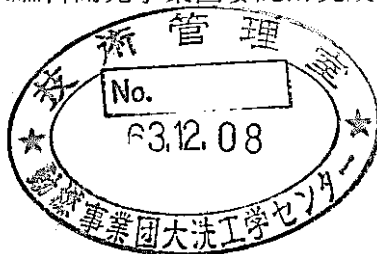


高速炉燃料被覆管のクリープ試験(XVII)(A)

(動力炉・核燃料開発事業団委託研究成果報告)



1988年3月



株式会社神戸製鋼所

KOBE STEEL, LTD.

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

1988年3月

高速炉用燃料被覆管のクリープ試験 (XVII) A

* 1 * 1 * 1

藤原優行, 十代田哲夫, 西田俊夫

要 旨

昭和61年にK, S 2社で試作された高強度フェライト／マルテンサイト鋼被覆管3種(61FS, 61FSF, 61FK)について, 高温引張試験, 内圧クリープ破断試験を実施した。また55年度試作原型炉用被覆管(55MK)について, 内圧クリープ試験を実施し, 歪み測定を行った。

フェライト鋼被覆管は11%Crを基本組成とし, 61FS被覆管では0.5%Mo, 2.0%Wを, 61FSF被覆管では2.2%Wを, 61FK被覆管では2.0%Moを添加している。また61FS, 61FSF被覆管がマルテンサイト単相組織であるのに対して, 61FK被覆管の場合は主にC量が低いことによりマルテンサイト+ δ フェライトの二相組織となっている。各被覆管の硬さは61FK>61FSF>61FSの順に高くなっている。

以下に結果を要約する。

- 1) R. T $\sim$ 800 $^{\circ}$ Cにおける引張強さ, 0.2%耐力は61FK>61FSF>61FSの順に高くなっていた。伸びはほとんど変わらなかった。
- 2) 600 $^{\circ}$ Cにおけるクリープ破断強度は, 61FK>61FS>61FSFの順に高くなっていた。一方, 650 $^{\circ}$ Cにおけるクリープ破断強度については, 短時間側では600 $^{\circ}$ Cと同様な傾向が認められるものの, 長時間側ではクリープ破断強度はほとんど変わらなくなる傾向が認められた。
- 3) 59年度に試作されたフェライト鋼被覆管(59FK, 59FS)の中で, 最も強度の高かった59FK被覆管に比べて, 今回試作された被覆管は600 $^{\circ}$ Cではほぼ同等の強度を, 650 $^{\circ}$ Cでは高い強度を有していた。

- 4) 55MK被覆管について、650℃、14kgf/mm² の条件で、測定回数を変化させて内圧クリープ試験を行ったが、クリープ伸びはほとんど変わらなかった。

本報告書は、(株)神戸製作所が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：620D046

事業団担当者：燃料材料開発部 照射材料試験室（中嶋元治）

*1 鉄鋼技術センター 鉄鋼材料研究室

March, 1988

Creep Test on Fuel Cladding Tube for Fast Breeder Reactor (XVII) A

Masayuki Fujiwara *¹

Tetsuo Soshiroda *¹

Toshio Nishida *¹

Abstract

Elevated-temperature tensile tests and internal creep rupture tests were performed on three kinds of fuel cladding tubes (61FK, 61FSF, 61FS) of high strength ferritic/martensitic steels, domestically test-manufactured in the fiscal year 1986. Diametrical changes during internal creep were also measured on modified type 316 stainless steel tubes test-manufactured for Monju (55MK).

The base composition of the high strength ferritic/martensitic tubes was Fe-11%Cr and the additional elements were 0.5%Mo and 2.0%W on the 61FS tubes, 2.2%W on the 61FSF tubes, and 2.0%Mo on the 61FK tubes, respectively. The structures of the 61FSF and 61FS tube were single phase of tempered martensite, while that of the 61FK tubes with low C content was dual phases of tempered martensite and δ -ferrite. The hardness of the 61FK tubes was higher than those of the 61FSF and 61FS tubes.

The test results are summarized as follows:

- 1) The tensile strength and the 0.2% proof stress of the 61FK tubes were rather higher than those of the 61FSF and 61FS tubes at the test temperature range from R. T. to 800°C. The elongation was not different among the tubes.

- 2) The 61FK tubes showed the highest creep rupture strength among the three kinds of tubes and the strength of the 61FS tubes was rather higher than that of the 61FSF tubes at 600°C, while the difference in the strength was not observed at 650 °C and at a longer period of time.
- 3) The creep rupture strength at 600 °C of the three kinds of tubes was almost equivalent to that of the 59FK tubes test-manufactured in the fiscal year 1984, but the strength was higher than that of the 59FK tubes at 650°C.
- 4) The effect of the interrupted period of time for measuring the diameter on the creep elongation was not found during internal creep of the 55MK tubes at 650°C and 218kgf/cm².

Work performed by Kobe Steel, LTD. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

PNC Liaison : MMS, Fuels and Material Division, Motoharu Nakajima

* 1 : Iron & steel Technology Center, KOBE STEEL, LTD.

目 次

1	まえがき	1
2	試験材	1
3	試験方法	1
3.1	常・高温引張試験	1
3.2	内圧クリープ破断試験	2
3.3	内圧クリープ破断後試験片の検査	3
3.4	内圧クリープ試験	3
4	試験結果および結果の検討	3
4.1	常・高温引張試験結果および検討	3
4.2	内圧クリープ破断試験結果および検討	4
4.3	内圧クリープ破断後試験片の検査結果および検討	4
4.4	内圧クリープ後試験片の検査結果および検討	5
5	まとめ	5

表図写真一覧表

表 1	61年度試作高強度フェライト／マルテンサイト鋼被覆管の化学成分と製造履歴
表 2	55年度試作もんじゅ被覆管の諸性質
表 3	61F S被覆管の引張性質
表 4	61F S F被覆管の引張性質
表 5	61F K被覆管の引張性質
表 6	内圧クリープ破断試験結果
表 7-1	破断後試験片の外形寸法測定結果
表 7-2	破断後試験片の外形寸法測定結果
表 7-3	破断後試験片の外形寸法測定結果
表 8-1	600, 650℃長時間破断材の硬さ分布測定結果 (61F S)
表 8-2	600, 650℃長時間破断材の硬さ分布測定結果 (61F S F)
表 8-3	600, 650℃長時間破断材の硬さ分布測定結果 (61F K)
表 9	被覆管ふくれ量測定結果
図 1	61F S被覆管の光学顕微鏡組織, 結晶粒度および硬さ
図 2	61F S F被覆管の光学顕微鏡組織, 結晶粒度および硬さ
図 3	61F K被覆管の光学顕微鏡組織, 結晶粒度および硬さ
図 4	内圧クリープ破断およびクリープ試験片
図 5	内圧クリープ試験装置の概略
図 6	61F S被覆管の高温引張試験結果
図 7	61F S F被覆管の高温引張試験結果
図 8	61F K被覆管の高温引張試験結果
図 9	59年度試作管 (59F S, 59F K) との比較 (引張強さ)
図10	59年度試作管 (59F S, 59F K) との比較 (0.2%耐力)
図11	内圧クリープ破断試験結果
図12	クリープ応力-破断時間線図
図13	内圧クリープ試験結果 (55MK)
図14-1	破断後試験片のふくれ量
図14-2	破断後試験片のふくれ量
図14-3	破断後試験片のふくれ量

図14-4	破断後試験片のふくれ量
図14-5	破断後試験片のふくれ量
図14-6	破断後試験片のふくれ量
図14-7	破断後試験片のふくれ量
図14-8	破断後試験片のふくれ量
図14-9	破断後試験片のふくれ量
図14-10	破断後試験片のふくれ量
図14-11	破断後試験片のふくれ量
図14-12	破断後試験片のふくれ量
図14-13	破断後試験片のふくれ量
図14-14	破断後試験片のふくれ量
図14-15	破断後試験片のふくれ量
図14-16	破断後試験片のふくれ量
図14-17	破断後試験片のふくれ量
図14-18	破断後試験片のふくれ量
図14-19	破断後試験片のふくれ量
図14-20	破断後試験片のふくれ量

写真 1	破断後試験片の外観 (61F S)
写真 2	破断後試験片の外観 (61F S F)
写真 3	破断後試験片の外観 (61F K)
写真 4	61F S 被覆管の600℃, 613h破断材の組織
写真 5	61F S 被覆管の650℃, 885h破断材の組織
写真 6	61F S F 被覆管の600℃, 134h破断材の組織
写真 7	61F S F 被覆管の650℃, 893h破断材の組織
写真 8	61F K 被覆管の600℃, 714h破断材の組織
写真 9	61F K 被覆管の650℃, 718h破断材の組織

1 まえがき

昭和59年度に試作された高強度フェライト／マルテンサイト鋼被覆管に比べて、優れたクリープ破断強度を有する被覆管の開発を行う目的で、61年度に、W、Nを添加し、さらにその他の成分の最適化も図った3種の高強度フェライト／マルテンサイト鋼被覆管を試作した。

本試験では試作された被覆管の性能を評価するため、3種の被覆管について高温引張試験、内圧クリープ破断試験を実施した。

また内圧クリープ試験において問題となったクリープ伸びの測定方法（断続、連続法による相違および各試験機関による差、断続法における測定回数の影響）について検討するため、本試験では55MK被覆管を用いて、測定回数を変えた断続法による内圧クリープ試験も行った。

2 試験材

昭和61年度にK、S2社で製造された高強度フェライト／マルテンサイト鋼被覆管3種（61FS、61FSF、61FK）の化学成分、製造履歴を表1に示す。

61FS被覆管は昭和59年度に試作されたものに比べて、Moを1%から0.5%に下げ、その代わりにWを0.5%から2%増加している。61FSF被覆管は61FS被覆管に添加しているMoを減らし、それをWに置き替えたもので2.2%のWが添加されている。これらの被覆管はいずれもW添加による高温強度の改善を狙ったものである。61FK被覆管は特にN添加による高温強度の改善を図ったもので、Nを0.05%添加している。

各被覆管の光学顕微鏡組織、結晶粒度および硬さをそれぞれ図1～図3に示す。61FS、61FSF被覆管はいずれも焼もどしマルテンサイト単相組織である。一方、61FK被覆管の場合には、C量が低いことから焼もどしマルテンサイト＋ δ フェライトの2相組織となっている。結晶粒度はいずれの被覆管もほぼ同じで、ASTM No.10程度となっている。硬さは61FK>61FSF>61FS被覆管の順に高くなっている。

クリープ試験に用いた55MK被覆管の化学成分、製造履歴を表2に示す。

3 試験方法

3.1 常・高温引張試験

3種の被覆管に対して、以下の条件および方法で試験を行った。

(1) 引張速度

加熱炉温度均熱部50mmに対して、0.2% 耐力まで 0.3%/min , 耐力後は 7.5%/min で変形させた。

(2) 試験温度

試験温度はR. T, 300, 400, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800 °Cの10温度である。

(3) 0.2%耐力の測定

GL=50mmでDTFにより伸びを測定し、荷重－伸び線図より求めた。

(4) 破断伸びの測定

試験片に10mm間隔にけがきをいれ、GL=50mmで破断伸びを測定した。

3.2 内圧クリープ破断試験

試験片の形状を図4に、内圧クリープ試験装置の概略を図5に示す。

加圧ユニットから発生した水圧をアキュムレータ内でアルゴンのガス圧に変換し、これが高圧バルブを経て、並列に並べた15本の試験片に各々加えられる。圧力はブルドン管式圧力計により測定される。

加熱装置は5台の加熱炉とSCR方式の温度調節装置により構成されている。加熱炉炉心部は均熱のため、2重炉心構造とし、仕切板により4分割されている。

試験片はそれぞれの炉に2本ずつセットされ、温度は1本目の試験片端栓側の溶接部近傍、2本目の試験片の導管側の溶接部近傍およびダミー試験片の中央部に取り付けた熱電対により測定した。

被覆管の内圧クリープ破断試験の温度、目標時間を以下に示す。

温度 (°C)	鋼 種	目 標 時 間 (h)			
600	61FS	100	300	1000	2000
	61FSF				
	61FK				
650	61FS	100	300	1000	2000
	61FSF				
	61FK				

3.3 内圧クリープ破断後試験片の検査

破断した試験片の全数に対して、外観撮影、外径寸法の測定を行った。

各試験温度で最長時間で破断した試験片について、破断部近傍の光学顕微鏡組織観察および硬さ分布の測定を行った。

外径寸法の測定は試験片 200mmを20mmおきに9分割した位置で行い、各位置で4点測定した結果を最大値と最小値で表示した。

組織は破断部近傍について、横断面と縦断面について観察した。

硬さ分布は試験片 200mmを横断面、縦断面とも20mm間隔でビッカース硬度計 (500gf)で各々3点測定した。

3.4 内圧クリープ試験

55年度試作原型炉用被覆管 (55MK) を使用し、650℃、14kgf/mm² (137MPa) の条件で試験を行った。試験片の長さは各試験機関とも同じ条件とするため160mmとした。歪み測定回数の影響を調べるため、2本の試験片を用いて歪み測定間隔を200 h×10回、500 h×4回でクリープ伸びを測定した。

試験方法については「断続法による内圧クリープ試験要領」に従って実施した。

4 試験結果および結果の検討

4.1 常・高温引張試験結果および検討

61FS, 61FSF, 61FK被覆管の引張試験結果を表3～表5に引張強さ、0.2%耐力、伸びと試験温度との関係を図6～図8に示す。

いずれの試験温度においても、引張強さ、0.2%耐力は61FK被覆管が最も高く、61FS被覆管が最も低くなっている。これは硬さの傾向とよく一致している。

図9, 10に各被覆管の引張強さ、0.2%耐力と59FK, 59FS被覆管のそれらとを比較した結果を示す。

今回試作した被覆管の引張強さ、0.2%耐力は低温側では59年度に試作された被覆管よりも低いが、600℃以上の高温になるとほとんど変わらなくなる。

伸びについては3種の被覆管ともほとんど差が認められなかった。

4.2 内圧クリープ破断試験結果および検討

61F S, 61F S F, 61F K被覆管の内圧クリープ破断試験結果を表6に示す。

図11に圧力－破断時間線図を示す。600℃および650℃のいずれの温度においても、クリープ破断強度は61F K>61F S>61F S Fの順に高くなっている。しかし、高温長時間側では強度がほとんど変わらなくなる傾向が認められた。

図12にフープ応力－破断時間線図を示す。昭和59年度に試作された59F S被覆管と比較し、今回試作された被覆管はいずれも高いクリープ破断強度を有している。また昭和59年度に試作された被覆管のうち、強度の高かった59F K被覆管と比較しても、同等かそれよりも優れたクリープ破断強度を有している。特に高温長時間になるほどそれが著しい。

61F S被覆管と61F S F被覆管のクリープ破断強度が同じマルテンサイト単相組織を有する59F S被覆管に比べて高いのは、主にW量の増加、さらにC, V量の最適化、熱処理まま仕上げへの変更によるものと考えられる。また61F K被覆管のクリープ破断強度が59F K被覆管よりも高いのは、主にN量を0.01から0.05%と増加させたことによるものと考えられる。

4.3 内圧クリープ破断後試験片の検査結果および検討

(1) 外 観

写真1～3に破断後試験片の外観を示す。61F S被覆管 600℃で破断したものではいずれも開口型の破断形態をしている。650℃で破断したものでは短時間側では開口型の破断形態であるが、長時間側になるにつれて微細な割れによる破断形態に移移する。61F S F被覆管の場合もこれと同様であった。61F K被覆管の場合にはこれらとやや異なり、破断形態が遷移する温度が低くなっており、650℃ではすべて微細な割れによる破断形態となっている。

(2) 外径寸法測定結果

表7-1～7-3に破断後試験片の外径寸法測定結果を、図14-1～14-20にふくれ量を示す。いずれの被覆管もふくれ量に顕著な差は認められなかった。またふくれ量に及ぼす温度の影響もわずしか認められなかった。

(3) 硬さ分布測定結果

表8-1～8-3に各被覆管の600, 650℃で最長時間で破断したものの硬さ分布を測定した結果を示す。

硬さの低下は61F K被覆管が最も大きく、61F S F被覆管が最も小さくなっている。61F K被覆管のクリープ破断強度は低温側では61F S F被覆管のそれよりも高いが、高温、長時間側になるに

つれて次第にその差が小さくなるもしくは強度が逆転する傾向が認められており、硬さの変化とよく対応している。

硬さの低下量に差がみとめられたのは、MoよりもW添加のほうが、高温長時間側の組織安定性に有効であること、加えて熱処理の違い（焼もどし時間の違い）によることが重なったためと考えられる。

(4) 組織

写真4～9に各被覆管の600, 650℃で最長時間で破断したものの光学顕微鏡組織を示す。

クリープ試験後の組織と試験前の組織には顕著な差は認められない。これは観察する倍率が適切でないためで、今後フェライト鋼の組織を観察し、強度との関連性を評価するためには、これ以外にSEM観察を行うことが必要であると思われる。

なおクリープ試験後の組織観察より、61FS被覆管には少量であるが δ -フェライトが観察された。

4.4 内圧クリープ試験結果および検討

表9に55MK被覆管の650℃、218kgf/cm²でクリープ試験を行い、ふくれ量を測定した結果を示す。表には測定回数の異なる二つのデータを示している。

測定回数を変えても得られたふくれ量にはほとんど差がなかった。いずれのデータも500～1000hで急激なふくれ量の増加がみられ、それ以後はふくれ量の変化が小さくなる。1000h以後のふくれの増加量は0～500hまでのそれとほぼ等しくなっている。(図13)。この理由については現在のところ不明であり、次の試験の際にはこの点に注意をしておく必要がある。測定された最小クリープ速度は $1.4 \times 10^{-4} \% / h$ 程度であった。

5 まとめ

59年度に試作された高強度フェライト／マルテンサイト鋼被覆管よりも優れたクリープ破断強度を有するフェライト鋼被覆管の開発を目的にW、Nを添加した高強度フェライト／マルテンサイト鋼被覆管3種について、内圧クリープ破断特性を調べて、以下の結果を得た。

- (1) 引張強さ、0.2%耐力は61FK>61FSF>61FSの順に高くなっていた。
- (2) 内圧クリープ破断試験の結果、600℃におけるクリープ破断強度については、61FK>61FS>61FSFの順に高くなっていた。650℃におけるクリープ破断強度については、短時間側では600℃と同様な傾向が認められるものの、長時間側ではクリープ破断強度はほとんど変わらなく

なる傾向が認められた。

(3) W, N添加により今回試作された被覆管 3 種のクリープ破断強度は59年度に試作された被覆管の中で、最も強度の高かった59F K被覆管に比べて、高温側では優れたクリープ破断強度を示した。

(4) 55MK被覆管について、650°C, 14kgf /mm² の条件で、測定回数を変化させて内圧クリープ試験を行ったが、クリープ伸びはほとんど変わらなかった。

表1 61年度試作高強度フェライト／マルテンサイト鋼被覆管の化学成分と製造履歴

1. 化学組織 (Wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Co	B	N	Cu	W	V	Nb
規 格	0.07~ 0.13	<0.1	0.30~ 0.75	≤0.030	≤0.030	≤0.80	10.0~ 12.0	0.30~ 0.70	<0.01	—	0.03~ 0.07	—	1.70~ 2.30	0.15~ 0.25	0.03~ 0.07
61FS	0.10	0.07	0.54	0.002	0.002	0.32	11.05	0.45	0.004	—	0.044	0.01	1.89	0.21	0.055
規 格	0.10~ 0.16	<0.1	0.30~ 0.75	≤0.030	≤0.030	0.60~ 1.00	10.2~ 12.2	<0.3	<0.01	0.0015~ 0.0040	0.03~ 0.07	—	1.90~ 2.50	0.16~ 0.26	0.04~ 0.08
61FSF	0.12	0.06	0.69	0.002	0.002	0.82	11.00	0.09	0.003	0.0024	0.043	0.01	2.11	0.20	0.056
規 格	0.02~ 0.06	<0.1	0.40~ 0.80	<0.01	<0.01	0.30~ 0.70	10.0~ 12.0	1.50~ 2.10	<0.01	—	0.04~ 0.08	—	—	0.18~ 0.28	0.03~ 0.07
61FK	0.044	0.05	0.63	0.009	0.002	0.45	11.08	1.94	0.005	—	0.061	—	—	0.24	0.051

2. 製造条件

鋼 種	ヒート番号	ミルシート番号	ロット番号	被覆管番号	熱処理条件	冷間加工度 (%)	結晶粒度 (ASTM No)	硬さ (Hv 500g)
61FS	E690528	MS-RD-027	61FS	FS1001~ FS1100	1100℃×10min →780℃×1Hr	—	10.0 (横) 10.0 (縦)	235 (横) 236 (縦)
61FSF	E690529	MS-RD-027	61FSF	FSF101~ FSF200	1060℃×10min →750℃×10Hr	—	9.5 (横) 10.0 (縦)	241 (横) 236 (縦)
61FK	HA3399	S-87-13	61FK	FK1001~ FK1100	1100℃×8min →780℃×8min	—	10.5 (縦)	266 (横) 269 (縦)

表2 55年度試作もんじゅ被覆管の諸性質（ミルシート値）

1. 化学組成（W t %）

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Co	B	N	Cu	Ti	V	Nb+Ta	As	Al	Zr	O
規 格	0.045 ┌ 0.085	≤1.00	≤2.00	≤0.040	≤0.010	13.00 ┌ 14.00	16.00 ┌ 18.00	2.00 ┌ 3.00	≤0.10	≤0.0100	≤0.010	≤0.20	≤0.10	≤0.20	≤0.10	≤0.010	≤0.050	≤0.10	報 告
55MK	0.052	0.82	1.83	0.028	0.009	13.84	16.52	2.49	0.01	0.0031	0.003	0.01	0.080	0.01	0.079	0.002	0.016	0.005	0.0016

2. 製造条件

	ヒート番号	ミルシート番号	ロット番号	被覆管番号	溶体化処理	冷間加工度 (%)	結晶粒度 (ASTMNo.)	硬 さ (Hr500g)
55MK	CA0262	S-81-6	K554	K9301 ~K9500	1080℃×2min	20	(横) 8.5 (縦) 8.0	(横) 260 255

表 3 61 F S被覆管の引張性質

試験温度 (℃)	試験片記号	引張強さ (M P a)	0.2%耐力 (M P a)	伸び (%)	破断 位置
R.T	FS1039-3	7 2 4	5 9 0	17.4	A
3 0 0	FS1039-1	6 2 4	5 3 8	7.8	A
4 0 0	FS1040-1	5 9 6	5 0 0	8.4	A
5 0 0	FS1040-3	5 1 7	4 4 0	9.6	A
5 5 0	FS1042-1	4 5 4	3 9 3	10.6	A
6 0 0	FS1044-1	4 1 3	3 4 8	20.2	A
6 5 0	FS1045-3	3 3 2	2 6 5	16.2	A
7 0 0	FS1045-1	2 5 1	1 9 0	26.2	A
7 5 0	FS1044-3	1 8 4	1 2 7	31.4	A
8 0 0	FS1043-1	1 2 7	7 9	32.6	A

表4 61F S F被覆管の引張性質

試験温度 (℃)	試験片記号	引張強さ (M Pa)	0.2%耐力 (M Pa)	伸び (%)	破断 位置
R.T	FSF109-3	743	629	17.2	A
300	FSF110-3	633	551	8.0	A
400	FSF111-3	600	535	8.6	A
500	FSF115-3	526	446	9.2	A
550	FSF114-1	472	405	9.8	A
600	FSF114-3	401	335	17.6	A
650	FSF112-1	317	269	13.8	A
700	FSF109-1	240	176	23.6	A
750	FSF110-1	168	109	37.0	A
800	FSF111-1	129	71	35.8	A

表5 61FK被覆管の引張性質

試験温度 (℃)	試験片記号	引張強さ (MPa)	0.2%耐力 (MPa)	伸び (%)	破断 位置
R.T	FK1009-3	759	638	18.4	A
300	FK1015-3	662	592	8.6	A
400	FK1014-1	630	549	7.8	A
500	FK1015-1	569	496	9.2	A
550	FK1009-1	523	452	11.4	A
600	FK1011-1	456	388	17.4	A
650	FK1012-3	364	303	18.8	A
700	FK1012-1	276	224	23.2	A
750	FK1010-3	226	180	20.2	A
800	FK1012-1	128	92	39.6	A

表6 内圧クリープ破断試験結果

—61年度試作高強度フェライト／マルテンサイト鋼被覆管

試験材	試験温度 (°C)	試験片記号	圧力 (MPa)	hoop応力 (MPa)	破断時間 (h)	破断形態
61FS	600	FS1036-4	42.3	272	105	V
		FS1034-11)	37.4	240	258	V
		FS1037-3	37.4	240	613	V
		FS1034-6	34.8	223	1591	V
	650	FS1038-2	30.9	198	32	V
		FS1037-8	26.8	172	384	V
		FS1035-10	24.8	159	885	F
		FS1036-9	21.6	138	1786	F
61FSF	600	FSF104-11	38.2	245	95	V
		FSF108-7	34.8	223	134	V
		FSF104-6	32.3	208	(1150)	試験中
		FSF107-8	30.9	198	3000 吐	—
	650	FSF106-4	25.9	166	87	V
		FSF107-3	24.9	160	214	V
		FSF104-1	22.8	147	893	F
		FSF108-2	19.6	126	(1900)	試験中
61FK	600	FK1004-11	42.5	272	359	V
		FK1007-8	40.2	258	558	V
		FK1005-10	38.6	248	714	F
		FK1008-7	35.3	226	(2400)	試験中
	650	FK1006-4	30.2	194	264	F
		FK1006-9	27.3	175	360	F
		FK1005-5	26.1	167	216	F
		FK1004-1	23.5	151	718	F
		FK1008-2	21.6	138	(500)	試験中

() 内の数字は7/6現在の経過時間

表 7 - 1 破断後試験片の外形寸法測定結果

(単位: mm)

試験材 記号	試験温度 (℃)	圧力 (MPa)	破断時間 (h)	試験片先端からの距離 (c m)								
				2	4	6	8	10	12	14	16	18
FS1036-4	600	42.3	105	6.650	6.685	6.730	6.750	6.820	開口	6.755	6.700	6.625
				6.635	6.685	6.730	6.740	6.790		6.730	6.680	6.620
FS1034-11	600	37.4	258	6.645	6.700	6.780	7.740	開口	6.810	6.750	6.690	6.670
				6.640	6.690	6.770	7.700		6.800	6.745	6.670	6.660
FS1037-3	600	37.4	613	6.660	6.645	6.650	6.660	6.700	6.710	6.740	開口	6.672
				6.650	6.625	6.640	6.655	6.685	6.690	6.705		6.710
FS1034-6	600	34.8	1591	6.655	6.675	6.690	6.730	6.780	6.840	6.930	開口	6.910
				6.652	6.665	6.680	6.725	6.770	6.825	6.830		6.905
FS1038-2	650	30.9	32	6.640	6.650	6.700	6.735	6.850	開口	6.850	6.765	6.700
				6.640	6.640	6.700	6.730	6.830		6.835	6.740	6.690
FS1037-8	650	26.8	384	6.605	6.595	6.600	6.625	6.670	開口	6.745	6.650	6.620
				6.580	6.595	6.600	6.615	6.655		6.745	6.650	6.580
FS1035-10	650	24.8	885	6.740	6.770	6.730	6.830	6.950	6.855	6.825	6.760	6.691
				6.700	6.760	6.710	6.800	6.905	6.820	6.780	6.710	6.675
FS1036-9	650	21.6	1786	6.690	6.705	6.730	6.780	6.830	6.835	6.770	6.695	6.760
				6.680	6.695	6.715	6.775	6.825	6.705	6.765	6.685	6.745

上段: 最大値 下段: 最小値

表 7 - 2 破断後試験片の外形寸法測定結果
(単位 : mm)

試験材 記号	試験温度 (℃)	圧力 (MPa)	破断時間 (h)	試験片先端からの距離 (c m)									
				2	4	6	8	10	12	14	16	18	
FSF104-11	600	38.2	95	6.600	6.660	6.720	6.830	6.850	開口	6.695	6.625	6.600	
				6.595	6.650	6.720	6.820	6.830		6.695	6.620	6.595	
FSF108-7	600	34.8	134	6.675	6.730	6.790	開口	6.835	6.745	6.670	6.625	6.615	
				6.660	6.715	6.775		6.825	6.740	6.655	6.615	6.600	
FSF106-4	650	25.9	87	6.690	6.735	6.800	6.895	6.965	開口	6.935	6.845	6.755	
				6.675	6.735	6.800	6.890	6.960		6.930	6.840	6.755	
FSF107-3	650	24.9	214	6.710	6.650	6.685	6.755	6.805	6.925	6.870	開口	6.870	
				6.705	6.635	6.670	6.745	6.805	6.920	6.860		6.830	
FSF104-1	650	22.8	893	6.580	6.590	6.610	6.620	6.645	6.650	6.640	6.670	6.800	
				6.580	6.585	6.615	6.620	6.640	6.640	6.640	6.670	6.785	

上段 : 最大値 下段 : 最小値

表 7 - 3 破断後試験片の外形寸法測定結果

(単位 : mm)

試験材 記号	試験温度 (℃)	圧力 (MPa)	破断時間 (h)	試験片先端からの距離 (mm)								
				2	4	6	8	10	12	14	16	18
FK1004-11	600	42.5	359	6.655 6.650	6.685 6.685	6.765 6.760	6.770 6.765	開口	6.790 6.790	6.740 6.735	6.720 6.715	6.685 6.685
FK1007-8	600	40.2	558	6.555 6.540	6.570 6.570	6.585 6.585	6.650 6.630	開口	6.630 6.630	6.630 6.630	6.600 6.585	6.610 6.610
FK1005-10	600	38.6	714	6.640 6.640	6.665 6.660	6.705 6.700	6.775 6.775	6.890 6.860	6.790 6.790	6.740 6.740	6.710 6.705	6.710 6.700
FK1006-4	650	30.2	264	6.585 6.585	6.575 6.575	6.580 6.560	6.580 6.575	6.590 6.585	6.640 6.630	6.740 6.730	6.690 6.670	6.650 6.640
FK1006-9	650	27.3	360	6.605 6.600	6.610 6.610	6.620 6.620	6.655 6.655	6.720 6.710	6.860 6.850	6.850 6.830	6.720 6.710	6.690 6.680
FK1005-5	650	26.1	216	6.625 6.605	6.615 6.615	6.640 6.655	6.730 6.725	6.720 6.700	6.640 6.635	6.585 6.585	6.650 6.650	6.625 6.615
FK1004-1	650	23.6	718	6.645 6.640	6.630 6.610	6.640 6.635	6.680 6.675	6.730 6.730	6.690 6.660	6.610 6.605	6.635 6.610	6.700 6.700

上段 : 最大値 下段 : 最小値

表 8 - 1 600, 650℃長時間破断材の硬さ分布測定結果(61F S)
(H v. 500gf)

測 定 位 置	FS1037-3, 600℃, 38.2MPa, 613h		FS1035-10, 650℃, 24.8MPa, 885h	
	横断面	縦断面	横断面	縦断面
1	2 3 8	測定せず	2 3 1	測定せず
2	2 3 7	2 3 7	2 3 0	2 3 1
3	2 3 5	2 3 6	2 2 5	2 2 8
4	2 3 2	2 3 5	2 2 4	2 2 5
5	2 3 5	2 3 4	2 2 6	2 2 5
6	2 3 2	2 3 5	2 2 1	2 1 8
7	2 3 5	2 3 4	2 2 4	2 2 9
8	2 3 5	2 3 3	2 3 0	2 3 0
9	開 口	開 口	2 3 6	2 3 6
1 0	測定せず	2 3 4	測定せず	2 3 8

試験前硬さ (H v. 500gf)

横断面 : 2 4 4

縦断面 : 2 4 3

表 8 - 2 600, 650℃長時間破断材の硬さ分布測定結果(61 F S F)
(H v . 500gf)

測 定 位 置	FSF108-7,600℃,34.8MPa,134h		FSF104-1,650℃,22.8MPa,893h	
	横断面	縦断面	横断面	縦断面
1	2 3 4	測定せず	2 4 1	測定せず
2	2 3 4	2 3 1	2 4 3	2 4 6
3	2 3 0	2 2 9	2 3 8	2 4 1
4	2 3 1	2 3 0	2 3 9	2 3 9
5	開 口	開 口	2 3 5	2 3 7
6	2 3 2	2 3 0	2 3 1	2 2 7
7	2 3 1	2 2 9	2 3 4	2 3 7
8	2 3 4	2 3 3	2 3 4	2 3 5
9	2 3 6	2 3 6	2 3 7	2 3 8
1 0	測定せず	2 3 6	測定せず	2 3 4

試験前硬さ (H v . 500gf)

横断面 : 2 5 1

縦断面 : 2 5 1

表 8 - 3 600, 650℃長時間破断材の硬さ分布測定結果(61 F K)
(H v. 500gf)

測 定 位 置	FK1005-10, 600℃, 38.6MPa, 714h		FK1004-1, 650℃, 23.5MPa, 718h	
	横断面	縦断面	横断面	縦断面
1	2 4 6	測定せず	2 2 5	測定せず
2	2 4 4	2 4 8	2 2 1	2 2 5
3	2 3 8	2 3 9	2 2 6	2 2 7
4	2 3 3	2 3 3	2 2 0	2 1 1
5	2 2 5	2 3 2	2 1 7	2 1 2
6	2 2 9	2 3 2	2 1 5	2 0 4
7	2 3 3	2 2 7	2 2 1	2 2 4
8	2 3 5	2 3 7	2 2 4	2 2 5
9	2 4 2	2 4 6	2 2 5	2 2 4
1 0	測定せず	2 4 2	測定せず	2 2 1

試験前硬さ (H v. 500gf)

横断面 : 2 6 5

縦断面 : 2 6 8

表9 被覆管ふくれ量測定結果

試験片No. : K 9 4 3 6 - 1

試験圧力 : 2 1 8 kgf/cm²

試験温度 : 6 5 0 ℃

フープ応力 : 1 4 . 0 kgf/mm²

ふくれ率 (%)

時間 (h)	198	408	600	807	1002	1208	1404	1619	1811	2003
最大値	0.03	0.08	0.18	0.31	0.32	0.35	0.37	0.38	0.42	0.43
平均値	0.02	0.04	0.11	0.20	0.25	0.30	0.32	0.36	0.38	0.40
最小値	0.02	0.02	0.05	0.14	0.20	0.26	0.28	0.34	0.34	0.35

試験片No. : K 9 4 3 6 - 1

試験圧力 : 2 1 8 kgf/cm²

試験温度 : 6 5 0 ℃

フープ応力 : 1 4 . 0 kgf/mm²

ふくれ率 (%)

時間 (h)	352	1000	1499	2000
最大値	0.11	0.37	0.46	0.58
平均値	0.04	0.30	0.39	0.50
最小値	0.02	0.23	0.29	0.43

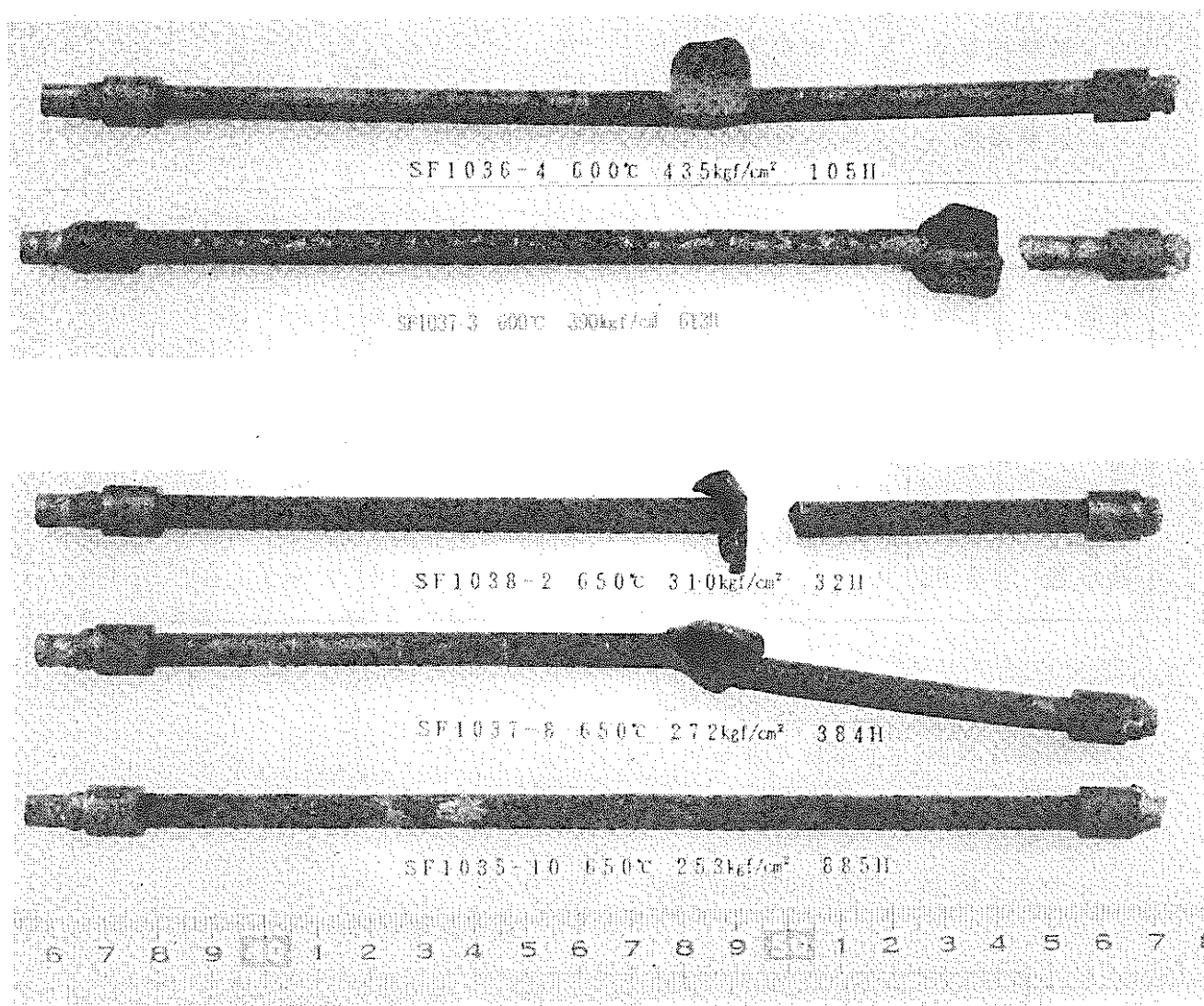


写真1 破断後試験片の外観 (61F S)

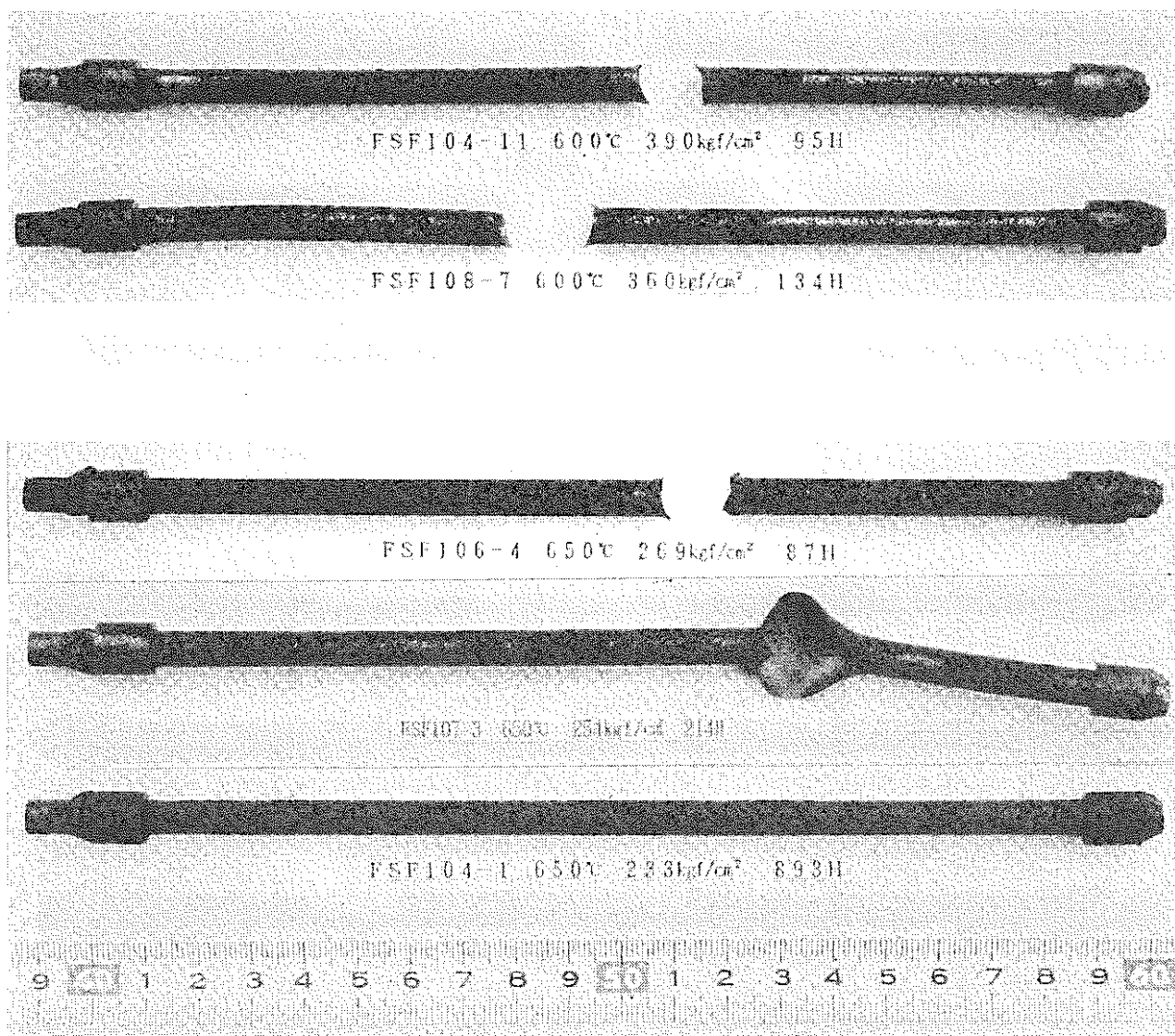


写真2 破断後試験片の外観 (61F S F)

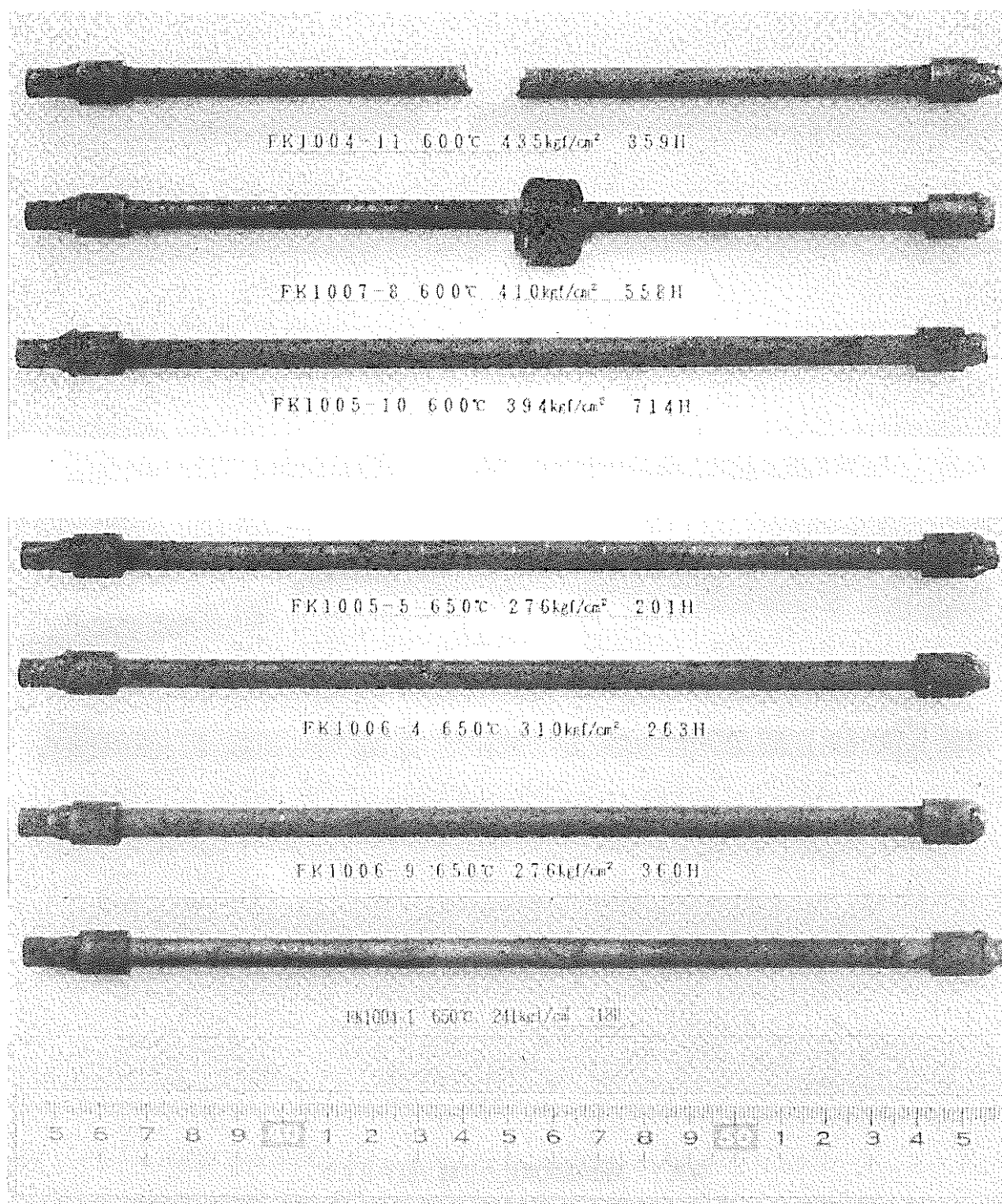


写真3 破断後試験片の外観 (61F K)

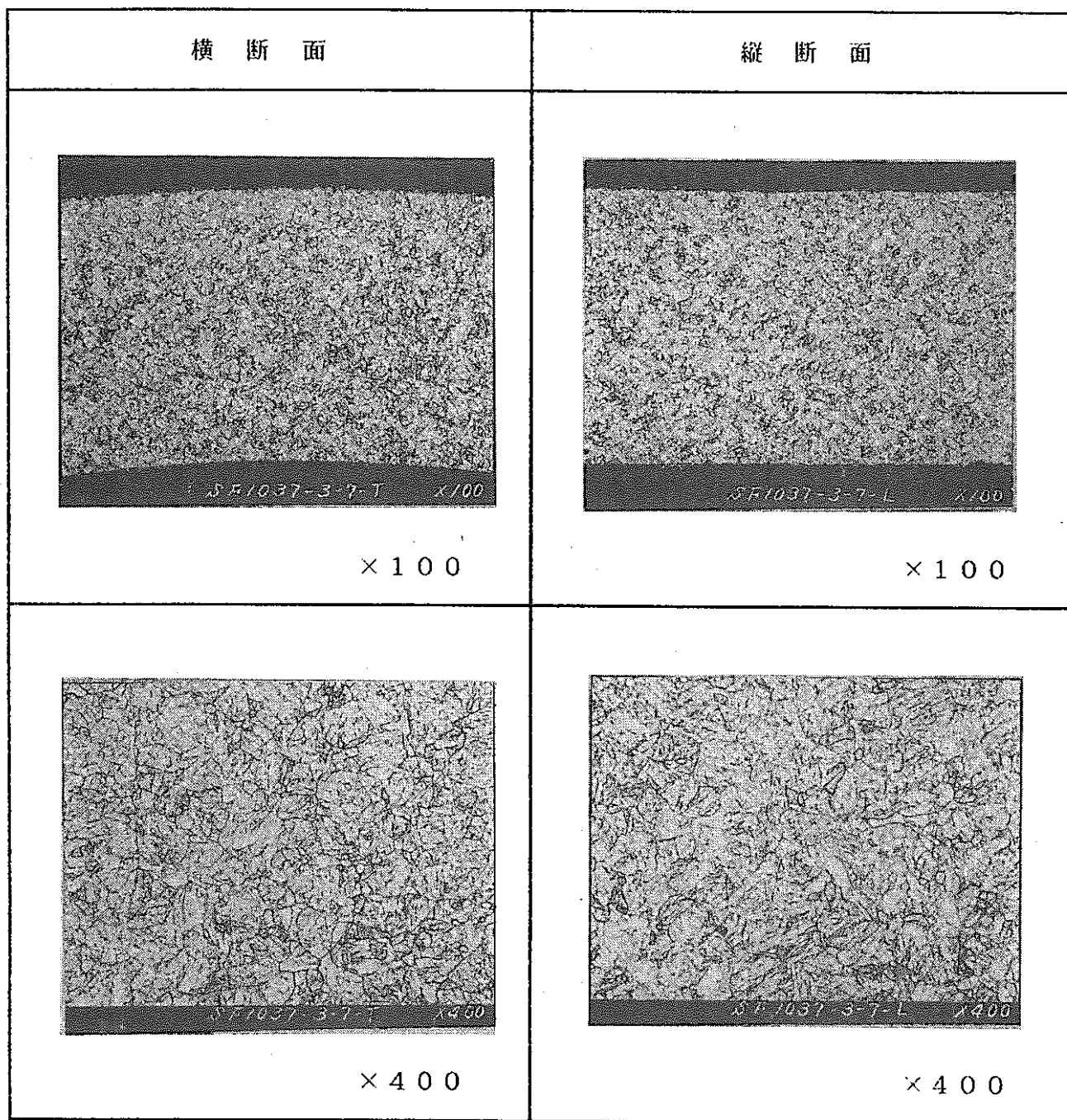


写真4 61FS被覆管の600℃, 613h破断材の組織

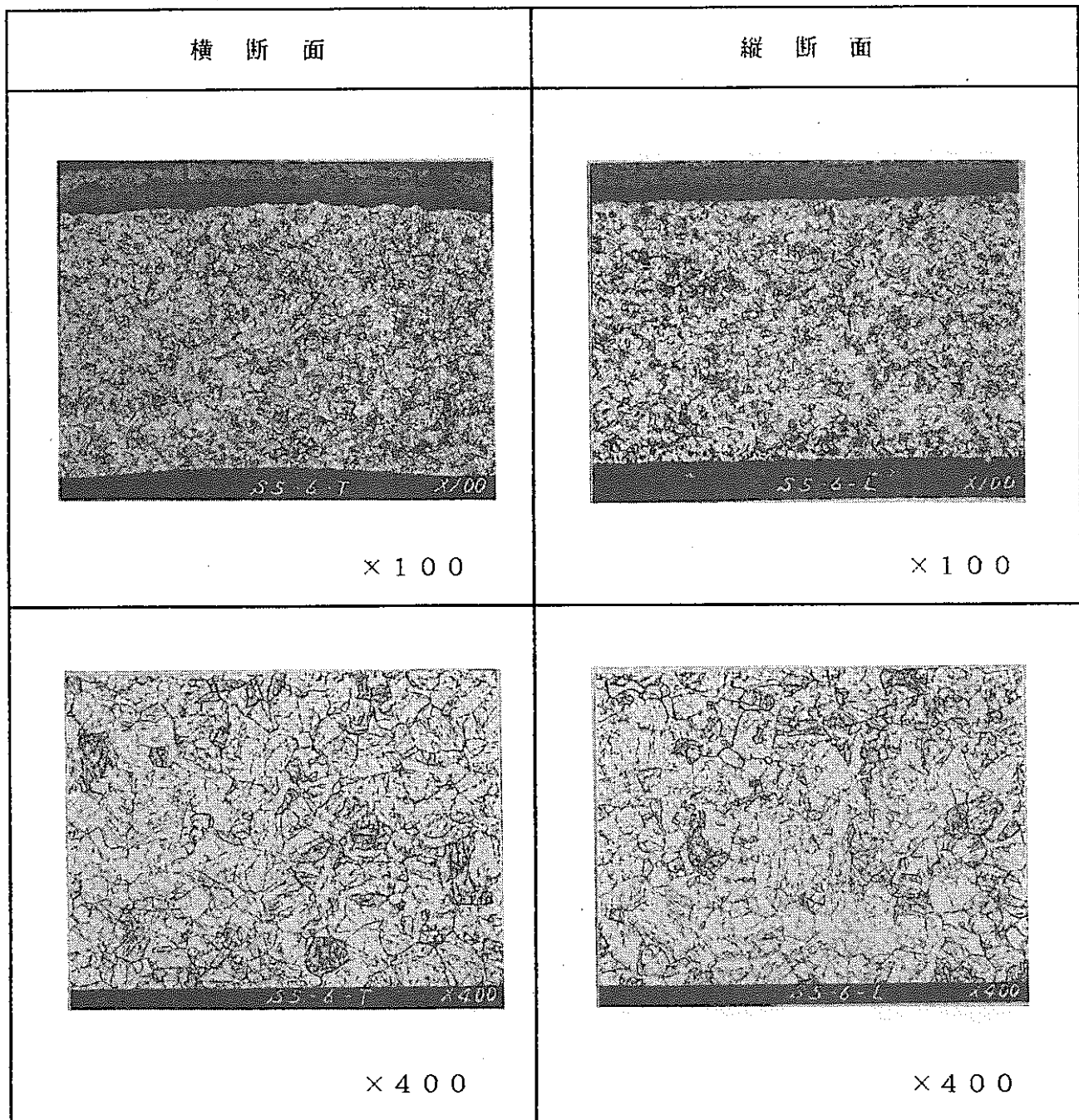


写真5 61F S被覆管の650°C, 885h 破断材の組織

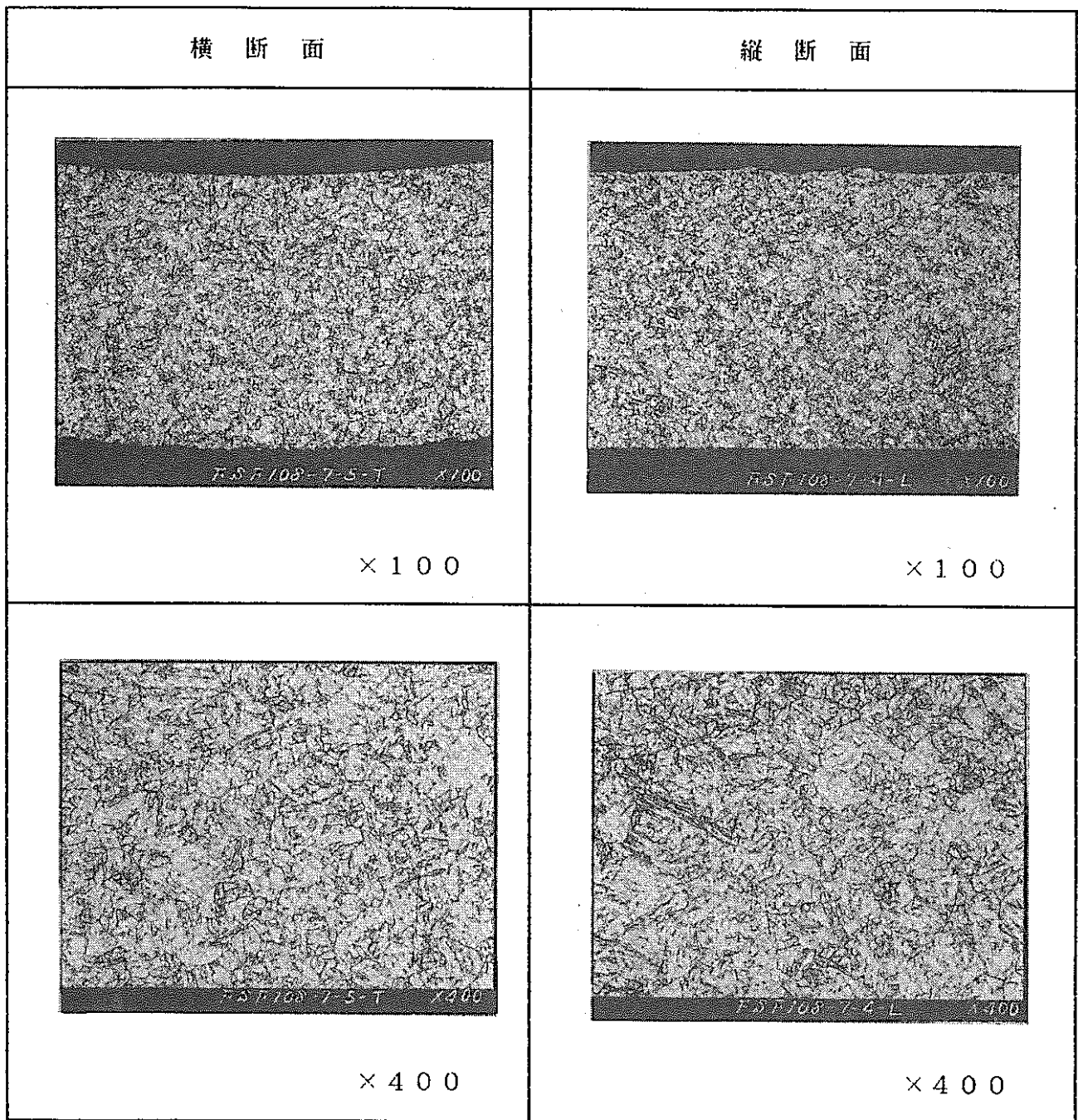


写真6 61F S F被覆管の600℃, 134h破断材の組織

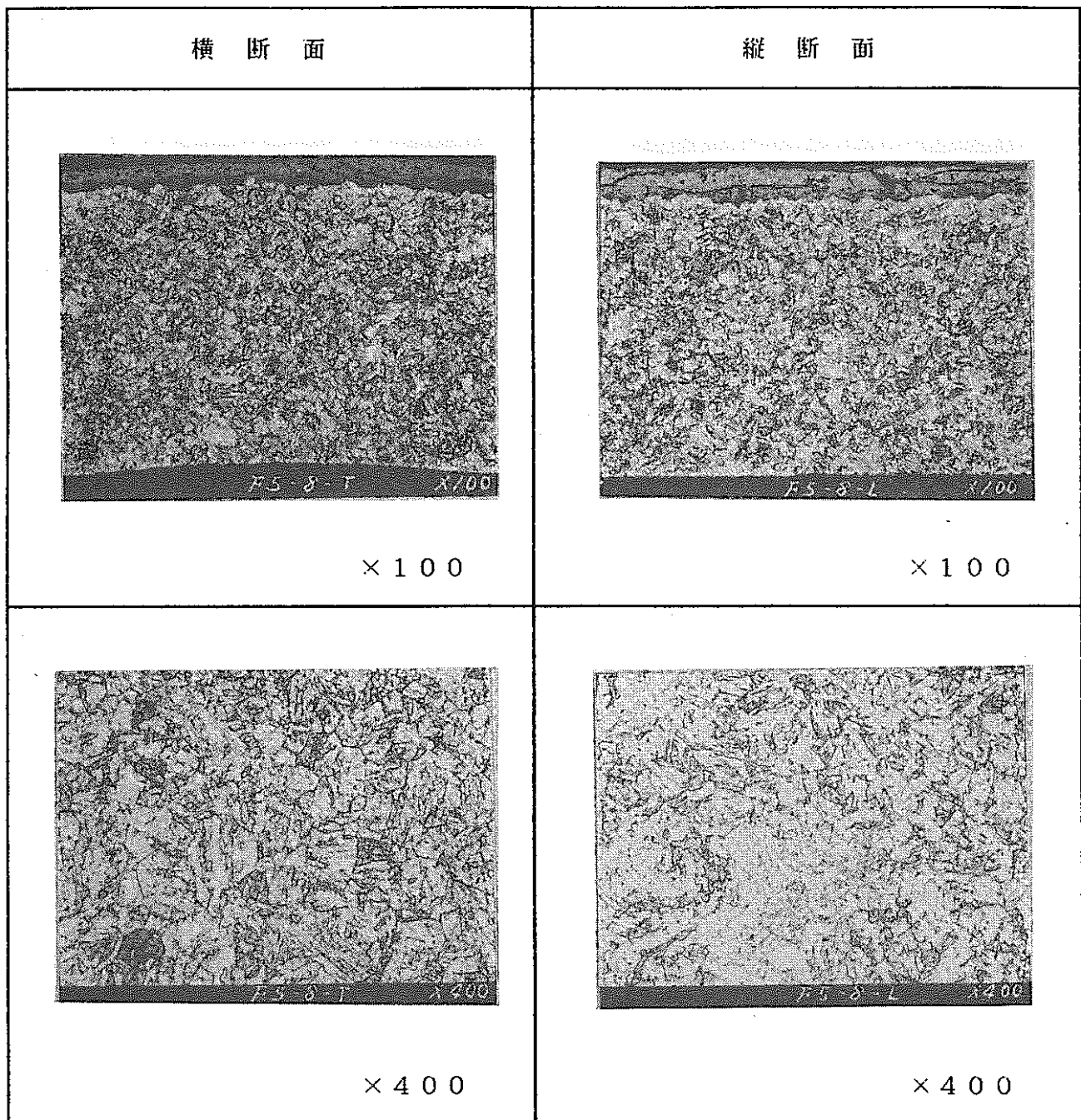


写真7 61F S F被覆管の650°C, 893h 破断材の組織

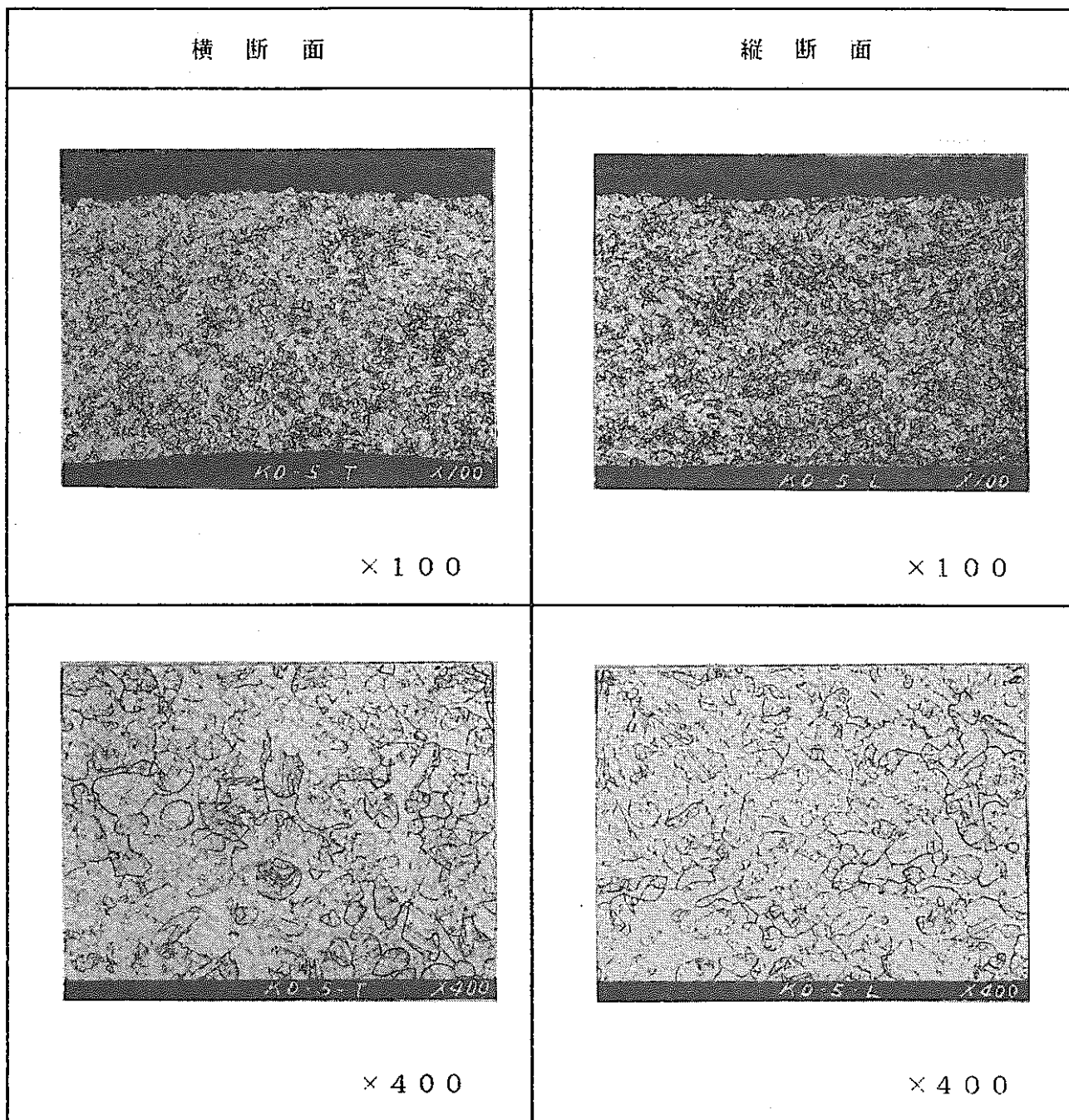


写真8 61F K被覆管の600°C, 714h 破断材の組織

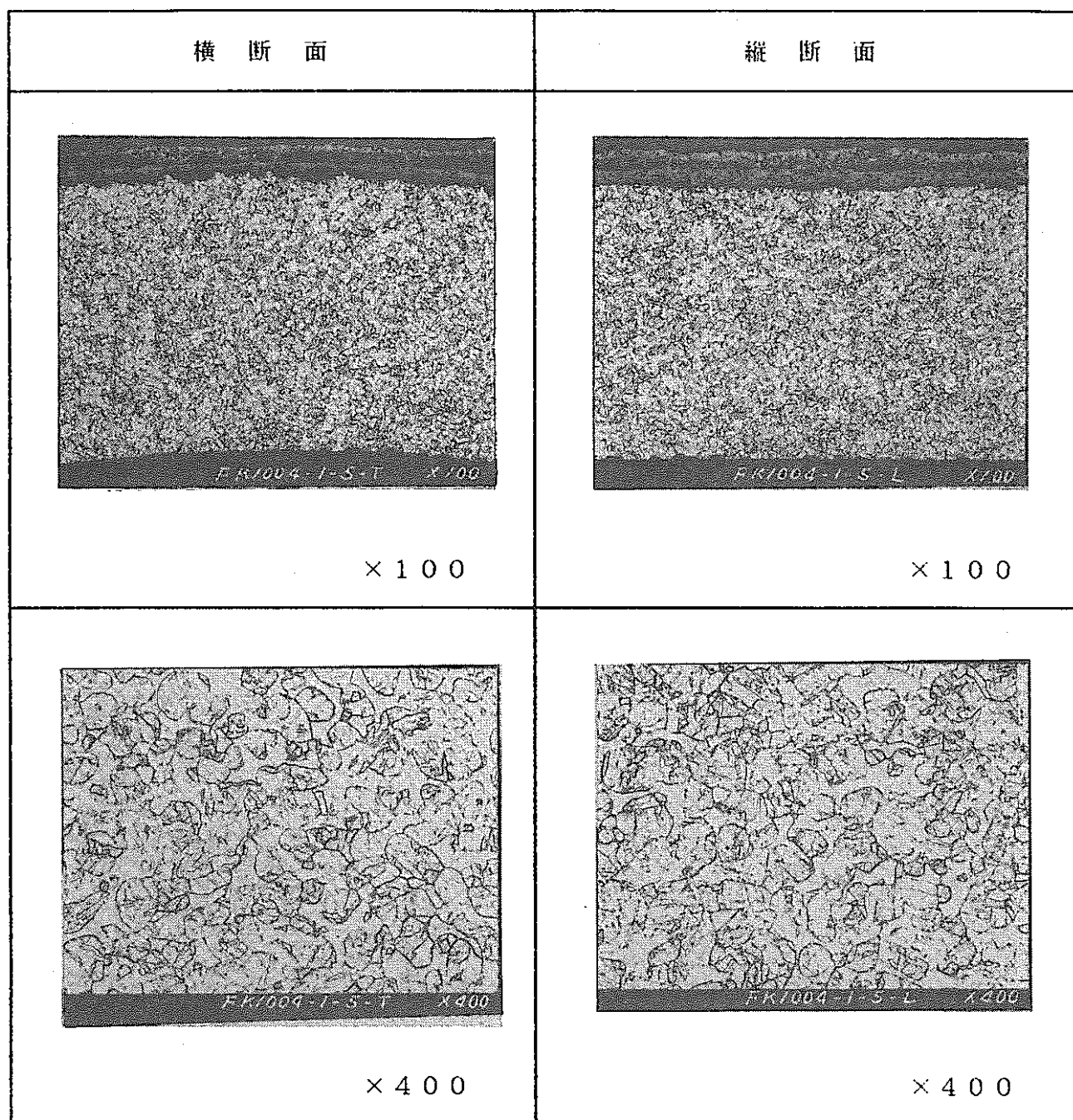
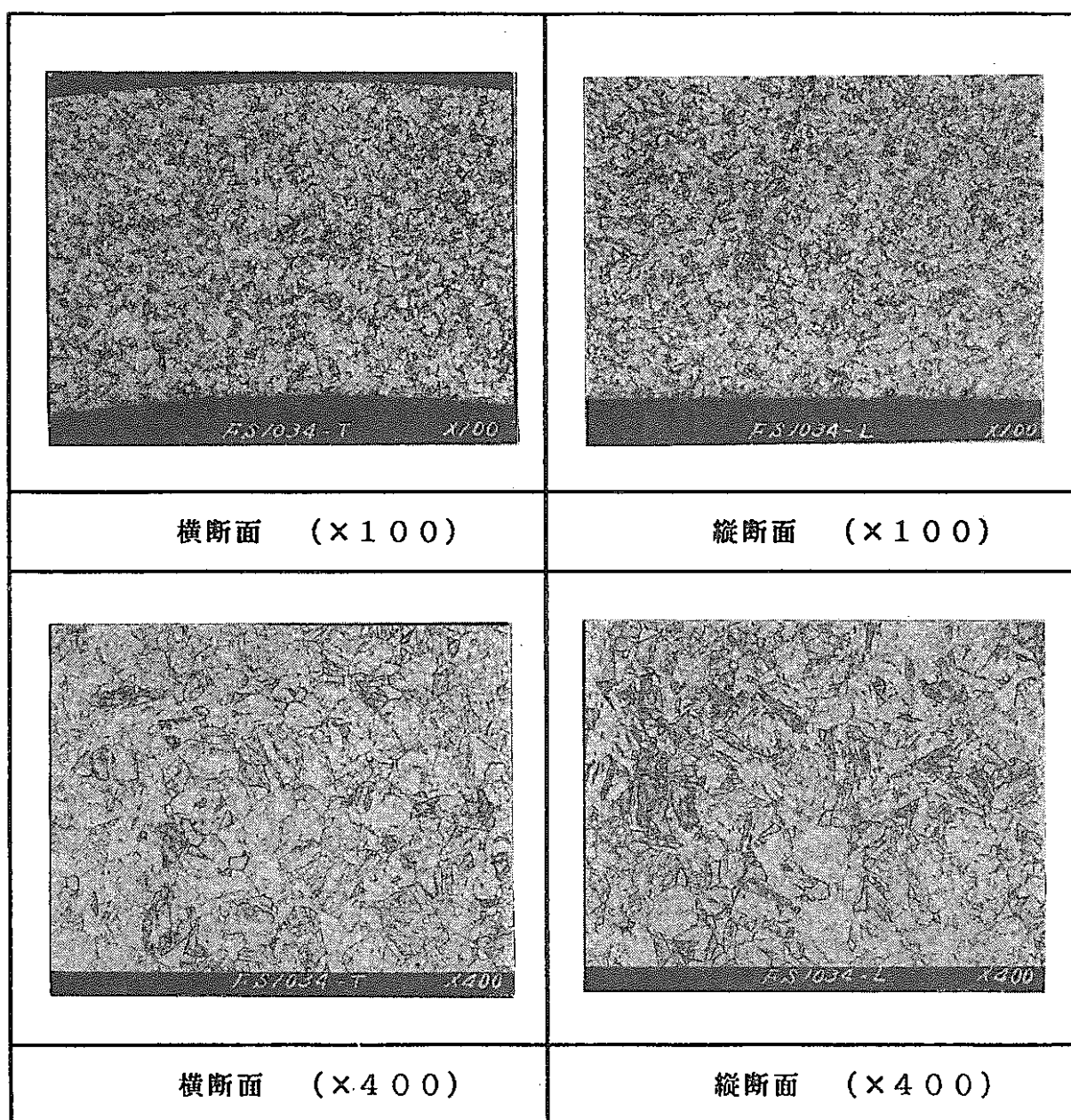
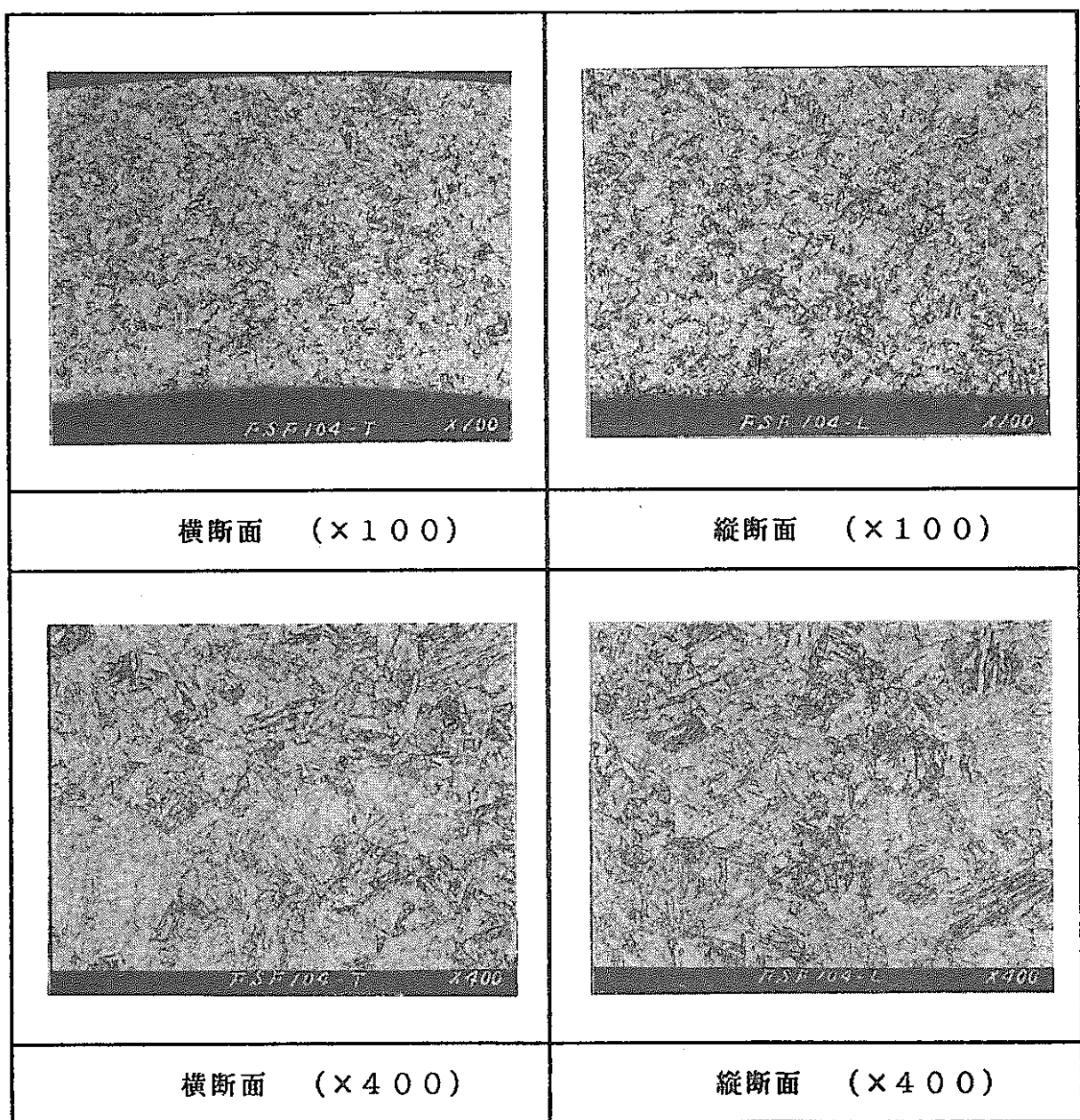


写真9 61F K被覆管の650℃, 718h 破断材の組織



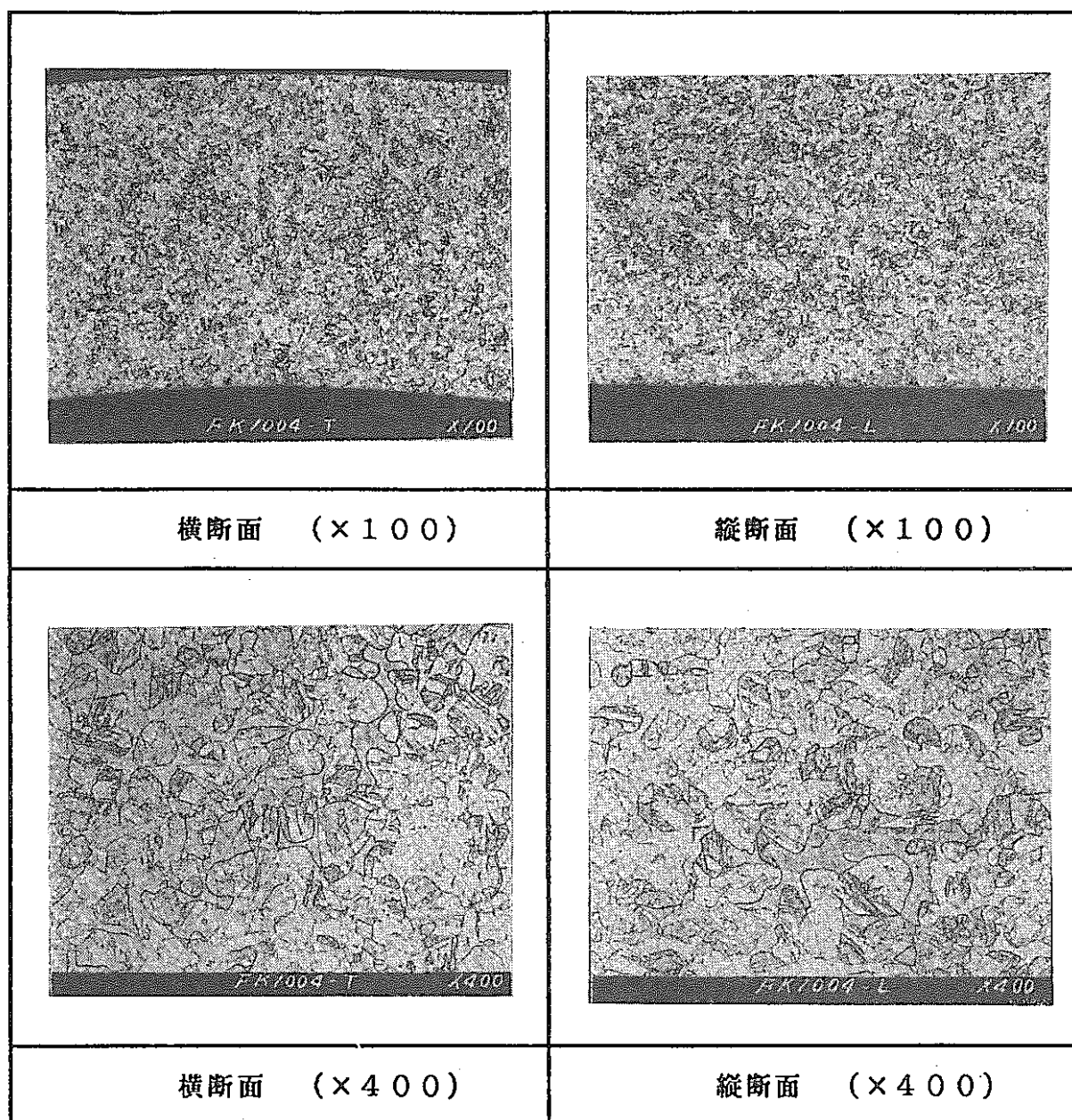
結晶粒度 (ASTM No)	横断面	10.0	硬 さ (Hv)	横断面	Hv	244
	縦断面	9.7		縦断面	Hv	243

図1 61FS被覆管の光学顕微鏡組織、結晶粒度および硬さ



結晶粒度 (ASTM No)	横断面	9.7	硬 さ (Hv)	横断面	Hv	251
	縦断面	9.7		縦断面	Hv	251

図2 61F S F被覆管の光学顕微鏡組織，結晶粒度および硬さ



結晶粒度 (ASTM No)	横断面	10.0	硬 さ (Hv)	横断面	Hv 265
	縦断面	10.5		縦断面	Hv 268

図3 61FK被覆管の光学顕微鏡組織，結晶粒度および硬さ

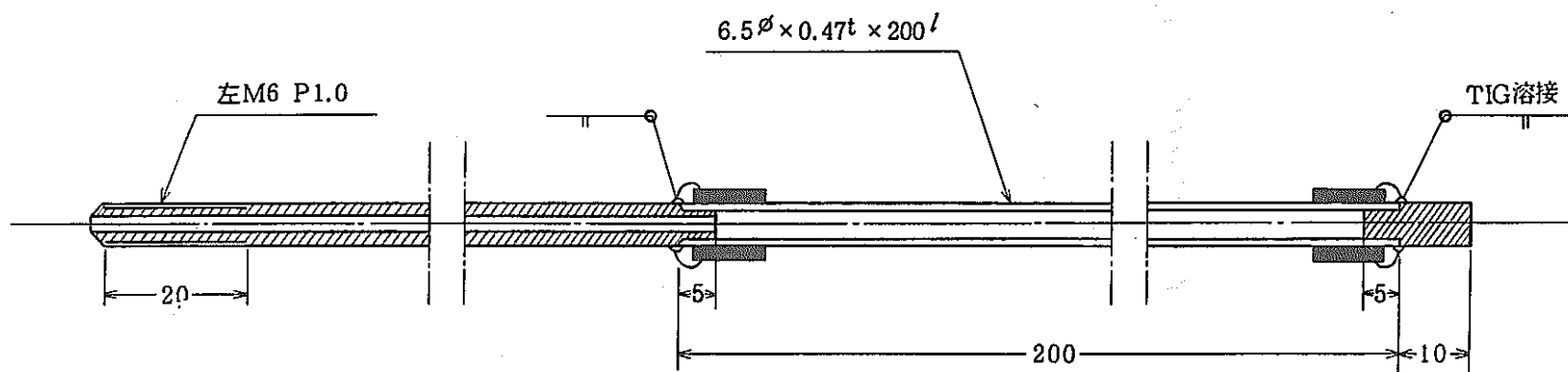
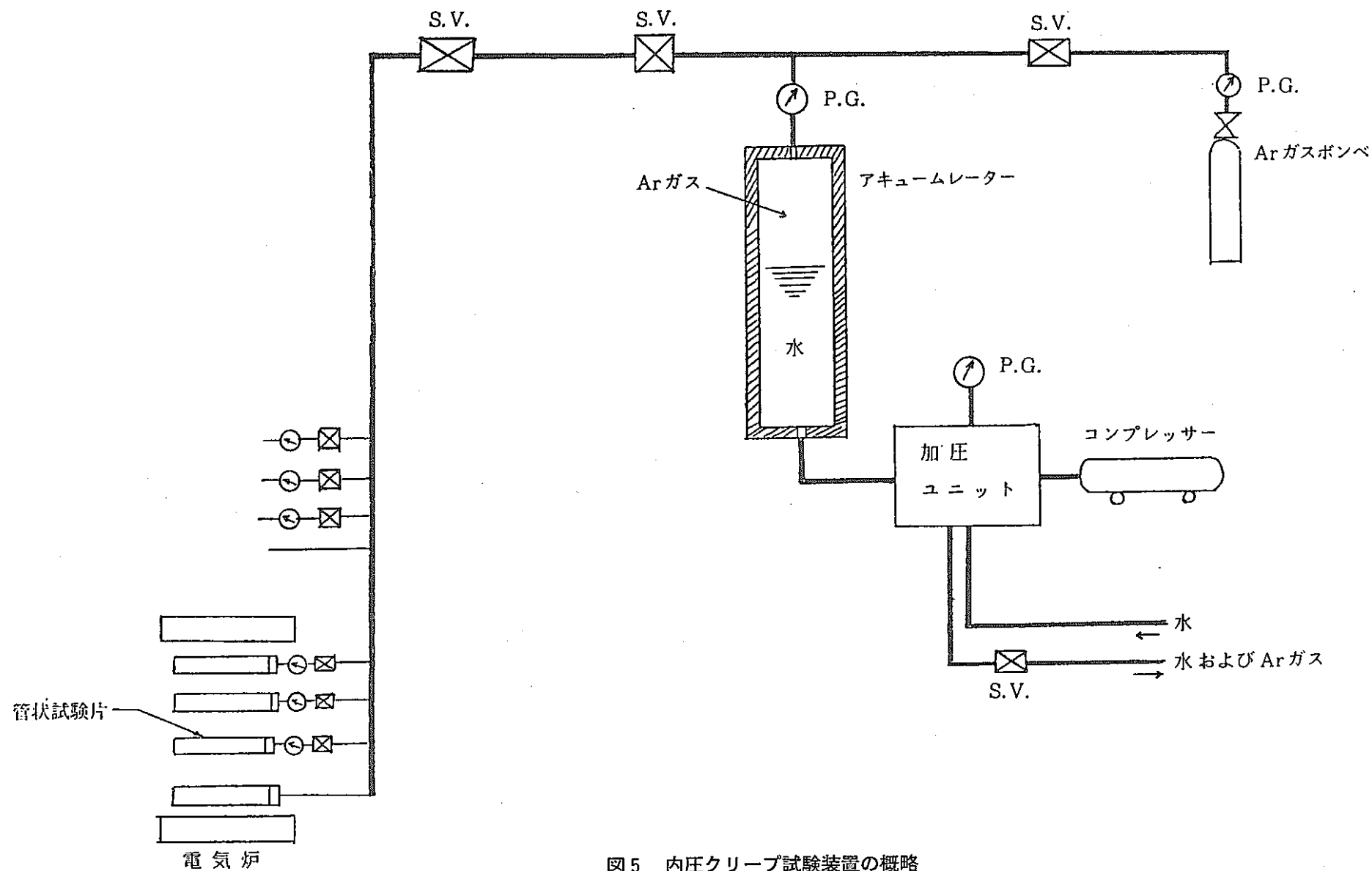


図4 内圧クリープ破断およびクリープ試験片



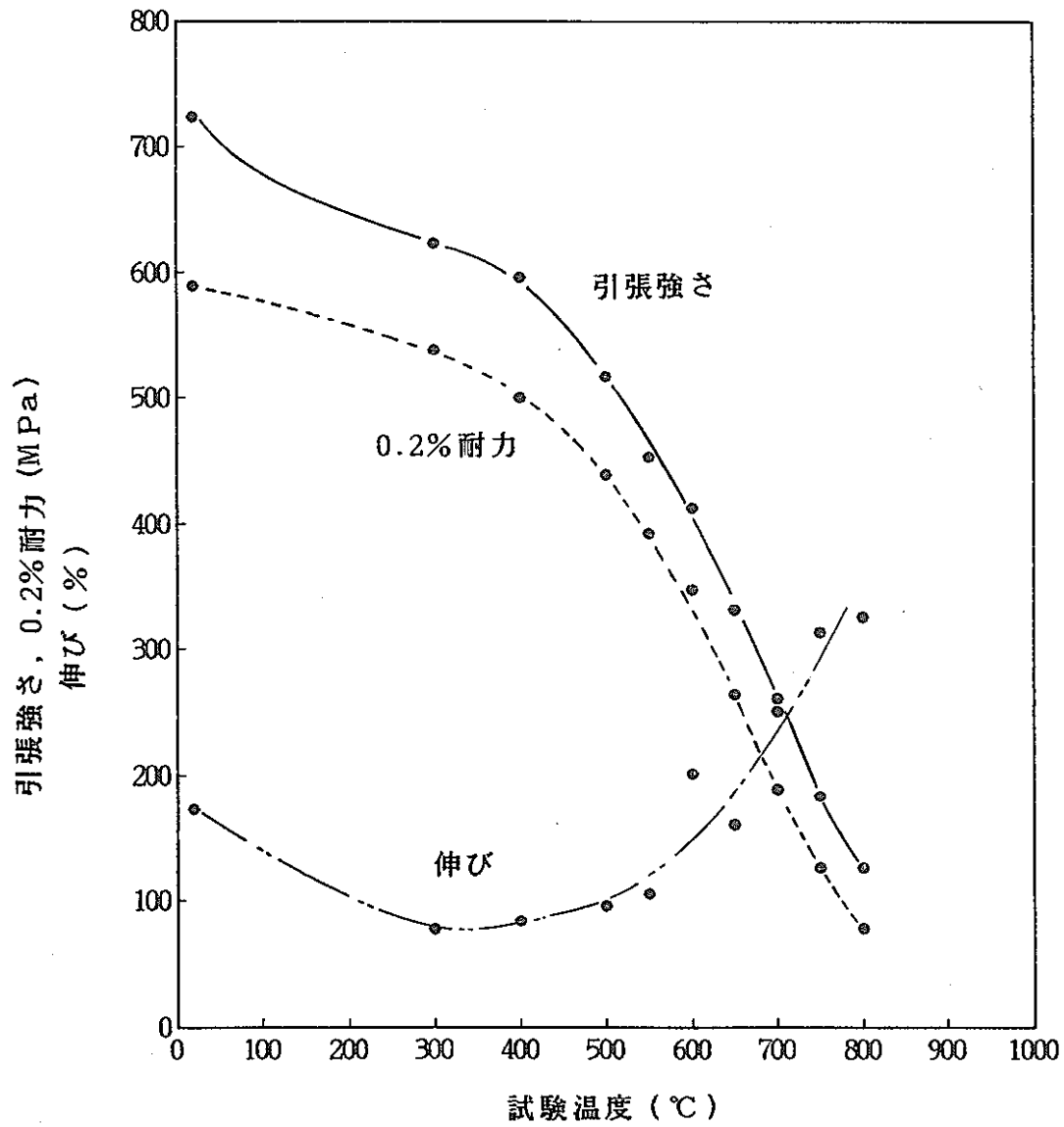


図6 61F S被覆管の高温引張試験結果

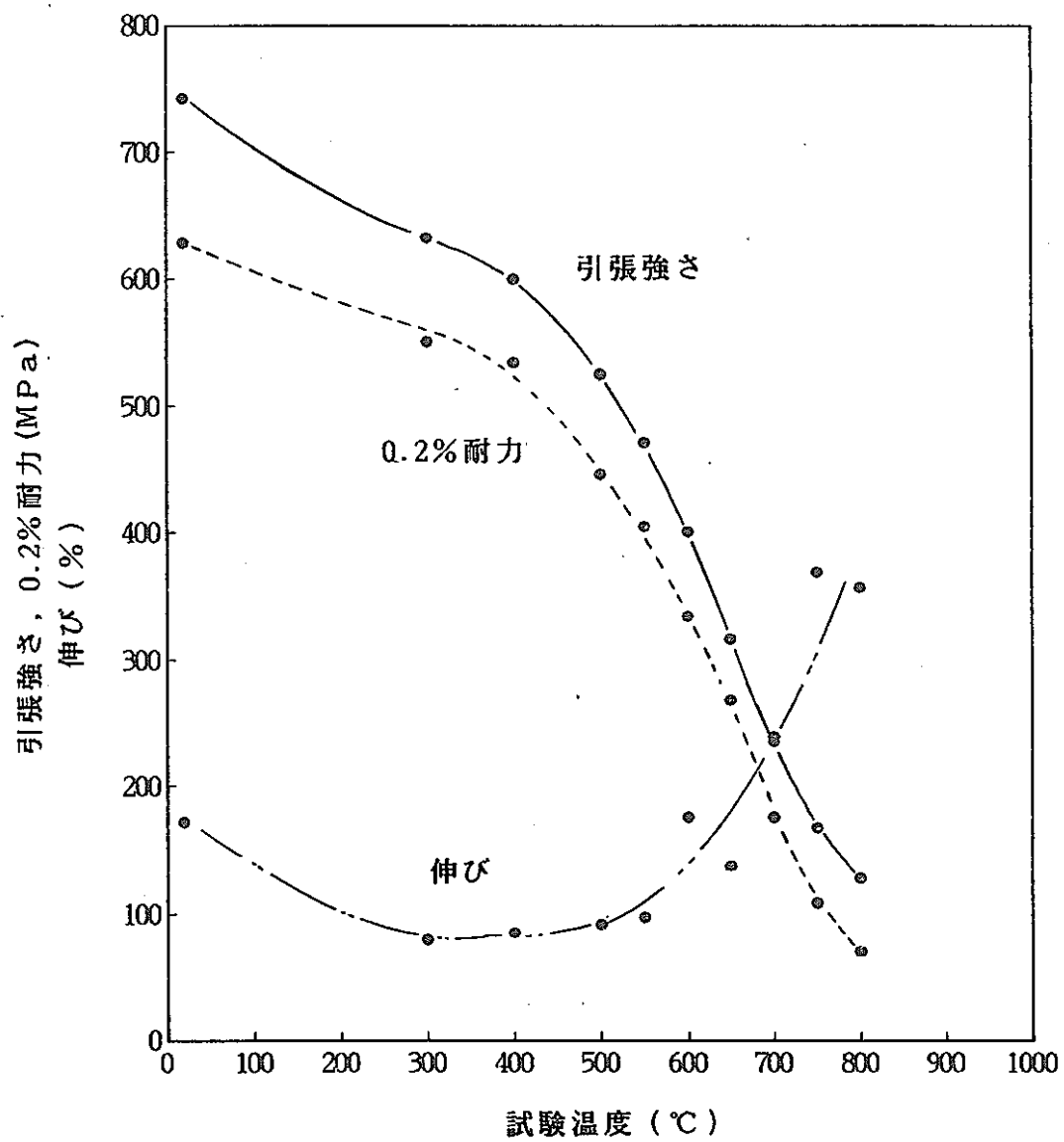


図7 61F SF被覆管の高温引張試験結果

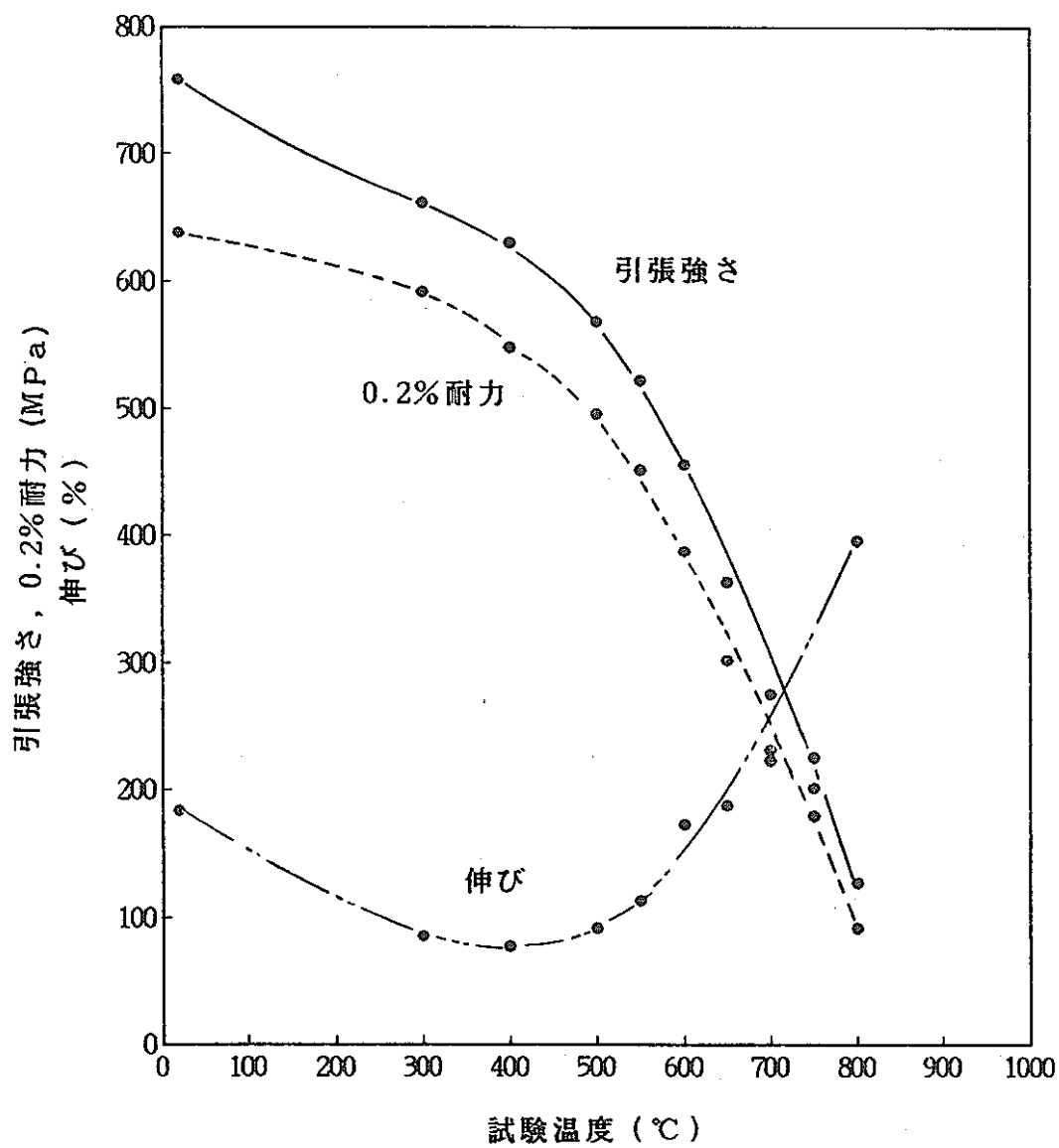


図8 61FK被覆管の高温引張試験結果

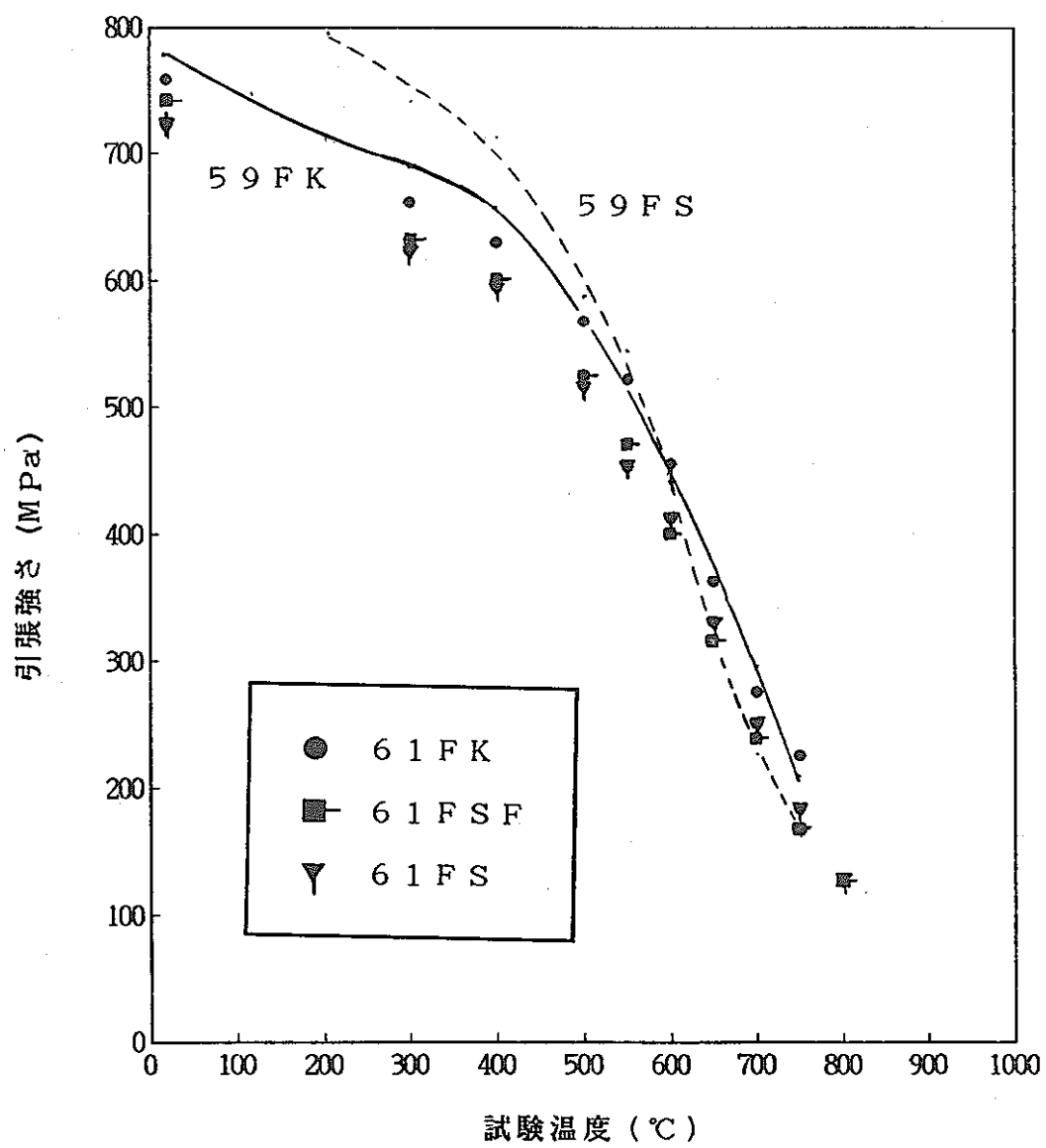


図9 59年度試作管(59FS, 59FK)との比較(引張強さ)

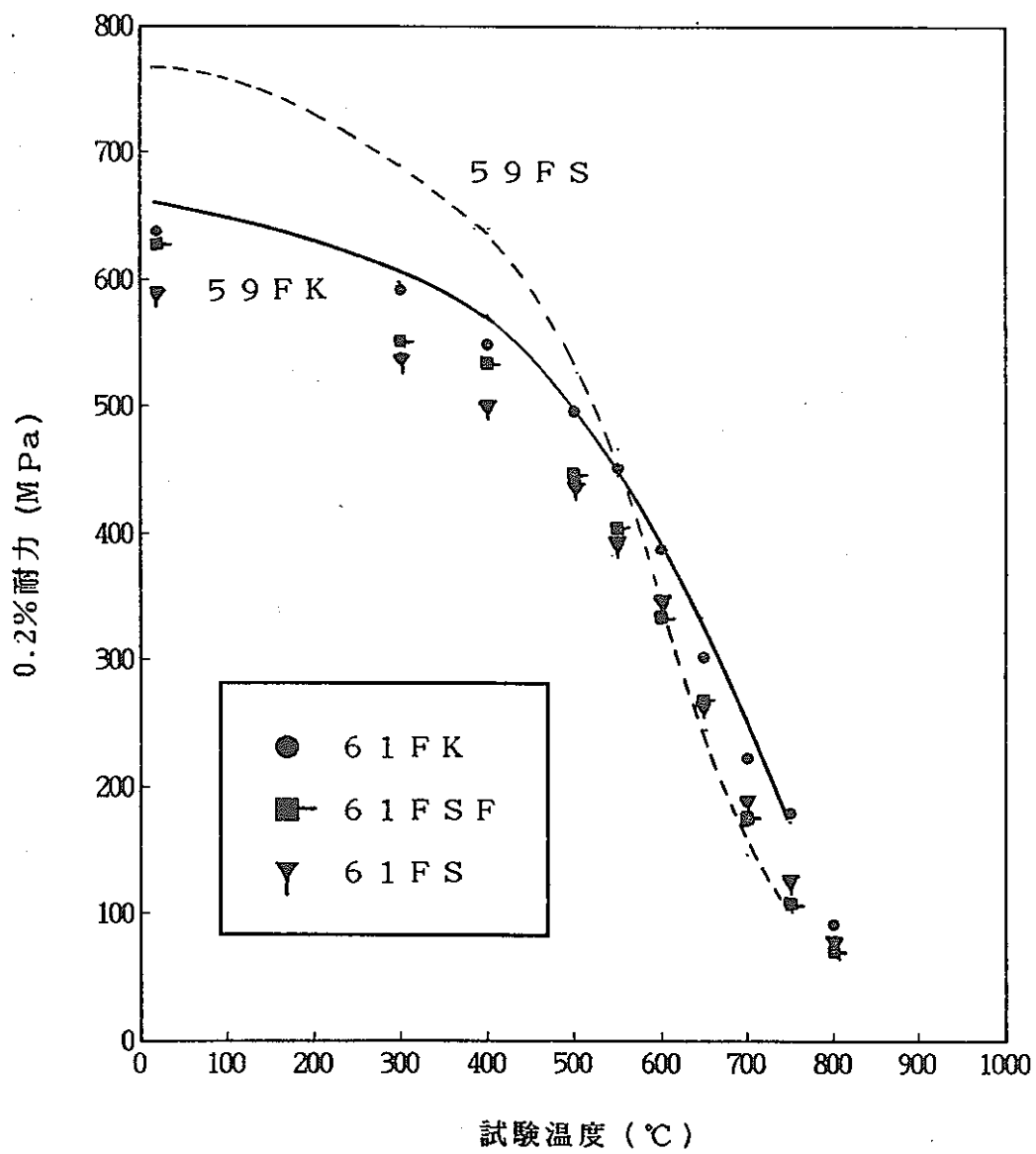


図10 59年度試作管 (59FS, 59FK) との比較 (0.2%耐力)

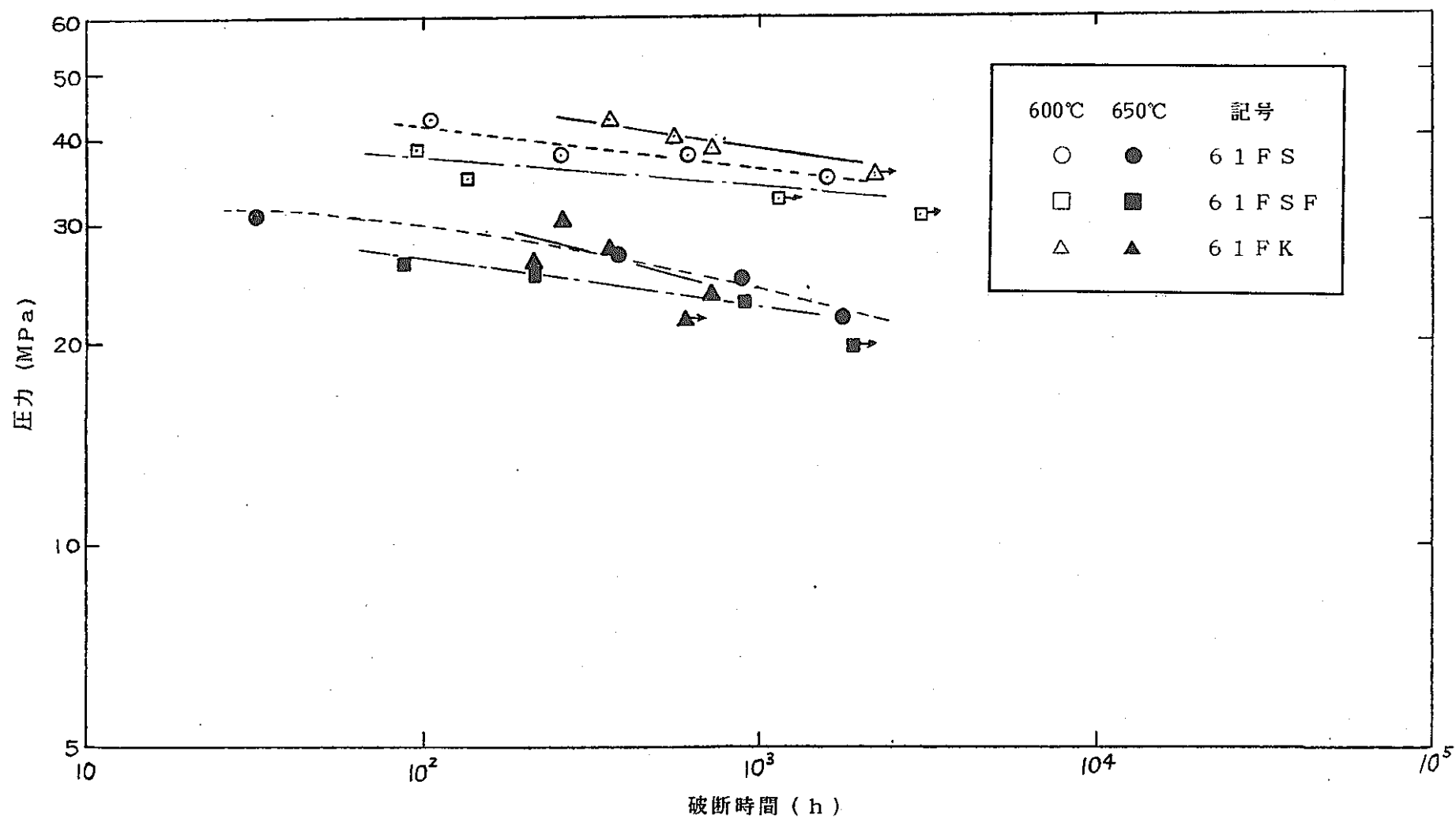


図11 内圧クリープ破断試験結果

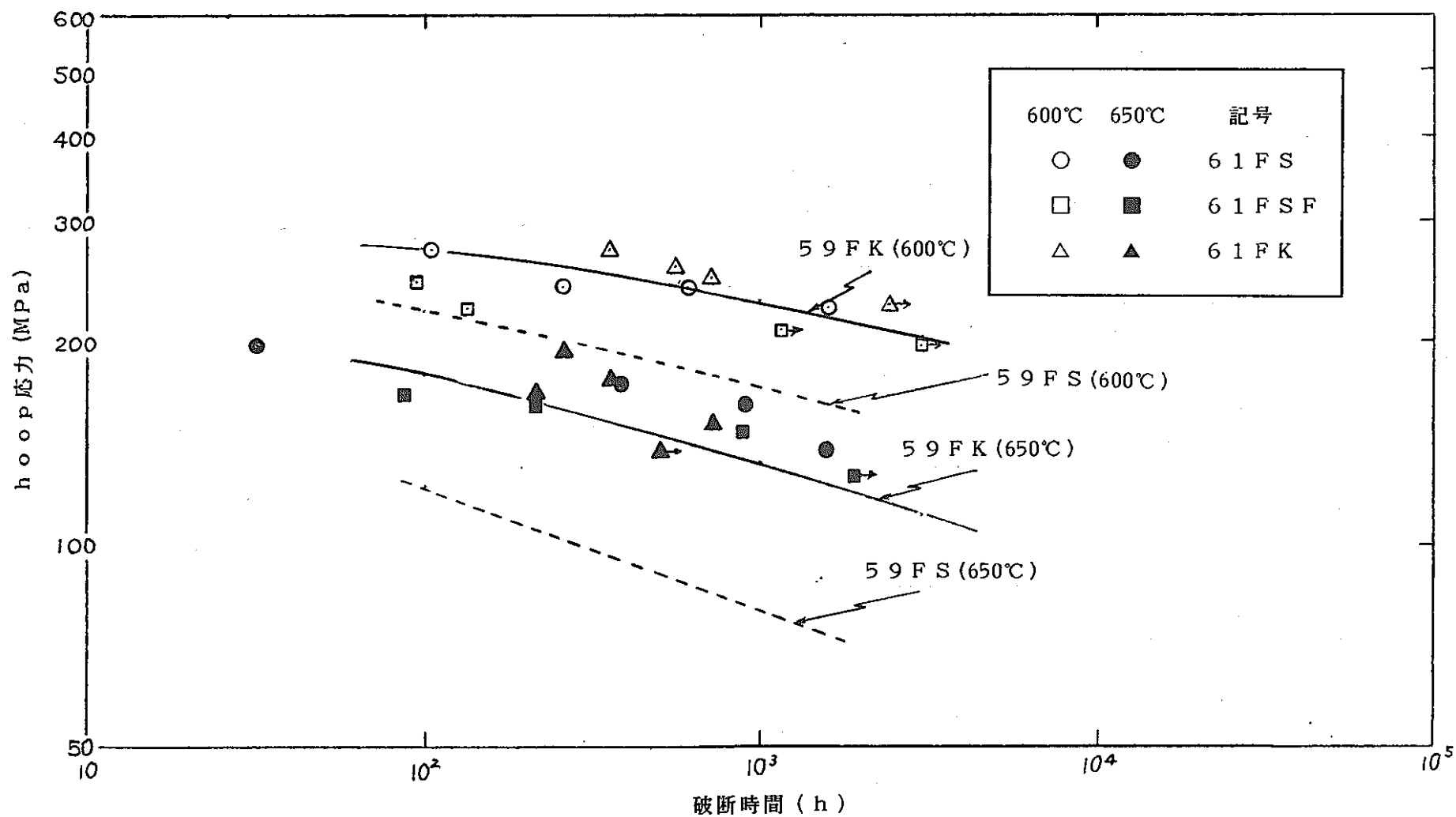


図12 フープ応力-破断時間線図

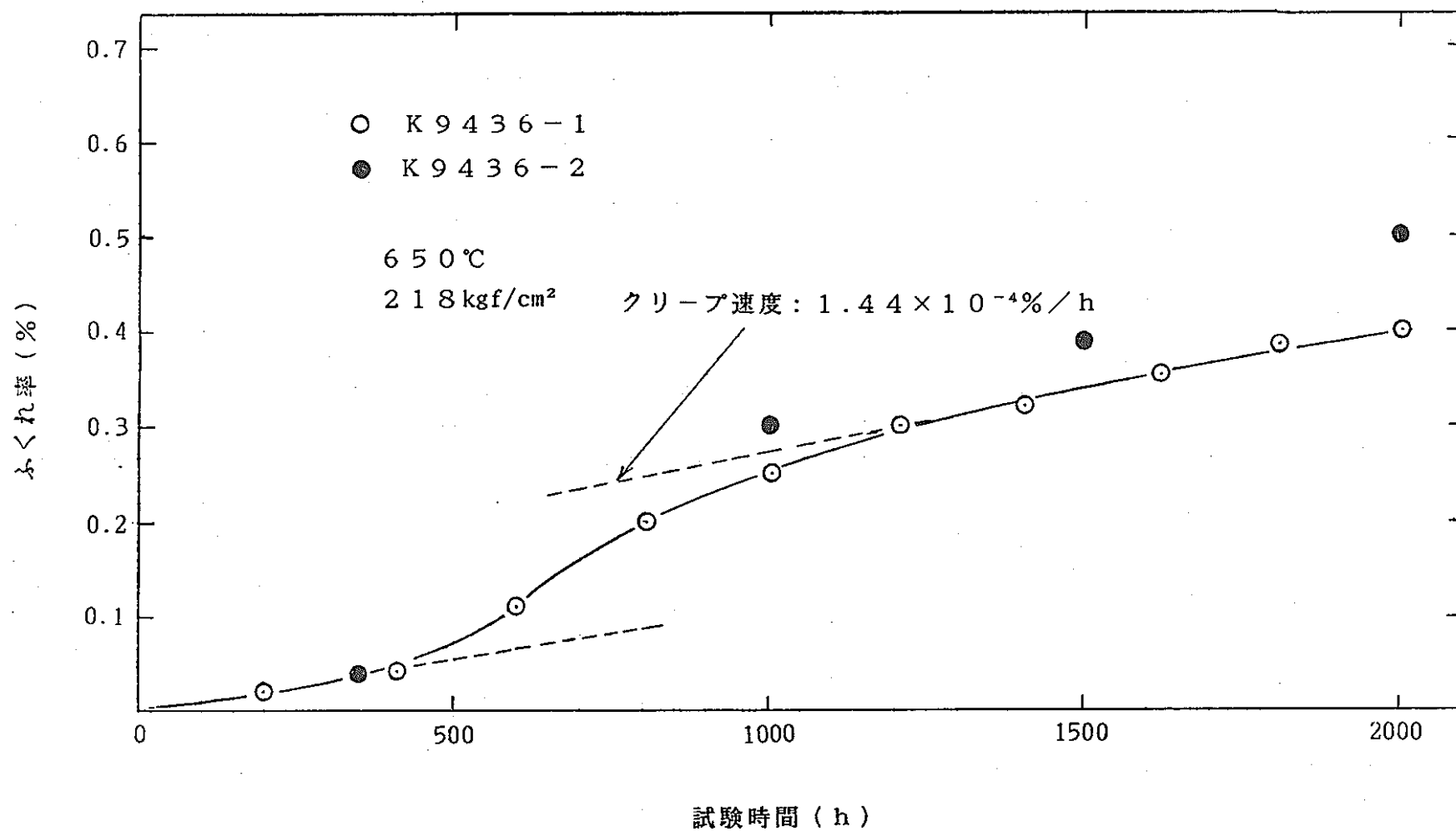
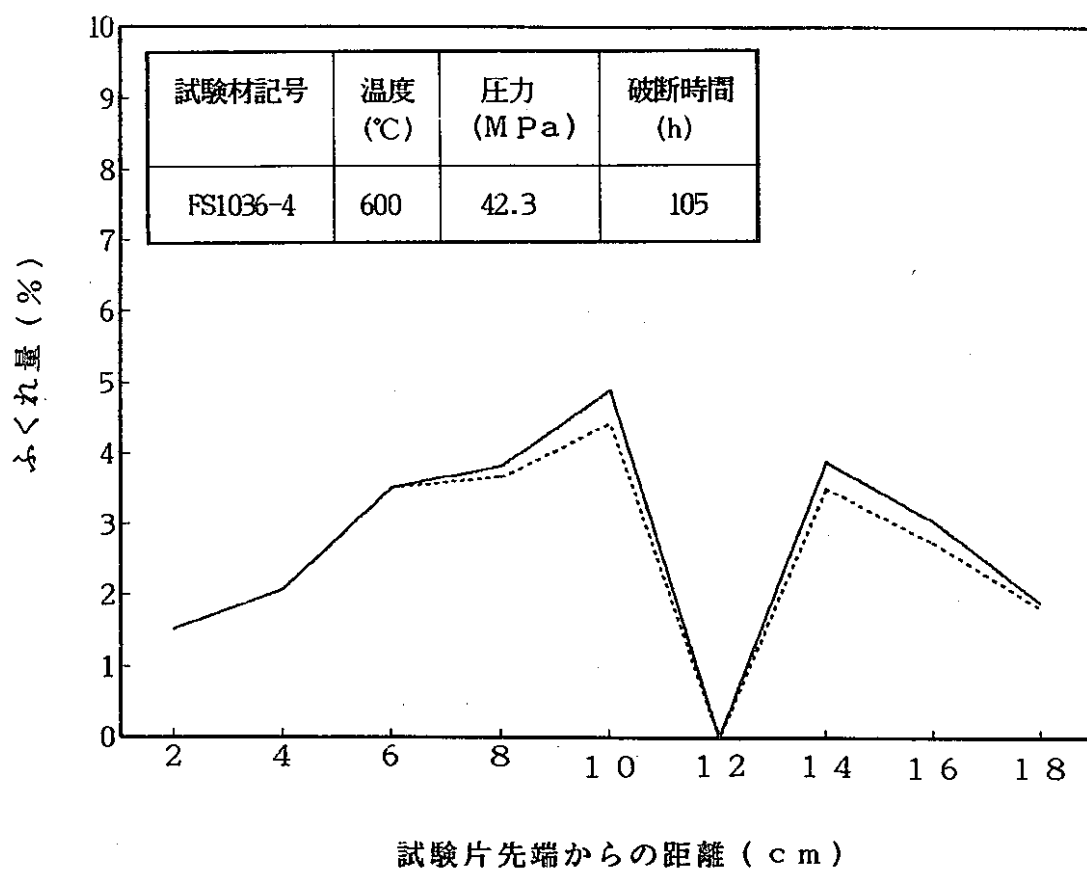
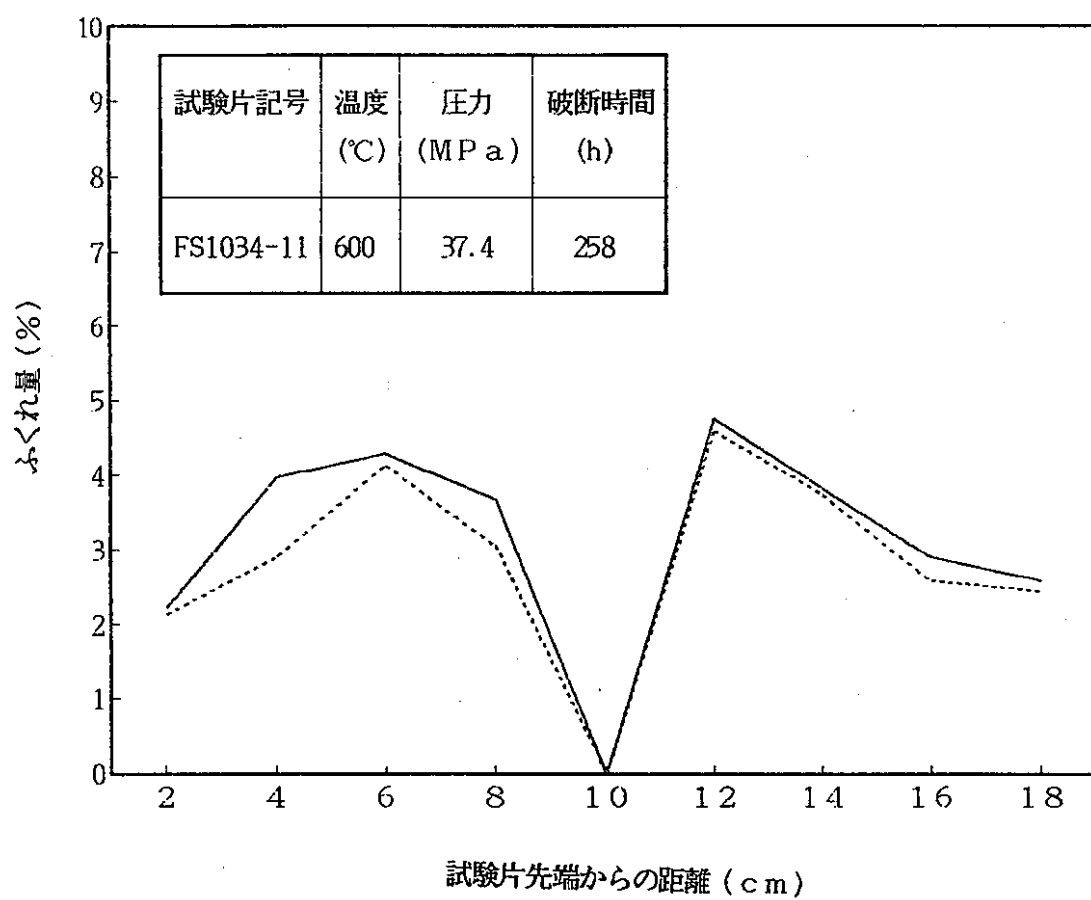


図13 内圧クリープ試験結果 (55MK)



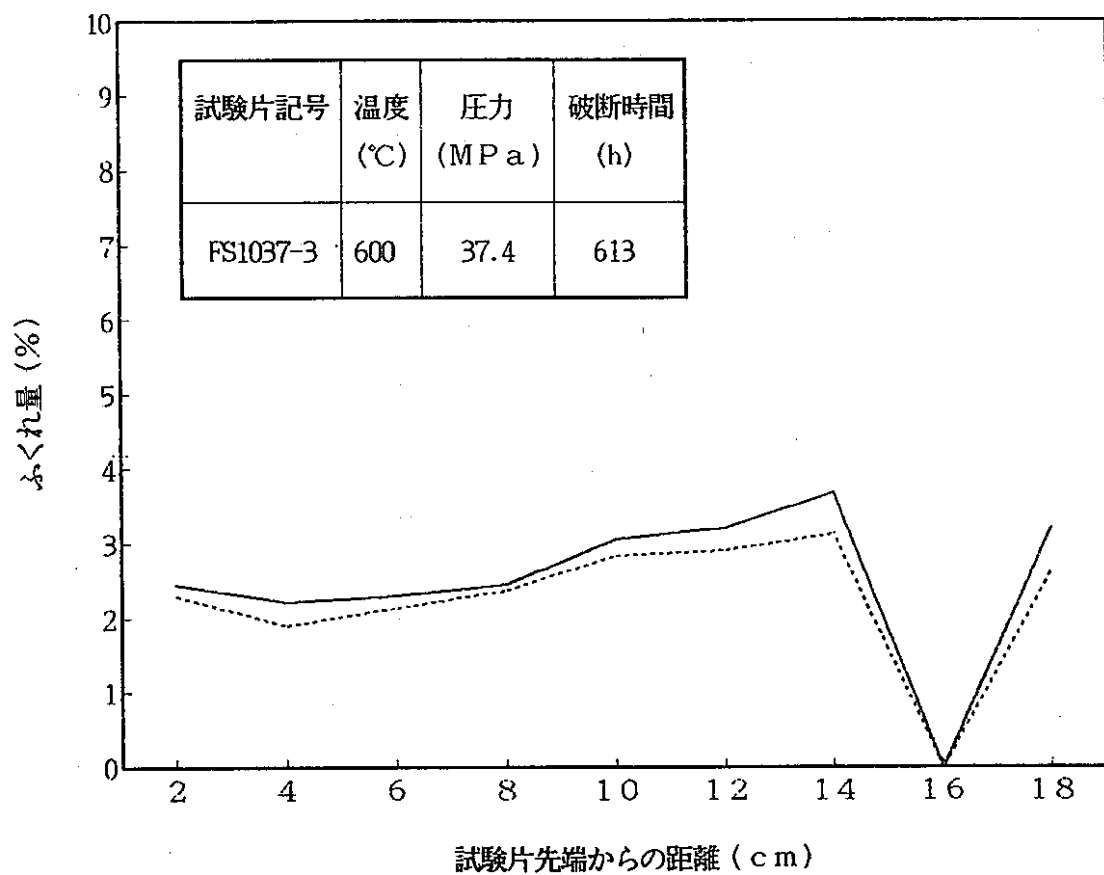
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	1.54	2.1	3.53	3.85	4.92	開口	3.92	3.07	1.92
min	1.54	2.1	3.53	3.69	4.46	開口	3.54	2.77	1.85

図14-1 破断後試験片のふくれ量



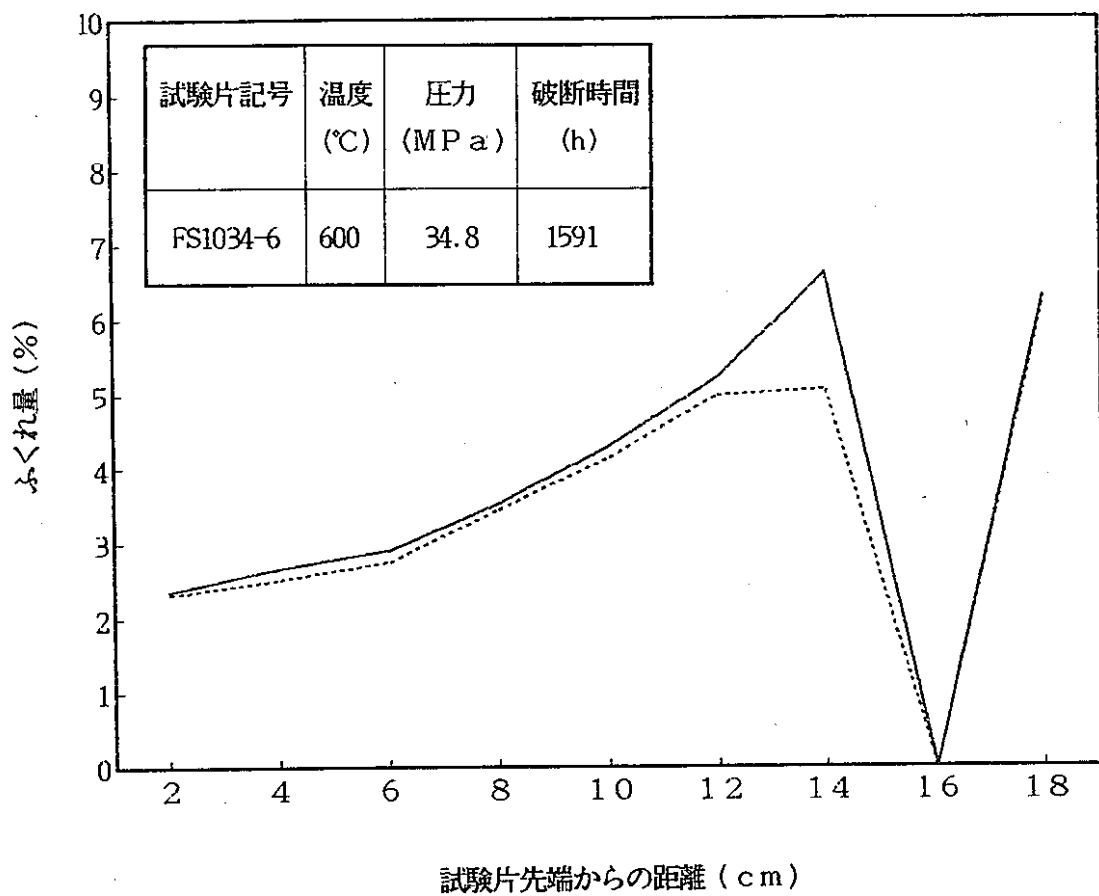
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	2.23	3.98	4.31	3.69	開口	4.77	3.85	2.92	2.61
min	2.15	2.92	4.15	3.08	開口	4.61	3.77	2.61	2.46

図14-2 破断後試験片のふくれ量



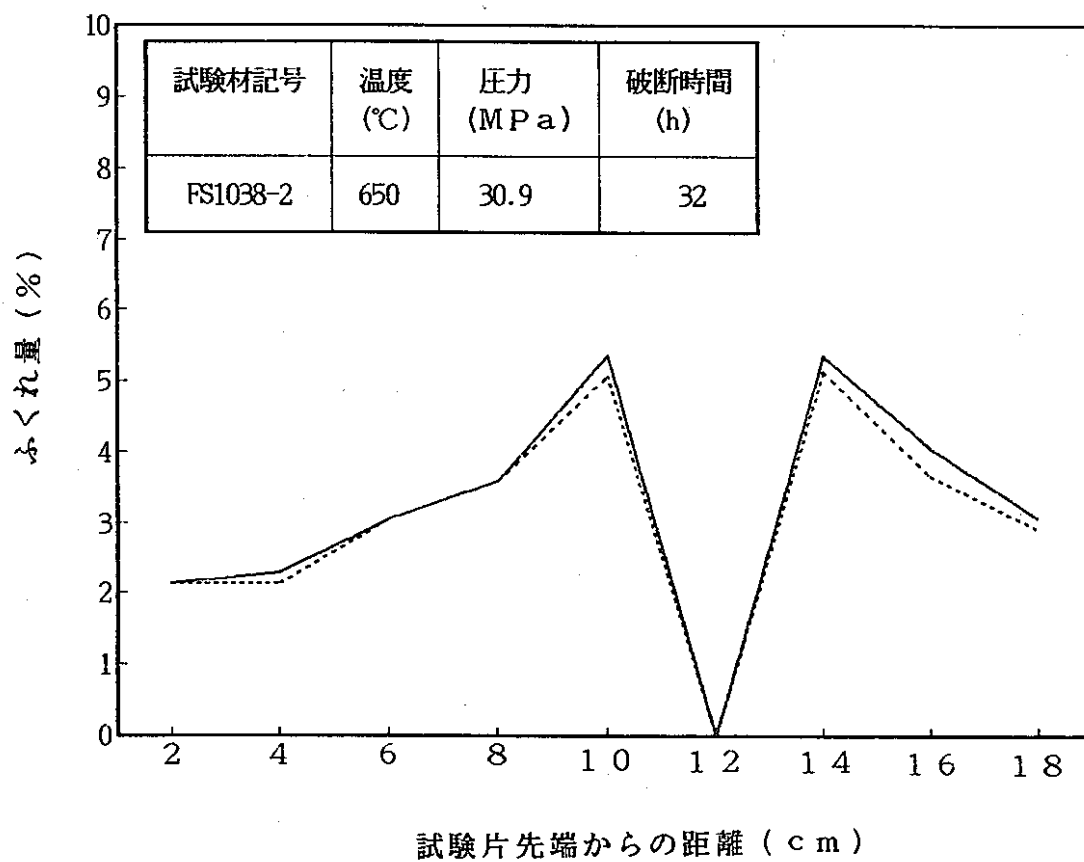
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	2.46	2.23	2.31	2.46	3.08	3.23	3.69	開口	3.23
min	2.31	1.92	2.15	2.38	2.85	2.92	3.15	開口	2.65

図14-3 破断後試験片のふくれ量



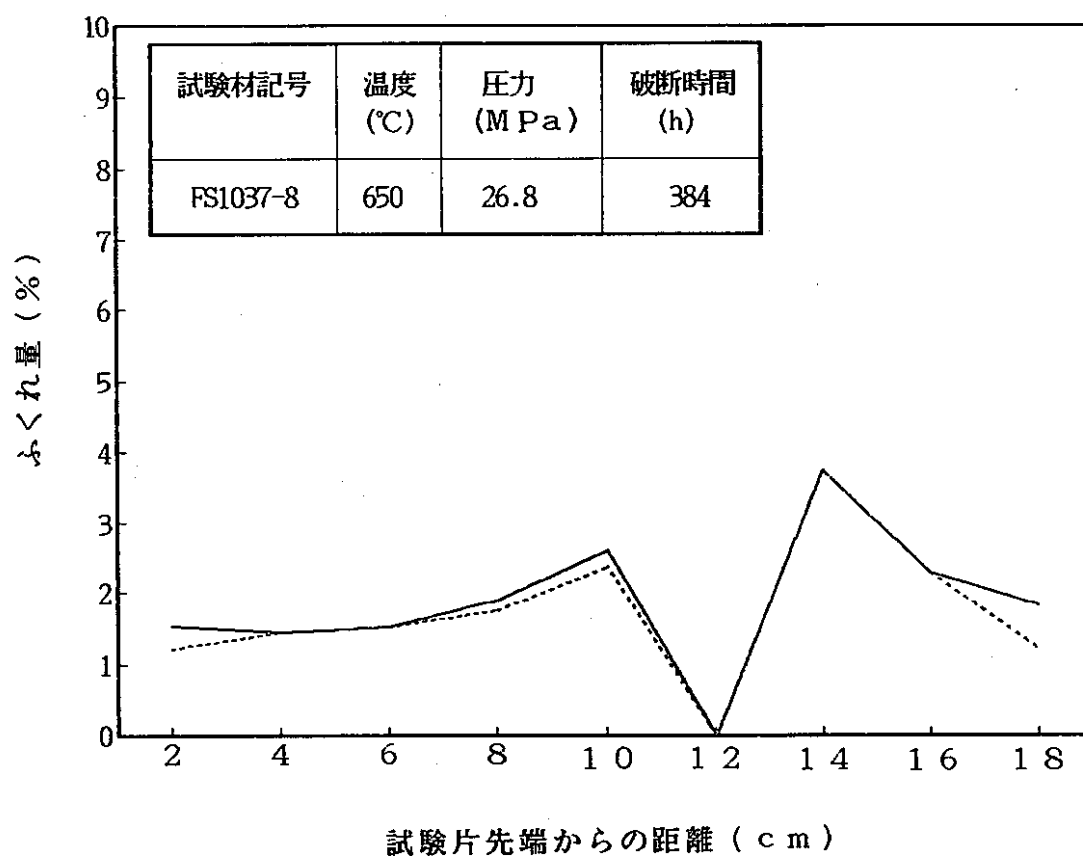
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	2.38	2.69	2.92	3.54	4.31	5.23	6.62	開口	6.31
min	2.34	2.54	2.77	3.46	4.15	5.00	5.08	開口	6.23

図14-4 破断後試験片のふくれ量



	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	2.15	2.31	3.07	3.61	5.38	開口	5.38	4.08	3.08
min	2.15	2.15	3.07	3.61	5.08	開口	5.15	3.69	2.92

図14-5 破断後試験片のふくれ量



	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	1.56	1.46	1.54	1.92	2.62	開口	3.77	2.31	1.85
min	1.23	1.46	1.54	1.77	2.38	開口	3.77	2.31	1.23

図14-6 破断後試験片のふくれ量

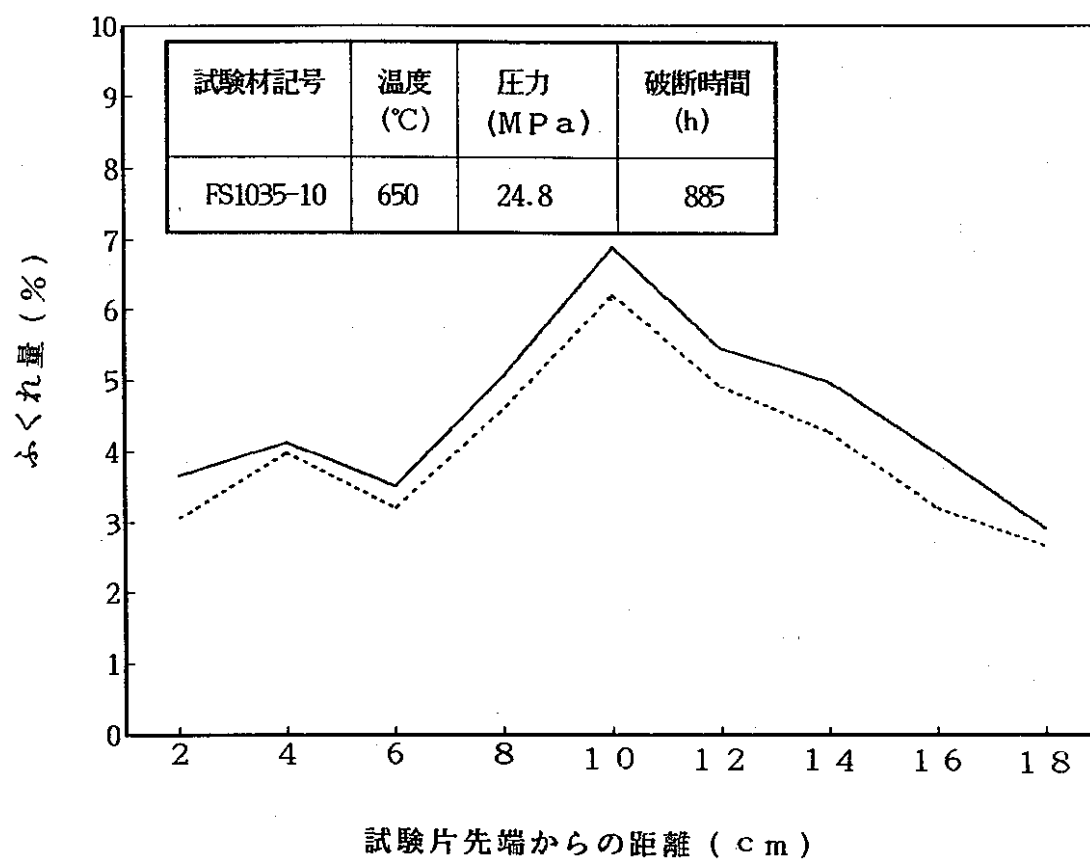
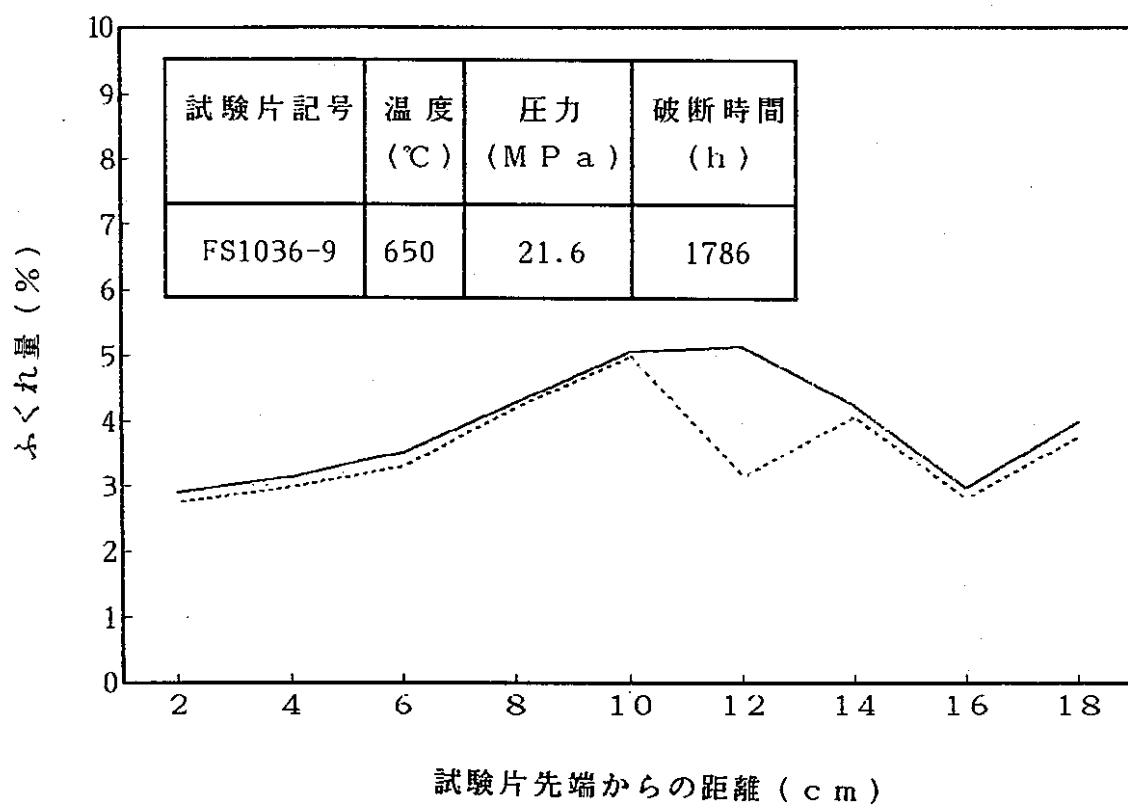
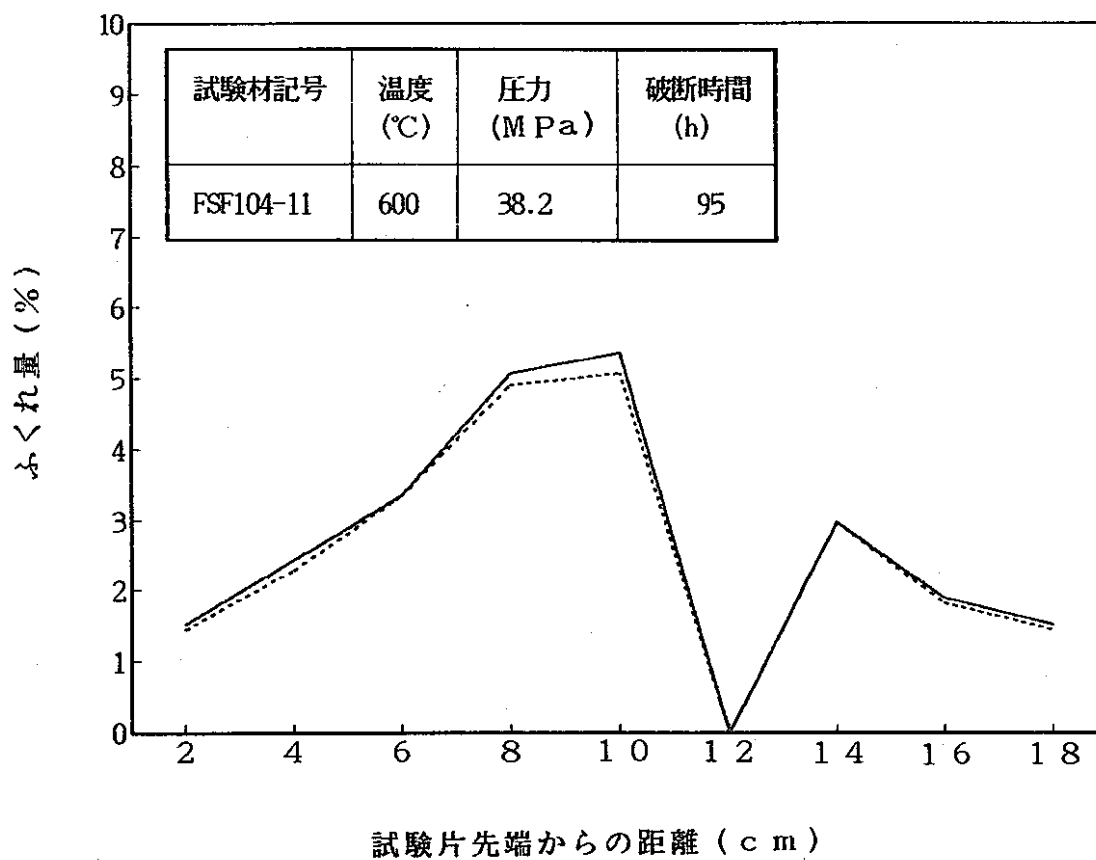


図14-7 破断後試験片のふくれ量



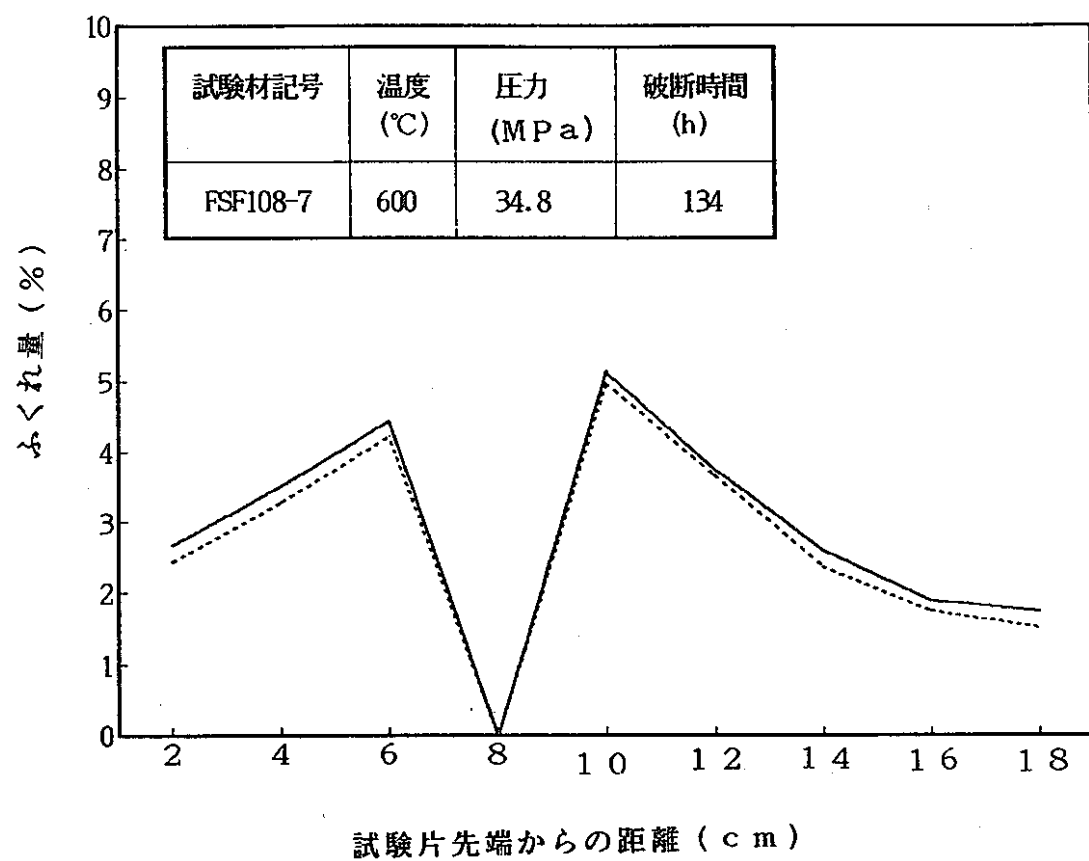
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	2.92	3.15	3.54	4.31	5.08	5.15	4.26	3.00	4.00
min	2.77	3.00	3.31	4.23	5.00	3.15	4.08	2.85	3.77

図14-8 破断後試験片のふくれ量



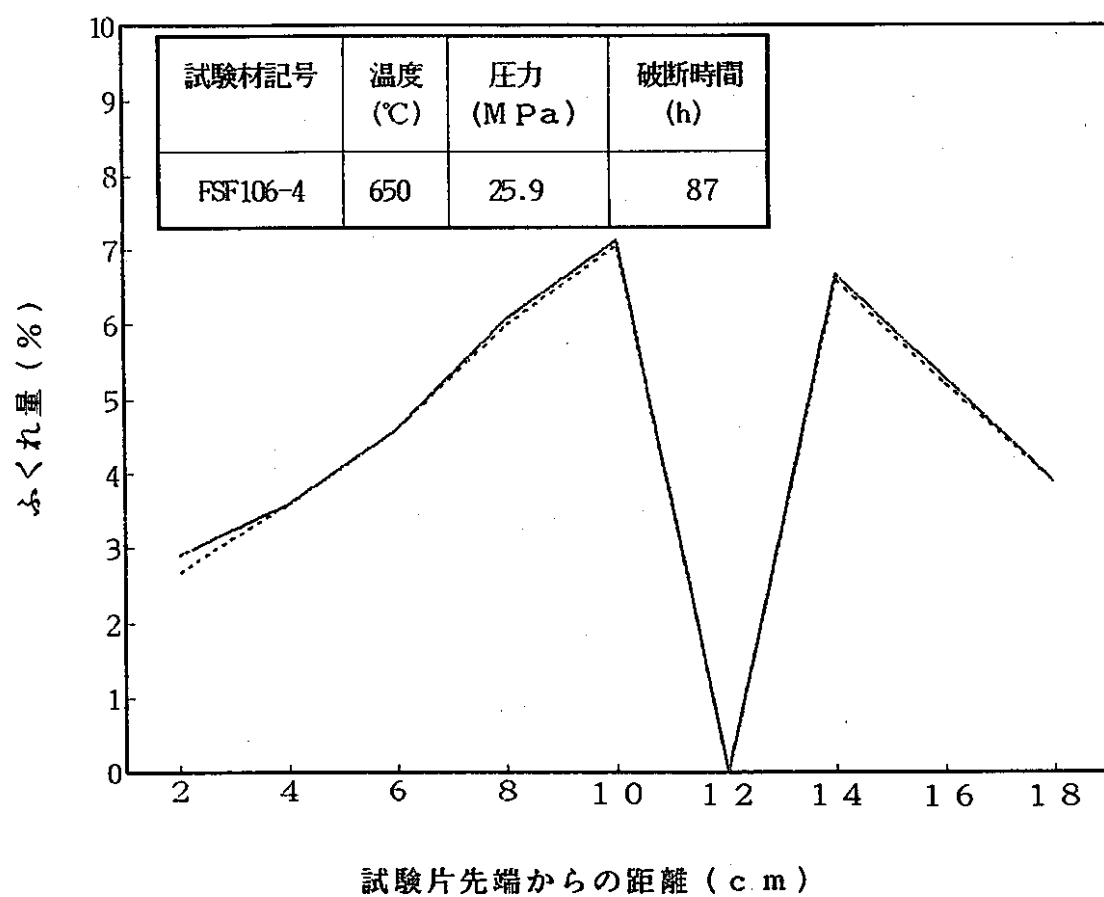
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	1.54	2.46	3.38	5.08	5.38	開口	3.00	1.92	1.54
min	1.46	2.31	3.38	4.92	5.08	開口	3.00	1.85	1.46

図14-9 破断後試験片のふくれ量



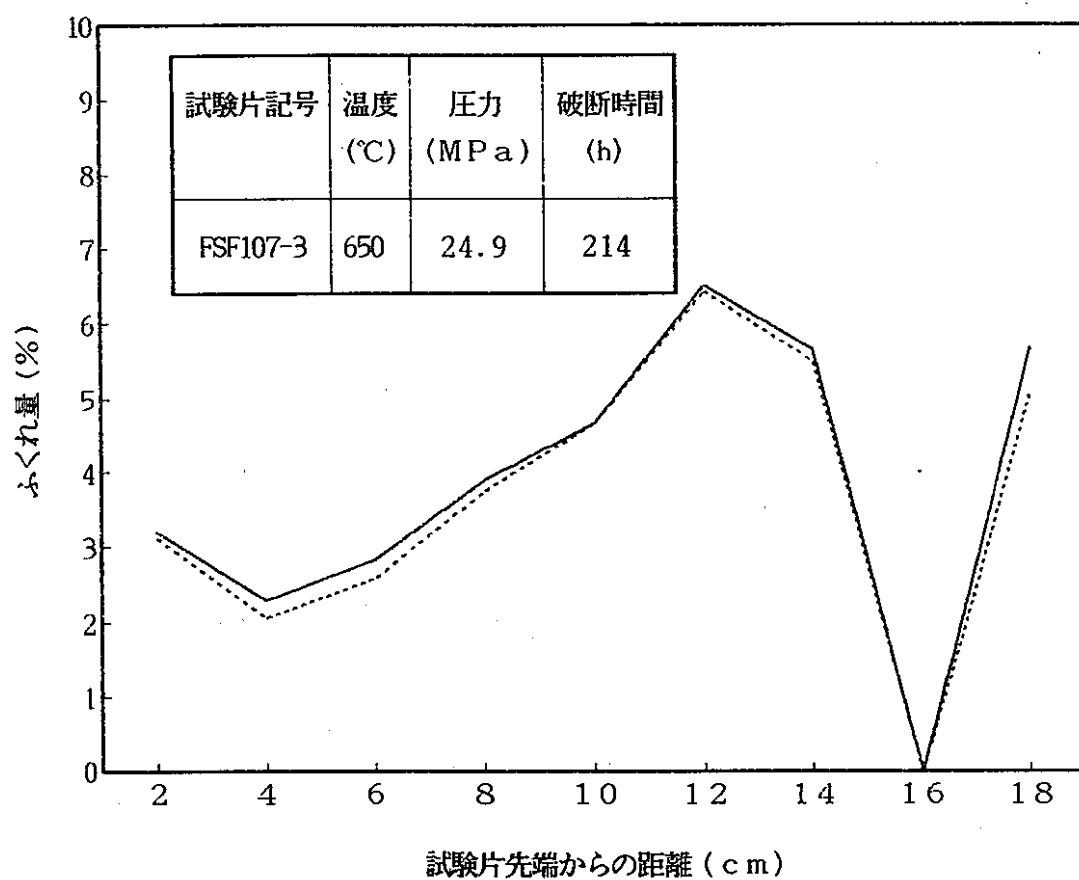
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	2.69	3.54	4.46	開口	5.15	3.77	2.62	1.92	1.77
min	2.46	3.31	4.23	開口	5.00	3.69	2.38	1.77	1.54

図14-10 破断後試験片のふくれ量



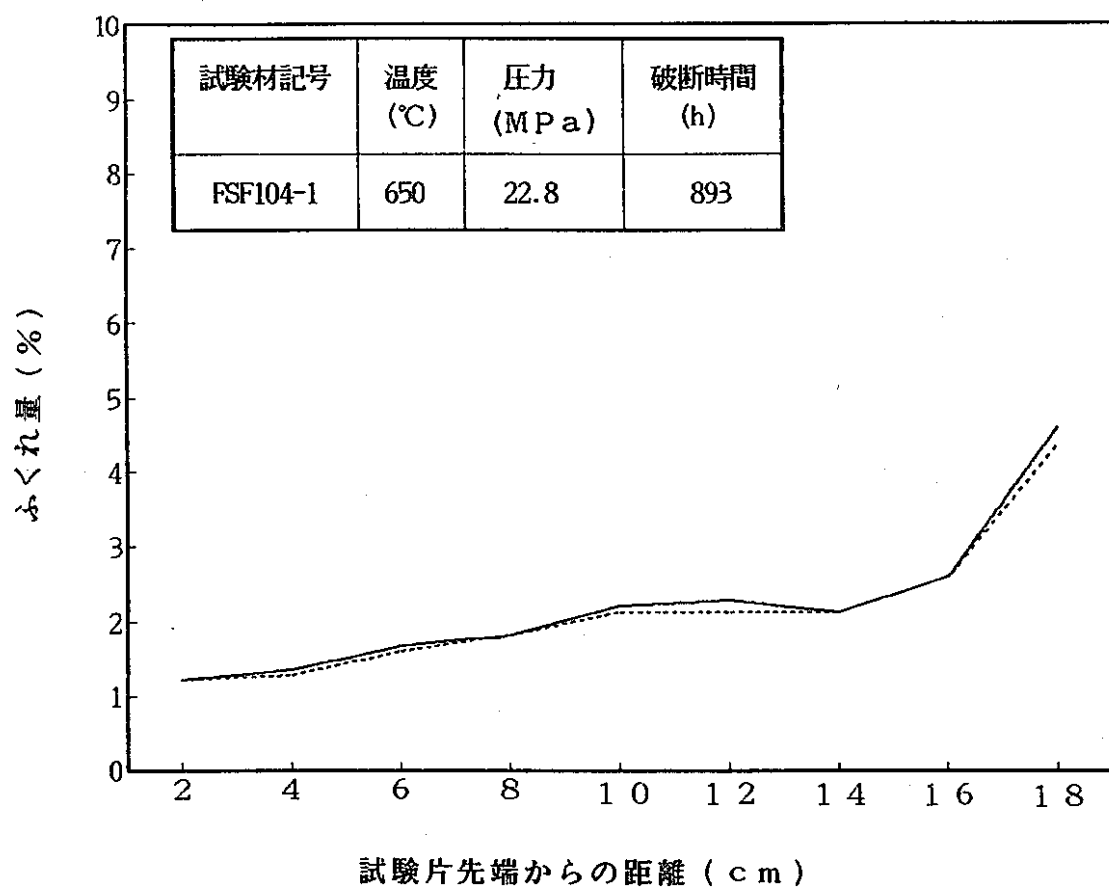
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	2.92	3.62	4.62	6.08	7.15	開口	6.69	5.31	3.92
min	2.69	3.62	4.62	6.00	7.08	開口	6.62	5.23	3.92

図14-11 破断後試験片のふくれ量



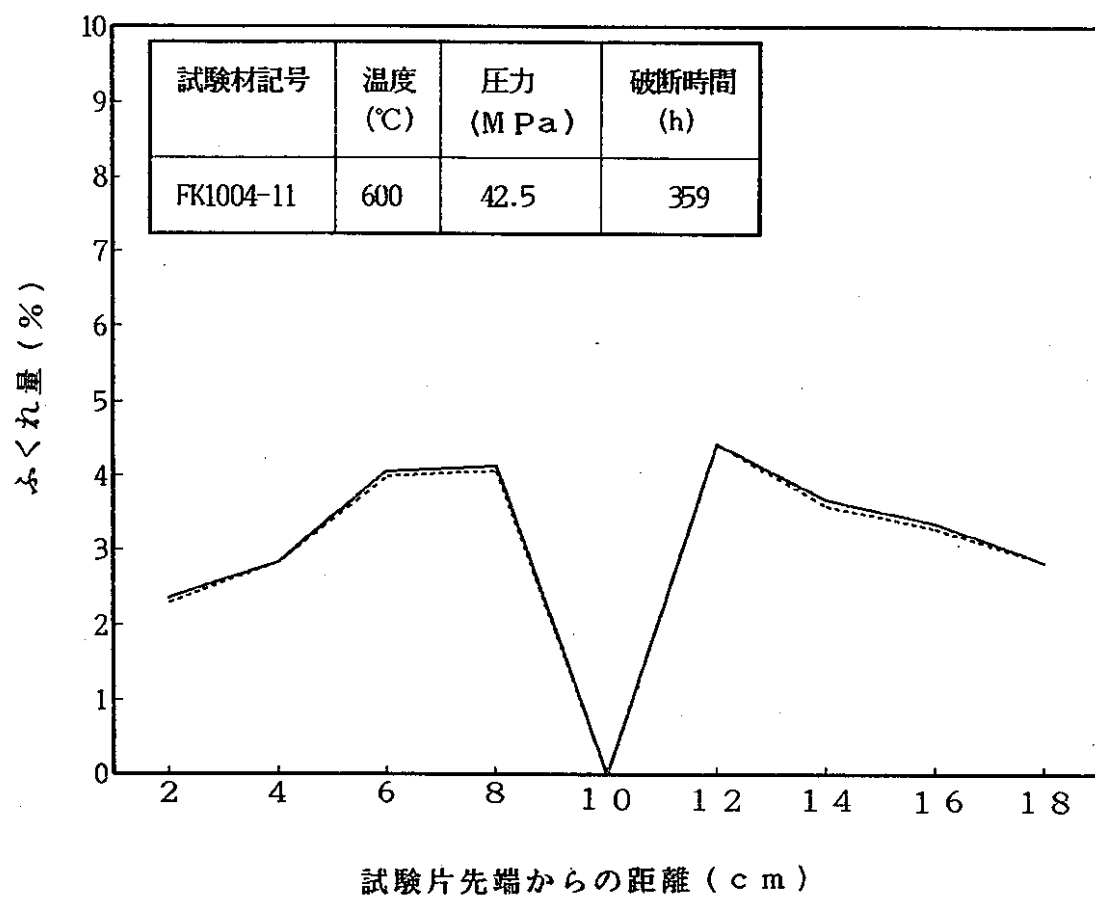
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	3.23	2.31	2.85	3.92	4.69	6.54	5.69	開口	5.69
min	3.15	2.08	2.61	3.77	4.69	6.46	5.54	開口	5.08

図14-12 破断後試験片のふくれ量



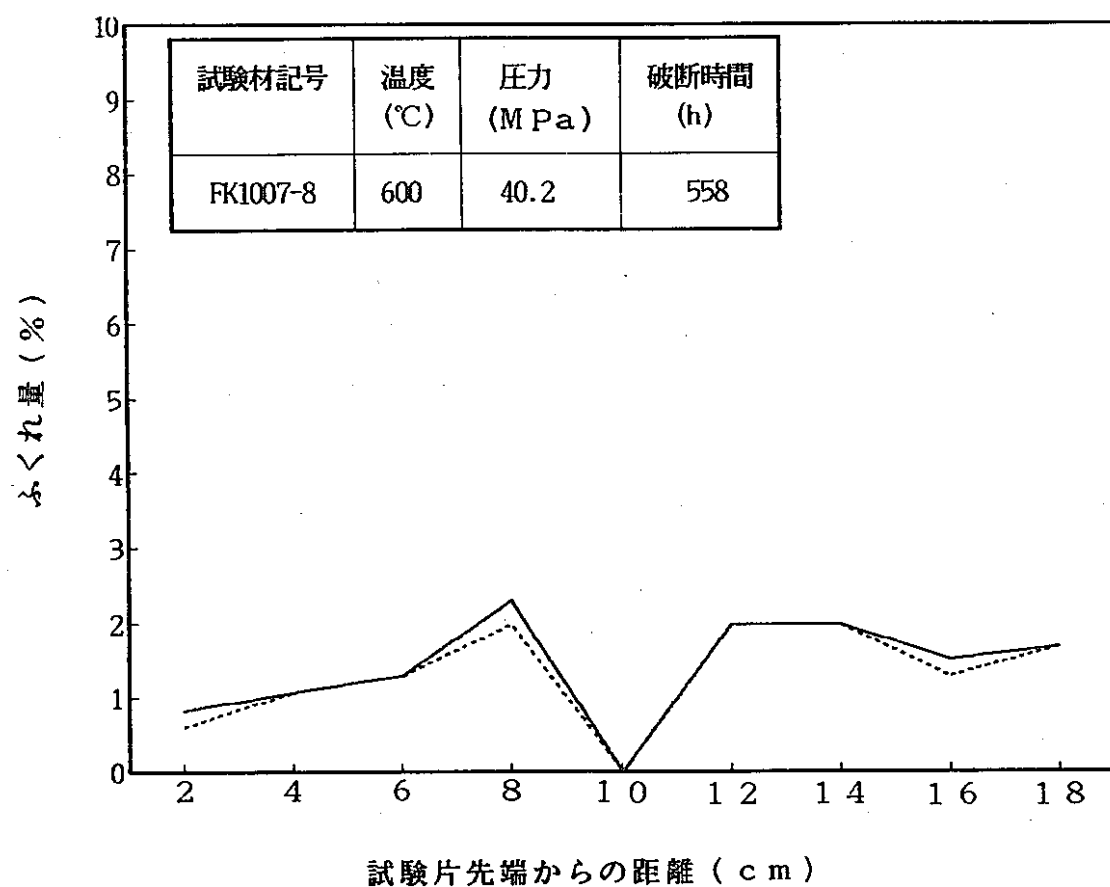
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	1.23	1.38	1.69	1.85	2.23	2.30	2.15	2.62	4.62
min	1.23	1.31	1.62	1.85	2.15	2.15	2.15	2.62	4.38

図14-13 破断後試験片のふくれ量



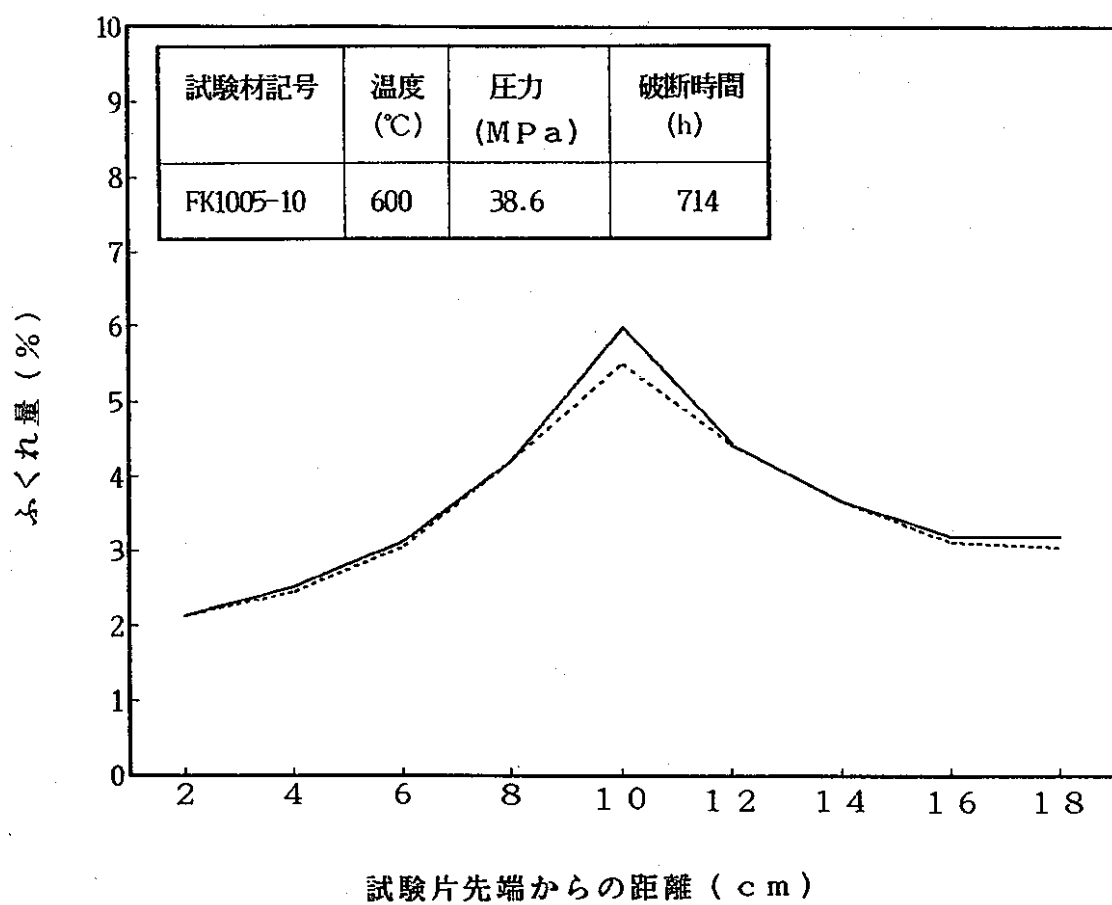
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	2.38	2.85	4.08	4.15	開口	4.46	3.69	3.38	2.85
min	2.31	2.85	4.00	4.08	開口	4.46	3.62	3.31	2.85

図14-14 破断後試験片のふくれ量



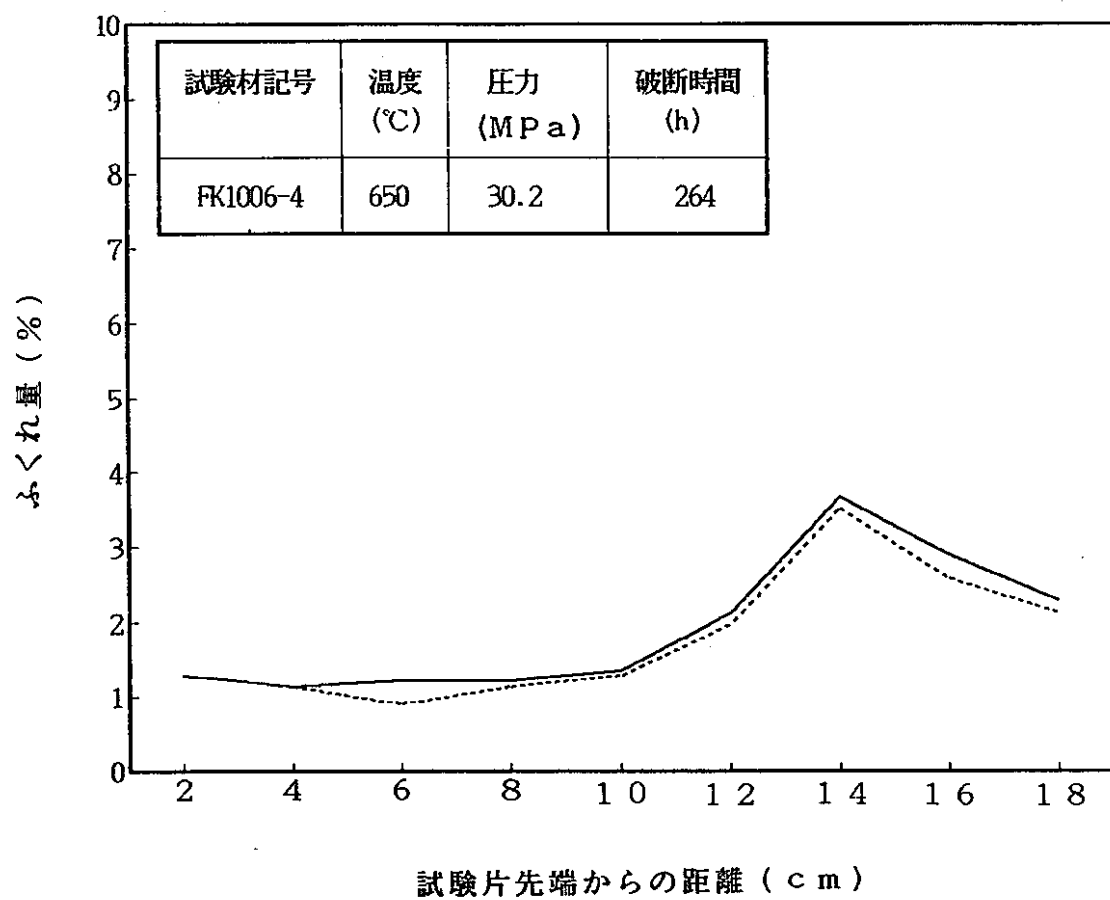
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	0.84	1.08	1.31	2.31	開口	2.00	2.00	1.53	1.69
min	0.62	1.08	1.31	2.00	開口	2.00	2.00	1.31	1.69

図14-15 破断後試験片のふくれ量



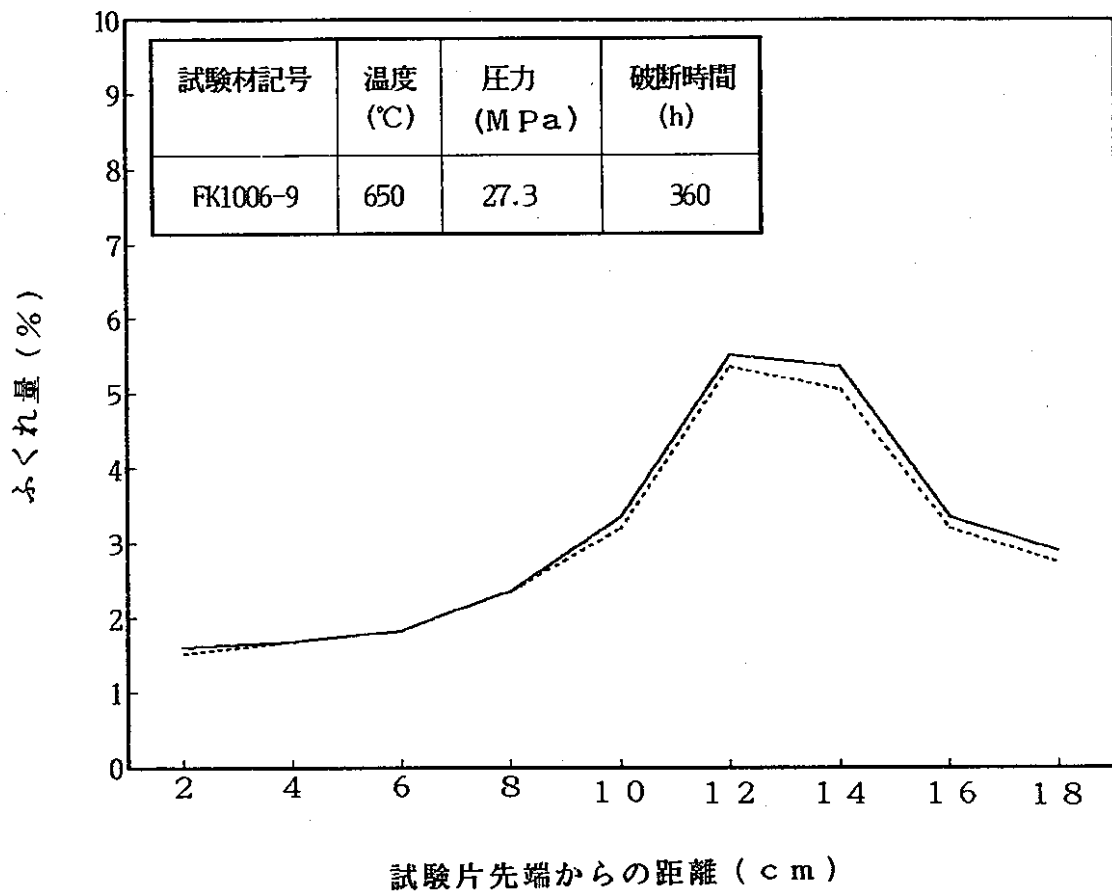
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	2.15	2.54	3.15	4.23	6.00	4.46	3.69	3.23	3.23
min	2.15	2.46	3.08	4.23	5.54	4.46	3.69	3.15	3.08

図14-16 破断後試験片のふくれ量



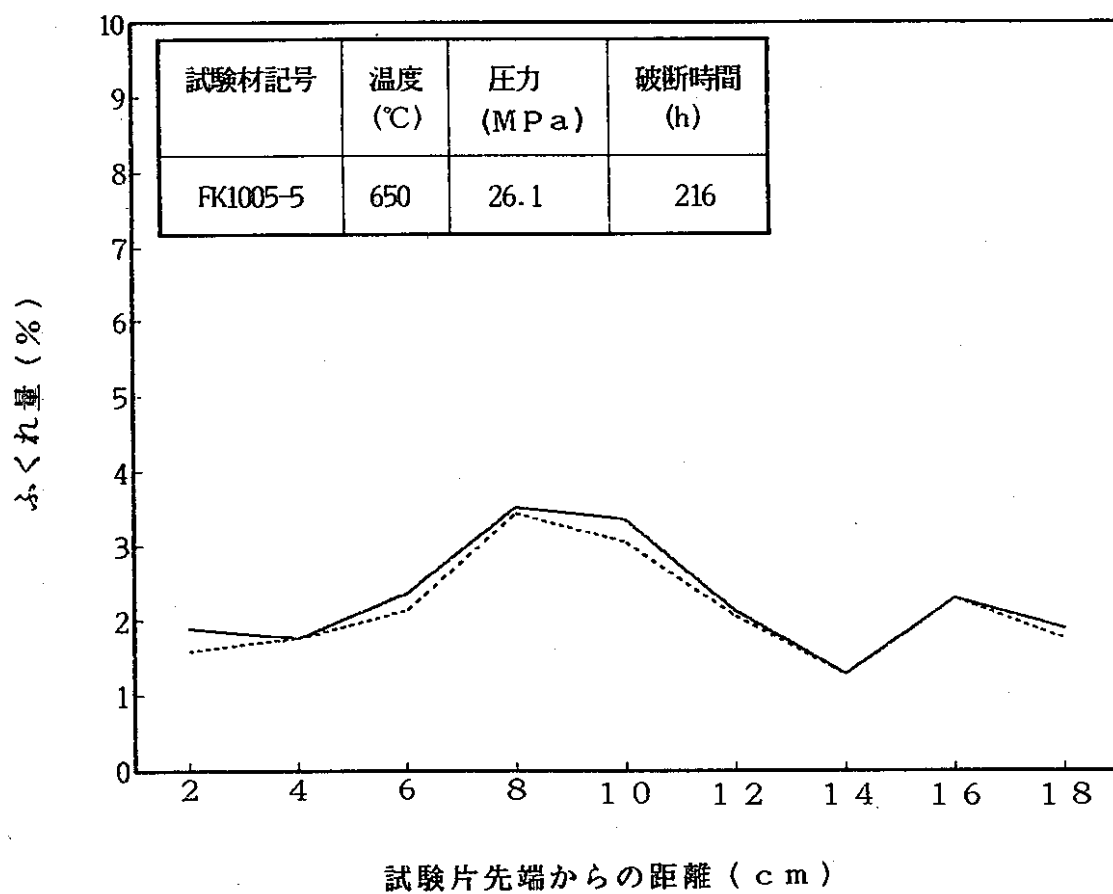
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	1.31	1.15	1.23	1.23	1.38	2.15	3.69	2.92	2.31
min	1.31	1.15	0.92	1.15	1.31	2.00	3.54	2.61	2.15

図14-17 破断後試験片のふくれ量



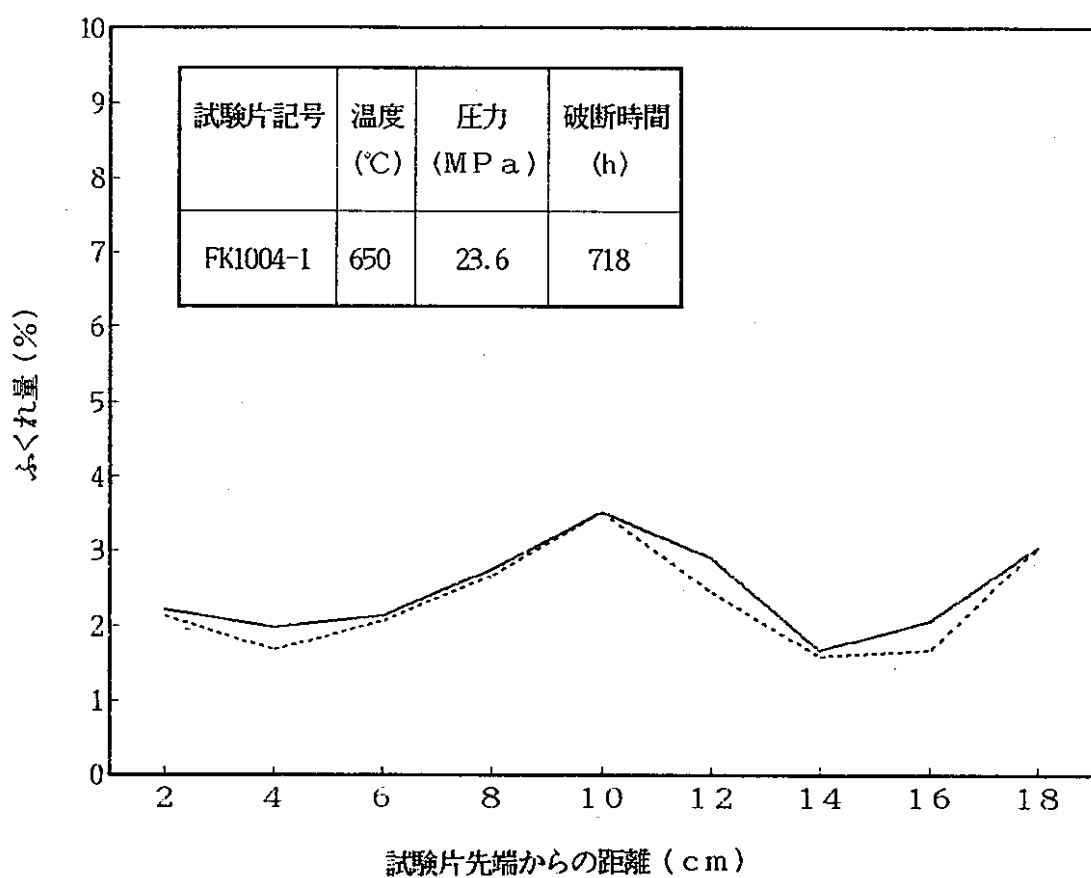
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	1.62	1.69	1.85	2.38	3.38	5.54	5.38	3.38	2.92
min	1.54	1.69	1.85	2.38	3.23	5.38	5.08	3.23	2.77

図14-18 破断後試験片のふくれ量



	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	1.92	1.77	2.38	3.54	3.38	2.15	1.31	2.31	1.92
min	1.61	1.77	2.15	3.46	3.08	2.08	1.31	2.31	1.77

図14-19 破断後試験片のふくれ量



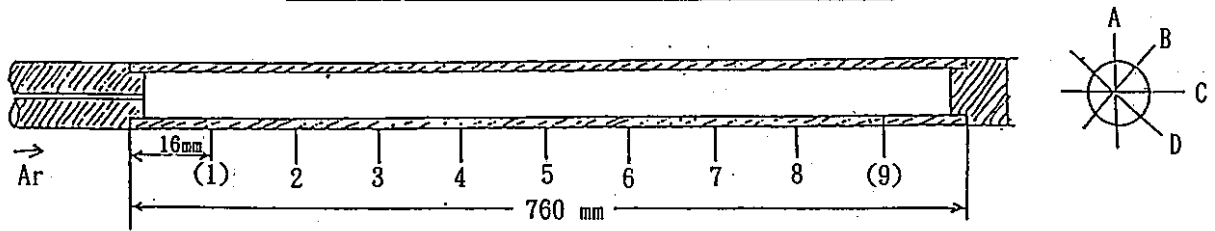
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
max	2.23	2.00	2.15	2.77	3.54	2.92	1.69	2.08	3.08
min	2.15	1.69	2.08	2.69	3.54	2.46	1.61	1.69	3.08

図14-20 破断後試験片のふくれ量

添 付 資 料

(被覆管外径測定データ記録)

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-1	試 験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 2 月 20日	試験 前回測定より	198 (h)
試験前 測 定 日	'88年 2 月 5 日	時間 累積時間	198 (h)

位 置 方 向		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.500	6.501	6.501	6.501	6.503	6.502	6.502
	B	6.501	6.500	6.500	6.500	6.502	6.501	6.501
	C	6.500	6.501	6.501	6.501	6.504	6.500	6.500
	D	6.502	6.502	6.501	6.501	6.502	6.502	6.501
	平均値	6.501	6.501	6.501	6.501	6.503	6.501	6.501
試験前平均値		6.499	6.500	6.498	6.500	6.501	6.500	6.500
ふくれ量 (ふくれ率)		(0.03)	(0.015)	(0.03)	(0.015)	(0.03)	(0.015)	(0.015)

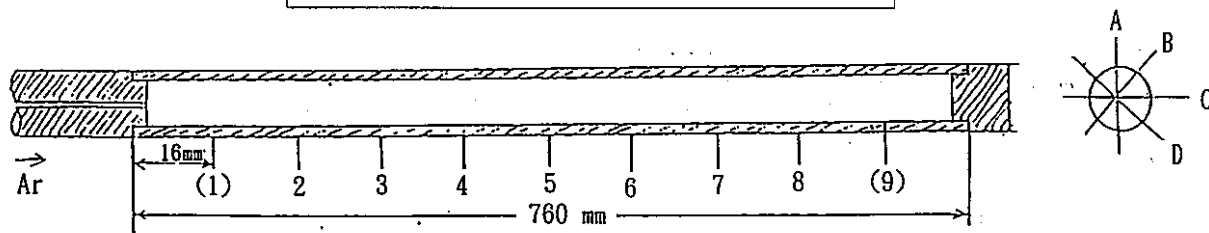
ふくれ率	最 大	平均値	最 小
⑧	0.03	0.02	0.015

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-1	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株) 神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 3 月 5 日	試験 前回測定より	210 (h)
試験 前 測 定 日	'88年 2 月 5 日	時間 累 積 時 間	408 (h)

位 置 方 向		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.503	6.501	6.503	6.504	6.506	6.501	6.502
	B	6.500	6.500	6.501	6.502	6.500	6.501	6.500
	C	6.501	6.500	6.503	6.509	6.500	6.501	6.501
	D	6.502	6.505	6.500	6.505	6.502	6.501	6.500
	平均 値	6.5015	6.5015	6.502	6.505	6.502	6.501	6.501
試験前平均値		6.499	6.500	6.498	6.500	6.501	6.500	6.500
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.04)	(0.02)	(0.06)	(0.08)	(0.015)	(0.015)	(0.015)

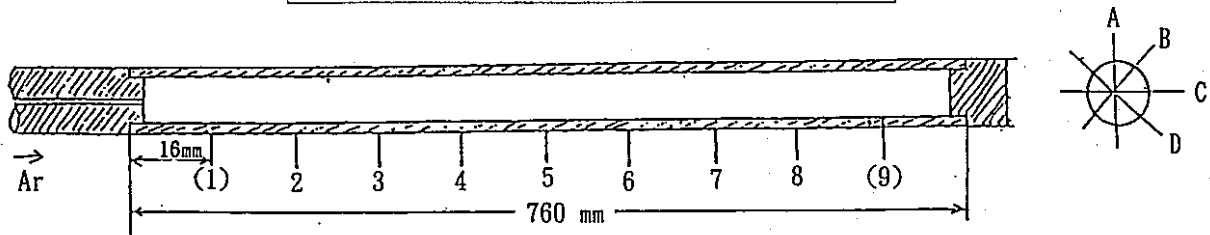
ふ く れ 率 (%)	最 大	平 均 値	最 小
	0.08	0.035	0.015

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-1	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 3 月 16日	試験 前回測定より	192 (h)
試験 前 測 定 日	'88年 2 月 5 日	時間 累 積 時 間	600 (h)

位 置 方 向		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.507	6.514	6.508	6.506	6.510	6.508	6.502
	B	6.506	6.512	6.510	6.508	6.512	6.506	6.504
	C	6.506	6.506	6.510	6.505	6.503	6.504	6.502
	D	6.506	6.506	6.510	6.510	6.510	6.510	6.502
	平均 値	6.506	6.510	6.510	6.507	6.509	6.507	6.503
試験前平均値		6.499	6.500	6.498	6.500	6.501	6.500	6.500
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.11)	(0.15)	(0.18)	(0.11)	(0.09)	(0.11)	(0.05)

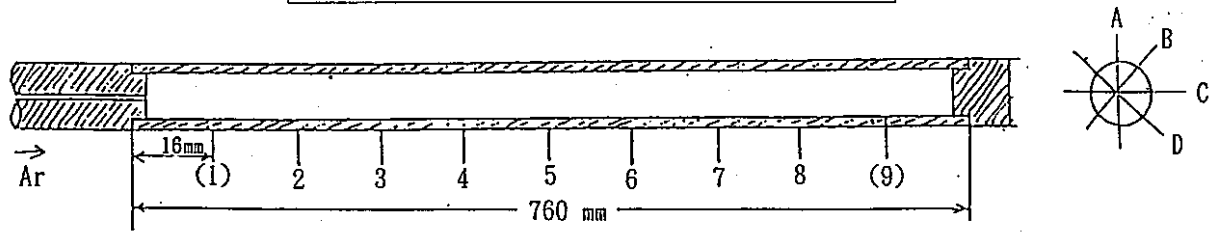
ふ く れ 率	最 大	平 均 値	最 小
⑧	0.18	0.11	0.05

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-1	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 4 月 1 日	試験 前回測定より	207 (h)
試験前 測 定 日	'88年 2 月 5 日	時間 累 積 時 間	807 (h)

方 向 \ 位 置		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.520	6.515	6.520	6.510	6.512	6.510	6.513
	B	6.512	6.516	6.519	6.510	6.512	6.508	6.509
	C	6.512	6.511	6.513	6.511	6.515	6.510	6.510
	D	6.512	6.518	6.520	6.510	6.513	6.511	6.503
	平均 値	6.514	6.515	6.518	6.510	6.513	6.510	6.509
試験前平均値		6.499	6.500	6.498	6.500	6.501	6.500	6.500
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.23)	(0.23)	(0.31)	(0.15)	(0.18)	(0.15)	(0.14)

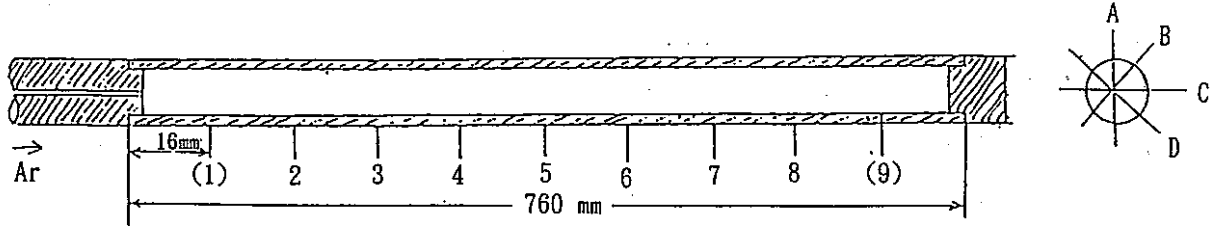
ふ く れ 率 %	最 大	平 均 値	最 小
	0.31	0.20	0.14

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-1	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 4 月 15日	試験 前回測定より	195 (h)
試験前 測定日	'88年 2 月 5 日	時間 累積時間	1002 (h)

位 置 方 向		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.520	6.520	6.520	6.517	6.520	6.518	6.520
	B	6.515	6.520	6.522	6.515	6.520	6.515	6.507
	C	6.518	6.517	6.517	6.513	6.517	6.513	6.510
	D	6.517	6.515	6.518	6.515	6.518	6.509	6.513
	平均値	6.518	6.518	6.519	6.515	6.519	6.514	6.513
試験前平均値		6.499	6.500	6.498	6.500	6.501	6.500	6.500
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.29)	(0.27)	(0.32)	(0.23)	(0.27)	(0.22)	(0.20)

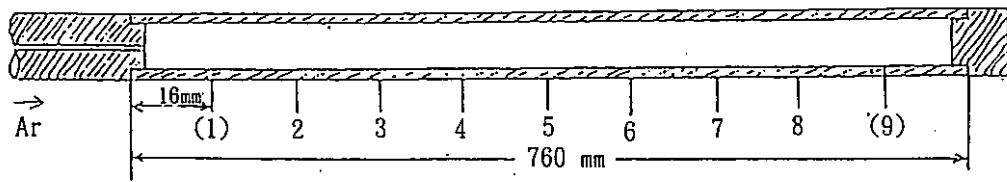
ふくれ率 (%)	最 大	平 均 値	最 小
	0.32	0.25	0.20

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-1	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 5月 5日	試験 時間	前回測定より 1002 (h)
試験前 測定日	'88年 2月 5日		累 積 時 間 1208 (h)

方 向 \ 位 置		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.517	6.514	6.522	6.515	6.522	6.521	6.519
	B	6.518	6.510	6.518	6.522	6.522	6.522	6.513
	C	6.510	6.525	6.530	6.524	6.528	6.513	6.523
	D	6.523	6.519	6.510	6.516	6.522	6.523	6.516
	平均 値	6.517	6.517	6.520	6.519	6.524	6.520	6.518
試験前平均値		6.499	6.500	6.498	6.500	6.501	6.500	6.500
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.28)	(0.26)	(0.34)	(0.29)	(0.35)	(0.31)	(0.28)

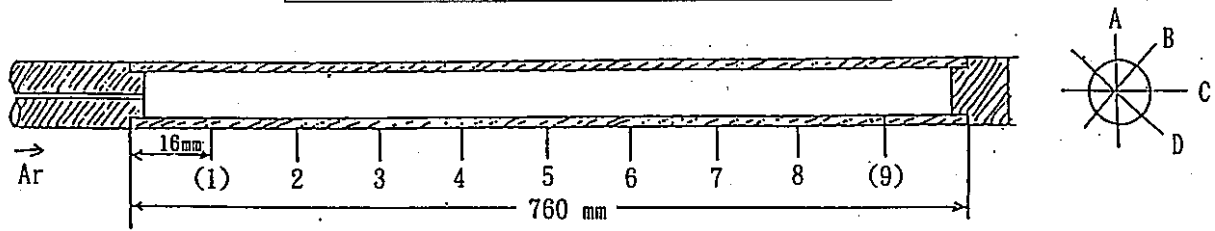
ふ く れ 率 (%)	最 大	平 均 値	最 小
	0.35	0.30	0.26

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-1	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 5 月 20日	試験 前回測定より	196 (h)
試験前 測 定 日	'88年 2 月 5 日	時間 累 積 時 間	1404 (h)

位 置 方 向		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.514	6.514	6.523	6.518	6.523	6.521	6.517
	B	6.522	6.515	6.521	6.519	6.519	6.526	6.516
	C	6.521	6.525	6.524	6.525	6.528	6.526	6.525
	D	6.515	6.516	6.520	6.525	6.523	6.523	6.515
	平均 値	6.518	6.518	6.522	6.522	6.523	6.524	6.518
試験前平均値		6.499	6.500	6.498	6.500	6.501	6.500	6.500
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.29)	(0.28)	(0.37)	(0.34)	(0.34)	(0.37)	(0.28)

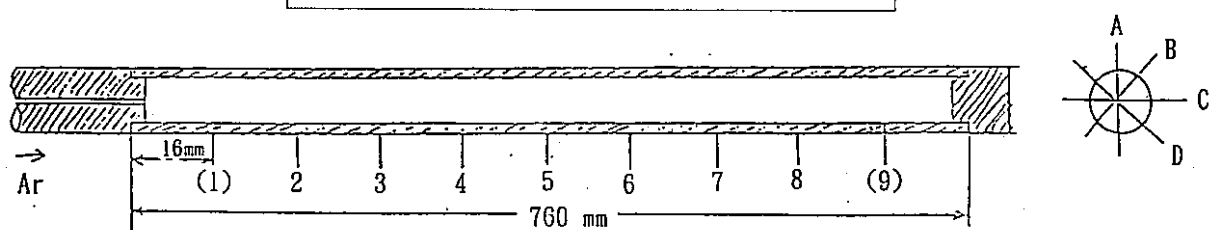
ふ く れ 率 %	最 大	平 均 値	最 小
	0.37	0.32	0.28

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-1	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 6 月 5 日	試験 前回測定より	215 (h)
試験前 測定日	'88年 2 月 5 日	時間 累積時間	1619 (h)

位 置 方 向		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.526	6.526	6.524	6.525	6.525	6.516	6.525
	B	6.515	6.521	6.521	6.526	6.525	6.530	6.521
	C	6.520	6.525	6.526	6.527	6.526	6.524	6.528
	D	6.530	6.515	6.519	6.522	6.528	6.519	6.521
	平均値	6.523	6.522	6.522	6.525	6.526	6.522	6.524
試験前平均値		6.499	6.500	6.498	6.500	6.501	6.500	6.500
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.37)	(0.34)	(0.37)	(0.38)	(0.38)	(0.34)	(0.37)

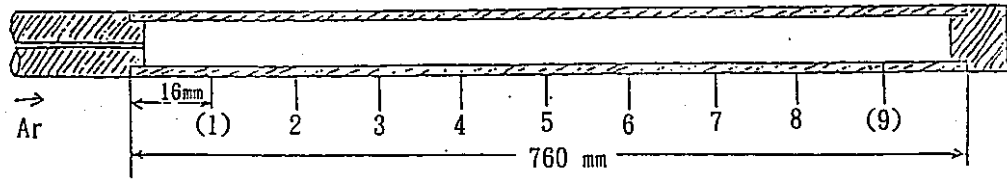
ふ く れ 率 (%)	最 大	平 均 値	最 小
	0.38	0.36	0.34

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-1	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株) 神 戸 製 鋼 所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 8 月 1 日	試験 前回測定より	192 (h)
試験 前 測 定 日	'88年 8 月 9 日	時間 累 積 時 間	1811 (h)

位 置 方 向		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.527	6.515	6.523	6.518	6.527	6.520	6.520
	B	6.517	6.523	6.525	6.534	6.525	6.530	6.528
	C	6.515	6.522	6.527	6.527	6.525	6.529	6.527
	D	6.524	6.528	6.521	6.520	6.527	6.527	6.525
	平 均 値	6.521	6.522	6.524	6.525	6.526	6.527	6.525
試験前平均値		6.499	6.500	6.498	6.500	6.501	6.500	6.500
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.34)	(0.34)	(0.40)	(0.39)	(0.39)	(0.42)	(0.39)

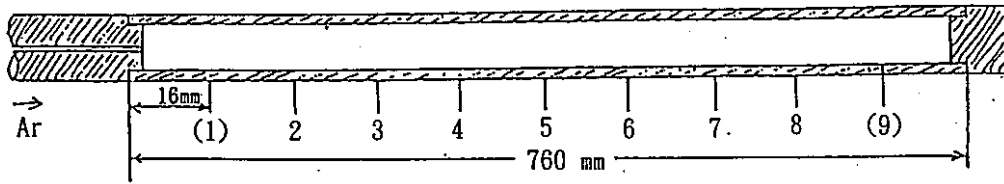
ふ く れ 率 %	最 大	平 均 値	最 小
	0.42	0.38	0.34

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向 2～8 のふくれ率より、「平均値」は軸方向 2～8 のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-1	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 8 月 10日	試験 前回測定より	192 (h)
試験前 測定日	'88年 8 月 20日	時間 累積時間	2003 (h)

方 向 \ 位 置		外 径 (mm) () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.515	6.523	6.525	6.521	6.528	6.522	6.520
	B	6.527	6.527	6.526	6.527	6.526	6.529	6.528
	C	6.528	6.528	6.530	6.535	6.528	6.535	6.529
	D	6.517	6.517	6.523	6.519	6.528	6.527	6.528
	平均値	6.522	6.524	6.526	6.526	6.528	6.528	6.526
試験前平均値		6.499	6.500	6.498	6.500	6.501	6.500	6.500
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.35)	(0.37)	(0.43)	(0.40)	(0.42)	(0.43)	(0.40)

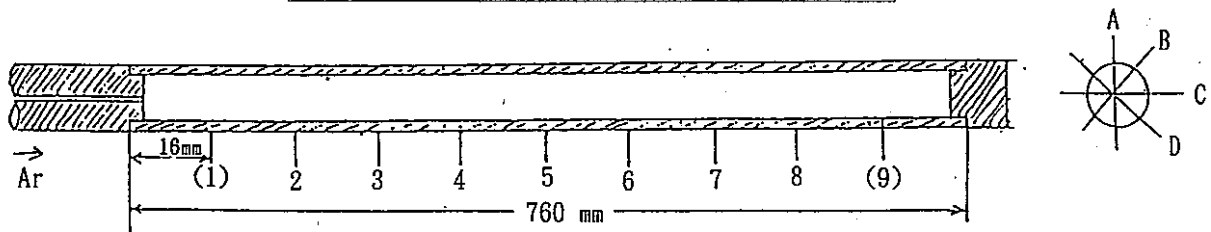
ふ く れ 率 %	最 大	平 均 値	最 小
	0.43	0.40	0.35

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-2	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'87年 11月 27日	試験 時間	前回測定より 352 (h)
試験前 測定日	'87年 10月 1日		累 積 時 間 352 (h)

位 置 方 向		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.500	6.502	6.507	6.504	6.502	6.503	6.503
	B	6.502	6.502	6.508	6.503	6.502	6.505	6.502
	C	6.501	6.502	6.510	6.507	6.503	6.504	6.503
	D	6.500	6.502	6.509	6.506	6.504	6.503	6.502
	平均 値	6.501	6.502	6.508	6.505	6.502	6.504	6.502
試験前平均値		6.500	6.501	6.501	6.500	6.500	6.502	6.501
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.015)	(0.015)	(0.108)	(0.076)	(0.030)	(0.030)	(0.015)

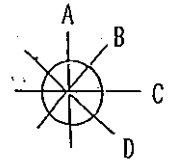
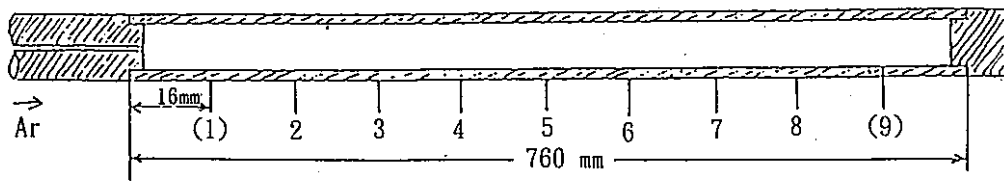
ふ れ 率 %	最 大	平 均 値	最 小
	0.108	0.041	0.015

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-2	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株) 神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 1月 15日	試験 前回測定より	648 (h)
試験前 測定日	'87年 10月 1日	時間 累積時間	1000 (h)

※
備考
1回
中断

方 向 \ 位 置		外 径 (mm) () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.522	6.525	6.516	6.515	6.520	6.518	6.517
	B	6.523	6.524	6.520	6.517	6.520	6.519	6.516
	C	6.525	6.523	6.522	6.516	6.520	6.520	6.515
	D	6.527	6.527	6.521	6.520	6.520	6.518	6.517
	平均値	6.524	6.525	6.520	6.517	6.520	6.519	6.516
試験前平均値		6.500	6.501	6.501	6.500	6.500	6.502	6.501
ふくれ量 (ふくれ率)		(0.37)	(0.37)	(0.29)	(0.26)	(0.31)	(0.26)	(0.23)

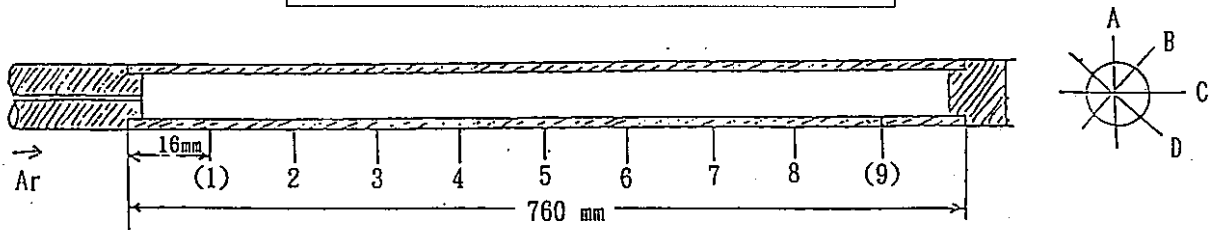
ふくれ率 (%)	最 大	平 均 値	最 小
	0.37	0.30	0.23

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-2	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'88年 2月 20日	試験 前回測定より	499 (h)
試験前測定日	'87年 10月 1日	時間 累積時間	1499 (h)

位 置 方 向		外 径 [mm] () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.535	6.528	6.522	6.528	6.526	6.535	6.522
	B	6.530	6.528	6.520	6.527	6.525	6.530	6.520
	C	6.527	6.527	6.520	6.526	6.524	6.523	6.518
	D	6.530	6.530	6.522	6.529	6.526	6.527	6.520
	平均 値	6.530	6.528	6.521	6.527	6.525	6.529	6.520
試験前平均値		6.500	6.501	6.501	6.500	6.500	6.502	6.501
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.46)	(0.42)	(0.31)	(0.42)	(0.38)	(0.42)	(0.29)

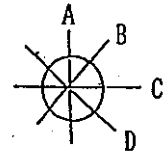
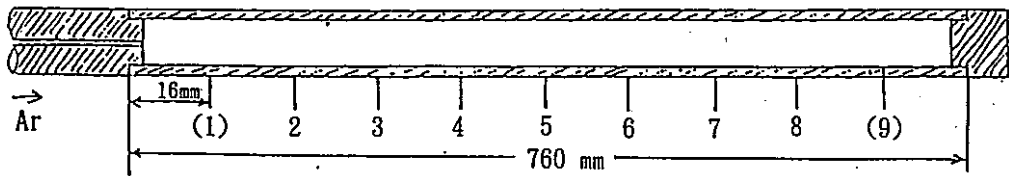
ふ れ 率 %	最 大	平 均 値	最 小
	0.46	0.39	0.29

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$

被覆管外径測定データ記録用紙



項 目	内 容	項 目	内 容
試験片 No.	K9436-2	試験 圧 力	218 kgf/cm ²
測定機関	(株)神戸製鋼所	フ ー プ 応 力	14.0 kgf/mm ²
測 定 者	西 田	試 験 温 度	650 (°C)
測 定 日	'87年 3月 15日	試験 前回測定より	501 (h)
試験 前 測定 日	'87年 10月 1日	時間 累 積 時 間	2000 (h)

位 置 方 向		外 径 (mm) () 内は%						
		2	3	4	5	6	7	8
測 定 値	A	6.526	6.530	6.524	6.531	6.529	6.545	6.524
	B	6.527	6.530	6.532	6.520	6.535	6.535	6.531
	C	6.542	6.537	6.532	6.529	6.534	6.532	6.541
	D	6.541	6.535	6.527	6.540	6.542	6.540	6.535
	平均 値	6.534	6.533	6.529	6.530	6.535	6.538	6.533
試験前平均値		6.500	6.501	6.501	6.500	6.500	6.502	6.501
ふ くれ 量 (ふくれ率)		(0.52)	(0.49)	(0.43)	(0.46)	(0.54)	(0.58)	(0.49)

ふ れ 率 (%)	最 大	平均 値	最 小
	0.58	0.50	0.43

但し

ふくれ率の「最大」「最小」は軸方向2～8のふくれ率より、「平均値」は軸方向2～8のふくれ率から以下の式より求める。

$$\frac{(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)}{7} = \text{平均値}$$