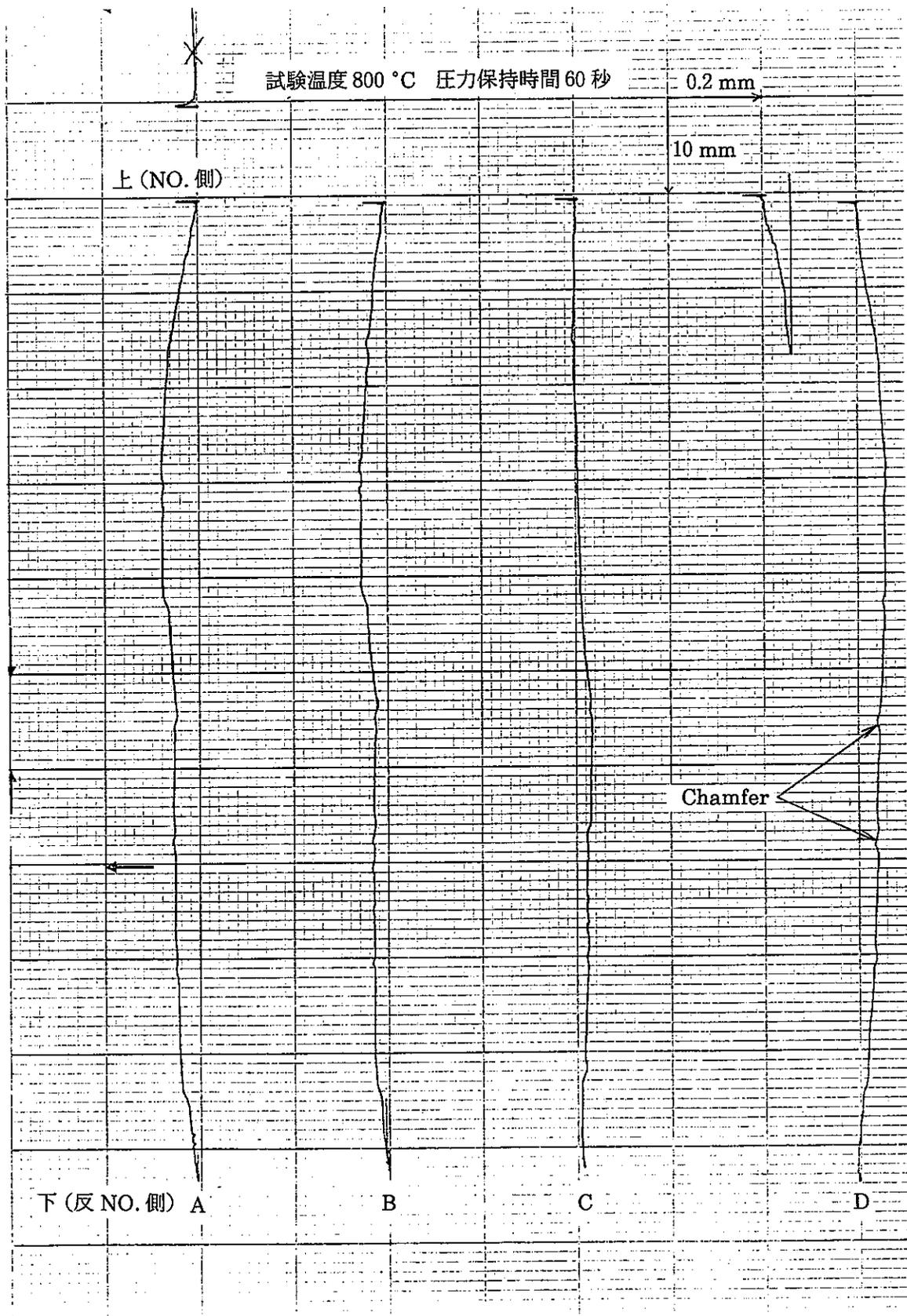


チャート7 中実試験後試料の軸方向形状 (試料 No. S10900-11)