

## 使用済棒状燃料貯蔵設備の臨界安全評価について

### 1. 概要

本書では、使用済棒状燃料収納容器(以下、「TCA 燃料収納容器」という。)の設置にあたり、室内にある既設の貯蔵設備(ウラン酸化物燃料棒貯蔵設備及び使用済ウラン黒鉛混合燃料貯蔵設備)の影響も考慮した臨界安全評価について説明する。

### 2. 設計方針

TCA 施設から受入れた棒状燃料(UO<sub>2</sub> 燃料:<sup>235</sup>U濃縮度約0.7～3.2wt%、MOX 燃料:Pu 富化度約1.2～4.7wt%)の配列を定めて形状寸法管理を行うことにより、中性子実効増倍率が0.95以下となるように設計する。

加えて、地震等による異常な変形や、津波等による水没が発生した場合にも未臨界を確保できるよう中性子吸収材を併用し、中性子実効増倍率が0.95以下となるように設計する。

### 3. 設計仕様

TCA 燃料収納容器は図1に示す角形容器であり、1容器あたり256本の棒状燃料を貯蔵できる。TCA 燃料収納容器は、表1に示す寸法制限値を満足するように設計する。U 保管室内の TCA 燃料収納容器の配置を図2に示す。

TCA 燃料収納容器に設置する中性子吸収材は、厚さ10mmのホウ素含有シートを想定し、容器内部の各ブロックを囲うように配置する。

表1 設計仕様(寸法制限値)

項目	制限値
燃料配列	8×8格子配列(4ブロック)
燃料配列間隔	20mm以上、23mm以下
ブロック配列面間距離	116mm以上

### 4. 計算条件(その1)

	計算条件
第1段階 (寸法制限値を満足する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>中性子吸収材:考慮しない</li> <li>空气中水分率:0%～100%(水没)</li> <li>寸法制限値の中で中性子実効増倍率が最も高くなる配置をサーベイ計算</li> </ul>
第2段階 (寸法制限値を満足しない場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>中性子吸収材:考慮する</li> <li>空气中水分率:100%(水没)</li> <li>表1の寸法制限値を無視し、中性子実効増倍率が最も高くなるような配置(最適減速条件)を計算</li> </ul>

## 5. 計算条件(その2)

- (1) TCA 燃料収納容器の構造材、燃料の被覆材等は無視し、容器は互いに密着した状態とする。
- (2) 燃料について、種類毎の差異を無視して代表組成で計算する。代表とする  $^{235}\text{U}$  濃縮度及び Pu 富化度は、 $^{235}\text{U}$ 濃縮度最大約 3.2wt%に対して 3.4wt%、Pu 富化度は、最大約 4.7wt%に対して 5wt%を設定する。  
 また、燃料の直径は最小寸法(U 燃料約 0.96cm、MOX 燃料約 1.07cm)で代表した。1 本あたりの核分裂性物質重量については、U 燃料及び MOX 燃料それぞれ最大量の燃料の値を設定した。
- (3)  $\text{ThO}_2$  燃料は核分裂性核種を含まないため、MOX 燃料に置き換え計算する。
- (4) 収納する棒状燃料の本数は、下記のとおりとする。
  - 第1段階: TCA 燃料収納容器へ収納可能な最大数である 2304 本(=256 本/基×9 基)として計算する。
  - 第2段階: 実際に収納する本数(UO<sub>2</sub>燃料 1723 本、MOX 燃料及び ThO<sub>2</sub>燃料計 134 本)に対して、それぞれ 2048 本、144 本とする。
- (5) 設置する中性子吸収材の仕様は、幅 20cm、高さ 150cm、厚さ 10mm、面密度 62.8mg/cm<sup>2</sup>、<sup>10</sup>B/B 比約 18.5%とする。
- (6) 中性子吸収材はホウ素部分のみをモデル化し、被覆材は減速材で置き換える。
- (7) U 保管室に既に設置されている他の燃料貯蔵設備についても、架台の構造材等は無視し、減速材に置き換える。
- (8) TCA 燃料収納容器と他の燃料貯蔵設備は、図3に示すとおり接近させて評価する。
- (9) 計算にあたっては連続エネルギーモンテカルロコード MVP 及び評価済み核データライブラリー JENDL-3.2 を用いた。計算の際の総ヒストリー数は 500 万粒子である。

## 6. 評価結果

	TCA 燃料収納容器のみ計算 ( $k_{\text{eff}} \pm 3\sigma$ )	U 保管室全体計算 ( $k_{\text{eff}} \pm 3\sigma$ )
第1段階	※図5(1)参照 格子間隔 23mm、 配列面間距離が最小(11.6cm)の時に最大 西側ラック: $k_{\text{eff}} = 0.898 \pm 0.0012$ (30wt%) 東側ラック: $k_{\text{eff}} = 0.928 \pm 0.0019$ (100wt%)	※図5(2)参照 $k_{\text{eff}} = 0.928 \pm 0.0013$ (100wt%)
第2段階	※図5(3)参照 燃料同士の間隔が 23.5mm の時に最大 西側ラック: $k_{\text{eff}} = 0.917 \pm 0.0016$ 東側ラック: $k_{\text{eff}} = 0.917 \pm 0.0012$	※図5(4)参照 $k_{\text{eff}} = 0.917 \pm 0.0011$

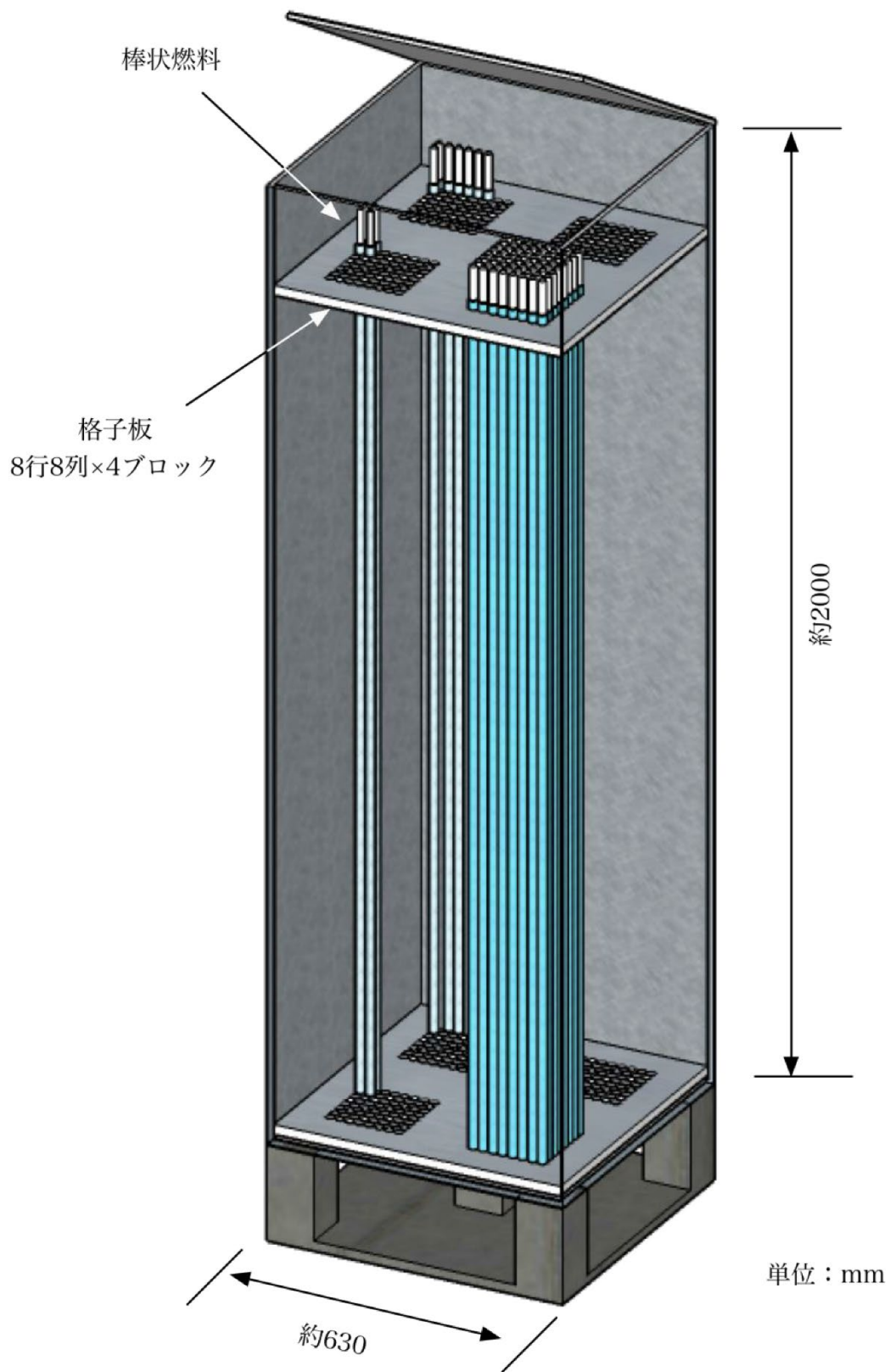


図1 棒状燃料収納容器の概要

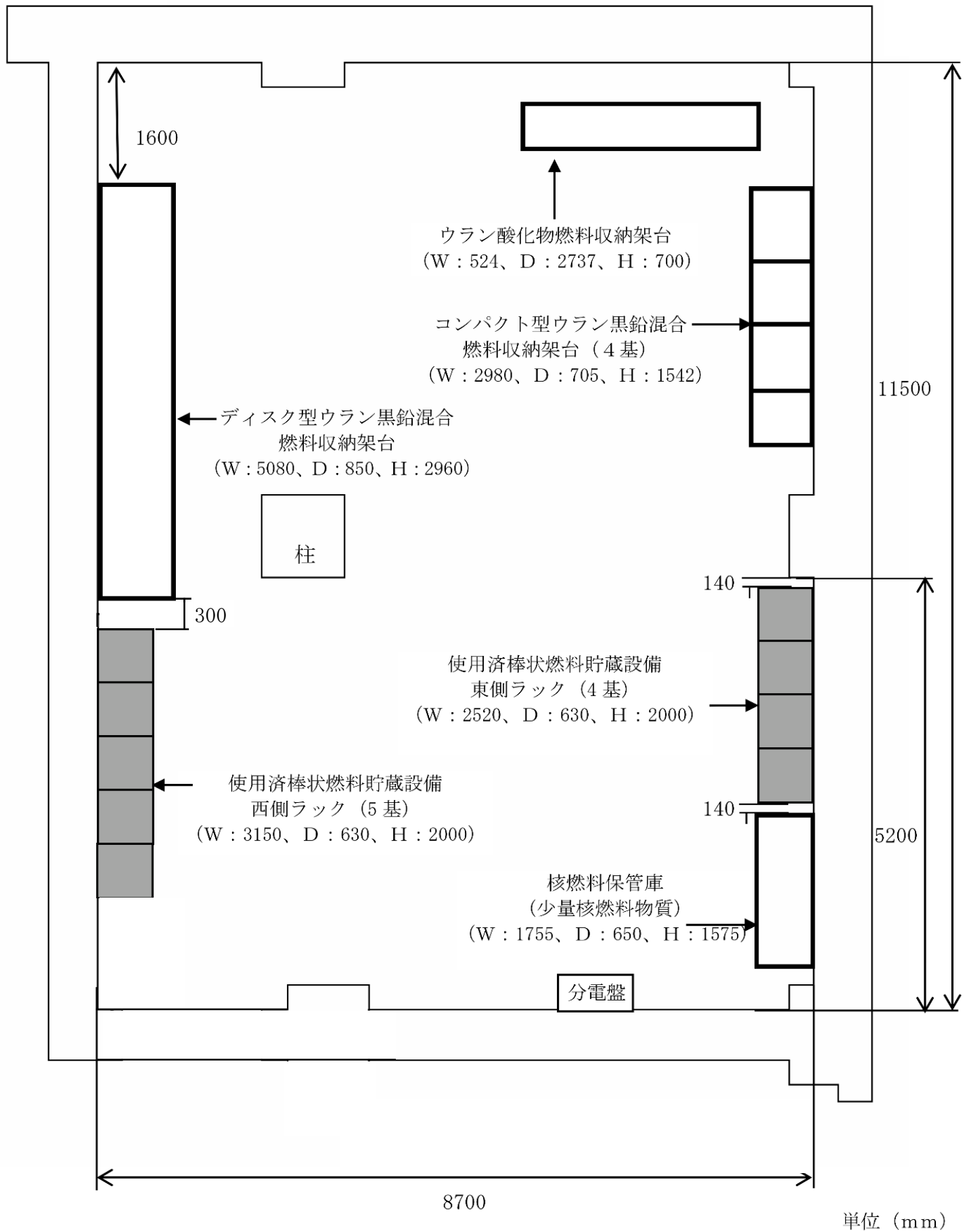


図2 U保管室内の燃料貯蔵設備の配置 (実際のレイアウト)

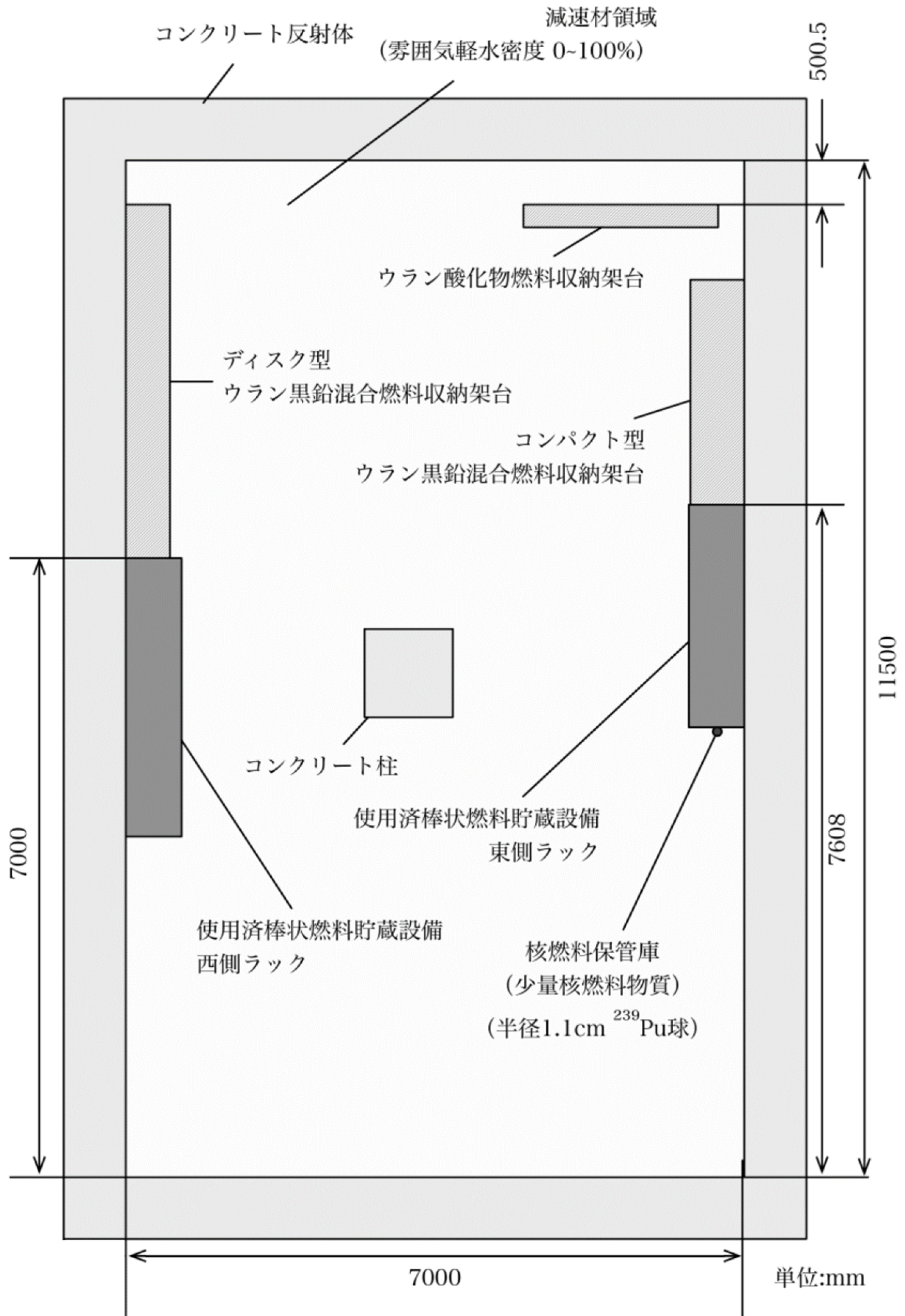
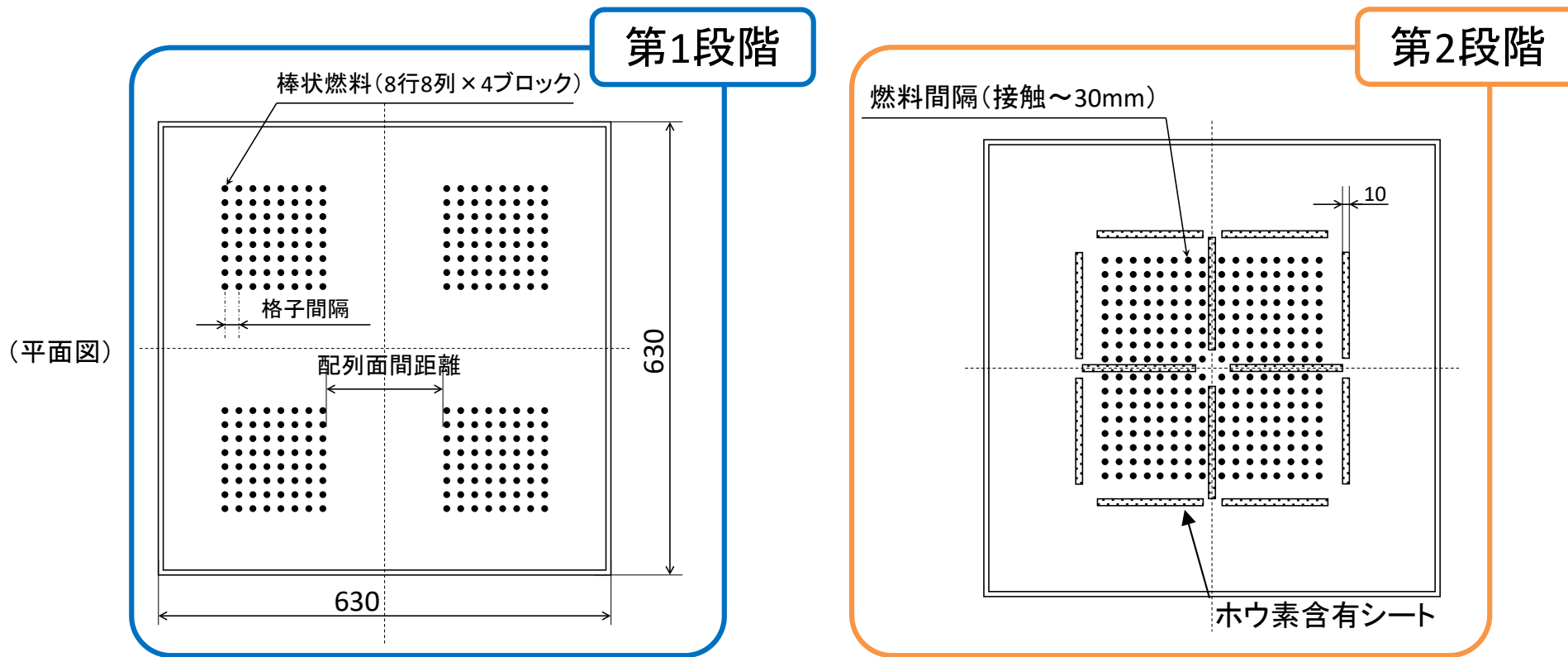


図3 計算モデル



地震による設備の変形等により寸法制限値が満足されなくなる場合を想定

図4 TCA 燃料収納容器のモデル



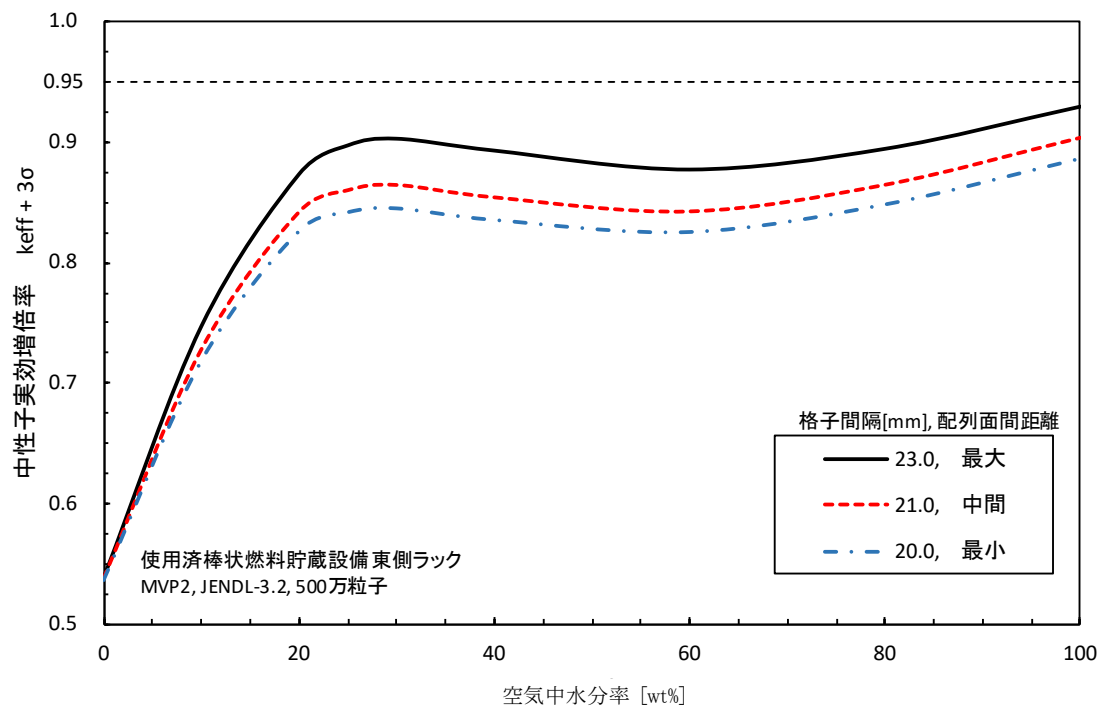


図5(1) TCA 燃料収納容器のみでの計算結果  
(第1段階)

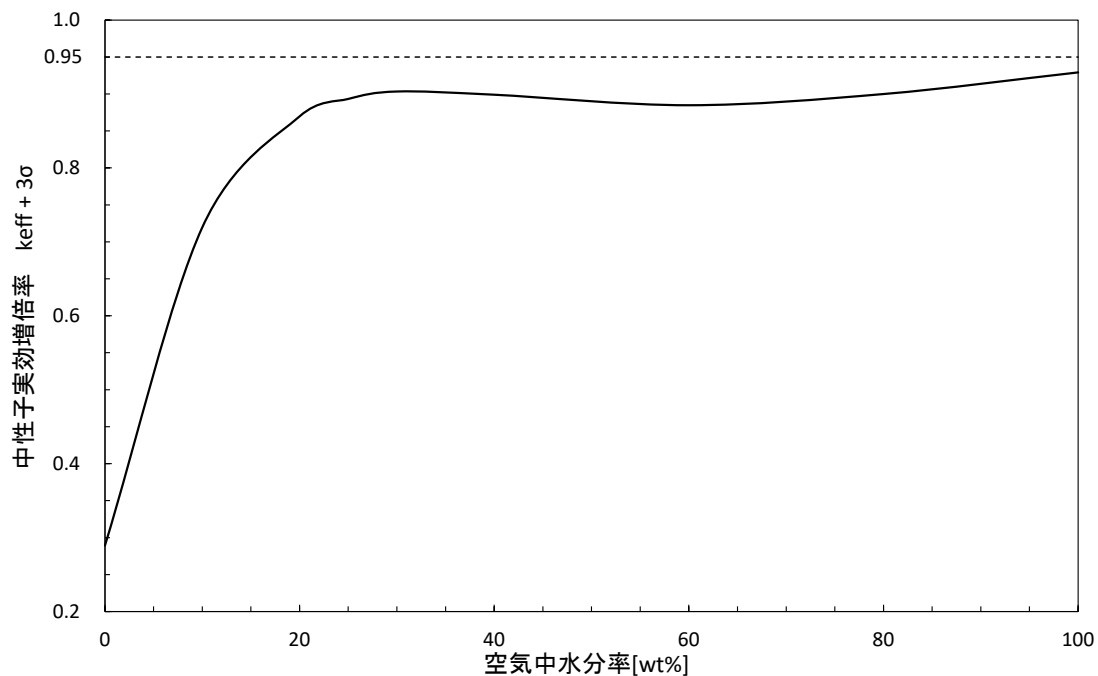


図5(2) U保管室内全体での計算結果  
(第1段階)

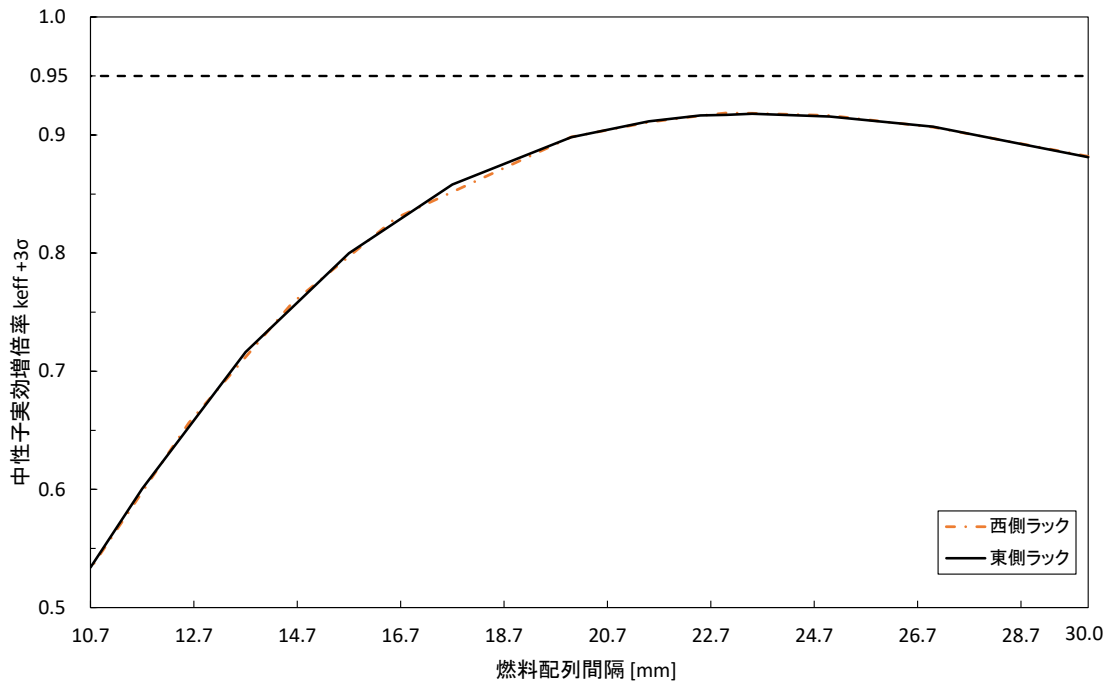


図5(3) TCA 燃料収納容器のみでの計算結果  
(第2段階)

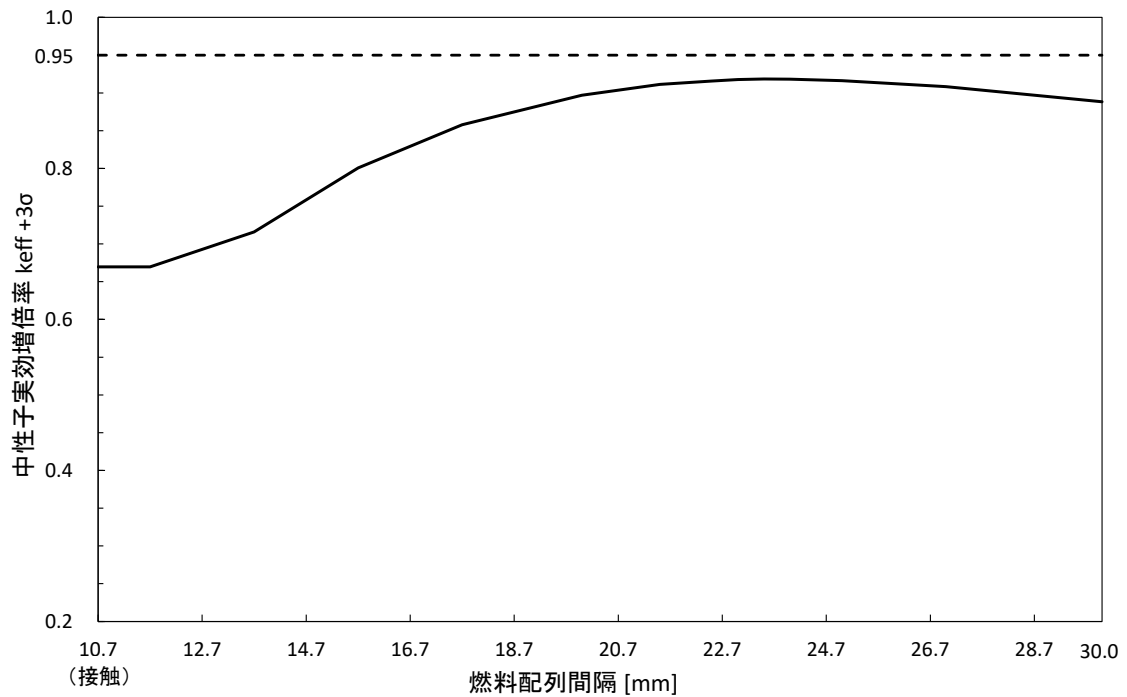


図 5 (4) U 保管室内全体での計算結果  
(第2段階)