

本資料は 年 月 日付けで登録区分、  
変更する。 01.11.30 [技術情報室]

開示制限

# DFR332/5 照射計画報告書

## 才 1 報

— 試料製造まで —

昭和46年9月

動力炉・核燃料開発事業団

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)

示制限が解除になった場合には、その旨通知します。

動力炉・核燃料開発事業団  
計画管理部 技術情報室

TSN 241 71-39

1971年9月30日

DFR 332/5 照射計画報告書



第一報

—試料製造まで—

植松邦彦\* 檜原英千世\*

小泉益通\*\* 小松純治\*\*

要 旨

実験炉「常陽」用燃料ピンの確性照射試験DFR332/5の計画概要、  
試料製造記録をまとめてある。

---

\* 高速増殖炉開発本部

\*\* 東海事業使プルトニウム燃料開発部

T  
SN 241 71-39

September 30, 1971



## Irradiation Program on DFR 332/5

### —Fabrication of Specimens—

Kunihiko Uematsu\*

Hidechiyo Kashihara\*

Masumichi Koizumi\*\*

Junji Komatsu\*\*

#### Abstract

DFR 332/5 is the steady state irradiation program of fuel pins for experimental fast breeder reactor JOYO. This report includes the summary of program and the fabrication of specimens.

---

\* Fast Breeder Reactor Development Project

\*\* Plutonium Fuel Development Laboratory at Tokai Works

# DFR 332/5 照射計画報告書

## 第 1 報

### 試料製造まで

#### 目 次

1. まえがき	1
2. 照射計画スケジュール	2
3. 照射計画内容	2
3-1 照射計画目的	2
3-2 照射計画概要	3
3-3 試料	3
3-4 照射概要	4
(1) 要求照射条件	4
(2) 照射リグ	4

#### Appendix

1. PRELIMINARY DESIGNS OF P.M.C.FUEL PINS FOR DFR 332/5, 332/6, 332/7 IRRADIATION PROGRAMS	8
2. Inspection Records to accompany fuel pins for D.F.R. 332/5 Irradiation Program. ( Pin Identification № 1, 2, 3 & 4 )	30
3. 高速実験炉炉心燃料被覆管仕様書	42
4. 材料検査成績表	51
5. DFRの運転状況と温度分布計算	62
6. DFR概要	64
7. 照射途中検査および照射後試験計画	68
8. 照射前燃料ピン検査結果の日・英比較	72
9. 燃料ピンに関する他のデータ	78
10. 照射前燃料評価	89

# DFR 332/3 照射計画報告書

## 第 1 報

### 試料製造まで

#### 1. まえがき

動燃事業団の高速炉用燃料開発のための一連の照射計画の一環として英国 A E A の D F R (Dounreay Fast Reactor) で種々の照射試験が実施されている。

D F R を使用しての照射計画としては

- (1) DFR 332/1 Nat.  $UO_2$  を充填したピン照射。被覆材照射が目的
- (2) DFR 332/4 同 上
- (3) DFR 332/2 高密度混合酸化物燃料を充填したピン照射
- (4) DFR 332/3 同 上
- (5) DFR 332/5 同 上
- (6) DFR 332/6 低密度混合酸化物燃料を充填したピン照射
- (7) DFR 332/7 同 上
- (8) DFR 448/1 被覆材照射
- (9) DFR 448/2 同 上
- (10) DFR 448/3 同 上
- (11) DFR 464/1 制御棒材照射

がある。

DFR332/5 は DFR332/3 と同じく、「常陽」第 1 炉心燃料ピンの確性試験、燃焼度限界把握を目的としている。

DFR332/3 は DFR の運転サイクルの 4 Run を照射し、DFR332/5 は 5 Run 照射する。

ピンの特徴としては

- (1) 使用した被覆管は、「常陽」本番用被覆管仕様とほぼ同じ仕様で製造されたものである。違いは、本番用被覆管仕様においては熱処理法まで規定しているが、本照射試験および DFR 332/6, 7 照射に用いたものは熱処理法を規定していない仕様によっている。

又、本照射試験に用いた被覆管のうち K 社製のものには表面研磨をしているが、本番用仕様では表面研磨を禁止している。

- (2) プレナム部のスプリング材質としては、インコネル-Xではなくピアノ線を使用した。
- (3) 燃料ピン中の燃料平均密度を意識的にかえた。

照射はDFRのRun 68,69,70,71に装荷し、その後照射途中検査（非破壊試験）を行なって、Run 73 に入れる予定である。

高密度燃料（94% T.D）で、被覆管-燃料間ギャップの小さい（Nominal 0.1mm）燃料ピンを連続して6%燃焼度まで燃焼させる場合にはピン破損の恐れがある。従って照射途中検査を実施し、継続照射が可能かどうかをCheckする必要があるということになった。

照射終了後はDERE（Dounreay Experimental Reactor Establishment）で非破壊の照射後試験を実施して日本に特返り、大洗の照射燃料試験室で破壊試験を実施する予定である。

## 2. 照射計画スケジュール

- |                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| (1) 試料（燃料ピン）の設計      | 45年6,7,8月                   |
| (2) 試料の製作            | 45年8,9,10月                  |
| (3) 試料の輸送            | 45年11月23日～30日               |
| (4) 試料の照射前検査         | 45年12月                      |
| (5) 照射               |                             |
| Run 68               | 46年2月12日～4月11日（炉最大出力6.15MW） |
| Run 69               | 46年5月30日～7月29日              |
| Run 70               | 46年9月4日～10月28日予定            |
| Run 71               | 46年12月3日～47年1月26日予定         |
| Run 73               | 47年5月31日～47年7月24日予定         |
| (6) 照射途中検査           | 47年4月予定                     |
| (7) 非破壊照射後試験（DFREにて） | 47年9月予定                     |
| (8) 試料返送             | 47年11,12月予定                 |
| (9) 照射後試験（AGFにて）     | 48年1,2,3月予定                 |

## 3. 照射計画内容

### 3-1 照射計画目的

「常陽」第1炉心用高密度混合酸化物ペレットを充填した燃料ピンの確性試験、燃焼度限

界の把握を目的としている。

試料の設計・製作当時と現時点の「常陽」第1炉心用燃料ピン仕様は下記のように変わっているが、本照射試験用試料はよりきびしい条件で照射されていることになる。

	DFR332/5	常陽第1炉心
燃料ペレット密度	94±2%T.D	93.5±2%T.D
ペレット径	5.5±0.05mm	5.4±0.05mm
ダイアメトラルギャップ (Nominal)	0.1mm	0.2mm
出力 (Max)	446 W/cm	270 W/cm
燃 焼 度	6 a/o	2.5 a/o

### 3-2 照射計画概要

この照射計画では燃料ピンの製作、その輸送は動燃の責任のもとに行ない、燃料ピンの照射前検査、照射リグの調査、照射リグへの燃料ピン組込み、照射途中検査、非破壊照射後試験は動燃との契約のもとに英国AEAが行なう。但し、現時点では非破壊照射後試験契約は結ばれていない。

英国のDEREで非破壊照射後試験を行なった試料は日本に持ち帰り大洗の照射燃料試験室 (AGF) において破壊照射後試験をする予定である。

場合によっては、照射された燃料ピンのうち1本だけ破壊照射後試験を実施せずに Over Power を模擬する照射試験に用いる可能性もある。

### 3-3 試 料

試料は表1およびAppendix 等に示すように「常陽」第1炉心用高密度混合酸化物ペレットをAISI316ステンレス鋼管に充填した燃料ピンである。

ピン全長	: 550mm
燃料有効長	: 380mm
ガス・プレナム長	: 120mm
熱絶縁材	: 上下に Nat. UO <sub>2</sub> 1ヶづつ
スプリング	: ピアノ線

試料の特徴としては次の項目があげられる。



- ① 被覆管として、「常陽」本番用被覆管仕様とほぼ同じ仕様にもとずいて製作されたものを使用している。
- ② 燃料ペレットに関しては最近の「常陽」仕様と若干異っている。「3-1 照射計画目的」を参照。
- ③ ガス・プレナム部スプリング材としてピアノ線を用いた。
- ④ 燃料ピン中の燃料平均密度を意識的にかえた。

	照 射 用			スベア
	№.1 (S121)	№.2 (S122)	№.3 (S123)	№.4
Max.	91.95%T.D	92.03%T.D	92.82%T.D	91.16%T.D
ペレット密度 Min.	96.41%T.D	97.41%T.D	96.49%T.D	93.45%T.D
Ave.	93.12%T.D	94.17%T.D	95.68%T.D	92.77%T.D
スミア密度 Ave.	89.82%T.D	90.84%T.D	92.29%T.D	89.49%T.D

### 3-4 照射概要

#### (1) 要求照射条件

最高比出力	180 watts/gr.
最高線出力	446 watts/cm
最高被覆管温度	650℃
最高冷却材温度	620℃
目標最高燃焼度	6 a/o
照射日数	275日
照射位置	Pitch 7

#### (2) 照射リグ (Vehicle)

照射リグは図1に示すようなものである。これはDFRの照射実験で通常使用されているもので、炉冷却材のNakが直接Vehicle上部より内部に入りピンの冷却を行なう。

概略寸法は下記に示す通りである。

① 全 長	48.34 ins.	(1228mm)
② Outer Tube 外径	0.825 ins.	(20.96mm)
内径	0.78 ins.	(19.82mm)

③ Inner Tube 外径	0.75 ins.	(19.05 mm)
内径	0.708 ins.	(17.97 mm)

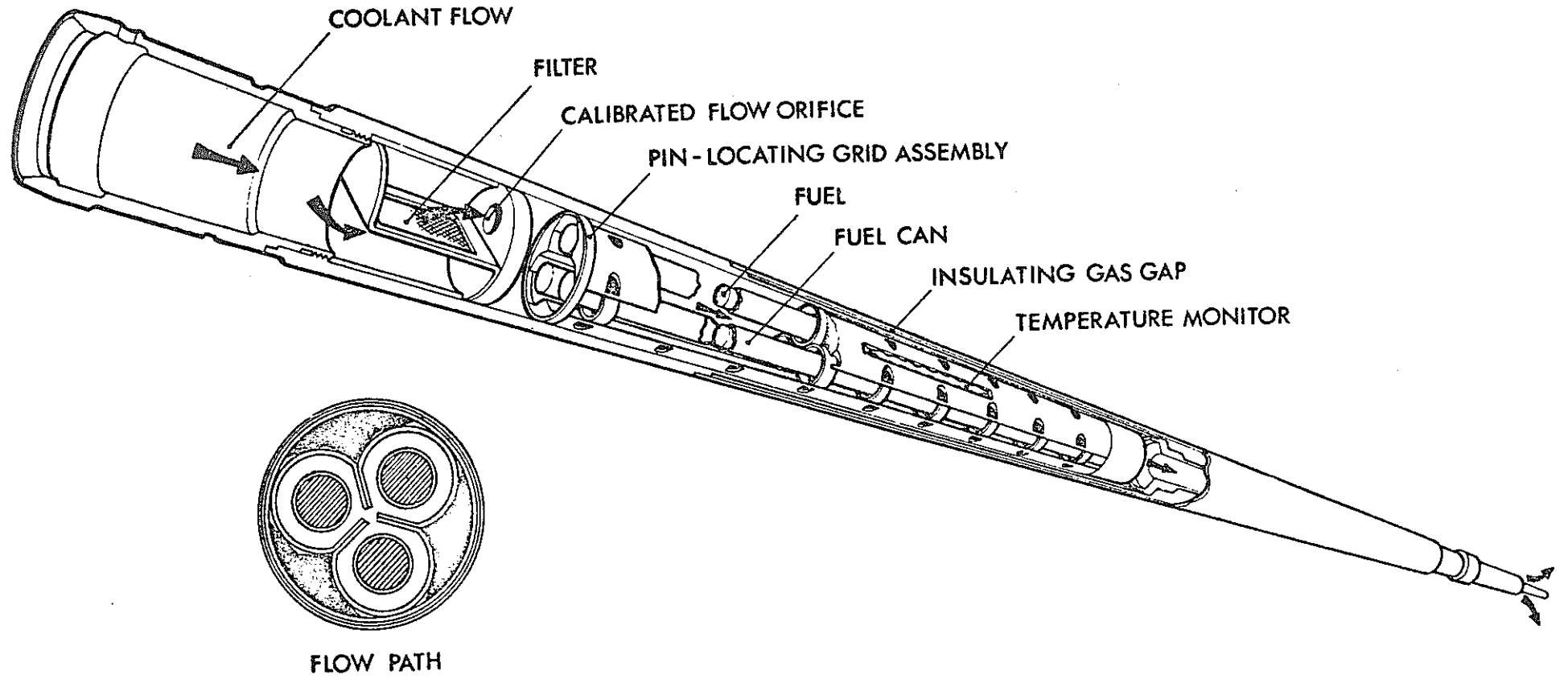
上に示すように非常に細長い円筒でOuter TubeとInner Tubeとの間には Insulating Gas Gap が設けられている。

照射用燃料ピンは Trefoil 型をした Pin-Loading Grid Assembly (Wire Type) に支持される。

表1 DFR332/5 照射の試料および照射条件概要

		照 射 用 試 料			スベア試料
燃 料 ビ ン	PNC ㉮	1	2	3	4
	英国AEA ㉮	S121	S122	S123	S124
燃 料 形 態		ペレット	ペレット	ペレット	ペレット
燃 料 組 成		PuO <sub>2</sub> - UO <sub>2</sub>	PuO <sub>2</sub> - UO <sub>2</sub>	PuO <sub>2</sub> - UO <sub>2</sub>	PuO <sub>2</sub> - UO <sub>2</sub>
Pu 富 化 率	(w/o)	1764	1764	1764	1764
Pu 同 位 体 化		Pu-238:0.038%, Pu-239:90.142%, Pu-240:8.533%, Pu-241:1.189%, Pu-242:0.038%			
U 濃 縮 度	(%)	59.76	59.69	59.76	59.76
O/M 比		1.98~2.00	1.98~2.00	1.98~2.00	1.98~2.00
ペレット密度	(gr/cc)	10.07~10.65	10.17~10.76	10.26~10.66	10.07~10.32
	(%T.D)	Ave. 93.12	Ave. 94.17	Ave. 95.68	Ave. 92.77
		91.95~96.41	92.03~97.41	92.82~96.49	91.16~93.45
スベア密度	(%T.D)	Ave. 89.82	Ave. 90.84	Ave. 92.29	Ave. 89.49
ペレット径	(mm)	5.490~5.515	5.500~5.520	5.495~5.520	5.500~5.520
ダイアメトラル・ギャップ	Max. (mm)	0.0995	0.0895	0.0975	0.0925
	Min. (mm)	0.0745	0.0695	0.0710	0.0715
燃料ピン全長	(mm)	549.82	549.98	549.98	549.90
燃料有効長	(mm)	382.0	379.0	382.5	379.0
プレナム長	(mm)	117.4	120.5	117.5	121.4
燃料ピン全重量	(gr.)	134.64	135.13	137.82	134.10
PuO <sub>2</sub> 重量	(gr.)	93.34	93.94	96.20	92.36
Pu 重量	(gr.)	14.52	14.62	14.97	14.37
U 重量	(gr.)	67.73	68.16	69.80	67.02
U-235重量	(gr.)	40.47	40.68	41.71	40.05
Nat. UO <sub>2</sub> 重量	(gr.)	4.90	4.90	4.90	4.90
スプリング重量	(gr.)	1.92	1.91	1.92	1.92
ステンレス鋼重量	(gr.)	34.48	34.38	34.80	34.92
被覆管材質		AISI316	AISI316	AISI316	AISI316
被覆管材加工度	(%)	8~12	8~12	8~12	8~12
被覆管内径	Max. (mm)	5.6005	5.601	5.5935	5.595
	Min. (mm)	5.599	5.599	5.592	5.591
被覆管外径	Max. (mm)	6.281	6.282	6.300	6.309
	Min. (mm)	6.279	6.279	6.2945	6.305
被覆管供給元		住友金属	住友金属	神戸製鋼	神戸製鋼
被覆管㉮		S-3494-2	S-3494-3	K-3061-3	K-3071-3
最大比出力	(目標)(watts/gr.)	180	180	180	X
最大線出力	(目標)(watts/cm)	446	446	446	
燃焼度	(目標)(a/o)	6	6	6	
最大中性子照射量	(目標)(nvt)	5.5~6×10 <sup>22</sup>	5.5~6×10 <sup>22</sup>	5.5~6×10 <sup>22</sup>	

(7)



VEHICLE FOR IRRADIATING THREE EXPERIMENTAL PINS IN ONE FUEL ELEMENT

図 1 照射リグ概要図

PRELIMINARY DESIGNS  
OF  
P.N.C. FUEL PINS  
FOR DFR 332/5, 332/6, 332/7  
IRRADIATION PROGRAMS

SEPTEMBER, 1970

POWER REACTOR & NUCLEAR FUEL  
DEVELOPMENT CORPORATION

List of Content

	Page
1. General Remarks .....	1
2. Descriptions of Fuel Pins .....	11
2.1 Fuel Pin Description .....	11
2.2 Fuel .....	11
2.3 Thermal Insulator .....	12
2.4 Coiled Spring .....	13
2.5 Cladding .....	13
2.6 End Plug .....	13
3. Specifications of Materials .....	14
3.1 Fuel .....	14
3.2 Coiled Spring .....	15
3.3 Cladding .....	15
4. Properties of Cladding .....	21
4.1 Certificate of Test Results .....	21
4.2 Biaxial Creep Data .....	22
5. Pin Drawing .....	23

1. General Remarks

The purpose of these programs are to irradiate mixed oxide fuel pins which keeps the special features of fuel designs for Japan Experimental Fast Reactor "JOYO" and Japan Prototype Fast Reactor "MONJU".

P.N.C. will design and fabricate fuel pins. The designs of pins are checked and reviewed by U.K.A.E.A. for safety.

The irradiation rigs will be supplied by U.K.A.E.A.

The fuel pins will be fabricated at P.N.C. and will be assembled at U.K.A.E.A. and then will be inserted into D.F.R. for irradiation.

Some of post-irradiation examinations will be done at U.K.A.E.A. facilities.

The summaries of these irradiation programs are shown in Schedule A, Schedule B and Schedule C.

## P.N.C. Irradiation Experiment in D.F.R.

D.F.R. 332/5

- (a) Objective of Experiment Fuel pin irradiation for Japan Experimental Fast Reactor "JOYO"
- (b) Irradiation Vehicle Required Core Trefoil
- (c) Numbers of Specimens 3 (for irradiation)  
1 (for spare)
- (d) Fuel Pin Dimensions
- |                            |                 |      |
|----------------------------|-----------------|------|
| * Pin Outside Diameter     | mm              | 6.3  |
| * Cladding Inside Diameter | mm              | 5.6  |
| * Fuel Diameter            | mm              | 5.5  |
| * Pin Length               | mm              | 550  |
| * Fuel Length              | mm              | 380  |
| * Void Volums              | cm <sup>3</sup> | 2.95 |
- (e) Fuel Pin Composition
- |                      |                                                                |      |
|----------------------|----------------------------------------------------------------|------|
| * Fuel Composition   | 18w/o PuO <sub>2</sub> -82w/o UO <sub>2</sub> (60% Enriched U) |      |
| * Fuel Form          | Solid Pellet                                                   |      |
| * Fuel Density       | %T.D.                                                          | 94   |
| * Smeard Density     | %T.D.                                                          | 90.7 |
| * Cladding Material  | AISI 316                                                       |      |
| * Cladding Condition | Solution Treatment & 10% Cold Reduction                        |      |
- (f) Irradiation Condition
- |                                          |           |     |
|------------------------------------------|-----------|-----|
| * Max. Fuel Rating                       | watts/gr. | 180 |
| * Max. Pin Power                         | watts/cm  | 446 |
| * Range of the Max. Cladding Temperature | °C        | 650 |
| * Target Burn-up                         | atom%     | 6   |
- (g) Inspection Schedule Required
- |                                                 |                                                                               |  |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--|
| * Burnup Intervals for Intermediate Examination | After 4 runs irradiation                                                      |  |
| * Examination Required                          | Visual examination, X-ray radiography, Mensuration, Weighing & Gamma Scanning |  |
- (h) Start of Irradiation Run 68



Schedule B

P.N.C. Irradiation Experiment in D.F.R.

D.F.R. 332/5

D.F.R. Scheduled Operating Runs & P.N.C. Experimental Programme

(12)

D.F.R. Scheduled Operating Runs	Run 68	Run 69	Run 70	Run 71	Run 72	Run 73	Run 74	Run 75	Run 76	Remarks
Days and Duration (Approximately)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
Programme for P.N.C. Experiment	Intermediate Examination									Core Trefoil

## P.N.C. Irradiation Experiment in D.F.R.

D.F.R. 332/5

The following basic data is required by the Authority for feasibility and design studies for irradiation experiments:

(a) Fuel

* Number of Pins		3 (for Irradiation) 1 (for Spare)
* Type of Fuel		PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub>
* Plutonium Content	wt%	18 ± 0.5
* Uranium Enrichment	wt%	60 ± 0.5
* Form of Fuel		Solid Pellet
* Fuel Density	%T.D.	94 ± 2
* Smeard Density	%T.D.	90.7 ± 2
* Limits of Impurities	ppm	3000

(b) Pin Cladding

* Material		AISI 316
* Treatment		Solution Treatment and 10% Cold Work

(c) Dimensions

* Pin Length	mm	550 ± 1
* Fuel Length	mm	380 ± 3
* Can Outer Diameter	mm	6.3 ± 0.03
* Can Inner Diameter	mm	5.6 ± 0.025
* Fuel Diameter	mm	5.5 ± 0.05
* Clad-Fuel Gap	mm	0.1 ± 0.075 (Diametral)
* Void Volume	cm <sup>3</sup>	2.95

(d) Required Operating Conditions

* Max. Fuel Rating	watts/gr.	180
* Max. Cladding Temperature (with Hot Spot Factor)	°C	650
* Max. Coolant Temperature	°C	620

(e) Target

* Final Burn-up Required	atom%	6
--------------------------	-------	---

## (f) Proposed Date for Comencement of Irradiation

December 1970-January 1971

## P.N.C. Irradiation Experiment in D.F.R.

D.F.R. 332/6


- (a) Objective of Experiment Fuel pin irradiation for Japan Prototype Fast Reactor "MONJU"
- (b) Irradiation Vehicle Required Core Trefoil
- (c) Numbers of Specimens  
3 (for irradiation)  
1 (for spare)
- (d) Fuel Pin Dimensions
- |                            |                 |      |
|----------------------------|-----------------|------|
| * Pin Outside Diameter     | mm              | 6.3  |
| * Cladding Inside Diameter | mm              | 5.6  |
| * Fuel Diameter            | mm              | 5.4  |
| * Pin Length               | mm              | 550  |
| * Fuel Length              | mm              | 390  |
| * Void Volume              | cm <sup>3</sup> | 2.70 |
- (e) Fuel Pin Composition
- |                      |                                                                |    |
|----------------------|----------------------------------------------------------------|----|
| * Fuel Composition   | 20w/o PuO <sub>2</sub> -80w/o UO <sub>2</sub> (90% Enriched U) |    |
| * Fuel Form          | Solid Pellet                                                   |    |
| * Fuel Density       | %T.D.                                                          | 85 |
| * Smeard Density     | %T.D.                                                          | 79 |
| * Cladding Material  | AISI 316                                                       |    |
| * Cladding Condition | Solution Treatment and 10% Cold Reduction                      |    |
- (f) Irradiation Condition
- |                                          |           |     |
|------------------------------------------|-----------|-----|
| * Max. Fuel Rating                       | watts/gr. | 200 |
| * Max. Pin Power                         | watts/cm  | 430 |
| * Range of the Max. Cladding Temperature | °C        | 650 |
| * Target Burn-up                         | atom%     | 6.5 |
- (g) Inspection Schedule Required
- |                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| * Burnup Intervals for Intermediate Examination | Non |
| * Examination Required                          | Non |
- (h) Start of Irradiation Run 69

P.N.C. Irradiation Experiment in D.F.R.

D.F.R. 332/6

D.F.R. Scheduled Operating Runs & P.N.C. Experimental Programme

(15)

D.F.R. Scheduled Operating Runs	Run 68	Run 69	Run 70	Run 71	Run 72	Run 73	Run 74	Run 75	Run 76	Remarks
Days and Duration (Approximately)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
Programme for P.N.C. Experiment										Core Trefoil

## P.N.C. Irradiation Experiment in D.F.R.

D.F.R. 332/6

The following basic data is required by the Authority for feasibility and design studies for irradiation experiments:

(a) Fuel

* Number of Pins		3 (for Irradiation) 1 (for Spare)
* Type of Fuel		PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub>
* Plutonium Content	wt.%	20 ± 0.5
* Uranium Enrichment	wt.%	90 ± 0.5
* Form of Fuel		Solid Pellet
* Fuel Density	%T.D.	85 ± 2
* Smeard Density	%T.D.	79 ± 2
* Limits of Impurities	ppm	3000

(b) Pin Cladding

* Material		AISI 316
* Treatment		Solution Treatment and 10% Cold Reduction

(c) Dimensions

* Pin Length	mm	550 ± 1
* Fuel Length	mm	390 ± 3
* Can Outer Diameter	mm	6.3 ± 0.03
* Can Inner Diameter	mm	5.6 ± 0.025
* Fuel Diameter	mm	5.4 ± 0.05
* Clad-Fuel Gap	mm	0.2 ± 0.075 (Diametral)
* Void Volume	cm <sup>3</sup>	2.70

(d) Required Operating Conditions

* Max. Fuel Rating	watts/gr.	200
* Max. Cladding Temperature (with Hot Spot Factor)	°C	650
* Max. Coolant Temperature	°C	620

(e) Target

* Final Burn-up Required	atom%	6.5
--------------------------	-------	-----

## (f) Proposed Date for Comencement of Irradiation

March, 1971

## P.N.C. Irradiation Experiment in D.F.R.

D.F.R. 332/7

- (a) Objective of Experiment Fuel pin irradiation for Japan Prototype Fast Reactor "TOMJU"
- (b) Irradiation Vehicle Required Core Trefoil
- (c) Numbers of Specimens 3 (for irradiation)  
1 (for spare)
- (d) Fuel Pin Dimensions
- |                            |                 |      |
|----------------------------|-----------------|------|
| * Pin Outside Diameter     | mm              | 6.3  |
| * Cladding Inside Diameter | mm              | 5.6  |
| * Fuel Diameter            | mm              | 5.4  |
| * Pin Length               | mm              | 550  |
| * Fuel Length              | mm              | 360  |
| * Void Volume              | cm <sup>3</sup> | 3.44 |
- (e) Fuel Pin Composition
- |                      |                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------------------|
| * Fuel Composition   | 20w/o PuO <sub>2</sub> -80w/o UO <sub>2</sub> (90% Enriched U) |
| * Fuel Form          | Solid Pellet                                                   |
| * Fuel Density       | %T.D. 85                                                       |
| * Smear Density      | %T.D. 79                                                       |
| * Cladding Material  | AISI 316                                                       |
| * Cladding Condition | Solution Treatment and 10% Cold Work                           |
- (f) Irradiation Condition
- |                                          |           |     |
|------------------------------------------|-----------|-----|
| * Max. Fuel Rating                       | watts/gr. | 200 |
| * Max. Pin Power                         | watts/cm  | 430 |
| * Range of the Max. Cladding Temperature | °C        | 620 |
| * Target Burn-up                         | atom%     | 9   |
- (g) Inspection Schedule Required
- |                                                 |                                                                               |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| * Burnup Intervals for Intermediate Examination | After 5 runs irradiation                                                      |
| * Examination Required                          | Visual examination, X-ray radiography, Mensuration, Weighing & Gamma Scanning |
- (h) Start of Irradiation Run 69

P.N.C. Irradiation Experiment in D.F.R.  
D.F.R. 332/7

D.F.R. Scheduled Operating Runs & P.N.C. Experimental Programme

(18)

D.F.R. Scheduled Operating Runs	Run 68	Run 69	Run 70	Run 71	Run 72	Run 73	Run 74	Run 75	Run 76	Remarks
Days and Duration (Approximately)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
Programme for P.N.C. Experiment							Intermediate Examination	Another Contract		Core Trefoil

## P.N.C. Irradiation Experiment in D.F.R.

D.F.R. 332/7

The following basic data is required by the Authority for feasibility and design studies for irradiation experiments:

(a) Fuel

* Number of Pins		3 (for Irradiation) 1 (for Spare)
* Type of Fuel		FuC <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub>
* Plutonium Content	wt%	20 ± 0.5
* Uranium Enrichment	wt%	90 ± 0.5
* Form of Fuel		Solid Pellet
* Fuel Density	%T.D.	85 ± 2
* Smear Density	% T.D.	79 ± 2
* Limits of Impurities	ppm	3000

(b) Pin Cladding

* Material		AISI 316
* Treatment		Solution Treatment and 10% Cold Work

(c) Dimensions

* Pin Length	mm	550 ± 1
* Fuel Length	mm	360 ± 3
* Can Outer Diameter	mm	6.3 ± 0.03
* Can Inner Diameter	mm	5.6 ± 0.025
* Fuel Diameter	mm	5.4 ± 0.05
* Clad Fuel Gap	mm	0.2 ± 0.075
* Void Volume	cm <sup>3</sup>	3.44

(d) Required Operating Conditions

* Max. Fuel Rating	watts/gr.	200
* Max. Cladding Temperature (with Hot Spot Factor)	°C	650
* Max. Coolant Temperature	°C	620

(e) Target

* Final Bourn-up Required	atoms%	9
---------------------------	--------	---

(f) Proposed Date for Comencement  
of Irradiation

March, 1971



## 2. Description of Fuel Pins

### 2.1 Fuel Pin Description

Mixed oxide fuels will be fabricated at P.N.C. Claddings, plugs, coiled springs and thermal insulators will be fabricated by the makers in Japan. They will be inspected by P.N.C. and fuel pins will be assembled by P.N.C. Fuel pins are designed as shown in Fig. 1, Fig. 2 and Fig. 3.

Total pin lengths are 550 mm, and active core lengths are 380 mm, 390 mm and 360 mm for 332/5, 332/6 and 332/7 respectively.

Plenum volumes are designed in consideration of inner pressure and cladding strength.

The summaries of fuel pin designs are shown in Table 2.1.

Table 2.1 The Summaries of Fuel Pin Designs

	332/5	332/6	332/7
Pin Outside Diameter (mm)	6.3±0.03	6.3±0.03	6.3±0.03
Cladding Inside Diameter (mm)	5.6±0.025	5.6±0.025	5.6±0.025
Cladding Thickness (mm)	0.35±0.03	0.35±0.03	0.35±0.03
Total Pin Length (mm)	550 ± 1	550 ± 1	550 ± 1
Active Core Length (mm)	380 ± 3	390 ± 3	360 ± 3
Diametral Gap between Pellet & Cladding (mm)	0.1±0.075	0.2±0.075	0.2±0.075
Plenum Length (mm)	120	110	140
Inert Gas	He (1 atm)	He (1 atm)	He (1 atm)
Cladding Material	AISI 316	AISI 316	AISI 316

### 2.2 Fuels

The solid pellet fuels of Pu-U mixed oxide will be used for these programs, and they will be fabricated with the mechanical blending method.

The summaries of Pu-U mixed oxide fuels are shown in Table 2.2.

Table 2.2 Summaries of Pu-U Mixed Oxide Fuels

	332/5	332/6	332/7
Fuel Type	Pu-U Mixed Oxide	Pu-U Mixed Oxide	Pu-U Mixed Oxide
Fuel Composition	18w/o PuO <sub>2</sub> ~82w/o UO <sub>2</sub>	20w/o PuO <sub>2</sub> ~80w/o UO <sub>2</sub>	20w/o PuO <sub>2</sub> ~80w/o UO <sub>2</sub>
Grade of Pu	Standard	Standard	Standard
U Enrichment (%)	60	90	90
Stoichiometry	1.97~2.00	1.97~2.00	1.97~2.00
Fuel Form	Solid Pellet (Sintered)	Solid Pellet (Sintered)	Solid Pellet (Sintered)
Fabrication Method	Mechanical Blending	Mechanical Blending	Mechanical Blending
Fuel Density (% T.D.)	94 ± 2	85 ± 2	85 ± 2
Diameter of each Pellet (mm)	5.5 + 0.05	5.4 + 0.05	5.4 + 0.05
Length of each Pellet (mm)	10 ± 0.1	10 ± 0.1	10 ± 0.1
Total Gas Release at S.T.P. (μl/gr.)	200 (Including moisture)	200 (Including moisture)	200 (Including moisture)
Active Core Length (mm)	380 ± 3	390 ± 3	360 ± 3

### 2.3 Thermal Insulator

The same type of thermal insulators as those used in DFR 332/2 and 332/3 irradiation programs will be used for these programs.

The summary of thermal insulator is shown in Table 1.2.

Table 2.3 Summary of Thermal Insulator

Material	UO <sub>2</sub>
Enrichment	Natural
Shape	Cylinder
Pellet Density (% T.D.)	94 ± 2
Pellet O.D.	5.5 ± 0.05
Stoichiometry	2.00 ± 0.03
Length of each Pellet (mm)	10 ± 0.1
Total Weight of Natural UO <sub>2</sub> (grs./pin)	4.9 g
Total Gas Release (μl/gr.) at S.T.D.	200 (including moisture)

#### 2.4 Coiled Spring

The same type of coiled springs as those used in D.F.R. 332/3 irradiation program will be used for these programs.

Coiled spring is made of piano wire (JIS<sup>\*</sup>-SWPB).

The specification of piano wire is shown in 3.2

Table 2.4 Summary of Coiled Spring

	332/5	332/6	332/7
Diameter of Wire (mm)	0.8	0.8	0.8
Outer Diameter of Coiled Spring (mm)	5.4	5.4	5.4
Effective Turns	32	---	---
Free Length (mm)	128	---	---

\* JIS means Japanese Industrial Standards.

#### 2.5 Cladding

AISI 316 Stainless Steel tubes will be used in all fuel pins.

The specification and strength data of cladding are shown in 4.1 and 4.2.

Dimensions of fuel pins are shown in Fig. 1, Fig. 2 and Fig. 3.

#### 2.6 Upper and Lower End Plugs

Upper and lower end plugs are made of AISI 316 Stainless Steel.

### 3. Specifications of Materials

#### 3.1 Specification of Mixed Oxide Fuel

##### (1) Dimension and Finish

(see Fig. 1, Fig. 2 and Fig. 3)

	332/5	332/6	332/7
Diameter (mm)	5.5 ± 0.05	5.4 ± 0.05	5.4 ± 0.05
Height of pellet (mm)	10 ± 0.1	10 ± 0.1	10 ± 0.1
Pellet column length (mm)	380 ± 3	390 ± 3	360 ± 3
Surface Roughness	ASA Finishing mark 63 circumferential 125 top and bottom		
Maximum radius at corner	0.03 cm		
Crack	Surface crack should be less than 0.0075 cm		
Pit	Surface pit should be less than 0.075 cm in diameter and 0.025 cm in depth		

- |                                                      |           |           |           |
|------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| (2) Plutonium content (w/o)                          | 18 ± 0.5  | 20 ± 0.5  | 20 ± 0.5  |
| (3) U <sup>235</sup> enrichment (%)                  | 60 ± 0.5  | 90 ± 0.5  | 90 ± 0.5  |
| (4) Density (Geometrical Density)<br>(% T.D.)        | 94 ± 2    | 85 ± 2    | 85 ± 2    |
| (5) O/M Ratio                                        | 1.97~2.00 | 1.97~2.00 | 1.97~2.00 |
| (6) Released gas amount (including H <sub>2</sub> O) |           |           |           |

The amount of gas released from the pellet heated in vacuum at 1700°C for 30 minutes will be measured and should be less than 200 ml/g.

##### (7) Impurities level of pellet

<u>Element</u>	<u>less than ppm</u>
Al	500
B	20
C	150
Cd	20

Cl	25
Cr	500
F	25
Fe	500
Mg	25
N	200
Ni	500
V	500
Total of Cu, Zn, Si	600
Total of Ag, Mn, Mo, Pb, Sn	200

### 3.2 Specification of Piano Wire

#### (1) Chemical Composition (%)

C	: 0.65 ~ 0.75
Si	: 0.12 ~ 0.32
Mn	: 0.30 ~ 0.60
P	: 0.025
S	: 0.030
Cu	: 0.20

#### (2) Diameter of Wire

$$0.8 \pm 0.015$$

#### (3) Tensile Strength at Room Temperature

$$242 \sim 244 \text{ Kg/mm}^2$$

### 3.3 Specification of Cladding

Appendix 3 を参照。

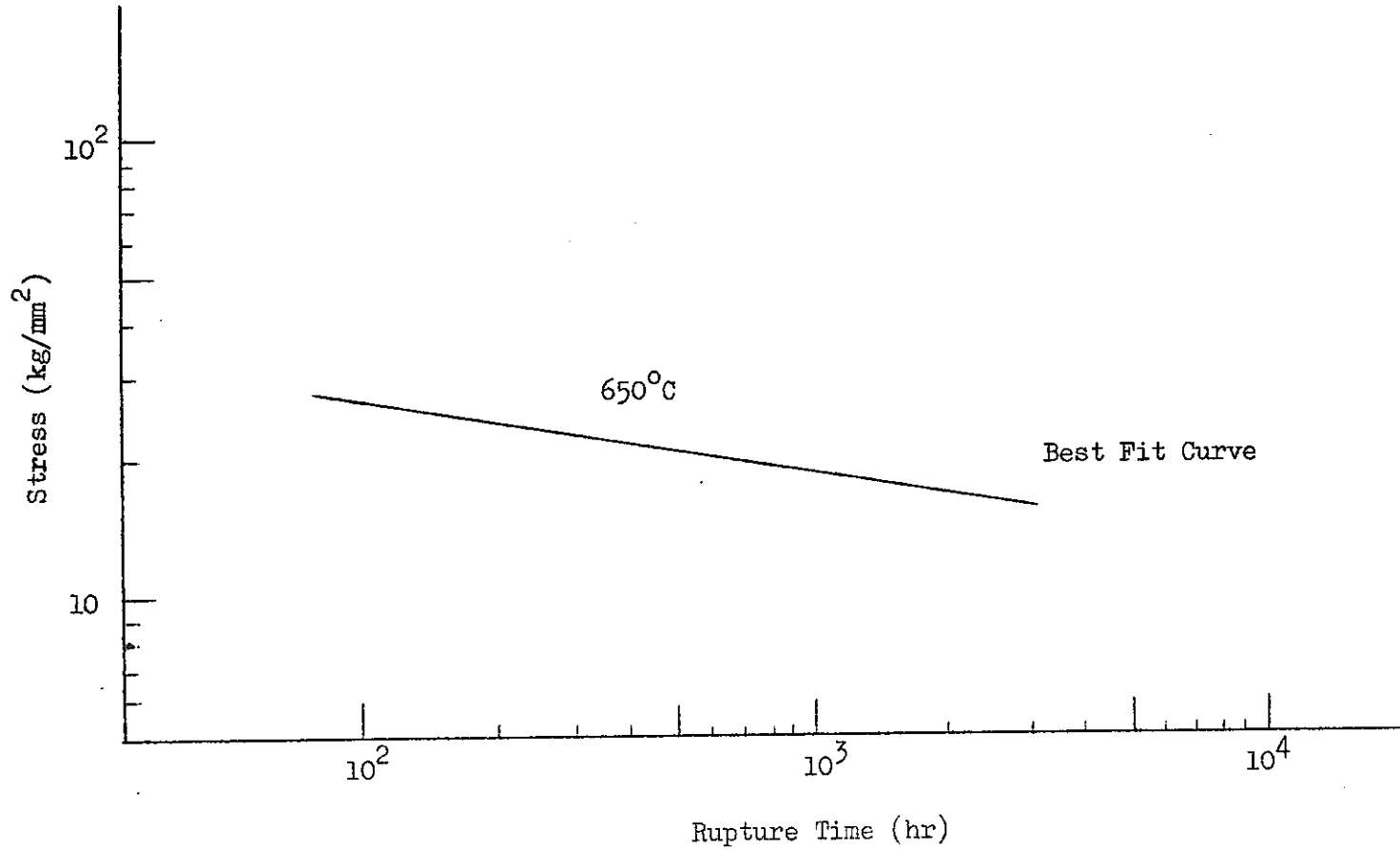
## 4. Properties of Cladding

### 4.1 Certificate of Test Results for Cladding

Appendix 4 を参照。

4.2 Biaxial Creep Data

(25)



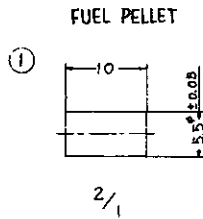
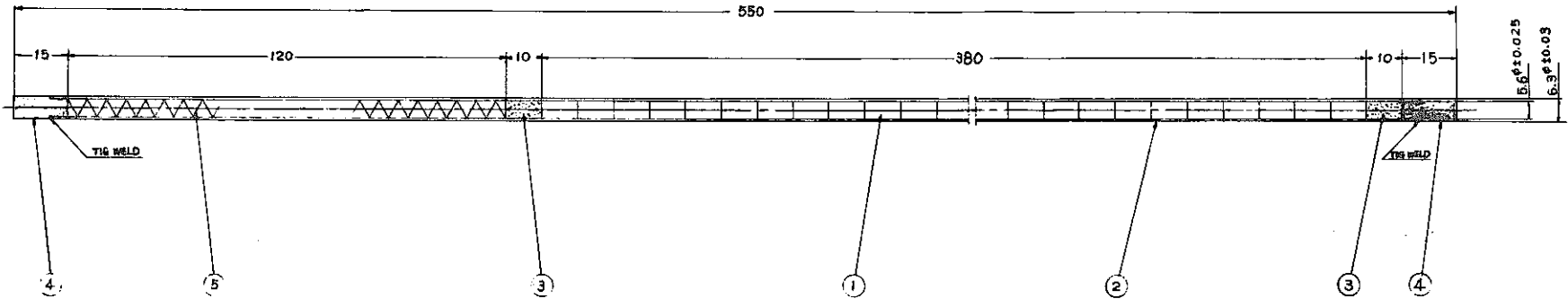
Stress - Rupture Properties of Type 316 Stainless Steel (10% Cold Reduction)

5. Pin Drawing

Fig. 1 Pin Drawing for 332/5 Program.

Fig. 2 Pin Drawing for 332/6 Program.

Fig. 3 Pin Drawing for 332/7 Program.

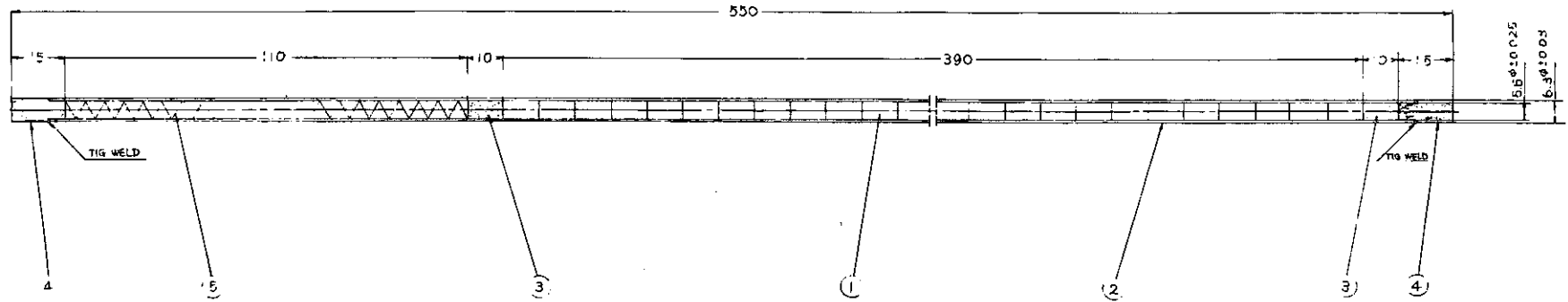


Type of Fuel	(Pu-U) Mixed Oxide
Plutonium Content	18 ± 0.5 w/o
Uranium Enrichment	60 ± 0.5 w/o
Form of Fuel	Solid Pellet
Fuel Density	94 ± 2 % T.D

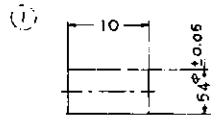
Fig.3.1 Pin Drawing for 332/5 Program.

ITEM	NAME	MATERIAL	SUPL. NO	REMARKS	
5	SPRING	AISI 316			
4	END PLUG	AISI 316			
3	THERMAL INSULATOR	Nat. UO <sub>2</sub>			
2	CLAD	AISI 316			
1	FUEL	18% PuO <sub>2</sub> 60% UO <sub>2</sub>			
TITLE		SCALE		DATE.	
DFR 332 / 5 FUEL PIN		1/1		DESIGN	--
				ANGLE.	OWG. <i>Sub</i> 70-7-15
				CHECK	--
				APPR.	--
POWER REACTOR AND NUCLEAR FUEL DEVELOPMENT CORPORATION TOKAI - JAPAN			DSG. NO	6920-01-50200	





FUEL PELLETT

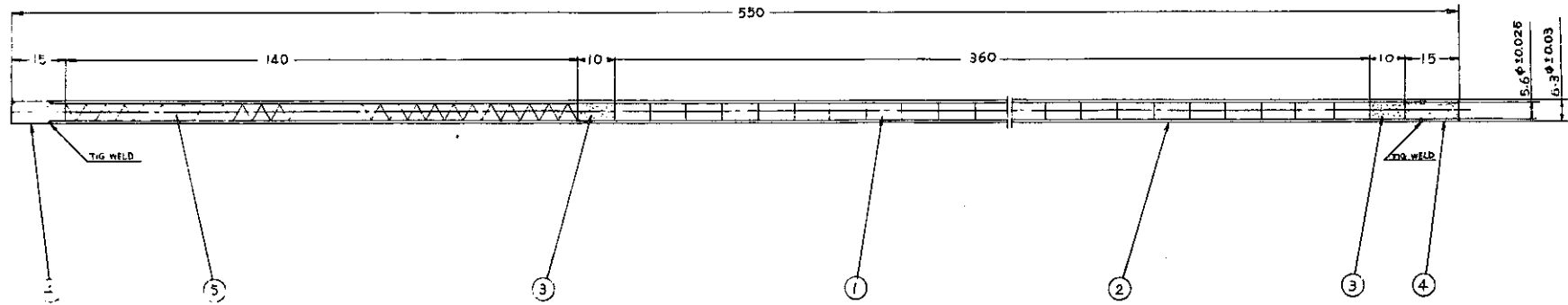


2/1

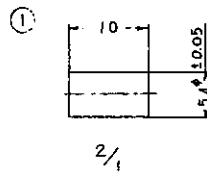
Type of Fuel	(Pu-U) Mixed Oxide
Plutonium Content	20 ± 1 %
Uranium Enrichment	90 ± 1 %
Form of Fuel	Solid Pellet
Fuel Density	85 ± 2 % T.D

Fig.3.2 Pin Drawing for 332/6 Program.

5	SPRING	AISI 316			
4	END PLUG	AISI 316			
3	THERMAL INSULATOR	Mix. UO <sub>2</sub>			
2	CLAD	AISI 316			
1	FUEL	20% PuO <sub>2</sub> 90% UO <sub>2</sub>			
ITEM	NAME	MATERIAL	SUPL. NO	REMARKS	
TITLE			SCALE	DATE.	
DFR 332 / 6			1/1	DESIGN	--
				DWG. <i>Sub</i>	70-7-15
FUEL. PIN			ANGLE.	CHECK	--
				APPR.	--
				DWG. NO	
POWER REACTOR AND NUCLEAR FUEL DEVELOPMENT CORPORATION TOKAI - JAPAN			6920-01-60200		



FUEL PELLETT



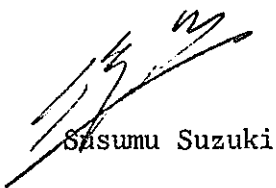
Type of Fuel	(Pu-U) Mixed Oxide
Plutonium Content	20 ± 1 %
Uranium Enrichment	90 ± 1 %
Form of Fuel	Solid Pellet
Fuel Density	85 ± 2 % T.D

Fig.3.3 Pin Drawing for 332/7 Program.

5	SPRING	AISI 316		
4	END PLUG	AISI 316		
3	THERMAL INSULATOR	Nat. UO <sub>2</sub>		
2	CLAD	AISI 316		
1	FUEL	20% PuO <sub>2</sub> 80% UO <sub>2</sub>		
ITEM	NAME	MATERIAL	SUPL. NO.	REMARKS
TITLE			SCALE	DATE.
DFR 332 / 7			1/1	DESIGN --
FUEL . PIN			ANGLE.	DWG. <i>Sak</i> 70-7-15
				CHECK --
				APPR. --
POWER REACTOR AND NUCLEAR FUEL DEVELOPMENT CORPORATION TOKAI - JAPAN			DWG. NO 6920-01-70200	

Appendix 2

Inspection Records to accompany fuel pins  
for D.F.R. 332/5 Irradiation Program.  
(Pin Identification No. 1,2,3 & 4)



Sasumu Suzuki

Manager  
Plutonium Fuel Lab.  
Power Reactor and Nuclear  
Fuel Development Corporation  
Tokai Works

Contents :

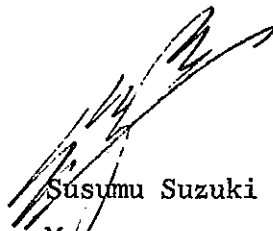
General Certification

- (a) Test Certificates indicating degree of leak tightness of pins
- (b) X-Ray Tests of welds and pins
- (c) Mensurations of fuels and pins
- (d) Full Weights of components and fuels with compositions of fuel and clad
- (e) Health Physics Certificate on Decontamination

## General Certification

As shown in the following item (a), (b), (c), (d) and (e), all pins for D.F.R. 332/5 irradiation experiment are made according to the drawing used and approved in irradiation proposal.

We think that this document will satisfy your requirement. Please contact me if you have questions or if we omitted any significant items from this document.



Susumu Suzuki  
Manager  
Plutonium Fuel Lab.  
Power Reactor and Nuclear  
Fuel Development Corporation  
Tokai Works

(a) Test Certificates indicating degree of leak tightness of pins

All pins were checked by a helium mass spectrometer:

Result :

Helium leak rate (for each pin);  
9.0x10<sup>-9</sup> std. cc Helium/sec

Apparatus :

MITSUBISHI Leak Detector Model MS-805

(b) X-ray tests of welds and pins

All welds and pins were tested by X-ray radiography.  
X-ray films were attached with this paper.

Result :

No detectable defect in welds and pins.

Apparatus :

SHIMAZU Industrial X-ray Apparatus

Test Condition :

X-ray energy and current	:	120 KV and 4mA
X-ray film	:	SAKURA-R
Distance	:	120 cm
Exposure Time	:	4 min.
Penetrameter	:	0.40, 0.35, 0.30, 0.25, 0.20, 0.15, 0.10 mm $\phi$ Fe wires

Contents of X-ray films :

* DFR S1		Exposure of the upper parts for pins
* DFR S2		Exposure of the lower parts for pins
* DFR 3B3X	}	Exposure of the upper end plugs at 90° interval
* DFR 3B3Y		
* DFR 3A3X	}	Exposure of the lower end plugs at 90° interval
* DFR 3A3Y		

(c) Mensurations of fuels and pins

Mensurations of all fuels and pins were checked by the micrometer, caliper and X-ray radiography results.

Result :

All results are shown in Table C-1 and Table C-2. All results except the weld bead heights satisfy the Preliminary Designs and Pin Drawings.

We could not control the weld bead heights within the limit (weld not more than 0.001" overbead).



Table C-1 Mensuration of fuel and pin

Items	Max. of Min.	Pin Identification			
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
Total Pin Length (mm)		549.82	549.98	549.98	549.90
Plenum Length (mm)		117.4	120.5	117.5	121.4
Fuel Column Length (mm)		382.0	379.0	382.5	379.0
Length of Upper Thermal Insulator (mm)		10.0	10.0	10.0	10.0
Length of Lower Thermal Insulator (mm)		10.0	10.0	10.0	10.0
Clad Outer Diameter* (mm)	Max.	6.281	6.282	6.300	6.309
	Min.	6.279	6.279	6.295	6.305
Clad Inner Diameter (mm)	Max.	5.601	5.601	5.594	5.595
	Min.	5.599	5.599	5.592	5.591
Clad Thickness (mm)	Max.	0.363	0.362	0.357	0.361
	Min.	0.340	0.342	0.345	0.351
Fuel Diameter (mm)	Max.	5.515	5.520	5.520	5.520
	Min.	5.490	5.500	5.495	5.500
Gap Width between Fuel and Clad (mm)	Max.	0.0995	0.0895	0.0975	0.0925
	Min.	0.0745	0.0695	0.0710	0.0715
Height of Upper Weld Bead** (mm) (inch)	Max.	0.0425	0.0450	0.0525	0.0500
		0.0017	0.0018	0.0021	0.0020
Height of Lower Weld Bead** (mm) (inch)	Max.	0.0375	0.0425	0.0375	0.0400
		0.0015	0.0017	0.0015	0.0016
Width of Upper Weld Bead (mm)	Max.	1.95	2.15	2.15	1.75
	Min.	1.75	1.65	1.60	1.65
Width of Lower Weld Bead (mm)	Max.	2.10	1.90	2.10	2.10
	Min.	1.65	1.55	1.60	1.75

\* Cladd Outer Diameter : Details is shown in Table C-2

\*\* Height of Upper and Lower Weld Bead

$$\text{Bead Heigt} = \frac{R1-R2}{2}$$

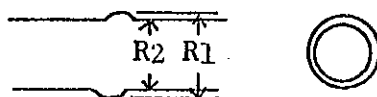
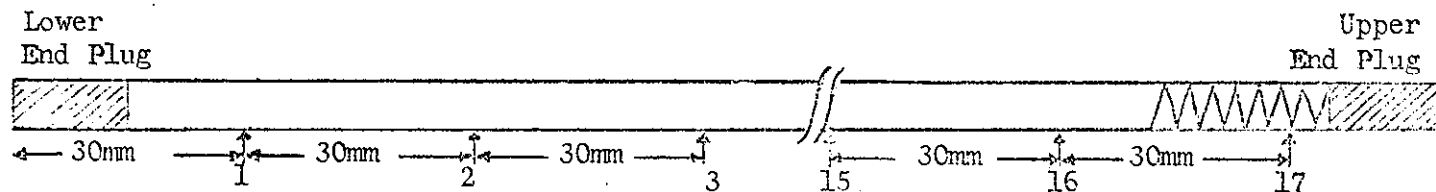


Table C-2, Mensuration Results of Pin Outer Diameter (mm)

Pin Identification	Max. & Min.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.1	Max. (mm)	6.300	6.302	6.301	6.300	6.302	6.301	6.299	6.301	6.300	6.301
	Min. (mm)	6.298	6.298	6.300	6.299	6.298	6.298	6.298	6.300	6.299	6.300
No.2	Max. (mm)	6.302	6.301	6.302	6.302	6.301	6.301	6.300	6.301	6.301	6.301
	Min. (mm)	6.301	6.300	6.301	6.301	6.300	6.301	6.299	6.300	6.299	6.300
No.3	Max. (mm)	6.302	6.303	6.302	6.302	6.301	6.302	6.302	6.301	6.301	6.302
	Min. (mm)	6.300	6.300	6.301	6.301	6.300	6.300	6.300	6.299	6.300	6.298
No.4	Max. (mm)	6.301	6.302	6.301	6.301	6.301	6.302	6.300	6.302	6.301	6.300
	Min. (mm)	6.300	6.300	6.300	6.299	6.300	6.300	6.298	6.300	6.300	6.298

(37)

Pin Identification	Max. (mm) & Min.	11	12	13	14	15	16	17
No.1	Max. (mm)	6.300	6.300	6.301	6.301	6.300	6.302	6.300
	Min. (mm)	6.297	6.298	6.298	6.299	6.300	6.300	6.300
No.2	Max. (mm)	6.301	6.302	6.301	6.300	6.301	6.301	6.301
	Min. (mm)	6.299	6.299	6.298	6.300	6.299	6.298	6.300
No.3	Max. (mm)	6.302	6.300	6.302	6.302	6.302	6.303	6.301
	Min. (mm)	6.301	6.299	6.298	6.300	6.299	6.301	6.298
No.4	Max. (mm)	6.301	6.301	6.302	6.302	6.301	6.302	6.300
	Min. (mm)	6.299	6.300	6.300	6.299	6.301	6.300	6.299



- (d) Full Weights of components and fuel with composition of fuel and clad

Full Weight and composition of each component were checked.

Result :

All results are shown in Table D-1, D-2, D-3 and D-4.

All results satisfy the Preliminary Designs and Pin Drawings.

Table D-1 Full Weight of Each Component (gr.)

Item	No.1	No.2	No.3	No.4
Pin Total Weight	134.64	135.13	137.82	134.10
End Plug (Upper plus Lower)	6.85	6.89	6.88	6.85
Spring	1.92	1.91	1.92	1.92
Cladding	27.63	27.49	27.92	28.07
Thermal Insulator UO <sub>2</sub> (Upper plus Lower)	4.90	4.90	4.90	4.90
Pu-U Mixed Oxide Fuel	93.34	93.94	96.20	92.36

Table D-2 Full Weight of Pu-U Mixed Oxide Fuel (gr)

	No.1	No.2	No.3	No.4	Total
Pu-U Mixed Oxide Fuel	93.34	93.94	96.20	92.36	375.84
PuO <sub>2</sub>	16.47	16.57	16.97	16.29	66.30
Pu	14.52	14.62	14.97	14.37	58.48
Pu-239 plus Pu-241	13.26	13.35	13.67	13.12	53.40
UO <sub>2</sub>	76.87	77.37	79.23	76.07	309.54
U	67.73	68.16	69.80	67.02	272.71
U-235	40.47	40.73	41.71	40.05	162.96

PuO<sub>2</sub>/(PuO<sub>2</sub>+UO<sub>2</sub>) : 17.64%  
 UO<sub>2</sub>/(PuO<sub>2</sub>+UO<sub>2</sub>) : 82.36%  
 Pu/PuO<sub>2</sub> : 88.2%  
 U/UO<sub>2</sub> : 88.1%  
 Pu Isotopic Ratio :  
     Pu-238           0.032 %  
     Pu-239           90.142 %  
     Pu-240           8.533 %  
     Pu-241           1.189 %  
     Pu-242           0.098 %  
 U Enrichment           59.76% (for No. 1, No.3 & No.4)  
                           59.69% (for No.2)

Table D-3 Full Weight of Thermal Insulator UO<sub>2</sub>(gr.)

	No.1	No.2	No.3	No.4	Total
UO <sub>2</sub>	4.90	4.90	4.90	4.90	19.60
U	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32
U-235	0.03	0.03	0.03	0.03	0.12

U/UO<sub>2</sub> : 88.1 %  
 U Enrichment : Natural (0.007%)

Table D-4 Cladding Composition (%)

	Spec.	No.1	No.2	No.3	No.4
Cladding No.		S3494-2	S3494-3	K3061-3	K3071-3
C	0.04-0.08	0.06	0.06	0.072	0.072
Si	0.75 (Max)	0.58	0.58	0.058	0.058
Mn	2.00 ( " )	1.57	1.57	1.67	1.67
P	0.03 ( " )	0.003	0.003	0.014	0.014
S	0.03 ( " )	0.013	0.013	0.013	0.013
Ni	11.00-14.00	13.25	13.25	12.47	12.47
Cr	16.00-18.00	16.80	16.80	17.13	17.13
Co	0.10(Max)	0.10	0.10	0.04	0.04
Mo	2.00-3.00	2.57	2.57	2.54	2.54
B	0.001(Max)	0.0003	0.0003		
N	0.035( " )	0.0262	0.0262		
Cu		0.23	0.23		
Fe	balance	balance	balance	balance	balance

(e) Health Physics Certification on Decontamination.

Decontamination of the opening of sheath after pellets loading was completely done.

Therefore, contamination of welds was not detected by both smear method and direct survey of  $\alpha$ -ray.

Surface contamination was also not detected.

These results are shown in the following ;

- i) Results of decontamination of sheath opening after pellets loading.

<u>Pin No.</u>	<u>Smear survey (dpm)</u>	<u>Direct survey (dpm)</u>
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0

- ii) Results of decontamination of welds.

<u>Pin No.</u>	<u>Smear survey (dpm)</u>	<u>Direct survey (dpm)</u>
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0

- iii) Results of survey of surface contamination of each pin.

<u>Pin No.</u>	<u>Smear survey (dpm)</u>	<u>Direct survey (dpm)</u>
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0

## Appendix 3

### 高速実験炉炉心燃料被覆管仕様書

昭和43年11月28日

昭和44年1月16日 第1回改訂

昭和44年3月19日 第2回改訂

昭和44年8月12日 第3回改訂

# 目 次

1. 適用範囲 .....	45
2. 参考規格 .....	45
3. 製造 .....	45
3.1 溶解 .....	45
3.2 熱処理および冷間加工度 .....	45
4. 化学成分 .....	45
4.1 ヒートの定義 .....	46
5. 機械的性質 .....	46
6. 金属組織 .....	47
6.1 結晶粒度 .....	47
6.2 介在物 .....	47
7. 寸法精度 .....	47
7.1 真直度 .....	47
7.2 真円度 .....	47
7.3 寸法公差 .....	47
8. 表面仕上 .....	47
9. 洗浄 .....	48
10. 試験・検査 .....	48
10.1 機械強度試験 .....	48
10.1.1 編平試験 .....	48
10.1.2 フレア試験 .....	48
10.1.3 硬さ試験 .....	48
10.1.4 水圧試験 .....	48
10.1.5 水圧硬壊試験 .....	48
10.2 探傷検査 .....	49
10.2.1 浸透試験 .....	49
10.2.2 超音波探傷検査 .....	49
10.3 腐蝕試験 .....	49



1 0. 3. 1	粒界腐触	49
1 0. 3. 2	耐食性	49
1 1.	製造履歴	49
1 2.	抜取法および抜取率	49
1 3.	提出書類	50

## 1. 適用範囲

本仕様書は高速実験炉用燃料被覆管に使用される A I S I 3 1 6 継目無しステンレス鋼管について規定するものである。

本仕様書に基づく製品は特に指定する場合を除いて、A S T M A - 4 5 0 の条項に合致しなくてはならない。

## 2. 参考規格

ASTM A-450 General Requirement for Alloy Steel Tubes

E-165 Liquid Penetrant Inspection

A-370 Mechanical Testing of Steel Products

E-112 Estimating the Average Grain Size of Metals

E- 45 Determining Inclusion Content of Steel

A-262 Intergranular Attack in Stainless Steel

## 3. 製造

### 3.1 溶解

素材は真空溶解したものでなければならない。

### 3.2 熱処理および冷間加工度

製品は溶態化処理後 8 % ~ 1 5 % の冷間加工を施さなければならない。

## 4. 化学成分

製品の化学成分は表 4 の仕様に合致しなくてはならない。

表4 化学成分

元素名	重量パーセント
炭素	0.04~0.08
マンガン(最大値)	2.00
磷( # )	0.03
硫黄( # )	0.03
珪素( # )	0.75
ニッケル	11.00~14.00
クロム	16.00~18.00
モリブデン	2.00~3.00
コバルト(最大値)	0.10
ボロン( # )	0.0010
窒素( # )	0.035
鉄	バランス

供給は各ヒートについて分析を行ない、仕様を満足していることを確認し、その結果を購入者に報告しなくてはならない。製品についても購入者の指示する採取法および採取率に従って各ロットについて分析を行ない、その結果を購入者に報告しなくてはならない。

#### 4.1 ヒートの定義

ヒートは単一の均一な溶解と定義される。

ロットは同一ヒートより連続的に製造され、同一焼鈍バッチで焼鈍された同一寸法および肉厚の製品でしかも連続的に検査されたものをいう。

### 5. 機械的性質

製品は表5に示す機械的性質を満足するものでなければならない。試験片の採取法および採取率は購入者が指定するものとする。

表5 機械的性質

#### A 室温における機械的性質(最小値)

抗張力 (Kg/mm <sup>2</sup> )	0.2%耐力 (Kg/mm <sup>2</sup> )	伸び - 50 mm (%)
60	40	25

B 650℃における機械的性質（最小値）

抗張力 ( $Kg/mm^2$ )	0.2%耐力 ( $Kg/mm^2$ )	伸び - 50 mm%
30	20	15

6. 組 織

6.1 結 晶 粒 度

ASTM E112 に示されている方法および購入者の指示する採取法および採取率によって試験を行ない、最大結晶粒度がASTM No.6以下でなければならない。

6.2 介 在 物

素材および最終製品における介在物をASTM E-45の規定に従って検査しなければならない。

採取法、採取率および判定基準は購入者が指示するものとする。

7. 寸 法 精 度

7.1 真 直 度

製品には折れ、ねじれがあってはならない。曲りは1000mmにつき0.75mm以下でなければならない。検査は製品全数について行なわなければならない。

7.2 真 円 度

真円度は肉径の最大値と最小値の差として定義される。製品全数について真円度は0.05mm以下でなければならない。

7.3 寸 法 公 差

内径、外径および肉厚の公差は下記の限界をこえてはならない。検査は製品全数について行なうものとする。

内径 (mm)	± 0.025
外径 (mm)	± 0.030
肉厚 (mm)	± 0.030
長さ (mm)	$\begin{matrix} \pm 10 \\ - 0 \end{matrix}$

8. 表 面 仕 上

製品の内外表面には酸化物等の有害な附着物があってはならない。表面粗さはJIS 3S以

以下でなければならない。

## 9. 洗 浄

洗浄において塩素を含む洗剤の使用は望ましくない。供給者が塩素を含む洗剤を使用する場合は、本仕様書による引合時に購入者にその旨報告し、検査報告書において製品の表面における残留塩素が表面10 cm<sup>2</sup>あたり0.0008 mg以下であることを示さなければならない。

検査の方法は購入者の承認をうけなくてはならない。

## 10. 試験・検査

### 10.1 機械強度試験

#### 10.1.1 偏平試験

ASTM A-450の試験法および購入者の指示する採取法によって試験しなければならない。

#### 10.1.2 フレアー試験

ASTM A-450に示されている試験法および購入者の指示する採取法および採取率によって試験しなければならない。

#### 10.1.3 硬さ試験

購入者の指示する採取法および採取率にもとづいて試験を行なわなければならない。

#### 10.1.4 水圧試験

製品は全数について下式で与えられる圧力で常温における水圧試験を行なわなければならない。保持時間は30秒以上でなければならない。

$$P = \frac{2st}{D}$$

P 圧力

s 表5に示す0.2%耐力の1/2

t 公称肉厚

D 公称外径

#### 10.1.5 水圧破壊試験

購入者の指示する採取法および採取率にもとづいて水圧破壊試験を行ない破壊圧

力が800Kg/cm<sup>2</sup>、降伏圧力が650Kg/cm<sup>2</sup>以上でなければならない。

## 1 0.2 探 傷 検 査

### 1 0.2.1 浸透試験

製品は全数についてASTM E-165に規定する方法にもとづいて管外表面の浸透試験を行ない。肉眼で識別しうる欠陥があってはならない。

### 1 0.2.2 超音波探傷検査

製品は全数、適当な装置によって超音波探傷を行ない、標準試片における信号と同等以上の欠陥信号を示すものは不合格とする。標準試片は深さ0.025mm、長さ0.75mmの横方向および縦方向の人工欠陥を有するものとする。

超音波探傷において全長に亘ってシャワー・エコーの発生がある場合、標準試片に対する欠陥信号の1/4以上のシャワー・エコーがあれば不合格とする。但しシャワー・エコーの発生が局部的な場合はこの限りでない。

## 1 0.3 腐 蝕 試 験

### 1 0.3.1 粒 界 腐 蝕

購入者の指示する採取法および採取率による試片について断面の顕微鏡観察をエッチング無しで100倍の倍率で行ない、粒界腐蝕があってはならない。

### 1 0.3.2 耐 食 性

製品はASTM A-262にもとづいて耐食試験を行なわなければならない。試験においては炭化クロム析出物とシグマ相析出物に伴う粒界腐蝕のいずれをも試験しなければならぬ。合格基準は購入者で指示するものとする。

## 1 1. 製 造 履 歴

供給者は製品の製造履歴について、引合時に報告しうる範囲を明らかにし、製品納入時に報告書を提出しなくてはならない。

## 1 2. 採取法および採取率

採取法および採取率は購入者の定める品質管理方案の条項に合致しなくてはならない。

## 1 3. 取扱い、梱包および輸送

製品は表面を損傷しないよう注意して取扱い、梱包および輸送しなくてはならない。

製品は一本づつ紙またはポリエチレンで包装し、輸送中の曲りおよび損傷の恐れのない輸送容器で輸送しなくてはならない。

輸送容器には下記の項目について明確に表示しなくてはならない。

- 1) 注文番号
- 2) 供給者名
- 3) 等級
- 4) 寸法
- 5) ロットおよびヒートまたはインゴット番号

#### 1.4. 提出書類

供給者は下記の書類および試料を定められた時期に購入者に提出し、その承認を得なくてはならない。

項目	提出部数	提出時期
製造要領書		先行試験前
品質管理方案		"
製造予定		"
先行試料		"
試験検査成績書*	3	試験検査後30日以内
ロット記録	3	製造後(ロット)30日以内

Appendix 4

材 料 検 査 成 績 表

被 覆 管  
端 栓  
ス プ リ ン グ





# 検査成績表

No. Q. 3162 P-24

昭和 45 年 4 月 25 日

尼崎市東向島西之町一番地  
住友金属工業株式会社鋼管製造所

注文先 動力炉・核燃料開発事業団 殿 規格名 AISI 316 S-G

作業番号 Q. 3162 寸法 外径 mm 厚 mm 長さ mm  
6.3(5.6) 0.35 2000 仕様番 「A-低101」

受注数量 800 83 完

検査数量 68 Pcs. 管径 S3469 - S3536

非金属介在物試験

水圧試験	検査	試験						被験水圧値 (kg/cm <sup>2</sup> )		T				H				
		表面、寸法	扁平	抑括	曲ゲ	鋸出	マイクロ	腐食	降	伏	A 系	B 系	C 系	D 系	0	0		
230 kg/cm <sup>2</sup>	○	○	○				○	○	降 伏 値 (規格 ≥ 650): 910, 895	0	0	0	0	0	0	0		
									被 験 値 (" ≥ 800): 945, 920	0	0	0	0	0	0	0		
※○は検査、試験結果良を示す																		
Ch. 径	試験番号	引張試験			カタサ		化 学 成 分 %											
		降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	引張強サ kg/mm <sup>2</sup>	伸 50% (mm)	HV	HkE	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Co	B	N
規格 最小		40	60	25	—	—	.04						11.00	16.00	2.00			
規格 最大		—	—	—	—	—	.08	.75	2.00	.03	.03	—	14.00	18.00	3.00	.10	.001	.035
980620	高温	57.5 58.6	70.9 70.6	3.1 3.2	260/101.0 274/101.4	V-FML	.06	.58	1.52	.003	.017	.23	13.14	16.60	2.82	.02	.0005	.0262
	最小 最大	20 —	30 —	15 —														
Lot No. 2	高温	34.1 33.9	42.7 42.7	24 24		チエツク	.06 .06	.58 .58	1.57 1.57	.003 .003	.013 .014	.23 .23	13.25 13.25	16.80 16.77	2.57 2.57	.02 .02	.0003 .0003	.0262 .0262

記 超音波試験：別紙  
液体浸透試験：良  
オーステナイト濃度 (1/6 FINER) : 7.2.7.1  
面状浸透試験：別紙

55

住友金属工業株式会社鋼管製造所  
検定部 検査課長



FBR 被験管

FBR 被覆管



KOBE STEEL, LTD.

Certificate of Test Results

NORTH CHOFU PLANT  
2, MINATOMACHI, CHOFU, SHIMONOSEKI  
YAMAGUCHI-PREF, JAPAN  
HEAD OFFICE  
36-1,1-CHOME WAKINOHAMA-CHO, FUKUI-KU, KOBE

CABLE ADDRESS  
KOBE STEEL KOBE

No. S - 70 - 25

DATE '70 - 7 - 4

CUSTOMER 動力炉核燃料開発事業団			KIND OF MATERIAL Stainless Steel Seamless Tubes, Bar for Nuclear Reactor			
CUST. SPEC. ASTM A - 450		GRADE AISI 316	CONDITION 冷間加工材		SHIPPING DATE '70 - 7 - 8	
Manufacture No. SV 41651	Charg No. GWC-0001	Lot No. 1	Size mm 6.3 OD x 0.35 t x 2,000 L No. 3001 ~ 3250		Pieces 450	
Weight kg 46.8		Remarks				

CHEMICAL ANALYSIS			MECHANICAL PROPERTIES			
	Spec. トリベチエツク		Lot Position	Spec.	(1)	(2)
C %	0.04-0.08	0.072	Tensile Temp. R.T			
Si	0.75	0.58	UTS	kg/cm <sup>2</sup>	60	76.6 77.5
Mn	2.00	1.67	YS 0.2% offset	kg/cm <sup>2</sup>	40	62.9 63.1
P	0.03	0.014	Elongation	% in mm	25	34 33
S	0.03	0.013	Flare	%OD Expansion	21	*47.6 *48.9
Ni	1.00	12.47	Flatten	% of OD	H=2.6	2.0 1.5
Cr	16.00-18.00	17.13	Burst	kg/cm <sup>2</sup>	800	1060 1080
Co	0.10	0.04	Burst Y.S	kg/cm <sup>2</sup>	650	980 950
Mo	2.00-3.00	2.54	Grain Size	ASTM No.	6.0	9.0 9.0
			Surface Roughness	内	≦ 3.0S	0.6 0.5
				外	≦ 3.0S	2.0 1.8
			Surface Appearance			

SUPPLEMENTAL INFORMATION

1) 高温引張 (650°C)

	Spec.	(1)	(2)
U.T.S	≧ 30kg/mm <sup>2</sup>	44.3	45.2
Y.S	≧ 20kg/mm <sup>2</sup>	38.0	39.2
E(in50m/m)	≧ 15%	27	26

2) 介在物 B Type - 0.5

3) 硬度

	(1)	(2)
マイクロピツカース	268	263

4) 表面状況

全数合格

CORROSION TESTS

Lot Position	hours	°C	kg/cm <sup>2</sup>	Rou No.
Gain				
Appearance				
Intercrystalline Corrosion				

NON DESTRUCTIVE TEST

Ultrasonic	全数合格
Hydrostatic 220 kg/cm <sup>2</sup>	全数合格
螢光探傷	全数合格

REMARKS

- 5) 粒界腐食 合格
- 6) 腐食試験 合格

It is herewith certified that the above materials are satisfactory in compliance with the requirements specified in the contract.

KOBE STEEL, LTD.  
NORTH CHOFU PLANT

*T. Onishi*  
Manager of Technical Section.

DFR-332/5.6.7ピンの螺作用被覆管検査成績一覽表

昭和45年8月28日

第1

管 番 号	外觀検査 (内は表面 アラサ)	重量測定 (g)	寸 法 検 査						超 音 波 試 験		備 考		
			全 長 (mm)	真 直 度 (mm)	外 径 (mm)		内 径 (mm)		内 厚 (mm)				
					最 大 値	最 小 値	最 大 値	最 小 値	最 大 値	最 小 値		欠 陥	
規 格 値			520 ± 0.5		6.300 ± 30 μ	5.600 ± 25 μ	0.35 ± 30 μ	0.35 ± 30 μ					
S 3471-1	D(A)				6.304	6.302	5.596	5.599		0.362	0.343	A	
S 3471-2	D(A)				6.304	6.301	5.596	5.594		0.362	0.342	A	
S 3471-3	D(A)				6.308	6.304	5.597	5.595		0.367	0.335	A	
S 3494-1	D(A)				6.304	6.302	5.595	5.594		0.364	0.339	B	332/7 No.7-1
S 3494-2	D(A)				6.302	6.300	5.595	5.594		0.363	0.340	B	332/5 No.1
S 3494-3	D(A)				6.302	6.300	5.596	5.594		0.362	0.342	B	332/5 No.2
S 3495-1	D(A)				6.308	6.302	5.595	5.594		0.363	0.339	B	
S 3495-2	D(A)				6.302	6.300	5.595	5.594		0.362	0.340	B	332/7 No.7-2
S 3495-3	D(A)				6.304	6.300	5.595	5.594		0.362	0.341	B	
S 3510-1	D(A)				6.303	6.301	5.602	5.600		0.361	0.346	A	
S 3510-2	D(A)				6.303	6.302	5.602	5.600		0.364	0.343	A	
S 3510-3	D(A)				6.304	6.302	5.602	5.599		0.364	0.343	A	
S 3513-1	D(A)				6.303	6.301	5.609	5.603		0.366	0.347	A	
S 3513-2	D(A)				6.303	6.302	5.607	5.604		0.367	0.346	A	
S 3513-3	D(A)				6.303	6.301	5.604	5.603		0.370	0.343	A	
	( )												
K 3061-1	B(A)				6.311	6.302	5.597	5.595		0.362	0.342	B	
K 3061-2	B(A)				6.302	6.295	5.595	5.590		0.361	0.342	B	332/6 No.6-3
K 3061-3	B(A)				6.299	6.295	5.593	5.591		0.357	0.345	B	332/5 No.3
K 3069-1	B(A)				6.313	6.302	5.595	5.593		0.362	0.351	B	
K 3069-2	B(A)				6.304	6.301	5.594	5.591		0.362	0.346	B	
K 3069-3	B(A)				6.304	6.301	5.594	5.591		0.363	0.348	B	
K 3071-1	C(A)				6.313	6.303	5.595	5.593		0.364	0.351	B	
K 3071-2	C(A)				6.304	6.302	5.594	5.591		0.361	0.350	B	
K 3071-3	C(A)				6.304	6.303	5.594	5.591		0.361	0.351	B	332/5 No.4



# 検査課依頼作業結果報告書

受付番号 8

件名 DFR 端栓の寸法、重量検査

受付年月日 95.8.20

依頼者名 Pu 燃製造課  
 依頼課名

課長	係長	係員
(印)	(印)	(印)

作業者名 小松田 本橋

作業年月日 95.9.1~9.2.



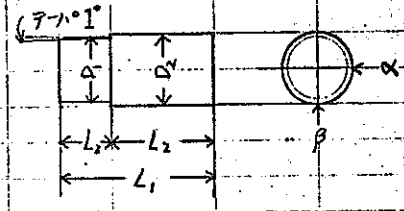
使用機器名:	マイクロメータ、投影機、メジャー。
条件:	
結果:	測定結果は別紙検査記録の通りです。 測定位置は、検査記録内に図示している通り。 各ピン両端に既に、端栓が現物合せで組合せられているために、 ハンパのナンバー貼付部を、 $D_1, D_2, L_1, L_2, L_3, W$ とし、反ナンバー側を、 $D_1', D_2', L_1', L_2', L_3', W'$ とにあらわす。 $D_1, D_2$ は、マイクロメータにて測定 ( $\frac{1}{100}$ mm) $L_1, L_2$ は、マイクロメータにて測定、( $\frac{5}{100}$ mm 以下) $L_3$ は、 $[L_1 - L_2]$ の算出値 $W$ は、メジャー 0.1g 目盛 $\frac{1}{100}$ g の桁は、目読 テハ角度は、投影機にて測定。
特記事項:	
備考	

DFR 332/5.6.7 用端栓 検査記録

459.1 No.

	外径 (D <sub>1</sub> ) 5.6 <sup>±0.03</sup> mm				外径 (D <sub>2</sub> ) 6.3 <sup>±0.03</sup> mm				長さ (L <sub>1</sub> ) 15mm		長さ (L <sub>2</sub> ) 10mm		長さ (L <sub>3</sub> ) 5mm		重量	
	D <sub>1α</sub>	D <sub>1β</sub>	D <sub>1α'</sub>	D <sub>1β'</sub>	D <sub>2α</sub>	D <sub>2β</sub>	D <sub>2α'</sub>	D <sub>2β'</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>1'</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>2'</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>3'</sub>	W	W'
K-3061-1	5.60	5.61	5.61	5.61	6.30	6.30	6.28	6.28	15.0	15.0	9.95	10.0	5.05	5.0	3.4	3.4
2	5.60	5.60	5.61	5.61	6.30	6.30	6.30	6.30	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.4	3.41
3	5.60	5.60	5.61	5.61	6.28	6.28	6.30	6.30	15.05	15.0	10.05	10.0	5.0	5.0	3.4	3.41
K-3069-1	5.58	5.58	5.60	5.60	6.30	6.30	6.30	6.30	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.4	3.41
2	5.61	5.61	5.60	5.60	6.28	6.28	6.32	6.32	15.0	15.05	10.0	10.05	5.0	5.0	3.4	3.42
3	5.60	5.60	5.61	5.61	6.29	6.29	6.31	6.31	15.05	15.0	10.0	9.95	5.05	5.05	3.4	3.41
K-3071-1	5.58	5.58	5.59	5.59	6.31	6.31	6.31	6.31	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.4	3.41
2	5.57	5.57	5.60	5.60	6.31	6.31	6.31	6.31	15.05	15.05	10.05	10.05	5.0	5.0	3.41	3.42
3	5.60	5.60	5.58	5.58	6.29	6.29	6.31	6.31	15.0	14.95	10.0	9.95	5.0	5.0	3.4	3.4
K-3085-1	5.61	5.61	5.60	5.60	6.30	6.30	6.31	6.31	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.41	3.41
2	5.59	5.59	5.60	5.60	6.31	6.31	6.32	6.32	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.41	3.42
3	5.61	5.61	5.61	5.61	6.30	6.30	6.30	6.30	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.41	3.41
S-3471-1	5.60	5.60	5.60	5.60	6.30	6.30	6.29	6.29	15.05	15.0	10.0	10.0	5.05	5.0	3.41	3.4
2	5.60	5.60	5.62	5.62	6.31	6.31	6.31	6.31	15.05	15.0	10.0	9.95	5.05	5.05	3.41	3.41
3	5.62	5.62	5.62	5.62	6.31	6.31	6.30	6.30	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.42	3.41
S-3494-1	5.58	5.58	5.60	5.60	6.28	6.28	6.31	6.31	15.05	15.05	10.0	10.05	5.05	5.05	3.4	3.41
2	5.60	5.60	5.62	5.61	6.30	6.31	6.29	6.28	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.41	3.4
3	5.61	5.61	5.61	5.62	6.29	6.29	6.32	6.32	15.05	15.0	10.0	10.0	5.05	5.0	3.41	3.43
S-3495-1	5.57	5.57	5.62	5.62	6.31	6.31	6.31	6.31	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.4	3.41
2	5.57	5.58	5.60	5.60	6.31	6.31	6.31	6.31	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.41	3.43
3	5.60	5.60	5.60	5.60	6.29	6.29	6.29	6.29	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.41	3.4
S-3510-1	5.60	5.60	5.62	5.62	6.29	6.29	6.30	6.30	15.0	15.05	10.0	10.0	5.0	5.05	3.41	3.42
2	5.57	5.57	5.59	5.59	6.31	6.31	6.31	6.31	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	3.41	3.41
3	5.60	5.60	5.61	5.62	6.31	6.32	6.30	6.30	15.0	15.05	10.0	10.05	5.0	5.0	3.42	3.41
予-ハ-取戻採取測定	NO	RNO														
K-3069-1	55'	56'														
K-3071-1	56'	56'														
K-3061-1	58'	56'														
S-3494-1	54'	54'														
S-3510-1	54'	54'														
S-3495-1	1° 02'	1° 02'														

端栓 試験項目位置



(57)

# 検査課依頼作業結果報告書

受付番号 9

件名 スプリング検査

受付年月日 45.8.24

依頼者名 可燃製造課

課長 係長 係員

依頼課名

渡部

作業者名 一の関

作業年月日 45.9.8.

三浦

使用機器名:	マイクロメータ、ノキス、ハネ試験機
条件:	
結果:	<p>スプリング 10ヶ について、</p> <p>外径、自由長、巻数、線径、ハネ定数 について、測定法、測定結果、別紙の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ スプリング 外径は規格値に幾分小さいものが多い。</li> <li>○ 有効巻数 については、ハネの座の判定で 3/4 巻位に見られることもないが、總体的には良。</li> <li>○ 他の測定値については、何れも規格内である。</li> </ul>
所要時間:	
備考	

スプリング検査 ( DFR 照射用ピンに使用する )

S. 4 5. 9. 8

油		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
外 径	$\alpha$	5.30	5.27	5.31	5.34	5.28	5.28	5.30	5.29	5.29	5.30
	$\beta$	5.30	5.27	5.31	5.31	5.28	5.28	5.30	5.29	5.29	5.29
	$\alpha'$	5.32	5.30	5.31	5.27	5.28	5.28	5.29	5.29	5.29	5.28
	$\beta'$	5.32	5.30	5.31	5.27	5.28	5.28	5.29	5.29	5.29	5.28
自由長		128.35 <sup>mm</sup>	128.55	128.3	128.50	128.15	128.55	128.4	128.45	128.5	128.35
巻 数	総 巻	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	有効巻	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
バネ定数	200g		126.9		126.9		127.15		127.1		126.6
	500g		124.7		124.45		125.1		124.35		124.4
	1430g		117.95		118.0		118.2		117.9		117.4
	定 数		$\frac{Kg}{mm}$ c.128		0.130		0.14		0.135		0.123
ワイヤ径		0.79 <sup>mm<math>\phi</math></sup>	0.79	0.79	0.79	0.79	0.80	0.80	0.79	0.79	0.79

Material : SWPB

測定方法, 測定位置.



- 外 径 軸方向の2点について, 直角2方向 ( $\alpha$ ,  $\mu$ ) をマイクロメーターで測定
- 自由長 全長をノギスで測定
- 巻 数 目測
- バネ定数測定 2本に1本の割合で抜取り, バネ試験機にて, 2000g, 500g, 1430g の荷重をかけた時の, スプリング長さ測定から, 平均バネ定数を測定
- 線径測定 スプリング中央部任意の点1点を, マイクロメーターで測定



寫

# 試験成績表

昭和45年 8月 19日

東京都墨田区押上2丁目14番1号 131

森発條株式会社 殿

株式会社 朝田商店

03 (625) 3121番 (代)

製造メーカー	KOPIS線 0.8φ 鈴木金属工業株式会社 製品													
化学分析試験	分析項目 規格 番	品名	炭 C%	硅 Si%	マンガン Mn%	磷 P%	硫 S%	ニッケル Ni%	クローム Cr%	タングステン W%	銅 Cu%	錫 Sn%	モリブデン Mo%	摘要
		SWP2A												
	D	51305	0.07	0.21	0.51	0.008	0.008				0.01			

試験成績	試験項目 規格	品名	mm 線径	kg 重量	kg/mm <sup>2</sup> 抗張力	捻回値	屈曲値						
		SWP-B											
	51305 D	50501 3167	0.800 0.800	10.6	242 244	3 3.5							

(60)

# 発條試験成績表

No. \_\_\_\_\_

勤打炉核燃料用鉄事業団御中

昭和 46年 9 月 7 日

註番 \_\_\_\_\_

作番 \_\_\_\_\_

図番 ~~332~~ 332/5

品名 圧縮バネ

個数 20

立合検査員氏名 \_\_\_\_\_

検査員氏名 \_\_\_\_\_

	材質	線径	内径	中心径	外径	有効巻数	全巻数	捲方向
規格寸法	SWP-B	0.8 <sup>φ</sup>			5.4	22	24	右
製作寸法	"	"			5.45	22	24	"
許容公差					±0.1			

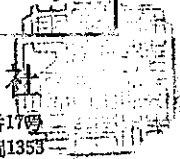
規格番号	無荷重ノ長サ%	(負荷重ノ時)			(負荷重ノ時)			(負荷重ノ時)			最大荷重(%)	試験後ノ変形	備考
		荷重kg	長サ%	伸び%	荷重kg	長サ%	伸び%	荷重kg	長サ%	伸び%			
1	128.1	1.43	117	0.130	200g	97.3	500g	97.3	14g	97.3		0	
2	128.2	1.48	"	0.130	"	1.5	"	3.8	"	9.5		"	
3	128.3	1.51	"	0.130	"	1.5	"	3.7	"	9.4		"	
4	128.1	1.46	"	0.131	"	1.5	"	3.8	"	9.6		"	
5	128.4	1.52	"	0.130	"	1.6	"	3.2	"	9.5		"	
6	129.9	1.49	"	0.134	"	1.4	"	3.6	"	7.9		"	
7	128.6	1.55	"	0.130	"	1.5	"	3.7	"	7.6		"	
8	128.1	1.48	"	0.130	"	1.4	"	3.7	"	7.4		"	
9	128.5	1.54	"	0.130	"	1.5	"	3.7	"	7.5		"	
10	128.4	1.52	"	0.130	"	1.5	"	3.7	"	7.5		"	
11	128.2	1.46	"	0.130	"	1.6	"	3.0	"	7.7		"	

試験番号 \_\_\_\_\_



森発條株式会社

本社工場 東京都墨田区文花1丁目1番17号  
東海工場 茨城県那珂郡東海村大字豊岡1353



611

## Appendix 5

### D F R の 運 転 情 況 と 温 度 分 布 計 算

本照射試験は Run 68, 69, 70, 71, 73 の合計5サイクルにわたって行なわれるものである。現時点(1971.9.30)では Run 70 の運転中である。

これまでに Run 68 に関する運転状況と温度分布計算結果を Monthly Report として入手しているので、それらの概要を記す。

#### Run 68 の運転状況

1971. 2. 12	Run 68 Startup
1971. 2. 15	59 MW出力
1971. 2. 16	60 MW出力 ( Full Power )
1971. 3. 29	Diesel Failure のため出力減少(10 KW出力)
1971. 3. 30	出力上昇 60 MW出力 ( Full Power )
1971. 4. 11	Run 68 Shut-down

Total MWD	3349 MWD
平均標準全出力	60.5 MW
全出力等価日	55.4 DAYS

CONDITIONS AT END OF RUN 68 FOR DFR 332/5  
CALCULATED NOMINAL CONDITIONS AT FULL POWER

FULL POWER IRRADIATION (DAYS) 55.4

AT REACTOR PITCH 7

FUEL 17.66 PC.PU 59.76 VU OXIDE

	MAXIMUM	MEAN	
RATING	171.3	155.5	WATTS/GM
BURN-UP	1.17	1.06	PERCENT H.A.T.
	3576.	8697.	MWD/TE.FUEL
DOSE TOTAL	1.19		E22.NVT
DOSE GP 1	0.03		E22 NVT GT 3.68MEV

COOLANT FLOW RATE 842.0 LB/HR

Z CM	PIN RATINGS		BURN-UP		TEMPERATURES (DEG. C)						
	W/GM	W/CM	PC.HA	MWD/TE	CLADDING INNER	CLADDING MEAN	CLADDING OUTER	COOLANT MEAN	COOLANT OUTER	REACTOR	
26.3 26.0	0.0	0.0	0.00	0.	229.	229.	229.	230.	232.	231.	Top End Plug
24.1 20.1 16.2 14.2	0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	0. 0. 0.	230. 232. 233.	230. 232. 233.	230. 232. 233.	231. 232. 233.	231. 233. 235.	238. 251. 264.	Gas & Spring
13.7 13.2	14.8	108.7	0.10	810.	241.	238. 239.	236.	235. 236.	234.	271.	Nat UO <sub>2</sub> Insulator
10.8 6.0 1.3 -3.5 -8.2 -13.0 -17.9 -22.5 -24.9	155.1 144.8 170.5 171.2 166.0 155.0 139.2 122.4	1154.2 1226.1 1258.5 1273.5 1235.1 1152.9 1035.6 910.8	1.06 1.12 1.16 1.17 1.13 1.06 0.95 0.83	4664. 9209. 9530. 9568. 9277. 8655. 7768. 6827.	318. 358. 420. 472. 521. 567. 607. 642.	296. 346. 398. 451. 502. 550. 592. 646.	275. 326. 378. 432. 484. 533. 578. 617.	259. 308. 360. 413. 466. 516. 562. 603. 621.	237. 285. 337. 390. 443. 495. 543. 585. 621.	281. 296. 311. 326. 341. 356. 372. 387.	Fuel
-25.4 -25.9	9.5	69.7	0.06	518.	625.	624. 624.	623.	622. 622.	620.	396.	Nat UO <sub>2</sub> Insulator
-26.7 -27.4	0.0	0.0	0.00	0.	624.	623. 623.	622.	622. 622.	622.	400.	Bottom End Cap
-28.2 -29.0	0.0	0.0	0.00	0.	622.	622. 622.	622.	622. 622.	622.	400.	

TIME = 3.00 MINS

(63)

## Appendix 6

### D F R 概 要

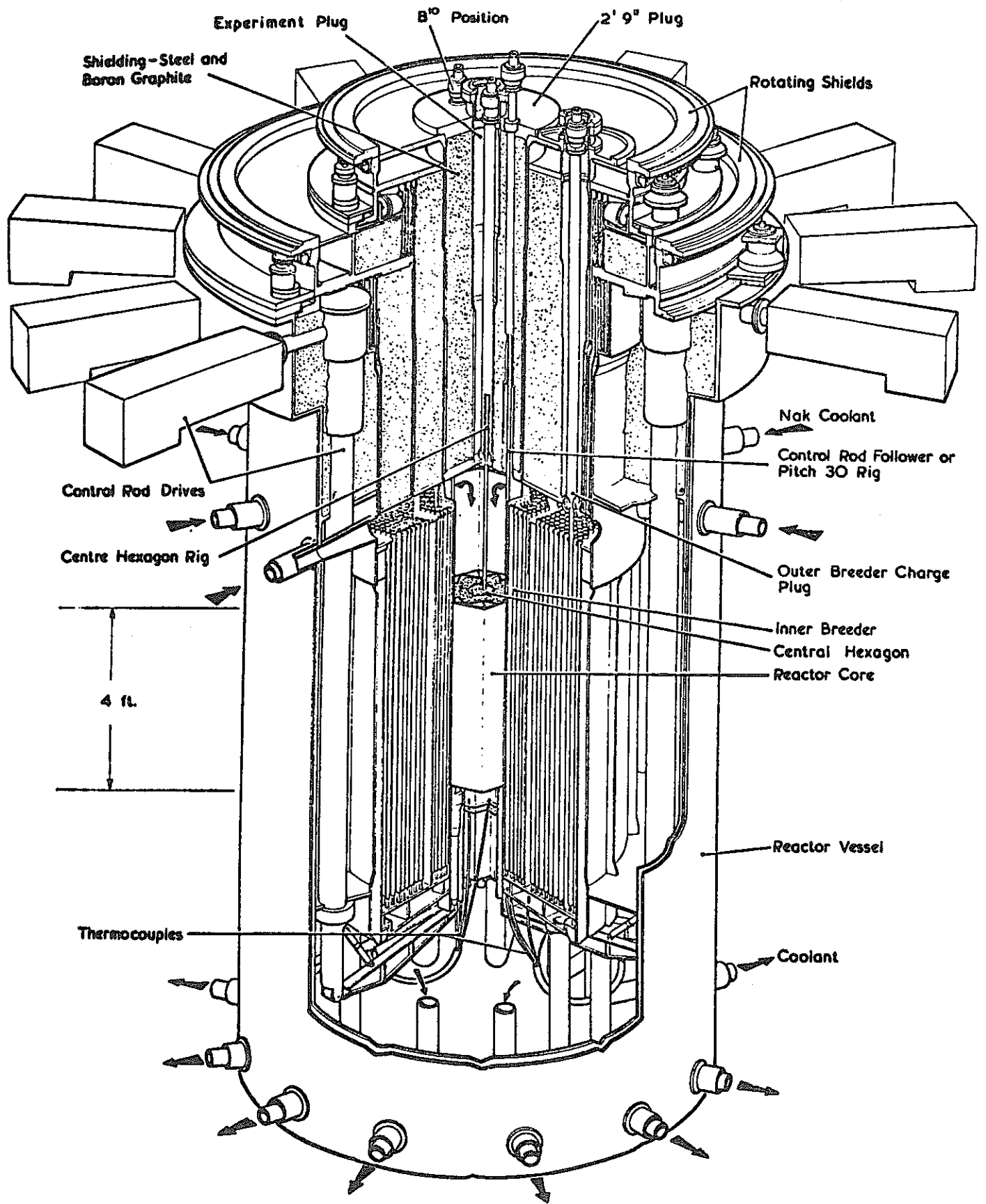
D F R 概 要 図

D F R 炉 心 詳 細 図

D F R 炉 心 配 置 図

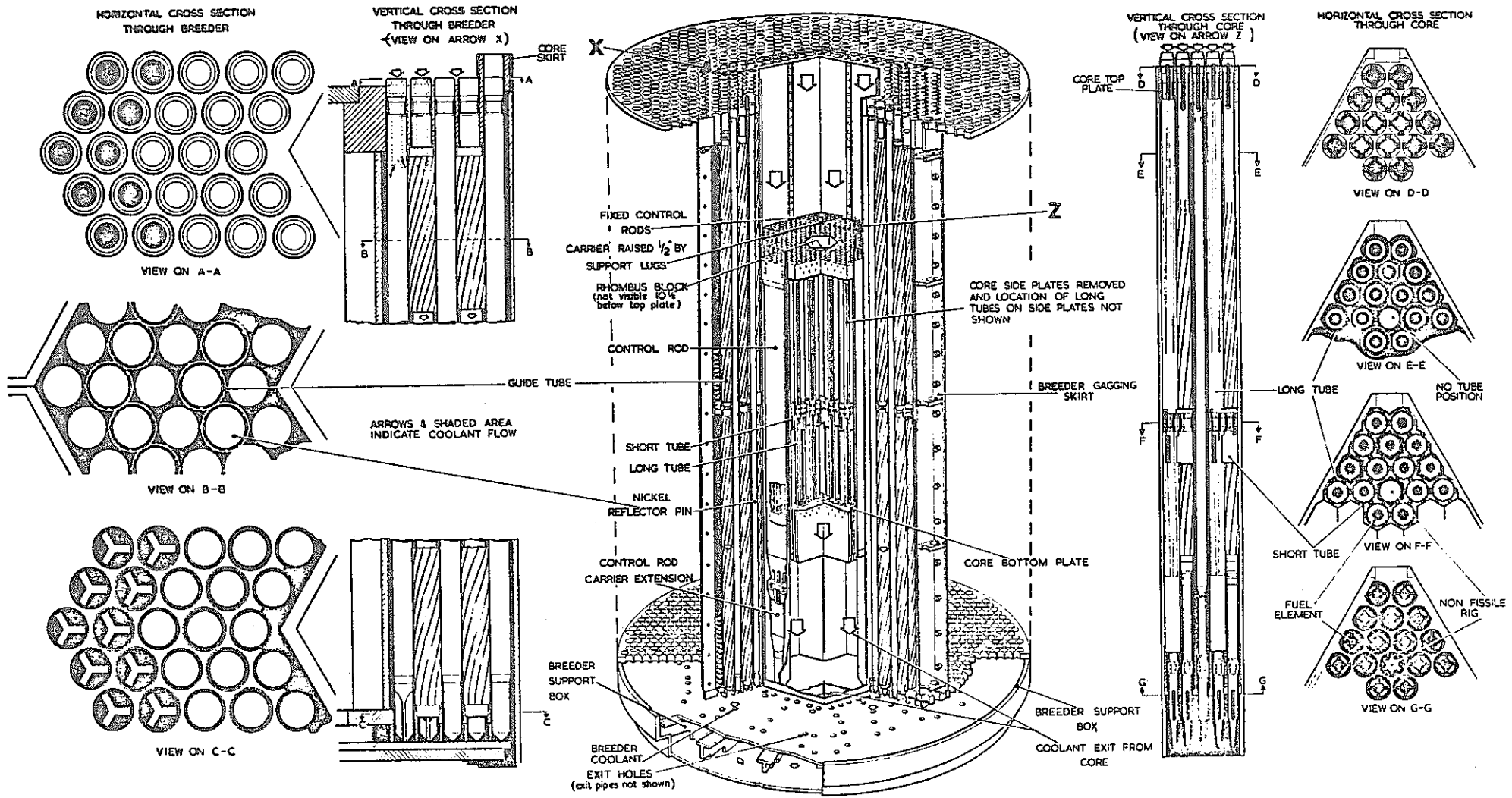
を示す。

本照射試験の試料は Pitch 7 (炉中心より 9.387 cm) で照射されており, Pitch 7 は炉心  
中に 6 箇所あり, その 1 箇所では照射されている。「D F R 炉心配置図」中, 黒くぬりつぶした丸  
が Pitch 7 である。



SIMPLIFIED CUT-AWAY VIEW OF DFR.

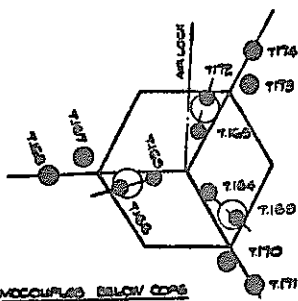
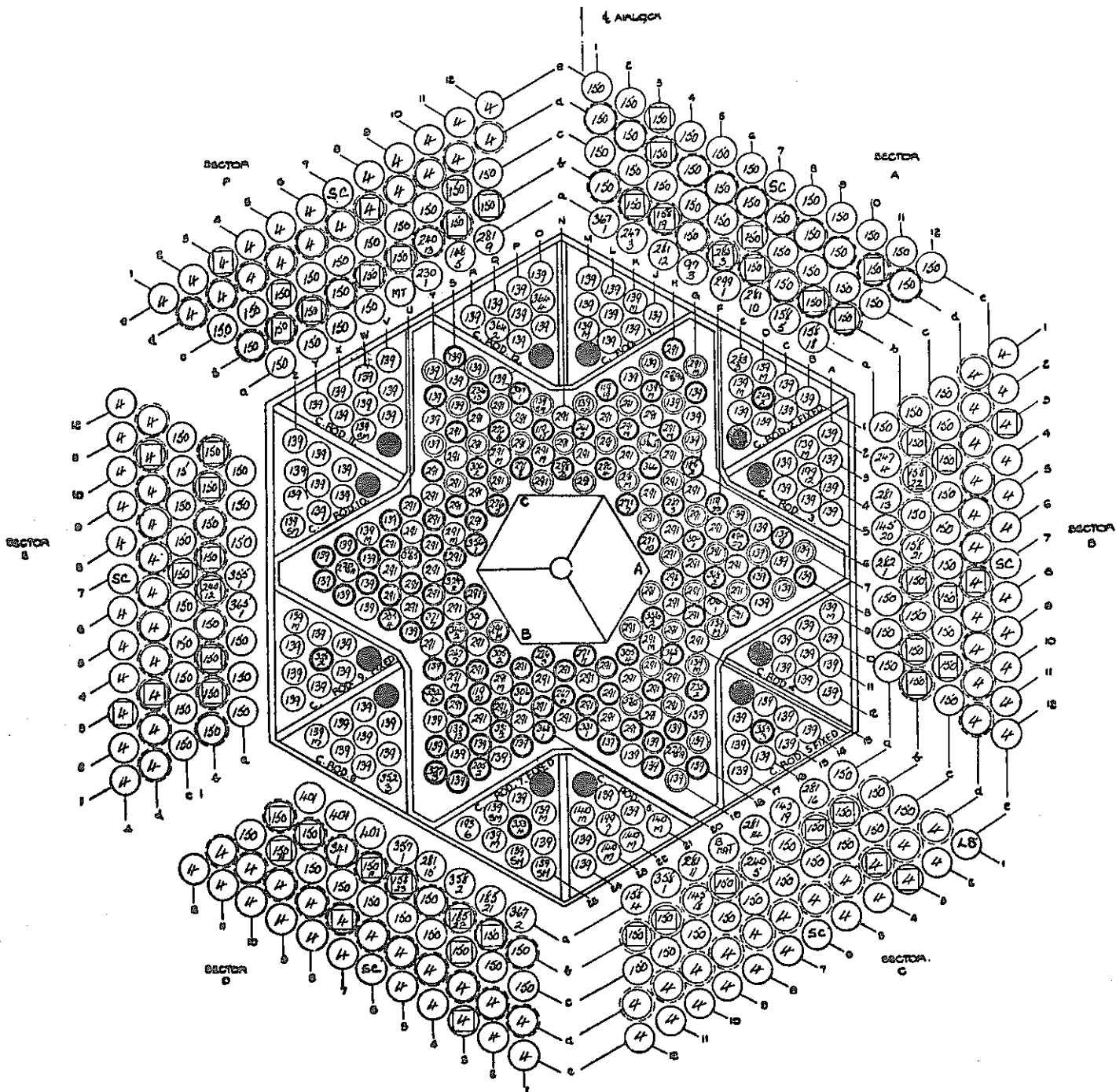
DFR 概要図



DETAILS OF CORE & INNER BREEDER (SHOWING COOLANT FLOWS)  
(CORE ELEMENTS OMITTED FOR CLARITY)

DFR 炉心詳細図

DOUNREAY EXPERIMENTAL REACTOR ESTABLISHMENT  
FAST REACTOR PROJECT OPERATIONS GROUP  
CORE & INNER BREEDER LOADING PATTERN.



DFR 炉心配列图



## Appendix 7

### 照射途中検査および照射後試験計画

合計5サイクル照射するうち、4サイクル照射終了後に照射途中検査（非破壊試験）を英国において行ない、その後残りの1サイクルを照射する。

照射後試験は英国において非破壊照射後試験を行ない、日本に持帰り後大洗工学センターの照射燃料試験室で破壊試験を行なう予定である。

## 1. 照射途中検査

- (1) 試料のセル内への搬入
- (2) ビークル外観検査
- (3) ビークルのラジオグラフィ
- (4) ビークル解体および燃料ピン取出し
- (5) 燃料ピン洗浄
- (6) 燃料ピン外観検査
- (7) 燃料ピンのラジオグラフィ
- (8) 燃料ピンの寸法測定
  - (a) 直径測定 (1インチ毎に Max. および Min.)
  - (b) 全長測定
  - (c) 曲がり測定
- (9) リーク検出のためのピン重量測定
- (10) ガンマー・スキャン (Zr/Nb, Ba/La, Ru)
- (11) 新ビークルの調達
- (12) 新ビークルへの燃料ピン組込み
- (13) 新ビークルのラジオグラフィ
- (14) 輸送用フラスクへのビークル装荷
- (15) 炉への輸送
- (16) 炉への装荷
- (17) 報告書準備

## 2. 非破壊照射後試験 (英国AEAのDEREにて)

- (1) 試料のセル内への搬入
- (2) ビークル外観検査
- (3) ビークルのラジオグラフィ
- (4) ビークル解体および燃料ピン取出し
- (5) 燃料ピン洗浄
- (6) 燃料ピン外観検査
- (7) 燃料ピンのラジオグラフィ
- (8) 燃料ピンの寸法測定
  - (a) 直径測定 (1インチ毎にMax. およびMin.)
  - (b) 全長測定
  - (c) 曲がり測定
- (9) リーク検出のためのピン重量測定
- (10) ガンマー・スキャン (Zr/Nb, Ba/La, Ru)
- (11) 輸送用フラスクへのピン装荷
- (12) 報告書準備

### 3. 破壊照射後試験 (大洗工学センターのAGFにて)

(1) FPガス、パンクチャテストおよびFPガス分析

ガス分析核種はHe, Ar, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Xe, Kr

Xe, Krの質量分析は試験可能かどうか要検討。

(2) 試料切断

(3) 金相試験

① 試料埋込

② 研磨、腐蝕

③ 光学顕微鏡 (Macro および Micrography)

④ XMA

(4) マクロ・アルファおよびマクロ・ベータ・ガンマラジオグラフィ

(5) Burnup 分析

(6) マイクロサンプリング

① サンプリング

② 詳細ガンマースペクトロメトリー

③ PuおよびUの同位体比分析

(7) 密度測定

① 燃料密度

② 被覆管密度 (照射済および未照射)

(8) 非破壊試験

各項目について要検討。

## Appendix 8

### 照射前燃料ピン検査結果の日・英比較

照射契約にもとづき英国AEAより燃料ピンについての照射前検査結果が報告されてきた。

その内容は

- (1) Fuel Pin Inspection Certificates
- (2) Concession Certificates
- (3) Non-destructive test certificates
- (4) Gamma Scan
- (5) Pin Radiographs

である。

PNCでも出荷前に検査しているので、その両者の結果を比較した。

比較対象は Pin 重量, Pin 全長, Pin 外径, 溶接ビード高さ等である。

1. Pin 重量

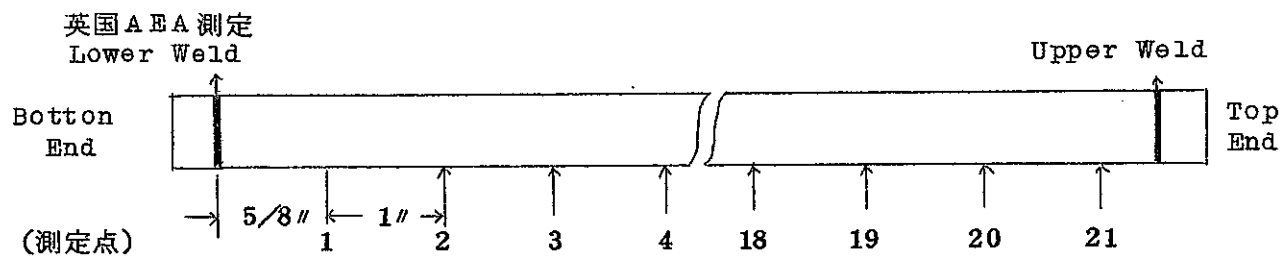
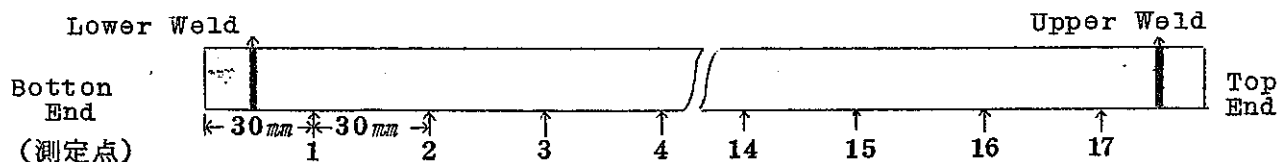
Pin No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
	S 1 2 1	S 1 2 2	S 1 2 3	S 1 2 4
P N C 測定値 (gr.)	1 3 4.6 4	1 3 5.1 3	1 3 7.8 2	1 3 4.1 0
英国 AEA 測定値 (gr.)	1 3 4.6 5	1 3 5.1	1 3 7.8 5	

2. Pin 全 長

Pin No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
	S 1 2 1	S 1 2 2	S 1 2 3	S 1 2 4
P N C 測定値 (mm)	5 4 9.8 2	5 4 9.9 8	5 4 9.9 8	5 4 9.9 0
(mm)	5 4 9.7 1	5 4 9.7 3	5 4 9.9 1	
英国 AEA 測定値 (ins)	2 1.6 4 2	2 1.6 4 3	2 1.6 5 0	
	at 70 F	at 70 F	at 70 F	

3. Pin 外 径

P N C 測定 : マイクロメータ (No. 500-3545) で測定



(1) №1 (S121)

PNC測定

測定点	Max.		Min.	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	6.300	6.298	6.298	6.298
2	6.302	6.298	6.298	6.298
3	6.301	6.300	6.298	6.298
4	6.300	6.299	6.298	6.298
5	6.302	6.298	6.298	6.298
6	6.301	6.298	6.298	6.298
7	6.299	6.298	6.298	6.298
8	6.301	6.300	6.298	6.298
9	6.300	6.299	6.298	6.298
10	6.301	6.300	6.298	6.298
11	6.300	6.299	6.298	6.298
12	6.300	6.298	6.298	6.298
13	6.301	6.298	6.298	6.298
14	6.301	6.299	6.298	6.298
15	6.300	6.300	6.298	6.298
16	6.302	6.300	6.298	6.298
17	6.300	6.300	6.298	6.298

英国AEA測定

測定点	Max.		Min.	
	(ins)	(mm)	(ins)	(mm)
1	0.2480	6.299	0.2478	6.294
2	0.2480	6.299	0.2479	6.297
3	0.2480	6.299	0.2479	6.297
4	0.2480	6.299	0.2480	6.299
5	0.2480	6.299	0.2480	6.299
6	0.2480	6.299	0.2479	6.297
7	0.2480	6.299	0.2479	6.297
8	0.2480	6.299	0.2480	6.299
9	0.2480	6.299	0.2479	6.297
10	0.2480	6.299	0.2480	6.299
11	0.2480	6.299	0.2480	6.299
12	0.2480	6.299	0.2479	6.297
13	0.2480	6.299	0.2479	6.297
14	0.2480	6.299	0.2480	6.299
15	0.2480	6.299	0.2480	6.299
16	0.2480	6.299	0.2480	6.299
17	0.2480	6.299	0.2479	6.297
18	0.2480	6.299	0.2479	6.297
19	0.2480	6.299	0.2480	6.299
20	0.2480	6.299	0.2480	6.299
21	0.2480	6.299	0.2480	6.299

(2) No.2 (S 1 2 2)

P N C 測定

測定点	Max.	Min.
	(mm)	(mm)
1	6.302	6.301
2	6.301	6.300
3	6.302	6.301
4	6.302	6.301
5	6.301	6.300
6	6.301	6.301
7	6.300	6.299
8	6.301	6.300
9	6.301	6.299
10	6.301	6.300
11	6.301	6.299
12	6.302	6.299
13	6.301	6.298
14	6.300	6.300
15	6.301	6.299
16	6.301	6.298
17	6.301	6.300

測定点	Max.		Min.	
	(ins)	(mm)	(ins)	(mm)
1	0.2483	6.307	0.2478	6.294
2	0.2481	6.302	0.2480	6.299
3	0.2482	6.304	0.2478	6.294
4	0.2480	6.299	0.2480	6.299
5	0.2480	6.299	0.2479	6.297
6	0.2480	6.299	0.2480	6.299
7	0.2480	6.299	0.2480	6.299
8	0.2480	6.299	0.2480	6.299
9	0.2480	6.299	0.2480	6.299
10	0.2480	6.299	0.2480	6.299
11	0.2480	6.299	0.2480	6.299
12	0.2480	6.299	0.2479	6.297
13	0.2480	6.299	0.2480	6.299
14	0.2480	6.299	0.2479	6.297
15	0.2480	6.299	0.2480	6.299
16	0.2480	6.299	0.2480	6.299
17	0.2480	6.299	0.2480	6.299
18	0.2480	6.299	0.2479	6.297
19	0.2481	6.302	0.2480	6.299
20	0.2481	6.302	0.2480	6.299
21	0.2480	6.299	0.2479	6.297



## (3) №3 (S 1 2 3)

## P N C測定

測定点	Max.	Min.
	(mm)	(mm)
1	6.302	6.300
2	6.303	6.300
3	6.302	6.301
4	6.302	6.301
5	6.301	6.300
6	6.302	6.300
7	6.302	6.300
8	6.301	6.299
9	6.301	6.300
10	6.302	6.298
11	6.302	6.301
12	6.300	6.299
13	6.302	6.298
14	6.302	6.300
15	6.302	6.299
16	6.303	6.301
17	6.301	6.298

測定点	Max.		Min.	
	(ins)	(mm)	(ins)	(mm)
1	0.2482	6.304	0.2477	6.292
2	0.2481	6.302	0.2479	6.297
3	0.2480	6.299	0.2479	6.297
4	0.2480	6.299	0.2479	6.297
5	0.2480	6.299	0.2480	6.299
6	0.2480	6.299	0.2480	6.299
7	0.2480	6.299	0.2480	6.299
8	0.2481	6.302	0.2480	6.299
9	0.2480	6.299	0.2480	6.299
10	0.2481	6.302	0.2479	6.297
11	0.2481	6.302	0.2479	6.297
12	0.2481	6.302	0.2480	6.299
13	0.2481	6.302	0.2480	6.299
14	0.2480	6.299	0.2480	6.299
15	0.2480	6.299	0.2480	6.299
16	0.2481	6.302	0.2480	6.299
17	0.2481	6.302	0.2480	6.299
18	0.2481	6.302	0.2480	6.299
19	0.2480	6.299	0.2480	6.299
20	0.2481	6.302	0.2480	6.299
21	0.2482	6.304	0.2479	6.297

## (4) №4 (S 1 2 4)

英国 A E A の測定値がないため省略。

P N C測定値については「Appendix 2 Table C-2」を参照。

4. 溶接部ビード高さ

ビード片側高さ

	Top End		Bottom End	
	P N C 測定	英国 A E A 測定	P N C 測定	英国 A E A 測定
No.1 (mm)	0.0425	0.0762	0.0375	0.0762
(S121) (ins)	0.0017	0.003	0.0015	0.003
No.2 (mm)	0.0450	0.0762	0.0425	0.0508
(S122) (ins)	0.0018	0.003	0.0017	0.002
No.3 (mm)	0.0525	0.0508	0.0375	0.0381
(S123) (ins)	0.0021	0.002	0.0015	0.0015

P N C 測定 : { 溶接部外径 - 6.300 } / 2

英国 A E A 測定 : 不明

## Appendix 9

### 燃料ピンに関する他のデータ

- ① 非破壊検査に関するデータ
- ② 溶接に関するデータ
- ③ ビード巾・ビード高さに関するデータ
- ④ その他ピンに関するデータ
- ⑤ 被覆管に関するデータ
- ⑥ スプリング・端栓に関するデータ
- ⑦ 燃料に関するデータ
- ⑧ ベレットに関するデータ
- ⑨ 被覆管 — ベレット間ギャップに関するデータ

① 非破壊検査に関するデータ

Pin No.	非 破 壊 検 査					
	X 線 検 査					Heリーク 試 験 atom <sup>cc</sup> / <sub>sec</sub>
	上部 (2nd)		下部 (1st)		Pin 全体	
	X	Y	X	Y		
1	合	合	合	合	合	$9.0 \times 10^{-9}$
2	合	合	合	合	合	$9.0 \times 10^{-9}$
3	合	合	合	合	合	$9.0 \times 10^{-9}$
4	合	合	合	合	合	$9.0 \times 10^{-9}$

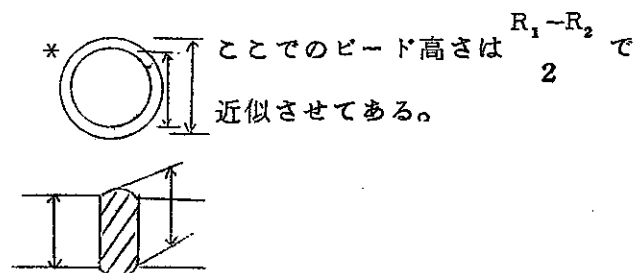
※ 合 = 合格

② 溶接に関するデータ

Pin No.	溶 接 条 件					
	1st E. P			2nd E. P		
	真 空 度	電 流	時 間	真 空 度	電 流	時 間
	(mm Hg)	(A)	(sec)	(mm Hg)	(A)	(sec)
1	$5.0 \times 10^{-5}$	1 2.0	8 (3)	$1.5 \times 10^{-4}$	1 1.0	7 (3)
2	$5.0 \times 10^{-5}$	1 2.0	8 (3)	$1.5 \times 10^{-4}$	1 1.5	7 (3)
3	$5.0 \times 10^{-5}$	1 1.5	7 (3)	$1.5 \times 10^{-4}$	1 1.0	7 (3)
4	$5.0 \times 10^{-5}$	1 1.0	7 (3)	$1.5 \times 10^{-4}$	1 1.5	7 (3)

③ ビード巾・ビード高さに関するデータ

Pin No.	ビード巾				ビード高さ*	
	上部		下部		上部	下部
	Max (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Min (mm)	Max (mm) (inch)	Max (mm) (inch)
1	1.95	1.75	2.10	1.65	0.0425 0.0017	0.0375 0.0015
2	2.15	1.65	1.90	1.55	0.045 0.0018	0.0425 0.0017
3	2.15	1.60	2.10	1.60	0.0525 0.0021	0.0375 0.0015
4	1.75	1.65	2.10	1.75	0.050 0.0020	0.040 0.0016



④ その他ピンに関するデータ

Pin No.	clad and fuel gap		*	全長	総重量
	Max (mm)	Min (mm)			
1	00995	00745	117.4	54982	13464
2	00895	00695	120.5	54998	13513
3	00975	0071	117.5	54998	13782
4	00925	00715	121.4	54990	13410

\* ノギスによる測定値

参考値

Pin No.	計算値	X 線
1	11782	1185
2	12098	1215
3	11748	1184
4	12090	1225

⑤ 被覆管に関するデータ

Pin No.	被 覆 管							重 量 (mm)
	Clad No.	外 径		内 径		肉 厚		
		Max (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Min (mm)	
1	S-3494-2	6.281	6.279	5.600 <sub>s</sub>	5.599	0.363	0.340	2763
2	S-3494-3	6.282	6.279	5.601	5.599	0.362	0.342	2749
3	K-3061-3	6.300	6.294 <sub>s</sub>	5.593 <sub>s</sub>	5.592	0.357	0.345	2792
4	K-3071-3	6.309	6.305	5.595	5.591	0.361	0.351	2807

S : 住友製

K : 神戸製

⑥ スプリング・端柱に関するデータ

Pin No.	ス プ リ ン グ 端 柱			
	自由長	重 量	容 積	重 量
	(mm)	(gr)	(cc)	(gr)
1	1235	192	025	685
2	1265	191	025	689
3	1235	192	025	688
4	1275	192	025	685

⑦ 燃料に関するデータ

Pin No	燃 料					
	Lot No	個 数	重 量	スタック長	Insulator 重 量	個 数
		(個)	(gr)	(mm)	(gr)	(個)
1	RM-04-X1-01-01 RM-03-04- 2-01 RM-03-04- 5-01	38	9334	402.0	490	2
2	RM-04-X1-02 RM-02- RM-06-02-01 RM-02-01- 4 RM-06-02 RM-03-04- 2	38	9394	399.0	490	2
3	A	38	9620	402.5	490	2
4	RM-04-X1-01	38	9236	399.0	490	2

※ A部

RM-03-R3  
 RM-03-3 -4  
 RM-03-4 -5  
 RM-03-W3-02  
 RM-03-W4-02  
 RM-04-X1-01  
 RM-03-04-02

⑧ ペレットに関するデータ

DIA (mm)	Pin No. 1					5					10				
	HEIGHT (mm)	5510	5515	5495	5490	5500	5505	5505	5515	5510	5495	5495	5505	5515	5495
WEIGHT (gr)	10390	1031	1080	1052	1065	9875	10655	9705	9915	1087	10525	10465	1026	9955	
p.T.D (%)	25182	24975	26184	25287	25912	24030	25916	23652	24275	26185	25431	25322	25016	23983	
p.T.D (%)	9240	9218	9294	9231	9309	9294	9289	9275	9334	9234	9262	9242	9278	9235	

DIA (mm)	Pin No. 2					5					10				
	HEIGHT (mm)	551	5505	5505	5505	550	551	5515	5515	5515	552	551	5515	5515	5515
WEIGHT (gr)	1063	1072	1061	10865	10755	10855	9685	1043	10315	1006	10165	10465	10025	1010	
p.T.D (%)	25660	25914	25931	26248	25975	26382	24039	25247	25225	24911	25002	25894	24730	24766	
p.T.D (%)	92031	92329	93348	92271	97413	92659	9445	9212	9306	9406	9377	9415	9387	9331	

(83)

DIA (mm)	Pin No. 3					5					10				
	HEIGHT (mm)	5510	5510	5515	5505	5515	5520	5510	5495	5520	5515	5520	5520	5515	5520
WEIGHT (gr)	10650	10570	10300	10320	9960	10020	9380	9690	10005	10060	10165	9970	9980	98850	
p.T.D (%)	26930	26560	25990	26068	25022	25162	23564	24140	25169	25128	25344	25156	25041	24946	
p.T.D (%)	9640	9579	9602	9647	9560	9539	9577	9549	9555	9505	9471	9585	9548	9586	

DIA (mm)	Pin No. 4					5					10				
	HEIGHT (mm)	5515	5520	5520	5515	5520	5515	5520	5510	5510	5500	5505	5505	5505	5505
WEIGHT (gr)	9845	10115	10000	10070	10502	10410	10502	1049	1050	1043	1034	1036	1045	1043	
p.T.D (%)	2405	2468	2455	2458	2556	2552	2561	25234	25109	25323	24950	24983	25300	25138	
p.T.D (%)	9296	9268	9325	9289	9234	9334	9252	9171	9116	9290	9215	9210	9246	9205	



15

20

25

5510	5515	5510	5510	5495	5510	5505	5500	5510	550	5505	5505	550	5515	551
10015	1077	1098	9785	1050	10865	1029	1050	1026	1072	1061	1075	1085	1055	996
24412	26285	26491	23850	25291	26242	24773	25507	24893	25910	25928	25969	26383	26163	24803
9293	9287	9198	9292	9233	9208	9195	9295	9249	9248	9334	9226	9304	9437	9494

15

20

25

552	552	5515	551	5515	551	5505	5505	551	552	5515	5515	550	551	551
1028	1028	1012	10675	1020	9895	10585	10665	1041	1030	1039	1041	1023	10035	1011
25358	25453	25060	26419	25287	24457	26201	26422	25875	25599	25834	25880	25238	24978	25035
9370	9405	9424	9435	9434	9423	9454	9462	9475	9441	9462	9461	9439	9489	9440

15

20

25

5515	5520	5520	5515	5510	5520	5515	5510	5510	5510	5515	5510	5515	5520	5520
99450	10050	10100	10080	9865	10880	10020	10310	10185	10090	9860	10520	10085	10550	10035
25037	25252	25450	25556	24881	27575	25206	26112	25700	25523	24938	26568	25571	26680	25455
9580	9545	9572	9648	9615	9627	9573	9555	9620	9644	9625	9628	9649	9606	9635

15

20

25

5505	5505	5510	5500	5510	5500	5500	5505	5510	5520	5510	5515	5515	5510	5515
1042	1028	1040	1035	987	1029	1047	1045	1045	1040	984	982	10435	1045	10080
25411	25036	25225	25136	24102	25083	25471	25090	25583	25505	24131	24007	25465	25428	2461
9314	9302	9246	9293	9309	9326	9308	9170	9333	9315	9349	9303	9286	9276	9291

30

35

551	550	5515	5515	551	5505	550	5505
10145	10875	10095	10365	10365	1063	789	1021
25038	26246	25533	25558	25472	25661	19863	25772
9409	9235	9625	9384	9369	9220	9633	9641

平均9 3.1 2

30

35

551	5505	551	5505	5505	551	5505	551
1010	9795	10465	10305	1020	1030	1020	9215
25167	24373	25975	2466	25203	25523	25409	23276
9499	9503	9463	9438	9437	9446	9514	9629

平均9 4.1 7

(85)

30

35

5520	5510	5510	5515	5515	5510	5520	5520	5515
10340	10315	10140	10090	10300	10510	10075	9850	7368
26185	25846	25656	25551	26093	2566	2471	2407	18458
9619	9553	9628	9636	9640	9308	9316	9282	9537

平均9 5.6 8

30

35

5515	5515	5520	5520	5520	5520	5520	5515
10265	9935	10175	9960	9760	10475	10515	9770
2521	2428	2490	2436	2375	2552	2578	2395
9345	9300	9295	9290	9244	9255	9313	9328

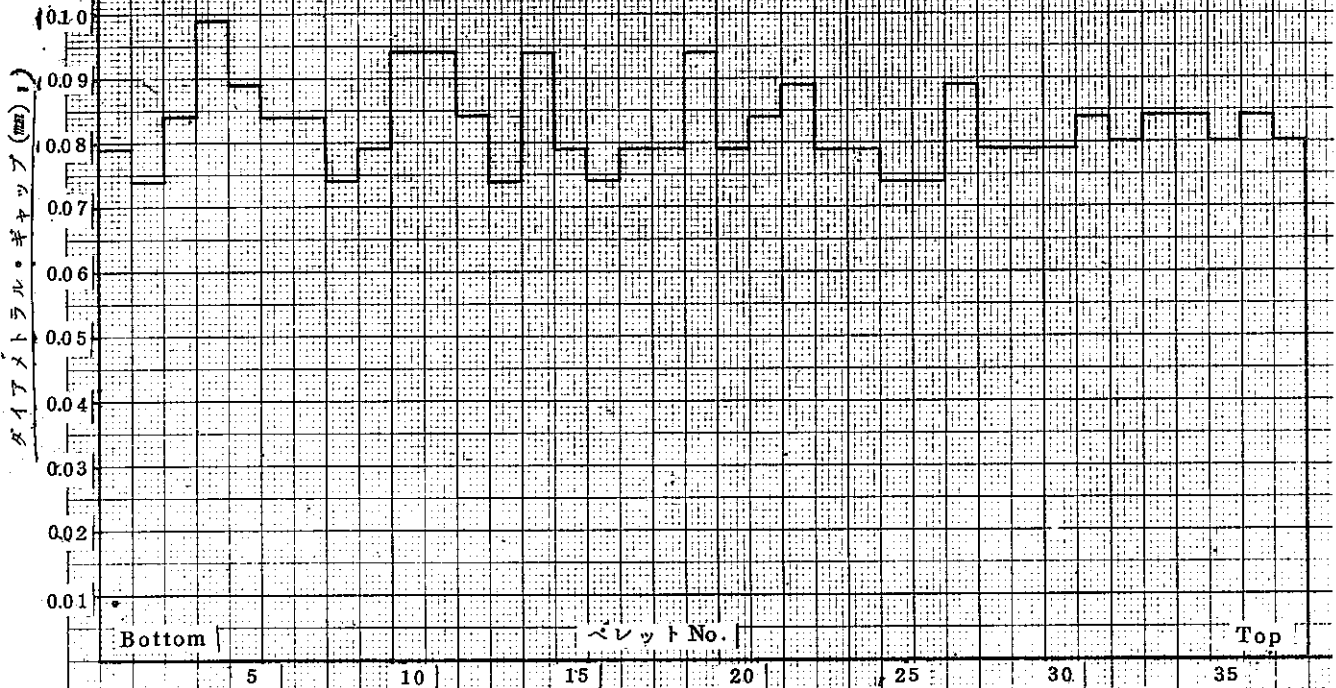
平均9 2.7 7

⑨ 被覆管 — ペレット間ギャップに関するデータ

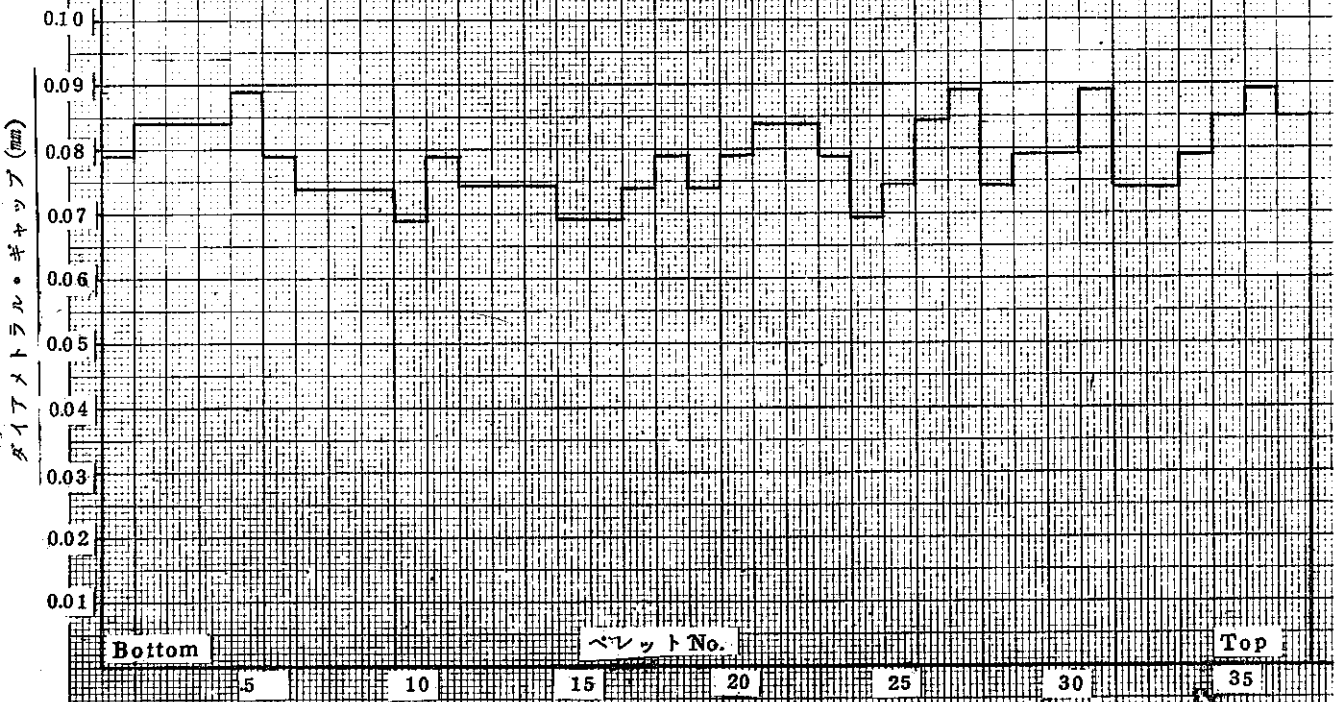
被覆管内径値は検査課エアーマイクロメータ測定値，ペレット径はプルトニウム燃料開発室加工係のマイクロメータ測定値を用いた。

被覆管内径は検査課エアーマイクロメータ測定値  
ペレット径は Appendix 9. ⑧の測定値

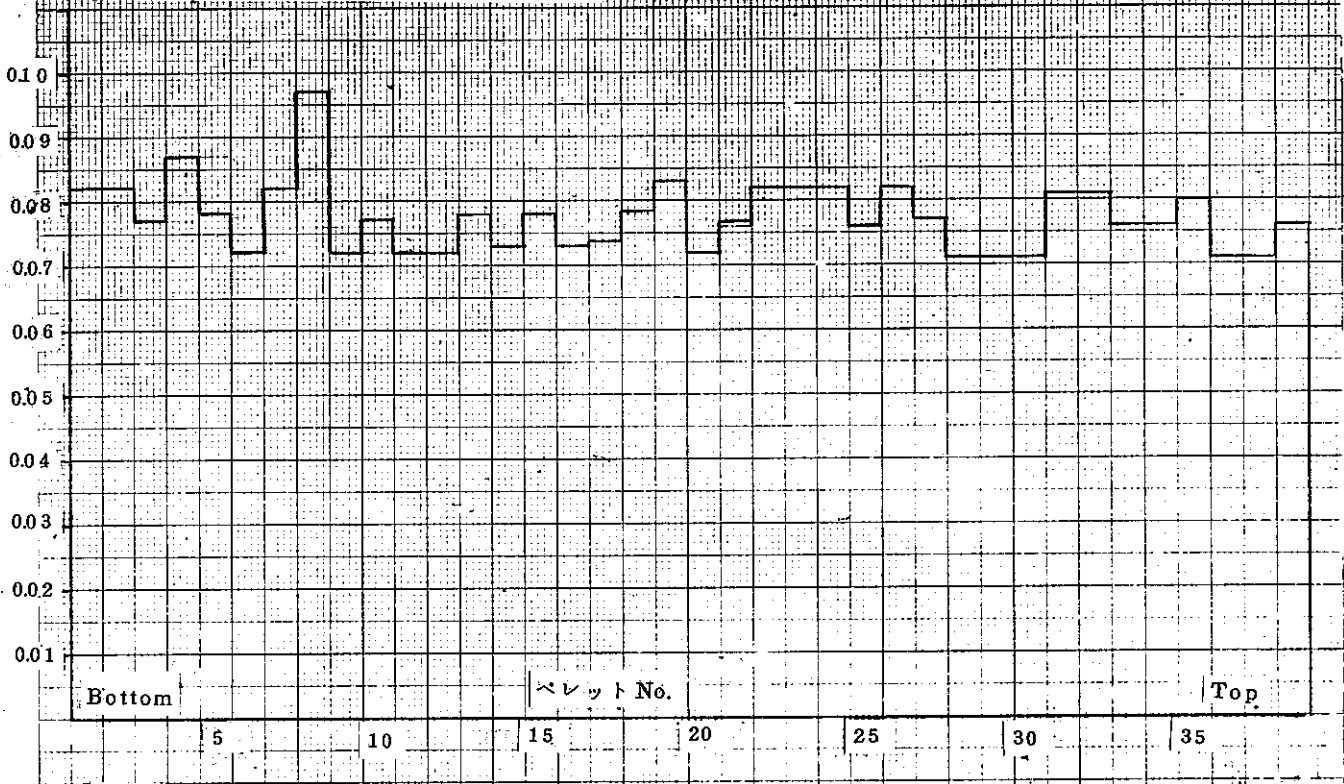
Pin No.1 ( S 121 ), Clad No. S-3494-2



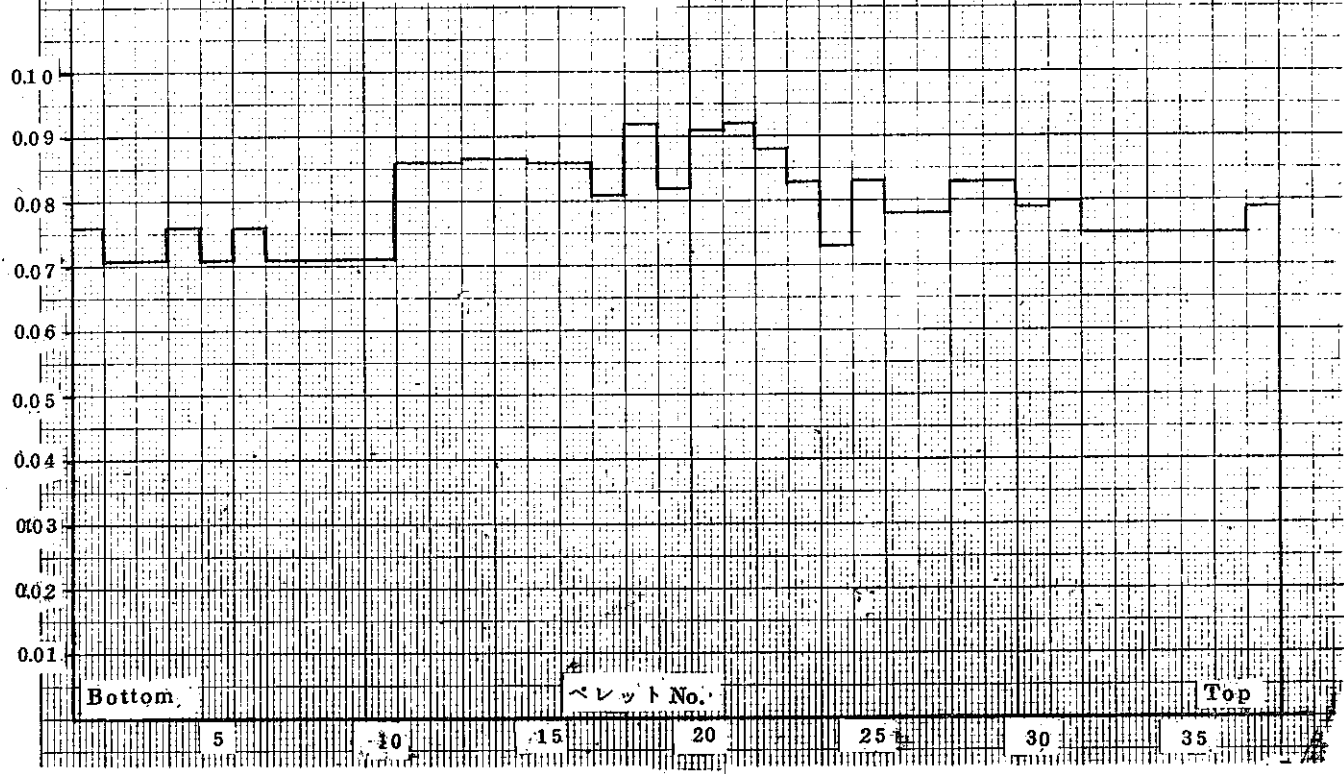
Pin No.2 ( S 121 ), Clad No. S-3493-3



Pin No.3 ( S 123 ), Clad No.K-3061-3



Pin No.4 ( S 124 ), Clad No.K-3071-3



## Appendix 10

### 照 射 前 燃 料 評 価

本照射試験に用いた燃料ペレットは Rapsodie-1 照射試験に用いた燃料ペレットの残りである。

使用に供せられたペレットの Lot No は下記に示すものであるが、その製造記録詳細は SN 8 4 3 - 7 0 - 0 7 「混合酸化物ペレットの製造記録（ラブソディ照射用試料）」（開示制限）に報告されている。

- ① 製造ロットと密度
- ② ピン№と製造ロット№
- ③ ロット別分析結果
- ④ ペレットの固溶度
- ⑤ ペレットの金相

① 製造ロットと密度

ロット	ベレット数	密度 (% T.D)	
RM02	RM02	12	92.12~94.45
	RM02-1-4	4	94.41~94.75
RM03	RM03	6	95.32~96.41
	RM03-04-2	2	95.37~96.29
	RM03-W3-02	9	95.55~96.44
	RM03-W4-02	5	95.53~96.40
	RM03-3-4	9	94.71~95.85
	RM03-4-5	6	95.45~96.43
	RM03-R3	4	95.79~96.47
RM04	RM04-X1-01-01	36	91.95~96.25
	RM04-X1-02	6	92.03~93.35
RM06	RM06-02-01	5	94.23~94.62
	RM06-02	10	94.37~95.14

② ピン№と製造ロット№

(1) ピン№1 (S121) 照射用

RM04-X1-01-01, RM03-04-2, RM03-4-5

(2) ピン№2 (S122) 照射用

RM04-X1-02, RM02, RM06-02-01, RM02-1-4, RM06-02,

RM03-04-2

(3) ピン№3 (S123) 照射用

RM03-R3, RM03-3-4, RM03-4-5, RM03-W3-02, RM03-W4-02,

RM04-X1-01, RM03-04-2

(4) ピン№4 (S124) スペア

RM04-X1-01

③ ロット別分析結果

ロットNo.	RM-02	RM-03	RM-04	RM-06
Pu	15.55	15.55	15.60	15.56
PuO <sub>2</sub>	17.63	17.63	17.69	17.64
U <sup>235</sup>	59.79	59.83	59.62	59.60
O/M	1.98 <sub>7</sub>	1.98 <sub>3</sub>	1.98 <sub>4</sub>	1.99 <sub>4</sub>
放出ガス	<30	50	50	60
C	80	110	90	70
Cl	<5	<5	6	<5
F	5	5	<5	<5
N	<30	<30	<30	<30
分光分析				
Al	110	80	280	180
B	0.3	<0.3	<0.3	0.3
Cd	1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cv	20	20	40	20
Fe	50	70	70	120
Mg	10	10	10	10
Ni	30	30	50	25
V	<10	<10	<10	<10
Cu	<3	<3	<3	<3
Zn	<50	<50	<50	<50
Si	50	40	100	55
Ag	0.7	0.4	0.5	0.2
Mn	5	5	10	5
Mo	30	30	20	20
Pb	<15	10	20	40
Sn	<10	<10	<10	<10



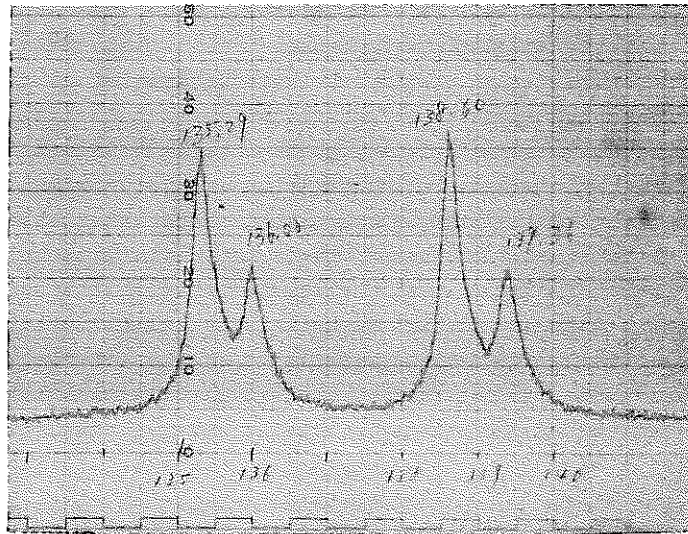
④ ペレットの固溶度

X線回折, Macro - autoradiograph, Micro - autoradiographで調べた結果を示す。

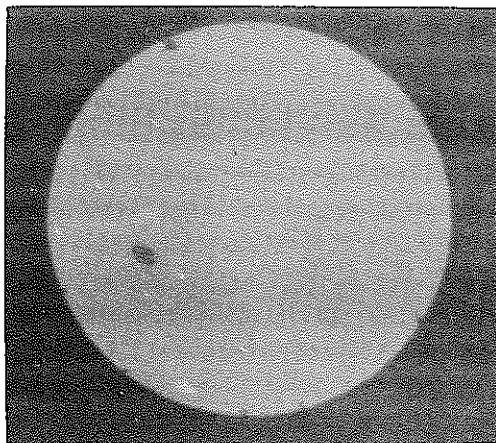
結論的に言えばRM04-X1-01ロットのX線回折結果でUO<sub>2</sub>相が見られた以外良好である。従ってRM04-X1-01ロットはスペアのNo.4ピン(S124)に充填し照射に供しないようにした。

X線回折試験結果

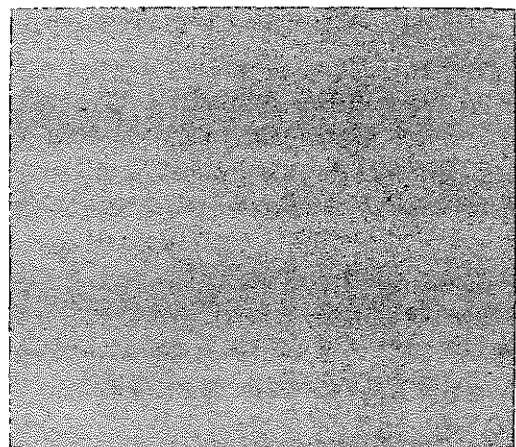
ロットNo.	固溶度判定	格子定数 ( $\text{\AA}$ )
RM02	合格	5.4611±0.0005
RM03	合格	5.4613±0.0005
RM04	UO <sub>2</sub> 相がみられる	5.4554±0.0007
RM06	合格	5.4597±0.0005



X-Ray Diffraction Pattern

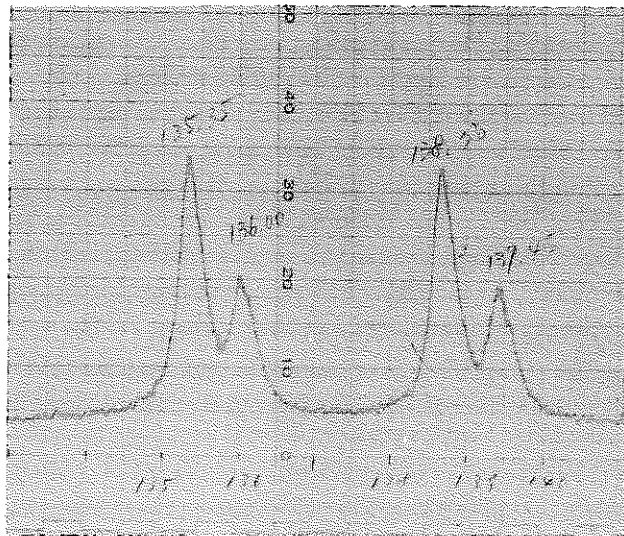


Macro-autoradiograph

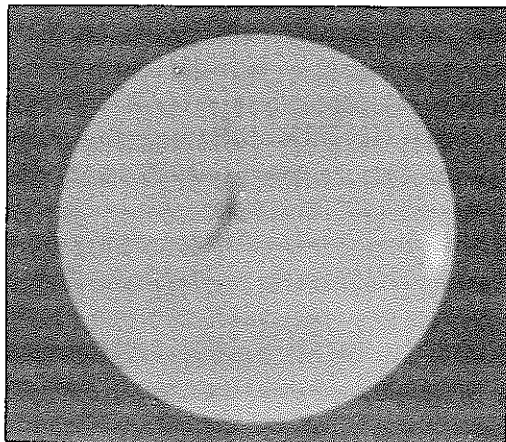


Micro-autoradiograph

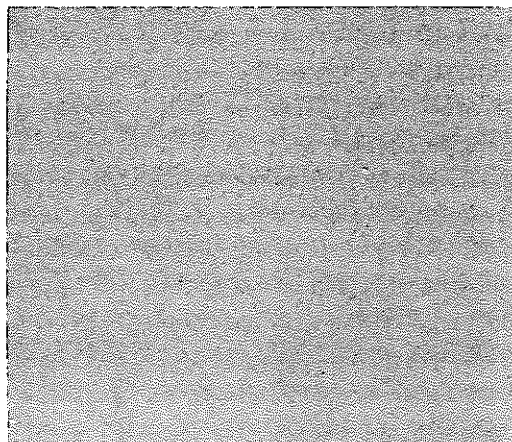
Fig. 5 - 11 Homogeneity of RM-02-03



X-Ray Diffraction Pattern

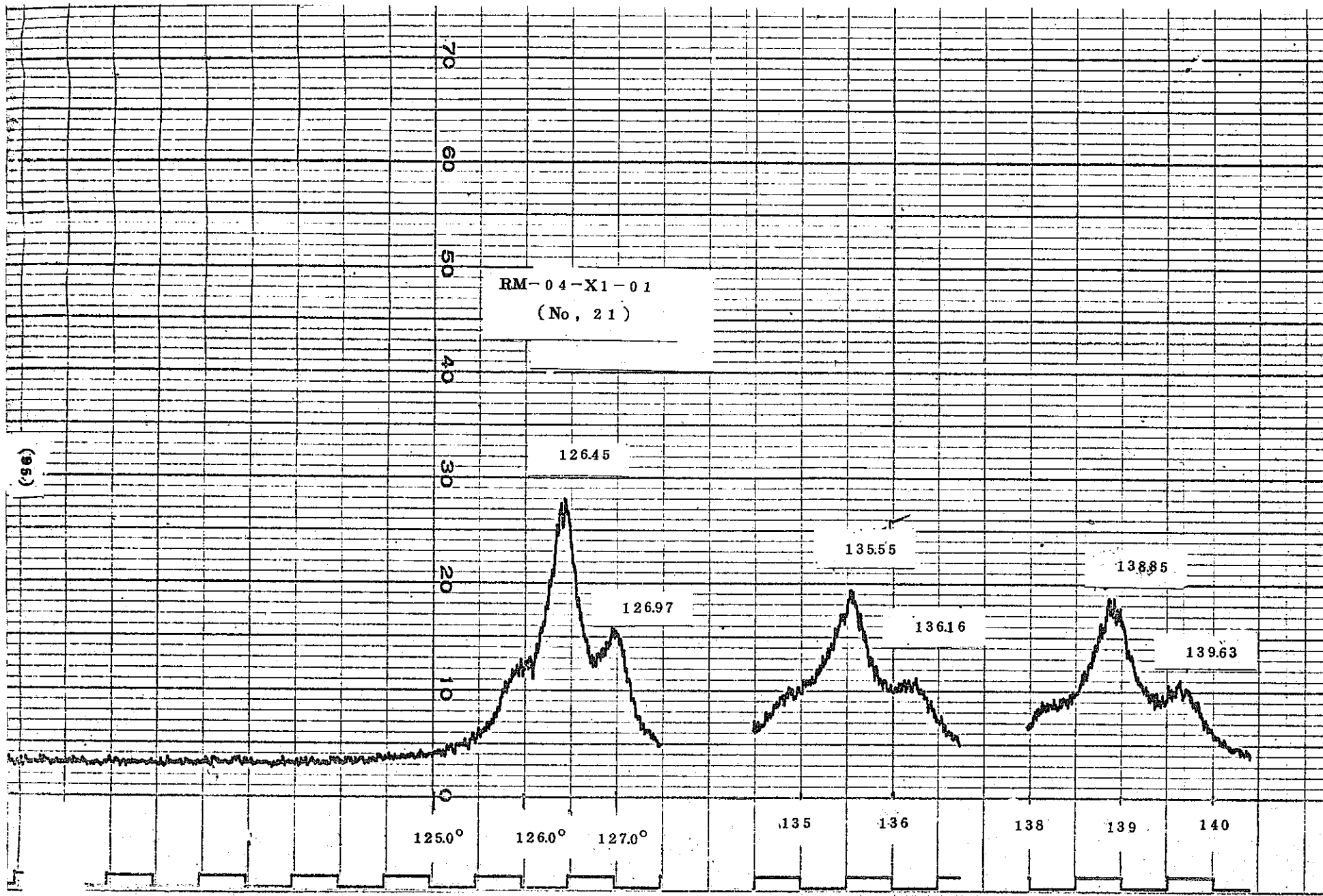


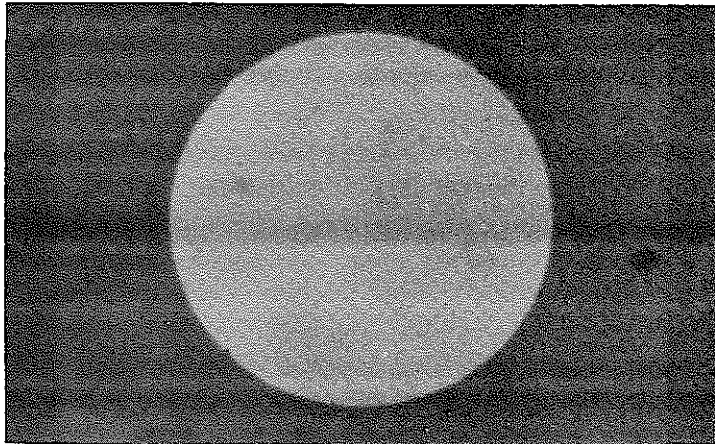
Macro-autoradiograph



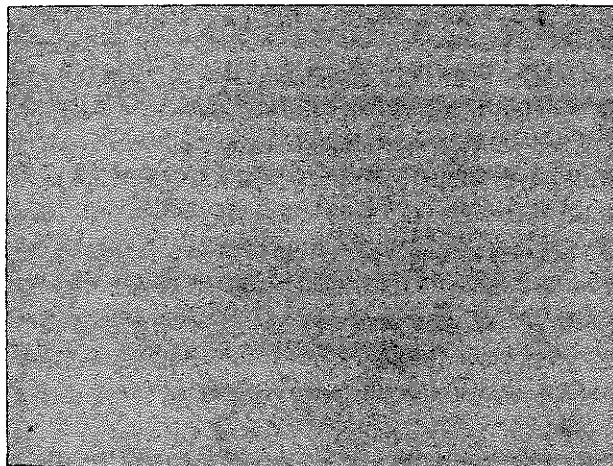
Micro-autoradiograph

Fig. 5 - 14 Homogeneity of RM-03-04



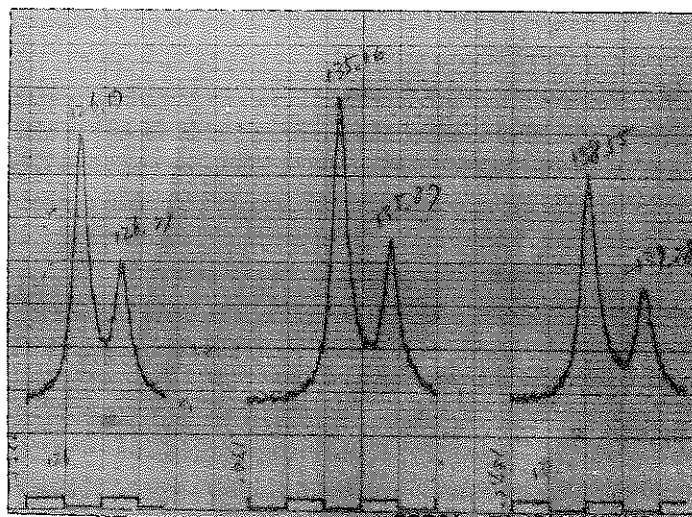


Macro-Autoradiograph

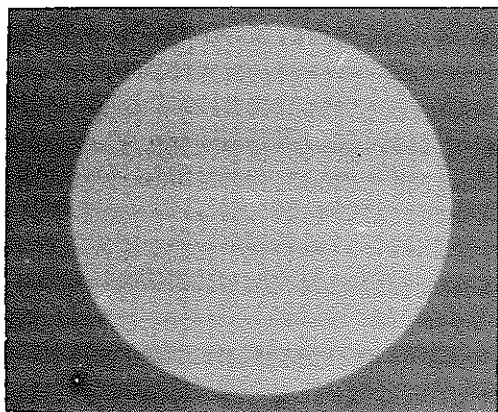


Micro-Autoradiograph

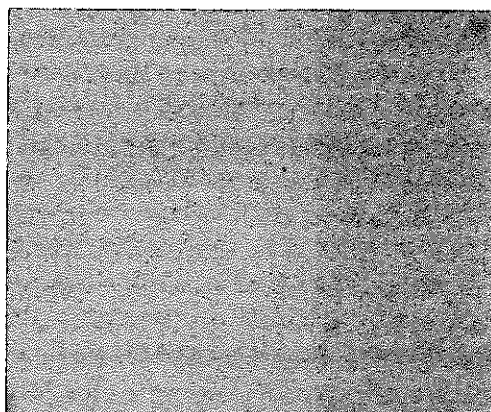
Fig. 5 - 16 Homogeneity of RM-04-01



X-Ray Diffraction Pattern



Macro-autoradiograph



Micro-autoradiograph

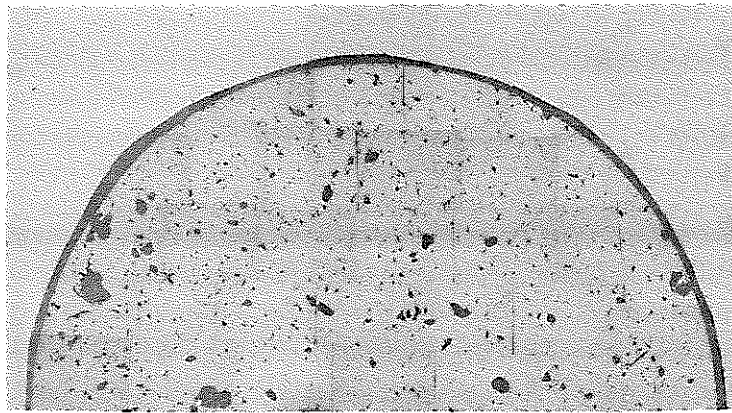
Fig. 5-20 Homogeneity of RM-06-01

⑤ ベレットの金相

各ロットの代表的な金相試験結果を示す。

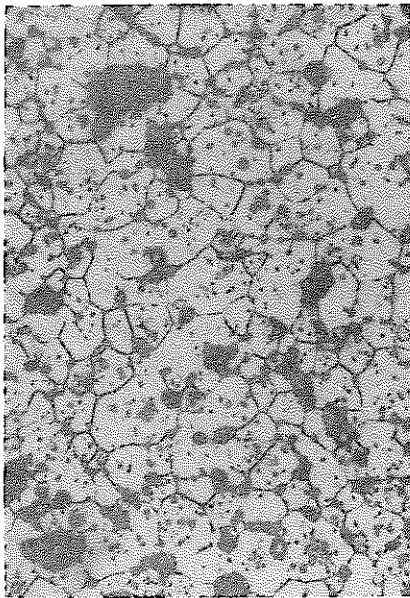
RM03に関しては、「④ベレットの固溶度」において示したRM03-04ロットの試料  
がなかったのでRM03-03ロット試料を示した。





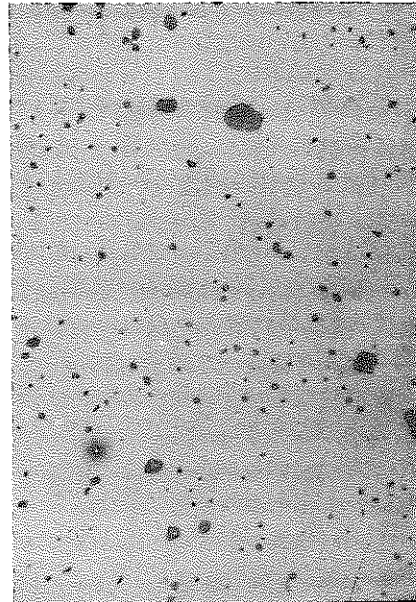
RR-02-03

1 MM



RM-02-03

50 $\mu$

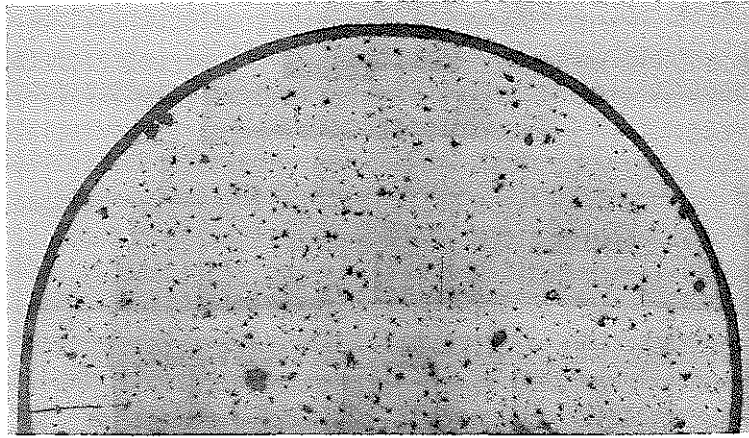


RM-02-03

50 $\mu$

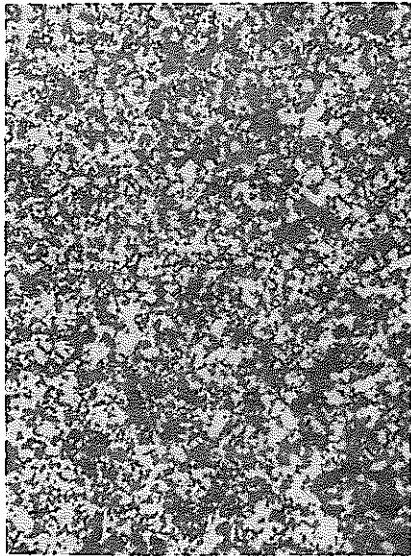
Fig. 5 - 10 Ceramograph of RM-02-03





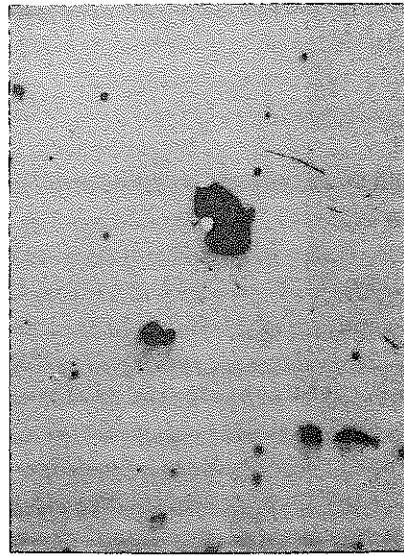
RM-03-03

1MM



RM-03-03

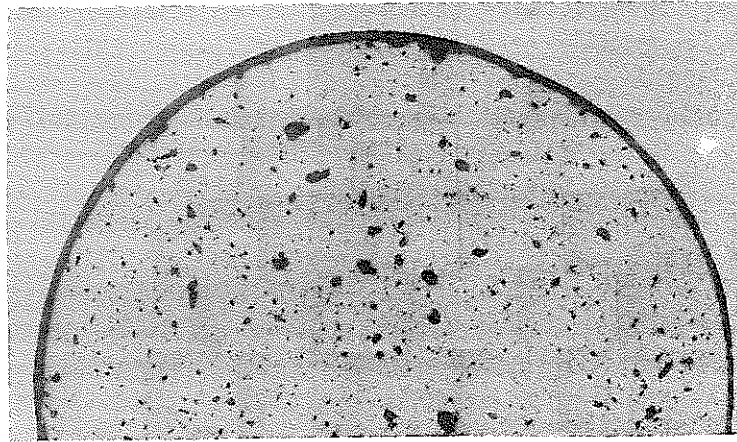
50 $\mu$



RM-03-03

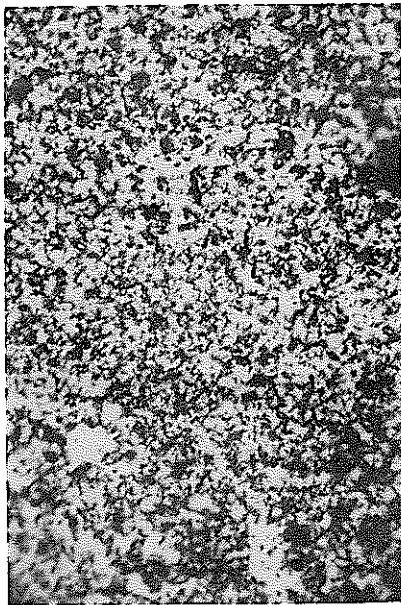
50 $\mu$

Fig.5 - 12 Ceramograph of RM-03-03



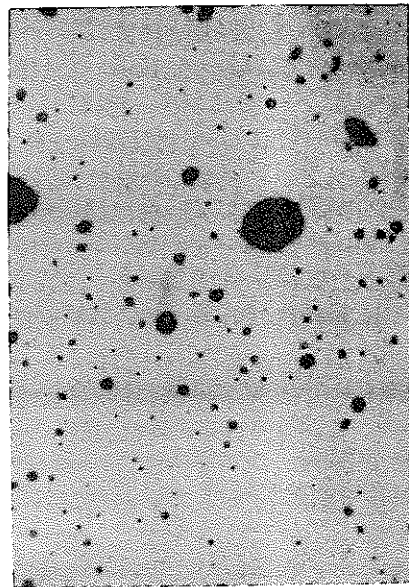
RM-04-1

1 MM



RM-04-1

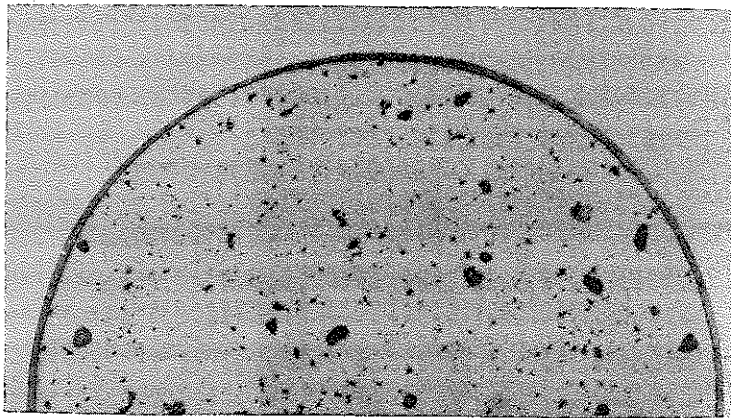
50 $\mu$



RM-04-1

50 $\mu$

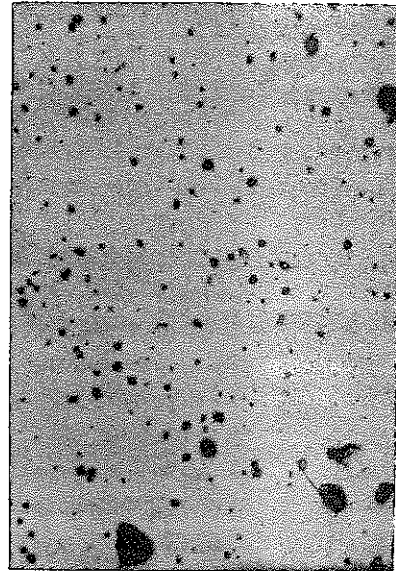
Fig. 5 - 15 Ceramograph of RM-04-01



RM-06-02-01 1 MM



RM-06-02-01 50 $\mu$



RM-06-02-01 50 $\mu$

Fig. 5 - 19 Ceramograph of RM-06-02