

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)  
(KUCA 固体減速炉心用低濃縮燃料要素の製作)

まとめ資料

京都大学複合原子力科学研究所

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)

京都大学複合原子力科学研究所

2022年6月24日

# 申請の概要

臨界実験装置(KUCA)原子炉本体の燃料体の燃料材の種類には、固体減速炉心用と軽水減速炉心用がある。

本申請による申請範囲は、原子炉本体を構成する燃料体のうち、軽水減速炉心に装荷する**軽水減速炉心用の低濃縮ウラン標準型燃料板**(以下、「燃料要素」と記す。)の製作について申請するものである。

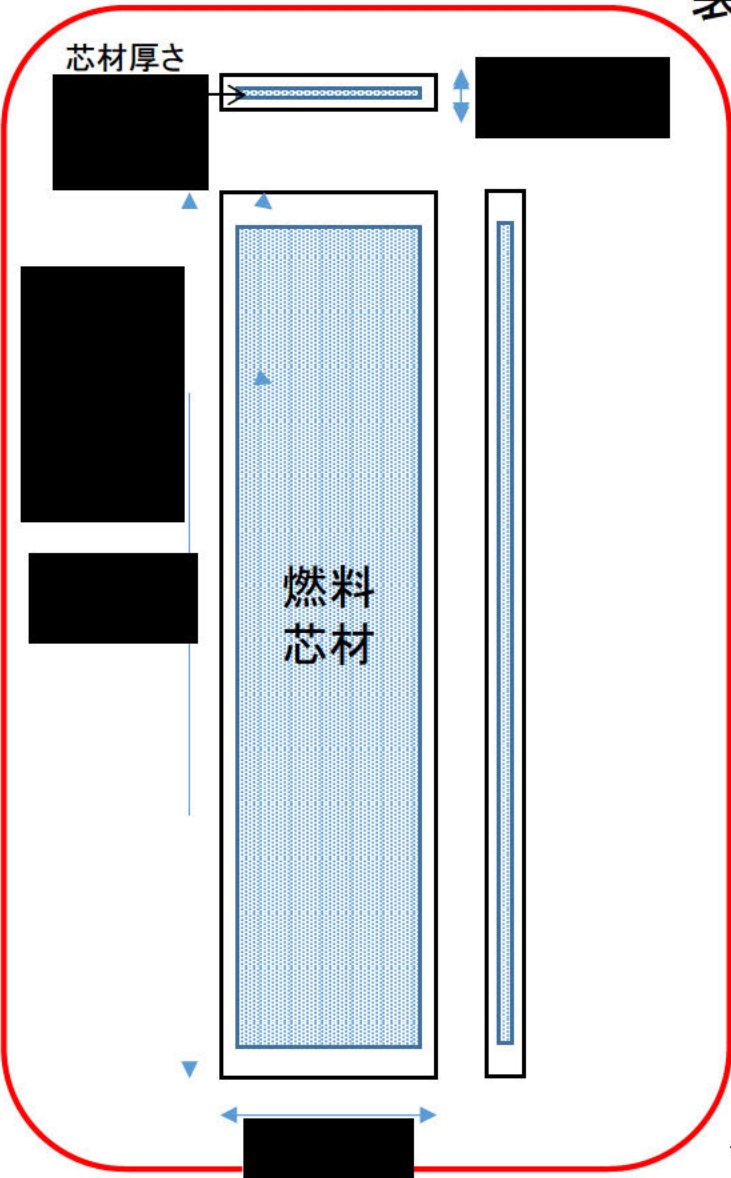


原子炉設置変更承認申請において、軽水減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の仕様はすでに承認済み

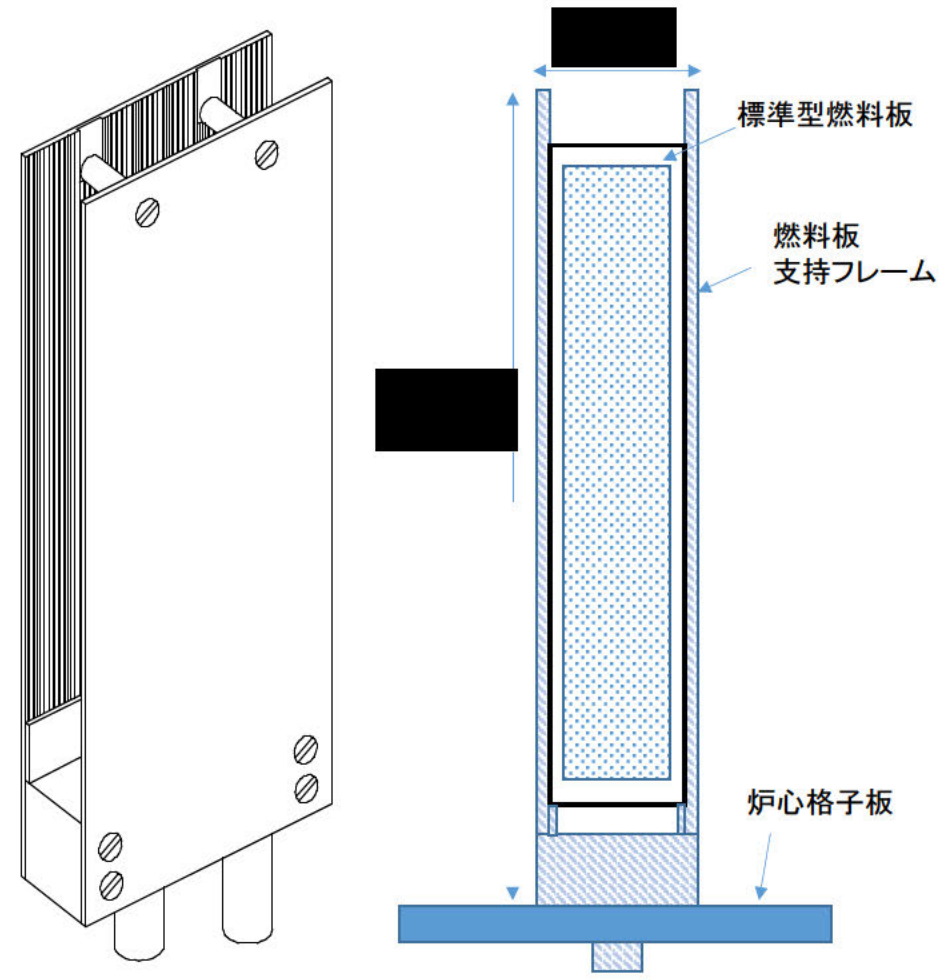
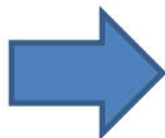
設工認申請においては

- ① 原子炉設置変更承認申請における軽水減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の記載と整合しているかどうかを確認する。
- ② 技術基準規則との適合性を確認する。

# 製作する燃料要素



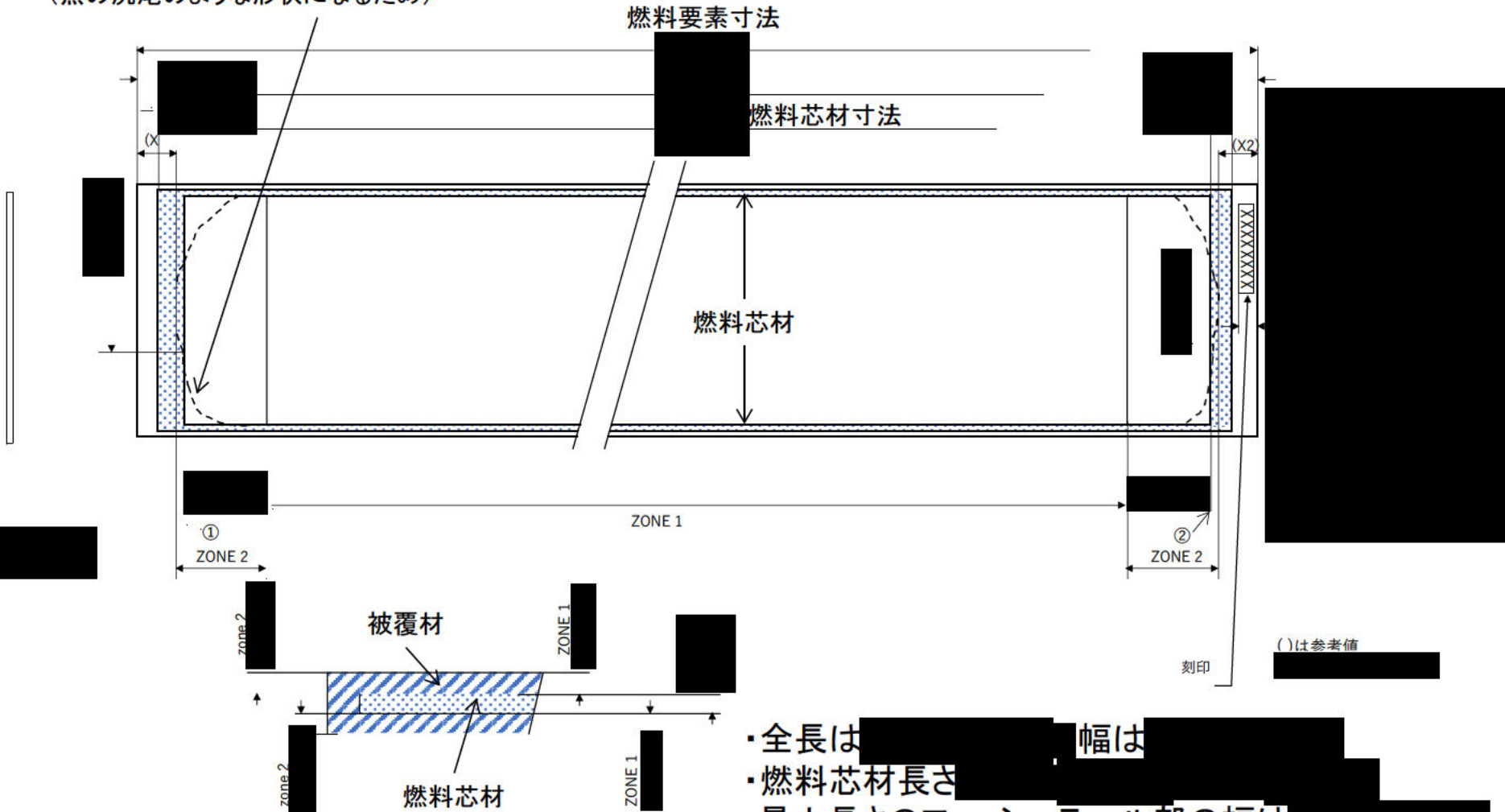
燃料要素の概略図



今回の設工認で製作する燃料要素  
これを右図のフレームに挿入して使用する

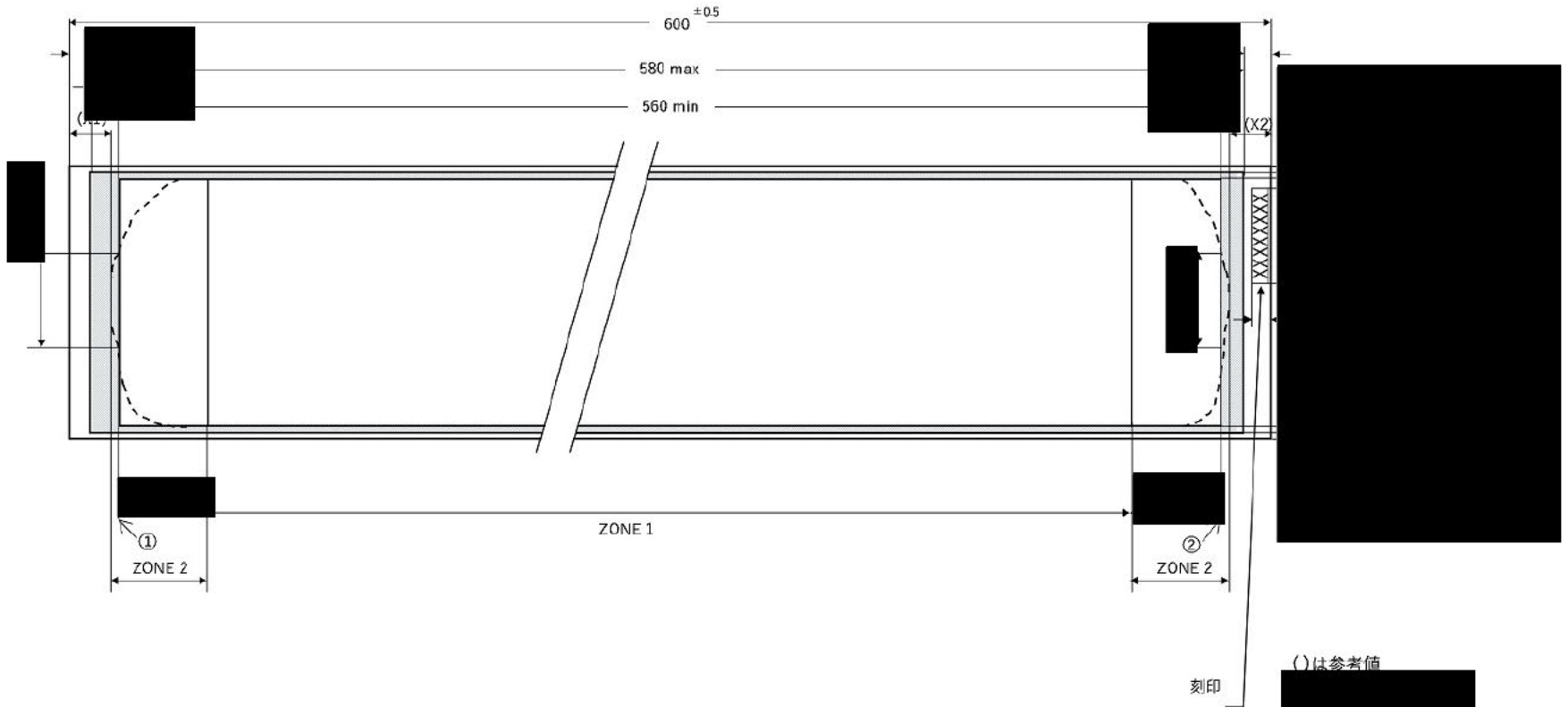
# 製作する燃料要素の図面

フィッシュテール: 圧延で延ばされた燃料芯材の端  
(魚の尻尾のような形状になるため)



- ・全長は [redacted] 幅は [redacted]
- ・燃料芯材長さ [redacted]  
最小長さのフィッシュテール部の幅は [redacted]
- ・燃料芯材幅は [redacted]

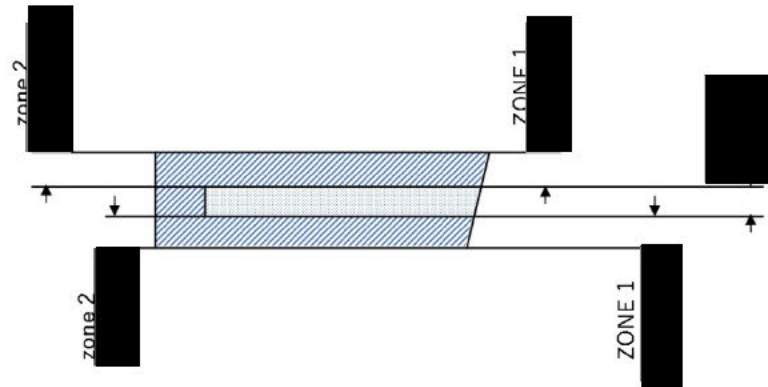
# 製作する燃料要素の図面



燃料芯材の両端からの長さX1とX2:

最小長さとなる両端を①と②とし、そこからを考え、燃料芯材の端からその線までをZone2と定義(両端とも)。両端のZone2に挟まれた部分をZone1とする。

# 製作する燃料要素の図面



圧延で延ばされた燃料芯材の端: Zone2では、  
ドッグボーンの影響により

被覆材の局所的な厚みは [REDACTED]  
Zone1の局所的な厚みは [REDACTED]

とする。

ドッグボーン: 圧延で延ばされた燃料芯材の端  
(犬の骨のような形状になるため)



# 原子炉設置変更承認申請における 軽水減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の記載

本文

5. 試験研究用等原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

ハ.原子炉本体の構造及び設備

(2)燃料体

( i )燃料材の種類

軽水減速炉心用

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)

(ウランシリサイドの主成分は $U_3Si_2$ とし、ウランを約 [ ] の割合でアルミニウム中に分散させたものとする)

濃縮度 約 [ ]

( ii )被覆材の種類

軽水減速炉心用

ウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料材については耐食性アルミニウム

( iii )燃料要素の構造

軽水減速炉心用

低濃縮ウラン

a.標準型燃料板

[ ] (被覆を含む)(この内に含まれるU-235量は約 [ ] である。)

設工認申請書での記載項目

3.1.2 燃料要素

(1) 燃料材の種類

3.2.1 燃料材の仕様

(1) アルミニウム粉末

(2)ウランシリサイド粉末

(3) ウランシリサイドコンパクト

3.2.3 燃料要素の仕様

(2) ウラン密度

3.1.2 燃料要素

(2) 被覆材の種類

3.2.2 被覆材の仕様

3.1.2 燃料要素

(3) 燃料要素の構造

3.2.3 燃料要素の仕様

1) 寸法

1) 燃料要素寸法(被覆を含む)



# 原子炉設置変更承認申請における 軽水減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の記載

添付書類八

8-2 原子炉本体の構造及び設備

8-2-1 炉心

8-2-1-2 燃料体の最大挿入量

8-2-1-2-2低濃縮ウラン炉心

(2)軽水減速炉心

濃縮ウラン(濃縮度約[REDACTED]) [REDACTED](U-235量)



3.1.1 炉心に関する制限

(1) 炉心への最大挿入量

3.2.3 燃料要素の仕様

(3) 数量

8-2-2燃料体

8-2-2-1 燃料材の種類

8-2-2-1-2低濃縮ウラン炉心

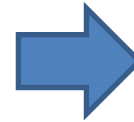
軽水減速炉心用

ウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料材( $U_3Si_2-Al$ )

(標準型燃料板)

(ウランシリサイドの主成分は $U_3Si_2$ とし、ウランを約[REDACTED]の割合でアルミニウム中に分散させたものとする)

濃縮度 約[REDACTED]



3.1.2 燃料要素

(1) 燃料材の種類

3.2.1 燃料材の仕様

(1) アルミニウム粉末

(2)ウランシリサイド粉末

(3) ウランシリサイドコンパクト

3.2.3 燃料要素の仕様

(2) ウラン密度

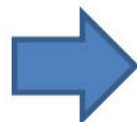
# 原子炉設置変更承認申請における 軽水減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の記載

## 8-2-2-2被覆材の種類

### 8-2-2-2-2低濃縮ウラン炉心

#### 軽水減速炉心用

濃縮度約 [REDACTED] 耐食性アルミニウム(厚さ約 [REDACTED])



3.2.2 被覆材の仕様

3.2.3. 燃料要素の仕様

(1)寸法

3) 被覆材厚さ

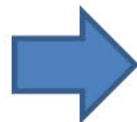
## 8-2-2-3 燃料要素の構造

### 8-2-2-3-2低濃縮ウラン炉心

#### (2)軽水減速炉心用

約 [REDACTED] 濃縮ウラン燃料(標準型燃料板)

燃料要素の芯材は、ウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料で、被覆材は耐食性アルミニウムであり、十分な機械的強度を有するとともに、核分裂生成物の封じ込めにも十分な能力を有している。



3.2.1 燃料材の仕様

(3) ウランシリサイドコンパクト

3.2.3 燃料要素の仕様

(2) ウラン密度

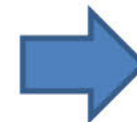
3.1.2. 燃料要素

(2) 被覆材の種類

3.2.2 被覆材の仕様

## 標準型燃料板

[REDACTED] (これは被覆を含む大きさで、  
芯材部の寸法は [REDACTED] である。  
この内に含まれるU-235量は、約 [REDACTED] である。)



3.2.1 燃料要素の仕様

(3) ウランシリサイドコンパクト

3.2.3 燃料要素の仕様

(1)寸法

1)燃料要素寸法(被覆を含む)

2)燃料芯材

## 設計条件(申請書記載内容)

### 3.1.1 炉心に関する制限

#### (1)炉心への最大挿入量

濃縮ウラン(濃縮度約[REDACTED]) [REDACTED] (U-235量)

### 3.1.2 燃料要素

#### (1)燃料材の種類

ウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料

(ウランシリサイドの主成分は $U_3Si_2$ とし、ウランを約[REDACTED]の割合でアルミニウム中に分散させたものとする)

濃縮度 約[REDACTED]

#### (2)被覆材の種類

耐食性アルミニウム

#### (3)燃料要素の構造

[REDACTED] (被覆を含む)

(この内に含まれるU-235量は約[REDACTED]である。)

上記燃料要素を外形寸法が[REDACTED]の標準型燃料板支持フレームの溝にはめ込む。

# 設計仕様(申請書記載内容)

## 燃料材の仕様

- (1) アルミニウム粉末  
アルミニウム合金 ■■■■■
- (2) ウランシリサイド粉末  
濃縮度は■■■■■  
Si濃度は7.5 +0.4/-0.1 wt%
- (3) ウランシリサイドコンパクト  
U-235量は■■■■■

## 被覆材の仕様

アルミニウム合金 ■■■■■

# 設計仕様(申請書記載内容)

## 燃料要素の仕様

### (1) 寸法

#### 1) 燃料要素寸法(被覆を含む)

[Redacted]

#### 2) 燃料芯材

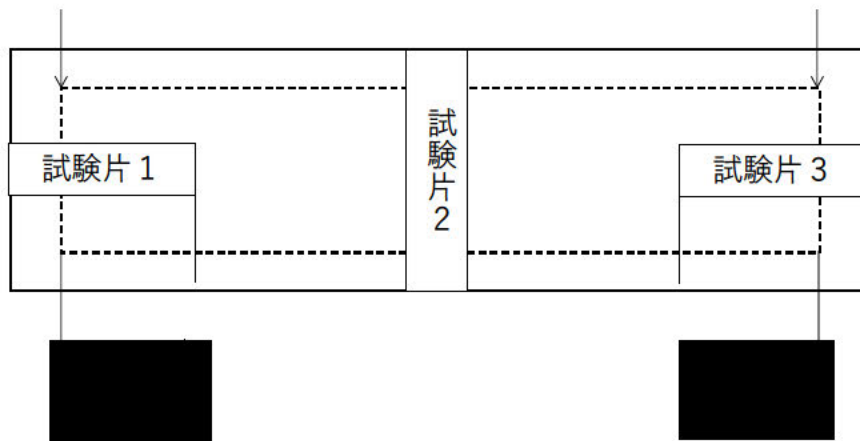
[Redacted]

#### 3) 被覆材厚さ

製造バッチ毎に燃料要素1枚を任意に選び、その燃料要素から下図に示すように、3つの試験片を切り出す。3つの試験片の平均被覆材厚さは [Redacted] とする。局所的最小厚さは試験片1と3で [Redacted]、試験片2で [Redacted] とする。

図-1の①線

図-1の②線

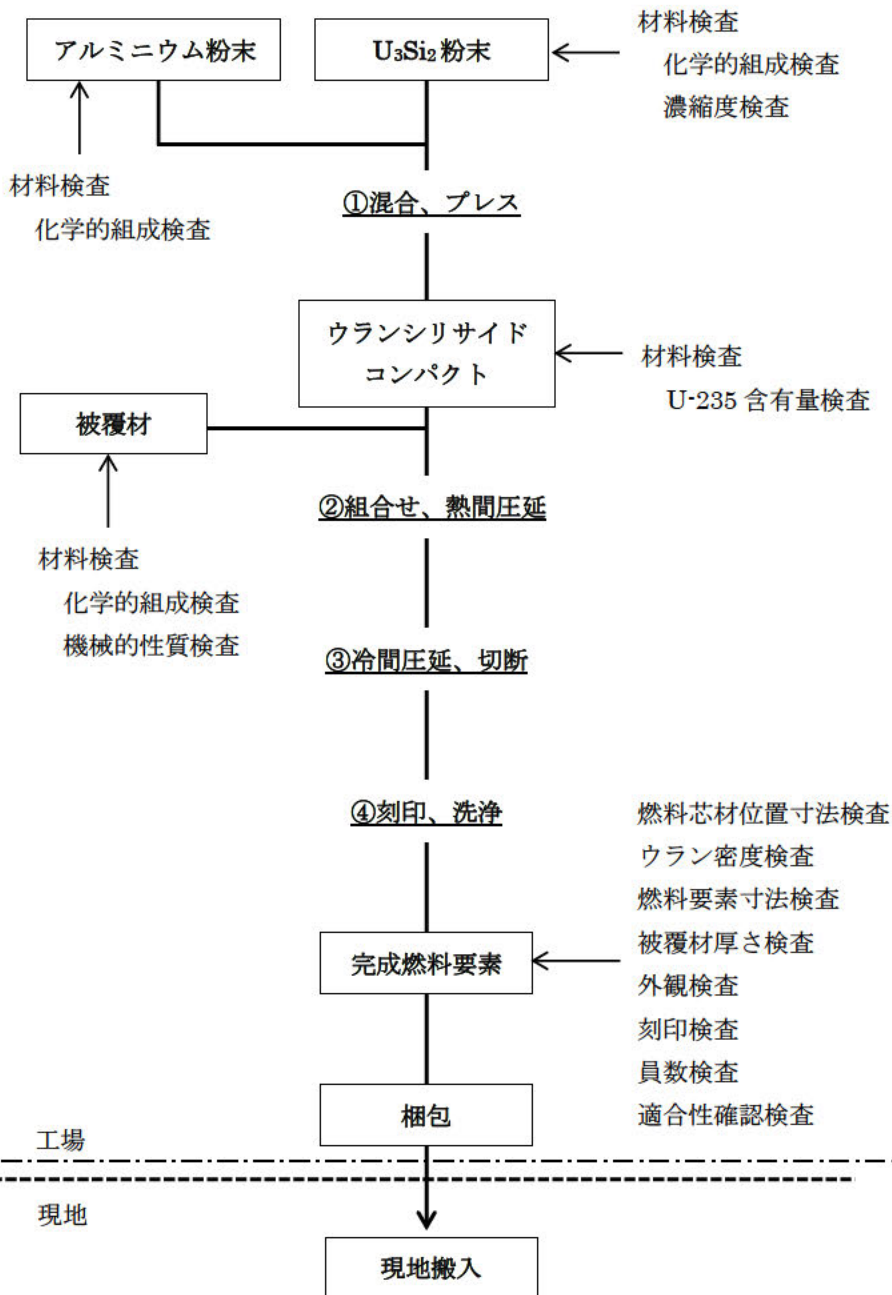


Zone2から試験片1、3を採取  
Zone1から試験片2を採取



# 工事の方法及び手順

品質マネジメントシステム検査\*



製作に際し、製作工場の状況や輸送に係るPP上の区分の関係から、燃料要素は、2回の輸送により本邦に到着する。



本工事では、上記の状況を踏まえ、申請書図-2(左図)の方法及び手順を2回実施することとする。



製作が完了したもののから、使用前事業者検査を実施し、使用前確認を受けたい。(設工認の部分承認)

今回の申請では、燃料の製作までとし、実際に炉心に装荷して使用するまでの検査等の方法については、別途確認を行う予定

# 試験・検査項目（申請書記載内容）

## 構造、強度及び漏えいの確認に係る検査

### 1. 燃料材材料検査

#### (1) アルミニウム粉末

##### 1) 化学的組成検査

材料メーカーのミルシート等に基づき、燃料材アルミニウムの化学的組成が所定の範囲であることを確認する。

#### (2) ウランシリサイド粉末

##### 1) 化学的組成検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、ウランシリサイド粉末の化学的組成が所定の範囲であることを確認する。

##### 2) 濃縮度検査

ウラン供給者のミルシート等に基づき、燃料材ウランのウラン濃縮度が所定の範囲であることを確認する。

#### (3) ウランシリサイドコンパクト

##### 1) U-235含有量検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、ウランシリサイドコンパクト中のU-235含有量が所定の範囲であることを確認する。



# 試験・検査項目（申請書記載内容）

## 2. 被覆材検査

### (1) 化学的組成検査

材料メーカーのミルシート等に基づき、被覆材アルミニウムの化学的組成が所定の範囲であることを確認する。

### (2) 機械的性質検査

材料メーカーのミルシート等に基づき、被覆材アルミニウムの機械的性質が所定の範囲であることを確認する。

## 試験・検査項目（申請書記載内容）

### 3. 燃料要素検査

#### (1) 燃料芯材位置寸法検査

加工メーカーのX線透過試験結果記録等に基づき、燃料芯材の位置と寸法が所定の範囲であることを確認する。

#### (2) ウラン密度検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、燃料要素中のウラン密度が所定の範囲であることを確認する。

#### (3) 燃料要素寸法検査

燃料要素の寸法が所定の範囲であることを確認する。

#### (4) 被覆材厚さ検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、製造バッチ毎に1枚の燃料要素を選び、破壊検査によって、被覆材の厚さが所定の範囲であることを確認する。

#### (5) 外観検査

燃料要素に有害な傷、異物及び著しい汚れがないことを目視により確認する。

#### (6) 刻印検査

刻印が所定の位置にあることを確認する。

#### (7) 員数検査

製作された燃料要素が、          以下であることとU-235量の合計が          以下であることを確認する。製作2回目の検査では、1回目で製作した燃料要素枚数と合わせて          以下であることとU-235量の合計が          以下であることを確認する。

# 試験・検査項目（申請書記載内容）

## 機能及び性能の確認に関する検査

該当なし

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

- 1. 設計変更の生じた構築物等に対する適合性確認結果の検査（適合性確認検査）**  
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。
  - 地震による損傷の防止（第6条）
  - 外部からの衝撃による損傷の防止（第8条）
  - 機能の確認等（第11条）
  - 炉心等（第22条）
- 2. 品質マネジメントシステムに係る検査（品質マネジメントシステム検査）**  
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。

# 技術基準規則との適合性について

技術基準規則の条項		説明の必要の有無		適合性
		有・無	項・号	
第1、2条	適用範囲、定義			
第3条	特殊な設計による試験研究炉用原子炉施設	該当無	—	—
第4条	廃止措置中の試験研究用等原子炉施設の維持	該当無	—	—
第5条	試験研究用等原子炉施設の地盤	無	—	—
第6条	地震による損傷の防止	有	第1項	下記のとおり
		該当無	第2項 第3項	
第7条	津波による損傷の防止	該当無	—	—
第8条	外部からの衝撃による損傷の防止	有	第1項 第2項	下記のとおり
		無	第3項 第4項	
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	無	—	—
第10条	試験研究用等原子炉施設の機能	無	—	—
第11条	機能の確認等	有	第1項	下記のとおり
第12条	材料及び構造	無	—	—
第13条	安全弁等	無	—	—
第14条	逆止め弁	無	—	—
第15条	放射性物質による汚染の防止	無	—	—
第16条	遮蔽等	無	—	—
第17条	換気設備	無	—	—
第18条	適用			
第19条	溢(いつ)水による損傷の防止	無	—	—
第20条	安全避難通路等	無	—	—
第21条	安全設備	無	—	—
第22条	炉心等	有	第1項 第2項	下記のとおり

# 技術基準規則との適合性について

技術基準規則の条項		説明の必要の有無		適合性
		有・無	項・号	
第23条	熱遮蔽材	該当無	—	—
第24条	一次冷却材	該当無	—	—
第25条	核燃料物質取扱設備	無	—	—
第26条	核燃料物質貯蔵設備	無	—	—
第27条	一次冷却材処理装置	該当無	—	—
第28条	冷却設備等	該当無	—	—
第29条	液位の保持等	無	—	—
第30条	計測設備	無	—	—
第31条	放射線管理施設	無	—	—
第32条	安全保護回路	無	—	—
第33条	反応度制御系統及び原子炉停止系統	無	—	—
第34条	原子炉制御室等	無	—	—
第35条	廃棄物処理設備	無	—	—
第36条	保管廃棄設備	無	—	—
第37条	原子炉格納施設	無	—	—
第38条	実験設備等	無	—	—
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	無	—	—
第40条	保安電源設備	無	—	—
第41条	警報装置	無	—	—
第42条	通信連絡設備等	無	—	—
第43条～第52条	第三章研究開発段階原子炉に係る試験研究用等原子炉施設に関する条項	該当無	—	—
第53条～第59条	第四章ガス冷却型原子炉に係る試験研究用等原子炉施設に関する条項	該当無	—	—
第60条～第69条	第五章ナトリウム冷却型高速炉に係る試験研究用等原子炉施設に関する条項	該当無	—	—



各条項に対しては別紙表説明

# 技術基準規則との適合性について(第六条)

(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。

2 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。

3 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。

## 第1項について

当該燃料要素は、耐震Cクラスを満足するものとする。なお、燃料要素自体は耐震部材ではなく、標準型燃料支持フレームに挿入して使用されるため、燃料要素の耐震性は耐震Cクラスの標準型燃料板支持フレームの耐震性によって確保されるものである。燃料要素を挿入した標準型燃料板支持フレームの耐震性について検討した結果、第1項に適合する設計となっている。

## 第2項について

当該燃料要素は耐震重要施設ではないため対象外。

## 第3項について

当該燃料要素は耐震重要施設ではないため対象外。

# 技術基準規則との適合性について(第八条)

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第八条 試験研究用等原子炉施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置、基礎地盤の改良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。

2 試験研究用等原子炉施設は、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合において、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)により試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないよう、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。

3 試験研究用等原子炉を船舶に設置する場合にあっては、原子炉格納容器に近接する船体の部分は、衝突、座礁その他の要因による原子炉格納容器の機能の喪失を防止できる構造でなければならない。

4 試験研究用等原子炉施設は、航空機の墜落により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おいて、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。

## 第1項、第2項について

### (1) 自然現象

技術基準規則第八条第1項の要求事項に適合させるため、KUCA施設が、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)及びそれらの組合せによりその安全性が損なわれるおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じる。

### (2) 人為事象

技術基準規則第八条第2項の要求事項に適合させるため、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合には、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)によりKUCA施設の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じる。

### (3) 適合性確認の基本方針

燃料要素はすべてKUCA施設の原子炉建屋(以下「原子炉建屋」という。)に内包されていることから、外部からの衝撃に対する防護措置等の適合性評価に当たっては、原子炉建屋への影響の有無により確認することを基本方針とする。



詳細は申請書のとおりであり、適合性について確認されている

# 技術基準規則との適合性について(第八条)続き

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第八条 試験研究用等原子炉施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置、基礎地盤の改良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。

2 試験研究用等原子炉施設は、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合において、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)により試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないよう、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。

3 試験研究用等原子炉を船舶に設置する場合にあっては、原子炉格納容器に近接する船体の部分は、衝突、座礁その他の要因による原子炉格納容器の機能の喪失を防止できる構造でなければならない。

4 試験研究用等原子炉施設は、航空機の墜落により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おいて、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。

## 第3項、第4項について

第3項は原子炉施設を船舶に設置する場合の規定であること、第4項の航空機落下は「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」等に基づき評価した結果、防護措置の要否を判断する基準を超えていないことについて設置(変更)承認を受けていることから適用外である。



# 技術基準規則との適合性について(第十一条)

(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。

本申請の対象である燃料要素は、運転により燃料要素に蓄積される核分裂生成物が僅少であり、運転後においても燃料要素を直接取り扱うことが可能である。したがって、安全を確保する上で必要な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が可能である。

# 技術基準規則との適合性について(第二十二条)

(炉心等)

第二十二条 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。

2 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。

3 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。

## 第1項、第2項について

本申請の対象である燃料要素は、技術基準規則に基づき、最高使用圧力、自重、附加荷重その他の燃料要素に加わる負荷に耐えるように設計していることを、参考資料に示す評価計算により確認しており、設計上要求される耐圧強度を確保している。なお、軽水減速炉心は、常圧下に置かれ、通常運転時の最大熱出力100W、最高使用温度80°C(運転時の異常な過渡変化での温度上昇は最大でも約2°C以下)と低いため、燃料芯材及び被覆材による有意な相互作用はない。また、材料検査、外観検査及び寸法検査を実施し、適切な材料及び構造であることを確認する。

→ 評価計算は申請書のとおりであり、燃料要素は附加荷重、自重に耐えられる構造である。(参考資料参照)

## 第3項について

炉心は冷却を必要とせず、減速材及び反射材の給水速度も低く流れの乱れや渦も生じないことから、損傷を生じさせるおそれのある振動は発生しない。このため、同条第3項の規定は適用外とする。

「試験研究の用に供する原子炉等の技術基準に関する規則」との適合性に関する説明書

## 第二十二条 第1項、第2項についての評価計算書

### 1. 評価に関する設計条件

当該燃料要素は熱間圧延加工によりアルミニウム製板でウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料のコンパクトを挟み込んだ構造である。(図1)

当該燃料要素は標準型燃料板支持フレームに収納されて炉心格子板に固定され、常圧の条件下で使用されるため、本評価では附加荷重及び自重を対象とする。

#### (1) 附加荷重の評価

燃料要素の下面に対して想定される附加荷重は炉心タンクに給水される軽水による水頭圧である。このため、燃料要素を標準型燃料板支持フレームに収納して炉心格子板に固定した後、炉心タンクへ軽水を炉心タンク構造上の最高水位(1600 mm)まで給水した際の燃料要素の最下部の面に加わる応力を計算する。

#### (2) 自重の評価

燃料要素を標準型燃料板支持フレームに収納して炉心格子板に固定した際に燃料要素底面に加わる荷重を計算する。また、荷重は、燃料板支持フレーム下部の[ ]のアルミ燃料支持部(図3、Pの矢印の箇所)と接触する燃料要素底面に作用すると考えられる。

### 1. 附加荷重に対する燃料要素の強度

#### (1) 燃料要素に加わる水圧

「図2 炉心タンク構造」より、燃料要素に加わる応力 $P_a$ は、 $P_a = 1000 \text{ kg/m}^3$ <sup>(1)</sup> (水の密度)  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$  (重力加速度)  $\times 0.9 \text{ m}$ <sup>(2)</sup> (高さ)  $= 8820$ 、 $P_a = 8820 \text{ N/m}^2 = 8.8 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$  (水の密度は常温での最大値は $0.9997 \text{ g/cm}^3$ であるが、ここでは安全側に $1.0 \text{ g/cm}^3$ とする) (高さは燃料要素下端位置である水位 $700 \text{ mm}$ <sup>(2)</sup>から最高水位 $1600 \text{ mm}$ までの高さ)

#### (2) まとめ

$63.7 \text{ N/mm}^2$ <sup>(3)</sup> (燃料被覆耐力)  $> 8.8 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$  (附加荷重) であるため、燃料要素は、附加荷重に耐えられる。

### 2. 自重に対する燃料要素の強度

#### (1) 燃料芯材部 (ウランシリサイドコンパクト)

##### 1) 体積

「図1 燃料要素構造」から求める。  
[ ]

##### 2) 密度

ウランシリサイド分散型燃料の主成分は $\text{U}_3\text{Si}_2$ であるが、保守的に金属ウランの密度である  $18.95 \text{ g/cm}^3$ <sup>(1)</sup>を使用する。

3) 質量

$$\blacksquare \times 18.95 \text{ g/cm}^3 = \blacksquare$$

(2) 燃料要素被覆

1) 体積

燃料要素の被覆体積は、被覆を含む燃料要素体積から燃料芯材部体積を差し引くことで求める。(図 1)

$$\blacksquare$$

2) 密度

$2.7 \text{ g/cm}^3$  <sup>(1)</sup> (アルミニウム) を使用する。

3) 質量

$$\blacksquare \times 2.7 \text{ g/cm}^3 = \blacksquare$$

(3) アルミ燃料支持部と接触する燃料要素底面に加わる応力

・ 合計質量 :  $\blacksquare$  (燃料芯材部) +  $\blacksquare$  (被覆) =  $\blacksquare$

・ 応力が加わる箇所の面積 :  $\blacksquare$  (図 3)

・  $\blacksquare$

(4) まとめ

$63.7 \text{ N/mm}^2$  <sup>(3)</sup> (燃料被覆材耐力)  $\times \blacksquare$  (自重による) であるため、燃料要素は自重に耐えられる。

参考文献

- (1) 理科年表平成 17 年 : 丸善株式会社
- (2) 原子炉物理実験 : 京都大学学術出版会 (20106)
- (3)  $\blacksquare$

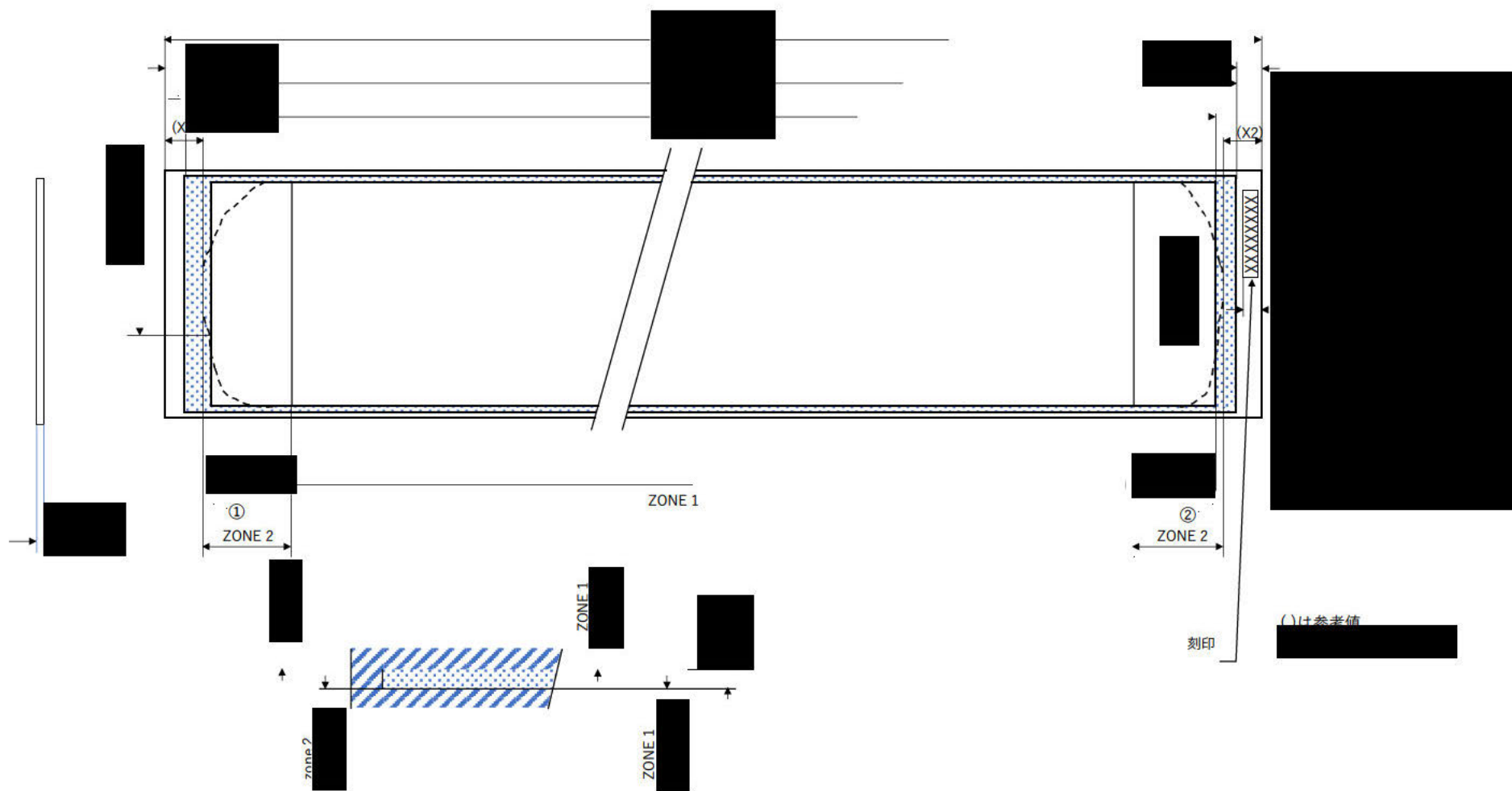


图 1 燃料要素構造 (单位 : mm)

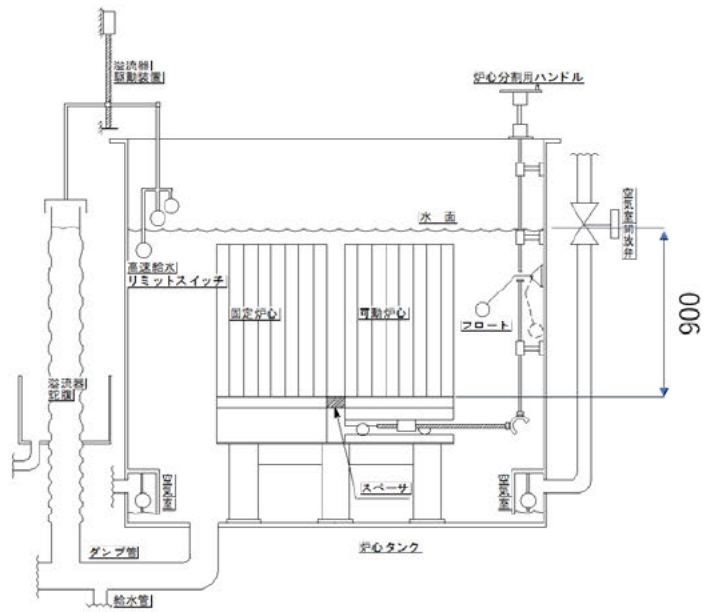


図2 炉心タンク構造 (単位: mm)

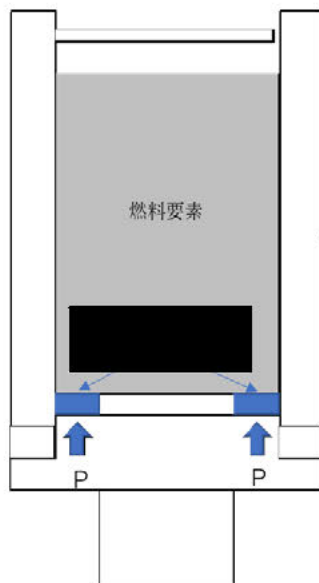


図3 標準型燃料板支持フレーム (単位: mm)  
(青色の箇所がアルミ燃料支持部)

第1章 総則				
条	項	号	規則	説明
(適応範囲)				
1				
(定義)				
2				
(特殊な設計による試験研究用等原子炉施設)				
3	1		特別の理由により原子力規制委員会の認可を受けた場合は、この規則の規定によらないで試験研究用等原子炉施設を設置すること	KUCAは本条文に該当しない
	2		前項の認可を受けようとする者は、その理由及び設置方法を記載した申請書に關係図面を添付して申請しなければならない。	KUCAは本条文に該当しない
(廃止措置中の試験研究用等原子炉施設の維持)				
4			法第四十三条の三の二第二項の認可を受けた場合には、当該認可に係る廃止措置計画(同条第三項において準用する法第十二条の六第三項又は第五項の規定による変更の認可又は届出があったときは、その変更後のもの。以下この条において同じ。)で定める性能維持施設(試験炉規則第十六条の五の二第十一号の性能維持施設をいう。)については、この規則の規定にかかわらず、当該認可に係る廃止措置計画に定めるところにより、当該施設を維持し	KUCAは本条文に該当しない
(試験研究用等原子炉施設の地盤)				
5			試験研究用等原子炉施設(船舶に設置するものを除く。第六条、第七条及び第八条第一項において同じ。)は、試験炉許可基準規則第三条第一項の地震力が作用した場合においても当該試験研究用等原子炉施設を十分に支持することができる地盤に設置されたものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(地震による損傷の防止)				
6	1		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	申請書添付書類のとおり
	2		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。	申請書添付書類のとおり
	3		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。	申請書添付書類のとおり
(津波による損傷の防止)				

7		試験研究用等原子炉施設は、その供用中に当該試験研究用等原子炉施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波(試験炉許可基準規則第五条に規定する津波をいう。)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。	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
(外部からの衝撃による損傷の防止)			
8	1	試験研究用等原子炉施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置、基礎地盤の改良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。	申請書添付書類のとおり
	2	試験研究用等原子炉施設は、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合において、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)により試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置が講じられたも	申請書添付書類のとおり
	3	試験研究用等原子炉を船舶に設置する場合にあつては、原子炉格納容器に近接する船体の部分は、衝突、座礁その他の要因による原子炉格納容器の機能の喪失を防止できる構造でなければならない	申請書添付書類のとおり
	4	試験研究用等原子炉施設は、航空機の墜落により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おいて、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。	申請書添付書類のとおり
(試験研究用等原子炉施設への人の不法な侵入等の防止)			
9		試験研究用等原子炉を設置する工場又は事業所(以下「工場等」という。)は、試験研究用等原子炉施設への人の不法な侵入、試験研究用等原子炉施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれること及び不正アクセス行為(不正アクセス行為の禁止等に関する法律(平成十一年法律第二百二十八号)第二条第四項に規定する不正アクセス行為をいう。第三十二条第六号において同じ。)を防止するため、適切な措置が講じられたものでなければ	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(試験研究用等原子炉施設の機能)			



10	1	試験研究用等原子炉施設は、通常運転時において試験研究用等原子炉の反応度を安全かつ安定的に制御でき、かつ、運転時の異常な過渡変化時においても試験研究用等原子炉固有の出力抑制特性を有するとともに、当該試験研究用等原子炉の反応度を制御することにより原子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。ただし、試験炉許可基準規則第十五条第一項ただし書の規定の適用を受ける臨界実験装置に係る試験研究用等原子炉施設にあつては、試験研究用等原子炉固有の出力	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	船舶に設置する試験研究用等原子炉施設は、波浪により生ずる動揺、傾斜その他の要因により機能が損なわれることがないものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(機能の確認等)			
11		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。	申請書添付書類のとおり
(材料及び構造)			
12	1	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	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、支持構造物に関する当条文は該当しない
	1	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	イ	不連続で特異な形状でないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	ハ	適切な強度を有するものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	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により溶接したものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない

	3	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(安全弁等)			
13		試験研究用等原子炉施設には、その安全機能の重要度に応じて、機器に作用する圧力の過度の上昇を適切に防止する性能を有する安全弁、逃がし弁、破壊板又は真空破壊弁(第十五条第二項において「安全弁等」という。)が必要な箇所に設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全弁等に関する当条文は該当しない
(逆止め弁)			
14		放射性物質を含む一次冷却材その他の流体を内包する容器若しくは管又は放射性廃棄物を廃棄する設備(排気筒並びに第十七条及び第三十六条(第五十二条、第五十九条及び第七十条において準用する場合を含む。)に規定するものを除く。)へ放射性物質を含まない流体を導く管には、逆止め弁が設けられていなければならない。ただし、放射性物質を含む流体が放射性物質を含まない流体を導く管に逆流するおそれがない場合は、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、逆止め弁等に関する当条文は該当しない
(放射性物質による汚染の防止)			
15	1	試験研究用等原子炉施設は、通常運転時において機器から放射性物質を含む流体が漏えいする場合において、これを安全に廃棄し得るように設置されたものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	試験研究用等原子炉施設は、安全弁等から排出される流体が放射性物質を含む場合において、これを安全に廃棄し得るように設置されたものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	3	試験研究用等原子炉施設は、工場等の外に排水を排出する排水路(湧水に係るものであって、放射性物質により汚染するおそれがある管理区域内に開口部がないものを除く。以下この項において同じ。)の上に、当該施設の放射性物質により汚染するおそれがある管理区域内の床面がないものでなければならない。ただし、液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備が設置される施設(液体状の放射性廃棄物の漏えいが拡大するおそれがある部分に限る。)以外の施設であって当該施設の放射性物質により汚染するおそれがある管理区域内に当該排水路の開口部がない場合並びに当該排水路に放射性物質を含む排水を安全に廃棄する設備及び第三十一条第二号に掲げる事項を計測する設備が設置されている場合は、	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	4	試験研究用等原子炉施設のうち、人が頻繁に出入りする建物又は船舶の内部の壁、床その他の部分であって、放射性物質により汚染されるおそれがあり、かつ、人が触れるおそれがあるものの表面は、放射性物質による汚染を除去しやすいものでなければならぬ	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(遮蔽等)			

16	1	試験研究用等原子炉施設は、通常運転時において当該試験研究用等原子炉施設からの直接線及びスカイライン線による工場等周辺の空間線量率が原子力規制委員会の定める線量限度を十分下回るように設置されたものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	工場等(原子力船を含む。)内における外部放射線による放射線障害を防止する必要がある場所には、次に掲げるところにより遮蔽設備が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	1	放射線障害を防止するために必要な遮蔽能力を有するものである	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	開口部又は配管その他の貫通部がある場合であって放射線障害を防止するために必要がある場合は、放射線の漏えいを防止するための措置が講じられていること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	3	自重、熱応力その他の荷重に耐えるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(換気設備)			
17	1	試験研究用等原子炉施設内の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必要がある場所には、次に掲げるところにより換気設備が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	1	放射線障害を防止するために必要な換気能力を有するものである	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	放射性物質により汚染された空気が漏えい及び逆流のし難い構造であるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	3	ろ過装置を有する場合にあっては、ろ過装置の放射性物質による汚染の除去又はろ過装置の取替えが容易な構造であること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	4	吸気口は、放射性物質により汚染された空気を吸入し難いように設置されたものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない

第2章 試験研究用原子炉に係る試験研究用等原子炉施設				
条	項	号	規則	説明
(適用)				
18			この章の規定は、試験研究用原子炉に係る試験研究用等原子炉施設について適用する。	本条文は適用に関することである。
(溢水による損傷の防止)				
19	1		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	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、溢水設備に関する当条文は該当しない
	2		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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、溢水設備に関する当条文は該当しない
(安全避難通路等)				
20			試験研究用等原子炉施設には、次に掲げる設備が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、避難経路に関する当条文は該当しない
		1	その位置を明確かつ恒久的に表示することにより容易に識別できる安全避難通路	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、避難経路に関する当条文は該当しない
		2	照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない避難用の照明	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、避難経路に関する当条文は該当しない
		3	設計基準事故が発生した場合に用いる照明(前号の避難用の照明を除く。)及びその専用の電源	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、避難経路に関する当条文は該当しない
(安全設備)				
21			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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
		1	第二条第二項第二十八号ロ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っては、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
		2	第二条第二項第二十八号ロ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って、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に、当該システム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っては、こ	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない

	3	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	4	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	5	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	6	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
(炉心等)			
22	1	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。	申請書添付書類のとおり
	2	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。	申請書添付書類のとおり
	3	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。	申請書添付書類のとおり
(熱遮蔽材)			
23		試験研究用等原子炉施設には、原子炉容器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場合において、これを防止するため、次に掲げるところにより熱遮蔽材が設けられていなければならない。	KUCAIは臨界実験装置であり、熱遮蔽材に関する本条文は該当しない。
	1	熱応力による変形により試験研究用等原子炉の安全に支障を及ぼすおそれがないこと。	KUCAIは臨界実験装置であり、熱遮蔽材に関する本条文は該当しない。
	2	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こと。	KUCAIは臨界実験装置であり、熱遮蔽材に関する本条文は該当しない。
(一次冷却材)			

24		一次冷却材は、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。	KUCAIは臨界実験装置であり、一次冷却材は使用しないためは当条文は該当しない。
(核燃料物質取扱設備)			
25		核燃料物質取扱設備は、次に掲げるところにより設置されていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	1	通常運転時において取り扱う必要がある燃料体又は使用済燃料(以下「燃料体等」と総称する。)を取り扱う能力を有するものである	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	2	燃料体等が臨界に達するおそれがないこと。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	3	燃料体等の崩壊熱を安全に除去することにより燃料体等が溶融しないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	4	取扱中に燃料体等が破損するおそれがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	5	燃料体等を封入する容器は、取扱中における衝撃及び熱に耐え、かつ、容易に破損しないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	6	前号の容器は、燃料体等を封入した場合に、その表面及び表面から一メートルの距離における線量当量率がそれぞれ原子力規制委員会の定める線量当量率を超えないものであること。ただし、管理区域内においてのみ使用されるものについては、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	7	燃料体等の取扱中に燃料体等を取り扱うための動力の供給が停止した場合に、燃料体等を保持する構造を有する機器により燃料体等の落下を防止できること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	8	次に掲げるところにより燃料取扱場所の放射線量及び温度を測定できる設備を備えるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	イ	燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し、及び警報を発することができるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	ロ	崩壊熱を除去する機能の喪失を検知する必要がある場合には、燃料取扱場所の温度の異常を検知し及び警報を発することができるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
(核燃料物質貯蔵設備)			
26	1	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	1	燃料体等が臨界に達するおそれがないこと。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	2	燃料体等を貯蔵することができる容量を有すること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	3	次に掲げるところにより燃料取扱場所の放射線量及び温度を測定できる設備を備えるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない

	イ	燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し及び警報を発することができるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	ロ	崩壊熱を除去する機能の喪失を検知する必要がある場合には、燃料取扱場所の温度の異常を検知し及び警報を発することができるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
2		使用済燃料その他高放射性の燃料体を貯蔵する核燃料物質貯蔵設備は、前項に定めるところによるほか、次に掲げるところにより設置されていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	1	使用済燃料その他高放射性の燃料体の被覆が著しく腐食することを防止し得るものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	2	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であること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	3	使用済燃料その他高放射性の燃料体の崩壊熱を安全に除去し得るものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	4	使用済燃料その他高放射性の燃料体を液体中で貯蔵する場合は、前号に掲げるところによるほか、次に掲げるところによること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	イ	液体があふれ、又は漏えいするおそれがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	ロ	液位を測定でき、かつ、液体の漏えいその他の異常を適切に検知し得るものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
(一次冷却材処理装置)			
27		試験研究用等原子炉施設は、放射性物質を含む一次冷却材(次条第一項第四号に掲げる設備から排出される放射性物質を含む流体を含む。)を通常運転時において系統外に排出する場合は、これを安全に廃棄し得るように設置されたものでなければならない。	KUCAは臨界実験装置であり、一次冷却材は使用しないため当条文は該当しない。
(冷却設備等)			
28	1	試験研究用等原子炉施設には、次に掲げる設備が設けられていなければならない。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。	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	1	原子炉容器内において発生した熱を除去することができる容量の冷却材その他の流体を循環させる設備	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	2	液体の一次冷却材を用いる試験研究用等原子炉にあつては、運転時における原子炉容器内の液位を自動的に調整する設備	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	3	密閉容器型原子炉(燃料体及び一次冷却材が容器(原子炉格納施設を除く。)内に密閉されている試験研究用等原子炉をいう。)にあつては、原子炉容器内の圧力を自動的に調整する設備	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	4	一次冷却材に含まれる放射性物質及び不純物の濃度を試験研究用等原子炉の安全に支障を及ぼさない値以下に保つ設備	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。

	5	試験研究用等原子炉停止時における原子炉容器内の残留熱を除去する設備	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	6	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ときに想定される最も厳しい条件の下において原子炉容器内において発生した熱を除去できる非常用冷却設備	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	7	前二号の設備により除去された熱を最終ヒートシンクへ輸送することができる設備	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
2		前項の設備は、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ぬ	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
3		試験研究用等原子炉施設には、一次冷却系統設備からの一次冷却材の漏えいを検出する装置が設けられていなければならない。	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
(液位の保持等)			
29	1	液体の一次冷却材を用いる試験研究用等原子炉施設にあっては、一次冷却材の流出を伴う異常が発生した場合において原子炉容器内の液位の過度の低下を防止し、炉心全体を冷却材中に保持する機能を有する設備は、試験研究用等原子炉施設の損壊又は故障その他の異常に伴う温度の変化による荷重の増加その他の当該設備に加わる負荷に耐えるものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、冠水に関する当条文は該当しない
	2	試験研究用等原子炉施設のうち、冠水維持設備を設けるものにおいて、前項に定めるところによるほか、原子炉容器内の設計水位を確保できるものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、冠水に関する当条文は該当しない
(計測設備)			
30	1	試験研究用等原子炉施設には、次に掲げる事項を計測する設備が設けられていなければならない。この場合において、当該事項を直接計測することが困難な場合は、これを間接的に計測する設備をもって代えることができる。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	1	熱出力及び炉心における中性子束密度	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	2	炉周期	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	3	制御棒(固体の制御材をいう。以下同じ。)の位置	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	4	一次冷却材に関する次の事項	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	イ	含有する放射性物質及び不純物の濃度	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	ロ	原子炉容器内における温度、圧力、流量及び液位	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない



2		試験研究用等原子炉施設には、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試験研究用等原子炉の停止後の温度、液位その他の試験研究用等原子炉施設の状態を示す事項(以下「パラメータ」という。)を、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し及び記録することができる設備が設けられていなければならない	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
(放射線管理施設)			
31		工場等には、次に掲げる事項を計測する放射線管理施設が設けられていなければならない。この場合において、当該事項を直接計測することが困難な場合は、これを間接的に計測する施設をもって代えることができる。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、放射線管理施設に関する当条文は該当しない
	1	放射性廃棄物の排気口又はこれに近接する箇所における排気中の放射性物質の濃度	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、放射線管理施設に関する当条文は該当しない
	2	放射性廃棄物の排水口又はこれに近接する箇所における排水中の放射性物質の濃度	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、放射線管理施設に関する当条文は該当しない
	3	管理区域における外部放射線に係る原子力規制委員会の定める線量当量及び空気中の放射性物質の濃度	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、放射線管理施設に関する当条文は該当しない
(安全保護回路)			
32		試験研究用等原子炉施設には、次に掲げるところにより安全保護回路が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	1	運転時の異常な過渡変化が発生する場合又は地震の発生により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、原子炉停止システムその他システム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にできるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	2	試験研究用等原子炉施設の損壊又は故障その他の異常により多量の放射性物質が漏えいするおそれがある場合において、これを抑制し又は防止するための設備を速やかに作動させる必要があるときは、当該設備の作動を速やかに、かつ、自動的に開始させるも	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	3	安全保護回路を構成する機械若しくは器具又はチャンネルは、単一故障が起きた場合又は使用状態からの単一の取り外しを行った場合において、安全保護機能を失わないよう、多重性又は多様性を確保するものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	4	安全保護回路を構成するチャンネルは、それぞれ互いに分離し、それぞれのチャンネル間において安全保護機能を失わないように独立性を確保するものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない

	5	駆動源の喪失、系統の遮断その他の試験研究用等原子炉の運転に重要な影響を及ぼす事象が発生した場合においても、試験研究用等原子炉施設への影響が緩和される状態に移行し、又は当該事象が進展しない状態を維持することにより、試験研究用等原子炉施設の安全上支障がない状態を維持できるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	6	不正アクセス行為その他の電子計算機に使用目的に沿うべき動作をさせず、又は使用目的に反する動作をさせる行為による被害を防止するために必要な措置が講じられているものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	7	計測制御系統施設の一部を安全保護回路と共用する場合において、その安全保護機能を失わないよう、計測制御系統施設から機能的に分離されたものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	8	試験研究用等原子炉の安全を確保する上で必要な場合には、運転条件に応じてその作動設定値を変更できるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
(反応度制御系統及び原子炉停止系統)			
33	1	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系統が設けられていなければならない	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	1	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	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	2	制御棒を用いる場合にあっては、次のとおりとすること。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	ロ	当該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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	2	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系統が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	1	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系統を有するものであること。ただし、当該系統が制御棒のみから構成される場合であって、次に掲げるときは、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	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系統の能力に十分な余裕があるとき。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	ロ	原子炉固有の出力抑制特性が優れているとき。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない

	2	運転時において、原子炉停止系統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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	3	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、原子炉停止系統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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	4	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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
3		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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
4		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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	1	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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	2	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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	3	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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
5		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ささないものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
6		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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
(原子炉制御室等)			
34	1	試験研究用等原子炉施設には、原子炉制御室が設けられていないなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、制御室に関する当条文は該当しない
	2	原子炉制御室は、試験研究用等原子炉の運転状態を表示する装置、試験研究用等原子炉の安全を確保するための設備を操作する装置、異常を表示する警報装置その他の試験研究用等原子炉の安全を確保するための主要な装置が集中し、かつ、誤操作することなく適切に運転操作することができるよう設置されたものでなければ	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、制御室に関する当条文は該当しない

	3		原子炉制御室は、従事者が設計基準事故時に容易に避難できる構造でなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、制御室に関する当条文は該当しない
	4		原子炉制御室及びこれに連絡する通路は、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、試験研究用等原子炉の運転の停止その他の試験研究用等原子炉施設の安全性を確保するための措置をとるため、従事者が支障なく原子炉制御室に入り、かつ、一定期間とどまることができるように、遮蔽設備の設置その他の適切な放射線防護措置が講じられたも	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、制御室に関する当条文は該当しない
	5		試験研究用等原子炉施設には、火災その他の要因により原子炉制御室が使用できない場合に、原子炉制御室以外の場所から試験研究用等原子炉の運転を停止し、かつ、安全な状態を維持することができる設備が設けられていなければならない。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であって	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、制御室に関する当条文は該当しない
(廃棄物処理設備)				
35	1		工場等には、次に掲げるところにより放射性廃棄物を廃棄する設備(放射性廃棄物を保管廃棄する設備を除く。)が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
	1		周辺監視区域の外の空気中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度が、それぞれ原子力規制委員会の定める濃度限度を超えないように、試験研究用等原子炉施設において発生する放射性廃棄物を廃棄する能力を有するものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
	2		放射性廃棄物以外の廃棄物を廃棄する設備と区別すること。ただし、放射性廃棄物以外の流体状の廃棄物を流体状の放射性廃棄物を廃棄する設備に導く場合において、流体状の放射性廃棄物が放射性廃棄物以外の流体状の廃棄物を取り扱う設備に逆流するおそれがないときは、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
	3		放射性廃棄物に含まれる化学薬品の影響その他の要因により著しく腐食するおそれがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
	4		気体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、排気口以外の箇所において気体状の放射性廃棄物を排出することがないものであること	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
	5		気体状の放射性廃棄物を廃棄する設備にろ過装置を設ける場合にあつては、ろ過装置の放射性物質による汚染の除去又はろ過装置の取替えが容易な構造であること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
	6		液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、排水口以外の箇所において液体状の放射性廃棄物を排出することがないものであること	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
	7		固体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、放射性廃棄物を廃棄する過程において放射性物質が散逸し難いものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない

	2		液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備(液体状の放射性廃棄物を保管廃棄する設備を除く。以下この項において同じ。)が設置される施設(液体状の放射性廃棄物の漏えいが拡大するおそれがある部分に限る。)は、次に掲げるところにより設置されていなければ	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
		1	施設内部の床面及び壁面は、液体状の放射性廃棄物が漏えいし難いものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
		2	施設内部の床面は、床面の傾斜又は床面に設けられた溝の傾斜により液体状の放射性廃棄物とその受け口に導かれる構造であり、かつ、液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備の周辺部には、液体状の放射性廃棄物の漏えいの拡大を防止するための堰せき	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
		3	施設外に通ずる出入口又はその周辺部には、液体状の放射性廃棄物が施設外へ漏えいすることを防止するための堰せきが設けられていること。ただし、施設内部の床面が隣接する施設の床面又は地表面より低い場合であって液体状の放射性廃棄物が施設外へ漏えいするおそれがないときは、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
(保管廃棄設備)				
36	1		放射性廃棄物を保管廃棄する設備は、次に掲げるところによるものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
		1	通常運転時に発生する放射性廃棄物を保管廃棄する容量を有すること	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
		2	放射性廃棄物が漏えいし難い構造であること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
		3	崩壊熱及び放射線の照射により発生する熱に耐え、かつ、放射性廃棄物に含まれる化学薬品の影響その他の要因により著しく腐食するおそれがないこと。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
	2		固体状の放射性廃棄物を保管廃棄する設備が設置される施設は、放射性廃棄物による汚染が広がらないように設置されたものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
	3		前条第二項の規定は、流体状の放射性廃棄物を保管廃棄する設備が設置されている施設について準用する。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
(原子炉格納施設)				
37			試験研究用等原子炉施設には、次に掲げるところにより、原子炉格納施設が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、原子炉格納施設に関する当条文は該当しない
		1	通常運転時に、その内部を負圧状態に維持し得るものであり、かつ、所定の漏えい率を超えることがないものであること。ただし、公衆に放射線障害を及ぼすおそれがない場合にあつては、この限り	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、原子炉格納施設に関する当条文は該当しない

	2	設計基準事故時において、公衆に放射線障害を及ぼさないようにするため、原子炉格納施設から放出される放射性物質を低減するものであること。ただし、公衆に放射線障害を及ぼすおそれがない場合にあっては、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、原子炉格納施設に関する当条文は該当しない
(実験設備等)			
38		試験研究用等原子炉施設に設置される実験設備等(試験炉許可基準規則第二十九条に規定する実験設備等をいう。以下この条において同じ。)は、次に掲げるものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
	1	実験設備等の損傷その他の実験設備等の異常が発生した場合においても、試験研究用等原子炉の安全性を損なうおそれがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
	2	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ものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
	3	放射線又は放射性物質の著しい漏えいのおそれがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
	4	試験研究用等原子炉施設の健全性を確保するために実験設備等の動作状況、異常の発生状況、周辺の環境の状況その他の試験研究用等原子炉の安全上必要なパラメータを原子炉制御室に表示できるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
	5	実験設備等が設置されている場所は、原子炉制御室と相互に連絡することができる場所であること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
(多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止)			
39		中出力炉又は高出力炉に係る試験研究用等原子炉施設は、発生頻度が設計基準事故より低い事故であって、当該試験研究用等原子炉施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるものが発生した場合において、当該事故の拡大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。	KUCAIは臨界実験装置であり、中出力炉、高出力炉には該当しない。
(保安電源設備)			
40	1	試験研究用等原子炉施設には、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、試験研究用等原子炉施設の安全を確保し必要な設備の機能を維持するために、内燃機関を原動力とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備が設けられていなければならない。ただし、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場合にあっては、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保安電源設備に関する当条文は該当しない
	2	試験研究用等原子炉の安全を確保する上で特に必要な設備は、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する設備に接続されているものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保安電源設備に関する当条文は該当しない

	3		試験研究用等原子炉施設には、必要に応じ、全交流動力電源喪失時に試験研究用等原子炉を安全に停止し、又はパラメータを監視する設備の動作に必要な容量を有する蓄電池その他の非常用電源設備が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保安電源設備に関する当条文は該当しない
(警報装置)				
41			試験研究用等原子炉施設には、その設備の機能の喪失、誤操作その他の要因により試験研究用等原子炉の安全を著しく損なうおそれが生じたとき、第三十一条第一号の放射性物質の濃度若しくは同条第三号の線量当量が著しく上昇したとき又は液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備から液体状の放射性廃棄物が著しく漏えいするおそれが生じたときに、これらを確実に検知して速やかに警報する装置が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、警報装置に関する当条文は該当しない
(通信連絡設備等)				
42	1		工場等には、設計基準事故が発生した場合において工場等内の人に対し必要な指示ができるよう、通信連絡設備が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、通信連絡設備に関する当条文は該当しない
	2		工場等には、設計基準事故が発生した場合において当該試験研究用等原子炉施設外の通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができるよう、多重性又は多様性を確保した通信回線が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、通信連絡設備に関する当条文は該当しない

第3章 研究開発段階原子炉に係る試験研究用等原子炉施設

本章は該当しない。

第4章 ガス冷却型原子炉に係る試験研究用等原子炉施設

本章は該当しない。

第5章 ナトリウム冷却型高速炉に係る試験研究用等原子炉施設

本章は該当しない。

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)

京都大学複合原子力科学研究所

2022年6月24日



# 申請の概要

臨界実験装置(KUCA)原子炉本体の燃料体の燃料材の種類には、固体減速炉心用と軽水減速炉心用がある。

本申請による申請範囲は、原子炉本体を構成する燃料体のうち、固体減速炉心に装荷する**固体減速炉心用の低濃縮ウラン燃料**の角板(以下、「燃料要素」と記す。)の製作について申請するものである。

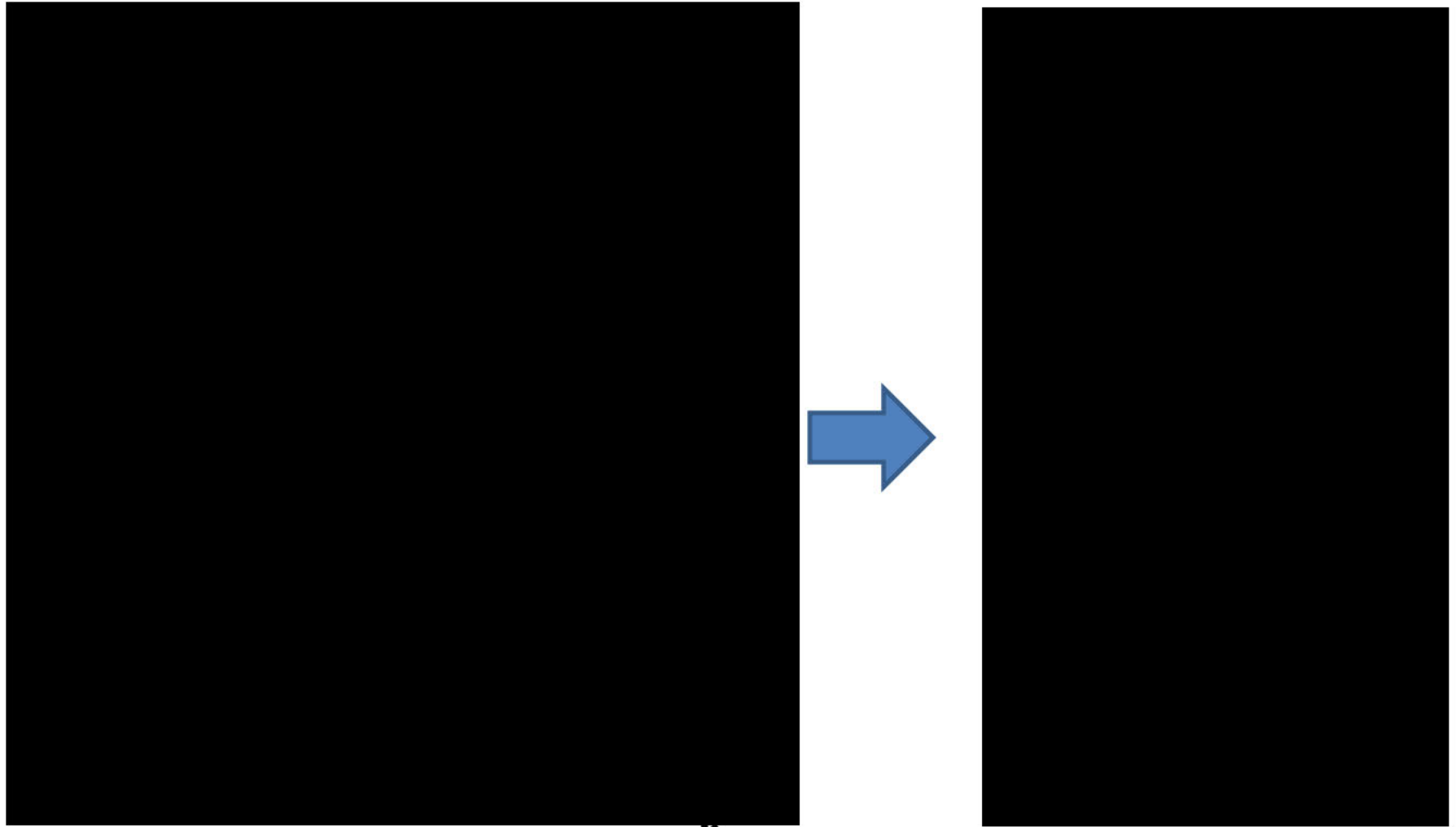


原子炉設置変更承認申請において、固体減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の仕様はすでに承認済み

設工認申請においては

- ① 原子炉設置変更承認申請における固体減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の記載と整合しているかどうかを確認する。
- ② 技術基準規則との適合性を確認する。

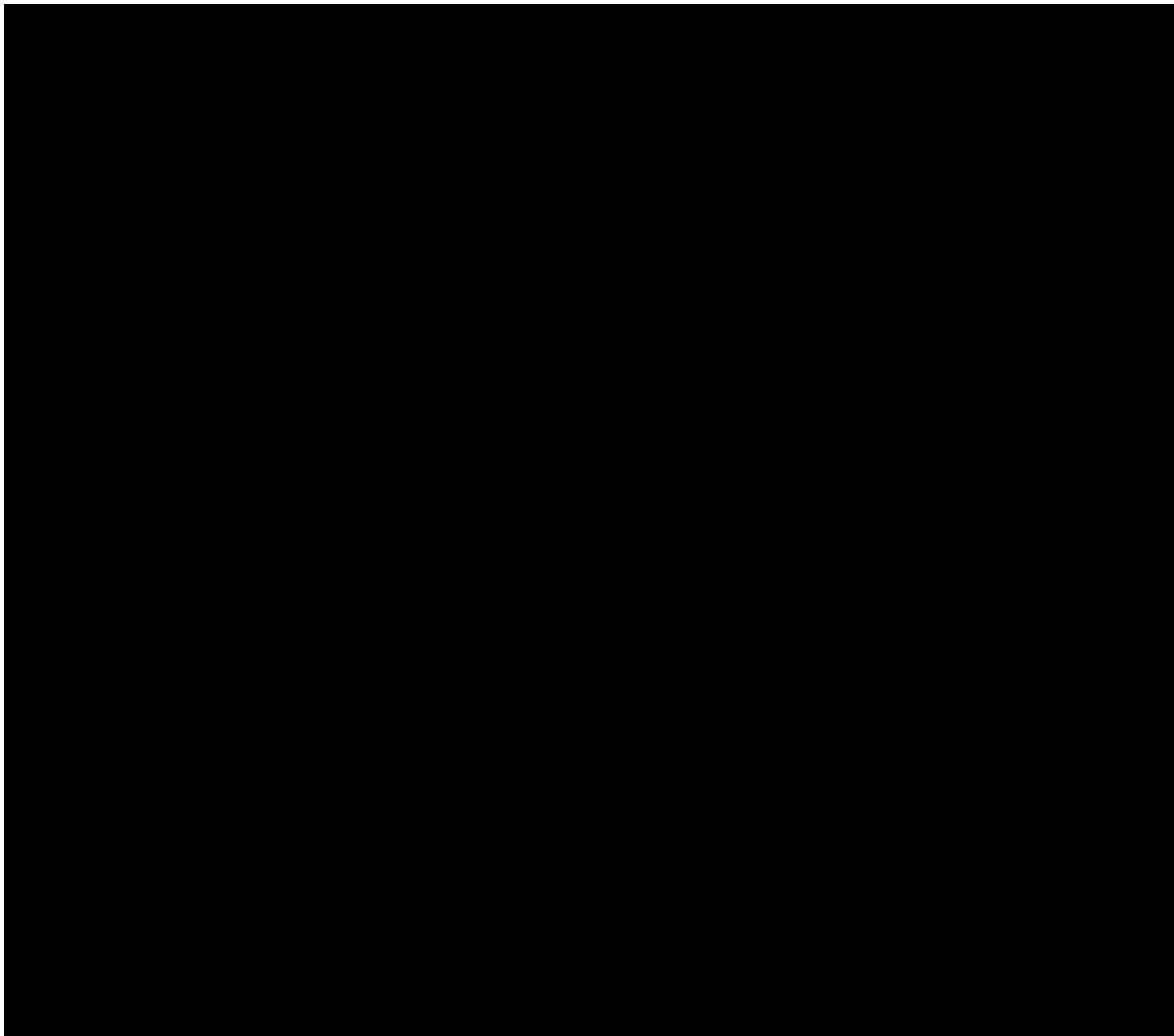
# 製作する燃料要素



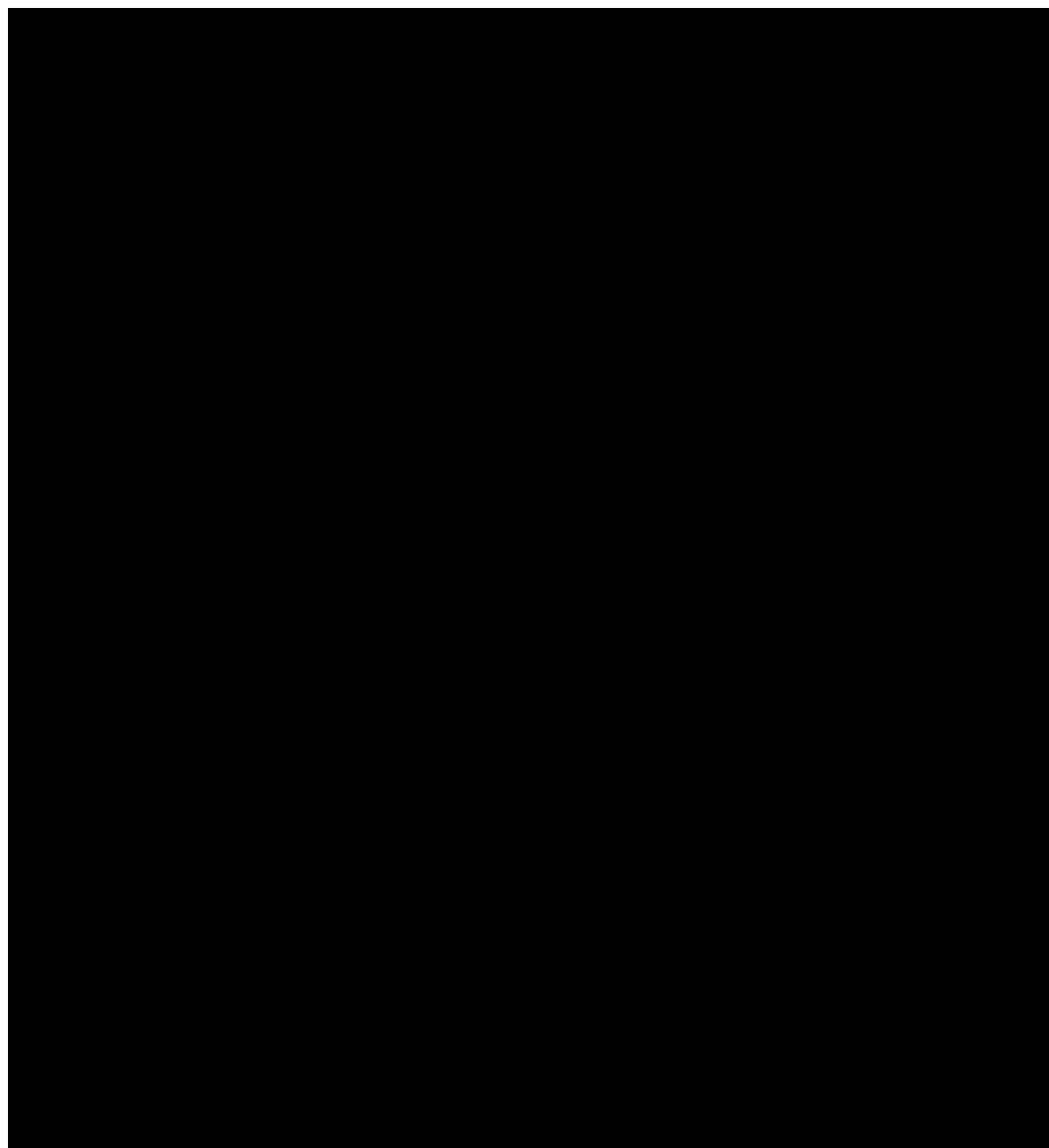
燃料要素の概略図

今回の設工認で製作する燃料要素  
これを右図のさや管に挿入して使用する

# 製作する燃料要素の図面



# 製作する燃料要素の図面



寸法は前頁  
参照

アルミニウム製の被覆材の形状

# 原子炉設置変更承認申請における 固体減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の記載

本文

5. 試験研究用等原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

ハ.原子炉本体の構造及び設備

(2)燃料体

( i )燃料材の種類

固体減速炉心用

ウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料(U7Mo-Al)  
(角板)

(ウランモリブデンの主成分はU7Moとし、ウランを約  
[ ]の割合でアルミニウム中に分散させたものとする)

濃縮度 約 [ ]

( ii )被覆材の種類

固体減速炉心用

濃縮度約 [ ] 耐食性アルミニウム

( iii )燃料要素の構造

固体減速炉心用

低濃縮ウラン

[ ] (この内に含まれるU-235量は約 [ ]である。)

設工認申請書での記載項目

3.1.2 燃料要素

(1) 燃料材の種類

3.2.1 燃料材の仕様

(1) アルミニウム粉末

(2)ウランモリブデン粉末

(3) モリブデンコンパクト

3.1.2 燃料要素

(2) 被覆材の種類

3.2.2 被覆材の仕様

3.1.2 燃料要素

(3) 燃料要素の構造

3.2.1 燃料材の仕様

(3) ウランモリブデンコンパクト

3.2.3 燃料要素の仕様

(1) 寸法

1)燃料要素寸法(被覆を含む)

# 原子炉設置変更承認申請における 固体減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の記載

添付書類八

8-2 原子炉本体の構造及び設備

8-2-1 炉心

8-2-1-2 燃料体の最大挿入量

8-2-1-2-2 低濃縮ウラン炉心

(1) 固体減速炉心

濃縮ウラン(濃縮度約 [REDACTED]) [REDACTED] (U-235量)



3.1.1 炉心に関する制限

(1) 炉心への最大挿入量

3.2.3 燃料要素の仕様

(2) 数量

8-2-2 燃料体

8-2-2-1 燃料材の種類

8-2-2-1-2 低濃縮ウラン炉心

固体減速炉心用

ウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料(U7Mo-Al)

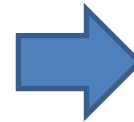
(角板)

(ウランモリブデンの主成分はU7Moとし、ウランを約

[REDACTED] の割合でアルミニウム中に分散させたものとする)

濃縮度

約 [REDACTED]



3.1.2 燃料要素

(1) 燃料材の種類

3.2.1 燃料材の仕様

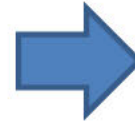
(1) アルミニウム粉末

(2) ウランモリブデン粉末

(3) ウランモリブデンコンパクト

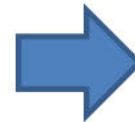
# 原子炉設置変更承認申請における 固体減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の記載

8-2-2-2被覆材の種類  
8-2-2-2-2低濃縮ウラン炉心  
固体減速炉心用  
濃縮度約 [REDACTED] 耐食性アルミニウム(厚さ [REDACTED])



3.1.2 燃料要素  
(2) 被覆材の種類  
  
3.2.2 被覆材の仕様  
  
3.2.3. 燃料要素の仕様  
(1) 寸法  
2) 被覆材厚さ

8-2-2-3 燃料要素の構造  
8-2-2-3-2低濃縮ウラン炉心  
(1)固体減速炉心用  
約 [REDACTED] 濃縮ウラン燃料  
燃料要素(角板)は、ウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料材(U7Mo)をアルミニウムで被覆したもので、大きさは [REDACTED] で、ウラン芯材の大きさは [REDACTED] で、その内に含まれるU-235量は約 [REDACTED] である。U7Moは核分裂生成物の封じ込めにも十分な能力を有している。



3.2.1 燃料材の仕様  
(3) ウランモリブデンコンパクト  
  
3.2.3 燃料要素の仕様  
(1) 寸法  
3.1.2. 燃料要素  
1) 燃料要素寸法(被覆を含む)

## 設計条件(申請書記載内容)

### 3.1.1 炉心に関する制限

#### (1)炉心への最大挿入量

濃縮ウラン(濃縮度約[REDACTED]) [REDACTED] (U-235量)

### 3.1.2燃料要素

#### (1)燃料材の種類

ウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料(U7Mo-Al)(角板)

(ウランモリブデンの主成分はU7Moとし、ウランを約[REDACTED]の割合でアルミニウム中に分散させたものとする。)

濃縮度 約[REDACTED]

#### (2)被覆材の種類

耐食性アルミニウム

#### (3)燃料要素の構造

[REDACTED]

(この内に含まれるU-235量は約[REDACTED]である。)

上記燃料要素を断面[REDACTED]のさや管の中へ装填する。



# 設計仕様(申請書記載内容)

## 燃料材の仕様

(1) アルミニウム粉末  
アルミニウム合金 [REDACTED]

(2) ウランモリブデン粉末  
濃縮度は [REDACTED]  
モリブデン重量比: 7.0 +0.5/-0.5 wt%

(3) ウランモリブデンコンパクト  
U-235量は [REDACTED]  
ウラン密度は [REDACTED]  
寸法は [REDACTED]

## 被覆材の仕様

アルミニウム合金 [REDACTED]

# 設計仕様(申請書記載内容)

## 燃料要素の仕様

### (1) 寸法

#### 1) 燃料要素寸法(被覆を含む)

■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■

#### 2) 被覆材厚さ

■■■■■■■■■■


### (2) 数量

製作数■■■■以下(ただしU-235量は■■■■以下)

#### ・その他

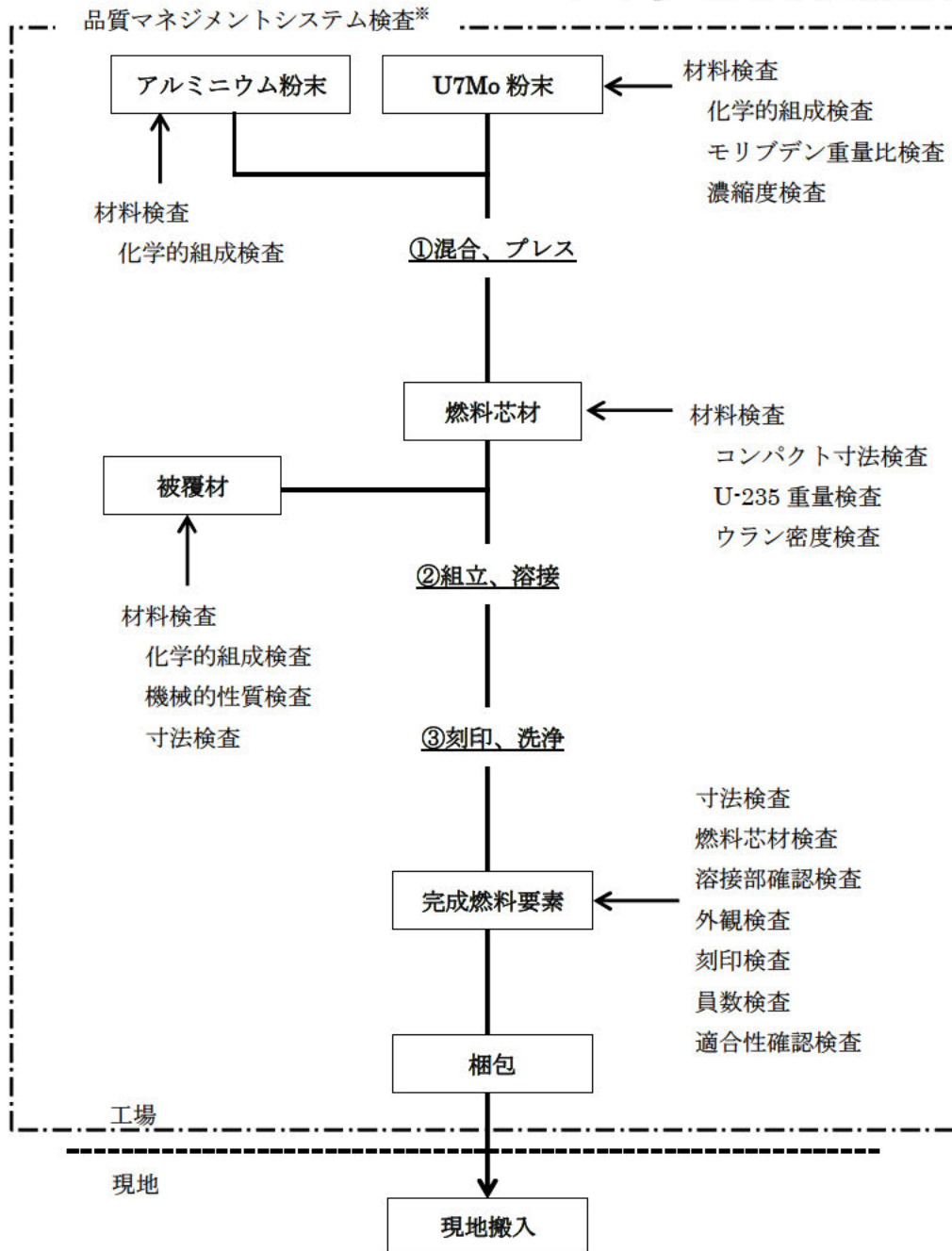
燃料要素1枚毎にID刻印を行う。

刻印の位置は燃料芯材部以外とする。



以上の設計仕様は、設工認申請書の添付書類「原子炉設置変更承認申請書」との整合性に関する説明書において、整合性を確認している

# 工事の方法及び手順



製作に際し、製作工場の状況や輸送に係るPP上の区分の関係から、燃料要素は、2回ないしは3回の輸送により本邦に到着する。



本工事では、上記の状況を踏まえ、申請書図-2(左図)の方法及び手順を2回ないしは3回実施することとする。



製作が完了したもののから、使用前事業者検査を実施し、使用前確認を受けたい。(設工認の部分承認)

今回の申請では、燃料の製作までとし、実際に炉心に装荷して使用するまでの検査等の方法については、別途確認を行う予定

# 試験・検査項目（申請書記載内容）

## 構造、強度及び漏えいの確認に係る検査

### 1. 燃料材材料検査

#### (1) アルミニウム粉末

##### 1) 化学的組成検査

材料メーカーのミルシート等に基づき、燃料材アルミニウム粉末の化学的組成が所定の範囲であることを確認する。

#### (2) ウランモリブデン粉末

##### 1) 化学的組成検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、ウランモリブデン粉末の化学的組成が所定の範囲であることを確認する。

##### 2)モリブデン重量比検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、ウランモリブデン粉末のモリブデン重量比が所定の範囲であることを確認する。

##### 3) 濃縮度検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、ウランモリブデン粉末のウラン濃縮度が所定の範囲であることを確認する。

## 試験・検査項目（申請書記載内容）

### (3)ウランモリブデンコンパクト（燃料芯材）

#### 1)コンパクト寸法検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、ウランモリブデンコンパクトの寸法が所定の範囲であることを確認する。

#### 2) U-235重量検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、ウランモリブデンコンパクトのU-235重量が所定の範囲であることを確認する。

#### 3) ウラン密度検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、ウランモリブデンコンパクトのウラン密度が所定の範囲であることを確認する。

## 2. 被覆材検査

### (1) 化学的組成検査

材料メーカーのミルシート等に基づき、被覆材アルミニウムの化学的組成が所定の範囲であることを確認する。

### (2) 機械的性質検査

材料メーカーのミルシート等に基づき、被覆材アルミニウムの機械的性質が所定の範囲であることを確認する。

### (3) 寸法検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、被覆材アルミニウムの寸法が所定の範囲であることを確認する。

## 試験・検査項目（申請書記載内容）

### 3. 燃料要素検査

#### (1) 寸法検査

燃料要素の寸法が所定の範囲であることを確認する。

#### (2) 燃料芯材検査

加工メーカーのX線透過試験結果記録等に基づき、燃料芯材が存在することを確認する。

#### (3) 溶接部確認検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、燃料要素溶接部の溶接深さ、所定の深さを超える傷がないことを確認する。

#### (4) 外観検査

所定の深さを超える傷がないことを確認するとともに、燃料要素に異物及び著しい汚れがないことを目視により確認する。

#### (5) 刻印検査

目視により、所定の位置に刻印があることを確認する。

#### (6) 員数検査

製作された燃料要素が、          以下であることとU-235量の合計が          以下であることを確認する。製作2回目以降の検査では、それ以前に製作した燃料要素枚数と合わせて          以下であることとU-235量の合計が          以下であることを確認する。

# 試験・検査項目（申請書記載内容）

## 機能及び性能の確認に関する検査

該当なし

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

- 1. 設計変更の生じた構築物等に対する適合性確認結果の検査（適合性確認検査）**  
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。
  - 地震による損傷の防止（第6条）
  - 外部からの衝撃による損傷の防止（第8条）
  - 機能の確認等（第11条）
  - 炉心等（第22条）
- 2. 品質マネジメントシステムに係る検査（品質マネジメントシステム検査）**  
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。

# 技術基準規則との適合性について

技術基準規則の条項		説明の必要の有無		適合性
		有・無	項・号	
第1、2条	適用範囲、定義			
第3条	特殊な設計による試験研究炉用原子炉施設	該当無	—	—
第4条	廃止措置中の試験研究用等原子炉施設の維持	該当無	—	—
第5条	試験研究用等原子炉施設の地盤	無	—	—
第6条	地震による損傷の防止	有	第1項	下記のとおり
		該当無	第2項 第3項	
第7条	津波による損傷の防止	該当無	—	—
第8条	外部からの衝撃による損傷の防止	有	第1項 第2項	下記のとおり
		無	第3項 第4項	
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	無	—	—
第10条	試験研究用等原子炉施設の機能	無	—	—
第11条	機能の確認等	有	第1項	下記のとおり
第12条	材料及び構造	無	—	—
第13条	安全弁等	無	—	—
第14条	逆止め弁	無	—	—
第15条	放射性物質による汚染の防止	無	—	—
第16条	遮蔽等	無	—	—
第17条	換気設備	無	—	—
第18条	適用			
第19条	溢(いつ)水による損傷の防止	無	—	—
第20条	安全避難通路等	無	—	—
第21条	安全設備	無	—	—
第22条	炉心等	有	第1項 第2項	下記のとおり



# 技術基準規則との適合性について

技術基準規則の条項		説明の必要の有無		適合性
		有・無	項・号	
第23条	熱遮蔽材	該当無	—	—
第24条	一次冷却材	該当無	—	—
第25条	核燃料物質取扱設備	無	—	—
第26条	核燃料物質貯蔵設備	無	—	—
第27条	一次冷却材処理装置	該当無	—	—
第28条	冷却設備等	該当無	—	—
第29条	液位の保持等	無	—	—
第30条	計測設備	無	—	—
第31条	放射線管理施設	無	—	—
第32条	安全保護回路	無	—	—
第33条	反応度制御系統及び原子炉停止系統	無	—	—
第34条	原子炉制御室等	無	—	—
第35条	廃棄物処理設備	無	—	—
第36条	保管廃棄設備	無	—	—
第37条	原子炉格納施設	無	—	—
第38条	実験設備等	無	—	—
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	無	—	—
第40条	保安電源設備	無	—	—
第41条	警報装置	無	—	—
第42条	通信連絡設備等	無	—	—
第43条～第52条	第三章研究開発段階原子炉に係る試験研究用等原子炉施設に関する条項	該当無	—	—
第53条～第59条	第四章ガス冷却型原子炉に係る試験研究用等原子炉施設に関する条項	該当無	—	—
第60条～第69条	第五章ナトリウム冷却型高速炉に係る試験研究用等原子炉施設に関する条項	該当無	—	—



各条項に対しては参考資料表にて説明

# 技術基準規則との適合性について(第六条)

(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。

2 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。

3 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。

## 第1項について

当該燃料要素は、耐震Cクラスを満足するものとする。なお、燃料要素自体は耐震部材ではなく、さや管に挿入して使用されるため、燃料要素の耐震性は耐震Cクラスのさや管の耐震性によって確保されるものである。燃料要素を挿入したさや管の耐震性について検討した結果、第1項に適合する設計となっている。

## 第2項について

当該燃料要素は耐震重要施設ではないため対象外。

## 第3項について

当該燃料要素は耐震重要施設ではないため対象外。

# 技術基準規則との適合性について(第八条)

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第八条 試験研究用等原子炉施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置、基礎地盤の改良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。

2 試験研究用等原子炉施設は、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合において、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)により試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないよう、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。

3 試験研究用等原子炉を船舶に設置する場合にあっては、原子炉格納容器に近接する船体の部分は、衝突、座礁その他の要因による原子炉格納容器の機能の喪失を防止できる構造でなければならない。

4 試験研究用等原子炉施設は、航空機の墜落により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おいて、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。

## 第1項、第2項について

### (1) 自然現象

技術基準規則第八条第1項の要求事項に適合させるため、KUCA施設が、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)及びそれらの組合せによりその安全性が損なわれるおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じる。

### (2) 人為事象

技術基準規則第八条第2項の要求事項に適合させるため、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合には、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)によりKUCA施設の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じる。

### (3) 適合性確認の基本方針

燃料要素はすべてKUCA施設の原子炉建屋(以下「原子炉建屋」という。)に内包されていることから、外部からの衝撃に対する防護措置等の適合性評価に当たっては、原子炉建屋への影響の有無により確認することを基本方針とする。



詳細は申請書のとおりであり、適合性について確認されている

# 技術基準規則との適合性について(第八条)続き

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第八条 試験研究用等原子炉施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置、基礎地盤の改良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。

2 試験研究用等原子炉施設は、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合において、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)により試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないよう、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。

3 試験研究用等原子炉を船舶に設置する場合にあっては、原子炉格納容器に近接する船体の部分は、衝突、座礁その他の要因による原子炉格納容器の機能の喪失を防止できる構造でなければならない。

4 試験研究用等原子炉施設は、航空機の墜落により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おいて、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。

## 第3項、第4項について

第3項は原子炉施設を船舶に設置する場合の規定であること、第4項の航空機落下は「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」等に基づき評価した結果、防護措置の要否を判断する基準を超えていないことについて設置(変更)承認を受けていることから適用外である。

# 技術基準規則との適合性について(第十一条)

(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。

本申請の対象である燃料要素は、運転により燃料要素に蓄積される核分裂生成物が僅少であり、運転後においても燃料要素を直接取り扱うことが可能である。したがって、安全を確保する上で必要な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が可能である。

# 技術基準規則との適合性について(第二十二条)

(炉心等)

第二十二条 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。

2 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。

3 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。

## 第1項、第2項について

本申請の対象である燃料要素は、技術基準規則に基づき、最高使用圧力、自重、附加荷重その他の燃料要素に加わる負荷に耐えるように設計していることを、参考資料に示す評価計算により確認しており、設計上要求される耐圧強度を確保している。なお、固体減速炉心は、常圧下に置かれ、通常運転時の最大熱出力100W、運転時の異常な過渡変化時においても最高使用温度は100°C未満となり、燃料芯材及び被覆材による有意な相互作用はない。また、材料検査、外観検査及び寸法検査を実施し、適切な材料及び構造であることを確認する。

→ 評価計算は申請書のとおりであり、燃料要素は附加荷重、自重に耐えられる構造である。(参考資料参照)

## 第3項について

炉心は冷却を必要とせず、減速材及び反射材は固体であり、冷却材の循環等による損傷を生じさせるおそれのある振動は発生しない。このため、同条第3項の規定は適用外とする。

「試験研究の用に供する原子炉等の技術基準に関する規則」との適合性に関する説明書

## 第二十二条 第1項、第2項についての評価計算書

### 1. 評価に関する設計条件

燃料要素はアルミニウム製の額縁の内部にウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料のコンパクト（圧縮して成型したもの）を入れ、その上にアルミニウム製の板を置いて周囲を溶接している構造である。（図1、図2）

燃料要素は燃料さや管に収納されて炉心格子板に固定し、常圧の条件下で使用されるため、本評価では附加荷重及び自重を対象とする。

#### (1) 附加荷重の評価

現在の設置変更承認申請書においてKUCAで使用する最も重い燃料集合体は燃料要素2枚＋1/8inchポリエチレンを1セルとし、これを高さ約50cmに積み重ねて（65セル）、その上にポリエチレン反射体を約50cm（高さ25.4 cmのポリエチレンを2本）入れたものである。この際、一番下の燃料要素周囲の幅[REDACTED]のアルミ枠（図2、Pの矢印の箇所）に作用する圧縮応力を計算する（保守的に一番下の燃料要素分も加えて計算を行う）。

#### (2) 自重の評価

燃料要素の自重による影響は(1)の附加荷重による影響に比べて明らかに小さいので(1)の評価結果に包含されると考えられる。

### 2. 附加荷重に対する燃料要素の強度

#### (1) 燃料芯材（ウランモリブデンコンパクト）

##### 1) 体積

「図1 燃料要素」から求める。  
[REDACTED]

##### 2) 密度

ウランモリブデン（モリブデン 6.5%）の密度である  $18.4 \text{ g/cm}^3$  <sup>(1)</sup>を使用する。（燃料芯材はU7Mo-Alであるが、ここでは安全側にU7Mo密度を使用する。）（モリブデン含有量は $7 \pm 0.5\%$ であるが、モリブデン量が少ないほど密度が高くなるので安全側に6.5%とする）

##### 3) 質量

$$[REDACTED] \times 18.4 \text{ g/cm}^3 = [REDACTED]$$

#### (2) 燃料要素被覆

##### 1) 体積

燃料要素の被覆体積は、被覆を含む燃料要素体積から燃料芯材体積を差し引くことで求める。（図1、図2）

・ 被覆を含む燃料要素体積  
[REDACTED]

- ・ 燃料要素被覆体積  
 [REDACTED]
- 2) 密度  
 $2.7 \text{ g/cm}^3$  <sup>(3)</sup> (アルミニウム) を使用する。
- 3) 質量  
 $[REDACTED] \times 2.7 \text{ g/cm}^3 = [REDACTED]$
- (3) ポリエチレン(1/8 インチ)
  - 1) 体積  
 [REDACTED]
  - 2) 密度  
 $0.96 \text{ g/cm}^3$  <sup>(2)</sup> (ポリエチレン) を使用する。
  - 3) 質量  
 $[REDACTED] \times 0.96 \text{ g/cm}^3 = [REDACTED]$
- (4) ポリエチレン(25.4cm)
  - 1) 体積  
 [REDACTED]
  - 2) 密度  
 $0.96 \text{ g/cm}^3$  <sup>(2)</sup> (ポリエチレン) を使用する。
  - 3) 質量  
 $[REDACTED] \times 0.96 \text{ g/cm}^3 = [REDACTED]$
- (5) 燃料集合体一番下の燃料要素周囲の幅 [REDACTED] のアルミ枠に加わる応力
  - ・ 合計質量 [REDACTED]
  - ・ 応力が加わる箇所の面積 [REDACTED]
  - ・  $[REDACTED] \times 9.8 \text{ m/s}^2 / [REDACTED]$
- (6) まとめ  
 $63.7 \text{ N/mm}^2$  <sup>(4)</sup> (燃料被覆耐力) [REDACTED]  $\text{N/mm}^2$  (附加荷重) であるため、燃料要素は附加荷重に耐えられる。

## 参考文献

- (1) U-Mo Fuels Handbook :Argonne
- (2) 京都大学複合原子力科学研究所の原子炉施設[KUCA]に係る使用前検査  
 (ポリエチレン反射材の製作) 使用前検査記録 (使用前検査申請番号 : 19 京大施環化第 2 3  
 6 号)
- (3) 理科年表平成 17 年 : 丸善株式会社
- (4) [REDACTED]



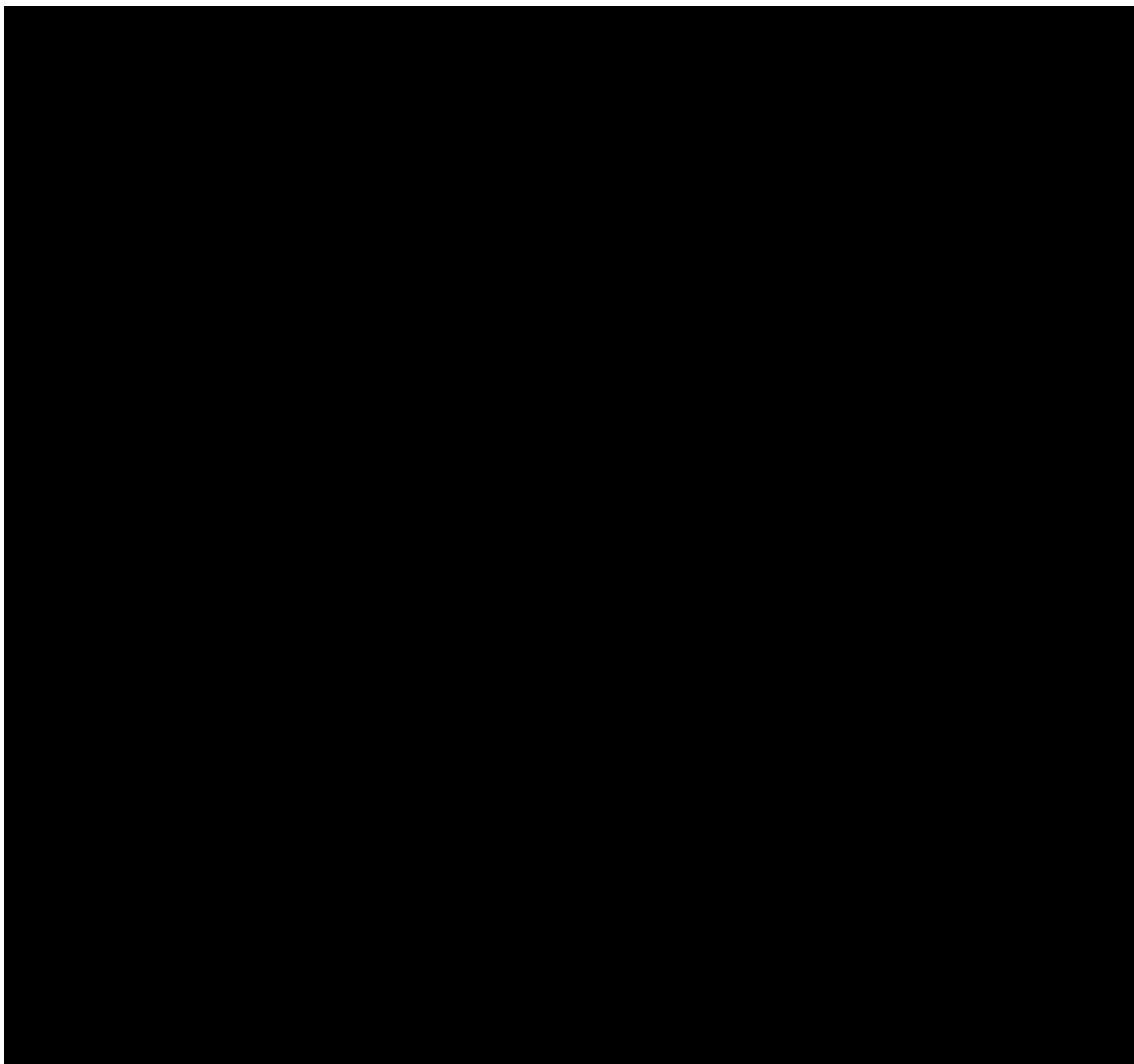


図1 燃料要素 (単位:mm)

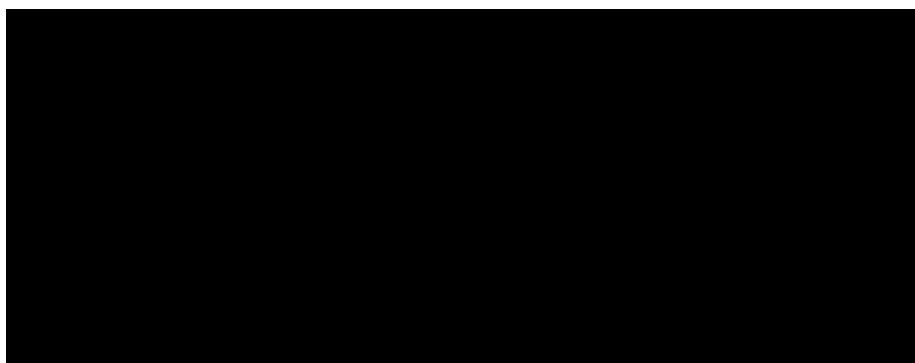


図2 燃料要素構造 (断面図) (単位:mm)

第1章 総則				
条	項	号	規則	説明
(適応範囲)				
1				
(定義)				
2				
(特殊な設計による試験研究用等原子炉施設)				
3	1		特別の理由により原子力規制委員会の認可を受けた場合は、この規則の規定によらないで試験研究用等原子炉施設を設置すること	KUCAIは本条文に該当しない
	2		前項の認可を受けようとする者は、その理由及び設置方法を記載した申請書に關係図面を添付して申請しなければならない。	KUCAIは本条文に該当しない
(廃止措置中の試験研究用等原子炉施設の維持)				
4			法第四十三条の三の二第二項の認可を受けた場合には、当該認可に係る廃止措置計画(同条第三項において準用する法第十二条の六第三項又は第五項の規定による変更の認可又は届出があったときは、その変更後のもの。以下この条において同じ。)で定める性能維持施設(試験炉規則第十六条の五の二第十一号の性能維持施設をいう。)については、この規則の規定にかかわらず、当該認可に係る廃止措置計画に定めるところにより、当該施設を維持し	KUCAIは本条文に該当しない
(試験研究用等原子炉施設の地盤)				
5			試験研究用等原子炉施設(船舶に設置するものを除く。第六条、第七条及び第八条第一項において同じ。)は、試験炉許可基準規則第三条第一項の地震力が作用した場合においても当該試験研究用等原子炉施設を十分に支持することができる地盤に設置されたものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(地震による損傷の防止)				
6	1		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	申請書添付書類のとおり
	2		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。	申請書添付書類のとおり
	3		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。	申請書添付書類のとおり
(津波による損傷の防止)				

7		試験研究用等原子炉施設は、その供用中に当該試験研究用等原子炉施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波(試験炉許可基準規則第五条に規定する津波をいう。)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。	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
(外部からの衝撃による損傷の防止)			
8	1	試験研究用等原子炉施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置、基礎地盤の改良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。	申請書添付書類のとおり
	2	試験研究用等原子炉施設は、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合において、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)により試験研究用等原子炉施設の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置が講じられたも	申請書添付書類のとおり
	3	試験研究用等原子炉を船舶に設置する場合にあつては、原子炉格納容器に近接する船体の部分は、衝突、座礁その他の要因による原子炉格納容器の機能の喪失を防止できる構造でなければならない	申請書添付書類のとおり
	4	試験研究用等原子炉施設は、航空機の墜落により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おいて、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。	申請書添付書類のとおり
(試験研究用等原子炉施設への人の不法な侵入等の防止)			
9		試験研究用等原子炉を設置する工場又は事業所(以下「工場等」という。)は、試験研究用等原子炉施設への人の不法な侵入、試験研究用等原子炉施設に不正に爆発性又は可燃性を有する物件その他人に危害を与え又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれること及び不正アクセス行為(不正アクセス行為の禁止等に関する法律(平成十一年法律第二百二十八号)第二条第四項に規定する不正アクセス行為をいう。第三十二条第六号において同じ。)を防止するため、適切な措置が講じられたものでなければ	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(試験研究用等原子炉施設の機能)			

10	1	試験研究用等原子炉施設は、通常運転時において試験研究用等原子炉の反応度を安全かつ安定的に制御でき、かつ、運転時の異常な過渡変化時においても試験研究用等原子炉固有の出力抑制特性を有するとともに、当該試験研究用等原子炉の反応度を制御することにより原子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。ただし、試験炉許可基準規則第十五条第一項ただし書の規定の適用を受ける臨界実験装置に係る試験研究用等原子炉施設にあつては、試験研究用等原子炉固有の出力	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	船舶に設置する試験研究用等原子炉施設は、波浪により生ずる動揺、傾斜その他の要因により機能が損なわれることがないものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(機能の確認等)			
11		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。	申請書添付書類のとおり
(材料及び構造)			
12	1	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	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、支持構造物に関する当条文は該当しない
	1	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	イ	不連続で特異な形状でないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	ハ	適切な強度を有するものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	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により溶接したものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない

	3	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(安全弁等)			
13		試験研究用等原子炉施設には、その安全機能の重要度に応じて、機器に作用する圧力の過度の上昇を適切に防止する性能を有する安全弁、逃がし弁、破壊板又は真空破壊弁(第十五条第二項において「安全弁等」という。)が必要な箇所に設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全弁等に関する当条文は該当しない
(逆止め弁)			
14		放射性物質を含む一次冷却材その他の流体を内包する容器若しくは管又は放射性廃棄物を廃棄する設備(排気筒並びに第十七条及び第三十六条(第五十二条、第五十九条及び第七十条において準用する場合を含む。)に規定するものを除く。)へ放射性物質を含まない流体を導く管には、逆止め弁が設けられていなければならない。ただし、放射性物質を含む流体が放射性物質を含まない流体を導く管に逆流するおそれがない場合は、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、逆止め弁等に関する当条文は該当しない
(放射性物質による汚染の防止)			
15	1	試験研究用等原子炉施設は、通常運転時において機器から放射性物質を含む流体が漏えいする場合において、これを安全に廃棄し得るように設置されたものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	試験研究用等原子炉施設は、安全弁等から排出される流体が放射性物質を含む場合において、これを安全に廃棄し得るように設置されたものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	3	試験研究用等原子炉施設は、工場等の外に排水を排出する排水路(湧水に係るものであって、放射性物質により汚染するおそれがある管理区域内に開口部がないものを除く。以下この項において同じ。)の上に、当該施設の放射性物質により汚染するおそれがある管理区域内の床面がないものでなければならない。ただし、液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備が設置される施設(液体状の放射性廃棄物の漏えいが拡大するおそれがある部分に限る。)以外の施設であって当該施設の放射性物質により汚染するおそれがある管理区域内に当該排水路の開口部がない場合並びに当該排水路に放射性物質を含む排水を安全に廃棄する設備及び第三十一条第二号に掲げる事項を計測する設備が設置されている場合は、	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	4	試験研究用等原子炉施設のうち、人が頻繁に出入りする建物又は船舶の内部の壁、床その他の部分であって、放射性物質により汚染されるおそれがあり、かつ、人が触れるおそれがあるものの表面は、放射性物質による汚染を除去しやすいものでなければならぬ	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(遮蔽等)			

16	1	試験研究用等原子炉施設は、通常運転時において当該試験研究用等原子炉施設からの直接線及びスカイライン線による工場等周辺の空間線量率が原子力規制委員会の定める線量限度を十分下回るように設置されたものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	工場等(原子力船を含む。)内における外部放射線による放射線障害を防止する必要がある場所には、次に掲げるところにより遮蔽設備が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	1	放射線障害を防止するために必要な遮蔽能力を有するものである	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	開口部又は配管その他の貫通部がある場合であって放射線障害を防止するために必要がある場合は、放射線の漏えいを防止するための措置が講じられていること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	3	自重、熱応力その他の荷重に耐えるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
(換気設備)			
17	1	試験研究用等原子炉施設内の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必要がある場所には、次に掲げるところにより換気設備が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	1	放射線障害を防止するために必要な換気能力を有するものである	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	2	放射性物質により汚染された空気が漏えい及び逆流のし難い構造であるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	3	ろ過装置を有する場合にあっては、ろ過装置の放射性物質による汚染の除去又はろ過装置の取替えが容易な構造であること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない
	4	吸気口は、放射性物質により汚染された空気を吸入し難いように設置されたものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、当条文は該当しない

第2章 試験研究用原子炉に係る試験研究用等原子炉施設				
条	項	号	規則	説明
(適用)				
18			この章の規定は、試験研究用原子炉に係る試験研究用等原子炉施設について適用する。	本条文は適用に関することである。
(溢水による損傷の防止)				
19	1		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	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、溢水設備に関する当条文は該当しない
	2		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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、溢水設備に関する当条文は該当しない
(安全避難通路等)				
20			試験研究用等原子炉施設には、次に掲げる設備が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、避難経路に関する当条文は該当しない
		1	その位置を明確かつ恒久的に表示することにより容易に識別できる安全避難通路	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、避難経路に関する当条文は該当しない
		2	照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない避難用の照明	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、避難経路に関する当条文は該当しない
		3	設計基準事故が発生した場合に用いる照明(前号の避難用の照明を除く。)及びその専用の電源	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、避難経路に関する当条文は該当しない
(安全設備)				
21			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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
		1	第二条第二項第二十八号ロ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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
		2	第二条第二項第二十八号ロ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、当該システム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	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない

	3	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	4	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	5	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
	6	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全設備に関する当条文は該当しない
(炉心等)			
22	1	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。	申請書添付書類のとおり
	2	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。	申請書添付書類のとおり
	3	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。	申請書添付書類のとおり
(熱遮蔽材)			
23		試験研究用等原子炉施設には、原子炉容器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場合において、これを防止するため、次に掲げるところにより熱遮蔽材が設けられていなければならない。	KUCAIは臨界実験装置であり、熱遮蔽材に関する本条文は該当しない。
	1	熱応力による変形により試験研究用等原子炉の安全に支障を及ぼすおそれがないこと。	KUCAIは臨界実験装置であり、熱遮蔽材に関する本条文は該当しない。
	2	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こと。	KUCAIは臨界実験装置であり、熱遮蔽材に関する本条文は該当しない。
(一次冷却材)			



24		一次冷却材は、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。	KUCAIは臨界実験装置であり、一次冷却材は使用しないためは当条文は該当しない。
(核燃料物質取扱設備)			
25		核燃料物質取扱設備は、次に掲げるところにより設置されていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	1	通常運転時において取り扱う必要がある燃料体又は使用済燃料(以下「燃料体等」と総称する。)を取り扱う能力を有するものである	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	2	燃料体等が臨界に達するおそれがないこと。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	3	燃料体等の崩壊熱を安全に除去することにより燃料体等が溶融しないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	4	取扱中に燃料体等が破損するおそれがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	5	燃料体等を封入する容器は、取扱中における衝撃及び熱に耐え、かつ、容易に破損しないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	6	前号の容器は、燃料体等を封入した場合に、その表面及び表面から一メートルの距離における線量当量率がそれぞれ原子力規制委員会の定める線量当量率を超えないものであること。ただし、管理区域内においてのみ使用されるものについては、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	7	燃料体等の取扱中に燃料体等を取り扱うための動力の供給が停止した場合に、燃料体等を保持する構造を有する機器により燃料体等の落下を防止できること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	8	次に掲げるところにより燃料取扱場所の放射線量及び温度を測定できる設備を備えるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	イ	燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し、及び警報を発することができるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
	ロ	崩壊熱を除去する機能の喪失を検知する必要がある場合には、燃料取扱場所の温度の異常を検知し及び警報を発することができるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の取扱設備に関する当条文は該当しない
(核燃料物質貯蔵設備)			
26	1	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。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	1	燃料体等が臨界に達するおそれがないこと。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	2	燃料体等を貯蔵することができる容量を有すること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	3	次に掲げるところにより燃料取扱場所の放射線量及び温度を測定できる設備を備えるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない

	イ	燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し及び警報を発することができるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	ロ	崩壊熱を除去する機能の喪失を検知する必要がある場合には、燃料取扱場所の温度の異常を検知し及び警報を発することができるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
2		使用済燃料その他高放射性の燃料体を貯蔵する核燃料物質貯蔵設備は、前項に定めるところによるほか、次に掲げるところにより設置されていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	1	使用済燃料その他高放射性の燃料体の被覆が著しく腐食することを防止し得るものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	2	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であること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	3	使用済燃料その他高放射性の燃料体の崩壊熱を安全に除去し得るものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	4	使用済燃料その他高放射性の燃料体を液体中で貯蔵する場合は、前号に掲げるところによるほか、次に掲げるところによること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	イ	液体があふれ、又は漏えいするおそれがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
	ロ	液位を測定でき、かつ、液体の漏えいその他の異常を適切に検知し得るものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、燃料体の貯蔵設備に関する当条文は該当しない
(一次冷却材処理装置)			
27		試験研究用等原子炉施設は、放射性物質を含む一次冷却材(次条第一項第四号に掲げる設備から排出される放射性物質を含む流体を含む。)を通常運転時において系統外に排出する場合は、これを安全に廃棄し得るように設置されたものでなければならない。	KUCAIは臨界実験装置であり、一次冷却材は使用しないため当条文は該当しない。
(冷却設備等)			
28	1	試験研究用等原子炉施設には、次に掲げる設備が設けられていなければならない。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。	KUCAIは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	1	原子炉容器内において発生した熱を除去することができる容量の冷却材その他の流体を循環させる設備	KUCAIは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	2	液体の一次冷却材を用いる試験研究用等原子炉にあつては、運転時における原子炉容器内の液位を自動的に調整する設備	KUCAIは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	3	密閉容器型原子炉(燃料体及び一次冷却材が容器(原子炉格納施設を除く。)内に密閉されている試験研究用等原子炉をいう。)にあつては、原子炉容器内の圧力を自動的に調整する設備	KUCAIは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	4	一次冷却材に含まれる放射性物質及び不純物の濃度を試験研究用等原子炉の安全に支障を及ぼさない値以下に保つ設備	KUCAIは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。

	5	試験研究用等原子炉停止時における原子炉容器内の残留熱を除去する設備	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	6	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ときに想定される最も厳しい条件の下において原子炉容器内において発生した熱を除去できる非常用冷却設備	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
	7	前二号の設備により除去された熱を最終ヒートシンクへ輸送することができる設備	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
2		前項の設備は、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ぬ	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
3		試験研究用等原子炉施設には、一次冷却系統設備からの一次冷却材の漏えいを検出する装置が設けられていなければならない。	KUCAは臨界実験装置であり、冷却設備は設けていないため当条文は該当しない。
(液位の保持等)			
29	1	液体の一次冷却材を用いる試験研究用等原子炉施設にあっては、一次冷却材の流出を伴う異常が発生した場合において原子炉容器内の液位の過度の低下を防止し、炉心全体を冷却材中に保持する機能を有する設備は、試験研究用等原子炉施設の損壊又は故障その他の異常に伴う温度の変化による荷重の増加その他の当該設備に加わる負荷に耐えるものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、冠水に関する当条文は該当しない
	2	試験研究用等原子炉施設のうち、冠水維持設備を設けるものにおいて、前項に定めるところによるほか、原子炉容器内の設計水位を確保できるものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、冠水に関する当条文は該当しない
(計測設備)			
30	1	試験研究用等原子炉施設には、次に掲げる事項を計測する設備が設けられていなければならない。この場合において、当該事項を直接計測することが困難な場合は、これを間接的に計測する設備をもって代えることができる。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	1	熱出力及び炉心における中性子束密度	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	2	炉周期	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	3	制御棒(固体の制御材をいう。以下同じ。)の位置	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	4	一次冷却材に関する次の事項	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	イ	含有する放射性物質及び不純物の濃度	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
	ロ	原子炉容器内における温度、圧力、流量及び液位	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない

2		試験研究用等原子炉施設には、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試験研究用等原子炉の停止後の温度、液位その他の試験研究用等原子炉施設の状態を示す事項(以下「パラメータ」という。)を、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し及び記録することができる設備が設けられていなければならない	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、計測設備に関する当条文は該当しない
(放射線管理施設)			
31		工場等には、次に掲げる事項を計測する放射線管理施設が設けられていなければならない。この場合において、当該事項を直接計測することが困難な場合は、これを間接的に計測する施設をもって代えることができる。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、放射線管理施設に関する当条文は該当しない
	1	放射性廃棄物の排気口又はこれに近接する箇所における排気中の放射性物質の濃度	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、放射線管理施設に関する当条文は該当しない
	2	放射性廃棄物の排水口又はこれに近接する箇所における排水中の放射性物質の濃度	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、放射線管理施設に関する当条文は該当しない
	3	管理区域における外部放射線に係る原子力規制委員会の定める線量当量及び空気中の放射性物質の濃度	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、放射線管理施設に関する当条文は該当しない
(安全保護回路)			
32		試験研究用等原子炉施設には、次に掲げるところにより安全保護回路が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	1	運転時の異常な過渡変化が発生する場合又は地震の発生により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、原子炉停止システムその他システム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にできるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	2	試験研究用等原子炉施設の損壊又は故障その他の異常により多量の放射性物質が漏えいするおそれがある場合において、これを抑制し又は防止するための設備を速やかに作動させる必要があるときは、当該設備の作動を速やかに、かつ、自動的に開始させるも	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	3	安全保護回路を構成する機械若しくは器具又はチャンネルは、単一故障が起きた場合又は使用状態からの単一の取り外しを行った場合において、安全保護機能を失わないよう、多重性又は多様性を確保するものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	4	安全保護回路を構成するチャンネルは、それぞれ互いに分離し、それぞれのチャンネル間において安全保護機能を失わないように独立性を確保するものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない

	5	駆動源の喪失、系統の遮断その他の試験研究用等原子炉の運転に重要な影響を及ぼす事象が発生した場合においても、試験研究用等原子炉施設への影響が緩和される状態に移行し、又は当該事象が進展しない状態を維持することにより、試験研究用等原子炉施設の安全上支障がない状態を維持できるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	6	不正アクセス行為その他の電子計算機に使用目的に沿うべき動作をさせず、又は使用目的に反する動作をさせる行為による被害を防止するために必要な措置が講じられているものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	7	計測制御系統施設の一部を安全保護回路と共用する場合において、その安全保護機能を失わないよう、計測制御系統施設から機能的に分離されたものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
	8	試験研究用等原子炉の安全を確保する上で必要な場合には、運転条件に応じてその作動設定値を変更できるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、安全保護回路に関する当条文は該当しない
(反応度制御系統及び原子炉停止系統)			
33	1	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系統が設けられていなければならない	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	1	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	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	2	制御棒を用いる場合にあっては、次のとおりとすること。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	ロ	当該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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	2	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系統が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	1	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系統を有するものであること。ただし、当該系統が制御棒のみから構成される場合であって、次に掲げるときは、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	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系統の能力に十分な余裕があるとき。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	ロ	原子炉固有の出力抑制特性が優れているとき。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない

	2	運転時において、原子炉停止系統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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	3	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、原子炉停止系統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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	4	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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
3		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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
4		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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	1	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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	2	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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
	3	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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
5		制御棒の最大反応度価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ささないものでなければならない	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
6		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。	今回の申請は燃料の製作に限定する申請であり、反応度制御系、原子炉停止系統に関する当条文は該当しない
(原子炉制御室等)			
34	1	試験研究用等原子炉施設には、原子炉制御室が設けられていないなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、制御室に関する当条文は該当しない
	2	原子炉制御室は、試験研究用等原子炉の運転状態を表示する装置、試験研究用等原子炉の安全を確保するための設備を操作する装置、異常を表示する警報装置その他の試験研究用等原子炉の安全を確保するための主要な装置が集中し、かつ、誤操作することなく適切に運転操作することができるよう設置されたものでなければ	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、制御室に関する当条文は該当しない

	3		原子炉制御室は、従事者が設計基準事故時に容易に避難できる構造でなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、制御室に関する当条文は該当しない
	4		原子炉制御室及びこれに連絡する通路は、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、試験研究用等原子炉の運転の停止その他の試験研究用等原子炉施設の安全性を確保するための措置をとるため、従事者が支障なく原子炉制御室に入り、かつ、一定期間とどまることができるように、遮蔽設備の設置その他の適切な放射線防護措置が講じられたも	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、制御室に関する当条文は該当しない
	5		試験研究用等原子炉施設には、火災その他の要因により原子炉制御室が使用できない場合に、原子炉制御室以外の場所から試験研究用等原子炉の運転を停止し、かつ、安全な状態を維持することができる設備が設けられていなければならない。ただし、試験研究用等原子炉の安全性を確保する上で支障がない場合であって	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、制御室に関する当条文は該当しない
(廃棄物処理設備)				
35	1		工場等には、次に掲げるところにより放射性廃棄物を廃棄する設備(放射性廃棄物を保管廃棄する設備を除く。)が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
		1	周辺監視区域の外の空気中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度が、それぞれ原子力規制委員会の定める濃度限度を超えないように、試験研究用等原子炉施設において発生する放射性廃棄物を廃棄する能力を有するものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
		2	放射性廃棄物以外の廃棄物を廃棄する設備と区別すること。ただし、放射性廃棄物以外の流体状の廃棄物を流体状の放射性廃棄物を廃棄する設備に導く場合において、流体状の放射性廃棄物が放射性廃棄物以外の流体状の廃棄物を取り扱う設備に逆流するおそれがないときは、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
		3	放射性廃棄物に含まれる化学薬品の影響その他の要因により著しく腐食するおそれがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
		4	気体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、排気口以外の箇所において気体状の放射性廃棄物を排出することがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
		5	気体状の放射性廃棄物を廃棄する設備にろ過装置を設ける場合にあつては、ろ過装置の放射性物質による汚染の除去又はろ過装置の取替えが容易な構造であること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
		6	液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、排水口以外の箇所において液体状の放射性廃棄物を排出することがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
		7	固体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、放射性廃棄物を廃棄する過程において放射性物質が散逸し難いものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない

	2	液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備(液体状の放射性廃棄物を保管廃棄する設備を除く。以下この項において同じ。)が設置される施設(液体状の放射性廃棄物の漏えいが拡大するおそれがある部分に限る。)は、次に掲げるところにより設置されていなければ	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
	1	施設内部の床面及び壁面は、液体状の放射性廃棄物が漏えいし難いものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
	2	施設内部の床面は、床面の傾斜又は床面に設けられた溝の傾斜により液体状の放射性廃棄物とその受け口に導かれる構造であり、かつ、液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備の周辺部には、液体状の放射性廃棄物の漏えいの拡大を防止するための堰せき	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
	3	施設外に通ずる出入口又はその周辺部には、液体状の放射性廃棄物が施設外へ漏えいすることを防止するための堰せきが設けられていること。ただし、施設内部の床面が隣接する施設の床面又は地表面より低い場合であって液体状の放射性廃棄物が施設外へ漏えいするおそれがないときは、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、廃棄物処理設備に関する当条文は該当しない
(保管廃棄設備)			
36	1	放射性廃棄物を保管廃棄する設備は、次に掲げるところによるものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
	1	通常運転時に発生する放射性廃棄物を保管廃棄する容量を有すること	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
	2	放射性廃棄物が漏えいし難い構造であること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
	3	崩壊熱及び放射線の照射により発生する熱に耐え、かつ、放射性廃棄物に含まれる化学薬品の影響その他の要因により著しく腐食するおそれがないこと。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
	2	固体状の放射性廃棄物を保管廃棄する設備が設置される施設は、放射性廃棄物による汚染が広がらないように設置されたものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
	3	前条第二項の規定は、流体状の放射性廃棄物を保管廃棄する設備が設置されている施設について準用する。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保管廃棄設備に関する当条文は該当しない
(原子炉格納施設)			
37		試験研究用等原子炉施設には、次に掲げるところにより、原子炉格納施設が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、原子炉格納施設に関する当条文は該当しない
	1	通常運転時に、その内部を負圧状態に維持し得るものであり、かつ、所定の漏えい率を超えることがないものであること。ただし、公衆に放射線障害を及ぼすおそれがない場合にあつては、この限り	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、原子炉格納施設に関する当条文は該当しない



	2	設計基準事故時において、公衆に放射線障害を及ぼさないようにするため、原子炉格納施設から放出される放射性物質を低減するものであること。ただし、公衆に放射線障害を及ぼすおそれがない場合にあっては、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、原子炉格納施設に関する当条文は該当しない
(実験設備等)			
38		試験研究用等原子炉施設に設置される実験設備等(試験炉許可基準規則第二十九条に規定する実験設備等をいう。以下この条において同じ。)は、次に掲げるものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
	1	実験設備等の損傷その他の実験設備等の異常が発生した場合においても、試験研究用等原子炉の安全性を損なうおそれがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
	2	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ものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
	3	放射線又は放射性物質の著しい漏えいのおそれがないものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
	4	試験研究用等原子炉施設の健全性を確保するために実験設備等の動作状況、異常の発生状況、周辺の環境の状況その他の試験研究用等原子炉の安全上必要なパラメータを原子炉制御室に表示できるものであること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
	5	実験設備等が設置されている場所は、原子炉制御室と相互に連絡することができる場所であること。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、実験設備に関する当条文は該当しない
(多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止)			
39		中出力炉又は高出力炉に係る試験研究用等原子炉施設は、発生頻度が設計基準事故より低い事故であって、当該試験研究用等原子炉施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるものが発生した場合において、当該事故の拡大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。	KUCAIは臨界実験装置であり、中出力炉、高出力炉には該当しない。
(保安電源設備)			
40	1	試験研究用等原子炉施設には、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、試験研究用等原子炉施設の安全を確保し必要な設備の機能を維持するために、内燃機関を原動力とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備が設けられていなければならない。ただし、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場合にあっては、この限りでない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保安電源設備に関する当条文は該当しない
	2	試験研究用等原子炉の安全を確保する上で特に必要な設備は、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する設備に接続されているものでなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保安電源設備に関する当条文は該当しない

	3		試験研究用等原子炉施設には、必要に応じ、全交流動力電源喪失時に試験研究用等原子炉を安全に停止し、又はパラメータを監視する設備の動作に必要な容量を有する蓄電池その他の非常用電源設備が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、保安電源設備に関する当条文は該当しない
(警報装置)				
41			試験研究用等原子炉施設には、その設備の機能の喪失、誤操作その他の要因により試験研究用等原子炉の安全を著しく損なうおそれが生じたとき、第三十一条第一号の放射性物質の濃度若しくは同条第三号の線量当量が著しく上昇したとき又は液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備から液体状の放射性廃棄物が著しく漏えいするおそれが生じたときに、これらを確実に検知して速やかに警報する装置が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、警報装置に関する当条文は該当しない
(通信連絡設備等)				
42	1		工場等には、設計基準事故が発生した場合において工場等内の人に対し必要な指示ができるよう、通信連絡設備が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、通信連絡設備に関する当条文は該当しない
	2		工場等には、設計基準事故が発生した場合において当該試験研究用等原子炉施設外の通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができるよう、多重性又は多様性を確保した通信回線が設けられていなければならない。	今回の申請は燃料の製作に関するものであり、通信連絡設備に関する当条文は該当しない

第3章 研究開発段階原子炉に係る試験研究用等原子炉施設

本章は該当しない。

第4章 ガス冷却型原子炉に係る試験研究用等原子炉施設

本章は該当しない。

第5章 ナトリウム冷却型高速炉に係る試験研究用等原子炉施設

本章は該当しない。

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)  
(KUCA固体減速炉心用低濃縮燃料要素の製作)

京都大学複合原子力科学研究所

2023年1月30日

## 1. 設置変更承認申請(令和4年4月28日付)の変更内容

- ①軽水減速炉心の低濃縮化 ②固体減速炉心の低濃縮化 ③トリウム貯蔵庫の追加

## 2. 設置変更承認申請を踏まえた設工認申請の内容

初回申請

軽水減速炉心用低濃縮燃料要素の製作  
固体減速炉心用低濃縮燃料要素の製作

燃料要素の製作のみ

申請に係る課題

- ・低濃縮化に係る設置変更承認申請書と整合させるために、炉心性能を確認するための設工認申請を行う必要がある。(当初は個別に申請予定)
- ・複数回の輸送を計画しているが、研究の推進と学生教育のために初回の燃料輸送終了後、早期に運転再開したい。
- ・設置変更にて承認されたトリウム(Th)貯蔵庫の製作も早急に行う必要がある。

- ・燃料要素の製作と炉心設計を一つとする申請
- ・輸送毎に設工認申請を行う
- ・輸送ごとの一部燃料の使用承認を出してもらうことを要望

- ・3つの個別申請(燃料2種類+Th貯蔵庫)
- ・燃料要素製作と炉心設計を一つの申請とし、各項目を分割申請
- ・一部使用承認を要望

# 今後の申請について

令和4年4月28日付けで承認された設置変更承認申請書

- ・軽水減速炉心の低濃縮化
- ・固体減速炉心の低濃縮化
- ・トリウム貯蔵庫の追加

3本の個別申請

軽水炉心低濃縮化

固体炉心低濃縮化

トリウム貯蔵庫追加

軽水炉心用燃料の製作  
+  
炉心設計

固体炉心用燃料の製作  
+  
炉心設計

青枠内の2つは分割申請

青枠内の2つは分割申請

複数回の輸送があるため  
一部使用承認を要望

複数回の輸送があるため  
一部使用承認を要望

# 個別申請について

軽水炉心低濃縮化

固体炉心低濃縮化

トリウム貯蔵庫追加



これら3つは設置変更承認申請書において  
その範囲が明確に分離できる

参考資料3 参照

初回に申請した、軽水減速炉心用低濃縮燃料要素の製作と  
固体減速炉心用低濃縮燃料要素の製作、それぞれの設工認申請を  
軽水減速炉心の低濃縮化(燃料要素製作と炉心設計の分割申請)と  
固体減速炉心の低濃縮化(燃料要素製作と炉心設計の分割申請)とする。  
さらに、それぞれは個別に申請を行う。

3本の個別申請で設置変更承認の全ての範囲がカバーできていて、  
かつ、相互に分離できていて排他的な関係にあること

参考資料3 参照

# KUCA低濃縮化に向けた設工認の分割申請

## 試験炉規則第3条第3項

設計及び工事の計画の全部につき一時に法第二十七条第一項の規定による認可を申請することができないときは、分割して認可を申請することができる。この場合において、申請書に当該申請に係る部分以外の設計及び工事の計画の概要並びに設計及び工事の計画の全部につき一時に申請することができない理由を記載した書類を添付しなければならない。

### 当該申請に係る部分以外の設計及び工事の計画の概要

	第1分割申請(本申請)(2本)	+	第2分割申請分(2本)
軽水 :	燃料製作に関する設工認 (製造は2回に分けて実施)		炉心に関する設工認
固体 :	燃料製作に関する設工認 (製造は3回に分けて実施)		炉心に関する設工認
	燃料の製作 各種検査		工事等を行わない 低濃縮炉心に関する 性能検査

合わせて、一時に申請することができない理由を添付する



設工認の全部が設置変更承認の範囲と整合することを説明する

# 補正申請に関するまとめ

## 個別申請

軽水炉心低濃縮化、固体炉心低濃縮化、トリウム貯蔵庫追加の3本の個別申請とする。補正申請では、3本の個別申請で設置変更承認の全ての範囲がカバーできていて、かつ、相互に分離できていて排他的な関係にあることを説明する。

## 分割申請

軽水炉心、固体炉心ともに、燃料製作に関する設工認と炉心に関する設工認を分割申請とする。補正申請では、試験炉規則に則り、当該申請に係る部分以外の設計及び工事の計画の概要と一時に申請することができない理由を添付する。これに併せて、設工認の全部が設置変更承認の範囲と整合することを説明する。

上記の説明を加えて**補正申請**を行う



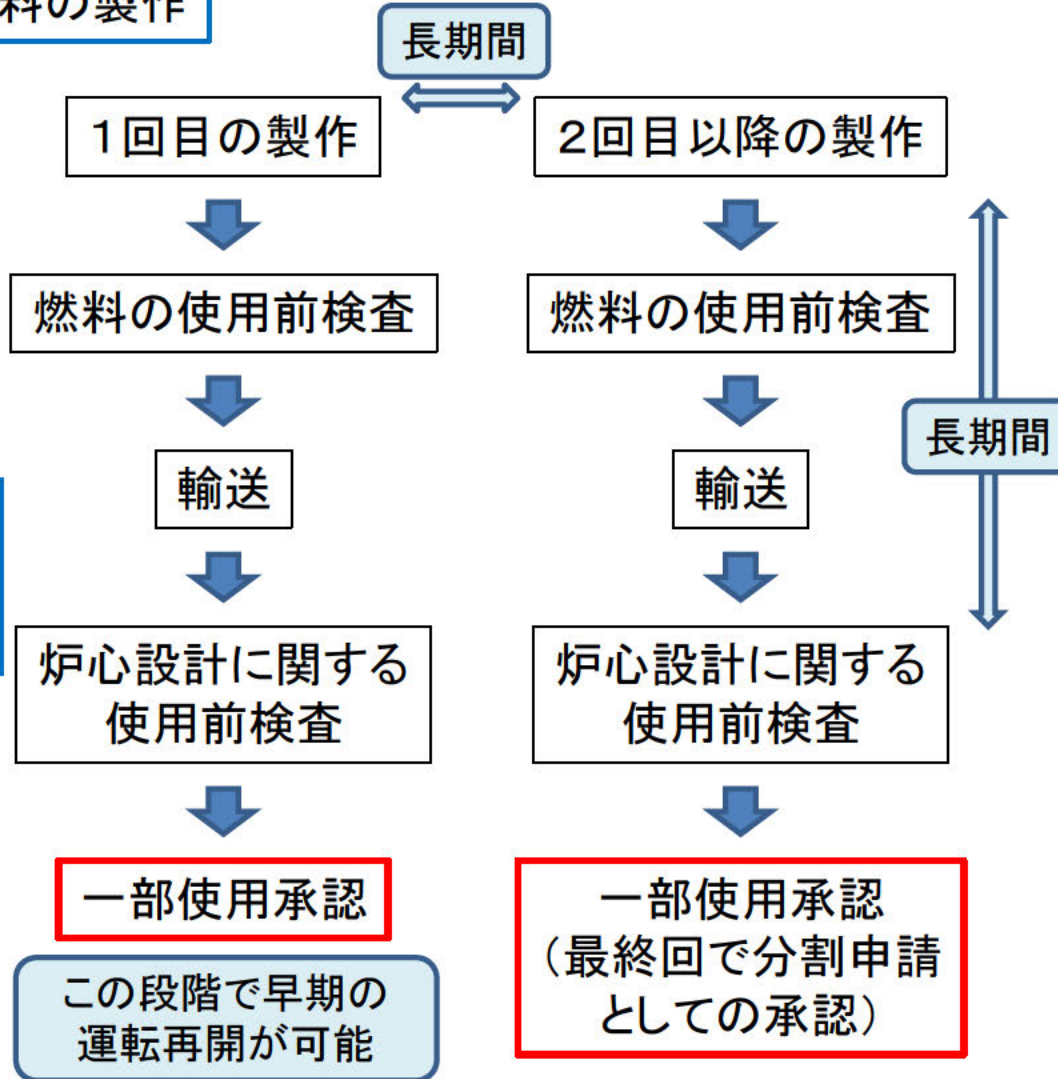
早期の運転再開を目指し、**一部使用承認**を要望する





# 一部使用承認について

軽水炉心用燃料の製作  
固体炉心用燃料の製作



炉心設計に  
関する設工認  
(軽水・固体)

完成した一部に  
係る部分について  
原子力規制委員会  
規則に定める技術  
上の基準に適合  
していることを示す

# 設置変更承認申請書の記載 (2022.4.28付、新規承認箇所)

本文

5. 試験研究用等原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

ハ.原子炉本体の構造及び設備

(1)炉心

(ii)燃料体の最大挿入量

低濃縮ウラン炉心

固体減速炉心

軽水減速炉心

(iii)主要な核的制限値

固体減速炉心

軽水減速炉心

(2)燃料体

( i )燃料材の種類

固体減速炉心用

軽水減速炉心用

( ii )被覆材の種類

固体減速炉心用

軽水減速炉心用

( iii )燃料要素の構造

固体減速炉心用

軽水減速炉心用

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

トリウム貯蔵庫の記載

添付書類八

8-2 原子炉本体の構造及び設備

8-2-1 炉心

8-2-1-2 燃料体の最大挿入量

8-2-1-2-2低濃縮ウラン炉心

(1)固体減速炉心

(2)軽水減速炉心

8-2-1-3 主要な核的制限値

8-2-1-3-2低濃縮ウラン炉心

固体減速炉心

軽水減速炉心

8-2-2燃料体

8-2-2-1 燃料材の種類

8-2-2-1-2低濃縮ウラン炉心

固体減速炉心用

軽水減速炉心用

8-2-2-2被覆材の種類

8-2-2-2-2低濃縮ウラン炉心

固体減速炉心用

軽水減速炉心用

8-2-2-3 燃料要素の構造

8-2-2-3-2低濃縮ウラン炉心

(1)固体減速炉心用

(2)軽水減速炉心用

添付書類八

8-3 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備

8-3-2 核燃料物質貯蔵施設の構造及び貯蔵能力

トリウム貯蔵庫の記載

固体減速炉心 軽水減速炉心 トリウム貯蔵庫 の3点について、設置変更承認申請書内において、それぞれ個別の説明がなされており、範囲を明確に分離することが可能である。

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)  
(KUCA固体減速炉心用低濃縮燃料要素の製作)

京都大学複合原子力科学研究所

2023年3月14日

## 資料の内容

1. 前々回の審査会合での質問に関する回答 ..... 3
2. 補正申請での変更点 ..... 16
3. 新しく追加した技術基準規則への適合性についての説明 ..... 34
4. 技術基準規則との対応表について ..... 41

本資料における赤字は、補正申請書における当初申請からの変更点

# 1. 前々回の審査会合での 質問に関する回答

## 前々回の審査会合での質問一覧

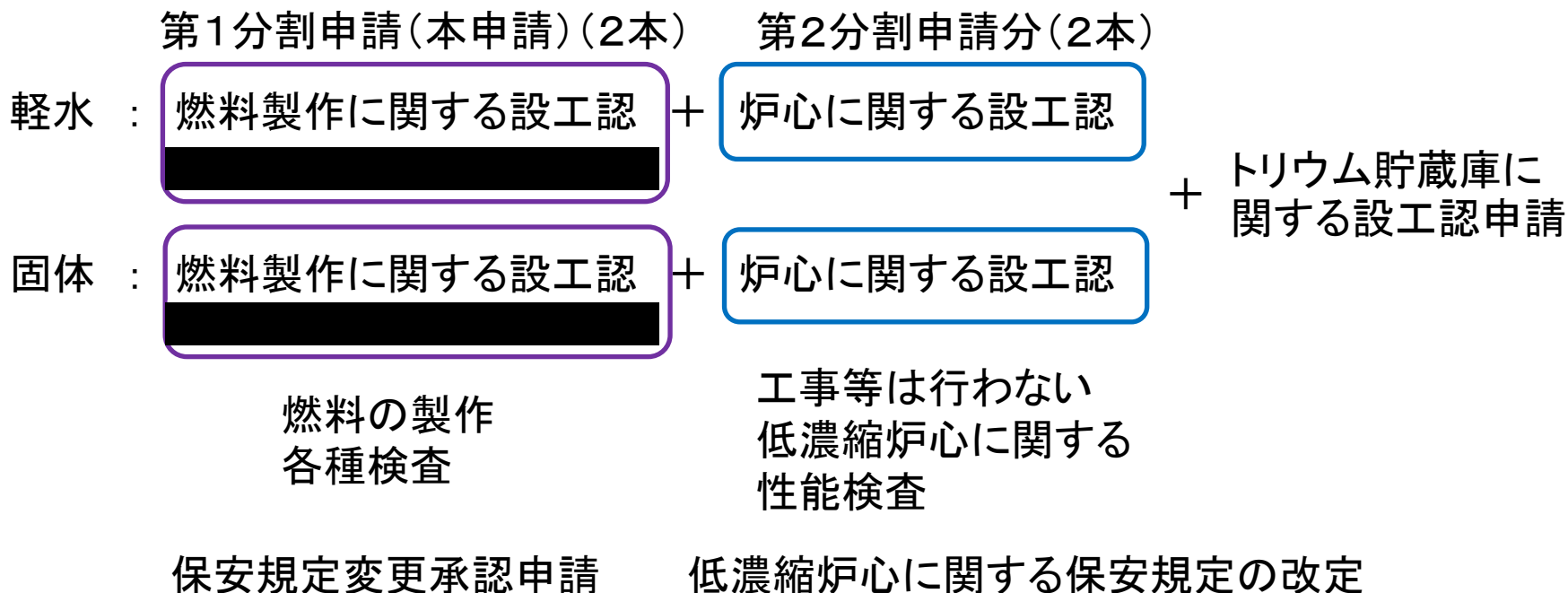
No.	質問内容
①	令和4年4月28日に承認した設置変更承認の後段規制全体のスケジュールの確認の観点から、低濃縮燃料要素の製作に加えて、低濃縮燃料要素を用いた炉心の運転開始までに予定している許認可申請(設工認、保安規定、使用前確認等)について全体計画を説明すること。
②	技術基準規則第22条(炉心等)の第1項、第2項について、申請書の添付においては、被覆材の附加荷重及び自重の応力評価しか説明されていない。例えば、STACYの設工認では、燃料の設計条件として最高使用圧力及び最高使用温度を申請書の本文に記載した上で、添付の説明書で運転時の圧力、温度、放射線、荷重等の説明がなされていることから、STACYの設工認を参考に、これらについて説明すること。
③	第21条(安全設備)第3項(想定される全ての環境条件における機能の発揮)については、補正申請において説明を追加すること。
④	運転するために最低限必要な燃料枚数について、設置変更承認申請書に記載の代表炉心を組める適切な製作枚数となっているかの観点から、どの程度になるか説明すること。
⑤	輸送時において燃料要素が変形あるいは破損する可能性などが考えられるが、事業所到着後に検査項目がない理由について説明すること。

# 審査会合での質問 質問①とその回答

令和4年4月28日に承認した設置変更承認の後段規制全体のスケジュールの確認の観点から、低濃縮燃料要素の製作に加えて、低濃縮燃料要素を用いた炉心の運転開始までに予定している許認可申請(設工認、保安規定、使用前確認等)について全体計画を説明すること。



低濃縮燃料を用いた炉心による運転再開まで



詳細スケジュールについては、次ページのとおり





## 質問②とその回答

技術基準規則第22条(炉心等)の第1項、第2項について、申請書の添付においては、被覆材の附加荷重及び自重の応力評価しか説明されていない。例えば、STACYの設工認では、燃料の設計条件として最高使用圧力及び最高使用温度を申請書の本文に記載した上で、添付の説明書で運転時の圧力、温度、放射線、荷重等の説明がなされていることから、STACYの設工認を参考に、これらについて説明すること。

### 回答

申請書本文に、最高使用圧力、最高使用温度を追記した(下記赤字部分)。

補正申請書  
本文記載

軽水申請書:

3.1 設計条件

3.1.3 最高使用圧力、最高使用温度

最高使用圧力 : 常圧

最高使用温度 : 90°C

固体申請書:

3.1 設計条件

3.1.3 最高使用圧力、最高使用温度

最高使用圧力 : 常圧

最高使用温度 : 90°C

## (炉心等)

第二十二条 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。

2 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。

3 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。

## 回答：第1項について

軽水、固体ともに、評価計算書(参考資料：A.軽水減速炉心用燃料要素計算書、C.固体減速炉心用燃料要素計算書)に、燃料要素に関する圧力、温度、放射線による物理的及び化学的性質について説明しており、全てにおいて問題がないことを確認している。

### 軽水

技術基準規則第22条第1項で確認する内容	技術基準規則第22条第1項と上記の説明との対応
圧力 (評価計算書A 2.)	常圧で使用し温度上昇が僅かなため影響はない
温度 (評価計算書A 3.)	熱応力、プリスタについては、温度上昇が僅かなため影響はない
放射線 (評価計算書A 4.)	照射特性については、出力が低いためスウェリングは発生せず影響はない

### 固体

技術基準規則第22条第1項で確認する内容	技術基準規則第22条第1項と上記の説明との対応
圧力 (評価計算書C 2.)	常圧で使用し温度上昇が僅かなため影響はない
温度 (評価計算書C 3.)	プリスタについては、温度上昇が僅かなため影響はない
放射線 (評価計算書C 4.)	照射特性については、出力が低いためスウェリングは発生せず影響はない



以下に軽水/固体減速炉心用燃料要素それぞれの説明について示す。

## ②の回答についての説明(軽水)

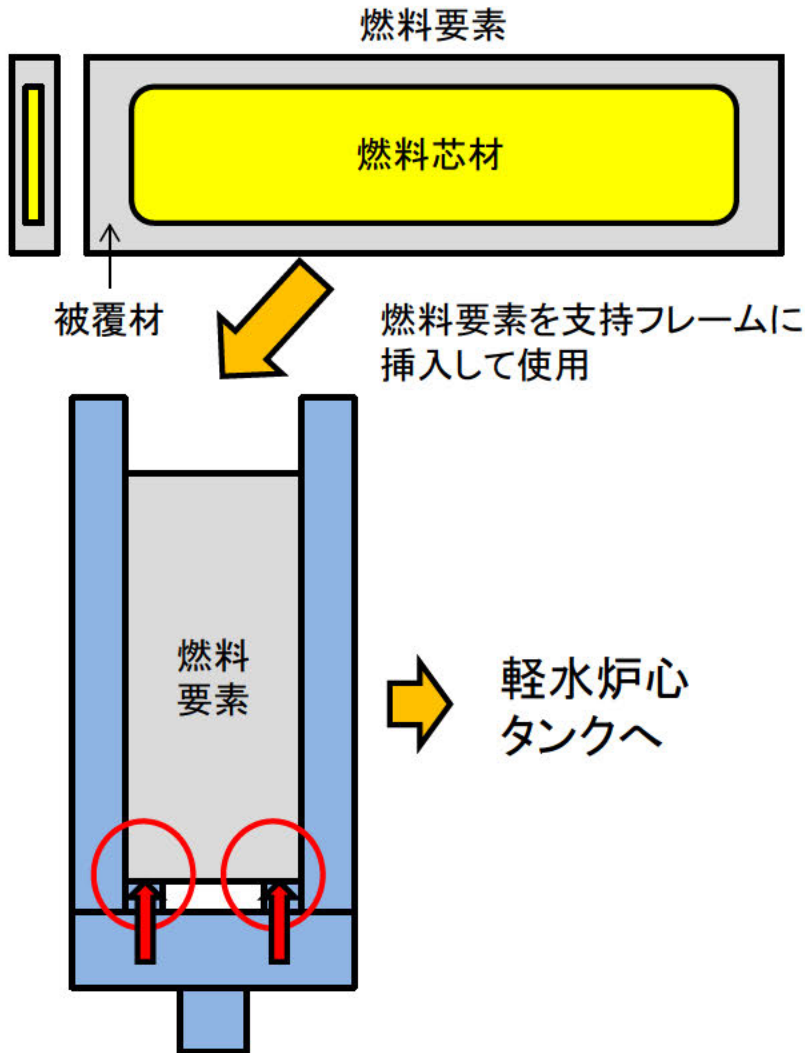
申請書添付の適合性への説明書:第22条の説明を修正した。

なお、第3項の説明は変更なし

### 軽水第1項

軽水減速炉心における最大熱出力は100Wで放射線の影響は低く、また、最高使用圧力は常圧、最高使用温度は90°C(運転時の異常な過渡変化での温度上昇は最大でも約2°C以下)と低い。そのため、評価計算書Aに示したとおり、圧力は常圧で使用し温度上昇が僅かなため影響はない。温度については、初期値25°Cから温度上昇が2°C以下と低いため、異常をもたらすような熱応力、ブリスタ(400°Cを超えないことが基準)は発生しない。放射線については、照射によるスウェリングでの体積増加率 $dV/V$ は[REDACTED]と小さく影響はない。なお、使用する被覆材も、これまでKUCAで約45年間使用していたものと同様アルミニウム合金であり、使用条件も変わらないため腐食のおそれはない。以上のことから、運転時においても、物理的および化学的性質を保持できるものである。なお、材料検査、外観検査及び寸法検査を実施し、適切な材料及び構造であることを確認する。

## ②の回答についての説明(軽水)



燃料要素被覆材と燃料フレームが接する箇所(図の赤い部分)に加わる自重と水圧による負荷を考慮する

### 軽水第2項

当該燃料要素は熱間圧延加工によりアルミニウム製板でウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料の燃料芯材を挟み込んだ構造である。当該燃料要素は標準型燃料板支持フレームに収納されて炉心格子板に固定され、常圧の条件下で使用されるため、**燃料芯材の強度は考慮せず、負荷がかかる被覆材への追加荷重及び自重を評価対象とする。**

### 評価計算結果

水圧による追加荷重[N/mm <sup>2</sup> ]	自重による追加荷重[N/mm <sup>2</sup> ]	被覆材の耐力[N/mm <sup>2</sup> ]
$8.8 \times 10^{-3}$		63.7

アルミニウム被覆材の耐力に対して十分に小さく、要求事項に適合する設計

## ②の回答についての説明(固体)

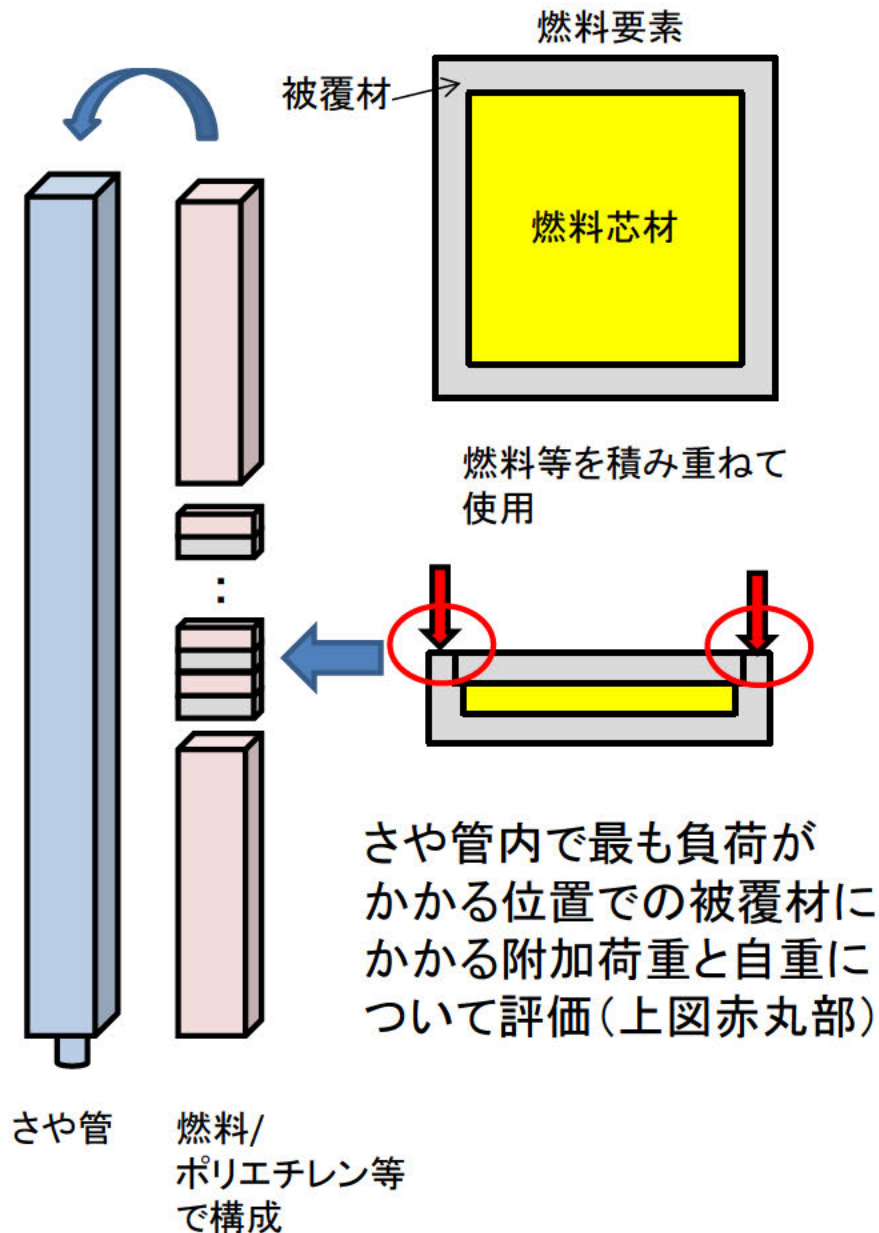
申請書添付の適合性への説明書:第22条の説明を修正した。  
なお、第3項の説明は変更なし

### 固体第1項

固体減速炉心における最大熱出力は100Wで放射線の影響は低く、また、最高使用圧力は常圧、最高使用温度は90°C(運転時の異常な過渡変化での温度上昇は最大でも49.3°C)と低い。そのため、評価計算書Cに示したとおり、圧力は常圧で使用し温度上昇が僅かなため影響はない。温度については、初期値25°Cから温度上昇が最大49.3°Cと低いため、異常をもたらすような被覆材への影響、ブリスタ(400°Cを超えないことが基準以下)は発生しないため、影響はなし。放射線については、照射によるスウェリングでの体積増加率 $dV/V$ は[REDACTED]と小さく、影響はない。なお、使用する被覆材も、これまでKUCAで約45年間使用していたものとほぼ同じアルミニウム合金であり、使用条件も変わらないため腐食のおそれはない。以上のことから、運転時においても、物理的および化学的性質を保持できるものである。

なお、材料検査、外観検査及び寸法検査を実施し、適切な材料及び構造であることを確認する。

## ②の回答についての説明(固体)



### 固体第2項

燃料要素はアルミニウム製の額縁の内部にウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料のコンパクト(圧縮して成型したもの)を入れ、その上にアルミニウム製の板を置いて周囲を溶接している構造である。燃料要素は燃料さや管に収納されて炉心格子板に固定し、常圧の条件下で使用されるため、**燃料芯材の強度は考慮せず、負荷がかかる被覆材への追加荷重及び自重を評価の対象とする。**

### 評価計算結果

追加荷重 [N/mm <sup>2</sup> ]	被覆材の耐力 [N/mm <sup>2</sup> ]
	63.7

アルミニウム被覆材の耐力に対して十分に小さく、要求事項に適合する設計

## 質問③とその回答

第21条(安全設備)第3項(想定される全ての環境条件における機能の発揮)については、補正申請において説明を追加すること。

回答:補正申請において第21条の説明を追加する

第21条(安全設備)

3 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。

**適合性の説明:** 低濃縮燃料要素を用いた炉心の通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、影響を与えると想定される環境条件としては、当該燃料要素の温度上昇がある。当該燃料要素における初期値25°Cからの温度上昇の最大値は、軽水減速炉心も含めて、固体減速炉心での運転時の異常な過渡変化における49.3°C(最大値74.3°C)であり、温度上昇の影響を受けることはない。

(評価計算書F参照)



## 質問④とその回答

運転するために最低限必要な燃料枚数について、設置変更承認申請書に記載の代表炉心を組める適切な製作枚数となっているかの観点から、どの程度になるか説明すること。

回答：以下のとおり説明する。

軽水減速炉心については燃料製造後に[ ]を輸送することを予定している。設置変更承認での代表炉心の内、燃料最小枚数炉心は[ ](※)であるため、1回目の輸送後であっても臨界炉心の構成が可能である。

固体減速炉心については燃料製造後に[ ]を輸送することを予定している。設置変更承認での代表炉心の内、燃料最小枚数炉心[ ](※)であるため、1回目の輸送後であっても臨界炉心の構成が可能である

※U235量は公差を考慮した最小値とし、設置変更で示した臨界量に関する誤差を考慮

設置変更承認申請の添付八の記載にあるとおり、それぞれ1回目の輸送完了後に、炉心に関する設工認の使用前確認ができる状態と考えられることから、燃料製作と炉心に関する一部使用承認を受け、それぞれの炉心の運転を再開する。

低濃縮炉心の設工認における代表炉心については、到着後の燃料枚数により、炉心サイズ等を考慮した代表性のあるものを選定して、一部使用承認を受ける。  
(低濃縮炉心の設工認にて、選定予定)

## 質問⑤とその回答

輸送時において燃料要素が変形あるいは破損する可能性などが考えられるが、事業所到着後に検査項目がない理由について説明すること。



回答: 前々回審査会合では、自主検査を計画している旨を説明したが、その後の京大内での議論の結果、使用事業者検査に到着後の外観検査を含めることとする。



軽水、固体ともに、設工認申請書に下記文章を追加した。  
(併せて申請書図-2もそれぞれ変更)

### 4.2.1.3 燃料要素検査

#### 外観検査2

燃料要素に有害な傷、異物及び著しい汚れがないことを目視により確認する。

## 2. 補正申請での変更点

## 補正の内容(軽水・固体共通)

- ・分割申請(工事の全体の概要と一時に申請できない理由)
- ・製作枚数の記載の変更
- ・工事の方法および手順の記載の適正化
- ・検査項目の追加
- ・技術基準規則への適合性の説明条項の追加と削除

# KUCA低濃縮化に向けた全体計画の概要

KUCAの設置変更承認申請にて承認された低濃縮炉心での運転に向けて、

低濃縮燃料の製作を行い、それを用いた炉心が設置許可に記載された内容と整合しているかどうかを確認するため、低濃縮燃料炉心に対する確認を行う必要がある。



そのため今回の申請である低濃縮燃料の製作に加えて、低濃縮燃料炉心に関する設工認も行う必要がある。

燃料の製作には、軽水減速炉心用と固体減速炉心用の2種類の燃料要素を製作する。そのため、低濃縮炉心に関する設工認についても2種類の炉心に対して申請を行う予定である。



低濃縮燃料の製作(今回:第1分割申請):軽水減速炉心+固体減速炉心  
低濃縮燃料炉心(次回:第2分割申請):軽水減速炉心+固体減速炉心

KUCA低濃縮炉心への運転に向け、設置変更承認申請における記載と整合しているかどうかを確認するとともに、許可基準規則への適合性の確認を行った項目について、設工認申請において技術基準規則と適合しているかどうかを確認する。

# KUCA低濃縮化に向けた設工認の分割申請

## 試験炉規則第3条第3項

設計及び工事の計画の全部につき一時に法第二十七条第一項の規定による認可を申請することができないときは、分割して認可を申請することができる。この場合において、申請書に当該申請に係る部分以外の設計及び工事の計画の概要並びに設計及び工事の計画の全部につき一時に申請することができない理由を記載した書類を添付しなければならない。

## 当該申請に係る部分以外の設計及び工事の計画の概要

	第1分割申請(本申請)(2本)	+	第2分割申請分(2本)
軽水 :	燃料製作に関する設工認 [REDACTED]		炉心に関する設工認
固体 :	燃料製作に関する設工認 [REDACTED]		炉心に関する設工認

# 炉心性能にかかる設置承認内容と設工認申請の概要

## 設置変更承認申請書での記載例

### 5. ハ(1) (iii)

#### ・主な核的制限値

過剰反応度

: 固体 0.35% $\Delta k/k$ 以下

: 軽水 0.5% $\Delta k/k$ 以下

反応度温度係数

: 固体・軽水  $2 \times 10^{-4} \Delta k/k/^\circ C$ 以下

減速材対燃料の割合

: 固体・軽水 H/U-235の原子数比  $4.0 \times 10^2$ 以下

### 5. ハ(1) (iv)

#### ・主な熱的制限値

使用温度

減速材及び反射材

: 軽水 80 $^\circ C$ 以下

その他、制御棒(添加率含む)、中心架台、ダンプ弁に関する反応度制御能力、および炉心構成に関する制限



炉心の設工認申請においては、工事を実施しない。

検査においては、適切な代表的炉心を選定し、上記の設計条件を満たすことを性能検査等において確認する。

## 一時に申請することができない理由

燃料の製作からそれを輸送し保管するまでを本分割申請の範囲とする。  
本燃料要素の製作は海外にて行う予定であり、製造会社の工程スケジュールや、輸送に係るコスト、また、国際情勢などによる輸送の不確実性を最小化するために、出来る限り早くに製作に取り掛かり、その輸送準備を行う必要がある。  
そのため、燃料の製作に係る部分のみを先に分割申請する。



第1分割申請  
軽水減速炉心用低濃縮燃料の製作  
の変更箇所

## 設計条件(申請書記載内容)

### ~~3.1.1 炉心に関する制限~~

#### ~~(1)炉心への最大挿入量~~

~~濃縮ウラン(濃縮度 [REDACTED]) [REDACTED] (U-235量)~~

分割申請後半(炉心性能)にて確認する事項のため

### 3.1.2 燃料要素

#### (1)燃料材の種類

ウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料

(ウランシリサイドの主成分は $U_3Si_2$ とし、ウランを [REDACTED] の割合でアルミニウム中に分散させたものとする)

濃縮度 [REDACTED]

#### (2)被覆材の種類

耐食性アルミニウム

#### (3)燃料要素の構造

[REDACTED] (被覆を含む)

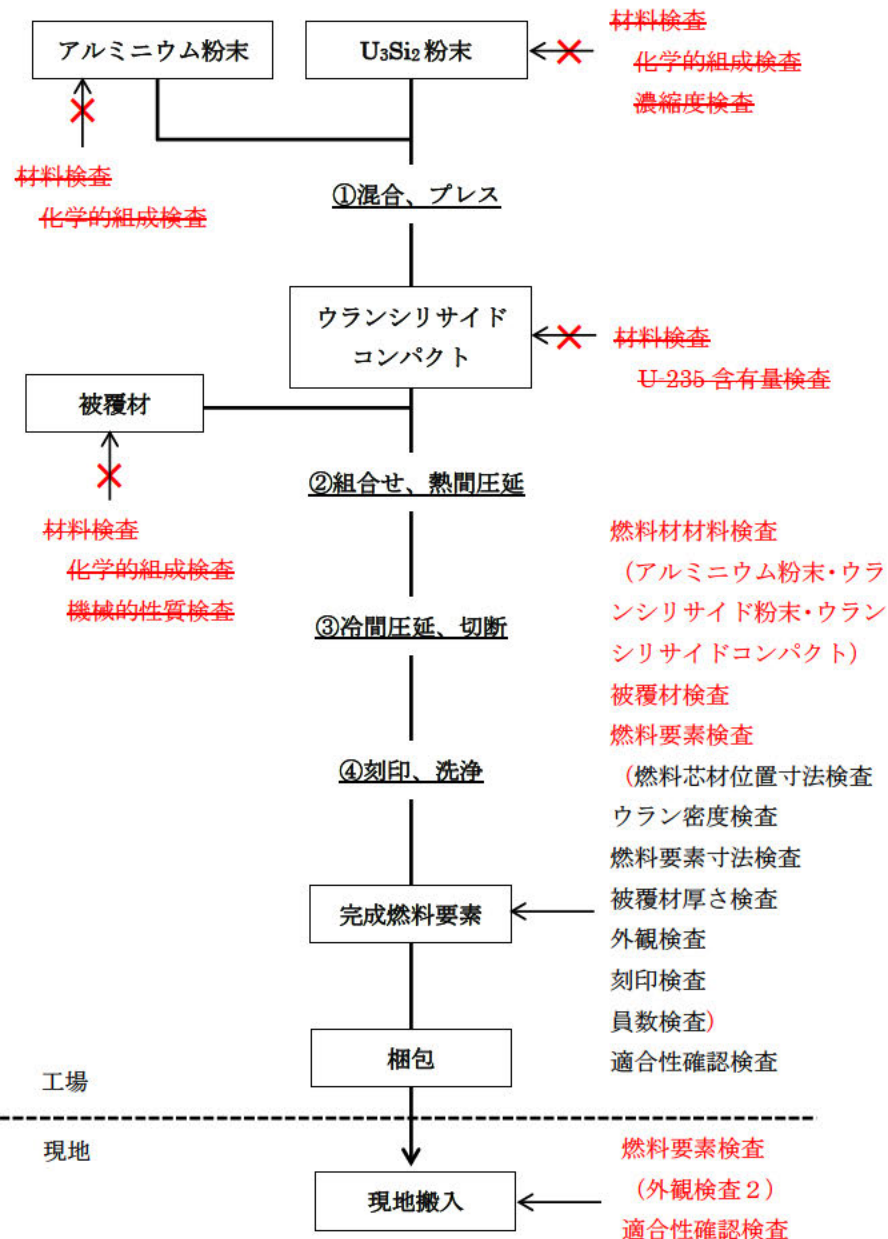
(この内に含まれるU-235量は [REDACTED] である。)

上記燃料要素を外形寸法が [REDACTED] の標準型燃料板支持フレームの溝にはめ込む。



# 工事の方法及び手順

品質マネジメントシステム検査\*



1. 各材料を混ぜ合わせる際に示していた検査のタイミングを、燃料要素完成時に全て行うよう検査のタイミングを修正した。

2. 輸送による損傷がないかどうかを到着後に確認するため、外観検査2を追加した。

今回の申請では、燃料の製作から保管までとし、炉心に関する設工認については次の申請において議論する。

外観検査2の追加に伴い、燃料を受け入れ、保管を行う必要がある。そのため、今回の申請の範囲は製作から保管までとした。保管に伴い、貯蔵設備<sup>※</sup>に関する技術基準規則第26条との整合性について説明する。

※ 貯蔵設備に関する説明は、当初、後半の炉心の設工認に入れる予定であった。

# 試験・検査項目（申請書記載内容）

## 構造、強度及び漏えいの確認に係る検査

### 3. 燃料要素検査

#### (1) 燃料芯材位置寸法検査

加工メーカーのX線透過試験結果記録等に基づき、燃料芯材の位置と寸法が所定の範囲であることを確認する。

#### (2) ウラン密度検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、燃料要素中のウラン密度が所定の範囲であることを確認する。

#### (3) 燃料要素寸法検査

燃料要素の寸法が所定の範囲であることを確認する。

#### (4) 被覆材厚さ検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、製造バッチ毎に1枚の燃料要素を選び、破壊検査によって、被覆材の厚さが所定の範囲であることを確認する。

#### (5) 外観検査

燃料要素に有害な傷、異物及び著しい汚れがないことを目視により確認する。

#### (6) 刻印検査

刻印が所定の位置にあることを確認する。

#### (7) 員数検査

製作された燃料要素が、XXXXXXXXXXであることとU-235量の合計がXXXX以下であることを確認する。

輸送毎の正確な燃料製作数を記載するため

#### (8) 外観検査2

燃料要素に有害な傷、異物及び著しい汚れがないことを目視により確認する。

到着後に損傷等がないことを確認するため

# 試験・検査項目（申請書記載内容）

## 機能及び性能の確認に関する検査

該当なし

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

### 1. 設計変更の生じた構築物等に対する適合性確認結果の検査（適合性確認検査）

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。

~~地震による損傷の防止（第6条）~~

既承認の設工認にて適合

~~外部からの衝撃による損傷の防止（第8条）~~

既承認の設工認にて適合

機能の確認等（第11条）

~~安全設備（第21条）~~

全ての環境条件において機能を発揮する必要があるため

~~炉心等（第22条）~~

~~核燃料物質貯蔵設備（第26条）~~

燃料を貯蔵する必要があるため

### 2. 品質マネジメントシステムに係る検査（品質マネジメントシステム検査）

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。

第1分割申請  
固体減速炉心用低濃縮燃料の製作  
の変更箇所

# 設計条件(申請書記載内容)

## ~~3.1.1 炉心に関する制限~~

### ~~(1)炉心への最大挿入量~~

~~濃縮ウラン(濃縮度 [REDACTED]) [REDACTED] (U-235量)~~

分割申請後半(炉心性能)にて確認する事項のため

## 3.1.2 燃料要素

### (1)燃料材の種類

ウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料(U7Mo-Al)(角板)

(ウランモリブデンの主成分はU7Moとし、ウランを [REDACTED] の割合でアルミニウム中に分散させたものとする。)

濃縮度 [REDACTED]

### (2)被覆材の種類

耐食性アルミニウム

### (3)燃料要素の構造

[REDACTED]  
(この内に含まれるU-235量は [REDACTED] である。)

上記燃料要素を断面 [REDACTED] のさや管の中へ装填する。



# 設計仕様(申請書記載内容)

## 燃料要素の仕様

### (1) 寸法

#### 1) 燃料要素寸法(被覆を含む)

■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■

#### 2) 被覆材厚さ

■■■■■■■■■■

正確な燃料製作数を記載  
するため

### (2) 数量

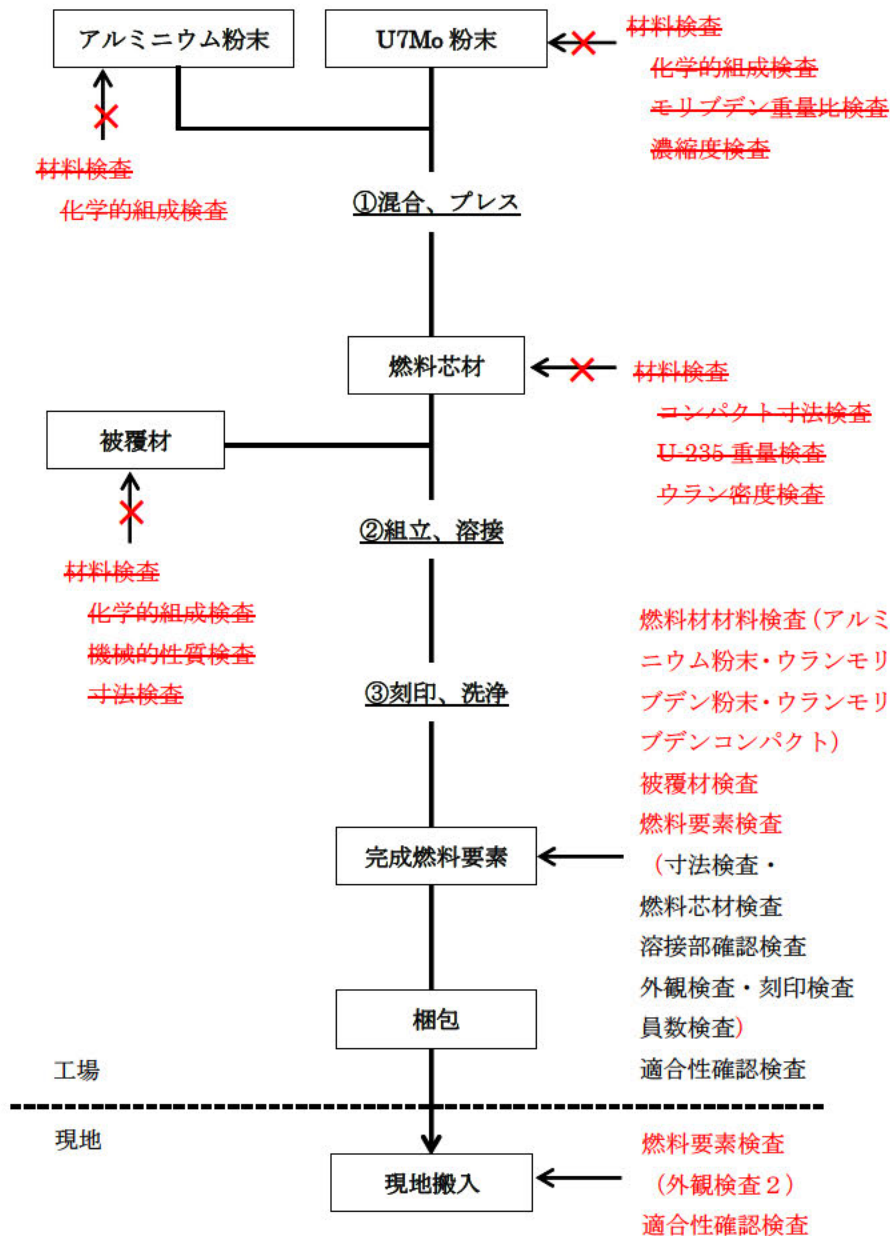
製作数■■■■ (ただしU-235量■■■■以下)

### ・その他

燃料要素1枚毎にID刻印を行う。  
刻印の位置は燃料芯材部以外とする。

# 工事の方法及び手順

品質マネジメントシステム検査※



1. 各材料を混ぜ合わせる際に示していた検査のタイミングを、燃料要素完成時に全て行うよう検査のタイミングを修正した。

2. 輸送による損傷がないかどうかを到着後に確認するため、外観検査2を追加した。

今回の申請では、燃料の製作から保管までとし、炉心に関する設工認については次の申請において議論する。

外観検査2の追加に伴い、燃料を受け入れ、保管を行う必要がある。そのため、今回の申請の範囲は製作から保管までとした。保管に伴い、貯蔵設備※に関する技術基準規則第26条との整合性について説明する。

※ 貯蔵設備に関する説明は、当初、後半の炉心の設工認に入れる予定であった。

## 試験・検査項目（申請書記載内容）

### 構造、強度及び漏えいの確認に係る検査

#### 3. 燃料要素検査

##### (1) 寸法検査

燃料要素の寸法が所定の範囲であることを確認する。

##### (2) 燃料芯材検査

加工メーカーのX線透過試験結果記録等に基づき、燃料芯材が存在することを確認する。

##### (3) 溶接部確認検査

加工メーカーの試験結果記録等に基づき、燃料要素溶接部の溶接深さ、所定の深さを超える傷がないことを確認する。

##### (4) 外観検査

所定の深さを超える傷がないことを確認するとともに、燃料要素に異物及び著しい汚れがないことを目視により確認する。

##### (5) 刻印検査

目視により、所定の位置に刻印があることを確認する。

輸送毎の正確な燃料製作数を記載するため

##### (6) 員数検査

製作された燃料要素が、  
であることとU-235量の合計が以下であることを確認する。

##### (7) 外観検査2

所定の深さを超える傷がないことを確認するとともに、燃料要素に異物及び著しい汚れがないことを目視により確認する。

到着後に損傷等がないことを確認するため

# 試験・検査項目（申請書記載内容）

## 機能及び性能の確認に関する検査

該当なし

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

1. 設計変更の生じた構築物等に対する適合性確認結果の検査（適合性確認検査）  
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。

~~地震による損傷の防止（第6条）~~

既承認の設工認にて適合

~~外部からの衝撃による損傷の防止（第8条）~~

既承認の設工認にて適合

機能の確認等（第11条）

~~安全設備（第21条）~~

全ての環境条件において機能を発揮する必要があるため

~~炉心等（第22条）~~

~~核燃料物質貯蔵設備（第26条）~~

燃料を貯蔵する必要があるため

2. 品質マネジメントシステムに係る検査（品質マネジメントシステム検査）

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。

### 3. 新しく追加した技術基準規則への 適合性についての説明

核燃料物質貯蔵設備(第26条)



# 核燃料物質貯蔵設備（設置変更承認申請書の記載（一部）） 許可との整合性

## 8-3-2 核燃料物質貯蔵施設の構造及び貯蔵能力

バードケージは、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、その状態のバードケージ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。

ウランの燃料要素は、バードケージに収納して保管する。バードケージは、燃料要素収納部の周りに枠が取り付けられており、バードケージ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。バードケージには、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 $k_{eff} = 0.95$ 未満の未臨界を確実に担保するものとする。また、バードケージを納める燃料棚は、バードケージ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。

既設の燃料貯蔵棚は、保管できるバードケージが有限で、  
浸水のおそれのない██████にある。



臨界計算では、設置変更承認申請書に記載されているように、  
より保守的に、バードケージが水没した状態で無限に隣接した条件で評価を実施  
(乾燥系空気的水分含有率の条件として0.1～2%程度の範囲では影響は小さい)



詳細は技術基準規則第26条第1項の整合性に関する説明

# 技術基準規則との適合性について(第二十六条)

(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。

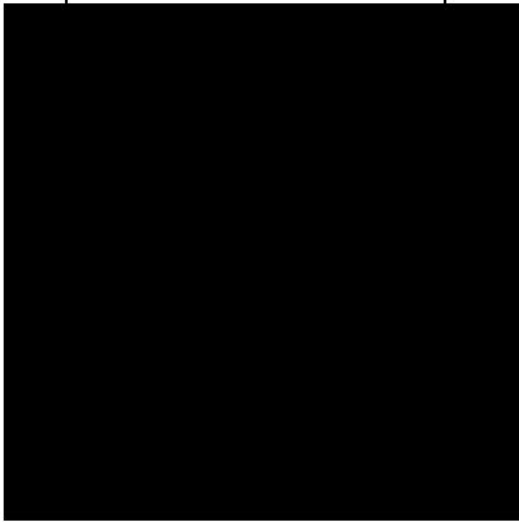
- 一 燃料体等が臨界に達するおそれがないこと。
  - 二 燃料体等を貯蔵することができる容量を有すること。
  - 三 次に掲げるところにより燃料取扱場所の放射線量及び温度を測定できる設備を備えるものであること。
- イ 燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し及び警報を発することができるものであること。
- ロ 崩壊熱を除去する機能の喪失を検知する必要がある場合には、燃料取扱場所の温度の異常を検知し及び警報を発することができるものであること。

## 燃料要素の貯蔵方法について

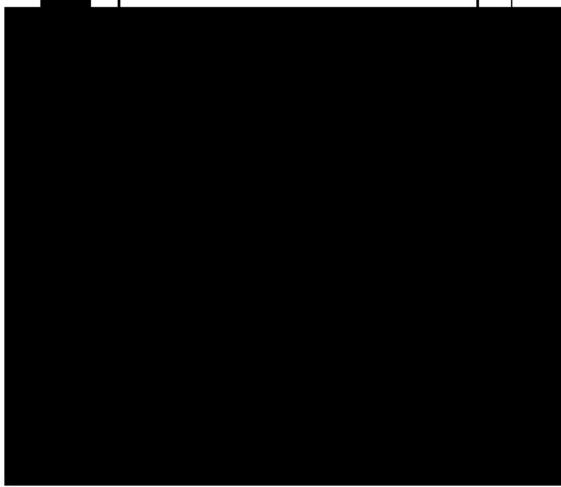
燃料要素は、バードケージに収納して、浸水のおそれのない臨界集合体棟の2階に設けられた[REDACTED]に設置された燃料貯蔵棚で貯蔵する。燃料棚の諸元は以下のとおり。

(詳細は評価計算書Eのとおり)

燃料貯蔵棚の概略図



固体用バードケージ



軽水用バードケージ






# 技術基準規則との適合性について(第二十六条)続き

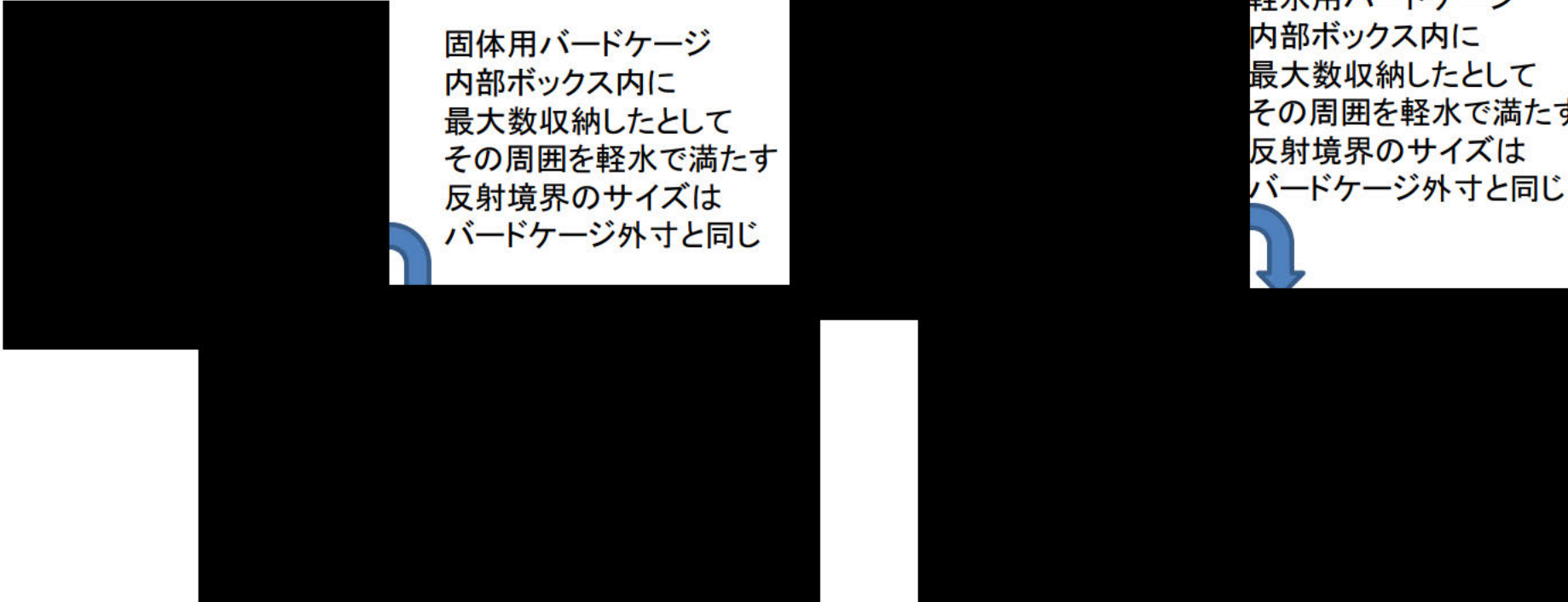
## 第1項第1号について

### (1) 基本方針

バードケージを収納する燃料棚は、バードケージ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なっている。また、バードケージは、燃料要素を物理的に収納可能な最大枚数まで燃料板を収納し、かつ、その状態のバードケージ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。

計算では、作られたバードケージ内部ボックスに該当燃料を最大数収納したとして、その内部ボックスの周囲を軽水で満たす。バードケージが隣接されたものとして反射境界を置き、実効増倍率をMCNP6 (version 1.0) + JENDL-4.0により計算した。

### (2) 計算モデル



固体用バードケージ  
内部ボックス内に  
最大数収納したとして  
その周囲を軽水で満たす  
反射境界のサイズは  
バードケージ外寸と同じ

軽水用バードケージ  
内部ボックス内に  
最大数収納したとして  
その周囲を軽水で満たす。  
反射境界のサイズは  
バードケージ外寸と同じ

# 技術基準規則との適合性について(第二十六条)続き

## (3) 計算結果

その結果は、以下のとおりである。

固体減速炉心用燃料要素:  $0.46645 \pm 0.00034$

軽水減速炉心用燃料要素:  $0.52072 \pm 0.00036$

実効増倍率は、0.95より十分に小さな値となっており、本バードケージ及びそれを収納する燃料棚は、臨界に達するおそれのない設計となっている。

# 技術基準規則との適合性について(第二十六条) 続き

(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。
- 三 次に掲げるところにより燃料取扱場所の放射線量及び温度を測定できる設備を備えるものであること。
- イ 燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し及び警報を発することができるものであること。
- ロ 崩壊熱を除去する機能の喪失を検知する必要がある場合には、燃料取扱場所の温度の異常を検知し及び警報を発することができるものであること。

## 第1項第2号について

今回製作する固体減速炉心用燃料要素は、U235量 [ ] 以下である。ボードケース当たりのU235最大収納量は [ ] であるので、 [ ] が必要となる。

一方、軽水減速炉心用燃料要素は、U235量で [ ] 以下である。ボードケース当たりのU235最大収納量 [ ] であるので、 [ ] が必要となる。

現在、固体減速炉心用のボードケースは、 [ ] 所有している。一方、軽水減速炉心用のボードケースは、 [ ] 所有している。そのため不足はない。(現状貯蔵している燃料はなし)

また、これらボードケースを収納する燃料棚枠数は、固体減速炉心用ボードケース用の棚枠数として [ ]、軽水減速炉心用ボードケース用の棚枠数として [ ] 存在する。そのため、燃料棚としても十分な収納能力がある。

固体: 必要ボードケース数 [ ] 所有ボードケース数 [ ] < 燃料棚ボードケース収納可能数 [ ]  
軽水: 必要ボードケース数 [ ] 所有ボードケース数 [ ] = 燃料棚ボードケース収納可能数 [ ]

核燃料物質貯蔵設備は、燃料要素を貯蔵することができる容量を有している

## 4. 技術基準規則との対応表について

技術基準規則の条項		項・号	適合性確認の要否	適合性の確認が不要の理由
第5条	試験研究用等原子炉施設の地盤		—	—
第6条	地震による損傷の防止	第1項	×	高濃縮ウラン炉心において燃料集合体を構成するに当たっては、高濃縮ウラン燃料要素をさや管（昭和48年4月3日付け48原第2167号をもって承認）または燃料支持フレーム（昭和48年8月1日付け48原第6659号をもって承認）に装填していたため、耐震性については燃料要素ではなく、さや管または燃料支持フレームで担保されていた。低濃縮ウラン炉心においても、高濃縮ウラン燃料要素で使用したさや管および支持フレームを使用し、その耐震性についても同様にさや管または燃料支持フレームで担保する。当該低濃縮燃料要素は、高濃縮燃料要素に比べて1枚当たりの重量は増えるが、既承認の設工認申請書において想定した重量を下回っており、低濃縮化による燃料さや管、燃料支持フレームの耐震安全性への影響はない。なお、本内容に関連して、設置変更承認申請書の添付8の8-1-14 第4条に「燃料要素の追加に伴い、固体減速炉心では燃料要素が挿入されるさや管、軽水減速炉心では燃料要素が挿入される標準型燃料板支持フレームの耐震性について検討した結果、適合性が確認できるものである。」との記載があり、さらに、設置変更承認申請の審査に係るまとめ資料に「燃料要素自体はさや管や支持フレームに挿入されるもので、耐震部材ではなく、燃料要素に作用する地震力はさや管や支持フレームが負担することになる。従って、燃料要素の重量を考慮した上でさや管や支持フレームの耐震強度を評価することによって燃料要素自体の耐震安全性も確保できる。」と記載しており、燃料要素の耐震性は、さや管または燃料支持フレームで担保されることを説明している。
		第2項 第項	×	燃料要素は、耐震重要度施設ではないため
第7条	津波による損傷の防止		×	津波対策については、設置変更承認申請書において、遡上波が到達しない標高に設置されているため不要とされているため
第8条	外部からの衝撃による損傷の防止	第1項 第2項	×	燃料要素が影響を受けると想定される自然現象（地震及び津波を除く）のうち、風、竜巻については、原子炉建屋（設工認申請書は、平成29年4月25日付け原規規発第1704255号をもって承認）で防護している。また、落雷については、避雷設備（設工認申請書は、平成29年4月25日付け原規規発第1704255号をもって承認）で防護している。さらに、森林火災については、延焼防止エリアを設けることで隔離距離を持たせ、散水栓（設工認申請書（平成29年2月15日付け原規規発第17021510号をもって承認）を設置し、延焼防止エリアに予防散水活動を行うことで、KUCA施設への延焼を防止する管理を行っている。その他の自然現象（洪水、凍結、降水、積雪、地滑り、火山の影響）及び周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合において、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）は、原子炉建屋で防護することを、設置変更承認申請書の審査において説明している。なお、上記自然現象等における評価条件については、各申請の承認以降、評価値の変更はない。
		第3項	—	—
		第4項	×	航空機落下については、設置変更承認申請書において、落下確率の評価を実施した結果により防護措置の対象外となっているため
		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10条	試験研究用等原子炉施設の機能	第1項	×	今回の申請は、燃料要素の製作及び貯蔵までであり、本項の適合性は、炉心性能に関する設工認申請において確認するため
		第2項	—	—
第11条	機能の確認等	第1項	○	
第12条	材料及び構造	第1項	—	—
		第2項	×	常温、常圧にて使用するため、外圧による影響はない。内圧については、アルファ崩壊、FPIによる内圧上昇も僅かであるため、内圧による影響もない。
		第3項	—	—

技術基準規則の条項		項・号	適合性確認の 要否	適合性の確認が 不要の理由
第13条	安全弁等		—	—
第14条	逆止め弁		—	—
第15条	放射性物質による汚染の防止	第1～4項	—	—
第16条	遮蔽等	第1項	×	今回の申請は、燃料要素の製作及び貯蔵までであり、本項の適合性は、炉心性能に関する設工認申請において確認するため
		第2項	×	今回申請の低濃縮ウラン燃料の線量は、高濃縮ウラン燃料に比べて同程度であり、既存設備に影響はない。
第17条	換気設備		—	—
第18条	適用		—	—
第19条	溢水による損傷の防止	第1項	×	燃料を保管する貯蔵棚は、浸水の恐れのない臨界集合体2階に設けられており、さらに、同室内に水源は存在しないため。
		第2項	—	—
第20条	安全避難通路等		—	—
第21条	安全設備	第1項第1号 第2号	×	第1・2号：第2条第2項第28号口に掲げる安全設備ではないため
		第1項第3号	○	
		第1項第4号	×	燃料を収納するバードケージは、鋼材により製作されており、防火性能を有するものであるため。
		第1項第5号	—	—
		第1項第6号	×	設置変更承認申請書において、大規模で高速回転するタービンはなく、配管等の損壊に伴う内部飛散物により、安全施設の安全性が損なわれるおそれはないとしているため
第22条	炉心等	第1項 第2項	○	
		第3項	×	炉室内には、冷却材を循環させるポンプ類はない。その他振動を発生させる可能性のあるものとしては、油圧ポンプ、コンプレッサーがあるが、強固に固定されており、炉机架台支持構造物を通じて炉心に影響を及ぼすことはない。
第23条	熱遮蔽材		—	—
第24条	一次冷却材		—	—
第25条	核燃料物質取扱設備	第1項 第1号～第8号	×	第1号：燃料の取り扱いは手作業であり、設備で扱うものではないため 第2号：設置変更承認申請書においては、臨界防止に対し、作業機で扱う燃料要素及び燃料集合体を保安規定において制限することで担保するため。 第3号：設置変更承認申請書においては、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ため、崩壊熱の除去及び燃料の冷却は考慮しないとしているため 第4号：設置変更承認申請書においては、燃料体の組立及び解体は、全て作業員の手作業で行い、確実に把持して燃料体の落下を防止するものとしているため 第5,6号：燃料要素は、さや管、燃料フレーム、バードケージ以外に挿入または収納することはなく、封入する容器はないため 第7号：燃料の取り扱いは手作業であり、燃料体等の取扱中に燃料体等を取り扱うための動力はないため 第8号：燃料取扱場所の放射線量及び温度を測定できる既設の設備が引き続き利用できるため
第26条	核燃料物質貯蔵設備	第1項第1号、 2号	○	
		第1項第3号	×	燃料取扱場所の放射線量及び温度を測定できる既設の設備が引き続き利用できるため
		第2項	×	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く、高放射性の燃料体ではないため

技術基準規則の条項		項・号	適合性確認の 要否	適合性の確認が 不要の理由
第 27 条	一次冷却材処理装置		—	—
第 28 条	冷却設備等	第 1 項～第 3 項	—	—
第 29 条	液位の保持等	第 1 項 第 2 項	—	—
第 30 条	計測設備	第 1 項 第 2 項	×	今回の申請は、燃料要素の製作及び貯蔵までであり、本条の適合性は、炉心性能に関する設工認申請において確認するため
第 31 条	放射線管理施設		—	—
第 32 条	安全保護回路	第 1 項第 1 号	×	今回の申請は、燃料要素の製作及び貯蔵までであり、本条の適合性は、炉心性能に関する設工認申請において確認するため
		第 1 項第 2～8 号	—	—
第 33 条	反応度制御系統及び原子炉停止系統	第 1 項～第 3 項, 第 6 項	×	今回の申請は、燃料要素の製作及び貯蔵までであり、本条の適合性は、炉心性能に関する設工認申請において確認するため
		第 4 ～ 5 項	—	—
第 34 条	原子炉制御室等	第 1 項～第 5 項	—	—
第 35 条	廃棄物処理設備	第 1 項 第 2 項	—	—
第 36 条	保管廃棄設備	第 1 項～第 3 項	—	—
第 37 条	原子炉格納施設	第 1 項, 第 2 項第 1 号	—	—
		第 2 項第 2 号		今回の申請は、燃料要素の製作及び貯蔵までであり、本条の適合性は、炉心性能に関する設工認申請において確認するため
第 38 条	実験設備等	第 1 項第 2 号	×	今回の申請は、燃料要素の製作及び貯蔵までであり、本条の適合性は、炉心性能に関する設工認申請において確認するため
		第 1 項第 1 号, 第 3～5 号	—	—
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 40 条	保安電源設備	第 1 項～第 3 項	—	—
第 41 条	警報装置		—	—
第 42 条	通信連絡設備等	第 1 項 第 2 項	—	—

- 凡例：  
○：適合性の確認が必要  
×：本申請に関係があるが、適合性の確認が不要なもの（適合性の確認が不要な理由を示すもの）  
—：本申請に関係がないため、適合性の確認が不要なもの

図 1 : 補給水系統配管配置平面図

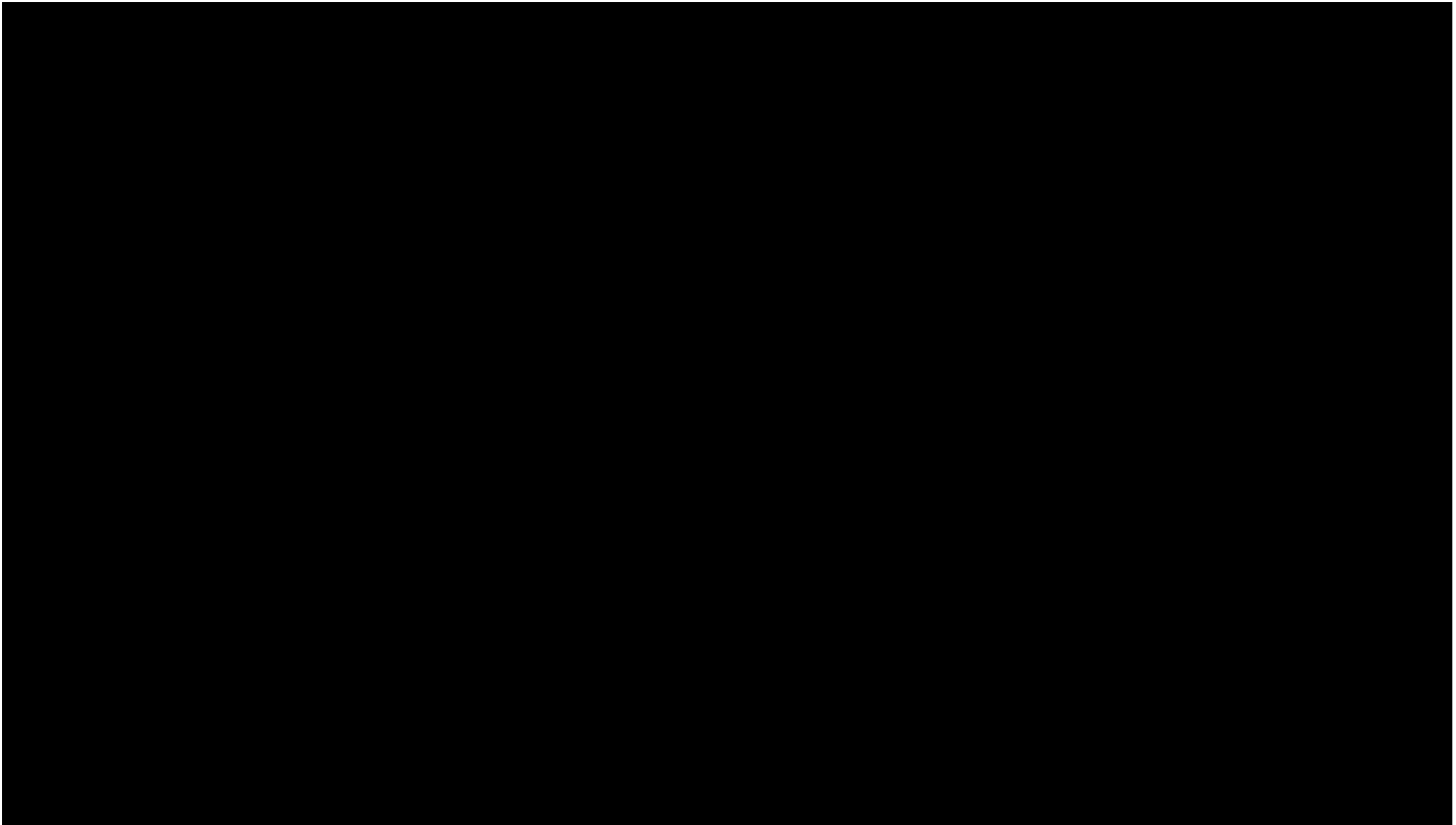




図 2 : 補給水系統配管配置立面図 (A 架台、C 架台)

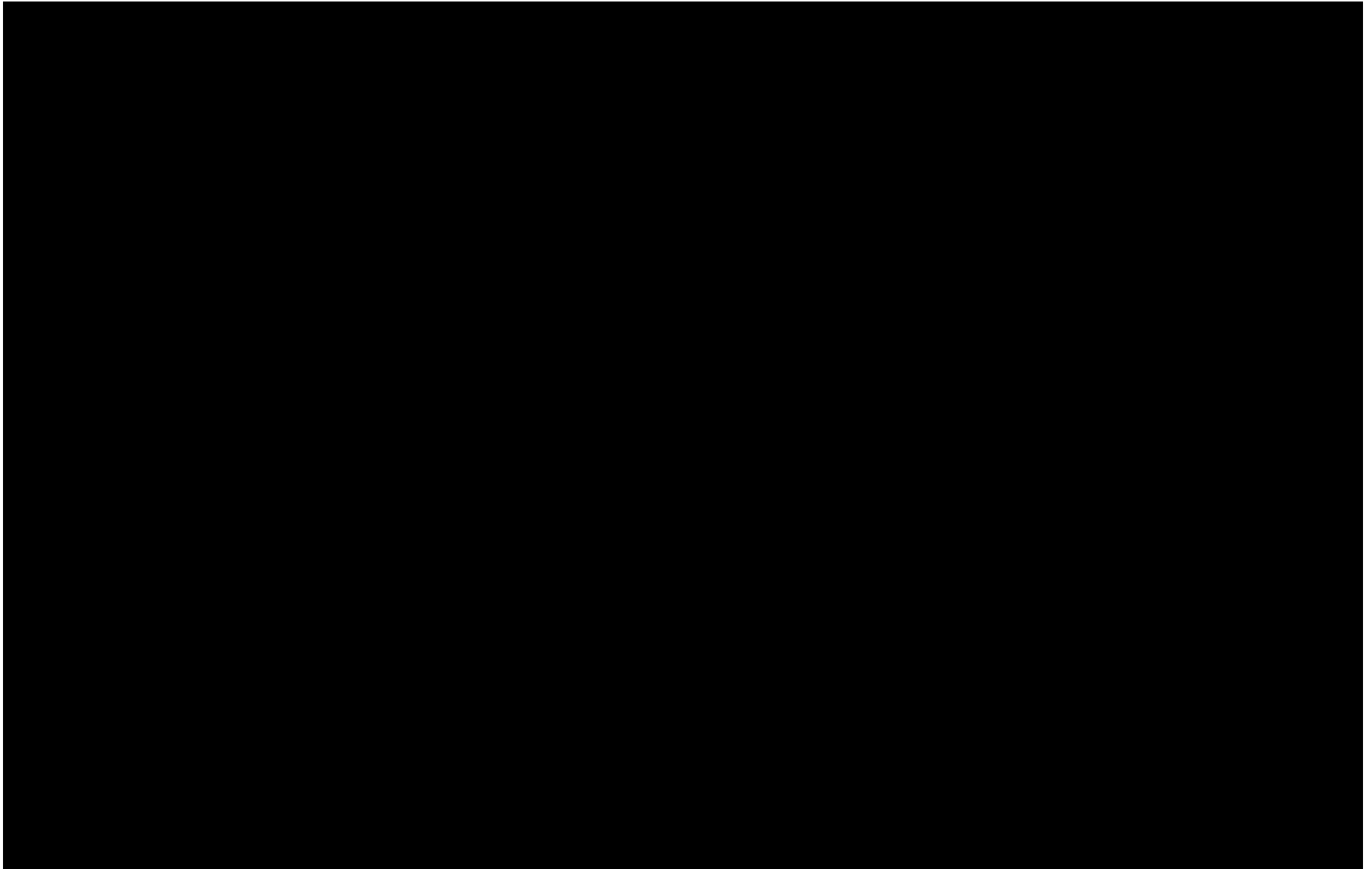
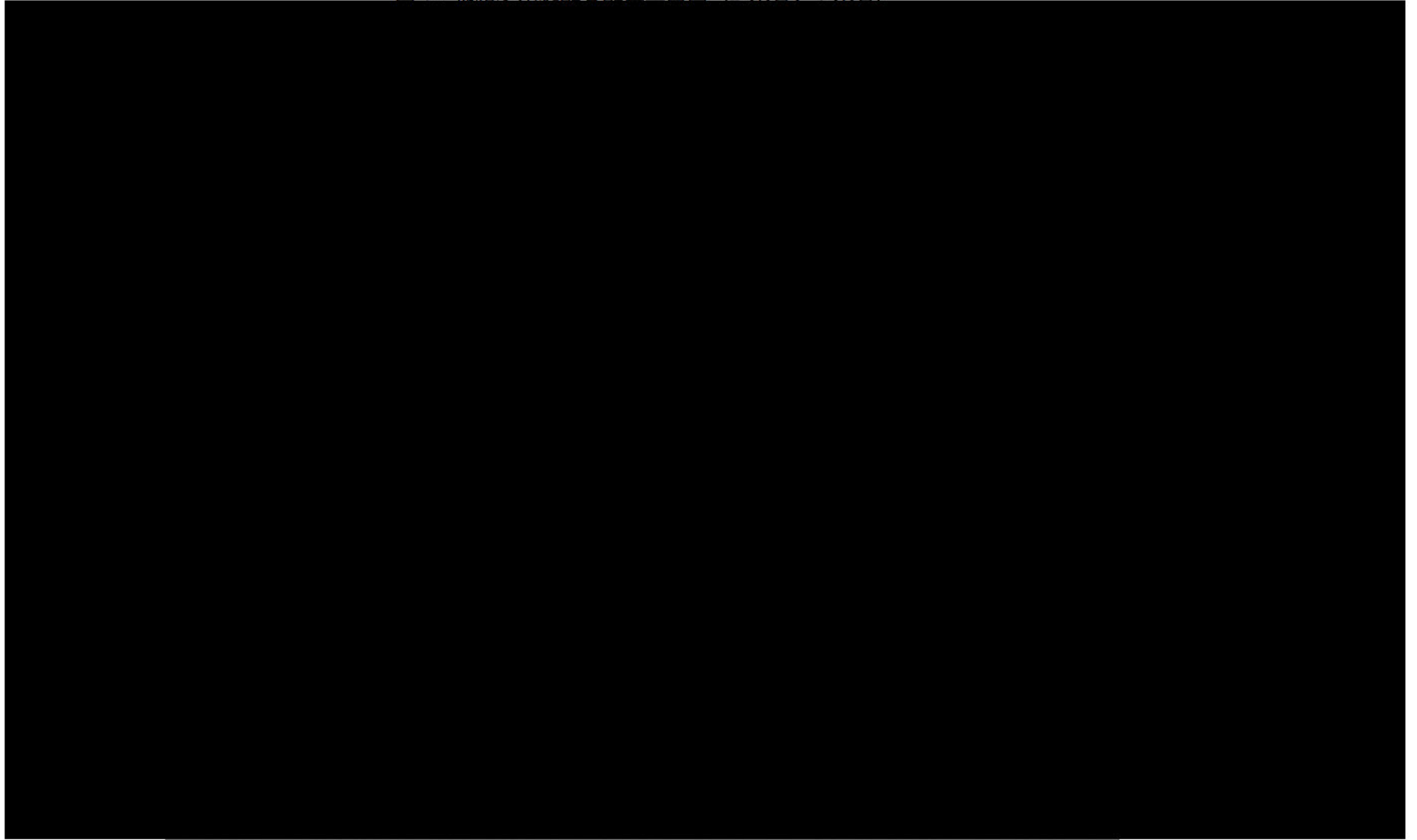


図 3：補給水系統配管配置立面図（B 架台、C 架台）



# 取扱説明書

男前モノノウ

## 大型デジタル温湿度計

注文コード：68283818

このたびは、大型デジタル温湿度計をお買い上げいただき、誠にありがとうございます。  
ご使用前に本書を必ずお読みのうえ、正しく安全にご使用ください。

**ご使用の前に、電池カバーの中の絶縁紙を抜いてからお使いください。**

初期設置時のみ、電池をセットしてから、約1時間で正しい値を示します。  
製品が室内環境になじみ、本体内部センサーが正しく感知するまでの時間です。  
作動中は、常に約10秒間隔で測定しています。



### ●空調目安表示

冷房 …28.1℃以上	除湿 …66%以上
適温 …18.0～28.0℃	適湿 …45～65%
暖房 …17.9℃以下	加湿 …44%以下

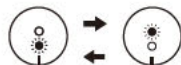
温度・湿度の値により表示されます。

### ●快適マーク (A表示設定時)

適温 適湿 が同時に点灯した時に表示されます。

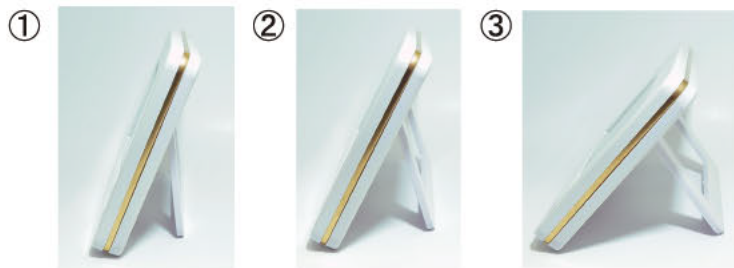
### ●作動確認マーク (⋮)

常に交互に点滅します。



### ●電池交換時期表示マーク (□)

電池が1.3V以下になると点滅します。  
電池を交換してください。



スタンドの角度は3段階

### ●ご使用上の注意

<設置について>

・落下や転倒により、怪我および器物を破損する恐れがありますので、  
振動のある場所や、不安定な場所には設置しないでください。

<本体について>

・分解や改造をしないでください。故障や破損の原因となります。

<ご使用場所について>

下記のような場所では使用しないでください。

1. 高温になる場所 (例えば、直射日光のあたる場所や、ストーブ・レンジ等火気に近い場所。)
2. 冷暖房器具の送風が直接当たる場所。
3. 浴室などの湿気が多い場所。また、水がかかったり蒸気が直接当たる場所。
4. ほこり・油分の多く発生する場所。
5. 室外。

### ●電池の交換時期

電池残量が少なくなると□が表示されます。このマークが表示されると電池交換の目安です。(電池電圧が約1.3V以下になると表示します)  
付属の電池は作動確認用ですので、寿命が短い場合があります。

### ●電池の交換手順

1. 本体裏面の電池カバーを取り外します。
2. 古い電池を抜き取り、新しい電池(単3形乾電池)の「+」「-」の向きを電池ボックス内の表示に合わせてセットします。
3. 電池カバーを閉じます。

※ご使用になる電池はアルカリ電池のご使用を推奨します。

※充電式の電池はご使用にならないでください。正常に作動しません。

### ●製品仕様

センサー	温度：サーミスター ・ 湿度：高分子抵抗
測定範囲	温度：-9.9～50.0℃ ・ 湿度：20～95%
表示分解能	温度：0.1℃ ・ 湿度：1%
精度	温度：±1.0℃(-9.9～40.0℃) ±1.5℃(40.1～50.0℃)
	湿度(常温時)：±5%(35～85%) ±10%(20～34%、86～95%)
測定間隔	約10秒
電源・電池寿命	単3乾電池×2 ・ 約1年(アルカリ電池使用時)
作動温度湿度範囲	温度：-9.9～50.0℃ ・ 湿度：20～95% (ただし氷結や結露しないこと)
本体寸法・重量	235×165×25mm ・ 408g
標準付属品	単3乾電池×2(作動確認用電池)

品質表示  
本体/ABS樹脂

MADE IN CHINA



個箱  
トレー：PET

## バードケージの仕様（補正申請書より抜粋）





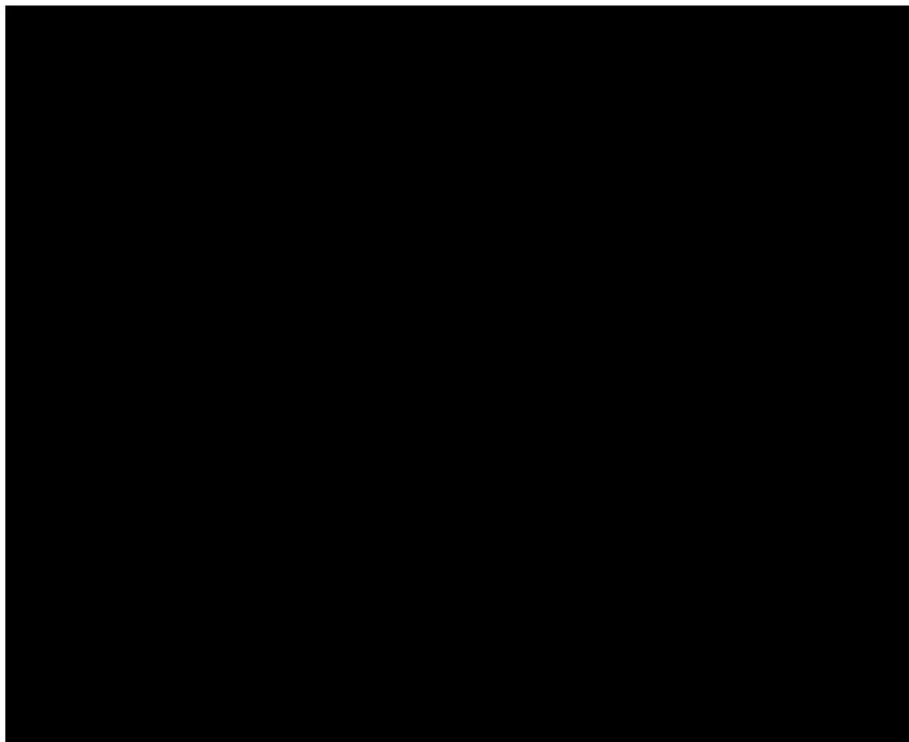
図5にバードケージの概略図を、表1にバードケージの仕様を示す。バードケージは、アングル、内部ボックスともに、    の鋼板である（設工認申請書には記載無し）。

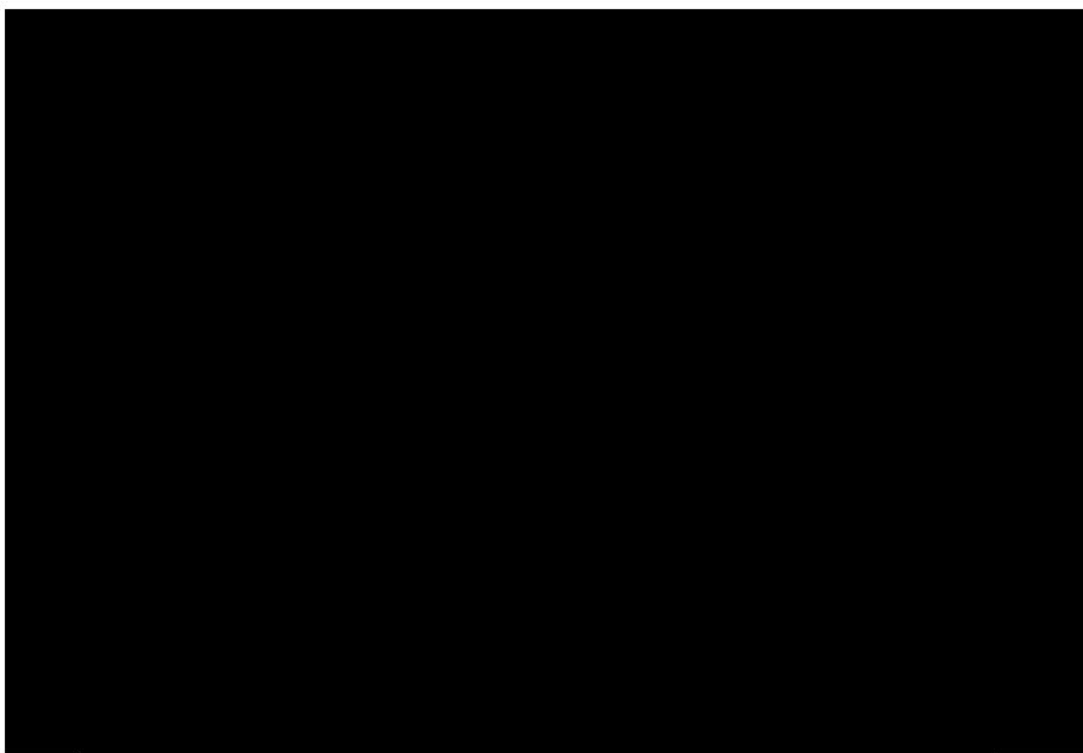
表1 バードケージの仕様

	固体減速架台用	軽水減速架台用
サイズ（幅×高さ×奥行）		
材料		
収納燃料板枚数 （制限値） LEU		
（参考）収納燃料板枚数 （制限値） HEU*		

\*HEUはすでにKUCAには存在しない。



(a) 固体減速炉心用燃料板のボードケージ



(b) 軽水減速炉心用燃料板のボードケージ

図5 バードケージ概念図 (単位 : mm)

(数字はボードケージの外寸、内部ボックスは燃料板の入るボックスの内寸)

## 評価計算書

- A. 軽水減速炉心用燃料要素の緒特性に関する評価計算書 . . . . . 2
- B. 軽水減速炉心用燃料要素の附加荷重に関する評価計算書 . . . . . 5
- C. 固体減速炉心用燃料要素の緒特性に関する評価計算書 . . . . . 9
- D. 固体減速炉心用燃料要素の附加荷重に関する評価計算書 . . . . . 13
- E. 燃料要素貯蔵設備の未臨界性に関する評価計算書 . . . . . 16
- F. 燃料要素設工認申請における最大温度上昇に関する評価計算書 . . . . . 25

## A. 軽水減速炉心用燃料要素の緒特性に関する評価計算書

本計算書では、軽水減速炉心用燃料要素の緒特性のうち、圧力、温度、放射線に関する物理的及び化学的性質について説明する。なお、圧力に関すること以外は、原子炉設置変更承認に関する審査において確認された。

### 1. ウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料の概要

軽水減速炉心では、京都大学研究用原子炉KUR、日本原子力研究開発機構のJRR-3などの研究用原子炉で使用されているものと同じウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料 ( $U_3Si_2-Al$ ) を使用する。形状は、現在KUCAの軽水減速炉心で使用している燃料要素（標準型燃料板）と同じで、 $U_3Si_2-Al$ の燃料ミート部をKURと同じ[ ]のアルミニウムで被覆した構造をしている。燃料ミート部のU密度は、JRR-3と同じ[ ]である。

ウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料は、これまでに世界各国の多くの研究用原子炉において使用実績があり、高い燃焼度まで使用することができることが示されている（KURでは最大燃焼度35%）。

なお、燃料要素の被覆材には、耐食性の高いアルミニウム合金である[ ]を使用する。KUCAでは[ ]の被覆材を用いた燃料要素を1974年の設置以来、約45年間使用してきたが、これまでに燃料要素の表面に腐食が認められたことは無い。従って、今回製作する燃料要素についても、腐食のおそれはほとんど無いと考えられる。

### 2. 圧力について

申請書本文に最高使用圧力が常圧と記載されている。また、下記に示すとおり、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ける温度変化の最大値が $2^{\circ}C$ のため、温度変化に伴う圧力の影響はない。なお、設置変更承認申請書の添付10の10-3-1には、設計基準事故として、「反応度の異常な投入」と「環境への放射性物質の異常な放出」を想定しているが、反応度の異常な投入となる可能性は極めて低いことから、温度上昇を伴う設計基準事故は発生しない（「環境への放射性物質の異常な放出」については、温度上昇には関連しない）。そのため、設計基準事故に温度上昇を伴うシナリオは除外されているため、温度上昇については、過渡変化時における評価が最大値となる。

### 3. 温度について

#### 3.1. 熱応力

燃料要素の被覆材には、アルミニウム合金である[ ]を使用する。燃料要素の中心温度が高く被覆材表面温度が低い場合には燃料要素には熱応力が生じる可能性があるが、設置申請書の添付書類十に記載された運転時の異常な過渡変化の解析の結果によると、燃料要素の中心の温度上昇は最大でも $2^{\circ}C$ 以下と非常に低い値であるため、燃料要素に異常をもたらすような熱応力は発生しない。

### 3.2. ブリスタ

ウランシリサイド燃料のブリスタ発生温度に関しては、米国 ORR 炉 (30MW) において照射したフルサイズ燃料要素を照射後に昇温してブリスタ発生温度を確かめた結果がある。そのデータによると、ブリスタ発生温度は 550°C 以上である<sup>1)</sup>。また、ミニプレートによる他の実験結果をも参考にして、ブリスタ発生の下限温度を 515°C と評価している実験結果もある<sup>2)</sup>。そのため、KUCA では、ブリスタ発生を防止するため、運転時の異常な過渡変化が発生した場合においても燃料最高温度は 400°C を超えないこととしている。

設置申請書の添付書類十に記載された解析の結果によると、燃料要素の中心の温度上昇は最大でも 2°C 以下と非常に低い値であるため、ブリスタが発生するおそれはない。

## 4. 放射線について

### 4.1. 照射特性

KUCA で使用する軽水減速炉心用燃料要素のスウェリング量を求めるために、まず、設置変更承認申請書 (以下、設置申請書) 及び設工認申請書に記載した以下の値から、核分裂密度 ( $F_d$ ) が最も大きくなる最小臨界炉心で 50 年間使用したときの燃料要素の燃焼度に対応する  $F_d$  を求める。

年間積算出力 :	1 kWh/年 (設置申請書 添付書類二)
最小臨界炉心 :	■■■■■■■■■■ (設置申請書 添付書類八)
ウラン密度 :	■■■■■■■■■■ (設工認申請書)
濃縮度 :	■■■■■■■■■■ (設工認申請書)
1 核分裂当たりの回収エネルギー :	200 MeV

これらより、50 年間使用したときの積算出力及び積算核分裂数は、

$$\text{積算出力 : } 1 \times 10^3 (\text{Wh/年}) \times 3600 (\text{s/h}) \times 50 (\text{年}) = 1.80 \times 10^8 (\text{J})$$

$$\begin{aligned} \text{積算核分裂数 : } & (1.80 \times 10^8) (\text{J}) \div (200 \times 10^6) (\text{eV}) \div (1.60 \times 10^{-19}) (\text{J/eV}) \\ & = 5.63 \times 10^{18} (\text{fissions}) \end{aligned}$$

となる。一方、ウラン体積は、

$$\text{ウラン体積 : } (■■■■■■ \text{ (g)}) \div ■■■■■■ \div ■■■■■■$$

であるので、 $F_d$  は、

$$F_d = (5.63 \times 10^{18}) (\text{fissions}) \div (■■■■■■) = ■■■■■■ (\text{fissions/cm}^3)$$

となる。スウェリングによる体積増加率  $dV/V$  は、 $F_d$  に対して良い線形性を示すことが知



られており、 $F_d=1\times 10^{21}$ (fission/cm<sup>3</sup>)に対して、 $dV/V$ は6.2%であることが報告されている  
1)。従って、 $dV/V$ は次式によって計算される。

$$dV/V=6.2\times 10^{-21}\cdot F_d$$

審査会合資料 p9 で参照

以上より、照射に伴うスウェリング量は無視することができるほど小さいことがわかる。すなわち、核分裂で生成した FP は燃板の形状に影響を与えることなく内部に保持されるといえる。

#### 参考文献

- 1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Safety Evaluation Report related to the Evaluation of Low-Enriched Uranium Silicide-Aluminum Dispersion Fuel for Use in Non-Power Reactors," NYREG-1313 (1988).
- 2) G. H. Hansen et al., "ATR-ETR Rates of Oxide Film Formation on Alminum Fuel Plates," ANS Transaction, Vol.18, p.127 (1974).

## B. 軽水減速炉心用燃料要素の附加荷重に関する評価計算書

### 1. 評価に関する設計条件

当該燃料要素は熱間圧延加工によりアルミニウム製板でウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料のコンパクトを挟み込んだ構造である。(図1)

当該燃料要素は標準型燃料板支持フレームに収納されて炉心格子板に固定され、常圧の条件下で使用されるため、本評価では附加荷重及び自重を対象とする。

#### (1) 附加荷重の評価

燃料要素の下面に対して想定される附加荷重は炉心タンクに給水される軽水による水頭圧である。このため、燃料要素を標準型燃料板支持フレームに収納して炉心格子板に固定した後、炉心タンクへ軽水を炉心タンク構造上の最高水位(1600 mm)まで給水した際の燃料要素の最下部の面に加わる応力を計算する。

#### (2) 自重の評価

燃料要素を標準型燃料板支持フレームに収納して炉心格子板に固定した際に燃料要素底面に加わる荷重を計算する。また、荷重は、燃料板支持フレーム下部の[ ]のアルミ燃料支持部(図3、Pの矢印の箇所)と接触する燃料要素底面に作用すると考えられる。

### 2. 附加荷重に対する燃料要素の強度

#### (1) 燃料要素に加わる水圧

「図2 炉心タンク構造」より、燃料要素に加わる応力Paは、 $Pa=1000 \text{ kg/m}^3$ <sup>(1)</sup>(水の密度) $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ (重力加速度) $\times 0.9 \text{ m}$ <sup>(2)</sup>(高さ) $=8820$ 、 $Pa=8820 \text{ N/m}^2=8.8 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$ (水の密度は常温での最大値は $0.9997 \text{ g/cm}^3$ であるが、ここでは安全側に $1.0 \text{ g/cm}^3$ とする)(高さは燃料要素下端位置である水位700 mm<sup>(2)</sup>から最高水位1600 mmまでの高さ)

#### (2) まとめ

$63.7 \text{ N/mm}^2$ <sup>(3)</sup>(燃料被覆耐力) $> 8.8 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$ (附加荷重)であるため、燃料要素は、附加荷重に耐えられる。

### 3. 自重に対する燃料要素の強度

#### (1) 燃料芯材部(ウランシリサイドコンパクト)

##### 1) 体積

「図1 燃料要素構造」から求める。  
[ ]

##### 2) 密度

ウランシリサイド分散型燃料の主成分は $\text{U}_3\text{Si}_2$ であるが、保守的に金属ウランの密度である $18.95 \text{ g/cm}^3$ <sup>(1)</sup>を使用する。

##### 3) 質量



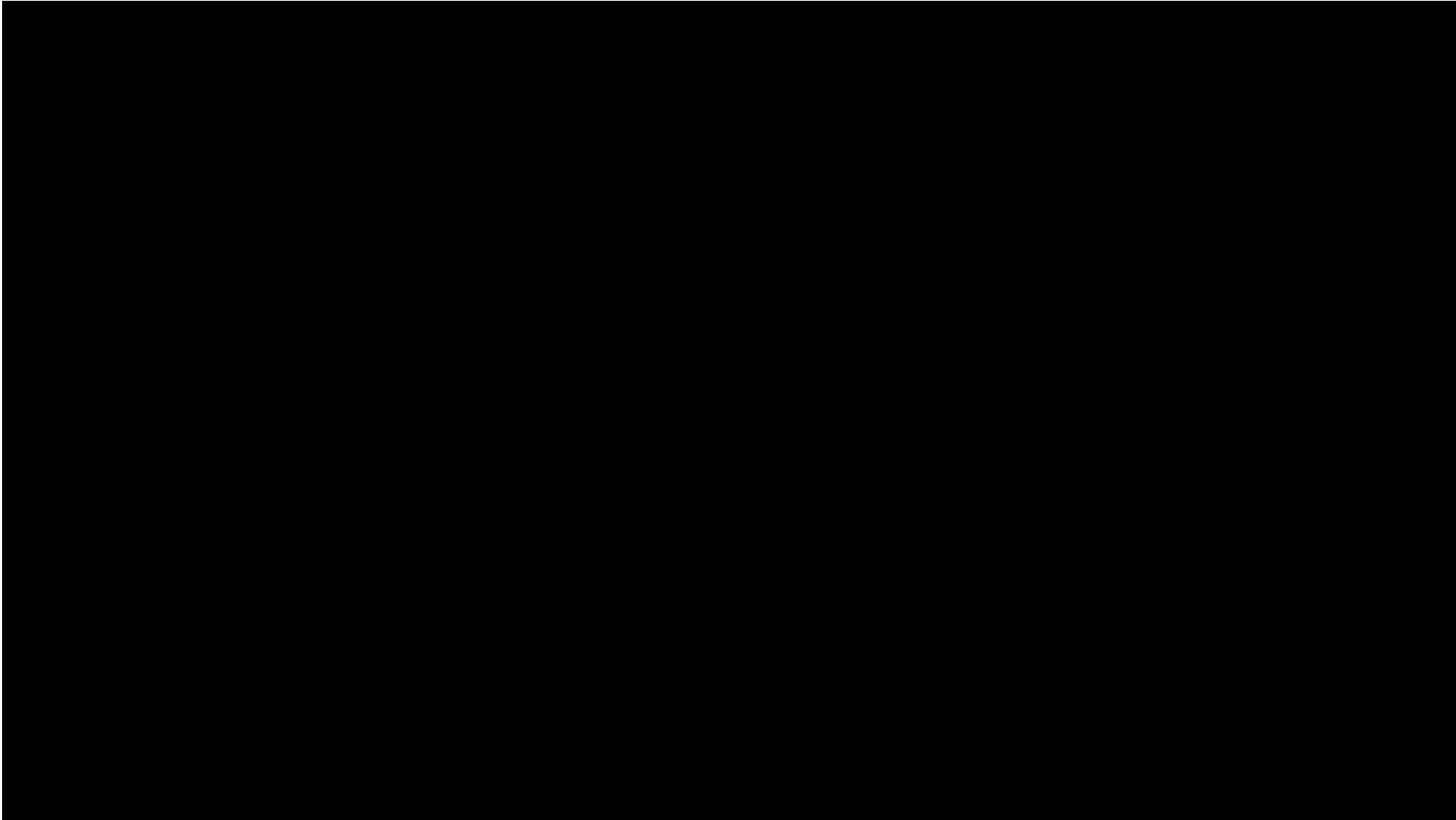


图 1 燃料要素构造 (单位 : mm)

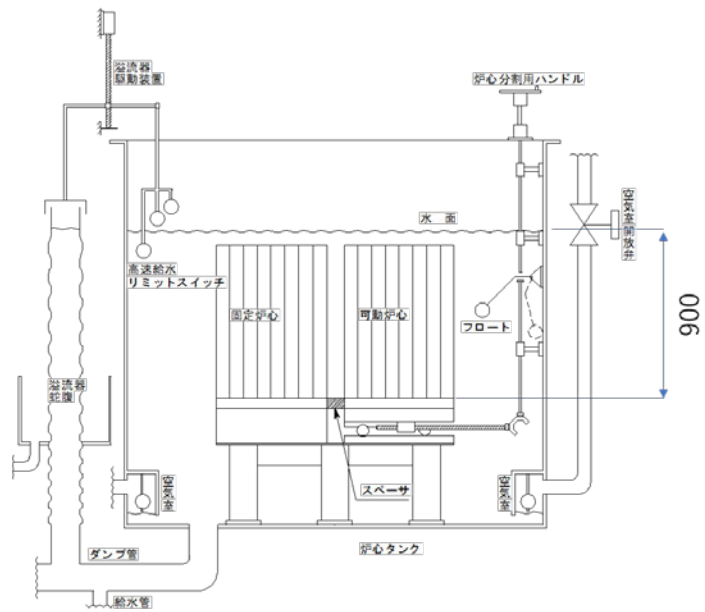


図2 炉心タンク構造 (単位: mm)

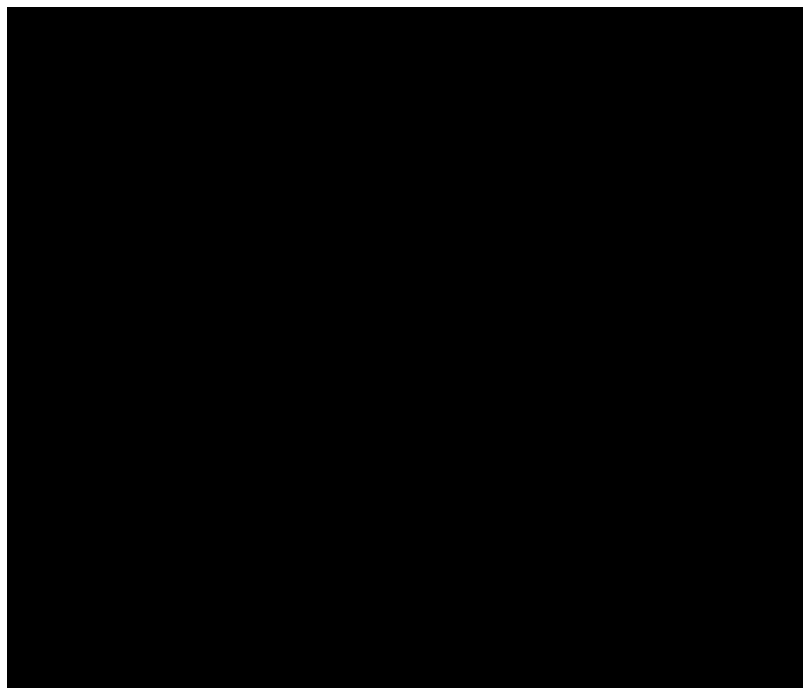


図3 標準型燃料板支持フレーム  
(青色の箇所がアルミ燃料支持部)

## C. 固体減速炉心用燃料要素の緒特性に関する評価計算書

本計算書では、固体減速炉心用燃料要素の緒特性のうち、圧力、温度、放射線に関する物理的及び化学的性質について説明する。なお、圧力に関すること以外は、原子炉設置変更承認に関する審査において確認された。

### 1. ウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料

研究炉においてLEUを使用するためには、ウラン密度を上げることが必要となる。そのため、これまで使用されてきたウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料よりさらにウラン密度が高い燃料の開発が求められるようになった。そのような中で、1990年代以降、米国、カナダ、フランス、韓国等で試験が行われた結果、照射特性に優れていることが判り、さらに研究が進められるようになったのがウランモリブデン燃料（以下、U-Mo燃料）である。以下に、U-Moの諸物理特性<sup>1)</sup>を示す。

融点： 1130 °C (U-7Mo)

熱容量： 30.5 J/mol/K (U-10Mo、25°C)

熱伝導率： 14.2 W/m/K (U-8Mo、10~100°C)

(ここで、U-xMo 中の x は Mo の wt.%)

U-Mo燃料には、ウラン密度を高めるためにU-Mo単体 (U-Mo monolithic) で使用することも考えられるが、KUCA固体減速炉心では、アルミニウム中に分散させて使用するU-7Mo・アルミニウム分散型燃料 (Moを7 wt.%用いる) を製作する。

なお、燃料要素の被覆材には、耐食性の高いアルミニウム合金である [ ] を使用する。KUCA 軽水減速架台では [ ] の被覆材を用いた燃料要素を 1974 年の設置以来、約 45 年間使用してきたが、これまでに燃料要素の表面に腐食が認められたことは無い。従って、今回製作する燃料要素についても、腐食のおそれはほとんど無いと考えられる。

また、燃料要素は、アルミニウム製の額縁の内部に U-Mo・アルミニウム分散型燃料のコンパクトを入れ、その上にアルミニウム製の板を置いて周囲を溶接するという構造である。また燃料要素は、燃料さや管に収納されて炉心に設置されるため、燃料要素自体の耐震強度は必要ないため、燃料要素を積み重ねたときにアルミニウム製の額縁に掛かる圧縮荷重に対しての強度を検討した。計算結果については、次の附加荷重に関する評価計算書に示す。なお、U-7Mo 単体での降伏点は、700 N/mm<sup>2</sup> であり <sup>1)</sup>、混合するアルミニウムパウダーについては強度が弱い [ ] と同等の降伏点であるとしても耐力 (0.2%) は、25 N/mm<sup>2</sup> 以上 [ ] であるため、仮に燃料板上部の挿入物の重量が U-Mo 燃料に直接加わったとしても問題はない。

## 2. 圧力について

申請書本文に最高使用圧力が常圧と記載されている。また、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ける温度変化の最大値が 49.3℃のため、温度変化に伴う圧力の影響はない。なお、設置変更承認申請書の添付 10 の 10-3-1 には、設計基準事故として、「反応度の異常な投入」と「環境への放射性物質の異常な放出」を想定しているが、反応度の異常な投入となる可能性は極めて低いことから、温度上昇を伴う設計基準事故は発生しない（「環境への放射性物質の異常な放出」については、温度上昇には関連しない）。そのため、設計基準事故に温度上昇を伴うシナリオは除外されているため、温度上昇については、過渡変化時における評価が最大値となる。

## 3. 温度について

### 3.1. ブリスタ

今回製作する燃料要素は U-Mo 粒子をアルミニウムパウダーと混ぜて製作した燃料コンパクトを [REDACTED] のアルミニウム製の被覆材中に封入した構造をしており、これまで KUCA の軽水減速炉心で使用してきた標準型燃料板や KUR で使用している燃料平板（共にアルミニウム製被覆材 [REDACTED] と極めて類似した構造をしている。KUR 等において、ブリスタの発生を防止するために燃料芯材の最高温度は 400℃を超えないことを求めており、今回の U-Mo を用いた燃料要素についてもブリスタの発生を防止するために燃料芯材の最高温度は 400℃を超えないことを設計基準事故時の判断基準としている。これは、U-Mo・アルミニウム分散型燃料は、ウランシリサイド Mo・アルミニウム分散型燃料と同様に、アルミニウムパウダー中に融点の高い燃料粒子が分散した構造をしており、ブリスタの発生はこれまでの基準（燃料破損閾値としてブリスタ発生温度の約 500～600℃に安全余裕を見た温度である約 400℃）と同じとして良いと考えられるからである。しかし、設置申請書添付書類十の解析結果によると、燃料要素の最高温度は 100℃以下であること、また U-235 の燃焼度としては最大でも約  $2.5 \times 10^{-4}$ %程度であり、ほとんど燃焼は進まず、核分裂生成物の蓄積はほとんど無視できる。そのため、KUCA の U-Mo 燃料についてはブリスタの発生の心配は無いと考えられる。

## 4. 放射線について

### 4.1. 照射特性

KUCA で使用する軽水減速炉心用燃料要素のスウェリング量を求めるために、まず、設置変更承認申請書（以下、設置申請書）及び設工認申請書等による以下の値から、核分裂密度（ $F_d$ ）が最も大きくなる最小臨界炉心で 50 年間使用したときの燃料要素の燃焼度に対応する  $F_d$  を求める。

年間積算出力：	1 kWh/年（設置申請書 添付書類二）
最小臨界炉心：	[REDACTED]（設置申請書 添付書類八）
ウラン密度：	[REDACTED]（U-Mo ハンドブック） （保守的に U-5Mo の値を採用）
濃縮度：	[REDACTED]（設工認申請書）
1 核分裂当たりの回収エネルギー：	200 MeV

これらより、50年間使用したときの積算出力及び積算核分裂数は、

積算出力： $1 \times 10^3 (\text{Wh/年}) \times 3600 (\text{s/h}) \times 50 (\text{年}) = 1.80 \times 10^8 (\text{J})$

積算核分裂数： $(1.80 \times 10^8) (\text{J}) \div (200 \times 10^6) (\text{eV}) \div (1.60 \times 10^{-19}) (\text{J/eV})$   
 $= 5.63 \times 10^{18} (\text{fissions})$

となる。一方、ウラン体積は、

ウラン体積： $\text{[redacted]} (\text{g}) \div \text{[redacted]} (\text{cm}^3) = \text{[redacted]}$

であるので、 $F_d$ は、

$F_d = (5.63 \times 10^{18}) (\text{fissions}) \div \text{[redacted]} (\text{cm}^3) = \text{[redacted]} \text{ fission/cm}^3$

となる。

U-Mo ハンドブック 1)に記載された U-Mo 燃料 (U-Mo monolithic) の燃料スウェリングのデータを図 1 に示す。KUCA で使用する燃料は U-Mo・アルミニウム分散型燃料であるが、個々の U-Mo 粒子の  $F_d$  は U-Mo 単体の燃料の場合と同じと考えられる。

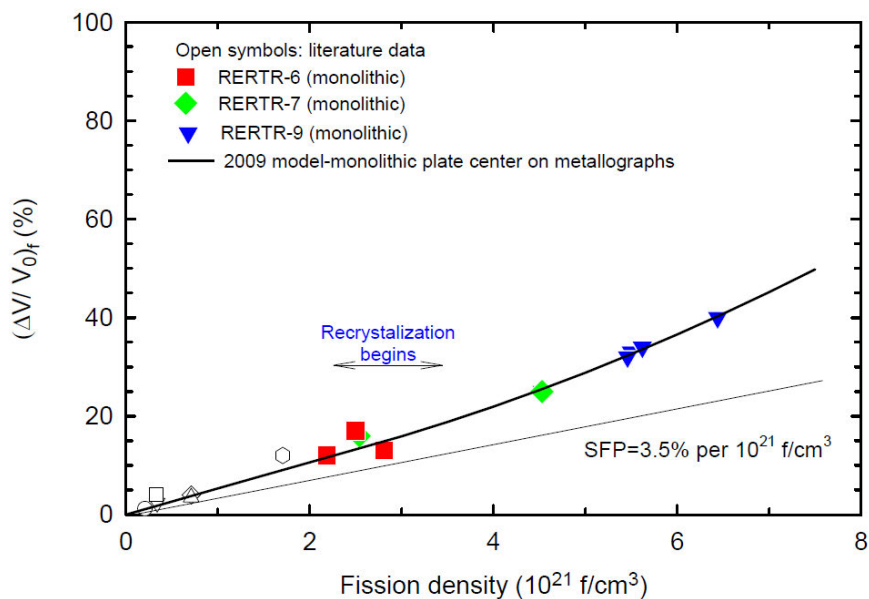


図 1 燃料スウェリングの実験値

これまでの照射実験データより、U-Mo 燃料のスウェリングについては、ガス以外の FP による寄与 (solid swelling) とガス状の FP による寄与 (gas bubble swelling) の線形和で表現される以下の実験式が示されている 1)。



$$(\Delta V/V)_{\text{total}}(\%) = (\Delta V/V)_{\text{solid swelling}} + (\Delta V/V)_{\text{gas bubble swelling}}$$

$$(\Delta V/V)_{\text{solid swelling}}(\%) = 3.5 \times 10^{-21} \cdot F_d$$

$$(\Delta V/V)_{\text{gas bubble swelling}}(\%) = 1.8 \times 10^{-21} \cdot F_d \quad \text{for } F_d \leq 3 \times 10^{21} \text{ fissions/cm}^3$$

審査会合資料 p9 で参照

KUCA の  $F_d$  を代入すると、スウェリング (solid swelling と gas bubble swelling の線形和) は約                      となる。x-y-z 方向に均等に膨張すると仮定すると、各方向のサイズ変化は燃料芯材の製作公差に比べても十分に小さい値であることから、照射に伴うスウェリング量は無視することができる。すなわち、核分裂で生成した核分裂生成物 (FP) は U-Mo 燃料の形状に影響を与えることなく U-Mo 燃料の内部に保持されるといえる。

U-Mo・アルミニウム分散型燃料の場合、FP の一部は U-Mo 粒子の表面から外部に放出されることになる。その放出率  $F_r$  は、以下のように表される<sup>2)</sup>。

$$F_r = 3/4(\mu/R) - 1/16(\mu/R)^3$$

ここで  $\mu$  は U-Mo 中での FP の平均飛程、R は U-Mo 粒子の平均半径である。U-7Mo について  $\mu$  は 5  $\mu\text{m}$ 、R は 35  $\mu\text{m}$  とすると、 $F_r$  は約 11% となる。 $\mu$  は  $\text{UAl}_x$  の場合で 10  $\mu\text{m}$ 、 $\text{U}_3\text{Si}_2$  の場合で 8  $\mu\text{m}$  であるため、同じ粒径であれば密度が高い U-Mo のほうが  $F_r$  は小さくなる。

この放出された FP はウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料の場合と同様に U-Mo 周囲のアルミニウム中に保持されることになるが、その FP の保持能力については、従来のウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料で十分に実績があり問題は無い。

#### 参考文献

- 1) "U-Mo Fuels Handbook", ANL-09/31, Argonne National Laboratory (2006).
- 2) D.W. White, A.P. Beard, A.H. Willis, Irradiation behavior of Dispersion fuels, USAEC Report KAPL-P-1849, Knolls Atomic Power Laboratory, (1957).

## D. 固体減速炉心用燃料要素の附加荷重に関する評価計算書

### 2. 評価に関する設計条件

燃料要素はアルミニウム製の額縁の内部にウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料のコンパクト（圧縮して成型したもの）を入れ、その上にアルミニウム製の板を置いて周囲を溶接している構造である。（図1、図2）

燃料要素は燃料さや管に収納されて炉心格子板に固定し、常圧の条件下で使用されるため、本評価では附加荷重及び自重を対象とする。

#### (1) 附加荷重の評価

現在の設置変更承認申請書においてKUCAで使用する最も重い燃料集合体は燃料要素2枚＋1/8inchポリエチレンを1セルとし、これを高さ約50 cmに積み重ねて（65セル）、その上にポリエチレン反射体を約50 cm（高さ25.4 cmのポリエチレンを2本）入れたものである。この際、一番下の燃料要素周囲の幅■■■■のアルミ枠（図2、Pの矢印の箇所）に作用する圧縮応力を計算する（保守的に一番下の燃料要素分も加えて計算を行う）。

#### (2) 自重の評価

燃料要素の自重による影響は(1)の附加荷重による影響に比べて明らかに小さいので(1)の評価結果に包含されると考えられる。

### 3. 附加荷重に対する燃料要素の強度

#### (1) 燃料芯材（ウランモリブデンコンパクト）

##### 4) 体積

「図1 燃料要素」から求める。  
■■■■

##### 5) 密度

ウランモリブデン（モリブデン 6.5%）の密度である  $18.4 \text{ g/cm}^3$  <sup>(1)</sup>を使用する。（燃料芯材はU7Mo-A1であるが、ここでは安全側にU7Mo密度を使用する。）（モリブデン含有量は  $7 \pm 0.5\%$  であるが、モリブデン量が少ないほど密度が高くなるので安全側に6.5%とする）

##### 6) 質量

$$\text{■■■■} \times 18.4 \text{ g/cm}^3 = \text{■■■■}$$

#### (2) 燃料要素被覆

##### 4) 体積

燃料要素の被覆体積は、被覆を含む燃料要素体積から燃料芯材体積を差し引くことで求める。（図1、図2）

- ・ 被覆を含む燃料要素体積  
■■■■

- ・ 燃料要素被覆体積

- 5) 密度  
 $2.7 \text{ g/cm}^3$  <sup>(3)</sup> (アルミニウム) を使用する。
- 6) 質量  
 $\text{[redacted]} \times 2.7 \text{ g/}$
- (3) ポリエチレン(1/8 インチ)
- 1) 体積  
 $\text{[redacted]}$
- 2) 密度  
 $0.96 \text{ g/cm}^3$  <sup>(2)</sup> (ポリエチレン) を使用する。
- 3) 質量  
 $\text{[redacted]} 0.96 \text{ g/}$
- (4) ポリエチレン(25.4cm)
- 1) 体積  
 $\text{[redacted]}$
- 2) 密度  
 $0.960 \text{ g/cm}^3$  <sup>(2)</sup> (ポリエチレン) を使用する。
- 3) 質量  
 $\text{[redacted]} \times 0.960 \text{ g/cm}^3 = \text{[redacted]}$
- (5) 燃料集合体一番下の燃料要素周囲の幅  $\text{[redacted]}$  のアルミ枠に加わる応力
- ・ 合計質量  $\text{[redacted]}$
  - ・ 応力が加わる箇所の面積  $\text{[redacted]}$
- $\text{[redacted]}$
- $\text{[redacted]}$
- (6) まとめ  
 $63.7 \text{ N/mm}^2$  <sup>(4)</sup> (燃料被覆耐力  $\text{[redacted]}$  附加荷重) であるため、燃料要素は附加荷重に耐えられる。

審査会合資料 p12 で参照

参考文献

- (1) U-Mo Fuels Handbook :Argonne
- (2) 京都大学複合原子力科学研究所の原子炉施設[KUCA]に係る使用前検査  
 (ポリエチレン反射材の製作) 使用前検査記録 (使用前検査申請番号 : 19 京大施環化第 2 3  
 6 号)
- (3) 理科年表平成 17 年 : 丸善株式会社
- (4)  $\text{[redacted]}$

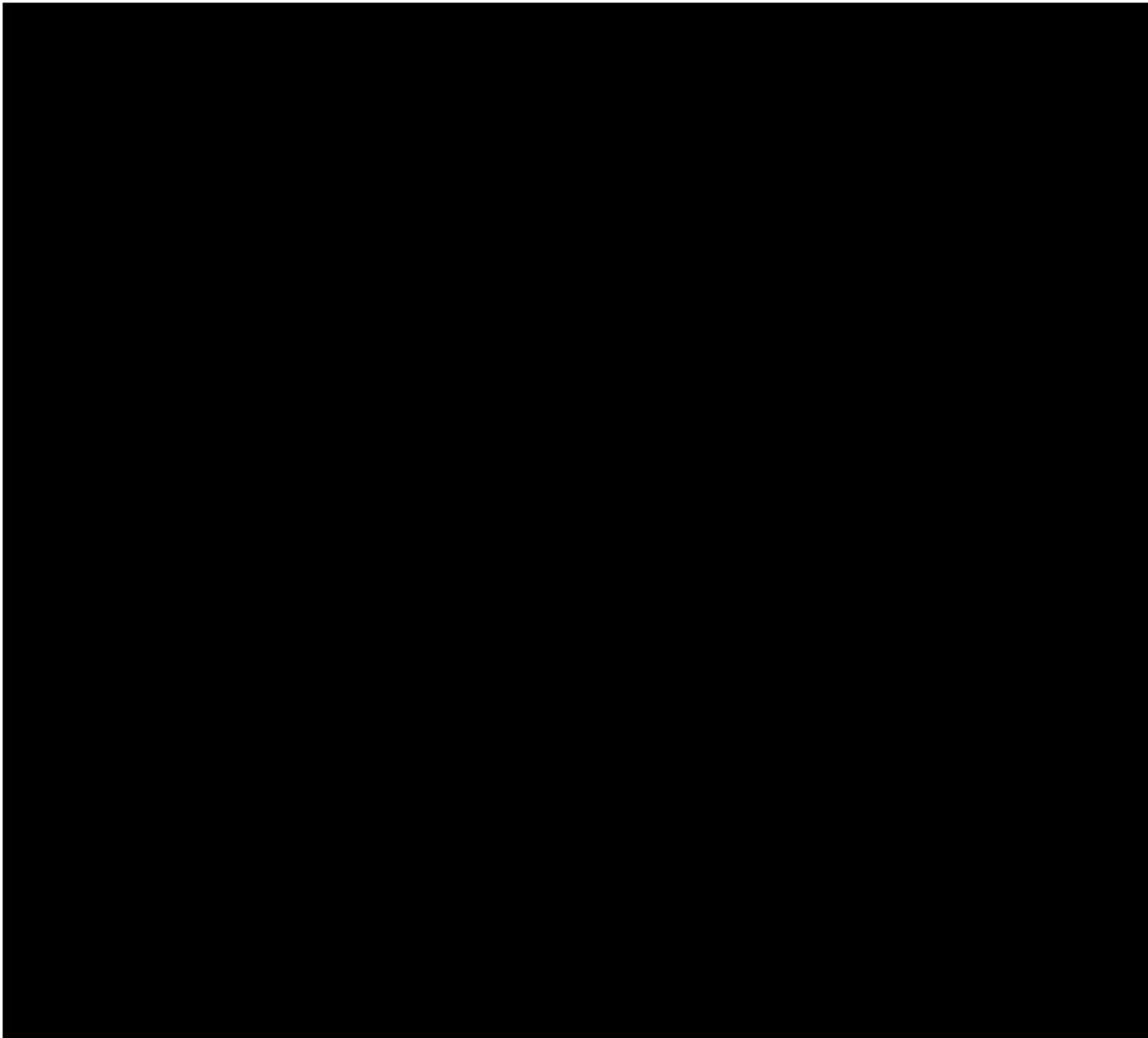


图 1 燃料要素 (单位:mm)



图 2 燃料要素构造 (断面图)



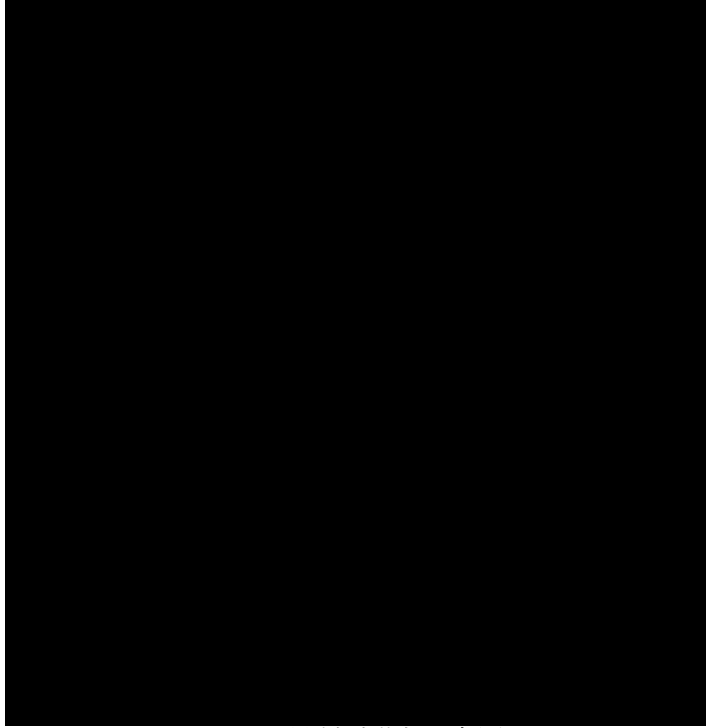


図 2 燃料貯蔵棚の概略図

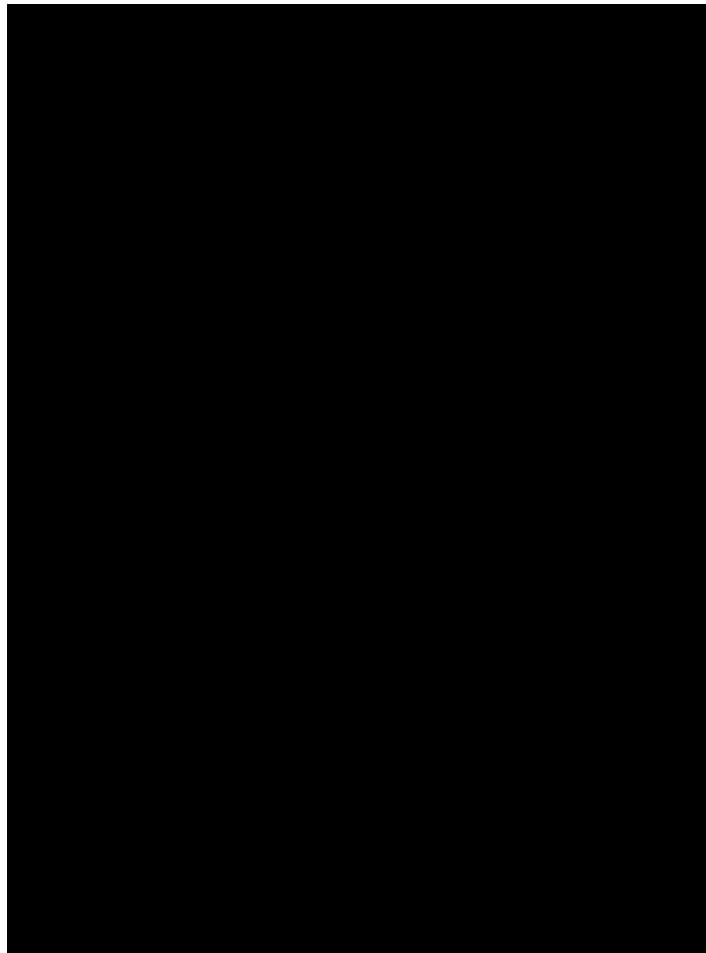
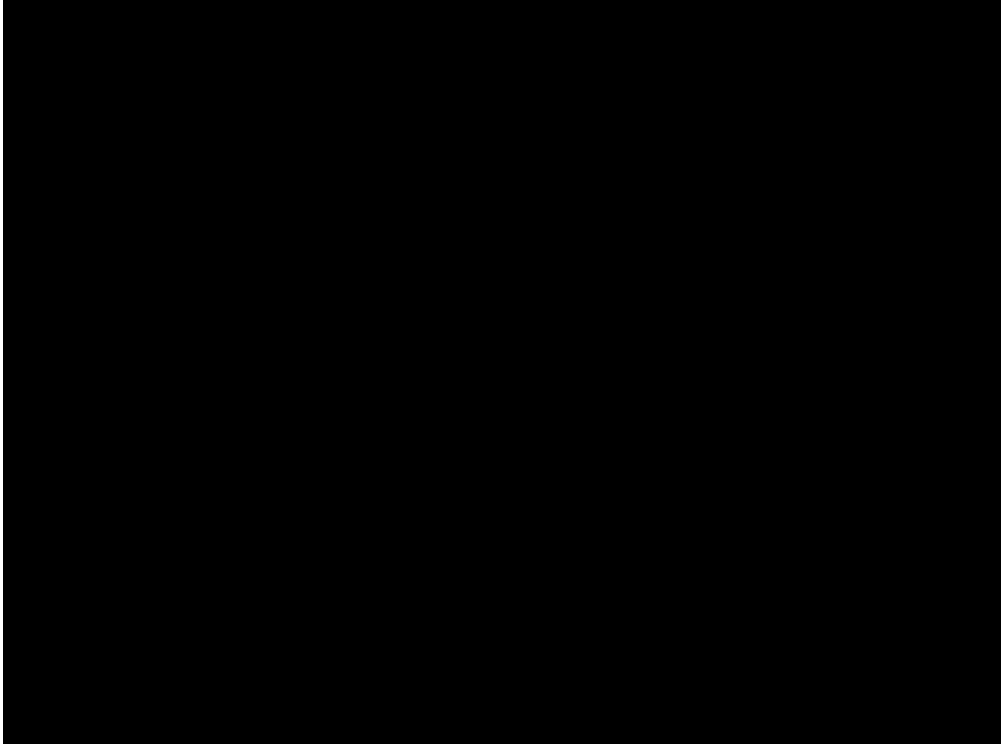
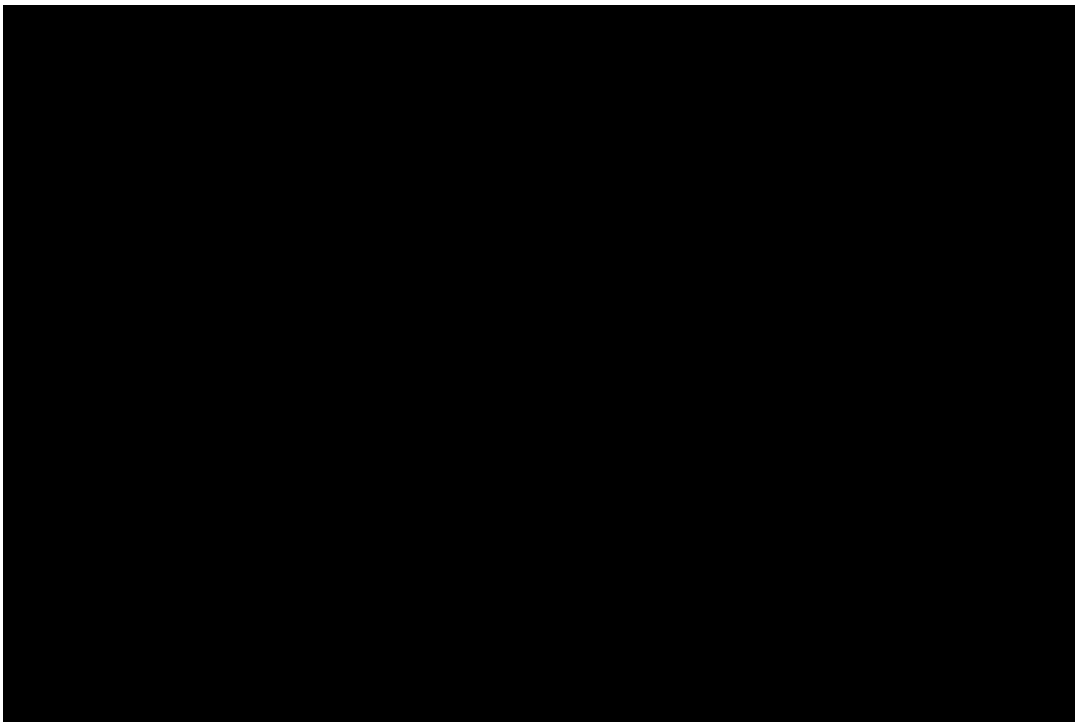


図 3 固体減速炉心用燃料貯蔵棚





(a) 固体減速炉心用燃料板のバードケージ



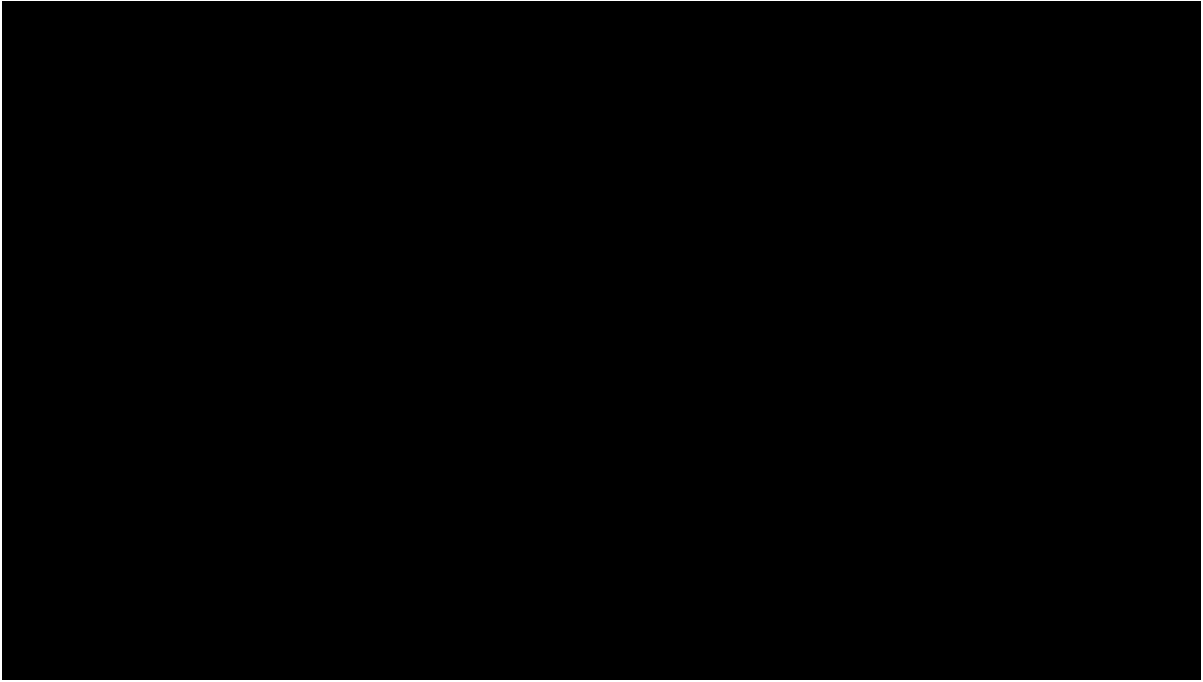
(b) 軽水減速炉心用燃料板のバードケージ

図5 バードケージ概念図 (単位 : mm)

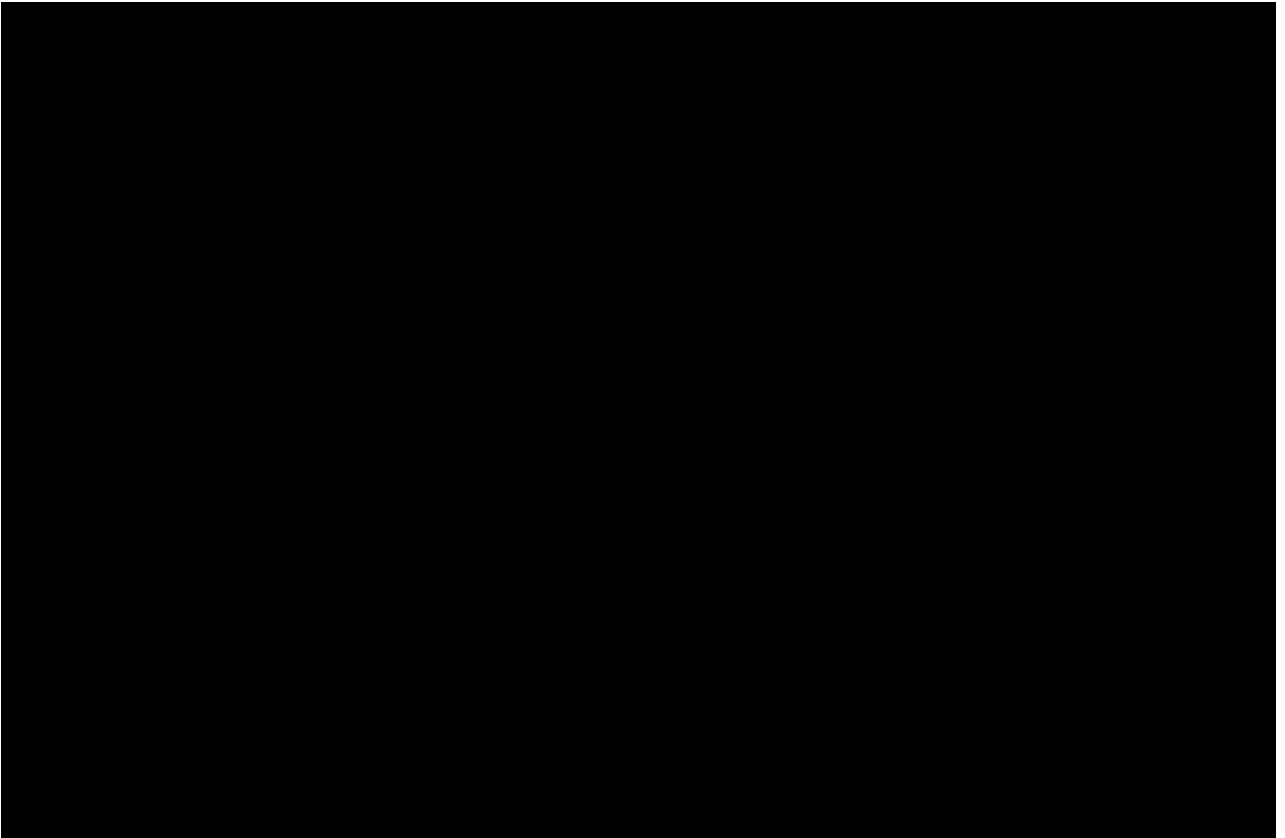
(数字はバードケージの外寸、内部ボックスは燃料板の入るボックスの内寸)





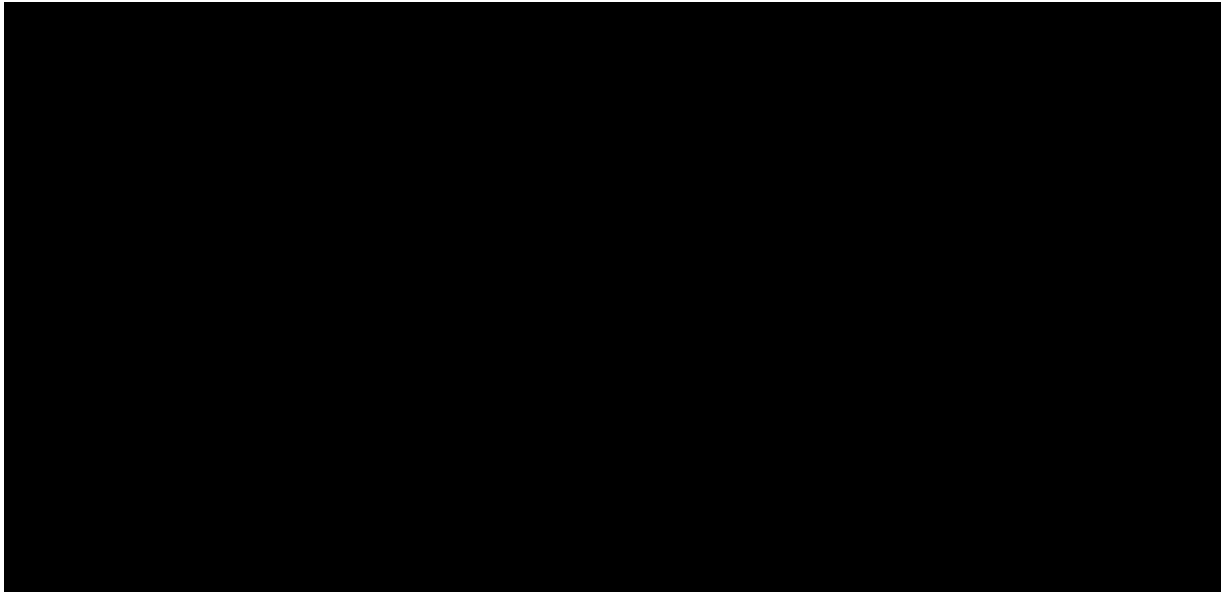


(a) 固体減速炉心用

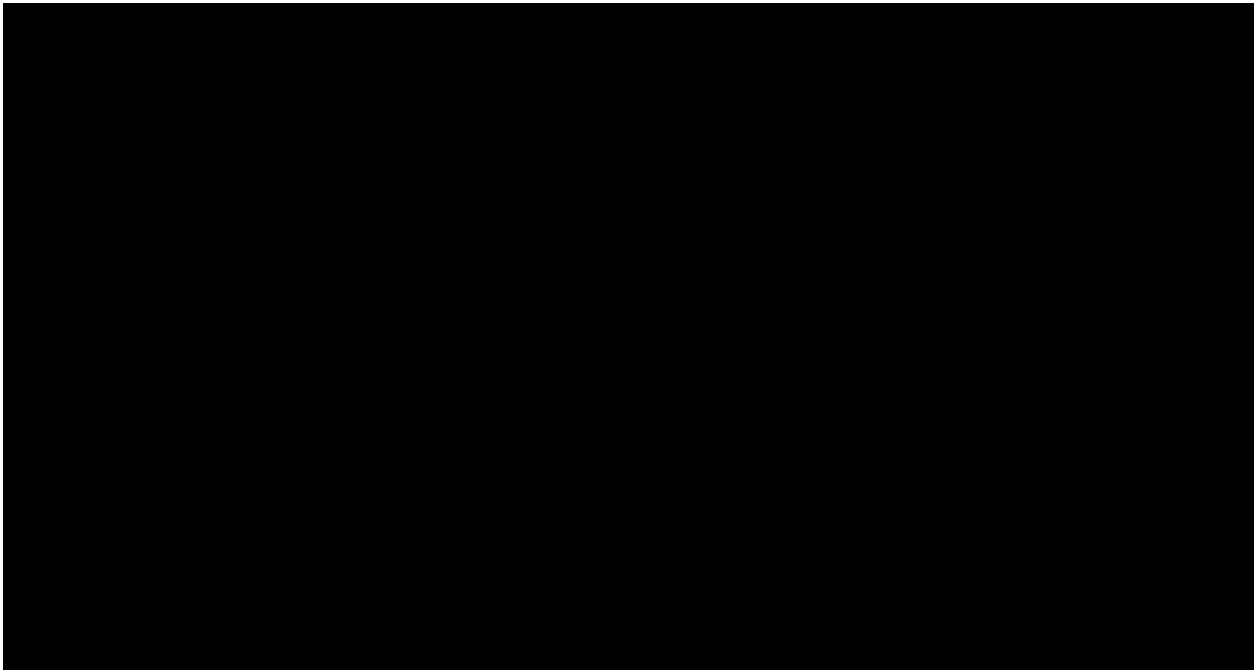


(b) 軽水減速炉心用

図 6 追加する燃料要素の概念図



(a) 固体減速炉心用



(b) 軽水減速炉心用

図7 計算体系の概念図



表 4 軽水減速炉心用燃料板 燃料ミート部 原子個数密度.

Isotope	Number Density ( $\times 10^{24}$ 1/cm <sup>3</sup> )
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■

■

■

表 5 軽水減速炉心用標準型燃料板 アルミニウム被覆材 原子個数密度.

Isotope	Number Density ( $\times 10^{24}$ 1/cm <sup>3</sup> )
■	■

■

■

## F. 燃料要素設工認申請における最大温度上昇に関する評価計算書

低濃縮炉心における最大温度上昇を与える条件は、固体減速炉心において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する場合である。以下に、そのシナリオに従った解析を示す。

シナリオは以下のとおりである。

(1) 固体減速炉心における過剰反応度は、制限値の最大値 ( $0.35\% \Delta k/k$ ) とし、制御棒の全反応度は、制限値の最小値 ( $1.35\% \Delta k/k$ )、及び中心架台落下による反応度は、制限値の最小値 ( $1\% \Delta k/k$ ) であるとする。反応度価値の最も大きな制御棒の反応度は制限値の最大値  $0.45\% \Delta k/k$  であるとする。

(2)  $0.01W$  の臨界状態を保っており、その際の線型出力計の指示値は、100%で出力が  $100W$  となるレンジであったとする。

### (3) 【ケース A】

臨界状態において、パルス状中性子発生装置又は中性子発生設備の最大中性子発生量で炉心に中性子の打ち込みを開始したとする。最大中性子発生量は、パルス状中性子発生装置については  $5 \times 10^{10}n/s$ 、中性子発生設備については  $10^{11}n/s$  であるので、この解析では、値の大きい  $10^{11}n/s$  の中性子を発生させ、その半分である  $5 \times 10^{10}n/s$  が炉心に投入されるとする。

### 【ケース B】

炉心ごとに中性子発生量を変化させて、燃料温度が最大となる中性子発生量を求めて解析を行う。

(4) 出力が線型出力計の指示値の 120%である  $120W$  を超えたとき、スクラム信号を発するとする。ただし、指示値の 110%以上のときに作動する一せい挿入には期待しないものとし、制御棒の最大の反応度を持つ 1 本が挿入できないとする。ただし、線型出力計の指示値が 120%に至らない場合には、出力上昇後 1 時間 (3600 秒) を経過した段階で、運転員が手動スクラムボタンを押してスクラム信号を発生させるとする。

(5) スクラム信号が発生した 1 秒後に、制御棒挿入によりステップ状の負の反応度が加わるとする。中心架台は作動しないとする。

## 解析結果

### 【ケース A】

解析結果を第 1 表に示す。線型出力計の指示値が 120%を超えてスクラム信号が発生することにより最大反応度値を持つ制御棒 1 本以外の制御棒はすべて炉心に挿入されるとするので、「温度上昇による反応度－(全制御棒反応度－既に挿入されていた反応度－最大 1 本の反応度)」の未臨界状態となる。すなわち、「 $-0.00-(1.35-0.35-0.45)=-0.55 \text{ \% } \Delta k/k$ 」の未臨界状態となる。

最も燃料温度が高くなるのは L5.5P-30 炉心で、初期温度を 25℃としたとき、燃料温度上昇は約 0.15℃である。出力及び温度変化を第 1 図に示す。減速材の温度上昇量は、それ以下の値となるため、運転時の異常な過渡変化に対する判断基準を満足している。また、各パラメータの誤差を考慮したときの燃料温度上昇量の変化は、最大でも+25%以下であり、判断基準を満足している。

### 【ケース B】

解析結果を第 2 表及び第 3 表に示す。最も燃料温度が高くなるのは L5.5P-30 炉心で、中性子発生量がケース A の 0.071 倍となったとき、初期温度を 25℃としたとき、燃料温度上昇は、約 49.3℃である。この場合、出力が上昇するにつれて燃料温度が上昇し、最大出力が 120W より少しだけ低くなり、その後、燃料の温度上昇に伴う負の反応度印加により出力が低下し、最終的には、3600 秒を経過したところで運転員が手動停止させるというケースである。手動スクラムにより最大反応度値を持つ制御棒 1 本以外の制御棒はすべて炉心に挿入されるとするので、「温度上昇による反応度－(全制御棒反応度－既に挿入されていた反応度－最大 1 本の反応度)」の未臨界状態となる。すなわち、「 $-0.2-(1.35-0.35-0.45)=-0.75 \text{ \% } \Delta k/k$ 」の未臨界状態となる。これより中性子発生量が少し増加して、ケース A の 0.072 倍となると、最大出力は 120W を超えてスクラムするため、積算出力は低くなる。出力及び温度変化を第 2 図に示す。減速材の温度上昇量は、それ以下の値となるため、運転時の異常な過渡変化に対する判断基準を満足している。また、各パラメータの誤差を考慮したときの燃料温度上昇量は、上記の結果より小さくなる。

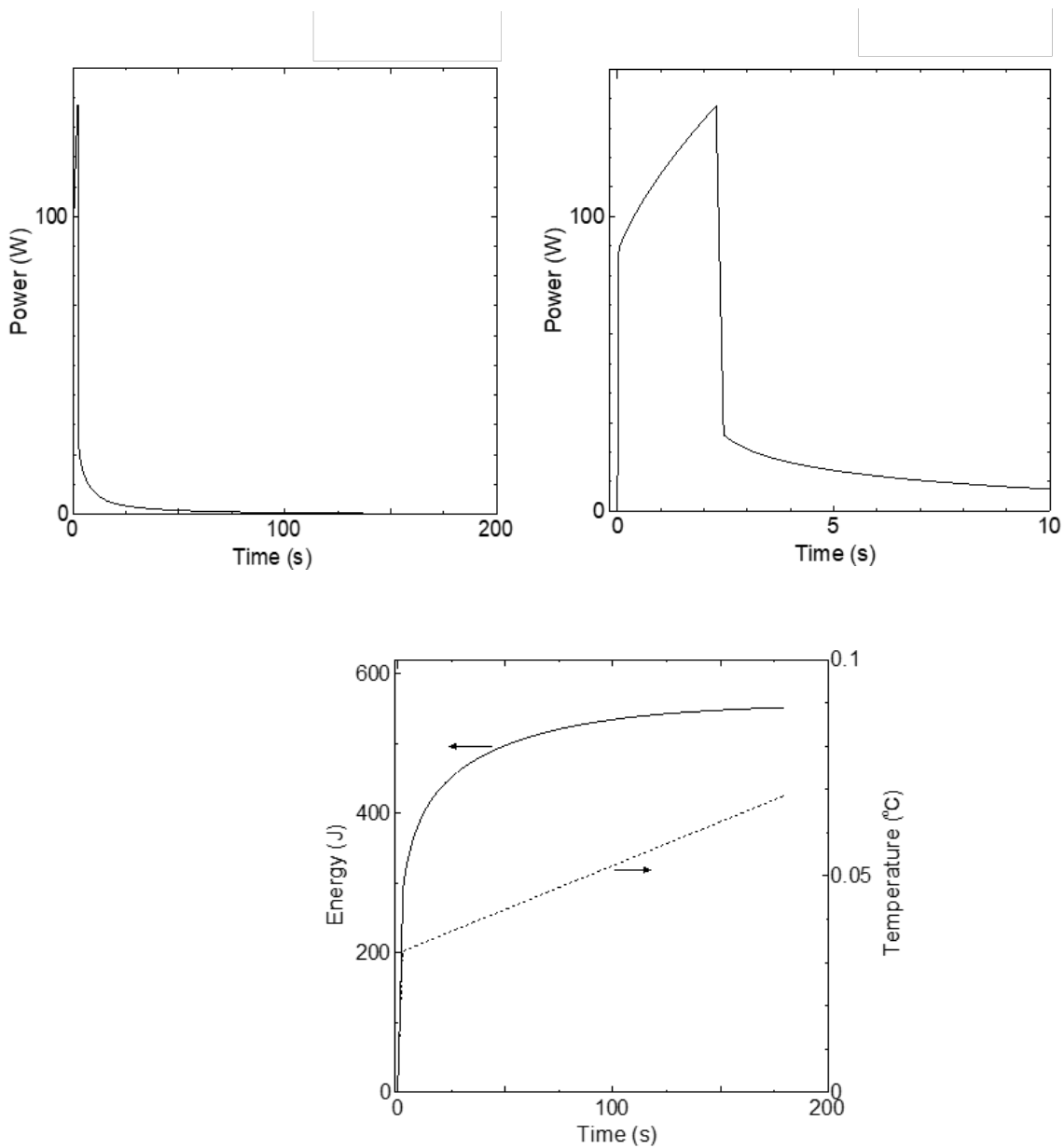
第1表 固体減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）において  
中性子発生設備又はパルス状中性子発生装置を臨界状態において利用（ケース A）

炉心名称	120W 超までの時間 (s)	最大出力 (W)	0.1W までの時間 (s)	積算出力 (J)	温度上昇 <sup>a</sup> (°C)	温度上昇 <sup>b</sup> (°C)
L5. 5P-50	1.3	137.6	179.3	$5.31 \times 10^2$	$5.89 \times 10^{-2}$	$1.35 \times 10^{-1}$
L5. 5P-40	1.3	137.6	179.2	$5.31 \times 10^2$	$6.42 \times 10^{-2}$	$1.48 \times 10^{-1}$
L5. 5P-30	1.3	137.6	179.2	$5.31 \times 10^2$	$6.60 \times 10^{-2}$	$1.51 \times 10^{-1}$
L4P-50	1.4	137.2	182.1	$5.47 \times 10^2$	$5.37 \times 10^{-2}$	$1.20 \times 10^{-1}$
L4P-40	1.4	137.0	183.3	$5.54 \times 10^2$	$6.52 \times 10^{-2}$	$1.43 \times 10^{-1}$
L4P-30	1.4	137.0	183.3	$5.54 \times 10^2$	$6.91 \times 10^{-2}$	$1.51 \times 10^{-1}$
L3P-50	1.4	136.8	184.8	$5.63 \times 10^2$	$5.15 \times 10^{-2}$	$1.09 \times 10^{-1}$
L3P-40	1.4	136.7	185.5	$5.67 \times 10^2$	$5.73 \times 10^{-2}$	$1.23 \times 10^{-1}$
L3P-30	1.4	136.8	184.8	$5.63 \times 10^2$	$6.25 \times 10^{-2}$	$1.30 \times 10^{-1}$
L2P-50	1.5	136.6	186.4	$5.72 \times 10^2$	$3.87 \times 10^{-2}$	$9.92 \times 10^{-2}$
L2P-40	1.5	136.4	187.3	$5.78 \times 10^2$	$4.59 \times 10^{-2}$	$1.01 \times 10^{-1}$
L2P-30	1.5	136.5	186.7	$5.74 \times 10^2$	$4.81 \times 10^{-2}$	$1.12 \times 10^{-1}$
L1P-50	1.5	136.6	186.1	$5.70 \times 10^2$	$2.23 \times 10^{-2}$	$7.21 \times 10^{-2}$
L1P-40	1.5	136.4	187.6	$5.79 \times 10^2$	$2.38 \times 10^{-2}$	$5.98 \times 10^{-2}$
L1P-30	1.5	136.5	187.3	$5.77 \times 10^2$	$2.49 \times 10^{-2}$	$7.63 \times 10^{-2}$
LL1P-50	1.4	136.7	185.4	$5.66 \times 10^2$	$9.34 \times 10^{-3}$	$3.53 \times 10^{-2}$
LL1P-40	1.5	136.6	186.3	$5.71 \times 10^2$	$8.45 \times 10^{-3}$	$3.08 \times 10^{-2}$
LL1P-30	1.5	136.6	186.0	$5.70 \times 10^2$	$9.76 \times 10^{-3}$	$3.88 \times 10^{-2}$

a 燃料板のみの温度上昇を考慮

b 各炉心の「最大値／平均値」及び燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.09倍、ただしLL1炉心についてのみ1.23倍）を掛けた値





第1図 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  
(ケース A)

上図：出力変化 (スケールの違う 2 つの図)

下図：積算出力と温度変化 (実線は積算出力、点線は温度)

(固体減速炉心 (低濃縮ウラン炉心) : L5. 5P-30 炉心)

**第2表 固体減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）において  
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（ケースB）（1/2）**

炉心名称	中性子発生量(倍率) <sup>a</sup>	120W超までの時間(s)	最大出力(W)	最大となる時間 <sup>d</sup> (s)	最大出力 <sup>e</sup> (W)	手動スクラム時出力 <sup>f</sup> (W)	0.1Wまでの時間(s)	積算出力(J)	温度上昇 <sup>b</sup> (°C)	温度上昇 <sup>c</sup> (°C)
L5.5P-5 0	0.070	—	—	355.0	119.0	23.2	3818.8	1.73×10 <sup>5</sup>	1.92×10 <sup>1</sup>	4.39×10 <sup>1</sup>
	0.071	295.5	120.1	—	—	—	660.9	2.52×10 <sup>4</sup>	2.80×10 <sup>0</sup>	6.41×10 <sup>0</sup>
L5.5P-4 0	0.072	—	—	347.1	119.7	23.1	3817.6	1.72×10 <sup>5</sup>	2.08×10 <sup>1</sup>	4.78×10 <sup>1</sup>
	0.073	312.4	120.1	—	—	—	678.8	2.72×10 <sup>4</sup>	3.28×10 <sup>0</sup>	7.55×10 <sup>0</sup>
L5.5P-3 0	0.071	—	—	352.1	119.7	23.3	3818.6	1.73×10 <sup>5</sup>	2.15×10 <sup>1</sup>	4.93×10 <sup>1</sup>
	0.072	312.1	120.1	—	—	—	678.5	2.69×10 <sup>4</sup>	3.34×10 <sup>0</sup>	7.66×10 <sup>0</sup>
L4P-50	0.065	—	—	392.3	119.9	24.2	3825.9	1.84×10 <sup>5</sup>	1.80×10 <sup>1</sup>	4.03×10 <sup>1</sup>
	0.066	344.6	120.1	—	—	—	714.3	2.92×10 <sup>4</sup>	2.86×10 <sup>0</sup>	6.40×10 <sup>0</sup>
L4P-40	0.067	—	—	380.8	119.7	23.9	3824.3	1.81×10 <sup>5</sup>	2.13×10 <sup>1</sup>	4.67×10 <sup>1</sup>
	0.068	339.0	120.1	—	—	—	709.2	2.89×10 <sup>4</sup>	3.40×10 <sup>0</sup>	7.46×10 <sup>0</sup>
L4P-30	0.067	—	—	377.8	118.9	23.6	3823.3	1.79×10 <sup>5</sup>	2.24×10 <sup>1</sup>	4.88×10 <sup>1</sup>
	0.068	357.2	120.0	—	—	—	728.2	3.10×10 <sup>4</sup>	3.87×10 <sup>0</sup>	8.44×10 <sup>0</sup>
L3P-50	0.061	—	—	420.2	118.8	24.7	3831.0	1.87×10 <sup>5</sup>	1.71×10 <sup>1</sup>	3.64×10 <sup>1</sup>
	0.062	393.7	120.0	—	—	—	767.1	3.37×10 <sup>4</sup>	3.08×10 <sup>0</sup>	6.54×10 <sup>0</sup>
L3P-40	0.060	—	—	428.5	118.9	25.0	3832.4	1.89×10 <sup>5</sup>	1.91×10 <sup>1</sup>	4.09×10 <sup>1</sup>
	0.061	397.7	120.0	—	—	—	771.4	3.38×10 <sup>4</sup>	3.42×10 <sup>0</sup>	7.34×10 <sup>0</sup>
L3P-30	0.061	—	—	423.9	119.5	25.0	3832.2	1.89×10 <sup>5</sup>	2.10×10 <sup>1</sup>	4.36×10 <sup>1</sup>
	0.062	379.6	120.1	—	—	—	752.8	3.20×10 <sup>4</sup>	3.55×10 <sup>0</sup>	7.39×10 <sup>0</sup>

- a ケースAの中性子発生量に対する倍率
- b 温度上昇が炉心全体で均一であるとしたときの温度上昇
- c 各炉心の「最大値／平均値」（2.6倍）及び燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.09倍）を掛けた値
- d 出力が120Wに達しない場合に出力が最大となるまでの時間
- e 出力が120Wまで上昇しない場合の最大出力
- f 出力が120Wに達しない場合に手動スクラムで反応度が印加される直前での出力

**第3表 固体減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）において  
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（ケースB）（2/2）**

炉心名称	中性子発生量(倍率) <sup>a</sup>	120W超までの時間(s)	最大出力(W)	最大となる時間 <sup>d</sup> (s)	最大出力 <sup>e</sup> (W)	手動スクラム時出力 <sup>f</sup> (W)	0.1Wまでの時間(s)	積算出力(J)	温度上昇 <sup>b</sup> (°C)	温度上昇 <sup>c</sup> (°C)
L2P-50	0.045	—	—	579.5	119.3	29.0	3853.6	2.12×10 <sup>5</sup>	1.44×10 <sup>1</sup>	3.68×10 <sup>1</sup>
	0.046	520.3	120.0	—	—	—	898.2	4.24×10 <sup>4</sup>	2.87×10 <sup>0</sup>	7.35×10 <sup>0</sup>
L2P-40	0.048	—	—	544.3	119.5	28.3	3850.4	2.07×10 <sup>5</sup>	1.65×10 <sup>1</sup>	3.64×10 <sup>1</sup>
	0.049	488.7	120.0	—	—	—	866.5	4.00×10 <sup>4</sup>	3.18×10 <sup>0</sup>	7.04×10 <sup>0</sup>
L2P-30	0.047	—	—	550.9	118.6	28.2	3850.3	2.07×10 <sup>5</sup>	1.73×10 <sup>1</sup>	4.03×10 <sup>1</sup>
	0.048	511.5	120.0	—	—	—	889.4	4.23×10 <sup>4</sup>	3.55×10 <sup>0</sup>	8.23×10 <sup>0</sup>
L1P-50	0.029	—	—	914.6	118.9	37.3	3882.5	2.52×10 <sup>5</sup>	9.85×10 <sup>0</sup>	3.19×10 <sup>1</sup>
	0.030	793.8	120.0	—	—	—	1175.0	6.12×10 <sup>4</sup>	2.39×10 <sup>0</sup>	7.74×10 <sup>0</sup>
L1P-40	0.029	—	—	926.3	119.7	37.8	3884.6	2.55×10 <sup>5</sup>	1.05×10 <sup>1</sup>	2.63×10 <sup>1</sup>
	0.030	784.0	120.0	—	—	—	1166.0	5.99×10 <sup>4</sup>	2.46×10 <sup>0</sup>	6.19×10 <sup>0</sup>
L1P-30	0.028	—	—	949.5	117.8	37.7	3885.5	2.53×10 <sup>5</sup>	1.09×10 <sup>1</sup>	3.35×10 <sup>1</sup>
	0.029	869.2	120.0	—	—	—	1252.7	6.83×10 <sup>4</sup>	2.95×10 <sup>0</sup>	9.03×10 <sup>0</sup>
LL1P-50	0.014	—	—	1884.3	118.4	73.1	3945.0	3.15×10 <sup>5</sup>	5.20×10 <sup>0</sup>	1.96×10 <sup>1</sup>
	0.015	1511.7	120.0	—	—	—	1895.5	1.09×10 <sup>5</sup>	1.80×10 <sup>0</sup>	6.80×10 <sup>0</sup>
LL1P-40	0.013	—	—	2039.1	118.3	80.4	3953.8	3.17×10 <sup>5</sup>	4.69×10 <sup>0</sup>	1.71×10 <sup>1</sup>
	0.014	1622.7	120.0	—	—	—	2007.4	1.17×10 <sup>5</sup>	1.73×10 <sup>0</sup>	6.29×10 <sup>0</sup>
LL1P-30	0.012	—	—	2139.5	114.6	83.4	3956.8	3.09×10 <sup>5</sup>	5.30×10 <sup>0</sup>	2.10×10 <sup>1</sup>
	0.013	1873.5	120.0	—	—	—	2258.4	1.40×10 <sup>5</sup>	2.39×10 <sup>0</sup>	9.50×10 <sup>0</sup>

a ケースAの中性子発生量に対する倍率

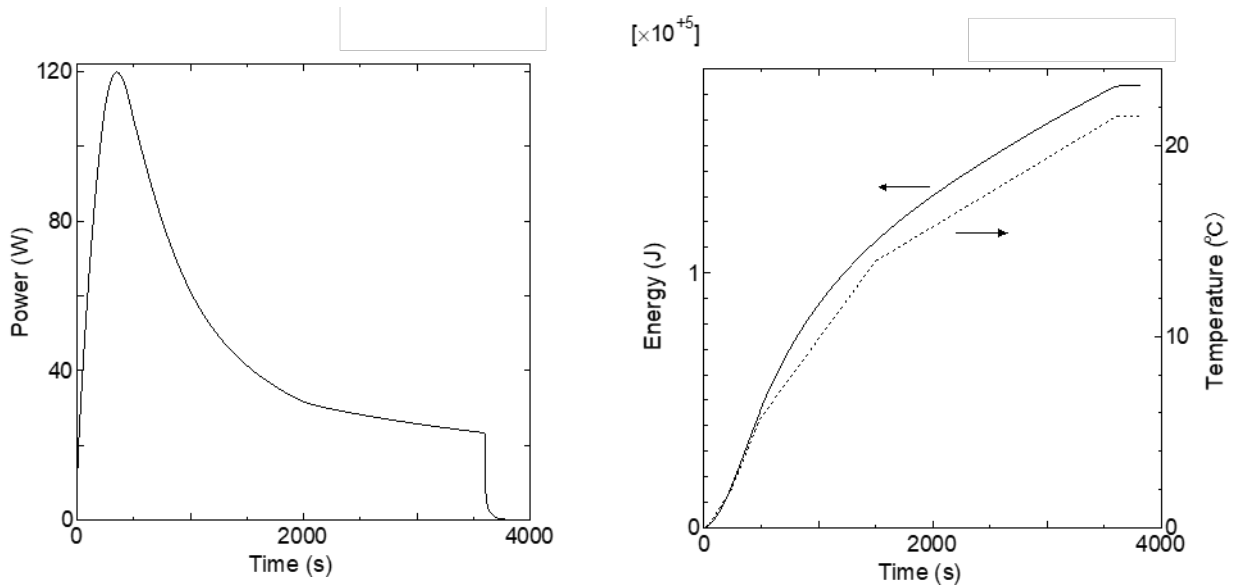
b 温度上昇が炉心全体で均一であるとしたときの温度上昇

c 各炉心の「最大値／平均値」（2.6倍）及び燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.09倍）を掛けた値

d 出力が120Wに達しない場合に出力が最大となるまでの時間

e 出力が120Wまで上昇しない場合の最大出力

f 出力が120Wに達しない場合に手動スクラムで反応度が印加される直前での出力



第 2 図 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  
(ケース B)

左図：出力変化、右図：積算出力と温度変化（実線は積算出力、点線は温度）  
(固体減速炉心（低濃縮ウラン炉心）：L5. 5P-30 炉心、中性子発生量はケース A の 0. 071 倍)

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)  
(KUCA固体減速炉心用低濃縮燃料要素の製作)

京都大学複合原子力科学研究所

2023年6月5日

## 質問一覧(1/4)

No.	質問内容
①	<p><b>【技術基準規則第22条第2項】</b> 技術基準規則第6条(地震による損傷の防止)を適合対象条項から除いているのであれば、技術基準規則第22条第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。」において、地震荷重を考慮しなければならない。これを適合性の資料に加えること。</p>
②	<p><b>【技術基準規則第11条】</b> 現状の適合性の資料において、燃料要素は手で扱うため保守又は修理が可能であるとの記載になっている。しかし規則の要求は、「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。」であるため、まずは燃料要素が持つべき必要な機能とは何であるかの説明が必要である(閉じ込めとか、遮蔽とか)。その上で「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」に関する説明に繋げること。</p>
③	<p><b>【技術基準規則第21条第1項第3号】</b> 燃料要素に影響を与える環境条件として温度上昇を挙げており、温度上昇が大きくないことから大丈夫との説明となっている。では、影響を受ける温度はどの程度なのか。加えて、「その機能を発揮することができるものであること」とあるので、「その機能」とは何であるかについても説明すること。</p>

## 質問一覧(2/4)

No.	質問内容
④	<p><b>【技術基準規則第22条第1項】</b></p> <p>(1) 最大熱出力が100Wであるから放射線の影響は低いとのことであるが、説明が不足している。最大熱出力が低いためFPの蓄積が少なく、そのため放射線の影響が低いという説明に変更し、適合対象条文の説明に追記すること。</p> <p>(2) 「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」と要求されているので、保持すべき物理的及び化学的性質は何かを説明すること。</p> <p>(3) 燃料要素とさや管とで有意な相互作用はないとの説明であるが、温度上昇がないため、膨張が起こらず燃料要素とさや管との間のクリアランスで吸収できるとのことであれば、その旨、まとめ資料で説明すること。</p>

## 質問一覧(3/4)

No.	質問内容
⑤	<p>【技術基準規則第26条】</p> <ol style="list-style-type: none"><li>(1) 実際の燃料要素(長板、角板、トリウム)の保管状況(貯蔵庫が燃料室中の何処に、どの程度の隔離距離でもって配置されるのか、何がどれだけの量入る想定としているのか、バードケージ中においても燃料要素が何処にどれだけ収納されるのか)を正確に説明すること。その際、低濃縮燃料要素のみを貯蔵することにも言及すること。</li><li>(2) 保管状況を考慮した上での解析の考え方を説明すること。これについては、設置申請書との整合性から水没条件と気中条件があるものと考えている。これらについて、隔離距離を考慮した相互干渉の考え方(例:水没条件であれば単一ユニット、気中条件においては、長板と角板の隔離距離が近くなるので相互干渉を考慮しなければならない、トリウム貯蔵庫に関しては隔離距離を考えれば単一ユニット、等々)や、水没モデルであれば反射境界を何処に設定するのか等を含めた解析モデルを妥当性も含めて提示すること。</li><li>(3) 気中条件における評価について、真空雰囲気かを仮定しているが、気中の水分率を考慮した場合について説明すること。</li><li>(4) 被覆材とバードケージについては、原子個数密度が記載されているが、組成と密度も追記すること。</li></ol>



## 質問一覧(4/4)

No.	質問内容
⑥	分割申請の理由として、「炉心の設工認申請が今回出せない理由」
⑦	4.2.1.3燃料要素検査(3)燃料要素寸法検査は、全数、実測するという理解でよいか？
⑧	4.2.2 機能及び性能の確認に関する検査が「該当なし」としている理由 (4.2.2 機能及び性能の確認に関する検査なくして、燃料要素が期待される機能及びを確実に発揮できるとする理由(論理)。

## 質問①に対する回答

## 質問①に対する回答

No.	質問内容
①	<p>【技術基準規則第22条第2項】</p> <p>技術基準規則第6条(地震による損傷の防止)を適合対象条項から除いているのであれば、技術基準規則第22条第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。」において、地震荷重を考慮しなければならない。これを適合性の資料に加えること。</p>

- 設置変更承認申請書の添付書類八の8-1-4-2節より燃料要素の耐震重要度分類はCであり、8-1-4-3節に記載されているとおり、「機器・配管系」Cクラスの地震力は水平震度1.2Ciより求められる。(次ページ参考資料第1、2パラグラフ参照)
- KUCAの耐震設計では $C_i=0.2$ (28京大施環化第269号 添付1 原子炉建屋の耐震性に関する説明書参照)として評価しているため、水平方向は自重 $\times 1.2 \times 0.2 =$ 自重 $\times 0.24$ の負荷が加わることになる。
- 「耐震設計に係る設工認審査ガイド」によると耐震重要度分類Cの「機器・配管系」については、水平方向は $1.2C_i$ ( $C_i$ :地震層せん断係数)であるが、鉛直方向は考慮しなくて良いことになっている。(次ページ参考資料の表参照)
- 仮に鉛直方向に水平方向と同じ地震力が働いた場合には、燃料要素にその燃料要素より上にある荷重に加えて、下方向の地震荷重が加わることになる。(評価結果は9ページ、10ページの質問①に対する参考資料を参照)

# 質問①に対する参考資料

- 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」(5.2.1節)によると、機器・配管系の静的地震力について「耐震重要度分類の各クラスの地震力は、上記5.2.1節に示す地震層せん断力係数に施設の重要度分類に応じた係数(Cクラスの場合は1.0)を乗じたものを水平震度とし、当該水平震度及び上記5.2.1の鉛直震度をそれぞれ20%増しとした震度から求めること。」と記載されている。
- 「耐震設計に係る設工認審査ガイド」(2.3節 設計用地震力の算定)によると、具体的な地震力は下記のようになる。

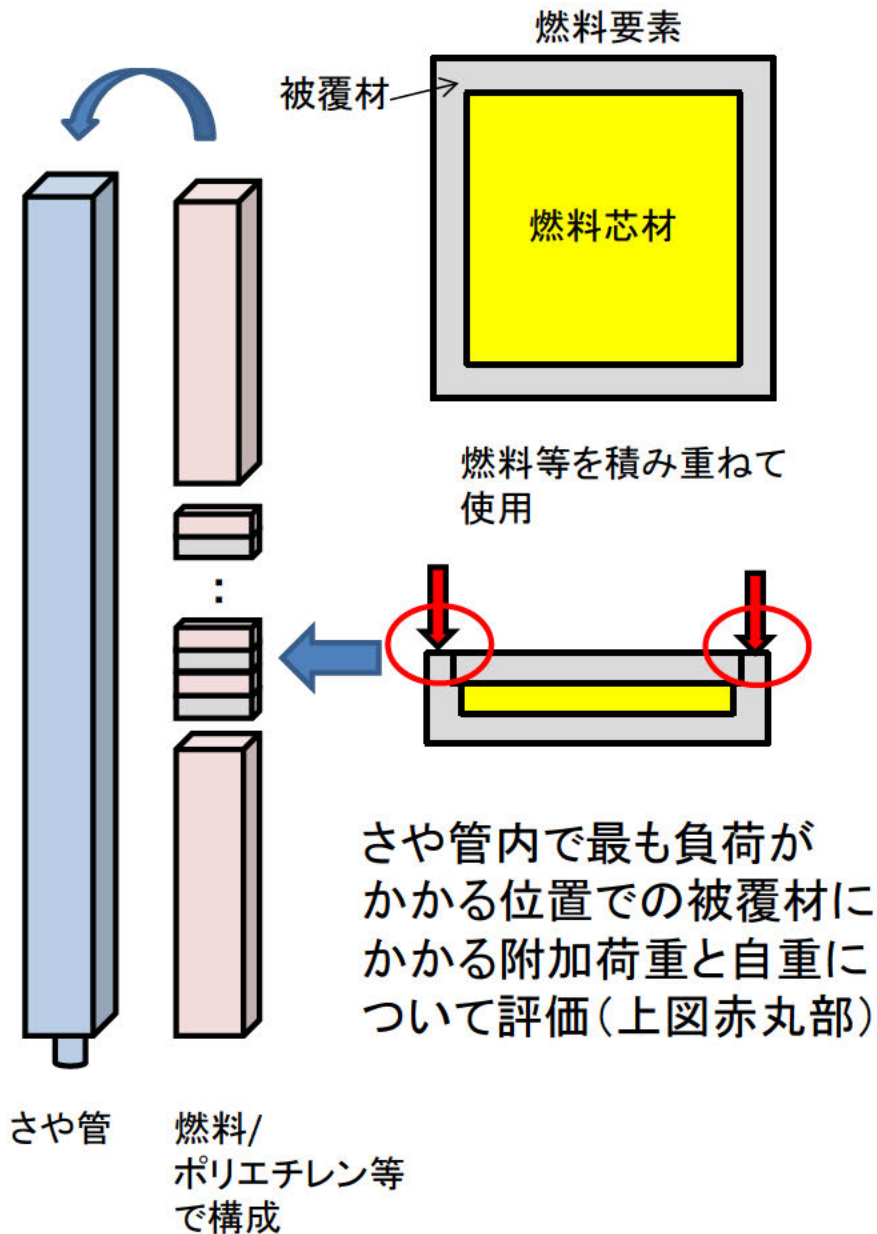
## ② 機器・配管系

耐震設計上の重要度分類	機器・配管系			
	静的地震力		動的地震力	
	水平	鉛直	水平	鉛直
S	$Kh(3.6C_i)^{(1)}$	$Kv(1.2C_v)^{(2)}$	$Kh(Ss)^{(3)}$ $Kh(Sd)^{(4)}$	$Kv(Ss)^{(5)}$ $Kv(Sd)^{(6)}$
B	$Kh(1.8C_i)$	—	$Kh(Sd/2)^{(7)}$	$Kv(Sd/2)^{(8)}$
C	$Kh(1.2C_i)$	—	—	—

$Kh(1.2C_i)$ は、 $1.2C_i$ から定まる建物・構築物の水平地震力。

- 上表のとおり、耐震設計では鉛直方向の地震力は考慮する必要は無いが、安全側に水平方向と同じ地震力が働いたと仮定する。その場合、燃料要素等の下端部に対し、それより上にある重量の荷重に加えて下方向の地震荷重が加わる。そのため下端部には通常の静的な荷重(重量に1.0を掛けた荷重)と地震力による荷重(重量に0.24を掛けた荷重)が加わるので、地震力を考慮しない場合の付加荷重を1.24倍した荷重が加わると仮定することになる。

# 質問①に対する参考資料(固体減速架台)



## 固体第2項

燃料要素はアルミニウム製の額縁の内部にウランモリブデン・アルミニウム分散型燃料のコンパクト(圧縮して成型したもの)を入れ、その上にアルミニウム製の板を置いて周囲を溶接している構造である。燃料要素は燃料さや管に収納されて炉心格子板に固定し、常圧の条件下で使用されるため、**燃料芯材の強度は考慮せず、負荷がかかる被覆材への追加荷重及び自重を評価の対象とする。**

## 評価計算結果

追加荷重[N/mm <sup>2</sup> ]	被覆材の耐力 [N/mm <sup>2</sup> ]
[Redacted]	63.7

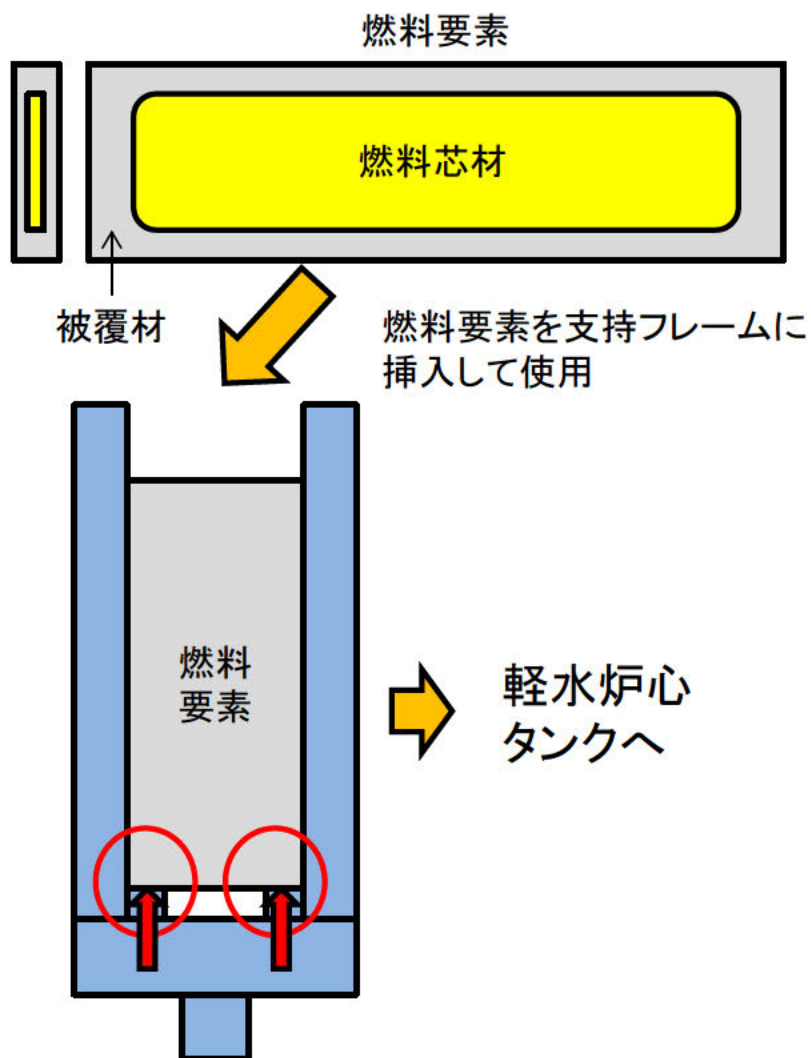


× 1.24 =



地震荷重を考慮しても、アルミニウム被覆材の耐力に対して十分に小さく、要求事項に適合する設計

## 質問①に対する参考資料(軽水減速架台)



燃料要素被覆材と燃料フレームが接する箇所(図の赤い部分)に加わる自重と水圧による負荷を考慮する

### 軽水第2項

当該燃料要素は熱間圧延加工によりアルミニウム製板でウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料の燃料芯材を挟み込んだ構造である。当該燃料要素は標準型燃料板支持フレームに収納されて炉心格子板に固定され、常圧の条件下で使用されるため、燃料芯材の強度は考慮せず、**負荷がかかる被覆材への附加荷重及び自重を評価対象とする。**

### 評価計算結果

水圧による附加荷重 [N/mm <sup>2</sup> ]	自重による附加荷重 [N/mm <sup>2</sup> ]	被覆材の耐力 [N/mm <sup>2</sup> ]
$8.8 \times 10^{-3}$		63.7

$\times 1.24 =$

地震荷重を考慮しても、アルミニウム被覆材の耐力に対して十分に小さく、要求事項に適合する設計

## 質問②に対する回答

## 質問②に対する回答

No.	質問内容
②	<p>【技術基準規則第11条】 現状の適合性の資料において、燃料要素は手で扱うため保守又は修理が可能であるとの記載になっている。しかし規則の要求は、「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。」であるため、まずは燃料要素が持つべき必要な機能とは何であるかの説明が必要である(閉じ込めとか、遮蔽とか)。その上で「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」に関する説明に繋げること。</p>

- 設置変更承認申請書の添付書類八の8-1-3-2節において、燃料要素は安全上の機能別重要度分類としてPS-3及びMS-3に分類され、安全機能として、「炉心の形成」及び「放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減」が求められている。
- 燃料要素は、さや管あるいは支持フレームに装填されて使用されることから、炉心の形成のためには、さや管あるいは支持フレームに装填できないほど有意な変形があってはならない。
- 放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減のためには、燃料要素に有意な傷(※)があってはならない。
- 燃料要素に求められる閉じ込め機能等が健全であることを確認するため、保安規定にあるとおり燃料要素を収納するとき、燃料集合体を組み立てるとき、保管中のものは年に一度、定期的に目視検査を行い、外観に傷等が発見された場合には、予備の燃料要素に交換する。

(※)ここでいう有意な傷とは、高濃縮燃料要素にあった刻印と同じ深さである深さ[ ]以上の傷のことをいう。燃料要素の被覆材の厚さは、固体減速炉心用で[ ]、軽水減速炉心用で[ ]であるため、深さが[ ]の傷であれば燃料芯材に届くことはない。



以上を踏まえ、適合性資料の記載を以下に改める(青字が追記部分)。

設置変更承認申請書の添付書類八の8-1-3-2節において、燃料要素は安全上の機能別重要度分類としてPS-3及びMS-3に分類され、安全機能として、「炉心の形成」及び「放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減」が求められている。

炉心の形成のためには、燃料要素がさや管あるいは支持フレームに装填されて使用されることから、さや管あるいは支持フレームに装填できないほど有意な変形があってはならない。また、放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減のためには、燃料要素に有意な傷があってはならない。

本申請の対象である燃料要素は、運転により燃料要素に蓄積される核分裂生成物が僅少であり、運転後においても燃料要素を直接手で取り扱うことが可能である。したがって、安全を確保する上で必要な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として、有意な変形、有意な傷がないことを目視により確認することが可能である。そのため、燃料要素を収納するとき、燃料集合体を組み立てるとき、保管中のものは年に一度の定期的な目視検査を行い、外観に有意な変形、有意な傷が発見された場合には、その燃料は使用せずに保管し、予備の燃料要素に交換する。

## 質問③に対する回答

## 質問③に対する回答

No.	質問内容
③	<p>【技術基準規則第21条第1項第3号】 燃料要素に影響を与える環境条件として温度上昇を挙げており、温度上昇が大きくないことから大丈夫との説明となっている。では、影響を受ける温度はどの程度なのか。加えて、「その機能を発揮することができるものであること」とあるので、「その機能」とは何であるかについても説明すること。</p>

- 当該燃料がその機能に影響を受ける温度の基準として、燃料の最高温度が400℃を超えないこととしている。この400℃という温度は、燃料芯材にブリスタが発生する温度が500℃～600℃であるので、これに裕度を持たせ値である。
- 架台(炉心)が開放型であることから、最高使用圧力は常圧であり、常圧環境下において燃料要素に加わる荷重は被覆材の耐力より十分に低い(質問①に対する参考資料参照)。
- 設置変更承認申請書の添付書類八の8-1-3-2節において、燃料要素は安全上の機能別重要度分類としてPS-3及びMS-3に分類され、安全機能として、「炉心の形成」及び「放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減」が求められている。
- 燃料要素は、さや管あるいは支持フレームに装填されて使用されることから、炉心の形成のためには、さや管あるいは支持フレームに装填できないほど有意な変形が生じてはならない。
- さらに、放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減のためには、燃料要素に有意な傷が生じてはならない。

以上を踏まえ、適合性資料の記載を以下に改める(青字が追記部分)。

当該燃料要素は、最大熱出力が100Wであるため、運転中の核分裂数は少なく、また、運転により燃料要素に蓄積される核分裂生成物(FP)が僅少であるため、運転による放射線の影響は低く、加えて、架台(炉心)は開放型であることから、最高使用圧力は常圧であり、被覆材の耐力を下回ることから、過渡変化時及び設計基準事故時において、燃料要素が有する機能に影響を与えると想定される環境条件としては、当該燃料要素の温度上昇がある。

設置変更承認申請書の添付書類八の8-1-3-2節において、燃料要素は安全上の機能別重要度分類としてPS-3及びMS-3に分類され、安全機能として、「炉心の形成」及び「放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減」が求められている。

炉心の形成のためには、当該燃料要素がさや管あるいは支持フレームに装填されて使用されることから、温度上昇により、さや管あるいは支持フレームに装填できないほど有意な変形が生じてはならない。

また、放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減のためには、温度上昇により、燃料要素に有意な傷が生じてはならない。

それに対して、当該燃料要素における初期値25℃からの温度上昇の最大値は、固体減速炉心での運転時の異常な過渡変化における49.3℃(最大値74.3℃)、軽水減速炉心で2℃(最大値27℃)である。これらの温度は、当該燃料の機能に影響を与えると想定される燃料の許容設計限界の燃料最高温度400℃に比べて十分低いことから、温度上昇の影響を受けることはない。

## 質問④に対する回答

## 質問④に対する回答

No.	質問内容
④	<p>【技術基準規則第22条第1項】</p> <p>(1) 最大熱出力が100Wであるから放射線の影響は低いとのことであるが、説明が不足している。最大熱出力が低いためFPの蓄積が少なく、そのため放射線の影響が低いという説明に変更し、適合対象条文の説明に追記すること。</p> <p>(2) 「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」と要求されているので、保持すべき物理的及び化学的性質は何かを説明すること。</p> <p>(3) 燃料要素とさや管とで有意な相互作用はないとの説明であるが、温度上昇がないため、膨張が起こらず燃料要素とさや管との間のクリアランスで吸収できるとのことであれば、その旨、まとめ資料で説明すること</p>

- KUCAは最大熱出力が100Wであり、**運転中の核分裂数は少なく、また、「燃料内に核分裂生成物は微量しか蓄積されない」**(設置変更承認申請書の添付書類八の8-1-2節)ため、**運転中の放射線の影響は低い。**
- 燃料要素には、「炉心の形成」及び「放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減」の機能が求められることから(設置変更承認申請書の添付書類八の8-1-3-2節)、必要な物理的性質とは形状維持であり、必要な化学的低質とは耐腐食性である。
- 設置変更承認申請書の添付書類十に示されるように温度上昇はわずかであり(最大温度上昇49.3℃)、燃料要素に有意な膨張は生じない(被覆材のアルミの線膨張係数は $2.4 \times 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$ であるため、最大変形量は $\text{[ ]}$ )。従って、膨張による変形は、固体減速炉心用燃料要素を装填するさや管( $\text{[ ]}$ )と燃料要素( $\text{[ ]}$ )間の $\text{[ ]}$ のクリアランスに吸収される(まとめ資料で説明する)。

FPの燃料に対する影響については、令和5年3月14日審査会合資料2の参考資料である評価計算書AおよびCを参照

以上を踏まえ、適合性資料の記載を以下に改める(青字が追記部分)。

### 【軽水減速炉心】

燃料要素には、「炉心の形成」及び「放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減」の機能が求められることから(設置変更承認申請書の添付書類八の8-1-3-2節)、必要な物理的性質とは形状維持であり、必要な化学的低質とは耐腐食性であると考え。

軽水減速炉心における最大熱出力は100Wであるため、運転中の核分裂数は少なく、また、運転により燃料要素に蓄積される核分裂生成物(FP)は僅少のため、運転による放射線の影響は低く、加えて、最高使用圧力は常圧、最高使用温度は90°C(運転時の異常な過渡変化での温度上昇は最大でも約2°C以下)と低いため影響はない。

具体的に示すと、形状維持に関して、温度については、初期値25°Cから温度上昇が2°C以下であり、燃料の許容設計限界の燃料最高温度400°Cに比べて十分低いため、異常をもたらすような熱応力、ブリスタ(400°Cを超えないことが基準)は発生しない。また、放射線については、照射によるスウェリングでの体積増加率 $dV/V$ は [REDACTED] と小さく、燃料要素被覆材の変形は生じない。加えて、架台(炉心)は開放型であることから、最高使用圧力は常圧であり、被覆材の耐力を下回る。

耐腐食性については、使用する被覆材が耐食性アルミニウムであり、さらに、これまでKUCAで約45年間使用していたものとほぼ同じアルミニウム合金であり、これまで腐食は確認されていない。

以上のことから、運転時においても、物理的および化学的性質を保持できるものである。

## 【固体減速炉心】

燃料要素には、「炉心の形成」及び「放射性物質の閉じ込め、遮蔽及び放出低減」の機能が求められることから(設置変更承認申請書の添付書類八の8-1-3-2節)、必要な物理的性質とは形状維持であり、必要な化学的性質とは耐腐食性であると考えられる。

固体減速炉心における最大熱出力は100Wであるため、運転中の核分裂数は少なく、また、運転により燃料要素に蓄積される核分裂生成物(FP)は僅少のため、運転による放射線の影響は低く、加えて、最高使用圧力は常圧、最高使用温度は90°C(運転時の異常な過渡変化での温度上昇は最大でも49.3°C)と低いため影響はない。

具体的に示すと、形状維持に関して、温度については、初期値25°Cから温度上昇が最大49.3°Cであり、燃料の許容設計限界の燃料最高温度400°Cに比べて十分低いため、異常をもたらすような熱応力、ブリスタ(400°Cを超えないことが基準以下)は発生しない。また、放射線については、照射によるスウェリングでの体積増加率 $dV/V$ は[REDACTED]と小さく、燃料要素被覆材の変形は生じない。加えて、架台(炉心)は開放型であることから、最高使用圧力は常圧であり、被覆材の耐力を下回る。

耐腐食性については、使用する被覆材が耐食性アルミニウムであり、さらに、これまでKUCAで約45年間使用していたものと同様アルミニウム合金であり、これまで腐食は確認されていない。

以上のことから、運転時においても、物理的および化学的性質を保持できるものである。



## 質問⑤に対する回答

## 質問⑤に対する回答

No.	質問内容
⑤	<p>【技術基準規則第26条】</p> <ol style="list-style-type: none"><li>(1) 実際の燃料要素（長板、角板、トリウム）の保管状況（貯蔵庫が燃料室中の何処に、どの程度の隔離距離でもって配置されるのか、何がどれだけの量入る想定としてしているのか、バードケージ中においても燃料要素が何処にどれだけ収納されるのか）を正確に説明すること。その際、低濃縮燃料要素のみを貯蔵することにも言及すること。</li><li>(2) 保管状況を考慮した上での解析の考え方を説明すること。これについては、設置申請書との整合性から水没条件と気中条件があるものと考えている。これらについて、隔離距離を考慮した相互干渉の考え方（例：水没条件であれば単一ユニット、気中条件においては、長板と角板の隔離距離が近くなるので相互干渉を考慮しなければならない、トリウム貯蔵庫に関しては隔離距離を考えれば単一ユニット、等々）や、水没モデルであれば反射境界を何処に設定するのか等を含めた解析モデルを妥当性も含めて提示すること。</li><li>(3) 気中条件における評価について、真空雰囲気かを仮定しているが、気中の水分率を考慮した場合について説明すること。</li><li>(4) 被覆材とバードケージについては、原子個数密度が記載されているが、組成と密度も追記すること。</li></ol>

燃料要素貯蔵設備の未臨界性に関する評価計算書に回答の詳細を示す。

## 質問⑥に対する回答

No.	質問内容
⑥	分割申請の理由として、「炉心の設工認申請が今回出せない理由」

燃料要素の製作に関して、製作に要する期間等を考慮するためである。

具体的に、製作に関しては、製作を海外にて行う予定であり、製造会社の工程スケジュールや、輸送に係るコスト、また、国際情勢などによる輸送の不確実性を最小化するために、出来る限り早くに燃料要素の製作に取り掛かり、その輸送準備を行う必要があるためである。

また、炉心の設工認申請にあたり、代表炉心の選定や、モンテカルロ計算での評価計算書の準備に精査が必要であったため。

## 質問⑦、⑧に対する回答

No.	質問内容
⑦	4.2.1.3燃料要素検査(3)燃料要素寸法検査は、全数、実測するという理解でよいか？

燃料要素を製作する業者は、製作する燃料要素全数に対して寸法検査を行う。京大としては、製作業者が提示した寸法検査記録を元に、全数の寸法検査の書類検査を実施する。

No.	質問内容
⑧	4.2.2 機能及び性能の確認に関する検査が「該当なし」としている理由 (4.2.2 機能及び性能の確認に関する検査なくして、燃料要素が期待される機能及びを確実に発揮できるとする理由(論理))。

「原子力事業者等における使用前事業者検査、定期事業者検査、保安のための措置等に係る運用ガイド」によると機能及び性能の確認に関する検査は、特性検査や機能・性能検査、総合性能検査といった内容が該当し、これらの検査は、分割申請後半の炉心の設工認にて確認を行う。

燃料要素に期待される機能を確実に発揮できるための検査については、前項の「構造、強度及び漏えいの確認に係る検査」において確認することが可能である。

## 評価計算書

燃料要素貯蔵設備の未臨界性に関する評価計算書

## 燃料要素貯蔵設備の未臨界性に関する評価計算書

### 1. 燃料要素の保管状況

本申請によって追加される固体減速炉心用低濃縮燃料要素と軽水減速炉心用低濃縮燃料は、過去に所有した高濃縮燃料要素と同様、浸水のおそれのない臨界集合体棟の [REDACTED] [REDACTED] に保管される。燃料室には、 [REDACTED] [REDACTED] の棚をもつ貯蔵棚（設置変更承認申請書上は最大で [REDACTED] まで拡張することが可能）が設置されており、それぞれの燃料要素はそれぞれ固体用燃料バードケージ、軽水用燃料バードケージに収納され、この貯蔵棚に収納される（図 1 赤枠部分、図 2 参照）。（ユニットとは、固体用バードケージ 1 つが入る大きさの棚を [REDACTED] とし、軽水用バードケージは、おおよそ固体用バードケージ [REDACTED] の大きさとなるため [REDACTED] を使用する。）

燃料棚は、KUCA 建設時に製作されたもので、昭和 48 年 9 月の設工認申請書に、以下のように記載されている。



燃料貯蔵棚の詳細な寸法については、図 3 及び図 4 に示す（固体用棚はバードケージ [REDACTED] [REDACTED] を使用、軽水用棚はバードケージ [REDACTED] [REDACTED] を使用）。

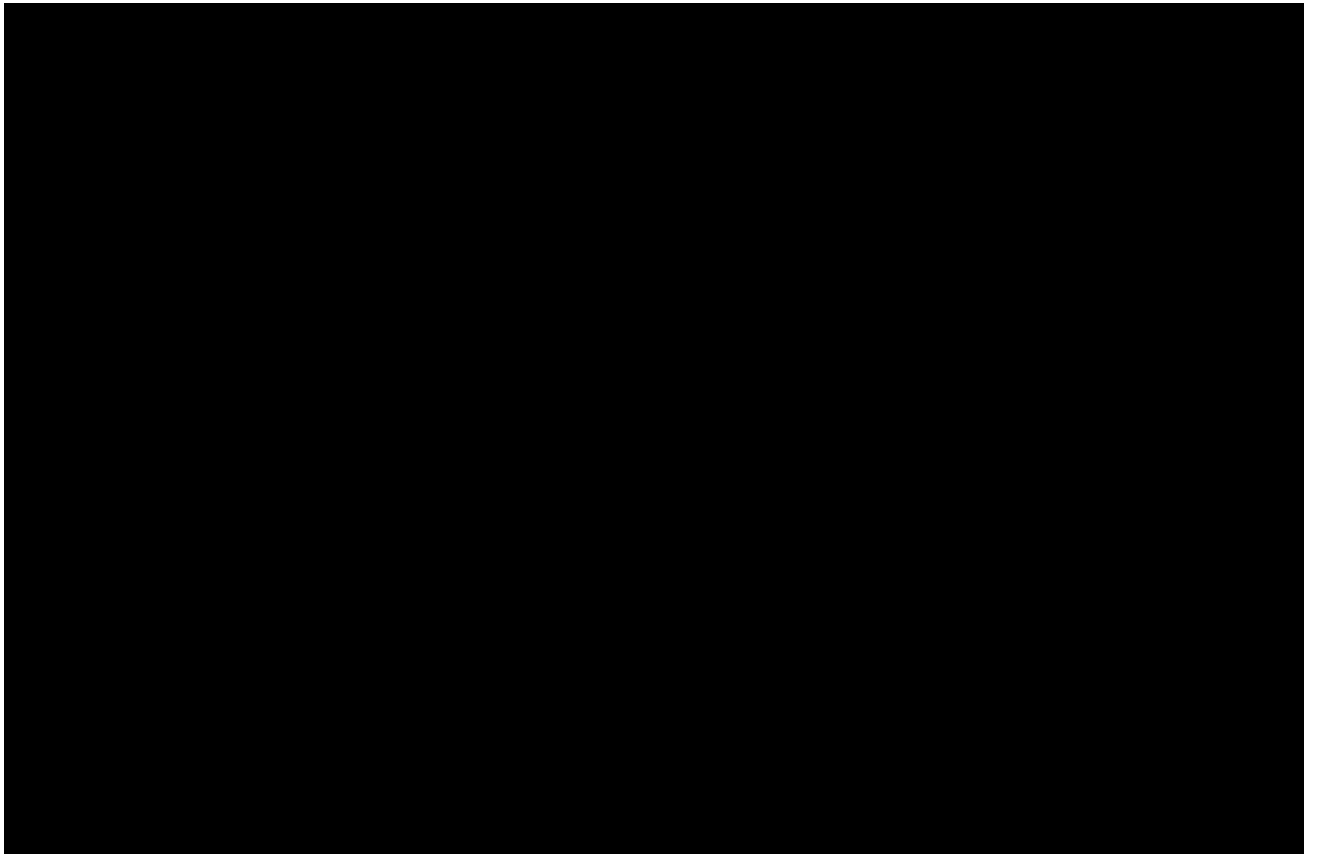


図 1 臨界集合体棟 [REDACTED]



図 2 燃料貯蔵棚の概略図

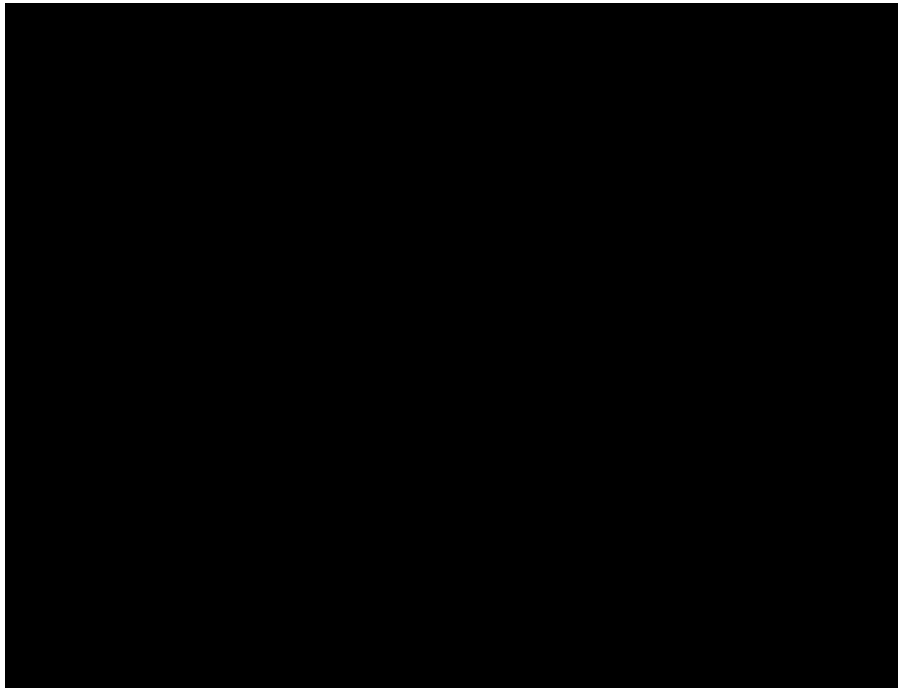
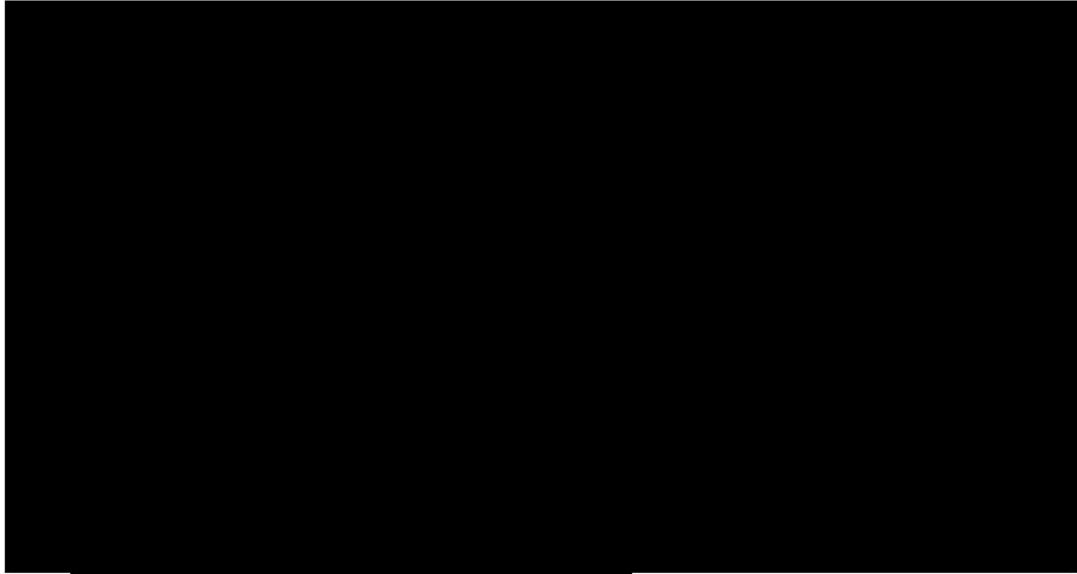



図 3 固体減速炉心用燃料貯蔵棚



■■■	■■■■■
■■■■	■■■
■■■■■	■■■
■■■ ■■■■■	■■■
■■■ ■■■■■■	■■■

図4 軽水減速炉心用燃料貯蔵棚

各ユニットの前面方向、横方向の枠にはバーが設置されており、バードケージの前面からの落下や横ユニットに移動することを防ぐ構造となっている。そのため、図3、図4にて示した有効幅、有効高さは、バーを考慮した貯蔵棚の口の寸法となっている。

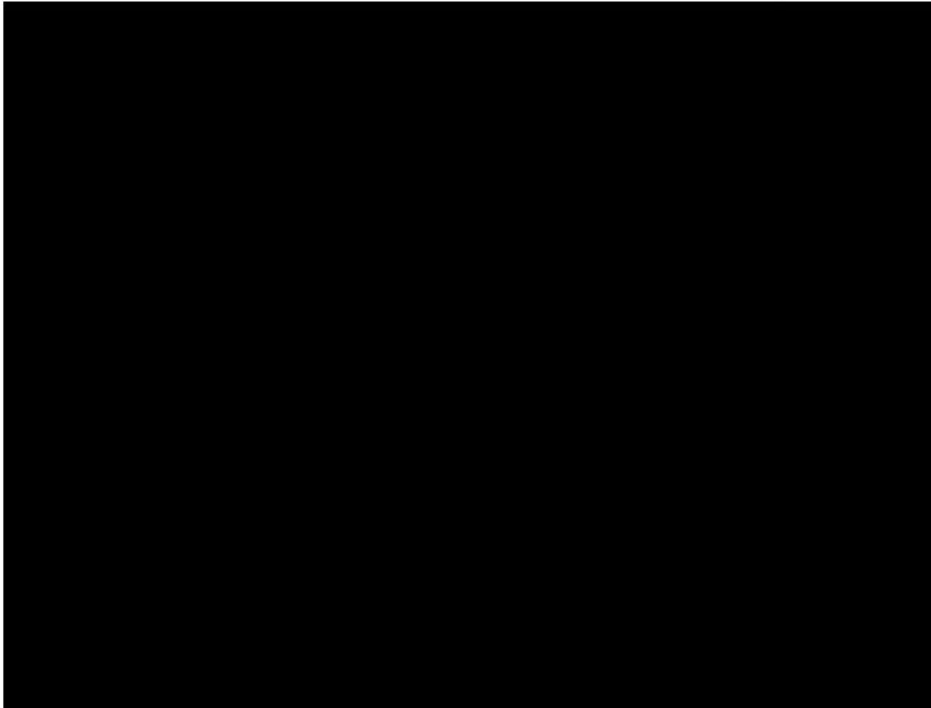
図5にバードケージの概略図を、表1にバードケージの仕様を示す。バードケージは、アングル、内部ボックスともに、■■■ ■■■ ■■■ ■■■ ■■■である（設工認申請書には記載無し）。

表1 バードケージの仕様

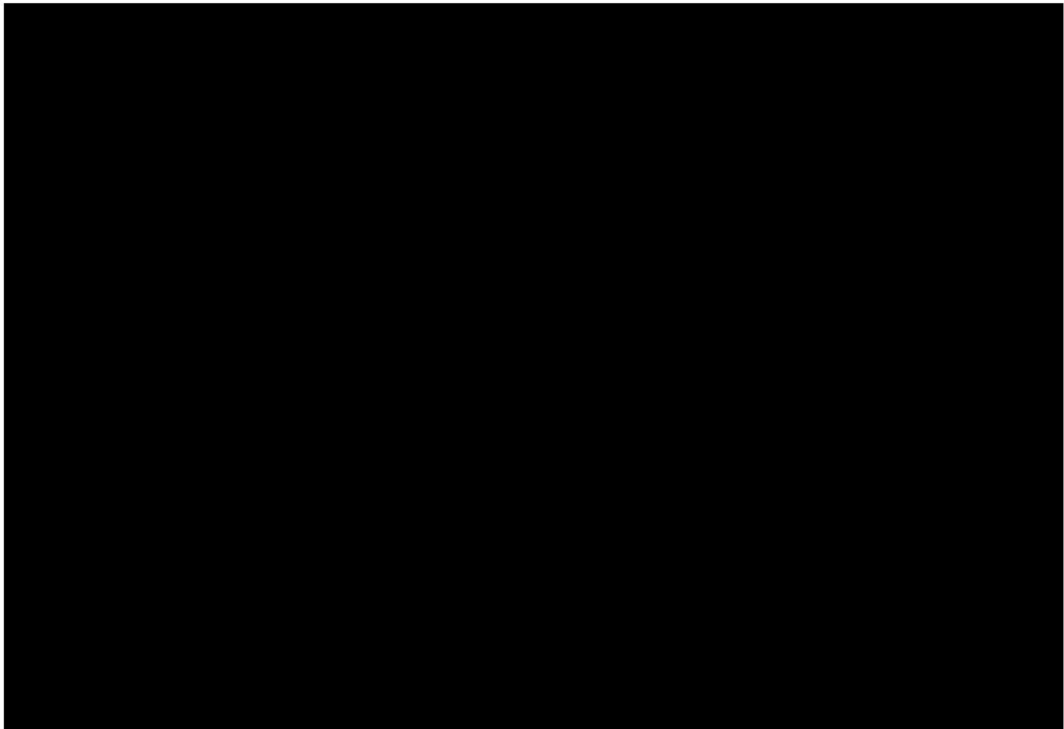
	固体減速架台用	軽水減速架台用
サイズ (幅×高さ×奥行)		
材料		
収納燃料板枚数 (制限値) LEU		
(参考) 収納燃料板枚数 (制限値) HEU*		

\*HEU はすでに KUCA には存在しない。





(a) 固体減速炉心用燃料板のボードケージ



(b) 軽水減速炉心用燃料板のボードケージ

図5 バードケージ概念図 (単位 : mm)

(数字はバードケージの外寸、内部ボックスは燃料板の入るボックスの内寸)

燃料要素は、バードケージの内部ボックスに収納され、バードケージを隣接させても内部ボックス同士の隔離距離は確保される構造となっている。固体減速炉心用バードケージの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■■■■に制限をする予定である。軽水減速炉心用バードケージの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■■■■に制限をする予定である。なお、それぞれのバードケージには、低濃縮燃料要素のみが貯蔵される。

固体減速炉心用の燃料要素は、U235 量で■■■■である。バードケージ当たりの最大量は■■■■であるので、■■■■が必要となる。

一方、軽水減速炉心用の燃料要素は、U235 量で■■■■である。バードケージ当たりの最大量は■■■■であるので、■■■■のバードケージが必要となる。

現在、固体減速炉心用のバードケージ（図 5(a)参照）は、■■■■所有している。一方、軽水減速炉心用のバードケージ（図 5(b)参照）は、■■■■所有している。そのため、必要なバードケージ数に比べて、保有しているバードケージ数は確保されているため、十分な貯蔵容量を有する。

#### ● トリウム貯蔵庫について

KUCA には、当該燃料要素の他にトリウム燃料が存在する。トリウム燃料は合計で■■■■あり、図 6 に示すように現在■■■■の貯蔵庫に分けて格納されている。■■■■は固体減速炉心用燃料が貯蔵されている燃料貯蔵棚の最も近い位置から■■■■離れた位置に■■■■されており、■■■■は固体減速炉心用燃料が貯蔵されている■■■■しており、■■■■と同様■■■■されている。

■■■■のサイズは■■■■であり、中には遮蔽用の■■■■で入っている。■■■■には、合計■■■■のトリウムが保管されている。■■■■のサイズも■■■■と同程度であり、中には遮蔽用の■■■■で入っている。■■■■には、合計■■■■のトリウムが保管されている。

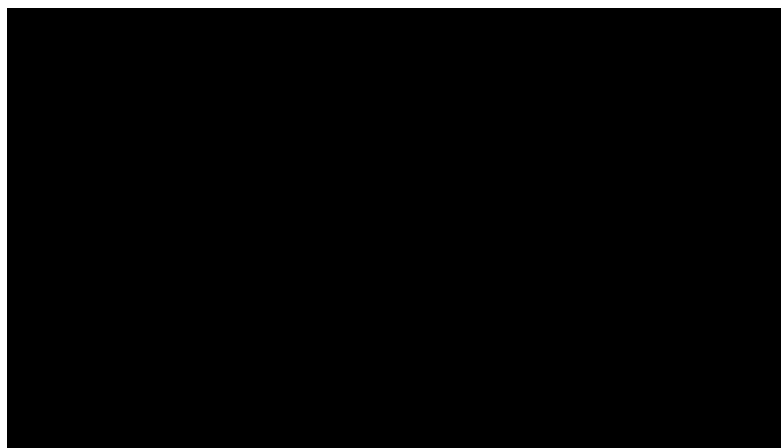


図 6 トリウム貯蔵庫の配置図

## 2. 解析の考え方と計算モデルについて

### ● 解析の考え方

上記の燃料要素の保管状況にて示したとおり、当該燃料要素は、バードケージの内部ボックスに収

納され、パードケージは燃料棚に保管される。パードケージを収納する燃料棚は、パードケージ毎に十分な隔離距離を設け、実際の条件では、臨界に達するおそれのない配置となっている。解析においては、より保守的となるよう燃料棚は考慮せず、パードケージが隣接するように配置した。

解析では、パードケージの配置と水分含有率について4つの条件において計算を実施した。

前提	低濃縮燃料の保管に必要なパードケージ数は右のとおり。 設置変更承認申請書では最大 [ ] まで拡張可能。 その場合、固体用では [ ]、 軽水用では [ ] (物理的に おけるのは [ ]) が配置可能	LEU 燃料保管に必要なパードケージ数 固体 [ ] 軽水 [ ] (トリウム貯蔵庫 [ ]。後述のとおり [ ] [ ] 離れた 場所に設置されている)
	計算条件	計算でのパードケージ数
条件0 (未臨界性の判定計算)	現在の燃料棚と同じ数のパードケージ数	本条件での LEU 燃料パードケージ数 固体: [ ] 軽水: [ ] (トリウム貯蔵庫 [ ] 今後の配置条件について、固体は [ ]、軽水は [ ] 以下に配置制限する
条件1 (参考計算)	それぞれの燃料が設置変更承認申請書上、最大数燃料棚に配置された場合 (棚を埋めるため軽水用は多めに配置)	本条件での LEU 燃料パードケージ数 固体: [ ] 軽水: [ ] (トリウム貯蔵庫: [ ])
条件2 (参考計算)	それぞれの燃料が燃料棚から取り出されて床面に配置された場合 (体系を球体に近くなるようパードケージ数を多めに配置)	本条件での LEU 燃料パードケージ数 固体: [ ] 軽水: [ ] (トリウム貯蔵庫 [ ])
条件3 (参考計算)	設置変更承認申請書に記載がある、パードケージ水没、無限配列条件	本条件での LEU 燃料パードケージ数 固体: 無限 軽水: 無限

#### 条件0：現在の燃料貯蔵棚と同じ配置数の場合

まず初めに、現在の燃料貯蔵棚と同じ数となるよう、固体減速炉心用パードケージを [ ] と軽水減速炉心用パードケージ [ ] 並べ、実配置に近くなるよう、固体減速炉心用パードケージの [ ] に、後述のトリウム燃料貯蔵庫 (トリウム燃料のみ) を [ ] 配置し、乾燥空気中の水分含有率を 0%、2%程度 (湿度で 0%、100%に相当) に変化させた場合と、水没した場合について実効増倍率を計算した。この条件において、貯蔵に関する未臨界性を判定する。そのため、今後の燃料貯蔵棚の配置条件については、固体は [ ]、軽水は [ ] 以下に配置制限する。

### 条件1：それぞれの燃料が設置変更承認申請書上、最大数燃料棚に配置された場合

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それぞれについて、それぞれの燃料が設置変更承認申請書に記載されている燃料棚の最大数保管された条件で計算を行った。乾燥空気中に実際に貯蔵されるバードケージ数よりも多い数のバードケージを有限個隣接させて配置し、乾燥空気中の水分含有率を0%、1%、2%程度（湿度で0%、50%、100%に相当）に変化させて実効増倍率を計算した。本条件は、保守的となるよう実際に貯蔵されるバードケージ数よりも多いバードケージ数において計算を行い、空気中の水分含有率を変化させて計算を実施した。この条件では、それぞれのバードケージが個別に全ての貯蔵棚を占拠した場合であっても、未臨界であることを確認するためである。

### 条件2：燃料棚から取り出し、床面に配置した場合

条件2では、設置変更承認申請書上配置できるバードケージ数について、燃料棚からバードケージを取り出し、床面に設置した場合を想定した。保管状況を包含するように、より保守的な条件となる配置として、体系からの中性子の漏れの効果が少なくなるようバードケージを球体に近くなるように固めて配置した（そのため、固体用は設置変更承認申請書上での数よりも数を多めに配置している）。配置したバードケージの数は、実際に保管されるバードケージ数よりも多い数である。条件2においても、空気中の水分含有量を条件1と同様に変化させた。

### 条件3：バードケージが水没し、無限に配列した場合

設置変更承認申請書に記載があるとおり、バードケージを水没させ、バードケージを無限に配列させた条件（バードケージ単体に対する完全反射境界条件）で計算を行った。条件1、条件2では、有限個数にて計算を実施しており、完全反射境界条件ではないため、中性子の漏れの効果が考慮されているが、条件3では、無限配列で完全反射境界条件のため、条件3は、条件1と条件2に比べてより保守的な条件となる。

条件1及び条件2では、空気中の湿度100%の条件において、燃料棚に近接するトリウム貯蔵庫 $\blacksquare$ を配置させたバードケージ群下部に隣接させた（図9参照）。トリウム貯蔵庫については、貯蔵庫による遮蔽の効果を無視するために、より保守側となるよう貯蔵庫自体は設置せずに、トリウム燃料のみを配置した。実配置では、上述のとおり固体減速炉心用 $\blacksquare$ の方が、 $\blacksquare$ は少なく、また、 $\blacksquare$ はウラン系燃料棚から遠く離れているため無視できるが、計算においては、貯蔵庫を $\blacksquare$ として、本来は無視できる $\blacksquare$ の分を足した全量を $\blacksquare$ に全貯蔵量を均等に割り振り、さらに、実配置では離れて設置されている $\blacksquare$ を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 $\blacksquare$ をそれぞれの $\blacksquare$ させた。トリウムの総重量約 $\blacksquare$ トリウムの密度 $\blacksquare$ とすると、総体積は約 $\blacksquare$ となる。これを立方体の貯蔵庫 $\blacksquare$ とすると一辺が $\blacksquare$ となる。計算では、これより大きめに $\blacksquare$ として計算を行った。また、図9に示すとおり、実配置に近くなるような形で、 $\blacksquare$ のトリウム貯蔵庫 $\blacksquare$ 配置した。

計算には、連続エネルギーモンテカルロ計算コードMCNP6（version 1.0）と断面積ライブラリはJE

NDL-4.0 を用いた（ヒストリー数:  $2 \times 10^8$ ）。また、未臨界の判定条件は、実効増倍率が 0.95 を下回ることにした。

### ● 計算モデル

バードケージの内部ボックスには、表 1 に示したとおり、燃料要素を物理的に収納可能な最大枚数まで収納する。図 7(a)、(b)に収納する固体減速炉心用燃料要素図と軽水減速炉心用燃料要素図をそれぞれ示す。また、図 8(a)、(b)に固体減速炉心用燃料要素と軽水減速炉心用燃料要素の計算モデルをそれぞれ示す。固体減速炉心用の計算体系は [ ] の枠の中心に、燃料角板 [ ] を積み重ねたスタック [ ] を束ねて設置した。一方、軽水減速炉心用の計算体系は [ ] の枠の中心に標準型燃料板 [ ] を並べたものを [ ] ものとなっている。内部ボックスは [ ] とし、[ ] 外枠のモデル化は省略するが、内部ボックス同士の隔離距離は維持されるように外枠の寸法は確保したままとした。外枠の内部については、水または空気を満たす。

条件 0 の計算では、燃料棚は省略し、上述のとおり固体減速炉心用燃料バードケージと軽水減速炉心用燃料バードケージ、トリウム燃料を [ ] した。

固体減速炉心用燃料バードケージの条件 1 の計算では [ ] にバードケージを隣接して配置した（実際の貯蔵棚数は [ ]）。軽水減速炉心用燃料バードケージの条件 1 の計算では [ ] にバードケージを隣接して配置した（実際の貯蔵棚数は [ ]）。

固体減速炉心用燃料バードケージの条件 2 の計算では [ ] にバードケージを隣接して配置した。軽水減速炉心用燃料バードケージの条件 2 の計算では [ ] にバードケージを隣接して配置した。例として、図 9 に固体減速炉心用燃料バードケージの条件 1、条件 2 における配置図を示す。それぞれの計算では、実際に保管する燃料バードケージに比べて十分保守的となるような数のバードケージを配置した。表 2～表 7 に燃料ミート部及び被覆材、バードケージ鋼材、トリウム燃料の原子個数密度を示す。保有するトリウムは [ ] であり、[ ] とし、現有の総重量から原紙個数密度を算出した。軽水減速炉心用燃料の貯蔵の場合と固体減速炉心用燃料の貯蔵の場合それぞれについて、現在の保管状況を考慮し、遠くに設置してあるトリウム貯蔵庫を [ ] されているトリウム貯蔵庫に近づけ、さらに、これらのトリウム貯蔵庫を固体用、軽水用それぞれの [ ] 条件で計算を行った。

### ● 計算結果

#### 条件 0 :

実配置と同じバードケージ数 [ ] を配置した場合

空気中（湿度0%） :  $K_{eff}=0.07684 \pm 0.00002$

空気中（湿度100%） :  $K_{eff}=0.07686 \pm 0.00002$

水没 :  $K_{eff}=0.39772 \pm 0.00014$

固体減速炉心用燃料バードケージ、軽水減速炉心用燃料バードケージ、トリウム燃料と実配置を模擬した条件では、

判定基準である  $K_{eff}=0.95$  に比べて、実効増倍率は十分に小さい値となった。さらに、実際の燃料貯蔵棚に収納するとバードケージ間の隔離距離は拡大することより、実際の燃料を収納した場合の実効増倍率はより小さい値となる。また、実際に収納される燃料要素枚数、バードケージ数は本条件よりも少ないため、実効増倍率はさらに小さい値となる。また、トリウム貯蔵庫の影響は極めて小さい。以上より、実際の貯蔵状態であれば、臨界に達するおそれはない。

#### 条件1：

固体減速炉心用燃料バードケージを [ ] にスタックさせた場合

空气中（湿度0%）： $K_{eff}=0.07719\pm 0.00001$

空气中（湿度50%）： $K_{eff}=0.07720\pm 0.00001$

空气中（湿度100%）： $K_{eff}=0.07720\pm 0.00001$

空气中（湿度100%）+トリウム [ ] [ ]： $K_{eff}=0.07738\pm 0.00001$

軽水減速炉心用燃料バードケージを [ ] にスタックさせた場合

空气中（湿度0%）： $K_{eff}=0.05798\pm 0.00000$ （表示桁数より誤差は小さい、以下同じ）

空气中（湿度50%）： $K_{eff}=0.05798\pm 0.00000$

空气中（湿度100%）： $K_{eff}=0.05799\pm 0.00000$

空气中（湿度100%）+トリウム [ ] [ ]： $K_{eff}=0.05811\pm 0.00000$

最も厳しい結果を与える空气中（湿度100%）においても、判定基準である  $K_{eff}=0.95$  に比べて、実効増倍率は十分に小さい値となった。さらに、実際の燃料貯蔵棚に収納するとバードケージ間の隔離距離は拡大することより、実際の燃料貯蔵棚に収納した場合の実効増倍率はより小さい値となる。また、実際に収納される燃料要素枚数、バードケージ数は本条件よりも少ないため、実効増倍率はさらに小さい値となる。また、トリウム貯蔵庫の影響は極めて小さい。以上より、実際の貯蔵状態であれば、臨界に達するおそれはない。

#### 条件2：

固体減速炉心用燃料バードケージを [ ] にスタックさせた場合

空气中（湿度0%）： $K_{eff}=0.09022\pm 0.00001$

空气中（湿度50%）： $K_{eff}=0.09024\pm 0.00001$

空气中（湿度100%）： $K_{eff}=0.09024\pm 0.00001$

空气中（湿度100%）+トリウム [ ] [ ]： $K_{eff}=0.09045\pm 0.00001$

軽水減速炉心用燃料バードケージを [ ] にスタックさせた場合

空气中（湿度0%）： $K_{eff}=0.06554\pm 0.00000$ （表示桁数より誤差は小さい、以下同じ）

空气中（湿度50%）： $K_{eff}=0.06555\pm 0.00000$

空气中（湿度100%）： $K_{eff}=0.06554\pm 0.00000$

空气中（湿度100%）+トリウム [ ] [ ]： $K_{eff}=0.06573\pm 0.00000$

最も厳しい結果を与える空气中（湿度100%）においても、判定基準である  $K_{eff}=0.95$  に比べて、実効増倍率は十分

に小さい値となった。ただし、実際に収納される燃料要素枚数、バードケージ数は本条件よりも少ないため、実際の燃料貯蔵棚に収納した場合の実効増倍率はより小さい値となる。併せて、貯蔵時と同様トリウム貯蔵庫の影響は極めて小さい。以上より、実際の貯蔵状態であれば、臨界に達するおそれはない。

**条件3：**

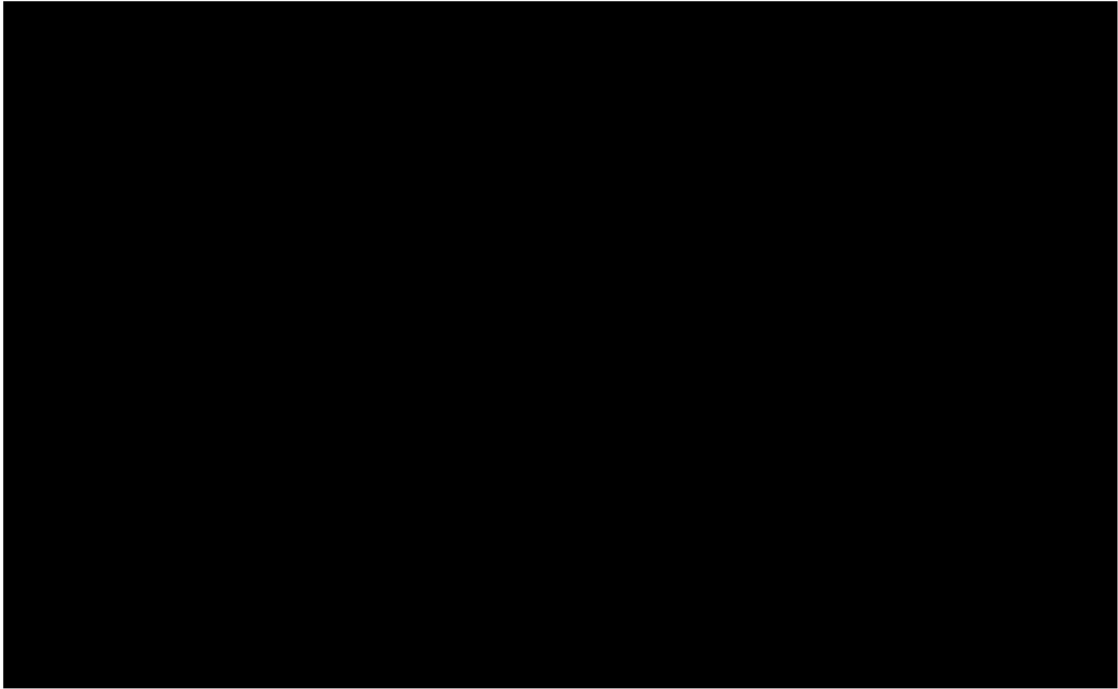
固体・軽水減速炉心用バードケージを水没させ、無限に配列（バードケージ単体に対する完全反射境界条件）

固体減速炉心用バードケージ： $K_{eff}=0.46645\pm 0.00034$

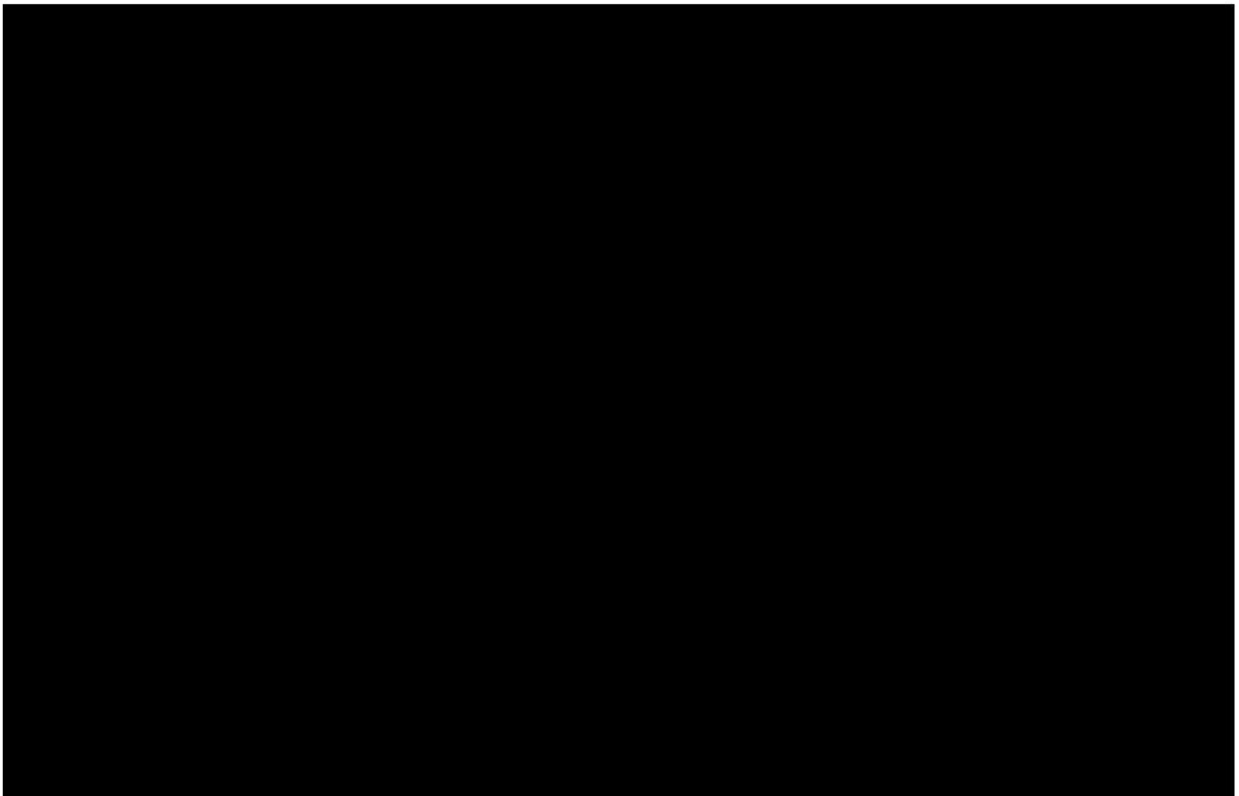
軽水減速炉心用バードケージ： $K_{eff}=0.52072\pm 0.00036$

水没・無限配列条件においても、判定基準である $K_{eff}=0.95$ に比べて、実効増倍率は十分に小さい値となった。

以上のことから、本バードケージ及びそれを収納する燃料棚は、臨界に達するおそれのない設計となっている。



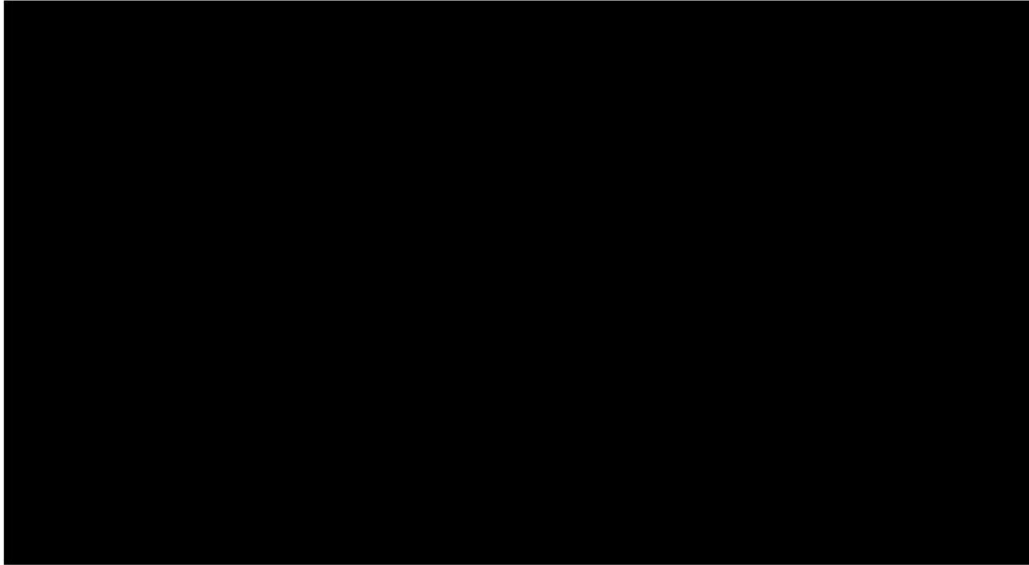
(a) 固体減速炉心用



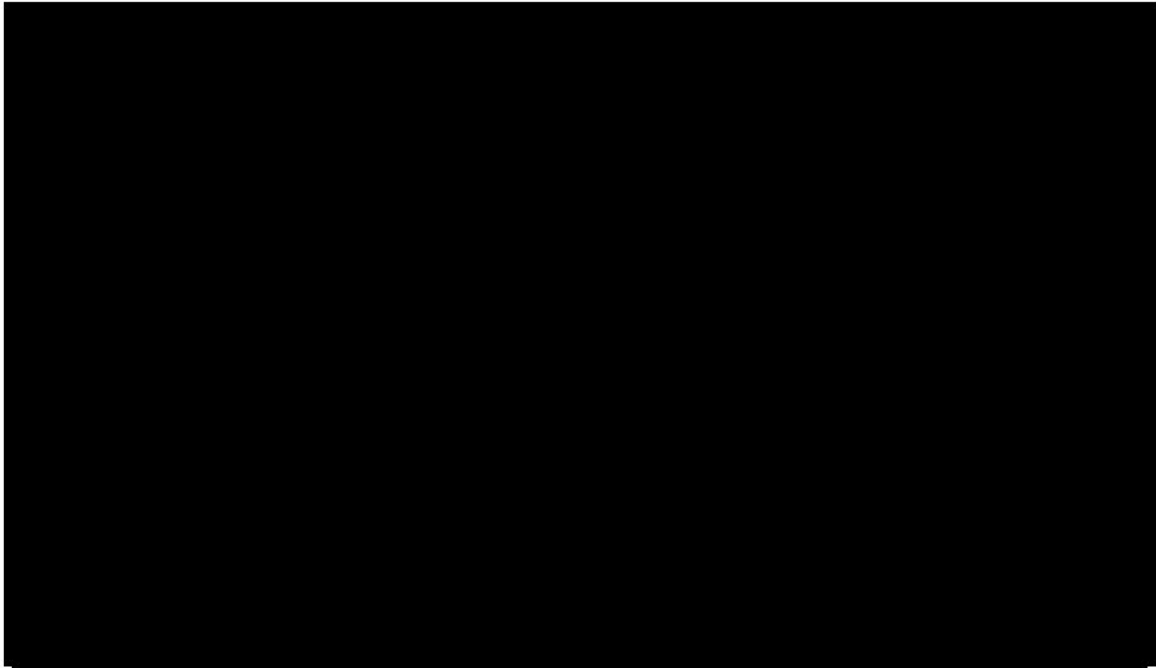
(b) 軽水減速炉心用

図7 収納する燃料要素図



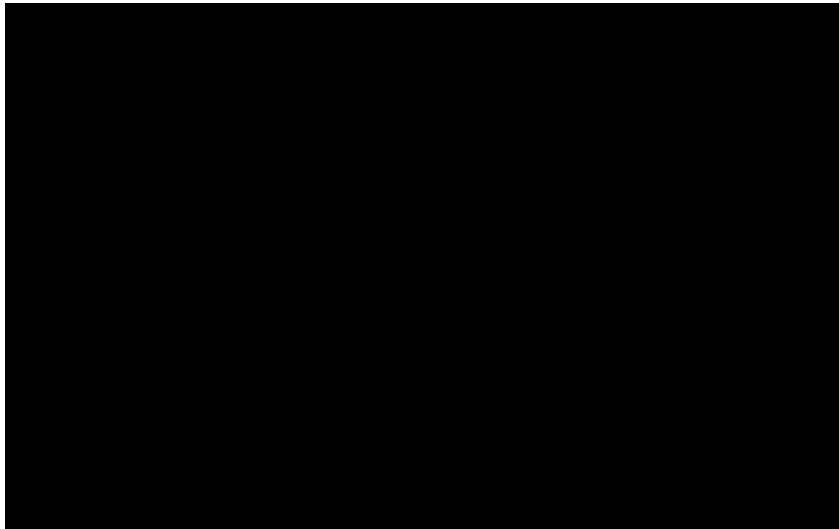


(a) 固体減速炉心用

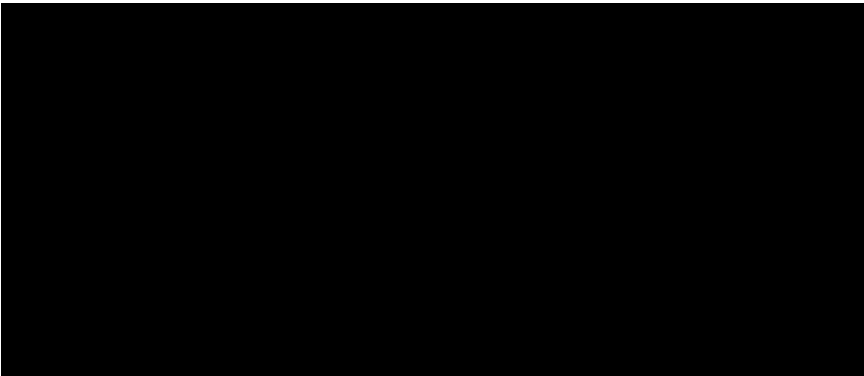


(b) 軽水減速炉心用

図8 計算モデル



(a) 条件1



(b) 条件2

図9 固体減速炉心用燃料バードケージの配置図



