

2018年1月18日

日本原子力発電株式会社

東海第二発電所

使用済燃料乾式貯蔵設備に係る断面積ライブラリ変更の場合の影響について

1. はじめに

東海第二発電所使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「ドライキャスク」という）の許認可において、遮蔽計算に使用した断面積ライブラリ DLG-23/CASK（以下「旧ライブラリ」という）が、最新の MATXSLIB-J33（以下「新ライブラリ」という）と比較して非保守的な場合もあることから、ライブラリを更新した場合の原子炉設置（変更）許可（以下「設置許可」という）等への影響等について以下にまとめる。

2. 経緯

2017年12月18日に非公開にて開催された規制庁殿の「第29回技術情報検討会」の資料が12月20日にHP上で公開されている。当該の資料29-3③「断面積ライブラリによる遮蔽評価結果への影響比較」（以下「資料1」という）には、旧ライブラリの精度が主要原因で、遮蔽解析の一部に約1/2の過小評価が確認された、とされている。

3. ライブラリ変更による影響

設置許可等、許認可上、ドライキャスクの遮蔽に関する評価項目を表1に示す。これらの項目全てに旧ライブラリが使用されており、全ての項目に影響がある。

表1 ドライキャスク許認可における遮蔽評価項目と旧ライブラリ使用

評価項目	ドライキャスク 表面線量率	ドライキャスク 表面から1m 離れた位置 の線量率	ドライキャスク建屋 遮蔽壁外面線 量率	敷地境界外 における 空間線量	竜巻による壁 損傷を考慮し た敷地境界外 空間線量
設置許可 (本文)			基準値のみ記載	基準値のみ記載	
同(添八)	基準値のみ記載	基準値のみ記載	基準値のみ記載	基準値のみ記載	
同(添九)					
同(添十)					
設置許可 (まとめ資料)					○
工認(特認)	○	○	○	○	
旧ライブラリ の使用	○	○	○*	○*	○*

※ 評価には実キャスクの設計を考慮したエネルギースペクトルを用いており、旧ライブラリはこのエネルギースペクトルの算出に用いている。それを元に線源強度としてはドライキャスク表面から1m離れて0.1mSv/hを与えるガンマ線源強度にて、コンクリート遮蔽壁を考慮した直接線量、スカイシャイン線量を計算している。

4. 影響評価

(1) 東海第二のドライキャスク

東海第二のドライキャスクのうち使用前検査に合格しているものには、

- ①ガンマ線の遮蔽材：炭素鋼＋鉛、中性子線の遮蔽材：レジン（日立造船製）
 - ②ガンマ線の遮蔽材：炭素鋼、中性子線の遮蔽材：レジン（日立GE製）
- の2種類がある。

また、使用前検査の内、工場検査だけ合格しているものには、

- ③ガンマ線の遮蔽材：炭素鋼、中性子線の遮蔽材：レジン（東芝製）
- がある。なお、その他工場検査が未合格のものもあるが、①と同タイプである。

(2) 旧ライブラリの傾向

旧ライブラリの傾向としては、資料1より概ね以下を読み取ることができる。

- a. 鉄、炭素鋼に対する中性子線透過を過小評価する。
- b. 鉄、炭素鋼、鉛に対するガンマ線透過は、ほとんど過小評価しない。（鉄、炭素鋼についてはむしろ過大評価する。）
- c. レジンに対する中性子線透過は、少し過小評価する。（a. より絶対値が2桁程度少ない）

(3) 旧ライブラリの影響評価例

遮蔽材として鉛を用いていないドライキャスクの計算例*²（日立GE製。②に近いキャスク）をまとめて表2に示す。計算例においては、旧ライブラリでも新ライブラリでも炭素鋼を鉄100%として計算したケースを比較している。

表面線量率のうち、レジンを透過せず炭素鋼部分のみを透過する局所的なケース（底部）においては、旧ライブラリの炭素鋼における中性子透過への影響（a.）が大きく出ており、40%程度の過小評価（新／旧比最大1.72）があるが、レジンを透過する側部においては中性子透過において差が生じずガンマ線への影響が支配的となり同等（やや過大評価）（側部の新／旧比（合計）1.00）（b.）となっている。

表面から1m離れた位置では、局所的な影響が薄れる傾向にあり、局所的な影響が残る頭部において30%程度の過小評価、側部では同等（やや過大評価）となっている。

*：原子力規制委員会 HP、使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請に関する日立GEニュークリア・エナジー株式会社との面談について（2）、資料4「補足説明資料1-2 HDP-69B(B)型の遮蔽設計に関する説明資料」（Doc No. FRO-TA-0003/REV.0 平成30年1月10日、日立GEニュークリア・エナジー株式会社）

表2 新ライブラリを適用した計算結果(日立GE)

評価点		頭部(局所) [μ Sv/h]			側部 [μ Sv/h]			底部(局所) [μ Sv/h]		
ライブラリ		旧	新	新/旧	旧	新	新/旧	旧	新	新/旧
表面線量率	γ 線	113.0	121.2	1.08	122.8	107.6	0.88	95.2	75.9	0.80
	中性子線	505.2	770.1	1.53	72.7	87.8	1.21	1012.5	1735.1	1.72
	合計	618.2	891.3	1.45	195.5	195.4	1.00	1107.7	1811.0	1.64
表面から1m離れた位置	γ 線	46.3	45.9	1.00	51.7	44.4	0.86	64.1	48.8	0.77
	中性子線	28.7	52.7	1.84	26.2	32.2	1.23	16.2	31.4	1.94
	合計	75.0	98.6	1.32	77.9	76.6	0.99	80.3	80.2	1.00

(4) 東海第二のドライキャスクへの影響予想

(1) 東海第二のドライキャスクのうち①は鉛を用いている分だけ、②・③よりも炭素鋼の使用が少ないと考えられ、炭素鋼の影響が少ないと予想されるため、過小評価はあるものの②・③ほどではないと予想できる。

資料1のp.13にある「新/旧」比について、炭素鋼=1.68、鉄=1.86と炭素鋼のほうが小さい値であることを考慮すると、(3)の計算例は、旧ライブラリでも新ライブラリでも炭素鋼を鉄100%として計算しているの、旧ライブラリで炭素鋼として計算した(1)①に(3)と同様の新/旧比を乗じれば保守的な試算となると考えられる。

(1)②・③については、旧ライブラリで炭素鋼を鉄100%として計算しており、(3)の計算例の新/旧比をそのまま使って試算する。

局所においては(1)①~②とも詳細を確認する必要があるが、全体的な傾向としては、上記のような計算により把握できると考えられる。

また、ドライキャスク建屋の遮蔽壁外面線量率や敷地境界外空間線量については、ガンマ線に対する計算であるため、ライブラリ更新の影響はガンマ線について考慮すれば試算できると考えられる。

上記の考えに基づき、(1)の東海第二のドライキャスクの工認値等が、新ライブラリへ更新した場合どの程度影響を受けるか、以下のとおり概算を試みた。

(1)①の工認値(表面線量率、表面から1m離れた位置)に、表2の新/旧比を乗じた結果を表4-1に、表4-1の結果に遮蔽壁外面線量率等を加えてまとめたものを表4-2に示す。また、(1)②の工認値(表面線量率、表面から1m離れた位置)に、表2の新

／旧比を乗じた結果を表5-1及び5-2に示す。同様に、(1)③について、表6-1及び6-2に示す。(試算値はいずれも切り上げ。「工認値等」には工認値のほか、工認値の元になったメーカ計算値を含む。)

表4-1 工認値等を新ライブラリによる計算値に更新した場合の予測値(日立造船製)

評価点		頭部(局所) [μ Sv/h]			側部 [μ Sv/h]			底部(局所) [μ Sv/h]		
ライブラリ		工認値等	新/旧	試算値	工認値等	新/旧	試算値	工認値等	新/旧	試算値
表面線量率	γ 線	11.0	1.08	11.9	24.1	0.88	21.3	8.1	0.80	6.5
	中性子線	131.4	1.53	201.1	1000.5	1.21	1210.7	405.3	1.72	697.2
	合計	142.4	—	<u>213.0</u>	1024.6	—	<u>1232.0</u>	413.4	—	<u>703.7</u>
表面から1m離れた位置	γ 線	13.9	1.00	13.9	46.7	0.86	40.2	29.3	0.77	22.6
	中性子線	31.4	1.84	57.8	32.5	1.23	40.0	30.7	1.94	59.6
	合計	45.3	—	<u>71.7</u>	79.2	—	<u>80.2</u>	60.0	—	<u>82.2</u>

表4-2 工認値等を新ライブラリによる計算値に更新した場合の予測値(日立造船製)

(表4-1に遮蔽壁外面線量率等を加えたまとめ)

評価項目	ドライキャスク 表面線量率 (mSv/h)	ドライキャスク 表面から1m離れた位置の線 量率(μ Sv/h)	ドライキャスク建屋 遮蔽壁外面線量率	敷地境界外 における 空間線量	竜巻による壁損傷 を考慮した敷地境 界外空間線量
(1)① 日立造船製 工認(特認) 値	0.142(蓋方向) 1.025(半径方向) 0.413(底方向)	45(蓋方向) 79(半径方向) 60(底方向)	0.0014mSv/h	1.5 μ Gy/年	43.8 μ Gy/年 (まとめ資料値)
基準値	2	100	0.006mSv/h, 現行基準は 0.0026mSv/h	50 μ Gy/年	50 μ Gy/年
表3の新/ 旧比(γ / n)	1.08/1.53(蓋部) 0.88/1.21(側部) 0.80/1.72(底部)	1.00/1.84(蓋部) 0.86/1.23(側部) 0.77/1.94(底部)	1.00 *1	1.00 *1	1.00 *1
試算値	0.213(蓋方向) 1.232(半径方向) 0.704(底方向)	72(蓋方向) 81(半径方向) 83(底方向)	0.0014mSv/h	1.5 μ Gy/年	43.8 μ Gy/年 *2

※1 ドライキャスクからの距離は十分1mより大きく、比が小さくなることが予想されるが、保守的に表面から1mの場合の最大値(ガンマ線)と同じ値とした。

※2 他施設の寄与分(約21.5 μ Gy/y)については換算せず元の値とした。

表5-1 エ認値等を新ライブラリによる計算値に更新した場合の予測値(日立GE製)
(日立GE試算値に基づく)

評価点		頭部(局所) [$\mu\text{Sv/h}$]			側部 [$\mu\text{Sv/h}$]			底部(局所) [$\mu\text{Sv/h}$]		
ライブラリ		工認値等	新/旧	試算値	工認値等	新/旧	試算値	工認値等	新/旧	試算値
表面線量率	γ 線	2.6	1.08	2.9	28.8	0.88	25.4	7.4	0.80	6.0
	中性子線	381.8	1.53	584.2	870.3	1.21	1053.1	443.3	1.72	762.5
	合計	384.4	—	<u>587.1</u>	899.1	—	<u>1078.5</u>	450.7	—	<u>768.5</u>
表面から1m離れた位置	γ 線	21.4	1.00	21.4	73.3	0.86	63.1	41.8	0.77	32.2
	中性子線	41.7	1.84	76.8	16.0	1.23	19.7	19.5	1.94	37.9
	合計	63.1	—	<u>98.2</u>	89.3	—	<u>82.8</u>	61.3	—	<u>70.1</u>

表5-2 エ認値等を新ライブラリによる計算値に更新した場合の予測値(日立GE製)
(表5-1のまとめ)

評価項目	ドライキャスク 表面線量率 (mSv/h)	ドライキャスク 表面から1m離れた位置の線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
(1)② 日立GE製工認値	0.385(蓋部) 0.9(側部) 0.451(底部)	64(蓋部) 90(側部) 62(底部)
基準値	2	100
表3の新/旧比 (γ/n)	1.08/1.53(蓋部) 0.88/1.21(側部) 0.80/1.72(底部)	1.00/1.84(蓋部) 0.86/1.23(側部) 0.77/1.94(底部)
試算値	0.588(蓋部) 1.079(側部) 0.769(底部)	99(蓋部) 83(側部) 71(底部)

表6-1 エ認値等を新ライブラリによる計算値に更新した場合の予測値(東芝製)
(日立GE試算値に基づく)

評価点		頭部(局所) [$\mu\text{Sv/h}$]			側部 [$\mu\text{Sv/h}$]			底部(局所) [$\mu\text{Sv/h}$]		
ライブラリ		工認値等	新/旧	試算値	工認値等	新/旧	試算値	工認値等	新/旧	試算値
表面線量率	γ 線	12.9	1.08	14.0	33.8	0.88	29.8	1.77	0.80	1.42
	中性子線	317	1.53	486	1570	1.21	1900	262	1.72	451
	合計	330	—	<u>500</u>	1610	—	<u>1930</u>	263	—	<u>453</u>
表面から1m離れた位置	γ 線	6.80	1.00	6.80	67.7	0.86	58.3	25.0	0.77	19.3
	中性子線	35.5	1.84	65.4	17.9	1.23	22.1	24.9	1.94	48.4
	合計	42.3	—	<u>72.2</u>	85.7	—	<u>80.4</u>	49.9	—	<u>67.7</u>

表6-2 エ認値等を新ライブラリによる計算値に更新した場合の予測値(東芝製)
(表6-1のまとめ)

評価項目	ドライキャスク 表面線量率 (mSv/h)	ドライキャスク 表面から1m離れた位置の線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
(1)② 東芝製工認値	0.330(蓋部) 1.605(側部) 0.263(底部)	42(蓋部) 86(側部) 50(底部)
基準値	2	100
表3の新/旧比 (γ/n)	1.08/1.53(蓋部) 0.88/1.21(側部) 0.80/1.72(底部)	1.00/1.84(蓋部) 0.86/1.23(側部) 0.77/1.94(底部)
試算値	0.500(蓋部) 1.930(側部) 0.453(底部)	73(蓋部) 81(側部) 68(底部)

(5) 影響評価のまとめ

表5のとおり、いずれの換算値も基準値を超えていないことから、旧ライブラリを新ライブラリに更新した場合においても、基準を満足すると予想する。

以上