

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

第 29 条（実験設備等）

2022 年 8 月 30 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所高速実験炉部

1. 要求事項の整理
2. 設置許可申請書における記載
3. 設置許可申請書の添付書類における記載
 - 3.1 安全設計方針
 - 3.2 気象等
 - 3.3 設備等
4. 要求事項への適合性
 - 4.1 概要
 - 4.2 計測線付実験装置
 - 4.3 照射用実験装置
 - 4.4 炉心の概要
 - 4.5 炉心構成
 - 4.6 標準平衡炉心を用いた核熱設計における保守性の確保
 - 4.7 核設計
 - 4.8 熱設計
 - 4.9 要求事項（試験炉設置許可基準規則第 29 条）への適合性

(別紙)

別紙 1 : 「炉心の変更」に関する基本方針

別紙 2 : 実験設備の概要

別紙 3 : 実験設備等の安全設計において参考とした指針と設置許可基準規則の比較

別紙 4 : 実験設備の安全確保の考え方

別紙 5 : 実験設備の装荷位置・装荷個数の制限

別紙 6 : 試料部可動型実験装置の設工認例

別紙 7 : 過去のトラブル知見の反映

(添付)

添付 1 : 設置許可申請書における記載

添付 2 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (適合性)

添付 3 : 設置許可申請書の添付書類における記載 (設備等)

5. 試験研究用等原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

ヌ. その他試験研究用等原子炉の附属施設の構造及び設備

(2) 主要な実験設備の構造

実験設備は、計測線付実験装置及び照射用実験装置から構成する。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、かつ、実験物の移動又は状態の変化が生じた場合においても、運転中の原子炉に反応度が異常に投入されないように、また、放射線又は放射性物質の著しい漏えいのおそれがないように設計する。

(i) 計測線付実験装置

計測線付実験装置は、上部構造、案内管及び試料部から構成する。計測線付実験装置の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する。また、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、周辺の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できるものとする。なお、計測線付実験装置は、試験目的に応じ、原子炉運転中に試料部を案内管内で可動できる構造とする。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。

(ii) 照射用実験装置

照射用実験装置の照射物には、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。）を使用する。

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プ管、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、照射試料をラップ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。スペクトル調整設備は、ステンレス鋼の六角形のラップ管、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、ベリリウム若しくは水素含有金属等をラップ管に内包した構造を有する。

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する。スペクトル調整設備は、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する（炉心燃料領域を除く。）。

炉心燃料領域に装荷した照射用実験装置の個数は、照射燃料集合体との合計で4体以下とする。また、半径方向反射体領域若しくは半径方向遮へい集合体領域に装荷した照射用実験装置（スペクトル調整設備を除く。）の個数は6体以下とする。

照射用実験装置（本体設備）1体当たりの最大発熱量は140kWとする。

核燃料物質を装填する場合は、照射用実験装置1体当たりの核分裂性物質量は、炉心燃料集合体（内側）1体当たりの核分裂性物質量の15%を超えないものとする。

添付 2 設置許可申請書の添付書類における記載（適合性）

添付書類八

1. 安全設計の考え方

1.8 「設置許可基準規則」への適合

原子炉施設は、「設置許可基準規則」に適合するように設計する。各条文に対する適合のための設計方針は次のとおりである。

(実験設備等)

第二十九条 試験研究用等原子炉施設に設置される実験設備（試験研究用等原子炉を利用して材料試験その他の実験を行う設備をいう。）及び利用設備（試験研究用等原子炉を利用して分析、放射性同位元素の製造、医療その他の行為を行うための設備をいう。）（以下「実験設備等」と総称する。）は、次に掲げるものでなければならない。

- 一 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。
- 二 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。
- 三 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。
- 四 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、周辺の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。
- 五 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。

適合のための設計方針

実験設備は、計測線付実験装置及び照射用実験装置から構成する。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、かつ、実験物の移動又は状態の変化が生じた場合においても、運転中の原子炉に反応度が異常に投入されないように、また、放射線又は放射性物質の著しい漏えいのおそれがないように設計する。

計測線付実験装置は、上部構造、案内管及び試料部から構成する。計測線付実験装置の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する。また、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、周辺の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できるものとする。なお、計測線付実験装置は、試験目的に応じ、原子炉運転中に試料部を案内管内で可動できる構造とする。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。

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、照射試料を内包した構造を有しており、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を有する。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する。スペクトル調整設備は、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する（炉心燃料領域を除く。）。

添付書類八の以下の項目参照
10. その他試験研究用等原子炉の附属施設

添付3 設置許可申請書の添付書類における記載（設備等）

添付書類八

10. その他試験研究用等原子炉の附属施設

10.1 概要

原子炉施設には、その他試験研究用等原子炉の附属施設の主要設備として、以下の設備等を設ける。

- (1) 非常用電源設備
- (2) 常用電源
- (3) 補機冷却設備
- (4) 空調換気設備
- (5) ガス供給設備
- (6) 脱塩水供給設備
- (7) 圧縮空気供給設備
- (8) 消火設備
- (9) 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材
- (10) 実験設備

10.11 実験設備

実験設備は、計測線付実験装置及び照射用実験装置から構成する。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、かつ、実験物の移動又は状態の変化が生じた場合においても、運転中の原子炉に反応度が異常に投入されないように、また、放射線又は放射性物質の著しい漏えいのおそれがないように設計する。

10.11.1 計測線付実験装置

計測線付実験装置は、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であり、上部構造、案内管及び試料部から構成する。計測線付実験装置の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する。また、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、周辺の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できるものとする。なお、計測線付実験装置は、試験目的に応じ、原子炉運転中に試料部を案内管内で可動できる構造とする。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。

(1) 上部構造

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とする（第 10. 11. 1 図参照）。

(2) 案内管

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、試料部を導くものである。

(3) 試料部

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。

10. 11. 2 照射用実験装置

(1) 主要設備

照射用実験装置は、高速増殖炉用燃料・材料の照射試験等を行うための設備であり、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。）を使用する。

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プ管、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、照射試料をラップ管に内包した構造を有する（第 10. 11. 2 図参照）。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 SUS 316 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。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。主要仕様を第 10. 11. 1 表に示す。

スペクトル調整設備は、ステンレス鋼の六角形のラップ管、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、ベリリウム若しくは水素含有金属等をラップ管に内包した構造を有する。

本体設備及びスペクトル調整設備の外形主要寸法は、ラップ管を有する他の炉心構成要素と同じである。

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

て使用する。スペクトル調整設備は、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する（炉心燃料領域を除く。）。

(2) 設計方針

- (i) 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。外側容器は、照射試料キャプセルの破損が生じた場合でも、その健全性が確保される構造とするとともに、外側容器を密封若しく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、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する。
- (ii) 本体設備は、炉心燃料領域、半径方向反射体領域及び半径方向遮へい集合体領域に装荷する。また、照射試験の目的に応じて、本体設備の周囲にスペクトル調整設備を装荷する（炉心燃料領域を除く。）。ただし、本体設備及びスペクトル調整設備は、原子炉の核熱特性に影響を与えないよう、「3.4.1 設計方針（核設計基準）」、「3.4.3 最大過剰反応度及び反応度停止余裕」、「3.4.4 反応度係数」、「3.5.2 熱設計基準値及び熱制限値」及び「3.5.8 熱特性主要目」の記載値を超えないように装荷することとし、原子炉の核熱特性に影響を与えないものとする。
- (iii) 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質量は、炉心燃料集合体（内側）1 体あたりの核分裂性物質質量の 15%を超えないものとする。

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。半径方向反射体領域及び半径方向遮へい集合体領域の本体設備の核分裂性物質質量は、炉心燃料領域の核分裂性物質質量との合計で「3.2 炉心」に記載された核分裂性物質の全挿入量を超えないものとする。

上記制限により、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する。
- (iv) 照射用実験装置及び照射試料は、下記の方針を満足するように設計し、放射性物質の著しい漏えいが生じないようにする。

照射用実験装置

- a. 照射用実験装置の輸送中又は取扱中に受ける通常の荷重並びに地震時の荷重に対して、十分な強度を有するように設計する。
- b. 原子炉内における使用期間中の通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、照射用実験装置の構成部品にかかる荷重に対する応力計算値は、ASME Sec. IIIの基準に準拠して設定した値を満たすように設計する。
- c. 照射試料の異常時において、照射用実験装置の外側容器にかかる荷重に対する応力計算値は、ASME Sec. IIIの基準に準拠して設定した値を満たすように設計する。

照射試料

- a. 照射物最高温度が熔融温度（熱分解するもの場合は、過度の分解が生じない温度）を超えないように設計する。
- b. 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の照射試料キャプセルの内圧は、照射試料キャプセルにかかる引張応力を抑えるように低く設計する。
- c. 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の照射試料キャプセルの各部にかかる荷重に対する応力計算値は、A S M E Sec. IIIの基準に準拠して設定した値を満たすように設計する。

(v) スペクトル調整設備には、照射試験上、必要な量のベリリウム等を充填する。

(3) 照射試験上の制限

(i) 照射用実験装置の照射位置

本体設備：炉心燃料領域、半径方向反射体領域及び半径方向遮へい集合体領域

スペクトル調整設備：半径方向反射体領域及び半径方向遮へい集合体領域

ただし、照射用実験装置は、原子炉の核熱特性に影響を与えないよう装荷する。

(ii) 照射用実験装置の最大発熱量

本体設備 1 体あたりの最大発熱量：140kW

(iii) 照射用実験装置の最大装荷個数

炉心燃料領域に装荷する場合にあつては、

最大装荷個数：照射燃料集合体及び照射用実験装置の合計 4 体

半径方向反射体領域及び半径方向遮へい集合体領域に装荷する場合にあつては、

最大装荷個数（スペクトル調整設備を除く。）：6 体

(iv) 照射用実験装置の核分裂性物質質量

核燃料物質を装填する場合にあつては、本体設備 1 体あたりの核分裂性物質質量は、炉心燃料集合体（内側）1 体あたりの核分裂性物質質量の 15%を超えないものとする。

また、半径方向反射体領域及び半径方向遮へい集合体領域に装荷した本体設備と炉心燃料領域の核分裂性物質質量との合計で「3. 原子炉本体」に記載された核分裂性物質の全挿入量を超えないものとする。

(v) 照射用実験装置の最高燃焼度

最高燃焼度：200,000MWd/t（核分裂するものの場合）

(4) 評価

(i) 原子炉内における使用期間中、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、照射試料の健全性は下記のように保たれる。

a. 照射物最高温度

照射挙動が不明確な材料を用いる場合があるが、通常運転時の最大線出力密度を制限するとともに、融点及び熱伝導度等を安全側に考慮して設計するため、過出力時にあつても、照射物最高温度が熔融温度（熱分解するもの場合は、過度の分解が生じない温度）を超えないようにすることができる。

b. 照射試料キャプセルの内圧及び応力

核燃料物質、マイナーアクチニド、核分裂生成物を装填した場合、照射試料キャプセルの内圧は、照射物から放出される核分裂生成ガス等によって生じ、燃焼とともに徐々に上昇するが、ガスプレナムの体積を十分大きくとることにより、照射試料キャプセルの内圧は低い。

照射試料キャプセルの応力は、燃焼初期においては小さい。また、燃焼に伴って内圧が徐々に上昇するが、通常運転時における一次膜応力は照射試料キャプセルの材料の強度を安全側に考慮して設定した S_m 値より小さい。

(ii) 照射用実験装置は、輸送中又は取扱中並びに通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に種々の荷重が加わるが、これらの荷重に対して十分な強度を有している。

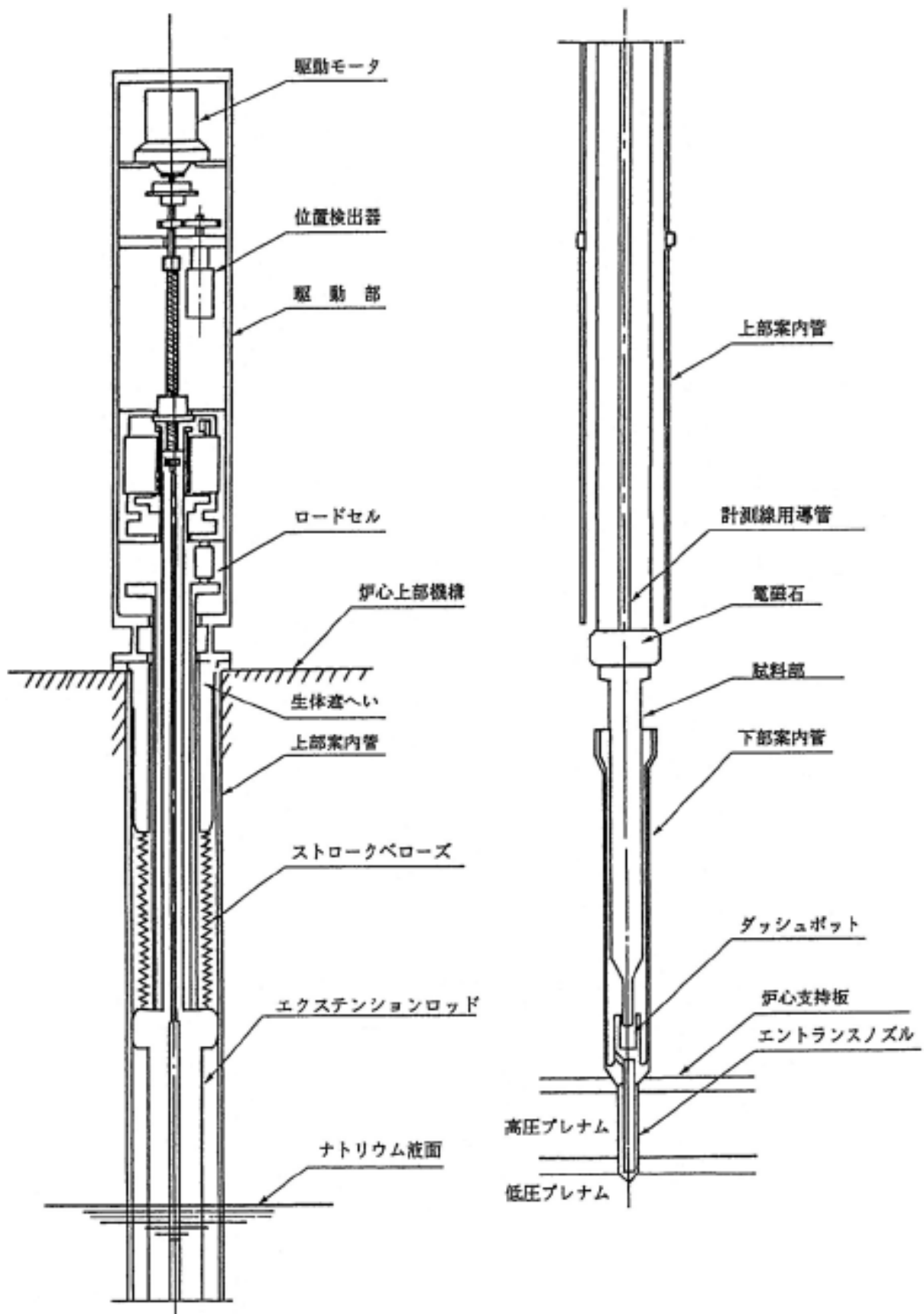
核燃料物質、マイナーアクチニド、核分裂生成物を装填した照射用実験装置にあっては、照射試料を外側容器に封入する。運転時の異常な過渡変化又は事故とあいまって、万一、照射試料キャプセルが破損した際に発生する外側容器内の圧力に対し、外側容器の肉厚を適切に設定するため、外側容器の健全性は確保される。

(iii) 照射試料キャプセルは十分な強度を有するため、原子炉の安全機能を損なうことはない。また、外側容器は、万一、照射試料キャプセルの破損が生じた場合でも、その健全性が確保される構造としており、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は照射用実験装置の外側へ漏れ出ることなく、原子炉の安全機能を損なうことはない。

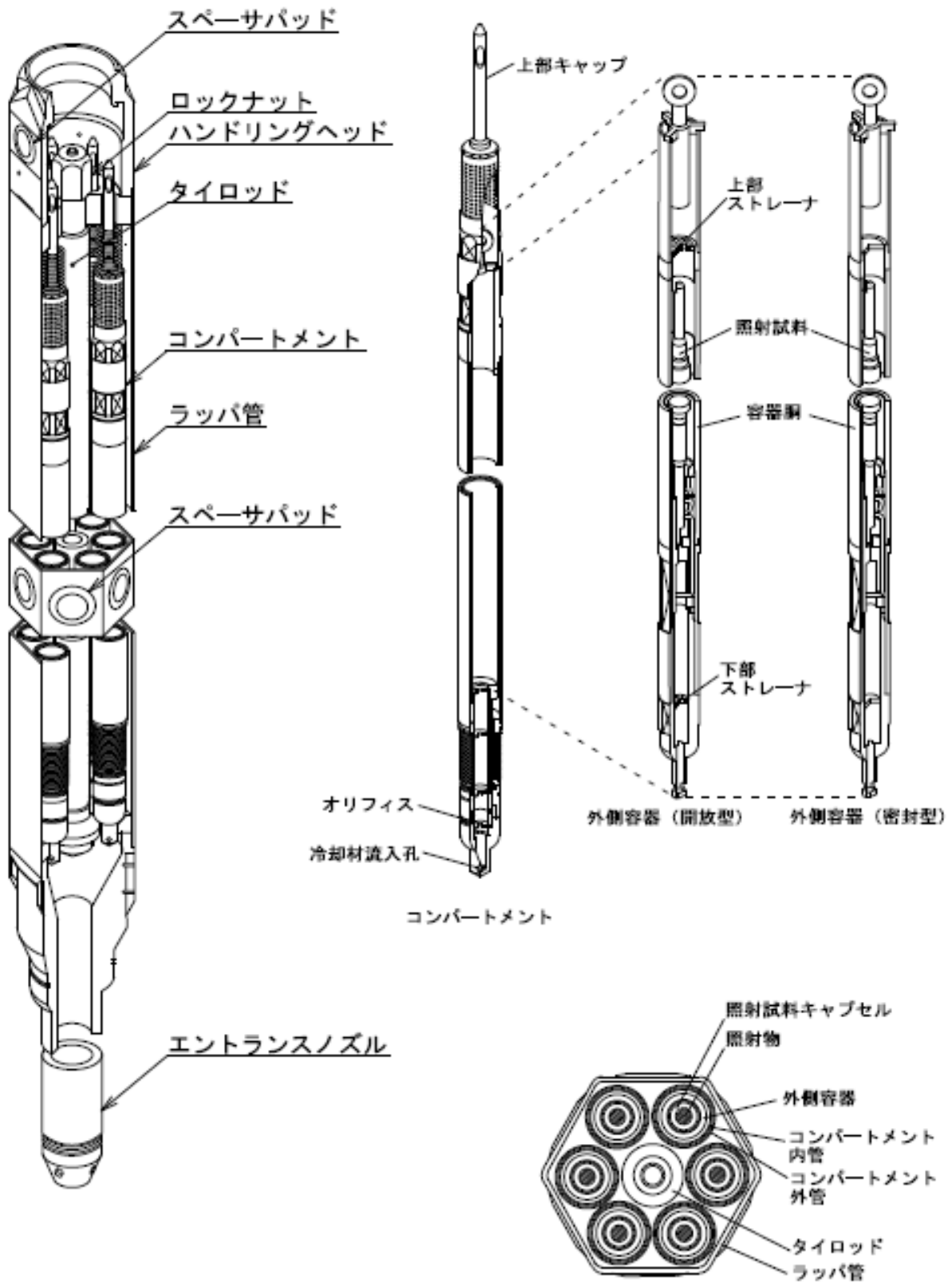
(iv) 照射用実験装置において、核燃料物質を装填する場合にあっては、1 体あたりの核分裂性物質質量を、最大でも炉心燃料集合体(内側) 1 体あたりの核分裂性物質質量の 15% を超えないものとしており、放射線業務従事者に過度の放射線被ばくをもたらすことはない。また、照射用実験装置には、輸送又は取扱中並びに通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に種々の荷重が加わるが、これらの荷重に対して十分な強度を有しており、放射性物質の著しい漏えいが生じることはない。

第10.11.1表 照射用実験装置の主要仕様

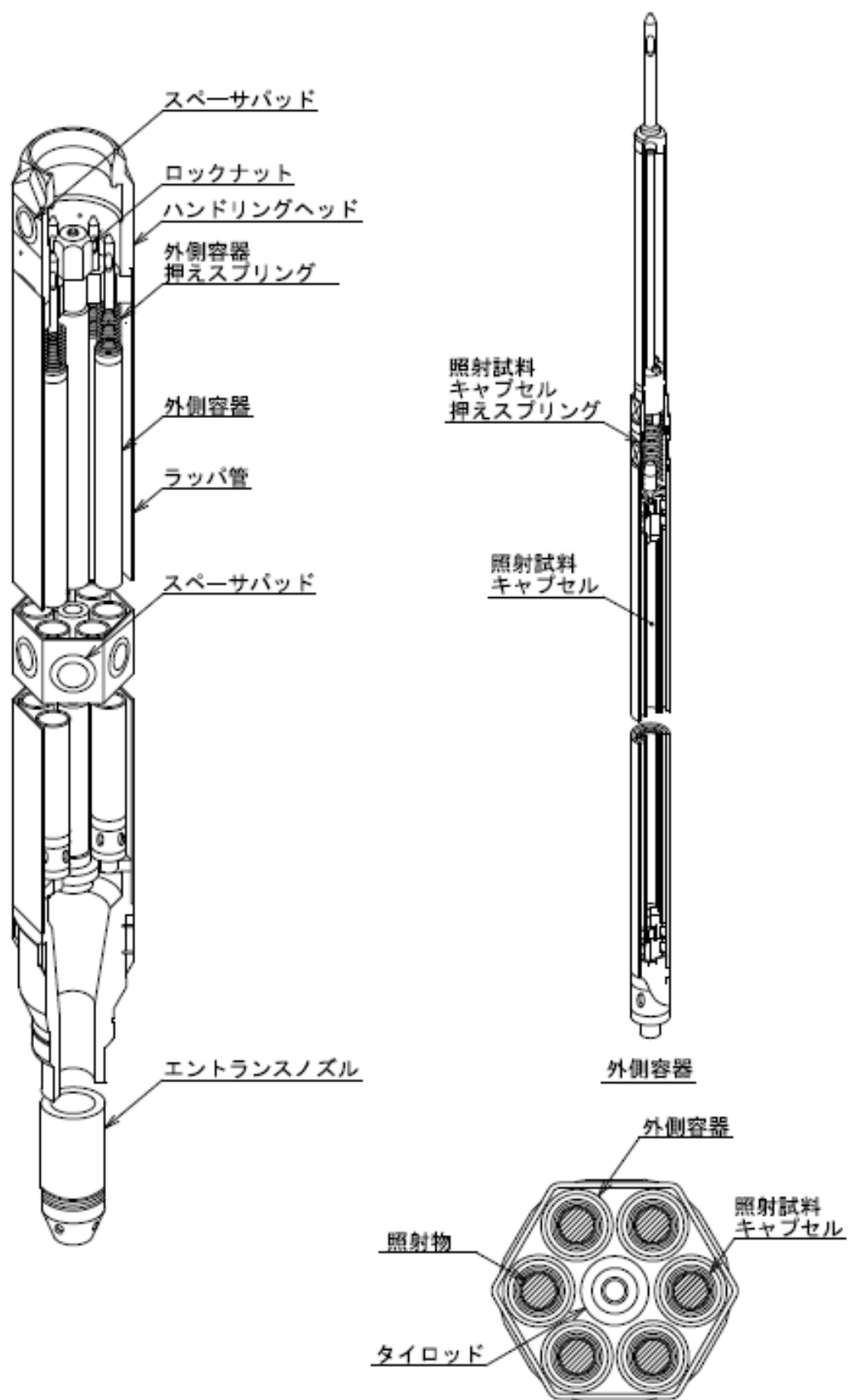
項目	照射用実験装置
<p>集合体</p> <p>外形形状</p> <p>形式</p> <p>全長</p> <p>ラッパ管</p> <p>材料</p> <p>外側対辺間距離</p> <p>肉厚</p> <p>外側容器</p> <p>材料</p> <p>照射試料キャプセル</p> <p>材料</p> <p>照射物 (核燃料物質を装填する場合)</p> <p>材料</p> <p>照射物 (核燃料物質以外を装填する場合)</p> <p>材料</p>	<p>正六角形</p> <p>ラッパ管内蔵型</p> <p>約2,970mm</p> <p>SUS316相当ステンレス鋼または高速炉用フェライト系ステンレス鋼</p> <p>約78.5mm</p> <p>約1.9mm</p> <p>SUS316相当ステンレス鋼</p> <p>オーステナイト系ステンレス鋼または高速炉用フェライト系ステンレス鋼 (酸化物分散強化型を含む)</p> <p>プルトニウムまたはウランの単体または混合物の酸化物、炭化物、窒化物または金属 (マイナーアクチノイドや核分裂生成物等を混入させる場合がある)</p> <p>原子力材料、マイナーアクチノイド、核分裂生成物等</p>



第 10.11.1 図 計測線付実験装置（自己作動型炉停止機構開発用）



第 10.11.2 図 (1/2) 照射用実験装置 (参考用: 本体設備 1/2)



第 10.11.2 図 (2/2) 照射用実験装置 (参考用: 本体設備 2/2)