

# DCA ハンド・ブック

## (I) 核計算用入力定数

1974年5月

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下さい。

〒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

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor  
and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-  
Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

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

## DCAハンド・ブック

## (1) 核計算用入力定数

報告者	飯島一敬*
	相原永史*
	平山卓*
	米田平*
	福村信男*
	宮脇良夫*

期間 1970年4月 日～1974年4月16日

目的 ウラン燃料およびプルトニウム燃料を装荷したDCA炉心の核計算に必要な入力定数を作成する。

要旨 設計コードまたは詳細計算コードを用いて核計算を行う場合に必要とされる入力定数がまとめられた。炉心を構成している物質の組成や寸法のいわゆる入力定数は、実際に用いられている物質の試験・検査成績書に基づいて作成された。定数の精度の目安となる平均値に対する標準偏差およびおもな物質の化学成分分析値も参考としてまとめられている。

ここに収録されている燃料物質および冷却材ボイド率は下記の通りである。

二酸化ウラン燃料

濃縮度；1.2%，1.5%および天然

ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料

富化度；0.54 w/oおよび0.87 w/o

プルトニウム組成；スタンダード・グレードおよびリアクター・グレード

冷却材ボイド率

0%，30%，70%，86.7%および100%

\*大洗工学センター重水臨界実験室

DCA実験グループ、宮脇良夫、樋口幸次郎、八谷雄喜、柴公倫、竹下徳人、福村信男、仁紫明人、飯島一敬、浅野雄一郎、村松精、相原永史、米田平、小綿泰樹、戸村和二、平山卓、若林利男、菅原昇三、磯村和利、成尾一輝、今泉清

15. May · 1974

## HANDBOOK OF DEUTERIUM CRITICAL ASSEMBLY

## I. Design data of DCA core for nuclear calculation

Kazuyoshi Iijima ※

Nagafumi Aihara ※

Takashi Hirayama ※

Taira Yoneda ※

Nobuo Fukumura ※

Yoshio Miyawaki ※

## Abstract

Input data such as diameters and densities of fuel pellets which are used in nuclear calculation of DCA core are summarized in this file.

The data are collected from score-sheets and millsheets of DCA's reactor materials. Standard deviations from averaged values and results of chemical analysis of the materials are also listed as a measure of accuracy of the data.

Fuel materials and coolants summarized in this file are as follows:

Fuel material	UO <sub>2</sub>	<sup>235</sup> U enrichment	1.2w/o, 1.5w/o and natural uranium
	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> mixture	PuO <sub>2</sub> enrichment	0.54w/o and 0.87w/o (Standard grade ; ~92w/o Pu fissile)
			0.87w/o (Reactor grade ; ~75w/o Pu fissile)
Coolant void fraction			0%, 30%, 70%, 86.7% and 100%

\* Heavy water critical Experiment Section,  
Oarai Engineering Center.

## 目 次

1.	まえがき	1
2.	DCA 定数の導出	2
2.1	平均値と標準偏差	2
(1)	UO <sub>2</sub> 燃料ペレット	2
(2)	PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> 燃料ペレット	4
(3)	燃料被覆管	4
(4)	圧力管, カランドリア管	6
(5)	最外周燃料棒の間隙	6
2.2	化学成分分析値	7
2.3	個数密度の算出	15
3.	DCA 定数表	17
	謝 辞	18
	参考資料	19
	表	
	図	

## 1. まえがき

重水減速圧力管型炉の核的特性を実験データをもとに把握し、この炉型の炉心設計法の信頼度の確認および向上を図ることを目的として、重水臨界実験装置(DCA)を用いた研究開発が進められている。格子間隔、燃料物質、冷却材ボイド率をパラメータとした種々の炉心構成において系統的にデータの集積が行われている。

これらの実験の行われた炉心について、設計コードまたは詳細計算コードを用いて核計算を行い、実験データと比較する場合、炉心を構成している物質の組成や寸法などのいわゆる入力定数が必要である。

49年3月、当初計画していたPuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>燃料集合体が全部そろったのを機会に、今まで何回かにわたって作成され使用されてきた入力定数を整理し、検討を加えここに収録する。数値および図面は下記の燃料と冷却材ボイド率のDCA標準炉心の核計算を行うのに必要なものに着目してまとめられた。

## (i) 燃料物質

UO<sub>2</sub>燃料 (濃縮度; 1.2%, 1.5%および天然)

PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>燃料(Pu富化度; 0.54 w/o および 0.87 w/o)

(Pu組成; スタンダード・グレードおよびリアクター・グレード)

## (ii) 冷却材ボイド率

0%, 30%, 70%, 86.7%および100%

これらの数値は参考資料(1)~(23)の契約仕様書と試験・検査成績書に基づいて作成された。このほか、ブースタ模擬燃料体<sup>(24)(25)</sup>実験用特殊燃料体<sup>(26)(27)</sup>昇温実験用燃料体<sup>(28)(29)</sup>に関する定数データは、それぞれの報告書と試験・検査成績書を参照されたい。

なお、定数の精度の目安となる平均値に対する標準偏差およびおもな物質の化学成分分析値も参考としてまとめてある。

2. DCA定数の導出

2.1 平均値と標準偏差

(1) UO<sub>2</sub>燃料ペレット

参考資料(4)~(15)の試験・検査成績書に基づき、<sup>235</sup>U濃縮度，U含有率，O/U原子数比，燃料棒1本当りのペレット・スタック重量およびスタック長さ，ペレット直径および密度の平均値と標準偏差が求められた。結果をTable 1~Table 3に示す。密度については，燃料棒1本当りのペレット・スタック重量，スタック長さ，直径のそれぞれの平均値W，L，Dより次式に従って求めた値を採用する。

$$\rho = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 L}$$

この時の精度は，ペレット直径の偏差 $\Delta D$ のみ考慮した

$$\Delta \rho = \rho \frac{2 \Delta D}{D} \quad \text{により求めた。}$$

なお，ペレット1個当りの重量w，高さh，直径dより

$$\rho_p = \frac{w}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h} \quad \text{に従って求めた値の平均値および標準偏差も参考}$$

として示してある。 $\rho$ は $\rho_p$ より約0.2%小さな値となっている。

ペレット直径およびペレット密度( $\rho_p$ )については抜取率約0.2%，ペレット・スタック長さは抜取率約20%，その他については全数の数値より平均値と標準偏差が求められた。

なお，UO<sub>2</sub>燃料は下記の通り運転用燃料と実験用燃料とがあり，また製造も2社により行われたので，製作されたそれぞれの燃料棒本数を重みとして平均値と標準偏差が求められた。

	分類	メーカー*	燃料棒本数(本)
1.2w/o濃縮 ウラン	運転用	住友電工	2,128
	〃	古河電工	1,456
	実験用	古河電工	348
1.5w/o濃縮 ウラン	運転用	住友電工	168
	実験用	古河電工	261
天然ウラン	運転用	古河電工	532
	実験用	古河電工	261

\* 現在 原子燃料工業株式会社

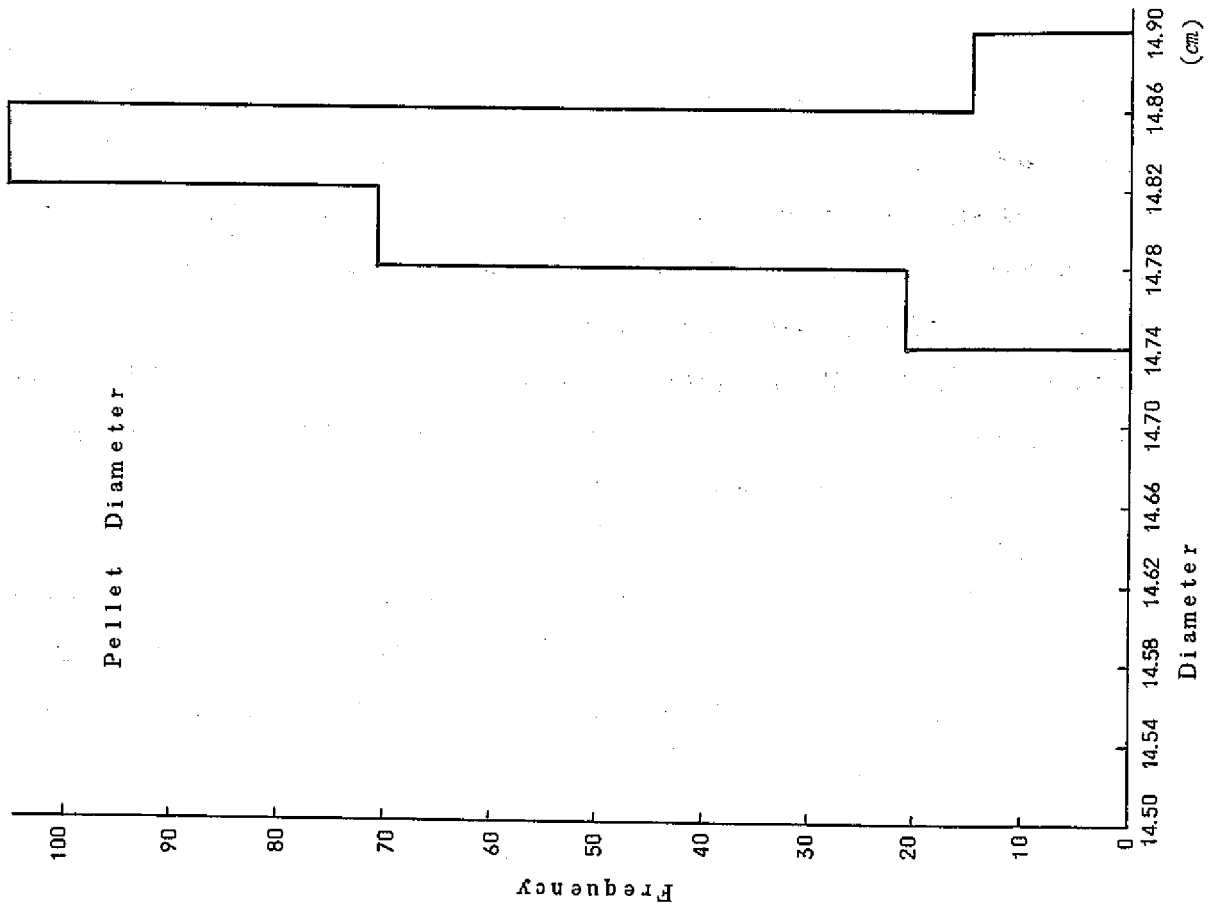


Fig 1. Histogram of UO<sub>2</sub> pellet diameter

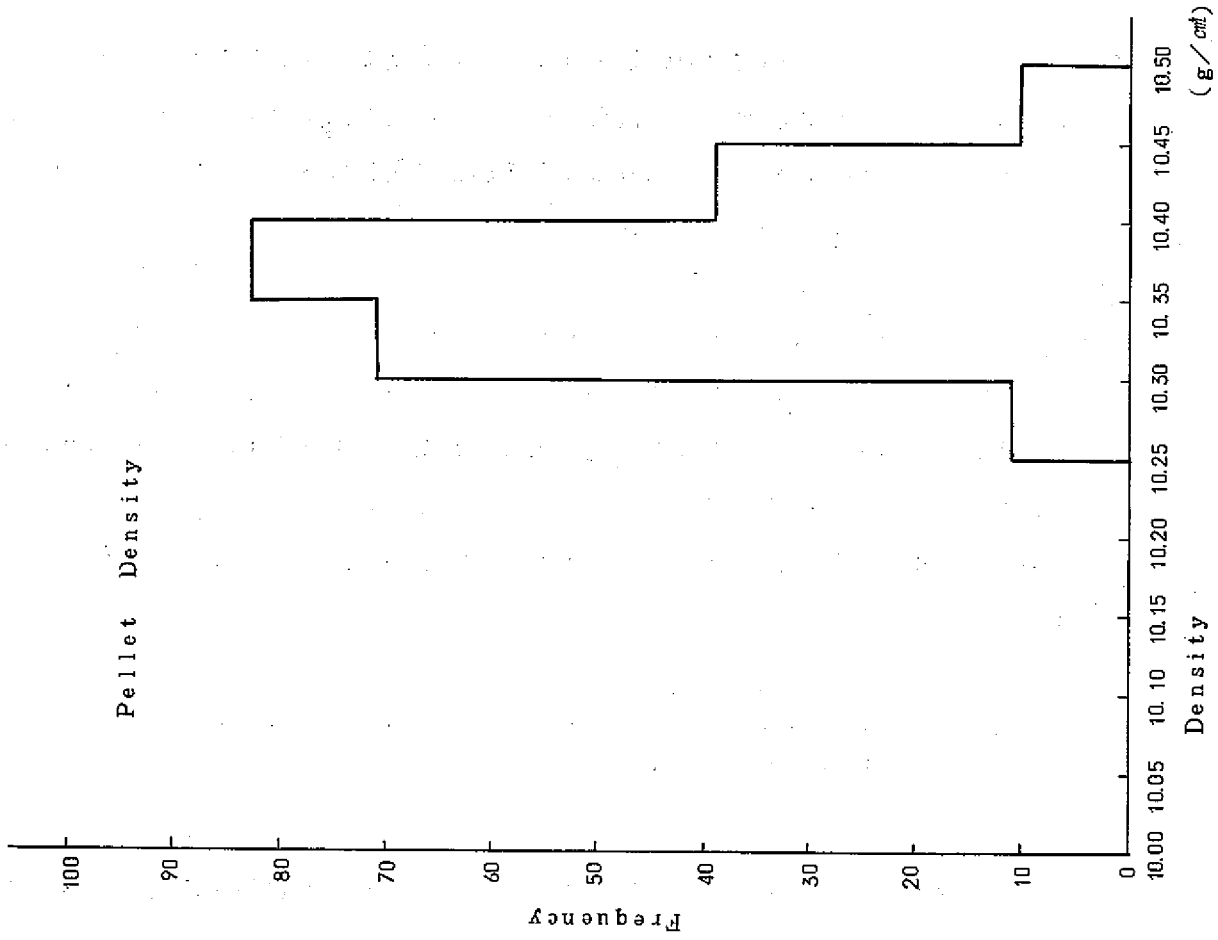


Fig 2. Histogram of UO<sub>2</sub> pellet density



濃縮度およびU含有率については $UO_2$ 粉末ロットの分析値よりロットの重量を重みとして平均値と偏差が求められた。ペレット直径とペレット密度( $\rho_p$ )の値のヒストグラムを参考としてFig 1とFig 2に示す。これは1.2%濃縮 $UO_2$ 燃料ペレットのうちから抜取った約200個のサンプルについての分布である。

## (2) $PuO_2-UO_2$ 燃料ペレット

参考資料(18~20)の試験・検査成績書に基づきPu富化度, Pu含有率, U含有率, O/(Pu+U)原子数比, 燃料棒1本当りのペレット・スタック重量およびスタック長さ, ペレット直径および密度の平均値と標準偏差が求められた。結果をTable 4~Table 6に示す。密度については $UO_2$ 燃料ペレットの場合と同じく2種類の定義に従って求めた値を示してある。Pu富化度は, 次式による $PuO_2-UO_2$ 粉末ロットの分析値全数の平均値である。

$$\text{Pu 富化度} = \frac{\text{PuO}_2 \text{ 重量}}{\text{PuO}_2 \text{ 重量} + \text{UO}_2 \text{ 重量}} \times 100 \quad (\text{w/o})$$

ペレット直径およびペレット密度, O/(Pu+U)原子数比については抜取率約10%(全ロットの平均値), その他については全数の数値より平均値と偏差が求められた。ペレット直径とペレット密度の値のヒストグラムを参考としてFig 3とFig 4に示す。これは0.54 w/o富化 $PuO_2-UO_2$ 燃料ペレットの各ロット(サンプル数約160)平均値の分布である。 $UO_2$ 燃料ペレットに比べて分散は大きくなっている。

原料 $PuO_2$ 粉末ロットを英国 BNFL から購入されたものであり, 数種類のロットがある。Pu含有率と同位体元素の組成分析結果をTable 7~Table 9に示す。ペレット製造に使用された各原料 $PuO_2$ 粉末の重量を重みとして平均値が求められた。その結果をTable 10に示す。 $^{241}\text{Pu}$ は半減期13.2年<sup>(31)</sup>で減衰していくので必要に応じてその補正をした値を用いなければならない。分析値は, 動燃東海事業所プルトニウム燃料部品質管理課で行われた数値であり, 分析年月日も示してある。

## (3) 燃料被覆管

$UO_2$ 燃料用被覆管の内径および外径は参考資料(6)~(15)の試験・検査成績書に記載されている全数(サンプル数180本)についての平均値が求められた。燃料の種類別の平均値は下表の通りである。精度を考慮して仕様値すなわち内径1.503cm, 外径1.673cmを共通に用いることとする。

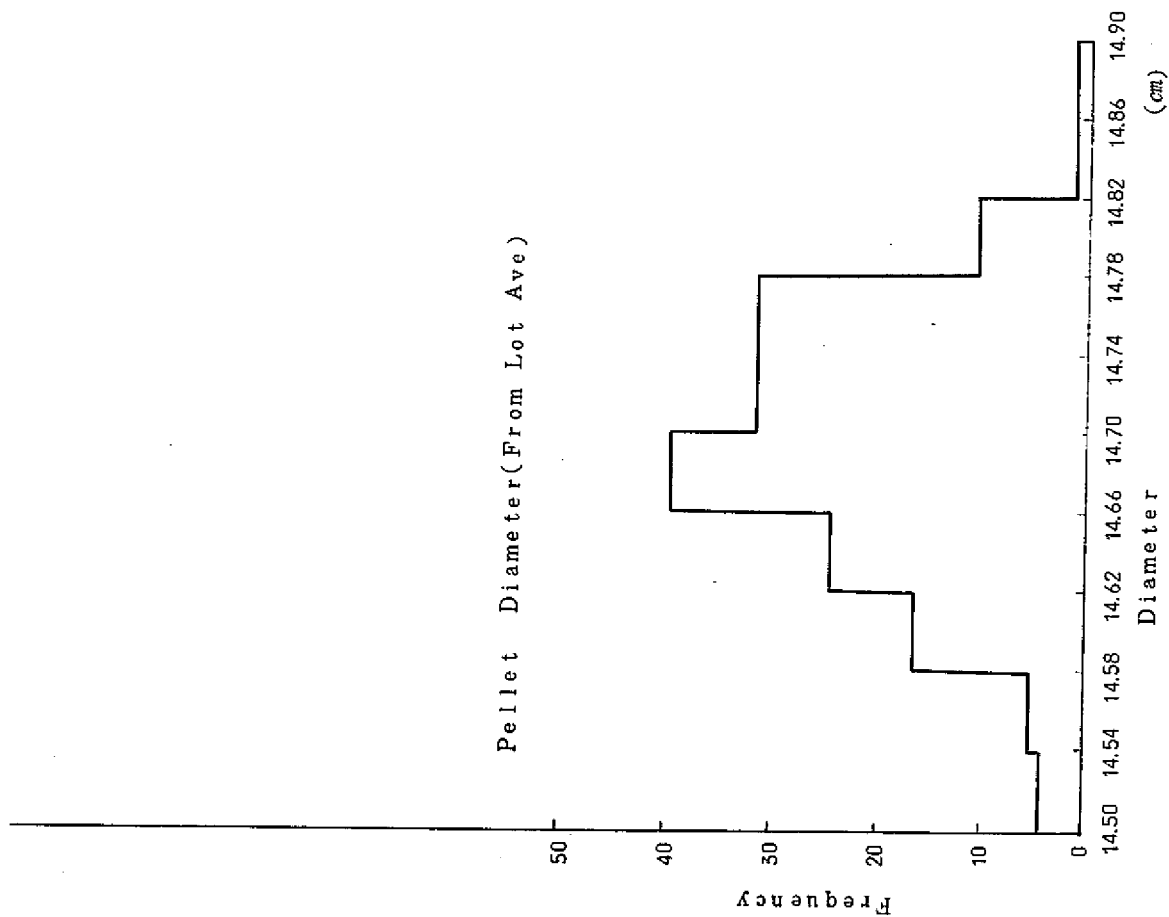


Fig 3. Histogram of PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> pellet diameter

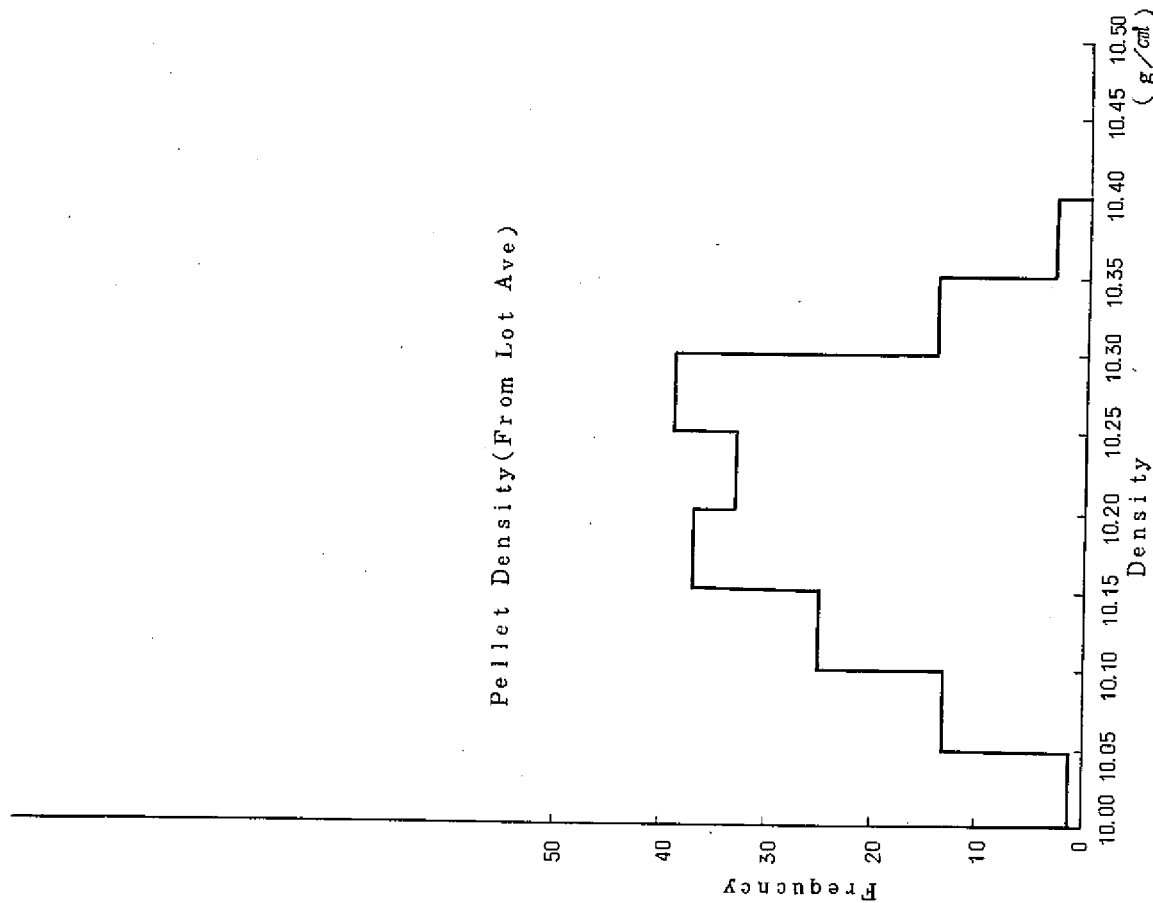


Fig 4. Histogram of PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> pellet density

燃料の種類	内径 (mm)	外径 (mm)
1.2%濃縮 UO <sub>2</sub>	15.028 ± 0.022	16.718 ± 0.020
1.5% " "	15.023 ± 0.027	16.694 ± 0.018
天然 UO <sub>2</sub>	15.047 ± 0.032	16.726 ± 0.025
平均	15.031 ± 0.024	16.717 ± 0.021
仕様	15.03 ± 0.08	16.73 ± 0.08

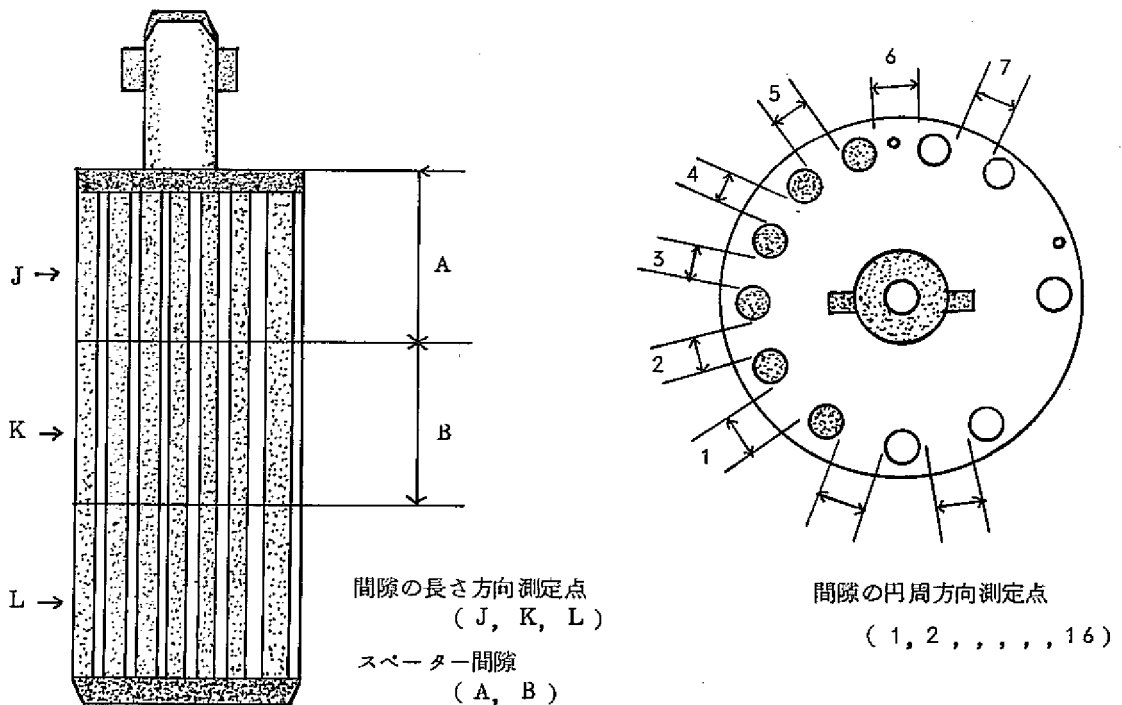
PuO<sub>2</sub> - UO<sub>2</sub> 燃料用被覆管の内径および外径は参考資料(4)~(6)の検査成績書に基づき  
 採取率約10% (サンプル数約2500), 原料ロットから製作された被覆管本数を重みと  
 して平均値が求められた。測定値の平均値, すなわち内径1.506cm, 外径1.668cmを  
 採用する。被覆管の内径, 外径をまとめてTable 11に示す。

(4) 圧力管およびカランドリア管

圧力管の内径および外径は参考資料(5)~(15)の試験・検査成績書に基づき全数の平均値が  
 求められた。2社により製造されたが有意差はない。カランドリア管については参考資料  
 (2)の試験・検査成績書に外径のみ測定値が記載されているのでその平均値を採用し, 内径  
 は管肉厚2mmを差引いた値とする。いずれの値も仕様の値と一致する。偏差は約1mmであ  
 る。圧力管およびカランドリア管の内径, 外径をTable 12に示す。

(5) 最外周燃料棒の間隙

(燃料集合体の最外周燃料棒の間隙の測定結果を参考として以下に示す。測定点の記号は  
 下図の通りであり, 燃料集合体5体分のデータのみ示す。)



最外周燃料棒の間隙測定点

最外周燃料棒の間隙測定結果

(単位: mm)

		No. 1			No. 2			No. 3			No. 4			No. 5		
		J	K	L	J	K	L	J	K	L	J	K	L	J	K	L
最外周 ロッド 間隙 (規格 0.85 と 2.65)	1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	2	<2	<2	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	4	<2	<2	<2.5	<2	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	5	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2.5	<2
	7	<2	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	8	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	9	<2	<2	<2	<2	<2	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2.5	<2
	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	11	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	12	<2	<2	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2.5	<2	<2	<2	<2	<2
	13	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2.5	<2	<2.5	<2	<2	<2.5	<2	<2
	14	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	15	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2.5	<2	<2	<2
	16	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	最小間隙		1.5			1.4			1.4			1.5			1.5	

2.2 化学成分分析値

参考資料(1)~(3)の契約仕様書、試験・検査成績書より、代表的なものの化学成分分析結果を以下に記載する。不純物元素が核計算に与える影響を調べる場合の参考とされたい。

化学成分分析結果(1)  
1.2w/o UO<sub>2</sub>ペレット

元素名	規格 (ppm)	分析値 (ppm)	元素名	規格 (ppm)	分析値 (ppm)
Al	300	20	Be		0.6
Ag	1	0.7	Co		2.1
B	0.5	0.5	In		1.1
C	200	32	Mn		2.0
Ca	100	10.5	V		2.7
Cd	0.5	0.3	W		2.5
Cr	30	2.2	Zn		5.9
Cu	10	0.5	Dy		< 0.05
N	75	30	Eu		< 0.05
Cl	15	5.3	Gd		< 0.05
F	25	25	Sm		< 0.05
Fe	100	46			
Mg	100	8.6			
Mo	25	2.3			
Ni	70	2.2			
Pb	5	0.8			
Si	200	21			
Sn	20	19			

化学成分分析結果(2)  
天然UO<sub>2</sub>ペレット

元素名	規格 (ppm)	分析値 (ppm)	元素名	規格 (ppm)	分析値 (ppm)
Al	300	< 0.2	Be		< 1
Ag	1	< 14	Co		< 5
B	0.5	< 0.2	In		< 5
C	200	< 50	Mn		< 4
Ca	100	< 10	V		< 3
Cd	0.5	< 0.2	W		< 1
Cr	30	< 8	Zn		< 5
Cu	10	2	Dy		< 0.05
N	75	< 5	Eu		< 0.05
Cl	15	< 10	Gd		< 0.05
F	25	30	Sm		< 0.05
Fe	100	10			
Mg	100	< 3			
Mo	25	< 10			
Ni	70	6			
Pb	5	< 1			
Si	200	50			
Sn	20	4			

化学成分分析結果(3)  
1.5w/o UO<sub>2</sub>ペレット

元素名 (ppm)	規格 (ppm)	分析値 (ppm)	元素名	規格 (ppm)	分析値 (ppm)
Al	500	7	Be		1
Ag	1	0.9	Co		1.2
B	0.5	0.4	In		2.9
C	200	53	Mn		7
Ca	100	13	V		6.0
Cd	0.5	0.4	W		2.9
Cr	30	3	Zn		2.9
Cu	10	0.9	Dy		<0.05
N	75	19	Eu		<0.05
Cl	15	2.6	Cd		<0.05
F	25	8.1	Sm		<0.05
Fe	100	55			
Mg	100	12			
Mo	25	2.9			
Ni	70	2.5			
Pb	5	2.4			
Si	200	40			
Sn	20	3.0			

化学成分分析結果(4)

1.5w/o UO<sub>2</sub>ペレット中の不純物元素の  
熱中性子吸収断面積の合計

(対象とした元素: Be, Co, In, Mn, V, W, Zn, Dy, Eu, Gd, Sm)

元素名	規格	不純物量 (ppm)	E・B・C (ppm)
Be		1	$1.50 \times 10^{-5}$
Co		1.2	$9.60 \times 10^{-4}$
In		2.9	$6.87 \times 10^{-2}$
Mn		7	$2.41 \times 10^{-2}$
V		6.0	$8.44 \times 10^{-3}$
W		2.9	$4.34 \times 10^{-3}$
Zn		2.9	$7.00 \times 10^{-4}$
Dy		<0.05	$<4.85 \times 10^{-3}$
Eu		<0.05	$<2.17 \times 10^{-2}$
Gd		<0.05	$<2.10 \times 10^{-1}$
Sm		<0.05	$<2.62 \times 10^{-2}$
合計		<24.1	<0.370
熱中性子吸収 断面積の合計	$\leq 100 \times 10^{-6}$ ( $cm^{-1}$ )	$< 16.2 \times 10^{-5} cm^{-1}$	

## 化学成分分析結果(5)

スタンダード・グレードのPuO<sub>2</sub> 粉末

元素名	規 格 (ppm)	分 析 値 (ppm)
B	< 1	< 0.5
Cd	< 1	< 1.0
Fe	< 500	53.33
Ni	< 120	< 10
Cr	< 200	< 10
Ca	< 175	57.5
Mg		6.6
Ag		0.56
Al		< 10
Co		10
Cu		10.333
Mn		< 6
Si		11.6
V		< 10
Zn		< 50
Pb		< 5
Sn		< 5
Mo		< 10
C		625
Am-241	< 1000	195

化学成分分析結果(6)

リアクタ・グレードのPuO<sub>2</sub>粉末

元素名	規格 (ppm)	分析値 (ppm)	元素名	規格 (ppm)	分析値 (ppm)
Am	<1000	*745	Ag		
B	<1	<0.4	Al		
Cd	<1	<1	B		
Ca	<175	117.5	Bi		
Fe	<500	<15	Ca	合計	合計
Cr	<200	<15	Cd	<2,000	430
Ni	<120	67.5	Co		
Mn	<100	<6	Cr		
Si	<100	10	Cu		
			Fe		
			Mg		
			Mn		
			Mo		
			Na		
			Ni		
			Pb		
			Si		
			Sn		
			Ti		
			Li		
			U		
			V		
			Zr		
			Zn		

\* 21 May 1973



化学成分分析結果(7)

PuO<sub>2</sub> 富加用の天然UO<sub>2</sub> 粉末

元素名	規 格 (ppm)	分 析 値 (ppm)
N	< 100	< 20
F	< 15	< 15
Cl	< 20	< 20
C	< 100	40
Ag	< 0.5	< 0.2
Al	< 25	< 10
B	< 0.3	< 0.3
Cd	< 0.5	< 0.5
Cr	< 15	< 10
Cu	5	< 1
Fe	< 100	1666
Mg	< 20	< 2
Mn	< -	< 6
Ni	< 50	< 10
Si	< 100	14
Ca	< 15	< 10
Mo	< 25	< 5
Pb	< 5	< 5
Sn	< 15	< 5
水分	< 0.2	0.12%

化学成分分析結果(8)

被覆管素材 (ウラン燃料用)

元素名	規 格 (%)	分 析 値 <sup>(*)</sup> (%)	分 析 値 <sup>(**)</sup> (%)
Cu	< 0.10	0.01	0.01
Fe	< 0.45	0.22	0.21
Si	< 0.45	0.08	0.07
Mg	2.2~2.8	2.55	2.65
Mn	< 0.10	< 0.01	0.01
Zn	< 0.10	< 0.01	0.01
Cr	0.15~0.35	0.25	0.18
B (ppm)	< 10	3 (ppm)	0.0002

(\*) 住友電気工業株式会社製

(\*\*) 古河電気工業株式会社製

## 化学成分分析結果(9)

ジルカロイ-2 燃料被覆管

## ① 合金元素(平均値)

元素名	規 格 (%)	分 析 値 (%)
S n	1.20~1.70	1.48
F e	0.07~0.20	0.14
C r	0.05~0.15	0.10
N i	0.03~0.08	0.06
Z r		98.22

## ② 不純物元素

元素名	規 格 (ppm)	分 析 値 (%)
O	—	1303.33
A l	< 75	49.667
B	≤ 0.5	< 0.5
C d	≤ 0.5	< 0.5
C	≤ 270	53.33
C o	≤ 20	< 5
C u	≤ 50	10
H f	≤ 100	85.33
M n	≤ 50	< 10
S i	≤ 120	20
T r	≤ 50	13.33
W	≤ 100	< 10
U	≤ 3.5	< 3.5
C a	≤ 30	< 5
C l	≤ 20	< 20
P b	≤ 130	< 10
M g	≤ 20	< 5

化学成分分析結果(10)

圧力管

元素名	規格 (%)	分析値 <sup>(*)</sup> (%)	分析値 <sup>(**)</sup> (%)
Cu	<0.10	0.01	0.01
Si	<0.45	0.11	0.05
Fe	<0.45	0.23	0.17
Mn	<0.10	0.02	0.01
Mg	2.2~2.8	2.52	0.6
Zn	<0.10	<0.01	0.01
Cr	0.15~0.35	0.24	0.17
B (ppm)	<0.010	<0.001	0.0002

(\*) 住友電気工業株式会社製

(\*\*) 古河電気工業株式会社製

化学成分分析結果(11)

カランドリア管

元素名	規格 (%)	分析値 (%)
Cu	<0.10	0.03
Si	<0.45	0.09
Fe	<0.45	0.22
Mn	<0.10	0.04
Mg	2.2~2.8	2.7
Cr	0.15×0.35	0.17
Zn	<0.10	0.02

### 2.3 個数密度の算出

計算に使用した原子量，分子量，密度およびアボガドロ数の数値をまとめてTable 13に示す。これらの数値の大部分は参考資料(8)に記載されている値であり，参考資料(8)により補っている。各元素の個数密度(N)は次式により算出された。

$$N = N_a \times \frac{\rho \times x}{A} \quad (1)$$

ここで $N_a$ はアボガドロ数， $A$ は原子量， $\rho$ はその元素を含んでいる物質の密度， $x$ はその元素が物質中で占める重量の割合である。

密度 $\rho$ については燃料ペレットの場合は前述の2.1節で示した測定値に基づく値を，混合物(溶液)または合金の場合は次式による値を採用する。

$$\rho = \frac{1.0}{\sum_i \frac{x_i}{\rho_i}} \quad (2)$$

ここで $\rho_i$ ， $x_i$ はそれぞれ物質 $i$ の密度および混合物または合金中で物質 $i$ が占める重量の割合である。(2)式により，冷却材ボイド模擬用 $D_2O-H_2O-H_3BO_3$ 混合物や重水，Al-Mg系合金，Zry-2合金の密度が求められた。

合金については，厳密には(2)式は成立しないが下記の組成の場合(2)式による値を用いても問題はないものと考えられる。

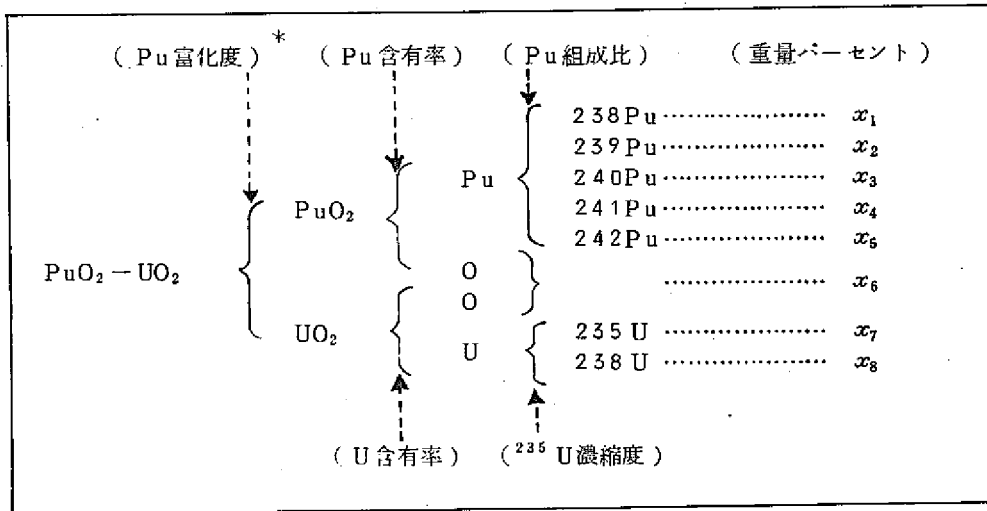
	元素名	重量パーセント*	備考
Al-Mg系合金	Al	96.98	U燃料用被覆管 圧力管 カランドリア管など
	Mg	2.60	
Zry-2合金	Zr	98.22	
	Sn	1.48	
	Fe	0.14	
	Cr	0.10	
	Ni	0.06	

\* 2.2節の化学成分分析値参照

ある物質中でそれぞれの元素が占める重量の割合 $x$ は検査成績書に基づく数値より決められた。

1例として，PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>燃料ペレットの場合の $x$ の求め方を図示する。Pu富化度，Pu含有率，Pu組成比およびU含有率，<sup>235</sup>U濃縮度がわかれば各元素の重量パーセントを求め

ることができる。



\* 定義式 ; 
$$\frac{\text{PuO}_2 \text{ 重量}}{\text{PuO}_2 \text{ 重量} + \text{UO}_2 \text{ 重量}}$$

たとえば 0.54 w/o 富化 PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> 燃料ペレット中の <sup>239</sup>Pu の重量パーセント x<sub>2</sub> は

$$x_2 = 100 \times (\text{Pu 富化度}) \times (\text{Pu 含有率}) \times (\text{Pu 中の } ^{239}\text{Pu の重量パーセント})$$

$$= 100 \times \frac{0.542}{100} \times 0.8788 \times \frac{90.36}{100} = 0.4304 \quad \text{w/o} \quad \text{である。}$$

<sup>235</sup>U 濃縮度はウラン中に含まれる <sup>235</sup>U の重量パーセントであり、天然ウランの場合 0.711 w/o の値を用いた。

### 3. DCA定数表

DCA炉心の核計算に必要な入力定数を、Table1~Table13に示した数字をもとに前節の方法により求めた。その結果をTable14に示す。なお、DCAの諸元に関するおもな図面をFig5~Fig14に示す。

謝 辞

DCAの定数データ作成に当って坂田肇前室長はじめ資料整理に協力していただいた室員の方々に感謝いたします。プルトニウム関係の第1回入力定数作成には本社ATR 大輝茂氏のご協力を得ました。ここに感謝の意を表します。

参 考 資 料

- (1) 重水臨界実験装置契約仕様書  
4 3 年 1 2 月 富士電機製造株式会社
- (2) 重水臨界実験装置試験・検査成績書(1)  
4 5 年 6 月 富士電機製造株式会社
- (3) 重水臨界実験装置燃料集合体契約仕様書  
( 運転用燃料集合体 )  
4 2 年 1 2 月 住友金属鉱山株式会社  
住友電気工業株式会社
- (4) 1.2 %濃縮二酸化ウラン粉末検査成績書  
4 4 年 1 0 月 住友金属鉱山株式会社
- (5) 重水臨界実験装置燃料集合体検査成績書(その1)  
( 1.2 %濃縮ウラン装荷運転燃料集合体 )  
4 4 年 1 2 月 住友電気工業株式会社
- (6) 重水臨界実験装置燃料集合体検査成績書(その2)  
( 1.2 %濃縮ウラン装荷運転燃料集合体 )  
4 4 年 1 2 月 住友電気工業株式会社
- (7) 重水臨界実験装置燃料集合体検査成績書  
( 1.5 %濃縮ウラン装荷運転燃料集合体 )  
4 5 年 4 月 住友電気工業株式会社
- (8) 重水臨界実験装置燃料集合体計量管理報告書  
(  $U^{235}$  1.2 % ) (  $U^{235}$  1.5 % )  
4 5 年 5 月 住友電気工業株式会社
- (9) 重水臨界実験装置燃料集合体契約仕様書  
( 運転用燃料集合体 )  
4 3 年 1 2 月 古河電気工業株式会社
- (10) 重水臨界実験装置燃料集合体契約仕様書  
( 実験用燃料集合体 )  
4 3 年 1 2 月 富士電機製造株式会社
- (11) 重水臨界実験装置用燃料集合体, 試験・検査成績書  
( 運転 1.2 %燃料集合体 )  
4 4 年 1 2 月 古河電気工業株式会社
- (12) 重水臨界実験装置用燃料集合体, 試験・検査成績書



(実験 1.2 %燃料集合体)

45年1月 古河電気工業株式会社

(13) 重水臨界実験装置燃料集合体, 試験・検査成績書

(実験 1.5 %燃料集合体)

45年4月 古河電気工業株式会社

(14) 重水臨界実験装置用燃料集合体, 試験・検査成績書

(運転用天然燃料集合体)

45年4月 古河電気工業株式会社

(15) 重水臨界実験装置用燃料集合体, 試験・検査成績書

(実験用天然燃料集合体)

45年3月 古河電気工業株式会社

(16) ATR DCA ブルトニウム燃料仕様書

46年1月 動力炉・核燃料開発事業団

(17) ATR DCA 燃料被覆管仕様書

46年1月 動力炉・核燃料開発事業団

(18) 燃料棒検査成績書

(5S第1回～第13回)

48年5月 動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所ブルトニウム燃料部

(19) 燃料棒検査成績書

(8S第1回～第8回)

48年10月 動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所ブルトニウム燃料部

(20) 燃料棒検査成績書

(8R第1回～第8回)

49年4月 動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所ブルトニウム燃料部

(21) DCA実験燃料用ジルカロイ-2被覆管検査成績書

(第1回納入分)

46年9月 住友電気工業株式会社

(22) DCA実験燃料ジルカロイ-2被覆管検査成績書

(第2回納入分)

46年12月 住友電気工業株式会社

- ㉓ D C A 実験燃料用ジルカロイ-2 被覆管検査成績書  
(第3回納入分)  
47年3月 住友電気工業株式会社
- ㉔ D C A memo E 0 0 0 7 ( P 3 2 ~ P 4 2 )  
プースタ燃料体特性測定(菊地, 楠, 法泉)  
46年3月 動力炉・核燃料開発事業団  
大洗工学センター重水臨界実験室
- ㉕ 重水臨界実験装置プースタ模擬燃料体検査成績書  
45年4月 住友電気工業株式会社 核燃料工場
- ㉖ S N 9 4 1 7 3 - 4 6  
特殊燃料体の核特性の測定(坂田, 飯島, 福村)  
1973年10月 動力炉・核燃料開発事業団  
大洗工学センター
- ㉗ 重水臨界実験装置試験用特殊燃料試験検査成績書  
47年7月 古河電気工業株式会社
- ㉘ 昇温実験装置による炉心反応度変化の測定(八谷, 仁紫, 坂田)  
1474年 予定
- ㉙ 重水臨界実験装置用昇温装置検査成績書  
48年4月 富士電機製造株式会社
- ㉚ 化学便覧 日本化学会編 丸善(1966)
- ㉛ Table of isotopes sixth edition (March 1968)

Table 1 1.2% Enriched UO<sub>2</sub> Fuel Pellet

		Specification	Averaged value	Standard deviation	Remarks
<sup>235</sup> U enrichment	w/o	1.2±0.005	1.203	0.002	analytical result
U content	w/o	≥ 87.7	87.85	0.02	"
O/U		—	~2.01	—	"
Stack weight of UO <sub>2</sub> pellets	g/rod	3580±70	3560.6	—	W
Stack length of UO <sub>2</sub> pellets	cm/rod	200.0 <sup>+0</sup> <sub>-0.5</sub>	199.83	—	L
Pellet diameter	cm	1.48±0.01	1.480	0.003	D
Density	g/cm <sup>3</sup>	10.40±0.15	10.36 10.37	0.05 0.05	$\rho = \frac{W}{\pi(\frac{D}{2})^2 L}$

Table 2 1.5% Enriched UO<sub>2</sub> Fuel pellet

		Specification	Averaged value	Standard deviation	Remarks
<sup>235</sup> U enrichment	w/o	1.5±0.02	1.499	—	analytical result
U content	w/o	≥ 87.7	87.88	—	"
O/U		—	~2.01	—	"
Stack weight of UO <sub>2</sub> pellets	g/rod	3580±70	3551.4	—	W
Stack length of UO <sub>2</sub> pellets	cm/rod	200.0 <sup>+0</sup> <sub>-0.5</sub>	199.85	—	L
Pellet diameter	cm	1.48±0.01	1.477	0.004	D
Density	g/cm <sup>3</sup>	10.40±0.15	10.38	0.06	$\rho = \frac{W}{\pi(\frac{D}{2})^2 L}$
			10.40	0.04	

Table 3 Natural UO<sub>2</sub> Fuel pellet

		Specification	Averaged value	Standard deviation	Remarks
<sup>235</sup> U enrichment	w/o	0.711	0.711	—	analytical result
U content	w/o	≥ 87.7	87.88	0.12	"
O/U		—	~2.01	—	"
Stack weight of UO <sub>2</sub> pellets	g/rod	3580 ± 70	3562.2	—	W
Stack length of UO <sub>2</sub> pellets	cm/rod	200.0 <sup>+0</sup> <sub>-0.5</sub>	199.84	—	L
Pellet diameter	cm	1.48 ± 0.01	1.480	0.003	D
Density	g/cm <sup>3</sup>	10.40 ± 0.15	10.36	0.04	$\rho = \frac{W}{\pi (\frac{D}{2})^2 L}$
			10.36	0.05	

Table 4 0.54% Enriched PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> Fuel pellet

		Specification	Averaged value	Standard deviation	Remarks
PuO <sub>2</sub> enrichment	w/o	0.54 ± 0.03	0.542	0.006	analytical result
Pu content	w/o	—	87.88	0.12	"
U content	w/o	—	87.88	0.12	"
O/(Pu+U)		—	2.01	0.01	"
Stack weight of PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> Pellets	g/rod	—	3439.0	—	W
Stack length of PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> pellet	cm/rod	200.0 <sup>+0</sup> <sub>-0.5</sub>	199.45	0.29	L
Pellet diameter	cm	1.48 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.03</sub>	1.469	0.007	D
Density	g/cm <sup>3</sup>	10.25 ± 0.25	10.17	0.07	$\rho = \frac{W}{\pi (\frac{D}{2})^2 L}$
			12.21	0.08	

Table 5 0.87% Enriched PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> Fuel Pellet  
(Standard Grade)

		Specification	Averaged value	Standard deviation	Remarks
PuO <sub>2</sub> enrichment*	w/o	0.87±0.03	0.862	0.009	analytical result
Pu content	w/o	—	87.98	0.02	"
U content	w/o	—	87.88	0.12	"
O/(Pu+U)		—	2.01	0.01	"
Stack weight of PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> Pellets	g/rod	—	3449.2	—	W
Stack length of PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> Pellet	cm/rod	200.0 <sup>+0</sup> <sub>-1.2</sub>	199.38	—	L
Pellet diameter	cm	1.48 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.03</sub>	1.472	0.005	D
Density	g/cm <sup>3</sup>	10.25±0.25	10.17	0.07	$\rho = \frac{W}{\pi (\frac{D}{2})^2 L}$
			10.19	0.07	

\* Definition ;  $\frac{\text{Weight of PuO}_2}{\text{Weight of PuO}_2 \text{ and UO}_2}$

Table 6 0.87% Enriched PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> Fuel Pellet  
(Reactor Grade)

		Specification	Averaged value	Standard deviation	Remarks
PuO <sub>2</sub> enrichment*	w/o	0.87±0.03	0.874	0.008	analytical result
Pu content	w/o	—	87.29	0.13	"
U content	w/o	—	87.88	0.12	"
O/(Pu+U)		—	2.01	0.01	"
Stack weight of PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> Pellets	g/rod	—	3461.1	—	W
Stack length of PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> Pellet	cm/rod	200.0 <sup>+0</sup> <sub>-1.2</sub>	199.41	—	L
Pellet diameter	cm	1.48 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.03</sub>	1.468	0.006	D
Density	g/cm <sup>3</sup>	10.25±0.25	10.25	0.08	$\rho = \frac{W}{\pi (\frac{D}{2})^2 L}$
			10.28	0.09	

\* Definition ;  $\frac{\text{Weight of PuO}_2}{\text{Weight of PuO}_2 \text{ and UO}_2}$

Table 3 Natural UO<sub>2</sub> Fuel pellet

		Specification	Averaged value	Standard deviation	Remarks
<sup>235</sup> U enrichment	w/o	0.711	0.711	—	analytical result
U content	w/o	≥ 87.7	87.88	0.12	"
O/U		—	~2.01	—	"
Stack weight of UO <sub>2</sub> pellets	g/rod	3580±70	3562.2	—	W
Stack length of UO <sub>2</sub> pellets	cm/rod	200.0 <sup>+0</sup> <sub>-0.5</sub>	199.84	—	L
Pellet diameter	cm	1.48±0.01	1.480	0.003	D
Density	g/cm <sup>3</sup>	10.40±0.15	10.36	0.04	$\rho = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 L}$
			10.36	0.05	

Table 4 0.54% Enriched PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> Fuel pellet

		Specification	Averaged value	Standard deviation	Remarks
PuO <sub>2</sub> enrichment	w/o	0.54±0.03	0.542	0.006	analytical result
Pu content	w/o	—	87.88	0.12	"
U content	w/o	—	87.88	0.12	"
O/(Pu+U)		—	2.01	0.01	"
Stack weight of PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> Pellets	g/rod	—	3439.0	—	W
Stack length of PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> pellet	cm/rod	200.0 <sup>+0</sup> <sub>-0.5</sub>	199.45	0.29	L
Pellet diameter	cm	1.48 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.03</sub>	1.469	0.007	D
Density	g/cm <sup>3</sup>	10.25±0.25	10.17	0.07	$\rho = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 L}$
			12.21	0.08	

Table 9 Analytical Results of PuO<sub>2</sub> Powder  
for 0.87 w/o Enriched PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> Fuel(Reactor grade)

Lot No		8 2 5 6	8 2 5 7	Average
Weight of PuO <sub>2</sub> powder	Kg	1 6 8 7	9 4 7	-
Pu Content	w/o	8 7.1 9	8 7.4 7	87.29 ± 0.13
Pu	<sup>238</sup> Pu	w/o	0 8 4	0.84 ± 0.01
	<sup>239</sup> Pu	w/o	6 5.0 1	64.92 ± 0.12
	<sup>240</sup> Pu	w/o	2 1.7 1	21.77 ± 0.08
	<sup>241</sup> Pu	w/o	9 4 4	9.46 ± 0.02
	<sup>242</sup> Pu	w/o	3 0 0	3.01 ± 0.02
Date of analysis		16 June 1973	16 June 1973	-

Table 10 Isotope Abundance of PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> Fuel Pellet

		0.54 w/o PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> (Standard grade)	0.87 w/o PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> (Standard grade)	0.87 w/o PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub> (Reactor grade)
Pu	<sup>238</sup> Pu	0.021 w/o	0.019 w/o	0.84 w/o
	<sup>239</sup> Pu	90.360 w/o	90.314 w/o	64.92 w/o
	<sup>240</sup> Pu	8.640 w/o	8.682 w/o	21.77 w/o
	<sup>241</sup> Pu	0.915 w/o	0.918 w/o	9.46 w/o
	<sup>242</sup> Pu	0.064 w/o	0.067 w/o	3.01 w/o
U	<sup>235</sup> U	0.711 w/o		
	<sup>238</sup> U	99.289 w/o		
Date of analysis		23 August 1971	23 August 1971	16 June 1973

Table 11 Diameter of Fuel Sheath

(Unit : cm)

		Specification	Averaged value	Standard deviation	Material
UO <sub>2</sub> fuel	Inner dia	1.503 ± 0.008	1.503	0.002	Aluminum alloy
	Outer dia	1.673 ± 0.008	1.672	0.002	
PuO <sub>2</sub> - UO <sub>2</sub> fuel	Inner dia	1.508 ± 0.008	1.506	0.001	Zry-2
	Outer dia	1.668 ± 0.008	1.668	0.001	

Table 12 Diameter of Pressure Tube and Calandria Tube

(Unit: cm)

		Specification	Averaged value	Standard deviation	Material
Pressure tube	Inner dia	116.8 ± 0.25	116.8	0.1	Aluminum alloy
	Outer dia	121 ± 0.2	121.0	0.1	
Calandric tube	Inner dia	— *	132.5	—	Aluminum alloy
	Outer dia	136.5 ± 0.5	136.5	0.1	

\* Thickness ; 0.2 ± 0.02 cm



Table 13. General physical Constants

	Atomic weight	Molecular weight	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Remarks
H	1.0080			
D	2.0141			
B	0.814			
N	14.007			
O	16.000			
Al	26.982		2.6989	20 °C
Mg	24.310		1.74	20 °C
Zr	91.490		6.52	25 °C
Sn	118.73		6.5	20 °C
Fe	55.847		7.86	20 °C
Cr	51.998		7.189	20 °C
Ni	58.728		8.845	25 °C
<sup>235</sup> U	235.04			
<sup>238</sup> U	238.05			
<sup>238</sup> Pu	238.05			
<sup>239</sup> Pu	239.05			
<sup>240</sup> Pu	240.05			
<sup>241</sup> Pu	241.06			
<sup>242</sup> Pu	242.06			
H <sub>2</sub> O		18.016	0.99777	22 °C
D <sub>2</sub> O		20.028	1.10834	22 °C
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>		61.838	1.435	15 °C
Air			0.001205	20 °C

Avogadro number  $N_A = 6.0225 \times 10^{23}$

Table 14 DCA's physical Constant

1. Fuel Assembly

(i) 28 elements/assembly in 3 circular rings

Ring	No of elements	Pitch circle dia of elements centers (cm)
1	4	2.625
2	8	6.000
3	16	9.515

(ii) Fuel Element

(1) 1.2 w/o Enriched UO<sub>2</sub> Fuel

	Inner dia (cm)	Outer dia (cm)	Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Fuel pellet	-	1.480	1.203w/o enriched UO <sub>2</sub>	10.36
Gap	1.480	1.503	Helium	-
Fuel sheath	1.503	1.673	Aluminum alloy	2.674

Composition		w/o in fuel pellet	w/o in sheath	Atomic No density (10 <sup>24</sup> /cm <sup>3</sup> )
pellet	<sup>235</sup> U	1.057		0.0002806
	<sup>238</sup> U	86.793		0.02275
	O	12.150		0.04738
Sheath	Al		96.98	0.05788
	Mg		2.60	0.00172

(2) 1.5 w/o Enriched UO<sub>2</sub> Fuel

	Inner dia (cm)	Outer dia (cm)	Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Fuel pellet	—	1.477	1.499w/o enriched UO <sub>2</sub>	10.38
Gap	1.477	1.503	Helium	—
Fuel sheath	1.503	1.673	Aluminum alloy	2.674

Composition		w/o in fuel pellet	w/o in sheath	Atomic No density (10 <sup>24</sup> /cm <sup>3</sup> )
pellet	<sup>235</sup> U	1.317		0.0003503
	<sup>238</sup> U	86.563		0.02273
	O	12.120		0.04735
Sheath	Al		96.98	0.05788
	Mg		2.60	0.00172

(3) Natural UO<sub>2</sub> Fuel

	Inner dia (cm)	Outer dia (cm)	Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Fuel pellet	—	1.480	0.711w/o natural UO <sub>2</sub>	10.36
Gap	1.480	1.503	Helium	—
Fuel Sheath	1.503	1.673	Aluminum alloy	2.674

Composition		w/o in fuel pellet	w/o in sheath	Atomic No density (10 <sup>24</sup> /cm <sup>3</sup> )
pellet	<sup>235</sup> U	0.625		0.0001659
	<sup>238</sup> U	87.255		0.02287
	O	12.120		0.04679
Sheath	Al		96.98	0.05788
	Mg		2.60	0.00172

(4) 0.54 w/o Enriched PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> Fuel (Standard Grade)

	Inner dia (cm)	Outer dia (cm)	Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Fuel pellet	—	1.469	0.542w/o enriched PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub>	10.17
Gap	1.469	1.506	Helium	—
Fuel sheath	1.506	1.668	Zry-2	6.523

Composition		w/o in Pu	w/o in fuel pellet	w/o in sheath	Atomic $\bar{M}$ density (10 <sup>24</sup> /cm <sup>3</sup> )
Pellet	<sup>235</sup> U		0.6214		0.0001620
	<sup>238</sup> U		86.782		0.02233
	<sup>238</sup> Pu	0.021	0.000102		0.000000026
	<sup>239</sup> Pu	90.360	0.4304		0.0001103
	<sup>240</sup> Pu	8.640	0.04115		0.00001050
	<sup>241</sup> Pu	0.915	0.004359		0.000001108
	<sup>242</sup> Pu	0.064	0.000303		0.0000000767
	O		12.12		0.04640
Sheath	Zr			98.22	0.04218
	Sn			1.48	0.0004897
	Fe			0.14	0.0000985
	Cr			0.10	0.0000756
	Ni			0.06	0.0000401

Date of Analysis ; 23 August 1971

(5) 0.87 w/o Enriched  $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$  Fuel (Standard Grade)

	Inner dia (cm)	Outer dia (cm)	Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Fuel pellet	-	1.472	0.862 w/o enriched $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$	10.17
Gap	1.472	1.506	Helium	-
Fuel sheath	1.506	1.668	Zry-2	6.523

Composition		w/o in Pu	w/o in fuel pellet	w/o in sheath	Atomic % density ( $10^{24}/\text{cm}^3$ )
Pellet	<sup>235</sup> U		0.6194		0.0001615
	<sup>238</sup> U		86.503		0.02226
	<sup>238</sup> Pu	0.019	0.000145		0.00000037
	<sup>239</sup> Pu	90.314	0.6849		0.0001755
	<sup>240</sup> Pu	8.682	0.06584		0.00001680
	<sup>241</sup> Pu	0.918	0.006960		0.000001769
	<sup>242</sup> Pu	0.067	0.000510		0.0000001291
	O		12.12		0.04641
Sheath	Zr			98.22	0.04218
	Sn			1.48	0.0004897
	Fe			0.14	0.0000985
	Cr			0.10	0.0000756
	Ni			0.06	0.0000401

Date of Analysis : 23 August 1971

(6) 0.87 w/o Enriched PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> Fuel (Reactor Grade)

	Inner dia (cm)	Outer dia (cm)	Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )
Fuel pellet	—	1.468	0.874 w/o enriched PuO <sub>2</sub> -UO <sub>2</sub>	10.25
Gap	1.468	1.506	Helium	—
Fuel sheath	1.506	1.668	Zry-2	6.523

Composition		w/o in Pu	w/o in fuel pellet	w/o in sheath	Atomic # density (10 <sup>24</sup> / cm <sup>3</sup> )
pellet	<sup>235</sup> U		0.6194		0.0001627
	<sup>238</sup> U		86.493		0.02243
	<sup>238</sup> Pu	0.84	0.00641		0.00000166
	<sup>239</sup> Pu	64.92	0.4953		0.0001279
	<sup>240</sup> Pu	21.77	0.1661		0.00004272
	<sup>241</sup> Pu	9.46	0.07217		0.0000184
	<sup>242</sup> Pu	3.01	0.02296		0.000005856
	O		12.13		0.04680
Sheath	Zr			98.22	0.04218
	Sn			1.48	0.0004897
	Ee			0.14	0.0000985
	Cr			0.10	0.0000756
	Ni			0.06	0.0000401

Date of Analysis ; 16 June 1973

(iii) Hanger Wire

No. in assembly	Pitch circle dia of hanger wire center (cm)	Outer dia (cm)	Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )
4	10.60	0.20	Aluminum alloy	2.674

Composition	w/o in wire	Atomic No density (10 <sup>24</sup> /cm <sup>3</sup> )
Al	96.98	0.05788
Mg	2.60	0.00172

(iv) Spacer

No. in assembly	Outer dia (cm)	Thickness (cm)	Material	Density (g/cm <sup>3</sup> )
2 *1	11.44	0.30	Aluminum alloy	2.674

Composition	w/o in Spacer	Atomic No density (10 <sup>24</sup> /cm <sup>3</sup> )
Al	96.98	0.05788
Mg	2.60	0.00172

\*1 The positions are 70 cm and 140 cm from the lowest end of fuel.

2. Fuel Channel

	Inner Dia(cm)	Outer Dia(cm)	Material	Density(g/cm <sup>3</sup> )
Pressure tube	11.68	12.08	Alumimun alloy	2.674
Air gap	12.08	13.25	Air	0.001205
Calandria tube	13.25	13.65	Alumimun alloy	2.674

Composition		w/o in Al	w/o in Air	Atomic % density
Al		96.98		0.05788
Mg		2.60		0.00172
Air	O		23.5204	0.00001067
	N		76.4796	0.00003962

3. Moderator

(i) Density of D<sub>2</sub>O (99.50 mol/o) 1.1078

Material	w/o in Moderator	Density(g/cm <sup>3</sup> )
D <sub>2</sub> O	99.55	1.10834
H <sub>2</sub> O	0.45	0.99777

Composition	w/o in D <sub>2</sub> O	Atomic % density(/cm <sup>3</sup> × 10 <sup>24</sup> )
H	0.05036	0.0003333
D	20.0223	0.06632
O	79.9283	0.03333



4. Coolant

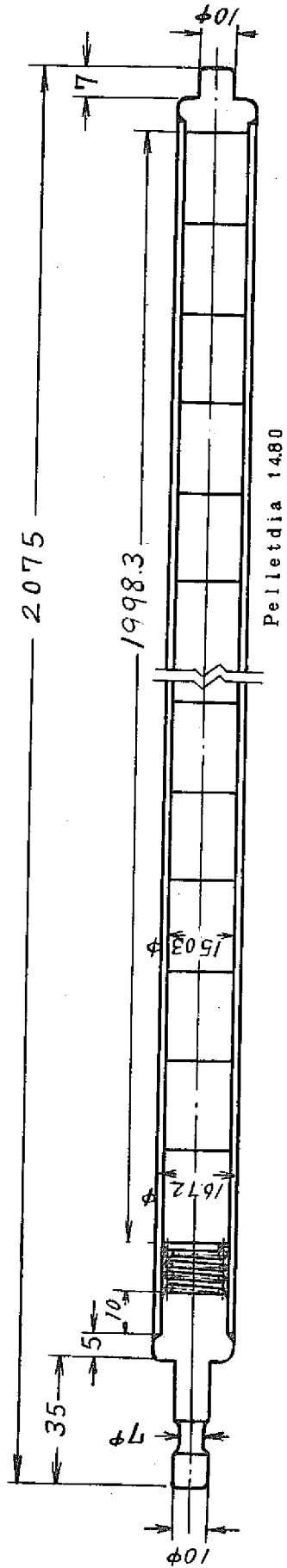
Simulated void fraction(%)	w/o in Coolant				Density(g/cm <sup>3</sup> )
	H <sub>2</sub> O	D <sub>2</sub> O	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Air	
0	100	—	—	—	0.99777
30	63.17	36.82	0.00921	—	1.0359
70	18.07	81.91	0.0215	—	1.0866
86.7	0.45	99.55	—	—	1.1078
100	—	—	—	100	0.000001
Density(g/cm <sup>3</sup> )	0.99777	1.10834	1.435	0.001205	—

Composition	w/o in Coolant				
	0% void	30% void	70% void	86.7% void	100% void
H	11.1901	7.0693	2.0231	0.05036	
D		7.4055	16.4744	2.00223	
O	88.8099	85.5231	81.5001	79.9283	23.5204
<sup>10</sup> B		0.0003158	0.000737		
B(Natural)		0.001611	0.003760		
N					76.4796

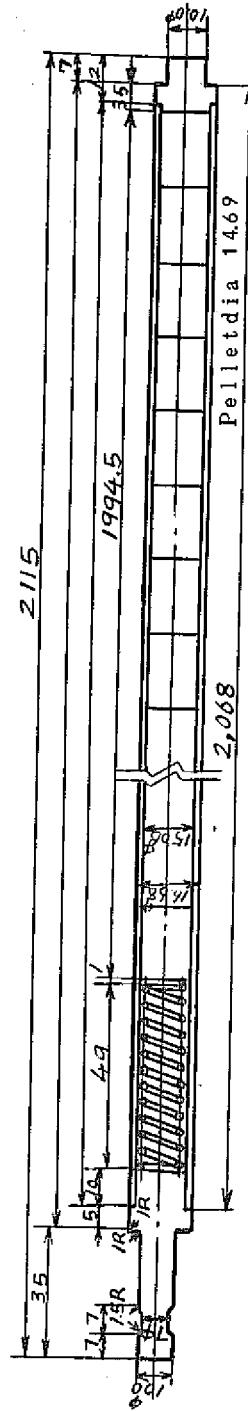
Composition	Atomic No density (10 <sup>24</sup> /cm <sup>3</sup> )				
	0% void	30% void	70% void	86.7% void	100% void
H	0.06671	0.04375	0.01313	0.0003333	
D		0.02294	0.05353	0.06632	
O	0.03335	0.03335	0.03334	0.03333	0.00001067
B(Natural)		0.0000009	0.0000023		
N					0.00003962

5. Others

- (i) Temperature : 22°C ≈ 295°k
- (ii) Square lattice pitch : 22.5cm or 25.0cm
- (iii) Diameter of core tank : 300.5 cm
- (iv) No. of fuel channel ( Standard core ) : 121 for 22.5cm lattice pitch  
: 97 for 25.0cm lattice pitch



(a) 1.2w/o UO<sub>2</sub> fuel rod



(b) PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub> fuel rod

Fig 5 Fuel Rod of DCA

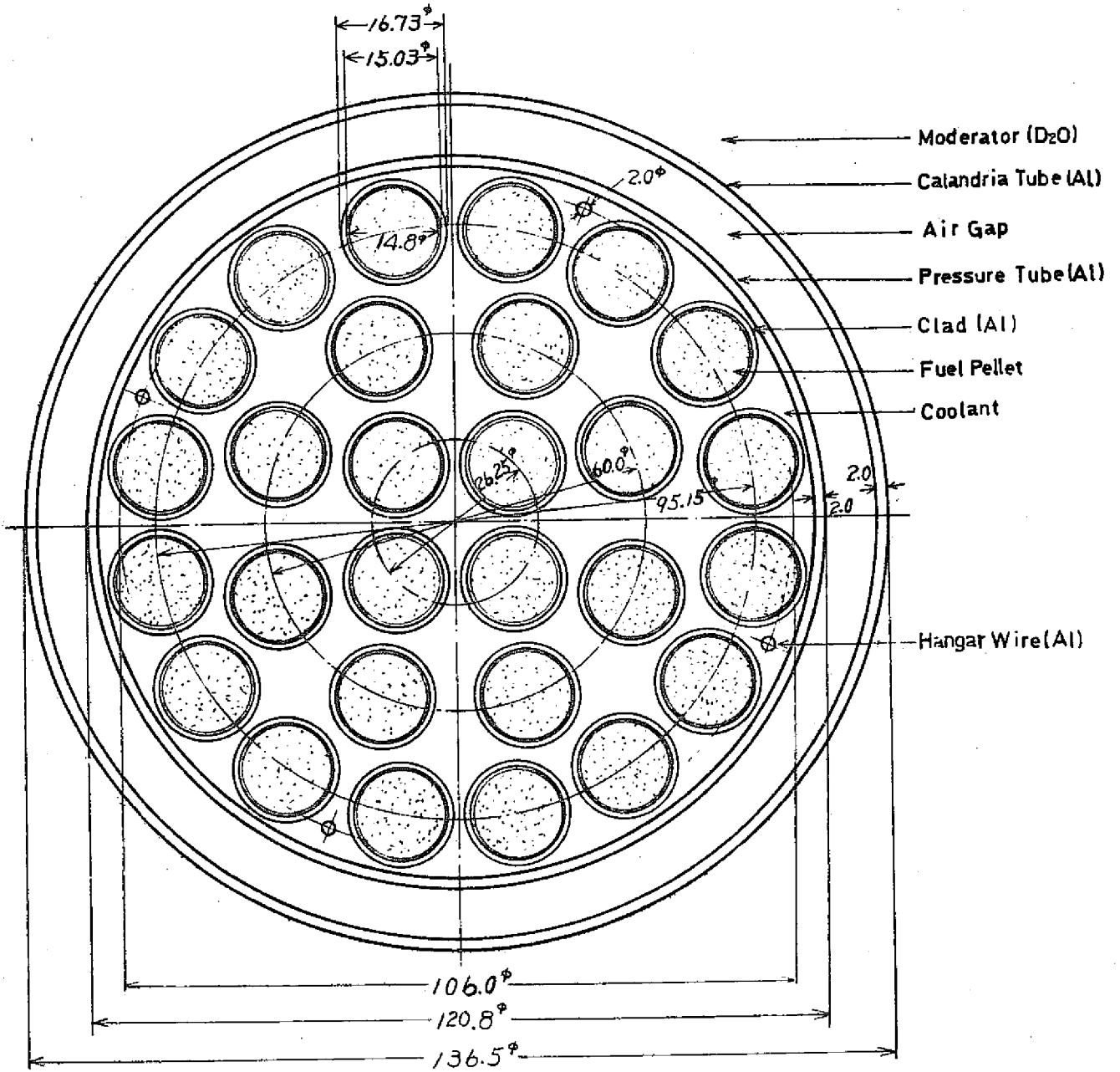


Fig 6 Cluster Fuel Channel of DCA  
( 1.2 % E. U UO<sub>2</sub> )

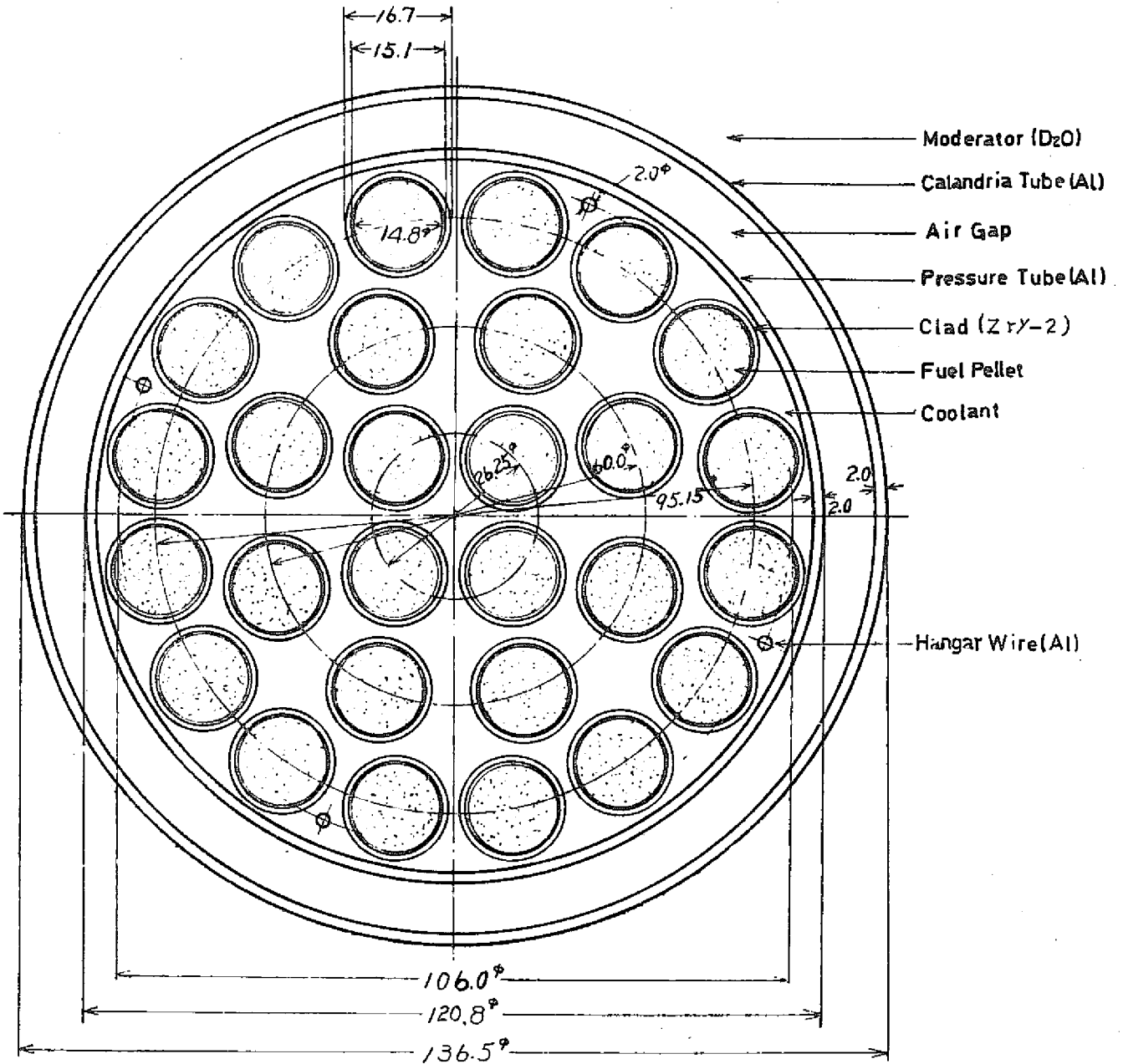


Fig 7 Cluster Fuel Channel of DCA  
 ( 0.54 w/o  $PuO_2 - UO_2$  )

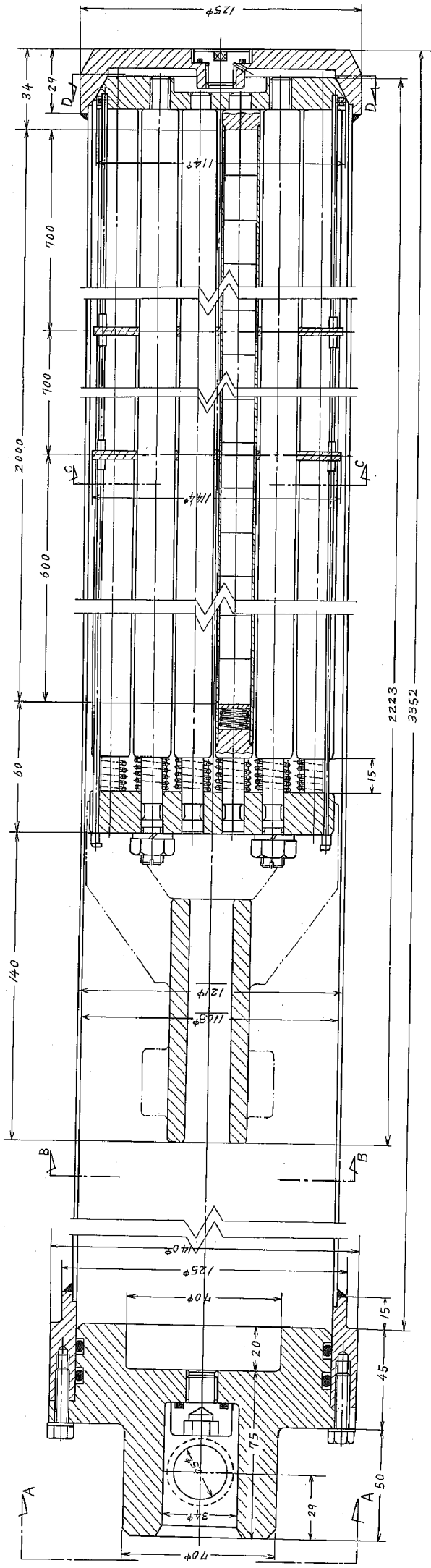


Fig 8 Pressure Tube

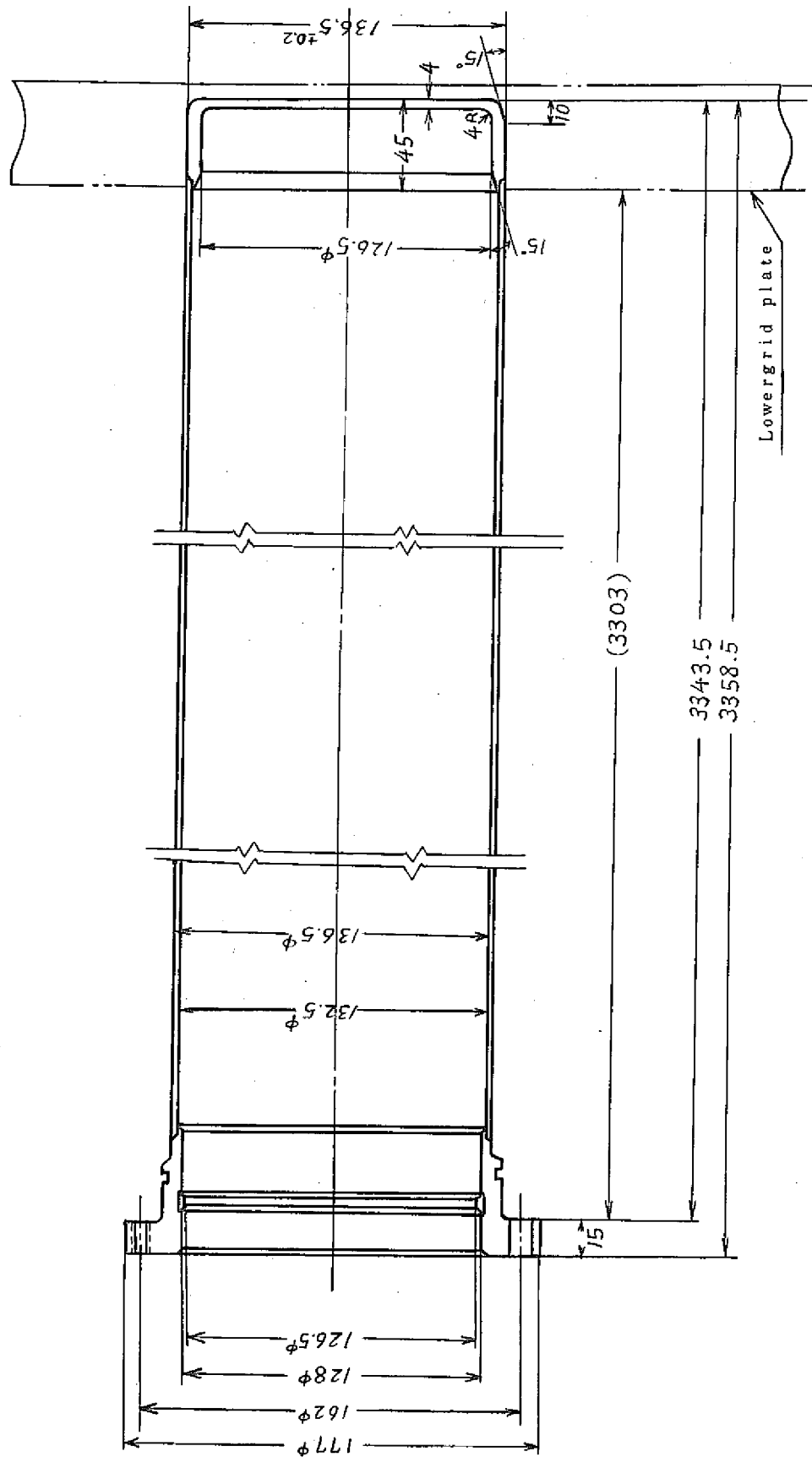


Fig 9 Calandria Tube

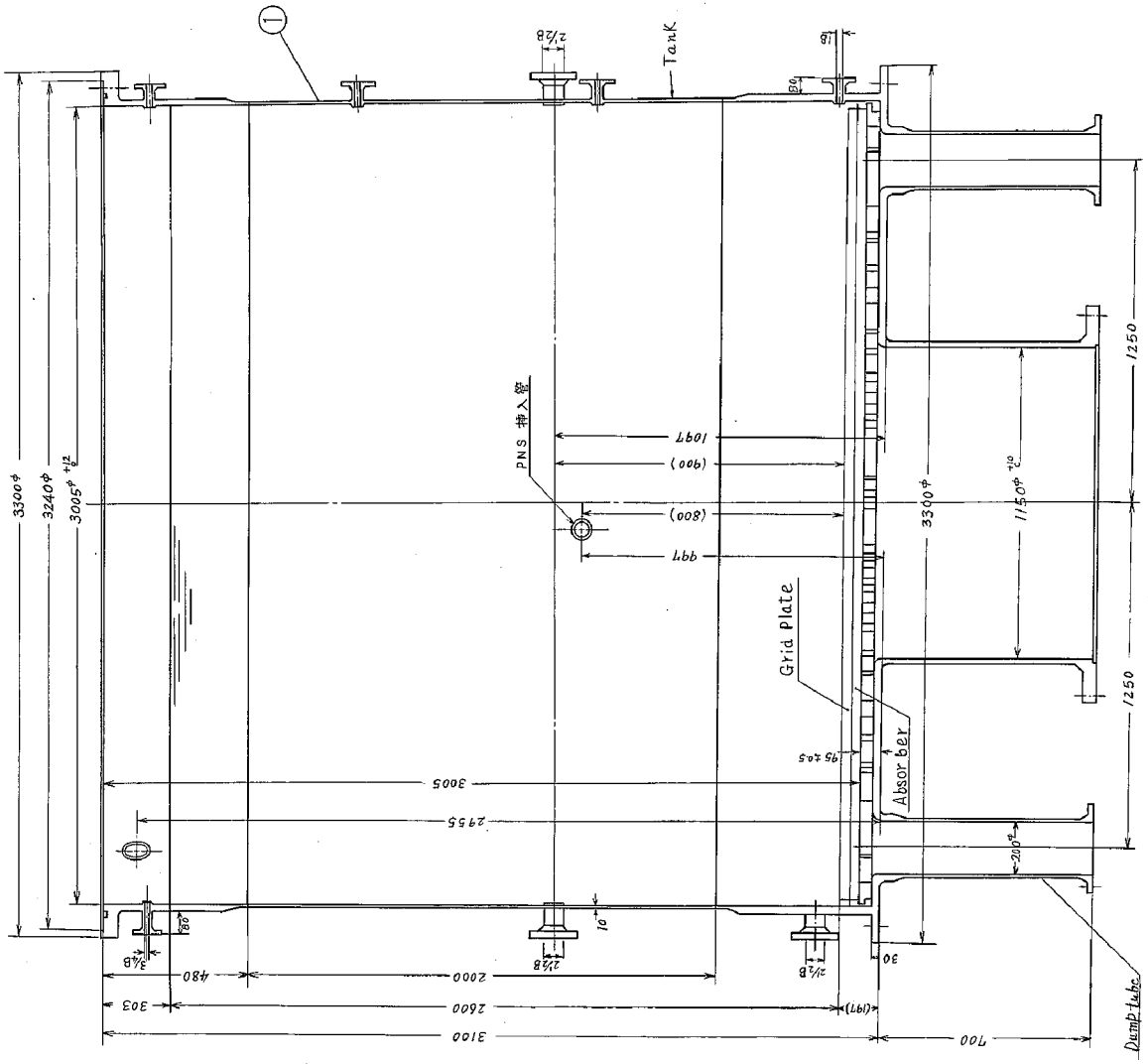
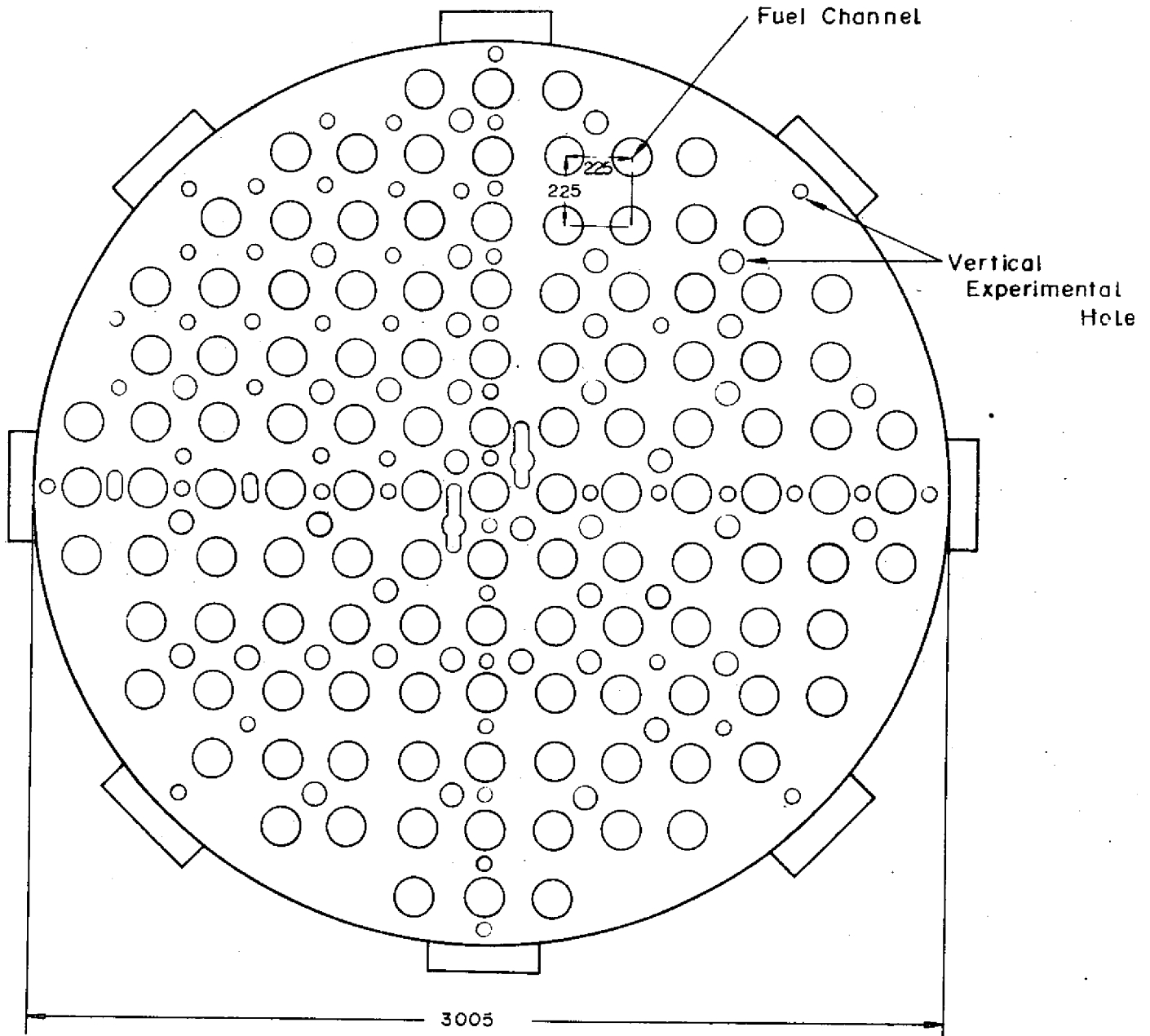


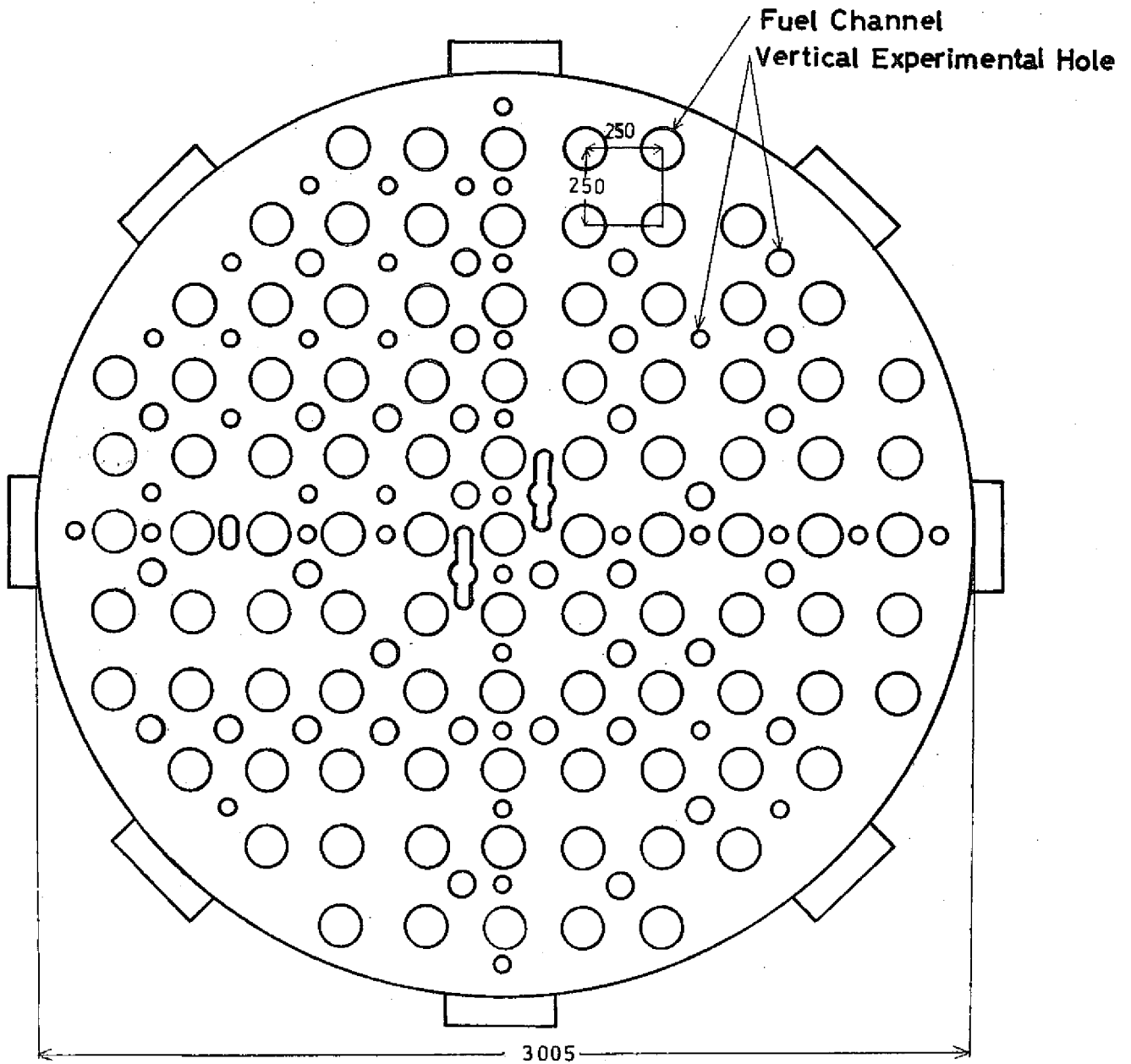
Fig 12 Front view of DCA Core tank



Total Number of Fuel Channel : 121

Fig 10 DCA Core Configuration  
(Lattice pitch : 225 mm )





**Total Number of Fuel Channel : 97**

**Fig 11 DCA Core Configuration**  
(Lattice pitch : 250 mm )

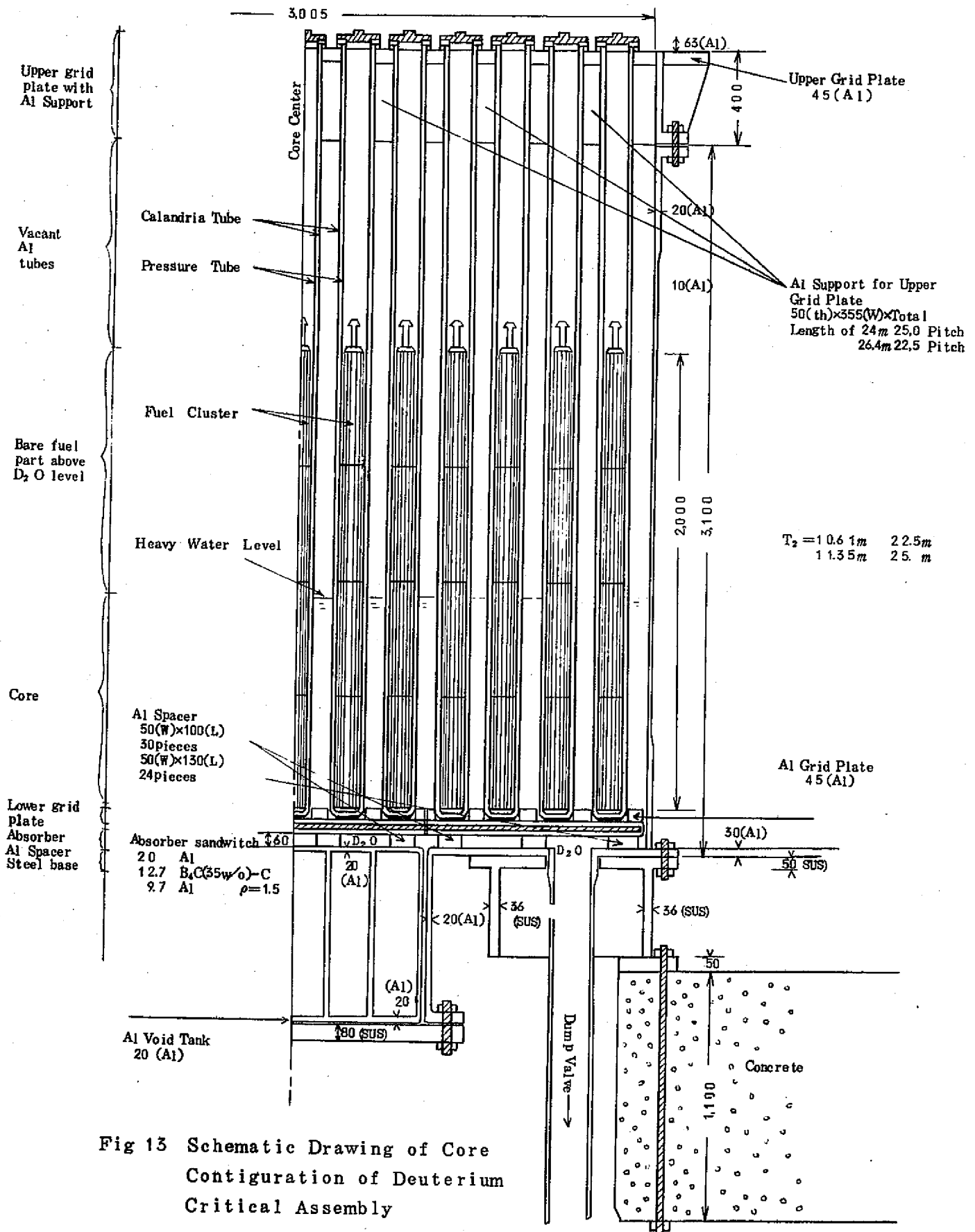


Fig 13 Schematic Drawing of Core Configuration of Deuterium Critical Assembly