 は核物質防護情報のため非開示

京都大学複合原子力科学研究所の原子炉施設
[京都大学臨界実験装置（KUCA）] の変更に係る
設計及び工事の計画の承認申請書
(KUCA燃料貯蔵棚の更新)

京都大学複合原子力科学研究所
令和6年2月14日

申請からの変更、追加箇所を赤字で示す。

申請の概要

京都大学臨界実験装置(KUCA)で使用されるウラン燃料としては、固体減速炉心用燃料及び軽水減速炉心用燃料があり、それぞれ個別のバードケージと呼ばれる容器に収納され、に保管される。

本申請はに設置する、それぞれのバードケージを保管するための2種類の燃料貯蔵棚（固体減速炉心用燃料貯蔵棚及び軽水減速炉心用燃料貯蔵棚）に係る設計及び工事である。

設計条件

1. KUCAで貯蔵すべき低濃縮ウラン（U-235量で [] 以下）の燃料要素（破損燃料要素も含む。）を収納するバードケージ（固体減速炉心用は []
[]、軽水減速炉心用は []
をすべて貯蔵できるものであること。
2. 燃料貯蔵棚は [] に設置すること。
3. 燃料貯蔵棚は安全上の機能別重要度分類PS-3に該当する。
4. 燃料貯蔵棚は不燃性材料を用いた不燃構造であること。
5. 燃料貯蔵棚は耐震Cクラスを満足すること。
6. 燃料貯蔵棚は地震によりバードケージが落下しない構造とすること。

ボードケースの形状、寸法、最大重量



固体減速炉心用 最大重量

軽水減速炉心用 最大重量

最大重量は燃料重量を含むボードケース全体の重量である。また、最大重量における燃料は、収納可能な最大量（令和5年12月8日付で変更申請中の保安規定で定める予定の1ボードケース当たりの量を超えた量）を想定している。

設計仕様（申請書記載内容）

固体減速炉心用燃料貯蔵棚の仕様

1. 鋼製材（等辺山形鋼）によるフレーム構造（底板及び
バードケージ落下防止付き）
2. 鋼製材の材質：SS400相当
3. アンカーボルト：4本/基、M12、SS400 相当
4. 数量：

軽水減速炉心用燃料貯蔵棚の仕様

1. 鋼製材（等辺山形鋼）によるフレーム構造（底板及び
バードケージ落下防止付き）
2. 鋼製材の材質：SS400相当
3. アンカーボルト：4本/基、M12、SS400 相当
4. 数量：

燃料貯蔵棚鳥瞰図



固体減速炉心用

軽水減速炉心用

の燃料貯蔵棚の設置位置



固体減速炉心用燃料貯蔵棚図 (申請書記載内容)

軽水減速炉心用燃料貯蔵棚図（申請書記載内容）

使用前事業者検査の項目

構造、強度及び漏えいの確認に係る検査

検査項目	検査方法
材料検査	燃料貯蔵棚を固定するアンカーボルトの仕様(M12、SS400相当)及び棚の鋼製材の仕様(鋼製材の規格、材質、SS400相当)を確認する。
寸法検査	8ページ、9ページに示す寸法及びアンカーボルトの埋め込み深さを確認する。
外観検査	燃料貯蔵棚の外観に機能上有害な損傷等がないことを確認する。
員数検査	燃料貯蔵棚の段数、基数を確認する。
据付検査	7ページの <input type="text"/> の所定の位置にアンカーボルトで固定されていることを確認する。 トリウム燃料から1 m以上離れて設置されていることを確認する。

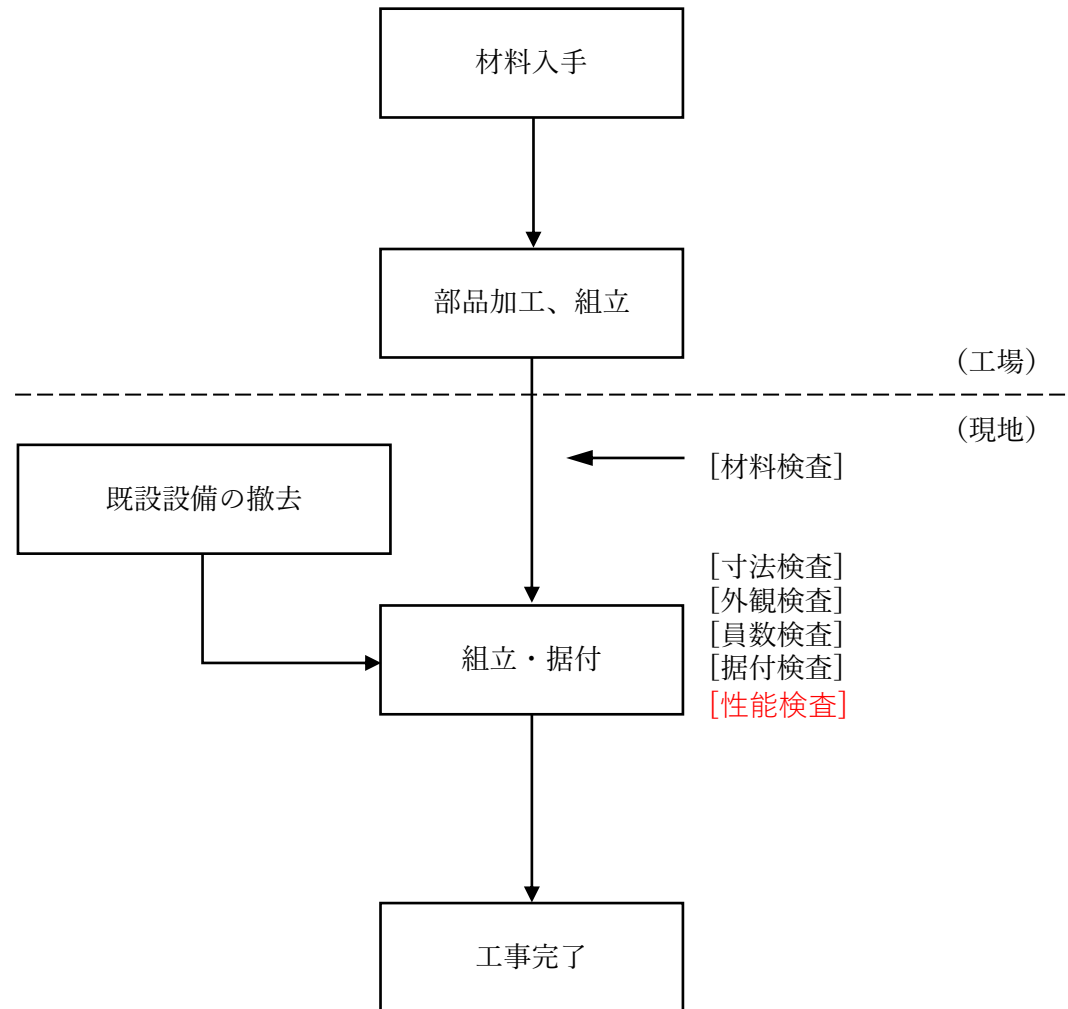
機能及び性能の確認に係る検査

検査項目	検査方法
性能検査	固体減速炉心用バードケージ及び軽水減速炉心用バードケージが各燃料貯蔵棚に収納できることを確認する。

使用前事業者検査の項目

検査項目	検査方法
適合性確認検査	<p>設計変更の生じた構築物について、本申請書の「設計及び工事の方法」に従って行われ、下記の技術基準規則への適合性が確認されていることを、記録等により確認する。</p> <ul style="list-style-type: none">・地震による損傷の防止（第6条）・機能の確認等（第11条）・安全設備（第21条）・核燃料物質貯蔵設備(第26条)
品質マネジメント検査	<p>本申請書の「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」に記載した「品質マネジメント計画書」に従って、工事及び検査に係る保安活動が行われていることを、記録等により確認する。</p>

製作及び工事のフロー図（申請書記載内容）



技術基準との適合性について

第1条、第2条及び第18条は、要求事項を示す条項ではない。

第3条、第4条、及び第43条以降はKUCAには該当しない。

技術基準規則の条項		項・号	説明の必要性	適合性の説明又は適合性が不要の理由
第5条	試験研究用等原子炉施設の地盤	第1項	無	地盤に設置するものに要求される事項のため。
第6条	地震による損傷の防止	第1項	有	以下に示す。
		第2項	該当無	耐震重要施設に要求される事項のため。
		第3項	該当無	耐震重要施設に要求される事項のため。
第7条	津波による損傷の防止	第1項	無	設置変更承認申請のとおり、KUCAは津波による影響を受けないため。
第8条	外部からの衝撃による損傷の防止	第1項	無	想定される自然現象のうち、洪水、風(台風)、竜巻、降水、積雪、落雷、地滑り、火山、森林火災)に対する適合性は原子炉建屋によって満足している。 に設置する燃料貯蔵棚については、適合性は不要。また、凍結や生物学的事象に対する適合性は燃料貯蔵棚には不要。
		第2項	無	人為によるもの(故意によるものを除く。)に対する損傷の防止については設置変更承認申請書に記載のとおり評価しており、燃料貯蔵棚の適合性は不要。
		第3項	無	船舶に設置する施設に要求される事項のため。
		第4項	無	航空機落下は「実用発電原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について」に基づき評価した結果、防護設計の要否を判断する基準を下回るため、設計上の考慮を必要としないことについて設置(変更)承認を受けているため。
第9条	試験研究用等原子炉施設への人の不法な侵入等の防止	第1項	無	燃料貯蔵棚は に設置される設備であり、 を防止している。なお当該設備は燃料貯蔵棚のため不正アクセス行為の防止は不要。
第10条	試験研究用等原子炉施設の機能	第1項	無	原子炉の反応度の制御に関するものに要求される事項のため。
		第2項	無	船舶に設置する施設に要求される事項のため。
第11条	機能の確認等	第1項	有	以下に示す。

有：説明の必要有り 無：説明の必要無し 該当無：該当する設備がKUCAに無い

技術基準との適合性について

技術基準規則の条項		項・号	説明の必要性	適合性の説明又は適合性が不要の理由
第12条	材料及び構造	第1項	無	原子炉施設に属する容器等に要求される事項のため。
		第2項	無	耐圧試験又は漏えい試験が必要なものに要求される事項のため。
		第3項	無	原子炉施設に属する容器に要求される事項のため。
第13条	安全弁等	第1項	無	安全弁等に要求される事項のため。
第14条	逆止め弁	第1項	無	逆止め弁に要求される事項のため。
第15条	放射性物質による汚染の防止	第1項～第5項	無	放射性物質による汚染の防止が必要な施設に要求される事項のため。
第16条	遮蔽等	第1項～第2項	無	遮蔽設備に要求される事項のため。
第17条	換気設備	第1項	無	放射性物質により汚染された空気による放射線障害を防止するための換気設備に要求される事項のため。
第18条	適用		—	
第19条	溢水による損傷の防止	第1項	無	燃料貯蔵棚を設置する <input type="text"/> には溢水の発生源はないため、適合性は不要である。
		第2項	無	燃料貯蔵棚を設置する <input type="text"/> には放射性物質を含む液体を内包する容器又は配管はないため、適合性は不要である。
第20条	安全避難通路等	第1項	無	安全避難通路等に要求される事項のため。
第21条	安全設備	第1項第3号	有	以下に示す。
		第1項第4号イ	有	以下に示す。
		第1項第4号ハ	無	燃料貯蔵棚は安全設備ではなく、また不燃性材料を用いるため該当なし。
		上記以外	無	安全設備に要求される事項のため。
第22条	炉心等	第1項～第3項	無	炉心等に要求される事項のため。
第23条	熱遮蔽材	第1項	該当無	熱遮蔽材に要求される事項のため。
第24条	一次冷却材	第1項	該当無	一次冷却材に要求される事項のため。
第25条	核燃料物質取扱設備	第1項	無	核燃料物質取扱設備に要求される事項のため。

有：説明の必要有り 無：説明の必要無し 該当無：該当する設備がKUCAに無い

技術基準との適合性について

技術基準規則の条項		項・号	説明の必要性	適合性の説明又は適合性が不要の理由
第26条	核燃料物質貯蔵設備	第1項第1号	有	以下に示す。
		第1項第2号	有	
		第1項第3号	無	燃料取扱場所の放射線量を測定できる設備は□に設置されており、燃料貯蔵棚には不要である。また崩壊熱を除去する機能の喪失を検知する必要はない。
		第2項第1号	無	燃料貯蔵棚で貯蔵する燃料要素はアルミニウム合金で被覆されており著しく腐食することはないため該当なし。
		第2項第2号	無	燃料要素は低線量であるため遮蔽の必要はないため該当なし。
		第2項第3号	無	燃料要素の崩壊熱の除去は不要のため該当なし。
		第2項第4号	無	燃料要素は液体中で貯蔵しないため該当なし。
第27条	一次冷却材処理装置	第1項	該当無	一次冷却材処理装置に要求される事項のため。
第28条	冷却設備等	第1項	該当無	冷却設備等に要求される事項のため。
第29条	液位の保持等	第1項～第2項	無	一次冷却材に要求される事項のため。
第30条	計測設備	第1項～第2項	無	計測設備に要求される事項のため。
第31条	放射線管理施設	第1項第1号～第3号	無	放射線管理施設に要求される事項のため。
第32条	安全保護回路	第1項	無	安全保護回路に要求される事項のため。
第33条	反応度制御系統及び原子炉停止系統	第1項～第6項	無	反応度制御系統及び原子炉停止系統に要求される事項のため。

有：説明の必要有り　無：説明の必要無し　該当無：該当する設備がKUCAに無い

技術基準との適合性について

技術基準規則の条項		項・号	説明の必要性	適合性の説明又は適合性が不要の理由
第34条	原子炉制御室等	第1項~第5項	無	原子炉制御室に要求される事項のため。
第35条	廃棄物処理設備	第1項~第2項	無	廃棄物処理設備に要求される事項のため。
第36条	保管廃棄設備	第1項~第3項	無	保管廃棄設備に要求される事項のため。
第37条	原子炉格納施設	第1項	無	原子炉格納施設に要求される事項のため。
第38条	実験設備等	第1項	無	実験設備等に要求される事項のため。
第39条	多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止	第1項	無	多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止に要求される事項のため。
第40条	保安電源設備	第1項~第3項	無	保安電源設備に要求される事項のため。
第41条	警報装置	第1項	無	<input type="checkbox"/> に放射線モニタを設け、放射線量が設定値を超えたときには現場及び制御室で警報を発する警報装置を設けており、燃料貯蔵棚には警報装置を設けていないため。
第42条	通信連絡設備等	第1項~第2項	無	通信連絡設備に要求される事項のため。

有：説明の必要有り　無：説明の必要無し　該当無：該当する設備がKUCAに無い

技術基準との適合性について

(地震による損傷の防止)

第六条

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。

第1項について

燃料貯蔵棚は耐震重要度分類Cクラスに分類し当該分類に応じた耐震設計となっている。

燃料貯蔵棚は耐震重要度に応じて算定したCクラスの静的地震力により発生する応力に対して、**鋼構造許容応力度設計規準(日本建築学会、2019)** 及び**建築設備耐震設計施工指針(日本建築センター、2014年)** の許容応力を超えない設計となっている。

地震によって燃料貯蔵棚からボードケージが落下しないよう、水平方向の移動に対しては落下を防止する板を設けるとともに、回転による落下に対しては燃料貯蔵棚の各区画の高さをボードケージの対角線長さより短くすることでボードケージの回転を防止する構造となっている。

技術基準との適合性について

(機能の確認等)

第十一条 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。

第1項について

燃料貯蔵棚は外観検査により機能が確認でき、また機能維持のための保守又は修理ができる構造となっており、そのためのスペースが確保できる配置となっている。

技術基準との適合性について

(安全設備)

第二十一条 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。

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。

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。

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。

第1項第3号について

燃料貯蔵棚は安全設備ではないが、原子炉施設の通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故において、その間に想定される環境条件（使用中の燃料要素の温度上昇及び収納中の燃料要素からの放射線）に対して影響を受けないよう、鋼材等の材料を用い、機能を発揮することができる設計となっている。

第1項第4号イについて

燃料貯蔵棚は安全設備ではないが、**火災の発生を防止するため**、鋼材等の不燃性の材料を**用いた不燃構造**となっている。

技術基準との適合性について

(核燃料物質貯蔵設備)

第二十六条 核燃料物質貯蔵設備は、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。

- 一 燃料体等が臨界に達するおそれがないこと。
- 二 燃料体等を貯蔵することができる容量を有すること。

第1項第1号について

本申請での当初の計算条件に対して、燃料貯蔵棚近傍のコンクリート壁を計算モデルに追加した。またバードケージが棚から落下した場合も考慮して、バードケージが互いに隣接したうえでさらにトリウム燃料全量をそれに隣接させた場合、および燃料貯蔵棚とトリウム貯蔵庫を実際の設置予定位置に配置した場合についても計算を行った。

1) はじめに

低濃縮ウラン燃料要素は、バードケージに収納して、本申請対象設備である燃料貯蔵棚に貯蔵される。燃料貯蔵棚は本申請対象であるトリウム貯蔵庫とともに、浸水のおそれのない臨界集合体棟の2階に設けられた に設置される。ここでは、燃料貯蔵棚及びトリウム貯蔵庫にそれぞれの燃料が貯蔵された時に臨界に達するおそれのないことを確認する。

2) 燃料貯蔵棚及びトリウム保管庫の配置

燃料貯蔵棚は、固体減速炉心用バードケージ 、軽水減速炉心用バードケージ 分を収納するために、それぞれ 設置し、2基のトリウム貯蔵庫とともに7ページのように配置する。固体減速炉心用バードケージ及び軽水減速炉心用バードケージの構造は4ページ及び参考資料1に示すとおりである。

3) 評価方針

ボードケースは、燃料要素を物理的に収納可能な最大枚数まで収納し、かつ、その状態のボードケースが完全に水没した状態で三次元的に無限に隣接した場合であっても、臨界に達するおそれはない設計となっている。また、燃料貯蔵棚には棚毎に1台ずつボードケースを収納する設計となっており、それぞれのボードケース同士には離隔距離がある。

臨界計算では、のボードケース内部ボックスに低濃縮ウラン燃料要素を最大数収納し燃料貯蔵棚に貯蔵したとして、保守的な条件として、内部ボックスの周囲の空気雰囲気として、湿度0%、50%、100%及び水没の4ケースを考慮した。また、より厳しい条件として、ボードケース同士が接した場合についても想定した。なお、実効増倍率は、MCNP6 (version 1.0) + JENDL-4.0により計算した。

燃料、構造材の原子個数密度及び寸法は、原規規発第2308011号及び原規規発第2308012号にて承認を受けたKUCA固体減速炉心用低濃縮燃料要素の製作及びKUCA軽水減速炉心用低濃縮燃料要素の製作のための設計及び工事の計画の承認申請書に記載した内容と同じであり、参考資料2-1, 2-2, 2-3に示す。

4) バードケージの計算モデル

(1) 軽水減速炉心用バードケージ

- ・ 空気雰囲気（湿度0%、50%、100%）及び体系内をすべて水で満たす。温度は25°Cとする。
- ・ 内部ボックス に燃料要素を最大数 収納
- ・ 外枠は省略
- ・ バードケージを隣接させた場合でも内部ボックス同士の隔離距離は確保されるという条件は維持



軽水減速炉心用のバードケージの計算モデル

(2) 固体減速炉心用バードケージの構造

- ・ 空気雰囲気（湿度0%、50%、100%）及び体系内をすべて水で満たす。温度は25°Cとする。
- ・ 内部ボックス に燃料要素を最大数 収納
- ・ 外枠は省略
- ・ バードケージを隣接させた場合でも内部ボックス同士の隔離距離は確保されるという条件は維持



固体減速炉心用のバードケージの計算モデル

5) 臨界計算モデル

(1)モデル1

燃料貯蔵棚は7ページの配置図のように軽水減速炉心用燃料貯蔵棚 と固体減速炉心用燃料貯蔵棚 を設置し、そこから1m離れた位置にトリウム貯蔵庫を配置するが、すべてのボードケージを燃料棚から取り出して隣接させた最も厳しい場合であっても臨界とならないことを確認しておけば燃料棚の詳細な臨界計算を行わなくても臨界安全上は十分であると考えられる。

そこで軽水減速炉心用ボードケージ を 、固体減速炉心用ボードケージ を を壁面に隣接した床面上に積み上げ、さらに全量のトリウム燃料をボードケージに隣接させたモデルを考える（図1）。壁面はコンクリート製であるため中性子の反射効果により隣接した場合のほうが厳しい条件となる。

解析の条件としては、周囲が空気の場合（湿度0%、50%、100%）、および水没したと仮定して周囲をすべて水とした場合について考える。

評価結果

	実効増倍率
空気 (湿度0%)	0.12529 ± 0.00003
空気 (湿度50%)	0.12531 ± 0.00003
空気 (湿度100%)	0.12537 ± 0.00003
水	0.43785 ± 0.00011

(ヒストリー数は 5×10^7)



すべてのケースにおいて実効増倍率は0.95より十分に小さい値となっており、燃料棚で使用するバードケージはトリウム燃料の影響を考慮しても臨界に達するおそれがない。

(なお周囲が水の場合、水の密度が減少した場合には実効増倍率は低下することを確認している)

図1 臨界計算のモデル図
(モデル1)

(2)モデル 2-1

モデル1の補足としてモデル2-1とモデル2-2を考える。

燃料貯蔵棚等は7ページの配置図のように配置するが、軽水減速炉心用燃料貯蔵棚  と固体減速炉心用燃料貯蔵棚  はできるだけ隣接させたほうが臨界安全上は厳しい条件であると考えられるため図2-1に示すように両燃料棚を壁面に沿ってすべて密着させて横一列に配置し、さらに固体減速炉心用貯蔵棚下部の1m離れた場所の壁面に密着した位置に全量分のトリウム燃料を配置する。各ボードケースはすべて各燃料貯蔵棚の中央部に配置し、燃料貯蔵棚の構造材（炭素鋼）を考慮する。

解析の条件としては、モデル1と同様に周囲が空気の場合（湿度0%、50%、100%）、および水没したと仮定して周囲をすべて水とした場合について考える。

評価結果

	実効増倍率
空気 (湿度0%) ①	0.09083 ± 0.00002
空気 (湿度50%)	0.09085 ± 0.00002
空気 (湿度100%)	0.09086 ± 0.00002
水	0.43387 ± 0.00007

(ヒストリー数は 1×10^8)

いずれのケースも実効増倍率は0.95より十分に小さい値となっており、燃料貯蔵棚はトリウム貯蔵庫の影響を考慮しても臨界に達するおそれがない設計となっている。

(なお①のケースで燃料棚から壁面から離れた場合には実効増倍率は小さくなることを確認している)

図2-1 臨界計算のモデル図
(モデル2-1)

(3)モデル 2-2

燃料貯蔵棚等は7ページの配置図のように配置するので、その配置を図2-2のようにモデル化する。軽水用の□と固体用の□は壁面に密着させ、固体用の□は壁面から少し離す。トリウム貯蔵庫2台は周囲の鉛遮蔽体も考慮したうえで隣接させトリウム燃料と燃料棚の最短距離を1mとする。

評価結果

	実効増倍率
空気 (湿度0%)	0.08953 ± 0.00001 *)
空気 (湿度50%)	0.08956 ± 0.00001 *)
空気 (湿度100%)	0.08958 ± 0.00001 *)
水	0.43354 ± 0.00008 **)

(* ヒストリー数は 4×10^8)

(** ヒストリー数は 1×10^8)

いずれのケースも実効増倍率はモデル2-1より小さな値となっており、モデル2-1が実際の燃料棚の配置に対して保守的なモデルとなっていることを確認した。



図2-2 臨界計算のモデル図
(モデル2-2の水平断面)

第1項第2号について

固体減速炉心用燃料の燃料板は□であり(22京大施環化第23号をもって申請した京都大学複合原子力科学研究所の原子炉施設〔京都大学臨界実験装置(KUCA)〕の変更に係る設計及び工事の計画の承認申請書(KUCA固体減速炉心用低濃縮燃料要素の製作)による。)、ボードケース1台に□まで収納できるので、最低□のボードケースが貯蔵できる必要がある。

軽水減速炉心用燃料の燃料板は□であり(22京大施環化第22号をもって申請した京都大学複合原子力科学研究所の原子炉施設〔京都大学臨界実験装置(KUCA)〕の変更に係る設計及び工事の計画の承認申請書(KUCA軽水減速炉心用低濃縮燃料要素の製作)による。)、ボードケース1台に□まで収納できるので、最低□のボードケースが貯蔵できる必要がある。

さらに破損燃料要素を収納したボードケースが貯蔵できる必要がある。

固体減速炉心用燃料及び軽水減速炉心用燃料の貯蔵棚は、ボードケースをそれぞれ□まで貯蔵できるので必要な容量を有している。

	燃料板枚数	最大収納枚数/台	必要台数	収納可能台数
固体減速炉心用	□			
軽水減速炉心用				

*申請中の保安規定で定める予定の最大枚数

原子炉設置変更承認申請書との整合性

燃料貯蔵棚の設計条件及び設計仕様、設計及び工事の品質管理は、以下に示すとおり原子炉設置変更承認申請書に記載された内容に整合するものである。

原子炉設置変更承認申請書	設工認申請書
<p>ニ. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備 (2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力 核燃料物質の貯蔵施設として を設け、その中に燃料貯蔵棚を設ける。 ウランの燃料要素はバードケージに入れて燃料貯蔵棚に納める。固体減速炉心用のウランの燃料要素は、バードケージあたりU-235量にして 以下を入れる。また、軽水減速炉心用のウランの燃料要素は、バードケージあたりU-235量にして 以下を入れる。 全体としての燃料貯蔵棚の貯蔵量は、U-235量にして までである。 そのうち、高濃縮ウランの燃料要素については、U-235量にして 未満である。トリウムの燃料要素は、トリウム貯蔵庫に収める。 にトリウムは、441kgまで貯蔵できる。 固体減速炉心用燃料要素と軽水減速炉心用燃料要素は同じバードケージには収納しない。また、濃縮度が異なるウランの燃料要素は同じバードケージには収納しない。</p>	<p>3.2 設計条件 (2) 燃料貯蔵棚は に設置すること。</p> <p>(1) KUCAで貯蔵すべき低濃縮ウラン（U-235量で 以下）の燃料要素（破損燃料要素も含む。）を収納するバードケージ（固体減速炉心用は 、軽水減速炉心用は ）をすべて貯蔵できるものであること。 （以下3.2設計条件(1)と記載）</p>

原子炉設置変更承認申請書

設工認申請書

燃料貯蔵棚及びトリウム貯蔵庫は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する設計とする。ウランの燃料要素はボードケースに収納して保管し、ボードケースにはウランの燃料要素の種類ごとに収納可能な枚数を定め、かつ、反射材、減速材及びトリウム貯蔵庫と隔離して貯蔵することで、未臨界を確実に担保するものとする。

また、**ボードケースを納める燃料貯蔵棚は、ボードケースごとに十分な隔離距離を設け、想定されるいかなる場合においても臨界に達するおそれのない配置とする。**

なお、ボードケースは、物理的に収納可能な最大枚数まで燃料要素を収納したとしても、臨界に達するおそれはない設計とする。トリウム貯蔵庫は、不燃性材料を用いるとともに、物理的に収納可能な最大枚数まで燃料要素を収納したとしても、臨界に達するおそれはない設計とする。

また、トリウム貯蔵庫は、内部に収めた燃料要素からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するよう設計する。

に複数台の放射線モニタを設け、放射線量が設定値を超えたときには現場及び制御室で警報を発する設計とする。

3.2設計条件(1)

3.3 設計仕様

(1)固体減速炉心用燃料貯蔵棚の仕様

4)数量：

(2)軽水減速炉心用燃料貯蔵棚の仕様

4)数量：

(以下3.3設計仕様(1),(2)と記載)

3.2設計条件(1)

原子炉設置変更承認申請書	設工認申請書
<p>第8-1-2 表 本原子炉施設の構築物、系統及び機器の安全上の機能別重要度分類 (PS) PS-3：燃料貯蔵棚</p>	<p>3.2 設計条件 (3)燃料貯蔵棚は安全上の機能別重要度分類PS-3に該当する。</p>
<p>第8-1-4 表 本原子炉施設の構築物、系統及び機器の耐震重要度分類 Cクラス：燃料貯蔵棚</p>	<p>3.2 設計条件 (5)燃料貯蔵棚は耐震Cクラスを満足すること。</p>
<p>8-3-2 核燃料物質貯蔵施設の構造及び貯蔵能力 [] に [] の棚をもつ燃料貯蔵棚を設け、バードケージに収納したウランの燃料要素を貯蔵する。固体減速炉心用のウランの燃料要素（角板）は、 [] [] の1 バードケージ/1 ユニット方式で、U-235 量にして [] 以下を入れる。軽水減速炉心用のウランの燃料要素は、 [] の1 バードケージ/2 ユニット方式で、U-235 量にして [] 以下を入れる。軽水減速炉心用のウランの燃料要素は、 [] [] の1 バードケージ/2 ユニット方式で、U-235 量にして [] 以下を入れる。</p>	<p>3.2 設計条件 (2)燃料貯蔵棚は [] に設置すること。 3.3設計仕様(1),(2)</p>

原子炉設置変更承認申請書

設工認申請書

これは、TID-7016³⁾のTable 6 に示されている輸送用ボードケースのU-235 の密度の未臨界限度の [] に相当し、モンテカルロ計算コードMCNP⁵⁾による解析によっても、臨界に達するおそれはないことを確認している。**燃料貯蔵棚には、全体としての燃料貯蔵棚の貯蔵量は、U-235 量にして [] までである。**そのうち、高濃縮ウランの燃料要素については、U-235 量にして [] 未満である。トリウムの燃料要素は、トリウム貯蔵庫に貯蔵する。 [] にトリウムは441kg まで貯蔵できる。

また、**燃料貯蔵棚及びトリウム貯蔵庫は、炉心から全ての燃料要素を取出し、貯蔵したとしても、十分に余裕のある容量を有するものとする。**

ボードケースは、物理的に収納可能な最大枚数までウランの燃料要素を収納し、かつ、その状態のボードケースが完全に水没した状態で無限に隣接、又はトリウム貯蔵庫に隣接しても臨界に達するおそれはない構造とする。ボードケースは、作業員が手で、又はフォークリフトで操作する。トリウム貯蔵庫は、物理的に収納可能な最大量までトリウムの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構造とする。

3.2設計条件(1)

3.2設計条件(1)

3.3 設計仕様(1),(2)

原子炉設置変更承認申請書	設工認申請書
<p>なお、本原子炉施設は低出力の炉であり、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。このため、崩壊熱の除去及び燃料の冷却は、考慮しない。また、作業中の放射線に対する遮蔽については、作業状況に応じて適宜、鉛エプロンを着用する、あるいは仮設遮蔽を設けることで対応するものとする。ウランの燃料要素は、ボードケースに収納して保管する。ボードケースは、燃料要素収納部の周りに枠が取り付けられており、ボードケース同士を隣接させた場合であっても、燃料要素収納部間に十分な隔離距離がとれる構造となっている。ボードケースには、ウランの燃料要素の種類毎に収納可能な枚数を定め、かつ、反射材、減速材及びトリウム貯蔵庫と隔離して貯蔵することで、実効増倍率$k_{\text{eff}} = 0.95$未満の未臨界を確実に担保するものとする。また、ボードケースを納める燃料棚は、ボードケース毎に十分な隔離距離を設け、臨界に達するおそれのない配置とする。</p> <p>固体減速炉心用燃料要素と軽水炉心用燃料要素は、同じボードケースに収納しないこととする。また、濃縮度が異なるウランの燃料要素は、同じボードケースに収納しないこととする。</p>	<p>3.2 設計条件(1)</p>

原子炉設置変更承認申請書	設工認申請書
<p>トリウム貯蔵庫は、不燃性の材料を用いるとともに、内部に納めた燃料要素からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するよう設計する。また、トリウム貯蔵庫は、その健全性及び能力を確認するため、試験研究用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。</p>	
<p>9-2-6 核燃料物質貯蔵施設の構造及び貯蔵能力 ウランの燃料要素の破損が検出された場合には、密封し、 のバードケージに保管する。トリウムの燃料要素の破損が検出された場合には、密封し、のトリウム貯蔵庫に保管する。</p>	<p>3.2 設計条件 (1)KUCAで貯蔵すべき低濃縮ウラン（U-235量で以下）の燃料要素（破損燃料要素も含む。）を収納するバードケージ（固体減速炉心用は 、軽水減速炉心用は ）をすべて貯蔵できるものであること。</p>
<p>9. 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 （以下略）</p>	<p>品質マネジメント計画書 （以下略）</p>

参考資料 1

1) 固体減速炉心用バードケージの構造

- 内部ボックス に燃料要素を収納
- により、バードケージを隣接させた場合でも内部ボックス同士の隔離距離を確保できる。
- 内部ボックスに物理的に収納可能な燃料要素枚数は であるが、保安規定にて に制限する予定である。

2) 軽水減速炉心用バードケージの構造

- 内部ボックス に燃料要素を収納
- により、バードケージを隣接させた場合でも内部ボックス同士の隔離距離を確保できる。
- 内部ボックスに物理的に収納可能な燃料要素枚数は であるが、保安規定にて に制限する予定である。

燃料要素の形状、寸法



固体減速炉心用



軽水減速炉心用

固体減速炉心用燃料



軽水減速炉心用燃料



軽水減速炉心用被覆材

	原子個数密($\times 10^{24}[1/cm^3]$)
Al-27	6.0217E-02

固体減速炉心用被覆材

	原子個数密($\times 10^{24}[1/cm^3]$)
Al-27	6.00385E-02

トリウム燃料

	原子個数密($\times 10^{24}[1/cm^3]$)
Th-232	3.0365E-02

原子個数密度

コンクリート

	原子個数密($\times 10^{24}[1/\text{cm}^3]$)
H	1.299E-02
C	1.082E-04
O	4.305E-02
Mg	1.161E-04
Al	1.632E-03
Si	1.588E-02
Ca	1.409E-03
Fe	3.235E-04

出典：「放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル 2007」
 (原子力安全技術センター)