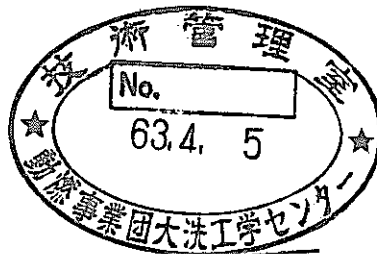


制御棒下部案内管 (3001, TLG002) の照射後試験



1988年2月

技術資料コード	
開示区分	レポート No.
	PNC TN9410 88-195
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
燃料材料開発部

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 (3001, TLG002) の照射後試験

実施責任者 * 田地 弘勝

報告者 * 金丸 好行, * 宇留鷺真一

要 旨

「常陽」MK-I 及びMK-II 炉心の制御棒下部案内管 (3001, TLG 002) の健全性確認と使用寿命の推定に資するためのデータを取得する目的で照射試験を実施した。

「3001」は S U S 316 溶体化処理材の保護管と一体型のパッドを溶接付けしている。「TLG 002」は耐スエリング性を向上するため20%冷間加工を施した S U S 316 相当鋼の保護管に S U S 316 溶体化処理材の1体型パッドが溶接付けしてある。

「3001」の照射履歴は MK-I 50 MW第0 サイクルからMK-II 50 MW第12' サイクルまで使用された。

「TLG 002」の照射履歴はMK-II 100 MW出力上昇サイクルから第12' サイクルまで使用された。

本試験結果は以下のとおりである。

- (1) 「3001」の保護管は損傷、変形、特異な変色及びパッド溶接部にはカケ、割れは認められず健全であったが、パッド薄肉部の一部に盛上った変形が認められた。
- (2) 「TLG 002」の保護管及びパッド溶接部に損傷、変形、特異な変色は認められず健全であった。

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. 照射条件及び試料の取扱い	3
3.1 炉内装荷位置	3
3.2 照射履歴, 中性子照射量及び照射温度	3
3.3 試料の取扱い	3
4. 試 験 結 果	4
4.1 外 観 検 査	4
4.2 寸 法 測 定	4
4.2.1 外 径	4
4.2.2 対面間距離	4
4.2.3 曲 が り	5
4.2.4 ね じ れ	5
4.3 X線ラジオグラフィ	7
4.4 ハンドリングヘッド部外観検査	7
4.5 内面観察	7
4.6 ダッシュポット部外観検査	7
4.7 パッド部詳細外観検査	7
5. 結果の検討	8
5.1 健全性の評価	8
5.1.1 保護管の健全性 (パッド部を除く)	8
5.1.2 パッド部の健全性	8
6. ま と め	9
7. 参 考 文 献	10

List of Figures

Fig. 1	A Sturcture of the Lower Guide Tube (3001)	11
Fig. 2	A Sturcture of the Lower Guide Tube (TLG 002)	12
Fig. 3	In Reactor Location of the Lower Guide Tube (3001) (TLG 002)....	13
Fig. 4	Flow Diagram of Postirradiation Examination on the Lower Guide Tube (3001, TLG002)	14
Fig. 5	Outer Diameter Profiles of the Lower Guide Tube (3001)	15
Fig. 6	Outer Diameter Profiles of the Lower Guide Tube (TLG 002)	16
Fig. 7	Face to Face Distance Profiles of the Spacer Pad and the Handling Head (3001)	17
Fig. 8	Face to Face Distance Profiles of the Spacer Pad and the Handling Head (TLG002)	18
Fig. 9	Bowing Vectors of the Lower Guide Tube (TLG 002)	19
Fig. 10	A Twist of the Lower Guide Tube at the Spacer Pad and the Handling Head (3001)	20
Fig. 11	A Twist of the Lower Guide Tube at the Spacer Pad the Handling Head (TLG002)	21

List of Photographs

Photo. 1	Surface View and x-ray Radiographs of the Lower Guide Tube (3001)	22
Photo. 2	Surface View and x-ray Radiographs of the Lower Guide Tube (TLG 002)	24
Photo. 3	Surface View of the Handling Head (3001)	26
Photo. 4	Inside View of the Guide Tube (3001)	27
Photo. 5	Surface View of the Dashpot (3001)	28
Photo. 6	Surface View of the Spacer Pad (3001)	29
Photo. 7	Condition of Cross-Section of Pad (3001)	31
Photo. 8	Surface View of the Spacer Pad (TLG 002)	32

1. ま え が き

制御棒下部案内管は高速実験炉「常陽」において制御棒の挿入時あるいは引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している。そのため炉内に常时装荷され高温ナトリウム及び高速中性子下にさらされている。

MK-I用制御棒下部案内管「3001」はSUS316溶体下処理材の保護管と一体型のパッドを溶接付けしたもので、12'サイクルまで使用されている。照射後試験の目的は下部案内管の健全性の確認及び現在炉内に装荷中の「3001」と同型の下部案内管の使用寿命の推定に資するためのデータの取得である。

MK-II炉心において初期MK-II用として長寿命化のための耐スエリング性を向上させるため、調整棒下部案内管2体(TLG001, 002)の交換が実施された。

初期MK-II用下部案内管は20%冷間加工を施したSUS316相当鋼の保護管にSUS316溶体化処理材の一体型パッドを溶接付けしたもので長期間のスエリング差によってパッドの健全性が懸念¹⁾された。そのため取替用下部案内管としてスエリング差を少なくするため保護管及びパッド部ともに20%冷間加工を施したSUS316相当鋼のパッド一体型に順次交換する計画となり、「TLG001, 002」の取出し後は取替用下部案内管が装荷されている。

「TLG002」の照射後試験の目的は12'サイクルまで使用された同案内管の健全性の確認である。

試験実施における着目点は「3001」「TLG002」ともに下部案内管の変形の有無、パッド溶接部の亀裂の有無及びその他各部の健全性確認である。

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。

主要構造材は、丸管型の保護管、保護管上部のハンドリングヘッド、下部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。

3001 は S U S 316 溶体化処理材の保護管に S U S 316 溶体化処理材の一体型パッドが12ヶ所で TIG 溶接されている。

「TLG 002」は20%冷間加工を施した S U S 316 相当鋼の保護管に S U S 316 溶体化処理材の一体型パッドが12ヶ所で TIG 溶接されている。

また「3001」、 「TLG 002」それぞれの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硬化処理のためステライト肉盛がなされている。

Fig. 1 に「3001」の下部案内管の構造を、 Fig. 2 に「TLG 002」の下部案内管の構造を示す。

3. 照射条件及び試料の取扱い

3.1 炉内装荷位置

「3001」, 「TLG 002」の炉内装荷位置はそれぞれ3 B 3, 3 D 3に装荷された。

3.2 照射履歴、中性子照射量及び照射温度

「3001」の照射履歴は、MK-I 50MW第0サイクルからMK-II 100 MW 12' サイクルまで使用された。最大中性子照射量はパッド中心より下 100 mm (炉心中心) において $16.5 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$ ($E \geq 0.1 \text{ MeV}$) であり照射温度は保護管上端部が最高で 375 °C である。「TLG 002」の照射履歴は、MK-II 100 MW 出力上昇サイクルから第 12' サイクルまで使用された。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 $12.21 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$ ($E \geq 0.1 \text{ MeV}$) である。

照射温度は保護管上端部が最高で 375 °C である。

3.3 試料の取扱い

「3001」は、昭和62年5月15日に炉外に取出された後、炉サイトで昭和62年5月18日にナトリウム洗浄され⁹⁾、昭和62年6月11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。

「TLG 002」は、昭和62年5月25日に炉外に取出された後、炉サイトで昭和62年5月27日にナトリウム洗浄され⁹⁾、昭和62年6月24日に専用キャスクでFMFに搬入された。

FMFでは、搬入された下部案内管の外観検査、X線ラジオグラフィ、寸法検査を行った後、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。

保護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。

PIEのフローをFig. 4に示す。

4. 試験結果

4.1 外観検査

「3001」の受入時の表面状況を Photo. 1 に示す。保護管の一部に黒色変色及び白色付着物の点在が観られた。パッド部は中央附近に若干のへこみが観られ、一部に黒色変色も認められた。球面座部には周方向に、黒色変色が観られた。

「TLG 002」の受入時の表面状況を Photo. 2 に示す。保護管、パッド部及び球面座部に黒変色が観られた。パッド溶接部に、カケ、割れは観られなかった。

4.2 寸法測定

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比較を行った。照射前データは、製造時の試験検査成績書⁴⁾の値を用いた。尚、当該試験検査は、外径、対面間の測定方向及び軸方向位置は示されていない。

測定結果を以下に示す。

4.2.1 外径

(1) 3001 の外径

0 - 180°及び90 - 270°方向から測定したプロファイルを Fig. 5 に示す。

炉心中心に対応する軸位置の外径測定値は80.0 mmであり、照射前データ(73.5 mm)より1.5 mm (変化率 $\Delta D / D = 1.9\%$)程度増加していた。

(2) TLG 002 の外径

0 - 180°及び90 - 270°方向から測定したプロファイルを Fig. 6 に示す。

炉心中心に対応する軸位置の外径測定値は78.7 mmであり、照射前データ(78.2 mm)に比べ公差以内(78.3 ± 0.5 mm)の外径変化であった。

4.2.2 対面間距離

(1) 3001 の対面間距離

パッド部及びハンドリングヘッド部の対面間距離を Fig. 7 に示す。

パッド部の対面間距離は、最大で84.3 mmであり、照射前データ81.39 mmと比べ2.9 mm (変化率 $\Delta D / D = 3.6\%$)増加している。ハンドリングヘッド部の最大対面間距離は、80.9 mmである。

(2) TLG 002 の対面間距離

パッド部及びハンドリングヘッド部の対面間距離を Fig. 8 に示す。

パッド部の対面間距離は、最大で82.0 mmであり、照射前データ81.19 mmと比べ0.8 mm (変化率 $\Delta D / D = 1\%$)増加している。

ハンドリングヘッド部の対面間距離は、最大で80.9 mmであり、照射前データ80.8 mmと比べ公差以内(81.0 ± 0.5 mm)であった。

4.2.3 曲がり

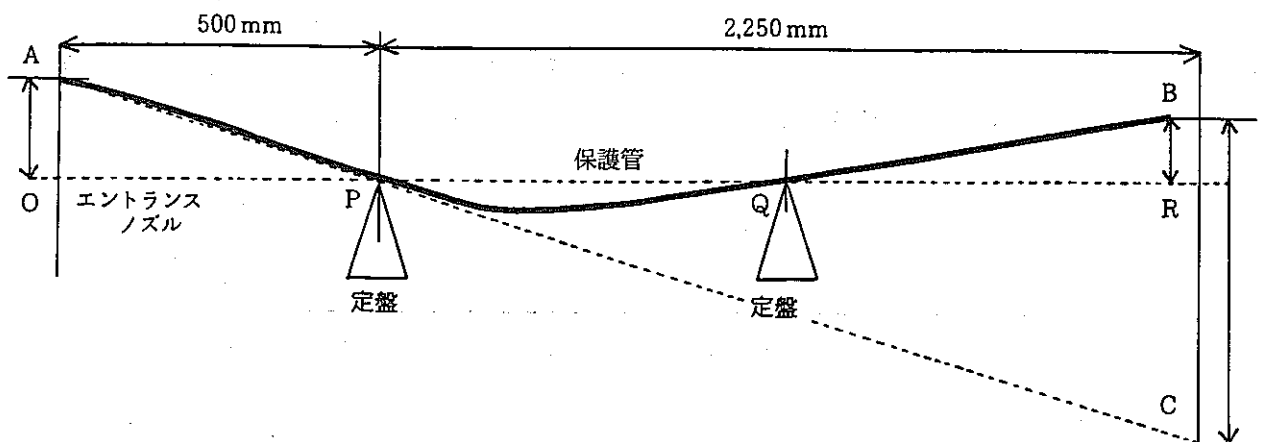
(1) 3001の曲がり

保護管上端部で曲がり量は2.1 mm, 曲がり方向は Fig. 1 に示す下部案内管ピン (浮上り防止ピン) を0°とした場合曲がり方向は41°であった。

(2) TLG 002の曲がり

保護管上端部で曲がり量は4.3 mm, 曲がり方向は Fig. 1 に示す下部案内管ピンを0°とした場合, 曲がり方向は173°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を通る直線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0.9 mm, 曲がり方向は237°となる。したがって, 照射による曲がり量4.0 mm, 曲がり方向161°の曲がりが発生したことになる。これを Fig. 9 に示す。

4.2.4 ねじれ

(1) TLG 002のねじれ

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。

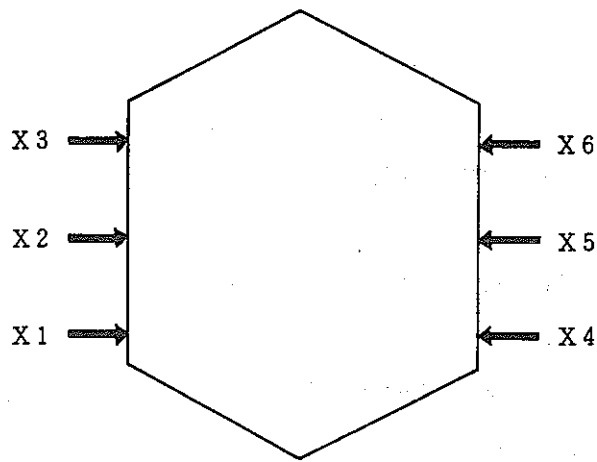


Fig.10, 11にA面のハンドリングヘッドのねじれを基準にした場合の、各面のねじれ測定結果を示す。またパッドを基準とした場合のハンドリングヘッド上部でのねじれを下記に示す。

パッドを基準としたねじれ

(単位：mm)

面 番 号	ハンドリングヘッド上部	製 造 前
A-FACE	0.14	0.20
B-FACE	-0.01	-0.11
C-FACE	0.30	-0.14
D-FACE	0.17	0.15
E-FACE	0.07	-0.07
F-FACE	0.24	-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ねじれはなかったと考えられる。

(2) 3001のねじれ

3001については製造時にねじれデータが取得されていない。従って照射前後の比較は出来ないが参考として照射後のねじれを測定し、以下の結果を得た。

測定はTLG 002と同様の方法で行った。

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記に示す。

パッドを基準としたねじれ

(単位：mm)

面 番 号	ハンドリングヘッド上部
A-FACE	0.13
B-FACE	0.09
C-FACE	—
D-FACE	0.20
E-FACE	0.12
F-FACE	—

4.3 X線ラジオグラフィ

内部状況を確認するために実施し下部案内管ピン方向から撮影したX線写真をPhoto. 1と2に示す。「3001」, 「TLG 002」共に下部案内管内部への異物混入は認められなかった。

4.4 ハンドリングヘッド部外観検査

「3001」の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した写真をPhoto. 3に示す。3001のハンドリングヘッドステライト肉盛部の0°方向(下部案内管ピンを0°とした)に茶褐色箇所が観察された。

4.5 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案内管との接触状況を観察するため保護管試料を切出し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。保護管内面状況をPhoto. 4に示す。

TLG 002についても、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。

4.6 ダッシュポット部外観検査

「3001」ダッシュポット部上端ステライト肉盛部等の写真をPhoto. 5に示す。ダッシュポットステライト肉盛部には変色、傷、カケ等は観察されなかった。

4.7 パッド部詳細外観検査

「3001」のパッド部の詳細外観写真をPhoto. 6に、又横断面で切断後の写真をPhoto. 7に示す。パッド全面に赤色付着物が観られ、C面のパッド薄肉部の一部に盛上った変形が観られ、パッドと保護管の上下溶接部近傍に周方向のわずかな傷の他は、特異な傷、変形は観られなかった。

「TLG 002」のパッド部の詳細外観写真をPhoto. 8に示す。パッド部に赤色付着物と傷が各面に観られた。下部溶接部に黒色変色が観られたが、カケ、割れは観られなかった。

5. 結果の検討

5.1 健全性の評価

5.1.1 保護管の健全性（パッド部を除く）

下部案内管 3001 の保護管の一部に白色の付着物と黒変色が観られたが、これはナトリウム洗浄ムラによるものと考えられる。

また、保護管内面には制御棒との接触で発生したと推定される周方向の傷が観られたが、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する。

また、特異な傷、変形等は認められなかった。保護管外径は照射前データより最大で 1.5 mm の外径増加が見られたが炉内での隣接集合体ラップ管とのギャップ約 3 mm の 1/2 程度であり保護管と隣接集合体とのギャップは超えていないことが確認された。

TLG 002 の保護管には一部に黒変色が観られたが、これはナトリウム洗浄ラムによるものとする。

また案内管内面には制御棒との接触で発生したと推定される周方向の傷が認められたが、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。

寸法測定において保護管外径は照射前データより最大で 0.5 mm の外径増加が観られたが顕著な外径変化、曲がり、ねじれは測定されず、その他特異な傷、変形、破損等も認められないことから保護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

3001 のパッド部の外観検査では、全 6 面のパッド部中央附近に若干のへこみが観察され、変色も認められた。

寸法測定（最大 2.9 mm の対面間距離増加）及び、詳細外観によりパッド薄肉部の一部に盛上った変形が認められた。

TLG 002 のパッドの外観検査において変色部分が観られた。

詳細外観において膜状の赤色付着物と傷が各面に観察され、下部溶接部に黒変色が観察された。寸法測定においてパッド部の対面間距離は照射前データより最大 0.8 mm の対面間増加が見られが、パッド溶接部については、カケ、割れは観られずパッド部の健全性が確認された。

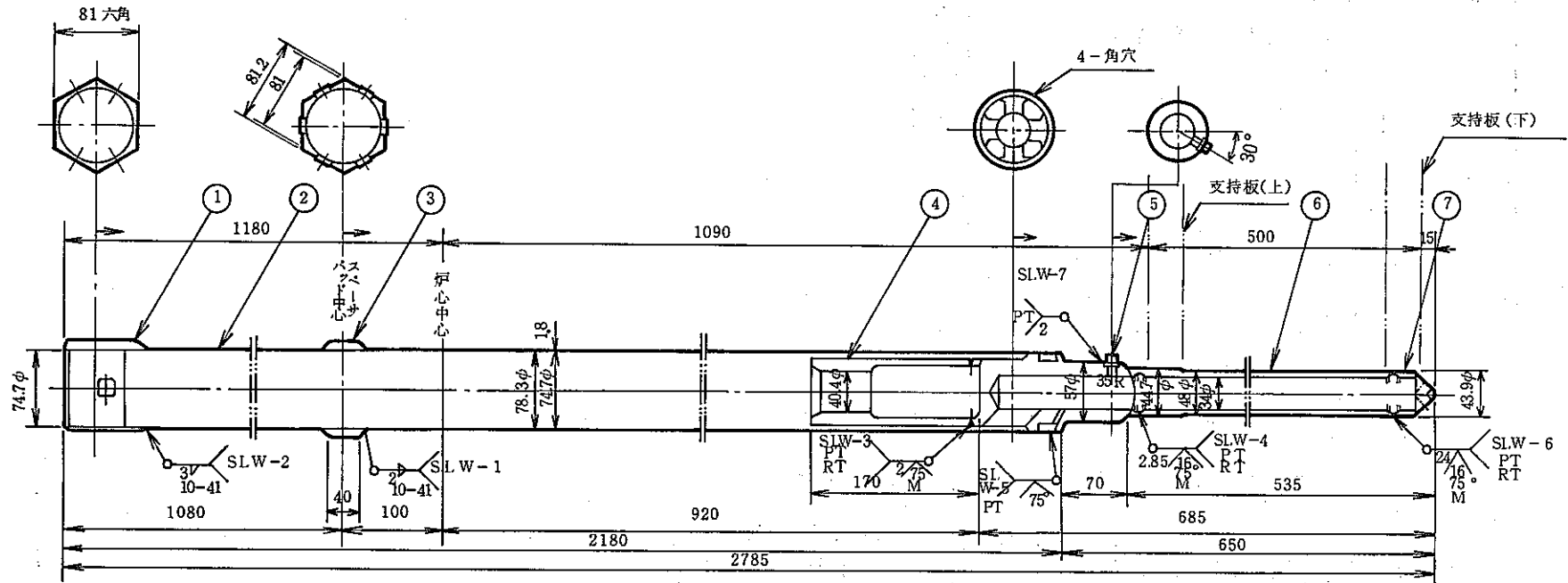
6. ま と め

「常陽」MK-I及びMK-IIで使用された下部案内管「3001」とMK-IIで使用された下部案内管「TLG 002」を受入れ、案内管の変形、パッド溶接部の亀裂、各部の健全性に着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 3001 の保護管は損傷、変形、及び特異な変色は認められず健全であったが、パッド薄肉部の一部に変形が観察された。
- (2) 下部案内管 TLG 002 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、また、パッド溶接部に亀裂は観察されず健全であった。

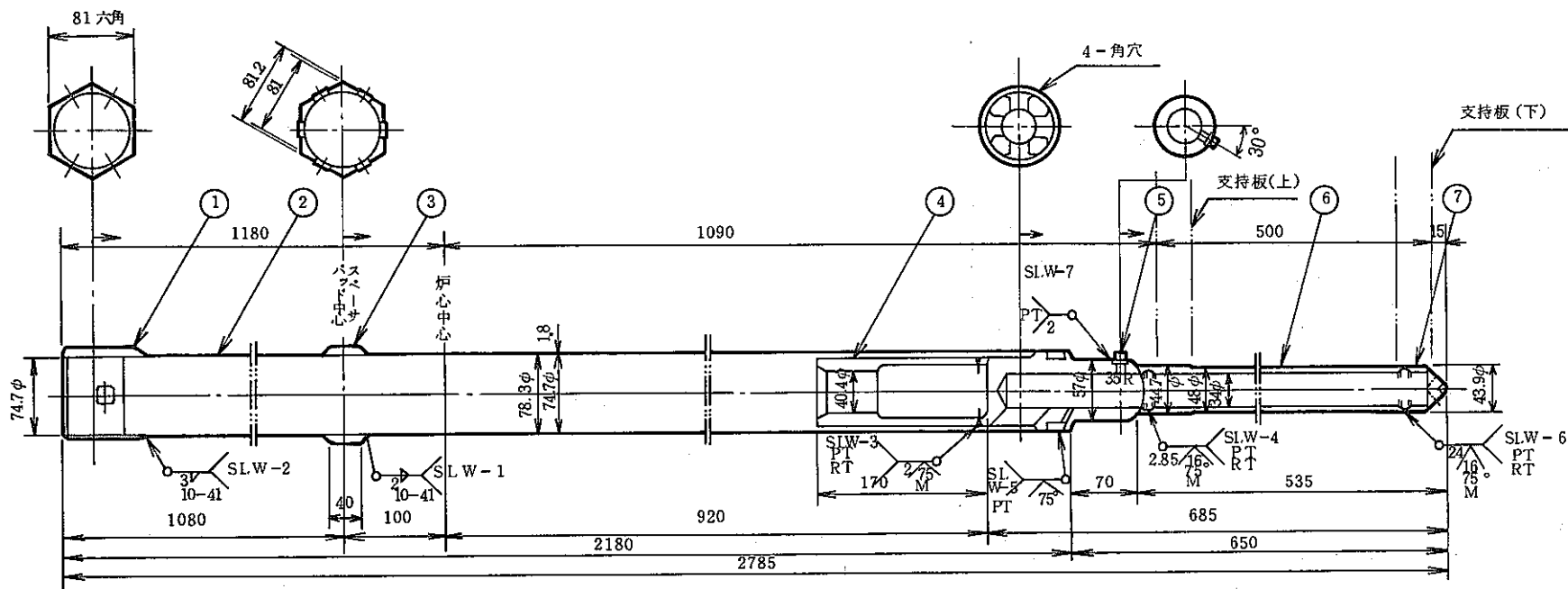
7. 参 考 文 献

- 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：制御棒下部案内管の照射データ
技-62-53
- 3) 実験炉部：「常陽」払出し燃料等の添付データ
JF-62-01, JF 62-02
- 4) 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
62-JY支-18



7	ノズルチップ	SUS316	1	
6	エントランスノズルパイプ	SUS316TP	1	
5	下部案内管ピン	SUS316	1	
4	ダッシュポット	SUS316TP	1	
3	スパーサパッド	"	1	溶体化処理材
2	保護管	"	1	"
1	ハンドリングヘッド	SUS316	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 (3001)



7	ノズルチップ	SUS316	1	
6	エントランスノズルパイプ	SUS316TP	1	
5	下部案内管ピン	SUS316	1	
4	ダッシュポット	SUS316TP	1	
3	スペーサパッド	"	1	20多冷間加工材
2	保護管	"	1	"
1	ハンドリングヘッド	SUS316	1	
品番	品名	材質	個数	備考
名称	制御棒下部案内管			

Fig. 2 A Structure of the Lower Guide Tube (TLG002)

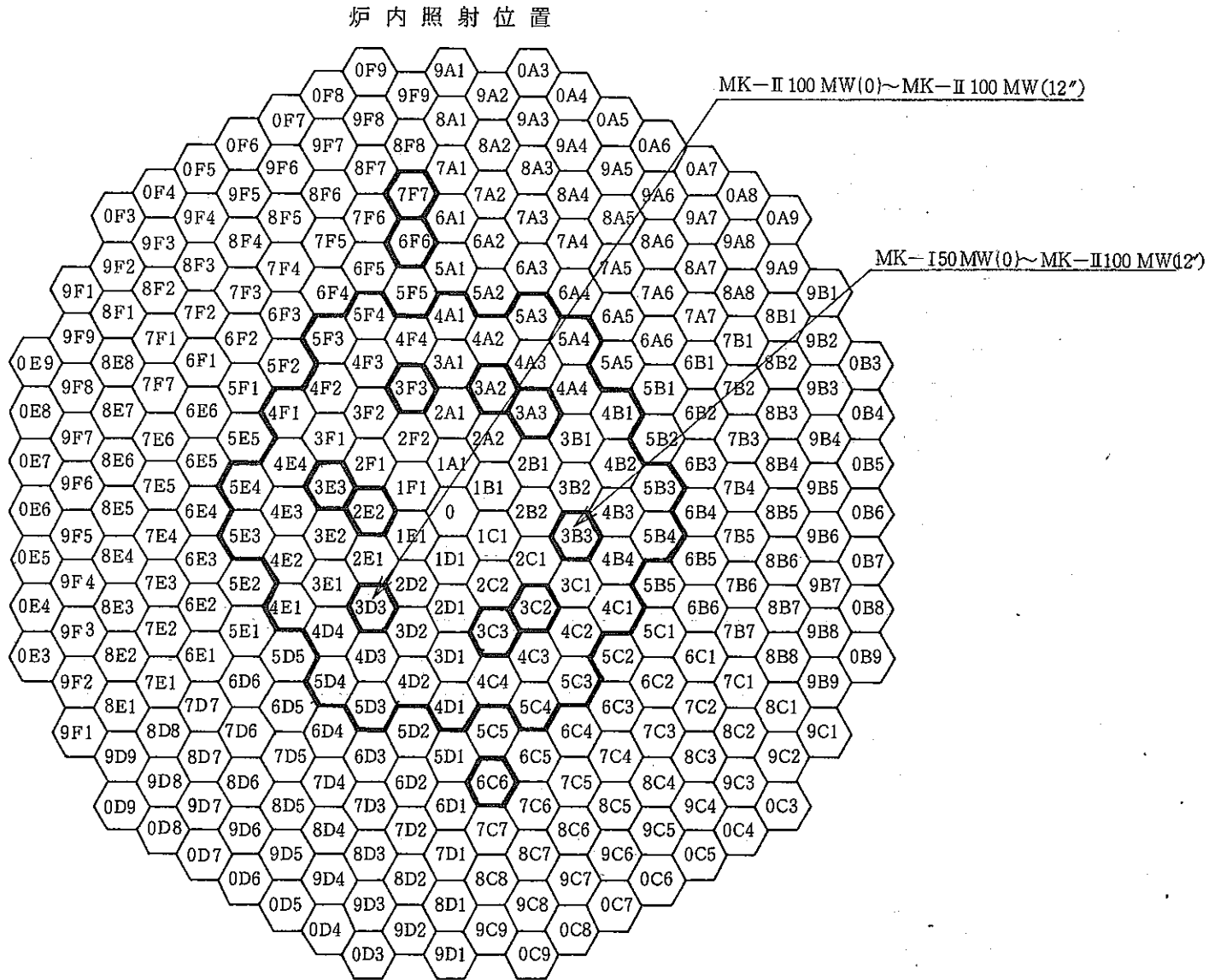


Fig. 3 In Reactor Location of the Lower Guide Tube (3001) (TLG 002)

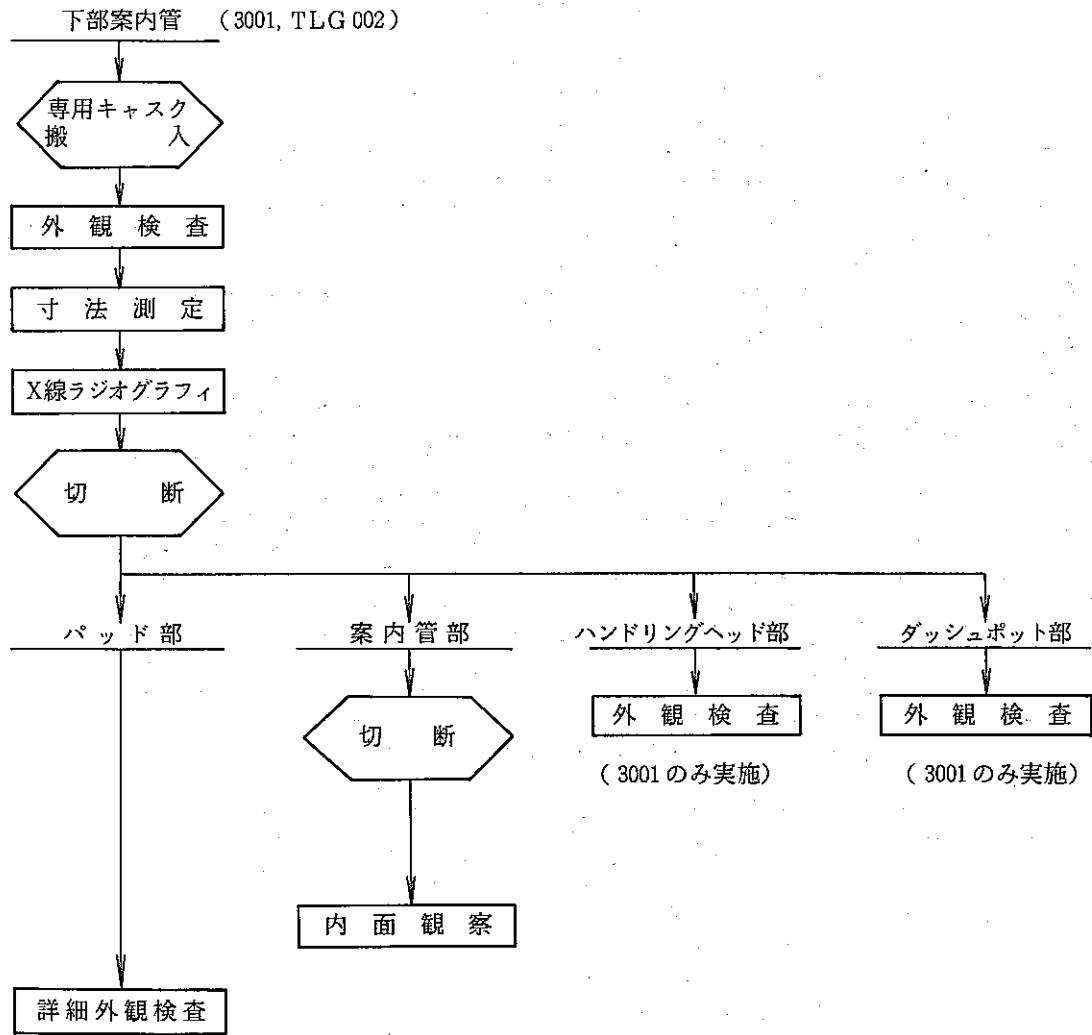


Fig. 4 Flow Diagram of Postirradiation Examination on the Lower Guide Tube (301, TLG 002)

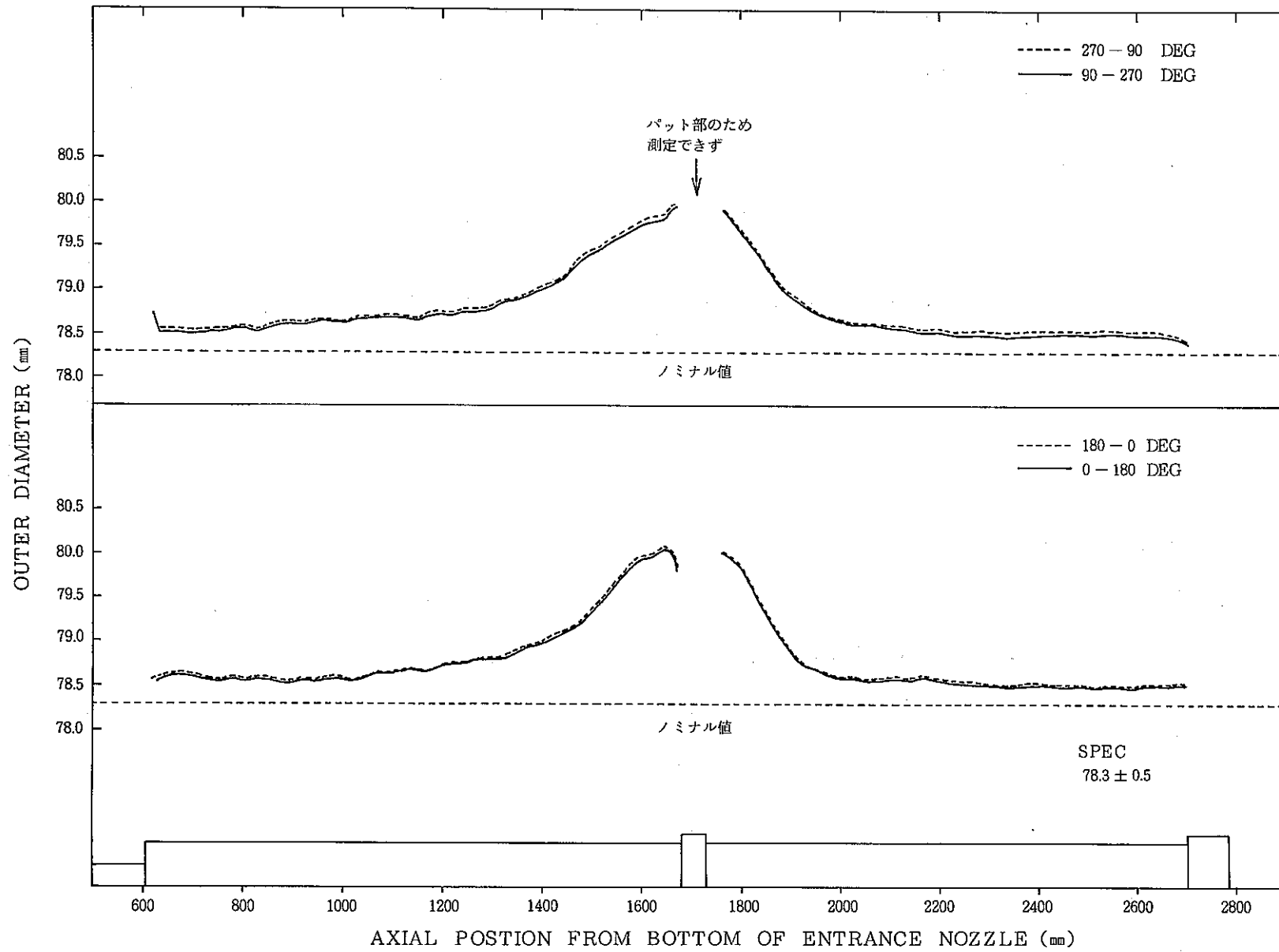


Fig. 5 Outer Diameter Profiles of the Lower Guide Tube (3001)

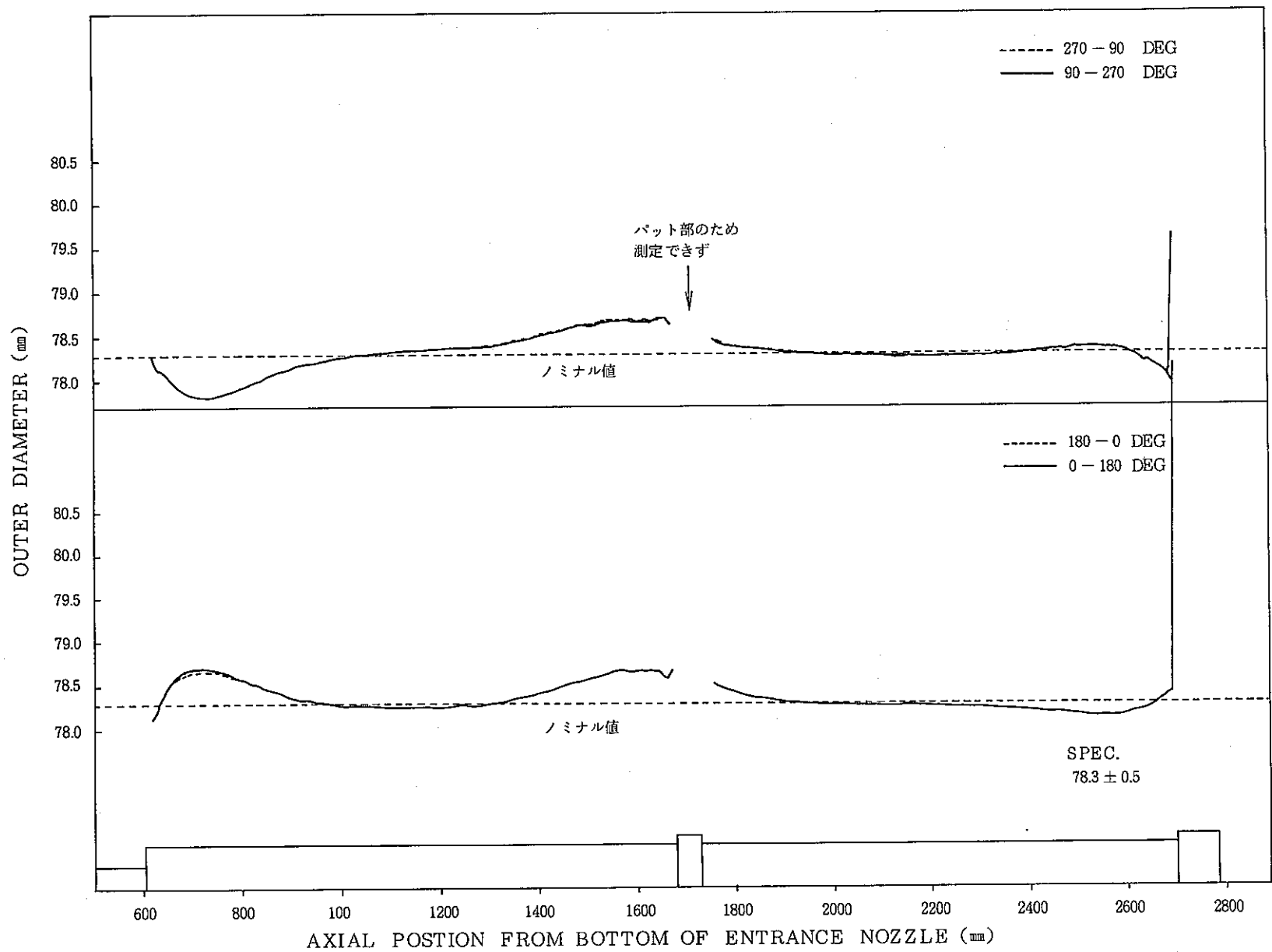


Fig. 6 Outer Diameter Profiles of the Lower Guide Tube (TLG 002)

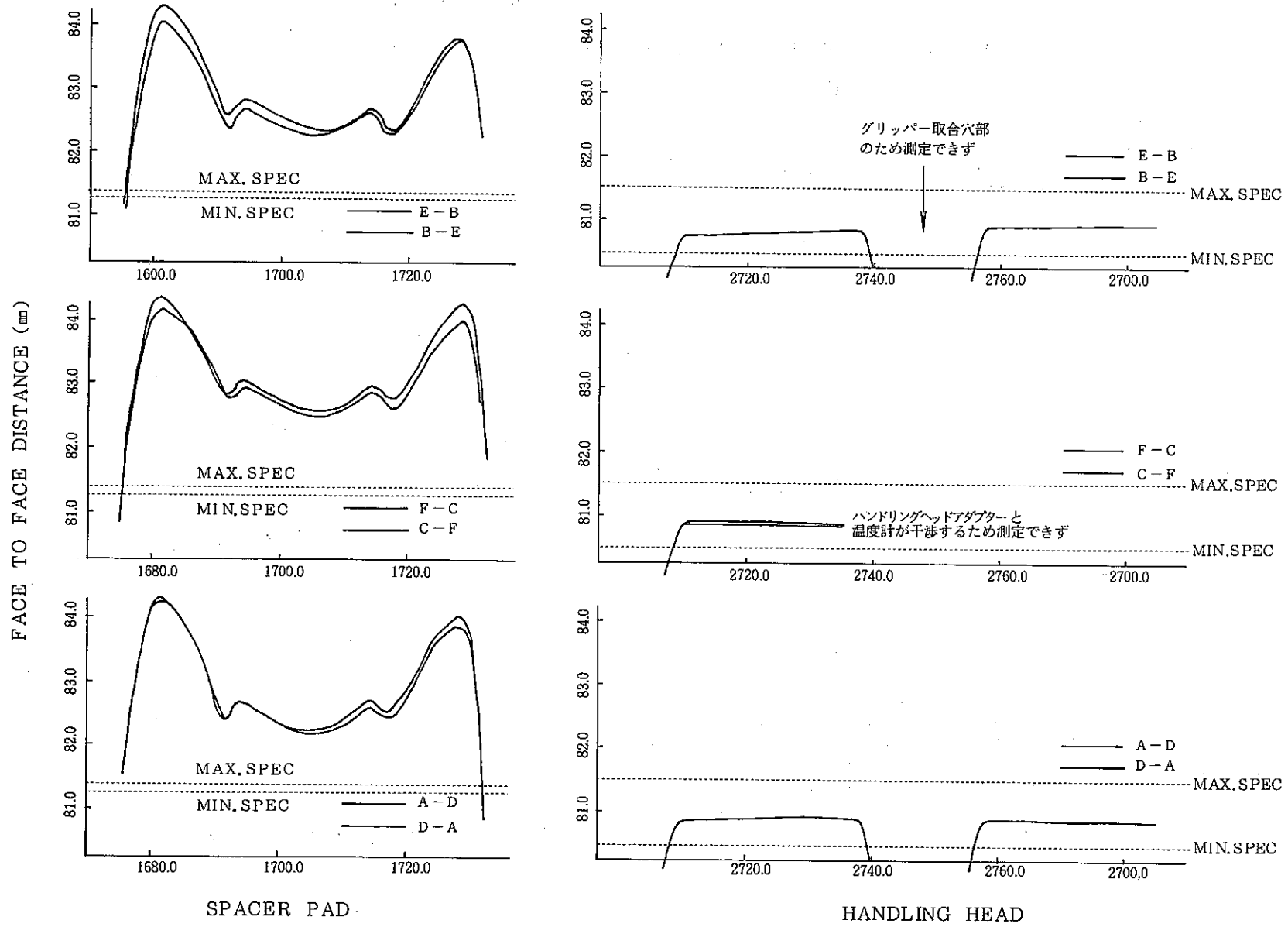


Fig. 7 Face to Face Distance Profiles of the Spacer Pad and the Handling Head (3001)

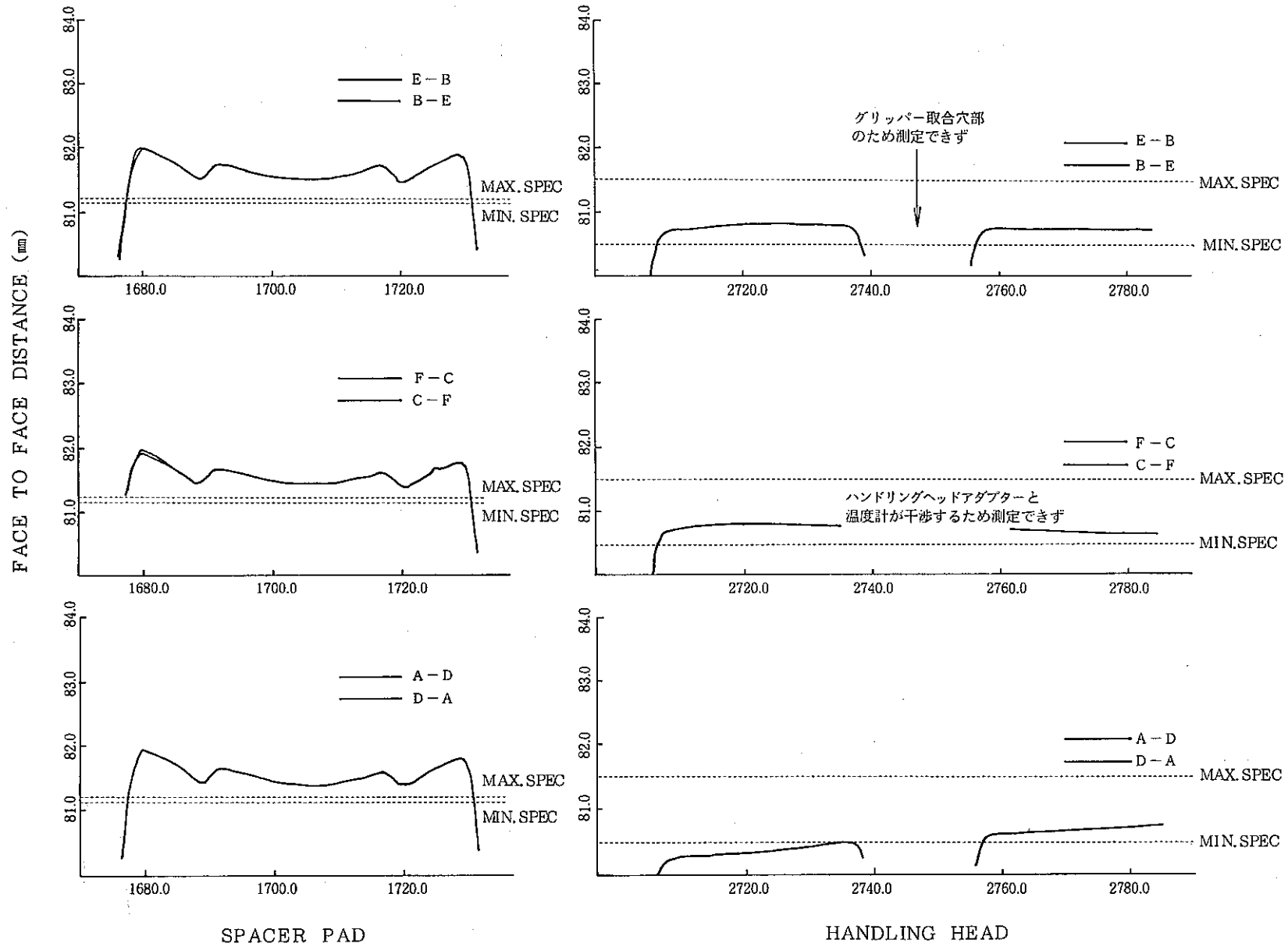


Fig. 8 Face to Face Distance Profiles of the Spacer Pad and the Handling Head (TLG 002)

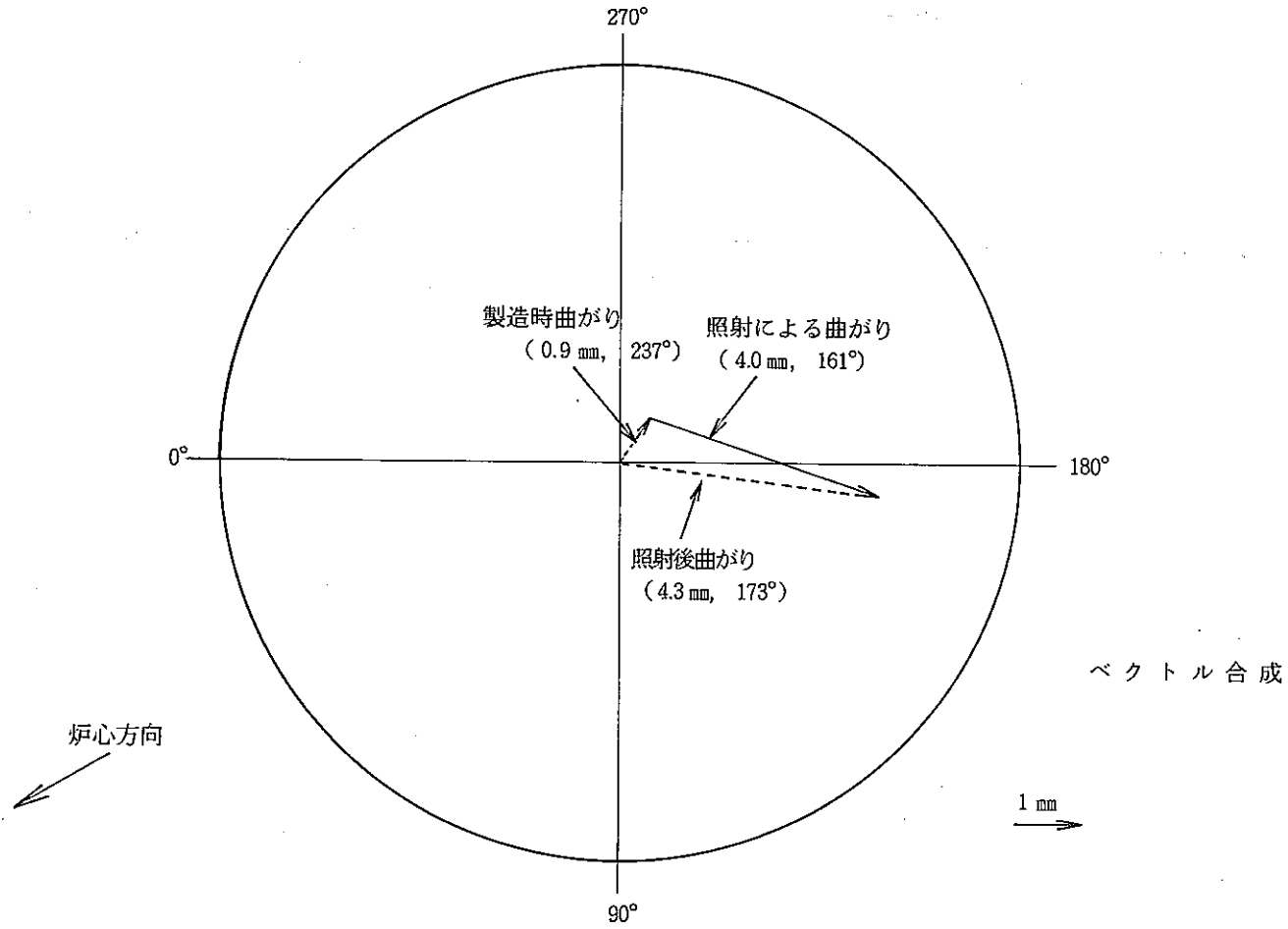


Fig. 9 Bowing Vectors of the Lower Guide Tube (TLG 002)

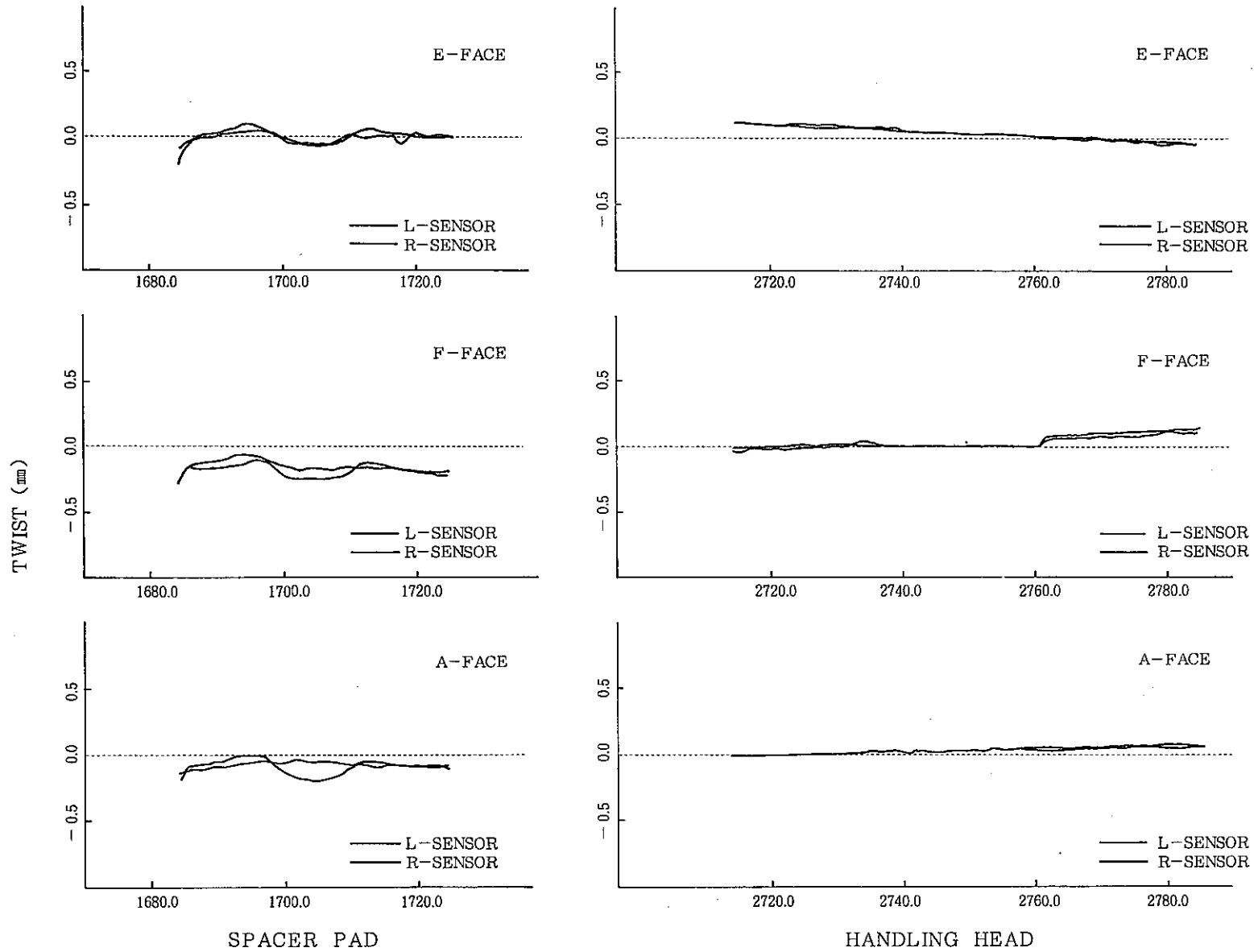


Fig. 10 A Twist of the Lower Guide Tube at the Spacer Pad and the Handling Head (3001)

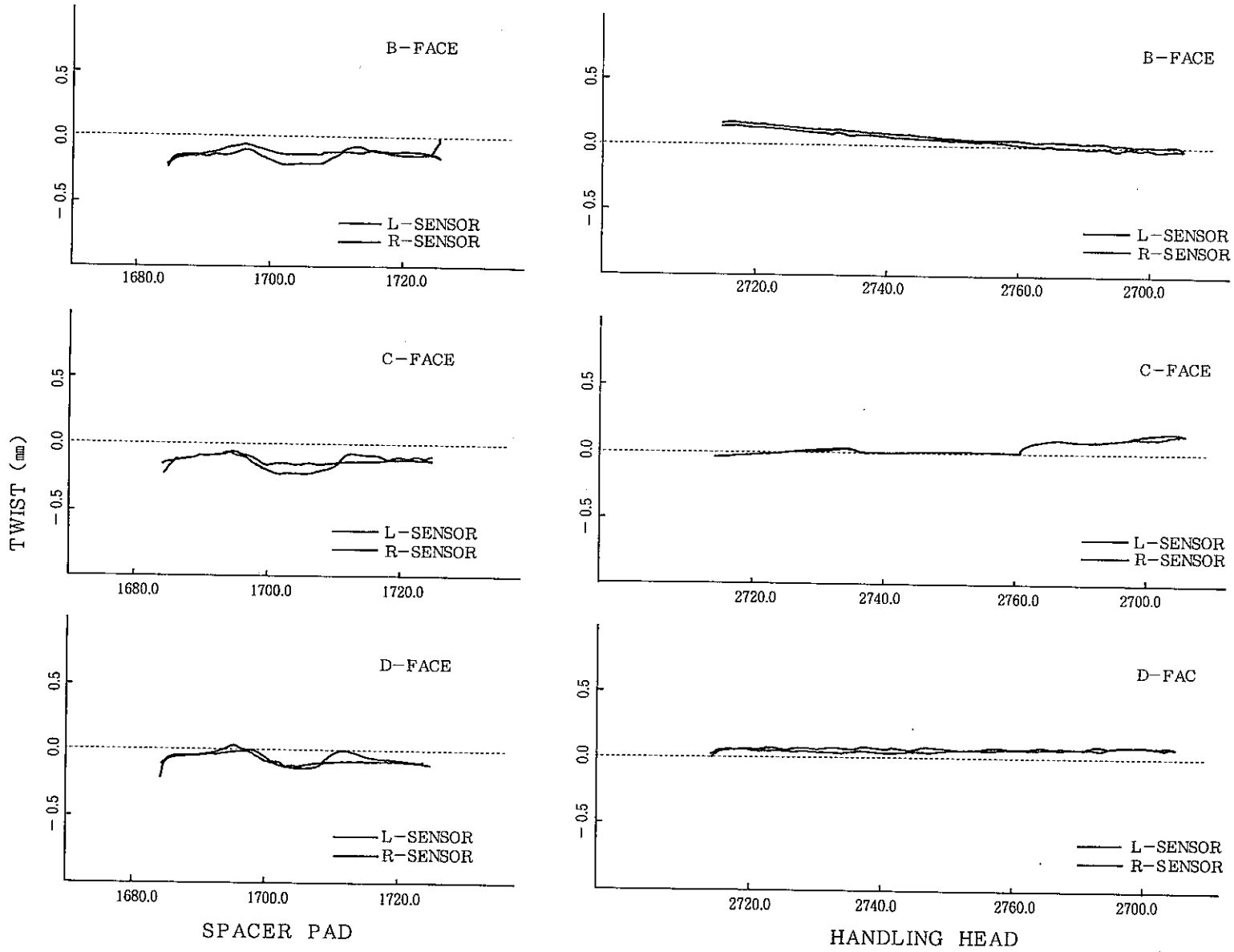
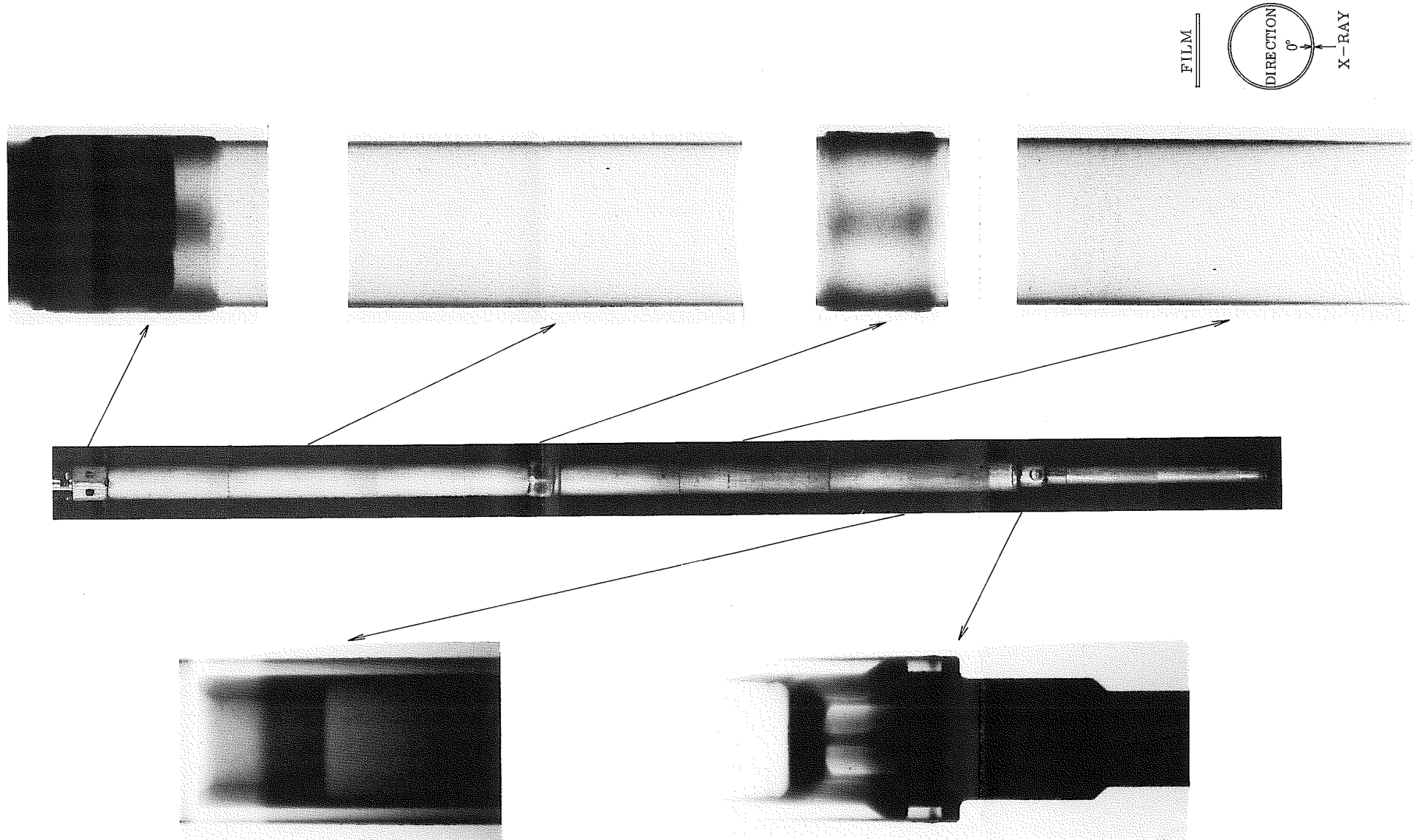
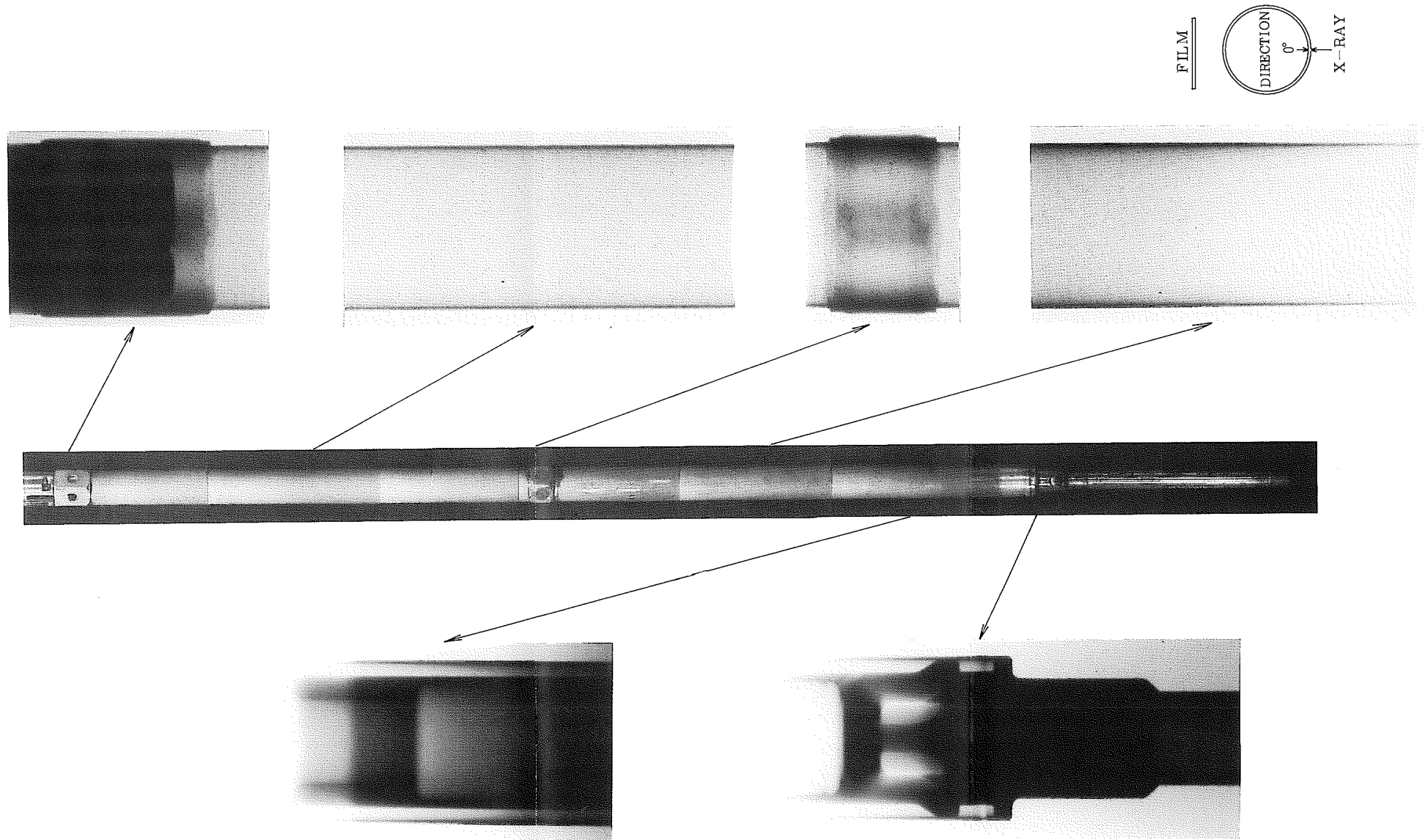


Fig. 11 A Twist of the Lower Guide Tube at the Spacer Pad the Handling Head (TLG 002)



F886001

Photo. 1 Surface View and x-ray Radiographs of the Lower Guide Tube (3001)



F882003

Photo. 2 Surface View and x-ray Radiographs of the Lower Guide Tube (TLG002)

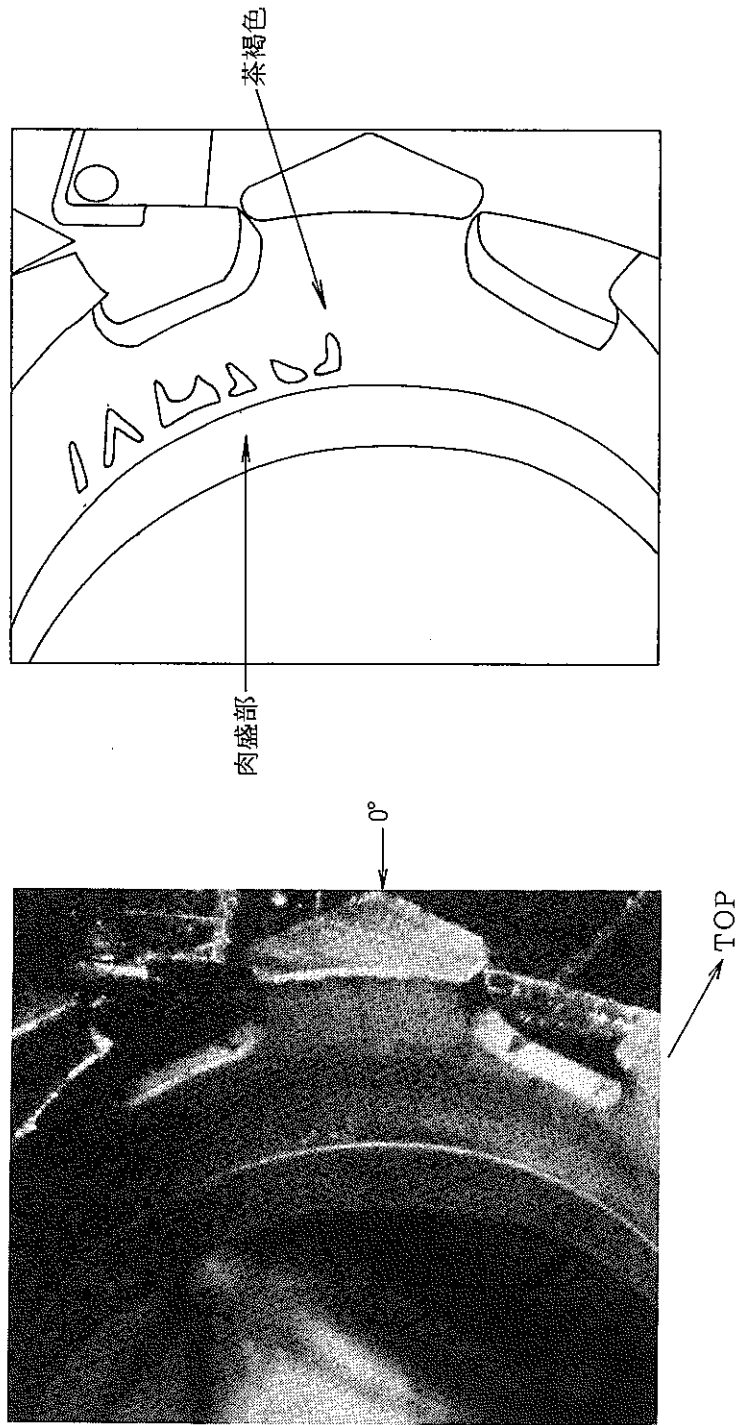


Photo. 3 Surface View of the Handling Head (3001)

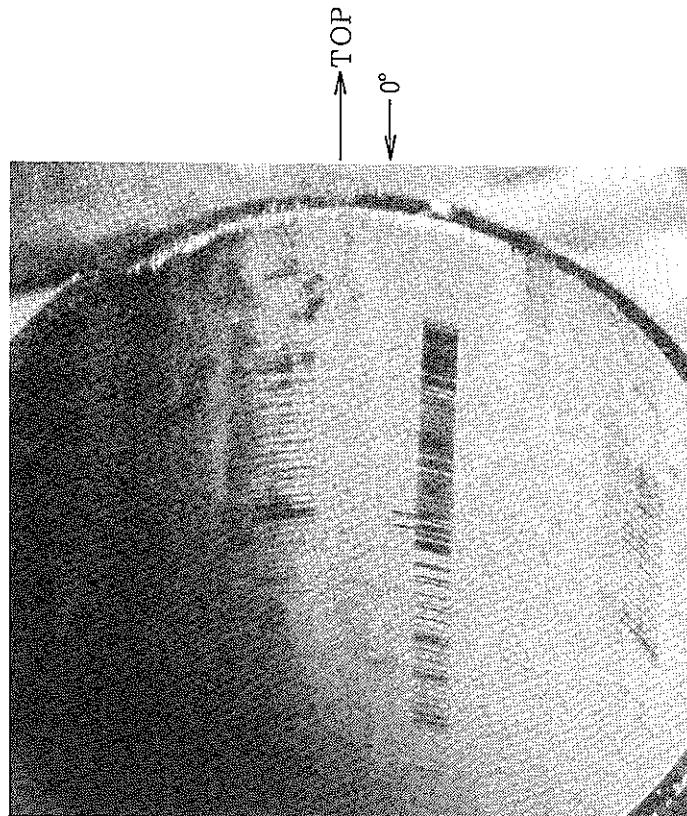
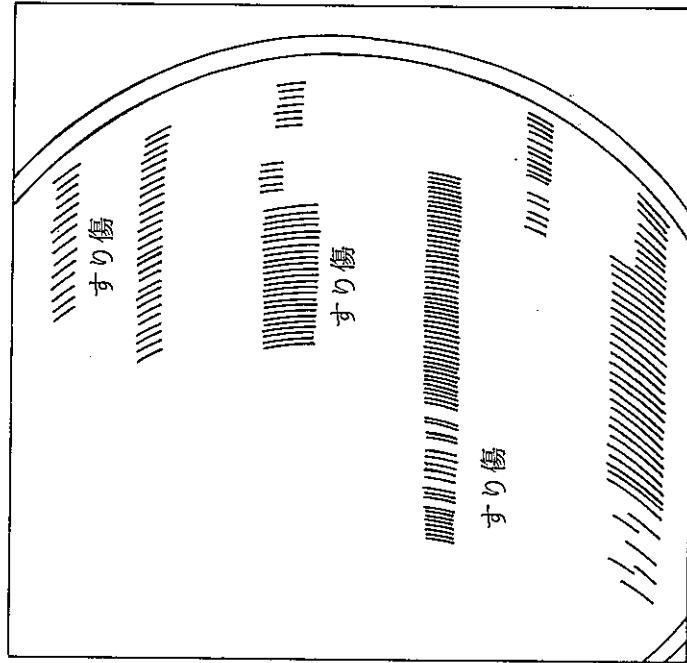
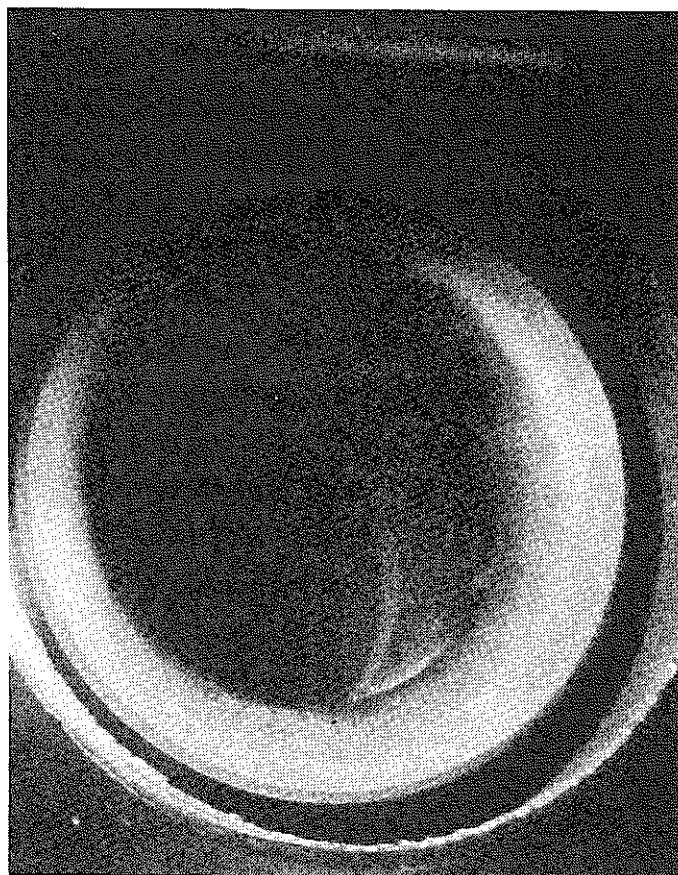


Photo. 4 Inside View of the Guide Tube (3001)



0°

VIEW FROM TOP

Photo. 5 Surface View of the Dashpot (3001)

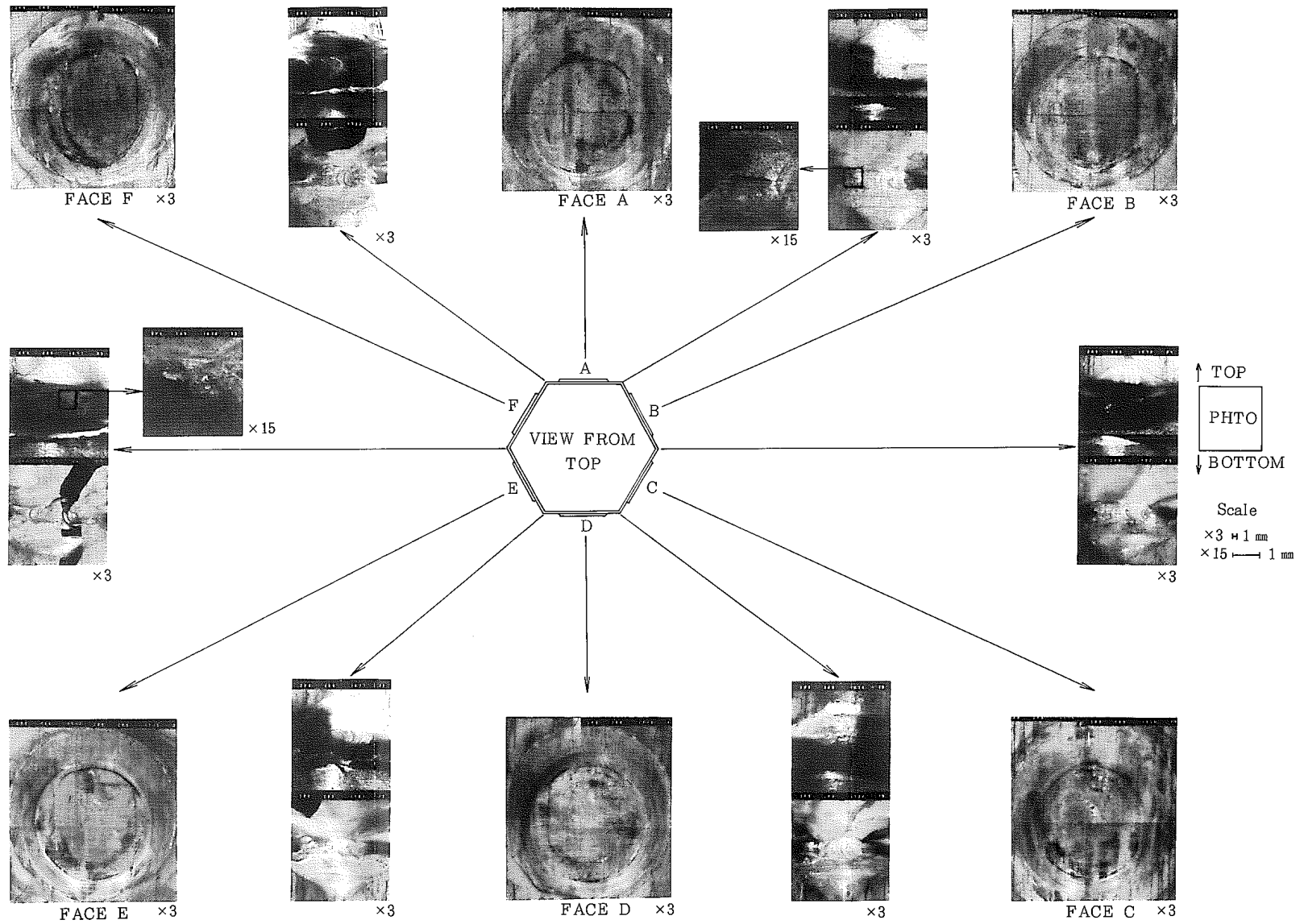


Photo. 6 Surface View of the Spacer Pad (3001)

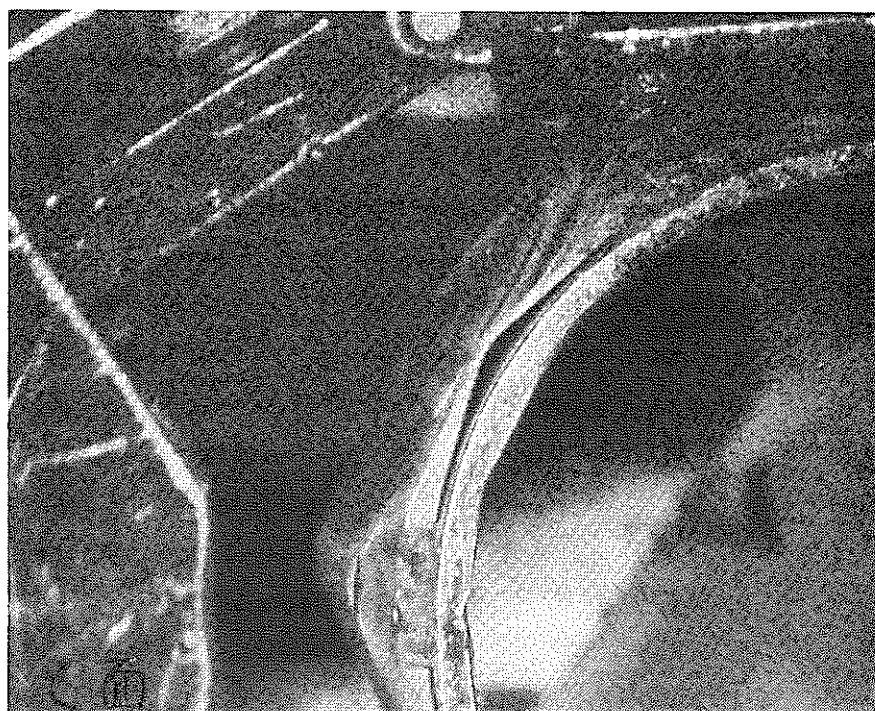
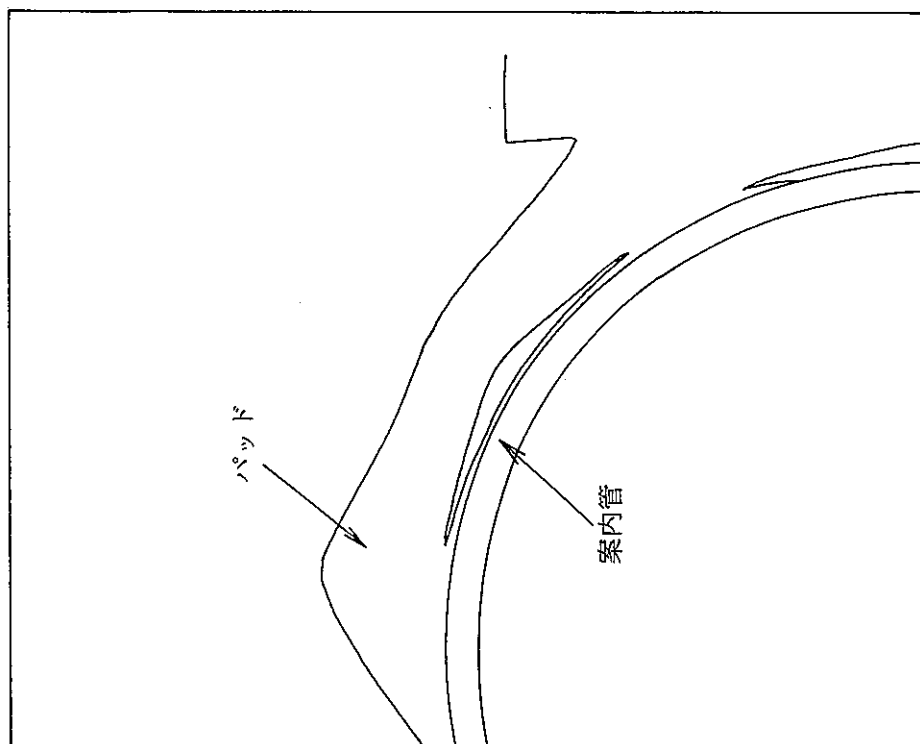


Photo. 7 Condition of Cross-Section of Pad (3001)

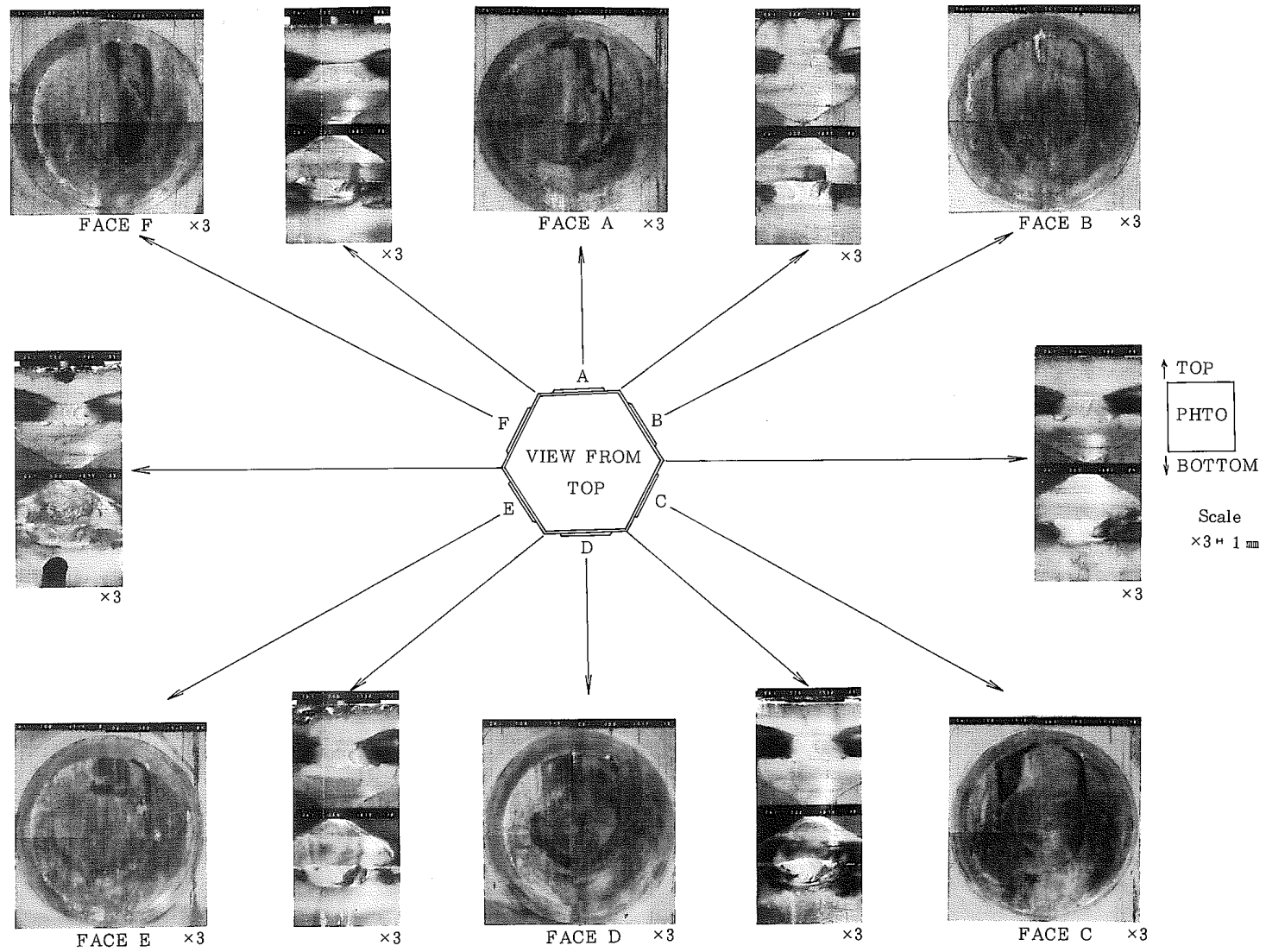


Photo. 8 Surface View of the Spacer Pad (TLG002)