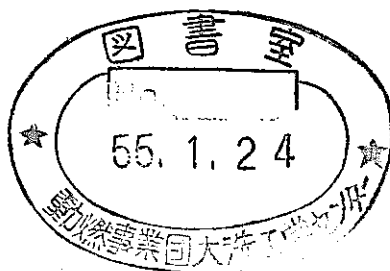


区 分 交 更	
改訂資料番号	<del>111C</del>
決裁年月日	平成 13 年 7 月 31 日

# 「常陽」照射試験業務プログレスレポート

昭和53年10月～昭和54年3月



1979年10月

動力炉・核燃料開発事業団

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

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

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

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

ものです。

り、転載



## 「常陽」照射試験業務プログレスレポート

昭和53年10月～昭和54年3月

大竹俊英<sup>\*</sup>, 小野尚士<sup>\*</sup>, 石山 智<sup>\*</sup>  
宮川俊一<sup>\*</sup>, 野口好一<sup>\*</sup>

### 要 旨

本報告書は高速実験炉「常陽」の照射試験について、その業務進捗状況をまとめたものである。報告の期間は昭和53年10月から昭和54年3月までである。

主な進捗状況は次のとおりである。

- 1) 照射装置組立検査施設は、建物概念設計、建設地点の地質調査、内装機器概念設計が終了した。建設地点は高速実験炉の運転管理棟北側とし、地上2階、地下1階、ピット深さ12 mで、地下16 mの細砂層上に建設される。建物は東西約45 m、南北約27 mで、高さが約20 mである。
- 2) 「常陽」のMARK-I炉心における炉心構成要素の照射後試験計画と試験の要望項目をまとめた。検査用炉心燃料集合体10体、運転用炉心燃料8体、ブランケット燃料10体、調整棒7体、安全棒2体などの取出時期、本数、及び被試験集合体が決定された。
- 3) 「常陽」MK-IIの照射試験基本計画が策定され、それに従って昭和54年度からの開発計画工程の検討を行った。その結果、54年度初めから新たに開発研究や設計検討を早急に実施する必要のあるものが摘出され、対策を検討中である。
- 4) 「常陽」MK-II用各種照射装置の開発試験は所期の計画通りに、ほぼ順調に進展している。
- 5) 照射技術開発の1つである中性子束分布測定に関し、米国エネルギー省との間のワイヤ交換協定が成り、「常陽」MK-I 75 MW第3サイクルで米国製ワイヤの照射を炉心9A1の照射リグで行うことになった。また、「常陽」の標準作成作業を同時に行い、ワイヤカプセルの仕様検討作業を進めている。

\* 大洗工学センター 高速実験炉部技術課



NOT FOR PUBLICATION  
PNC TON 944 79-03  
Oct., 1979

## “JOYO” IRRADIATION TEST ENGINEERING

PROGRESS REPORT FOR PERIOD ENDING MARCH 31, 1979

T. Ohtake\*, T. Ono\*, S. Ishiyama\*,  
S. Miyakawa\*, and K. Noguchi\*

### Abstract

This progress report describes engineering work performed from Oct. 1, 1978, to March 31, 1979, on irradiation tests using “JOYO”.

Summaries of current work are as follows:

- 1) The preliminary design of the Irradiation Rig Assembly Facility (IRAF) and the soil research are completed. Floor arrangement was fixed. A design specification for machine tools and equipments for inspection and testing was made.
- 2) The post irradiation examination program for the MK-I core components was prepared. These components are ten test fuel subassemblies, eight driver fuel subassemblies, ten blanket subassemblies, seven regulating rods, two safety rods, etc.
- 3) The JOYO MK-II irradiation test plan was determined and the R & D program was reviewed. Some modifications will be required for the existing program especially for example on the material irradiation rig development.
- 4) The research and development work scheduled in fiscal year 1978 are being completed with some exceptions.
- 5) A dosimeter exchange program was agreed between U.S.D.O.E. and PNC. A DOE dosimeter set will be irradiated in the third cycle of JOYO MK-I core of 75 MW thermal output. The irradiation will be performed at 9A1 position in the material surveillance irradiation rig.

---

\* Reactor Technology Section, Experimental Fast Reactor Division, O-arai Engineering Center, PNC.

# 目 次

1.	ま え が き .....	1
2.	要 約 .....	2
2.1	前期までの作業経過 .....	2
2.2	今期作業の要約 .....	2
3.	業 務 報 告 .....	3
3.1	照射装置組立検査施設の建設 .....	3
3.1.1	地質調査および地中設備の移設 .....	3
3.1.2	建物概念設計 .....	3
3.1.3	内装機器概念設計 .....	7
3.1.4	核燃料物質の取扱いに係る臨界安全解析 .....	20
3.2	MK-I 炉心構成要素照射後試験計画 .....	27
3.2.1	試験要望項目 .....	27
3.2.2	試験計画 .....	27
3.3	MK-II 照射試験計画 .....	34
3.4	照射装置の開発 .....	34
3.4.1	特殊燃料集合体 .....	34
3.4.2	計測線付集合体 .....	34
3.4.3	Na インパイルループ .....	39
3.4.4	計装技術 .....	42

## 表 リ ス ト

第1表	臨界計算に用いられた燃料仕様	21
第2表	照射後試験要望項目表	28
第3表	「常陽」MK-I 照射後試験用炉心構成要素取出工程表	29~30
第4表	IRRADIATION TEST SCHEDULE (1)	35~36
第5表	IRRADIATION TEST SCHEDULE (2)	37~38
第6表	カッタ・カッタガイド材質組合せ表	39
第7表	PNC-DOE共同ドシメトリ-試験計画	43
第8表	DOSIMETERS	44

## 写 真 リ ス ト

写真1	ボーリング全景	5
写真2	標準貫入試験	5
写真3	残 尺	5
写真4	検 尺	5

## 図 面 リ ス ト

第1図	地質調査位置図	4
第2図	土層断面想定図 (Na 4 ~ Na 1)	6
第3図	照射装置組立検査施設1階平面図	8
第4図	照射装置組立検査施設垂直断面図	9
第5図	照射用特殊集合体断面図	10
第6図	特殊燃料集合体 A型	11
第7図	特殊燃料集合体 B型	12
第8図	特殊燃料集合体 C型	13
第9図	計測線付集合体	14
第10図	Na インパイルループ	15
第11図	集合体組立装置	17
第12図	ワイヤ巻付, 兼巻付ピッチ測定装置	18
第13図	縦型組立架台	19

第 14 図	最小臨界ピン本数のサーベイ	22
第 15 図	燃料要素貯蔵庫概要図	23
第 16 図	ユニットセル計算形状	24
第 17 図	ユニットセル面間距離と中性子増倍率の関係	25
第 18 図	燃料ラックの中性子増倍率	26
第 19 図	照射後試験用炉心構成要素配置図	31
第 20 図	照射後試験用燃料の燃焼度	32
第 21 図	MK-I 制御棒の燃焼度	33
第 22 図	Record of Lead Cutting Test	40
第 23 図	Instrument Leads Arrangement on Cutter Guide	41
第 24 図	反射体サーベイランスリグ	45~46
第 25 図	炉心配置図	47
第 26 図	ドシメーターカプセル	48

## 1 ま え が き

本報告書は、昭和53年10月1日から翌54年3月31日まで行われた「常陽」照射試験に関する業務をまとめたものである。報告書の範囲は、高速実験炉部技術課照射グループの業務である。しかし、同グループが他部門の業務の補助作業を行ったもので、照射試験に関連するものについても本報告に記載してある。

本報告書に記載される主要業務は次のとおりである。

- 1) 照射装置組立検査施設の建設
- 2) 「常陽」MK-I 炉心構成要素の照射試験
- 3) 「常陽」MK-II 照射試験
- 4) 照射装置の開発



## 2 要 約

### 2.1 前期までの経過

照射試験に関する実験炉サイト側の業務は、高速実験炉部内に照射準備Grが昭和53年4月に発足して1本化された。FBR本部の燃料グループで設計検討されてきた照射装置組立検査施設が大洗工学センター内の高速実験炉敷地内に建設されることとなり、その建設地点、建物内の設備配置、内装機器・装置への要求仕様等の検討が行われた。

「常陽」MK-Iの炉心構成要素は、照射試験が本格的に実施されるまでの貴重な試験試料として照射後試験を行うことが計画されてきた。出力上昇試験が終了してすぐにこれらの炉心構成要素が順次取り出されることになっており、それらの取出時期、本数、種類の検討に着手した。

MK-IIの照射試験基本計画が本社燃料グループで立案され、その検討を行った。

MK-II用の照射装置は、本社燃料グループで開発と研究が実施されてきた。特殊燃料集合体（A型、B型、C型）、計測線付集合体、Naインパイルループの各照射装置の開発・試験研究に対し、実機製作担当側としての検射作業を進めてきた。

### 2.2 今期作業の要約

前期までにFBR本部燃料グループで実施された照射装置組立検査施設の検討作業を引き継いで、概念設計を実施した。建物および内装機器の検討に先立ち、同施設の基本的な機能、建設地点、建物および内装機器への要求仕様の検討が実験炉部内で実施された。引き続き、建物概念設計、地質調査、屋外配水管等移設工事、内装機器概念設計を実施した。

MK-Iの炉心構成要素を対象とした照射後試験について、試験計画をまとめた。MK-Iの炉心構成要素を設計・製作・試験した東海事業所のPu燃料部および技術部、大洗工学センターのNa技術部、高速実験炉部、さらに燃料材料試験部から、照射後試験項目の要望を提出し、試験体を送り出す実験炉側の運転計画および試験実施担当の燃材部の3施設運転計画とを調整した。

MK-IIの照射試験は、本社燃料グループで基本計画が立案され、FBR本部の基本計画として発行された。この基本計画に従って実験炉側での実施工程の詳細化作業が行われ、安全審査、工事認可、部材手配、組立等の時期が決められた。

MK-II用照射装置の開発は、本社燃料グループで実施されてきているが、実験炉側の実機製作担当として装置開発・試験研究の仕様検討、実施状況の確認等に参加した。

照射装置に装備する種々の計装のうち、中性子照射条件の測定について米国エネルギー省（DOE）との間で技術交換の合意が成り、ドシメトリ・ワイヤの交換を行うことになった。DOEのワイヤセットは75 MW第3サイクルに照射することとなり、カプセルやPNCのセットの設計が行われた。

## 3 業 務 報 告

### 3.1 照射装置組立検査施設の建設

#### 3.1.1 地質調査および地中設備の移設

照射装置組立検査施設は、MK-II用照射装置の最終組立工場として建設が要求され、特に計測線付集合体やNaインパイルループのような長尺物の燃料集合体であって、「常陽」の既設燃料取扱系統と異り回転プラグ上から専用のキャスクによって装荷あるいは脱荷が必要で、かつ、装荷に際して雰囲気コントロールやNa充填・予熱等の準備を要する照射装置を組立、取扱する施設であることから、高速実験炉サイトに建設することが決定された。

建設地点の決定に続いて地質調査および地中設備の移設工事が行われた。

地質調査は、昭和53年11月27日から昭和54年1月20日の期間に、東京ソイルリサーチ機によって実施された。調査はロータリー式ボーリング機械を用い、敷地内の4カ所で行われた。調査深度はいずれも20mで、深度1m毎にJIS・A・1219に基づいて標準貫入試験を行い、30cm貫入に要する打撃回数N値を記録して各土層の緊硬度並びに相対密度を調査した。貫入試験に際し、各土層について1試料が土質標本として採取された。

調査地点は第1図に、ボーリング状況は写真1～4に、調査の結果得られた土層断面想定図のうちの代表的1例を第2図に示す。

調査の結果、重量構造物の支持層としてはGL-16～17m以下の非常に締っている細砂層とすることが可能で、十分な支持力が得られ、しかも沈下の原因となるような軟弱土層の存在がその下部にないことが確認された。照射装置組立検査施設は、この細砂層上に基礎を置くこととなった。

#### 3.1.2 建物概念設計

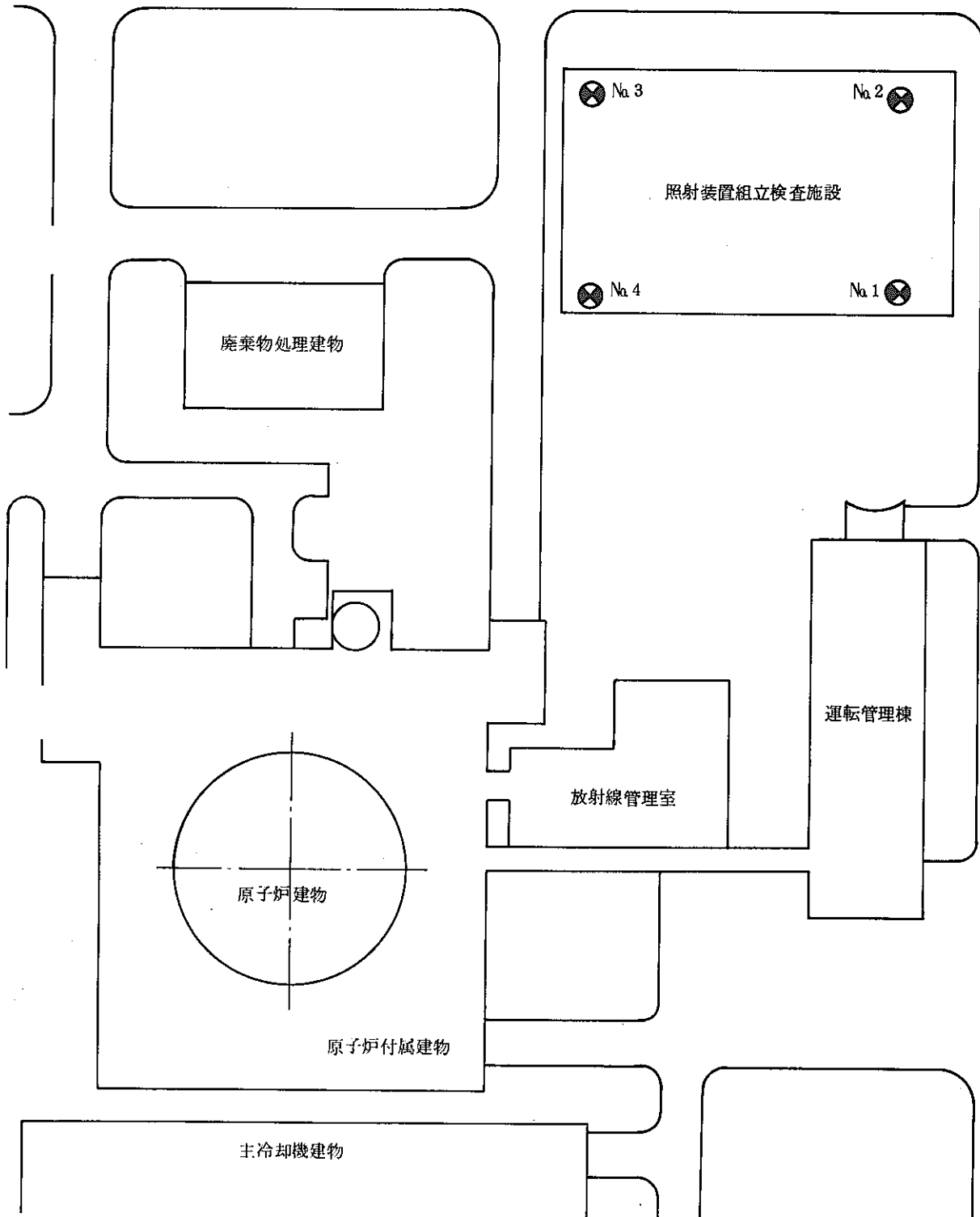
照射装置組立検査施設の建物概念設計は、本社燃料Grが昭和52年度に東京精密㈱に委託して実施した<sup>(1)</sup>。その結果をもとに昭和53年度実施の仕様が本社燃料Grでまとめられ、高速実験炉部技術課に引き継がれた。昭和53年6月から9月にかけて照射準備Grで基本仕様の検討作業が行われ、その結果をもとに昭和53年9月、建物に対する要求仕様をまとめた。建物概念設計は、9月に本社建設室からJAC総合設計事務所に発注され、建物構造、建物内配置、等の設計が実施されている。

建物の概要は次のとおりである。

##### 1) 建 物

耐震クラス	B
主要寸法	約45m×約27m×約19m高
ピット	A, B, C, Dの合計4ピット

注  
● ボーリング位置



第 1 図 地質調査位置図

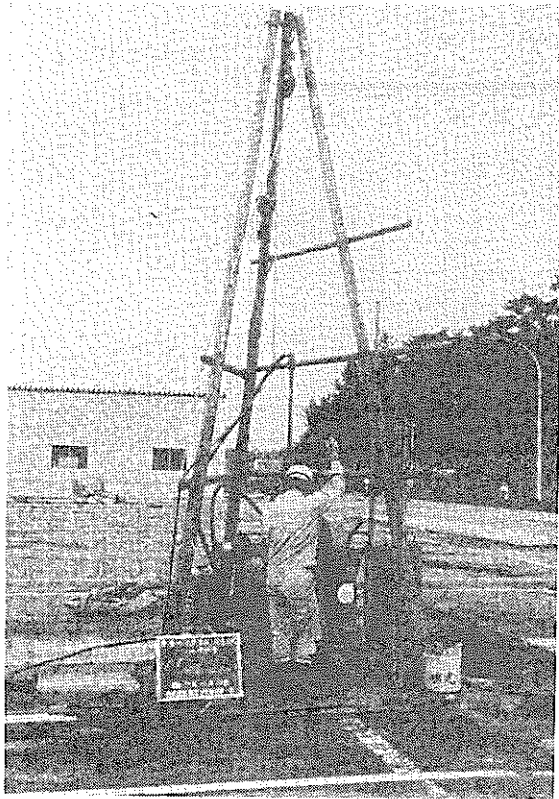


写真1 ボーリング全景

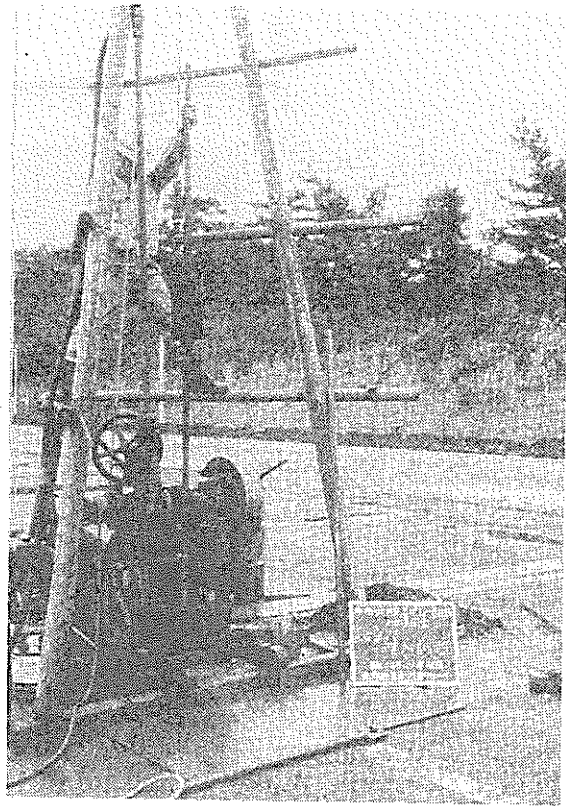


写真2 標準貫入試験



写真3 残 尺

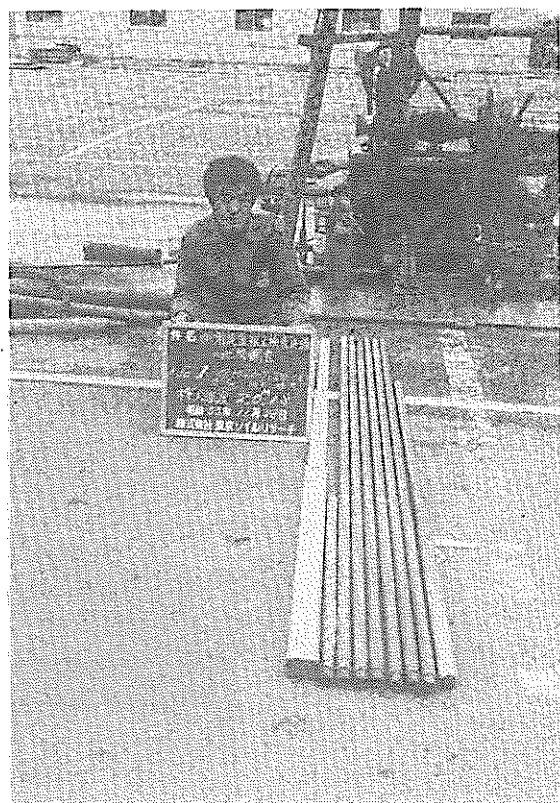
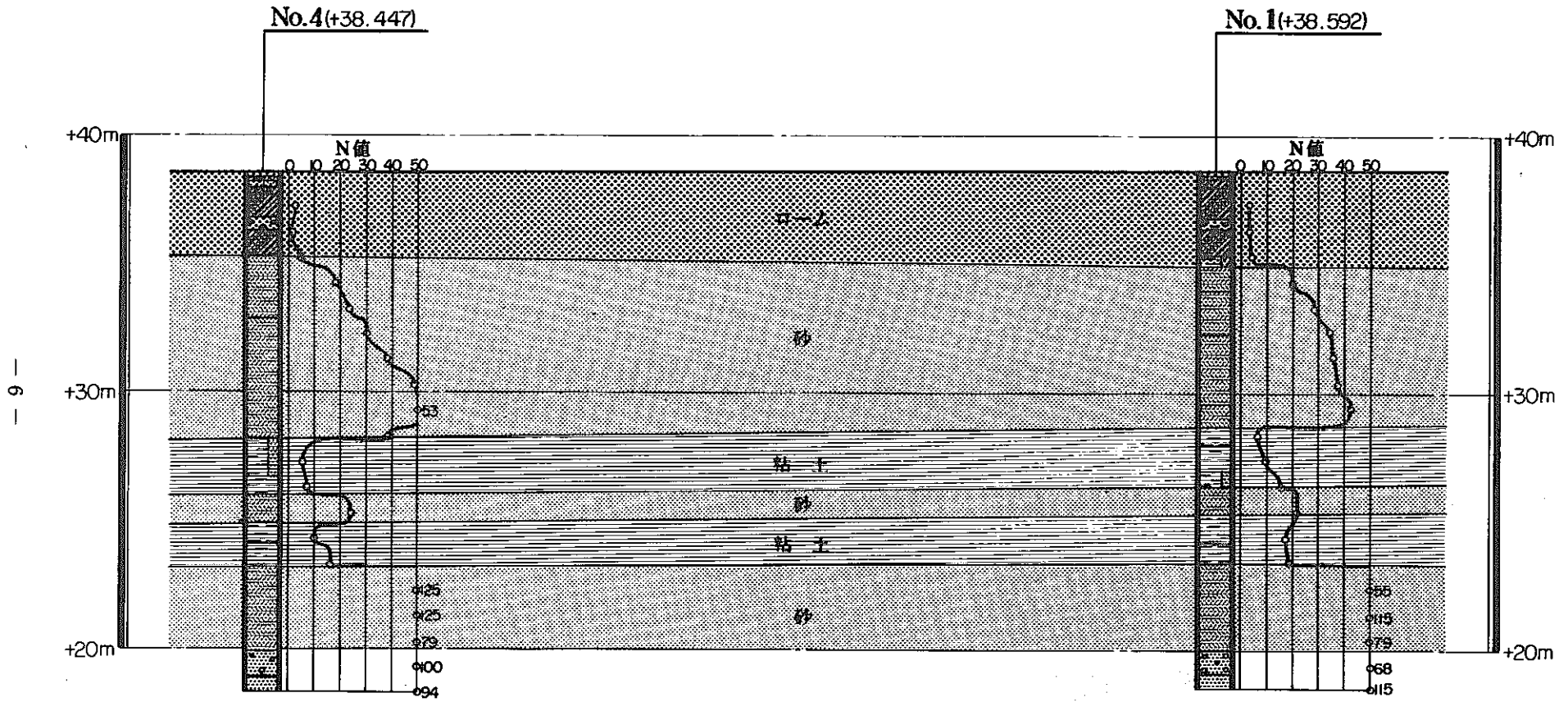


写真4 検 尺



第 2 図 土層断面想定図 (No. 4 - No. 1 )

クレーン 20 TON / 2 TON

2) 取扱物および取扱量

特殊燃料集合体 約 10 体 / 年  
 計測線付集合体 約 1 体 / 年 (年平均)  
 (インパイルループ 約 1 体 / 年 (年平均))

3) 核物質取扱量

プルトニウム 約 40 kg / 年  
 ウラン (濃縮) 約 120 kg / 年  
 天然ウラン 約 20 kg / 年  
 劣化ウラン 約 20 kg / 年

建物の 1 階平面図, 垂直断面図は, 夫々第 3 図および第 4 図に示すとおりである。

3.1.3 照射装置組立検査施設内装機器概念設計

高速実験炉「常陽」の敷地内に建設される照射装置組立検査施設内に設置する組立検査装置に関する概念設計を行った<sup>②</sup>。

照射装置組立検査装置は, 当施設外で加工, 組立された燃料ピンおよび単部品, 組立部品を受け入れ, 燃料ピンへのワイヤ巻付を行い, これを各集合体に組立てる。さらに照射装置へと組立てを行い, 各種検査, 試験工程を経て, 完成照射装置として搬出するまでの一連の作業を行う機器により構成される。

本設計では, 特殊燃料集合体, 計測線付集合体およびナトリウムインパイルループの各種照射装置の組立検査手順を検討し, これに必要な機器の所要機能, 構造, さらに配置の概念を策定した。

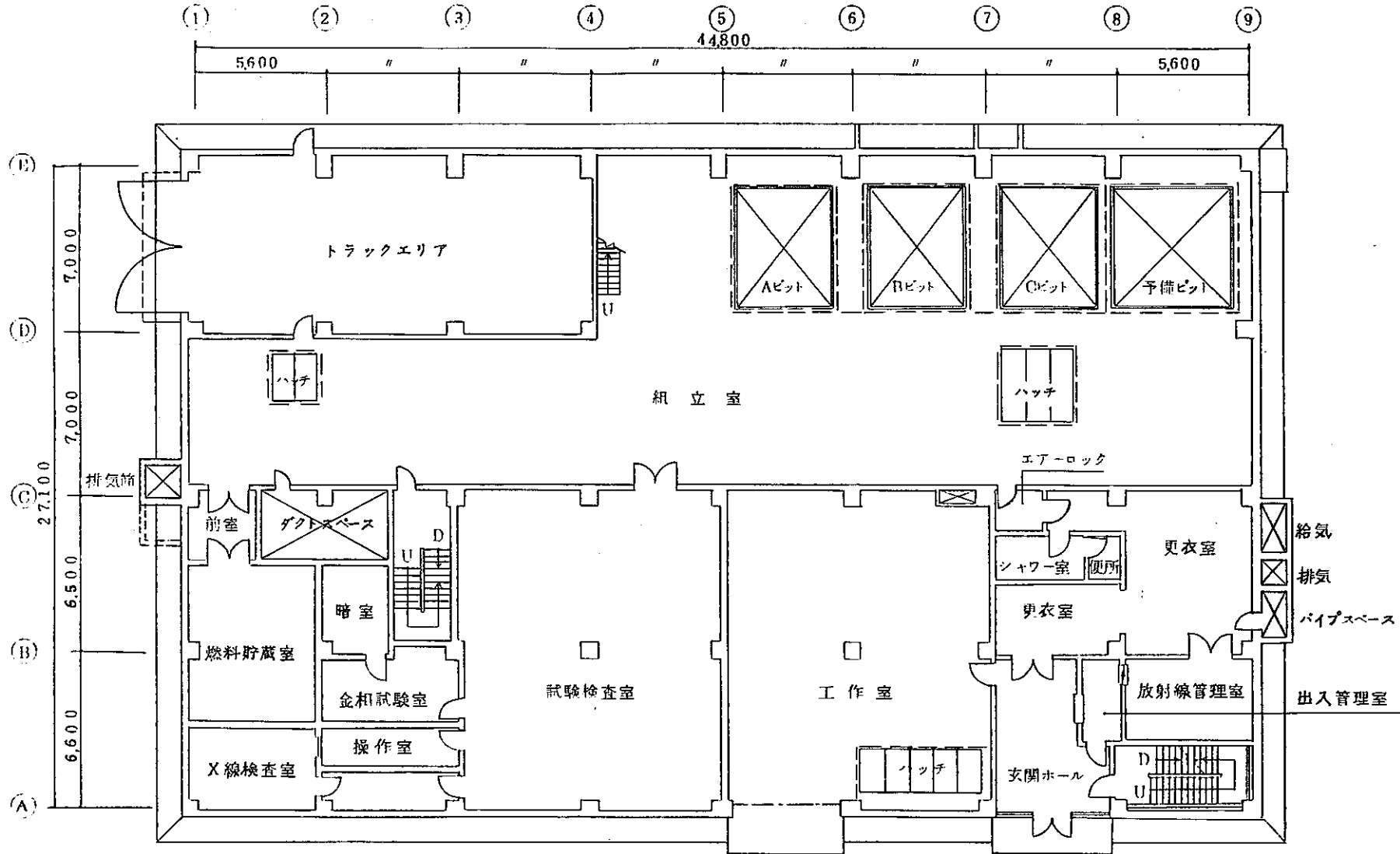
これらの概念設計は, 昭和 53 年 11 月より昭和 54 年 3 月の期間に三菱原子力工業株式会社で実施した。

本設計で対象とした照射装置の概要を第 5 図～第 10 図に示す。

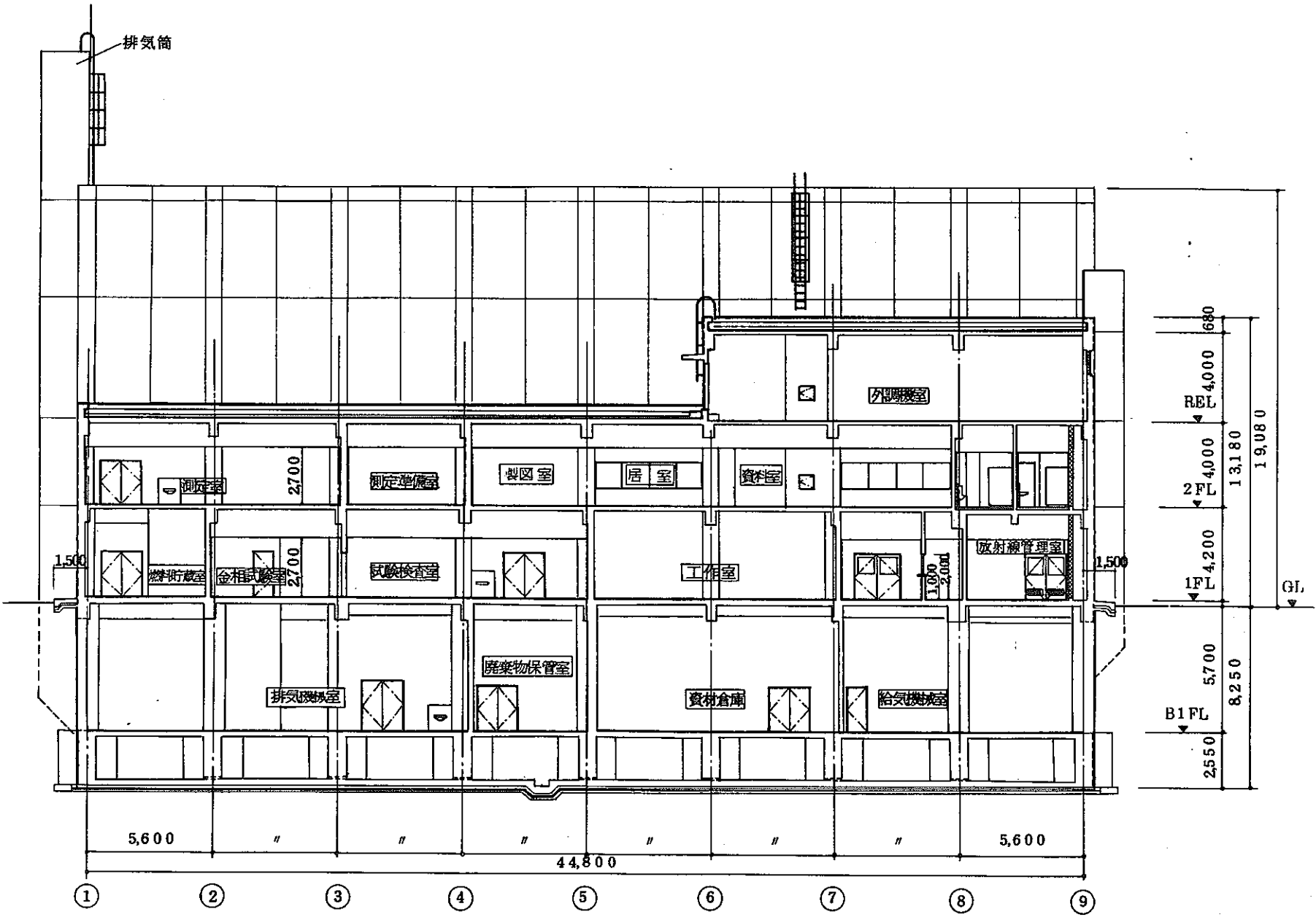
- |                   |        |
|-------------------|--------|
| (1) 特殊燃料集合体断面図    | 第 5 図  |
| (2) 特殊燃料集合体 A 型   | 第 6 図  |
| (3) " B 型         | 第 7 図  |
| (4) " C 型         | 第 8 図  |
| (5) 計測線付集合体       | 第 9 図  |
| (6) ナトリウムインパイルループ | 第 10 図 |

上記燃料集合体の年間取扱量は次の通りとして設計された。

- |                        |          |
|------------------------|----------|
| (1) 特殊燃料集合体            | 10 体 / 年 |
| (2) 計測線付集合体 (材料照射用を含む) | 2 体 / 年  |



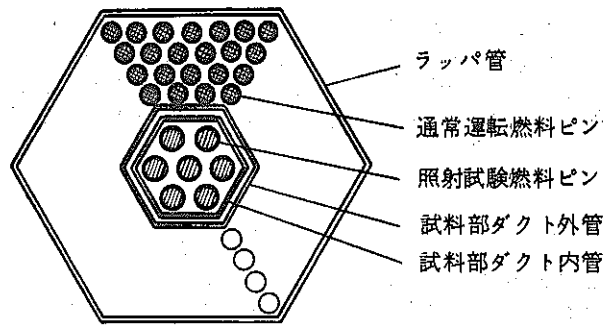
第3図 照射装置組立検査施設1階平面図



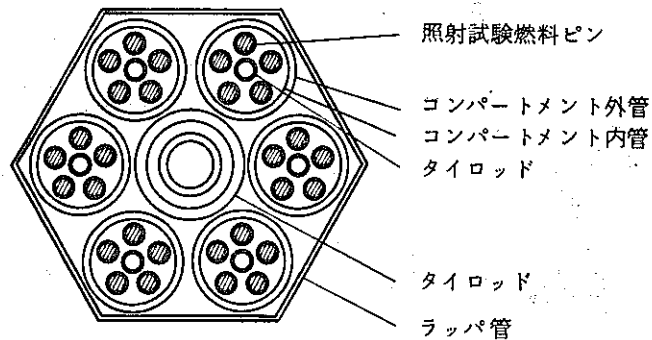
- 6 -

第4図 照射装置組立検査施設垂直断面図

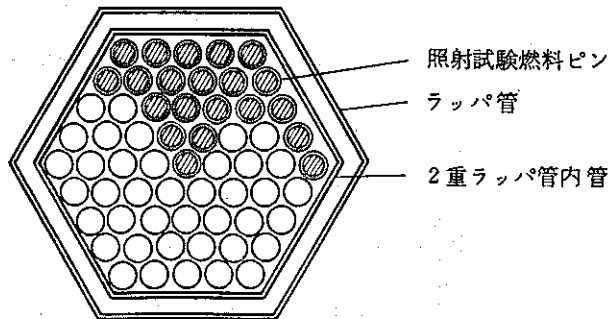




(a) 特殊燃料集合体 A 型

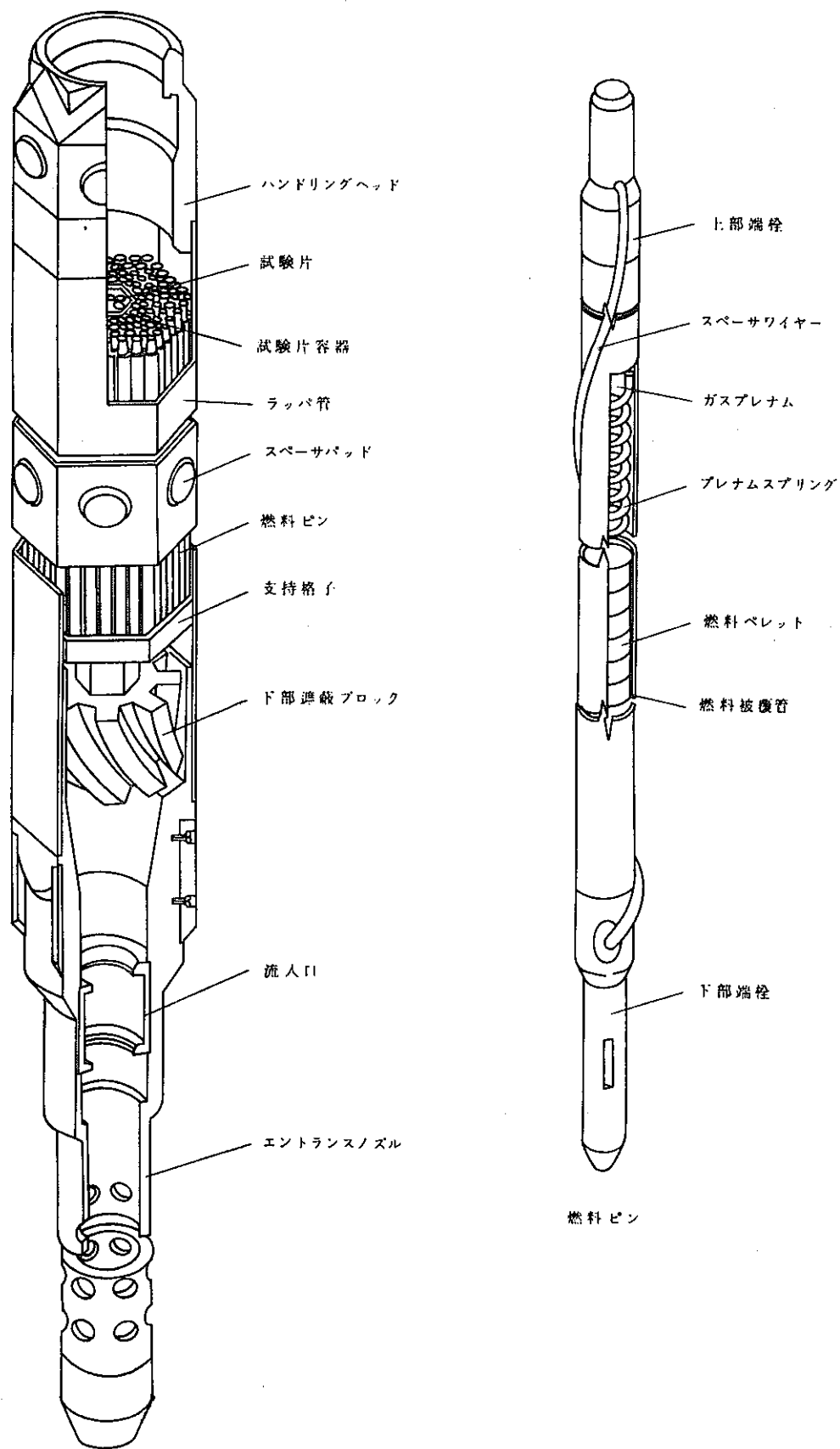


(b) 特殊燃料集合体 B 型

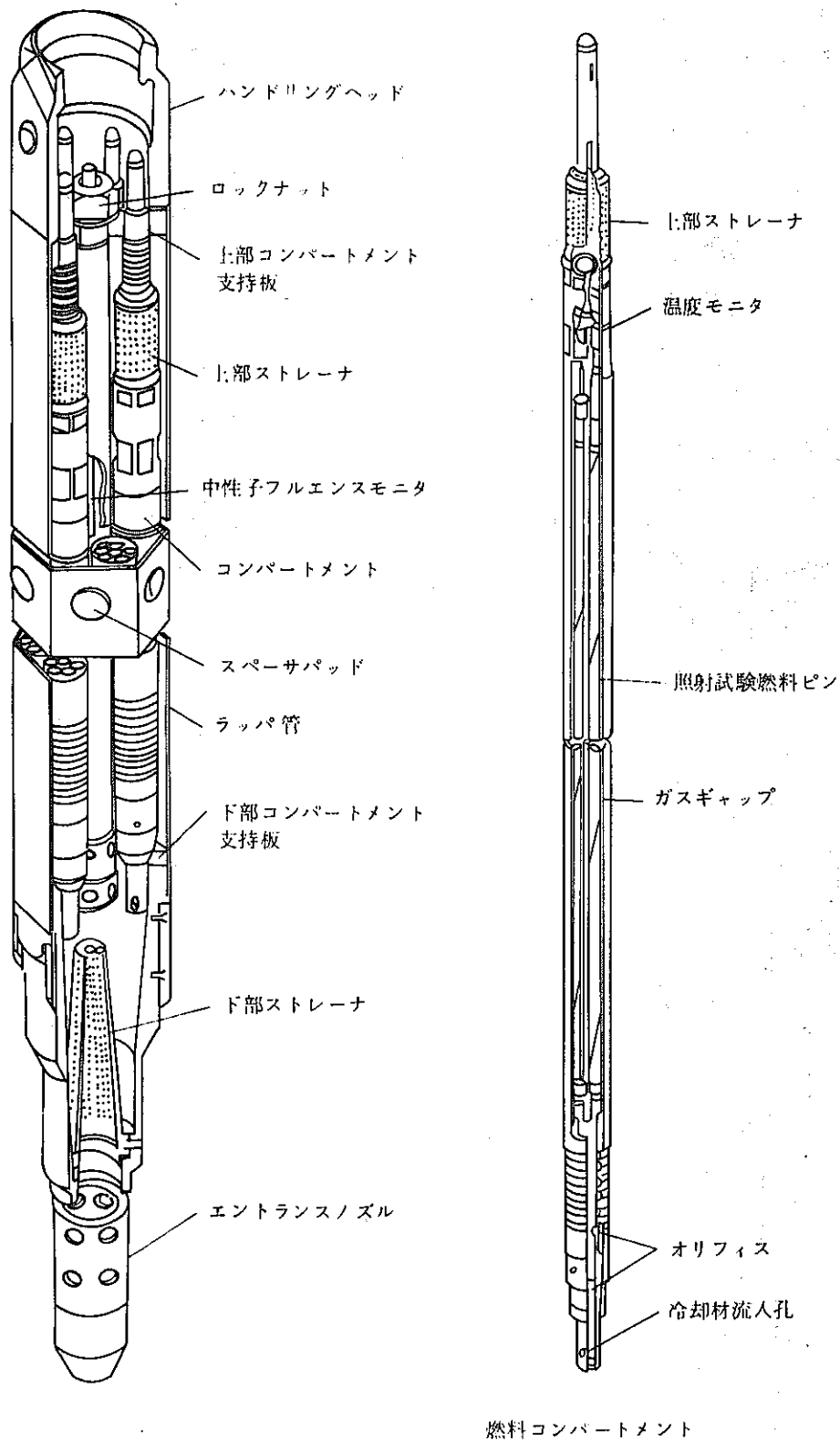


(c) 特殊燃料集合体 C 型

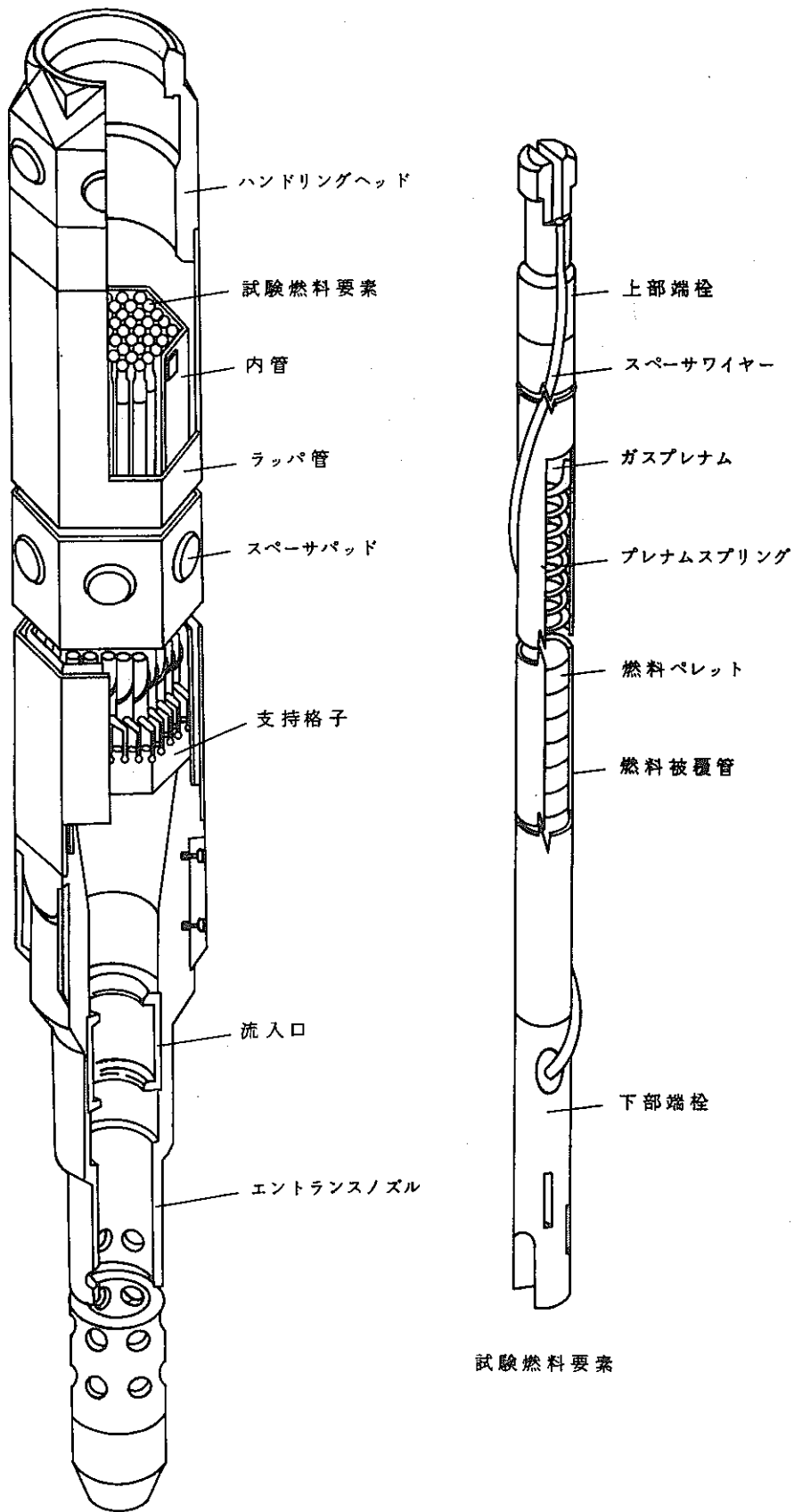
第 5 図 照射用特殊集合体断面図



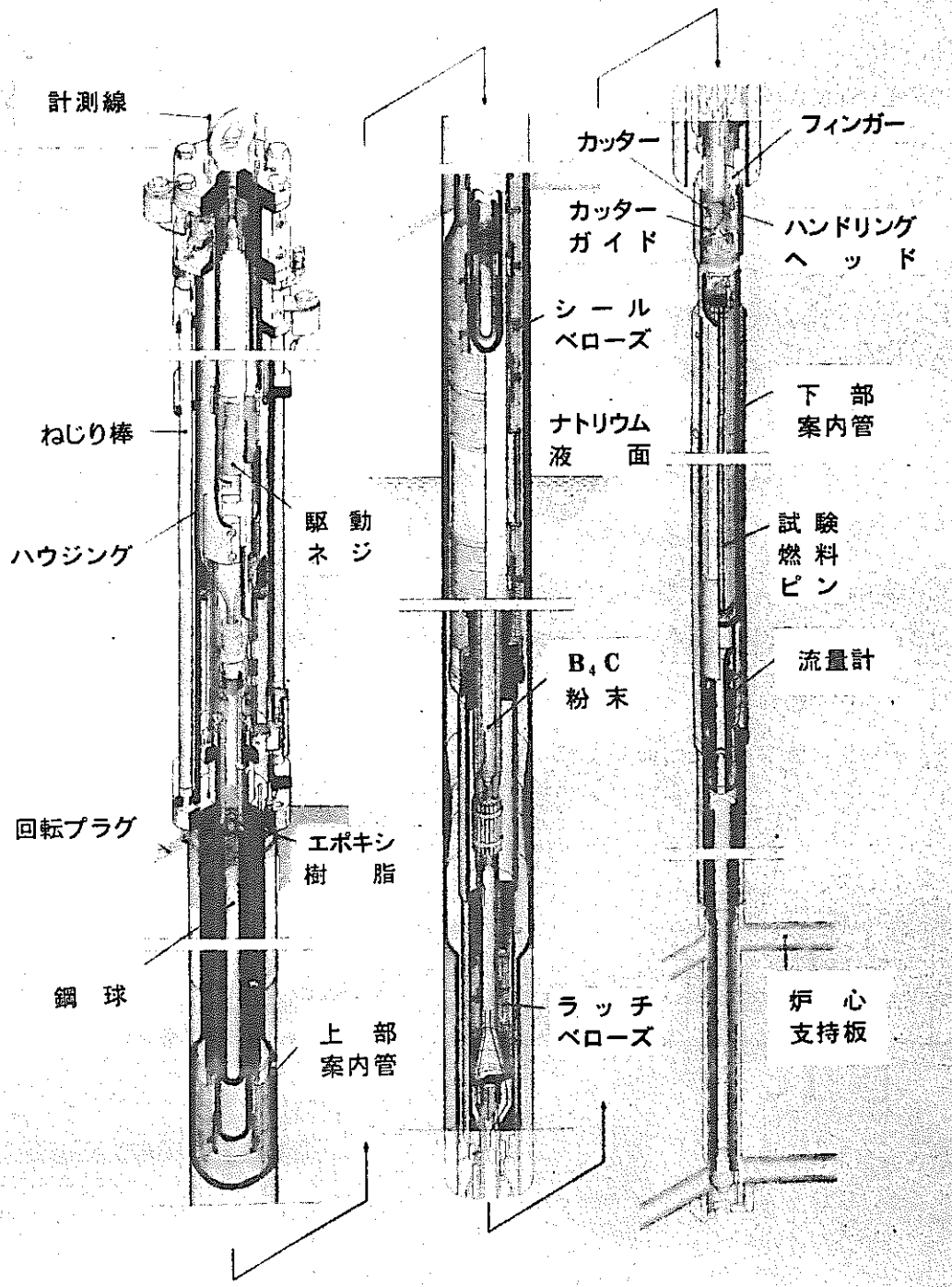
第 6 図 特殊燃料集合体 A 型



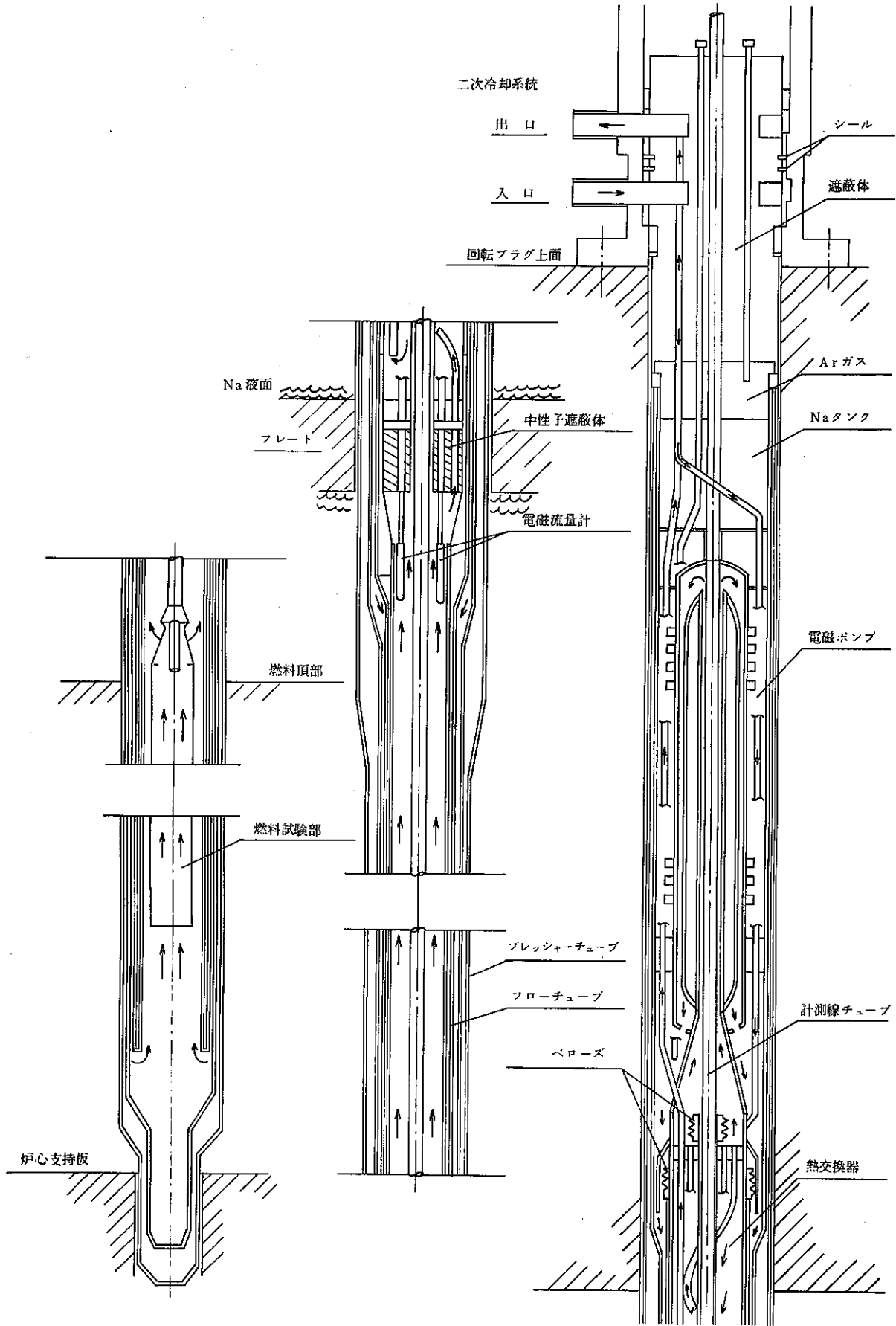
第7図 特殊燃料集合体 B型



第8図 特殊燃料集合体 C型



第9図 計測線付集合体



第10図 Naインパイルループ

(3) ナトリウムインパイルループ 1体/年

本設計の結果、照射装置組立検査施設には主として次のような組立検査用機器を設置することとなった。

a) ワイヤ巻付、兼巻付ピッチ測定装置

東海事業所プルトニウム燃料施設より受け入れた燃料ピンに所定のピッチでスペーサワイヤを巻き付けるもので、各種ピンに共用するとともに、巻付ピッチの測定機能を有する。尚、計測線付燃料ピンへのワイヤ巻付は、上部端栓チャッキング機構の軸中を貫通させ、さらにケーブル支えで支持する。

ワイヤ巻付、兼巻付ピッチ測定装置の概略図を第11図に示す。

b) 集合体組立装置

特殊燃料集合体および計測線付集合体の試料部の組立に使用するもので、横位置状態で燃料ピン組込みを行い、次に架台を垂直状態に起立させ、ラッパ管の組込み等の一連の集合体組立機能を有する。

集合体組立装置の概略図を第12図に示す。

c) 計測線付集合体エントランスノズル部組立装置

エントランスノズル部にナトリウム流量計の溶接組込みを不活性ガス雰囲気中で行うもので、溶接ボックス中に回転治具、トーチ等を配する。

本装置は、これ以外の丸物溶接部の組立も行えるように、溶接ボックス外に支持機構を有する。

d) 縦型組立架台

計測線付集合体の組立、検査用でピット内架台に垂直に固定した架台を本体とし、これに芯出し固定用治具、溶接ワーク等の治具を装着して構成する。

架台周辺には、X線透過検査装置、Heリーク試験機等を配し、組立検査をピット内で集中して行うものである。

縦型組立架台の概略図を第13図に示す。

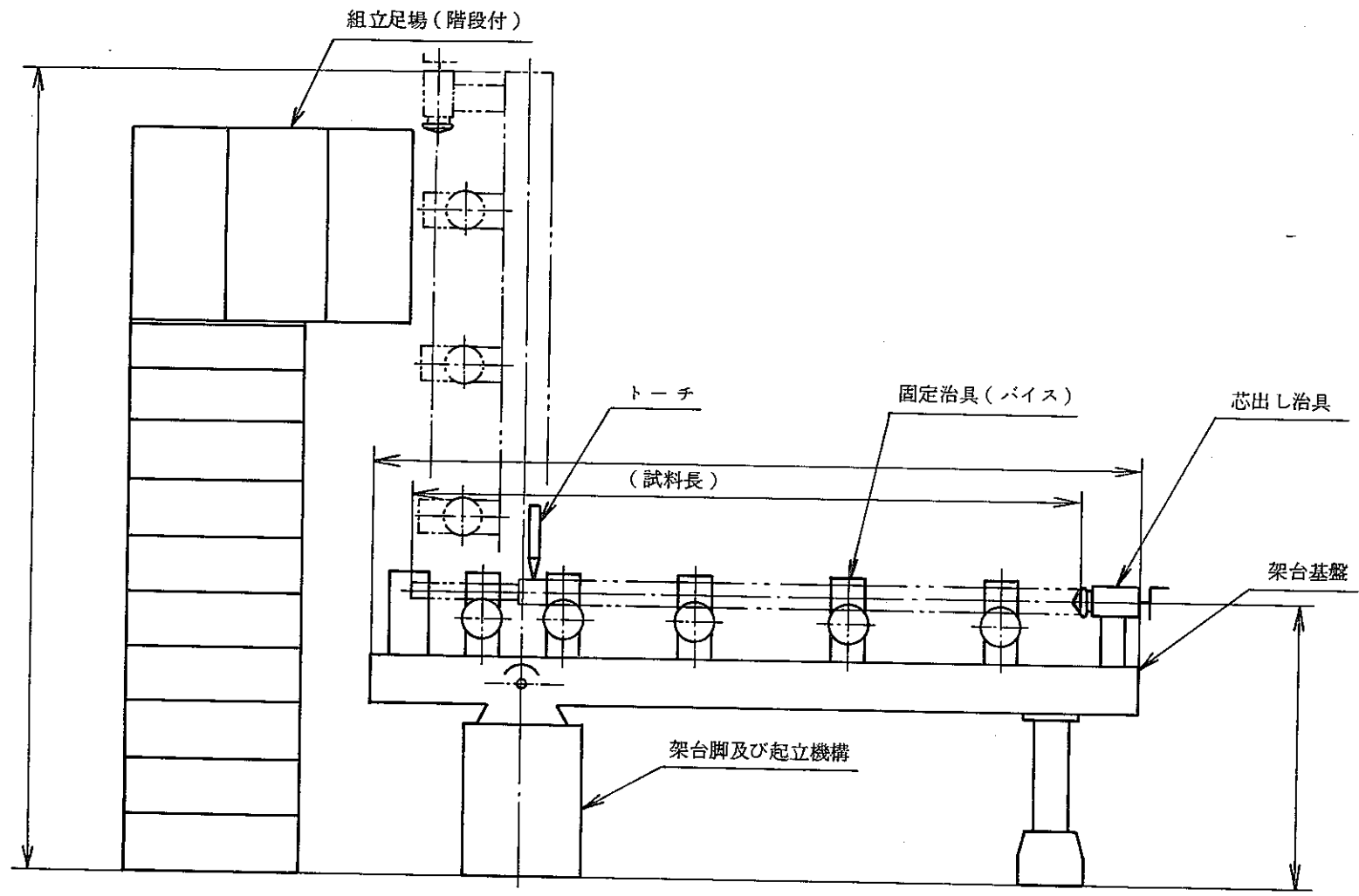
e) 高周波加熱装置

計測線付集合体の計測線ケーブルのナトリウム境界部をロー付するもので、集合体ケーブルも含めて真空容器内に収納し、真空排気—不活性ガス置換を行い、ロー付部周囲部に配した加熱用コイルに高周波電流を通じ加熱する。

f) B<sub>4</sub>C粉末・金属球充填装置

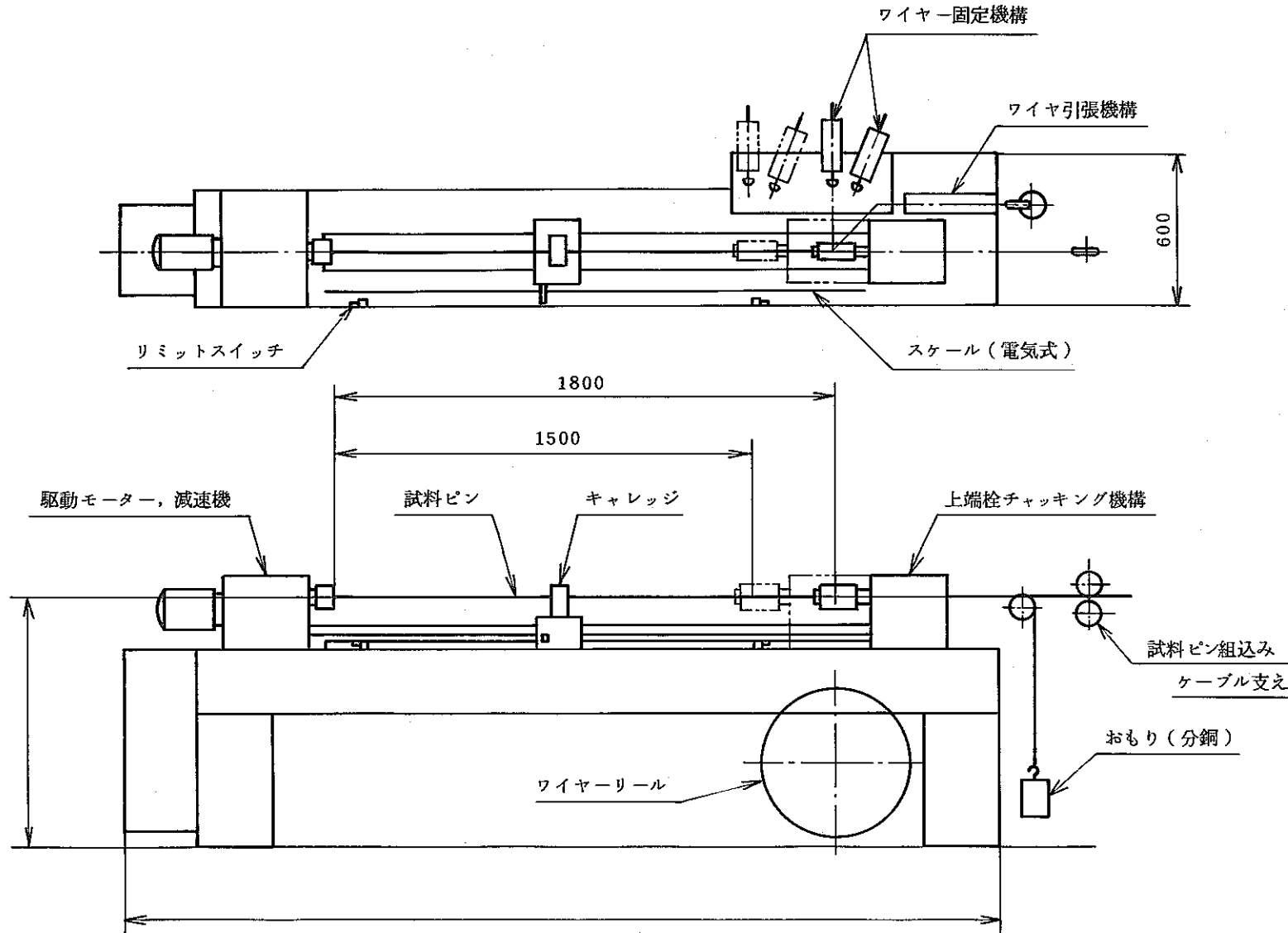
計測線付集合体の内側延長管(下)へB<sub>4</sub>C粉末および同(上)へ金属球を遮蔽体として充填する装置である。

加振機は、充填の際、延長管部に振動を与えるもので、加振子と加振用電源より構成され、

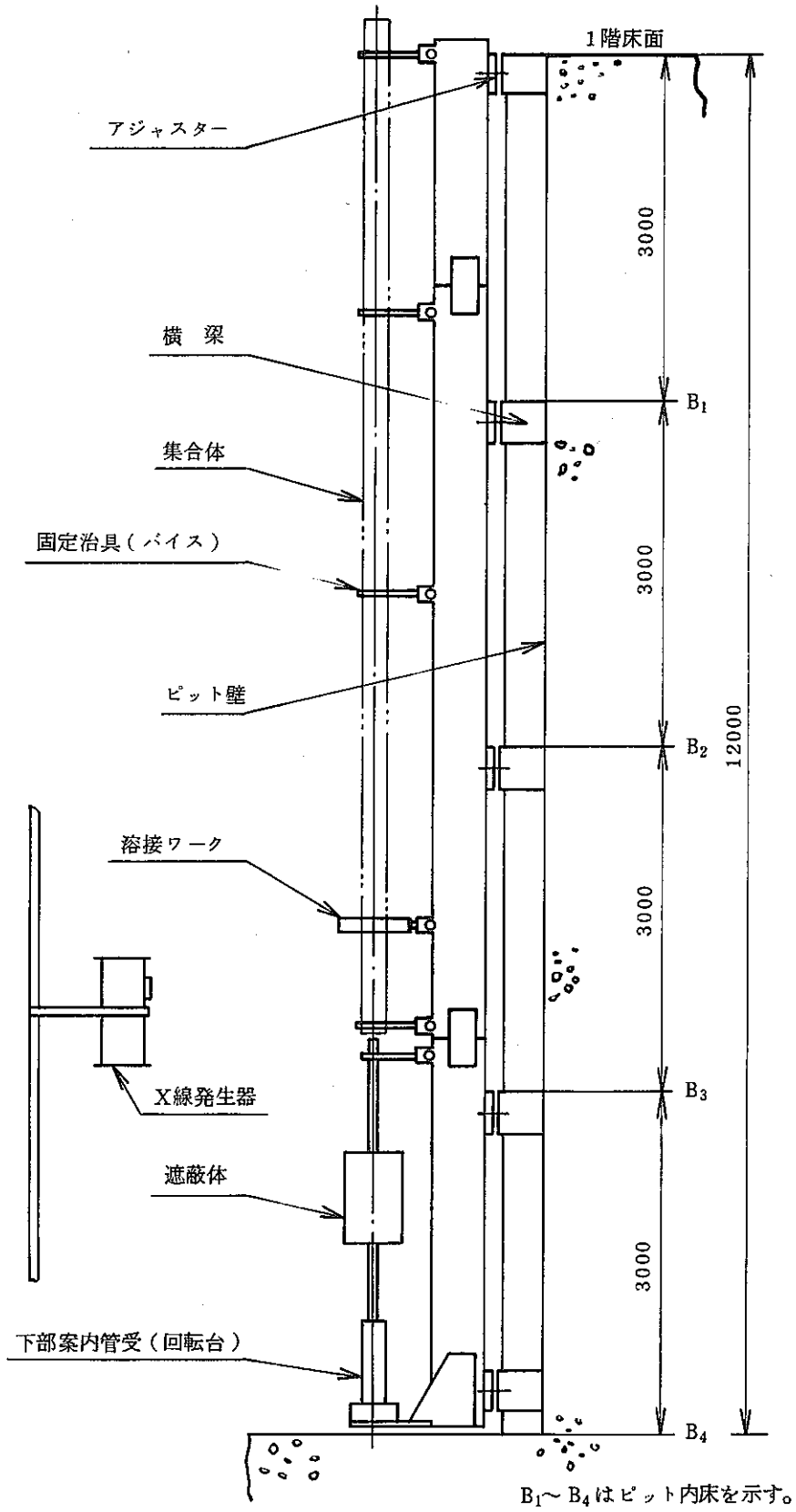


第 11 図 集 合 体 組 立 装 置





第12図 ワイヤ巻付兼、巻付ピッチ測定装置



第 13 図 縦型組立架台

また粉末の飛散を防止するとともに、加振、振動に対する上端部支持機構を有する充填用ボックスがある。

以上が特殊燃料集合体および計測線付集合体の組立検査用の主要機器である。

### 3.1.4 核燃料物質の取扱いに係る臨界安全解析

照射装置組立検査施設では、燃料要素（約1,000本/年）の貯蔵並びに集合体への組立及び検査工程があり、これら工程中での臨界安全を確認する必要性が生じ、解析作業が行われた。

解析は、東海事業所Pu燃設計課および製造1課の協力を得て、CRC(株)に計算委託して実施された。

#### (1) 最小臨界ピン本数の決定

当施設で取扱う燃料棒の最小臨界ピン本数（すなわち、何如なる取扱いをしても未臨界を保てる最小の燃料棒本数）を求めた。燃料棒としては第1表に示す2種類のもの考えた。表中L型は“もんじゅ”型燃料仕様に若干余裕をもたせたものであり、H型は考えうる最も厳しい条件のものである。

解析は、Pu燃部開発のGTB-2を用いて行った。その結果を第14図に示す。この結果から最小臨界ピン本数が約70本であることがわかった。

#### (2) 燃料貯蔵庫の設定

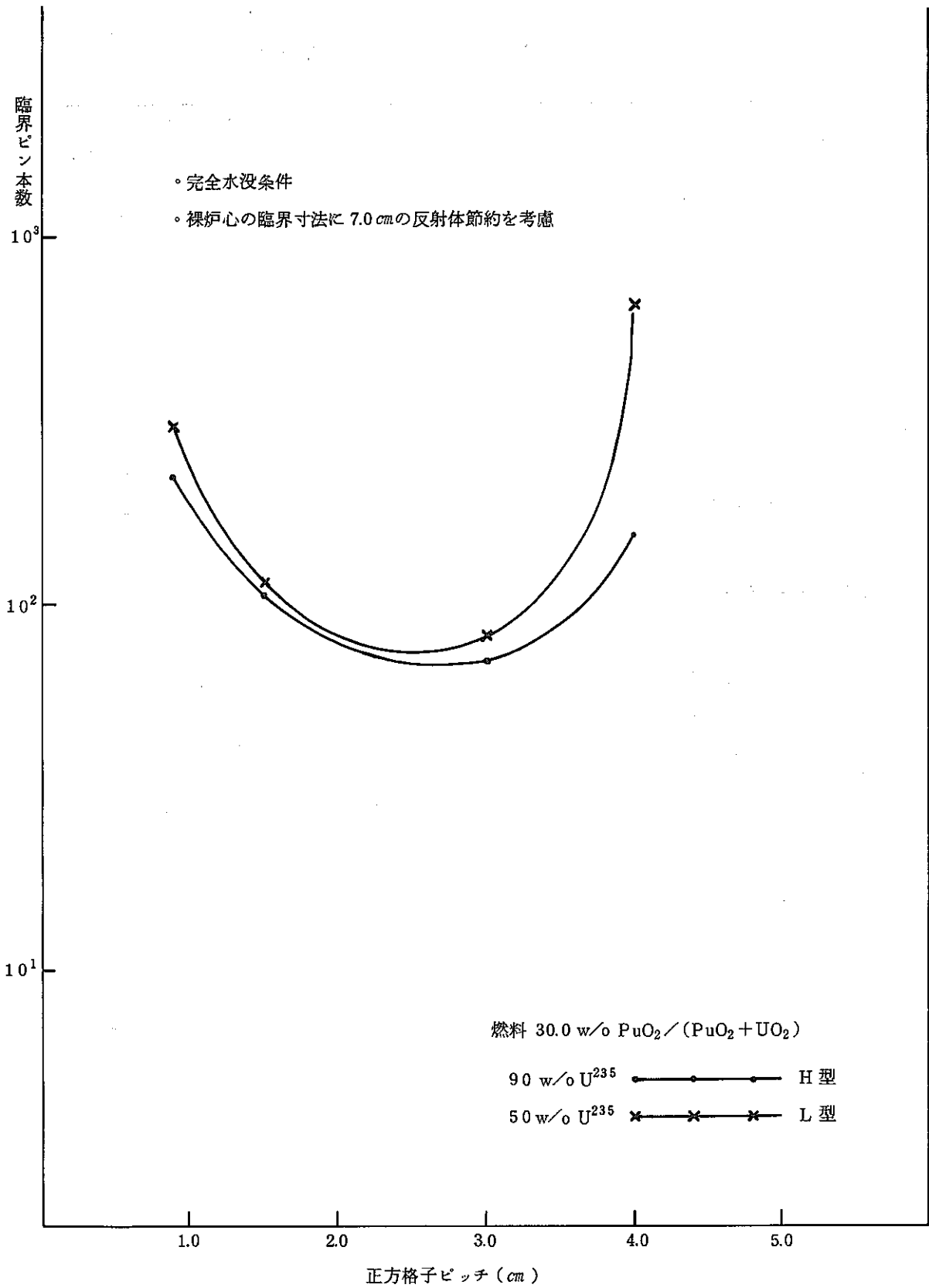
第15図および第16図に示す燃料貯蔵庫でのユニットセルピッチサーベイおよび減速材密度サーベイを行い、臨界安全性を確認した。解析はGTB-2と標準的な拡散計算コードCITATIONを用いて行った。燃料棒仕様は前項(1)での第1表の2種類ものを対象とした。

その結果、第17図及び第18図に示す通りユニットセル面間距離を15cm以上にすればよく、また完全水没条件が最も厳しいことが分った。これにより貯蔵庫の基本仕様を設定した。

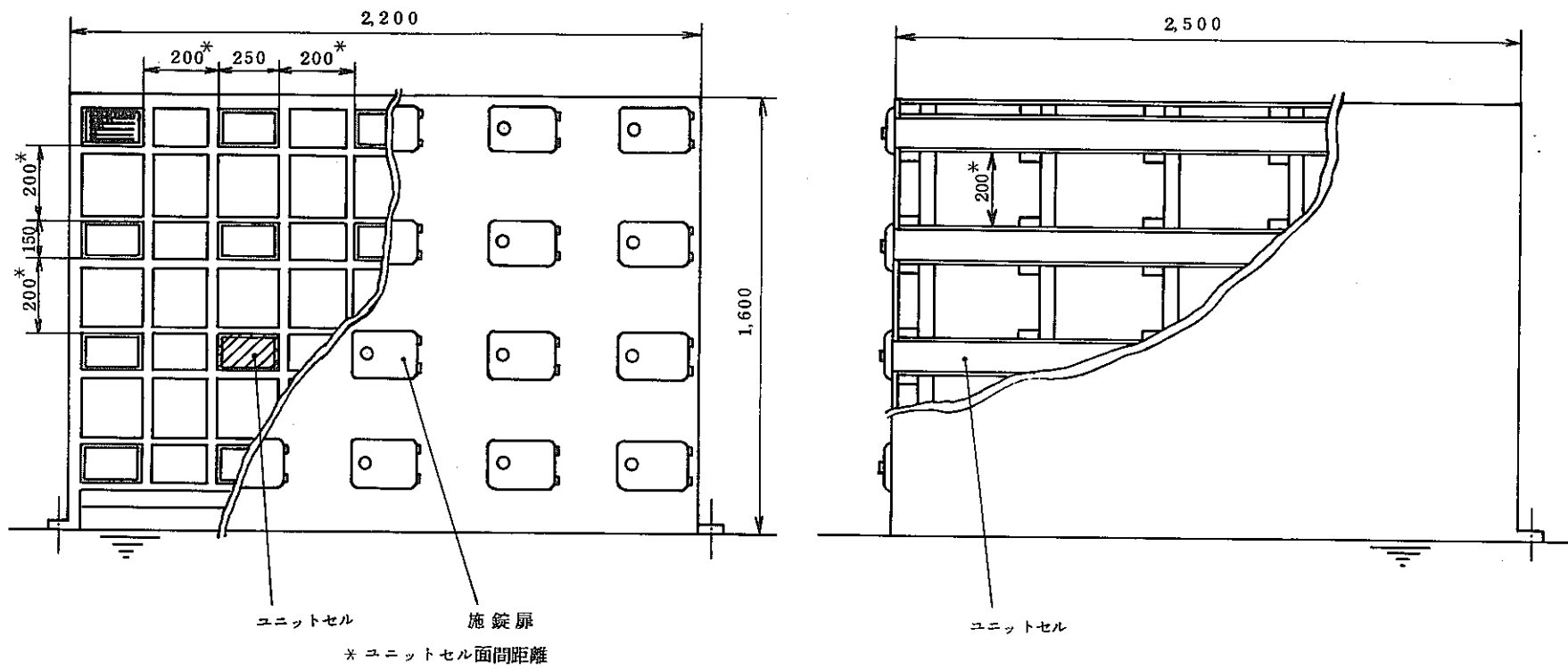
第1表 臨界計算に用いられた燃料仕様

	高濃縮燃料(H型)	低濃縮燃料(L型)
燃料ペレット		
外 径 (mm)	7.0	6.0
密 度 (% T.D.)	95	95
Pu 富化度 (w/o)	30	30
Pu 同位体比 (w/o)		
Pu <sup>239</sup>	80	80
Pu <sup>240</sup>	10	10
Pu <sup>241</sup>	10	10
U 濃縮度 (w/o)	90	50
O/M比	2.0	2.0
燃料要素		
全 長* (cm)	約 200	約 200
燃料有効長* (cm)	約 55	約 55
被覆管外径 (mm)	8.6	6.8
被覆管内径 (mm)	7.0	6.0
被覆管材質	SUS 316	SUS 316

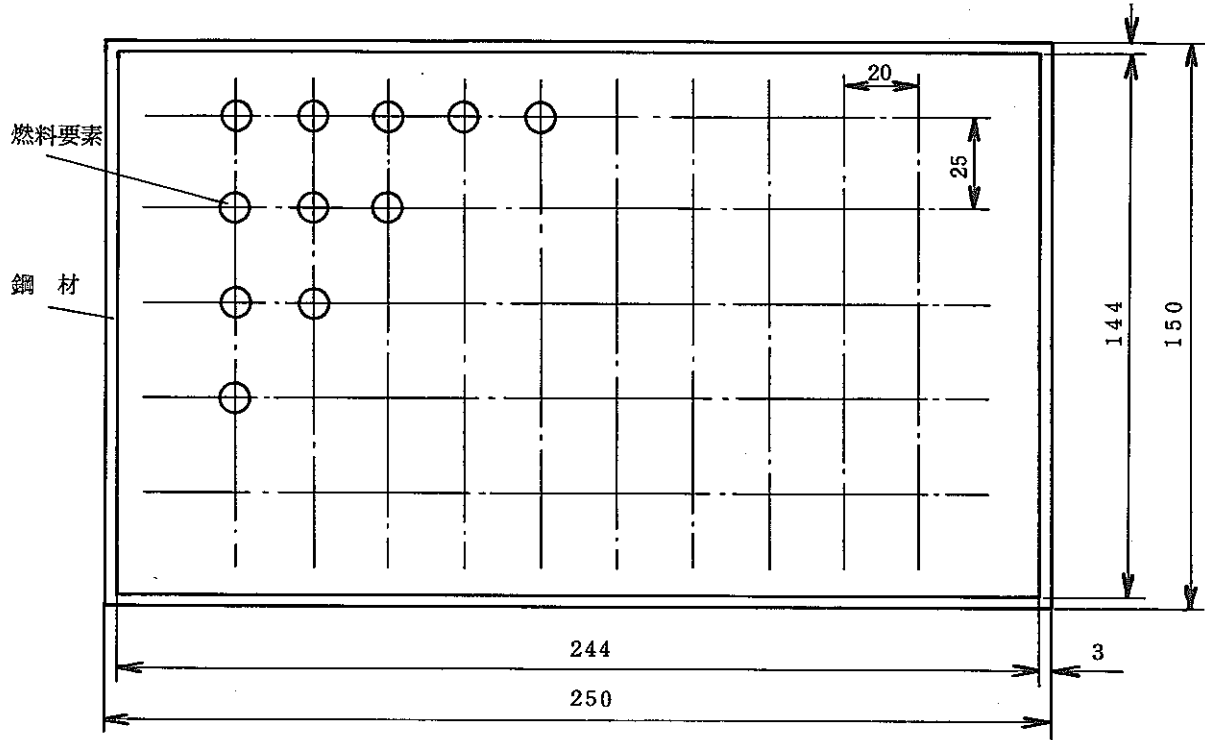
\* 参考値。今回計算条件には入らない。



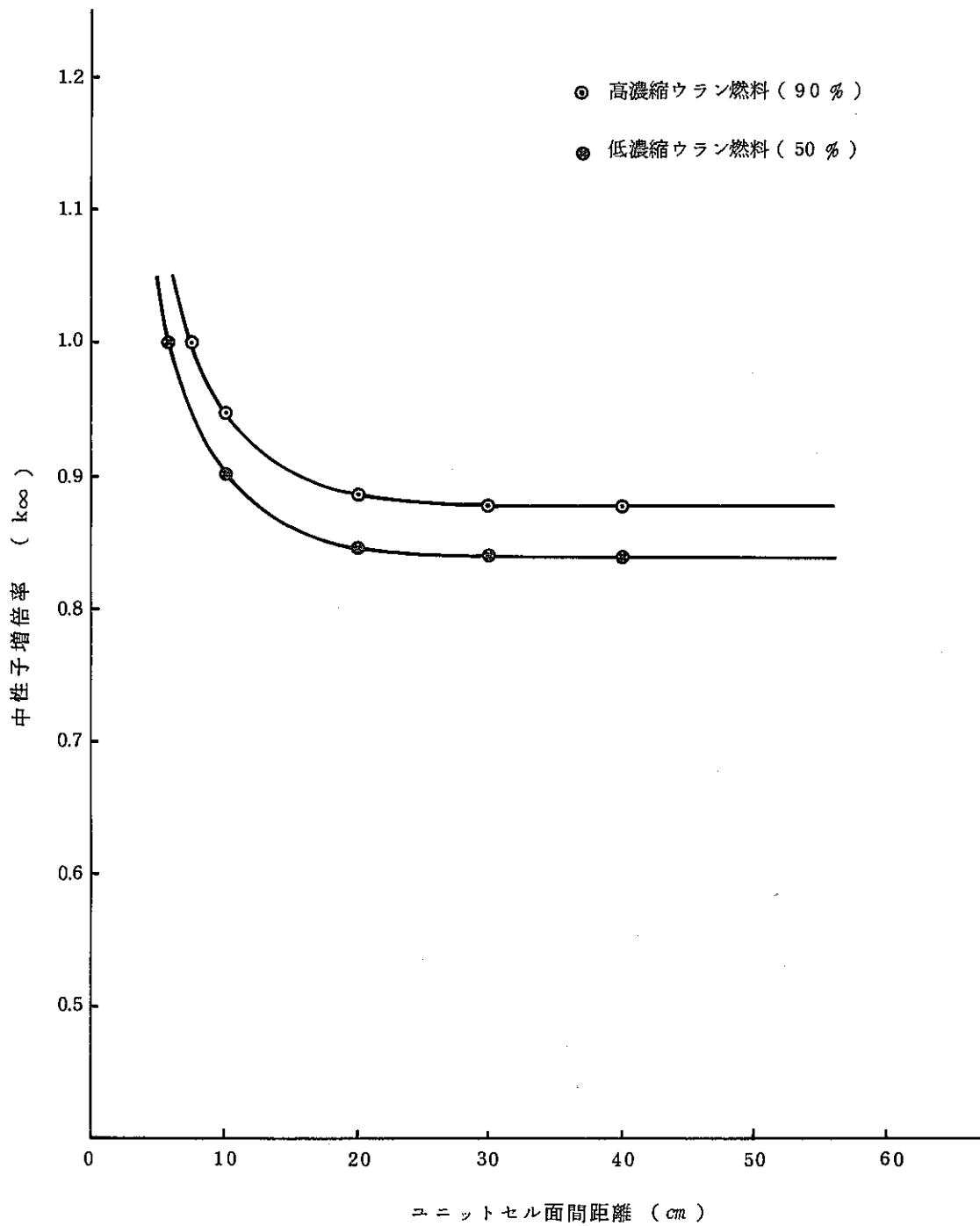
第 14 図 最小臨界ピン本数のサーベイ



第15図 燃料要素貯蔵庫概要図

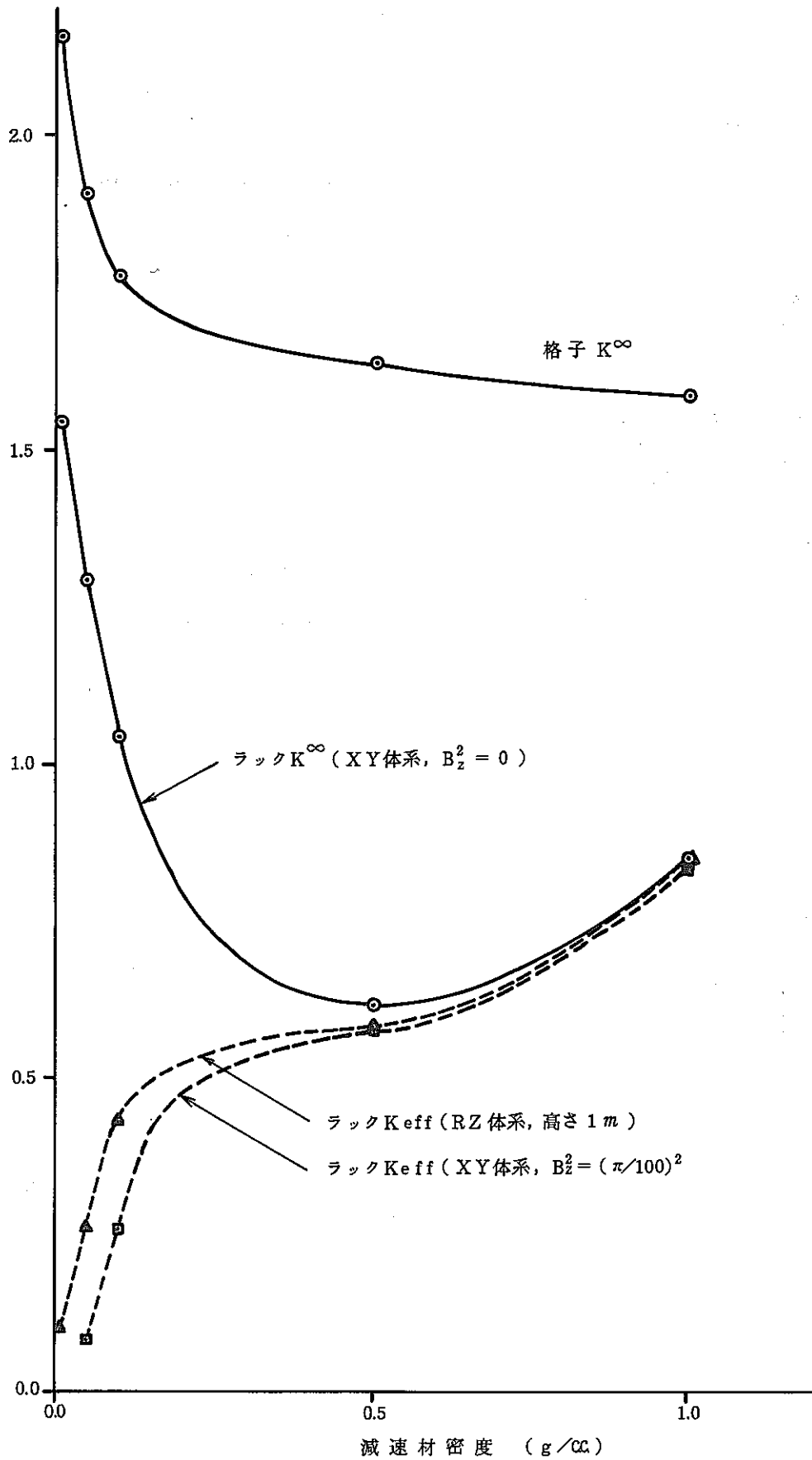


第 16 図 ユニットセル計算形状



第 17 図 ユニットセル面間距離と中性子増倍率の関係





第 18 図 燃料ラックの中性子増倍率

### 3.2 MK-I 炉心構成要素照射後試験計画

「常陽」はMK-II 照射炉心で本格的な燃料・材料の照射試験が実施されるが、MK-I 炉心において使用された炉心構成要素の照射挙動を把握することも重要である。炉心には検査用燃料が10体装荷されている。これらの燃料は、製造時に詳細なデータが取得されており、照射後試験データと細かい比較ができるようになっている。また、ブランケット燃料も同様に照射挙動の比較検討ができるようになっている。この他、制御棒や中性子源の照射挙動も興味深い。

以上のような観点から、昭和53年7月から11月までにMK-I 炉心構成要素の照射後試験計画を関係各部署で検討して決めた。検討に参加した部門は下記のとおりである。

核燃料部 東海事業所 Pu燃料部 設計課  
 製造第1課  
 品質管理課  
 開発課  
 核燃料部 東海事業所 技術部 検査開発課  
 FBR本部 大洗工学センター  
 燃料材料試験部 照射燃料集合体試験室  
 照射材料試験室  
 照射燃料試験室  
 ナトリウム技術部  
 高速実験炉部

#### 3.2.1 試験要望項目

「常陽」のMK-I 炉心構成要素を照射試験体として有効に活用するため、原子炉プラント側、ナトリウム技術開発担当側、および燃料等の炉心構成要素の設計・製作・試験検査担当側から、照射後試験に対する要望をまとめた。

試験要望項目は現状の照射後試験施設の能力と<sup>(3)</sup>必ずしも整合はとれていないが、今後の照射試験計画の立案や照射後試験施設の改造等に利用していく予定である。要望内容の詳細は別に資料として印刷する予定であるので割愛し、項目のみ第2表に示す。

要望項目は炉心構成要素の種類毎に分類した。試験の対象となった炉心構成要素の種類は、燃料集合体（炉心燃料およびブランケット燃料）、制御棒（調整棒および安全棒）、CRD下部案内管、反射体、中性子源（Be部およびγ線源部）および計測器等である。

#### 3.2.2 試験計画

試験要望項目の作成と同時に各炉心構成要素の取出しに関する試験計画を作成した。

炉心燃料集合体は、燃焼度をパラメータにして各運転サイクル毎に検査用燃料（予め製作時に詳細なデータを取得してあるもの）を1体（合計10体）、検査用燃料の燃焼度の間を補う

燃焼度の運転用炉心燃料を適当な運転サイクル毎に1体(合計8体)、総計18体を取り出す。またブランケット燃料も燃焼度をパラメータにして合計10体を取り出す。炉心燃料の取出最高燃焼度は約45 MWD/kgである。

制御棒は、運転中の温度と燃焼度をパラメータにして合計9体を取り出す予定である。制御棒の取出最高燃焼度は約 $22 \times 10^{20}$  capture/cm<sup>3</sup>である。

各種炉心構成要素の取出工程表は第3表に示すとおりとなっており、その炉心内位置は第19図に示すとおりである。また、燃料集合体の燃焼度と制御棒の燃焼度分布は夫々第20図および第21図にまとめた。昭和54年3月末現在で、炉心燃料4体、ブランケット燃料1体、制御棒3体、中性子源(Be部のみ)とパイルオシレータロッド各1体、合計10体を取り出されて照射後試験中であり、いずれも異常は見られていない。

第2表 照射後試験要望項目表

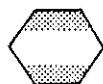
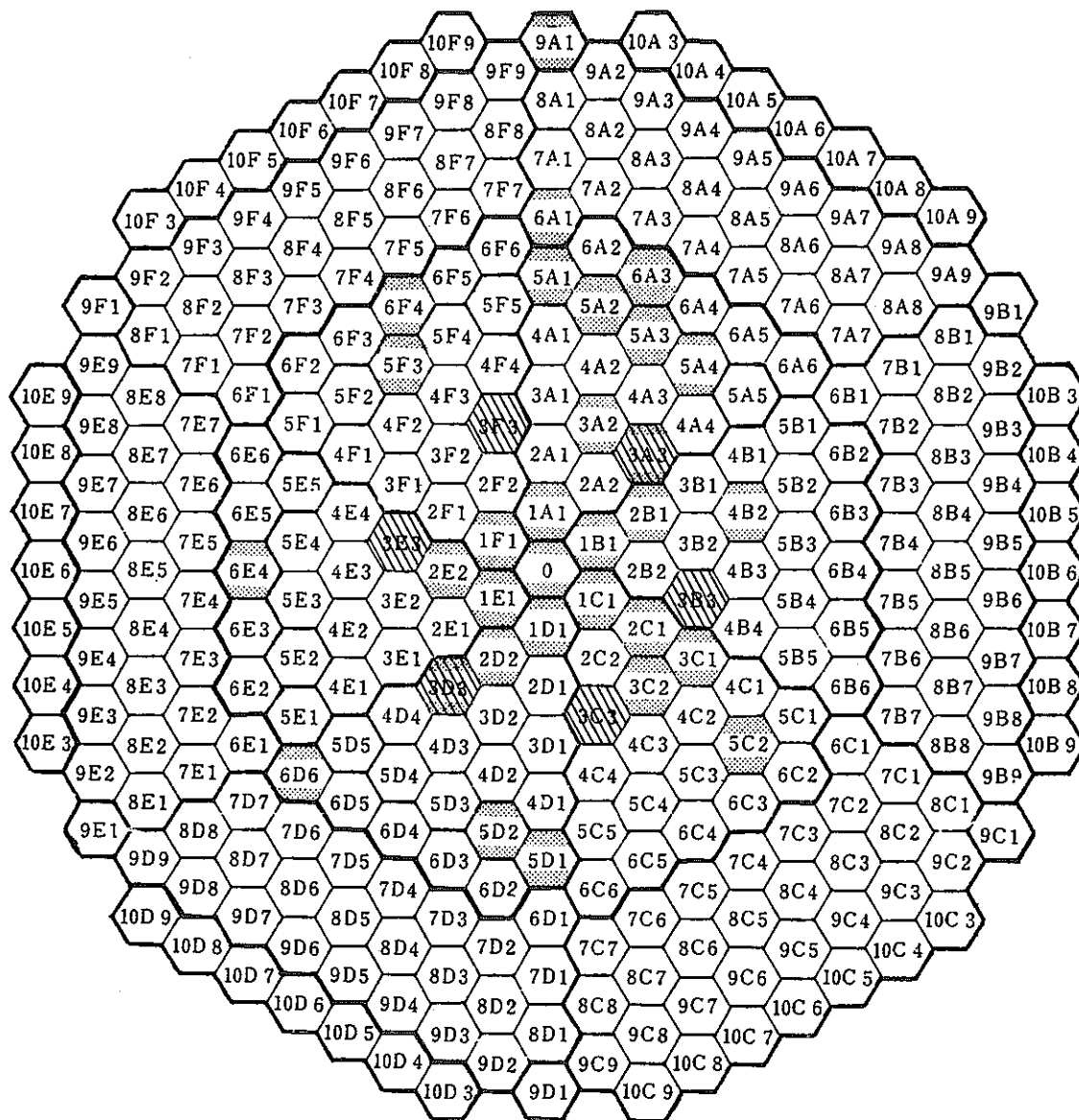
SA- 1 炉心設計の評価:(1)出力分布,(2)燃焼度分布,(3)増殖比	CR-10 被覆管強度試験
- 2 部材放射化量の測定	- 11 Na環境効果の評価
- 3 ホットスポットファクタの測定	- 12 B <sub>4</sub> Cペレットと被覆管との機械的相互作用評価
- 4 燃料の中性子発生量評価	- 13 制御棒の熱流体力設計の確認
- 5 燃料集合体の崩壊熱	- 14 Na洗浄効果の評価
- 6 ナトリウム中のCP挙動調査	CRD下部案内管
- 7 燃料集合体の外形形状等の健全性確認	GT- 1 外形形状の健全性確認
- 8 燃料集合体の流体力設計評価(I)	- 2 球面座外観検査
- 9 " (II)	- 3 ハードフェーシング部検査
-10 燃料集合体の構造解析(I)	- 4 部材放射化量の測定
-11 " (II)	- 5 Na環境効果の評価
-12 " (III)	- 6 Na洗浄効果の評価
-13 " (IV)	反 射 体
-14 " (V)	RF- 1 構造材放射化量の測定
-15 燃料集合体部材のスウェリング量評価	- 2 スリット部外観検査
-16 燃料部材のNa腐食量測定・質量移行挙動の評価	- 3 球面座外観検査
-17 FCMI	- 4 ハードフェーシング部検査
-18 FCCI	- 5 Na環境効果の評価
-19 燃料燃きしまり	- 6 外形形状の健全性確認
-20 F, P, ガス放出	- 7 SUS304の照射効果
-21 Pu再分布	中 性 子 源
-22 (UPu)O <sub>2</sub> の照射効果(基礎研究)	NS- 1 Be部Heガス内圧測定
-23 ブランケット燃料(UO <sub>2</sub> )の照射効果	- 2 Sbの放射化量,同位体比の測定
-24 溶接部の機械的性質	- 3 窒化部検査
-25 燃料ピン・プレナム構成品の評価	- 4 パット部ステライト肉盛部の検査
-26 ペレット製造仕様の検討	- 5 部材放射化量の測定
-27 燃料要素の健全性確認,製造検査仕様の検討	- 6 被覆管強度試験
-28 燃料洗浄方法の検討・評価	- 7 球面座外観検査
制 御 棒	- 8 Na環境効果の評価
CR- 1 制御棒外形形状の健全性確認	- 9 Na洗浄効果の評価
- 2 制御棒要素の健全性確認	-10 Beの照射効果
- 3 燃焼度測定	-11 Be, SbとSUSの共存性評価
- 4 部材放射化量の測定	-12 部材健全性の確認
- 5 要素内圧測定	計 測 器 等
- 6 格子板衝撃試験	IN- 1 中性子検出器の解体検査
- 7 B <sub>4</sub> C照射効果の測定	- 2 渦電流式温度流速計実用性試験
- 8 B <sub>4</sub> Cペレットと被覆管との化学的相互作用評価	- 3 三素線式熱電体実用性試験
- 9 制御棒使用バネ健全性評価	- 4 Na環境の測定

第3表 「常陽」MK-I 照射後試験用炉心構成要素取出工程表

No.	項目	FY	1978 (53)					'79 (54)					'80 (55)					'81 (56)																																							
			M	7	8	11	12	1	2	3	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																					
	「常陽」運転サイクル		50 MW 出力上昇					75 MW 出力上昇																																																	
	炉心		50(1)					50(2)					75(1)					75(2)					75(3)					75(4)					75(5)					75(6)					75(7)														
	炉内貯蔵ラック																																																								
	炉心燃料集合体 検査用燃料 (燃焼度 MWD/T)		PPJX15 (3,820) 1C1					PPJX08 (6,460) 2E2					PPJX14 (11,000) 1B1					PPJX06 (16,200) 1E1					PPJX17 (13,900) 5F3					PPJX16 (26,300) 1F1					PPJX09 (28,800) 2B1					PPJX11 (35,700) 1A1					PPJX12 (40,500) 1D1					PPJX13 (45,400) 0D0									
	運転用燃料 (燃焼度 " )		PPJD1A (2,000) 5A3					PPJD29 (3,950) 5A4					PPJD04 (8,100) 4B2					PPJD22 (13,800) 3A2					PPJD2L (20,500) 2D2					PPJD02 (29,700) 3C1					PPJD 23 (38,000) 2C1					PPJDOT (44,000) 3C2																			
	ブランケット燃料集合体 検査用燃料 (燃焼度 MWD/T)		NFJI06 (65) 5D1					NFJ0H (800) 5A2					NFJIOQ (900) 5A1					NFJIOJ (1,600) 5D2					NFJMIS (1,700) 6F4					NFJIOR (2,700) 5C2					NFJO2T (1,100) 6A1					NFJMI1 (1,800) 6D6					NFJMIY ((2,800) 6A3					NFJM12 (3,600) 6E4									
	温度測定用特殊燃料集合体												PPUT3B PPJT3C																																												
	サーベイランス集合体												TTJT00 9A1					TTJT05 9A1					TTJT06 9A1					TTJT07 9A1					貯II-1 P-1 照I-1 RVP+1																								
	制御棒調整棒 (燃焼度 $\times 10^{20}$ capture/cm <sup>2</sup> )		TTJC01 (6.0) 3A3					TTJC02 (8.7) 3D3					TTJC03 (3.0) 3A3					TTJC04 (4.8) 3A3					TTJC05 (8.7) 3D3					TTJC06 (13.0) 3A3					TTJC07 (22.0) 3D3																								
	安全棒 (燃焼度 " )																						TTJS01 (4.5) 3B3					TTJS05 (1.1) 3B3																													
	下部案内管																																(3A3) 3)					(3D3)																			
	中性子源							TTJN00 (Be部のみ) 5C2																																																	
	パイルオンレータロッド <sup>1)</sup> (燃焼度 $\times 10^{20}$ capture/cm <sup>2</sup> )		TTJP00 (4.4) 5F2																																																						
	F M F 移送数 <sup>5)</sup>		1+1					2+1					1+0 2+2					3+1					4+0 2+1					3+1					3+1					3+0					2+1					3+1					5+2+(2)				

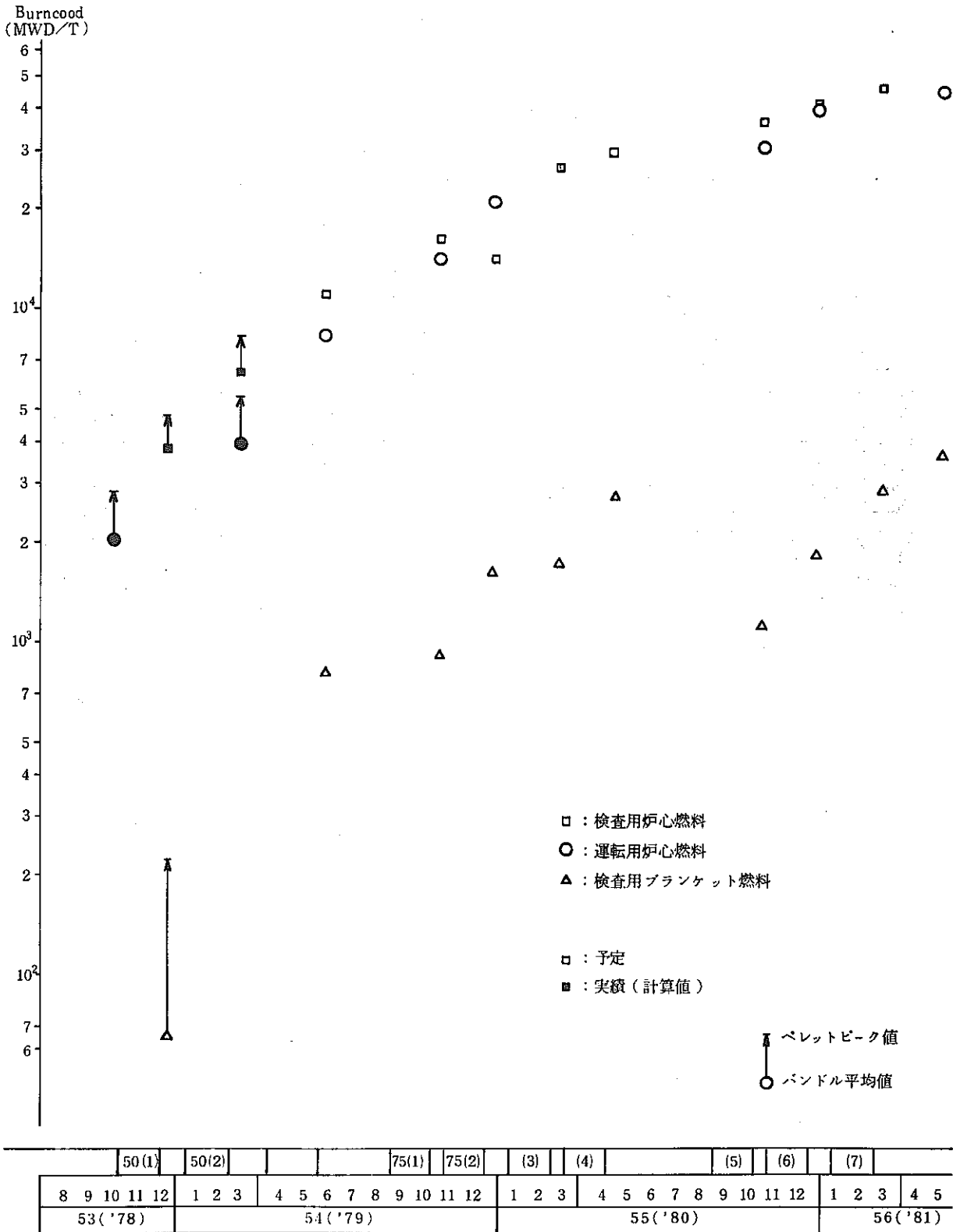
1) 燃焼度は集合体平均値  
 2) 貯II-1は炉内燃料貯蔵ラック内のサーベイランス集合体、照I-1は炉容器壁の照射ラック内のサーベイランス集合体、なお、照I-1は制御棒と同一外形。  
 3) 下部案内管取扱機でメンテナンス建家に運ばれ、そこからFMFヘキサスクで運ばれる。  
 4) 75 MW第7サイクルの実施とMK-II移行時期は未確定。  
 5) A+Bは燃料型A体、制御棒型B体を示す。

4 基準方位(トランスファロータ)

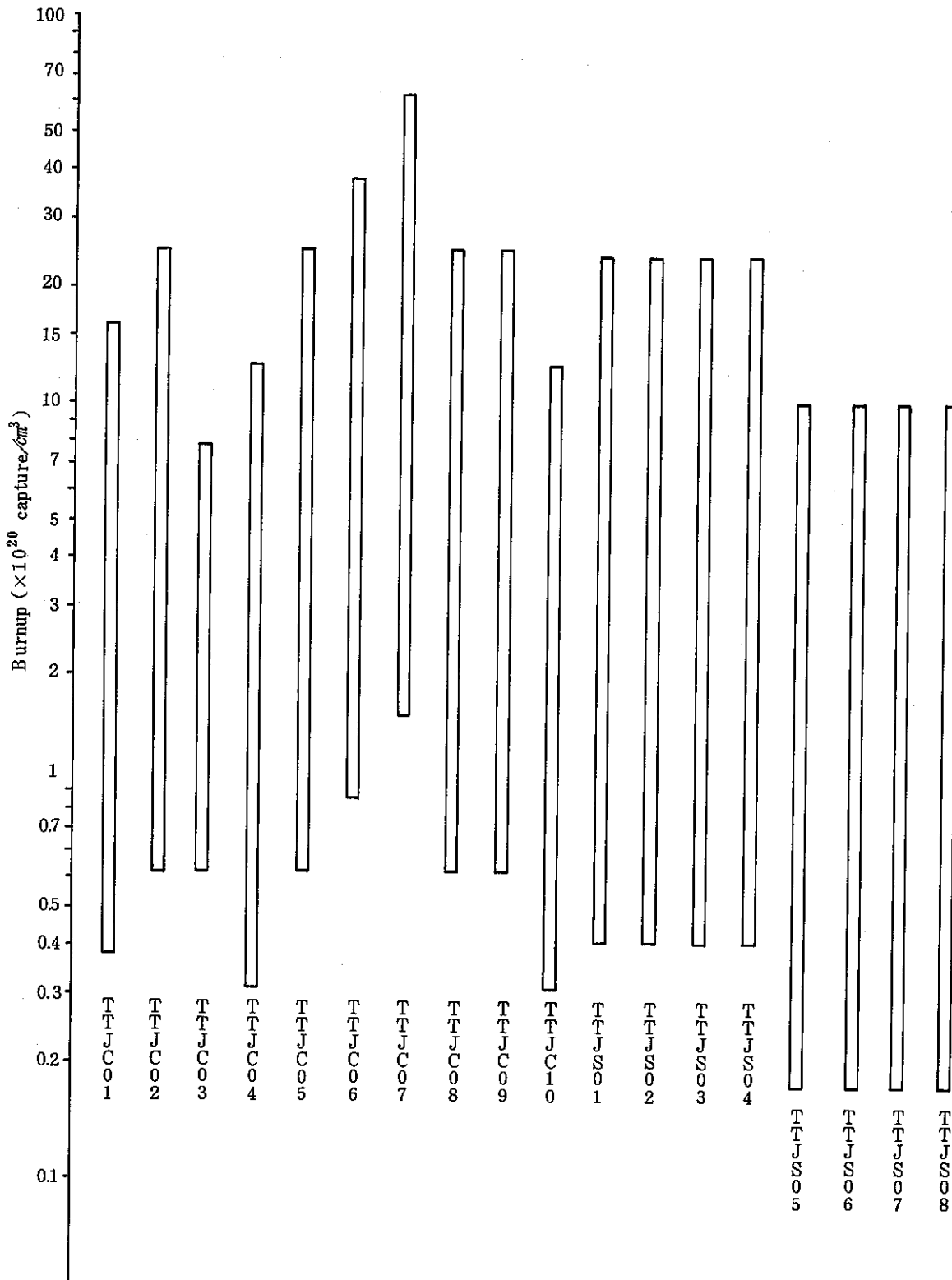


照射後試験用炉心構成要素

第 19 図 照射後試験用炉心構成要素配置図



第 20 図 照射後試験用燃料の燃焼度



第 21 図 MK - I 制御棒の燃焼度

### 3.3 MK-II 照射試験計画

「常陽」MK-II の照射試験基本計画が本社の FBR 本部燃料 Gr でまとめられた<sup>(4)</sup>。この基本計画に従って昭和 54 年度からの開発試験工程を作成し、検討を行った。各照射用集合体の試験・研究、許認可、製作、照射および照射後試験の工程をまとめたのが第 4 表と第 5 表である。

燃料に関する照射試験は、基本計画の内容と変更はないが、材料、特に構造材料と制御棒材料に関する照射試験計画については再検討が必要となっている。制御棒材料の  $B_4C$  ペレット照射は、炉心燃料領域で A 型特殊燃料集合体を使用して行うより、炉心第 6 列の反射体領域で材料照射用反射体により実施する方が得策であるので、変更されている。なお、 $B_4C$  装荷量は炉心構成条件に強く影響するので、炉心核計算サーベイが必要である。また、構造材料照射では、中性子フルエンス「もんじゅ」の条件を模擬可能であるが、温度条件は見通しが暗い。今後、炉心内の  $\gamma$  発熱と照射装置の検討を詳細に実施する必要がある。

### 3.4 照射装置の開発

「常陽」MK-II 用照射装置は、現在、3 種類の特殊燃料集合体、計測線付集合体、ナトリウムインパイルループ等<sup>(5)</sup>が開発・研究中である。開発・試験研究は本社の FBR 本部・燃料 Gr が主体となって実施されている。高速実験炉部では技術課照射 Gr が実機の実施側担当としてこれらの R & D の補助作業を担当している。

#### 3.4.1 特殊燃料集合体

A 型、B 型、C 型の 3 種類の特殊燃料集合体のうち、昭和 53 年度に実施された開発・試験研究は A 型を除いた 2 種類の特殊燃料集合体についてであった。

B 型特殊燃料集合体は、第 3 次試作体の Na 流動試験と FMF 取扱試験、および再組立装置設計・試作が実施された。FMF での取扱試験の結果、コンパートメント押さえ用のスプリングは塑性変形して効かなくなっており、又コンパートメント解体時にキャップネジ部にかじりが発生した。ネジ部材質は変更する必要がある、スプリングは照射後の中間検査時に取り換える必要がある。なお、Na 流動試験中の運転条件は  $600^{\circ}\text{C}-1,800 \text{ hr}$ 、FMF へ輸送後洗浄した条件は、約 3 時間半の連続水洗浄とバッチ水洗浄 7 回 ( $100\text{l}-20 \text{ 分}/1 \text{ 回}$ ) であった。

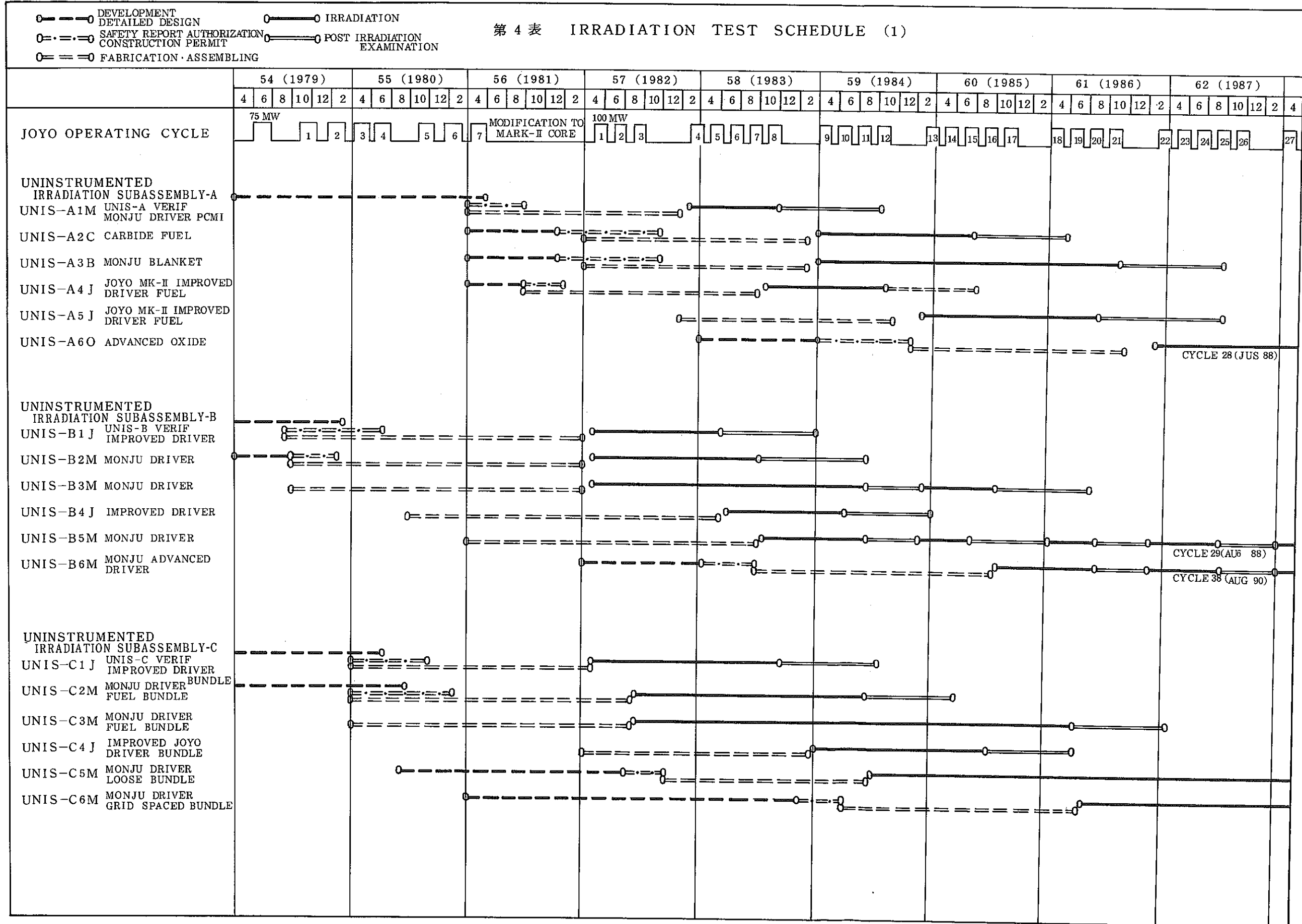
C 型特殊燃料集合体は、「もんじゅ」型燃料ピンと「常陽」MK-II 型燃料ピンの 2 ケースの設計が東京芝浦電気株式会社で実施された<sup>(6)</sup>。

#### 3.4.2 計測線付集合体

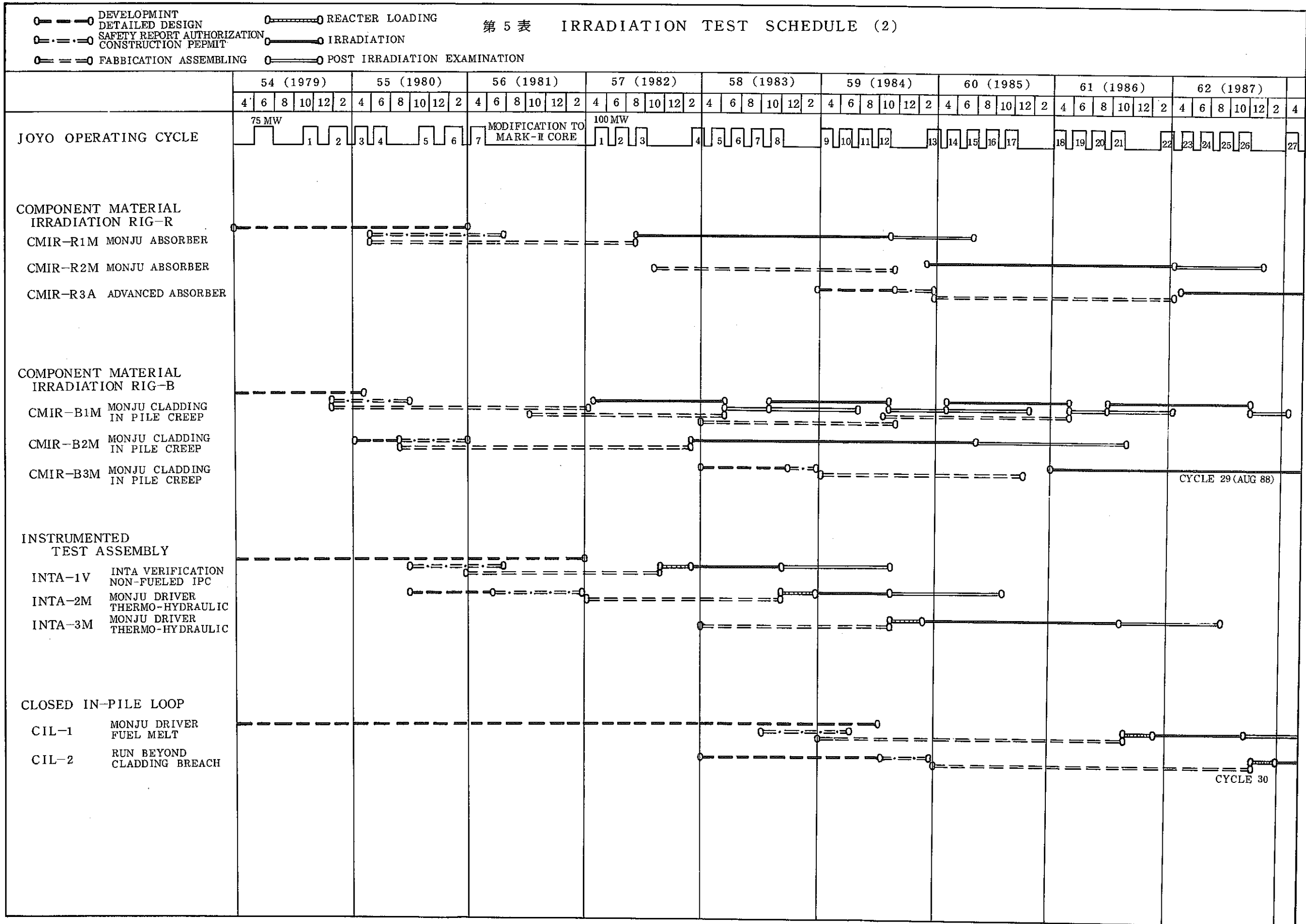
計測線付集合体の開発は、種々の部分試験が実施された。上部案内管部分はナトリウム機器構造試験室で Na 中試験され、洗浄後、東京芝浦電気株式会社で分解・点検が行われた<sup>(7)</sup>。外側延長管にベローズガイドによる傷があり、ベローズガイドの形状・製作方法の変更を要することがわかった。



第 4 表 IRRADIATION TEST SCHEDULE (1)



第 5 表 IRRADIATION TEST SCHEDULE (2)



切断機構は大気中試験の結果をもとに<sup>(8)</sup>Na中試験が実施された<sup>(9)</sup>。カッタとカッタガイドの材質組合せは第6表のとおりである。切断荷重で比較するとコルモノイ#6，ステライト#6，インコネル718の順に増大しているが，いずれの材料も実機で使用可能と思われる。切断時の荷重は第22図に1例を示す。なお，切断ケーブルの配置は第23図に示すものであった。

入口流量計のNa試験は，アルニコVIIIとレアース(Co<sub>5</sub>Sm)<sup>(10)</sup>の2種類について実施された。レアース磁石による流量計の方が出力が大きく，優れていることが確認された。直線性はレアース，アルニコVIIIともによいが，ヌレに起因すると推定される零点ドリフトがしばしば見られた。従って，実機の電磁流量計は単品レベルで実流較正をすることが困難であると思われ，他の方法の検討が必要である。

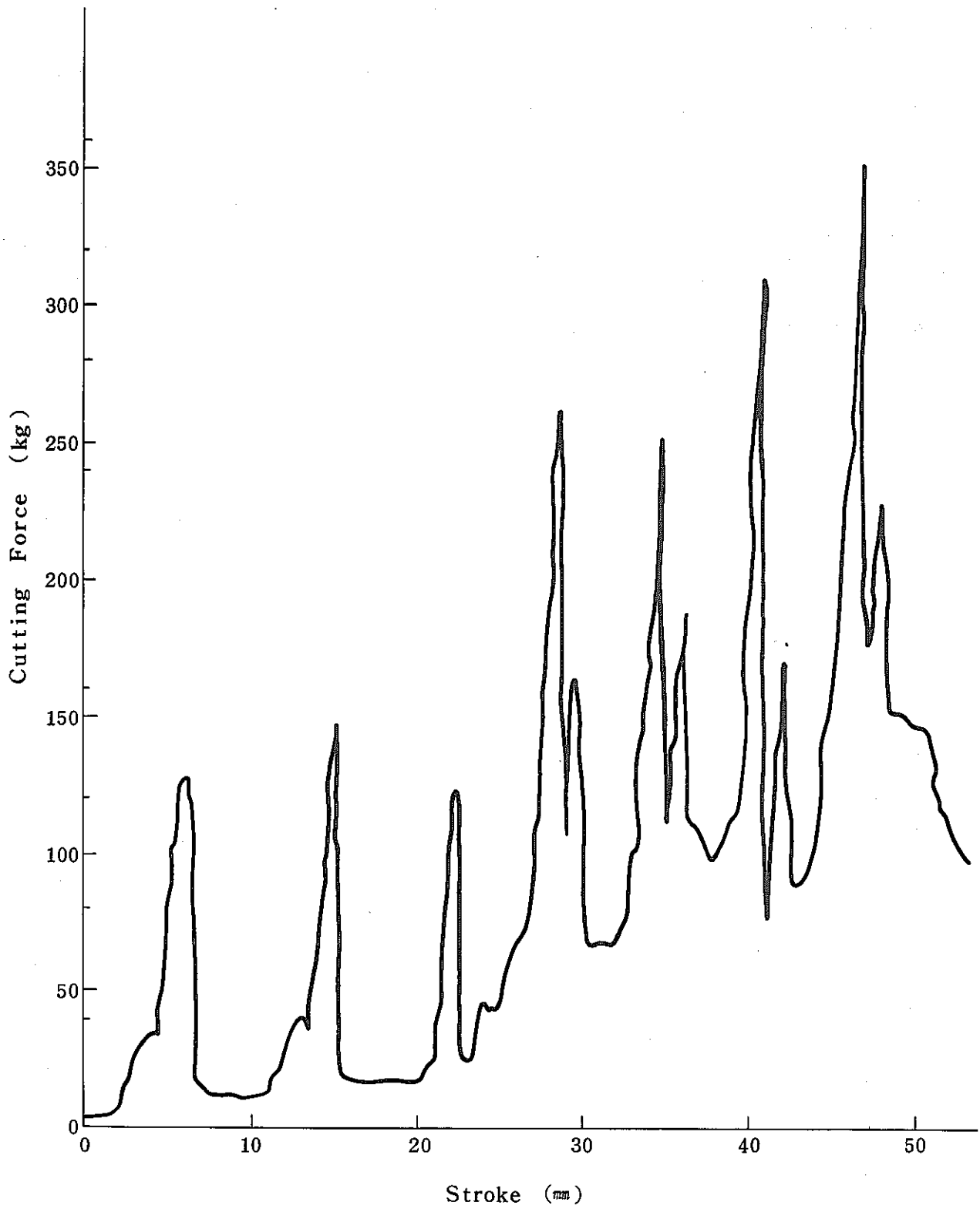
第6表 カッタ・カッタガイド材質組合せ表

試験番号	試験体	カッタ	カッタガイド	個数
1		コルモノイ#6	インコネル718	1
2		インコネル718	"	1
3		ステライト#6	"	1
4		インコネル718	インコネル718	1

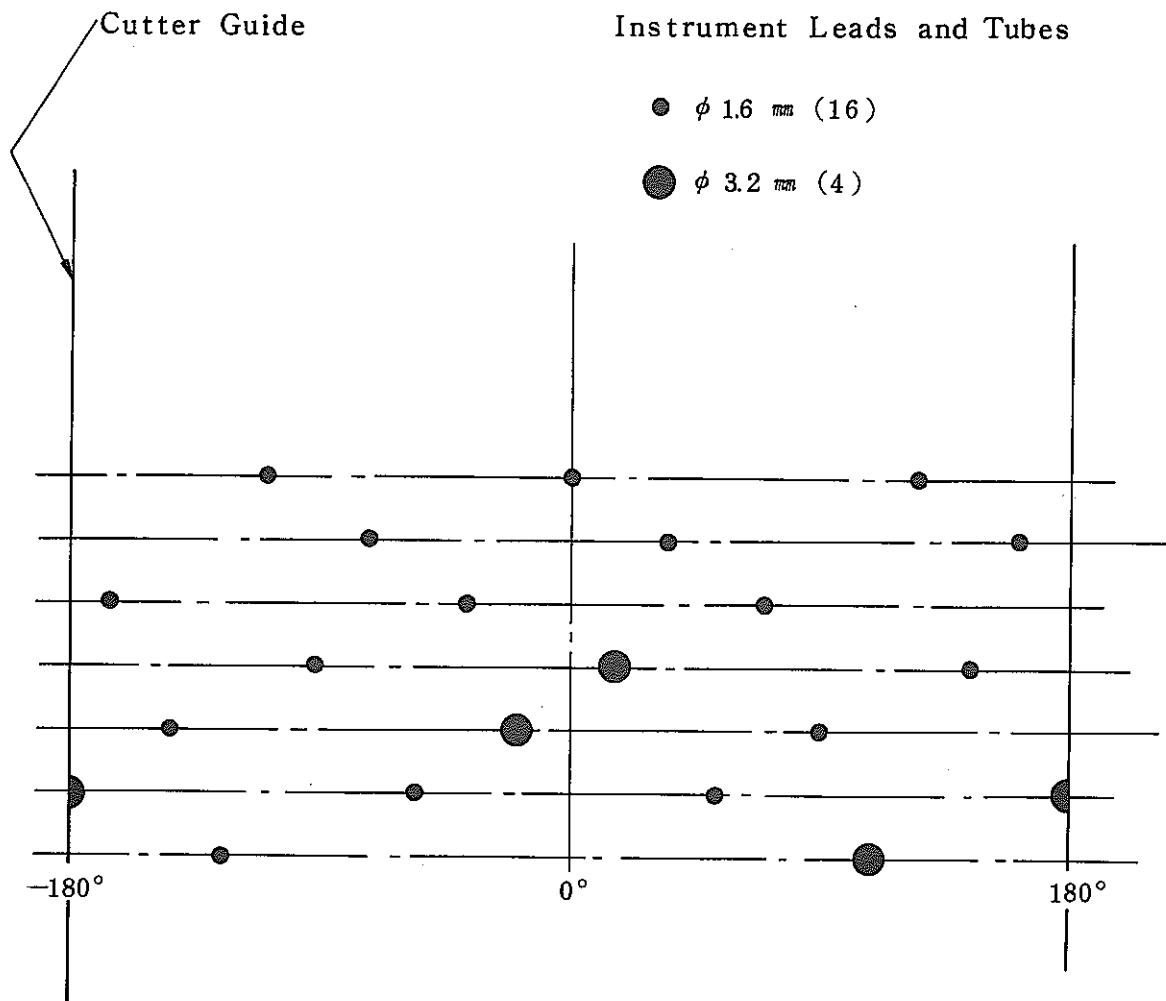
### 3.4.3 インパイルループ(CIL)

昭和52年に実施された概念設定のPhase 2が引き続いて川崎重工業株式会社(KHI社)とAtomics International社(AI社)とで実施された。昭和53年12月6日，7日の両日，大洗の実験炉部で，AI社，KHI社，動燃本社の燃料Gr，高速実験炉部の間で，概念設定作業の設計条件や原子炉側との取合条件に関して打合せが持たれた。概念設定(I)でAI社より求められていたOptionについて動燃より回答した。回答内容およびインパイルループに対する実験炉部の基本的姿勢は次のとおりであった。

- ・2次系は原子炉2次補助系へ接続し，熱除去する。
- ・CILの組立は照射装置組立検査施設(IRAF)で行い，Naの充填・純化もIRAFで行う。
- ・部品の再使用はα汚染されておらず，作業被曝量が許容出来る場合にのみ行う。
- ・照射途中の純化はしない。
- ・シールの交換はしないが，交換方法は検討項目とすること。
- ・燃料交換中CILはキャスク内に収納・保管する。
- ・照射後は増設FMFのセルで解体・試験・処理する。
- ・キャスク取扱，取換プラグ，アダプタ取付作業および遮蔽筒構造は全て概念設定(I)の推奨



第 22 图 Record of Lead Cutting Test



第 23 图 Instrument Leads Arrangement on Cutter Guide

案とする。

更に、

- 本来CILの概念選定前に判断の基準となる調査研究を十分行うべきと思われるが、取りあえず今回従来の経過を尊重して、KHI-AIの設計を完結させること。
- KHI-AIの設計概念は数あるうちの1例であること。
- 早急に実験炉との取合を考えた現実的な選択が出来るような調査研究を実施し、将来計画を立てること。

#### 3.4.4 計装技術

照射装置にはオンラインあるいはオフラインの各種計装が取り付けられ、照射試験条件を測定することが必要である。そのうち、中性子照射量の評価については、米国との間で（EBR-IIと常陽）共同研究を行うこととなり、作業が開始された。

この共同試験研究は、昭和53年6月に開催されたPNC（動燃）-DOE（米国エネルギー省）燃料ワーキンググループの会議の席上DOE側から提案されたもので、次の3点をその目的としている。

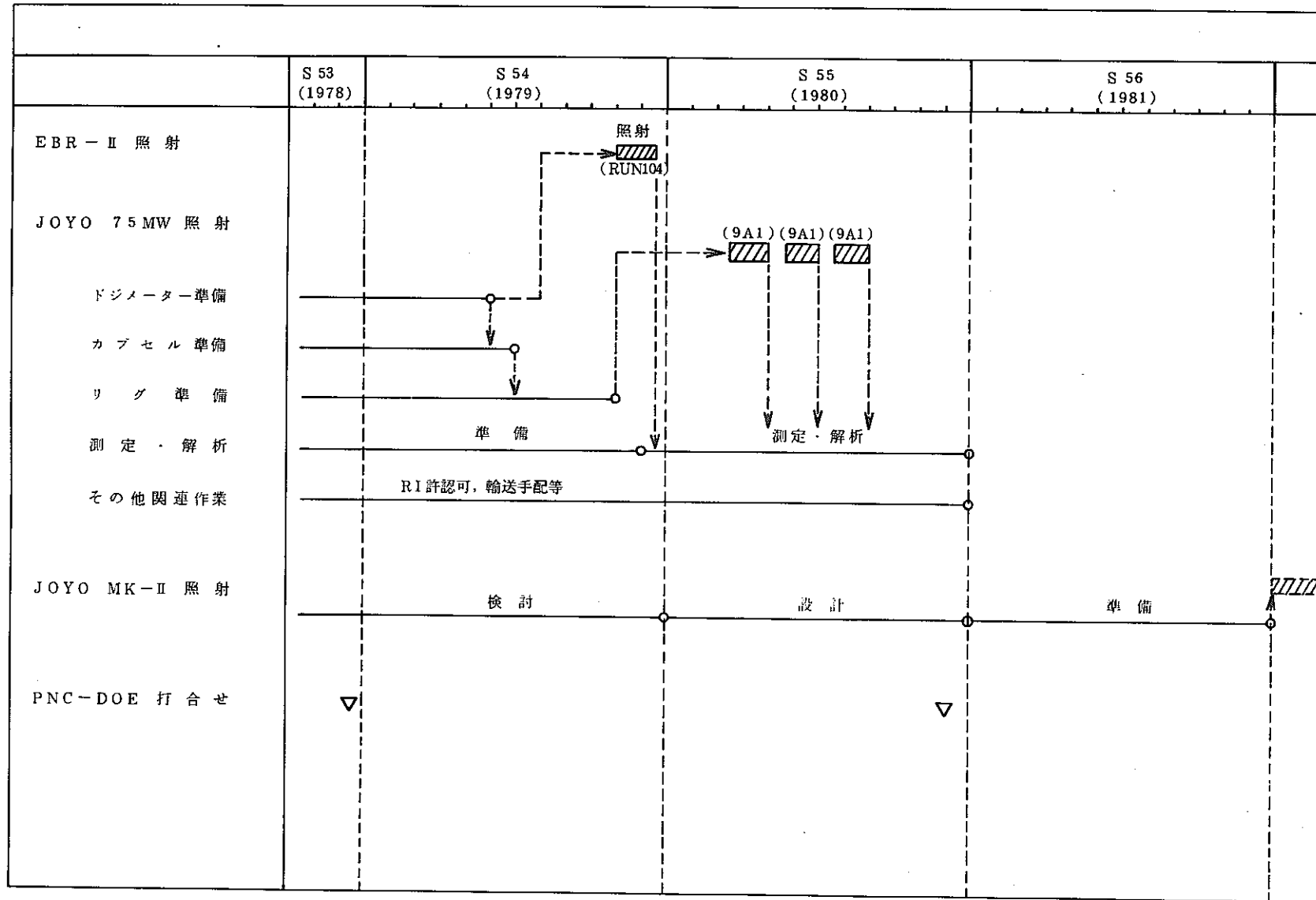
- ① EBR-IIと「常陽」での燃料材料照射データを評価する際の中性子束及び照射量に関するバックデータを整えること。
- ② 測定、解析等に関する技術の向上を図ること。

この目的のためにPNC、DOE双方のドシメーターを「常陽」とEBR-IIで照射し、測定解析した結果を比較するものである。第7表に当研究の計画概略を示す。

当面具体化されているのは「常陽」75 MWでの照射で、これは反射体サーベイランスリグ（第24図に示す）にドシメーターをセットし、第25図に示す反射体位置（9A1）に装荷して行う。ドシメーターとしては第8表に示すものに決定し、購入手配を行った。DOEのセットはすでにPNC側でDOEより受領したものである。また、これらのドシメーターを詰めるカプセル（第26図に示す）を設計し部材の手配を行った。一方測定解析のための機器購入、コード整備は技術課炉心グループで始められている。

関連作業としてRI使用許認可手続および日米間の照射物輸送の調査も始められた。

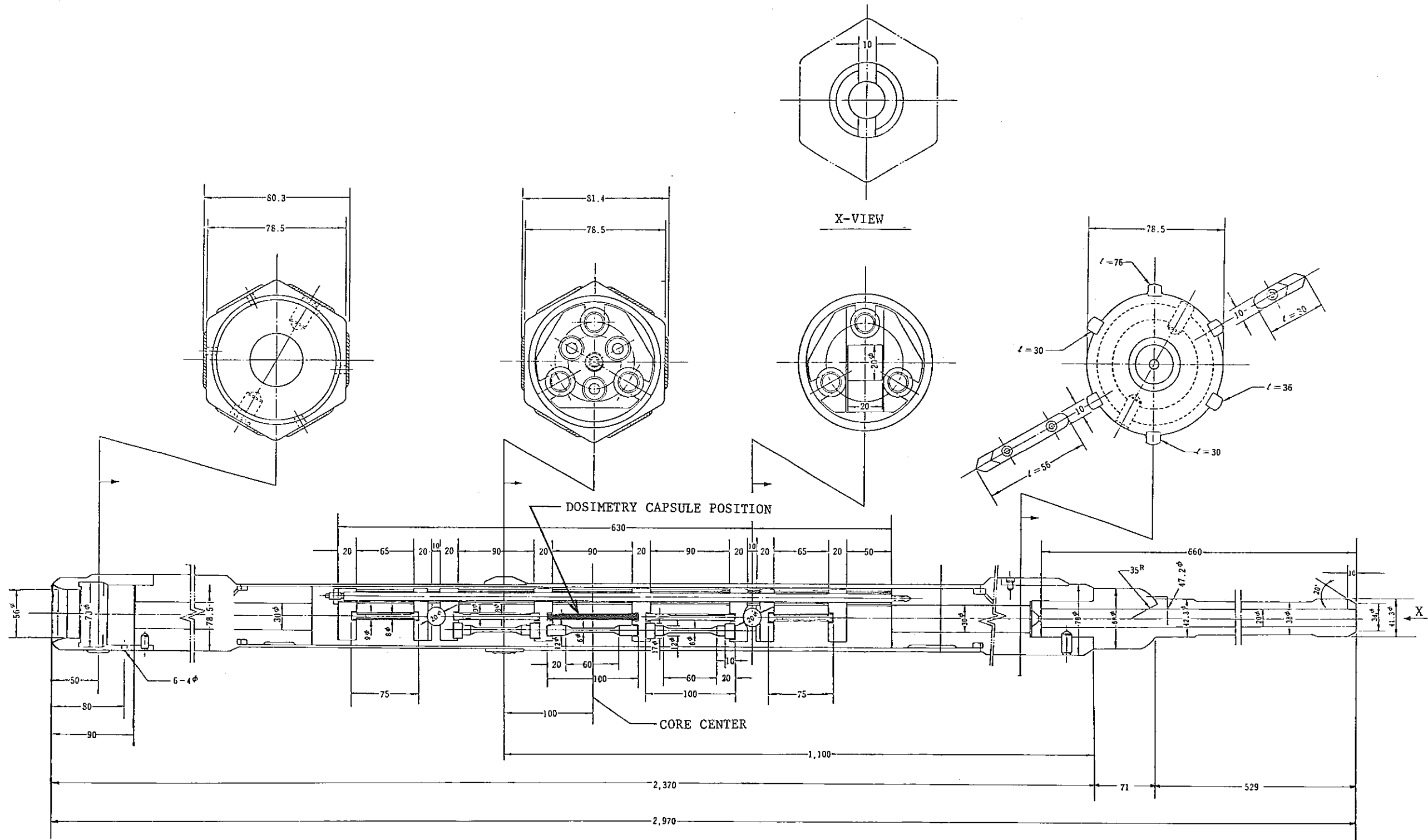
第7表 PNC - DOE 共同ドジメトリ-試験計画



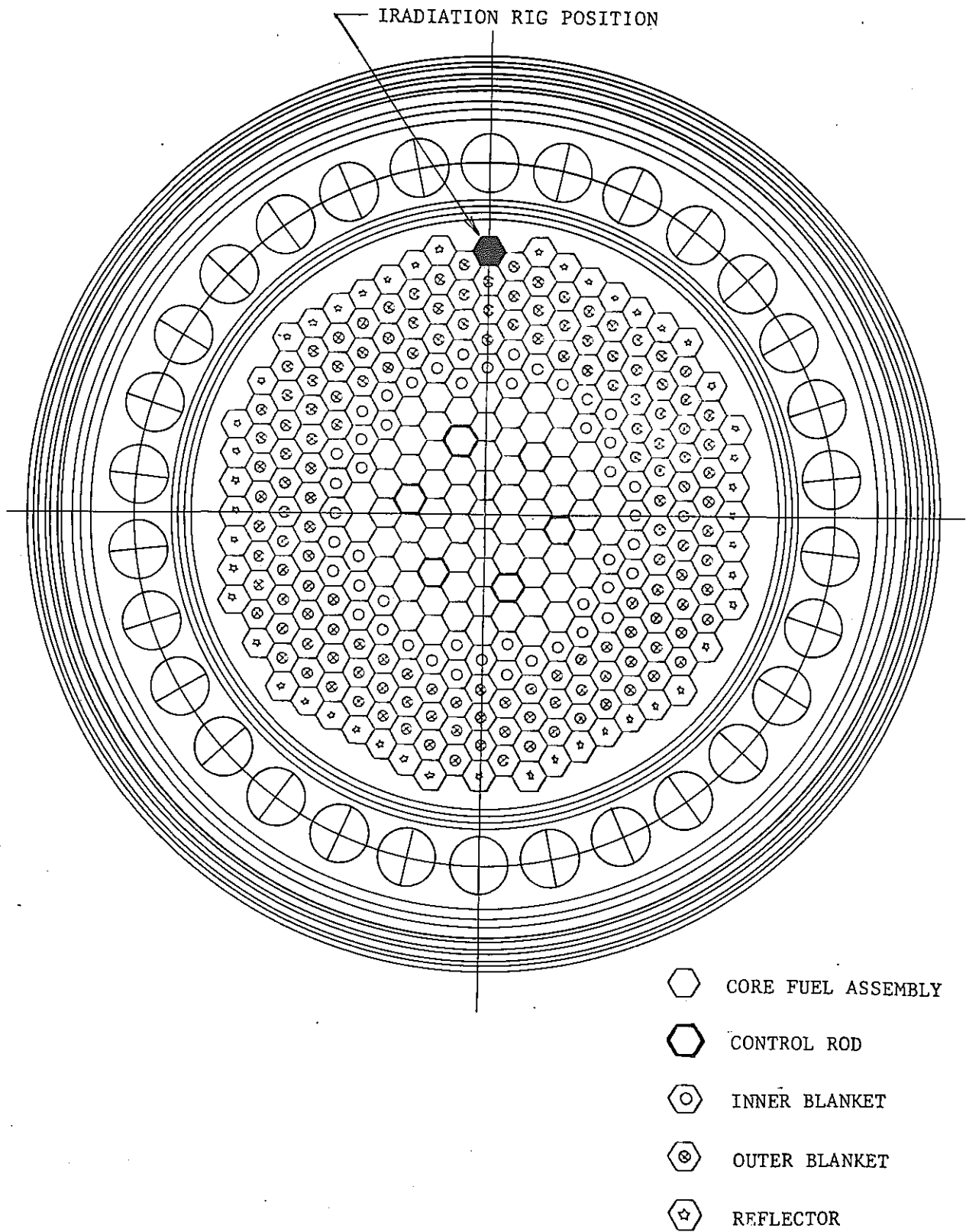
第8表 DOSIMETERS

	Material	Weight	Form	Activity*	Remarks	
DOE SET	Sc	2.0 mg	1.27 mmD 3.1 mmL	4.0 E- 3 Ci	V Capsule	
	Co - V (1%)	2.6 mg	0.38 mmD 3.2 mmL	4.2 E- 5 Ci		
	Fe	4.6 mg	0.5 mmD 3.2 mmL	2.3 E- 5 Ci		
	Ni	3.9 mg	0.5 mmD 3.2 mmL	3.1 E- 5 Ci		
		Cu	5.2 mg	0.5 mmD 3.2 mmL	5.0 E- 9 Ci	
		Ti	2.7 mg	0.5 mmD 3.2 mmL	1.9 E- 7 Ci	
		Np <sup>237</sup> (NpO <sub>2</sub> )	7.0 mg (5μCi)	0.9 mmD 8.7 mmL	4.6 E- 3 Ci	V Capsule
		Ta - V (0.1%) (Nb)	1.2 mg 8.3 mg	0.5 mmD 1.0 mmL (1.3 mmD 0.7 mmL) (0.5 mmD 4.9 mmL)	5.9 E- 4 Ci (5.0 E- 5 Ci)	Measure and cut at PNC Not received
PNC SET	Sc	1.0 mg	1.4 mmD 8 mmL (1.0 mmD 0.42 mmL)	2.0 E- 3 Ci	Cu Capsule	
	Co - Al (0.6%)	16.7 mg	1.0 mmD 7.9 mmL	1.6 E- 4 Ci		
		Fe	10 mg	0.76 mmD 2.8 mmL	5.0 E- 5 Ci	
		Ni	10 mg	0.76 mmD 2.5 mmL	8.0 E- 5 Ci	
		Cu	33 mg × 3	0.76 mmD 8.0 mmL	1.0 E- 7 Ci	
		Ti	20 mg	1.3 mmD 3.3 mmL	1.4 E- 6 Ci	
		Rh	17 mg × 3	0.5 mmD 7.0 mmL	8.0 E- 8 Ci	
		Nb	10 mg	1.0 mmD 1.5 mmL	6.0 E- 5 Ci	
	Ta - ? (V)	(1.2 mg)	(0.5 mmD 1.0 mmL)	(5.9 E- 4 Ci)	Not determined	
<p>* The calculation was made with the following condition:</p> <p>Reactor power ; 75 MW</p> <p>Position ; Reflector zone</p> <p>Irradiation ; 45 days</p> <p>Cooling time ; 15 days</p>						

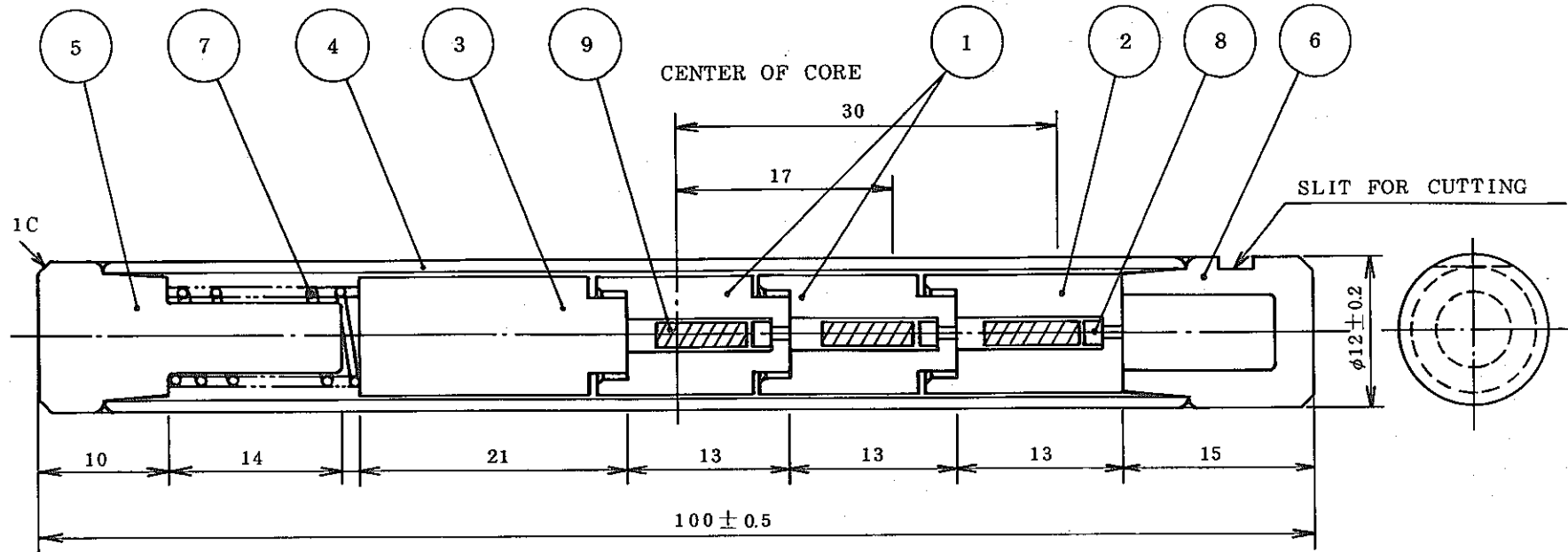




第24図 反射体サーベイランスリグ



第 25 图 炉心配置图



No	DESCRIPTION	MATERIAL
1	UPPER DOSIMETER HOLDER	316 SS
2	LOWER DOSIMETER HOLDER	316 SS
3	SPACER	316 SS
4	CLADDING	316 SS
5	UPPER END PLUG	316 SS
6	LOWER END PLUG	316 SS
7	SPRING	316 SS
8	WASHER	316 SS
9	DOSIMETER	316 SS

第26図 ドジメーターカプセル

## 参 考 文 献

- (1) 東京精密 (株), 実験炉用照射装置加工組立施設概念設計書, SJ299 77-08 (1977年3月)
- (2) 三菱原子力工業 (株), 照射装置組立検査装置・概念設計書, (1979年3月)
- (3) 小林重夫, 他, 燃料材料試験部における照射後試験, PNC N908 78-01, (1978年7月)
- (4) 部内資料, 燃料・材料照射試験基本計画—「常陽」MK-IIの利用—, (1979年1月)
- (5) 高速実験炉部, 「常陽」と照射試験—JOYO MARK-IIについて—, PNC N908 78-03, (1978年)
- (6) 緒方恵造, 他, 新型(C型)特殊燃料集合体の設計, ZJ201 79-24 (1979年)
- (7) 井桁正巳, 他, 計測線付燃料集合体・上部案内管取扱試験後検査および検討・評価, SJ201 79-19 (1979年2月)
- (8) 大島義雄, 他, 計測線付燃料集合体の部分試験, SJ201 76-18 (1976年7月)
- (9) 根井弘道, 他, 計測線付燃料集合体切断機構ナトリウム中試験, 印刷中, (1979年2月)
- (10) 水口宏司, 他, 計測線付集合体・小型電磁流量計のナトリウム中試験, SJ201 79-23, (1979年3月)
- (11) 川崎重工業株式会社, 炉内ナトリウムループ関連機器概念の設定報告書, SJ 213 78-04, (1978年3月)