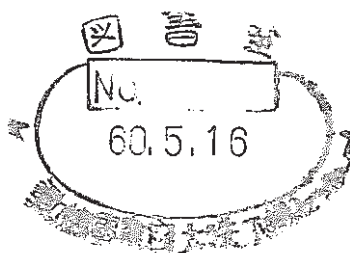


# 「常陽」Mk-II B型特殊燃料集合体(Fab.No.PFB000)の照射後試験(1)

—— 集合体及び燃料要素の非破壊試験 ——

技術資料コード	
開示区分	レポート No.
T	N941 85-131
この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です	
動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室	

1985年1月



動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

燃料材料試験部

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

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

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

「常陽」Mk-II B型特殊燃料集合体(Fab.No.PFB000)の照射後試験(1)  
—— 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 浅賀 健男\*, 榎戸 裕二\*

長谷川正恭\*, 永峯 剛\*

西野入賢治\*, 小形 佳昭\*

要 旨

「常陽」MK-II特殊燃料集合体の最初の照射後試験供試体として、B型特殊燃料集合体((Fab.No.PFB000), 平均燃焼度約5,100 MWD/MTM)を受け入れ、集合体外観検査を初めとする集合体試験, コンパートメントの健全性を評価するコンパートメント試験, および燃料ピンに関する詳細試験を実施した。試験結果の概要は下記の通りである。

(1) 集合体試験

外観, ラッパー管対面間寸法, X線ラジオグラフィによる内部観察等の試験では, 製造時データに比し有意な変化は認められなく, 構造体の健全性が確認された。

(2) コンパートメント試験

コンパートメント内容物の装筒状態は全く正常でありリグの健全性が確認できた。また, 外観寸法検査では, 製造時データと比較して, 有意な変化は生じてはいない。

(3) ピン試験

X線ラジオグラフィで測定した燃料スタック長に製造時データからの変化が認められたが, その他の寸法, 重量については全く変化はない。ピン内ガス圧はプレナム容積の大きいピンで最大897 Torr, 小さいピンで913 Torr程度であった。

(4) 集合体等の遠隔操作性と再装荷評価

集合体の解体, コンパートメント解体等, 遠隔操作性に関しては全く問題となる箇所はなく, PIE実施上, 当初のリグの設計が妥当であったことが判った。しかし再組立て, および「常陽」への再装荷に関しては, 使用部材のセル内での $\alpha$ 汚染の十分な除染が必要とされるが, 現状ではそれが困難である。したがってF MFでは燃料ピンの再使用は行おうが, ラッパー管, コンパートメント管の部材はすべて新部材を使用することで対処する。

\*. 大洗工学センター, 燃料材料試験部, 照射燃料集合体試験室(FMS)。

Postirradiation Examination of "JOYO" MK-II B-Type  
Uninstrumented Irradiation Subassembly  
(Fab. No. PFB000) (1)

Reporters

Takeo Asaga,\* Yuji Enokido\*,  
Masayoshi Hasegawa\*, Tsuyoshi Nagamine\*,  
Kenji Nishinoiri\*, Yoshiaki Ogata\*,  
Hirokatsu Tachi\*.

Abstract

Nondestructive examination of uninstrumented irradiation sub-assembly (Fab. No. PFB000, average burn-up 5,100MWD/MTM) has been performed.

The subassembly was the first one which introduced into Fuel Monitoring Facility (FMF) as uninstrumented irradiation subassembly series in "JOYO" MK-II irradiation project.

The results of the postirradiation examination in FMF are summarized as follows:

(1) Subassembly inspection :

Visual observation, measurement of face to face distance of wrapper tube, and the observation of interior construction condition of the rig indicated that the subassembly has behaved normally in reactor "JOYO".

(2) Compartment inspection :

No detrimental dimensional changes were not observed, and the contents in the compartments have been installed as were fabricated.

(3) Fuel pin inspection :

A slight changes in fuel stack length in comparison with the fabricated one have been confirmed by X-ray radiography, and the fission gas pressure in the fuel pins with large plenum volume was 897 Torr, while the pressure with small plenum volume was 913 Torr. No other irradiation behaviors were obviously observed.

---

\* : Fuel Monitoring Section, Fuel and Material Division,  
O-arai Engineering Center.

- (4) Evaluation of remote handling operation with the rig and reassembling :

No serious problems in the postirradiation examination performance, disassembling and reassembling have found. But it was not possible to decontaminate the materials surfaces in hot cells for reassembling. As present conclusion it is proposed that new materials except the fuel pins should be provided for the reassembling.

## 目 次

1. ま え が き .....	1
2. I 型照射用B型特殊燃料集合体の構造 .....	2
2.1 集合体の概略構造 .....	2
2.2 コンパートメントの構造 .....	2
2.3 コンパートメント内燃料要素支持機構 .....	3
2.4 特殊燃料要素の構造 .....	3
3. B型特殊燃料集合体(PFB 000)の使用前検査結果の概要 .....	5
4. 照 射 履 歴 .....	5
5. 照射後試験計画 .....	6
5.1 目 的 .....	6
5.2 試験項目と試験作業フロー .....	6
6. 照射後試験結果 .....	7
6.1 集合体試験 .....	7
6.1.1 集合体外観(ナトリウム洗浄前後) .....	7
6.1.2 ナトリウム洗浄 .....	7
6.1.3 集合体X線ラジオグラフィ .....	7
6.1.4 集合体寸法測定 .....	7
6.1.5 集合体解体 .....	8
6.1.6 ラッパー管アスキャン(炉心方位確認) .....	8
6.2 コンパートメント試験 .....	8
6.2.1 外 観 .....	8
6.2.2 X線ラジオグラフィ .....	8
6.2.3 外径寸法測定 .....	9
6.2.4 上部キャップオリフィス部(インコネル製)および ネジ胴部(SUS 316製)の表面観察と元素分析 .....	9
6.2.5 解 体 .....	9
6.3 ピン試験 .....	10
6.3.1 外観(含タイロッド) .....	10
6.3.2 重量(含ID確認) .....	10
6.3.3 X線ラジオグラフィ .....	10
6.3.4 外径寸法測定 .....	11
6.3.5 アスキャン .....	11

6.3.6	ピンパンクチャー .....	11
6.4	モニター類の採取 .....	11
6.4.1	エントランスノズル部ドジメーター .....	11
6.4.2	フラックスモニター管内フラックスモニター .....	12
6.4.3	コンパートメント内温度モニター .....	12
7.	B型特殊燃料集合体の取扱い性に関する検討 .....	13
8.	ま と め .....	15
9.	謝 辞 .....	15
10	参 考 文 献 .....	16

## List of Figures

Fig. 1	Schematic Drawings of B-Type Uninstrumented Irradiation Subassembly and its Compartment .....	17
Fig. 2	Transverse Cross-section of the Subassembly .....	18
Fig. 3	Schematic Drawing of Fuel Element Supporting Device in Compartment .....	19
Fig. 4	Schematic Drawing of Fuel Pin .....	20
Fig. 5	Flow Diagram of the Postirradiation Examination on the B-Type Uninstrumented Irradiation Subassembly .....	21
Fig. 6	Surface Condition of the Subassembly before and after Sodium Removal .....	23
Fig. 7	Interior Construction Condition in the Subassembly by X-ray Radiography Observation .....	25
Fig. 8	Axial Profile of the Face to Face Distance of Wrapper Tube (A-D Face) .....	27
Fig. 9	Axial Profile of the Face to Face Distance of Wrapper Tube (B-E Face) .....	27
Fig. 10	Axial Profile of the Face to Face Distance of Wrapper Tube (C-F Face) .....	28
Fig. 11	Vectors of Bowing of the Subassembly .....	28
Fig. 12	Conceptual Drawing of the Upper Part of the B-Type Uninstrumented Irradiation Subassembly .....	29
Fig. 13	Procedure of Disassembling .....	30
Fig. 14	Condition of the Outer-Surface of the Compartment and the Tie Rod (Compartment No. 66C4) .....	31
Fig. 15	Installation Condition of the Contents in Compartment (Compartment No. 66C1, No. 66C2, and No. 66C3) .....	33
Fig. 16	Installation Condition of the Contents in Flux Monitor Tube (Tube No. 66C0) .....	35
Fig. 17	Axial Profile of the outer Diameter of the Compartment (Compartment No. 66C4) .....	37
Fig. 18	Axial Profile of the Bowing of Compartment (Compartment No. 66C4) .....	38
Fig. 19	Scanning Electron Micrographs of Surfaces of Upper Cap of Compartment (Compartment No. 66C4) .....	39
Fig. 20	X-Ray Images of Outer-Surfaces of Upper Cap of Compartment (Compartment No. 66C4) .....	40
Fig. 21	Scanning Electron Micrographs on Inner and Outer-surface of Compartment Tube (Compartment No. 66C4) .....	41
Fig. 22	Conceptual Drawing of the Upper Part of the Compartment .	42



Fig. 23	Installation Condition of Fuel Pin Bundles with Tie Rod after Withdrawal from the Compartment .....	43
Fig. 24	Installation Condition of the Content of Fuel Pins in Compartment (Compartment No. 66C1) .....	45
Fig. 25	Parameter Dependency of Fuel Stack Length Change .....	47
Fig. 26	Relation of Plenum Spring Length Change to Initial Diametral Fuel-Cladding Gap Size .....	48
Fig. 27	Axial Profile of Fuel Pin Outer Diameter (Pin No. 6613) ...	49
Fig. 28	Axial Profile of Bowing of Fuel Pin (Pin No. 6613) .....	50
Fig. 29	Axial Profile of Gamma Species in Fuel Pin (Pin No. 6613) .	51
Fig. 30	Installation Position of Dosimeter Capsule in the Part of Entrance Nozzle of the Subassembly .....	52

## List of Tables

Table I	Inspection Data of Subassembly at IRAF .....	53
Table II	Inspection Data of Compartment at IRAF .....	54
Table III	Reference Table of Parts Number of Compartment .....	55
Table IV	Inspection Data of Tie Rod at IRAF .....	56
Table V	Fabrication Data of Fuel Elements and the Corresponding Numbering for Postirradiation Examination .....	57
Table VI	Items of Postirradiation Examination of Subassembly ....	59
Table VII	Results of Quantitative Analyses on Outer Surfaces of Upper Cap (A) and Compartment Tube (B) (Compartments No. 66C4) .....	60
Table VIII	Results of Fuel Pin Weighing and Identification Confirmation .....	61
Table IX	Results of F.P Gas Pressure and Gas Analysis .....	64
Table X	List of Flux Monitors .....	65
Table XI	List of Temperature Monitors in Compartment .....	66

## 1. ま え が き

B型特殊燃料集合体は、当面最高燃焼度 91,000 MWD/MTM、燃料被覆管最高温度 675℃を目標として、高燃焼度へ至るまでの燃料要素の高中性子束下、及び高温ナトリウム流動下における健全性を確認し、同時に照射挙動に関するデータを取得することを目的とする我国初の混合酸化物燃料を装荷した特殊燃料集合体である。<sup>(1)</sup>

照射挙動に関する主要な照射目的は、「もんじゅ」燃料のような高燃焼度下における国産燃料の照射特性や、被覆管のクリープ、スエリング特性等をパラメトリックに調べることにあり、そのため、燃料要素の仕様をいくつか変化させた燃料要素を装荷させている。例えば、ガスプレナム容積を2種類、燃料/被覆管間のギャップ巾を3種類、製造メーカー別の被覆管を2種類、その他燃料ペレットロット等があり、これらのパラメータをもつ燃料要素を同一照射条件で照射し、その影響を確認すべく、照射計画が立てられている。<sup>(2)</sup>

一方、B型特殊燃料集合体は当面炉心燃料集合体では得られないような上記の高燃焼度へ至るために4体の同種の特殊燃料集合体を用意されるが、照射を継続するものについては、途中で照射後試験を行い健全性を確認した後、炉へ再装荷し高燃焼度へ到達させるようにしていることも大きな特長である。

今回照射後試験を行う集合体は、I型照射用特殊燃料集合体（特性試験用、UNIS-BO）でその製造番号は「PFB 000」である。本燃料集合体は原子炉の低出力特性時にB型特殊燃料集合体と炉心燃料集合体の置換反応度の測定に使用された後、照射後試験のため照射燃料集合体試験施設（F MF）に運ばれたもので、B型特殊燃料集合体として試験を実施する最初の集合体である。

照射後試験の目的は、まずB型特殊燃料集合体の炉内における使用中のリグとしての健全性を確認することである。そして又B型特殊燃料集合体の照射後試験施設での遠隔解体性を主とする遠隔探作性を、後続する3集合体を用いた本格的な試験のために十分確立すること、さらには、中間検査、再装荷という作業が将来予定されているため、より効率よい照射後試験方策を確立する必要があり、その検討を行うことにある。同時に、再装荷に関して再組立て技術の検討、冶工具の設計等を行うためにモックアップテストを一部実施する。これらの一連の試験を通し、再装荷作業も含めた、B型特殊燃料集合体の設計の妥当性を評価する。

## 2. I型照射用B型特殊燃料集合体の構造

### 2.1 集合体の概略構造

特殊燃料集合体（PFB 000）はB型特燃I型と呼ばれるB型特燃で、Fig. 1に示すような構造を有する。集合体は、I型特殊燃料要素30本、燃料要素支持機構6本、コンパートメント6本、ハンドリングヘッド、ラッパ管、ノズル・軸心（エントランスノズル、コンパートメント支持機構、軸心管、等）、フラックスモニタ管、上部温度モニタから構成される。特殊燃料要素5本は1本の燃料要素支持機構に組み込まれ、1本のコンパートメントに挿入される。コンパートメント6本はエントランスノズルに溶接されたコンパートメント支持機構に組み込まれる構造となっている。

また集合体は炉心燃料集合体と同様の外形形状を有し、全長は2,970mm、エントランスノズル球面座より集合体上部までの長さは2,440mm、ラッパ管パッド部の外対面距離は81.2mmである。集合体の断面をFig. 2に示す。

I型照射用B型特殊燃料集合体の構成部品を以下に示す。

- (1) ハンドリングヘッド
- (2) ラッパ管
- (3) エントランスノズル
- (4) コンパートメント支持機構
- (5) 軸心管
- (6) フラックスモニタ管
- (7) コンパートメント
- (8) 燃料要素支持機構
- (9) 上部温度モニタ
- (10) 特殊燃料要素

なお、B型特殊燃料集合体の特長は集合体およびコンパートメントは照射後試験施設で分解・再組立が可能な構造となっており、照射試験の途中で特殊燃料要素やコンパートメントを取り出し、検査などができる。この構造は、ほぼ同一の照射条件下でパラメトリックなデータを得ること、コンパートメントや特殊燃料要素を適宜取り出すことにより照射中の燃料の健全性を追跡確認できる機能を有する。

### 2.2 コンパートメントの構造

コンパートメントは断熱二重壁構造で、内部に照射試料である特殊燃料要素5本を収納するものである。コンパートメント内の流量は、下部にあるオリフィスによって設定され、照射試験目

的にあわせた冷却材温度や特殊燃料温度が選定されている。

コンパートメントは、上部キャップ、上部胴、コンパートメント内管、コンパートメント外管、スペーサワイヤ、反射体、下部胴で構成される。構造の概略はFig. 1に示す。

上部キャップは、ネジで上部胴と結合されており、分解・再組立が可能な構造であり、コンパートメント上部胴との間の“かじり”を防止するため、上部胴と異材質になっている。ネジの上方にはコンパートメント内の冷却材流出孔があけられており、上端にはバイパスと合流した冷却材温度を測定する温度モニタが溶接密封されている。

上部キャップの材質は、温度モニタを除き全てインコネル718であり、その全長は194mmである。上端に装荷する温度モニタはSiCである。

コンパートメントの外径は26.4mmで、全長は2,172mmである。内管の内接円は14.6 mm $\phi$ であり、外接円は20.0 mm $\phi$ である。

### 2.3 コンパートメント内燃料要素支持機構

燃料要素支持機構は、タイロット支持板、ピン・タイロッド、燃料ピン下部支持具、燃料ピン上部支持具等で構成される。

燃料要素支持機構は、コンパートメント内に収納され、5本の特殊燃料要素を支持する。燃料ピン下部支持具は、ピン・タイロッドに溶接されており、支持している特殊燃料要素の荷重をピン・タイロッドに伝える。燃料ピン上部支持具は、特殊燃料要素の上部端栓を横方向に支持しており、ピン・タイロッドに溶接で取り付けられている。ピン・タイロッドは、特殊燃料要素5本に囲まれた中心にあり、燃料要素の配列を適正に保つとともに、燃料要素と支持具の荷重をタイロット支持板に伝達する。また、タイロッドには上部温度モニタを支持するリングを燃料ピン上部支持具の上方に有する。タイロッドの上端には吊り輪が取り付けられ、コンパートメントから燃料ピン束の取出と挿入ができるようになっている。

燃料要素支持機構の概略をFig. 3に示す。

### 2.4 特殊燃料要素の構造

Fig. 4に特殊燃料要素の構造を示す。燃料要素は基本的にはMK-II炉心燃料と同一タイプの構造であり、コンパートメント内の燃料要素支持機構に収納される。I型照射用B型特殊燃料集合体に装荷されるものは、I型特殊燃料要素である。

I型特殊燃料要素は、外径5.5mm、内径4.8mm、肉厚0.35mmの20%冷間加工SUS 316相当ステンレス鋼製の被覆管と上・下部端栓で溶接密封された構造で、内部には直径4.6mm劣化ウラン酸化物インシュレータペレットを上下に12mm、その中央に直径4.63mmのウラン・プルトニウム混合酸化物ペレット550mm、更にインシュレータペレットの上部と下部に夫々183mm、117mmの要素反射体(上)と要素反射体(下)、要素反射体(上)の上部にプレナムス

プリングと抑え板付プレナムスリーブを収納している。なお、燃料要素内部はヘリウムガス雰囲気である。被覆管の外側には直径 0.9 mm のラッピングワイヤを 209 mm のピッチで 7 回巻きつけ、両端を上・下部端栓部で玉どめしてある。ラッピングワイヤは各燃料要素間隔を保持するとともに、コンパートメントの流入管より導入された冷却材に回転ベクトルを与えて混合を促進する機能を有する。ラッピングワイヤ、抑え板付プレナムスリーブ、要素反射体（上）、要素反射体（下）、上・下部端栓の材質は SUS 316 ステンレス鋼であり、要素反射体（上）、要素反射体（下）及びラッピングワイヤは 20% 冷間加工材である。また、プレナムスプリングは SUS 304 ステンレス鋼である。

I 型特殊燃料要素の全長は 1,533 mm である。

I 型特殊燃料要素には、ガスプレナム容積の異なるものが 2 種類ある。プレナム容積が 6.0 CC のものを特殊燃料要素（I-1）、9.0 CC のものを特殊燃料要素（I-2）と呼び、夫々が各コンパートメントに装荷される。

特殊燃料要素（I-1）のプレナム容積は、同（I-2）より  $3 \text{ cm}^3$  少ないが、これは（I-1）型のプレナムスリーブの体積をその分増大させることにより作ってある。

### 3. B型特殊燃料集合体(PFB000)の使用前検査結果の概要

高速実験炉部照射課（IRAF）において炉装荷前に検査された項目とその結果および、各炉心構成要素のID番号並びに重合体内配置をTable IからTable IVに示す。

特殊燃料要素の主要な製造時データをTable Vに示す。

### 4. 照射履歴

B型特燃（PFB000）は、昭和57年12月12日に「常陽」Mk-II炉心内ラック位置（R-30）に装荷された。その後同年12月18日にラッパー管B面を炉心中心とする方向で、炉心装荷装置IAIに装荷された。昭和58年7月8日ラック位置（R-10）に移送されるまでの間に、同年2月8日から2月17日までの25MWを始めようとする段階的な出力上昇試験をうけ、さらに100MW炉出力試験、およびその後置換反応度試験、高出力特性試験等の炉内特性評価のため試験を経験している。最高燃焼度は集合体平均で5,100MWD/MTM、最大線出力297.9W/cm、積算中性子束（ポイント最大 $7.34 \times 10^{21} \text{n/cm}^2 \text{ E} \geq 0.1 \text{ MeV}$ ）等の照射条件を有するものである。照射燃料集合体試験室への搬入は昭和58年9月20日に行われ、その時点での放射エネルギーは7,180Ci/集合体また崩壊熱は35W/集合体と評価されている。（以上のデータは全て常陽運転監視コードの出力による評価である）。

## 5. 照射後試験計画

### 5.1 照射後試験計画

照射後試験の目的は、本集合体の流動ナトリウム下における健全性を確認すること、及び、FMFにおけるB型特燃の遠隔取扱い方法および試験方法の確立にある。一方本集合体のPIE結果は、科学技術庁原子炉規制課に報告することを義務付けられており、後続集合体の照射計画に反映させることになっている。特に集合体、コンパートメント、燃料要素に関しては外観、寸法データはすべて提出し、また燃料要素ではさらにガンマスキャンおよびパンクチャーテストの結果についても報告することになっている。またピンのプレナム容積、燃料／被覆管ギャップ巾等をパラメータとした照射挙動を把握することを考慮しこれらのPIE項目を含んだ下記のようなPIE計画が作られた。

### 5.2 試験項目と試験作業フロー

Table VIにB型特燃(PFB000)の各炉心構成要素の試験項目と対象試料および試料数を示す。また、Fig.5に集合体外観検査から始まる各PIE作業のフローを示す。



## 6. 照射後試験結果

### 6.1 集合体試験

#### 6.1.1 集合体外観（ナトリウム洗浄前後）

本集合体は「常陽」炉サイトに於てナトリウム洗浄が行なわれていたため FMF での外観検査ではほとんどナトリウムの付着は観察されなかった。又表面の状況においてもいわゆる金属光沢があり炉内照射期間も短かったこともあってほとんど製造時の状態と同じであった。ただパッド部とその周辺に白色の付着物（ナトリウム又は水酸化ナトリウム）がまばらに存在している。E面の上部パッドには軸方向にすり傷が見られる。エントランスノズル、球座、ハンドリングヘッド等の炉内の燃料取扱い上のチェック部位の表面状態は健全であった。Fig.6 に集合体表面の状態をF面について写真で示す。

#### 6.1.2 ナトリウム洗浄

前述のように既に「常陽」サイトにてナトリウム洗浄がなされボルト締め缶に水封されていたため FMF のナトリウム洗浄では廃液分析の結果ではほとんどナトリウムは認められなかった。すなわち1回目の水洗浄の廃液のpHは約7.0であった。したがってFMFに搬入された時点では付着ナトリウムは完全に除去されていたものと思われる。

#### 6.1.3 集合体X線ラジオグラフィ

集合体X線ラジオグラフィは複雑な構造を有するB型特燃の炉内における内容物等の装荷状態を確認し、構造体としての健全性を評価するために行った。Fig.7にX線ラジオグラフィによる集合体内部の透過図を示す。集合体内には異物の混入、コンパートメント、ピン束等の乱れ、又それらの支持部の損傷、変形、脱落等の異常は全くない。又ピン束におけるタイロッドも含めたピン配列の異常も認められず、使用中健全であったことが確認された。

#### 6.1.4 集合体寸法測定

本試験では全長、対面間寸法、曲り、表面温度の項目に関して測定した。まず集合体の全長は  $2,969.4 \pm 0.1$  mm であり製造時データ  $2,969.3$  mm との間の差は測定精度内であり両者で有意な差は無い。

ラッパー管対面間寸法は上中下3定点平均でA-D面  $78.49 \pm 0.01$  (製造時  $78.54$  mm), B-E面  $78.38 \pm 0.05$  (同  $78.44$  mm), C-F面  $78.41 \pm 0.04$  (同  $78.41$  mm) であった。両者の差はほぼ製造時公差の範囲 ( $78.50 \pm 0.05$  mm) 内であり、照射前後で有意な差はない。曲りは最大で上部パッド位置で  $1.2$  mm (製造時  $0$ ) 認められた。Fig. 8にA-D面、

Fig. 9にB-E面, Fig. 10にC-Fの対面間寸法の軸方向プロファイルを示す。Fig. 11に曲り方向と量についての測定結果を示す。集合体表面の温度はセル内温度と同じで33℃であり, 集合体内の発熱量は無視できるものであった。

#### 6.1.5 集合体解体

本集合体のコンパートメント取出しとエントランスノズル部に装荷されているドジメーターの取出しを主目的とする集合体解体については, 既にコールド模擬集合体を使用したモックアップテストによってある程度手順, 方法は確立されており, 又作業に必要な冶工具類も整備されてたため比較的容易に行えた。基本的にB型特燃の集合体解体方法は類似機構のSMIR, CMIR等と同じであり, これまでの解体技術を通用できるものであるが, ただ照射をうけたものとしての今回の解体性の評価は今後の作業にとって重要なものとなっている。Fig.12にB型特燃の集合体上部構造を示す。

Fig.13にB型特燃の解体手順と方法を示す。コンパートメントの取り出し手順において不具合箇所はほとんどなかった。又最後のハンドリングヘッド(H/H)の再装荷も予定通り実施し, 次工程での試験に渡した。なおその後集合体解体工程としてはエントランスノズル部のドジメーターの取外しがあったが, これも部材切断機付属のグラインダーカッターによる切さくによりセンサー部の取外しは容易に実施できた。又取り出されたコンパートメントのマーキングは刻印位置を0°として0°方向に基準マーキングを施した。

#### 6.1.6 ラッパー管γスキャン(炉心方位確認)

ラッパー管周方向のγスキャンによる炉心方位の決定を試みたが, D面およびE面の計数がほぼ同量であったため, そのうちどちらの面が炉心方位かを決定できなかった。

尚, 「常陽」側の推定炉心方位は, E面であった。

### 6.2 コンパートメント試験

#### 6.2.1 外 観

外観検査はコンパートメントの0°, 120°, 240°の3方向全長に渡り目視にて全数行なった。コンパートメントの主要構造部には損傷もなく, 一部洗浄ムラ等の変色部があるものの異常な点は全くない。又フラックスモニター管も同様である。Fig.14にコンパートメントNo.66C4の0°方向の写真を示す。

#### 6.2.2 X線ラジオグラフィ

X線ラジオグラフィは全コンパートメント及びフラックスモニター管の計7体について各構造体の内部配列の確認を目的として行った。Fig.15に66C1, 66C2, 66C3の, 又Fig.

16にブラックモニター管の内容物の装荷状況と示す。いずれも正規の配列を示し、コンパートメント構造物の設計の妥当性が確認された。

### 6.2.3 外形寸法測定

Fig.17にコンパートメント66C4の直径の軸方向分布を製造時データ(FAB)と共に示す。全長に渡り約 $20\mu\text{m}$ の凹凸が認められるが全体の傾向は製造時値と一致し、照射の影響は認められない。Fig.18に曲り結果を示す。最大曲り量は $1.8\text{mm}$ であるが製造データが無いため曲り量の評価ができない。

### 6.2.4 上部キャップオリフィス部(インコネル製)およびネジ胴部(SUS316製)の表面観察と元素分析

#### (1) 上部キャップオリフィス部

外表面、オリフィス穴表面、および内表面の流動ナトリウムによる状態変化の確認を行うため、走査型電子顕微鏡観察並びにX線微小分析を実施した。Fig.19から明らかなようにすべての場所において約 $0.1\sim 0.2\mu\text{m}\phi$ の付着物(微粒子)が見られる。一部に付着物がない領域があるが、この部分のX線元素分析ではNb, Tiが高濃度化されていることが判った。面分析結果をFig.20に示す。偏析のない表面での半定量分析結果をTable VII(A)に示す。インコネルの組成に対して、Fe, Cr, Mnが増加し、Nb, Ti, Moが減少している。

これらの組成変化の原因が照射によるものかどうかは、製造時の材料中の偏析の可能性もあり現状では明らかではない。

#### (2) ネジ胴部

Fig.21にネジ胴部内外表面の状態を示す。Table VII(B)に半定量分析結果を示す。外表面状態はほとんど製造時の状態であるが流動ナトリウムにさらされる内表面には径約 $0.1\sim 0.8\mu\text{m}\phi$ の付着物(微粒子)が観察される。濃度的には外表面では、Fe, Ni, Moが減少し、Cr, Mnが増加している。内表面の付着物の分析は未実施であるが、性状からしてMK-I被覆管やラッパー管に主成していた表面微粒子と同種のもものと推定される。

### 6.2.5 コンパートメント解体

解体はB型特燃の燃料要素の取出し、内管試料の円滑な採取、および各種モニターの取出しに関する遠隔作業性の検討を含む、取出し手法の確立を目標に行った。

まず、燃料要素(ピン束)の取出しでは、集合体解体機にコンパートメント外側管を垂直に固定した上で特殊治具を用いて上部キャップを回転させネジ部から分離する。コンパートメント頂部の構造をFig.22に示す。さらタイロッド吊輪をパワーマニプレータでピンチャックを用いて引き抜く。タイロッドに組まれている5本の燃料ピンからなるピン束から燃料ピンは一本一本MSマニプレータにより外し、所定のピンラックに収納する。基本的にはこの手順で解体を

容易に行うことが可能である。

今後はキャップネジ部には残留ナトリウム等が固着している場合があり、例えばヘアードライヤーにより暖めてからネジ部を取り外す作業は必要と思われる。なお通常のネジ部の緩めトルクは最大で260 kg・cmであり治具を用いてMS マニプレータで容易に扱えるトルクであった。さらにタイロッドの抜き取り荷重は1.4 kgで、これはタイロッドの自重とほぼ同じであった。一方上部温度モニターはタイロッドの吊り上げ途中で容易にMS マニプレーターで採取できることが確かめられた。6本のコンパートメントにつきすべてモニターの取出し、ピン束及びピンの取外しを実施した。

### 6.3 ピン試験

#### 6.3.1 外観（含タイロッド）

タイロッドに装荷された状態で5本の燃料ピンについて外観目視および写真撮影を実施した。Fig. 23に全コンパートメント内に装荷されていたピン束の外観写真を示す。一部ワイヤとピン表面のすき間に白色の付着物がある他は変形や損傷等はなく、正常な照射、流動特性を有していたと考えられる。タイロッドに関しても全く傷等はない。Fig. 14にコンパートメント66C 4内に装荷されていたタイロッドの外観を示す。

#### 6.3.2 重量（含ID確認）

全ピンについて実施した。Table VIIIに重量測定結果と製造時データとの差、およびID確認結果を示す。製造データとの比較ではPIEデータは-0.2gr.以内であり有意な差のあるピンは無い。又IDは製造時のID確認と一致している。

#### 6.3.3 X線ラジオグラフィ

本試験は、主としてガスプレナム容積の異なる燃料ピンの燃料挙動、及び燃料ピン内容物の装荷状況の確認を目的として行った。Fig. 25にプレナム容積が9 cm<sup>3</sup>タイプのピンと6 cm<sup>3</sup>タイプのピンの透過写真を示す。写真から明らかなように燃料スタック全長に照射による影響が現われている。又特徴的なことは、プレナムスプリングのへたりが観察されていることと、プレナム容積6 cm<sup>3</sup>のピン番号6605ピンにおいてスリーブが落ち込んでいることである。Fig. 26に燃料スタック長の製造時データに対する変化量を示す。

燃料/被覆管間のギャップ巾、プレナム容積、被覆管製造メーカー、燃料ペレット製造ロットをパラメータとしたスタック長変化量を見ると、変化は主として燃料ペレットの製造ロットの書いによって大別でき、ペレットロット、TBJ-001でのスタック長の減少量がTBJ-003よりもかなり大きい。同時に初期ギャップ巾、プレナム容積、被覆管メーカー別等のパラメータには明瞭な依存性はない。

Fig. 27 にスプリングの縮み量を示す。縮み量はプレナム容積  $6 \text{ cm}^3$  のピンにおいて著しく、最大  $34 \text{ mm}$  の減少となっている。これはプレナム容積を減少させるためにプレナム部へ装荷させているスリーブの自重によってスプリングが高温において回復現象をおこしたことによるものである。

#### 6.3.4 外径寸法測定

全長、直径、曲りの3項目の測定を行った。まず全長についてはほとんど製造時データとの差はないが PIE では全体に低めで最大  $-1.1 \text{ mm}$  であった。直径変化では全ての対象燃料ピンに対し製造時との比較で有意な差はなく、軸方向プロファイルも  $\pm 5 \mu\text{m}$  内で均一な値であった。直径の軸方向プロファイルの一例を PIE No. 6613 ピンについて Fig. 27 に示す。一方曲り量については最大  $3.5 \text{ mm}$  であるが、この量は同一燃焼度での MK-I、および MK-II 炉心燃料の曲り量とほぼ同一であった。曲り量最大の燃料ピンにつきその軸方向プロファイルを Fig. 28 に示す。

#### 6.3.5 $\gamma$ スキャンニング

4本の燃料ピンにつき全  $\gamma$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{95}\text{Zr}$  等につき燃焼分布プロファイルを確認した。Fig. 29 に 6613 ピンの  $\gamma$  線軸方向プロファイルを示す。炉心燃料の上部に局部に落ちこみがあるが、( 図中矢印にて示す。 ) 全体的にプロファイルは出力分布と対応している。なお  $\gamma$  線強度の落ち込みは、炉心最上部ペレットに円周方向の割れがあり  $0.5 \text{ mm}$  巾のギャップが開いていることが詳細な X 線ラジオグラフィにより確認される。

#### 6.3.6 ピンパンクチャ

$\gamma$ -Scan を実施したピンにつきガス圧測定、ガス組成分析等を実施した。Table IX 4本のピンの測定結果を示す。ガス組成 Kr, Xe の組成は Xe/Kr 比で約 10 と MK-I 燃料に比し高いが MK-II の場合の Pu 濃度が高いことが原因として挙げられる。又当然ながらプレナム容積の小さい 6605 ピンのガス圧が最大で、約  $912 \text{ Torr (STP)}$ 、プレナム容積の大きい他の 3 ピンは  $839 \sim 890 \text{ Torr}$  程度である。

### 6.4 モニター類の採取

#### 6.4.1 エントランスノズル部ドジメーター

本モニターは集合体最下部のエントランスノズル部に挿入されているもので炉心支持板における高速中性子フラックスを測定するものである。Fig. 30 にドジメーターの装荷位置を示す。

本モニターの取出しは容易であった。Fig. 30 に示す切断位置を部材切断機の高速グライターカッターにより切落すことにより刻印番号 DE 01 ( PIE No. 66DE01 ) のモニターキャプセルを取

取出した。キャプセルは外観上特に異常は認められなかった。

#### 6.4.2 フラックスモニター管内フラックスモニター

Table Xにフラックスモニター管から採取したモニターの一欄を示す。

モニターは3種で温度モニター6個、ドジメータ3個およびタグカプセル1個である。取出しはフラックスモニター管の上部より75 mmを切断することにより全モニターを採取する予定であったが、さらに一ヶ所392 mmでも切断して下部のモニターを採取しを容易に行った。照射前の各キャプセルの装荷順序には間違いはなかった。又採取されたキャプセルの外観は正常であった。

#### 6.4.3 コンパートメント内温度モニター

コンパートメントキャップ内およびタイロット上部に装荷の温度モニターブロックを採取した。まず上部端栓は上端から65 mmで切断した。又温度モニターブロックは、タイロットを引き抜き、MS マニプレターで温度モニターブロックをつかみ容易にタイロットから取り外すことが出来た。Table XIに両温度モニターの試料 ID 確認の結果を示す。各キャプセルの刻印番号に間違いはなく、又外観上特に異常は見つけられなかった。

## 7. B型特殊燃料集合体の取扱い性に関する検討

B型特燃のFMFでの取扱いに関しては、昭和51年9月に第2次試作の段階でナトリウム 漬させて遠隔操作性について総合的な最初の試験、検討を行なっている。当時FMFは常陽燃料を受け入れ、ホット運転を開始するための最初の設備、機器の総合試運転を実施中であり、この試作集合体は他の炉心燃料試作体と同様、あらゆる角度から照射後試験の実施方法の確立のための評価、検討がなされたものである。<sup>(3)</sup> 最も重点を置いたことは解体手順と方法の確立であり、特にコンパートメントの取扱い、残留ナトリウムの解体性への影響等についてもユーティリティーの性能との兼ね合いで評価した。その結果、集合体ハンドリングヘッドの形状が他の集合体と異っていて、グripperで集合体を把持できないこと、ナトリウムの残留のためネジ部のゆるめトルクが過大になること、残留ナトリウムが大きいこと等、一部に構造上の問題がある点を指摘した。その結果は、B型特燃第三次試作集合体に反映され、その試作体につき昭和53年9月に2,000時間、600℃でナトリウム浸漬したものについてナトリウム洗浄から始まる一連の照射後試験手順にて解体および測定、試験を実施した。

第三次試作集合体については前回の改良点の確認を行うとともに、付着ナトリウム量の評価、最適洗浄条件の把握等の設備、ユーティリティーの特性評価も含めて最終的な取扱い性に関する検討を行った。又さらに遠隔再装荷に対して初めてその良否々検討を加えた。<sup>(4)</sup>

この結果、解体、試験、再装荷の手順と方法についてはほぼ確立でき、特に特殊冶工具の設計、製作、も含めて実機の取扱いに見通しを得た。特に再装荷と対しては、再組立て装置の具備する機能、性能を確認した。

「取扱い性」に対してはさらに昭和58年度初頭において、コンパートメントタイプの集合体である、燃料材料照射用反対体(CMIR)、構造材料反射体(SMIR)の検討も含め、最終的にB型特燃の解体モックアップ試験を行い<sup>(5)</sup> ほぼ問題点を洗い出し、今回のB型特燃実機の照射後試験を迎えたものである。

このように過去のモックアップを通し、当面最善の状態で「PFB000」のPIEが行われたため、さしたる障害もなく、予定通りナトリウム洗浄、解体、又複雑な試料管理、および各種測定、検査を行うことができた。

現在のところPIE遂行上大きな問題はないが、今後起りうる点を2～3列記しておく。まず、照射条件の増大に伴い、材料の変形が顕著になったり、ネジ部の材料変質に伴うトルク力の増加、等の問題が生じる可能性は十分あるという点である。特にこのうちネジの機能が今後9万MWD/M<sup>2</sup>の照射条件下とか、700℃前後の温度条件下で今回のような製造時と同様な機械的性質を持ちえるかどうか不明である。今回、ロックナット部に多少問題があることが判ったが、この点にも注意を要する。各種スプリング、ベローズの機能等は長期間の使用経験がなく、材質選択も含めて現

段階では注意していくべき項目と考えられる。

第二には、もともとB型特燃は複雑なコンパートメント機構を内蔵した集合体であるため、ナトリウムのドレイン性は炉心燃料に比し、かなり悪い。その一方で、MK-IIでのかなりの高い照射条件と温度を期待している集合体であるため万が一破損が生じた場合、ナトリウム洗浄が行えないため、付着ナトリウムを解体の各段階で除去していかなければならない。しかし、その作業は頻雑で、しかもネジ部、入りくんだ部分、部材同志が接触した部分でのナトリウム除去は難しい。その際、集合体搬入から解体、さらにはコンパートメントを解体し、燃料ピン試験へ至る各作業が大変複雑になる可能性があるのみならず、一部の試験ができなくなる恐れもある。もちろん固化したナトリウムを温風で融かし、トルク力をゆるめる方法も開発しているが、試験体からナトリウムを完全にふき取ることは大変な作業である。このような場合どうして解体、試験を行っていくか未だ方法の決定版はない。昭和59年に予定されているI型B型特殊燃料集合体(Fab. No. PFB010)を用いてここらのモックアップを実施していくつもりである。

第三には、再装荷性の問題である。B型特燃は照射後試験を実施後「常陽」へ再装荷し、照射を継続し、高燃焼度、高Fluenceを得ることにしている。上述のようにナトリウム洗浄をしない場合はともかく、する場合には燃料ピンの各試験を行い再びタイロットへ組上げ、コンパートメントへ装荷し、集合体を再組立てしていく方法、手順の上で現状問題はない。

しかし、一度FMF試験セル内で $\alpha$ 雰囲気に入れられ、マニプレータ、等の設備、工具等に接触した集合体の部材の表面には $\alpha$ - $\gamma$ の表面汚染があると考えられる。燃料ピンはそれなりに単体として、超音波洗浄等で除染できるが、集合体構成部材の全てを“ $\alpha$ 汚染無し”とすることは実質的に不可能である。「常陽」の $\alpha$ 濃度受入れ規準に鑑み、使用済部材を再使用することは炉内に $\alpha$ 汚染を持ちこむことになり望ましくない。したがって現状でのFMFでのB型特燃の再装荷は継続照射を行う燃料ピン以外の部材はすべて新規の汚染のないものを使用することで対処したい。又再装荷の他の規準についても関係箇所と協議上、効率的な規準を作っていくことにする。



## 8. ま と め

B型特殊燃料集合体および同燃料要素の非破壊試験を実施した。本集合体はB型特燃として初めて照射後試験を行うもので、その燃焼度は5,100 MWD/MTMと評価されていたものである。本集合体の試験から下記のことが確認された。

- (1) 集合体の外観、ラッパー管対面間距離、X線ラジオグラフィーによる内部観察等の試験では製造時に比し照射挙動として有意な変化は認められない。
- (2) コンパートメントの試験では、ピン及びタイロッド等の内容物の装荷状態に異常は無く、又外観、寸法検査でも照射による変化はない。
- (3) 燃料ピンの試験では、燃料のスタック長の減少に燃料ペレットロット依存性があることがMK-I同様見出された他は照射挙動として製造時からの変化は特に現状現われていない。
- (4) 集合体および燃料要素の遠隔操作性に問題となる箇所はなく、計画通り集合体の解体検査を実施した、又再装荷の実機を用いた部分的モックアップとその評価を行ったが、再装荷に関しては集合体部材の除染が完全に、再装荷に必要な程度に行うことが不可能と思われ、今後再装荷し、実験炉にて再使用する場合は、燃料ピン以外は新材材を使用することで対処したい。

## 9. 謝 辞

本試験の遂行に当たり、施設の放射線管理を担当した放射線管理課第三係、放射性廃棄物の管理を担当された廃棄物処理課、および特定設備の運転を担当した工務課の各職員に感謝致します。また金相、機器分析試験は技術解析室(AES)で実施されたもので合わせて感謝致します。

## 10. 参 考 文 献

- (1) “高速実験炉「常陽」のB型特殊燃料集合体(照射用炉心)に関する燃料の健全性を含む照射計画の確認について”  
安全委員会資料, 昭和56年12月 科学技術庁原子力安全局
- (2) “燃料・材料照射試験計画1981年版”  
FBR本部 燃料Gr. PNC SN 244 81-03
- (3) “特殊燃料集合体の遠隔解体組立試験”  
松島英, 榎原, 長山ら, PNC SN 941 77-36 1977年2月
- (4) “特殊集合体の評価試験”  
松島英, 小形, 山田ら, PNC SN 941 78-147 1978年12月
- (5) “「常陽」MK-II炉心試作照射リグ解体モックアップ試験”  
西野入, 秋山, 永峯ら, PNC SN 941 84-32 1984年3月

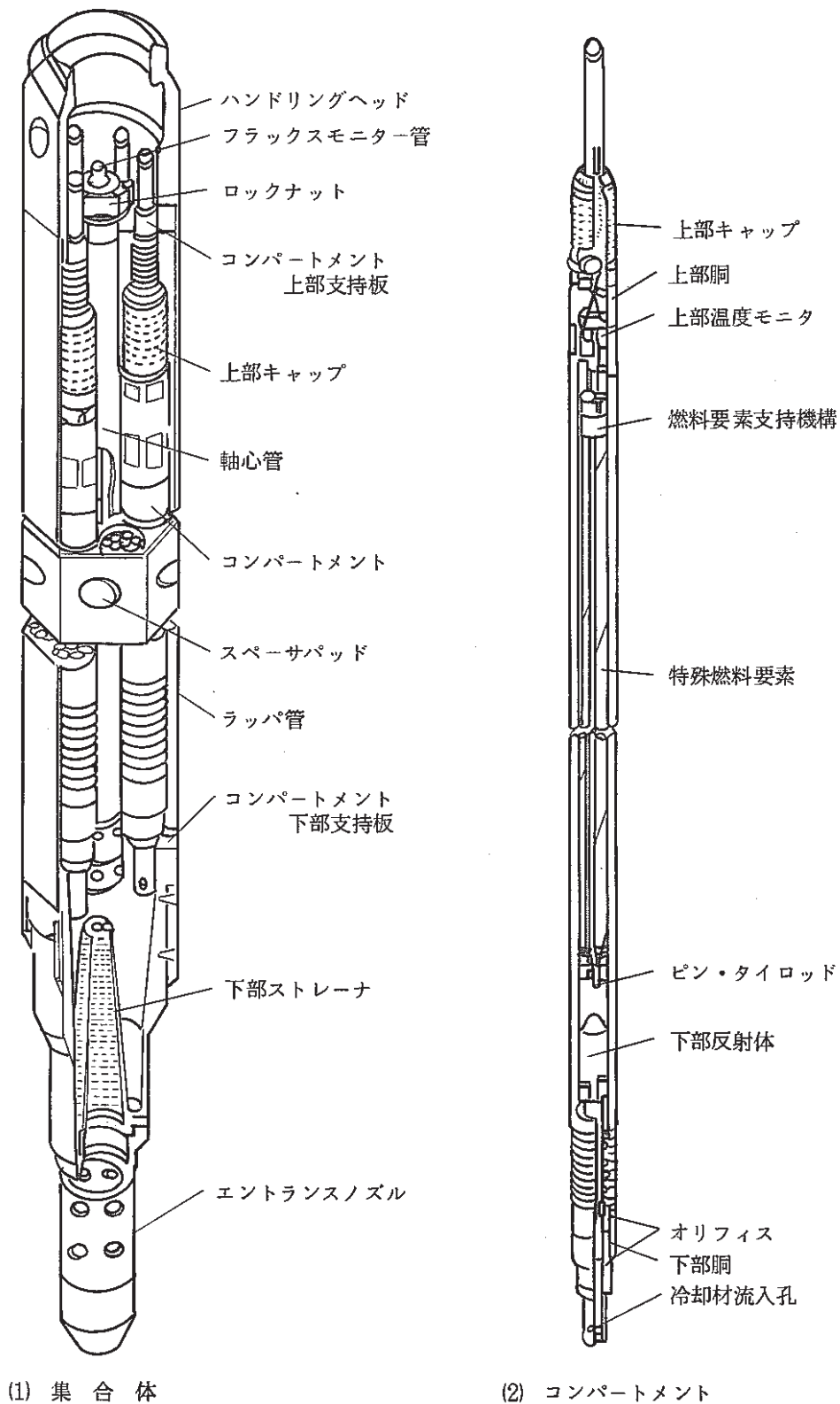


Fig. 1 Schematic Drawings of B-Type Uninstrumented Irradiation Subassembly and its Compartment

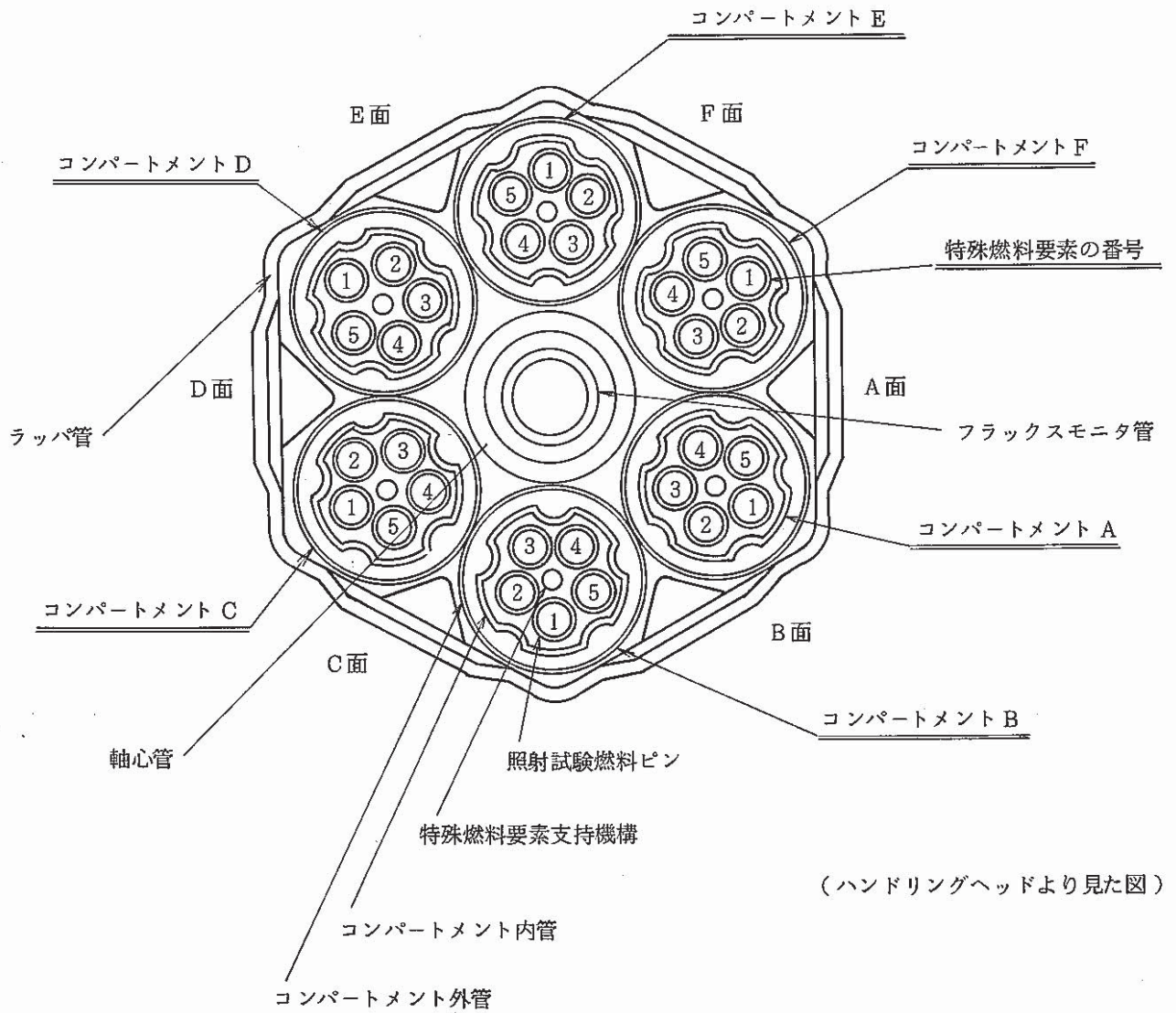


Fig. 2 Transverse Cross-section of the Subassembly

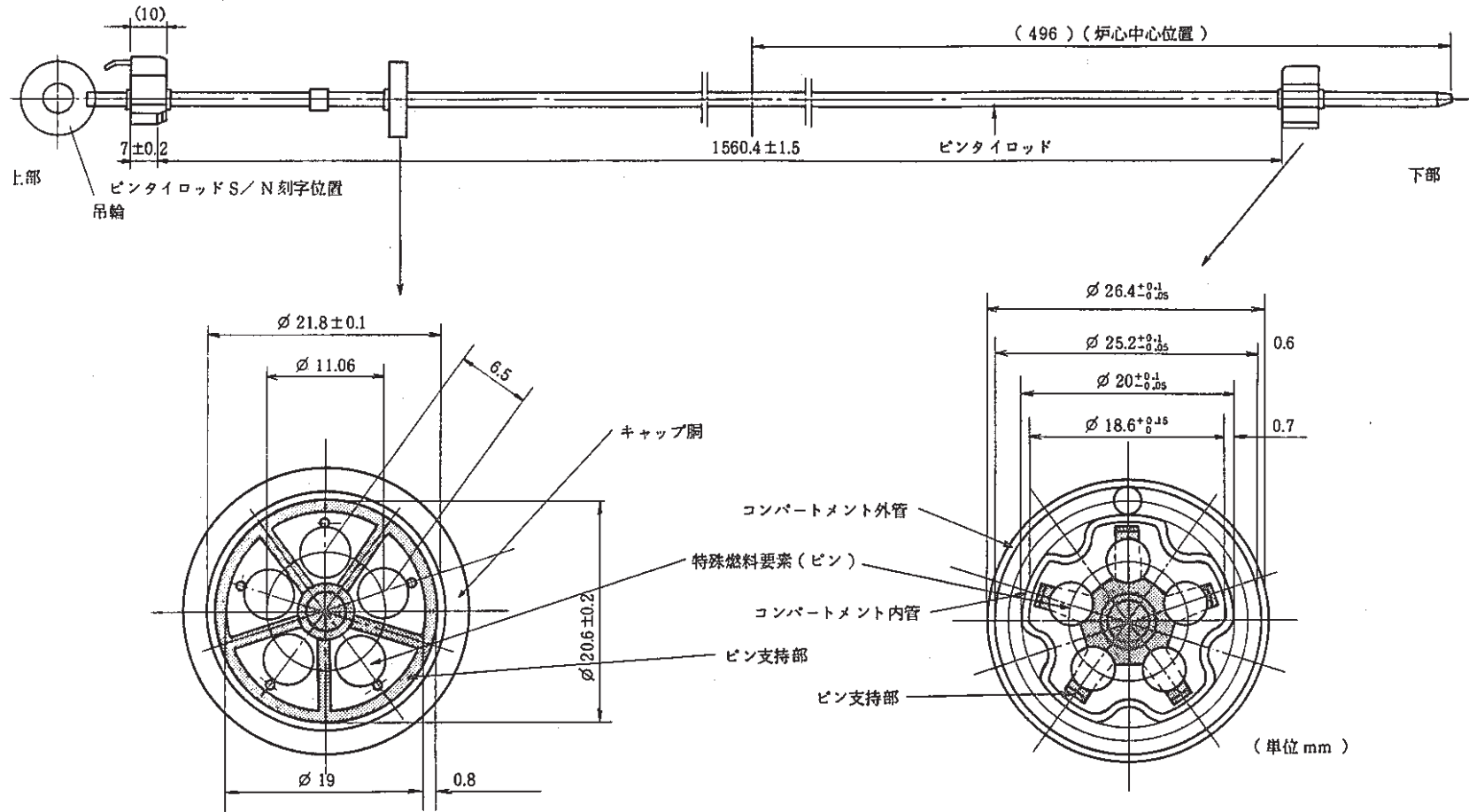


Fig. 3 Schematic Drawing of Fuel Element Supporting Device in Compartment.

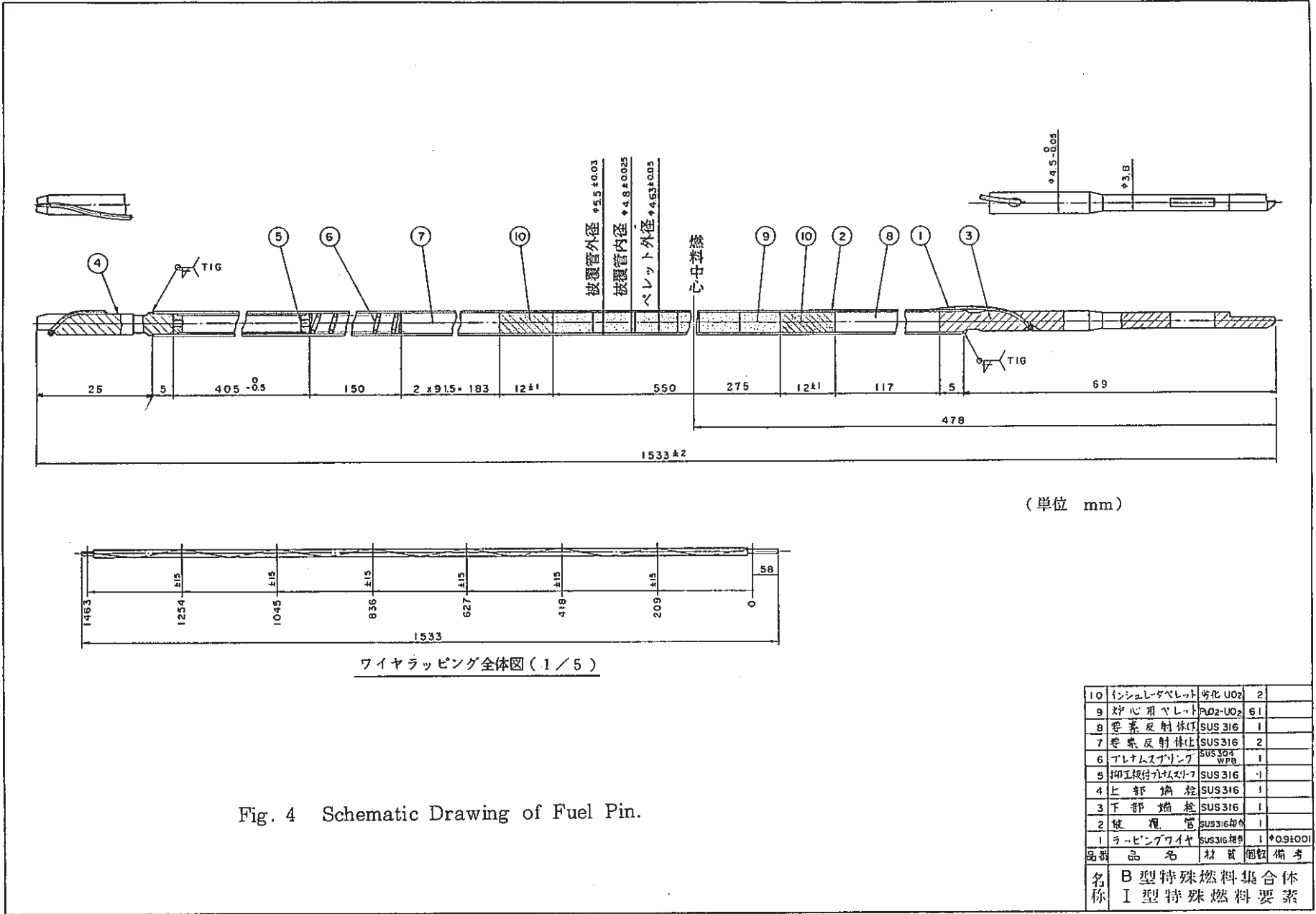


Fig. 4 Schematic Drawing of Fuel Pin.

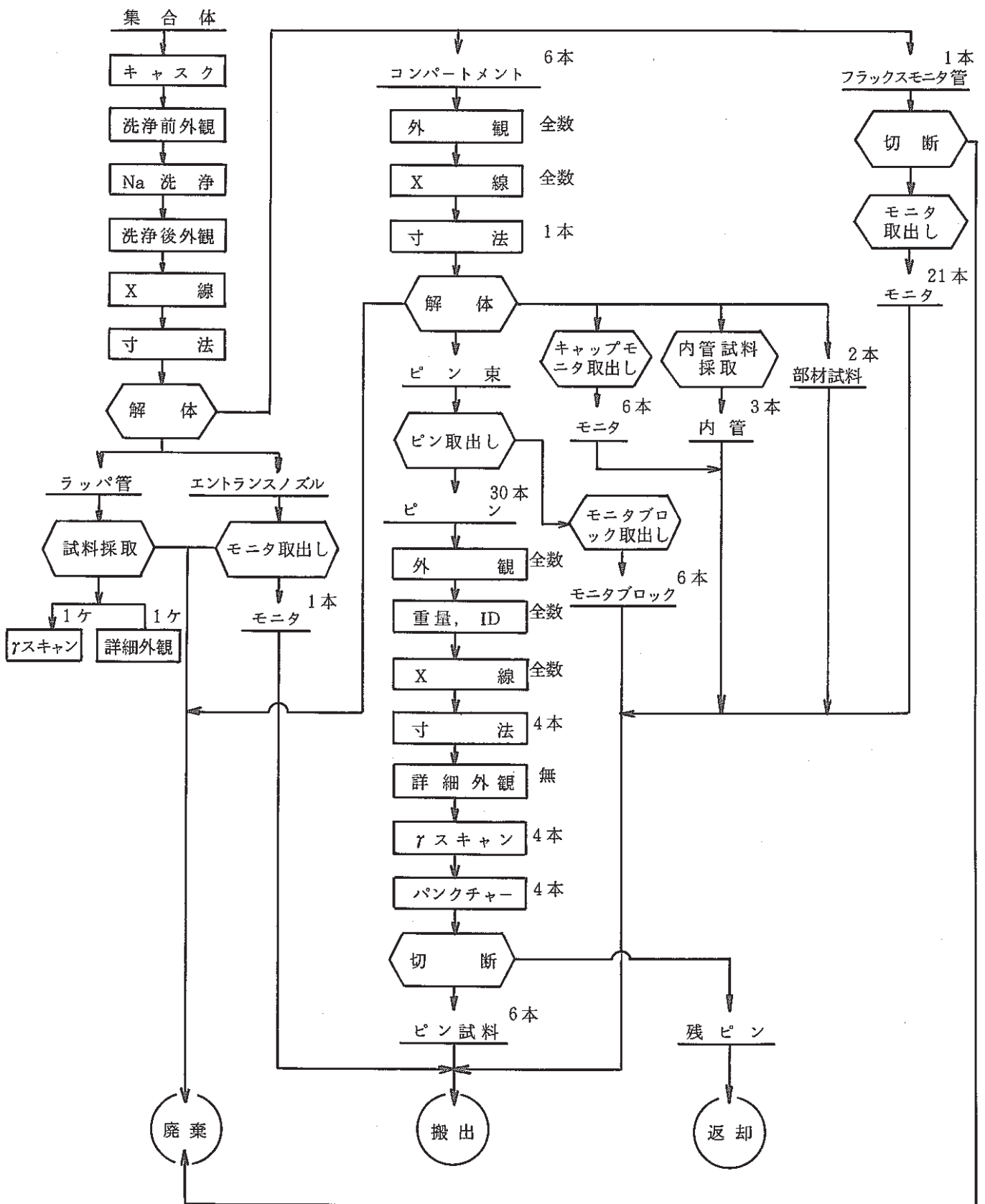
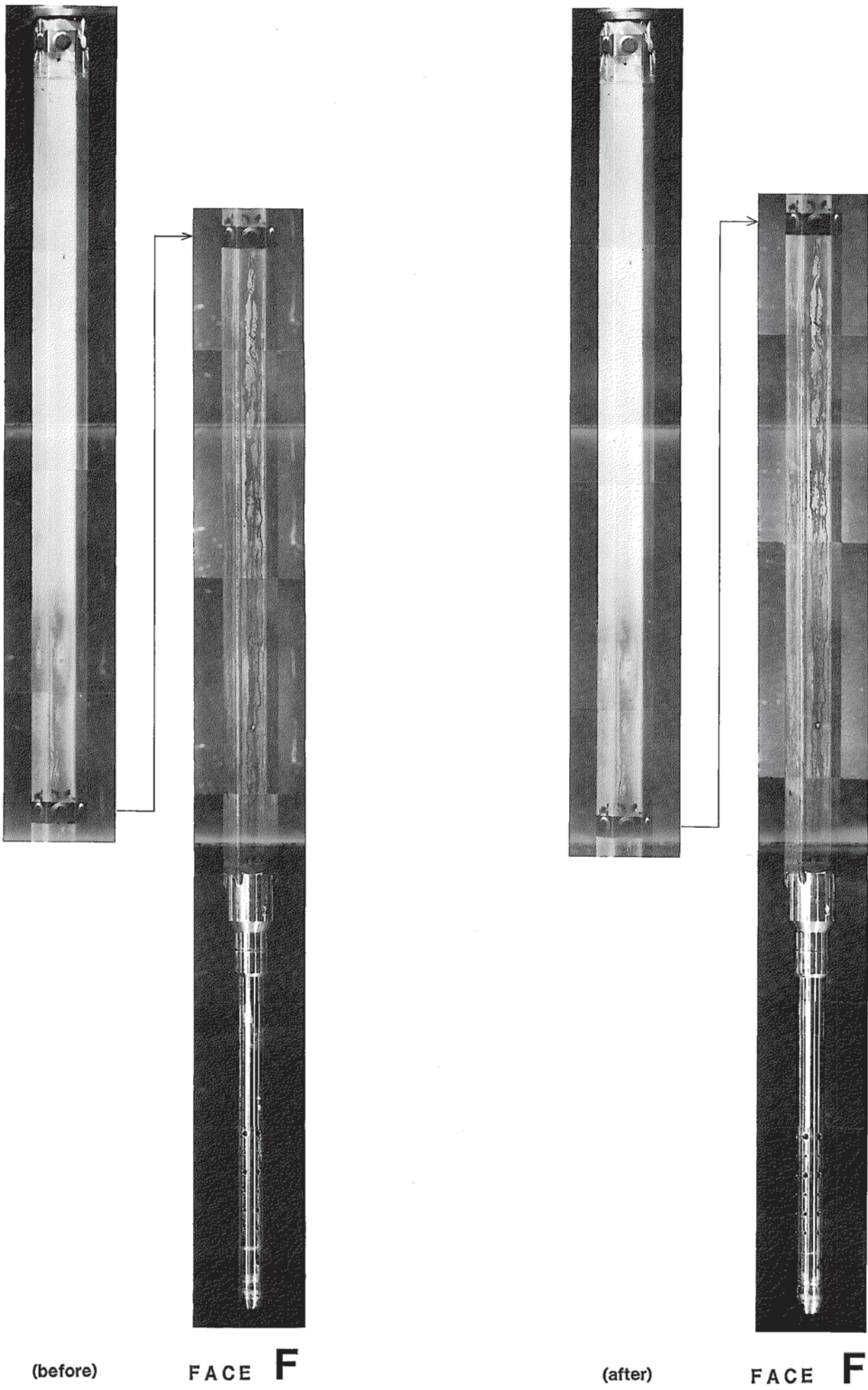


Fig. 5 Flow Diagram of the Postirradiation Examination on the B-Type Uninstrumented Irradiation Subassembly



(before)

FACE **F**

(after)

FACE **F**

Fig. 6 Surface Condition of the Subassembly before and after Sodium Removal

**F831028**



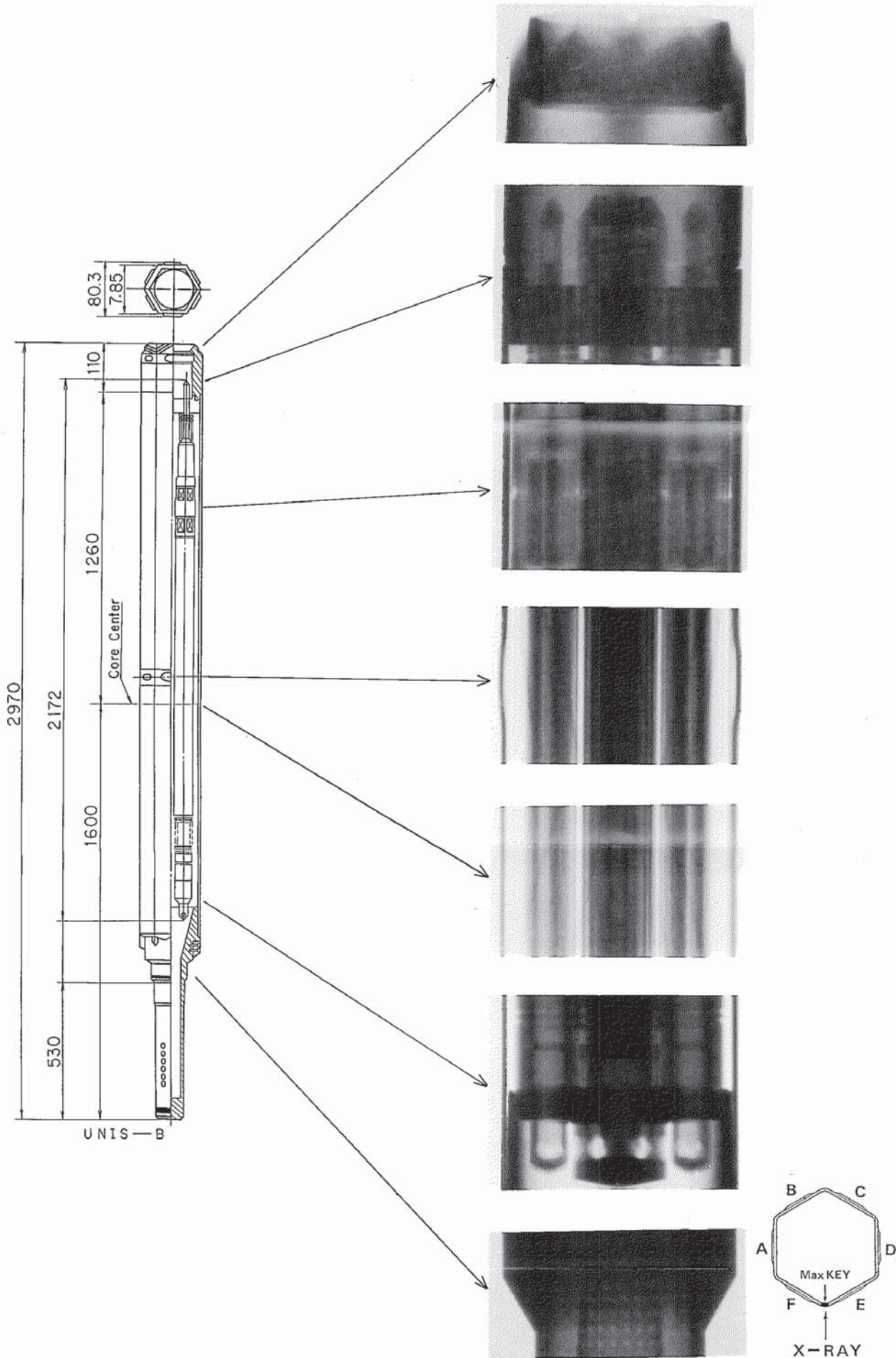


Fig. 7 Interior Construction Condition in the Subassembly by X-Ray Radiography Observation

F842011

OUTPUT DATE : 1985.01.16

S/A NO. : 66 (PF8000)  
 DP NO. : 102 106  
 MEASUREMENT DATE : 1983.09.26

	LOWER	CENTER	UPPER	S/A TOTAL LENGTH
AFTER IRR.	78.48	78.51	78.49	2589.4
BEFORE IRR.				
CHANGE (%)				

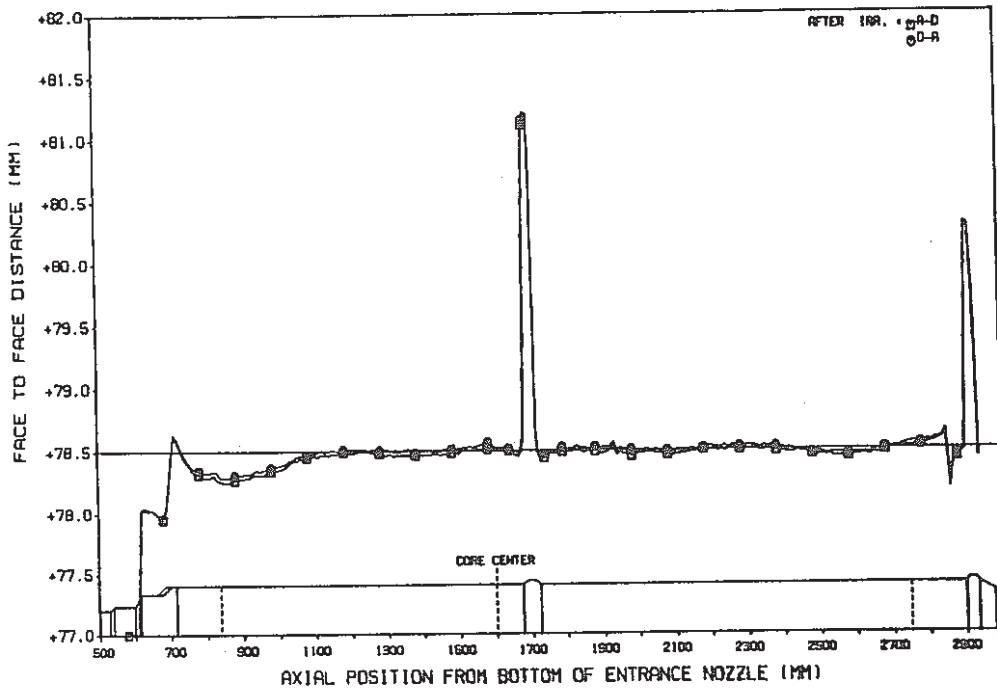


Fig. 8 Axial Profile of the Face to Face Distance of Wrapper Tube (A - D Face)

OUTPUT DATE : 1985.01.16

S/A NO. : 66 (PF8000)  
 DP NO. : 108 105  
 MEASUREMENT DATE : 1983.09.26

	LOWER	CENTER	UPPER	S/A TOTAL LENGTH
AFTER IRR.	78.43	78.33	78.39	2589.4
BEFORE IRR.				
CHANGE (%)				

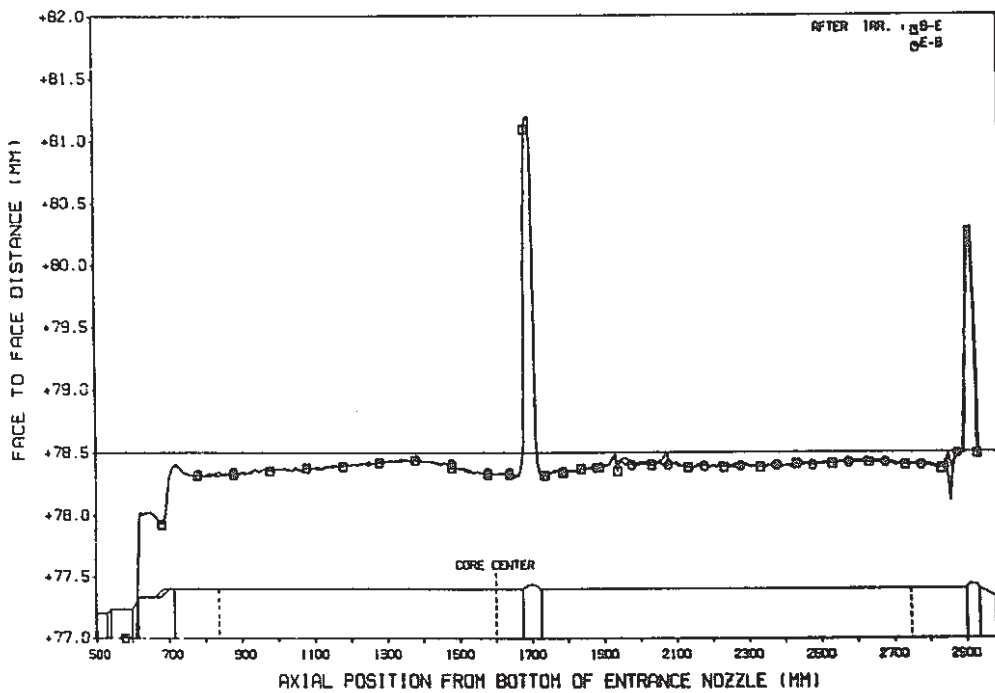


Fig. 9 Axial Profile of the Face to Face Distance of Wrapper Tube (B - E Face)

OUTPUT DATE : 1985.01.16

S/A NO. : 66 (PFB000)  
 CP NO. : 107 104  
 MEASUREMENT DATE : 1983.09.26

	LOWER	CENTER	UPPER	S/A TOTAL LENGTH
AFTER IRR.	78.37	78.46	78.41	2889.6
BEFORE IRR.				
CHANGE (%)				

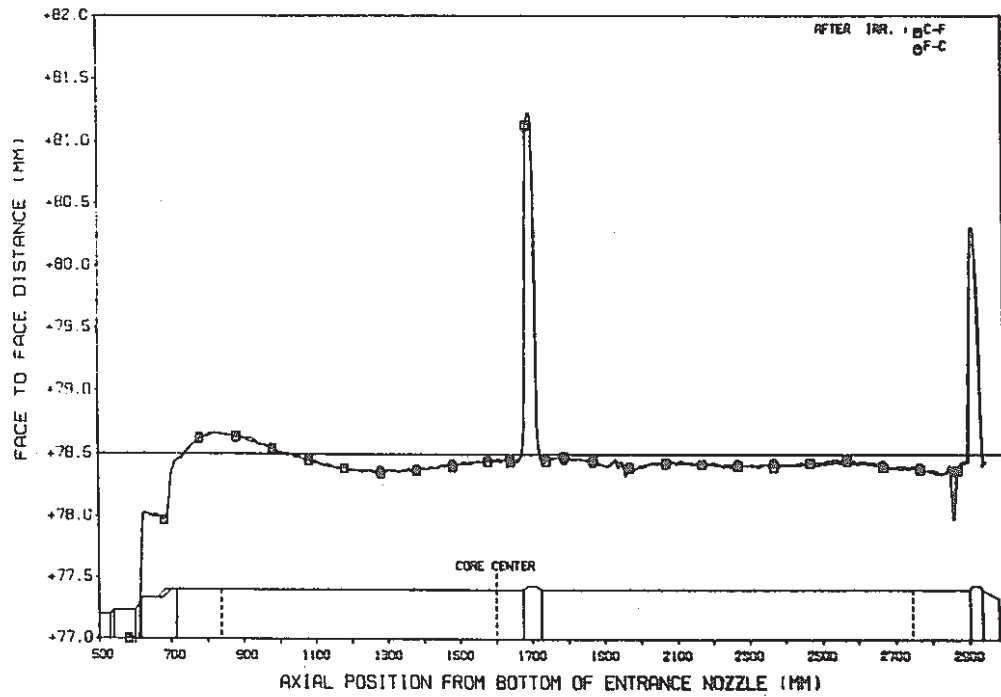


Fig. 10 Axial Profile of the Face to Face Distance of Wrapper Tube (C - F Face)

OUTPUT DATE : 1985.01.16

S/A NO. : 66 (PFB000)  
 CP NO. : 102 108 107 106 105 104  
 MEASUREMENT DATE : 1983.09.26

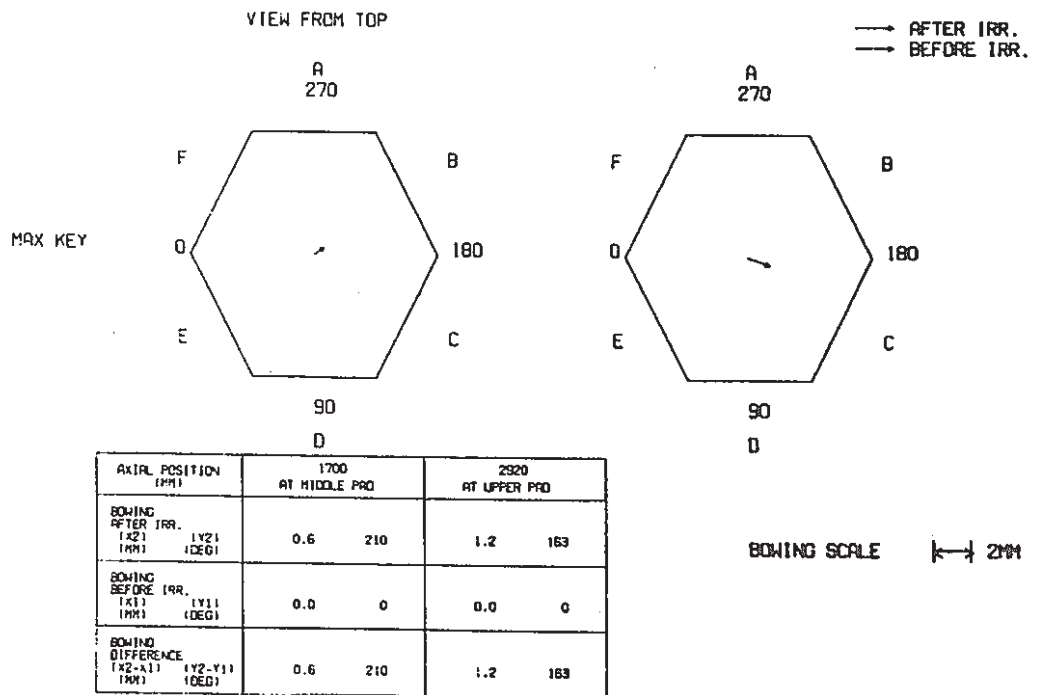


Fig. 11 Vectors of Bowing of the Subassembly

No.	名 称	No.	名 称	No.	名 称
1	ハンドリングヘッド	5	ロックナット	9	ロックピン
2	ラッパー管	6	スプリング	10	上部キャップ
3	コンパートメント	7	〃	11	上部端栓
4	軸 芯 管	8	〃	12	フラックスモニター管

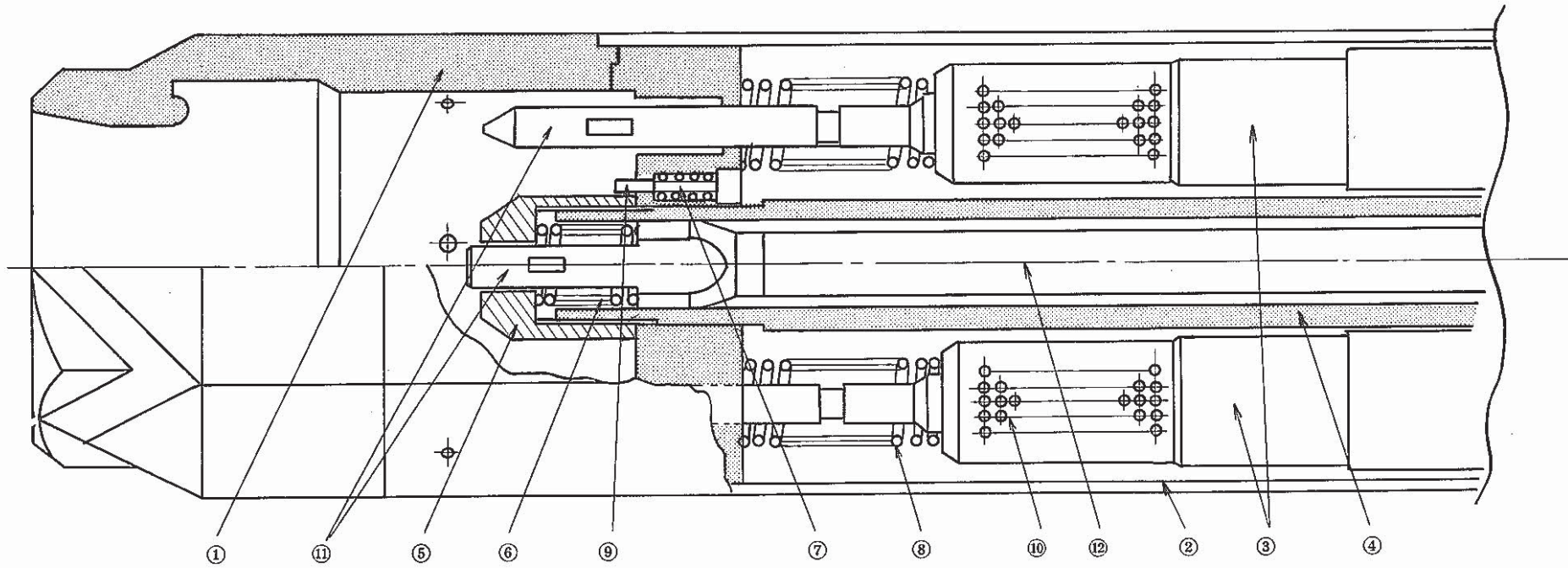


Fig. 12 Conceptual Drawing of the Upper Part of the B-Type Uninstrumented Irradiation Subassembly

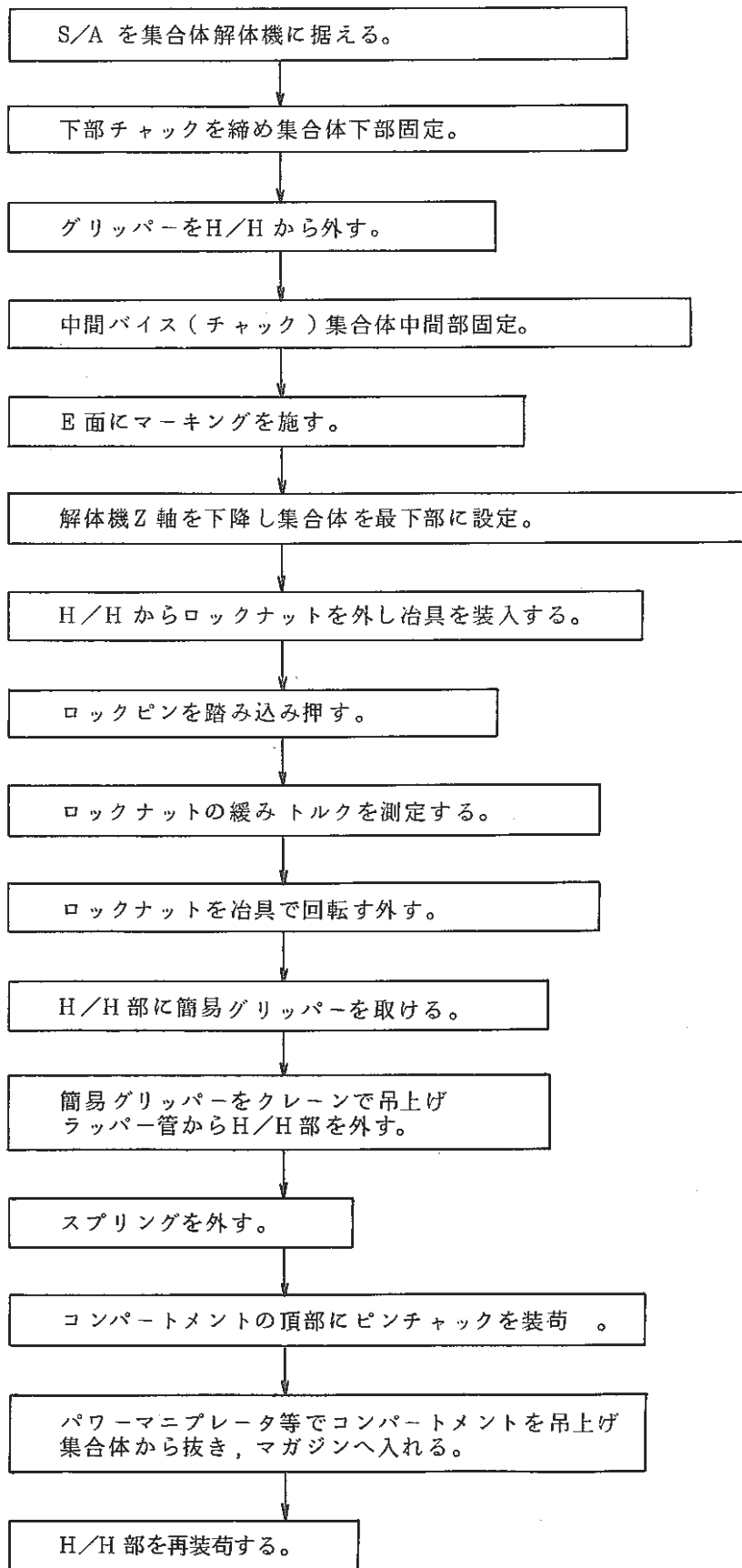
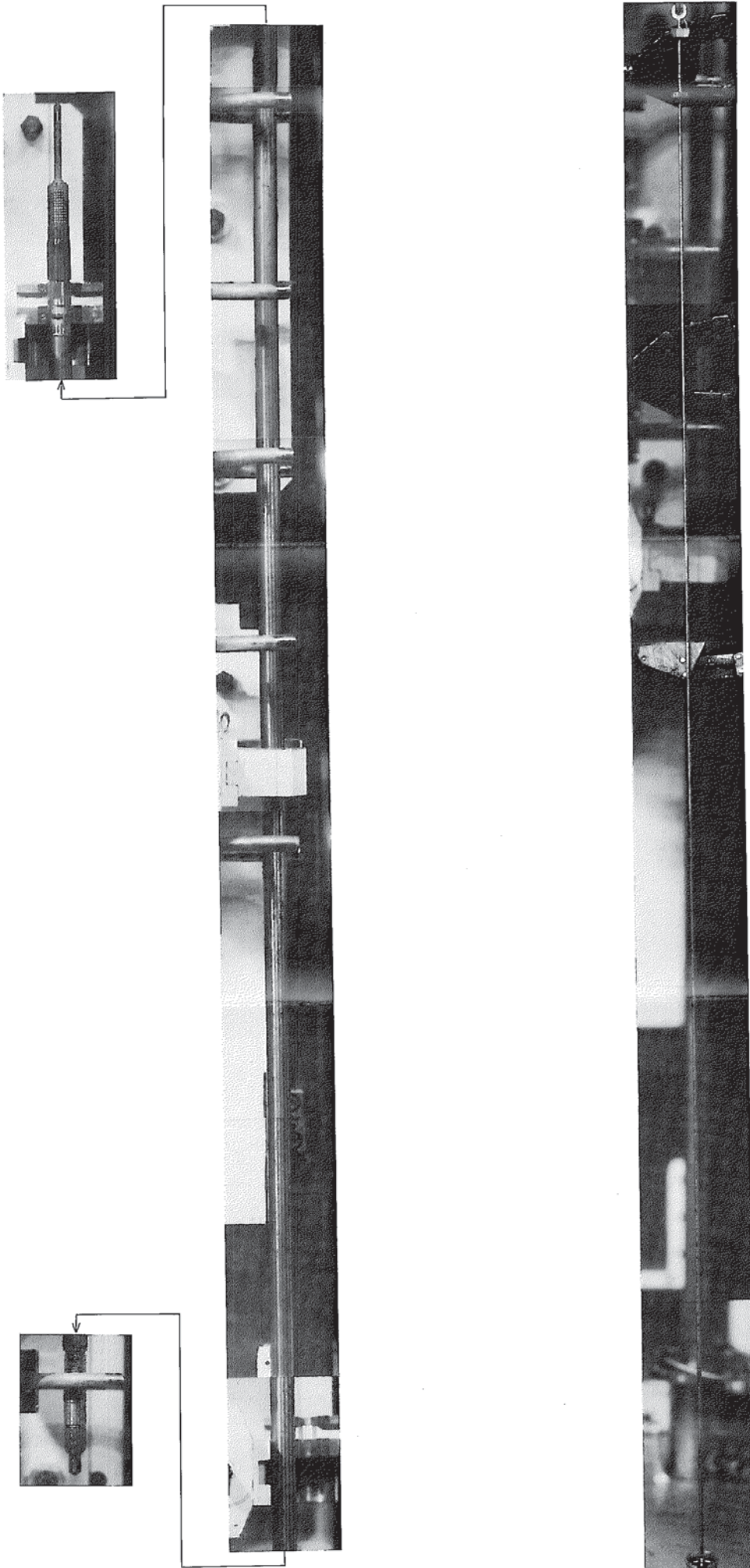
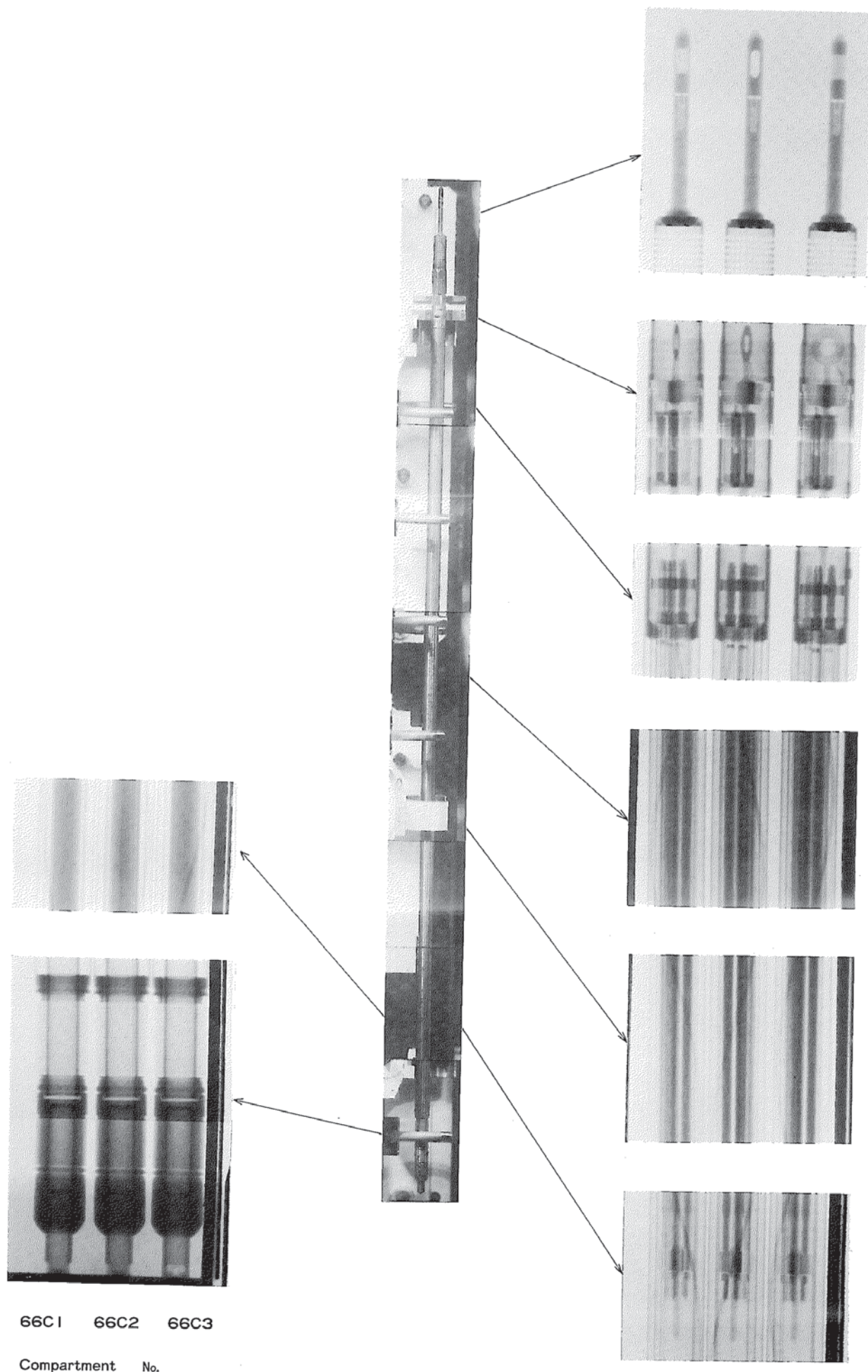


Fig. 13 Procedure of Disassembling



F843001

Fig. 14 Condition of the outer Surface of the Compartment, and the Tie Rod (Compartment No. 66C4)



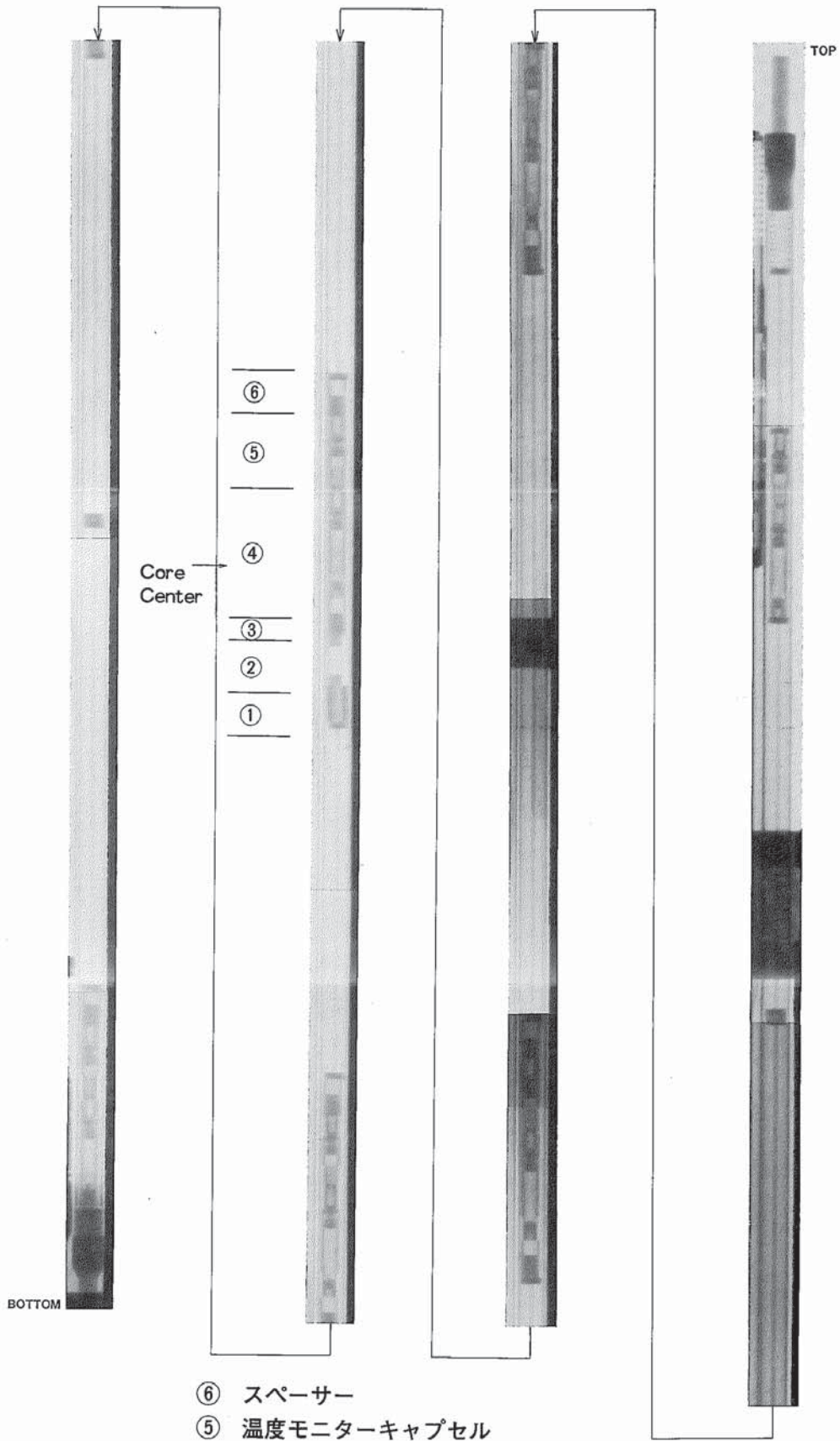
66C1 66C2 66C3

Compartment No.

**F844008**

Fig. 15 Installation Condition of the Contents in Compartment (Compartment No. 66C1, No. 66C2 and No. 66C3)

# FLUX MONITOR TUBE



- ⑥ スペーサー
- ⑤ 温度モニターキャプセル
- ④ ドシメータキャプセル
- ③ スペーサー
- ② タグガスキャプセル
- ① スペーサー

Fig. 16 Installation Condition of the Contents in Flux Monitor Tube (Tube No. 66C0)



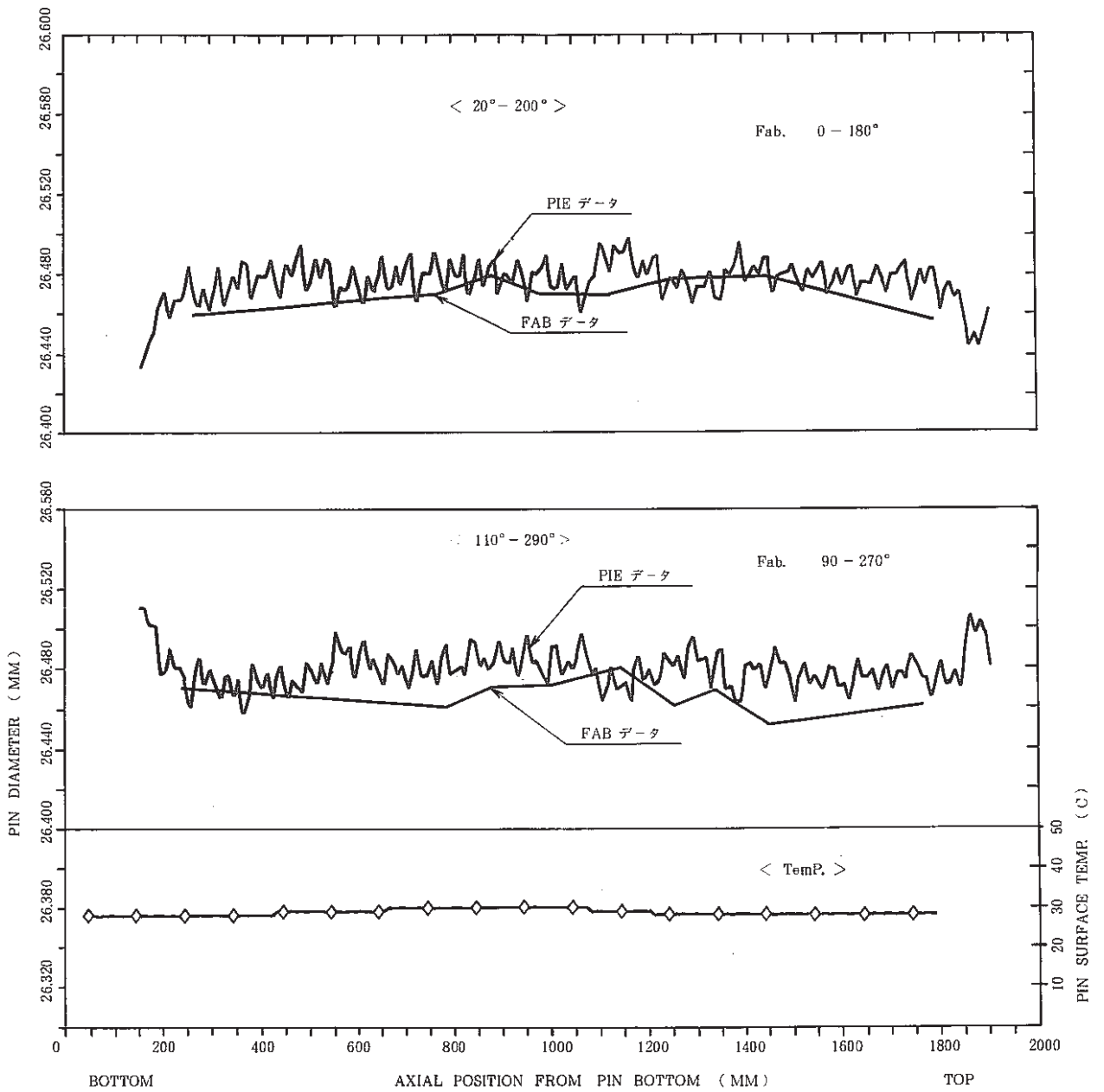


Fig. 17 Axial Profile Profile of the outer Diameter of the Compartment  
(Compartment No. 66C4)

OUTPUT DATE : 1985.01.16

S/A NO. : PF8000  
 PIN NO. : 66C4(004 )  
 OP. NO. : 004  
 MEASUREMENT DATE : 1983.10.17

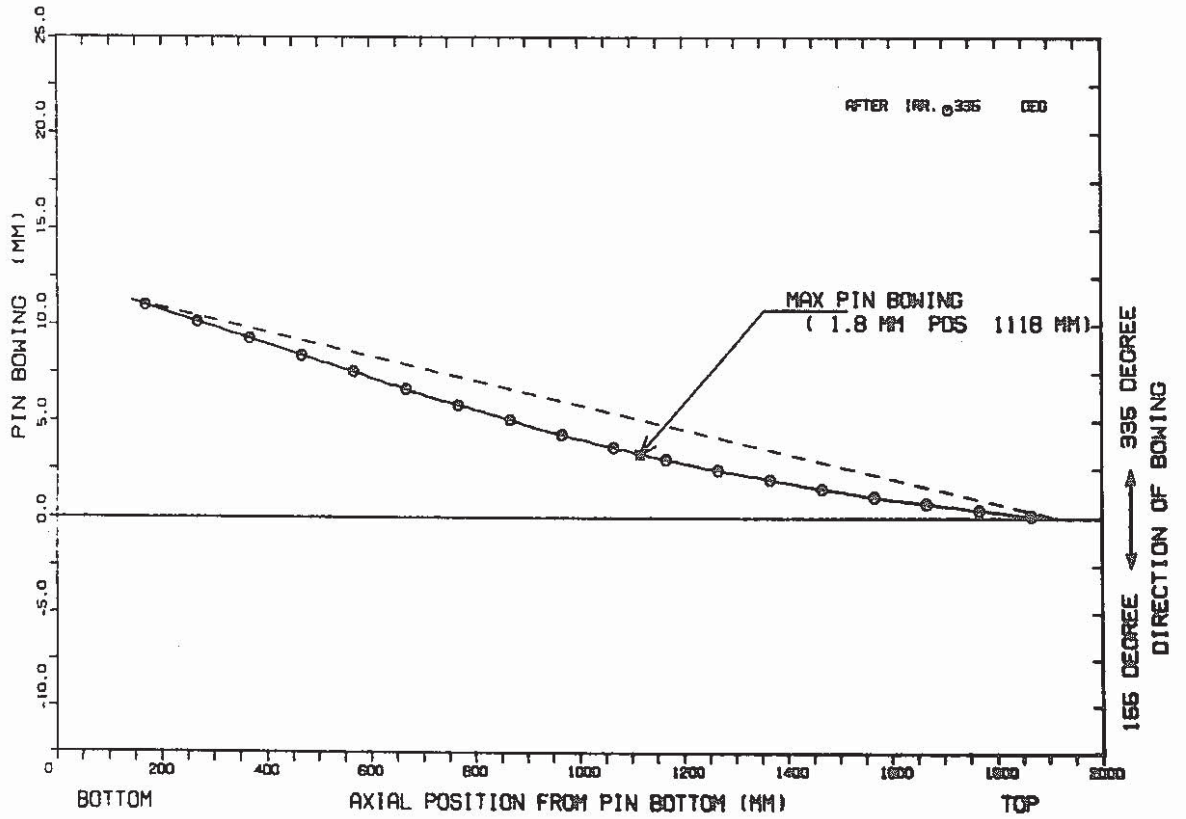


Fig. 18 Axial Profile of the Bowing of Compartment (Compartment No. 66C4)

Nb, Ti  
偏析部



same Area for  
X-Ray Analysis

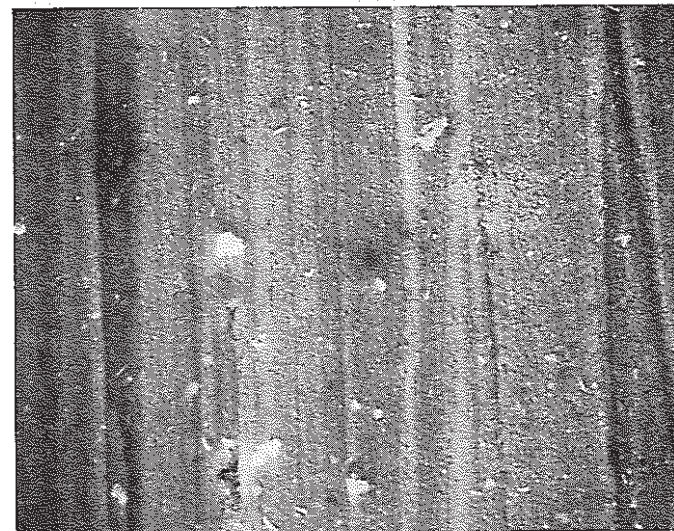
Specimen No. 66C4BA3

外表面



Specimen No. 66C4BA2

オリフィス穴部



(10 $\mu$ m)

(Compartment No. 66C4)

Specimen No. 66C4BA1

内表面

Fig. 19 Scanning Electron Micrographs of Surfaces of  
Upper Cap of Compartment

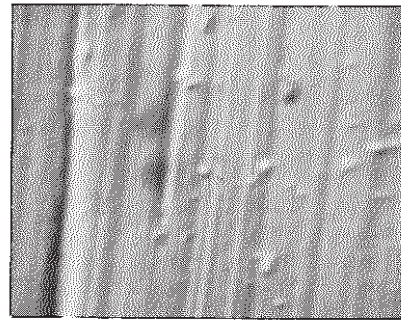
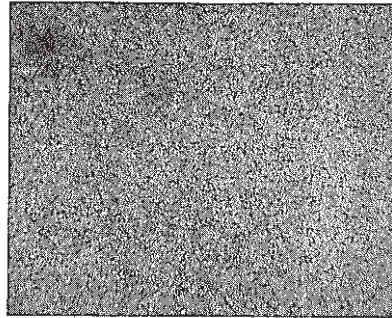
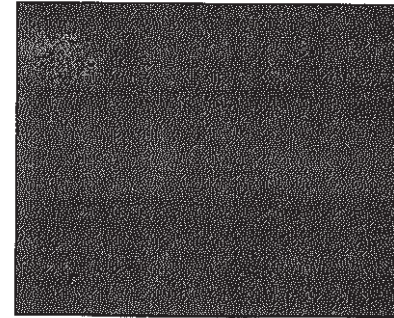


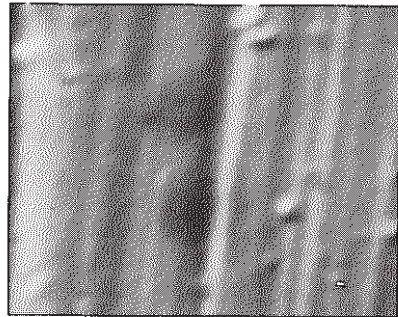
Image 10μm



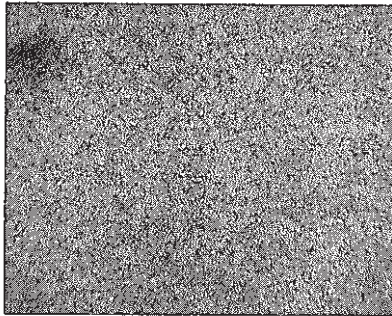
Ti



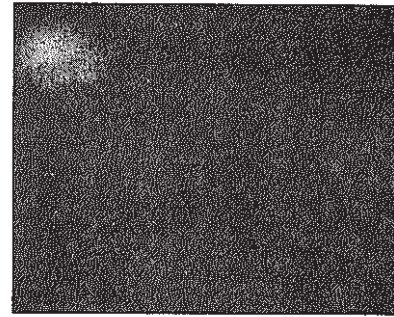
Fe



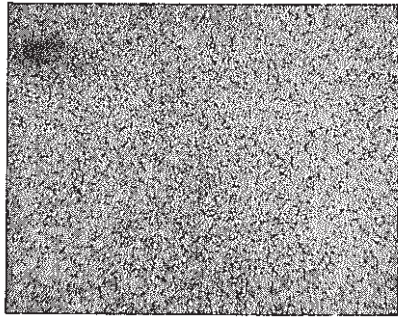
Image



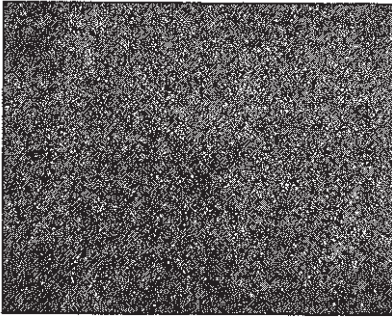
Nb



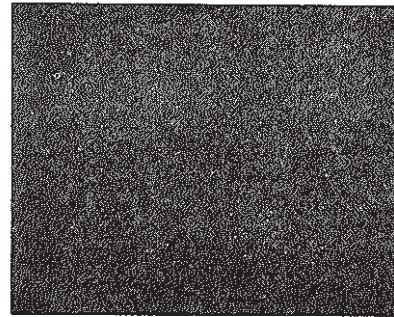
Cr



Ni



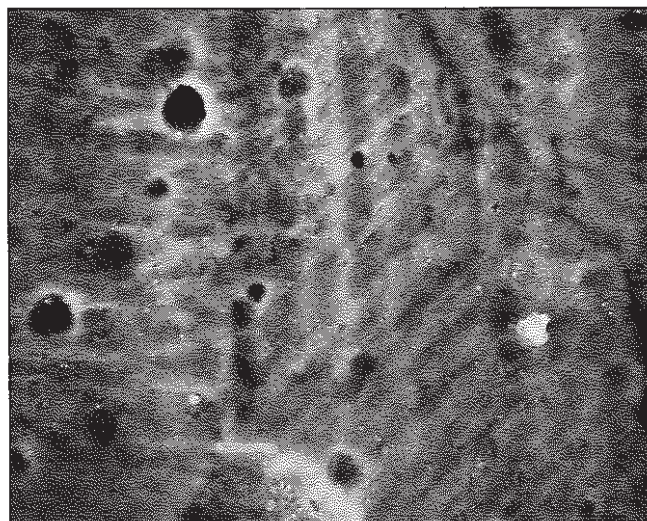
Mo



Mn

5μm

Fig. 20 X-Ray Images of Outer Surface of Upper Cap of Compartment (Compartment No. 66C4)



外 表 面 10 $\mu$ m

Specimen No. 66C4B81



内 表 面 10 $\mu$ m

Specimen No. 66C4B82

Fig. 21 Secondary Electron Micrographs on Inner and Outer-Surface of Compartment Tube (Compartment No. 66C4)

1	SiC ドシメータ	6	キャプセルホルダー	11	内 管
2	上部キャップ	7	上部温度モニターブロック	12	燃料ピン
3	吊 輪	8	ワイヤ	13	外 管
4	キャップ胴	9	ピン上部支持具	14	タイロッド
5	目印ピン	10	上部端栓	15	ネジ部

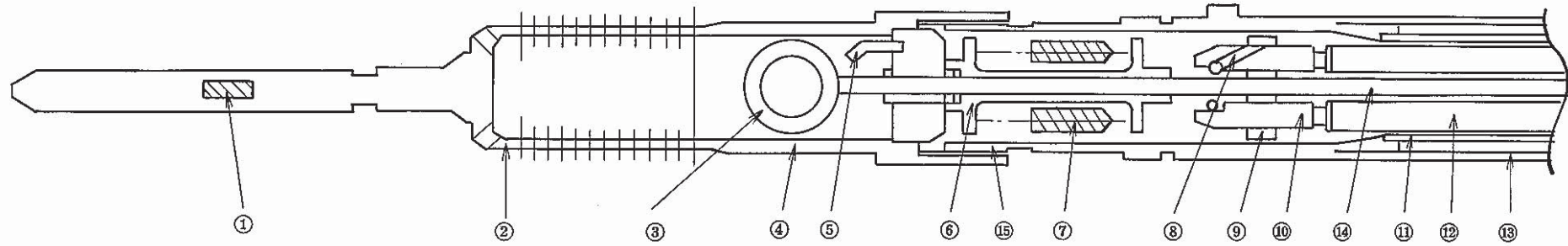
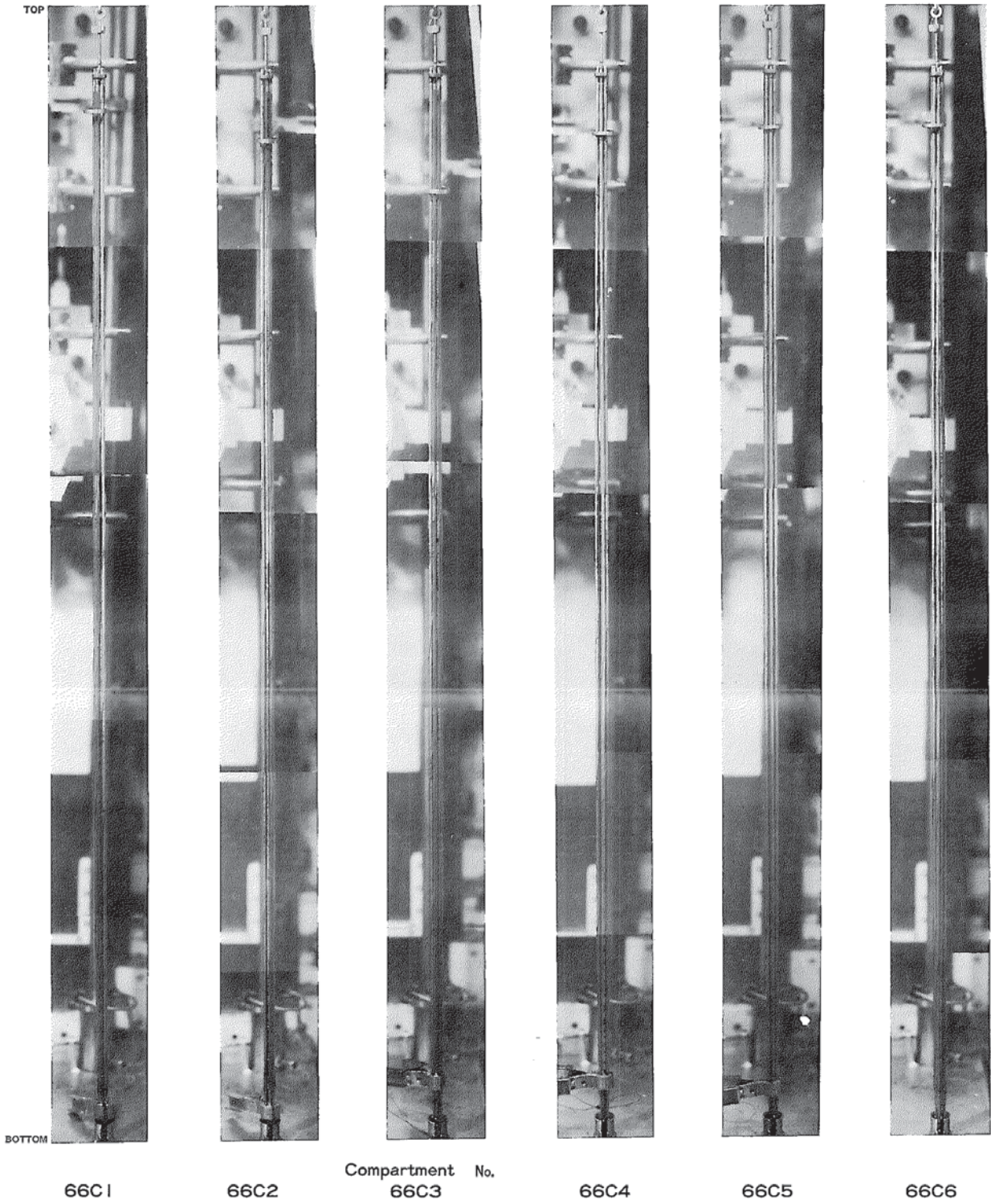
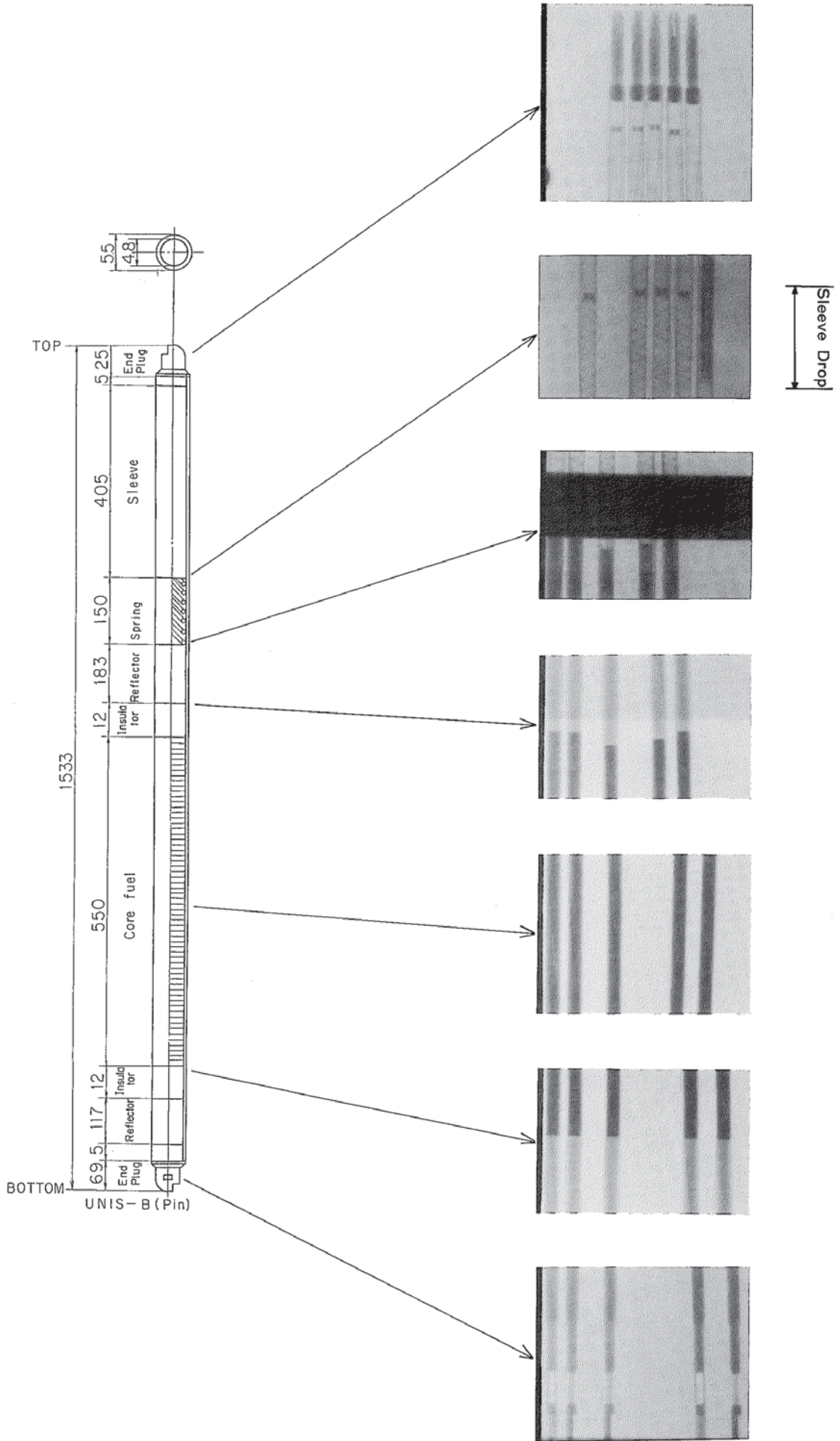


Fig. 22 Conceptual Drawing of the upper part of the Compartment



F843014

Fig. 23 Installation Condition of Fuel Pin Bundles with Tie Rod after the Withdrawal from the Compartment



Pin No. 6601, 6602 6603 O 6604 6605

**F844005**

Fig. 24 Installation Condition of the Contents of Fuel Pins in Compartment (Compartment No. 66C1)



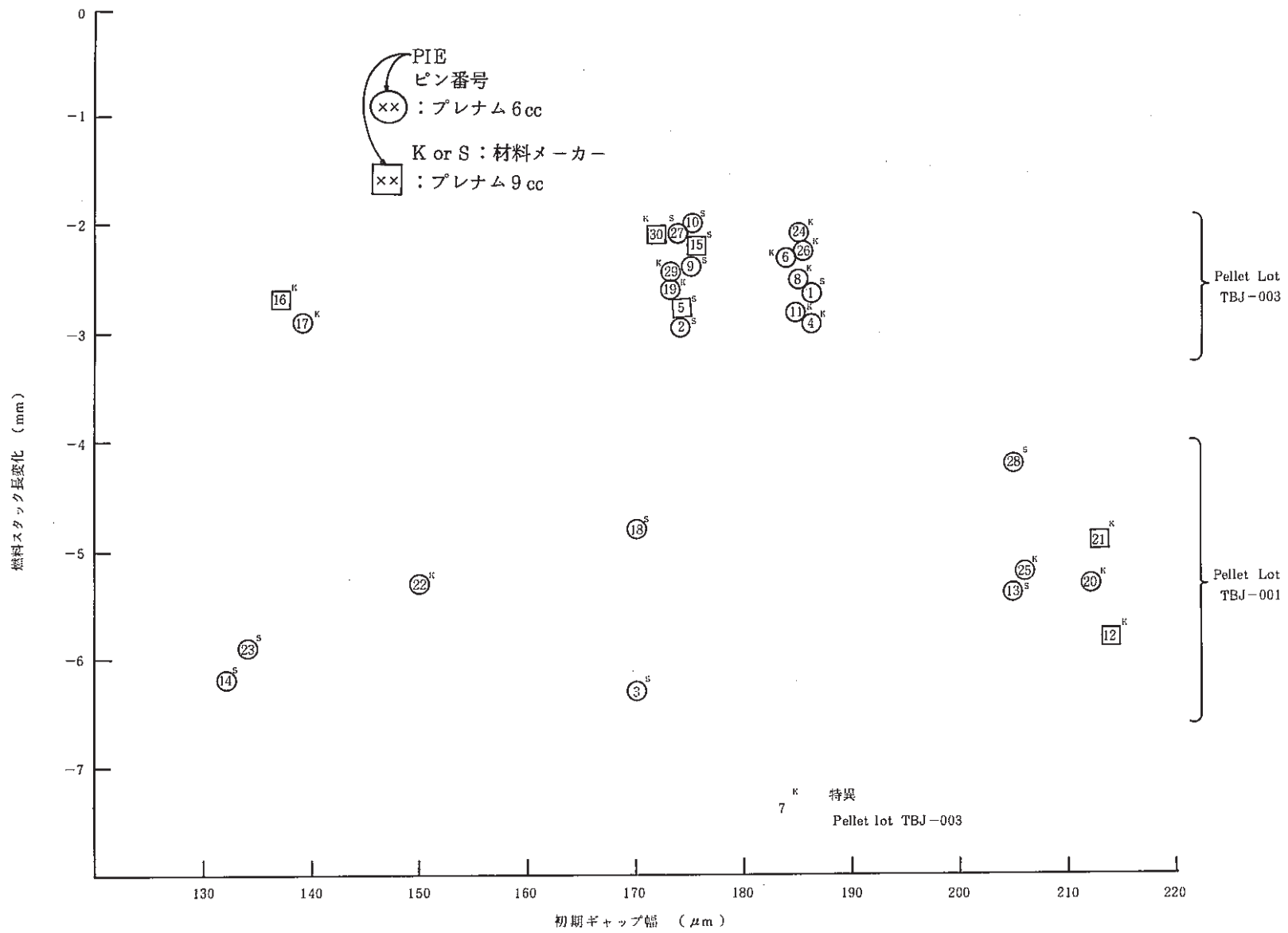


Fig.25 Parameter Dependency of Fuel Stack Length Change

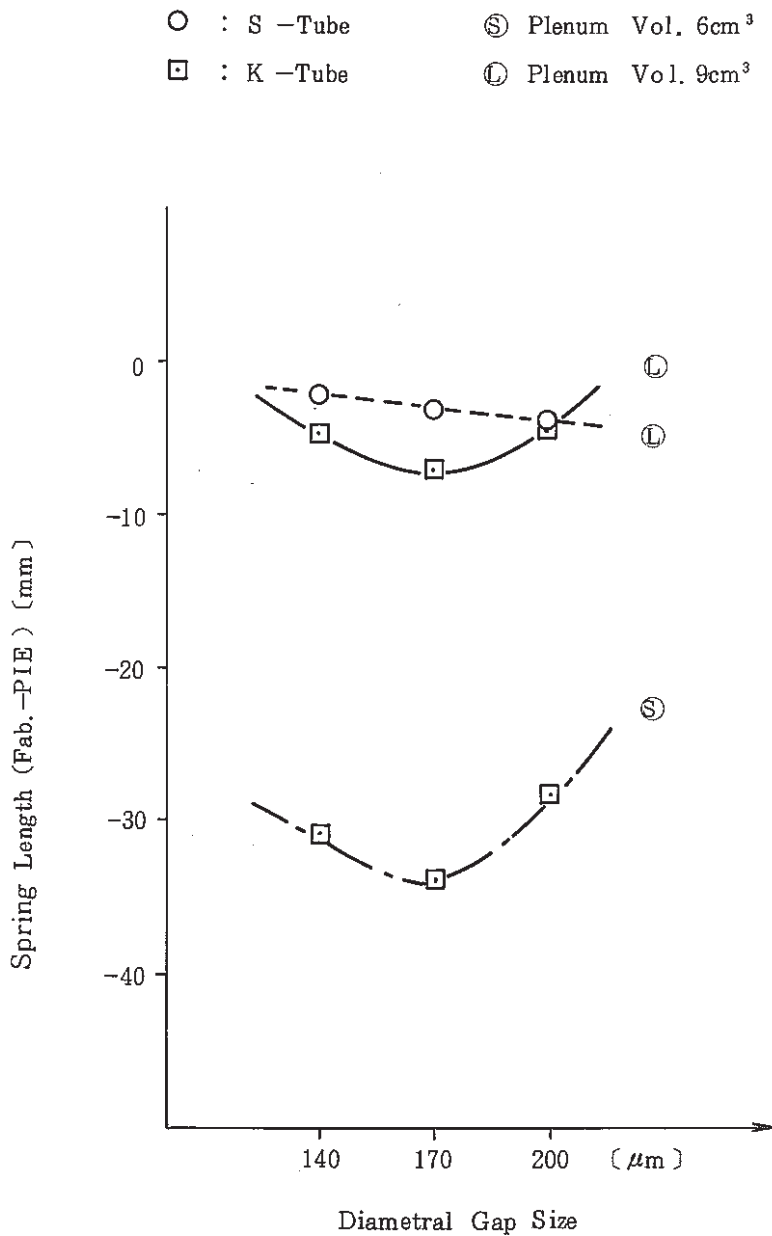


Fig.26 Relation of Plenum Spring Length Change to Initial Diametral Fuel-Cladding Gap Size

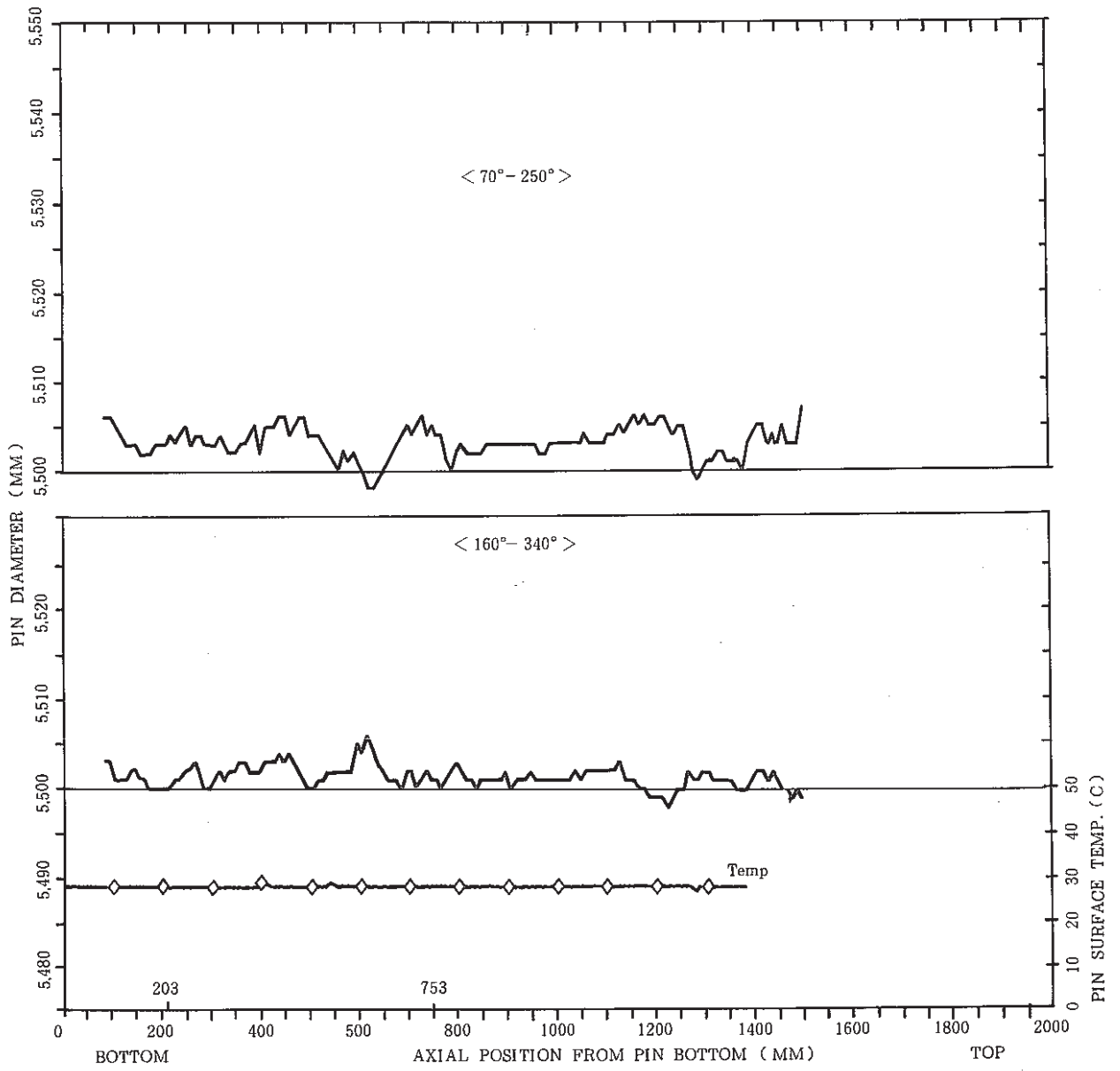


Fig.27 Axial Profile of Fuel Pin Outer Diameter ( Pin No.6613 )

OUTPUT DATE : 1985.01.16

S/R NO. : PF8000  
 PIN NO. : 6613(80J27)  
 OP. NO. : 017  
 MEASUREMENT DATE : 1983.10.27

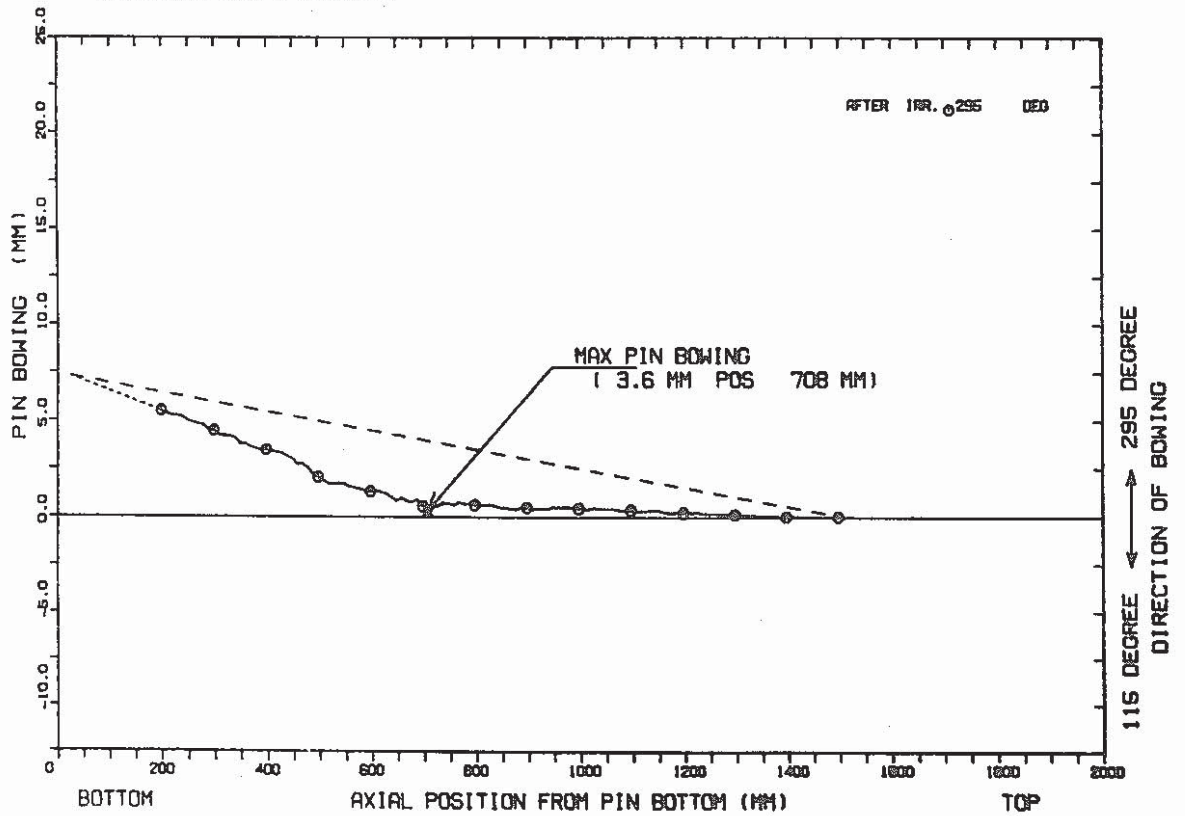


Fig. 28 Axial Profile of Bowing of Fuel Pin (Pin No. 6613)

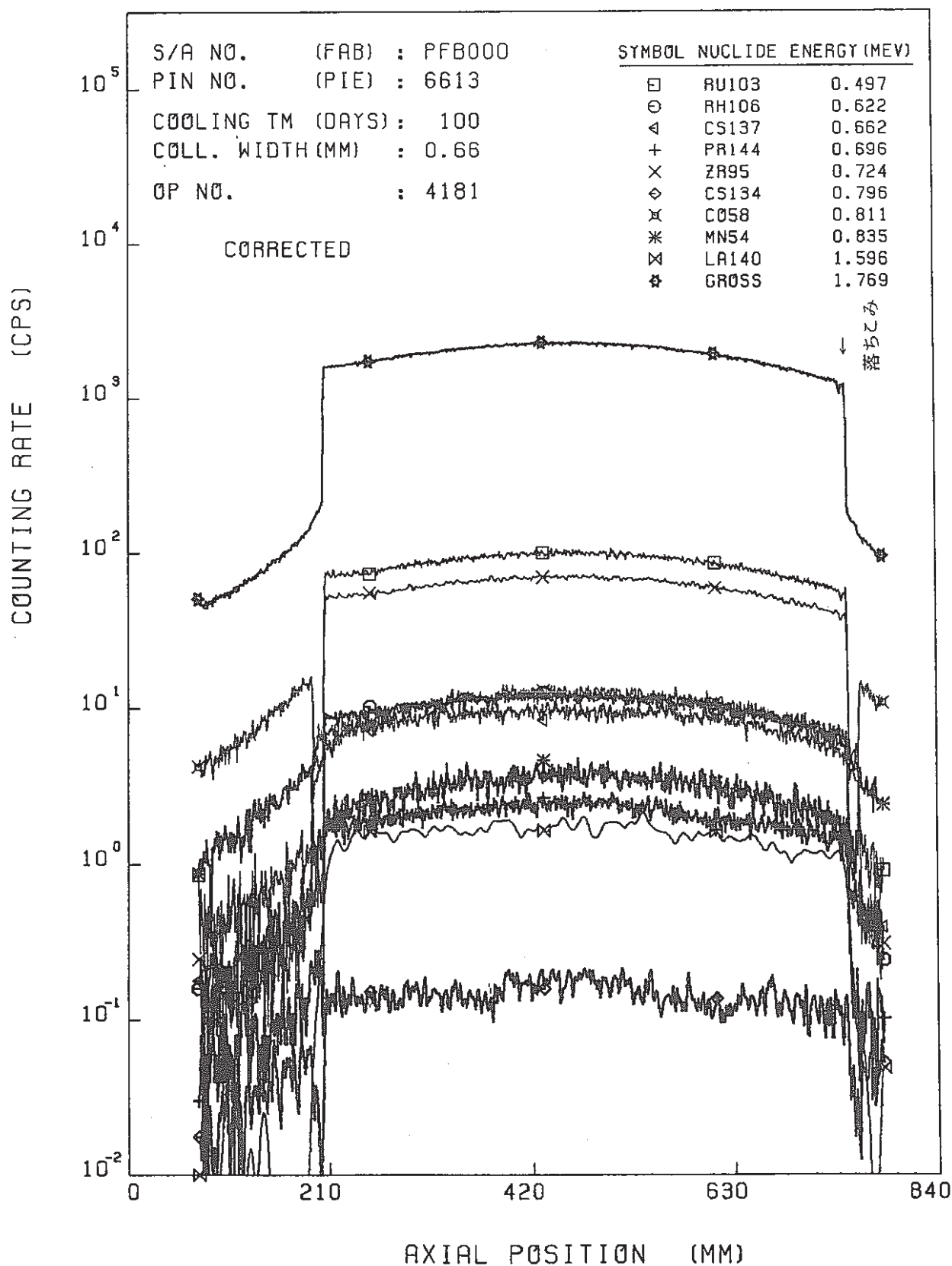


Fig. 29 Axial Profile of Gamma Species in Fuel Pin (Pin No. 6613)

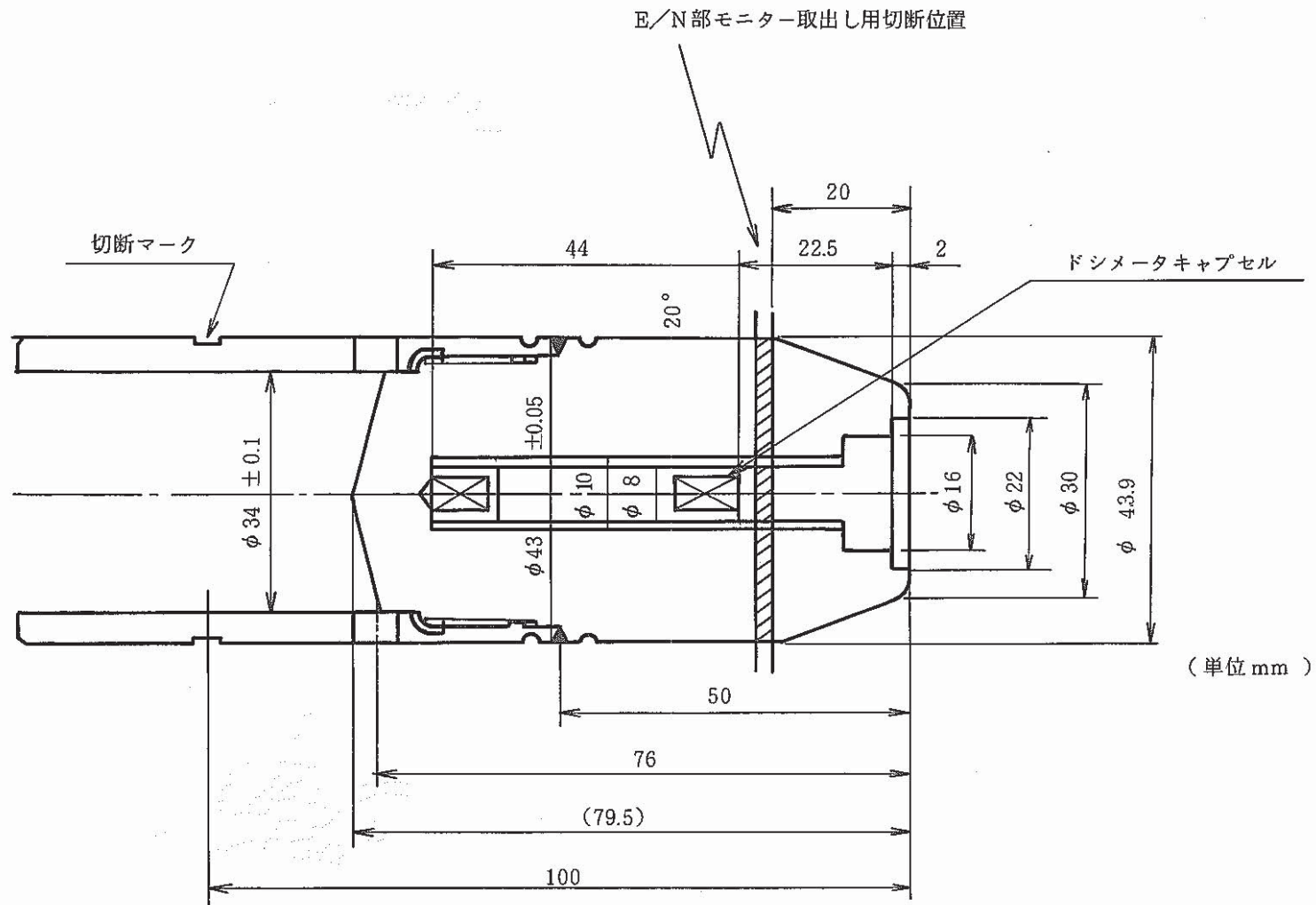


Fig.30 Installation Position of Dosimeter Capsule in the Part of Entrance Nozzle of the Subassembly

Table I Inspection Data of Subassembly at IRAF

PNC-TN9410 85-131

名称	I型照射用B型特殊燃料集合体	項目	規格	検査結果	
集合体No.	PFB000J	健全性検査	コンパートメント組込位置	規定のコンパートメントが規定の位置に組込まれていること。	合格
<div style="text-align: center;"> <u>集合体検査</u> </div>			刻印の確認	集合体番号が規定通りであること。	合格
			表面清浄度	酸化物・油脂等の付着物がないこと。	合格
			表面の損傷	深さ200 $\mu$ m以上のキズ・ピットがないこと。	合格 マックスキー側とA面側にそれぞれ1ヶ所のキズあり、深さは20 $\mu$ m以下と50 $\mu$ m以下で球面座より上、約20mmの所にある。
			最長、キー、スリット位置確認	最長キーとスリットが一直線上にあること。	合格
寸法検査	ラッパ管	全長	2970 +2.5 mm -3.0 mm	2970	
		曲り	中央パット部 1.3 mm以下 上部パット部 3.4 mm以下	/	
		外径	中央パット部	81.2 +0 mm -0.05 mm	A-D 81.18 B-E 81.17 C-F 81.19
上部パット部	80.3 +0 mm -0.05 mm		A-D 80.29 B-E 80.29 C-F 80.29		

Table II Inspection Data of Compartment at IRAF

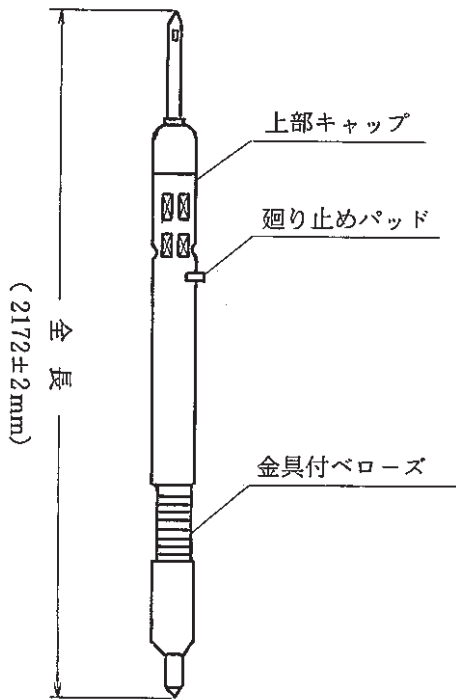
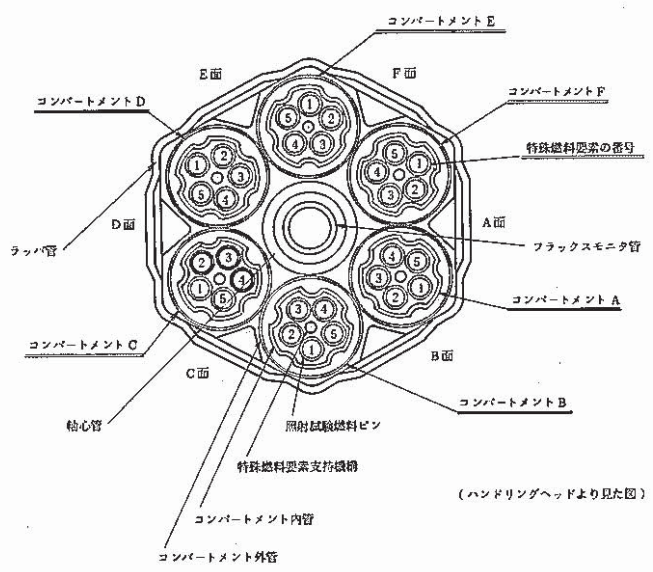
名称	I型照射用B型特殊燃料集合体	項目	寸法検査	健全性検査
集合体No.	PFB000J	規格	全長 (2,172 ± 2 mm)	コンパートメント表面に ○酸化物・油脂等の付着物がないこと。 ○深さ200μm以上のキズ, ピットがないこと。
<div style="text-align: center;"> <p>コンパートメント検査</p>  <p>全長 (2172 ± 2mm)</p> <p>コンパートメント</p> </div>		コンパートメントNo. (PIE No.)		
		001 (66C1)	2171	合格
		002 (66C2)	2171	合格
		003 (66C3)	2171	合格
		004 (66C4)	2171	合格
		005 (66C5)	2171	合格
		006 (66C6)	2171	合格



Table III Reference Table of Parts Number of Compartment

部 品 名	I 型照射用 B 型特殊燃料集合体	コンパートメント		上 部 キャップNo.	温 度 モ ニ タ No.	ピ ン ・ タイロッドNo.	燃 料 要 素注1		
		位置	Fab.No ( PIE No.)				位置	型式	製 造 No.
集 合 体 No.	PFB000J	A	001 (66C1)	1	001	01	1	I-2	BOJ 15
ラ ッ パ 管 No.	1003						2	I-2	BOJ 16
ハンドリングヘッドNo.	PFB000J						3	I-2	BOJ 23
エントランスノズルNo.	1001						4	I-2	BOJ 14
ロ ッ ク ナ ッ ト No.	-						5	I-1	BOJ 03
フ ラ ッ ク ス モ ニ タ No.	1						1	I-2	BOJ 33
 <p>(ハンドリングヘッドより見た図)</p>	B	002 (66C2)	2	002	02	2	I-1	BOJ 01	
						2	I-2	BOJ 10	
						3	I-2	BOJ 17	
						4	I-2	BOJ 18	
						5	I-2	BOJ 11	
						2	I-1	BOJ 06	
C	003 (66C3)	3	003	03	3	I-2	BOJ 27		
					4	I-2	BOJ 31		
					5	I-2	BOJ 19		
					1	I-1	BOJ 08		
					2	I-2	BOJ 29		
					3	I-2	BOJ 24		
D	004 (66C4)	4	004	04	4	I-2	BOJ 21		
					5	I-2	BOJ 25		
					1	I-1	BOJ 07		
					2	I-2	BOJ 30		
					3	I-2	BOJ 32		
					4	I-2	BOJ 12		
E	005 (66C5)	5	005	05	5	I-2	BOJ 26		
					1	I-2	BOJ 13		
					2	I-2	BOJ 20		
					3	I-2	BOJ 28		
					4	I-2	BOJ 22		
					5	I-1	BOJ 05		
F	006 (66C6)	6	006	06	1	I-2	BOJ 13		
					2	I-2	BOJ 20		
					3	I-2	BOJ 28		
					4	I-2	BOJ 22		
					5	I-1	BOJ 05		

注1 I-1 プレナムガス容積 6.0 cc  
I-2 プレナムガス容積 9.0 cc

Table IV Inspection Data of Tie Rod at IRAF

名称	I型照射用B型特殊燃料集合体	項目	寸法検査		健全性検査		
集合体No.	PFB000J	規格 ピン タイロッドNo.	外 径 (3.5±0.00mm)		全 長 (参考値)	ピンタイロッドの表面に、 酸化物、油脂等の付着物 及び深さ70μm以上のキ ズ・ピットがないこと。	規定の燃料要素が規定 の位置に組込まれてい ること。
			01	①			
		90°			3.51		
		01	②	0°	3.50	1618	合 格
				90°	3.51		
		02	①	0°	3.50	1618	合 格
				90°	3.50		
			②	0°	3.50		
				90°	3.50		
		03	①	0°	3.51	1618	合 格
				90°	3.51		
			②	0°	3.50		
				90°	3.50		
		04	①	0°	3.50	1618	合 格
				90°	3.50		
			②	0°	3.50		
				90°	3.50		
		05	①	0°	3.50	1618	合 格
				90°	3.50		
			②	0°	3.50		
				90°	3.51		
		06	①	0°	3.50	1618	合 格
				90°	3.50		
			②	0°	3.50		
				90°	3.50		

Table V Fabrication Data of Fuel Elements and the Corresponding Numbering for Postirradiation Examination

項目 燃料棒番号 (下部端栓番号)	燃料 要素 タイプ	製造パラメータ(目標)			製造結果		その他の製造結果									PIE 番号
		被覆管=ペレット 間ギャップ	被覆管 材質	プレナム 有効容積	被覆管=ペレット 間ギャップ	プレナム 有効容積	①ペレット 直径	② スタック長	③被覆管 平均内径	④上部 端栓番号	⑤プレナム スプリング長	⑥被覆管 外形平均値	⑦被覆管外 径標準偏差	⑧ペレット ロット	⑨被覆管 番号	
B0J01	A-K	170 ± 50	K	6.0 (cc)	184 (μm)	7.755 (cc)	(mm)	552.2(mm)	4.804(mm)	0 1	154.0(mm)	5.498(mm)	0.0023(mm)	TBJ-003	KT0007	6607
B0J03	A-S	(μm)	S		174	7.738	$\bar{X}=4.620$ $\sigma=0.0113$	547.4	4.794	0 3	153.5	5.491	0.0012		ST0035	6605
B0J05	B-K	170 (μm)			172	7.739	$\bar{X}=4.630$ $\sigma=0.0074$	550.1	4.802	0 5	151.0	5.498	0.0024		KT0044	6630
B0J06	C-K	200 (μm)	タイプ	9.0 (cc)	214	7.995	$\bar{X}=4.598$ $\sigma=0.0055$	548.9	4.812	0 6	152.0	5.504	0.0023	TBJ-001	KT0056	6612
B0J07					213	8.003		547.8	4.811	0 7	153.0	5.504	0.0018		KT0037	6621
B0J08	D-K	140 (μm)		137	7.613	$\bar{X}=4.659$ $\sigma=0.0081$	547.0	4.796	0 8	154.0	5.496	0.0027	TBJ-003	KT0027	6616	
B0J09	A-K	170 ± 50	K	9.0 (cc)	184	10.866	$\bar{X}=4.620$ $\sigma=0.0113$	547.6	4.804	0 9	153.0	5.499		0.0026	KT0049	6606
B0J10					185	10.840		549.8	4.805	1 0	151.0	5.502		0.0019	KT0015	6608
B0J11					185	10.849		549.2	4.805	1 1	152.0	5.503		0.0026	KT0030	6611
B0J12					185	10.865		548.3	4.805	1 2	152.5	5.500		0.0020	KT0032	6624
B0J13					185	10.849		549.3	4.805	1 3	151.5	5.500		0.0023	KT0042	6626
B0J14					(μm)	タイプ		186	10.837	550.5	4.806	1 4		151.0	5.499	0.0026
B0J15	A-S		S	9.0 (cc)	186	10.858	548.3	4.806	1 5	152.5	5.491	0.0011		ST0054	6601	
B0J16					174	10.699	550.8	4.794	1 6	150.0	5.491	0.0010		ST0055	6602	
B0J17					175	10.739	549.3	4.795	1 7	152.0	5.491	0.0010		ST0013	6609	
B0J18					175	10.785	546.7	4.795	1 8	154.5	5.490	0.0011	ST0018	6610		

1) 被覆管=ペレット間ギャップ; 上表③-①により算出

Table V Continued

項目 燃料棒番号 (下部端柱番号)	燃料 要素 タイプ	製造パラメータ(目標)			製造結果		その他の製造結果									PIE 番号
		被覆管=ペレット ト間ギャップ	被覆管 材質	プレナム 有効容積	被覆管=ペレット ト間ギャップ	プレナム 有効容積	①ペレット 直径	② スタック長	③被覆管 平均内径	④上部 端柱番号	⑤プレナム スプリング長	⑥被覆管 外径平均値	⑦被覆管外 径標準偏差	⑧ペレット ロット	⑨被覆管 番号	
B0J19	A-S	170 ± 50 (μm)	S	9.0 (cc)	175 (μm)	10.756 (cc)	(mm)	547.8(mm)	4.795(mm)	1 9	153.0(mm)	5.491(mm)	0.0009(mm)	TBJ-003	ST 0030	6615
B0J20					175	10.750	$\bar{X} = 4.620$ $\sigma = 0.0113$	548.7	4.795	2 0	152.5	5.490	0.0011		ST 0038	6627
B0J21	B-K	170 (μm)	K		173	10.788	$\bar{X} = 4.630$ $\sigma = 0.0074$	549.2	4.803	2 1	152.0	5.501	0.0019	TBJ-001	KT 0023	6619
B0J22					173	10.814		547.7	4.803	2 2	154.0	5.496	0.0025		KT 0038	6629
B0J23	B-S		S		170	10.750		549.0	4.800	2 3	152.0	5.499	0.0009		ST 0026	6603
B0J24					170	10.773		547.8	4.800	2 4	153.5	5.499	0.0008		ST 0050	6618
B0J25	C-K	200 (μm)	K		212	11.018	$\bar{X} = 4.598$ $\sigma = 0.0055$	547.6	4.810	2 5	154.0	5.502	0.0019	TBJ-001	KT 0054	6620
B0J26					212	11.009		548.1	4.810	2 6	153.0	5.501	0.0019		KT 0003	6625
B0J27	C-S		S		205	10.948		546.6	4.803	2 7	154.0	5.499	0.0008		ST 0003	6613
B0J28					205	10.948		547.2	4.803	2 8	154.0	5.498	0.0010		ST 0010	6628
B0J29	D-K	140 (μm)	K		139	10.662	$\bar{X} = 4.659$ $\sigma = 0.0081$	546.6	4.798	2 9	154.5	5.496	0.0020	TBJ-003	KT 0019	6617
B0J30					150	10.776		54 5	4.809	3 0	153.0	5.494	0.0023	KT 0028	6622	
B0J31	D-S		S	132	10.602	545.7		4.791	3 1	155.0	5.494	0.0011	TBJ-001	ST 0037	6614	
B0J32				134	10.603	546.9		4.793	3 2	154.0	5.490	0.0013		ST 0040	6623	

i) 被覆管=ペレット間ギャップ; 上表の③-①により算出

Table VI Items of Postirradiation Examination of Subassembly

集 合 体 試 験	
1.	集合体外観検査 (Na洗浄前・後)
2.	集合体 Na 洗浄
3.	集合体 X線ラジオグラフィ
4.	集合体寸法測定
5.	ラップ管アスキャニング

←: 炉心中心方向  
 ○: 試験対象ピン  
 ⊗: 試験対象ピン (追加試験)

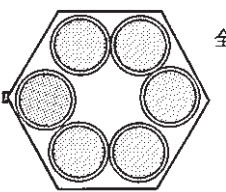
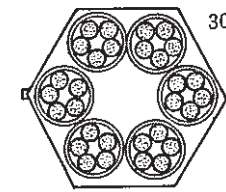
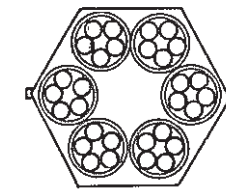
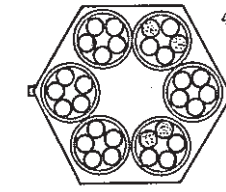
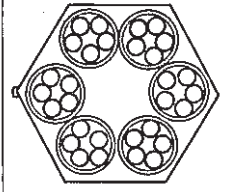
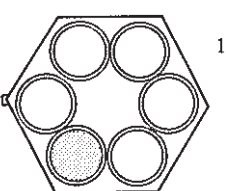
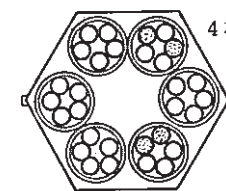
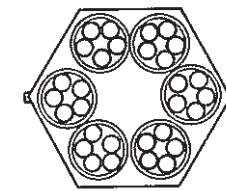
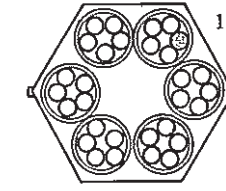
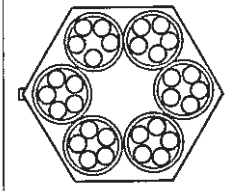
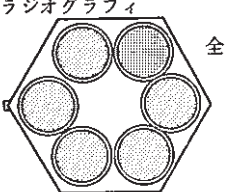
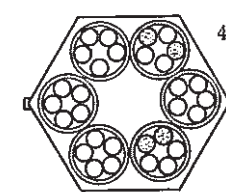
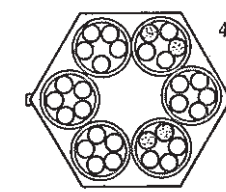
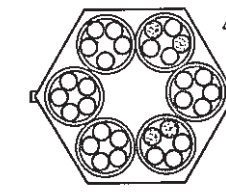
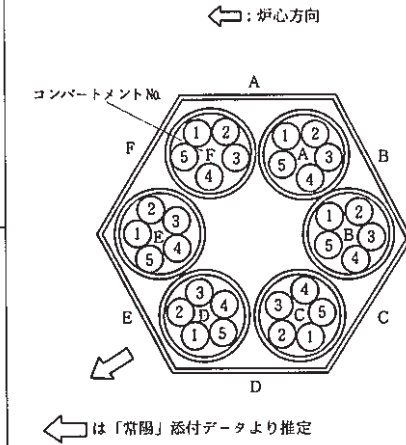
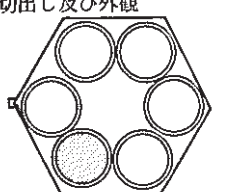
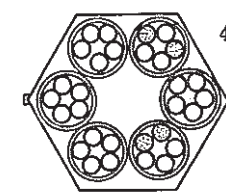
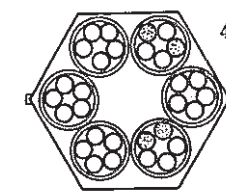
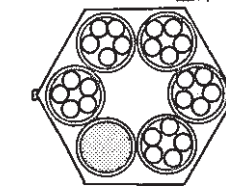
<p>①コンパートメント外観検査 全数</p> 	<p>①ピン外観検査 X線ラジオグラフィ, 重量測定 30本</p> 	<p>⑤詳細外観検査 (ワイヤ付)</p> 	<p>⑨ピンパンクチャー (ガス圧) 4本</p> 	<p>⑩ (MMS) モニター取出し 1) フラックスモニター管部 2) エントランスノズル部 3) ピン東上部モニターブロック 4) ピン上部キャップ部</p> 
<p>②コンパートメント寸法測定 1本</p> 	<p>②ワイヤ切断 4本</p> 	<p>⑥詳細外観検査 (ワイヤ無)</p> 	<p>⑩ピンパンクチャー (ガス分析) 1本</p> 	
<p>③コンパートメント X線ラジオグラフィ 全数</p> 	<p>③寸法測定 (曲がり) 4本</p> 	<p>⑦ガンマスキャン (プロファイル) 4本</p> 	<p>⑪ピン切断 (AGS) 4本</p> 	<p>←: 炉心方向</p> 
<p>④コンパートメント内管の切出し及び外観 1本</p> 	<p>④寸法測定 (外径, 全長) 4本</p> 	<p>⑧ガンマスキャン (スペクトル) 4本</p> 	<p>⑫ (AES) コンパートメント上部キャップ 1ヶ</p> 	

Table VII Results of Quantitative Analyses on Outer - Surfaces Upper  
Cap (A) and Compartment Tube (B) (Compartment No.66C4)

〔Inconel〕

測定元素 測定点	Ni	Fe	Cr	Mn	Mo	Nb	Ti
未照射材	54.72	16.61	19.04	0.14	3.00	5.54	0.95
Position 1	48.47	19.71	23.55	2.42	2.55	2.72	0.58
" 2	47.38	19.41	24.71	2.79	2.71	2.47	0.52
" 3	49.33	19.32	22.53	2.75	2.71	2.81	0.55

(A)

〔Wt. %〕

〔SUS 316〕

測定元素 測定点	Fe	Cr	Ni	Mn	Mo
未照射材	69.27	16.88	10.42	1.28	2.15
Position 1	61.75	24.94	9.26	2.19	1.87
" 2	61.30	25.29	9.29	2.25	1.87
" 3	62.23	24.90	8.89	2.18	1.81

(B)

〔Wt. %〕

Table VIII Results of Fuel Pin Weighing and Identification Confirmation

ピン・N O			測定値		製造値	重量差	メーカー
FAB(L)	Fab(U)	PIE No	W1 (精度±0.2 gr.)	(W1四捨五入)	(W0)	W1-W0(gr.)	
BOJ 15	15	6601	225.06	225.1	225.2	-0.1	S551
BOJ 16	16	6602	225.41	225.4	225.5	-0.1	S551
BOJ 23	23	6603	224.24	224.2	224.4	-0.1	S551
BOJ 14	14	6604	225.85	225.9	226.0	-0.1	K551
BOJ 03	3	6605	248.37	248.4	248.5	-0.1	S551
BOJ 33	33	6606	224.93	224.9	225.1	-0.1	K551
BOJ 01	1	6607	248.19	248.2	248.3	-0.1	K551
BOJ 10	10	6608	225.60	225.6	225.7	-0.1	K551
BOJ 17	17	6609	225.06	225.1	225.2	-0.1	S551
BOJ 18	18	6610	224.75	224.8	224.9	-0.1	S551

Table VIII Continued

ピン・N O			測定値		製造値	重量差	メーカー
FAB(L)	Fab(U)	PIE No	W1 (精度±0.2 gr.)	(W1 四捨五入)	W <sub>0</sub> (gr.)	W1 - W <sub>0</sub> (gr.)	
BOJ 11	11	6611	225.30	225.3	225.4	-0.1	K551
BOJ 06	6	6612	246.17	246.2	246.3	-0.1	K551
BOJ 27	27	6613	222.92	222.9	223.0	-0.1	S551
BOJ 31	31	6614	224.45	224.5	224.5	0.0	S551
BOJ 19	19	6615	225.32	225.3	225.5	-0.2	S551
BOJ 08	8	6616	248.23	248.2	248.3	-0.1	K551
BOJ 29	29	6617	224.68	224.7	224.7	0.0	K551
BOJ 24	24	6618	224.37	224.4	224.5	-0.1	S551
BOJ 21	21	6619	225.34	225.3	225.4	-0.1	K551
BOJ 25	25	6620	222.87	222.9	222.9	0.0	K551



Table VIII Continued

ピン・N O			測定値		製造値	重量差	メーカー
FAB(L)	Fab(U)	PIE No.	W <sub>1</sub> (精度±0.2 gr.)	(W <sub>1</sub> 四捨五入)	W <sub>0</sub>	W <sub>0</sub> - W <sub>1</sub>	
BOJ 07	7	6 6 2 1	2 4 6.1 6	2 4 6.2	2 4 6.2	0.0	K 5 5 1
BOJ 30	30	6 6 2 2	2 2 4.8 5	2 2 4.9	2 2 4.9	0.0	K 5 5 1
BOJ 32	32	6 6 2 3	2 2 4.3 3	2 2 4.3	2 2 4.4	-0.1	S 5 5 1
BOJ 12	12	6 6 2 4	2 2 5.1 8	2 2 5.2	2 2 5.3	-0.1	K 5 5 1
BOJ 26	26	6 6 2 5	2 2 2.5 2	2 2 2.5	2 2 2.6	-0.1	K 5 5 1
BOJ 13	13	6 6 2 6	2 2 5.6 8	2 2 5.7	2 2 5.8	-0.1	K 5 5 1
BOJ 20	20	6 6 2 7	2 2 5.1 1	2 2 5.1	2 2 5.2	-0.1	S 5 5 1
BOJ 28	28	6 6 2 8	2 2 3.9 8	2 2 4.0	2 2 4.0	0.0	S 5 5 1
BOJ 22	22	6 6 2 9	2 2 5.0 2	2 2 5.0	2 2 5.1	-0.1	K 5 5 1
BOJ 05	5	6 6 3 0	2 4 8.9 2	2 4 8.9	2 4 9.0	-0.1	K 5 5 1

Table IX Results of F.P Gas Pressure and Gas Analysis

Pin No.	検査データ※		測定結果				
	ベレット直径 (mm)	プレナム容積 (cc)	ピン内容積 (cc)	ピン内ガス圧 STP (cc)	ピン内ガス量 STP (cc)	ガス分析	
						Kr %	Xe %
6602	4.63±0.05	10,699	11.00	838.9	12.14	1.3	13.9
6605	4.63±0.05	7,738	3.08	912.5	9.69	1.9	19.0
6613	4.60	10,948	11.21	896.9	13.23	1.5	16.5
6614	4.66	10,602	11.06	852.9	12.40	1.3	14.0

※ BOJ 製造報告書 ( PNC SN841-82-72 ) より引用

Table X List of Flux Monitors

	モ ニ タ ー キ ャ プ セ ル 番 号					
温度モニターキャプセル	SM106	SM105	SM104	SM103	SM102	SM101
同 装 荷 位 置	軸中心より上 1,100 mm	軸中心より上 700 mm	軸中心より上 290 mm	軸 中 心 0	軸中心より下 260 mm	軸中心より下 746 mm
ドジメータキャプセル	D106*	D105	D104*	D103	D102*	D101
同 装 荷 位 置	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上	同 上

尚各モニターのPIE番号はキャプセル番号の頭に〔66〕を付けたものとしてある。

又, Tag Gasキャプセル PIE.番号 66TGIは D103の直下に隣接装荷されている。

\* 核燃料無し

Table XI List of Temperature Monitors in Compartment

コンパートメント番号		キャップ部温度モニター番号		温度モニターブロック番号	
製造時	PIE時	製造時	PIE時	製造時	PIE時
001	66 C 1	×	66 C 1B 2	001	66 C 1C
002	66 C 2	×	66 C 2B 2	002	66 C 2C
003	66 C 3	×	66 C 3B 2	003	66 C 3C
004	66 C 4	×	66 C 4BC	004	66 C 4C
005	66 C 5	×	66 C 4B 6	005	66 C 5C
006	66 C 6	×	66 C 6B 2	006	66 C 6C

×：端栓内に装荷されているため未確認