

使用済棒状燃料貯蔵設備の未臨界計算について

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(UO₂ 燃料:²³⁵U濃縮度 0.7~3.2wt%、MOX 燃料:Pu 富化度 1.5~4.7wt%)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に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、図4に示すように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
通常時	<ul style="list-style-type: none"> 中性子吸収材:考慮しない 空気中水分率:0%~100%(水没) 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パラメトリック計算
異常変形時	<ul style="list-style-type: none"> 中性子吸収材:考慮する 空気中水分率:0%~100%(水没) 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)をパラメトリック計算

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}U 濃縮度及び Pu 富化度は、実在庫の最大値に対して、0.2~0.3 wt%高い濃縮度(富化度)を設定する。
 また、直径は最小である 0.96cm とする。また、燃料インベントリを最大直径 1.27cm の燃料と同等とするため、密度を理論密度の 175% (= (1.27/0.96)²) とする。
- (3) ThO₂ 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。
 - 通常時:実際に収納する 1857 本に対して、収納可能な最大数である 2304 本 (=8×8×4×9) として計算する。
 - 異常変形時:実際に収納する本数(UO₂燃料 1723 本、MOX 燃料及び ThO₂燃料計 134 本)に対して、それぞれ 1728 本、140 本とする。
- (5) 設置する中性子吸収材の組成は、面密度 62.8mg/cm²、¹⁰B/B 比約 18.5%とし、その寸法は、幅 20cm 及び 25cm、高さ 150cm、厚さ 10mm 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5に示すとおり保守的に接近させて評価する。
 さらに、U 保管室の東西方向の大きさは実際の 8700mm に対して 7000mm とする。

6. 評価結果

	TCA 燃料収納容器のみ計算	U 保管室全体計算
通常時	※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: $k_{\text{eff}} = 0.90$ (30wt%) 東側ラック: $k_{\text{eff}} = 0.93$ (100wt%)	※図5 (3)参照 $k_{\text{eff}} = 0.93$ (100wt%)
異常変形時	※図5 (2)参照 燃料同士の間隔が 23mm の時に最大 東西ラック両方: $k_{\text{eff}} = 0.93$ (100wt%)	※図5 (3)参照 $k_{\text{eff}} = 0.90$ (100wt%)

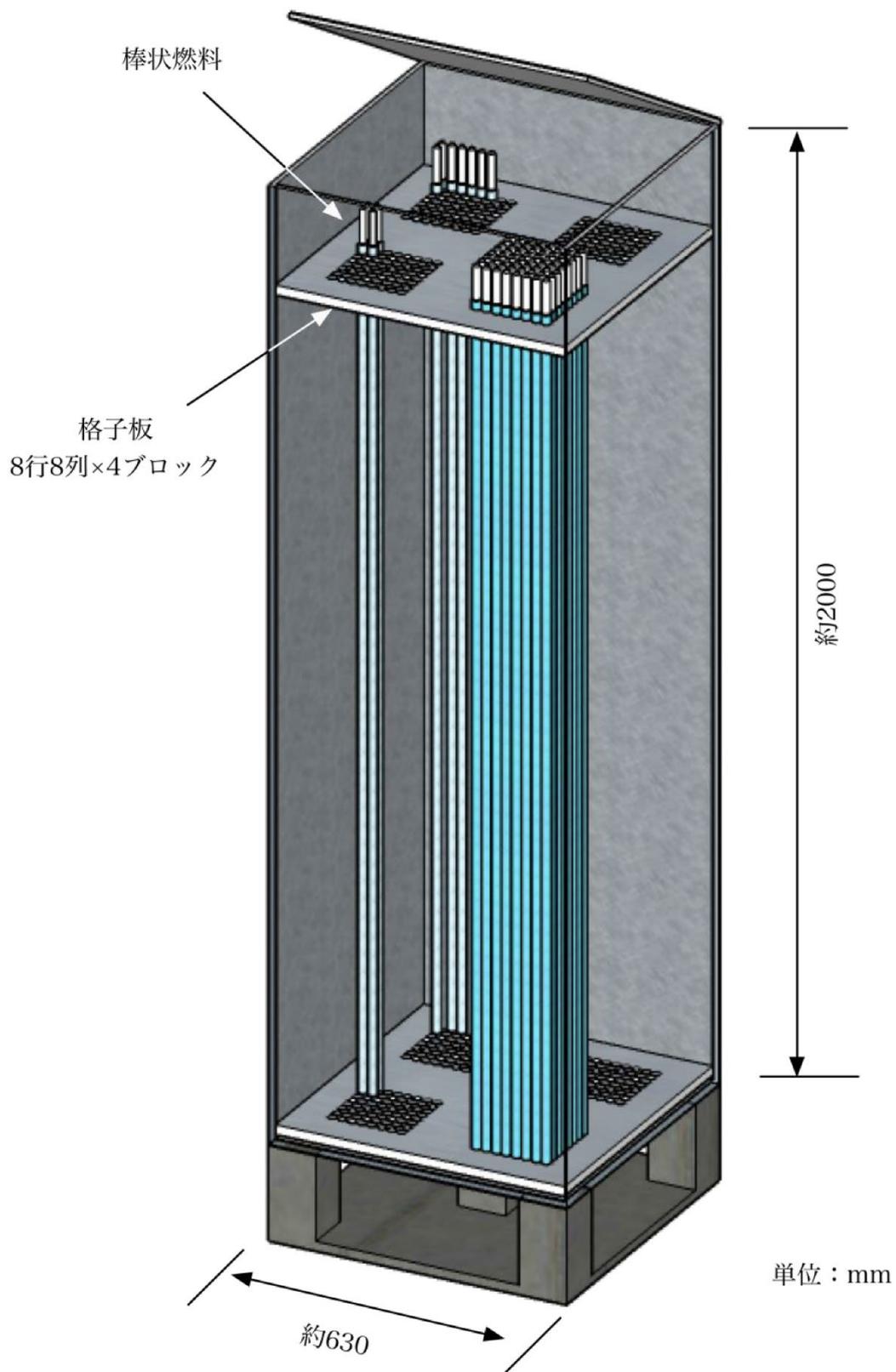


図1 棒状燃料収納容器の概要

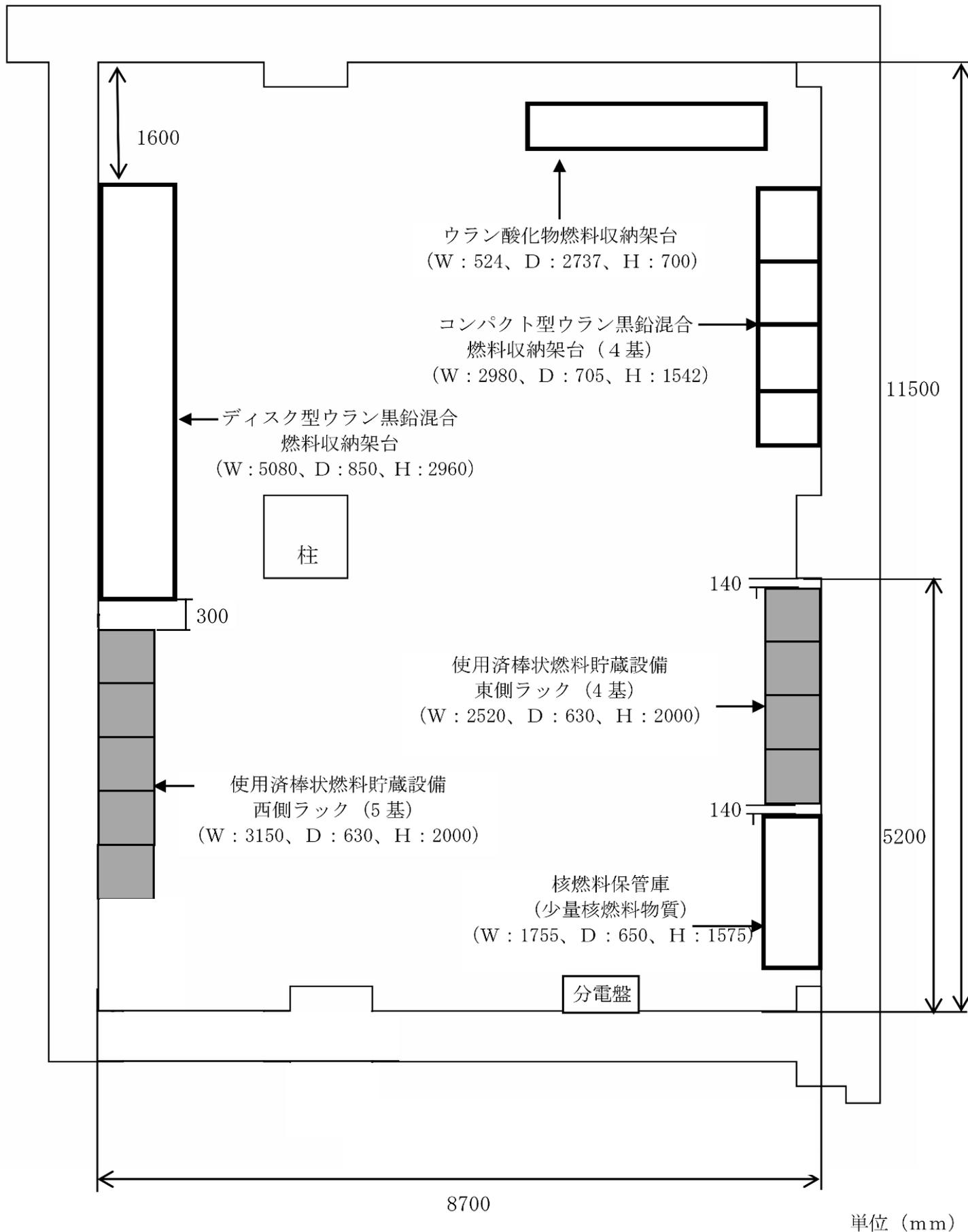


図2 U 保管室内の燃料貯蔵設備の配置(実際のレイアウト)

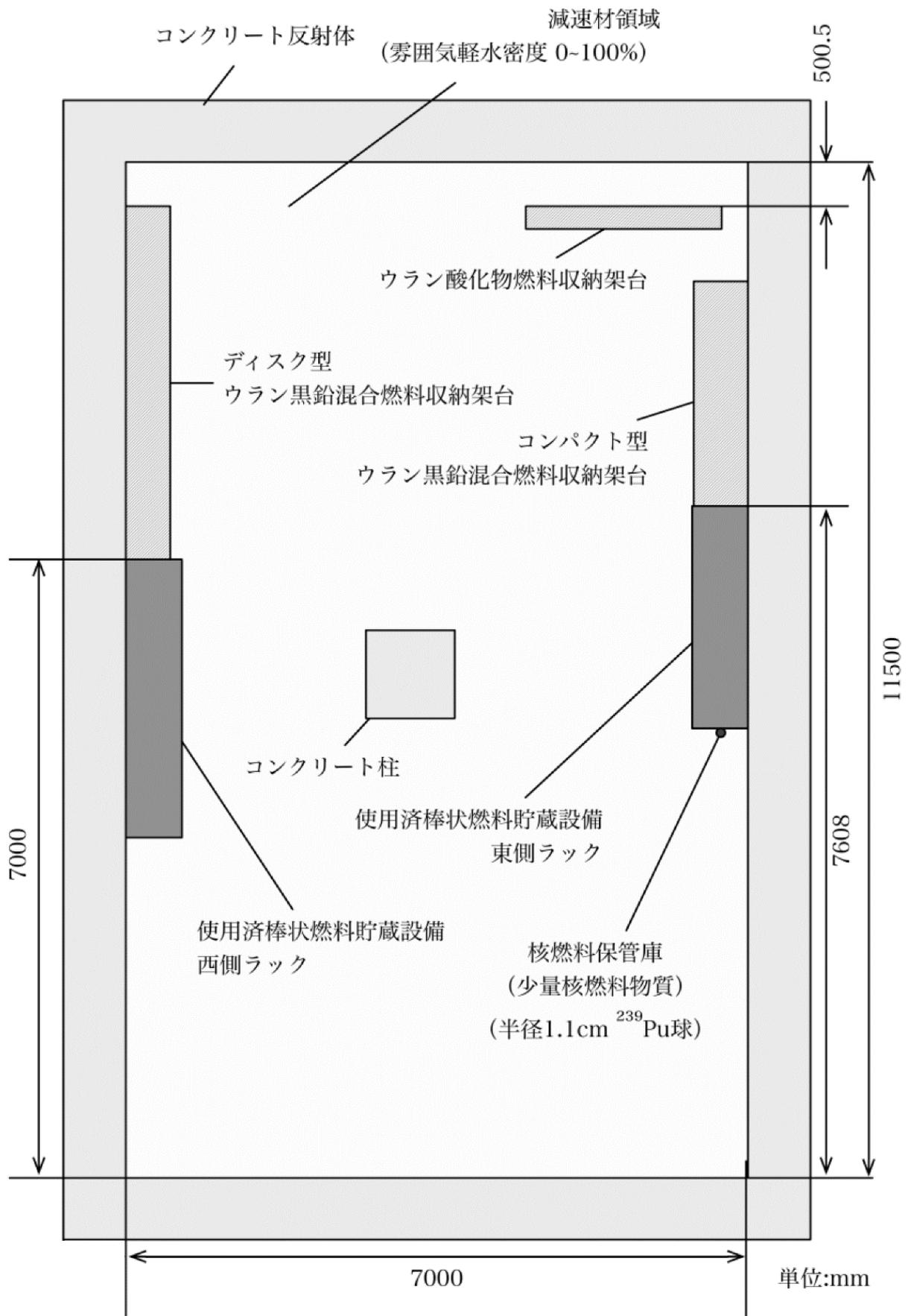
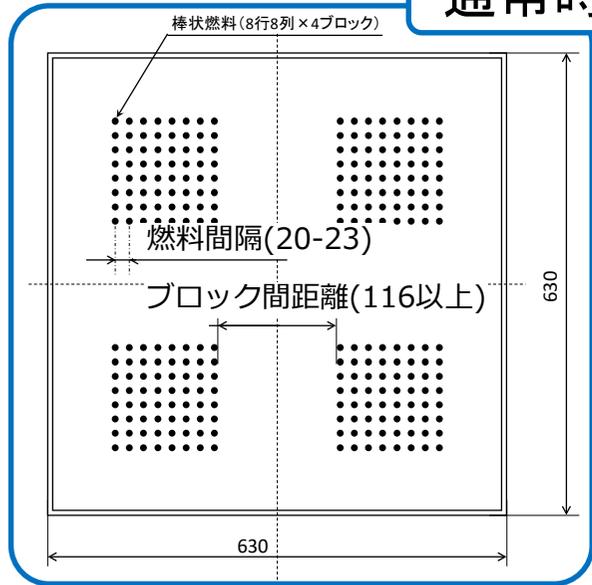


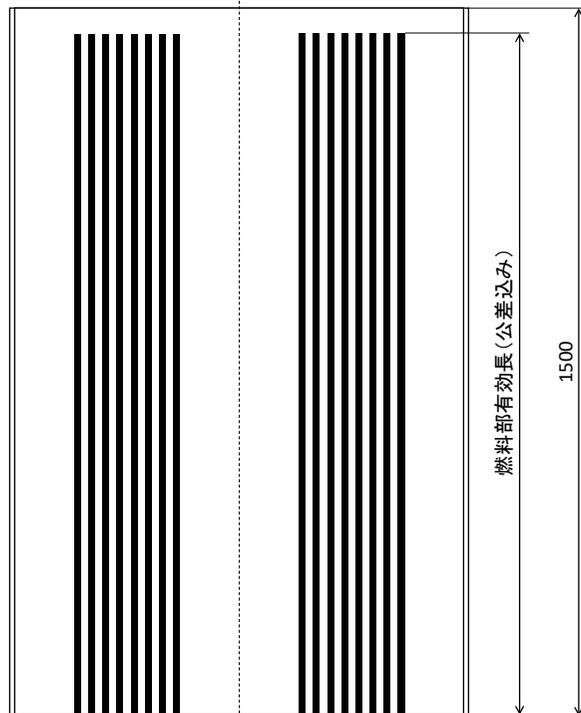
図3 計算モデル

(平面図)

通常時



(立面図)



異常変形時

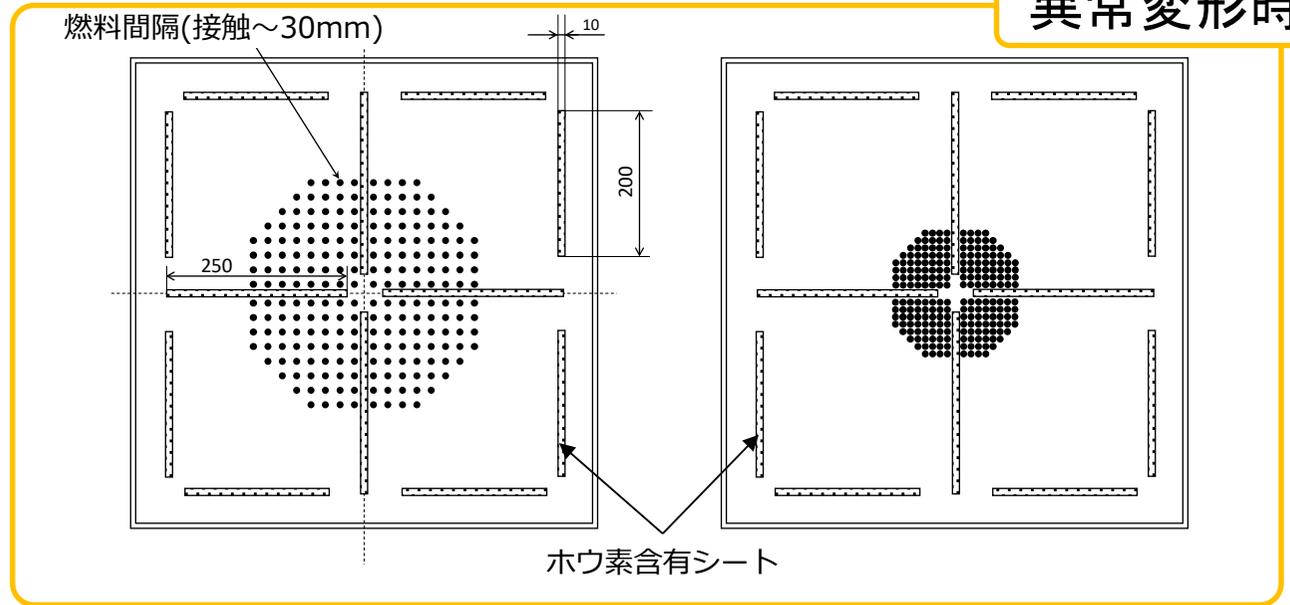


図4 TCA 燃料収納容器のモデル

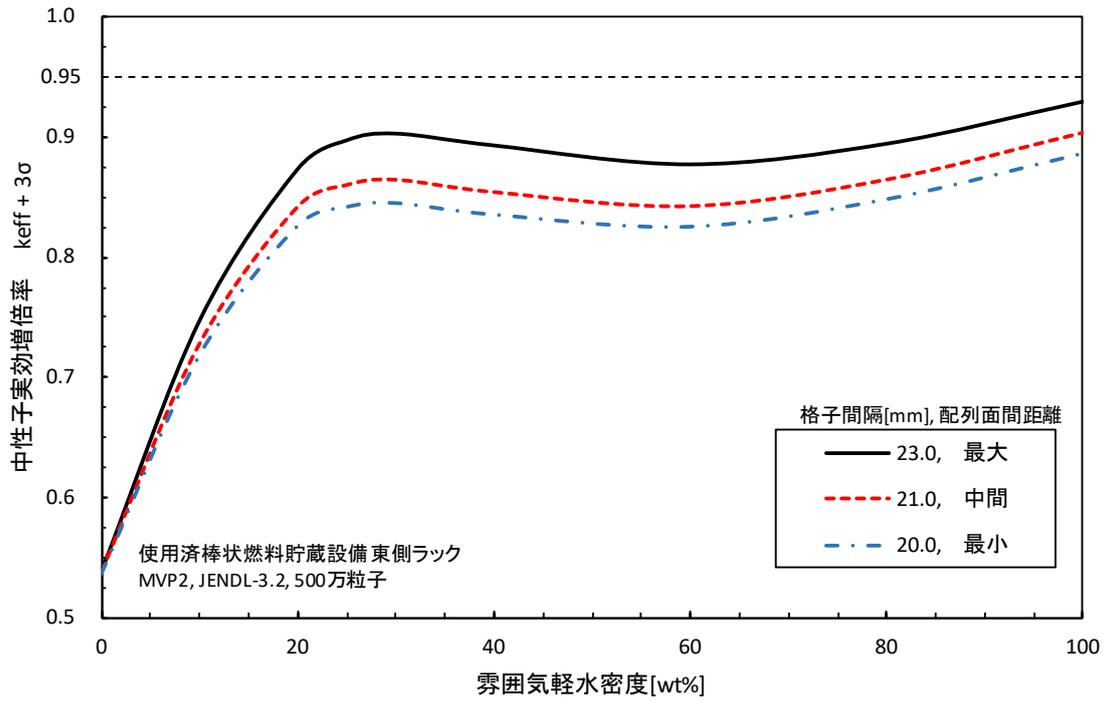


図5(1) TCA 燃料収納容器のみでの計算結果
(通常時)

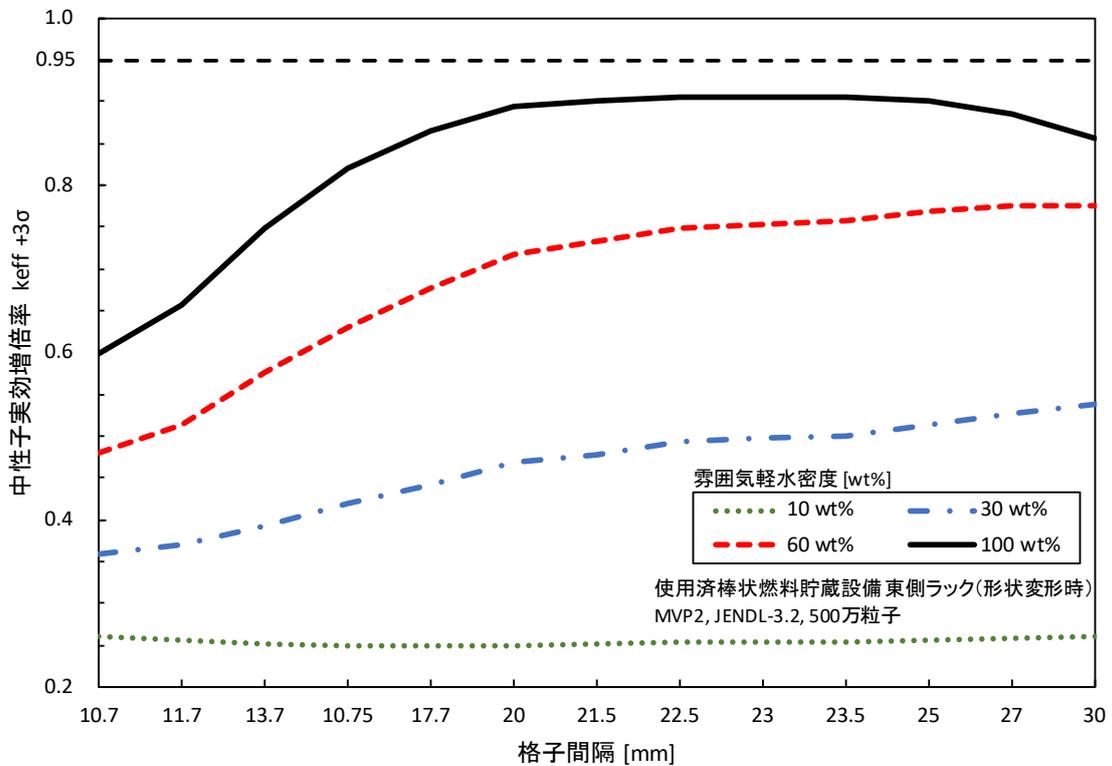


図5(2) TCA 燃料収納容器のみでの計算結果
(異常変形時)

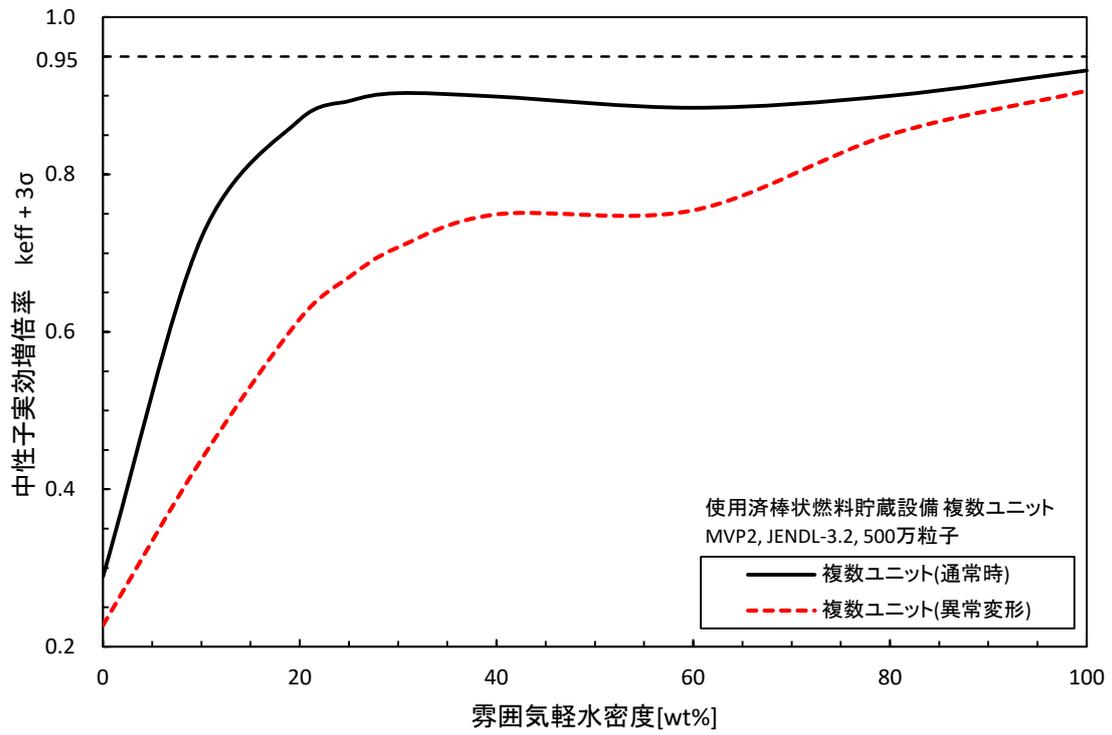


図5(3) U保管室内全体での計算結果