

JRR-3設工認申請概要

【制御棒案内管の製作】

令和3年3月15日

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所

➤ 申請の経緯

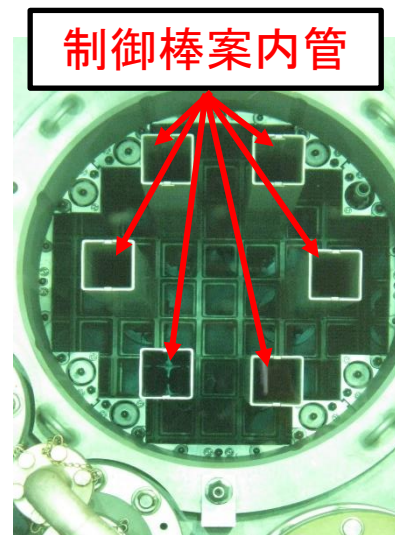
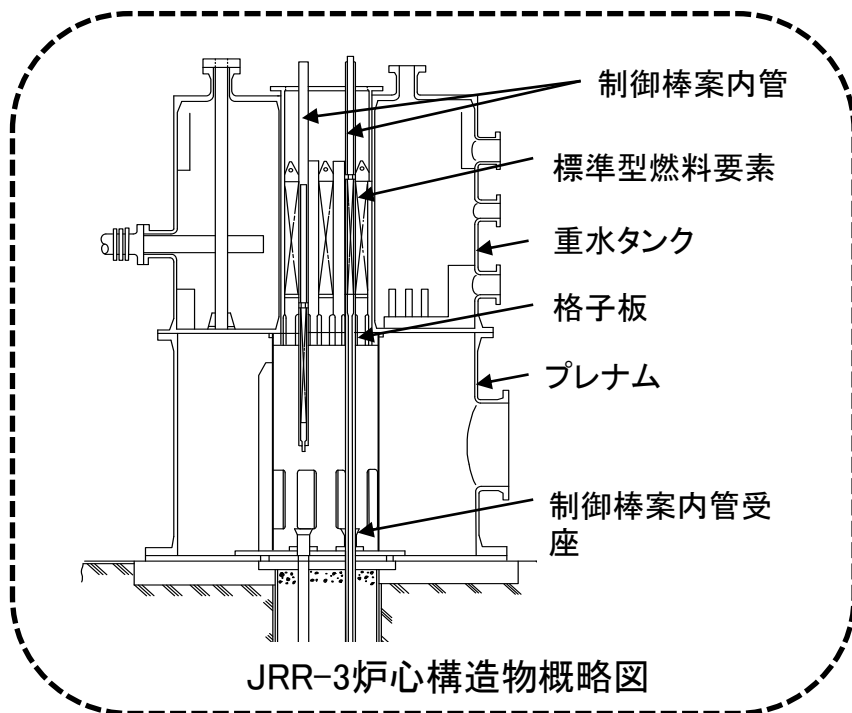
平成23年8月の申請以降、新規制基準対応を優先させるため審査を延期していた設工認(制御棒案内管の製作)について、製作に着手したいため、審査を再開していただきたい。なお、本件の審査再開にあたって、令和2年4月1日に改正された試験炉規則及び技術基準規則を踏まえた申請書の補正を実施した。

➤ 設備の目的

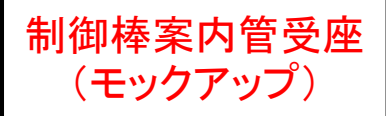
制御棒案内管は、制御棒を適切に案内するもの。

➤ 構造

格子板を貫通し、その下端を制御棒案内管受座によって支持されている。



炉心構造物写真(標準燃料要素及び制御棒移動後(H23年制御棒案内管交換時))



制御棒案内管交換モックアップ試験時写真(H23年制御棒案内管交換時実施)

制御棒案内管の設計条件及び設計仕様は以下のとおり。なお、いずれも既往の認可(「JRR-3の改造(その3)」、昭和61年5月16日付け61原研19第12号をもって申請(昭和61年8月7日付け61原研19第17号をもって一部補正)し、昭和61年8月20日付け61安(原規)第78号をもって認可)のものから変更はない。

○施設の重要度

耐震重要度分類: Sクラス、安全上の機能別重要度: PS-2

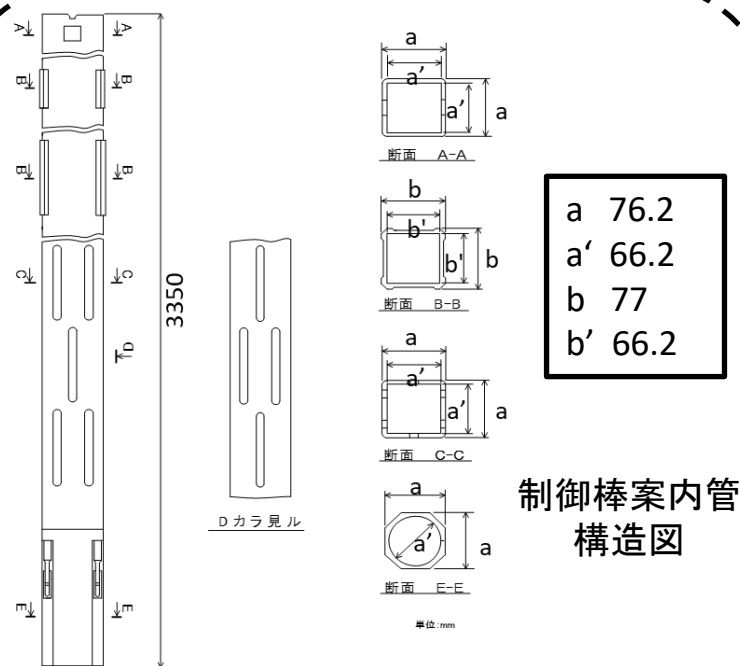
○設計条件

名称	制御棒案内管
機器種別	炉心支持構造物
耐震条件	S
流体の種類	軽水
最高使用温度	100 °C

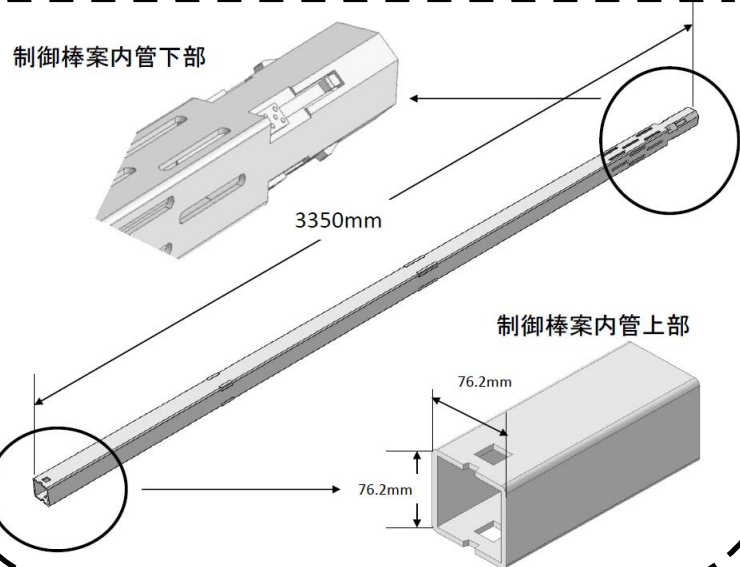
○設計仕様

名称	制御棒案内管	
形式	角管形	
主要寸法	外寸法(mm)	77 × 77
	内寸法(mm)	66.2 × 66.2
	厚さ(mm)	5
	長さ(mm)	3350
主要材料	プラグ	A6063BE-T6(JIS H 4040)*
	案内管	A6063S-T6(JIS H 4100)*
	バネ	SUS630(JIS G 4303)
個数	4	
図	図-1	
表	表-1	

*「試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準」を満足するもの。



制御棒案内管
構造図



1. 工事の方法及び手順

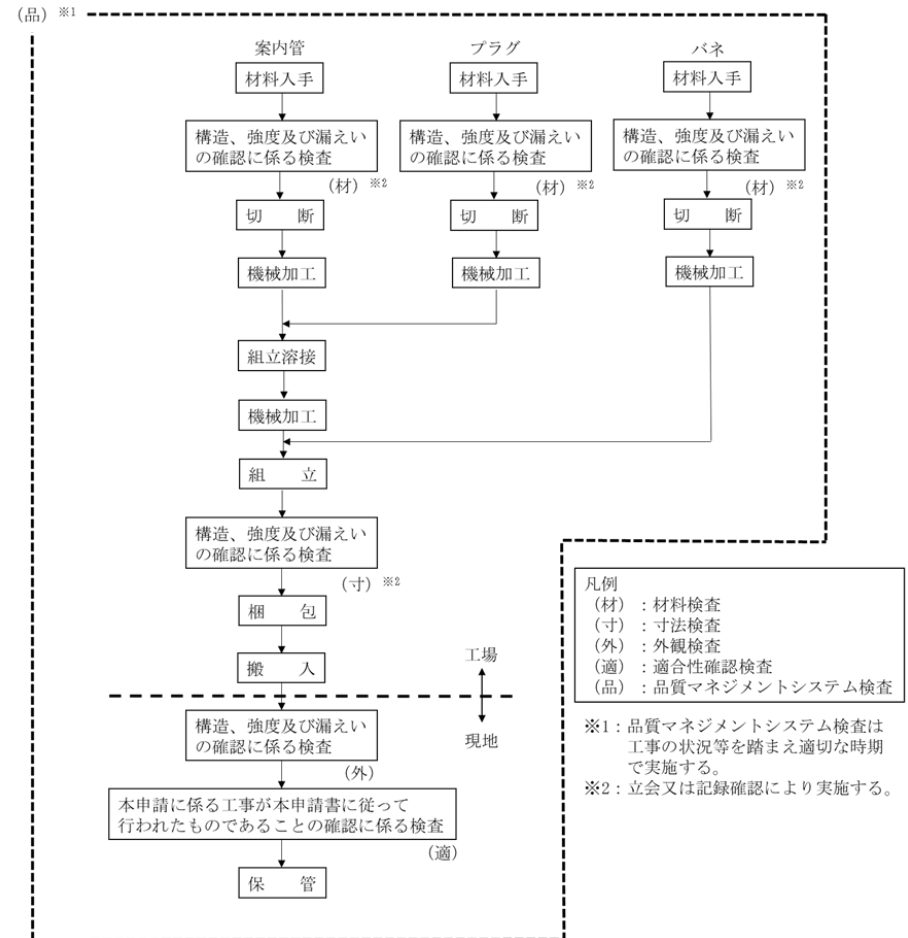
制御棒案内管の製作は、構成部品の案内管、プラグ、バネの元になる材料を切断、機械加工を行う。次に案内管とプラグを組立溶接、機械加工し、さらにバネを4つ組付ける。最後に、現地に搬入した段階で外観検査を実施し、本原子炉施設内に保管する。

2. 工事上の留意事項

本申請は予備品の製作に関するものであり、製作、納入後は本原子炉施設内で保管するため、現場での工事は行わない。なお、今回予備品として製作する制御棒案内管を実装する際は、他の安全機能を有する施設(炉心構造物)等に影響を及ぼすことがないように、燃料要素を全数移動させたいうで実施する。また、制御棒案内管交換の詳細な手順は別途、要領書に定める。

3. 使用前事業者検査の項目

- (1) 構造、強度及び漏えいの確認に係る検査
 - イ. 材料検査
 - ロ. 外観検査
 - ハ. 寸法検査
- (2) 機能及び性能の確認に係る検査
該当なし
- (3) 本申請に係る工事が本申請書に従って行われたものであることの確認に係る検査
 - イ. 設計変更の生じた構造物等に対する適合性確認結果の検査(適合性確認検査)
 - ロ. 品質マネジメントシステムに関する検査(品質マネジメントシステム検査)



製作及び工事のフロー

技術基準		該当条文	要否	適合性
第6条 (地震による損傷の防止)	第1項	試験研究用等原子炉施設は、これに作用する地震力(試験炉許可基準規則第四条第二項の規定により算定する地震力をいう。)による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。	○	制御棒案内管は耐震Sクラスで設計されている。
	第2項	耐震重要施設(試験炉許可基準規則第三条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下この条において同じ。)は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力(試験炉許可基準規則第四条第三項に規定する地震力をいう。)に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。	○	制御棒案内管は耐震Sクラスで設計されている。
	第3項	耐震重要施設は、試験炉許可基準規則第四条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。	×	JRR-3原子炉施設周辺には地震により崩壊するおそれのある斜面は存在しない。
第11条 (機能の確認等)		試験研究用等原子炉施設は、原子炉容器その他の試験研究用等原子炉の安全を確保する上で必要な設備の機能の確認をするための試験又は検査及びこれらの機能を健全に維持するための保守又は修理ができるものでなければならない。	○	制御棒案内管の機能は制御棒の動きをガイドすることであり、外観検査及び制御設備の駆動試験によりその機能を確認することが出来る。また、制御棒案内管はその構造から交換を行うことが可能であり、交換によってその健全性を維持することが出来る(H23年に交換実績有)。

技術基準	該当条文	要否	適合性
第12条 (材料及び構造)	第1項 試験研究用等原子炉施設に属する容器、管、弁及びポンプ並びにこれらを支持する構造物並びに炉心支持構造物のうち、試験研究用等原子炉施設の安全性を確保する上で重要なもの(以下この項において「容器等」という。)の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号(容器等の材料に係る部分に限る。)及び第二号の規定については、法第二十八条第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。 一 容器等がその設計上要求される強度及び耐食性を確保できるものであること。 二 容器等の主要な耐圧部の溶接部(溶接金属部及び熱影響部をいう。以下この号において同じ。)は、次に掲げるところによるものであること。 イ 不連続で特異な形状でないものであること。 ロ 溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。 ハ 適切な強度を有するものであること。 ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものであり溶接したものであること。	第1号 ○ 第2号 ×	第1号 制御棒案内管については、耐震、耐熱、耐放射線強度について評価を実施し、設計上要求される強度をもつことを確認している。 第2号 制御棒案内管は常温常圧下で使用するため、耐圧部を有しない。
	第2項 試験研究用等原子炉施設に属する機器は、その安全機能の重要度に応じて、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないものでなければならない。	×	制御棒案内管はその使用環境及び構造から耐圧及び漏えい防止を考慮する必要がない。
	第3項 試験研究用等原子炉施設に属する容器であって、その材料が中性子照射を受けることにより著しく劣化するおそれがあるものの内部は、監視試験片を備えたものでなければならない。	○	制御棒案内管は容器には該当しない。 なお、耐放射線強度の評価書から制御棒案内管の主要材料であるアルミニウムについては中性子照射によって強度が増すことが知られている。また、本原子炉施設は、炉心構造物の材質変化を試験するための監視試験片が炉心に装荷されている。

技術基準		該当条文	要否	適合性
第19条 (溢水による損傷の防止)	第1項	試験研究用等原子炉施設は、当該試験研究用等原子炉施設内における溢(いつ)水の発生によりその安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。	○	制御棒案内管は常時水中に設置されているため、溢水によりその安全性を損なうことはない。
	第2項	試験研究用等原子炉施設は、当該試験研究用等原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器又は配管の破損により当該容器又は配管から放射性物質を含む液体があふれ出るおそれがある場合は、当該液体が管理区域外へ漏えいすることを防止するために必要な措置が講じられたものでなければならない。	×	制御棒案内管は放射性物質を内包する容器、配管に該当しない。
第21条 (安全設備)	第1項	<p>安全設備は、次に掲げるところにより設置されたものでなければならない。</p> <p>一 第二条第二項第二十八号口に掲げる安全設備は、二以上の原子力施設において共用し、又は相互に接続するものであってはならない。ただし、試験研究用等原子炉の安全を確保する上で支障がない場合にあつては、この限りでない。</p> <p>二 第二条第二項第二十八号口に掲げる安全設備は、当該安全設備を構成する機械又は器具の単一故障(試験炉許可基準規則第十二条第二項に規定する単一故障をいう。第三十二条第三号において同じ。)が発生した場合であつて、外部電源が利用できない場合においても機能できるよう、当該系統を構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保するものであること。ただし、原子炉格納容器その他多重性、多様性及び独立性を有することなく試験研究用等原子炉の安全を確保する機能を維持し得る設備にあつては、この限りでない。</p> <p>三 安全設備は、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ものであること。</p>	第1号 ○ 第2号 ○ 第3号 ○	<p>第1号 制御棒案内管は他の原子炉施設と共用することはない。</p> <p>第2号 制御棒案内管が構成する制御棒系は、単一故障が発生した場合であつて、外部電源が利用できない場合においても機能できるようフェールセーフで設計(電源喪失に対して自重により挿入される構造である。)されており、かつ、独立した6本の制御棒を設けることで多重性及び独立性を確保している。</p> <p>第3号 設置許可申請書添付書類十から、設計基準事故及び設計基準事故に至るまでの間において、制御棒案内管はその最高使用温度(100℃)を超えることはない。</p>

技術基準		該当条文	要否	適合性
第21条 (安全設備)	第1項	四 火災により損傷を受けるおそれがある場合においては、次に掲げるところによること。 イ 火災の発生を防止するために可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用すること。 ロ 必要に応じて火災の発生を感知する設備及び消火を行う設備が設けられていること。 ハ 火災の影響を軽減するため、必要に応じて、防火壁の設置その他の適切な防火措置を講ずること。 五 前号口の消火を行う設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても試験研究用等原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものであること。 六 蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、試験研究用等原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合には、防護施設の設置その他の適切な損傷防止措置が講じられていること。	第4号 イ × ロ ○ ハ × 第5号 × 第6号 ×	第4号イ及びハ 制御棒案内管は常時水中に設置されているため、火災の影響を受けることはない。 第4号ロ 制御棒案内管は常時水中に設置されているため、火災の影響を受けることはないが、制御棒案内管が設置される原子炉建家1階には消防法に基づき火災報知器及び消火設備を設けている。 第5号 制御棒案内管は消火を行う設備に該当しない。 第6号 制御棒案内管が設置される炉心周辺には飛散物となりうるものが存在しない。
	第1項	燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物の材料は、運転時における圧力、温度及び放射線につき想定される最も厳しい条件の下において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。	○	制御棒案内管については、耐震、耐熱及び耐放射線強度の評価において、運転時に想定される最も厳しい条件下で設計されている。
	第2項	燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物は、最高使用圧力、自重、附加荷重その他の燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物に加わる負荷に耐えられるものでなければならない。	○	制御棒案内管は耐震設計において最高使用圧力(常圧)、自重、その他制御棒案内管に加わる負荷(制御棒及び流体の重量(水平方向のみ))に耐えられるように設計されている。
	第3項	燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物は、冷却材の循環その他の要因により生ずる振動により損傷を受けることがないように設置されたものでなければならない。	○	制御棒案内管は、制御棒案内管受座、格子板及び燃料要素上端で支持されており、冷却材の流路に対して平行に設置されているため、1次冷却材の循環その他の要因による振動が発生しない。

技術基準	該当条文	要否	適合性
第33条 (反応度制御システム及び原子炉停止システム)	第1項 試験研究用等原子炉施設には、通常運転時において、燃料の許容設計限界を超えることがないように反応度を制御できるよう、次に掲げるところにより反応度制御システムが設けられていなければならない。 一 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(試験炉許可基準規則第十九条第一号に規定する実験物をいう。以下同じ。)の移動その他の要因による反応度変化を制御できるものであること。 二 制御棒を用いる場合にあっては、次のとおりとすること。 イ 炉心からの飛び出し又は落下を防止するものであること。 ロ 当該制御棒の反応度添加率は、原子炉停止システムの停止能力と併せて、想定される制御棒の異常な引き抜きが発生しても、燃料の許容設計限界を超えないものであること。	第1号 × 第2号 イ × ロ ×	第1号 制御棒案内管は、制御棒を案内するための静的機器であり、反応度変化を制御する機能を有しない。 第2号イ 本原子炉施設の制御棒は中性子吸収体とフォロー型燃料要素から構成されており、制御棒案内管は制御棒に該当しない。 なお、本原子炉施設の制御棒は、制御棒及び制御棒駆動機構(着座器)の構造により、スクラム状態より下方へ抜け出ることのない設計となっている。 第2号ロ 本原子炉施設の制御棒は中性子吸収体とフォロー型燃料要素から構成されており、制御棒案内管は制御棒に該当しない。 なお、想定される制御棒の異常な引き抜きが生じても燃料の許容限界を超えないよう、制御設備に最大駆動速度の制限(制御棒駆動機構)及び引抜本数の制限(反応度制御盤)を設けている。加えて反応度事故に対しては安全保護系に「安全系中性子束高」等の信号を設け、原子炉を自動で停止させ、速やかに過渡状態を収束させる設計としている。

技術基準	該当条文	要否	適合性
第33条 (反応度制御システム及び原子炉停止システム)	第2項 試験研究用等原子炉施設には、次に掲げるところにより原子炉停止システムが設けられていなければならない。 一 制御棒その他の反応度を制御する設備による二以上の独立したシステムを有するものであること。ただし、当該システムが制御棒のみから構成される場合であつて、次に掲げるときは、この限りでない。 イ 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、未臨界を維持することができる制御棒の数に比し当該システムの能力に十分な余裕があるとき。 ロ 原子炉固有の出力抑制特性が優れているとき。 二 運転時において、原子炉停止システムのうち少なくとも一つは、燃料の許容設計限界を超えることなく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ものであること。 三 試験研究用等原子炉施設の損壊又は故障その他の異常が発生した場合において、原子炉停止システムのうち少なくとも一つは、速やか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、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ものであること。 四 制御棒を用いる場合にあつては、一本の制御棒が固着した場合においても、前二号の機能を有するものであること。	第1号 ○ 第2号 ○ 第3号 ○ 第4号 ○	第1号 本原子炉施設は、制御棒系と重水ダンプ系の2システムの原子炉停止システムを有する。 第2号 制御棒は、運転時において燃料の許容設計限界を超えることなく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なっている。 第3号 制御棒は、施設の損壊又は故障その他異常が生じた場合において速やか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なっている。 第4号 制御棒は、最も反応度効果の大きい制御棒1本が完全引き抜き位置のまま固着しても燃料の許容設計限界を超えることなく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なっている。 (本条項は制御棒案内管が構成する制御棒系が適合すべきものであり、制御棒案内管単体で要求を満足するものではない。)
	第3項 制御材は、運転時における圧力、温度及び放射線について想定される最も厳しい条件の下において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。	×	本原子炉施設の制御材は中性子吸収体(ハフニウム)であり、制御棒案内管は、制御材に該当しない。

技術基準		該当条文	要否	適合性
第33条 (反応度制御系統及び原子炉停止系統)	第4項	制御材を駆動する設備は、次に掲げるところによるものでなければならない。 一 試験研究用等原子炉の特性に適合した速度で制御材を駆動し得るものであること。 二 制御材を駆動するための動力の供給が停止した場合に、制御材が反応度を増加させる方向に動かないものであること。 三 制御棒の落下その他の衝撃により燃料体、制御棒その他の設備を損壊することがないものであること。	×	本原子炉施設の制御材を駆動する設備は制御棒駆動機構であり、制御棒案内管は制御材を駆動する設備に該当しない。
	第5項	制御棒の最大反応度値及び反応度添加率は、想定される反応度投入事象(試験研究用等原子炉に反応度が異常に投入される事象をいう。第六十四条第五項において同じ。)に対して炉心冠水維持バウンダリを破損せず、かつ、炉心の冷却機能を損なうような炉心又は炉心支持構造物の損壊を起こさないものでなければならない。	×	本原子炉施設の制御棒は中性子吸収体とフォロー型燃料要素から構成されており、制御棒案内管は制御棒に該当しない。 なお、制御棒の最大添加反応度及び最大反応度添加率は、冠水維持設備の健全性を損なわず、かつ、炉心の冷却機能を損なうような炉心損傷を生じないように次の設計となっている。 制御棒の最大添加反応度は、制御棒の異常な引き抜き等において添加反応度が過剰とならないよう制御設備に最大駆動速度の制限及び引抜本数の制限を設けている。また、制御棒の最大反応度添加率は、制御棒が引抜き手順上可能な最大駆動速度で引き抜かれても $7.5 \times 10^{-4} \Delta k/k/s$ 以下となるよう設計されている。
	第6項	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ものでなければならない。	○	原子炉停止系統と反応度制御系統で共用する制御棒系の故障を考慮して、原子炉停止系統は6本の独立した制御棒系と、その他に重水ダンプ系の2系統を有する。 (本条項は制御棒案内管が構成する制御棒系が適合すべきものであり、制御棒案内管単体で要求を満足するものではない。)