

京都大学臨界実験装置 (KUCA)  
設置変更承認申請について

【概要、装置説明、規則等】

京都大学複合原子力科学研究所

## 1. 変更の経緯

京都大学複合原子力科学研究所（旧：京都大学原子炉実験所）の臨界実験装置（KUCA）は昭和47年8月6日に運転を開始した臨界実験装置で、平成28年5月11日に新規基準に適合させるための変更等について承認され、平成29年6月20日に運転を再開して現在に至っている。京都大学複合原子力科学研究所敷地内のKUCAの配置を図1に、KUCAの臨界集合体棟の平面図を図2に、KUCAに係る原子炉設置変更の経緯を表1にそれぞれ示す。

## 2. 変更の概要

申請書ではこれまでの高濃縮ウラン燃料の記載に加えて新たな低濃縮ウラン燃料の記載を追加しており、高濃縮ウラン燃料に関する記載内容は変更していない。申請書では両方の燃料の記載が書かれているが、高濃縮ウラン燃料と低濃縮ウラン燃料を同時に炉心で使用することは行わないことを記載している。炉心最大出力、核的制限値、安全保護回路等に関する内容の変更は行わない。

KUCAには図3、図5に示す軽水減速架台（1基）と図4、図6に示す固体減速架台（2基）の2種類の炉心があり、それぞれの架台で使用する燃料に低濃縮ウラン燃料を追加する。

### 2. 1 軽水減速架台用燃料

現在、軽水減速架台用燃料としては標準型燃料板と彎曲型燃料板があるが、彎曲型燃料板は前回の設置変更において燃料として炉心では用いないことにしている。

標準型燃料板は図7に示す [ ] の板状燃料で、厚さ [ ] アルミニウムで挟み込んだ構造になっており、1枚当たりの<sup>235</sup>U含有量は [ ] である。この燃料板を図9、図10に示す外形寸法が [ ] のアルミニウム製の標準型燃料板支持フレームの溝にはめ込んで燃料集合体を構成して炉心で使用する（燃料板挿入時には上部のネジで留めているハンドルを取り外して作業を行う）。燃料板支持フレームは溝の間隔の異なるものを使用することにより炉心の中性子スペクトルを変更することができ、現在は燃料板ピッチが約3.0mm、約3.5mm、約4.5mmの3種類の燃料板支持フレームを所有している。

今回の申請書に記載した低濃縮ウラン燃料板は現在の標準型燃料板と全く同じ大きさのもので、燃料芯材 [ ] ウランアルミニウム合金から [ ] のウランシリサイド（ $U_3Si_2$ ）・アルミニウム分散型燃料（以下、ウランシリサイド燃料）（ウラン密度は [ ] ）に変更したもので、1枚当たりの<sup>235</sup>U含有量は [ ] である。ウランシリサイド燃料はKUR、JRR-3、JMTRなどの研究炉で広く使用されているものと同じである（芯材の厚さはKURと同じ）。高濃縮ウランと低濃縮ウラン燃料の燃料板には刻印を付けることで容易に区別できるようにする。

## 2. 2 固体減速架台用燃料

現在の固体減速架台用燃料は図 8 に示す [ ] の角板で、濃縮度 [ ] のウランアルミニウム合金を耐放射線性プラスチック [ ] で被覆したものである。1 枚当たりの  $^{235}\text{U}$  含有量は [ ] である。この角板を減速材（ポリエチレン、黒鉛等）の板と組み合わせて図 11 に示す [ ] のアルミニウム製のさや管の中へ挿入して燃料集合体を構成して炉心で使用する。

今回の申請書に記載した低濃縮ウラン燃料の角板は、ウランモリブデン（U-7Mo、U に Mo を 7wt% 混ぜたもの）・アルミニウム分散型燃料材（以下、ウランモリブデン燃料）をアルミニウムで被覆したもので、大きさは [ ]、燃料芯材の大きさは [ ] で、1 枚当たりの  $^{235}\text{U}$  含有量は [ ] である。製造方法としてはアルミニウム製の底板付き額縁枠に燃料芯材を入れて、上から [ ] のアルミニウム板を被せた後に周囲をレーザー溶接するものである。

ウランモリブデン燃料はこれまで研究炉で広く使用されてきたウランシリサイド燃料に代わる燃料として世界各国の研究機関において開発された燃料である。KUCA は最大出力 100W であるため燃焼度はほとんど無視できるくらい低いが、これまでに 50% 以上の燃焼度までの照射実験を含む多くの研究実績があり、高出力の研究炉での使用に耐えるだけの十分な核分裂生成物の保持能力があることが確認されている。

表1 京都大学臨界実験装置の原子炉設置変更承認の経緯

承認年月日	承認番号	備考
昭和47年 8月24日	47原第7905号	臨界実験装置 (KUCA) の増設
昭和50年 6月 3日	50原第5332号	KUCA の重水反射体の追加
昭和52年 4月12日	52安 (原規) 第120号	KUCA 彎曲型燃料体の製作
昭和55年 8月25日	55安 (原規) 第175号	KUCA 中濃縮ウラン彎曲型燃料体の製作
昭和59年 2月28日	59安 (原規) 第44号	KUCA の2分割混合炉心の構成
平成17年10月27日	16学文科科第960号	中性子発生設備の追加、安全保護回路の改造
平成28年 5月11日	原規規発第16051111号	新規制基準に適合させるための変更等

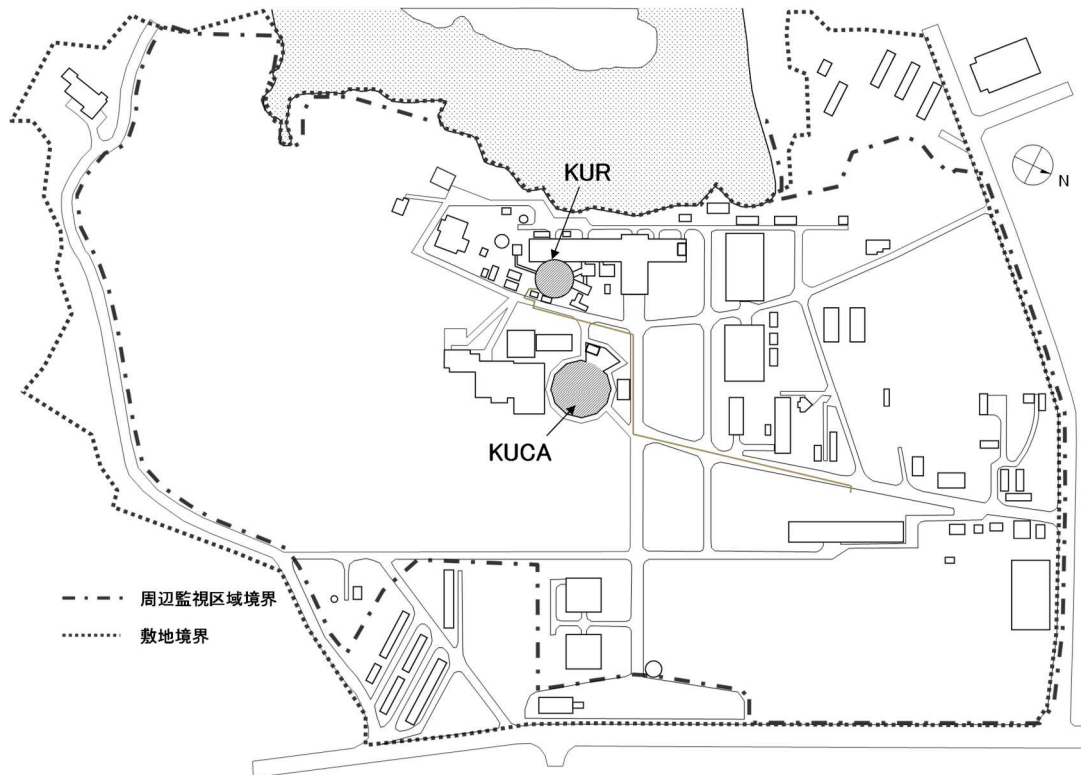


図1 京都大学複合原子力科学研究所 施設配置図

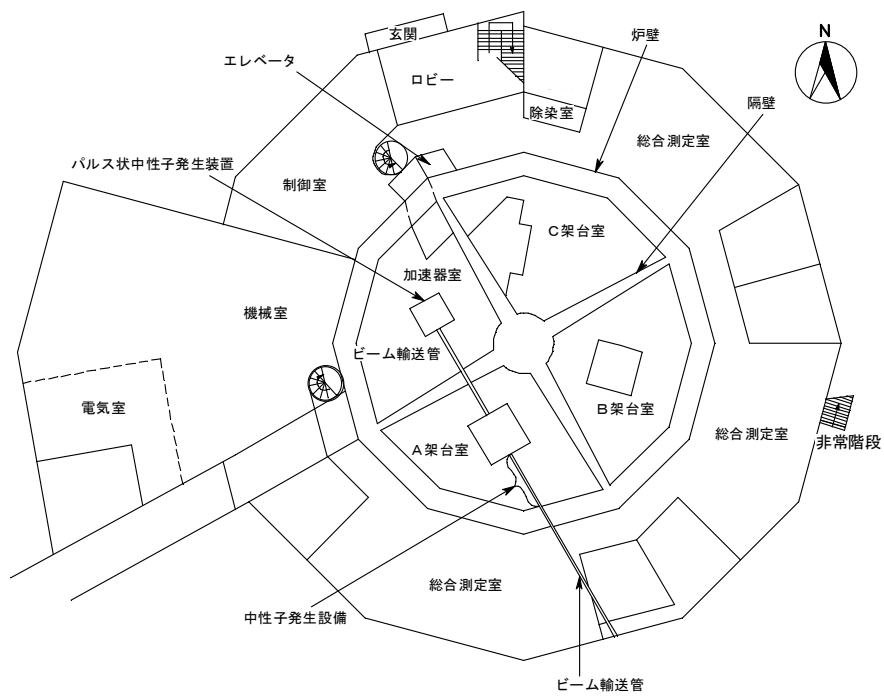
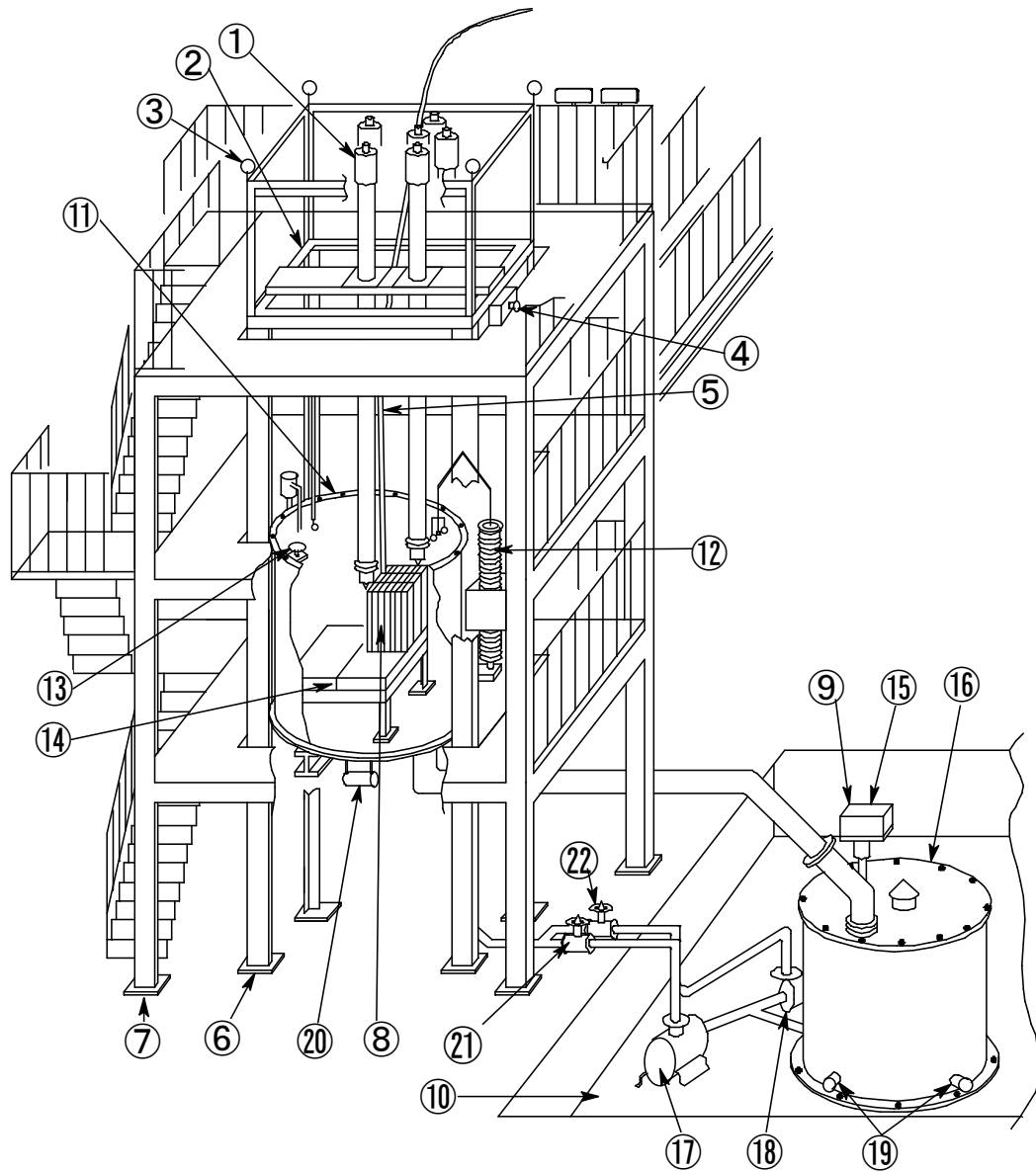
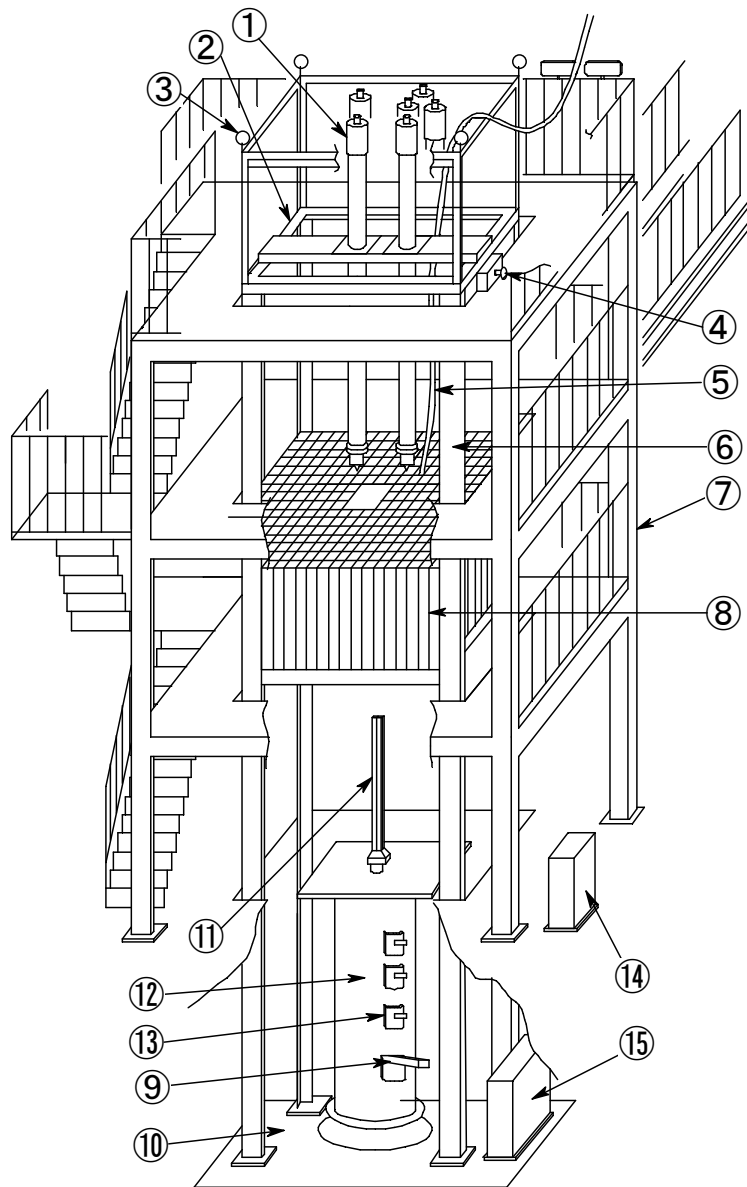


図2 臨界集合体棟 1階 平面図



- |                |             |             |
|----------------|-------------|-------------|
| ① 制御棒駆動装置      | ⑨ 親子キー式ロック  | ⑰ 高速給水ポンプ   |
| ② 制御棒駆動装置固定板   | ⑩ ピット       | ⑱ 低速給水ポンプ   |
| ③ クレーンつり上げ用フック | ⑪ 炉心タンク     | ⑲ ダンプタンクヒータ |
| ④ ロックピン        | ⑫ 溢流器 蛇腹    | ⑳ 炉心タンクヒータ  |
| ⑤ 中性子源案内管      | ⑬ 炉心分割用ハンドル | ㉑ 高速給水弁     |
| ⑥ 架台支持構造       | ⑭ 格子板       | ㉒ 低速給水弁     |
| ⑦ 足場           | ⑮ ダンプ弁      |             |
| ⑧ 炉心           | ⑯ ダンプタンク    |             |

図3 軽水減速架台



- |   |              |   |           |
|---|--------------|---|-----------|
| ① | 制御棒駆動装置      | ⑨ | 親子キー式ロック  |
| ② | 制御棒駆動装置固定板   | ⑩ | ピット       |
| ③ | クレーンつり上げ用フック | ⑪ | 中心架台      |
| ④ | ロックピン        | ⑫ | 中心架台駆動装置  |
| ⑤ | 中性子源案内管      | ⑬ | ストッパ      |
| ⑥ | 架台支持構造       | ⑭ | 中心架台現場操作盤 |
| ⑦ | 足場           | ⑮ | 油圧ユニット    |
| ⑧ | 炉心           |   |           |

図4 固体減速架台

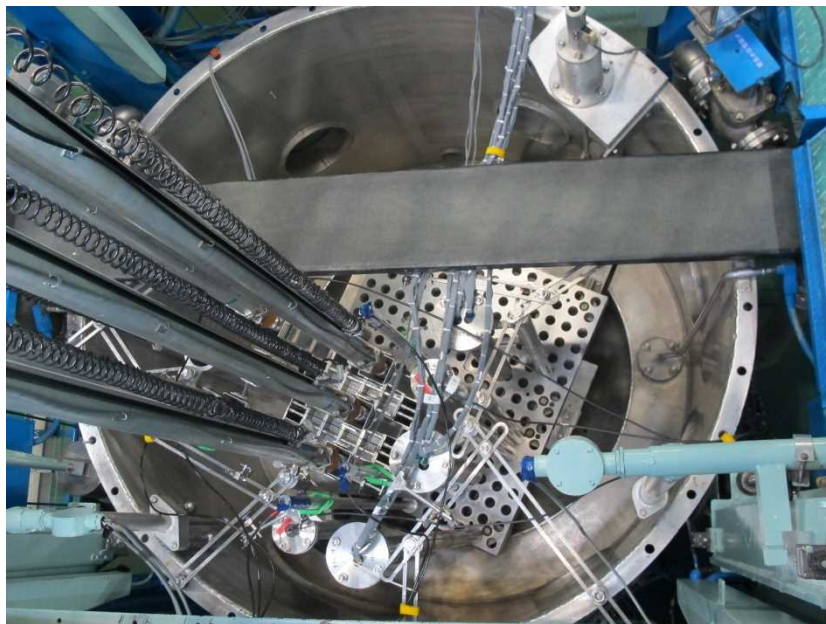


図5 軽水減速架台（写真）

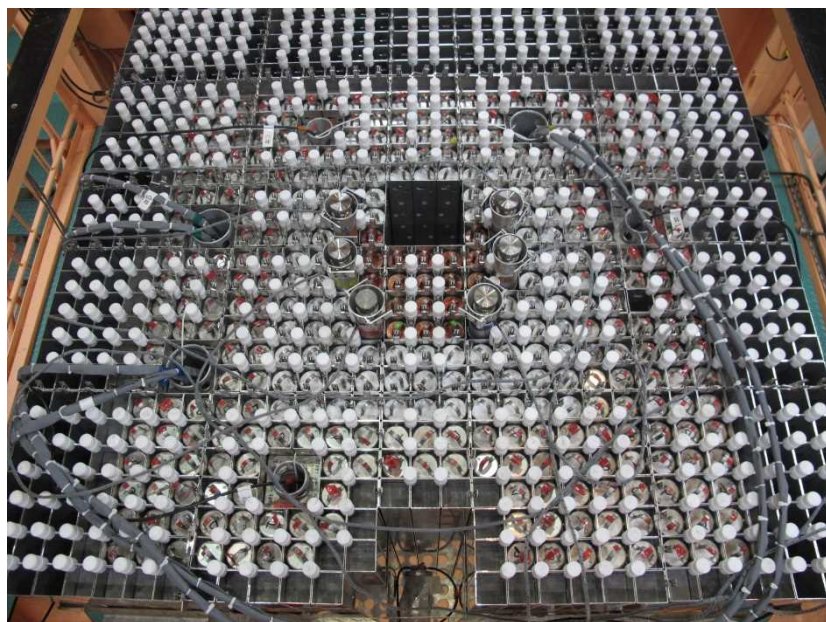


図6 固体減速架台（写真）（制御棒駆動機構無し）



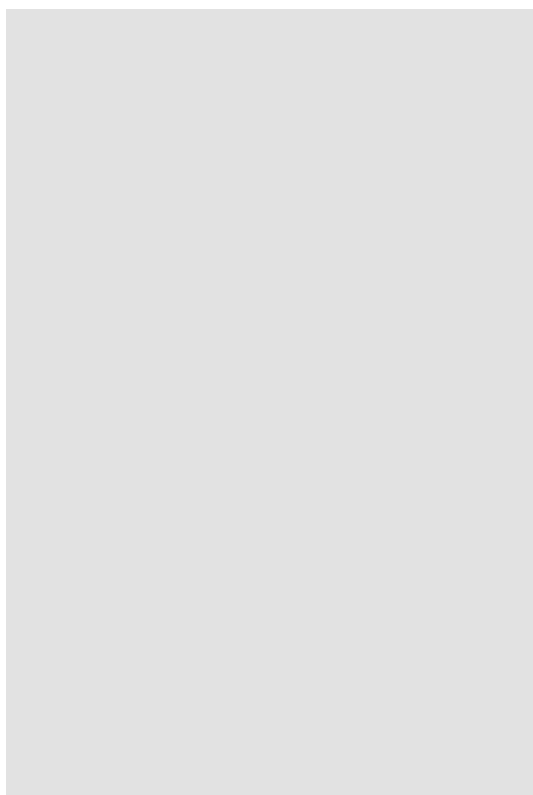


図7 軽水減速架台用 標準型燃料板

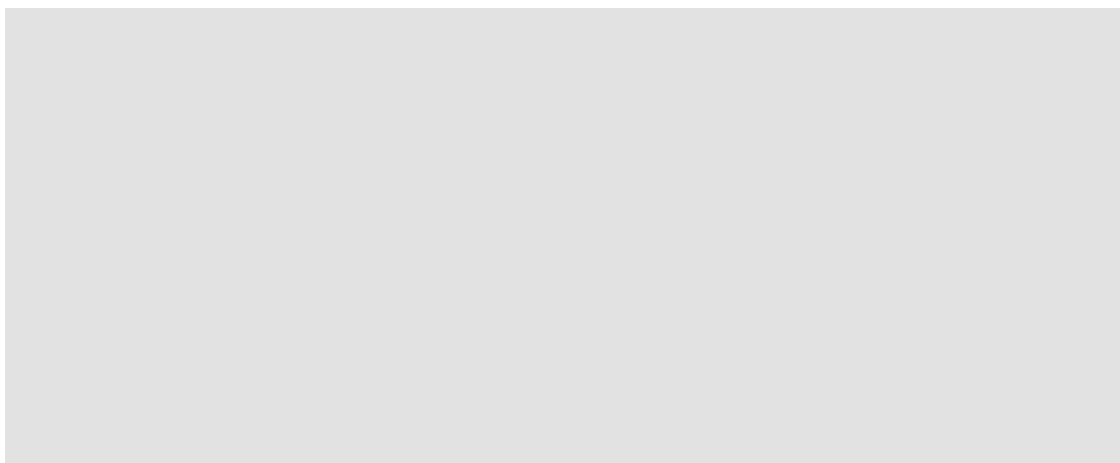


図8 固体減速架台用 角板  
(左：高濃縮ウラン燃料、右：低濃縮ウラン燃料)

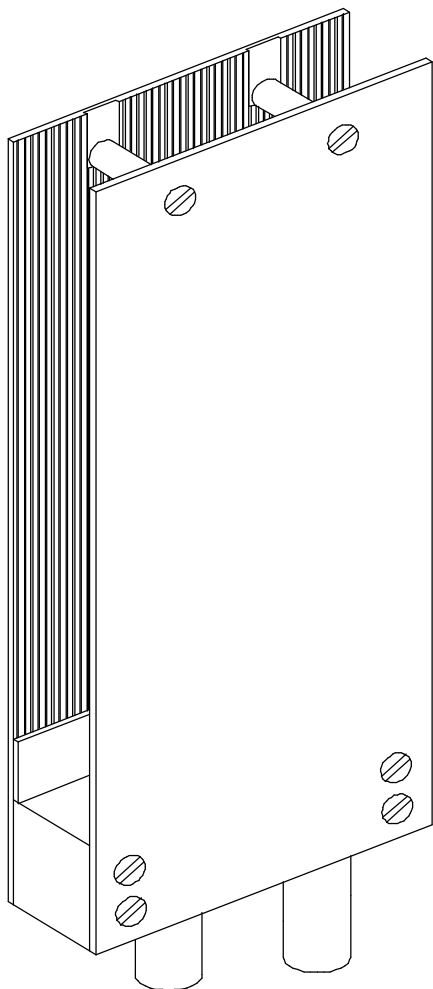


図 9 軽水減速架台用燃料板支持フレーム

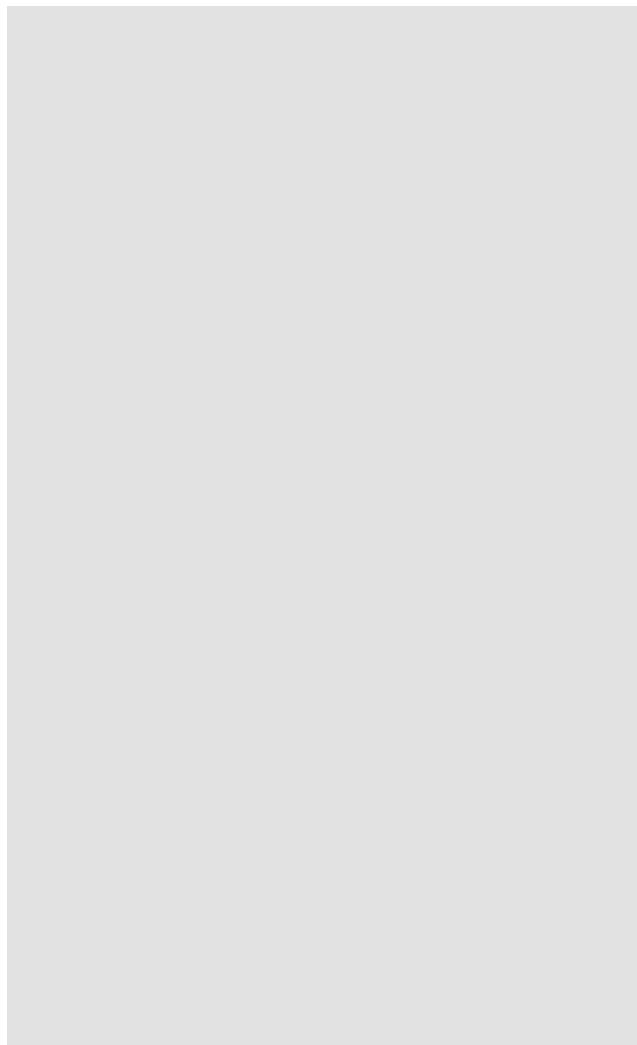


図 10 軽水減速架台用燃料板支持フレーム  
(燃料板装荷時の側面図)

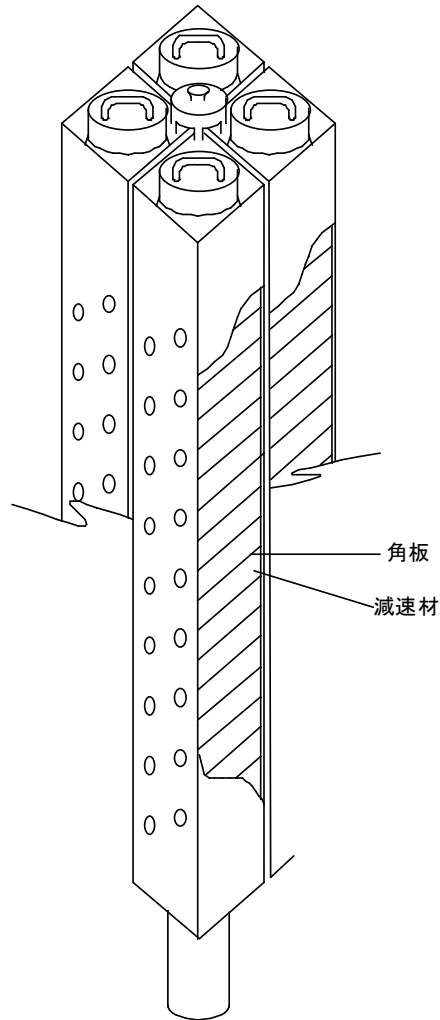


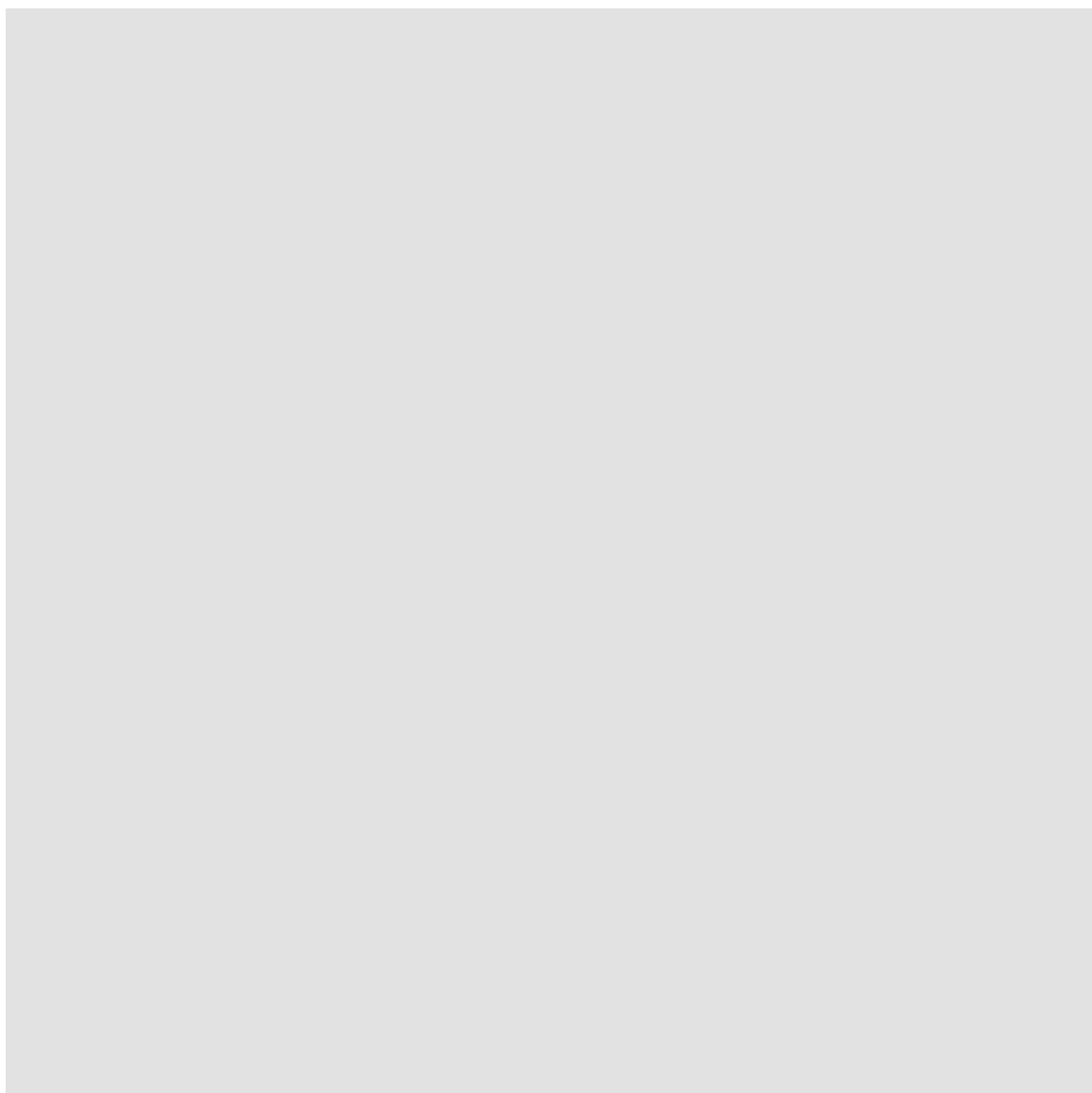
図 11 固体減速架台用燃料集合体  
(さや管に角板、減速材を挿入)

【補足A KUCA の制御設備、核計装設備について】

1) KUCA の制御設備は以下の通りである。

- ① 制御棒 6 本（制御棒駆動装置（図 A-1）は固体減速炉心、軽水減速炉心で共通）
  - ・制御棒本体（吸収体）はそのヘッドを制御棒駆動用電磁石に吸着させ、制御用モーターで電磁石電源を上下させる
  - ・駆動速度は上下動作共に一定（0.5m /分 以下）
  - ・通常運転時は 3 本（S4～S6）を上限とし、残り 3 本（C1～C3）の挿入位置を調整する
  - ・スクラム信号発生時に電磁石電源を切って全ての制御棒を落下させる。スクラム信号発生から全挿入までの時間は 1 秒以下
  
- ② 中心架台（固体減速炉心）（図 A-2）
  - ・A 架台では 3 行×3 列、B 架台では 5 行×5 列
  - ・下方から油圧ポンプにより油圧をかけることで上昇させる。上昇途中でストップが 3 箇所があり、各ストップを通過するごとに上昇速度が遅くなる（表 A-1）。
  - ・炉心の他の集合体と同じ高さになったところ（中心架台上限）で停止し、油圧ポンプを駆動させ続けて上限を維持する。
  - ・スクラム信号発生時に油圧ポンプの電源を切って下降させる。上限から 105cm 落下するまで 12 秒以下
  - ・中心架台が上限にないと C1～C3 の制御棒は上昇できない
  
- ③ ダンプ弁（軽水減速炉心）（図 A-3 の⑮、図 A-8, A-9）
  - ・炉心タンク下部の配管に取り付けてある
  - ・コンプレッサーからの空気圧をシリンダの下側に入れることで弁座を持ち上げ、上部のリンク機構を折曲げてカムをリンク機構に引っかけて電磁石で固定することで弁座を閉止状態とする。シリンダ内の空気は電磁石で固定された時点で排出される。
  - ・スクラム信号発生時に電磁石電源を切ってリンク機構をカムから外し、弁座を下降させて炉心タンク水を排水する。燃料が完全に露出するまでの排水時間は 30 秒以下
  - ・ダンプ弁を閉止しないと C1～C3 の制御棒は上昇できない

2) 運転手順は以下の通りである。



3) KUCA の核計装系は以下の通りである。

① 起動系

- 3本の核分裂計数管 FC #1~FC#3
- FC #1~FC#3の数値は制御室核計装盤（図 A-7）の記録計とメータに表示される（範囲は  $10^0 \sim 10^6$  cps）
- 起動系の1系統以上の計数率が 2cps を越えないと制御棒、中心架台の上昇操作はできない
- 検査のために押しボタンスイッチにより 2cps の模擬信号を入れることが可能
- 起動系の計数率の炉周期を求め、3系統中2系統以上が炉周期短（35秒以下）の信号を出したときには、制御棒引抜き阻止（6本全ての制御棒）、中心架台上昇油圧ポンプ停止、炉心タンク給水ポンプ停止
- ある程度出力が上昇したときにもこの炉周期短のインターロックは働くが、高出力では検出器の不感時間の影響で機能しない
- 通常運転時には運転員が起動系の信号を意識することは無い

② 線型出力計系（Lin-N）

a) 概要

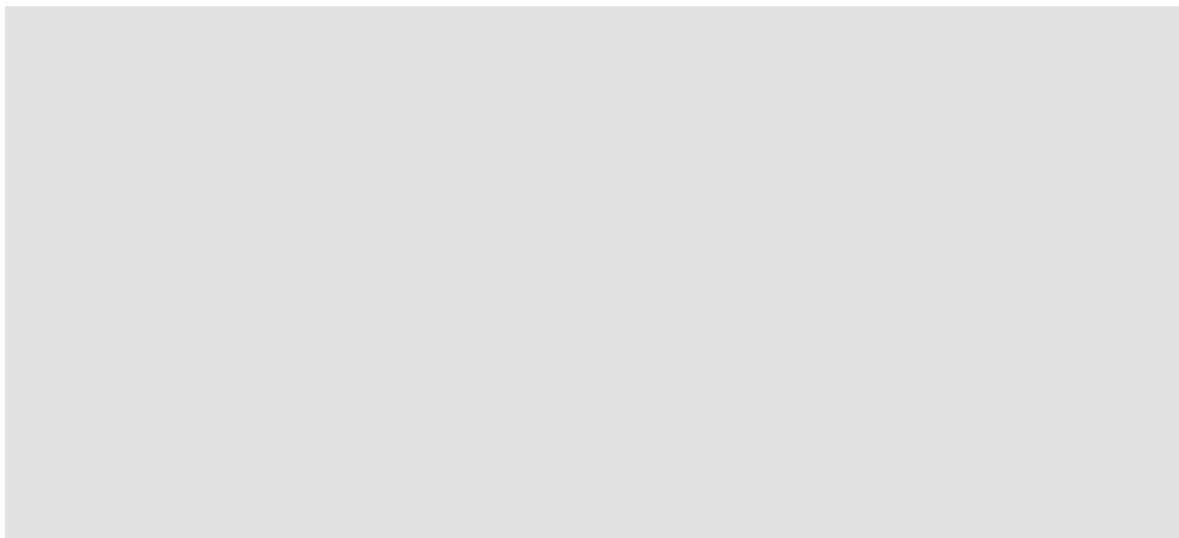
- ガンマ線非補償型電離箱 UIC #5
- UIC #5の数値は制御室核計装盤（図 A-7）の記録計とメータ、制御卓の記録計とデジタル表示器（図 A-6）に表示される（範囲は 0~120%）（制御卓の記録計と表示器は自主設置）
- 線型出力計の数値は電離箱からの信号の電流値で表示され、表示の電流値が 100%で 3pA から  $1 \mu A$  となる 12レンジを制御卓で切り替える（図 A-5）。
- 上のレンジに変更することはいつでも可能であるが、下のレンジへの変更は指示値が 25%以下のときにのみ可能（オーバースケールによるスクラムを防ぐため）
- UIC #5 は設置位置により  $1 \mu A$  指示値で出力 100W 以下となるように設置している（例えば、A 架台の定検炉心では  $1 \mu A$  指示値で出力が 25W）

b) 安全保護

- 線型出力計の各レンジにおいて指示値が 90%を越えるとアラームが鳴る（図 A-5 の ALARM、これは自主警報）
- 線型出力計の各レンジにおいて指示値が 110%を越えると一せい挿入信号を発生し、アラームが鳴り制御卓に警報ランプが表示され、臨界調整用の3本の制御棒（C1~C3）の駆動モータが自動的に動作して電磁石電源が入った状態で制御棒を炉心に挿入する

- ・線型出力計の各レンジにおいて指示値が 120%を越えるとスクラム信号を発生し、アラームが鳴り制御卓に警報ランプが表示され、制御棒を吊っている電磁石電源が切断されて自重で炉心に挿入される

#### c) 運転時の操作



### ③ 対数出力炉周期系 (Log-N)

#### a) 概要

- ・ガンマ線非補償型電離箱 UIC #4
- ・UIC #4 の数値 (対数指示値、炉周期) は制御室核計装盤 (図 A-7) の記録計とメータ、制御卓のデジタル表示器 (図 A-6) に表示される (対数指示値は電離箱からの電流値 :  $10^{-12}\text{A} \sim 10^{-5}\text{A}$ )

#### b) 安全保護

- ・炉周期が 30 秒以下となるとアラームが鳴り、制御棒引抜き阻止 (6 本全ての制御棒)、中心架台上昇油圧ポンプ停止、炉心タンク給水ポンプ停止
- ・炉周期が 15 秒以下となると一せい挿入信号を発生し、アラームが鳴り制御卓に警報ランプが表示され、臨界調整用の 3 本の制御棒 (C1~C3) の駆動モータが自動的に動作して電磁石電源は入った状態で制御棒を炉心に挿入する
- ・炉周期が 10 秒以下となるとスクラム信号を発生し、アラームが鳴り制御卓に警報ランプが表示され、制御棒を吊っている電磁石電源が切断されて自重で炉心に挿入される

#### c) 運転時の操作

- ・運転員は炉周期が 30 秒以下にならないように指示値を見ながら運転を行う (50 秒以上くらいを目安)
- ・運転員は対数出力計の表示を見ながら運転することはほとんど無く、参考として見る程度

#### ④ 安全出力系

##### a) 概要

- ・ガンマ線非補償型電離箱 UIC #6
- ・UIC #6 の数値はフルスケール 120%の制御室核計装盤（図 A-7）のメータにのみ表示され、レンジ切り替えは無し。
- ・UIC #6 は設置位置により 100%指示値で出力 100W 以下となるように設置している（例えば、A 架台の定検炉心では 100%指示値で出力が 27W）
- ・通常運転時には運転員が安全出力計の信号を意識することは無い

##### b) 安全保護

- ・指示値が 120%となるとスクラム信号を発し、アラームが鳴り制御卓に警報ランプが表示され、制御棒を吊っている電磁石電源が切断されて自重で炉心に挿入される



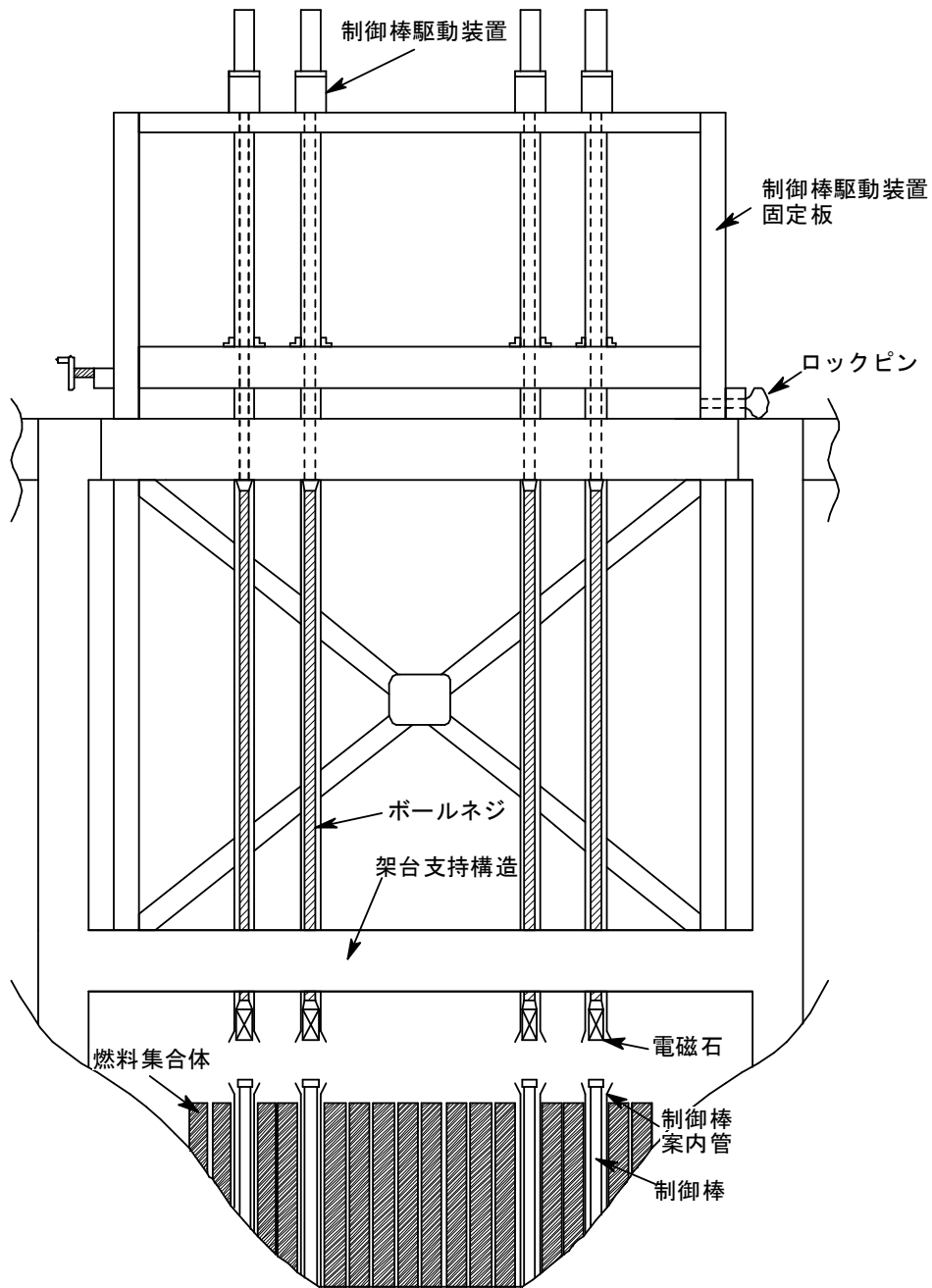


図 A-1 制御棒駆動装置

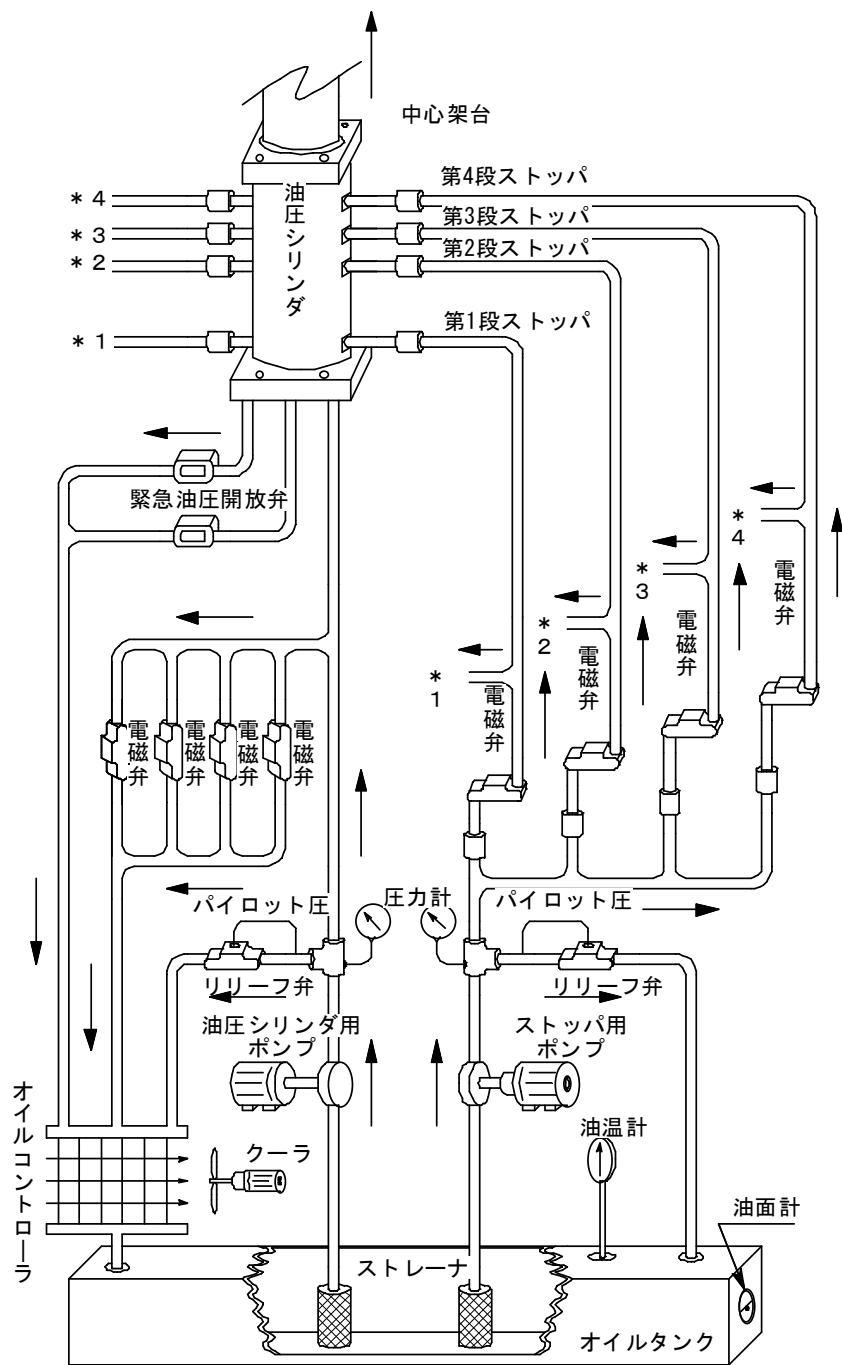
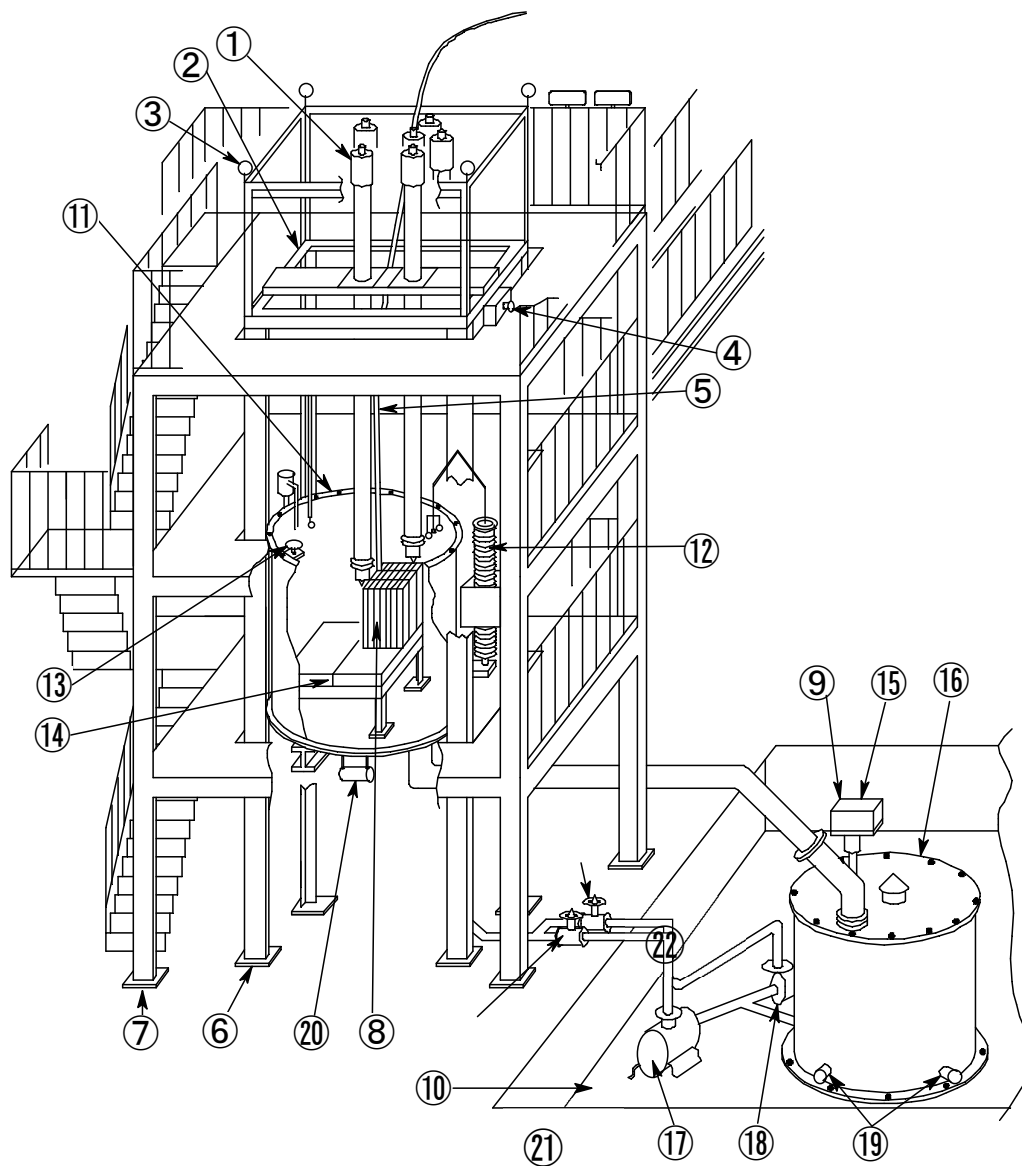


図 A-2 中心架台駆動装置



- |              |             |             |
|--------------|-------------|-------------|
| 制御棒駆動装置      | ⑨ 親子キー式ロック  | ⑰ 高速給水ポンプ   |
| 制御棒駆動装置固定板   | ⑩ ピット       | ⑱ 低速給水ポンプ   |
| クレーンつり上げ用フック | ⑪ 炉心タンク     | ⑲ ダンプタンクヒータ |
| ロックピン        | ⑫ 溢流器 蛇腹    | ⑳ 炉心タンクヒータ  |
| 中性子源案内管      | ⑬ 炉心分割用ハンドル | ㉑ 高速給水弁     |
| 架台支持構造       | ⑭ 炉心分割機構    | ㉒ 低速給水弁     |
| 足場           | ⑮ ダンプ弁      |             |
| 炉心           | ⑯ ダンプタンク    |             |

図 A-3 軽水減速炉心 概念図

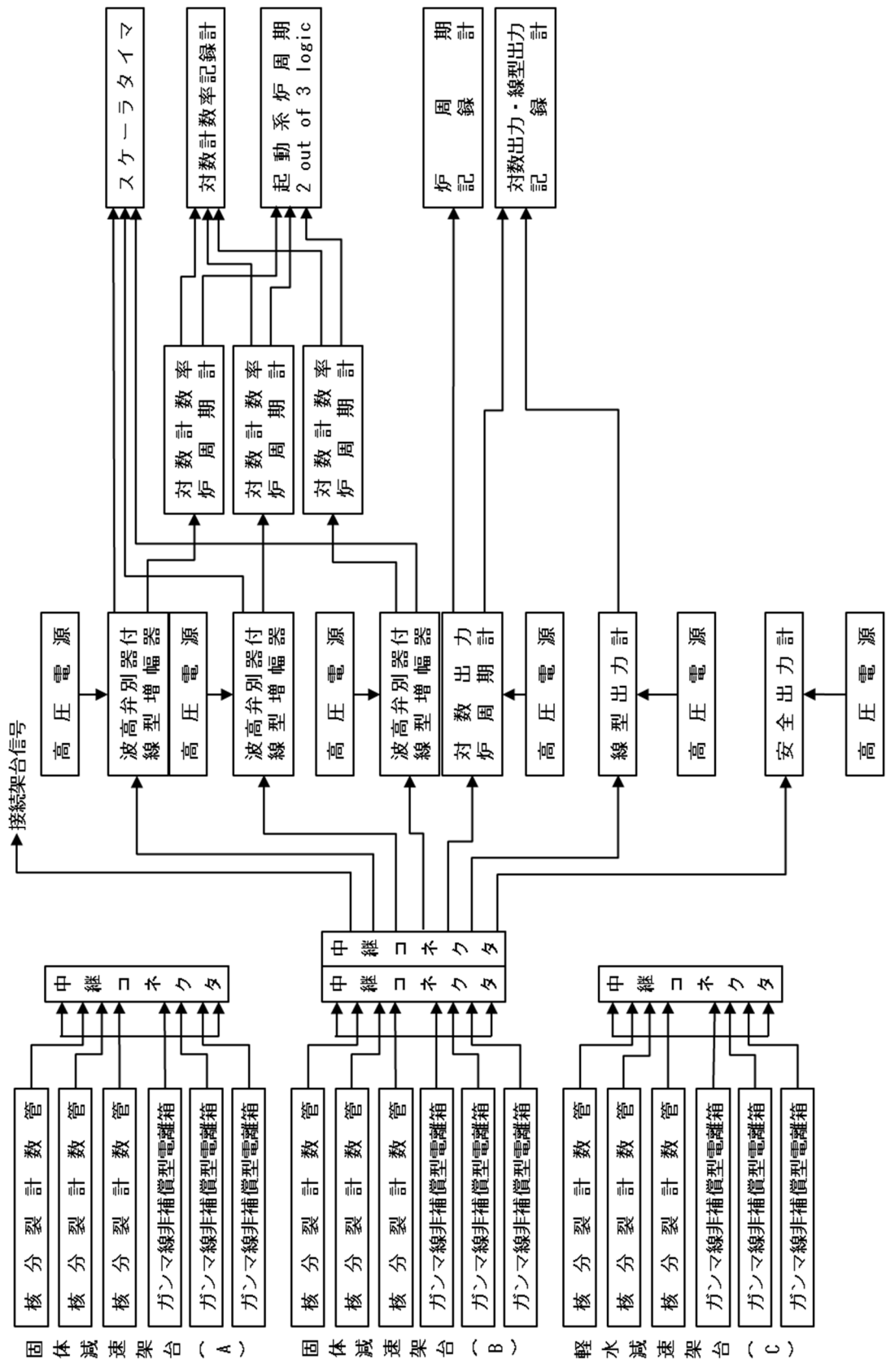


図 A4 装置接続図

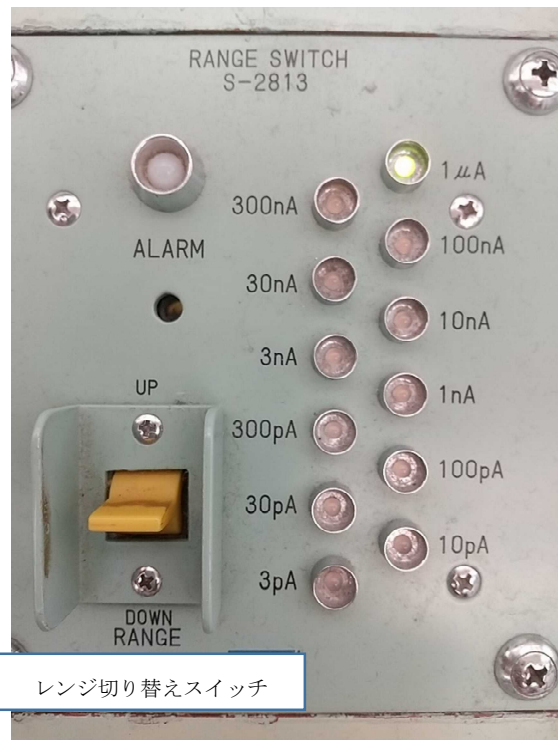


図 A-5 制御卓の線型出力計レンジ切り替えスイッチ



図 A-6 制御卓 線型出力計表示器

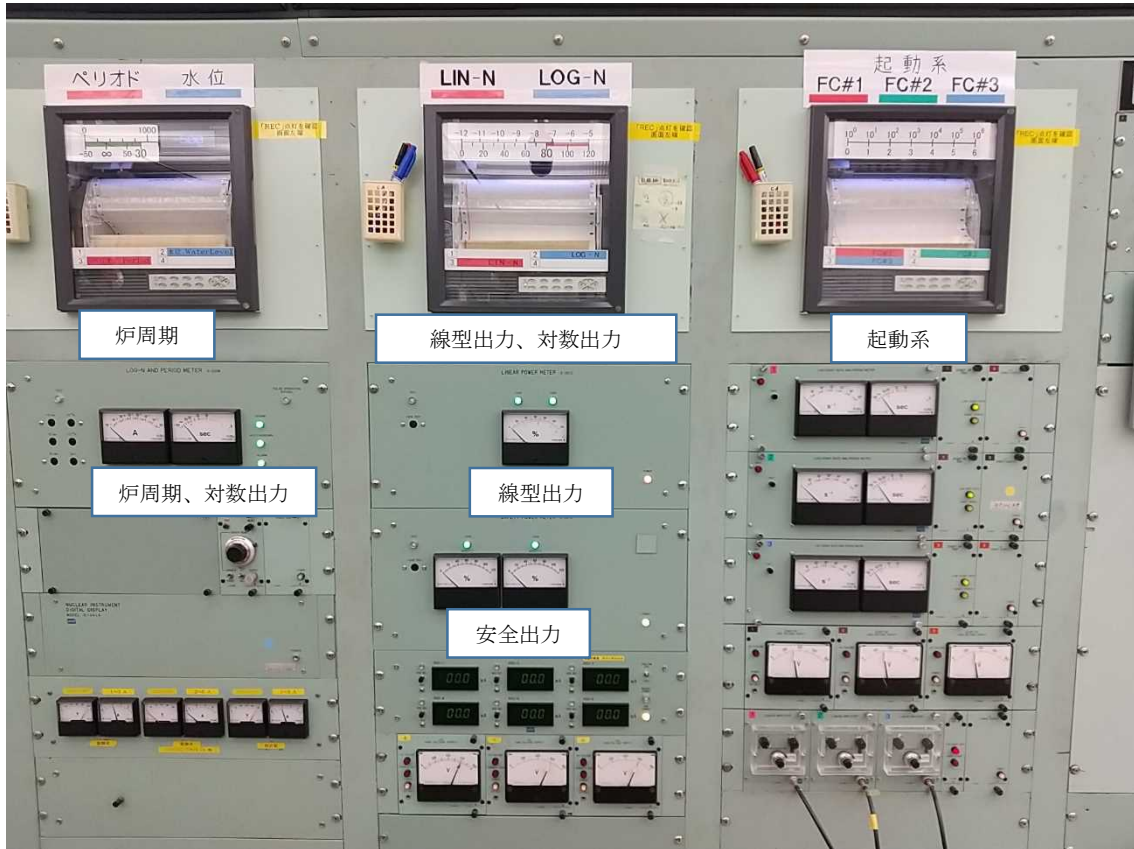


図 A-7 制御室核計装盤

表 A-1 中心架台の駆動速度

位置		ストローク (cm)		速度 (cm/s)
下限	～ 第2段ストップ	下限	～ 約70	3.3 以下
第2段ストップ	～ 第3段ストップ	約70	～ 約140	1.1 以下
第3段ストップ	～ 第4段ストップ	約140	～ 約170	0.6 以下
第4段ストップ	～ 上限	約170	～ 約190	0.2 以下

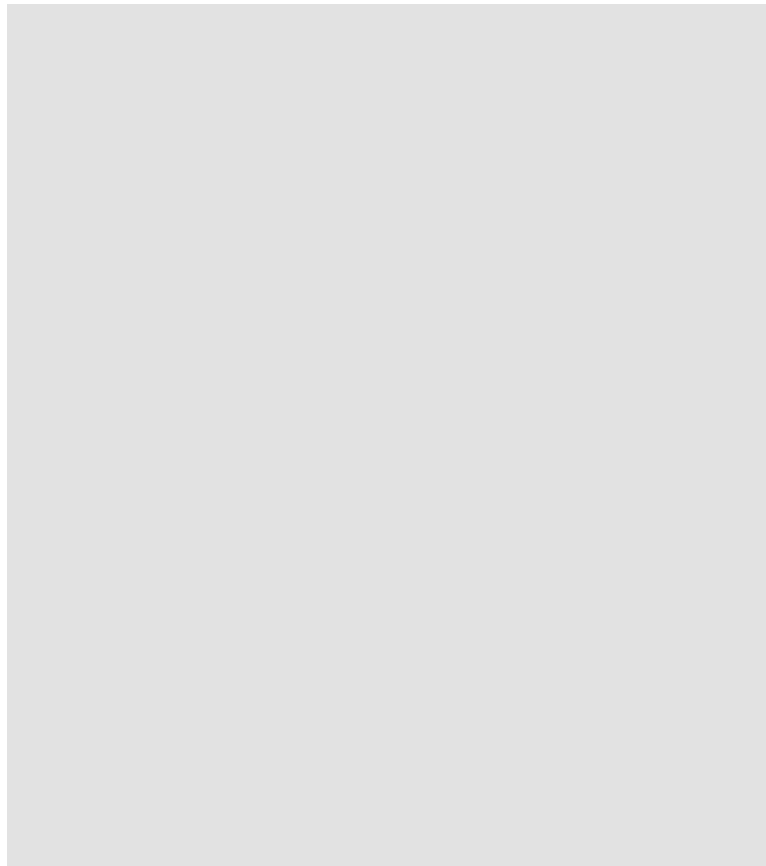


図 A-8 軽水減速炉心ダンプ弁 (1)

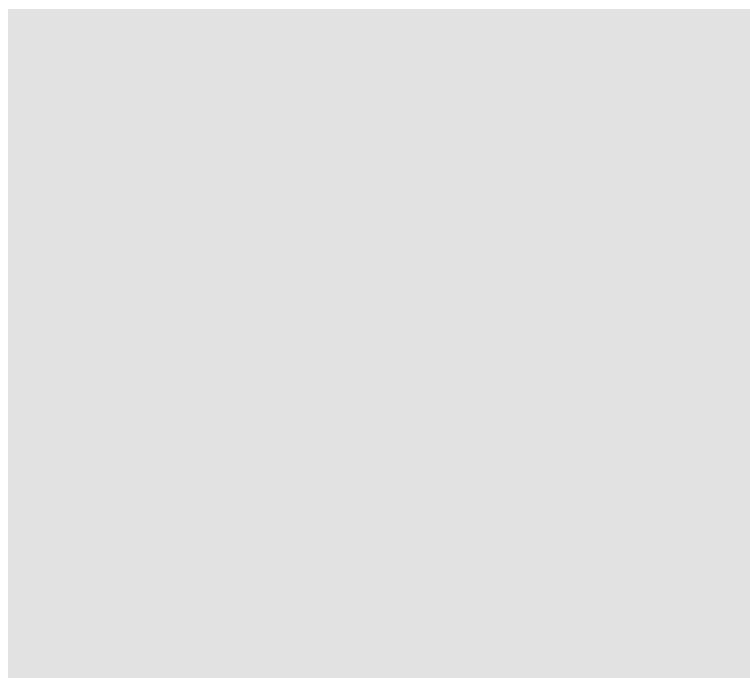


図 A-9 軽水減速炉心ダンプ弁 (2)

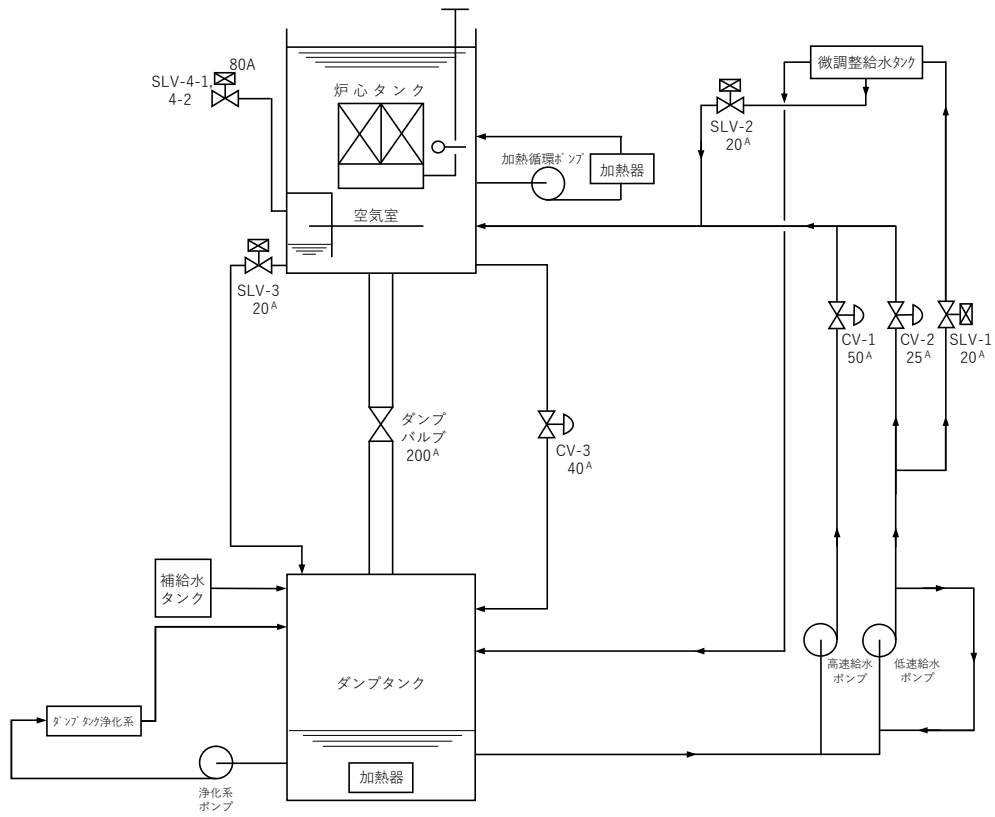
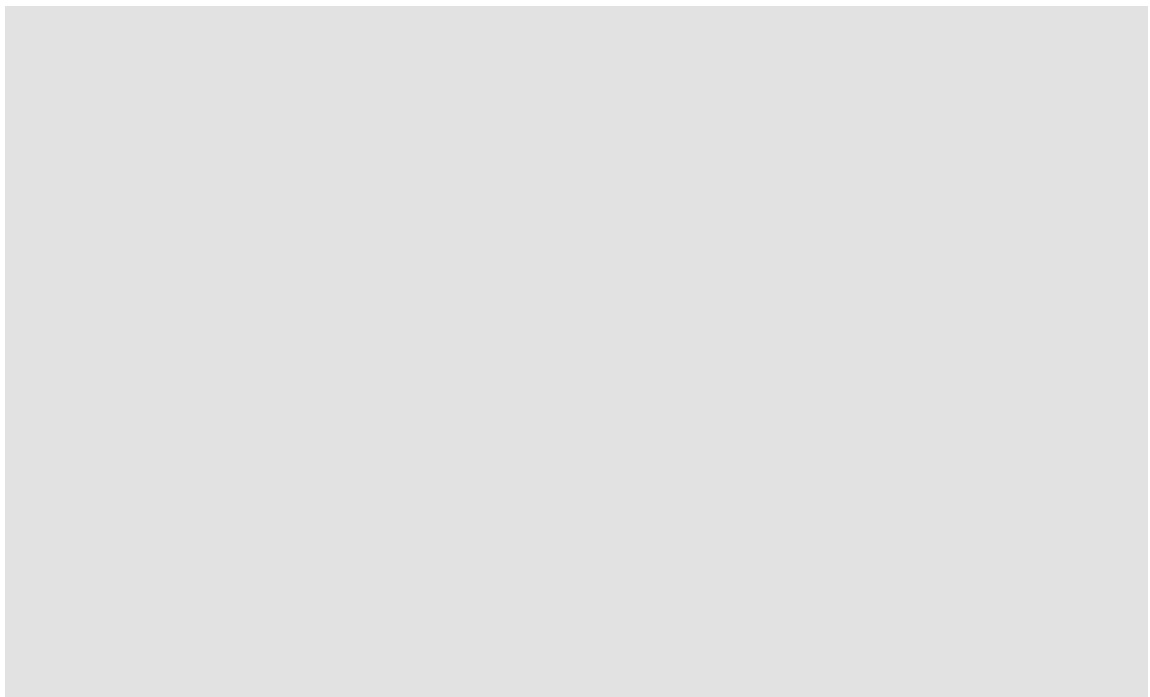


図 A-10 軽水減速炉心給排水系

給排水系についての補足説明





## 2 分割炉心の構成についての補足説明

- 軽水減速架台の炉心格子板の可動側格子板（図 1 参照）を炉心分割用ハンドルを回すことにより水平方向に移動させて、所定の炉心分割幅になるように調整する。（必要に応じてスペーサを入れるなどして分割幅を決める）
- 分割幅を固定した後、燃料フレームを炉心格子板に挿入し、制御棒、検出器等の位置調整を行う。
- 炉心分割用ハンドルは取り外しができるようになっており、可動側格子板を移動させた後には取り外しておく。運転中にこのハンドルを挿入すると警報が発報する（自主警報）。また水位がある程度より高くなった状態ではフロートの動作により炉心分割機構が働かないようになっており、給水した状態で分割幅を変更することはできない。

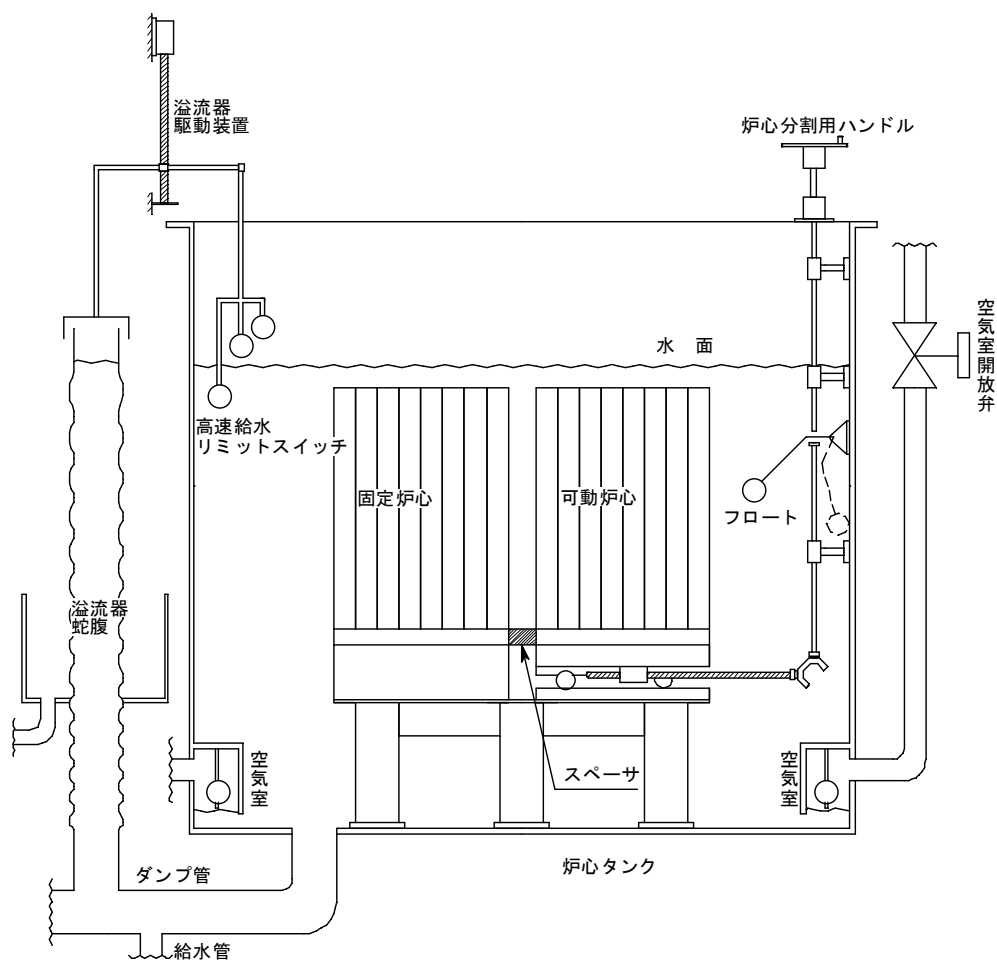


図 A-11 軽水減速架台 断面概念図

【補足B パルス状中性子発生装置と中性子発生設備について】

パルス状中性子発生装置（図 B-2、図 B-3）と中性子発生設備（図 B-4、図 B-5）は KUCA 建屋内にあり（図 B-1）、A 架台の炉心に中性子を入射させることができる。

1) 設置変更承認申請書の添付 8 での記載

(1) パルス状中性子発生装置

実効増倍率、動特性及び中性子エネルギースペクトル測定用として、パルス状中性子発生装置を設ける。同装置は A 架台専用とし、未臨界体系でのみ使用する。発生する中性子量は、パルス運転の場合で最大  $10^{10}\text{n/s}$ 、連続運転の場合で最大  $5\times 10^{10}\text{n/s}$ である。また、加速電圧印加中に炉室扉を開けると同装置が停止する設計とする。

(2) 中性子発生設備

臨界集合体棟外部に設置された加速器からの粒子ビームを A 架台室に輸送し、実験を行うための中性子発生設備を設ける。同設備は未臨界体系でのみ使用する。設備は炉室内のビーム輸送系、中性子発生ターゲットとビーム隔離弁からなる。ビーム隔離弁はフェイルセーフの設計とし多重性を持たせ、同弁を閉じれば粒子ビームが中性子発生ターゲットに到達しなくなって中性子の発生が停止する構造とする。同弁の開閉操作は制御室で行うものとする。同弁は、スクラム又は一せい挿入の信号により自動的に閉じるものとし、また、可動遮蔽が開いたときは自動的に閉じるとともに、必要な場合 A 架台室において閉操作ができるものとする。中性子発生ターゲットは必要に応じて冷却できる構造とする。また、同ターゲットは炉心外部に設置する。この加速器はパルス運転のみが可能であり、中性子発生設備により発生する中性子量は最大  $10^{11}\text{n/s}$  である。中性子発生設備はパルス状中性子発生装置との同時使用は行わない。

## 2) 装置の仕様

### (1) パルス状中性子発生装置

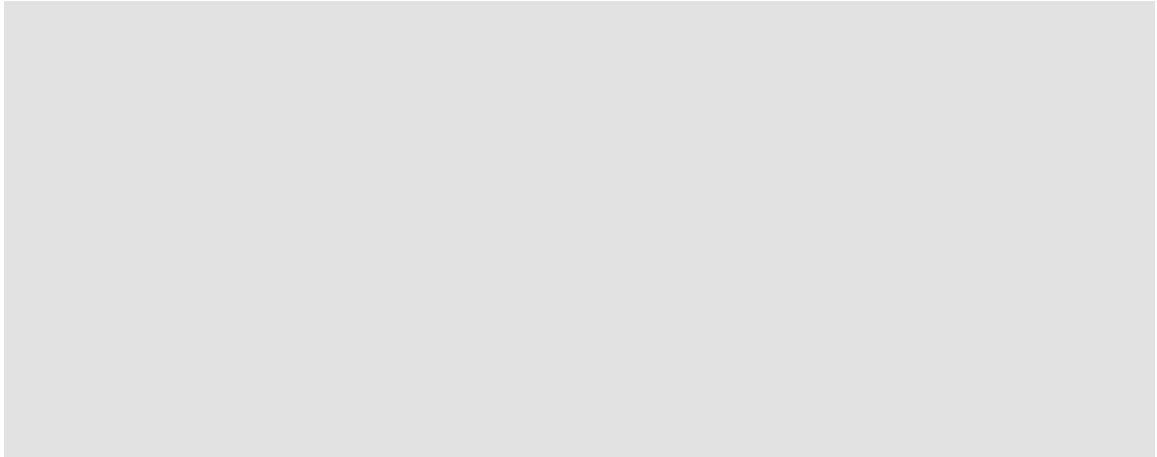
- コッククロフトウォルトン型加速器で重水素ガスをイオン化して加速し（最大加速電圧 300kV）、炉心近傍に設置したトリチウムターゲットに衝突させて DT 反応により 14MeV の中性子を発生させることができる。
- 本コッククロフトウォルトン型加速器は連続運転も可能ではあるが、これまではパルス状の中性子を発生させるために使用している。
- パルス周期とパルス幅は Duty 比は 1%以下の制限範囲で変更可能。
- 加速器の運転はすべて KUCA の制御室の加速器制御卓から行う。
- 炉室の入り口扉が開く、または KUCA がスクラムすると加速器の電源は遮断され中性子発生は停止する。
- 設置変更承認申請にはパルス運転の場合で最大  $10^{10}\text{n/s}$  の中性子発生量と記載しているが、最近では最大でも約  $10^7\text{n/s}$  程度の中性子発生量である。

### (2) 中性子発生設備

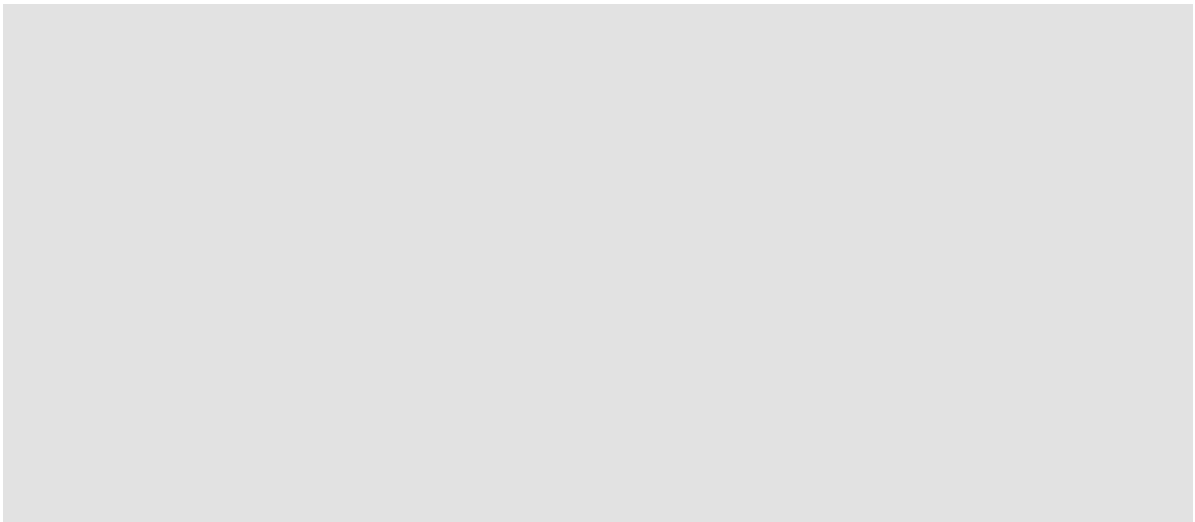
- FFAG 陽子加速器で陽子イオンを加速し（最大陽子エネルギー100MeV、周期 30Hz）、炉心近傍に設置した重金属ターゲット（現在はタングステン）に衝突させてパルス状に中性子を発生させることができる。
- 加速器の運転は KUCA の建屋に隣接した加速器棟の制御室で行い、KUCA の中性子発生設備のビーム隔離弁を開いた後に加速器制御室にて KUCA 入射モードに変更することで KUCA への入射を開始する。
- A架台入り口の扉が開く、または KUCA がスクラムするとビーム隔離弁は自重で落下してビーム経路が閉鎖されてターゲットからの中性子発生は停止する。
- 設置変更承認申請にはパルス運転の場合で最大  $10^{11}\text{n/s}$  の中性子発生量と記載しているが、現状では最大でも約  $10^8\text{n/s}$  程度の中性子発生量である。

## 3) 利用手順

### (1) パルス状中性子発生装置



(2) 中性子発生設備



4) 今後の利用予定

現在のパルス状中性子発生装置については既に利用を停止しており、今後新規の中性子発生装置に変更することを検討している。(2019年6月14日、規制庁相談にて説明)

中性子発生設備については今後の取り扱いを検討中。(今年度は利用予定無し)

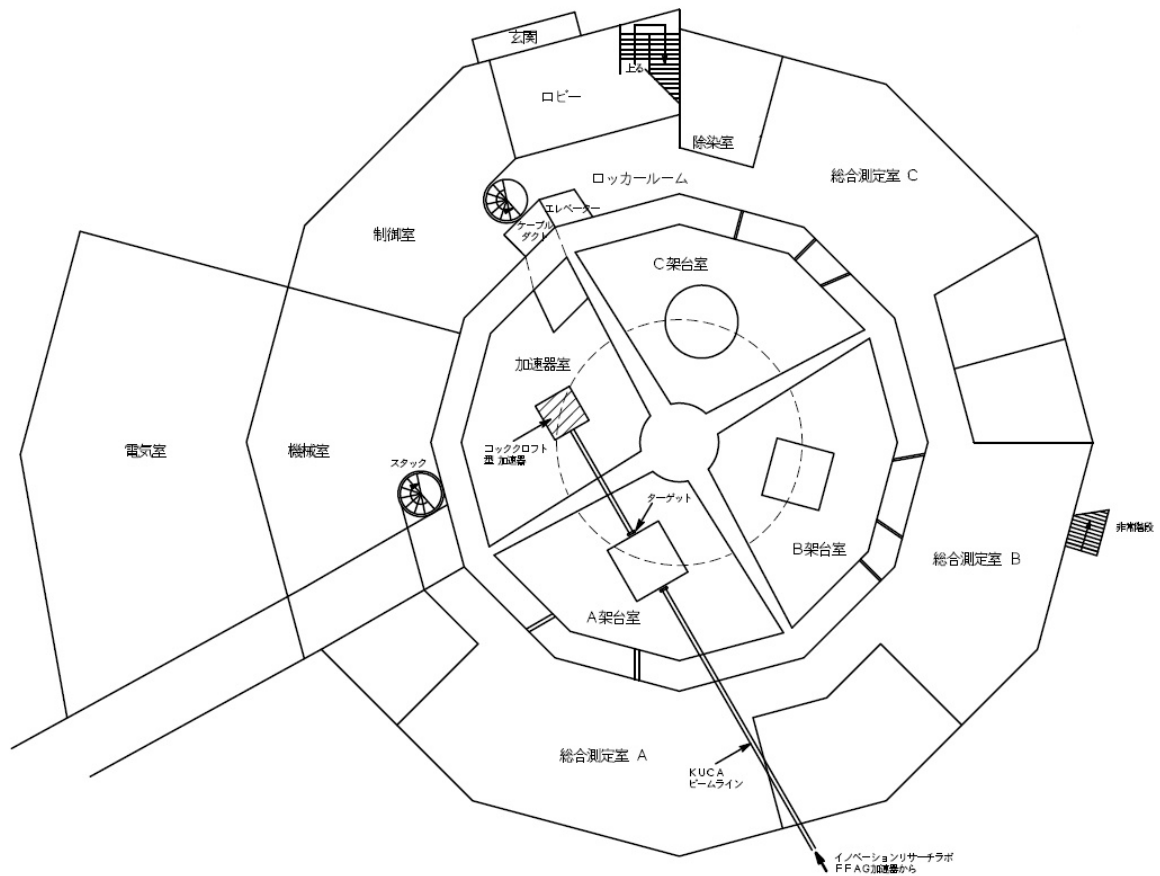


図 B-1 炉心建屋断面図

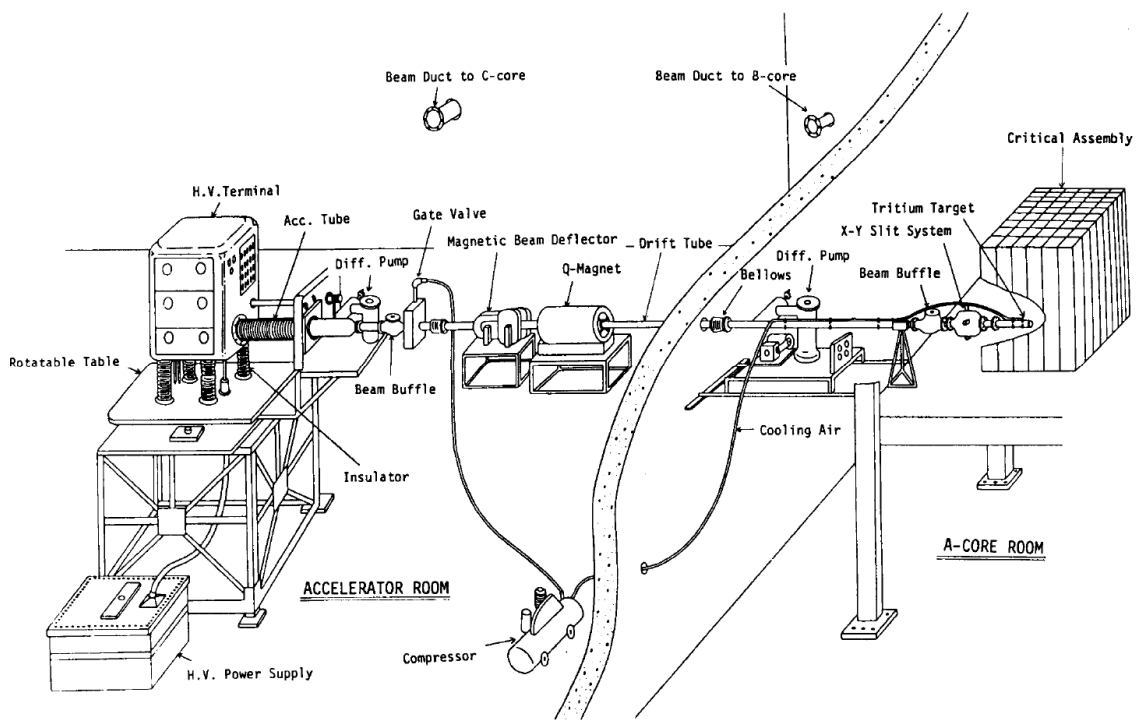
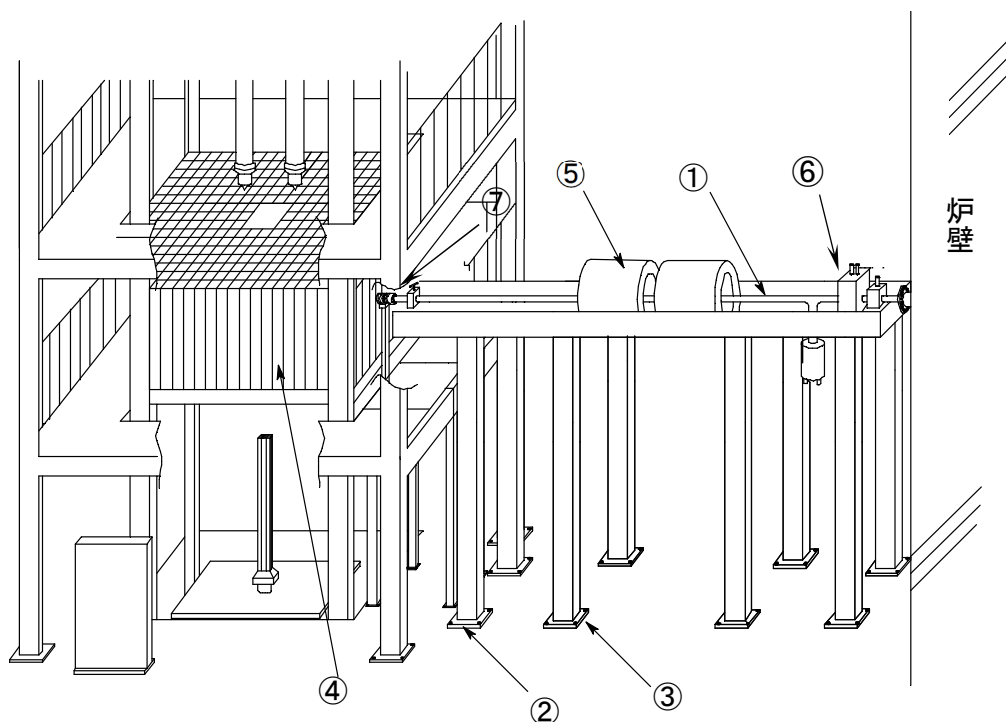


図 B-2 パルス状中性子発生装置 構成図  
 (図中の Diff. Pump (油拡散ポンプ) はすべてターボ分子ポンプに変更)



図 B-3 パルス状中性子発生装置 (加速器本体)



- ① ビームダクト、②ビームダクト支持架台、③電磁石支持架台  
 ④ 炉心（燃料集合体）、⑤電磁石、⑥ビーム隔離弁、⑦ターゲット

図 B-4 中性子発生設備概略図



図 B-5 中性子発生設備（電磁石からターゲット方向を見たところ）

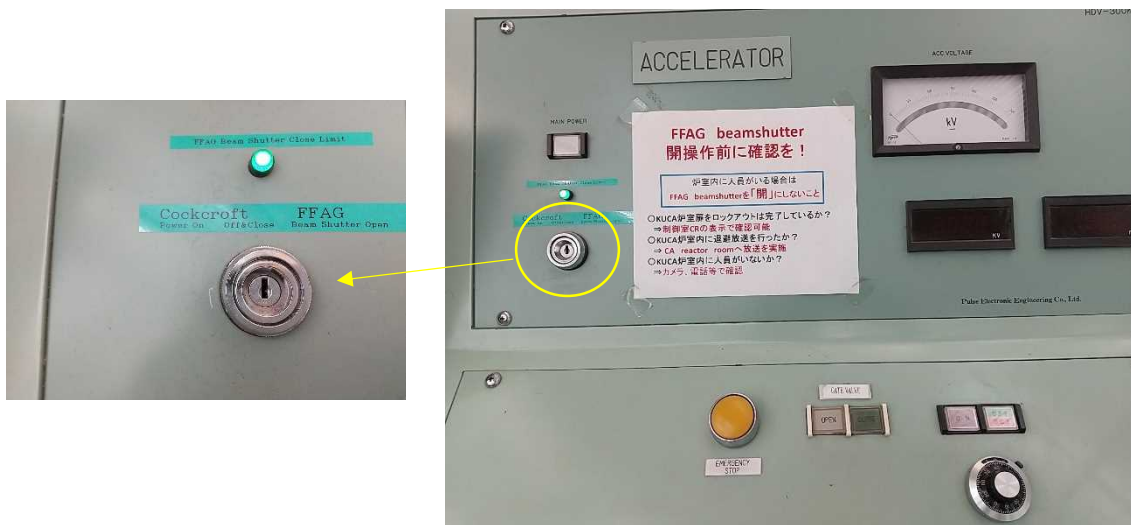


図 B-6 制御卓加速器操作盤（右側：操作盤一部、左側：加速器選択キー）

表 B-1 中性子発生装置の使用状況

年度	パルス状中性子発生装置		中性子発生設備	
	利用日数	調整日数	利用日数	調整日数
2012	15	11	0	8
2013	19	5	0	0
2017	16	12	9	0
2018	15	6	16	2
2019	4	6	0	0

(調整日数は炉心と組み合わせて調整したときで、単独運転の調整は含めない)



### 【補足C パイルオシレータについて】

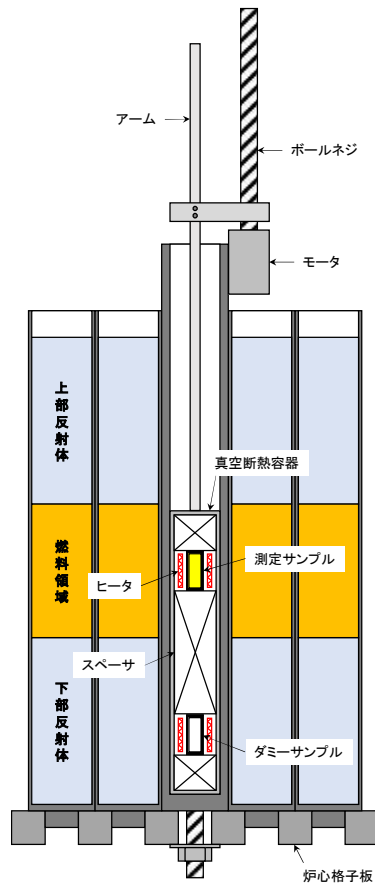
パイルオシレータについてはまだ詳細設計を行ってはおらず、今後、設置する場合には設  
工認申請を行って製作する予定である。

パイルオシレータは JAEA の FCA において設置されており、試料を出し入れして反応度  
を測定した経験があるため KUCA でもその装置を参考にするを考えている。

図 5 に KUCA の固体減速架台に設置したパイルオシレータの概念図を示す。装置は燃料  
集合体を挿入する格子板の上に固定して設置し、内部の真空断熱容器に入れた試料（測定サ  
ンプル）の周囲にヒータを設置して試料の温度を変化させることができ、モータ駆動により  
炉心内を上下に動かすことができる。真空断熱容器内の試料を入れた容器の上下にはスペ  
ーサ（反応度への影響の少ないアルミニウム製）を入れることで試料が下に落下しないよ  
うな構造とすることが可能である。

実験では最初に試料を燃料領域の中央に置いて炉心を臨界状態とした後、モータ駆動に  
より少しずつ試料を燃料領域外まで移動させ再度臨界状態とし、その前後での臨界制御棒  
位置の違いから試料の反応度を求めることができる。この操作を繰り返すことにより試料  
反応度の測定精度を上げることができる。

なお、パイルオシレータで「挿入する実験物」については装置込みのことを意味しており、  
規制値の  $0.1\% \Delta k/k$  はその装置込みの反応度と考えている。



図C-1 パイルオシレータの概念図（炉心を横から見た断面図）

【補足D 安全出力系について】

安全出力系は線型出力系と同じ非補償型電離箱を使用しており、線型出力系とは別の系統(高圧電源、定圧電源、増幅アンプ)を使用している。線型出力系との相違点は出力レンジの切り替えができないことで、検出器からの入力電流が  $1\mu\text{A}$  のときに表示値が 100%となるように設定されており、値が 120%となるとスクラム信号が発生される(設置変更申請書に記載)。

安全出力系は 120W 以下でスクラム信号が発することができるように、やや炉心に近い側に配置されている。図 D-1~D-3 に各架台の 2018 年の施設定期検査時の炉心配置を示す。ここで矢印で示した UIC #6 と記載したものが安全出力系の非補償型電離箱である。

10W 運転時の各炉心の安全出力系の指示値を表 D-1 に示す。

各炉心共に指示値が 100%となったときの炉心出力は 100W 以下となるように検出器を設置している。検出器位置を少し炉心から離すことで約 100W で 100%指示値とするように対応することができる。

表 D-1 10W 出力運転時の安全出力系指示値

炉心	安全出力系指示値
A 架台炉心 (A3/8”P36EU(3) 炉心)	34 %
B 架台炉心 (B3/8”P36EU(3) 炉心)	40 %
C 架台炉心 (C35G0(5 列))	58 %

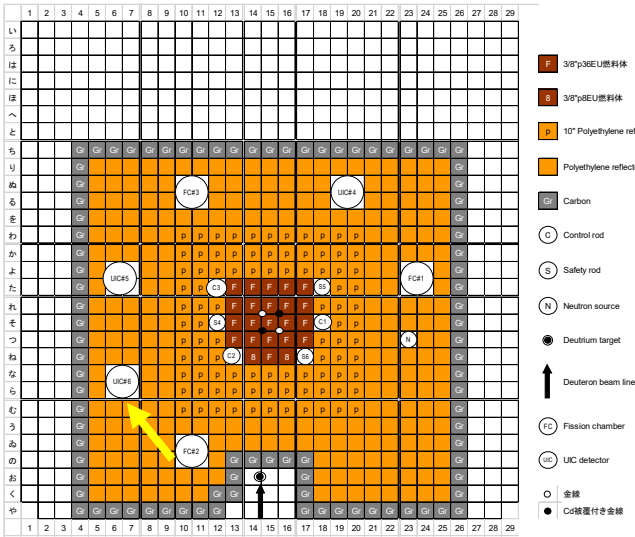


図 D-1 A 架台での施設定期検査炉心

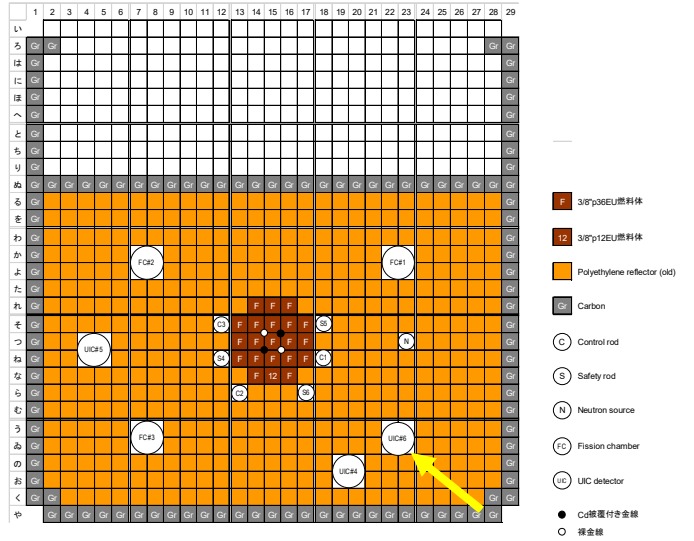


図 D-2 B 架台での施設定期検査炉心

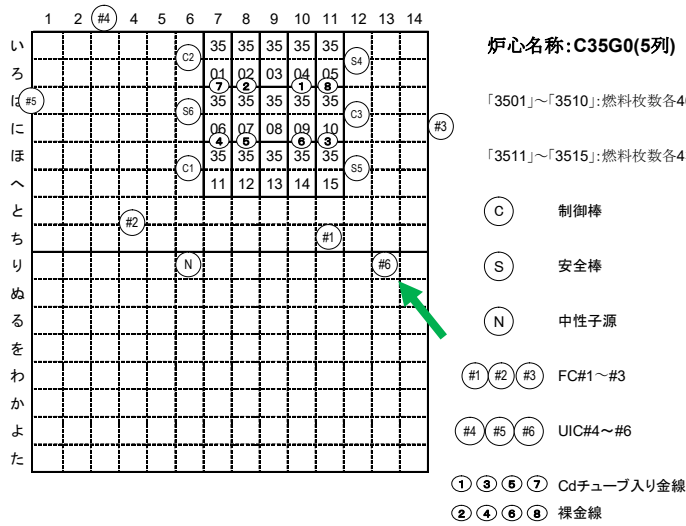


図 D-3 C 架台での施設定期検査炉心

【補足E 起動用中性子源について】

KUCA では起動用中性子源として Am-Be を使用している。

形状は図 E-1 の通りで、ステンレス製の 22.4 mm φ × 31 mm のカプセル内部に Am-Be が封入されている。約 47 年前の購入時の強度は 2Ci (74GBq) であり、Am の半減期は 432 年であるため 7% ほど減衰している。

Am-Be 中性子源は図 E-4 に示すワイヤー付きカプセル内に入れられており、使用時には制御室から遠隔操作でワイヤーを駆動させて中性子源格納容器から炉心内に設置した中性子源挿入管 (図 E-5) 内まで移動させることができるが、出力や計数率の調整のため途中の位置で止めることもできる。軽水減速架台での中性子源が最も炉心に挿入されたときの位置を図 E-3 に示す (固体減速炉心の高さ方向の最も挿入された位置は炉心中心より少し上に設定されている)。図 E-5 の中性子源挿入管は炉心内のどの場所にでも設置することができ、実験目的に応じて設置場所を変更することができる。(燃料体に近接して設置することも可能。)

中性子発生量は約  $4 \times 10^6$  n/s であり (約  $2.2 \times 10^6$  n/s/Ci)、発生する中性子の平均エネルギーは約 4.4MeV である。<sup>1) 2)</sup>

参考文献：

- 1) 辻村、他、「RI 中性子源における中性子放出角度分布の非等方性の評価」、JAEA-Research 2008-034.
- 2) Radiation sources industrial laboratory, The Radiochemical Centre, Amersham, 1977/8.

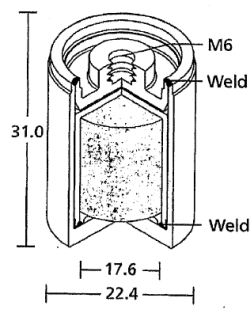


図 E-1 Am-Be 中性子源の構造

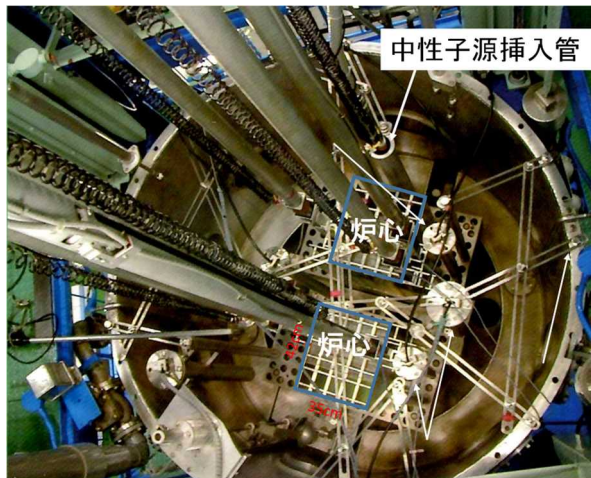


図 E-2 炉心内の中性子源挿入管

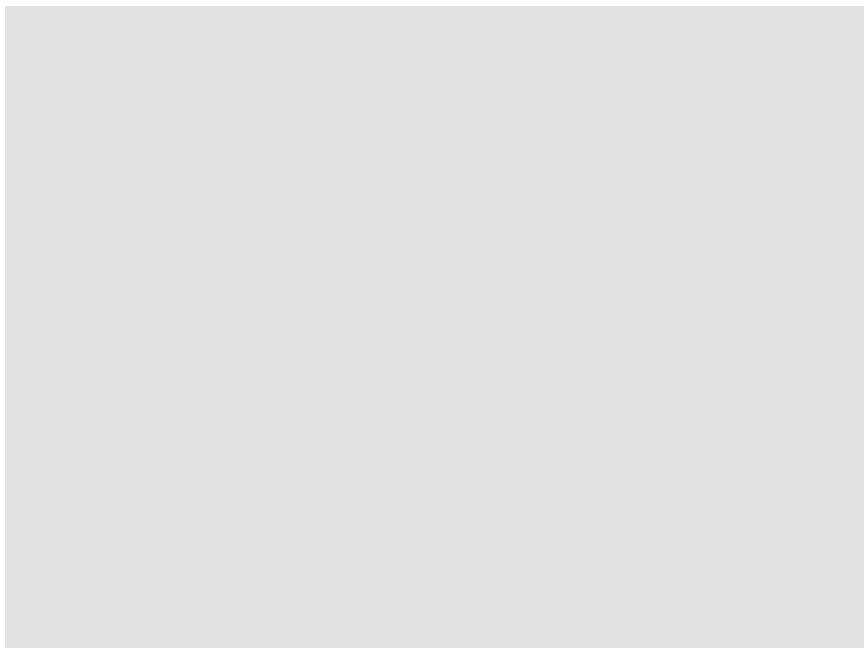


図 E-3 C 架台の中性子源位置 (垂直方向)

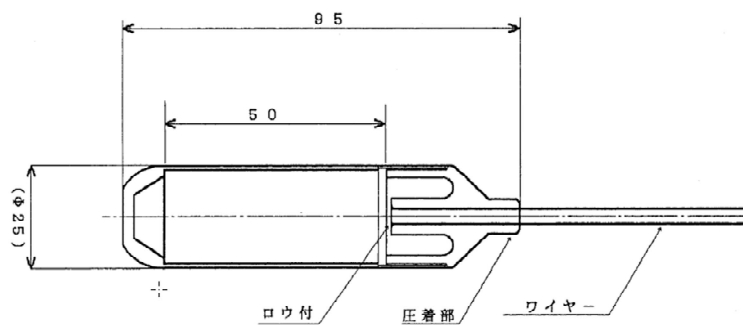


図 E-4 中性子源取り付けカプセル  
 (カプセル内に Am-Be 中性子源を入れて、ワイヤーを通じて出し入れする)

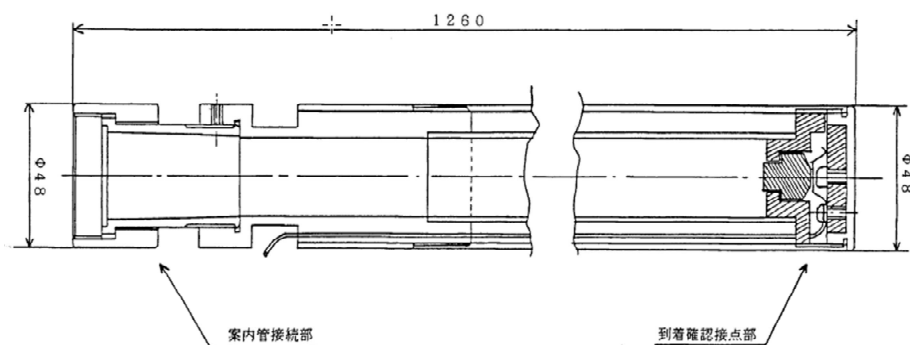


図 E-5 中性子源案内管  
 (図の右側を下側として炉心に挿入し、上部より中性子源駆動パイプを通じて中性子源を挿入する)

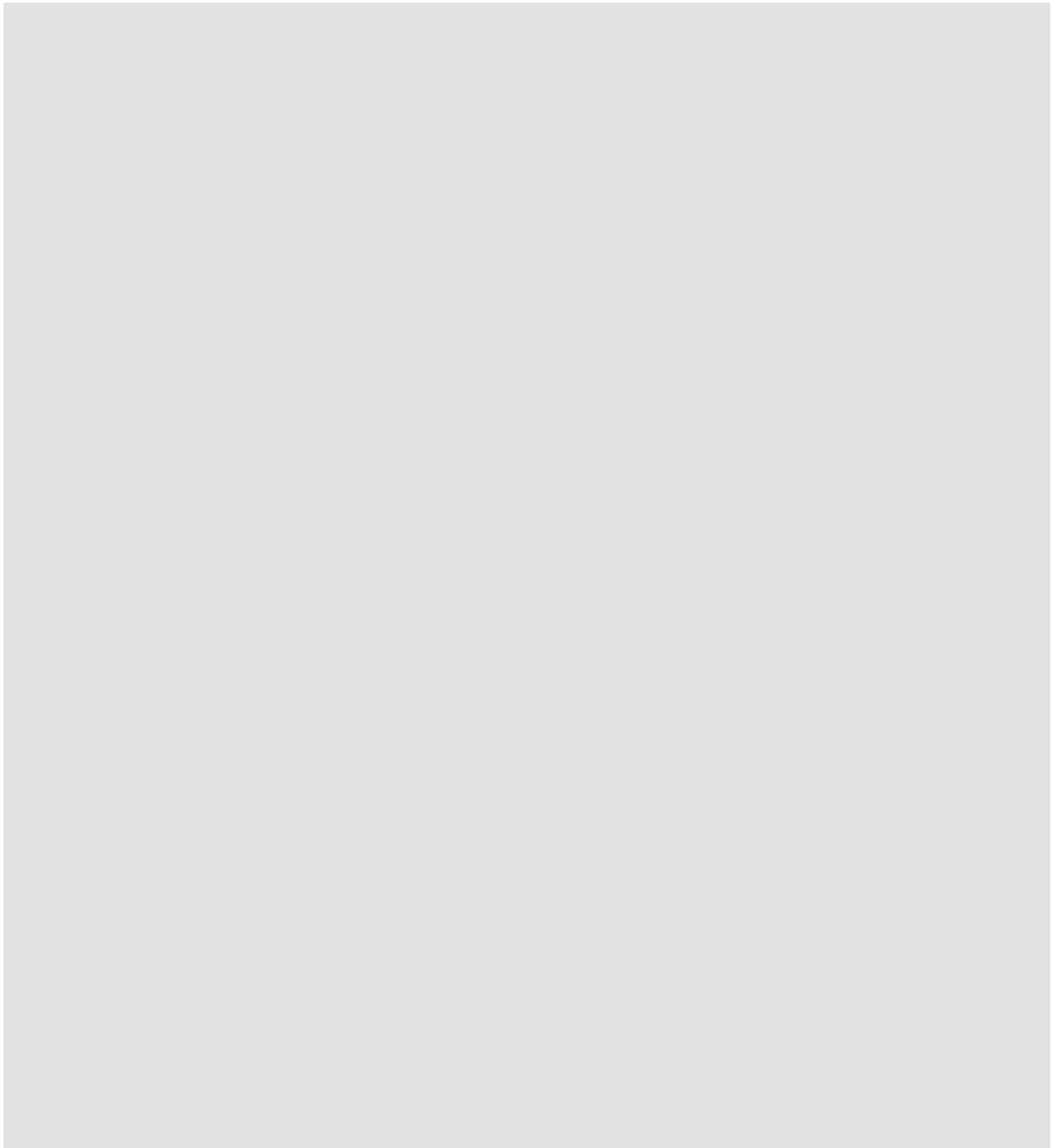
【補足F 保安指示書（操作手引き）について】

保安規定の下部規定である「原子炉施設保安指示書」から KUCA の起動、運転、停止方法に関する箇所を抜粋して記載する。

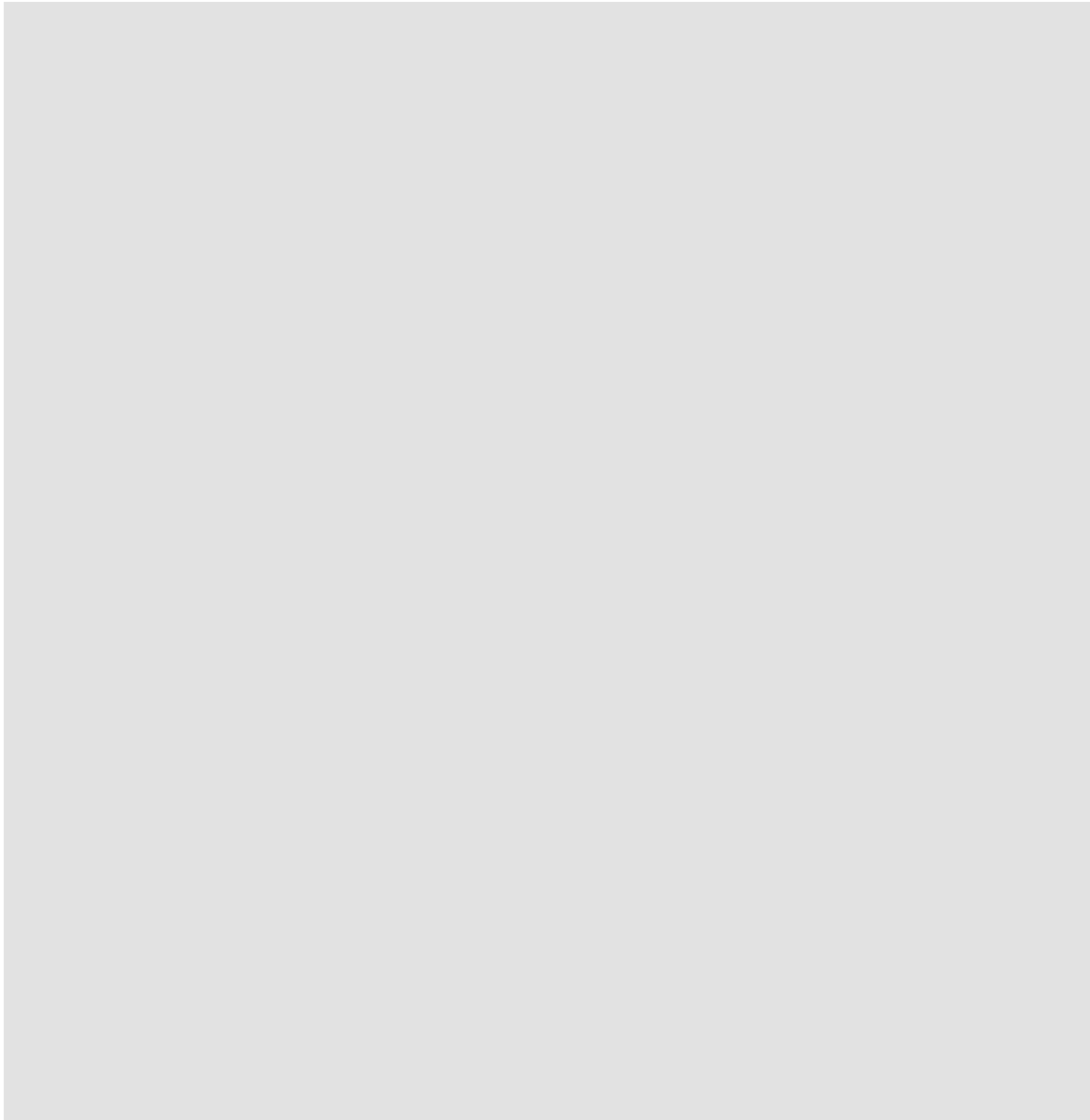
=====

第4章 臨界装置の取扱い

4.2 運転

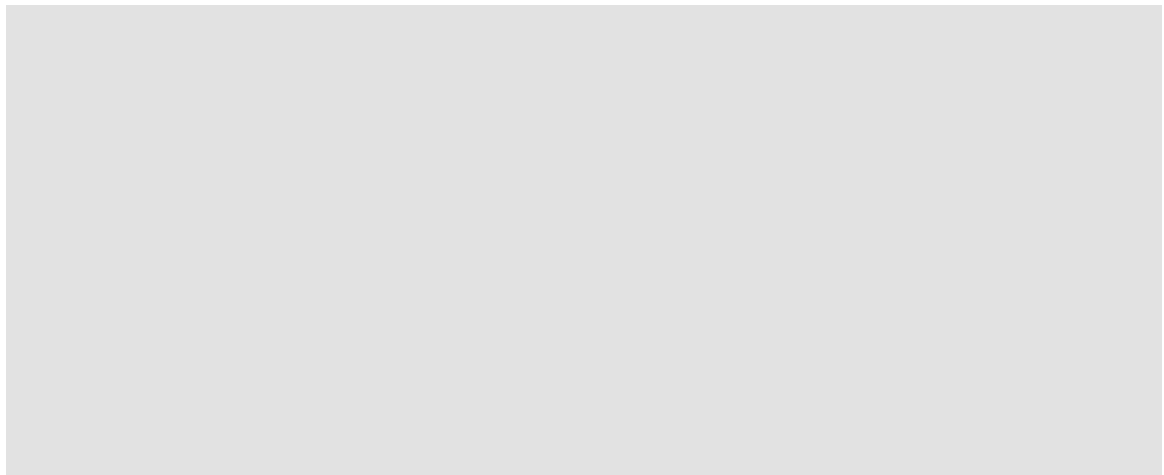


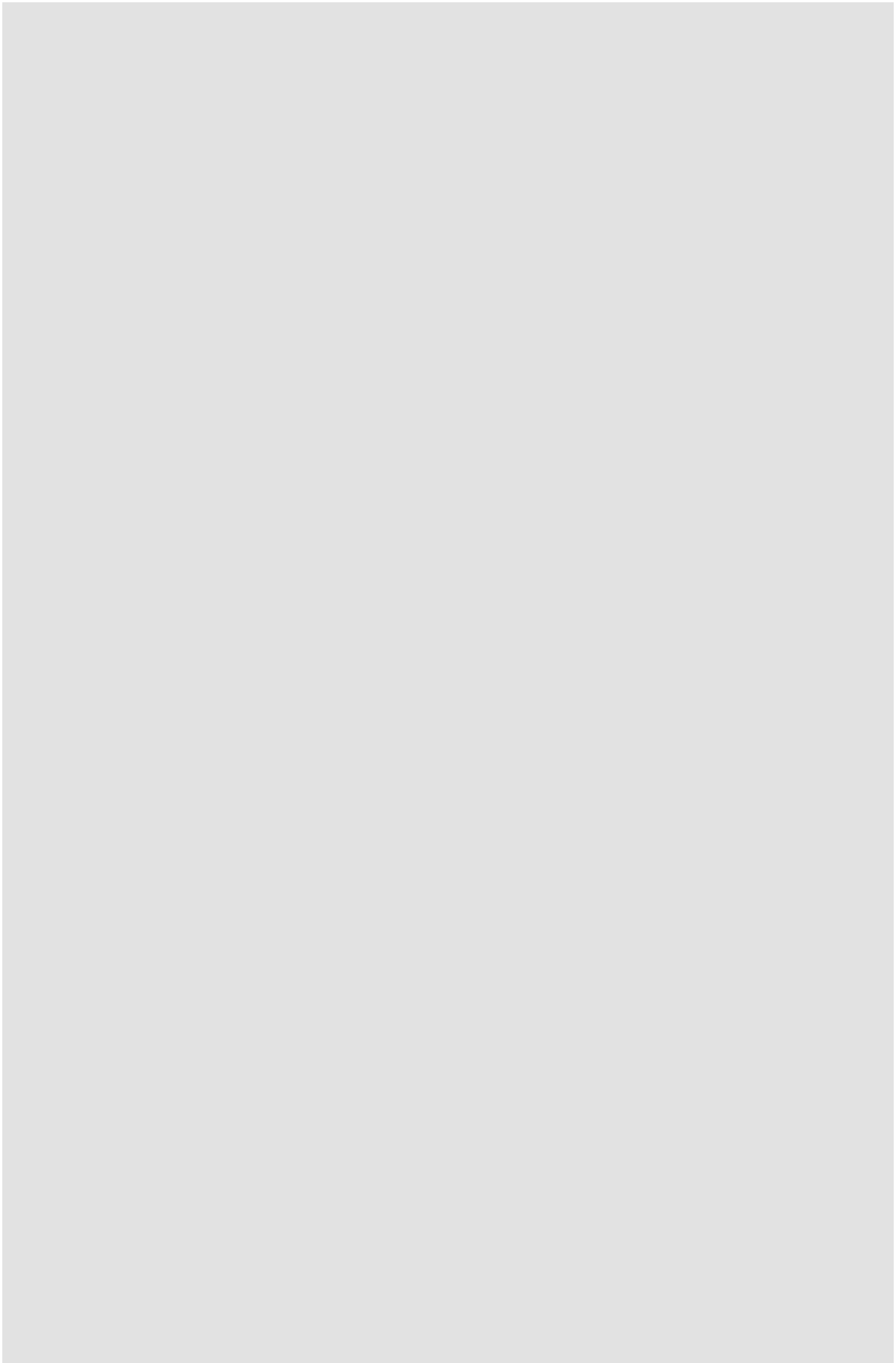


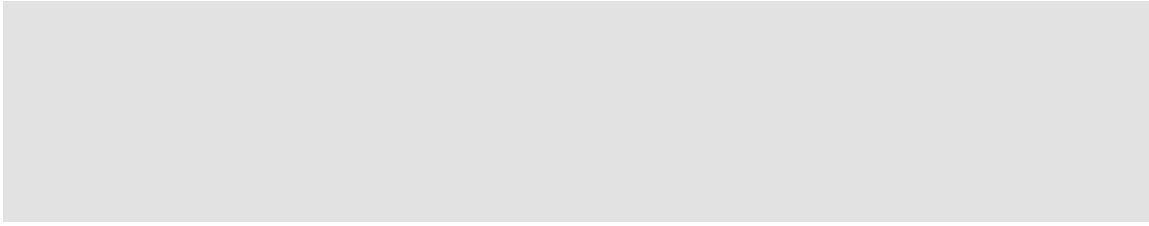


#### 4.2.4.3.3 軽水減速架台（C架台）起動の手順

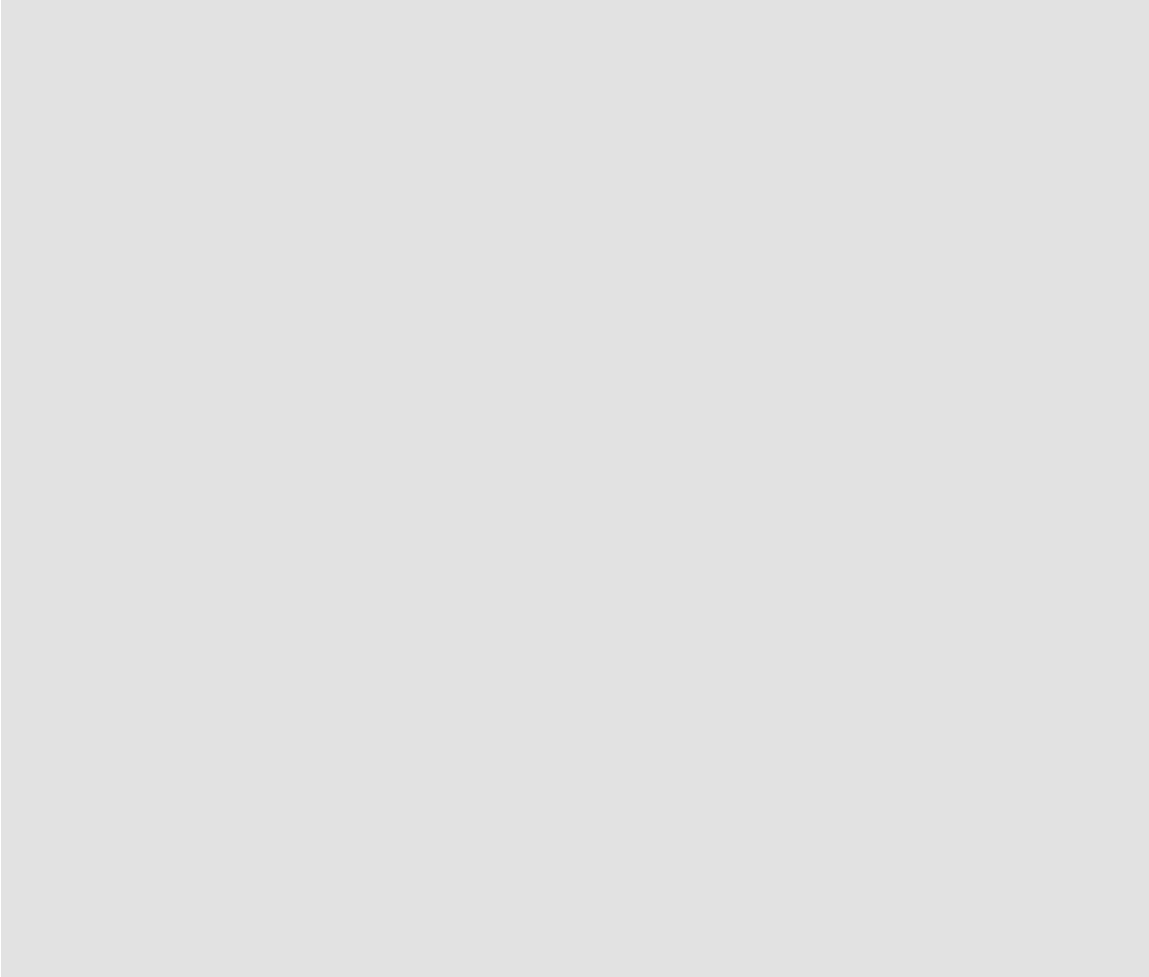
##### 4.2.4.3.3.1 水位制御を行わない場合







#### 4.2.4.6 運転停止の方法



**【補足G 炉心構成が許可範囲であることを担保するために実施する手続き】**

本事項に関連した原子炉施設保安規定（以下、保安規定）の記載内容は以下の通りである。

（運転の計画）

**第59条** 所長は、臨界装置の1年間の利用計画（以下「年間利用計画」という。）を年毎に又は年度毎にたて、これを周知させるものとする。

2 臨界装置部長は、前項に定める年間利用計画に基づき、臨界装置の運転計画をたて、臨界装置に関しての保安の監督をする主任技術者（以下「臨界装置主任技術者」という。）の承認を受けなければならない

3 （略）

4 （略）

5 臨界装置主任技術者は、第2項の承認を行うに当たり、別表第2に掲げる主要な核的制限値及び熱的制限値並びに別表第2の2に掲げる炉心配置その他の制限を満たしていることを確認する。

6 （略）

（使用の許可）

**第89条** 臨界装置本体を使用して実験を行おうとする者及び第87条の特性測定、機器の調整又は検査のために運転を必要とする者は、KUCA 実験記録等の使用申込書を提出して、臨界装置主任技術者の承認を受けたのち、所長の許可を受けなければならない。

2 所長は、前項の許可を与えるに当たっては、安全委員会の審議を経なければならない。ただし、当該使用に係る実験が既に安全に実施された実験と比較して、より安全であるか、又は極めて類似した条件の実験であると臨界装置主任技術者が認めた場合は、この限りでない。

3 第1項の許可を与えるに当たっては、安全のため必要な使用上の制限条件を付することができる。

（新配置の炉心の特性測定）

**第87条** 臨界装置部長は、新配置の炉心を組んだときは、そのつど、その炉心に係る次の各号に掲げる事項について、特性測定を行わなければならない。ただし、第5号に掲げる事項については、臨界装置主任技術者が安全上支障がないと認めたときは、この限りでない。

(1) 臨界量

(2) 過剰反応度

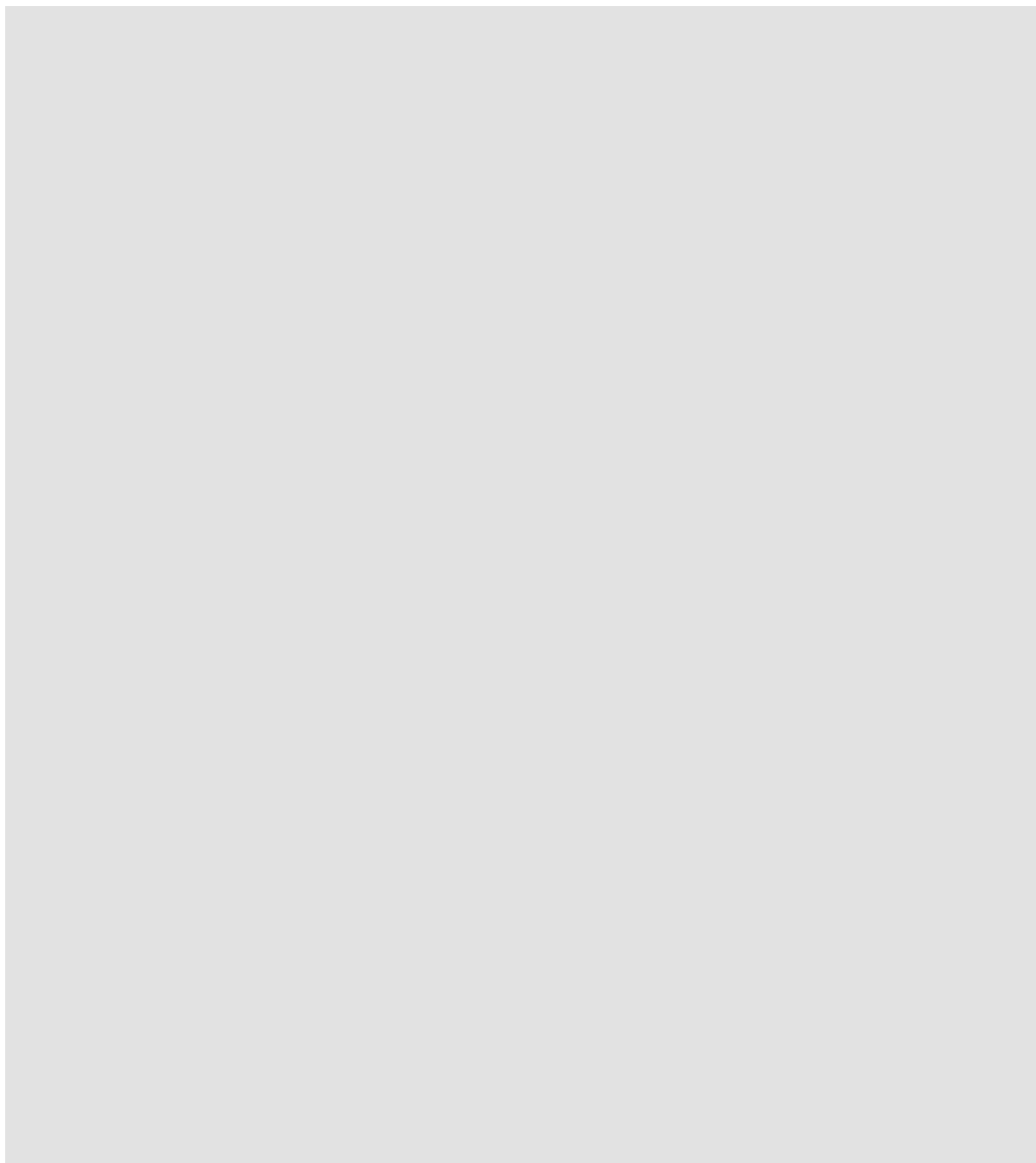
- (3) 制御棒及び非常用制御設備の反応度抑制効果
- (4) 反応度添加率
- (5) 遮蔽効果
- (6) その他臨界装置主任技術者の必要と認める事項

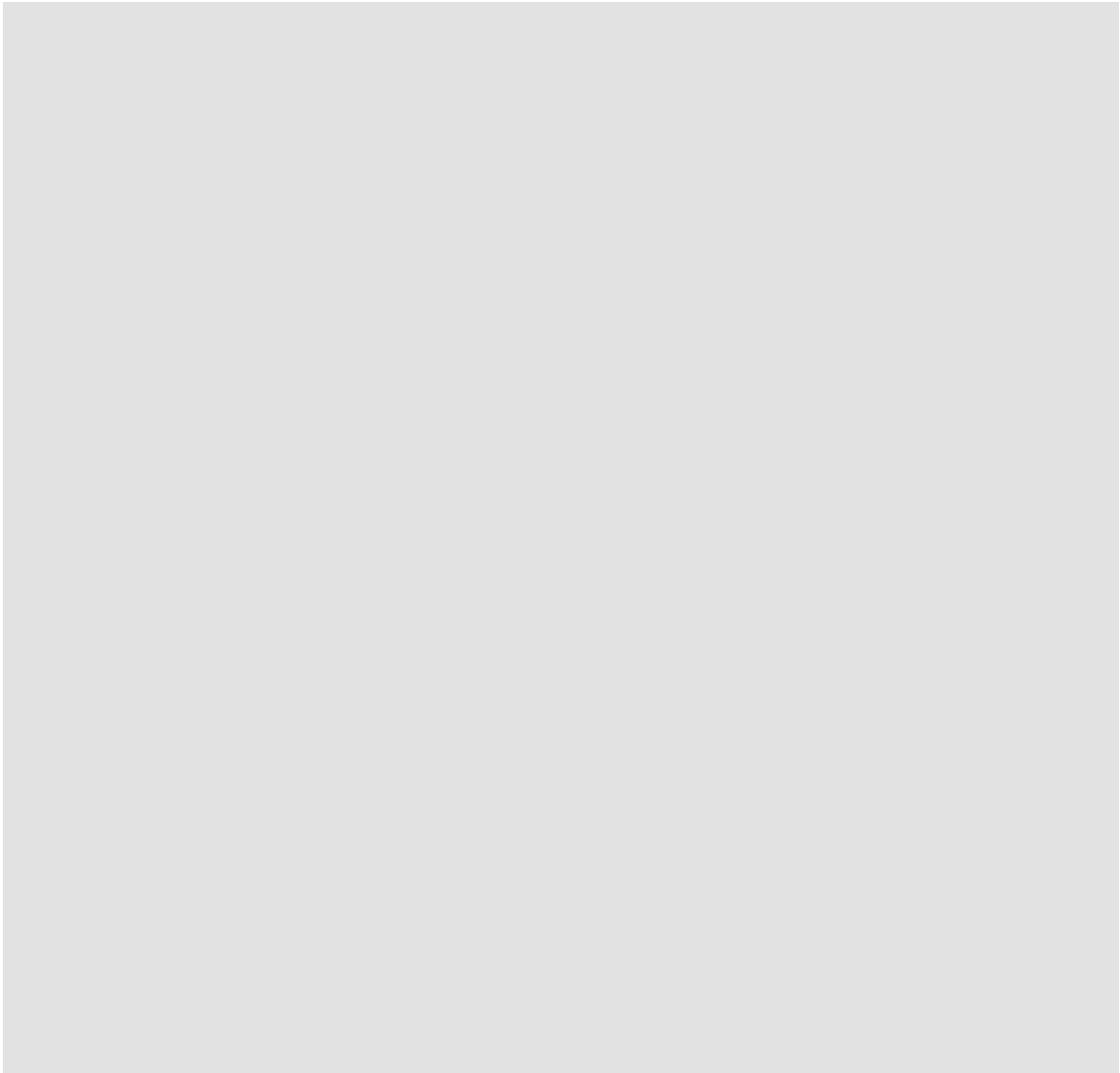
この保安規定に従い、新規の炉心にて実験を行う場合の手順は以下ようになる。  
なお、既に特性実験を終えた炉心については 3)の項目のみを行う。

- 1) 実験を行うものは新規炉心の臨界予測枚数、制御棒反応度価値等の表 9、表 10 に示した核的制限値等を解析により確認し、それらの結果と実験手順（臨界近接の方法等）を記載した書類を KUCA 実験記録とともに臨界装置部長に提出する。
- 2) 臨界装置部長は月に 1 回開催される研究所の原子炉安全委員会（学内外の学識経験者、主任技術者等により構成）にて実験内容について説明し審議に諮り、核的制限値等を満足しており安全上問題ないと判断された場合には所長は臨界装置部長に実験の許可を与える。（保安規定第 89 条）
- 3) 臨界装置部長は運転計画を立てて臨界装置主任技術者の承認を受ける。その際、臨界装置主任技術者は炉心の核的制限値等の予測値を確認する。（保安規定第 59 条）
- 4) 臨界装置部長は新しい炉心において臨界量測定、反応度測定実験等の特性実験を行い、表 1 に示した核的制限値等を満たしていることを確認する。（保安規定第 87 条）
- 5) 臨界装置部長は特性実験の結果を原子炉安全委員会にて報告する。

【補足H 通常運転時の運転手順について（線型出力系のレンジ切り替え）】

1. 運転手順について（線型出力計の指示値に関係すること）





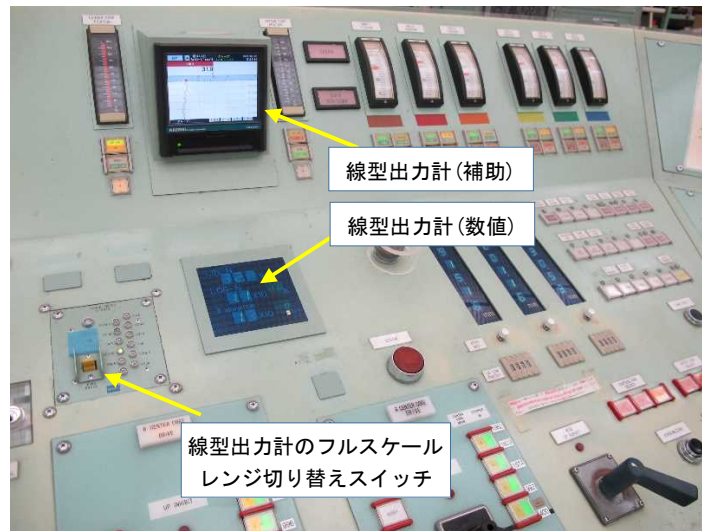


写真H-1 制御室の制御卓（運転中）

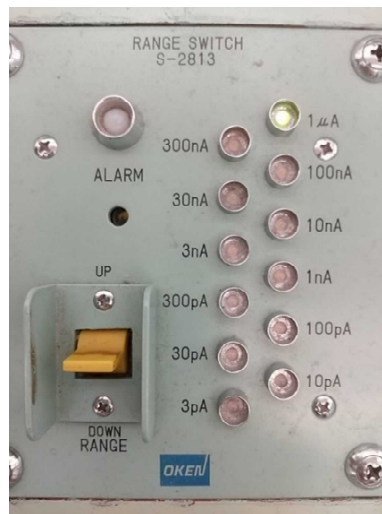


写真H-2 線型出力計





写真H-3 制御卓 (一部)



写真H-4 制御卓の線型出力計のフルスケールレンジ切り替えスイッチ