

開示制限

区分変更	
変更前の区分	---
決裁年月日	平成13年11月30日

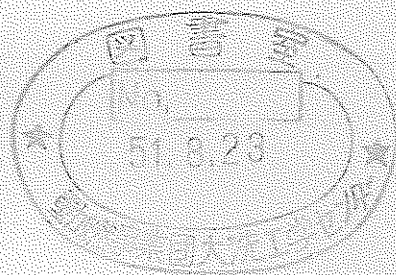
DFR332/6,7照射計画報告書

才1報

— 試料製造まで —

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
S	N241 71-38
この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です	
動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室	

昭和46年9月



動力炉・核燃料開発事業団
高速増殖炉開発本部

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)



T#N 241 71-38

1971年9月30日

DFR 332/6,7 照射計画報告書

第一報

— 試料製造まで —

植松 邦彦[※] 榎厚英千世[※]

小泉 益通^{※※} 小松 純治^{※※}

要 旨

原型炉「もんじゅ」用燃料ピンの確性照射試験DFR332/6, 332/7,
332/7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

※※ 東海事業所プルトニウム燃料開発部



T SN 2 4 1 7 1 - 3 8

September 30, 1971

Irradiation Programs on DFR 332/6 & DFR 332/7 (I)

— Fabrication of Specimens —

Kunihiko Uematsu ※

Hidechiyo Kashiwara ※

Masumichi Koizumi ※※

Junji Komatsu ※※

Abstract

DFR332/6 and DFR332/7 are the steady state irradiation programs of fuel pins for prototype fast breeder reactor MONJU. This report includes the summary of programs and the fabrication of specimens.

※ Fast Breeder Reactor Development Project

※※ Plutonium Fuel Development Laboratory

at Tokai Works

DFR 332/6,7 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	3
3-1 照射計画目的	3
3-2 照射計画概要	3
3-3 試料	4
3-4 照射概要	5
(1) 要求照射条件	5
(2) 照射リグ	5

Appendix

1. PRELIMINARY DESIGNS OF P.N.C. FUEL PINS FOR DFR 332/5,6,7 IRRADIATION PROGRAMS	8
2. Inspection Records to accompany fuel pins for D.F.R. 332/6,7 Irradiation Program	30
3. 高速実験炉炉心燃料被覆管仕様書	47
4. 材料検査成績表	56
5. DFR 概要	67
6. 照射途中検査および照射後試験計画	71
7. 照射前燃料ピン検査結果の日英比較	74
8. 燃料ピンに関するデータ	84
9. 照射前燃料評価	100

DFR332\6, 7 照射計画報告書

第 一 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AEAのDFR (Dounreay Fast Reactor) で種々の照射試験が実施されている。

DFRを使用しての照射計画としては

- (1) DFR 332/1 Nat. UO₂ 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
- (9) 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。

DFR 332/6, 332/7 は原型炉「もんじゅ」の炉心燃料ピンの確性試験を目的としている。

「もんじゅ」は約 90,000 Mw D/T の燃焼度を目標としているが(「もんじゅ一次設計概要」昭和 46 年 7 月より), 照射試験としては目標燃焼度の途中段階までの燃焼度, 目標燃焼度, 目標燃焼度以上の燃焼度に至るまでの計画を含んでいる必要がある。

DFR 332/6, 7 は目標燃焼度の途中段階までの燃焼度に関する確性照射試験である。燃焼度, 出力等に関して「もんじゅ」と比較すると次のようになる。

	もんじゅ一次	DFR 332/6	DFR 332/7
(1) 燃 焼 度 (MWD/T)	~90,000	~54,000	~75,000
(2) 線 出 力 Ave. (w/cm)	~400	—	—
Max. (w/cm)	~470	430	430
(3) 燃 料 密 度 (%T.D.)	87	85	85
(4) Pu 富 加 率 (%)	14 ~20	20	20
(5) 被 覆 管 材 質	SUS 32	SUS 32	SUS 32
(6) 被 覆 管 外 径 (mm)	6.5	6.3	6.3
(7) 被 覆 管 肉 厚 (mm)	0.45	0.35	0.35
(8) 燃 料 ベ レ ッ ト 径 (mm)	5.4	5.4	5.4
(9) ダイアメトラルギャップ (mm)	0.2	0.2	0.2
(10) 被 覆 管 最 高 温 度 (°C)	700	650	650

被覆管外径，肉厚に関して数値が異っているが，試料製作スケジュール上「もんじゅ」用被覆管の入手ができなかったため「常陽」用被覆管を使用したことによる。

DFR 332/6 はDFRのRun 69, 70, 71, 72, 73 で照射し，DFR 332/7 はRun 69, 70, 71, 72, 73 まで照射し，その後1 Run 休んでRun 75, 76 で再照射する。332/7 の途中での照射休止に関しては「Appendix 6 照射後試験計画」にその理由を述べてある。

照射終了後はいずれもDERE(Dounreay Experimental Reactor Establishment) で非破壊の照射後試験を実施して日本に持帰り，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10, 11, 12, 46年1月 |
| (3) 試料の輸送 | 46年2月 |

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| (4) 試料の照射前検査 | 46年3月 |
| (5) 照射 | |
| 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 72 | 47年 3月 2日～4月25日予定 |
| Run 73 | 47年 5月31日～7月24日予定 |
| Run 75 | 47年11月27日～48年1月20日予定 |
| Run 76 | 48年 2月25日～4月19日予定 |
| (6) 非破壊照射後試験 (DEREにて) | |
| DFR 332/6 | 47年10月予定 |
| DFR 332/7 | 48年 6月予定 |
| (7) 試料返送 | |
| DFR 332/6 | 47年11, 12月予定 |
| DFR 332/7 | 48年 7, 8月予定 |
| (8) 照射後試験 (AGF) にて | |
| DFR 332/6 | 48年1, 2, 3月予定 |
| DFR 332/7 | 48年9, 10, 11月予定 |

3. 照射計画内容

3-1 照射計画目的

「もんじゅ」第1炉心用低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を目的としている。

「もんじゅ」では約90,000 MWD/T 燃焼度を目標としているが、332/6, 332/7 は54,000 MWD/T, 75,000 MWD/T の燃焼度を目標としている。

これは90,000 MWD/T, それ以上の燃焼度に到達するための第一段階である。

3-2 照射計画概要

(1) 動燃の責任で実施する項目

- (i) 燃料ピンの製作
 - (ii) 燃料ピンの輸送(日→英, 英→日)
 - (iii) AGFでの照射後試験
- (2) 動燃との契約のもとに英国AEAで実施する項目
- (i) 燃料ピンの照射前検査
 - (ii) 照射リグの調達
 - (iii) 燃料ピンの照射リグへの組込み
 - (iv) 照射
 - (v) 非破壊照射後試験

332/7の残り2Run(Run75, 76)の照射契約および332/6, 332/7の非破壊照射後試験契約は現時点(46年9月30日)では結ばれていない。

3-3 試料

試料は表1およびAppendix等にて示すように、「もんじゅ」用低密度混合酸化ペレットをAISI316ステンレス鋼管に充填した燃料ピンである。

DFR332/6照射用試料はピン全長550mm, 燃料有効長390mm, ガス・ブレナム長110mmで332/7はピン全長550mm, 燃料有効長360mm, ブレナム長140mmである。

いずれのピンも燃料スタッフの上下に熱絶縁材の天然UO₂ペレット, ピアノ線スプリングを組込んでいる。

試料の特徴としては, 次の項目があげられる。

- ① 「常陽」用被覆管の第3回改訂仕様にもとずき製作された被覆管を使用している。
- ② 燃料ペレットに関しては「もんじゅ」一次設計と密度が異っている。

「もんじゅ」一次設計	87% T.D.
332/6, 7の仕様	85 ± 2% T.D.
- ③ ガス・ブレナム部スプリングの材質としてピアノ線を用いた。

燃料ピン図面はAppendix IのFig. 2, Fig. 3を参照。

3-4 照射概要

(1) 要求照射条件

	3 3 2 / 6	3 3 2 / 7
最高比出力 (Watts / gr)	2 0 0	2 0 0
最高被覆管温度 (°C With Hot Spot)	6 2 0 ~ 6 5 0	6 2 0 ~ 6 5 0
最高冷却材温度	6 2 0	6 2 0
最高燃焼度 (%)	6.5	9
照射日数 (days)	2 7 5	3 8 5
	Run 69, 70, 71 72, 73	Run 69, 70, 71 72, 73, 75 76
照射位置	Pitch 26	Pitch 26

(2) 照射クグ (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、炉冷却機の NaK が直接 Vehicle 内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。

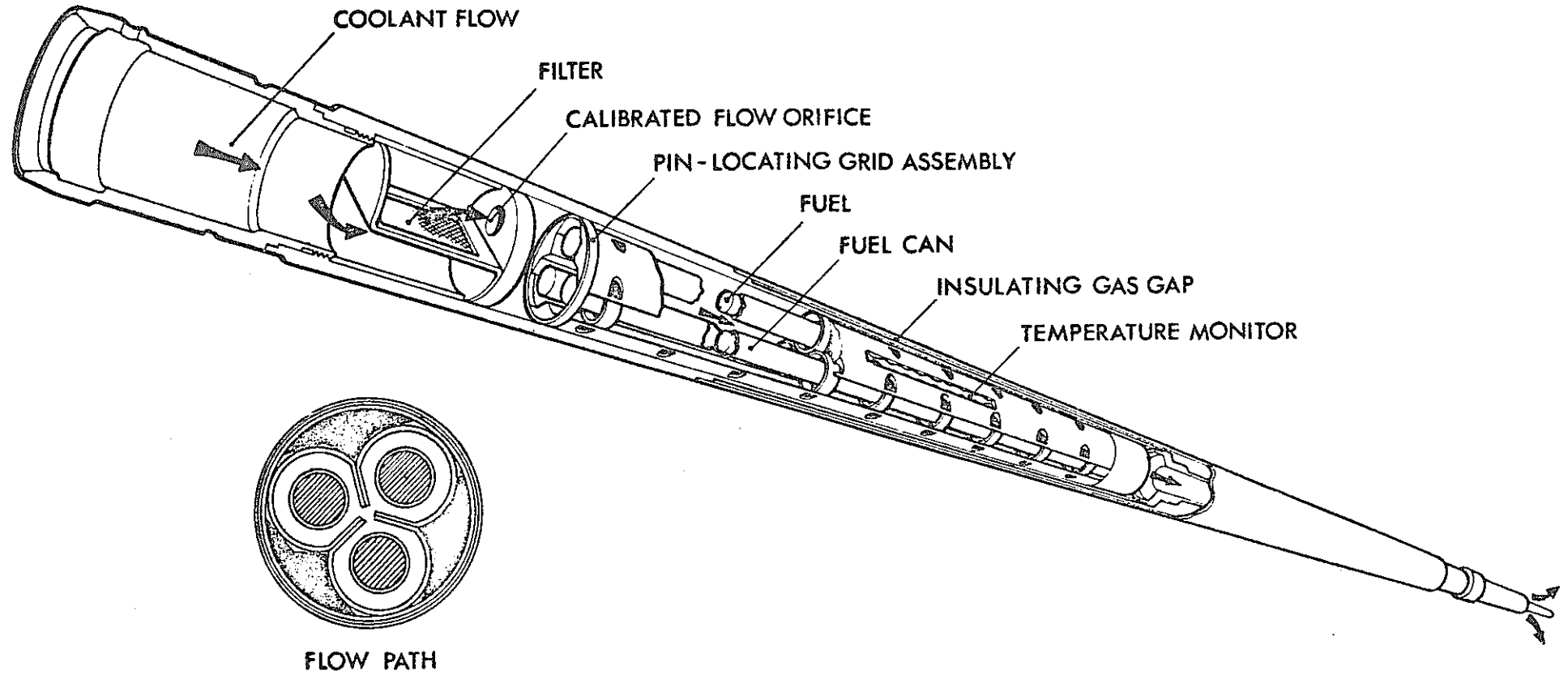
- | | | |
|--------------|----|---------------------------|
| ① 全 長 | | 4 8.3 4 ins. (1228 mm) |
| ② Outer Tube | 外径 | 0.8 2 5 ins. (20.96 mm) |
| | 内径 | 0.7 8 ins. (19.82 mm) |
| ③ Inner Tube | 外径 | 0.7 5 ins. (19.05 mm) |
| | 内径 | 0.7 0 8 ins. (17.97 mm) |

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-Locating Grid Assembly (Wire Type) に支持される。

表1. DFR332/6, 332/7 照射の試料および照射条件概要

		DFR 332/6 照射用試料			スベア試料	DFR 332/7 照射用試料			スベア試料
燃料ビン名	PNC 名 英国AEA名	6-1 S125	6-2 S126	6-4 S127	6-3	7-1 S129	7-2 S130	7-3 S131	7-4
燃料形態		ペレット	ペレット	ペレット	ペレット	ペレット	ペレット	ペレット	ペレット
燃料組成		PuO ₂ -UO ₂	PuO ₂ -UO ₂	PuO ₂ -UO ₂	PuO ₂ -UO ₂	PuO ₂ -UO ₂	PuO ₂ -UO ₂	PuO ₂ -UO ₂	PuO ₂ -UO ₂
Pu 富化率	(w/o)	19.81	19.81	19.81	19.76	19.76	19.76	19.76	19.76
Pu 同位体比	(%)	Pu-238:0.038,	Pu-239:90.142,	Pu-240:8.533,	Pu-241:1.189,	Pu-242:0.098			
U 濃縮度	(%)	90.02	90.02	90.02	90.02	90.02	90.02	90.02	90.02
O/M 比		1.99 ₆	1.99 ₆	1.99 ₆	1.98 ₄	1.98 ₄	1.98 ₄	1.98 ₄	1.98 ₄
ペレット密度	Ave (gr/cc)	9.216	9.200	9.198	9.278	9.393	9.317	9.279	9.269
	Ave (%T.D.)	83.40	83.26	83.24	83.96	85.00	84.32	83.97	83.88
スベア密度	(%T.D.)	77.46	77.37	77.35	78.59	79.50	78.86	78.57	78.74
ペレット径	(mm)	5.360~5.400	5.365~5.410	5.365~5.415	5.390~5.450	5.380~5.445	5.395~5.425	5.395~5.450	5.400~5.440
ダイアメラル・ギャップ	Max. (mm)	0.2295	0.2245	0.2235	0.2015	0.2145	0.1990	0.2025	0.1925
	Min. (mm)	0.1887	0.1790	0.1780	0.1425	0.1495	0.1690	0.1475	0.1525
燃料ビン全長	(mm)	550.40	550.54	549.82	549.86	549.80	549.88	549.86	550.44
燃料有効長	(mm)	389.5	389.3	389.5	389.2	360.0	360.9	360.8	360.0
ブレナム長	(mm)	111.3	111.5	110.9	110.9	140.0	139.4	139.3	141.0
燃料ビン全重量	(gr.)	1232.4	1232.4	1234.5	1246.5	1181.7	1183.3	1184.6	1186.8
PuO ₂ -UO ₂ 重量	(gr.)	818.1	817.0	816.9	830.6	777.7	773.4	770.0	768.8
Pu 重量	(gr.)	142.9	142.7	142.7	144.8	134.2	134.0	135.5	134.8
E・U 重量	(gr.)	578.0	577.2	577.1	587.2	544.3	543.5	549.8	546.7
U-235 重量	(gr.)	52.03	51.96	51.95	52.86	49.00	48.92	49.49	49.22
Nat.UO ₂ 重量	(gr.)	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90
スプリング重量	(gr.)	1.93	1.93	1.92	1.92	1.94	1.93	1.93	1.93
ステンレス鋼重量	(gr.)	346.0	347.1	349.4	347.7	335.6	341.6	346.3	349.7
被覆管材質		AISI 316	AISI 316	AISI 316	AISI 316	AISI 316	AISI 316	AISI 316	AISI 316
被覆管加工度	(%)	8~12	8~12	8~12	8~12	8~12	8~12	8~12	8~12
被覆管内径	Max. (mm)	5.590	5.590	5.591	5.595	5.595	5.596	5.598	5.593
	Min. (mm)	5.589	5.589	5.587	5.591	5.594	5.594	5.594	5.586
被覆管外径	Max. (mm)	6.300	6.299	6.307	6.307	6.302	6.302	6.306	6.311
	Min. (mm)	6.297	6.294	6.304	6.301	6.299	6.298	6.299	6.299
被覆管供給元		住友金属	住友金属	神戸製鋼	神戸製鋼	住友金属	住友金属	神戸製鋼	神戸製鋼
被覆管名		S-3489-2	S-3489-3	K-3085-2	K-3061-2	S-3494-1	S-3495-2	S-3095-1	S-3056-2
最大比出力(目標)(watts/gr.)		200	200	200		200	200	200	
最大線出力(目標)(watts/cm)		430	430	430		430	430	430	
燃焼度(目標)(a/o)		6.5	6.5	6.5		9	9	9	
最大中性子照射量(nvt)		5×10 ²²	5×10 ²²	5×10 ²²		9×10 ²²	9×10 ²²	9×10 ²²	



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 Volumes | cm ³ | 2.95 |
- (e) Fuel Pin Composition
- | | |
|----------------------|--|
| * Fuel Composition | 18w/o PuO ₂ -82w/o UO ₂ (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

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

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 ₂ -UO ₂
* Plutonium Content	wt%	18 ± 0.5
* Uranium Enrichment	wt%	60 ± 0.5
* Form of Fuel		Solid Pellet
* Fuel Density	%T.D.	94 ± 2
* Smear 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 ³	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

Schedule A

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 ³ | 2.70 |
- (e) Fuel Pin Composition
- | | | |
|----------------------|---|----|
| * Fuel Composition | 20w/o PuO ₂ - 80w/o UO ₂ (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

Schedule B

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

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.W.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 ₂ -UO ₂
* 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 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 ³	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

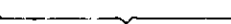
- (a) Objective of Experiment Fuel pin irradiation for Japan Prototype Fast Reactor "MONJU"
- (b) Irradiation Vehicle Required Core Trefoil
- (c) Numbers of Specimens 3 (for irradiation)
1 (for spare)
- (d) Fuel Pin Dimensions
- | | | |
|----------------------------|-----------------|------|
| * Pin Outside Diameter | mm | 6.3 |
| * Cladding Inside Diameter | mm | 5.6 |
| * Fuel Diameter | mm | 5.4 |
| * Pin Length | mm | 550 |
| * Fuel Length | mm | 360 |
| * Void Volume | cm ³ | 3.44 |
- (e) Fuel Pin Composition
- | | |
|----------------------|---|
| * Fuel Composition | 20w/o PuO ₂ - 80w/o UO ₂ (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

Schedule B

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

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. 332/7

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 ₂ -UO ₂
* 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 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 ³	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	atomb%	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 ₂ ~82w/o UO ₂	20w/o PuO ₂ ~80w/o UO ₂	20w/o PuO ₂ ~80w/o UO ₂
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 ₂
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 ₂ (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* -SWPB).

The specification of piano wire is showned 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^{235} enrichment (%) | 60 ± 0.5 | 90 ± 0.5 | 90 ± 0.5 |
| (4) Density (Geometrical Density)
(% 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_2O) | | | |

The amount of gas released from the pellet heated in vacuum at $1700^{\circ}C$ 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

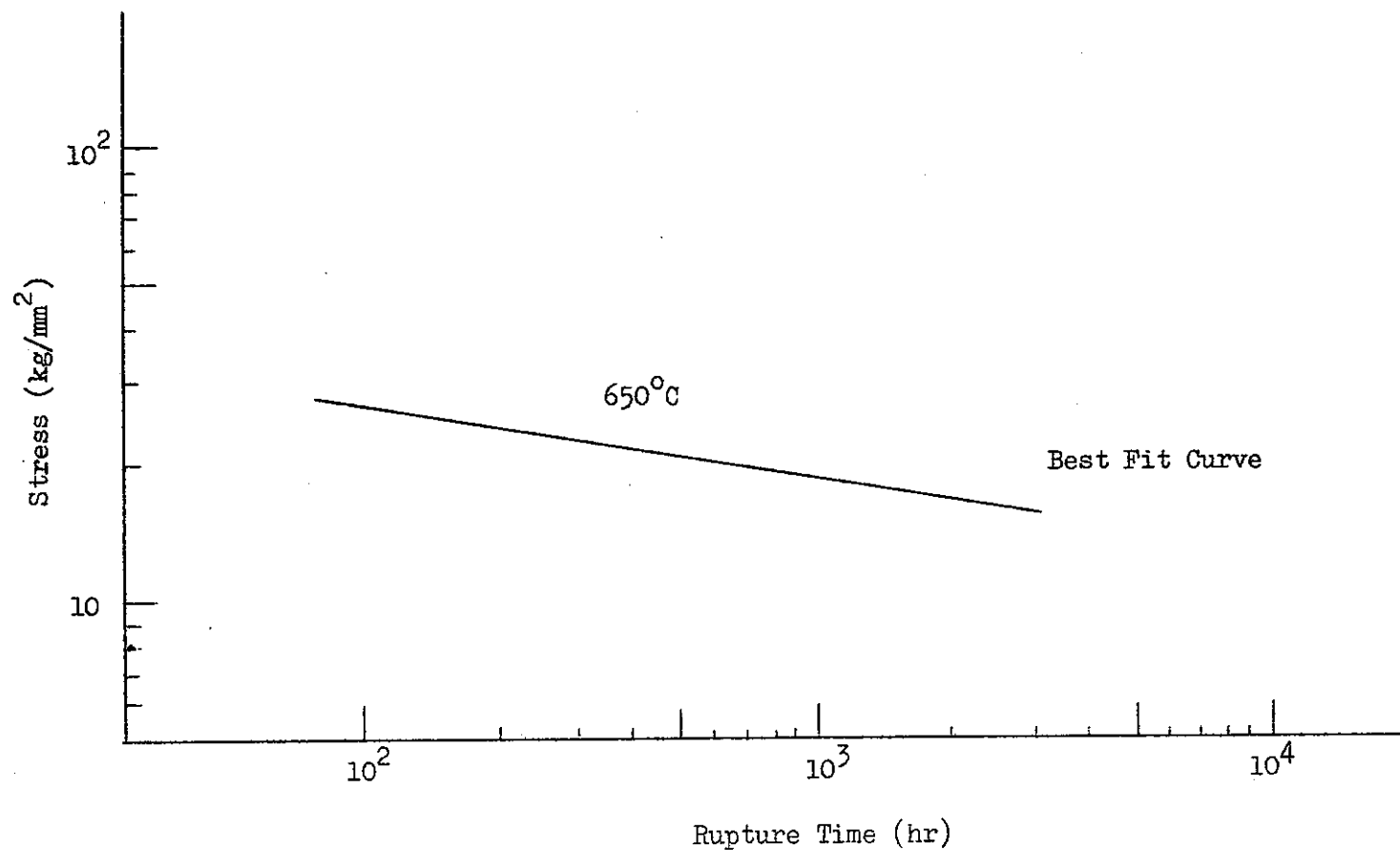
Appendix 3 を参照。

4. Properties of Cladding

4.1 Certificate of Test Results for Cladding

Appendix 4 を参照。

4.2 Biaxial Creep Data



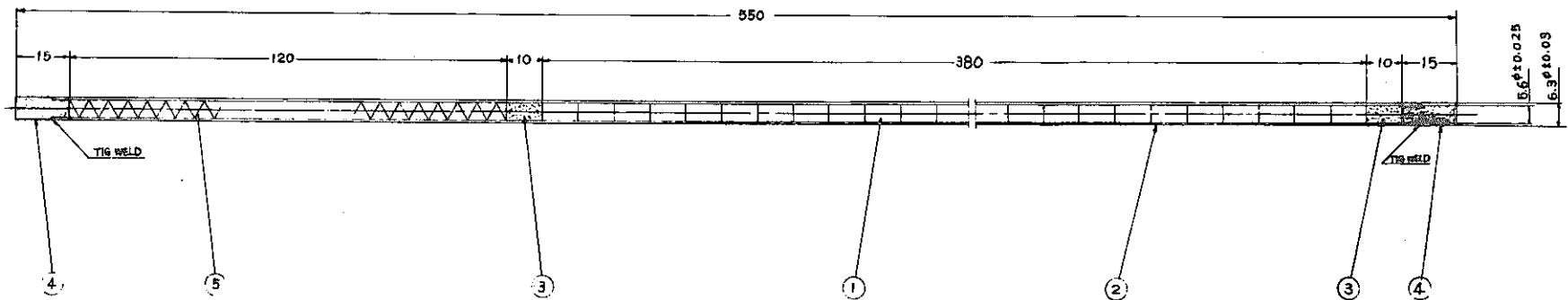
Stress - Rupture Properties of Type 316 Stainless Steel (10% Cold Reduction)

5. Pin Drawing

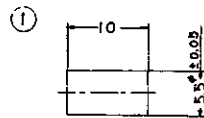
Fig. 1 Pin Drawing for 332/5 Program.

Fig. 2 Pin Drawing for 332/6 Program.

Fig. 3 Pin Drawing for 332/7 Program.



FUEL PELLETT

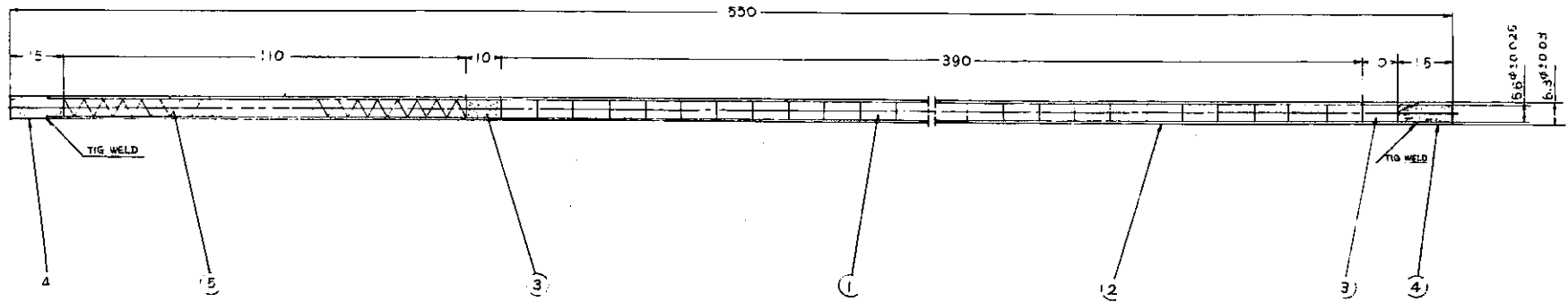


2/1

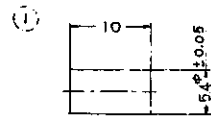
Type of Fuel	(Pu-U) Mixed Oxide
Plutonium Content	18 ± 0.5 w/o
Uranium Enrichment	60 ± 0.5 w/o
Form of Fuel	Solid Pellet
Fuel Density	94 ± 2 % T.D

Fig.3.1 Pin Drawing for 332/5 Program.

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



FUEL PELLETT



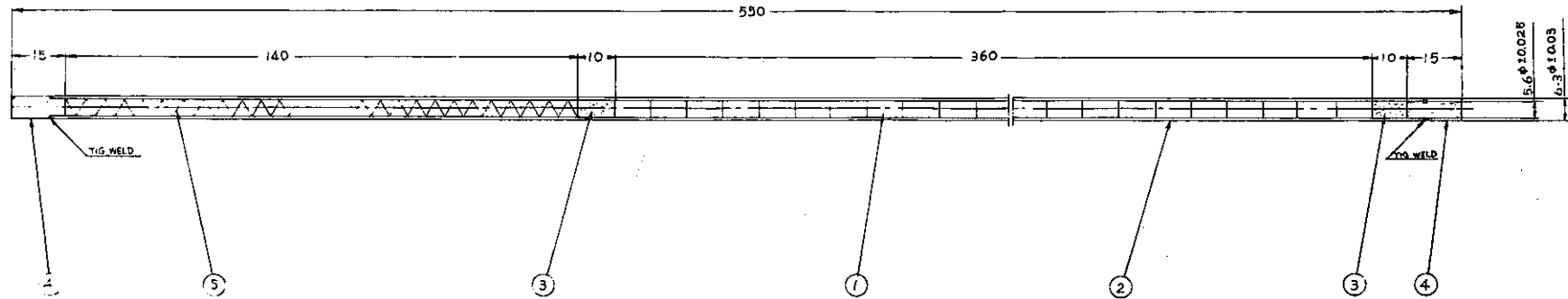
2/1

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

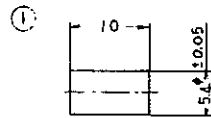
Fig.3.2 Pin Drawing for 332/6 Program.

ITEM	NAME	MATERIAL	SUPL. NO	REMARKS
5	SPRING	AISI 316		
4	END PLUG	AISI 316		
3	THERMAL INSULATOR	Hex. UO ₂		
2	CLAD	AISI 316		
1	FUEL	20% PuO ₂ 90% UO ₂		

TITLE	DFR 332 / 6	SCALE	1/1	DATE.	
	FUEL. PIN	ANGLE.		DESIGN	--
				DWG. <i>Sub</i>	70-7-15
				CHECK	--
				APPR.	--
POWER REACTOR AND NUCLEAR FUEL DEVELOPMENT CORPORATION TOKAI - JAPAN			DWG. NO 6020-01-60200		



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.3.3 Pin Drawing for 332/7 Program.

5	SPRING	AISI 316		
4	END PLUG	AISI 316		
3	THERMAL INSULATOR	Na ₂ UO ₂		
2	CLAD	AISI 316		
1	FUEL	20% PuO ₂ 90% UO ₂		
ITEM	NAME	MATERIAL	SUPL. NO	REMARKS
TITLE			SCALE	DATE.
DFR 332 / 7			1/1	DESIGN --
FUEL PIN			ANGLE.	DWG. Sub 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 DFR 332/6 and 332/7
Irradiation Program

Susumu Suzuki

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



Contents :

General Certification

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

Appendix

- (1) Drawing of fuel pin for DFR 332/6
- (2) Drawing of fuel pin for DFR 332/7

General Certification

As shown in the following item (a), (b), (c), (d), (e) and (f), all pins for DFR 332/6 and 332/7 irradiation experiment are made according to the drawing used and approved in irradiation proposal.

We think that this document will satisfy your requirement.

Susumu Suzuki

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

Susumu Suzuki

(a) Identification of Fuel Pins

Number of Fuel Pins

Fuel Pins for DFR 332/6 : 4

Fuel Pins for DFR 332/7 : 4

Identification

We marked the identification number on the second end plug (the upper end plug) of each fuel pin.

DFR 332/6 Irradiation Experiment

for irradiation : 6-1, 6-2, 6-4

for spare : 6-3

DFR 332/7 Irradiation Experiment

for irradiation : 7-1, 7-2, 7-3

for spare : 7-4

(b) 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) ;

1.0×10^{-8} std. cc Helium/sec

Apparatus :

MITSUBISHI Leak Detector Model MS-805

(c) 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 Fe wires

Contents of X-ray films :

* DFR 6-1
* DFR 6-2
* DFR 7-1
* DFR 7-2

* DFR6AX & DFR7AX
* DFR6AY & DFR7AY

* DFR6BX & DFR7BX
* DFR6BY & DFR7BY

Exposures for fuel pins

Exposures for 1st end plugs
(lower end plugs) of fuel pins
at 0° and 90°

Exposures for 2nd end plugs
(upper end plugs) of fuel pins
at 0° and 90°

(d) 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 D-1, D-2 and D-3.

All results satisfy the Pin Drawings.

Table D-1 Mensuration Results of Fuel and Pin

DFR 332/6

Items	Max. or Min.	6-1	6-2	6-3	6-4
		Total Pin Lenth (mm)	550.40	550.54	549.86
Plenum Length (mm)	111.3	111.5	110.9	110.9	
Fuel Column Length (mm)	389.5	389.3	389.2	389.5	
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.	6.300	6.299	6.307	6.307
	Min	6.297	6.294	6.301	6.304
Clad Inner Diameter (mm)	Max	5.590	5.590	5.597	5.591
	Min	5.589	5.589	5.591	5.587
Clad Thickness (mm)	Max	0.356	0.355	0.358	0.360
	Min	0.354	0.352	0.352	0.357
Fuel Diameter (mm)	Max	5.400	5.410	5.450	5.415
	Min	5.360	5.365	5.390	5.365
Gap Width between fuel and clad (mm)	Max	0.2295	0.2245	0.2015	0.2235
	Min	0.1887	0.1795	0.1425	0.1730
Height of Upper Weld Bead**(mm)	Max	0.105	0.114	0.101	0.110
Height of Lower Weld Bead**(mm)	Max	0.101	0.097	0.090	0.108
Width of Uppwer Weld Bead (mm)	Max	1.90	1.90	1.50	1.60
Width of Lower Weld Bead (mm)	Max	1.90	1.90	1.75	1.60
Cladding Number		S-3489	S-3489	K-3061	K-3085
		-2	-3	-2	-2

* Clad Outer Diameter : Details is shown in Table D-3

** Height of Upper and Lower Weld Bead

$$\text{Bead Height} = \frac{R_1 - R_2}{2}$$

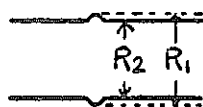


Table D-2 Mensuration Results of Fuel and Pin

DFR 332/7

Items	Max or Min	Pin Identification			
		7-1	7-2	7-3	7-4
Total Pin Length (mm)		549.80	549.88	549.86	550.44
Plenum Length (mm)		140.0	139.4	139.3	141.0
Fuel Column Length (mm)		360.0	360.9	360.8	360.0
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	6.302	6.302	6.306	6.311
	Min	6.299	6.298	6.299	6.299
Clad Inner Diameter (mm)	Max	5.600	5.601	5.598	5.593
	Min	5.600	5.599	5.593	5.586
Clad Thickness (mm)	Max	0.351	0.352	0.357	0.363
	Min	0.350	0.349	0.352	0.353
Fuel Diameter (mm)	Max	5.445	5.425	5.450	5.440
	Min	5.380	5.395	5.395	5.400
Gap Width between Fuel and Clad(mm)	Max	0.2095	0.1940	0.2005	0.1885
	Min	0.1045	0.1645	0.1605	0.1525
Height of Upper Weld Bead**(mm)	Max	0.082	0.103	0.091	0.120
Height of Lower Weld Bead**(mm)	Max	0.085	0.073	0.072	0.117
Width of Upper Weld Bead (mm)	Max	1.70	1.70	1.60	1.70
Width of Lower Weld Bead (mm)	Max	1.80	2.00	1.60	1.90
Cladding Number		S-3494	S-3495	K-3095	K-3056
		-1	-2	-1	-2

* Clad Outer Diameter : Detail is shown in Table D-3

** Height of Upper and Lower Weld Bead

$$\text{Bead Height} = \frac{R_1 - R_2}{2}$$

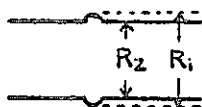


Table D-3 Mensuration Results of Pin Outer Diameter (mm)

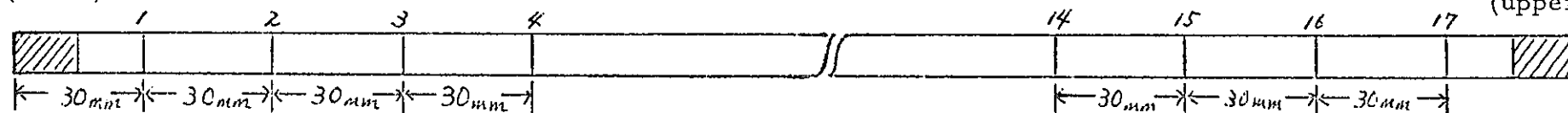
DFR 332/6 and DFR 332/7

Pin Identification	Max Min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6-1	Max	6.297	6.298	6.299	6.299	6.299	6.300	6.299	6.298	6.298	6.298
	Min	6.297	6.297	6.298	6.298	6.298	6.297	6.296	6.297	6.298	6.298
6-2	Max	6.296	6.297	6.298	6.298	6.298	6.297	6.297	6.298	6.299	6.298
	Min	6.294	6.296	6.296	6.297	6.297	6.296	6.297	6.297	6.298	6.298
6-3	Max	6.304	6.302	6.302	6.303	6.300	6.304	6.304	6.304	6.304	6.304
	Min	6.301	6.302	6.301	6.301	6.300	6.302	6.302	6.303	6.303	6.302
6-4	Max	6.307	6.307	6.307	6.305	6.305	6.306	6.305	6.307	6.305	6.305
	Min	6.305	6.305	6.307	6.305	6.305	6.306	6.305	6.305	6.304	6.305
7-1	Max	6.302	6.301	6.301	6.300	6.300	6.300	6.300	6.299	6.300	6.300
	Min	6.301	6.300	6.300	6.300	6.299	6.300	6.299	6.299	6.300	6.300
7-2	Max	6.300	6.301	6.302	6.300	6.300	6.300	6.300	6.300	6.300	6.300
	Min	6.300	6.299	6.301	6.300	6.299	6.299	6.300	6.300	6.299	6.299
7-3	Max	6.301	6.303	6.301	6.303	6.303	6.303	6.303	6.302	6.302	6.302
	Min	6.299	6.300	6.299	6.300	6.300	6.300	6.300	6.301	6.300	6.300
7-4	Max	6.311	6.310	6.310	6.309	6.309	6.309	6.307	6.304	6.304	6.304
	Min	6.310	6.307	6.307	6.309	6.307	6.307	6.305	6.302	6.302	6.301

- 39 -

Ist End Plug
(lower)

2nd End Plug
(upper)



Pin Identification	Max Min	11	12	13	14	15	16	17
6-1	Max	6.299	6.298	6.298	6.297	6.298	6.298	6.300
	Min	6.297	6.297	6.297	6.297	6.297	6.297	6.297
6-2	Max	6.298	6.299	6.299	6.298	6.299	6.298	6.299
	Min	6.298	6.299	6.299	6.297	6.298	6.297	6.296
6-3	Max	6.304	6.304	6.305	6.305	6.305	6.307	6.307
	Min	6.303	6.304	6.305	6.305	6.305	6.306	6.306
6-4	Max	6.305	6.305	6.304	6.304	6.305	6.304	6.307
	Min	6.305	6.304	6.304	6.304	6.305	6.304	6.304
7-1	Max	6.300	6.300	6.300	6.300	6.300	6.300	6.302
	Min	6.299	6.299	6.300	6.300	6.300	6.300	6.299
7-2	Max	6.300	6.299	6.299	6.300	6.299	6.300	6.301
	Min	6.299	6.299	6.299	6.299	6.299	6.299	6.298
7-3	Max	6.304	6.305	6.305	6.305	6.305	6.305	6.306
	Min	6.302	6.304	6.303	6.303	6.304	6.304	6.303
7-4	Max	6.303	6.303	6.302	6.302	6.301	6.300	6.301
	Min	6.302	6.300	6.301	6.299	6.300	6.299	6.300

(e) Weights of components and fuel with their compositions

Weights and Compositions are shown in Table E-1,
E-2, E-3 and E-4.

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

DFR 332/6 and DFR 332/7

Pin Identification	Pin Total Weight	End Plug (Upper&Lower)	Spring	Cladding	Thermal Insulator UO ₂ (Upper&Lower)	Pu-U Mixed Oxide Fuel
6-1	123.24	6.87	1.93	27.88	4.90	81.81
6-2	123.24	6.86	1.93	27.87	4.90	81.70
6-3	124.65	6.86	1.92	27.85	4.90	83.06
6-4	123.45	6.89	1.92	27.96	4.90	81.69
7-1	118.17	6.86	1.94	27.89	4.90	77.77
7-2	118.33	6.87	1.93	27.86	4.90	77.34
7-3	118.46	6.87	1.93	27.68	4.90	77.00
7-4	118.68	6.87	1.93	28.08	4.90	76.88

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

DFR 332/6 and DFR 332/7

Pin Identification	Pu ₂ -UO ₂	PuO ₂	Pu	Fissile Pu	UO ₂	U	U-235
6-1	81.81	16.21	14.29	13.05	65.60	57.80	52.03
6-2	81.70	16.18	14.27	13.04	65.52	57.72	51.96
6-3	83.06	16.41	14.48	13.32	66.65	58.72	52.86
6-4	81.69	16.18	14.27	13.04	65.51	57.71	51.95
7-1	77.00	15.22	13.42	12.26	61.78	54.43	49.00
7-2	76.88	15.19	13.40	12.24	61.69	54.35	48.92
7-3	77.77	15.37	13.55	12.38	62.40	54.98	49.49
7-4	77.34	15.28	13.48	12.31	62.06	54.67	49.22

PuO ₂ /(PuO ₂ + UO ₂) :	19.76 - 19.81 %	Pu-238 :	0.038 %
Pu/PuO ₂ :	88.2 %	239 :	90.142 %
U/UO ₂ :	88.1 %	240 :	8.533 %
Fissile Pu :	91.331 %	241 :	1.189 %
U Enrichment :	90.02 %	242 :	0.098 %

Table E-3 Full Weight of Thermal Insulator UO₂ (gr.)

	6-1	6-2	6-3	6-4	7-1	7-2	7-3	7-4
UO ₂	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90
U	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32
U-235	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

U/UO₂ : 88.1 %

U Enrichment : Natural (0.007%)

Table E-4 Cladding Composition (%)

Cladding No.	Specification	Result	
		S 3489, 90, 94	K 3056, 3061
		S 3490, 3492	K 3085 3095
C	0.04-0.08	0.06	0.072
Si	0.75 (Max)	0.58	0.58
Mn	2.00 (")	1.57	1.67
P	0.03 (")	0.003	0.014
S	0.03 (")	0.013	0.013
Ni	11.00-14.00	13.25	12.47
Cr	16.00-18.00	16.80	17.13
Co	0.10 (Max)	0.02	0.04
Mo	2.00-3.00	2.57	2.54
B	0.001 (Max)	0.0003	
N	0.035 (")	0.0262	
Cu		0.23	
Fe	Balance	Balance	Balance

(f) Health Physics Certificate on Decontamination

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

Therefore, contamination of welds was not detected by smear method of α - ray.

Surface contamination was also not detected.

There results are shown in the following ;

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

<u>Pin No.</u>	<u>Smear survey (cpm)</u>	<u>Pin No.</u>	<u>Smear survey (cpm)</u>
6-1	0	7-1	0
6-2	0	7-2	0
6-3	0	7-3	0
6-4	0	7-4	0

ii) Results of decontamination of welds.

<u>Pin No.</u>	<u>Smear survey (cpm)</u>	<u>Pin No.</u>	<u>Smear survey (cpm)</u>
6-1	0	7-1	0
6-2	0	7-2	0
6-3	0	7-3	0
6-4	0	6-4	0

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

<u>Pin No.</u>	<u>Smear survey (cpm)</u>	<u>Pin No.</u>	<u>Smear survey (cpm)</u>
6-1	0	7-1	0
6-2	0	7-2	0
6-3	0	7-3	0
6-4	0	7-4	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	50
2. 参考規格	50
3. 製造	50
3.1 溶解	50
3.2 熱処理および冷間加工度	50
4. 化学成分	50
4.1 ヒートの定義	51
5. 機械的性質	51
6. 金属組織	52
6.1 結晶粒度	52
6.2 介在物	52
7. 寸法精度	52
7.1 真直度	52
7.2 真円度	52
7.3 寸法公差	52
8. 表面仕上	52
9. 洗 浄	53
10. 試験・検査	53
10.1 機械強度試験	53
10.1.1 編平試験	53
10.1.2 フレア試験	53
10.1.3 硬さ試験	53
10.1.4 水圧試験	53
10.1.5 水圧破壊試験	53
10.2 探傷検査	54
10.2.1 浸透試験	54
10.2.2 超音波探傷検査	54
10.3 腐触試験	54

1 0. 3. 1	粒界腐蝕	54
1 0. 3. 2	耐食性	54
1 1.	製造履歴	54
1 2.	採取法および採取率	54
1 3.	提出書類	55

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 ²)	0.2%耐力 (kg/mm ²)	伸び-50mm(%)
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 mmφ $\bar{\delta}$
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つて試験を行ない、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 の規定に従つ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、ねじれがあつてはならない。曲りは1000 mmにつき0.75 mm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0.05 mm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)	$\begin{matrix} \pm 1.0 \\ - 0 \end{matrix}$

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つてはならない。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 cm²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 800 Kg/cm^2 、降伏圧力が 650 Kg/cm^2 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 0.025 mm 、長さ 0.75 mm 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ない。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 F-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-C

作業番号 Q 3162 寸法 6.3(5.6) 0.35 2000 仕様番 「A-底101」

受注数量 800 83 完

検査数量 68 Pcs. 管番 S3469 - S3536

非金属介在物試験

水圧試験	検査	試験						被覆水圧値 (kg/cm ²)	T				H		
		表面、寸法	扁平	押広	曲げ	鋳出	ミクロ		腐食	A系	B系	C系	D系	B	N
230 kg/cm ²	○	○	○				○	○	降伏値 (規格 ≥ 650): 910, 895	1.5	2.5	0	0		
	○	○	○				○	○	破壊値 (" ≥ 800): 945, 920	1.0	1.0	0	0		
									※○は検査、試験結果良を示す	0	0	0	0		
										2.0	1.5	0	0		

Ch. 係	試験番号	引張試験			カタサ		化学成分 %											
		降伏点 kg/mm ²	引張強サ kg/mm ²	伸 % (50mm)	HV	HKB	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	常温	57.5 58.6	70.9 70.6	31 32	260 274	101.0 101.4	.06	.58	1.52	.003	.017	.23	13.14	16.60	2.82	.02	.0005	.0262
	Lot No. 2	最小 最大	20 -	30 -	15 -													
650°C	高温	34.1 33.9	42.7 43.7	24 24			.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	.03 .03	.0003 .0003	.0262 .0260

57-1

超音波試験：良好
 液体浸透試験：良好
 オーステナイト粒度 (JIS FINDER) : 7, 2, 7, 1
 副産物検査試験：良好

引張 : 0.8, 0.8
 引張 : 0.8, 0.8

住友金属工業株式会社鋼管製造所
 検定部 検査課長



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, FUKIAI-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 ~ 3450	Pieces 450	Weight kg 46.8

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 ²	60	76.6	77.5	
Mn %	2.00	1.67	YS 0.2% offset kg/cm ²	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	*良
Ni	11.00-14.00	12.47	Flatten % of OD	H=2.6	2.0	1.5	良
Cr	16.00-18.00	17.13	Burst kg/cm ²	800	1060	1080	
Co	0.10	0.04	Burst Y.S kg/cm ²	650	980	950	
Mo	2.00-3.00	2.54	Grain Size ASTM No.	6.0	9.0	9.0	
			Surface Roughness 内	≤ 3.05	0.6	0.5	
			Surface Roughness 外	≤ 3.05	2.0	1.8	
			Surface Appearance				

SUPPLEMENTAL INFORMATION

1) 高温引張 (650°C)
Spec. (1) (2)
U.T.S ≥ 30kg/mm² 44.3 45.2
Y.S ≥ 20kg/mm² 38.0 39.2
E(in50m/m) > 15% 27 26

2) 介在物 B Type - 0.5

3) 硬度
マイクロピツカース (1) (2)
268 263

4) 表面状況
全数合格

CORROSION TESTS

Lot Position	Spec.	hours	°C	kg/cm ²	Rou No.
Gain mg/dm ²					
Appearance					
Intercrystalline Corrosion					

NON DESTRUCTIVE TEST

Ultrasonic	全数合格
Hydrostatic 220 kg/cm ²	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

Manager of Technical Section.

DFR-332/5.6.7ton 嚙作用被覆管検査成績一覽表

昭和45年8月28日

51

管 番 号	外觀検査 (内は裏面 アタッチ)	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)		肉 厚 (mm)		肉 厚 (mm)			欠 陥
					最 大 値	最 小 値	最 大 値	最 小 値	最 大 値	最 小 値	最 大 値	最 小 値		
規 格 値			530 ± 0.5		6.300 ± 30μ		5.600 ± 25μ		0.35 ± 30μ		0.35 ± 30μ			
S 3471-1	D(A)				6.304	6.302	5.5965	5.599			0.362	0.343	A	
S 3471-2	D(A)				6.304	6.301	5.596	5.5945			0.362	0.342	A	
S 3471-3	D(A)				6.308	6.304	5.5975	5.595			0.367	0.335	A	
S 3494-1	D(A)				6.304	6.3025	5.595	5.594			0.364	0.339	B	332/7 No.7-1
S 3494-2	D(A)				6.3025	6.300	5.595	5.594			0.363	0.340	B	332/5 No.1
S 3494-3	D(A)				6.3025	6.300	5.596	5.594			0.362	0.342	B	332/5 No.2
S 3495-1	D(A)				6.308	6.3025	5.5955	5.5965			0.363	0.339	B	
S 3495-2	D(A)				6.3025	6.300	5.5955	5.594			0.362	0.340	B	332/7 No.7-2
S 3495-3	D(A)				6.304	6.300	5.5955	5.594			0.362	0.341	B	
S 3510-1	D(A)				6.303	6.301	5.6025	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	5.5995			0.364	0.343	A	
S 3513-1	D(A)				6.3035	6.3015	5.609	5.6035			0.366	0.347	A	
S 3513-2	D(A)				6.3035	6.302	5.607	5.604			0.367	0.346	A	
S 3513-3	D(A)				6.3025	6.3015	5.604	5.6035			0.370	0.343	A	
	()													
K 3061-1	B(A)				6.311	6.3025	5.5975	5.595			0.362	0.342	B	
K 3061-2	B(A)				6.3025	6.2955	5.595	5.5905			0.361	0.342	B	332/6 No.6-3
K 3061-3	B(A)				6.299	6.2955	5.5935	5.5915			0.357	0.345	B	332/5 No.3
K 3069-1	B(A)				6.313	6.302	5.5955	5.5935			0.362	0.351	B	
K 3069-2	B(A)				6.304	6.301	5.5945	5.591			0.362	0.346	B	
K 3069-3	B(A)				6.304	6.301	5.594	5.5915			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)				6.305	6.3025	5.5945	5.591			0.361	0.350	B	
K 3071-3	C(A)				6.304	6.343	5.5945	5.591			0.361	0.351	B	332/5 No.4

昭和45年8月28日 KZ

管 番 号	外觀検査 ()内は表面 フラサ	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)		肉 厚 (mm)		肉 厚 (mm)		欠 陥	
					最 大 値	最 小 値	最 大 値	最 小 値	最 大 値	最 小 値	最 大 値	最 小 値		
K 3085-1	B (A)				6.309	6.308	5.591	5.588			0.362	0.352	B	
K 3085-2	B (A)				6.311	6.306	5.592	5.587			0.362	0.350	B	332/6 No.6-4
K 3085-3	B (A)				6.322	6.309	5.594	5.596			0.363	0.351	B	
K 3095-1	B (A)				6.309	6.300	5.597	5.598			0.361	0.350	B	332/7 No.7-3
K 3095-2	B (A)				6.302	6.299	5.594	5.588			0.361	0.344	B	
K 3095-3	B (A)				6.303	6.297	5.594	5.591			0.359	0.345	B	
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													
	()													

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 Pa燃製造課
 依頼課名 _____

課長	係長	係員
		

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、メラー。
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ものに、 パインのナンバー貼付部を、 $D_1, D_2, L_1, L_2, L_3, W$ とし、反対側を、 $D_1', D_2', L_1', L_2', L_3', W'$ としある。 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、メラー 0.1g 目盛 $\frac{1}{100}$ の物は、目読 テーパー角度は、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

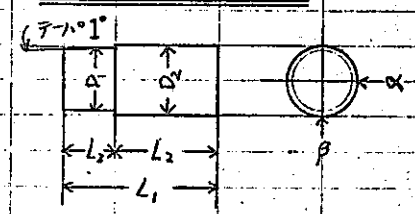
45.9.1 No.

	外径 (D ₁) 5.6 ^{±0.01} mm				外径 (D ₂) 6.3 ^{±0.03} mm				長さ (L ₁) 15 ^{±0.1} mm		長さ (L ₂) 10 ^{±0.1} mm		長さ (L ₃) 5 ^{±0.1} mm		重量	
	D ₁ α	D ₁ β	D ₁ α	D ₁ β	D ₂ α	D ₂ β	D ₂ α	D ₂ β	L ₁	L ₁ '	L ₂	L ₂ '	L ₃	L ₃ '	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

7-バネ抜き測定

	NO	R.NO
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 該科測定位置



検査課依頼作業結果報告書

受付番号 9

件名 スフリング検査

受付年月日 45.8.24

依頼者名 可燃製造課

依頼課名

課長 係長 係員

渡部

作業者名 一の丈

作業年月日 45.9.8

三浦

使用機器名:	マイクロメータ 1キス ハネ試験機
条件:	
結果:	<p>スフリング 10ヶ位7112.</p> <p>外径 自由長 巻数 線径 ハネ定数 127112 測定(元)</p> <p>測定法 測定結果 別紙の通り.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ スフリング 外径は規格値より幾分小さいものが多い. ◦ 有効巻数 127112は ハネの座の判定で 31ヶ巻位に見られるともないが 總体的には良. ◦ 他の測定値 127112は 例も規格内である.
所要時間:	
備考	

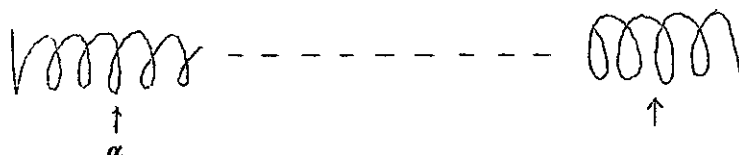
スプリング検査 (DFR照射用ピンに使用する)

S. 4 5. 9. 8

No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
外 径	α	5.3 0	5.2 7	5.3 1	5.3 4	5.2 8	5.2 8	5.3 0	5.2 9	5.2 9	5.3 0
	β	5.3 0	5.2 7	5.3 1	5.3 1	5.2 8	5.2 8	5.3 0	5.2 9	5.2 9	5.2 9
	α'	5.3 2	5.3 0	5.3 1	5.2 7	5.2 8	5.2 8	5.2 9	5.2 9	5.2 9	5.2 8
	β'	5.3 2	5.3 0	5.3 1	5.2 7	5.2 8	5.2 8	5.2 9	5.2 9	5.2 9	5.2 8
自由長		^{mm} 128.35	128.55	128.3	128.50	128.15	128.55	128.4	128.45	128.5	128.35
巻 数	総 巻	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4
	有効巻	3 2	3 2	3 2	3 2	3 2	3 2	3 2	3 2	3 2	3 2
バネ定数	2 0 0 g		1 2 6.9		1 2 6.9		1 2 7.15		1 2 7.1		1 2 6.6
	5 0 0 g		1 2 4.7		1 2 4.45		1 2 5.1		1 2 4.35		1 2 4.4
	1 4 3 0 g		1 1 7.95		1 1 8.0		1 1 8.2		1 1 7.9		1 1 7.4
	定 数		$\frac{Kg}{mm}$ c.128		0.130		0.14		0.135		0.123
ワイヤ径		^{mm} ϕ 0.79	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 (α , β) 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

抄

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	K0P1線 0.8% 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	炭素 C%	硅素 Si%	マンガン Mn%	磷 P%	硫黄 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
		SWR2A												
	D	51305	0.8%	0.2%	0.5%	0.008	0.008				0.0%			

試験成績	試験項目規格	品名	線径 mm	重量 kg	kg/mm ² 抗張力	捻回値	屈曲値							
		SWP-B												
	51305	505001	0.800		242	3P								
	D	3167	0.800	10.6	244	35								

發條試驗成績表

No. _____

勸業爐核燃料用器事業団御中

昭和 46年 9 月 7 日

註番 _____

作番 _____

図番 ~~330/5~~

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	Swf-B	0.8			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 長サ mm	(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%	弾性係数	弾性率	荷重kg	長サ%	弾性係数	弾性率	荷重kg	長サ%	弾性係数	弾性率			
	128.1	1.43	117	1570	200g	97%	500g	97%	1kg	97%			0			
1	128.2	1.48	"	0.128	"	1.5	"	3.8	"	9.5			"			
2	128.3	1.51	"	0.128	"	1.5	"	3.7	"	9.4			"			
3	128.1	1.46	"	0.141	"	1.5	"	3.8	"	9.6			"			
4	128.4	1.52	"	0.128	"	1.6	"	3.8	"	9.5			"			
5	127.9	1.47	"	0.144	"	1.4	"	3.6	"	7.9			"			
6	128.6	1.55	"	0.128	"	1.5	"	3.7	"	7.6			"			
7	128.1	1.48	"	0.128	"	1.4	"	3.7	"	7.4			"			
8	128.5	1.54	"	0.128	"	1.5	"	3.7	"	7.5			"			
9	128.4	1.52	"	0.128	"	1.5	"	3.7	"	7.5			"			
10	128.2	1.46	"	0.120	"	1.6	"	3.9	"	7.7			"			

試験番号 _____



森發條株式会社

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

Appendix 5

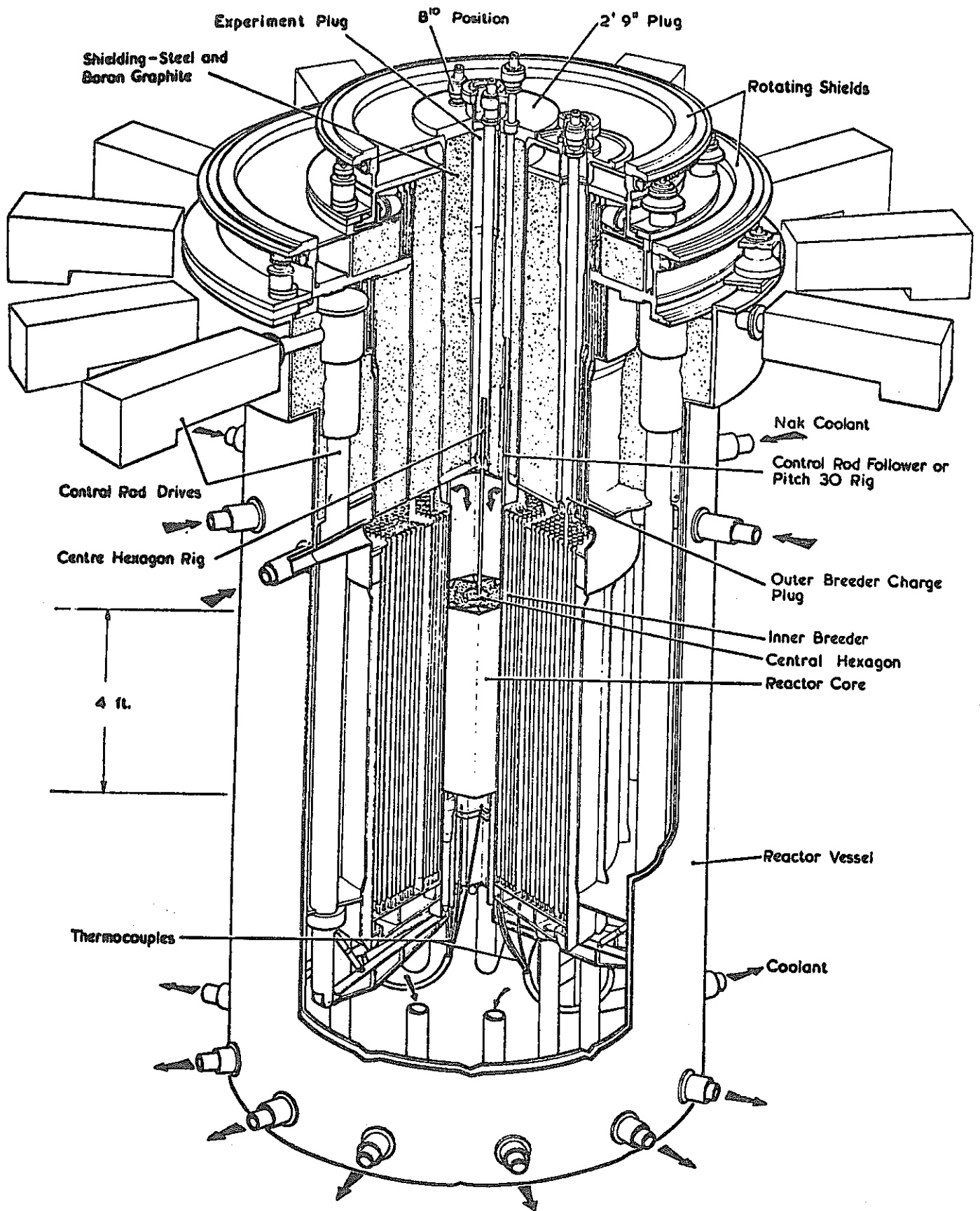
DFR 概 要

DFR 概 要 図

DFR 炉 心 詳 細 図

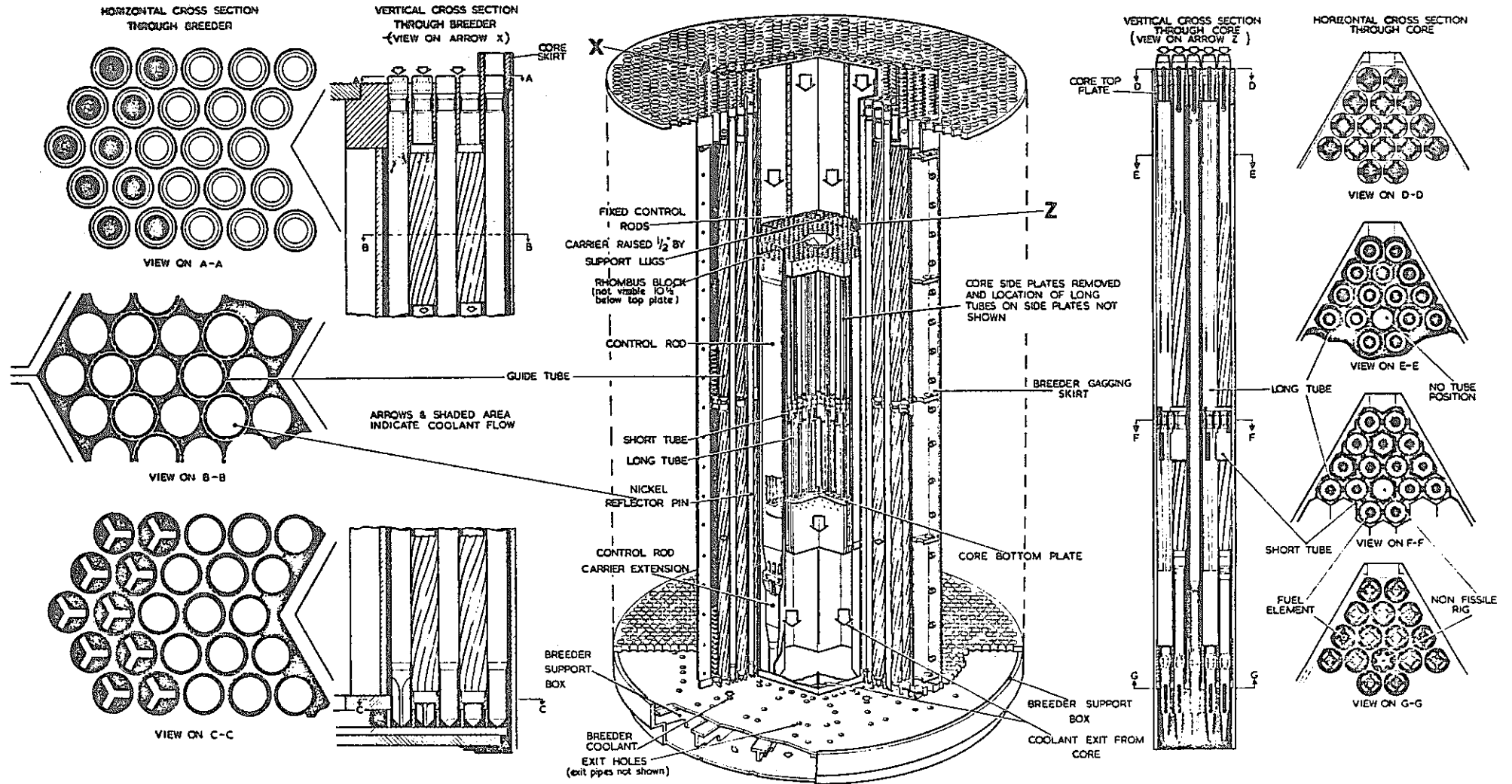
DFR 炉 心 配 置 図

本照射試験の試料はいずれも Pitch26 (炉中心より 20.279 cm) で照射されている。
Pitch26 は炉心中に12箇所あり、「DFR炉心配置図」中黒くぬりつぶした丸が Pitch26
である。



SIMPLIFIED CUT-AWAY VIEW OF D.F.R.

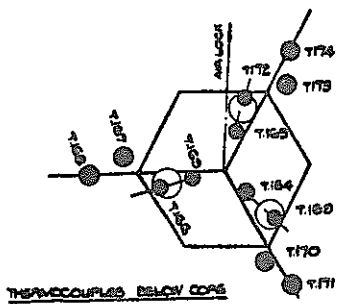
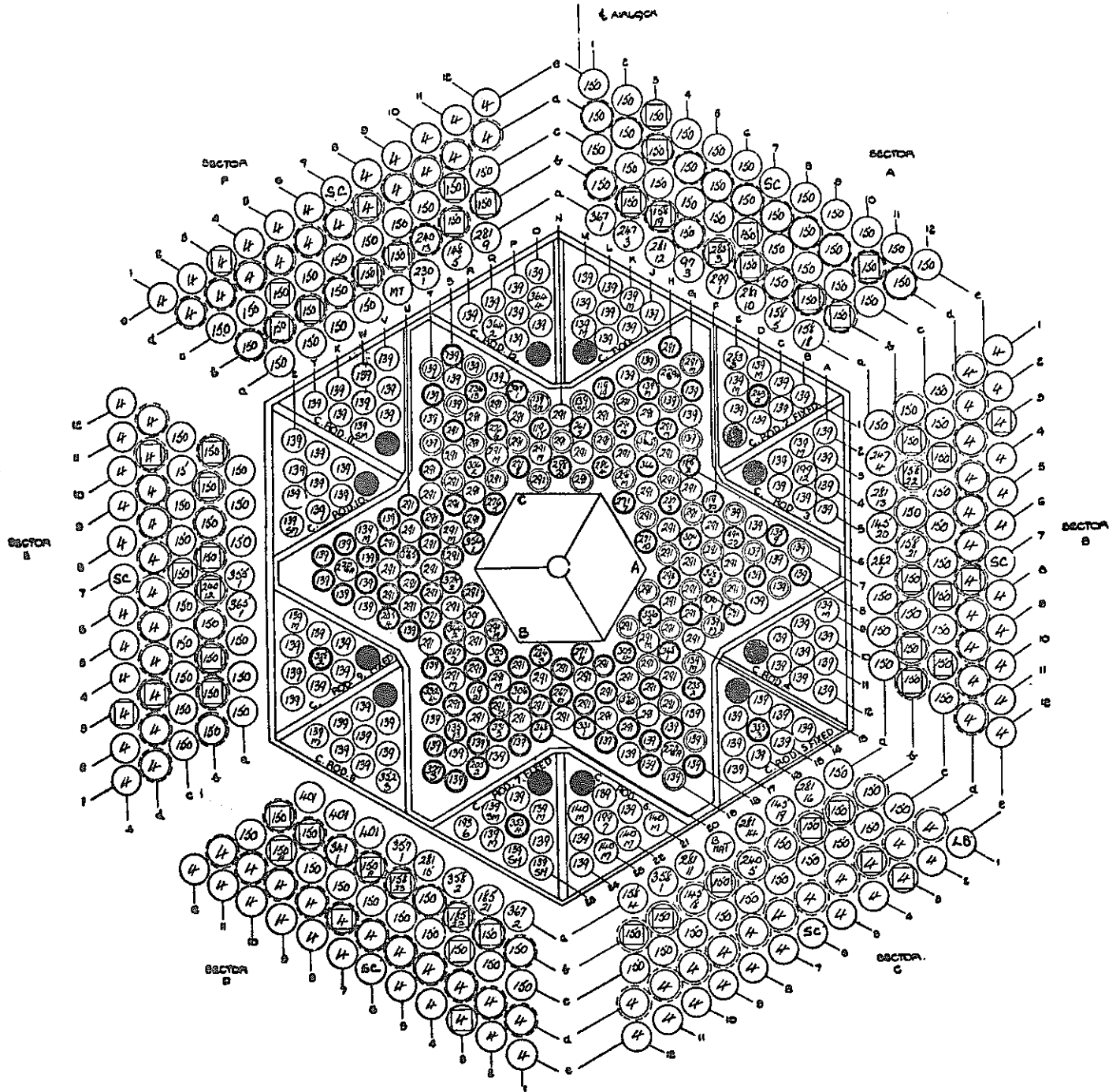
DFR 概要図



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

照射後試験計画

DFR 332/6, 7照射試験用試料は被覆管・燃料とも同じものを使用している。

332/6は5サイクル, 332/7は7サイクル照射する予定である。332/7は5サイクル連続照射した後, 1サイクル休み, その後2サイクル連続照射し合計7サイクル照射する。

英国AEAとの技術打合せの段階で332/7は連続7サイクル照射することに両者共不安を感じ途中で中間検査をすることになった。しかし, 経費節約のため332/6と同時に照射を開始し, 332/6の照射終了と共に照射を一時中断し, その期間に332/6の非破壊照射後試験を実施しそれを332/7の中間検査に代えるということにした。

1. 非破壊照射後試験（英国AEAのDFRE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・スキヤン（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

2. 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, H₂, O₂, CO₂, N₂, 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，腐食

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 7

照射前燃料ピン検査結果の日・英比較

照射契約にもとずき英国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

DFR332/6

PPin No.	6-1 S125	6-2 S126	6-3	6-4 S127
PNC 測定値 (gr)	123.24	123.24	124.65	123.45
英国AEA 測定値 (gr)	123.27±0.01	123.25±0.01		123.46±0.01

DFR332/7

Pin No.	7-1 S129	7-2 S130	7-3 S131	7-4
PNC 測定値 (gr)	118.17	118.33	118.46	118.68
英国AEC 測定値 (gr)	118.18±0.01	118.35±0.01	118.47±0.01	

2. Pin 全長

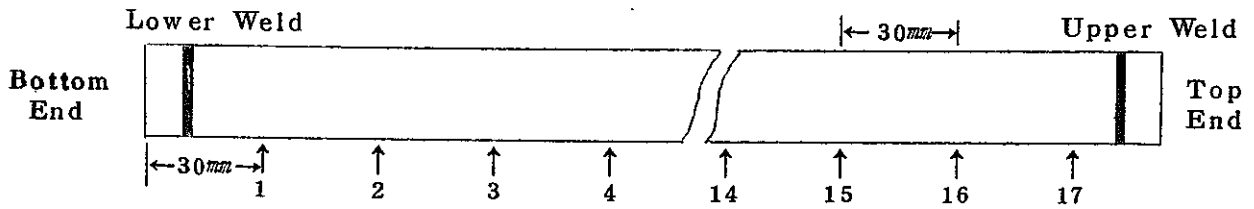
DFR332/6

Pin No.	6-1 S125	6-2 S126	6-3	6-4 S127
PNC 測定値 (mm)	550.40	550.54	549.86	549.82
(mm)	550.29	550.44		549.78
英国AEA 測定値 (ins)	21.665	21.671		21.645
	at 70°F	at 75°F		at 75°F

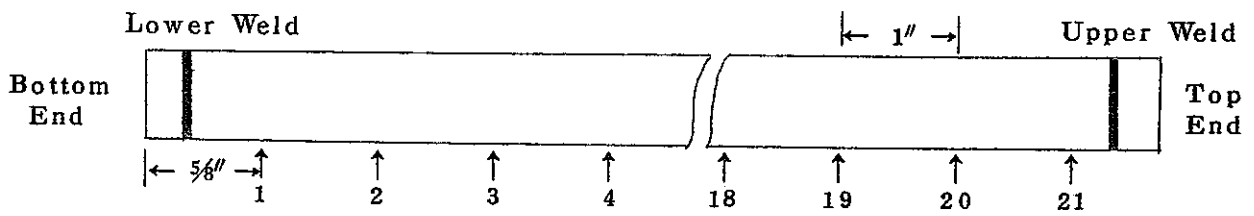
Pin No.	7-1 S129	7-2 S130	7-3 S131	7-4
PNC 測定値 (mm)	549.80	549.88	549.86	550.44
(mm)	549.76	549.76	549.76	
英国AEC 測定値 (ins)	21.644	21.644	21.644	
	at 74°F	at 74°F	at 75°F	

3. ピン 外 径

PNC 測 定



英国AEA測定



PNC 測定

英国AEA測定

測定点	Max.	Min.
	(mm)	(mm)
1	6.297	6.297
2	6.298	6.297
3	6.299	6.298
4	6.299	6.298
5	6.299	6.298
6	6.300	6.297
7	6.299	6.296
8	6.298	6.297
9	6.298	6.298
10	6.298	6.298
11	6.299	6.297
12	6.298	6.297
13	6.298	6.297
14	6.297	6.297
15	6.298	6.297
16	6.298	6.297
17	6.300	6.297

測定点	Max.		Min.	
	(ins.)	(mm)	(ins.)	(mm)
1	0.2481	6.302	0.2475	6.287
2	0.2480	6.299	0.2478	6.294
3	0.2479	6.297	0.2478	6.294
4	0.2479	6.297	0.2478	6.294
5	0.2478	6.294	0.2478	6.294
6	0.2479	6.297	0.2478	6.294
7	0.2479	6.297	0.2478	6.294
8	0.2479	6.297	0.2479	6.297
9	0.2479	6.297	0.2478	6.294
10	0.2479	6.297	0.2478	6.294
11	0.2479	6.297	0.2478	6.294
12	0.2478	6.294	0.2478	6.294
13	0.2479	6.297	0.2478	6.294
14	0.2479	6.297	0.2478	6.294
15	0.2480	6.299	0.2478	6.294
16	0.2479	6.297	0.2478	6.294
17	0.2479	6.297	0.2478	6.294
18	0.2480	6.299	0.2479	6.297
19	0.2480	6.299	0.2479	6.297
20	0.2480	6.299	0.2479	6.297
21	0.2480	6.299	0.2479	6.297

PNC 測定

測定点	M a x.	
	(mm)	(mm)
1	6.296	6.294
2	6.297	6.296
3	6.298	6.296
4	6.298	6.297
5	6.298	6.297
6	6.297	6.296
7	6.297	6.297
8	6.298	6.297
9	6.299	6.298
10	6.298	6.298
11	6.298	6.298
12	6.299	6.299
13	6.299	6.299
14	6.298	6.297
15	6.299	6.298
16	6.298	6.297
17	6.299	6.296

英国AEA測定

測定点	M a x.		M i n.	
	(ins)	(mm)	(ins)	(mm)
1	0.2481	6.302	0.2474	6.284
2	0.2478	6.294	0.2478	6.294
3	0.2478	6.294	0.2478	6.294
4	0.2478	6.294	0.2478	6.294
5	0.2479	6.297	0.2478	6.294
6	0.2479	6.297	0.2478	6.294
7	0.2478	6.294	0.2477	6.292
8	0.2478	6.294	0.2477	6.292
9	0.2479	6.297	0.2478	6.294
10	0.2480	6.299	0.2478	6.294
11	0.2480	6.299	0.2479	6.297
12	0.2480	6.299	0.2479	6.297
13	0.2480	6.299	0.2480	6.299
14	0.2480	6.299	0.2480	6.299
15	0.2480	6.299	0.2480	6.299
16	0.2480	6.299	0.2479	6.297
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	0.2478	6.294

PNC 测定

英国 AEA 测定

测定点	Max.	Min.
	(mm)	(mm)
1	6.307	6.305
2	6.307	6.305
3	6.307	6.307
4	6.305	6.305
5	6.305	6.305
6	6.306	6.306
7	6.305	6.305
8	6.307	6.305
9	6.305	6.304
10	6.305	6.305
11	6.305	6.305
12	6.305	6.304
13	6.304	6.304
14	6.304	6.304
15	6.305	6.305
16	6.304	6.304
17	6.307	6.304

测定点	Max.		Min.	
	(ins.)	(mm)	(ins.)	(mm)
1	0.2485	6.312	0.2478	6.294
2	0.2482	6.304	0.2481	6.302
3	0.2482	6.304	0.2480	6.299
4	0.2482	6.304	0.2481	6.302
5	0.2482	6.304	0.2481	6.302
6	0.2482	6.304	0.2480	6.299
7	0.2481	6.302	0.2481	6.302
8	0.2482	6.304	0.2481	6.302
9	0.2482	6.304	0.2481	6.302
10	0.2482	6.304	0.2481	6.302
11	0.2482	6.304	0.2481	6.302
12	0.2482	6.304	0.2481	6.302
13	0.2482	6.304	0.2481	6.302
14	0.2482	6.304	0.2481	6.302
15	0.2482	6.304	0.2480	6.299
16	0.2482	6.304	0.2481	6.302
17	0.2482	6.304	0.2481	6.302
18	0.2482	6.304	0.2480	6.299
19	0.2482	6.304	0.2481	6.302
20	0.2482	6.304	0.2481	6.302
21	0.2483	6.307	0.2480	6.299

PNC 測定

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

英国AEA測定

測定点	Max.		Min.	
	(ins.)	(μR)	(ins.)	(μR)
1	0.2481	6.302	0.2475	6.287
2	0.2480	6.299	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	0.2479	6.297
6	0.2480	6.299	0.2480	6.299
7	0.2480	6.299	0.2478	6.294
8	0.2479	6.297	0.2479	6.297
9	0.2480	6.299	0.2478	6.294
10	0.2480	6.299	0.2479	6.297
11	0.2480	6.299	0.2480	6.299
12	0.2480	6.299	0.2480	6.299
13	0.2480	6.299	0.2479	6.297
14	0.2480	6.299	0.2479	6.297
15	0.2480	6.299	0.2480	6.299
16	0.2480	6.299	0.2479	6.297
17	0.2480	6.299	0.2479	6.297
18	0.2480	6.299	0.2479	6.297
19	0.2480	6.299	0.2478	6.294
20	0.2480	6.299	0.2479	6.297
21	0.2482	6.304	0.2478	6.294

PNC 测定

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

英国AEA测定

测定点	Max.		Min.	
	(ins.)	(mm)	(ins.)	(mm)
1	0.2477	6.292	0.2477	6.292
2	0.2478	6.294	0.2478	6.294
3	0.2479	6.297	0.2478	6.294
4	0.2479	6.297	0.2478	6.294
5	0.2480	6.299	0.2478	6.294
6	0.2480	6.299	0.2478	6.294
7	0.2480	6.299	0.2478	6.294
8	0.2479	6.297	0.2478	6.294
9	0.2480	6.299	0.2478	6.294
10	0.2480	6.299	0.2479	6.297
11	0.2480	6.299	0.2479	6.297
12	0.2480	6.299	0.2479	6.297
13	0.2480	6.299	0.2478	6.294
14	0.2480	6.299	0.2478	6.294
15	0.2479	6.297	0.2478	6.294
16	0.2480	6.299	0.2479	6.297
17	0.2479	6.297	0.2479	6.297
18	0.2479	6.297	0.2479	6.297
19	0.2480	6.299	0.2478	6.294
20	0.2480	6.299	0.2479	6.297
21	0.2479	6.297	0.2477	6.292

PNC 测定

测定点	Max.	Min.
	(mm)	(mm)
1	6.301	6.299
2	6.303	6.300
3	6.301	6.299
4	6.303	6.300
5	6.303	6.300
6	6.303	6.300
7	6.303	6.300
8	6.302	6.301
9	6.302	6.300
10	6.302	6.300
11	6.304	6.302
12	6.305	6.304
13	6.305	6.303
14	6.305	6.303
15	6.305	6.304
16	6.305	6.304
17	6.306	6.303

英国AEA测定

测定点	Max.		Min.	
	(ins.)	(mm)	(ins.)	(mm)
1	0.2482	6.304	0.2476	6.289
2	0.2480	6.299	0.2480	6.299
3	0.2480	6.299	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	0.2481	6.302	0.2479	6.297
8	0.2482	6.304	0.2481	6.302
9	0.2482	6.304	0.2480	6.299
10	0.2480	6.299	0.2479	6.297
11	0.2480	6.299	0.2479	6.297
12	0.2480	6.299	0.2479	6.297
13	0.2480	6.299	0.2480	6.299
14	0.2481	6.302	0.2480	6.299
15	0.2482	6.304	0.2482	6.304
16	0.2482	6.304	0.2481	6.302
17	0.2482	6.304	0.2481	6.302
18	0.2482	6.304	0.2481	6.302
19	0.2482	6.304	0.2482	6.304
20	0.2482	6.304	0.2481	6.302
21	0.2483	6.307	0.2481	6.302

4. 溶接部ビード高さ

	T o p E n d		B o t t o m E n d	
	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. 6-11 (mm) (S125) (ins)	0.105	0.0762 0.003	0.101	0.0508 0.002
No. 6-2 (mm) (S126) (ins)	0.114	0.0762 0.003	0.097	0.0508 0.002
No. 6-4 (mm) (S127) (ins)	0.110	0.0508 0.002	0.108	0.0508 0.002
No. 7-1 (mm) (S129) (ins)	0.082	0.0381 0.0015	0.085	0.0254 0.001
No. 7-2 (mm) (S130) (ins)	0.103	0.0508 0.002	0.073	0.0635 0.0025
No. 7-3 (mm) (S131) (ins)	0.091	0.0508 0.002	0.072	0.0635 0.0025

PNC測定 : 溶接部外径 (Max.) - 6.300 / 2

英国AEA測定 : 不明 (片側高さ)

燃料ピンに関するデータ

- 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 ペレット径, 被覆管 — ペ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

DFR332/6

Pin.No	非 破 壊 検 査					He リーク 試験 atom cc/sec
	X 線 検 査					
	上 部		下 部		Pin全体	
	X	Y	X	Y		
6 - 1	合	合	合	合	合	6.0×10^{-9}
6 - 2	合	合	合	合	合	5.9×10^{-9}
6 - 3	合	合	合	合	合	5.5×10^{-9}
6 - 4	合	合	合	合	合	5.5×10^{-9}

DFR332/7

Pin.No	非 破 壊 検 査					He リーク 試験 aton cc/sec
	X 線 検 査					
	上 部		下 部		Pin全体	
	X	Y	X	Y		
7 - 1	合	合	合	合	合	5.5×10^{-9}
7 - 2	合	合	合	合	合	5.3×10^{-9}
7 - 3	合	合	合	合	合	5.5×10^{-9}
7 - 4	合	合	合	合	合	6.0×10^{-9}

(2) 溶接に関するデータ

DFR332/6

Pin.No	溶 接 条 件					
	1st E·P			2nd E·P		
	真空度 (mmHg)	電 流 (A)	時 間 (sec)	真空度 (mmHg)	電 流 (A)	時 間 (sec)
6 - 1	2.3×10^{-5}	1 2.0	6 (3)	2.4×10^{-5}	1 1.5	7 (3)
6 - 2	2.3×10^{-5}	1 2.0	6 (3)	3.2×10^{-5}	1 1.0	8 (3)
6 - 3	3.2×10^{-5}	1 1.5	6 (3)	3.0×10^{-5}	1 1.5	6 (3)
6 - 4	3.7×10^{-5}	1 1.5	6 (3)	3.0×10^{-5}	1 1.0	6 (3)

DFR332/7

Pin.No	溶 接 条 件					
	1st E·P			2nd E·P		
	真空度 (mmHg)	電 流 (A)	時 間 (sec)	真空度 (mmHg)	電 流 (A)	時 間 (sec)
7 - 1	3.2×10^{-5}	1 1.0	7 (3)	3.0×10^{-5}	1 1.5	6 (3)
7 - 2	3.2×10^{-5}	1 1.0	7 (3)	3.0×10^{-5}	1 1.0	6 (3)
7 - 3	3.7×10^{-5}	1 1.5	7 (3)	3.0×10^{-5}	1 1.0	6 (6)
7 - 4	2.3×10^{-5}	1 1.5	7 (3)	2.4×10^{-5}	1 1.0	7 (6)

(3) ピート巾・ピート高さに関するデータ

DFR332/6

Pin.No	ピ ー ト 幅				ピ ー ト 高 さ	
	上 部		下 部		上 部	下 部
	MAX (mm)	MIN (mm)	MAX (mm)	MIN (mm)	MAX (mm)	MAX (mm)
6 - 1	1.90	1.50	1.90	1.50	0.105	0.101
6 - 2	1.90	1.60	1.90	1.70	0.114	0.097
6 - 3	1.50	1.30	1.75	1.55	0.101	0.090
6 - 4	1.60	1.30	1.60	1.50	0.110	0.108

DFR332/7

Pin.No	ピ ー ト 幅				ピ ー ト 高 さ	
	上 部		下 部		上 部	下 部
	MAX (mm)	MIN (mm)	MAX (mm)	MIN (mm)	MAX (mm)	MAX (mm)
7 - 1	1.70	1.30	1.80	1.50	0.082	0.085
7 - 2	1.70	1.40	2.00	1.70	0.103	0.073
7 - 3	1.60	1.30	1.60	1.20	0.091	0.072
7 - 4	1.70	1.40	1.90	1.50	0.120	0.117

(4) その他ピンに関するデータ

DFR332/6

Pin.No	Clad, Fnel Gap		ブレナム (mm)	全 長 (mm)	総重量 (gr)
	MAX (mm)	MIN (mm)			
6 - 1	0.2295	0.1887	111.3	550.40	123.24
6 - 2	0.2245	0.1790	111.5	550.54	123.24
6 - 3	0.2015	0.1425	110.9	549.86	124.65
6 - 4	0.2235	0.1780	110.9	549.82	123.45

DFR332/7

Pin. No	Clad, Fnel Gap		ブレナム (mm)	全 長 (mm)	総重量 (gr)
	MAX (mm)	MIN (mm)			
7 - 1	0.2145	0.1495	140.0	549.80	118.17
7 - 2	0.1990	0.1690	139.4	549.88	118.33
7 - 3	0.2025	0.1475	139.3	549.86	118.46
7 - 4	0.1925	0.1525	141.0	550.44	118.68

(5) 被覆管に関するデータ

外径、肉厚の()内データは検査課測定値。
 " " の()外データはプル燃測定値。
 内径は検査課測定値。

DFR 3 3 2 / 6

Pin.No	被 覆 管							重量 (gr)
	Clad.No	外 径		内 径		肉 厚		
		MAX(mm)	MIN(mm)	MAX(mm)	MIN(mm)	MAX(mm)	MIN(mm)	
6 - 1	S-3489-2	6.300 (6.305)	6.297 (6.301)	5.590	5.589	0.356 (0.362)	0.354 (0.343)	27.88
6 - 2	S-3489-3	6.299 (6.308)	6.294 (6.304)	5.590	5.589	0.355 (0.365)	0.352 (0.340)	27.87
6 - 3	K-3061-2	6.307 (6.306)	6.301 (6.295)	5.597	5.591	0.358 (0.361)	0.352 (0.342)	27.85
6 - 4	K-3085-2	6.307 (6.309)	6.304 (6.304)	5.591	5.587	0.360 (0.362)	0.357 (0.350)	27.96

DFR 3 3 2 / 7

Pin.No	被 覆 管							重量 (gr)
	Clad.No	外 径		内 径		肉 厚		
		MAX(mm)	MIN(mm)	MAX(mm)	MIN(mm)	MAX(mm)	MIN(mm)	
7 - 1	S-3494-1	6.302 (6.282)	6.299 (6.280)	5.600	5.600	0.351 (0.364)	0.350 (0.339)	27.89
7 - 2	S-3495-2	6.302 (6.281)	6.298 (6.279)	5.601	5.599	0.352 (0.362)	0.349 (0.340)	27.86
7 - 3	K-3095-1	6.306 (6.306)	6.299 (6.300)	5.596	5.593	0.357 (0.360)	0.352 (0.349)	27.68
7 - 4	K-3056-2	6.311 (6.313)	6.299 (6.302)	5.593	5.586	0.363 (0.360)	0.353 (0.349)	28.08

(6) スプリング・端栓に関するデータ

DFR332/6

Pin.No	ス プ リ ン グ			端 栓 重 量 (gr)
	自 由 長 (mm)	重 量 (gr)	容 積 (cc)	
6 - 1	116.5	1.93	0.24	6.87
6 - 2	116.5	1.93	0.24	6.86
6 - 3	116.0	1.92	0.24	6.86
6 - 4	116.0	1.92	0.24	6.89

DFR332/7

Pin.No	ス プ リ ン グ			端 栓 重 量 (gr)
	自 由 長 (mm)	重 量 (gr)	容 積 (cc)	
7 - 1	145.0	1.94	0.24	6.86
7 - 2	145.0	1.93	0.24	6.87
7 - 3	144.0	1.93	0.24	6.87
7 - 4	146.0	1.93	0.24	6.87

(7) 燃料に関するデータ

D F R 3 3 2 / 6

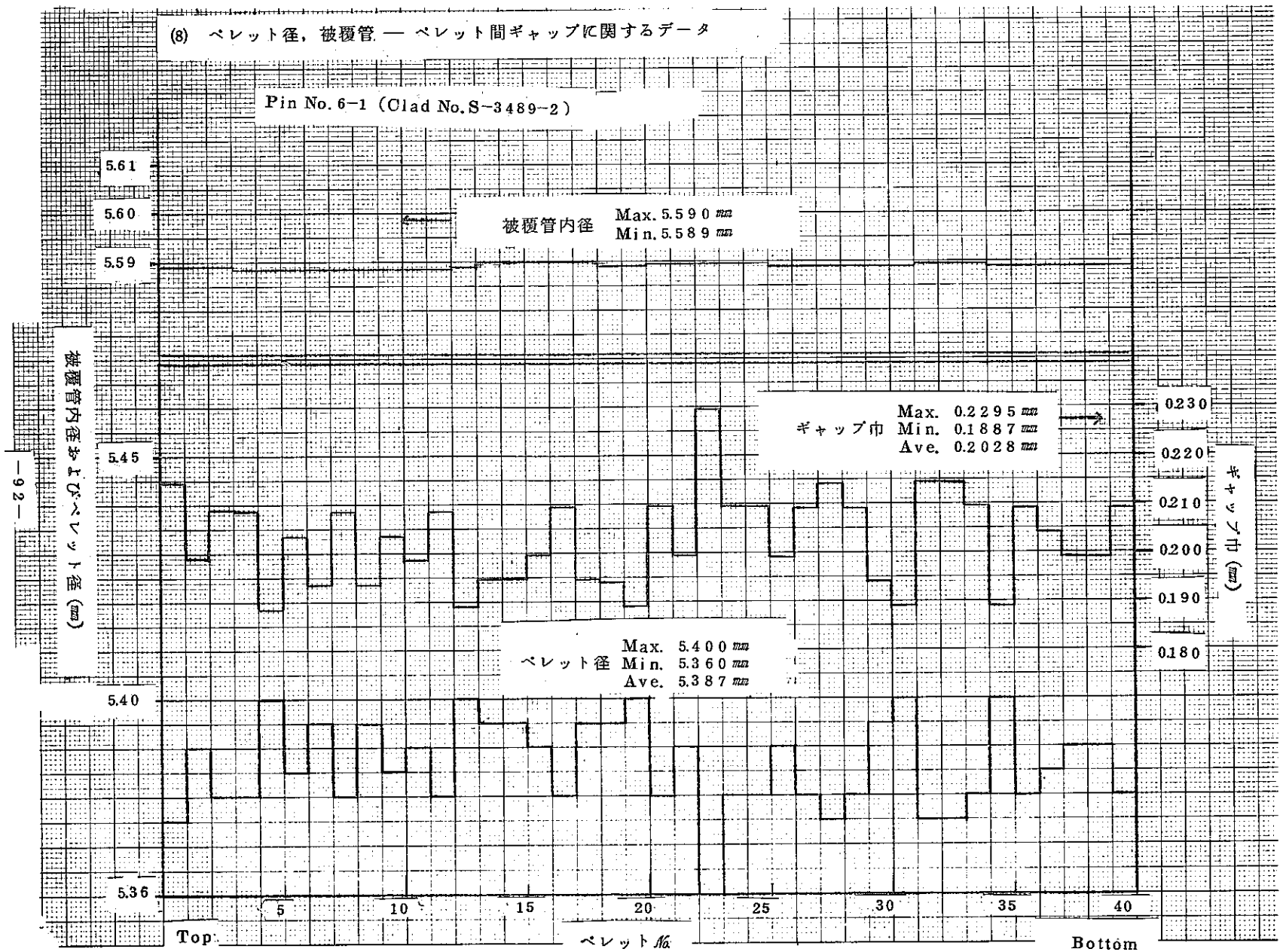
Pin.No	燃 料					
	Lot.No	個 数 (個)	重 量 (gr)	スタック長 (mm)	Inculater 重 量 (gr)	個 数 (個)
6 - 1	DM-02-01	39	81.81	389.5	4.90	2
6 - 2	DM-02-01	39	81.70	389.3	4.90	2
6 - 3	DM-01-01	39	83.06	389.2	4.90	2
6 - 4	DM-02-01	39	81.69	389.5	4.90	2

D F R 3 3 2 / 7

Pin.No	燃 料					
	Lot.No	個 数 (個)	重 量 (gr)	スタック長 (mm)	Inculater 重 量 (gr)	個個数 (個)
7 - 1	DM-01-01	37	77.77	360.0	4.90	2
7 - 2	DM-01-01	37	77.34	360.9	4.90	2
7 - 3	DM-01-01	37	77.00	360.8	4.90	2
7 - 4	DM-01-01	37	76.88	360.0	4.90	2

(8) ペレット径, 被覆管 — ペレット間ギャップに関するデータ

Pin No. 6-1 (Clad No. S-3489-2)



被覆管内径
Max. 5.590 mm
Min. 5.589 mm

ギャップ巾
Max. 0.2295 mm
Min. 0.1887 mm
Ave. 0.2028 mm

ペレット径
Max. 5.400 mm
Min. 5.360 mm
Ave. 5.387 mm

— 92 —

被覆管内径およびペレット径 (mm)

ギャップ巾 (mm)

Top

ペレット径

Bottom

Pin No. 6-2 (Clad No. S-3489-3)

5.61

5.60

5.59

5.45

5.40

5.36

被覆管内径
Max. 5.590 mm
Min. 5.589 mm

ギャップ巾
Max. 0.2245 mm
Min. 0.1790 mm
Ave. 0.1998 mm

ペレット径
Max. 5.410 mm
Min. 5.365 mm
Ave. 5.389 mm

0.23

0.22

0.21

0.20

0.19

0.18

ギャップ巾 (mm)

被覆管内径およびペレット径 (mm)

— 93 —

Top

ペレット No.

Bottom

Pin No. 6-3 (Clad No.K-3061-2)



被覆管内径およびペレット径 (mm)

ギャップ巾 (mm)

-94-

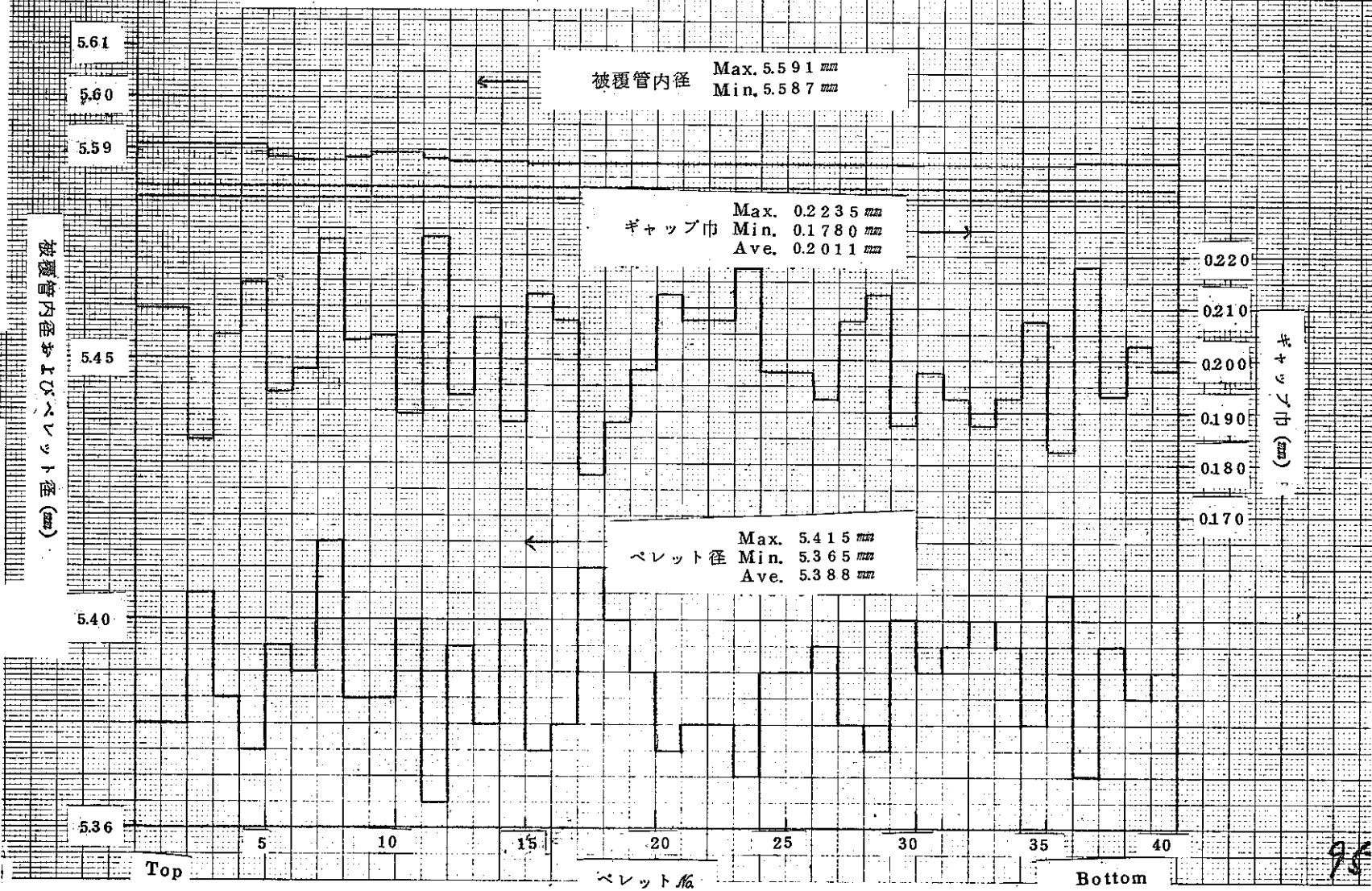
Top

ペレット No.

Bottom

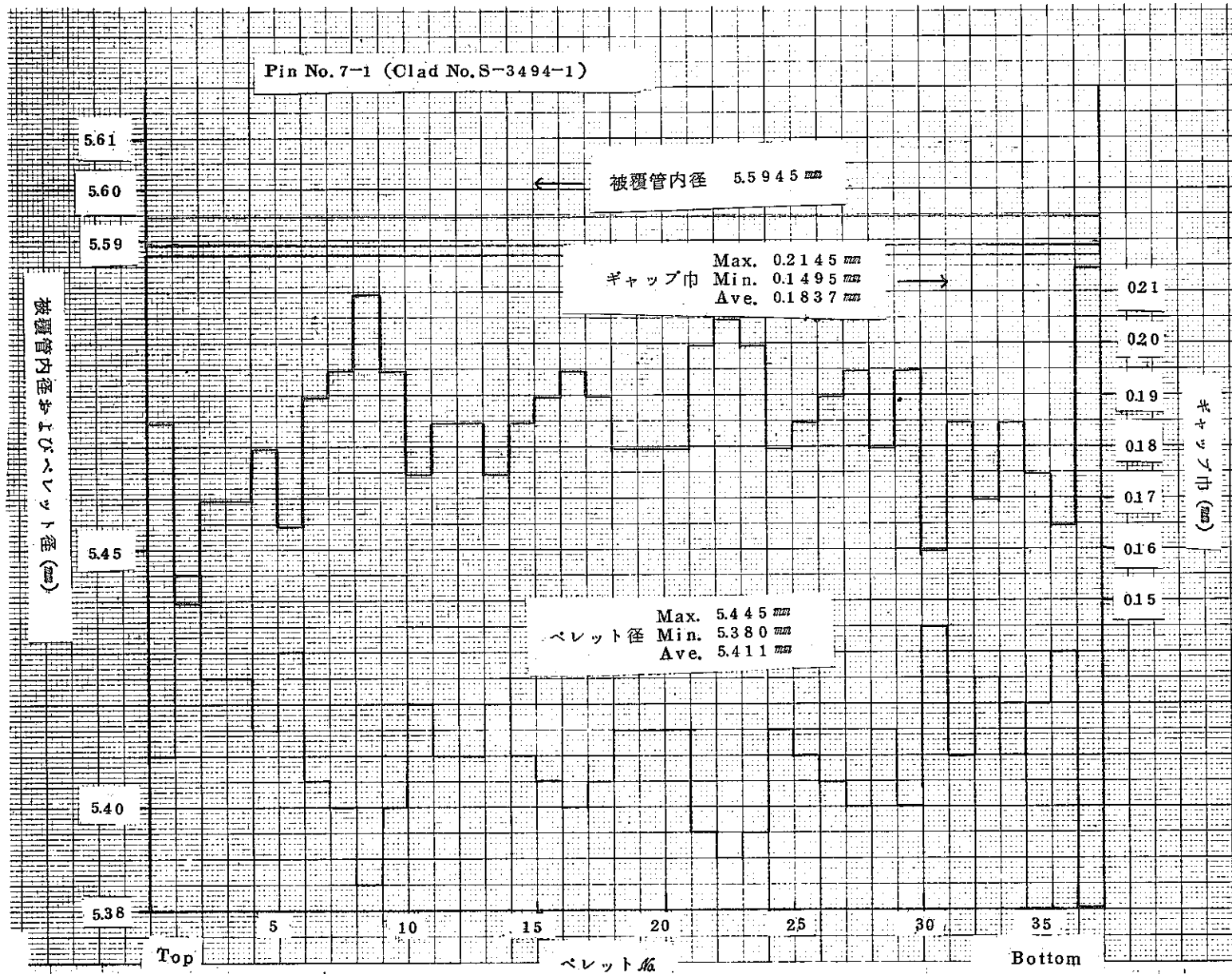
94

Pin No. 6-4 (Clad No. K-3085-2)

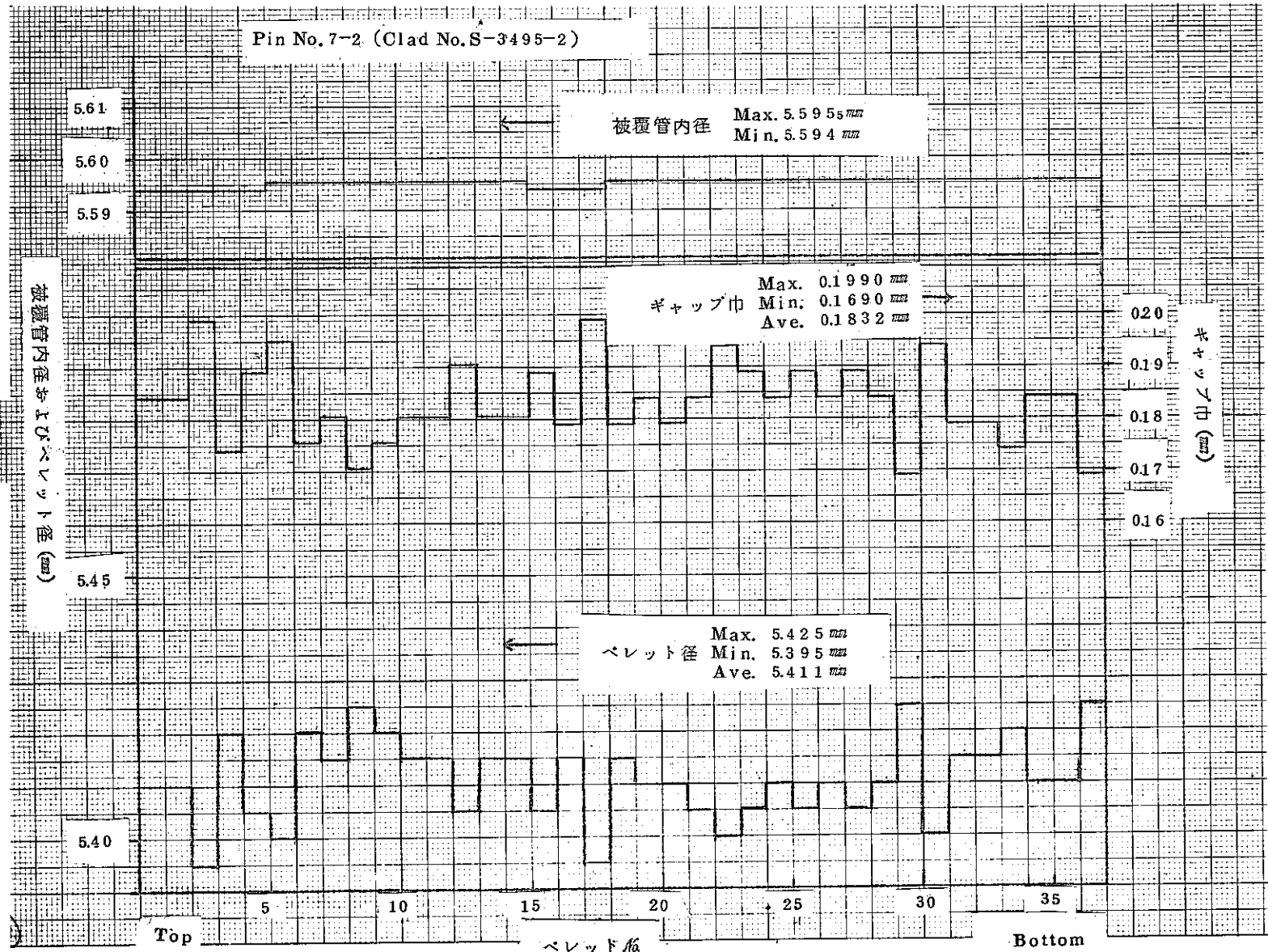


— 95 —

95



Pin No. 7-2 (Clad No. S-3495-2)



被覆管内径 Max. 5.595 mm
Min. 5.594 mm

ギャップ巾 Max. 0.1990 mm
Min. 0.1690 mm
Ave. 0.1832 mm

ペレット径 Max. 5.425 mm
Min. 5.395 mm
Ave. 5.411 mm

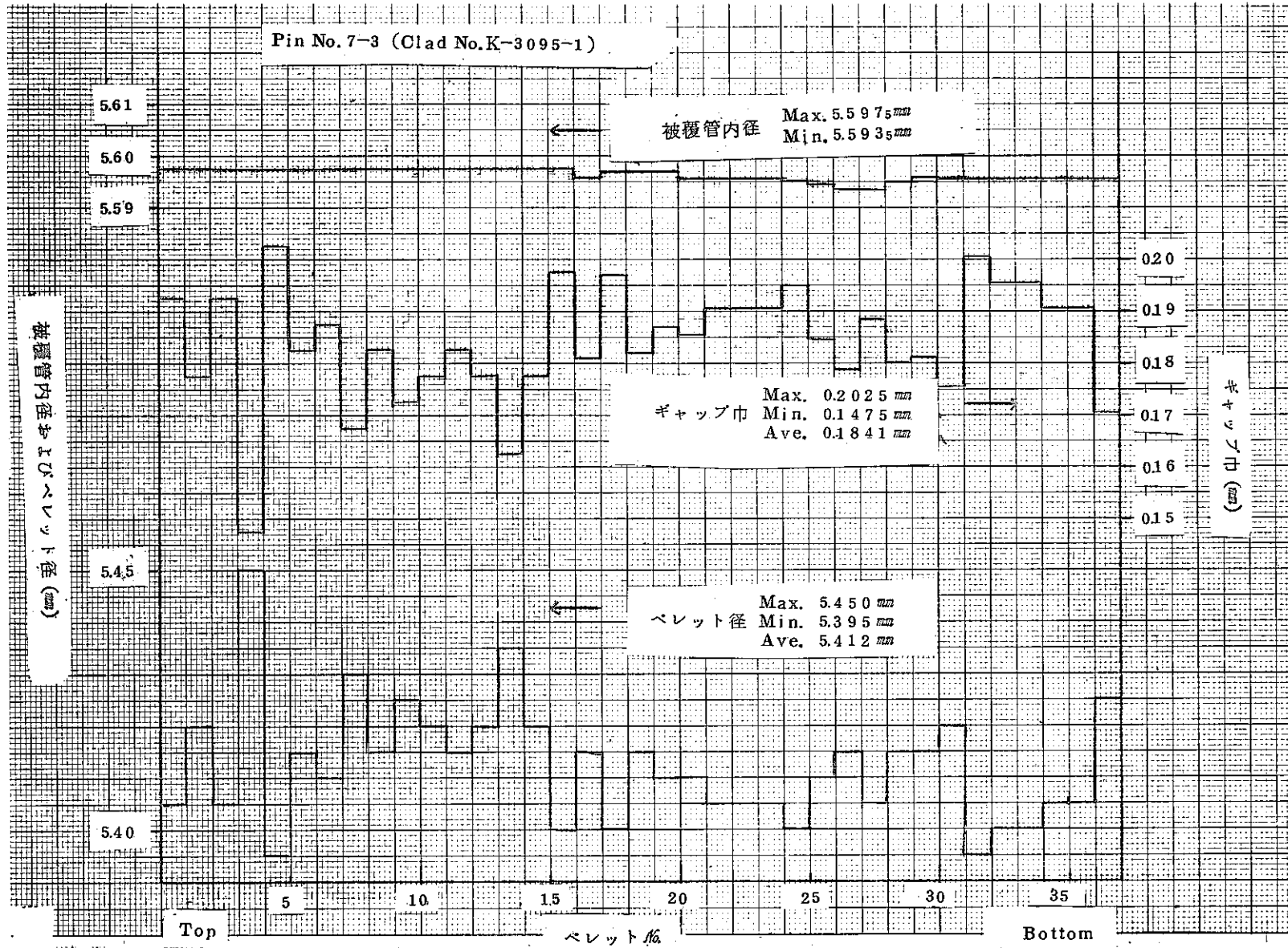
被覆管内径およびペレット径 (mm)

ギャップ巾 (mm)

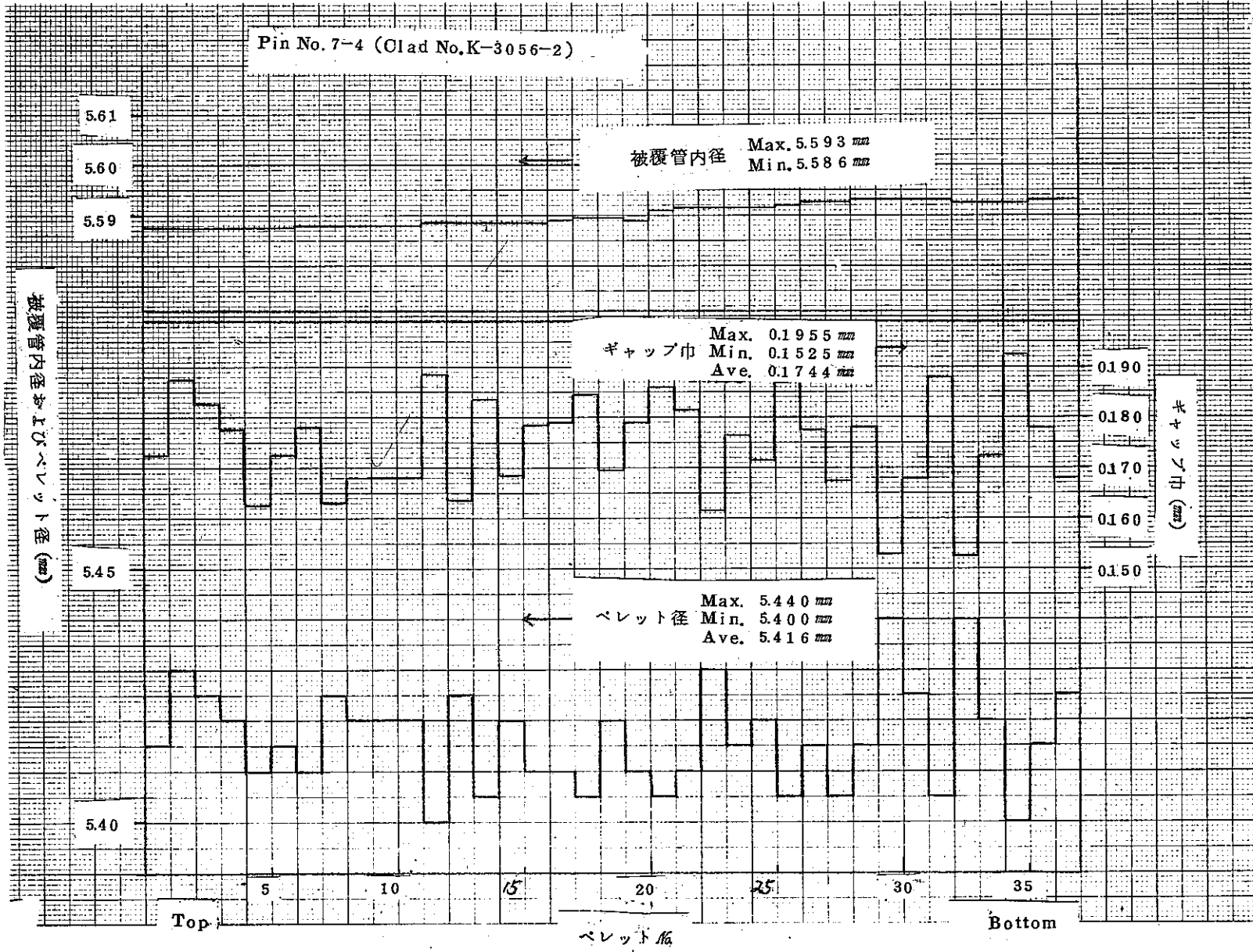
Top

ペレット長

Bottom



Pin No. 7-4 (Clad No. K-3056-2)



被覆管内径およびペレット径 (mm)

ギャップ巾 (mm)

被覆管内径
Max. 5.593 mm
Min. 5.586 mm

ギャップ巾
Max. 0.1955 mm
Min. 0.1525 mm
Ave. 0.1744 mm

ペレット径
Max. 5.440 mm
Min. 5.400 mm
Ave. 5.416 mm

Top

Bottom

ペレット No.

Appendix 9

照 射 前 燃 料 評 価

- ① 製造ロットとピンNo
- ② ロット分析結果
- ③ ペレットの固溶度
- ④ ペレットの金相

① 製造ロットとビンNo

R i n N o	ロ ッ ト N o
6-1 (S 1 2 5)	DM-02-01
6-2 (S 1 2 6)	DM-02-01
6-3	DM-01-01
6-4 (S 1 2 7)	DM-02-01
7-1 (S 1 2 9)	DM-01-01
7-2 (S 1 3 0)	DM-01-01
7-3 (S 1 3 1)	DM-01-01
7-4	DM-01-01

DM-01-01 194 ベレット 平均密度 84.46 % T.D.

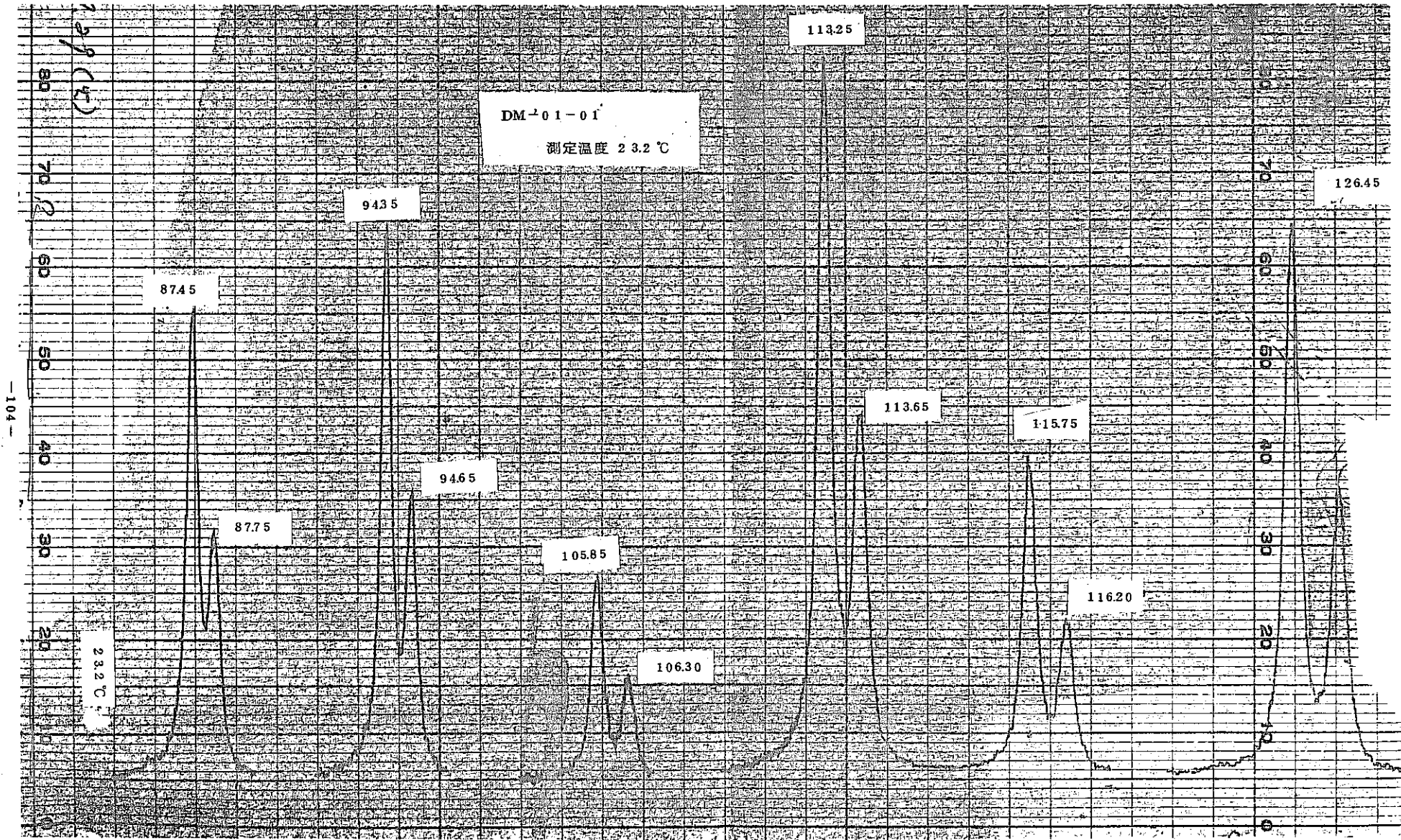
DM-02-01 202 ベレット 平均密度 83.69 % T.D.

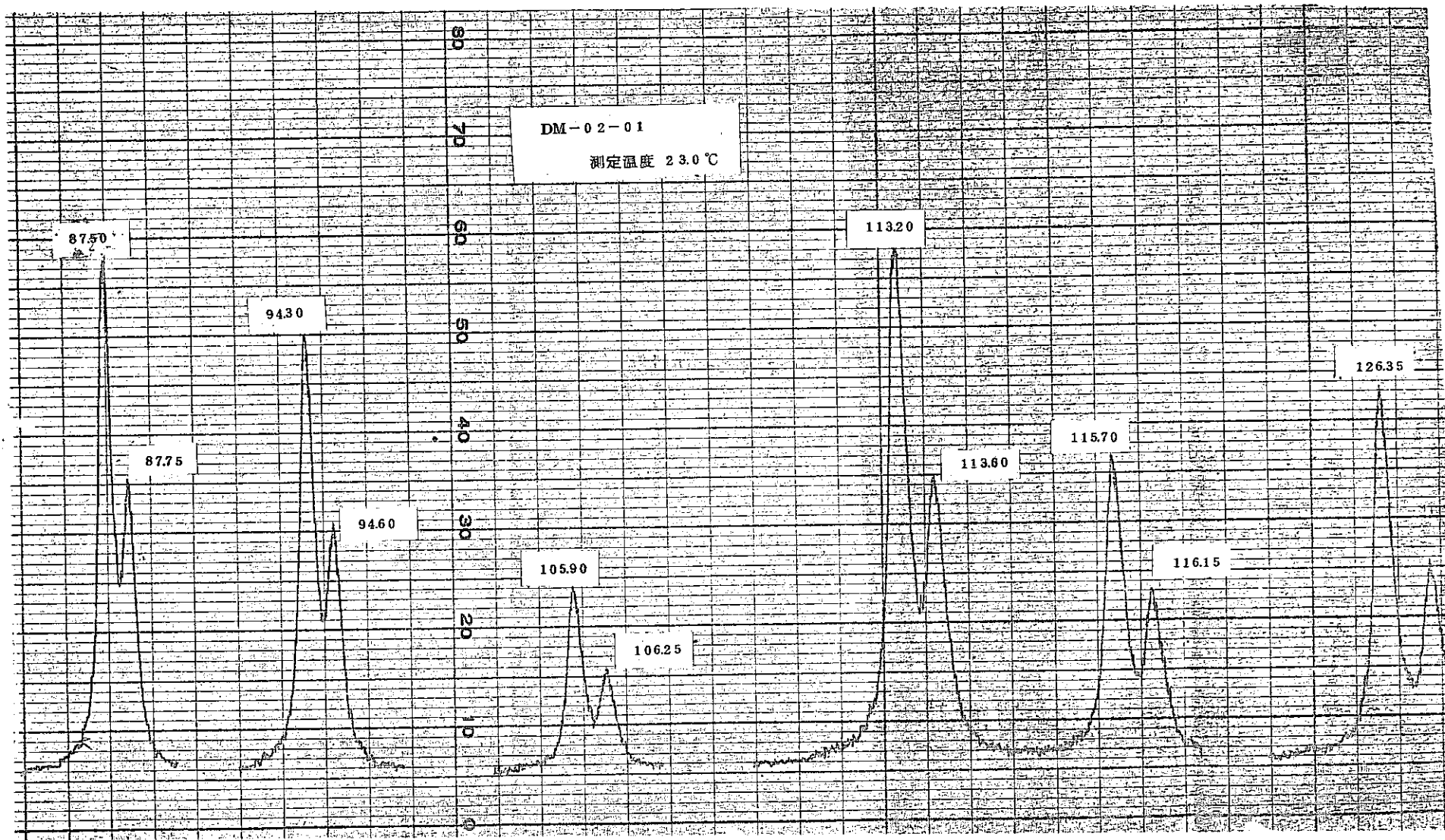
② ロット分析結果

		SPEC	DM0101	DM0201
Pu	w/o		17.43	17.48
PuO2	w/o	20 ± 1	19.76	19.81
O/M		2.00 + 0.01 - 0.03	1.984	1.996
C	P.P.M		90	110
Cl	"		7	< 5
F	"		< 5	< 5
N	"	Total < 3,000 F Pm	< 30	< 30
Ag	"		0.4	0.4
Al	"		40	50
B	"		< 0.3	< 0.3
Co	"		< 10	< 10
Cr	"		20	20
Cu	"		10	5
Fe	"		100	100
Mg	"		5	5
Mn	"		6	6
Ni	"		30	20
Si	"		20	20
V	"		< 10	< 10
Zn	"		< 50	< 50
Ca	"		40	30
Cd	"		< 0.5	0.5
Gas (含 H2O ml/g)		150	18 水分 60 ガス 77.6	5 水分 86 ガス 91
U ²³⁵		90 ± 1	90.02 w/o	90.02 w/o

③ ペレットの固溶度

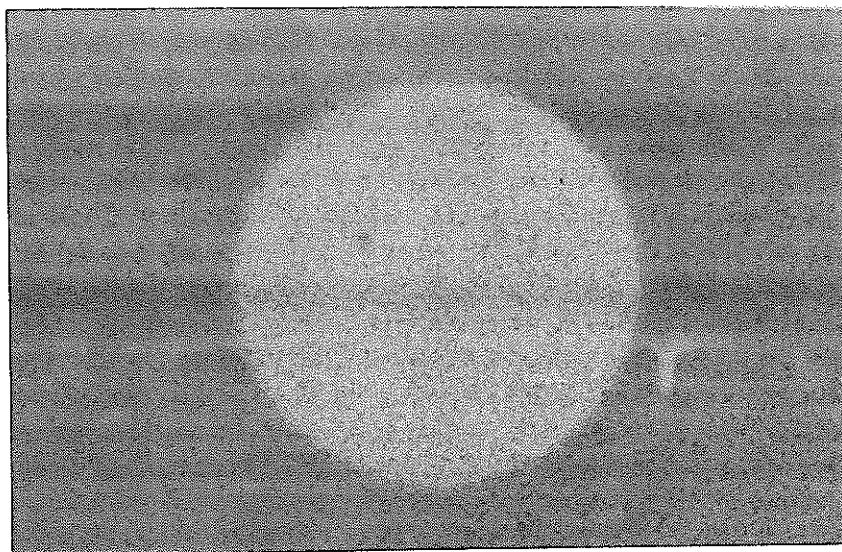
X線回折およびMacro-autoradiography, Micro-autoradiographyの結果を示す。





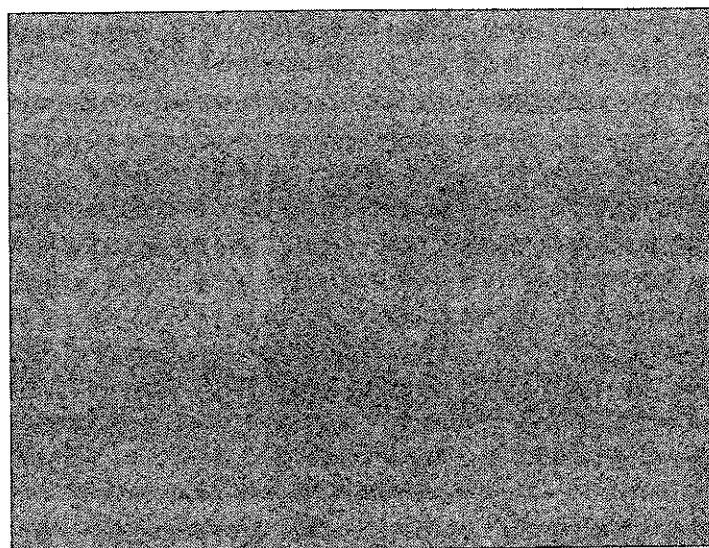
AUTORADIOGRAPHY

×10



MACRO

Neg.No. AP 0393

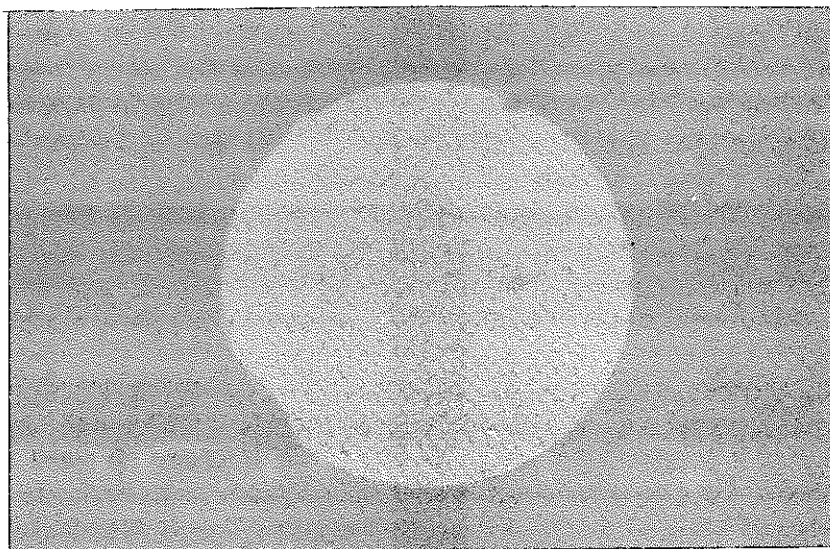


MICRO

DM-02-01 No.1 100μ

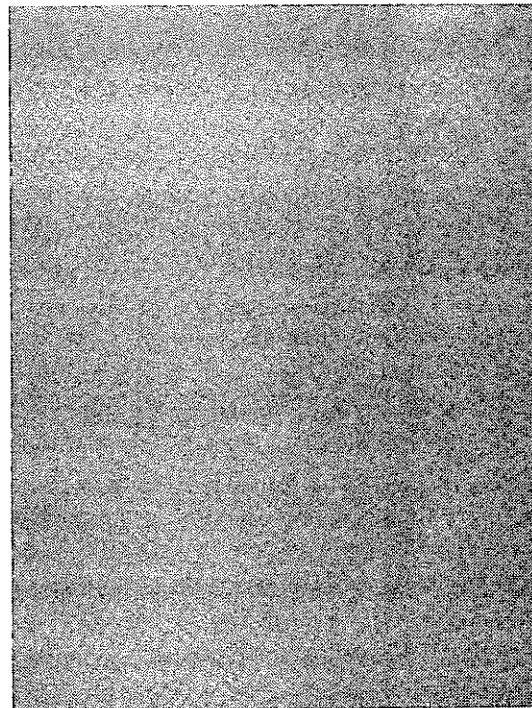
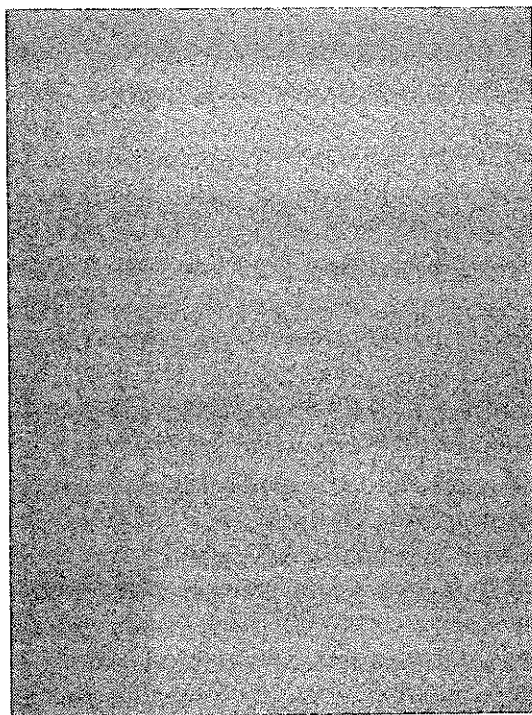
AUTORADIOGRAPHY

1 MM



MACRO

Neg.No. AP0388



MICRO

100 μ m

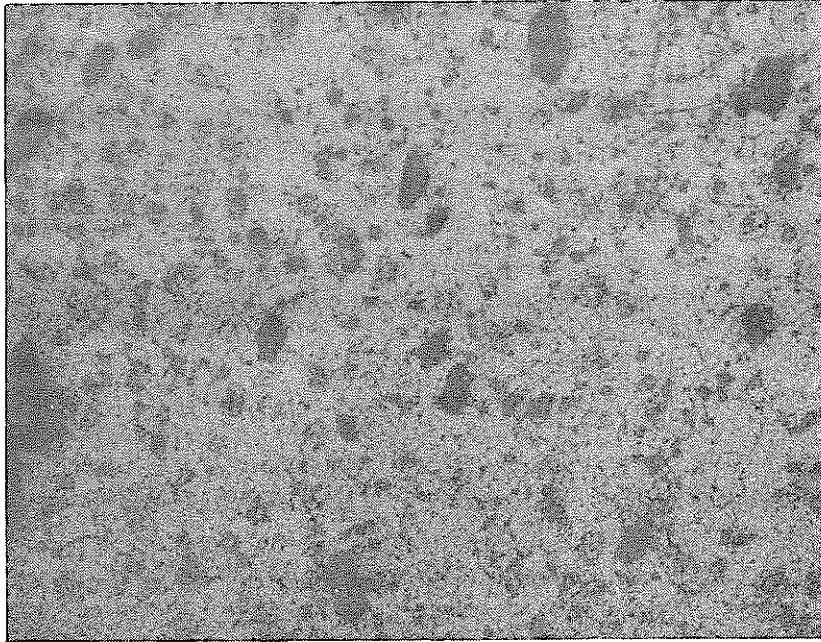
DM - 01 - 01 No. 3

④ ベレットの金相

As-polished, As-etchcbの金相写真を示す。

DM-01-01

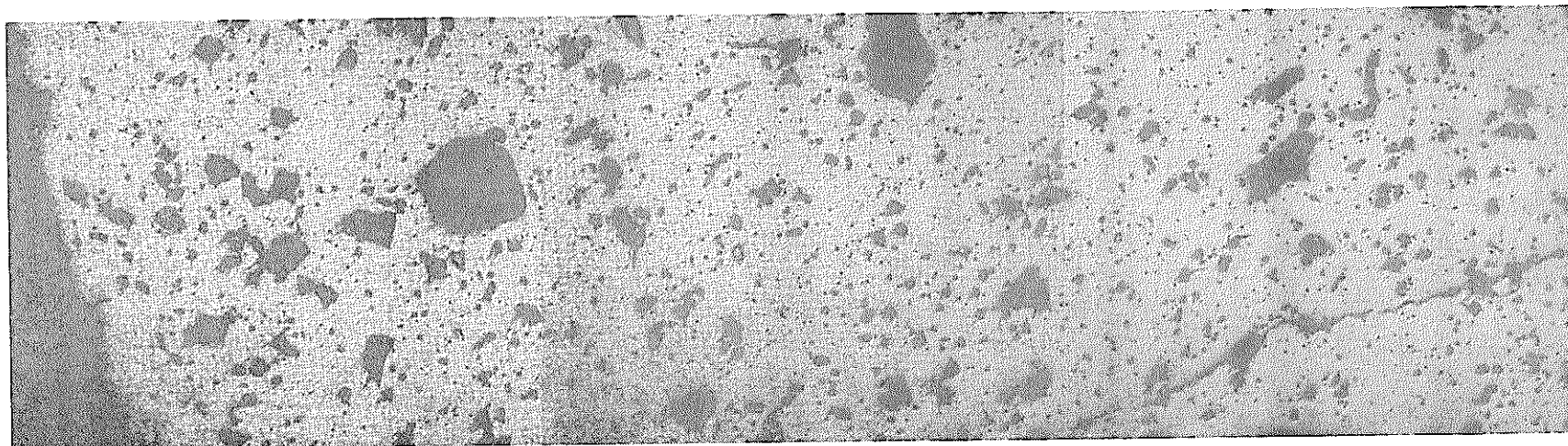
50μ
— 縦割



H_2SO_4 (20) : H_2O_2 (10) : H_2O (40)
70°C 4分

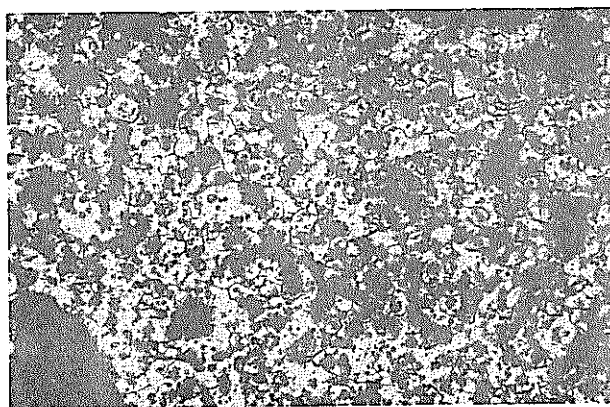
CERAMOGRAPHY

DM-01-01 No.3

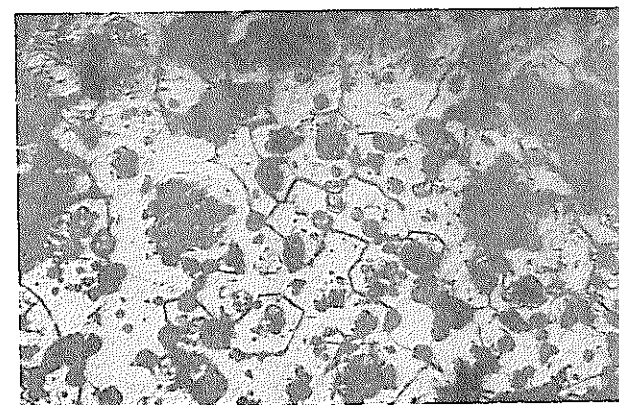


AS POLISHED

100 μ



100 μ

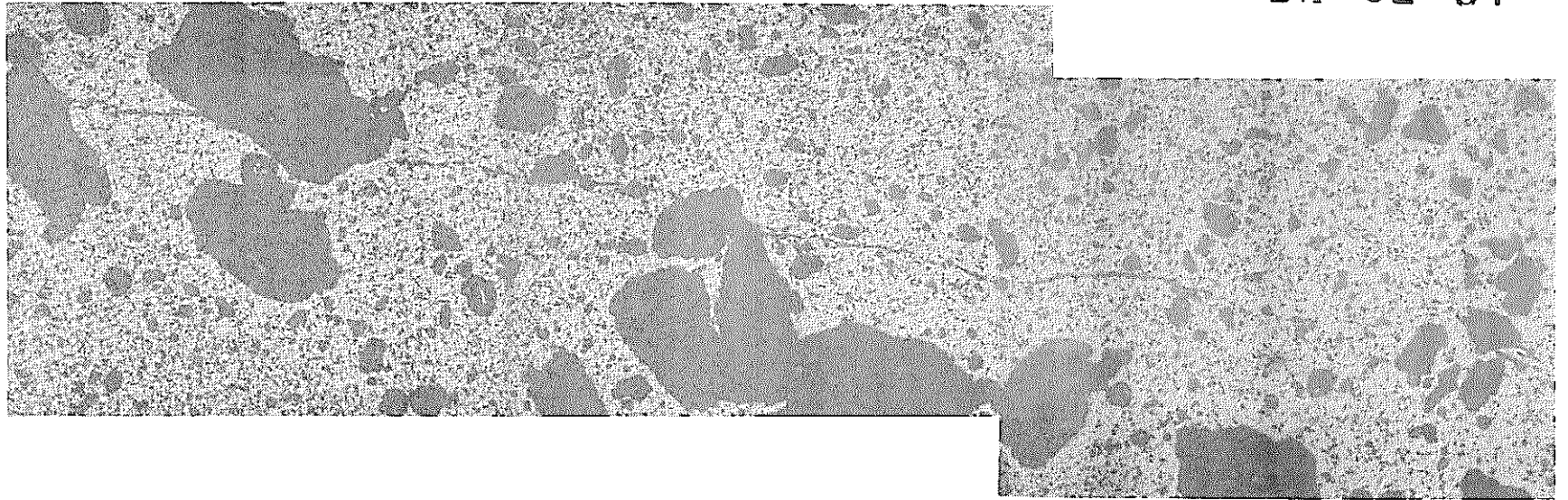


AS ETCHED

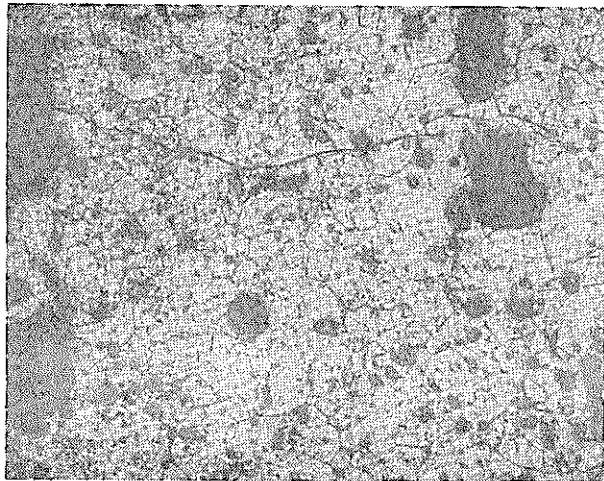
25 μ

CERAMOGRAPHY

DM-02-01



- III -



—
50 μ

—
100 μ

AS POLISHED

