

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5月24日

# 申請の概要

臨界実験装置(KUCA)の原子炉本体のうち、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。

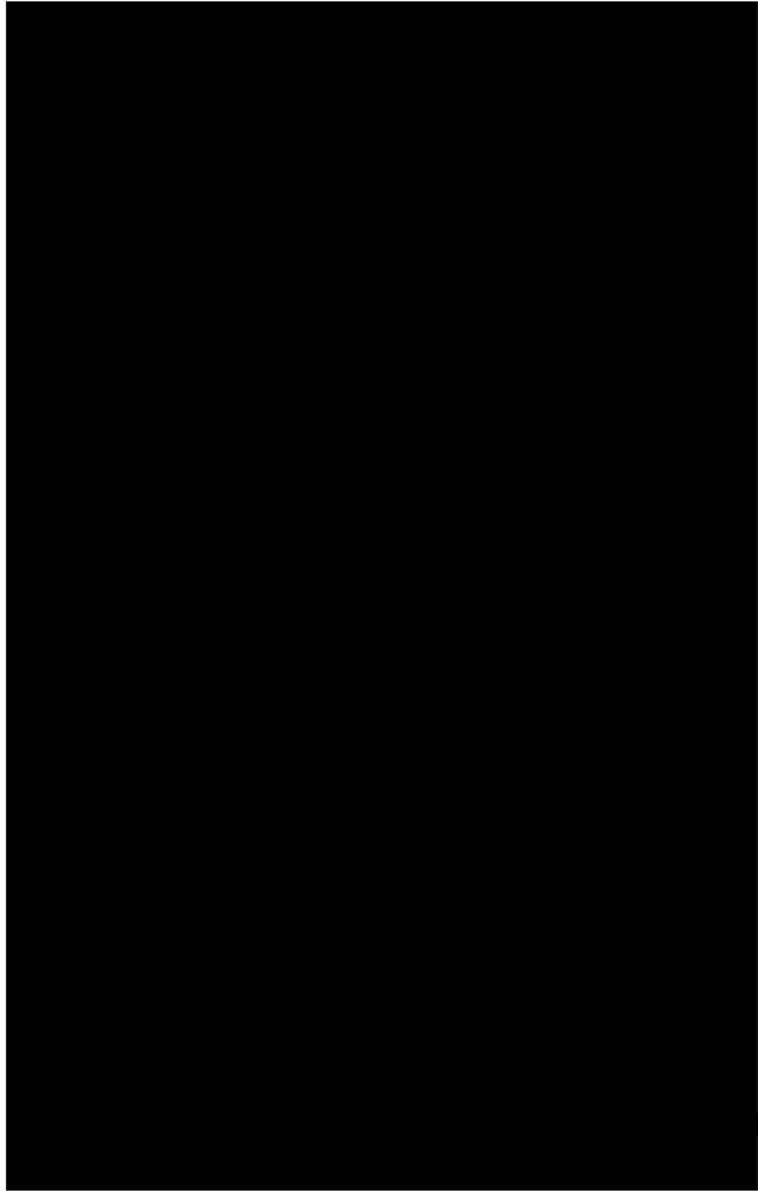


原子炉設置変更承認申請において、軽水減速炉心用低濃縮ウラン燃料要素の仕様はすでに承認済み

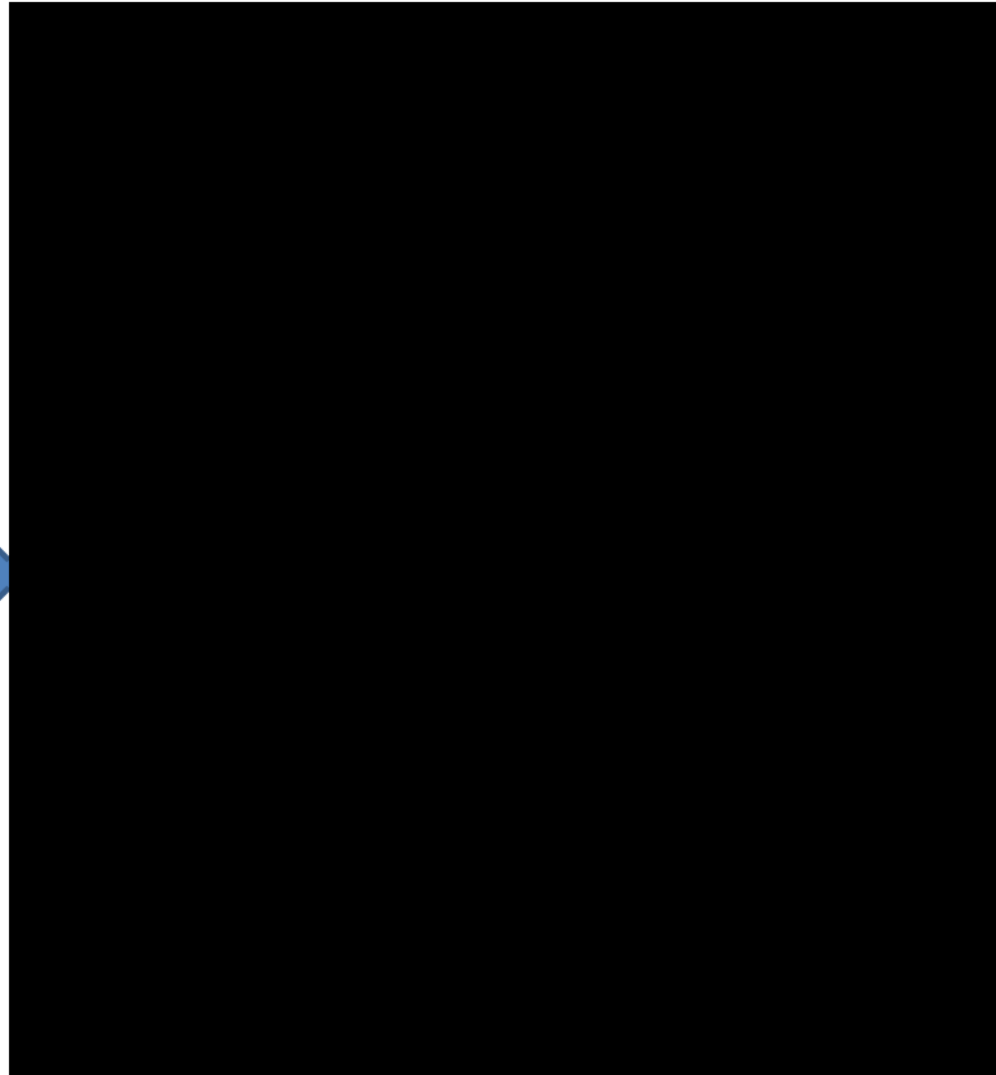
設工認申請においては

- 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

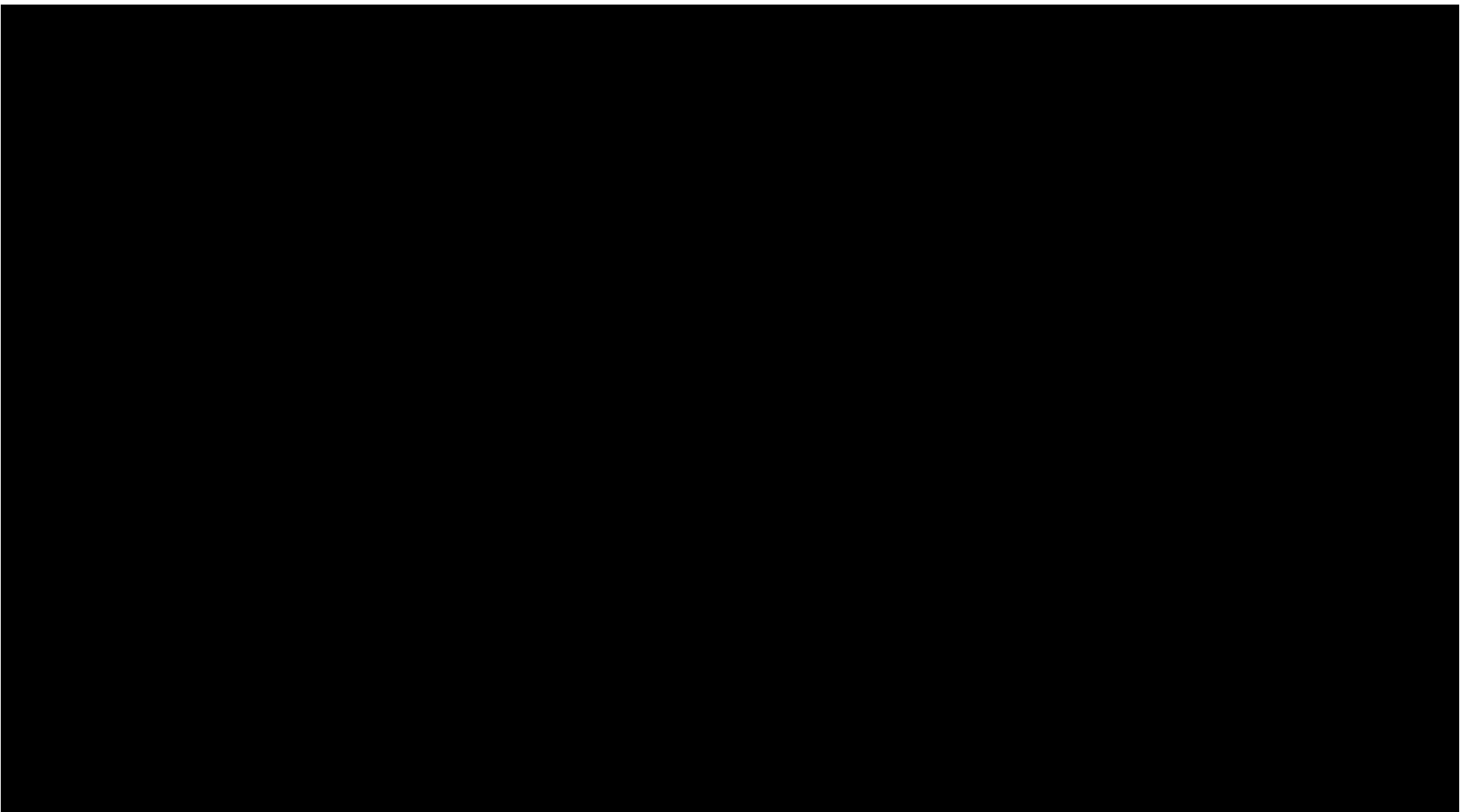


燃料要素の概略図



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



# 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 [redacted]<sup>3</sup>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]

( 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

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

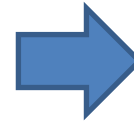
8-2-1 炉心

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

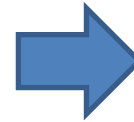
軽水減速炉心用

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、 [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■■■■■

## 燃料材の仕様

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)

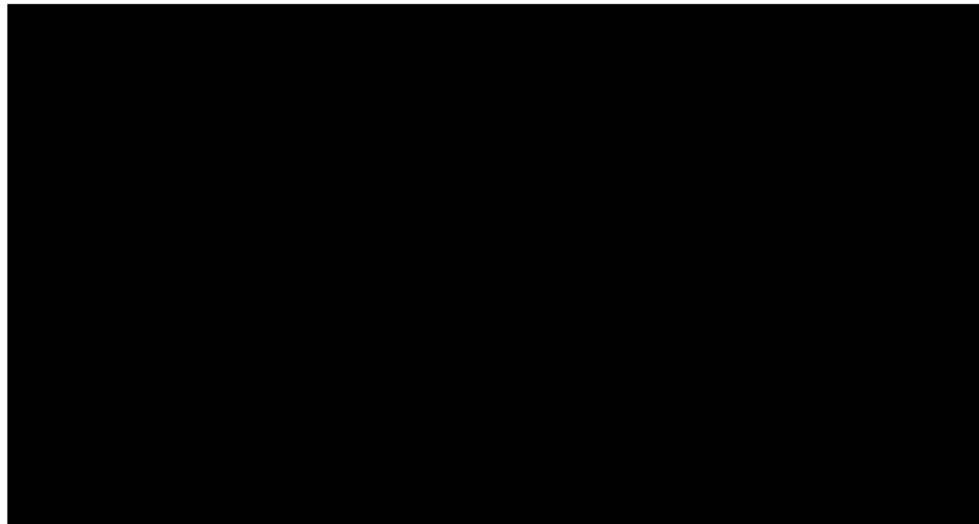
[Redacted]

#### 2) 燃料芯材

[Redacted]

#### 3) 被覆材厚さ

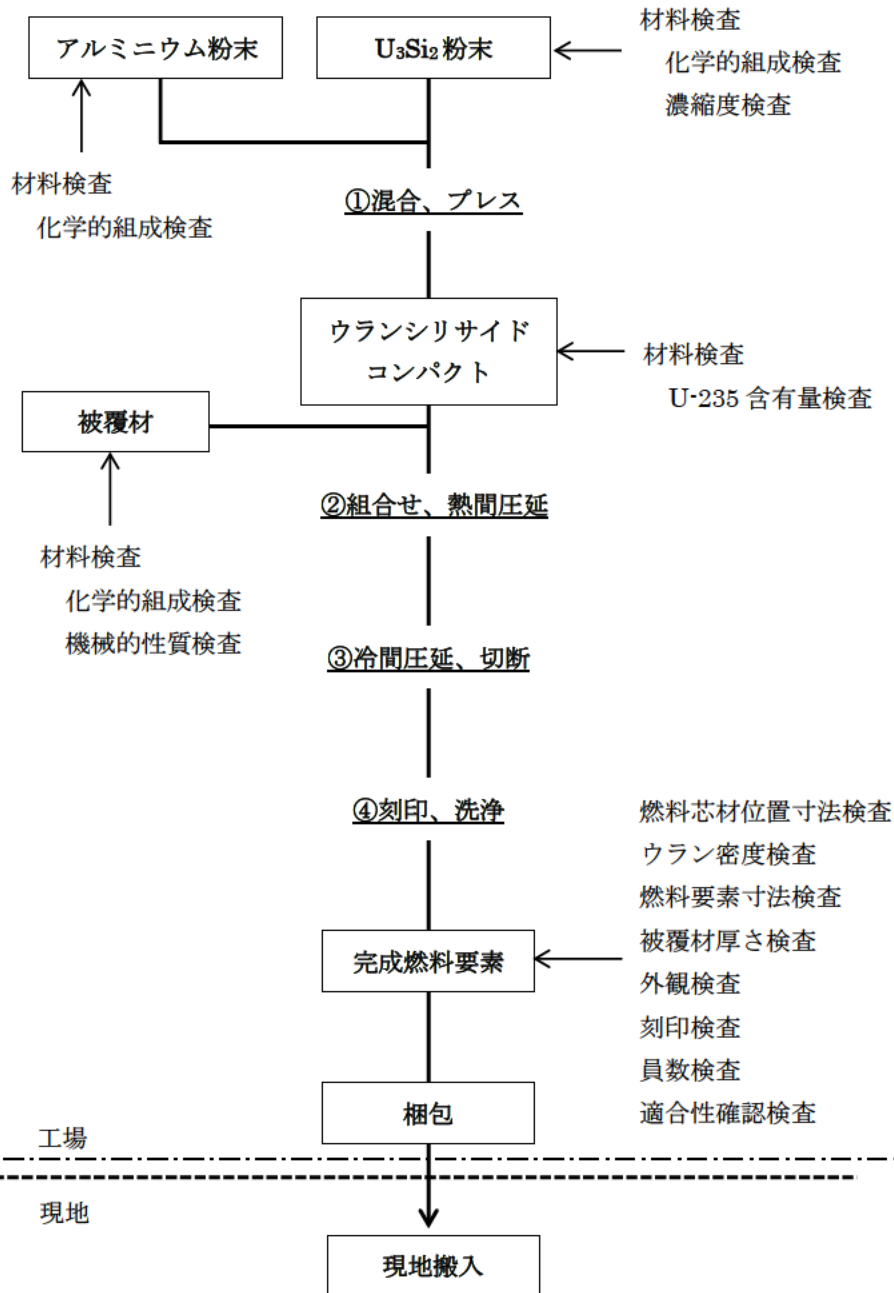
製造バッチ毎に燃料要素1枚を任意に選び、その燃料要素から下図に示すように、3つの試験片を切り出す。3つの試験片の平均被覆材厚さは [Redacted] mとする。局所的最小厚さは試験片1と3で [Redacted] 試験片2で [Redacted] とする。





# 工事の方法及び手順

品質マネジメントシステム検査\*



本工事では、製作の工程並びに輸送に係る状況を踏まえ、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。

# 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）

構造、強度及び漏えいの確認に係る検査

## 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）

## 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■■■■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を合わせて■■■■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)

(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、申請書添付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。

## 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。