

# 東京大学納 臨 界 未 満 実 験 装 置

Subcritical Assembly for Tokyo University

米 納 惇\*  
Atsushi Komeno

## 内 容 梗 概

東京大学へ納入した臨界未満実験装置は大学における原子核物理の研究ならびに学生の教育・訓練用として使用されるもので、大学における実験装置として、わが国最初のものである。

この実験装置は二酸化天然ウラン燃料を使用した軽水減速非均質形式のもので、本実験装置の仕様・構造・特長などを報告する。

## 1. 緒 言

近年来、大学における原子核物理の研究ならびに学生の教育・訓練の目的で、教育研究施設の拡充が強調されてきており、東京大学をはじめとしていくつかの大学ですでに比較的簡単で、絶対安全で、かつ広範囲な実験ができる臨界未満系の実験装置を建設あるいは計画されている。

ここにわが国で初めて完成した東京大学の臨界未満実験装置を紹介する。第1図は完成した実験装置の外観である。

## 2. 設計基準および装置仕様

本実験装置の設計・製作にあたっては次の項目を基本方針とした。

- (1) 絶対安全に運転・操作ができること。
- (2) 信頼性が高いこと。
- (3) 各機器の保守・点検が容易なこと。
- (4) 取り扱いが便利なこと。
- (5) 実験がしやすいこと。

実験装置の概略仕様は下記のとおりである。

- (1) 形 式 軽水減速非均質形
- (2) 燃 料 二酸化ウランペレット 24 mmφ × 25 mm  
天 然 ウ ラ ン 2 トン  
スパイキングが可能である。
- (3) 被 覆 アルミニウム
- (4) 減 速 材 軽水 常温～30°C 可変
- (5) 反 射 体 軽水 側面 最小 265 mm  
上部 0～400 mm 可変
- (6) 炉 心 寸 法 最大 1,120 mmφ × 1,000 mm
- (7) 炉心の水対二酸化ウラン体積比 ( $V_{H_2O}/V_{UO_2}$ )  
1.5, 2.0, 2.5, 3.0 の4種類に変えられる。
- (8) keff 0.8 程度
- (9) 中性子源 Pu-Be 1キューリー×5個  
加速器
- (10) 制御棒(実験用) ボロンステンレス鋼 0.3%  $1k/k$  程度
- (11) 機 器 燃 料  
装 置 本 体  
水 系 統 設 備  
計 測 ・ 制 御 系 統 設 備  
付 属 設 備



第1図 臨界未満実験装置本体の外観

## 3. 建 物

臨界未満実験室は14×43 mの面積を有する建物で、実験装置の設置される核分裂実験室は広さ13×14 m、高さ9.9 mで実験に十分な広さがある。この建物にはこのほか制御室、燃料格納および取扱室、計測室などがある。第2図は核分裂実験室内における実験装置の配置を示す。

## 4. 燃 料

燃料の仕様は下記のとおりである。

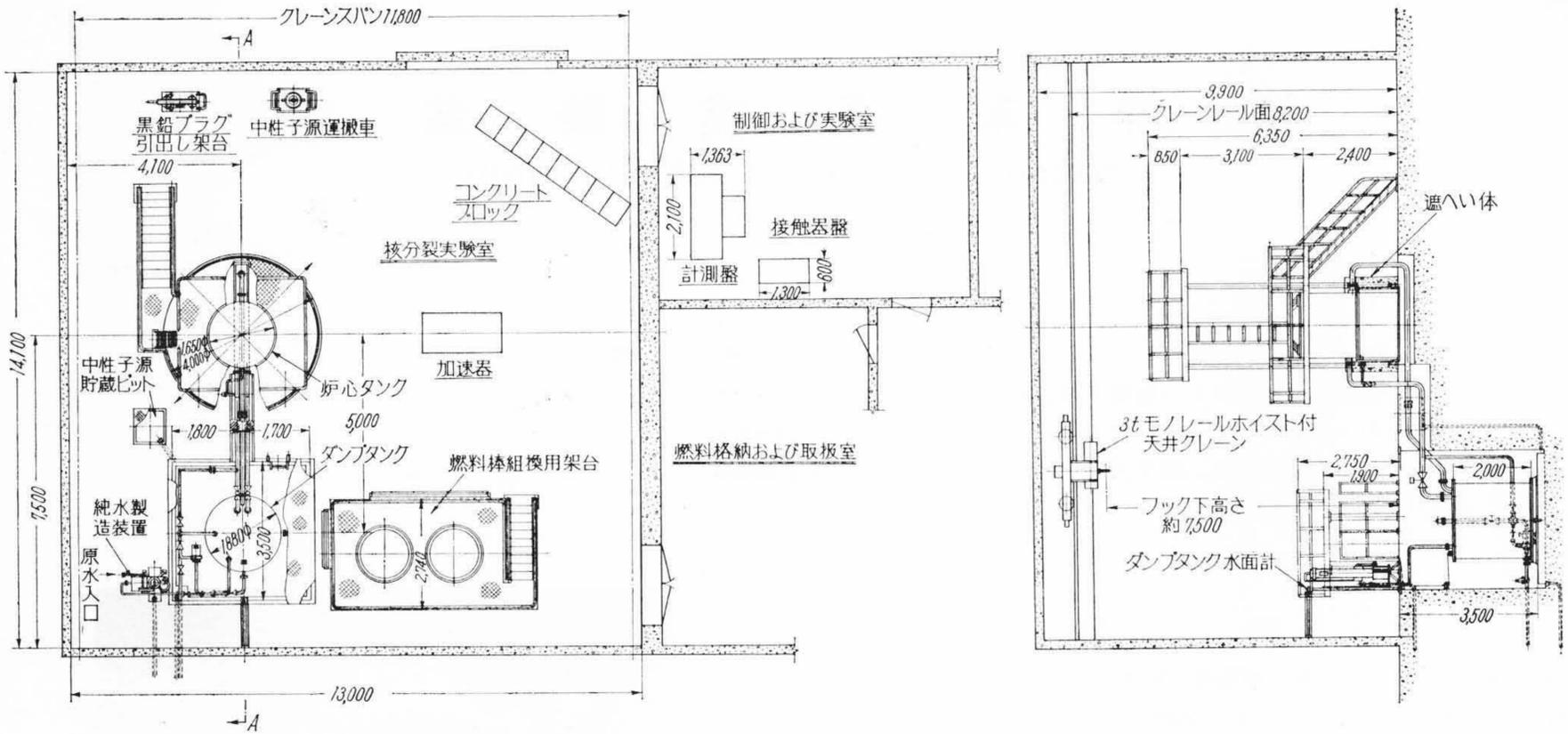
- (1) 形 式 二酸化天然ウラン
- (2) 組 成  $U_{min}$  87.7% O/U比 2.03以下
- (3) 数 量 天然ウラン重量 2トン  
ペレット個数 約20,000個
- (4) 密 度 理論値の93%
- (5) 寸 法 24 mmφ × 25 mm

第3図はペレットの外観である。

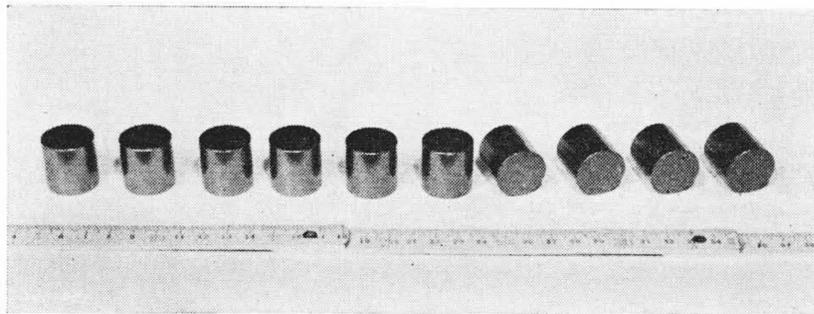
## 5. 装 置 本 体

炉心部は燃料棒を炉心わくに充てんし、全体を炉心タンク中に装てんしたものである。炉心タンクは中性子源を入れる黒鉛ペダスタル上に置かれている。このほか実験中の足場および制御棒駆動装置

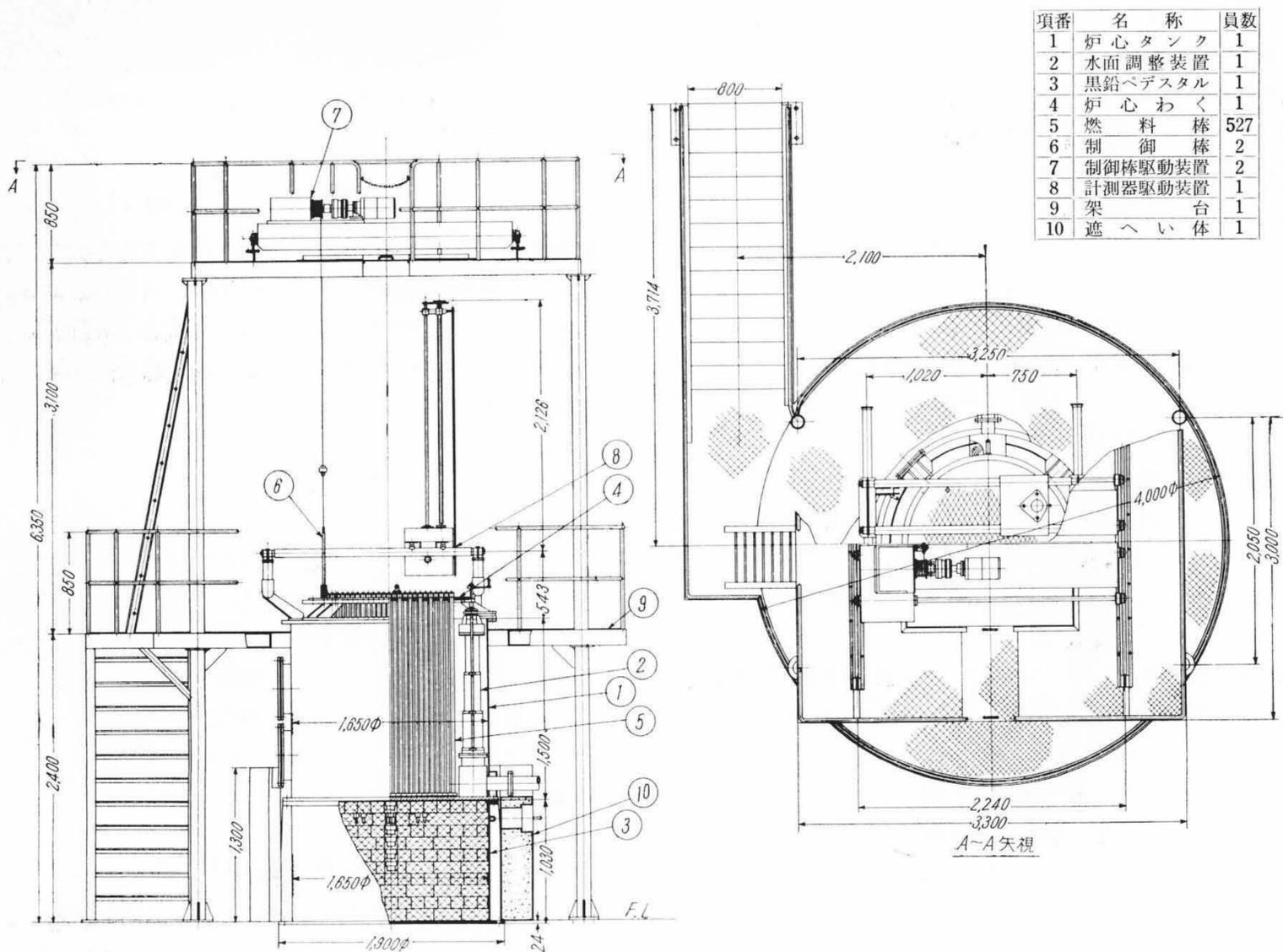
\* 日立製作所日立工場



第2図 全 体 配 置 図



第3図 二酸化ウランペレットの外観



第4図 装 置 本 体 組 立 図

の取付台としての架台や中性子源よりの放射線量を下げたためのコンクリート遮へい体が備えられている。第4図は装置本体の構造を示す。

5.1 燃料棒

燃料棒は被覆管にペレットを充てんし、キャップしたもので、炉心わくの上部管板につり下げられている。燃料棒仕様を下記に示す。

- (1) 燃料棒本数 527 本
- (2) 被覆管 材質 アルミニウム管  
寸法 外径 27 mmφ, 長さ約 1,600 mm
- (3) 燃料部長さ 1,000 mm

5.2 炉心わく

炉心わくは正三角形の格子配列で、実験に応じて水と二酸化ウランの体積比が変えられるよう4組用意してあり、上部管板(厚さ 25 mm, 直径 1,350 mmφ ステンレス鋼)と下部管板(厚さ 20 mm, 直径 1,210 mmφ, アルミニウム)を4本の支柱で連結したものである。

5.3 炉心タンク

炉心タンクは減速材である水をいれるもので、アルミニウム製の内径 1,650 mmφ, 高さ 1,500 mm のタンクで、胴体には炉心内の様子が見える大きなのぞき窓やパルス中性子束を投入する実験孔が備えられている。

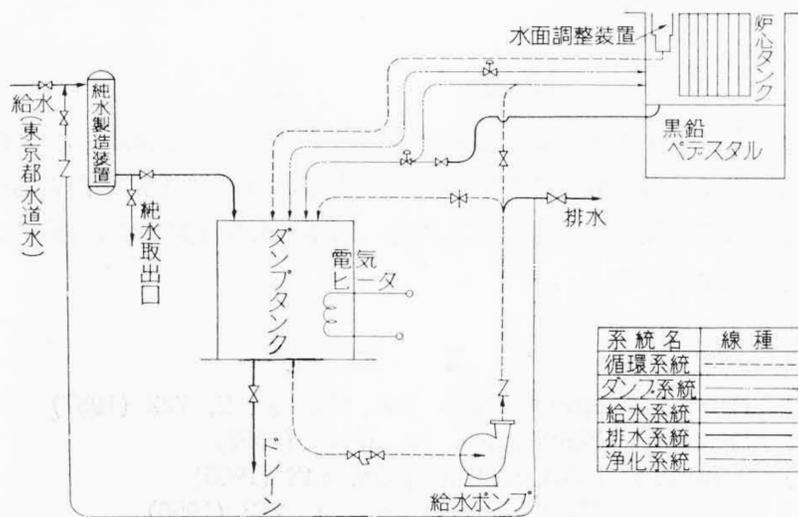
5.4 黒鉛ペDESTAL

実験室の床に据え付けられ、炉心タンクを支持する黒鉛ペDESTALは断面が 100×100 mm の黒鉛製ブロックを内径 1,650 mmφ, 高さ 1,030 mm の鋼製容器に積み重ねて詰めたものである。中性子源は実験に応じてペDESTALの中心のみに、あるいは数箇所分散して置かれる。

6. 水系統設備

第5図は水系統を示すフローシートで、系統を分類すれば(1)循環系, (2)給水系, (3)ダンプ系, (4)浄化系, (5)排水系とになる。水道水を源水として使用し、混床式再生形の純水製造装置で純水にし、ダンプタンクに給水する。ダンプタンクはステンレス鋼製で内径 1,880 mmφ, 高さ 2,000 mm で純水の貯蔵および炉心タンクよりの排水の兼用である。

循環系はダンプタンクの純水をケミポンプで炉心タンクへ送水し、タンク内に設けられた水面調整装置より元へ戻るものである。水面調整装置は、炉心タンク内の水位を炉心上端より上 400 mm, 下 500 mm の範囲にわたり連続的に変えるもので、上部反射体の厚さや炉心高さを変えた実験ができる。さらに減速材の温度を変えた実験ができるようダンプタンク内に 63 kW 電気ヒータを内蔵する



第5図 水系統図

とともに炉心タンク内温度を規定値に維持するために温度調整装置が備えてある。

このほか炉心タンクの水位を急速に低下させる実験用としての2系統のダンプ系, 純水が汚染した場合精製するための浄化系がある。

7. 計測・制御系統設備

計測・制御系統設備は放射線計測系統, プロセス計測・制御系統および制御棒駆動装置より成っている。第6図は指示計・記録計および各種押ボタンスイッチ, 表示灯を納めた計測盤の外観である。

7.1 放射線計測系統

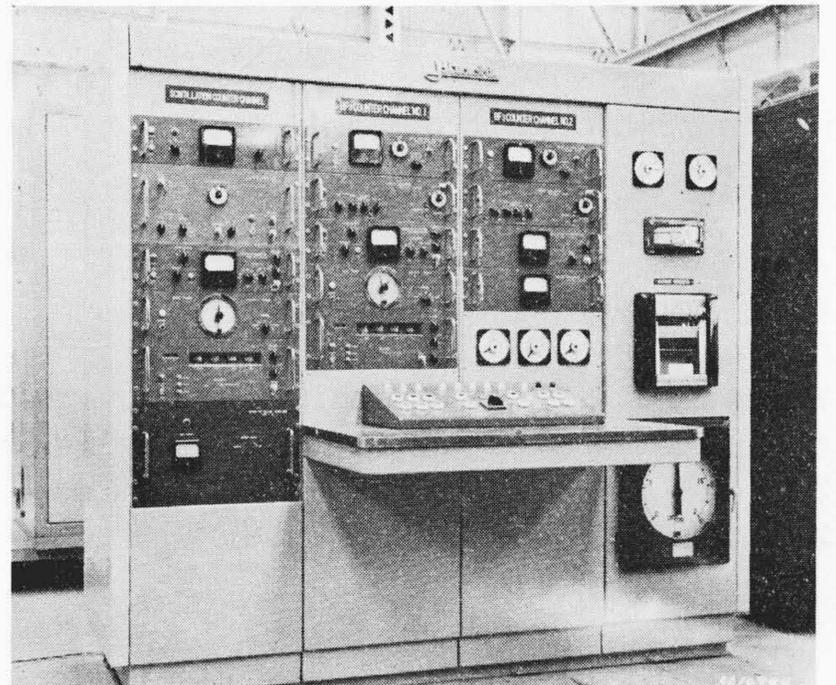
放射線計測系統は第7図に示すとおり, 中性子計測系(BF<sub>3</sub>カウンタ)とγ線モニタ系(シンチレーションカウンタ)より成っている。本実験装置では臨界にすることがないので自動スクラム回路はなく, 手動スクラムボタンが備えられているだけである。しかしいつでも必要に応じ改造ができる。

7.2 プロセス計測・制御系統

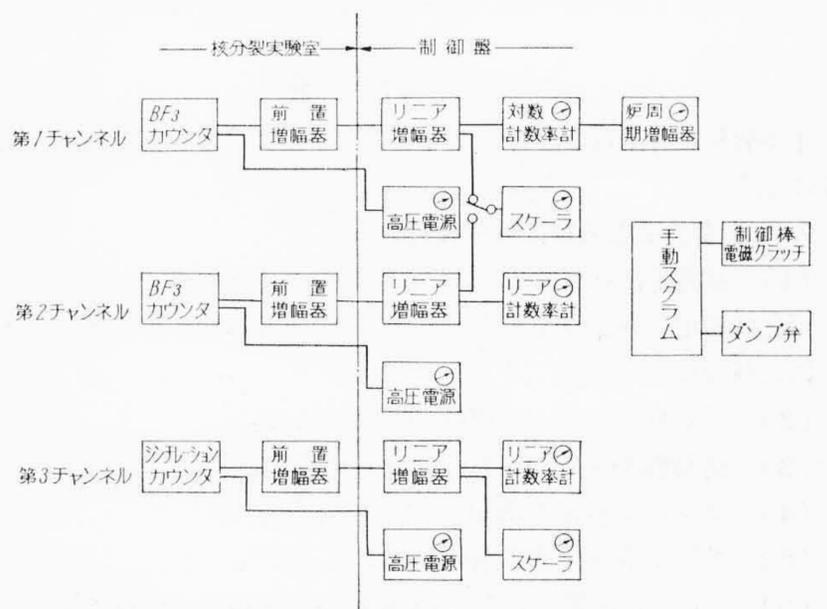
水温3点, 流量2点, 圧力2点, 液面2点, 電気伝導度2点の測定を行ない, 水温1点の温度制御している。

7.3 制御棒および駆動装置

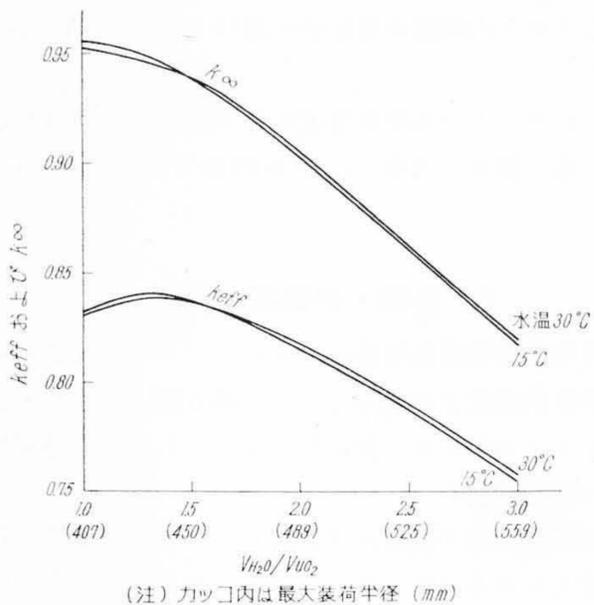
制御棒は2本あり, 直径 22 mmφ, 長さ 1,000 mm の1% ボロン入りステンレス鋼で, 走行横行する台車に取り付けたワイヤドラム式の制御棒駆動装置により炉心内の任意の位置に容易にそう入でき



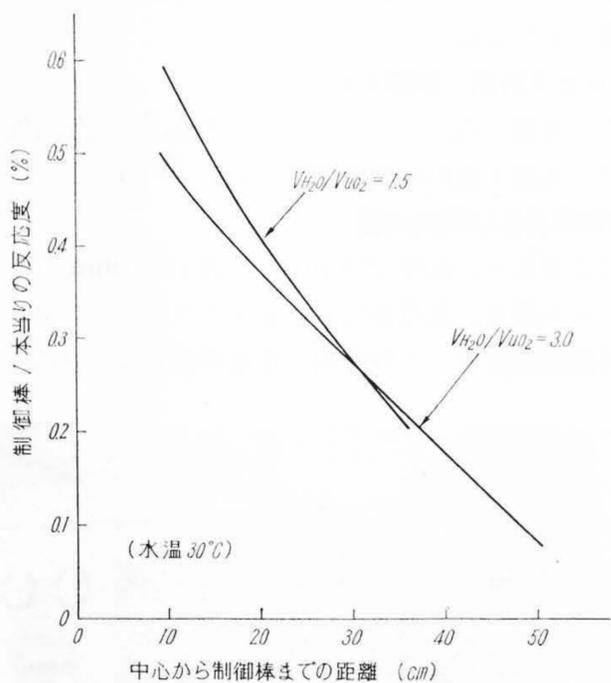
第6図 計測盤外観



第7図 放射線計測系統図



第8図 keff および  $k_{\infty}$  の変化



第9図 制御棒効果

るようになっている。計測盤上に設けられた押ボタンスイッチにより駆動操作され、ストローク 1,400 mm の任意の位置で止められる。また手動スクラムボタンにより急速落下させることもできる。制御棒位置は計測盤の位置指示計に指示される。

### 8. 付 属 設 備

本実験装置に付属する設備として次のようなものがある。

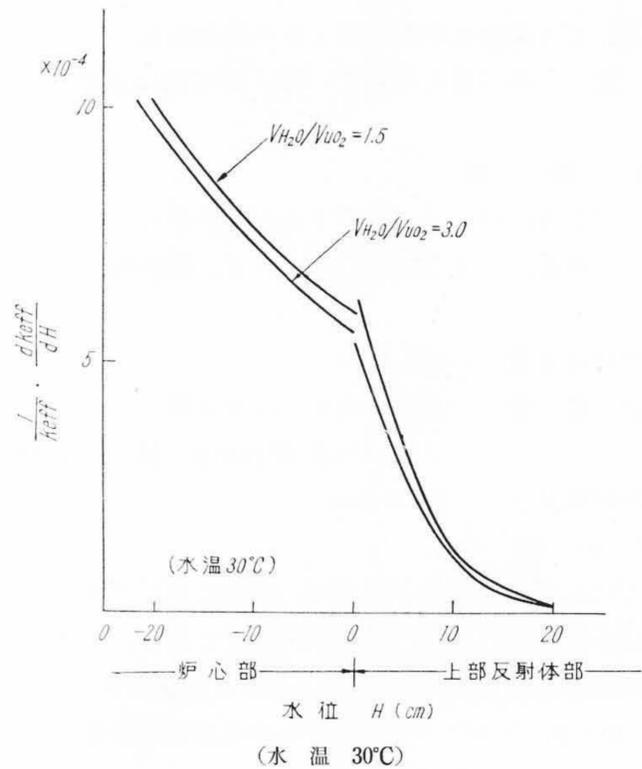
- (1) 小形  $\text{BF}_3$  計数管による中性子束分布測定装置
- (2) 燃料棒の配置・組み替えに便利な燃料組替用架台
- (3) 中性子源の取り扱いに使用する中性子源取扱装置

### 9. 核 計 算

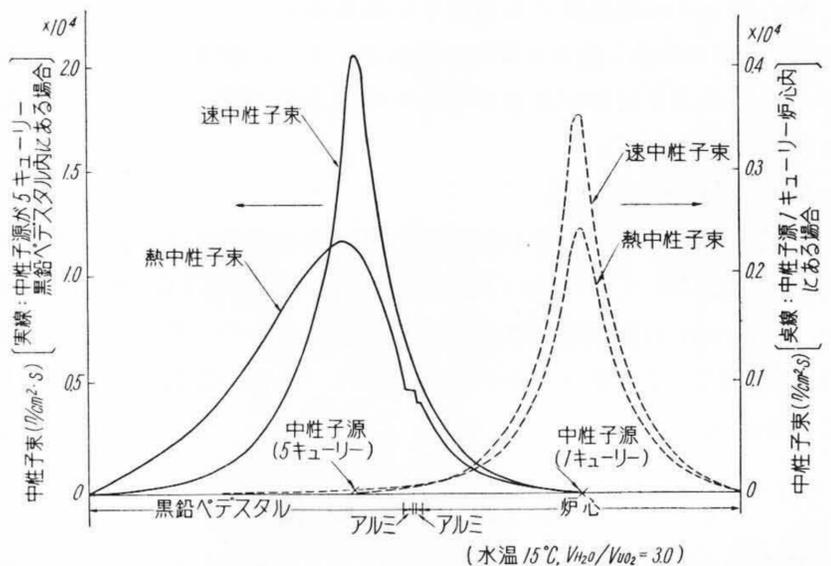
本実験装置各機器の設計に先だって行なわれた核計算の結果を以下に示す。

#### 9.1 計算方式ならびに使用核定数

- (1) 基礎的核計算は2群論に基づく計算のプログラムにより、反応度変化、外部中性子そう入時の中性子分布などは特殊コードにより計算した。
- (2) 核定数は主として BNL-325 によった。
- (3) 断面積は中性子温度と non  $1/v$  因子で計算した<sup>(1)</sup>。
- (4) フェルミ年令は Deutsch によった<sup>(2)</sup>。
- (5) 拡散距離の計算は Spinrad によった<sup>(3)</sup>。
- (6) 水の拡散距離としては Deutsch の実験値を用いた<sup>(4)</sup>。



第10図 水位変化による反応度変化



第11図 中性子束分布

(7) 反射体節約は 68 mm とした。

### 9.2 計算結果

- (1) 水対二酸化ウラン体積比 ( $V_{\text{H}_2\text{O}}/V_{\text{UO}_2}$ ) と  $k_{\text{eff}}$  および  $k_{\infty}$  の関係を第8図に示す。
- (2) 制御棒の効果を第9図に示す。
- (3) 上部反射体の厚さを変えたときの  $k_{\text{eff}}$  の変化ならびに炉心部の水位変化による効果を第10図に示す。
- (4) 中性子源5キュリーを炉心タンク中心線上の黒鉛ペDESTAL内に入れた場合と、炉心中心に1キュリー置いた場合についての速中性子束分布および熱中性子束分布を第11図に示す。

### 10. 結 言

以上東京大学へ納入した臨界未満実験装置について紹介した。本実験装置の設計・製作について懇切な指導を賜った東京大学の大山教授をはじめ関口、清瀬、安、川島、三本の各先生に対し、謹んで感謝の意を表す。

### 参 考 文 献

- (1) Petric, Zweifel: Nucl. Sci. Engng., 2, 732 (1957)
- (2) Deutsch: Nucleonics, 12, No.1 (1957)
- (3) Spinrad: J. Appl. Phys., 26, 548 (1955)
- (4) Deutsch: Nucl. Sci. Engng., 1, 252 (1956)