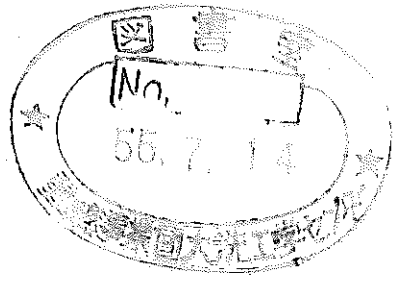


区分変更	
変更後資料番号	PNC
決裁年月日	平成 13 年 7 月 31 日

# 「常陽」照射試験業務プロGRESS・レポート

昭和54年 4 月～昭和54年 9 月



1980年4月

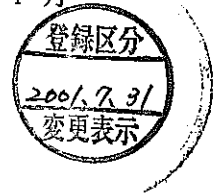
動力炉・核燃料開発事業団

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)



## 「常陽」照射試験業務プロGRESS・レポート

昭和54年4月～昭和54年9月

大竹 俊英\*小野 尚士\*石山 智\*  
宮川 俊一\*野口 好一\*有井 祥夫\*  
梶原 栄二\*照沼 幸司\*

### 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54年4月から同年9月までの6ヶ月である。主な報告内容は以下のとおりである。

- (1) 建物および内装機器の概念設計を終了した照射装置組立検査施設は、建設のための官庁許認可申請書を作成し、核燃料物質使用施設として科学技術庁・原子力局・核燃料規制課に説明を行い、核燃料物質使用変更許可申請を行った。また、同時に茨城県および大洗町に対しても説明を行った。
- (2) 建物および内装機器の夫々の引合仕様書を作成し、実施回議書および契約請求書を起案した。
- (3) MK - I 炉心構成要素の照射後試験計画書に従って試験のための各種炉心構成要素が燃料材料試験部に送られた。9月末現在、炉心燃料6体、ブランケット燃料2体、制御棒4体、等である。
- (4) MK - II 照射試験計画の再検討を行い、具体的な炉心構成や核設計の検討作業を開始した。
- (5) B型特殊燃料集合体の-B 1J, -B 2M, -B 3Mに関する製作設計が東海Pu 燃部で実施され、その結果により部材引合仕様書を作成して実施回議書および契約請求書を起案した。
- (6) 今秋EBR - IIで照射されるPNCドシメータワイヤセットを米国へ送った。また、「常陽」75 MW第1サイクル用のカプセルが完成。照射リグへ組込むために照射リグ製作会社へ支給された。
- (7) MK - II 照射試験条件のデータ整理を行い、標準平衡炉心の中性子束、反応率、 $\gamma$ 発熱、等の分布図表作成、解析作業を行った。



~~NOT FOR PUBLICATION~~

PNC<sup>T</sup> N944 80-02

Apr., 1980

"JOYO" IRRADIATION TEST ENGINEERING  
PROGRESS REPORT FOR PERIOD FROM APRIL 1 TO SEPTEMBER 30, 1979

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

Abstract

This report describes the progress made in Irradiation Test Engineering at the JOYO Experimental Fast Reactor Division during the period April 1 - September 30, 1979. Highlights of the activities performed are summarized below.

- 1) A report on the Irradiation Rig Assembling Facility (IRAF) was submitted to the government to support the granting of a Construction Permit. Simultaneously, an explanation was presented to officials of the district government, Ibaraki prefecture, and Oarai town.
- 2) Purchase specifications of the IRAF building structures and internal equipments were completed based on the conceptual design work performed last fiscal year. Bids are now being evaluated.
- 3) In accordance with the JOYO irradiation test plan, fourteen core components have been sent to the Post Irradiation Examination (PIE) facilities. These include six (6) core fuel subassemblies, two (2) blanket subassemblies, four (4) regulating rods, one (1) neutron source and one (1) pile oscillator rod.
- 4) The JOYO MK-II irradiation test plan was reviewed and updated. Some modifications were made in the reactivity estimation and the fuel fabrication schedule.
- 5) A detail design report and purchase specification for the MK-II irradiation test subassembly B type was completed. Contracts for fabrication of parts and materials are being evaluated.

---

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

- 6) In accordance with the PNC/DOE Dosimetry Exchange Agreement, PNC dosimeter sets were sent to EBR-II for irradiation. Similar dosimeter sets which are to be irradiated in JOYO during the first 75 Mwt duty cycle have been encapsulated and sent to the irradiation rig manufacturer.
- 7) Neutronic irradiation condition data have been established for the standard equilibrium core of the JOYO MK-II configuration. The data package will be published this autumn in a special publication. The package includes the axial distribution of neutron flux, fission and absorption rates, and gamma and neutron heat rate in each row.

## 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	3
3	業務報告	5
3.1	照射装置組立検査施設 (IRAF) の建設	5
3.1.1	施設建家	5
3.1.2	建家附帯設備	5
3.1.3	内装機器	16
3.1.4	官庁許認可申請	16
3.1.5	計測線付集合体及びインパイルループ用キャスク及び架台	18
3.2	MK-Ⅰ炉心構成要素照射試験	19
3.3	MK-Ⅱ照射試験計画	23
3.3.1	全体概要	23
3.3.2	A型特殊燃料集合体	23
3.3.3	B型特殊燃料集合体	23
3.3.4	C型特殊燃料集合体	23
3.3.5	材料照射用反射体	24
3.4	照射装置の製作	24
3.5	照射装置の開発	31
3.5.1	A型特殊燃料集合体	31
3.5.2	B型特殊燃料集合体	31
3.5.3	C型特殊燃料集合体	33
3.5.4	計測線付集合体	33
3.5.5	ナトリウムインパイルループ (CIL)	35
3.5.6	材料照射用反射体	35
3.5.7	計装技術	35
3.6	設計手法の整備	38
3.6.1	MK-Ⅱ炉心データの整理	38
3.6.2	燃料熱流解析コードの導入	39
3.6.3	制御棒熱特性解析コードの導入	39

## 表 リ ス ト

- 第 1 表 MK-I 炉心構成要素照射条件
- 第 2 表 「常陽」MK-I 照射後試験用炉心構成要素取出計画
- 第 3 表 MK-II 照射試験計画
- 第 4 表 ドシメトリワイヤセット
- 第 5 表 PNC Dosimeter Sets for EBR-II Irradiation Test
- 第 6 表 全計算体系における発熱バランス

## 図 面 リ ス ト

- 第 1 図 大洗工学センター施設の配置図
- 第 2 図 照射装置組立検査施設配置図
- 第 3 図 地下 1 階平面図
- 第 4 図 1 階平面図
- 第 5 図 2 階平面図
- 第 6 図 屋階平面図
- 第 7 図 断面図 (I)
- 第 8 図 断面図 (II)
- 第 9 図 Collaborative Dosimetry Test Plan
- 第 10 図 標準平衡炉心構成図
- 第 11 図 標準平衡炉心 RZ 計算体系図
- 第 12 図 発熱分布計算の流れ
- 第 13 図 炉心から装荷位置までの距離

## 1. ま え が き

本報告書は、昭和54年4月1日から同年9月30日までに実施された高速実験炉「常陽」の照射試験に関する業務で、高速実験炉部技術課照射準備グループが実施した業務をまとめたものである。従って、一部他部門が行った業務のうちで実験炉部側の関連担当として補助作業を行った内容についても本報告書に記載してある。

本報告書に記載される主要項目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 照射試験計画
- 4) 照射装置の製作
- 5) 照射装置の開発
- 6) 設計手法の整備



## 2. 要 約

### 2.1 前期作業の要約<sup>(1)</sup>

#### 1) 照射装置組立検査施設の建設

照射装置組立検査施設は高速実験炉「常陽」の運転管理棟の北側に建設されることとなり、施設建物と内装機器設備に分けて概念設計を実施した。高速実験炉部技術課の照射Gr ではそれに先立って同施設の基本的な機能、建設地点、建物および内装機器設備への要求仕様の検討・整理を行い、仕様書としてまとめた。

建物概念設計は本社建設室からJAC 総合設計事務所に発注され、建物構造、建物内部配置等の主要目が決定された。

内装機器設備は三菱原子力工業株式会社で昭和 53 年 11 月より昭和 54 年 3 月の期間に概念設計が行われた。<sup>(2)</sup>

また、建設の予備作業として地質調査および屋外配水管等移設工事が実施された。

#### 2) 「常陽」MK-I 炉心構成要素の照射試験

MK-I の炉心構成要素を対象とした照射試験の計画を作成した。試験計画は、MK-I の炉心及びブランケット燃料を設計・製作した東海事業所のPu燃料部および技術部、実験炉の燃料を含む各種機器のNa中試験など開発・試験を行った大洗工学センターのNa技術部、燃料を始めとした各種炉心構成要素やプラント機器の製作・据付・運転・保守等を行った高速実験炉部、さらに照射後試験を実施する燃料材料試験部が検討して作成された。上述の4部から出された照射後試験要望項目<sup>(3)(4)</sup>と照射後試験施設能力及び原子炉運転計画等<sup>(5)</sup>を調整し、各運転サイクル毎に取り出す炉心構成要素の種類、数量等を決定した。

#### 3) 「常陽」MK-II 照射試験計画

MK-II の照射試験は、本社FBR本部燃料Grで基本計画が立案され、FBR本部の基本計画<sup>(6)</sup>として発行された。この基本計画に従って実験炉部側では実施工程の詳細化作業を行い、必要な安全審査・工事認可・部材手配・組立等の時期の調整を行った。

#### 4) 照射装置の開発

MK-II 用各種照射装置の開発は、本社FBR本部の燃料Grが主担当となって実施された。実験炉部側からは実機製作担当として装置開発・試験研究の仕様検討及び実施状況の確認等に参加した。

B型特殊燃料集合体は第3次試作体を使用して大洗工学センターのNa流動伝熱試験室でNa流動耐久試験<sup>(7)</sup>が行われた。Na流動試験後、試作体は洗浄され、FMFで遠隔解体組立試験<sup>(8)</sup>が行われた。

C型特殊燃料集合体は東京芝浦電気株式会社で設計作業が行われた。<sup>(9)</sup>

計測線付集合体は計測線切断機構Na中試験<sup>(10)</sup>、電磁流量計Na中試験<sup>(11)</sup>、上部案内管取扱試験<sup>(12)</sup>、後分解・点検が東芝で、上部案内管取扱試験が大先工学センターのNa機器構造試験室で実施された。<sup>(13)</sup>

## 5) その他

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75MW第3サイクルに照射する予定でカプセルやPNCのワイヤセットの設計を行った。

## 2.2 今期作業の要約

### (1) 照射装置組立検査施設(IRAF)の建設

照射装置組立検査施設(Irradiation Rig Assembling Facility - IRAF)の建物概念設計がJAC総合設計事務所で完了し、建物構造、建物内部配置、建物付属設備の仕様等が決定され、各種仕様書(案)が提出された。これに基づいて実験炉部では別に実施した内装機器設備の概念設計結果や燃料貯蔵庫等との取合調整を行い、建設実施へ向けて引合仕様書の作成と官庁許認可申請書の作成を行った。

建物及び附帯設備、放射線管理設備の契約請求は8月に行われ、引続き見積・契約作業が行われている。

内装機器設備は前年度後半に行われた概念設計の結果をもとに、機器の詳細仕様検討、積算作業を実施し、契約請求を8月に行った。現在、見積および契約作業を継続して実施している。

IRAFの建設に関する官庁許認可申請は核燃料使用施設として行うこととなり、5月末から7月末にかけて科学技術庁に申請・説明を行った。9月4日正式に申請が受理された。

### (2) 「常陽」MK-I炉心構成要素の照射試験

「常陽」MK-I炉心構成要素は前年度後期に策定した計画に従って照射後試験施設に送られ、試験が実施されている。

昭和54年9月末現在で、燃料材料試験部へ送られた各種炉心構成要素は総計14体である。試験に送られた炉心燃料集合体のうち集合体平均燃焼度の最大は約10,200 MWD/Tである。試験は実施中であるが、現在まで全ての炉心構成要素とも健全であるとの報告を受けている。

### (3) 「常陽」MK-II照射試験計画

MK-II炉心における燃料材料の照射試験計画は、前期にFBR本部燃料Grでまとめられた。その基本計画に従って具体的な照射装置の選択、炉心装荷位置および炉心構成要素の取出・装荷手順を検討した。その結果、基本計画の変更を要する部分が抽出された。その修正された計画案に従った炉心設計や実施予算の修正を行いつつある。

(4) 照射装置の製作

各種照射装置のうちMK-II炉心第1サイクルから照射試験に使用されるB型特殊燃料集合体の最終設計が東海事業所Pu燃部で実施された。これまでの試作・試験と今回の設計結果をもとに最初の製作分として合計8体の部材引合仕様書を作成し、8月に契約請求を行った。現在、見積および契約作業を継続中である。

(5) 照射装置の開発

A型特殊燃料集合体は昭和58年度に照射開始を行う予定で設計作業に着手した。三菱重工業株式会社で現在設計が進行中である。

B型特殊燃料集合体は流量調整機構の開発（3次試作集合体の改造及びオリフィス設計・水流動試験）、調整設計（材料コンパートメントやMK-II型コンパートメントの詳細設計等）、MK-II型コンパートメント試作が東芝で実施されている。

C型特殊燃料集合体は東芝で試作が行われている。

計測線付集合体は計測線貫通部遮蔽構造の設計・試作が行われ、また全体試作の第1期として調整設計と試作部試作が、いずれも東芝で開始された。

Naインパイルループは前期から継続して川崎重工業株式会社-AI社<sup>(13)</sup>で概念設定作業が実施され、報告書が提出された。

(6) その他

MK-II標準平衡炉心の中性子束分布を整理・編集するとともに $\gamma$ 発熱解析を三菱原子力工業株式会社に委託し、照射条件に関するデータ整理を行った。

米国DOEとの技術協力として協定が成ったドシメトリワイヤの交換が行われ、8月にPNCセットをEBR-IIへ発送、一方DOEのセットとPNCセットはカプセルに入れて照射リグ製作会社へ支給した。照射は75MW第1サイクルで行うことになった。

構造材料照射についての計画検討を開始し、もんじゅの照射条件とMK-IIの照射位置の条件との調整が開始された。

計測線付集合体及びNaインパイルループの装荷・脱荷キャスクの検討を木村化工機株式会社に委託するとともに、原子炉施設及びIRAFとの取合調整を行っている。

### 3. 業 務 報 告

#### 3.1 照射装置組立検査施設（IRAF）の建設

##### 3.1.1 施設建家

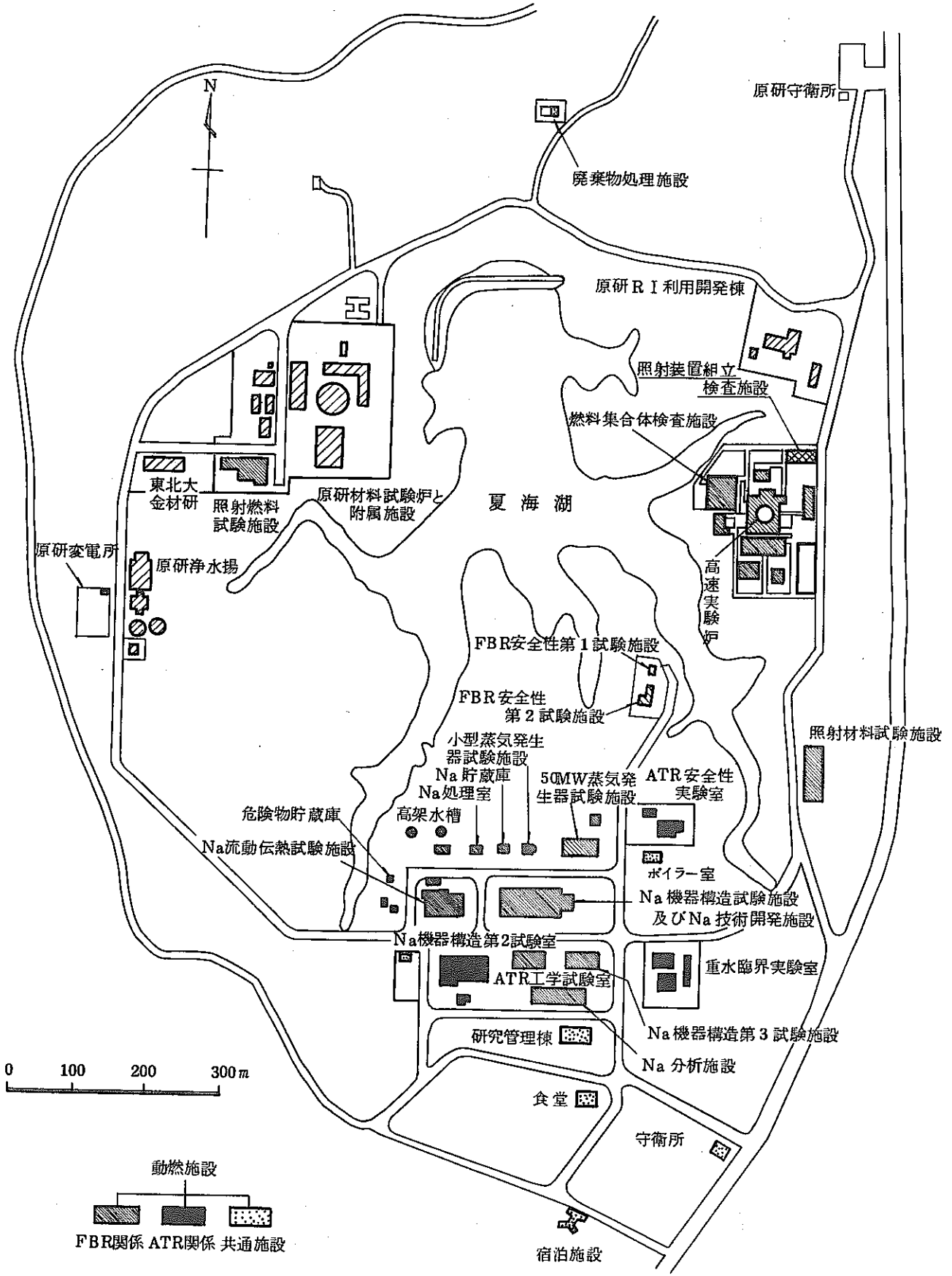
照射装置組立検査施設（Irradiation Rig Assembling Facility -IRAF-）の建家はJAC総合設計事務所で概念設計が行われ、昭和54年6月に終了した。概念設計の結果は、JACより仕様書等の各種資料として提出された。

建家の構造は密封されたプルトニウム燃料の取扱施設であることから剛構造とし、地盤面より下17mの深さまで大口径コンクリート杭の基礎を打ち込む。建家は長さ44.8m×巾27.1m×高さ20mで、総床面積3,300㎡、地下1階、地上2階建ての鉄筋コンクリート造りであり、屋上階に機械室がある。地下1階には給排気機械室、電気室、廃液タンク室、資材倉庫、保管庫、将来のインパイルループ組立のための予備室等が配置してある。地上1階は南側と北側に分かれて南側には燃料貯蔵庫、集合体等を検査する試験検査室、溶接部等の健全性確認のための金相試験室、X線検査室、部品加工のための工作室、放射線管理室等を配置する。北側には照射装置を組立てる組立室があり、長尺の計測線付集合体と計画中のNaインパイルループ等の組立・試験検査・キャスクへの装荷等に必要なA、B、C、予備の4ピットが設けられる。上部は20mの吹抜けとなっており、20T/2Tのクレーンが設置される。また西側には照射装置搬出入用のトラックエリアがある。地上2階はドシメトリ用放射線測定室と測定準備室の他、居室、製図室、会議室が設けられる。屋上階は一部外調機室となっている。建家の配置図及び断面図は第1図～第8図のように決められた。

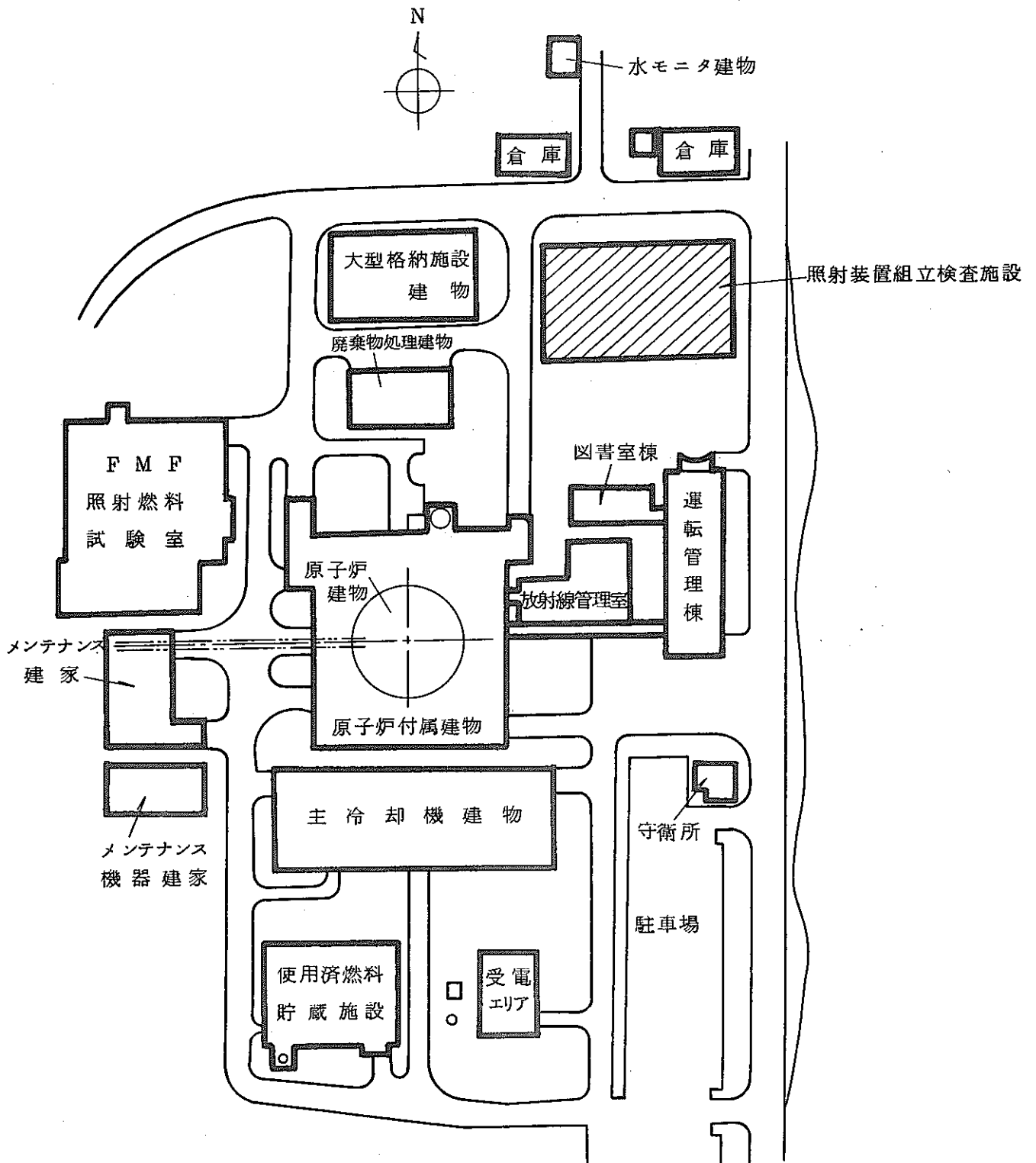
建家の新築工事については、8月に引合仕様書が完成し、実施回議および契約請求を行った。現在、見積作業が引合先業者で実施されている。

##### 3.1.2 建家附帯設備

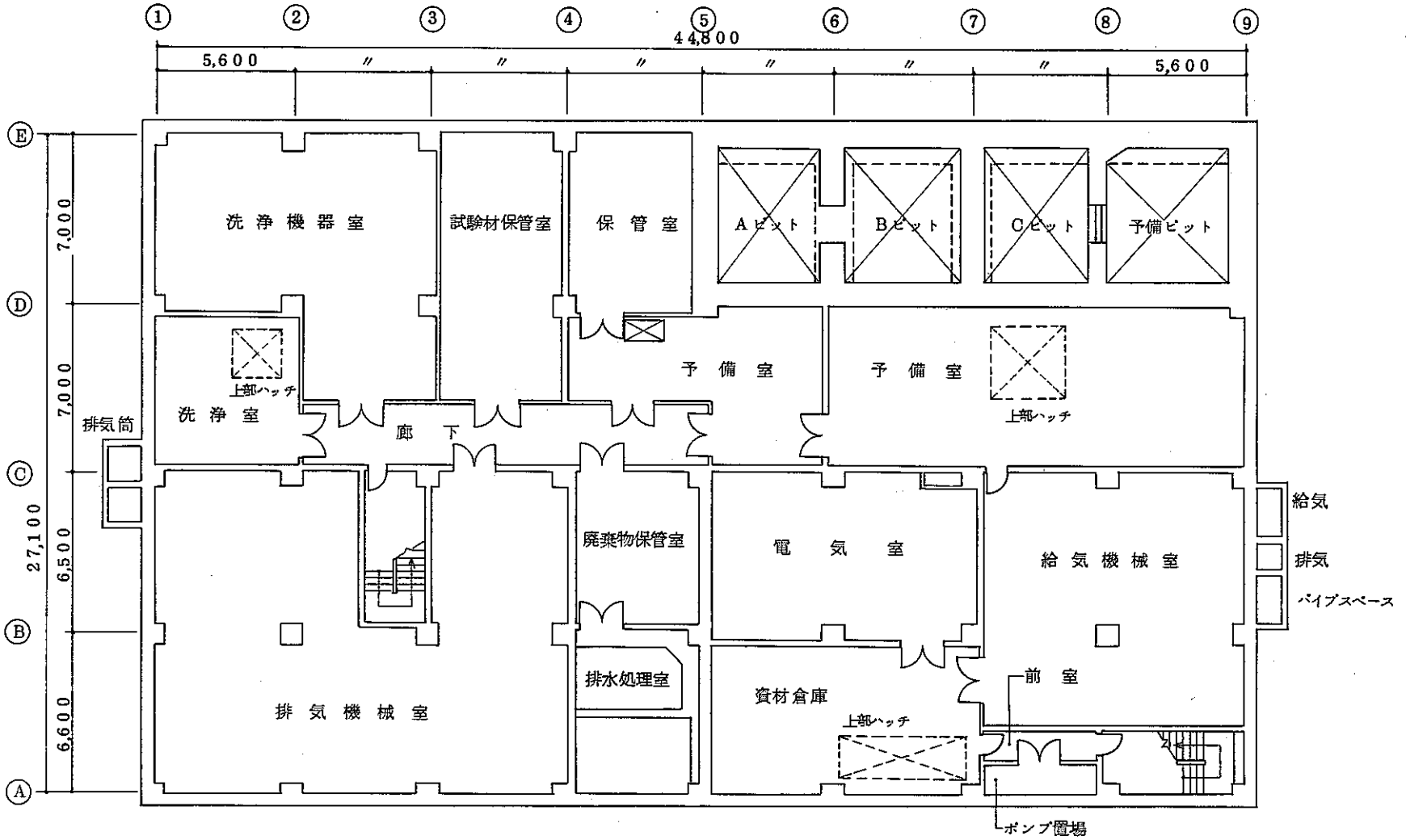
照射装置組立検査施設（IRAF）の建家附帯設備は、建家と同時にJAC総合設計事務所で概念設計が実施され、6月に各種仕様書等が提出された。それらの書類に基き、最終的な建家・内装機器・照射装置等と調整を行い、引合仕様を決定して建家新築工事と同時に実施回議及び契約請求を行った。現在、引合先業者で見積作業が進行中である。各設備の主要目は以下のとおりである。



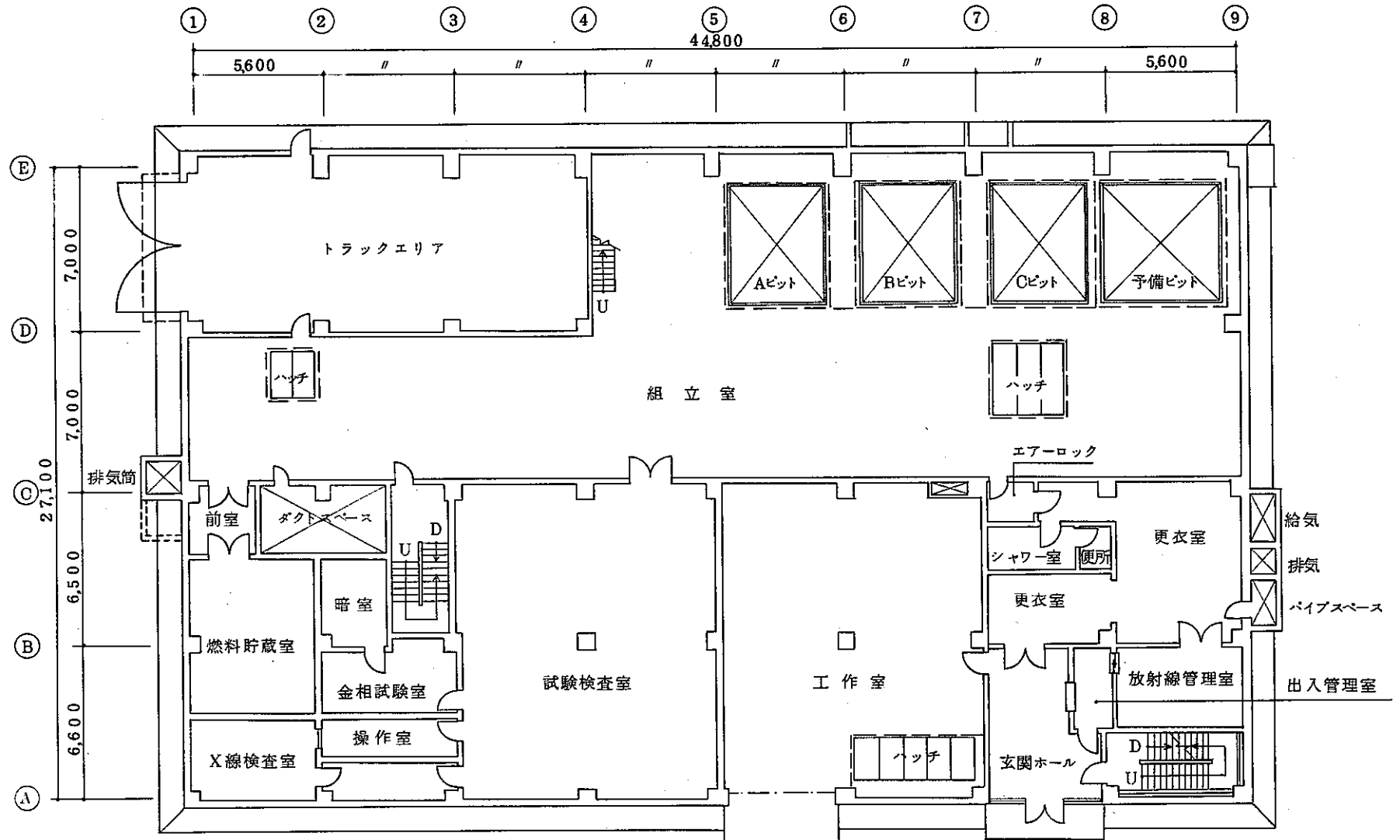
第1図 大洗工学センター施設の配置図



第2図 照射装置組立検査施設配置図

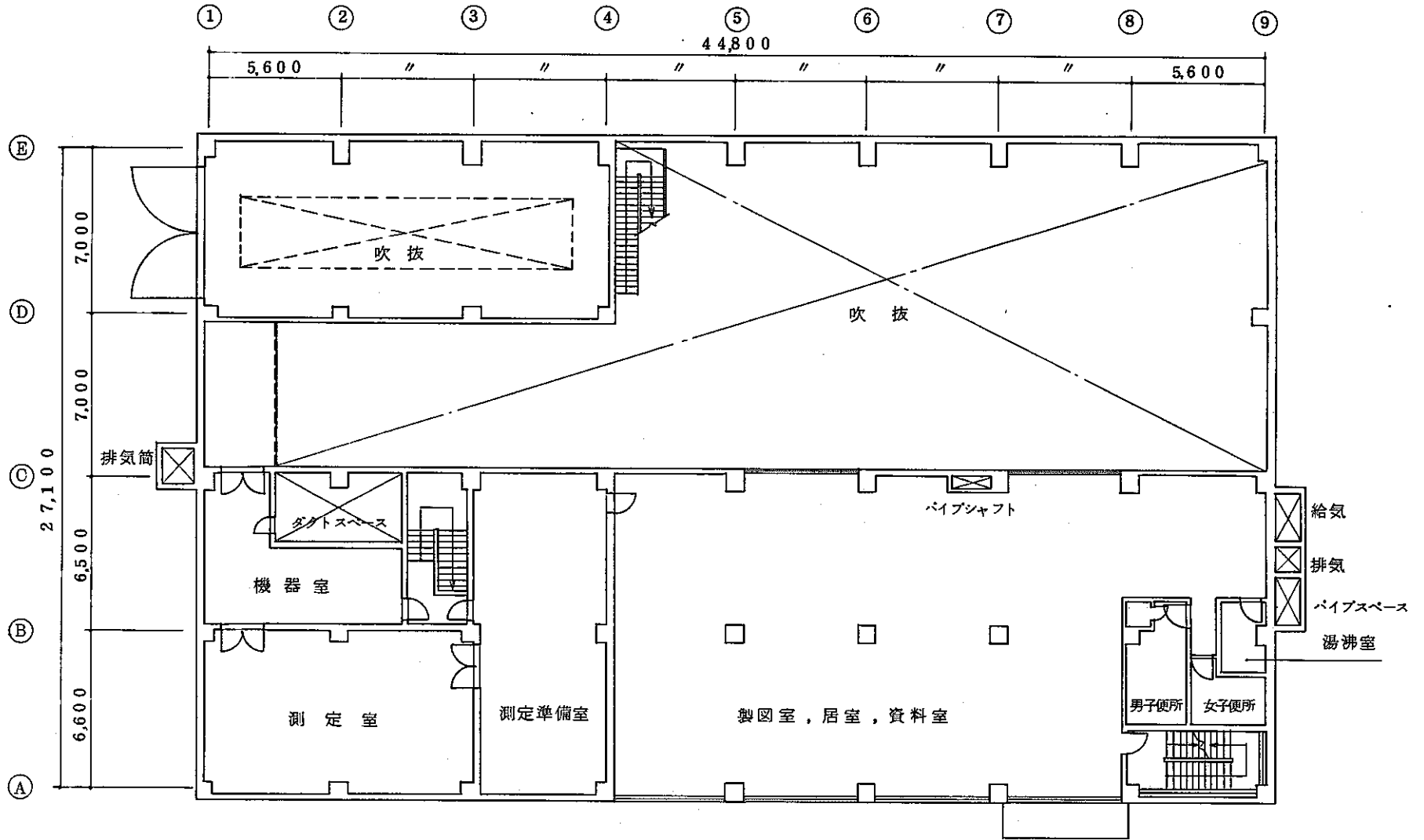


第3図 地下1階平面図

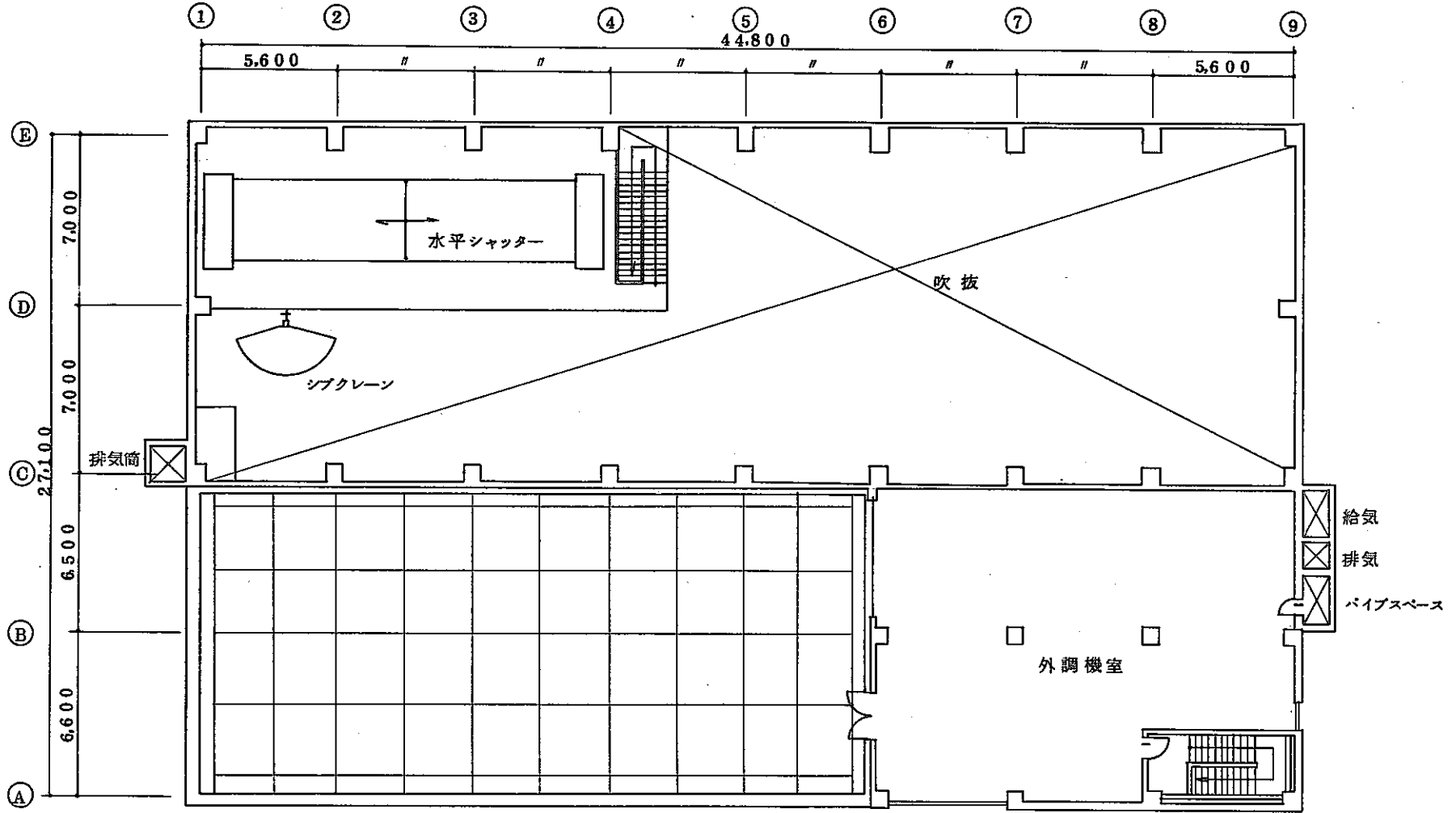


第4図 1階平面図

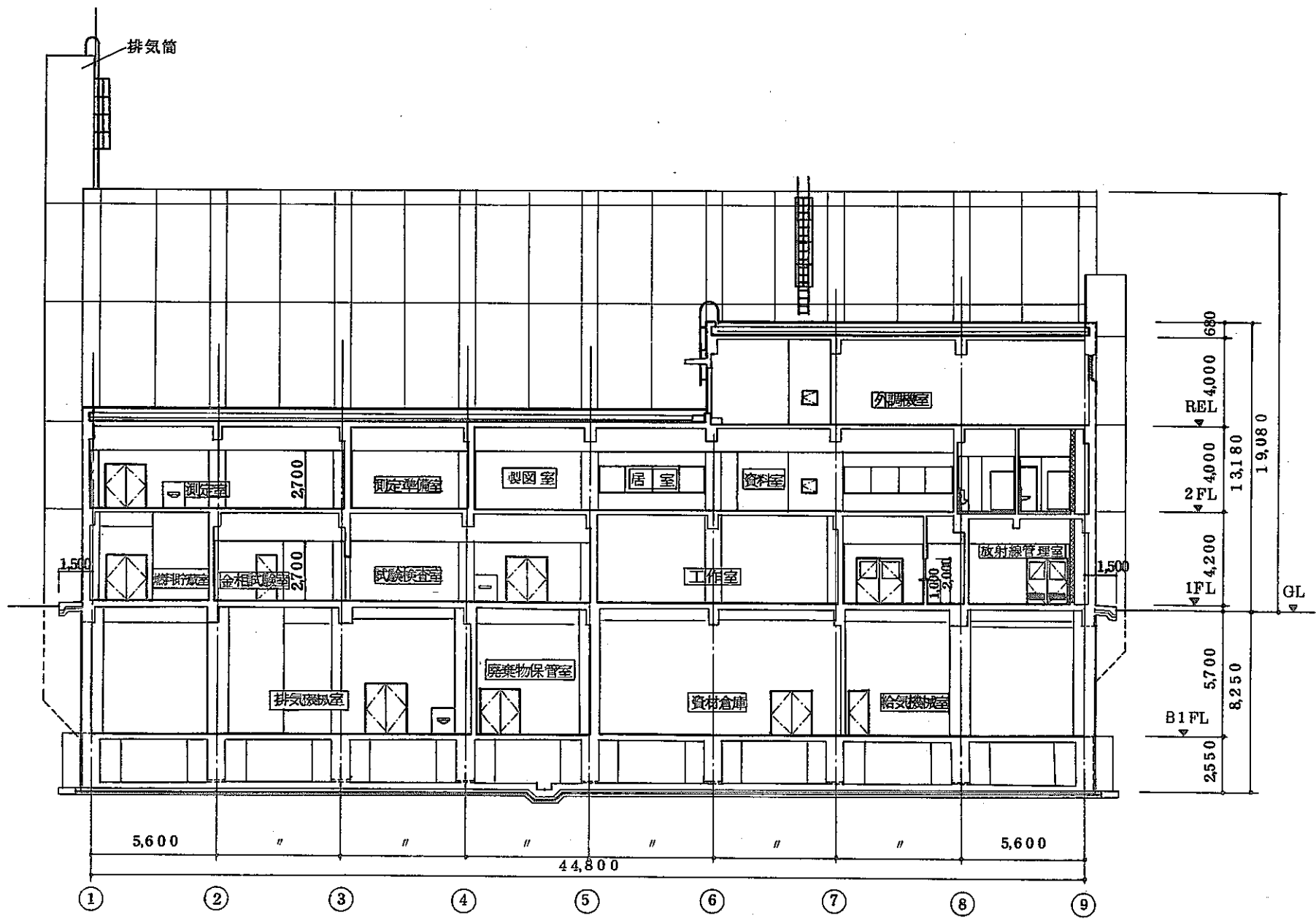




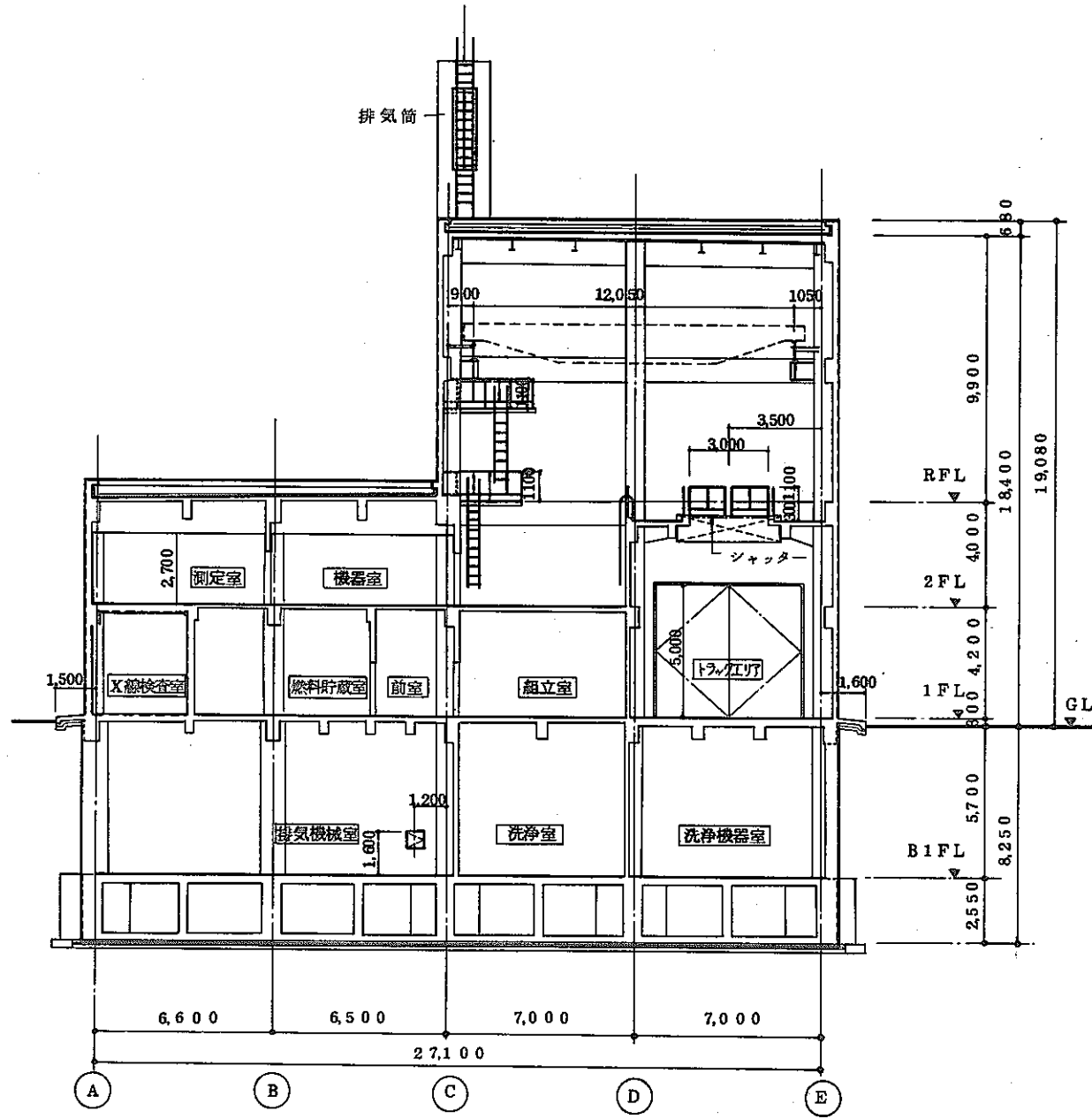
第5図 2階平面図



第6図 屋階平面図



第7図 断面図 (I)



第8図 断面図 (II)

(1) 放射線管理設備

- 排気ダストモニタ 1式
  - 測定線種  $\alpha$ 線/ $\beta(\gamma)$ 線
  - 検出器 ZnS シンチレータ/GM計数管
  - 検出感度  $\geq 1 \times 10^{-13} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$  (8時間吸引)
- ダストサンプリング装置 2式
  - サンプラ最大吸引量 約1000NI/min
- ローカルダストモニタ 3式
  - 測定線種  $\beta(\gamma)$ 線
  - 検出器 GM計数管
  - 検出感度  $\geq 1 \times 10^{-13} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$  (8時間吸引)
- 排水モニタ 1式
  - 測定線種  $\gamma(\text{X})$ 線
  - 検出器 NaI シンチレータ
  - 検出感度  $\geq 1 \times 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$
- 放射線監視盤 1式
- ハンドフッドクロズモニタ 2式
  - 測定線種  $\alpha$ 線/ $\beta(\gamma)$ 線
  - 検出感度  $\geq 1 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$

(2) 電気設備及び工事

- 高圧引込ケーブル布設工事
- 受変電設備及び工事
- 幹線設備及び工事
- 動力設備及び工事
- 電灯コンセント設備及び工事
- 電話配管設備工事
- ページング設備及び工事
- 放送設備及び工事
- モニタ設備工事
- 自動火災設備及び工事
- 避雷針設備及び工事

(3) 空調換気設備

○ 基本設計条件

区域分類

区域名	換気回数	圧力範囲
非管理区域	5 T / H 以上	0 mmAq 以上
管理区域 I	5 T / H 以上	- 3 ~ - 5 mmAq
管理区域 II	7 T / H 以上	- 5 ~ - 7 mmAq

非管理区域室名

玄関ホール, 出入管理室, 製図室, 居室, 資料室, 給気機械室, 電気室, 資材倉庫  
 工作室, 2階便所, 湯沸室, 外調機室

管理区域 I 室名

地下廊下, Na 制御室, Na 取扱室, 組立室, cold 更衣室, hot 更衣室, 放管室,  
 試験検査室, 金相試験室, X 線室, X 線前室, 操作室, 暗室, 測定準備室, 測定室,  
 機器室, 排気機械室, トラックエリア

管理区域 II 室名

A ピット, B ピット, C ピット, 予備ピット, 貯蔵室, 洗浄機器室, 洗浄室, 試験  
 材保管室, 保管室, 廃棄物置場, 排水処理室

○ 外気条件

夏期冷房設計値      32 °C      68 %

冬期暖房設計値      - 2 °C      60 %

○ 室内条件

	夏 期	冬 期
A 領域	26 °C 前後 60 %	20 °C 前後 50 %
B 領域	28 °C 前後 60 %	18 °C 前後 50 %
C 領域	23 °C ± 2 °C 50 % ± 5 %	23 °C ± 2 °C 50 % ± 5 %

(4) 給排水衛生設備及び工事

- 衛生器具設備及び工事
- 給水設備及び工事
- 給湯設備及び工事
- 排水通気設備及び工事
- 屋内消火栓設備及び工事
- プロパンガス設備及び工事
- 廃液処理設備及び工事
- 特殊配管設備及び工事
- ハロン消火設備及び工事

3.1.3 内装機器

内装機器は照射装置の組立・試験検査に使用する組立・工作用及び試験検査用の各種機器であり、昨年度後半に行われた概念設計の結果を検討し、その後の照射装置R & D結果や東海事業所Pu燃部の施設との取合を調整して引合仕様書をまとめた。8月に実施回議及び契約請求を、建家及び附帯設備と同時に行った。現在、引合先業者で見積作業が進められている。

内装機器の概要及び組立・検査対象照射装置の概要は前報<sup>(1)</sup>に記載したので割愛する。

3.1.4 官庁許認可申請

本施設の建設設置にあたり、原子炉施設とするか核燃料使用施設とするかについて、科技厅と折衝した結果、後者の申請を行うことになった。また、本施設でのプルトニウム及び濃縮ウランの年間使用予定量はそれぞれ40 kg、120 kg以下であるが、その取扱の形態は密封された燃料棒を搬入し集合体に組立てるのみであるので、原子炉等規制法施行令17条により施設検査の受検、保安規定の制定、及び申請時障害対策書、安全対策書の提出等の義務が要求されないなど、規制のゆるやかな施設となった。

核燃料物質使用変更許可申請（大洗工学センターにはすでに多くの核燃使用施設があるので変更申請となる）に先立って科技厅核燃規制課に対し事前説明が5月28日から7月20日まで3回にわたって行われた。この結果9月4日申請が受理された。申請にあたっては、申請書と参考資料（障害対策書、安全対策書、その他）を提出したが、以下にその概略を示す。

(1) 申請書

本施設での核燃料物質の使用目的については、高速実験炉での照射試験に供される燃料要素を集合体形状に組立てることと規定し、使用する核燃料物質の種類と量（年間使用予定）は次のとおりである。

- 天然ウラン及びその化合物（密封）…………… 20 kg -U  
〔Uメタル,  $UO_2$ ,  $U_3O_8$ , UC,  $UC_2$ , UN, U-Al 合金〕
- 劣化ウラン及びその化合物（密封）…………… 20 kg -U  
〔 同 上 〕
- 濃縮ウラン及びその化合物（密封）…………… 120 kg -U  
〔 同 上 〕
- プルトニウム及びその化合物（密封）…………… 40 kg -Pu  
〔Puメタル,  $PuO_2$ , PuC,  $PuC_2$ , PuN, Pu-Al 合金〕
- トリウム及びその化合物（密封）…………… 20 kg -Th  
〔Thメタル,  $ThO_2$ ,  $ThC_2$ , Th-Al 合金〕

なお、 $(Pu + U)O_2$  等の混合物については上記数量の合計で読むとの合意が対局説明でなされている。

## (2) 障害対策書

障害対策書および次項の安全対策書については、本施設が密封された核燃料物質のみを扱うため、添付書類として提出する必要がなかったが、施設規模、説明上の便宜を考慮して、参考資料として提出したものである。

障害対策書では、通常時の被曝に対する対策、評価及び放射線管理について記載説明した。当施設では通常時においては外部被曝のみであるが、各種照射用燃料集合体の組立、検査の全工程を同一の10人の作業者が実施した場合でも被曝線量評価値は、約250 mrem/人・年以下で、法規制値の3,000 mrem/人・3ヶ月及び5,000 mrem/人・年を満足できる。

## (3) 安全対策書

安全対策書では、火災、停電、地震、臨界、誤操作等の異常に対する対策と、最大想定事故における一般公衆への影響について記載説明した。

火災に対しては自動警報及び各種消火設備の設置により、また地震に対してはBクラスの耐震強度を有する設計を行うことによりその安全を確保することとした。また臨界安全については、<sup>(1)</sup> 前回報告書で説明した内容と同様の説明を行い了解を得ている。

最大想定事故としては、燃料棒の被覆が破れる可能性が最も大きくかつ厳しい条件が予想される落下破損を設定し、事故評価した。具体的には、重量構造物を上部に有する計測線付燃料集合体が落差のあるピット内で軸方向に落下したとして、37本全ての燃料棒が切損した場合を想定した。この事故で飛散する燃料粉は高々250g程度であり、このうち空調系を径由して排気筒から大気放散されるプルトニウムを最大濃度地点で吸収した最悪条件での被曝線量は、全身について25  $\mu$ rem、骨について180  $\mu$ remでプルトニウムの目安線量6 radに比べると十分に小さな値となることを確認した。



### 3.1.5 計測線付集合体及びインパイルループ用キャスク及び架台

計測線付（燃料）集合体およびインパイルループを照射装置組立検査施設で組立・検査後「常陽」炉心で照射試験を実施するため組立検査施設から原子炉建家まで照射装置の輸送用キャスクの製作に伴い、キャスクおよび架台の概念決定を木村化工機株式会社へ依頼した。

#### 1) 概念決定対象キャスクおよび架台

- (イ) 計測線付（燃料）集合体装荷キャスク
- (ロ) インパイルループ装荷キャスク
- (ハ) インパイルループ脱荷キャスク
- (ニ) インパイルループキャスク起し台付架台

#### 2) キャスクおよび架台性能

- (イ) 照射装置をハンドリング出来るグリッパ機構を有している。
- (ロ) 照射装置をサポート出来る機構を有している。
- (ハ) キャスクは気密構造である。
- (ニ) キャスクはガス置換出来る機能を有している。
- (ホ) インパイルループキャスクは加熱装置および冷却装置を有している。
- (ヘ) 起し台付架台はインパイルループキャスクを炉上部ピット蓋上で起立回転させながら位置決めが出来る機能を有する。

#### 3) キャスクおよび架台重量

##### (イ) 装荷キャスク重量

計測線付（燃料）集合体およびインパイルループは照射装置組立検査施設で組立・検査後、装荷キャスクに収納されて原子炉建家へ搬出される。照射装置組立検査施設の建家クレーンが 20 ton であるため装荷用キャスク重量は 20 ton 以下にする。

##### (ロ) 脱荷キャスク重量

インパイルループ脱荷キャスクは装荷キャスクに遮蔽体が取付けられた構造になるので重量はかなり大きくなる。しかしメンテナンス建家・保管倉庫のクレーンが 60 ton であるためインパイルループ脱荷キャスク重量は 60 ton 以下にする。

#### 4) キャスク全長

インパイルループキャスク全長は、インパイルループ仕様が決定していないためループ寸法がわからないので、今回の概念決定では、建家条件制限によりキャスクの最大全長を決定する。建家条件からキャスク全長は格内巡回クレーンゲーター下が GL 12.580 であり、またキャスクは炉上部ピット蓋高さ GL 1,200 の上に据付るために巡回クレーンゲーター間を利用して据付てもキャスク全長は最大約 11 m である。

#### 5) キャスク格内搬出入方法

原子炉格納容器機器搬入口は 5 m の円形状であるため格内にトレーラが入れない。キャスクは

メンテナンス建家でメンテナンス台車に積み換えてから格内に搬入する。またインパイルループキャスクは、ループ内ナトリウムを凍結させないため運搬時にループ内電磁ポンプを運転させナトリウムを循環させるため運搬時キャスクに勾配をつける。

### 3.2 MK-I 炉心構成要素照射試験

MK-I の炉心構成要素は昨年度に照射後試験計画がまとめられ、各運転サイクル毎に検査用炉心燃料集合体を始めとして実験炉から照射後試験施設へ順次送られている。昨年10月から現在までに送られた炉心構成要素の詳細は第1表のとおりである。

これまでに照射後試験施設（燃材部）に送られたもののうち、燃料集合体の最大線出力、最大集合体平均燃焼度、最大高速中性子フルエンス（0.1 MeV以上）は夫々、200 W/cm、10,200 MWD/T、 $1.6 \times 10^{22}$  n/cm<sup>2</sup> である。また、調整棒の最大集合体平均燃焼度は  $8.7 \times 10^{20}$  capture/cm<sup>3</sup> である。

これら炉心構成要素は現在照射後試験が燃材部で進められており、これまで全て異常な現象は観察されていないとの報告を受けている。

照射後試験実施上で特に大きな問題が生じているものはないが、次の点が検討・調整項目として挙げられている。

- 制御棒吸収材B<sub>4</sub>C中のトリチウム量測定
- 中性子源・γ線源部のSbに関する破壊試験

制御棒吸収材B<sub>4</sub>C中のトリチウム量は、測定のための設備がHOTCELL内がないので実施できない状態にある。B<sub>4</sub>C中のトリチウム量は、計算値が大きくてB<sub>4</sub>Cペレットの破壊試験実施施設での取扱認可量以上となることが判明した。このため、東海事業所の技術部で実施の燃焼度測定及び三菱金属（株）へ委託する予定の使用済B<sub>4</sub>CからのB回収試験の実施が中止された。現在、燃材部で測定設備の購入を検討中である。

低出力特性試験に使用された中性子源はγ線源部のSbとSUS被覆管との両立性を初めとして各種試験を行う予定でいたが、Sbに関する使用許可が取られていないために照射燃料集合体試験施設（FMF）以外へ試料を送り出せず、計画が中止となっている。中性子源については、現在原子炉内で使用しているものがMK-II移行時に取り出されるので、その時にBe集合体とSb線源部の両方を試験する予定である。

また、照射後試験を実施する上で、現在の燃料集合体を初めとする製作図面に一部記載のまぎらわしい点があり、図面変更を行った方が得策との結論になった。東海・Pu燃部と実験炉部とで修正作業を行い、完成図として発行する予定となっている。

なお、MK-I炉心構成要素の照射試験予定工程表は、MK-II移行前までについて改訂が順次行われ、現在の予定は第2表に示すとおりとなっている。

第 1 表 MK - I 炉心構成要素照射条件

種 類	製造番号	貯蔵ラック 取 出 日	燃 焼 度 (集合体平均)	最 大 線出力	最大フルエンス (0.1MeV 以上)	炉 心 装 荷 位 置	備 考
運転用 炉心燃料集合体	PPJD1A	Oct. 9,1978	(MWD/T) 2,050	(W/cm) 90	(n/cm <sup>2</sup> ) $3.0 \times 10^{21}$	5 A 3	
パイルオシレー タロッド	TTJP00	Oct. 4,1978	$4.4$ ( $\times 10^{20}$ capture/cm <sup>3</sup> )	—	—	5 F 2	
ブランケット 燃 料 集 合 体	NFJI 06	Oct. 17,1978	(MWD/T) 70	20	$2.8 \times 10^{21}$	5 D 1	
検査用 炉心燃料集合体	PPJX15	Oct. 17,1978	3,900	160	$6.1 \times 10^{21}$	1 C 1	
制 御 棒 (調整棒)	TTJC01	Dec. 21,1978	$6.0$ ( $\times 10^{20}$ capture/cm <sup>3</sup> )	—	—	3 A 3	
中性子源 Be 集合体	TTJN00	Mar. 29,1978	—	—	$4.1 \times 10^{19}$	5 C 2	
検査用 炉心燃料集合体	PPJX08	Dec. 23,1978	(MWD/T) 6,500	140	$1.0 \times 10^{22}$	2 E 2	
運転用 炉心燃料集合体	PPJD29	Dec. 23,1978	4,000	90	$6.1 \times 10^{21}$	5 A 4	
制 御 棒 (調整棒)	TTJC03	Mar. 7,1979	$3.0$ ( $\times 10^{20}$ capture/cm <sup>3</sup> )	—	—	3 A 3	
制 御 棒 (調整棒)	TTJC02	Mar. 15,1979	$8.7$ ( $\times 10^{20}$ capture/cm <sup>3</sup> )	—	—	3 D 3	
運転用 炉心燃料集合体	PPJD04	Mar. 15,1979	(MWD/T) 7,040	140	(n/cm <sup>2</sup> ) $1.1 \times 10^{22}$	4 B 2	
検査用 炉心燃料集合体	PPJX14	Mar. 15,1979	10,200	200	$1.6 \times 10^{22}$	1 B 1	
制 御 棒 (調整棒)	TTJC04	Sep. 11,1979	$3.6$ ( $\times 10^{20}$ capture/cm <sup>3</sup> )	—	—	3 A 3	
ブランケット 燃 料 集 合 体	NFJIOH	Mar. 15,1979	250	20	$9.0 \times 10^{21}$	5 A 2	

第2表 「常陽」MK-1 照射後試験用炉心構成要素取出計画

No.	項 目	FY M	1978 (53)			'79 (54)			'80 (55)				'81 (56)																						
			7	8	11	12	1	2	3	6	7	8	9	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	「常陽」運転サイクル		50MW 出力上昇			50(1) 50(2)			75MW 出力上昇			75(1) 75(2) 75(3) 75(4)				75(5) 75(6) 75(7)				MK-II 移行															
	炉 心		[Diagram showing fuel assembly positions and movement paths across the grid]																																
	炉内貯蔵ラック		[Diagram showing fuel assembly storage rack positions and movement paths]																																
	炉心燃料集合体 検査用燃料(燃焼度 MWD/T)				PPJX15 (3,890) 1C1	PPJX08 (6,490) 2E2			PPJX14 (10,200) 1B1	PPJX06 (13,200) 1E1			PPJX17 (10,400) 5F3	PPJX16 (22,800) 1F1	PPJX09 (24,000) 2B1			PPJX11 (32,300) 1A1	PPJX12 (37,100) 1D1	PPJX13 (43,600) 000															
	運転用燃料(燃焼度 MWD/T)		PPJD1A (2,050) 5A3		PPJD29 (3,980) 5A4			PPJD04 (7,040) 4B2	PPJD22 (11,900) 3A2			PPJD2L (16,500) 2D2				PPJD0Z (26,000) 3C1		PPJD23 (33,800) 2C1																PPJD0T (39,500) 3C2	
	ブランケット燃料集合体 検査用燃料(燃焼度 MWD/T)				NFJ106 (66) 5D1			NFJ10H (250) 5A2	NFJ10Q (300) 5A1			NFJ10J (800) 5D2	NFJM1S (800) 6F4	NFJ10R (1,400) 5C2			NFJ02T (500) 6A1		NFJM1L (900) 6D6	NFJM1Y (1,200) 6A3															NFJM12 (1,600) 6E4
	温度測定用特殊燃料集合体											PPJT3B 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×10 <sup>20</sup> capture/cm <sup>3</sup> )				TTJC01 (6.0) 3A3	TTJC02 (8.7) 3D3	TTJC03 (3.0) 3A3	TTJC04 (3.6) 3A3				TTJC05 (8.7) 3D3		TTJC06 (13.0) 3A3																				TTJC07 (22.0) 3D3	
	安全棒(燃焼度×10 <sup>20</sup> capture/cm <sup>3</sup> )																																	TTJS01 (3.7) 3B3	
	下部案内管																																	[3A3] 3 [3D3]	
	中性子源																																	TTJN00(Be部のみ) 5C2	
	パイル オシレータロッド(燃焼度 <sup>20</sup> ×10 <sup>20</sup> capture/cm <sup>3</sup> )																																	TTJP00 (4.4) 5F2	
	F M F 移送数 <sup>5)</sup>				1+1	2+1	1+0	2+2	3+1	3+0		3+1	4+0	3+1	3+1	3+0																	3+1	3+1+2	2+0

1) 燃焼度は集合体平均値、( )は運転実績による計算値。  
 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へキャスクで運ばれる。  
 4) 75MW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。

### 3.3 MK-II 照射試験計画

MK-II 炉心による照射試験計画は前年度にまとめられたFBR 本部の基本計画に従って詳細な検討作業を実施してきた。その結果、当初の基本計画から若干の変更を要することが判明した。

#### 3.3.1 全体概要

原子炉の反応度収支及び核特性に与える影響を考慮して照射用集合体の種類・本数を見直し、全体の照射計画を若干削減又は延期した。

MK-II 炉心の初期から装荷する予定のもので原子炉設置変更許可のとり直しを要する集合体を延期又は集合体構造変更した。

「常陽」の運転サイクル、MK-II 移行時期及び期間をより現実的なものに改めた。

関連するR & D の進捗状況、予算等の面から見直しを行って、現実ベースの工程にした。

MK-II の低出力試験項目を検討し、その結果を反映させた。

これらの変更をまとめたのが第3表である。

#### 3.3.2 A型特殊燃料集合体

A型特殊燃料集合体は、MK-II 第5サイクルから照射することとし、日本原子力研究所との共同研究である「新型燃料開発」（混合炭化物燃料）を延期し、代わりに「原型炉確性」（過出力照射）となった。A型特殊燃料集合体の照射位置は、当面第2列とした。

#### 3.3.3 B型特殊燃料集合体

B型特殊燃料集合体の照射位置は、燃料体積比が小さく原子炉への影響が大きいので、比較的照射条件がよい炉心第1列とした。また、MK-II 型燃料ピンを装荷した集合体を低出力試験時に使用して炉心燃料との置換反応度測定等を行うこととした。

原型炉燃料ピンの高燃焼度確性を行う予定の集合体は、途中に行う予定だった中間検査を省き、第1サイクルから第12サイクルまで連続照射とする。中間検査については、原子炉の定検期間中に可能と判明した段階（詳細なMK-II 運転サイクルと燃料交換作業、照射集合体検査施設—FMF—の検査工程が確認された頃）で最終決定を行うこととした。

MK-II 型の照射試験は、主としてA型とC型を使って実施することとし、原子炉運転上で問題となる場合はB型試験から除くことにした。

#### 3.3.4 C型特殊燃料集合体

C型特殊燃料集合体の照射位置は炉心第2列とし、MK-II 型の燃料ピン本数は61本から91本に変更した。照射開始はMK-II 型が第1サイクルから、原型炉型が第3サイクルからである。

### 3.3.5 材料照射用反射体

原型炉調整棒用吸収材B<sub>4</sub>Cの照射試験は、A型特殊燃料を使って第1サイクルから炉心燃料領域で行う予定であったが、①A型特殊燃料を使う場合は原子炉設置変更申請をする必要がある。②炉心燃料領域では炉心に与える影響の評価を行うのに時間と予算がかなり必要である。③原型炉の中性子スペクトルに近似する領域がMK-II炉心では第5～6列の内側反射体領域にある。④B<sub>4</sub>Cの燃焼度は炉心燃料領域でも第5～6列でもあまり変わらない、との理由から、材料照射用反射体で炉心第6列で実施することとした。

原型炉炉容器および炉内構造物の照射試験は、炉心燃料領域では照射集合体の少い第1、第2サイクルに炉心第4列で行い、第3サイクル以降は内側反射体領域で行うことにした。第4列の照射は制御棒に隣接しない位置とした。また、特に炉容器材料については高温度でしかも比較的low fluxの照射を目標とするため、第5列の炉心上方、予備制御棒駆動機構孔で照射する方向で検討することとなった。

原型炉燃料の被覆管材料照射は、B型特殊燃料集合体と同型の材料コンパートメントを使用し、第1サイクルから行うことになった。照射条件はB型特殊燃料集合体の原型炉燃料照射と一致させるため、炉心第1列で行うこととなった。この集合体は照射途中で中間検査を行い、その際に新しく開発された被覆管材料を順次装荷し乍ら照射試験を進めていくことになった。

### 3.4 照射装置の製作

各種の照射装置のうち、MK-II炉心第1サイクルから照射試験に使用されるB型特殊燃料集合体について、最終設計が東海事業所Pu燃料部<sup>(14)(15)(16)</sup>で実施された。その設計をもとに、これまでの試作・試験結果をあわせて最初の集合体部材製作分として合計8体の引合仕様書を作成、8月に契約請求を行った。現在、見積および契約作業を継続中である。

今回契約請求を行ったB型特殊燃料集合体部材の主な仕様は以下のとおりである。

#### (1) 製作数量

I型特殊燃料要素照射用 4体

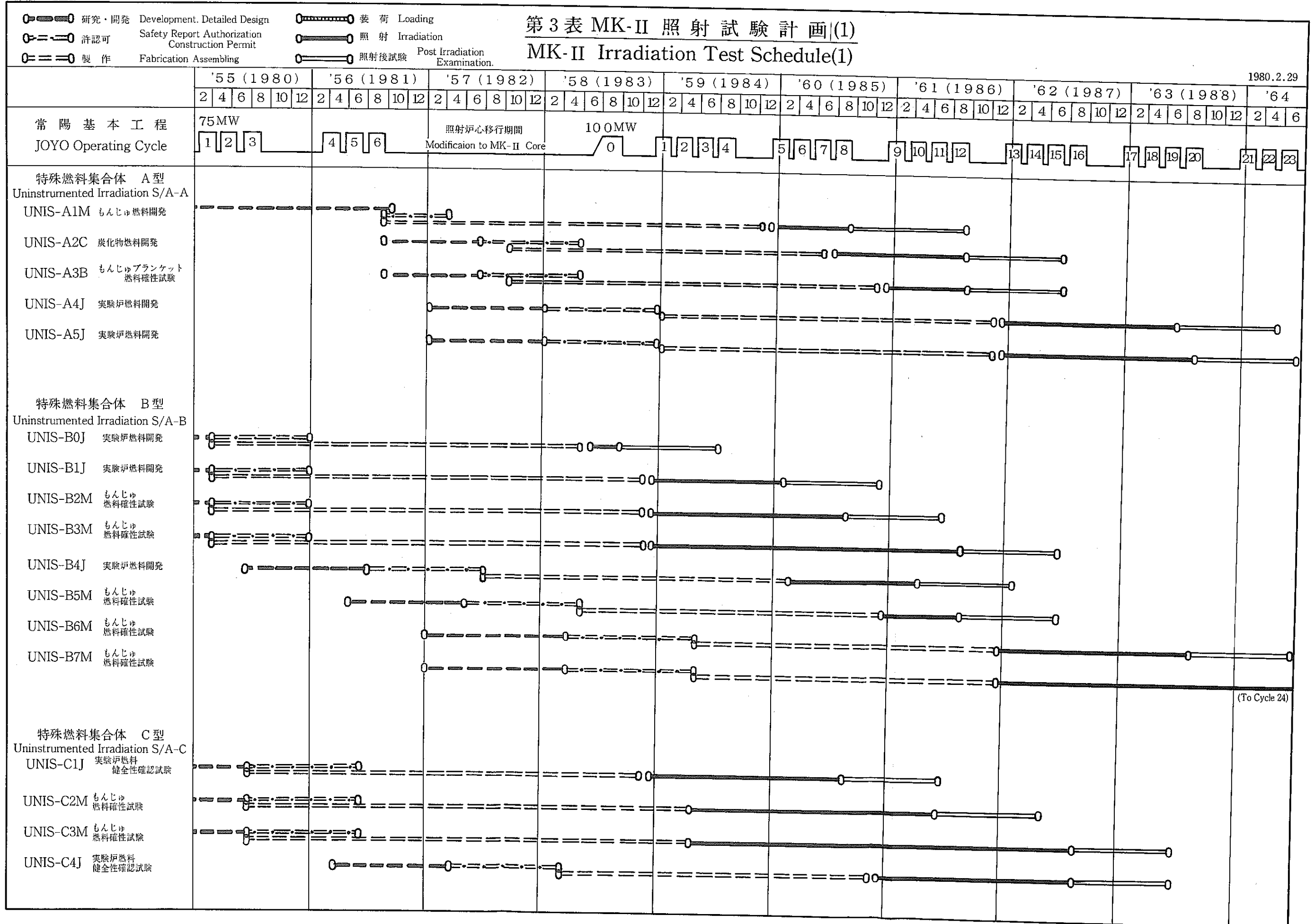
II型特殊燃料要素照射用 4体

なお、I型とは「常陽」MK-II炉心燃料ピンとほぼ同一の仕様のもので、II型とは原型炉「もんじゅ」炉心燃料ピンとほぼ同一の仕様のものである。

これらの製作数量の内訳は、

I型照射用：MK-II炉心特性試験用	1体
照射試験用	1体
流動試験用	1体
予備用	1体

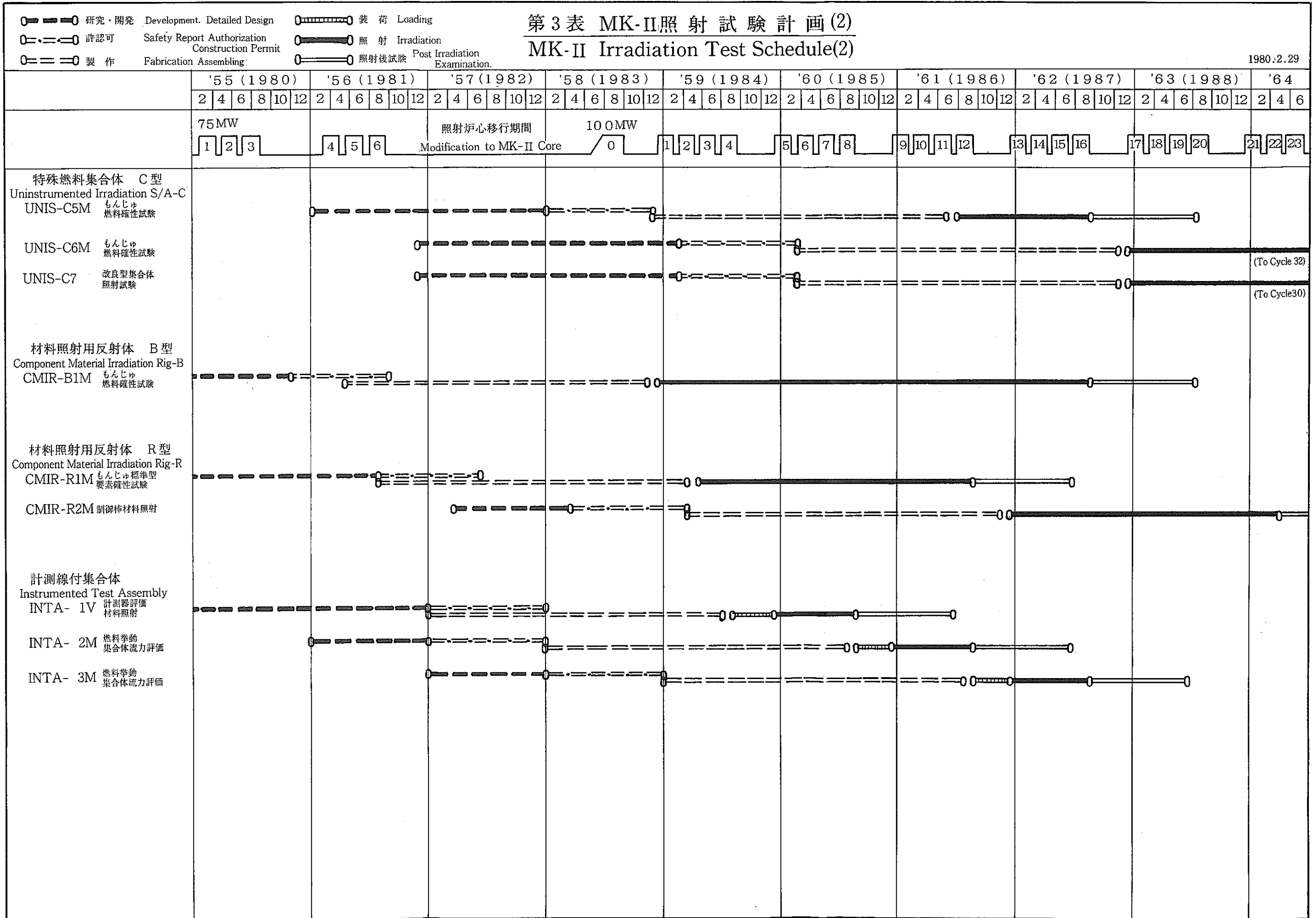
第3表 MK-II 照射試験計画(1)  
MK-II Irradiation Test Schedule(1)



(To Cycle 24)

第3表 MK-II照射試験計画(2)  
MK-II Irradiation Test Schedule(2)

1980.2.29





Ⅱ型照射用：照射試験用	2体
流動試験用	1体
予備用	1体
再装荷予備部品	1式

となっている。

Ⅰ型、Ⅱ型照射用とも、試作体による流動試験は実施済又は計画中であるが、試作体と実機とで構造が止むを得ず変更された点があること、及び照射試験結果の評価上詳細な冷却条件データが必要であること、等から、実機と同一仕様の流動試験体を各1体製作する。また、特殊燃料集合体は部材と燃料要素を夫々、外注業者及び東海事業所Pu燃料部から実験炉部照射装置組立検査施設（IRAF）へ運び、そこで組み立てる。従って、組立・製造上の予備と、照射試験終了後、同一仕様の集合体の再照射試験を行う必要が生じた場合の予備とを兼ねた予備をⅠ型、Ⅱ型とも各1体製作する。更にⅡ型照射用集合体は、照射途中に取出し、非破壊試験後に再装荷する予定があったため（現在は再装荷予定はないが、将来再び再装荷となる可能性がある）、照射後試験施設での再組立用予備部品を1式製作する。この内訳は、コンパートメント3本、ハンドリングヘッド1個、ナットやスプリング類1式となっている。

## (2) 構成部品

- i) ハンドリングヘッド
- ii) ラップ管
- iii) エントランスノズル
- iv) コンパートメント支持機構
- v) コンパートメント・タイロッド
- vi) フラックスモニタ管
- vii) コンパートメント
- viii) 燃料要素支持機構
- ix) 温度モニタセット

## (3) 特記仕様

### i) 部材冷間加工度

コンパートメント内管	20 ± 5% (目標)
コンパートメント用スペーサワイヤ	20 ± 5%
ピン・タイロッド	20 ± 5% (目標)
その他の部材	溶体化熱処理材

### ii) パッド部表面処理 硬質クロムメッキ

### iii) 温度モニタの種類と装荷位置

SiC : コンパートメント上部と上端

## ドシメトリ管

ピン・タイロッド（Ⅱ型用のみ）

テンプラグ：コンパートメント上部

## Ⅳ) ドシメトリの種類と装荷位置

SUS316 ワイヤ：ピン・タイロッド（Ⅱ型用のみ）

ドシメトリワイヤセット：ドシメトリ管

エントランスノズル下端

なお、ドシメトリワイヤセットの内訳は第4表に示すとおりである。

第4表 ドシメトリワイヤセット

核種	重量 (mg)	寸法(mm)		備考
		直径	長さ	
劣化U	10	1.5	8	バナジウムカプセルに密封
天然U	〃	〃	〃	〃
濃縮U	〃	〃	〃	〃
Th232	〃	〃	〃	〃
Np237	10	〃	〃	バナジウムカプセルに密封
Sc	1.5	1.5	8	
Fe		~1	~1	
Ni		〃	〃	
Cu		〃	〃	
Ti		〃	〃	
Rh		〃	〃	
Nb		〃	〃	
Ta		〃	〃	
Co-V		〃	〃	
SUS 316		~1	~1	

### 3.5 照射装置の開発

「常陽」MK-II用照射装置として開発・試験中のものは、特殊燃料集合体(A型、B型、C型)、計測線付集合体、ナトリウムインパイルループ、材料照射用反射体である。開発・試験研究は本社FBR本部の燃料Gr.が主体となって実施しており、大洗工学センター及び東海事業所の関連部門がR & Dの補助を行っている。高速実験炉部では主として技術課照射Gr.が実機の実施担当として作業に当たっている。

#### 3.5.1 A型特殊燃料集合体

A型特殊燃料集合体は昭和58年度のMK-II第5サイクルから照射を開始する予定で、設計作業を開始した。設計研究は三菱重工業株式会社に発注し、概念設計を実施中である。

今年度(昭和54年度)の設計作業に対する仕様は大略以下のとおりである。

##### (1) 基本型式

MK-II型運転燃料の中心部19本ピンを除き、二重六角管で囲み、内部に照射試験燃料要素を収納したものを基本型とし、試験試料が着脱可能なカプセル構造にしたカプセル型の2つ。

##### (2) 設計目標

基本型は昭和55年度に試作を行うので、それに備えるものとし、カプセル型は概念を整理して今後の詳細設計に備えるものとする。

##### (3) 構造

基本型：照射試験燃料要素の種類はI型とII型の両方とし、1集合体当たり7本収納する。運転用炉心燃料要素は中心部19本除き、隔壁は二重六角管とする。

カプセル型：照射試料は照射後試験施設で遠隔脱着、解体、再組立可能な構造とし、炉心燃料要素との取合等は基本型と同様とする。

##### (4) A型の照射目的

試験試料の外側が運転用炉心燃料要素であるので、使用期間が制限される。従って、当初目的はクリープ損傷和、高線出力照射を目的とする。

#### 3.5.2 B型特殊燃料集合体

B型特殊燃料集合体は次のR & Dが実施されている。

##### i) 流量調節機構の開発

- ① 多段オリフィスの設計・製作
- ② 多段オリフィス水流動試験
- ③ 3次試作集合体の改造

##### ii) 調整設計

- ① MK-II型コンパートメントの詳細設計

iii) MK-II型コンパートメント試作

これらの作業は全て東京芝浦電気株式会社で実施されている。

夫々の作業の概略仕様は次にまとめたとおりである。

(1) 流量調節機構の開発

i) 流量調節は多段オリフィスで行う。

ii) オリフィスはエントランスノズルの下部ストレーナの下方（上流側）に設ける。

iii) オリフィスの水流動試験のパラメータは次のとおりとする。

- オリフィス開口径 3組
- オリフィス間距離 3種
- 集合体装荷炉心領域 2種（第1列, 第2列）
- 下部ストレーナ 2種（有, 無）

iv) オリフィスの流動試験流体は常温水又は温水。

v) オリフィスの測定精度は圧力損失係数で±2%以内。

vi) 最適オリフィス群をB型特殊燃料集合体3次試作体に組み込む。

これらの作業の終了は昭和54年度末であり、現在進行中である。なお、オリフィス群を組み込んだB型特殊燃料集合体の流動試験は昭和55年度前半に実施される予定になっている。

(2) 調整設計

昭和53年末に策定された燃料材料照射試験基本計画によりMK-II第1サイクルから実施されることになったI型（MK-II型）特殊燃料要素照射用コンパートメントの設計作業であり、コンパートメントの構造、寸法、流量調節機構、等の詳細設計が主な項目である。構造は収納する特殊燃料要素の外径及び全長が小さいため、コンパートメント内管が小形で、下部にステンレス反射体が設けられることが主なII型（もんじゅ型）用集合体との差異である。

(3) MK-II型コンパートメント試作

前項の調整設計に基いてコンパートメントを試作するもので、昭和55年度に流動試験を行う予定である。試作の仕様は以下のとおりである。

- i) 試作数量 6本
- ii) 収納燃料要素 I型（MK-II型）
- iii) 収納燃料要素数 5本/コンパートメント1本
- iv) 燃料要素外径 5.5 mm
- v) 燃料要素全長 1533 mm

## 3.5.3 C型特殊燃料集合体

C型特殊燃料集合体は前年度（昭和53年度）に行われた設計に基づいてI型（MK-II型）用及びII型（もんじゅ型）用の2種類の試作作業が開始された。試作は2体とも東京芝浦電気株式会社で実施中であり、本年度末に終了して来年度初頭には流動試験が行われる予定である。

試作の仕様は以下のとおりである。

## i) 試作数量

## ○ C型特殊燃料集合体

MK-II型	1体
--------	----

「もんじゅ」型	1体
---------	----

## ○ 予備燃料ピン（ワイヤーラッピングしたもの）

MK-II型	10本
--------	-----

「もんじゅ」型	10本
---------	-----

## ○ 輸送及び保管用木箱

MK-II型集合体用	1箱
------------	----

「もんじゅ」型集合体用	1箱
-------------	----

予備燃料ピン用	1箱
---------	----

## ii) 試作試験

## ○ 溶接施行法試験

## 3.5.4 計測線付集合体

前年度より継続の計測線貫通構造試作及び試験が行われ、全体試作の第1期分として調整設計と試料部試作が開始された。作業はいずれも東芝で実施された。

## (1) 計測線貫通構造試作及び試験

本試作・試験は、オンラインで照射試験燃料要素の照射条件を計測する計測器信号を原子炉容器上部に導く計測線が駆動部バックアップシールガス密封フランジを貫通する部分に関するものである。計測線付集合体は燃料試料部を燃料交換中は炉上部機構内に引き上げておく必要があり、そのため長いベローズを有している。ベローズのストロークは大きく、ナトリウム液面より下まで入っており、ベローズの背面にはアルゴンガスが封入されている。アルゴンガスは放射化されるので、密封しておく必要がある。また、炉心からの中性子及び $\gamma$ 線も遮蔽する必要がある。従って計測線貫通部は気密性、中性子遮蔽、 $\gamma$ 線遮蔽を要求される。

中性子遮蔽には $B_4C$ 粉末、 $\gamma$ 線遮蔽には鉄球、気密にはエポキシが使用され、 $B_4C$ 粉末充填率、鉄球充填は鉄球サイズと充填法及び充填率、エポキシ充填法と気密試験、等を実施する予定である。試作・試験の結果は次のとおりであった。

① B<sub>4</sub>C 粉末は (177 μ ~ 250 μ, 840 μ ~ 1190 μ) のもので充填率はほぼ 67 % 程度であり、設計仕様 50 % を満足する。

② 鉄球は 1mm 直径で充填率 60 % であり、設計値 50 % を満足する。

なお、エポキシの充填及び気密試験等は昭和 54 年 11 月に実施される予定である。

## (2) 調整設計及び試料部試作

調整設計及び試料部試作は、昭和 51 年度実施された詳細設計以後、計測器や部分構造の開発・試作・試験が行われた結果を反映させて実機の全体像をまとめるとともに、水流動試験用の試料部試作を行うものである。試料部は上部駆動機構を来年度以降試作して合わせ、全体モックアップを組み立てるためにも使われる。

調整設計で重点的に検討する項目は次のとおりである。

- i) ベローズバックアップシール構造
- ii) ケーブル切断駆動方式
- iii) 計測線貫通部遮蔽構造
- iv) バルクヘッド計測線貫通部
- v) 切断機構
- vi) 試料部集合体
- vii) 計測器
- viii) 輸送・装荷・脱荷

また、試料部試作体のうちで計測器の仕様は以下のとおりとした。

- ① F. P. ガス圧力計：外形・寸法を模擬したステンレス鋼棒で、信号線は熱電対を使用する。
- ② 燃料中心温度計：外形・寸法模擬したステンレス鋼棒で、信号線として熱電対を使用する。
- ③ 中性子検出器：外形・寸法模擬したステンレス鋼棒で信号線に MI ケーブルを使用する。
- ④ 電磁流量計：実機仕様の実物とする。
- ⑤ 冷却材温度計：実機使用の実物とする。

なお、計測線付集合体に関して米国 DOE と技術協力を行うことになり、昭和 54 年 4 月に米国ワシントン州リッチランドの HEDL で第 1 回ミーティングが行われた。今後、次の項目等に関し情報交換を行うことになった。

- ㉑ 熱電対の製造と集合体組立時の取扱に関する経験
- ㉒ 組立架台・輸送時起し台・装荷時の芯合わせ装置の設計・経験
- ㉓ 計測線付集合体の非破壊試験の仕様・経験
- ㉔ 溶接方法 (EB 溶接, レーザ溶接, 自動 TIG 溶接)
- ㉕ 計測器の較正法

- ① SPND の仕様, 製造経験
- ② 核分裂計数管の仕様
- ③ 計測線切断機構

### 3.5.5 ナトリウムインパイルループ (CIL)

前年度より引き続いて川崎重工業株式会社 (Atomic International 社) に委託した概念設定作業のPhase 2が実施された。<sup>(13)</sup>

概念設定(II)で実施した主要項目は次のとおりである。

- i) ナトリウムインパイルループ (CIL) の組立・調整・輸送・炉内装荷・脱荷・輸送等に関連する周辺機器の概念の要点をまとめた。
- ii) 照射装置組立検査施設 (IRAF) の条件をCIL へ反映させ, 全体像の若干の見直しを行った。
- iii) CIL 部品の放射化量, 再使用時の組立作業被曝量を検討した。
- iv) CIL の取扱手順を検討した。
- v) CIL 1次Na 純化系の必要性を検討し, 不要との結論を得た。
- vi) 流量計・Na シールなどの部品使用実績 (米国における) を調査した。

### 3.5.6 材料照射用反射体

材料照射用反射体でMK-IIの初期から利用されるものは, 燃料被覆管の照射用試験と制御棒吸収材の $B_4C$ 照射試験用及び炉容器材料等の構造材照射用の3種類がある。

このうち構造材照射用は, 現在「常陽」のサーベイランス集合体として使用されているものと同様の構造のもの, 及び炉上部機構内に高温で低線量の照射ができるもの, が考えられている。炉上部機構内ものは取合条件の整理を行っており, 今後詳細に設計を行う必要がある。

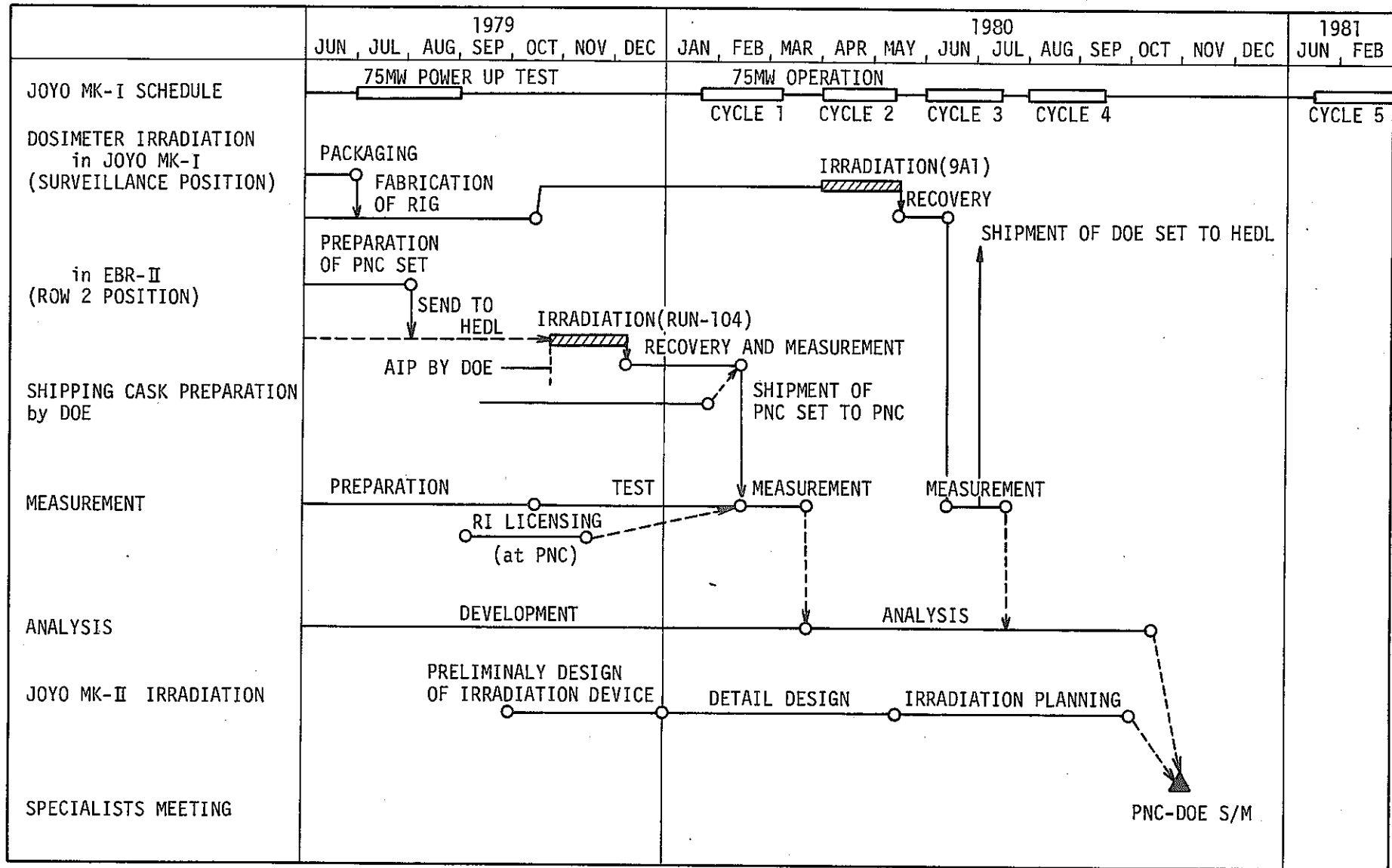
燃料被覆管材料の照射は, B型特殊燃料集合体とほぼ同様のコンパートメント型を利用する方向にあり, 設計を東芝に委託して実施中である。

$B_4C$ 照射は, 内側反射体とほぼ同様の7本ピン構造とし, ピンを2重カプセルとして $B_4C$ ペレット温度を制御する方式を採用する予定である。昭和54年度は東芝に委託して,  $B_4C$ を炉心外側(第6列)に装荷した場合の炉心に与える影響を調査している。

### 3.5.7 計装技術

計装技術は, ドシメトリについて米国DOEとの間で共同研究が進展している。PNC-DOEドシメトリ共同研究の概要については前報の通りで, 第9図に示す工程に従って進捗している。4月以降これまでに実施された作業としては, 次のとおりである。

第9図 COLLABORATIVE DOSIMETRY TEST PLAN





第5表 PNC Dosimeter Sets for EBR-II Irradiation Test

Nuclide	No. 1 SET Weight (mg)	No. 2 SET Weight (mg)	Description
Co-Al	12.70	12.94	Co : 0.61 w/o
Fe	3.63	5.64	
Ni	3.23	3.21	
Cu	21.52	22.15	
Ti	17.70	17.66	
Rh	3.67	3.37	
Nb	2.09	1.69	
Ta-V	2.27	2.61	Ta : 0.1 w/o

## (1) 「常陽」照射用カプセルの組立

前期に購入手配し入手したSc, Ti, Rh等のドシメーター部材を切断秤量し、ドシメーターカプセルに装填した。カプセル組立は東海事業所技術部検査開発課に依頼して行い、この時DOE側のドシメーターセットもいっしょに封入した。組立てられたカプセルは反射体サーベイランスリグの製造メーカー（東芝）に引渡され現在組込作業中である。

なお、ドシメーター、カプセル、リグの図表等詳細は前報で説明のとおりである。

## (2) EBR-II照射用PNCドシメーターの送付

EBR-II RUN-104 (10/22~12/9)での照射のために第1表に示すドシメーターセットを作製し、DOE側に発送(8/3)した。なお、照射されたドシメーターはDOE側の計測終了後来年2月中旬に日本側へ返送されてくる予定である。

## (3) 計測及び解析準備

測定機器の購入手配、較正用 $\gamma$ -X線源購入等の計測準備、並びにデータ処理系購入、解析コード整備等の作業が実施されている。

## (4) その他

照射後放射化したドシメーターの取扱い、国内外での輸送に備えて、RI使用許可申請のための準備及び輸送調査を行った。

### 3.6 設計手法の整備

照射装置の設計・製作・装荷・照射・輸送を担当する上で必要な種々の設計手法を、高速実験炉部内に整備するための作業に着手した。

主な作業項目としては次のとおりであった。

- 照射試験計画に必要な炉心データの収集・整理
- 燃料熱流力解析コードの導入
- 制御棒特性解析コードの導入

#### 3.6.1 MK-II 炉心データの整理

各種の照射試験計画を策定する上でMK-II 炉心の照射条件を代表的な炉心についてまとめておくことが必要となり、これまでに各部門で実施された設計計算結果を整理してまとめた。炉心データの計算条件・概要、計算モデル、炉心マトリックス、まとめている図表リストは次のとおりである。なお、詳細は報告書<sup>(17)</sup>を参照されたい。

##### (1) 計算概要

###### i) 中性子束分布及び反応率分布

標準平衡炉心中性子束分布および反応率分布については、昭和 53 年度委託業務『「常陽」照射用炉心核特性の評価(I)』(SJ 222 79-02) また回転プラグ中性子束分布に関しては同じく『「常陽」照射用炉心の炉体周り遮蔽解析』(SJ 206 79-08) での計算結果を整理してグラフ化したものである。

炉心中性子束分布の計算は、2次元RZ 16群拡散計算により求めたもので群定数セットはMICS 5.3 ライブラリ (ABBN型 26群) を用いている。

炉心燃料装荷本数は 61 体、炉出力は 100 MWt である。

回転プラグ中性子束分布の計算は 2次元輸送計算コード (DOT 3.5) を用いて行われた。この計算に使用した断面積定数は、DLC 型 100 群構造の実効断面積をANISN コードで縮約した 14 群定数を用いている。詳細は上記報告書を参照して頂きたい。

###### ii) 発熱分布

第 10 図と第 11 図に示す標準平衡炉心についてその各部発熱を計算した。この炉心体系は前記中性子束分布および反応率分布の計算での場合と同等である。発熱計算の内容としては、RZ 拡散計算による中性子束分布の計算、 $\gamma$  線源分布計算、 $r$  線束分布計算および  $r$  線発熱分布計算があり、これらの計算から燃料、冷却材ナトリウム、構造材ステンレス鋼の各材質の各部における発熱量 (中性子発熱と  $\gamma$  発熱の合計) を求めた。計算の手順を第 12 図に、また計算結果の発熱バランスを第 6 表に示す。

なお、この発熱分布計算は、昭和 54 年 6 月に前節の計算と同様 MAPI に委託して行ったものである。

第 13 図に炉中心から装荷位置までの距離を整理して一覧した。

### 3.6.2 燃料熱流解析コードの導入

MK-II 用照射燃料の熱流設計に利用するため、及び MK-I 燃料中心温度測定用 集合体特殊試験の解析に使用するため、東海事業所 Pu 燃部から MAMUSY コードを導入し、また既に実験炉部内で一時使用されたことのある SWIRL コードの導入を行っている。とりあえず、来年 4 月に実施される燃料中心温度測定用集合体特殊試験の試験条件サーベイと試験解析を目標に作業が行われている。作業は 8 月から開始され、12 月頃には完了する予定である。

なお、コードは社内での使用実績もあり著名と思われるので内容は割愛する。

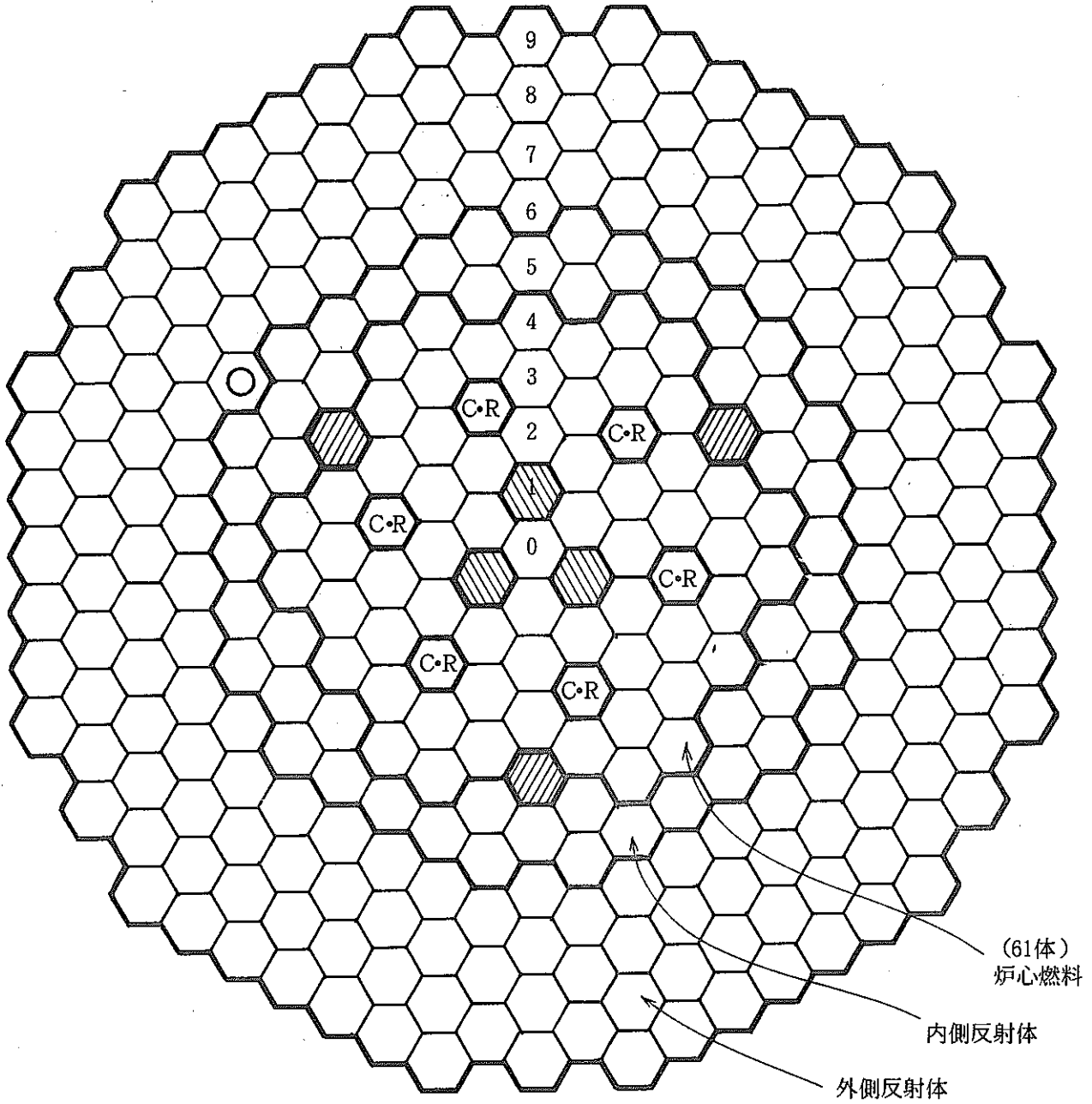
### 3.6.3 制御棒熱特性解析コードの導入

MK-I 制御棒の照射（運転）条件を検討するために、FBR 本部のもんじゅ Gr. が東芝に委託して開発した制御棒熱特性解析コード VORTEX<sup>(17)</sup>を導入した。大洗工学センターの計算機への導入に際し、コードに若干の修正があり、6 月から開始した作業が 9 月末まで要して完了した。

VORTEX コードの詳細は参考文献(18)に記載されているので簡単に概要を述べると以下のとおりである。コードは制御棒（ピン束は 7 本、19 本、37 本の制限がある）の熱流計算及び吸収ピン内圧計算を行うもので、熱流解析手法はいわゆる COBRA 型であって、燃料集合体用の各種解析コードと共通のベースにあるものである。また、制御棒構造が燃料等と異なる点を考慮して吸収ピン束を収納する保護管を通しての熱移動も計算できる。

現在、VORTEX コードによって MK-I 調整棒と安全棒について、運転履歴を INPUT して運運転中の照射条件を解析中である。

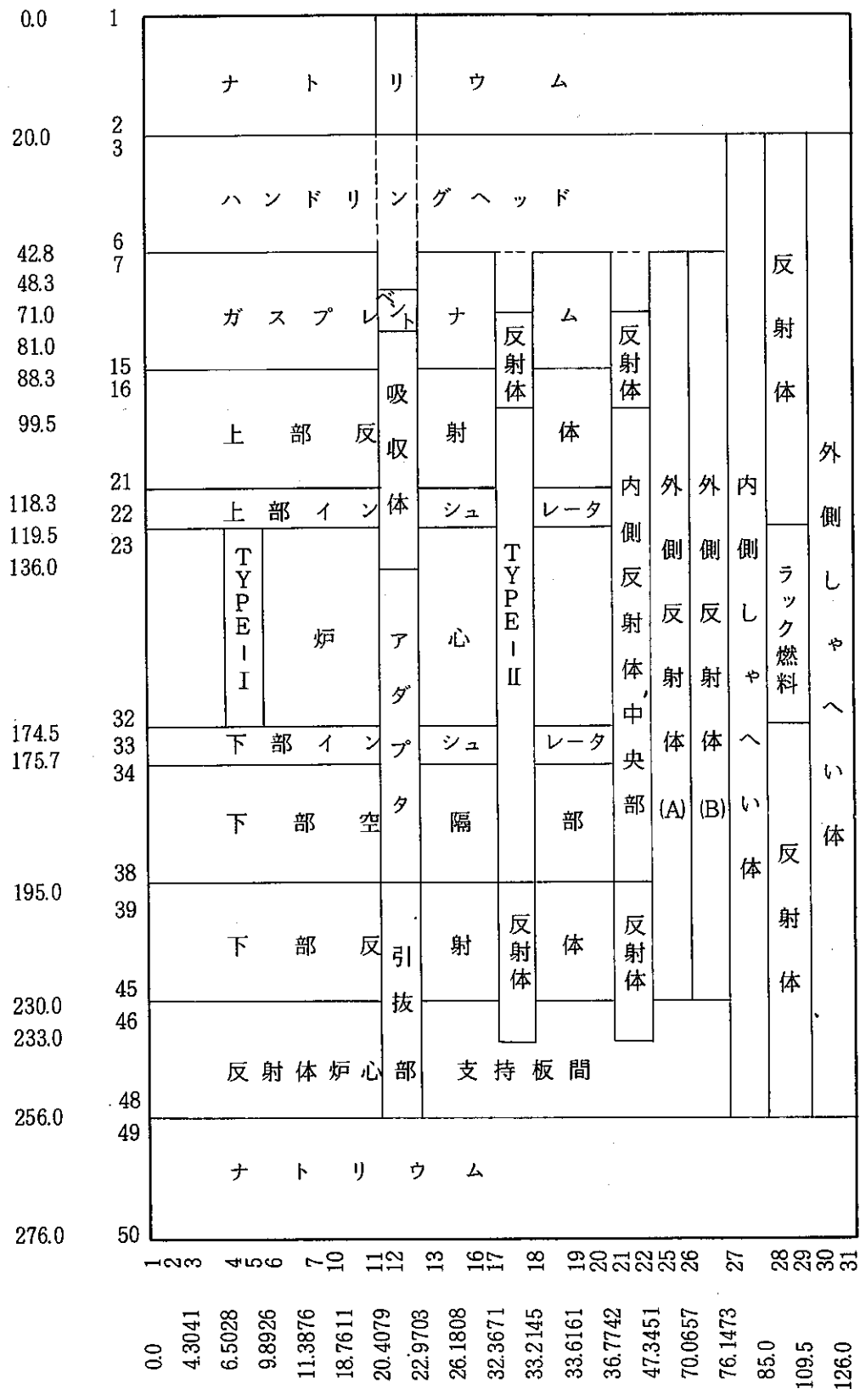
基準方位



- 制御棒
- 中性子源
- 特殊燃料
- 材料照射用反射体

第 10 図 標準平衡炉心構成図

高さ (cm)



第 11 図 標準平衡炉心RZ計算体系図

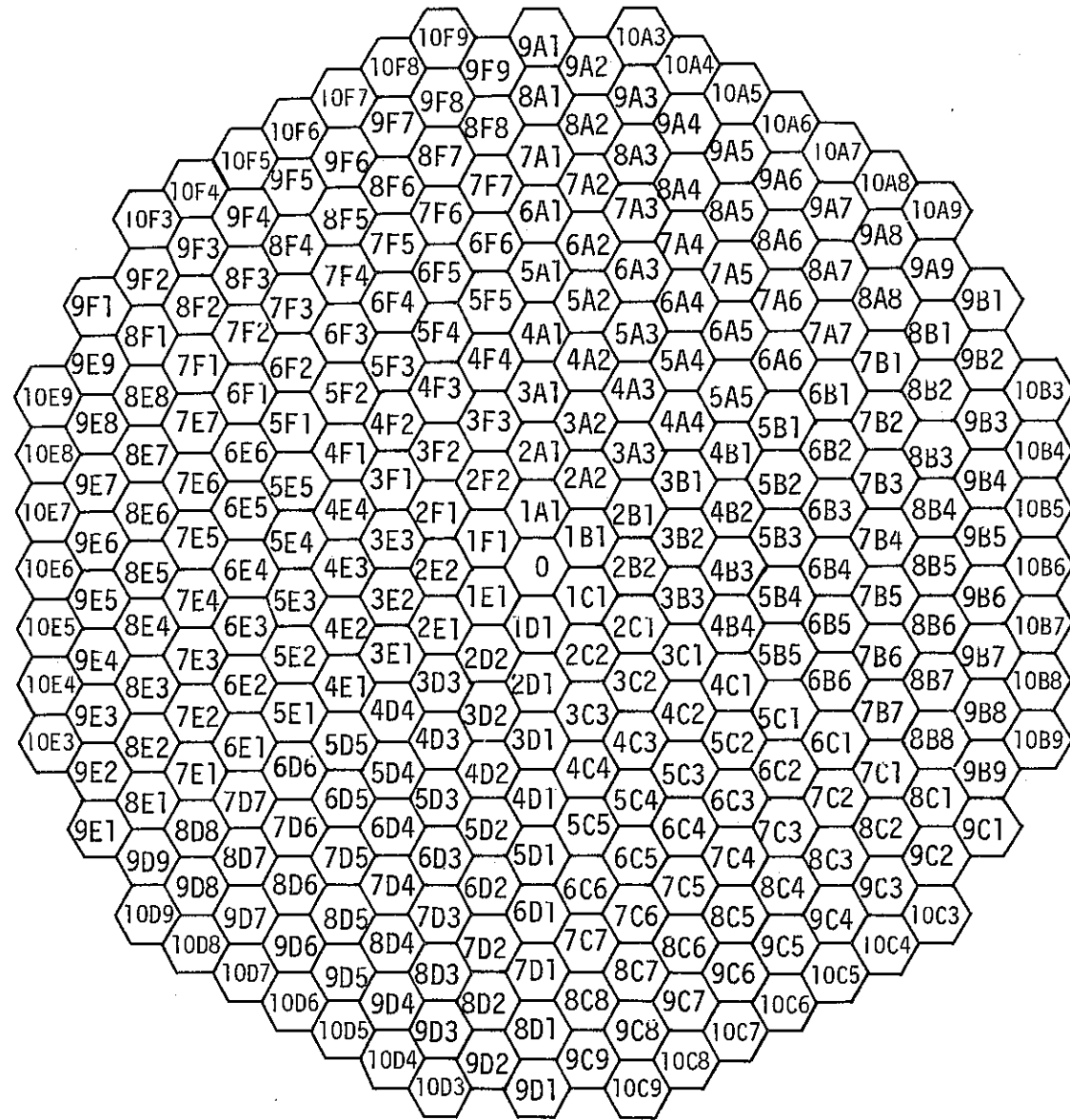


第 6 表 全計算体系における発熱バランス

単位 W

発熱種類		燃 料	ナトリウム	SUS	全 物 質
中性子発熱	核分裂	$8.7119 \times 10^7$	0.0	0.0	$8.7119 \times 10^7$
	捕獲	$5.1004 \times 10^4$	$1.0305 \times 10^3$	$4.3007 \times 10^4$	$1.2123 \times 10^5$
	弾性散乱	$1.9411 \times 10^5$	$1.6775 \times 10^5$	$2.6900 \times 10^5$	$6.4644 \times 10^5$
	計	$8.7364 \times 10^7$	$1.6878 \times 10^5$	$3.1201 \times 10^5$	$8.7882 \times 10^7$
$\gamma$ 発熱	吸収	$3.3034 \times 10^6$	$1.4279 \times 10^3$	$3.3019 \times 10^5$	$3.6372 \times 10^6$
	散乱	$2.4281 \times 10^6$	$4.9591 \times 10^5$	$5.1427 \times 10^6$	$8.0847 \times 10^6$
	計	$5.7315 \times 10^6$	$4.9734 \times 10^5$	$5.4730 \times 10^6$	$1.1722 \times 10^7$
全 発 熱		$9.3096 \times 10^7$	$6.6614 \times 10^5$	$5.7805 \times 10^6$	$9.9604 \times 10^7$

基準方位 (トランスフェロータ)



炉心領域	0列~4, 5列
反射体領域	5列~10列
制御棒	3A3, 3B3, 3C3, 3D3, 3E3, 3F3
中性子源	6F1

装荷位置 (j=A.B.C.D.E.F)	炉中心からの距離 (cm)	装荷位置 (j=A.B.C.D.E.F)	炉中心からの距離 (cm)
0	0.0	8j1	65.20
1j1	8.15	8j2, 8j8	61.53
2j1	16.30	8j3, 8j7	58.77
2j2	14.12	8j4, 8j6	57.05
3j1	24.45	8j5	56.46
3j2, 3j3	21.56	9j1	73.35
4j1	32.60	9j2, 9j9	69.63
4j2, 4j4	29.39	9j3, 9j8	66.71
4j3	28.23	9j4, 9j7	64.69
5j1	40.75	9j5, 9j6	63.65
5j2, 5j5	37.35	10j3, 10j9	74.70
5j3, 5j4	35.53	10j4, 10j8	72.44
6j1	48.90	10j5, 10j7	71.05
6j2, 6j6	45.38	10j6	70.58
6j3, 6j5	43.13		
6j4	42.35		
7j1	57.05		
7j2, 7j7	53.44		
7j3, 7j6	50.90		
7j4, 7j5	49.57		

第13図 炉心から装荷位置までの距離



## 参 考 文 献

- (1) 大竹俊英、他、「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  
PNC SN 944 79-03, (1979 年 10 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) 燃料材料試験部, 「常陽」MK-I 炉心構成要素照射後試験計画,  
PNC N 908 79-03, (1979 年 7 月)
- (4) 大竹俊英、他, 「常陽」MK-I 照射後試験要望項目, PNC SN 908 79-04, (1979 年 9 月)
- (5) 燃料材料試験部, 燃料材料試験部における照射後試験, PNC N 908 78-01, (1978 年 7 月)
- (6) 高速増殖炉開発本部, 燃料・材料照射試験基本計画 「常陽」MK-II の利用,  
(1979 年 1 月)
- (7) 佐々木修一、他, 「常陽」特殊燃料集合体ナトリウム流動耐久試験(1)-B 型第 3 次試作体  
の耐久性と圧力損失測定-, PNC SN 941 79-73, (1979 年 6 月)
- (8) 松島英哉、他, 特殊燃料集合体の評価試験-遠隔解体組立試験(II)-, PNC SN 941 78-  
147 (1978 年 12 月)
- (9) 緒方恵造、他, 新型(C 型)特殊燃料集合体の設計(II), ZJ 201 79-24, (1979 年 3 月)
- (10) 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,  
SJ 201 79-02 (1979 年 2 月)
- (11) 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, SJ 201 79-23,  
(1979 年 3 月)
- (12) 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,  
SJ 201 79-19, (1979 年 2 月)
- (13) 川崎重工業株式会社, 炉中ナトリウムループ関連機器概念の設定(II),  
SJ 213 79-05, (1979 年 7 月)
- (14) 湯本鏡三、他, 「常陽」照射炉心用特殊燃料集合体 B 型設計検討書 分冊 1 照射条件の  
検討, SN 841 79-49, (1979 年 9 月)
- (15) 湯本鏡三、他, 「常陽」照射炉心用特殊燃料集合体 B 型設計検討書分 分冊 2 熱流力・  
構造強度および挙動解析, SN 841 79-62, (1979 年 9 月)
- (16) 湯本鏡三、他, 「常陽」照射炉心用特殊燃料集合体 B 型設計検討書 分冊 3 製作設計,  
SN 841 79-59, (1979 年 9 月)
- (17) 石山 智、他, 「常陽」照射用炉心(標準平衡炉心)データ集,  
PNC N 941 79-157 (印刷中)
- (18) 川村裕史、他, 制御棒熱特性解析コードの開発, SJ 201 77-02, (1977 年 3 月)