

2024/3/4

ヒアリング資料6（改訂1'）

設置変更承認申請に係る審査における論点と本保安規定変更申請におけるそれらの反映状況及び今後の下部規定改訂における反映計画について

国立大学法人京都大学

1. はじめに

令和4年4月28日付け原規規発第2204282号をもって承認された京都大学複合原子力科学研究所原子炉設置変更（臨界実験装置の変更）の審査の経緯については、「補足説明資料（まとめ資料）」（以下「まとめ資料」という。）にまとめられている。その中には、京都大学複合原子力科学研究所原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）、あるいは、その下部規定である京都大学複合原子力科学研究所原子炉施設保安指示書（以下「保安指示書」という。）に反映すべきこととして論点となった事項についての記載も含まれている。本資料では、本保安規定変更申請におけるそれらの反映状況と、今後予定している保安指示書改訂においてどの事項を反映していくかについて説明する。

まとめ資料から保安規定、あるいは保安指示書に反映すべき事項に関連するページ（17ページ分）のハードコピーを以下のように示す。

資料 6-2 ページ： 表紙（目次を含む）
資料 6-3～6-13 ページ： 【添付書類十】の抜粋
資料 6-14、6-15 ページ： 【論点管理表】【質問管理表】の抜粋
資料 6-16～6-18 ページ： 【原子炉施設保安規定の改訂方針案】の全文

加えて、2022年2月16日ヒアリング資料【燃料誤装荷の解析について】から、

資料 6-19 ページ： 表紙
資料 6-20 ページ： 補足Cの全文

のハードコピーも示す。

京都大学臨界実験装置 (KUCA)

設置変更承認申請について

【補足説明資料 (まとめ資料)】

【概要、装置説明、規則等】	1
【燃料について】	55
【添付書類八】	99
【添付書類十】	212
【トリウム保管庫について】	410
【論点管理表】【質問管理表】	435
【設置許可基準規則との整合性】	
【トリウム設置許可基準規則との整合性】	477
【原子炉施設保安規定の改定方針案】	553
【添付十一の補足説明資料】	556

この目次での各項目のページ番号は右下のゴシック体のページ番号に対応している
各項目の目次に記載したページ番号は真ん中下のページ番号に対応している

京都大学複合原子力科学研究所

【補足F 実験物を装荷した炉心の炉心配置決定のためのプロセス】

実験物（照射物、軽水減速炉心については挿入管）を装荷した炉心検討のフローを図F-1～図F-7に示す。

これらのケースの中で、軽水減速炉心については照射物の有無に加えて挿入管破損有無が重畳して検討プロセスが複雑になるため、以下にその流れを説明する。

【照射物を用いない場合（図F-4）】

- 1) 低濃縮炉心において選択できる範囲より標準型燃料板の装填ピッチを選択する。
- 2) 燃料集合体、制御棒、挿入管を配置し、臨界調整を行い、挿入管健全ケースの過剰反応度を計算し、過剰反応度の制限を満たすことを確認する。
- 3) 挿入管破損ケースの過剰反応度を計算し、過剰反応度の制限を満たすことを確認する。また、破損前後の過剰反応度の差として挿入管反応度を求め、制限値内であることを確認する。
- 4) 挿入管健全ケースの制御棒の反応度を計算し、全反応度が制限を満たすことを確認する。
- 5) 挿入管健全ケースの最大反応度を持つ制御棒の反応度が「全反応度の1/3以下」であることを確認する。
- 6) 挿入管健全ケースの反応度添加率が規定値以下であることを確認する。
- 7) 挿入管健全ケースのダンプ排水反応度と温度係数が規定値を満足することを確認する。
- 8) 研究所原子炉安全委員会に付議する。

【負の反応度を印加する照射物を用いる場合（図F-5）】

- 1) 低濃縮炉心において選択できる範囲より標準型燃料板の装填ピッチを選択する。
- 2) 燃料集合体、制御棒、挿入管を配置し、臨界調整を行い、照射物未装荷・挿入管健全ケースの過剰反応度を計算し、過剰反応度の制限を満たすことを確認する。
- 3) 照射物未装荷・挿入管破損ケースの過剰反応度を計算し、過剰反応度の制限を満たすことを確認する。また、破損前後の過剰反応度の差として挿入管反応度を求め、制限値内であることを確認する。
- 4) 照射物未装荷・挿入管健全ケースの制御棒の反応度を計算し、全反応度が制限を満たすことを確認する。
- 5) 照射物未装荷・挿入管健全ケースの最大反応度を持つ制御棒の反応度が「全反応度の1

／3以下」であることを確認する。

- 6) 照射物未装荷・挿入管健全ケースの反応度添加率が規定値以下であることを確認する。
- 7) 照射物未装荷・挿入管健全ケースのダンプ排水反応度と温度係数が規定値を満足することを確認する。
- 8) 照射物を実際の照射位置に設置した照射物装荷・挿入管健全ケースの過剰反応度を求め、これと照射物未装荷・挿入管健全ケースの過剰反応度との差として照射物反応度を計算し、規定値内（負値）であることを確認する。
- 9) 研究所原子炉安全委員会に付議する。

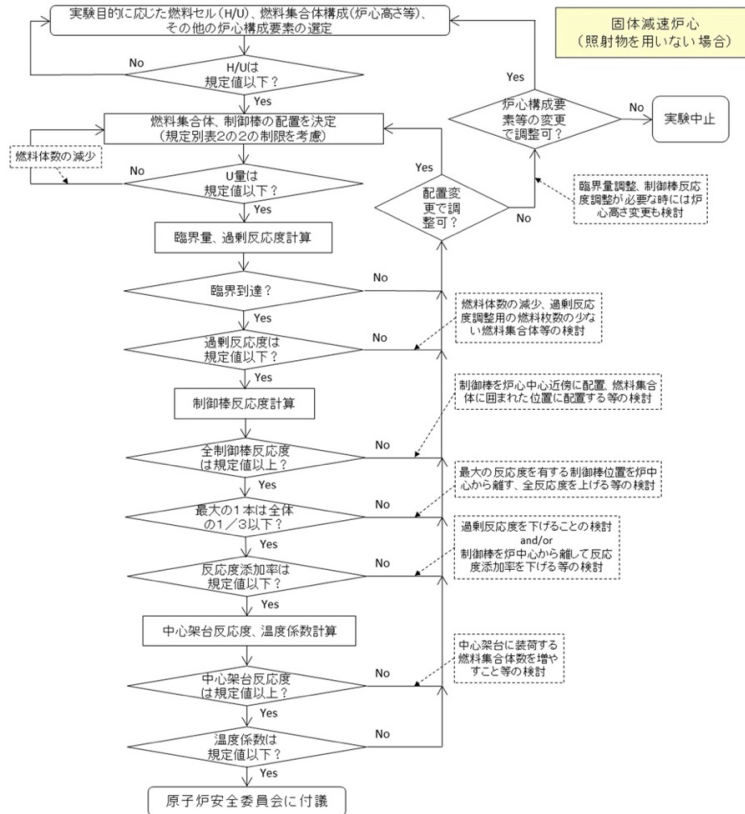
【正の反応度を印加する照射物を用い、挿入管反応度が負値の場合（図F-6）】

- 1) 低濃縮炉心において選択できる範囲より標準型燃料板の装填ピッチを選択する。
- 2) 燃料集合体、制御棒、挿入管を配置し、臨界調整を行い、照射物未装荷・挿入管健全ケースの過剰反応度を計算し、過剰反応度の制限を満たすことを確認する。
- 3) 照射物未装荷・挿入管破損ケースの過剰反応度を計算し、過剰反応度の制限を満たすことを確認する。また、破損前後の過剰反応度の差として挿入管反応度を求め、制限値内（負値）であることを確認する。
- 4) 照射物装荷・挿入管健全ケースについて、照射物装荷位置を変えながら最大反応度を与える照射位置をサーベイする。
- 5) 照射物装荷・挿入管健全ケースについて、最大反応度を与える照射位置に照射物を装荷した場合の過剰反応度を計算し、過剰反応度の制限を満たすことを確認する。また、照射物未装荷・挿入管健全ケースの過剰反応度との差として照射物反応度を計算し、制限値内（正值）であることを確認する。
- 6) 照射物未装荷・挿入管健全ケースについて、制御棒の反応度を計算し、全反応度が制限を満たすことを確認する。
- 7) 照射物未装荷・挿入管健全ケースについて、最大反応度を持つ制御棒の反応度が「全反応度の1／3以下」であることを確認する。
- 8) 照射物未装荷・挿入管健全ケースについて、反応度添加率が規定値以下であることを確認する。
- 9) 照射物未装荷・挿入管健全ケースについて、ダンプ排水反応度と温度係数が規定値を満足することを確認する。
- 10) 研究所原子炉安全委員会に付議する。

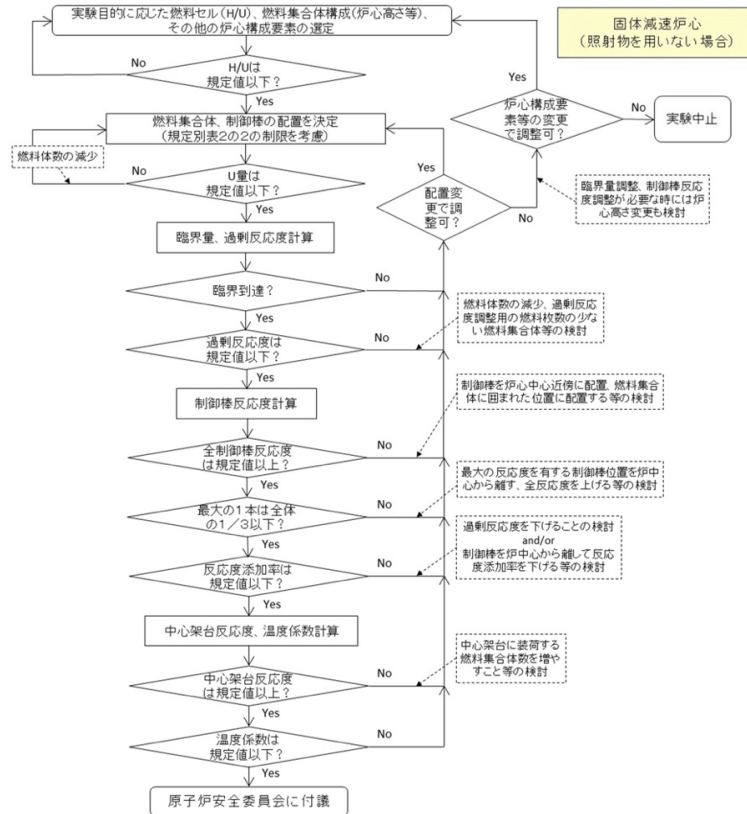
【正の反応度を印加する照射物を用い、挿入管反応度が正值の場合（図F-7）】

- 1) 低濃縮炉心において選択できる範囲より標準型燃料板の装填ピッチを選択する。

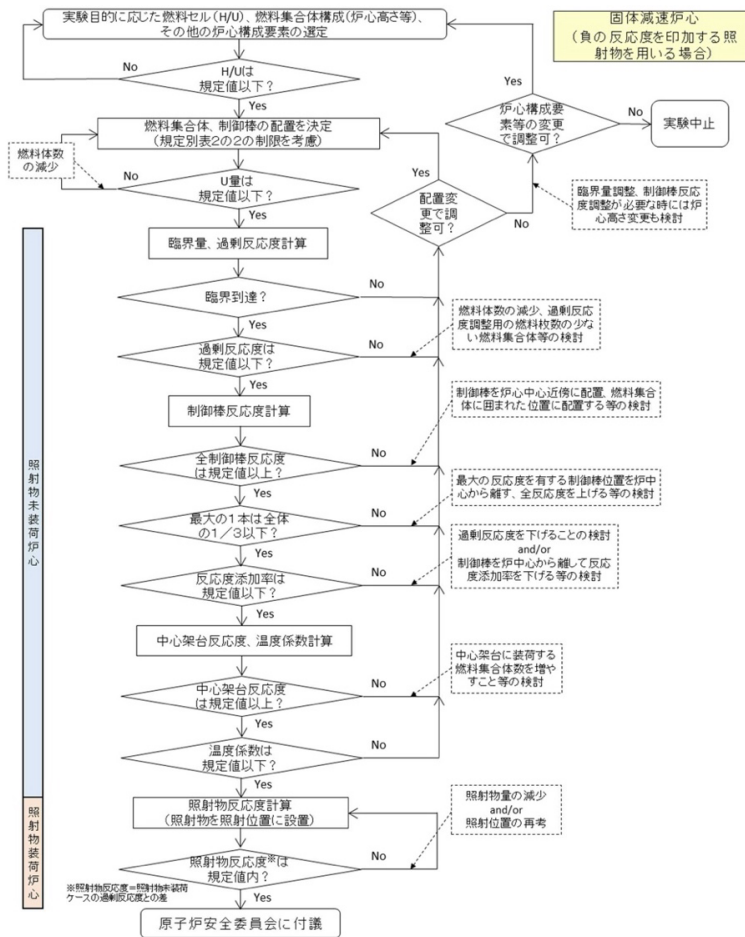
- 2) 燃料集合体、制御棒、挿入管を配置し、臨界調整を行い、照射物未装荷・挿入管健全ケースの過剰反応度を計算し、過剰反応度の制限を満たすことを確認する。
- 3) 照射物未装荷・挿入管破損ケースの過剰反応度を計算し、過剰反応度の制限を満たすことを確認する。また、破損前後の過剰反応度の差として挿入管反応度を求め、制限値内（正值）であることを確認する。
- 4) 照射物装荷・挿入管破損ケースについて、照射物装荷位置を変えながら最大反応度を与える照射位置をサーベイする。
- 5) 照射物装荷・挿入管破損ケースについて、最大反応度を与える照射位置に照射物を装荷した場合の過剰反応度を計算し、過剰反応度の制限を満たすことを確認する。また、照射物未装荷・挿入管破損ケースの過剰反応度との差として照射物反応度を計算し、制限値内（正值）であることを確認する。
- 6) 照射物未装荷・挿入管健全ケースについて、制御棒の反応度を計算し、全反応度が制限を満たすことを確認する。
- 7) 照射物未装荷・挿入管健全ケースについて、最大反応度を持つ制御棒の反応度が「全反応度の1/3以下」であることを確認する。
- 8) 照射物未装荷・挿入管健全ケースについて、反応度添加率が規定値以下であることを確認する。
- 9) 照射物未装荷・挿入管健全ケースについて、ダンブ排水反応度と温度係数が規定値を満足することを確認する。
- 10) 研究所原子炉安全委員会に付議する。



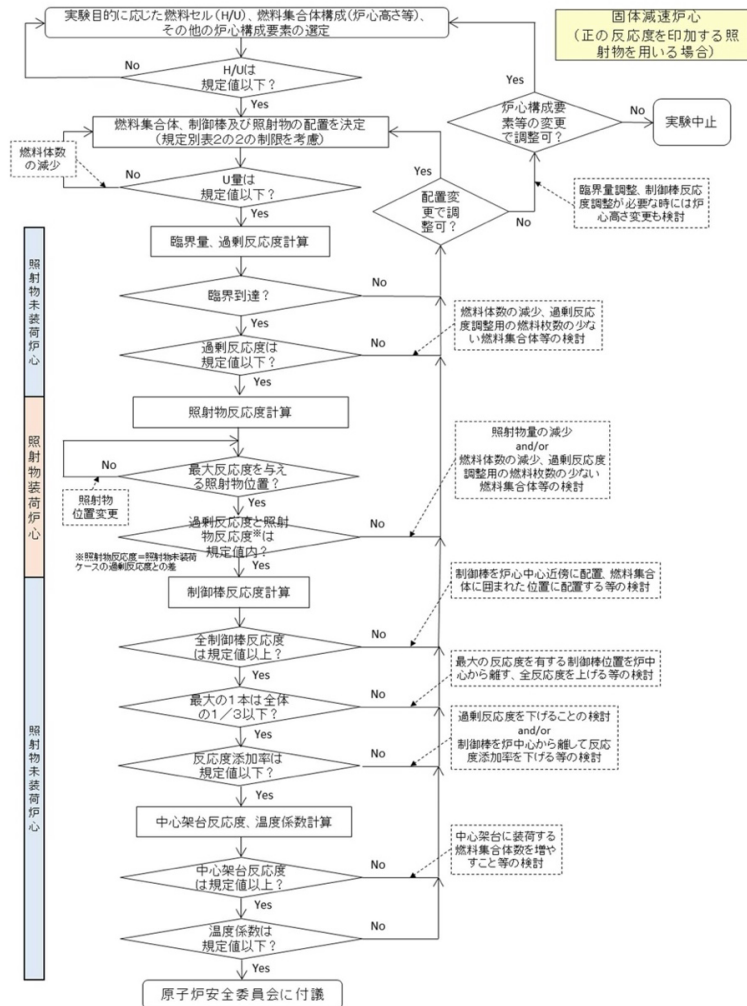
図F-1 炉心配置決定のためのプロセス
(固体減速炉心、照射物を用いない場合)



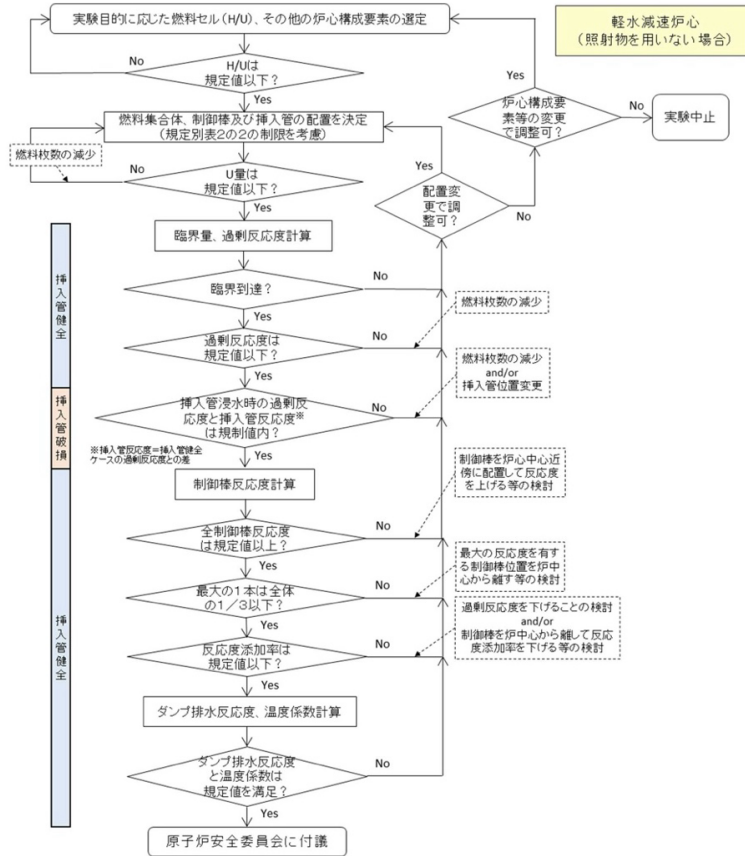
図F-1 炉心配置決定のためのプロセス
(固体減速炉心、照射物を用いない場合)



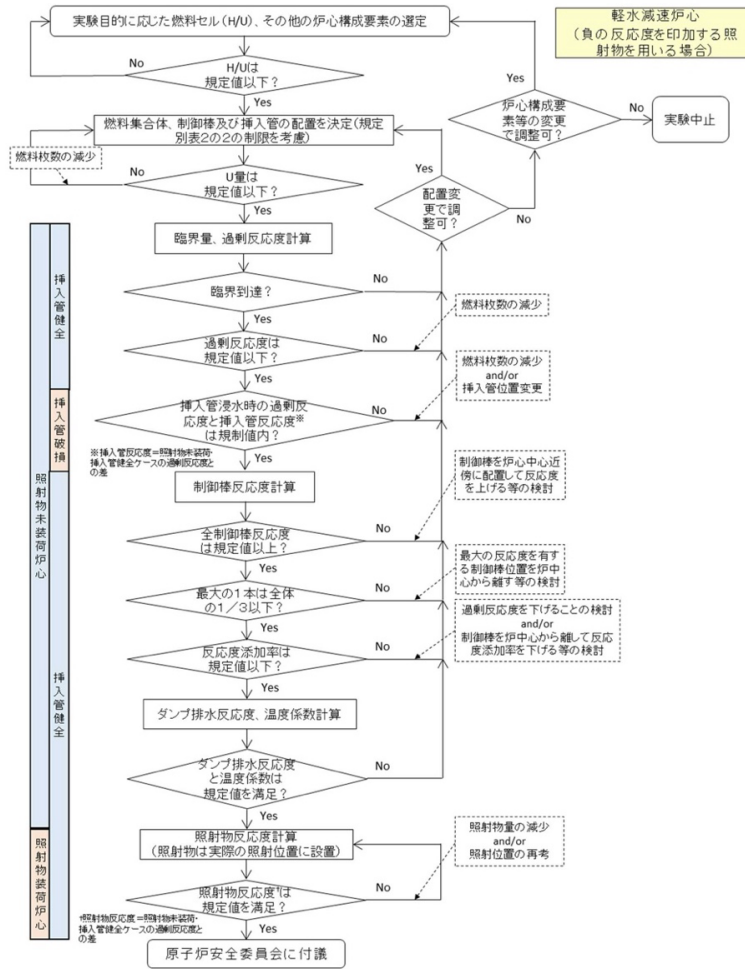
図F-2 炉心配置決定のためのプロセス
(固体減速炉心、負の反応度照射物(例:カドミウム)の場合)



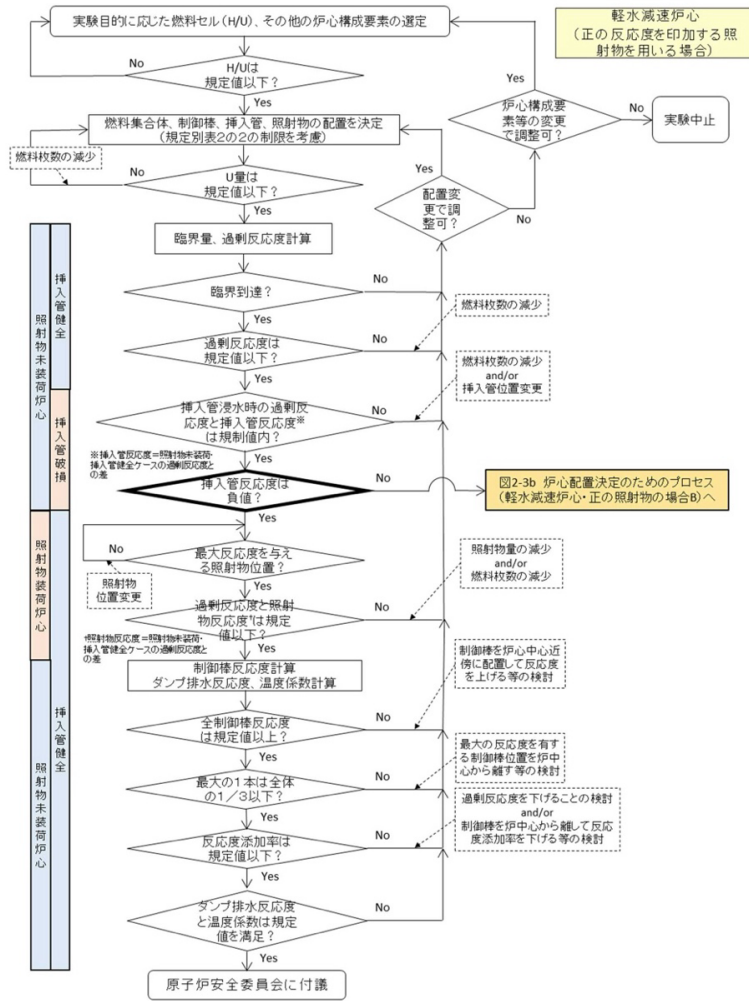
図F-3 炉心配置決定のためのプロセス
(固体減速炉心、正の反応度照射物(例:ウラン箔)の場合)



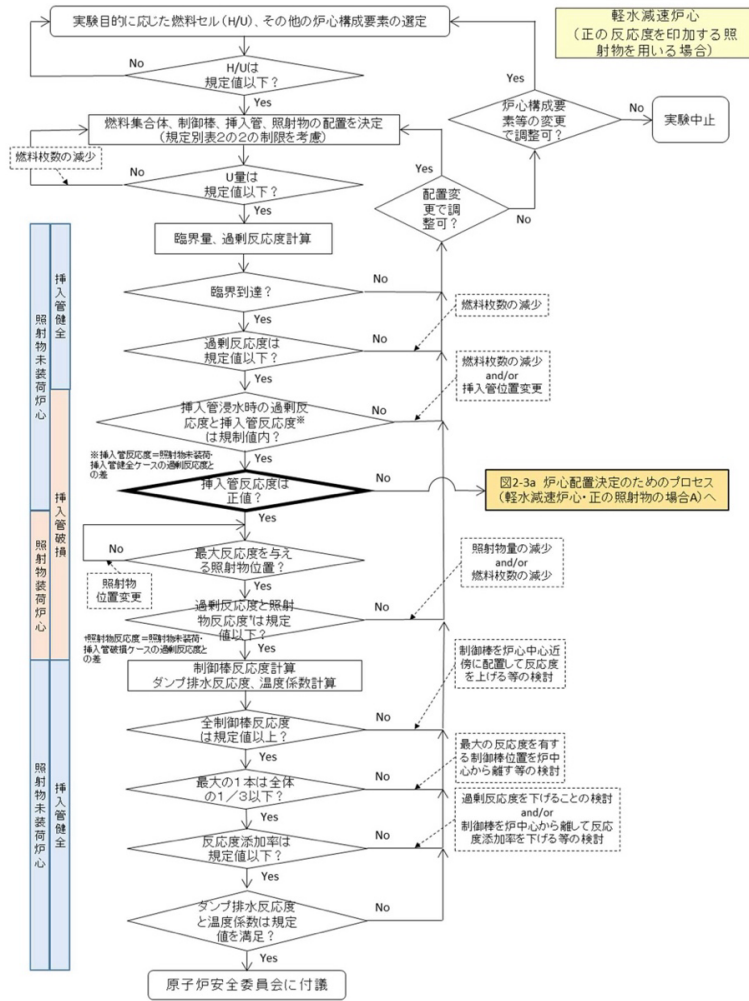
図F-4 炉心配置決定のためのプロセス
(軽水減速炉心、照射物を用いない場合)



図F-5 炉心配置決定のためのプロセス
(軽水減速炉心、負の反応度照射物 (例: カドミウム) の場合)



図F-6 炉心配置決定のためのプロセス
(軽水減速炉心、正の反応度照射物 (例：ウラン箔)・負の挿入管反応度の場合)



図F-7 炉心配置決定のためのプロセス
(軽水減速炉心、正の反応度照射物（例：ウラン箔）・正の挿入管反応度の場合）

135	〃	添付10	制御棒の反応度抑制効果について「装荷物(挿入管、照射物)を使用した炉心について、挿入管の破損や照射物の移動により、正の反応度が追加される場合には、さらにその正の反応度も加えた量とする。」記載を追加しているが、ここで加わると想定している反応度は過剰反応度には含まれないと考えているのか。			再々補正申請において、過剰反応度について異常が発生した場合の追加反応度を加えます。	2/8 審査会合	-
136	〃	添付10	照射物の反応度を最大とするために原子炉の過剰反応度を0%とした説明があったが、照射物を装荷する実験では出力上昇が不可欠である。臨界時に制御棒が部分挿入されている状態は運転範囲であると考えられる必要があるが、制御棒が全引抜きの状態となった時の過剰反応度は正の値となると考えられる。照射時は臨界であることを過剰反応度を0%とする理由について説明すること。			過剰反応度の申請書本文での記載を見直ししました。	2/8 審査会合	-
137	〃	添付10	制御棒の反応度抑制効果について、過剰反応度プラス1%Δk/kに加えて、「炉心装荷を使用した炉心について、一々さらにその正の反応度も加えた」との記載が加えられる。照射物の移動により加わる反応度は過剰反応度に含まれないとする理由			再々補正申請において、過剰反応度について異常が発生した場合の追加反応度を加えます。	2/8 審査会合	-
138	〃	添付10	8-9-5-1 挿入管 照射物の有無にかかわらず、軽水減速炉心での挿入管への水流入の前後の反応度変化は絶対値で0.5%Δk/k以下とするとしているが、照射物のある場合は、照射物の落下等による反応度追加を考慮する必要があるのではないのか			照射物と挿入管の両方の影響を含めて絶対値を規定するように変更します。	2/8 審査会合	-
139	〃	添付10	炉心決定のためプロセスをどのように取り扱うのか、その位置付について説明			原子炉施設保安規定の下部規定である原子炉施設保安指示書に入れる予定です。	12/10 ヒアリング資料	-

175	〃	保安規定	<p>次の内容は、保安規定や下部規定において、どのように管理される予定なのかを説明して下さい。</p> <p>①燃料集合体1体を試験時した時の反応度 ②炉心構成時のボードとカラキヤップ ③トリウム貯蔵庫の管理（トリウム燃料の管理は、燃料要素(ウラン燃料)と書き分ける必要はないか。） ④通運解析【ケースB】の運転開始3600秒後の管理</p>			保安規定と下部規定の記事についてはまだ十分に検討しておらず確定したことを言えません。以下の記載は現時点の案です。 ①新規炉心の事前解析項目として下部規定で定める。(中心素子の反応度制限値は保安規定に記載する) ②保安規定に新たに「起動前に炉心がKUCA炉心配置変更計画指図書で指示された状態であることとを確認」の項目を追加する予定であり、その確認方法の補助のために炉心配置ボードに炉心配置をキャップで燃料集合体の目印を付ける。燃料名称の燃料さや管に記載することを下部規定で定める。 ③低濃縮ウラン燃料要素とトリウムの管理方法に大きな違いは無いので、保安規定の同じ条項に記載しても問題ないと考えらる。 ④臨界後1時間を経過した場合の点検について保安規定に新たに記載する。(KURの記載と調整する必要あり)	3/28 ヒアリング資料	保安規定
176	〃	保安規定	<p>保安規定において、臨界実験装置(KUCA)の別表第3が無い理由を説明して下さい</p>			KURでは複数の貯蔵場所があり、それぞれに制限(貯蔵場所の物理的な制限、防護区分による制限)があるため別表第3を記載しているが、KUCAの低濃縮ウラン燃料要素の貯蔵場所は保安規定62条の通り燃料室の燃料貯蔵庫のみであるため別表第3のような各貯蔵場所ごとの記載はしていない。	-	-
177	〃	添付10	<p>添付10の設計基準事故のモンテカルロコードを用いた評価において、ベンチマーク計算の条件を含めたヒストリー数の評価量に対する影響について確認すること。</p>			添付10の設計基準事故の燃料試験炉の解析項目で、反応度と実効増倍率のMCNPによる解析を行う際のヒストリー数の後付を行い、評価量に対する影響について確認した。	3/28 ヒアリング資料	添付10 p186

「各項目」とは運転時の異常から変化、設計基準事故で取り上げる解析項目

原子炉施設保安規定の改定方針案

発番号	項番号	現行の記載	改訂の要否	要求事項	改定案
	1	所長は、臨界装置の1年間の利用計画（以下「年間利用計画」という。）を、毎年度に又は年度毎に、これを周知させるものとする。	否		
	2	臨界装置部長は、前項に定める年間利用計画に基づき、臨界装置の運転計画を立て、臨界装置運用に關しての保安の監査者または技術者以下「臨界装置運用主任技術者」という。）の承認を受けなければならない。	要	・配線の適正化 ・文書に訂正を通知	臨界装置部長は、前項に定める年間利用計画に基づき、臨界装置の運転計画を立て、臨界装置運用に關しての保安の監査者または技術者以下「臨界装置運用主任技術者」という。）の承認を受けなければならない。
	3	前項の運転計画は、次の各号に掲げる事項を記載したKUCA運転計画に基き、(1)至(9)の各号の記載の順序及び運転の停止の時刻に關する事項(2)保安の規制に關する事項(3)臨界装置用燃料要素等の配置に關する事項(4)最終到達出力に關する事項(5)実験の準備に關する事項(6)燃料に必要となる装置等(7)燃料に必要となる装置等(8)訓練に關する事項(9)教育のための制御台操作等に關する事項(10)その他臨界装置運用主任技術者が必要と認める事項臨界装置部長は、第2項の運転計画をたてるに当たっては、臨界装置運用主任技術者及び保安監査者から意見を聴き、かつ、これらに關しては第89条の許可されたものであることを確認し、実行しなければならない。	否		
	4		否		
	5	臨界装置運用主任技術者は、第4項の承認を行うに当たり、別添第2に掲げる炉心配線その他の制限を高たしていることを確認する。	否	別添第2を改定 運轉炉配線装置炉心 0.35%Δk/k 以下 野水減速炉心 0.5%Δk/k 以下 (清潤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とし、温度変化に伴い増加される正の反応度を含める。また、ハイラルオンレータ及び炉心減荷物(照射物及び野水減速炉心での挿入管)を用いる場合には、ハイラルオンレータの配管、照射物の移動、挿入管復原に伴い増加される正の反応度を含める。) 挿入物の反応度 ・野水減速炉心での挿入管 照射物の復原に係わらず水流入前後の反応度変化は、絶対値で0.5%Δk/k 以下 ・照射物 ・野水減速炉心での燃料要素を用いる炉心において、照射物を取り付け直前の反応度変化は、絶対値で0.35%Δk/k 以下 野水減速炉心では絶対値で0.5%Δk/k 以下 (より詳しい説明は保安規定の保安指示書?)	

59
(運転の計画)

2022年2月16日
京大 KUCA ヒアリング資料

京都大学臨界実験装置 (KUCA)
設置変更承認申請について

【燃料誤装荷の解析について】

京都大学複合原子力科学研究所

補足 C

保安規定での中心架台の反応度の関する記載の追加

原子炉施設保安規定の別表第2の2（「臨界装置に関する炉心配置その他の制限」）に以下のような記載を追加する。

「正の過剰反応度を持つ固体減速炉心で、全ての制御棒のうち半数が上限、残り半数が下限、中心架台が下限の状態において、その炉心を構成する燃料集合体のうち任意の1体を炉心の任意の位置に追加で装荷した場合であっても未臨界状態となること。」

2. 保安規定への反映状況について

2. 1. 燃料集合体 1 体を誤装荷した時の反応度について

本件は、設置変更の審査の中で保安規定あるいは保安指示書に反映させるべきこととして議論となった論点の 1 つである。資料 6-15 ページの【論点管理表】【質問管理表】抜粋の 175 番目の質問のうち「①燃料集合体 1 体を誤装荷した時の反応度」については、保安規定にて反映させる予定である旨の回答をしている。

これについては、2022 年 2 月 16 日ヒアリング資料【燃料誤装荷の解析について】（資料 6-19 ページ）の補足 C（資料 6-20 ページ）において、「正の過剰反応度をもつ固体減速炉心で、全ての制御棒のうち半数が上限、残り半数が下限、中心架台が下限の状態において、その炉心を構成する燃料集合体のうち任意の 1 体を炉心の任意の位置に追加で装荷した場合であっても未臨界状態となること。」というような記載例も示している。

本保安規定変更申請では、以上のような経緯を踏まえ、別表第 2 の 2 に「低濃縮ウラン炉心において炉心が正の過剰反応度を持つ場合、すべての制御棒のうち半数が上限、残り半数が下限、中心架台が下限の状態において、その炉心を構成する燃料集合体のうち任意の 1 体を炉心の任意の位置に追加で装荷した場合であっても未臨界状態となること。」という記載を追記した。以上より、本件については、本保安規定変更申請において、適切に反映できていると考えている。

2. 2. 炉心構成時のボードとカラーキャップについて

本件は、設置変更の審査の中で保安規定あるいは保安指示書に反映させるべきこととして議論となった論点の 1 つである。資料 6-15 ページの【論点管理表】【質問管理表】抜粋の 175 番目の質問のうち「②炉心構成時のボードとカラーキャップ」については、保安規定にて反映させる予定である旨の回答をしている。

このような経緯を踏まえ、本保安規定変更申請では、第 6 8 条第 3 項に、

その際、当直運転主任は、次の各号に掲げる事項を当直運転員に実施させることにより、燃料集合体の誤装荷を未然に防がなければならない。

- (1) 固体減速架台用燃料集合体さや管表面に燃料名称を記載する。
- (2) 固体減速架台用燃料集合体の上部キャップへのマーキングにより反射体との識別を明確にする。
- (3) 燃料集合体の装荷作業時、指令書に記載された燃料集合体配置を表示した燃料配置ボードを炉心横の足場に設置する。
- (4) 燃料集合体の装荷作業時、装荷作業を行う現場運転員と制御室運転員が連絡を取り合い、指令書と燃料集合体装荷位置の整合性を声に出して相互に確認する。

- (5) 燃料集合体の装荷作業時、他の現場運転員は、燃料配置ボードと燃料集合体装荷位置の整合性の確認を補助する。
- (6) 作業終了後、燃料集合体配置が指令書に記載されたものと一致していることを再度確認する。

という記載を追記した。以上より、本件については、本保安規定変更申請において、適切に反映できていると考えている。

2. 3. トリウム貯蔵庫の管理について

本件は、設置変更の審査の中で保安規定あるいは保安指示書に反映させるべきこととして議論となった論点の1つである。資料6-15ページの【論点管理表】【質問管理表】抜粋の175番目の質問のうち「③トリウム貯蔵庫の管理（トリウム燃料の管理は、燃料要素（ウラン燃料）と書き分ける必要はないか。）」については、「低濃縮ウラン燃料要素とトリウムの管理方法に大きな違いは無いので、保安規定の同じ条項に記載しても問題ないと考え。」と回答をしている。

このような経緯を踏まえ、本保安規定変更申請では、ウランの燃料要素及びトリウムの燃料要素の保管についてはともに第62条第1項に、異常のあるウランの燃料要素及びトリウムの燃料要素の取扱いについてはともに第63条第3項に規定している。以上より、本件については、本保安規定変更申請において、適切に反映できていると考えている。

2. 4. 運転開始3600秒後の管理について

本件は、設置変更の審査の中で保安規定あるいは保安指示書に反映させるべきこととして議論となった論点の1つである。資料6-15ページの【論点管理表】【質問管理表】抜粋の175番目の質問のうち「④過渡解析【ケースB】の運転開始3600秒後の管理」については、「臨界後1時間を経過した場合の点検について保安規定に新たに記載する」予定である旨の回答をしているが、3.2で述べるように、その後の検討において、これは保安指示書にて対応することとした。

3. 保安指示書への反映について

3. 1. 過剰反応度が常に制限値以下となるための手順について

保安規定第59条（運転の計画）を以下に示す。第2項に規定されるとおり、臨界装置部長は、臨界装置の運転計画を建て、臨界装置主任技術者の承認を受けなければならない。また、第5項に規定されるとおり、臨界装置主任技術者は、この承認を行うに当たって、別表第2に掲げる主要な核的制限値及び熱的制限値並びに別表第2の2に掲げる炉心配置その他の制限を満たしていることを確認しなければならない。

（運転の計画）

- 第59条 所長は、臨界装置の1年間の利用計画（以下「年間利用計画」という。）を年毎に又は年度毎にたて、これを周知させるものとする。
- 2 臨界装置部長は、前項に定める年間利用計画に基づき、臨界装置の運転計画をたて、臨界装置に関しての保安の監督をする主任技術者（以下「臨界装置主任技術者」という。）の承認を受けなければならない。
 - 3 前項の運転計画は、次の各号に掲げる事項を記載したKUCA運転計画書により定める。
 - (1) 臨界装置の起動前の点検の開始及び運転の停止の時刻に関する事項
 - (2) 架台の選択に関する事項
 - (3) 臨界装置用燃料要素等の配置に関する事項
 - (4) 最終到達出力に関する事項
 - (5) 実験の種類に関する事項
 - (6) スクラム等の条件及びインターロックの解除に関する事項
 - (7) 特に必要な監視事項
 - (8) 訓練運転に関する事項
 - (9) 教育のための制御台操作等に関する事項
 - (10) その他臨界装置主任技術者が必要と認める事項
 - 4 臨界装置部長は、第2項の運転計画をたてるに当たって、臨界装置を使用する実験にあっては第89条の許可されたものであることを確認しなければならない。
 - 5 臨界装置主任技術者は、第2項の承認を行うに当たり、別表第2に掲げる主要な核的制限値及び熱的制限値並びに別表第2の2に掲げる炉心配置その他の制限を満たしていることを確認する。
 - 6 臨界装置の運転計画の変更手続については、前4項の規定を準用する。ただし、第3項第3号、第6号及び第10号については、臨界装置主任技術者又はその指定した者の承認で変更することができる。

また、現行の保安規定第66条（燃料集合体等の炉心配置変更計画）を以下に示す（なお、本条は、今回の保安規定変更申請において、記載の適正化を行おうとしているが、内容は変わらない）。第1項に記載されるとおり、臨界装置部長は、燃料集合体を炉心に挿入若しくは取出し、又は炉心内でその位置を変更しようとするときは、あらかじめ炉心配置変更計画書を作成し、臨界装置主任技術者の承認を受けなければならない。また、第2項に規定されるとおり、臨界装置主任技術者は、この承認を行うに当たって、過剰反応度等が適切であること等を確認しなければならない。

（燃料集合体等の炉心配置変更計画）

- 第66条 臨界装置部長は、燃料集合体を炉心に挿入若しくは取出し、又は炉心内でその位置を変更しようとするときは、あらかじめKUCA炉心配置変更計画書を作成し、炉心特性を算定したうえで、臨界装置主任技術者の承認を受けなければならない。
- 2 臨界装置主任技術者は、前項の承認を与えるに当たり、過剰反応度、燃料要素等の装荷手順及び臨界点確認の時期が適切であること、その他操作手順上の安全を確認する。
- 3 臨界装置の運転中に、炉心についてKUCA運転計画指令書に記載された実験の範囲内での変更を必要とする場合には、当直運転主任は、臨界装置主任技術者又はその指定した者の承認を得て、これを行うことができる。

さらに、本保安規定変更申請では、別表第2の2に「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、過剰反応度は制限値以下となること。」という記載を追記しようとしている。

本資料の6-3 ページ～6-13 ページに示される【実験物を装荷した炉心の炉心配置決定のためのプロセス】は、保安規定第59条及び第66条に基づいて運転計画あるいは炉心配置変更計画を建てるに当たって、別表第2に掲げる主要な核的制限値及び熱的制限値並びに別表第2の2に掲げる炉心配置その他の制限を踏まえつつ、特に、照射物の固定が外れて移動することにより正の反応度が印加されても、軽水減速炉心において検出器等を設置するために使用する挿入管が破損して水が侵入することにより正の反応度が印加されても、それらに起因して炉心が臨界超過状態に移行して生じた温度上昇により正の反応度フィードバックが印加されても、常に炉心の過剰反応度が制限値以下となるような炉心を選定するための手順を例示したものである。ただし、この手順は、場合分けも複雑であり、非常に煩雑な行程であるため、保安規定ではなく、上記の保安規定2条項を親条項として、保安指示書で定めることが適当と考えている。

なお、本件は、設置変更の審査の中で保安規定あるいは保安指示書に反映させるべきこととして議論となった論点の1つであるが、資料6-14ページの【論点管理表】【質問管理表】抜粋の139番目の質問「炉心決定のためのプロセスをどのように取り扱うのか、その位置付け」に対して、当時から保安指示書に記載する旨の回答をしており、方針の変更はない。

3. 2. 運転開始3600秒後の管理について

設置変更の審査のうち、添付書類十の過渡解析において、大きな反応度が印加されて急峻な出力上昇を示す場合（ケースA）と小さな反応度が印加されて緩やかな出力上昇を示す場合（ケースB）の2種類のケースが議論された。そのうち、後者については、3600秒後になってオペレータが手動スクラムにて運転を停止するという想定を置き、3600秒後までの過渡解析を行った。KUCAの実際の運転において、オペレータが3600秒にわたって出力上昇を検知できず、それを阻止する何らの操作も行わないということは想定しづらいものの、上記の経緯を踏まえ、3600秒以内ごとに出力等の炉心状態を記録することとした。

本件については、当初、資料6-18ページに示されるように、以下に示される保安規定第73条に3600秒以内ごとに出力を記録することを追記する方針であったが、運転中の点検に関することとして、本条の第1項に「炉心状態に関する事項」及び「制御棒及びその駆動装置に関する事項」が既に規定されている。従って、保安規定ではなく、この第73条を親条項とし、保安指示書において両事項に関する点検記録の具体的項目を定め、点検記録の頻度として3600秒を定めることで対応できると考えている。

（運転中の点検）

第73条 当直運転主任は、当直運転員を指揮して、臨界装置の出力が定常状態に到達直後に次の各号に掲げる事項について点検を行わなければならない。

- (1) 炉心状態に関する事項
 - (2) 制御棒及びその駆動装置に関する事項
 - (3) 計測制御系統に関する事項
 - (4) 給排水系統に関する事項（軽水減速架台の運転の場合に限る。）
 - (5) その他臨界装置主任技術者の定める事項
- 2 前項の点検において異常を発見したときは、当直運転主任は、直ちに停止操作を行い、異常の原因を調査するとともに、中央管理室長、臨界装置部長及び臨界装置主任技術者に報告しなければならない。
- 3 前項の報告を受けた臨界装置部長は、臨界装置主任技術者と協議の上、必要な処置を指揮しなければならない。
- 4 第2項の報告を受けた臨界装置部長は、異常の原因が取り除かれたことを確認し、臨界装置主任技術者が臨界装置の起動に支障がないとの判断を下した場合は、臨界装置の運転の継続を指示することができる。

4. 追加の保安規定変更申請の有無について

現行の保安規定第66条(燃料集合体等の炉心配置変更計画、資料6-24 ページ囲い参照)によると、燃料集合体を炉心に挿入若しくは取出し、又は炉心内でその位置を変更しようとするときは、臨界装置部長が「KUCA炉心配置変更計画書」(運転指令書の一部)を作成し、臨界装置主任技術者がこれを承認することとなっている。

現在進行中のKUCAの低濃縮化では、燃料要素が新規に製作されて更新される。その結果、燃料要素当たりのU-235量が変わるため、燃料要素の貯蔵に関する事項(第62条第2項)及び燃料集合体の運搬に関する事項(第68条第2項)の変更が必要となる。一方で、新規の燃料要素の寸法は、(固体減速炉心用燃料要素の厚さは除けば)従前のものと同じであるため、燃料集合体の構成方法、ひいては炉心の構築方法及び運転方法について変更がない。従って、低濃縮ウラン炉心に関する各種の制限値及び制約に基づいて「KUCA炉心配置変更計画書」(運転指令書の一部)が作成でき、必要な炉心特性が適切に算定できれば、あとは、この第66条の規定に基づいて、炉心を構築し、運転を開始することに支障はない。なお、本保安規定変更申請では、低濃縮ウラン炉心に関する各種の制限値及び制約を別表第2と別表第2の2に追記する。また、炉心特性の算定手順は、本資料の3.1で述べたとおり、保安指示書で規定する予定である。

以上より、KUCAにおいて低濃縮ウラン炉心の運転を開始するに当たり、本保安規定変更申請の他に追加で保安規定変更承認申請を行う事項はないと考えているが、今後の炉心性能の確認に係る設工認申請の審査等において、保安規定変更申請が必要になった場合、新規に申請するという適切な対応をしていく。

以上

参考資料

保安指示書の改定案（本資料関連部分のみ）について

1. 過剰反応度が常に制限値以下となるための手順について（追記箇所は赤字、重要な記載下線）

(1) 保安規定第59条に対応する記載

4.2 運転

4.2.2 運転計画及び運転指令

4.2.2.2 KUCA 運転計画書（臨-様式-002（上部））

運転を指示するには、次の方法に従って行わなければならない。なお、「KUCA 運転計画指令書」（臨-様式-002）の記載要領は別に定める。【添付 4.2.1】

- (1) 運転計画書で運転パターン等に必要な事項を定める。
- (2) 炉心操作があるときには「KUCA 炉心配置変更計画指令書」（臨-様式-003）に操作手順内容等を定める。また、燃料の移動を伴う場合には、炉心配置変更計画指令書の添付書類として「KUCA 用燃料記録」（臨-様式-005）を添付する。

保安指示書 4.2.2.2 節では、保安規定第 59 条第 2 項第 3 号の「臨界装置用燃料要素等の配置に関する事項」の具体を「KUCA 炉心配置変更計画指令書」にて定めることが規定されている。「KUCA 炉心配置変更計画指令書」には、固有の文書番号が付与され、「KUCA 運転計画書」に呼び込まれる形で紐付けられる（その他の事項は、「KUCA 運転計画書」に直接記載される）。「KUCA 炉心配置変更計画指令書」の具体的内容については、保安指示書 4.2.2.5 節で規定される。

(2) 保安規定第66条に対応する記載

4.2 運転

4.2.2 運転計画及び運転指令

4.2.2.5 KUCA 炉心配置変更計画指令書（臨-様式-003）

臨界装置部長は炉心操作にあたり、「KUCA 炉心配置変更計画指令書」に必要な事項を記入し、臨界装置主任技術者の承認を得る。臨界装置主任技術者は、承認を与えるに当たり、過剰反応度等の主要な核的及び熱的制限値（保安規定の別表第

2) を満たしていること、炉心配置その他の制限（保安規定の別表第2の2）満たしていること、燃料要素等の装荷手順及び臨界点確認時期が適切であること、その他操作手順上の安全を確認した上で「KUCA 運転計画指令書」（臨-様式-002）に確認済みであることを記入すること。なお、ここでいう過剰反応度とは、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を指し、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、制限値以下とななければならない。臨界装置部長は、この制限を満たす炉心の選定に当たっては、【添付 4.2.9】に示される炉心検討のフローに従うこと。

臨界装置主任技術者が行うこれらの確認にあたり、同様の実験が既に安全に実施されており、主要な核的及び熱的制限値（保安規定の別表第2）に記載された各項目（以下、制限項目）に変更が無い場合には既に実施された実験の実施年月日を記載する。制限項目が有意に変更となる可能性がある場合には、既に実施された類似した条件の実験の実施年月日を記載するとともに、変更となる制限項目の変更後の推定値を「KUCA 運転計画指令書」の「7. その他臨界装置主任技術者が必要と認める事項」の欄に記載する。

なお、ここでいう炉心操作とは、燃料集合体、反射体、制御棒及び検出器等を炉心に挿入若しくは取出し、又は炉心内でその位置を変更することをいう。ただし、検査、確認のために燃料集合体等を一時的に取出し若しくは挿入した場合であって、原子炉の起動を行わず元の配置に戻す場合はこの限りでない。

「KUCA 炉心配置変更計画指令書」（臨-様式-003）の記載要領は別に定める。

【添付 4.2.2】

保安指示書 4.2.2.5 節では、保安規定第66条第1項の規定「臨界装置部長は、燃料集合体を炉心に挿入若しくは取出し、又は炉心内でその位置を変更しようとするときは、あらかじめKUCA炉心配置変更計画書を作成し、炉心特性を算定したうえで、臨界装置主任技術者の承認を受けなければならない」に関する具体的な手続きが規定されている。ここに、過剰反応度に関する定義と制限を追記し、臨界装置部長は検討フローに従って炉心選定を行わねばならないことを追記する（赤字箇所）。なお、炉心検討フローを含む炉心選定手順を記載する【添付 4.2.9】は、本資料の 6-3 ページから 6-13 ページに示される内容をベースに新設する。

2. 運転開始3600秒後の管理について（追記箇所は赤字、重要な記載に下線）

(1) 保安規定第73条に対応する記載

4.2 運転

4.2.4 運転

4.2.4.4 運転中の点検等

4.2.4.4.3 運転中の点検

運転中は、当直運転主任及び当直運転員は臨界または未臨界定常状態到達後、下記の点検を実施して、正常に運転されていることを監視する。

(1) ITV、インターホン等により次の事項を点検する。

1. 炉心状態に関する事項（線形出力計及び対数出力計の指示値並びに炉心温度については、定常状態到達後3600秒ごと）
2. 制御棒及びその駆動装置に関する事項（制御材位置については、定常状態到達後3600秒ごと）
3. その他架台の構成部品に関する事項
4. 実験用設備の状態に関する事項
5. 選択架台の架台室及びその附属設備に関する事項

(2) 核計装盤、制御台を点検し、計測制御設備の各機器が正常に作動していることを確認する。

(3) C架台運転時には、グラフィックモニタ、プロセス盤を点検し、給排水系統が正常に作動していることを確認する。

(4) その他臨界装置主任技術者の定める事項。

保安規定第73条第1項において、運転中の点検に関することとして、「炉心状態に関する事項」及び「制御棒及びその駆動装置に関する事項」が規定されている。保安指示書では、これら点検の具体的事項として、前者については線形出力計及び対数出力計の指示値並びに炉心温度について定常状態到達後3600秒ごとに、後者については制御材位置について定常状態到達後3600秒ごとに点検することを追記し（赤字箇所）、3600秒ごとに制御材位置を記録する様式（既存のもの）に線形出力計及び対数出力計の指示値並びに炉心温度を記入する欄を追加する改訂を行う。

以上