

京都大学複合原子力科学研究所原子炉設置変更承認申請書（臨界実験装置の変更）の核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律に規定する承認の基準への適合について

原規規発第2204282号  
令和4年4月28日  
原子力規制委員会

令和元年5月31日付け19京大施環化第47号（令和3年10月4日付け21京大施環化第79号、令和3年11月10日付け21京大施環化第95号、令和4年2月22日付け21京大施環化第131号及び令和4年3月14日付け21京大施環化第142号をもって一部補正）をもって、国立大学法人京都大学 学長 山極 壽一から、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号。以下「法」という。）第26条第1項及び第76条の規定に基づき提出された京都大学複合原子力科学研究所原子炉設置変更承認申請書（臨界実験装置の変更）に対する法第26条第4項において準用する法第24条第1項各号及び第76条に規定する承認の基準への適合については以下のとおりである。

1. 法第24条第1項第1号

本件申請については、

- ・試験研究用等原子炉の使用目的（原子炉の核特性等に関する基礎研究、開発研究及び教育訓練）を変更するものではないこと
- ・使用済燃料については、国内の他の事業者又は我が国と原子力の平和利用に関する協力のための協定を締結している国に引き渡すまで、当該原子炉施設の燃料室に保管するという方針に変更はないこと

から、試験研究用等原子炉が平和の目的以外に利用されるおそれがないものと認められる。

2. 法第24条第1項第2号（経理的基礎に係る部分に限る。）

申請者は、本件申請に係る変更の工事に要する資金は、文部科学大臣が認可した国立大学法人京都大学中期計画に基づき、京都大学経費をもって充当する計画であるとしていることから、工事に要する資金の調達が可能と判断した。このことから、申請者には本件申請に係る試験研究用等原子炉施設を設置変更するために必要な経理的基礎があると認められる。

3. 法第24条第1項第2号（技術的能力に係る部分に限る。）

添付のとおり、申請者には、試験研究用等原子炉施設を設置変更するために必要な技術的能力があり、かつ、試験研究用等原子炉の運転を適確に遂行するに足る技術的能力があると認められる。

4. 法第24条第1項第3号

添付のとおり、本件申請に係る試験研究用等原子炉施設の位置、構造及び設備が核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は試験研究用等原子炉による災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであると認められる。

5. 法第24条第1項第4号

本件申請については、試験研究用等原子炉施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する事項に変更がないことから、法第23条第2項第9号の体制が原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであると認められる。

添付

京都大学複合原子力科学研究所原子炉設置変更承認申請書  
(臨界実験装置の変更)に関する審査書

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律  
第24条第1項第2号(技術的能力に係るもの)及び第3号関連

令和4年4月28日

原子力規制委員会

## 目 次

I	はじめに	… 1
1.	本審査書の位置付け	… 1
2.	判断基準及び審査方針	… 1
3.	本審査書の構成	… 2
II	変更の内容	… 2
III	試験研究用等原子炉施設の設置及び運転のための技術的能力	… 2
IV	試験研究用等原子炉施設の位置、構造及び設備	… 3
IV-1	低濃縮燃料の追加	… 3
IV-1. 1	地震による損傷の防止（第4条関係）	… 3
IV-1. 2	安全施設（第12条関係）	… 4
IV-1. 3	運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止 （第13条関係）	… 5
IV-1. 3. 1	運転時の異常な過渡変化	… 5
IV-1. 3. 2	設計基準事故	… 8
IV-1. 4	炉心等（第15条関係）	…11
IV-1. 5	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（第16条関係）	…17
IV-1. 6	計測制御系統施設（第17条関係）	…18
IV-1. 7	安全保護回路（第18条関係）	…19
IV-1. 8	反応度制御系統（第19条関係）	…19
IV-1. 9	原子炉停止系統（第20条関係）	…20
IV-1. 10	工場等周辺における直接ガンマ線等からの防護 （第24条関係）	…21
IV-1. 11	放射線からの放射線業務従事者の防護 （第25条関係）	…21
IV-1. 12	実験設備等（第29条関係）	…22
IV-2	トリウム貯蔵庫の追加	…23
IV-2. 1	地震による損傷の防止（第4条関係）	…23
IV-2. 2	火災による損傷の防止（第8条関係）	…24
IV-2. 3	安全施設（第12条関係）	…24
IV-2. 4	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（第16条関係）	…25
IV-2. 5	放射線からの放射線業務従事者の防護 （第25条関係）	…25
V	審査結果	…26

## I はじめに

### 1. 本審査書の位置付け

本審査書は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(昭和32年法律第166号。以下「原子炉等規制法」という。)第26条第1項及び第76条に基づいて、国立大学法人京都大学(以下「申請者」という。)が原子力規制委員会(以下「規制委員会」という。)に提出した「京都大学複合原子力科学研究所原子炉設置変更承認申請書(臨界実験装置の変更)」(令和元年5月31日付け申請、令和3年10月4日付け、令和3年11月10日付け、令和4年2月22日付け及び令和4年3月14日付け一部補正。以下「本申請」という。)の内容が、以下の規定に適合しているかどうかを審査した結果を取りまとめたものである。

- (1) 原子炉等規制法第26条第4項で準用する第24条第1項第2号の規定(試験研究用等原子炉を設置するために必要な技術的能力及び経理的基礎があり、かつ、試験研究用等原子炉の運転を適確に遂行するに足りる技術的能力があること。)のうち、技術的能力に係る規定。
- (2) 同項第3号の規定(試験研究用等原子炉施設の位置、構造及び設備が核燃料物質若しくは核燃料物質によつて汚染された物による災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであること。)

なお、原子炉等規制法第24条第1項第1号の規定(試験研究用等原子炉が平和の目的以外に利用されるおそれがないこと。)、第2号の規定のうち経理的基礎に係るもの及び第4号の規定(第23条第2項第9号の体制が原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであること)に関する審査結果は、別途取りまとめる。

### 2. 判断基準及び審査方針

本審査書では、以下の基準等に適合しているかどうかを確認した。

- (1) 原子炉等規制法第24条第1項第2号の規定のうち、技術的能力に係るものに関する審査においては、原子力事業者の技術的能力に関する審査指針(平成16年5月27日原子力安全委員会決定。以下「技術的能力審査指針」という。)
- (2) 同項第3号の規定に関する審査においては、試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則(平成25年12月6日原子力規制委員会規則第21号。以下「許可基準規則」という。)及び試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈(原規研発第1311271号(平成25年11月27日原子力規制委員会決定)。以下「許可基準規則解釈」という。)

### 3. 本審査書の構成

「Ⅲ 試験研究用等原子炉施設の設置及び運転のための技術的能力」には、技術的能力審査指針への適合性に関する審査内容を示した。

「Ⅳ 試験研究用等原子炉施設の位置、構造及び設備」には、許可基準規則への適合性に関する審査内容を示した。

「Ⅴ 審査結果」には、本申請に対する規制委員会としての結論を示した。

本審査書においては、本申請において変更の対象とする試験研究用等原子炉施設（臨界実験装置。以下「本試験研究用等原子炉施設」という。）に関して審査した内容を示している。

なお、本審査書においては、法令の規定等や申請書の内容について、必要に応じ、文章の要約や言い換え等を行っている。また、本審査書で用いる条番号は、断りのない限り許可基準規則のものである。

## Ⅱ 変更の内容

申請者は、以下のとおり変更している。

- (1) 濃縮度 20%未満の燃料（以下「低濃縮燃料」という。）を追加する。
- (2) トリウム貯蔵庫を追加する。

加えて、上記の変更以外に、記載の適正化を行っている。

## Ⅲ 試験研究用等原子炉施設の設置及び運転のための技術的能力

原子炉等規制法第 24 条第 1 項第 2 号（技術的能力に係るものに限る。）の規定は、試験研究用等原子炉設置者に試験研究用等原子炉を設置するために必要な技術的能力及び試験研究用等原子炉の運転を適確に遂行するに足りる技術的能力があることを要求している。

申請者は、本申請に係る試験研究用等原子炉を設置するために必要な技術的能力及び試験研究用等原子炉の運転を適確に遂行するに足りる技術的能力について、令和 3 年 3 月 30 日付け原規規発第 2103302 号をもって承認した京都大学複合原子力科学研究所原子炉設置変更承認申請（令和 2 年 12 月 24 日付け 20 京大施環化第 101 号をもって申請、令和 3 年 2 月 8 日付け 20 京大施環化第 125 号をもって一部補正。以下「既承認申請」という。）から、技術者、有資格者数等を本申請時点に変更している。

規制委員会は、本申請の内容を確認した結果、技術者、有資格者数等を本申請時

点とするものであり、既承認申請の審査において確認した方針から変更がないものであることから、本申請に係る申請者の技術的能力が技術的能力審査指針に適合するものと判断した。

#### **IV 試験研究用等原子炉施設の位置、構造及び設備**

本章においては、変更申請がなされた内容について、試験研究用等原子炉施設の位置、構造及び設備に関して審査した結果を示した。

なお、「II 変更の内容」に示した記載の適正化に係る事項については、基本設計ないし基本的設計方針に変更がなく、規制要求への適合性に影響を与えないものであることを確認した。

##### **IV-1 低濃縮燃料の追加**

申請者は、本申請において、低濃縮燃料を追加し、低濃縮燃料を用いた炉心（以下「低濃縮炉心」という。）の運転を行うものとしている。なお、原子炉本体、計測制御系統施設、反応度制御系統、原子炉停止系統等の既設の設備は、既承認申請から変更はないとしている。

このため、規制委員会は、関連する以下の項目について審査を行った。

- IV-1. 1 地震による損傷の防止（第4条関係）
- IV-1. 2 安全施設（第12条関係）
- IV-1. 3 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止（第13条関係）
- IV-1. 4 炉心等（第15条関係）
- IV-1. 5 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（第16条関係）
- IV-1. 6 計測制御系統施設（第17条関係）
- IV-1. 7 安全保護回路（第18条関係）
- IV-1. 8 反応度制御系統（第19条関係）
- IV-1. 9 原子炉停止系統（第20条関係）
- IV-1. 10 工場等周辺における直接ガンマ線等からの防護（第24条関係）
- IV-1. 11 放射線からの放射線業務従事者の防護（第25条関係）
- IV-1. 12 実験設備等（第29条関係）

規制委員会は、本申請の内容を確認した結果、許可基準規則に適合するものと判断した。

##### **IV-1. 1 地震による損傷の防止（第4条関係）**

第4条第1項及び第2項の規定は、試験研究用等原子炉施設について、地震の発

生により生じるおそれのある安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度（以下「耐震重要度」という。）に応じて算定した地震力に十分に耐えることができる設計とすることを要求している。

申請者は、新たに追加する低濃縮ウランの燃料要素について、耐震重要度を C クラスに分類し、既承認申請において示した耐震重要度分類 C クラスの耐震設計方針に基づき、耐震重要度分類に応じて算定した地震力に、十分耐えられるように設計するとしている。

規制委員会は、新たに追加する低濃縮ウランの燃料要素の地震による損傷の防止に係る設計方針について、耐震重要度に応じて算定した地震力に十分に耐えることができるものとするを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

#### **IV-1. 2 安全施設（第12条関係）**

第12条第3項及び第4項の規定は、安全施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定されるすべての環境条件において、その機能を発揮することができる設計とすること、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、試験研究用等原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる設計とすることを要求している。

申請者は、新たに追加する低濃縮ウランの燃料要素について、炉心の形成（PS-3）及び放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減（MS-3）の機能を有するとしており、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定されるすべての環境条件において、燃料要素に影響を与えうる温度上昇はなく、その機能を発揮することができる設計としている。

また、低濃縮ウランの燃料要素は、既承認申請における高濃縮ウランの燃料要素と同様に手作業で取り扱うため、その健全性及び能力を、停止中に試験又は検査により確認することができる設計としている。

規制委員会は、新たに追加する低濃縮ウランの燃料要素の設計方針について、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができる設計とすること、その健全性及び能力を確認するため、停止中に試験又は検査ができる設計とすること等を確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。



## **IV-1.3 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止（第**

### **13条関係）**

第13条は、試験研究用等原子炉施設の設計基準事故等の拡大防止について、以下であることを要求している。

1. 運転時の異常な過渡変化時において、設計基準事故に至ることなく、通常運転時の状態に移行できること。
2. 設計基準事故時において、次に掲げる設計であること。
  - (1) 炉心の著しい損傷が発生するおそれがないものであり、かつ、炉心を十分に冷却できること。
  - (2) 試験研究用等原子炉施設が工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないこと。

規制委員会は、申請者が実施した以下の項目について審査を行った。

IV-1.3.1 運転時の異常な過渡変化

IV-1.3.2 設計基準事故

規制委員会は、これらの項目について、以下のとおり本申請の内容を確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

なお、実験物の異常等による反応度の付加に係る過剰反応度について、申請者は、当初、実験物の有無に関わらず、運転状態において炉心の制御棒が全引き抜き状態になった時の反応度と考えており、実験物の移動等による異常により加わる反応度を過剰反応度とは別のものと考えていた。一方、審査チームは、炉心の反応度に影響を与える事象全体を通して、炉心に付加される反応度であると考えていた。

規制委員会は、令和3年度第47回原子力規制委員会において、実験物の異常等による反応度の付加に係る過剰反応度の考え方について、申請者と審査チームの見解の一致を図るよう指摘した。

指摘を受け、この申請者と審査チームの考え方の不一致について、審査会合において議論した結果、申請者は、過剰反応度に、運転時の異常な過渡変化時等の想定されるすべての反応度を含める考え方に改め、申請者と審査チームとの間で過剰反応度の考え方が一致した。

各項目についての審査内容は以下のとおり。

### **IV-1.3.1 運転時の異常な過渡変化**

#### **1. 事象の選定**

申請者は、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心において、発生する可能性

のある運転時の異常な過渡変化について、水冷却型試験研究用原子炉施設の安全評価に関する審査指針（平成3年7月18日原子力安全委員会決定。以下「研究炉安全評価指針」という。）を参考に、本試験研究用等原子炉施設の特徴を踏まえて以下の事象を選定したとしている。

- (1) 炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化
  - ① 原子炉起動時における制御棒の異常な引抜き
  - ② 出力運転中の制御棒の異常な引抜き
  - ③ 実験物の異常等による反応度の付加
- (2) 炉心内の熱発生又は熱除去の異常な変化
  - ① 商用電源喪失
- (3) その他原子炉施設の設計により必要と認められる事象
  - ① 中性子発生設備又はパルス状中性子発生装置を臨界状態において利用
  - ② 炉心タンクヒータによる炉心温度上昇

規制委員会は、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心における運転時の異常な過渡変化について、研究炉安全評価指針を参考に事象が選定されていること、また、本試験研究用等原子炉は、熱出力が100Wと小さく、冷却が不要であるため冷却系を備えていないことから、これらの系統又は設備に関わる事象については考慮が必要ないことを確認した。

## 2. 判断基準

申請者は、運転時の異常な過渡変化時に、燃料の許容設計限界を超えることはなく、低濃縮炉心が通常に復帰できる状態で事象が収束する判断基準（以下「運転時の異常な過渡変化時の判断基準」という。）を以下のとおりとしている。

- (1) 燃料の最高温度は、400℃を超えないこと。
- (2) 構造材のアルミニウムの最高温度は、400℃を超えないこと。
- (3) 固体減速架台の減速材であるポリエチレンの最高温度は、100℃を超えないこと。
- (4) 軽水減速架台の減速材である軽水の最高温度は、100℃未満であること。

申請者は、判断基準として、(1)は燃料のブリスタが発生しないことを確認すること、(2)は構造材が破損しないことを確認すること、(3)はポリエチレンが軟化する温度以下であることを確認すること、(4)は軽水の温度が沸点未満であることを確認するためとしている。

規制委員会は、これらの判断基準を満足することにより、燃料の許容設計限界

を超えることはなく、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心は通常に復帰できる状態で事象が収束するものと認められることを確認した。

### 3. 解析手法

規制委員会は、申請者が運転時の異常な過渡変化における動特性に用いている解析手法は以下のとおりであることから、適切なものであることを確認した。

- (1) 運転時の異常な過渡変化における動特性の解析は、6群の遅発中性子先行核を考慮した通常の一点炉近似の動特性方程式に基づいて行う。この連立微分方程式の解析は、実績のある汎用数式処理システム Mathematica を用いて行うこと。
- (2) 燃料要素の温度の最大値は、動特性解析によって得られた熱出力を積算した結果をもとに、各炉心の発熱分布と燃料要素内の出力分布を考慮して算出していること。
- (3) 計算に使用する実効遅発中性子割合、中性子寿命、減速材温度係数などの定数は核計算コードシステム SRAC 等、広く使用実績のある手法で作成すること。

### 4. 解析条件

規制委員会は、申請者が設定した解析条件が、以下の設計条件等に基づいて適切に設定されたものであることを確認した。

- (1) 制御棒による反応度添加率は  $0.02\% \Delta k/k/s$  以下に制限されること。
- (2) 急激な反応度印加に伴い、炉周期が 30 秒以下で制御棒の引抜きは制限されること。
- (3) 急激な反応度印加に伴い、炉周期が 15 秒以下で制御棒の一せい挿入、10 秒以下でスクラムが作動し原子炉は自動停止すること。
- (4) 線型出力計の各レンジの 110%以上のとき制御棒の一せい挿入、120%以上のときスクラムが作動し、原子炉は自動停止すること。
- (5) 炉心装荷物である挿入管及び照射物の位置が変化しないように固定するとともに、位置の変化及び挿入管への水の流入に対して過剰反応度を制限すること。
- (6) 実験所に接続する電力系統の送電線は独立した 2 回線からなっており、実験所外の変電所等のトラブルがあっても商用電源が喪失し難いようになっていること。
- (7) 商用電源喪失に伴い、制御棒は電磁石電源が遮断されることにより自重で落下すること。また、固体減速架台運転中は、中心架台の油圧ポンプ電源が遮断することにより中心架台が自重で落下し、軽水減速架台運転中は、ダンプ弁の保持電磁石電源が遮断されることにより、弁が自重下降することから、炉心タンク内の水はダンプタンクに排水されること。

- (8) 商用電源喪失時に安全上必要な機器、監視装置の電源を確保するために非常用電源設備を備えていること。
- (9) 中性子発生設備又はパルス状中性子発生装置を利用するとパルス中性子が周期的に入射するタイミングで出力が急上昇し、それに伴って発生する炉周期短によるスクラムを避けるために対数出力炉周期系をバイパスする必要があるが、その場合には制御棒の引抜きができなくなるインターロック機能が設けられていること。
- (10) 炉心タンクヒータを、作動させるためには、軽水減速架台室において電気盤を操作し、併せて制御室でもヒータの操作ボタンを押す必要があるため、誤作動が起こりにくい設計としていること。
- (11) 炉心温度が 80℃を超えた場合には警報が発報し、運転員に異常を知らせること。
- (12) 原子炉停止系の単一故障を想定し、最大の反応度を持つ制御棒 1 本が挿入できないとすること。
- (13) 初期出力、投入反応度、スクラム時の出力等は解析結果を厳しめに見積もるように設定され、出力及び積算出力が最大となる条件での評価がなされていること。

## 5. 解析結果及び判断基準への適合状況

申請者は、運転時の異常な過渡変化時の解析結果によると、燃料温度、構造材及び減速材の温度上昇は、「中性子発生設備又はパルス状中性子発生装置を臨界状態において利用」において最大となるが、初期温度を 25℃とした時の温度上昇は、いずれも 50℃以下となることから、運転時の異常な過渡変化時の判断基準を満足することを確認している。

以上のことから、規制委員会は、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心について、安全保護回路、原子炉停止系統等の機能により、運転時の異常な過渡変化時において、設計基準事故に至ることなく、本試験研究用等原子炉施設を通常運転時の状態に移行することができる設計であることを確認した。

### IV-1.3.2 設計基準事故

#### 1. 事象選定

申請者は、研究炉安全評価指針を参考に、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心の特徴を考慮した上で、以下の事象を選定したとしている。

- (1) 反応度の異常な投入
  - ① 燃料落下又は燃料誤装荷

## (2) 環境への放射性物質の異常な放出

- ① 燃料の機械的破損
- ② 実験設備、実験物等の著しい損傷

規制委員会は、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心に関する設計基準事故の事象選定について、研究炉安全評価指針を参考に設定されていること、及び本試験研究用等原子炉は、熱出力が 100W と小さく冷却が不要であるため冷却系を備えていないことから、冷却系又は冷却ポンプに関わる事象、並びに炉心流路閉塞(板状燃料を使用する原子炉)は評価する必要がないことを確認した。

## 2. 判断基準

申請者は、設計基準事故時に炉心の著しい損傷が発生せず、周辺の公衆に放射線被ばくのリスクを与えない判断基準(以下「設計基準事故時の判断基準」という。)を以下のとおりとしている。

- (1) 燃料の最高温度は、400℃を超えないこと。
- (2) 構造材のアルミニウムの最高温度は、400℃を超えないこと。
- (3) 固体減速架台の減速材であるポリエチレンの最高温度は、100℃を超えないこと。
- (4) 軽水減速架台の減速材である軽水の最高温度は、100℃未満であること。
- (5) 周辺公衆の実効線量の評価値が、発生事故あたり 5mSv を超えないこと。

申請者は、判断基準として、(1)は燃料が破損しないことを確認すること、(2)は構造材が破損しないことを確認すること、(3)はポリエチレンが軟化する温度以下であることを確認すること、(4)は軽水の温度が沸点未満であることを確認すること、(5)は「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に周辺公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認するためであるとしている。

規制委員会は、これらの判断基準が満足されることにより、想定された事象が発生した場合であっても、炉心の著しい損傷が発生するおそれがなく、周辺の公衆に放射線被ばくのリスクを与えないものであると認められることを確認した。

## 3. 解析手法

規制委員会は、申請者が設計基準事故の解析に使用している解析手法が以下のように妥当なものであることを確認した。

(1) 反応度の異常な投入

① 燃料落下又は燃料誤装荷

- ・「燃料誤装荷」の解析において、炉心構成時の誤装荷防止対策として、炉心への燃料集合体の装荷時に、現場の作業員と制御室の運転員が連絡を取りあい、運転指令書に基づいた配置であることを確認しながら作業を実施していること、また、装荷終了後には、燃料集合体の配置が運転指令書に記載した配置と一致していることを再度確認する手順となっており、誤装荷した状態で運転操作を行うことはないことから、燃料誤装荷時の運転に伴う動特性解析は行わないとしている。なお、炉心構成時の未臨界性の評価は、誤装荷燃料及び中心架台の反応度を安全設計で用いている実績のある核計算コードを用いている。

(2) 環境への放射性物質の異常な放出

① 燃料の機械的破損

- ・「燃料の機械的破損」の解析において、燃焼に伴う核分裂生成物の発生量、燃料板中の核分裂生成物の崩壊に伴い発生する発熱等の評価には、燃焼計算コード ORIGIN-2.2 を使用している。ORIGIN-2.2 は使用済燃料の崩壊熱の評価等に広く使用された実績のある解析コードを用いている。

② 実験設備、実験物等の著しい損傷

- ・「実験設備、実験物の著しい損傷」の解析において、パイルオシレータに装着される試料の核分裂生成物の内包量を評価するために、ORIGIN-2.2 を用いている。また、実験物の固定位置は積算出力が最大となる位置を安全設計で用いている解析コードによる出力分布を解析し求めている。

被ばく評価において、使用する相対濃度  $\chi/Q$ 、相対線量  $D/Q$  は、実際の気象データを用いる場合に比べ保守的な評価となるよう、大気安定度 F、静穏 (0.5m/s) の条件で算出されている。

#### 4. 解析条件

規制委員会は、申請者が設定した解析条件が、以下の設計条件等に基づいて適切に設定されたものであることを確認した。

(1) 反応度の異常な投入

① 燃料落下又は燃料誤装荷

- ・炉心構成時の未臨界性は、中心架台の下限位置での反応度抑制効果と燃料集合体を 1 体誤装荷された状態の炉心の反応度を評価している。

## (2) 環境への放射性物質の異常な放出

### ① 燃料の機械的破損

- ・運転パターンは、軽水減速架台又は固体減速架台において、同じ炉心で最大出力 100W での運転を 1 時間行い、30 日の運転間隔で 9 回繰り返す、最後の運転の 24 時間後に最大出力 100W での運転を 1 時間行う。
- ・燃料の破損条件は、最後の運転を停止してから 1 日後の炉心構成作業において 1 体の燃料集合体を取り扱う際に誤って燃料板を破損させたとする。

### ② 実験設備、実験物の著しい損傷

- ・固体減速架台において、パイルオシレータで用いる実験物の量は反応度の制限値に相当する量とし、熱中性子束が最大で核分裂率が最大となる位置にあるとする。
- ・最大積算出力となる運転終了直後に、濃縮ウラン実験物が破損し、内部の核分裂生成物の 10%が放出されたとする。

## 5. 解析結果及び判断基準への適合状況

申請者は、燃料集合体を 1 体誤装荷したとしても、中心架台に燃料集合体が 1 体以上装荷されていれば臨界となることはないこと、また、複数の作業員による複数回の確認により、原子炉の起動前に燃料誤装荷に気付くことができることから、設計基準事故である反応度の異常な投入となる可能性は極めて低いことより、「燃料誤装荷」の事象は炉心に著しい損傷が発生するおそれがないものであり、当該設計基準事故以外の事故に至るおそれがある異常は生じないことを確認している。また、環境への放射性物質の異常な放出について、周辺公衆の実効線量は、最大でも約  $0.19 \mu\text{Sv}$  (固体減速炉心の実験設備、実験物等の著しい破損の事象の場合)であり、設計基準事故時の判断基準を満足することを確認している。

以上のことから、規制委員会は、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心について、安全保護回路、原子炉停止系統等の機能により、設計基準事故時において、炉心の著しい損傷が発生するおそれがない設計であること、設計基準事故により当該設計基準事故以外の設計基準事故に至るおそれがある異常を生じない設計であること及び本試験研究用等原子炉施設が工場等周辺の公衆に放射線障害を及ぼさない設計であることを確認した。

### **IV-1.4 炉心等 (第15条関係)**

第15条は、試験研究用等原子炉施設の炉心等について、核分裂の連鎖反応を制御できる能力、設計基準事故等において原子炉を安全に停止できること等を要求している。詳細な要求は以下のとおりである。

1. 原子炉固有の出力抑制特性を有する設計とすること。ただし、臨界実験装置に係る試験研究用等原子炉施設であって当該試験研究用等原子炉施設の安全を確保する上で支障がないものは、この限りでない。
2. 試験研究用等原子炉の反応度を制御することにより核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有する設計とすること。
3. 炉心は、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時に試験研究用等原子炉の運転に支障が生ずる場合において、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能と併せて機能することにより燃料の許容設計限界を超えない設計とすること。
4. 燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、試験研究用等原子炉を安全に停止できる設計とすること。
5. 燃料体は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における試験研究用等原子炉内の最高使用圧力、自重、附加荷重その他の燃料体に加わる負荷に耐える設計とすること及び輸送中又は取扱中において、著しい変形を生じない設計とすること。

規制委員会は、これらについて、以下のとおり本申請の内容を確認した結果、許可基準規則に適合するものと判断した。

## 1. 設計方針

申請者は、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心及び低濃縮燃料等は、第15条の要求を踏まえ、以下の要件を満足する設計とするとしている。

### (1) 原子炉固有の出力抑制特性

本試験研究用等原子炉施設では、減速材温度係数が正となる炉心を構成することができるが、炉心毎に温度係数を求め、この温度係数を解析条件とした運転時の異常な過渡変化に係る解析の結果より、運転時の異常な過渡変化時における燃料の温度上昇を考慮しても、正の減速材温度係数により大きな正の反応度が炉心に加わるおそれはないことから、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心の安全を確保する上で支障はない。また、減速材温度係数が負となる炉心においては、異常な反応度投入があっても温度上昇による負の反応度フィードバック又は炉周期短、最大出力等による原子炉スクラムにより出力上昇は抑制される。

### (2) 反応度制御特性

本試験研究用等原子炉施設は、原子炉の反応度を制御することにより核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有するものとする。構成可能な低濃縮炉心は、



制御棒の全数挿入及び最大の反応度を有する制御棒が挿入不能な場合について、制御棒反応度に関する制限値を満足できる範囲とする。

(3) 運転特性及び過渡特性

低濃縮炉心は、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時に原子炉の運転に支障が生ずる場合において、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能と併せて機能することにより燃料の許容設計限界を超えないものとする。

(4) 原子炉の停止性能

低濃縮ウラン燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、原子炉を安全に停止できるものとする。

(5) 燃料体の機械的特性

低濃縮ウラン燃料体は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における原子炉内の自重、附加荷重その他の燃料体に加わる負荷に耐えるものとする。また、燃料体は、輸送中又は取扱中において、著しい変形の生じないものとする。

(1) から (4) の設計とするため、主要な核的制限値及び熱的制限値は以下のとおりとする。

- ① 過剰反応度  $0.35\% \Delta k/k$  以下 (固体減速炉心)  
 $0.5\% \Delta k/k$  以下 (軽水減速炉心)  
過剰反応度は、臨界状態の炉心に印加されると想定されるすべての正の反応度を加えた値
- ② 反応度添加率  $0.02\% \Delta k/k/s$  以下
- ③ 制御棒の反応度抑制効果 過剰反応度  $+1\% \Delta k/k$  以上
- ④ 最大反応度を有する制御棒の反応度 全制御棒反応度の  $1/3$  以下
- ⑤ 反応度温度係数  $2 \times 10^{-4} \Delta k/k/^\circ C$  以下
- ⑥ 実験設備 (パイルオシレータ) の反応度  $0.1\% \Delta k/k$  以下
- ⑦ 減速材及び反射体温度 (軽水減速炉心)  $80^\circ C$  以下

## 2. 設計の概要

申請者は、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心は以下のような設計としている。

固体減速炉心用の燃料体はウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料(角板)、軽水減速炉心用の燃料体はウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料(標準型燃料板)とし、共に被覆材の種類はアルミニウムとしている。

燃料体の構造は、固体減速炉心用は、さや管の中へ燃料要素(角板)を減速材板等とともに重ねて納める構造とし、軽水減速炉心用は、標準型燃料要素支持フレームの溝に燃料板をはめ込む構造としている。

減速材は、固体減速架台においてはポリエチレンを用い、軽水減速架台においては軽水を用いるとしている。

軽水減速架台においては、2つの炉心領域の間に軽水の反射材領域を設けた炉心を構成することによって、減速材温度係数を正とすることができるが、その上限について制限値を $+2.0 \times 10^{-4} \Delta k/k/^\circ C$ とするとしている。

炉心支持構造物について、固体減速架台は炉心及び制御棒駆動装置を支える2段式の支持構造から成り、炉心は架台支持構造第1段に設置された格子板上に、燃料を装填したさやを立てて構成され、架台支持構造第1段は最大約10tの荷重に耐えられるものとしている。

制御棒駆動装置は、架台支持構造第2段に取付ける固定板の任意の場所に6本取り付けられ、この固定板は駆動装置とともに、クレーンによって各架台に移動できる構造とするとしている。

炉心格子の中心部は、周辺の固定部から分離されて独立に落下するようになっている。この中心部の大きさはA架台では3行×3列、B架台では5行×5列の大きさであり、最大荷重は約2t以下であるとしている。この中心架台は油圧装置によって下から押し上げられ、いわゆるフェイルセーフの原則に従い、スクラム時、自重により確実に落下する設計としている。また、油圧装置は安全のために中心架台が上方に来るほど順次自動的に上昇速度が低下する構造とするとしている。

この油圧装置は下降のために独立した二系統の弁を有し、停止時には二系統の弁が開いて落下し、12秒以内で所定の負の反応度を加えることができ、さらに上昇及び下降時に周辺の固定部に引っかからないような構造になっているとしている。また、制御棒案内管、固体減速炉心用挿入管(検出器や試料及びパルス状中性子発生装置の延長管挿入用等)を備えるとしている。

軽水減速架台を用いる軽水減速炉心は、アルミニウム製炉心タンクの中に設けられ、炉心は格子板に燃料体をはめ込んで立てる構造とするとしている。格子板は水平に2分割することができ、その一方は固定、他の一方は可動として、原子炉停止時にその間隔を0.15mまで自由に変えられるものとし、その駆動は、手動によって行われるが、運転時に水位の上った時は、駆動ハンドルの連結が機械的に防止されるとしている。また、運転中2つの炉心が接近しないように必ず格子板間にスペーサーが用いられるとしている。さらに、制御棒案内管、軽水減速炉心用挿入管(検出器挿入用等)を備えるとしている。

制御機構としては制御棒駆動を用いる。緊急停止の際はダンプ弁を開き、炉心

タンクの水を炉心タンクよりも下に設置されたダンプタンクに速やかに排水するとしている。最高水位から燃料が完全に露出するまでの排水時間は 30 秒以下とするとしている。これは、制御棒の炉心挿入に対して、独立した系統の反応度制御機構を形成し、特に停止時に完全な未臨界状態に保つ機能を果たすとしている。また、炉心タンクには水の加熱と保温のための電気ヒータを含むループを設けるとともに、ダンプタンクには電気ヒータを設け、熱的制限値である 80℃以下の範囲で水を加熱できる設計としている。

### 3. 確認結果

規制委員会は、本試験研究用等原子炉施設の設計が以下のとおりであることを確認した。

#### (1) 原子炉固有の出力抑制特性

申請者は、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心では、減速材温度係数が  $+2.0 \times 10^{-4} \Delta k/k/^\circ C$  以下となるように設計するとしている。申請者が代表炉心について減速材温度係数を評価した結果、最大  $+4.7 \times 10^{-5} \Delta k/k/^\circ C$  であり、制限値を満足するとしている。

ここで、減速材温度係数の評価には、核計算コードシステム SRAC を用いて、核データライブラリ JENDL-4.0 を使用している。減速材温度係数の評価に用いる炉心の実効増倍率は、三次元拡散コード CITATION により評価している。

正の減速材温度係数をもつ炉心については、運転時の異常な過渡変化時として炉心タンクヒータによる炉心温度上昇を想定し、減速材温度係数が最大の炉心においても、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能と併せて機能することにより、水温及び燃料板の温度上昇は最大約 0.6℃にとどまり、運転時の異常な過渡変化時の判断基準を満足するとしている。

規制委員会は、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心は、正の減速材温度係数をもつことがあることから原子炉固有の出力抑制特性を有するとはいえないが、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能と併せて機能することにより、本試験研究用等原子炉施設の安全を確保する上で支障がないものと認められることを確認した。

#### (2) 反応度制御特性

申請者は、低濃縮炉心は、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能と併せて機能することにより、本試験研究用等原子炉施設の低濃縮炉心は、原子炉の反応度を制御することができるとしている。ま

た、制御棒全数及び最大反応度を有する制御棒の反応度について、核的制限値を満足することが解析により確認したとしている。

規制委員会は、運転時の異常な過渡変化のうち、炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化の解析によれば、原子炉起動時における制御棒の異常な引抜き、出力運転中の制御棒の異常な引抜き及び実験物の異常等による反応度の付加に関し、原子炉の反応度を制御することができ、これにより核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有すると認められることを確認した。

### (3) 運転特性及び過渡特性

申請者は、低濃縮炉心は、通常運転時において熱出力は 100W と小さいため、燃料板の温度を常温に維持できる。また、運転時の異常な過渡変化の解析によれば、運転時の異常な過渡変化時の判断基準を満足している。

規制委員会は、運転に支障が生ずる場合において、原子炉停止系統、反応度制御系統、計測制御系統及び安全保護回路の機能と併せて機能することにより燃料の許容設計限界を超えないものと認められることを確認した。

### (4) 原子炉の停止性能

申請者は、反応度制御系統及び原子炉停止系統を設けることにより、原子炉の通常運転時に炉心の反応度調整、原子炉の未臨界状態への移行及び未臨界状態の維持を行うことから、燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物の機能と相まって、通常運転時において原子炉を安全に停止できるものとしている。また、運転時の異常な過渡変化時の解析結果において、判断基準を満足していることから、運転時の異常な過渡変化時において原子炉を安全に停止できるものとしている。また、制御棒の挿入以外に、固体減速架台においては中心架台の落下、及び軽水減速架台においてはダンプ弁の作動による軽水の排水により、未臨界の維持が可能であるとしている。

なお、設計基準事故として想定した燃料誤装荷について、炉心構成時の管理により発生防止がなされるため、炉の運転を伴うことはないとしている。

規制委員会は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、本試験研究用等原子炉を安全に停止できることを確認した。

### (5) 燃料体の機械的特性

申請者は、低濃縮炉心の燃料体に加わる負荷として、自重による圧縮荷重、水压等が想定されるが、それら荷重に対して十分な耐力を有していることを確

認したとしている。

規制委員会は、燃料体は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における原子炉内の自重、附加荷重その他の燃料体に加わる負荷に耐えるものであり、また、輸送中又は取扱中において著しい変形が生じない設計であることを確認した。

#### **IV-1. 5 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（第16条関係）**

第16条第1項第2号、第3号、第4号、及び同条第2項第1号の規定は、試験研究用等原子炉施設の通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下「燃料体等」という。）の取扱施設及び貯蔵施設について、以下を要求している。

##### 1. 燃料体等の取扱施設に対する要求事項

燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする事、崩壊熱により燃料体等が溶融しないものとする事、使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする事。

##### 2. 燃料体等の貯蔵施設に対する要求事項

燃料体等を貯蔵することができる容量を有するものとする事、燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする事。

申請者は、新たに追加する低濃縮ウランの燃料要素について、以下の設計方針としている。

##### 1. 燃料室に設けられた核燃料物質の取扱施設において、同時に取扱うことのできる燃料枚数もしくは燃料体数を制限することで、臨界に達するおそれのないこと。

本試験研究用等原子炉施設は最大積算出力を1kWh/年と制限しているため、燃料の燃焼及び核分裂生成物の蓄積は無視しうるほど小さいことから、崩壊熱の除去は考慮する必要がなく、燃料体の取扱いは全て手作業で行うことが可能であり、崩壊熱の除去及び放射線の遮蔽のための設備を要しないこと。

##### 2. 既設の貯蔵棚について、追加する低濃縮ウランの燃料要素を含め、保有可能な全てのウラン燃料要素を貯蔵できる容量としていること。

ウラン燃料要素を収納するバードケージは、収納可能な枚数を定め、バードケージ毎に十分な隔離距離を設け、いかなる場合においても臨界に達するおそれがない設計としていること。

規制委員会は、新たに追加される低濃縮ウランの燃料要素に係る取扱施設及び貯蔵施設の設計方針が、以下のとおりであることを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

1. 燃料室に設けられた核燃料物質の取扱施設において、同時に取扱うことのできる燃料要素の枚数若しくは燃料体数を制限することで、臨界に達するおそれがないものとしていること。

最大積算出力を 1kWh/年と制限しているため、崩壊熱及び核分裂生成物の蓄積は無視できるほど小さいため、崩壊熱により燃料体等が熔融するおそれはなく、放射線の遮蔽のための設備を要しないこと。

2. 貯蔵施設である貯蔵棚は、保有可能な全てのウラン燃料要素を貯蔵することができる十分な容量を有していること。

ウラン燃料要素を収納するバードケージは、十分な隔離距離を設け、いかなる場合においても臨界に達するおそれがないこと。

#### **IV-1. 6 計測制御系統施設（第17条関係）**

第17条の規定は、炉心及びこれに関連する系統の健全性を確保するために監視することが必要なパラメータは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内に制御及び監視できる計測制御系統施設を設けること、設計基準事故が発生した場合の状況を把握し、及び対策を講ずるために必要なパラメータは、設計基準事故時に想定される環境下において、十分な測定範囲及び期間にわたり監視及び記録できる設計とすることを要求している。

申請者は、低濃縮炉心を考慮し、既設の計測制御系統施設について、以下の設計方針としている。

1. 炉心及びこれに関連する系統の健全性を確保するために監視することが必要なパラメータとして、炉心出力、放射線量率（炉室ガンマ線）及び炉心温度を挙げ、これらのパラメータが通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内に制御及び監視できる設計とすること。
2. 設計基準事故が発生した場合の状況を把握し、及び対策を講ずるために必要なパラメータとして、炉心出力、放射線量率（炉室ガンマ線）及び炉心温度を挙げ、これらのパラメータが設計基準事故時に想定される環境下において、十分な測定範囲及び期間にわたり監視及び記録できる設計とすること。

規制委員会は、低濃縮炉心の計測制御系統施設の設計方針について、炉心及びこれに関連する系統の健全性を確保するために必要なパラメータが通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内に制御及び監視できること、また、設計基準事故が発生した場合の状況を把握し、及び対策を講ずるために必要なパラメータが設計基準事故時に想定される環境下において、十分な測定範囲及び期間にわたり監視及び記録できるものとしていることを確認したことから、許

可基準規則に適合するものと判断した。

#### **IV-1.7 安全保護回路（第18条関係）**

第18条第1号の規定は、安全保護回路について、運転時の異常な過渡変化が発生する場合において、その異常な状態を検知し、原子炉停止系統等と併せて機能することにより、燃料の許容設計限界を超えないよう設けなければならないことを要求している。

申請者は、低濃縮炉心を考慮し、既設の安全保護回路について、運転時の異常な過渡変化が発生する場合において、線型出力系、安全出力系及び対数出力炉周期系により、その異常な状態を検知して安全保護回路に設けた原子炉停止回路（スクラム及び一せい挿入）の作動を自動的に開始することで、燃料の許容設計限界を超えない設計としている。

規制委員会は、低濃縮炉心の安全保護回路の設計方針について、運転時の異常な過渡変化が発生する場合において、その異常な状態を検知して安全保護回路に設けた原子炉停止回路（スクラム及び一せい挿入）の作動を自動的に開始することで、燃料の許容設計限界を超えないとしていることを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

#### **IV-1.8 反応度制御系統（第19条関係）**

第19条第1項第1号及び第2号ロの規定は、反応度制御系統施設について、通常運転時に予想される温度変化、キセノンの濃度変化、実験物の移動その他の要因による反応度変化を制御できる設計の反応度制御系統を設けること、制御棒の反応度添加率は、原子炉停止系統の停止能力と併せて、想定される制御棒の異常な引抜きが発生しても、燃料の許容設計限界を超えないことを要求している。

申請者は、低濃縮炉心を考慮し、既設の反応度制御系統について、通常運転時に予想される温度変化、実験物の移動その他の要因による反応度変化を制御できる設計としていること、キセノンの生成量は小さく、反応度への影響は無視できるとしていること、制御棒の反応度添加率は、原子炉停止系統の停止能力と併せて、想定される制御棒の異常な引抜きが発生しても、燃料の許容設計限界を超えない設計としている。

規制委員会は、低濃縮炉心の反応度制御系統の設計方針について、通常運転時に予想される温度変化、実験物の移動その他の要因による反応度変化を制御できる設

計とする方針としていること、キセノンの生成量は小さく、反応度への影響は無視できることを確認した。また、制御棒の反応度添加率は、原子炉停止系統の停止能力と併せて、想定される制御棒の異常な引抜きが発生しても、燃料の許容設計限界を超えないとしていることを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

#### **IV-1.9 原子炉停止系統（第20条関係）**

第20条の規定は、原子炉停止系統施設について、以下を要求している。

1. 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、原子炉停止系統のうち少なくとも一つは、試験研究用等原子炉を未臨界に移行することができ、かつ、少なくとも一つは、低温状態において未臨界を維持できる設計とすること。
2. 制御棒を用いる場合にあつては、反応度価値の最も大きな制御棒一本が固着した場合においても1. に適合する設計とすること。
3. 原子炉停止系統は、反応度制御系統と共用する場合には、反応度制御系統を構成する設備の故障が発生した場合においても通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に試験研究用等原子炉を未臨界に移行することができ、かつ、低温状態において未臨界を維持できる設計であること。

申請者は、低濃縮炉心を考慮し、既設の原子炉停止系について、以下の設計方針としている。

1. 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、制御棒により未臨界に移行することができ、低温状態において未臨界を維持できる設計としていること。また、固体減速架台では中心架台、軽水減速架台ではダンプ弁により、低温状態において未臨界を維持できる設計としていること。
2. 反応度価値の最も大きな制御棒と全制御棒に対する反応度抑制効果の割合を全体の3分の1以下に制限することで、その制御棒が炉心の外に引き抜かれ、挿入できない状態となり、かつ、固体減速架台では中心架台が、軽水減速架台ではダンプ弁が作動しない場合であっても、他の制御棒で原子炉を未臨界に移行し、かつ、低温状態において未臨界を維持できる設計としていること。
3. 原子炉停止系統のうち制御棒が反応度制御系統と共用するが、反応度制御系統を構成する設備に故障が発生した場合においても、制御棒は原子炉を未臨界に移行し、かつ、低温状態において未臨界を維持できる設計としていること。

規制委員会は、低濃縮炉心の原子炉停止系統に係る設計方針について、以下のとおりであることを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。



1. 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、原子炉停止系統のうち少なくとも一つは、原子炉を未臨界に移行することができ、かつ、少なくとも一つは、低温状態において未臨界を維持できる設計とする方針としていること。
2. 反応度価値の最も大きな制御棒一本が固着した場合であっても、原子炉を未臨界に移行することができ、かつ、低温状態において未臨界を維持できる設計とする方針としていること。
3. 原子炉停止系統のうち制御棒を反応度制御系統と共用するが、反応度制御系統を構成する設備に故障が発生した場合においても、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に原子炉を未臨界に移行することができ、かつ、低温状態において未臨界を維持できる設計とする方針としていること。

#### **IV-1. 10 工場等周辺における直接ガンマ線等からの防護（第24条関係）**

第24条の規定は、試験研究用等原子炉施設について、通常運転時において試験研究用等原子炉施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による工場等周辺の空間線量率が十分に低減できる設計とすることを要求している。

申請者は、工場等周辺における直接ガンマ線等からの防護について、低濃縮炉心による運転を含め、通常運転時において、原子炉施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による敷地周辺の空間線量率が、年間  $50 \mu\text{Gy}$  以下となるように設計及び管理するとしている。

規制委員会は、工場等周辺における直接ガンマ線等からの防護に係る設計方針について、通常運転時における本試験研究用等原子炉施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による工場等周辺の空間線量率が十分に低減できるものとしていることを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

#### **IV-1. 11 放射線からの放射線業務従事者の防護（第25条関係）**

第25条第1項第2号の規定は、試験研究用等原子炉施設は、外部放射線による放射線障害を防止する必要がある場合には、放射線業務従事者が運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、迅速な対応をするために必要な操作ができることを要求している。

申請者は、新たに追加する低濃縮炉心を考慮した場合でも、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時においても迅速な対応をするために必要な操作を行え

るように、制御室には遮蔽を設ける等の放射線防護措置が講じているとしている。

規制委員会は、低濃縮炉心の放射線からの放射線業務従事者の防護に係る設計方針について、放射線業務従事者が運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に迅速な対応をするために、制御室には遮蔽を設ける等の放射線防護措置を講じられていることを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

#### **IV-1. 12 実験設備等（第29条関係）**

第29条第2号及び第3号の規定は、試験研究用等原子炉施設に設置される実験設備及び利用設備（以下「実験設備等」という。）について、以下を要求している。

1. 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設計とすること。
2. 放射線又は放射性物質の著しい漏えいのおそれがない設計とすること。

申請者は、実験設備等について、以下の設計方針としている。

1. 低濃縮炉心において、挿入管及び照射物の移動又は状態の変化が生じた場合の炉心の過剰反応度を、以下のとおりとすることで、反応度が異常に投入されない設計としている。
  - (1) 挿入管の反応度の添加は、照射物を装荷しないとき、挿入管が破損して内部に水が流入することを考え、水流入の前後で炉心の過剰反応度を $0.5\Delta k/k$ 以下に制限すること。また、照射物の装荷の有無に係わらず、軽水減速炉心での挿入管への水流入前後の反応度変化は、絶対値で $0.5\Delta k/k$ 以下とすること。
  - (2) 照射物の反応度の添加は、照射物を取り付ける前後の反応度変化は、固体減速炉心では絶対値で $0.35\Delta k/k$ 以下、軽水減速炉心では、絶対値で $0.5\Delta k/k$ 以下とすること。また、パイルオシレータの使用、照射物の移動、挿入管の破損及びそれらに起因する温度上昇に伴い添加される反応度を考慮しても過剰反応度は、常に固体減速炉心では $0.35\Delta k/k$ 以下、軽水減速炉心では $0.5\Delta k/k$ 以下とすること。
2. 放射線業務従事者に過度の放射線被ばくを与えないために、実験設備等の周囲に適切な遮蔽を設けるとともに、実験設備等の運転中は、放射線量に応じて炉室への入室を制限する措置を講ずるものとしていること。

規制委員会は、低濃縮炉心における実験設備等に係る設計方針について、以下のとおりであることを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

1. 減速材の種類、装荷する照射物及び挿入管使用の有無に応じて、照射物及び挿入管に移動又は状態の変化が生じた場合の炉心の過剰反応度を制限していること

から、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設計とすること。

2. 実験物等の周囲に適切な遮蔽を設けること、必要に応じて炉室への入室を制限する方針としていること等により、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対策を講じていること。

#### **IV-2 トリウム貯蔵庫の追加**

申請者は、本申請において、核燃料物質の貯蔵施設であるトリウム貯蔵庫を追加するとしている。なお、本変更内容は、既承認申請におけるトリウムの貯蔵に係る手続き漏れについて、令和3年度第26回原子力規制委員会で示された対応方針に従い、申請されたものである。

このため、規制委員会は、関連する以下の項目について審査を行った。

- IV-2. 1 地震による損傷の防止（第4条関係）
- IV-2. 2 火災による損傷の防止（第8条関係）
- IV-2. 3 安全施設（第12条関係）
- IV-2. 4 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（第16条関係）
- IV-2. 5 放射線からの放射線業務従事者の防護（第25条関係）

規制委員会は、本申請の内容を確認した結果、許可基準規則に適合するものと判断した。

#### **IV-2. 1 地震による損傷の防止（第4条関係）**

第4条第1項及び第2項の規定は、試験研究用等原子炉施設について、地震の発生により生じるおそれのある安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定した地震力に十分に耐えることができる設計とすることを要求している。

申請者は、新たに追加するトリウム貯蔵庫について、耐震重要度をCクラスに分類し、耐震重要度分類に応じて算定した地震力に、十分耐えられるように設計するとしている。

規制委員会は、新たに追加するトリウム貯蔵庫の地震による損傷の防止に係る設計方針について、耐震重要度に応じて算定した地震力に十分に耐えることができるものとするを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

#### **Ⅳ－２．２ 火災による損傷の防止（第８条関係）**

第８条第１項の規定は、試験研究用等原子炉施設について、火災により安全性が損なわれないよう、必要に応じて、火災の発生を防止等することができることを要求している。

申請者は、新たに追加するトリウム貯蔵庫について、火災により本試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないよう、不燃性の材料を用いる設計とするとしている。なお、トリウム貯蔵庫を設置する燃料室における火災の感知及び消火等に係る設計方針は、既承認申請のものから変更はないとしている。

規制委員会は、新たに追加されるトリウム貯蔵庫の火災による損傷の防止に係る設計方針について、火災により安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができる設計であることを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

#### **Ⅳ－２．３ 安全施設（第１２条関係）**

第１２条第１項、第３項及び第４項の規定は、安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保された設計とすること、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定されるすべての環境条件において、その機能を発揮することができる設計とすること、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、試験研究用等原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる設計とすることを要求している。

申請者は、新たに追加するトリウム貯蔵庫について、PS-3に分類し、放射性物質の貯蔵機能を有するとしていること、通常運転時、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される環境条件として、燃料要素の温度上昇及び燃料要素からの放射線量の上昇を考慮し、これらの条件下においてもその機能を発揮することができる設計としている。

また、当該貯蔵庫の健全性及び能力を確認するため、運転中または停止中に、外側からの外観検査及び扉の開放による内側からの外観検査ができる設計としている。

規制委員会は、トリウム貯蔵庫の設計方針について、本試験研究用等原子炉施設の特徴を考慮して分類し、安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保された設計とするとしていること、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができる設計とする

としていること、その健全性及び能力を確認するため、運転中又は停止中に試験又は検査ができる設計とするとしていること等を確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

#### **IV-2. 4 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（第16条関係）**

第16条第2項第1号及び第2号イの規定は、試験研究用等原子炉施設の通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料の貯蔵施設について、以下を要求している。

##### 1. 燃料体等の貯蔵施設に対する要求事項

- (1) 燃料体等を貯蔵することができる容量を有するものとする。
- (2) 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。
- (3) 使用済燃料その他高放射性の燃料体からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。

申請者は、新たに追加するトリウム貯蔵庫について、保有する全てのトリウム燃料要素を貯蔵できる容量とすること、物理的に収納可能な最大量まで燃料要素を収納した場合においても、臨界に達するおそれがない設計とすること、鉛を使用して十分な遮蔽能力を有し、貯蔵庫の表面線量が、京都大学複合原子力科学研究所における管理区域内の高線量区域の基準となる $20\mu\text{Sv/h}$ 以下となるよう設計としている。

規制委員会は、新たに追加されるトリウム貯蔵庫に係る貯蔵施設の設計方針について、保有する全ての燃料要素を貯蔵することができる十分な容量を有していること、物理的に収納可能な最大量まで燃料要素を収納した場合においても、臨界に達するおそれがないものとしていること、高放射性である燃料体からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとしていることを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

#### **IV-2. 5 放射線からの放射線業務従事者の防護（第25条関係）**

第25条第1項第1号の規定は、試験研究用等原子炉施設は、外部放射線による放射線障害を防止する必要がある場合には、放射線業務従事者が業務に従事する場所における放射線量を低減できる設計とすることを要求している。

申請者は、新たに追加するトリウム貯蔵庫について、放射線業務従事者が業務に従事する燃料室に設置されるため、鉛を使用して十分な遮蔽能力を有するよう設計としている。また、放射線業務従事者がトリウムを用いた作業を実施する際は、作業状況に応じて、鉛エプロンを着用する、あるいは鉛ブロック等による仮遮蔽を

設けることで、被ばく管理を行うとしている。

規制委員会は、トリウム貯蔵庫に貯蔵されるトリウムの放射線からの放射線業務従事者の防護に係る設計方針について、鉛を使用した遮蔽を設ける等の放射線防護措置を講じられていることを確認したことから、許可基準規則に適合するものと判断した。

## **V 審査結果**

申請者が提出した本申請を審査した結果、当該申請は、原子炉等規制法第24条第1項第2号（技術的能力に係るものに限る。）及び第3号に適合しているものと認められる。