

平成23年1月12日
原子力安全・保安院

使用済ハフニウムフラットチューブ型制御棒のひびに関する調査報告書（構造強度に係る健全性評価及び制御棒の挿入性等の技術基準適合性を含む安全性評価）

東京電力株式会社から、昨年11月1日に柏崎刈羽原子力発電所第7号機において、使用済みのハフニウムフラットチューブ型制御棒（以下「H f F T型CR」という。）にひびが確認されたとの報告を受け、同日、原子力安全・保安院（以下「当院」という。）は、東京電力に対し、運転中の7号機で使用しているH f F T型CRの構造強度に係る健全性等の評価を行うとともに、他の事業者に対しても、運転中の原子炉でH f F T型CRを使用している場合には、同様の評価を行うよう指示しています。

当該指示に基づき、昨年12月8日に現在運転中の原子炉でH f F T型CRを使用している東京電力（柏崎刈羽原子力発電所第7号機）及び北陸電力（志賀原子力発電所第2号機）より、構造強度に係る健全性等の評価に関して、確定した評価結果の報告がありました。

当院は、これらの評価結果について、解析条件、解析手法等の観点から確認した結果、両社の評価結果は妥当なものと評価します。このことから、現在運転中の柏崎刈羽7号機及び志賀2号機で使用されているH f F T型CRについて、動作確認の結果に異常がないこと、また、仮にひび等があるとした場合でも、技術基準への適合性は満足していることから、安全性は確保されているものと評価します。

当院は、今後、東京電力より、ひびの発生原因の調査結果等に関する報告を受けた段階で、専門家の意見等を聞きつつ、厳格に確認・評価します。

1. 東京電力及び北陸電力からの報告の概要

制御棒に対する技術基準の要求事項に対して、制御棒の制御機能及び原子炉の緊急停止機能の観点から確認を行った。

(1) 過剰反応度の印加防止機能及び未臨界維持機能

今までに実施したH f F T型CRの動作確認試験等において、異常は確認されおらず、シース及び中性子吸収材の構造に異常はないことから、当該機能は有していると判断。

(2) 原子炉の緊急停止機能

複数箇所のタイロッドの破断及びシースのひびを仮定して、基準地震動S sの地震力が作用したスクラム時における構造強度に係る健全性評価を実施した結果、発生応力は評価基準値を下回っており、シースの中性子吸収材保持機能は維持されていることを確認するとともに、制御棒が健全な状態と比較して剛性は低下しているものの挿入時間に影響はなく、挿入性は十分確保されていることから、当該機能は有していると判断。

2. 当院の対応

当院は、東京電力及び北陸電力からの報告を踏まえ、制御棒の構造強度に係る健全性等に関する解析結果について、独立行政法人原子力安全基盤機構（以下「JNES」という。）からの技術協力を受けて、その妥当性を確認しました。

(1) 制御棒の制御機能（過剰反応度の印加防止機能及び未臨界維持機能）

H f F T型CRの動作確認結果等に異常がないこと等を踏まえると、東京電力及び北陸電力の評価結果は妥当なものと評価します。

(2) 原子炉の緊急停止機能

構造強度に係る健全性等に対する解析結果に対して、JNESからの技術協力を受け、解析条件、解析手法及び評価方法について確認した結果、評価内容は妥当であり、解析結果が判定基準を満足することから、原子炉の緊急停止機能は維持されるとする両社の評価結果は妥当なものと評価します。

以上のことから、現在運転中の柏崎刈羽7号機及び志賀2号機で使用されているH f F T型CRについて、動作確認の結果に異常がないこと、また、仮にひびがあるとした場合でも、技術基準への適合性は満足していることから、安全性は確保されているものと評価します。

3. 今後の対応

東京電力から、H f F T型CRで確認されたひびの発生原因等の調査結果に関する報告を受けた段階で、専門家の意見等を聞きつつ、厳格に確認・評価します。

また、事業者には、本日の当院の評価結果を踏まえ、ひびの原因が明らかになり、原因調査結果に基づく再発防止対策が施されるまでの間、H f F T型CRの新規装荷及び再装荷による使用はしないよう指導します。

(本発表資料のお問い合わせ先)

原子力安全・保安院原子力発電検査課長 山本 哲也

担当者： 石垣、忠内

電話（代表）03-3501-1511（内）4871

（直通）03-3501-9547

ハフニウムフラットチューブ型制御棒のひびに関する調査報告書
(構造強度に係る健全性評価及び制御棒の挿入性等の技術基準適合性を含む安全性の評価)

平成23年1月12日
経 済 産 業 省
原子力安全・保安院

1. はじめに

1. 1 本報告書の位置付け

平成22年11月1日、原子力安全・保安院（以下「当院」という。）は、東京電力株式会社（以下「東京電力」という。）から、柏崎刈羽原子力発電所第7号機において使用されていた使用済ハフニウムフラットチューブ型制御棒（以下「H f F T型C R」という。）においてひびが確認されたとの報告を受けた。

これを受け、当院は、東京電力に対して、運転中の柏崎刈羽原子力発電所第7号機（以下「柏崎刈羽7号機」という。）で使用されているH f F T型C Rの構造強度に係る健全性評価及び制御棒の挿入性等の技術基準適合性を含む安全性の評価を確定させ報告するとともに、至近の定期事業者検査までの間、運転中の柏崎刈羽7号機で使用しているH f F T型C Rの動作確認を実施し報告すること、当該ひびが確認されたH f F T型C Rについて、当該ひびの発生原因や健全性等について調査を行い、その結果を報告すること等を指示した。

また、沸騰水型原子力発電所を所有する事業者に対して、H f F T型C Rの使用の有無や使用していた場合は安全性の評価等を実施するよう指示した。

本報告書は、当該指示に基づき、平成22年12月8日付けで、東京電力（柏崎刈羽7号機）及び北陸電力株式会社（以下「北陸電力」という。）（志賀原子力発電所第2号機（以下「志賀2号機」という。））から、現在運転中の発電所で使用されているH f F T型C Rの構造強度に係る健全性評価及び制御棒の挿入性等の技術基準適合性を含む安全性の評価の報告があったことから、当該評価の妥当性について、当院の評価を取りまとめたものである。

取りまとめにあたって、構造強度に係る健全性等に関しては、独立行政法人原子力安全基盤機構（以下「J N E S」という。）からの技術協力を受けて評価を実施した。

1. 2 これまでの経緯

柏崎刈羽7号機の使用済H f F T型CRでひびが確認された事案について、これまでの経緯は以下のとおりである。

- ・平成22年11月1日、東京電力より、柏崎刈羽7号機の使用済H f F T型CRでひびが確認されたのとの報告を受領。
- ・平成22年11月1日、当院は、東京電力に対し、以下の調査及び報告を行うよう指示。

①現在運転中である柏崎刈羽原子力発電所第7号機の原子炉において使用されているハフニウムフラットチューブ型制御棒については、構造強度に係る健全性評価及び制御棒の挿入性等の技術基準適合性を含む安全性の評価を確定し、速やかに報告すること。

また、至近の定期事業者検査までの間、運転中における当該制御棒の動作確認を行い、その結果を報告すること。

さらに、至近の定期事業者検査において当該制御棒のひびの有無について確認を行い、ひびが確認された場合は、以下に示す対応を行い、その結果を速やかに報告すること。

- 1) ひびの状況及び発生原因を調査すること
- 2) 製造及び中性子照射量等を含む運転の履歴を調査すること
- 3) 構造強度に係る健全性評価及び制御棒の挿入性等の技術基準適合性を含む安全性の評価を行うこと

②今般ひびが確認された使用済ハフニウムフラットチューブ型制御棒については、①1)、2)、3)に示す対応を行い、その結果を速やかに報告すること。

③現在停止中の原子炉に装荷又は使用済みとして保管しているハフニウムフラットチューブ型制御棒がある場合には、ひびの有無について確認し、ひびが確認された場合は、①1)、2)、3)に示す対応を行い、その結果を速やかに報告すること。

また、沸騰水型原子力発電所を所有する事業者に対して、以下の調査及び報告を行うよう指示。

①ハフニウムフラットチューブ型制御棒の使用の有無、現在使用している場合にはその本数及び炉内の配置状況並びに中性子照射量（現在及び次回定期検査まで使用時）について速やかに報告すること。

②現在運転中の原子炉においてハフニウムフラットチューブ型制御棒を使用してい

る場合には、構造強度に係る健全性評価及び制御棒の挿入性等の技術基準適合性を含む安全性の評価を行い速やかに報告すること。

また、至近の定期事業者検査までの間、運転中における当該制御棒の動作確認を行い、その結果を報告すること。

さらに、至近の定期事業者検査において当該制御棒のひびの有無について確認を行い、ひびが確認された場合には、以下に示す対応を行い、その結果を速やかに報告すること。

- 1) ひびの状況及び発生原因を調査すること
- 2) 製造及び中性子照射量等を含む運転の履歴を調査すること
- 3) 構造強度に係る健全性評価及び制御棒の挿入性等の技術基準適合性を含む安全性の評価を行うこと

③現在停止中の原子炉に装荷又は使用済みとして保管しているハフニウムフラットチューブ型制御棒がある場合には、ひびの有無について確認し、ひびが確認された場合は、② 1)、2)、3) に示す対応を行い、その結果を速やかに報告すること。

- 平成22年11月9日、東京電力より、運転中の柏崎刈羽7号機に装荷されている25本のHfFT型CRについて、動作確認の結果、異常なしとの報告を受領。また、北陸電力より、HfFT型CRの使用の有無等について、志賀1号機で4本の使用済HfFT型CRを保管しているとともに、運転中の志賀2号機に装荷されている25本のHfFT型CRについて、動作確認の結果、異常なしとの報告を受領。
- 平成22年11月12日、中部電力株式会社及び中国電力株式会社より、HfFT型CRの使用の有無等について、使用実績なしとの報告を受領。
- 平成22年11月15日、東北電力株式会社より、HfFT型CRの使用の有無等について、使用実績なしとの報告を受領。また、日本原子力発電株式会社より、HfFT型CRの使用の有無等について、現在は使用しておらず、保管中の使用済HfFT型CR22本（東海第二原子力発電所において13本、敦賀発電所1号機において9本）については、タイロッド部にひびは確認されていない旨の報告を受領。
- 平成22年12月8日、東京電力（柏崎刈羽7号機）及び北陸電力（志賀2号機）より、現在運転中の発電所で使用されているHfFT型CRの構造強度に係る健全性評価及び制御棒の挿入性等の技術基準適合性を含む安全性の評価の報告を受領。
- 1月7日、東京電力より、保管中の使用済HfFT型CRの外観確認が終了し、柏崎刈羽7号機で保管中の使用済HfFT型CR全46本中28本でタイロッド部等にひびが確認され、福島第一原子力発電所第1号機、4号機、福島第二原子力発電所第2

号機及び柏崎刈羽5号機で保管中の使用済H f F T型CRでは、タイロッド部等にひびは確認されなかったとの報告を受領。

2. H f F T型CRの使用の有無及び保管中の使用済H f F T型CRの外観点検結果

2. 1 H f F T型CRの使用の有無

現在、H f F T型CRを使用している運転中のプラントは、柏崎刈羽7号機及び志賀2号機であり、いずれも25本のH f F T型CRを装荷している。これらのプラントにおいて、仮にH f F T型CRにひびがあるとした場合の構造強度に係る健全性及び制御棒の挿入性等の安全性については、「3. 技術基準への適合性」で評価する。

また、運転中のプラントのH f F T型CRについては、指示文書に基づき、至近の定期事業者検査までの間、各事業者において動作確認を実施しており、これまでのところ異常は確認されていない。

2. 2 保管中の使用済H f F T型CRの外観点検結果

保管中の使用済H f F T型CRの外観点検の結果、柏崎刈羽7号機全46本中28本でタイロッド部等にひびが確認された。また、福島第一原子力発電所第1号機、4号機、福島第二原子力発電所第2号機、柏崎刈羽原子力発電所第5号機、東海第二原子力発電所、敦賀原子力発電所1号機では、いずれも同様のひびは確認されなかった。(添付1参照)

なお、福島第一4号機および柏崎刈羽7号機の使用済H f F T型CRの一部で、ハンドルとシースの溶接部等にひびが新たに確認されているが、これらのひびは従来から制御棒の使用に伴って発生するものであることが知られており、制御棒の健全性に影響を与えるものではないと評価している。

3. 技術基準への適合性

制御棒に対する技術基準の要求事項に関しては、発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令（昭和40年通商産業省令第62号）に規定している（添付2参照）。当該規定に基づき、過剰反応度の印加防止機能、未臨界維持機能及び原子炉の緊急停止機能の観点から、技術基準への適合性の確認を行った。

3. 1 東京電力及び北陸電力からの報告概要

(1) 過剰反応度の印加防止機能及び未臨界維持機能

これまでのところ、H f F T型C Rの動作確認試験等において、異常は確認されておらず、シース及び中性子吸収材の構造に異常はないことから、当該機能は有していると判断。

(2) 原子炉の緊急停止機能

複数箇所のタイロッド破断及びシースのひびを仮定して、基準地震動S sの地震力が作用したスクラム時における構造強度に係る健全性評価を実施した結果、発生応力は評価基準値を下回っており、シースの中性子吸収材保持機能は維持されていることを確認するとともに、制御棒が健全な状態と比較して剛性は低下しているものの挿入時間に影響はなく、挿入性は確保されていることから、当該機能は有していると判断。

3. 2 当院の評価

(1) 過剰反応度の印加防止機能及び未臨界維持機能

H f F T型C Rの動作確認試験で異常が確認されていない結果等を踏まえると、制御棒の制御機能として過剰反応度の印加防止機能及び未臨界維持機能を有していると評価する。東京電力及び北陸電力の評価結果は妥当なものと評価する。

(2) 原子炉の緊急停止機能

構造強度に係る健全性評価について、東京電力及び北陸電力は、解析による評価を実施している。当該評価について、J N E Sからの技術協力を受け、解析条件、解析手法及び評価方法について確認した結果、以下の表に示すとおり、評価内容は妥当であり、解析結果が判定基準も満足することから、構造強度は十分保たれているとする両社の評価結果は妥当なものと評価する。

また、制御棒の挿入性について、東京電力及び北陸電力は、制御棒が健全な場合の剛性と、1から25タブまでのタイロッドの破断及びシースのひびが存在する場合における制御棒の剛性を比較し、ひび等が存在する場合のほうが剛性が小さいため、挿入時の抵抗力も小さくなり、挿入時間が健全な場合よりも遅くなる要因にはならないことから、制御棒の挿入性は維持されているとしていることは妥当と評価する。

| 確認内容 | | 東京電力の解析結果に対する 当院の評価 | 北陸電力の解析結果に対する 当院の評価 |
|------|-------------|---|--|
| 解析条件 | ひびの 設定方法 | タブ溶接部上部にタイロッド 破断、タブ溶接部中央にタイロ ッドとシースの破断を仮定し、 4つのケースの破断箇所数を 設定していることは、実際に確 認されたひびの位置や長さ等 をより厳しく保守的に設定し ていることから妥当。 | 同左 |
| | 評価条件 | 基準地震動 S_s とスクラム事 象が同時に発生した場合を想 定し、一番厳しい条件としてい ることから妥当。 | 同左 |
| | 荷重条件 | スクラム荷重： 4つのケース毎に、応力評価断 面までの質量を考慮するとと もに、スクラム加速度について は、設計時に想定した $100G$ としており妥当。 地震荷重： 上部及び下部ローラ間に、水平 方向の地震荷重を等分布荷重 として負荷していることから 妥当。 燃料集合体からの反力： 有限要素法により制御棒と燃 料集合体との接触解析を行い、 反力が制御棒中央付近のタブ 近傍に集中していることを確 認し、13及び14タブの溶接 部に反力を負荷していること から妥当。 | スクラム荷重： 4つのケース毎に、応力評価 断面までの質量を考慮する とともに、スクラム加速度に ついては、試験にて確認され た加速度を基に $70G$ とし て想定していることは妥当。 地震荷重： 同左 燃料集合体からの反力： 有限要素法により制御棒と 燃料集合体との接触解析を 行い、反力が4～23タブの 溶接部近傍に分布している ことを確認し、この範囲に反 力を負荷していることから 妥当。 |

| | | | |
|------|-------|---|---|
| 解析手法 | 解析モデル | 有限要素法による解析モデルを用い、シース及びタイロッド等については、一般に平面応力場で表されることから、シェル要素と設定していること、溶接部等については、せん断荷重が負荷されることから、ビーム要素と設定していることは妥当。 | 同左 |
| 評価方法 | 評価部位 | <p>①シース：膜＋曲げ スクラム加速度により制御棒の長手軸方向に荷重が作用することから、荷重伝達経路としてのシースでの一次一般膜応力による評価を実施するとともに、地震荷重及び燃料集合体からの反力によりシース翼端部が最大となる一次曲げ応力による評価を実施しており妥当。</p> <p>②タイロッド／シース溶接部：せん断 スクラム加速度による荷重及び地震荷重の伝達経路としてのタイロッド／シース溶接部に対してせん断応力による評価を実施しており妥当。</p> <p>③シース／コネクタ溶接部：膜＋曲げ ①の評価と同様。</p> | <p>①シース：膜＋曲げ 同左</p> <p>②タイロッド／シース溶接部：せん断 同左</p> <p>③シース／コネクタ溶接部：膜＋曲げ 同左</p> |
| | 評価基準値 | 民間規格*に基づき、運転状態Ⅰ、Ⅱ＋S sにおける許容応力を評価基準として用いるとともに、評価基準値の設定には炉心支持構造物の規格値を準用していることは妥当。 | 民間規格*に基づき、運転状態Ⅰ、Ⅱ＋S sにおける許容応力を評価基準として用いるとともに、評価基準値の設定にはH f F T型CRの製造時の材料物性値を用いていることは妥当。 |

※発電用原子力設備規格設計・建設規格(JSME S NC1-2005/2007)(日本機械学会 2007年9月)及び原子力発電所耐震設計技術指針(重要度分類・許容応力編 JEAG4601-1984 及び JEAG4601-1987)(日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月及び昭和62年8月)

3. 3. まとめ

東京電力及び北陸電力から報告のあった、構造強度に係る健全性評価及び制御棒の挿入性等の技術基準適合性を含む安全性の評価結果については、妥当なものと評価する

したがって、現在運転中の柏崎刈羽7号機及び志賀2号機で使用されているH f F T型CRについて、動作確認の結果に異常がないこと、また、仮にひび等があったとしても、技術基準への適合性は満足していることから、安全性は確保されているものと評価する。

4. 今後の対応について

現在、東京電力において、H f F T型CRで確認されたひびの発生原因等の調査が進められており、今後、これらの調査結果等に関する報告を受けた段階で、専門家の意見等を聞きつつ、厳格に確認・評価し、当院としての最終的な評価をとりまとめることとする。

なお、H f F T型CRの新規装荷及び再装荷による使用については、ひびの原因が明らかになり、原因調査結果に基づく再発防止対策が施されるまでの間、回避すべきである。

HfFT型CRの使用の有無及び外観点検状況(1月7日現在)

添付1

| 発電所名 | 号機 | 使用中のもの | | | | 使用済みのもの | | | | 備考 | | |
|------|------|--------|------|-----------|-------------------------|---------|----------------------|-----------|-------------------------|---------|---------|--------------------|
| | | 装荷本数 | 点検本数 | ひび有り制御棒本数 | 照射量($\times 10^{21}$) | 保管本数 | 点検本数 | ひび有り制御棒本数 | 照射量($\times 10^{21}$) | | | |
| 東北電力 | 東通 | 1 | — | | | | — | | | | | |
| | | 女川 | 1 | — | | | | — | | | | |
| | | 2 | — | | | | — | | | | | |
| | | 3 | — | | | | — | | | | | |
| 東京電力 | 福島第一 | 1 | — | | | | 9 | 9 | 0※ | 1.5~2.5 | | |
| | | | 2 | — | | | | — | | | | |
| | | | 3 | — | | | | — | | | | |
| | | | 4 | — | | | | 8 | 8 | 0 | 1.9~2.5 | |
| | | | 5 | — | | | | — | | | | |
| | | | 6 | — | | | | — | | | | |
| | | 福島第二 | 1 | — | | | | — | | | | |
| | | | 2 | — | | | | 4 | 4 | 0 | 2.9 | |
| | | | 3 | — | | | | — | | | | |
| | | | 4 | — | | | | — | | | | |
| | | 柏崎刈羽 | 1 | — | | | | — | | | | |
| | | | 2 | — | | | | — | | | | |
| | | | 3 | — | | | | — | | | | |
| | | | 4 | 4 | 0 | — | 0.7 | — | | | | 停止中 再使用しない予定 |
| | | | 5 | — | | | | 4 | 4 | 0 | 3.6~3.8 | |
| | | | 6 | — | | | | — | | | | |
| | | | 7 | 25 | 0 | — | 0~2.2 (0~3.2) | 46 | 46 | 28※ | 3.5~5.6 | 運転中 () はサイクル末期 |
| 中部電力 | 浜岡 | 3 | — | | | | — | | | | | |
| | | | 4 | — | | | | — | | | | |
| | | | 5 | — | | | | — | | | | |
| 北陸電力 | 志賀 | 1 | — | | | | 4 | 0 | — | 3.6 | | |
| | | | 2 | 25 | 0 | — | 1.9~3.0 (2.4~3.6) | — | | | | 運転中 () はサイクル末期 |
| 中国電力 | 島根 | 1 | — | | | | — | | | | | |
| | | | 2 | — | | | | — | | | | |
| 日本原電 | 東海第二 | | — | | | | 13 | 13 | 0 | 3.2~3.9 | | |
| | 敦賀 | 1 | — | | | | 9 | 9 | 0 | 1.1~1.3 | | |

※ハンドル・シース溶接部やガイドローラ部で確認されたひびは除く

制御棒に関連する技術基準の要求事項

添付2

| 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令 | | 安全上重要な機器を定める告示（告示327号）における要求機能 |
|-----------------------------------|--|--|
| （耐震性） 第5条 第1項 | 原子炉施設並びに一次冷却材又は二次冷却材により駆動される蒸気タービン及びその附属設備は、これらに作用する地震力による損壊により公衆に放射線障害を及ぼさないように施設しなければならない。 | （四）原子炉の緊急停止機能 |
| （原子炉施設） 第8条 第1項 | 原子炉施設は、通常運転時において原子炉の反応度を完全かつ安定に制御でき、かつ、運転時の異常な過渡変化時においても原子炉固有の出力抑制特性を有するとともに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でなければならない。 | （二）過剰反応度の印加防止機能 （四）原子炉の緊急停止機能 （五）未臨界維持機能 |
| （安全設備） 第8条の2 第2項 | 安全設備は、想定されているすべての環境条件においてその機能が発揮できるように施設しなければならない。 | （二）過剰反応度の印加防止機能 （四）原子炉の緊急停止機能 （五）未臨界維持機能 |
| （反応度制御系及び原子炉停止系統） 第23条 第2項 | 反応度制御系統は、計画的な出力変化に伴う反応度変化を燃料許容損傷限界を超えることなく制御できる能力を有するものでなければならない。 | （二）過剰反応度の印加防止機能 |
| （反応度制御系及び原子炉停止系統） 第23条 第3項第1号 | 通常運転時の高温状態において、二つ以上の独立した系統がそれぞれ原子炉を未臨界に移行し未臨界を維持できるものであり、かつ、運転時の異常な過渡変化時の高温状態においても原子炉停止系統のうち少なくとも一つは、燃料許容損傷限界を超えることなく原子炉を未臨界に移行し未臨界を維持できること。この場合において、非常用炉心冷却設備等の作動に伴って注入される液体制御材による反応度値を加えることができる。 | （二）過剰反応度の印加防止機能 （四）原子炉の緊急停止機能 （五）未臨界維持機能 |
| （反応度制御系及び原子炉停止系統） 第23条 第3項 第2号 | 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における低温状態において、少なくとも一つは、原子炉を未臨界に移行し未臨界を維持できること。 | （五）未臨界維持機能 |
| （反応度制御系及び原子炉停止系統） 第23条 第3項 第3号 | 一次冷却材喪失等の事故時において、少なくとも一つは、原子炉を未臨界へ移行することができ、少なくとも一つは、原子炉を未臨界に維持できること。この場合において、非常用炉心冷却設備等の作動に伴って注入される液体制御材による反応度値を加えることができる。 | （五）未臨界維持機能 |
| （反応度制御系及び原子炉停止系統） 第23条 第3項 第4号 | 制御棒を用いる場合にあっては、反応度値の最も大きな制御棒一本が固着した場合においても第1号から第3号までの規定に適合すること。 | （二）過剰反応度の印加防止機能 （四）原子炉の緊急停止機能 （五）未臨界維持機能 |
| （反応度制御系及び原子炉停止系統） 第23条 第4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（原子炉に反応度が異常に投入される事象をいう。）に対して原子炉冷却材圧力バウンダリを破損せず、かつ、炉心冷却を損なうような炉心等の損壊を起こさないものでなければならない。 | （二）過剰反応度の印加防止機能 |
| （反応度制御系及び原子炉停止系統） 第23条 第5項 | 制御棒、液体制御材等は、通常運転時における圧力、温度及び放射線によって起こる最も厳しい条件において、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。 | （二）過剰反応度の印加防止機能 （四）原子炉の緊急停止機能 （五）未臨界維持機能 |