

HTTR 原子炉施設
設置許可基準規則への適合性について
第 29 条(実験設備等)

令和 2 年 6 月 12 日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高温ガス炉研究開発センター
高温工学試験研究炉部

第 29 条：実験設備等

<目次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 設置許可申請書における記載
 - 1.3 設置許可申請書の添付書類における記載
 - 1.3.1 安全設計方針
 - 1.3.2 気象等
 - 1.3.3 設備等

2. HTTR 原子炉施設 実験設備等（適合性説明資料）

< 概 要 >

試験研究用等原子炉施設の設置許可基準規則の要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する HTTR 原子炉施設の適合性を示す。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

実験設備等について、設置許可基準規則第 29 条の要求事項を明確化する（表 1）。

表 1 設置許可規則第 29 条 要求事項

設置許可基準規則 第 29 条（実験設備等）	備考
<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	

1.2 設置許可申請書における記載

1.2.1 位置、構造及び設備

ロ. 試験研究用等原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(i) 原子炉施設は、(1) 耐震構造、(2) 耐津波構造に加え、次の基本方針のもとに安全設計を行う。

p. (実験設備等)

燃料限界照射試料を除く照射試料及び実験設備(以下「実験設備」という。)の損傷その他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設計とする。また、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設計とする。

実験設備は、放射線又は放射性物質の著しい漏えいが生じることなく、原子炉施設の健全性を確保するために実験設備の動作状況、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中央制御室に表示できる設計とする。

実験設備が設置されている場所は、中央制御室と相互に連絡することができる設計とする。

1.3 設置許可申請書の添付書類における記載

1.3.1 安全設計方針

(1) 適合性説明

(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。

適合のための設計方針

- 一及び二 燃料限界照射試料を除く照射試料及び実験設備は、その脱落等によって原子炉に過度の反応度を与えないようにし、かつ、その異常又は損傷によって、原子炉の停止機能及び冷却機能を損なわない等、原子炉の安全を損なわないように各構成要素が十分な強度を有する設計とする。
- 三 実験設備は、放射線業務従事者等の放射線被ばくを低減させるため、遮蔽に留意した設計とするとともに、放射性物質の著しい漏えいが生じることがない設計とする。
- 四 実験設備に関する安全上必須なパラメータについては、照射試験中に中央制御室で監視できる設計とする。
- 五 実験設備が設置されている場所には、送受話器等を設置し、中央制御室と相互に連絡ができる設計とする。

1.3.2 気象等

該当無し

1.3.3 設備等

14. 実験設備

14.1 概要

本実験設備は、燃料試料及び材料試料の照射試験並びにトリチウム生成回収試験を行うためのものであり、炉内設備と炉外設備から構成する。

炉内設備は、照射キャプセルと照射試験用ブロックから構成する。

炉外設備は、燃料照射キャプセル炉外装置、材料クリープ照射キャプセル炉外装置、リチウム照射キャプセル炉外装置、照射物を取扱うための附属設備から構成する。

また、試験用の燃料要素を黒鉛ブロック内に装荷した燃料限界照射試料を用いて、燃料の破損限界を調べるための燃料限界照射試験を実施する。

照射試料の装荷位置を第 14.1.1 図に示す。

14.2 設計方針

実験設備は、次の方針により設計する。

- (1) 燃料限界照射試料を除く照射試料及び照射キャプセルは、照射物挿入ブロック内に装荷し、これらは照射物挿入ブロックから脱落することがないようにする。更に、照射キャプセル内の照射試料等は照射キャプセル内で脱落することがないようにする。また、万一、脱落したとしても、過度の添加反応度を与えないような構造とする。
- (2) 実験設備は、試験上の要求を満たすとともに照射キャプセル、スイープガス配管の材料の選定及び設計に際しては、関連する規格、基準に準拠して行い、破損、内包する放射性物質の漏えいが生じることがないようにする。
- (3) 実験設備の異常又は損傷によって、原子炉の停止及び冷却機能が損なわない等原子炉の安全機能を損なうことのないように、本設備の構成要素が十分な強度を有するものとする。
- (9) 実験設備は、過度の放射性物質の漏えいが生じることがないようにするため、原子炉格納容器外のスイープガス配管は、耐漏えい性を有する外管で保護し、万一スイープガス配管が破損した場合でも、グローブボックス内へ導くようにする。また、試験時に従事者等の放射線被ばくを低減するため、必要に応じて遮蔽を設けることとする。
- (10) 実験設備に関する安全上必須なパラメータについては、中央制御室において監視できるようにする。

14.3 主要設備

14.3.2 炉外設備

- (1) 燃料照射キャプセル炉外装置

燃料照射キャプセル炉外装置は、スweepガス供給装置、燃料試料破損検出装置、核分裂生成物サンプリング装置、グローブボックス、コールドチャコールトラップ、計測器、配管等により構成する。各機器には必要に応じて遮へい体を設ける。

燃料照射キャプセル炉外装置の系統を第 14.4.1 図に示す。

(2) 材料クリープ照射キャプセル炉外装置

材料クリープ照射キャプセル炉外装置は、クリープ歪測定装置、計測器、配管等により構成する。

(3) リチウム照射キャプセル炉外装置

リチウム照射キャプセル炉外装置は、スweepガス供給装置、トリチウム回収装置、トリチウム除去装置、グローブボックス、計測器、配管等により構成する。各機器には必要に応じて遮蔽体を設ける。

リチウム照射キャプセル炉外装置の系統を第 14.4.2 図に示す。

(4) 附属設備

照射物を取扱うための照射物取扱機を設ける。また、安全上必須なキャプセル温度、グローブボックス内放射能濃度等の主要なパラメータを中央制御室においても監視できる設備を設ける。

14.6 評価

- (1) 黒鉛ブロック内に着座装荷した照射キャプセル及び照射キャプセル内の試料は、脱落しない構造とするので、原子炉に過度の反応度を与えることはない。
- (2) 照射キャプセル及びスweepガス配管は、関係規格、基準に準拠して、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において生ずる圧力及び温度による荷重に、地震荷重を適切に組合せた設計条件を用いて設計するので破損、内包する放射性物質の漏えいが生じることはない。
- (3) 照射キャプセルの真空断熱材に異常又は損傷が生じた場合においても、照射キャプセルの健全性が維持できる設計とするので、原子炉の安全機能が損なわれることはない。
- (9) スweepガス配管は、原子炉格納容器外部を二重管構造とし、スweepガス配管と外管の間をグローブボックス排気により負圧にするので、万一スweepガス配管が破損した場合でも、放射性物質がグローブボックス外へ漏えいすることはない。また、放射性物質が蓄積される部分には、遮蔽を設けるので、従事者等の放射線被ばくを低減できる。
- (10) 実験設備のキャプセル主要部温度、グローブボックス内放射能濃度等主要なパラメータは、中央制御室で監視できる。

2. HTTR 原子炉施設 実験設備等 (適合性説明資料)

1. 概要(1/5)

概要(1/2)

HTTRの実験設備は、以下の2つの試験を実施するためのものである。

- (1) 燃料の破損限界を調べるために、燃料限界照射試料と流路ブロック等を用いて実施する燃料限界照射試験。
 - (2) 1)燃料試料、2)材料試料の照射挙動を試験するため、及び3)リチウム化合物を照射して生成するトリチウムを連続的に回収するために、照射キャプセル、照射物挿入ブロック、流路ブロック及び照射キャプセル炉外装置等を用いて実施する照射試験。
- なお、実験設備について許可を取得しているが、これまでに設置していない。

【主要な実験設備】

- 炉内設備：照射キャプセル、照射試験用ブロック（燃料限界照射試料、照射物挿入ブロック、流路ブロック等）
- 炉外装置：照射キャプセル炉外装置（グローブボックス、計測器等）、付属設備（主要なパラメータを中央制御室において監視できる設備等）



1. 概要(2/5)

概要(2/2)

【ブロックの形状】

- 燃料限界照射試験及び照射試験に用いるブロック（燃料限界照射試料を装荷するブロック、照射物挿入ブロック、流路ブロック等）は、外径寸法を炉心構成要素に合わせて、その内部の形状寸法を照射物の形状等に応じて変更することができる。材質は黒鉛又は黒鉛炭素複合材とする。

【スクラム設定値】

- 燃料限界照射試験時は、原子炉スクラム信号の一つである「1次冷却材放射能高」の設定値を定格及び高温試験運転時よりも高い設定値にして試験運転を行う。

【事故時の被ばく評価】

- 燃料限界照射試験に係る被ばく評価としては、1次冷却設備二重管破断事故、1次ヘリウム純化設備破損事故、気体廃棄物処理設備破損事故、スタンドパイプ破損事故時の被ばく評価において、事故発生時に燃料限界照射試験を行っていたことを条件としている。



照射試験上の制限(1/3)

項目	数値
原子炉運転条件	
○原子炉熱出力	30 MW以下
○原子炉冷却材出口温度	850 °C以下
燃料限界照射試験時の循環放射エネルギー	
○1次冷却系の希ガスの循環放射エネルギー	2.2×10^{14} MeV・Bq以下
○1回当たりの積算循環放射能の増加量	4.4×10^{14} MeV・Bq・h以下
○年間の1次冷却系の希ガスの積算循環放射能の増加量	2.2×10^{15} MeV・Bq・h以下



照射試験上の制限(2/3)

項目	数値
装荷上の制限	
○照射物1体の挿入による最大反応度変化	1 % $\Delta k/k$ 以下
○照射物の落下による最大反応度変化	1×10^{-3} $\Delta k/k/\text{ステップ}$ 以下
燃料試料の最大発熱量	
○燃料限界照射試験	70 kW 以下
○1燃料要素あたり	12 kW 以下
○キャプセルを用いた燃料照射試験	6.3 kW 以下
燃料最高温度	
○燃料限界照射試験	2000 °C 以下
○キャプセルを用いた燃料照射試験	2500 °C 以下
トリチウム生成量	
○連続回収試験	0.3 g/年 以下
○バッチ回収試験	0.6 g/年 以下
○照射物の雰囲気条件	ヘリウムガス
照射キャプセルの使用温度	
○ステンレス鋼製キャプセル	600 °C
○耐食耐熱合金製キャプセル	850 °C



照射試験上の制限(3/3)

項目	数値
照射試験の最大日数	
○冷却を必要とするキャプセル燃料照射試験を行う場合	330 日
照射物の制限	
○B-3型燃料体の照射試験を行う場合は、冷却を必要とするキャプセル照射と重ね合わせしない。 (B-3型燃料体:燃料核が(U,Th)O ₂)	



要求事項

(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。



解釈

- 1 第29条は、試験研究用等原子炉に特有の実験設備について定めたものである。なお、第29条に規定する「実験設備等」とは、試験研究用等原子炉を使用する実験設備及び利用設備であり、照射試験用の炉内照射設備(ループを含む。)、冷中性子源装置等を含む。
- 2 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。
- 3 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に安全に制御できる範囲内にあるものをいう。
- 4 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しさないように、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。
- 5 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。



適合のための設計方針

- 一及び二 燃料限界照射試料を除く照射試料及び実験設備は、その脱落等によって原子炉に過度の反応度を与えないようにし、かつ、その異常又は損傷によって、原子炉の停止及び冷却機能を損なわない等、原子炉の安全を損なわないように各構成要素が十分な強度を有する設計とする。
- 三 実験設備は、放射線業務従事者等の放射線被ばくを低減させるため、遮へいに留意した設計とするとともに、著しい放射性物質の漏えいが生じることがないように設計する。
- 四 実験設備に関する安全上必須なパラメータについては、照射試験中に中央制御室で監視できる設計とする。
- 五 実験設備が設置されている場所には、送受話器等を設置し、中央制御室と相互に連絡ができる設計とする。



設計方針

- (1) 燃料限界照射試料を除く照射試料及び照射キャプセルは、照射物挿入ブロック内に装荷し、これらは照射物挿入ブロックから脱落することがないようにする。更に、照射キャプセル内の照射試料等は照射キャプセル内で脱落することがないようにする。また、万一、脱落したとしても、過度の添加反応度を与えないような構造とする。
- (2) 実験設備は、試験上の要求を満たすとともに照射キャプセル、スweepガス配管の材料の選定及び設計に際しては、関連する規格、基準に準拠して行い、破損、内包する放射性物質の漏えいが生じることがないようにする。
- (3) 実験設備の異常又は損傷によって、原子炉の停止及び冷却機能が損なわれない等原子炉の安全機能を損なうことのないように、本設備の構成要素が十分な強度を有するものとする。
- (4) 燃料限界照射試料の構造及び材料は、適切な強度、耐食性、耐放射線性等を有するとともに、輸送及び取扱中に有意な損傷を生じないようにする。
- (5) 燃料限界照射試料は、その量及び装荷位置を制限することにより、炉心への装荷により、核的制限値及び熱的制限値を超えることがないようにする。
- (6) 燃料限界照射試料は、その異常が生じても、燃料の破損が生ずることがない等、原子炉の安全性を損なわないようにする。
- (7) 燃料限界照射試料は、運転時の異常な過渡変化時において著しい破損が生じないように、また、設計基準事故時においては、原子炉の停止及び冷却に支障を与えることのないようにする。
- (8) 燃料限界照射試料は、他の系統の機能とあいまって、試験に伴って放出される核分裂生成物を確実、かつ、速やかに検出できるように配慮する。
- (9) 実験設備は、過度の放射性物質の漏えいが生じることがないようにするため、原子炉格納容器外のスweepガス配管は、耐漏えい性を有する外管で保護し、万が一スweepガス配管が破損した場合でも、グローブボックス内へ導くようにする。また、試験時に従事者等の放射線被ばくを低減するため、必要に応じて遮へいを設けることとする。
- (10) 実験設備に関する安全上必須なパラメータについては、中央制御室において監視できるようにする。



適合状況

- 第一号から第四号は、追加要求事項ではないことから、既に適合していると考えている。
- 第五号については、実験設備が原子炉建家内に設置するものであり、原子炉建家と中央制御室間の連絡は、内線回線、送受話器(ページング)、PHS(HTTR内専用)により相互に連絡ができる設計となっていることから適合していると考えている。
(平成27年6月26日審査会合における「HTTR原子炉施設 第30条 通信連絡設備」に係る適合性審査で説明済み)



5. 適合状況(2/3)

新規制基準の条文	適合状況
<p>(実験設備等)</p> <p>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。</p> <p>【解釈】</p> <p>1 第29条は、試験研究用等原子炉に特有の実験設備について定めたものである。なお、第29条に規定する「実験設備等」とは、試験研究用等原子炉を使用する実験設備及び利用設備であり、照射試験用の炉内照射設備(ループを含む。)、冷中性子源装置等を含む。</p> <p>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。</p> <p>【解釈】</p> <p>2 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> <p>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。</p> <p>【解釈】</p> <p>3 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>	<p>一及び二 燃料限界照射試料を除く照射試料及び実験設備は、その脱落等によって原子炉に過度の反応度を与えないようにし、かつ、その異常又は損傷によって、原子炉の停止及び冷却機能を損なわない等、原子炉の安全を損なわないように各構成要素が十分な強度を有する設計とする。</p>



5. 適合状況(3/3)

新規制基準の条文	適合状況
<p>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。</p> <p>【解釈】</p> <p>4 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>	<p>三 実験設備は、放射線業務従事者等の放射線被ばくを低減させるため、遮へいに留意した設計とするとともに、放射性物質の著しい漏えいが生じることがない設計とする。</p>
<p>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に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】</p> <p>5 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、安全に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>	<p>四 実験設備に関する安全上必要なパラメータについては、照射試験中に中央制御室で監視できる設計とする。</p>
<p>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。</p>	<p>五 実験設備が設置されている場所には、送受信器等を設置し、中央制御室と相互に連絡ができる設計とする。</p>



参考資料



3. 事象の発生の連絡及び避難指示等

参考資料1

現地対策本部には、商用電源喪失時において使用できる構内一斉放送設備を設ける。また、HTTR施設には、商用電源喪失時において使用できる非常用放送設備（HTTR）及び送受信器（ページング）を設けている。これらの設備により、事象の発生の連絡や避難指示等を行う。





