

直接処分時の臨界に関する予備的評価

1. 予備的評価の前提
2. 使用済ウラン燃料での解析
3. 使用済MOX燃料での解析
4. 解析結果に対する考察および諸外国の評価との相違

平成16年9月24日

1. 予備的評価の前提

使用済燃料直接処分時の臨界可能性について

使用済燃料を直接処分した場合、核分裂性ウラン・プルトニウムが内包されていることから、キャニスター - の劣化に伴う形状等の変化により、処分場において臨界になる可能性が皆無とはいえない。

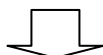


臨界の可能性の検討を実施

臨界の可能性の検討に当たっての課題

処分体系(キャニスター)内での臨界可能性

キャニスター・使用済燃料の形状変化に伴い、U、Puが集積し臨界となる可能性



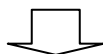
現状の知見ではキャニスター・使用済燃料の形状が変化しないとは想定できない。

キャニスター	1,000年後破損と想定(HLWのオーバーパックと同様)
燃料集合体	形状確保可能時期は不明(知見なし)

⇒ どのように形状変化するかは想定困難 **保守的な仮定の下での臨界計算を実施**

処分場外での臨界可能性

U、Puが処分体系から溶出し、処分場外に集積し臨界となる可能性



現状の知見では、処分場から多量のU、Puが溶出した後の集積過程は想定できない。

現状では定量的な評価は困難 ⇒ **今回の評価対象外**

処分体系(キャニスター)内での臨界可能性評価の前提条件(1)

- ・想定体系 ケース1:キャニスターの構造物が流失し、そのスペースが水とペレットで充填された場合
ケース2:使用済燃料収納部のみが流失し、そのスペースが水とペレットで充填された場合

キャニスター仕様(サイズ) 燃料保持部 SKB、KBS - 3・PWRタイプ(4体収納)
+ 外側金属層 190mm

キャニスター直径 1,244mm
使用済燃料収納部有効直径 864mm

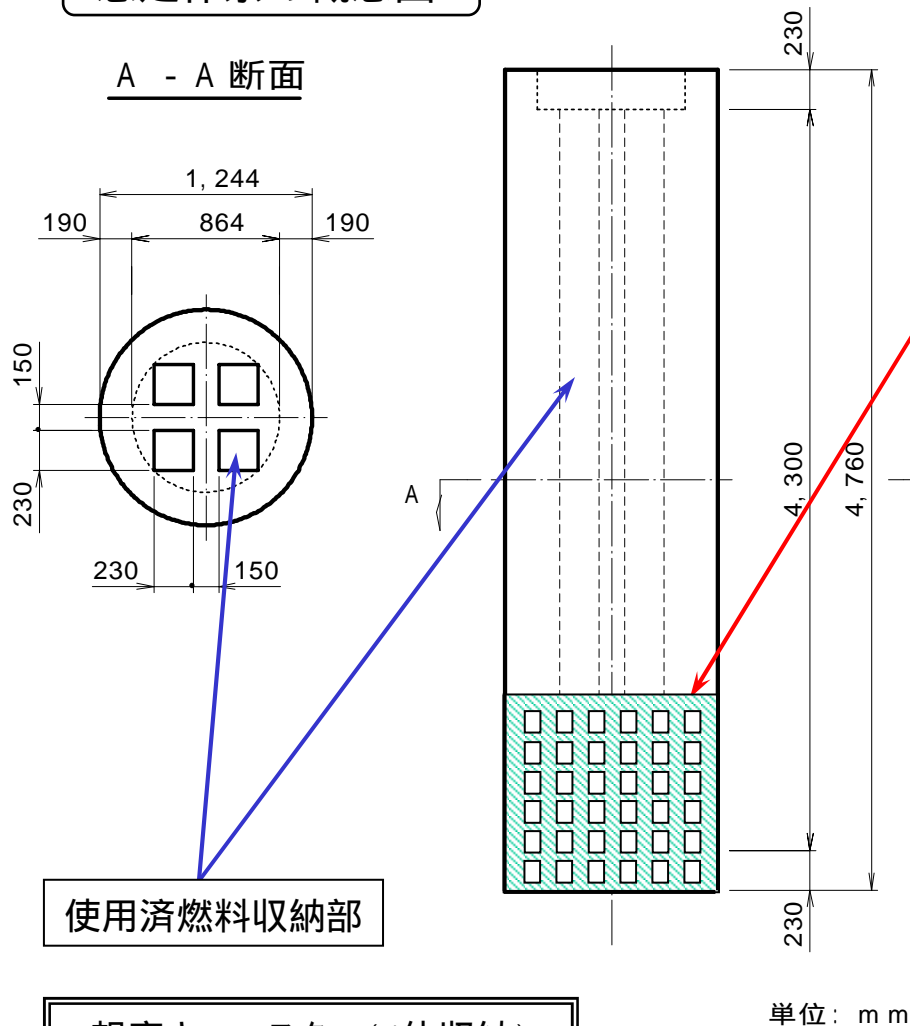
- ・燃料集合体(ウラン燃料) 燃焼度 40,000MWd/t および 45,000MWd/t
収納体数 1~4体
(MOX燃料) 燃焼度 40,000MWd/t
収納体数 1体(熱的制約から1体収納であることを考慮)
- ・冷却期間 50年、100年、500年、1,000年(キャニスター破損時期)、5,000年、10,000年
- ・核分裂生成物(FP)の存在の考慮 あり・なしの2ケース
(注)原子炉施設の安全評価では、保守性を考慮してFPの存在を考慮していないことが多い。
- ・ペレットと水の体積比 ペレット:水 = 1:3

上記前提で、**実効増倍率** を計算する

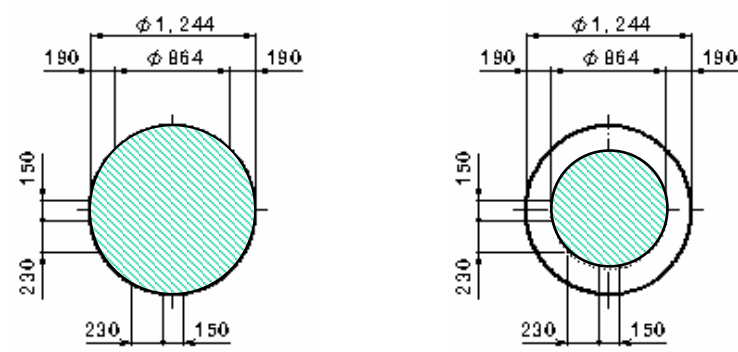
(注)実効増倍率:核分裂の持続可能性を示す指標。実効増倍率が1.0の時、中性子の増減がない臨界状態となる。
(1.0を超えると臨界の可能性が生じる)

処分体系(キャニスター)内での臨界可能性評価の前提条件(2)

想定体系の概念図



キャニスター、燃料集合体が流失し、空隙ができペレットが底部空間に円柱状に集積すると仮定
水とペレット(形状維持)が3:1で存在すると仮定
周囲には3mの水が存在すると仮定



ケース1

ケース2

部が水とペレットの存在する範囲

		使用済燃料			
		1体	2体	3体	4体
ケース1	底面直径	124.4 cm	124.4 cm	124.4 cm	124.4 cm
	高さ	16.5 cm	33.0 cm	49.5 cm	66.0 cm
ケース2	底面直径	86.4 cm	86.4 cm	86.4 cm	86.4 cm
	高さ	34.2 cm	68.4 cm	102.6 cm	136.8 cm

臨界解析コード 連続エネルギーモンテカルロコード

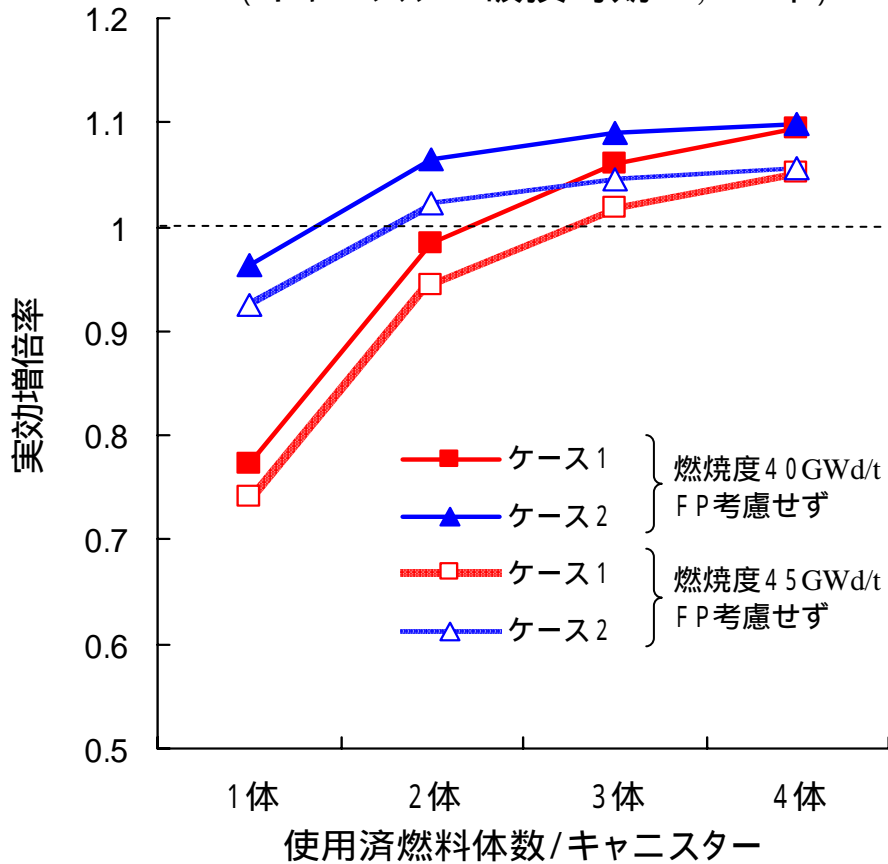
断面積ライブラリ JENDL3.2

2. 使用済ウラン燃料での解析

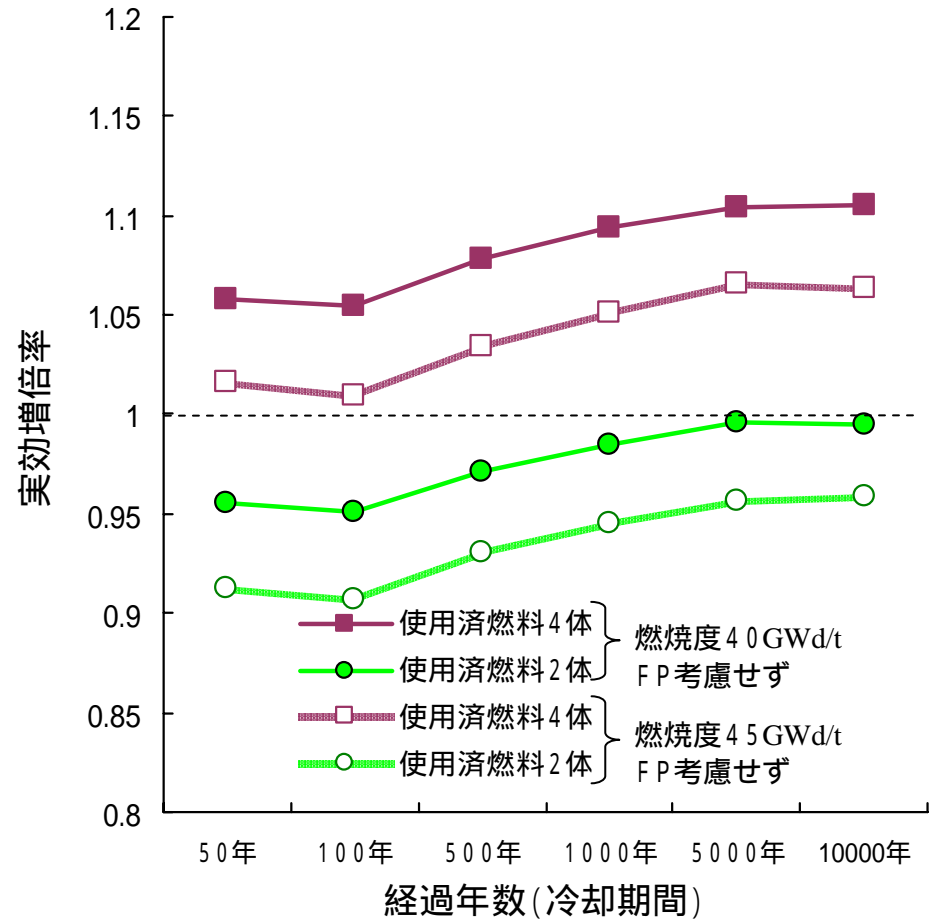
処分体系内での臨界可能性の評価(1)

燃焼度の相違による変化

使用済燃料体数と実効増倍率
(キャニスター破損時期: 1,000年)



実効増倍率の経時変化(ケース1)



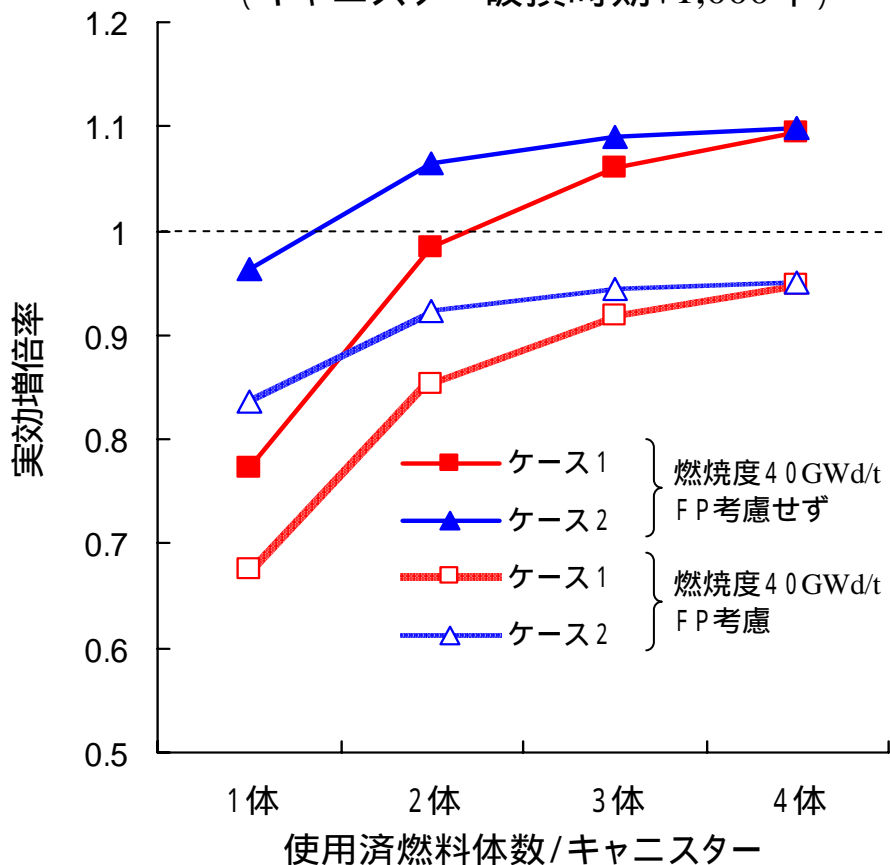
短期的には²⁴¹Puの崩壊により実効増倍率が低下するが、長期的には²³⁸Pu、²⁴¹Am、²⁴⁰Puの崩壊により実効増倍率が上昇する

半減期: ²⁴¹Pu (核分裂性物質) 14.4年
²³⁸Pu (非核分裂性物質) 87.74年
²⁴¹Am (非核分裂性物質) 432.2年
²⁴⁰Pu (非核分裂性物質) 6,570年

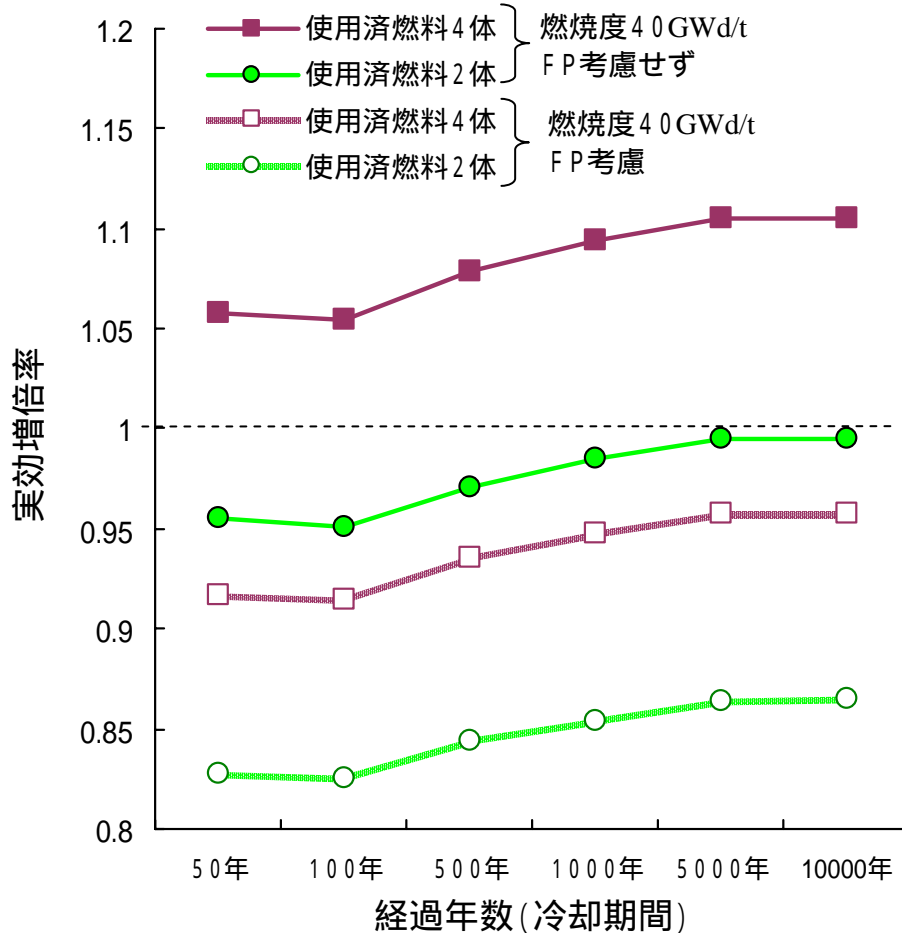
処分体系内での臨界可能性の評価(2)

核分裂生成物の考慮の有無による相違

使用済燃料体数と実効増倍率
(キャニスター破損時期: 1,000年)



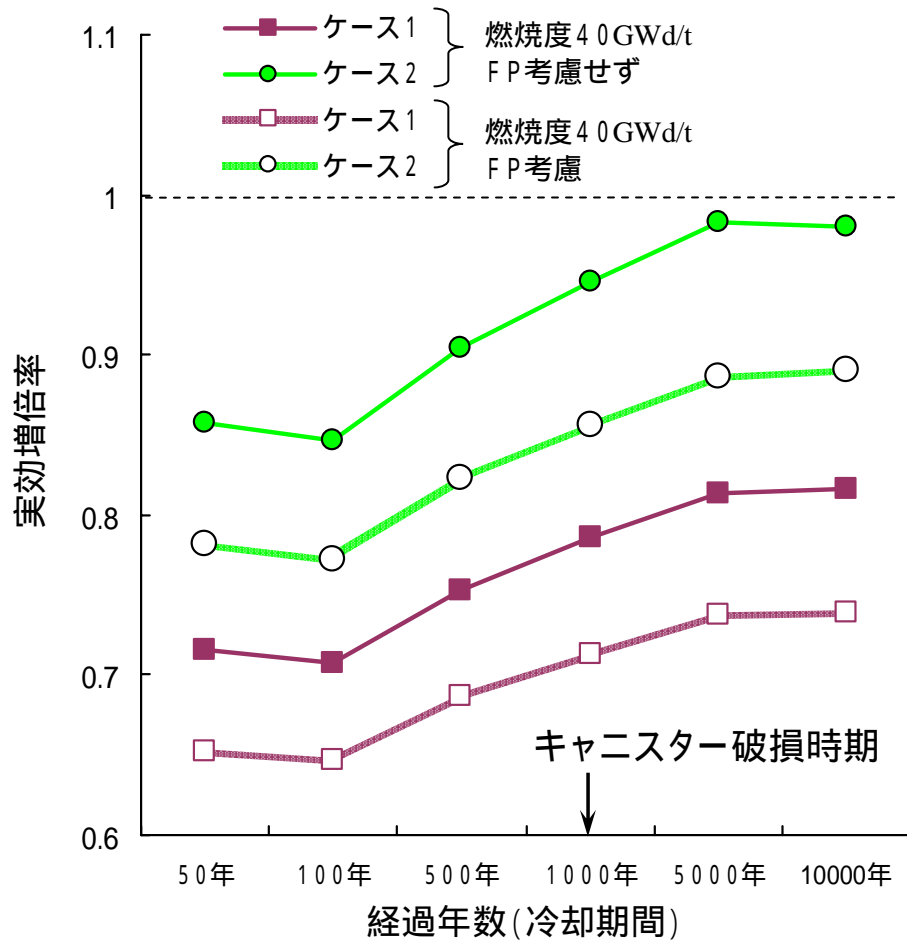
実効増倍率の経時変化(ケース1)



3. 使用済MOX燃料での解析

処分体系内での臨界可能性の評価

実効増倍率の経時変化(使用済MOX燃料1体)



実効増倍率の変化傾向は使用済ウラン燃料と同様
 ただし、中性子吸収効果を持つ ^{238}Pu 、 ^{241}Am 、 ^{240}Pu
 の存在割合が大きい使用済MOX燃料のほうが、そ
 の変化による増倍率の変化が大きくなる。

半減期: ^{238}Pu (非核分裂性物質) 87.74年
 ^{241}Am (非核分裂性物質) 432.2年
 ^{240}Pu (非核分裂性物質) 6,570年

4 . 解析結果に対する考察および 諸外国の評価との相違

今回の予備的解析では、十分な知見がない中で保守的な仮定を置いた計算によれば、FPの存在を考慮した場合、使用済燃料の収納体数4体までは臨界の可能性が小さいとの結果を得た。なお、以下の点に留意が必要である。

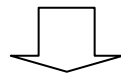
保守的な評価になっていると考えられる点

燃料集合体およびキャニスター構造物が完全に流失し、内部が水とペレットで充填されるという状態を想定

臨界評価上理想的な水とペレットの混合体系(臨界になりやすい体系)としている

保守的な評価になっていないと考えられる点

燃焼度は40,000MWD/t以上としているが、使用済燃料の中には設計燃焼度に達していない(新燃料に近い)燃料も存在し、その場合には、より臨界になりやすい(使用済燃料輸送カスクは新燃料を充填することを想定し臨界評価をしている)



より詳細な評価を行うためには、長期的な燃料集合体、キャニスターの挙動に係る知見の取得が必要

また、保守性をどこまで考慮するかについての検討も必要

諸外国の評価との相違

今回の評価 燃料集合体 キャニスターの形状維持不可
未臨界維持のための中性子吸収物質(ホウ素等)は未考慮

諸外国の評価

燃料集合体の形状維持を想定	スウェーデン
キャニスターの形状維持を想定(キャニスターの空隙部への水の充填を想定)	スイス・フィンランド
中性子吸収物質の添加を検討中	米国・ベルギー
燃焼度制限(燃焼度考慮)を検討中	スウェーデン・スイス

技術検討小委員会(第2回)資料第3号より