

資料NS-1-4  
 令和3年4月28日  
 日本原子力研究開発機構  
 NSRR管理課

質問No.3

○技術基準規則第38条関連

許可に記載された線図を用いて設計を行っているその考え方を説明すること。

そのうえで、設工認書第4-1図(有効破壊エネルギーの線図)の作成の仕方を説明すること。

設計の考え方

NSRR 設置当初より、照射カプセルは、原子炉設置変更許可申請書に記載された線図を用いて設計を行っている。これらの線図は、米国のSPERT実験及びNSRRにおける模擬実験の結果を基に作成されたものである。

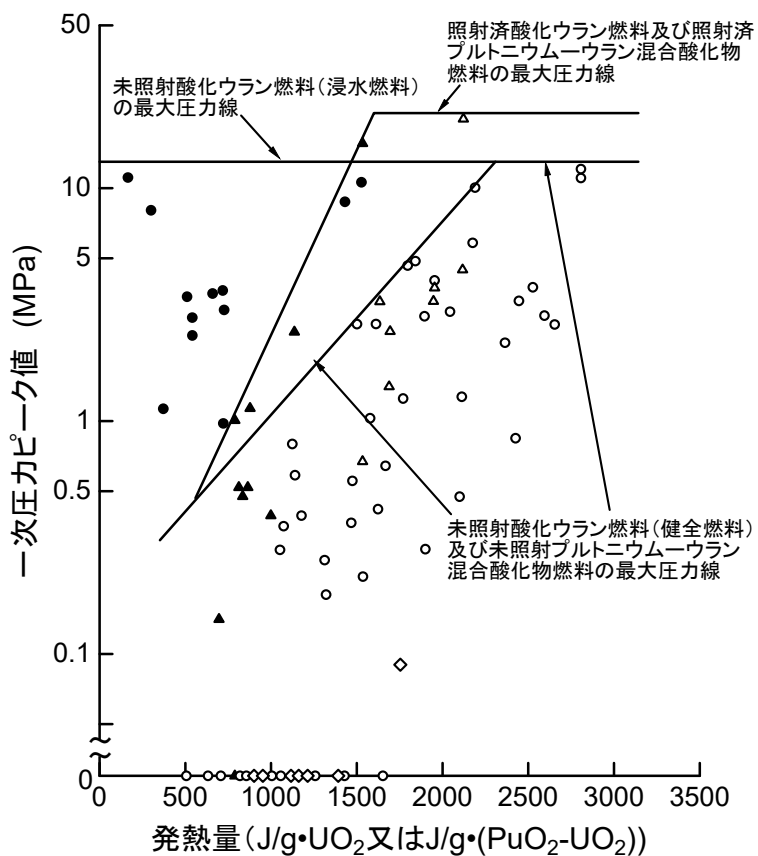
許容実験条件範囲の設定方法

設工認申請書第4-1図 I-T型大気圧水カプセルの許容実験条件範囲は以下のとおり作成している。

設計仕様のうち、発熱量、燃料重量及び総発熱量上限を決定する。

発熱量及び燃料重量から機械的エネルギー転換率を求め、有効破壊エネルギーを算出する。

総発熱量上限、有効破壊エネルギー及び発熱量上限から許容実験条件範囲を設定する。



カプセルの設計に当たっては、米国のSPERT実験\*及びNSRRにおける模擬実験の結果を基に作成した原子炉設置変更許可申請書の線図を用いて行ってきた。

SPERT実験では、NSRRと同種の水カプセル実験を行っており、この実験から、衝撃圧力と水撃力が発生することが確認されていた。

したがって、照射カプセルの設計においてはNSRR設置当初よりこれら2種類の荷重を考慮して行っている。これらの荷重は試験燃料の重量及び試験燃料あたりに与えられる単位重量当たりの熱負荷量(J/g·UO<sub>2</sub>)から求められることが分かっているので、最大実験条件をこの2つの量で規定し、これらから計算される最大の衝撃圧力と水撃力に基づいてカプセル各部に作用する圧力を求め、各部の寸法、形状を決定している。

- 未照射酸化ウラン燃料(健全燃料)
  - ◇ 未照射プルトニウム-ウラン混合酸化物燃料(健全燃料)
  - 未照射酸化ウラン燃料(浸水燃料)
  - ▲ 照射済酸化ウラン燃料
  - △ NSRRによる模擬実験  
未照射酸化ウラン燃料(予加圧燃料)による二重カプセル実験
- SPERT実験結果

カプセル設計用最大圧力線図(UO<sub>2</sub>又は(PuO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>))  
(原子炉設置変更許可申請書添付書類八第10.1.2.1図)

\*米国のNRTS(National Reactor Testing Station)において1965年から1970年にかけて行われたパルス照射実験

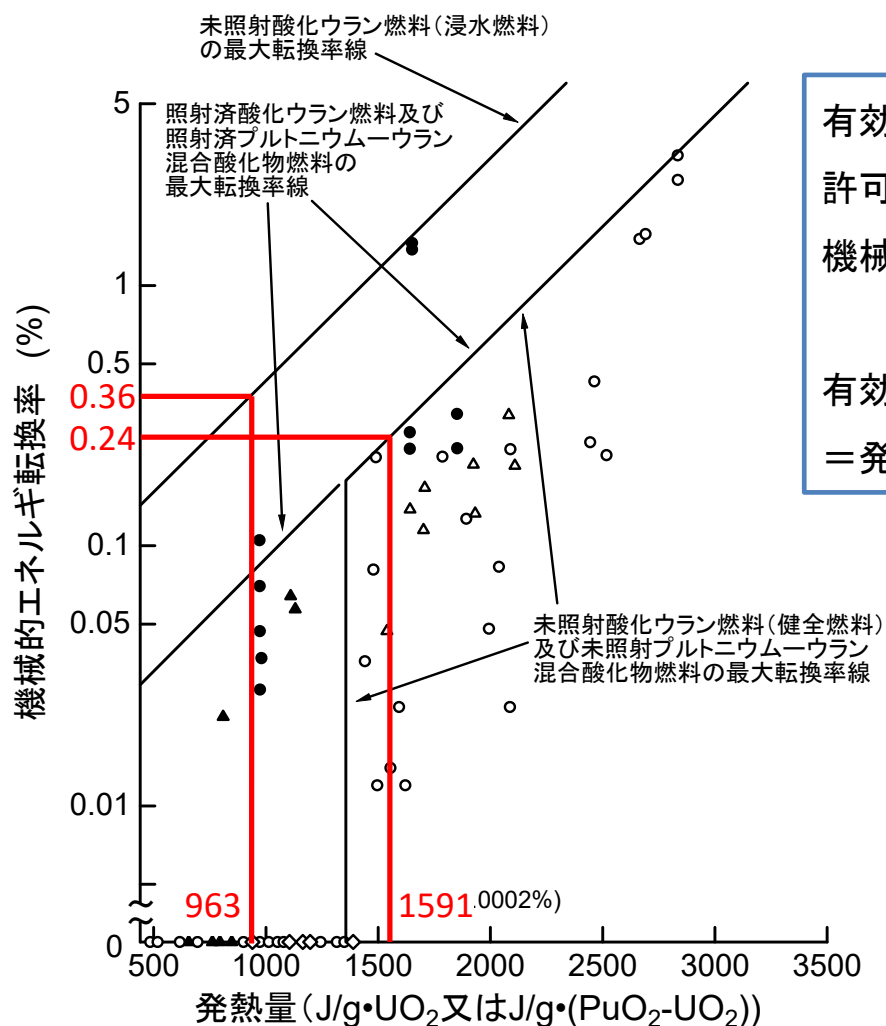
## I-T型大気圧水カプセルの設計条件

項目		設計条件
機器		クラス1容器相当*1
試験燃料		未照射酸化ウラン燃料(濃縮度20%未満)
主要材料		ステンレス鋼
冷却材		軽水
最大実験条件	発熱量	健全燃料90g・UO <sub>2</sub> に対して1591J/g・UO <sub>2</sub> 浸水燃料90g・UO <sub>2</sub> に対して963J/g・UO <sub>2</sub>
	有効破壊エネルギー	健全燃料: 344J (82.2cal) 浸水燃料: 312J (74.6cal)
	総発熱量	1.3×10 <sup>6</sup> J (3.1×10 <sup>5</sup> cal)
荷重条件	衝撃圧力による負荷荷重	12.7MPa
	水撃力による負荷荷重	23.4MPa(動的圧力) 46.8MPa(相当静圧)
	水撃力による軸力	5.29×10 <sup>5</sup> N
最高使用温度		100°C
耐震条件		Bクラス
固定方法	上端	ホールドダウン機構
	下端	グリッピング装置

なお、本カプセルの使用回数は、200回以下とする。

\*1 JSME S NC1-2012を準用し弾性設計を行う。ただし、胴体(メネジネジ山を除く。)及び蓋(貫通穴周辺を除く。)については、弾塑性設計を行い、許容変形量と次の値を用いる。

- 板厚平均歪 ≤2%又は限界変形量の1/10のいずれか小さい方
- 表面歪 ≤2%又は限界変形量の1/10のいずれか小さい方
- 局所歪 ≤5%又は限界変形量の1/4のいずれか小さい方



有効破壊エネルギーは、最大実験条件の発熱量及び燃料重量並びに許可書に記載されているカプセル設計用最大転換率線図から求めた機械的エネルギー転換率を用いて算出する。

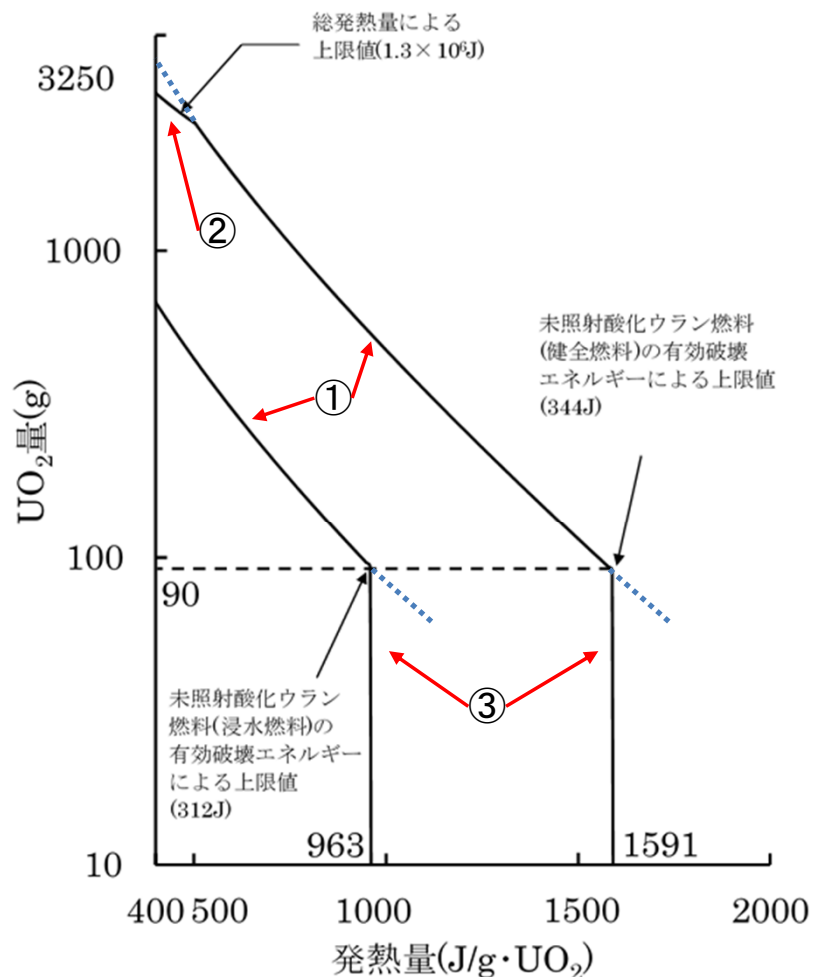
有効破壊エネルギー(J)

$$= \text{発熱量 (J/g} \cdot \text{UO}_2) \times \text{燃料重量 (g} \cdot \text{UO}_2) \times \text{機械的エネルギー転換率 (\%)}$$

有効破壊エネルギー	健全燃料: 344J (82.2cal)
	浸水燃料: 312J (74.6cal)

- 未照射酸化ウラン燃料(健全燃料)
  - ◇ 未照射プルトニウム-ウラン混合酸化物燃料(健全燃料)
  - 未照射酸化ウラン燃料(浸水燃料)
  - ▲ 照射済酸化ウラン燃料
- } SPERT実験結果
- △ NSRRによる模擬実験  
未照射酸化ウラン燃料(予加圧燃料)による二重カプセル実験

カプセル設計用最大転換率線図(UO<sub>2</sub> 又は(PuO<sub>2</sub> - UO<sub>2</sub>))  
(原子炉設置変更許可申請書添付書類八第10.1.2.2図)



許容実験条件範囲は以下の手順で設定している。

手順① UO<sub>2</sub>量と発熱量は以下の式により設定する。

$$\text{UO}_2\text{量(g)} = \frac{\text{有効破壊エネルギー上限値(J)}}{\text{発熱量 (J/g} \cdot \text{UO}_2) \times \text{機械的エネルギー転換率 (\%)}}$$

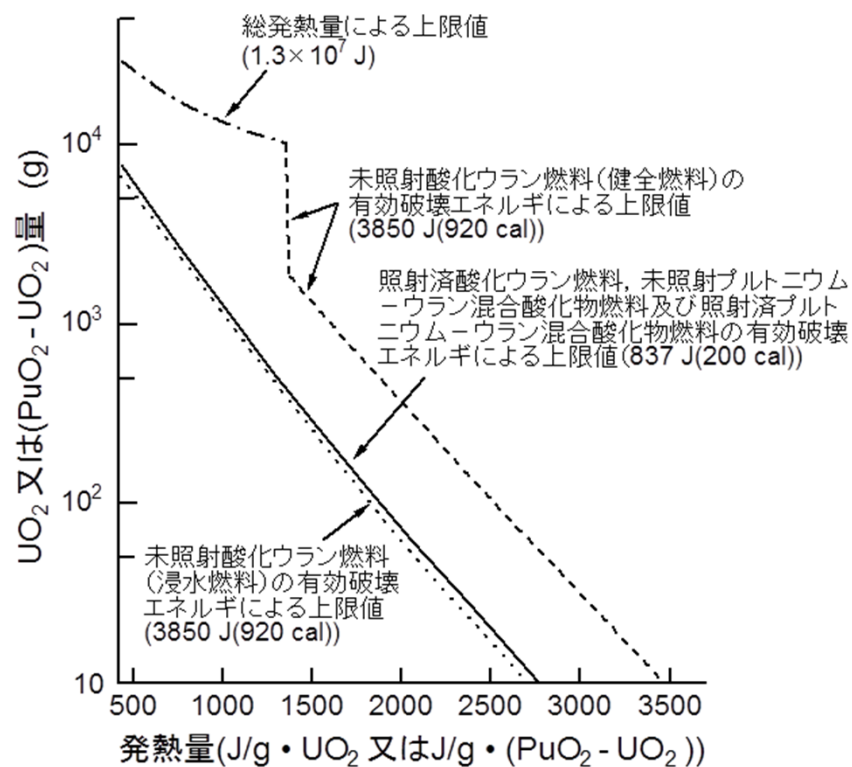
手順② 総発熱量による上限値( $1.3 \times 10^6 \text{J}$ )を超える範囲については以下の式により設定する。

$$\text{UO}_2\text{量(g)} = \frac{\text{総発熱量による上限値(J)}}{\text{発熱量 (J/g} \cdot \text{UO}_2)}$$

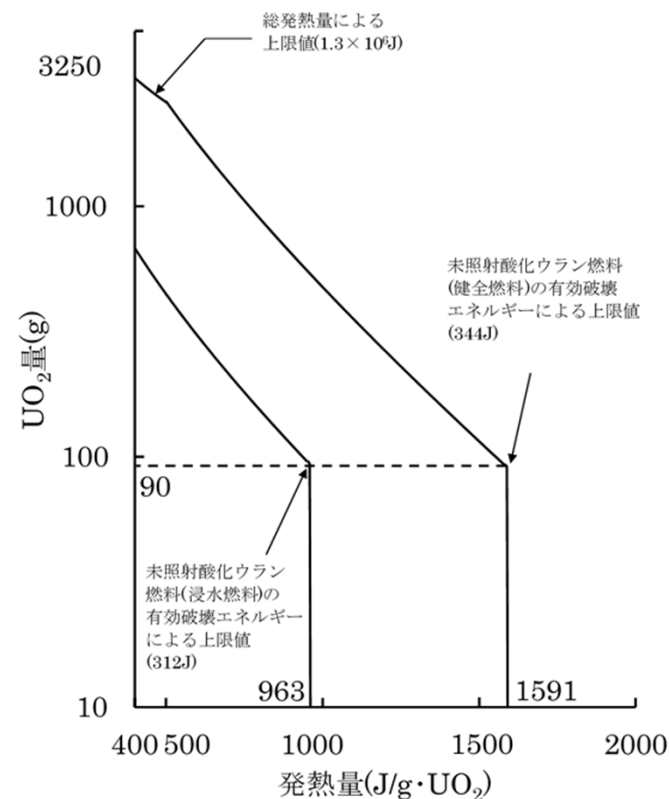
手順③ 発熱量上限値(健全燃料で $1591 \text{J/g} \cdot \text{UO}_2$ ,浸水燃料で $963 \text{J/g} \cdot \text{UO}_2$ )までを実験範囲とする。

I-T型大気圧水カプセルの許容実験条件範囲

I-T型大気圧水カプセルの許容実験条件範囲は原子炉設置変更許可申請書の範囲を満足する。



試験燃料発熱量と( $UO_2$  又は  $(PuO_2 - UO_2)$ )量との関係  
(原子炉設置変更許可申請書添付書類八第10.1.2.3図)



I-T型大気圧水カプセルの許容実験条件範囲  
(設工認申請書)