

本資料は 年 月 日付で登録区分、  
変更する。  
2001. 6. - 6

[技術情報室]

## 「ふげん」プルトニウム燃料集合体の SGHWR における照射試験

(II) Type D 集合体の製造・加工・検査および出荷

—An Irradiation Program of 'FUGEN' PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> Fuel

Assembly in the SGHWR—

(II) Manufacture, Fabrication, Inspection and  
Shipping of the Fuel Type D

1976年2月

動力炉・核燃料開発事業団  
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2001

N841-76-06

1976年2月



## 「ふげん」プルトニウム燃料集合体のSGHWRにおける照射試験

### (II) Type D 集合体の製造・加工・検査および出荷

実施責任者 青木利昌 (設計課長)

報告者 成木 芳, 坂本和男, 鈴木正啓, 川崎 緑

横沢直樹, 真鍋元禄 (製造第2課)

井滝俊幸, 大西紘一, 去来川汎人  
(品質管理課)  
丸石芳宏,

三浦 信, 大森拓郎, 佐藤政一  
(検査業務課)\*  
生田目和夫

堤 正順, 水野渢一, 宇留野誠 (管理課)

日野田長夫, 桑名克己 (放射線管理課)\*\*

湯本鎧三, 金田健一郎, 八木隆雄 (設計課)

#### 要旨

「ふげん」初装荷プルトニウム燃料集合体の製造開始に当り、プルトニウム燃料部第2開発室ATRラインで製作される燃料集合体の炉内燃料特性および健全性を確認するため、SGHWRにおける28本組クラスタのPuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>燃料集合体(Type D)の照射試験が計画された。本報告書はこの計画の燃料設計書につぐ第2報として、Type D集合体の製造、加工、組立、およびこれらの検査、梱包出荷に関する事項についてとりまとめた。

1.7w/o fiss. Puペレットの製造を50年4月に開始し、同ペレットを含む燃料要素28本組のType D集合体をほどスケジュールどおり、8月上旬に組立終了した。Type D集合体は輸送容器に梱包後、10月5日に東海事業所を英国SGHWRに向けて出荷された。

出荷されたType D集合体内の核燃料物質重量は次のとおりである。

	燃料要素1本当りの平均	Type D集合体
PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub>	5.866 g	164,255 g
U	5.057 "	141,604 "
Pu	1.11 "	3,108 "
Pu fissile	88.3 "	2,472 "

\* 技術部検査業務課

\*\* 安全管理部放射線管理課プルトニウム係

## 目 次

1. 概 要.....	1
2. 製作仕様および製作図面.....	4
2. 1 製品量.....	4
2. 2 燃料体.....	4
2. 3 燃料要素構成部材.....	8
2. 4 燃料集合体構成部材.....	10
2. 5 シュラウド・チューブ構成部材.....	11
2. 6 製作図面.....	12
3. 燃料集合体製作経過.....	13
3. 1 照射計画および設計計算.....	13
3. 2 製作図面.....	14
3. 3 部品調達.....	15
3. 4 試験検査.....	17
3. 5 製造打合会議.....	18
4. ペレット製造および検査.....	20
4. 1 原料粉末.....	20
4. 2 ペレット製造.....	21
4. 3 燃料ペレット検査.....	28
5. 燃料要素加工・集合体組立および検査.....	51
5. 1 加工・組立概要.....	51
5. 2 燃料要素加工.....	53
5. 3 集合体組立.....	67
5. 4 加工・組立のまとめと問題点 .....	67
<付>不具合燃料要素解体.....	77
5. 5 燃料要素検査.....	78
5. 6 集合体検査.....	115
6. 燃料要素・集合体部品の検査.....	119
6. 1 燃料被覆管.....	119
6. 2 燃料要素・集合体部品.....	127
7. 燃料集合体および燃料要素の線量率測定と被曝線量.....	137
7. 1 燃料集合体および燃料要素の線量率測定.....	137

7. 2 S GHWR 用燃料製造にかかる被曝線量 .....	148
8. 輸送容器および梱包・出荷.....	151
8. 1 輸送容器.....	
8. 2 梱包・出荷.....	156
9. 照射後試験計画.....	166
9. 1 照射後試験項目.....	166
9. 2 照射前試験データ.....	166
10. 核物質収支.....	173
11. あとがき.....	176
 付録 1. 燃料要素および燃料集合体図面.....	179
付録 2. 部品の製作写真集.....	185
付録 3. 燃料集合体部品試験検査要領書.....	189
付録 4. 製造打合会議議事録集.....	233
付録 5. 「ふげん」燃料集合体先行試験.....	249
付録 6. 燃料要素外径のグラフ.....	259
付録 7. 燃料集合体検査報告書（UKAEA送付分）.....	273
付録 8. 燃料集合体部品製造要領書.....	281
付録 9. Fuel - Type D 関係資料.....	287

## 表 リ ス ト

第 1. 1 表	燃料集合体製作・検査・輸送日程表	3
第 3. 3. 1 表	SGHWR Type D 部品一覧表	17
第 3. 5. 1 表	製造打合会議の日程	18
第 4. 1. 1 表	天然 UO <sub>2</sub> 粉末 (Lot 7) の物理的性質	20
第 4. 1. 2 表	天然 UO <sub>2</sub> 粉末 (Lot 7) の化学的性質	20
第 4. 1. 3 表	PuO <sub>2</sub> 粉末の物理的・化学的性質	21
第 4. 2. 1 表	SGHWR 用 PuO <sub>2</sub> → UO <sub>2</sub> ペレット製造日程表	22
第 4. 2. 2 表	ロット別工程データと収率	25
第 4. 3. 1 表	ペレットの検査結果	28
第 4. 3. 2 表	抜取検査結果	29
第 4. 3. 3 表	ロット毎の平均値および標準偏差	31
第 4. 3. 4 表	焼結炉による密度への影響の分散分析	32
第 4. 3. 5 表	分散分析表	33
第 4. 3. 6 表	外観検査結果	34
第 4. 3. 7 表	ディッシュ、チャンファ検査結果	36
第 4. 3. 8 表	片面ディッシュ・チャンファ付調整ペレット寸法・密度	37
第 4. 3. 9 表	調整ペレット寸法・密度検査結果	38
第 4. 3. 10 表	α-オートラジオグラフ測定結果のまとめ	40
第 4. 3. 11 表	金相試験結果のまとめ	40
第 4. 3. 12 表	キャッピング試験測定結果のまとめ	44
第 4. 3. 13 表	真空置換・水中重量法による密度測定結果	47
第 4. 3. 14 表	ペレットの分析結果	48
第 5. 1. 1 表	燃料要素検査結果	52
第 5. 2. 1 表	下部端栓溶接工程記録	54
第 5. 2. 2 表	被覆管・上部端栓・下部端栓番号対応表	55
第 5. 2. 3 表	SGHWR ペレット充填記録	58
第 5. 2. 4 表	上部プレナム長のノギスによる測定と X 線による測定との比較	61
第 5. 2. 5 表	脱ガス工程記録	64
第 5. 2. 6 表	上部端栓溶接工程記録	66
第 5. 3. 1 表	ピンギャップ測定結果	69
第 5. 3. 2 表	集合体組立検査	71

第 5. 3. 3 表 集合体検査	72
第 5. 3. 4 表 挿入力測定結果	73
第 5. 3. 5 表 スケルトン組立記録	74
第 5. 3. 6 表 スペーサ・タイロッド位置	75
第 5. 5. 1 表 燃料要素外径測定結果	81
第 5. 5. 2 表 ペレット充填結果	109
第 5. 5. 3 表 燃料要素検査結果 (1)	111
第 5. 5. 4 表 燃料要素検査結果(2)	112
第 5. 6. 1 表 集合体組立て中検査結果	115
第 5. 6. 2 表 集合体組立後検査結果	116
第 5. 6. 3 表 集合体曲り、ねじれ検査結果	117
第 6. 1. 1 表 製造者側検査記録（破壊検査）	120
第 6. 1. 2 表 製造者側検査記録（非破壊検査）	122
第 6. 1. 3 表 受入検査記録（破壊検査）	123
第 6. 1. 4 表 受入検査記録（非破壊検査）	124
第 6. 1. 5 表 硬度測定結果	125
第 6. 2. 1 表 スペーサ外径実測値	134
第 6. 2. 2 表 燃料集合体部品重量測定結果	135
第 7. 1. 1 表 使用した測定器の概要	137
第 7. 1. 2 表 燃料集合体有効長の中心軸における線量率測定結果	140
第 7. 1. 3 表 燃料要素有効長の中心軸における線量率測定結果	141
第 7. 1. 4 表 見かけ上の表面線量率	147
第 7. 2. 1 表 SGHWR照射用燃料製造にかかわる被曝線量測定結果	148
第 8. 1. 1 表 輸送許認可進行状況	152
第 9. 1. 1 表 ウインズケールの施設において行うことのできる照射後試験項目	167
第 9. 2. 1 表 照射データ整理表	168
第 9. 2. 2 表 照射前データ	169
第 9. 2. 3 表 燃料要素寸法・重量	170
第 9. 2. 4 表 照射後試験項目と対応する照射前データの図表番号	172
第 10. 1 表 核物質収支表	173
第 10. 2 表 工程別欠量	174
第 10. 3 表 要因別欠量	174

## 図 リ ス ト

第 4. 2. 1 図	ペレット製造フロー・シート	23
第 4. 3. 1 図	焼結炉による密度の差異	30
第 4. 3. 2 図	SEMのチャート	49
第 5. 3. 1 図	ピンギャップ測定位置	68
第 5. 6. 1 図	集合体中の燃料要素配置図	114
第 6. 2. 1 図	スペーサ外径度数分布図	133
第 7. 1. 1 図	線量率計による線量率測定	138
第 7. 1. 2 図	レムカウンタによる線量率測定	138
第 7. 1. 3 図	TLDによる線量率測定	139
第 7. 1. 4 図	中性子用TLDバッチと集合体の場合のセット状況	139
第 7. 1. 5 図	燃料集合体の線量率測定結果	145
第 7. 1. 6 図	燃料要素 $\gamma$ 線線量率測定結果	145
第 7. 1. 7 図	燃料要素中性子線線量率測定結果	146
第 7. 1. 8 図	燃料集合体中性子線線量率測定結果	146
第 7. 1. 9 図	線量率計とTLDのエネルギー特性	147
第 7. 2. 1 図	粉末調整、造粒工程の線量率分布	147
第 9. 2. 1 図	燃料要素の集合体内位置	149
第 9. 2. 2 図	燃料要素の方向確認スケッチ	171
第 10. 1 図	SGHWR 燃料製造に使用したプルトニウムの内訳	171

## 写 真 リ ス ト

写真 4. 3. 1	AS 70006 のオートラジオグラフ	39
写真 4. 3. 2	AS 70012 の金相写真（研磨面）	41
写真 4. 3. 3	AS 70012 の金相写真（エッティング面）	42
写真 4. 3. 4	AS 70003 のキャッピング試験写真	43
写真 5. 2. 1	下部端栓溶接部金相写真 (SGK-LW-01)	56
写真 5. 2. 2	下部端栓溶接部金相写真 (SGK-LW-02)	57
写真 5. 2. 3	上部端栓溶接部金相写真 (KS 88)	62
写真 5. 2. 4	上部端栓溶接部金相写真 (KS 89)	63
写真 5. 5. 1	上部端栓溶接部金相写真 (88)	110
写真 5. 5. 2	上部端栓溶接部金相写真 (89)	110

写真 5. 6. 1	シュラウド・チューブ挿入試験	118
写真 6. 1. 1	水素化物方向性の金相写真	119
写真 6. 1. 2	介在物の縦断面金相写真	121
写真 6. 1. 3	結晶粒度顕微鏡写真	121
写真 8. 2. 1	シュラウド・チューブ挿入試験位置に集合体を固定	159
写真 8. 2. 2	シュラウド・チューブ挿入試験(1)	160
写真 8. 2. 3	シュラウド・チューブ挿入試験(2)	160
写真 8. 2. 4	タイロッド・ワイヤーロック	161
写真 8. 2. 5	集合体の清浄	161
写真 8. 2. 6	ホルダーに固定	162
写真 8. 2. 7	輸送容器に挿入	162
写真 8. 2. 8	輸送容器の転倒	163
写真 8. 2. 9	片付け	163
写真 8. 2. 10	シール	164
写真 8. 2. 11	荷作り	164
写真 8. 2. 12	出荷準備完了	165

## 1. 概 要

本照射試験の目的は新型転換炉原型炉「ふげん」初装荷用PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>燃料集合体の照射試験をSGH-WRにおいて実施し、プルトニウム燃料部の製造加工施設で製作される製品の炉内健全性および照射特性を「ふげん」炉運転開始前に確認することにある。本計画は製造、加工プロセスの相違に基づく製品の総合的な信頼性の確認が主なねらいである。

「ふげん」初装荷用PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>燃料は当事業団プルトニウム燃料部のプルトニウム燃料製造・加工施設ATRラインで初めて製作されるもので、すでに企業化されたUO<sub>2</sub>燃料の施設のプロセスとは異なるものである。これらのプロセスの相違が炉運転中の燃料特性にどのように影響するかは定かでない。このために、本番燃料の製造ラインで製作された実尺大燃料集合体の照射試験を実施する必要が生じた。

本照射試験計画はATR開発本部の燃料材料研究開発計画の第5次照射試験(SGHWR)の一環として実施されることになり、本照射集合体をTypeDと命名することになった。TypeD集合体は燃料最高線出力520W/cm達成目標のため、プルトニウム富化度を1.7w/o fiss.Puに高められて設計された。これらの設計の詳細は先に発行された報告書に記述されている。

TypeD集合体の製作は「ふげん」初装荷燃料の製造体制および品質保証体制に基づいて実施され、ペレット製造から集合体出荷までの主なスケジュールは第1.1表に示すとおりである。ペレット製造は0.80w/o fiss.Puの「ふげん」初装荷燃料の製造に先立って、いわゆる本番のテストランを兼ねて50年4月から開始された。引続き燃料棒の加工および集合体も全て本番に先行して実施された。

燃料棒および集合体の製作に必要な部材および部品は原則として「ふげん」本番のものを使用することにして、照射の都合上どうしても変更しなければならない部品についてのみ、原子燃料工業(株)(原燃工)へ製作を依頼した。SGHWRへの装荷に適合させるために必要なシュラウド管アセンブリはスプレイ管の製作および溶接が原燃工で行われた。このシュラウド管アセンブリはプルトニウム燃料部ATRラインで製作されたTypeD集合体との挿入試験に使われ、その適合性が確認された。

TypeD集合体の英国への輸送はATR開発本部が「ふげん」プルトニウム燃料輸送のR&Dとして仏国TN社に製作させた輸送容器を使用して実施された。本容器の使用目的転用のため仏国政府による容器の再認可および英国政府の許可手続きが取られた。

製造スケジュールの間隙をとり下記の目的に添い燃料棒および燃料集合体の空間放射線量率(中性子線およびガンマ線)が測定された。これは「ふげん」プルトニウム燃料の製造および炉サイトにおける放射線被ばく線量率の推定評価法の検証のため実施された。

本TypeD集合体は50年8月6日に製作および検査を終了し、翌7日に輸送容器への梱包を完了した。輸送容器は10月5日早朝に東海事業所から出荷された。

本報告書はこれらTypeD集合体の製造、加工、組立、検査、および梱包・輸送などについてとりまとめたものである。第2章に製作仕様および製作図面を、第3章にTypeD集合体製作経過について記述し、ペレット製造および検査は第4章に、燃料要素、集合体組立および検査は第5章に、またこれ

らの部材・部品の検査は第6章にそれぞれ記述された。第7章にTypeD集合体と1本の燃料要素の空間線量率の測定について、第8章に輸送容器および梱包についてまとめられた。第9章は照射後試験項目案を記載し、それに対する照射前製造データの整理対応を試みた。第10章には、ペレット製造にかかる核物質収支について記述した。

付録には、製作図面、試験・検査要領書、先行試験、部品の写真集、被覆管外径の測定グラフ、検査報告書（UKAEA送付分）などがそれぞれ集約された。また、参考のため付録の終りに本燃料集合体の製作に関する資料リストを集録した。

第 1.1 表 燃料集合体製作・検査・輸送日程表

作業項目	主担当課	1975年											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1. 燃料集合体設計および安全解析	設計課 AEA	設計計算・安全解析											
2. 核燃料物質	製造第二課	UO <sub>2</sub> ・PuO <sub>2</sub> 粉末手配											
3. 燃料集合体部品 被覆管	検査業務課	受入検査					定尺切断後検査						
燃料要素	"			加工・検査									
燃料集合体	"			加工・検査									
4. 製造・加工・組立 ペレット製造	製造第二課		ペレット製造										
ペレット検査	品質管理課		検査										
燃料要素加工	製造第二課		定尺切断	第1端栓溶接	充填	第2端栓溶接	除染						
燃料要素検査	品質管理課		溶接後検査	第1端栓検査	検査								
集合体組立	製造第二課				組立								
集合体検査	品質管理課				検査								
5. 燃料集合体輸送 輸送容器・ホルダー	設計課	輸送容器・ホルダー調達											
安全証明書・許認可	設計課		安全証明書取得		輸送許可証取得								
梱包・出荷・輸送	管理課	ピット改造・転倒台製作・治具作製					梱包					出荷輸送	

## 2. 製作仕様および製作図面

(金 田)

本照射試験の主目的が、「ふげん」初装荷プルトニウム燃料集合体の実証試験であるため、燃料集合体の構造および仕様は基本的には「ふげん」燃料と同様であるが、照射を行うSGHWRの炉心構造に適合させるため、特に集合体の全長が「ふげん」のそれに比べて約300mm短くなっている。また圧力管内径が異なるため集合体にシェラウド・チューブをかぶせる構造となっている。プルトニウム富化度は最大線出力520W/cmを達成するため、1.7W/O Pu fiss.とした。以下に燃料集合体の仕様を記録した。

### 2.1 製品量

照射燃料集合体(Fuel-TypeD)は燃料要素28本を含む1体を製作する。したがって、製品量は次のようになる。

- (1) 燃料集合体 1体
- (2) 燃料要素 28本
- (3) 燃料ペレット
  - イ) 個数 約5460個
  - ロ) 混合酸化物全重量 約165kg
  - ハ) ウラン全重量 約142kg
  - ニ) プルトニウム全重量 約3kg

### 2.2 燃料体

#### 2.2.1 二酸化ウラン粉末

ウラン一プルトニウム混合酸化物ペレットを製造するための二酸化ウラン原料粉末は、人形峠鉱業所で製造されたイエロー・ケーキを国内の転換加工業者が加工したもので、「ふげん」燃料に使用するものと同一である。

##### (1) 製造方法

二酸化ウラン粉末製造業者が提出する製造要領書に基づき事業団が承認した方法により製造する。

##### (2) ウラン濃縮度

天然ウラン( $0.71 \pm 0.02$  W/O<sup>235</sup>U)とする。

##### (3) 化学的性質

###### a) ウラン含有量

87.3 W/O 以上とする。

b) 酸素対ウラン比 (O/U)

2.03~2.10 の範囲内とする。

c) 不純物量

二酸化ウラン粉末に含まれる不純物量 (U ベース) は次に示す量以下とする。

不純物元素	不純物量 (PPM)	不純物元素	不純物量 (PPM)
Ag	0.2	F	15
Al	25	Fe	50
B	0.3	Mg	20
C	100	Mo	25
Ca	15	N	50
Cd	0.5	Ni	30
Cl	20	Si	50
Cr	15	Sn	15
Cu	5	Dy + Eu + Gd + Sm	0.3

d) 水分含有率

0.30 W/O 以下とする。

(4) 物理的性質

a) 密度

カサ密度は 1.5~3.0 g/CC の範囲内とする。

タップ密度は 2.0~5.0 g/CC の範囲内とする。

b) 平均粒径

Fisher—subsieve—sizer 法により測定し、5 μm 以下とする。

c) 比表面積

BET 法により測定し、3.0~6.0 m²/g の範囲内とする。

(5) 焼結性試験

別に定める要領に従って焼結試験を行い、各粉末ロット毎に 15 個の焼結ペレットの平均密度が理論密度の 95.0 % 以上で、かつ個々の焼結ペレットの密度が平均値の ± 0.5 % 以内であることをとする。ただし、理論密度は 10.96 g/CC とする。

## 2.2.2 二酸化プルトニウム粉末

ウラン—プルトニウム混合酸化物ペレットを製造するための二酸化プルトニウム粉末は、「常陽」取替燃料用として、英国のBNFL 社から購入したもの (Batch No J 003) を使用する。

(1) 製造方法

修酸プルトニウムを 550°C ~ 600°C の温度で焙焼して製造する。

(2) プルトニウム同位元素組成

Pu - 238	<0.1 W/O
Pu - 239 + Pu - 241	81 ± 1 W/O
Pu - 240	19 ± 1 W/O
Pu - 242	<0.5 W/O

(3) 化学的性質

a) プルトニウム含有率

粉末中のプルトニウム含有率は、粉末を 950°C で 1 時間焙焼した後、86.0 W/O 以上とする。

b) 不純物量

粉末中の不純物量は、次に示す量以下とする。

不純物元素	不純物量 (PPM)	不純物元素	不純物量 (PPM)
B	1	Li	1
C	500	Mg	50
Ca	100	Mn	100
Cd	1	N	150
Cl	150	Ni	100
C	200	Si	100
F	100	U	200
Fe	500		

ただし、次に示す不純物元素の全量が 2,000 PPM 以下でなければならない。

Ag, Al, B, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Si, Sn, Ti, U, V, Zn, Zr

(4) 物理的性質

a) 比表面積

BET法により測定し、10~20 m²/g の範囲とする。

b) 平均粒径

BS-350 のふるいを通過するものとする。

### 2.2.3 ウラン-プルトニウム混合酸化物ペレット

燃料体は天然二酸化ウラン粉末と二酸化プルトニウム粉末とを機械的に混合して、冷間成型後焼結された混合酸化物ペレットである。プルトニウム富化度以外の仕様は、「ふげん」燃料と同様である。次に混合酸化物ペレットの仕様を示す。

## (1) 製造方法

天然二酸化ウラン粉末と二酸化プルトニウム粉末とを機械的に混合し、冷間成型後焼結する。

## (2) 化学的性質

## a) プルトニウム富化率

1.70±0.05 W/O Pu fissile

ただし、Pu fissile 富化率は次の定義による。

$$\text{Pu fissile 富化率} = \frac{(^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Pu}) \text{重量}}{\text{U 重量} + \text{Pu 重量}} \times 100 (\text{W/O})$$

## b) 重金属 (U + Pu) 含有量

87.3 W/O 以上

## c) 酸素含有量 (O/M 比)

1.97~2.02

## d) 不純物量

混合酸化物ペレット中の不純物量 ( $\text{UO}_2 - \text{PuO}_2$  ベース) は次に示す量以下とする。また、これらの分析値から求められる熱中性子 (2.200 m/s) 全吸収断面積の合計がほう素等価濃度 (EBC) で 4 PPM 以下とする。

不純物元素	不純物量 (PPM)	不純物元素	不純物量 (PPM)
Ag	10	Ni	300
Al	100	Pb	100
B	1.0	Si	400
Ca	200	Sn	20
Cd	1.0	C	200
Cr	200	F	25
Cu	50	Cl	25
Fe	500	N	200
Mg	100	Dy + Eu + Gd + Sm	1.2
Mo	300		

## e) 水分量

400°C 以上の条件下で抽出して、 $10 \mu\ell/g \cdot \text{MO}_2$  以下とする。

## f) 蒸発性不純物量

高真空 (約  $10^{-4}$  mmHg) 下の 1.000°C 以上で、30 分以上の抽出を行い、 $60 \mu\ell/g \cdot \text{MO}_2$  以下とする (水分を含む)。

## (3) 物理的性質

## a) プルトニウム分布の均一性

混合されるプルトニウムは、天然ウラン中に均一に分布すること。ペレット中に残存し得る最大プルトニウム・スポットの大きさは  $400 \mu\text{m}$  以下とする。

b) ペレット密度

理論密度の  $95.0 +1.5 -2.0$  %とする。

ただし、理論密度は  $10.97 \text{ g/CC}$  とする。

(4) ペレットの形状および寸法

a) 形 状

ペレット両端面はディッシュおよびチャンファ付の形状とする。

b) 寸 法

① 直 径	$14.40 \pm 0.05 \text{ mm}$
② 高 さ	$18 \pm 1 \text{ mm}$
③ ディッシュ部直径	$8 \pm 1 \text{ mm}$
④ ディッシュ部深さ	$0.2 \pm 0.1 \text{ mm}$
⑤ チャンファ (ランディングの巾)	$2.0 \pm 0.4 \text{ mm}$
⑥ チャンファ (高さ方向面とり部分)	$0.5 \pm 0.2 \text{ mm}$

(5) 燃料スタック長さ

$3510 \pm 5 \text{ mm}$

## 2.3 燃料要素構成部材

燃料要素は被覆管、ウラン-プルトニウム混合酸化物ペレット、アルミナ断熱ペレット、抑え板付プレナム・スプリングおよび端栓から構成され、被覆管には混合酸化物ペレット約 195 個、アルミナ断熱ペレット（燃料スタックの上部、下部に各 1 個）、抑え板付プレナム・スプリング（上部用、下部用各 1 個）が挿入され、両端が端栓により密封された構造のものとする。又、フリーロッドとタイロッドは上・下端栓の形状が異なるため、燃料要素は 2 種類となる。次に、各構成部材の仕様を記す。

### 2.3.1 燃料被覆管

(1) 材 質

ジルカロイ-2

(2) 寸法・形状 (図番ES 1-211)

イ) 外 径	$16.46 +0.00 -0.08 \text{ mm}$
ロ) 内 径	$14.70 \pm 0.05 \text{ mm}$
ハ) 肉 厚	$0.8 \text{ mm}$ 以上

### 2.3.2 端 栓

(1) 材 質

ジルカロイ-2

(2) 種 類

イ) 上部端栓	2種類 (1種類は雄ネジ付)
ロ) 下部端栓	$2''$ ( " )

## (3) 寸法・形状

- イ) 上部端栓 (ES1-221, 222)
- ロ) 下部端栓 (ES1-231, 232)

**2.3.3 上部抑え板付プレナム・スプリング**

## (1) 材質

- イ) スプリング SUS-304 WPB
- ロ) 押え板 SUS-304

## (2) バネ特性

- |          |                |
|----------|----------------|
| イ) 線径    | 2.30 ± 0.05 mm |
| ロ) コイル外径 | 13.5 ± 0.2 mm  |
| ハ) 自由長   | 233 ± 2 mm     |
| 二) 有効巻数  | 52巻            |
| ホ) 総巻数   | 54巻            |
| ヘ) バネ定数  | 0.36 kg/mm     |

## (3) 寸法・形状

図番ES1-250

**2.3.4 下部抑え板付プレナム・スプリング**

## (1) 材質

- イ) スプリング インコネル-X
- ロ) 押え板 SUS-304

## (2) バネ特性

- |          |                |
|----------|----------------|
| イ) 線径    | 3.20 ± 0.05 mm |
| ロ) コイル外径 | 14.0 ± 0.2 mm  |
| ハ) 自由長   | 242 ± 0.5 mm   |
| 二) 有効巻数  | 4.5巻           |
| ホ) 総巻数   | 6.5巻           |
| ヘ) バネ定数  | 1.8 ± 4 kg/mm  |

## (3) 寸法・形状

図番ES1-260

**2.3.5 アルミナ断熱体**

## (1) 材質

アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

## (2) 密度

3.5 g/CC以上とする。

## (3) 蒸発性不純物

水分を含む蒸発性不純物の含有量は

## (4) 水分量

20 μℓ/g •  $\text{Al}_2\text{O}_3$  以下とする。6.0 μℓ/g •  $\text{Al}_2\text{O}_3$  以下とする。

## (5) 寸法・形状

直 径 14.4 ± 0.1 mm

高 さ 10 ± 1 mm

(図番ES1-241)

## 2.4 燃料集合体構成部材

燃料集合体は、燃料要素28本を、上・下タイプレート、4本のタイロッドおよび11個の中間スペーサにより円形クラスタ型に束ねたものである。燃料要素の内8本は、タイロッド用燃料集合体であり、ロック・ナットにより上・下タイプレートに固定されている。

### 2.4.1 上・下部タイプレート

(1) 材質	(2) 寸法・形状
ステンレス鋼鋳鋼品 (SUS-304)	イ) 上部タイプレート 図番ES1-331
	ロ) 下部タイプレート 図番ES1-341

### 2.4.2 スペーサ

(1) 材質	(2) パネ形式
インコネル-718	リング状ディンプル・スプリング
(3) 寸法・形状	
図番ES1-310	

### 2.4.3 スペーサ・タイロッド

(1) 材質	(2) 寸法・形状
ジルカロイ-2	図番ES1-320

### 2.4.4 下部ハウジング(下)

(1) 材質	(2) 寸法・形状
SUS-304	図番ES1-342

### 2.4.5 ピストン・リング

(1) 材質	(2) 寸法・形状
SUS-321	図番ES1-343

### 2.4.6 保持リング

(1) 材質	(2) 寸法・形状
SUS-304	図番ES1-344

## 2.4.7 ロッド・スプリング

## (1) 材質

インコネル-X

## (2) パネ特性

イ) 線径	2.00±0.05mm
ロ) コイル外径	1.24±0.2mm
ハ) 自由長	27.7±0.5mm
ニ) 有効巻数	6巻
ホ) 総巻数	8巻
ヘ) パネ定数	2.3±0.5kg/mm

## (3) 寸法・形状

図番ES1-381

## 2.4.8 パネ・カバー

## (1) 材質

SUS-304

## (2) 寸法・形状

図番ES1-382

## 2.4.9 固定ナット類

## (1) 種類、個数および材質

イ) 回転防止ネジ	4個	SUS-304
ロ) 盤小ネジ	4個	SUS-304
ハ) ロック・ナット	16個	SUS-304
ニ) ロッド・キー	8個	SUS-304
ホ) ロッキング・ワイヤ	約2m	SUS-316

## 2.5 シュラウド・チューブ構成部材

## 2.5.1 シュラウド・チューブ

## (1) 材質

SUS-316

## (2) 寸法・形状(図番ES1-371)

イ) 内径	$117.8 \pm 0.8$ mm
ロ) 肉厚	2.0±0.1mm

## 2.5.2 上部ハウジング

## (1) 材質

SUS-316

## (2) 寸法・形状

図番ES1-372

**2.5.3 下部ハウジング（上）**

(1) 材質

SUS -316

(2) 尺寸・形状

図番ES 1-332

**2.5.4 スプレイ・チューブ**

(1) 材質

SUS -316

(2) 尺寸・形状

図番ES 1-330

**2.5.5 ピン**

(1) 材質

SUS -316

(2) 尺寸・形状

図番ES 1-370

**2.5.6 上部アダプター**

UKAEA 側からの支給品

**2.5.7 リベット**

UKAEA 側からの支給品

**2.6 製作図面**

製作図面の決定に至る経緯については、第3.2節に記述する。また、最終的に確定された製作図面は本照射計画の設計報告書<sup>(1)</sup>に記載したとおりであるが、その中から燃料要素および燃料集合体の図面のみを参考のため付録1に示す。

**参考資料**

(1) ZN 841-75-30, 「「ふげん」プルトニウム燃料集合体のSGHWRにおける照射試験 -

(1)PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> 燃料集合体の設計および照射特性解析」, (50-9)

### 3. 燃料集合体製作経過

(金 田)

本照射試験の計画から燃料集合体の完成までの経過を照射計画、設計計算、製作図面、部材調達、試験・検査集合体製作の順に簡単に述べると以下のとおりである。

#### 3.1 照射計画および設計計算

(1) SGHWR 照射計画第1次具体化 1974年6月26日 本社核燃本部において本計画担当のUKAEA AのG. M. Jones と打合せを行い、照射計画の原案<sup>(1)</sup>を提示した。この原案の要点は次のとおりであった。

- i) 2領域集合体1体
- ii) 最高燃料線出力：580 W/cm (17.7 KW/ft) 目標
- iii) 最高燃焼度 : 22,000 MWD/T
- iv) 照射期間 : 2~2.5年
- v) 照射開始 : 51年3月

(2) 第3回「ふげん」品質保証計画委員会<sup>(2)</sup> 7月22日

1体2領域案、費用、納期等の問題が討論され、製造計画（2案）および照射の意義について結論を出し、ATR本部と折衝することが決められた。

(3) 第4回「ふげん」品質保証計画委員会 8月2日

先の第3回「ふげん」品質保証計画委員会での決定に基づき、1体照射と2体照射の利害得失について検討<sup>(3,4)</sup>されたが、照射の信頼度から2体照射が必要と考えられたので、2体照射案を推進することとなった。

(4) 第8回「ふげん」品質保証計画委員会 10月9日

2体照射案<sup>(5,6)</sup>について説明がなされ、スケジュール、部材調達、輸送容器、2体照射の必要性等について検討されたが、10月に古屋副主研（開発課開発係長）が海外出張の際UKAEA担当者と打合せ、その帰国報告<sup>(7,8)</sup>を受けて核燃本部で最終決定を行うこととなった。しかし、この時点ですでに部材調達がクリティカル・パスとなっているため、早急に部材調達のための製作仕様書を作成する必要があり、1体照射か2体照射かに關係なく設計計算を進めることとなった。

(5) 設計計算 11月中旬

設計計算は11月中旬から開始されたが、設計条件および設計基準の要点は次のとおりであった。

- i) 最高燃料線出力
  - 設計条件: 574 W/cm (17.5 KW/ft)
  - 照射希望条件: 541 " (16.5 " )

## ii) 最高燃焼度

設計条件：15,000 MWD/T

照射希望条件：12,000 "

iii) 最小バーン・アウト比（定常運転時）：1.9以上

iv) 被覆管の応力歪：1%以下

v) 被覆管の応力評価：ASME Section IIIを準用

## (6) ATR 本部との打合せ 12月11日

ATR本部と核燃本部の打合せ<sup>(9)</sup>が行われ、1体照射の方向で進めることになった。しかし、製造側としては、1体案の場合1.7%（フィッサイル）プルトニウム富化で当面進めるが、「ふげん」プルトニウム燃料製造開始の都合で0.8%（Pu fissile）になることも考えられ、この時点では最終的なプルトニウム富化度は決定されなかった。考えられる方針として次の3とおりのものがあった。

- i) プルトニウム富化度1.7%で、「ふげん」本番燃料製造前に実施する。（第1案：原則としてこれで考える）
- ii) プルトニウム富化度1.7%で、「ふげん」本番燃料製造の中間に実施する。（第2案：第1案が駄目な時）
- iii) プルトニウム富化度0.8%のテスト・ランで実施する。（第1, 2案に無理がある場合）

## (7) プルトニウム富化度の決定 12月20日

その後UKAEAから、プルトニウム富化度と最高線出力および最高燃焼度に関するテレックス<sup>(10)</sup>が入り、その内容を検討した結果、希望する線出力を達成するためにプルトニウム富化度を1.7 W/O Pu fiss, とすることに決定した。UKAEAからのテレックスの内容は次のようにあった。

プルトニウム富化度	最高線出力	照射期間	最高燃焼度
0.8 %	415 W/cm	500 日	13,000 MWD/T
1.7 "	520 "	250 "	8,500 "
2.2 "	580 "	130 "	4,900 "

## 3.2 製作図面

## (1) 第1回図面検討依頼 1974年12月4日

第1回目の図面検討依頼のため、関係各課（製造第二課、品質管理課、検査開発課）に主要な図面を配布した。

## (2) 第2回図面検討依頼 12月10日

その後に気付いた誤りや記入もれを訂正し、第2回目の図面検討依頼のため、すべての図面を関係各課へ配布した。<sup>(11)</sup>

## (3) 図面のUKAEAへの送付（予備検討） 12月23日

英文プロポーザル別添として主要な図面をUKAEAに送付し、検討を依頼した。<sup>(12)</sup>

## (4) 部品の製作に関する原子燃料工業（株）との打合せ 1975年1月31日

図面の部内での検討を終え、本照射用燃料集合体製作のため新たに調達する必要のある部品の製作に関する打合せを原子燃料工業（株），業務部契約三課，核燃料開発本部および設計課の間で行い、この時原燃工に関連図面を渡し、検討の上承認用図面を2月末までに提出するよう指示<sup>(13)</sup>した。

## (5) 原燃工より第1回見積用図面の提出 2月20日

原燃工より第1回目の見積用図面が提出されたので、記入ミス等を訂正の上原燃工へ送り返した。

## (6) 原燃工より第2回見積用図面の提出 4月5日

原燃工より第2回目の承認用図面が提出され、承認した。

## (7) 図面のUKAEAへの送付（最終検討） 4月21日

ATR本部の堂本職員が、Fuel—Type Bの照射後試験立会いのため、英国へ海外出張した時、図面の最終的な検討のため、主要な図面をUKAEA側に渡した。この図面に対して、UKAEA側から次のようなコメントがあった。

- i) ピストン・リングの設計変更を行うこと。
- ii) トップ・ハウジングに方位マークを付けること。

したがって、ピストン・リングの図面を書き直し（図面変更番号：PuD-0022），原燃工と打合せた後、新しく作り直すことになった。トップ・ハウジングはすでにシュラウド・チューブに溶接されていたが、ヤスリでV型の方位マークを付けた。5月29日に最終設計図面として、主要図面を1セットUKAEA側に送付した。

### 3.3 部品調達

本照射試験の主要な目的が、「ふげん」初装荷プルトニウム燃料集合体の炉内における実証試験であるため、Fuel—Type Dの基本設計は原則として「ふげん」燃料集合体と同一とするが、SGHWRの炉心構造および照射後試験を考慮すると、次のような部品を新たに調達しなければならなかった。これらの部品の写真を付録2に示す。被覆管、スペーサ、スペーサ・タイロッド、抑え板付下部プレナム・スプリング等は「ふげん」燃料用に購入していたもの一部を使用した。

## (a) 集合体

- |                 |      |
|-----------------|------|
| ① 上・下部タイププレート   | 各1個  |
| ② 上・下部ハウジング     | 各1 " |
| ③ シュラウド管        | 1本   |
| ④ スプレイ管（D型チューブ） | 8 "  |
| ⑤ 固定用ナット類       | 必要個数 |

## (b) 燃料要素

① 上部端栓 { フリー・ロッド用 20 個  
                  タイ・ロッド用 8 "

② 下部端栓 { フリー・ロッド用 20 個  
                  タイ・ロッド用 8 "

③ 上部抑え板プレナム・スプリング 28 個

## (1) 製作引合仕様書の作成 1975年1月31日

部品の製作引合仕様書はFuel - Type C の製作仕様書を参考にして作成し、1月31日に契約予定先の原燃工と部品の製作に関する打合せを行い、この時製作引合仕様書を提示した。<sup>(13)</sup>

## (2) 契約仕様書の提出

1月31日に行われた打合せに基づき、<sup>(14)</sup> 契約仕様書を提出させた。

## (3) 確定仕様書の提出

契約仕様書の検討を関係各課に依頼し、<sup>(15)</sup> その結果を盛り込んで原燃工に確定仕様書を作成・提出させた。これによる部品の納期は次のとおりであった。

i) 燃料要素部品 昭和50年4月末日

ii) 燃料集合体部品 " 4月末日

iii) シュラウド・チューブ アセンブリ " 5月末日

iv) 輸送容器 " 5月末日

## (4) 部品の立会検査 4月28日

燃料要素部品および燃料集合体部品の立会検査を原燃工武山研究所で行った。

## (5) 部品の納入 4月30日

4月28日の立会検査で合格となった部品が、検査業務課に納入された。これらの部品の種類および数量は次のとおりである。

i) 上部端栓 { フリー・ロッド用 55 個  
                  タイ・ロッド用 30 "

ii) 下部端栓 { フリー・ロッド用 55 個  
                  タイ・ロッド用 35 "

iii) 押え板付上部プレナム・スプリング 60 個

iv) 上部タイプレート (回転防止ネジ4個を含む) 1 個

v) 下部ハウジング付タイプレート (ピストン・リングなどを含む) 1 個

vi) ロック・ナット 40 個

vii) ロッド・キー 20 個

viii) ロッキング・ワイヤー 10 m

## (6) シュラウド・チューブ アセンブリの納入 5月31日

シュラウド・チューブ アセンブリおよび輸送容器の立会検査は5月27日に原燃工武山研究所で行われ、5月31日に納入された。

なお、本燃料集合体の製作に使用した部品の一覧表を第3.3.1表に示す。

第3.3.1表 SGHWR Type D 部品一覧表

部品名	個数		検査記録データ索引	
	供給量	使用個数	ロットNo	検査成積書番号
1. 被覆管	54(神戸材)	28	11	Z-74-12
2. 下部端栓(F+T) <sup>*</sup>	55+35	20+8		TIR-50002
3. 上部端栓(F+T) <sup>*</sup>	55+30	20+8		TIR-50002
4. 下部プレナム・スプリング	28	28	LS-1-1	TIR-86
5. 上部プレナム・スプリング <sup>*</sup>	60	28		TIR-50002
6. アルミナ断熱ペレット	56	56		
7. スペーサ・タイロッド	52(本)	48(本)		KS 94-451-1
8. スペーサ	11	11		TIR-92
9. ばねカバー	56(組)	28(組)		TIR-076
10. ロッド・スプリング	28	28	RS-1	TIR-87
11. 上部タイプレート <sup>*</sup>	1	1		TIR-50002
12. 下部ハウジング <sup>*</sup>	1	1		TIR-50002
13. ロック・ナット <sup>*</sup>	40	16		TIR-50002
14. ロッド・キー <sup>*</sup>	20	8		TIR-50002
15. ロッキング・ワイヤー <sup>*</sup>	10m	約2m		TIR-50002

\* Type D 専用の部品

## 3.4 試験検査

原子力工業のような複雑・多岐にわたる検査を必要とする分野では、今までのような検査の考え方（品質管理）だけでは不十分であり、さらに進んだ形の検査組織・方法（品質保証）を作り上げなければならないという認識が高まり、その方向への努力が続けられている。核燃本部でも、そのような状勢を反映して、「ふげん」初装荷プルトニウム燃料の製作に関して、品質保証組織を整備した。今回のSGHWR 照射用燃料集合体の製作に際しても、「ふげん」本番燃料の製造に先立ってこのような品質保証組織を有効に運用することを念頭において作業を行った。しかし、作業標準等の作成が完全に終了していなかったし、「ふげん」本番燃料の先行試験でもあったため、必ずしも十分に品質保証組織を活用したと云う結果にはならなかった。

(1) 第1回試験検査要領書の提出<sup>(17)</sup> 50年3月17日

第1回目の試験検査要領書が原燃工から提出された。

(2) 第2回試験検査要領書の提出<sup>(18)</sup> 4月16日

## (3) 第3回試験検査要領書の提出

第2回目の試験検査要領書と内容的にはほとんど同じであるが、若干字句の訂正を行い最終的な試験検査要領書として承認した。確定した試験検査要領書を付録3に示す。

## 3.5 製造打合会議

本照射用燃料集合体の製作に関しては、その作業がいくつかの部課（技術部：検査業務課、検査開発課／プル燃部：製造第二課、品質管理課、設計課）にまたがっているため、スムーズに作業を進行させるため、定期的に製造打合会議を開いた。この会議は合計6回開かれたが、その日程を第3.5.1表に示す。また会議の議事録（要点）を付録4に示す。

第3.5.1表 製造打合会議の日程

5.0.2. 7	第1回製造打合会議
" 2.20	" 2 "
" 4.15	" 3 "
" 5.23	" 4 "
" 6.12	" 5 "
" 7.28	" 6 "

## 参考資料

- (1) 設計課メモ, FILE NO 20-49-0159, 「SGHWR照射計画第1次具体化」, (49-6-25)
- (2) 設計課メモ, FILE NO 20-49-0211, 「第3回「ふげん」品質保証計画委員会議事録」, (49-7-22)
- (3) 設計課メモ, FILE NO 20-49-0212, 「SGHWR照射試験における1体照射と2体照射との対比」, (49-7-26)
- (4) 設計課メモ, FILE NO 20-49-0222, 「第4回「ふげん」品質保証計画委員会議事録」, (49-8-7)
- (5) 設計課メモ, FILE NO 20-49-0303, 「SGHWR照射試験実施計画案の作成」, (49-10-7)
- (6) 設計課メモ, FILE NO 20-49-0308, 「第8回「ふげん」品質保証計画委員会議事録」, (49-10-16)
- (7) SGHWRパンフレット, 「The Winfrith SGHWR Irradiation Service」, UKAEA
- (8) 海外出張報告, SN 860-75-02, 「核燃料の熱力学に関するシンポジウム」, (1975年4月)
- (9) 設計課メモ, FILE NO 20-49-0382, 「ふげんPu燃料SGHWR照射試験打合せ（対ATR第1回）」, (49-12-11)
- (10) UKAEAとの連絡テレックス, PMD-ICO-R 366, (49-11-19)
- (11) 設計課メモ, FILE NO 20-49-0373, 「SGHWR照射試験Fuel-Type D Assemblyの設

計図面の検討依頼」，（49-12-10）

(12) プルトニウム燃料部業務連絡，49（プル連）279，「ふげん燃料SGHWR照射試験計画の実施について」，（49-12-17）

(13) 設計課メモ，FILE NO 20-50-0046，「SGHWR照射用（Fuel - Type D）燃料集合体部品の製作に関する打合議事録」，（50-2-4）

(14) 契約仕様書，「SGHWR照射用燃料集合体（Type D）部品の製作」仕様書 NO. T 086-001，原子燃料工業株式会社，（50-3）

(15) 設計課メモ，FILE NO 20-50-0130，「ふげんSGHWR照射用燃料集合体（Type D）部品の製作仕様などについて」，（50-3-15）

(16) 確定仕様書，「SGHWR照射用燃料集合体（Type D）部品の製作」，仕様書 NO. T 086-001 原子燃料工業株式会社，（50-3）

(17) 試験検査要領書，「SGHWR照射用燃料集合体（Type D）」，資料 NO. TIS-001 原子燃料工業株式会社，（50-3-7）

(18) 試験検査要領書，「SGHWR照射用燃料集合体（Fuel - Type D）部品」，原子燃料工業株式会社，（50-4）

## 4. ペレット製造および検査

(真 鍋)

### 4.1 原料粉末

#### 4.1.1 天然UO<sub>2</sub>粉末

##### (1) 製造記録

天然 UO<sub>2</sub> 粉末は「ふげん」ペレット製造用として住友金属鉱山(株)より第1次分として購入した粉末のうち Lot 7 (昭和49年8月納入) の1部(約300Kg)を使用した。

##### (2) 性 状

使用した Lot 7 の粉末の物理的性質を第4.1.1表に、また化学的性質を第4.1.2表に示す。

第4.1.1表 天然UO<sub>2</sub>粉末(Lot 7)の物理的性質

項目	規格値	実測値**	項目	規格値	実測値**
平均粒径(μ)	5以下	2.01	カサ密度(g/cc)	1.5~3.0	2.7
比表面積(m <sup>2</sup> /g)	3.0~6.0	5.53	タップ密度(g/cc)	2.0~4.5	3.8

\*\* 住友金属鉱山(株)での実測値

第4.1.2表 天然UO<sub>2</sub>粉末(Lot 7)の化学的性質

項目	規格値	実測値**	項目	規格値	実測値**
ウラン含有率(%)	87.3以上	87.57	Cl (ppm)	<20	9
水分含有率(%)	0.30以下	0.25	Cr (ppm)	<15	<10
O/U	2.03~2.10	2.08	Cu (ppm)	<5	<1
Ag (ppm)	<0.2	<0.1	F (ppm)	<15	11
Al (ppm)	<25	<10	Fe (ppm)	<50	10
B (ppm)	<0.3	<0.2	Mg (ppm)	<20	<5
C (ppm)	<100	25	Mo (ppm)	<25	<5
Ca (ppm)	<15	<10	N (ppm)	<50	1
Cd (ppm)	<0.5	<0.5	Ni (ppm)	<30	<10
** 住友金属鉱山(株)での実測値			Si (ppm)	<50	<10
** 住友金属鉱山(株)での実測値			Sn (ppm)	<15	<5

\* <ペレット製造グループ>

川崎 緑・出原重臣・照沼直利・三浦 満・八木 昭・栗原 豊・大谷哲雄・鈴木一敬・佐藤俊一  
 佐久間民夫・助川宣夫・雪 隆司・手塚 猛・蛭町 秀・影山良一・荒谷孝次・鈴木 満・渡辺健治  
 村上 隆・根本義美・上石一八・小林 一・村山 勉・田中政雄・後藤正幸・黒羽根孝雄・菅野秀夫  
 海野輝明・真鍋元禄・富沢重男・根本恒夫

#### 4.1.2 PuO<sub>2</sub>粉末

##### (1) 製造記録

PuO<sub>2</sub>粉末は「常陽」用の残材（Batch No: J-003）を使用した。

##### (2) 性状

使用したBatch No: J-003のPuO<sub>2</sub>の物理的・化学的性質を第4.1.3表に示す。

第4.1.3表 PuO<sub>2</sub>粉末の物理的・化学的性質

項目	実測値	項目	実測値	項目	実測値
Pu-content (%)	87.14	B (ppm)	<0.3	Ni (ppm)	40
Pufissile-content (%)	79.52	Cd (ppm)	<1	Si (ppm)	10
Pu isotope ratio (%)		Ca (ppm)	200	C (ppm)	75
Pu-238	0.33	Cr (ppm)	<10	N (ppm)	<50
Pu-239	76.04	Fe (ppm)	<10	全ハロゲン(ppm)*	<35
Pu-240	19.78	Mg (ppm)	<2	全不純物(ppm)*	<510
Pu-241	3.48	Mn (ppm)	<6	Am(ppm)**	850
Pu-242	0.59				
比表面積 (m <sup>2</sup> /g)	19.87				

\* Ag, Al, B, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Na,  
Ni, Pb, Si, Sn, Ti, Li, U, V, Zr, Zn.

\*\* 1974年5月15日現在

#### 4.2 ペレット製造

##### 4.2.1 製造スケジュール

「ふげん」用ペレット製造に対する先行ラン（ウランランおよび3ロットのプルラン）の結果を基にして、50年4月中旬～50年5月中旬に4ロット／週の割合で、合計13ロット(AS7-0001～AS7-0013)を製造した。

製造日程表を第4.2.1表に示す。

第4.2.1表 SGHWR用PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>ペレット製造日程表

(計13ロット)

月 日 工程	4月					5月				
	10日	15日	20日	25日	30日	1日	5日	10日	15日	20日
1.秤量	←→									
2.混合	←→									
3.成形	←	→								
4.予備焼結	←	→								
5.本焼結	←	→								
6.研削	←	→								
7.脱ガス	←	→								
8.検査						←→				

#### 4.2.2 製造工程

##### (1) 製造フロー・シート

製造フロー・シートを第4.2.1図に示す。

##### (2) 工程条件の概要

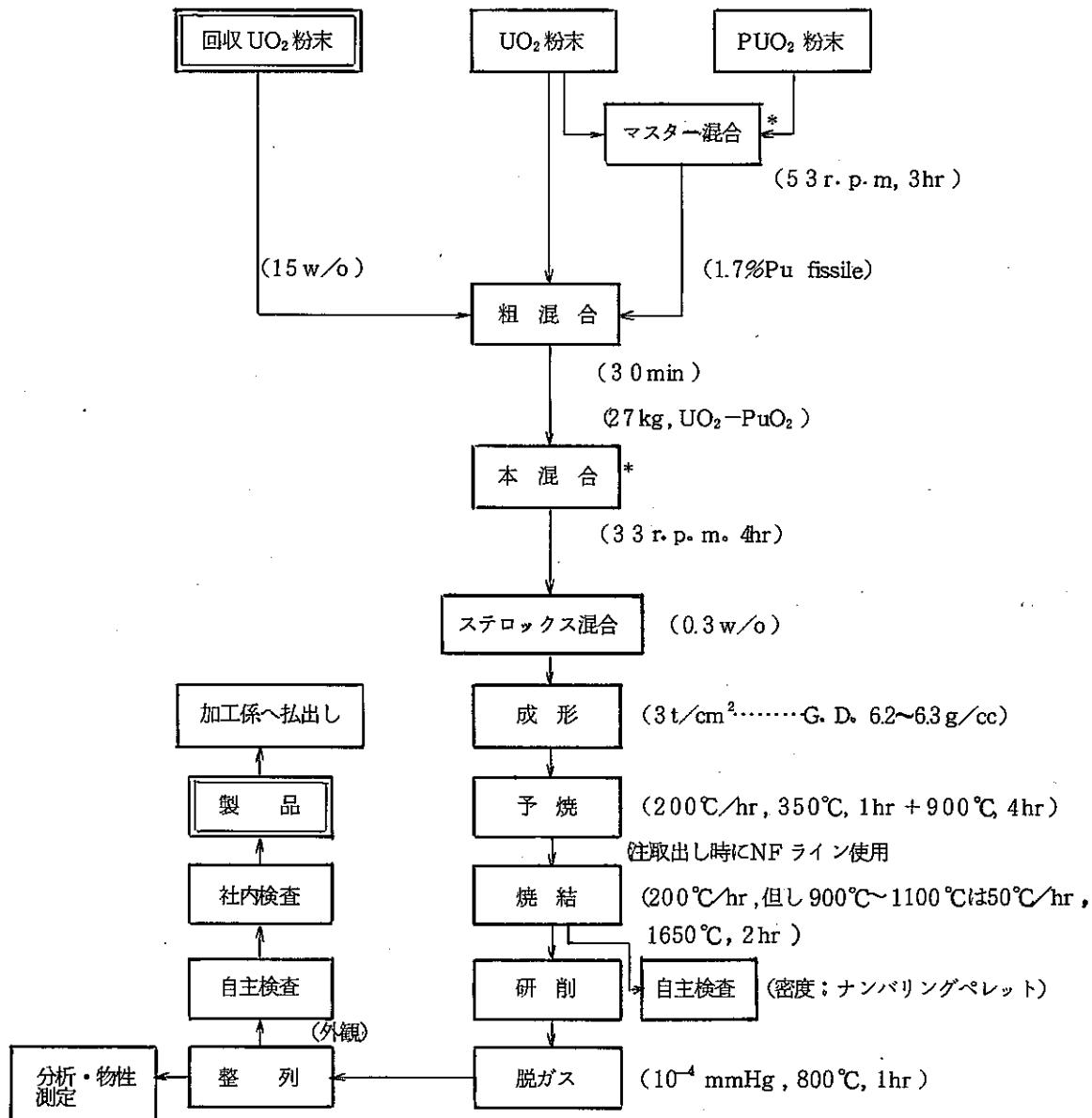
SGHWR用ペレットの工程条件は、前述のようにこれに先立って実施したウランランおよび3ロットのプルランの結果を参考にして決定したが、この先行ランにおいて特にウランランではクラック防止、またプルランではPu spotの径小化に重点を置いた。以下に先行ランの結果およびSGHWR用ペレットの工程条件の概要を主要工程別に記す。

##### (i) 回収粉添加量

不良ペレットの乾式回収粉を使用する主目的はUO<sub>2</sub>粉末及びPuO<sub>2</sub>粉末の有効利用（最終収率の向上を含めた）にあり、添加量はペレット製造工程の歩留りを考慮して決定する必要があるが、さらに回収粉の添加はペレットの成形性、焼結密度および焼結ペレットの外観に影響を及ぼすのでこれらも考慮する必要がある。すなわち回収粉の添加量の増加に従い成形性および焼結密度は低下するが、活性度の高いUO<sub>2</sub>粉末を安定化させるため焼結ペレットのクラック防止に有効である。テストランでは0～30%の範囲の添加量について検討し、この結果を総合的に判断して添加量を15%に決定した。

##### (ii) マスター混合

「DCA」ペレット製造時にPu spot径の仕様は無かったが、「ふげん」を考慮して



第4.2.1図 ペレット製造フロー・シート

Pu spot 径に関するいくつかの実験を行なった。Pu spot 径を改良するためにはボールミルポットの内壁にシリコンゴムライニングを施すことおよび回転速度を適当にコントロールすると効果的であることが明らかになった。今回の先行プランではこの「DCA」の結果を確認するための検討を行ない、同様の結果が得られたので(仕様 400 μ 以下に対し 100~150 μ), 混合条件は「DCA」の場合と同様の 53 rpm, 3 hr に決定した。

### (iii) 本混合

先行プランの結果、本混合におけるボールミル回転速度および回転時間は Pu spot 径には特に影響しないことが判ったので今回の条件として「DCA」の場合と同様の 33 rpm, 4 hr を採用した。ただし回転時間は焼結密度との関連で必要に応じて 6 hr も実施した(合計 3 ロット)。

## (IV) 成型

クラック発生原因の追求のため金型、成型速度、成型圧力あるいは乾式造粒等をテストランで検討した結果、成型条件はクラック発生の原因でないことが判明した。一方成型工程で通常特に問題となるのはキャッピング現象であるが、テストランではクラック対策に重点を置かざるを得なかったためキャッピングに関しては検討が十分とは言い難く、実際 SGHWR 用ペレット製造を通じての最も大きな問題であったが、これに関する詳細は後述する。

## (V) 予焼-焼結

開発課の協力を得てテストランにおいてクラック防止条件を検討した結果、予焼-焼結条件を改良することによりクラックを防止出来ることが判った。すなわち今回使用した  $\text{UO}_2$  粉末は使用時の  $\text{O}/\text{U}$  が  $2.15 \sim 2.20$  と高く、かつ比較的低温で焼結しやすい ( $1100^\circ\text{C}$  で  $85\% \text{T.D.}$ ) という特徴を有し、このような粉末に対しては予焼で十分に  $\text{O}/\text{U}$  を低下させ、かつクラックが発生する  $1000^\circ\text{C}$  前後は焼結速度(収縮速度)を遅くすることがクラック防止に有効であった。そのため SGHWR 用ペレットの製造においては予焼条件は従来  $500^\circ\text{C}$  で 2 時間保持したのに対し、 $350^\circ\text{C}$ ,  $1 \text{ hr} + 900^\circ\text{C}$ ,  $4 \text{ hr}$  に変更し、かつ予焼後の炉からの取り出しが酸化を防ぐためボックス内雰囲気を窒素ガスで置換した。また焼結条件は従来の  $200^\circ\text{C}/\text{hr}$  という昇温速度を  $900^\circ\text{C} \sim 1100^\circ\text{C}$  の間は  $50^\circ\text{C}/\text{hr}$  に変更した。

## (3) 回収粉の調整条件と物性

前述のように SGHWR 用ペレット製造においては  $15\%$  の回収粉を添加したが、この回収粉はウラン・テストランのペレットを回収係で調整したものを使用した。

調整条件を下記に示す。

(i) 装 置：外熱式水平型ロータリーキルン

(ii) 処理温度：焙焼  $650 \pm 60^\circ\text{C}$

還元  $850 \pm 80^\circ\text{C}$

(iii) ガス流量：CA  $100 \text{ l/min}$

NH  $150 \text{ l/min}$

(iv) サイクル数：2 サイクル

(v) 滞留時間：2 hr

上記の条件で調整した回収粉の代表的物性および不純物含有量を下記に示す。

(i)  $\text{O}/\text{U}$  :  $2.02 \sim 2.06$

(ii) BET :  $0.5 \sim 0.6 \text{ m}^2/\text{g}$

(iii) タップ密度 :  $2.5 \sim 2.7 \text{ g/cc}$

(iv) 不純物 (PPM) : Ag < 0.2, Al < 30, B < 0.3, Cd < 1

Cr < 40, Cu < 1, Fe < 130, Mg < 10

Mo<10, Ni<25, Si<120, Sn<10  
Pb<10, Mn<6,

#### 4.2.3 製造記録

##### (1) ロット別工程内データと収率

第4.2.2表にロット別の工程内データと収率を示す。

製造条件はロット10～12の3ロットの本混合時間を6 hr(通常は4 hr)とした以外はすべて同一である。

尚製品の品質に関するデータは「4.3 燃料ペレット検査」の節に記載する。

この結果より特徴的なことを列記すると、

(i) 全ロット共本混合後のカサ密度、タップ密度および成形後のグリーン密度のバラつきは小

第4.2.2表 ロット別工程データと収率

ロットNo.	カサ密度 (g/cc)	タップ密度 (g/cc)	グリーン密度 (g/cc)	製造係検査(焼結後)		収率** (%)	備考
				密度(%T.D.)	外観		
01	2.80	4.08	6.24	94.64	良好	79.6	
02	2.71	3.97	6.22	93.89	良好	80.9	
03	2.79	4.13	6.25	94.11	クラック(18%)	24.7	
04	2.80	4.03	6.28	94.71	良好	77.3	
05	2.78	4.02	6.29	94.49	良好	88.0	
06	2.82	3.94	6.27	94.39	良好	82.7	
07	2.80	4.05	6.28	93.56	良好	57.7	
08	2.76	3.89	6.25	93.68	良好	77.5	
09	2.85	3.97	6.26	94.15	クラック及びカケ(21%)	50.9	予焼後4日間放置
10	2.86	4.02	6.25	94.27	クラック及びカケ(26%)	29.4	予焼後4日間放置
11	2.78	3.90	6.27	94.46	良好	82.0	1部スタッツク調整用ペレットを製造
12	2.92	4.08	6.25	94.45	良好	86.0	
13	2.84	4.01	6.24	94.20	良好	89.0	1部スタッツク調整用ペレットを製造

\* 10ヶのナンバーリングペレットの平均値

\*\* 成型個数に対する良品個数

さく、良く管理されている。

- (ii) 焼結密度に関してはロットNo.の02, 07および08の3ロットが94%TD以下と他のロットに比べて低かった。このうちロット02および08は研削後の焼結密度は共に約94.4%TDと他のロットと同程度の値になったが（通常研削前後の焼結密度の差は0.3～0.5%TD），07は94.1%TDと低く、この原因は明らかでない。
- (iii) 焼結後のペレット外観検査でロット03, 09および10の3ロットでいずれも約20%のペレットにクラックおよびカケが検出された。これらの原因は明らかでないが、ロット09および10は予焼後4日間焼結炉内に放置した後焼結しており、予焼で十分に低下させたO/Uが放置している間に酸化して再び増加したためと考えられる。
- なお、ロット03は他のロットと特別変わった点は無く、クラックの原因は明らかでない。
- (iv) 収率に関しては全ロットの平均が70%であり、前述のクラック発生の3ロットを除くと80%となる。この20%の不良の内訳はキャッピングに起因する端面のカケが約10%と半分を占め、5%（全体の1/4）がペレット同志の衝突等による側面のカケ、残りの5%（全体の1/4）がピット、外観不良等である。このことから収率を向上させるためには必ずキャッピングを防止することが最も重要なことが判る。

#### (2) スタック調整用ペレットの製造

スタック調整用ペレットは高さが10mmと通常ペレットの約半分である以外は通常ペレットと同一仕様であり、約50ヶが必要である。ロット11の粉末の一部を用いてこのペレットを製造したが、焼結後ペレット下端に横クラックが発生して不良となった。この原因是成型工程にあり、本来製造係の成型機は長尺ペレット成型用の機構となっており、スタック調整用ペレットのような短尺ペレットの成型には不適当である。この点を考慮して粉末チャージ法、成型速度あるいは下圧等の成型条件を検討し、ロット13の粉末を用いて再びスタック調整用ペレットを製造したが、結果的には1回目と同様のクラックが発生した。製造期間の関係でこれ以上成型条件を検討するのが困難となり、止むを得ず通常ペレットを測定係のハイスピードカッターで半分に切断して調整用ペレットとしたが、このため当初予定では両端ディッシューチャンファー付のペレット形状が片端フラットに変更された。

#### (3) 今後の問題点、その他

今回のSGHWR照射試験用ペレットの製造は「ふげん」本番燃料製造条件の最終確認の目的もあり、工程管理データの採取あるいは製品検査等の品質管理を本番燃料並みに実施した。今回の実績から基本的な製造条件は確認されたが、本番燃料製造時には次の点を改良するのが望ましい。

- (i) ペレットの検査（寸法、密度、外観）は予め製造係での自主検査を実施した後、最終的に品質係の検査を受検したが、不慣れのため特に外観の判定に関して両者にかなりの食い違いがあった。しかしこの問題は今回の経験を基に両者で十分に協議し、本番燃料で経験を積む

に従って徐々に解消されると思う。

- (ii) 前述のように今回の製品収率を低下させた主原因はクラックとキャッシングである。前者に関しては従来の先行ランおよび今回の経験から予焼-焼結条件の改良により解決出来ることが確認された。一方後者は従来の検討が不十分のため今後種々の検討が必要であり、基本的には大型ボールミル条件の改良による粉末成型性の向上および成型条件の改良（カム機構、上圧と下圧のバランス、成型圧力等）が考えられる。
- (iii) Pu spot 径に関しては今回の仕様が 400 μ 以下に対して実績は 100 ~ 150 μ であり問題なかったが、本番燃料の社内管理基準は 170 μ 以下であり、約 900 ロットという製造数量を考慮すると定常時では 100 μ 以下に抑えるのが望ましい。
- (iv) 本番燃料製造時におけるスタッツ調整用ペレットの製造法としては当面開発課の成型機を使用することにより問題は解決されると思うが、いずれ製造係の成型機のカム機構を改良し、短尺ペレットも成型可能な状態にする必要がある。

## 4.3 燃料ペレット検査\*

(丸石, 去来川)

「ふげん」燃料検査基準に準じて作成された, "SGHWR 照射用, 燃料要素, 燃料集合体, 検査基準" および検査マニュアル, 限界見本に基づいて, ペレットの化学分析, 外観検査, および寸法検査を実施した。

SGHWR 用ペレットは, コア・ペレットが 13 ロット, 調整ペレットが若干個製造された。

各ロットの検査年月日, 受検個数, 合格個数は第 4.3.1 表のとおりである。

第 4.3.1 表 ペレットの検査結果

ロット No	検査年月日	受験個数	合格個数
AS 7-0001	50.5.9	725	669
0002	50.5.6	784	681
0003	50.5.7	307	212
0004	50.5.7	707	633
0005	50.5.8	806	758
0006	50.5.12	798	697
0007	50.5.22	569	505
0008	50.5.16	758	632
0009	50.5.19	656	456
0010	50.5.19	416	244
0011	50.5.20	718	610
0012	50.5.21	870	781
0013	50.5.23	526	503
* 0013		40	35

\*印は調整ペレット

## \*&lt;検査グループ&gt;

分析係 鈴木 猛・岡本弘信・大内与志郎・所 要一・菅沼 隆・佐藤富雄・石田 忍・大沼高志・山根弘幸  
菅谷伸一・清水武彦・千葉正彦・梁川千寿・真鍋建司

測定係 去来川汎人・大久保忠文・横須賀好文・増山貞吉・浅見知宏・皆川洋治・石川英治・中島勝昭・徳田靖彦・  
奥 茂夫

品質係 大西紘一・丸石芳宏・小沢紘一郎・大内 優・安藤侶章・館野久夫・農田 修・沢田英政・深川節男・  
大内隆雄・松崎壯晃・中里昌治・矢部保夫・

#### 4.3.1 寸法検査

寸法検査は、外径、高さ、密度の3項目について、寸法・重量測定装置を用いて行なった。密度は、外径、高さ、重量の測定値からの寸法重量法による計算値である。

外径、高さ、密度の各検査項目は JIS-Z-9015 に基づき、検査水準II、ナミ検査で抜き取り検査を実施した。各検査項目についての AQL は次のとおりである。

検査項目	AQL (%)
外 径	0.1
高 さ	1.0
密 度	1.0

各ロットの、抜き取り数および検査項目別の不良個数は第4.3.2表のとおりである。

第4.3.2表において、ロット AS 7-0002 の密度不合格3個のうち、1つは自動測定装置において、外径に異常値が出たためである。

ロット AS 7-0004 の密度が80個中で1個不合格となったが、原因是自動測定装置で測定中、大きな「かけ」が生じたためである。

ロット AS 7-0010 の外径不合格の1個は、再測定により合格とした。ロット AS 7-0011 と AS 7-0013 においても、各々、外径で測定操作中の不合格が1個づつ出ているが、これも測定装置のペレット破損等による不合格と思われる。

以上のように、自動測定装置での測定中に、ペレットに「かけ」が生ずる恐れがあること、また、ペレットへの粉末の付着、もしくは、ペレット自身の形のひずみによって測定値に異常が生ずることなど、一つの問題を提起した。

これら、測定中の「かけ」を防止する対策としては、測定後再び、試料の外観検査を行なうこととした。

又、ペレットへの粉末の付着防止としては、測定中、ペレットとペレットの衝突を極力防ぎ、さらに測定端子の清掃を励行するなどの対策を行なうことによって、かなりの向上が期せられた。

第4.3.2表 抜取検査結果

ロット		AS7-01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
抜取数	外 径	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
	高 さ	80	80	50	80	80	80	80	80	80	50	80	80	80
	密 度	80	80	50	80	80	80	80	80	80	50	80	80	80
不良品数	外 径	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
	高 さ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	密 度	4	3	0	1	0	0	12	6	1	0	0	0	0

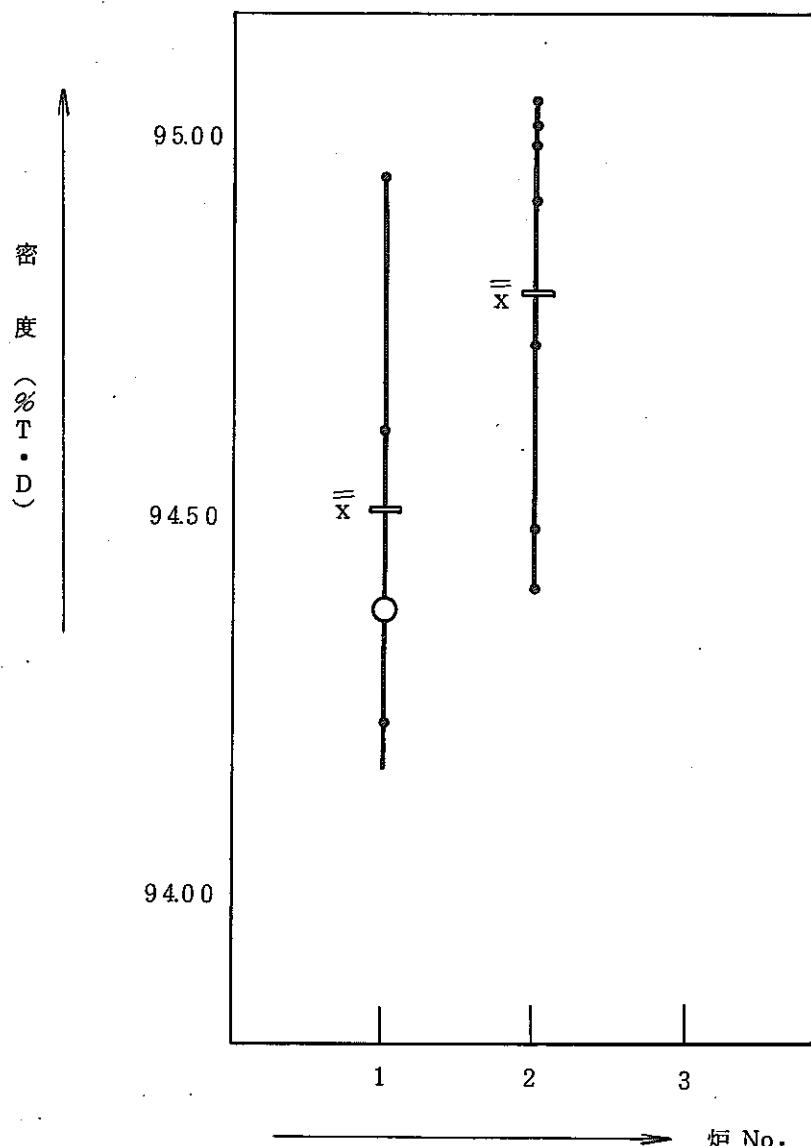
\* 初検査で外径不合格。再検査結果。

第4.3.3表に、ロット毎の、各検査項目の平均値、および標準偏差を示す。なお、上記のような異常値があるものは、それを除いて計算した。

又、上述したように、「かけ」が生じたペレット等があるため、各項目の $\bar{x}$ 、 $\sigma$ はそれを除いて計算した値である。表中の( )内の数字は計算に用いた個数を表わす。

第4.3.3表によると、外径および高さについて、13ロットの平均値の平均値は規格の公称値に非常に近い値となっている。しかし、密度の平均値の平均値は公称値よりも低目に出ている。これは、規格の下限の巾が上限の巾よりも大きいという制約上の甘さが影響したのかも知れない。

又、密度の平均値の最大は95.05%T・D、最小は94.23%T・D、となる。製造工程上、密度に影響する重要な要因の一つに焼結工程があるが、焼結炉番号で層別した散布図を第4.3.1に示す。図中 $\bar{x}$ としたのは層別した密度の平均値の平均値を表わす。図4.3.1によると、炉番号2番による焼結密度が1番に比べて若干高目に出ているが、分散分析の結果信頼率95%で有意



第4.3.1図 焼結炉による密度の差異

第4.3.3表 ロット毎の平均値および標準偏差

	外 径 (mm)		高 さ (mm)		重 量 (g)		密 度 (% T.D)	
	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$
AS 7- 0 0 0 1	14.397	0.0050	18.018	0.0807	30.082	0.1390	94.62	0.390
0 0 0 2	(124) 14.407	(124) 0.0042	17.993	0.0576	(78) 30.033	(78) 0.1283	(77) 94.50	(77) 0.267
0 0 0 3	14.408	0.0044	18.041	0.0520	30.079	0.1258	94.38	0.222
0 0 0 4	14.412	0.0043	18.080	0.0613	(78) 30.350	(78) 0.1263	(79) 94.92	(79) 0.257
0 0 0 5	14.409	0.0040	18.062	0.0453	30.240	0.1264	94.73	0.258
0 0 0 6	14.412	0.0063	18.031	0.0694	30.120	0.1961	94.49	0.285
0 0 0 7	14.408	0.0051	18.082	0.0496	30.036	0.0958	(68) 94.23	(68) 0.272
0 0 0 8	14.407	0.0037	18.039	0.0656	30.087	0.1313	94.41	0.324
0 0 0 9	14.408	0.0057	18.019	0.0440	(79) 30.050	(79) 0.1116	94.38	0.235
0 0 1 0	(124) 14.420	(124) 0.0026	17.945	0.0751	30.168	0.1250	(79) 95.00	(79) 0.161
0 0 1 1	(124) 14.424	(124) 0.0025	17.991	0.1048	30.246	0.2062	(79) 94.95	(79) 0.206
0 0 1 2	14.398	0.0038	17.988	0.0420	30.168	0.1011	95.05	0.218
0 0 1 3 (コアーペレット)	(124) 14.395	0.0050	17.942	0.0731	30.065	0.1482	95.02	0.254
0 0 1 3 (調整用ペレット)	14.395	0.0048	10.063	0.1086	16.699	0.1805	95.00	0.204
平均 値 (調整ペレット含まず)	14.408	0.0044	18.018	0.0631	30.133	0.1355	94.67	0.258
管理限界	14.40±0.03		18±1				95.0±1.2	
規 格	14.40±0.05		18±1				95.0 <sup>+1.5</sup> <sub>-2.0</sub>	

差が見られないという結果になった。

なお、分散分析の結果を第4.3.4表～第4.3.5表に示す。

又、第4.3.3表から、外径、高さ、密度の3項目について、ロット内バラツキの最大、最小、及びロット間バラツキを求めるとき、次のようなになる。

項目	ロット内バラツキ		ロット間バラツキ
	最大	最小	
外径	0.0063	0.0026	0.0161
高さ	0.1048	0.0420	0.2358
密度	0.390	0.161	0.2906

上の表において、特に外径の設計上の重要度を考慮すると、ロット間のバラツキを小さくする努力が必要であると思われる。

第4.3.4表 焼結炉による密度への影響の分散分析

データ表

	1	2	3	4	5	6	7	計	平均
1	94.62	94.38	94.23	94.38	94.95	—	—	472.56	94.512
2	94.92	94.73	94.49	94.41	95.00	95.05	95.02	663.62	94.803
計								1136.18	94.682

$$X_{ij} = (X_{ij} - 94.50) \times 100$$

X<sub>ij</sub> の表

	1	2	3	4	5	6	7	計	(計) <sup>2</sup>
1	12	-12	-27	-12	+45	—	—	6	36
2	42	23	-1	-9	50	55	52	212.	44944
計								218	

X<sup>2</sup><sub>ij</sub> の表

	1	2	3	4	5	6	7	計
1	144	144	729	144	2025	—	—	3186
2	1764	529	1	81	2500	3025	2704	10604
計								13790

第4.3.5表 分散分析表

要因	S	$\phi$	V	F <sub>o</sub>	F(0.05)
炉間	0.2468	1	0.2468	3.35	4.96
誤差	0.7361	10	0.07361		(数値表より)

$$CT = \frac{T^2}{N} = \frac{218^2}{12} = 3960$$

$$ST = \sum \sum X^2_{ij} - CT = 137.90 - 3960 = 9830$$

$$SA = \sum \frac{T^2_i}{m_i} - CT = \frac{36}{5} + \frac{44944}{7} - 3960 = 2468$$

$$SE = ST - SA = 9830 - 2468 = 7361$$

$$\phi_T = N - 1 = 11$$

$$\phi_A = 2 - 1 = 1$$

$$\phi_E = \phi_T - \phi_A = 10$$

したがって、焼結炉による密度への影響に有意差は見られない。

#### 4.3.2 外観検査

外観検査は各ロットについて全数検査を行った。その結果を外観不良項目別にまとめたものが第4.3.6表である。

なお外観の仕様は以下のとおりである。限界見本等に対比して次の項目について調べる。

- 1) ペレット表面に有害な割れ、ピットがないこと。また、かけはペレット表面積の5%以下とする。(但し、両端面のかけはその15%以下、同筒面かけはその5%以下とする。)
- 2) 肉眼で識別される組織の変化および介在物がないこと。また、付着物がないこと。

第4.3.6表において、( )内の数値は、不良率(%)を表わす。また、F:かけ、C:われ、P:ピット、O:その他表面状態を表わす。

欠陥項目 Fについては、最大不良率 17.6%

最小不良率 2.8%

平均 8.3%

Cについては、最大不良率 52.9%

最小不良率 0.8%

平均 7.4%

である。

この不良率は社内検査（品管検査）を受ける前に製造側で自主的に外観検査を行なっているので、そのままロットの不良率、又は収率にはならない。

しかし、不良率が上記のように非常に大きなロットがあること、特にFとCに集中していることの原因はペレット端面に発生する「われ」のためである。この「われ」があることによって、ペレット取扱い中に「かけ」が発生する。したがって、外観検査による不良率を低げるためには、ペレット端面に発生する「われ」を防止するための製造条件を検討する必要がある。

第4.3.6表 外観検査結果

ロットNo	検査個数	F	C	P	O	外観不良個数
AS 7- 0 0 0 1	6 6 9	3 8 (5.7)	1 0 (1.5)	3 (0.4)	0 (0)	5 1 (7.6)
0 0 0 2	6 8 1	7 3 (1.07)	6 (0.9)	1 7 (2.5)	4 (0.6)	1 0 0 (14.7)
0 0 0 3	2 1 2	6 (2.8)	8 8 (4.15)	0 (0)	1 (0.5)	9 5 (44.8)
0 0 0 4	6 3 3	6 0 (9.5)	6 (0.9)	1 (0.2)	4 (0.6)	7 1 (11.2)
0 0 0 5	7 5 8	3 0 (4.0)	1 3 (1.7)	4 (0.5)	1 (0.1)	4 8 (6.3)
0 0 0 6	6 9 7	4 8 (6.9)	3 7 (5.3)	1 2 (1.7)	4 (0.6)	1 0 1 (14.5)
0 0 0 7	5 0 5	4 7 (9.3)	1 8 (3.6)	2 (0.4)	1 (0.2)	6 8 (13.5)
0 0 0 8	6 3 2	1 1 1 (17.6)	5 (0.8)	3 (0.5)	1 (0.2)	1 2 0 (19.0)
0 0 0 9	4 5 6	5 1 (11.2)	1 2 8 (28.1)	2 (0.4)	3 (0.4)	1 8 4 (40.4)
0 0 1 0	2 4 4	4 2 (17.2)	1 2 9 (52.9)	1 (0.4)	0 (0)	1 7 2 (70.5)
0 0 1 1	6 1 0	2 2 (3.6)	8 2 (13.4)	0 (0)	4 (0.7)	1 0 8 (17.7)
0 0 1 2	7 8 1	6 5 (8.3)	1 7 (2.2)	7 (0.9)	3 (0.4)	9 2 (11.8)
0 0 1 3	5 0 3	1 8 (3.6)	4 (0.8)	1 (0.2)	2 (0.4)	2 5 (5.0)
合 計	7 3 8 1	6 1 1 (8.3)*	5 4 3 (7.4)	5 3 (0.7)	3 3 (0.4)	

\*合計欄の( )内の数字は各項目の平均不良率を示す。

又、製造側自主検査、特に外観検査に用いられた限界見本は、社内検査（品管検査）に用いられたそれと同一のものが使用された。それにもかかわらず上述したような、大きな不良率が社内検査において発生している原因是、元来、外観検査が目視による官能検査であることに起因している。官能検査では、ロット中に不良品が多数含まれている場合、不良品を良品と判定する確率があふてくる場合がある。したがって、外観検査は熟練した専門の検査員、しかも複数の検査員によって行なわれる必要があると思われる。

#### 4.3.3 ディッシュ、チャンファ検査

各ロットの、ディッシュ、チャンファの各寸法の測定値およびロット間の平均値は第4.3.7表のとおりである。

第4.3.7表よりロット内での最大推定誤差を  $R/d_2$  を用いて、計算すると次のようになる。

項目	最大推定誤差
1) ディッシュ内径	0.355
2) ディッシュ深さ	0.089
3) チャンファ高さ	0.089
4) ランディング巾	0.177

ロット間での推定誤差は次のとおりである。

項目	推定誤差
1) ディッシュ内径	0.120
2) ディッシュ深さ	0.045
3) チャンファ高さ	0.081
4) ランディング巾	0.084

上記の推定誤差の主要因は、測定誤差によると思われるが、ロット内での最大推定誤差もロット間での推定誤差も共に規格及び管理限界の許容範囲内に充分収まっている。

ロット間での推定誤差で、ディッシュ深さが最も小さいが、これは、測定法が他の項目にくらべて、比較的精密であるからであろう。

第4.3.7表 ディッシュ, チャンファ検査検査

ロットNo	ディッシュ 内 径	ディッシュ 深 さ	チャンファ 高 さ	ランディング 巾
AS 7- 0001	8.10	0.30	0.50	2.20
	8.00	0.20	0.50	2.10
0002	8.10	0.20	0.56	2.07
	8.10	0.20	0.57	2.07
0003	8.10	0.25	0.45	2.15
	8.20	0.20	0.50	1.95
0004	8.40	0.20	0.50	1.95
	8.40	0.25	0.50	1.95
0005	8.00	0.16	0.37	2.15
	8.40	0.17	0.35	1.95
0006	8.25	0.17	0.38	2.08
	8.35	0.18	0.38	1.98
0007	8.20	0.15	0.30	2.10
	8.20	0.17	0.35	2.10
0008	8.15	0.20	0.45	2.23
	8.15	0.20	0.50	2.18
0009	8.30	0.25	0.40	2.00
	8.20	0.20	0.40	2.00
0010	8.20	0.21	0.40	1.95
	8.10	0.18	0.50	2.10
0011	8.30	0.17	0.50	1.95
	8.10	0.20	0.50	2.10
0012	8.10	0.22	0.50	2.00
	8.20	0.28	0.45	2.00
0013	8.20	0.20	0.50	2.00
	8.20	0.20	0.50	2.00
ロット間平均値	8.192	0.204	0.454	2.050
管 理 限 界	8±1	0.2±0.1	0.5±0.2	2.0±0.4
規 格	8±1	0.2±0.1	0.5±0.2	2.0±0.4

#### 4.3.4 調整ペレット検査

AS7-0013 のコアーペレット（検査合格品）を、ダイヤモンドカッターで約半分に切断したものを調整ペレットとして使用した。この検査は全数について、寸法密度検査を行なった。寸法、密度データを第4.3.8表に示す。また、両面ディッシュ・チャンファ付調整ペレットの製造は AS7-0013 を混合したとき一部の粉末を残しておき開発課所有のプレスで成型した製造2課の焼結炉で焼結したものである。結果は22個中外観検査で5個不合格となり、残り17個のペレットの寸法・密度測定を行なった。

測定結果は第4.3.9表に示すとおりである。

第4.3.8表 片面ディッシュ・チャンファ付調整ペレット寸法・密度

	外 径	高 さ		(平均) 高 さ	重 量	密 度 % T. D
		高 I	高 II			
1	14・390	8.845	8.905	8.875	14.83	94.83
2	14・395	8.810	8.730	8.770	14.71	95.14
3	14・390	8.700	8.705	8.703	14.54	94.84
4	14・395	8.870	8.955	8.913	14.90	94.80
5	14・390	8.840	8.800	8.820	14.76	94.98
6	14・395	8.690	8.715	8.703	14.56	94.90
7	14・400	8.760	8.745	8.753	14.68	95.06
8	14・395	8.760	8.795	8.778	14.78	95.50
9	14・395	8.780	8.745	8.763	14.62	94.63
10	14・390	8.830	8.880	8.855	14.85	95.17
11	14・395	8.880	8.965	8.923	14.91	94.76
12	14・395	8.860	8.845	8.853	14.86	95.19
13	14・400	8.935	8.900	8.918	14.92	94.81
14	14・395	8.860	8.835	8.848	14.85	95.18
15	14・390	8.740	8.805	8.773	14.69	95.04
16	14・395	8.720	8.675	8.698	14.57	95.02
17	14・395	8.665	8.700	8.683	14.51	94.80
18	14・395	8.890	8.845	8.868	14.85	94.97

第4.3.9表 調整ペレット寸法・密度検査結果

	外 径	高 さ	重 量	密 度
	14.40±0.03 mm	10±1 mm		95.0±1.2% T. D
1	14.395	10.305	17.107	95.00
2	14.400	10.010	16.546	94.59
3	14.395	10.045	16.654	94.93
4	14.390	9.995	16.566	94.98
5	14.400	9.995	16.593	95.01
6	14.390	10.020	16.622	95.05
7	14.400	10.005	16.649	95.22
8	14.400	10.010	16.584	94.81
9	14.400	10.040	16.640	94.83
10	14.390	10.010	16.581	94.92
11	14.395	10.035	16.691	95.24
12	14.390	10.135	16.766	94.76
13	14.400	10.000	16.656	95.31
14	14.390	10.355	17.186	95.03
15	14.400	10.020	16.683	95.28
16	14.390	9.990	16.613	95.29
17	14.395	10.070	16.748	95.22

#### 4.3.5 ペレットの $\alpha$ -オートラジオグラフ試験

$\alpha$ -オートラジオグラフ法によりペレット中のプルトニウムスポット、ウランスポットの分布の状態を測定した。結果を第4.3.10表に示す。ペレット中のプルトニウム・スポットの規格は400  $\mu$ 以下であるが、全製品ロットとも合格であった。ウラン・スポットは微弱であるが全製品ロットにおいて観察された。

写真4.3.1に $\alpha$ -オートラジオグラフの一例を示す。

なお $\alpha$ -オートラジオグラフ試験の試験条件は下記のとおりであった。

- (i) フィルム：コダック社製CA-100 タイプ ニトロセルロースフィルム
- (ii) 露光時間：3分間
- (iii) エッチング：65°Cの10%カセイソーダ溶液で2分間

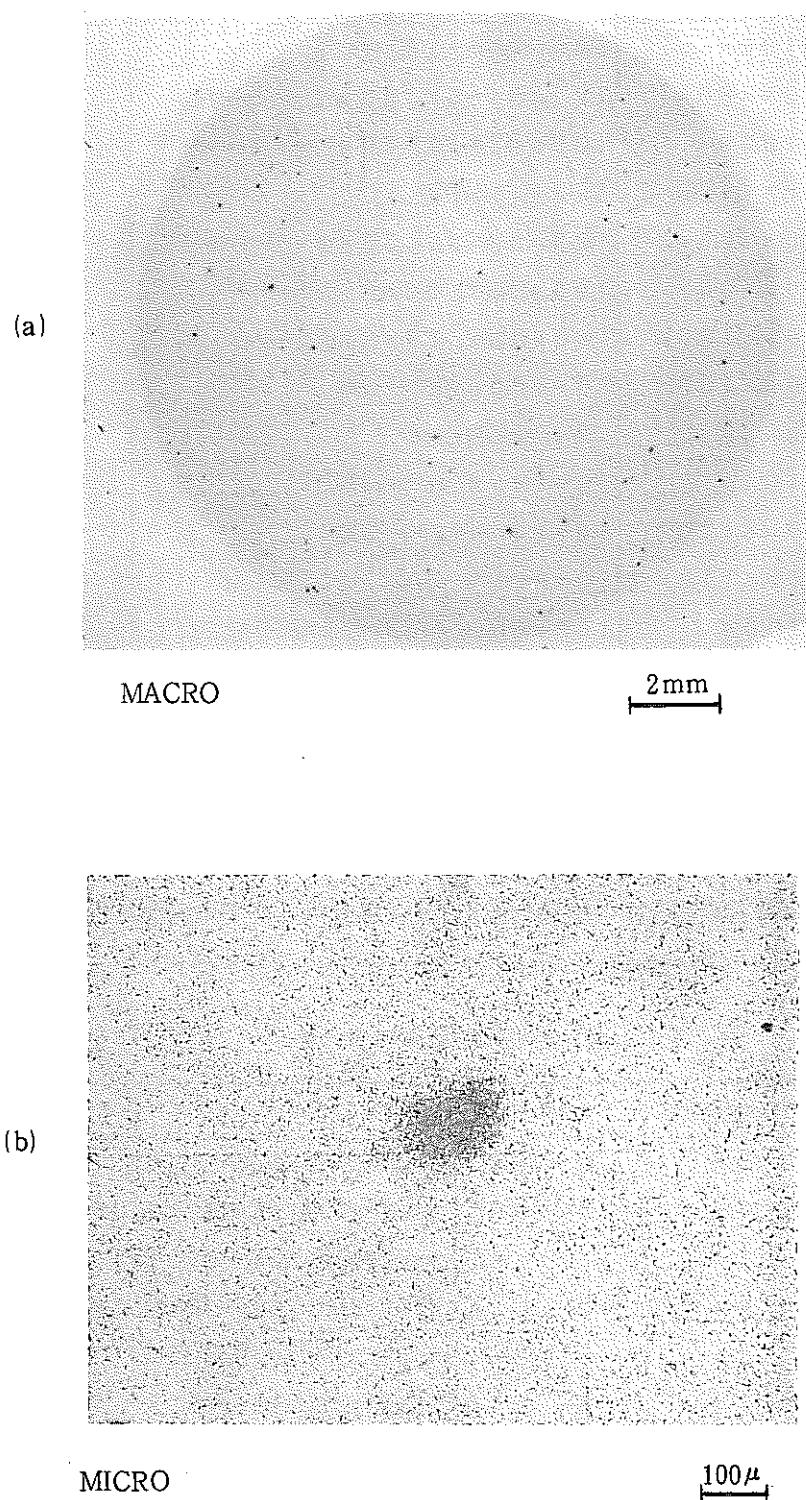


写真 4.3.1 AS 70006 のオートラジオグラフ

第4.3.10表  $\alpha$ -オートラジオグラフ測定結果のまとめ

ロット番号	最大プルトニウム・スポット	プルトニウム・スポット分布	ウラン・スポット分布
1	100 $\mu$	50 $\mu$ 台全面均一分布	50 $\mu$ 以下が全面均一分布
2	120 $\mu$ × 80 $\mu$	100 $\mu$ 台4~5ヶ, 50 $\mu$ 台全面均一分布	同 上
3	100 $\mu$	100 $\mu$ 台2~3ヶ, 50 $\mu$ 台全面均一分布	同 上
4	80 $\mu$ × 100 $\mu$	50 $\mu$ 全面均一分布	同 上
5	110 $\mu$ × 90 $\mu$	100 $\mu$ 台2~3ヶ, 50 $\mu$ 台全面均一分布	同 上
6	130 $\mu$ × 80 $\mu$	100 $\mu$ 台数ヶ, 50 $\mu$ 台全面均一分布	同 上
7	150 $\mu$ × 100 $\mu$	100 $\mu$ 台数ヶ, 50 $\mu$ 台全面均一分布	同 上
8	150 $\mu$ × 100 $\mu$	50~100 $\mu$ 全面均一分布	同 上
9	80 $\mu$ × 80 $\mu$	50 $\mu$ 台全面均一分布	同 上
10	100 $\mu$	50~100 $\mu$ 全面均一分布	同 上
11	150 $\mu$ × 120 $\mu$	50~100 $\mu$ 全面均一分布	同 上
12	120 $\mu$ × 110 $\mu$	50 $\mu$ 台全面均一分布	同 上
13	100 $\mu$	100 $\mu$ 台数ヶ, 50 $\mu$ 台全面均一分布	同 上

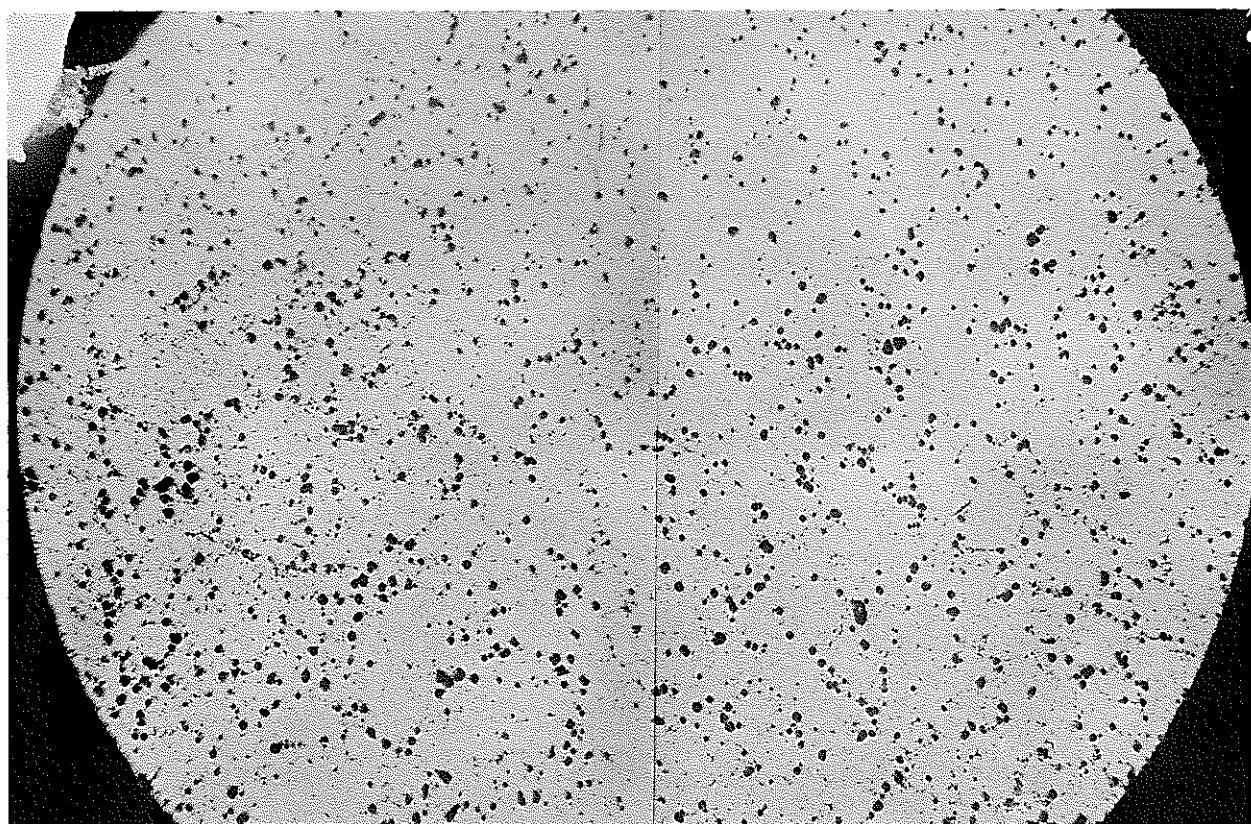
## 4.3.6 ペレットの金相試験

金相試験としてはペレットの金属組織的観察を目的とした通常の金相試験とペレットのキャッピングの状態を調べることを目的とした金相試験を行なった。

ペレットの金属組織的観察の結果を第4.3.11表に示す。平均結晶粒は5~8  $\mu$ , 10  $\mu$ 程度のメタルが数ヶづつ各観察断面において見られており、メタルのペレットに対する体積分率は約

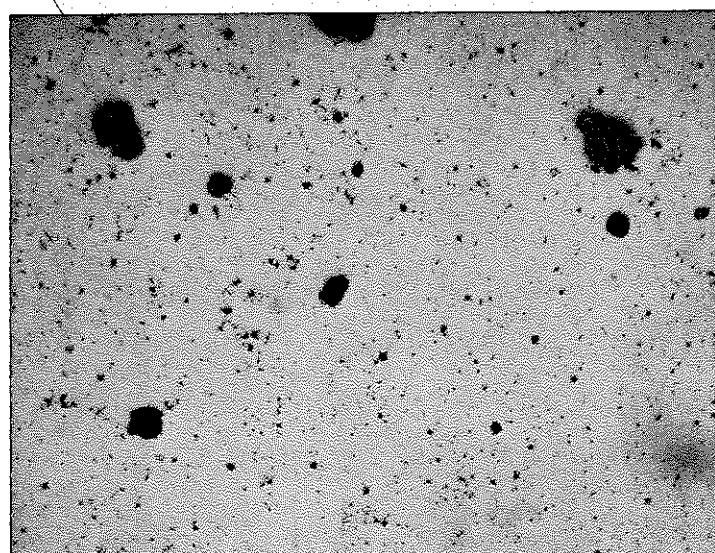
第4.3.11表 金相試験結果のまとめ

ロット番号	ボイド分布	平均結晶粒径	クラック	メタル
1	均一	5 $\mu$	なし	20 $\mu$ × 40 $\mu$ 1ヶ, 5 $\mu$ 4ヶ
2	"	5 $\mu$	キャッピングあり	10 $\mu$ × 30 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ × 15 $\mu$ 2ヶ, 10 $\mu$ 3ヶ, 5 $\mu$ 6ヶ
3	"	7 $\mu$	キャッピングあり	5 $\mu$ × 10 $\mu$ 1ヶ, 5 $\mu$ 以下 7ヶ
4	"	5 $\mu$	なし	20 $\mu$ × 30 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ × 20 $\mu$ 1ヶ, 5 $\mu$ 1ヶ
5	"	6 $\mu$	なし	30 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ 2ヶ, 5 $\mu$ 4ヶ
6	"	5 $\mu$	なし	20 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ 1ヶ, 5 $\mu$ 5ヶ
7	"	5 $\mu$	なし	45 $\mu$ × 75 $\mu$ 1ヶ, 30 $\mu$ × 40 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ 2ヶ, 5 $\mu$ × 20 $\mu$ 1ヶ, 5 $\mu$ 8ヶ
8	"	6 $\mu$	キャッピングあり	5 $\mu$ 以下 数ヶ
9	"	5 $\mu$	なし	20 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ × 20 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ 1ヶ, 5 $\mu$ × 10 $\mu$ 1ヶ, 5 $\mu$ 以下 5ヶ
10	"	5 $\mu$	112 mm 1本	25 $\mu$ × 60 $\mu$ 1ヶ, 5 $\mu$ × 20 $\mu$ 3ヶ, 5 $\mu$ 1ヶ
11	"	5 $\mu$	キャッピングあり	20 $\mu$ × 50 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ 2ヶ, 5 $\mu$ 3ヶ
12	"	5 $\mu$	なし	30 $\mu$ × 130 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ 1ヶ, 5 $\mu$ 5ヶ
13	"	8 $\mu$	なし	50 $\mu$ × 20 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ × 40 $\mu$ 1ヶ, 10 $\mu$ × 30 $\mu$ 1ヶ, 5 $\mu$ 3ヶ



左側

1 mm



100  $\mu$

写真 4.3.2 AS 70012 の金相写真（研磨面）

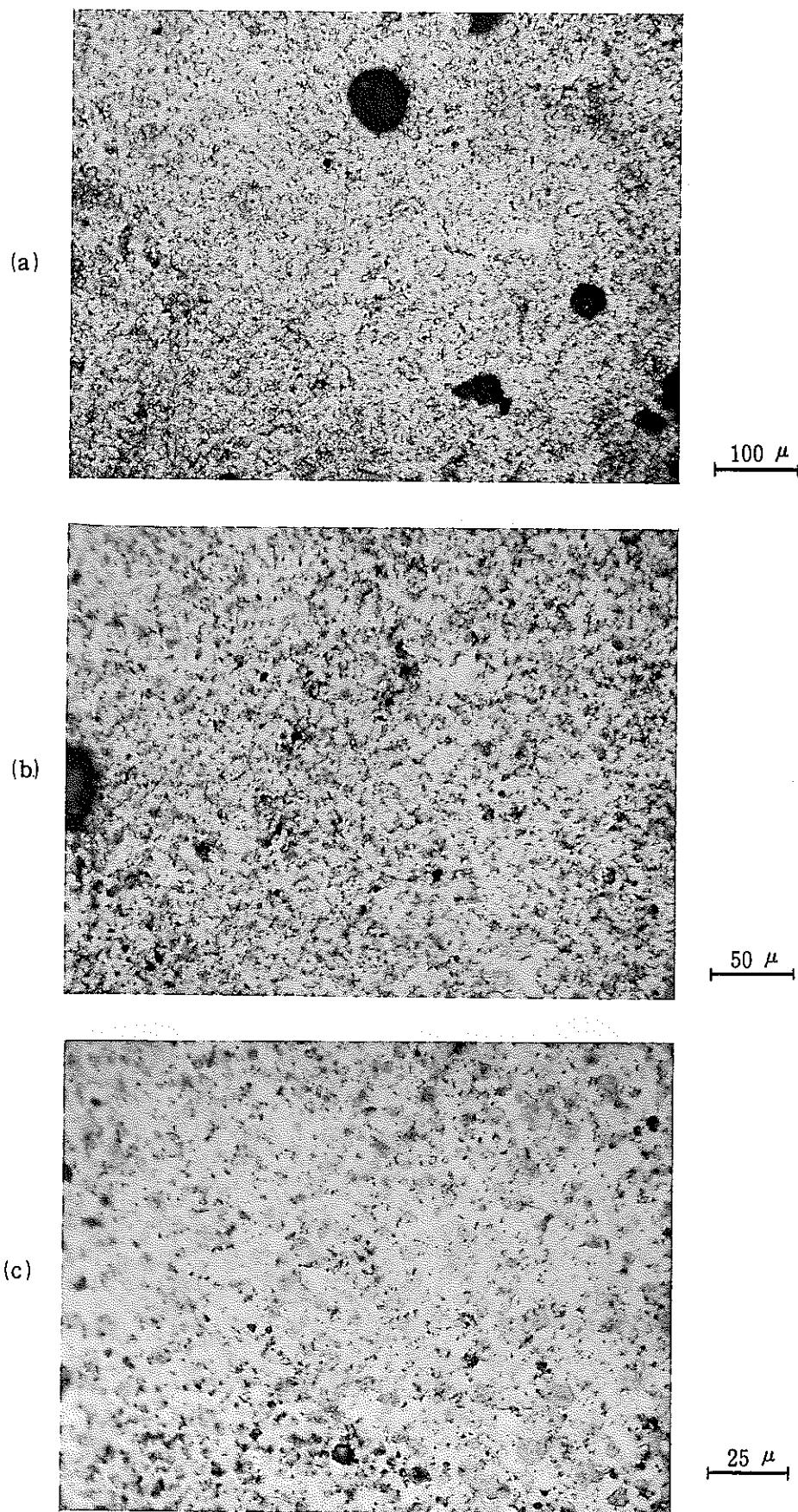
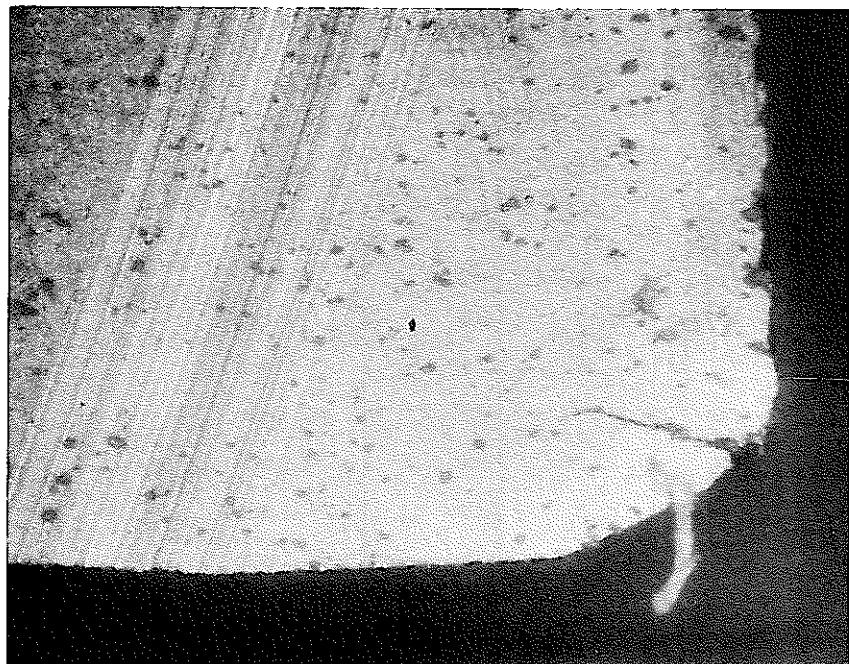
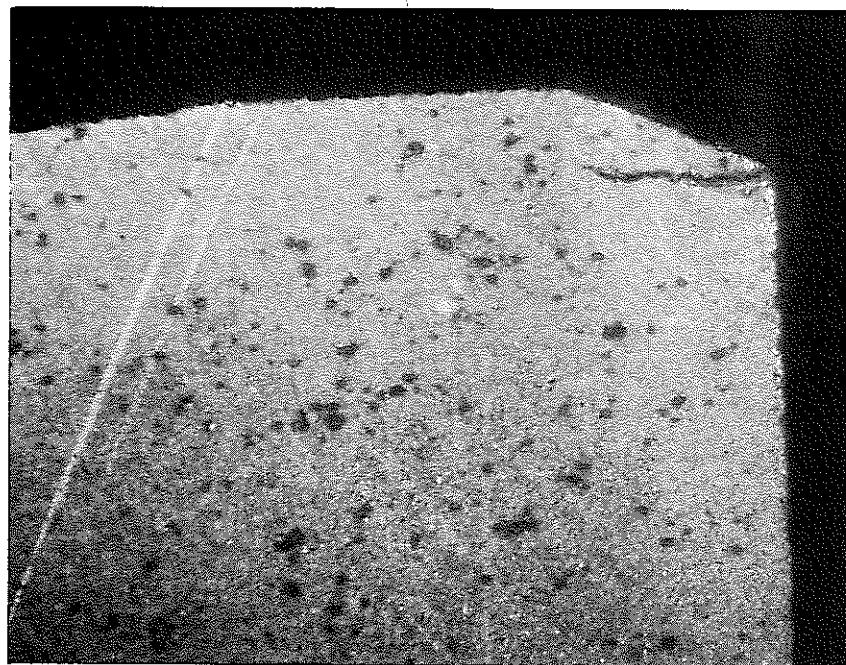


写真4.3.3 AS 70012 の金相写真（エッチング面）



500  $\mu$

写真 4.3.4 AS 70003 のキャッシング試験写真

第4.3.1.2表 キャッピング試験測定結果のまとめ

ロット番号	試料番号	予焼条件	本焼条件	成型圧	その他の 測定結果	キャッピングの 有無
2	1	900°C×4 hr	1650°C×2 hr	3.0ton/cm <sup>2</sup>		有
"	2	"	"	3.0		有
"	3	"	"	2.0		無
"	4	"	"	2.0		無
3		"	"	3.0		有
4		"	"	3.0		有
5		"	"	3.0		有
6		"	"	3.0		無
7		"	"	3.0		有
8		"	"	3.0		有
10	1	"	"	3.0		有
"	2	"	"	2.75		有
"	3	"	"	2.5		無
13	1	"	"	3.0	成型速度 12ケ/min, 下圧 0.8 mm	有
"	2	"	"	3.0	7ケ/min, 0.8 mm	有
"	3	"	"	3.0	12ケ/min, 0.0 mm	有
"	4	"	"	3.0	7ケ/min, 0.0 mm	有
"	5	"	"	3.0	下圧 0.0 mm	有
"	6	"	"	3.0	0.0 mm	有
"	7	"	"	3.0	0.5 mm	有
"	8	"	"	3.0	1.0 mm	有
"	9	"	"	3.0	1.5 mm	有
"	10	"	"	3.5	<1 mm	有
"	11	"	"	3.0	<1 mm	有
"	12	"	"	2.5	<1 mm	有
"	13	"	"	2.0	<1 mm	無
"	14	"	"	1.5	<1 mm	無
"	15	"	"	4.0	<1 mm	有

$10^{-5}$  程度であった。造粒跡はボイドの連がりとして微弱ながら全製造ロットペレットで観察されている。またペレットのキャッピングがいくつかの観察断面において見られたが、端面からの研磨量の大小によりキャッピングが見られたり、見られなかつたりしたものと考えられる。

金相写真の一例を写真 4.3.2 および写真 4.3.3 に示す。

なお金属組織的観察のための金相試験の試験条件は下記のとおりであった。

- (i) 粗研磨: #240, #320, #400, #600 各約12分
- (ii) アルミナ研磨: 5  $\mu$  研磨材, 約15分の回転研磨
- (iii) ダイヤモンド研磨: 6  $\mu$ , 1  $\mu$ , 1/4  $\mu$  研磨材, 各約60分の振動研磨
- (iv) エッチング:  $H_2SO_4$  1容 -  $H_2O_2$  4容 -  $H_2O$  20容のエッチング液常温で約5分

またキャッピングの有無・状態を観察するための試験はペレットを中心軸を含む面で縦方向に切断し、場合に応じて切断面の粗研磨を行なった後、断面の状態を観察した。断面写真の一例を写真 4.3.4 に示す。第 4.3.1.2 表にキャッピング試験の結果の一覧を示す。低プレス圧の場合にはキャッピングは生じていないが、SGHWR ペレットの製造に用いた 3 ton/cm<sup>2</sup> のプレス圧の場合にはほとんど全ての試料において 500  $\mu$  ~ 1000  $\mu$  深さ程度のキャッピングが生じていた。

#### 4.3.7 ペレットのEMX試験

照射後試験データーとの対応をとる必要上、ペレット中のプルトニウム、ウラン、および鉄（鉄は不純物元素の代表として選んだ）のマクロ的な分布状態を調べることを目的として、ペレット端面を研磨した後、研磨面を中心部より端部まで EMX（電子走査型X線マイクロアナライザ）で各特性X線につき線走査を行った。

プルトニウム、ウランに関しては 3 製造ロット (4, 10, 13) よりの試料、鉄に関しては 2 製造ロット (4, 10) よりの試料につき測定を行なったが分布の不均一さは検出されなかった。

なお測定条件は下記のとおりであった。

- (i) EMX 装置：島津製作所製 SM型。
- (ii) 開いた特性X線：Pu 3.501 Å, U 3.701 Å, Fe 1.937 Å
- (iii) 分光結晶：Pu, U は ADP, Fe は LiF
- (iv) 加速電圧：30 KV
- (v) 試料電流：0.01  $\mu$ A
- (vi) 電子ビーム径：184  $\mu$
- (vii) 試料送り速度：96  $\mu$ /min
- (viii) 特性X線強度：Pu 約 400 cps, U 約 3000 cps, Fe 約 30 cps

第 4.3.2 図に製造ロット 13 よりの試料についての Pu 特性 X 線、U 特性 X 線の線走査のチャートを示すが、チャート上の S/N 比が良くない。チャート以外に 1 分間毎の積分強度をプリントアウトするなどして解析に用い測定精度を上げる工夫を今後の測定では取りたいと考えている。

#### 4.3.8 ペレットの真空置換・水中重量法による密度測定

寸法重量法によるペレット密度の計算におけるチャンファー部の評価の妥当性のチェックおよび照射後試験における液浸法密度データーと比較するに用いるデーターを準備することを目的として水浸法（真空置換・水中重量法）によりペレットの密度を測定した。測定を行なった試料ペレットは4製造ロット（1, 4, 10, 13）より各5ヶづつ計20ヶであった。

密度測定はまず試料ペレット表面を脱脂後乾燥し、空気中での重量Wを測定する。次に試料ペレットを純水中に浸し、油回転ポンプで約1時間真空引きしペレットの開気孔中の空気を水に置換する。この含水状態のペレットの水中重量 $W_1$ と空気中重量を測定し、次式によりペレットの密度Dおよび密度Dのペレットの理論密度 $D_0$ に対する相対値d(%)を求める。

$$D = \frac{W}{W_2 - W_1} \rho$$

$$d = \frac{D}{D_0} \times 100$$

ここで $\rho$ は水の密度である。またペレットの開気孔率 $\epsilon_0$ (%)は次式で計算される。

$$\epsilon_0 = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_1} \times 100$$

密度の測定結果を第4.3.13表に示す。第4.3.13表には比較のため寸法重量法による密度計算値をあげ、また開気孔率の測定値もあげた。

水浸法による密度が寸法重量法密度より約0.4%程度高く出ているが、一般に水浸法による密度が0.3%程度高く出るのは通説であり、良い一致を示しているものと考えられる。

なお照射後試験に対応した液浸法データーを出すためには照射後試験に用いられる方法と同じ方法を取る必要があると考えられ、水銀ポロシメーター等の開発も必要であると考えられる。

#### 4.3.9 化学分析

13ロットの化学分析の一覧表を第4.3.14表に示す。

第4.3.1.3表 真空置換・水中重量法による密度測定結果

ロット番号	試料番号	水浸法 密度	寸法重量法密度	差	開気孔率
1	1	94.517 %TD	93.893 % TD	0.624 % TD	0.099 %
"	2	95.126	94.758	0.368	0.052
"	3	95.445	95.058	0.387	0.041
"	4	94.396	93.792	0.604	0.046
"	5	94.618	94.223	0.395	0.013
4	1	94.921	94.519	0.402	0.015
"	2	94.438	93.998	0.440	0.022
"	3	95.475	95.028	0.447	0.070
"	4	94.904	94.415	0.489	0.011
"	5	95.445	95.183	0.262	0.079
10	1	95.491	95.006	0.485	0.060
"	2	95.311	94.877	0.434	0.073
"	3	95.331	94.821	0.510	0.054
"	4	95.046	94.735	0.311	0.054
"	5	94.999	94.498	0.501	0.069
13	1	95.297	94.912	0.385	0.048
"	2	95.424	94.970	0.454	0.042
"	3	95.579	95.070	0.509	0.038
"	4	95.543	95.193	0.350	0.045
"	5	95.421	95.006	0.415	0.046
平 均				0.439	0.049

第 4. 3. 14 表 ペ レ ッ ト の 分 析 結 果

	Pu	Pu+U	O/M	ガス	水分	Ag	Al	B	C	Ca	Cd	Cl	Cr	Cu	F	Fe	Mg	Mo	N	Ni	Pb	Si	Sn	Dy	Eu	Gd	Sm	ボロン 当量
AS 7- 0001	1.70	88.2	1.99	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	66	<10	<1.0	<25	<10	<1	<25	45	<2	<10	76	<10	<10	150	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.3
AS 7- 0002	1.69	88.2	1.99	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	58	<10	<1.0	<25	<10	<1	<25	40	<2	35	28	<10	<10	110	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.2
AS 7- 0003	1.71	88.2	1.99	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	35	<10	<1.0	<25	<10	<1	<25	30	<2	40	<25	<10	<10	185	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.2
AS 7- 0004	1.66	88.2	1.98	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	48	<10	<1.0	<25	<10	<1	<25	45	<2	15	150	<10	<10	155	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.4
AS 7- 0005	1.71	88.2	1.98	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	36	<10	<1.0	<25	<10	<1	<25	35	<2	<10	115	<10	<10	130	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.3
AS 7- 0006	1.69	88.2	1.99	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	36	25	<1.0	<25	15	<1	<25	95	<2	<10	115	<10	<10	150	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.4
AS 7- 0007	1.68	88.2	1.98	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	61	<10	<1.0	<25	<10	<1	<25	60	<2	<10	140	<10	<10	170	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.4
AS 7- 0008	1.71	88.2	1.99	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	36	<10	<1.0	<25	<10	<1	<25	35	<2	<10	57	<10	<10	115	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.2
AS 7- 0009	1.71	88.2	1.99	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	70	<10	<1.0	<25	<10	<1	<25	90	<2	<10	76	<10	<10	120	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.3
AS 7- 0010	1.71	88.2	1.99	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	10	10	<1.0	<25	<10	<1	<25	60	<2	<10	83	<10	<10	220	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.3
AS 7- 0011	1.70	88.2	1.98	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	29	<10	<1.0	<25	20	<1	<25	70	<2	20	<50	25	<10	250	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.3
AS 7- 0012	1.71	88.2	1.98	<1	<10	<0.2	<10	<0.3	30	<10	<1.0	<25	<10	<1	<25	60	<2	<10	91	<10	<10	260	<10	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.3
AS 7- 0013	1.71	88.2	1.99	<10	<10	<0.2	<10	<0.3	34	10	<1.0	<25	15	<1	<25	110	<2	30	<50	15	<10	180	15	<0.2	<0.2	<0.4	<0.4	3.4

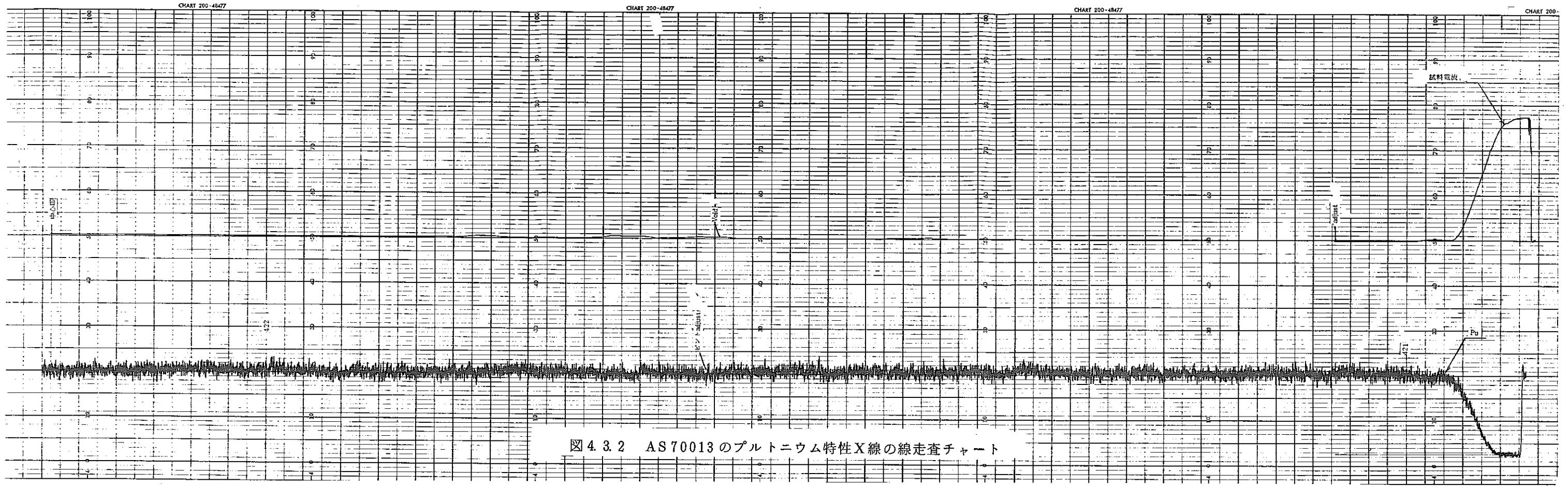


図 4.3.2 AS 70013 のプルトニウム特性X線の線走査チャート

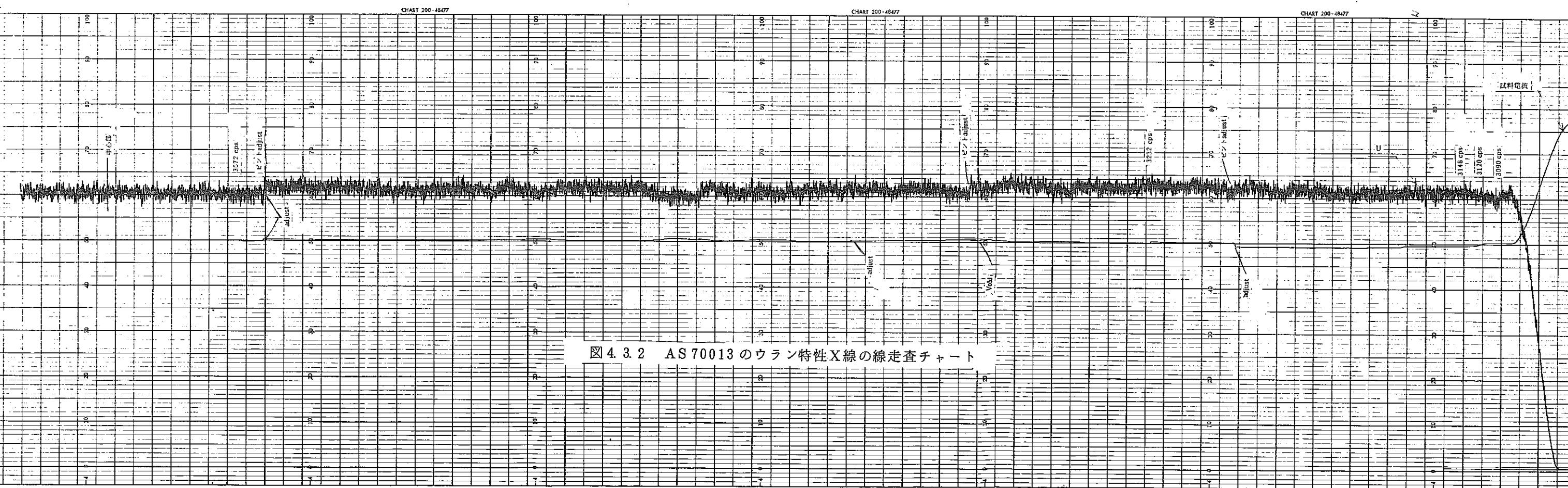


図 4.3.2 AS 70013 のウラン特性X線の線走査チャート

## 5. 燃料要素加工・集合体組立および検査\*

(横 沢 鈴 木)

### 5.1 加工・組立概要

燃料棒加工・組立はプルトニウムテストランの一環として行われた。

「ふげん」プルトニウム燃料の加工・組立は「製造作業標準」に従って作業するが、本作業もこれに従った。

この製造作業標準には製造要領が詳しく記載されており、その中で二者選一の項目については本文に述べるが、他の項目についてはこの製造要領書を参照されたい。

また製造上の機器・装置の操作方法、保安、作業などの具体的方法については作業標準（マニュアル）によった。

本集合体の製作にあたっては、部材は「ふげん」用部材を使用できるものはなるべくこれを流用し、特別製作した部材は、下部端栓、上部端栓、上部プレナム板付スプリング、上部タイプレート、下部ハウジング付タイプレート、ロックナット、ロッキングワイヤー、ロッドキー等である。

被覆管は神戸製鋼所製を使用した。しかしこの被覆管は定尺切断後に真直度検査をしたところ、「ふげん」規格である、「0.25 mm のシックネスゲージが入らないこと」の項を満足しない被覆管が多数でてきて、結局 54 本の定尺切断後、検査に合格した被覆管は 36 本であった。

この 36 本の被覆管を使用し、燃料棒に加工した。これらの燃料棒検査結果は、真直度不合格が 3 本、 $\gamma$ -Scan 異常が 2 本あり、これらの燃料棒は集合体には組み込まなかった。

この他の検査項目で不良と思われるものは無かった。溶接部の X 線透過検査は全数合格であり、プレナム長さ、全長、表面汚染等の検査項目においても満足すべき結果であった。これらの結果を第 5.1.1 表に示す。

集合体を組み上げながら集合体のピン間隔を測定したところ、内層、中間層、外層のピン間隔はそれぞれ 2.06, 2.15, 2.02 mm 以上であった。

集合体検査を終了し、シュラウド管挿入試験を行ったところ、挿入はスムーズにできた。

なおこの集合体の洗浄は、集合体外層ピンの表面をアセトンで湿したガーゼでふくことで行った。

なお製造スケジュールは、定尺切断を 5 月 28 日より始め、下部端栓溶接を 6 月 3 日～6 日ペレット充てんを 6 月 18 日～6 月 26 日、集合体組立てを 7 月下旬に予定通り終了した。出荷は 10 月 4 日であった。

\*<加工・組立グループ>

横沢直樹・石橋 隆・一関 強・菅原雪夫・後藤 明・肥田野強・飯村 泉・関 信夫

豊島光男・井野瀬昌一・松本祐二・加藤辰男・宮本次男・佐藤 敬・高田義弥・伊原省吾

第5.1.1表 燃料要素検査結果

規 格 検査項目 Pin NO	3510±5mm		溶接部健全性				20dpm/pin		表面汚染 cpm		外観燃料棒全表面		3785±2mm		20 <sup>1</sup>		—		
	ペレットスタック												寸 法						
	長さ (mm)	重量 (g)	外観	X線検査	Heリーキ試験	断面金相	ルーズ汚染	Fix汚染	欠陥	表面汚れ	真直度	全長 (mm)	端栓取付角度	燃料要素重量	r-Scan カウント数				
S G 0 1	3510.56	5863.09	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.0	7	7077	787898			
S G 0 2											NO								
S G 0 3	3513.98	5863.30	GO	GO	GO	GO	1	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	6	7081	785345			
S G 0 4	3513.57	5861.04	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	3	7084	788578			
S G 0 5	3508.95	5854.49	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	4	7077	801394			
S G 0 6	3509.26	5848.44	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.0	5	7063	789957			
S G 0 7	3510.74	5857.06	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.2	0	7071	803920			
S G 0 8	3506.61	5879.39	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	2	7098	798702			
S G 0 9	3506.97	5882.88	GO	GO	GO	GO	1	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	10	7110	795484			
S G 1 0	3511.37	5855.74	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	7	7085	800569			
S G 1 1	3511.31	5880.78	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.0	7	7100	784900			
S G 1 2	3513.35	5881.39	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.2	5	7099	785930			
S G 1 3	3507.92	5856.00	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3784.9	5	7075	782278			
S G 1 4	3513.41	5873.31	GO	GO	GO	GO	1	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	9	7085	781364			
S G 1 5	3509.58	5858.19	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	10	7067	786428			
S G 1 6	3507.23	5851.77	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	3	7056	790681			
S G 1 7	3507.94	5861.89	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.2	3	7068	787505			
S G 1 8	3509.29	5833.63	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3784.8	5	7046	791789			
S G 1 9	3508.88	5834.72	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	NO	3785.2	1	7045	788378			
S G 2 0	3509.61	5848.50	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.2	3	7055	804353			
S G 2 1	3508.93	5842.83	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	13	7048	770880			
S G 2 2	3506.18	5836.92	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	3	7054	773893			
S G 2 3	3507.22	5844.74	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.0	3	7045	778155			
S G 2 4	3507.53	5844.84	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3785.1	7	7057	787837			
S G 2 5	3512.63	5897.88	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3784.6	7	7105	809772			
S G 2 6	3508.74	5896.36	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	NO	GO	3784.8	11	7110	803508			
S G 2 7	3512.00	5898.66	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	NO	GO	3784.5	2	7112	789609			
S G 2 8	3509.42	5878.88	GO	GO	GO	GO	1	0	GO	GO	GO	GO	3784.6	6	7098	792887			
S G 2 9	3509.01	5881.40	GO	GO	GO	GO	1	0	GO	GO	GO	GO	3785.0	3	7092	799588			
S G 3 0	3509.58	5881.11	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3784.7	14	7092	796337			
S G 3 1	3511.24	5886.15	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3784.9	3	7103	780700			
S G 3 2	3509.71	5874.71	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3784.9	5	7105	783493			
S G 3 3	3507.79	5876.78	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	NO	3784.8	1	7084	798059			
S G 3 4	3509.78	5884.80	GO	GO	GO	GO	0	0	GO	GO	GO	GO	3784.9	8	7099	806416			
S G 3 5	3506.41	5871.23	GO	GO	GO	GO	0	1	GO	GO	GO	GO	3784.8	4	7085	817898			
S G 3 6	3507.43	5850.93	GO	GO	GO	GO			GO	GO	GO	GO	3784.8	8	7055	828084			

「ふげん」燃料集合体の先行試験結果を付録 5 に示す。

## 5.2 燃料要素加工

### 5.2.1 被覆管定尺切断

工程としては被覆管切断前真直度検査→片端切断→検査→定尺切断→検査の順に行われた。切断後は被覆管の両端に樹脂製の保護端栓をつけた。

下部端栓溶接前には、エアガンにより被覆管の内面の汚れを落し清浄にした。

54本切斷したが、真直度不合格が18本生じ、下部端栓溶接にまわった被覆管は36本であった。この曲がりは主に切斷後の管端に表われておりその原因是切斷部分の重力解放により、管端の下方への抑えつける力がなくなったためであろうと思われる。

### 5.2.2 下部端栓溶接

溶接部材の洗浄方法は上部端栓溶接の洗浄方法と同じである。端栓は「ふげん」本番と相違し、レプリカ検査をしていないのでレプリカ樹脂が付着していない。このため、製造作業標準に述べてあるアルミナ研磨は行なわれなかった。他の洗浄方法は製造要領書と同じである。

被覆管端部の洗浄方法としては、アルミナ洗浄は行なわなかった。そのかわり、ネオペレックスF-25（洗剤）をガーゼに湿らせ、被覆管によく密着してふくための治具を使用して洗浄した。その後被覆管端部より約3cm程奥から治具を用い水洗し、被覆管の洗浄部を下に傾けて、完全に洗浄を取り除いた。この洗剤が十分に除去されない場合には、乾燥後被覆管表面に白く残ることで確認できる。また良く洗剤を除去しないと溶接欠陥が発生し不合格となると考えられる。

溶接条件は、第1回溶接実行試験に用いた条件である。第1回目の溶接は6月3日にSG01～SG20の20本を溶接した。このバッチの溶接雰囲気は良好で、ビード部着色は非常に少なかったが、第2回目の溶接は、データシートに示すように溶接雰囲気が作業終了時には、酸素24PPmと悪くなかった。このバッチのピンはSG21～SG36であり、着色が多かったピンはSG26, 27であった。溶接時の着色は普通、後に溶接するピン程着色が多いが、今回の着色は6, 7本目が多く、その後は着色が少なくなっていた。溶接雰囲気として、酸素、水分量は溶接8本目から16本目まで略々一定であった。（データシート参照）しかし、溶接5本目から8本目の間に急に酸素量が多くなっていた事から、溶接の着色に大きく影響する他のガスが入り、溶接6, 7本目でそのガスの一部分と反応し、溶接雰囲気から一部除去された事が考えられる。なお部材洗浄に当ってその差があるとは特に思い当たる事がない。（第5.2.1表）しかしこれらの着色は、オートクレーブによる耐食に関する先行試験によると全く問題がない事が知られている。なおSG27はビード部をアルミナにより、研磨し、着色を落した。なお下部端栓番号、被覆管番号、上部端栓番号の対応表第5.2.2表に示す。

第5.2.1表 下部端栓溶接工程記録

3 4 5

カード区分	テーマNo		工程No	処理	溶接年月日					作業者No 1					作業者No 2											
	年	月			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33				
1 2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27				
0 1	5	3	0	1	2	3	0		5	0	0	6	0	6	7	4	0	5	1	9	6	8	0	3	8	9

カード区分	条件	冷し金No		被覆管	端栓	到達度					水分(℃)					酸素(ppm)					ガス置換	溶接数量
		被	端			取	×10 <sup>-4</sup> Torr	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後			
1 2 3 4 5 6 7 8 9	10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 20 21	0 1	0 1	7 4	0 6	8 5		3 5	2 4	0		1	6			1	6	0 1	P L	-690	23.5	
0 2																						

カード区分	ピンNo		被覆管No					処理	端栓ロットNo	露点(°C)	酸素(ppm)	ピンNo	被覆管No					処理	端栓ロットNo	露点(°C)	酸素(ppm)	
	メー	カ-	No	No	No	No	No						No	No	No	No	No					
1 2 3 4 5 6 7 8 9	10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 20 21	0 1	0 1	7 4	0 6	8 5							14	1 6	S G 3 4 K	0 7 4 4 0	1 P L	-690	23.5			
2 0 4	S G 2 2 K	0 7 2 2 0 1 P L											15	1 7	S G 3 5 K	0 7 4 7 0	1 P L					
3 0 5	S G 2 3 K	0 7 2 3 0 1 P L											16	1 8	S G 3 6 K	0 7 4 8 0	1 P L	-585	24.0			
4 0 6	S G 2 4 K	0 7 2 7 0 1 P L											17	1 9			0 1 P L					
5 0 7	S G 2 5 K	0 7 3 0 0 1 P L											18	2 0			0 1 P L					
6 0 8	S G 2 6 K	0 7 3 2 0 1 P L											19	2 1			0 1 P L					
7 0 9	S G 2 7 K	0 7 3 3 0 1 P L											20	2 2			0 1 P L					
8 1 0	S G 2 8 K	0 7 3 4 0 1 P L											21	2 3			0 1 P L					
9 1 1	S G 2 9 K	0 7 3 5 0 1 P L											22	2 4			0 1 P L					
10 1 2	S G 3 0 K	0 7 3 8 0 1 P L											23	2 5			0 1 P L					
11 1 3	S G 3 1 K	0 7 4 0 0 1 P L											24	2 6			0 1 P L					
12 1 4	S G 3 2 K	0 7 4 2 0 1 P L											25	2 7			0 1 P L					
13 1 5	S G 3 3 K	0 7 4 3 0 1 P L																				

3 4 5

## 下部端栓溶接工程記録

カード区分	テーマNo		工程No	処理	溶接年月日					作業者No 1					作業者No 2							
	年	月			日	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1 2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0 1	5	3	0	1	2	3	0		5	0	0	6	0	3	7	4	0	5	1	9		

カード区分	条件	冷し金No		被覆管	端栓	到達度					水分(℃)					酸素(ppm)					ガス置換	溶接数量
		被	端			取	×10 <sup>-4</sup> Torr	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後			
1 2 3 4 5 6 7 8 9	10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 20 21	0 1	0 1	7 4	0 6	3 0		3 4	2 5		2 0											
0 2																						

カード区分	ピンNo		被覆管No					処理	端栓ロットNo	露点(°C)	酸素(ppm)	ピンNo	被覆管No					処理	端栓ロットNo	露点(°C)	酸素(ppm)	
	メー	カ-	No	No	No	No	No						No	No	No	No	No					
1 0 3	S G 0 1 K	0 6 9 3 0 1 P L											14	1 6	S G 1 4 K	0 7 0 7 0	1 P L					
2 0 4	S G 0 2 K	0 6 9 4 0 1 P L											15	1 7	S G 1 5 K	0 7 1 1 0	1 P L					
3 0 5	S G 0 3 K	0 6 9 5 0 1 P L											16	1 8	S G 1 6 K	0 7 1 2 0	1 P L	-650	2.2			
4 0 6	S G 0 4 K	0 6 9 6 0 1 P L											17	1 9	S G 1 7 K	0 7 1 3 0	1 P L					
5 0 7	S G 0 5 K	0 6 9 7 0 1 P L											18	2 0	S G 1 8 K	0 7 1 6 0	1 P L					
6 0 8	S G 0 6 K	0 6 9 8 0 1 P L											19	2 1	S G 1 9 K	0 7 1 7 0	1 P L					
7 0 9	S G 0 7 K	0 7 0 0 0 1 P L											20	2 2	S G 2 0 K	0 7 1 9 0	1 P L	-630	2.5			
8 1 0	S G 0 8 K	0 7 0 1 0 1 P L											21	2 3			0 1 P L					
9 1 1	S G 0 9 K	0 7 0 2 0 1 P L											22	2 4			0 1 P L					
10 1 2	S G 1 0 K	0 7 0 3 0 1 P L											23	2 5			0 1 P L					
11 1 3	S G 1 1 K	0 7 0 4 0 1 P L											24	2 6			0 1 P L					
12 1 4	S G 1 2 K	0 7 0 5 0 1 P L											25	2 7			0 1 P L					
13 1 5	S G 1 3 K	0 7 0 6 0 1 P L																				

第 5.2.2 表 被覆管・上部端栓・下部端栓番号対応表

	上部端栓番号	下部端栓番号	被覆管番号
1	A 1	SG 01	K 0693
2	A 2	SG 05	0697
3	A 3	SG 09	0702
4	A 4	SG 15	0711
5	B 1	SG 25	0730
6	B 2	SG 27	0733
7	B 3	SG 28	0734
8	B 4	SG 32	0742
9	B 5	SG 29	0735
10	B 6	SG 34	0744
11	B 7	SG 30	0738
12	B 8	SG 31	0740
13	C 1	SG 21	0721
14	C 2	SG 03	0695
15	C 3	SG 16	0712
16	C 4	SG 06	0698
17	C 5	SG 18	0716
18	C 6	SG 07	0700
19	C 7	SG 11	0704
20	C 8	SG 35	0747
21	C 9	SG 08	0701
22	C 10	SG 20	0719
23	C 11	SG 12	0705
24	C 12	SG 23	0723
25	C 13	SG 13	0706
26	C 14	SG 22	0722
27	C 15	SG 14	0707
28	C 16	SG 24	0727

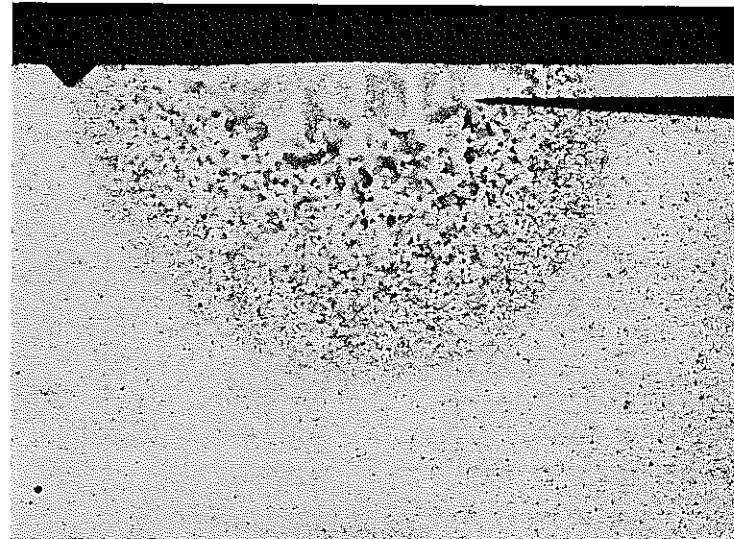
溶接部全相写真を写真 5.2.1, 写真 5.2.2 に示す。

### 5.2.3 ペレット充填

ペレット充填は製造要領書と同じ方法で実施されたが On-power refueling しない関係からウラン断熱ペレットは用いなかった。なお 1.7% Pu (fiss.) 混合酸化物ペレット・スタックの上・下端にはアルミナ断熱ペレット (10 mm長さ) を用い、後に述べる時点で挿入した。燃料ペレット・スタック長さは規格が 3510±5 mm であるが、3.5 本充填してすべて規格に入っている。なお、充填時には、1 本のピンに 2 ロット以上充填される時にはロット毎のスタック長さを測定

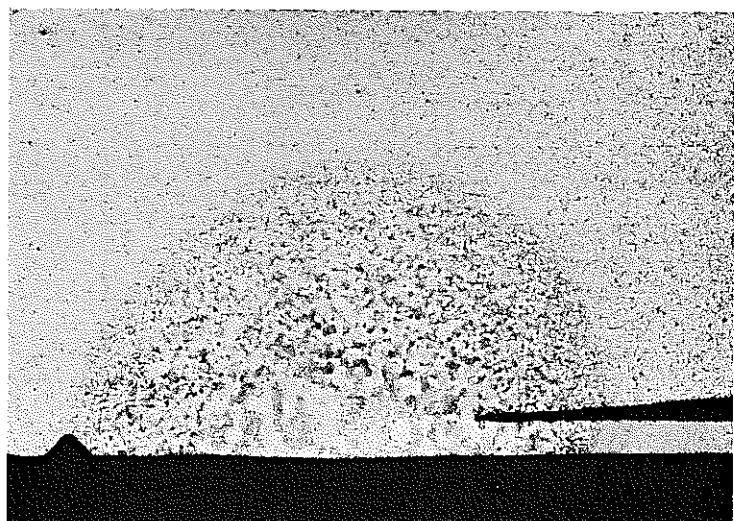
試料No SGK-LW-01

1

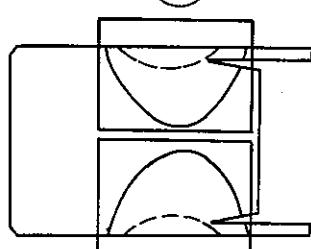


× 6

2



1



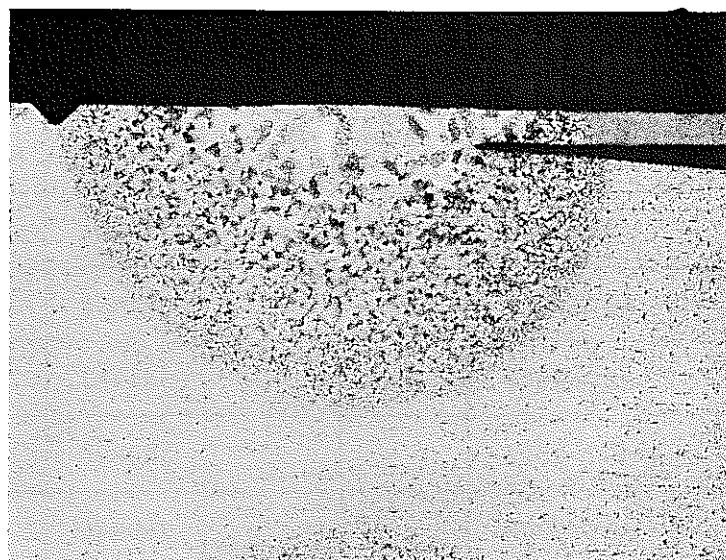
2

写真 5.2.1

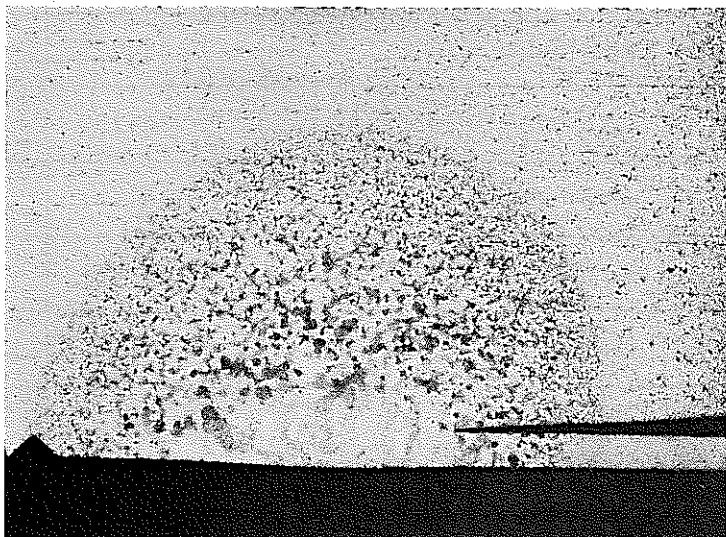
下部端栓溶接部金相写真

試料No. SGK-LW-02

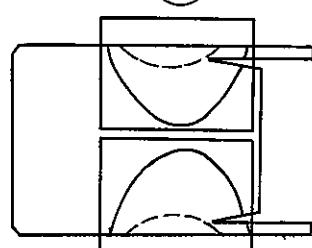
1



2



1



2

写真 5.2.2

下部端栓溶接部金相写真

第5.2.3表 SGHWR ペレット充填記録 (S・50・6・18~7・1)

\*調整用ペレット ロットNo AS7-0013

\* SG02は1st E.P WELD 不合格

	ピンNo	移送皿No	ペレットロットNo	ロット別 スタック長	ロット別 スタック重量	スタック長 (mm)	スタック重量 (gr)	調整用 ペレット 個数
1	SG 01	— — 138 139—	AS 7-0001			351056	586309	
2	SG 03	— — 141 154—	AS 7-0001			351398	586330	
3	SG 04	— — 136 140—	AS 7-0001			351357	586104	
4	SG 05	— — 147 151—	AS 7-0002			350895	585449	
5	SG 06	— — 145 149—	AS 7-0002			350926	584844	
6	SG 07	— — 135 146—	AS 7-0002			351074	585706	
7	SG 08	— — 157 142—	AS 7-0004			350661	587939	
8	SG 09	— — 137 158—	AS 7-0004			350697	588288	
9	SG 10	— — 150 160—	AS 7-0003			351137	585574	1
10	SG 11	— — 155 156—	AS 7-0004			351131	588078	1
11	SG 12	— — 161 166—	AS 7-0005			351335	588139	1
12	SG 13	— — 168 170—	AS 7-0005			350792	585600	1
13	SG 14	— — 152 169—	AS 7-0005			351341	587331	1
14	SG 15	— — 162 187—	AS 7-0006			350958	585819	1
15	SG 16	— — 176 177—	AS 7-0006			350723	585177	1
16	SG 17	— — 175 179—	AS 7-0006			350794	586189	1
17	SG 18	— — 200 204—	AS 7-0007			350929	583303	
18	SG 19	— — 184 186—	AS 7-0007			350888	583472	
19	SG 20	— — 173 192—	AS 7-0008			350961	584850	1
20	SG 21	— — 193 206—	AS 7-0008			350893	584283	1
21	SG 22	— — 195 188—	AS 7-0008			350618	583692	1

	ピンNo	移送皿No	ペレットロットNo	ロット別 スタック長	ロット別 スタック重量	スタック長 (mm)	スタック重量 (gr)	調整用 ペレット 個数
22	SG23	— — 167 211	AS7-0009			3507.22	5844.74	1
23	SG24	— — 190 262	AS7-0009			3507.53	5844.04	1
24	SG25	— — 181 212	AS7-0010			3512.63	5897.88	3
25	SG26	— — 174 201	AS7-0011			3508.74	5896.36	
26	SG27	— — 189 202	AS7-0011			3512.00	5898.66	
27	SG28	— — 209 216	AS7-0012			3509.42	5878.88	2
28	SG29	— — 214 199	AS7-0012			3509.01	5881.40	2
29	SG30	— — 218 183	AS7-0012			3509.58	5881.11	
30	SG31	— — 203 208	AS7-0012			3511.24	5886.15	2
31	SG32	— — 222 233	AS7-0013			3509.71	5874.71	1
32	SG33	— — 210 221	AS7-0013			3507.79	5876.78	1
33	SG34	— — 164 198	AS7-0005 AS7-0011	1733.97 1775.81	2901.15 2983.65	3509.78	5884.80	1
34	SG35	— — 153 163	AS7-0006 AS7-0011	1728.46 1777.95	2901.22 2970.01	3506.41	5871.23	1
35	SG36	— — 205 197	AS7-0007 AS7-0013	1792.13 1715.30	2975.79 2875.14	3507.43	5850.93	1
						最大 3513.98	最大 5898.66	
						最小 3506.18	最小 5833.03	
						平均 3509.55	平均 5865.50	
						標準偏差( $\sigma$ ) 2.13	標準偏差( $\sigma$ ) 18.16	

した。充填されたペレットにはわれが見られなかつたが一部かけが見出された。調整用ペレットを使用したピンは35本中22本(63%)でその内訳は3ヶ使用のもの1本、2ヶ使用のもの3本、1ヶ使用のもの18本であり、全く使用しなかつたもの13本(37%)であった。

(第5.2.3表)

#### 5.2.4 管口部除染

管口部除染は製造作業標準によるが、充填装置の関係から上部側のアルミナ断熱ペレットは、この時点において入れた。

1本の管口部除染に使用したガーゼは5枚で綿棒は3本であり、除染は非常に簡単にできた。これはペレットを充填する時に管口マスクの取りはずしがないためである。プレナム長さの測定は、この工程でノギスを使用し管口マスクをつけたままで測定したため、この長さ(25mm)と端栓の管内挿入長さ8mmおよびプレナム・スプリング板厚1mmを差し引いてある。この測定値はX線透過検査によるプレナム測定より約4~5mm短かった。上部プレナム長のノギスによる測定とX線による測定との比較を第5.2.4表に示す。なお、SG18は管口マスクの端が破損していたためアルミナを使用して除染を行った。

なお、ルーズ汚染は最大3cpm(測定効率40%)まで除染を行った。

#### 5.2.5 燃料要素の真空脱ガス

溶接機の中に燃料要素を入れ、製造作業標準に従って、上部端栓溶接をする前に真空加熱により脱ガスを行なつた。定温保守時のチャンバー内壁の温度は250°Cである。この時のピン付近の温度は約220°Cであると先行試験の結果から推定される。昇温時には下部端栓側の方が最も高い。内壁温度を同じく設定するとピン送り機構がある中央部は上部端栓側よりむしろ低くなる。このため定温保持時においては中央部の内壁温度は他の部分より20°C高くしてある。先行試験によると、この時のピン付近の温度の均一性は±20°Cである。定温保持時間は3時間であった。脱ガス中の到達真空度は第1回目(SG1~15, 32~36)が $3 \times 10^{-5}$ Torr、第2回目が(SG16~31)  $1 \times 10^{-5}$ Torrであり、真空度から推定すると被覆管内の水分は十分低いといえる。(第5.2.5表)

#### 5.2.6 上部端栓溶接

溶接条件は第1回目の溶接施行試験に合格したものである。端栓の取付けは、ロッキングワイヤーをまきやすいように、ロッキングワイヤー穴が集合体を組立てた時に円周方向にならぶように配慮した。ビード部着色、外観は良好であった。なお下部端栓溶接の項で述べたとおり、被覆管端のアルミナ洗浄は行わなかった。溶接部の全相写真を示す。(第5.2.6表、写真5.2.3、写真5.2.4)

第 5.2.4 表 上部プレナム長のノギスによる測定と  
X 線による測定との比較

(mm)		
ピンNo	ノギス法	X 線法
SG 01	188.1	192.0
03	185.0	188.5
04	185.8	189.5
05	189.9	193.5
06	189.7	193.0
07	188.5	192.0
08	192.0	195.5
09	191.7	195.0
10	187.4	191.0
11	187.4	191.0
12	185.5	190.0
13	190.4	195.0
14	186.0	190.0
15	190.0	194.0
16	191.4	196.5
17	191.8	196.0
18	189.0	193.5
19	190.0	194.0
20	189.8	194.0
21	190.2	194.5
22	193.4	197.5
23	191.2	196.0
24	191.8	196.0
25	187.3	196.0
26	190.4	194.5
27	186.5	190.5
28	189.4	193.5
29	189.7	194.0
30	188.8	193.0

ピンNo	ノギス法	X 線法
SG 31	187.0	191.0
32	188.6	192.0
33	190.4	194.0
34	189.2	193.0
35	192.0	196.0
36	191.3	195.0

\*ノギス法

管口部除染時にディップス・ゲージで測定

(mm)		
	ノギス法	X 線法
最大値	1934	197.5
最小値	185.0	188.5
範囲	84	9.0
平均値	190.3	193.4
標準偏差	2.08	2.21

試料 No. KS 88

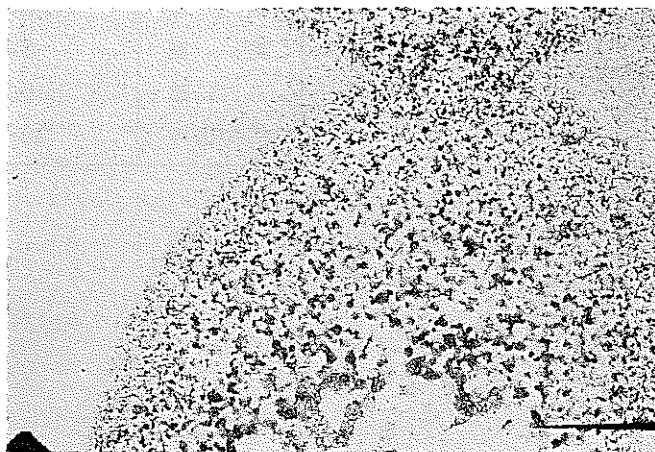
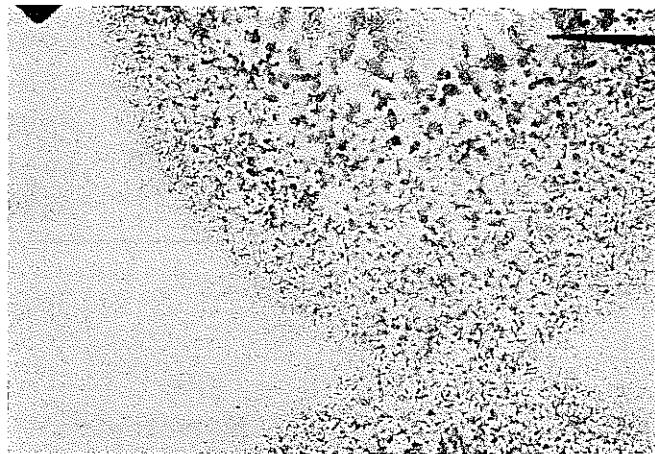


写真 5.2.3 上部端栓溶接部金相写真

試料 No. KS 89

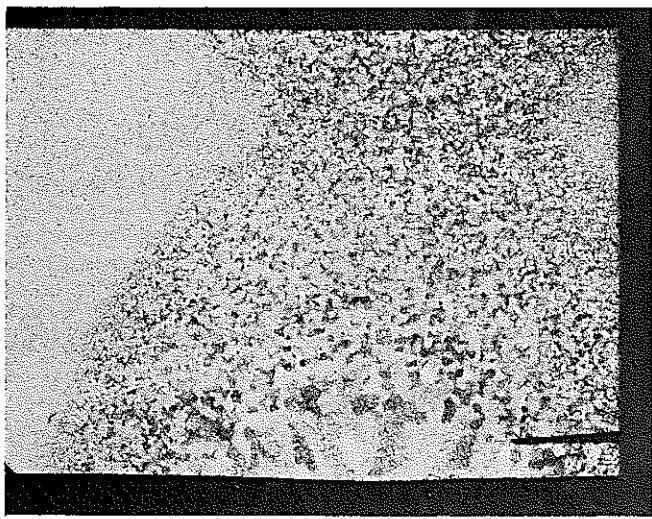
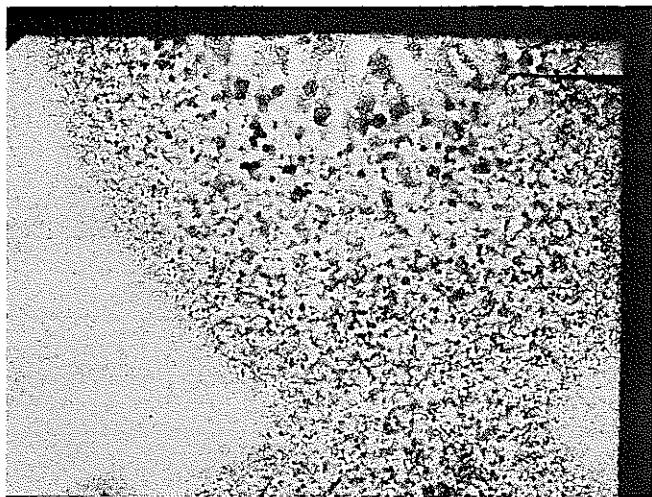


写真 5.2.4 上部端栓溶接部金相写真

3	4	5
0	0	1

## 第5.2.5表 脱ガス工程記録

カード区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	1																																

カード区分	テーマNo.		工程No.		処理		脱ガス年月日							作業者No.1			作業者No.2												
	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日					
1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	1	5	3	0	1	0	2	8	0	0	1	5	0	0	7	1	4	7	1	0	6	3	6	3	1	2	3	6	0

カード区分	条件No.	封道圧度 ( $\times 10^{-5}$ Torr)	記録紙No.	脱ガス		異温 方法	He冷却 温度	備考												1	2	3	4	5	6	7		
				数量	方法			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
1	2	3	0	5	0	1	6																					
0	2	0	5	3	0																							

カード区分	ビンNo.							備考																					
1	2	3	4	5	6	7																							
0	3	S	G	0	1	6																							
2	0	4	S	G	0	1	7																						
3	0	5	S	G	0	1	8																						
4	0	6	S	G	0	1	9																						
5	0	7	S	G	0	2	0																						
6	0	8	S	G	0	2	1																						
7	0	9	S	G	0	2	2																						
8	1	0	S	G	0	2	3																						
9	1	1	S	G	0	2	4																						
10	1	2	S	G	0	2	5																						
11	1	3	S	G	0	2	6																						
12	1	4	S	G	0	2	7																						
13	1	5	S	G	0	2	8																						

カード区分	ビンNo.							備考																						
14	1	6	S	G	0	2	9																							
15	1	7	S	G	0	3	0																							
16	1	8	S	G	0	3	1																							
17	1	9																												
18	2	0																												
19	2	1																												
20	2	2																												
21	2	3																												
22	2	4																												
23	2	5																												
24	2	6	S	G	0	3	2																							
25	2	7																												

\* リーク率:  $4.4 \times 10^{-3}$  Torr・l/sec (10分)

脱ガス: 250°C-3hr

3	4	5
0	0	2

## 脱ガス工程記録

カード区分	ビンNo.							備考																			
1	2	3	4	5	6	7																					
0	3	S	G	0	2	7																					

カード区分	テーマNo.		工程No.		処理		脱ガス年月日							作業者No.1			作業者No.2												
	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日					
1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	1	5	3	0	1	0	2	8	0	0	1	5	0	0	7	1	4	7	1	0	6	3	6	3	1	2	3	6	0

カード区分	ビンNo.							備考																			
1	2	3	4	5	6	7																					
0	3	S	G	0	2	7																					
2	0	4	S	G	0	2	8																				
3	0	5	S	G	0	2	9																				
4	0	6	S	G	0	3	0																				
5	0	7	S	G	0	3	1																				
6	0	8	S	G	0	3	3																				
7	0	9	S	G	0	3	4																				

### 5.2.7 燃料要素の表面除染

ビード部のアルミナ研磨は行わなかった。固着汚染はビード部（上部端栓側）に関するものであるが、最大 116 dpm(S G 18) であり大抵は 5 dpm 以下であった。このルーズ汚染のスマヤを採取する前に、アセトンを湿らしたフェルトリングであらかじめ拭いたが使用後のフェルトリングは真黒になった。

3	4	5
0	0	1

## 第5.2.6表 上部端栓溶接工程記録

カード区分	テマNo		工程No		溶接年月日										作業者No 1		作業者No 2										
	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日									
1 2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
0 1	5	3	0	1	0	2	9	0	5	0	0	7	1	4	セキ	ノブオ	イタムカグ	ラム	ムラ	ク	ム	カグ	ム	ラム	ム	ラム	ム

 $O_2$ 量多し、引直し3回目で溶接

1回目 60PPM

2 " 33 "

3 " 23 "

カード区分	条件No	冷金No		拔取	到達真空度 ( $\times 10^{-5}$ torr)	露点 (-°C)		酸素 (PPM)		ガス置换	溶接数量															
		被	端			作業前	作業後	作業前	作業後																	
1 2	3 4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
0 2	0 1	0	1	0	1	2	5	6	7	1	7	0	0	2	3	0	2	0					1	1		

カード区分	ピンNo		端栓 Lot No										上部スプリング Lot No		処理	備考						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
1 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
0 3	S	G	0	1	6	F	-	-		N			0	1								
0 4	S	G	0	1	7	F	-	-		N			0	1								
0 5	S	G	0	1	8	F	-	-		N			0	1	-688°C 245PPM							
0 6	S	G	0	1	9	F	-	-		N			0	1								
0 7	S	G	0	2	0	F	-	-		N			0	1	-692°C 210PPM							
0 8	S	G	0	2	1	F	-	-		N			0	1								
0 9	S	G	0	2	2	F	-	-		N			0	1	-690°C 210PPM							
1 0	S	G	0	2	3	F	-	-		N			0	1								
1 1	S	G	0	2	4	F	-	0	-	1	5	N		0	1	-700°C 200PPM						
1 2	S	G	0	2	5	T	-	0	-	1	4	N		0	1	電極交換						
1 3	S	G	0	2	6	T	-	-		N			0	1								
1 4						T	-	-		N			0	1								
1 5						T	-	-		N			0	1								

カード区分	ピンNo		端栓 Lot No										上部スプリング Lot No		処理	備考			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
1 6																			
1 7																			
1 8																			
1 9																			
2 0																			
2 1																			
2 2																			
2 3																			
2 4																			
2 5																			
2 6																			
2 7																			

3	4	5
0	0	2

上部端栓溶接工程記録

カード区分	テマNo		工程No		溶接年月日										作業者No 1		作業者No 2									
	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日	年	月	日								
1 2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0 1	5	3	0	1	0	2	9	0	5	0	0	7	1	7												

 $O_2$ 量多し、引直し3回目で溶接

1回目 60PPM

2 " 33 "

3 " 23 "

カード区分	ピンNo		端栓 Lot No										上部スプリング Lot No		処理	備考			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
0 3	S	G	0	0	2	7	-	0	0	6	N		0	1					
0 4	S	G	0	0	2	8	-	-		N			0	1					
0 5	S	G	0	0	2	9	-	-		N			0	1					
0 6	S	G	0	0	3	0	-	-		N			0	1					
0 7	S	G	0	0	3	1	-	-		N			0	1	215PPM-69.5°C				
0 8	S	G	0	0	3	2	-	-		N			0	1	160PPM-69.3°C				
0 9	S	G	0	0	3	3	-	-		N			0	1					
1 0	S	G	0	0	3	4	-	-		N			0	1					
1 1	S	G	0	0	3	5	-	-		N			0	1					
1 2	S	G	0	0	3	6	-	-		N			0	1	15PPM+70.7°C				
1 3	S	G	0	0	0	1	-	-		N			0	1					
1 4	S	G	0	0	0	3	-	-		N			0	1					
1 5	S	G	0	0	0	4	-	-		N			0	1					

カード区分	ピンNo		端栓 Lot No										上部スプリング Lot No		処理	備考		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13</td							

### 5.3 集合体組立

SGHWR 照射集合体は「ふげん」初装荷用標準集合体に比べ、スペーサが 1 個、タイロッドが 1 段少ない。組立工程において測定したピンギャップのデータは第 5.3.1 表に示してある。

第 5.3.1 図は、その場合のギャップ測定位置を示す。

ピンギャップを測定するにあたっては、作業前に測定装置の精度をあらかじめ確かめておいた。データシートに示すように、外層のピンピッチは公称値 2.1 mm より大きくなっている。また No. 21 ~ 28 まではピン同士のギャップでなくピンとタイロッドの間隔である、その為表 1.2 から判る様に 1.7 ~ 2.0 より 2.1 ~ 2.8 の値の方が大きい。なお測定精度は 0.05 mm であり、スペーサの製作公差からくるピンギャップの公差は設計上は 0.15 mm である。

なお組立前にはピンをアセトンを湿らしたガーゼにより拭いた。この時にもガーゼは黒くなった。組立のピンの配置はあらかじめ決まっていたが、外層ピンの配置が図面と相違した事に、最初の 2 本の挿入途中で気がつき、集合体からこの 2 本を引き抜いた。このためこのうち 1 本が被覆管の上部プレナム部分に相当するところがひっ込み、他の 1 本は傷が大きいため、(深さ約 1.0 ミクロン) 2 本新しいピンにかえた。

次に品質係による集合体検査結果を第 5.3.2 表～第 5.3.3 表に示す。クラスター径は 11.1.4～11.1.6 mm であり、スペーサの傾きが 2 mm のものが 1 個あった。

集合体の曲がりは 0.5 mm、ねじれは 2.7 mm であった。なお集合体組立時に燃料ピンのスペーサへの挿入力を測定したが、これはピンを挿入する治具にストレイン・ゲージをはりつけて行った。測定結果は第 5.3.4 表に示すように、挿入力は 3.8～8.1 Kg であったが、大体 5.5 Kg 前後である。

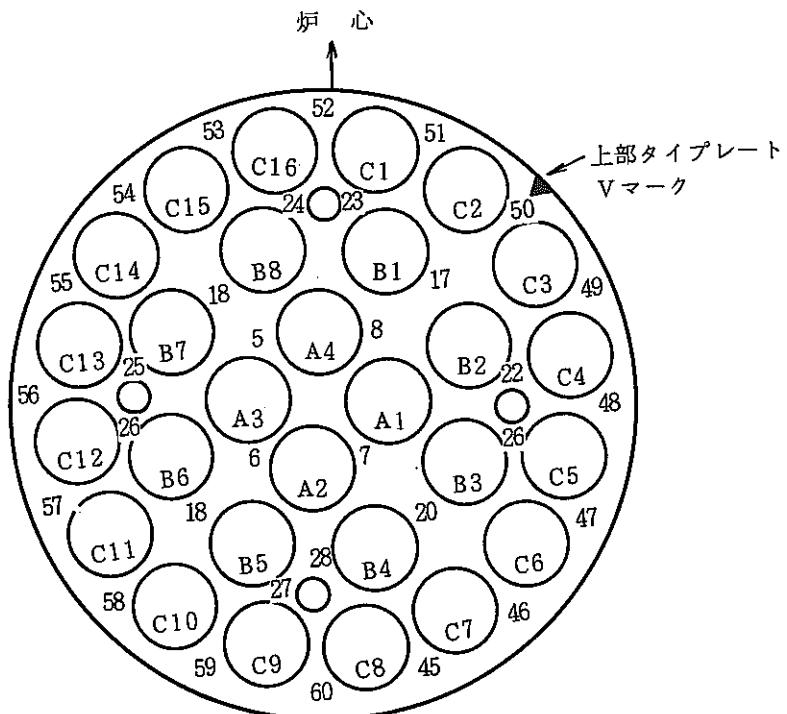
タイロッドピンにはロッキングワイヤーの穴の方向を定めるためにロッドキーがあり、ピン挿入時に下部タイプレートのキー溝にうまく挿入できるように模擬ピンを製作してあらかじめテストランを行った。又、ロッキングワイヤーのかしめについても事前に困難な事が予想されていたので、事前にかしめの練習を行った。

集合体上部のワイヤーは S 型に 2 本ずつ通した。下部は 1 本づつである。このワイヤーを端栓穴に通すとワイヤーの加工硬化により、ワイヤーはこの穴から簡単には抜けないようになっていて、もし照射中にこのワイヤーが 1 ケ所切れても、ワイヤーがはずれ、ループに入り込むことは考えられない。スペーサ位置およびタイロッドの位置を第 5.3.5 表、第 5.3.6 表に示す。

組み上げられた集合体はシュラウド・チューブに挿入する前に、汚れ等が目だったためにそれらの部分はアセトンを湿したガーゼで拭いた。

### 5.4 加工・組立のまとめと問題点

燃料要素の製造・加工・組立・検査・データ集積等全工程を通して、「ふげん」燃料要素の加工・組立の様式に準じてその先行試験として行なったのは本製造が初めてであり、このための準備を早



(上方から見た図)

(数字が 5.3.1 表のピンギャップ測定位置に対応する。)

第 5.3.1 図 ピンギャップ測定位置

第5.3.1表 ピンギャップ測定結果（その1内層）

(mm) 作成年月日 50年8月5日

位置	A	B-1	B-2	B-3	B-3	B-3	B-3	B-3	B-3	B-2	B-4	C	Total	Max	Min	R	X	
5	2.32 2.22	2.47 2.37	2.30 2.26	2.39 2.31	2.38 2.32	2.28 2.26	2.38 2.38	2.36 2.24	2.36 2.35	2.32 2.29	2.27 2.25		2.32 2.30	28.15 27.55	2.47	2.22	0.25	2.32
6	2.35 2.24	2.31 2.24	2.30 2.24	2.27 2.18	2.15 2.13	2.15 2.13	2.27 2.18	2.30 2.27	2.35 2.30	2.28 2.26	2.28 2.26		2.29 2.28	27.34 26.75	2.35	2.13	0.22	2.25
7	2.32 2.23	2.34 2.30	2.30 2.26	2.32 2.27	2.29 2.33	2.28 2.26	2.30 2.24	2.30 2.23	2.27 2.24	2.33 2.28			2.26 2.25	27.65 27.12	2.34	2.23	0.11	2.28
8	2.14 2.06	2.23 2.18	2.23 2.20	2.28 2.26	2.24 2.22	2.21 2.19	2.26 2.21	2.26 2.23	2.29 2.25	2.26 2.21			2.20 2.17	26.86 26.39	2.29	2.06	0.23	2.22
Total	17.88	18.44	18.09	18.45	18.28	17.77	18.03	18.05	18.31	18.30	18.14		18.07	217.81				
Max	2.35	2.47	2.30	2.39	2.38	2.29	2.38	2.36	2.36	2.35	2.33		2.32		2.36			
Min	2.06	2.18	2.20	2.26	2.18	2.13	2.13	2.18	2.23	2.23	2.21		2.17		2.16			
R	0.29	0.29	0.10	0.13	0.20	0.16	0.25	0.18	0.13	0.12	0.12		0.15					
X	2.24	2.31	2.26	2.31	2.29	2.22	2.25	2.26	2.29	2.29	2.27		2.26				2.27	

ピンギャップ測定結果（その2中層）

作成年月日 50年8月5日

	A	B-1	B-2	B-3	B-3	B-3	B-3	B-3	B-3	B-2	B-4	C	Total	Max	Min	R	X	
1 17	2.26 2.20	2.23 2.20	2.31 2.27	2.32 2.30	2.23 2.27	2.19 2.19	2.34 2.36	2.38 2.26	2.32 2.26		2.28 2.23	2.30 2.23	2.21 2.20	27.50 27.00	2.38	2.19	0.19	2.27
2 18	2.25 2.23	2.23 2.18	2.23 2.22	2.34 2.28	2.28 2.24	2.28 2.21	2.34 2.33	2.34 2.30	2.30 2.30		2.32 2.28	2.30 2.20	2.30 2.27	27.51 27.07	2.34	2.18	0.16	2.27
3 19	2.28 2.22	2.26 2.15	2.32 2.28	2.29 2.27	2.35 2.30	2.20 2.18	2.23 2.21	2.30 2.23	2.32 2.28		2.28 2.24	2.35 2.38	2.44 2.38	27.62 26.98	2.44	2.15	0.29	2.28
4 20	2.41 2.16	2.34 2.28	2.44 2.43	2.44 2.40	2.32 2.31	2.32 2.34	2.38 2.38	2.41 2.34	2.36 2.34		2.31 2.27	2.33 2.26	2.28 2.20	28.46 27.80	2.44	2.16	0.28	2.34
5 21	2.74 2.69	2.63 2.54	2.56 2.54	2.58 2.58	2.58 2.55	2.64 2.62	2.59 2.54	2.61 2.60	2.54 2.49		2.66 2.55	2.68 2.62	2.60 2.44	28.83 28.14	2.74	2.44	0.30	2.37
6 22	2.93 2.70	2.69 2.64	2.73 2.66	2.58 2.57	2.58 2.54	2.62 2.60	2.67 2.62	2.69 2.61	2.68 2.62		2.70 2.66	2.70 2.66	2.68 2.61	32.25 31.49	2.93	2.54	0.39	2.66
7 23	2.68 2.64	2.80 2.65	2.72 2.60	2.63 2.60	2.68 2.66	2.60 2.56	2.70 2.64	2.76 2.72	2.68 2.64		2.74 2.65	2.66 2.60	2.86 2.64	32.51 31.60	2.86	2.60	0.26	2.67
8 24	2.83 2.72	2.72 2.70	2.71 2.64	2.74 2.70	2.69 2.65	2.72 2.66	2.69 2.59	2.66 2.60	2.63 2.57		2.65 2.62	2.72 2.69	2.50 2.64	32.26 31.78	2.83	2.57	0.26	2.67
9 25	2.89 2.58	2.58 2.54	2.63 2.60	2.71 2.65	2.66 2.64	2.66 2.65	2.71 2.62	2.56 2.52	2.60 2.57		2.67 2.61	2.71 2.66	2.26 2.47	32.08 31.11	2.89	2.47	0.42	2.63
10 26	2.70 2.56	2.65 2.61	2.61 2.58	2.60 2.50	2.54 2.50	2.60 2.56	2.76 2.71	2.66 2.64	2.60 2.57		2.59 2.55	2.90 2.73	2.76 2.55	31.97 31.06	2.90	2.50	0.40	2.63
11 27	2.65 2.60	2.68 2.62	2.72 2.67	2.78 2.73	2.65 2.56	2.64 2.53	2.62 2.58	2.67 2.63	2.60 2.56		2.77 2.69	2.81 2.68	2.60 2.33	32.19 31.18	2.81	2.33	0.48	2.64
12 28	2.79 2.60	2.84 2.70	2.80 2.68	2.63 2.62	2.72 2.67	2.72 2.64	2.66 2.79	2.80 2.72	2.92 2.83		2.74 2.72	2.96 2.79	2.75 2.66	33.37 32.42	2.96	2.60	0.36	2.74
Total	61.31	60.46	60.95	60.87	60.47	59.88	61.09	61.14	60.58		60.78	61.12	60.07	728.72				
Max	2.89	2.84	2.80	2.78	2.72	2.66	2.80	2.76	2.92		2.77	2.96	2.86		2.81			
Min	2.16	2.15	2.22	2.27	2.24	2.18	2.21	2.23	2.26		2.23	2.20	2.20			2.21		
R	0.73	0.69	0.58	0.51	0.46	0.48	0.59	0.53	0.64		0.54	0.76	0.66					
X	2.55	2.52	2.54	2.54	2.52	2.50	2.55	2.55	2.52		2.53	2.55	2.50					2.53

ピンギャップ測定結果（その3外層）

作成年月日 50年8月5日

	A	B-1	B-2	B-3	B-3	B-3	B-3	B-3	B-3	B-2	B-4	C	Total	Max	Min	R	X	
1 45	2.21 2.15	2.32 2.23	2.24 2.16	2.30 2.29	2.30 2.23	2.19 2.17	2.28 2.27	2.26 2.25	2.26 2.24		2.27 2.24	2.22 2.17	2.26 2.20	27.11 26.60	2.32	2.15	0.17	2.24
2 46	2.44 2.32	2.32 2.28	2.44 2.36	2.37 2.35	2.34 2.31	2.30 2.26	2.35 2.33	2.32 2.32	2.26 2.22		2.20 2.12	2.28 2.20	2.28 2.25	27.90 27.32	2.44	2.12	0.32	2.30
3 47	2.26 2.16	2.20 2.17	2.22 2.19	2.20 2.12	2.14 2.12	2.31 2.13	2.14 2.04	2.22 2.18	2.22 2.12		2.14 2.09	2.10 2.02	2.					

第 5.3.2 表 集合体組立検査

作業者名 チェック1 チェック2  
沢田、松崎、深川

カード区分	
1	2
0	1

集合体組立合										検査日付		作業者No	
テーマNo		工程No		年	月	日							
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
5	3	0	1	3	4	0	5	0	0	7	3	0	6
5	3	0	1	3	4	0	5	0	0	7	3	0	2
													5
													7

集合体組立										部材取付状態		組立	
部材No										上部	下部	状態	
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
													40
									G	O	G	O	G
													O

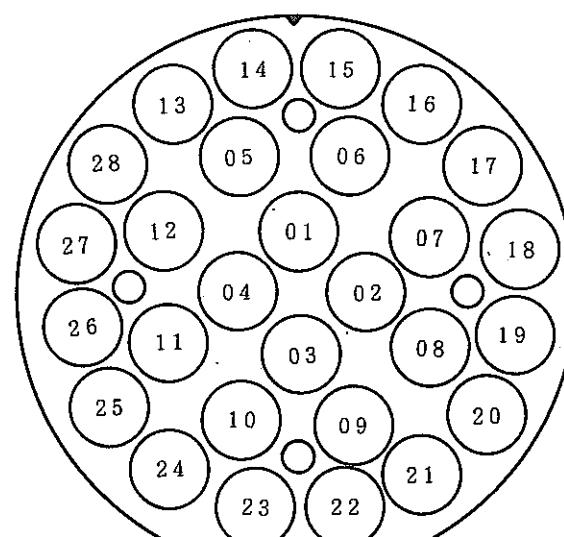
カード区分	ピン位置	ピンNo	外観												総合判定					
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	19
1	2	A	3	4	S	G	0	1												
0	2	A	0	1	S	G	0	5												
0	3	A	0	2	S	G	0	5												
0	4	A	0	3	S	G	0	9												
0	5	A	0	4	S	G	1	5												
0	6	B	0	5	S	G	2	5												
0	7	B	0	6	S	G	2	7												
0	8	B	0	7	S	G	2	8												
0	9	B	0	8	S	G	3	2												
1	0	B	0	9	S	G	2	9												
1	1	B	1	0	S	G	3	4												
1	2	B	1	1	S	G	3	0												
1	3	B	1	2	S	G	3	1												
1	4	C	1	3	S	G	2	1												
1	5	C	1	4	S	G	0	3												
1	6	C	1	5	S	G	1	6												
1	7	C	1	6	S	G	0	6												
1	8	C	1	7	S	G	1	8												
1	9	C	1	8	S	G	0	7												
2	0	C	1	9	S	G	1	1												
2	1	C	2	0	S	G	3	5												
2	2	C	2	1	S	G	0	8												
2	3	C	2	2	S	G	2	0												
2	4	C	2	3	S	G	1	2												
2	5	C	2	4	S	G	2	3												
2	6	C	2	5	S	G	1	3												
2	7	C	2	6	S	G	2	2												
2	8	C	2	7	S	G	1	4												
2	9	C	2	8	S	G	2	4												

後で交換した

カード区分	
1	2
3	1

INNER CLASS FUEL ROD GAP INTERVALS											
B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10	B-11	B-12
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Thickness 1.8 mm											
MIDDLE CLASS FUEL ROD TO FUEL ROD GAP INTERVALS											
B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10	B-11	B-12
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O

MIDDLE CLASS FUEL ROD TO FUEL ROD GAP INTERVALS											
B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10	B-11	B-12
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O



### 第 5.3.3 表 集合体檢查

作業者名	チェック1	チェック2

カ ード 区 分	集 合 体 検 査					検 査 日 付					作 業 者 No.					作 業 者 No.											
			工程No.			年 月 日																					
1	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	1	5	3	0	1		3	4	5	5	0	0	8	0	5	7	1	1	2	2	5						

MEMO  
SGHWR

カード区分		集合体 No.										曲り	ねじれ	全長				総合判定			
規格												$\leq 3\text{mm}$		$\leq 5\text{mm}$		mm					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
0	2							G	0	0	5	2	7	3	9	4	4		G	0	

カード 区分		CLUSTER DIAMETERS 1134 mm																								
		B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10	B-11	B-12													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	6	X	11	14	11	16	11	15	11	15	11	15	11	14	11	15	11	16	11	14	11	14	11	14	11	16
0	7	Y	11	14	11	14	11	16	11	15	11	16	11	15	11	15	11	16	11	16	11	15	11	15	11	14

					總合
B-11					判定
52	53	54	55	56	62 63
3	4	3	9		合
3	4	3	8		格
3	4	3	9		

第5.3.4表 挿入力測定結果（集合体 No SGHWR TYPE D）

作業日 S 5 0.7.29~7.30

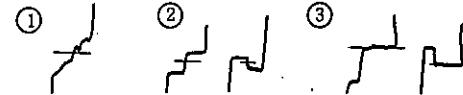
単位 Kg

PiN-No	ビンフィ ダ スピード	層 別	挿入力												特記事項		
			スペーサ位置														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	SG01	内層	3.3	8.0	12.0	16.5	23.0	26.5	32.0	35.0	39.0	45.0	49.7		50.5		
2	05	"	3.7	7.0	11.0	14.5	23.0	30.0	35.0	39.5	42.7	48.7	53.0		54.5		
3	09	"	4.0	7.5	13.0	17.5	24.0	29.5	34.5	37.5	42.5	47.2	50.0		51.5		
4	15	"	4.0	8.7	12.2	17.5	24.0	29.0	34.0	38.0	40.5	45.0	49.0		50.5		
5	25	中間層	4.0	8.0	11.5	17.0	22.0	26.5	32.5	36.5	40.0	45.2	49.5		50.0		
6	27	"	3.0	6.5	7.8	11.8	16.8	20.5	27.0	30.8	35.0	40.0	43.5		44.4		
7	28	"	2.5	5.0	8.0	12.0	15.5	20.0	25.0	28.0	32.0	37.5	41.0		41.5		
8	32	"	3.2	6.8	9.5	14.0	20.0	26.5	30.0	36.0	38.5	44.0	47.0		48.5		
9	29	"	3.5	8.5	13.0	17.0	22.5	27.0	32.0	37.0	41.8	49.0	51.5		52.3		
10	34	"	3.2	7.5	11.0	16.0	20.0	23.0	28.0	31.5	35.0	39.5	42.5		43.5		
11	30	"	2.5	5.2	7.5	11.0	16.5	20.0	23.8	27.5	31.0	34.0	37.0		38.0		
12	31	"	3.5	8.0	11.5	16.5	23.0	28.0	31.5	36.0	38.5	43.5	48.0		48.5		
13	21	外層	5.0	8.5	12.5	20.0	26.0	32.0	40.0	47.0	52.0	61.5	66.5	81.0	測定後、ずれ量(Kg) 0点がずれる 不明		
14	03	"	5.0	10.0	15.5	19.5	16.5	33.0	38.0	42.0	46.5	54.0	59.0	66.5	" +30		
15	16	"	5.0	8.3	12.7	17.7	23.5	29.0	37.0	41.0	46.0	53.0	58.0	64.5	" +50		
16	06	"	4.5	9.0	14.0	19.0	24.0	30.5	37.5	42.0	45.5	53.0	57.5	64.0	" +0.5		
17	18	"	3.5	7.0	11.5	16.0	20.5	27.5	32.0	35.5	40.0	46.0	49.0	52.5	" 0		
18	07	"	4.0	7.5	12.5	16.0	21.5	29.0	35.0	36.7	41.2	47.3	50.0	52.0	" +0.5		
19	11	"	4.0	6.5	12.0	17.0	21.5	25.5	32.5	35.3	40.0	46.5	50.0	54.5	" +0.5		
20	35	"	3.5	6.7	11.8	16.0	21.0	26.0	32.2	36.5	41.0	47.5	49.5	56.0	" +1.0		
21	08	"	4.0	9.0	14.0	20.0	28.0	32.0	39.0	43.0	49.0	57.5	42.5	71.5	" +5.5		
22	20	"	4.0	9.0	13.7	19.0	25.0	31.0	37.5	41.5	44.5	52.0	56.5	62.0	" +0.7		
23	12	"	3.5	8.0	13.5	25.0	32.5	38.0	41.0	45.0	45.0	51.0	56.0	66.0	" +1.0		
24	23	"	3.5	7.7	12.5	17.5	23.2	28.0	35.0	38.3	43.0	50.5	55.0	69.0	" +0.3		
25	13	"	3.0	6.5	9.5	14.5	19.0	22.5	31.0	34.0	37.5	44.0	47.7	51.5	" +0.3		
26	22	"	3.0	6.0	9.5	16.0	24.0	27.5	34.5	39.5	43.5	50.0	54.0	61.3	" 0		
27	14	"	3.0	7.0	10.0	14.5	20.0	25.0	31.0	32.5	37.0	44.0	47.0	51.0	" 0		
28	24	"	3.5	7.0	11.0	15.0	20.5	26.0	33.0	37.0	40.0	46.0	50.0	58.0	" +0.3		

## 備考



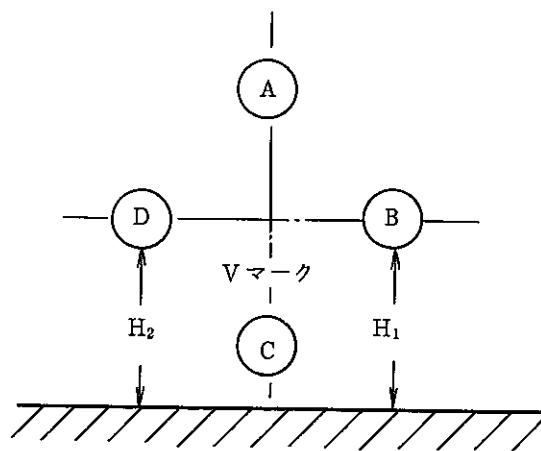
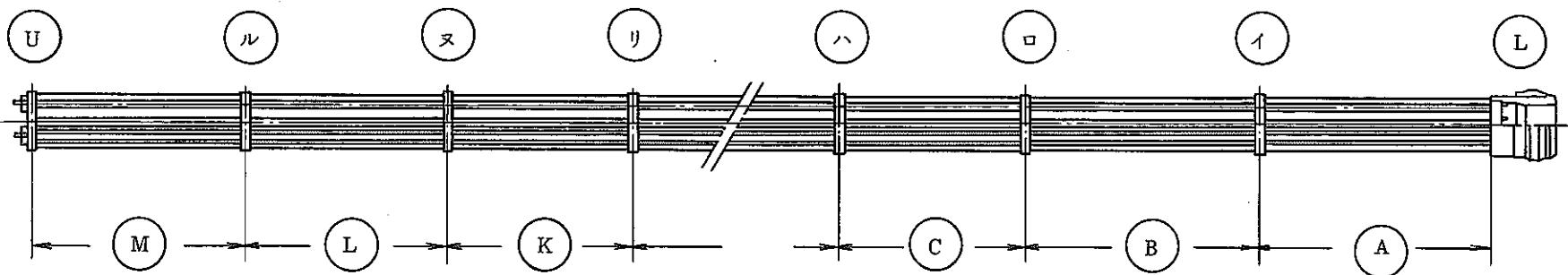
## 2. 続みの規準



## 特記

\* 下部タイプレートへの挿入につっかりがあったと思われる。

第5.3.5表 スケルトン組立記録



(上部タイプレートから見た図)

	スペーサ
イ	0001
ロ	0002
ハ	0003
ニ	0004
ホ	0005
ヘ	0006
ト	0007
チ	0008
リ	0009
ヌ	0010
ル	0011

	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>
A	224.1	224.8
B	224.8	224.5
C	224.7	224.6
D	224.6	224.5
E	224.9	224.5
F	224.0	224.3
G	224.6	224.4
H	224.8	224.2
I	224.6	224.5
K	224.5	224.8
L	224.8	224.6
M	224.7	224.7

第5.3.6表 スペーサ・タイロッド位置

00AA	00BA	00CA	00DA
00AB	00BB	00CB	00DB
00AC	00BC	00CC	00DC
00AD	00BD	00CD	00DD
00AE	00BE	00CE	00DE
00AF	00BF	00CF	00DF
00AG	00BG	00CG	00DG
00AH	00BH	00CH	00DH
00AI	00BI	00CI	00DI
00AK	00BK	00CK	00DK
00AL	00BL	00CL	00DL
00AM	00BM	00CM	00DM

\* タイロッドは「ふげん」のものを使用したがSGHWRは、スペーサが  
11ヶのため 00AJ, 00BJ, 00CJ, 00DJ を除いた。

急に行なう必要があった。まずデータ・シートの作成、データ集積準備を行ない、後の「ふげん」燃料要素の加工・組立にも使用できるようなほぼ完成したシステムが確立された。

また本製造方法は「ふげん」燃料要素の製造方法と同じであるという前提が有ったために、溶接の入熱条件も上部、下部端栓溶接について決定する必要があり、スケジュールがきびしかった。しかしオートクレーブによる溶接部耐食性試験、X線透過検査、取付け角度検査等の検査項目を全て検討した上で溶接の入熱条件が決定され、後の通商産業省の溶接施行試験における引張試験、バースト試験等の結果から未照射の溶接部の強度は十分である事がわかった。

本製造に先立ち、模擬集合体5体の製造を行なった。このために加工、組立の技術は得られたと考えているが、逆に本製造をスケジュールどおり行なうには、これらの模擬集合体の製造を、日程上かなり、急がなければならなかった。

装置関係の問題点は、まず脱ガス溶接機の故障が挙げられる。燃料要素を溶接材の中に自動的に搬入、搬出するローラが故障し、やむを得ず手動ローラによったが、本製造後、抜本的検討がなされ、本装置のメーカーの修理方法では頼りにならず、動燃の設計により修理を行なった。

この他装置関係の問題点は充てん、管口除染、表面除染等に見られたが、それらはすべて本製造中に解決された。

次に製造の品質について述べる。

一番大きな問題は、定尺切断後の被覆管曲がりである。本製造においてはこの被覆管の曲がりが規準値を越える場合には、その場で使用不可としたが、その内訳けは50本加工したのに対して定尺切断後で14本、下部端栓溶接後1本、脱ガス溶接工程後で2本であった。被覆管の取扱い、加工方法に問題がないかを検討するため、このK材被覆管と全く同じ取扱い、加工方法でS材被覆管を約50本加工したところ、基準値を超える曲がりは全く無かった。K材被覆管の曲がりについては今後問題となろう。

また燃料要素の曲がりは照射中に大きくなる事も考えられるが、この場合のピンギャップの検討がまだなされていない。

この他の品質に関する問題点としては①溶接部付近の被覆管内面に炭素の高濃度部分が考えられ、この部分が被覆管内の水素を選択的に吸収する可能性がある事と②集合体の洗浄に疑問が残る事である。

前者の問題点については、溶接部材の洗浄法を本製造と同じに洗浄したものと、さらにアルミナ研磨等で洗浄したものとを溶接し、水酸化ナトリウム法で水素吸収させたところ、確かに本製造法の試験片は水素吸収が多いが、バースト試験等から炉内の安全性は確かめられている。（後に報告の予定）

後者の集合体の清浄度に関する問題点については、集合体に組み立てられる前の燃料要素はアセトンによって洗浄したものの、この時にゴム手袋（チオックス）を着用しており、アセトンによりこのゴム手袋が溶け、逆に燃料要素を汚す事もあり、また集合体に組み立てられた後の燃料要素は

相変らず汚れがあり、集合体の外側をアセトンで湿めらせたガーゼにより再度拭いた。しかし、依然として集合体の水の漏れ性も悪かった。この水の漏れ性は原子炉内で照射中に良くなるが、照射の極初期にはこの水の漏れ性が悪く、この場合には燃料要素表面についていた気泡の離脱が悪くなることから、この気泡のために熱伝達率が悪くなると定性的に考えられるが、未だ実験データがない。

#### <付> 不具合燃料要素解体

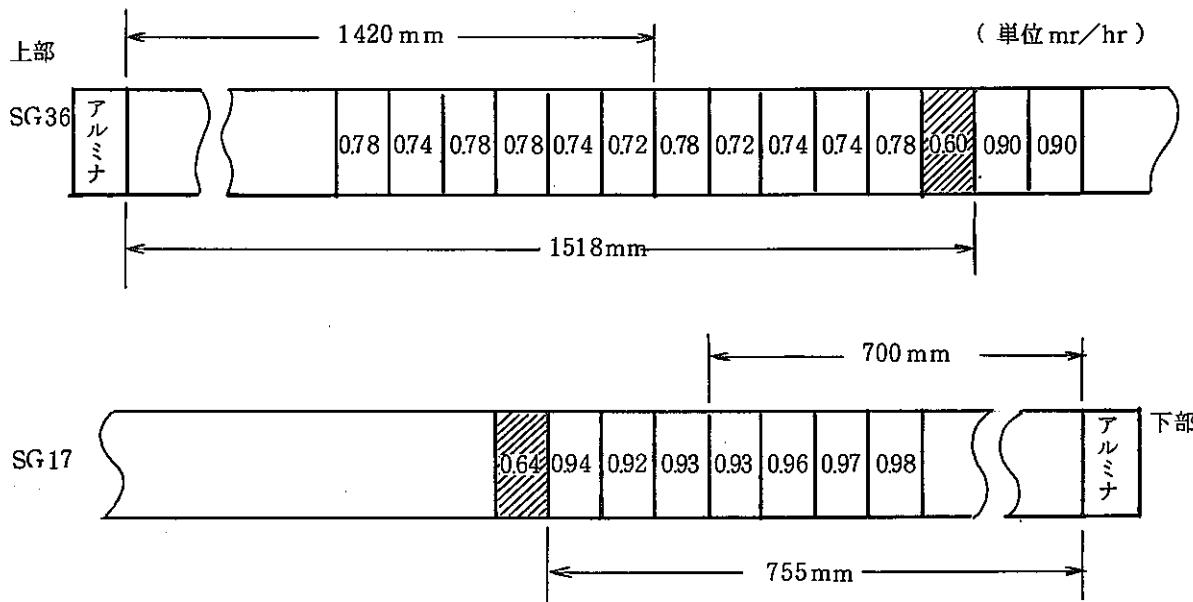
SG17, SG36 の 2 本の燃料要素については レースキャンの異常が発見され不合格となつたため、ピンの解体を行つた。

品質管理課より指摘された不良ペレット混入位置は

SG36 : スタック上部より 1420 mm 付近

SG17 : スタック下部より 700 mm 付近

であり、解体を行い Qutie-pie を用いて指摘された位置付近のペレットの測定を行つた。その結果は次のとおりであった。



\* 製造ロット

SG17 ; AS7-0006

SG36 ; AS7-0007, AS7-0013

図の斜線部分のペレットの Pu fissile の測定を行つたところ、SG-17, SG-36 の両者とも 0.8 % Pu fissile であった。

## 5.5 燃料要素検査

(大 西)

### 5.5.1 下部端栓溶接被覆管の外径測定

下部端栓を溶接し検査を終了した燃料棒の被覆管外径をマイクロメーターで1本について基準点を基に直角2方向45ヶ所測定した。測定法は燃料棒を定盤上に固定し、下部端栓肩の部分から巻尺を張り、定められた測定点についてそれぞれマイクロメーターでX、Yの方向について測定した。測定点および測定値を第5.5.1-1～-28表に示す。また、これらのグラフを付録6に示す。本測定は照射後試験の対応のために行ったものである。

### 5.5.2 ペレット充填および上部端栓溶接後検査

#### (1) ペレット充填

加工工程製造マニュアルに従って充填された35本の燃料棒のPuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>ペレット、スタック長、スタック重量、単位長さ当たりの混合酸化物重量、およびロット番号を第5.5.2表に示す。35本のスタック長の平均：3509.5mm、標準偏差（σ）：2.16mm、変動係数（CV）：0.06%，スタック重量の平均：5865.5g、σ：18.4g、CV：0.23%，単位長さ当たりの混合酸化物重量は平均：1.67g/mm、σ：0.006g/mmであった。これらの値はスタック長さに3510±5mmの規格が有り、調整ペレットにより調整されているので正規分布にならないのでσ、CVの値は取扱いに注意を要する。ちなみにSGHWRに送付された燃料集合体に組込まれた28本の燃料棒のスタッ�長の平均：3509.6mm、σ：2.18mm、スタッ�重量の平均：5865.5g、σ：18.4gであった。

#### (2) 溶接部断面金相試験

上部端栓を溶接するとき、第1端栓と同様に1溶接バッチに対して1本のダミーピンを溶接し、溶接部分の縦断面金相試験を行い、溶接部の溶け込み検査を行った。なお、溶接バッチとは溶接チャンバーに1回に装入され脱ガス、Heガス置換を行った後溶接された燃料棒集団をいう。このSGHWR用燃料棒は35本であったので2バッチに分割して溶接が行われたのでダミーピン溶接が各バッチ毎に行われ、各ダミーピンの縦断面金相試験が行われた。その写真を5.5.1および写真5.5.2に示す。この写真から溶接部の溶け込みは十分であることが確認された。

---

\*<検査グループ>

大西紘一、丸石芳宏、大内 優、安藏侷章、館野久夫、豊田 修、沢田英政、深川節男、大内隆雄、松崎壮晃、中里昌治、矢部保夫

### 5.5.3 ルーズ汚染, フィックス汚染検査

表面汚染測定標準 (ATR・Pu・STD・363・14) に従って燃料棒表面に付着した核物質の汚染度を測定した。各燃料棒についてのルーズ, フィックス汚染による $\alpha$ 線カウント数を第5.4.3表に示す。測定された値は非常に小さい値であるが, これはプルトニウムの使用を開始してから日がまだ浅くボックス内がまだほとんど汚染されていないためと思われる。

### 5.5.4 ヘリウム・リーク検査

ヘリウム・リーク検査標準 (ATR・PU・STD・363・08) およびマニュアルに従って検査を行った。検査結果は第5.5.3表に示すとおりであるが, 検出されたリーク率の数値は検出器系のバックグラウンドとほとんど等しく, 記録された数値は検出限界値を示しているので平均値, 標準偏差等の評価は行わなかった。

### 5.5.5 X線透過試験検査

X線透過試験標準 (ATR・PU・STD 363・09), プレナム長さ検査標準 (ATR・PU・STD・363・10) および検査マニュアルに従って検査を行った。SGHWR用として作られた35本の燃料棒を3バッチに分割してX線溶接部および上・下プレナム部のX線透過写真を撮影し, 判定を行った。その判定に使われたデータ・シートを第5.5.3表に示す。溶接部の欠陥は全数について合格水準にあり, 又プレナム長さも規格内にあった。上部・下部プレナム長さの測定値を5.5.4表に示す。上部プレナム長さの平均: 193.5mm, 標準偏差: 2.26mmであり、下部プレナム長さの平均: 24.6mm, 標準偏差: 0.17mmであり, これらの値はX線写真フィルムから求めたものである。また, 実際にSGHWRに出荷された集合体に組込まれた28本の燃料要素の上部プレナム長さは平均: 193.4mm, 標準偏差: 2.23mmであった。

### 5.5.6 燃料要素外観, 曲り検査

燃料要素を定盤の上に乗せ, 外観検査標準 (ATR・PU・STD・363・11), 寸法重量検査標準 (ATR・PU・363・12) および検査マニュアルに従って検査を行った。検査方法の概要是, 燃料要素を定盤の上に乗せ回転させながら, 溶接部の着色, 傷, ビード巾, 燃料要素全長についての表面清浄度を目視で検査し, 次に燃料要素と定盤の密着性を見て, 0.25mm厚さのシックネス・ゲージが挿入出来るかどうかにより真直度検査を行った。

この検査により, 外観で下部溶接時に問題となった着色の強いもの2本が見い出された。しかし, 表面傷および溶接部の異常は認められなかった。検査結果を第5.5.3表に示す。

### 5.5.7 寸法, 重量検査

寸法・重量検査標準 (ATR・PU・STD・363・12) に従って検査を行った。検査方法の概要是燃料要素を寸法・端栓取付角測定器のローラー上にセットし, つぎたしロッド型内側マイクロ

メーターと比較して肩間長さを測定し、また端栓取付角は、測定用回転治具にセットして電気マイクロメーターで測定する。次に燃料要素重量測定装置（ロードセル使用）に乗せ重量測定した。実測値と平均値、標準偏差を第5.5.4表に示す。端栓取付角度の検査結果は、4本が規格である20分以上ありこれらを不合格としたが、計算法に誤りが発見され、再度計算することにより全数合格となった。また、「ふげん」燃料の規格にはないが、上下端栓に付けたVみぞ間の距離を測定するために端栓の肩からVみぞまでの距離をノギスで測定し、肩間長さから差引くことによりVみぞ間の距離を測定した。この測定も照射後試験との対応で行われたものである。

### 5.5.8 プルトニウム富化度識別

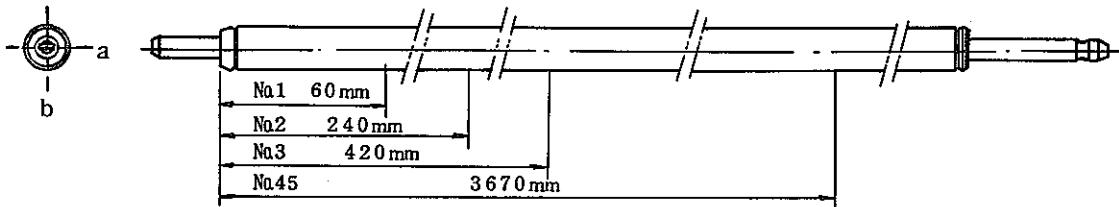
プルトニウム富化度識別標準（ATR・PU・STD・363・13）に従って検査を行った。

$\gamma$ 線の全計数値を第5.5.4表に示す。SG-17, SG-36は燃料要素中央部に異常に $\gamma$ 線量率の低い所が検出されたので再測定をして再現性の確認を行った。これは1.7%Pu fissileのSGHWR用ペレットの中に、工程の先行試験のために製造した0.8%Pu fissileペレットが1個ずつ混入していることがわかった。検査標準ではプルトニウム富化度の測定は $\gamma$ 線の全計数から計算することになっているが、この装置は「ふげん」燃料要素に合わせて製作したので、SGHWR用燃料要素はふげん燃料と比較して短かく、測定開始リレーと終了リレーのセット位置が異なり、手動でセットしたので測定開始位置がバラつき全計数値から富化度を計算することが出来なかったので表中の計数値はあまり意味がない。

### 5.5.9 燃料要素検査まとめ

製造された13ロットのペレットから35本の燃料要素が作られ、各検査工程の不良品の数や不良理由は記したが、全体のデータ第5.5.3表に示すとおりである。ここでこれらの検査結果についてまとめると、燃料要素曲り検査で規格を超えるものが2本発見された。また富化度識別装置による検査では2本の燃料要素から富化度の異っていると思われるペレットが混入していることが発見されたが、これはペレット製造工程で混入したと思われる所以今後「ふげん」燃料製造に際してはロットの管理を十分に行いこのようなことが起こらないようにする必要がある。またこの燃料要素を解体して異常の検出された近辺のペレットを $\gamma$ 線サーベイ・メータによりチェックしたがやはり異常が検出された。

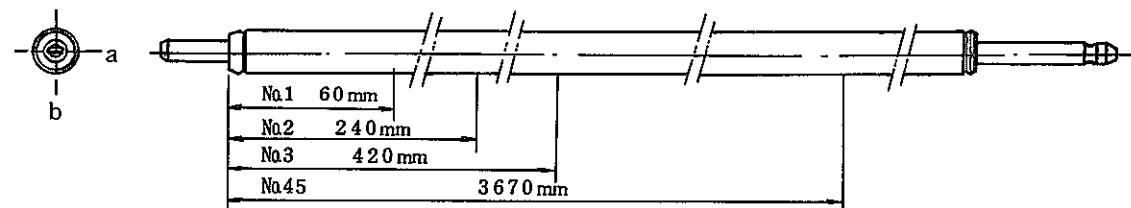
36本の中から第5.5.5表に示した燃料要素28本が選ばれて集合体組立工程に送られた。この中には燃料要素曲りの規格を超えたものが含まれているが、是正委員会によって使用することが決定されたものである。



第 5.5.1-1 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. A-01

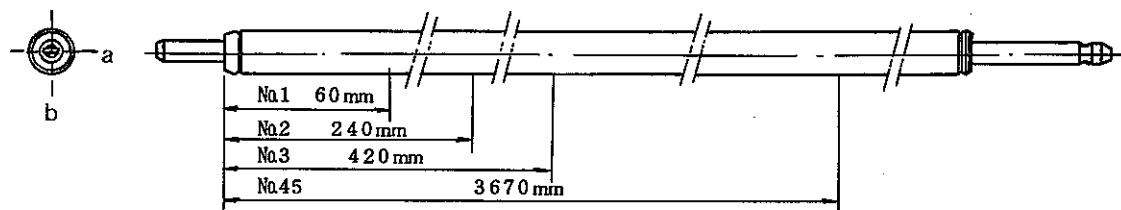
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.434	16.432	23	1960	16.433	16.431
2	240	.434	.434	24	2025	.434	.433
3	420	.432	.435	25	2090	.436	.432
4	525	.433	.435	26	2155	.434	.432
5	630	.434	.438	27	2220	.432	.436
6	735	.437	.430	28	2285	.434	.433
7	840	.434	.425	29	2350	.435	.434
8	925	.435	.431	30	2415	.437	.432
9	1010	.435	.433	31	2480	.435	.434
10	1095	.434	.435	32	2545	.434	.428
11	1180	.432	.433	33	2610	.439	.431
12	1245	.436	.433	34	2675	.437	.429
13	1310	.437	.434	35	2740	.434	.430
14	1375	.435	.431	36	2825	.431	.434
15	1440	.437	.432	37	2910	.433	.433
16	1505	.435	.432	38	2995	.431	.431
17	1570	.435	.433	39	3080	.438	.428
18	1635	.433	.435	40	3170	.436	.432
19	1700	.433	.434	41	3265	.431	.430
20	1765	.436	.434	42	3360	.432	.432
21	1830	.437	.434	43	3450	.430	.431
22	1895	.438	.433	44	3560	.425	.433
				45	3670	.435	.430



第 5.5.1-2 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. A-02

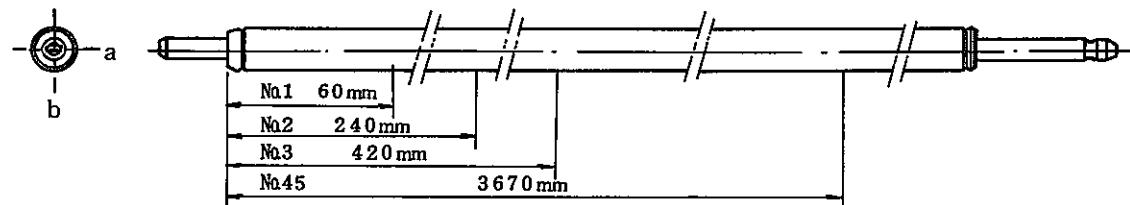
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.437	16.439	23	1960	16.440	16.432
2	240	.440	.434	24	2025	.440	.437
3	420	.443	.433	25	2090	.434	.438
4	525	.443	.437	26	2155	.434	.438
5	630	.440	.434	27	2220	.441	.440
6	735	.436	.433	28	2285	.445	.433
7	840	.438	.433	29	2350	.441	.435
8	925	.438	.434	30	2415	.443	.433
9	1010	.437	.434	31	2480	.437	.437
10	1095	.437	.432	32	2545	.435	.437
11	1180	.441	.430	33	2610	.437	.435
12	1245	.441	.435	34	2675	.435	.436
13	1310	.438	.444	35	2740	.437	.440
14	1375	.442	.434	36	2825	.445	.431
15	1440	.433	.438	37	2910	.443	.432
16	1505	.437	.435	38	2995	.444	.433
17	1570	.440	.432	39	3080	.438	.432
18	1635	.440	.435	40	3170	.437	.435
19	1700	.441	.431	41	3265	.436	.437
20	1765	.438	.443	42	3360	.442	.432
21	1830	.435	.433	43	3450	.438	.435
22	1895	.437	.440	44	3560	.439	.433
				45	3670	.436	.433



第 5.5.1-3 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. A-03

Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.434	16.437	23	1960	16.430	16.441
2	240	.432	.437	24	2025	.436	.435
3	420	.437	.432	25	2090	.436	.439
4	525	.437	.438	26	2155	.437	.437
5	630	.436	.437	27	2220	.437	.437
6	735	.434	.436	28	2285	.442	.435
7	840	.435	.437	29	2350	.434	.431
8	925	.437	.437	30	2415	.433	.441
9	1010	.437	.435	31	2480	.437	.440
10	1095	.438	.434	32	2545	.438	.438
11	1180	.434	.435	33	2610	.441	.438
12	1245	.437	.434	34	2675	.441	.437
13	1310	.438	.435	35	2740	.437	.440
14	1375	.435	.437	36	2825	.436	.439
15	1440	.438	.433	37	2910	.437	.437
16	1505	.435	.436	38	2995	.439	.442
17	1570	.436	.438	39	3080	.441	.436
18	1635	.439	.436	40	3170	.443	.439
19	1700	.437	.436	41	3265	.441	.437
20	1765	.439	.437	42	3360	.442	.437
21	1830	.435	.437	43	3450	.441	.438
22	1895	.440	.439	44	3560	.442	.443
				45	3670	.441	.455

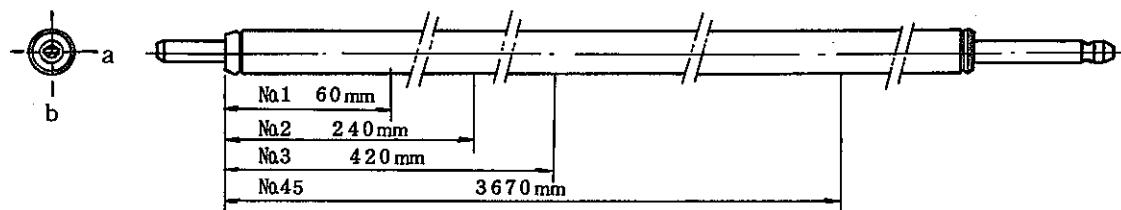


第 5.5.1-4 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. A-04

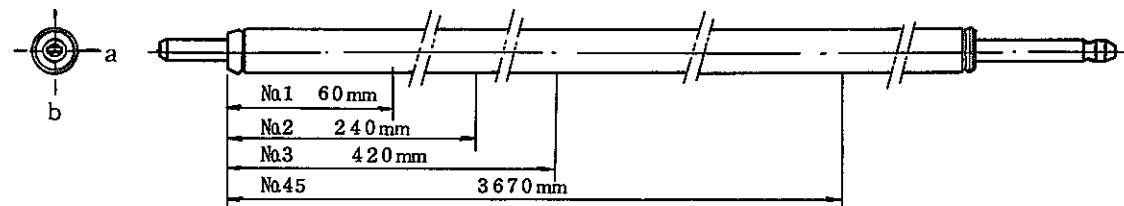
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.427	16.429	23	1960	16.429	16.437
2	240	.433	.420	24	2025	.429	.433
3	420	.436	.427	25	2090	.430	.438
4	525	.429	.431	26	2155	.429	.432
5	630	.426	.433	27	2220	.435	.431
6	735	.431	.425	28	2285	.438	.437
7	840	.434	.425	29	2350	.433	.429
8	925	.432	.428	30	2415	.434	.429
9	1010	.435	.431	31	2480	.437	.430
10	1095	.432	.430	32	2545	.432	.432
11	1180	.430	.432	33	2610	.430	.428
12	1245	.434	.430	34	2675	.423	.434
13	1310	.433	.428	35	2740	.427	.433
14	1375	.434	.434	36	2825	.427	.437
15	1440	.436	.434	37	2910	.430	.435
16	1505	.433	.433	38	2995	.433	.427
17	1570	.431	.433	39	3080	.432	.426
18	1635	.434	.434	40	3170	.428	.428
19	1700	.434	.436	41	3265	.430	.432
20	1765	.433	.433	42	3360	.427	.433
21	1830	.430	.437	43	3450	.428	.435
22	1895	.431	.438	44	3560	.427	.431
				45	3670	.428	.432

第 5.5.1-5 表 燃料要素外径測定結果



Pin No. B-01

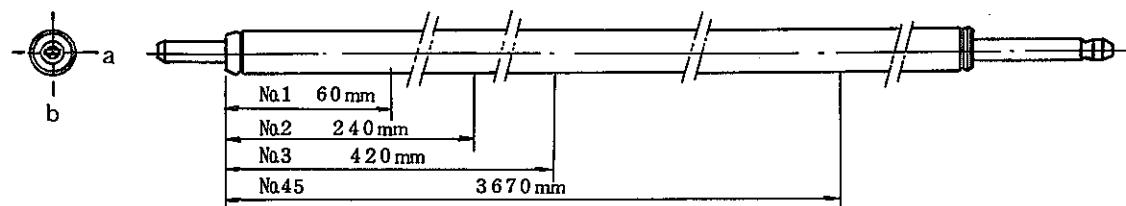
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.432	16.425	23	1960	16.430	16.435
2	240	.433	.424	24	2025	.433	.434
3	420	.422	.427	25	2090	.425	.435
4	525	.423	.430	26	2155	.433	.433
5	630	.434	.430	27	2220	.433	.434
6	735	.430	.427	28	2285	.430	.432
7	840	.425	.430	29	2350	.429	.425
8	925	.427	.430	30	2415	.430	.426
9	1010	.425	.431	31	2480	.430	.434
10	1095	.424	.430	32	2545	.431	.430
11	1180	.428	.429	33	2610	.431	.426
12	1245	.424	.429	34	2675	.425	.434
13	1310	.432	.427	35	2740	.428	.433
14	1375	.430	.426	36	2825	.427	.427
15	1440	.427	.430	37	2910	.420	.430
16	1505	.432	.426	38	2995	.424	.428
17	1570	.428	.427	39	3080	.426	.430
18	1635	.427	.431	40	3170	.427	.428
19	1700	.432	.427	41	3265	.427	.432
20	1765	.431	.430	42	3360	.424	.432
21	1830	.428	.430	43	3450	.426	.433
22	1895	.426	.432	44	3560	.435	.430
				45	3670	.430	.428



第 5.5.1-6 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. B-02

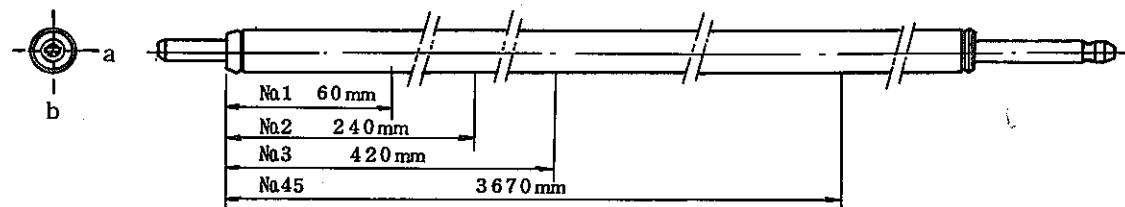
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	.431	.426	23	1960	.427	.430
2	240	.428	.432	24	2025	.430	.427
3	420	.432	.427	25	2090	.433	.429
4	525	.431	.428	26	2155	.429	.430
5	630	.429	.424	27	2220	.432	.434
6	735	.432	.430	28	2285	.429	.431
7	840	.423	.430	29	2350	.428	.432
8	925	.428	.430	30	2415	.432	.426
9	1010	.426	.429	31	2480	.431	.431
10	1095	.428	.427	32	2545	.424	.432
11	1180	.426	.427	33	2610	.428	.427
12	1245	.426	.425	34	2675	.428	.430
13	1310	.430	.432	35	2740	.438	.430
14	1375	.428	.430	36	2825	.429	.424
15	1440	.428	.426	37	2910	.428	.426
16	1505	.436	.424	38	2995	.430	.429
17	1570	.432	.426	39	3080	.427	.428
18	1635	.432	.430	40	3170	.427	.430
19	1700	.430	.429	41	3265	.428	.431
20	1765	.425	.431	42	3360	.431	.431
21	1830	.428	.426	43	3450	.428	.431
22	1895	.428	.428	44	3560	.430	.432
				45	3670	.429	.429



第 5.5.1-7 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. B-03

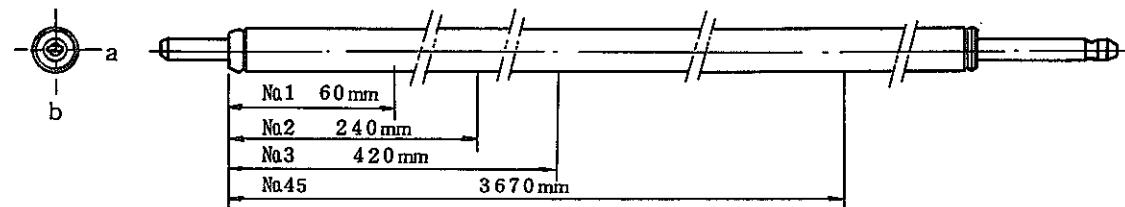
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.425	16.434	23	1960	16.432	16.432
2	240	.433	.428	24	2025	.432	.434
3	420	.433	.430	25	2090	.435	.429
4	525	.434	.432	26	2155	.430	.430
5	630	.428	.432	27	2220	.428	.429
6	735	.432	.436	28	2285	.431	.430
7	840	.433	.430	29	2350	.428	.434
8	925	.432	.428	30	2415	.426	.435
9	1010	.428	.434	31	2480	.429	.433
10	1095	.430	.437	32	2545	.430	.432
11	1180	.431	.434	33	2610	.430	.436
12	1245	.430	.428	34	2675	.426	.435
13	1310	.431	.428	35	2740	.432	.429
14	1375	.432	.428	36	2825	.432	.428
15	1440	.429	.429	37	2910	.434	.430
16	1505	.426	.437	38	2995	.430	.436
17	1570	.428	.434	39	3080	.430	.435
18	1635	.427	.434	40	3170	.431	.432
19	1700	.425	.432	41	3265	.433	.430
20	1765	.426	.435	42	3360	.441	.438
21	1830	.431	.433	43	3450	.434	.439
22	1895	.426	.430	44	3560	.448	.444
				45	3670	.432	.430



第 5.5.1-8 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. B-04

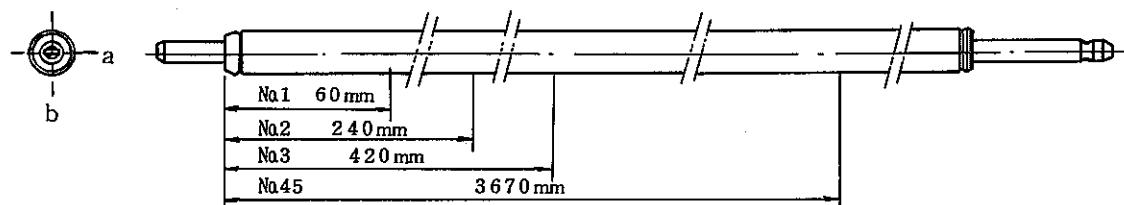
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.426	16.427	23	1960	16.432	16.431
2	240	.429	.425	24	2025	.428	.431
3	420	.431	.427	25	2090	.428	.431
4	525	.431	.427	26	2155	.431	.432
5	630	.425	.433	27	2220	.431	.431
6	735	.429	.428	28	2285	.433	.434
7	840	.437	.431	29	2350	.431	.433
8	925	.438	.431	30	2415	.431	.435
9	1010	.428	.427	31	2480	.427	.434
10	1095	.428	.428	32	2545	.426	.431
11	1180	.428	.426	33	2610	.431	.431
12	1245	.431	.431	34	2675	.431	.432
13	1310	.432	.428	35	2740	.429	.431
14	1375	.430	.432	36	2825	.432	.425
15	1440	.432	.431	37	2910	.431	.431
16	1505	.427	.435	38	2995	.431	.428
17	1570	.426	.431	39	3080	.431	.431
18	1635	.431	.432	40	3170	.430	.431
19	1700	.433	.431	41	3265	.428	.431
20	1765	.432	.435	42	3360	.433	.431
21	1830	.432	.429	43	3450	.431	.431
22	1895	.433	.426	44	3560	.432	.432
				45	3670	.431	.431



第 5.5.1-9 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. B-05

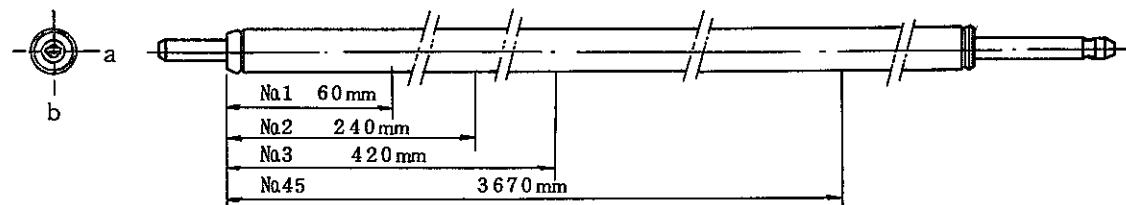
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.426	16.428	23	1960	16.433	16.432
2	240	.441	.433	24	2025	.432	.435
3	420	.433	.433	25	2090	.435	.437
4	525	.432	.437	26	2155	.431	.435
5	630	.431	.434	27	2220	.431	.433
6	735	.435	.432	28	2285	.432	.430
7	840	.431	.435	29	2350	.436	.431
8	925	.429	.429	30	2415	.431	.431
9	1010	.431	.428	31	2480	.432	.432
10	1095	.431	.431	32	2545	.431	.432
11	1180	.432	.431	33	2610	.426	.433
12	1245	.432	.428	34	2675	.431	.430
13	1310	.435	.427	35	2740	.433	.427
14	1375	.435	.431	36	2825	.431	.431
15	1440	.431	.431	37	2910	.428	.427
16	1505	.428	.430	38	2995	.432	.431
17	1570	.426	.432	39	3080	.432	.433
18	1635	.429	.437	40	3170	.431	.432
19	1700	.431	.437	41	3265	.431	.426
20	1765	.434	.433	42	3360	.433	.435
21	1830	.428	.430	43	3450	.431	.428
22	1895	.431	.427	44	3560	.431	.433
				45	3670	.429	.435



第 5.5.1-10 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. B-06

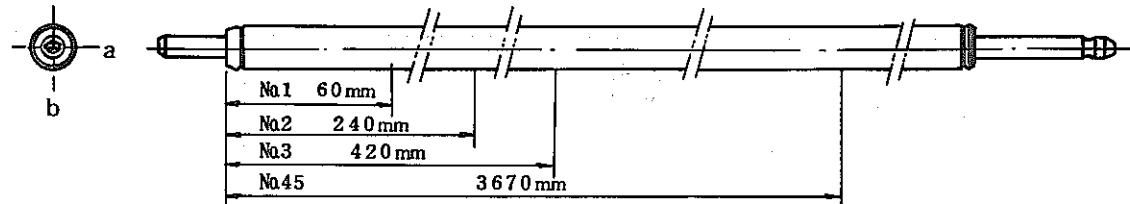
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.431	16.426	23	1960	16.430	16.427
2	240	.427	.425	24	2025	.429	.428
3	420	.432	.428	25	2090	.429	.431
4	525	.428	.428	26	2155	.430	.432
5	630	.426	.425	27	2220	.433	.430
6	735	.428	.428	28	2285	.427	.432
7	840	.426	.426	29	2350	.430	.432
8	925	.427	.428	30	2415	.431	.433
9	1010	.430	.428	31	2480	.432	.432
10	1095	.429	.425	32	2545	.428	.428
11	1180	.432	.426	33	2610	.429	.428
12	1245	.430	.430	34	2675	.430	.426
13	1310	.425	.426	35	2740	.430	.425
14	1375	.428	.430	36	2825	.431	.427
15	1440	.430	.428	37	2910	.430	.427
16	1505	.426	.430	38	2995	.433	.426
17	1570	.428	.426	39	3080	.426	.430
18	1635	.427	.427	40	3170	.434	.428
19	1700	.428	.431	41	3265	.432	.429
20	1765	.428	.432	42	3360	.427	.430
21	1830	.431	.430	43	3450	.430	.435
22	1895	.433	.431	44	3560	.431	.434
				45	3670	.431	.435



第 5.5.1-11 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. B-07

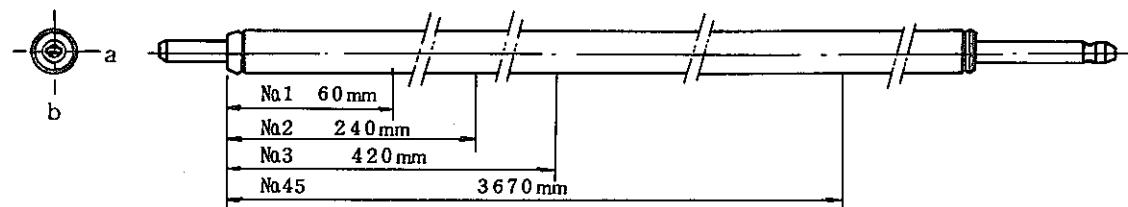
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.432	16.424	23	1960	16.430	16.433
2	240	.431	.430	24	2025	.432	.435
3	420	.432	.430	25	2090	.429	.429
4	525	.432	.427	26	2155	.430	.434
5	630	.429	.426	27	2220	.431	.433
6	735	.435	.429	28	2285	.433	.430
7	840	.431	.425	29	2350	.430	.432
8	925	.432	.435	30	2415	.431	.429
9	1010	.429	.426	31	2480	.433	.426
10	1095	.425	.432	32	2545	.429	.429
11	1180	.428	.433	33	2610	.429	.432
12	1245	.422	.430	34	2675	.430	.429
13	1310	.432	.427	35	2740	.427	.428
14	1375	.434	.429	36	2825	.426	.428
15	1440	.433	.424	37	2910	.432	.426
16	1505	.432	.427	38	2995	.429	.428
17	1570	.430	.430	39	3080	.429	.431
18	1635	.432	.424	40	3170	.428	.430
19	1700	.433	.424	41	3265	.430	.426
20	1765	.428	.430	42	3360	.430	.426
21	1830	.430	.428	43	3450	.428	.423
22	1895	.425	.432	44	3560	.428	.426
				45	3670	.431	.427



第 5.5.1-12 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. B-08

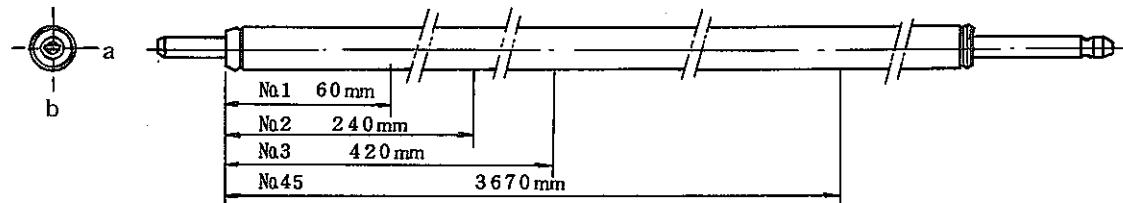
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.422	16.420	23	1960	16.430	16.428
2	240	.423	.422	24	2025	.430	.430
3	420	.424	.422	25	2090	.431	.428
4	525	.432	.416	26	2155	.430	.424
5	630	.428	.422	27	2220	.428	.430
6	735	.428	.420	28	2285	.428	.430
7	840	.420	.430	29	2350	.432	.425
8	925	.421	.430	30	2415	.430	.428
9	1010	.424	.428	31	2480	.422	.428
10	1095	.426	.424	32	2545	.428	.429
11	1180	.428	.423	33	2610	.424	.429
12	1245	.425	.427	34	2675	.428	.423
13	1310	.427	.426	35	2740	.429	.425
14	1375	.426	.429	36	2825	.428	.424
15	1440	.428	.429	37	2910	.429	.427
16	1505	.430	.426	38	2995	.424	.432
17	1570	.428	.425	39	3080	.423	.426
18	1635	.430	.431	40	3170	.428	.423
19	1700	.427	.432	41	3265	.424	.423
20	1765	.426	.430	42	3360	.430	.426
21	1830	.426	.432	43	3450	.422	.429
22	1895	.426	.430	44	3560	.427	.424
				45	3670	.426	.426



第 5.5.1-13 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-01

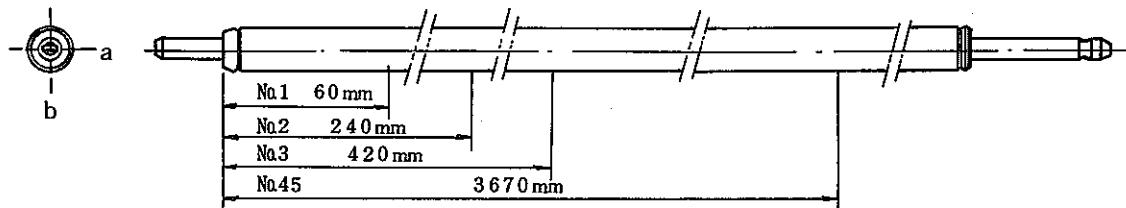
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.434	16.427	23	1960	16.430	16.435
2	240	.430	.427	24	2025	.428	.432
3	420	.427	.426	25	2090	.428	.430
4	525	.426	.428	26	2155	.430	.430
5	630	.430	.425	27	2220	.432	.428
6	735	.426	.425	28	2285	.432	.432
7	840	.426	.427	29	2350	.430	.428
8	925	.428	.428	30	2415	.428	.433
9	1010	.427	.425	31	2480	.426	.435
10	1095	.428	.428	32	2545	.430	.430
11	1180	.430	.424	33	2610	.427	.428
12	1245	.428	.426	34	2675	.435	.432
13	1310	.428	.425	35	2740	.433	.426
14	1375	.429	.430	36	2825	.433	.428
15	1440	.427	.433	37	2910	.430	.428
16	1505	.426	.430	38	2995	.427	.430
17	1570	.431	.428	39	3080	.433	.430
18	1635	.430	.432	40	3170	.434	.428
19	1700	.431	.430	41	3265	.430	.428
20	1765	.432	.432	42	3360	.427	.435
21	1830	.432	.431	43	3450	.429	.430
22	1895	.430	.434	44	3560	.430	.431
				45	3670	.432	.432



第 5.5.1-14 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-02

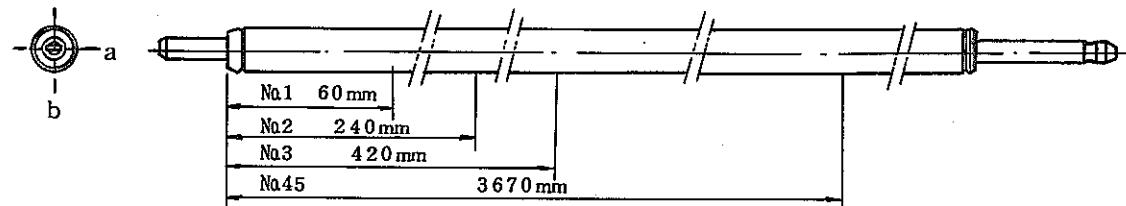
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.443	16.441	23	1960	16.435	16.435
2	240	.443	.440	24	2025	.438	.434
3	420	.437	.434	25	2090	.435	.432
4	525	.443	.436	26	2155	.434	.447
5	630	.437	.439	27	2220	.431	.440
6	735	.443	.432	28	2285	.436	.433
7	840	.435	.442	29	2350	.434	.435
8	925	.436	.436	30	2415	.435	.436
9	1010	.440	.435	31	2480	.436	.436
10	1095	.437	.443	32	2545	.436	.428
11	1180	.437	.438	33	2610	.432	.435
12	1245	.430	.442	34	2675	.433	.440
13	1310	.436	.435	35	2740	.435	.436
14	1375	.437	.440	36	2825	.436	.437
15	1440	.436	.437	37	2910	.434	.435
16	1505	.435	.440	38	2995	.430	.435
17	1570	.431	.448	39	3080	.436	.434
18	1635	.435	.443	40	3170	.433	.435
19	1700	.430	.438	41	3265	.434	.432
20	1765	.434	.436	42	3360	.430	.434
21	1830	.434	.429	43	3450	.440	.432
22	1895	.436	.434	44	3560	.435	.432
				45	3670	.430	.431



第 5.5.1-15 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-03

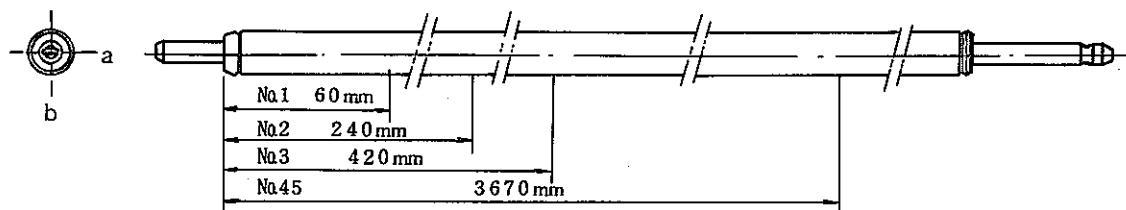
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.429	16.425	23	1960	16.423	16.424
2	240	.428	.422	24	2025	.421	.425
3	420	.433	.425	25	2090	.424	.425
4	525	.428	.425	26	2155	.425	.431
5	630	.427	.426	27	2220	.428	.433
6	735	.436	.427	28	2285	.424	.430
7	840	.428	.422	29	2350	.425	.425
8	925	.429	.423	30	2415	.427	.422
9	1010	.435	.415	31	2480	.429	.427
10	1095	.436	.422	32	2545	.431	.422
11	1180	.432	.421	33	2610	.426	.424
12	1245	.428	.433	34	2675	.425	.430
13	1310	.428	.431	35	2740	.437	.425
14	1375	.427	.435	36	2825	.437	.426
15	1440	.428	.426	37	2910	.422	.423
16	1505	.424	.428	38	2995	.427	.424
17	1570	.427	.428	39	3080	.427	.424
18	1635	.428	.427	40	3170	.423	.427
19	1700	.432	.422	41	3265	.422	.423
20	1765	.432	.423	42	3360	.422	.417
21	1830	.429	.422	43	3450	.429	.428
22	1895	.438	.424	44	3560	.437	.422
				45	3670	.426	.426



第 5.5.1-16 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-04

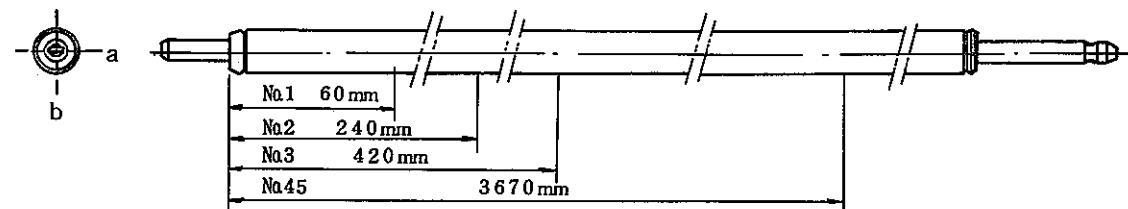
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.435	16.437	23	1960	16.437	16.433
2	240	.436	.427	24	2025	.435	.431
3	420	.438	.427	25	2090	.433	.431
4	525	.433	.433	26	2155	.434	.435
5	630	.430	.433	27	2220	.433	.437
6	735	.433	.424	28	2285	.437	.437
7	840	.433	.437	29	2350	.433	.438
8	925	.432	.431	30	2415	.431	.433
9	1010	.433	.437	31	2480	.435	.429
10	1095	.433	.437	32	2545	.438	.428
11	1180	.434	.438	33	2610	.436	.431
12	1245	.432	.432	34	2675	.438	.432
13	1310	.433	.436	35	2740	.437	.433
14	1375	.437	.438	36	2825	.437	.428
15	1440	.435	.431	37	2910	.436	.435
16	1505	.436	.434	38	2995	.430	.435
17	1570	.432	.431	39	3080	.437	.433
18	1635	.436	.437	40	3170	.439	.428
19	1700	.429	.433	41	3265	.427	.437
20	1765	.433	.437	42	3360	.437	.438
21	1830	.435	.438	43	3450	.437	.433
22	1895	.435	.433	44	3560	.433	.434
				45	3670	.433	.433



第 5.5.1-17 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-05

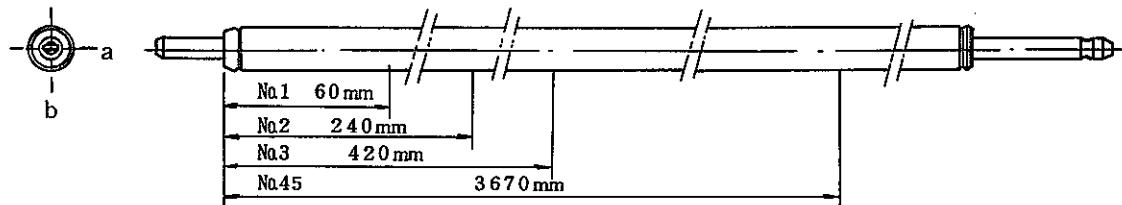
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.434	16.426	23	1960	16.427	16.434
2	240	.428	.428	24	2025	.429	.433
3	420	.425	.432	25	2090	.430	.432
4	525	.437	.428	26	2155	.431	.432
5	630	.430	.426	27	2220	.427	.431
6	735	.432	.425	28	2285	.431	.431
7	840	.427	.426	29	2350	.429	.435
8	925	.425	.432	30	2415	.425	.425
9	1010	.430	.428	31	2480	.423	.434
10	1095	.427	.430	32	2545	.432	.429
11	1180	.428	.429	33	2610	.428	.433
12	1245	.436	.424	34	2675	.433	.431
13	1310	.429	.432	35	2740	.436	.428
14	1375	.430	.426	36	2825	.434	.424
15	1440	.432	.428	37	2910	.430	.426
16	1505	.426	.434	38	2995	.429	.429
17	1570	.431	.433	39	3080	.424	.427
18	1635	.437	.428	40	3170	.424	.431
19	1700	.432	.432	41	3265	.426	.429
20	1765	.430	.427	42	3360	.433	.430
21	1830	.430	.436	43	3450	.426	.426
22	1895	.424	.437	44	3560	.426	.430
				45	3670	.430	.436



第 5.5.1-18 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-06

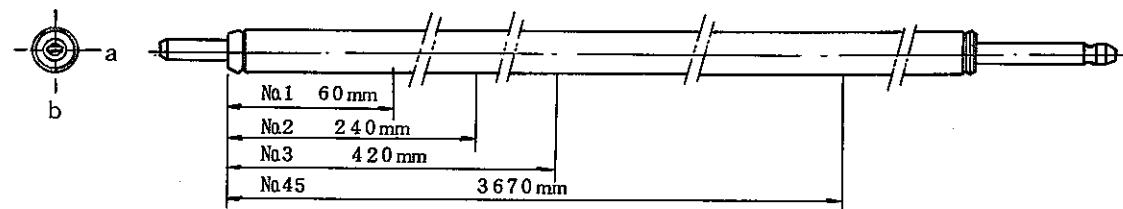
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.426	16.426	23	1960	16.435	16.435
2	240	.432	.435	24	2025	.435	.432
3	420	.432	.432	25	2090	.437	.432
4	525	.434	.432	26	2155	.432	.433
5	630	.432	.432	27	2220	.431	.432
6	735	.432	.433	28	2285	.429	.432
7	840	.434	.433	29	2350	.434	.433
8	925	.433	.432	30	2415	.437	.433
9	1010	.433	.433	31	2480	.432	.433
10	1095	.432	.432	32	2545	.436	.432
11	1180	.432	.432	33	2610	.432	.432
12	1245	.436	.433	34	2675	.432	.433
13	1310	.436	.435	35	2740	.432	.432
14	1375	.431	.435	36	2825	.434	.432
15	1440	.435	.433	37	2910	.436	.434
16	1505	.433	.432	38	2995	.436	.433
17	1570	.433	.431	39	3080	.431	.431
18	1635	.434	.434	40	3170	.432	.431
19	1700	.434	.431	41	3265	.431	.432
20	1765	.434	.438	42	3360	.436	.432
21	1830	.432	.436	43	3450	.436	.434
22	1895	.433	.433	44	3560	.437	.431
				45	3670	.432	.431



第 5.5.1-19 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-07

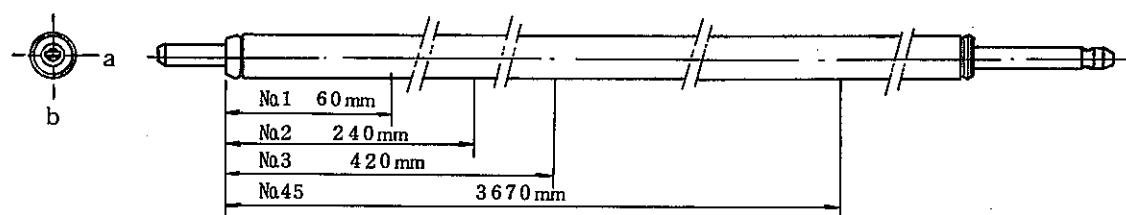
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.430	16.440	23	1960	16.440	16.432
2	240	.432	.437	24	2025	.438	.440
3	420	.438	.434	25	2090	.437	.434
4	525	.437	.433	26	2155	.435	.440
5	630	.435	.432	27	2220	.432	.440
6	735	.435	.438	28	2285	.436	.436
7	840	.440	.436	29	2350	.441	.433
8	925	.438	.436	30	2415	.439	.439
9	1010	.440	.431	31	2480	.437	.440
10	1095	.441	.434	32	2545	.439	.434
11	1180	.438	.438	33	2610	.437	.433
12	1245	.440	.439	34	2675	.437	.440
13	1310	.438	.437	35	2740	.438	.438
14	1375	.436	.438	36	2825	.435	.440
15	1440	.433	.441	37	2910	.437	.440
16	1505	.439	.438	38	2995	.438	.439
17	1570	.439	.438	39	3080	.435	.441
18	1635	.437	.440	40	3170	.432	.440
19	1700	.439	.434	41	3265	.439	.430
20	1765	.441	.433	42	3360	.438	.436
21	1830	.440	.432	43	3450	.437	.437
22	1895	.442	.435	44	3560	.435	.434
				45	3670	.441	.432



第 5.5.1-20 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-08

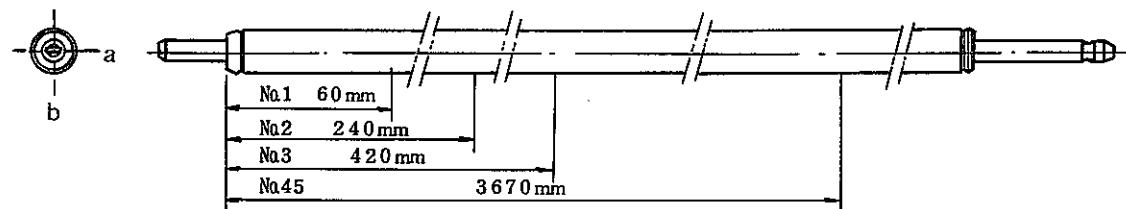
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.417	16.424	23	1960	16.426	16.425
2	240	.425	.423	24	2025	.420	.428
3	420	.424	.424	25	2090	.423	.427
4	525	.424	.425	26	2155	.425	.430
5	630	.423	.425	27	2220	.424	.428
6	735	.420	.426	28	2285	.424	.427
7	840	.424	.423	29	2350	.425	.424
8	925	.423	.427	30	2415	.423	.423
9	1010	.422	.425	31	2480	.424	.427
10	1095	.426	.426	32	2545	.420	.428
11	1180	.426	.422	33	2610	.421	.427
12	1245	.432	.421	34	2675	.425	.423
13	1310	.423	.420	35	2740	.420	.427
14	1375	.426	.424	36	2825	.423	.424
15	1440	.424	.423	37	2910	.424	.430
16	1505	.423	.426	38	2995	.427	.430
17	1570	.428	.428	39	3080	.424	.429
18	1635	.421	.426	40	3170	.424	.430
19	1700	.425	.424	41	3265	.426	.431
20	1765	.424	.424	42	3360	.426	.430
21	1830	.424	.425	43	3450	.423	.427
22	1895	.425	.423	44	3560	.425	.429
				45	3670	.433	.427



第 5.5.1-21 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-09

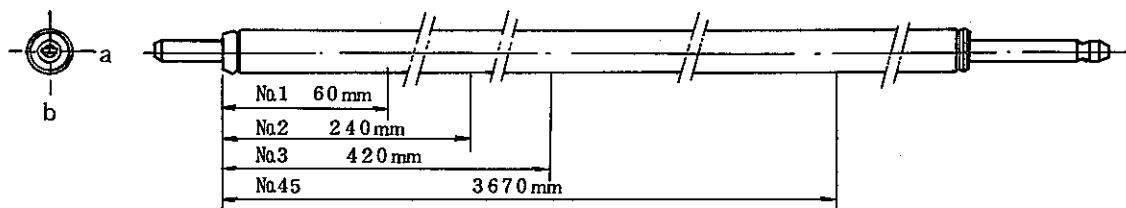
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.433	16.433	23	1960	16.435	16.434
2	240	.434	.433	24	2025	.433	.434
3	420	.432	.435	25	2090	.433	.434
4	525	.431	.436	26	2155	.435	.435
5	630	.432	.435	27	2220	.437	.438
6	735	.434	.429	28	2285	.432	.433
7	840	.433	.430	29	2350	.434	.431
8	925	.432	.433	30	2415	.435	.430
9	1010	.434	.438	31	2480	.436	.433
10	1095	.430	.440	32	2545	.436	.430
11	1180	.432	.433	33	2610	.434	.435
12	1245	.434	.430	34	2675	.433	.436
13	1310	.438	.429	35	2740	.427	.436
14	1375	.433	.435	36	2825	.430	.432
15	1440	.434	.436	37	2910	.433	.429
16	1505	.436	.431	38	2995	.436	.430
17	1570	.431	.433	39	3080	.434	.433
18	1635	.436	.435	40	3170	.431	.434
19	1700	.432	.432	41	3265	.436	.430
20	1765	.435	.434	42	3360	.431	.435
21	1830	.436	.434	43	3450	.426	.438
22	1895	.433	.435	44	3560	.434	.434
				45	3670	.435	.433



第 5.5.1-22 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-10

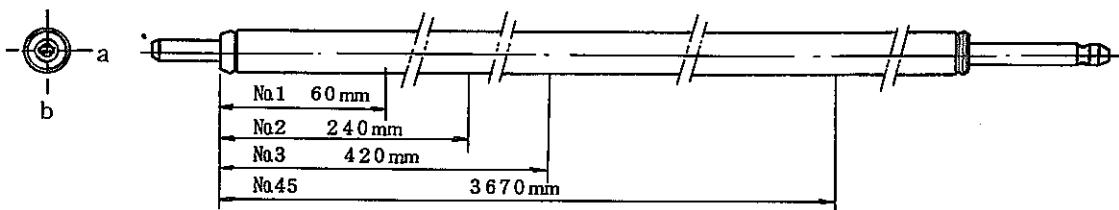
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.431	16.427	23	1960	16.427	16.431
2	240	.440	.431	24	2025	.426	.431
3	420	.436	.420	25	2090	.432	.431
4	525	.428	.427	26	2155	.433	.426
5	630	.428	.424	27	2220	.434	.427
6	735	.430	.425	28	2285	.431	.430
7	840	.427	.429	29	2350	.430	.426
8	925	.427	.424	30	2415	.424	.434
9	1010	.429	.426	31	2480	.430	.432
10	1095	.427	.428	32	2545	.431	.437
11	1180	.427	.428	33	2610	.432	.427
12	1245	.428	.425	34	2675	.429	.434
13	1310	.428	.429	35	2740	.430	.434
14	1375	.427	.434	36	2825	.433	.430
15	1440	.426	.428	37	2910	.434	.428
16	1505	.430	.431	38	2995	.433	.432
17	1570	.428	.425	39	3080	.431	.434
18	1635	.431	.426	40	3170	.428	.430
19	1700	.436	.427	41	3265	.430	.436
20	1765	.430	.425	42	3360	.431	.434
21	1830	.434	.426	43	3450	.434	.433
22	1895	.433	.431	44	3560	.434	.433
				45	3670	.431	.438



第 5.5.1-23 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-11

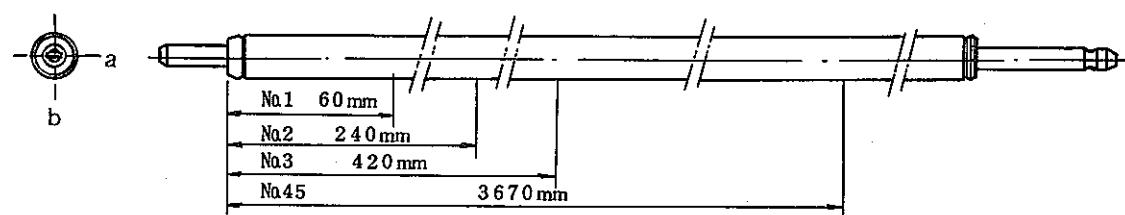
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.432	16.433	23	1960	16.434	16.436
2	240	.432	.432	24	2025	.441	.433
3	420	.433	.432	25	2090	.434	.434
4	525	.433	.437	26	2155	.434	.432
5	630	.434	.434	27	2220	.432	.431
6	735	.434	.432	28	2285	.433	.433
7	840	.434	.435	29	2350	.433	.431
8	925	.435	.431	30	2415	.432	.431
9	1010	.441	.433	31	2480	.432	.438
10	1095	.435	.434	32	2545	.436	.434
11	1180	.442	.434	33	2610	.441	.434
12	1245	.441	.430	34	2675	.434	.433
13	1310	.445	.434	35	2740	.436	.432
14	1375	.437	.435	36	2825	.441	.437
15	1440	.441	.438	37	2910	.442	.433
16	1505	.441	.435	38	2995	.432	.433
17	1570	.438	.432	39	3080	.442	.435
18	1635	.437	.436	40	3170	.432	.435
19	1700	.434	.436	41	3265	.431	.432
20	1765	.435	.432	42	3360	.435	.431
21	1830	.441	.433	43	3450	.431	.431
22	1895	.436	.435	44	3560	.433	.433
				45	3670	.430	.432



第 5.5.1-24 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-12

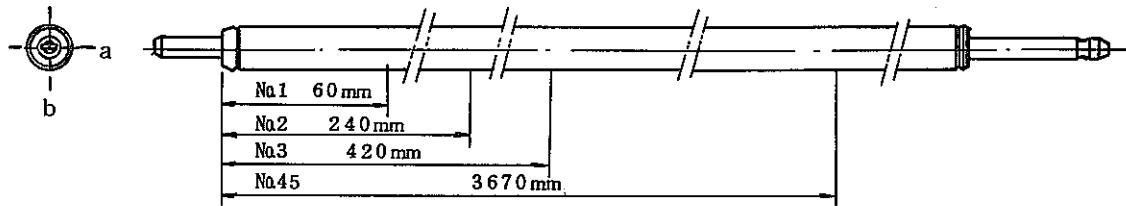
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.422	16.433	23	1960	16.430	16.426
2	240	.424	.427	24	2025	.429	.423
3	420	.432	.426	25	2090	.426	.426
4	525	.434	.424	26	2155	.423	.426
5	630	.428	.423	27	2220	.426	.426
6	735	.421	.430	28	2285	.427	.425
7	840	.423	.432	29	2350	.424	.424
8	925	.426	.427	30	2415	.428	.422
9	1010	.429	.429	31	2480	.427	.422
10	1095	.426	.432	32	2545	.422	.426
11	1180	.426	.428	33	2610	.422	.430
12	1245	.427	.429	34	2675	.423	.428
13	1310	.425	.427	35	2740	.421	.430
14	1375	.432	.423	36	2825	.422	.425
15	1440	.426	.422	37	2910	.428	.422
16	1505	.426	.424	38	2995	.428	.420
17	1570	.422	.426	39	3080	.423	.423
18	1635	.422	.428	40	3170	.422	.423
19	1700	.416	.433	41	3265	.420	.429
20	1765	.424	.433	42	3360	.427	.424
21	1830	.430	.427	43	3450	.427	.422
22	1895	.433	.426	44	3560	.422	.426
				45	3670	.420	.426



第 5.5.1-25 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-13

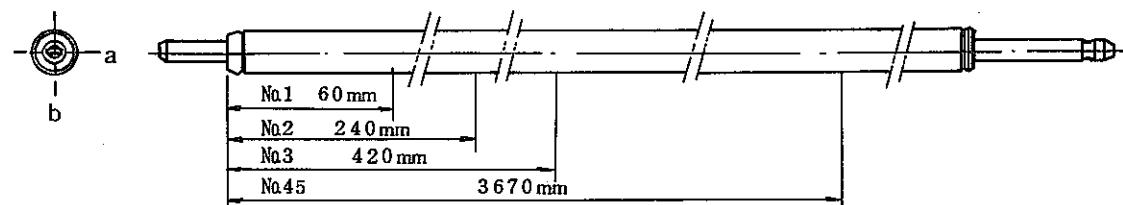
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.436	16.430	23	1960	16.436	16.436
2	240	.434	.431	24	2025	.435	.435
3	420	.430	.434	25	2090	.439	.435
4	525	.432	.435	26	2155	.438	.433
5	630	.434	.428	27	2220	.438	.432
6	735	.436	.436	28	2285	.434	.431
7	840	.430	.434	29	2350	.434	.439
8	925	.433	.437	30	2415	.430	.440
9	1010	.457	.410	31	2480	.435	.437
10	1095	.434	.432	32	2545	.436	.431
11	1180	.436	.436	33	2610	.437	.429
12	1245	.440	.436	34	2675	.433	.432
13	1310	.431	.431	35	2740	.430	.433
14	1375	.431	.436	36	2825	.429	.436
15	1440	.434	.437	37	2910	.435	.440
16	1505	.436	.434	38	2995	.434	.437
17	1570	.434	.433	39	3080	.437	.437
18	1635	.436	.430	40	3170	.438	.428
19	1700	.436	.428	41	3265	.444	.434
20	1765	.440	.433	42	3360	.440	.436
21	1830	.432	.439	43	3450	.434	.434
22	1895	.433	.437	44	3560	.440	.432
				45	3670	.436	.434



第 5.5.1-26 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-14

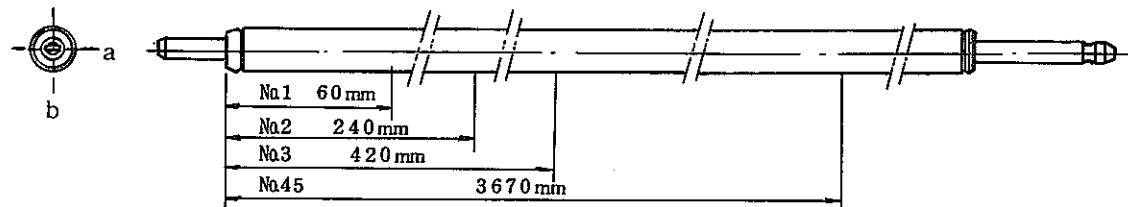
Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.435	16.444	23	1960	16.431	16.434
2	240	.435	.438	24	2025	.431	.428
3	420	.432	.435	25	2090	.435	.433
4	525	.430	.439	26	2155	.429	.433
5	630	.428	.432	27	2220	.429	.429
6	735	.424	.423	28	2285	.436	.430
7	840	.436	.430	29	2350	.428	.434
8	925	.432	.434	30	2415	.427	.427
9	1010	.433	.431	31	2480	.435	.430
10	1095	.436	.432	32	2545	.429	.433
11	1180	.437	.427	33	2610	.427	.428
12	1245	.436	.434	34	2675	.428	.426
13	1310	.432	.434	35	2740	.432	.428
14	1375	.431	.430	36	2825	.433	.438
15	1440	.430	.434	37	2910	.434	.430
16	1505	.430	.434	38	2995	.432	.427
17	1570	.430	.431	39	3080	.432	.424
18	1635	.430	.430	40	3170	.426	.428
19	1700	.425	.431	41	3265	.424	.432
20	1765	.434	.437	42	3360	.431	.430
21	1830	.437	.432	43	3450	.427	.429
22	1895	.434	.430	44	3560	.432	.424
				45	3670	.429	.429



第 5.5.1-27 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-15

Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.428	16.428	23	1960	16.432	16.435
2	240	.430	.428	24	2025	.434	.431
3	420	.427	.431	25	2090	.434	.436
4	525	.434	.430	26	2155	.434	.431
5	630	.433	.431	27	2220	.436	.430
6	735	.434	.430	28	2285	.432	.434
7	840	.434	.433	29	2350	.423	.436
8	925	.431	.434	30	2415	.434	.434
9	1010	.438	.436	31	2480	.430	.431
10	1095	.432	.435	32	2545	.431	.431
11	1180	.430	.434	33	2610	.437	.434
12	1245	.434	.428	34	2675	.436	.424
13	1310	.433	.433	35	2740	.436	.428
14	1375	.426	.436	36	2825	.432	.434
15	1440	.432	.436	37	2910	.436	.434
16	1505	.436	.431	38	2995	.434	.430
17	1570	.434	.433	39	3080	.428	.431
18	1635	.435	.433	40	3170	.432	.432
19	1700	.434	.428	41	3265	.430	.434
20	1765	.440	.431	42	3360	.428	.434
21	1830	.431	.430	43	3450	.430	.428
22	1895	.428	.434	44	3560	.430	.425
				45	3670	.436	



第 5.5.1-28 表 燃料要素外径測定結果

Pin No. C-16

Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)	Measurement Point No.	Measurement Point from Bottom Shoulder (mm)	Diameter (a) (mm)	Diameter (b) (mm)
1	60	16.432	16.433	23	1960	16.431	16.433
2	240	.432	.427	24	2025	.431	.428
3	420	.434	.428	25	2090	.433	.425
4	525	.431	.430	26	2155	.436	.427
5	630	.427	.434	27	2220	.430	.425
6	735	.431	.431	28	2285	.426	.434
7	840	.430	.425	29	2350	.428	.427
8	925	.432	.430	30	2415	.430	.426
9	1010	.428	.437	31	2480	.432	.428
10	1095	.430	.436	32	2545	.428	.430
11	1180	.432	.428	33	2610	.435	.426
12	1245	.435	.428	34	2675	.437	.427
13	1310	.438	.428	35	2740	.435	.426
14	1375	.435	.434	36	2825	.431	.430
15	1440	.425	.436	37	2910	.428	.430
16	1505	.430	.433	38	2995	.430	.432
17	1570	.429	.434	39	3080	.430	.434
18	1635	.428	.433	40	3170	.427	.428
19	1700	.432	.432	41	3265	.433	.422
20	1765	.432	.432	42	3360	.430	.432
21	1830	.431	.431	43	3450	.428	.433
22	1895	.434	.432	44	3560	.433	.428
				45	3670	.428	.421

第 5.5.2 表 ペレット充填結果

燃料棒番号	スタック長さ(mm)	スタック重量(g)	単位長さ当たりの PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> (g/mm)	コア-ペレット ロット No	調整ペレット ロット No
SG - 01	3510.56	5863.09	1.67	AS 7 - 0001	
SG - 03	3513.98	5863.30	1.67	AS 7 - 0001	
SG - 04	3513.57	5861.01	1.67		
SG - 05	3508.95	5854.49	1.67	AS 7 - 0002	
SG - 06	3509.26	5845.44	1.67	AS 7 - 0002	
SG - 07	3510.74	5857.06	1.67	AS 7 - 0002	
SG - 08	3506.61	5879.37	1.68	AS 7 - 0004	
SG - 09	3506.97	5882.88	1.68	AS 7 - 0004	
SG - 10	3511.37	5855.74	1.67		
SG - 11	3511.31	5880.78	1.67	AS 7 - 0004	AS7-0013(1)
SG - 12	3513.35	5881.39	1.67	AS 7 - 0005	AS7-0013(1)
SG - 13	3507.92	5856.00	1.67	AS 7 - 0005	AS7-0013(1)
SG - 14	3513.41	5873.31	1.67	AS 7 - 0005	AS7-0013(1)
SG - 15	3509.58	5858.19	1.67	AS 7 - 0006	AS7-0013(1)
SG - 16	3507.23	5851.77	1.67	AS 7 - 0006	AS7-0013(1)
SG - 17	3507.94	5861.87	1.67		
SG - 18	3509.29	5833.03	1.66	AS 7 - 0007	
SG - 19	3508.88	5834.72	1.66		
SG - 20	3509.61	5848.50	1.67	AS 7 - 0008	AS7-0013(1)
SG - 21	3508.93	5842.83	1.67	AS 7 - 0008	AS7-0013(1)
SG - 22	3506.13	5836.92	1.66	AS 7 - 0008	AS7-0013(1)
SG - 23	3507.22	5844.74	1.67	AS 7 - 0009	AS7-0013(1)
SG - 24	3507.53	5844.04	1.67	AS 7 - 0009	AS7-0013(1)
SG - 25	3512.63	5897.88	1.68	AS 7 - 0010	AS7-0013(3)
SG - 26	3508.74	5896.36	1.63		
SG - 27	3512.00	5898.66	1.68	AS 7 - 0011	
SG - 28	3509.42	5873.88	1.68	AS 7 - 0012	AS7-0013(2)
SG - 29	3509.01	5881.40	1.68	AS 7 - 0012	AS7-0013(2)
SG - 30	3509.58	5881.11	1.68	AS 7 - 0012	
SG - 31	3511.24	5886.15	1.68	AS 7 - 0012	AS7-0013(2)
SG - 32	3509.71	5874.71	1.67	AS 7 - 0013	AS7-0013(1)
SG - 33	3507.79	5876.73	1.68		
SG - 34	3509.78	5884.80	1.68	AS 7-0005 AS7-0011	AS7-0013(1)
SG - 35	3506.41	5871.23	1.67	AS 7-0006 AS7-0011	AS7-0013(1)
SG - 36	3507.43	5850.93	1.67		( ) 内は調整 ペレット使用個 数
燃料要素数	35	35	35		
最小値(A)	3506.18	5833.03	1.66		
最大値(B)	3513.98	5898.66	1.68		
(B) - (A)	7.80	65.63	0.02		
平均 値	3509.546	5865.498	0.672		
V <sub>o</sub>	4.675	339.45	0.000036		
$\sqrt{V_o}$	2.16	13.4	0.006		
C,V	0.0615 %	0.229 %	0.357 %		

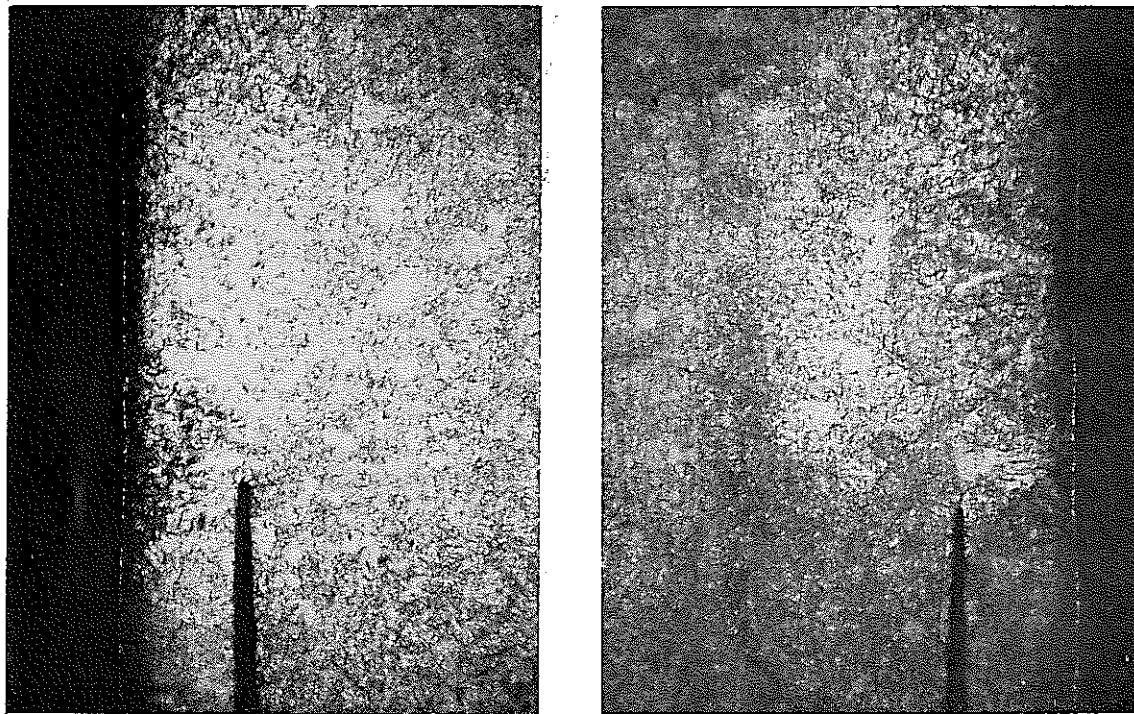


写真 5.5.1 上部端栓溶接部金相写真（88）（7月17日溶接）

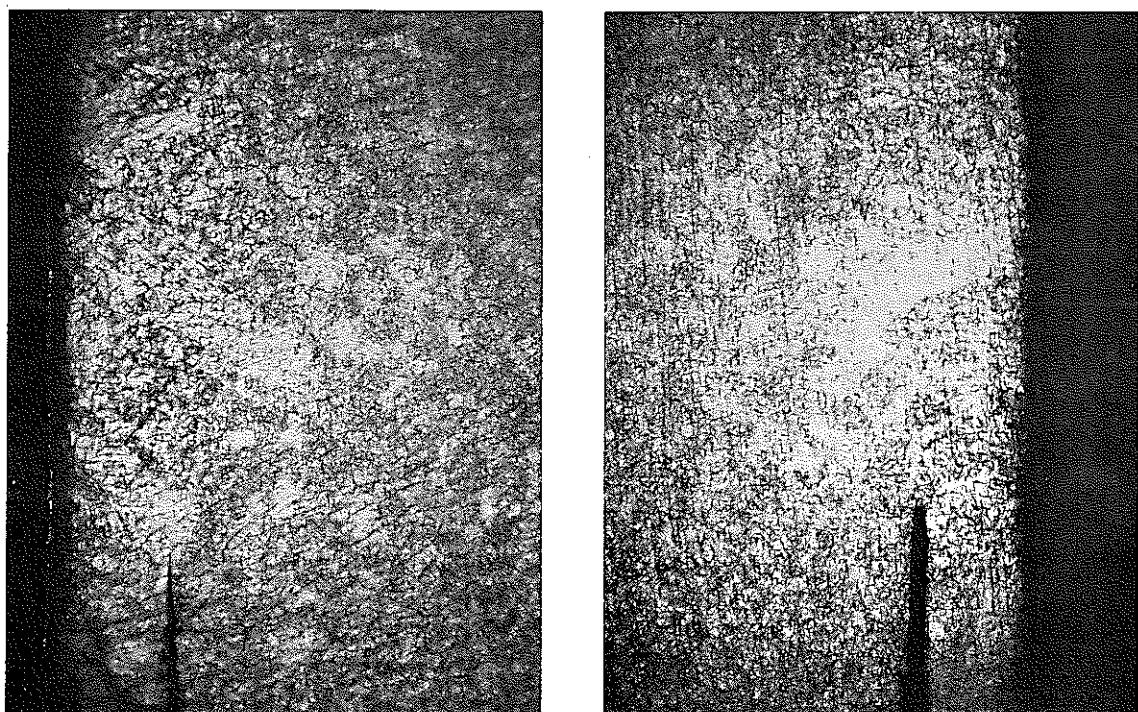


写真 5.5.2 上部端栓溶接部金相写真（89）（7月17日溶接）

## 第 5.5.3 燃料要素検査結果(1)

ピン No.	汚染検査		ヘリウム リーク atm×10 <sup>-3</sup> cc/sec	X線検査		外観検査 寸法	総合判定	組込位置	
	ルーズ cpm	ツックス cpm		X	Y				
SG-01	0	0	0.33	AAAA	AAAA	SGHWR01-36	GO	GO	内層
SG-03	1	0	0.22	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	外層
SG-04	0	0	0.22	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	
SG-05	0	0	0.22	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	内層
SG-06	0	1	0.22	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	外層
SG-07	0	3	0.20	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	GO	外層
SG-08	0	1	0.20	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	GO	外層
SG-09	0	0	0.20	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	GO	内層
SG-10	1	1	0.20	ABAA	ABAA	" 07-33	GO	GO	
SG-11	0	1	0.23	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	GO	外層
SG-12	0	1	0.23	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	GO	外層
SG-13	0	0	0.23	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	GO	外層
SG-14	1	0	0.23	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	GO	外層
SG-15	0	0	0.19	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	内層
SG-16	0	0	0.17	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	GO	外層
SG-17	0	0	0.17	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	GO	NO
SG-18	0	28	0.17	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	GO	外層
SG-19	0	0	0.17	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	NO	NO
SG-20	0	0	0.15	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	GO	外層
SG-21	0	0	0.15	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	GO	外層
SG-22	0	0	0.15	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	GO	外層
SG-23	0	0	0.15	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	GO	外層
SG-24	0	0	0.14	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	GO	外層
SG-25	0	0	0.14	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	GO	中層
SG-26	0	1	0.14	AAAA	AAAA	" 16-26	GO	GO	
SG-27	0	1	0.19	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	中層
SG-28	1	0	0.19	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	中層
SG-29	1	5	0.19	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	中層
SG-30	0	0	0.41	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	GO	中層
SG-31	0	0	0.41	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	GO	中層
SG-32	0	0	0.41	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	GO	中層
SG-33	0	0	0.41	AAAA	AAAA	" 07-33	GO	NO	NO
SG-34	0	1	0.33	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	中層
SG-35	1	0	0.33	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	外層
SG-36	0	0	0.33	AAAA	AAAA	" 01-36	GO	GO	NO

計数率 計数率  
23% 24%

溶肉割  
け厚れ  
込保判ホ  
み証定ル  
判定白  
点

同

左

右

点

第5.5.4表 燃料要素検査結果(2)

燃料棒番号	肩間長さ(mm)	V溝間長さ(mm)	燃料棒重量(g)	取付角(分)	上部プレナム長(mm)	下部プレナム長(mm)	アースキャシカウント数
SG - 01	3785.0	3777.0	7077	6.5	192.0	24.5	787898
SG - 03	3785.1	3777.1	7031	6.0	188.5	24.0	785345
SG - 04	3785.1	3777.1	7084	2.5	189.5	24.5	788578
SG - 05	3785.1	3777.1	7077	3.5	193.5	24.5	801394
SG - 06	3785.0	3777.0	7063	5.0	193.0	25.0	789957
SG - 07	3785.2	3777.2	7071	0.0	192.0	24.5	303920
SG - 08	3785.1	3777.1	7098	2.0	195.5	25.0	798702
SG - 09	3785.1	3777.1	7110	10.0	195.0	24.5	795484
SG - 10	3785.1	3777.1	7085	7.0	191.0	24.5	800569
SG - 11	3785.0	3777.0	7100	6.5	191.0	24.5	784900
SG - 12	3785.2	3777.2	7099	5.0	190.0	24.5	785930
SG - 13	3784.9	3776.9	7075	4.5	195.0	24.5	782278
SG - 14	3785.1	3777.1	7085	9.0	190.0	24.5	781364
SG - 15	3785.1	3777.1	7067	10.0	194.0	24.5	786428
SG - 16	3785.1	3777.1	7056	2.5	196.5	24.6	790681
SG - 17	3785.2	3777.2	7068	3.0	196.0	24.6	787505
SG - 18	3784.8	3776.8	7046	4.5	193.5	24.6	791789
SG - 19	3785.2	3777.2	7045	1.0	194.0	24.6	788378
SG - 20	3785.2	3777.2	7055	3.0	194.0	24.6	804353
SG - 21	3785.1	3777.1	7048	13.0	194.5	24.5	770880
SG - 22	3785.1	3777.1	7054	3.0	197.5	24.5	773893
SG - 23	3785.0	3777.0	7045	2.5	196.0	24.7	778155
SG - 24	3785.1	3777.1	7057	6.5	196.0	24.6	787837
SG - 25	3784.6	3776.6	7105	6.5	196.5	24.7	809772
SG - 26	3784.8	3776.3	7110	11.0	194.5	24.6	803508
SG - 27	3784.5	3776.5	7112	1.5	190.5	24.5	789609
SG - 28	3784.6	3776.6	7098	6.0	193.5	24.5	792887
SG - 29	3785.0	3777.0	7092	2.5	194.0	25.0	799588
SG - 30	3784.7	3776.7	7092	14.0	193.0	24.5	796337
SG - 31	3784.9	3776.9	7103	3.0	191.0	24.5	780700
SG - 32	3784.9	3776.9	7105	5.0	192.0	24.5	783493
SG - 33	3784.8	3776.3	7084	1.0	194.0	24.5	798059
SG - 34	3784.9	3776.9	7099	8.0	193.0	24.5	806416
SG - 35	3784.8	3776.8	7085	4.5	196.0	24.5	817898
SG - 36	3784.3	3776.3	7055	7.5	195.0	24.5	828084
燃料要素数	35	35	35	35	35	35	35
最小値(A)	3784.5	3776.5	7045	0.0	188.5	24.0	770880
最大値(B)	3785.2	3777.2	7112	14.0	197.5	25.0	828084
(B) - (A)	0.7	0.7	67	14.0	9.0	1.0	57204
平均値	3784.98	3776.98	7079.6	5.34	193.46	24.56	792930
Vo	0.0353	0.0353	445.60	11.62	5.108	0.030	142723886
$\sqrt{Vo}$	0.188	0.188	21.1	3.4	2.26	0.17	11946
C.V	0.0049%	0.0068%	0.298%	6.38%	1.17%	0.706%	1.5%

## 5.6 集合体検査

### 5.6.1 集合体組立工程立合

集合体に組込まれた燃料棒番号と組込み位置を第 5.6.1 図に示す。この集合体の組立は新型転換炉原型炉燃料集合体組立加工マニュアルに従って組立てられたが、組立中に品質係員が立合を行い、内層、中間層についての燃料要素間隔の検査、燃料棒表面清浄度、表面傷、燃料要素番号確認を行った。検査結果を第 5.6.1 表に示す。また、集合体組立終了後は集合体曲り、ねじれ、全長、外層燃料要素の間隔、集合体外径、スペーサ傾き、スペーザの間隔測定および集合体全体の外観検査を行ったが、それらの結果を第 5.6.2 表および第 5.6.3 表に示す。

### 5.6.2 集合体組立工程中検査

#### (1) 燃料要素の清浄度、表面傷検査

集合体組立中にこれらの検査を行ったが、燃料要素表面は組立前にアセトンでふきとられているのできれいであり、組立中に油等による汚れはなかった。しかし組立中にスペーザで燃料要素表面が傷つきその切り粉が付着する。これは燃料要素を挿入する毎に取り除いたるが、スペーザの中の部分に付着したものは、圧搾空気により吹きとばすことにより取り除いたので、集合体中に切り粉はほとんど残っていないものと認めた。

表面傷はスペーザによる傷が軸方向に全部の燃料要素について検出され、長いものは全長に亘っている。この深さは約  $5 \sim 10 \mu\text{m}$  程度である。その他特筆すべき問題はなかった。

#### (2) 燃料要素間隔検査

内層、中間層燃料要素間隔は組立中に自動測定が行われるが、品質係は内層、中間層組立時点ですべての場所の燃料要素間隔を測定するために 1.8mm のシックネス・ゲージを挿入して検査を行った。結果はすべて 1.8mm 以上の間隔であることが確認された。

#### (3) 部材、燃料棒番号、組立状態の確認

特記すべきことはなく良好であった。

### 5.6.3 集合体組立後検査

集合体組立後外観、寸法検査およびシュラウド・チューブ挿入試験を行った。

#### (1) 集合体組立状態（燃料要素配列）検査

燃料要素配列表に従って組立てられたが、28本中3本の燃料要素が誤った位置に挿入された。そこで燃料要素組立の再配列表を検討し、3本中で2本は組立なおしを行ったが、装置のトラブルにより燃料要素に傷が付き再度使用出来なくなったので、新しい他の燃料要素と交換した。

#### (2) シュラウド・チューブ挿入試験

完成した集合体をピット内に固定し、部材として受け入れたシュラウド・チューブをクレーンで吊り下げ、自重によりゆっくり下降させることにより集合体をシュラウド・チューブに挿入

した。結果は問題なく挿入された。

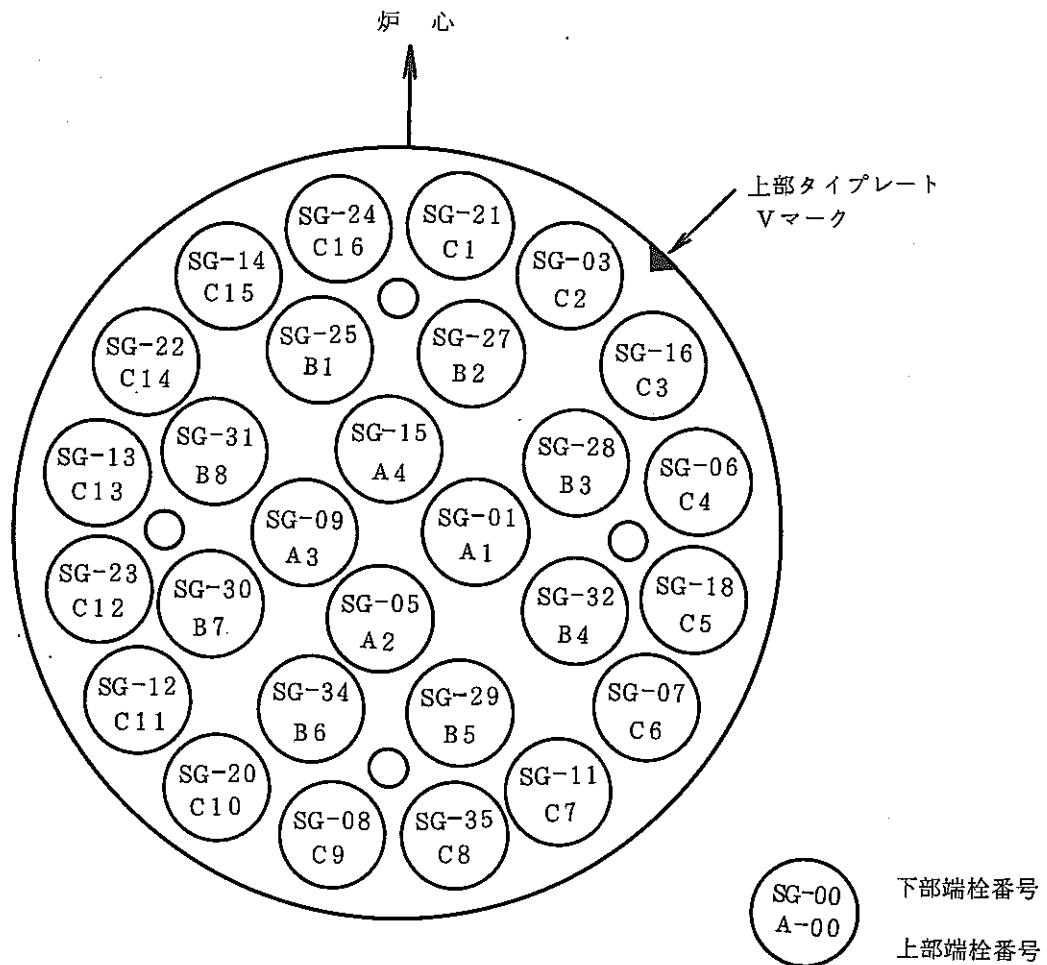
挿入時の写真を写真 5.6.1 に示す。

#### 5.6.4 集合体検査のまとめ

集合体検査は組立中検査と、組立後の検査が行われたが組立中検査において燃料棒表面のスペーサーで付けられる傷、切り粉の付着等に関する検査は集合体の構造上目視検査の出来ない場所があり、検査は困難であった。

組立後の検査では検査場所が狭くて作業がやりにくいが、検査結果は特に問題となるものはなかった。

集合体の検査結果はUKAEAに送付されたが、それを付録7に示す。

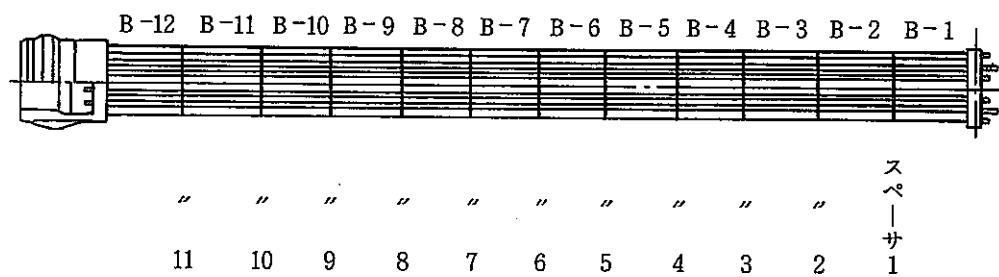


第 5.6.1 図 集合体中の燃料要素配置図

第5.6.1表 集合体組立中検査結果

検査日付 50年7月30日

燃料棒番号		組立中外観検査			燃料棒間隔検査		
上部端栓No.	下部端栓No.	番号位置	表面傷	表面清浄度	場所	内層	中間層
A-01	SG-01	GO	GO	GO	B-1	GO	GO
A-02	SG-05	GO	GO	GO	B-2	GO	GO
A-03	SG-09	GO	GO	GO	B-3	GO	GO
A-04	SG-15	GO	GO	GO	B-4	GO	GO
B-01	SG-25	GO	GO	GO	B-5	GO	GO
B-02	SG-27	GO	GO	GO	B-6	GO	GO
B-03	SG-28	GO	GO	GO	B-7	GO	GO
B-04	SG-32	GO	GO	GO	B-8	GO	GO
B-05	SG-29	GO	GO	GO	B-9	GO	GO
B-06	SG-34	GO	GO	GO	B-10	GO	GO
B-07	SG-30	GO	GO	GO	B-11	GO	GO
B-08	SG-31	GO	GO	GO	B-12	GO	GO
C-01	SG-21	GO	GO	GO	・内層、中間層は組立中に 1.8mm シンクネスゲージ を押入して検査		
C-02	SG-03	GO	GO	GO	・外層燃料棒間隔は表 4-(2)参照		
C-03	SG-16	GO	GO	GO			
C-04	SG-06	GO	GO	GO			
C-05	SG-18	GO	GO	GO			
C-06	SG-07	GO	GO	GO			
C-07	SG-11	GO	GO	GO			
C-08	SG-35	GO	GO	GO			
C-09	SG-08	GO	GO	GO			
C-10	SG-20	GO	GO	GO			
C-11	SG-12	GO	GO	GO			
C-12	SG-23	GO	GO	GO			
C-13	SG-13	GO	GO	GO			
C-14	SG-22	GO	GO	GO			
C-15	SG-14	GO	GO	GO			
C-16	SG-24	GO	GO	GO			

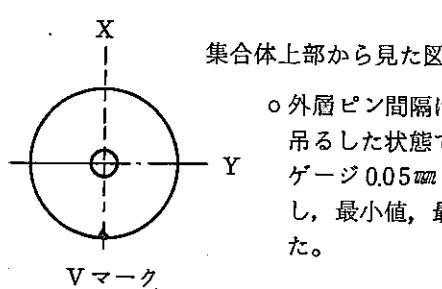


第5.6.2表 集合体組立後検査結果

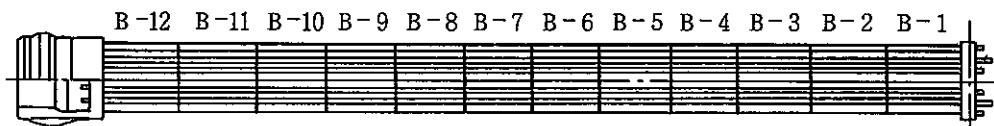
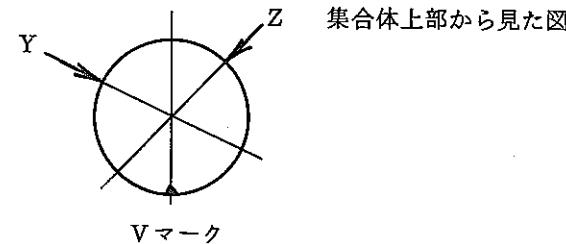
検査日付 50年8月5日

測定場所	外 径		外層ピン間隔 mm	
	X mm	Y mm	最大値	最小値
B-1	111.4	111.4	2.20	1.95
B-2	111.6	111.4	2.25	2.00
B-3	111.5	111.6	2.25	2.00
B-4	111.5	111.5	2.15	1.95
B-5	111.5	111.6	2.15	1.95
B-6	111.4	111.5	2.25	1.95
B-7	111.5	111.5	2.20	2.00
B-8	111.6	111.6	2.15	2.00
B-9	111.4	111.6	2.15	1.95
B-10	111.4	111.5	2.15	1.95
B-11	111.4	111.5	2.20	1.95
B-12	111.5	111.4	2.20	1.95

スペーザ番号	タイプレートとスペーザの距離			スペーザ傾き mm
	X mm	Y mm	Z mm	
1	408	408	408	0
2	829	828	829	1
3	1168	1168	1168	0
4	1428	1428	1428	0
5	1690	1688	1689	2
6	1948	1948	1949	1
7	2210	2209	2210	1
8	2469	2469	2469	0
9	2729	2729	2729	0
10	3069	3068	3069	1
11	3439	3438	3439	1

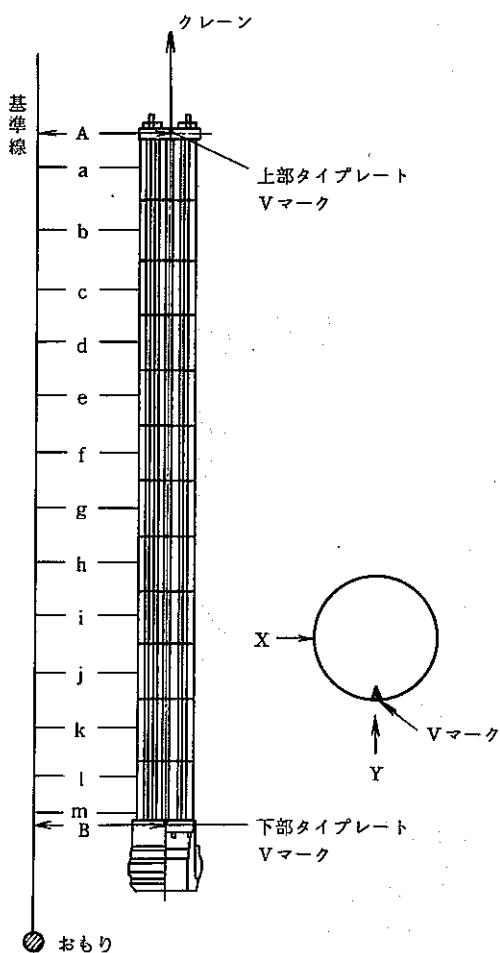


○外層ピン間隔はクレーンに吊るした状態でシックネスゲージ0.05mm単位で測定し、最小値、最大値を求めた。



スペーザ  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

第5.6.3表 集合体曲り、ねじれ検査結果



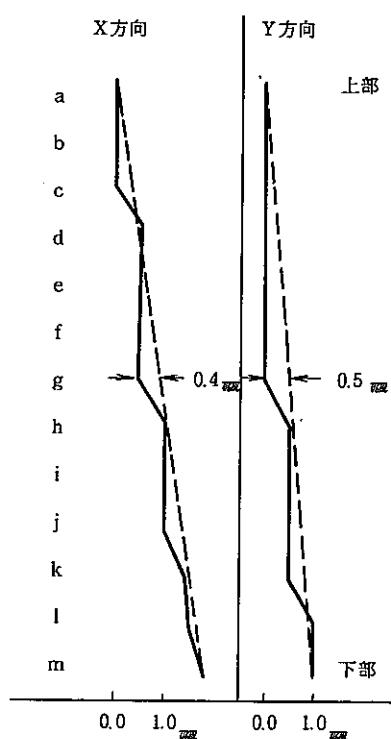
A, Bおよびa~mをトランシットで測定

$$\text{ねじれ} = |(A-B) + (a-m)|$$

曲り (a-a), (a-b), (a-c), ..., (a-m)  
を方眼紙にとり、最上部と最下部の点で直線を引き、  
この線とプロットされた点の差の最大値を曲りとする。

測定値		
	X mm	Y mm
a-a	0.0	0.0
a-b	0.0	0.0
a-c	-0.0	0.0
a-d	-0.5	0.0
a-e	-0.5	0.0
a-f	-0.5	0.0
a-g	-0.5	0.0
a-h	-1.0	+0.5
a-i	-1.0	+0.5
a-j	-1.0	+0.5
a-k	-1.4	+0.5
a-l	-1.5	+1.0
a-m	-1.8	+1.0

全長	曲り	ねじれ
3944mm	< 0.5mm	2.7mm



ZN 841-76-06



写真 5.6.1 シュラウド・チューブ挿入試験

## 6. 燃料要素・集合体部材の検査

(大森, 佐藤, 生田目)

燃料要素・集合体部材のうち被覆管、下部抑え板付プレナム・スプリング、アルミナ断熱体、スペーサ、スペーサ・タイロッド、ロッドスプリング、スプリング・カバーは「ふげん」プルトニウム燃料用部材の一部を使用した。これらの部材の検査は、原則として、ふげん本番の検査基準、検査方法に従って行った。また本照射用燃料集合体組立のために特に製作した部材についてもふげん本番に準じた検査を行った。

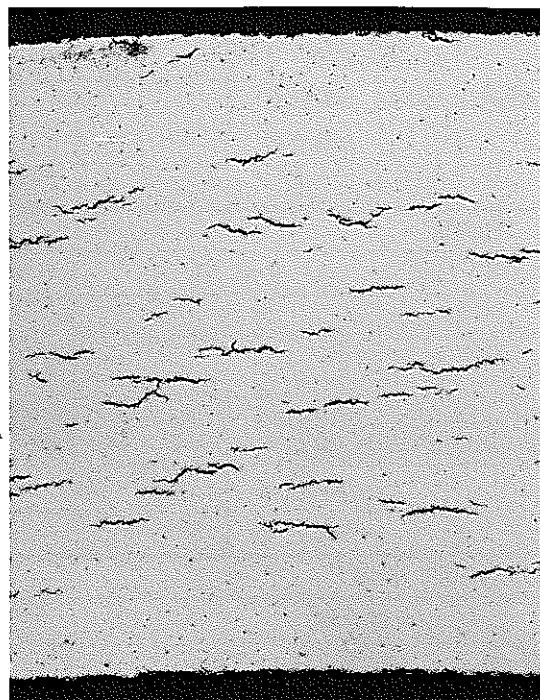
### 6.1 燃料被覆管

被覆管は「ふげん」本番燃料用としては（株）神戸製鋼所および住友金属工業（株）の2社から購入したが、本照射用としてはこの中から（株）神戸製鋼製のもののみを使用した。

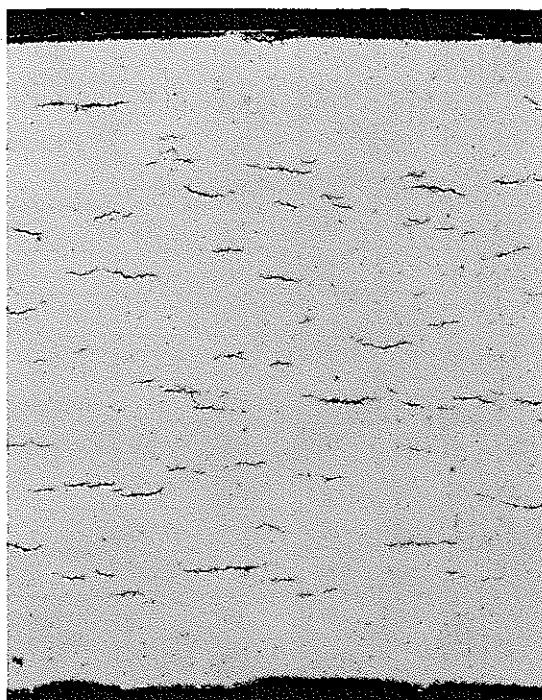
検査は製造者側の検査（製造者検査には動燃検査員が常駐立会）、動燃での受入検査、所定の長さに切断した後の検査の順に段階的に実施した。以下にその結果を示す。

#### 6.1.1 製造者側検査結果

製造者側が行った破壊検査（化学分析および機械的性質の試験検査）の結果を第6.1.1表、水素化物方向性の金相写真を写真6.1.1、介在物の縦断面金相写真を写真6.1.2、結晶粒度の顕微



(1)



(2)

写真6.1.1 水素化物方向性の金相写真（倍率100倍），Lot No.11

#### <検査グループ>

第一係；大森拓郎、円道正道、小野雅章、本橋幸一、生田目和夫、沼田和明、坂田弘美、藏光泰、吉川勝則  
第二係；佐藤政一、宮本文雄、高妻泰作、広沢尚教、沢山幸夫、石川一成、後藤安志、小林澄男、木下昌一

## 第 6.1.1 表 製造者側検査記録（破壊検査）

## Certificate of Test Results

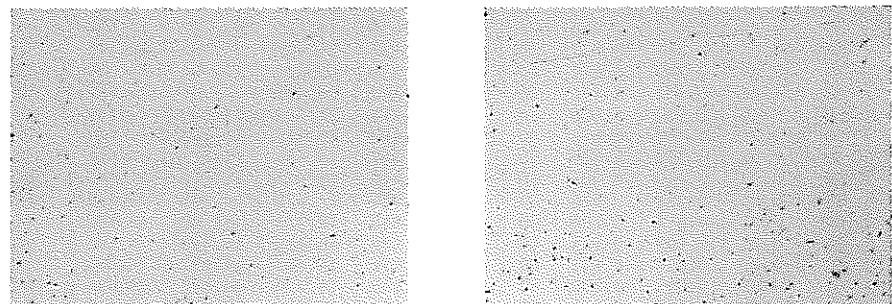
KOBE STEEL, LTD.

No. Z - 74 - 12

DATE 74-8-8

CUSTOMER 動力炉・核燃料開発事業団			KIND OF MATERIAL Zircaloy-2 Seamless Tubes for Nuclear Reactor										
CUST. SPEC. ASTM B 353 71		GRADE RA-1	CONDITION 歪取焼純材			SHIPPING DATE 74-8-9							
Manufacture No	Charge No	Lot No	Size mm		Pieces	Weight kg	Remarks						
NV3 4031	3890	11	16.46 <sup>OD</sup> × 14.70 <sup>ID</sup> × 4150 <sup>L</sup>		81	93							
(Tube No K0685~K0764&K0931)													
CHEMICAL ANALYSIS				MECHANICAL PROPERTIES									
	Spec.	Top	Middle	Bottom	Lot Position	Spec.	(1)	(2)	Spec.	(1)	(2)		
Sn	$\frac{1.20}{1.10}$	1.60	1.53	1.51	Tensile Temp. R. T.				H. T	44 <sup>0</sup>	44 <sup>2</sup>		
Fe	$\frac{2.07}{2.20}$	0.16	0.15	0.14	UTS kg/mm <sup>2</sup>	$\geq 49$	70.1	69.9	$\geq 29$	34 <sup>8</sup>	36 <sup>2</sup>		
Cr	$\frac{0.05}{0.15}$	0.12	0.11	0.11	YS 0.2% offset Kg/mm <sup>2</sup>	$\geq 42$	56.9	55.4	$\geq 23$	24 <sup>3</sup>	24 <sup>0</sup>		
Ni	$\frac{0.03}{0.08}$	0.05	0.05	0.05	Elongation %	$\geq 20$	26.0	26.4	$\geq 20$				
Fe+Cr+Ni	$\frac{0.18}{0.38}$	0.33	0.31	0.30	Flare % OD Expansion	$\geq 15$	合格	合格					
Al	$\leq 75$	48	48	51	Burst (Open) kg/cm <sup>2</sup>	$\geq 510$	990	990	(Closed)	1058	1092		
B	$\leq 0.5$	0.2	0.2	0.2	" 円周伸び %	$\geq 20$	45.3	21.1	$\geq 5$	8.7	8.3		
Cd	$\leq 0.5$	<0.2	<0.2	<0.2	Grain Size (縦) ASTM No	$\geq 9$	11.5	11.5					
Ca	$\leq 30$		<20		" (横)	$\geq 9$	12.0	12.0					
C	$\leq 270$	150	140	170	Surface Roughness 内外面	$\leq 3S$	全数合格						
Cl	$\leq 20$		<20		Surface Appearance		全致合格						
Co	$\leq 20$	<10	<10	<10	CORROSION TESTS								
Cu	$\leq 50$	20	21	20	72 hours 400 °C 105 kg/cm <sup>2</sup> Run No								
Hf	$\leq 100$	59	59	58	Lot Position	Spec.	(1)	(2)					
Mg	$\leq 20$		<20		Gain mg/dm <sup>2</sup>	$\leq 22$	16.8	16.3					
Mn	$\leq 50$	<25	<25	<25	Appearance		合格	合格					
Pb	$\leq 130$		<50		Hydride Orientation Fn	$\leq 0.35$	外0.06	0					
Si	$\leq 120$	57	67	63			中0.05	0					
Ti	$\leq 50$	<25	<25	<25			内0.08	0					
W	$\leq 100$	<25	<25	<25	NON DESTRUCTIVE TEST								
U	$\leq 3.5$	0.5	0.6	<0.5	Ultrasonic	全数合格							
H	$\leq 25$	7	14	10	歪取焼純温度	490 °C (Hold Time 2.5 Hr)							
O	$\frac{9.0}{15.00}$	1290	1300	1420	最終冷間加工度	58%							
N	$\leq 80$	47	42	54	REMARKS								
SUPPLEMENTAL INFORMATION				インゴット分析の中で Ca, Cl, Mg, Pb の 4 成分は ブルームの分析値を示す。									
製品分析 (ppm)	{ H 11.9 11.1 O 1330 1349 N 49 46												

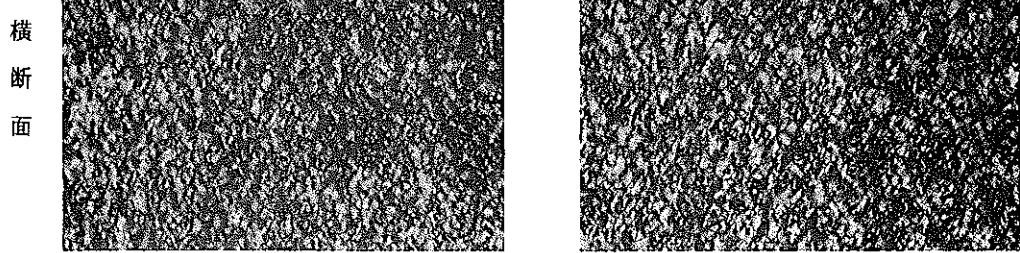
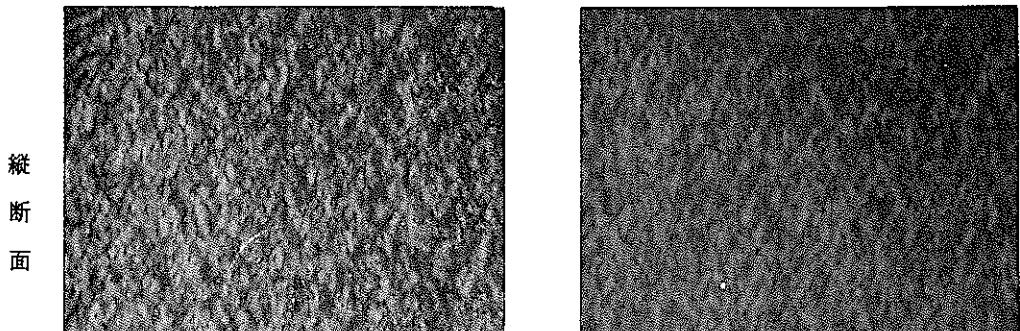
鏡写真を写真 6.1.3 にそれぞれ示す。非破壊検査の結果もすべて仕様を満足しているが、被覆管の肉厚、外径および内径の測定結果を第 6.1.2 表に示す。



(1)

(2)

写真 6.1.2 介在物の縦断面金相写真（倍率 400 倍），Lot No. 11



(1)

(2)

写真 6.1.3 結晶粒度顕微鏡写真（倍率 100 倍），Lot No. 11

第 6.1.2 表 製造者側検査記録（非破壊検査）

被覆管No	外観 検査	表面 あらさ	真直度	超音波肉厚		超音波探傷	外 径		内 径		真円度	表面 清潔度	総合 判定		
				$\geq 0.800 \text{ (mm)}$			軸	周	16.38-16.46 (mm)		14.65-14.75 (mm)				
				0.25	MAX				MAX	MIN	MAX	MIN			
k00691	GO	GO	<0.25	0.917	0.810	GO	GO	16.437	16.425	14.702	14.684	GO	GO	GO	
k00692	GO	GO	<0.25	0.898	0.830	GO	GO	16.437	16.425	14.688	14.675	GO	GO	GO	
k00693	GO	GO	<0.25	0.899	0.822	GO	GO	16.438	16.427	14.704	14.689	GO	GO	GO	
k00694	GO	GO	<0.25	0.903	0.817	GO	GO	16.440	16.428	14.704	14.689	GO	GO	GO	
k00695	GO	GO	<0.25	0.920	0.805	GO	GO	16.441	16.427	14.700	14.684	GO	GO	GO	
k00696	GO	GO	<0.25	0.880	0.830	GO	GO	16.447	16.434	14.703	14.689	GO	GO	GO	
k00697	GO	GO	<0.25	0.888	0.839	GO	GO	16.442	16.434	14.701	14.686	GO	GO	GO	
k00698	GO	GO	<0.25	0.914	0.805	GO	GO	16.435	16.424	14.700	14.691	GO	GO	GO	
k00699	GO	GO	<0.25	0.884	0.836	GO	GO	16.444	16.429	14.701	14.688	GO	GO	GO	
k00700	GO	GO	<0.25	0.875	0.830	GO	GO	16.440	16.421	14.702	14.690	GO	GO	GO	
k00701	GO	GO	<0.25	0.900	0.811	GO	GO	16.436	16.425	14.704	14.692	GO	GO	GO	
k00702	GO	GO	<0.25	0.899	0.825	GO	GO	16.454	16.425	14.697	14.684	GO	GO	GO	
k00703	GO	GO	<0.25	0.891	0.830	GO	GO	16.445	16.434	14.697	14.684	GO	GO	GO	
k00704	GO	GO	<0.25	0.890	0.831	GO	GO	16.441	16.434	14.698	14.689	GO	GO	GO	
k00705	GO	GO	<0.25	0.899	0.816	GO	GO	16.439	16.425	14.700	14.688	GO	GO	GO	
k00706	GO	GO	<0.25	0.890	0.835	GO	GO	16.444	16.430	14.701	14.673	GO	GO	GO	
k00707	GO	GO	<0.25	0.876	0.835	GO	GO	16.436	16.428	14.704	14.690	GO	GO	GO	
k00708	GO	GO	<0.25	0.913	0.817	GO	GO	16.446	16.418	14.700	14.687	GO	GO	GO	
k00709	GO	GO	<0.25	0.887	0.827	GO	GO	16.440	16.427	14.699	14.680	GO	GO	GO	
k00710	GO	GO	<0.25	0.890	0.825	GO	GO	16.445	16.428	14.700	14.684	GO	GO	GO	
k00711	GO	GO	<0.25	0.872	0.832	GO	GO	16.436	16.428	14.714	14.700	GO	GO	GO	
k00712	GO	GO	<0.25	0.890	0.818	GO	GO	16.436	16.415	14.709	14.695	GO	GO	GO	
k00713	GO	GO	<0.25	0.892	0.812	GO	GO	16.430	16.409	14.712	14.700	GO	GO	GO	
k00714	GO	GO	<0.25	0.880	0.820	GO	GO	16.431	16.420	14.708	14.697	GO	GO	GO	
k00715	GO	GO	<0.25	0.876	0.830	GO	GO	16.430	16.422	14.707	14.696	GO	GO	GO	
k00716	GO	GO	<0.25	0.882	0.818	GO	GO	16.433	16.422	14.715	14.698	GO	GO	GO	
k00717	GO	GO	<0.25	0.878	0.828	GO	GO	16.435	16.424	14.706	14.694	GO	GO	GO	
k00718	GO	GO	<0.25	0.884	0.818	GO	GO	16.430	16.421	14.709	14.700	GO	GO	GO	
k00719	GO	GO	<0.25	0.895	0.822	GO	GO	16.448	16.420	14.709	14.694	GO	GO	GO	
k00720	GO	GO	<0.25	0.866	0.830	GO	GO	16.430	16.422	14.709	14.701	GO	GO	GO	
k00721	GO	GO	<0.25	0.880	0.818	GO	GO	16.435	16.421	14.708	14.696	GO	GO	GO	
k00722	GO	GO	<0.25	0.876	0.836	GO	GO	16.450	16.423	14.707	14.692	GO	GO	GO	
k00723	GO	GO	<0.25	0.885	0.814	GO	GO	16.431	16.418	14.713	14.701	GO	GO	GO	
k00729	GO	GO	<0.25	0.872	0.830	GO	GO	16.428	16.420	14.711	14.698	GO	GO	GO	
k00730	GO	GO	<0.25	0.880	0.830	GO	GO	16.431	16.420	14.709	14.700	GO	GO	GO	
k00731	GO	GO	<0.25	0.878	0.832	GO	GO	16.432	16.419	14.709	14.694	GO	GO	GO	
k00732	GO	GO	<0.25	0.884	0.826	GO	GO	16.438	16.422	14.706	14.695	GO	GO	GO	
k00733	GO	GO	<0.25	0.875	0.830	GO	GO	16.435	16.418	14.715	14.701	GO	GO	GO	
k00734	GO	GO	<0.25	0.900	0.820	GO	GO	16.438	16.419	14.708	14.692	GO	GO	GO	
k00735	GO	GO	<0.25	0.878	0.838	GO	GO	16.435	16.425	14.705	14.693	GO	GO	GO	
k00736	GO	GO	<0.25	0.894	0.818	GO	GO	16.433	16.420	14.710	14.697	GO	GO	GO	
k00737	GO	GO	<0.25	0.892	0.815	GO	GO	16.438	16.420	14.708	14.696	GO	GO	GO	
k00738	GO	GO	<0.25	0.892	0.815	GO	GO	16.435	16.425	14.708	14.693	GO	GO	GO	
k00739	GO	GO	<0.25	0.874	0.832	GO	GO	16.449	16.420	14.710	14.694	GO	GO	GO	
k00740	GO	GO	<0.25	0.880	0.814	GO	GO	16.433	16.418	14.715	14.703	GO	GO	GO	
k00741	GO	GO	<0.25	0.878	0.824	GO	GO	16.434	16.414	14.712	14.701	GO	GO	GO	
k00742	GO	GO	<0.25	0.905	0.817	GO	GO	16.436	16.423	14.698	14.682	GO	GO	GO	
k00743	GO	GO	<0.25	0.915	0.808	GO	GO	16.437	16.420	14.705	14.677	GO	GO	GO	
k00744	GO	GO	<0.25	0.890	0.828	GO	GO	16.436	16.402	14.706	14.689	GO	GO	GO	
k00745	GO	GO	<0.25	0.895	0.820	GO	GO	16.436	16.421	14.705	14.690	GO	GO	GO	
k00746	GO	GO	<0.25	0.886	0.821	GO	GO	16.431	16.420	14.708	14.692	GO	GO	GO	
k00747	GO	GO	<0.25	0.905	0.805	GO	GO	16.430	16.390	14.704	14.695	GO	GO	GO	
k00748	GO	GO	<0.25	0.879	0.823	GO	GO	16.436	16.418	14.704	14.693	GO	GO	GO	

### 6.1.2 受入検査記録

製造者側検査で合格となり、東海事業所に納入された被覆管について、技術部検査業務課、検査開発課および分析課で受入検査を行った。その破壊検査の結果を第 6.1.3 表に示す。非破壊検査の結果もすべて仕様を満足している。本照射燃料集合体に使用した 28 本の被覆管について、肉厚の測定結果を第 6.1.4 表に示す。

第 6.1.3 表 受入検査記録（破壊検査）

化 学 分 析				機 械 的 性 質		
元 素	仕 样	(1)	(2)	項 目	仕 样	試 験 結 果
Sn	1.20~1.70 w/o	1.64	1.64	引張試験 (343 °C)		
Fe	0.07~0.20 "	0.15	0.15	引張強さ	≥29 kg/mm <sup>2</sup>	43.6 kg/mm <sup>2</sup>
Cr	0.05~0.15 "	0.12	0.12	降伏強さ(0.2%)	≥23 "	36.7 "
Ni	0.03~0.08 "	0.05	0.05	伸 び	≥20 %	25.7 %
Fe+Cr+Ni	0.18~0.38 "	0.32	0.32			
Al	< 75 ppm	63	47	バースト試験		
B	< 0.5 "	<0.2	<0.2	(オーブン)		
Cd	< 0.5 "	0.2	0.2	圧 力	≥510 kg/mm <sup>2</sup>	848 kg/mm <sup>2</sup>
C	< 270 "	160	140	伸 び	≥20 %	35.1 %
Co	< 20 "	< 5	< 5			
Cu	< 50 "	11	15			
Hf	< 100 "	72	79			
Mn	< 50 "	< 10	< 10			
Ca	< 30 "	< 2	< 2			
Si	< 120 "	53	50			
Pb	< 130 "	6	6			
Ti	< 50 "	< 10	< 10			
Cl	< 20 "	< 5	< 5			
W	< 100 "	< 10	< 10			
Mg	< 20 "	2	2			
U	< 3.5 "	<1.0	<1.0			
H	< 25 "	11	12			
N	< 80 "	49	48			
O	900~1500 "	1268	1369			

### 6.1.3 定尺切断後試験

54本の被覆管を定尺切断した後の検査で、18本が真直度に対して不合格となり、1本が長さに対して不合格となつた。定尺切断後の長さの測定結果を第 6.1.4 表に示す。

第 6.1.4 表 受入検査記録（非破壊検査）

受入検査時							定尺切断後					総合判定	
被覆管No.	外観検査		表面あらさ	超音波肉厚		超音波探傷	端面直角度		真直度	長さ	清浄度		
	(1)	(2)		最大	最小		軸	周					
			≥ 0.800 (mm)										
				50 μ以下									
				片面 切断	定尺 切断								
K00691	GO	GO	GO	0.937	0.819	GO	GO	GO	NO	3761.1	GO	NO	
K00692	GO	GO	GO	0.913	0.847	GO	GO	GO	NO	3761.2	GO	NO	
K00693	GO	GO	GO	0.904	0.829	GO	GO	GO	GO	3761.2	GO	GO	
K00694	GO	GO	GO	0.920	0.830	GO	GO	GO	GO	3761.1	GO	GO	
K00695	GO	GO	GO	0.937	0.819	GO	GO	GO	GO	3761.1	GO	GO	
K00696	GO	GO	GO	0.898	0.844	GO	GO	GO	GO	3760.2	GO	GO	
K00697	GO	GO	GO	0.898	0.854	GO	GO	GO	GO	3761.3	GO	GO	
K00698	GO	GO	GO	0.923	0.813	GO	GO	GO	GO	3760.9	GO	GO	
K00699	GO	GO	GO	0.897	0.851	GO	GO	GO	NO	3760.8	GO	NO	
K00700	GO	GO	GO	0.889	0.842	GO	GO	GO	NO	3760.0	GO	NO	
K00701	GO	GO	GO	0.916	0.821	GO	GO	GO	GO	3761.0	GO	GO	
K00702	GO	GO	GO	0.918	0.844	GO	GO	GO	GO	3760.9	GO	GO	
K00703	GO	GO	GO	0.908	0.849	GO	GO	GO	GO	3760.8	GO	GO	
K00704	GO	GO	GO	0.909	0.848	GO	GO	GO	GO	3760.9	GO	GO	
K00705	GO	GO	GO	0.915	0.827	GO	GO	GO	GO	3761.0	GO	GO	
K00706	GO	GO	GO	0.903	0.849	GO	GO	GO	GO	3760.7	GO	GO	
K00707	GO	GO	GO	0.886	0.849	GO	GO	GO	GO	3761.0	GO	GO	
K00708	GO	GO	GO	0.930	0.823	GO	GO	GO	NO	3760.9	GO	NO	
K00709	GO	GO	GO	0.900	0.846	GO	GO	GO	NO	3761.3	GO	NO	
K00710	GO	GO	GO	0.901	0.843	GO	GO	GO	NO	3760.8	GO	NO	
K00711	GO	GO	GO	0.878	0.846	GO	GO	GO	GO	3761.0	GO	GO	
K00712	GO	GO	GO	0.890	0.828	GO	GO	GO	GO	3761.3	GO	GO	
K00713	GO	GO	GO	0.897	0.821	GO	GO	GO	GO	3761.3	GO	GO	
K00714	GO	GO	GO	0.884	0.832	GO	GO	GO	NO	3760.6	GO	NO	
K00715	GO	GO	GO	0.884	0.842	GO	GO	GO	NO	3761.0	GO	NO	
K00716	GO	GO	GO	0.893	0.830	GO	GO	GO	GO	3760.8	GO	GO	
K00717	GO	GO	GO	0.887	0.842	GO	GO	GO	GO	3761.1	GO	GO	
K00718	GO	GO	GO	0.890	0.830	GO	GO	GO	NO	3761.0	GO	NO	
K00719	GO	GO	GO	0.920	0.834	GO	GO	GO	GO	3761.0	GO	GO	
K00720	GO	GO	GO	0.872	0.844	GO	GO	GO	NO	3761.1	GO	NO	
K00721	GO	GO	GO	0.889	0.830	GO	GO	GO	GO	3761.2	GO	GO	
K00722	GO	GO	GO	0.890	0.853	GO	GO	GO	GO	3761.1	GO	GO	
K00723	GO	GO	GO	0.896	0.822	GO	GO	GO	GO	3761.4	GO	GO	
K00727	GO	GO	GO	0.887	0.830	GO	GO	GO	GO	3761.0	GO	GO	
K00729	GO	GO	GO	0.877	0.838	GO	GO	GO	NO	3760.8	GO	NO	
K00730	GO	GO	GO	0.881	0.834	GO	GO	GO	GO	3761.1	GO	GO	
K00731	GO	GO	GO	0.880	0.842	GO	GO	GO	NO	3760.8	GO	NO	
K00732	GO	GO	GO	0.895	0.837	GO	GO	GO	GO	3761.1	GO	GO	
K00733	GO	GO	GO	0.878	0.839	GO	GO	GO	GO	3760.5	GO	GO	
K00734	GO	GO	GO	0.912	0.829	GO	GO	GO	GO	3760.9	GO	GO	
K00735	GO	GO	GO	0.872	0.848	GO	GO	GO	GO	3760.9	GO	GO	
K00736	GO	GO	GO	0.897	0.827	GO	GO	GO	NO	3760.5	GO	NO	
K00737	GO	GO	GO	0.899	0.822	GO	GO	GO	NO	3760.8	GO	NO	
K00738	GO	GO	GO	0.898	0.823	GO	GO	GO	GO	3760.7	GO	GO	
K00739	GO	GO	GO	0.876	0.843	GO	GO	GO	NO	3760.9	GO	NO	
K00740	GO	GO	GO	0.884	0.822	GO	GO	GO	GO	3761.0	GO	GO	
K00741	GO	GO	GO	0.876	0.832	GO	GO	GO	NO	3760.7	GO	NO	
K00742	GO	GO	GO	0.906	0.827	GO	GO	GO	GO	3760.8	GO	GO	
K00743	GO	GO	GO	0.918	0.821	GO	GO	GO	GO	3760.9	GO	GO	
K00744	GO	GO	GO	0.897	0.836	GO	GO	GO	GO	3761.0	GO	GO	
K00745	GO	GO	GO	0.893	0.833	GO	GO	GO	GO	3763.8	GO	NO	
K00746	GO	GO	GO	0.882	0.835	GO	GO	GO	GO	3761.1	GO	NO	
K00747	GO	GO	GO	0.913	0.810	GO	GO	GO	GO	3761.3	GO	GO	
K00748	GO	GO	GO	0.884	0.837	GO	GO	GO	GO	3761.0	GO	GO	

### 6.1.4 被覆管の硬度測定

#### (1) 方 法

横断面、縦断面とも仕上げ研磨の後、マイクロビックカース硬度計（荷重 500g）にて測定した。測定位置は第 6.1.5 表に示すとおりである。肉厚方向 5 点測定は斜めに行い、3 番目が中心にくるようにして等間隔に測定した。

#### (2) 結 果

第 6.1.5 表に結果を示す。肉厚方向測定結果を見ると、外面近くの値が低く、中心部および内面の値はやや高くなっている。円周方向および軸方向の中心部では、測定結果に差が見られない。

第 6.1.5 表 硬 度 測 定 結 果

試料 No. SGK-LW-02

(Load: 500g)

測 定 面	測定位置	測 定 値					
		測定箇所 No.	I	II	III	IV	平均
  	肉厚方向 5 点 4ヶ所	1	205	170	184	194	188
		2	201	209	199	209	205
		3	201	201	201	203	202
		4	209	201	201	207	205
		5	200	201	205	207	203
	中心部 10点	1	208	210	211	204	205
		6	203	203	204	202	200
		7	203	203	205	206	206
		8	204	204	205	206	205
		9	204	204	205	206	205
	肉厚方向 5 点 4ヶ所	1	200	192	197	212	200
		2	218	213	211	208	212
		3	220	208	210	210	212
		4	206	207	210	210	208
		5	208	203	205	206	206
	中心部 10点	1	222	213	211	209	216
		6	210	209	216	213	210
		7	209	209	216	213	210
		8	216	216	216	213	210
		9	216	216	216	213	210

### 6.1.5 被覆管内径測定

被覆管内径をエアマイクロメータで測定したが、そのチャートの見方を参考までに次に示す。

<エアマイクロメータのチャートの見方>

- チャート上に記入した目盛は縦軸が内径（単位mm）、横軸が被覆管の管端 (No側) からの長さ（単位mm）（定尺切断後の長さ）を示している。
- 内径の目盛は全部共通にしたため、それぞれの較正曲線から読みとった値と若干食いちがつ

ている場合がある。

3. 被覆管の長さはエアマイクロメータの管の送り速度が一定でないため目安として見ていただきたい。
4. チャート両端にある で示された範囲は真円度を測定するために、管の送りを止めて回転した部分である。（同じパターンが繰り返し記録されている）
5. チャート上部に被覆管番号が記入してある。  
(例 K 0 6 9 1)

3桁の数字は神戸製鋼所で整理のため付けたチャート番号である。（例 379）

## 6.2 燃料要素・集合体部品

被覆管を除く他の部材は、全て原子燃料工業（株）の1社で製造され、検査は、製造者側の検査、動燃側による立会検査が行われた。以下にその結果を示す。なお、部品の製造要領を付録8に示す。

### 6.2.1 燃料集合体部品工場立会検査

照射試験のために特に製造した部材について立会検査を行った記録は次のとおりである。

#### (1) 第1回工場立会検査

燃料集合体部品の第1回工場立会検査を4月28日に行ったが、その時の立会検査記録は次のとおりである。

AP 0037

(件名) SGHWR 照射用燃料集合体 (Type D) 部材工場立会検査記録 (第1回)

(日時) 昭和50年4月28日 11:00 ~ 18:30

(場所) 原燃料工業(株) 武山研究所

(出席者) NFI : 佐藤(務), 佐藤(健), 東, 坂井

PNC : 金田(設計), 一ノ関(製造二), 坂田, 生田目(検査)

#### I 検査対象および数量

	タイロッド用	フリーロッド用
1) 上部端栓	30個	55個
2) 下部端栓	35個	55個
3) 抑え板付上部プレナムスプリング		60個
4) 上部タイプレート(回転防止ネジ4ヶを含む)		1個
5) 下部ハウジング付タイプレート(ピストンリングなどを含む)		1個
6) ロックナット		40個
7) ロッドキー		20個
8) ロッキングワイヤー		10m

#### II 試験検査成績書の点検 TIR-50002-3

製造者より提出された試験検査成績書を点検した結果異常が認められなかった。

#### III 立会検査

##### 1) 数量の点検

検査対象の各部材の数量を点検し、受検数量の通りであることを確認した。

##### 2) 抜取数の決定

① 外観検査 全数

② 端栓については、寸法測定項目 AQL = 1.0 (13個抜取)

## Toolmakers Microscope 測定(抜取1), R部測定(抜取1)

- ③ 上, 下部タイププレート, 全項目検査, X線フィルム検査
- ④ ロックナット, ロッドキーについては現物合せにて検査
- ⑤ ロックワイヤーについては外観, 線径検査

端栓, 抑え板付上部プレナムスプリング, ロックナット, ロッドキー抜取数明細

種類		数	外観	AQL = 1.0	顯	R
上部端栓	フリーロッド用	55ヶ	全数	13ヶ	1ヶ	1ヶ
	タイロッド用	30	全数	13	1	1
下部端栓	フリーロッド用	55	全数	13	1	1
	タイロッド用	35	全数	13	1	1
抑え板付プレナムスプリング		60	全数	バネ定数2個,(参考)		
ロックナット		40	全数	13		
ロッドキー		20	全数	13		

## 3) 検査

## ① 上部端栓

外観, 寸法検査を行った結果異常なし 合 格

## ② 下部端栓

端栓ロッドキー穴と, ロッドキーの現物合せを行った結果, 穴に入らないもの  
があった。また, ロッドキー穴の深いものもあった。

処置: • ロッドキーの長さ方向をサンドペーパーにて削り, 仕様を満足できる様  
にした。

• ロッドキー穴の深いものについては, さしかえとした。 さしかえで合格

参考: 図面上  $\left\{ \begin{array}{ll} \text{ロッドキー長さ規格} & 10.0 \pm 0.1 \\ \text{ロッドキー挿入孔規格} & 10.0 \pm 0.2 \end{array} \right.$

## ③ 抑え板付上部プレナムスプリング

外観, 寸法, バネ定数について検査した結果異常なし 合 格

## ④ 上部タイププレート(一式)

回転防止ネジが現物合せにてかためのものがあつたため4個さしかえ。

その他の検査では, 異常なし (X線フィルム含) さしかえで合格

## ⑤ 下部ハウジング付タイププレート(一式)

外観, 寸法, X線フィルム検査を行った結果異常なし

合 格

## ⑥ ロックナット

外観, 寸法検査を行った結果異常なし

合 格

## ⑦ ロッドキー

長さ方向をサンドペーパーにて修正 修正して合格

## ⑧ ロックワイヤー

外観、寸法検査を行った結果異常なし

合 格

## IV 総 括

上記、抜取および全数検査を行った結果、下部端栓のキー溝深さの深すぎるものが1個発見され、さしかえとした。また、キー溝とロッドキーの現合がためのものがあり、ロッドキー長さ方向をサンドペーパにて削ることにより仕様を満足した。回転防止ネジについても現合にてかためのものがあり、4個さしかえとした。その他については、異常は認められず合格とした。

## 納入条件

- ① 回転防止ネジ  $\left\{ \begin{array}{l} \text{部品4個} \\ \text{社内検査成績書} \end{array} \right\}$  さしかえとすること
- ② ロッドキー 長さ(L)について全数測定し測定値を添付すること。
- ③ 下部端栓、キー溝長さ全数測定し、測定値を添付すること。

## そ の 他

- 1) 決定図は連休明け(5/6頃)にPNCに提出
- 2) 記録写真シラウドチューブ完成時に提出
- 3) ピストンリングネジのかしめについては(Type C)ではやっていない。NFI佐藤(健)
- 4) 梱包、出荷
  - ・端栓については、プル部材と同じ150個詰め2箱にし、この2箱を1箱にまとめる。
  - ・納入 4/30 11:00 東海、検査業務課
- 5) プル部材の上下タイプレート3組について同時に納入とし、プル燃青木設計課長直送とする。
- 6) 納入時検査成績書、青焼き5部、デルミナ1部とする。

## 添付資料

- 1) 試験・検査成績書 TIR-50002(略)
  - 2) 立会検査記録(略)
  - 3) 検査記録
- (2) 第2回工場立会検査  
シラウド・チューブ アセンブリおよび輸送容器の工場立会検査を5月27日に行つたが、その時の立会検査記録は次のとおりである。

AP 0038

- (件名) SGHWR 照射燃料集合体部品 (Type D) 工場立会検査記録 (第2回)  
 (日時) 昭和50年5月27日 11:00 ~ 15:00  
 (場所) 原燃工(株) 武山研究所  
 (出席者) NFI: 真鍋、西川、佐藤(務)、佐藤(健)、坂井

PNC： 金田（設計）， 石橋， 石井（製二）， 生田目， 蔵光（検業）

## I 検査対象

- |                 |    |
|-----------------|----|
| 1) シュラウド管アセンブリー | 1式 |
| 2) 輸送容器         | 1体 |

## II 試験検査成績書 TIR - 50002 - 3

製造者より提出された試験検査成績書を点検し、異常のないことを確認した。

## III 立会検査項目

- |                            |                |
|----------------------------|----------------|
| ① 全長 L                     | } シュラウド管アセンブリー |
| ② 外径 D <sub>1</sub>        |                |
| ③ 内径 D <sub>2</sub>        |                |
| ④ 真直度                      |                |
| ⑤ 下部ハウジング内径 D <sub>3</sub> |                |
| ⑥ 外観                       |                |

・輸送容器については、実際にDチューブを輸送容器に入れることにより判定した。

## IV 立会検査

## 1. ① 全長 L

全長について巻尺を使用し測定し測定値が規格内であることを確認した。 合格

② 外径 D<sub>1</sub>

リングゲージ（内径 128.9φ）を使用し、全長にわたって通した結果、外径が 128.9φ以下であることを確認した。 合格

③ 内径 D<sub>2</sub>

外径 117.4φ、長さ 200mm のゲージにより内径全長にわたって通した結果、内径が 117.4φ以上であることを確認した。 合格

## ④ 真直度

1m（真直度が明確なスケール）を使用し 0.5 / 1000 mm の真直度を確認（参考として）

⑤ 下部ハウジング内径 D<sub>3</sub>

内側マイクロメーターを使用し測定し、測定値が規格内であることを確認した。 合格

## ⑥ 外観、表面清浄度

製品の表面を目視により検査し、異常のないことを確認した。 合格

## ⑦ DチューブX線フィルムを検査し、異常のないことを確認した。 合格

## 2. 輸送容器について、Dチューブを実際に挿入することにより、異常のないことを確認した。 合格

## V 総 括

受検対象品、シュラウド管アセンブリーおよび輸送容器について上記検査を行った結果、異常はなく合格と判定した。

## そ の 他

① 納 入 5/31 11:00 頃 東海 検査業務課  
納入品

- ① シュラウド管アセンブリー 一式
- ② 輸送容器
- ③ シュラウド短尺残材

## 添付資料

- 1) 検査記録
- 2) 立会検査成績書
- 3) ゲージチェックシート

## 6.2.2 試験・検査成績書

燃料集合体部品の試験・検査成績書は次のとおりである。

(1) 試験検査成績書 (資料番号) TIR-50002-3

## 対象製品

① 端 桟	上部端栓	85 個
	下部端栓	90 個
② 抑え板付上部プレナムスプリング		60 個
③ 上部タイプレート (回転防止ネジ 4 個を含む)		1 個
④ 下部ハウジング付タイプレート (ピストン・リングを含む)		1 個
⑤ ロック・ナット		40 個
⑥ ロック・キー		20 個
⑦ ロッキング・ワイヤー		10 m
⑧ シュラウド管アセンブリー		1 式

(2) 試験検査成績書 (資料番号) TIR-076

## 対象製品

- ① バネカバー (28組)

注: ふげん燃料集合体用部材を SGHWR 照射用燃料集合体に使用のため 2880組のうち 28 組を試験検査成績書とした。

(3) 試験検査成績書 (資料番号) TIR-86

## 対象製品

- ① 抑え板付下部プレナムスプリング (36 個)

注: ふげん燃料集合体用部材を SGHWR 照射用燃料集合体に使用のため, 3360 個のうち 36 個を試験検査成績書とした。

## (4) 試験検査成績書 (資料番号) TIR-87

## 対象製品

- ① ロッド・スプリング (28個)

注: ふげん燃料集合体用部材を SGHWR 照射用燃料集合体に使用のため 3360 個のうち 28 個を試験検査成績書とした。

## (5) 試験検査成績書 (資料番号) TIR-92

## 対象製品

- ① スペーサ (11個)

注: ふげん燃料集合体用部材を SGHWR 照射用燃料集合体に使用のため 176 個のうち 11 個を試験検査成績書とした。

## (6) 試験検査成績書 (資料番号) KS 94-451-1

## 対象製品

- ① スペーサ・タイロッド (13本 (1組) × 4組)

注: ふげん燃料集合体用部材を SGHWR 照射用燃料集合体に使用のため 260 本 (5 体分) のうち 52 本 (1 体分) を試験検査成績書とした。

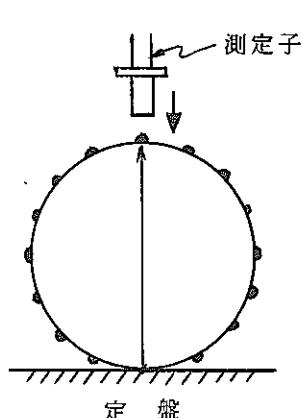
ふげん用としては、13 本が 1 組となっているため 13 本を 1 組として支給したが、 SGHWR 用としては、12 本を 1 組として使用した。

## 6.2.3 スペーサ外径測定

測定したスペーサは次の 10 個である。

No. 0040, 0041, 0042, 0043, 0046, 0047, 0048, 0049, 0050, 0051

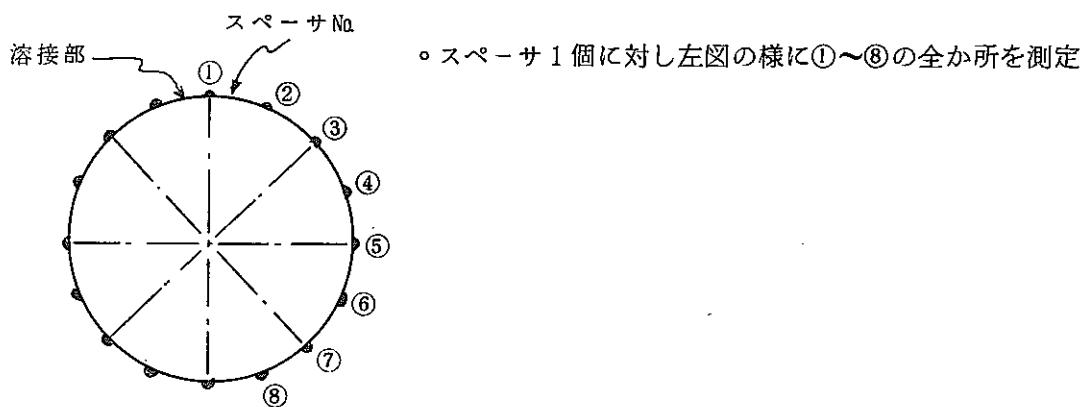
## (1) 試験方法



- 三軸精密座標測定器の Z 軸を使用し左図の様な方法で測定を行った。
- 測定子を定盤上に置き表示をゼロとした後、定盤と測定子の間にスペーサを置き外径を測定した。

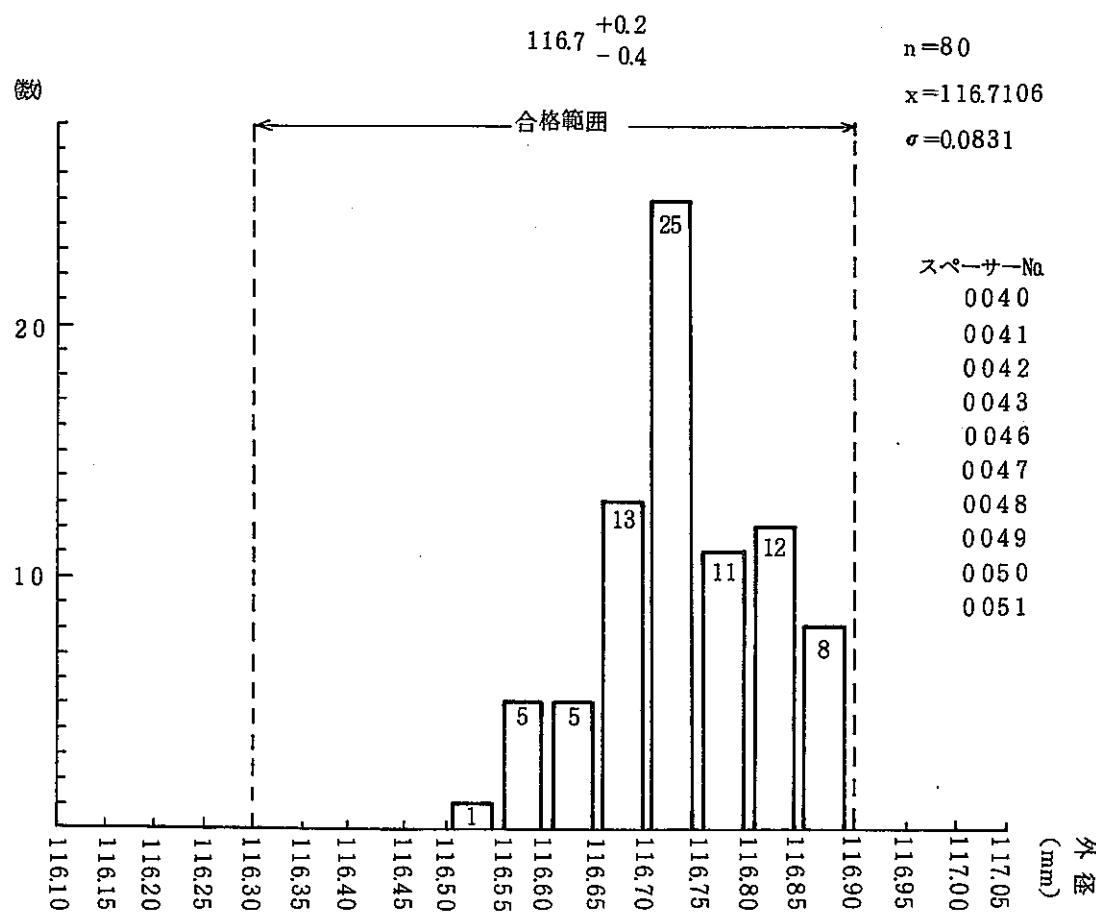
{	測定圧	270 gr
	読み取精度	1 $\mu$

(2) 測定順序



(3) 測定結果

実測値および度数分布図を第 6.2.1 表および第 6.2.1 図にそれぞれ示す。



第 6.2.1 図 スペーサ外径度数分布図

第 6.2.1 表 スペーサ外径実測値

(  $\frac{1}{1000}$  単位は四捨五入とした )

	No. 0040	No. 0041	No. 0042	No. 0043
①	116.876 mm	116.824 mm	116.842 mm	116.876 mm
②	116.740	116.744	116.708	116.716
③	116.672	116.636	116.686	116.652
④	116.744	116.708	116.740	116.694
⑤	116.694	116.796	116.710	116.622
⑥	116.558	116.812	116.638	116.586
⑦	116.582	116.696	116.574	116.656
⑧	116.786	116.720	116.800	116.790

	No. 0046	No. 0047	No. 0048	No. 0049
①	116.854 mm	116.714 mm	116.870 mm	116.854 mm
②	116.858	116.678	116.724	116.778
③	116.852	116.680	116.586	116.676
④	116.756	116.804	116.712	116.732
⑤	116.680	116.780	116.734	116.754
⑥	116.708	116.632	116.728	116.772
⑦	116.738	116.670	116.670	116.756
⑧	116.834	116.732	116.714	116.658

	No. 0050	No. 0051
①	116.808 mm	116.796 mm
②	116.788	116.710
③	116.782	116.704
④	116.816	116.798
⑤	116.820	116.772
⑥	116.636	116.702
⑦	116.544	116.702
⑧	116.868	116.736

第 6.2.2 表 燃料集合体部品重量測定結果

部材名	数量	重量／1個 (g)	総重量 (g)	部材名	数量	重量／1個 (g)	総重量 (g)
1) 下部プレナムスプリング	28	15.2	426	7) ばねカバー	56	4.8	270
2) 上部プレナムスプリング	60	63.4	3,803	8) ロックワイヤー	10	-	90
3) アルミナ断熱ペレット 合格品	28	6.3	176	9) ロッドスプリング	28	6.5	182
不合格品	28	6.3	175	10) ロッドキー	20	0.6	12
4) スペーサタイロッド	52	別添	4,486	11) ロックナット	40	6.3	253
5) 上部端栓 F)	55	40.2	2,212	12) 下部ハウジング	1	-	3,028
T)	30	42.5	1,275	13) 上部タイプレート	1	-	747
6) 下部端栓 F)	55	31.8	1,752	14) スペーサ	11	別添	1,558
T)	35	33.6	1,175	15) 回転防止ねじ	4	4.7	18.6

スペーサタイロッド重量測定 (00AA ~ 00DM 52本)

AA	110.7 g	BA	110.7	CA	110.4	DA	110.5
AB	111.1	BB	111.4	CB	111.1	DB	111.6
AC	92.8	BC	92.6	CC	92.8	DC	92.8
AD	74.2	BD	74.4	CD	74.3	DD	74.3
AE	74.1	BE	74.2	CE	74.3	DE	74.1
AF	74.0	BF	74.2	CF	73.9	DF	73.9
AG	73.9	BG	74.2	CG	74.2	DG	74.3
AH	74.2	BH	74.1	CH	74.2	DH	74.2
AI	73.9	BI	74.3	CI	74.1	DI	74.3
AJ	74.2	BJ	74.3	CJ	91.9	DJ	74.0
AK	92.0	BK	92.1	CK	99.9	DK	92.3
AL	99.0	BL	99.0	CL	99.5	DL	99.2
AM	96.4	BM	96.1	CM	96.5	DM	96.6

スペーサ重量測定 (001~011 11個)

001	141.2 g	005	141.5	009	141.1
002	141.8	006	141.2	010	141.8
003	141.7	007	141.4	011	142.4
004	142.4	008	142.0		

### 6.2.4 スペーサ引抜力測定

スペーサの引抜力を、スペーサNo.0001～No.0011までの11個について測定したが、測定方法および標準棒較正チャートの見方を次に記す。

#### 1) 測定方法

- 標準棒（16.42 mm $\phi$  - リング素子用、9.50 mm $\phi$  - タイロッドガイドリング用、材質 - SKS - 3）
- 上記標準棒をスペーサの各リング素子およびタイロッドガイドリング素子に挿入し、その引抜力を測定する。

#### 2) 標準棒較正チャートの見方

- 標準棒較正チャートのA, B …… E はスペーサーのチャートの見出しに記してあるA, B …… E に対応します。

注：チャートは、プロジェクト・ルームファイル整理番号F-76-0605のファイルに収められている。

### 6.2.5 燃料集合体部品の重量

燃料集合体部の重量を測定したが、測定機および結果は次のとおりである。

#### (1) 測定機

① メトラー	{	メトラー社製 型式 P-1200
		最大秤量 1200 g
		最小目盛 0.1 g
② メトラー	{	メトラー社製 型式 P-10
		最大秤量 10 kg
		最小目盛 1 g

#### (2) 測定結果

測定結果を第6.2.2表に示す。

## 7. 燃料集合体および燃料要素の線量率測定と被爆線量

(桑名)

SGHWR 照射用燃料集合体が完成した 8 月に、燃料集合体および燃料要素の線量率を、限られた条件下ではあったが時間をかけて測定した。測定点は燃料要素の有効長中央部から垂直軸上に、測定器密着距離、10cm, 30cm, 50cm, 1m, 1.5m, 2m の各点で  $\gamma$  線と中性子線の線量率を測定した。また、SGHWR 燃料製造にかかる被曝線量を個人管理の測定データより一部引用して整理した。

### 7.1 燃料集合体および燃料要素の線量率測定

#### 7.1.1 測定方法

線量率測定器は  $\gamma$  線に対しては、電離箱型線量率計と熱ルミネセンス線量計 (TLD)，中性子線に対してはアンダーソン型のレムカウンタと中性子用 TLD パッチを用いた。使用した測定器の概要は第 7.1.1 表のとおりである。以下それぞれの測定器での測定方法の概要を述べる。

第 7.1.1 表 使用した測定器の概要

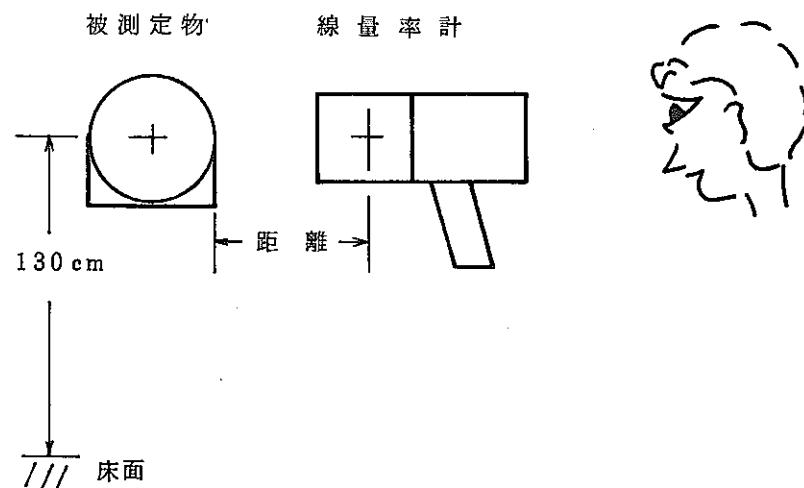
測定線種	測定器の種類	概略仕様	校正用線源
$\gamma$ 線	電離箱型線量率計	メーカー・型式：KK NESCO M-808 測定範囲：0~1mR/hr × 1, × 10, × 100 検出容積：500cc	$^{226}\text{Ra} + \text{D} + \text{E}$ 50 mCi 42 mR / hr at 1 m
	熱ルミネセンス線量計 (TLD)	メーカー・型式：松下電気 UD-200 S 素子： $\text{CaSO}_4$ (Tm)	"
中性子線	レムカウンタ	メーカー・型式：Stucksvik 2202 D 測定範囲： $0.1 \sim 10^4$ mrem/hr 方式：アンダーソン型検出部	Am-Be (1 Ci) 放出率 $2.9 \times 10^6 \text{ sec}^{-1}$
	中性子線用熱ルミネッセンス線量計 (TLDパッチ)	メーカー・型式：松下電気 TLD-600, TLD-700, 200 S 素子： $^6\text{LiF}$ , $^7\text{LiF}$ , $\text{CaSO}_4$ フィルタ：Cd, Sn, 1.0 mm	Am-Be で校正し、後エネルギ補正

#### (1) 電離箱型線量率計

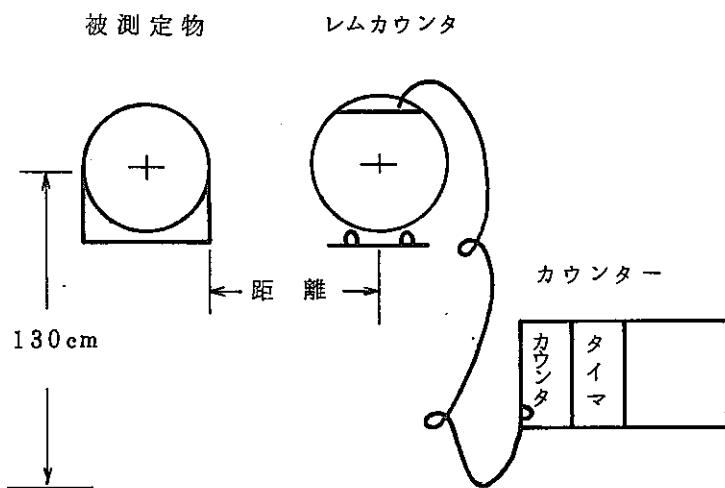
線量率計は測定台にセットし、燃料集合体および燃料要素（被測定物）の最近表面と線量率計の検出部センターライン間で位置決めを行ない、指示値が安定してから同一測定者が読み取った。測定法の略図を第 7.1.1 図に示す。

#### (2) レムカウンタ

レムカウンタは測定器の方向依存性での最高感度面が線源に平行するようにセットして測定



第7.1.1図 線量率計による線量率測定



第7.1.2図 レムカウンタによる線量率測定

した。距離の測定は線量率計の場合と同じである。また、レムカウンタの指示目盛が log 表示であるのと、読み取り誤差を少なくするため第7.1.2図のように、外部出力パルスをカウンタで3分間測定し、線量率への換算は後で述べる測定器の校正時に行った。

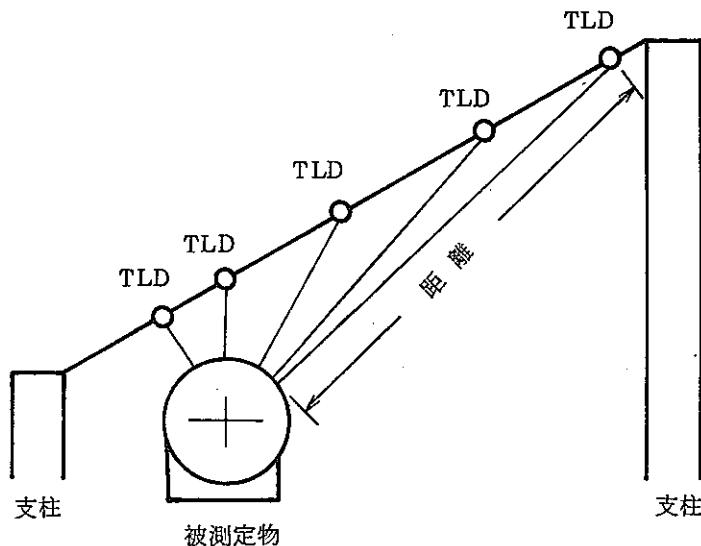
### (3) $\gamma$ 線用線量計 (TLD)

TLDの照射は第7.1.3図のようにセットし、被測定物の最近表面に対する距離の測定を行った。照射時間は個々に測定し、TLDリーダーによって読みとった線量値を照射時間で除して線量率値を算出し、またバックグラウンドを別に準備したTLDで評価し最終的な正味線量率を得た。

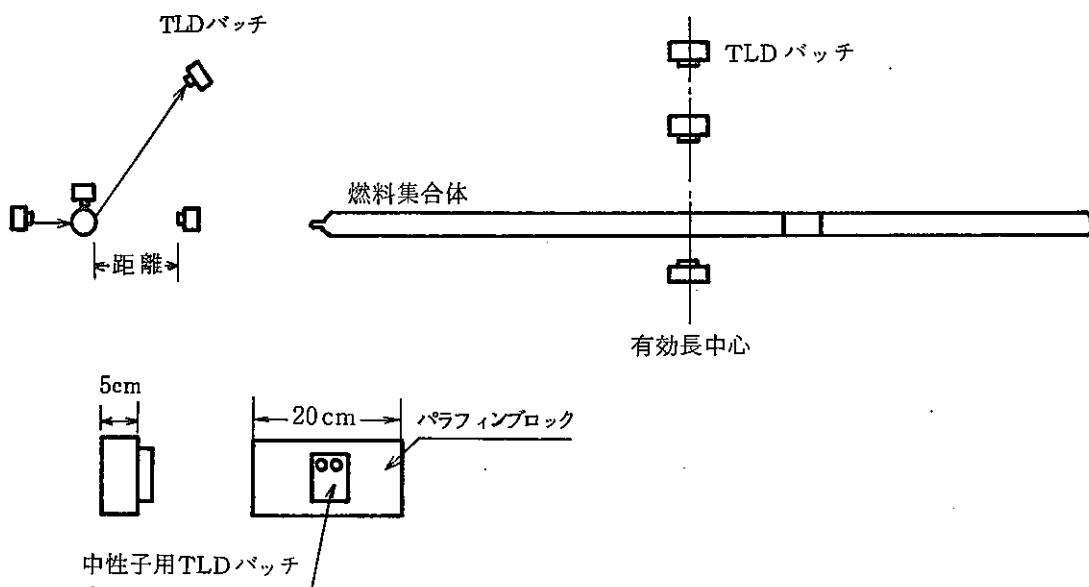
### (4) 中性子用 TLD バッチ

中性子用TLDバッチの距離および照射時間の設定は、TLDと同じ要領でバッチ内の素子面

と燃料体の最近表面との間で測定した。TLD パッチは背後にセットしたパラフィン・ブロックからの、熱中性子化された散乱中性子を $^6\text{Li}$  ( $n, \alpha$ ) $^{3\text{H}}$ 反応でとらえる事を原理としているため、同一フィールドに多数セットすると散乱線が相互に影響し問題がある。今回は補助的な意味を含めて可能な位置にそれぞれ 4 個セットした。集合体の場合のセット状況を第 7.1.4 図に示す。



第 7.1.3 図 TLD による線量測定



第 7.1.4 図 中性子用 TLD パッチと集合体の場合のセット状況

### 7.1.2. 測定器の校正

測定器の校正は安全管理部校正室にて行った。 $\gamma$  線源は $^{226}\text{Ra} - 50 \text{ mci}$  を用いて距離に対する線量率を算出し校正定数を求めた。また、線量率計の校正は放射線の平行成分にて行えるよう検出部の体積に比べ十分な距離をとった。線量率計の校正結果は、使用した X 1, X 10, のレンジでそれぞれ補正係数 1.1 を得た。レムカウンタの校正には Am-Be (1 Ci), 中性子放出率  $2.9 \times 10^6 \text{ n/sec}$  の中性子線源を用いて行った。中性子線場が平行と思われる距離で校正定数 3.6 cps/mrem/hrを得た。 $\gamma$  線用線量計 (TLD) の校正は、線量率計と同様 Ra 50 mCi にて 30 分～1 時間照射して校正曲線を得た。中性子用 TLD バッヂの校正は、Am-Be 線源で一次校正をした後、 $\text{PuO}_2$  に対するエネルギー補正を行い、最終校正結果を得て線量率を評価した。

### 7.1.3 線量率の測定結果

燃料集合体の線量率測定は、集合体組立終了後の 8 月 1 日から 8 月 4 日の間、ATR 集合体組立室組立ベッド上にて行った。線量率計、レムカウンタによる線量率測定は 8 月 1 日に行い、その後集合体に線量計をセットし約 70 時間照射して線量を求め、照射時間で除して線量率を算出した。燃料集合体有効長中央部、垂直線上の測定結果を第 7.1.2 表に示す。また、燃料要素 1 本についての線量率測定は、8 月 11 日から 8 月 18 日にかけて、不合格品となったものについて ATR X 線検査室で実施した。線量計の照射時間は約 160 時間である。集合体と同様、有効長中心部、垂直線上での測定結果を第 7.1.3 表に示す。なお測定結果はすべてバッグ・グラウンド分を除いた正味線量率値で示してある。

第 7.1.2 表 燃料集合体有効長の中心軸における線量率測定結果

表面からの 距離	$\gamma$ 線線量率測定結果		中性子線線量当量率測定結果		備 考
	電離箱型線量率計	熱ルミネセンス線量計	レムカウンタ	熱ルミネセンス線量計	
cm 0.5	—	mR/hr 10.7	—	mrem/hr 8.5	(線量率計密着距離)
4.5	6.8	—	—	—	(線量率計密着距離)
10.0	4.3	2.9	—	—	
13.7	—	—	4.0	—	(レムカウンタ最近距離)
30.0	1.6	1.3	2.20	1.7	
50.0	0.90	0.78	1.5	0.9	
100.0	0.42	0.41	0.71	—	
150.0	0.25	0.27	0.47	0.4	
200.0	0.20	0.21	0.31	—	
250.0	0.14	—	—	—	

第7.1.3表 燃料要素有効長の中心軸における線量率測定結果

表面からの 距 離	$\gamma$ 線 線量率測定結果		中性子線線量当量率測定結果		備 考
	電離箱型線量率計	熱ルミネセンス線量計	レムカウンタ	熱ルミネセンス線量計	
0.5	mR/hr	4.51	mren/hr	0.30	(線量計密着距離)
4.5	1.80	-	-	-	(線量率計密着距離)
10.0	0.88	0.62	-	0.17	
10.7	-	-	0.23	-	(レムカウンタ密着距離)
20.0	0.35	-	0.12	-	
30.0	0.24	0.23	0.10	0.12	
40.0	0.17	-	0.07	-	
50.0	0.11	0.12	0.06	-	
80.0	0.06	0.08	-	0.09	
100.0	0.05	0.06	0.05	-	
120.0	-	0.05	-	-	
150.0	0.03	0.04	-	-	
180.0	-	0.03	-	-	
200.0	-	0.02	-	0.04	

## 7.1.4 結果の検討と測定上の問題点

距離に対する線量率の関係をそれぞれ第7.1.5図～第7.1.8図に示す。また、測定条件（距離）に対する誤差要因を区別して検討するために既に報告されている燃料要素、燃料集合体の線量率の算出式

$$Fr = Dr \cdot \frac{d}{R} \tan^{-1} \left( \frac{L}{R} \right) \cdot c \cdot K$$

$$En = Dn \cdot \frac{\rho \cdot d}{R} \tan^{-1} \left( \frac{L}{R} \right)$$

但し、 $Dr \cdot Dn$ : Roeschの式にて求めた単位面積当たりの $\alpha$ 線、 $n$ 線の線量率

$R$ : 線源からの距離 cm

$d$ : 線源の幅 cm

$\rho$ : 線源中の Pu スミア密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$L$ : 線源の有効長 cm

$C$ : PuO<sub>2</sub> 混合比 %/100

$K$ : 減衰率

を距離 $R$ の関数と定数部に分け

$$E = k \cdot \frac{1}{R} \tan^{-1} \left( \frac{L}{R} \right)$$

とし、L にSGHWR燃料有効長 315 cm を代入して算出した値で測定値を除した値の一覧表即ちみかけ上の表面線量率を第 7.1.4 表に示した。これらの結果から次の事がいえる。

### (1) 集合体について

#### < $\gamma$ 線線量率の結果 >

- ①  $\gamma$  線の線量率測定結果は表面から 50 cm 以内では、TLD による結果のほうが線量率計の結果に比べ低い結果が出ている。また、それ以降の距離では値が一致している。
- ② 線量率計の測定結果は距離関数の計算結果 ( $Y = \frac{1}{R} \tan^{-1} \cdot \frac{1}{R}$ ) で除した値は 30 ~ 150 cm の距離で約 32 である。
- ③ 一方 TLD による測定結果は Y で除した値が距離に対して除々にふえる傾向を示し線量率計の結果と異なる傾向を示している。

#### < 中性子線線量率の結果 >

- ① TLD バッチによる測定結果がレムカウンタの結果に比べ低い。
- ② レムカウンタによる測定結果を Y 値で除した値は線源最近距離の値を除けば 20 % の誤差で 54 になる。
- ③ Y 値で除した値は、レムカウンタ、TLD バッチの値とも距離とともに増える傾向にある。

### (2) 燃料要素について

#### < $\gamma$ 線線量率結果 >

- ① TLD による測定結果と線量率計による測定結果は近距離で比較的一致し、遠距離では TLD の結果が高い。
- ② Y 値で除した値の平均値は線量率計で約 4.2、TLD で約 4.6 である。
- ③ Y 値で除した値は線量率計の場合減る傾向を示し、TLD の場合増える傾向を示す。

#### < 中性子線線量率計の結果 >

- ① TLD バッチによる測定結果がレムカウンタによる結果に比べ高い値を示している。
- ② Y 値で除した値はレムカウンタの場合、30 cm から 50 cm で平均 2.0 であり、TLD バッチの場合は、全体に増える傾向を示している。

以上の結果について測定上の誤差要因の観点から検討を加えた。

測定上の誤差要因として、大きくみて 3 つが考えられる。

### (1) 測定器からの読み取り誤差

測定には常に付随する誤差要因であるが、今回の測定では電離箱型線量率計の読み取りを除いて、総てデジタルで読み取っており無視できる。また、線量率計の読み取りは測定に慣れている同一個人が読み取ることによって影響を少なくした。

読み取り誤差としては無視し得ると考えるが、燃料要素の場合 100 cm 以降の距離において、測定器の検出限界との関係で誤差要因としては残る。

### (2) 測定条件上の誤差

測定条件上の誤差として、①散乱線の寄与、②距離の設定、③校正条件との違いが上げられる。

#### ① 散乱線の寄与

測定は被測定物表面からの距離をパラメータとして行なったが、被測定物が Pu を含む製品

燃料であることから核物質防護上測定条件が限られ、測定に際して床、壁から散乱線に対しては配慮できなかった。特に中性子線の散乱線は定性的にではあるが無視できないと思われる。Y値で除した結果が距離に対してふえる傾向を示すのは、主に散乱によるものと考える。被測定物からの真の線量率を評価する場合、散乱線の寄与分を減じなければならない。

## ② 距離の設定

距離の設定は第7.1.1図～7.1.4図で示したように、被測定物の検出面に対する最近表面から検出器の中心線までを測定したが、集合体燃料の場合、複雑な表面形状を持っており、特に被測定物の近くにおいて距離という測定上のパラメータは誤差要因として大きい。

一方、Y値で除したみかけ上の表面線量率が表面近くで小さい値を示しているのが、これは主に燃料、被ふく管による自己しゃへいのために、被測定物の近くではみかけ上被測定物の線源としての有効長が短くなるものと思われる。

## ③ 校正条件との違いによる誤差

校正条件との違いによる誤差要因は、測定器の諸特性とのかかわりが多く次の項で詳しく述べる。測定器の校正は一般に点線源に対して十分な距離をとり、放射線が平行入射していることを前提としている。棒状線源の近くにおいてこの前提条件は今後詳しく検討されるべき課題であるが、 $\gamma$ 線用TLDについては検出体積が非常に小さいため影響は少なく、被測定物の近くでの測定結果はTLDによる方が信頼性が高い。

## (3) 測定器の特性上の誤差要因

測定器の特性による誤差要因として、また、測定器による結果が異なった要因として、①検出器の有効体積、②エネルギー特性、③方向依存性、が主に考えられる。

### ① 検出器の有効体積

検出器の有効体積は電離箱型線量計が500cc、TLDが約0.005ccと約 $10^5:1$ の体積の違いがある。通常の測定では問題ではないが、前項で述べたように距離によって線量率が大きく変化する場合、考慮されなければならない。一方、レムカウンタは検出管自体は小さいが有効体積として $21.5\text{ cm}\varnothing \times 23\text{ cm}$ で約8mlを考える必要がある。中性子用TLDについても素子自体はきわめて小さいが、反射材であるパラフィンを含めると1mlとなり、電離箱型線量率計と同じことがいえる。

### ② エネルギー特性

プルトニウム燃料からの $\gamma$ 線は、 $^{241}\text{Am}$ による60KeVが主体であると考えられるが、散乱等により40KeV以下の成分が無視できない程大きいとすれば測定誤差要因としてエネルギー特性は大きい。第7.1.9図の様に線量率計、TLDともエネルギー特性の良い測定器であるが、検出器の壁による吸収で電離箱型線量率計で約30KeV、TLDで約20KeVで $\gamma$ 線に対して不感となる。計算値との比較を行なう場合この低エネルギー域の線量率評価は注意する必要がある。低エネルギー域の線量を正確に測定するのは難しいが、人体への全身被曝を考えた測定の場合ある程度以下のエネルギー域の $\gamma$ 線に対しては、別の観点から評価検討されるべきであろう。

一方、Pu燃料からの中性子エネルギーは、平均1MeVであることが知られているが、現

在 1 MeV 程度の平均エネルギーを持つ標準的な線源はなく、平均 4 MeV のエネルギーの Am - Be 線源によってレムカウンタを校正し、この間のエネルギーの違いによる線量当量の評価は、レムカウンタの線量当量曲線に近似したエネルギー特性に依存している。レムカウンタの線量当量曲線は、原研の評価方法との比較実験で 30 % の誤差で近似しているとの結果を得ている。近々、中性子のエネルギーが約 1 MeV であるとされている<sup>252</sup>Cf 線源を講入する予定になっており、Pu による中性子線線量は、今後より正確な評価手段を得ることが期待できる。

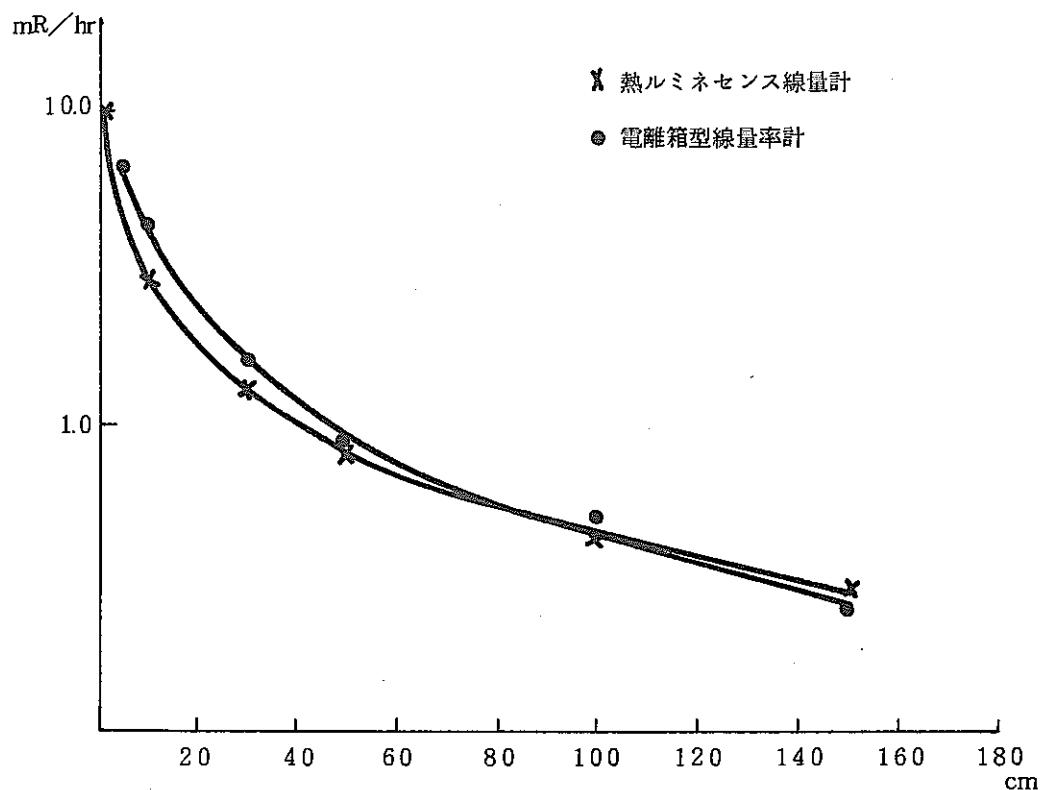
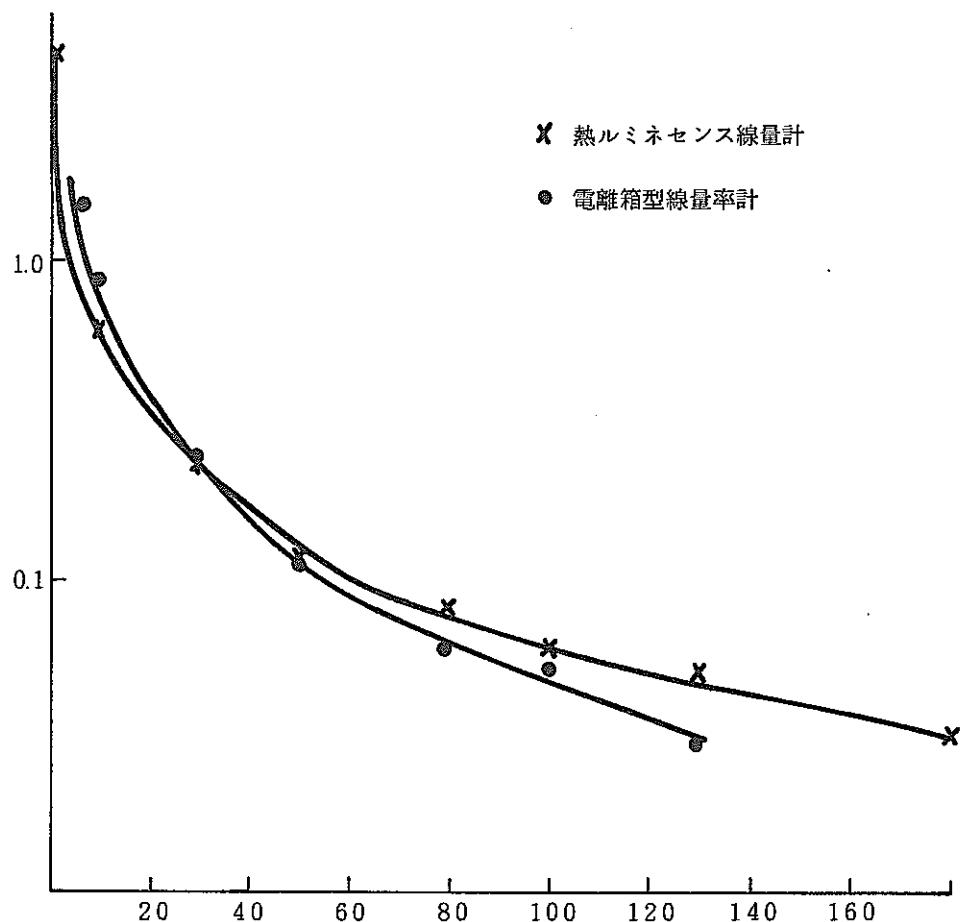
### ③ 方向依存性

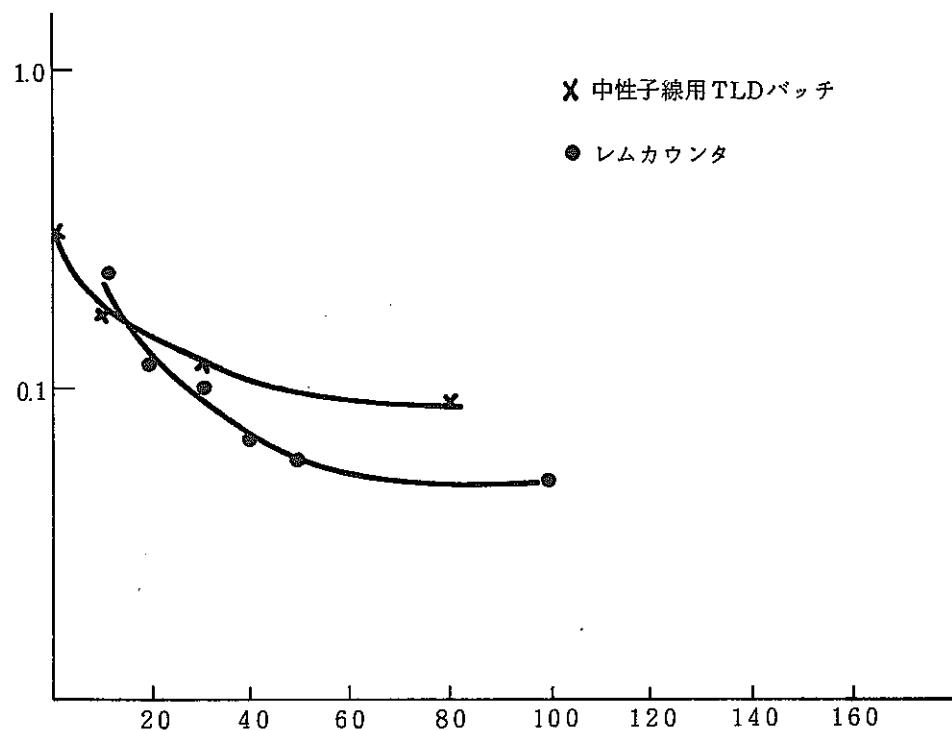
$\gamma$  線線量率測定に使用した測定器の方向依存性について詳しいデータはないが、定性的に行なった測定の結果では、今回の測定条件上特に問題となる様な傾向はなかった。一方、レムカウンタでは最高感度面に対して 90° の方向で約 30 % の感度低下を示し、棒状線源に対する測定など多方向からの放射線入射が考えられる場合配慮する必要があった。

### (3) 結論

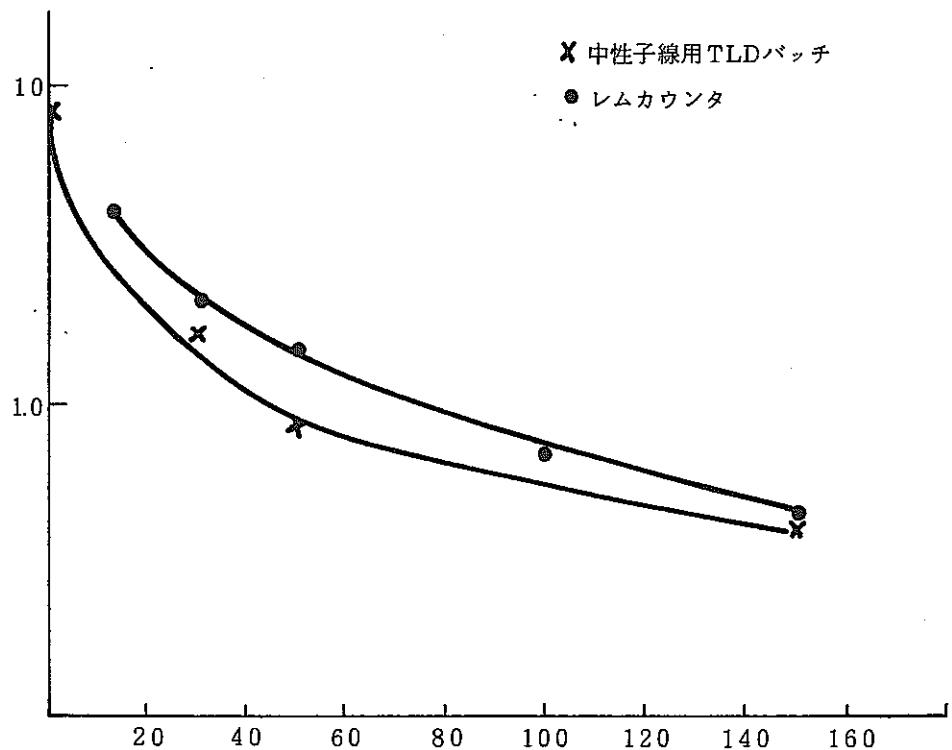
棒状線源、低エネルギーの  $\gamma$  線、被測定物に近い位置での測定など、測定対象としての難しさの他に散乱線に対する評価不足など物理測定としては不十分であった事は否めない。

定性的な結論ではあるが、エネルギー特性上の限界、低線量率場での散乱線の寄与等を考慮した上で  $\gamma$  線については TLD による測定結果が、中性子線についてはレムカウンタの測定結果が物理測定の観点から誤差要因が少ないと見える。今後の同種の測定を行なう場合の参考として、個人被曝低減の参考として利用していただければ幸いである。

第 7.1.5 図 燃料集合体  $\gamma$  線線量率測定結果第 7.1.6 図 燃料要素  $\gamma$  線線量率測定結果



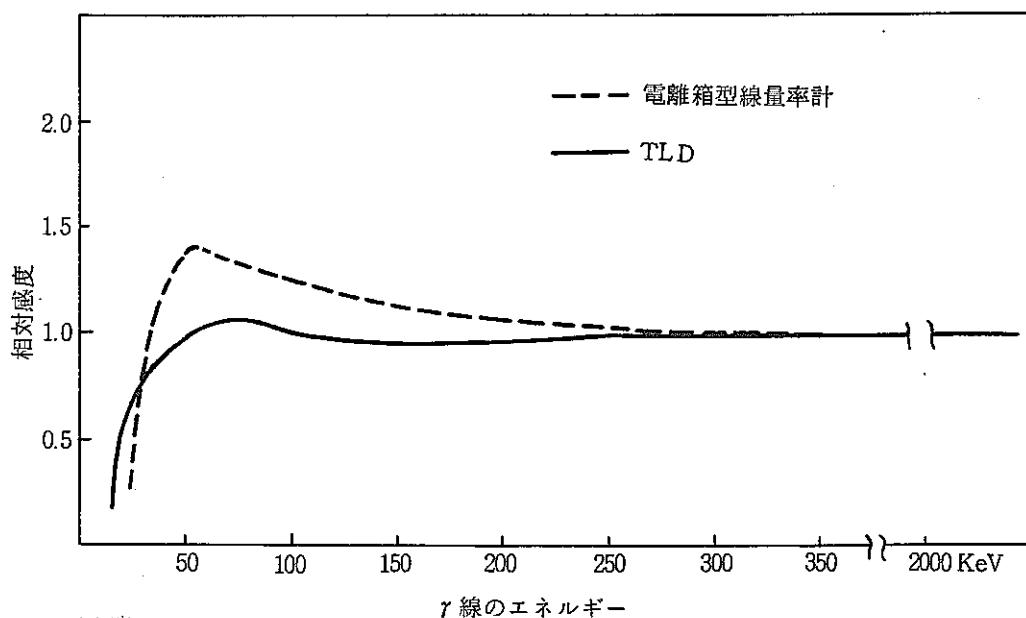
第 7.1.7 図 燃料要素中性子線量率測定結果



第 7.1.8 図 燃料集合体中性子線量率測定結果

第 7.1.4 表 見かけ上の表面線量率

表面からの 距離 R cm	Y 値 $\tan^l \frac{L}{R}$	燃料集合体				燃料要素			
		$\gamma$ 線測定結果/Y		n 線測定結果/Y		$\gamma$ 線測定結果/Y		n 線測定結果/Y	
		線量率計	TLD	レムカウンタ	TLDパッチ	線量率計	TLD	レムカウンタ	TLDパッチ
0.5	3.14	—	3.4	—	2.7	—	1.4	—	0.1
4.5	3.11	2.2	—	—	—	0.6	—	—	—
10	$1.54 \times 10^{-1}$	2.8	1.9	—	—	5.7	4.0	1.5	1.1
13.7	$1.13 \times 10^{-1}$	—	—	3.5	—	—	—	—	—
20	$7.55 \times 10^{-2}$	—	—	—	—	4.6	—	1.6	—
30	$4.97 \times 10^{-2}$	3.2	2.6	4.4	3.4	4.8	4.6	2.0	2.4
40	$3.65 \times 10^{-2}$	—	—	—	—	4.7	—	1.9	—
50	$2.86 \times 10^{-2}$	3.2	2.7	5.2	3.2	3.9	4.2	2.1	—
80	$1.69 \times 10^{-2}$	—	—	—	—	3.6	4.7	—	5.3
100	$1.29 \times 10^{-2}$	3.3	3.2	5.5	—	3.9	4.7	3.9	—
120	$1.03 \times 10^{-2}$	—	—	—	—	—	4.9	—	—
150	$7.8 \times 10^{-3}$	3.2	3.5	6.0	5.1	3.9	5.1	—	—
180	$6.0 \times 10^{-3}$	—	—	—	—	—	5.0	—	—
200	$5.3 \times 10^{-3}$	3.8	4.0	5.9	—	—	3.8	—	7.5
250	$3.8 \times 10^{-3}$	3.7	—	—	—	—	—	—	—



第 7.1.9 図 線量率計と TLD のエネルギー特性

## 7.2 SGHWR 用燃料製造にかかる被曝線量

### 7.2.1 概 要

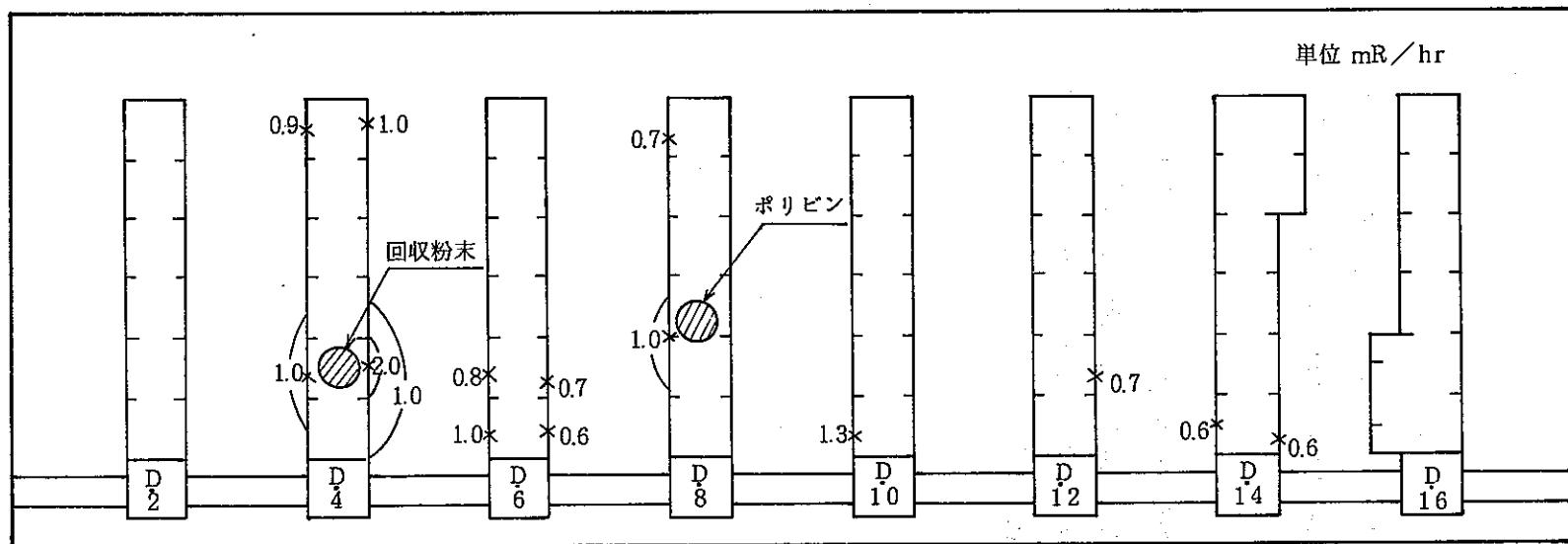
ペレット製造工程の線量率を一つの規格化した姿で表現するのはむずかしい。グローブボックス内外のしゃへい状況、核物質の量、形状等によって変化し再現性に乏しい。参考として SGHWR 燃料製造に関連した粉末調整、造粒工程 (A 103) の水平線量率分布 (床上 1.5 m) を第 7.2.1 図に示す。製造工程の場合、核物質による線量率寄与の他、粉末回収に使用している電気掃除器、粉末運搬ポリビン、布袋およびボックス内クリーンナップ用化学雑布が特に  $\gamma$  線源として無視できないことが経験的に知られている。一方、加工工程での作業環境中の線量率分布を測定した結果はないが、加工工程の場合一部を除いて規格化された状態での核燃料取扱作業などで燃料要素および燃料集合体の線量率を測定しておくことにより、ある程度の被曝推定が可能であろう。

### 7.2.2 被曝線量

SGHWR 照射用燃料集合体 1 体のみの製造にかかる被曝線量率の評価は特に行わなかったが、1 ヶ月毎に作業者の被曝線量を測定した結果から、SGHWR 燃料製造に關係した月の  $\gamma$  線による被曝量と燃料製造日程を含む 3 ヶ月間の被曝測定結果を第 7.2.1 表に示す。

第 7.2.1 表 SGHWR 照射用燃料製造にかかる被曝線量測定結果

分類		人員数	関係月の マン・ミリレム	平均被曝 線量	SG 燃料製造を含む 3 ヶ月間	
区分	工 程				マン・ミリレム/3 ヶ月	全被曝量
ペ レ ッ ト 製 造	粉末調整	8 名	112 人・mrem	14 mrem/月	$r : 300$ 人・mrem $n : -$	300 人・mrem
	造粒成型	4	47 "	12	$r : 200$ $n : -$	200
	予焼・燃結	5	49 "	10	$r : 180$ $n : 30$	210
	研削・検査	6	86 "	14	$r : 210$ $n : 120$	330
加 工	充填・溶接	8	測定せず	-	$r : -$ $n : -$	-
	加工・組立	8	"	-	$r : -$ $n : -$	-
品質	品質管理	8	"	-	$r : -$ $n : 40$	40
合 計		43 名	294 "	-	$r : 890$ $n : 190$	1080



(注) グローブボックスのパネル表面線量率が  $0.5 \text{ mR}/\text{hr}$  以上の点を  $\times$  印で示し  $1.0 \text{ mR}/\text{hr}$  以上については、  
線量率分布図を示した。

第 7.2.1 図 粉末調整、造粒工程の線量率分布

関係月当りの線量測定結果が、すべてSGHWR 燃料集合体製造による被曝線量であると断定することはできないが、一つの目安にはなり得る。SGHWR 燃料集合体1体当たりのペレット製造工程での被曝線量は、 $\gamma$ 線被曝で約0.3人・rem程度と推定される。また、加工、検査工程については1ヶ月毎の個人被曝データはない、3ヶ月の個人被曝線量結果では $\gamma$ 線被曝は全て検出限界（10 mrem／人・3ヶ月）以下であった。 $\gamma$ 線の被曝線量はペレット製造工程、特に粉末調整で相対的に高い。一つの試みとして、3ヶ月の全被曝線量結果のうち中性子による被曝線量を SGHWR 燃料製造によるものと仮定すれば同種の集合体を1体製造するための全被曝線量は既略 0.29人・rem + 0.19人remで約0.5人・remであることが推定できる。

### 7.3 まとめ

被曝の低減化の第一歩は、作業環境や取扱物品の線量率を作業者全員が知つておく事である。今回のSGHWR 燃料集合体の線量率測定で、測定技術上より検討すべき点も明らかになつたが、それらを含め今後の参考になれば幸いである。最後に、今回の線量率測定にあたつて、安対課・保健係の方々に協力をいただいた事に感謝する。

## 8. 輸送容器および梱包・出荷

### 8.1 輸送容器

(八 木)

#### 8.1.1 概 要

SGHWR 燃料を製造サイトである東海事業所プルトニウム燃料部から原子炉サイトである英國 (WINFRITH) まで輸送するに際し、(1)輸送容器をどうするか、(2)輸送方法はどうするか、という問題が重要になった。ここでは特に(1)について述べる。

今回の様に、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料を輸送する容器は、輸送時に於ける安全性をまず第1に保証する必要があり、厳重に審査され、認可されたものが使用される。国際間の輸送に際しては、これは“IAEA 放射性物質安全輸送規則”に従って関係当局が審査するのが通例である。又これと同時に燃料の側から見ればできるだけ健全な状能を保持できる様な容器の性能が要求される。

輸送容器の調達については、UKAEAからの申し出等もあったがATR 開発本部が開発してきた「ふげん」燃料輸送容器のプロト・タイプ容器 (R & D 容器) が部分的改造により容易に転用できる状態だったのでそれを用いることにした。

しかし上記輸送容器を転用し、使用するに際して、新たに証明書を取得する必要があった。これは、「ふげん」R & D 容器はもともと「ふげん」燃料輸送容器として開発されたもので、核物質量等がそれよりも多い本燃料を輸送することは規則上できない。この証明書は、最終的に「ふげん」R & D 容器の製造メーカーである Trans Nucleaire 社に依頼してフランス政府から取得できた。

容器の部分的改造は、燃料ホルダー部だけであり、容器の安全性に関連する所については行っていない。

国内及び英國原子炉サイトまでの輸送手続等は、本社核燃料本部、契約課が主担当で作業を進めた。

#### 8.1.2 進行状況

輸送容器の調達から輸送許可証取得までの進行状況を第 8.1.1 表に示す。

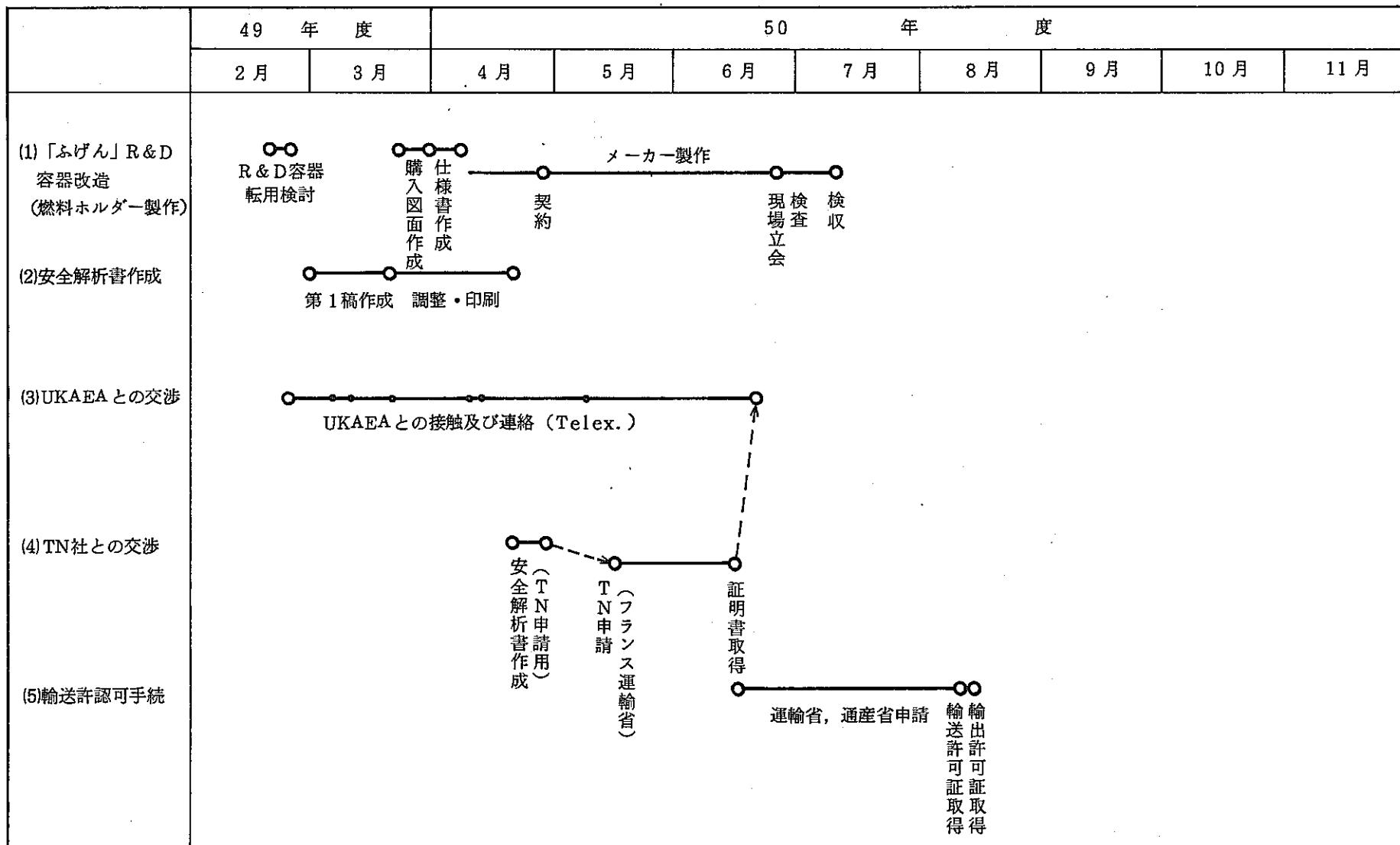
#### 8.1.3 本輸送物に対する安全性証明書取得経過

##### (A) UKAEA との交渉経過

輸送容器については、UKAEA のMr. JONES 氏と本社にて 50/2/25 日に第1回の打合わせを行った。この時点でUKAEA はPNC の燃料は既存の容器では収容することができないため、新しく容器を設計・製作するつもりでいると発言があったが、PNC は独自の容器を使用するつもりであることを伝え、その場合の問題点について議論した。ここでは次の様な議論が出た。

(1) 英国のRFLから炉サイト (WINFRITH) までは、燃料集合体をシュラウド・チューブに入れ

第8.1.1表 輸送許認可進行状況



た状態で輸送したい。その場合には、PNC容器を一部改造する必要がある。

- (2) 英国内での輸送許可については、仏当局の証明書と安全解析書があれば許可がとれる見通しである。〔設計課メモ 20-50-0104〕

その後UKAEAと、英国内での輸送許可に必要な証明書及び安全解析書に記述されている図面について連絡を受けた。すなわち

- (3) PNCが仏国で取得した証明書(CERTIFICATE & ATTESTATION)は「ふげん」燃料を想定しており、SGHWR燃料については別途日本、或いは仏国の当局から新規に取ること。この証明書を英国当局が要求していること。

- (4) 図面について、安全解析書に記載されている図面のうち一部が未送付であること。(これは「ふげん」輸送容器のR & Dの際にかなりの頻度で改訂が加えられたためにPNCとして製作メーカーより全部の図面についてまだ受け取っていなかったために生じた。)等であった。〔設計課メモ 20-50-0143〕

これに対し、PNCは(3)については、

- (5) 「ふげん」燃料とSGHWR燃料との安全解析書上の変更についてUKAEAに変更箇所及び内容を連絡した。

- (6) 日本でも新しく取る様に努力するが、期間内(6／中旬)に取れるかどうかについては不明である。運輸省の発行する輸送許可証が証明書に代行できないだろうかという打診をした。〔設計課メモ 20-50-0189〕

しかしUKAEAとしては、(3)については譲らず、又この時点で我国当局の証明書の発行についても見通しは暗ったので、PNCとしては「ふげん」R & D容器の製造国である仏国の証明書を取る方向に変更し、結局6／中旬に仏国から証明書を取得したのでUKAEAに送付して英国内での輸送が可能となった。

この他に、UKAEAと容器の積卸しに伴なう備品、付属品等について交渉し、次の様に返答した。

- (7) 容器転倒台については、PNCが提案した様な簡単なものなら認める。

- (8) 燃料集合体吊金具、ガスサンプラーについては容器と共に送る。

- (9) 一般工具は特別に送ることはしない。〔設計課メモ 20-50-0143, 20-50-0189〕

#### (B) フランスT.N.社との交渉経過

「ふげん」R & D輸送容器の製作メーカーである仏国T.N.社との連絡は、以上の様な経過から4／下旬に始められた。T.N.社に打診した結果、「証明書を取得するには、最低2ヶ月は必要であり、それも保証することはできない」との連絡を受けたが、直ちにT.N.社の申請に必要な書類を送付した。これは、安全解析書変更内容、燃料集合体及び燃料ホルダー図面等であった。〔設計課メモ 20-50-0201〕これが実際T.N.社より仏国当局へ申請されたのは5／中旬であり、T.N.社の努力により6／中旬に幸いに証明書(CERTIFICATE & ATTESTATION)が取得できた。〔設計課メモ 20-50-0318〕

REF. TYPE B (U) FISSILE CLASS II PACKAGE CONSTITUTED BY THE TN 9180  
PACKAGING LOADED WITH ONE EXPERIMENTAL UNIRRADIATED SGHWR  
FUEL ASSEMBLY.

### 8.1.4 本輸送物に対する安全解析書作成経過

「ふげん」R & D 輸送容器のSGHWR用輸送容器への転用が決定された段階から、この作業が始まられた。基本的には、ATR開発本部が中心となりそれまで実施してきた「ふげん」R & D容器のIAEA試験結果のまとめと、収納物が変って放射性物質重量が多くなったために再度輸送物（容器+収納物）の安全性の確認を行ったことである。以下に内容について簡単に記しておく。

- (1) 安全性証明説明書；ここでは本輸送物概要及び“IAEA 放射性物質安全輸送規則（1973年版）”に関する検討が行なわれた。
- (2) 安全解析書；ここでは上記IAEA 規則に定められた試験に対する検討が行なわれた。
  - (2-1) 構造設計-I；ここでは容器各部の応力計算が行なわれた。
  - (2-2) 構造設計-II；IAEA 規則に定められた“通常時試験”に対する試験結果が報告されている。A型容器であれば、この試験を満足すればよい。
  - (2-3) 構造設計III；IAEA 規則に定められた“事故時試験”に対する試験結果が報告されている。B型容器は、この試験をも満足するものでなければならない。又この構造設計-II, IIIは「ふげん」R & D 輸送容器の試験報告を転用させていただいた。
  - (2-4) 臨界安全性解析；多数個の輸送物が密着した状態で水中に没してもなお十分未臨界であることが解析評価された。
  - (2-5) しゃへい解析；新しく線源計算を行い、更に容器を含めた“しゃへい”計算が行なわれた。不確定の要素が入るため十分安全係数が含くまれた計算が行なわれた。
  - (2-6) その他；放射性収納物の放射能、発熱量及び容器内部の温度等が求められた。

以上の解析は、官庁提出のためにまとめた形式であるが、T.N.社を通して仏国当局の証明書を取得する際には、“ふげん”輸送物の安全解析書（T.N.社作成）と同様な形式に編集し直してT.N.社に申請を依頼した。このためにT.N.社の作業が内容チェックと印刷だけになつたので申請までの時間及び費用がかなり減少した。〔設計課メモ 20-50-0201〕

安全解析書の作成に於いては、担当者（ATR；羽角、検査（開）；安藤、プル燃；八木）の2度の討論が行なわれ（特に構造設計-II, IIIについて）決定された。又全体的にも関係者に承認されたものとなっている。

### 8.1.5 燃料ホルダー製作（容器改造）経過

「ふげん」R&D 輸送容器を“SGHWR”用に転用した際に改造すべき点は、燃料ホルダー部のみである。すなわち本燃料集合体は「ふげん」燃料集合体と比べて約1スペーサ分だけ短くなっている。改造の要点は、できるだけ輸送時に燃料集合体に加わる振動等が増加しないこと、及び

燃料ホルダーが多少ねじられるがこれに対する抵抗力が弱まらないこと等であった。最初には2つの方法が考えられた。

(1) 燃料ホルダー上部の改造；これは燃料吊具が大きいために、ホルダー上部と接触して燃料集合体をホルダー内に収納しにくいため、上部を取り外し可能の様にする。しかしこれは、燃料ホルダー上部の肉厚が薄いため改造しにくく、SGHWRの場合は1回限りの輸送であるから取扱い等で工夫することになり取止めた。

(2) 燃料ホルダー底部改造；これは燃料集合体が短くなってしまっても、容器収納部全長は同じであるから、その分だけ燃料ホルダーに取り外し可能の“足”を付けるもの。結局主な変更は、この部分だけにとどめられた。

この改造作業は、設計課、管理課共同で行なわれ、設計課としては、改造に必要な書類（燃料ホルダー図面、購入仕様書）を作成し、その他を管理課が行った。〔設計課メモ20-50-0157〕 PNCの希望納期は、最初5／末であったが製作メーカーの工程上の都合、更には納期延期等があり、検査は7／中旬に遅れてしまった。

検査に際しては、実物の燃料スペーサ等を使用して締付状態等を確認したが、後日下部ボトム・ハウジング締付部に不具合部が生じたので一部手直しを行った。更に又実際の燃料集合体を収納した際に、ヒンジ部に不都合が生じたのでこの部分も手直しを行った。

### 8.1.6 輸送許認可手続

本輸送物の国内輸送及び国外輸送については、運輸省の輸送許可証及び通産省の輸出許可証等を取得する必要があるが、これ等は主として本社核燃料本部の仕事であった。これ等の申請は仏国の証明書が取得された後に行なわれ、8／上旬には両許可証は取得でき、国内的には全ての準備は完了された。

REF. SGHWR 照射用燃料集合体を収納した輸送物の安全性証明説明書 (ZN841-75-12)

## 8.2 梱包・出荷

(宇留野)

### 8.2.1 概 要

SGHWR 照射燃料集合体の出荷は集合体組立後、集合体を垂直にしたまゝホルダーに固定し、「ふげん」用R & D 輸送容器（全長 5,056 mm, 重量 1.2 ton）に挿入し出荷する。この梱包作のために輸送容器の転倒台、その他ピット改造等の工事が必要となり、8月出荷を目標に準備を進めた。しかし、輸送手続きの問題により予定より遅れ、10月5日に燃料集合体はプルトニウム燃料部より出荷された。

### 8.2.2 記 錄

50年3月

ピット改造（集合体貯蔵筒、集合体洗浄装置シュラウド・チューブ取付金具等）の準備が進められた。

50年3月29日

ピット改造図面プル燃に提出

図面検討結果

- シュラウド・チューブ挿入試験取付金具寸法、取付位置変更
- 転倒台、輸送容器吊具、ピットの場所についての追加仕様書吉田鉄工に提出

50年4月30日

転倒台、輸送容器吊具、ピットの改造図面プル燃に提出

図面検討の結果問題がないので承認する。

6月5日完成予定

50年6月

「SGHWR 照射用燃料集合体出荷準備」として

シュラウド・チューブ挿入試験、輸送容器の転倒、燃料集合体の梱包・出荷の手順についての安全解析を行ない、安全専門委員会に申請し承認された。

50年6月16日

検査開発課より「ふげん」R & D 用輸送容器プル燃に搬入

ロングボデー車両（相沢産業所有）を利用。ローディング・ドックハッチのサイズが 5,000 × 2,000 mm であり、容器の全長が 5,056 mm でハッチの対角線上に容器を位置して吊上げたが寸法に余裕がなくクレーン操作に熟練を要した。

50年6月17日

転倒試験

転倒台、吊具等に問題点なく行なわれたが、かなり迫力のある作業であった。特に直立に近い所でのクレーン操作は、クレーンのフック下が少ないためか容器が振れてこの操作も熟

練を要した。結果は良好に進められた。

50年6月19日

ピット改造工事完成

ピット改造が完了したので再度転倒試験を実施し、輸送容器をピットに固定した。ピットの蓋が一部寸法が合わなかったため、すき間があったが作業上問題はなかった。

50年6月23日

輸送容器検査開発課に返納

輸送容器は「ふげん」用R&Dの実車走行試験のため返納しなければならなかった。

50年7月3日

SGHWR用ホルダー入荷

50年7月7日

輸送容器検査開発課より搬入

50年7月8日

ホルダー・輸送容器に挿入および検収

ホルダーの検査結果一部手直し（ゴムパッキン取付等）があった。

50年8月4日

梱包・出荷等打合せ

安全専門委員会に申請した手順で作業を進め、担当者を指定し作業内容等を説明した。

50年8月6日

シェラウド・チューブ挿入試験、集合体梱包実施

- ① 輸送容器の転倒、定位置固定
- ② ホルダー清掃、定位置固定
- ③ シュラウド・チューブ挿入試験位置に集合体を固定（写真8.2.1）
- ④ シュラウド・チューブ挿入試験（写真8.2.2, 8.2.3）
- ⑤ タイ・ロッドピンワイヤーロック（写真8.2.4）

シュラウド・チューブ挿入試験、集合体梱包作業は1日で終了すると予想していたが、  
シュラウド・チューブの挿入試験がかなりの時間を要したので梱包作業は次の日になった。

6日の作業全般は順調に進行した。輸送容器の転倒作業は容器が大きいのでやはりかなりの迫力が感じられた。またシュラウド・チューブの挿入試験では、集合体に傷が付かない様に慎重に2~3cmづつ挿入し、特にスペーサ部には注意して作業を行った。結果は支障なくシュラウド・チューブ内に集合体を収納されることを確認した。この後タイ・ロッドワイヤーの方法が図面通りでなかったのでワイヤーを一本でロックする様手先の器用な人を集めて行なったが、2本以上のピンをロックするのは困難であった。また集合体をサイドホール・リフトを用いて転倒をしたが、この作業中高い所での吊具の取り外し作業が少し危険性を感じた。

50年8月7日

梱包作業

- ① 集合体の清掃（写真8.2.5）
- ② 集合体をホルダーに固定中止
- ③ ホルダー手直し
- ④ 集合体をホルダーに固定（写真8.2.6）
- ⑤ ホルダーを輸送容器に挿入（写真8.2.7）
- ⑥ 輸送容器の転倒（写真8.2.8）
- ⑦ 片付け、シール（写真8.2.9, 8.2.10）

7日はいよいよ梱包作業のため、燃料集合体の油等を取り除くためアセトンで清掃した。しかし、ガーゼの糸クズが組立加工中に発生したと思われる傷に付き、ピンセットで取りながら行なった。次にはホルダーに固定しようとしたが、下部タイプレート部に接触する部分があり、集合体を包むことが出来ないため作業を中止し午前中は手直をすることになった。

午後から手直のための研摩屑を清掃してホルダーを定位置にセットし、集合体も確実にホルダー固定され、輸送容器にも順調に納まりこの日は17時前に片付も終了した。

計量係では、分析値より出荷重量等書類手続を準備し、いつでも出荷出来る様に準備を済ませて出荷を待った。

一方本社では、航空会社の交渉および計量係から提出した輸送計画書に基き、運輸大臣の許可手続が進められていた。

50年10月4日

輸送容器積込み

- ① 荷作り（写真8.2.11）
- ② 出荷準備完了（写真8.2.12）

航空会社との交渉が難行し、8月より延々になっていたが10月2日運輸大臣の許可もあり、4日の積込みが決定された。

4日は9時から関係者の打合せを行ない、計画通り8ton トラックに積込み、プルトニウム燃料部第2開発室前で1夜を過し5日午前6時に東海を出発することになった。

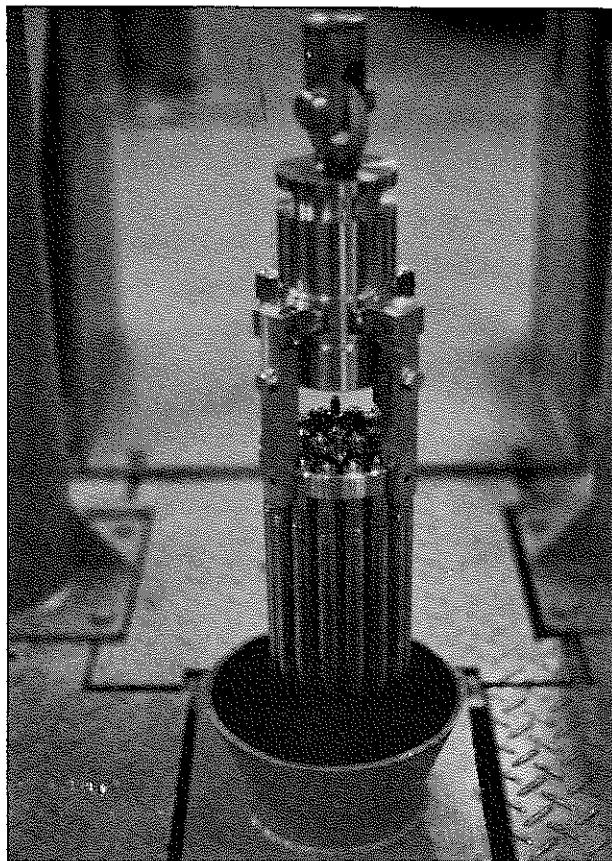


写真 8.2.1 シュラウド・チューブ挿入試験  
位置に集合体を固定



写真 8.2.2 シュラウド・チューブ挿入試験(1)

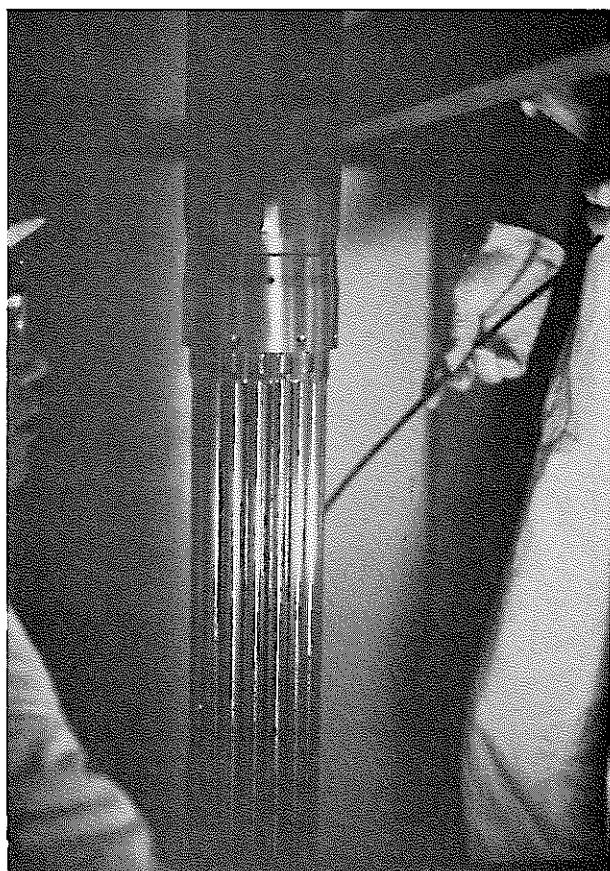


写真 8.2.3 シュラウド・チューブ挿入試験(2)

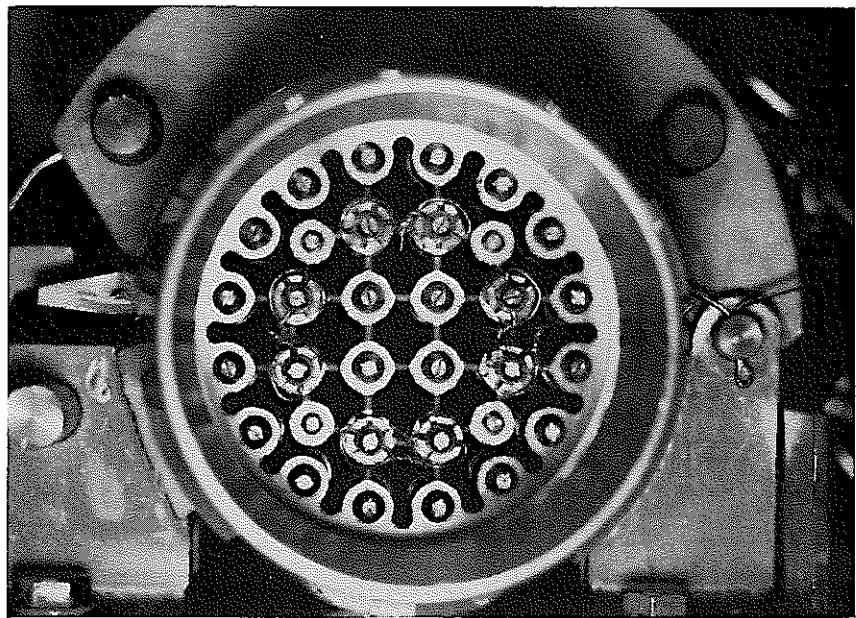


写真 8.2.4 タイロッド・ワイヤーロック

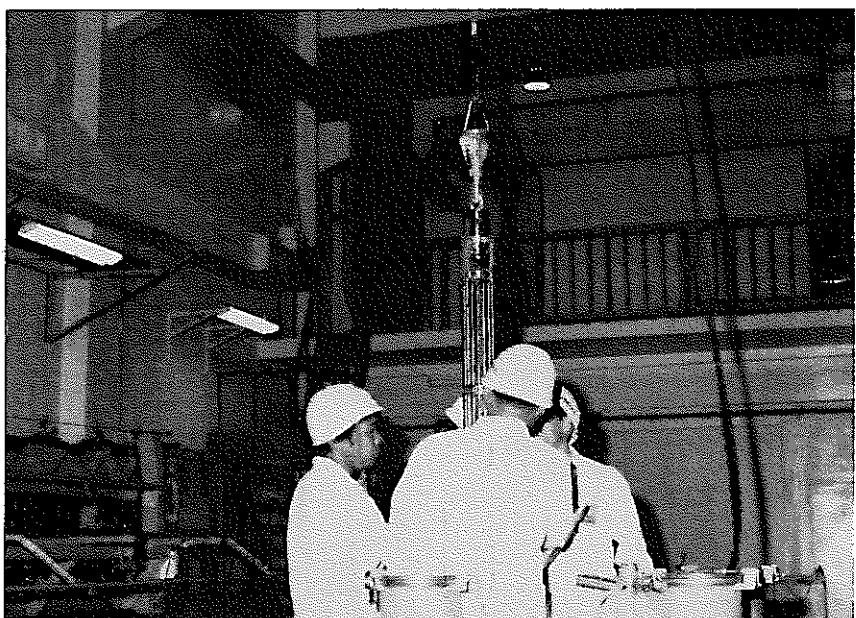


写真 8.2.5 集合体の清掃

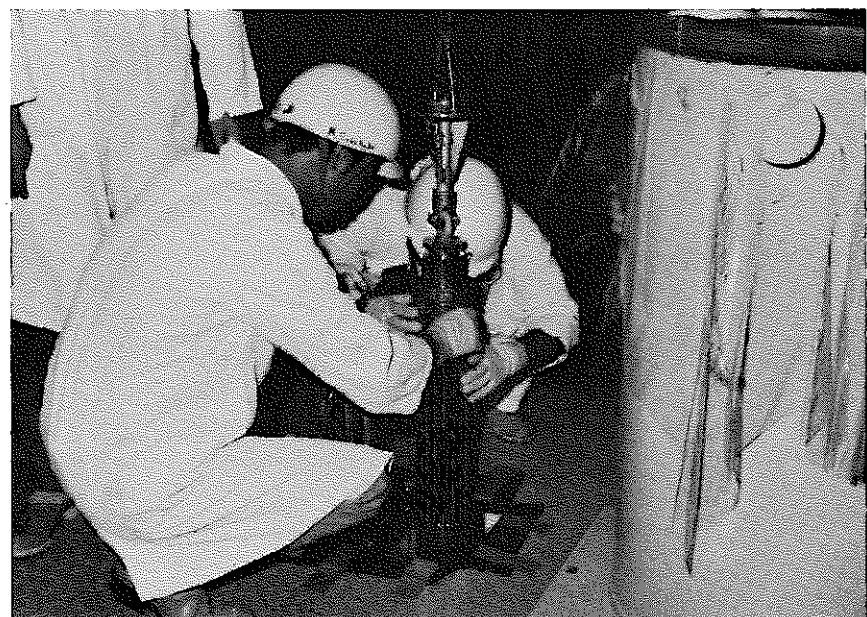


写真 8.2.6 集合体をホルダーに固定

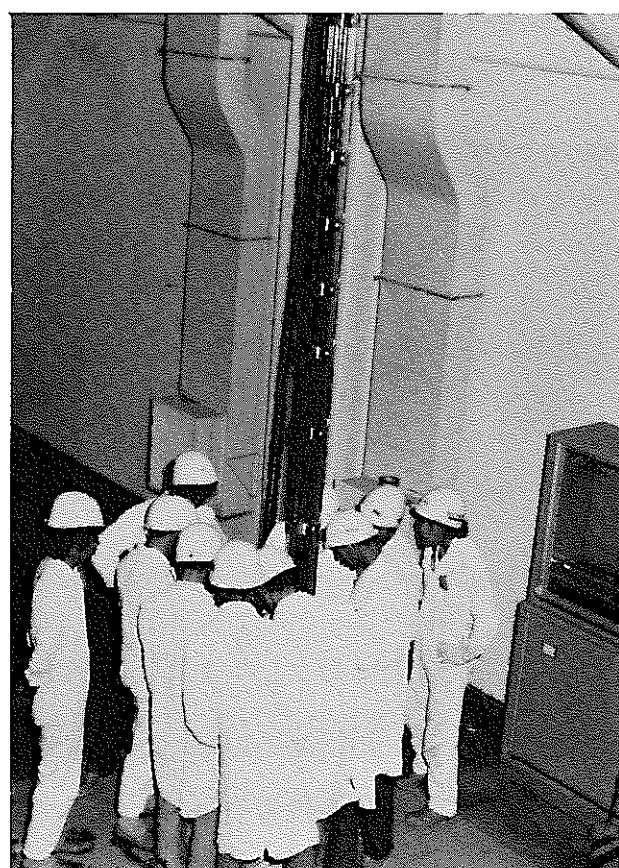


写真 8.2.7 ホルダーを輸送容器に插入



写真 8.2.8 輸送容器の転倒

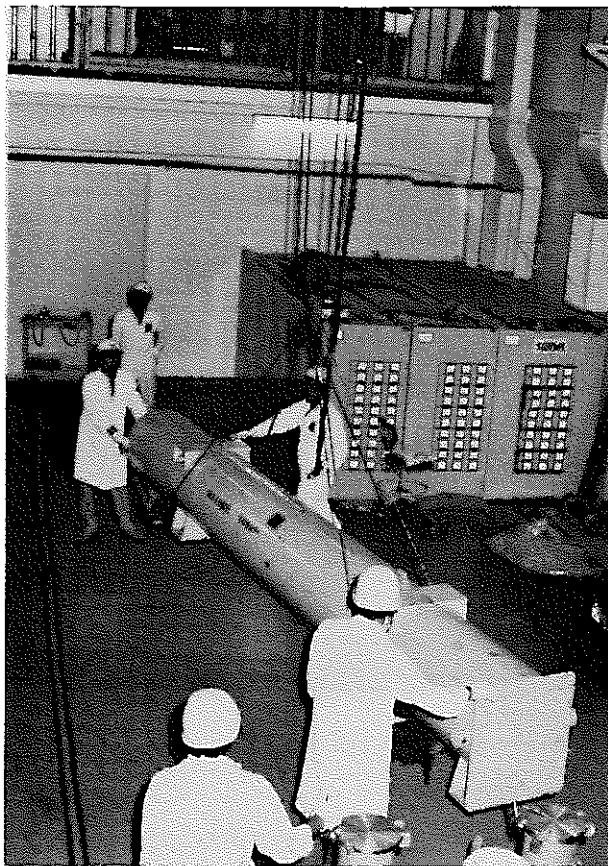


写真 8.2.9 片 付 け

ZN841-76-06

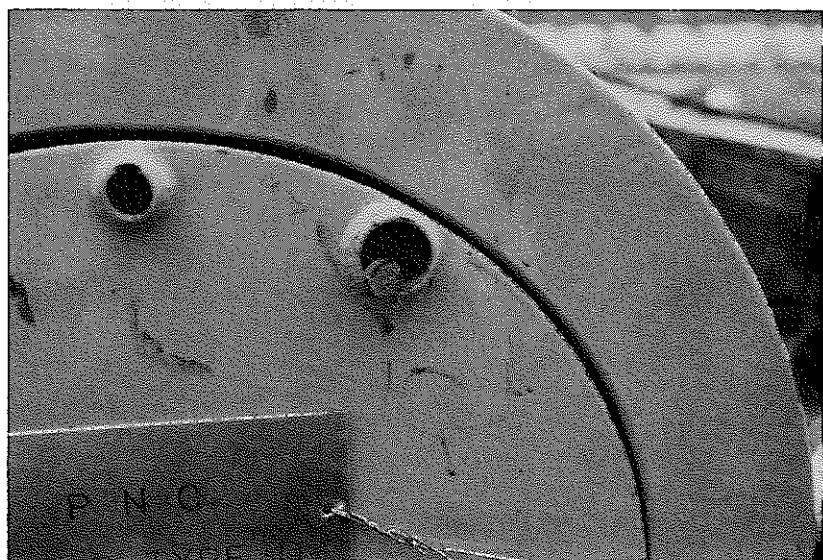


写真 8.2.10 シー ル

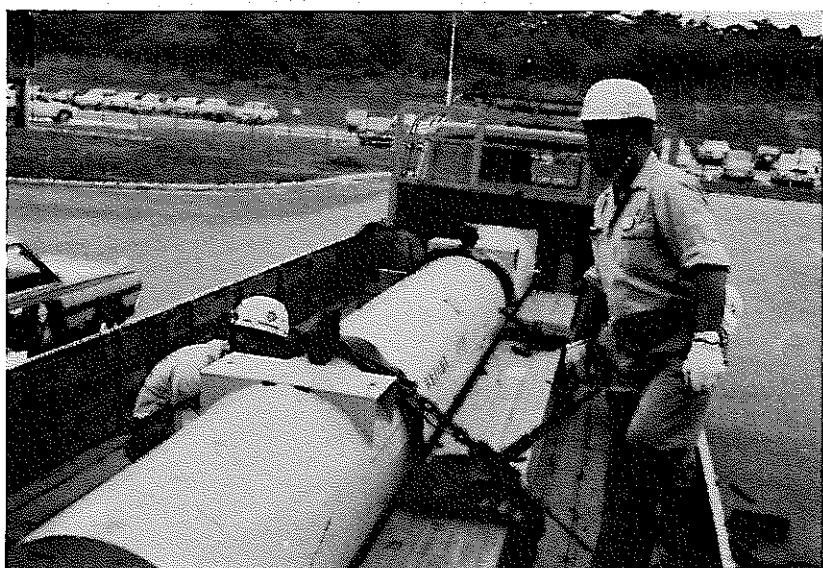


写真 8.2.11 荷 作 り

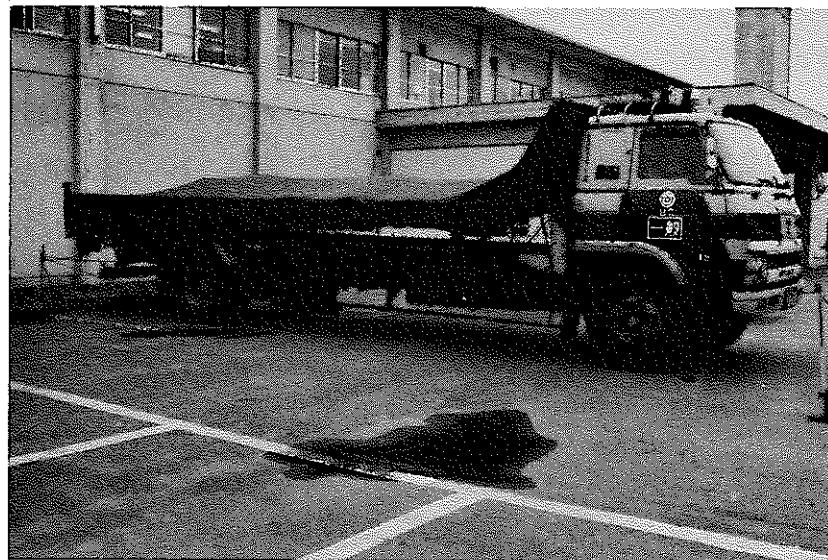


写真 8. 2. 12 出荷準備完了

## 9. 照射後試験計画

(金 田)

### 9.1 照射後試験項目

燃料集合体は照射終了後冷却期間を置いて、ウインズケールの施設で照射後試験が行われる予定である。照射後試験の詳細はまだ未定であるが、照射条件や照射後の外観検査結果等を参考にして、ウインズケールの施設で測定可能な項目の中から適当に選択されることになる。現在、軽水炉燃料の炉内挙動に関する最近の文献\*を調査中であり、そのまとめも近く終わる予定であるので、それらの文献中で問題にされている点を考慮して、照射後試験項目を決定するつもりである。ウインズケールの施設で行うことのできる照射後試験項目を第9.1.1表に示す。なお、照射後試験項目の詳細については、ZN 841-75-30、「ふげん」プルトニウム燃料集合体のSGHWRにおける照射試験-(I) PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>燃料集合体の設計および照射特性解析-を参照されたい。

### 9.2 照射前試験データ

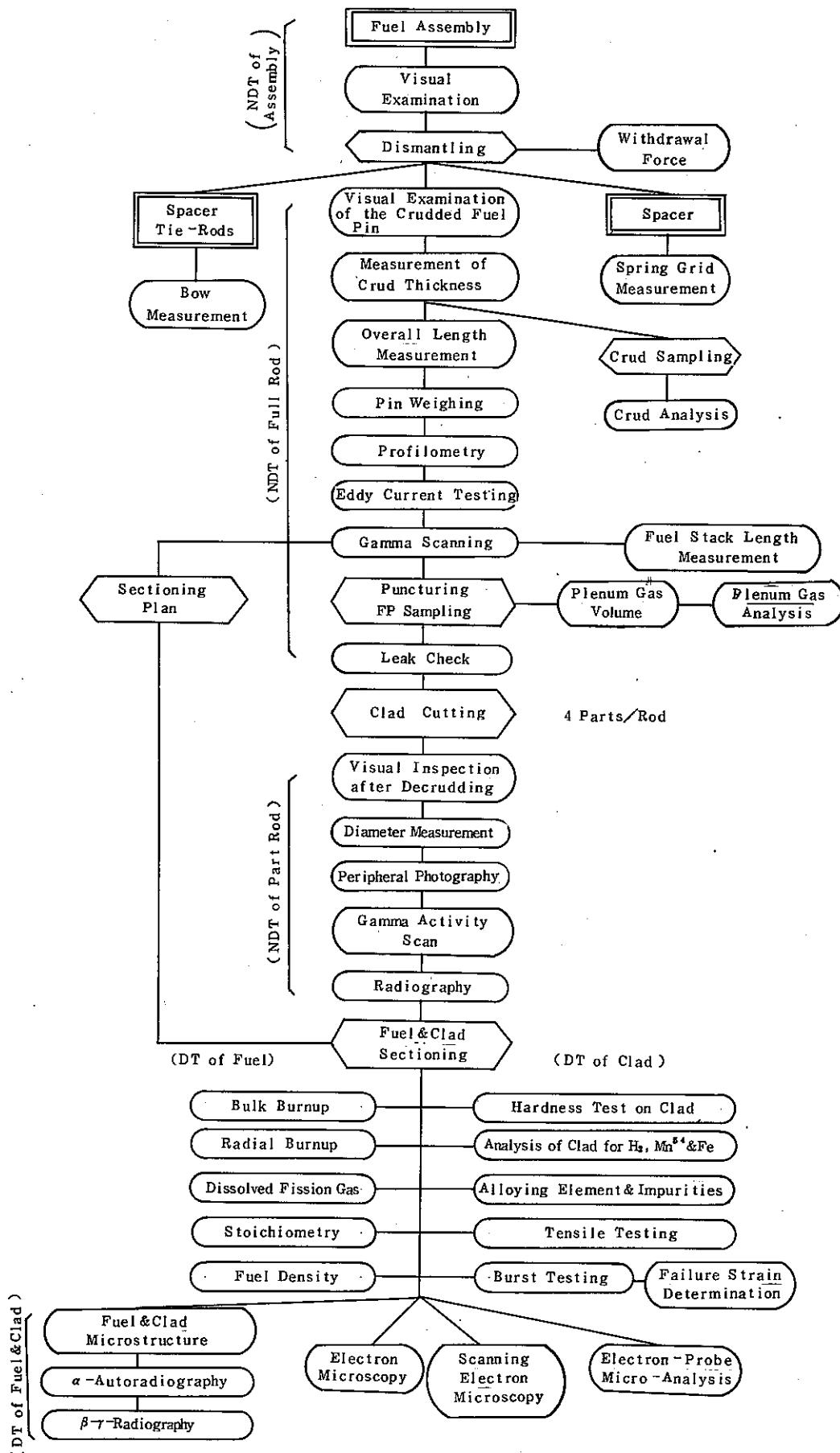
照射前試験のデータは、それぞれの節に表にまとめて示されているが、本節ではその中から主要なデータについて整理するとともに、参照されるべき図表の番号をまとめておく。第9.2.1表～第9.2.3表に照射前試験のデータを示す。第9.2.1図に燃料要素の組立配置図、第9.2.2図に燃料要素の方向確認スケッチ図をそれぞれ示す。第9.2.4表には、照射後試験項目とそれに対応する照射前データの図表番号を示す。

---

\* 1) The Joint Topical Meeting on Commercial Nuclear Fuel Technology Today, Toronto, Canada, (1975)

2) Nuclear Engineering and Design, 33, No 2, (1975)

第9.1.1表 ウインズケールの施設において行うことのできる照射後試験項目



第9.2.1表 照射データ整理表

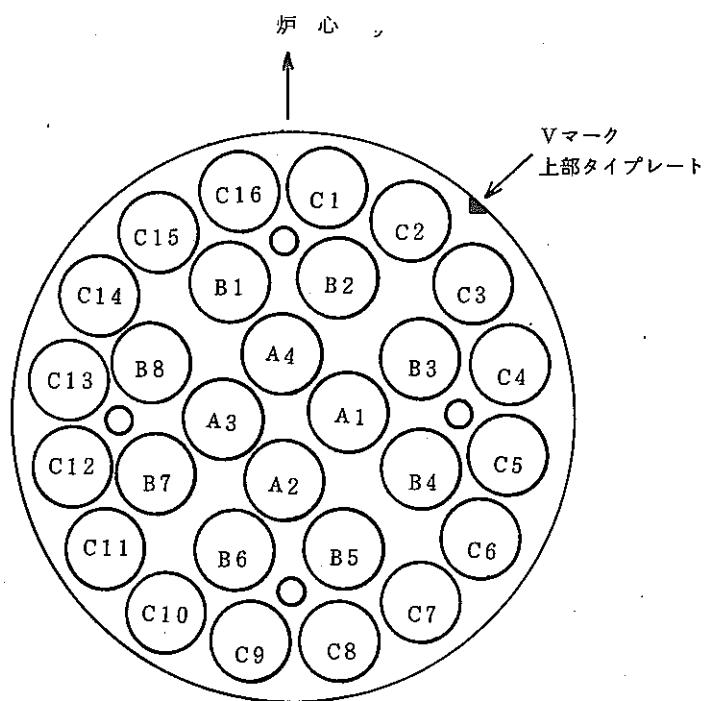
		作成年月日：1976年1月26日
作 成 者：金田		
確 認 者：		
・照 射 名：	「ふげん」プルトニウム燃料集合体のSGHWR における照射試験	・照 射 位 置
・照 射 の 目 的：	プルトニウム燃料部の製造加工施設で製作される 「ふげん」初装荷用 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ 燃料集合体の炉内健全性の実証および照射特性の確認	集合体の炉心内位置 UKAEAの照射報告書 (AEEW-R 1037) - Part 1 のFig. 7 参照
・集 合 体 の 番 号：	Fuel-Type D	燃料ピンの集合体内位置 第9.2.1図参照
・燃 料 ピン の 番 号：	A1～A4, B1～B8, C1～C16	
・照 射 期 間：	1975年10月26日 → 年 月 日	
・照 射 炉：	SGHWR (イギリス)	
・最 大 燃 烧 度：	8,500 MWD/T <sub>OXIDE</sub> (目標)	・特 記 事 項：
・最 大 積 算 中 性 子 線 量：	nvt	- 試 料 の 特 徵： 「ふげん」初装荷用 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ 燃料と同一仕様
(0.1MeV 以上)		- 照 射 の 特 徵：
・最 大 線 出 力：	520 w/cm (目標)	- 照射後試験の特徴：
・公 称 諸 数 値：		・参考文献および資料名
- 炉 心 燃 料：	組成 $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ , 直径 144.0 mm 密度 95 % T, D	(1) ZN841-75-30, 「ふげん」プルトニウム燃料集合体のSGHWR における 照射試験-(1) $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ 燃料集合体の設計および照射特性解析
- ブランケット燃料：	組成 , 直径 mm 密度 % T, D	
- 被 覆 管：	材料 (加工度) ジルカロイ-2 内径 14.70 mm, 外径 16.46 mm	
- ピン全長 3.785 (肩間) mm (ブランケット+炉心) 長 mm		
下部ブランケット長 mm, 炉心燃料長 mm		
上部ブランケット長 mm, プレナム長 mm		

第9.2.2表 照射前データ

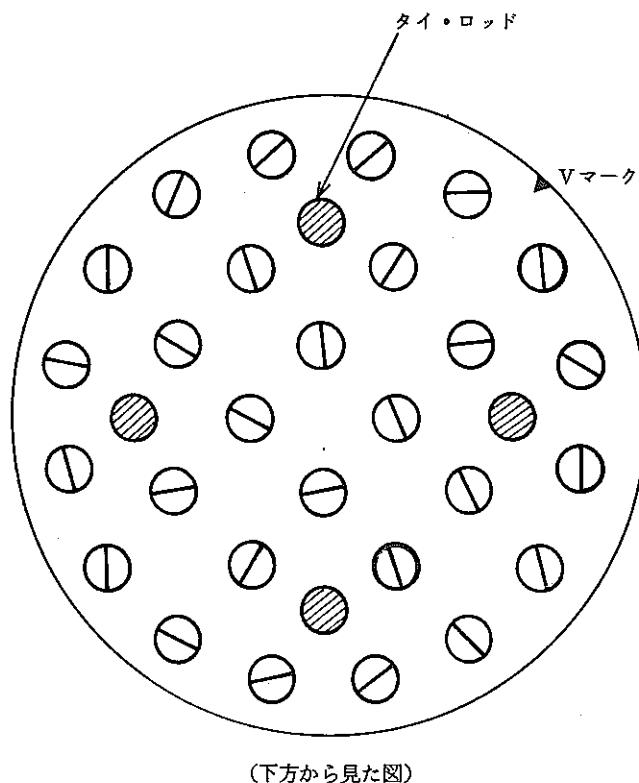
1. 燃料ピン全体に関するデータ				
1 - 1 Total Fuel Pin Length	第9.2.3表			
1 - 2 Fuel Stack Length	第9.2.3表			
1 - 3 Material of Cladding / End Plug	Zry - 2	/	Zry - 2	Maker / Lot No 神戸製鋼 / 原燃工(加工)
1 - 4 Total Weight of Fuel Pin	Cold Worked of Solution Treated [ ] %			
1 - 5 Total Weight of Fuel	g			
1 - 6 Spring Volume	8.03	cm <sup>3</sup> (Upper),	1.83	cm <sup>3</sup> (Lower)
1 - 7 Plenum Volume	26.64	cm <sup>3</sup> (Upper + Lower)		
1 - 8 Spring Material/ Spring Constant	SUS-304 -WPB	/	0.36	kg/cm (Upper), インコネル-X / 18 kg/cm (Lower)
1 - 9 Initial Internal Pressure at 20°C	1.033	kg/cm <sup>2</sup>		
1 - 10 Internal Gas				
- Total	mole			
- He	mole			
- Adsorbed	mole of 60 $\mu\text{l/g}$ at 0 °C			
1 - 11 Coolant Flow Area/1 Fuel Pin	cm <sup>2</sup>			
1 - 12 Av Coolant Pressure	67	kg/cm <sup>2</sup>		
1 - 13 Density of Cladding	6.55	g/cm <sup>3</sup>		

第9.2.3表 燃料要素寸法・重量

燃料要素番号	肩間長さ(mm)	V溝間長さ (mm)	燃料要素重量 (g)	スタック長さ (mm)	スタック重量 (g)	上部プレナム 長さ(mm)
A 1	3785.0	3777.0	7077	3510.56	5863.09	192.0
A 2	3785.1	3777.1	7077	3508.95	5854.49	193.5
A 3	3785.1	3777.1	7110	3506.97	5882.88	195.0
A 4	3785.1	3777.1	7067	3509.58	5858.19	194.0
B 1	3784.6	3776.6	7105	3512.63	5897.88	196.5
B 2	3784.5	3776.5	7112	3512.00	5898.66	190.5
B 3	3784.5	3776.5	7098	3509.42	5878.88	193.5
B 4	3784.9	3776.9	7105	3509.71	5874.71	192.0
B 5	3785.0	3777.0	7092	3509.01	5881.40	194.0
B 6	3784.9	3776.9	7099	3509.78	5884.80	193.0
B 7	3784.7	3776.7	7092	3509.58	5881.11	193.0
B 8	3784.9	3776.9	7103	3511.24	5886.15	191.0
C 1	3785.1	3777.1	7048	3508.93	5842.83	194.5
C 2	3785.1	3777.1	7031	3513.98	5863.30	188.5
C 3	3785.1	3777.1	7056	3507.23	5851.77	196.5
C 4	3785.0	3777.0	7063	3509.26	5848.44	193.0
C 5	3784.8	3776.8	7046	3509.29	5833.03	193.5
C 6	3785.2	3777.2	7071	3510.74	5857.06	192.0
C 7	3785.0	3777.0	7100	3511.31	5880.78	191.0
C 8	3784.8	3776.8	7085	3506.41	5871.23	196.0
C 9	3785.1	3777.1	7098	3506.61	5879.37	195.5
C10	3785.2	3777.2	7055	3509.61	5848.50	194.0
C11	3785.2	3777.2	7099	3513.35	5881.39	190.0
C12	3785.0	3777.0	7045	3507.22	5844.74	196.0
C13	3784.9	3776.9	7075	3507.92	5856.00	195.0
C14	3785.1	3777.1	7054	3506.13	5836.92	197.5
C15	3785.1	3777.1	7085	3513.41	5873.31	190.0
C16	3785.1	3777.1	7057	3507.53	5844.04	196.0



第9.2.1図 燃料要素の集合体内位置



第9.2.2図 燃料要素の方向確認スケッチ

第 9.2.4 表 照射後試験項目と対応する照射前データの図表番号

照 射 後 試 験 項 目	照 射 前 デ ィ タ の 図 表 番 号
燃料要素の引抜力測定	第 5.3.4 表, F-76-0605 *
燃料要素の全長測定	第 5.5.4 表, 第 9.2.3 表
燃料要素の外径測定	第 5.5.1 表, 付録 6
燃料スタック長の測定	第 5.5.2 表
燃料要素のガンマ線量率	第 5.1.1 表, 第 5.5.4 表, F-76-0604 *
プレナム長の測定	第 5.2.4 表, 第 5.5.4 表
燃焼度および同位体組成の分析	第 4.1.3 表
燃料および被覆管の組織	写真 6.1.1, 写真 6.1.2, 写真 6.1.3
X線マイクロアナライザー	第 4.3.2 図
被覆管の硬さ試験	第 6.1.5 表
被覆管中の合金元素および不純物の分析	第 6.1.1 表, 第 6.1.3 表
燃料密度	第 4.3.13 表
スペーサのバネ特性	第 5.3.4 表, F-76-0605 *
被覆管のバースト試験	第 6.1.1 表, 第 6.1.3 表
被覆管の引張試験	第 6.1.1 表, 第 6.1.3 表
燃料要素の重量測定	第 5.5.4 表, 第 9.2.3 表
金相写真の解析	第 4.3.11 表, 写真 4.3.2, 写真 4.3.3

\* プロジェクト・ルーム保管ファイル整理番号

## 10. 核 物 質 収 支

(水 野)

当キャンペーンではPuO<sub>2</sub>は「常陽」燃料製造に使用したもののが残りを、UO<sub>2</sub>は「ふげん」用の原料を転用して使用した。これらの核物質(Pu, U)はほど同時に行われていた硝酸プルトニウム・コンバージョンテストおよび「ふげん」燃料製造テストランでも使用されていたので計量管理上複雑な取り扱いとなつたが、核物質のバッチ(核物質区分)とともにプロジェクト・コードを併用した計量管理を行うことにより解決した。キャンペーン全体の核物質収支を第10.1表および第10.1図に示す。

第10.1表 核物質収支表

(50年9月30日現在)

内 訳		核物質の種類	Pu (メタル)	Nu (メタル)
使 用 し た 核 物 質 量			6,618.30 g	302.690 g
		製品(S/A1体) <sup>注1)</sup>	3,108.21	141,604
内 量 訳	残 量	保 存 ペ レ ッ ト	9.10	415
		分析・測定中試料	20.89	963
		回 収 原 料	109.37	5,277
		ス ク ラ ッ プ	1.17	54
		「ふげん」へ転用	3,352.09	153,598
	計		3,492.62	160,307
		欠 量	17.47	779

注1) 製品重量のPuO<sub>2</sub>/(PuO<sub>2</sub> + UO<sub>2</sub>)は焼結ペレットの分析値を使用

第10.1表から明らかなように既に残りの大部分が回収されて「ふげん」用に転用されているが、第10.1表の中の「分析・測定資料」、「回収原料」、「スクラップ」は同様に回収されて「ふげん」用として使用される予定である。回収残査も「ふげん」の回収残査と一諸にするため、「ふげん」燃料のスクラップ保管庫に収める。

欠量は第10.1図のようにPuについては使用量に対して0.26%となっており、Nuについてもほど同様な値となる。Pu欠量を「DCA」燃料製造実績と比較すると、「DCA」の場合、使用量に対して0.39%であり、このキャンペーンでは「DCA」を下まわる値である。欠量の工程別内訳を第10.2表に示す。加工工程で比較的大きい負の欠量となっているのは、混合酸化物中のPuO<sub>2</sub>重量を混合比を用いて計算するか、分析値を用いるかの違いによって生じたものである。即ち部内の計

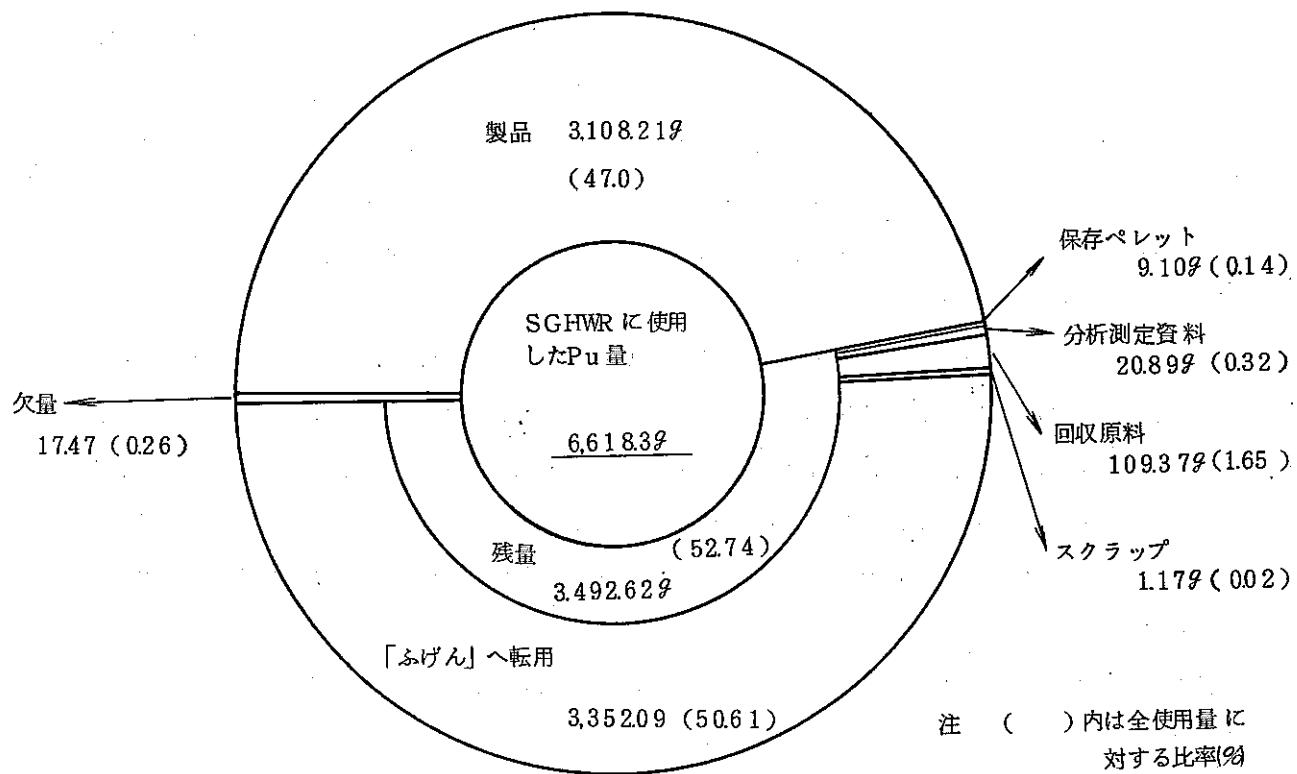
量管理上は混合比を用いているが、出荷時には焼結ペレットの分析値を用いている。分析値のほうが混合比より高くなつた場合はこのように出荷時に Pu は負の欠量が、Nu は正の欠量が生ずる。また欠量は発生要因を追求して減少に努めているが、要因別に集計したのが第 10.3 表である。計算差として出ているのはペレット焼結工程で生じたものであり、水分吸着、統一系数値差などが原因である。不明在庫はいわゆる Hidden Inventory である。また前述の出荷時の欠量は含有量誤差となっているものである。

第 10.2 表 工程別欠量

工程 \ 欠量	Pu (メタル)	Nu (メタル)
ペレット	7.69 g	222 g
加工	-6.87	56
回収	16.04	481
分析・測定	0.61	20
計	17.47	779

第 10.3 表 要因別欠量

工程 \ 欠量	Pu (メタル)	Nu (メタル)
計上誤り	-2.02 g	-105 g
不明在庫	17.67	556
計算値	18.15	677
秤量誤差	-8.39	-357
含有量誤差	-7.94	8
計	17.47	779



第10.1図 SGHWR燃料製造に使用したプルトニウムの内訳  
(昭和50年9月30日現在)

## 11. あとがき

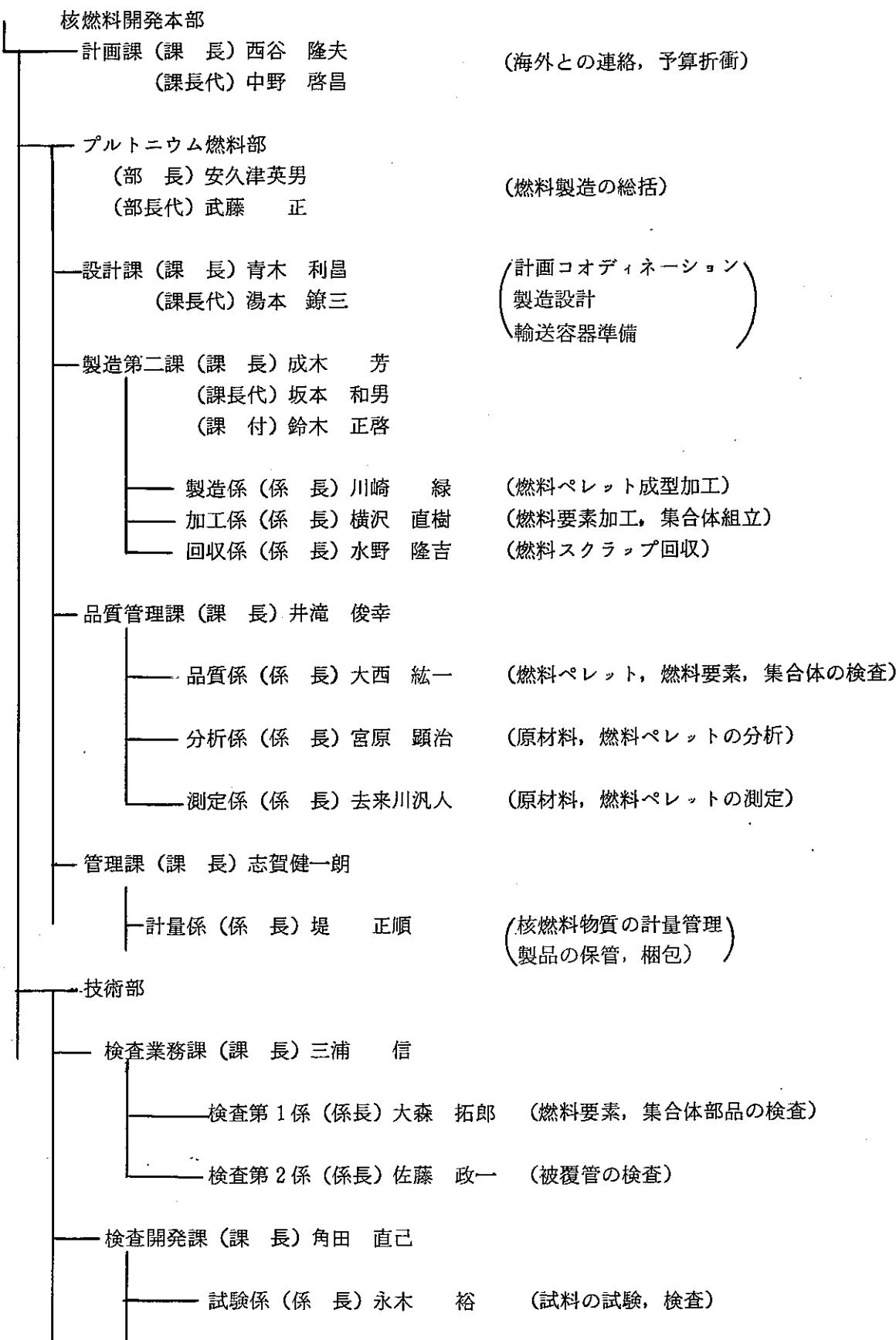
Type D 集合体の製作は「ふげん」初装荷燃料製造体制に従って製作されたので、従来の照射用試料の製作などに比べて、比較的短期間で順調に終了することができた。製造が「ふげん」プルトニウム燃料本番の先行試験を兼ねたもので各項で述べたように、全般的には製造ラインの作業標準の決定さらには本番時の製造にあたって技術的問題を提起し、ないしはその技術的対応づけなどに大いに貢献したものと考える。ただ、「ふげん」燃料には見られないType D 集合体特有の製造課題であった燃料棒配列および締付けネジの回転防止対策のワイヤによる取付け等の個々の点において多少の技術的なトラブルがみられた。同じように、輸送容器内の集合体ホルダーが燃料集合体のために特別に作製され、さらに輸送容器への梱包は本番と異なるため臨時のピットや転倒台などが用意され、かなり繁雑な作業であったが別にトラブルもなく無事完了した。

本Type D の製造が本番の多量生産システムに準じて行なわれたため、照射試験用単体としての製造・検査データが当初の期待に反し必要かつ十分とまで取得し得なかったのは甚だ遺憾であった。例えば、ペレット直径と各被覆管内径との対応付けデータなどがそれである。この照射試験は多額の費用と長期間を要するものであり特に照射後試験データとの対応となる照射前製造データの取得が重要な鍵となるが、プルトニウム燃料施設ATR ラインの確認試験であることと合わせて止むを得ないことであった。

Type D 集合体の製作は先に述べたとおり、「ふげん」燃料製造体制に従ったため、プルトニウム燃料部の大多数および技術部検査業務課など多くの関係者の作業の結集として完了したものである。製造時の製造体制組織図を別添し、表記の報告者は直接の原稿作成者にとどめた。また、これらの直接の製造体制を支えるサービス部門（放射線管理課、管理課技術係等）の数多くの関係者の御協力に謝意を表わしたい。おわりに、本報告書の編集に当り、原稿作成について数多くの関係者に協力をお願いしたこと、および原稿提出時期が揃わなかつことなどにより、報告書全体を通じやや不統一を欠く点お詫びしたい。最後に本稿の編集を直接担当した金田研究員に一言謝意を表したい。（湯 本）

Type D 集合体製造体制組織概念図

(50年4月 現在)



## 付 錄 1

燃料要素および燃料集合体図面

**SECTION A - A' (S=2/1)**

**SECTION B - B'**

**NOTE. 1) ROD NUMBER SHALL BE MARKED HERE.**

**2) DISK AND SPRING ARE TO BE SPOT WELDED AT TWO POINTS.**

**3) THE ENCLOSED GAS (He ONLY) PRESSURE IS 1 ATM.**

**DETAIL - C (S=10/1)**

ITEM	DRAWING NO.	NAME	MATERIAL NUMBERS	REMARKS
ANGLE	SCALE	DESIGN	DWG.	CHECK APPR.
		NAME	K. Kaneda S. Kirihara R. Yumoto T. Aoki	
THIRD	1 / (2/1, ) 1 / 10/1	DATE	74-8-1 74-12-16 75-4-18	75-4-18
DIVISION		TITLE		
SGHWR - D		FUEL ELEMENT		
CODE NO	DWG. NO		SEQ. NO	
(2)	ES1-200			
(1)	407105			

**REFERENCE**

**MARK NOTE**

**DESCRIPTION**

**DATE NAME**

**KEY** A.I.S.I.304

8	12	PELLET	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub>
16	40	THERMAL INSULATOR	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
8	20	LOWER PLENUM SPRING WITH DISK	A.I.S.I.304 SPRING INCONEL-X
8	20	UPPER PLENUM SPRING WITH DISK	A.I.S.I.304 SPRING A.I.S.I.304WPE
8	20	CLADDING	Zry-2
8	6	TIEROD LOWER END PLUG	"
20	5	FREE LOWER END PLUG	"
8	4	TIEROD UPPER END PLUG	"
20	3	FREE UPPER END PLUG	Zry-2
8	2	TIEROD FUEL ELEMENT	"
20	1	FREE FUEL ELEMENT	"

**ITEM** **DRAWING NO.** **NAME** **MATERIAL NUMBERS** **REMARKS**

**ANGLE** **SCALE** **DESIGN** **DWG.** **CHECK** **APPR.**

**THIRD** **1 / (2/1, )  
1 / 10/1** **NAME** **K. Kaneda S. Kirihara R. Yumoto T. Aoki**

**DATE** **74-8-1 74-12-16 75-4-18** **75-4-18**

**DIVISION** **TITLE**

**SGHWR - D** **FUEL ELEMENT**

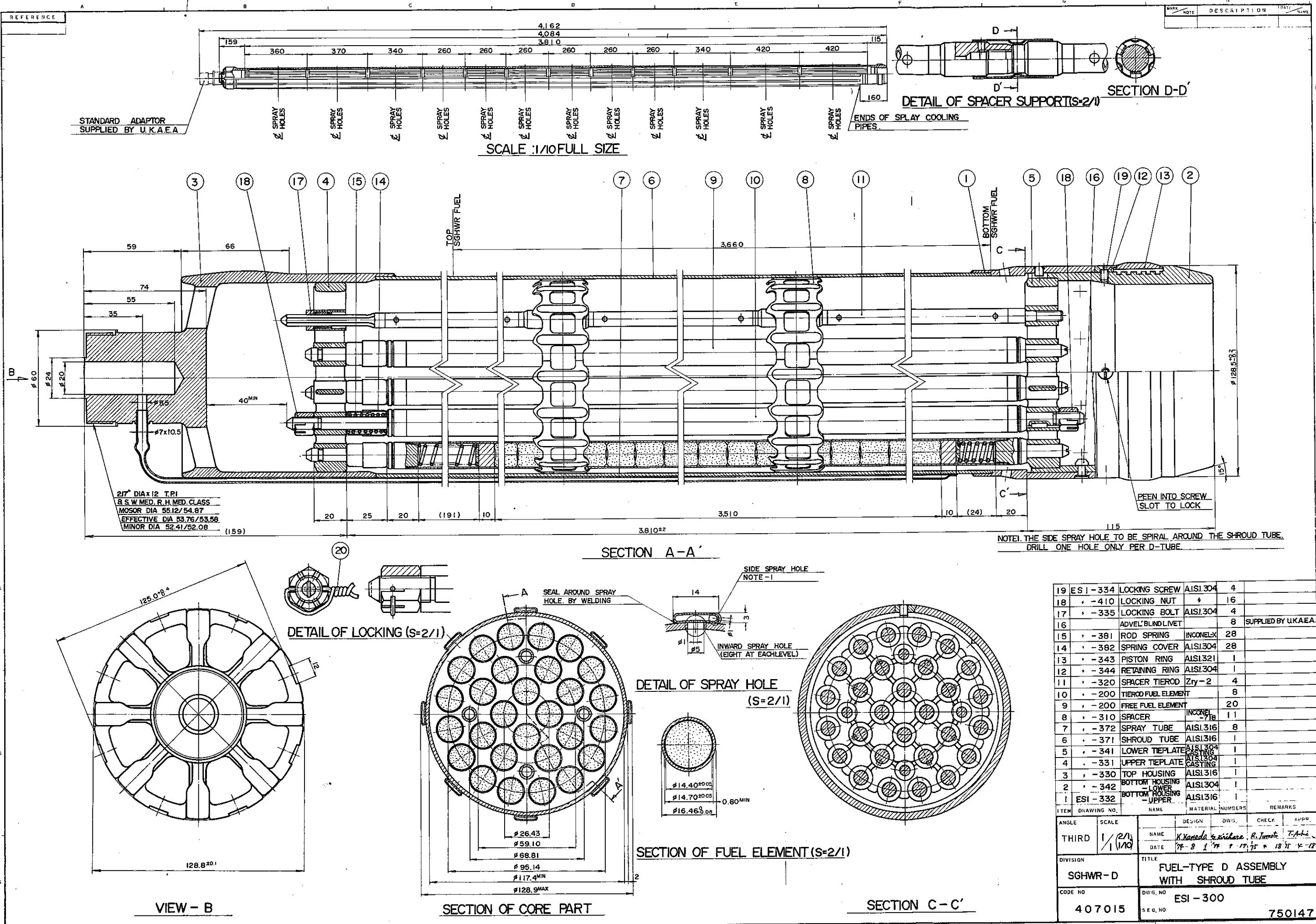
**CODE NO** **DWG. NO** **SEQ. NO**

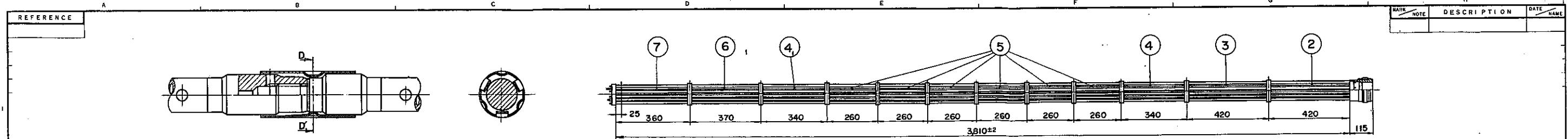
**(2)** **ES1-200** **407105** **ES1-200**

**(1)**

**750138**

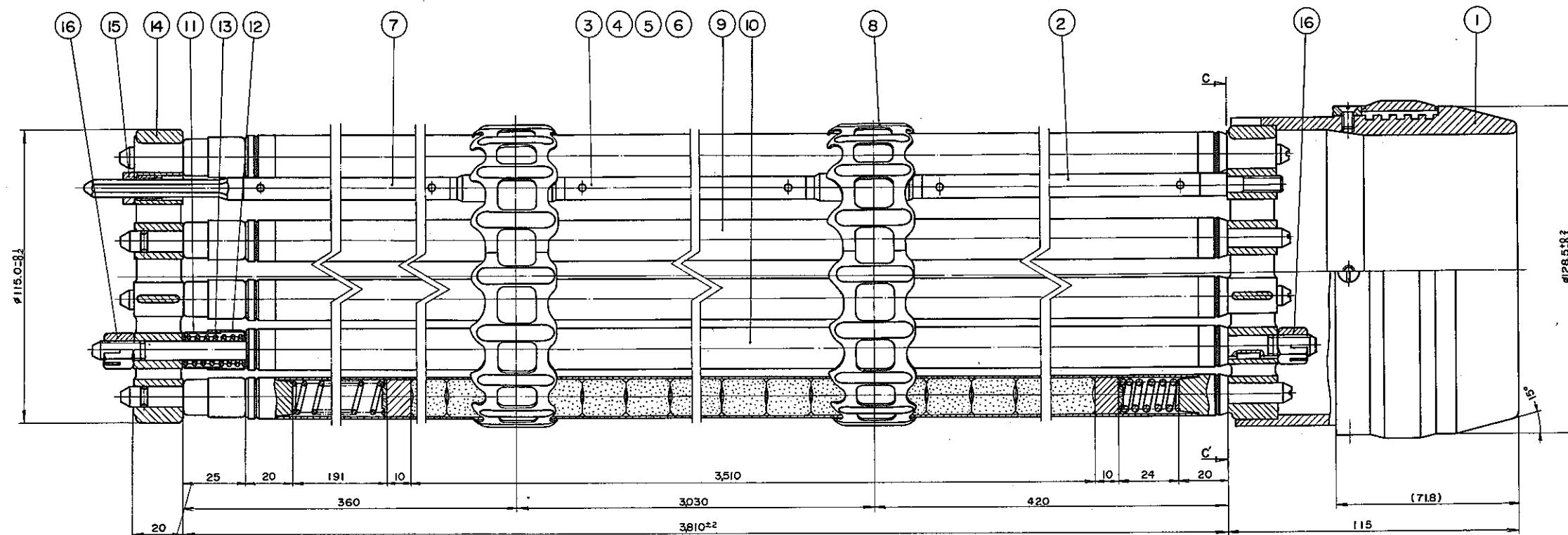
POWER REACTOR AND NUCLEAR FUEL DEVELOPMENT CORPORATION, TOKAI



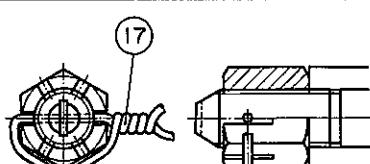


DETAIL OF SPACER SUPPORT(S=2/I) SECTION D-D'

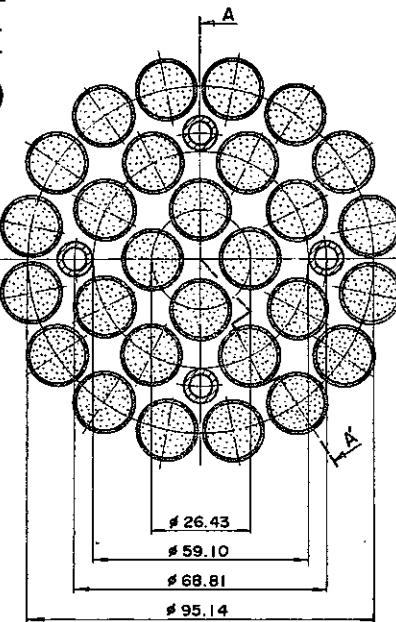
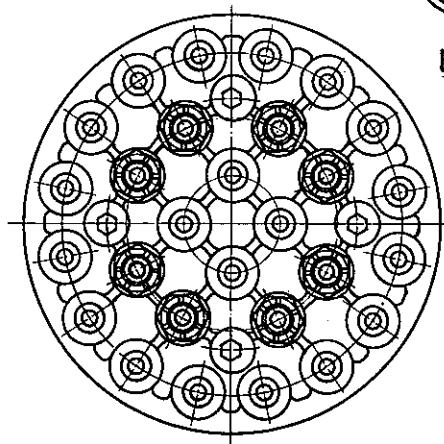
SCALE :1/10 FULL SIZE



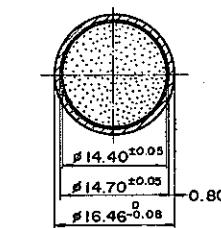
**SECTION A-A**



**DETAIL OF LOCKING(S=2/I)**



## SECTION OF CORE PART

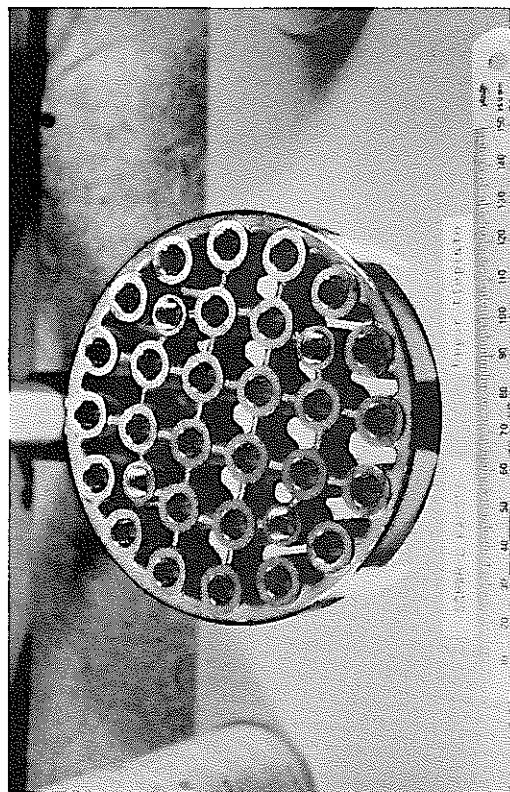


## **SECTION OF FUEL ELEMENT(S-2/I)**

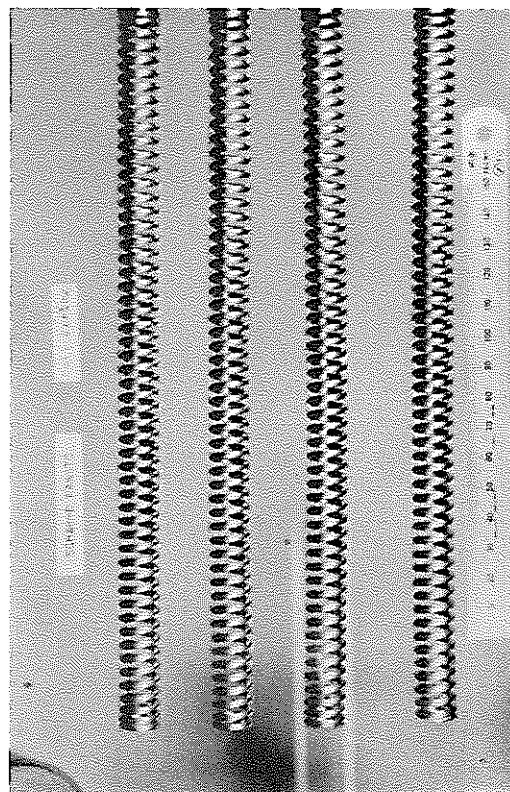
16	ES 1 - 410	LOCKING NUT	AISI304	16		
15	- 335	LOCKING BOLT	AISI304	4		
14	- 331	UPPER TIEPLATE	AISI304 CASTING	1		
13	- 381	ROD SPRING	INCONEL-X	28		
12	- 382	SPRING COVER(B)	AISI304	28		
11	- 382	SPRING COVER(A)	AISI304	28		
10	- 200	TIEROD	FUEL ELEMENT	8		
9	- 200	FUEL ELEMENT	FREE	20		
8	- 310	SPACER	INCONEL-718	11		
7	- 320	SPACER TIEROD(C)	Zry	-2	4	
6	- 320		(B <sub>4</sub> )		4	
5	- 320		(B <sub>3</sub> )		24	
4	- 320		(B <sub>2</sub> )		8	
3	- 320		(B <sub>1</sub> )		4	
2	- 320	SPACER TIEROD (A)	Zry	-2	4	
1	ES1 - 340	BOTTOM HOUSING ASSEMBLY			1	
ITEM	DRAWING NO.	NAME	MATERIAL	NUMBERS	REMARKS	
ANGLE	SCALE		DESIGN	DWG.	CHECK	APPR.
THIRD	1 / (2/ <sub>1</sub> ) 1 / (1/ <sub>10</sub> )		K.Kondo S.Wakabayashi	R.Yamada T.Akiba		
		NAME				
		DATE	77-9-1	78-12-20	78-4-18	78-4-28
DIVISION	TITLE					
SGHWR-D	FUEL-TYPE D ASSEMBLY					
CODE NO	DWG. NO ESI-301					
407015	SEQ. NO 750148					

## 付 錄 2

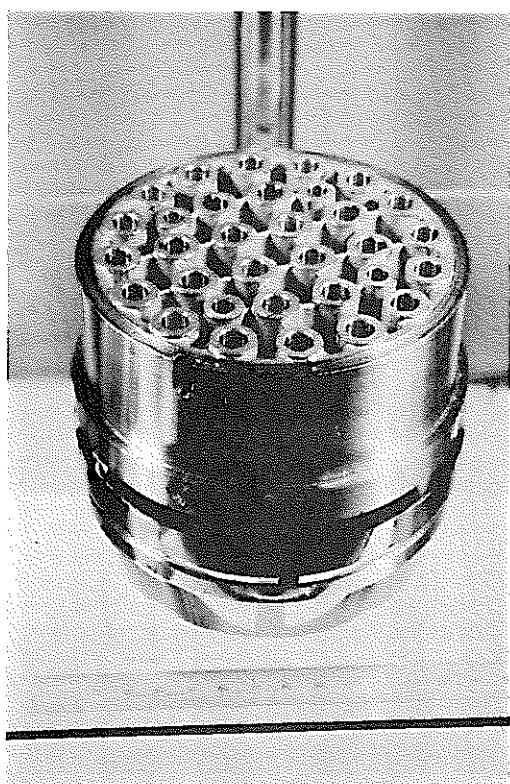
### 部品の製作写真集



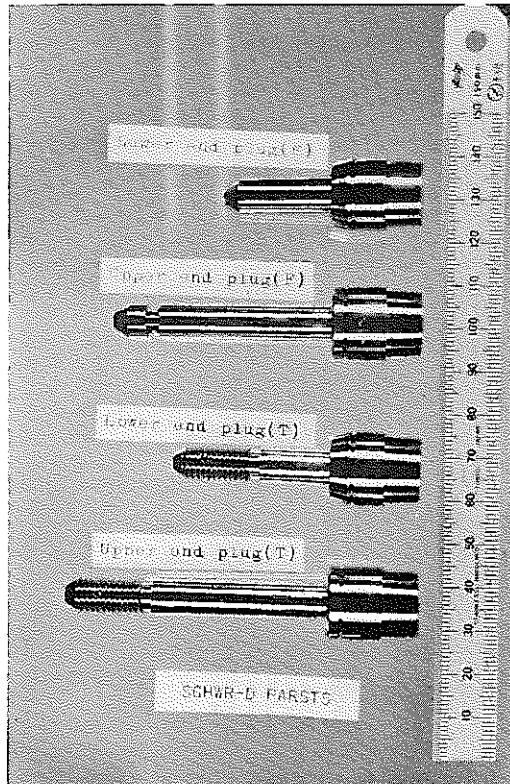
写真A 2.1 上部タイプレート



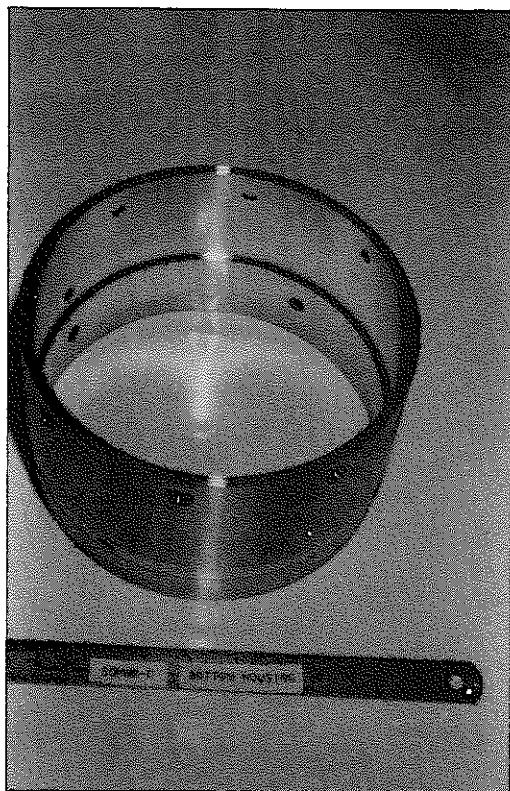
写真A 2.2 抑え板付下部プレナム・スプリング



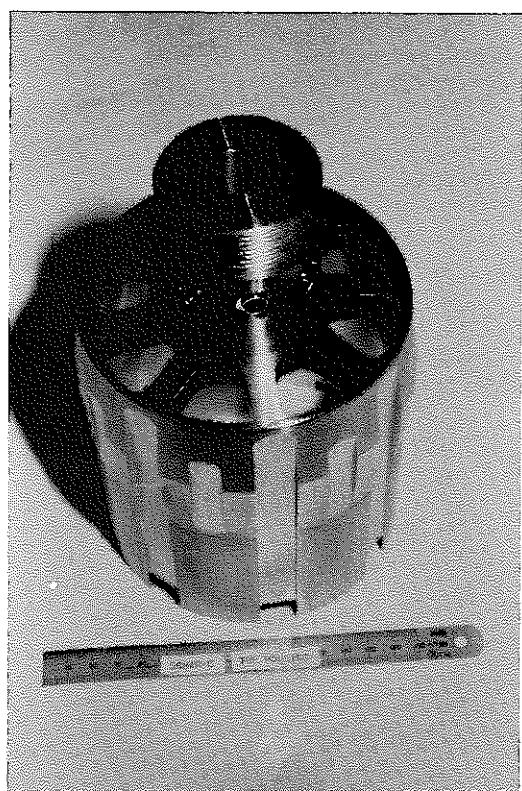
写真A 2.3 下部ハウジング付タイプレート



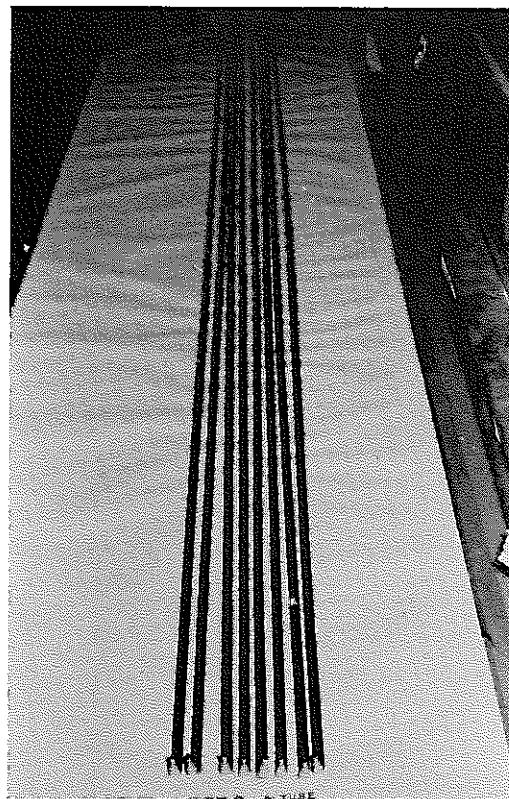
写真A 2.4 上・下部端栓



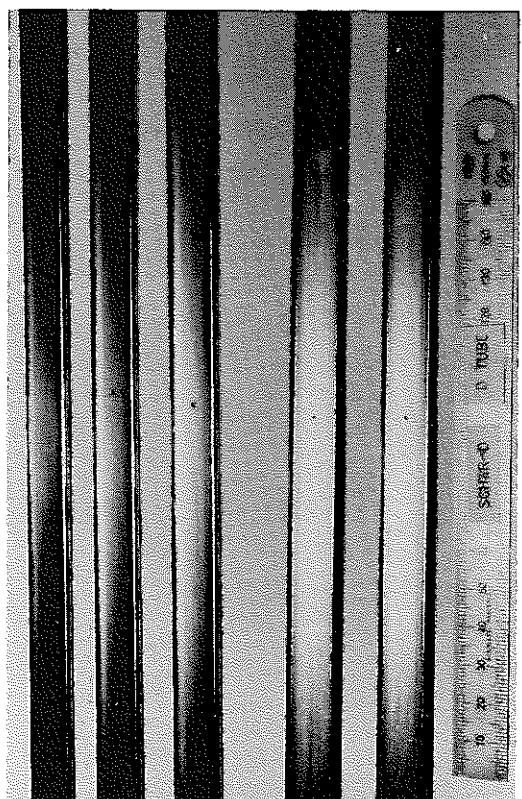
写真A 2.5 下部ハウジング（上）



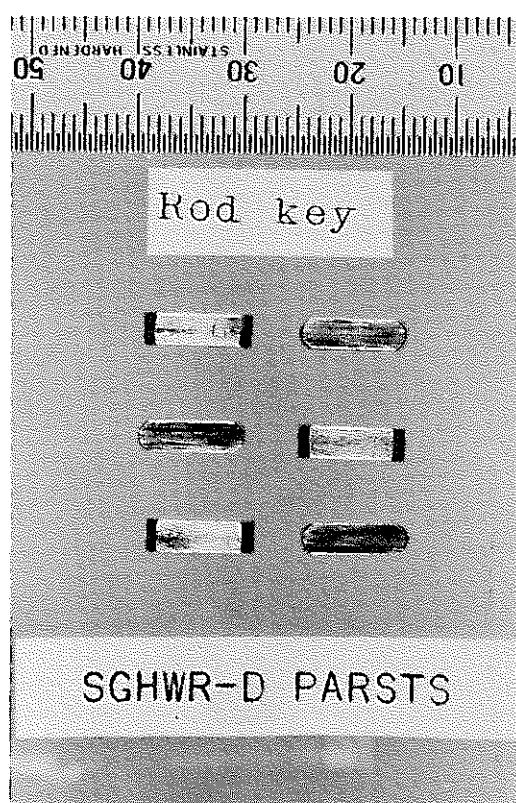
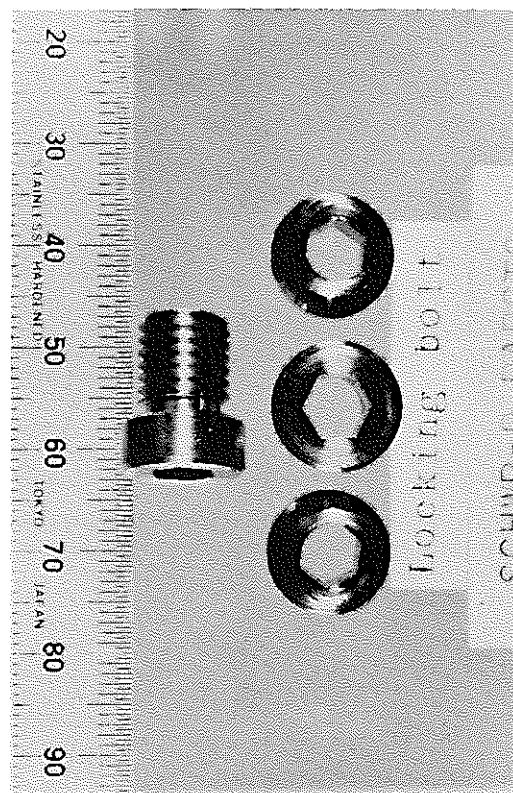
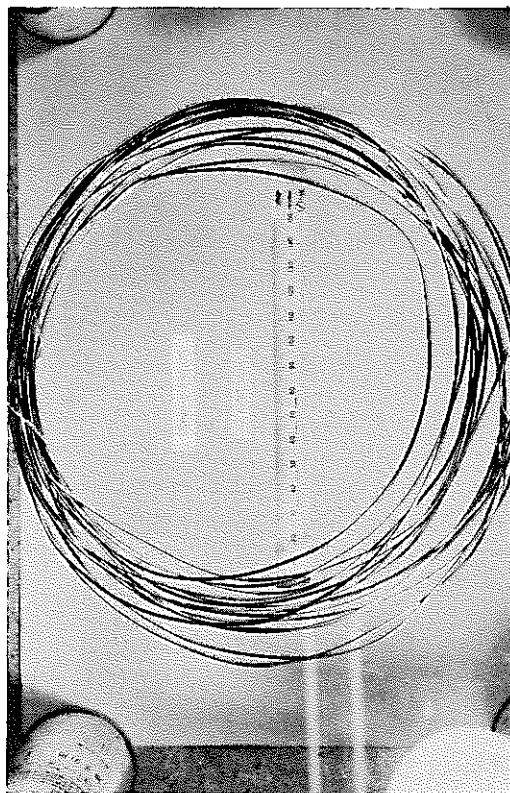
写真A 2.6 上部ハウジング



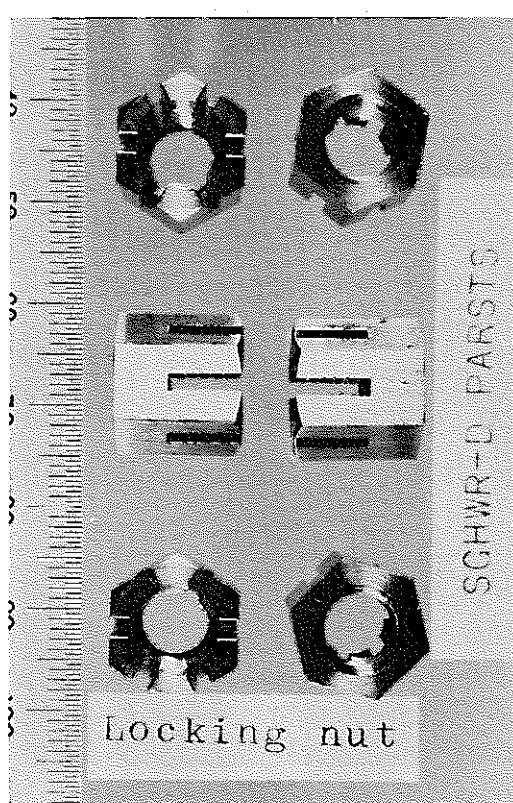
写真A 2.7 スプレー・チューブ



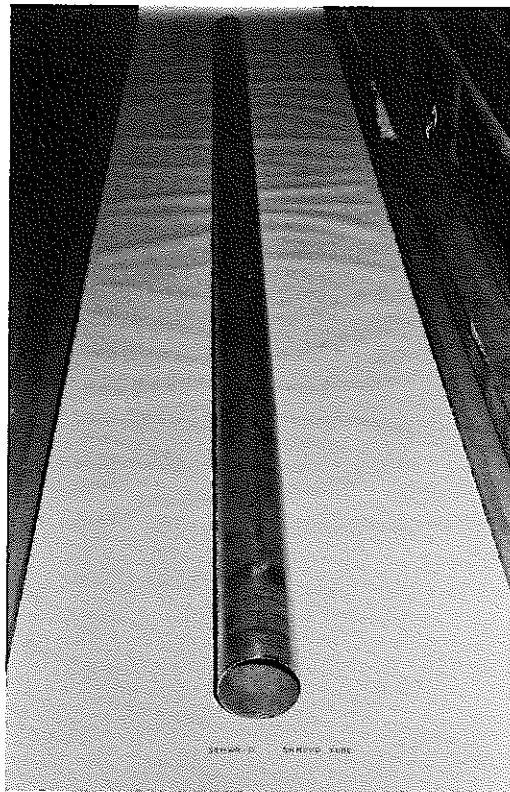
写真A 2.8 スプレー・チューブ  
(スプレー・ホール部)



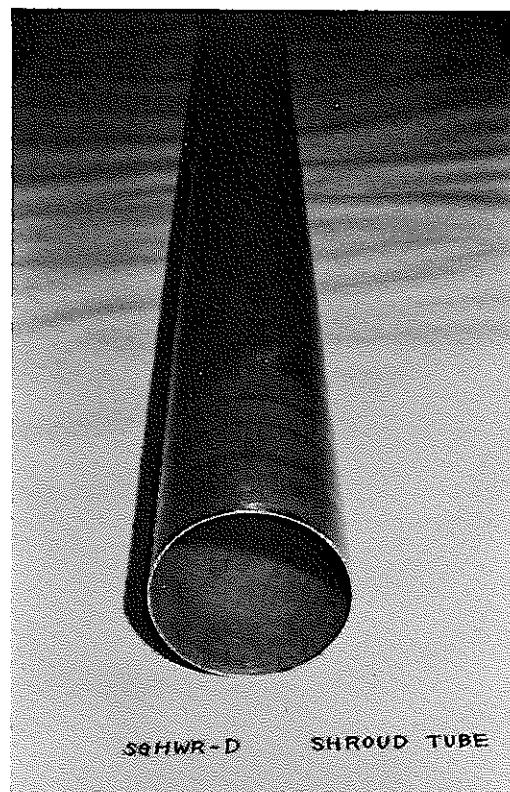
写真A 2.11 ロッド・キー



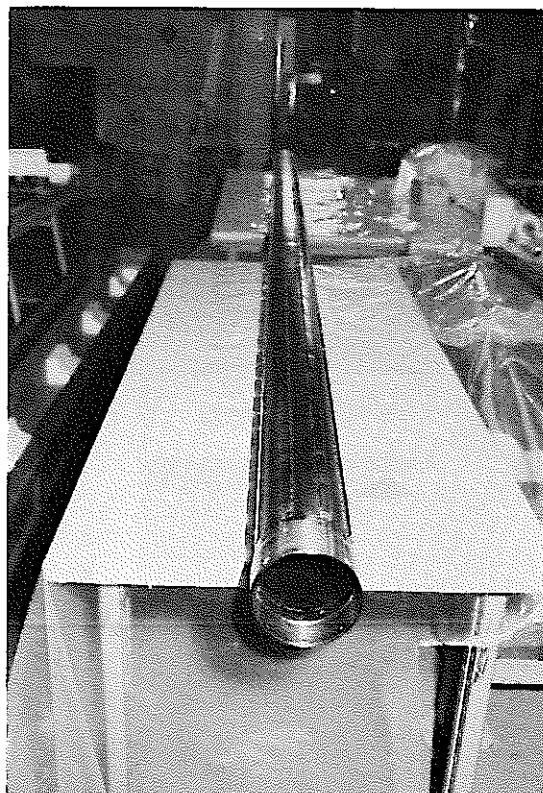
写真A 2.12 ロッキング・ナット



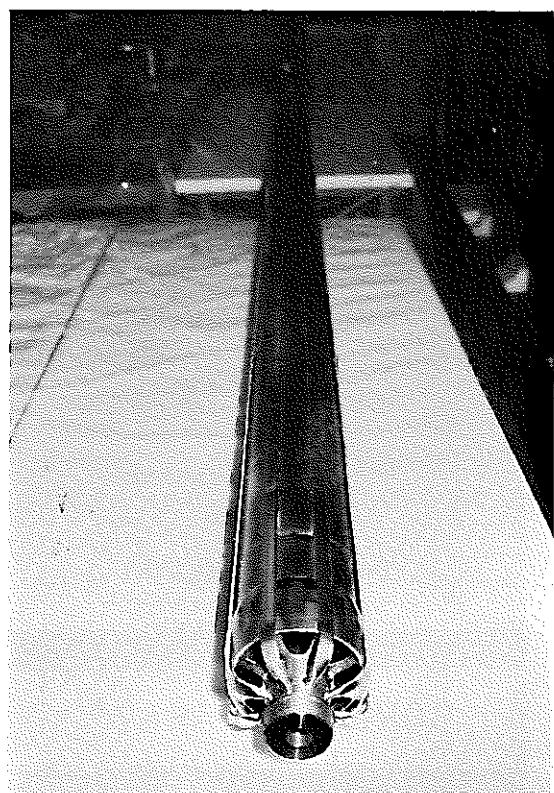
写真A 2.13 シュラウド・チューブ



写真A 2.14 シュラウド・チューブ



写真A 2.15 シュラウド・チューブ組立品  
(下方)



写真A 2.16 シュラウド・チューブ組立品  
(上方)

## 付 錄 3

燃料集合体部品試験検査要領書

## 1. 概 要

本要領書は動力炉、核燃料開発事業団殿（以下「PNC」という）が英國SGHWR炉において照射するSGHWR照射用燃料集合体（Fuel-Type D）の製作に使用する燃料要素部品および燃料集合体部品の検査に関するものであります。

## 2. 立会検査

立会検査は

(1) 燃料要素部品、燃料集合体部品完成時

(2) シュラウドチューブアセンブリ完成時

に行なって載くものとします。

3. 検 査：検査は破壊検査と非破壊検査に分け、破壊検査については検査項目毎に抜取率を定めます。非破壊検査については、全数検査と抜取検査のいずれかを行なうことといたします。

4. 全数検査：特に重要な項目については、全数検査を実施します。全数検査を実施する項目は各項目（寸法検査等、測定箇所が複数の場合はその箇所）毎に指定します。

なお、測定結果が合否で表示される場合で、特に記載のない限り1/10の測定値を残します。ただし限界ゲージ等による測定値のないものは適用しないものとします。

5. 抽取検査：原則としてJIS Z9015に基づいて実施します。

抜取率およびロットの合否判定

検査ランク	A		
検査水準	II		
AQL (%)	1.0		
ロットの大きさ	抜取数	Ac	Rc
1 - 8	全	0	0
9 - 15	13	0	1
16 - 25	13	0	1
26 - 50	13	0	1
51 - 90	13	0	1

- 注) 1) 合格ロットの中であっても抜取検査で発見された不良品は合格品に含めないこととします。  
 2) 不合格ロットについては原則としてロット不良としますが、不合格となった箇所につき、全数検査を実施し良品と不良品にわけてもよいものとします。  
 3) 全数検査の場合はロットの合否判定はせず、1品毎の合否判定を下します。

品名：ジルカロイ-2棒（検査番号SG-0-01）

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査					備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	
								表示単位	表示桁数
	材質	ASTM B 351-67ジルカロイ-2棒 Grade RA-1							
1.分析試験	1.1 化学成分	(W/O)	インゴットの頂部、中間部、底部より試料をサンプリングし分析する 発光分光分析法	3試料 1台ダ	ロットNo.	分析値 <sup>*1</sup>	-		
		Sn 1.20 - 1.70	"					0.01W/O	3
		Fe 0.07 - 0.20	"					0.01W/O	3
		Cr 0.05 - 0.15	"					0.01W/O	3
		Ni 0.03 - 0.08	"					0.01W/O	3
		Fe+Cr+Ni 0.18 - 0.38 (W/O)						0.01W/O	3
	不純物	Aℓ ≤ 0.0075	発光分光分析法					1 PPM	2
		B ≤ 0.00005	吸光光度法					0.1 PPM	2
		Cd ≤ 0.00005	発光分光分析法					0.1 PPM	2
		C ≤ 0.027	燃焼電量測定法					1 PPM	3
		Co ≤ 0.0020	発光分光分利法					1 PPM	2
		Cu ≤ 0.0050	"					1 PPM	2
		Hf ≤ 0.020	"					1 PPM	3
		H ≤ 0.0025	真空抽出法					1 PPM	2
		Mn ≤ 0.0050	発光分光分析法					1 PPM	2
		N ≤ 0.0080	吸光光度法					1 PPM	2
		Si ≤ 0.020	発光分光分析法					1 PPM	2
		Ti ≤ 0.0050	"					1 PPM	2
		W ≤ 0.010	"					1 PPM	3
		U(total) ≤ 0.00035	蛍光X線分析法					0.1 PPM	2
		O 0.070-0.150	不活性気体融解法					1 PPM	3-4
			水素、窒素、酸素は製品から試料をサンプリングし分析する。	2試料 熱処理 ロット	ロットNo.	分析値 <sup>*1</sup>			

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考	
				抜取数	試料No	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位		
2.機械的試験	2.1引張試験	(常温) 引長強さ 4.20kg/mm <sup>2</sup> 以上 耐力(0.2%off Set)24.5kg/mm <sup>2</sup> 以上 伸び 14%以上	供試材は製品から採取し、試験片はASTM E 8に規定するGL = 50mm, 平行部径 φ 12.5mmを用いる。歪速度は耐力測定範囲内では0.003~0.007cm/min.とし、それをすぎると約0.05cm/min.とする。	2試料 *2 熱処理 ロット	ロットNo	測定値 *1	○ *3		1kg/mm <sup>2</sup> 1kg/mm <sup>2</sup> 1%	3 3 2	1試料は社内試験結果を報告する。  *3 「新型転換炉原型炉「ふげん」
3.物理的・化学的試験	3.1結晶粒度	ASTM NO 7より細粒であること	ASTM E 112-63に準じ plate NO.1倍率100倍で判定する。エッティング溶液は45V/O HNO <sub>3</sub> +5V/OHF+50V/OH <sub>2</sub> Oとする。 なお断面は縦断面とする。	2試料 *2 熱処理 ロット	ロットNo	測定値 *1	○ *3	-	-	1	プルトニウム富化天然ウラン燃料集合体用部品材料」に用いたもの
	3.2腐食試験	1.ASTM B 351-67に準じ 3日間試験において腐食增量22mg/dm <sup>2</sup> 以下とし、これを超える場合は14日間試験を行ない、腐食增量が38mg/dm <sup>2</sup> 以下にあること 2.試験後、外観は均一な黒色酸化膜で覆われ目点、目線のないこと。	ASTM B 351-67 appendixに準拠し試験片50mmのものを用い、高温高圧水蒸気(105kg/cm <sup>2</sup> , 400°C)中で試験する。 なお表面は3Sに仕上げた後、酸洗処理を施したものとする。 外観検査は日視により検査する。	2試料 *2 熱処理 ロット	ロットNo	測定値 *1 *1 合否	○ *3	1mg/dm <sup>2</sup>	2		
	3.3内部欠陥探傷	標準人工欠陥(φ0.4mm)より大きい欠陥信号がないこと。	超音波水浸探傷法により棒全長にわたり探傷する。	全数	ロットNo	合 *1 否	-	-	-		

品名：ステンレス鋼棒 (SUS 304)(検査番号SG-0-02)

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考	
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位		
1.分析試験	材質 1.1化学成分	JISG 4303ステンレス鋼棒 SUS 304 (%) C ≤ 0.08 Si ≤ 1.00 Mn ≤ 2.00 P ≤ 0.040 S ≤ 0.030 Ni 8.00~10.50 Cr 18.00~20.00	JISG 1211又はJISG 1253相当 JISG 1212又は " " JISG 1213又は " JISG 1214又是 " JISG 1215又是 " JISG 1216又是 " JISG 1217又是 "	試料 同一溶 鋼ロット	ロットNo.	分析値 <sup>*1</sup>	-		0.01 % 0.01 % 0.01 % 0.001 % 0.001 % 0.01 % 0.01 %	3 3 3 4 4 3~4 4	*素材メーカーの ミルシート
	2.機械的試験	引張強さ 53 kg/mm <sup>2</sup> 以上 耐力 21 kg/mm <sup>2</sup> 以上 伸び 40 % 以上 絞り 60 % 以上	供試材はJISG 303のA類による。 試験片はJISZ 2201に規定する試験片を用い る。 試験方法はJISZ 2241に準拠する。	試料 同一熱 処理ロ ット	ロットNo.	測定値 <sup>*1</sup>	-	1kg/mm <sup>2</sup> 1kg/mm <sup>2</sup> 1 % 1 %	2 2 2 2		
	2.2かたさ試験	硬度(HV) 200 以下又は (HB) 187 以下	試験はJISG 2244又はJISZ 2243に準拠 する。	試料 同一熱 処理ロ ット	ロットNo.	測定値 <sup>*1</sup>	-	1	3		

## 品名:ステンレス鋼棒(SUS316)(検査番号SG-0-03)

ZN841-76-06

区 分	項 目	品 質・規 格	検 査・試 験 方 法	製 造 者 側 檢 査						備 考	
				抜取数	試料 No	報 告	試 験 後試料 提 出	デ タ 収 集			
								表示単位	表示桁数		
1.分析試験	材 質 1.1化学成分	JISG 4303ステンレス鋼棒 SUS 316 (%)		1試料 同一溶 鋼ロット	ロット No	分析値 <sup>*1</sup>	-	0.01 % 0.01 % 0.01 % 0.001 % 0.001 % 0.01 % 0.01 % 0.01 %	3 3 3 4 4 4 4 3	<sup>*1</sup> 素材メーカーの ミルシート	
		C ≤ 0.08	JISG 1211又はJISG 1253相当								
		Si ≤ 1.00	JISG 1212又は "								
		Mn ≤ 2.00	JISG 1213又は "								
		P ≤ 0.040	JISG 1214又は "								
		S ≤ 0.030	JISG 1215又は "								
		Ni 10.00-14.00	JISG 1216又は "								
		Cr 16.00-18.00	JISG 1217又は "								
		Mo 2.00-3.00	JISG 1218又は "								
2.機械的試験	2.1引張試験	引張強さ 53 kg/mm <sup>2</sup> 以上	供試材はJISG 0303のA類による。	1試料 同一熱 処理ロ ット	ロット No	測定値 <sup>*1</sup>	-	1 kg/mm <sup>2</sup> 1 kg/mm <sup>2</sup> 1 % 1 %	2 2 2 2		
		耐力 21 kg/mm <sup>2</sup> 以上	試験片はJISZ 2201に規定する試験片を用								
		伸び 40 %以上	いる。								
		絞り 60 %以上	試験方法はJISZ 2241に準拠する。								
2.2かたさ試験	硬度(HV)200 以下又は (HB)187 以下		試験はJISZ 2244又はJISZ 2243に準拠す る。	1試料 同一熱 処理ロ ット	ロット No	測定値 <sup>*1</sup>	-	1	3		

品名：配管用ステンレス鋼钢管(SUS 304TP)(検査番号SG-0-04)

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1.分析試験	材質 1.1化学成分	JISG 3459 配管用ステンレス鋼钢管 SUS 304TP (%)	JISG 1211 又は JISG 1253相当 JISG 1212 又は " " JISG 1213 又は " JISG 1214 又是 " JISG 1215 又是 " JISG 1216 又是 " JISG 1217 又是 "	1試料 同一溶鋼ロット	ロットNo.	分析値 <sup>*1</sup>	-	0.01% 0.01% 0.01% 0.001% 0.001% 0.01% 0.01%	3 3 3 4 4 3-4 4	*素材メーカーの ミルシート
		C ≤ 0.08								
		Si ≤ 1.00								
		Mn ≤ 2.00								
		P ≤ 0.040								
		S ≤ 0.030								
		Ni 8.00-11.00								
		Cr 18.00-20.00								
2.機械的試験	2.1引張試験	引張強さ 53 kg/mm <sup>2</sup> 以上	供試材はJISZ 0303 のA類による。試験片はJISZ 2201に規定する試験片を用いる。 試験方法はJISZ 2241に準拠する。	1試料 同一熱処理ロット	ロットNo.	測定値 <sup>*1</sup>	-	1 kg/mm <sup>2</sup> 1 kg/mm <sup>2</sup> 1 %	2 2 2	
		耐力 21 kg/mm <sup>2</sup> 以上								
		伸び 35 % 以上								

品名：ステンレス鋼線 (SUS 316-WI) (検査番号 SG-0-05)

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査					備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	
					表示単位	表示桁数			
1.分析試験	材質 1.1化学成分	JISG 4304 ステンレス鋼線 SUS 316-WI (%)	JISG 1211 又は JISG 1253相当	1試料 同一溶 鋼ロット	ロットNo.	分析値 <sup>*1</sup>	-	0.01 % 0.01 % 0.01 % 0.001 % 0.001 % 0.01 % 0.01 % 0.01 %	*素材メーカーの ミルシート
		C ≤ 0.08	JISG 1211 又は JISG 1253相当						
		Si ≤ 1.00	JISG 1212 又は "						
		Mn ≤ 2.00	JISG 1213 又は "						
		P ≤ 0.040	JISG 1214 又は "						
		S ≤ 0.030	JISG 1215 又は "						
		Ni 10.00~14.00	JISG 1216 又は "						
		Cr 16.00~18.00	JISG 1217 又は "						
		Mo 2.00~3.00	JISG 1218 又は "						
2.機械的試験	2.1引張試験	引張強さ 55~90kg/mm <sup>2</sup> 伸び 30 % 以上	供試材はJISG 0303 のA類による。 試験片はJISZ 2201 に規定する試験片を用 いる。 試験方法はJISZ 2241 に準拠する。	試料 1条	ロットNo.	測定値 <sup>*1</sup>	-	1kg/mm <sup>2</sup> 1 %	2 2

品名：配管用ステンレス鋼钢管(SUS321TP)（検査番号SG-0-06）

品名:ボイラ熱交換器用ステンレス鋼管(SUS 316 TB) (検査番号 SG-0-07)

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考	
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集			
								表示単位	表示桁数		
1.分析試験	材質 1.1化学成分	JISG 3463 ボイラ熱交換器用 ステンレス鋼管 SUS 316TB (%)		1試料 同一溶 鋼口外	ロットNo.	分析値 <sup>*1</sup>	-	001 %	3	*素材メーカーの ミルシート	
		C ≤ 0.08	JISG 1211 又は JISG 1253 相当								
		Si ≤ 1.00	JISG 1212 又は "								
		Mn ≤ 2.00	JISG 1213 又は "								
		P ≤ 0.040	JISG 1214 又は "								
		S ≤ 0.030	JISG 1215 又は "								
		Ni 10.00-14.00	JISG 1216 又は "								
		Cr 16.00-18.00	JISG 1217 又は "								
		Mo 2.00-3.00	JISG 1218 又は "								
2.機械的試験	2.1引張試験	引張強さ 53 kg/mm <sup>2</sup> 以上	供試材はJISG 0303 のA類による。	1試料 同一熱 処理ロ ット	ロットNo.	測定値 <sup>*1</sup>	-	1kg/mm <sup>2</sup>	2		
		伸び 35 % 以上	試験片はJISZ 2201 に規定する試験片を用いる。 試験方法はJISZ 2241 に準拠する。								

品名：ばね用ステンレス鋼線 (SUS304WPB) (検査番号 SG-0-08)

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試後試料提出	データ収集		
								表示単位	表示桁数	
1.分析試験	材質 1.1化学成分	JISG 4314 ばね用ステンレス鋼線 SUS304WPB		試料 同一溶鋼ロット	ロットNo.	分析値 *1	-	0.01 % 0.01 % 0.01 % 0.001 % 0.001 % 0.01 % 0.01 %	3 3 3 4 4 3-4 4	*素材メーカーの ミルシート
		C ≤ 0.08	JISG 1211							
		Si ≤ 1.00	JISG 1212							
		Mn ≤ 2.00	JISG 1213							
		P ≤ 0.040	JISG 1214							
		S ≤ 0.030	JISG 1215							
		Ni 8.00-10.50	JISG 1216							
		Cr 18.00-20.00	JISG 1217							
2.機械的試験	2.1引張試験	引張強さ 160~185kg/mm <sup>2</sup>	供試材はJISG 0303のA類による。 試験片はJISZ2201に規定する試験片を用いる。 試験方法はJIS 2241に準拠する。	試料 1条	ロットNo.	測定値 *1	-	1kg/mm <sup>2</sup>	3	
		2.2ねじり試験	1. (ねじれの状況) 切断後、表面に有害なきずがないこと。 2. (破断面の状況) 破断面は線軸に直角できず、割れ等がないこと。							
			伸線のままの試験片の両端を線径の50倍程度のつかみ間隔において固くつかみ、たわまない程度に緊張しながら、その一方を同じ方向に回転して切断し、その時のねじれの状況および破断面の状況を調べる。							

品名：端栓（検査番号 SG-1-01）

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1.製品検査	1.1素材	試験検査要領書SG-0-01 ジルカロイ-2 棒に合格したものを使用する。								*1 新型転換炉原型 炉「ふげん」プ ルトニウム富化 天然ウラン燃料 集合体用部品材 料に用いたもの
	1.2外観	1.表面は清浄とし、油脂、酸化物等の付着物および機械加工によるかえりのないこと。 2.表面に割れのこと。 3.表面に傷等の損傷のこと。 4.表面粗さは図面に指示された通りとすること。 5.図面に指示されているRや面取り等が規定通り行なわれ形状が図面通りであること。	目視（なお傷等については限界見本との対地により目視で検査する） <sup>*1</sup>	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
	1.3重量		天秤で測定する	試料 形状異	ロットNo.	測定値	-	0.1gr	3	
	1.4寸法 (1)下部端栓 (フリーロッド用)	嵌合部径 (mm) $\phi 14.72 \pm 0.01$	ブレードマイクロメータ（測定範囲0-25 mm, 最小目盛0.01mm）により測定する	全数	ロットNo.	測定値	-	0.01mm	4	
		外径 $\phi 16.28 \pm 0.05$	外側マイクロメータ（測定範囲0-25mm, 最小目盛0.01mm）によるGO, NO-GO 検査	全数	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.01mm	4	

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考	
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集			
								表示単位	表示桁数		
-	-	45.0±0.3	ノギス (JIS 1級, 呼び寸法 150mm, 最小目盛 0.5mm)による GO, NO-GO 検査	A *2	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1mm	3	*2 ロット同一熱処理材で同一加工条件のもの	
		25.0±0.3	"	A *2	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1mm	3,		
		12.0±0.2	"	A *2	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1	3		
		4.0±0.1	アイゲージ (倍率 10倍) により測定する	A *2	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	2		
		端栓コーナー-R 目標 R 0.07±0.03(0.07±0.02)	レプリカ (東芝シリコン製TSE350-5PTV, (E60) により測定する	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	3		
		0.90±0.20	工具顕微鏡により測定する	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	2		
		目標 3°0'±0°30'(3°0'±0°20')	"	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	1°, 1'	3		
		15°±30'	"	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	1°, 1'	4		
		30°±30'	"	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	1°, 1'	4		

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査					備考
				抜取数	試料No	報告	試験後試料提出	データ収集	
								表示単位	表示桁数
(2)下部端栓 (タイロッド用)	Vマーク $5.0 \pm 0.2$	ノギス (JIS 1級呼び寸法 150, 200mm, 最小目盛 0.05mm) により測定する	3試料 加工作業	ロットNo	測定値	-	0.1mm	2	
	嵌合部径 $\phi 14.72 \pm 0.01$	ブレードマイクロメータ (測定範囲 0-25mm, 最小目盛 0.01mm) により測定する	全数	ロットNo	測定値	-	0.01mm	4	
	径 $\phi 8.00^{+0.00}_{-0.05}$	ハサミゲージ (7.945mm, 8.004mm) による GO, NO-GO 検査	全数	ロットNo	合否	-	-	-	
	外径 $\phi 16.28 \pm 0.05$	外側マイクロメータ (測定範囲 0-25mm, 最小目盛 0.01mm) による GO, NO-GO 検査	全数	ロットNo	合否 (測定値)	-	0.01mm	4	
	ねじ部 $M8 \times 1.25-2$	ねじゲージ (2級, ねじ用) による GO, NO-GO 検査	全数	ロットNo	合否	-	-	-	
	$5.6.0 \pm 0.3$	ノギス (JIS 1級, 呼び寸法 150mm, 最小目盛 0.05mm) による GO, NO-GO 検査	A *2	ロットNo	合否 (測定値)	-	0.1mm	3	
	$3.6.0 \pm 0.3$	"	A *2	ロットNo	合否 (測定値)	-	0.1mm	3	
	$1.2.0 \pm 0.2$	"	A *2	ロットNo	合否 (測定値)	-	0.1mm	3	

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No	報告	試後試料提出	データ収集		
								表示単位	表示桁数	
		20.0±0.3	ノギス (JIS 1級, 呼び寸法 150mm, 最小目盛 0.05mm) による GO, NO-GO 検査	A *2	ロットNo	合否 (測定値)	-	0.1mm	3	
		7.5±0.2	"	A *2	ロットNo	合否 (測定値)	-	0.1mm	2	
		R 0.07±0.03 (0.07±0.02) 目標	レプリカ (東芝シリコン製 TSE 350-5RTV CE 60) により測定する	試料 加工ロット	ロットNo	測定値	-	0.01mm	3	
		Vマーク 5.0±0.2	ノギス (JIS 1級, 呼び寸法 150, 200mm, 最小目盛 0.05mm) で測定	試料 加工ロット	ロットNo	測定値	-	0.1mm	2	
		0.90±0.20	工具顕微鏡により測定する	試料 加工ロット	ロットNo	測定値	-	0.1mm	2	
		3°±30' (3°±20') 目標	"	試料 加工ロット	ロットNo	測定値	-	1°, 1'	3	
		15°±30'	"	試料 加工ロット	ロットNo	測定値	-	1°, 1'	4	
	(3)上部端栓 (フリーロッド用)	合部径 φ14.72±0.01	ブレードマイクロメータ (測定範囲 0-25mm 最小目盛 0.01mm) により測定する。	全数	ロットNo	測定値	-	0.01mm	4	

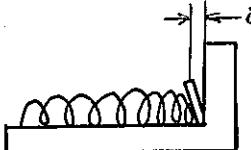
区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
		径 $\phi 8.00^{+0.00}_{-0.05}$	ハサミゲージ(7.945mm, 8.004mm)によるGO, NO-GO検査	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
		外径 $\phi 16.28 \pm 0.05$	外側マイクロメータ(測定範囲0-25mm, 最小目盛0.01mm)によるGO, NO-GO検査	全数	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.01mm	4	
		$7.00 \pm 0.5$	ノギス(JIS1級, 呼び寸法150mm, 最小目盛0.05mm)によるGO, NO-GO検査	A *2	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1mm	3	
		$5.00 \pm 0.3$	"	A *2	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1mm	3	
		$12.0 \pm 0.02$	"	A *2	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1mm	3	
		Vマーク $3.0 \pm 0.1$	ノギス(JIS1級, 呼び寸法150, 200mm, 最小目盛0.05mm)により測定する。	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	2	
		端栓コーナーR $R 0.07 \pm 0.03 (0.07 \pm 0.02)$ <sup>目標</sup>	レプリカ(東芝シリコン製TSE350-5RTV, CE60)により測定する	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	0.01mm	3	
		$0.90 \pm 0.20$	工具顕微鏡により測定する	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	3	

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
		目標 $3^{\circ}\pm 30'$ ( $3^{\circ}\pm 20'$ )	工具顕微鏡により測定する	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	$1^{\circ}, 1'$	3	
		$30^{\circ}\pm 30$	"	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	$1^{\circ}, 1'$	4	
		$3.0\pm 0.1$	アイゲージ(倍率10倍)により測定する	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	2	
		$9.0\pm 0.2$	"	試料 加工ロット	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	2	
(4) 上部端栓 (タイロッド用)	嵌合部径 $\phi 14.72\pm 0.01$	ブレードマイクロメータ(測定範囲0-25mm 最小目盛0.01mm)により測定する	全数	ロットNo.	測定値	-	0.01mm	4		
	径 $\phi 8.00^{+0.00}_{-0.05}$	ハサミゲージ(7.945mm, 8.004)による GO, NO-GO 検査	全数	ロットNo.	合否	-	-	-		
	外径 $\phi 16.28\pm 0.05$	外側マイクロメータ(測定範囲0-25mm, 最小目盛0.01mm)によるGO, NO-GO 検査	全数	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.01mm	4		
	ねじ部 $M 8 \times 1.25 - 2$	ねじゲージ(2級ねじ用)によるGO, NO-GO 検査	全数	ロットNo.	合否	-	-	-		
	$8.00\pm 0.5$	ノギス(JIS1級,呼び寸法15.0mm, 最小目 盛0.05mm)によるGO, NO-GO 検査	A *2	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1mm	3		

区 分	項 目	品 質・規 格	検 査・試 験 方 法	製 造 者 側 檢 査						備 考
				抜 取 数	試 料 N o	報 告	試 験 後 試 料 提 出	デ ィ タ 収 集	表 示 単 位	
		6.00±0.3	ノギス (JIS 1 級, 呼び寸法 150mm, 最小目盛 0.05mm) による GO, NO-GO 検査	A *2	ロット N o	合 否 (測定値)	-	0.1mm	3	
		12.0±0.2	"	A *2	ロット N o	合 否 (測定値)	-	0.1mm	3	
		20.0±0.3	"	A *2	ロット N o	合 否 (測定値)	-	0.1mm	3	
		7.5±0.2	"	A *2	ロット N o	合 否 (測定値)	-	0.1mm	2	
		端栓コーナー R 目標 R 0.07±0.03 (0.07±0.02)	レプリカ (東芝シリコン製 TSE 350-5RTV CE 60) により測定する	1試料 加工ロット	ロット N o	合 否 (測定値)	-	0.01mm	3	
		0.90±0.20	工具顕微鏡により測定する	1試料 加工ロット	ロット N o	測 定 値	-	0.1mm	2	
		3°±30' (3°±20')	"	1試料 加工ロット	ロット N o	測 定 値	-	1°, 1'	3	
		V マーク 3.0±0.1	ノギス (JIS 1 級, 呼び寸法 150, 200mm, 最小目盛 0.05mm) により測定する	3試料 加工ロット	ロット N o	測 定 値	-	0.1mm	2	

## 品名：抑え板付上部プレナムスプリング(検査番号 SG-1-02)

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1. 製品 検査	1.1スプリング 抑え板	試験検査要領書SG-1-02-(1), -1-02-(2), 押え板および上 部プレナムスプリングに合格し たものを使用する。								*1 「新型転換炉原 型炉「ふげん」 プルトニウム富 化天然ウラン燃 料集合体用部品 材料」用に用い たもの
	1.2外観	1.表面は清浄とし、油脂等の 付着物のないこと 2.点溶接が均一とされ、溶接 部に著しい酸化等の異常の ないこと	目視(なお溶接部については限界見本との 対比により目視で検査する)	全数	ロットNo	合否	—	—	—	
	1.3寸法	長さ 234 ± 2	ハイタゲージ(測定範囲 300 mm/ダイヤル 最小目盛 0.01 mm)によるGo, No-Go 検査	全数	ロットNo	合否 (測定値)	—	1	3	
	1.4曲り	貫通すること	管(内径φ 145 mm, 長さ 320 mm)を貫通 させるGo, No-Go 検査	全数	ロットNo	合否	—	—	—	
	1.5直角度	スキマゲージが 0.70 mm まで 入るものは合格とし, 0.75 mm が入るものは不合格とす る	スコヤーおよびスキマゲージにより, 下図 の δ を測定し Go, No-Go 検査する	全数	ロットNo	合否	—	—	—	
	1.6重量		天秤で測定する	1ヶ	ロットNo	測定値	—	0.1 gr	3	



## 品名：抑え板(検査番号 SG-1-02)(1)

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査					備考
				抜取数	試料No	報告	試験後試料提出	データ収集	
表示単位	表示桁数								
1.製品検査	1.1 素材	試験検査要領書 SG-0-02 ステンレス鋼棒(SUS 304) に合格したものを使用する							
	1.2 外観	1.表面は清浄とし油脂等の付着物および機械加工によるかえりのないこと 2.表面に割れのないこと 3.表面に傷等の損傷のないこと 4.表面粗さは 25S よりよいこと 5.ガス抜き孔が明いていること	目視(なお傷等については限界見本との対比により目視で検査する)  比較用表面粗さ標準片との対比により目視で検査する	全 数	ロットNo	合 否	-	-	*1 「新型転換炉原型炉「ふげん」プルトニウム富化天然ウラン燃料集合体用部品材料」に用いたもの
	1.3 尺寸法	外 � 径 (mm) $\phi 14.00 \pm 0.05$	ハサミゲージ(13.95 mm, 14.05 mm)による Go, No - Go 検査	A <sup>*2</sup>	ロットNo	合 否	-	-	*2 ロット: 同一熱処理材を同一時に加工したもの
		厚 さ 2.0 ± 0.1	ノギス(JIS 1級, 呼び寸法 150mm, 最小目盛 0.05 mm)による Go, No - Go 検査	A <sup>*2</sup>	ロットNo	合 否 (測定値)	-	0.1 mm 2	
		厚 さ 1.0 ± 0.1	"	A <sup>*2</sup>	ロットNo	合 否 (測定値)	-	0.1 mm 2	
		孔 $\phi 2.0 \pm 0.1$	棒ゲージ(Φ1.9mm, Φ2.1mm)による Go, No - Go 検査	A <sup>*2</sup>	ロットNo	合 否	-	-	
		径 (Φ8.6)	ノギス(JIS 1級, 呼び寸法 150mm, 最小目盛 0.05 mm)による Go, No - Go 検査	A <sup>*2</sup>	ロットNo	合 否 (測定値)	-	0.1 mm 2	

品名：上部プレナムスプリング(検査番号 SG-1-02-(01))

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1. 製品検査	1.1 素材	試験検査要領書 SG-0-08 ばね用ステンレス鋼線(SUS304 WPB)に合格したものを使用する								<p>*<sup>1</sup>新型転換炉原型炉「ふげん」プルトニウム富化天然ウラン燃料集合体用部品材料」に用いたもの</p> <p>*<sup>2</sup>ロット：同一熱処理材で同一時に加工したもの</p> <p>* 测定方法についての詳細資料を別途提出します</p>
	1.2 外観	1.表面は清浄とし、油脂等の付着物のないこと 2.表面に傷、割れ等がなく、両端面には、ぱりがないこと 3.両端面は中心線に直角に研磨され、全体のばねの形状が均一であること	目視もなお傷等については限界見本との対比により目視で検査する	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
	1.3寸法	線径 (mm) $\phi 23.0 \pm 0.05$	カウントポイントマイクロメータ(測定範囲 0-25 mm, 最小目盛 0.01mm)による Go, No-Go 検査	* <sup>2</sup> A	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.01mm	3	
		外径 $\phi 13.5 \pm 0.2$	ノギス(JISI級, 呼び寸法 150 mm 最小目盛 0.05 mm)によりばねの中央部を Go, No-Go 検査	* <sup>2</sup> A	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1mm	3	
		自由長	ハイタケージ(測定範囲 300 mm, ダイヤル最小目盛 0.01 mm)による Go, No-Go 検査	* <sup>2</sup> A	ロットNo.	合否 (測定値)	-	1 mm	3	
		有効巻数 52	目視	* <sup>2</sup> A	ロットNo.	合否	-	-	2	
		総巻数 54	目視	* <sup>2</sup> A	ロットNo.	合否	-	-	2	
	* <sup>3</sup> 1.4 ばね定数	(0.36 ± 0.05)Kg/mm	ばね試験機(砂川精機製作所製SP-100 改良型)による	A*	ロットNo.	測定値	-	0.0 Kg/mm	3	

品名：上部タイプレート（検査番号SG-1-03）

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試後試料提出	データ収集	表示単位	
<b>1. タイプレート鋳鋼品</b>										
1.材質		ステンレス鋳鋼品 JISG5121 SCS-13 とする								
2.分析試験	2.1 化学成分	(%)	発光分光分析法 (JISG 1253)	1.試料 原溶解 ロット	ロットNo.	分析値 <sup>*1</sup>	-	0.01% 0.01% 0.01% 0.001% 0.001% 0.01% 0.01%	3 3 3 4 4 3-4 4	*鋳鋼メーカーのミルシート
3.機械的試験	3.1 引張試験	引張強さ 45Kg/mm <sup>2</sup> 以上 伸び 30%以上	供試材はJIS G303のB類による 引張試験片はJIS Z2201に規定する4号試験片を用い、試験方法としてJIS Z2241に準拠する	1.試料 同一熱処理ロット	ロットNo.	測定値 <sup>*1</sup>	-	1Kg/mm <sup>2</sup> 1%	2 2	
	3.2 かたさ試験	硬 度 HB 183 以下	かたさ試験は引張試験片のつかみ部で、JIS Z2243に準拠し行なう							
4.内外面欠陥試験	4.1 染色浸透探傷試験	クランク、重なり、シームの存在を示すindicationがないこと	水洗性染色浸透探傷試験法(連乾式現像法)で行なう 染色浸透に使用する探傷剤は原子力用とする	全 数	ロットNo.	合否 <sup>*1</sup>	-	-	-	
	4.2 X線透過試験	有害な鋳巣および欠陥のないこと	ASTME 94, MIL-STD-453に準拠し試験を行なう							

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集		
								表示単位	表示桁数	
<u>2. 機械加工品</u>										
1. 製品検査	1.1 外観	1. 鑄肌および機械加工面に割れ、傷がないこと 2. 有害な鋸巣がないこと 3. 鑄ローリおよび機械加工によるかえり、そのた尖った角は全て面取りしてあること 4. 表面は清浄とし油脂、酸化物等の付着物がないこと 5. 方位マーク（V溝）があること 6. 表面粗さは 6S 又は 25S よりよいこと	目視  比較用表面粗さ標準片との対比	全 数	ロットNo.	合否	—	—	—	
1.2 尺寸法	燃料要素孔位置 ± 0.08 (承認図面 TC - 1335-1) 通り	(mm)	精密座標測定器 (Ferranti Ltd. 製 Size-2 測定精度 ± 0.02 mm) により孔位置を測定する	全 数	ロットNo.	測定値	—	0.01mm	3-4	
	厚さ 20.0 ± 0.2		ノギス (JISI 級, 呼び寸法 150-200 mm, 最小目盛 0.05 mm) により測定する	全 数	ロットNo.	測定値	—	0.1 mm	3	
	外径 Φ 115.0 <sup>-0.1</sup> <sub>-0.2</sub>		"	全 数	ロットNo.	測定値	—	0.1 mm	3	
	14.0 ± 0.4		"	全 数	ロットNo.	測定値	—	0.1 mm	3	

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試後試料提出	データ収集	表示単位	
1.4 重量		120 ± 0.4	"	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1 mm	3	
		φ9.2 ± 0.2	"	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1 mm	2	
		燃料要素挿入孔径 φ 8.1 +0.1 -0	プラグゲージ(φ8.2mm, φ8.1mm)による Go, No-Go 検査	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
		左M 9 × 1.25-2	ねじゲージ(2級ねじ用)によるGo, No- Go 検査	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
		リブ 2.5 ± 0.4	ノギス(JISI級, 呼び寸法150mm, 最小 目盛0.05mm)によるGo, No-Go 検査	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
1.4 重量				全数	ロットNo.	測定値	-	1 gr	3	

品名：下部タイププレート（検査番号SG-1-04）

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考	
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集			
								表示単位	表示桁数		
<b>1. タイププレート鋳鋼品</b>											
1. 材質		ステンレス鋳鋼品 JISG 5121 SCS-13 とする									
2. 分析試験	2.1 化学成分	(%)	発光分光分析法 (JISG 1253)	1. 試料 原溶解 ロット	ロットNo.	分析値 <sup>*1</sup>	-	0.01 % 0.01 % 0.01 % 0.001 % 0.001 % 0.01 % 0.01 %	3 3 3 4 4 3-4 4	鋳鋼メーカーのミルシート	
	C	≤ 0.08	"								
	Si	≤ 2.00	"								
	Mn	≤ 2.00	"								
	P	≤ 0.040	"								
	S	≤ 0.040	"								
	Ni	8.00 - 11.00	"								
	Gr	18.00 - 21.00	"								
3. 機械的試験	3.1 引張試験	引張強さ 45 Kg/mm <sup>2</sup> 以上 伸び 30 %以上	供試材は JISG 0303 のB類による 引張試験片は JISZ 2201 に規定する4号試験片を用い、試験方法とし JISZ 2241 に準拠する	1. 試料 同一熱 処理ロット	ロットNo.	測定値 <sup>*1</sup>	-	!Kg/mm <sup>2</sup> 1 %	2 2		
	3.2 かたさ試験	硬度 HB 183 以下	かたさ試験は引張試験片のつかみ部で、 JIS Z 2243 に準拠し行なう	1. 試料 同一熱 処理ロット	ロットNo.	測定値 <sup>*1</sup>	-	-	3		
4. 内外面欠陥試験	4.1 染色浸透探傷試験	クラック、重なり、シームの存在を示す indicationがないこと	水洗性染色浸透探傷試験法(連乾式現像法)で行なう。 染色浸透に使用する探傷剤は原子力用とする。	全 数	ロットNo.	合 * 杏	-	-	-		
	4.2 X線透過試験	有害な鋳巣および欠陥のないこと	ASTME 94, MIL-STD-453に準拠し試験を行なう	全 数	ロットNo.	参考フィルム	-	-	-		

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
2. 機械加工品										
1. 製品検査	1.1 外観	1. 鋳肌および機械加工面に割れ、傷がないこと 2. 有害な鋳巣がないこと 3. 鋳ローリおよび機械加工によるかえり、その他尖った角は全て面取りしてあること 4. 表面は清浄とし油脂、酸化物等の付着物がないこと 5. 方位マーク(V溝)があること 6. 表面粗さは 6S 又は 25S よりよいこと	目視 比較用表面粗さ標準片との対比	全 数	ロットNo.	合否	-	-	-	
1.2 尺法	燃料要素孔位置 $\pm 0.08$ (承認図面 (TC-1334-2) 通り)	精密座標測定器 (Ferranti Ltd 製 Size-z) 測定精度 $\pm 0.02 \text{ mm}$ により孔位置を測定する	全 数	ロットNo.	測定値	-	0.01mm	3-4		
	厚さ $20.0 \pm 0.2$	ノギス (JISI 級, 呼び寸法 150 mm, 最小目盛 0.05 mm)により測定する	全 数	ロットNo.	測定値	-	0.1 mm	3		
	14.0 $\pm 0.4$	"	全 数	ロットNo.	測定値	-	0.1 mm	3		
	12.0 $\pm 0.4$	"	全 数	ロットNo.	測定値	-	0.1 mm	3		
	燃料要素挿入孔径 $\phi 8.1 \pm 0.1$	プラグゲージ ( $\phi 8.2 \text{ mm}$ , $\phi 8.1 \text{ mm}$ )による Go, No-Go 検査	全 数	ロットNo.	合否	-	-	-		
	リブ $2.5 \pm 0.4$	ノギス (JISI 級, 呼び寸法 150 mm, 最小目盛 0.05 mm)による Go, No-Go 検査	全 数	ロットNo.	合否	-	-	-		

品名：下部ハウジング(下)

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1.製品検査	1.1 素材	試験検査要領書SG-0-04配管用ステンレス鋼管(SUS304 TP)に合格したものを使用する								一
	1.2 外観	1.表面は清潔とし、油脂等の付着物のないこと 2.表面に割れ、傷等の欠陥のないこと	目視	全数	ロットNo	合否	—	—	—	
	1.3寸法	径 $\phi 128.5 +0.2 -0.1$	ノギス(JISI級、呼び寸法150, 200, 300mm, 最小目盛0.05mm)により測定	全数	ロットNo	測定値	—	0.1 mm	4	
		径 $\phi 107.0 \pm 0.2$	"	全数	ロットNo	測定値	—	0.1 mm	4	
	ピストリング取付位置 33.0 ± 0.3 25.8 +0.1 -0. 13.0 ± 0.2 3.0 +0.3 -0. 8.55 +0.1 -0. 14.3 +0.1 -0. 20.05 +0.1 -0.	"	全数	ロットNo	測定値	—	0.1 mm	3		
		"	全数	ロットNo	測定値	—	0.1 mm	3		
		"	全数	ロットNo	測定値	—	0.1 mm	3		
		"	全数	ロットNo	測定値	—	0.1 mm	2		
		"	全数	ロットNo	測定値	—	0.05mm	3		
		"	全数	ロットNo	測定値	—	0.1 mm	3		
		"	全数	ロットNo	測定値	—	0.05mm	4		

品名：保持リング

ZN 841-76-06

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1. 製品検査	1.1 素材	試験検査要領書SG-0-04 配管用ステンレス鋼鋼管(SUS 304 TP)に合格したものを使用する								
	1.2 外観	1. 表面は清浄とし油脂等の付着物のないこと 2. 表面に割れ、傷等の損傷のないこと	目視	全数	ロットNo	合否	—	—	—	
	1.3 寸法	溝 2.5 <sup>+0.2</sup> <sub>-0.1</sub>	ノギス (JISI級, 呼び寸法 150 mm, 最小目盛 0.05 mm) による検査	全数	ロットNo	測定値	—	0.1 mm	2	
		巾 13.0 ± 0.2	"	全数	ロットNo	測定値	—	0.1 mm	3	

品名：皿小ねじ

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1. 製品検査	1.1 素材	試験検査要領書SG-0-02 ステンレス鋼棒(SUS 304)に合格したものを使用する								
	1.2 外観	1.表面は清潔とし、油脂等の付着物のないこと 2.表面割れ、傷等の損傷のないこと	目視	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
	1.3 寸法	ねじ M5×0.8	ねじリングゲージによるGo, No-Go検査	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	

品名：ピストンリング

ZN 841-76-06

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考	
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集			
							表示単位	表示桁数			
1. 製品検査	1.1 素材	試験検査要領書SG-0-06 配管用ステンレス鋼钢管(SUS 321 TP)に合格したものを使用する									
	1.2 外観	1.表面は清浄とし、油脂等の付着物のないこと 2.表面に割れ、傷等の欠陥のないこと	目視	全数	ロットNo.	合否	-	-	-		
	1.3 寸法	高さ 29.3 ± 0.2	ノギス(JISI級、呼び寸法150 mm、最小目盛0.05mm)により測定する	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1 mm	3		
		高さ 254 + 0.2 - 0.2	"	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1 mm	3		
	肉厚 3.5		"	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1 mm	2		

品名：下部ハウジング付タイププレート

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考	
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集			
								表示単位	表示桁数		
1.製品検査	1.1 素材	試験検査要領書SG-1-04合格した部品を使用する									
	1.2 外観	1.表面は清浄とし、油脂、酸化物等の付着物のないこと 2.表面に割れ、傷等の有害な欠陥がないこと 3.下部タイププレートと下部ハウジング(下)の溶接部に割れ、著しい酸化等の異常のないこと	目視	全数	ロットNo.	合否	—	—	—		
	1.3 尺寸法	径 $121.0 \begin{matrix} +0 \\ -0.1 \end{matrix}$	ノギス (JISI級、呼び寸法300mm、最小目盛0.05mm)により測定する	全数	ロットNo.	測定値	—	0.1 mm	4		
		高さ $115.0 \pm 0.5$	ハイドゲージ (測定範囲300mm、ダイヤル最小目盛0.01mm)により測定する	全数	ロットNo.	測定値	—	0.1 mm	4		
		$33.0 \pm 0.3$	"	全数	ロットNo.	測定値	—	0.1 mm	3		
		$25.0 \pm 0.3$	"	全数	ロットNo.	測定値	—	0.1 mm	3		
		保持リング径 $\phi 128.5 \begin{matrix} +0.2 \\ -0.1 \end{matrix}$	"	全数	ロットNo.	測定値	—	0.1 mm	4		
	1.4 重量		天秤で測定する	全数	ロットNo.	測定値	—	1g	4		

## 品名：上部ハウジング（検査番号SG-1-05）

ZN841-76-06

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1.製品検査	1.1素材	試験検査要領書SG-0-03 ステンレス鋼棒に合格したものを使用する。								
	1.2外観	1.表面は清浄とし、油脂等の付着物および機械加工によるかえりのないこと。 2.表面に割れ、傷等の欠陥のないこと。 3.表面粗さは図面に指示された通りとする。	目視	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
	1.3寸法	径 $\phi 115.0^{+0.5}_{-0.2}$ $\phi 110 \pm 1$ $\phi 60 \pm 1$ $\phi 6.00^{+0.5}_{-0.1}$ $\phi 24.0^{+0.4}_{-0.1}$ $\phi 20.0 \pm 0.3$ $\phi 125.0^{+0.4}_{-0.1}$ $\phi 124.8 \pm 0.2$ $\phi 121.8^{+0.1}_{-0.3}$ $\phi 128.8 \pm 0.1$	ノギス（JIS 1級、呼び寸法150-300mm 最小目盛0.05mm）により測定する	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	4	
				全数	ロットNo.	測定値	-	1mm	3	
				全数	ロットNo.	測定値	-	1mm	2	
				全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	3	
				全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	3	
				全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	3	
				全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	4	
				全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	4	
				全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	4	
				全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	4	

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査					備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	
								表示単位	表示桁数
高さ 0.15±0.10 19.0±0.3 1.5±0.5 0.65±0.16 19.0±0.5	ねじ部 2.17 DIA × 12 TPI	ハイトゲージ(測定範囲300mm, ダイヤル最小目盛0.01mm)により測定する	全数	ロットNo.	測定値	-	0.01mm	3	
			全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	3	
			全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	2	
			全数	ロットNo.	測定値	-	0.01mm	3	
			全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	4	
		「PNC」より支給された吊り具にあうことを確認する	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	

## 品名：下部ハウジング（上）

ZN841-76-06

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考	
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集			
							表示単位	表示桁数			
1. 製品検査	1.1 素材	試験検査要領書 SG-0-02 ステンレス鋼棒 (SUS 304) に合格したものを使用する。									
	1.2 外観	1. 表面は清浄とし、油脂等の付着物および機械加工によるかえりのないこと。 2. 表面に割れ、傷等の欠陥がないこと。 3. 表面粗さは図面に指示された通りとする。	目視	全数	ロットNo.	合否	-	-	-		
	1.3 寸法	直径 $\phi 128.5^{+0.2}_{-0.1}$	ノギス (JIS 1級, 呼び寸法 200, 300mm 最小目盛 0.05mm) により測定する。	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	4		
		$\phi 121.0^{+0.5}_{-0.1}$	"	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	4		
		高さ $50.0 \pm 0.3$	ハイタゲージ (測定範囲 300mm, ダイヤル 最小目盛 0.01mm) により測定する。	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	3		
		$75.0 \pm 0.5$	"	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	3		
		高さ $43.0 \pm 0.3$	ノギス (JIS 1級, 呼び寸法 150mm, 最小 目盛 0.05mm) により測定する。	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	3		

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査					備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	
								表示単位	表示行数
		リベット穴 位置(45°) 径 $\phi 4.80^{+0.11}_{-0.04}$ 厚さ(2.0±0.1) 径( $\phi 9 \pm 0.2$ )	角度ゲージにより測定する	全 数	ロット No.	測定値	-	0°	2
			ノギス(JIS 1級, 呼び寸法150mm, 最小目盛0.05mm)により測定する	全 数	ロット No.	合 否	-	-	-

## 品名：D型管

ZN841-76-06

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1.製品検査	1.1素材	試験検査要領書SG-0-07 ボイラ熱交換器用ステンレス鋼 鋼管(SUS316TB)に合格 したものを使用する。								
	1.2外観	1.表面は清浄とし、油脂等の付着物のないこと。 2.表面に割れ、傷等の欠陥のないこと。	目視	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
	1.3寸法	径 $\phi 7.0 \pm 0.2$	ノギス(JIS1級、呼び寸法150mm、最小目盛0.05mm)により測定する。	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	2	
		巾 (14.0)	"	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	3	
		肉厚 (0.5)	ダイヤルパイプゲージ(測定範囲が、10mm、 目盛0.01mm)により測定する。	全数	ロットNo.	測定値	-	0.1mm	2	

品名：シユラウド管

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査					備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	
				表示単位	表示行数				
1.素材	1.1材質	AISI 316 ステンレス溶接引抜管を歪取り焼純したもの							
	1.2化学成分	(%) C $\leq$ 0.08 Si $\leq$ 1.00 Mn $\leq$ 2.00 P $\leq$ 0.045 S $\leq$ 0.030 Ni 1.000-14.00 Cr 16.00-18.00 Mo 2.00-3.00	「PNC」殿より支給された成績書のチェック						
	1.3引張試験		「PNC」殿より支給された成績書のチェック						
2.製品	2.1外観	1.表面は清浄で、油、酸化物等の付着物がないこと。 2.明瞭な打痕のないこと 3.有害な加工上の欠陥、肌荒れ等のないこと	「PNC」殿より支給されたシユラウド管を目視で検査する。	全数					
	2.2寸法	内径 $\phi 117.8$ $^{+0.8}$ $^{-0}$ (mm)	ゲージ ( $\phi 117.8\text{mm}$ ) を挿入しGO, NO-GO全数検査する。	全数					
		肉厚 $2.0 \pm 0.1$	マイクメータ (測定範囲0-25mm, 最小目盛0.01mm) により測定する。	全数					

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査					備考
				抜取数	試料No	報告	試験後試料提出	データ収集	
		長さ 3770	1級差尺により測定する。	全数				表示単位	表示桁数
	2.3 真直度	1/2500以下	隙間ゲージにより検査する。	全数					

## 品名：上部ハウジング付シユラウド管（組立品）

ZN841-76-06

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集		
								表示単位	表示桁数	
1.製品検査	1.1素材	試験検査要領書SG-1-05に合格した部品を使用する。								
	1.2外観	1.表面は清浄とし、油脂等の付着のないこと。 2.表面に割れ、傷等の欠陥のないこと。 3.溶接部に割れ、著しい酸化等の異常のないこと。	目視	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
	1.3寸法	全長 $4011\pm1$	1級巻尺により測定する。	全数	ロットNo.	測定値	-	1 mm	4	
		サイドスプレーホールの位置 732±2 1162±2 1592±2 2022±2 2452±2 2882±2 3312±2 3742±2	"	全数	ロットNo.	測定値	-	1 mm	3-4	
		イノワードスプレーホールの位置 (352) 707±2 1007±2	1級巻尺により測定する。	全数	ロットNo.	測定値	-	1 mm	3-4	

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験試料提出	データ収集	表示単位	
		1267±2 1527±2 1787±2 2047±2 2307±2 2607±2 2987±2 3407±2								
		外径 φ128.9以上	ゲージ(φ128.9mm)に貫通させGO, NO- GO検査する。	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
		内径 φ117.4以上	ゲージ(φ117.4mm)を挿入しGO, NO- GO検査する。	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
	1.4真直度	1/2000以下(目標値)	隙間ゲージにより検査する。	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	

## 品名：ロツクナット（検査番号 SG -1-06）

ZN 841-76-06

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1.製品検査	1.1素材	試験検査要領書SG-0-02 ステンレス鋼棒(SUS304)に合格したものを使用する。								
	1.2外観	1.表面は清浄とし油脂等の付着物および機械加工によるバリのないこと。 2.表面に割れのないこと。 3.表面に傷等の損傷のないこと	目視	全数	ロットNo	合否	-	-	-	
	1.3寸法	長さ $12.0 \pm 0.2$	ノギス(JIS1級、呼び寸法150mm、最小目盛0.05mm)によるGO, NO-GO検査	全数	ロットNo	合否 (測定値)	-	0.1 mm	3	
		幅 $12.0^{+0}_{-0.3}$	"	全数	ロットNo	合否 (測定値)	-	0.1 mm	3	
	1.4重量	M 8 × 1.25-2	ねじゲージ(2級ねじ用)によるGO, NO-GO検査	全数	ロットNo	合否	-	-	-	
			天坪で測定する	1ヶ	ロットNo	測定値	-	0.1 gr	2	

品名：回転防止ねじ（検査番号 SG - 1 - 07）

ZN 841-76-06

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査					備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	
				表示単位	表示桁数				
1.製品検査	1.1素材	試験検査要領書SG-0-02 ステンレス鋼棒(SUS304)に合格したものを使用する。							
	1.2外観	1.表面は清浄とし、油脂等の付着物のないこと。 2.表面に割れ、傷等の損傷のないこと。 3.機械加工によるバリ、かえり等がないこと。	目視	全数	ロットNo.	合否	-	1	-
	1.3寸法	ねじ 左M9×1.25-2	ねじリングゲージによるGO,NO-GO検査	全数	ロットNo.	合否	-	-	-
		径 $\phi 12.0 \pm 0.1$	ノギス(JIS1級、呼び寸法150mm、最小目盛0.05mm)によるGO,NO-GO検査	全数	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1 mm	3
		長さ $15.0 \pm 0.2$	"	全数	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1 mm	3
		穴 $5.5^{+0.2}_{-0.1}$	"	全数	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1 mm	2
	1.4重量		天坪で測定する	1ヶ	ロットNo.	測定値	-	0.1 gr	2

品名：ピン（検査番号SG-1-08）

ZN841-76-06

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1.製品検査	1.1素材	試験検査要領書SG-0-03 ステンレス鋼棒(SUS316)に合格したものを使用する。								
	1.2外観	1.表面は清浄とし、油脂等の付着物および機械加工によるかえりのないこと。 2.表面に割れのないこと。 3.表面に傷等の損傷のないこと。 4.表面粗さは25Sよりよいこと。	目視	全数	ロットNo	合否	-	-	-	
	1.3寸法	直径 $\phi 5.0 \pm 0.2$	ノギス (JIS 1級、呼び寸法150mm、最小目盛0.05mm)によるGO, NO-GO検査	全数	ロットNo	合否 (測定値)	-	0.1 mm	2	
		長さ $5.0 \pm 0.2$	"	全数	ロットNo	合否 (測定値)	-	0.1 mm	2	
	1.4重量		天秤で測定する。	1ヶ	ロットNo	測定値	-	0.1 gr	2	

品名：ロッキング・ワイヤー（検査番号SG-1-09）

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験後試料提出	データ収集	表示単位	
1. 製品検査	1.1 素材	試験検査要領書SG-0-05 ステンレス鋼線(SUS316WI) に合格したものを使用する。								
	1.2 外観	1.表面は清浄とし、油脂等の付着物のないこと。 2.表面に割れのないこと。 3.表面に傷等の損傷のないこと	目視	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
	1.3 尺寸法	$\phi 1.20 \pm 0.02$	外側マイクロメーター(測定範囲0-25mm, 最小目盛0.01mm)により条の巻始めと終りを測定する。	全数	ロットNo.	測定値	-	0.01mm	3	

品名：ロッドキー（検査番号SG-1-10）

区分	項目	品質・規格	検査・試験方法	製造者側検査						備考
				抜取数	試料No.	報告	試験料提出	データ収集	表示単位	
1.製品検査	1.1素材	試験検査要領書SG-0-02 ステンレス鋼棒(SUS304)に 合格したものを使用する。								
	1.2外観	1.表面は清浄とし、油脂等の付着物および機械加工によるかえりのないこと。 2.表面に割れのないこと。 3.表面に傷等の損傷のないこと。 4.表面粗さは25Sよりよいこと。	目視	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
	1.3寸法	高さ $3.0_{-0.2}^{+0.1}$	ノギス(JIS1級、呼び寸法150mm、最小目盛0.05mm)によるGO, NO-GO検査	全数	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1mm	2	
		巾 $3.0_{-0.2}^{+0.1}$	"	全数	ロットNo.	合否 (測定値)	-	0.1mm	2	
		長さ 端栓キー溝にはめこめること。	端栓キー溝にはめこめる。	全数	ロットNo.	合否	-	-	-	
	1.4重量		天秤で測定する。	1ヶ	ロットNo.	測定値	-	0.1gr	2	

## 付 錄 4

### 製造打合會議議事錄集

**SGHWR Type D 製造打合せ(第1回) MEMO 20-50-0054**

(日 時) 50年2月7日 9:00 ~ 12:00

(場 所) プル燃第1会議室

(プル燃) 青木, 成木, 井滝, 湯本, 堤, 鈴木, 横沢, 八木, 金田

(検 開) 角田, 渡部, 安藤

**1. 配布資料**

- (1) SGD-1-1 SGHWR照射燃料製造大日程計画ネットワークの配布(メモNo.20-50-0051)
- (2) SGD-1-2 ATR, SGHWR Type C集合体, 部材, 検査項目(渡部氏配布)
- (3) SGD-1-3 ATR, SGHWR Type A照射燃料集合体オートクレーブ処理前後寸法比較(渡部氏配布)

**2. 議 事****(1) 輸送容器について****① 輸送容器について安藤氏より概要説明**

- 二次試作の輸送容器にはフランスの証明書がある。また安全解析書も付いている。
- この容器での実走試験を東海, 敦賀間で4月中に行なう。
- 現在あるホルダーはSGHWR用には使えないで新しく製作する必要がある。

**② 輸送容器に関する今後の作業担当部門**

- ライセンス関係……設計課
- 安全解析書作成……設計課
- ハンドリング関係(必要な治具の製作, マニュアルの作成) ……管理課(加工係が協力する。)
- ホルダーの設計……設計課(検査開発課が協力)

**(2) 燃料集合体の試験検査について****① 資料に基づいてFuel-Type Cの概要説明(角田, 渡部氏)**

- オートクレーブ前後で, 燃料棒間隔や曲り等に大した変化はなかった。

**② 問題点**

- 集合体挿入試験の方法の検討……製二, 品管
- 集合体組立治具の検討……製二
- 集合体検査方法の検討……品管

**(3) タイムスケジュール****① SGHWR製作に使用する被覆管の決定→端栓の直径指定(3月末まで) ……製二**

\*早い時期に検査より入手

**② 大日程計画ネットワーク1部修正の上, メモを配布する。**

次回は約2週間後に検討事項をもちよって打合せを行う。

## SGHWR Type D 製造打合せ（第2回） MEMO 20-50-0085

(日 時) 50年2月20日 13:00～17:00

(場 所) プル燃第1会議室

(プル燃) 青木、井瀧、成木、鈴木(正)、湯本、宇留野、丸石、小沢、八木、金田

(技術部) 渡部、佐藤(政)

## 1. 配布資料

- (1) SGD-2-1 SGHWR Type D輸送計画小日程ネットワーク（検討用）
- (2) SGD-2-2 SGHWR Type D照射後試験計画案
- (3) SGD-2-3 SGHWR照射用燃料集合体（Fuel-Type D）の仕様
- (4) SGD-2-4 SGHWR照射用燃料集合体（Fuel-Type D）の試験・検査項目（案）
- (5) SGD-2-4 「ふげん」燃料データ管理に関するアウト・プット形式（検討用）
- (6) SGD-2-5 SGHWR照射用燃料集合体（Type D）部品の製作に関する見積仕様書（技術連絡票）
- (7) SGD-2-6 D-Tube 図面
- (8) SGD-2-7 SGHWR燃料検査について（井瀧氏配布）
- (9) SGD-2-8 Schedule of inspection records to be forwards to UKAEA by PNC prior to derivery of cluster to RFL , Springfields
- (10) SGD-2-9 Fuel-Type Dの組立図面（ES1-200, ES1-300, ES1-301）

## 2. 議 事

## (1) 輸送計画、容器、方針について

## ① 資料 SGD-2-1 について説明（湯本氏）

- 輸送許可申請書に記入する重量は大き目に記入しておく。

## ② 輸送容器について説明（八木氏）

- 輸送容器の概要説明
- 輸送容器の中には重量のバランスを取るためにダミーを入れる。→ 230 kg のものがある。
- 集合体をホルダーに入れる時、又ホルダーを輸送キャスクに入れる時に必要な治具又は架台は管理課及び製二課加工で検討する。
- 集合体等をつり下げるクレーンの高さを確認する。

## &lt;問題点&gt;

- 今考えているホルダーでは、集合体をつり下げるチャックのため、ホルダーに入れるのが困難である。したがってチャックの改良、ホルダーの改良あるいは、挿入方法の変更等の面から検討する。→UKAEA側の意向も問い合わせる。（設計課）

## (2) PIE 計画案

- 資料 SGD-2-2 の説明（湯本氏）

- ・ リーク試験を追加してはどうか。（井滝氏）

(3) 製造、検査要領、出荷取扱について

① 資料 SGD-2-7 の説明（井滝氏）

- ・ シュラウド・チューブの挿入試験をやるのなら、集合体の保持の方法を検討しなければならない。
- ・ 挿入試験を行わずに、曲がりおよびねじれの測定で保証する方法も考える。→UKAEA側の意向を問い合わせる必要がある。

\* 照射契約後 Inspection Procedures にて明らかにする。

(4) 設計図面・仕様について（湯本、金田）

- ・ 図面の変更部分を説明。変更は次のとおり。ピン全長が 1 mm 長くなった。下部端栓の V みぞの位置およびテーパー部が 2 mm 短かくなった。
- ・ 上部端栓の（一）みぞを除く。→UKAEAに問い合わせる。ロッキング・ワイヤのしめ方 1 方だけをねじる。→ 検討

(5) 資料 SGD-2-3 の説明（金田）

- ・ ロッドとペレットの対応について、どの程度までやれるのかを製二で検討する。

(6) 資料 SGD-2-4について

- ・ 燃料棒のプロフィロメトリーは全数行なう。
- ・マイクロメーターによる外径測定は 6 本程度にしてほしいとの要望が井滝氏よりあった。
- ・ 検査要領書を品管で作成する。
- ・ UKAEA へ提出する英文の検査要領書は設計で作成する。（Type C のものに準ずる。）

(7) UKAEA 問合せ事項について

- ・ タイム・スケジュールに関し、Springfields への到着日を確認して、どちらからの出荷日時を決定する。
- ・ こちらから提出した proposal で目標の性能が達成できるかどうか。

\* 2月25日AEA担当者と打合せる。

- ・ ピストンリングは支給されるのか。
- ・ バイパス・フローの穴の数および直徑の確認。
- ・ 輸送容器およびホルダーについて、形状の指定があるかどうか。
- ・ 上部アダプターの支給。

(8) その他

- ・ 原燃工で製作した部品の立会い検査は検査業務課の担当なのでスケジュールを考慮しておいて欲しい。
- ・ Type D 製造打合に提出した資料番号を別添のように決定したい。（別添は省略）

## SGHWR Type D 製造打合せ（第3回） MEMO 20-50-0181

(日 時) 50年4月15日 13:00～17:00

(場 所) プル燃第1会議室

(プル燃) 青木, 井瀧, 湯本, 鈴木(正), 大西, 横沢, 丸石, 金田

(検 業) 大森

(検 開) 柏原

### 1. 配布資料

- (1) SGD-3-1 SGHWR 照射燃料集合体 (Fuel -Type D) の照射後試験 (案)
- (2) SGD-3-2 SGHWR 燃料, 燃料要素, 燃料集合体検査基準
- (3) SGD-3-3 Inspection Procedures of ATR Fuel Assembly (Fuel -Type D) for Irradiation Test in SGHWR (Draft)
- (4) SGD-3-4 SGHWR ペレット製造スケジュール表

### 2. 議 事

(1) 前回議事録の確認がなされた。→議事録のとおり承認された。

#### (2) 照射後試験項目について

- (1) 配布資料(1)について一通り説明された。(湯本, 金田)
- (2) スペーサ付近の被覆管の金相試験を行い, 冷却材の流量の差違によって, 組織上の変化が起つてないかどうかを見てほしいとの意見が出された。(横沢氏)  
\*スペーサ付近の金相試験が行われるよう考慮する。
- (3) 今後, Fuel -Type C の照射後試験項目との対比を行いながら, Type D の照射後試験項目を検討してゆく。
- (4) 照射後試験のサンプルの抜取率,撮影する写真の枚数等を検討する。
- (5) 照射後試験の内容との関連から, 照射前にどのような試験・検査を行っておく必要があるかについて論議された。それについての結論の要点を別添に示す。

#### (3) 検査基準について

- (1) UKAEA 側に提出する検査要領書に記入する項目については早急に検討する必要がある。  
\*品管課で行う。
- (2) 製造・輸送スケジュール, 確定図面, 検査要領書(英文)を4月末までに作成し, UKAEA 側に送付する。  
\*設計課で行う。

#### (4) タイム・スケジュールについて

詳細なタイム・スケジュールを4月23日までに作成する。(成木課長)

#### (5) その他

原燃工で製作する部材の納入時期を早めることができないかどうかを問い合わせてほしい。

(鈴木(正)氏)

\* 4月16日の原燃工側との打合せの時に問い合わせる。

## 別添 照射後試験との関連で照射前に行う必要のある試験検査項目

照射後試験項目	照射前試験項目	記録	備考
燃料ピンの引抜力測定	集合体組立時における挿入力測定	・挿入力の測定値	製二加工
スペーサ・タイロッドの曲り測定	左に同じ	・定盤上での測定値 ・タイロッドの I・D	PNCでも測定する。
燃料ピンの全長測定	左に同じ	・測定値	Vマーク間として 90 2 方向
燃料ピンの外径測定	左に同じ（原則として全数測定する。）	・測定値	・測定は第1端栓溶接後行う。 (品管) ・測定位置については設計課で検討する。 ・表面あらさを別のピンで測定する。
Eddy Current 試験	超音波探傷	・チャート	・プロフィロメトリーは品管で精度検討
Gamma Scanning	左に同じ スタック長さ	・チャート	・現在ある装置で試験的に行って見る。(品管)
F P ガスの分析	ペレット中に含まれるガスの分析	・H <sub>2</sub> の分析値 ・プレナム・ガス(He) のミルシート	品管
プレナム長の測定	左に同じ	・写真 ・測定値	・X線撮影は一方向だけ。 ・上・下部プレナムについて行う。(品管)
燃焼度の測定	Pu-236, Np-237 の分析		・品管で検討して見る。
Scanning Electron Microscopy	左に同じ	・写真	・保存サンプルで測定(品管)
Electron-Probe Micro-Analysis	左に同じ	・チャート ・測定値	・保存サンプルで測定(品管)
被覆管の硬さ試験	左に同じ	・測定値	・検査開発課で行う。
燃料密度	左に同じ	・測定値	・真空引きの後水浸法で測定する。(品管)
スペーサのバネ特性	左に同じ	・メーカーの測定値	・試料を保存しておく。(検査)
被覆管のバースト試験	左に同じ		・試料を保存しておく。(検査)
破断歪の測定	左に同じ		・試料を保存しておく。(検査)
被覆管の引張試験	左に同じ		・試料を保存しておく。(検査)
ピンの重量測定	左に同じ	・測定値	品管

注：「ふげん」燃料と同様に測定する項目については特に記さない。

- その他 1. ピン内径のエラー・マイクロメータのチャートの提出。  
 2. ペレットの外径測定は一点で行う。  
 3. ペレットと被覆管内位置との対応づけは無理である。  
 4. 燃料要素、燃料集合体の写真撮影。

## SGHWR Type D 製造打合せ（第4回） MEMO 20-50-0267

(日 時) 45年5月23日 13:30～17:00

(場 所) プル燃第1会議室

(プル燃) 成木, 湯本, 鈴木, 大西, 石橋, 宇留野, 真鍋, 金田

(検 業) 生田目

(検 開) 柏原

## 1. 配布資料

- (1) SGD-4-1 SGHWR加工進捗状況
- (2) SGD-4-2 製造スケジュール (SGHWR, Test run)
- (3) SGD-4-3 SGHWR (Type D) 照射計画スケジュール管理表
- (4) SGD-4-4 SGHWR用シラウド・チューブ挿入試験および輸送準備作業マニュアル
- (5) SGD-4-5 報告様式 (案)
- (6) SGD-4-6 Inspection Procedure (英文)

## 2. 議 事

(1) 前回議事録の確認がなされた。→議事録のとおり承認された。

## (2) 経過説明

(①) 設計変更、輸送容器について説明がなされた。(湯本氏)

- ピストン・リングの内径、外径および肉厚等についてUKAEA側の指示により設計変更がなされた旨を説明した。
- 方位マークをトップ・ハウジングに付けた。
- 輸送容器については、「ふげん」R&D用のキャスクの 1.7% Pu fiss. に対する安全解析書の認可取得をフランスのTN社に依頼している。
- 運輸省への輸送許可申請は本社核燃本部で進行中である。
- 輸送代行業者との輸送契約は本社の契約3課で進行中である。
- 燃料集合体を入れるホルダーの製作も進行中である。→5月末完成予定。

(②) 配布資料(1)について説明がなされた。(鈴木氏)

## &lt;装置整備関係&gt;

- 上部端栓の溶接装置は一部修理が必要であり、5/29～6/3に修理を行う予定である。
- シラウド・チューブ挿入試験のための治工具の取付は今月中に完了する予定である。
- 燃料要素の挿入力を測定する場合、X-Yレコーダがあれば詳しいデータが取れるので、予算的な面から検討して見る。 \*製二課

## &lt;条件関係&gt;

- ペレットの脱ガス条件の選定はW-Cu模擬ペレットで行う。UO<sub>2</sub>ペレットを使っての条件設定は遅れる見込みである。

## &lt;作業マニュアル&gt;

- 標準は6月中旬までに完成させる予定である。
- マニュアルはウラン・ランのものと同様にしたい。

(3) 配布資料(2)について説明された。

(4) ペレットの検査について（大西氏）

- AS 7-0001 密度で4個アウト（社内規格）

-0002	"	3	"
-0007	"	12	"
-0008	"	6	"

(5) 出荷・輸送準備について（宇留野）

- 配布資料(4)についてコメントがあれば管理課・宇留野氏に連絡する。又、管理課内で検討の上プル燃部長の決済を経て、6月2日の安専委に提出したい。
- 6月中旬にホルダー挿入試験をやりたい。

(2) 試験・検査要領書について

- ① 試験・検査要領書は準備されてなかつたので来週中に、品管課より提出される予定である。
- 溶接部断面金相写真は「ふげん」と同様とする。
  - ペレット断面金相写真（セラモグラフィー）は倍率を変えて何種類か行う。

(2) 報告様式

- コメントを入れて訂正した。
- 最外層の燃料要素ギャップの最小値は加工係のデータを報告するかどうか？

## \*ペンディング

- スペーサの直径は組立前の値を報告する。
- 部材の重量測定

燃料要素重量測定 品管

スペーサ 檢業

スペーサ・タイロッド 檢業

(3) UKAEAに対するInspection Procedure 最終確認について

- 測定装置が実際のものと一致しないものがあったので訂正した。
- 燃料要素のNoの刻字は下部端栓だけとするのか。→検討する。
- その他若干の訂正を行った。

(4) タイムスケジュールについて

- 6月中旬のホルダー挿入試験を行いたい。（管理）

(5) その他

- 部材の検業より製二への移管をなるべく早く行ってほしい。
- 部材の種類およびLot Noの一覧表を作成して配布する。（別添として成績書を付ける。）

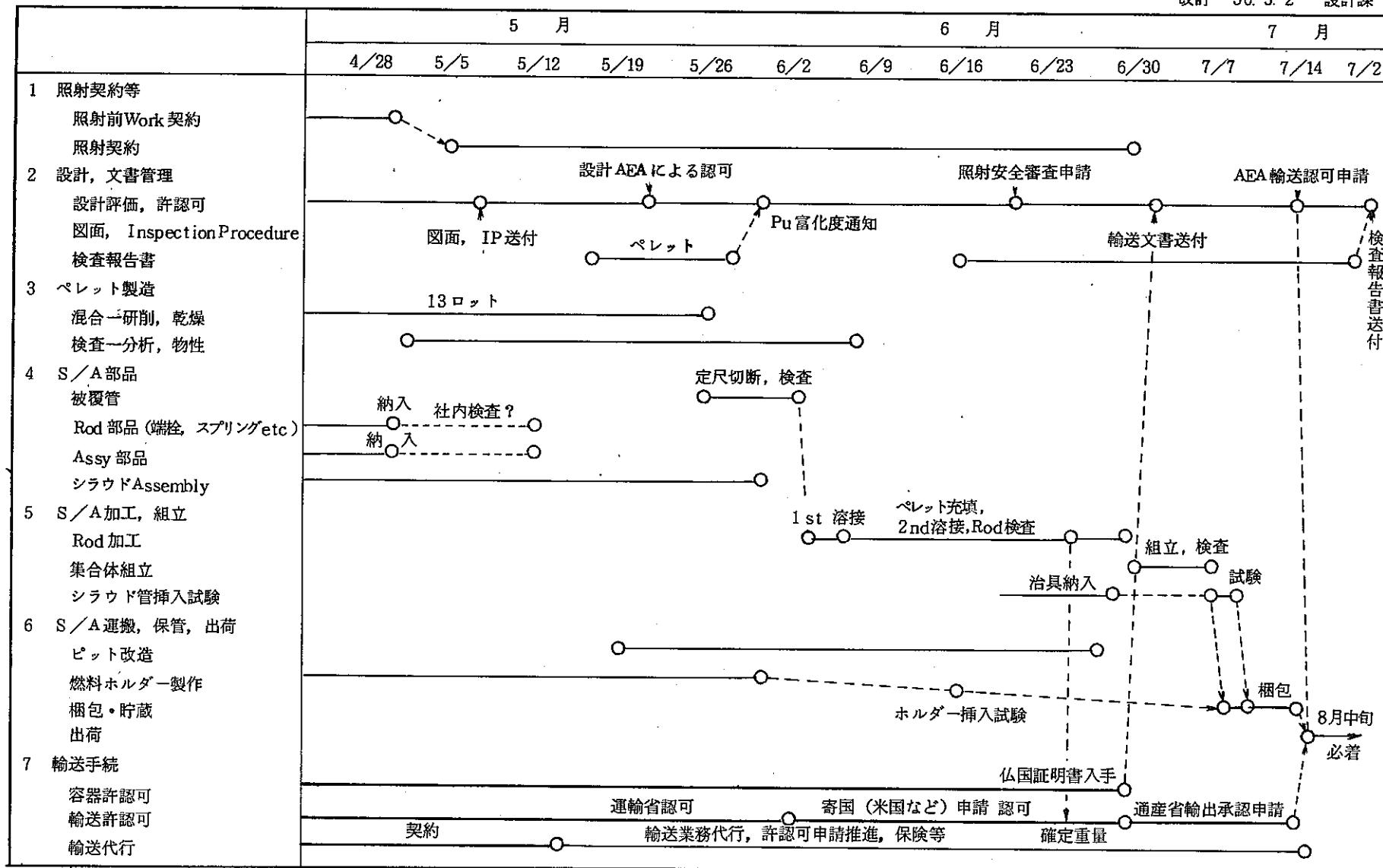
\* 検査

- ・ 調整ペレットは不要だと思うが、今作成中である。
- ・ ロッキング・ワイヤーのしめ方は、一本で行う方向で考えていく。→上部端栓の方向を十分考えて溶接すること。
- ・ 保存するサンプルの種類と数を検討する。

\* 設計

## SGHWR Type D 照射計画スケジュール管理表

改訂 50.5.2 設計課



## SGHWR Type D 製造打合せ(第5回)

MEMO 20-50-0312

(日 時) 50年6月12日 14:00 ~ 17:00

(場 所) プル燃第1会議室

(プル燃) 青木, 井滝, 成木, 湯本, 鈴木(正), 大西, 横沢, 丸石, 宇留野, 金田

(検 業) 佐藤(政), 生田目

(検 開) 柏原

## 1. 配布資料

- (1) SGD-5-1 第4回打合せ議事録
- (2) SGD-5-2 照射計画スケジュール管理表
- (3) SGD-5-3 SGHWR照射用燃料集合体(Fuel-Type D)の試験・検査結果報告様式(改)
- (4) SGD-5-4 SGHWR-Type D部材一覧表
- (5) SGD-5-5 「ふげん」燃料部材ロットNoの付け方
- (6) SGD-5-6 SGHWR照射燃料集合体(Fuel-Type D)の燃料要素番号の刻印について
- (7) SGD-5-7 SGHWR照射用燃料集合体(Fuel-Type D)の検査項目(追加検査分)
- (8) SGD-5-7' SGHWR照射後試験に対応する試験・検査(燃料関係)
- (9) SGD-5-8 SGHWR用ペレット検査結果

## 2. 議 事

## (1) 前回議事録の確認

- (i) 2ページの燃料要素挿入力の項は、最大値を記録するというように訂正する。
- (ii) 3ページの部材の重量測定の項に、「被覆管の重量は計算法で行う」ということを追加記入すること。
- (iii) その他は議事録のとおり確認された。

## &lt;溶接部断面金相写真について&gt;

- 下部端栓の溶接は2バッチである。そのうち16本口については試料を1個とり、金相写真を25倍で撮影している。20本口については試料をとっていない。「ふげん」用の場合は1試料／溶接バッチである。

\* 20本口のうちから不良品となったものを1個追加試験する。加工係

## (2) 経過・スケジュール確認について

## (i) 経過説明

- 集合体輸送用のホルダーは6月26日納入予定。
- 輸送キャスクに対する仏国政府の認可・証明書は7月10日頃取得できる見込みである。
- 輸送代行業者は日商岩井に決まりそうだがいまだ調印に至っていない。

## (ii) スケジュール

- ホルダー挿入試験

6月16日 キャスクを検開よりプル燃へ移送（検開，加工，管理）

\* 検開課，加工係が協力

6月24日 転倒台の取扱練習

6月26日 ホルダー挿入試験（加工，管理，設計） 加工，管理からはなるべく本番予定者を出してほしい。

6月27日 キャスクをプル燃より検開へ移送（検開，加工，管理）

\* 加工係，検開課が協力

- ・ 集合体（核物質）の確定重量は7月15日までに決定すること。
- ・ 集合体の完成は遅くとも7月下旬とする。
- ・ 輸送 7月中旬～下旬→空輸→8月末必着
- ・ 改訂した日程表を製二で作成すること。
- ・ シュラウド・チューブの挿入試験は実施する方向で準備しておくこと。

(3) ペレット製品の品質記録について

配布資料 SGD-5-8 に示すとおりである。ロット No. 007, 008 で密度の不合格が多かった。

(4) 品質管理データ記録要領について

(i) 被覆管

- ・ SGHWR用のものはLot No. 11 のものである。
- ・ メーカーが行った外径測定結果（10点／1本）があるので、必要なら報告できる。

\* 製品分を追って検業から報告

(ii) 部材

- ・ 部材 Lot 単位で検査成績書を提出する。

(iii) ペレット， rod

- ・ 配布資料 SGD-5-5 に示すとおりのデータを取っておいてもらいたい。  
\* 加工係で検討の上実施する
- ・ 「ふげん」本番のための先行試験的な考え方やってもらいたい。
- ・ 一応全部のデータを取ってもらいたいが、最低アンダー・ラインを引いてあるものは絶対に必要である。
- ・ この資料の中には SGHWR だけに特有のものは入っていない。

(5) Rod 刻印要領について

- ・ 配布資料 SGD-5-6 に示すとおりの番号を上部端栓に打つ。どのロッドに、どの番号を打つかについては、設計、製二、品管で検討する。

\* Fuel Rod 完成時

(6) 追加検査、保存試料について

- ・ 被覆管重量は下部端栓付きのものを測定する。（検業）
- ・ 燃料要素のガンマ・スキャンニングは最低2～3本行う。（品管）

- ガンマ線量率の測定は7月下旬に行う。したがって日時を検討してもらいたい。（品管、設計）

\* Rod については予備 rod のものを使用する。

- 燃料ピン全長は、 $120^\circ$ 間隔で3方向とする。Vマーク間の長さを測定するが、測定方法については品管に一任する。

\* 方向の指定を明確にする必要がある。

- Np-237の分析を検討する。（品管）
- 内圧バーストはメーカーで行った測定値があるか。もしなければPNC側で行う。（検開）
- スペーサのバネ特性について、メーカーにチャートがあるので、少なくともSGHWR用に使用した分については、チャートの提出をメーカー側に正式に要求する。（検業）

\* 次回Pu部材連絡会議で正式に検業課から申入れする。

- エア・マイクロのチャートは、最終的に製品となった分だけで良いから、平均値と一緒に提出すること。（検業）
- 被覆管（K材）の透過電顕写真の撮影について検討する。（設計、検開）
- 保存ペレットは1個/lot、試験用として、7個/lotを保存すること。（製二、品管）
- 配布資料SGD-5-7'中の試料数についてPu-236, Np-237, 2ペレット/全lot (1ペレット/lot)と訂正する。

#### (7) ペレット-clad充填作業計画について

- 被覆管の内径の変動は±0.01mm前後である。
- ペレットの外径については、Lot No 7, 10, 11がやゝ大きく、14.42～14.43mmであり、他のロットのペレットは14.40mm付近の大きさである。
- ペレットを被覆管に充填する時は、SG-01から順番に、ロット番号順に入れて行きたい。しかし、Lot No 7, 8は密度が低いので後まわしにする。

\* 具体的な計画書および日程表を作成する必要がある。（製二）

- カケのあるペレットを充填する時、その様子を記録しておきたいので、設計課が立会う。

#### (8) その他

配布資料SGD-5-2の改訂の日付を次のように訂正して下さい。

5月2日→5月23日

(日 時) 50年7月28日 13:30～17:00

(場 所) プル燃第1会議室

(プル燃) 青木, 井滝, 成木, 湯本, 鈴木(正), 大西, 横沢, 安蔵, 金田

## 1. 配布資料

- (1) SGD-6-1 SGHWR 検査結果
- (2) SGD-6-2 ラースキャンニング・チャート
- (3) SGD-6-3 取付け角度の補正
- (4) SGD-6-4 SGHWR-Type D 燃料要素の上部端栓刻印について（案）
- (5) SGD-6-5 SGHWR 照射燃料集合体（Fuel-Type D）の燃料要素番号の刻印について（設計課メモ 20-50-0288）

## 2. 議 事

### (1) Rod 加工経過（横沢）

- ① Rod の表面がよごれているので、アセトンで表面を清浄にする。
- ② タイロッドとスペーサを組立て、集合体組立ての準備ができている。SGHWRは「ふげん」より集合体が短いので、それに関連した問題のチェック、検討も終った。
- ③ 組立ての作業マニュアルは今のところない。 \*「ふげん」本番には作成する。
- ④ タイロッド用の燃料要素は SG25 から SG34 までの10本である。  
\*製二で確認すること。
- ⑤ 下部端栓の溶接は2バッチであり、上部端栓の溶接も2バッチである。（1バッチ目が11本、2バッチ目が24本である。）
- ⑥ バッチの定義として、途中で溶接をやめ、溶接終了まで数日間かかったとしても、チャンバーを開けない限り1バッチとする。
- ⑦ 金相用の溶接サンプルは1番最初にやる。

### (2) 検査結果（大西）

- ① 検査結果は配布資料 SGD-6-1 のとおりである。不合格となった Rod は以下のとおり。
  - SG09 取付角度  $270 \mu$  ( $21'$  に相当)
  - SG15 " " (" " )
  - SG17 ラースキャンに異常がある。
  - SG19 真直度（上部端栓の近く）
  - SG21 取付角度  $330 \mu$  ( $25'$  に相当)
  - SG26 取付角度  $280 \mu$  ( $22'$  に相当)
  - 下部端栓溶接部着色
  - SG27 下部端栓溶接部着色

- SG30 取付角度  $370\mu$  (28'に相当)
- SG33 真直度
- SG36  $r$ -スキャンに異常がある。

- (2) ビード外径について、下部は全部合格、上部はまだやっていない。
- (3) 燃料要素を取り扱う時に両端だけを持って移動すると Rod の端部に曲がりを生ずるおそれがあるので取り扱いには注意したい。
- (4)  $r$ -スキャンニングの結果、SG17とSG36の2本に異常が発見された。再測定しても同一場所に同一パターンで現われる。0.8%プル富化度のものがまぎれこんでいる可能性がある。今実験を検討中で、できるだけ非破壊検査で原因を究明して行きたい。

\* 35本中10本不合格Rodが生じ、製品28本に3本の不足となった。再製作の時間的問題と照射試験であることから取付角度の不格品を入れることにした。

#### (3) 燃料要素の刻印（金田）

- (1) 配布資料 SGD-6-4について説明。
- (2) 検討の結果、原案の中で次の2本について変更することで決定された。

20 C8 SG19をSG35に変更  
24 C12 SG21をSG23に変更

\* 決定された番号どおり製2課で刻印することにし、品管がそれを確認する。

#### (4) 洗 清

- (1) Rodの表面はアセトンでふく。
- (2) 集合体はエア・ガンで清浄にする。

#### (5) 日 程

7/29	上部端栓にRod Noを刻印
30	集合体組立て
31	線量率測定準備
8/1	" 開始
4	線量率測定終了
5	集合体検査
6	シラウド管挿入試験、梱包
7	予備日

- (1) 線量率測定は集合体組立てベッドの上で行なう。
- (2) 集合体検査終了後は、一時貯蔵庫で保管する。

#### (6) 線量率測定

- (1) TLDを用いて線量測定を行うので、測定時間として30時間程度ほしい。
- (2) 集合体をつり下げた状態で測定するのは線量評価のためには理想的な方法だが保安上問題があるので、集合体組立てベッドの上で行う。

\* 方法の詳細については放管で検討する。

(3) 測定は7月31日から8月4日の間で行う。

(7) 「ふげん」本番への対策

① 端栓取付角度および真直度は規準どおり行う。ガンマスキャンは全数行い、異常が出た場合は保留とする。

② 端栓取付角度で不合格となったものが多いので、今後製二、品管両課で検討して行く。

## 付 錄 5

「ふげん」燃料集合体先行試験

## 1. 工程チェック・ラン

「ふげん」燃料要素の加工・組立のために、従来製造して来た「D C A」燃料要素用装置を一部改造したが、この装置の性能試験を含めて第1回目および第2回目の工程チェック・ランを行なった。この先行試験では、主に燃料要素の傷、燃料要素が集合体に組立てられた後の燃料要素間隙等を測定した。

燃料要素の傷は組立後も 12 ミクロンを超える深さのものはなかったが、装置上傷のつかないよう修理できる箇所はできるだけ改造した。燃料要素間隔も 200mm 以上であった。

第3回目の工程チェック・ランにおいては、燃料要素端栓の溶接条件は未だ決定していなかったが、W-Cu ペレットを充てんして溶接した。

集合体組立後のピン間隔測定結果を第A 4.1 表に示す。この最小値が 2.02mm であり、内層、中間層、外層のピン間隔平均はそれぞれ 2.25, 2.75, 2.16 mm であった。

組立時のピン挿入力測定結果を第A 4.2 表に示す。

ピン挿入力は 45 ~ 85 kg であった。普通約 65kg の値を示していた。

第A 4.1表 ピンギャップ測定結果（内層）

	A(下部)	B-1	B-2	B-3	B-2	B-4	C(上部)	Total	Max	Min	R	$\bar{x}$						
1 5	2.22	2.38	2.22	2.17	2.28	2.23	2.35	2.20	2.32	2.18	2.31	2.24	2.36	29.46	2.38	2.13	0.25	2.24
	2.17	2.27	2.20	2.13	2.24	2.20	2.30	2.18	2.27	2.13	2.29	2.20	2.32	28.90				
2 6	2.43	2.31	2.24	2.27	2.23	2.23	2.26	2.28	2.22	2.25	2.26	2.22		27.20	2.43	2.15	0.28	2.23
	2.30	2.17	2.19	2.25	2.20	2.17	2.16	2.20	2.16	2.21	2.18	2.19		26.37				
3 7	2.24	2.30	2.29	2.26	2.28	2.23	2.27	2.27	2.25	2.25	2.36	2.31	2.33	29.64	2.36	2.19	0.17	2.26
	2.19	2.23	2.24	2.25	2.26	2.23	2.26	2.25	2.20	2.19	2.31	2.29	2.27	29.17				
4 8	2.31	2.25	2.19	2.33	2.31	2.29	2.29	2.26	2.23	2.17	2.24	2.26	2.29	29.42	2.33	2.15	0.18	2.25
	2.24	2.23	2.18	2.25	2.29	2.28	2.29	2.23	2.22	2.15	2.15	2.25	2.21	28.97				
Total	18.10	18.14	17.75	17.91	18.09	17.86	18.18	17.87	17.86	17.53	17.10	17.96	13.78	229.13				
Max	2.43	2.38	2.29	2.33	2.31	2.29	2.35	2.28	2.32	2.25	2.36	2.31	2.36		2.38			
Min	2.17	2.17	2.18	2.13	2.20	2.17	2.16	2.18	2.15	2.13	2.15	2.19	2.21			2.16		
R	0.26	0.21	0.11	0.20	0.11	0.12	0.19	0.10	0.17	0.12	0.21	0.12	0.15					
$\bar{x}$	2.26	2.27	2.22	2.24	2.26	2.23	2.27	2.23	2.23	2.19	2.26	2.25	2.30					2.25

ピンギャップ測定結果（中間層）

	A	B-1	B-2	B-3	B-2	B-4	C	Total	Max	Min	R	$\bar{x}$						
1 21																		
2 22	2.66	2.73	2.75	2.75	2.76	2.77	2.93	2.75	2.77	2.75	2.70	2.82	2.83	35.96	2.92	2.62	0.30	2.73
	2.62	2.68	2.74	2.71	2.71	2.72	2.84	2.63	2.74	2.72	2.65	2.68	2.76	35.20				
3 23	2.69	2.61	2.67	2.67	2.62	2.67	2.69	2.68	2.54	2.58	2.65	2.53	2.55	34.15	2.69	2.49	0.20	2.67
	2.56	2.54	2.57	2.62	2.58	2.61	2.63	2.64	2.49	2.56	2.58	2.51	2.53	33.42				
4 24	2.91	3.00	2.91	2.88	2.89	2.81	2.79	2.84	2.90	2.83	2.95	3.00		34.71	3.00	2.75	0.25	2.87
	2.82	2.93	2.86	2.86	2.85	2.79	2.75	2.78	2.87	2.82	2.88	2.92		34.13				
5 25	2.91	3.00	2.98	2.94	2.87	2.82	2.97	2.94	2.87	2.96	3.00			32.26	3.00	2.76	0.24	2.90
	2.79	2.93	2.89	2.89	2.83	2.76	2.90	2.86	2.84	2.93	2.99			31.61				
6 26																		
7 27	2.89	2.83	2.86	2.73	2.71	2.75	2.87	2.87	2.78	2.90	2.84	2.72	2.82	36.57	2.90	2.64	0.26	2.78
	2.80	2.73	2.78	2.70	2.69	2.72	2.80	2.79	2.75	2.77	2.77	2.64	2.69	35.63				
8 28	2.89	2.75	2.78	2.82	2.81	2.79	2.86	2.87	2.92	2.79	2.80	2.75	2.76	36.59	2.92	2.63	0.29	2.78
	2.74	2.68	2.77	2.79	2.70	2.72	2.84	2.80	2.85	2.73	2.73	2.63	2.63	35.71				
Total	33.28	33.41	33.56	33.36	33.02	32.93	33.86	33.45	33.32	33.34	33.54	27.30	21.57	415.94				
Max	2.91	3.00	2.98	2.94	2.89	2.82	2.97	2.94	2.92	2.96	3.00	3.00	2.83		2.94			
Min	2.56	2.54	2.67	2.62	2.58	2.61	2.63	2.63	2.54	2.56	2.58	2.51	2.53			2.58		
R	1.35	0.46	0.31	0.32	0.31	0.21	0.34	0.31	0.36	0.40	0.42	0.49	0.30					
$\bar{x}$	2.77	2.78	2.80	2.78	2.75	2.74	2.82	2.79	2.54	2.78	2.80	2.73	2.70					2.75

ピンギャップ測定結果（外層）

	A	B-1	B-2	B-3	B-2	B-4	C	Total	Max	Min	R	$\bar{x}$						
1 45	2.22	2.22	2.24	2.17	2.19	2.20	2.22	2.21	2.24	2.26	2.24	2.16	2.25	28.82	2.26	2.10	0.16	2.19
	2.10	2.15	2.12	2.14	2.16	2.17	2.19	2.20	2.20	2.18	2.15	2.19	2.14	28.14				
2 46	2.16	2.20	2.10	2.26	2.24	2.15	2.14	2.22	2.17	2.13	2.14	2.25	2.19	28.35	2.26	2.04	0.22	2.15
	2.05	2.14	2.04	2.21	2.18	2.14	2.11	2.17	2.13	2.12	2.12	2.13	2.12	27.66				
3 47	2.15	2.19	2.35	2.19	2.17	2.18	2.20	2.11	2.16	2.19	2.15	2.12	2.14	28.30	2.35	2.05	0.30	2.15
	2.05	2.10	2.18	2.18	2.12	2.15	2.16	2.08	2.15	2.12	2.12	2.09	2.12	27.62				
4 48	2.17	2.21	2.18	2.22	2.25	2.14												

第A 4.2表 挿入力測定値 (FUGEN-RUN-3)

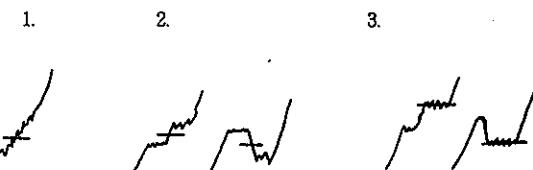
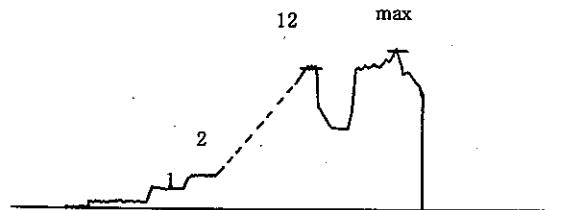
(単位 kg) (S 50.5.30 ~ 31)

チャート No	ピン No	ビン フィーダ スピード	内, 中, 外層別	挿入力												特記事項	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	VW001	T	内	4.2	7.2	11.2	15.0	19.0	26.5	30.0	35.4	40.0	-	-	-	-	較正が悪くオーバーフロー
2	VW002	T	"	3.8	7.7	11.5	17.0	22.0	28.5	33.0	37.8	42.5	48.5	54.5	59.5	62.5	
3	KW003	T	"	4.7	8.8	13.0	18.0	24.2	30.4	37.0	41.8	46.3	51.0	57.0	63.5	67.5	92kg自動くずれる。
4	VW004	K	"	4.5	8.5	13.4	17.5	21.5	27.5	30.6	36.5	40.0	46.0	51.8	56.8	62.9	
5	SW009	T	中間	3.8	5.7	8.8	14.1	17.5	20.0	24.0	28.5	33.3	40.0	45.0	43.0	52.9	
6	SW010	K	"	3.5	6.7	10.3	14.2	18.2	22.6	32.0	38.0	43.8	48.5	54.0	58.8	68.5	
7	VW011	T	"	4.1	7.2	12.1	19.0	25.3	31.5	40.2	49.1	55.5	61.4	69.5	78.6	86.8	
8	VW012	K	"	3.8	6.4	12.0	15.0	20.0	27.0	35.0	43.2	47.6	52.5	60.0	67.5	70.0	
9	SW005	T	"	3.0	5.0	8.6	12.5	15.0	19.0	24.1	26.0	28.1	32.5	37.8	42.3	44.7	61.2kg自動くずれる。
10	VW006	T	"	3.6	6.0	11.6	15.5	19.2	23.6	30.0	34.2	39.2	43.6	50.0	55.8	-	100kg自動くずれる。
11	SW007	K	"	5.0	10.5	16.0	23.9	29.5	36.5	44.5	52.8	59.7	66.2	74.2	82.5	85.0	自動くずれる。
12	SW008	T	"	4.0	6.2	10.5	17.0	20.1	25.5	31.0	36.5	41.7	48.5	54.0	59.8	63.4	
13	VW025	K	外	4.7	8.0	11.4	15.0	18.2	22.9	28.0	35.0	41.0	41.7	52.5	59.0	65.7	自動くずれる。
14	VW026	K	"	4.8	10.0	14.4	18.9	23.2	29.1	33.8	40.7	46.6	52.2	57.8	63.7	67.7	
15	VW027	T	"	3.9	8.2	11.8	18.5	23.0	28.6	34.5	41.8	46.0	51.0	56.6	62.0	66.2	
16	VW028	T	"	3.5	6.5	10.0	15.0	20.7	27.5	32.0	40.8	43.7	51.1	58.2	64.0	69.8	
17	VW021	T	"	2.9	5.0	8.0	11.9	15.5	19.5	24.5	28.0	32.3	39.0	45.7	50.2	54.8	
18	VW022	T	"	3.1	6.3	9.2	11.8	17.1	22.3	24.0	31.9	36.3	42.6	49.6	54.5	61.5	
19	VW023	K	"	3.0	5.5	8.2	12.0	14.5	21.5	26.8	31.4	36.2	41.2	47.0	53.0	59.0	
20	VW024	K	"	3.5	6.5	11.3	15.8	21.6	27.3	33.2	39.0	45.0	49.5	56.6	62.8	66.7	
21	VW017	T	"	3.8	7.7	11.4	18.3	20.6	27.0	31.3	37.5	42.6	48.6	52.8	59.1	62.9	自動くずれる。
22	VW018	T	"	4.0	8.1	12.0	17.5	22.0	29.5	35.4	41.5	46.2	53.0	59.3	65.8	68.0	
23	VW019	K	"	4.0	8.9	12.0	18.7	22.0	30.0	36.5	43.5	48.2	53.8	60.0	66.0	71.0	自動くずれる。
24	VW020	K	"	3.5	6.8	10.0	13.5	16.1	20.4	27.0	34.0	39.0	45.9	54.5	60.7	67.2	
25	SW013	K	"	2.6	5.7	9.4	13.4	17.0	22.7	21.3	29.5	36.7	42.3	48.2	52.0	57.2	
26	SW014	T	"	3.5	6.3	9.0	13.5	15.5	23.2	29.5	34.6	38.1	45.0	52.2	57.5	62.2	
27	SW015	T	"	3.5	6.8	12.1	16.0	20.7	24.3	30.3	38.4	43.5	49.3	54.5	60.0	63.5	77.3kg自動くずれる。
28	SW016	T	"	4.5	8.3	12.0	19.0	23.0	28.4	35.1	40.0	45.2	51.0	57.2	63.7	70.3	

T: 低速, K: 高速

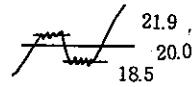
## 備考1. チャートの読み方

## 2. 読みの規準

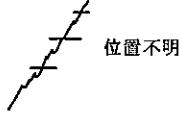


## 3. 特記

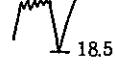
\*1 No.5 の第6スペーサ



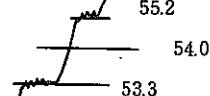
\*4 No.12 の第8,9,10スペーサ



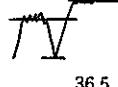
\*6 No.18 の第6スペーサ



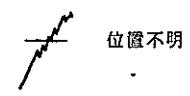
\*2 No.6 の第11スペーサ



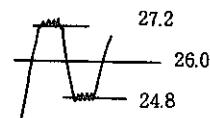
\*5 No.13 の第9,10スペーサ



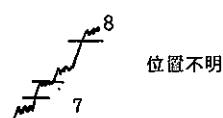
\*7 No.22 の第5スペーサ



\*3 No.9 の第8スペーサ



\*8 No.24 の第7,8スペーサ



## 2. オートクレーブ・ラン

模擬燃料集合体を製造し、オートクレーブ処理をして、オートクレーブ前後の集合体寸法（バンドル径、ピン間隔、スペーサ位置、スペーサ傾き、ねじれ、曲がり等）を調べた。この他耐食性に関する試験も行なった。

この模擬燃料集合体に使用したペレットは真ちゅうで、オートクレーブ条件は  $400^{\circ}\text{C}$ ,  $88\text{kg}/\text{cm}^2$  蒸気中 12 時間処理である。

下部端栓溶接結果を第 A 4.3 表に、他の検査結果を第 A 4.4 表に、組立時のピン挿入力を第 A 4.5 表に示す。

第 A 4.3 表 オートクレーブ用下部端栓溶接結果

速 度		電 流		時 間			冷 金 位 置	トーチ 位 置	洗 净 アモ トン 洗浄	X-線判定		ポロシティ				アンダー カット	
R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			A 合格	欠陥有	Φ 0.3	Φ 0.4	Φ 0.5	Φ 0.55		
24	6			2	20			4.5	0.5	8	8	0	—	—	—	—	—
		40	70	2	33	13	3			6	6	0	—	—	—	—	—
24	6			2	5			4.5	0.5	6	4	2*	—	1	1	—	—
		40	70	2	18	13	3			8	5	3*	2	—	1	—	—
											23	5	2	1	2	0	0

\* レプリカ付着端栓使用

↑  
スペック アウト

オートクレーブ後、集合体寸法は多少変化した様であるが、「ふげん」集合体仕様は満足していた。以下に詳細を示す。

- ① バンドル径は小さくなっていた。
- ② ピン間隔はオートクレーブ後  $1.90\text{ mm}$  以上であった。
- ③ スペーサ位置は  $1.3 \sim 1.5\text{ mm}$  上方に移動したようになっているが、平行移動であるので、基点のずれが考えられるが、規格上は問題ない。
- ④ スペーサ傾きはオートクレーブ後最大  $15\text{ mm}$  であった。
- ⑤ 集合体ねじれはオートクレーブ処理により  $0.5\text{ mm}$  から  $4.0\text{ mm}$  と変化した（規格は最大  $5\text{ mm}$  である）。
- ⑥ 集合体曲がりは、 $1.0\text{ mm}$  から  $0.8\text{ mm}$  となった。

オートクレーブ後の外観検査については、燃料要素棒傷部にわずかに白線があったが、問題になるものとは思われなかった。また上部端栓ビード部に白色化が認められたが、これは溶接後耐食試験をする意味で、一部ビード部が黒色ないし白色化していたものを、ごく薄く表面研磨して、オートクレーブしたものである。

第A4.4表 オートクレーブ前後の寸法測定結果

バンドル部直径*				ピンキャップ		スペーサ位置		スペーサの傾き		スペーサ番号
オートクレーブ前		オートクレーブ後		オートク レーブ前	オートク レーブ後	オートク レーブ前	オートク レーブ後	オートク レーブ前	オートク レーブ後	
X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)							
111.6	111.5	111.2	111.2	≥1.8	≥2.00	409.0	408.2	0.0	1.0	B-1
111.5	111.6	111.3	111.5	"	≥1.95	839.0	828.5	0.0	0.0	B-2
111.8	111.7	111.7	111.4	"	≥1.90	1169.6	1168.2	0.4	0.0	B-3
111.6	111.6	111.5	111.2	"	≥2.05	1429.3	1428.2	0.3	0.0	B-4
111.6	111.6	111.5	111.5	"	≥1.90	1689.8	1688.5	0.5	0.0	B-5
111.0	111.8	111.4	111.4	"	≥1.90	1949.2	1948.3	0.6	1.0	B-6
111.7	111.6	111.3	111.3	"	≥1.95	2209.7	2208.3	0.9	1.0	B-7
111.6	111.6	111.6	111.3	"	≥2.00	2469.9	2468.5	1.0	1.0	B-8
111.7	111.7	111.5	111.5	"	≥2.00	2730.0	2728.5	0.0	1.0	B-9
111.8	111.7	111.5	111.4	"	≥1.95	2989.8	2988.7	0.5	1.0	B-10
111.8	111.6	111.5	111.3	"	≥1.95	3329.8	3328.6	0.6	1.0	B-11
111.5	111.4	111.4	111.5	"	≥2.00	3700.0	3698.7	0.0	1.0	B-12
111.8	111.6	110.5	110.6	"	≥2.00					B-T

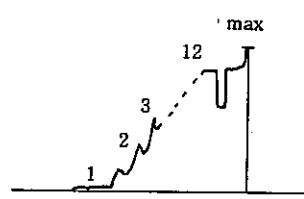
\* スペック : 112.2mm以下

第A4.5表 挿入力測定値 (集合体NaAC RUN)

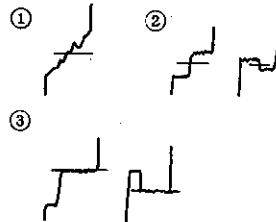
(単位 kg) (S 50.7.15~16)

チャート No	ピンNo	ピン フィーダ スピード	層別	挿入力												特記事項
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	SB01	75mm/sec	内	3.6	7.0	10.5										
2	KB02	"	"	3.5	7.5	11.0	16.0	22.5	28.0	33.0	38.7	41.0	46.5	52.3	57.7	59.0 <
3	KB04	"	"	4.2	8.8	13.2	17.0	24.5	30.0	35.0	39.0	45.5	46.5	54.5	58.0	60.0
4	SB03	"	"	3.7	7.6	13.0	18.5	23.4	28.5	33.5	38.0	39.0	44.5	49.5	52.8	53.8
5	KB12	"	中													
6	SB11	"	"													
7	KB10	"	"	3.3	7.0	11.0	12.7	18.2	23.0	30.0	33.0	36.2	38.5	43.5	48.5	50.0 <
8	SB09	"	"	3.7	6.6	11.0	14.5	21.5	27.0	31.4	36.0	38.2	41.6	48.0	53.0	54.2
9	KB08	"	"	4.5	9.0	13.6	16.0	22.0	30.0	34.5	38.7	41.5	46.0	51.0	54.9	58.0 <
10	SB07	"	"	3.5	6.5	10.0	14.0	20.8	25.0	30.0	34.0	36.5	39.0	44.0	47.5	48.5
11	KB06	"	"	3.5	7.0	9.0	13.5	18.0	23.5	28.5	32.5	35.0	37.4	42.5	45.0	47.0
12	SB05	"	"	3.5	7.0	11.0	13.8	20.0	26.0	30.7	35.0	36.5	38.7	45.0	49.5	50.0
13	KB16	"	外	5.0	6.5	10.3	14.0	19.0	15.0	30.0	35.5	38.0	41.5	41.5	51.5	53.7 <
14	SB15	"	"	3.0	6.5	10.0	12.5	17.0	24.0	28.0	31.0	34.0	39.0	44.5	49.5	53.0 < (7)あたり位置不明
15	SB13	"	"	3.0	6.0	10.0	13.6	20.0	26.5	29.5	34.5	37.0	42.0	47.5	53.0	54.0
16	KB14	"	"	4.0	7.5	12.5	17.5	26.0	33.0	38.0	41.5	46.5	51.5	57.0	63.0	65.0 <
17	SB25	"	"	4.0	8.0	13.0	16.5	24.0	30.0	35.0	39.0	43.0	47.0	53.5	58.5	60.0
18	KB26	"	"	3.5	7.0	12.5	17.5	24.0	29.5	35.0	39.0	42.0	47.0	53.0	58.5	63.0 <
19	SB27	"	"	3.5	6.5	11.0	16.5	21.0	26.0	31.0	36.0	39.5	43.0	48.5	54.0	55.5 <
20	KB28	"	"	3.0	5.5	9.5	14.5	22.0	26.5	31.0	36.0	37.5	40.0	44.5	51.0	51.5
21	SB17	"	"	3.0	6.5	9.5	12.0	14.7	20.0	26.0	30.0	31.0	35.0	41.5	48.0	59.5
22	KB18	"	"	4.0	7.5	12.0	16.0	21.5	27.5	32.5	36.5	40.0	43.5	46.5	52.0	53.0
23	SB19	"	"	2.5	5.0	8.5	10.7	14.8	20.0	24.0	29.0	32.0	36.0	42.0	46.0	54.3
24	KB20	"	"	4.5	8.5	13.0	18.0	24.5	30.0	36.0	42.0	45.5	50.0	57.0	60.0	64.0
25	SB21	"	"	4.5	8.0	12.0	17.0	23.0	29.5	35.0	40.0	43.5	47.5	54.0	58.0	63.0 <
26	KB22	"	"	4.0	7.5	13.5	17.0	23.0	30.0	35.0	38.5	42.5	45.0	52.0	55.5	58.2
27	SB23	"	"	4.0	7.5	11.5	15.0	22.0	27.5	33.5	37.5	42.0	45.5	52.0	58.5	42.0 <
28	KB24	"	"	4.0	7.5	11.5	15.0	22.0	28.5	32.5	38.5	42.0	44.5	50.0	53.0	55.0

## 備考 1. チャートの読み方



## 2. 読みの規準



## 3. 特記

1) ピンフィーダスピード 75 mm/sec

2) ピン配列

## 3) スペーサNo

上部より 023

022

012.

### 3. ウラン・ラン

二酸化ウランペレットを充てんして、加工組立をした。第A 4.6表に下部端栓溶接結果を示す。

規格外のポロシティが2本でていたが、部材洗浄の不良によるものと考えられる。

第A 4.6表 ウラン・ラン用下部端栓溶接結果

速 度	電 流	時 間			冷 金 位 置	トーチ 位 置	洗 净 アセトン 洗浄	X-線判定		ポロシティ				アンダーカット			
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			Ø 0.3	Ø 0.4	Ø 0.5	Ø 0.5<				
24	6			2	20			4.5	0.5	5	3	2*	1	-	1	-	-
				40	70	2	33			9	9	0	-	-	-	-	-
24	6			2	5			4.5	0.5	6	3	3*	-	2	1	-	-
				40	70	2	18			9	7	2*	1	1	-	-	-
										22	7	2	3	2	0	0	0

\* 欠陥の有る試料中6本はレプリカ付着端栓使用

↑ スペック アウト

### 4. 照射用燃料集合体製造

SGHWRで照射試験するため、17%Pu fissile の混合酸化物ペレットを燃料とする集合体を製造した。

下部端栓溶接結果を第A 4.7表に示す。この他端栓取付角度については全数合格であったが、被覆管の曲がりが認められたものが1本(SG02)あった。

上部端栓溶接後の検査結果を要約すると次の様になる。

- ① ビード部着色による不合格2本がでた。
- ② 端栓取付角度が20'~30'のものが5本でた。
- ③ 真直度不合格が3本でた。
- ④ 他溶接部X線透過検査等全数合格である。

集合体組立後のピン間隙の測定結果を表1.2に示す。最小値は2.02mmであり、内層、中間層、外層の平均値は、2.27, 2.53, 2.21mmであった。

第A 4.7表 SGHWR用下部端栓溶接結果

速 度	電 流	時 間			冷 金 位 置	トーチ 位 置	洗 净 アセトン 洗浄	X-線判定		ポロシティ				アンダーカット			
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			Ø 0.3	Ø 0.4	Ø 0.5	Ø 0.5<				
24	6			1	5			4.5	0.5	36	0	32	4	4	-	-	-
				40	70	1	18			13	3						

### 5. まとめ

以上述べて来た先行試験により、装置の改造、部材洗浄(溶接部)、ビード部着色等に関するデータが得られた。これらについては製造要領書の管理点の中に盛られている。

ただし、燃料棒の真直度については、被覆管から燃料要素まで、パレットに乗せて運ぶために曲がりがないような製造方法をとっているが、脱ガス加熱等により、残留応力が一部解放され、曲

がりがでてくる可能性はある。端栓取付角度も、この曲がりが管端にあれば大きくなる。（SG21はこの一例である）。

燃料要素製造上はこの外今のところ規格上は問題ない。

集合体組立の検査結果によると、規格上問題はなかった。ただし、バンドル部の直徑が 112.0mm（スペック：112.2mm）の箇所があった。

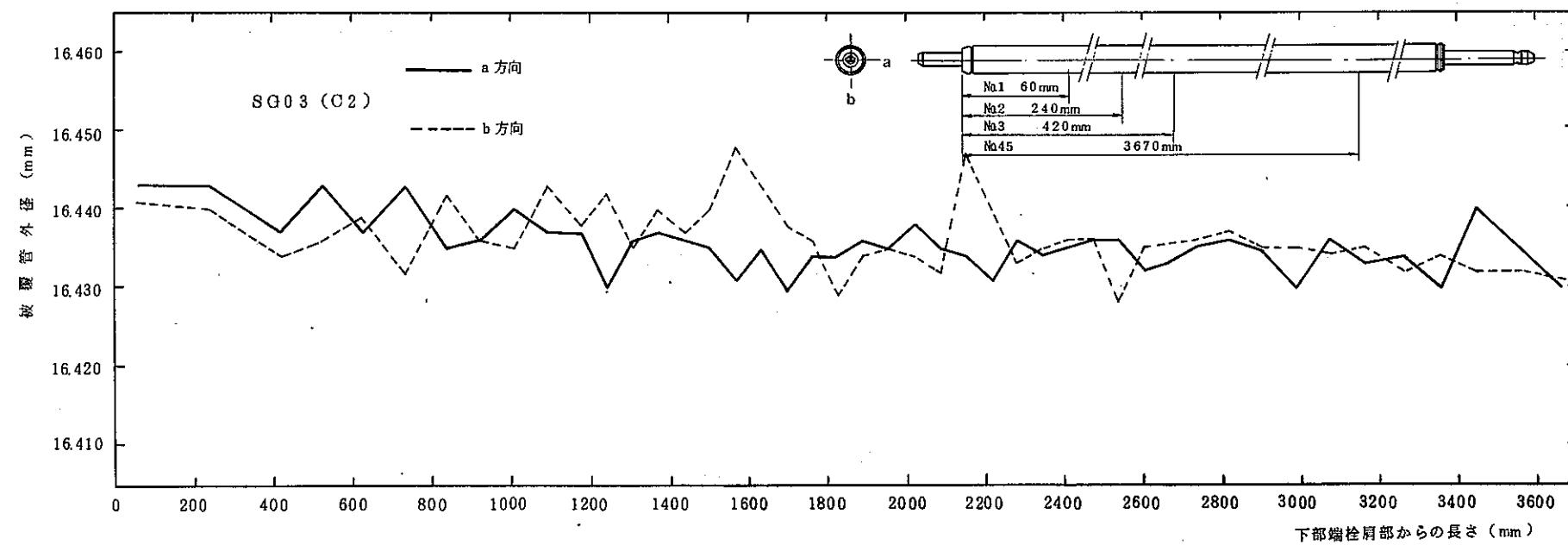
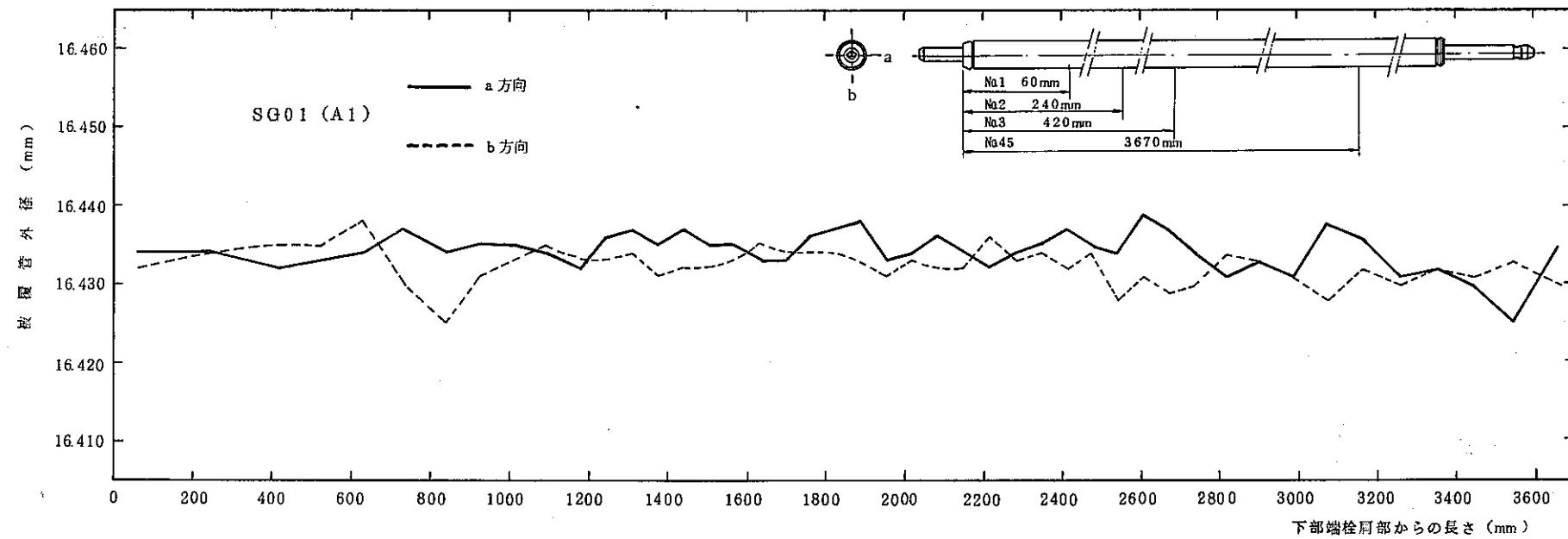
クラスター径は 111.4～111.6mm であり、スペーサの傾きは 2 mm のものが 1 個あった。

集合体の曲がりは 0.5 mm、ねじれは 2.7 mm であった。

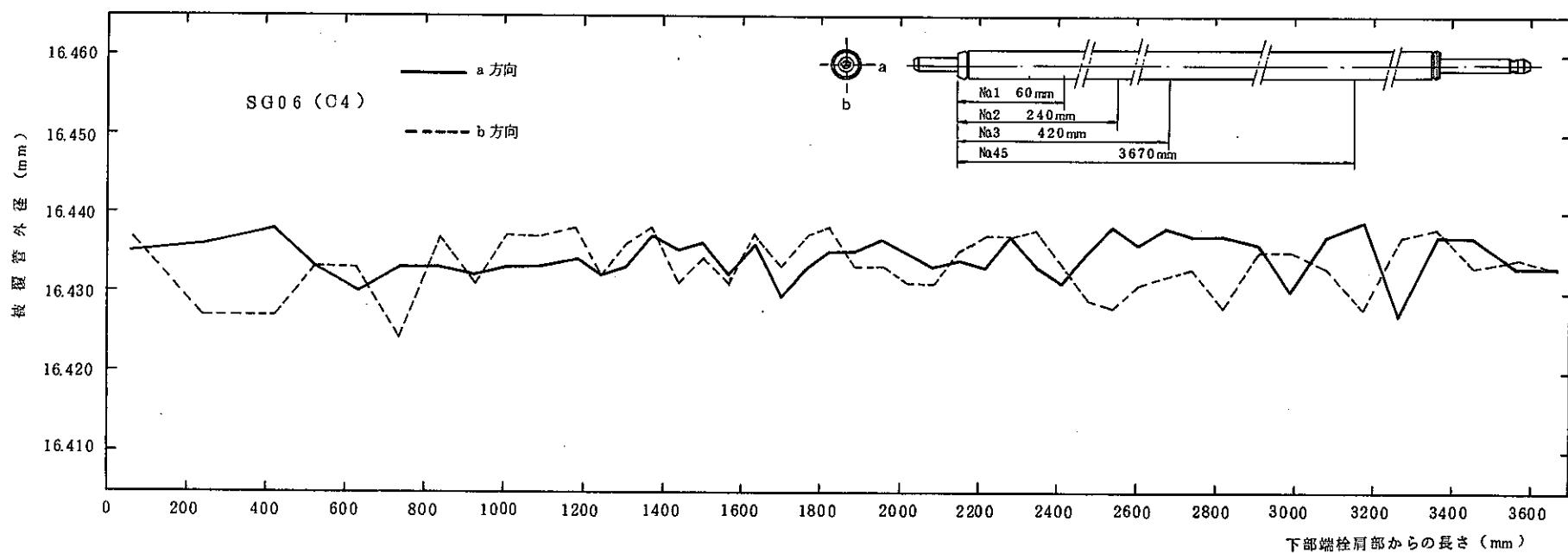
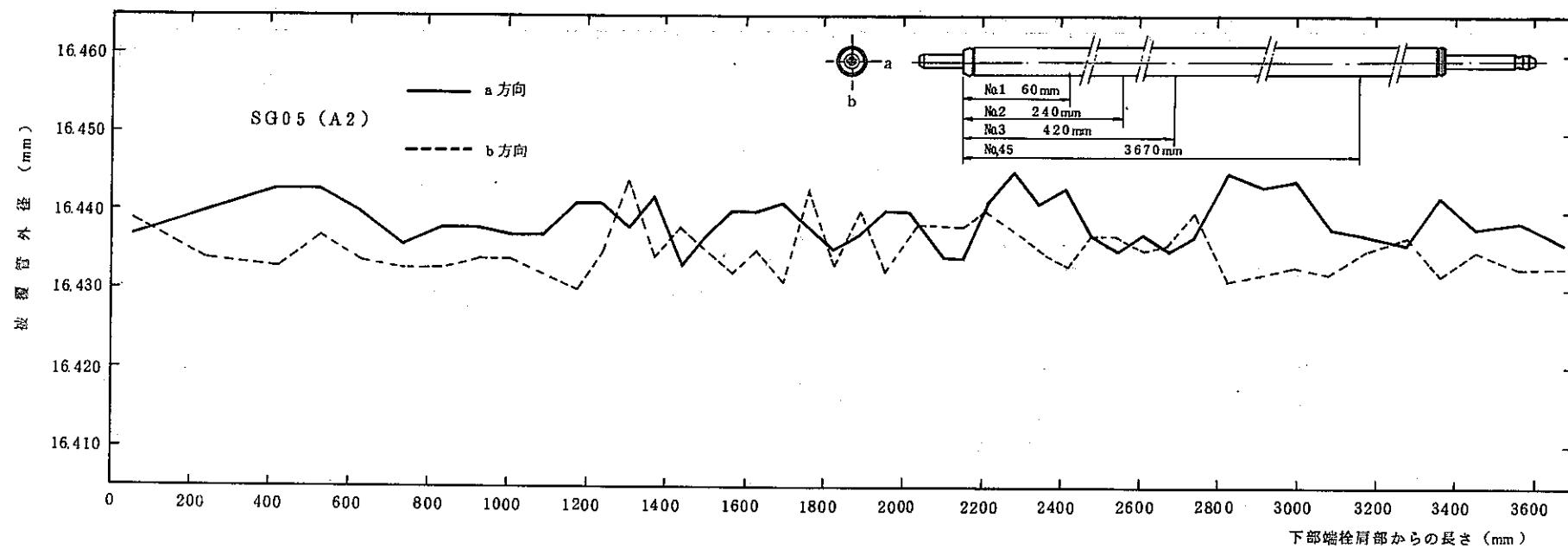
集合体組立のピン挿入力は 38～81kg であったが、大部分は 55kg 位であった。

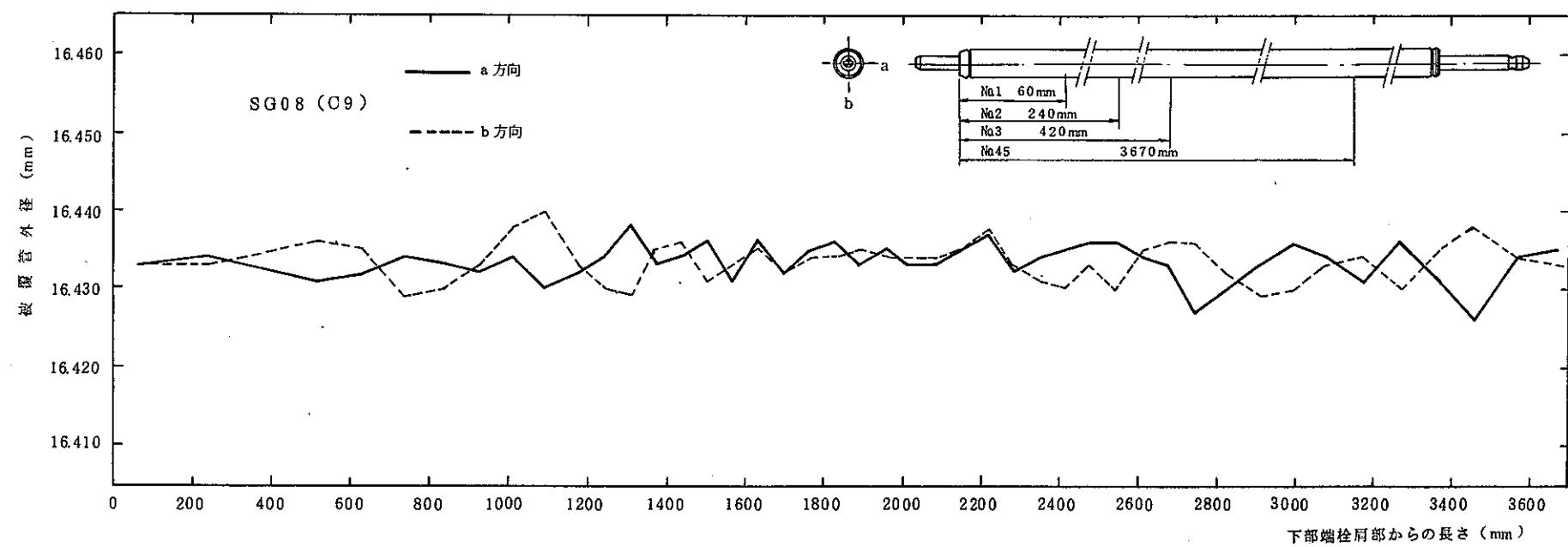
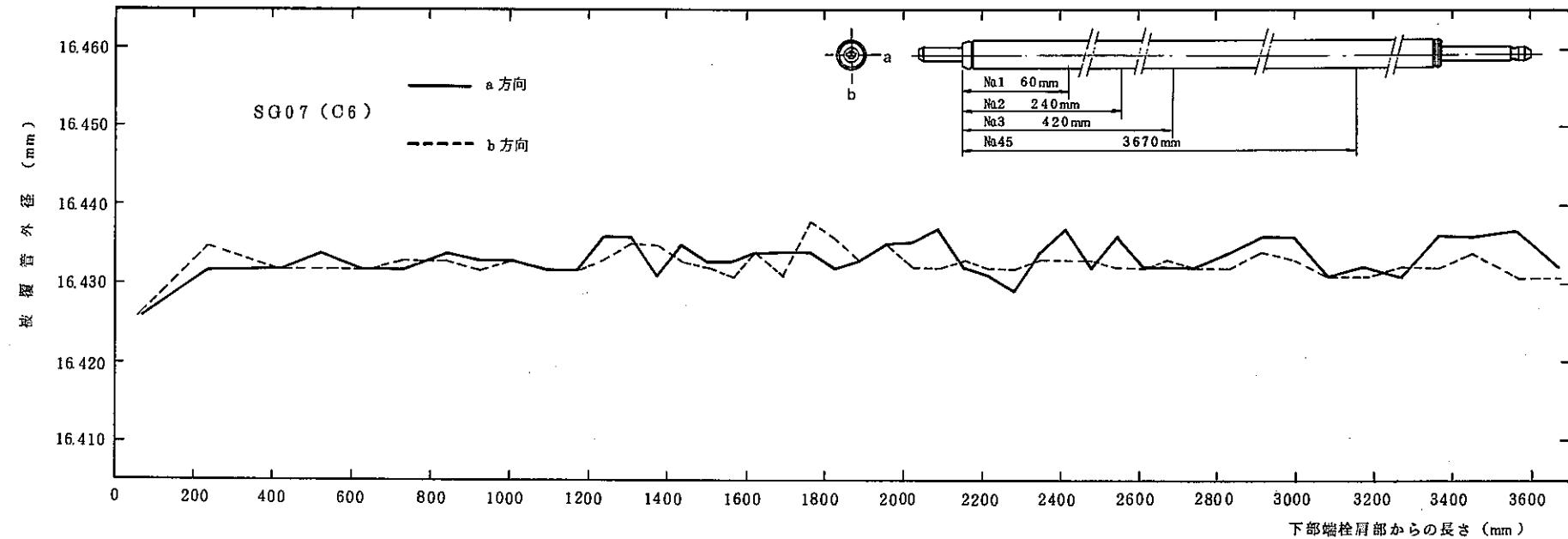
## 付 錄 6

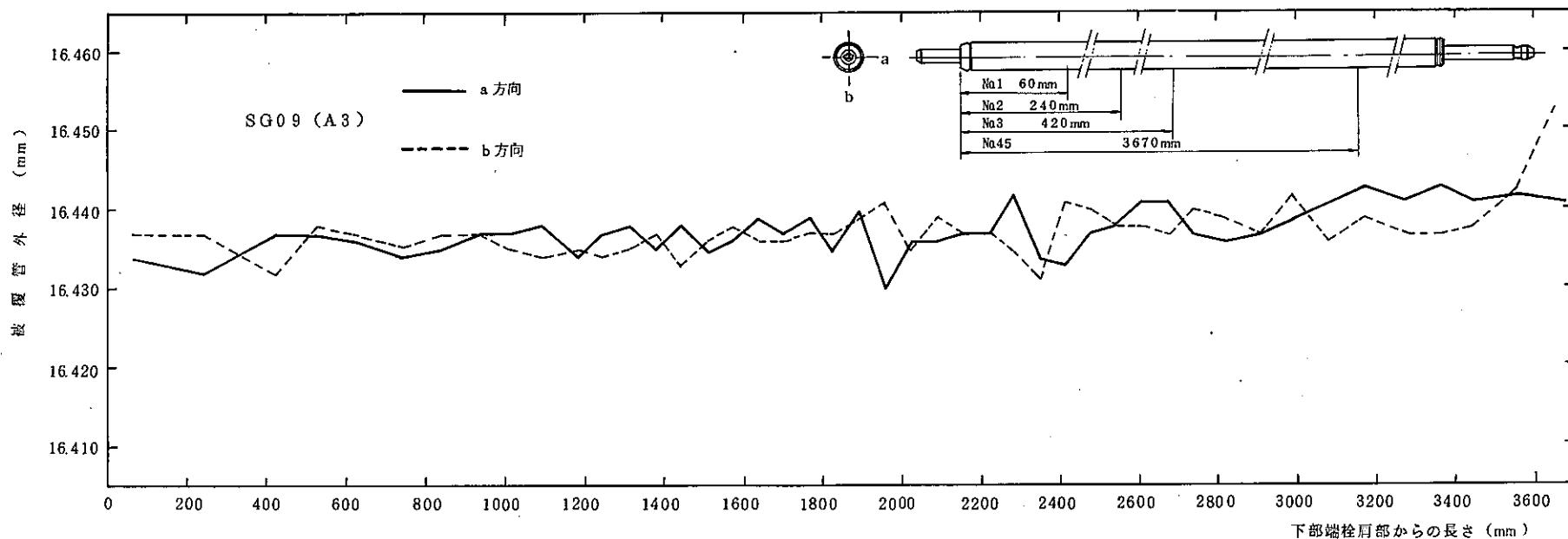
燃料要素外径のグラフ



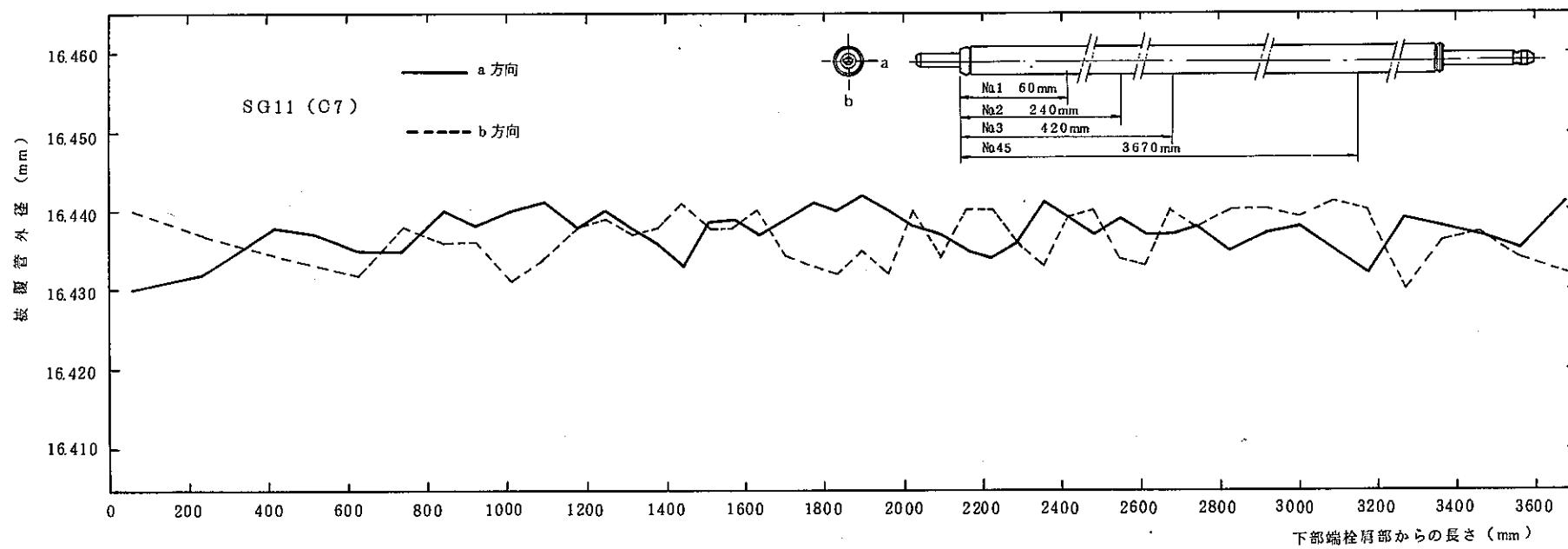
ZN841-76-06

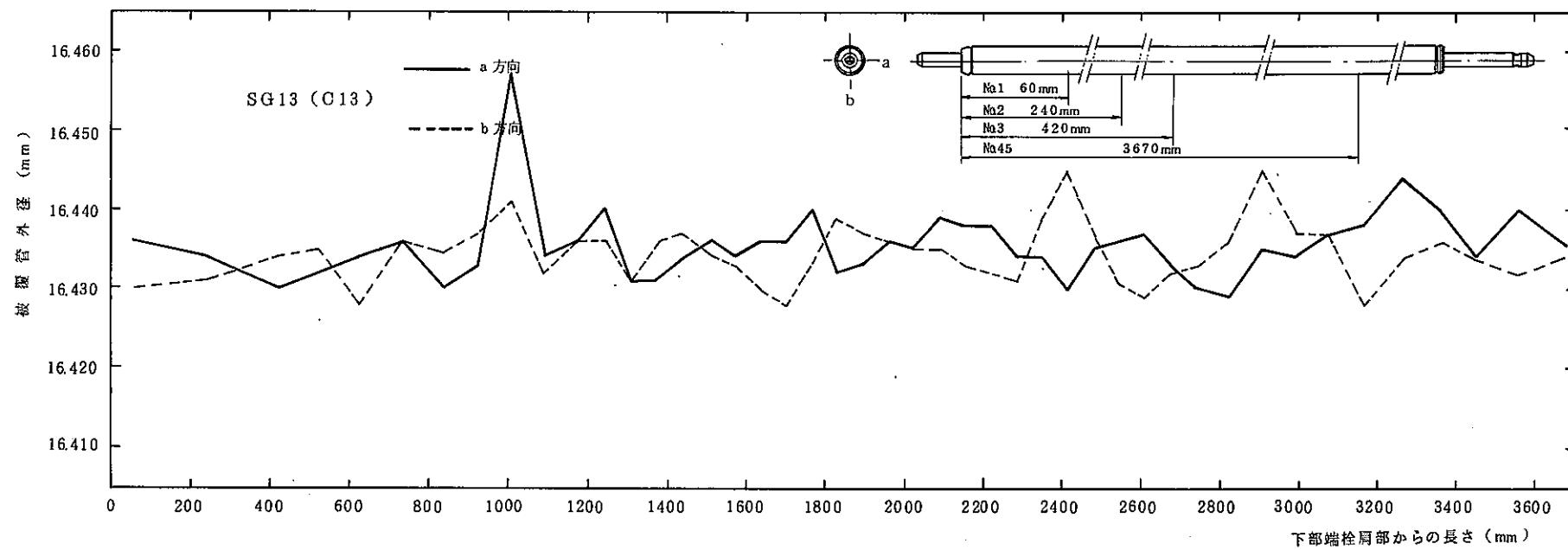
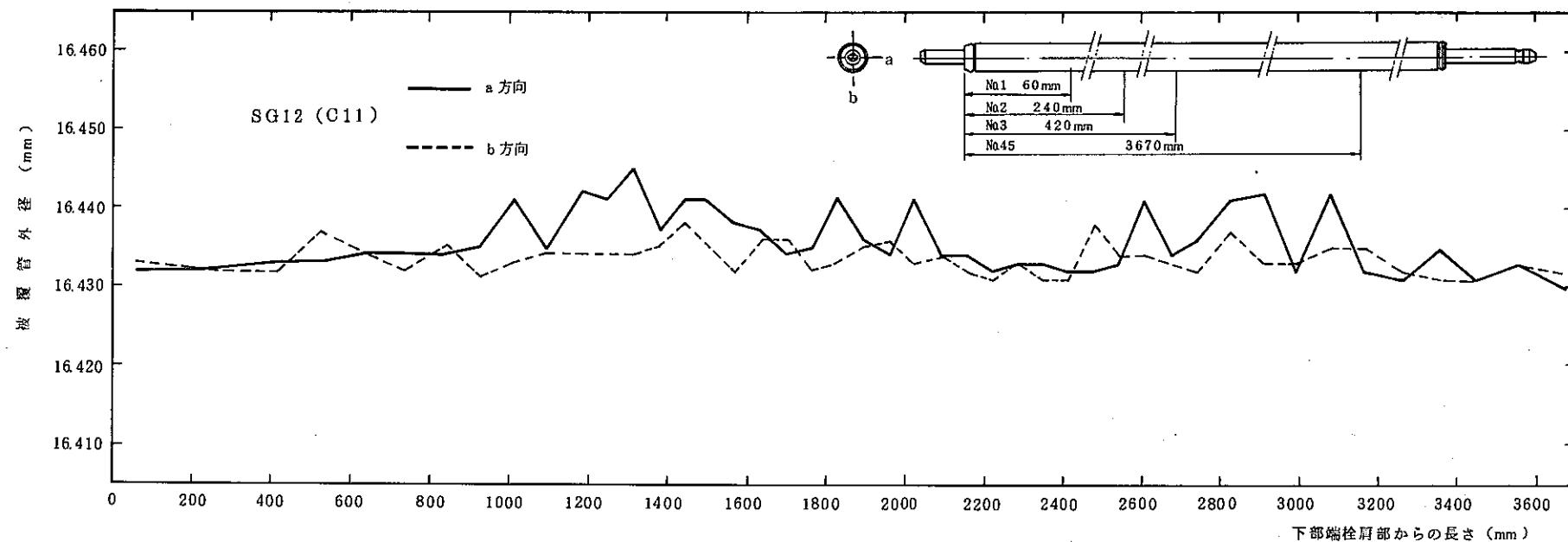


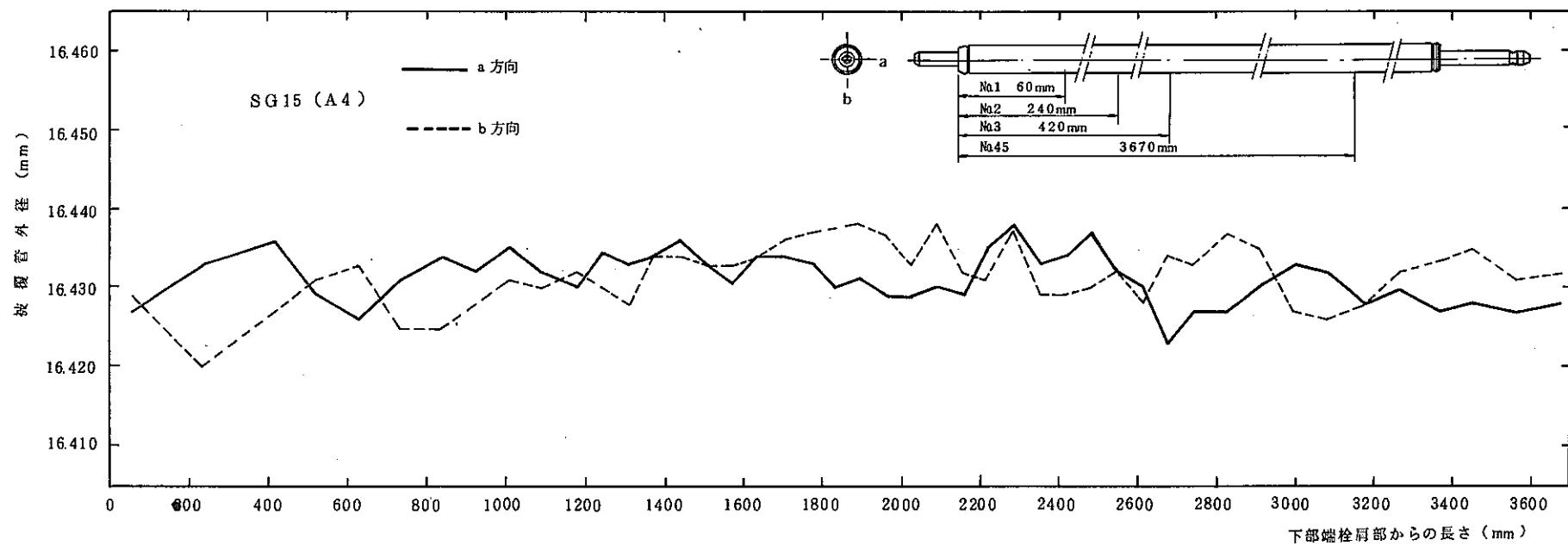
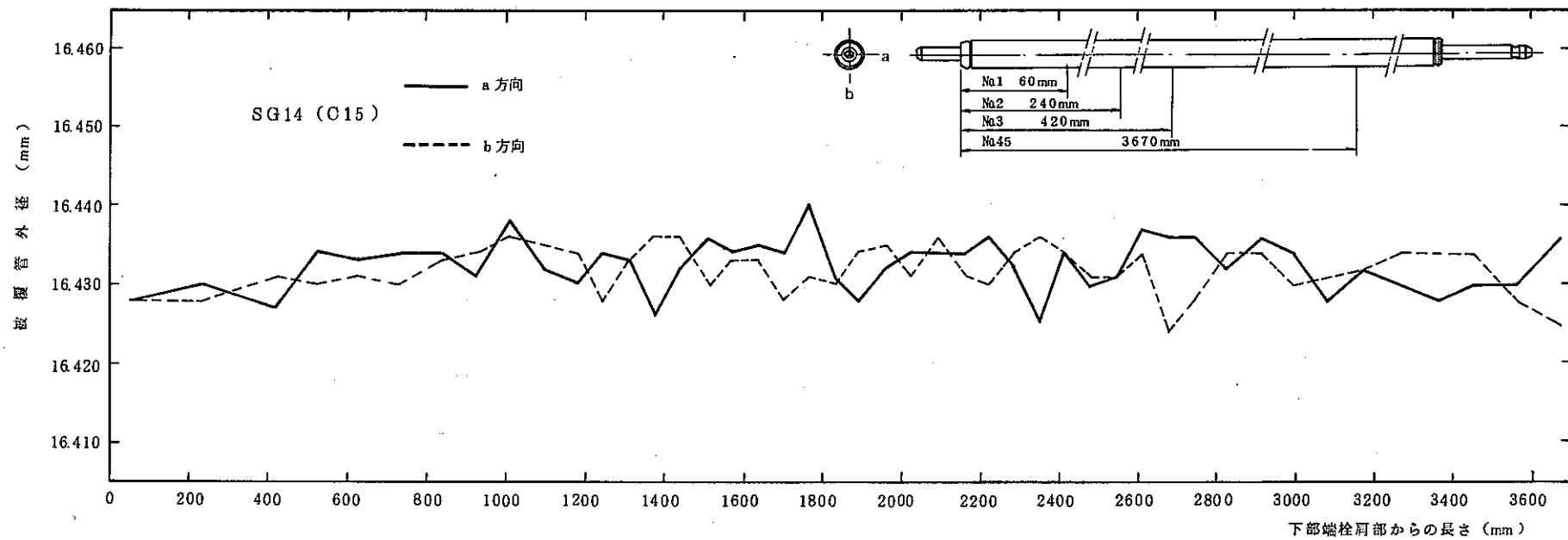


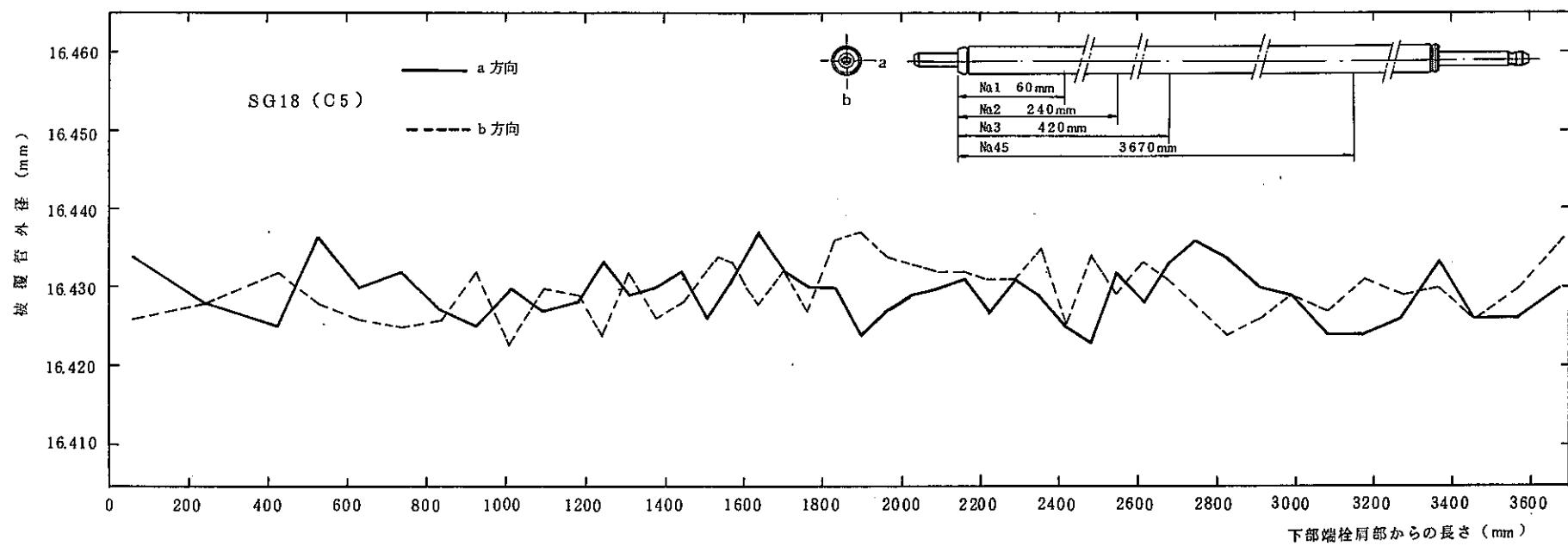
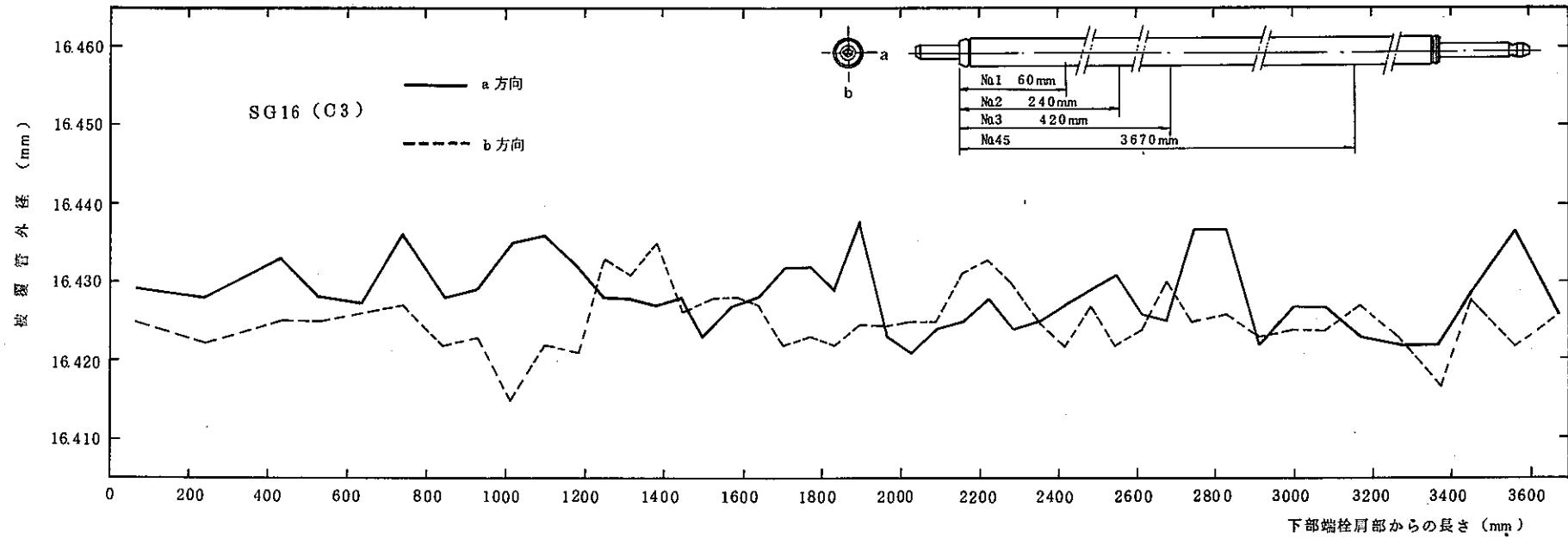


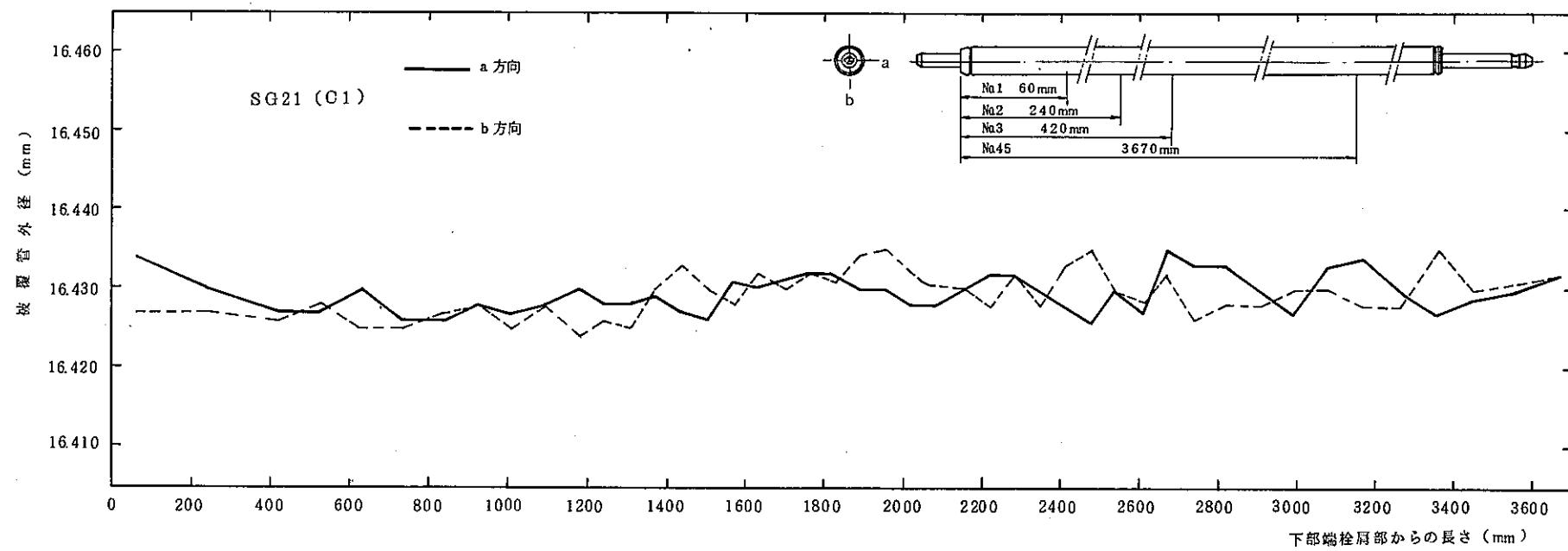
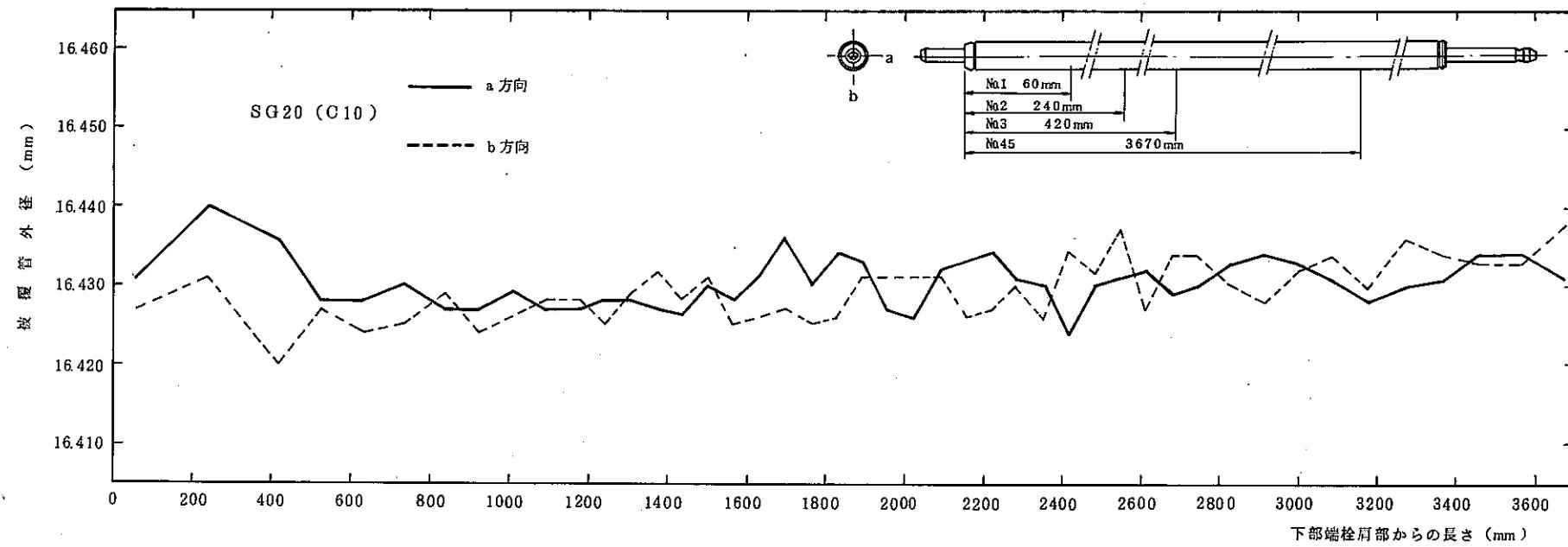
- 262 -

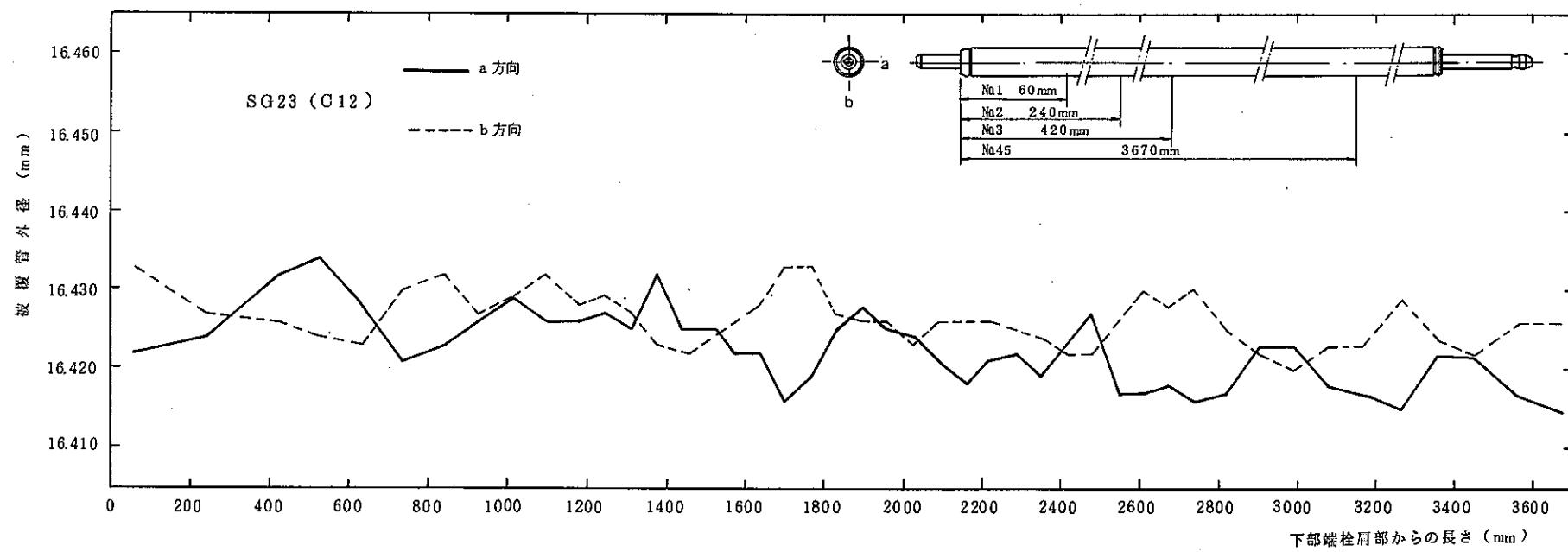
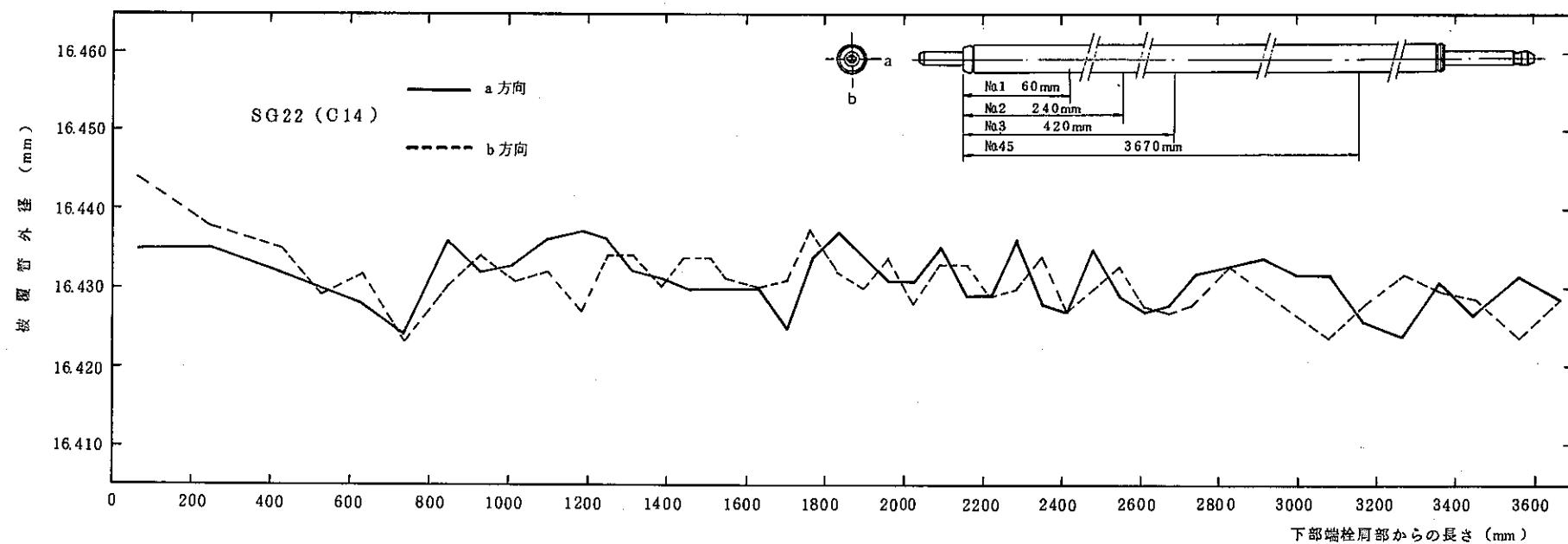


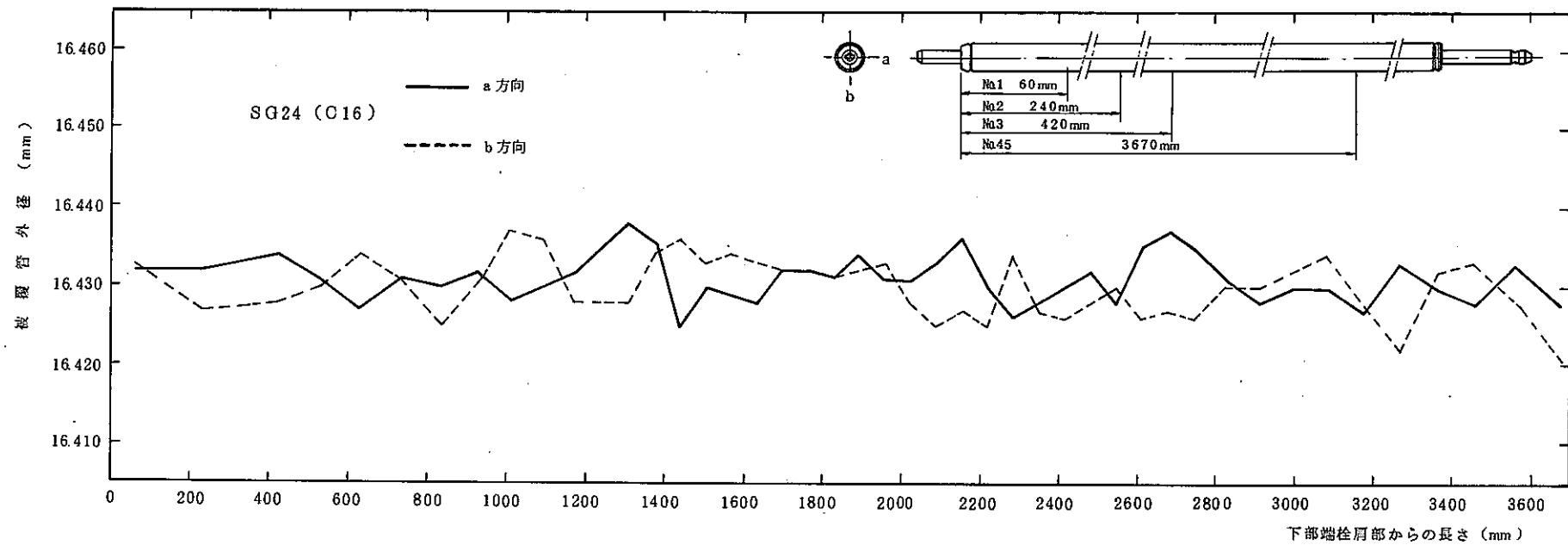




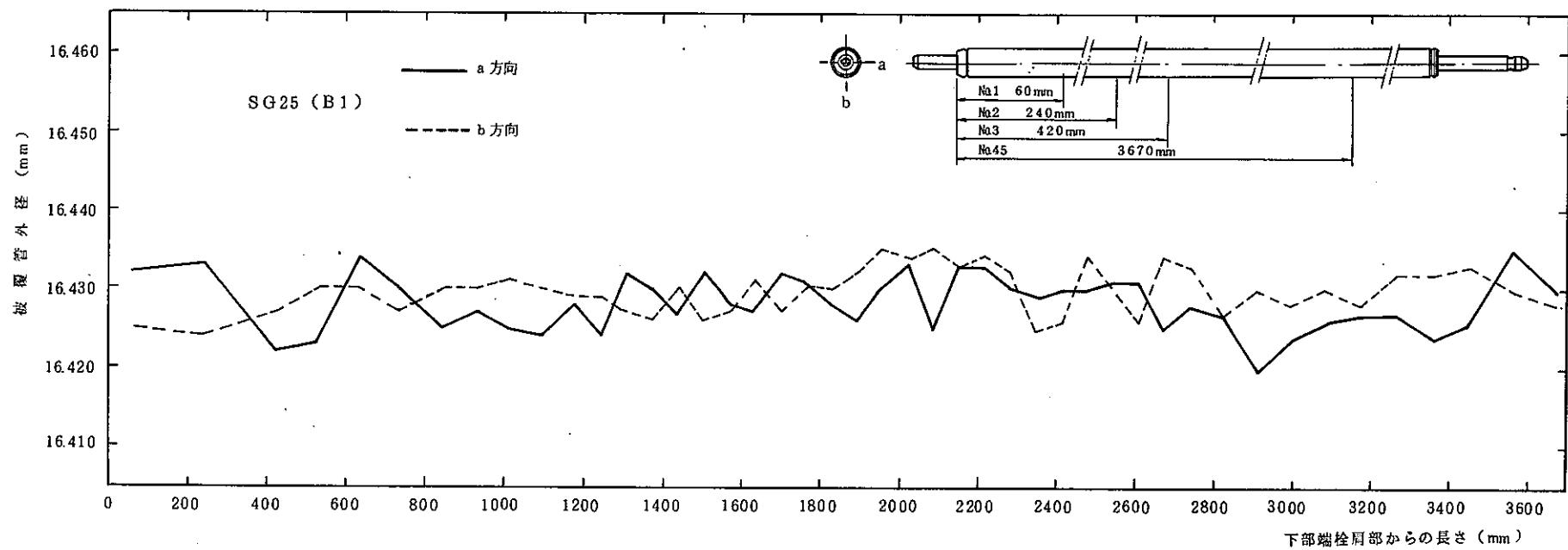


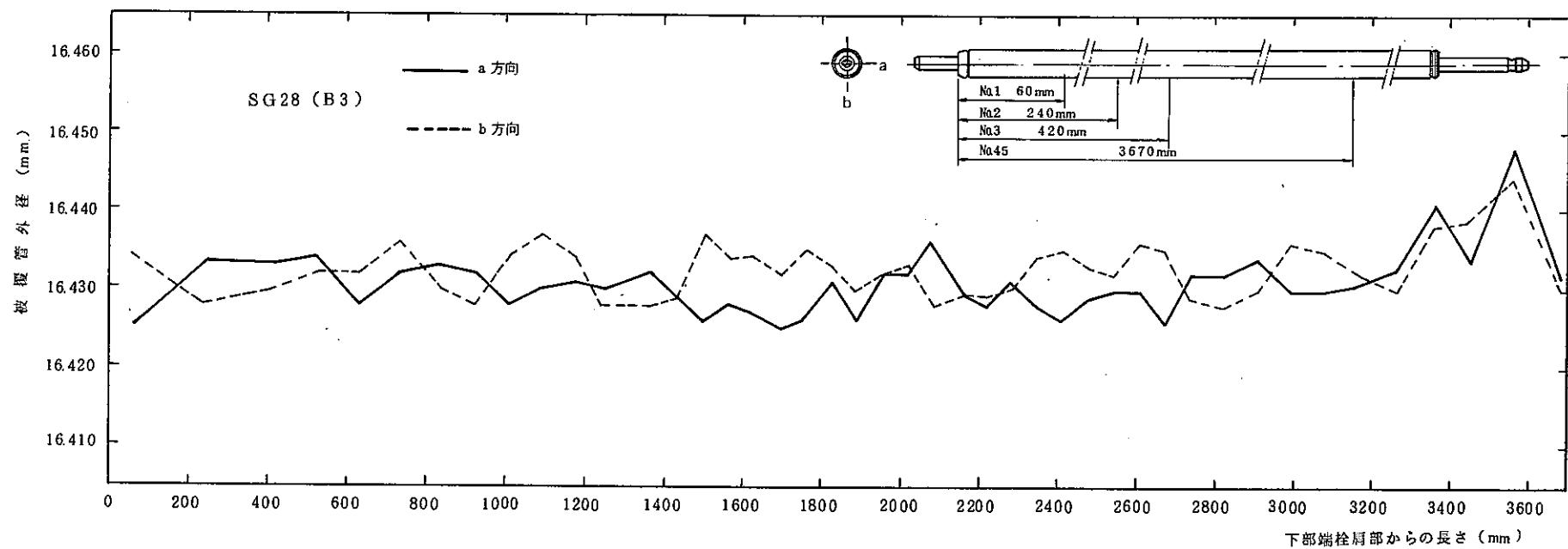
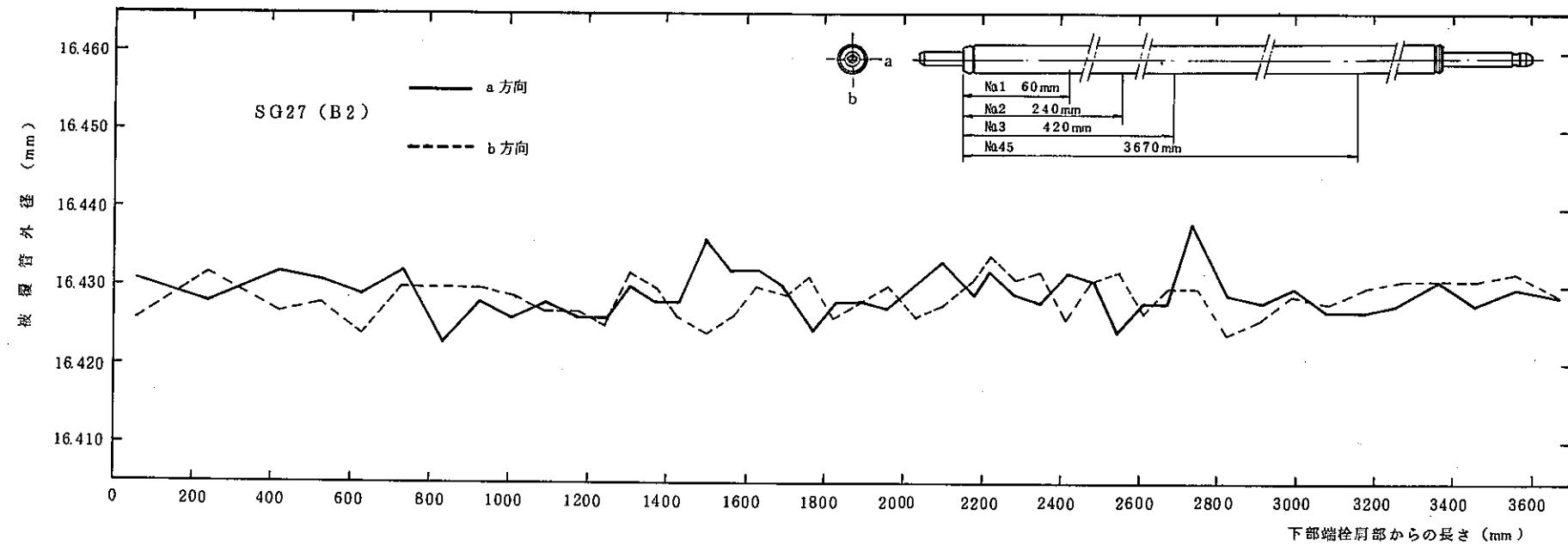




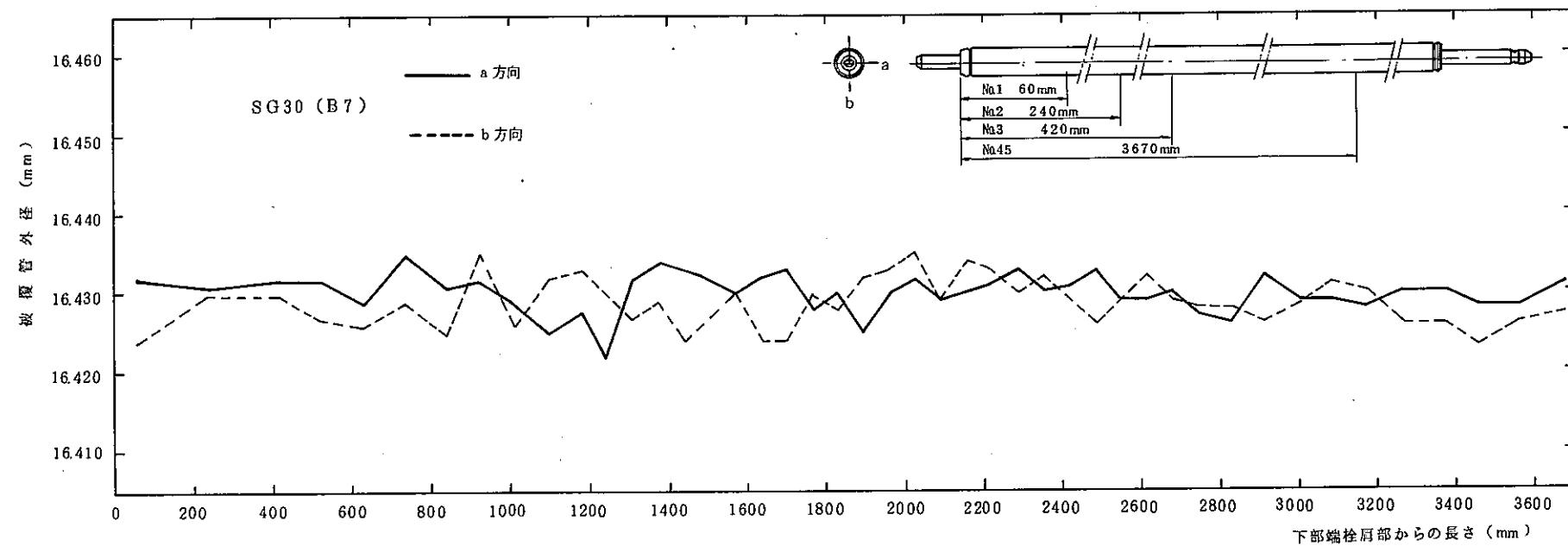
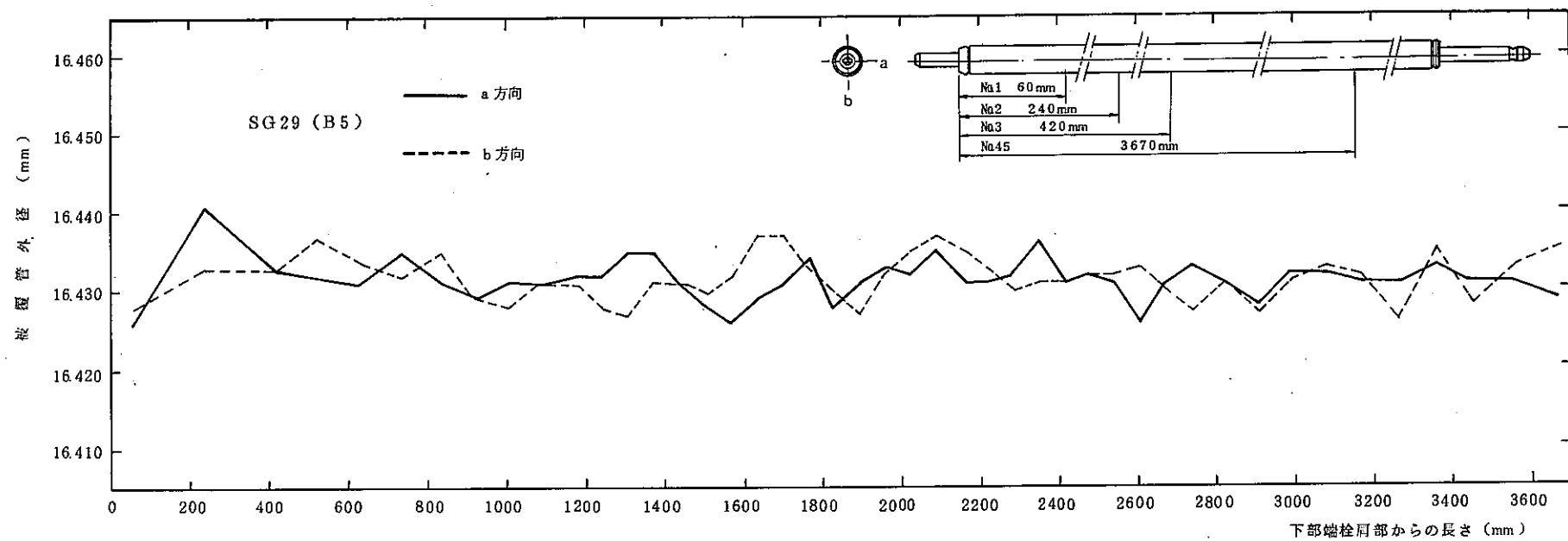


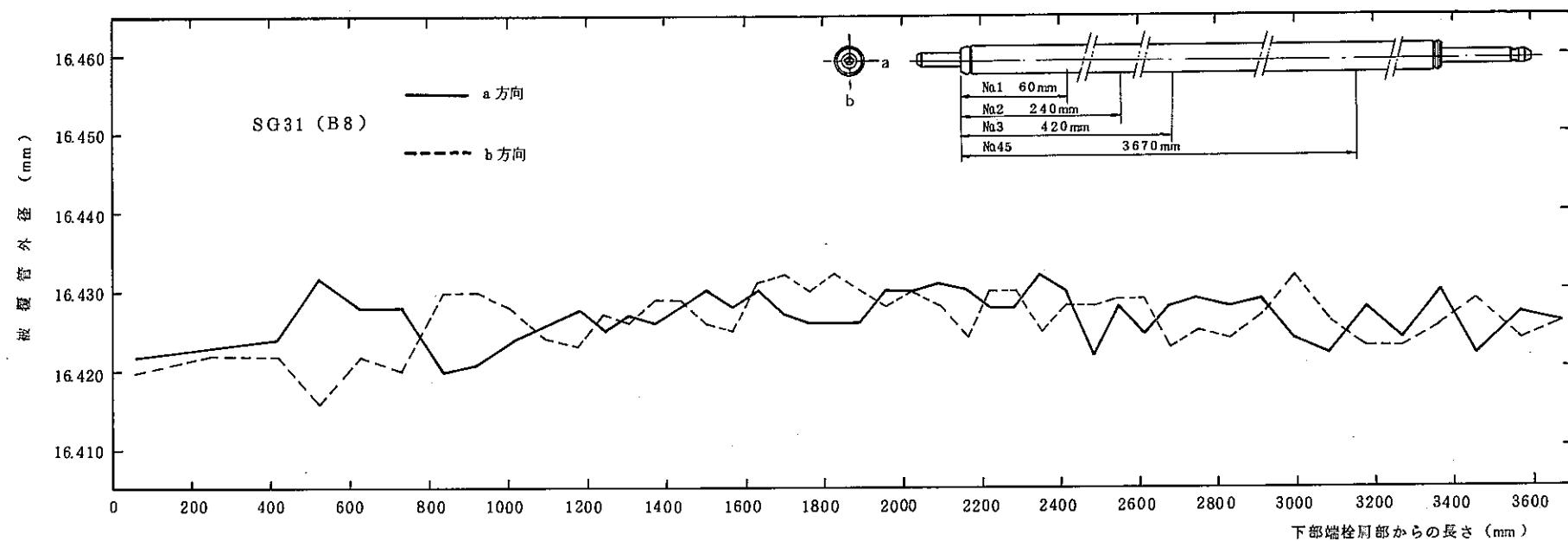
- 268 -



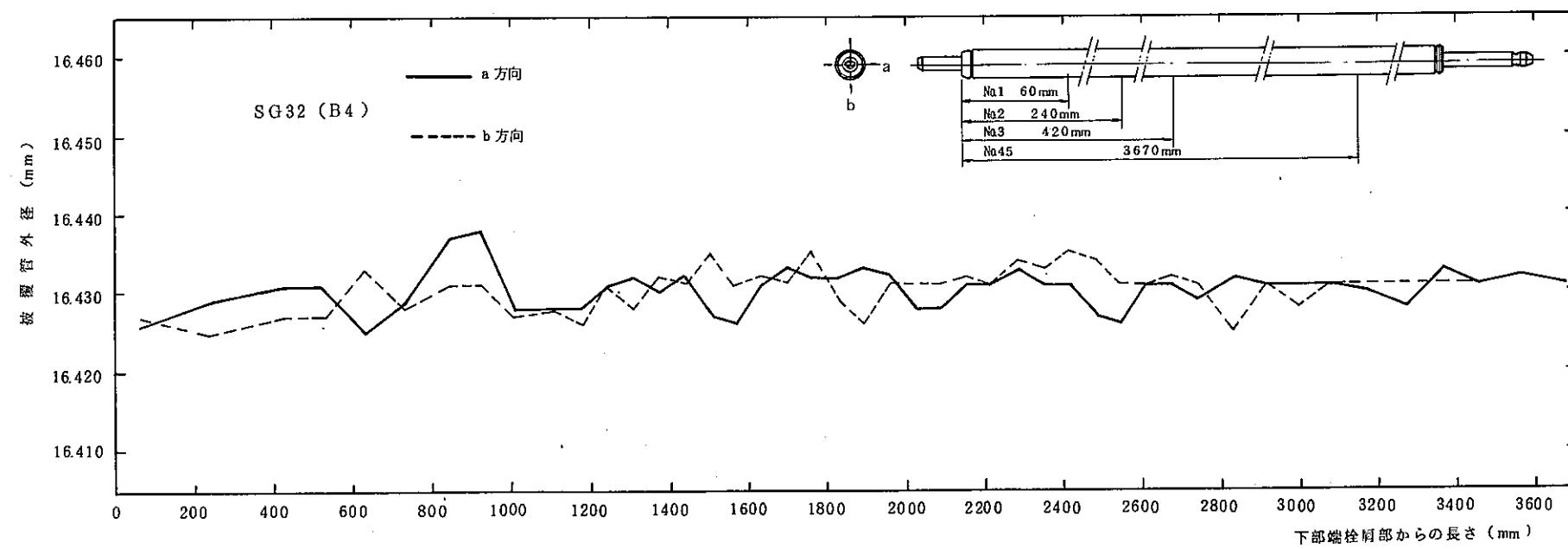


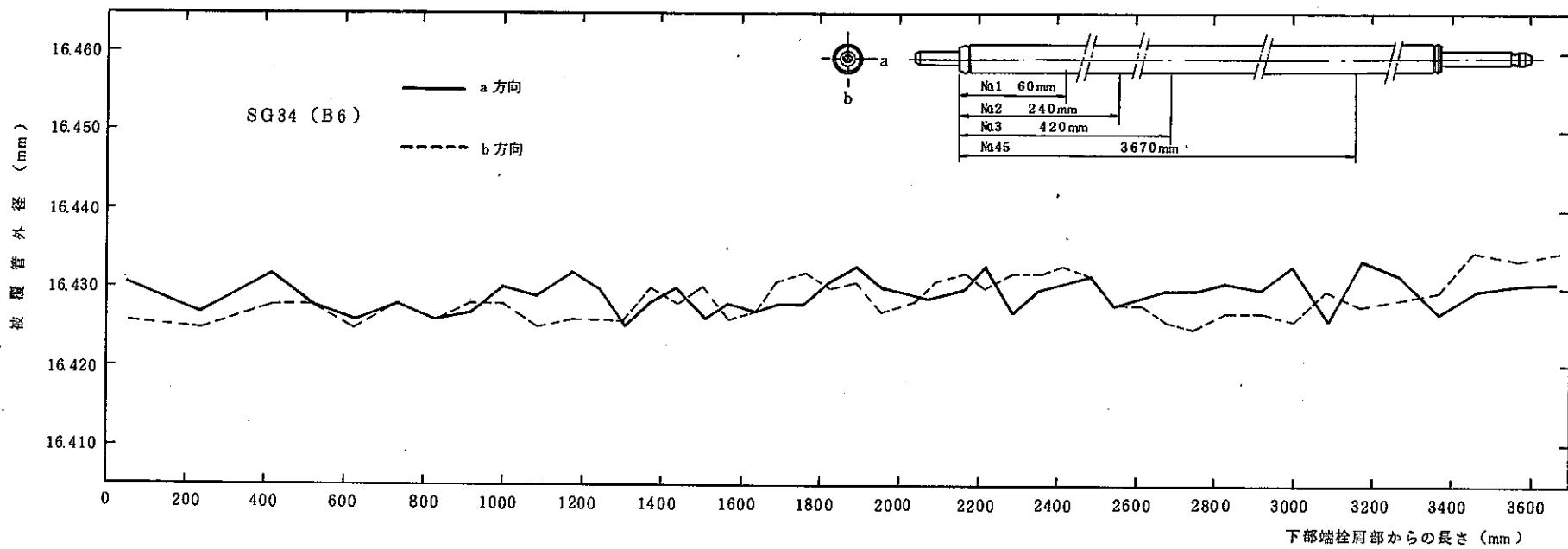
ZN841-76-06



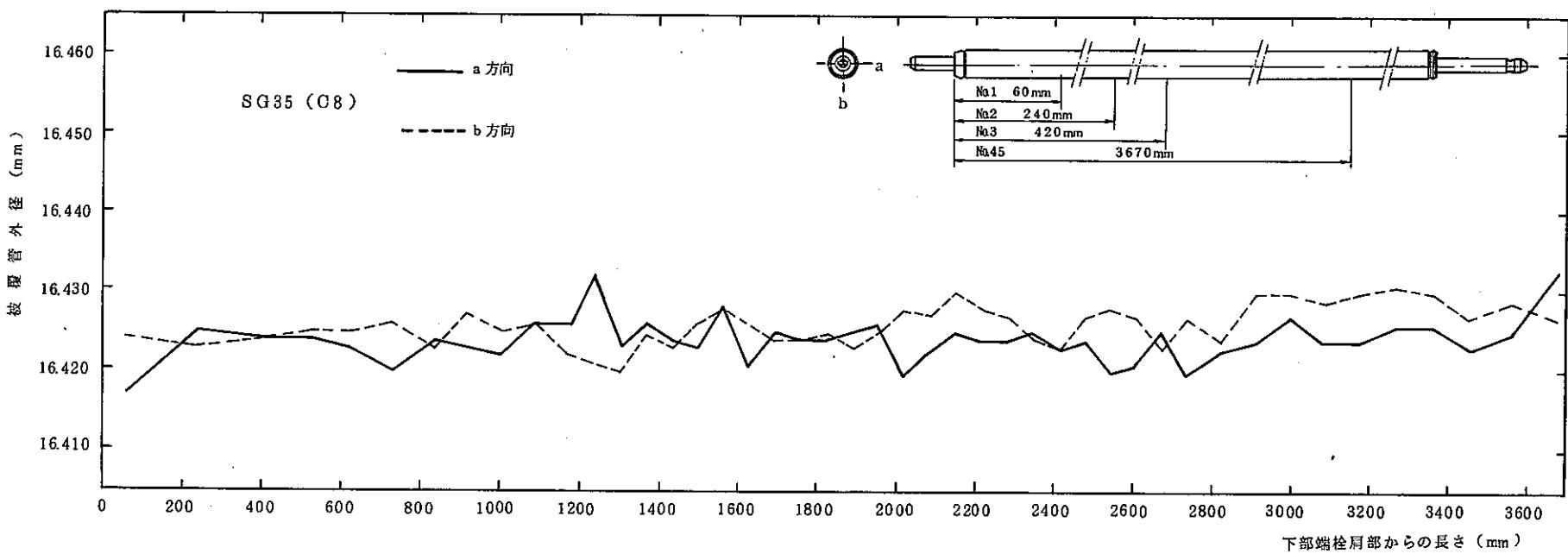


- 271 -





- 272 -



## 付 錄 7

燃料集合体検査報告書（UKAEA送付分）

Inspection Records of Fuel-Type D

August 21, 1975

Power Reactor and Nuclear Fuel

Development Corporation

Approved by

H. Akutsu ; Manager of Plutonium  
Fuel Division

T. Itaki ; Chief of Q. C.  
Section

Inspection Record for Fuel-Type D

Inspection Data

1. Plutonium and Uranium content in a fuel rod.

(Table-1)

2. Maximum moisture content in a pellet.

<10 PPM

3. Materials for Component

(Table-2)

4. Inspection of End Plug Weld.

4-1 Visual and Dimensional Inspection

i) Acceptance Criteria

Coloration: same degree as the standard sample established prior to welding operation.

Diameter on weld bead: under 16.62 m/m on weld bead

Undercut: not exceed 10% of the cladding tube wall thickness

Bead Width and Bead Shape: uniform and equivalent to the standard sample

ii) Sample size: 100%

iii) Inspection Result

All fuel rods satisfied above acceptance criteria.

4-2 Radiography

i) Acceptance Criteria

Blow hole (black spot) and inclusion (white spot) shall be under 0.4mm $\phi$ .

When the size of defect is under 0.4mm $\phi$ , the number of defect must not exceed 5 in all.

ii) Sample size: 100%

iii) Method and Result

Each fuel rod was radiographed twice, each 90° direction, with 0.3m/m $\phi$  penetrrometer.

All fuel rods were proved to pass the above criteria judging from X-ray films.

5. He-Leak Test

i) Acceptance Criteria

$<3 \times 10^{-8}$  atm.cc/sec

ii) Sample size: 100%

iii) Method and Result

Each fuel pin was checked by "CEC TYPE 24-120" He-leak detector with leak standard of  $2.94 \times 10^{-8}$  atm.cc/sec and satisfied the criteria. Measured leak rate was under  $4 \times 10^{-9}$  atm.cc/sec.

6. Dimensional Inspection of fuel rod and fuel cluster.

All fuel rods and cluster satisfied all their dimensional specifications.

7. Special measurement for comparison with post irradiation examination.

i) Distance between V marks on fuel rods.

(Table-3)

ii) Diameter measurements of each fuel rod.

(Table-4)

8. Cluster insertion test to shroud tube.

Insertion test was carried out successfully.

Table 1 Weight of Nuclear Materials

Rod No	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> Weight(gr)	Pu Weight(gr)	Pu fissile Weight(gr)	U Weight(gr)	U-235 Weight(gr)
A 01	5863.09	110.81	88.12	5054.70	35.9
A 02	5854.49	110.06	87.52	5047.87	35.9
A 03	5882.88	109.42	87.01	5073.52	36.0
A 04	5858.19	110.13	87.58	5051.06	35.9
B 01	5897.88	112.65	89.58	5083.51	36.1
B 02	5898.66	111.48	88.65	5085.36	36.1
B 03	5878.88	112.29	89.29	5067.13	36.0
B 04	5874.71	111.62	88.76	5064.13	35.9
B 05	5881.40	112.33	89.33	5069.31	36.0
B 06	5884.80	111.80	88.90	5072.83	36.0
B 07	5881.11	112.33	89.32	5069.06	36.0
B 08	5886.15	112.43	89.40	5073.40	36.0
C 01	5842.83	111.01	88.28	5036.65	35.8
C 02	5863.30	110.82	88.12	5054.88	35.9
C 03	5851.77	110.01	87.48	5045.52	35.9
C 04	5848.44	109.95	87.43	5042.65	35.8
C 05	5833.03	109.08	86.74	5029.95	35.7
C 06	5857.06	110.11	87.56	5050.08	35.9
C 07	5880.78	109.38	86.98	5071.71	36.0
C 08	5871.23	110.67	88.01	5062.00	35.9
C 09	5879.39	109.36	86.96	5070.51	36.0
C 10	5848.50	111.12	88.36	5041.53	35.8
C 11	5881.39	112.33	89.33	5069.30	36.0
C 12	5844.74	111.05	88.31	5038.29	35.8
C 13	5856.00	111.85	88.94	5047.41	35.9
C 14	5836.92	110.90	88.19	5031.55	35.8
C 15	5873.31	112.18	89.21	5062.33	35.9
C 16	5844.04	111.04	88.30	5037.69	35.8
Total	164254.97	3108.21	2471.66	141603.93	1005.7

Table 2 Materials for Components

Element	Spacer (Ring Element)	Upper Tieplate	Lower Tieplate	Bottom Housing (Lower)	Top Housing Bottom Housing (Upper)	Shroud Tube
	Inconel-718	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 316	AISI 316
Al	0.50%					
C	0.04	0.07%	0.03%	0.06%	0.07%	0.05%
Co	0.03	0.16	0.20			0.12
Cr	20.75	20.50	20.14	18.00	16.63	17.45
Cu	0.05					0.17
Fe	15.06	Balance	Balance	Balance	Balance	Balance
Mn	0.08	1.19	1.34	1.88	1.49	1.86
Mo	3.03				2.01	
Ni	54.02	9.58	10.50	9.66	10.17	13.22
P		0.017	0.010	0.022	0.025	0.025
S	0.007	0.020		0.005	0.018	0.028
Si	0.18	1.00	0.98	0.51	0.21	0.49
Ti	1.01					
Nb		0.01	0.01			

Table 3 Distance between V Marks on Fuel Rods

Pin Position	Pin No	Distance between V marks (mm)
Inner zone	A 1	3777.0
	A 2	3777.1
	A 3	3777.1
	A 4	3777.1
Middle zone	B 1	3776.6
	B 2	3776.5
	B 3	3776.6
	B 4	3776.9
	B 5	3777.0
	B 6	3776.9
	B 7	3776.7
	B 8	3776.9
Outer zone	C 1	3777.1
	C 2	3777.1
	C 3	3777.1
	C 4	3777.0
	C 5	3776.8
	C 6	3777.2
	C 7	3777.0
	C 8	3776.8
	C 9	3777.1
	C 10	3777.2
	C 11	3777.2
	C 12	3777.0
	C 13	3776.9
	C 14	3777.1
	C 15	3777.1
	C 16	3777.1

(Table 4 は第 5.4.1 節の第 5.5.1 - 1 表から第 5.5.1 - 28 表に示したとおりである。)

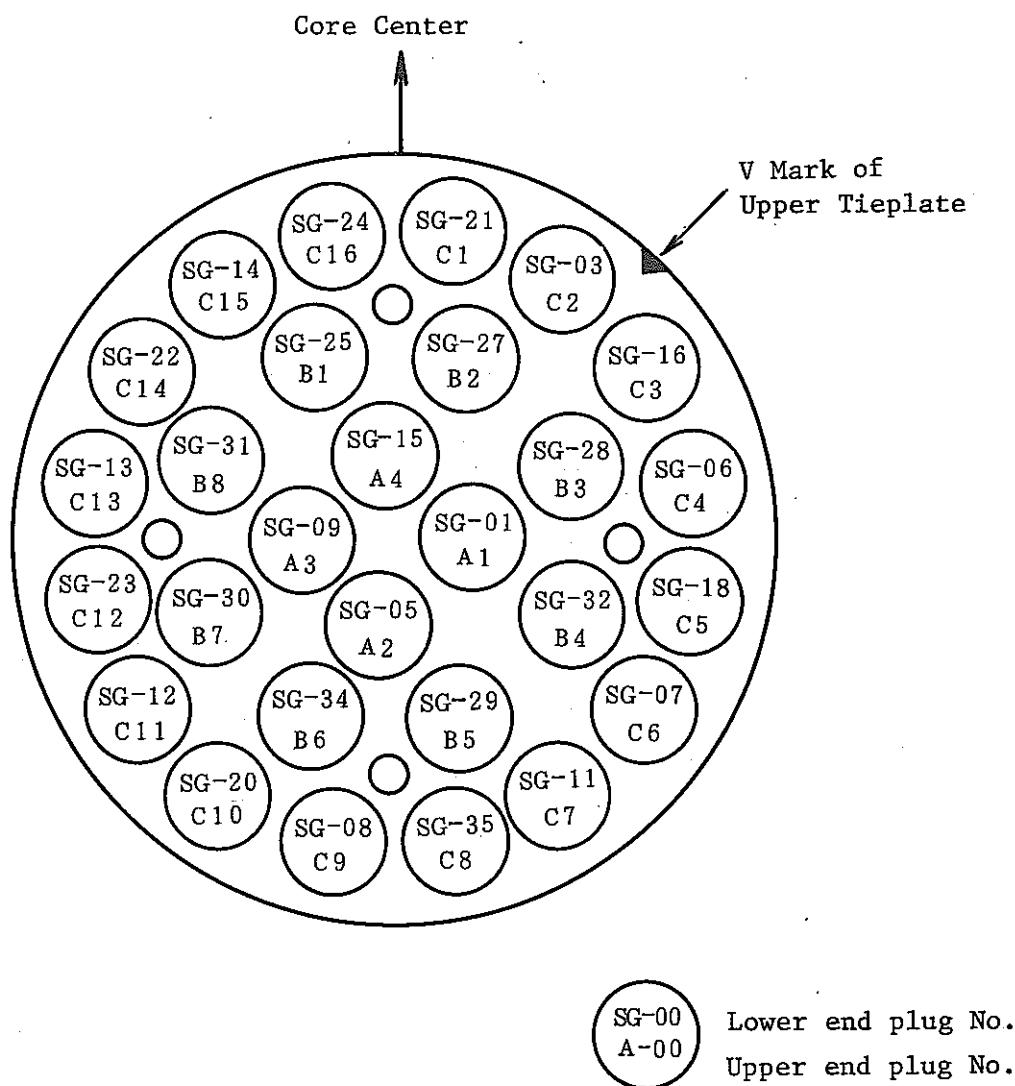


Fig.1 Arrangement of Fuel Pins in Cluster

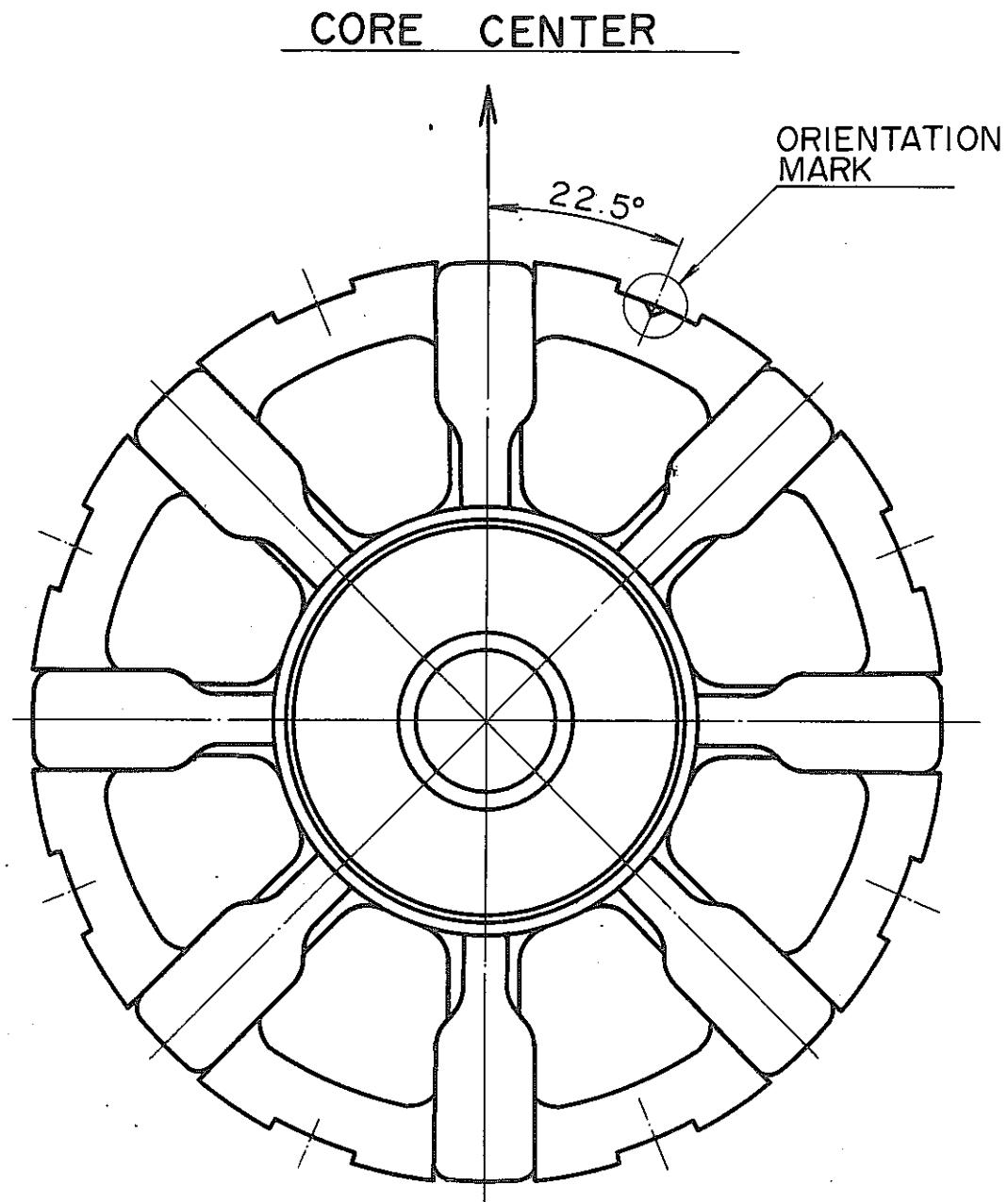


Fig.2 Loading Direction of Fuel Assembly

## 付 錄 8

燃料集合体部品製造要領書

## 1. まえがき

本製造要領書は、 SGHWR 照射用燃料集合体 (Fuel - Type D) の組立に使用される燃料要素部品及び集合体部品等の製造要領について記述したものである。なお、 JIS 規格等にもとづいて製造された素材を調達する場合はその製造要領は省略する。

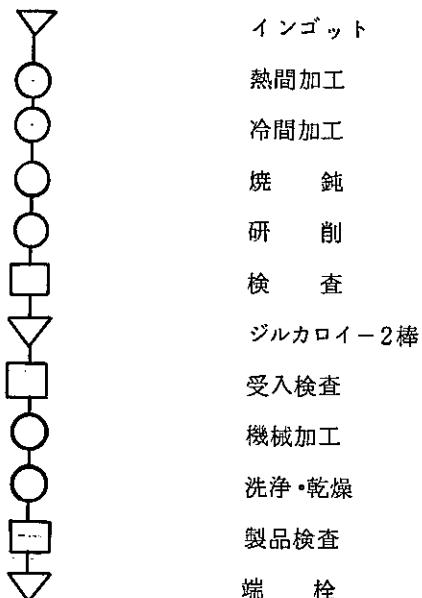
## 2. 内 容

- (1) 端栓
- (2) 抑え板付上部プレナムスプリング
- (3) 上部タイプレート
- (4) 下部ハウジング付タイプレート
- (5) シュラウド・チューブ・ア・センブリ、ピン
- (6) ロックナット、回転防止ネジ、ロッドキー、ロッキングワイヤ
- (7) 輸送容器

## 3. 製造要領

### 1. 端 栓

#### 1.1 製造工程

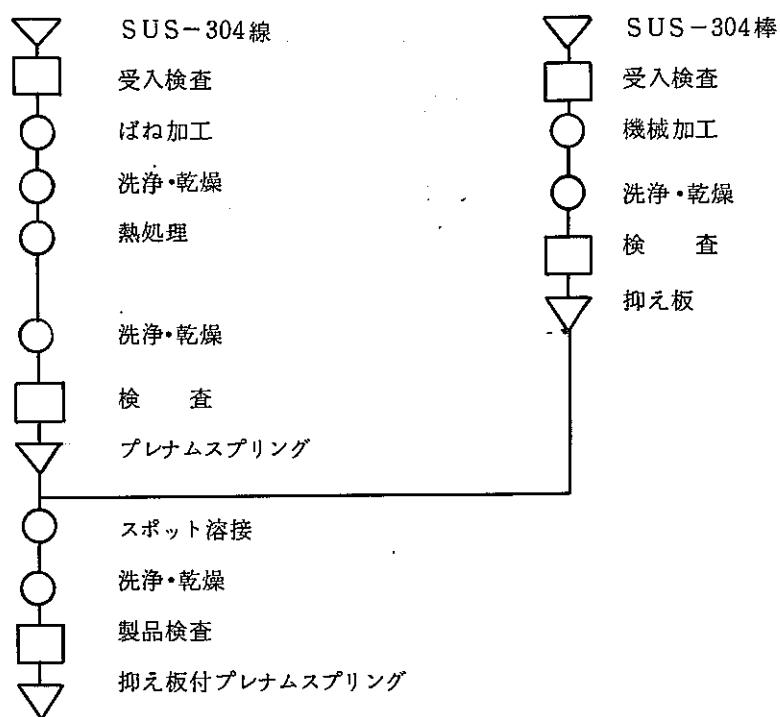


#### 1.2 製造概要

消耗電極式真空アーク溶解法により溶製したインゴットから加工、焼鈍工程により製造したジルカロイ－2棒を素材とし、ミルシートの点検その他の試験検査等の受入検査を行ないます。機械加工後、寸法、外観について検査を実施します。製品は、充分脱脂洗浄を行った後、乾燥し、検査合格品を完成品とします。

## 2. 抑え板付上部プレナムスプリング

### 2.1 製造工程

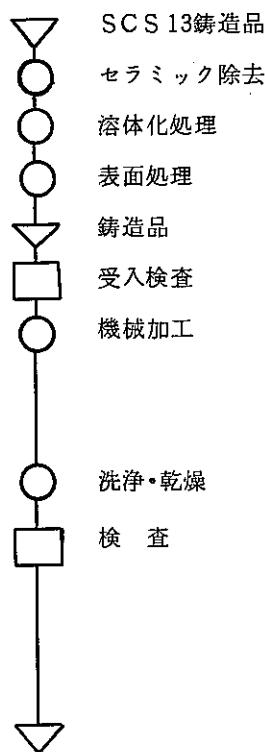


### 2.2 製造概要

プレナムスプリングは、SUS 304線を素材とし、受入検査後つる巻ばね加工および端面加工を施します。歪取焼鈍の後硝酸洗浄、水洗します。抑え板はSUS 304棒より機械加工で製作し、プレナムスプリングとスポット溶接されます。

### 3. 上部タイププレート

#### 3.1 製造工程

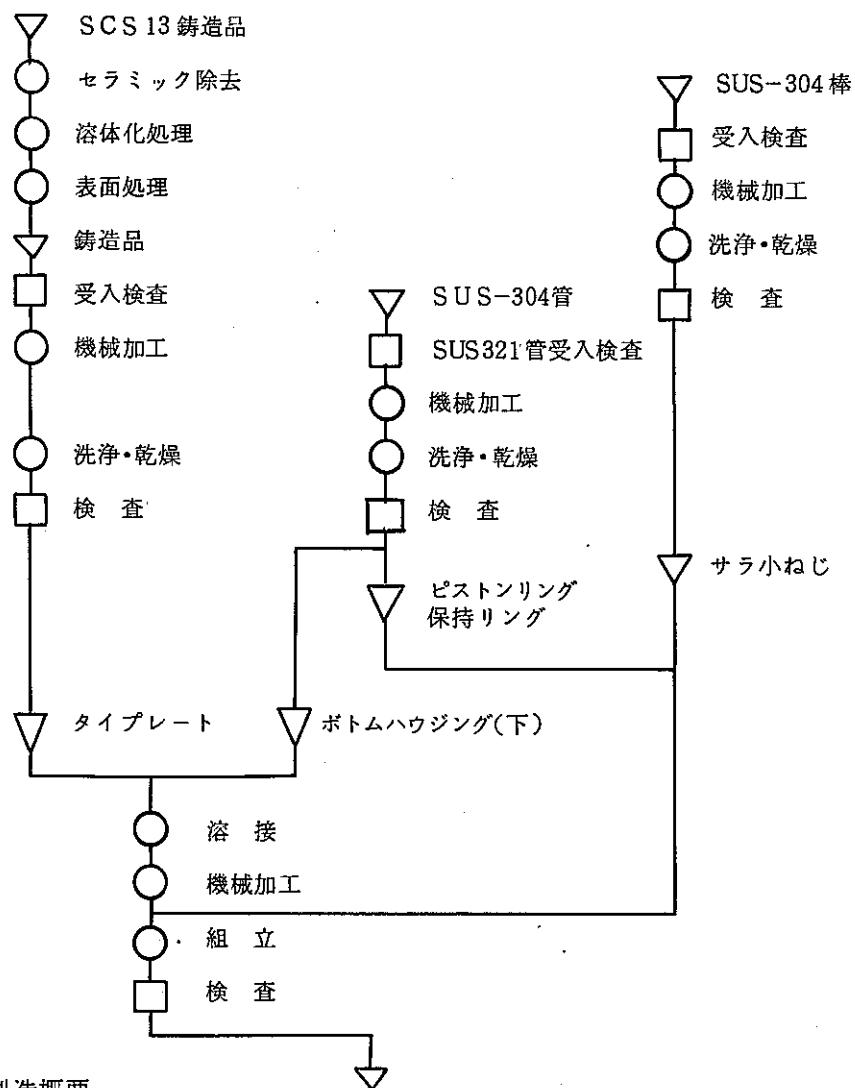


#### 3.2 製造概要

SCS 13 を素材とする鋳造品より機械加工により製作します。鋳造品は ATR 初装荷燃料集合体用下部タイププレート鋸物を使います。

#### 4. 下部ハウジング付タイププレート

##### 4.1 製造工程

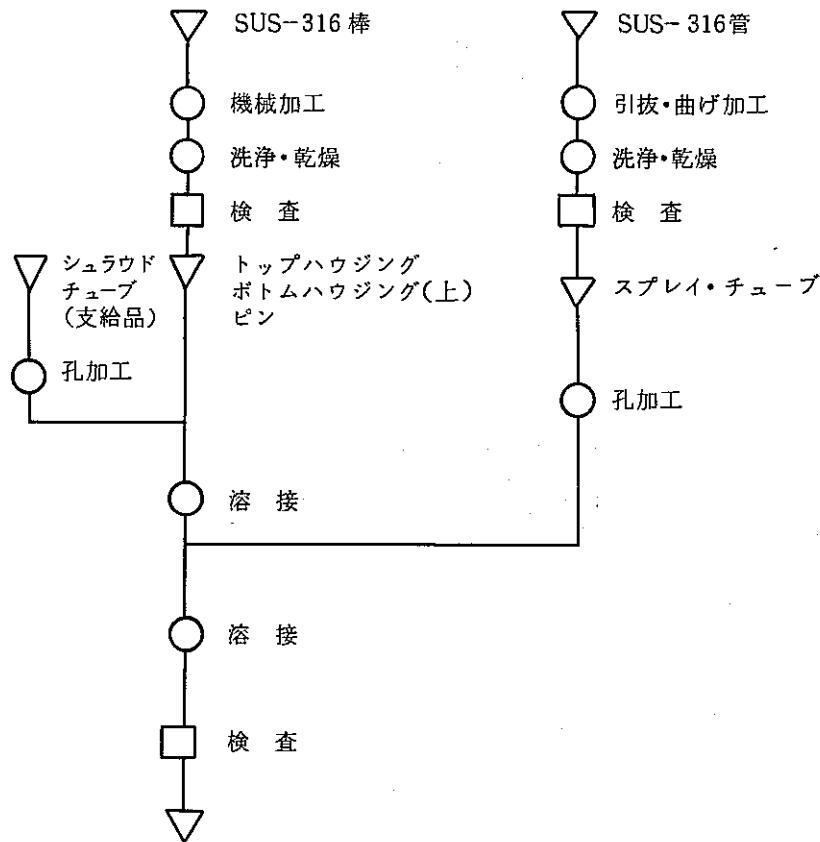


##### 4.2 製造概要

タイププレートは、上部タイププレートと同様にATR原型炉初装荷燃料用下部タイププレート鑄物より機械加工で製作します。SUS 304管より機械加工により製作したボトムハウジング(下)にタイププレートを溶接し、その後燃料要素挿入孔等を加工します。これにSUS 321製ピストンリング、SUS 304製保持リングをサラ小ネジで組立・固定し完成品とします。

## 5. シュラウド・チューブ・アセンブリ, ピン

## 5.1 製造工程



## 5.2 製造概要

SUS 316 棒より機械加工により製作したトップハウジング、ボトムハウジング(上), ピンを孔加工済シラウド・チューブに TIG 溶接によりとりつけます。ボトムハウジング(上)には SUS 316 製のピンを TIG 溶接でとりつけます。SUS 316 管より引抜加工によりD型管を製作し、先端に低融点合金をつめて、90°の曲げ加工を行ないます。低融点合金を沸騰水中で解かし出し、スプレイ・チューブとします。ハウジング接続済のシラウド・チューブにインワード孔、サイド孔を加工した 8 本のスプレイ・チューブを TIG 溶接でとめ、完成品とします。

## 6. ロックナット・回転防止ネジ・ロッドキー・ロックングワイヤ

### 6.1 製造工程



### 6.2 製造概要

ロックナット・回転防止ネジ・ロッドキーはいずれも SUS 304 棒より機械加工により製作します。ロックングワイヤは市販の SUS 316 線（溶体化処理済）であります。

## 7. 輸送容器

木製とし、クッション材は発泡スチロールとします。

## 付 錄 9

Fuel-Type D 関係資料

プロジェクト・ルームに保管されているファイルに収められているFuel-Type D 関係の資料を、ファイル毎に分類して記載する。

1. 設計課メモ：設計課から出されたメモ類。
2. Fuel-Type D 関係資料：Type D 燃料集合体の製作中に設計課以外の部課から出された資料。
3. 集合体部品データ：主として検査業務課から出された集合体部品に関するデータ。
4. ペレット・燃料要素データ：品質管理課および製造第二課から出されたペレット・燃料要素に関するデータ。
5. 被覆管・スペーサデータ：検査業務課および検査開発課から出された被覆管・スペーサに関するデータ。
6. 製造打合会議資料
7. 最終設計図面
8. 検討用図面
9. 承認用図面
10. SGHWR 関係パンフレット

1. 設計課メモ, 「SGHWR (Fuel-Type D) -MEMO」, プロジェクト・ルーム ファイル整理番号 F - 75 - 0550

<照射計画>

- 1) FILE № 20-49-0159, 「SGHWR 照射計画第1次具体化」, 49-6-25
- 2) FILE № 20-49-0303, 「SGHWR 照射試験実施計画案の作成」, 49-10-7
- 3) FILE № 20-49-0329, 「SGHWR 照射燃料集合体の設計方針および作業の進め方について」, 49-11-2
- 4) FILE № 20-49-0372, 「SGHWR 照射計画の UKAEAへの提案書」, 49-12-10
- 5) FILE № 20-49-0382, 「ふげん-Pu 燃料 SGHWR 照射試験打合せ（対 ATR 第1回）議事録」, 49-12-11

<設計計算>

- 6) FILE № 20-49-0348, 「SGHWR 照射用燃料要素の上部プレナム長さの決定」, 49-11-20
- 7) FILE № 20-49-0356, 「SGHWR 照射燃料集合体の設計 - PuO<sub>2</sub> 富化度設計のための計算条件」, 49-11-28
- 8) FILE № 20-49-0359, 「SGHWR 照射上部プレナムスプリングの設計」, 49-12-1
- 9) FILE № 20-49-0381, 「SGHWR 照射集合体 (Type D) の核計算の計算条件」, 49-12-18
- 10) FILE № 20-49-0392, 「SGHWR Type D 集合体の出力計算結果のまとめ」, 49-12-20
- 11) FILE № 20-50-0014, 「Type D 集合体の燃料棒出力分布」, 50-1-14
- 12) FILE № 20-50-0053, 「SGHWR Type D の燃料要素内の温度分布」, 50-2-7
- 13) FILE № 20-50-0056, 「SGHWR Type D 燃料要素のプレナム体積」, 50-2-10
- 14) FILE № 20-50-0109, 「SGHWR Type D の燃料要素応力強度解析」, 50-3-6
- 15) FILE № 20-50-0110, 「SGHWR 照射用燃料集合体 (Type D) に関する熱水力解析コード「BOA」用入力データの準備および整理」, 50-3-6
- 16) FILE № 20-50-0111, 「SGHWR Type D の放射能および発熱量の計算」, 50-3-8

- 17) FILE № 20 - 50 - 0122, 「SGHWR Type D 集合体設計解析 レビュー ミーティング（第1回）の開催通知」, 50 - 3 - 6
- 18) FILE № 20 - 50 - 0241, 「SGHWR Type D 燃料の燃焼計算」, 50 - 5 - 13
- 19) FILE № 20 - 50 - 0277, 「SGHWR熱水力設計計算における詳細計算条件」, 50 - 6 - 2
- 20) FILE № 20 - 50 - 0330, 「SGHWR照射用燃料集合体（Type D）の熱水力 計算結果」, 50 - 6 - 24

<集合体輸送>

- 21) FILE № 20 - 50 - 0192, 「ふげん輸送容器安全解析書変更箇所（SGHWR 燃料用）」, 50 - 4 - 21
- 22) FILE № 20 - 50 - 0201, 「SGHWR輸送容器証明書取得について」, 50 - 4 - 25
- 23) FILE № 20 - 50 - 0229, 「SGHWR輸送容器 May 7, 1975 Telex の問題点」, 50 - 5 - 12
- 24) FILE № 20 - 50 - 0230, 「SGHWR輸送容器に関する TNへの Telex」, 50 - 5 - 12
- 25) FILE № 20 - 50 - 0236, 「SGHWR輸送容器 TN Telex ('75 - 5 - 6) および返事」, 50 - 5 - 13
- 26) FILE № 20 - 50 - 0318, 「SGHWR輸送について」, 50 - 6 - 18
- 27) FILE № 20 - 50 - 0350, 「SGHWR, 常陽輸送進行状況」, 50 - 7 - 5

<試験検査>

- 28) FILE № 20 - 50 - 0071, 「SGHWR照射用燃料集合体（Fuel-Type D）の試験・検査項目（案）」, 50 - 2 - 19
- 29) FILE № 20 - 50 - 0208, 「SGHWR照射用燃料集合体（Fuel-Type D）用 部品の立会検査結果」, 50 - 4 - 30
- 30) FILE № 20 - 50 - 0233, 「SGHWR照射燃料集合体（Fuel-Type D）のUKAEA に送付する試験検査要領書（案）の検討依頼」, 50 - 5 - 13
- 31) FILE № 20 - 50 - 0255, 「SGHWR照射用燃料集合体（Fuel-Type D）の試験検査結果報告様式（案）」, 50 - 5 - 23
- 32) FILE № 20 - 50 - 0264, 「SGHWR照射用燃料集合体（Fuel-Type D）用 シュラウド管組立品立会検査結果」, 50 - 5 - 28
- 33) FILE № 20 - 50 - 0290, 「SGHWR照射燃料集合体（Fuel-Type D）燃料要素の外径測定について」, 50 - 6 - 5
- 34) FILE № 20 - 50 - 0327, 「SGHWR Type D の Inspection Procedure について」,

50-6-24

- 35) FILE № 20-50-0398, 「SGHWR Type D 検査結果のUKAEAへの送付分作成について」, 50-8-4

<照射後試験>

- 36) FILE № 20-50-0015, 「SGHWR Type D 燃料の照射後試験計画案」, 50-1-17

- 37) FILE № 20-50-0171, 「SGHWR 照射燃料集合体 (Fuel-Type D) の照射後試験 (案)」, 50-4-8

<製作図面>

- 38) FILE № 20-49-0373, 「SGHWR 照射試験 Fuel Type D Assembly の設計図面の検討依頼」, 49-12-10

- 39) FILE № 20-50-0130, 「ふげん SGHWR 照射用燃料集合体 (Type D) 部品の製作仕様などについて」, 50-3-15

- 40) FILE № 20-50-0161, 「SGHWR 照射用燃料集合体 (Fuel-Type D) 部品の承認図面の検討依頼」, 50-4-4

- 41) FILE № 20-50-0232, 「SGHWR 照射燃料集合体 (Fuel-Type D) の図面変更通知」, 50-5-13

- 42) FILE № 20-50-0282, 「SGHWR 照射燃料集合体 (Fuel-Type D) の図面の差し替え依頼」, 50-6-4

- 43) FILE № 20-50-0336, 「SGHWR (Type D) の図面変更 (ピストン・リング)」, 50-6-26

<スケジュール>

- 44) FILE № 20-50-0051, 「SGHWR 照射燃料製造大日程計画ネットワークの配布」, 50-2-7

- 45) FILE № 20-50-0316, 「SGHWR Type D 照射計画の製造-輸送タイムスケジュールの確認」, 50-6-19

- 46) FILE № 20-50-0369, 「SGHWR Type D 照射計画の製造-輸送タイムスケジュール」, 50-7-14

- 47) FILE № 20-50-0375, 「SGHWR (Type D) 製造-輸送スケジュール打合議事録」, 50-7-16

<核物質重量>

- 48) FILE № 20-50-0102, 「SGHWR 照射用燃料集合体 (Fuel-Type D) 1体中に含まれる Pu fissile および<sup>235</sup>U の重量」, 50-2-24

49) FILE № 20-50-0347, 「SGHWR (Fuel-Type D) 燃料要素の核物質重量」,  
50-7-4

50) FILE № 20-50-0363, 「SGHWR照射用燃料集合体 (Type D) の核物質重量」,  
50-7-9

<製造・組立>

51) FILE № 20-50-0046, 「SGHWR照射用 (Fuel-Type D) 燃料集合体部品の製作に関する打合議事録」, 50-1-31

52) FILE № 20-50-0218, 「SGHWR Type D の PuO<sub>2</sub> 富化度の仕様標準」, 50-5-2

53) FILE № 20-50-0288, 「SGHWR照射燃料集合体 (Fuel-Type D) の燃料要素番号の刻印について」, 50-6-4

54) FILE № 20-50-0393, 「SGHWR Type D 燃料要素の上部端栓刻印について」,  
50-7-28

55) FILE № 20-50-0395, 「SGHWR Type D の Rod 配置および Rod №一部変更について」, 50-7-31

<UKAEAとの連絡>

56) FILE № 20-50-0190, 「SGHWR照射用燃料集合体 (Fuel-Type D) に関する UKAEA 側への質問事項のまとめ」, 50-4-18

57) FILE № 20-50-0195, 「SGHWR照射燃料集合体 (Fuel-Type D) に関する照射前試験契約書の問題点のまとめ」, 50-4-23

58) FILE № 20-50-0275, 「SGHWR照射燃料集合体 (Fuel-Type D) に関する資料の UKAEAへの送付について」, 50-6-2

59) FILE № 20-50-0289, 「SGHWR照射燃料集合体 (Fuel-Type D) に関する資料の UKAEAへの送付分の変更について」, 50-6-5

60) FILE № 20-50-0419, 「SGHWR Type D 燃料集合体の製作検査報告書 (UKAEA 送付分) の配布」, 50-8-25

<その他>

61) FILE № 20-50-0319, 「SGHWR Type D 集合体の製作・出荷記録報告書作成」,  
50-6-20

62) FILE № 20-50-0449, 「SGHWR Type D 製作・検査・梱包報告書原稿提出の再依頼について」, 50-10-1

2. Fuel-Type D 関係資料, 「SGHWR (Fuel-Type D)」, プロジェクト・ルーム ファイル整理番号 F - 75 - 0551

<照射計画>

- 1) ふげん燃料 SGHWR 照射試験計画の実施について, 49 (プル連) 279, 49-12-17
- 2) Discussion Item for Irradiation in the SGHWR of PNC Fuel Type D Assembly, Feb. 25, 75
- 3) SGHWR に於ける燃料照射試験計画書
- 4) SGHWR プルトニウム燃料照射試験計画打合せ, 50-3-20
- 5) ATR 燃料 Type B の SGHWR に於ける照射試験, 50-10-16

<集合体輸送>

- 6) SGHWR Type D 照射輸送計画ネットワーク, 50-2-18
- 7) SGHWR Type D 燃料集合体輸送業務の推進依頼について, 49 (プル連) 350, 50-3-13
- 8) ふげん R & D 輸送容器使用の件, 49 (プル連) 361, 50-3-24
- 9) 輸送容器安全証明書 (フランス語), 50-6-3

<試験検査>

- 10) SGHWR 照射用燃料集合体 (Fuel-Type D) の検査項目 (追加検査分)
- 11) SGHWR 燃料・燃料要素・燃料集合体検査基準, 50-6
- 12) SGHWR 燃料・燃料要素・燃料集合体検査基準の一部訂正について, 50-7-25
- 13) SGHWR 燃料棒端栓取付角度検査結果の誤りについて, 50-12-4

<照射後試験>

- 14) 「ふげん」 Pu 燃料ハルデン照射 (IFA-423) の PIE 計画, 50-1-14
- 15) SGHWR Type D の PIE 計画の検討, 50-1-14
- 16) SGHWR-Type D 燃料要素の方向確認スケッチ

<製作図面>

- 17) ピストン・リング図面 (UKAEA のコメントを記入したもの)

<スケジュール>

- 18) ATR 原型炉用  $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$  燃料集合体の SGHWR 照射試験スケジュール
- 19) ATR 原型炉用  $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$  燃料集合体の SGHWR 照射試験スケジュール (案) 49-7-22

<核物質重量>

- 20) SGHWR-Type D Nuclear Materials

<製造・組立>

- 21) SGHWR-Type D 部材一覧表
- 22) SGHWR-Type D で使用した PuO<sub>2</sub> 粉末
- 23) SGHWR 部材の寸法変更, 50-1-28
- 24) SGHWR 用予定被覆管の溶接部内径, 50-3-31
- 25) SGHWR 照射試験燃料製造について（ペレット関係）, 50-4-17
- 26) 定尺切断について打合議事録(6), 50-5-30
- 27) 定尺切断について打合議事録(7), 50-6-3
- 28) 定尺切断について打合議事録(8), 50-6-11
- 29) 定尺切断について打合議事録(9), 50-6-16

<契約>

- 30) 契約通知書（D型チューブの購入）, 47-12
- 31) The Agreement between UKAEA and PNC for Pre-Irradiation Testing and Safety Assessment Work for the PNC Fuel Type D, 14 April 1975
- 32) 契約通知書, SGHWR 照射用燃料集合体（Type D）部品の製作, 50-4-22
- 33) SGHWR 照射用燃料集合体（Type D）部品製作契約仕様書
- 34) SGHWR-Type D 燃料集合体の照射契約について, 50 (プル連) 74, 50-6-3
- 35) 契約変更通知書（シュラウド管の購入）, 50-6-14
- 36) 契約変更通知書（シュラウド管の購入）, 50-7-10

<その他>

- 37) SGHWR ペレット払出し依頼について, 50-6-14
- 38) PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> (SGHWR型) 燃料中の<sup>236</sup>Pu, <sup>237</sup>Np 存在量の分析調査, 50-6-23

3. 集合体部品データ, 「SGHWR (Fuel-Type D) Measurement & Inspection Data I」,  
プロジェクト・ルーム ファイル整理番号 F-76-0603

<被覆管>

- 1) SGHWR 照射燃料用被覆管検査成績書, 50 (検業) 51号
- 2) 被覆管内径測定エアマイクロメータ・チャート (36枚)
- 3) SGHWR 燃料製作下部端栓付被覆管の検査作業結果, 設計課メモ, FILE No. 20-50-0324, 50-6-23

<集合体部品>

- 4) SGHWR照射用燃料集合体 (Type D) 部材工場立会検査記録 (第1回), AP-0037
- 5) SGHWR照射燃料集合体部品 (Type D) 工場立会検査記録 (第2回), AP-0038
- 6) SGHWR照射用燃料集合体 (Type D) 部品の製作試験検査成績書, TIR-50002
- 7) SGHWR照射用燃料集合体 (Type D) 部品の製作試験検査成績書, TIR-50002-3
- 8) SGHWR燃料部材重量測定結果の報告, 50 (検業) 26号

<試験検査結果報告書原稿>

- 9) SGHWR-Type D集合体の製作出荷記録報告書原稿, 50 (検業) 63号

4. ペレット・燃料要素データ, 「SGHWR (Fuel-Type D) Measurement & Inspection Data II」, プロジェクト・ルーム ファイル整理番号 F-76-0604

<ペレット>

- 1) ペレット検査データ

<燃料要素>

- 2) 燃料要素外径測定値 (36本)
- 3) 燃料要素の長さおよび重量
- 4) 第1端栓溶接データ
- 5) 第1端栓溶接部金相写真
- 6) 燃料スタック重量
- 7) プレナム長さ
- 8) 燃料要素ガンマスキャンチャート

5. 被覆管・スペーサデータ, 「SGHWR (Fuel-Type D) Measurement & Inspection Data III」, プロジェクト・ルーム ファイル整理番号 F-76-0605

<被覆管>

- 1) エアマイクロメータ・チャート (54枚)
- 2) 「ふげん」被覆管硬度測定, 受付番号122

<スペーサ>

- 3) スペーサ外径測定
- 4) スペーサ引抜力測定チャート（標準リング用：5枚，スペーサ用：11枚）

6. 製造打合会議資料，「SGHWR Fuel-Type D 製造打合資料」，プロジェクト・ルーム  
ファイル整理番号 F - 75 - 0552

7. 最終設計図面，「SGHWR (Fuel-Type D) FINAL DRAWING」，プロジェクト・ルーム  
ファイル整理番号 F - 75 - 0562

8. 検討用図面，「SGHWR TYPE D 図面（検討用）」，プロジェクト・ルーム ファイル  
整理番号 F - 76 - 0566

9. 承認用図面，「SGHWR Fuel-Type D 原子燃料工業（株）提出承認用図面および完成  
図面」，プロジェクト・ルーム ファイル整理番号 F - 76 - 0567

10. SGHWR 関係パンフレット，「SGHWR Type D 照射関係資料」，プロジェクト・ルーム  
ファイル整理番号 F - 75 - 0553