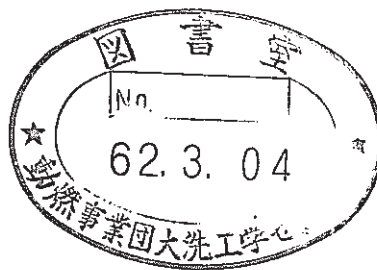


「常陽」MK-I炉心燃料集合体(PPJD25)の照射後試験

—燃料要素の破壊試験—



1986年11月

技術資料コード	
開示区分	レポートNo.
	PNC TN9410 86-148
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	

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

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

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

「常陽」MK-I炉心燃料集合体(PPJD25)の照射後試験

—燃料要素の破壊試験—

実施責任者* 山内 勘
報告者* 滑川卓志 小部 昭 桑島幸夫
三次岳志 川澄清一 吉川勝則
立花利道

要 旨

「常陽」MK-I炉心の核設計の妥当性を確認するため、PPJD25炉心燃料集合体(集合体平均燃焼度24,700MWD/MTM)の照射後試験を実施した。試験対象ピンは、集合体の炉心方向列の高出力コーナーピン、中心位置ピン及び低出力コーナーピンの3本であり、破壊試験として金相試験と燃焼率測定試験を実施した。試験の結果、以下のことを確認した。

- (1) 燃料組織変化は、低出力コーナーピン(最大線出力141W/cm)では製造時燃料組織を呈しているが、中心位置ピン(163W/cm)、高出力コーナーピン(185W/cm)ではペレット中央部にガスバブル領域が形成されており、出力の増大に比例して組織変化領域が大きくなっていった。中心空孔は観察されなかった。
- (2) クラックヒーリングは観察されなかった。
- (3) 残留ギャップ寸法は、最大で製造時の36%に閉じていた。
- (4) FCCIは観察されなかった。
- (5) 燃焼率測定結果は、高出力コーナーピンの軸方向中央部の1点を除いて、コア燃料部ではJYHISTコード計算値に較べて実測値の方が約4%大きい(中心位置ピン軸方向中央比較)が、ブランケット燃料では逆に実測値の方が小さい。
- (6) 燃焼率のピン軸方向分布のプロフィールは、コア燃料上端部では実測値の方が幾分高いが、ブランケット部を含めて良い一致を示した。またアスキャニング結果は、コア燃料部では燃焼率分布とよく一致する。
- (7) 集合体半径方向分布については、高出力コーナーピンの実測値がJYHISTコード及びアスキャニング結果から予想される値より小さかった。

* 大洗工学センター，燃料材料開発部，照射燃料試験室

目 次

1. まえがき	1
2. 燃料ピンの仕様	2
3. 照射条件	3
4. 照射後試験結果	4
4.1 金相試験	4
4.1.1 試料調製方法	4
4.1.2 試験結果	4
4.2 燃焼率測定試験	5
4.2.1 試料調製方法	5
4.2.2 測定結果	5
5. 結 論	6

1. ま え が き

「常陽」MK-I炉心燃料集合体PPJD25は、炉心方向をBとして、炉内位置4D1で50MW出力上昇サイクルから75MW第6サイクルまで照射された集合体であり、集合体の平均燃焼度は約24,700MWD/MTMである。

照射後試験の目的は、炉心半径方向に中心から最外列ブランケットまで燃焼度等を調べ、炉心核設計の妥当性を確認することである。

照射燃料試験室(AGS)での試験が終了したので、その結果を報告する。AGSでは、燃料ピンの破壊試験を実施した。対象となった燃料ピンは、下記の3本である。

- (1) 集合体中心位置ピン(No.6046 pin, K社製被覆管)
- (2) 高出力コーナーピン(No.6086 pin, 同上)
- (3) 低出力コーナーピン(No.6006 pin, S社製被覆管)

上記のピンについて、照射後試験として(a)金相試験(燃料組織観察)及び(b)燃焼率測定を実施した。

2. 燃料ピンの仕様

PPJD25集合体中の本照射後試験に供された燃料ピンをFig. 1に示し、またその仕様をTable 1に示す。

3. 照射条件

本集合体の炉心装荷位置を Fig. 2 に示す。また本集合体において破壊試験を実施した燃料ピンの集合体内装荷位置を Fig. 3 に示す。さらに集合体の照射条件を以下に記す。

- | | |
|--|----------------------------------|
| ① 燃焼度 (集合体平均) | 2 4,7 1 3 MWD/MTM |
| ② 照射サイクル | 5 0 MW出力上昇サイクル～7 5 MW第 6 サイクル |
| ③ 集合体ピークフルエンス ($E \geq 0.1 \text{ MeV}$) | $4.0 \times 10^{22} \text{ nvt}$ |
| ④ 線出力 (集合体平均) | 1 3 8 W/cm |
| ⑤ 照射位置 | 4 D1 (Fig. 3 を参照) |

試験に供した各燃料ピンの燃焼度分布, 中性子照射量分布, 温度分布及び線出力分布について燃料部 MK - I 照射情報検索システムの出力結果を Fig. 4 ~ Fig. 9 に示す。

4. 照射後試験結果

4.1 金相試験

4.1.1 試料調製方法

金相試験工程をFig. 10に示す。また金相試験の実施内容をTable 2に示す。

4.1.2 試験結果

Photo 1～3にNo.6006ピン、No.6046ピン、No.6086ピンにおける燃料カラム中央位置の試料の断面マクロ写真を示し、各試料断面の75倍、100倍、400倍のas polished及びetched状態における光顕組織写真をPhoto 4～11に示す。またTable 3に同試料の切断位置及び照射履歴を示す。

(1) 燃料組織

No.6006ピン(最大出力141W/cm)は、結晶粒成長及びボイド移動等に顕著な変化が認められず、燃料組織は製造時に近い様子をしている。No.6046ピン(最大出力163W/cm)は、燃料ペレットの中心部にガスバブル領域その外側に高密度化領域そして最外周部には不変化領域が観察される(Photo 7参照)。

No.6086ピン(最大出力185W/cm)の燃料組織は、中心部よりガスバブル領域、高密度化領域、黒色リング領域そして最外周部に不変化領域と4領域が存在している(Photo 9, 10参照)。

以上の結果をTable 3に示す。また燃料ペレットの各組織領域径(D)と燃料外径(D₀)との比(D/D₀)の線出力依存をFig. 11及びFig. 12に示す。比較のためMK-Iの最高線出力集合体であるPPJ×13の値を図中に併記する。各領域径は、線出力の増大により各領域径が増加する傾向がみられる。

(2) クラックの観察

No.6046ピン、No.6086ピンの燃料ペレット内には貫通した太いクラックが存在した半径方向クラックも数本入っている。また貫通クラックから楕円形に円周クラックが多数は入っているが、クラックヒーリングは認められない。

(3) ギャップ寸法の観察

各試験位置のギャップ寸法(直径ギャップの平均値)の測定値をTable 4に示す。ギャップ寸法は各試料とも閉じておりそのうち最もギャップが少ないのはNo.6086ピンで直径方向72μmである。これは製造時のギャップ寸法(200μm)に対し36%に減少しているものが認められた。

(4) FCCIの観察

燃料-被覆管の化学的相互作用(FCCI)は、各ピンに観察されず健全であった。

4.2 燃焼率測定試験

^{148}Nd を指標核種とした同位体希釈分析により、集合体中心位置ピン(ピンNo.6046)について燃焼率の軸方向を、また高出力コーナーピン(ピンNo.6086)及び低出力コーナーピン(ピンNo.6006)について軸方向中央位置における燃焼率の径方向分布を求めた。

4.2.1 試料調製方法

試料の採取位置をFig. 13に、また試料調製の方法及び手順をFig. 14に示す。

4.2.2 測定結果

Table 5に同位体希釈分析計算に使用したスパイク液の濃度及び各スパイク元素の同位体組成等のデータを示す。また今回の測定で使用した ^{148}Nd 、 ^{146}Nd 及び ^{145}Nd の実効核分裂収率を代表例(6046A3試料)についてのみTable 6に示した。

Table 7からTable 17には、今回の燃焼率測定から得られたデータ、即ち同位体組成、Pu濃度、燃焼率等を各試料ごとに示す。各試料ごとの燃焼率実測値をJYHISTコードによる計算値と比較した結果をまとめてTable 18に示す。また得られた燃焼率データから燃料ピン(中心位置ピン)の軸方向における燃焼率分布を、JYHISTコードによる予測計算値及び照射燃料集合体試験室で実施した γ スキャン測定結果と比較して、最大値で規格化したものをFig. 15に示す。また集合体の径方向(炉心方向列)における燃焼率分布を同様に比較したものをFig. 17に示す。

これらの結果、燃焼率の絶対的な大きさについて実測値とJYHIST計算値を比較すると、6086ピンの1点を除いてコア燃料部では実測値の方がJYHIST計算値より大きい。差は4%~17%であり、中心位置ピンの軸方向中央位置が約4%である。一方ブランケット燃料部については、JYHIST計算値の方が逆に実測値より大きく、その差は約60%にも達するが、これはJYHIST計算値に γ 線発熱分が含まれているためである。補正後の値はほぼ一致した。どちらの傾向も他の「常陽」MK-I炉心燃料集合体での測定結果と同じである。

次に燃焼率の軸方向の分布プロフィールについては、Fig. 15及び16からわかるように、コア燃料部では実測値は γ スキャン測定結果と非常に良く一致するが、ブランケット部では一致しない。また実測値とJYHIST計算値の比較では、コア燃料上端部では実測値の方が幾分高くなるがブランケット部を含めて良く一致する。

燃焼率の径方向の分布プロフィールについては、Fig. 17から明らかなように、実測値は高出力ピン(6086ピン)と中心位置ピン(6046ピン)がほぼ等しい値であり、低出力コーナーピン(6006ピン)を含めた3点は滑らかな分布を示しておらず、炉心第4列装荷の集合体として予想される燃焼率分布に対して特異である。これに対し、JYHIST計算値及び γ スキャンによる値は、それぞれ傾きこそわずかに異なるものの直線上に乗って分布している。見方を変えれば、本測定で得られた高出力コーナーピンの測定値は他の方法により予想される値より低いと言える。この測定値の相違を説明するデータは今のところない。

5. 結 論

「常陽」MK-I 炉心核設計の妥当性確認の目的で、炉心半径方向に中心から最外列ブランケットまでの燃焼特性を調べるため炉心第4列で照射されたPPJD25 炉心燃料集合体（集合体平均燃焼度2.4700MWD/MTM）の照射後試験を実施した。

集合体の径方向（炉心方向列）から3本のピン（高出力コーナーピン、中心位置ピン、低出力コーナーピン）を対象に、金相試験と燃焼率測定試験を実施して以下の結果を得た。

(1) 金相試験結果

3本の燃料ピンについて軸方向中央部の金相試験を、それぞれ1箇所ずつ実施した。

- ① 燃料組織は、低出力コーナーピン（最大線出力141W/cm）、中心位置ピン（163W/cm）、高出力コーナーピン（185W/cm）の順番に線出力が増大するにつれて、組織変化が顕著であった。即ち、低出力コーナーピンは製造時燃料組織に近い状態であるが、他の2本では、燃料ペレット中心部にガスバルブル領域が存在し、その外側に高密度化領域、黒色リング領域、不変化領域等が出力に応じて存在していた。いずれのピンにも中心空孔は存在しなかった。
- ② クラックヒーリングは認められなかった。
- ③ 残留ギャップ寸法は、いずれも閉じている。高出力コーナーピンが最も閉じており、製造時寸法に対して36%まで減少している。
- ④ FCCIは観察されなかった。

(2) 燃焼率測定試験結果

中心位置ピンの軸方向についてコア燃料部で5点、ブランケット部で4点測定した。また低出力コーナーピンと高出力コーナーピンは、軸方向中央位置から1点ずつ測定した。

- ① 燃焼率の実測値とJYHISTコードによる計算値の比較では、高出力コーナーピンの1点を除いて、コア燃料部では実測値の方が大きく、ブランケット部では計算値（ γ 線発熱未補正值）の方が大きかった。これは他のMK-I 炉心集合体と同様であった。
- ② 燃焼率の軸方向分布プロフィールにおける実測値、計算値及び γ スキャン結果の比較は、コア燃料上端部を除いて実測値と計算値は良い一致を示していた。また実測値と γ スキャン（Gross）はコア燃料部のみ良い一致を示した。
- ③ 燃焼率の集合体半径方向の分布プロフィールについては、高出力コーナーピンの値が計算値及び γ スキャン値より異常に小さく特異であるが、この相違を説明できるデータは今のところない。

デ - タ 集

Table 1 Fuel pin fabrication parameters

S/A name	PPJD25	Pin no	No. 6006 No. 6046 No. 6086						
Fuel									
Fuel form	Flat end solid pellet								
Pellet diameter(mm)	5.4								
Pellet density(%T. D)	93.5								
Fuel composition	17.7w/o PuO ₂ -UO ₂								
U-235 enrichment(%)	23								
Pu isotopic composition(%)	Pu 239/240/241/242 7.66/19.0/3.7/0.7								
O/M ratio	1.98~2.0								
Cladding									
Type and work	SUS316, 10% cold work								
Outer/inner diameter(mm)	6.3/5.6								
Lot identification	No.6006 : S021 No.6046 : K009 No.6086 : K009								
Fuel pin									
Pin length (mm)	1910								
Pin outer diameter (mm)	6.3								
Fuel column length (mm)	600								
Plenum length (mm)	408								
Blanket length (mm)	<table style="display: inline-table; border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding: 0 5px;">上部</td> <td style="padding-left: 10px;">400</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding: 0 5px;">下部</td> <td style="padding-left: 10px;">400</td> </tr> </table>			{	上部	400	}	下部	400
{	上部	400							
}	下部	400							
Fuel/cladding dia. gap (mm)	0.2								
Pin spacing & support	Wrapping wire								

Table 2 Metallographic examination in AGS

	as polished		etched	
	仕 様	目 的	仕 様	目 的
燃料/被覆管 共 通	×200 部分写真	被覆管内厚 ギャップ観察		
燃 料	×10.5 全面写真	燃料全体組織観察	×10.5 全面写真	} 燃料全体組織観察
	×86 全面写真		×86 全面写真	
	×100 部分写真	ポイド分布測定	×100 部分写真	} 詳細燃料組織観察
	×400 部分写真	ポイド分布測定	×400 部分写真	
被 覆 管	×200~750 部分写真	FCCI		

Table 3 Irradiation Condition

S/A Name	Section No.	*1 D. F. C. B. (mm)	Inler Heat Rate (W/cm)	Fuel Temp. (°C)		Burnup (MWD/MTM)	Cladding Temp. (°C)			Fluence $E \geq 0.1\text{MeV}$ ($\times 23^{23} \text{n/cm}^2$)
				Surface	Center		Surface	Middle	Inner	
PPJD25	600622	271	141	576	941	24976	419	426	433	0.29
	6046A2	269	163	610	1056	29574	429	436	444	0.34
	608622	271	185	634	1159	34022	429	437	446	0.40

*1 D. F. C. B. = Distance from Core Botton

Table 4 Summary data from cermography

S/A No. PPJD25

Pin No.	Section No.	Distance from core bottom(mm)	Restructured Region (Dia. mm)					Residual Diametral Gap Size (μm)	Outer Dia. (mm)
			Central Void	Columnar Region	Gas bubble Region	Densified Region	Dark Ring		
6006	600622	271						135	5.5
6046	6046A2	269			1.3	3.3		84	5.5
6086	608622	271			2.2	3.5	4.2	72	5.5

Table 5 Composition of spike solution and natural Neodymium

スパイク液中の原子数 (atoms/ml)	U233	4.3914×10^{18}
	Pu242	7.9674×10^{17}
	Nd150	7.1740×10^{15}
天然ネオジムの同位体 比	Nd142/Nd150	4.824980
	Nd145/Nd150	1.472180
	Nd146/Nd150	3.050830
	Nd148/Nd150	1.021325
ネオジムスパイクの 同位体比	Nd142/Nd150	0.008937
	Nd145/Nd150	0.004336
	Nd146/Nd150	0.009122
	Nd148/Nd150	0.007046
ウランスパイクの同位 体比	U234/U233	0.014108
	U235/U233	0.000401
	U238/U233	0.006410
プルトニウムスパイク の同位体比	Pu239/Pu242	0.001309
	Pu240/Pu242	0.013696
	Pu241/Pu242	0.000859

Table 6 Calculation of effective fission yield for 6046A3
(Example)

Nuclide	Composition (Atom Fraction)	Fission Cross Section [barn]	Nd-148		Nd-146		Nd-145	
			Fission Yield [%]	Fractional Fission Yield	Fission Yield [%]	Fractional Fission Yield	Fission Yield [%]	Fractional Fission Yield
U 233	nd	- ¹⁾	1.14 ²⁾	-	3.20 ²⁾	-	4.10 ²⁾	-
U 234	0.001087	- ¹⁾	1.44 ²⁾	-	3.08 ²⁾	-	4.00 ²⁾	-
U 235	0.179051	1.75E+00 ¹⁾	1.68 ³⁾	0.866	2.94 ³⁾	1.516	3.78 ⁴⁾	1.939
U 236	0.005406	1.39E-01 ¹⁾	1.81 ²⁾	0.002	3.06 ²⁾	0.004	3.77 ²⁾	0.005
U 238	0.641969	6.08E-02 ¹⁾	2.08 ³⁾	0.133	3.40 ³⁾	0.218	3.50 ²⁾	0.225
Pu238	0.000223	- ¹⁾	1.76 ²⁾	-	2.79 ²⁾	-	3.24 ²⁾	-
Pu239	0.131382	1.74E+00 ¹⁾	1.65 ³⁾	0.621	2.46 ³⁾	0.825	3.01 ³⁾	1.132
Pu240	0.036215	4.77E-01 ¹⁾	1.84 ²⁾	0.052	2.83 ²⁾	0.080	3.34 ²⁾	0.095
Pu241	0.003593	2.31E+00 ¹⁾	1.94 ²⁾	0.026	3.01 ²⁾	0.041	3.52 ²⁾	0.048
Pu242	0.001075	3.69E-01 ¹⁾	2.04 ²⁾	0.001	3.18 ²⁾	0.002	3.70 ²⁾	0.002
Effective Fission Yield [%]			1.70		2.79		3.45	

Note; nd=not detected

$$\text{Fractional Fission Yield} = \frac{\text{AF} \times \text{CS} \times \text{FY}}{\text{SUM}(\text{AF} \times \text{CS})}$$

AF:atom fraction of U and Pu(PIE data) CS:fission cross

FY:fission yield

$$\text{Effective Fission yield} = \text{SUM}(\text{Fractional Fission yield})$$

1)SMART code

2)TRG-2143-R

3)ICP-1050-1

4)AERE-R-8753

Table 7 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 600623 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6006
SAMPLE NO. ; 600623	SAMPLE POSITION ; 271.1~276.6 (mm)*

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.250

ISOTOPIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]		
nd	0.001677	0.280826	0.008326	-(a)	
0.035069	0.002075	0.280749	0.008293	-(b)	
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]		
0.001729	0.275080	0.025385	0.008120	-(a)	
0.001729	0.275386	0.025380	0.038716	-(b)	
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]
nd	6.034302	5.413254	4.090319	3.302506	2.004428
nd	5.218226	4.687361	3.542595	2.864333	1.742460

ISOTOPIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%) ;

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.1299	21.7555	0.6450	77.4696		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.1320	76.3176	20.9934	1.9373	0.6197		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
nd	27.6235	24.7805	18.7244	15.1180	9.1758	4.5778

Pu CONTENT (atom%)/(weight%) ; 17.433 / 17.532

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample) ; 4.8931E+21

<u>NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample)</u>	;	[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
		2.3796E+18	3.8600E+18	4.7339E+18
<u>EFFECTIVE FISSION YIELD</u>	;	1.70E-02	2.79E-02	3.44E-02
<u>NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**</u>	;	1.3998E+20	1.3835E+20	1.3761E+20
<u>BURNUP (atom%)#</u>	;	2.78	2.75	2.74
<u>SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##</u>	;	26700	26400	26300

NOTE ; nd=not detected

* Distance from core fuel bottom

** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD

BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)

1.04 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 8 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 604622 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6046
SAMPLE NO. ; 604622	SAMPLE POSITION ; -349.7~-344.7 (mm)*

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.500

ISOTOPIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]		
nd	0.000030	0.001988	0.000045	-(a)	
0.025147	0.000302	0.001991	0.000035	-(b)	
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]		
0.000017	0.005852	0.000114	0.000127	-(a)	
0.000017	0.033346	0.001551	2.016996	-(b)	
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]
0.040874	5.071936	4.716428	3.703597	3.143298	1.876852
0.009551	0.130268	0.128007	0.095465	0.087869	0.053222
					-(a)
					-(b)

ISOTOPIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%) ;

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.0030	0.1984	0.0045	99.7941		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.0017	99.3927	0.5816	0.0113	0.0126		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
0.2090	25.9394	24.1213	18.9413	16.0758	9.5988	5.1143

Pu CONTENT (atom%)/(weight%) ; 0.226 / 0.227

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample) ; 2.6304E+21

NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample)	;	[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
		5.0944E+15	8.6591E+15	1.0038E+16
EFFECTIVE FISSION YIELD	;	1.79E-02	2.90E-02	3.41E-02
NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**	;	2.8460E+17	2.9859E+17	2.9436E+17
BURNUP (atom%)#	;	0.011	0.011	0.011
SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##	;	97	101	100

NOTE ; nd=not detected

* Distance from core fuel bottom

** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD

BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)

1.12 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 9 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 604642 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6046
SAMPLE NO. ; 604642	SAMPLE POSITION ; -100.2~95.0 (mm)*

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.500

ISOTOPIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]		
nd	0.000022	0.001941	0.000057	-(a)	
0.025668	0.000315	0.002007	0.000041	-(b)	
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]		
0.000064	0.009793	0.000127	0.000039	-(a)	
0.000064	0.022293	0.000856	0.747698	-(b)	
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]
0.031609	4.090065	3.876262	3.175062	2.828394	1.721117
0.011354	0.642602	0.613180	0.498782	0.448902	0.274510

ISOTOPIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%) ;

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.0022	0.1937	0.0057	99.7984		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.0063	99.0076	0.9696	0.0126	0.0039		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
0.1890	24.4584	23.1799	18.9868	16.9137	10.2922	5.9800

Pu CONTENT (atom%)/(weight%) ; 0.623 / 0.626

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample) ; 2.5872E+21

		[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample) ;		3.4137E+16	5.5947E+16	6.2966E+16
EFFECTIVE FISSION YIELD ;		1.93E-02	3.12E-02	3.40E-02
NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**;		1.7687E+18	1.7932E+18	1.8519E+18
BURNUP (atom%)#		0.068	0.069	0.072
SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##		610	618	639

NOTE ; nd=not detected

* Distance from core fuel bottom

** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD

BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)

1.12 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 10 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 604662 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6046
SAMPLE NO. ; 604662	SAMPLE POSITION ; -20.6~15.1 (mm)*

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.500

ISOTOPIIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]			
nd	0.000019	0.001894	0.000046	-(a)		
0.021792	0.000267	0.001898	0.000053	-(b)		
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]			
0.000099	0.008896	0.000054	0.000007	-(a)		
0.000099	0.015173	0.000418	0.534999	-(b)		
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]	
0.007807	3.847719	3.676872	3.063818	2.759422	1.686683	-(a)
0.001910	1.287018	1.234478	1.024136	0.926642	0.568611	-(b)

ISOTOPIIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%) ;

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.0019	0.1890	0.0046	99.8045		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.0098	99.1025	0.8816	0.0054	0.0007		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
0.0487	23.9848	22.9198	19.0983	17.2009	10.5140	6.2335

Pu CONTENT (atom%)/(weight%) ; 0.738 / 0.741

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample) ; 3.0507E+21

	[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
<u>NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample) ;</u>	9.1225E+16	1.4910E+17	1.6486E+17
<u>EFFECTIVE FISSION YIELD ;</u>	1.92E-02	3.09E-02	3.38E-02
<u>NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**;</u>	4.7513E+18	4.8252E+18	4.8776E+18
<u>BURNUP (atom%)#</u>	0.156	0.158	0.160
<u>SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##</u>	1390	1410	1430

NOTE ; nd=not detected

* Distance from core fuel bottom

** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD

BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)

1.12 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 11 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 604664 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6046
SAMPLE NO. ; 604664	SAMPLE POSITION ; 19.1~24.3 (mm)*

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.500

ISOTOPIIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]			
nd	0.001712	0.285783	0.007006			-(a)
0.043983	0.002203	0.285379	0.007012			-(b)
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]			
0.001792	0.271415	0.025697	0.008009			-(a)
0.001792	0.271875	0.025694	0.046409			-(b)
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]	
0.002414	6.120409	5.473425	4.165615	3.363622	2.029046	-(a)
0.005264	4.992251	4.360359	3.310225	2.665854	1.618802	-(b)

ISOTOPIIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%) ;

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.1323	22.0767	0.5412	77.2498		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.1371	76.5162	20.7676	1.9662	0.6128		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
0.0109	27.6260	24.7057	18.8025	15.1825	9.1586	4.5138

Pu CONTENT (atom%)/(weight%) ; 17.345 / 17.444

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample) ; 2.3449E+21

		[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
<u>NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample)</u>	;	8.5811E+17	1.3772E+18	1.7336E+18
<u>EFFECTIVE FISSION YIELD</u>	;	1.70E-02	2.79E-02	3.45E-02
<u>NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**</u>	;	5.0477E+19	4.9363E+19	5.0249E+19
<u>BURNUP (atom%)#</u>	;	2.11	2.06	2.10
<u>SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##</u>	;	20300	19800	20200

NOTE ; nd=not detected

* Distance from core fuel bottom

** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD

BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)

1.04 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 12 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 604682 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6046
SAMPLE NO. ; 604682	SAMPLE POSITION ; 140.3~145.3 (mm)*

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.500

ISOTOPIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]			
nd	0.001697	0.281945	0.007869	-(a)		
0.081563	0.002607	0.281733	0.007831	-(b)		
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]			
0.001752	0.273917	0.026092	0.008085	-(a)		
0.001752	0.274545	0.026093	0.079172	-(b)		
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]	
0.003152	5.912253	5.257764	4.028452	3.257823	1.985252	
0.007727	4.426408	3.935895	3.014043	2.440052	1.487676	
						-(a)
						-(b)

ISOTOPIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%) ;

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.1314	21.8306	0.6093	77.4287		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.1338	76.3449	20.9122	1.9920	0.6172		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
0.0147	27.5698	24.5178	18.7853	15.1917	9.2575	4.6632

Pu CONTENT (atom%)/(weight%) ; 17.438 / 17.537

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample) ; 1.2627E+21

<u>NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample)</u>		[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
	;	6.3601E+17	1.0408E+18	1.2876E+18
<u>EFFECTIVE FISSION YIELD</u>		1.70E-02	2.79E-02	3.44E-02
	;			
<u>NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**</u>		3.7412E+19	3.7305E+19	3.7429E+19
	;			
<u>BURNUP (atom%)#</u>		2.88	2.87	2.88
	;	-----	-----	-----
<u>SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##</u>		27700	27600	27700

NOTE ; nd=not detected

* Distance from core fuel bottom

** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD

BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)

1.04 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 13 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 6046A3 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6046
SAMPLE NO. ; 6046A3	SAMPLE POSITION ; 269.3~274.8 (mm)**

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.250

ISOTOPIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]			
nd	0.001694	0.278910	0.008421	-(a)		
0.337948	0.005576	0.278089	0.008410	-(b)		
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]			
0.001694	0.275644	0.027348	0.008179	-(a)		
0.001694	0.279484	0.027472	0.308309	-(b)		
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]	
0.005883	5.891096	5.155394	4.011560	3.249932	1.981160	
0.008872	2.623269	2.302262	1.786456	1.451435	0.885308	
						-(a)
						-(b)

ISOTOPIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%) ;

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.1314	21.6373	0.6533	77.5780		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.1290	76.1693	20.9956	2.0831	0.6230		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
0.0276	27.6542	24.2094	18.8380	15.2615	9.3034	4.6959

Pu CONTENT (atom%)/(weight%) ; 17.249 / 17.347

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample) ; 5.0494E+20

NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample)	;	[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
		2.8457E+17	4.6665E+17	5.7603E+17
EFFECTIVE FISSION YIELD	;	1.70E-02	2.79E-02	3.45E-02
NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**	;	1.6739E+19	1.6726E+19	1.6696E+19
BURNUP (atom%)#	;	3.21	3.21	3.20
SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##	;	30900	30800	30800

NOTE ; nd=not detected

- * Distance from core fuel bottom
- ** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD
- # BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)
- ## 1.04 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 14 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 6046C2 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6046
SAMPLE NO. ; 6046C2	SAMPLE POSITION ; 420.8~425.8 (mm)*

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.250

ISOTOPIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]		
nd	0.001707	0.281553	0.007856	-(a)	
0.066298	0.002461	0.281119	0.007823	-(b)	
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]		
0.001449	0.273763	0.027037	0.008170	-(a)	
0.001449	0.274588	0.025999	0.066614	-(b)	
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]
0.000070	5.903845	5.164286	4.019111	3.250292	1.982472
0.003707	4.650934	4.064384	3.166792	2.565412	1.560070

ISOTOPIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%) ;

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.1322	21.8069	0.6085	77.4524		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.1106	76.3115	20.8913	2.0632	0.6235		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
0.0003	27.6915	24.2226	18.8513	15.2452	9.2986	4.6904

Pu CONTENT (atom%)/(weight%) ; 17.284 / 17.383

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample) ; 2.5837E+21

		[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
<u>NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample)</u>	;	1.3080E+18	2.1751E+18	2.6770E+18
<u>EFFECTIVE FISSION YIELD</u>	;	1.70E-02	2.79E-02	3.45E-02
<u>NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**</u>	;	7.6942E+19	7.7959E+19	7.7595E+19
<u>BURNUP (atom%)#</u>	;	2.89	2.93	2.92
<u>SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##</u>	;	27800	28200	28000

NOTE ; nd=not detected

* Distance from core fuel bottom

** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD

BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)

1.04 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 15 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 6046E2 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6046
SAMPLE NO. ; 6046E2	SAMPLE POSITION ; 575.3~580.3 (mm)*

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.500

ISOTOPIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]			
nd	0.001718	0.287366	0.006471	-(a)		
0.044909	0.002214	0.286801	0.006473	-(b)		
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]			
0.001598	0.269544	0.025679	0.007957	-(a)		
0.001598	0.269962	0.025651	0.046934	-(b)		
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]	
0.006155	6.018716	5.351385	4.088581	3.290758	2.003101	
0.007955	4.738431	4.208150	3.214301	2.586969	1.575779	
						-(a)
						-(b)

ISOTOPIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%) ;

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.1326	22.1809	0.4995	77.1870		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.1225	76.6414	20.6582	1.9681	0.6098		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
0.0283	27.6612	24.5942	18.7986	15.1239	9.2060	4.5959

Pu CONTENT (atom%)/(weight%) ; 17.395 / 17.494

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample) ; 2.2998E+21

	[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
<u>NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample) ;</u>	7.9113E+17	1.2953E+18	1.6157E+18
<u>EFFECTIVE FISSION YIELD ;</u>	1.70E-02	2.79E-02	3.45E-02
<u>NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**;</u>	4.6537E+19	4.6425E+19	4.6831E+19
<u>BURNUP (atom%)#</u>	1.98	1.98	2.00
<u>SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##</u>	19100	19000	19200

NOTE ; nd=not detected

- * Distance from core fuel bottom
- ** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD
- # BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)
- ## 1.04 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 16 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 6046G2 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6046
SAMPLE NO. ; 6046G2	SAMPLE POSITION ; 930.0~935.0 (mm)*

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.500

ISOTOPIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]		
nd	0.000020	0.002042	0.000038	-(a)	
0.028698	0.000341	0.002023	0.000037	-(b)	
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]		
0.000072	0.010633	0.000793	0.000679	-(a)	
0.000072	0.105204	0.008228	2.705059	-(b)	
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]
0.233599	4.780684	4.586542	3.522710	3.100467	1.810420
0.009778	0.073505	0.075260	0.055042	0.053505	0.032984
					-(a)
					-(b)

ISOTOPIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%) ;

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.0020	0.2038	0.0038	99.7904		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.0071	98.7969	1.0505	0.0783	0.0671		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
1.2273	25.1160	24.0960	18.5071	16.2887	9.5113	5.2536

Pu CONTENT (atom%)/(weight%) ; 0.193 / 0.194

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample) ; 2.3042E+21

		[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample)	;	2.8198E+15	4.7930E+15	5.5091E+15
EFFECTIVE FISSION YIELD	;	1.85E-02	3.01E-02	3.45E-02
NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**	;	1.5242E+17	1.5923E+17	1.5968E+17
BURNUP (atom%)#	;	0.007	0.007	0.007
SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##	;	59	62	62

NOTE ; nd=not detected

- * Distance from core fuel bottom
- ** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD
- # BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)
- ## 1.12 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 17 Result of isotope analysis and burnup calculation for PPJD25 608623 sample

S/A NO.(FAB) ; PPJD25	PIN NO.(PIE) ; 6086
SAMPLE NO. ; 608623	SAMPLE POSITION ; 271.3~276.3 (mm)*

VOLUME RATIO OF SPIKE SOLUTION TO SAMPLE SOLUTION ; 0.500

ISOTOPIIC RATIO OF U,Pu,Nd IN (a)SAMPLE AND (b)SAMPLE-SPIKE MIXTURE ;

[U233/238]	[U234/238]	[U235/238]	[U236/238]			
nd	0.001701	0.278771	0.008482	-(a)		
0.030275	0.002054	0.278958	0.008521	-(b)		
[Pu238/239]	[Pu240/239]	[Pu241/239]	[Pu242/239]			
0.001789	0.275640	0.026252	0.008167	-(a)		
0.001789	0.275873	0.025253	0.034908	-(b)		
[Nd142/150]	[Nd143/150]	[Nd144/150]	[Nd145/150]	[Nd146/150]	[Nd148/150]	
0.008103	5.909022	5.255456	4.022166	3.258126	1.983346	
0.002525	5.327317	4.778054	3.622877	2.934393	1.787014	
						-(a)
						-(b)

ISOTOPIIC COMPOSITION OF U,Pu,Nd IN SAMPLE (atom%);

[U233]	[U234]	[U235]	[U236]	[U238]		
nd	0.1320	21.6277	0.6581	77.5823		
[Pu238]	[Pu239]	[Pu240]	[Pu241]	[Pu242]		
0.1364	76.2283	21.0116	2.0012	0.6226		
[Nd142]	[Nd143]	[Nd144]	[Nd145]	[Nd146]	[Nd148]	[Nd150]
0.0378	27.5656	24.5167	18.7634	15.1992	9.2523	4.6650

Pu CONTENT (atom%)/(weight%); 17.293 / 17.391

NUMBER OF TOTAL HEAVY ELEMENT (atoms/sample); 3.3902E+21

	[Nd148]	[Nd146]	[Nd145]
<u>NUMBER OF Nd NUCLIDE (atoms/sample)</u>	; 1.9235E+18	3.1646E+18	3.8927E+18
<u>EFFECTIVE FISSION YIELD</u>	; 1.70E-02	2.79E-02	3.45E-02
<u>NUMBER OF FISSIONS (fissions/sample)**;</u>	1.1315E+20	1.1343E+20	1.1283E+20
<u>BURNUP (atom%)#</u>	; 3.23	3.24	3.22
<u>SPECIFIC BURNUP (MWD/MTM)##</u>	; 31100	31100	31000

NOTE ; nd=not detected

* Distance from core fuel bottom

** FISSIONS=NUMBER OF Nd/EFFECTIVE FISSION YIELD

BURNUP=100*FISSIONS/(TOTAL HEAVY ELEMENT+FISSIONS)

1.04 atom% BU=10000 MWD/MTM BU

Table 18 Summary of Burnup Measurement by Nd-method

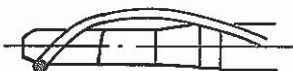
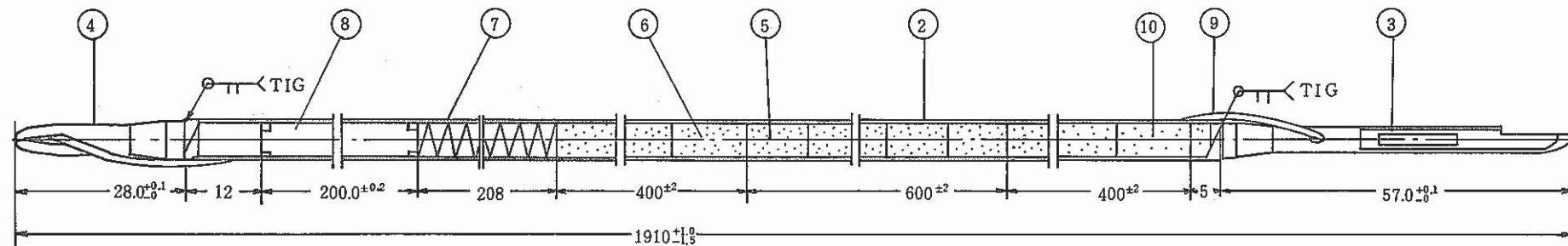
Pin No.	Sample No.	Distance from ⁽¹⁾ core fuel bottom (mm)	Pu content ⁽²⁾ (atom %)	Burnup (atom %)	
				Calculated ⁽³⁾	Measured ⁽⁴⁾
6006	600623	271.1~276.6	17.433	2.60	2.78
6046	604622	-349.7~-344.7	0.226	0.018(0.011)	0.011
	604642	-100.2~-95.0	0.623	0.102(0.076)	0.068
	604662	-20.6~-15.1	0.738	0.190(0.158)	0.156
	604664	19.1~24.3	17.345	2.01	2.11
	604682	140.3~145.3	17.438	2.75	2.88
	6046A3	269.3~274.8	17.249	3.08	3.21
	6046C2	420.8~425.8	17.284	2.70	2.89
	6046E2	575.3~580.3	17.395	1.70	1.98
	6046G2	930.0~935.0	0.193	0.007(0.004)	0.007
6086	608623	271.3~276.3	17.293	3.57	3.23

(1) Distance from core fuel bottom-462

(2) $Pu / (Pu + U) \times 100$

(3) Calculated by JYHIST code, ()内は γ 線発熱補正後の値

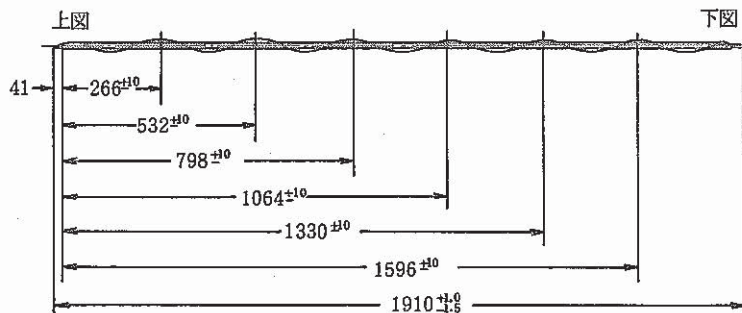
(4) Measured by ^{148}Nd monitor method



- 25 -

①

ワイヤラッピング図



10	JOYO-100-1103M	下部軸方向フランケット用ペレット	UO ₂	33	
9	JOYO-100-1201M	ラッピングワイヤ	SUS316	1	
8	JOYO-100-1205M	プラチナムスリーブ	SUS316	1	
7	JOYO-100-1204M	スプリング		1	
6	JOYO-100-1101M	上部軸方向フランケット用ペレット	UO ₂	33	
5	JOYO-100-1102M	ペレット (炉心)	PuO ₂ -UO ₂	60	
4	JOYO-100-1203M	上部端栓	SUS316	1	
3	JOYO-100-1210M	下部端栓	SUS316	1	
2	JOYO-100-1208M	被覆管	SUS316	1	
1		ワイヤラッピング図			
品番	図番	品名	材質	個数	備考

Fig. 1 Schematic drawing of fuel pin

炉内照射位置

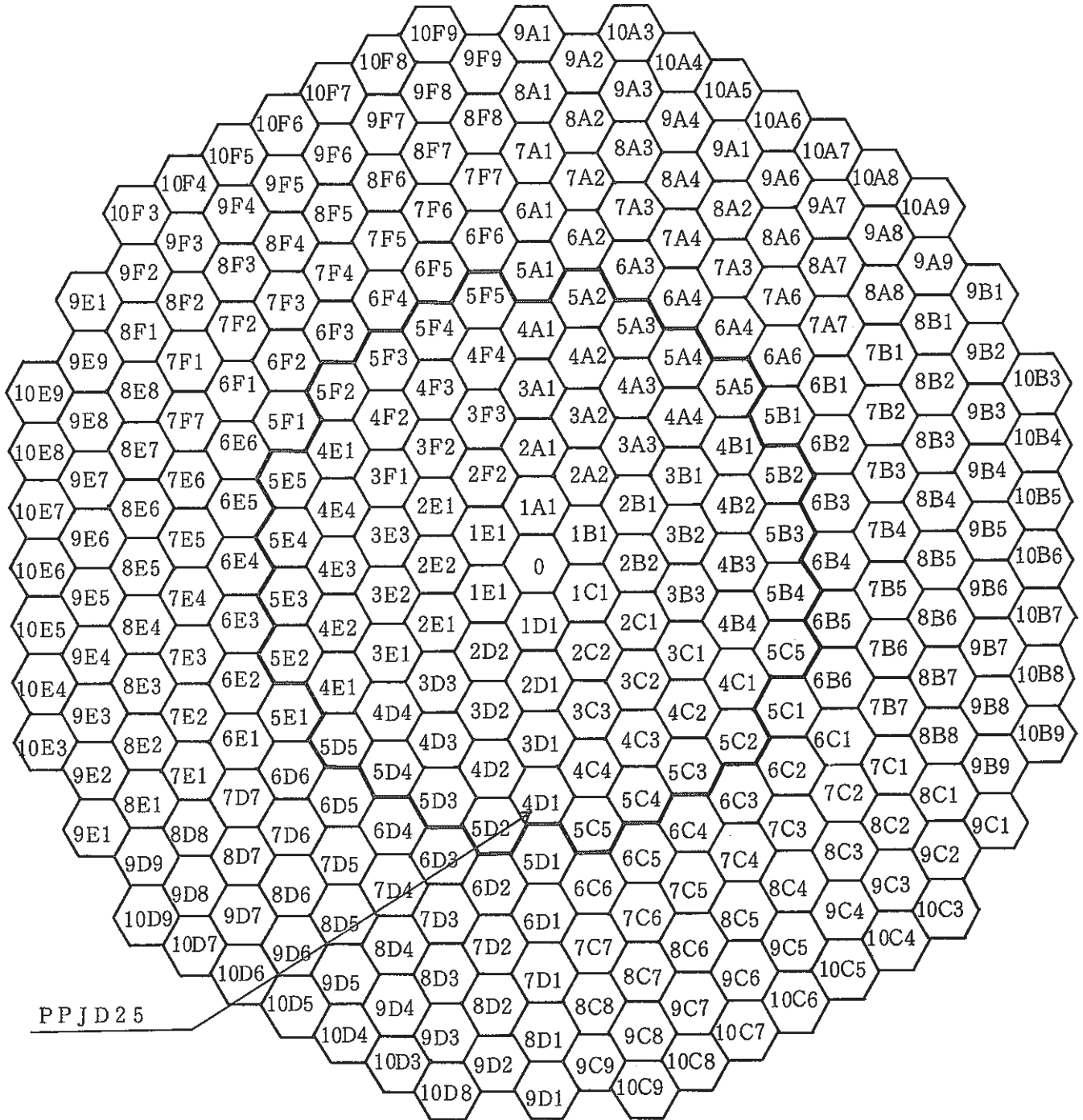
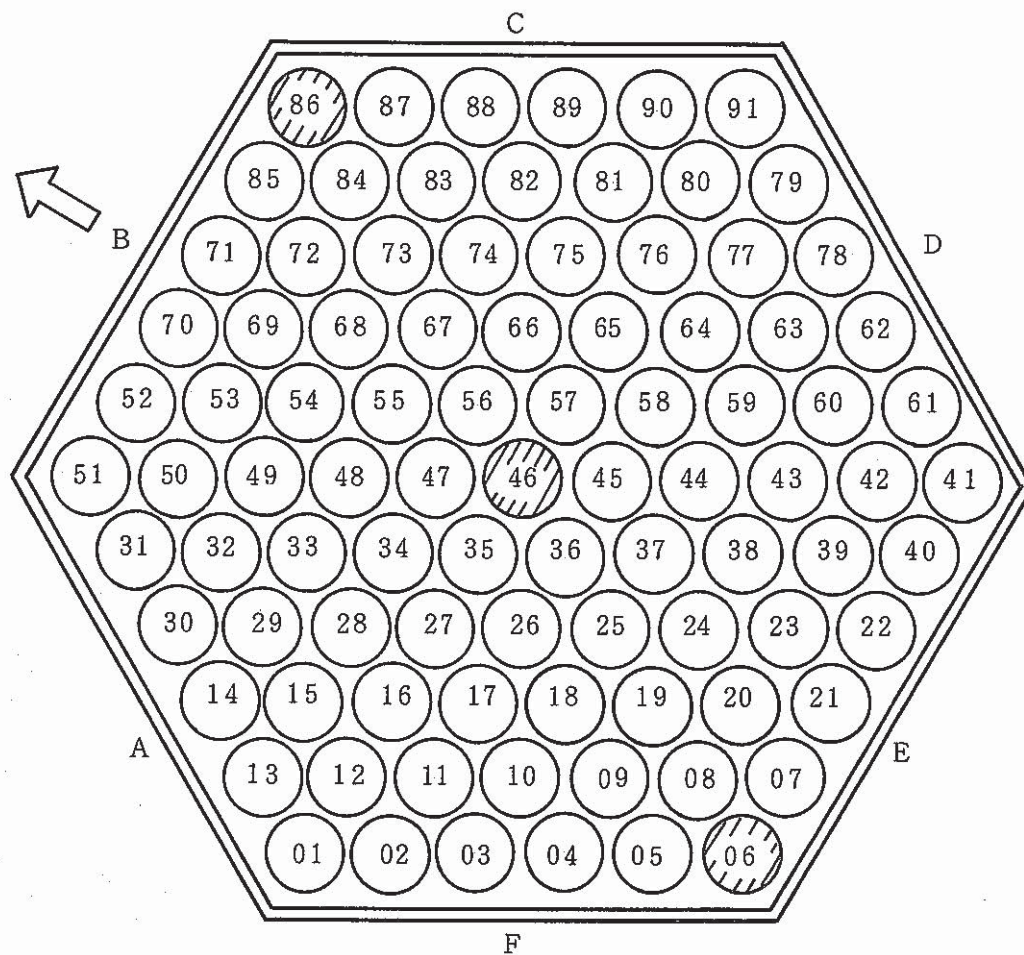


Fig. 2 Irradiation position of PPJD25 subassembly in "JOYO" MK-I core



注) ← : 炉心方向

◐ : 試験対象ピン

Fig. 3 Fuel pin position in a PPJD25 subassembly

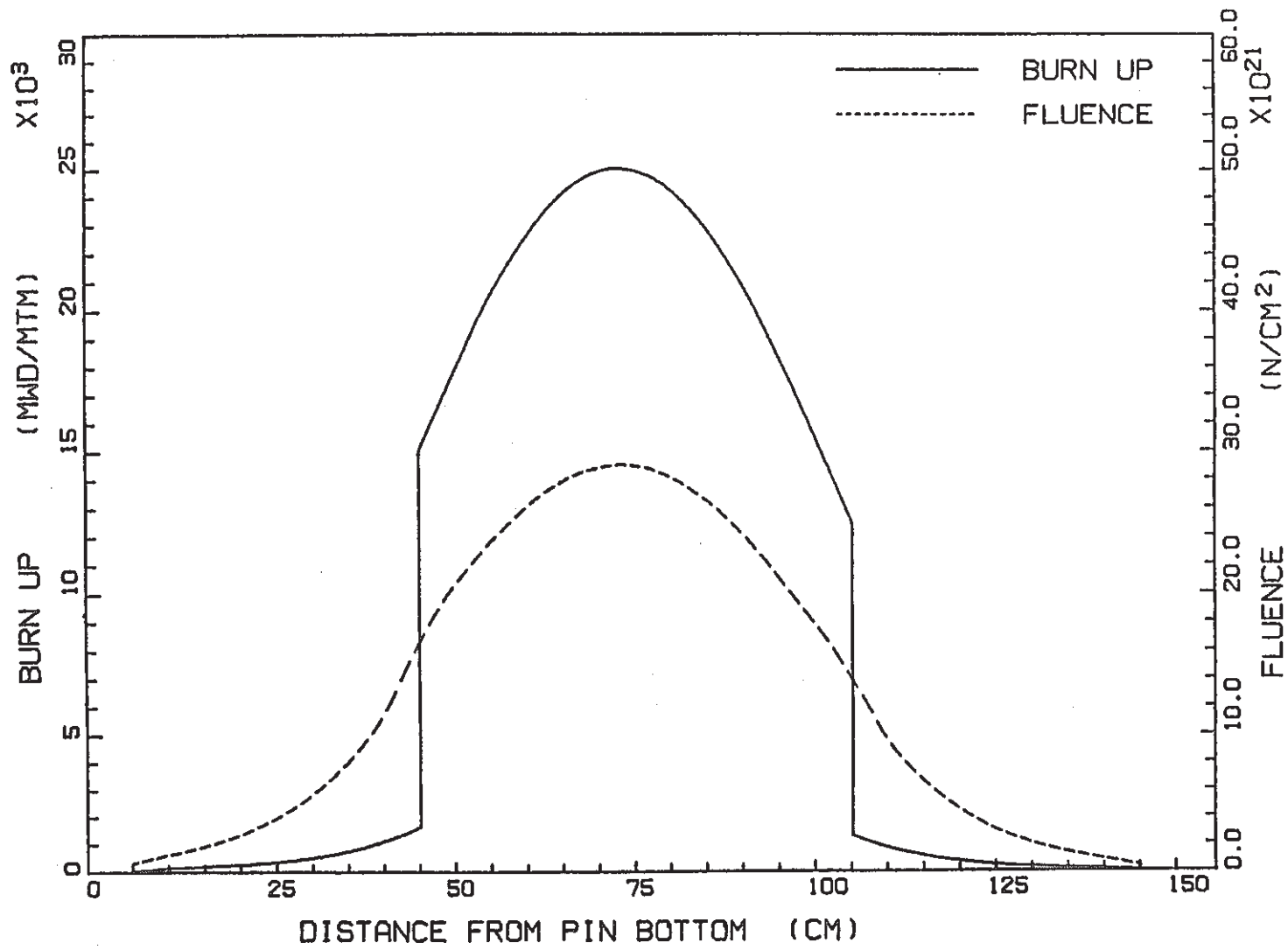


Fig. 4 Burn-up and fluence distribution (6006ピン)

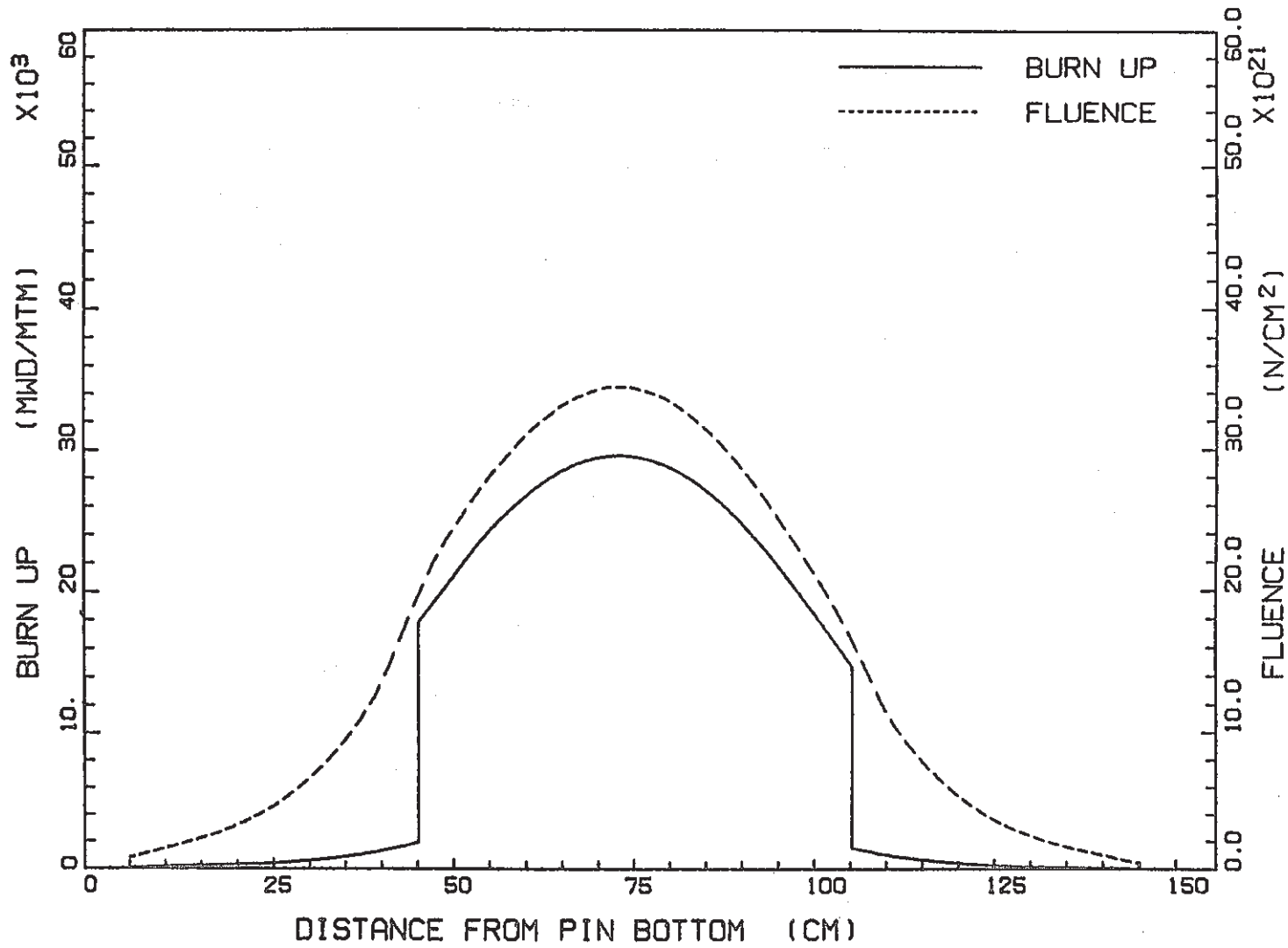


Fig. 5 Burn-up and fluence distribution (6046ピン)

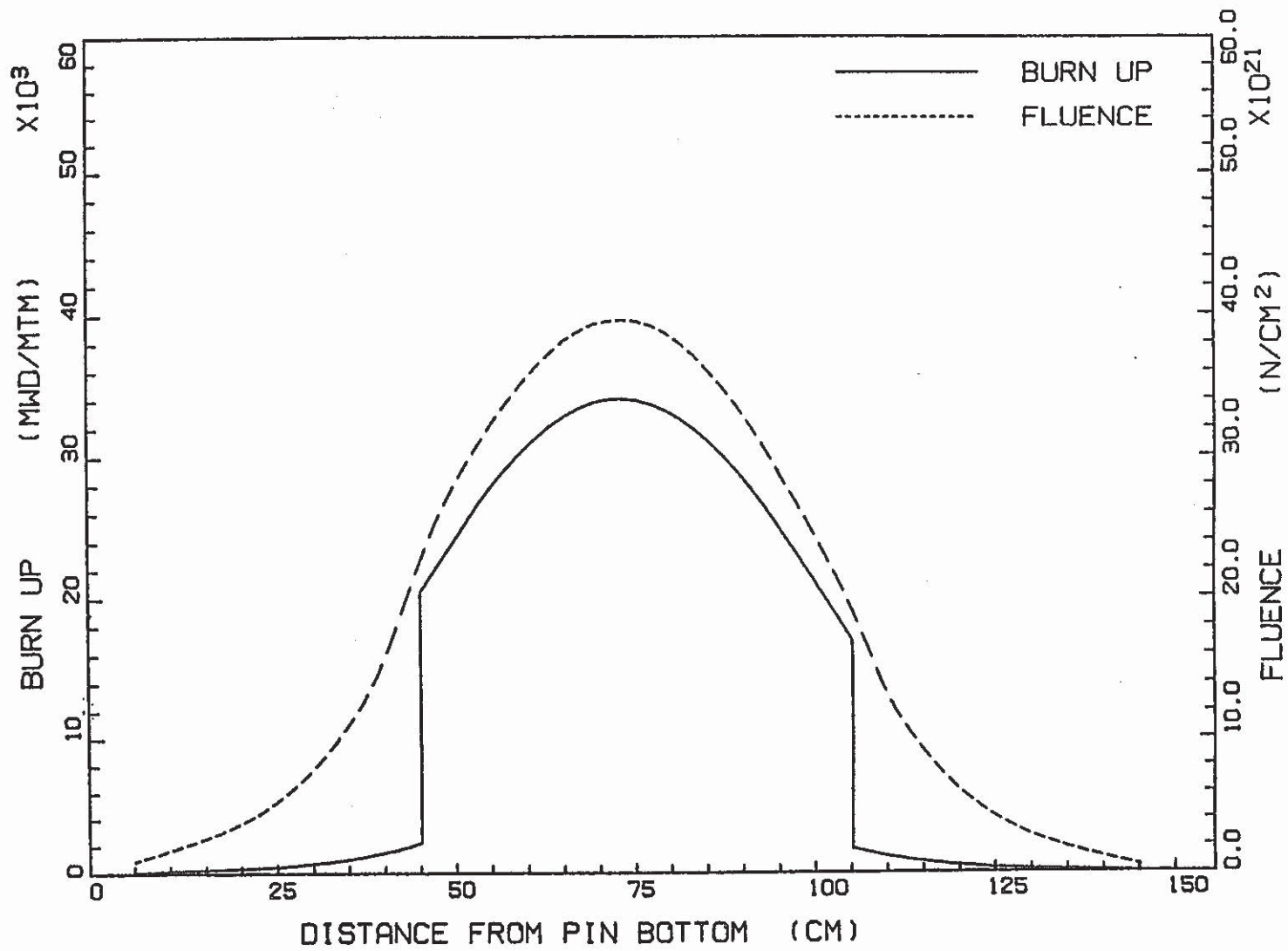


Fig. 6 Burn-up and fluence distribution (6086ピン)

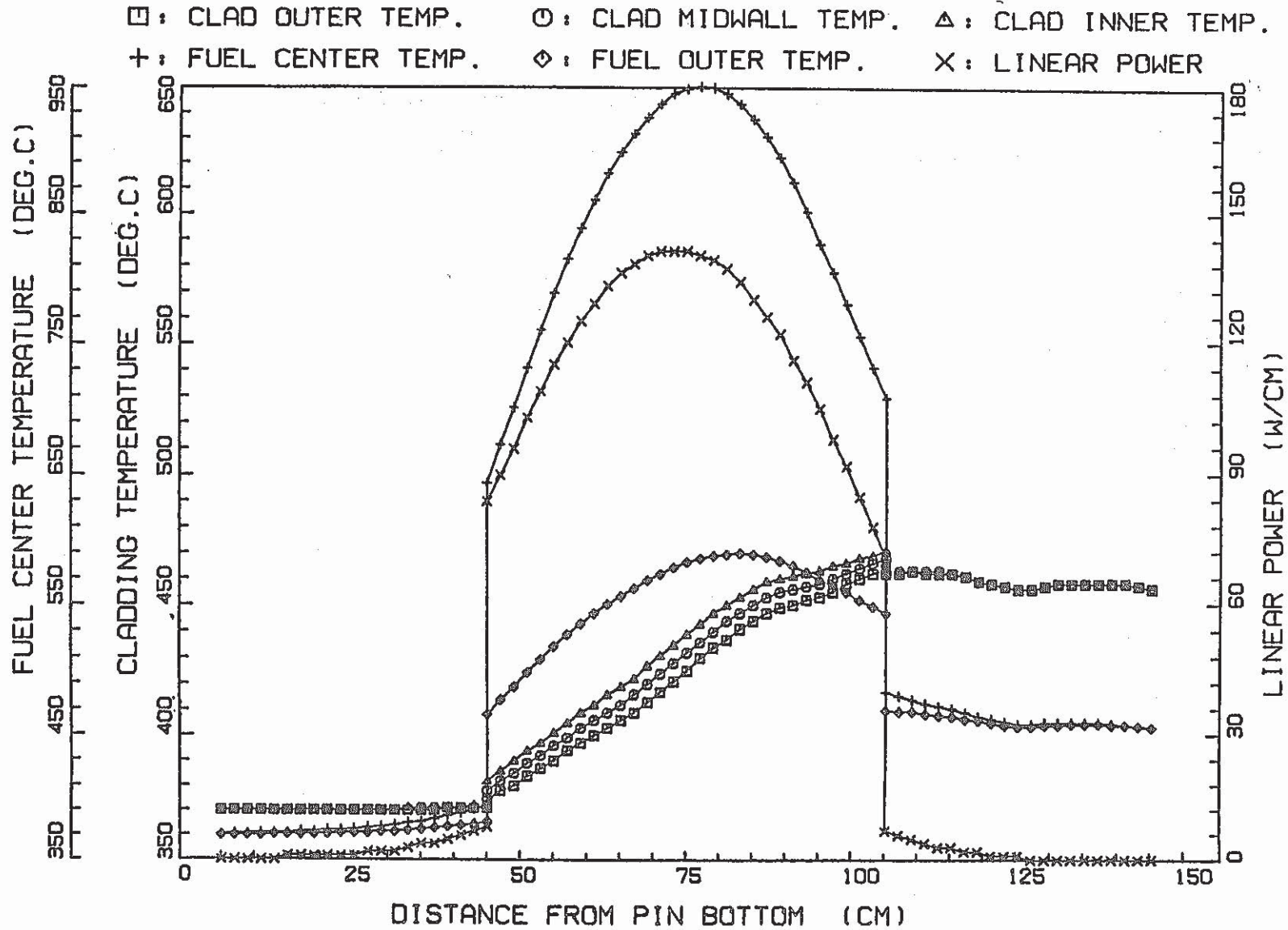


Fig. 7 Temperature and linear power distribution (6006ピン)

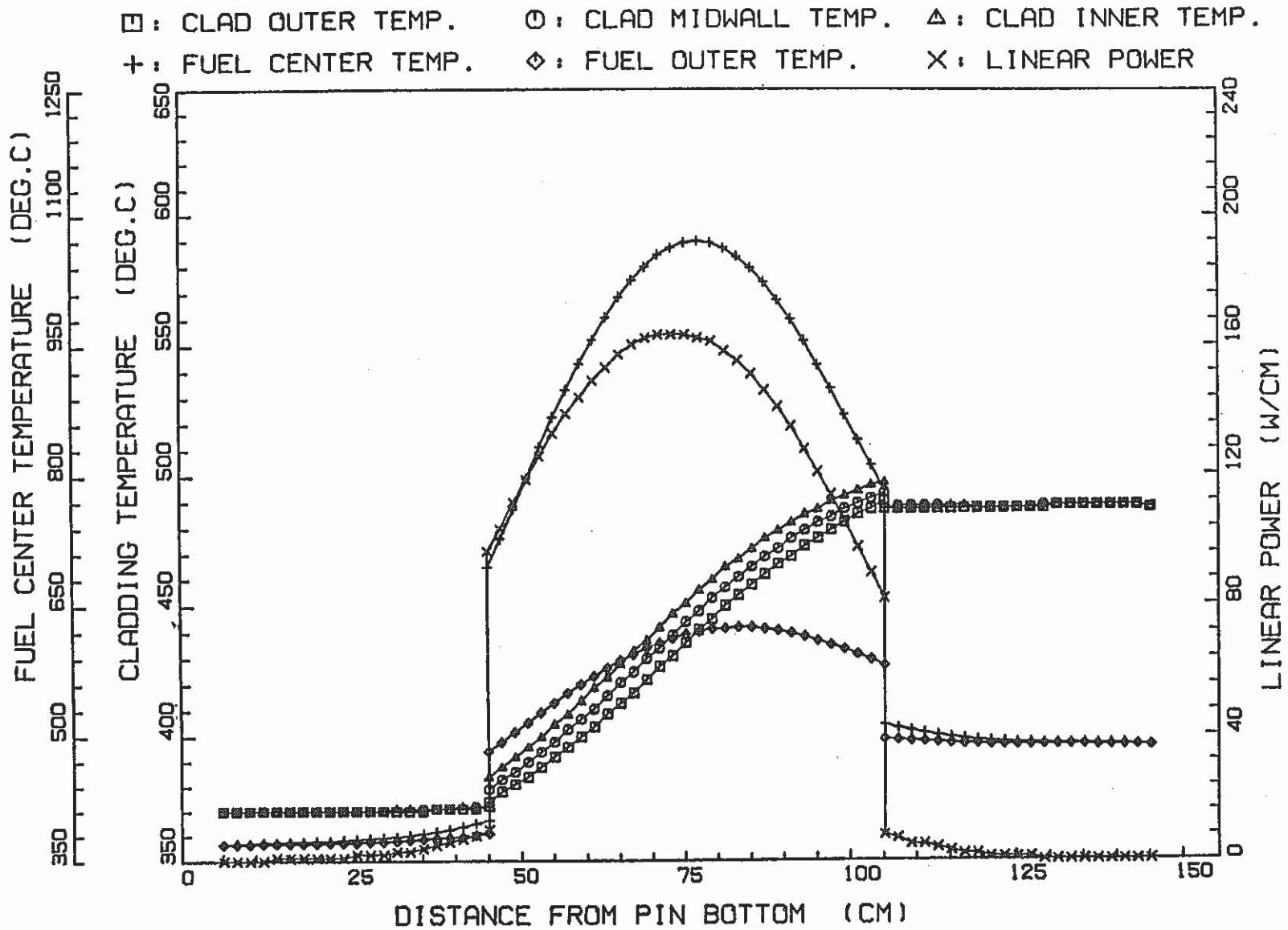


Fig. 8 Temperature and linear power distribution (6046ピン)

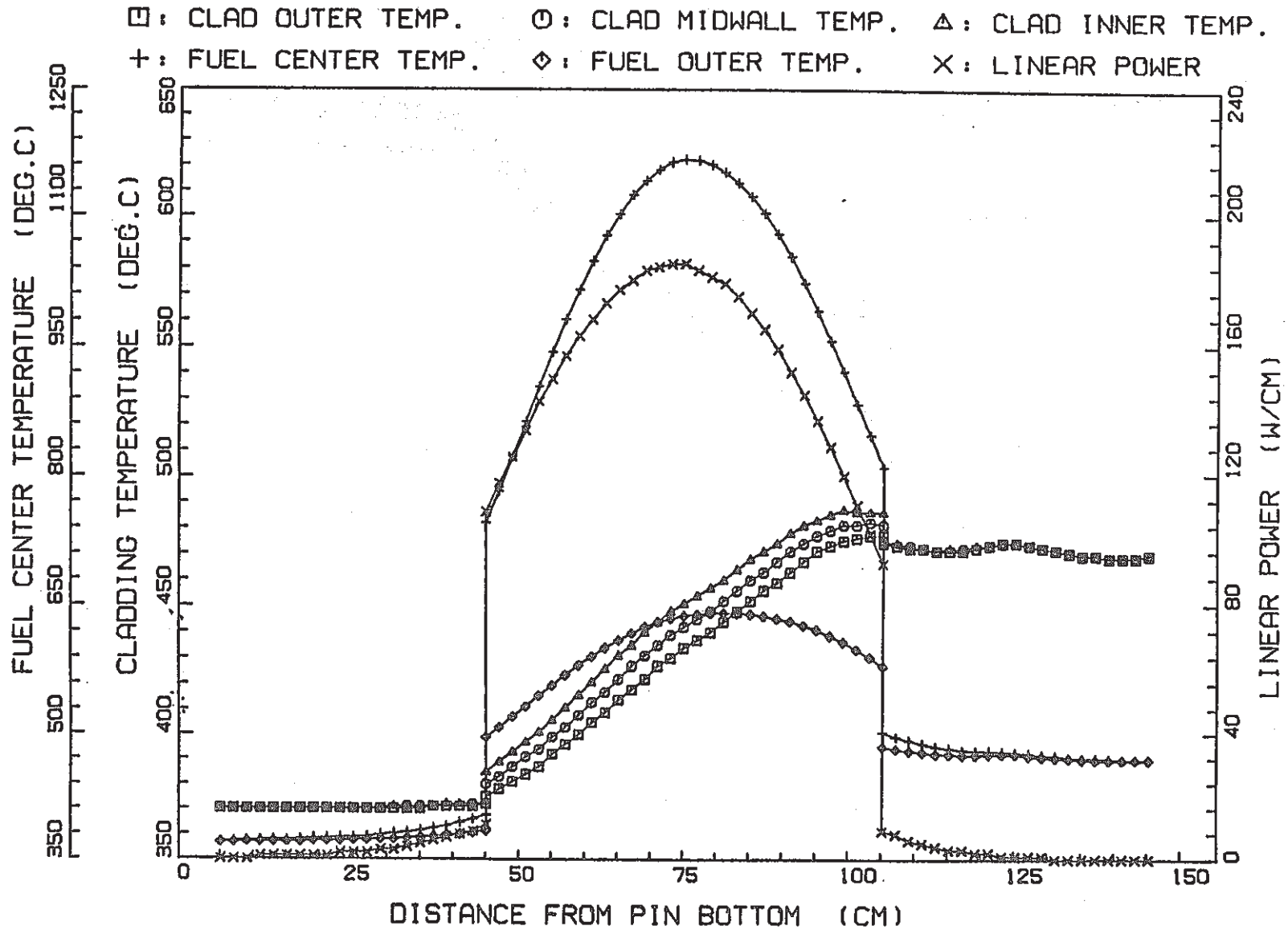


Fig. 9 Temperature and linear power distribution (6086ピン)

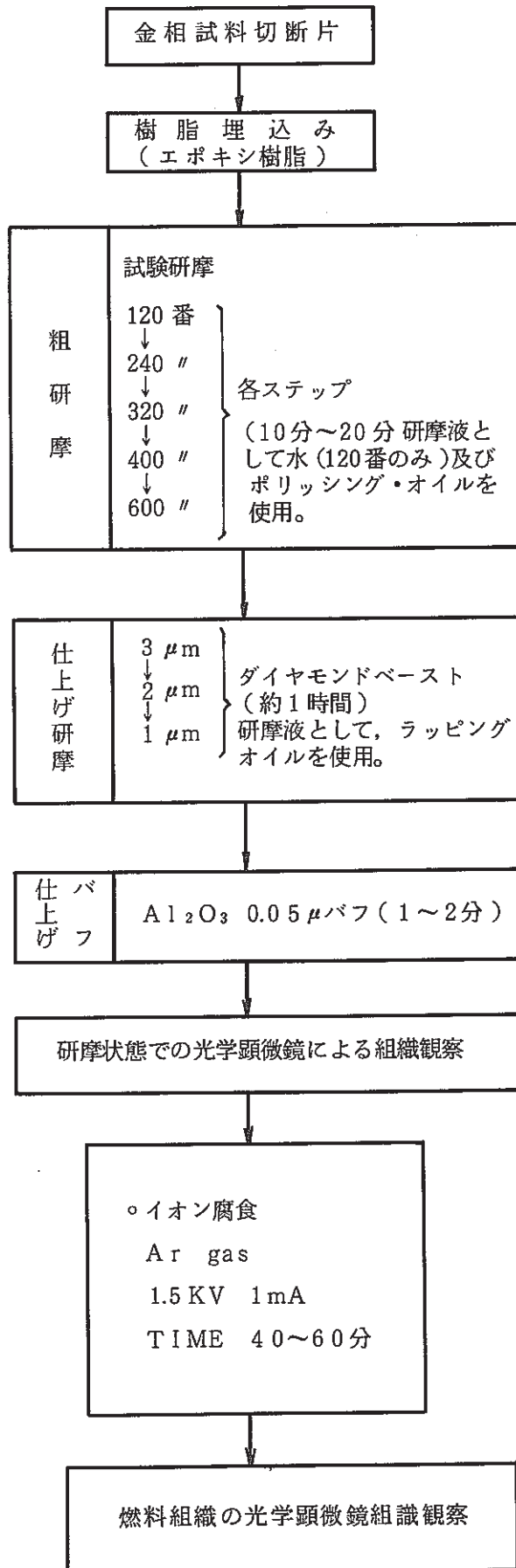


Fig. 10 Flow diagram of metallurgical examination in AGS

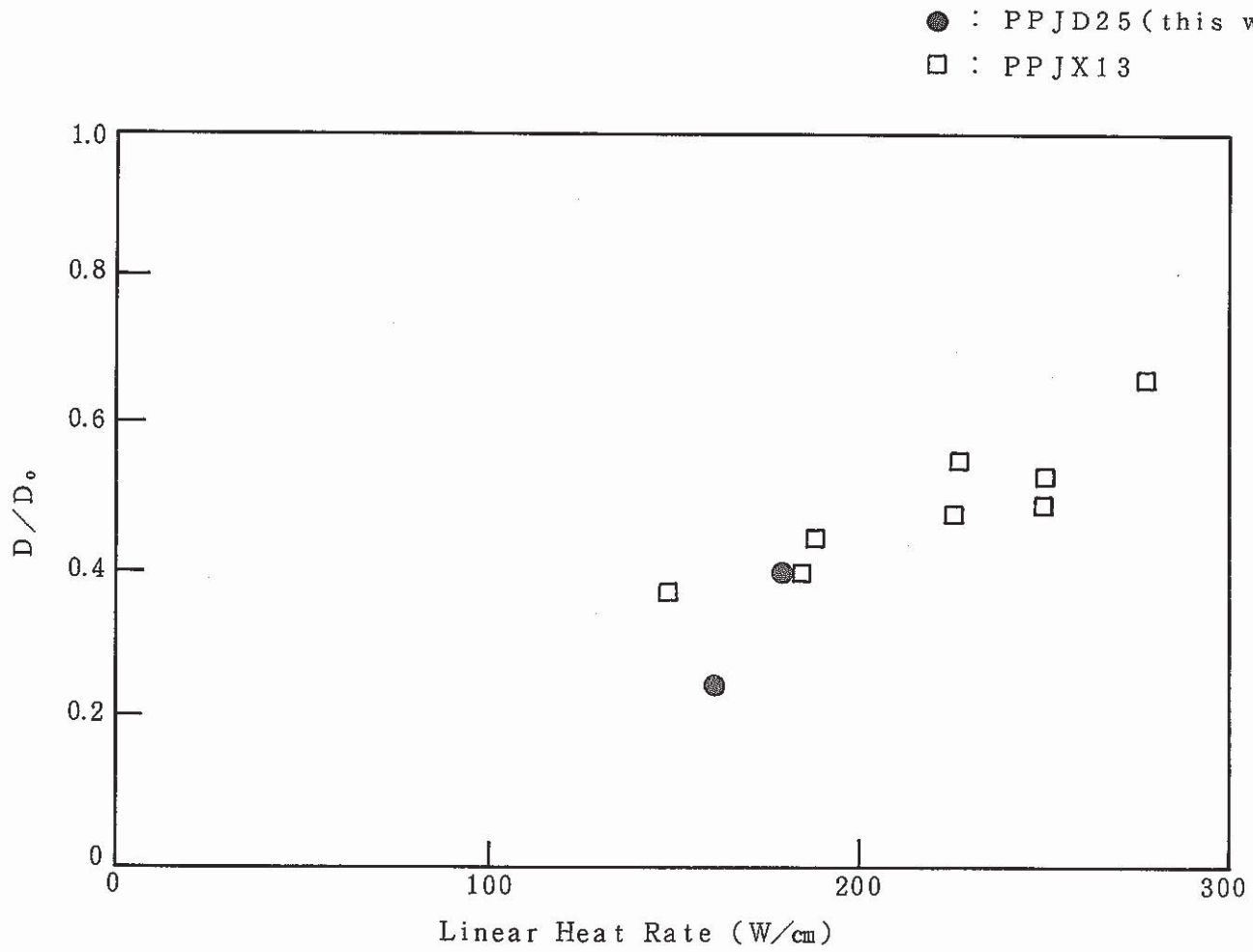


Fig. 11 Gas bubble region (D/D_0) as a function of linear heat rate

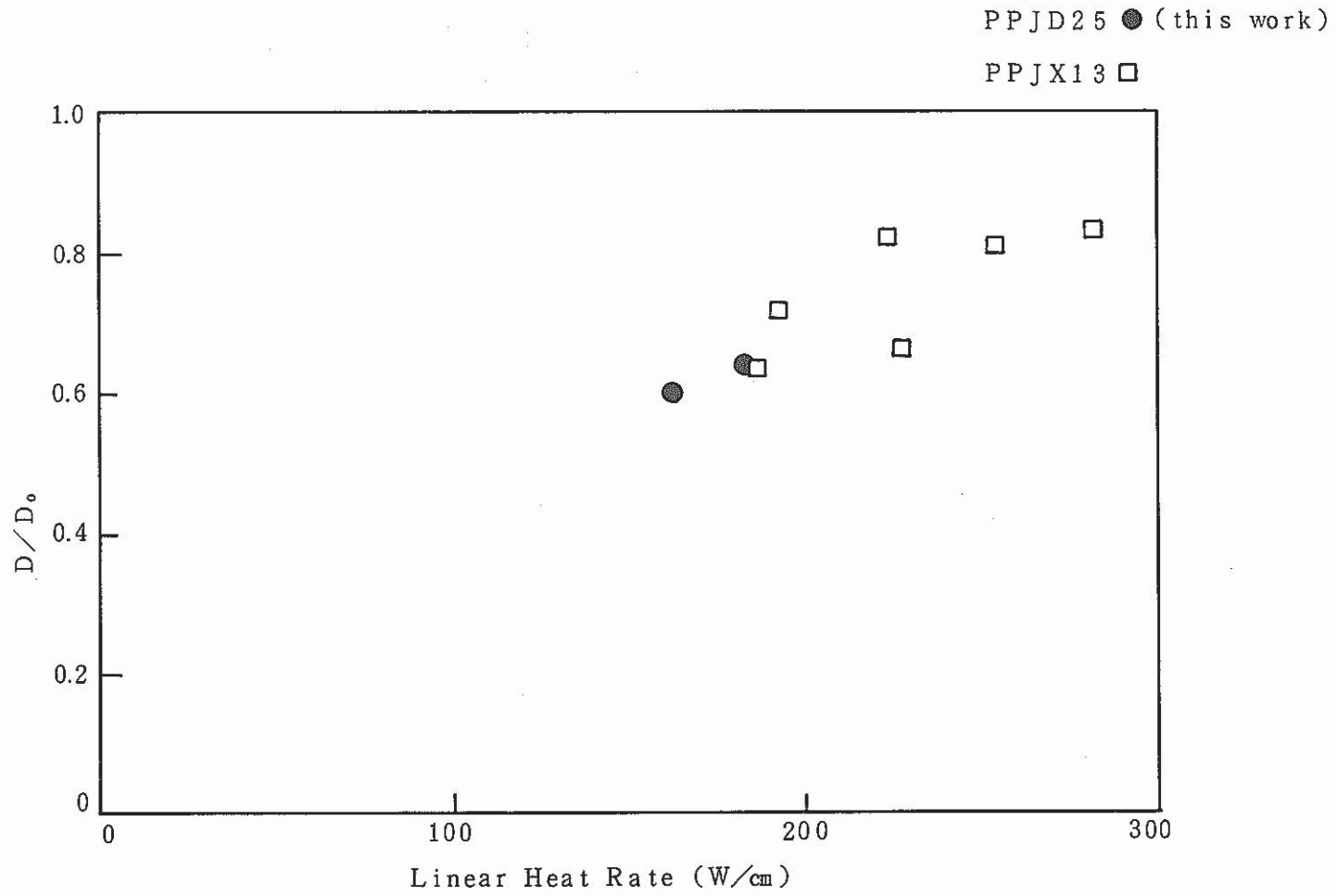
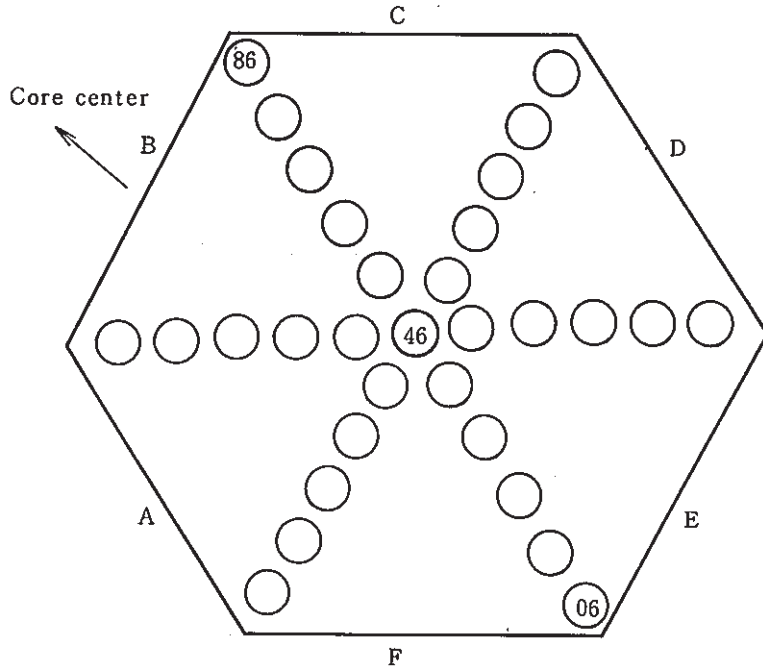


Fig. 12 Densified region (D/D_0) as a function of linear heat rate



Location : 4D1
Core Center Direction : B

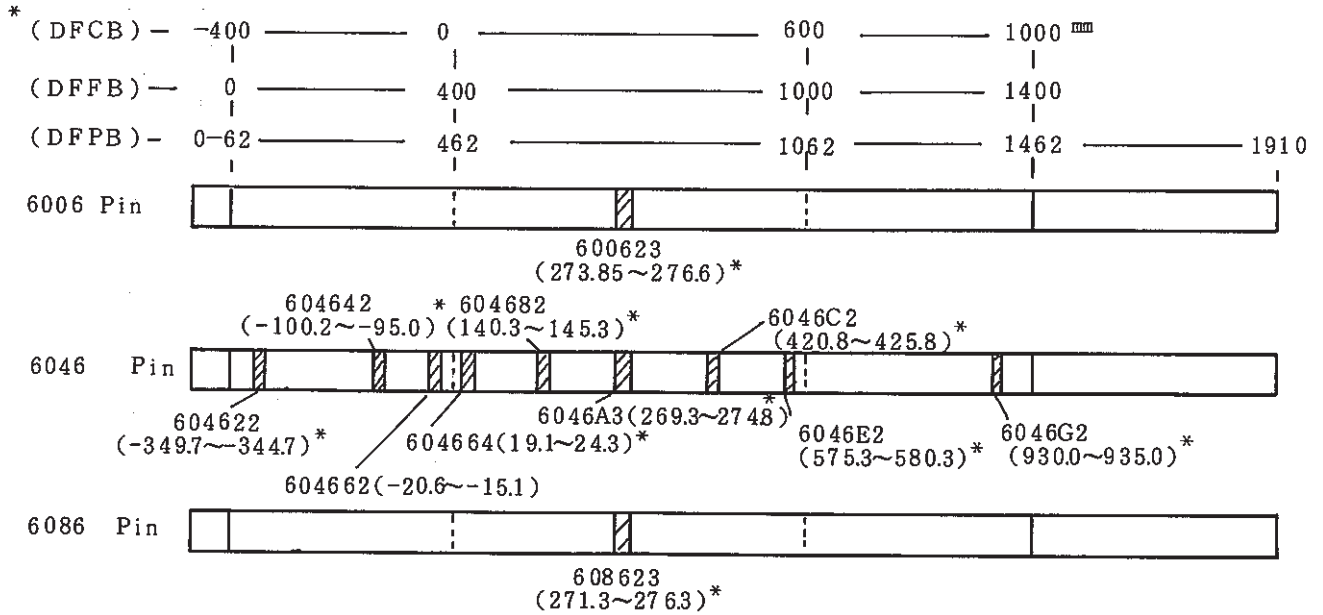


Fig. 13 Cutting diagram of PPJD25 S/A fuel pins for burnup measurement

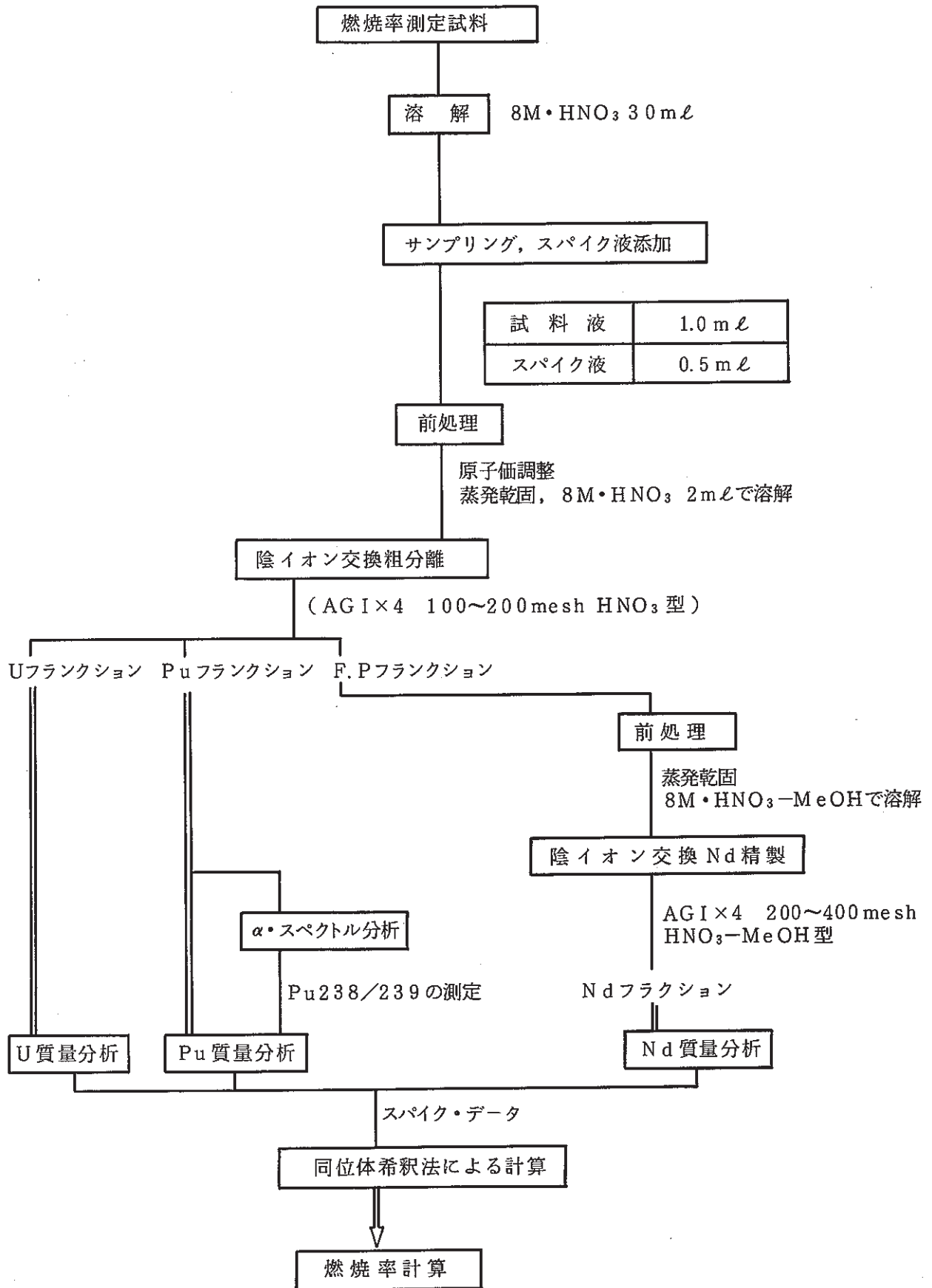


Fig. 14 Specimen preparation process for burnup measurement in AGS

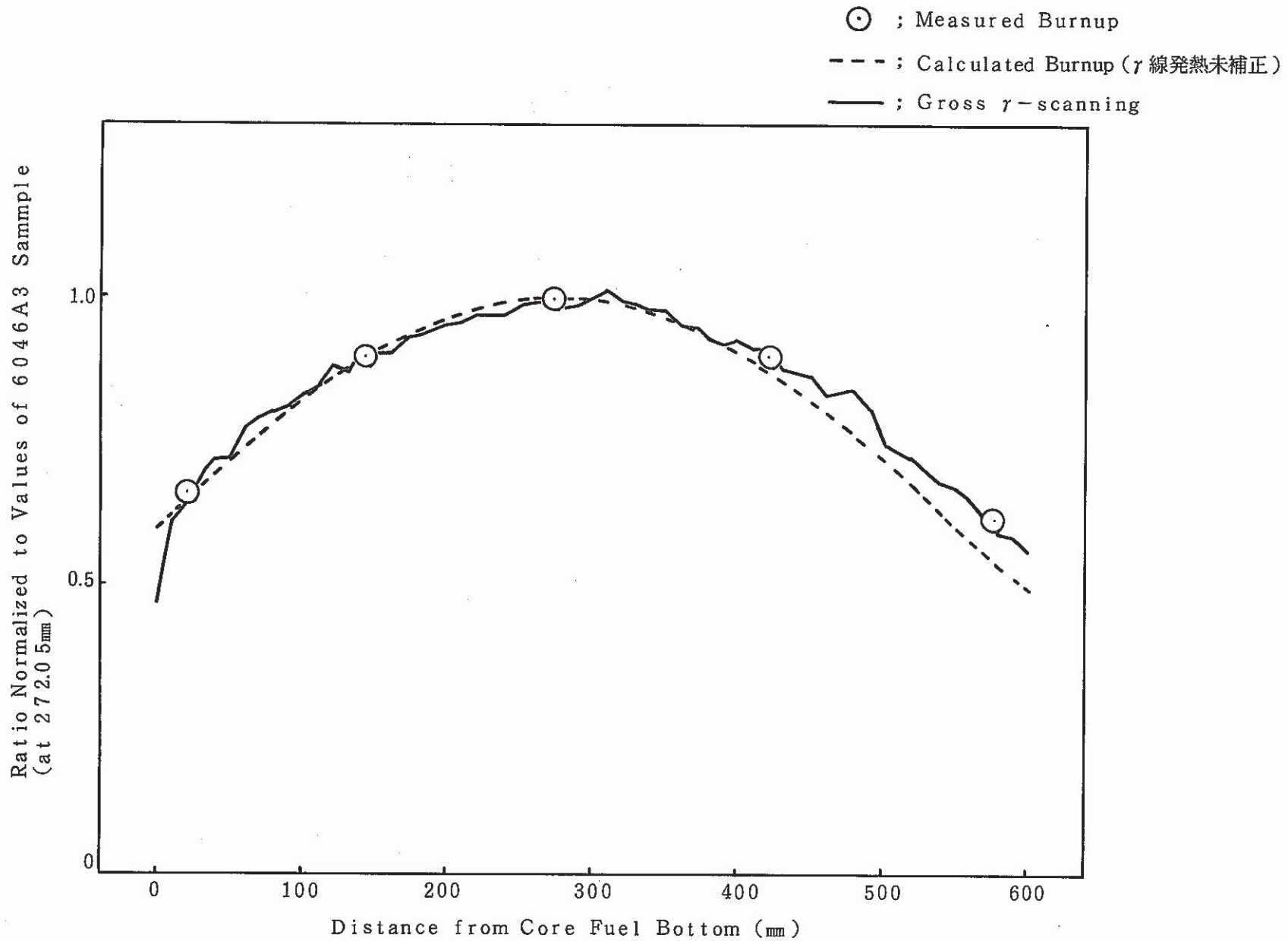


Fig. 15 PPJD25 (6046 Pin) Burnup axial distribution

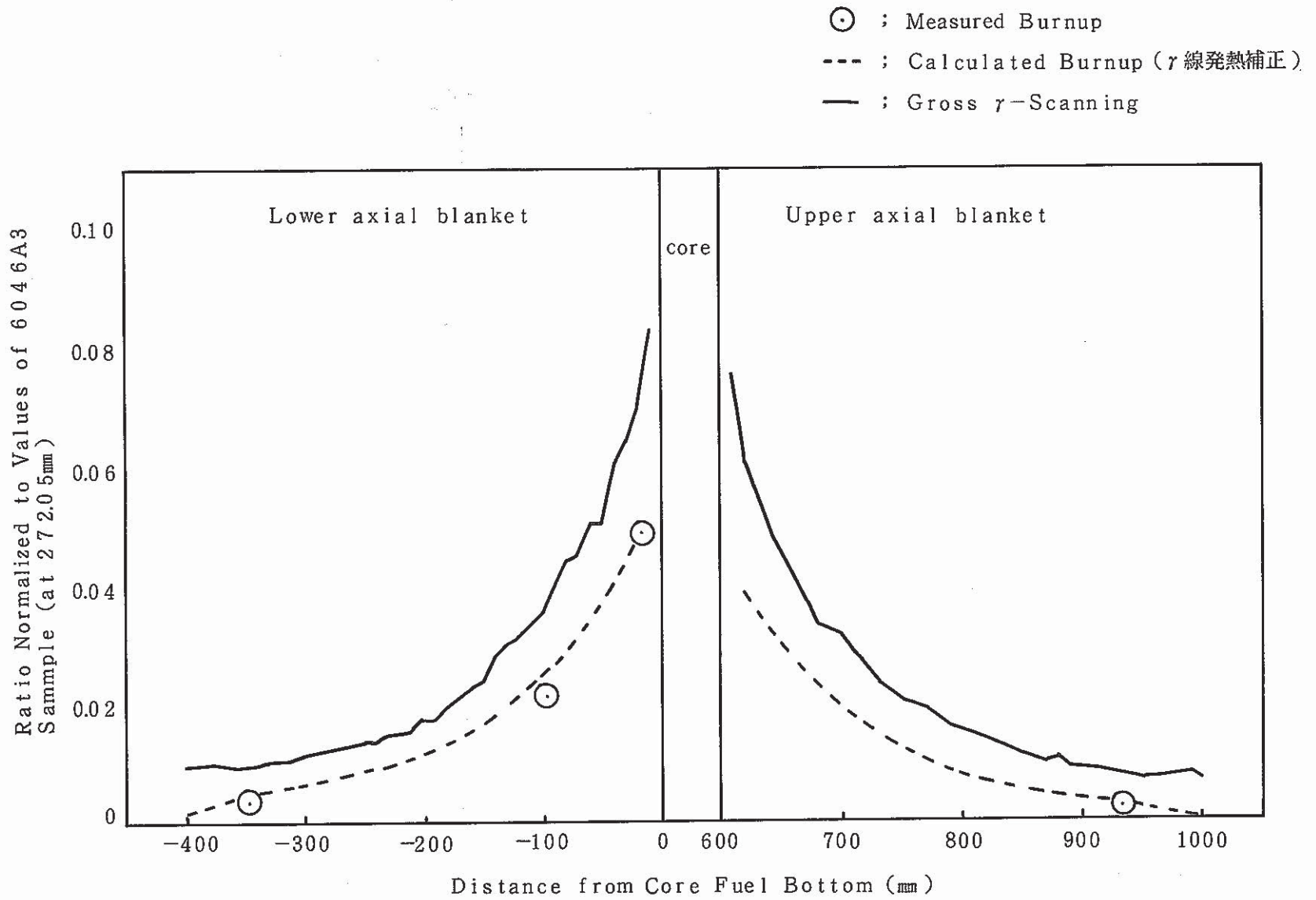


Fig. 16 PPJD25(6046 Pin) Burnup axial distribution (Blanket)

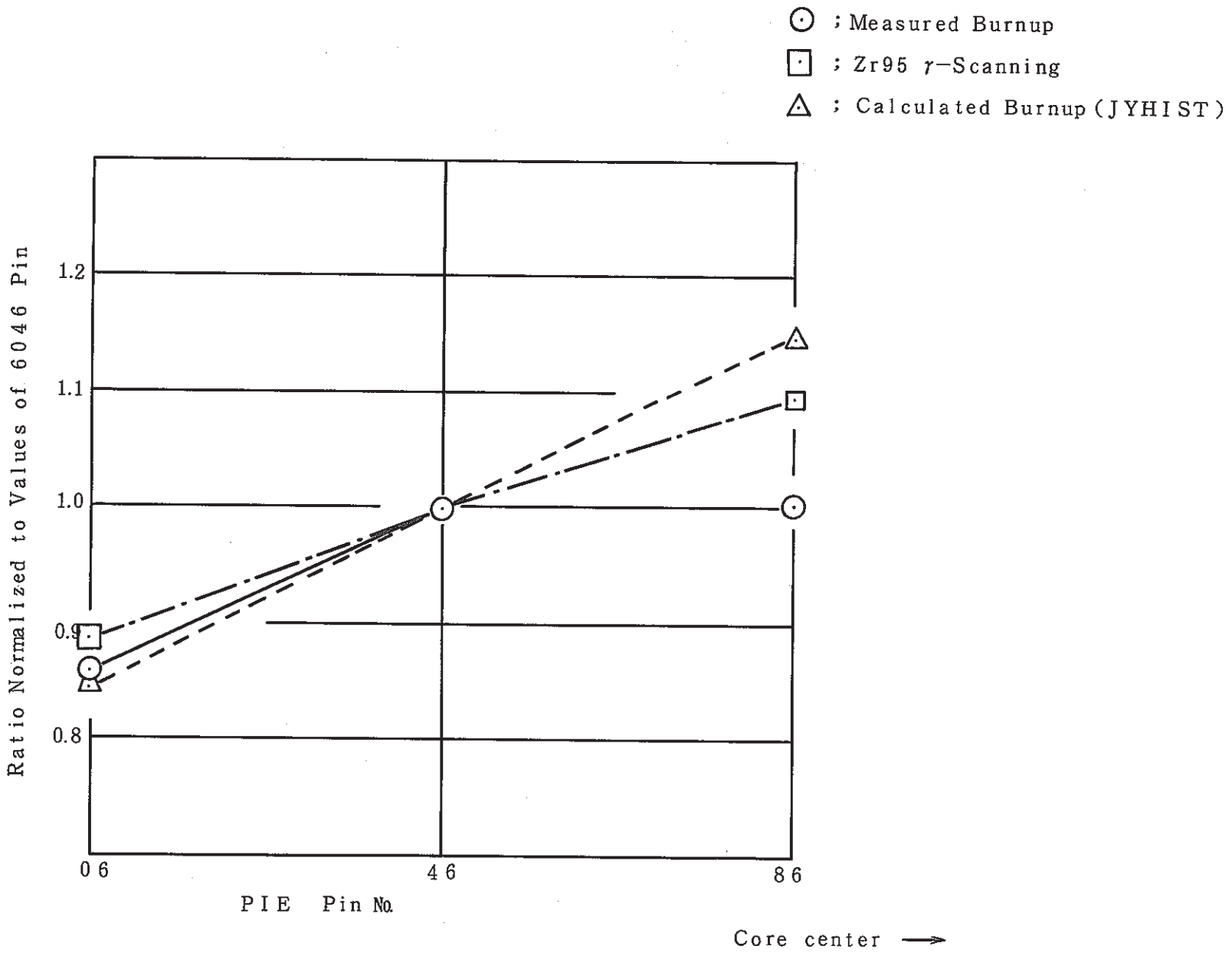
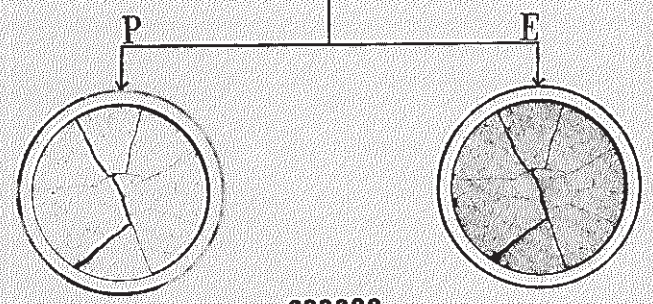
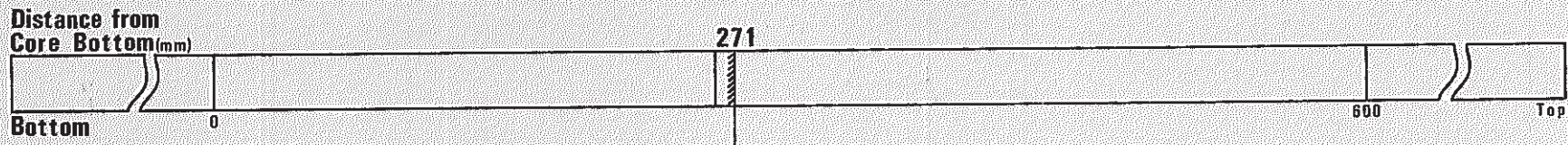


Fig. 17 PPJD25 burnup radial distribution

S/A No.	JOYO - PPJD25
Pin No.	6006
S/A Peak Burn up	24700 MWD/MTM

As polished
etched



600622

Photo 1 Macrography of "JOYO" MK-I core fuel (6006 pin; as polished, etched)

S/A No.	JOYO - PPJD25
Pin No.	6046
S/A Peak Burn up	24700 MWD/MTM

As polished
etched

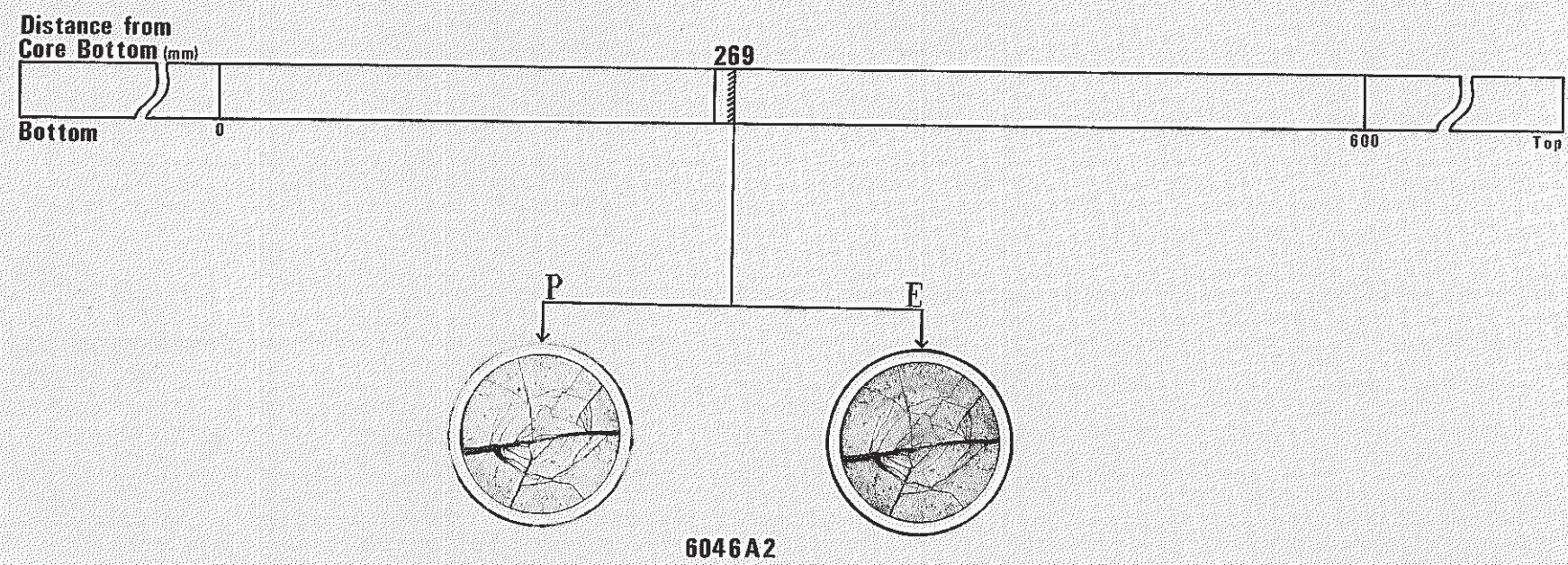
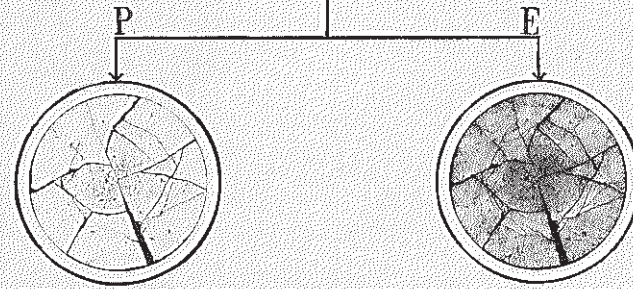
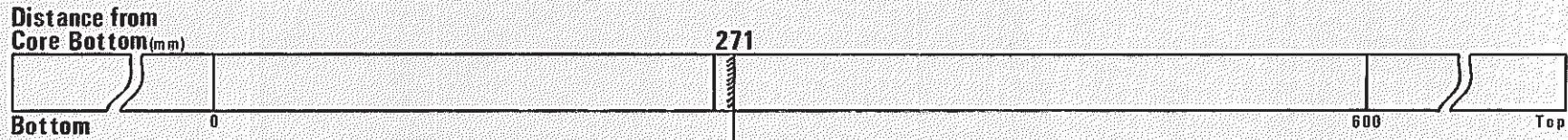


Photo 2 Macrography of "JOYO" MK-I core fuel (6046 pin, as polished, etched)

S/A No.	JOYO - PPJD25
Pin No.	6086
S/A Peak Burnup	24700 MWD/MTM

As polished
etched



608622

Photo 3 Macrography of "JOYO" MK-I core fuel (6086 Pin, as polished, etched)

S/A Name	JOYO - PPJD25	
Pin No.	6046	
Section No.	6046A2	
Distance from bottom of Pin		731mm
Distance from bottom of core column		269mm

As polished

1mm

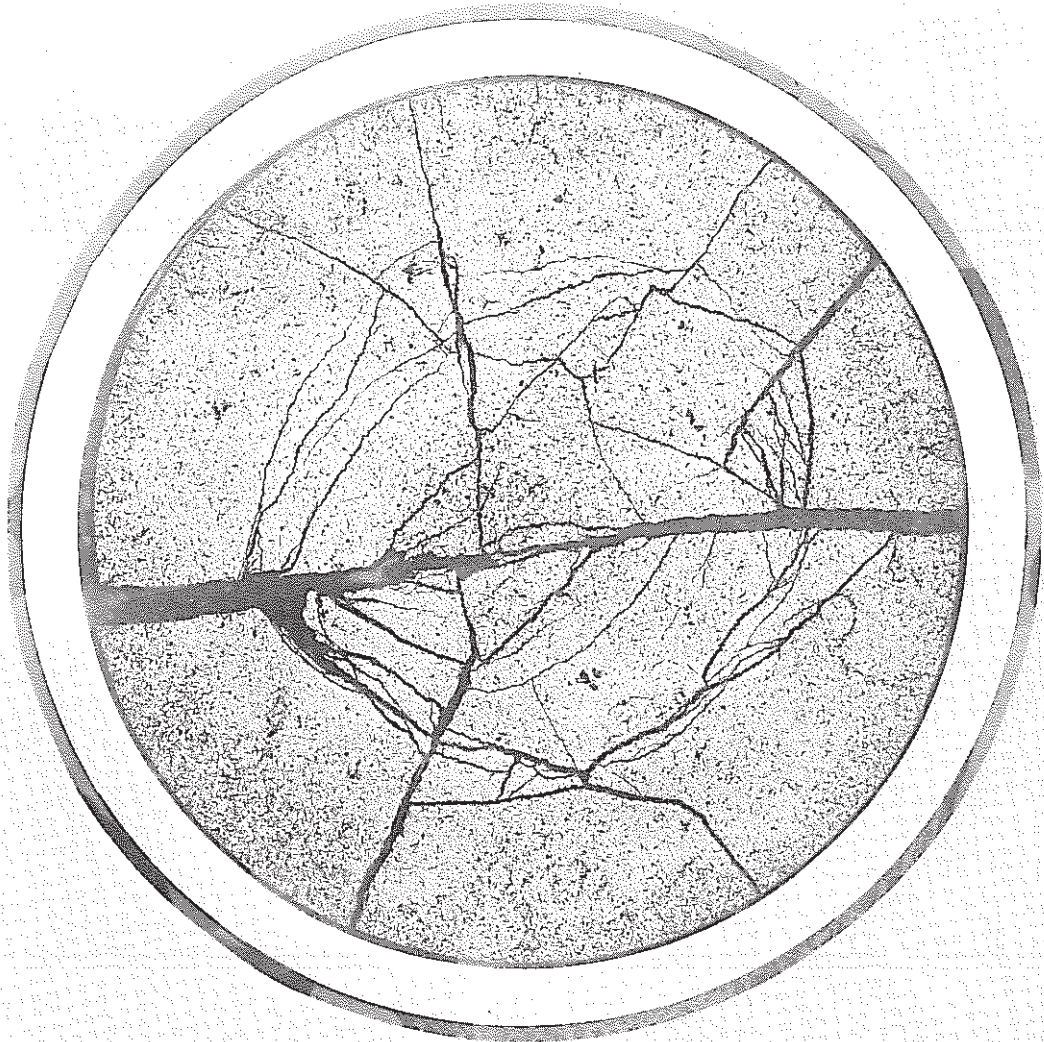


Photo 4 Postirradiation ceramography of "JOYO" MK-I core fuel (6046A2 sample, as polished)

S/A Name	JOYO - PPJD25	
Pin No.	6046	
Section No.	6046A2	
Distance from bottom of Pin		731mm
Distance from bottom of core column		269mm

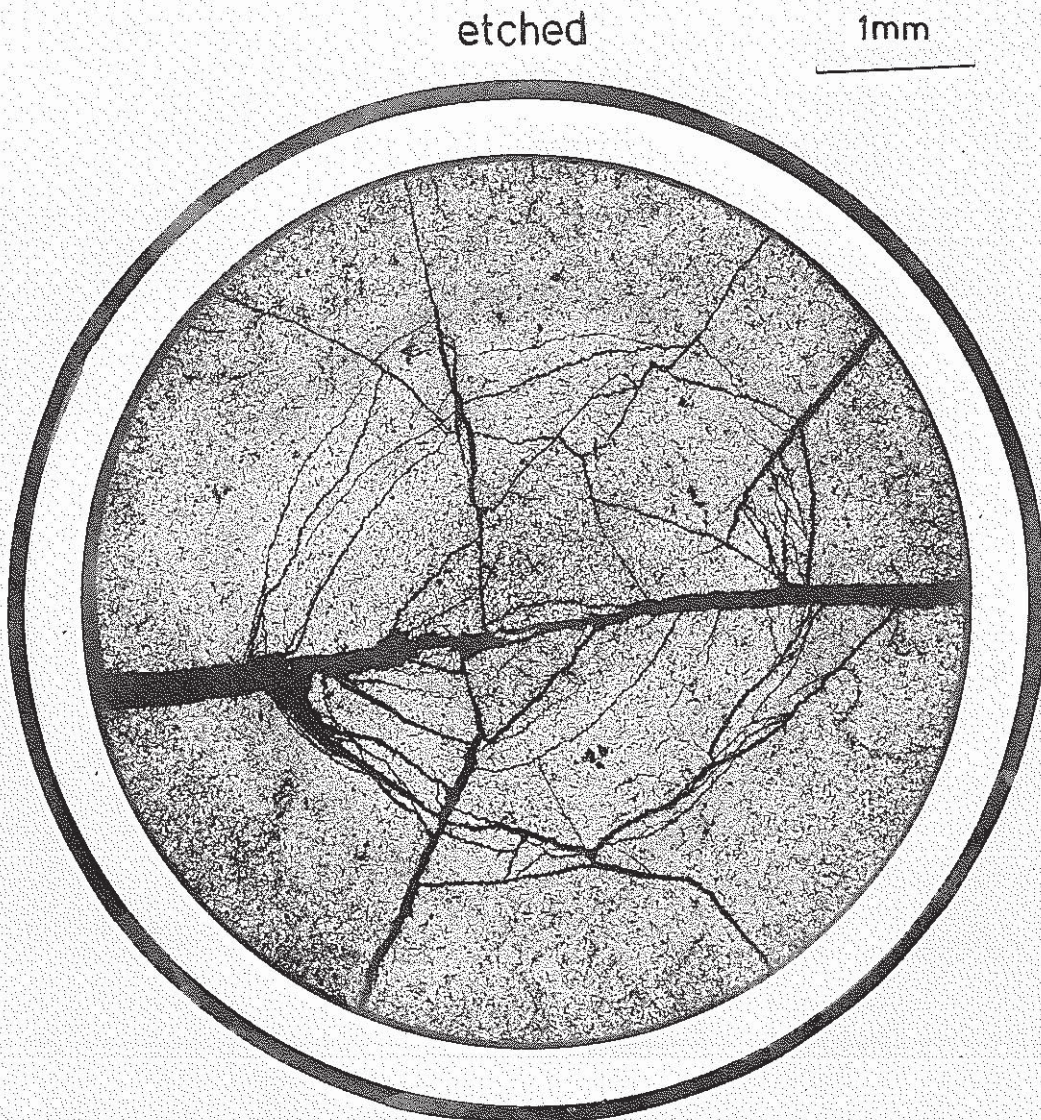


Photo 5 Postirradiation ceramography of "JOYO" MK-I core fuel (6046A2 sample, etched)

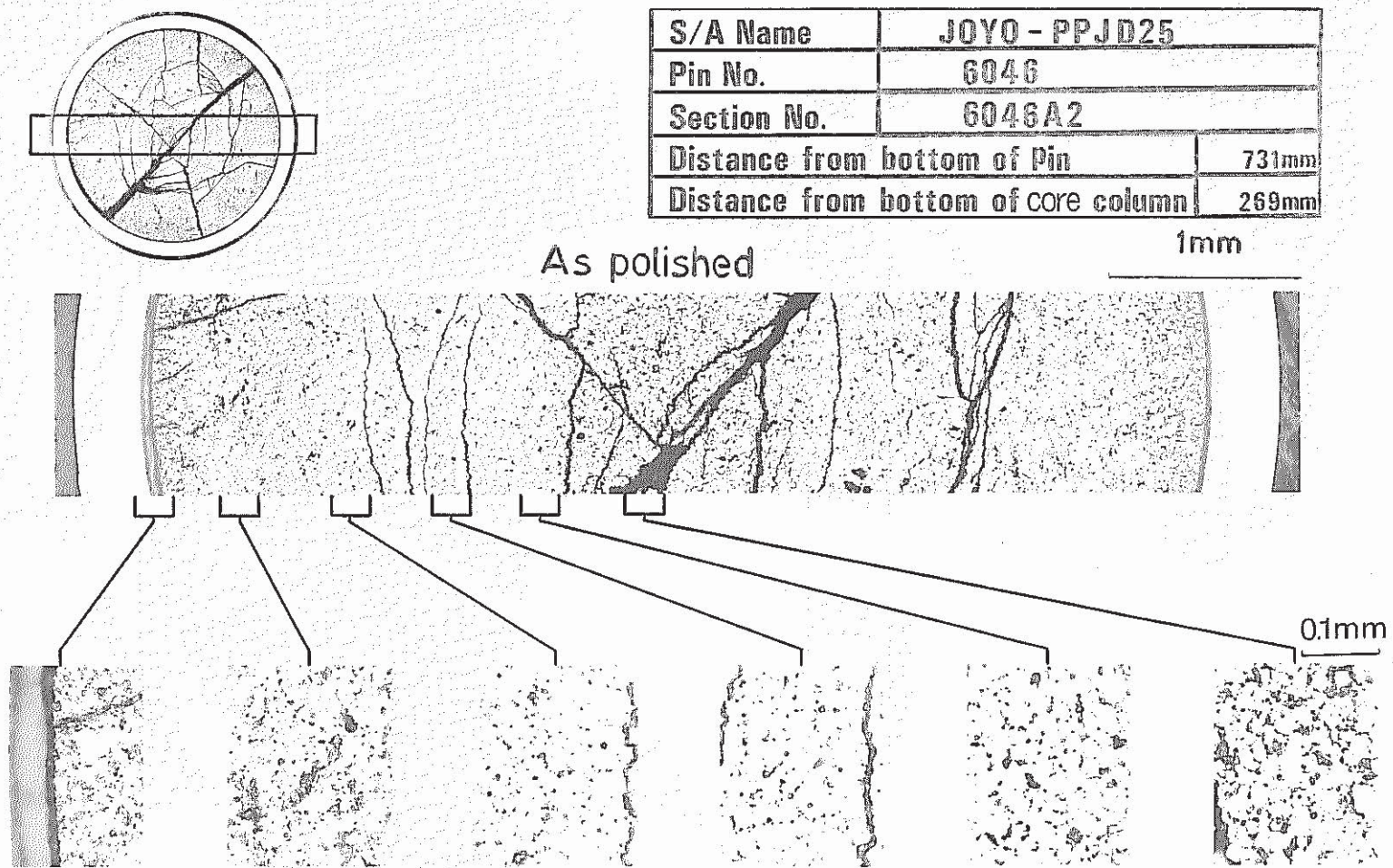
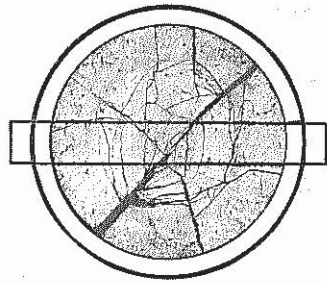


Photo6 Postirradiation ceramography of "JOYO" MK-I core fuel (6046A2 Sample, as polished)



S/A Name	JOYO - PPJD25	
Pin No.	6046	
Section No.	6046A2	
Distance from bottom of Pin		731mm
Distance from bottom of core column		269mm

etched

1mm

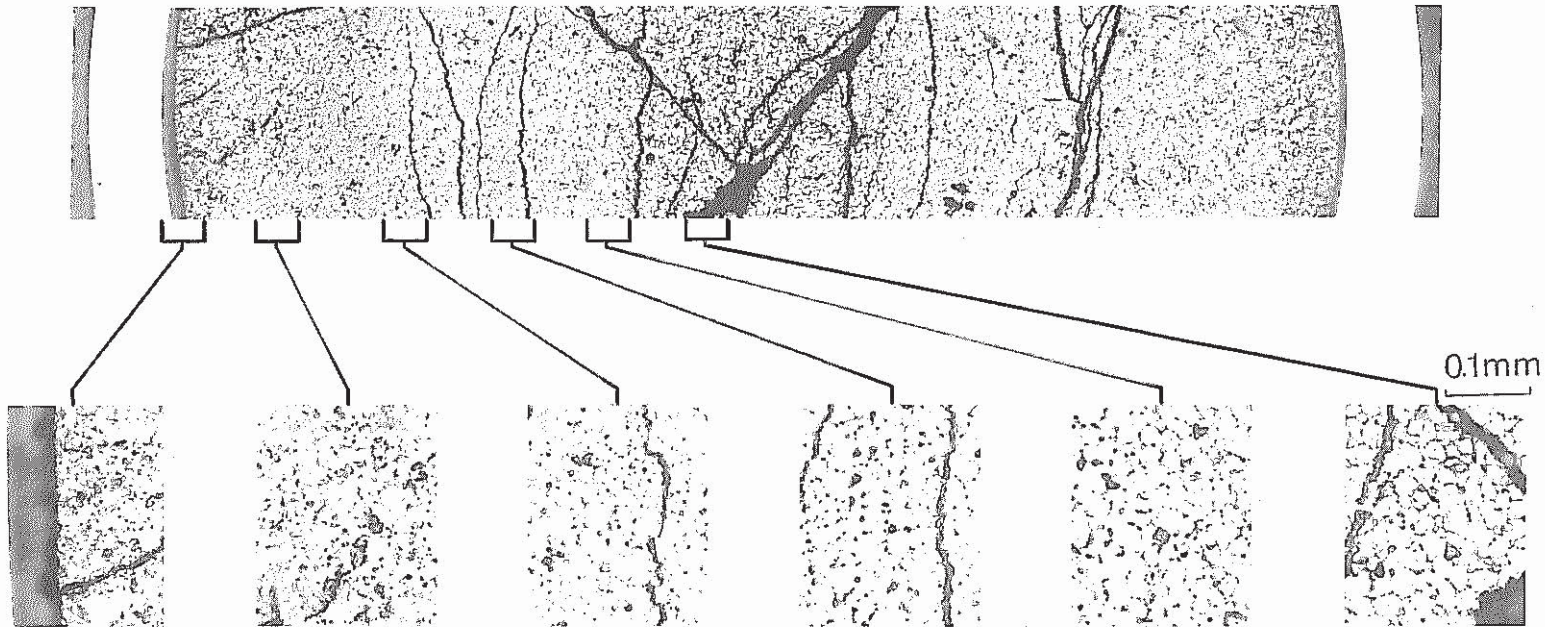


Photo7 Postirradiation ceramography of "JOYO" MK-I core fuel (6046A2 sample, etched)

S/A Name	JOYO - PPJD25	
Pin No.	6086	
Section No.	608622	
Distance from bottom of Pin		733mm
Distance from bottom of core column		271mm

As polished

1mm

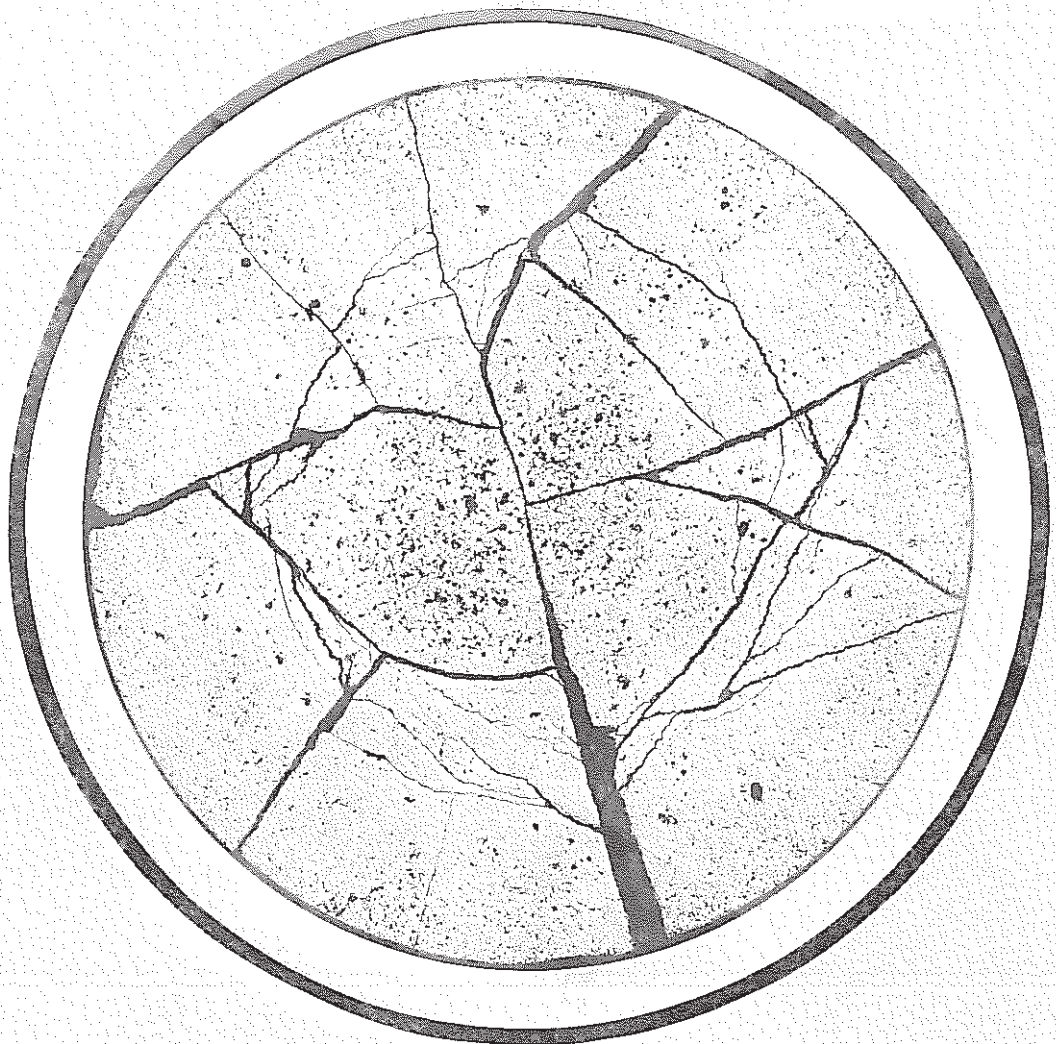


Photo 8 Postirradiation ceramography of "JOYO" MK-I core fuel (608622 sample, as polished)

S/A Name	JOYO - PPJD25	
Pin No.	6086	
Section No.	608622	
Distance from bottom of Pin		733mm
Distance from bottom of core column		271mm

etched

1mm

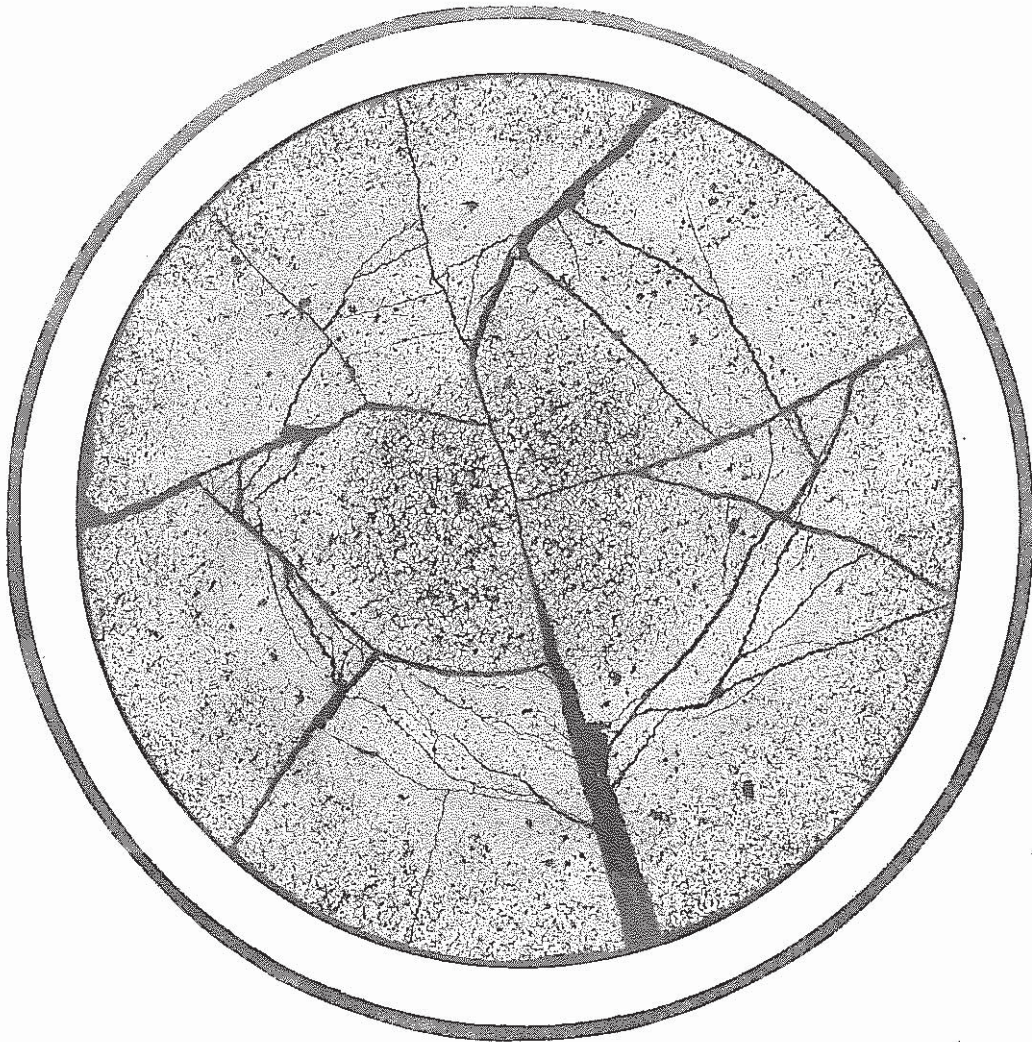
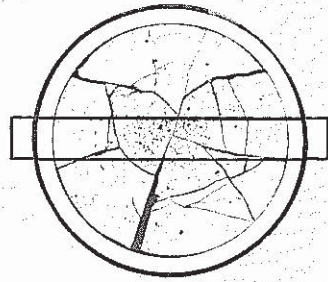


Photo 9 Postirradiation ceramography of "JOYO" MK-I core fuel (608622 sample, etched)



S/A Name	JOYO - PPJD25	
Pin No.	6086	
Section No.	608622	
Distance from bottom of Pin		733mm
Distance from bottom of core column		271mm

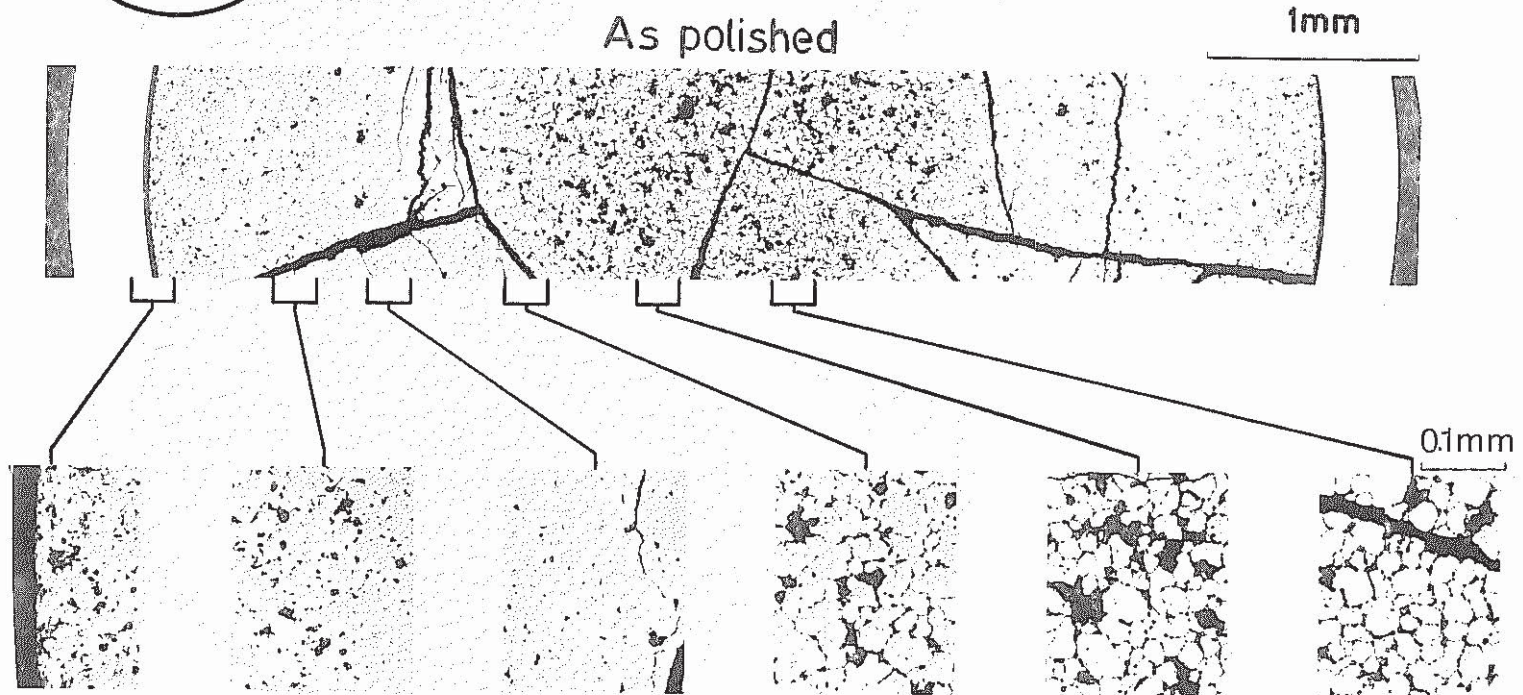


Photo10 Postirradiation ceramography of "JOYO"MK-I core fuel (608622 sample, as polished)

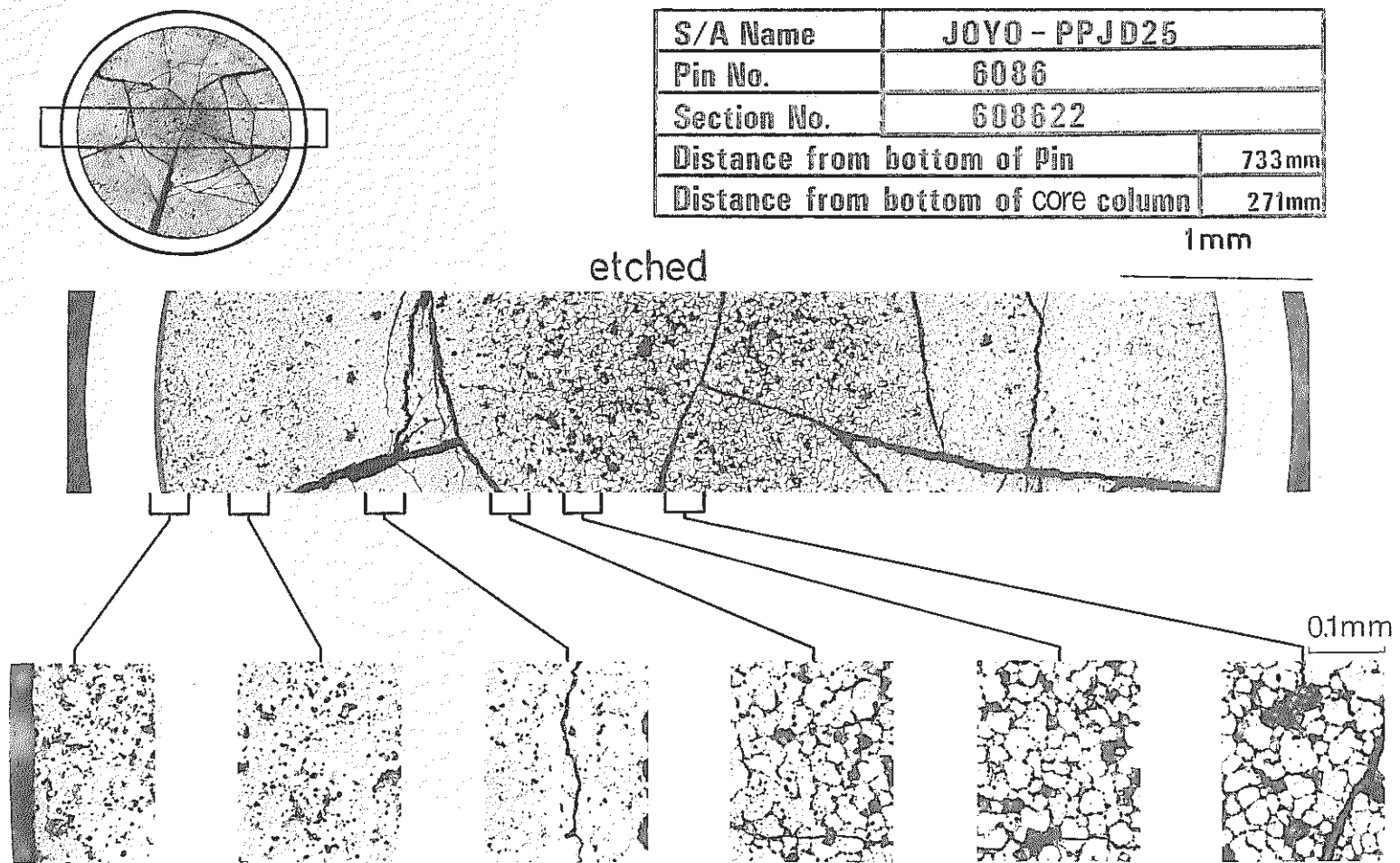


Photo 11 Postirradiation ceramography of "JOYO" MK-I core fuel (608622 sample, etched)