



**高速実験炉原子炉施設（「常陽」）
第29条（実験設備等）に係る説明資料**

2022年5月13日

**日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速実験炉部**

（ 1 . 実験設備の概要 ）

「常陽」における実験設備

「常陽」の実験設備は、以下の2種類の装置から構成する。

■計測線付実験装置

- ・ 高速増殖炉用機器、システム開発のための炉内試験等を行うための設備。
- ・ 計測線付実験装置は、上部構造、上部案内管、下部案内管及び試料部からなり、オンライン照射データ取得のための計測線等を炉外に取り出す構造。このため、回転プラグに貫通孔がある位置に取り付けられる。
- ・ 試料部には、核燃料物質及び放射性物質、制御要素を装填しない。

■照射用実験装置

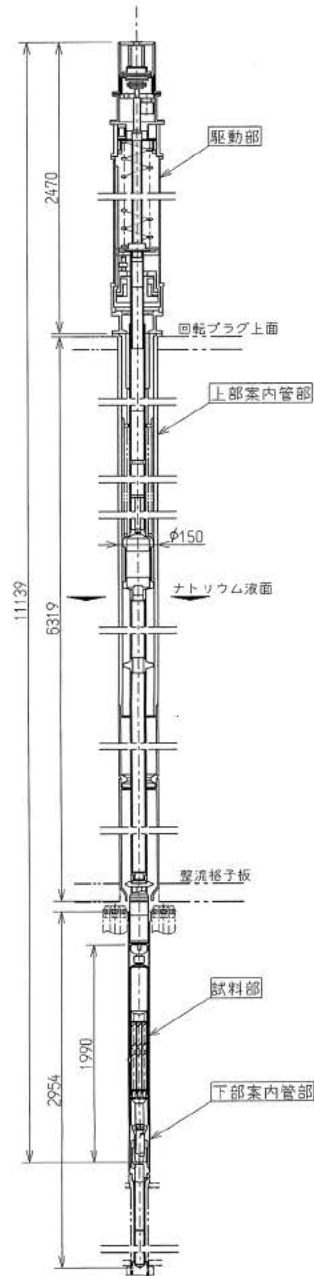
- ・ 高速増殖を用いた核変換技術の開発のための照射試験、高速増殖炉用燃料・材料の照射試験等を行うための設備。
- ・ 本体設備と必要に応じてスペクトル調整設備で構成される。
- ・ 照射物に、燃料体に該当しない核燃料物質、マイナーアクチニド、核分裂生成物、高速炉用材料等を使用する（核燃料物質使用許可（政令41条非該当範囲）、放射性同位元素使用許可を今後取得予定）。 本体設備1体あたりの核分裂性物質量は、炉心燃料集合体（内側）1体あたりの核分裂性物質量の15%を超えない。

計測線付実験装置の概要

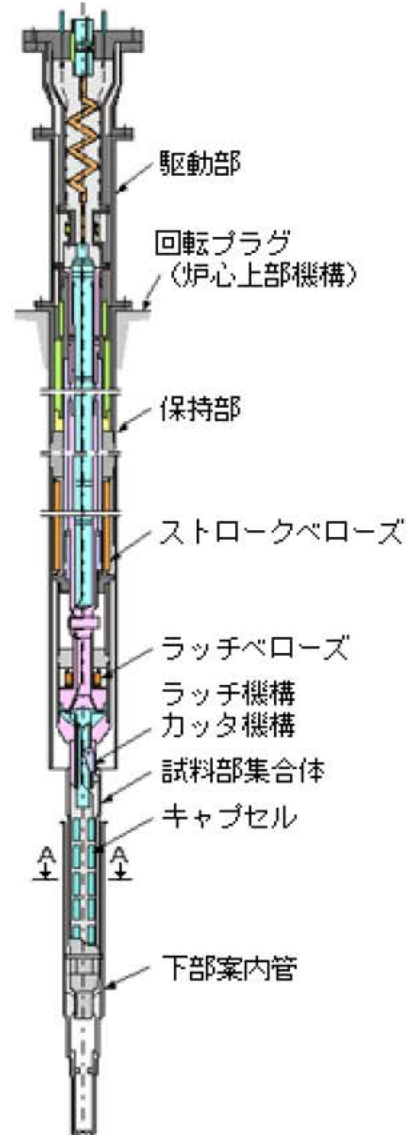
計測線付 実験装置

- 高速増殖炉用機器・システム開発のための炉内試験等を行うための設備。
- 上部構造、案内管及び試料部から構成。
- 試料部には、試験目的に応じ、上部構造に設置した電磁石により保持できる試験体、原子炉用構造材料等からなる照射試験片を収納した試験体及び熱電対等のモニタ類を装備した試験体等を使用（核燃料物質及び放射性物質、制御要素：無）。
- 案内管及び試料部は、炉心の核熱特性に影響を与えない範囲で、炉心内の任意の位置に装荷。
- 炉心燃料領域に計測線付実験装置を装荷する場合は、材料照射用反射体との合計を最大1体。
- 試験目的に応じ、原子炉運転中に試料部を案内管内で上下駆動できる構造とする場合、試料部を上下駆動させても、炉心の核特性に有意な影響を与えないように設計。また、試料部を上下駆動するための設備は、中央制御室と相互に連絡することができる場所に設置。
- 試料部等に検出器を取り付け、計測線を上部構造を通じて原子炉容器外に引き出すことで、照射中の温度等をオンラインで測定。
- 原子炉施設の健全性を確保するために当該実験装置の動作状況、異常の発生状況、周辺環境の状況その他の原子炉の安全上必要なパラメータを有する場合には、これらを中央制御室に表示。

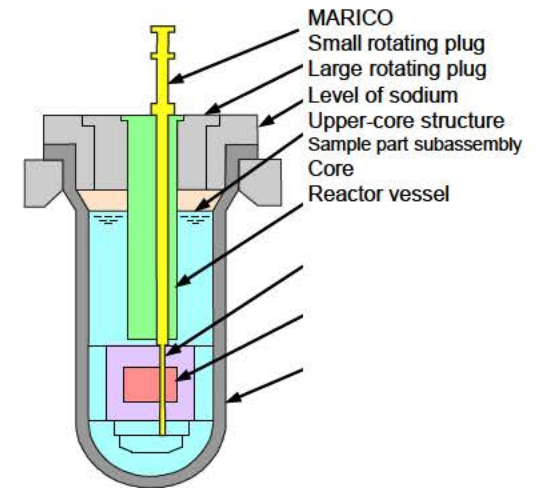
計測線付実験装置の例



試料部可動型実験装置



温度制御型材料照射装置 (MARICO)



State Installed in the Reactor

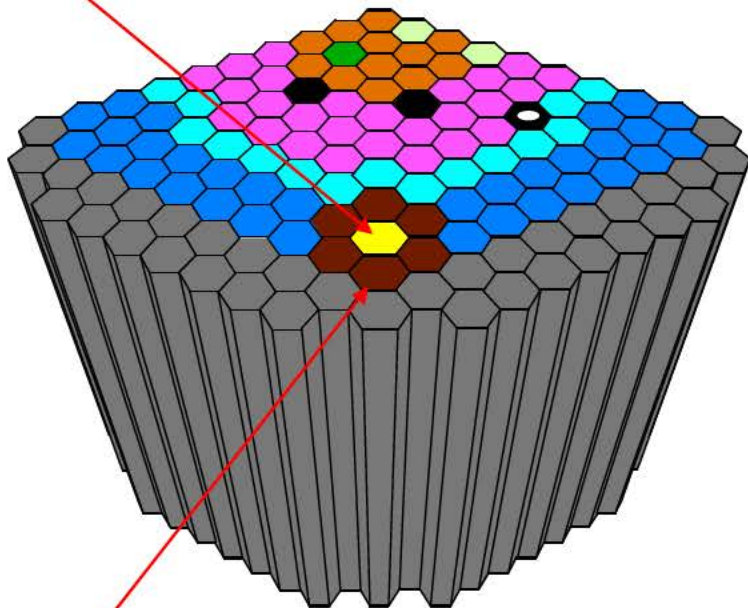
照射用実験装置の概要

照射用 実験装置

- 高速増殖炉用燃料・材料の照射試験等を行うための設備。
- 照射物には、燃料体に該当しない核燃料物質（プルトニウム、ウラン又はトリウムの単体又は混合物の化合物又は金属）、マイナーアクチニド、核分裂生成物、高速炉用材料等（これらの混合物を含む。）を使用。照射物はステンレス鋼の照射試料キャプセルに密封。
- 核燃料物質、マイナーアクチニド、核分裂生成物を装填する場合は、照射試料をSUS316相当ステンレス鋼の外側容器に装填。外側容器は、先行試験用Y型コンパートメントの内壁構造容器若しくは基礎試験用Y型コンパートメントの密封構造容器と同等の構造。
 - ⇒ 照射試料キャプセルの破損が生じた場合でも、外側容器の健全性を確保。内壁構造容器と同等の構造の外側容器を使用する場合にあっては、外側容器の冷却材出口部を多数の小口径の孔とする等、万一、照射試料キャプセルが破損した場合でも、炉心燃料集合体の冷却を阻害するおそれのある粒径の照射試料粒子が照射用実験装置の外側へ漏れ出ない構造とし、原子炉の安全機能を損なうことがないように設計。
- 本体設備は、炉心の核熱特性に影響を与えない範囲で、炉心内の任意の位置に装荷して使用。スペクトル調整設備は、ベリリウム若しくは水素含有金属等をラツパ管に内包した構造。照射試験の目的に応じて、照射位置における中性子スペクトルを調整するため、炉心の核熱特性に影響を与えない範囲で、本体設備の周囲に装荷（炉心燃料領域を除く）。
 - ※ 最大過剰反応度及び反応度停止余裕、反応度係数、熱設計基準値及び熱的制限値、熱特性主要目等の記載値を超えないように装荷。
- 核燃料物質を装填する場合にあっては、本体設備1体あたりの核分裂性物質量は、炉心燃料集合体（内側）1体あたりの核分裂性物質量の15%を超えないものに制限。また、炉心燃料領域に装荷する本体設備の最大装荷個数は、照射燃料集合体及び照射用実験装置の合計が4体を超えないものとする等により、原子炉容器内の核分裂性物質量を制限（最高燃焼度：200,000MWd/t（核分裂するものの場合））。
 - なお、本体設備1体あたりの最大発熱量を140kW以下に制限。

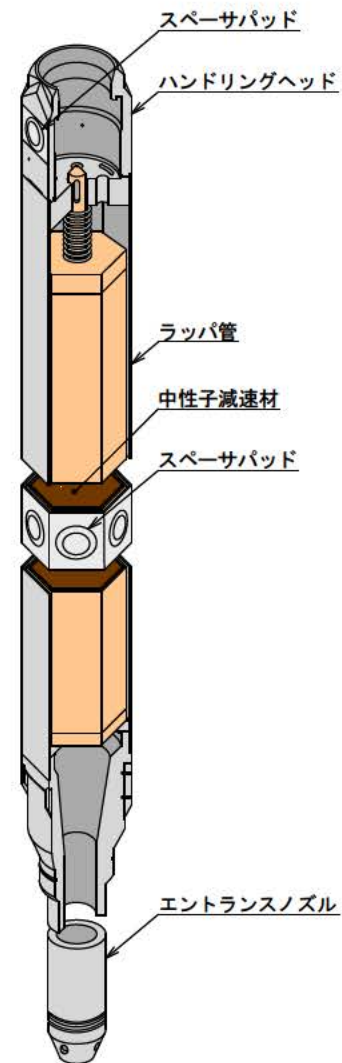
照射用実験装置の例 (1/2)

照射用実験装置 (本体設備)



照射用実験装置 (スペクトル調整設備)

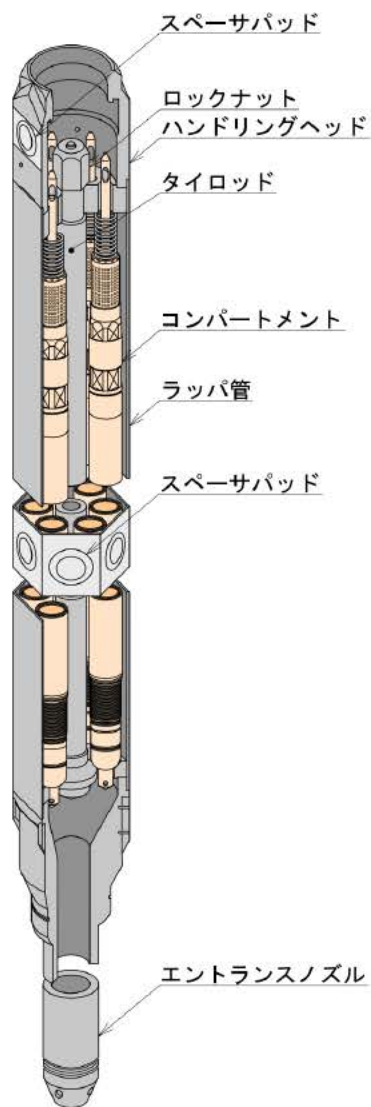
※必要に応じて周囲に中性子減速材を配置



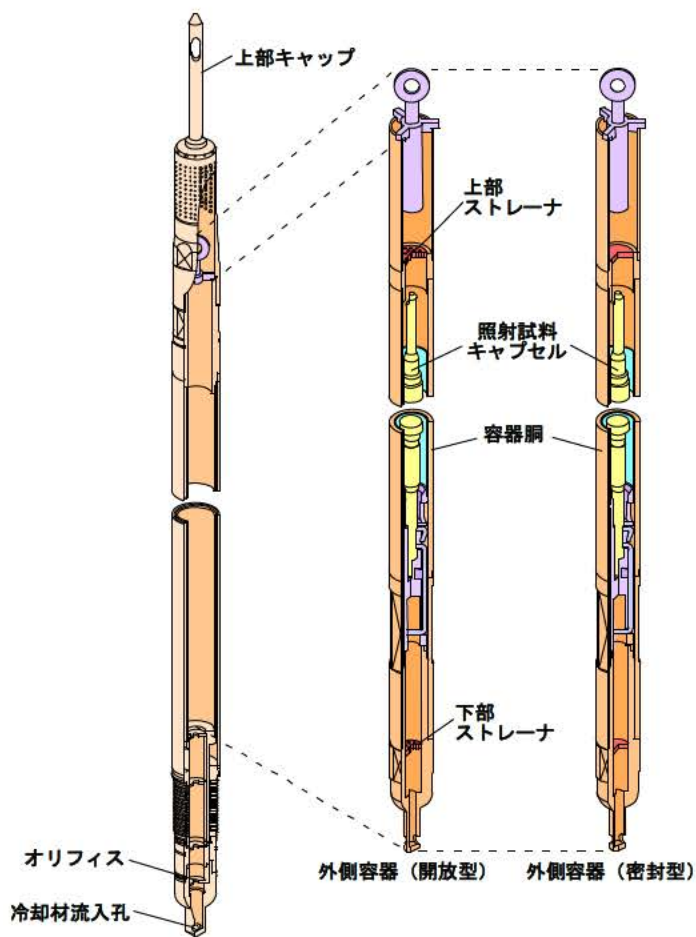
スペクトル調整設備

※構造は参考 (検討中)

照射用実験装置の例 (2/2)



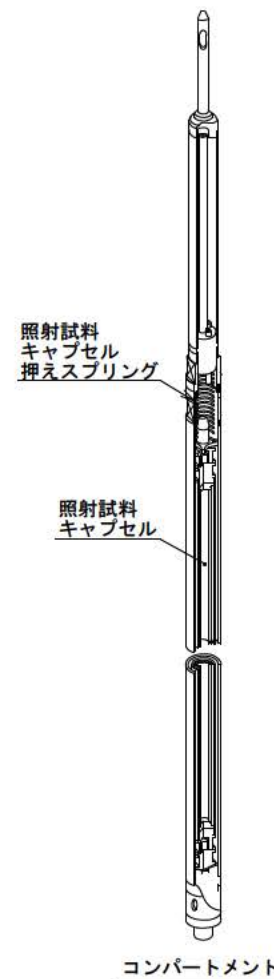
本体設備



コンパートメント

(核燃料物質等*1を装填する場合)

※ 先行試験要素又は基礎試験要素と同等の構造



コンパートメント

(核燃料物質等*2を装填しない場合)

※ 材料照射用反射体と同等の構造

- *1 燃料体に該当しない核燃料物質、マイナーアクチニド、核分裂生成物
 *2 高速炉用材料等

（ 2. 照射燃料集合体の安全確保の考え方）

実験設備の安全確保の考え方(1/4)

	計測線付実験装置	照射用実験装置
使用目的	<ul style="list-style-type: none"> 高速増殖炉用機器、システム開発のための炉内試験等を行うための設備。 	<ul style="list-style-type: none"> 高速増殖炉を用いた核変換技術の開発のための照射試験や高速増殖炉（水冷却型、ガス冷却型、Na冷却型、Pb-Bi冷却型他）用燃料・材料の照射試験を行うための設備。
構造	<ul style="list-style-type: none"> 上部構造は、炉心上部機構に取付けられ、試料部を保持するものであり、カバーガスバウンダリや適切な遮蔽機能を有し、自己作動型炉停止機構開発のための炉内試験等の実験の目的に応じ、試料部を案内管内で上下駆動できる構造。 上部案内管は、炉心上部機構に位置して、試料部と上部構造の一部を内包する。 下部案内管は、炉心支持板に保持され、試料部を導く。 試料部には、試験目的に応じ、上部構造に設置した電磁石により保持できる試験体、原子炉用構造材料等からなる照射試験片を収納した試験体及び熱電対等のモニタ類を装備した試験体等を使用する。 試料部は主に照射試験片と構造材からなる。 計測線付実験装置のうち、原子炉運転中に試料部を案内管内で可動できるものにあつては、試料部を可動させても、炉心の核特性に有意な影響を与えないものとする。 	<ul style="list-style-type: none"> 照射用実験装置は、本体設備と必要に応じてスペクトル調整設備で構成される。 本体設備は、ステンレス鋼の六角形のラッパ管、エントランスノズル及びハンドリングヘッドから構成し、照射試料をラッパ管に内包した構造を有する。 照射試料は、照射物をステンレス鋼の照射試料キャプセルに密封した構造を有する。核燃料物質、マイナーアクチニド、核分裂生成物を装填する場合は、照射試料をSUS316相当ステンレス鋼の外側容器に装填する。 外側容器には開放型と密封型があり、先行試験用Y型コンパートメントの内壁構造容器若しくは基礎試験用Y型コンパートメントの密封構造容器と同等の構造を有す。 照射試料キャプセルの破損が生じた場合でも、外側容器の健全性を確保する。 内壁構造容器と同等の構造の外側容器を使用する場合にあつては、外側容器の冷却材出口部を多数の小口径の孔とする等、万一、照射試料キャプセルが破損した場合でも、炉心燃料集合体の冷却を阻害するおそれのある粒径の照射試料粒子が照射用実験装置の外側へ漏れ出ない構造とする。

実験装置の安全確保の考え方(2/4)

	第29条	計測線付実験装置	照射用実験装置
許可基準規則への適合	<p>第1号 実験設備等の損傷その他の実験設備等の異常が発生した場合においても、試験研究用等原子炉の安全性を損なうおそれがないものとする。</p> <p>【解釈】 第1号に規定する「試験研究用等原子炉の安全性を損なうおそれがないもの」とは、試験研究用等原子炉を自動停止させる等の機能を有するものを含む。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実験装置の装荷位置・装荷個数を限定する。 ・炉心の核熱特性に影響を与えない範囲で、炉心内の任意の位置に装荷する。 ・実験設備は、実験設備の損傷その他の実験設備の異常が発生した場合においても、原子炉の安全性を損なうおそれがないように設計する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験装置の装荷位置・装荷個数を限定する。 ・照射試料は、照射物を照射試料キャプセルに密封した構造とする。照射物に核燃料物質、マイナーアクチニド、核分裂生成物を使用する場合には、照射試料を外側容器に装填した構造とする。 ・照射試料キャプセルの破損が生じた場合でも、外側容器の健全性を確保する。 ・万一、照射試料キャプセルが破損した場合でも、炉心燃料集合体の冷却を阻害するおそれのある粒径の照射試料粒子が照射用実験装置の外側へ漏れ出ない構造とし、原子炉の安全機能を損なうことがないように設計する。
	<p>第2号 実験物の移動又は状態の変化が生じた場合においても、運転中の試験研究用等原子炉に反応度が異常に投入されないものとする。</p> <p>【解釈】 第2号に規定する「反応度が異常に投入されないもの」とは、実験物の状態変化、移動等によってもたらされる反応度変化が反応度制御系統の操作によって十分安全に制御できる範囲内にあるものをいう。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉運転中に試料部を案内管内で可動できるものにあつては、試料部を可動させても、炉心の核特性に有意な影響を与えないように設計する。 ・試料部の主要構成材料はステンレス鋼である。原子炉運転中に試料部を可動させた場合、下部案内管中の冷却材が排除され、当該位置のナトリウムとステンレス鋼の存在比が変わる。これは当該位置で捕獲されるあるいは炉心から漏洩する中性子の量に影響するが、排除されるナトリウムが炉心容積約240,000cm³中約400cm³と小さいこと及びナトリウムとステンレス鋼の散乱断面積、捕獲断面積等の違いにより当該位置の低エネルギー側の中性子束は影響を受けるが、燃料集合体位置の主要なエネルギー領域の中性子束に与える影響は小さく、炉内の核分裂反応率はほとんど変わらないことなどから、炉心の核特性に与える影響は問題ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験物の移動はない。 ・照射物に核燃料物質等を使用する照射用実験装置は、照射物を溶融させないように設計するため、核燃料物質の溶融に伴うスランピングは発生しない。

実験設備の安全確保の考え方 (3/4)

	第29条	計測線付実験装置	照射用実験装置
	<p>第3号 放射線又は放射性物質の著しい漏えいのおそれがないものとする。</p> <p>【解釈】 第3号に規定する「著しい漏えいのおそれがないもの」とは、放射線業務従事者に過度の放射線被ばくをもたらさないように、実験設備等に適切に遮蔽するとともに放射性物質の漏えいを防止する対策を講じたもの等をいう。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試料部には核燃料物質及び放射性物質を装填しない。 ・ 計測線付実験装置は、試料部等に検出器を取り付け、計測線を上部構造を通じて原子炉容器外に取り出す。上部構造は、カバーガスバウンダリや適切な遮蔽機能を有するものとする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 照射試料は、照射物を照射試料キャプセルに密封した構造とする。照射物に核燃料物質、マイナーアクチニド、核分裂生成物を使用する場合には、照射試料を外側容器に装填した構造とする。 ・ 核分裂性物質量は、炉心燃料集合体（内側）の15%以下に制限。炉心燃料領域に装荷する最大装荷個数について、照射燃料集合体及び照射用実験装置の合計を4体以下に制限する。
許可基準規則への適合	<p>第4号 試験研究用等原子炉施設の健全性を確保するために実験設備等の動作状況、異常の発生状況、周辺環境の状況その他の試験研究用等原子炉の安全上必要なパラメータを原子炉制御室に表示できるものとする。</p> <p>【解釈】 第4号に規定する「実験設備等の動作状況、異常の発生状況、安全上必要なパラメータを原子炉制御室に表示できるもの」とは、運転中に重要なパラメータ（温度、圧力、流量等）が監視でき、また、試験研究用等原子炉の安全に重大な影響を及ぼすおそれのある異常な状態に対しては、警報設備を設けたもの等をいう。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計測線付実験装置は、試料部等に検出器を取り付け、計測線を上部構造を通じて原子炉容器外に取り出すことで、照射中の温度等をオンラインで測定できるものとし、原子炉施設の健全性を確保するために当該実験装置の動作状況、異常の発生状況、周辺環境の状況その他の原子炉の安全上必要なパラメータを有する場合には、これらを中央制御室に表示する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 照射用実験装置は、照射燃料集合体もしくは材料照射用反射体と同様に、炉心に装荷して使用される。運転中に監視するパラメータ及び必要な警報の変更を要しない、また、照射用実験装置の使用にあたって、特別な操作はなく、安全上の連絡を要しない（照射燃料集合体もしくは材料照射用反射体と同じ）。 ・ 照射物に核燃料物質等を使用する場合、照射キャプセルの開孔又は破損は燃料破損検出系により中央制御室で検知可能。
	<p>第5号 実験設備等が設置されている場所は、原子炉制御室と相互に連絡することができる場所とすること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試料部を可動するための設備は、中央制御室と相互に連絡することができる場所に設置するものとする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 照射用実験装置の使用にあたって、特別な操作はなく、安全上の連絡を要しない（照射燃料集合体もしくは材料照射用反射体と同じ）。

実験設備の安全確保の考え方(4/4)

		計測線付実験装置	照射用実験装置
許可段階の管理	主要仕様	—	・外側容器の材料、照射キャプセルの材料、照射物を一定の範囲に制限する。
	試験上の制限	・照射位置、最大装荷個数を制限。	・照射位置、最大発熱量、最大装荷個数、核分裂性物質、最高燃焼度を制限する。
	核設計	・炉心は、核設計基準を満足するように設計する。 ・核設計計算で使用する主な計算コードを記載する。	
	熱設計	—	・本体設備について、熱設計方針、熱設計基準値、熱的制限値を設定し、記載する。 ・熱設計は、照射燃料集合体と同様に行うことを記載する。
	機械設計	—	・照射燃料集合体と同様の設計方針（内圧や荷重の制限）を記載する。
設工認段階の管理	主要仕様	・試験目的に合わせて主要仕様を決定する。 ・使用前事業者検査により、当該装置の仕様等を確認・検査する。	・試験目的に合わせて主要仕様を決定する。 ・使用前事業者検査により、当該装置の仕様等を確認・検査する。
	核設計	・許可で定めた設計手法により核計算を実施し、結果が許可で定めた方針を満足することを確認する。	
	熱設計	・必要な冷却流量を確保できるように設計し、計算結果が満足することを確認する。	・許可で定めた設計手法により熱計算を実施し、結果が許可で定めた方針を満足することを確認する。
	機械設計	・試料部、案内管、駆動部の強度計算結果により健全性が維持できることを確認する。	・許可で定めた範囲にしたがって、材料（Sm値等）を決定し、許可に適合していることを確認する。 ・設計仕様、設計条件のもとでの強度計算結果が許可で定めた方針を満足することを確認する。
製作・使用段階の管理		<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉施設保安規定に基づき、サイクル運転に先立ち、炉心構成の制限事項（個数、熱的制限値、核的制限値）の遵守や核特性への影響が所定の範囲内であることを評価・確認する。 ・照射物に核燃料物質等を使用する照射用実験装置は、燃料破損検出系により、燃料要素の被覆管の開孔又は破損が検知された場合には、原子炉を停止し、当該実験装置を炉心から取り出すとともに、放射性廃ガス中の放射性物質の濃度が所定の値を超える場合には、当該廃ガスを貯留タンクに圧入貯蔵する。 	