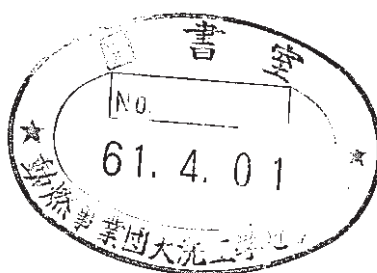


# 「常陽」MK-II炉心燃料 (PFD001) 照射後試験(I)

## 集合体及び燃料要素の非破壊試験



1986年2月

| 技術資料コード                                                                      |                   |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 開示区分                                                                         | レポートNo.           |
|                                                                              | PNC TN9410 86-137 |
| <p>この資料は 図書室保存資料です<br/>閲覧には技術資料閲覧票が必要です</p> <p>動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室</p> |                   |

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 炉心燃料 (PFD 001) 照射後試験(I)

## — 集合体及び燃料要素の非破壊試験 —

実施責任者 田 地 弘 勝\*

報 告 者 小 高 英 男\* 平 沢 久 夫\*

小 形 佳 昭\*\* 榎 戸 裕 二\*

「常陽」MK-II 炉心燃料集合体「PFD 001」平均燃焼度約 31,700 MWD/MTM) の集合体及び燃料要素の非破壊試験を実施した。本集合体は、「常陽」100 MWt 出力上昇から 100 MWt 第 3 サイクルの間で照射されたものであり、炉内装荷位置は炉心中心第 0 列である。

本集合体は、MK-II 初装荷炉心燃料について燃焼度をパラメータとして試験を実施する 3 体目の集合体であり、照射後試験の目的は使用中の健全性の確認と照射挙動の把握である。

本試験の結果の概要は下記の通りである。

- (1) 集合体表面には若干の傷、変色が確認されたものの、全体としては変形や亀裂等は確認されなかった。また、集合体洗浄においても FP 核種の検出もなく炉内での挙動は正常であり健全であった。
- (2) ラッパ管対面間距離では、有意差を超える増加が認められたが増加量は小さい。この点に関して今後は照射クリープとスエリングに着目した詳細な定量的評価を進めていく必要がある。
- (3) ピン表面には、これまでの MK-II 集合体と同様に被覆管と隣接するワイヤとの干渉による接触跡が観察されたが、寸法的には MK-I のそれと比べ小さく、深さもほとんどなく、発生頻度も少ないことが再確認できた。

---

\* 大洗工学センター 照射燃料集合体試験室

\*\* (現) " 照射材料試験室

## 目 次

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 1. まえがき .....             | 1  |
| 2. 供試試料 .....             | 2  |
| 2.1 主要仕様 .....            | 2  |
| 2.2 部 品 .....             | 2  |
| 3. 照射条件 .....             | 3  |
| 3.1 「常陽」運転履歴 .....        | 3  |
| 3.2 炉内照射位置 .....          | 3  |
| 3.3 集合体照射条件 .....         | 3  |
| 3.4 ピン照射条件 .....          | 3  |
| 4. 試験結果 .....             | 4  |
| 4.1 試験の概要 .....           | 4  |
| 4.2 集合体試験 .....           | 4  |
| 4.2.1 ナトリウム洗浄 .....       | 4  |
| 4.2.2 外観検査 .....          | 4  |
| 4.2.3 寸法測定 .....          | 4  |
| 4.2.4 中間パッド部詳細外観検査 .....  | 5  |
| 4.3 ピン試験 .....            | 5  |
| 4.3.1 外観検査 .....          | 5  |
| 4.3.2 X線ラジオグラフィ .....     | 6  |
| 4.3.3 重量測定 .....          | 6  |
| 4.3.4 詳細外観検査 .....        | 6  |
| 4.3.5 寸法測定 .....          | 6  |
| 4.3.6 ガンマスキャン .....       | 7  |
| 4.3.7 パンクチャテスト .....      | 8  |
| 5. 結果の検討 .....            | 9  |
| 5.1 集合体及び燃料要素の健全性評価 ..... | 9  |
| 5.1.1 構造体の健全性 .....       | 9  |
| 5.1.2 燃料ピンの健全性 .....      | 9  |
| 5.2 照射挙動評価 .....          | 9  |
| 5.2.1 集合体外形変化 .....       | 9  |
| 5.2.2 スタック長変化 .....       | 10 |

|       |                       |    |
|-------|-----------------------|----|
| 5.2.3 | 燃料ピン寸法変化 .....        | 10 |
| 5.2.4 | ピン内ガス圧変化及びガス放出率 ..... | 11 |
| 6.    | あとがき .....            | 12 |
| 7.    | 参考文献 .....            | 13 |

## List of Tables

|         |                                                                                |    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table 1 | Differences in Specifications of Core Fuel Subassembly (MK-I and MK-II ) ..... | 14 |
| Table 2 | Pin Parts List .....                                                           | 15 |
| Table 3 | Subassembly Irradiation Conditions .....                                       | 23 |
| Table 4 | Pin Weight Changes .....                                                       | 24 |
| Table 5 | Pin Total Length Changes .....                                                 | 25 |
| Table 6 | Peaking Factors of the Subassembly (Predicted and Measured) .....              | 26 |
| Table 7 | Results of Plenum Gas Analysis .....                                           | 27 |

## List of Figures

|           |                                                                         |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 1    | Pin Loading Diagram .....                                               | 28 |
| Fig. 2    | In-Reactor Location of the Subassembly .....                            | 29 |
| Fig. 3(1) | Axial Profile Fuel Temperature (Center and Surface) .....               | 30 |
| Fig. 3(2) | Axial Profile of Fluence and Cladding Temperature .....                 | 31 |
| Fig. 3(3) | Axial Profile of Linear Heat Rate .....                                 | 32 |
| Fig. 3(4) | Axial Profile of Burn-up of Center Pin .....                            | 33 |
| Fig. 4    | Pins Selected for the Examinations .....                                | 34 |
| Fig. 5    | Wrapper Tube Face to Face Distance (Face A - D) .....                   | 35 |
| Fig. 6    | Wrapper Tube Face to Face Distance (Face B - E) .....                   | 36 |
| Fig. 7    | Wrapper Tube Face to Face Distance (Face C - F) .....                   | 37 |
| Fig. 8    | Bowing Vector of the Subassembly .....                                  | 38 |
| Fig. 9    | Surface Temperature Profile of the Subassembly in Axial Direction ..... | 39 |
| Fig. 10   | Pin Weight Changes .....                                                | 40 |
| Fig. 11   | Axial Profile of a Fuel Pin Outer Diameter (Pin No. 8164) .....         | 41 |
| Fig. 12   | Bowing Vectors of Pins .....                                            | 42 |
| Fig. 13   | Axial Profile of Pin Bowing .....                                       | 43 |
| Fig. 14   | Axial Distribution of Gamma-ray Intensity in a Center Pin. ....         | 44 |
| Fig. 15   | Radial Distribution of Gamma-ray Intensity in the Subassembly .....     | 45 |

|         |                                                                                                      |    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 16 | Emission Tomographs of Radionuclides in a Center Pin<br>(Pin No. 8164) .....                         | 47 |
| Fig. 17 | Plenum Gas Pressure .....                                                                            | 48 |
| Fig. 18 | Wrapper Tube Face to Face Distance Changes as a Function<br>of the Subassembly Maximum Fluence ..... | 49 |
| Fig. 19 | Subassembly Bowing as a Function of the Subassembly<br>Average Fluence .....                         | 50 |
| Fig. 20 | Fuel Stack Length Changes .....                                                                      | 51 |
| Fig. 21 | Pin Maximum Bowing as a Function of Pin Average Fluence ..                                           | 52 |
| Fig. 22 | Pin Outer Diameter Changes as a Function of<br>Subassembly Maximum Fluence .....                     | 53 |
| Fig. 23 | Fission Gas Release Rate as a Function of Subassembly<br>Average Burn-up .....                       | 54 |
| Fig. 24 | Plenum Gas Pressure as a Function of Subassembly<br>Average Burn-up .....                            | 55 |

## List of Photographs

|          |                                                                    |    |
|----------|--------------------------------------------------------------------|----|
| Photo. 1 | Surface Condition of the Subassembly after Sodium<br>Removal ..... | 57 |
| Photo. 2 | Surface Condition of Middle Pads .....                             | 59 |
| Photo. 3 | Condition of Pin Bundle .....                                      | 61 |
| Photo. 4 | Condition of Pin X-ray Radiography .....                           | 63 |

## 1. ま え が き

高速実験炉「常陽」は、昭和56年12月にMK-I炉心の運転を終了し、約1年間の移行準備期を経てMK-II炉心へ移行された。MK-II炉心は、照射炉として炉の熱出力をMK-I炉心の75 MWt から100 MWtに上昇させ、より高密度の高速中性子束を得るためにMK-I燃料と比べて、燃料組成及び燃料要素の構成を変えてある。MK-IとMK-IIの炉心燃料集合体の主要な相違点をTable 1に示す。

MK-II炉心燃料集合体の認可燃焼度は、集合体平均で50,000 MWD/MTMである。MK-II炉心構成要素照射後試験基本計画<sup>(1)</sup>では、初装荷燃料がこの燃焼度に致達するまでに段階的に6体の照射後試験を行い、健全性の評価を行うことになっている。

本集合体PFD 001は、このうち3体目の炉心燃料集合体であり、装荷位置は炉心中心で、100 MWt出力上昇から100 MWt第3サイクルの間炉心内で照射され、第4サイクルで炉内貯蔵ラックに移送されて1サイクル冷却された。「PFD 001」の集合体平均燃焼度は、31,700 MWD/MTM、積算中性子束（ポイント最大）は $4.92 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$  ( $E \geq 0.1 \text{ MeV}$ )である。

照射燃料集合体試験室（FMS）では、集合体及び燃料ピンの非破壊試験を実施し、健全性を確認するとともに燃料設計にフィードバックさせるための各種照射データベースの拡充を図った。

集合体試験として、ナトリウム洗浄、外観検査、寸法測定、ピン試験として、外観検査、X線ラジオグラフィ、重量測定（以上全数試験）、寸法測定、詳細外観検査、ガンマスキャン、パンクチャ試験（以上抜取試験）を実施した。

なお、燃料ピンのうち12本を高速炉燃料再処理試験に供するため、東海事業の高レベル放射性物質研究施設（CPF）へ移送した。

## 2. 供 試 試 料

### 2.1 主要仕様

本集合体の燃料要素の主な仕様を Table 1 に示す。

### 2.2 部 品

PFD 001 の集合体内のピンの配置を Fig. 1 に示す。また各燃料ピンの部品リストを Table 2 に示す。その他製造時データは、DBS (「常陽」燃料データバンキングシステム)<sup>(2)</sup> に登録されている。

### 3. 照 射 条 件

#### 3.1 「常陽」運転履歴

PFD 001 は、昭和 57 年 5 月 26 日に炉内へ装荷され昭和 59 年 8 月 23 日に炉外へ取出された。この間の「常陽」運転サイクルは、100 MWt 出力上昇サイクルより 100 MWt 第 4 サイクルまでである。「常陽」運転状況の詳細については、「常陽」照射サイクル報<sup>(3)</sup>（第 0 ～ 2 及び第 3 サイクル）を参照されたい。

#### 3.2 炉内照射位置

炉内照射位置を照射最終サイクル（100 MWt 第 3 サイクル）の炉心構成とともに Fig. 2 に示す。本集合体は炉心中心の第 0 列に装荷されていた。

#### 3.3 集合体照射条件

各サイクル毎の集合体照射条件を Table 3<sup>(3)</sup> に示す。

#### 3.4 ピン照射条件

代表例として、中心ピン（ピン No. 8164）の EOL における照射条件を Fig. 3 に示す。

## 4. 試 験 結 果

### 4.1 試験の概要

本集合体は、集合体キャスクにより「常陽」から照射燃料集合体試験施設（FMF）へ移送された後、照射後試験基本計画に従い照射後試験を以下の手順で実施した。

まず、集合体の健全性を確認するための集合体試験（ナトリウム洗浄、外観検査、寸法測定）を実施し次に、集合体を解体し燃料ピンの取り出しを行った。燃料ピンについては、健全性確認のための全数試験（外観検査、X線ラジオグラフィ、重量測定）を実施した後に燃料ピンの照射挙動を把握するための選択試験（寸法測定、詳細外観検査、ガンマスキャンニング、ピンパンクチャ）を実施した。また、ラップ管については、パッド部の健全性確認のため中間パッド部の詳細外観検査を実施した。Fig. 4 に実施した試験の一覧を示す。

### 4.2 集合体試験

#### 4.2.1 ナトリウム洗浄

本集合体は既に炉サイトで洗浄済のため湿り窒素ガスによるスチーム洗浄は実施せず、純水循環洗浄のみを2回実施した。最終洗浄水のpH値は、7.6であり中性を示した。

全ナトリウム付着量は約6 gであり、「常陽」で洗浄後搬入されたMK-I 炉心燃料集合体と同程度の量である。洗浄廃液中の放射性核種分析では、代表的なCP核種である $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ のみが検出され、FP核種は検出されなかった。

#### 4.2.2 外観検査

ナトリウム洗浄後の外観写真をPhoto. 1 に示す。

ラップ管表面では、C面の上部に浅い縦方向の傷が認められた。また、エントランスノズル部のオリフィス孔全周にかけて灰色に変色しているのが観察された他、上部パッド部においてはE、F面に縦傷が確認された。但しこれらの傷、変色は集合体の健全性に影響を及ぼすものとは考えられない。

#### 4.2.3 寸法測定

##### (1) 全 長

全長に関しては、照射前全長の平均値2,969.9 mmに対して照射後全長の平均値が2,969.1 mmであり変化量は-0.8 mmである。これは有意差 $\pm 1.0$  mmを超えておらず有意な変化とは認められない。既に照射後試験の終了している2体のMK-II 炉心燃料集合体における全長変化量もPFD 010<sup>(4)</sup>、0.6 mm、PFD 003<sup>(5)</sup>、-0.4 mmと同程度である。

## (2) 対面間距離

各対面間距離を測定した結果炉心中心付近で、照射前に比較して有意な増加が認められた（有意差 $\pm 0.1$  mm）。各対面の最大増加量は、A-D面間で0.29 mm、B-E面間で0.25 mm、C-F面間で0.17 mmであった。Fig. 5～7に各対面間距離の軸方向プロファイルを照射前値とともに示す。中間パッドにおいてはA-D面間のみに有意差をこえる増加が認められたが、他の対面間では誤差範囲であった。

## (3) 曲がり

集合体の曲がり測定結果をFig. 8に示す。

照射前の測定データは、中間パッド部が279°方向に0.4 mm、上部パッド部で327°方向に0.3 mmの曲がりが生じており、照射後の測定結果では中間パッド部の位置で160°方向に0.3 mm、上部パッド部の位置で162°方向に0.5 mmの曲がりであった。

## (4) 表面温度

Fig. 9に本集合体におけるA-D面間の表面温度測定結果を示す。

表面温度の測定は、集合体寸法測定装置の測定部に装着した接触式温度計を用いて測定を行った。炉心中心付近より上部パッド部に掛けて温度上昇が認められた。最高温度は上部パッド部付近であり、これはセル内温度と比較して11℃の温度上昇であった。

## 4.2.4 中間パッド部詳細外観検査

各面における外観写真をPhoto. 2に示す。

C面からD面、F面にかけて茶褐色の変色が確認された。またF面にかけては白色の変色が確認された。中間パッド部には、腐食、変形、剥離は観察されず、すり傷が認められる程度であった。集合体寸法測定の結果、中間パッド部で有意差を超える増加が認められているが、その影響は外観検査上は認められなかった。

## 4.3 ピン試験

## 4.3.1 外観検査

外観写真をPhoto. 3に示す。

外観写真撮影については、第1列、第4列、第7列の計30本について実施し、目視による外観検査は全数の127本について実施した。

以下に外観検査の特徴を示す。

- (1) 第2列から第6列まで及び第10列、第11列の被覆管表面に隣接ピンのワイヤとの接触跡が観察された。発生頻度、大きさは、これまでのMK-II炉心燃料（PFD010，PFD003）と同程度であった。
- (2) 全燃料ピンとも付着物及び変色は観察されなかった。また、ワイヤのゆるみも観察されな

かった。

- (3) ピンバンドル全体としては、外周ピンの中央が外側に湾曲していた。これは、今までの炉心燃料集合体の残留湾曲挙動と同様であった。

#### 4.3.2 X線ラジオグラフィ

全数 127 本の X 線写真撮影を実施した。その結果、中心空孔及び 1 mm 以上のペレット間のギャップは全ピン観察されなかった。しかしスプリングのへたりは全ピンについて観察された。また、B 面の外周部に位置する 8134 ピンの下部インシュレータペレット部に幅が約 1 mm、長さが約 1.7 mm のカケと思われる状態が観察された。Photo. 4 に代表例として中心列の X 線写真を示す。また、照射前後のスタック長を比較した場合、ペレットロットにより増減が分かれる傾向を示した。( Fig. 20 参照 )

#### 4.3.3 重量測定

X 線ラジオグラフィにて観察された、カケの生じていた 8134 ピンを含む全ピン ( 127 本 ) において、照射前後の重量差に有意 (  $\pm 0.7$  g ) な変化を生じているピンは認められず燃料ピンの健全性が確認された。

Table 4, Fig. 10 に照射前後の重量変化を示す。

#### 4.3.4 詳細外観検査

検査対象ピン 15 本のうち 12 本をワイヤが付いた状態で、残り 3 本をワイヤを取り除いた状態で、燃料ピンの被覆管と隣接するワイヤとの干渉による接触跡の観察を実施した。

観察された接触跡は、大きさ、形状ともに、これまでの MK-II 炉心燃料にみられたものと同様で、燃焼にともなって進展している様子もない。

#### 4.3.5 寸法測定

##### (1) 全 長

Table 5 に試験対象ピン 13 本の全長測定結果を示す。

照射前後で有意差の  $\pm 1.0$  mm を超える変化は認められない。変化量は、最大で 0.6 mm、最小が -0.1 mm であり平均の変化量は、0.36 mm である。

##### (2) 外 径

有意な外径変化は、K 材、S 材ともに認められなかった。Fig. 11 に中心ピン ( 8164 ピン ) の外径測定プロファイルを示す。

##### (3) 曲がり

試験対象ピンは、中心ピン 1 本と外周ピン 12 本である。集合体内の曲がりベクトルを

Fig. 12 に示す。

本集合体は、炉内装荷位置が炉心中心であるため外周部の各ピンとも曲がり量の集合体内位置による特別な傾向はなく、平均的に外側に向かって曲がりを生じている。また、曲がり量は外周ピンで最小 15.5 mm から最大 24.0 mm であり平均で 20 mm であった。最大曲がりピン (Pin. No.8125) のプロファイルを Fig. 13 に示す。

曲がり量をコーナピンと周辺ピンとで比較すると、平均量がコーナピンで約 18 mm、周辺ピンで約 21 mm と周辺ピンの曲がり量が多い。これは、MK-I 炉心燃料集合体と同様に、集合体内において外周ピンの周囲の温度差がコーナピンより周辺ピンで大きいためと考えられる。

#### 4.3.6 ガンマスキャン

##### (1) 燃料ピンガンマスキャン

試験対象ピンとして外周のコーナピン 6 本と集合体中心ピン 1 本を選択し、軸方向スキャン測定、定点スペクトル測定を実施した。そのうち集合体中心ピンの F、P 分布の軸方向プロファイルを Fig. 14 に示す。

F、P 核種の分布で、軸方向のプロファイルに異常が観察されないことにより燃料の健全な燃焼が推定される。また、燃料内を移動しやすい<sup>137</sup>Cs 等についても軸方向に対しては顕著な移動及び蓄積は認められない。これは現在までに試験された 2 体の MK-II 炉心燃料も同様であった。

また、7 本の試験ピンの定点スペクトル測定を実施した。炉心の中心位置における径方向のピーキング係数を求めた結果を Fig. 15 に示す。核種は、燃料部で移動が少ない<sup>95</sup>Zr、<sup>106</sup>Rh と移動しやすい<sup>137</sup>Cs 及び主として被覆管の放射性核種である<sup>58</sup>Co について示した。径方向のピーキング係数は、<sup>95</sup>Zr、<sup>106</sup>Rh で 1.014、1.01、<sup>137</sup>Cs で 1.043、<sup>58</sup>Co では、1.018 と燃料ピンがほとんど均一に燃焼していることが推定される。Table 6 に軸方向、径方向のピーキング係数を示す。それぞれの核種は、「常陽」運転監視コードの計算値に近い値を示しており、炉内において正常に燃料が燃焼したものと推定される。

##### (2) 燃料ピン径方向スキャン (トモグラフィ)

集合体中心ピンの炉心燃料部中心位置において測定した結果を Fig. 16 に示す。放射能強度は、図示した文字の中のドット数または高さで表わされている。

<sup>95</sup>Zr は、ペレット内を移動しにくい核種であり、燃料ペレット内にほぼ均一に分布しておりペレット形状を表わしている。図の中央部の凹みは、中心空孔に対応していると考えられる。既に照射後試験の終了している MK-II 炉心燃料の PFD 010 の中心ピンの最大線出力は、約 320 W/cm であり、PFD 010 はその後の破壊試験結果で中心空孔は確認されなかったが、同じ MK-II 炉心燃料の PFD 003 の中心ピンは、最大線出力が約 360 W/cm であり

中心空孔が確認されている。

$^{137}\text{Cs}$  は、移動しやすく低湿部に集りやすい核種でありペレット内にほとんど存在せず、ペレットと被覆管の間のギャップ及びペレット外周に移動蓄積していることが認められる。また、 $^{54}\text{Mn}$  は被覆管の放射化核種であり被覆管の形状を表わしている。

#### 4.3.7 パンクチャテスト

試験対象ピン 16 本のうち、ガス圧測定のみ 12 本、ガス圧測定及びガス分析 4 本の試験を実施した。

##### (1) ガス圧

プレナムガス圧測定の結果を Fig. 17 に示す。最大ガス圧は、Pin.No 8114 の 3,226 Torr-STP であった。

試験対象ピンの平均燃焼度は、約 31,700 MWD/MTM から 32,000 MWD/MTM の間であり大きな変化はないが、ガス圧は AB 面が高くなっており各ピンで最大 3,226 Torr-STP から最小 2,856 Torr-STP までのバラツキが見られる。

##### (2) ガス分析

ガス分析の測定結果を Table 7 に示す。

燃料ピン内のガス中における Kr, Xe の割合は、平均で Kr が 6.4 %, Xe が 65.1 % である。またガス成分比 (モル比) は、平均して  $\text{Xe}/\text{Kr} = 10.17$  という測定結果であった。計算から求めた MK-II 炉心燃料のガス成分比は、 $\text{Xe}/\text{Kr} = 10.2$  であり、実測値は計算値に近い値でありピン内の Xe, Kr の割合は妥当と考えられる。

##### (3) ガス放出率

ガス放出率の測定結果は、41.8%~47.2% の範囲であった。ガス放出率は次式の計算により求めた。

$$\text{放出率} = \frac{\text{放出ガス量}}{\text{生成ガス量}}$$

$$\text{生成ガス量} : 19.7 \text{ cc-STP/Pin/a} \div \text{B.U}$$

$$\text{B.U} = \text{燃焼度}$$

## 5. 結果の検討

### 5.1 集合体及び燃料要素の健全性評価

#### 5.1.1 構造体の健全性

集合体に関しては、外観検査、ナトリウム洗浄、寸法測定の結果から、外形形状、表面状況及び内部状況に特異な変化は認められず、100 MW炉心定格第3サイクルまで炉内で健全性を保持していたといえる。ラッパー管の対面間離には、わずかな増加の傾向が認められるが、集合体の健全性に影響を与えるほどのものではない。

燃料ピンについても外観検査、重量測定あるいはX線ラジオグラフィの結果からバンドル配列の乱れや異物の混入は認められず、またピン表面の隣接するワイヤとの接触跡も燃焼度が上昇したにもかかわらず、これまでのMK-II炉心燃料と同程度であり、P/Rを小さくした効果が表われるなど健全性が確認された。

#### 5.1.2 燃料ピンの健全性

ナトリウム洗浄の廃液分析結果から、FP核種及び $\alpha$ 核種が検出されることもなく、パンクチャ試験のガス圧測定でも破損を示す事実は認められず燃料ピンは健全であった。

また、ピン形状においても、全長及び外径に有意な変化は生じていない。燃料ピンの燃焼については、ガンマスキャンの結果から燃料内を移動しやすい $^{137}\text{Cs}$ についても顕著な移動は観察されず、その他のFP核種においても軸方向プロファイルに異常が認められないことから健全な燃焼が推定される。

### 5.2 照射挙動評価

#### 5.2.1 集合体外形変化

##### (1) 対面間距離

Fig. 18にMK-I, MK-II炉心燃料集合体の対面間距離変化量を集合体最大中性子照射量で整理して示す。図より、約 $2 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2 (> 0.1 \text{ MeV})$ 以下では、MK-I, MK-IIともに増加の傾向は認められない。約 $2 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2 (> 0.1 \text{ MeV})$ を越えた付近からMK-Iでは若干の増加傾向が認められる。MK-IIでは現在までのところ本集合体だけがこの範囲に属するが、増加量はMK-Iに比べて、やや大きいといえる。

ラッパー管の対面間距離の変化は、主として、照射クリープとスエリングに起因するものと考えられる。照射クリープは、ラッパー管の内外を通る冷却材によって生ずる圧力差と温度により生ずると考えられるが、MK-IIの場合、圧力差、温度ともにMK-Iより大であり、定性的にはMK-IIの場合のほうが変化は大きくなる可能性はある。一方、スエリング

については、材料は類似であるが、MK-I の 10 % 冷間加工に比べ、MK-II は 20 % 冷間加工と MK-II のほうがスエリングが起きにくくなっていると考えられる。したがって定性的評価のみで本集合体の対面間距離変化を評価することはむずかしく、スエリング量の把握と照射クリープによる変形量の予測といった、定量的評価を今後行っていく必要がある。

## (2) 曲がり

Fig. 19 に MK-II 炉心燃料集合体の上部パッド部における照射前後の曲がり量変化を集合体平均中性子照射量で整理して示す。PFD 010, PFD 003 の 2 体は、中性子照射量の増加に伴って曲がり量も大きくなっていく傾向を示す。両集合体とも照射後の曲がり方向は炉心中心方向を示している。本集合体は中性子照射量は高いが、炉心中心位置であるため中性子束等の影響による方向性が小さいため、変化も小さくなったと考えられる。

## 5.2.2 スタック長変化

Fig. 20 に照射前後の炉心スタック長変化をペレットの製造ロット別に整理して示す。照射前後のスタック長の変化を比較した場合、ロット番号 FM 2003 にあっては全て伸びており、ロット番号 FM 2004 及び FM 2008 についてはほとんどが縮む傾向になっている。このスタック長の変化量の違いは、各ロット毎の製造時における密度、焼結温度、結晶粒径あるいは粉末の混合時間の違い等により、照射中のペレットの焼しまり程度に差が生じスタック長の変化が生じたと考えられるが、Table. 8 の照射前の各ロットの物性値測定結果に示すように各ロット毎に大きな違いが見られず、燃料スタック長変化のロットによる差の原因については、さらに検討が必要と思われる。

## 5.2.3 燃料ピン寸法変化

Fig. 21 に MK-I, MK-II 炉心燃料集合体の外周ピンの曲がり平均量を集合体平均中性子照射量で整理して示す。試験対象ピンの配置、集合体の装荷位置により多少の違いは生じると思われるが、MK-I, MK-II 燃料ピンとも集合体平均中性子照射量の増加に伴って曲がり量も増加していく傾向にある。曲がり量としては、MK-I, MK-II 炉心燃料ともほぼ同じ中性子照射量で同程度の量であるが、燃料ピンの全長が MK-I 炉心燃料が 1910 mm, MK-II 炉心燃料が 1533 mm と MK-II 炉心燃料が短いため曲率としては、曲がり量が同じ場合、MK-II 炉心燃料が MK-I 炉心燃料より大きい。

Fig. 22 に MK-I 炉心燃料ピンと MK-II 炉心燃料ピンの外径変化量を中性子照射量で整理して示す。この図より MK-II 炉心燃料ピンでは、いまだ外径変化が生じていない。これは、被覆管の材質である SUS 316 の冷間加工度を MK-I 炉心燃料集合体の 10 % から MK-II 炉心燃料集合体では 20 % としたため、SUS 316 材の耐スエリング性が増し外径増加量が低くなったものと考えられる。

#### 5.2.4 ピン内ガス圧変化及びガス放出率

Fig. 23 にガス放出率を集合体平均燃焼度で整理して示す。図より本集合体の放出率は、ほぼMK-I 燃料と同程度といえる。Fig. 24 にはピン内ガス圧を集合体平均燃焼度で整理して示す。図より本集合体の燃料ピンについてはMK-I よりやや低い値を示している。MK-I とMK-II のピン 1 本当りのガス主成量は同一燃焼度では約 3:2 であり、プレナム容積はほぼ等しい。したがって放出率が同等である場合、ピン内ガス圧はMK-II のほうが低くなると考えられる。本試験の結果は、この傾向を示しているといえる。

## 6. あ と が き

本集合体 PFD 001 は、FMS で実施した 3 体目の MK-II 炉心燃料集合体であり、試験目的は使用中の健全性の確認と照射挙動の把握である。健全性の確認では、炉心燃料集合体の設計寿命が、50000 MWD/MTM と規定されており、その設計寿命までの健全性を MK-I 炉心燃料集合体の試験結果を参照にしつつ確認する必要がある。また、重要なことは、MK-II 炉心の運転初期の健全性であり今までに照射後試験を実施した 3 体の集合体は、100 MW 出力上昇サイクルで 1 体、定格第 1 サイクルまでに 1 体、定格第 3 サイクルで 1 体であり、3 体の集合体の健全性が確認された。照射挙動の把握は、炉心装荷位置、燃焼度等をパラメータにとり MK-I 炉心燃料と異なる照射条件下での照射挙動を把握するとともに、燃焼度 50000 MWD/MTM まで照射後試験を実施し総合的に把握する必要がある。

PFD 001 について得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 集合体表面は、変形、亀裂等は確認されず、集合体洗浄においても FP 核種の検出もなく燃料ピンの破損がないことが確認され、炉内での挙動は正常であり健全であったといえる。
- (2) 集合体の対面間距離では、有意差 ( $\pm 0.1$  mm) を超える増加が確認されたが、増加量は小さく、集合体の健全性に何ら影響を与えるものではないが、今後、引続き監視していくとともに、照射クリープとスエリングに着目した、詳細な定量的評価を進めていく必要があると考えられる。
- (3) 隣接ピンのワイヤとの接触により生じる被覆管表面の接触跡については、発生頻度も少なく、先行の MK-II 炉心燃料集合体と同様であり、燃焼度増加に伴う進行性はないといえる。

本試験を通じ、MK-II 炉心燃料の照射データベースの拡充が図られた。

## 7. 参 考 文 献

- (1) 「常陽」MK-II 炉心構成要素照射後試験基本計画  
PNC N908 83-01
- (2) 「常陽」MK-II 燃料データバンキングシステムの開発 (I)  
SJ 199 804-17
- (3) 「常陽」照射試験サイクル報 (第3サイクル)  
PNC SN936 84-02
- (4) 「常陽」MK-II 炉心燃料集合体 (PFD010) の照射後試験 (I)  
PNC SN941 84-33
- (5) 「常陽」MK-II 炉心燃料集合体 (PFD003) の照射後試験 (I)  
PNC SN941 82-119

Table 1 Differences in Specifications of Core Fuel Subassemblies (MK-I and MK-II)

| 項 目                                                          | MK - II                      | MK - I                       | 単位   | 備 考           |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------|---------------|
| 燃料集合体                                                        |                              |                              |      |               |
| 全 長                                                          | 2970                         | 2970                         | mm   |               |
| 燃料ピン配列ピッチ                                                    | 6.47                         | 7.6                          | mm   |               |
| 燃料ピン本数                                                       | 127                          | 91                           | 本    |               |
| 全重量                                                          | 約 57                         | 約 60                         | kg   |               |
| ラッパー管                                                        |                              |                              |      |               |
| 全 長                                                          | 1786                         | 2160                         | mm   |               |
| 外側対面間距離                                                      | 78.5                         | 78.5                         | mm   |               |
| 内側対面間距離                                                      | 74.7                         | 74.7                         | mm   |               |
| 厚 さ                                                          | 1.9                          | 1.9                          | mm   | * 1 冷間加工 20 % |
| 材 質                                                          | SUS 361*1                    | SUS 316*2                    |      | * 2 冷間加工 10 % |
| 燃料ピン                                                         |                              |                              |      |               |
| 全 長                                                          | 1533                         | 1910                         |      |               |
| 炉心燃料部                                                        |                              |                              |      |               |
| 燃料組成                                                         | $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ | $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ |      |               |
| プルトニウム富化度                                                    | 30                           | 17.7                         | 重量%  |               |
| ウラン235濃縮度                                                    | 12.0                         | 23                           | 重量%  |               |
| プルトニウム組成比<br>( $\text{Pu 235} + \text{Pu 241} / \text{Pu}$ ) | >74.9                        | >80.3                        | 重量%  |               |
| 炉心部長さ                                                        | 550                          | 600                          | mm   |               |
| ペレット                                                         |                              |                              |      |               |
| 直 径                                                          | 4.63                         | 5.4                          | mm   |               |
| 長 さ                                                          | 9                            | 10                           | mm   |               |
| 密 度                                                          | 93                           | 94                           | % TD |               |
| インシュレータペレット                                                  |                              |                              |      |               |
| 燃料組成                                                         | 劣化 $\text{UO}_2$             | —                            |      |               |
| ペレット部長さ                                                      | 12                           | —                            | mm   |               |
| ペレット                                                         |                              |                              |      |               |
| 直 径                                                          | 4.6                          | —                            | mm   |               |
| 長 さ                                                          | 12                           | —                            | mm   |               |
| 密 度                                                          | 94                           | —                            | % TD |               |
| 上部反射体                                                        |                              |                              |      |               |
| 直 径                                                          | 4.5                          | —                            | mm   |               |
| 長 さ                                                          | 100×3                        | —                            | mm   |               |
| 材 質                                                          | SUS 316                      | —                            |      | 冷間加工 20 %     |
| 被覆管                                                          |                              |                              |      |               |
| 長 さ                                                          | 1439                         | 1825                         | mm   |               |
| 外 径                                                          | 5.5                          | 6.3                          | mm   |               |
| 内 径                                                          | 4.8                          | 5.6                          | mm   |               |
| 肉 厚                                                          | 0.35                         | 0.35                         | mm   |               |
| 材 質                                                          | SUS 316CW*3                  | SUS 316CW*4                  |      | * 3 冷間加工 20 % |
| スペーサワイヤー                                                     |                              |                              |      | * 4 冷間加工 10 % |
| ワイヤ径                                                         | 0.9                          | 1.2                          | mm   |               |
| ラッピングピッチ                                                     | 209                          | 266                          | mm   |               |
| 材 質                                                          | SUS 316*5                    | SUS 316*6                    |      | * 5 冷間加工 20 % |
| プレナム容積                                                       | 9.3                          | 8.79                         | cc   | * 6 溶体化処理     |
| エントランスノズル全長                                                  | 1120                         | 750                          | mm   |               |
| ハンドリングヘッド全長                                                  | 114                          | 114                          | mm   |               |

Table2 Pin Parts List

| LOCATION | PIN NO | SPRING | UPPER               | INSULATOR        | -- CORE PELLET -- |               | -- EUO2 POWDER -- |               | -- PUO2 POWDER -- |               |
|----------|--------|--------|---------------------|------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
|          |        | LOT NO | REFLECTOR<br>LOT NO | PELLET<br>LOT NO | (1)<br>LOT NO     | (2)<br>LOT NO | (1)<br>LOT NO     | (2)<br>LOT NO | (1)<br>LOT NO     | (2)<br>LOT NO |
| 001      | 00026  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 002      | 00025  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 003      | 00024  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 004      | 00023  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 005      | 00022  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 006      | 00020  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 007      | 00018  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 008      | 00017  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 009      | 00016  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 010      | 00015  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 011      | 00014  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 012      | 00013  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 013      | 00002  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 014      | 00001  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 015      | 00052  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 016      | 00051  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 017      | 00050  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 018      | 00049  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 019      | 00047  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 020      | 00045  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 021      | 00043  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 022      | 00042  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 023      | 00041  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 024      | 00039  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 025      | 00038  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 026      | 00037  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 027      | 00036  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 028      | 00035  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 029      | 00034  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 030      | 00032  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 031      | 00031  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 032      | 00030  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 033      | 00029  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 034      | 00028  | F001   | T001                | F001             | FM2003            |               | FU0206            | FU0208        | FP0104            |               |
| 035      | 00081  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |

Table 2 Continued

| LOCATION | PIN NO | SPRING<br>LOT NO | UPPER<br>REFLECTOR<br>LOT NO | INSULATOR<br>PELLET<br>LOT NO | -- CORE PELLETS --<br>(1) (2)<br>LOT NO LOT NO | -- EUO2 POWDER --<br>(1) (2)<br>LOT NO LOT NO | -- PUO2 POWDER --<br>(1) (2)<br>LOT NO LOT NO |
|----------|--------|------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 036      | 00080  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 037      | 00078  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 038      | 00075  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 039      | 00074  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 040      | 00073  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 041      | 00072  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 042      | 00069  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 043      | 00068  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 044      | 00067  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 045      | 00064  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 046      | 00063  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 047      | 00062  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 048      | 00060  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 049      | 00059  | F001             | T001                         | F001                          | FM2003                                         | FU0206 FU0208                                 | FP0104                                        |
| 050      | 00058  | F001             | T001                         | F001                          | FM2003                                         | FU0206 FU0208                                 | FP0104                                        |
| 051      | 00057  | F001             | T001                         | F001                          | FM2003                                         | FU0206 FU0208                                 | FP0104                                        |
| 052      | 00056  | F001             | T001                         | F001                          | FM2003                                         | FU0206 FU0208                                 | FP0104                                        |
| 053      | 00108  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 054      | 00106  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 055      | 00105  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 056      | 00103  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 057      | 00102  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 058      | 00101  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 059      | 00100  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 060      | 00099  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 061      | 00098  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 062      | 00097  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 063      | 00096  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 064      | 00095  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 065      | 00094  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 066      | 00093  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 067      | 00090  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 068      | 00089  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 069      | 00087  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |
| 070      | 00086  | F001             | T001                         | F001                          | FM2004                                         | FU0209 FU0210                                 | FP0104 FP0105                                 |

Table 2 Continued

| LOCATION | PIN NO | SPRING | UPPER               | INSULATOR        | -- CORE PELLET -- |               | -- EUO2 POWDER -- |               | -- PUO2 POWDER -- |               |
|----------|--------|--------|---------------------|------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
|          |        | LOT NO | REFLECTOR<br>LOT NO | PELLET<br>LOT NO | (1)<br>LOT NO     | (2)<br>LOT NO | (1)<br>LOT NO     | (2)<br>LOT NO | (1)<br>LOT NO     | (2)<br>LOT NO |
| 071      | 00085  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 072      | 00084  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 073      | 00083  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 074      | 00132  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 075      | 00131  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 076      | 00130  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 077      | 00128  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 078      | 00127  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 079      | 00126  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 080      | 00125  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 081      | 00124  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 082      | 00123  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 083      | 00122  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 084      | 00121  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 085      | 00120  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 086      | 00119  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 087      | 00118  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 088      | 00117  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 089      | 00116  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 090      | 00115  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 091      | 00114  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 092      | 00113  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 093      | 00112  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 094      | 00111  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 095      | 00110  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 096      | 00109  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 097      | 00159  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 098      | 00158  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 099      | 00157  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 100      | 00156  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 101      | 00153  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 102      | 00152  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 103      | 00151  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 104      | 00149  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 105      | 00148  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |

Table 2 Continued

| LOCATION | PIN NO | SPRING | UPPER               | INSULATOR        | -- CORE PELLET -- |               | -- EU02 POWDER -- |               | -- PU02 POWDER -- |               |
|----------|--------|--------|---------------------|------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
|          |        | LOT NO | REFLECTOR<br>LOT NO | PELLET<br>LOT NO | (1)<br>LOT NO     | (2)<br>LOT NO | (1)<br>LOT NO     | (2)<br>LOT NO | (1)<br>LOT NO     | (2)<br>LOT NO |
| 106      | 00147  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 107      | 00146  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 108      | 00145  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 109      | 00144  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 110      | 00143  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 111      | 00142  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 112      | 00141  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 113      | 00140  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 114      | 00139  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 115      | 00138  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 116      | 00137  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 117      | 00136  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 118      | 00135  | F001   | T001                | F001             | FM2004            |               | FU0209            | FU0210        | FP0104            | FP0105        |
| 119      | 00187  | F001   | T001                | F001             | FM2008            |               | FU0218            | FU0219        | FP0107            | FP0108        |
| 120      | 00185  | F001   | T001                | F001             | FM2008            |               | FU0218            | FU0219        | FP0107            | FP0108        |
| 121      | 00184  | F001   | T001                | F001             | FM2008            |               | FU0218            | FU0219        | FP0107            | FP0108        |
| 122      | 00180  | F001   | T001                | F001             | FM2008            |               | FU0218            | FU0219        | FP0107            | FP0108        |
| 123      | 00178  | F001   | T001                | F001             | FM2008            |               | FU0218            | FU0219        | FP0107            | FP0108        |
| 124      | 00177  | F001   | T001                | F001             | FM2008            |               | FU0218            | FU0219        | FP0107            | FP0108        |
| 125      | 00175  | F001   | T001                | F001             | FM2008            |               | FU0218            | FU0219        | FP0107            | FP0108        |
| 126      | 00173  | F001   | T001                | F001             | FM2008            |               | FU0218            | FU0219        | FP0107            | FP0108        |
| 127      | 00172  | F001   | T001                | F001             | FM2008            |               | FU0218            | FU0219        | FP0107            | FP0108        |

Table 2 Continued

| LOCATION | PIN NO | U.E.P NO | CLADDING TUBE |          | WRAPPING WIRE |         | U.E.P | L.E.P | ROD FOR END PLUG |                  | PLEN. SLEEVE<br>ASSEMBLY | SLEEVE | DISK |
|----------|--------|----------|---------------|----------|---------------|---------|-------|-------|------------------|------------------|--------------------------|--------|------|
|          |        |          | LOT NO        | PROD. NO | LOT NO        | LEEL NO |       |       | (LOW.)<br>LOT NO | (UPP.)<br>LOT NO |                          |        |      |
| 001      | 00026  | 00025    | K001          | K00071   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 002      | 00025  | 00024    | K001          | K00201   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 003      | 00024  | 00023    | K001          | K00066   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 004      | 00023  | 00022    | K001          | K00198   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 005      | 00022  | 00021    | K001          | K00203   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 006      | 00020  | 00019    | K001          | K00187   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 007      | 00018  | 00017    | K001          | K00056   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 008      | 00017  | 00016    | K001          | K00204   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 009      | 00016  | 00015    | K001          | K00077   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 010      | 00015  | 00014    | K001          | K00055   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 011      | 00014  | 00013    | K001          | K00070   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 012      | 00013  | 00012    | K001          | K00069   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 013      | 00002  | 00003    | K001          | K00185   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 014      | 00001  | 00002    | K001          | K00068   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 015      | 00052  | 00050    | K001          | K00015   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 016      | 00051  | 00049    | K001          | K00047   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 017      | 00050  | 00048    | K001          | K00035   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 018      | 00049  | 00047    | K001          | K00053   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 019      | 00047  | 00045    | K001          | K00009   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 020      | 00045  | 00044    | K001          | K00011   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 021      | 00043  | 00042    | K001          | K00021   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 022      | 00042  | 00041    | K001          | K00033   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 023      | 00041  | 00040    | K001          | K00042   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 024      | 00039  | 00038    | K001          | K00087   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 025      | 00038  | 00036    | K001          | K00052   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 026      | 00037  | 00035    | K001          | K00084   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 027      | 00036  | 00034    | K001          | K00049   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 028      | 00035  | 00033    | K001          | K00089   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 029      | 00034  | 00032    | K001          | K00046   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 030      | 00032  | 00031    | K001          | K00043   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 031      | 00031  | 00030    | K001          | K00038   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 032      | 00030  | 00029    | K001          | K00099   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 033      | 00029  | 00028    | K001          | K00037   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 034      | 00028  | 00027    | K001          | K00034   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |
| 035      | 00081  | 00075    | K001          | K00248   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001             | K001             | F001                     | F001   | F001 |

Table 2 Continued

| LOCATION | PIN NO | U.E.P NO | CLADDING TUBE |          | WRAPPING WIRE |         | U.E.P | L.E.P | ROD FOR<br>(LOW.) | END PLUG<br>(UPP.) | PLEN. SLEEVE<br>ASSEMBLY | SLEEVE | DISK |
|----------|--------|----------|---------------|----------|---------------|---------|-------|-------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|------|
|          |        |          | LOT NO        | PROD. NO | LOT NO        | LEEL NO |       |       |                   |                    |                          |        |      |
| 036      | 00080  | 00074    | K001          | K00246   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 037      | 00078  | 00073    | K001          | K00184   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 038      | 00075  | 00071    | K001          | K00138   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 039      | 00074  | 00070    | K001          | K00172   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 040      | 00073  | 00069    | K001          | K00177   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 041      | 00072  | 00068    | K001          | K00107   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 042      | 00069  | 00066    | K001          | K00101   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 043      | 00068  | 00065    | K001          | K00104   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 044      | 00067  | 00064    | K001          | K00103   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 045      | 00064  | 00061    | K001          | K00225   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 046      | 00063  | 00060    | K001          | K00222   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 047      | 00062  | 00059    | K001          | K00230   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 048      | 00060  | 00057    | K001          | K00215   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 049      | 00059  | 00056    | K001          | K00228   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 050      | 00058  | 00055    | K001          | K00235   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 051      | 00057  | 00054    | K001          | K00217   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 052      | 00056  | 00053    | K001          | K00232   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 053      | 00108  | 00101    | K001          | K00299   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 054      | 00106  | 00100    | K001          | K00308   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 055      | 00105  | 00099    | K001          | K00307   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 056      | 00103  | 00098    | K001          | K00213   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 057      | 00102  | 00097    | K001          | K00212   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 058      | 00101  | 00096    | K001          | K00219   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 059      | 00100  | 00095    | K001          | K00233   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 060      | 00099  | 00094    | K001          | K00209   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 061      | 00098  | 00093    | K001          | K00206   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 062      | 00097  | 00092    | K001          | K00211   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 063      | 00096  | 00091    | K001          | K00208   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 064      | 00095  | 00090    | K001          | K00266   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 065      | 00094  | 00089    | K001          | K00261   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 066      | 00093  | 00088    | K001          | K00269   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 067      | 00090  | 00085    | K001          | K00270   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 068      | 00089  | 00084    | K001          | K00257   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 069      | 00087  | 00082    | K001          | K00255   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |
| 070      | 00086  | 00081    | K001          | K00254   | T002          | T00051  | C001  | C001  | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001 |

Table 2 Continued

| LOCATION | PIN NO | U.E.P NO | CLADDING TUBE |          | WRAPPING WIRE |         | U.E.P  | L.E.P  | ROD FOR<br>(LOW.) | END PLUG<br>(UPP.) | PLEN. SLEEVE<br>ASSEMBLY | SLEEVE | DISK   |
|----------|--------|----------|---------------|----------|---------------|---------|--------|--------|-------------------|--------------------|--------------------------|--------|--------|
|          |        |          | LOT NO        | PROD. NO | LOT NO        | LEEL NO | LOT NO | LOT NO | LOT NO            | LOT NO             | LOT NO                   | LOT NO | LOT NO |
| 071      | 00085  | 00080    | K001          | K00247   | T002          | T00051  | C001   | C001   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 072      | 00084  | 00079    | K001          | K00253   | T002          | T00051  | C001   | C001   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 073      | 00083  | 00078    | K001          | K00256   | T002          | T00051  | C001   | C001   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 074      | 00132  | 00125    | K002          | K00358   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 075      | 00131  | 00124    | K001          | K00317   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 076      | 00130  | 00123    | K001          | K00323   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 077      | 00128  | 00122    | K001          | K00301   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 078      | 00127  | 00121    | K001          | K00241   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 079      | 00126  | 00120    | K001          | K00242   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 080      | 00125  | 00119    | K001          | K00245   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 081      | 00124  | 00118    | K001          | K00243   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 082      | 00123  | 00117    | K001          | K00280   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 083      | 00122  | 00116    | K001          | K00282   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 084      | 00121  | 00115    | K001          | K00279   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 085      | 00120  | 00114    | K001          | K00277   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 086      | 00119  | 00113    | K001          | K00292   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 087      | 00118  | 00112    | K001          | K00273   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 088      | 00117  | 00111    | K001          | K00284   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 089      | 00116  | 00110    | K001          | K00291   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 090      | 00115  | 00109    | K001          | K00283   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 091      | 00114  | 00108    | K001          | K00272   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 092      | 00113  | 00107    | K001          | K00297   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 093      | 00112  | 00106    | K001          | K00303   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 094      | 00111  | 00105    | K001          | K00302   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 095      | 00110  | 00104    | K001          | K00300   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 096      | 00109  | 00103    | K001          | K00295   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 097      | 00159  | 00151    | S001          | S00058   | T002          | T00051  | C002   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 098      | 00158  | 00150    | S001          | S00057   | T002          | T00051  | C002   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 099      | 00157  | 00149    | S001          | S00049   | T002          | T00051  | C002   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 100      | 00156  | 00148    | S001          | S00055   | T002          | T00051  | C002   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 101      | 00153  | 00146    | K001          | K00314   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 102      | 00152  | 00145    | K002          | K00376   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 103      | 00151  | 00144    | K002          | K00355   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 104      | 00149  | 00142    | K002          | K00357   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |
| 105      | 00148  | 00141    | K002          | K00381   | T002          | T00051  | C001   | C002   | K001              | K001               | F001                     | F001   | F001   |

Table 2 Continued

| LOCATION | PIN NO | U.E.P NO | CLADDING TUBE |          | WRAPPING WIRE |         | U.E.P | L.E.P | ROD FOR END PLUG |               | PLEN. SLEEVE ASSEMBLY | SLEEVE | DISK |
|----------|--------|----------|---------------|----------|---------------|---------|-------|-------|------------------|---------------|-----------------------|--------|------|
|          |        |          | LOT NO        | PROD. NO | LOT NO        | LEEL NO |       |       | (LOW.) LOT NO    | (UPP.) LOT NO |                       |        |      |
| 106      | 00147  | 00140    | K002          | K00377   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 107      | 00146  | 00139    | K001          | K00347   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 108      | 00145  | 00138    | K002          | K00374   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 109      | 00144  | 00137    | K001          | K00328   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 110      | 00143  | 00136    | K001          | K00344   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 111      | 00142  | 00135    | K001          | K00319   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 112      | 00141  | 00134    | K001          | K00327   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 113      | 00140  | 00133    | K001          | K00330   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 114      | 00139  | 00132    | K001          | K00336   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 115      | 00138  | 00131    | K001          | K00348   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 116      | 00137  | 00130    | K001          | K00346   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 117      | 00136  | 00129    | K001          | K00345   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 118      | 00135  | 00128    | K001          | K00329   | T002          | T00051  | C001  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 119      | 00187  | 00175    | S001          | S00082   | T002          | T00051  | C002  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 120      | 00185  | 00174    | S001          | S00065   | T002          | T00051  | C002  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 121      | 00184  | 00173    | S001          | S00077   | T002          | T00051  | C002  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 122      | 00180  | 00172    | S001          | S00078   | T002          | T00051  | C002  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 123      | 00178  | 00171    | S001          | S00025   | T002          | T00051  | C002  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 124      | 00177  | 00170    | S001          | S00020   | T002          | T00051  | C002  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 125      | 00175  | 00168    | S001          | S00030   | T002          | T00051  | C002  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 126      | 00173  | 00166    | S001          | S00029   | T002          | T00051  | C002  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |
| 127      | 00172  | 00165    | S001          | S00026   | T002          | T00051  | C002  | C002  | K001             | K001          | F001                  | F001   | F001 |

Table 3 Subassembly Irradiation Conditions

| サイクル           |           |        |                                     | 0     | 1     | 2     | 3     |  |  |
|----------------|-----------|--------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| 装荷位置           |           |        |                                     | 000   |       |       |       |  |  |
| 燃 焼 度          | ポイント最大    |        | MWD/T                               | 6300  | 16600 | 27200 | 37300 |  |  |
|                | 集合体平均     |        | MWD/T                               | 5300  | 13900 | 22800 | 31300 |  |  |
| 積 中 子<br>照 射 量 | En≥0.1MeV | ポイント最大 | ×10 <sup>20</sup> n/cm <sup>2</sup> | 77.8  | 213   | 354   | 492   |  |  |
|                |           | 集合体平均  | ×10 <sup>20</sup> n/cm <sup>2</sup> | 64.2  | 175   | 290   | 402   |  |  |
|                | Total     | ポイント最大 | ×10 <sup>20</sup> n/cm <sup>2</sup> | 111   | 300   | 496   | 690   |  |  |
|                |           | 集合体平均  | ×10 <sup>20</sup> n/cm <sup>2</sup> | 93.2  | 249   | 411   | 572   |  |  |
| 線 出 力          | B O C     | ポイント最大 | W/cm                                | 349   | 376   | 363   | 359   |  |  |
|                |           | 集合体平均  | W/cm                                | 292   | 309   | 301   | 300   |  |  |
|                | E O C     | ポイント最大 | W/cm                                | 346   | 368   | 355   | 351   |  |  |
|                |           | 集合体平均  | W/cm                                | 291   | 306   | 297   | 295   |  |  |
| 被覆管最高温度        | B O C     |        | ℃                                   | 601   | 608   | 605   | 604   |  |  |
|                | E O C     |        | ℃                                   | 601   | 606   | 602   | 602   |  |  |
| 燃料最高温度         | B O C     |        | ℃                                   | 2076  | 2191  | 2139  | 2120  |  |  |
|                | E O C     |        | ℃                                   | 2065  | 2159  | 2102  | 2083  |  |  |
| 集合体出口温度        | B O C     |        | ℃                                   | 551   | 555   | 553   | 552   |  |  |
|                | E O C     |        | ℃                                   | 550   | 553   | 551   | 550   |  |  |
| ピーキング係数        | B O C     | 径 方 向  | —                                   | 1.009 | 1.012 | 1.009 | 1.010 |  |  |
|                |           | 軸 方 向  | —                                   | 1.184 | 1.202 | 1.195 | 1.187 |  |  |
|                | E O C     | 径 方 向  | —                                   | 1.009 | 1.011 | 1.009 | 1.010 |  |  |
|                |           | 軸 方 向  | —                                   | 1.180 | 1.193 | 1.186 | 1.176 |  |  |
| 冷却材流量          | B O C     |        | kg/sec                              | 8.9   | 9.2   | 9.1   | 9.1   |  |  |
|                | E O C     |        | kg/sec                              | 8.9   | 9.2   | 9.1   | 9.1   |  |  |
| 備 考            |           |        |                                     |       |       |       |       |  |  |

Table 4 Pin Weight Changes

S/A FAB NO. = PFD001

| -- PIN WEIGHT (G) -- |        |          |      | -- PIN WEIGHT (G) -- |        |          |      | -- PIN WEIGHT (G) -- |        |          |      | -- PIN WEIGHT (G) -- |        |          |      |
|----------------------|--------|----------|------|----------------------|--------|----------|------|----------------------|--------|----------|------|----------------------|--------|----------|------|
| PIN NO.              | IRRAD. | UNIRRAD. | DIF. | PIN NO.              | IRRAD. | UNIRRAD. | DIF. | PIN NO.              | IRRAD. | UNIRRAD. | DIF. | PIN NO.              | IRRAD. | UNIRRAD. | DIF. |
| 8101                 | 227.0  | 226.9    | 0.1  | 8136                 | 227.0  | 227.0    | 0.0  | 8171                 | 226.7  | 226.6    | 0.1  | 81A6                 | 227.0  | 226.9    | 0.1  |
| 8102                 | 227.5  | 227.4    | 0.1  | 8137                 | 226.6  | 226.6    | 0.0  | 8172                 | 226.4  | 226.4    | 0.0  | 81A7                 | 225.2  | 225.1    | 0.1  |
| 8103                 | 226.6  | 226.5    | 0.1  | 8138                 | 224.9  | 224.8    | 0.1  | 8173                 | 227.1  | 227.1    | 0.0  | 81A8                 | 224.3  | 224.2    | 0.1  |
| 8104                 | 226.8  | 226.7    | 0.1  | 8139                 | 227.2  | 227.1    | 0.1  | 8174                 | 225.8  | 225.8    | 0.0  | 81A9                 | 226.1  | 225.9    | 0.2  |
| 8105                 | 227.0  | 226.9    | 0.1  | 8140                 | 226.6  | 226.6    | 0.0  | 8175                 | 227.4  | 227.4    | 0.0  | 81B0                 | 224.7  | 224.6    | 0.1  |
| 8106                 | 226.8  | 226.7    | 0.1  | 8141                 | 226.3  | 226.3    | 0.0  | 8176                 | 225.3  | 225.3    | 0.0  | 81B1                 | 225.5  | 225.5    | 0.0  |
| 8107                 | 227.9  | 227.8    | 0.1  | 8142                 | 225.2  | 225.2    | 0.0  | 8177                 | 227.0  | 227.0    | 0.0  | 81B2                 | 225.1  | 225.2    | -0.1 |
| 8108                 | 227.7  | 227.5    | 0.2  | 8143                 | 226.1  | 226.1    | 0.0  | 8178                 | 227.4  | 227.3    | 0.1  | 81B3                 | 226.2  | 226.2    | 0.0  |
| 8109                 | 226.9  | 226.8    | 0.1  | 8144                 | 226.6  | 226.7    | -0.1 | 8179                 | 227.2  | 227.2    | 0.0  | 81B4                 | 224.8  | 224.8    | 0.0  |
| 8110                 | 227.0  | 226.9    | 0.1  | 8145                 | 225.9  | 225.9    | 0.0  | 8180                 | 226.8  | 226.7    | 0.1  | 81B5                 | 225.2  | 225.1    | 0.1  |
| 8111                 | 227.1  | 227.0    | 0.1  | 8146                 | 226.3  | 226.3    | 0.0  | 8181                 | 226.4  | 226.3    | 0.1  | 81B6                 | 225.1  | 225.0    | 0.1  |
| 8112                 | 227.3  | 227.2    | 0.1  | 8147                 | 227.1  | 227.0    | 0.1  | 8182                 | 227.1  | 227.0    | 0.1  | 81B7                 | 224.5  | 224.4    | 0.1  |
| 8113                 | 227.1  | 227.0    | 0.1  | 8148                 | 227.1  | 227.0    | 0.1  | 8183                 | 226.8  | 226.7    | 0.1  | 81B8                 | 224.9  | 224.9    | 0.0  |
| 8114                 | 226.8  | 226.7    | 0.1  | 8149                 | 227.4  | 227.4    | 0.0  | 8184                 | 227.2  | 227.1    | 0.1  | 81B9                 | 225.7  | 225.8    | -0.1 |
| 8115                 | 227.2  | 227.1    | 0.1  | 8150                 | 227.0  | 226.9    | 0.1  | 8185                 | 227.1  | 227.0    | 0.1  | 81C0                 | 225.4  | 225.4    | 0.0  |
| 8116                 | 227.3  | 227.2    | 0.1  | 8151                 | 227.2  | 227.1    | 0.1  | 8186                 | 225.3  | 225.2    | 0.1  | 81C1                 | 225.2  | 225.2    | 0.0  |
| 8117                 | 227.1  | 227.1    | 0.0  | 8152                 | 227.0  | 227.0    | 0.0  | 8187                 | 227.1  | 227.1    | 0.0  | 81C2                 | 225.4  | 225.3    | 0.1  |
| 8118                 | 227.1  | 227.0    | 0.1  | 8153                 | 226.0  | 225.9    | 0.1  | 8188                 | 225.8  | 225.7    | 0.1  | 81C3                 | 225.3  | 225.3    | 0.0  |
| 8119                 | 227.1  | 227.1    | 0.0  | 8154                 | 226.2  | 226.2    | 0.0  | 8189                 | 225.8  | 225.7    | 0.1  | 81C4                 | 226.4  | 226.4    | 0.0  |
| 8120                 | 227.1  | 227.1    | 0.0  | 8155                 | 225.9  | 226.0    | -0.1 | 8190                 | 225.6  | 225.5    | 0.1  | 81C5                 | 227.7  | 227.7    | 0.0  |
| 8121                 | 227.1  | 227.1    | 0.0  | 8156                 | 226.5  | 226.6    | -0.1 | 8191                 | 226.2  | 226.1    | 0.1  | 81C6                 | 227.3  | 227.2    | 0.1  |
| 8122                 | 226.7  | 226.6    | 0.1  | 8157                 | 226.2  | 226.1    | 0.1  | 8192                 | 225.6  | 225.5    | 0.1  | 81C7                 | 226.8  | 226.8    | 0.0  |
| 8123                 | 228.2  | 228.1    | 0.1  | 8158                 | 226.9  | 227.0    | -0.1 | 8193                 | 225.5  | 225.4    | 0.1  |                      |        |          |      |
| 8124                 | 227.2  | 227.1    | 0.1  | 8159                 | 226.1  | 226.3    | -0.2 | 8194                 | 225.1  | 225.0    | 0.1  |                      |        |          |      |
| 8125                 | 226.9  | 226.8    | 0.1  | 8160                 | 226.3  | 226.5    | -0.2 | 8195                 | 226.3  | 226.2    | 0.1  |                      |        |          |      |
| 8126                 | 227.2  | 227.2    | 0.0  | 8161                 | 225.7  | 225.8    | -0.1 | 8196                 | 226.2  | 226.1    | 0.1  |                      |        |          |      |
| 8127                 | 227.7  | 227.7    | 0.0  | 8162                 | 226.6  | 226.7    | -0.1 | 8197                 | 227.1  | 227.1    | 0.0  |                      |        |          |      |
| 8128                 | 228.0  | 228.1    | -0.1 | 8163                 | 226.1  | 226.0    | 0.1  | 8198                 | 225.9  | 225.8    | 0.1  |                      |        |          |      |
| 8129                 | 228.0  | 228.0    | 0.0  | 8164                 | 226.6  | 226.6    | 0.0  | 8199                 | 226.7  | 226.7    | 0.0  |                      |        |          |      |
| 8130                 | 227.6  | 227.5    | 0.1  | 8165                 | 226.7  | 226.7    | 0.0  | 81A0                 | 227.2  | 227.1    | 0.1  |                      |        |          |      |
| 8131                 | 227.7  | 227.6    | 0.1  | 8166                 | 226.3  | 226.3    | 0.0  | 81A1                 | 226.2  | 226.2    | 0.0  |                      |        |          |      |
| 8132                 | 226.7  | 226.6    | 0.1  | 8167                 | 226.3  | 226.3    | 0.0  | 81A2                 | 226.4  | 226.2    | 0.2  |                      |        |          |      |
| 8133                 | 226.9  | 226.7    | 0.2  | 8168                 | 226.6  | 226.6    | 0.0  | 81A3                 | 225.0  | 224.9    | 0.1  |                      |        |          |      |
| 8134                 | 226.9  | 226.8    | 0.1  | 8169                 | 227.3  | 227.4    | -0.1 | 81A4                 | 225.0  | 225.0    | 0.0  |                      |        |          |      |
| 8135                 | 226.9  | 226.8    | 0.1  | 8170                 | 226.3  | 226.2    | 0.1  | 81A5                 | 225.5  | 225.4    | 0.1  |                      |        |          |      |

----- DIFFERENCE OF PIN WEIGHT (G) -----

AVERAGE : 0.05

MAXIMUM : 0.2 : 8108 , 8133 , 81A2 , 81A9

MINIMUM : -0.2 : 8159 , 8160

Table 5 Pin Total Length Changes

| Pin No. | TOTAL LENGTH   |                  | DIFF.<br>(MM) |
|---------|----------------|------------------|---------------|
|         | IRRAD.<br>(MM) | UNIRRAD.<br>(MM) |               |
| 8107    | 1533.5         | 1533.2           | 0.3           |
| 8122    | 1532.8         | 1532.4           | 0.4           |
| 8141    | 1532.9         | 1532.6           | 0.3           |
| 8152    | 1533.7         | 1533.3           | 0.4           |
| 8164    | 1533.9         | 1533.4           | 0.5           |
| 8187    | 1534.2         | 1533.8           | 0.4           |
| 8188    | 1534.2         | 1533.7           | 0.5           |
| 8189    | 1532.5         | 1532.2           | 0.3           |
| 8190    | 1533.1         | 1532.7           | 0.4           |
| 8197    | 1533.2         | 1533.0           | 0.2           |
| 8198    | 1533.3         | 1532.7           | 0.6           |
| 8199    | 1533.5         | 1533.0           | 0.5           |
| 81C1    | 1533.2         | 1533.3           | -0.1          |

Table 6 Peaking Factors of the Sabassembly ( Predicted and Measured )

## 軸方向ピーキング係数

| FAB No | 運転監視コード<br>による計算値 | 測 定 結 果 |                   |                   |                  |                  |                 |
|--------|-------------------|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|
|        |                   | Pin No  | $^{137}\text{Cs}$ | $^{106}\text{Rh}$ | $^{95}\text{Zr}$ | $^{54}\text{Mn}$ | Gross- $\gamma$ |
| PFD001 | 1.176             | 8101    | 1.18              | 1.18              | 1.16             | 1.22             | 1.18            |
|        |                   | 8107    | 1.19              | 1.19              | 1.17             | 1.24             | 1.18            |
|        |                   | 8146    | 1.19              | 1.19              | 1.16             | 1.23             | 1.17            |
|        |                   | 8164    | 1.18              | 1.18              | 1.17             | 1.22             | 1.18            |
|        |                   | 8170    | 1.16              | 1.19              | 1.16             | 1.23             | 1.17            |
|        |                   | 81C1    | 1.17              | 1.17              | 1.15             | 1.22             | 1.16            |
|        |                   | 81C7    | 1.19              | 1.19              | 1.16             | 1.23             | 1.18            |

## 径方向ピーキング係数

| FAB No | 運転監視コード<br>による計算値 | 測 定 結 果              |                   |                   |                  |                  |                 |
|--------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|
|        |                   | 軸方向<br>位 置           | $^{137}\text{Cs}$ | $^{106}\text{Rh}$ | $^{95}\text{Zr}$ | $^{54}\text{Mn}$ | Gross- $\gamma$ |
| PFD001 | 1.010             | <sup>mm</sup><br>338 | 1.04              | 1.01              | 1.01             | 1.01             | -               |

Table 7 Result of Plenum Gas Analysis

| Pin No | Gas Cromtography (%) |      |       |         |
|--------|----------------------|------|-------|---------|
|        | Kr                   | Xe   | Heその他 | Xe/Kr 比 |
| 8107   | 6.54                 | 66.8 | 26.7  | 10.2    |
| 8164   | 6.41                 | 65.4 | 28.2  | 10.2    |
| 8197   | 6.31                 | 64.0 | 29.7  | 10.1    |
| 81C1   | 6.30                 | 64.2 | 29.5  | 10.2    |

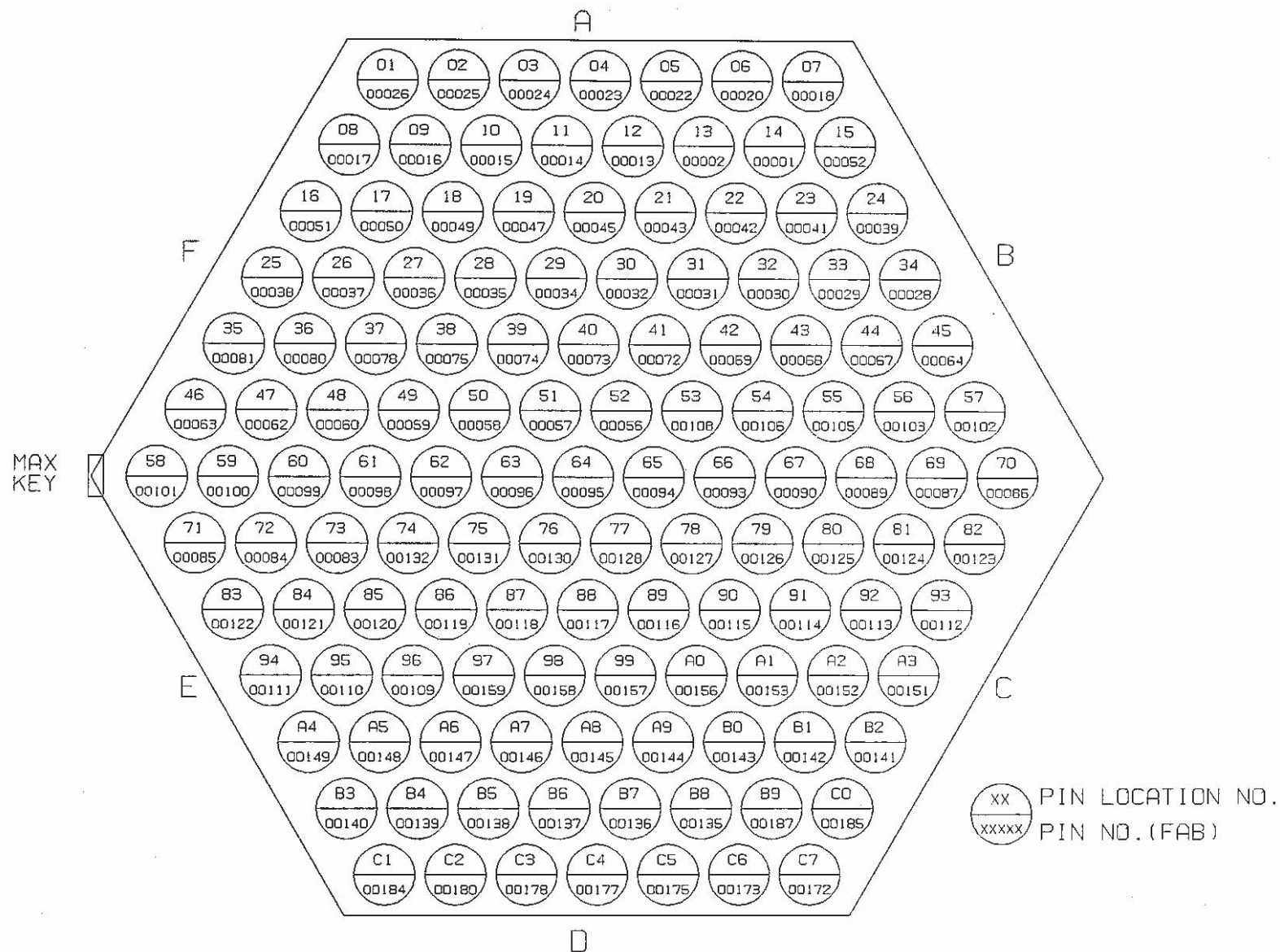


Fig.1 Pin Loading Diagram

炉内照射位置

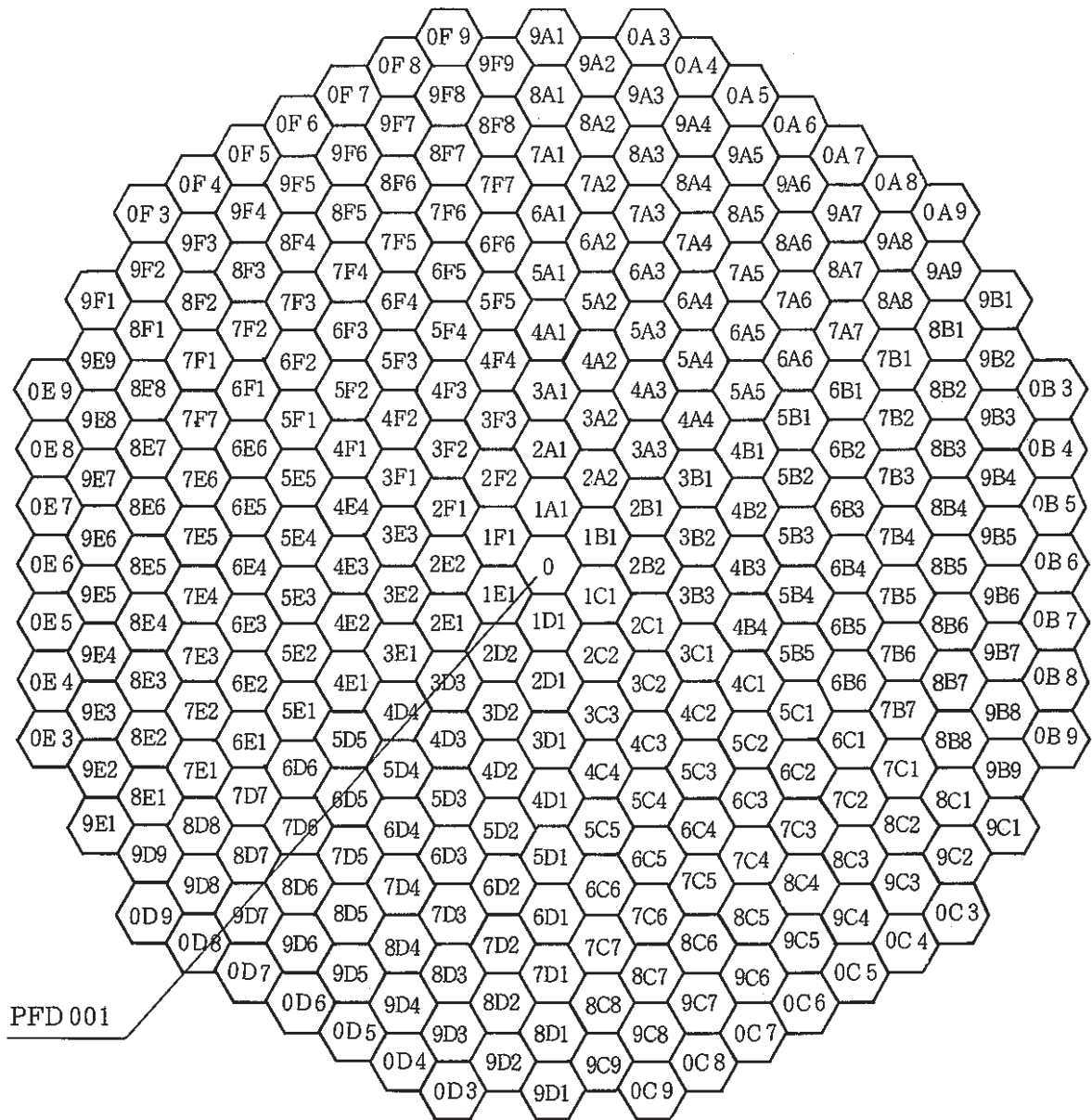


Fig.2 In - Reactor Location of the Subassembly

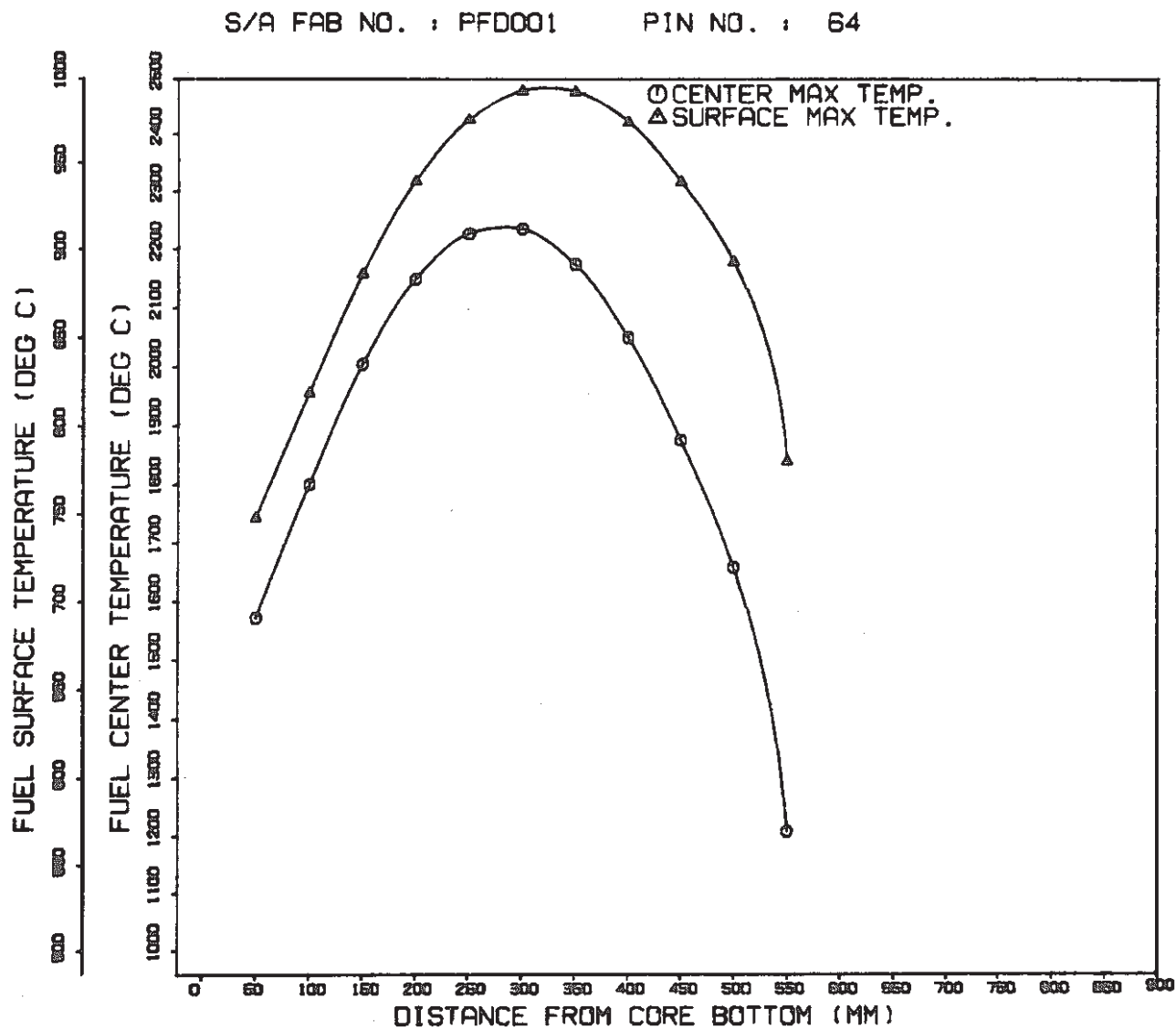


Fig.3(1) Axial Profile Fuel Temperature (Center and Surface)

S/A FAB NO. : PFD001

PIN NO. : 64

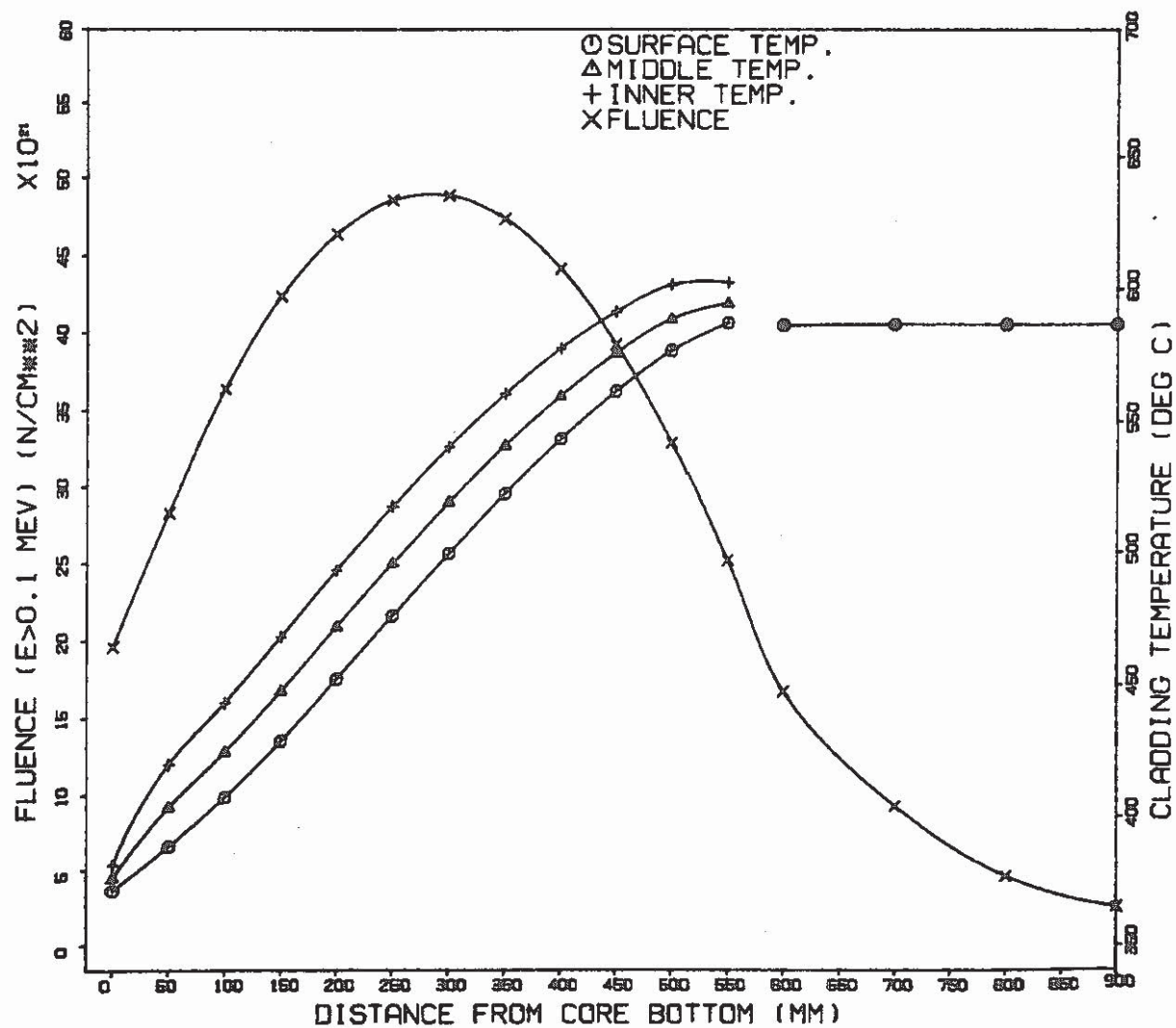


Fig.3(2) Axial Profile of Fluence and Cladding Temperature

S/A FAB NO. : PFD001

PIN NO. : 64

MAX  $\phi$  EOL  $\Delta$

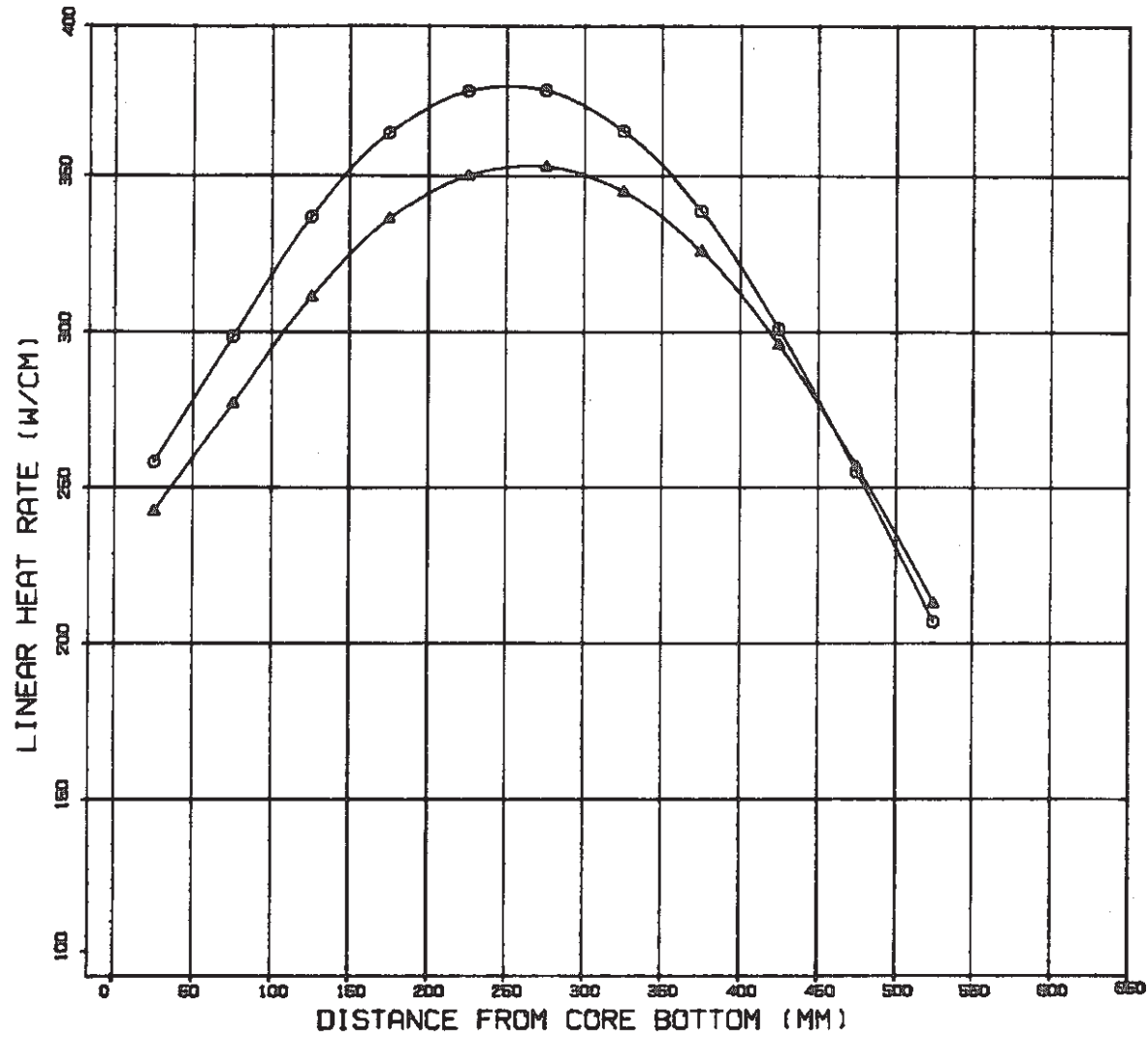


Fig.3(3) Axial Profile of Linear Heat Rate

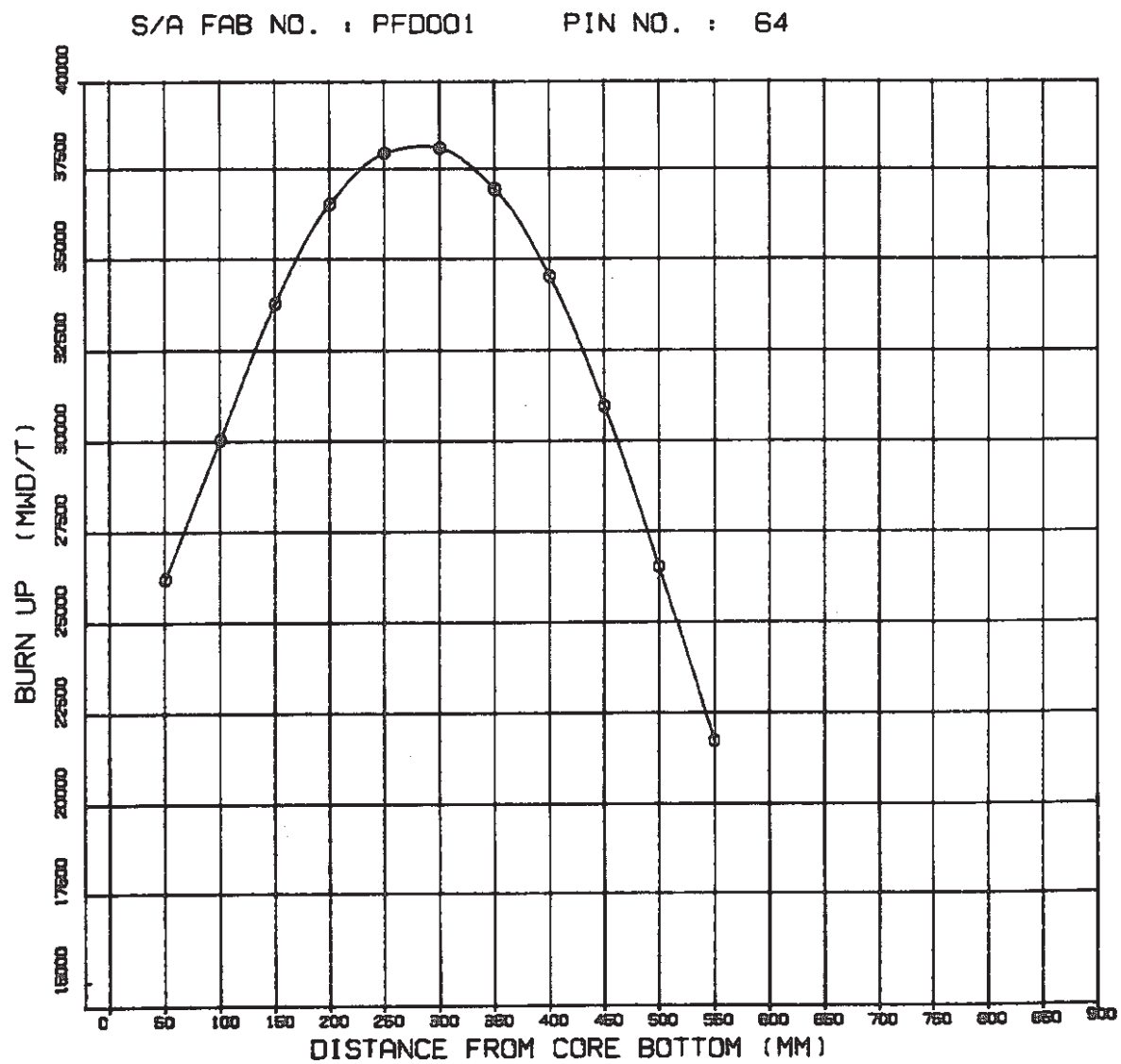
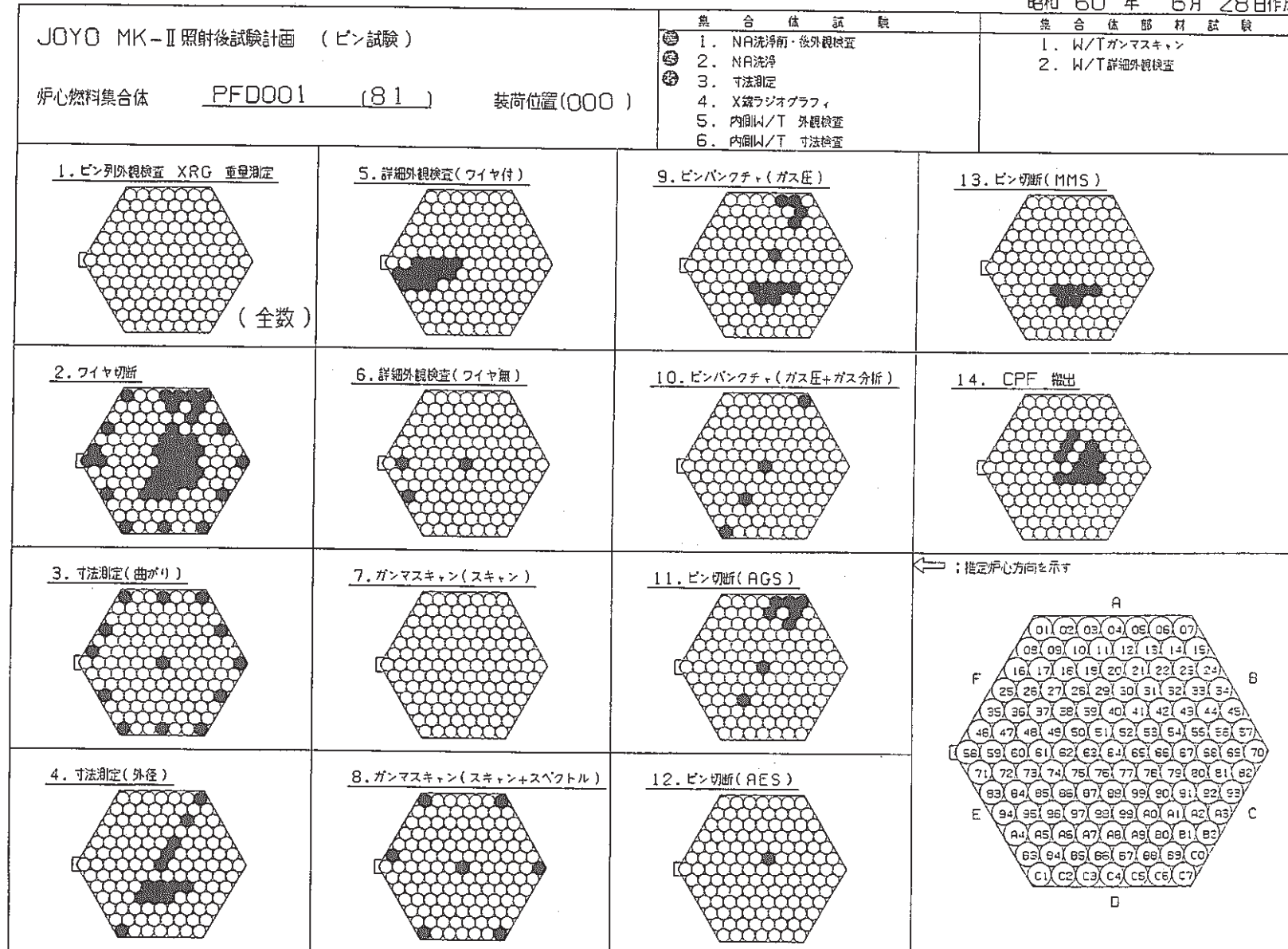


Fig.3(4) Axial Profile of Burn up of Center Pin

昭和 60 年 6 月 28 日作成



● : 試験対象

Fig.4 Pins Selected for the Examinations

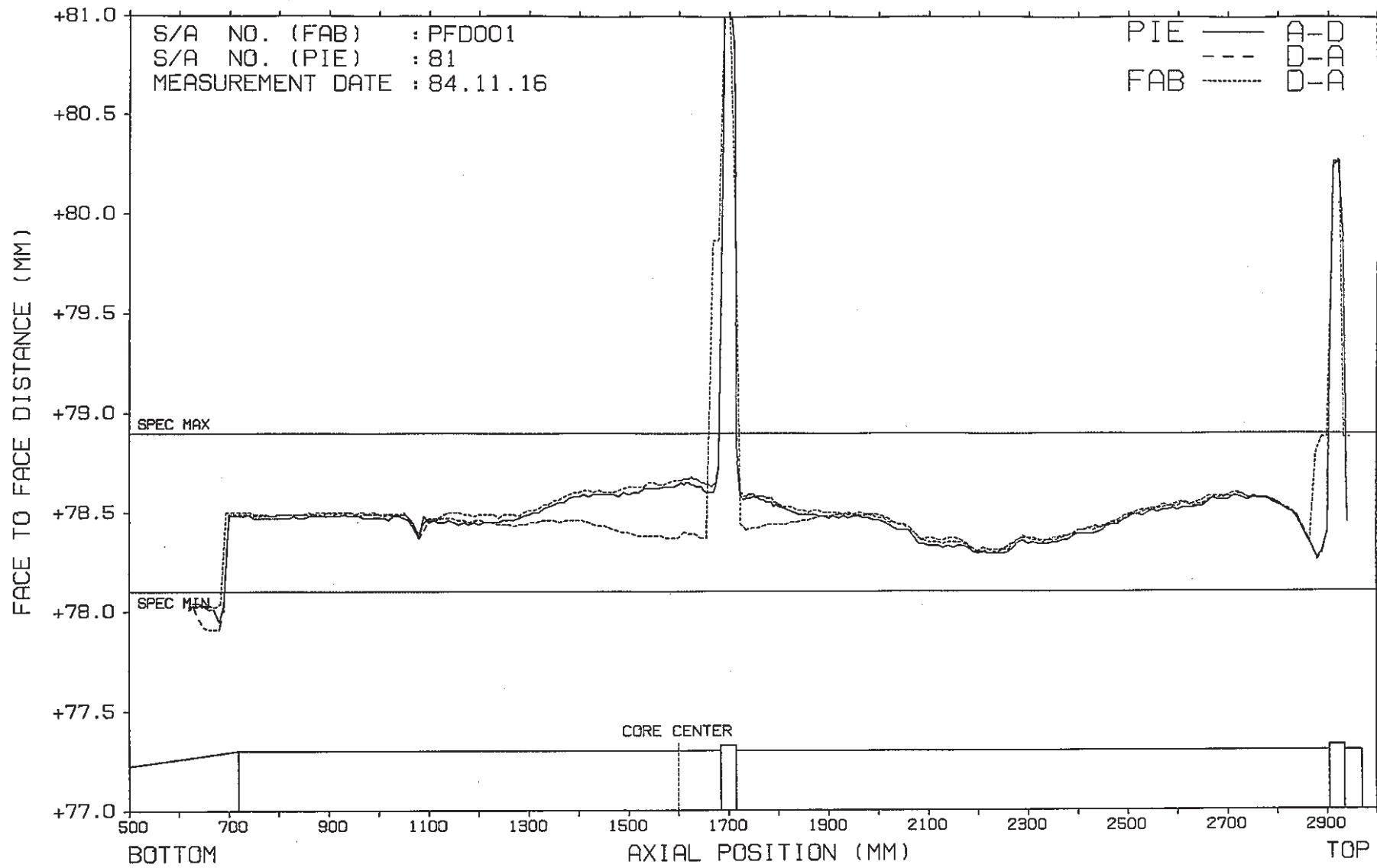


Fig.5 Wrapper Tube Face to Face Distance (Face A - D)

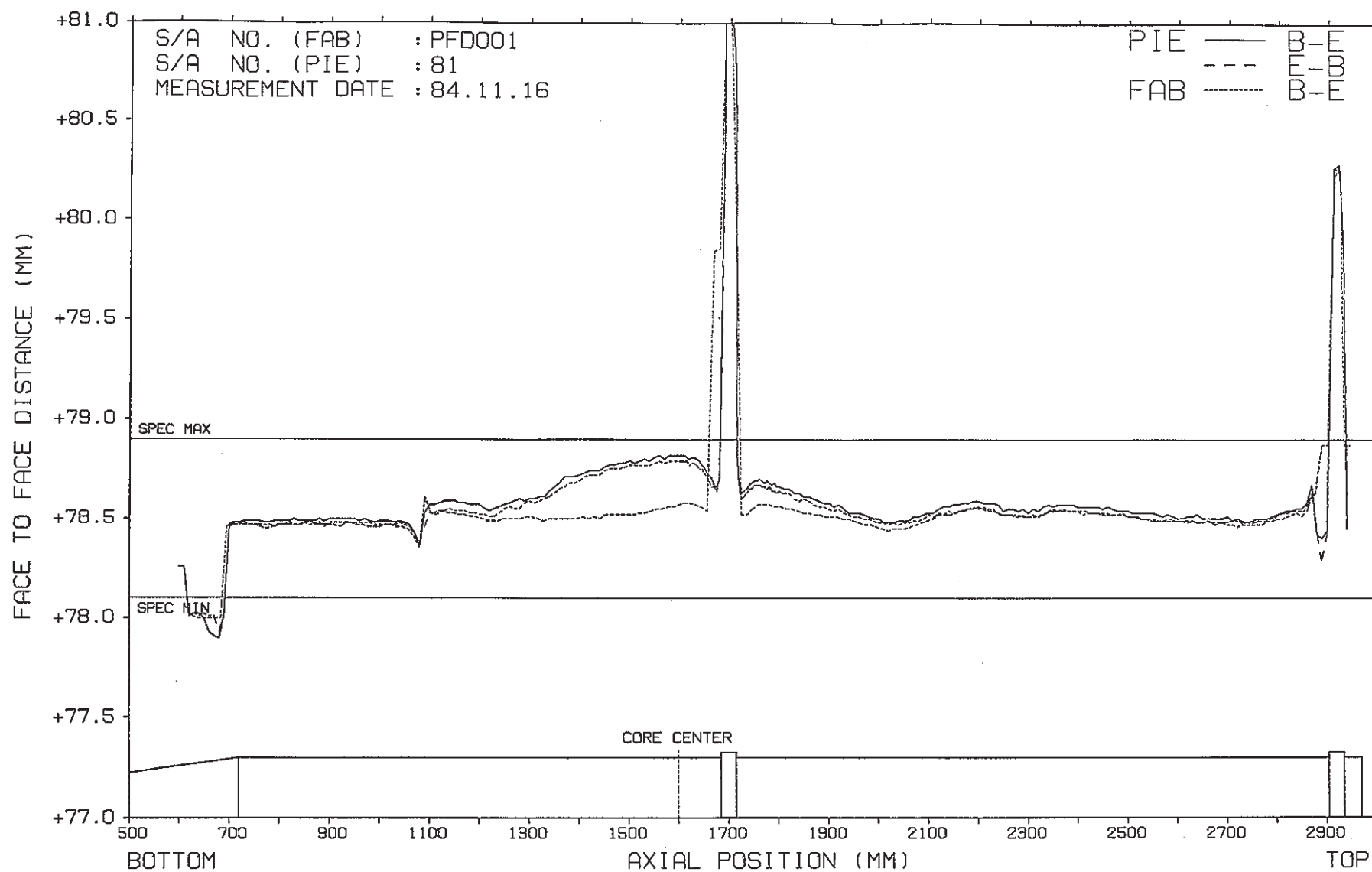


Fig.6 Wrapper Tube Face to Face Distance (Face B-E)

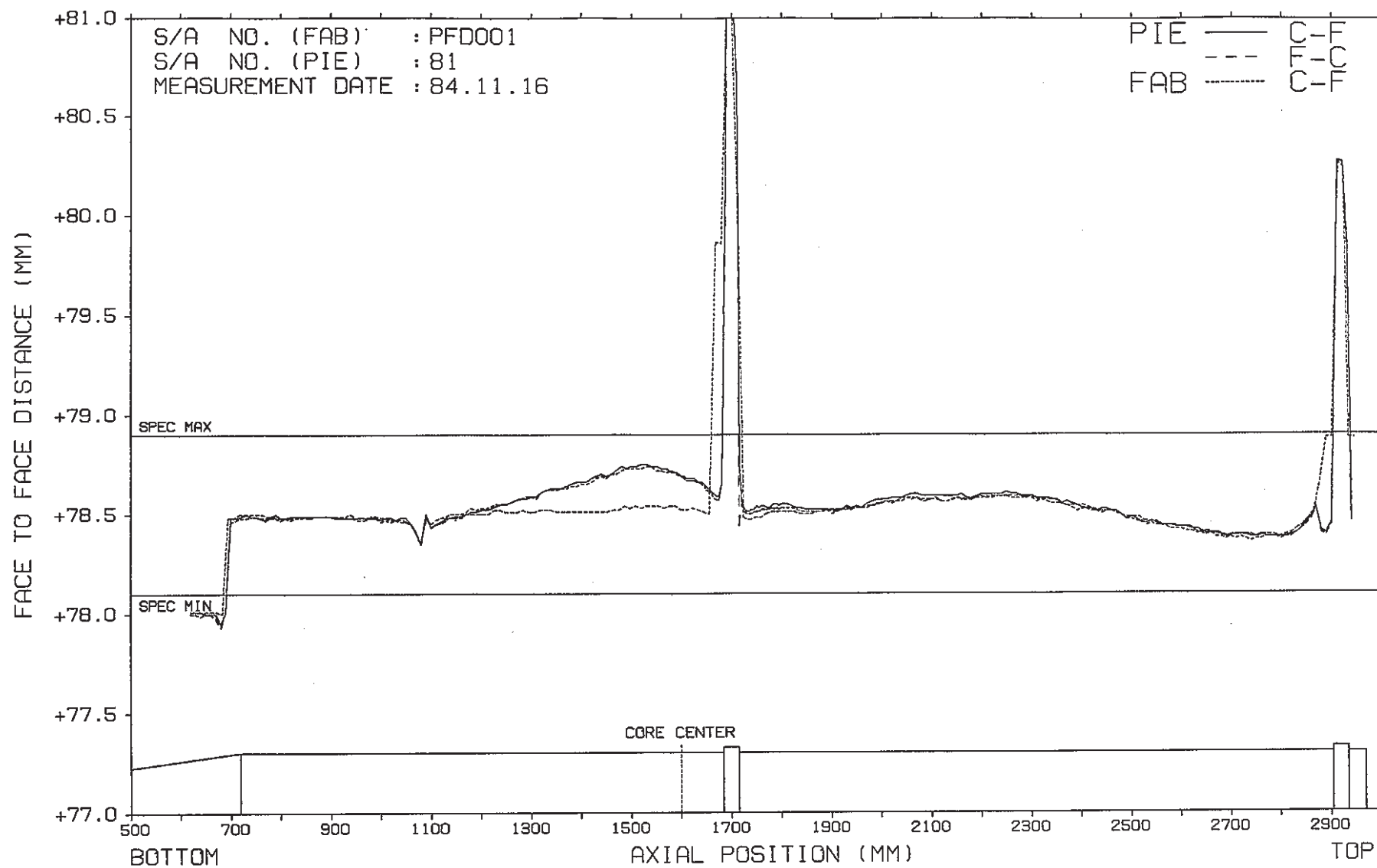
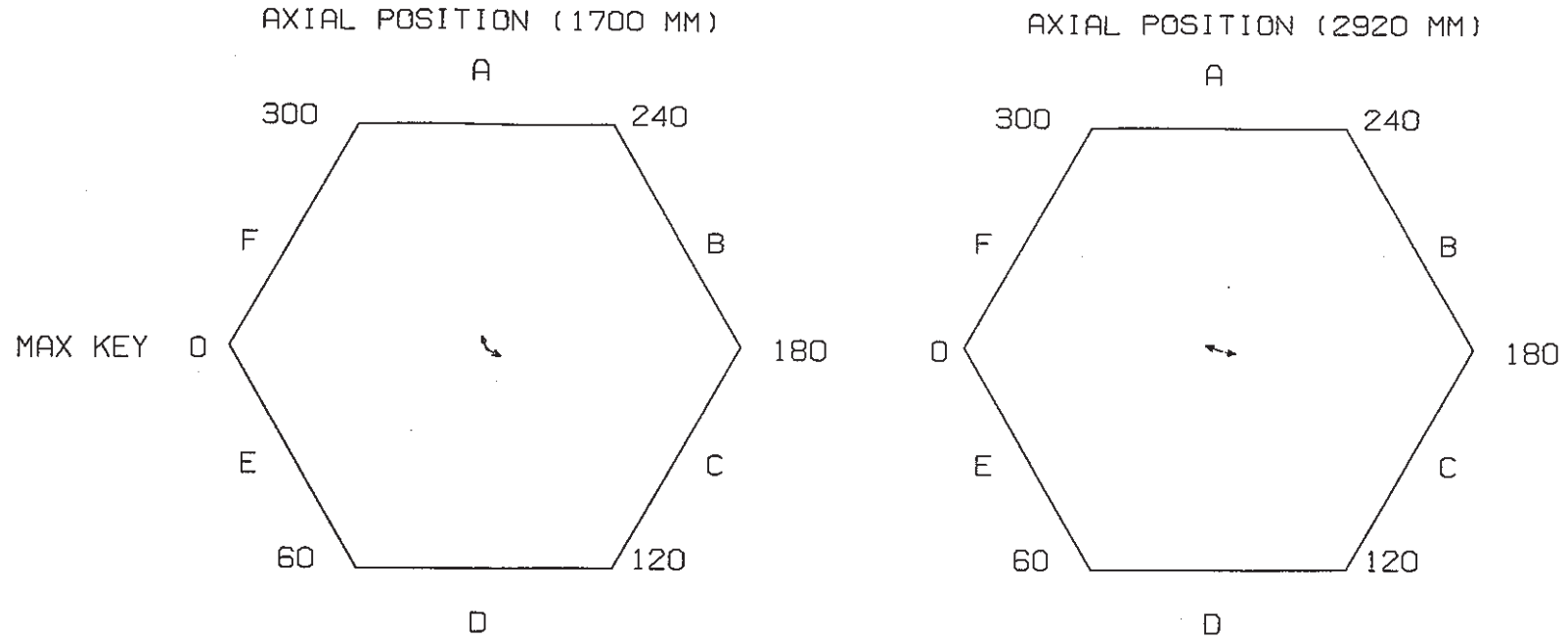


Fig.7 Wrapper Tube Face to Face Distance (Face C-F)

S/A FAB NO. : PFD003  
 PIE NO. : 70

VIEW FROM TOP



| AXIAL POSITION | 1700 (MM)<br>(AT MIDDLE PAD) |                    | 2920 (MM)<br>(AT UPPER PAD) |                    |
|----------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
|                | BOWING<br>(MM)               | DIRECTION<br>(DEG) | BOWING<br>(MM)              | DIRECTION<br>(DEG) |
| IRRAD.         | 0.3                          | 160                | 0.5                         | 162                |
| UNIRRAD.       | 0.4                          | 279                | 0.3                         | 327                |

Fig.8 Bowing Vectors of the Subassembly

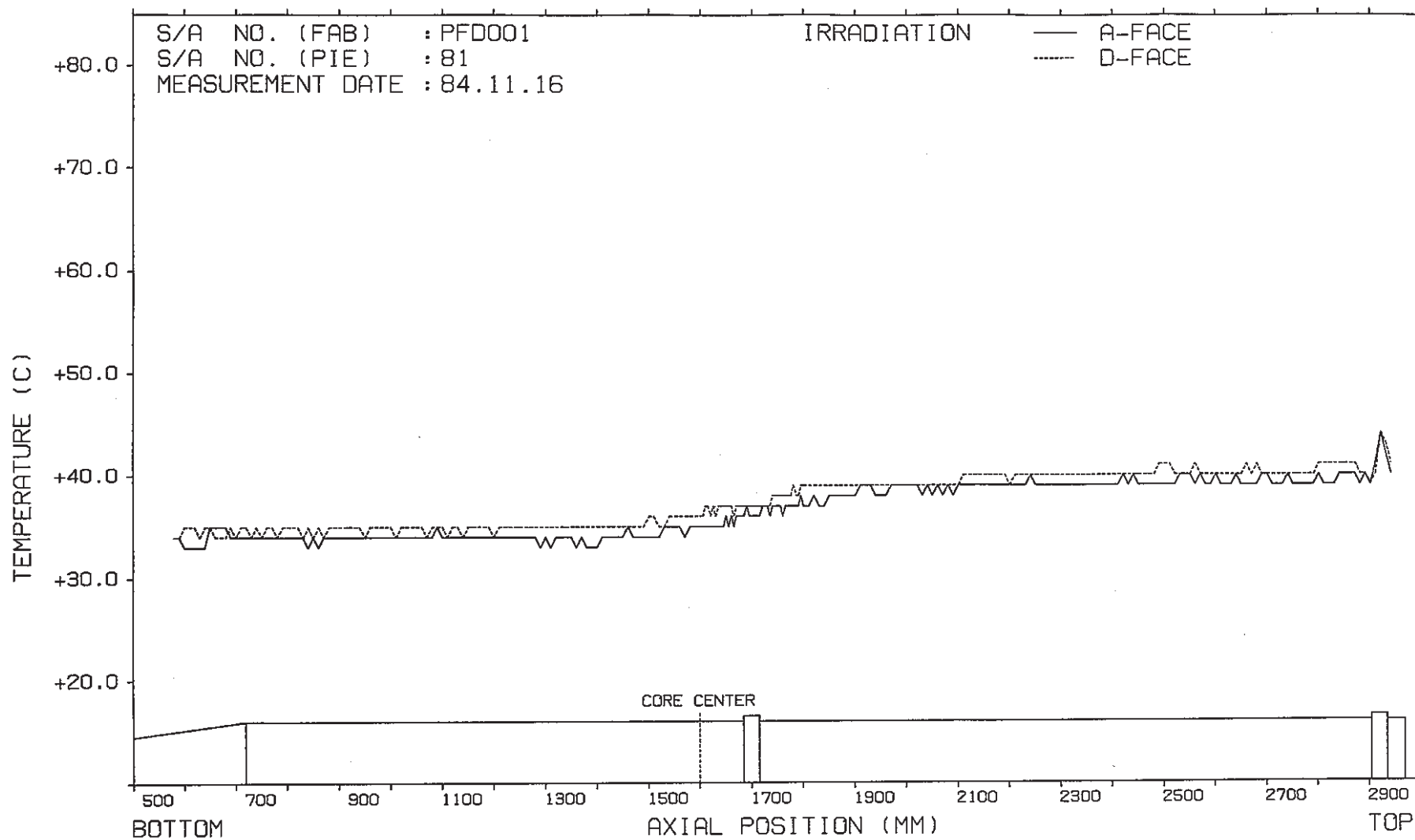


Fig.9 Surface Temperature Profile of the Subassembly in Axial Direction

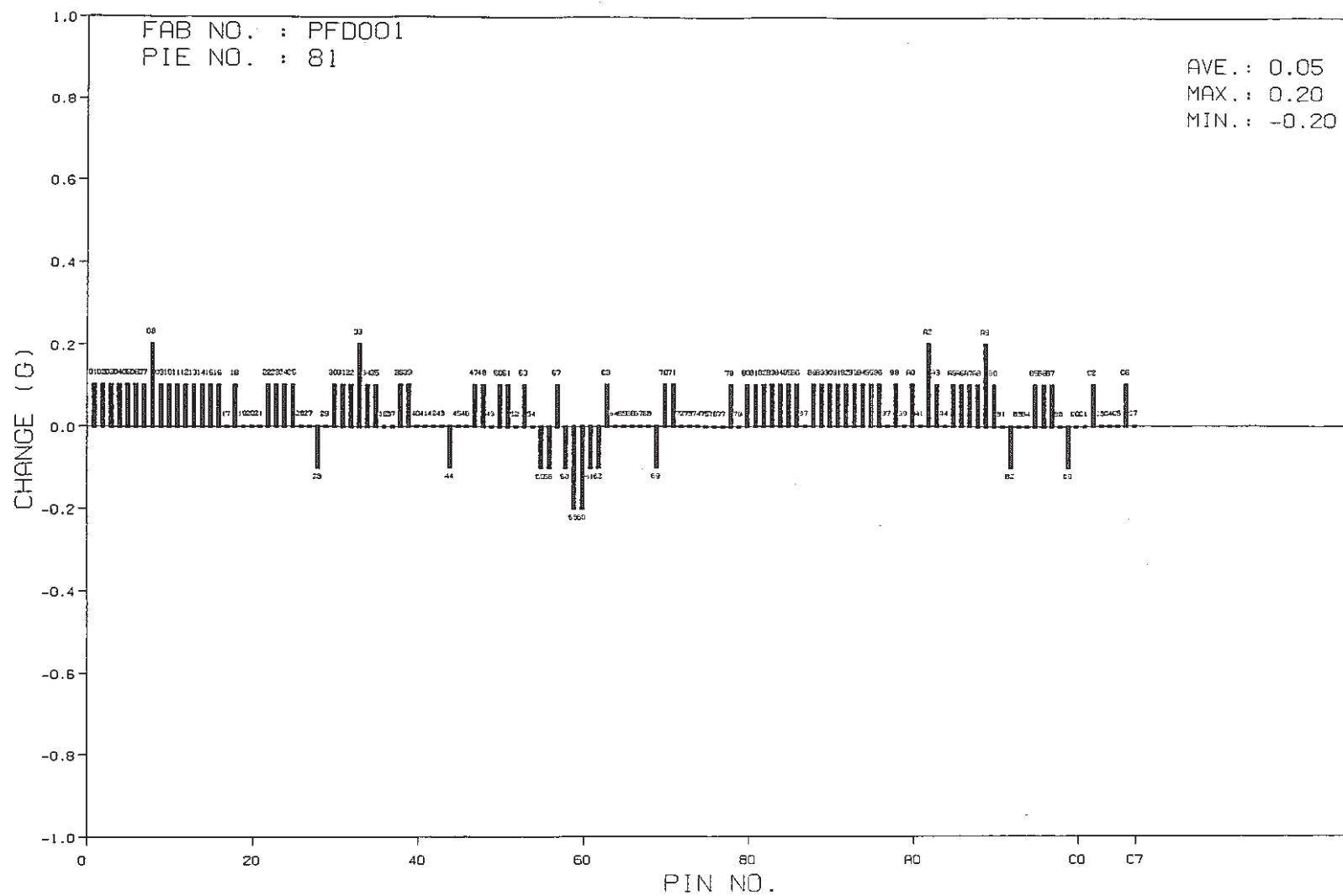


Fig.10 Pin Weight Changes

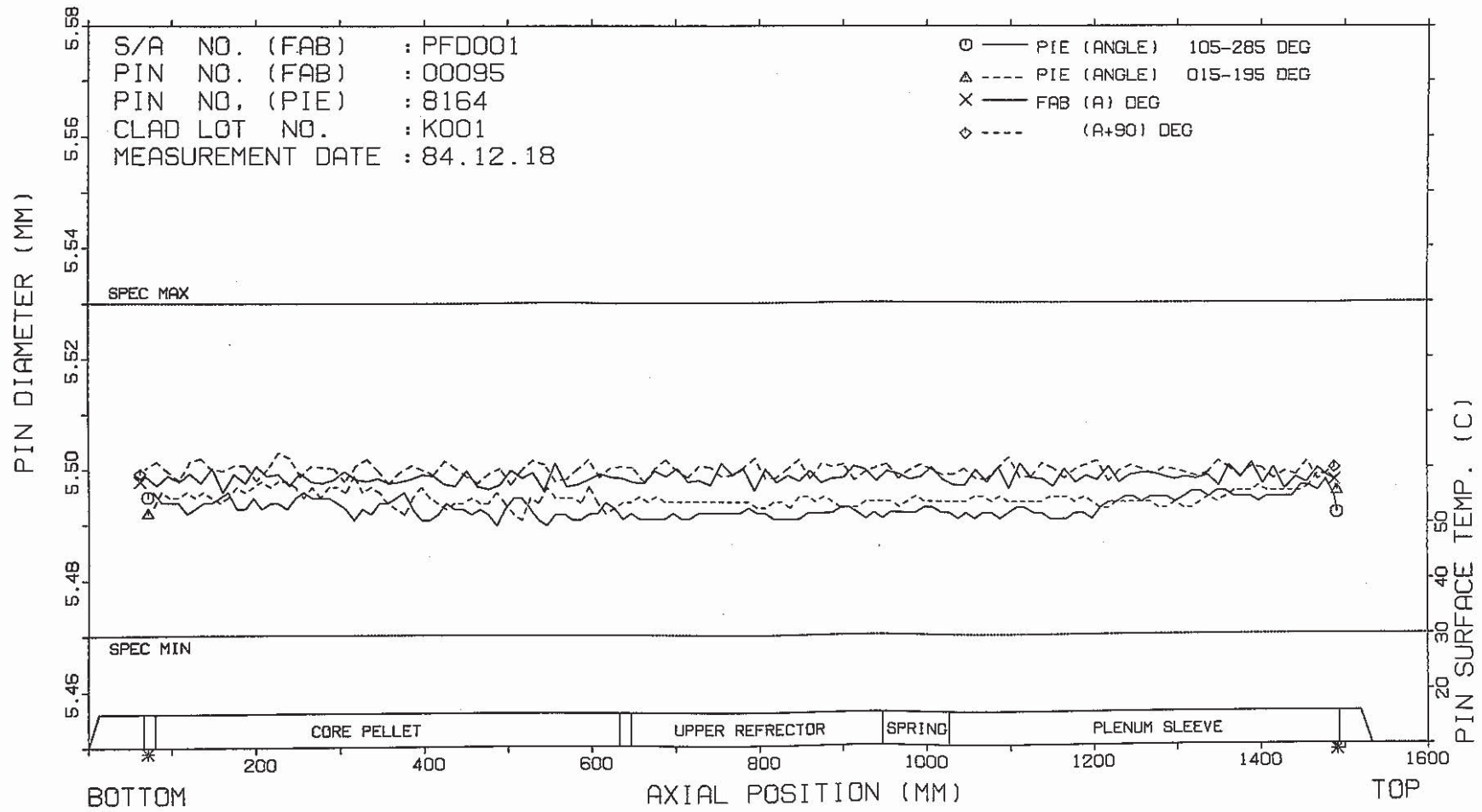


Fig.11 Axial Profile of a Fuel Pin Outer Diameter ( Pin No.8164 )

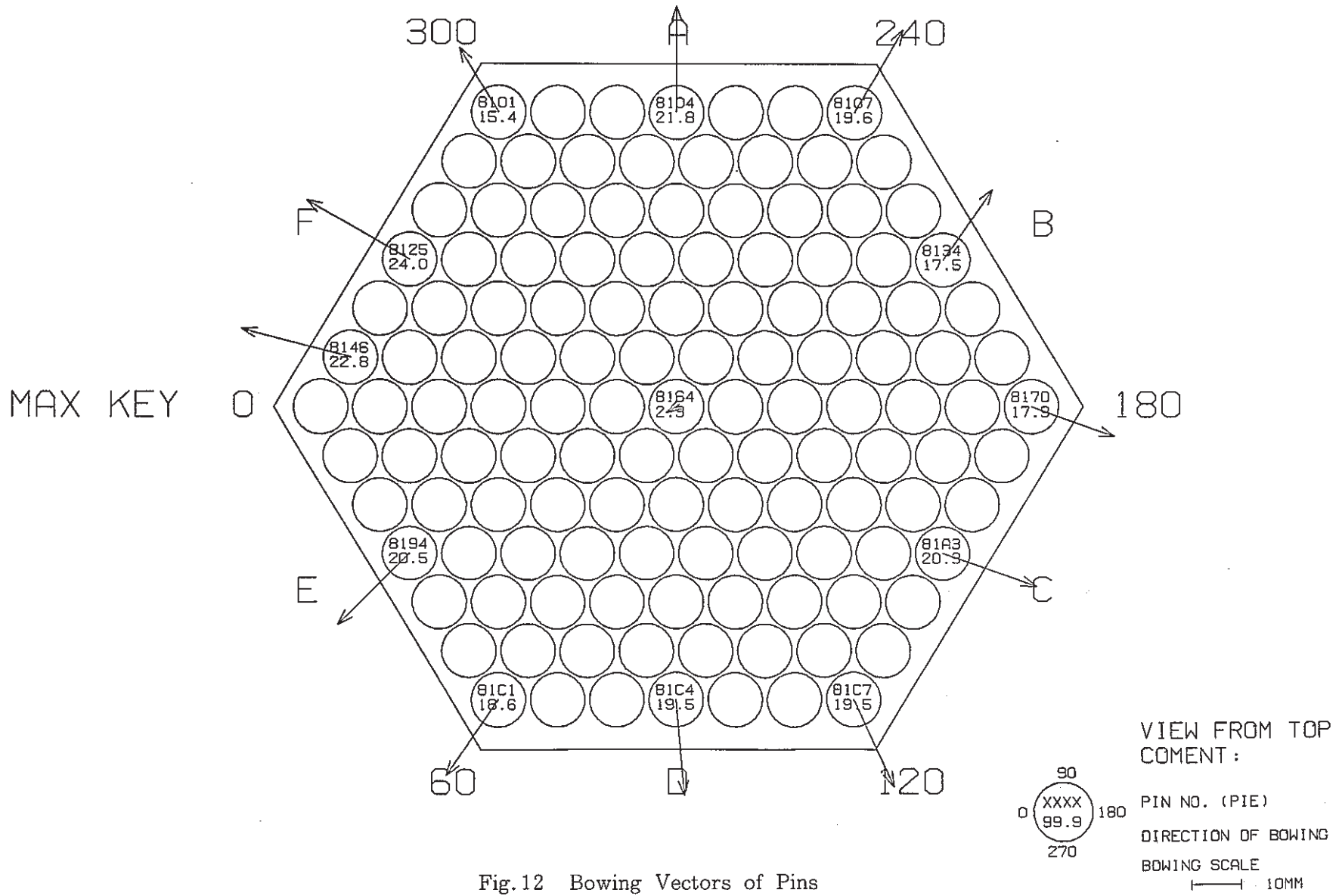


Fig.12 Bowing Vectors of Pins

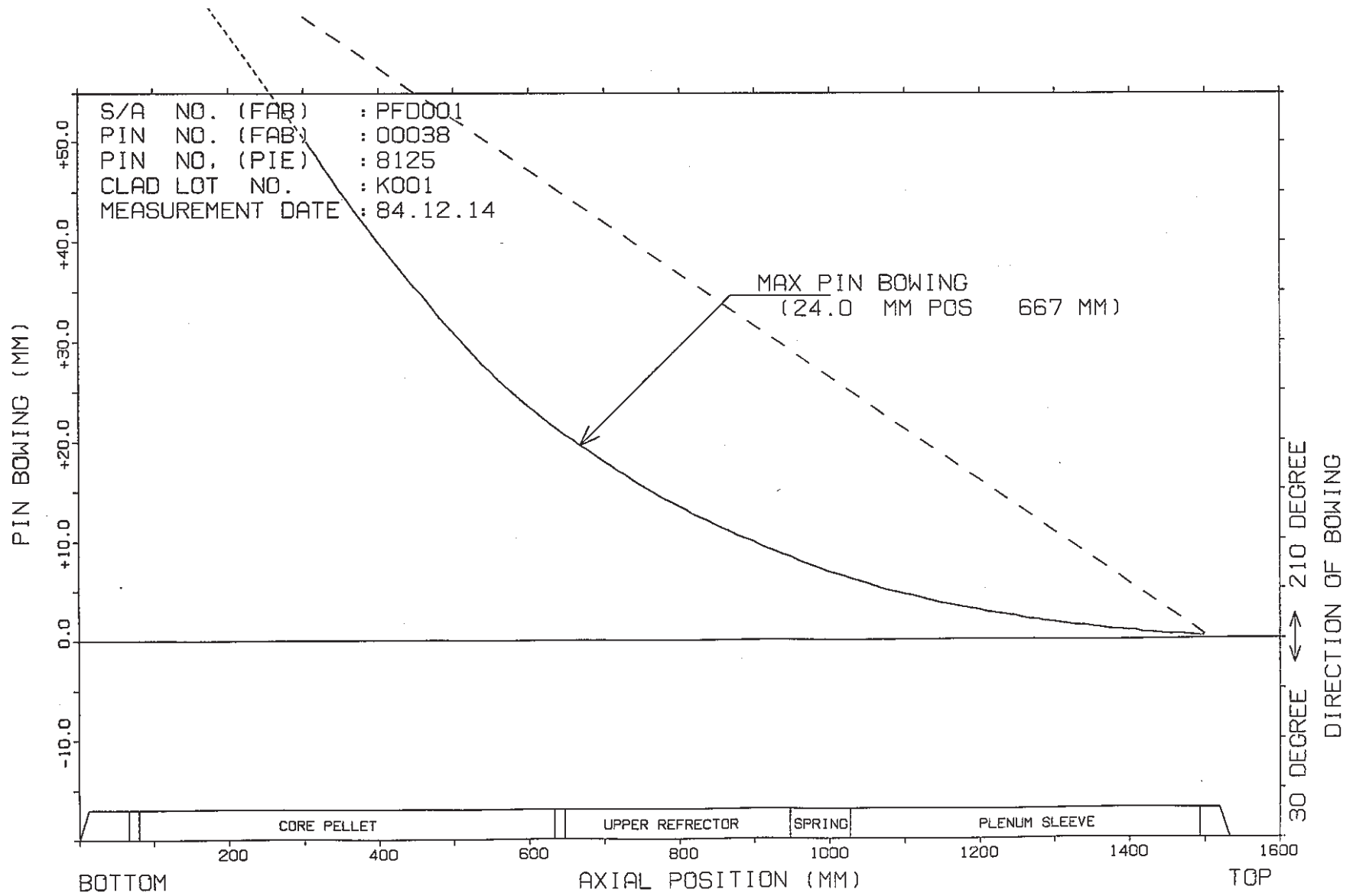


Fig.13 Axial Profile of Pin Bowing (Pin No.8125 )

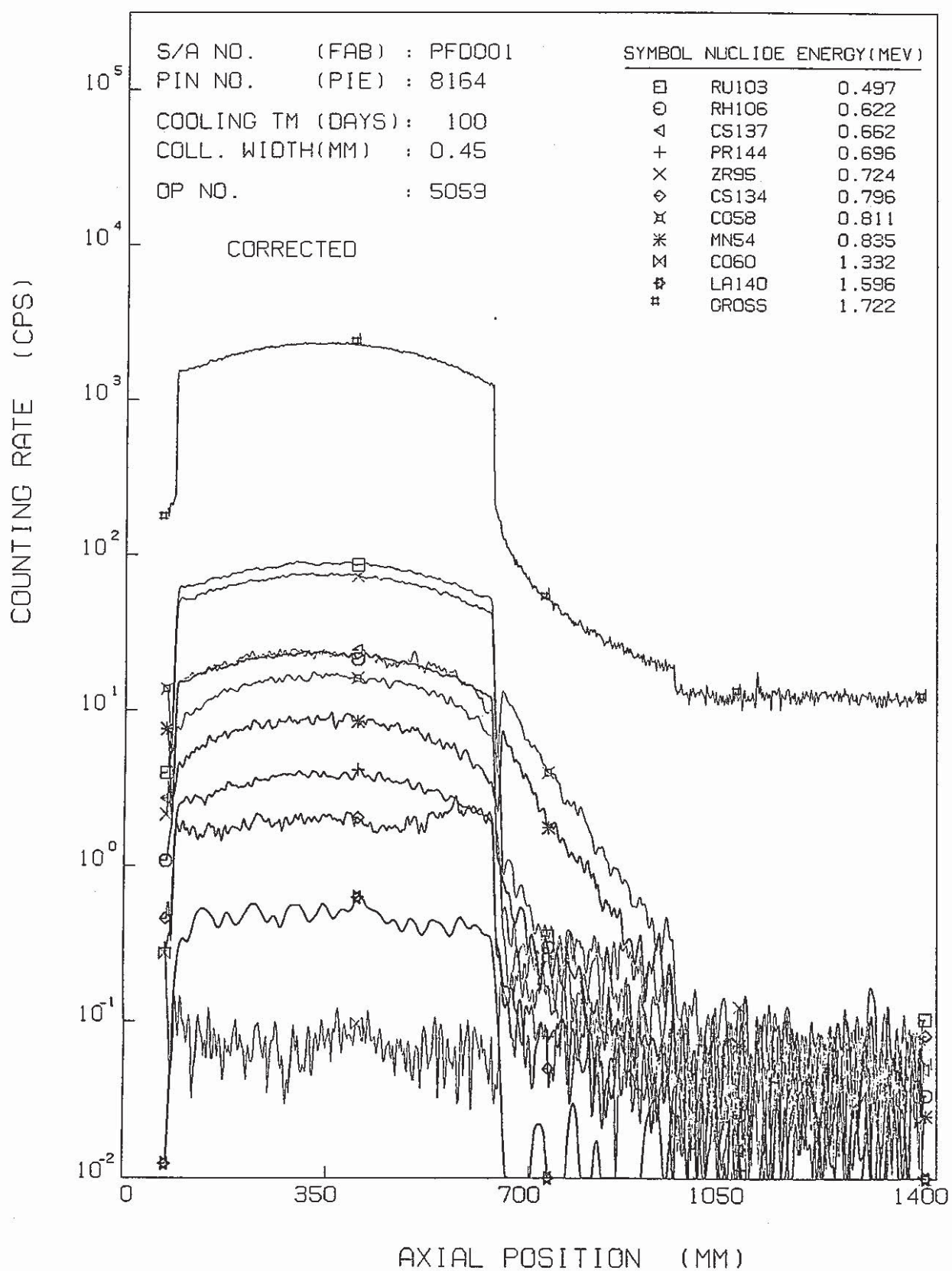
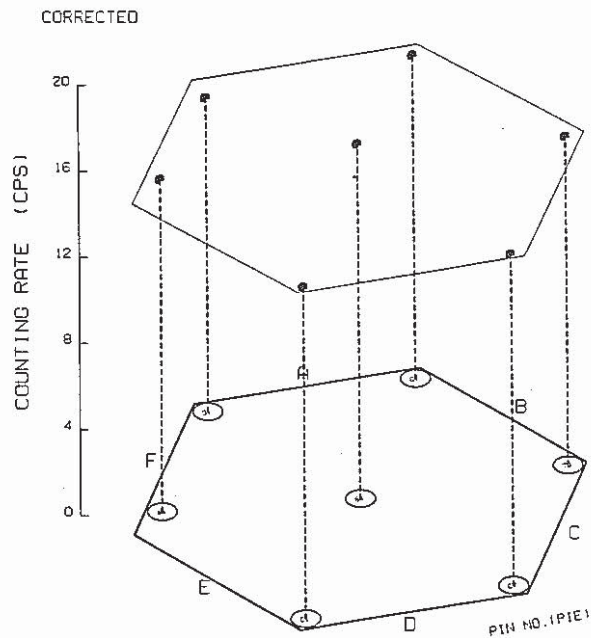


Fig.14 Axial Distribution of Gamma ray Intensity in a Center Pin

|                     |           |                            |       |
|---------------------|-----------|----------------------------|-------|
| S/A NO. (FAB) :     | PF0001    | ANGLE OF MAX RATE (DEG) :  | 92.91 |
| S/A NO. (PIE) :     | 81        | MAX COUNT RATE (CPS) :     | 15.65 |
| AXIAL POS. (MM) :   | 338.00    | AVERAGE COUNT RATE (CPS) : | 15.36 |
| COOLING TM (DAYS) : | 100       | PEAKING FACTOR :           | 1.018 |
| COLL. WIDTH (MM) :  | 0.45      |                            |       |
| OP NO. :            | 5032-5075 |                            |       |



|                     |           |                            |        |
|---------------------|-----------|----------------------------|--------|
| S/A NO. (FAB) :     | PF0001    | ANGLE OF MAX RATE (DEG) :  | 343.75 |
| S/A NO. (PIE) :     | 81        | MAX COUNT RATE (CPS) :     | 23.97  |
| AXIAL POS. (MM) :   | 338.00    | AVERAGE COUNT RATE (CPS) : | 22.97  |
| COOLING TM (DAYS) : | 100       | PEAKING FACTOR :           | 1.043  |
| COLL. WIDTH (MM) :  | 0.45      |                            |        |
| OP NO. :            | 5032-5075 |                            |        |

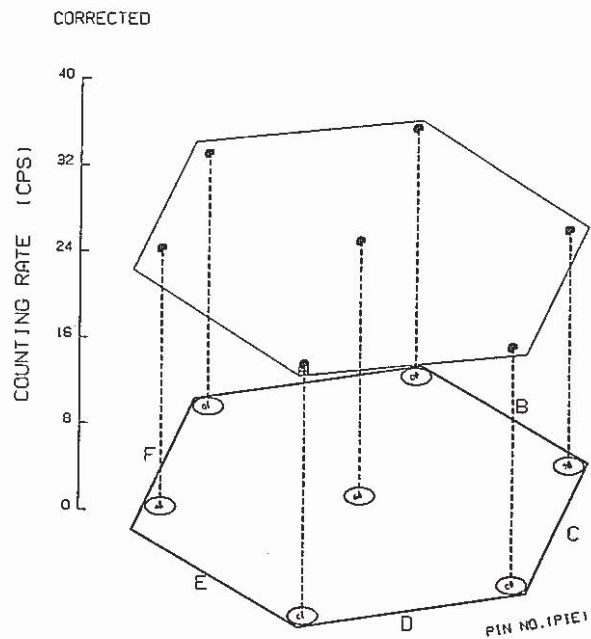
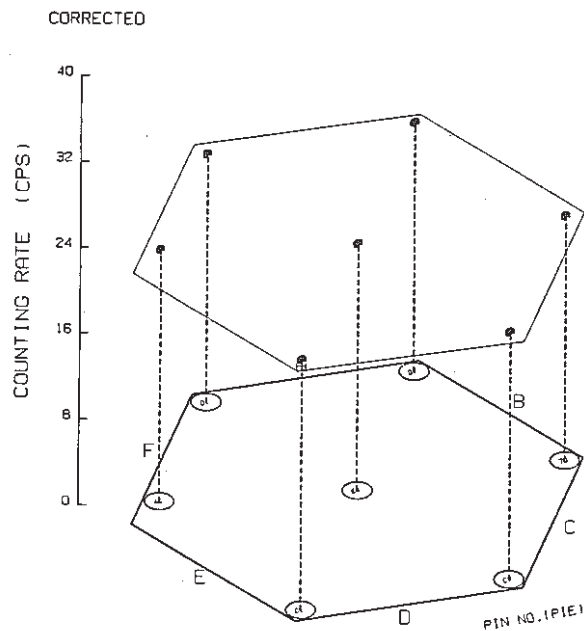


Fig.15 Radial Distribution of Gamma ray Intensity in the Subassembly

|                     |           |                           |        |
|---------------------|-----------|---------------------------|--------|
| S/A NO. (FAB) :     | PF0001    | ANGLE OF MAX RATE (DEG) : | 355.69 |
| S/A NO. (PIE) :     | 81        | MAX COUNT RATE (CPS) :    | 23.33  |
| AXIAL POS. (MM) :   | 338.00    | AVERAGE COUNT RATE(CPS) : | 23.08  |
| COOLING TM (DAYS) : | 100       | PEAKING FACTOR :          | 1.010  |
| COLL. WIDTH(MM) :   | 0.45      |                           |        |
| OP NO. :            | 5032-5075 |                           |        |



|                     |           |                           |       |
|---------------------|-----------|---------------------------|-------|
| S/A NO. (FAB) :     | PF0001    | ANGLE OF MAX RATE (DEG) : | 34.30 |
| S/A NO. (PIE) :     | 81        | MAX COUNT RATE (CPS) :    | 76.65 |
| AXIAL POS. (MM) :   | 338.00    | AVERAGE COUNT RATE(CPS) : | 75.57 |
| COOLING TM (DAYS) : | 100       | PEAKING FACTOR :          | 1.014 |
| COLL. WIDTH(MM) :   | 0.45      |                           |       |
| OP NO. :            | 5032-5075 |                           |       |

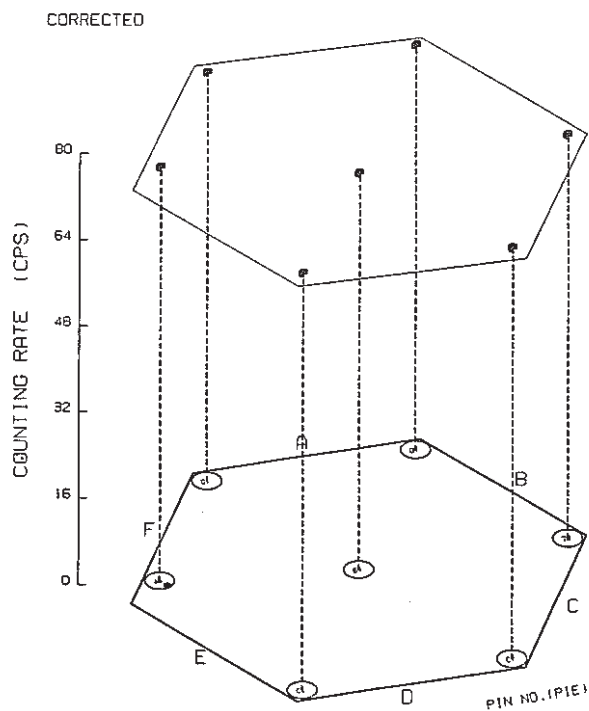


Fig.15 Continued

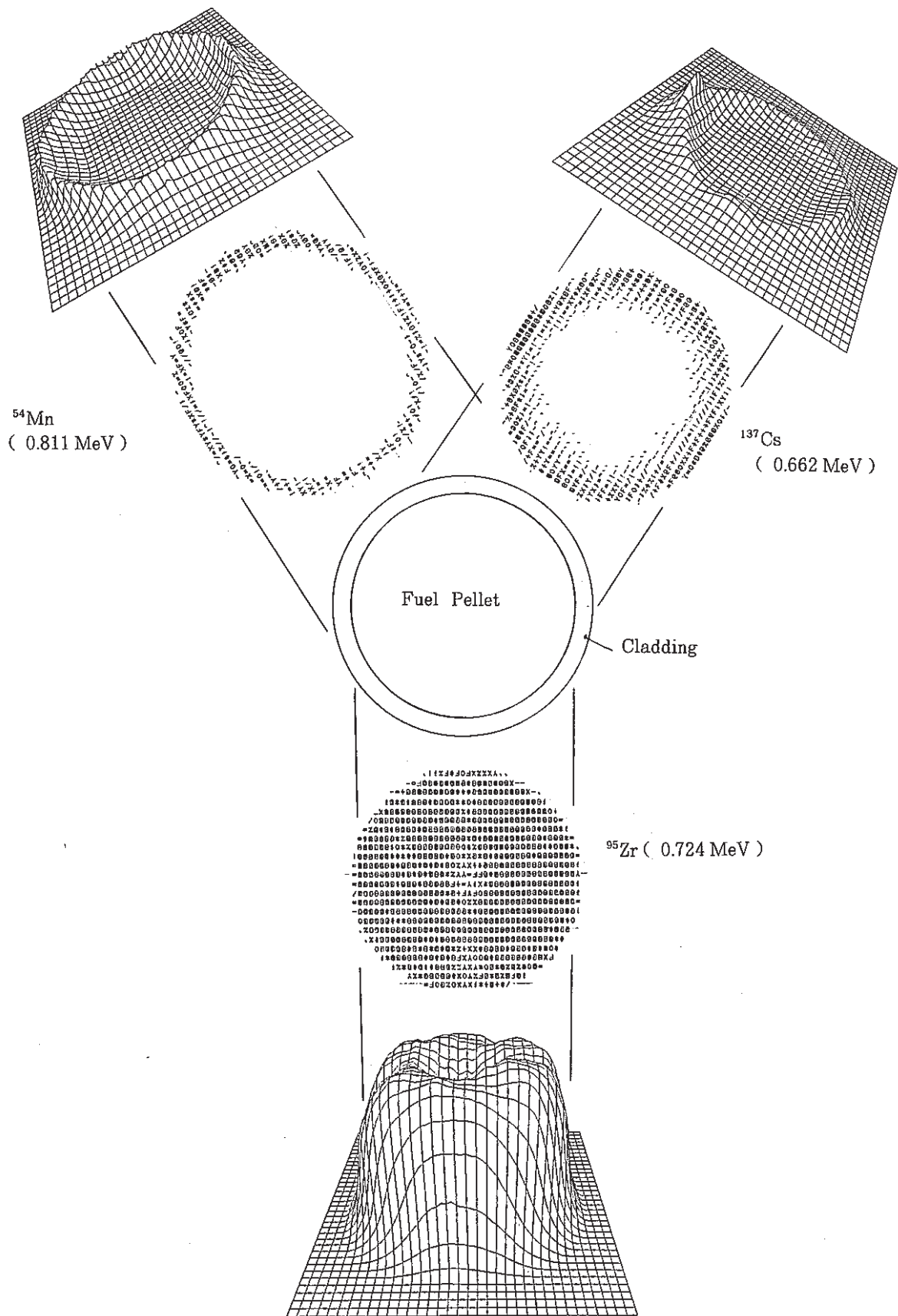


Fig.16 Emission Tomographs of Radionuclides in a Center Pin ( Pin No.8164 )

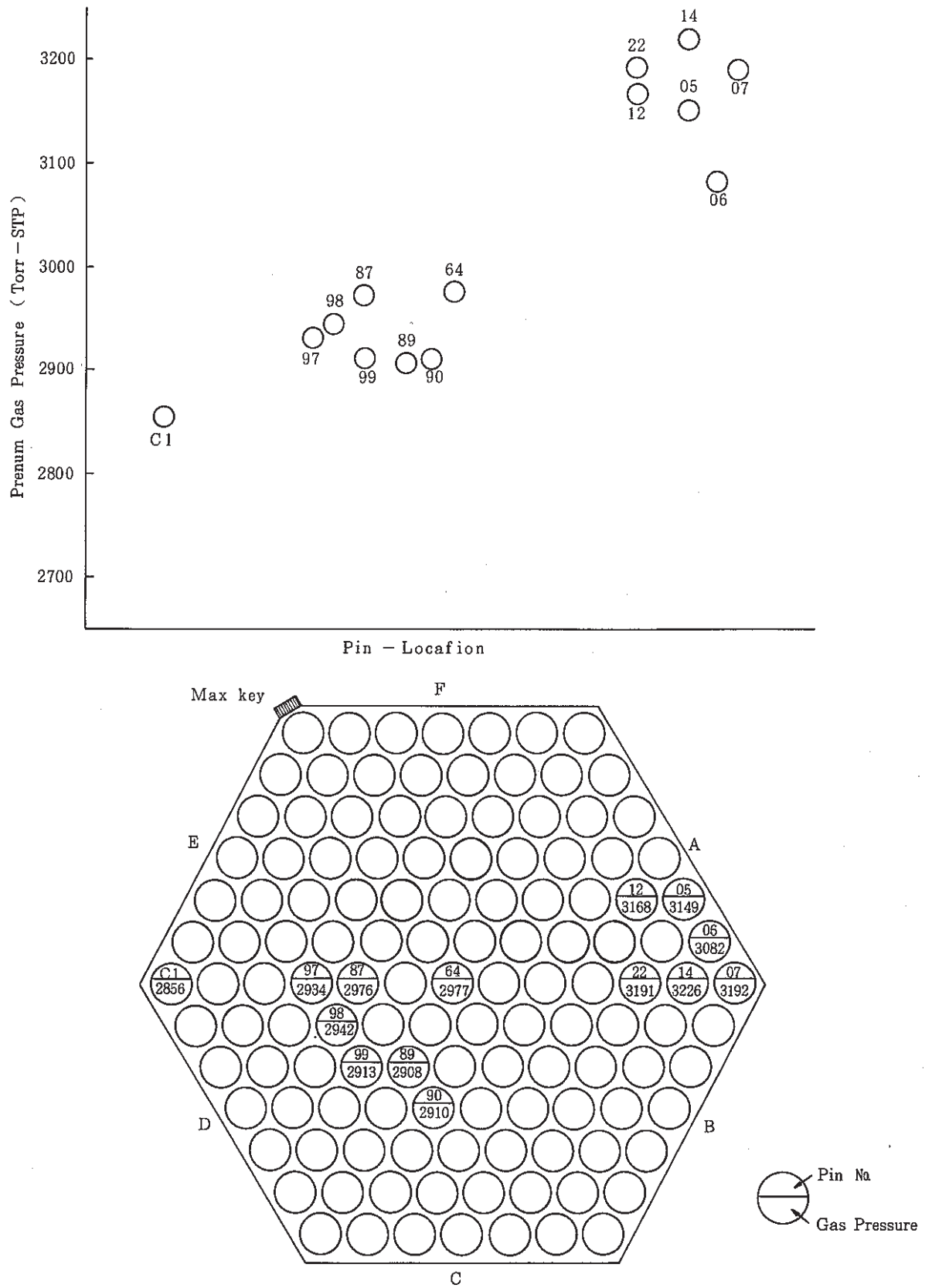
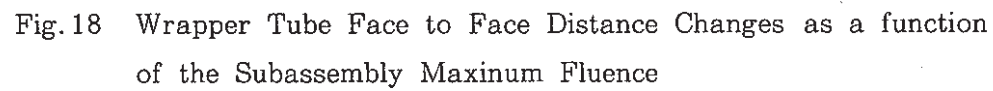


Fig. 17 Penum Gas Pressure



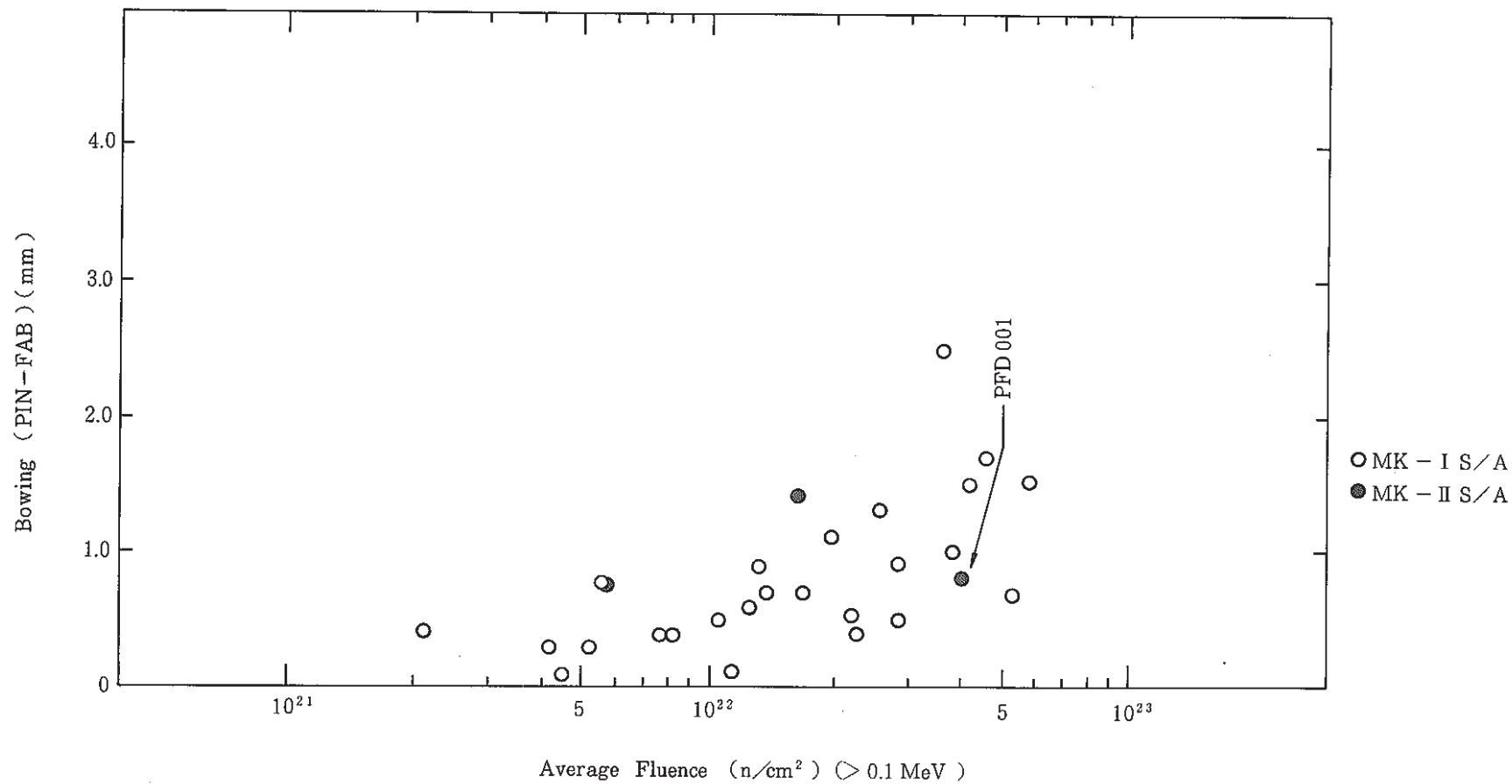
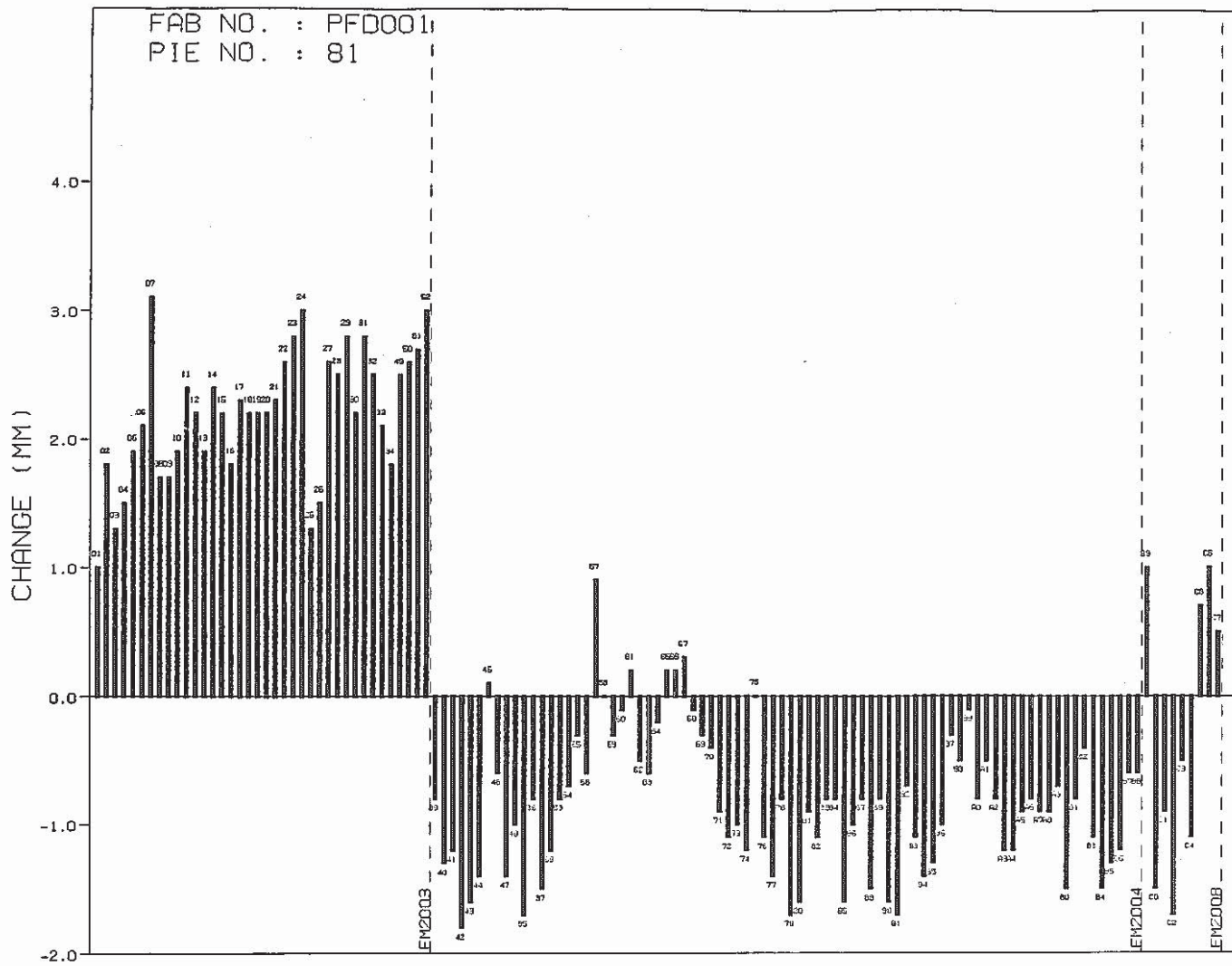


Fig. 19 Subassembly Bowing as a Function of the Subassembly Average Fluence



| CORE<br>PELET<br>LOT NO. | NO.<br>OF<br>DATA | AVE. | MAX. | MIN. |
|--------------------------|-------------------|------|------|------|
| FM2003                   | 38                | 2.2  | 3.1  | 1.0  |
| FM2004                   | 80                | -0.8 | 0.9  | -1.8 |
| FM2008                   | 9                 | -0.3 | 1.0  | -1.7 |
|                          |                   |      |      |      |
|                          |                   |      |      |      |
|                          |                   |      |      |      |
|                          |                   |      |      |      |
|                          |                   |      |      |      |
|                          |                   |      |      |      |

Fig.20 Fuel Stack Length Changes

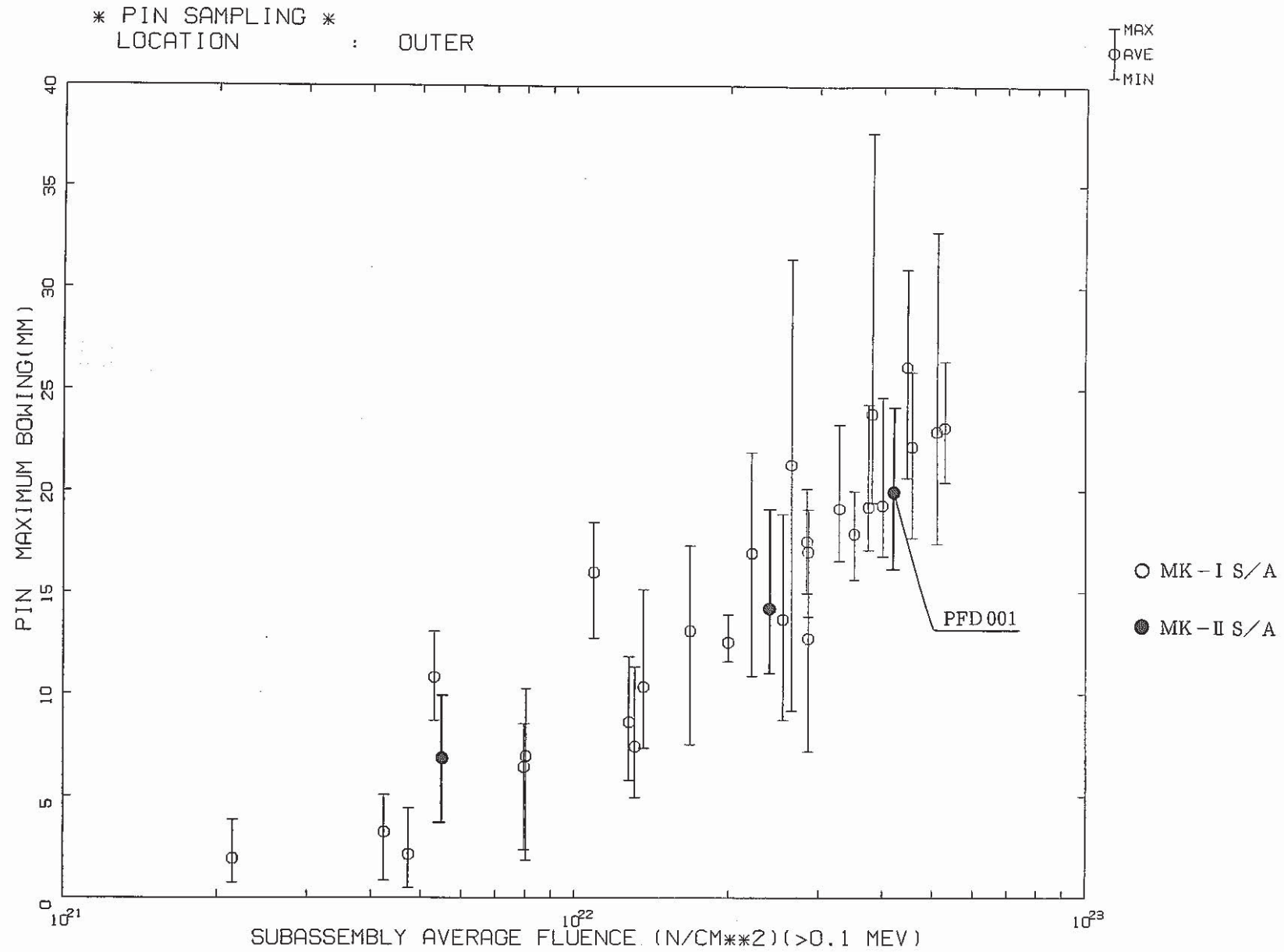


Fig.21 Pin Maximum Bowing as a Function of Pin Average Fluence

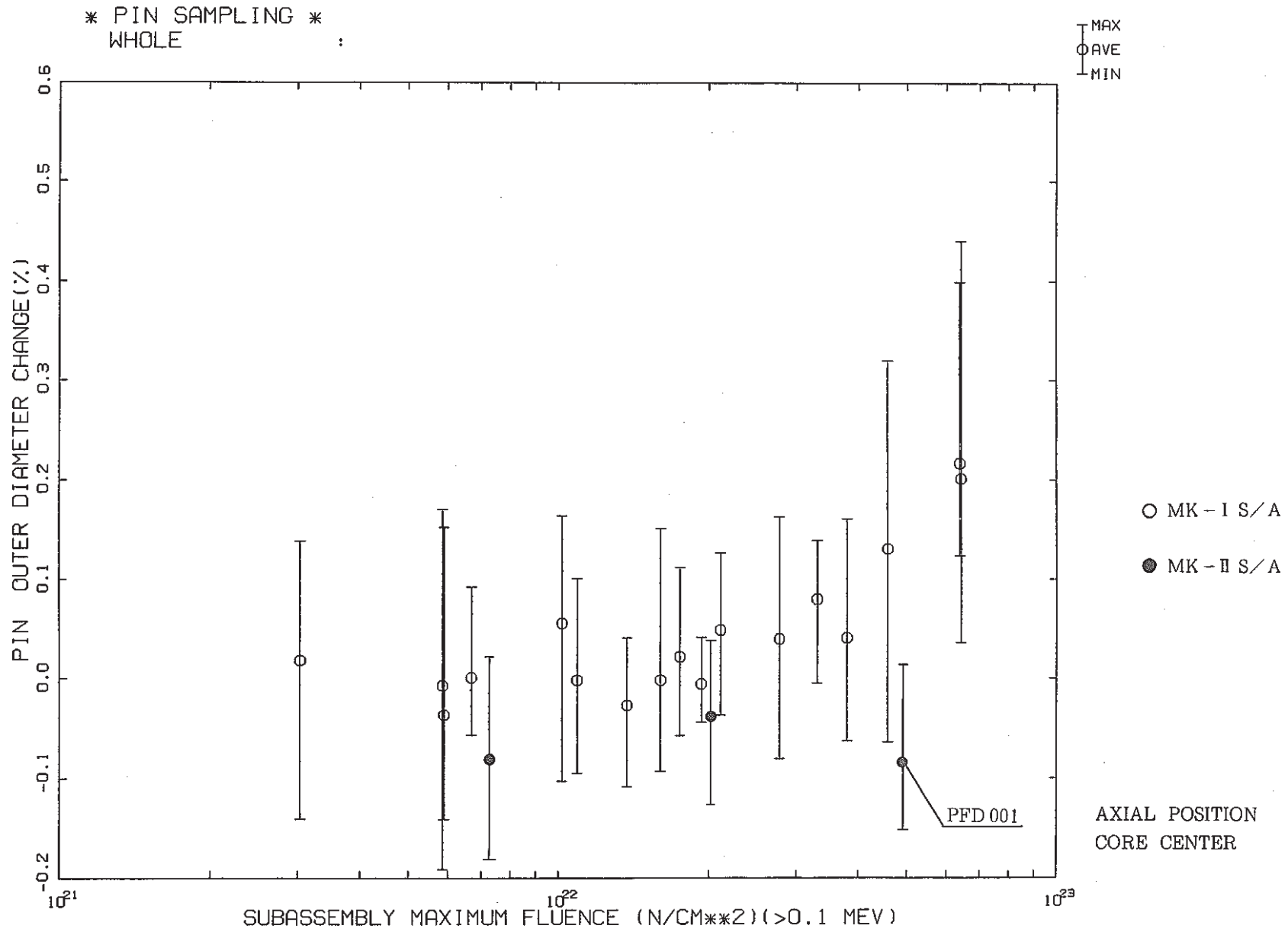


Fig.22 Pin Outer Diameter Change as a Function of Subassembly Maximum Fluence

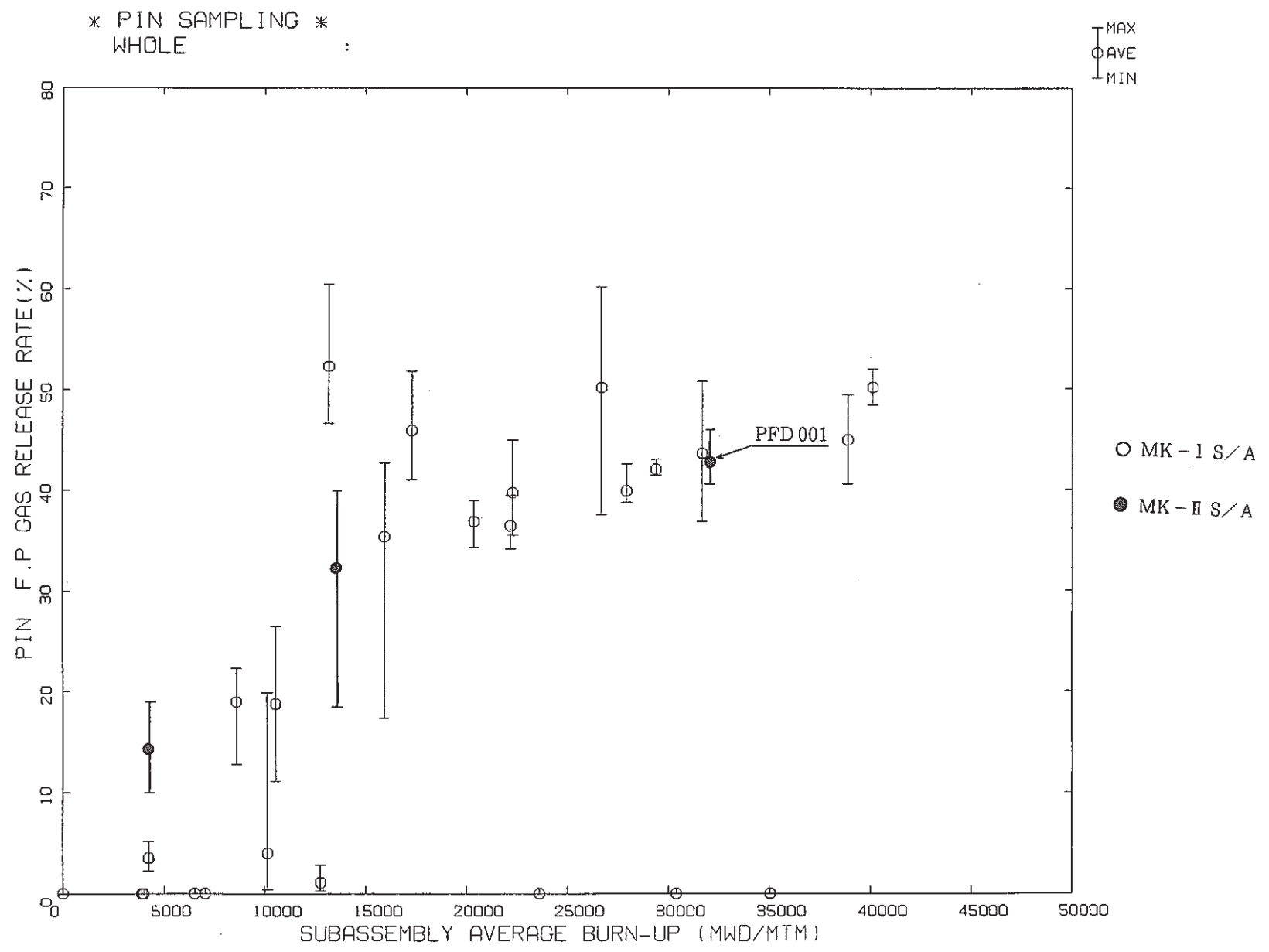


Fig.23 Fission Gas Release Rate as a Function of Subassembly Average Burn up

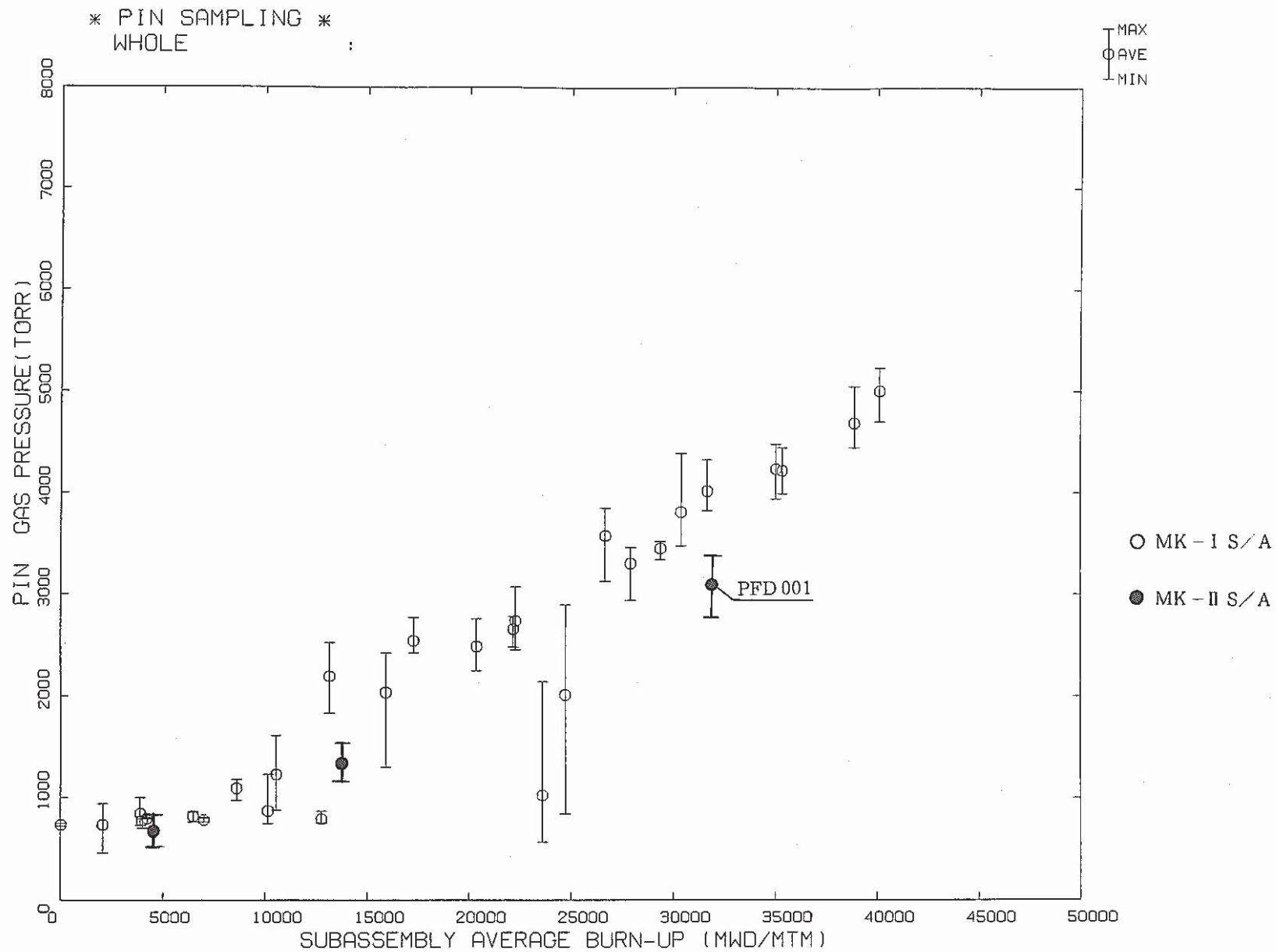
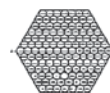
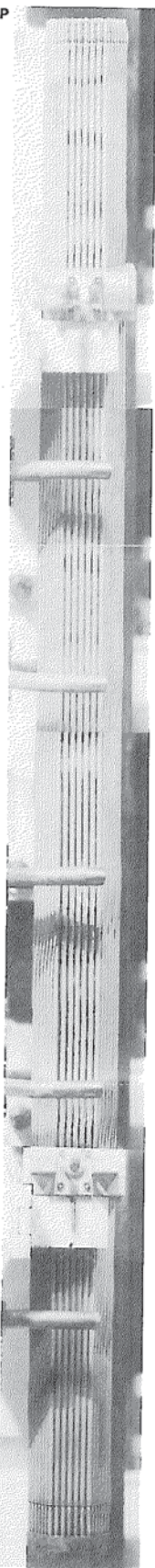


Fig.24 Plenum Gas Pressure as a Function of Subassembly Average Burun up

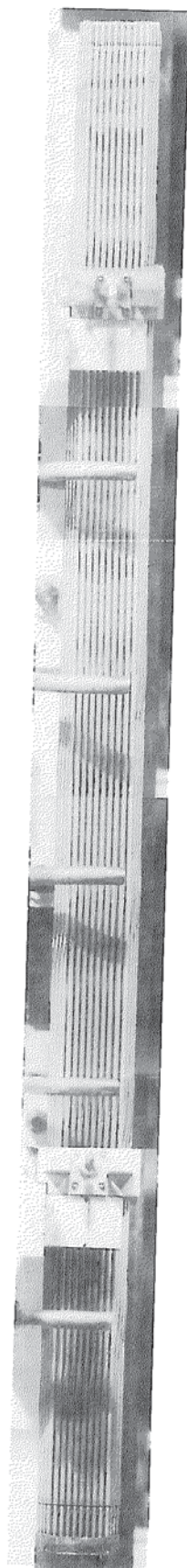


VIEW FROM A FACE

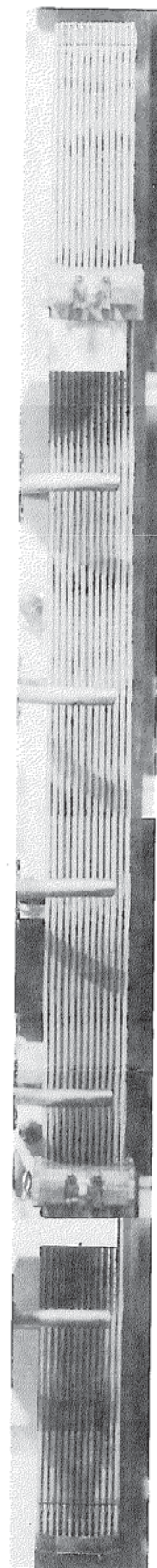
TOP



Row 1



Row 4



Row 7

F853002

Photo 1 Surface Condition of the Subassembly after Sodium Removal

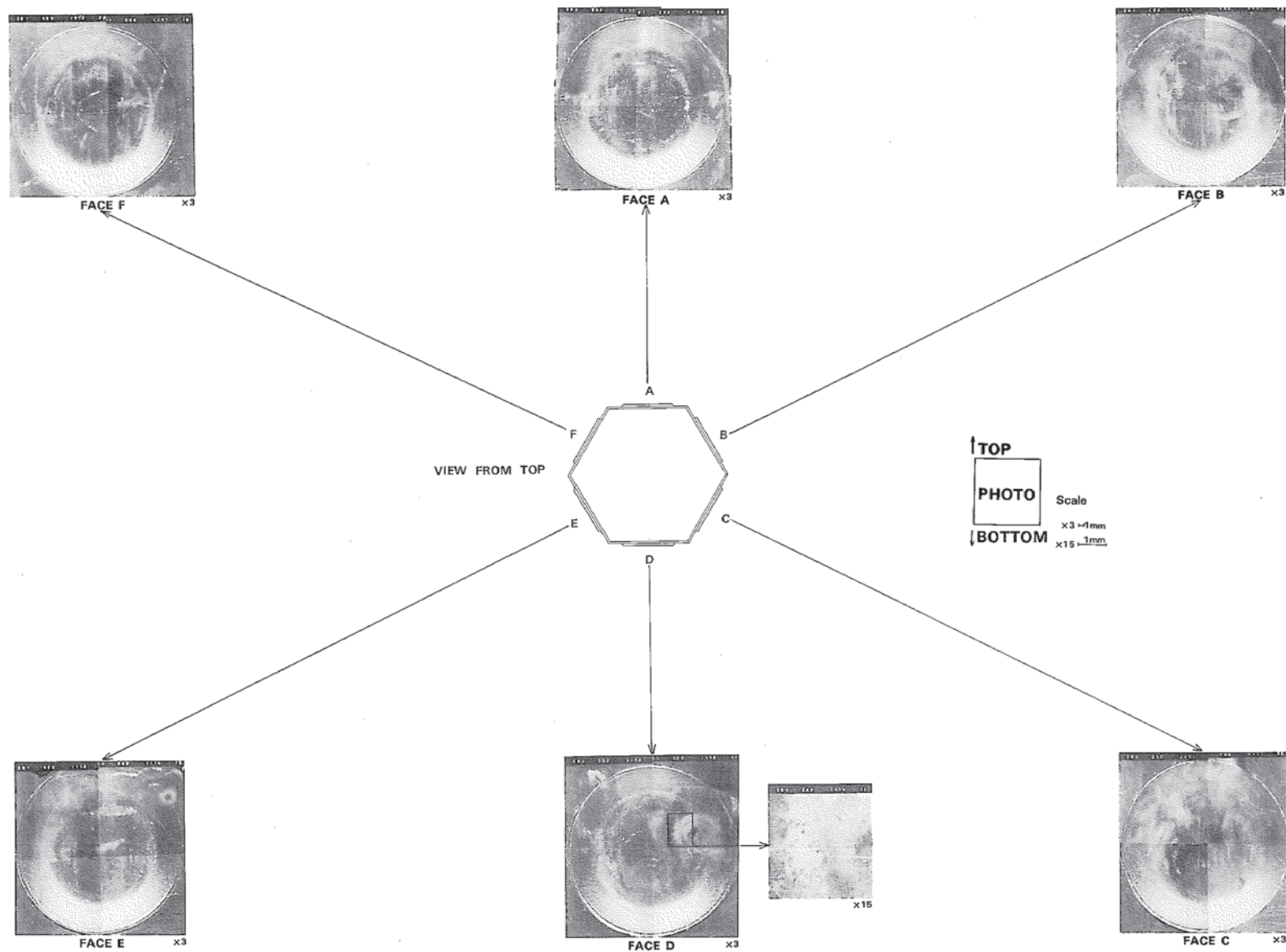
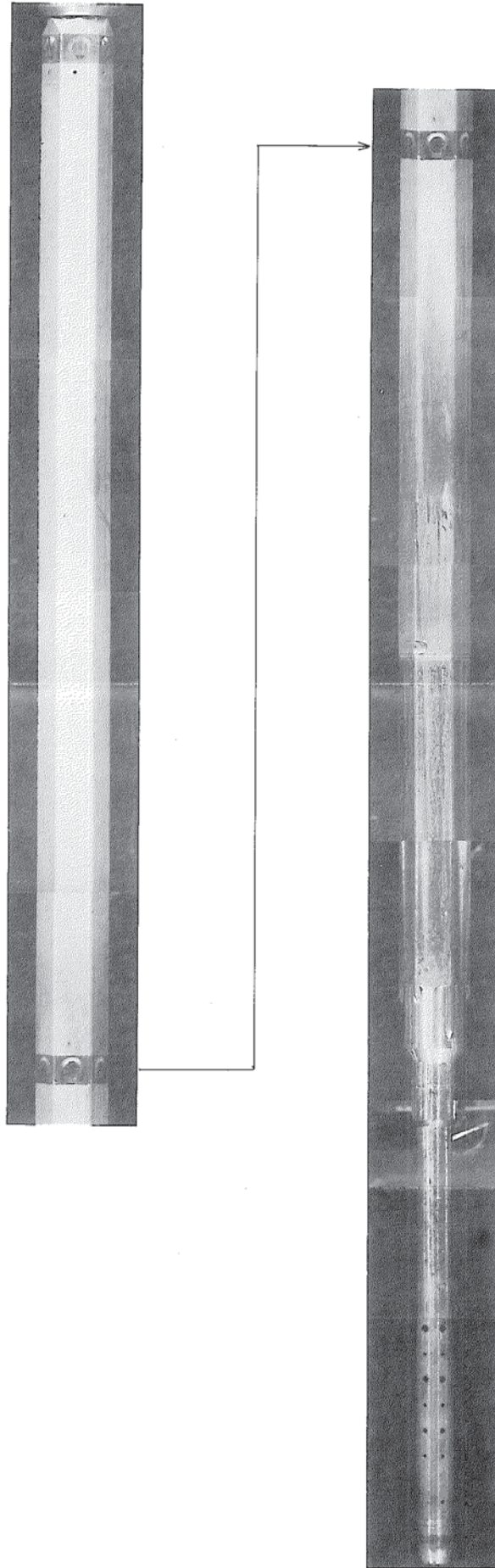


Photo 2 Surface Condition of Middle Pad

F856001



(before)

FACE **F**

**F851002**

Photo 3 Condition of Fuel Pin Bundle

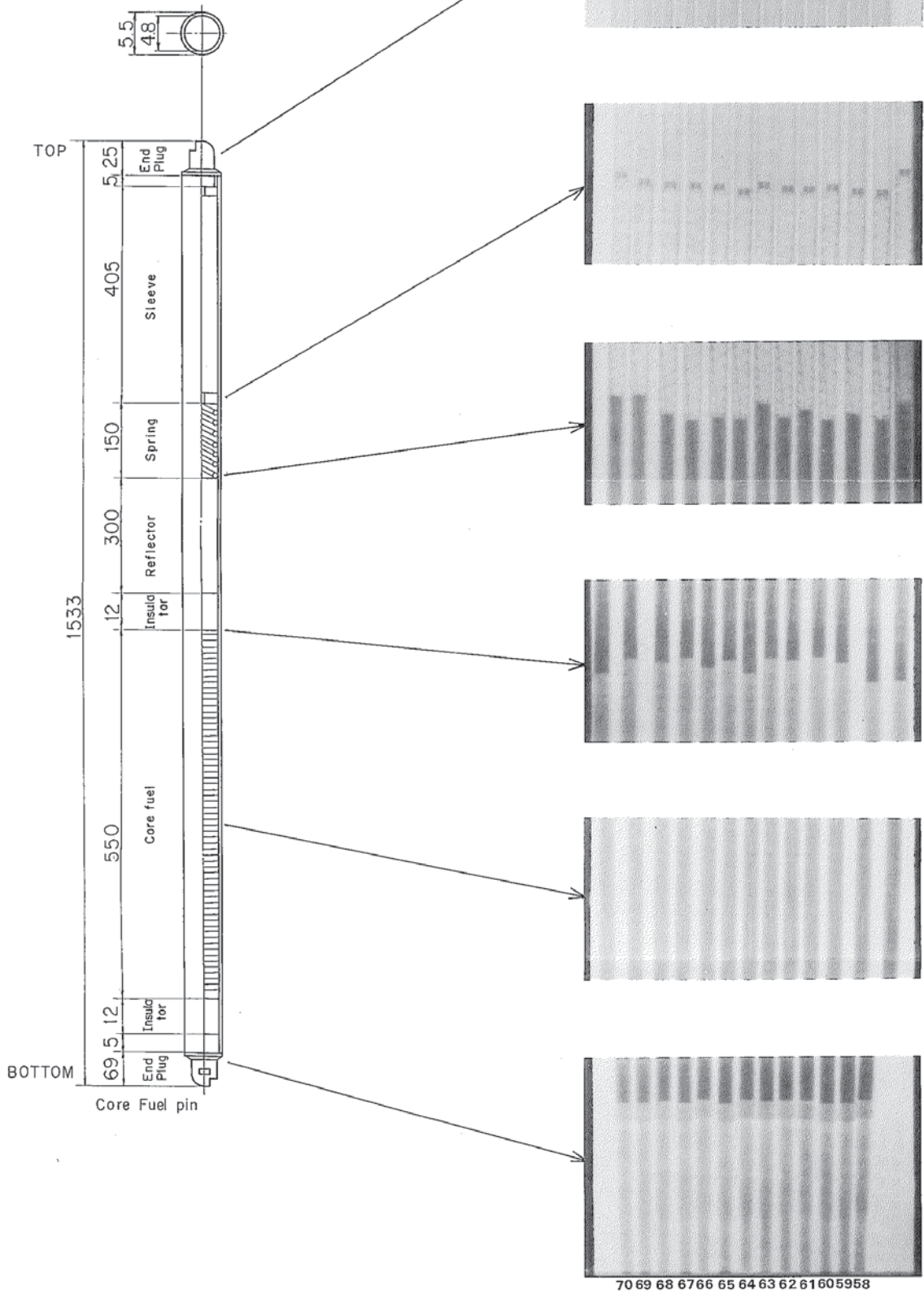


Photo 4 Condition of Pin X-ray Radiography

F854001