

# 「常陽」MR-II制御棒(MCR107)の照射後試験

— 制御棒及び中性子吸収ピンの非破壊試験 —



1989年2月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
	PNC-TN9410 98-176
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)

「常陽」MK-II制御棒（MCR107）の照射後試験  
—— 制御棒及び中性子吸収ピンの非破壊試験 ——

実施責任者： 松島英哉\*<sup>1</sup>

報告者： 西野入賢治\*<sup>1</sup> 平澤久夫\*<sup>1</sup>  
石川敬二\*<sup>2</sup>

### 要 旨

制御棒の健全性確認及び設計変更の妥当性評価に資するデータを取得するため、積算中性子照射量 $9.95 \times 10^{21} \text{ n/cm}^2$ （集合体平均）まで照射されたMCR107の照射後試験を実施した。

試験は、集合体及び中性子吸収ピンについて行い、以下の結果を得た。

1. 今まで保護管表面に認められた周方向の傷は、観察されなかった。
2. 防振用突起部に、下部案内管との接触跡が観察された。それ以外には、特異な変化は認められなかった。
3. 中性子吸収ピンに  $230 \mu\text{m}$  の外径増加（外径変化率  $\Delta D/D = 1.27\%$ ）が測定された。この増加は、B、Cペレットのリロケーションによるものと考えられる。
4. 中性子吸収ピン内ベント管固定用の中間端栓上端にナトリウム化合物が付着していた。

---

\*<sup>1</sup> 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）  
\*<sup>2</sup> 大洗工学センター 燃料材料開発部 照射材料試験室（MMS）

## 目 次

1.	まえがき .....	1
2.	制御棒の仕様及び構造の概略 .....	2
3.	照射条件 .....	3
4.	照射後試験計画 .....	4
4.1	集合体試験及び部材試験 .....	4
4.2	ピン試験 .....	4
5.	試験結果 .....	5
5.1	試料の取扱い .....	5
5.2	集合体試験 .....	5
5.2.1	外観検査 .....	5
5.2.2	保護 $\gamma$ スキャン .....	5
5.3	ピン試験 .....	5
5.3.1	外観検査 .....	5
5.3.2	X線ラジオグラフィー .....	6
5.3.3	重量測定 .....	6
5.3.4	寸法測定 .....	6
5.3.5	詳細外観検査 .....	6
5.3.6	切 断 .....	7
6.	試験結果の検討 .....	8
6.1	制御棒の健全性及び取扱性 .....	8
6.2	中性子吸収ピンの照射挙動 .....	8
7.	まとめ .....	10
8.	参考文献 .....	11

## List of Tables

Table I	Irradiation Condition	1 2
Table II	Fuel Stack Length Changes	1 3
Table III	Pin Diamater Changes	1 4

## List of Figures

Fig 1	Schematic View of Control Rod	1 5
Fig 2	In Reactor Location of the Contorol Rod	1 6
Fig 3	Selected Pins for the Examinations	1 7
Fig 4	Flow Diagram of the PIE on the MK-II Control Rod	1 8
Fig 5	Radial Distribution of Gamma Ray Intensity ( $^{58}\text{Co}$ 0.8111 MeV)	1 9
Fig 6	Axial Profile of Pin Diamatar (B905)	2 0
Fig 7	Bowing Vector of Pins	2 1

## List of Photographs

Photo 1	Surface Condition of the Control Rod	2 2
Photo 2	Surface Condition of the Bosses for Vibration Proof	2 3
Photo 3	Surface Condition of Pin Bundle	2 4
Photo 4	Surface Condition of the Absober Pin	2 5
Photo 5	Pin X-ray Radiography	2 6
Photo 6	Scar marks on the Surface of the Control Rod	2 7

## 1. まえがき

「常陽」MK-II炉心の炉内の高温、高中性子束下で使用されている6体の制御棒は、出力調整、緊急停止の機能を持っている。

これまでに初装荷制御棒の照射後試験により、ベント機構の有効性が確認されている。さらに前回照射後試験を実施した一次取替制御棒MCR105の結果では、スクラム時の衝撃緩和機能を有するダッシュラム部についても設計変更の妥当性が確認されている。

しかし、B、Cペレットのふくれ（スエリング）による被覆管との機械的相互作用（ACMI）については、B、Cペレットの径を細くし被覆管とのギャップを大きくすることによりACMIの緩和を図ったが、成果は得られず依然長寿命化を目指す上での課題として残された。さらに、炉の中性子束分布変化の検出精度を向上させ、炉の安定運転を容易とするために炉内中性子束ゆらぎの主原因である制御棒の流力振動を抑制することも、制御棒開発の課題となっている。よってこれらの課題を克服し信頼性及び経済性に優れた高性能で、かつ長寿命の制御棒開発が要求されている。

今回試験を行った制御棒MCR107は、流力振動の抑制対策として防振機構を変更したものである。他の一次取替のそれは、直径13.30mmφの回転式ボール6個をダッシュラム下端から450mm位置に円周方向等間隔に取り付けたものであるが、MCR107はダッシュラム下端から600mm位置及び同875mm位置の周方向に6個ずつ計12個の半球状突起物を設けている。

照射後試験は、この改良部の炉内使用中の健全性を確認することを主な目的として実施した。

## 2. 制御棒の仕様及び構造の概略

この制御棒は、中性子吸収ピン7本を円管構造の保護管に収納し、上部に接続管、上部ディフューザ及びハンドリングヘッドを溶接、下部に下部ディフューザ部及びダッシュラム部からなる下部構造物を下部グリッド板に溶接したものである。中性子吸収ピンの構造は、 $^{10}\text{B}$ を90wt%に濃縮したペレットをSUS316相当ステンレス鋼被覆管内に装荷したものである。ピン上部には、発生したHeガスを要素外に放出するためのダイビングベル型のベント機構を有している。

制御棒の構造をFig 1に示す。

### 3. 照射条件

本制御棒は、100 MW第9サイクルから100 MW第14サイクルまで照射された。装荷位置は、3 F 3で積算中性子照射量は、集合体平均 $9.95 \times 10^{21} \text{ n/cm}^2$  ( $E \geq 0.1 \text{ MeV}$ )である。

各サイクル毎の照射条件<sup>(1)</sup>をTable Iに、定格第14サイクル時の炉心構成をFig 2に示す。



## 4. 照射後試験計画

照射後試験計画は、ピンの健全性確認及び防振機構の設計変更の妥当性確認に主眼を置き、計画した。また一部のピンについては、燃料材料技術開発室（ADS）で実施する金相試験用として試料を採取した。

以下に照射後試験項目及び着目点を示す。

### 4.1 集合体試験及び部材試験

- 1) 外観検査……………保護管表面及び防振用突起部の傷発生の有無。
- 2) 保護管 $\gamma$ スキャン……………周方向 $\gamma$ 線強度方向算出による炉心方向の推定。

### 4.2 ピン試験

- 1) 外観検査……………ピン表面の傷、変色、付着物の有無。
- 2) X線ラジオグラフィー……………スタック長変化及びベント管内Naの有無。
- 3) 重量測定……………重量変化の有無。
- 4) 寸法測定……………外径変化量。特にACMI発生状況。
- 5) 詳細外観検査……………ピン表面の傷の有無。
- 6) 切 断……………切断面のナトリウム付着の有無。

Fig 3 に本制御棒MCR107の実施試験内容を示す。

## 5. 試験結果

### 5.1 試料の取扱い

本制御棒は、水洗浄に伴うアルカリ腐食の影響を排除するため、「常陽」サイトでのナトリウム洗浄は実施せず、炉外取出し後キャスクカーによってFMFへ搬入した。搬入後は、水またはアルコール付綿で付着ナトリウムを拭き取り除去した。ナトリウム除去後集合体試験を行った。

解体は、ピン引抜き時に生じる保護管あるいは隣接ピンとの接触傷を軽減させ、かつピンバンドル状態の観察を可能とするため炉心燃料集合体同様解体機で縦置き状態で実施した。ピンの引抜きは、ピン下部端栓中心部に相当するダッシュラム下端から約525mm上方の位置を切断することで、容易に行えた。引抜き後のピンは、外観検査、X線ラジオグラフィ、寸法測定等を行った後廃棄切断された。なお、B902ピン及びB903ピンは、断面金相観察を行うため切断後ADSへ搬出した。

照射後試験フローをFig 4に示す。

### 5.2 集合体試験

#### 5.2.1 外観検査

外観写真をphoto 1に示す。

ダッシュラム下端から約1500mm～約2000mm間の保護管表面軸方向にすり傷が観られた。この他には、特異な傷、変色等は観られなかった。

防振用突起物については、photo 2に示すように、突起部先端に下部案内管との接触によって削られた跡が観られたが、接触跡は浅く、また突起部表面は光沢があった。

#### 5.2.2 保護管 $\gamma$ スキャン

制御棒の炉内装荷時の最大中性子照射方向を求めるため、ダッシュラム下端から650mm付近から保護管を切り出し、円周方向の $\gamma$ 線計数率を測定した。主要放射化核種である $^{58}\text{Co}$ の結果をFig 5に示す。図より最大 $\gamma$ 線強度方向は、約 $285^\circ$ で「常陽」推定方向 $0^\circ$ に対し約 $75^\circ$ ずれていた。

### 5.3 ピン試験

#### 5.3.1 外観検査

ピン列外観写真をphoto 3に、B901ピンの外観写真をphoto 4に示す。

ピン列状態での目視観察では、全ピン共表面に軸方向のすり傷（長さ最大約100mm）が観られた以外特異な傷、変色は観られなかった。

付着物については、ナトリウム洗浄を実施していないため、ナトリウム化合物と思われる白色の付着物が全長にわたり点在していた。

### 5.3.2 X線ラジオグラフィー

X線ラジオグラフィーをPhoto 5に示す。

1mm以上のペレット間ギャップは観られなかった。スタック長は、照射前に比べ全ピン共増加しており、平均で5.4mm、最大で6.7mmの伸び量であった。

Table IIにスタック長の変化量を示す。

ベント機構部には、MCR005<sup>(2)</sup>で観察されたナトリウム化合物の影は観られなかった。

### 5.3.3 重量測定

照射後の重量は、照射前と比べB901ピンで4.1g（総重量908.1g）、B902ピンで17.0g（総重量920.0g）それぞれ増加していた。その他のピンは、有意差±1.5g以内であった。

### 5.3.4 寸法測定

#### 1) 全長

照射前後の全長変化量は、最大で-0.3mm（B901ピン）、最小で+0.1mm（B904ピン）であり、いずれも有意差±1.0mm以内であった。

#### 2) 外径

全ピンとも、ピン下端から300mmの範囲に外径変化が著しく、またオーバリティが観られた。照射前後の外径比較では、B902ピンが最大でその外径増加量は、230μm（外径変化率 $\Delta D/D=1.27\%$ ）であった。

測定結果をTable IIIに、代表としてB905ピンの軸方向プロファイルをFig 6に示す。

#### 3) 曲り

曲り量はB906ピンの1.87mmが最大で、最小はB902ピンとB907ピンの0.37mmであり、全ピンとも製造時検査基準（2.0mm）以内である。

測定結果をFig 7に示す。

### 5.3.5 詳細外観検査

全ピンについて外径変化の著しい下端から400mmまでの表面状況を観察した。その結果B902ピンの下端から225mm位置とB903ピンの下端から373mm位置に、変色も

しくは付着物らしきものが観られた。それ以外特異な傷、変色は観られなかった。

#### 5.3.6 切断

全ピン共 200mmから 300mmの長さに切断し、切断面の状況特にナトリウム化合物の有無を観察した。その結果、全ピン共ベント管を固定する中間端栓上端にナトリウム化合物らしき白付着物が観察された。また、B 9 0 2 ピンは軸方向の、各切断面に同様の白付着物が観られた。

## 6. 試験結果の検討

### 6.1 制御棒の健全性及び取扱性

集合体試験の結果、保護管表面軸方向に小さなすり傷が観られた以外は、特異な傷、変色は認められず健全な状態であった。

今回の制御棒（MCR 107）は、流力振動を防止するために防振機構が変更された。その結果、Photo 5 に示すように、これまで流力振動が起因するとされた保護管表面の周方向のすり傷は観られない。したがって、従来型のボールベアリング方式よりは、防振効果があったと言える。

### 6.2 中性子吸収ピンの照射挙動

中性子吸収ピンの外径測定結果から、B<sub>4</sub> Cペレット下端付近に位置する被覆管に外径増加及びオーバリティが認められた。外径増加は、積算中性子照射量が同等の一次取替制御棒（MCR 105）<sup>(2)</sup> で考察されたようにB<sub>4</sub> Cペレットのリロケーションによる被覆管とのACMIが支配的であると考ええる。

特徴的なこととして、MCR 105の場合外径増加及びオーバリティとも中性子吸収ピン下端から400mmの間に集中していたが、MCR 107の場合、それより上部にもオーバリティが認められた。

これは、ピン下端から400mmより上部のB<sub>4</sub> Cペレットの径をMCR 105では約16.15mmあったものをMCR 107では50μm細くし約16.10mmとしたため、B<sub>4</sub> Cペレットのリロケーションの影響を受けやすかったものと推測される。

B<sub>4</sub> Cペレットの外径変化量を設計評価用スエリング式

$$\Delta D / D (\%) = 0.45 \times 10^{-3} B$$

$$B : \text{燃焼度} (\times 10^{20} \text{ cap/cm}^2)$$

を用いて算出すると外径増加量は約507μmとなり、照射前のB<sub>4</sub> Cペレットと被覆管とのギャップ450μmを上回っている。

よって、今回のMCR 107ではリロケーションによる被覆管への影響の他にB<sub>4</sub> Cペレットのガススエリングによる被覆管とのACMIも発生したものと推測する。

ACMI現象が顕著に観られたことから、被覆管の割れ発生が懸念されたため外径増加の著し部位について詳細外観検査を実施した。さらに中性子吸収ピン切断後切断面にナト

リウム化合物が付着しているか否かを観察した。詳細外観検査の結果、被覆管表面に変色または付着物らしきものが観られた以外特異な変色、傷は観られなかった。変色または付着物は、中性子吸収ピンの外観検査で特異な変色は観られなかったこと、またナトリウム以外の付着物は観られなかったことから、被覆管表面の付着ナトリウムを水またはアルコールによりふきとり除去した際のふき残り跡と考えられる。

中性子吸収ピン切断面の観察結果では、ベント部及びB<sub>4</sub>Cペレット表面にナトリウム化合物が付着していた。ピン内部へのナトリウムの侵入は、被覆管に割れが観られなかったことから、ナトリウムペーパーの凝縮、滴下、あるいは炉停止時の圧力変動によりベント孔から侵入したものと思われる。

ナトリウムのピン内侵入は、ベント機構を有したMCR105でも観られたが、光顕観察<sup>(4)</sup>では問題とされる被覆管内面の腐食は発生していない。

以上のことから、少なくとも今回の制御棒の燃焼度  $7.0 \times 10^{21}$  cap/cc までは、機械的に観て、炉内使用中健全な状態であると考えられる。しかし、長時間、ナトリウムが侵入した状態でのB<sub>4</sub>Cペレットの挙動及び相互作用については、その評価試験を計画中であること、また本制御棒の燃焼度は「もんじゅ」制御棒の最高燃焼度約  $1 \times 10^{22}$  cap/cc<sup>(3)</sup> に到達していないことを考えると、高速炉用制御棒の設計開発に反映させるためには、さらに厳しい条件下での照射試験及びACMIの影響を把握するための細かなモニタリングが必要と考える。

## 7. まとめ

照射後試験に供された制御棒MCR107は、一次取替制御棒としては2体目であり、炉心構成要素としての健全性確認特に防振機構変更の妥当性確認及び使用寿命に資するためのデータ取得を目的に行ったものである。

本試験において以下の結果が得られた。

- 1) 流力振動が原因で発生する保護管表面の周方向の傷は観られなかった。
- 2) 防振用突起部表面に下部案内管との接触跡が観られたが、接触跡は深くなく突起部表面は光沢をしており半球形状を保っていた。

以上から防振機構の設計変更が妥当であったと考えられる。

- 3) 中性子吸収ピンの外径増加は、 $230\mu\text{m}$ （外径変化率 $\Delta D/D=1.27\%$ ）であった。外径増加の著しい部位の表面には、特異な傷、変色の発生は観られず健全な状態であったが、ACMI現象については、今後さらに細かなモニタリングを行い、その抑制対策を検討する必要がある。

## 8. 参考文献

- (1) 「常陽」照射サイクル報 (第14サイクル)  
PNC SN9360 87-001
- (2) 「常陽」MK-II制御棒 (MCR105) の照射後試験
- (3) 各国の高速炉制御棒開発の現状  
PNC N951 83-01
- (4) 燃料材料開発部試験実施報告 62MMS88



Table I Irradiation Condition

## 照射情報

制御棒

計画番号

集合体番号 MCR107

サ イ ク ル			9	10	11	12	12'	12''	12'''	13	14	
装 荷 位 置			3 C 3	3 F 3	3 B 3	3 D 3		3 A 3	3 E 3	3 F 3		
燃 焼 度	ポ イ ン ト 最 大		$\times 10^{20}$ cap/cc	9.28	19.8	31.1	42.0	42.0	42.0	42.4	56.5	70.2
	集 合 体 平 均		$\times 10^{20}$ cap/cc	—	—	—	—	—	—	—	—	—
積 算 中 性 子 照 射 量	E n $\geq$ 0.1 MeV	ポ イ ン ト 最 大	$\times 10^{20}$ n/cm <sup>2</sup>	45.4	97.9	157	21 <sup>7</sup>	21 <sup>7</sup>	21 <sup>8</sup>	218	29 <sup>6</sup>	372
		集 合 体 平 均	$\times 10^{20}$ n/cm <sup>2</sup>	10.8	23.4	38.7	54.8	54.8	55.0	55.2	76.0	95.5
	Total	ポ イ ン ト 最 大	$\times 10^{20}$ n/cm <sup>2</sup>	61.9	13 <sup>3</sup>	211	289	2 <sup>10</sup>	29 <sup>1</sup>	29 <sup>2</sup>	394	494
		集 合 体 平 均	$\times 10^{20}$ n/cm <sup>2</sup>	15.4	33.2	54.2	76.2	76.3	76.5	76.8	105	132
線 出 力	BOC	ポ イ ン ト 最 大	W/cm	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		集 合 体 平 均	W/cm	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	EOC	ポ イ ン ト 最 大	W/cm	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		集 合 体 平 均	W/cm	—	—	—	—	—	—	—	—	—
被 覆 管 最 高 温 度	BOC		°C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	EOC		°C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
燃 料 最 高 温 度	BOC		°C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	EOC		°C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
集 合 体 出 口 温 度	BOC		°C	387	388	390	391	386	375	375	391	389
	EOC		°C	384	385	387	388	386	375	375	388	386
ピーキング係数	BOC	径方向	——	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		軸方向	——	4.150	3.699	3.672	3.048	5.990	4.010	4.111	3.101	3.751
	EOC	径方向	——	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		軸方向	——	6.503	8.236	5.196	3.558	5.990	4.110	3.702	4.254	5.069
冷 却 材 流 量	BOC		kg/sec	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7
	EOC		kg/sec	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7
備 考												

Table II Fuel Stack Length Changes

ピンNo.	スタック長 (mm) $\pm 0.5$ PIE	スタック長 (mm) FAB	スタック伸び量 (mm) PIE-FAB	スタック変化量 (%) PIE-FAB/FAB
B901	660.1	653.4	6.7	1.0
B902	659.3	653.6	5.7	0.9
B903	658.3	653.3	5.0	0.8
B904	656.8	651.9	4.9	0.8
B905	657.9	652.8	5.1	0.8
B906	656.7	651.2	5.5	0.8
B907	656.9	652.0	4.9	0.8

Table III Pin Diameter Changes

## 外径測定結果

PIN NO. PIE	FAB	ANGLE (DEG)	DIAMETER (MM)				CORE CENTER	MAX. OVALTYTY (MM) <POS.>		LENGTH (MM)
			MAXIMUM	<POS.>	MINMUM	<POS.>		AVERAGE	<POS.>	
B901	MCE143	0	18.302	< 139.9>	18.075	<1084.9>	18.118	18.184	0.186 < 139.9>	1150.0
		89	18.245	< 160.1>	18.062	< 180.1>	18.115	18.165	0.125 < 160.1>	1150.1
B902	MCE144	0	18.291	< 130.2>	18.071	<1090.1>	18.113	18.225	0.146 < 130.2>	1150.2
		90	18.330	< 100.2>	18.072	<1090.3>	18.117	18.260	0.159 < 165.2>	1150.3
B903	MCE145	0	18.296	< 120.1>	18.059	< 220.1>	18.122	18.185	0.165 < 295.2>	1150.2
		90	18.295	< 95.2>	18.017	< 290.2>	18.107	18.159	0.121 < 215.2>	1150.2
B904	MCE146	0	18.228	< 65.5>	18.016	< 190.5>	18.114	18.189	0.103 < 260.5>	1150.5
		89	18.328	< 105.4>	18.067	< 250.4>	18.125	18.290	0.208 < 200.4>	1150.4
B905	MCE147	0	18.307	< 95.2>	18.034	< 290.3>	18.111	18.199	0.097 < 145.2>	1150.3
		90	18.253	< 120.3>	18.077	<1085.4>	18.122	18.163	0.177 < 295.3>	1150.4
B906	MCE148	0	18.294	< 125.3>	18.086	<1085.4>	18.129	18.235	0.178 < 155.4>	1150.4
		90	18.284	< 125.3>	18.038	< 245.3>	18.105	18.161	0.042 < 230.4>	1150.4
B907	MCE149	0	18.250	< 105.1>	18.076	< 215.1>	18.120	18.192	0.172 < 165.1>	1150.2
		90	18.298	< 195.0>	18.062	< 165.1>	18.119	18.208	0.145 < 195.0>	1150.1

CORE CENTERは、軸方向位置 106.0(MM)の近傍3点の平均である。  
 MAX. OVALTYTYは、直角方向との差の最大値を抽出した。  
 LENGTH は、測定長さに上下端詮の図面上の長さを加え算出。



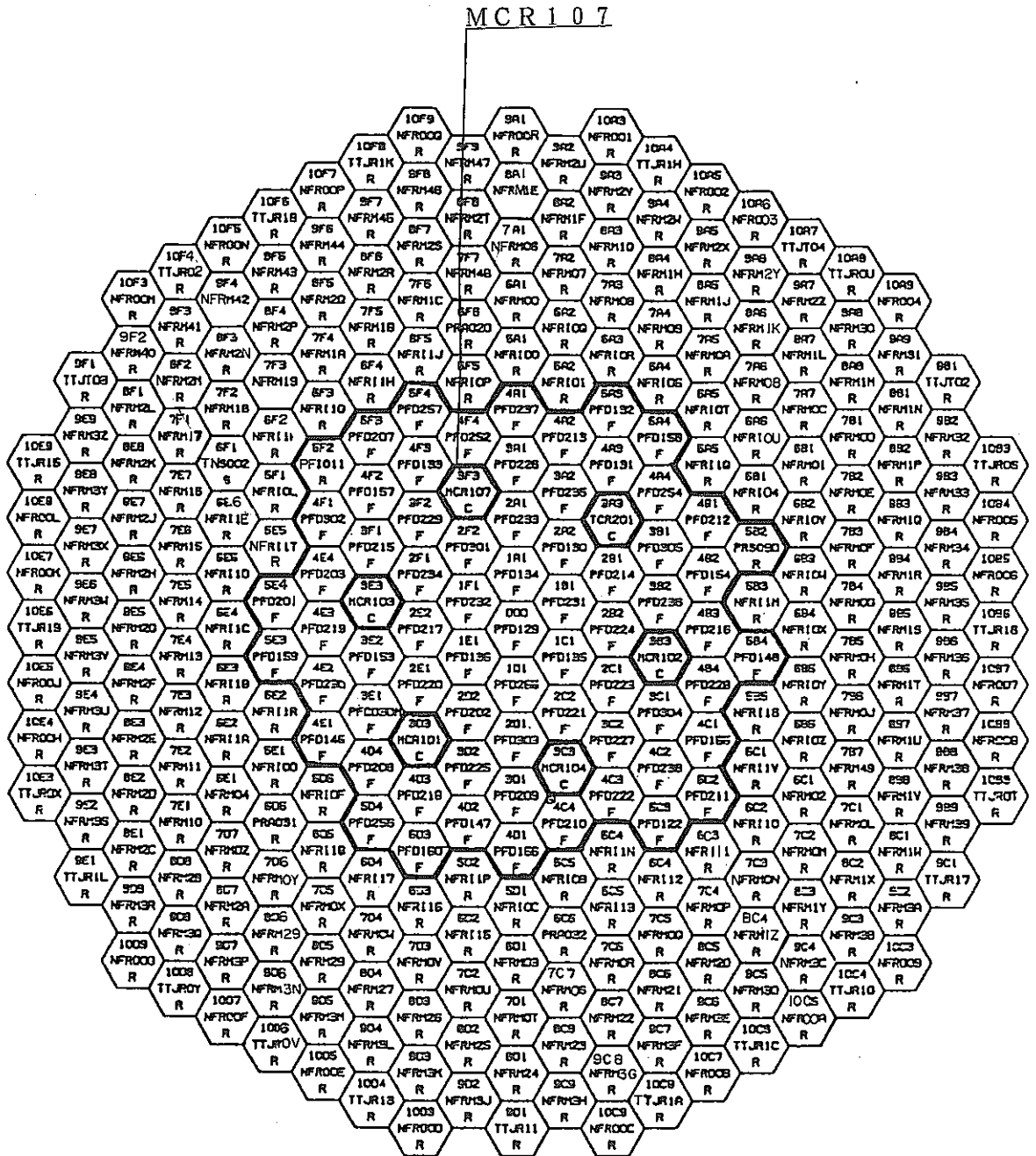
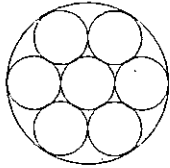
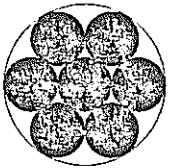
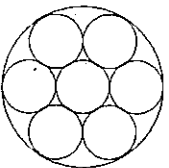
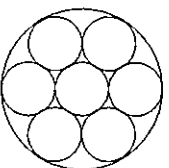
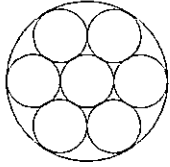
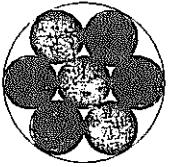
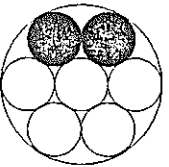
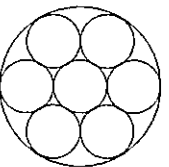
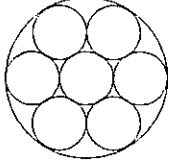
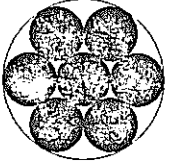
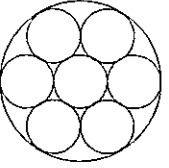
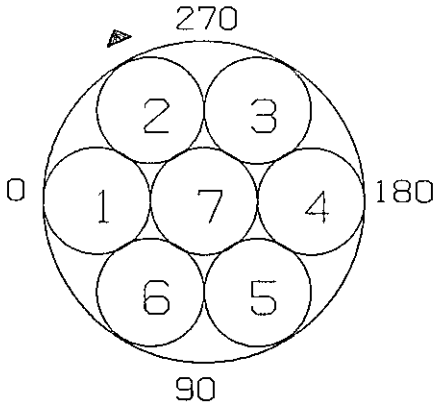
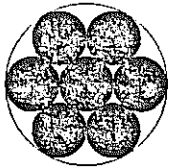
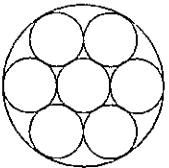
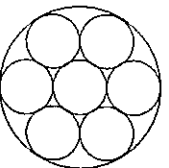


Fig 2 In Reactor Location of the Control Rod

JOYO MK-II 照射後試験計画 (ピン試験)		集 合 体 試 験		集 合 体 部 材 試 験	
制 御 棒 MCR107 (B9) 装荷位置(3F3)		● 1. NA洗浄前 (●) 外観検査 2. NA洗浄 3. 寸法測定 4. X線ラジオグラフィ 5. 内側W/T 外観検査 6. 内側W/T 寸法検査		● 1. W/Tガンマスキャン 2. W/T詳細外観検査 3. 一般外観検査 4. ダッシュラム寸法測定	
1. <u>ピン外観検査</u>	5. <u>寸法測定(外径)</u>	9. <u>ガンマスキャン(スキャン +スペクトル)</u>	13. _____		
 (全数)	 (7本)				
2. <u>ピンX線ラジオグラフィ</u>	6. <u>寸法測定(曲がり)</u>	10. <u>ピン切断(ADS)</u>	14. _____		
 (全数)	 (7本)	 (2本)			
3. <u>重畳測定</u>	7. <u>詳細外観検査</u>	11. <u>ピン切断(MNS)</u>	◀ : 推定炉心方向を示す		
 (全数)	 (7本)				
4. <u>ワイヤ切断</u>	8. <u>ガンマスキャン(スキャン)</u>	12. _____			
 (7本)					

● : 試験対象

Fig 3 Selected Pins for the Examinations

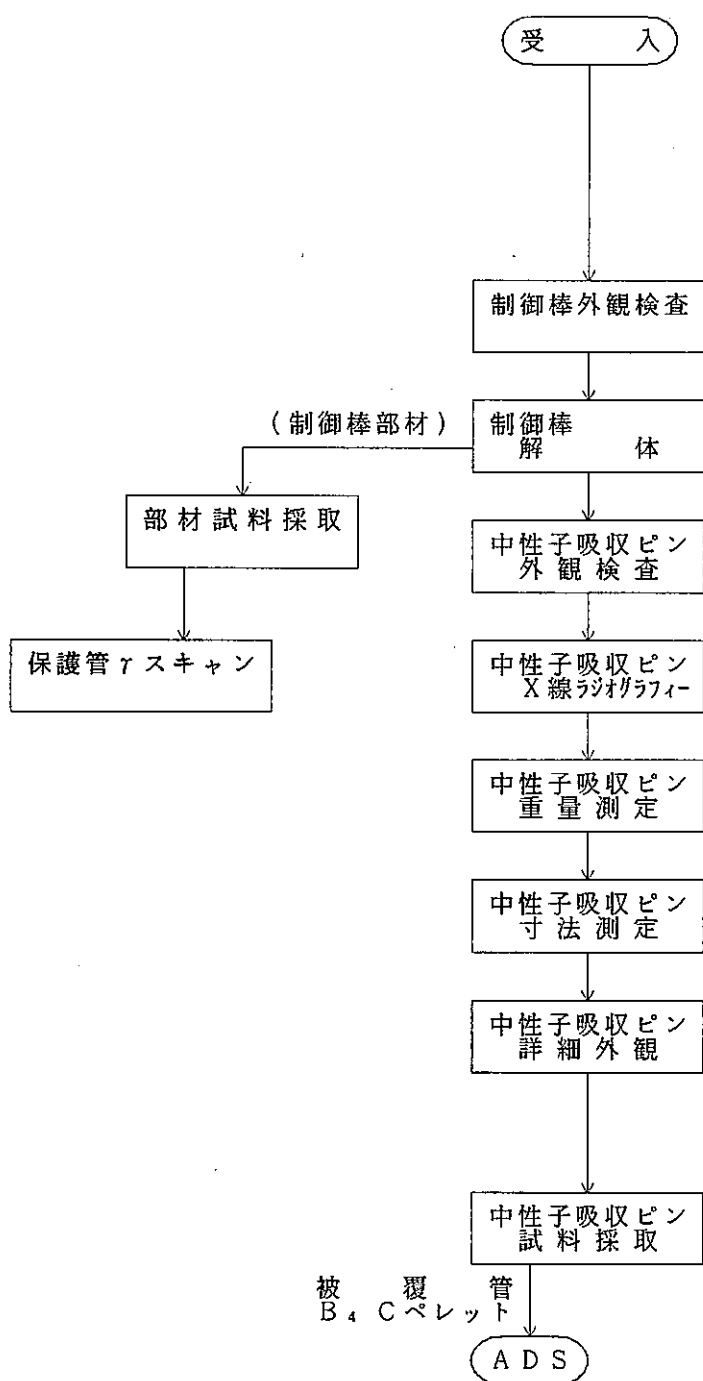


Fig 4 Flow Diagram of the PIE on the MK-II Control Rod

S/A NO. (FAB) :	MCR107	ANGLE OF MAX RATE (DEG):	286.44
S/A NO. (PIE) :	B9WH2	MAX COUNT RATE (CPS):	145.25
AXIAL POS. (MM) :	690.00	AVERAGE COUNT RATE(CPS):	135.46
COOLING TM (DAYS):	100	PEAKING FACTOR :	1.072
COLL. WIDTH(MM) :	0.90		
OP NO. :	6493-6493		

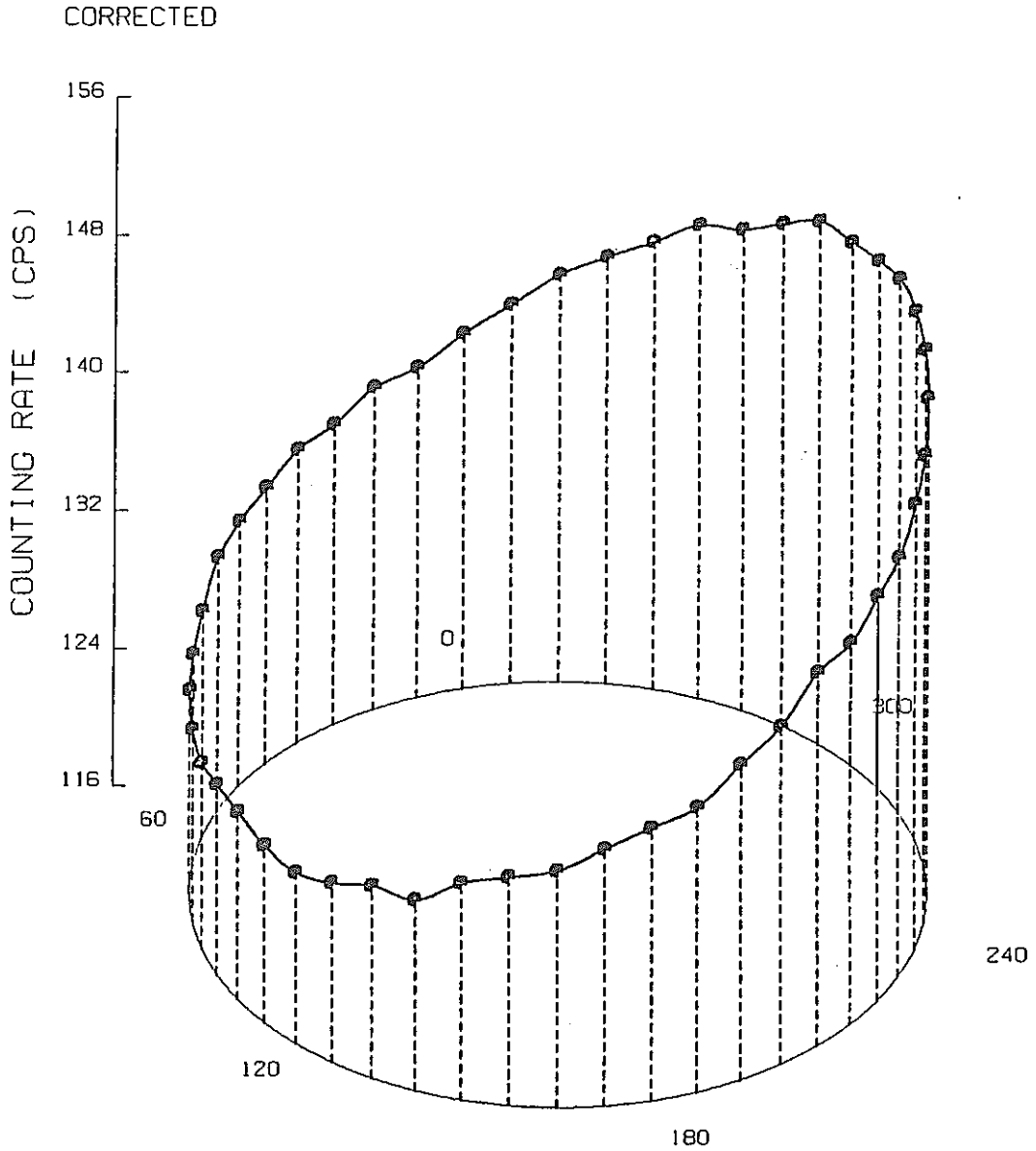


Fig 5 Radial Distribution of Gamma Ray Intensity ( $^{58}\text{Co}$  0.8111 MEV)



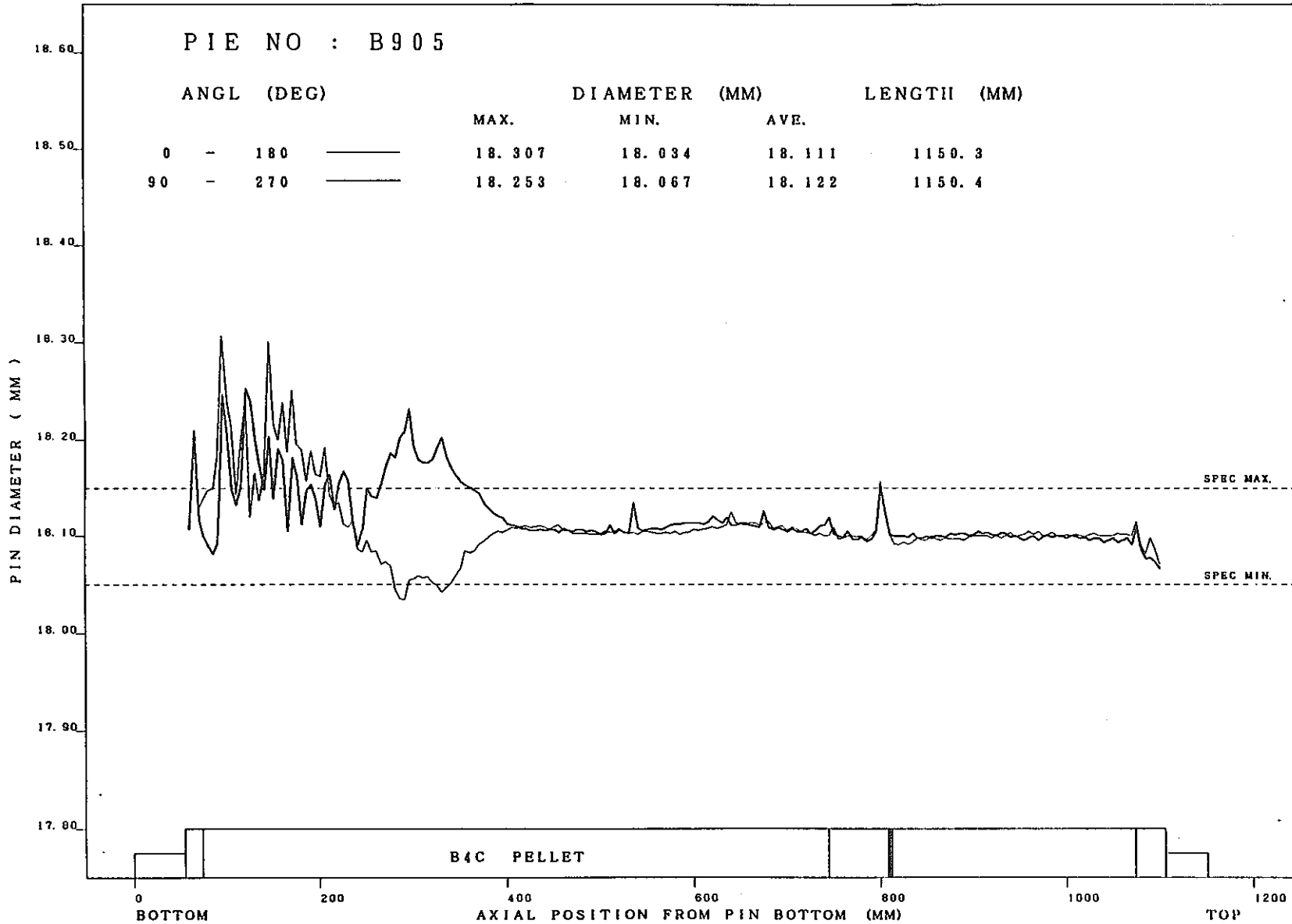


Fig 6 Axial Profile of Pin Diameter (B905)

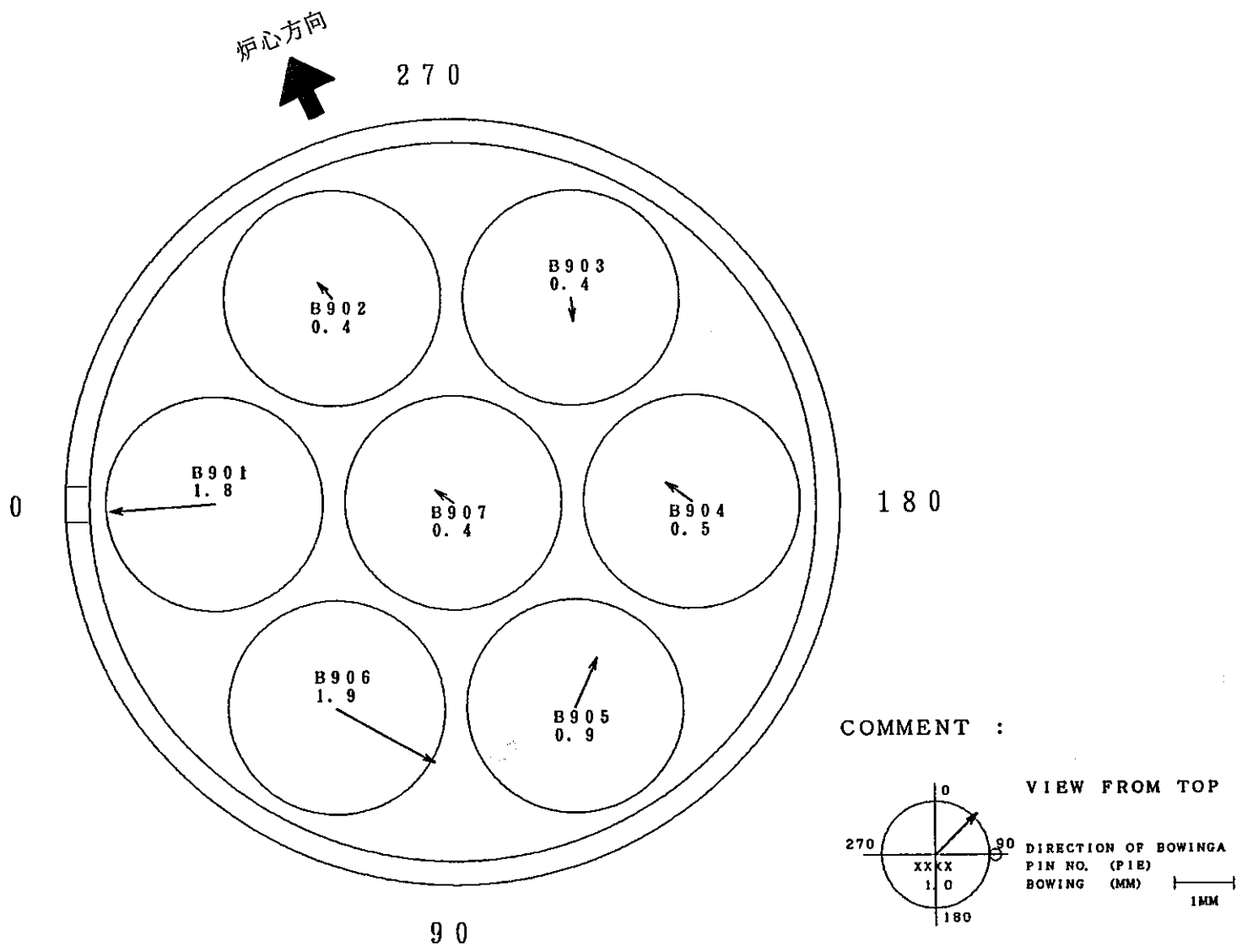
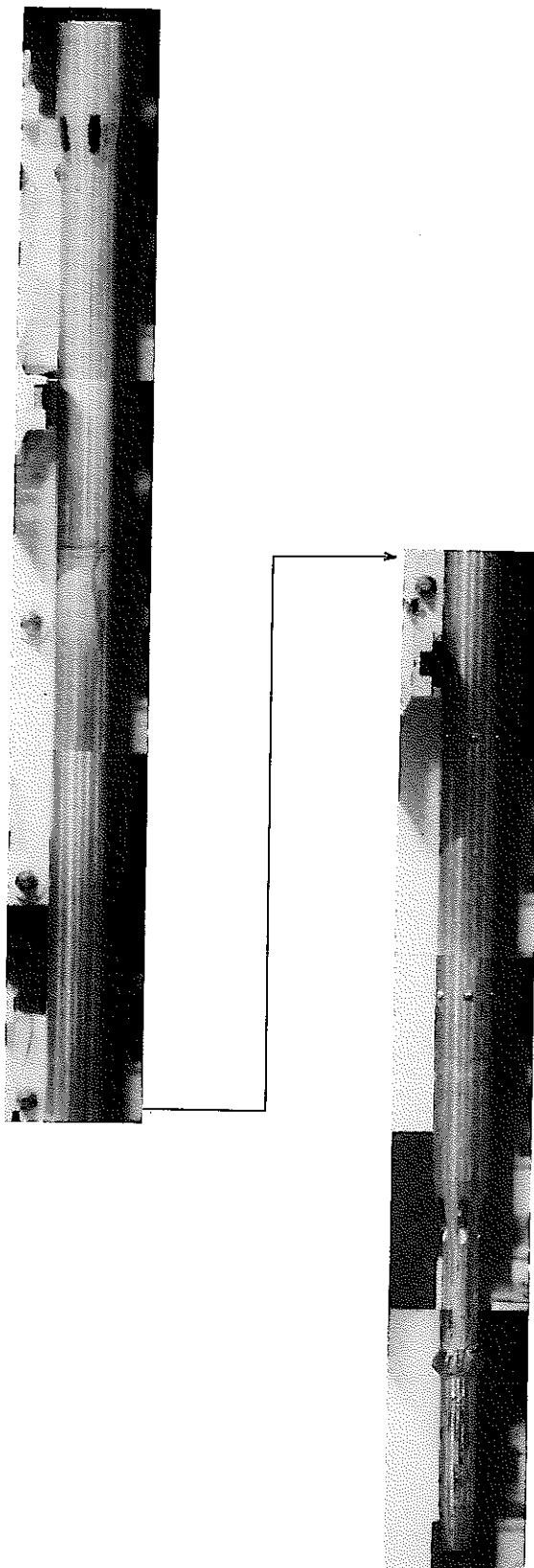


Fig 7 Bowing Vector of Pins

# MCR107

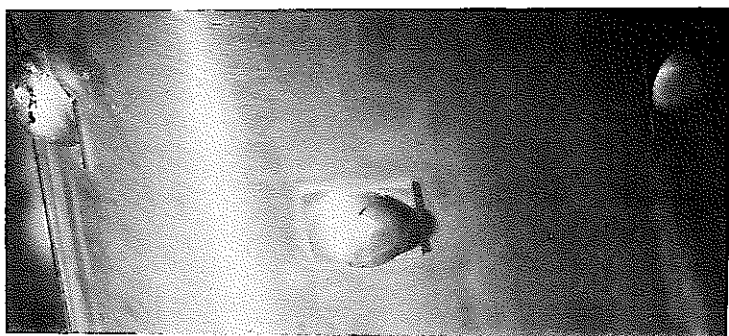


(after)

DIRECTION 0°

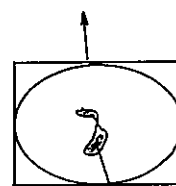
**F881004**

Photo 1 Surface Condition of the Control Rod



TOP側

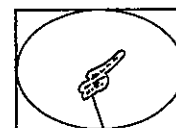
防振機構用突起部



接触傷



BOTTOM側



接触傷

Photo 2 Surface Condition of the Bosses for Vibration Proof

TOP

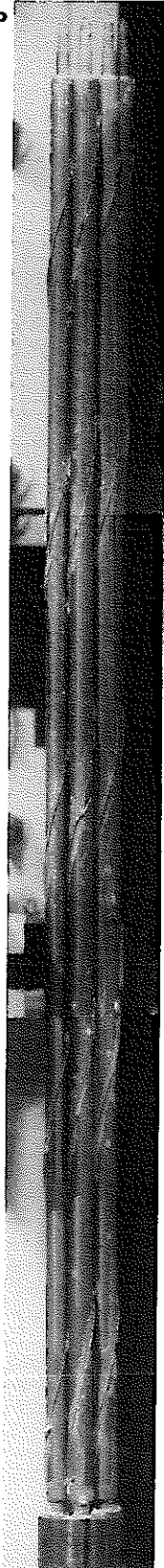
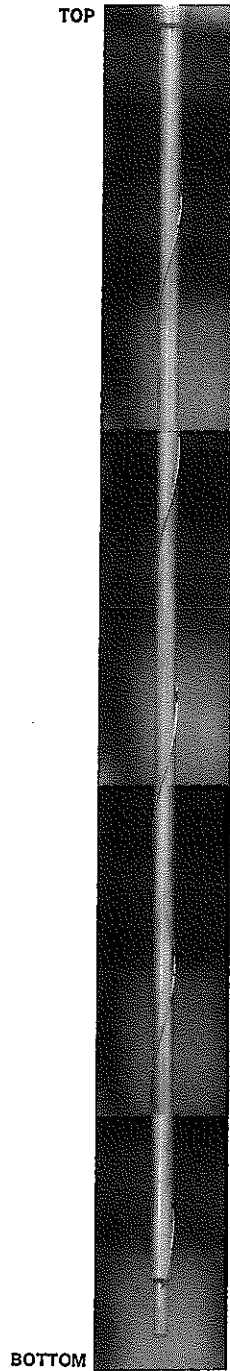


Photo 3 Surface Condition of Pin Bundle

# MCR107

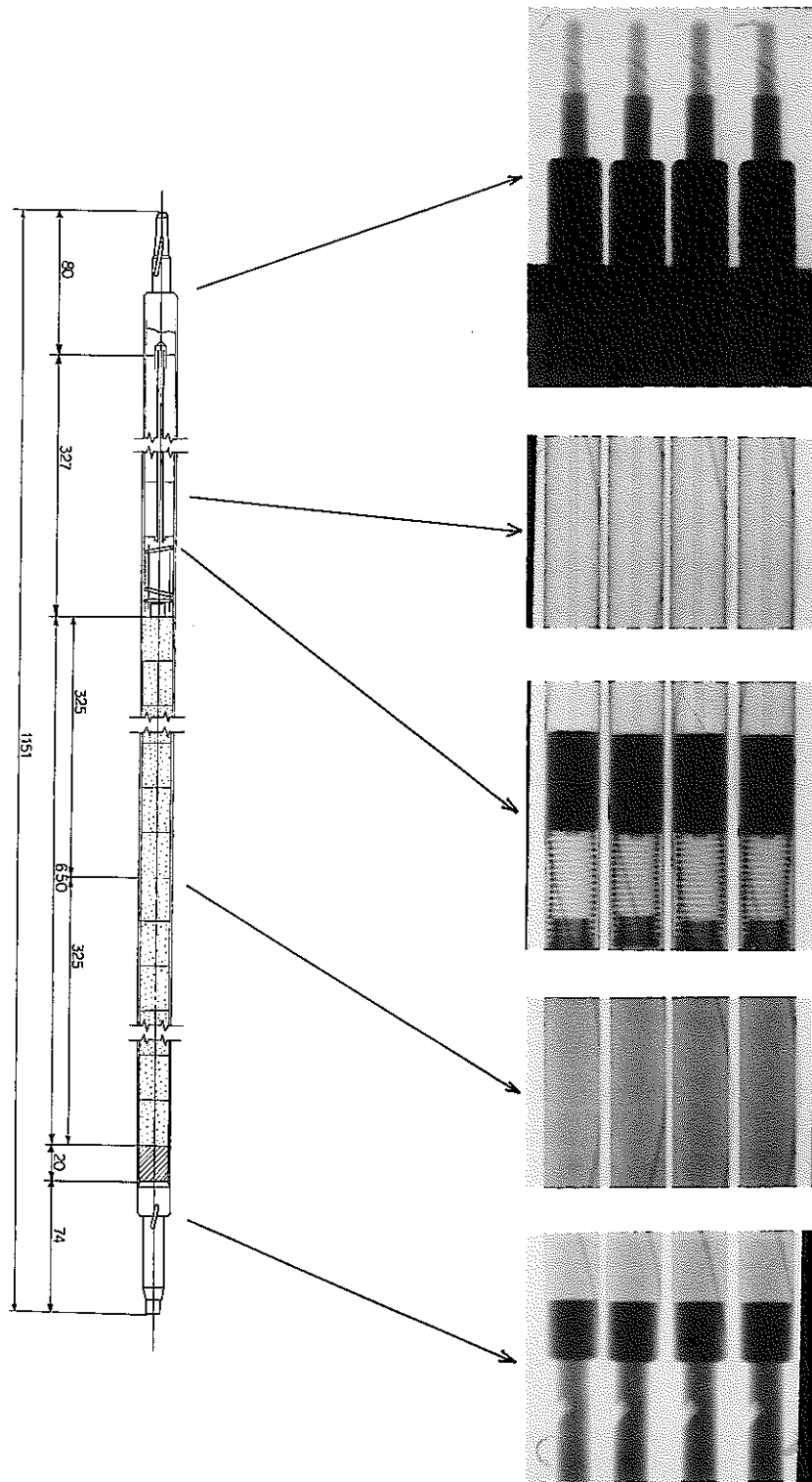
PIN NO. B901



DIRECTION 0°

Photo 4 Surface Condition of the Absorber Pin

# MCR107



**F884009**

Photo 5 Pin X-ray Radiography

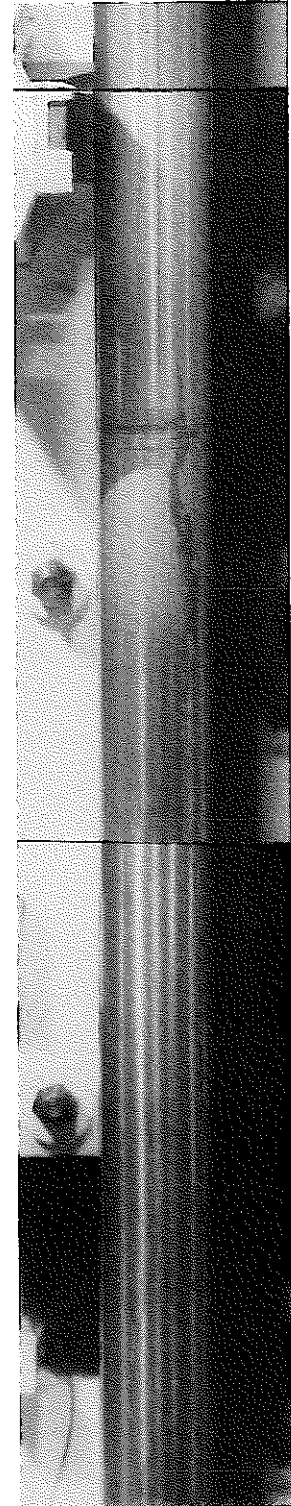
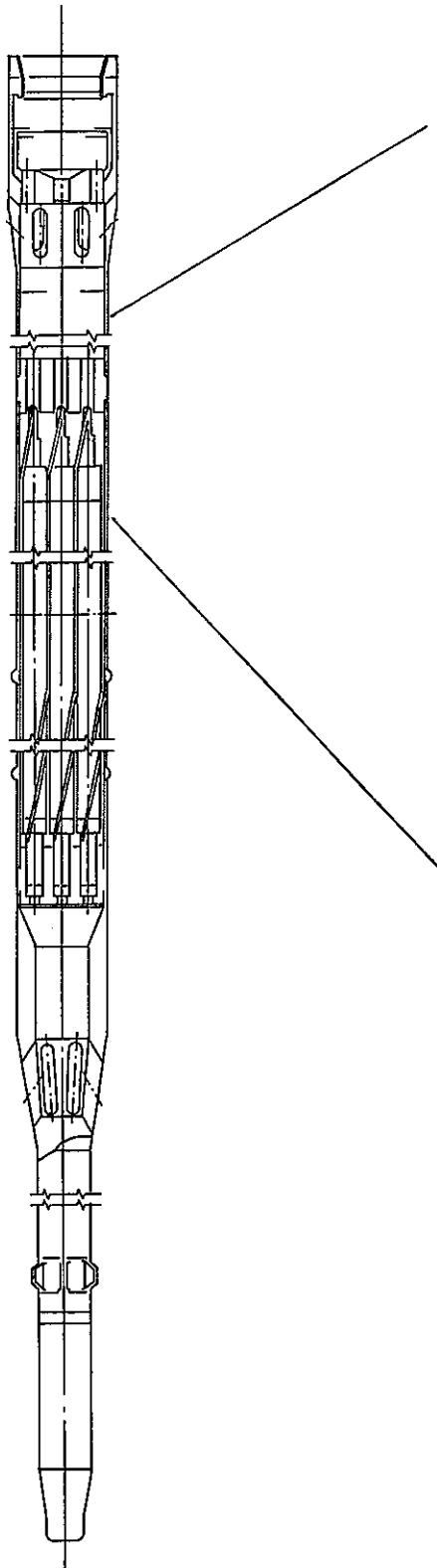


Photo 6 Scar marks on the Surface of the Control Rod