

周辺公衆への放射線被ばく影響評価に係る評価条件の変更が
評価結果に与える影響の妥当性について

1. はじめに

使用済燃料プールの冷却水が全て喪失した状態を想定した場合の実効線量について、表1に示すとおり使用済燃料の線源強度の設定を現状に即した条件に変更することで実効線量は約7.7 μ Sv/hが約4.0 μ Sv/hとなる。(2020年10月30日ご説明済)

本資料は、評価条件の変更が評価結果に与える影響の妥当性について整理したものである。

表1 使用済燃料の線源強度の設定条件及び実効線量の比較

		変更前 (廃止措置申請時)	変更後 (現状に即した条件)	備考
仕様		9×9燃料	同左	—
燃焼条件		55GWd/t	同左	—
冷却期間		約6年 (2,212日)	9年 (3,285日)	2011年3月11日を 起点に9年に変更
貯蔵体数		1,060体	821体	実際の貯蔵体数821 体に変更
評価 コード	線源強度	ORIGEN2.2	同左	—
	実効線量	QAD-CGGP2R G33-GP2R	同左	—
実効線量		約7.7 μ Sv/h	約4.0 μ Sv/h	—

2. 線源強度及び実効線量への影響

評価条件の変更が線源強度及び実効線量の評価結果に与える影響の妥当性について以下に示す。

(1) 線源強度への影響

評価条件の変更前後のエネルギー群毎の線源強度及び変更前後の線源強度の比率は表2に示すとおりであり、エネルギー群によってその比率は異なっている。

そこで、実効線量への寄与割合が大きいエネルギー群9～11（表3の太枠箇所）に着目し、評価条件の変更の影響を確認する。

エネルギー群9～11の放射性核種毎の存在割合と半減期に基づき計算した減衰率は表4のとおりであり、線源強度の比率（表2の下線箇所）と放射性核種の減衰率（表4の下線箇所）は一致していることから、評価条件の変更が評価結果に与える影響は妥当であると判断できる。

(2) 実効線量の影響

(1)のとおり、使用済燃料の冷却期間を変更することで線源強度が減少する。さらに、実効線量については、使用済燃料の貯蔵体数を変更することによってその体数比（821本/1060本 \approx 0.77）減少することとなる。

評価条件変更前の実効線量に線源強度の比率（表2参照）及び体数比（0.77）を乗じることで得られる概算値（表5の①）と評価条件変更後の実効線量（表5の②）は一致していることから、評価条件の変更が実効線量の評価結果に適切に反映されていることが確認できる。

3. まとめ

使用済燃料の冷却期間と使用済燃料の貯蔵体数の変更が評価結果に与える影響が妥当であると判断できることから、評価条件を変更して得られた約 $4.0\mu\text{Sv/h}$ は妥当であると判断できる。

表2 使用済燃料1バンドル当たりの線源強度の比較

エネルギー群	代表エネルギー (MeV)	冷却期間		比率 (②/①)
		約6年(①)	9年(②)	
1	1.00×10^{-2}	6.6×10^{14}	5.4×10^{14}	0.81
2	2.50×10^{-2}	1.4×10^{14}	1.1×10^{14}	0.78
3	3.75×10^{-2}	1.6×10^{14}	1.3×10^{14}	0.83
4	5.75×10^{-2}	1.3×10^{14}	1.0×10^{14}	0.82
5	8.50×10^{-2}	7.7×10^{13}	6.0×10^{13}	0.78
6	1.25×10^{-1}	6.6×10^{13}	4.9×10^{13}	0.75
7	2.25×10^{-1}	6.4×10^{13}	4.9×10^{13}	0.78
8	3.75×10^{-1}	3.2×10^{13}	2.3×10^{13}	0.71
9	5.75×10^{-1}	1.3×10^{15}	1.0×10^{15}	<u>0.78</u>
10	8.50×10^{-1}	2.5×10^{14}	1.0×10^{14}	<u>0.41</u>
11	1.25×10^0	3.6×10^{13}	2.1×10^{13}	<u>0.59</u>
12	1.75×10^0	9.8×10^{11}	5.5×10^{11}	0.56
13	2.25×10^0	2.9×10^{11}	2.7×10^{10}	0.09
14	2.75×10^0	1.4×10^{10}	2.1×10^9	0.14
15	3.50×10^0	1.9×10^9	2.7×10^8	0.14
16	5.00×10^0	8.9×10^6	8.0×10^6	0.90
17	7.00×10^0	1.0×10^6	9.2×10^5	0.89
18	9.50×10^0	1.2×10^5	1.1×10^5	0.90

表3 評価条件変更前後のエネルギー群毎の実効線量及び寄与割合

エネルギー群	代表エネルギー (MeV)	実効線量 (μ Sv/h)		寄与割合 (%)	
		条件変更前	条件変更後	条件変更前	条件変更後
1	1.00×10^{-2}	—※	—※	—※	—※
2	2.50×10^{-2}	—※	—※	—※	—※
3	3.75×10^{-2}	—※	—※	—※	—※
4	5.75×10^{-2}	1.4×10^{-6}	8.8×10^{-7}	0.00	0.00
5	8.50×10^{-2}	2.5×10^{-4}	1.6×10^{-4}	0.00	0.00
6	1.25×10^{-1}	1.4×10^{-3}	8.1×10^{-4}	0.02	0.02
7	2.25×10^{-1}	1.4×10^{-2}	8.0×10^{-3}	0.17	0.20
8	3.75×10^{-1}	4.2×10^{-2}	2.3×10^{-2}	0.54	0.58
9	5.75×10^{-1}	5.1×10^0	3.1×10^0	66.0	77.1
10	8.50×10^{-1}	2.1×10^0	6.4×10^{-1}	26.4	16.1
11	1.25×10^0	5.1×10^{-1}	2.3×10^{-1}	6.58	5.80
12	1.75×10^0	1.9×10^{-2}	8.2×10^{-3}	0.24	0.21
13	2.25×10^0	6.3×10^{-3}	4.6×10^{-4}	0.08	0.01
14	2.75×10^0	3.3×10^{-4}	3.7×10^{-5}	0.00	0.00
15	3.50×10^0	4.3×10^{-5}	4.8×10^{-6}	0.00	0.00
16	5.00×10^0	1.9×10^{-7}	1.3×10^{-7}	0.00	0.00
17	7.00×10^0	1.8×10^{-8}	1.2×10^{-8}	0.00	0.00
18	9.50×10^0	1.6×10^{-9}	1.1×10^{-9}	0.00	0.00
合計		7.7×10^0	4.0×10^0	100	100

※ 実効線量は 10^{-10} 以下であり非常に小さい値

表4 エネルギー群毎の放射性核種及び冷却期間を
変更したことによる影響（減衰率）

エネルギー群	放射性核種	存在割合（％）		半減期	減衰率※
		冷却期間 約6年	冷却期間 9年		
9	^{106}Rh	1.73	—	29.8s	<u>0.78</u>
	^{134}Cs	25.51	12.26	2.0648y	
	$^{137\text{m}}\text{Ba}$	72.75	87.74	2.552m	
10	^{90}Y	1.32	3.03	64.0h	<u>0.41</u>
	^{106}Rh	0.54	—	29.8s	
	^{134}Cs	91.46	83.97	2.0648y	
	^{154}Eu	6.69	13.00	8.593y	
11	^{90}Y	2.95	4.69	64.0h	<u>0.59</u>
	^{106}Rh	4.66	1.07	29.8s	
	^{134}Cs	41.27	26.22	2.0648y	
	^{144}Pr	0.60	—	17.28m	
	^{154}Eu	50.52	68.01	8.593y	

※ 同一エネルギー群での放射性核種の存在割合と冷却期間を約6年から9年に変更したことによる減衰（半減期）を考慮し計算した値

< 計算例（エネルギー群9の減衰率） >

$$\text{減衰率}_{^{106}\text{Rh}} = 1.73(\%) \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\left(\frac{(3285(d)-2212(d))}{373.59(d)}\right)} \cong 0.002 \quad (1)$$

$$\text{減衰率}_{^{134}\text{Cs}} = 25.51(\%) \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\left(\frac{(3285(d)-2212(d)+365)}{2.0648(y)}\right)} \cong 0.095 \quad (2)$$

$$\text{減衰率}_{^{137\text{m}}\text{Ba}} = 72.75(\%) \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\left(\frac{(3285(d)-2212(d)+365)}{30.1671(y)}\right)} \cong 0.680 \quad (3)$$

$$\text{減衰率}_{\text{エネルギー群9}} = (1) + (2) + (3) = 0.002 + 0.095 + 0.680 \cong 0.78$$

なお、 ^{90}Y の減衰率を算出する際の半減期は親核種 ^{90}Sr の半減期(28.79y)、 ^{106}Rh の減衰率を算出する際の半減期は親核種 ^{106}Ru の半減期(373.59d)、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ の減衰率を算出する際の半減期は親核種 ^{137}Cs の半減期(30.1671y)とした。 $(^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}, ^{106}\text{Ru}-^{106}\text{Rh}, ^{137}\text{Cs}-^{137\text{m}}\text{Ba})$ は放射平衡の状態)

表5 実効線量の概算値と評価値の比較

エネルギー群	代表エネルギー (MeV)	実効線量 ($\mu\text{Sv/h}$)			比率 (②/①)
		条件変更前	概算値(①)	条件変更後 (②)	
1	1.00×10^{-2}	—※	—※	—※	—※
2	2.50×10^{-2}	—※	—※	—※	—※
3	3.75×10^{-2}	—※	—※	—※	—※
4	5.75×10^{-2}	1.4×10^{-6}	8.8×10^{-7}	8.8×10^{-7}	1.0
5	8.50×10^{-2}	2.5×10^{-4}	1.6×10^{-4}	1.6×10^{-4}	1.0
6	1.25×10^{-1}	1.4×10^{-3}	8.1×10^{-4}	8.1×10^{-4}	1.0
7	2.25×10^{-1}	1.4×10^{-2}	8.0×10^{-3}	8.0×10^{-3}	1.0
8	3.75×10^{-1}	4.2×10^{-2}	2.3×10^{-2}	2.3×10^{-2}	1.0
9	5.75×10^{-1}	5.1×10^0	3.1×10^0	3.1×10^0	1.0
10	8.50×10^{-1}	2.1×10^0	6.4×10^{-1}	6.4×10^{-1}	1.0
11	1.25×10^0	5.1×10^{-1}	2.3×10^{-1}	2.3×10^{-1}	1.0
12	1.75×10^0	1.9×10^{-2}	8.2×10^{-3}	8.2×10^{-3}	1.0
13	2.25×10^0	6.3×10^{-3}	4.6×10^{-4}	4.6×10^{-4}	1.0
14	2.75×10^0	3.3×10^{-4}	3.7×10^{-5}	3.7×10^{-5}	1.0
15	3.50×10^0	4.3×10^{-5}	4.8×10^{-6}	4.8×10^{-6}	1.0
16	5.00×10^0	1.9×10^{-7}	1.3×10^{-7}	1.3×10^{-7}	1.0
17	7.00×10^0	1.8×10^{-8}	1.2×10^{-8}	1.2×10^{-8}	1.0
18	9.50×10^0	1.6×10^{-9}	1.1×10^{-9}	1.1×10^{-9}	1.0

※ 実効線量は 10^{-10} 以下であり非常に小さい値

以上