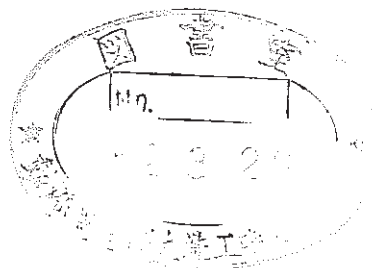


制御棒下部案内管(T L G 0 0 1)の照射後試験



1987年2月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
	PNC TN9410 87-194
この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です	
動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室	

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

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)

制御棒下部案内管(TLG001)の照射後試験

実施責任者 田地 弘勝*

報告者 小泉 敦裕* 小野瀬 庄二** 沖元 豊*

新谷 聖法*

要 旨

制御棒下部案内管「TLG001」の照射後試験を実施した。本制御棒下部案内管はMK-II移行作業において新規に装荷され、100 MW出力上昇サイクルから第7"（自然循環試験）サイクルまで使用されたもので、20%冷間加工を施したSUS316相当鋼の案内管とSUS316溶体化処理材の一体型パッドが溶接付けしてあるため、長期使用に際しては両者間のスエリング差による溶接部の亀裂、パッド部の脱落等が懸念されていた。照射後試験の目的は、7"サイクルまで使用された下部案内管2体のうちの1体につき健全性を確認すること及び使用寿命を推定するためのデータを取得することである。

本試験の結果は下記のとおりである。

- (1) 下部案内管には一部にわずかな傷が認められたが、変形、特異な傷等はなく健全であった。パッド溶接部に亀裂は観察されず、またパッド部に炉内下部案内管取扱機引抜荷重（～500 Kg）を超える2000 Kgの圧縮荷重を付加したが、パッドの脱落は認められなかった。
- (2) 案内管部のスエリング量はTEM観察から0.16% ($\Delta V/V$, $6.2 \times 10^{22} \text{n/cm}^2$ ($E \geq 0.1 \text{MeV}$), 373°C)と測定された。しかし、パッドについては、肉盛部がステライトが母材に溶け込み、ポイドが観察されず、スエリングは認められなかったが、肉盛部以外については不明である。したがって、もう1体の下部案内管の交換時期については明確に決定することはできないが、少なくとも第7"サイクルまで使用された段階では健全な状態を保っているものと推定される。

* 大洗工学センター燃料材料開発部照射燃料集合体試験室（FMS）

** " " 照射材料試験室（MMS）

目 次

1. まえがき	1
2. 制御棒下部案内管の仕様及び構造の概略	2
3. 照射条件	3
3.1 炉内装荷位置	3
3.2 中性子照射量及び照射温度	3
4. 試験結果	4
4.1 試料の取扱い	4
4.2 下部案内管外観検査	5
4.3 下部案内管寸法測定	5
4.4 下部案内管 X線ラジオグラフィ	7
4.5 ハンドリングヘッド部外観検査	7
4.6 案内管内面観察	7
4.7 グッシュポット部外観検査	7
4.8 パッド部詳細外観検査	8
4.9 パッド溶接部強度試験	8
4.10 パッド部及び案内管部 TEM 観察	8
4.11 パッド溶接部光顕観察	8
5. 結果の検討	10
5.1 健全性の評価	10
5.1.1 下部案内管の健全性（パッド部を除く）	10
5.1.2 パッド部の健全性	10
5.2 寿命の評価	10
6. まとめ	12
7. 参考文献	13

List of Figures

Fig. 1	A Structure of the Lower Guide Tube	14
Fig. 2	In Reactor Location of the Lower Guide Tube	15
Fig. 3	Fluence and Irradiation Temperature of the Lower Guide Tube	16
Fig. 4	Flow Diagram of Postirradiation Examination on the Lower Guide Tube	17
Fig. 5	Outer Diameter Profiles of the Lower Guide Tube	18
Fig. 6	Face to Face Distance Profiles of the Spacer Pad and the Handling Head	19
Fig. 7	Bowing Vectors of the Lower Guide Tube	20
Fig. 8	A Twist of the Lower Guide Tube at the Spacer Pad and the Handling Head	21
Fig. 9	Load History of the Spacer Pad	22

List of Photographs

Photo. 1	Surface View and X-ray Radiographs of the Lower Guide Tube	23
Photo. 2	Surface View of the Handling Head	25
Photo. 3	Inside View of the Guide Tube	26
Photo. 4	Surface View of the Dashpot	27
Photo. 5	Surface View of the Spacer Pad	29
Photo. 6	An Optical Micrograph of the Pad (A center of the pad) ...	31
Photo. 7	Void Distributions of the Irradiated Tube and Pad (6.2×10^{22} n/cm ² (E \geq 0.1 MeV), 373°C)	32
Photo. 8	An Optical Micrograph of the Pad (Near the welds)	33

1. ま え が き

高速実験炉「常陽」MK-I炉心では、制御棒は安全棒4体、調整棒2体によって運転が行なわれてきた。しかし、MK-II炉心においては安全棒と調整棒の区分をなくし、6体とも同一機能（安全停止と出力調整の両機能を合わせ持つ）を有するものに変更された。これに伴い、MK-II炉心移行作業において調整棒用下部案内管2体の交換作業が実施されたが、この際新規に装荷された下部案内管は、20%冷間加工を施したSUS316相当鋼の案内管にSUS316溶体化処理材の一体型パッドを溶接付けしたものであり、長期使用に際しては両者間のスエリング差によって溶接部の亀裂発生、下部案内管の変形及びパッド部の脱落等に進展してしまうことが考えられる。また、簡易解析によれば歪制限を1%とした場合には6サイクル使用以降亀裂に発展する恐れが生じ、さらに20サイクル程度の使用でパッドが脱落するという報告もなされている¹⁾。そこで、7"サイクルまで使用された下部案内管2体のうちの1体につき、健全性を確認するとともに、使用寿命を推定するためのデータを取得する目的で照射後試験を実施した。試験実施における留意点は、以下のようなものである。

- (1) 下部案内管の変形の有無の確認
- (2) パッド溶接部の亀裂の有無の確認
- (3) パッド溶接部の機械的強度の確認
- (4) その他各部の健全性の確認
- (5) パッド部及び案内管部のスエリング量確認

2. 制御棒下部案内管の仕様及び構造の概略

制御棒下部案内管は、炉の運転時には制御棒の挿入あるいは引き抜きの際の案内となり、スクラム時には、制御棒を受ける役目をも果たす。主要構造部材は、丸管型の案内管、案内管上部のハンドリングヘッド、下方の冷却材導入用エントランスノズル及び制御棒を受けるダッシュポットである。そして、本制御棒下部案内管の場合、20%冷間加工を施したSUS 316相当鋼の案内管にSUS 316溶体化処理材の一体型パッドが12個所でTIG溶接されている。また、ハンドリングヘッド上部、ダッシュポット及びパッドにはステライト肉盛がなされている。Fig.1に制御棒下部案内管の構造を示す。

3. 照射条件

3.1 炉内装荷位置

本制御棒下部案内管「TLG 001」は炉内装荷位置 3 A 3 に装荷され、100 MW 出力上昇サイクルから第 7" (自然循環試験) サイクルまで使用された。炉内装荷位置を Fig. 2 に示す。

3.2 中性子照射量及び照射温度

VORTEX CODE による本制御棒下部案内管の中性子照射量及び照射温度を Fig. 3 に示す。²⁾

本制御棒下部案内管の最大中性子照射量は、パッドより下 100 mm (炉心中心) において $7.1 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$ ($E \geq 0.1 \text{ MeV}$) である。また、パッド部においては、中性子照射量は $6.2 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$ ($E \geq 0.1 \text{ MeV}$)、照射温度は 373 °C である。

4. 試験結果

4.1 試料の取扱い

本下部案内管は、昭和60年7月23日に炉外へ取出された後、炉サイトで同24日にナトリウム洗浄され、³⁾昭和61年2月12日に下部案内管取扱機（専用キャスク）で照射燃料集合体試験施設（FMF）に搬入された。

本試料はFMFに搬入される最初の下部案内管であるため、搬入作業について照射燃料集合体試験室（FMS）と実験炉部の間で綿密な打合せを行った。搬入に当たっては、専用キャスクとFMFのP-3ポートとの取合いのためのアダプターフランジや、セル内での下部案内管の取扱いのためのハンドリングアダプター等を製作し、下部案内管のクリーンセルへの搬入に伴う汚染を防止するためにPVCバック等を用意した。また、専用キャスクの重量が25tを超えるため、FMFサービスイリアの25tクレーンの特例申請を行った。さらにダミーの下部案内管を用いてモックアップを行った後、本下部案内管の搬入作業を実施した。^{4), 5)}なお、搬入時の専用キャスクの操作は高速増殖炉2課が、FMF内の設備の操作はFMSが担当した。

FMSでは、搬入された下部案内管の外観検査、寸法測定、X線ラジオグラフィを行った後切断し、ハンドリングヘッド部、ダッシュポット部の外観検査を実施した。パッド部、案内管部については内面観察を行い、さらにパッド部の詳細外観検査を実施した後、照射材料試験施設（MMF）へ搬出した。

照射材料試験室（MMS）では、パッドの溶接部について強度試験を行った後切断し、案内管部、パッド部試料のTEM観察、溶接部試料の顕微鏡観察を実施した。パッド部及び案内管部から10mm×10mmの大きさに切り出し、これをエメリー紙で両面から研磨し0.2mmの厚さとした。これを機械的に3mm径に打ち抜き、twin-jet法にて薄膜試料とした。twin-jet法の研磨液及び研磨条件を以下に示す。

電解研磨液	HClO ₄	5%
	CH ₃ COOH	95%
研磨条件	電圧	70V
	電流	0.13～0.15A
	液温	15～17℃

薄膜試料は、透過走査型電子顕微鏡H700Hによって加速電圧200kVで観察を行った。ボイドの観察は透過像によって行い、その観察倍率は30000～70000倍とした。

一方、パッド溶接部から10mm×10mmの大きさに切り出して、これをエポキシ樹脂に埋込み、エメリー紙で粗研磨した後、アルミナペーストで鏡面仕上げを行った。これを10%NH₄-HSO₄溶液の中で電解腐食を行い、光学顕微鏡観察試料を得た。観察はライヘルツ光学顕微鏡によ

って、100倍及び400倍で行った。

また、パッド部試料についても顕微鏡観察を実施した。

PIEのフローをFig.4に示す。

4.2 下部案内管外観検査

受入時の下部案内管の表面状況をPhoto.1に示す。

案内管には、黒色付着物及び黒色の変色が点在しているのが観察された。また、パッド部にも茶色及び黒色の変色が観察された。パッド溶接部にも黒色変色が見られたが、亀裂は認められなかった。球面座付近には変色も認められなかった。

4.3 下部案内管寸法測定

下部案内管の外径、曲がり、ねじれ、パッド部及びハンドリングヘッド部の対面間距離を測定し、照射前後での変化の有無を確認した。なお、照射前データとしては、メーカーの試験検査成績書⁶⁾の値を用いた。

測定結果を以下に示す。

(1) 外径

0 - 180°及び90 - 270°方向の軸方向プロファイルをFig.5に示す。

炉心近傍における外径測定値は78.4mmであり、照射前データ(78.2mm)より0.2mm程度増加していた。ただし、照射前データの測定方向及び軸方向位置は不明である。

(2) 対面間距離

パッド部及びハンドリングヘッド部の対面間距離をFig.6に示す。

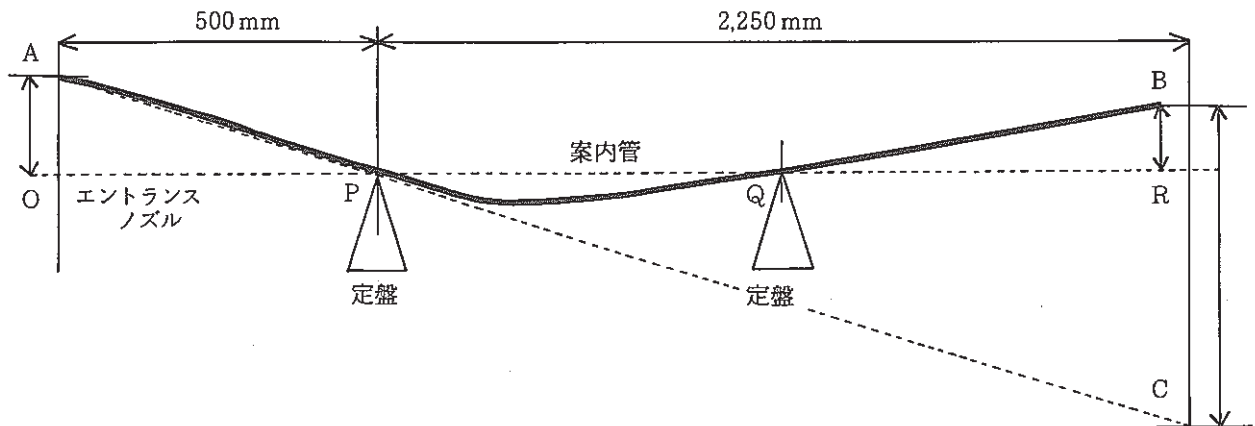
パッド部の対面間距離は、各面とも最大で81.4mmであり、照射前データ81.19mmと比べ0.2mm大きい。ただし、照射前データの面の方向及び軸方向位置は不明である。

ハンドリングヘッド部の対面間距離は、各面で差があるが最大で80.9mmであり、照射前データ80.8mmと比べ0.1mm大きい。ただし、やはり照射前データの面の方向及び軸方向位置は不明である。

(3) 曲がり

ハンドリングヘッド下端部で曲がり量は、1.7mm、曲がり方向は下部案内管ピン(Fig.1参照)を0°として24°であった。

照射前データは、PIEと同様な測定方法で得られたものではなく、同心度を求めたものである。同心度の測定法を下図に示す。



製造時には、パッド部及び球面座下部を定盤に載せ、P、Qを通を直線ORからのずれOA及びRBを測定し、これを同心度としている。同心度から照射データに対応する曲がりを求めると、曲がり量は0.5 mm、曲がり方向は35°となる。したがって、照射により曲がり量1.1 mm、曲がり方向19°の曲がりが発生したことになる。これをFig.7に示す。この値は、同程度の中性子照射量の炉心燃料集合体と比較して大きいものではない。

(4) ねじれ

照射前データは、パッド部を定盤に置いて反対面のハンドリングヘッドの両側のコーナー付近の高さを測定し、その差をねじれとしている。

照射後試験では、下図のように六角断面用の三対の変位計を使用して、X3 - X1及びX4 - X6の計算をしてねじれを測定した。

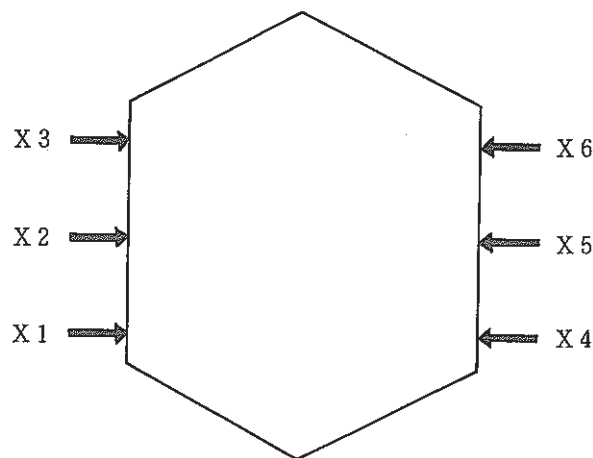


Fig.8にA面のハンドリングヘッドのねじれを0に近づけたときの各面のねじれ測定結果を示す。また、パッドを基準としたハンドリングヘッド上部でのねじれを下に示す。

パッドを基準としたねじれ

面 番 号	ハンドリング ヘッド上部	製 造 時
A - FACE	0.23	0.20
B - FACE	-0.00	-0.11
C - FACE	—	-0.14
D - FACE	0.16	0.15
E - FACE	-0.04	-0.07
F - FACE	—	-0.14

ハンドリングヘッド上部でのねじれは、製造時のものとよく一致しており、照射によるパッドのずれはなかったと考えられる。

4.4 下部案内管 X線ラジオグラフィ

下部案内管の内部状況及びパッドと案内管のギャップの有無を確認するために実施した。下部案内管ピンの方向から撮影した X線写真を Photo.1 に示す。下部案内管内部への異物の混入は認められなかった。また、パッドと案内管との間にわずかにギャップ状のものが認められたが、照射によるものかどうかは不明である。

4.5 ハンドリングヘッド部外観検査

ハンドリングヘッド部上端ステライト肉盛部等の状況を観察するために実施した。観察結果を Photo.2 に示す。グリッパー取合穴部に、周方向の傷が観察されたが、その他の特徴は認められなかった。

4.6 案内管内面観察

制御棒の流力振動に対する防振機構であるボール部との接触状況を観察するために実施した。下部案内管下端より 1505 mm から 1750 mm までの案内管試料を切出し⁷⁾ 内面状況を観察したところ、制御棒のボール部との接触によるものと推定される周方向の傷が認められた。下部案内管下端より 1640 mm から 1750 mm までの案内管試料の内面状況を Photo.3 に示す。

4.7 ダッシュポット部外観検査

ダッシュポット部上端ステライト肉盛部等の状況を観察するために実施した。観察結果を Photo.4 に示す。ダッシュポット上部にわずかなカケが観察されたが、これは制御棒のスクラム時にできたものと推定される。その他の特徴は認められなかった。

4.8 パッド部詳細外観検査

パッド部の表面状況及び溶接部の状況を観察するために実施した。観察結果を Photo. 5 に示す。パッド部には茶色あるいは黒色の変色，傷が各面に観察されたものの，パッド部，溶接部共に特異な状態は認められなかった。

4.9 パッド溶接部強度試験

パッド溶接部の強度を確認するために，パッド部の圧縮強度試験を実施した。

パッド部に荷重が加わるように治具を製作し，インストロン試験機で最大 2000Kg まで試験温度 22℃，圧縮速度 0.1 mm/min にて圧縮荷重を付加したが，パッド部の脱落は認められなかった。この際の荷重負荷曲線を Fig. 9 に示す。さらに，試験後ペリスコープにより溶接部の外観検査を行ったが，亀裂は認められなかった。

4.10 パッド部及び案内管部 TEM 観察

パッド部及び案内管部のスエリング量を確認するために TEM 観察を実施した。スエリング量の確認は，密度測定による方法も考えられたが，リファレンス材が得られないため TEM 観察により実施した。パッド部試料はステライト肉盛がされている部位から採取したが放射能が案内管部試料と比較して高く，電離箱サーベイメータで案内管部試料の線量率が 300～500 mR/h であるのに対してパッド部試料は 3 R/h であった。このため，パッド部の光学顕微鏡観察を実施したところ，パッド部は一様なデンドライト組織を成し，典型的なステライトの組織であった。これを Photo. 6 に示す。パッド部の TEM 試料で観察可能な部分の結晶構造はオーステナイトであることが確認されたが，観察可能な部分は比放射能が高いことからステライトと母材の境界部のオーステナイトにステライトの成分が侵入したものと推定される。

案内管部及びパッド部試料のボイドの分布状態を Photo. 7 に示す。案内管部にはボイドが観察されたが，パッド部には観察されなかった。案内管部のボイド平均径は 10.2 nm，ボイド数密度は $21.5 \times 10^{14} \text{ n/cm}^3$ であり，スエリング量は 0.16% ($\Delta V/V$) であった。パッド部は，ステライトを肉盛した部分とそうでない部分に分けられる。観察したパッド部試料は，ステライト肉盛部から採取したものであり，ボイドが観察されないことからステライト肉盛部ではスエリングは発生しなかったと判断される。しかし，ステライト肉盛をしていない部分については通常の溶体化処理されたオーステナイト組織と考えられ，スエリングが発生していることが推測されるが，該当部の試料採取が困難であったため，スエリング量は不明である。

4.11 パッド溶接部光顕観察

パッド溶接部組織の健全性を確認するために実施した。

パッド溶接部の光顕写真を Photo. 8 に示す。本観察は，2000Kg の圧縮荷重を付加した強度

試験後に実施したが、観察された溶接部組織には亀裂等は認められず、正常なものであった。

5. 結果の検討

5.1 健全性の評価

5.1.1 下部案内管の健全性（パッド部を除く）

下部案内管には黒色の付着物あるいは変色が点在しているのが観察された。ハンドリングヘッド部のグリッパー取合穴部には周方向の傷が観察され、ダッシュポット上部にはわずかなカケが認められた。また、案内管内面には周方向の傷が認められたが、これらは下部案内管の健全性に影響を与えるようなものではないと判断される。寸法測定からも顕著な外径変化、曲がり、ねじれは測定されず、その他特異な傷、変形、破損等は認められないことから、下部案内管は健全な状態であったと推定される。

5.1.2 パッド部の健全性

パッド部の外観検査及び詳細外観検査では、パッド部に変色、傷が観察されたが、その他特異な状態は認められず、パッド溶接部にも亀裂は観察されなかった。パッド部の対面間距離は製造時検査値より最大0.2 mm増加しているのが認められたが、特に問題は生じていない。また、X線ラジオグラフィからパッドと案内管との間にわずかにギャップ状のものが認められたが、照射によるものかどうかは不明である。

パッド溶接部の強度を確認するために、パッド部に炉内下部案内管取扱機引抜荷重（～500 Kg）を超える2000 Kgの荷重を付加したが、パッドの脱落はなく、試験後の外観にも亀裂等は認められなかった。さらに、試験後の溶接部の組織観察でも何ら問題はなかった。よって、パッド溶接部の機械的強度は照射後も十分にあることが確認された。

以上のことから、パッド部、溶接部共に健全な状態であることが確認された。

5.2 寿命の評価

案内管部のスエリング量は、TEM観察により0.16% ($\Delta V/V$)と測定された。また、パッドのステライト肉盛部のスエリングは認められなかったが、これは組織が純粋でないためと考えられ肉盛部以外のスエリングについては不明である。そこで、肉盛部以外のパッド部のスエリング量を次に示すSUS316溶体化処理材のスエリング評価式⁽⁸⁾から予測すると、

$$\text{Swelling} = \text{fractional volume Change} = \frac{V_f - V_0}{V_0} = \frac{\sum}{1 - \sum}$$

$$\sum = (0.01) R \left\{ \phi t + \frac{1}{\alpha} \text{Ln} \left\{ \frac{1 + \exp[\alpha(\tau - \phi t)]}{1 + \exp(\alpha \tau)} \right\} \right\}$$

$$R(T) = [0.9 \exp(-[\beta + 0.25]^2 / 0.7) + \exp(A)]$$

$$A = -1.917 + 11.27\beta - 12.89\beta^2 + 6.539\beta^3 - 1.8\beta^4$$

$$\tau = 3.0$$

where $\alpha = 0.75$

$$\beta = (T - 500) / 100$$

T = Temperature (°C)

ϕt = Neutron fluence in units of 10^{22} n/cm^2 ($E > 0.1 \text{ MeV}$)

R is in units of percent per 10^{22} n/cm^2

τ is in units of 10^{22} n/cm^2 ($E > 0.1 \text{ MeV}$)

α is in units of $(10^{22} \text{ n/cm}^2)^{-1}$

約 0.57 % であり、案内管部とのスエリング差は約 0.4 % となる。12 個所の溶接部が均等に變形し、案内管の径方向と軸方向が主応力方向であると仮定する簡易歪解析¹⁾によれば、溶接部の径方向に最大主歪が生じるとされている。いま、案内管の外径を D とし、案内管とパッド部の歪差を $\Delta \varepsilon$ とすれば、案内管とパッド部の間に $\delta_r = D \cdot \Delta \varepsilon / 2$ の空隙を生じることになる。これを溶接部において吸収しようとするれば、溶接部に $\bar{\varepsilon}_r \doteq \delta_r / (2 \ell_0) = D \cdot \Delta \varepsilon / (4 \ell_0)$ の径方向の歪が生じる。ここで ℓ_0 はパッド部の厚みである。したがって、約 0.4 % のスエリング差の場合、D 及び ℓ_0 の寸法を代入すれば、 $\Delta \varepsilon = 1 / 3 \times (0.4) \%$ であり、 $\bar{\varepsilon}_r \doteq 2 \%$ の最大主歪が生じたことになる。

一方、案内管の外径測定では、製造時データが 1 点しか得られていないため明確にはいえないが、TEM 観察により測定されたスエリング量を超える外径増加が認められている。この外径増加は、スエリングの他に下部案内管の冷却材内外圧差に伴う照射クリープの影響によるものと考えられる。したがって、照射クリープの影響を考慮すれば、案内管とパッド部のスエリング差による半径方向の歪は、案内管の照射クリープによる外径増加分だけ緩和される可能性が考えられる。

本照射後試験より下部案内管「TLG 001」の健全性が確認されたことから、炉内のもう 1 体の下部案内管も、少なくとも第 7 サイクルまで使用された段階で健全な状態を保っているものと推定される。パッドのステライト肉盛部以外のスエリング量が不明であること、下部案内管の寸法変化が正確に把握できないことから、もう 1 体の下部案内管の交換時期について明確に決定することはできない。しかし、案内管とパッド部のスエリング差が照射クリープの影響で緩和されている可能性が考えられることから、下部案内管の寿命は参考文献 1) により導かれたものよりも長くなると考えられる。

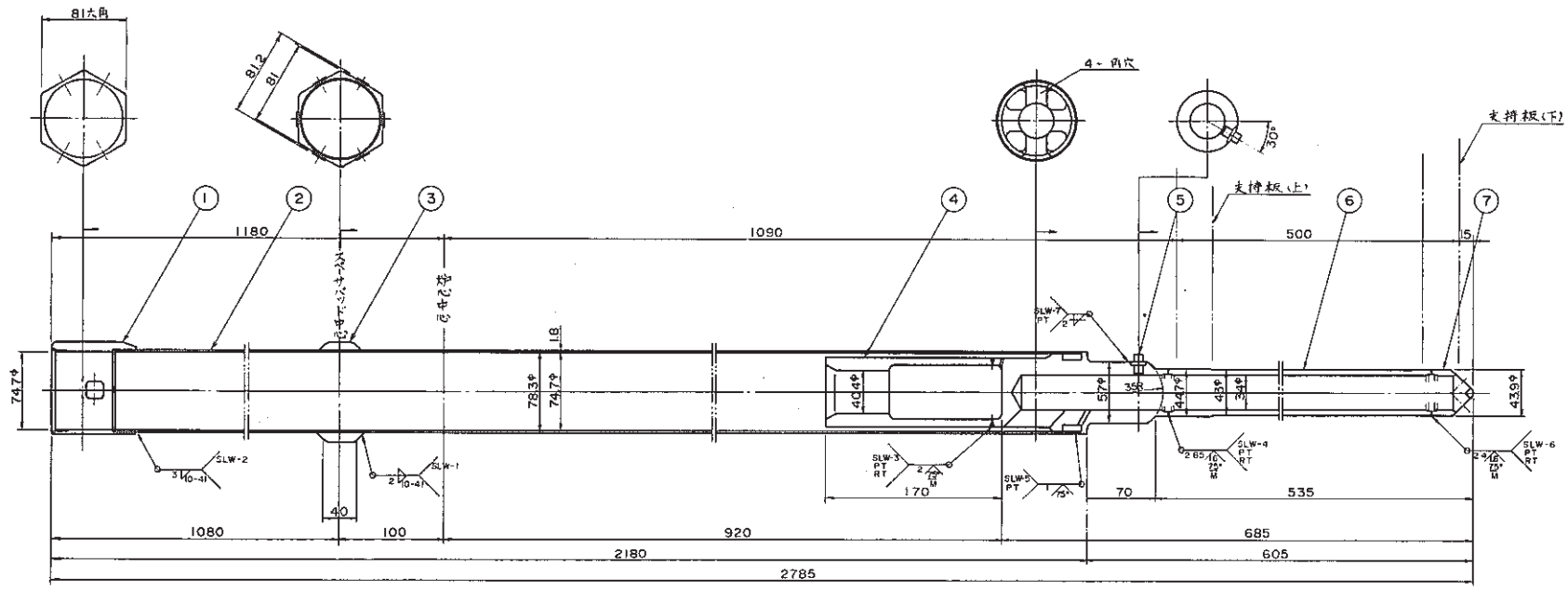
6. ま と め

「常陽」MK-II炉心で使用された下部案内管「TLG001」を受入れ、特に20%冷間加工を施したSUS316相当鋼の案内管とSUS316溶体化処理材のパッドとの溶接部に注目した照射後試験を実施し、以下に示す結果を得た。

- (1) 下部案内管には一部にわずかな傷が認められたが、変形、特異な傷等はなく健全であった。パッド溶接部に亀裂は観察されず、またパッド部に炉内下部案内管取扱機引抜荷重(～500Kg)を超える2000Kgの圧縮荷重を付加したが、パッドの脱落は認められなかった。
- (2) 案内管部のスエリング量はTEM観察から0.16% ($\Delta V/V$, $6.2 \times 10^{22} \text{n/cm}^2 (E \geq 0.1 \text{ MeV})$, 373°C)と測定された。しかしパッドについては、肉盛部はステライトが母材に溶け込み、ボイドが観察されず、スエリングは認められなかったが、肉盛部以外については不明である。したがって、もう1体の下部案内管の交換時期については明確に決定することはできないが、少なくとも第7"サイクルまで使用された段階では健全な状態を保っているものと推定される。

7. 参 考 文 献

- 1) 実験炉部：MK-II下部案内管の健全性評価
照射課メモ 照-(58)-96
- 2) 実験炉部：MK-II制御棒下部案内管の照射条件
照射後試験関連データ支給票 60-JY支-34
- 3) 実験炉部：「常陽」払出し燃料等の添付データ
JY-60-10
- 4) 部内資料：下部案内管受け入れについて
FMSメモ 85(F4)238
- 5) 部内資料：下部案内管搬入手順書
FMSメモ 86(F4)003
- 6) 東 芝：「常陽」照射用炉心制御棒駆動機構下部案内管試験検査成績書
TQA-JY-171-3
- 7) 実験炉部：MK-II制御棒下部案内管PIEにおける内面観察位置について
照射課メモ 照-(60)-195
- 8) 部内資料：常陽MK-IラッピングワイヤーによるSUS316アニール材のスウェリング式の
作成 燃材部テクニカルレポート 83(AES)49



- 14 -

7	ノズルチップ	SUS 316	1	
6	エントランスノズルパイプ	SUS 316 TP	1	
5	下部案内管ピン	SUS 316	1	
4	ダッシュボット	SUS 316 TP	1	
3	スベーサパッド	"	1	
2	案内管	"	1	
1	ハンドリングヘッド	SUS 316 TP	1	
品番	品名	材質	個数	備考
名称	制御棒下部案内管			

Fig.1 A Structure of the Lower Guide Tube

炉内照射位置

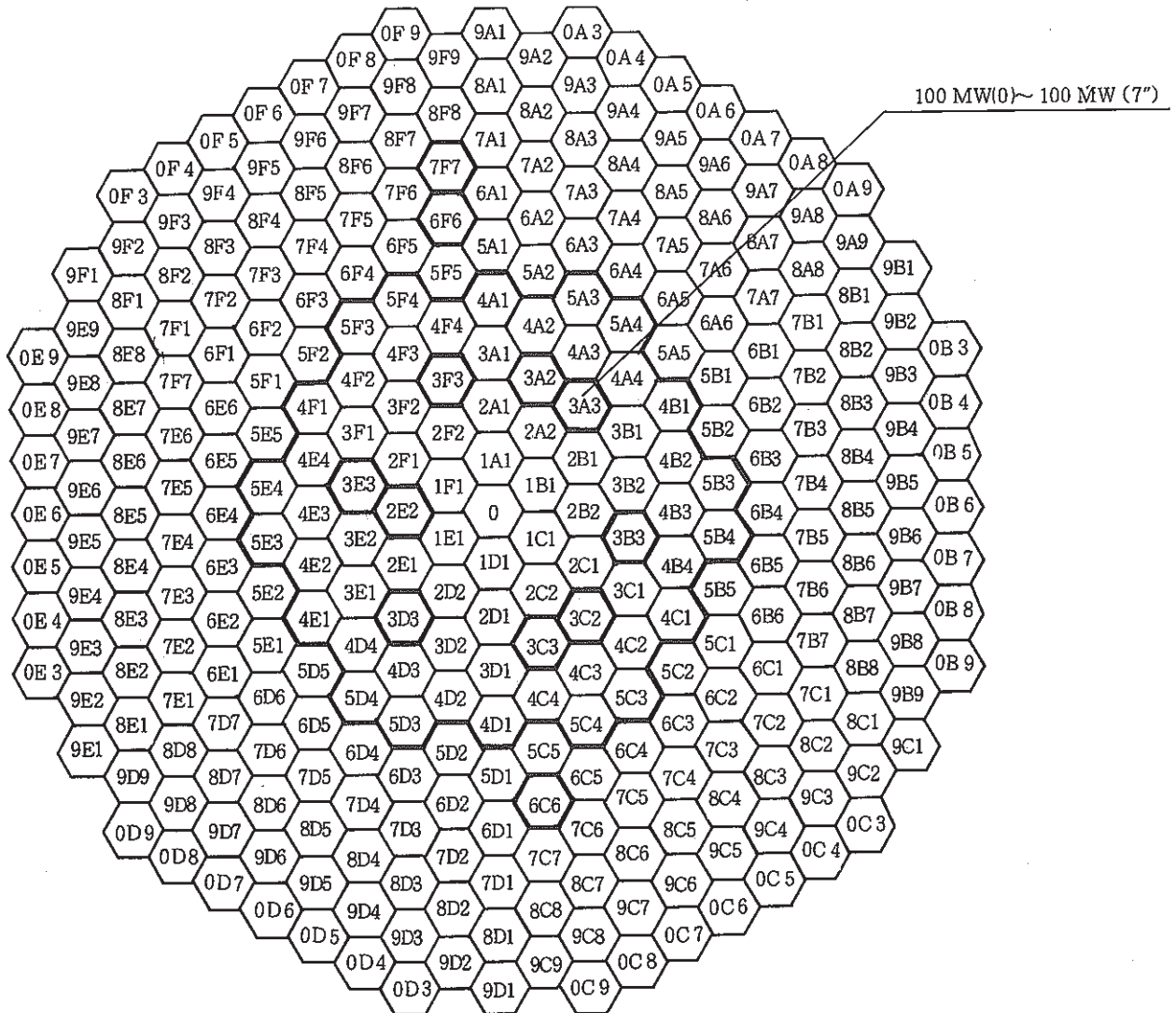


Fig.2 In Reactor Location of the Lower Guide Tube

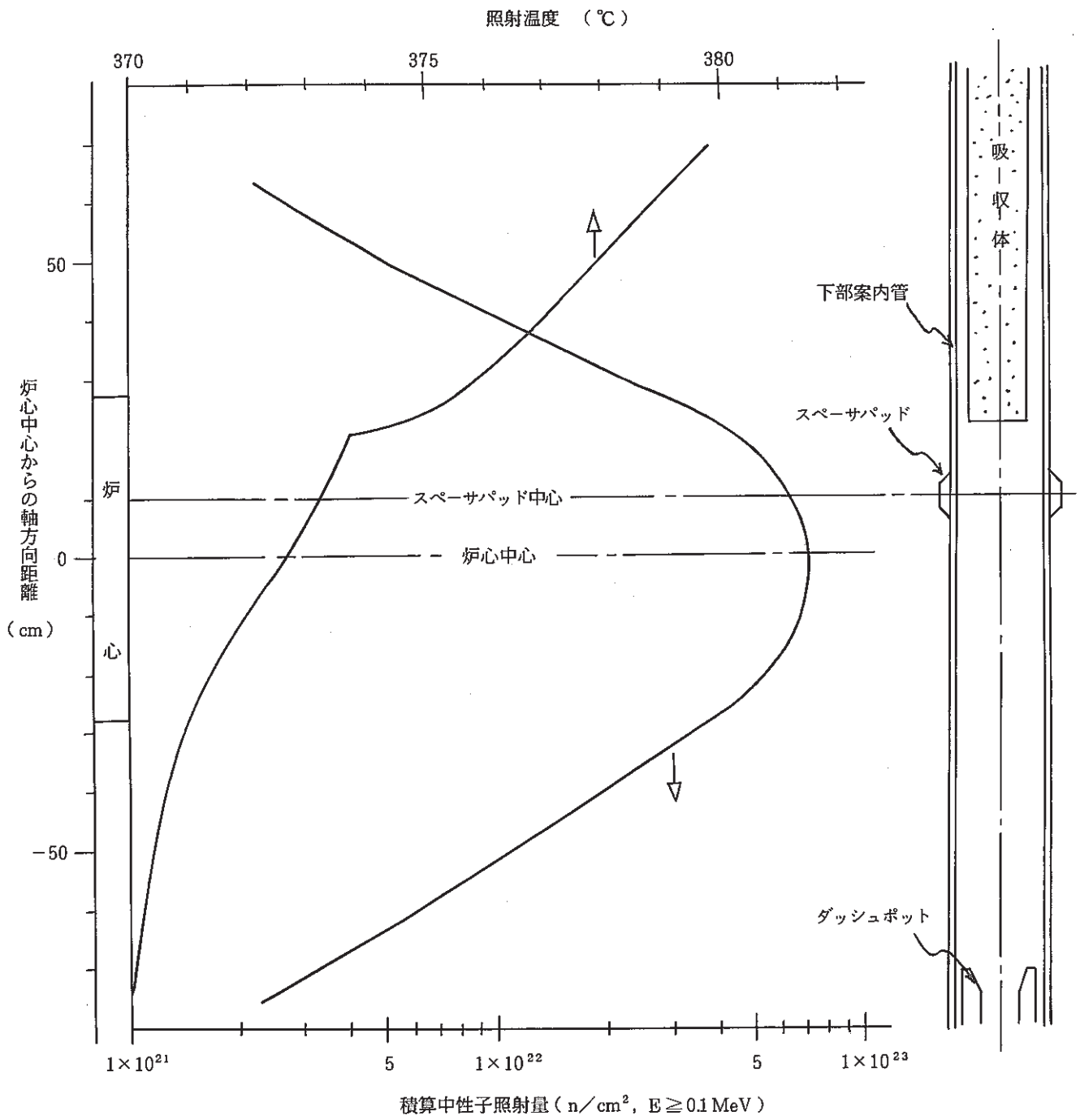


Fig. 3 Fluence and Irradiation Temperature of the Lower Guide Tube

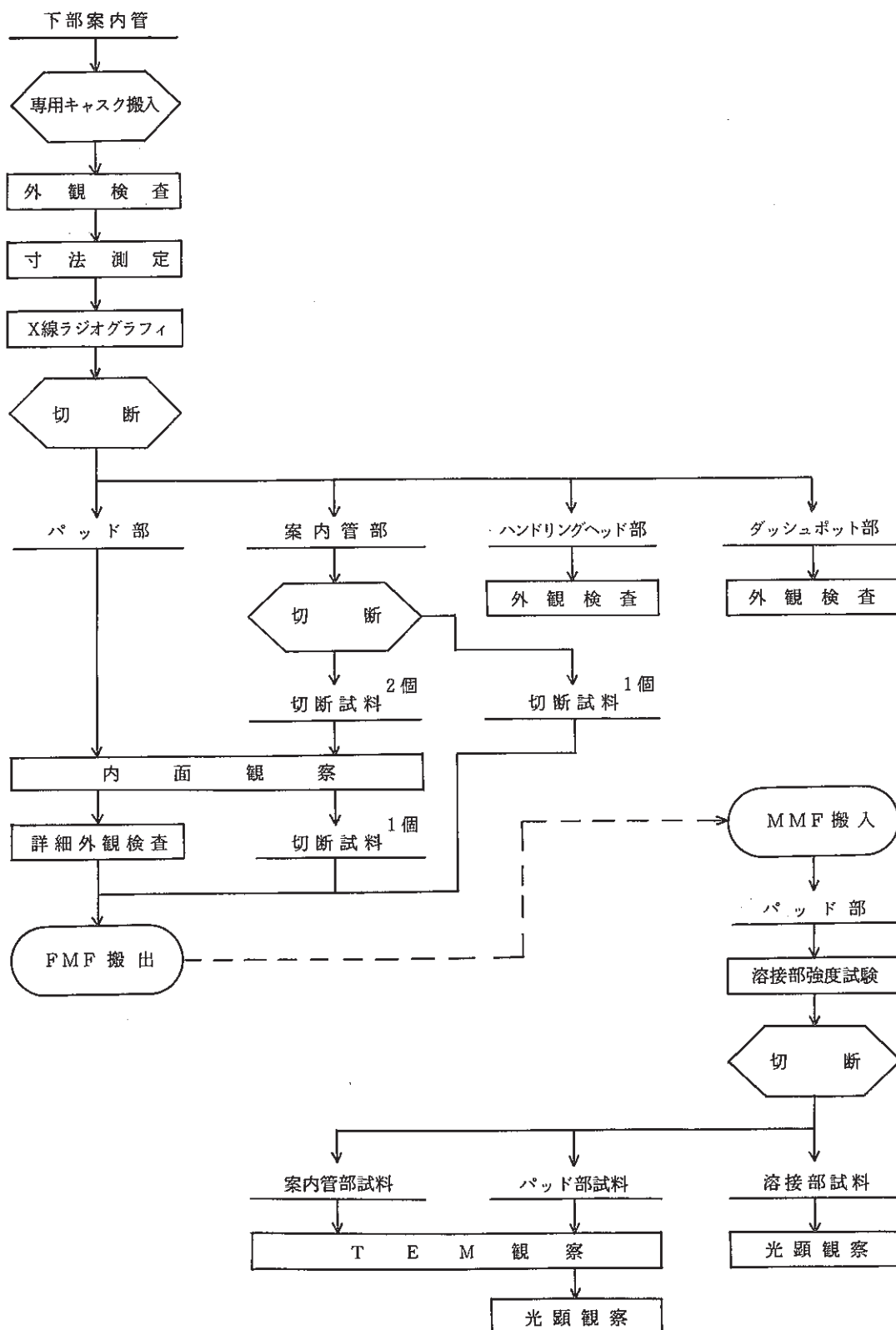


Fig. 4 Flow Diagram of Postirradiation Examination on the Lower Guide Tube

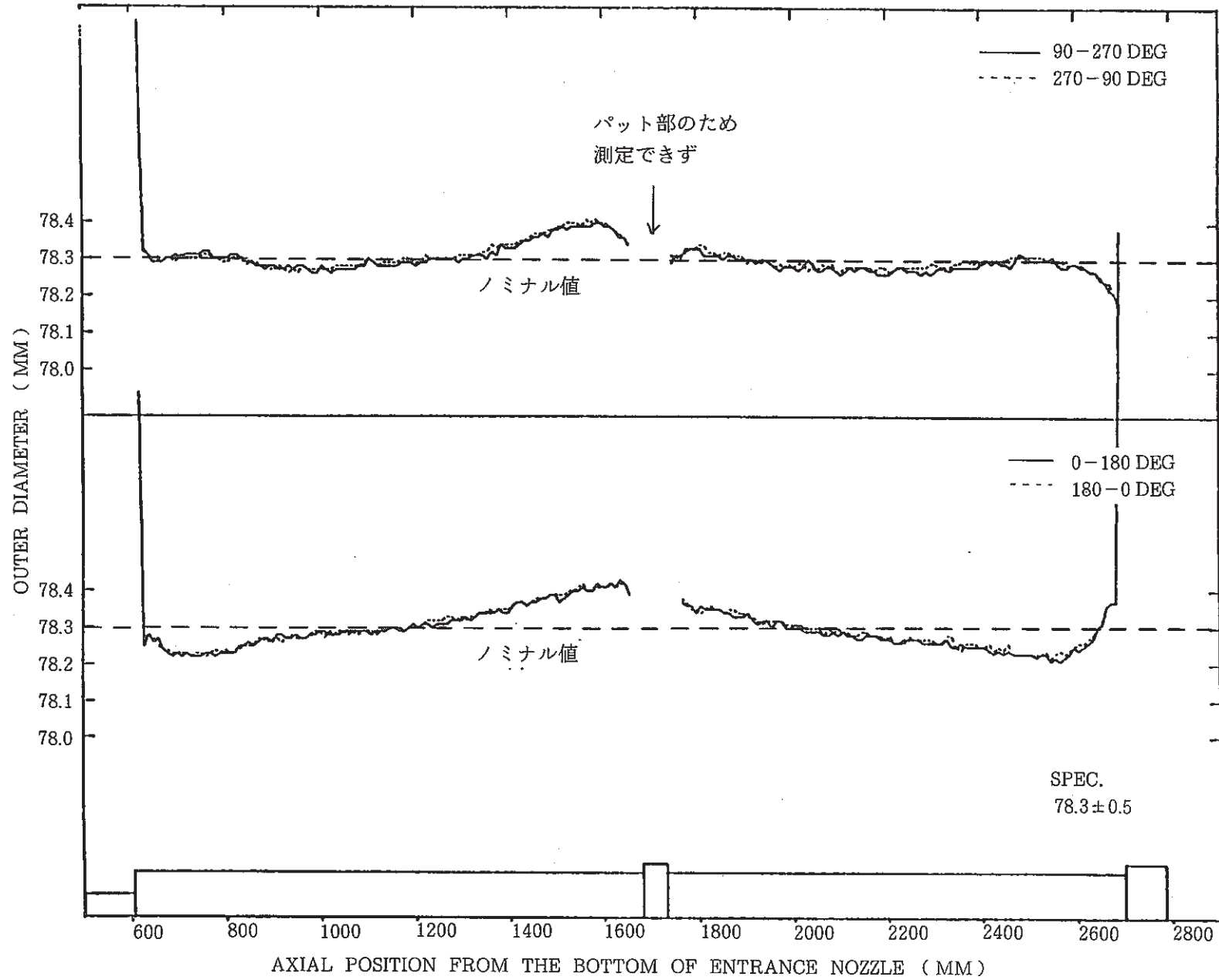


Fig.5 Outer Diameter Profiles of the Lower Guide Tube

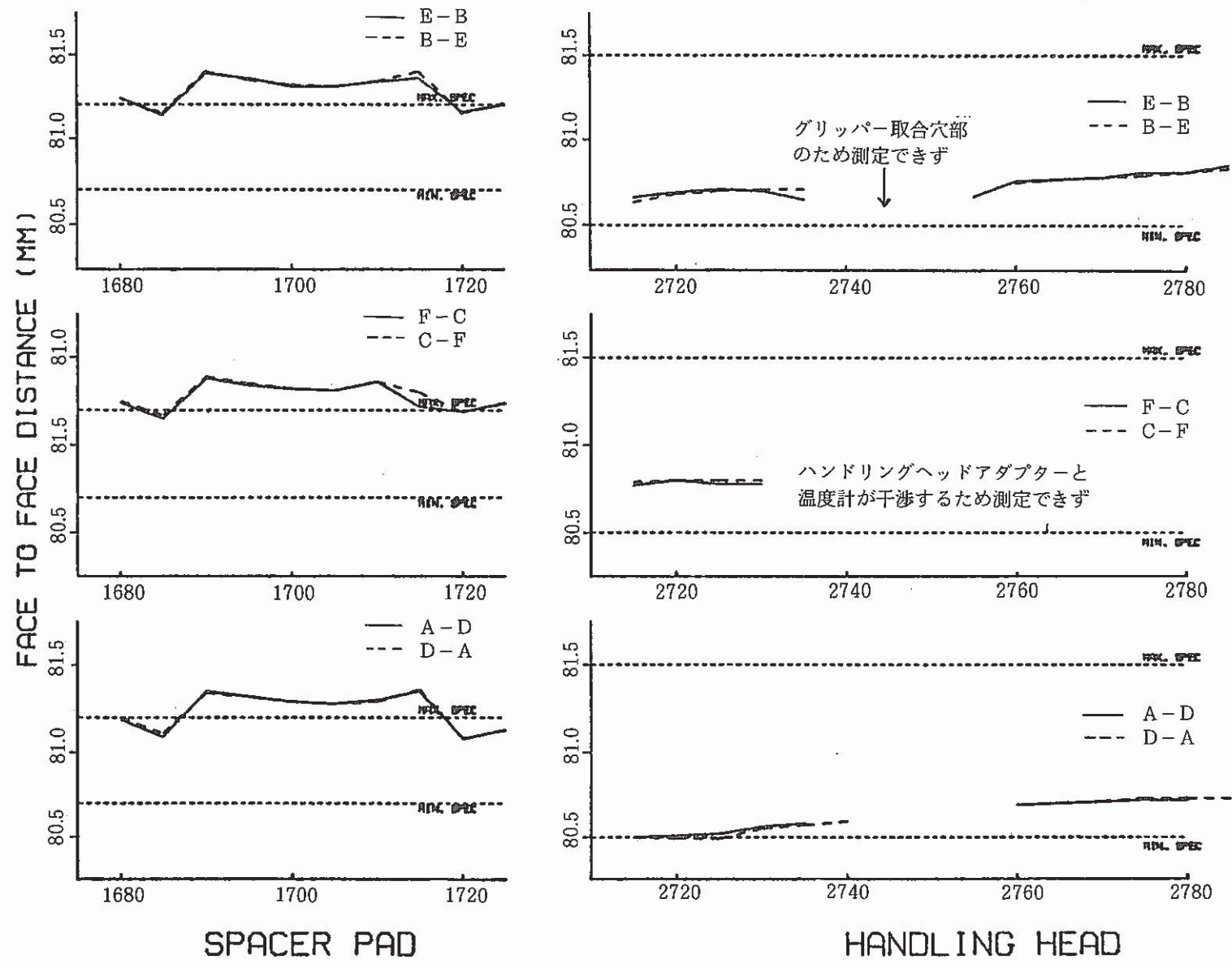


Fig.6 Face to Face Distance Profiles of the Spacer Pad and the Handling Head

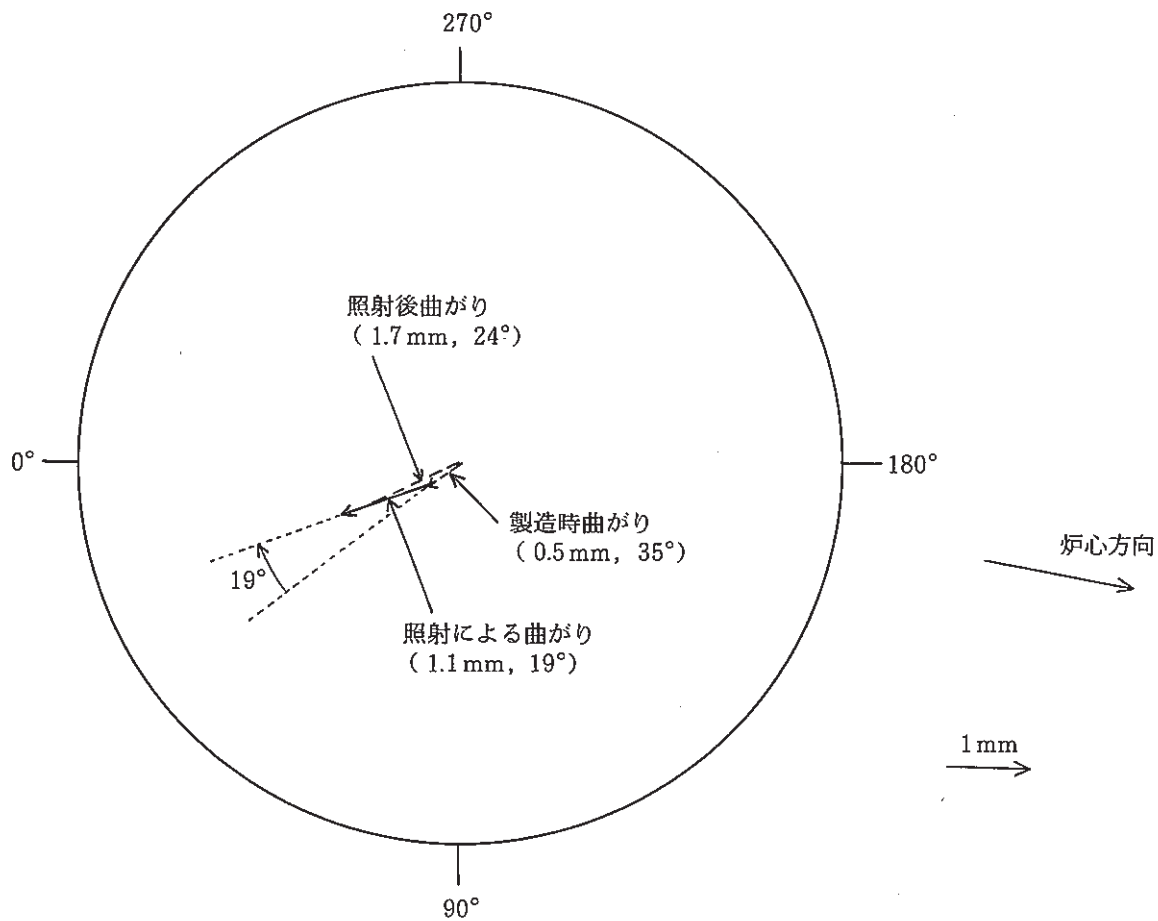


Fig.7 Bowing Vectors of the Lower Guide Tube

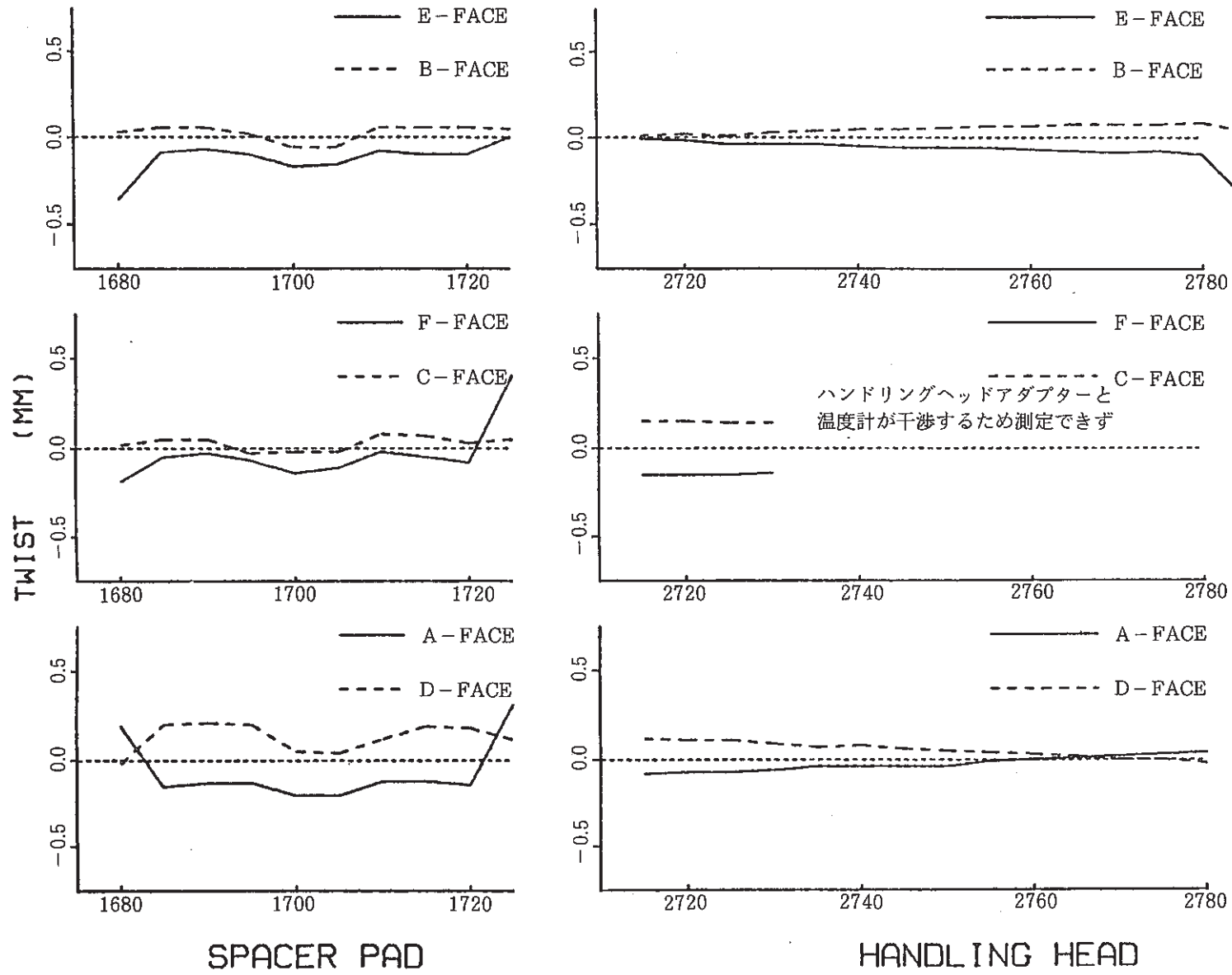


Fig. 8 A Twist of the Lower Guide Tube at the Spacer Pad and the Handling Head

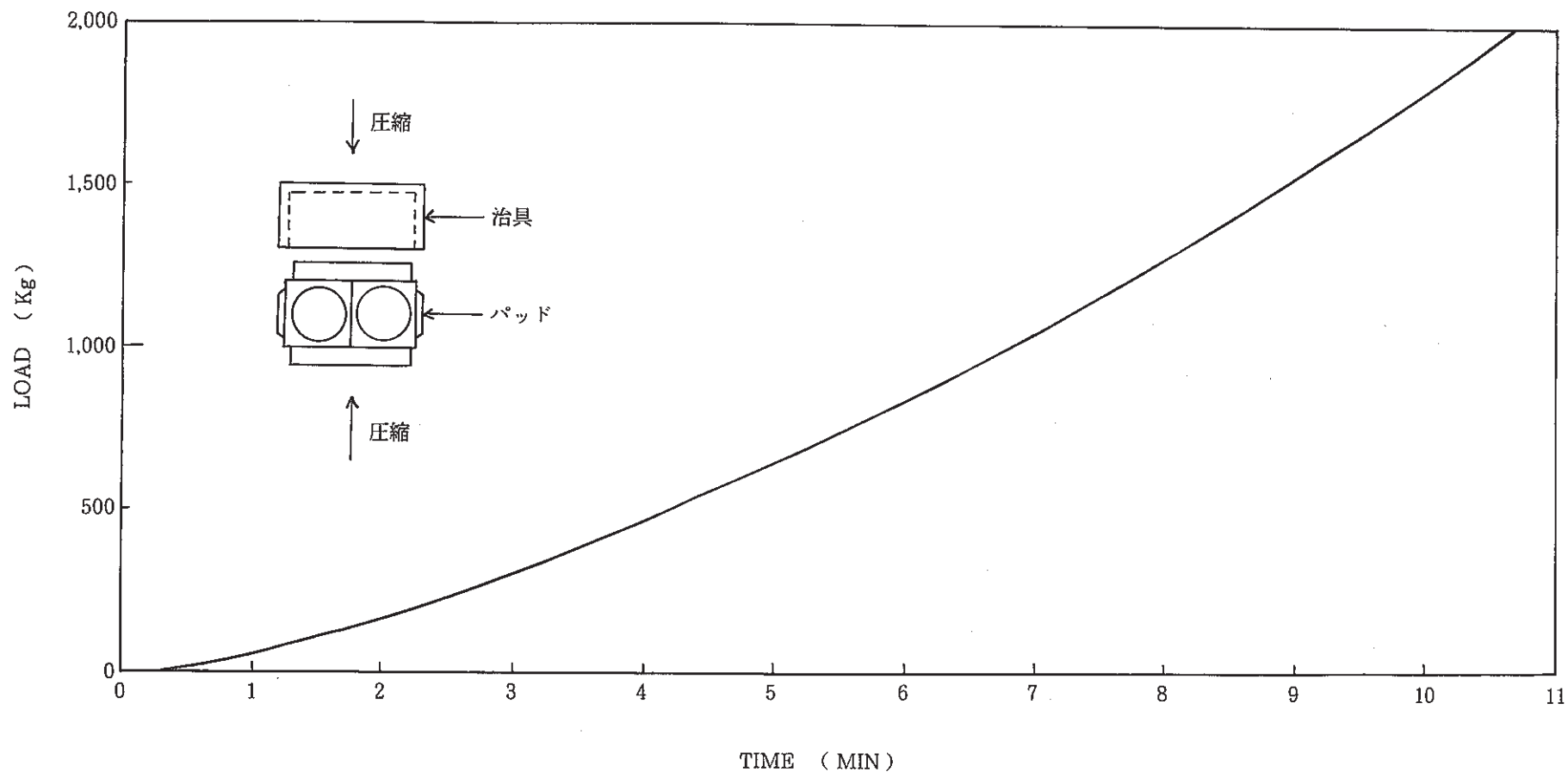
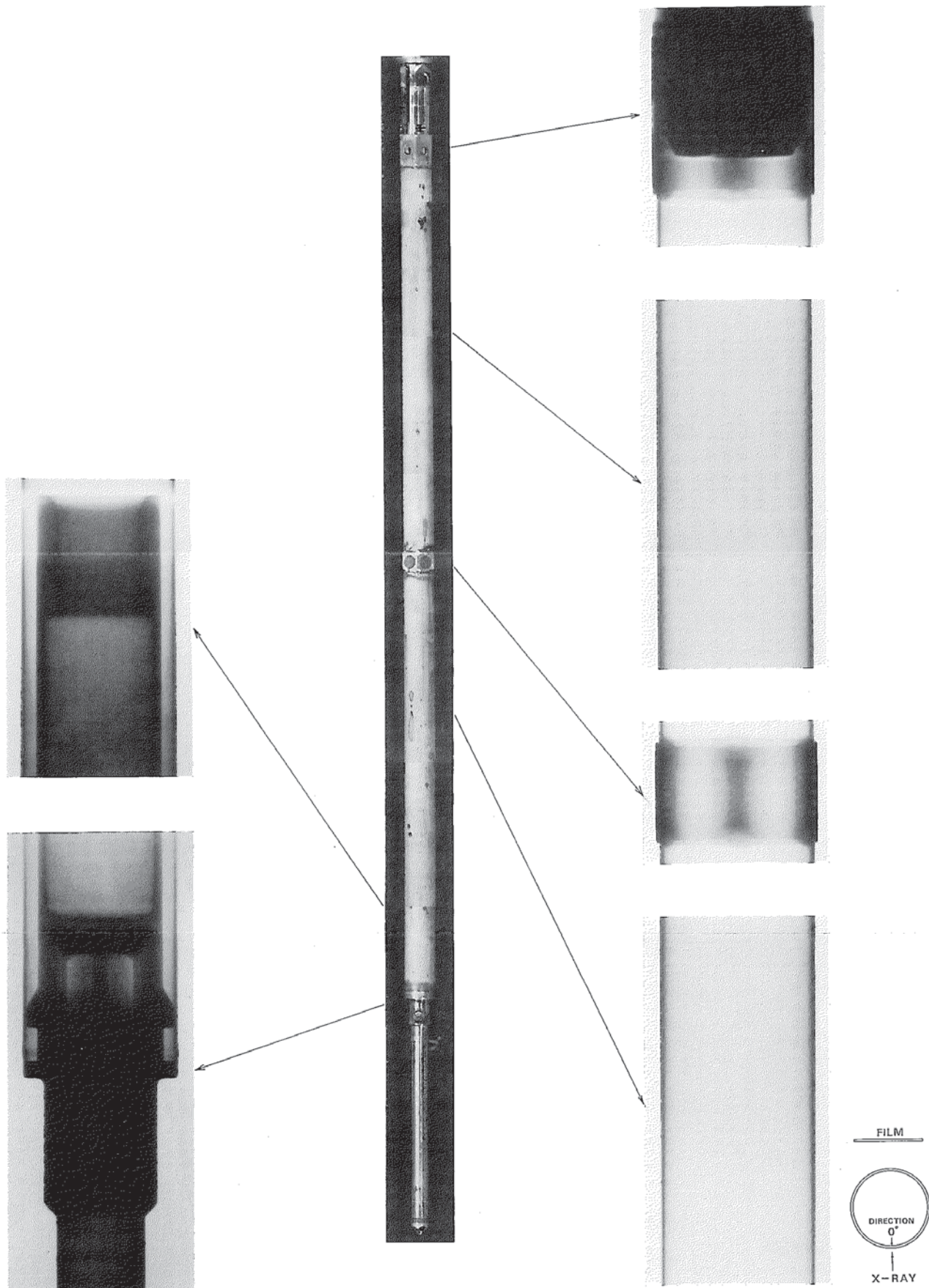


Fig.9 Load History of the Spacer Pad



- 23-24 -

F862006

Photo.1 Surface View and X-ray Radiographs of the Lower Guide Tube

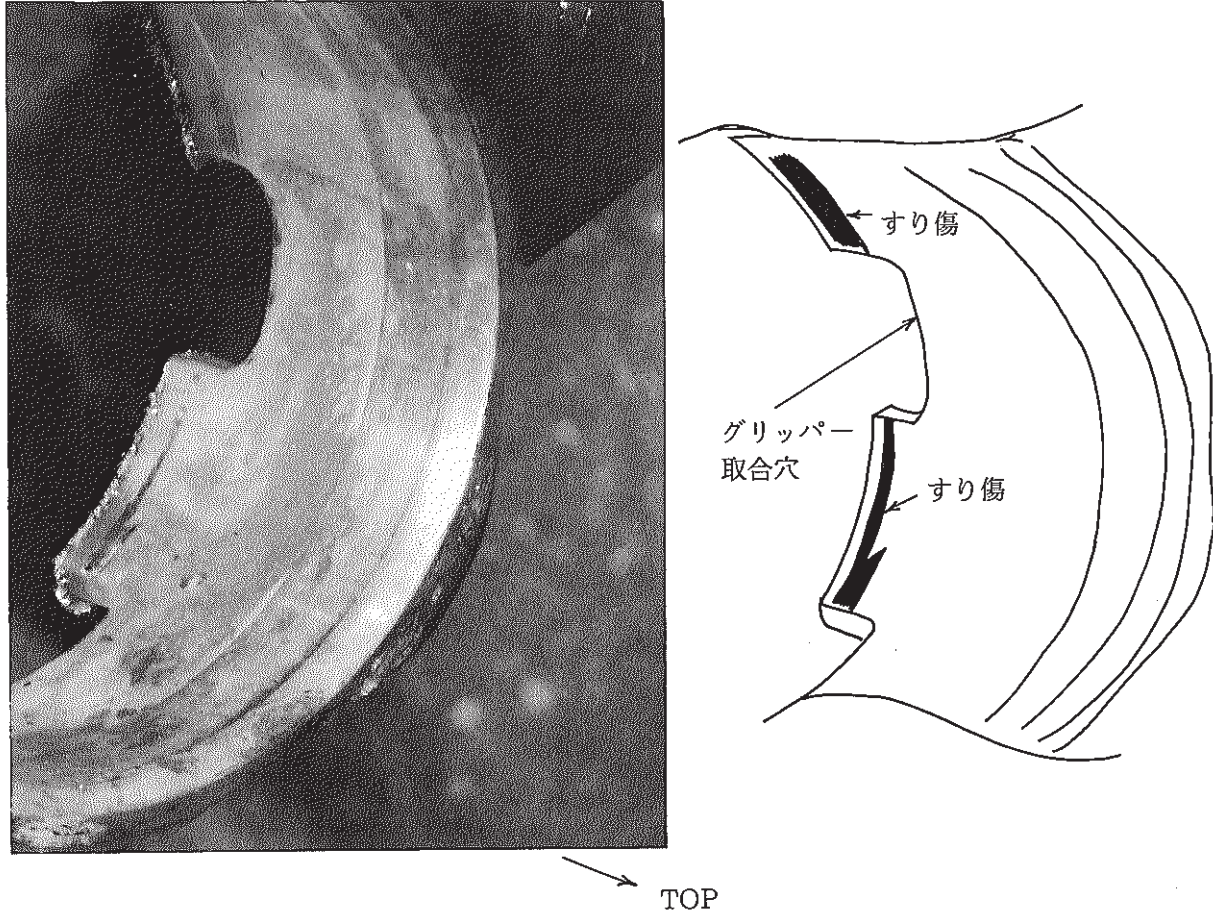


Photo.2 Surface View of the Handling Head

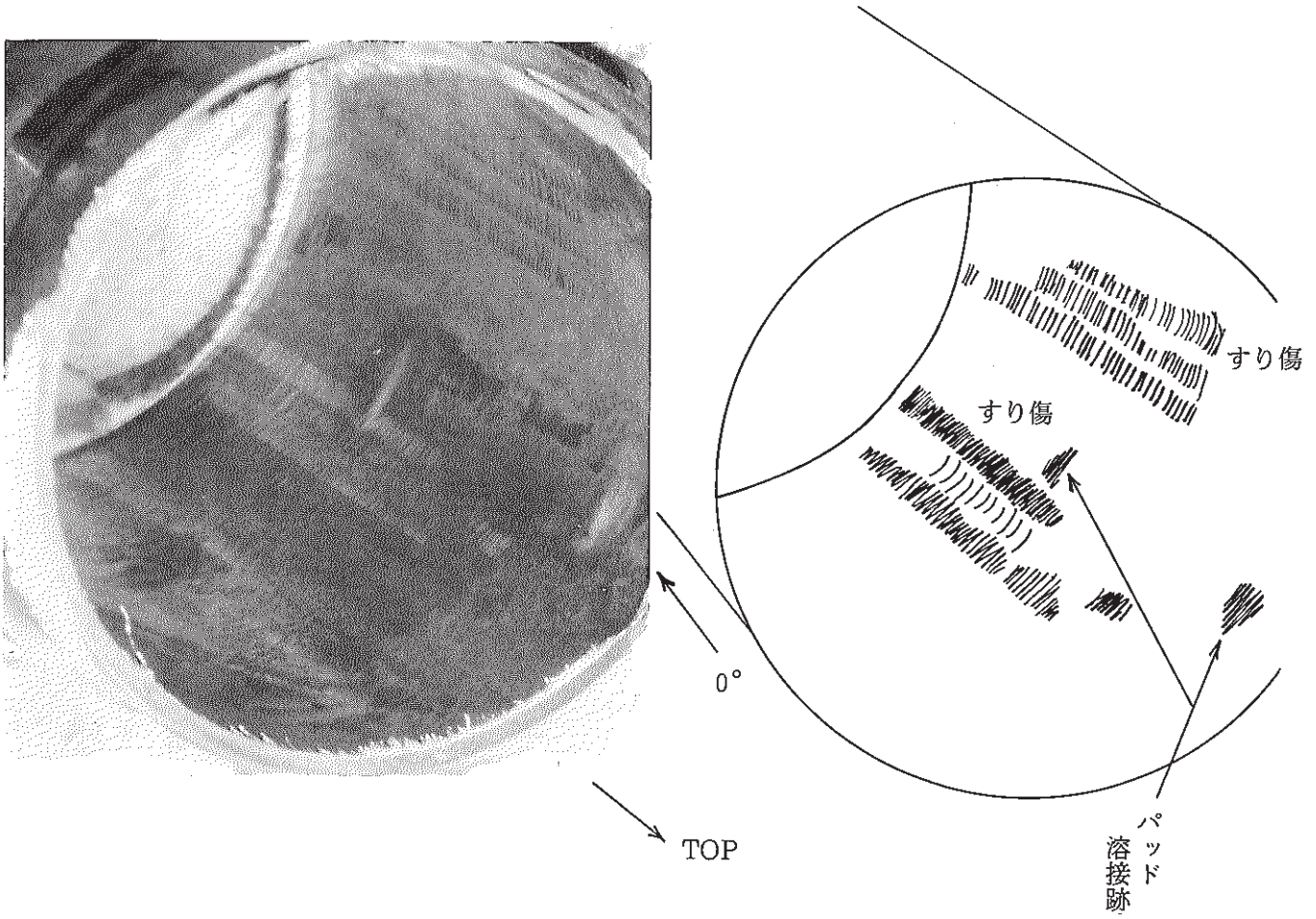


Photo.3 Inside View of the Guide Tube

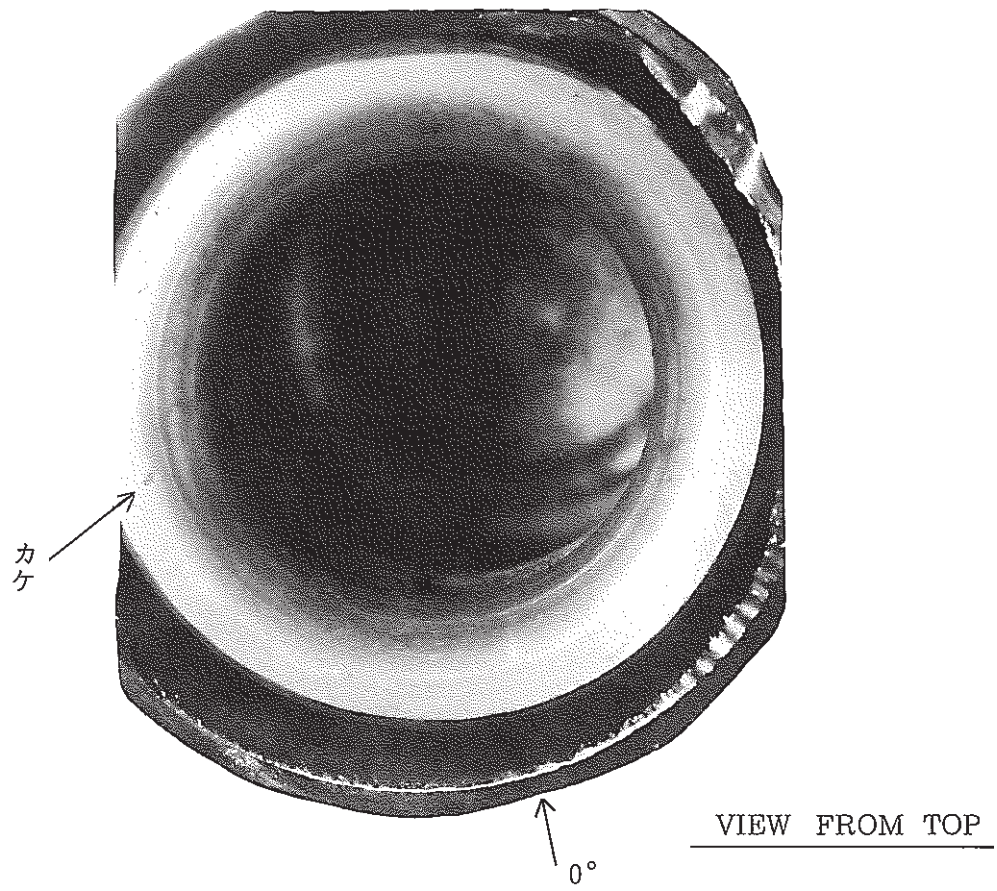
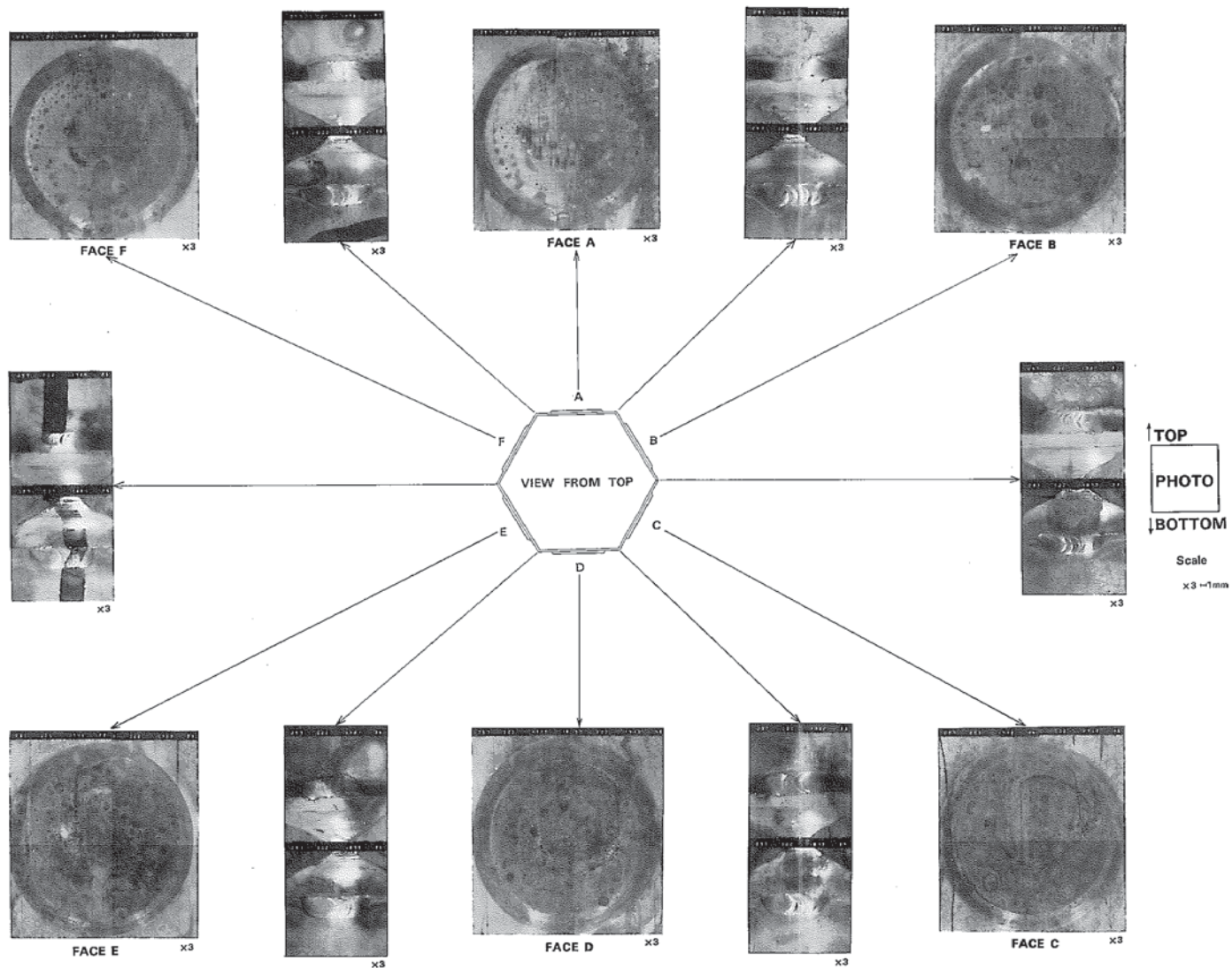


Photo.4 Surface View of the Dashpot



F866001

Photo.5 Surface View of the Spacer Pad

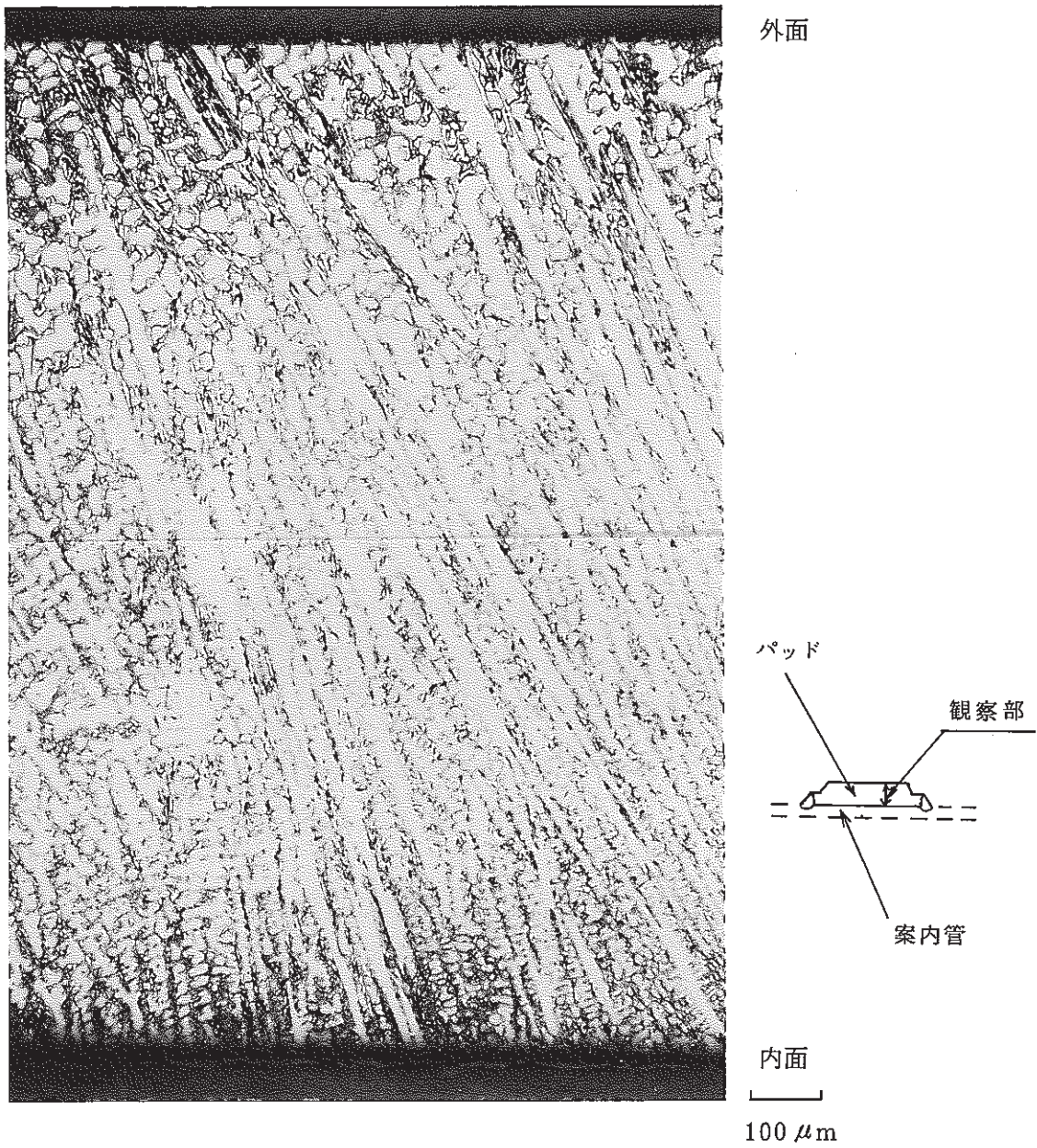
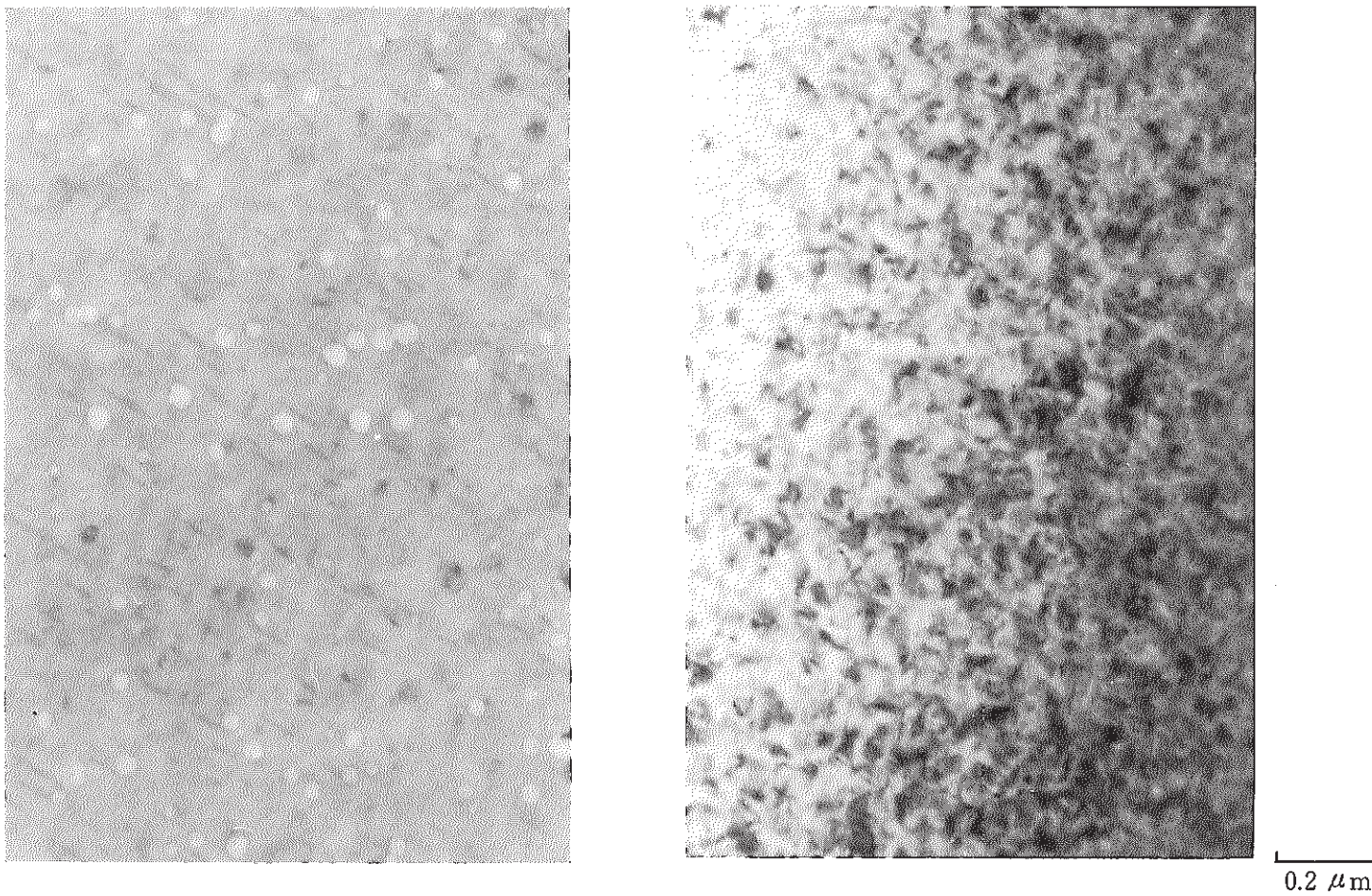


Photo.6 An Optical Micrograph of the Pad
(A center of the pad)



(a) Tube Specimen

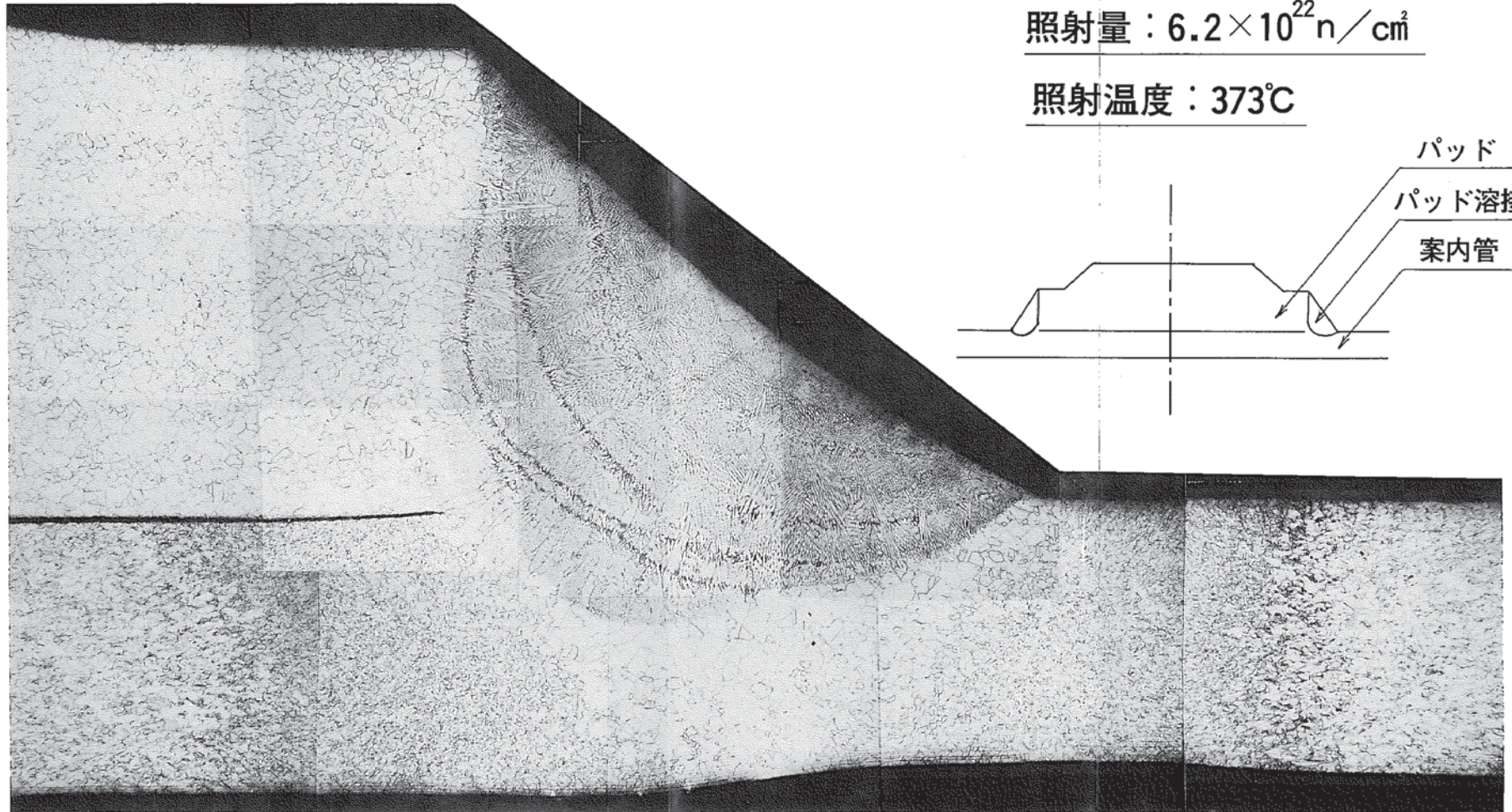
(b) Pad Specimen

Photo.7 Void Distributions of the Irradiated Tube and Pad
($6.2 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$ ($E \geq 0.1 \text{ MeV}$), $373 \text{ }^\circ\text{C}$)

試料No. 97WH 8 M

照射量： $6.2 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$

照射温度：373°C



800 μ

Photo.8 An Optical Micrograph of the Pad (Near the welds)