

第4回検討チーム会合（2022.10.27）での説明時における質問等に対する回答

2022年12月12日  
（一社）日本原子力学会  
標準委員会

1. 起源原元素の四次スクリーニングに関する質問

資料4-2 別紙1 最大放射能濃度の計算の手順（起源原元素の四次スクリーニング）に  
関して

中性子スペクトルの差異によって、（同じ元素組成の場合において）核種生成比の差異は生じるのでしょうか？

（起源原元素の四次スクリーニングに関するご質問ですが、放射化による核種生成比への中性子条件の影響の基本的な質問（想定されるスペクトルの変動範囲においてスクリーニングの足切り（0.01%）付近の元素が入れ替わったりする可能性があるのか）と考えられます。

中性子スペクトルの核種生成比への影響ですが、想定されるスペクトルの変動範囲においてスクリーニングの足切り（0.01%）付近の元素が入れ替わる可能性はあると考えられます。その理由は、同じ中性子フルエンス率であったとしても中性子スペクトルが異なれば、微量ですが核種毎の生成量が異なるためです。現状、想定されるスペクトルの変動範囲における核種生成比への影響を確認した評価結果がないため、以下のとおり、可能な範囲で概略で影響検討を実施しています。

本標準では起源元素のスクリーニングにおける中性子スペクトルとして PWR の代表的な炉心のスペクトルで縮約されたライブラリ（PWR41J33）を用いています。

スペクトルの変動範囲を考慮した影響につきましては、現状評価結果がないため、公開されているスペクトル変動のデータとして、「JENDL-3.3に基づく ORIGEN2 用断面積ライブラリセット」（JAEA-Data/Code2004-015）に収録されているライブラリを用いて、影響を概略確認します。上記のライブラリから表1に示す濃縮度やボイド率が異なるスペクトル（図1参照）を考慮した1群断面積の値を用いて、PWR41J33の1群断面積の値に対する変動幅より、例として、G.7表への影響を確認します。

表 G.7—四次スクリーニング評価結果例（生成比の評価による除外）（ZrTN804D の例）

起源元素	評価対象核種に対する各起源元素の生成比(%)									
	<sup>14</sup> C	<sup>36</sup> Cl	<sup>60</sup> Co	<sup>63</sup> Ni	<sup>90</sup> Sr	<sup>94</sup> Nb	<sup>98</sup> Tc	<sup>129</sup> I	<sup>137</sup> Cs	全α
C	0.001 92 (△)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N	99.892 43 (◎)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
O	0.105 55 (◎)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	0.000 09 (△)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	0.315 68 (◎)	—	—	—	—	—	—	—	—
Cl	—	99.522 14 (◎)	—	—	—	—	—	—	—	—
K	—	0.162 18 (◎)	—	—	—	—	—	—	—	—
V	—	—	3.9 ×10 <sup>-11</sup> (△)	—	—	—	—	—	—	—
Cr	—	—	0.000 02 (△)	—	—	—	—	—	—	—
Mn	—	—	0.002 08 (△)	9.4 ×10 <sup>-8</sup> (△)	—	—	—	—	—	—
Fe	—	—	7.448 93 (◎)	0.002 33 (△)	—	—	—	—	—	—
Co	—	—	84.665 31 (◎)	0.263 75 (◎)	—	—	—	—	—	—
Ni	—	—	7.866 83 (◎)	96.703 82 (◎)	—	—	—	—	—	—
Cu	—	—	0.016 84 (○)	3.027 05 (◎)	—	—	—	—	—	—
Zn	—	—	7.0 ×10 <sup>-9</sup> (△)	0.003 06 (△)	—	—	—	—	—	—
Zr	—	—	—	—	69.35700 (◎)	0.042 94 (○)	98.644 23 (◎)	—	—	—
Nb	—	—	—	—	0.00004 (△)	99.956 25 (◎)	0.001 82 (△)	—	—	—
Mo	—	—	—	—	5.5 ×10 <sup>-7</sup> (△)	0.000 81 (△)	1.173 01 (◎)	—	—	—
Th	—	—	—	—	16.92316 (◎)	—	0.041 38 (○)	32.975 36 (◎)	28.850 47 (◎)	1.766 28 (◎)
U	—	—	—	—	13.71980 (◎)	—	0.139 56 (◎)	67.024 64 (◎)	71.149 53 (◎)	98.233 72 (◎)
合計	100.000 00	100.000 00	100.000 00	100.000 00	100.000 00	100.000 00	100.000 00	100.000 00	100.000 00	100.000 00

注記1 生成比は、評価対象核種ごとに、各起源元素0.001kg当たりの生成量 (Bq) (表G.3) ×推定存在濃度 (%) (表G.6) を算定したものである。

注記2 生成比の右欄 (括弧内) は、生成比の程度を、"◎ : 0.1%以上", "○ : 0.01%以上", "△ : 0.01%未満" で示した。

表 1 スペクトル変動範囲を考慮した影響確認に用いたライブラリ

ライブラリ	代表燃料
PWR34J33.LIB	PWR 17×17, UO <sub>2</sub> 燃料, U235 濃縮度 3.4wt%UO <sub>2</sub> 燃料
PWR41J33.LIB	PWR 17×17, UO <sub>2</sub> 燃料, U235 濃縮度 4.1wt%UO <sub>2</sub> 燃料
PWR47J33.LIB	PWR 17×17, UO <sub>2</sub> 燃料, U235 濃縮度 4.7wt%UO <sub>2</sub> 燃料
BS200J33.LIB	BWR,STEP II, UO <sub>2</sub> 燃料,0%ボイド率
BS240J33.LIB	BWR,STEP II, UO <sub>2</sub> 燃料,40%ボイド率
BS270J33.LIB	BWR,STEP II, UO <sub>2</sub> 燃料,70%ボイド率

出典: 片山純一他「JENDL-3.3に基づく ORIGEN2 用断面積ライブラリセット」JAEA-Data/Code2004-015

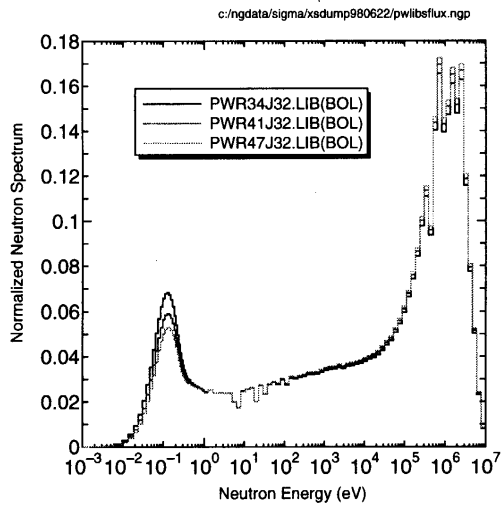


Fig. 3.1 Neutron Spectrum of PWR

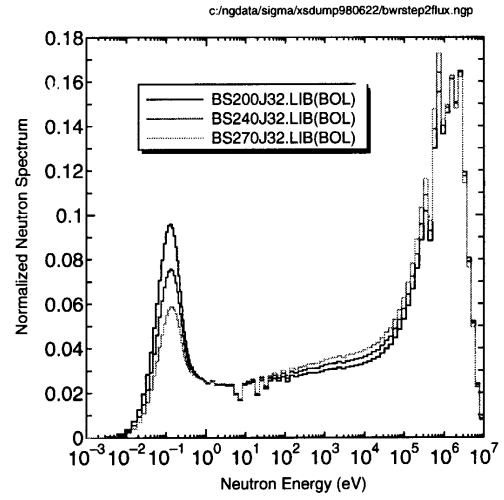


Fig. 3.3 Neutron Spectrum of BWR (STEP-2)

図1 スペクトル変動範囲を考慮した影響確認に用いたスペクトル

出典：須山賢也他「JENDL-3.2に基づく ORIGEN2 用ライブラリ：ORLIBJ32」JAERI-Data/Code99-003

「表 G.7 の四次スクリーニング評価例（生成比の評価による除外）（ZrTN804D の例）」の生成核種に対する生成反応の各種ライブラリの 1 群断面積の値について、表 2 に整理し、スクリーニングで用いたライブラリ（PWR41J33）に対する比（最大、最小）を右端の欄に示します。

表 2 の PWR41J33 に対する比（最大、最小）をもとに、スクリーニングの足切り（0.01%）付近の元素が入れ替わったりしないかどうかを以下のとおり確認します。

現状スクリーニングの足切りとなっている”△”の元素（0.01%未満）の核種生成比が最大となるように（PWR41J33 に対する比の最大を採用し）、それ以外の”◎”（0.1%以上）、”○”（0.01%以上）の元素の核種生成比は最小となるように（PWR41J33 に対する比の最小を採用し）、表 G.7 の核種生成比を補正処理すると、表 3 に示すとおりです。表 3 を G.7 表と比較すると、スペクトル（1 群断面積）の変動により若干の核種生成比が変動しますが、”△”の元素（0.01%未満）が新たに”○”（0.01%以上）に上がってくることはないことを確認しています。

逆に、現状スクリーニングで抽出されている”○”の元素（0.01%以上）の核種生成比が最小となるように（PWR41J33 に対する比の最小を採用し）、それ以外の”◎”（0.1%以上）、”△”（0.01%未満）の元素の核種生成比は最大となるように（PWR41J33 に対する比の最大を採用し）、表 G.7 の核種生成比を補正処理すると、表 4 に示すとおりとなり、G.7 表との比較から、”○”（0.01%以上）の元素が、新たに”△”の元素（0.01%未満）になることはないことを確認しています。

表 2 表 G.7 の生成核種に対する生成反応の各種ライブラリの 1 群断面積の値の整理

生成核種	起源元素	生成反応	ライブラリ						PWR41J33に対する比		
			BS200J33	BS240J33	BS270J33	PWR34J33	PWR41J33	PWR47J33	max	min	
C-14	C	C-13 (n, $\gamma$ )	1.083E-04	1.083E-04	1.083E-04	1.048E-04	1.048E-04	1.048E-04	1.03	1.00	
	N	N-14 (n, p)	2.143E-01	1.765E-01	1.442E-01	1.666E-01	1.483E-01	1.358E-01	1.45	0.92	
	Na	Na-23 (n, $\alpha$ )	2.597E-04	2.514E-04	2.402E-04	2.456E-04	2.518E-04	2.563E-04	1.03	0.95	
	O	O-17 (n, $\alpha$ )	2.229E-02	2.229E-02	2.229E-02	2.159E-02	2.159E-02	2.159E-02	1.03	1.00	
Cl-36	S	S-34 (n, $\gamma$ )	2.462E-02	1.998E-02	1.602E-02	1.878E-02	1.651E-02	1.496E-02	1.49	0.91	
	Cl	Cl-35 (n, $\gamma$ )	4.021E+00	4.021E+00	4.021E+00	3.897E+00	3.897E+00	3.897E+00	1.03	1.00	
	K	K-39 (n, $\alpha$ )	1.376E-02	1.339E-02	1.288E-02	1.312E-02	1.338E-02	1.358E-02	1.03	0.96	
Co-60	V	V-51 (n, $\gamma$ )	4.761E-01	4.761E-01	4.761E-01	4.612E-01	4.612E-01	4.612E-01	1.03	1.00	
	Cr	Cr-52 (n, $\gamma$ )	8.964E-02	7.390E-02	6.051E-02	6.989E-02	6.210E-02	5.681E-02	1.44	0.91	
		Cr-53 (n, $\gamma$ )	1.943E+00	1.580E+00	1.270E+00	1.486E+00	1.307E+00	1.186E+00	1.49	0.91	
		Cr-54 (n, $\gamma$ )	3.886E-02	3.184E-02	2.586E-02	3.003E-02	2.658E-02	2.423E-02	1.46	0.91	
	Mn	Mn-55 (n, $\gamma$ )	1.636E+00	1.369E+00	1.142E+00	1.302E+00	1.169E+00	1.078E+00	1.40	0.92	
	Fe	Fe-56 (n, $\gamma$ )	2.910E-01	2.378E-01	1.924E-01	2.241E-01	1.979E-01	1.801E-01	1.47	0.91	
		Fe-57 (n, $\gamma$ )	2.807E-01	2.305E-01	1.877E-01	2.177E-01	1.929E-01	1.760E-01	1.46	0.91	
		Fe-58 (n, $\gamma$ )	1.659E-01	1.406E-01	1.191E-01	1.344E-01	1.216E-01	1.129E-01	1.36	0.93	
	Co	Co-59 (n, $\gamma$ )	2.604E+00	2.293E+00	2.027E+00	2.223E+00	2.059E+00	1.947E+00	1.26	0.95	
	Zn	Zn-64 (n, $\alpha$ )	1.407E-06	1.407E-06	1.407E-06	1.363E-06	1.363E-06	1.363E-06	1.03	1.00	
	Ni	Ni-61 (n, 2n)	4.374E-04	4.228E-04	4.034E-04	4.127E-04	4.231E-04	4.306E-04	1.03	0.95	
		Ni-60 (n, p)	7.783E-04	7.570E-04	7.269E-04	7.412E-04	7.599E-04	7.733E-04	1.02	0.96	
Cu	Cu-63 (n, $\alpha$ )	1.960E-04	1.906E-04	1.831E-04	1.866E-04	1.913E-04	1.947E-04	1.02	0.96		
Ni-63	Co	Co-60 (n, $\gamma$ )	2.769E-01	2.769E-01	2.769E-01	2.676E-01	2.676E-01	2.676E-01	1.03	1.00	
		Ni-61 (n, $\gamma$ )	3.194E-01	2.710E-01	2.302E-01	2.592E-01	2.347E-01	2.181E-01	1.36	0.93	
	Ni	Ni-62 (n, $\gamma$ )	1.573E+00	1.280E+00	1.030E+00	1.205E+00	1.060E+00	9.622E-01	1.48	0.91	
	Cu	Cu-63 (n, p)	8.318E-03	8.204E-03	8.003E-03	8.064E-03	8.267E-03	8.414E-03	1.02	0.97	
	Zn	Zn-66 (n, $\alpha$ )	1.936E-06	1.936E-06	1.936E-06	1.876E-06	1.876E-06	1.876E-06	1.03	1.00	
Sr-90	Nb	Nb-93 (n, $\alpha$ )	2.742E-05	2.679E-05	2.586E-05	2.626E-05	2.692E-05	2.740E-05	1.02	0.96	
		Mo Zr	Zr-90 (n, $\gamma$ )	8.819E-03	9.081E-03	9.365E-03	9.206E-03	9.287E-03	9.348E-03	1.01	0.95
			Zr-91 (n, $\gamma$ )	3.240E-01	3.113E-01	3.016E-01	3.109E-01	3.019E-01	2.958E-01	1.07	0.98
			Mo-95 (n, $\alpha$ )	5.261E-04	5.229E-04	5.148E-04	5.155E-04	5.284E-04	5.377E-04	1.02	0.97
			Zr-92 (n, $\gamma$ )	5.029E-02	4.734E-02	4.505E-02	4.682E-02	4.512E-02	4.399E-02	1.11	0.97
	Zr-93 (n, $\alpha$ )	8.213E-06	8.020E-06	7.737E-06	7.860E-06	8.058E-06	8.201E-06	1.02	0.96		
	Th	Th-232 (n, f)	2.604E-02	2.576E-02	2.521E-02	2.533E-02	2.597E-02	2.643E-02	1.02	0.97	
U	U-235 (n, f)	5.983E+01	4.880E+01	3.942E+01	4.606E+01	4.058E+01	3.685E+01	1.47	0.91		
Nb-94	Zr	Zr-94 (n, $\gamma$ )	1.878E-02	1.867E-02	1.870E-02	1.875E-02	1.858E-02	1.848E-02	1.01	0.99	
		Nb-95 (n, 2n)	7.942E-04	7.676E-04	7.324E-04	7.493E-04	7.681E-04	7.818E-04	1.03	0.95	
	Nb	Nb-93 (n, $\gamma$ )	3.214E-01	3.184E-01	3.173E-01	3.210E-01	3.163E-01	3.130E-01	1.02	0.99	
	Mo	Mo-94 (n, p)	1.167E-04	1.134E-04	1.088E-04	1.110E-04	1.138E-04	1.158E-04	1.03	0.96	
Tc-99	Zr Nb Mo	Zr-96 (n, $\gamma$ )	1.701E-01	1.811E-01	1.911E-01	1.863E-01	1.892E-01	1.912E-01	1.01	0.90	
		Mo-97 (n, $\gamma$ )	7.101E-01	6.997E-01	6.930E-01	7.038E-01	6.920E-01	6.838E-01	1.03	0.99	
		Nb-94 (n, $\gamma$ )	4.672E+00	4.459E+00	4.250E+00	4.430E+00	4.276E+00	4.163E+00	1.09	0.97	
		Mo-95 (n, $\gamma$ )	4.444E+00	4.300E+00	4.163E+00	4.320E+00	4.205E+00	4.121E+00	1.06	0.98	
		Mo-96 (n, $\gamma$ )	5.572E-01	5.755E-01	5.918E-01	5.871E-01	5.890E-01	5.898E-01	1.00	0.95	
	Mo-98 (n, $\gamma$ )	2.090E-01	2.186E-01	2.274E-01	2.236E-01	2.256E-01	2.267E-01	1.01	0.93		
	Th	Th-232 (n, f)	2.604E-02	2.576E-02	2.521E-02	2.533E-02	2.597E-02	2.643E-02	1.02	0.97	
U	U-235 (n, f)	5.983E+01	4.880E+01	3.942E+01	4.606E+01	4.058E+01	3.685E+01	1.47	0.91		

表 3 表 G.7 に対するスペクトルの変動を考慮した影響  
 (表 G.7 にて”△” (0.01%未満) となっている元素の核種生成比を最大となるよう補正)

起源元素	評価対象核種に対する各起源元素の生成比(%)						
	<sup>14</sup> C	<sup>36</sup> Cl	<sup>60</sup> Co	<sup>63</sup> Ni	<sup>90</sup> Sr	<sup>94</sup> Nb	<sup>99</sup> Tc
C	0.00217 (△)						
N	99.88247 (◎)						
O	0.11526 (◎)						
Na	0.00011 (△)						
S		0.28614 (◎)					
Cl		99.55768 (◎)					
K		0.15617 (◎)					
V			4.3E-11 (△)				
Cr			0.00003 (△)				
Mn			0.00308 (△)	1.4E-07 (△)			
Fe			7.18424 (◎)	0.00376 (△)			
Co			84.84658 (◎)	0.26944 (◎)			
Ni			7.94899 (◎)	96.50183 (◎)			
Cu			0.01708 (○)	3.22149 (◎)			
Zn			7.7E-09 (△)	0.00347 (△)			
Zr					69.51229 (◎)	0.04138 (○)	98.63921 (◎)
Nb					0.00004 (△)	99.95778 (◎)	0.00221 (△)
Mo					6.5E-07 (△)	0.00084 (△)	1.17295 (◎)
Th					17.33843 (◎)		0.04468 (○)
U					13.14924 (◎)		0.14096 (◎)
合計	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000

注) 生成比の右欄(カッコ内)は、生成比の程度を、「◎: 0.1%以上」、「○: 0.01%以上」、「△: 0.01%未満」で示した。

注) 評価対象核種の I-129、Cs-137、全αは、Th、Uからのみ生成するため、本表からは除外した。

注) 表 2 の PWR41J33 に対する比(最大、最小)をもとに、表 G.7 の四次スクリーニングの結果、△となった元素の核種生成比は最大となるように、◎、○となった元素の核種生成比は最小となるよう、補正処理した。

表 4 表 G.7 に対するスペクトルの変動を考慮した影響  
 (表 G.7 にて”○” (0.01%以上) となっている元素の核種生成比を最小となるよう補正)

起源元素	評価対象核種に対する各起源元素の生成比(%)						
	<sup>14</sup> C	<sup>36</sup> Cl	<sup>60</sup> Co	<sup>63</sup> Ni	<sup>90</sup> Sr	<sup>94</sup> Nb	<sup>99</sup> Tc
C	0.00137 (△)						
N	99.92312 (◎)						
O	0.07544 (○)						
Na	0.00007 (△)						
S		0.45559 (◎)					
Cl		99.38300 (◎)					
K		0.16141 (◎)					
V			3.2E-11 (△)				
Cr			0.00002 (△)				
Mn			0.00230 (△)	9.0E-08 (△)			
Fe			8.68058 (◎)	0.00233 (△)			
Co			84.85902 (◎)	0.24425 (◎)			
Ni			6.44531 (◎)	97.65474 (◎)			
Cu			0.01277 (○)	2.09653 (◎)			
Zn			5.7E-09 (△)	0.00215 (△)			
Zr					67.36441 (◎)	0.04030 (○)	98.60070 (◎)
Nb					0.00003 (△)	99.95889 (◎)	0.00182 (△)
Mo					5.4E-07 (△)	0.00082 (△)	1.17249 (◎)
Th					15.00840 (◎)		0.03675 (○)
U					17.62716 (◎)		0.18824 (◎)
合計	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000

注) 生成比の右欄(カッコ内)は、生成比の程度を、「◎: 0.1%以上」、「○: 0.01%以上」、「△: 0.01%未満」で示した。

注) 評価対象核種の I-129、Cs-137、全αは Th、U からのみ生成するため、本表からは除外した。

注) 表 2 の PWR41J33 に対する比(最大、最小)をもとに、表 G.7 の四次スクリーニングの結果、○となった元素の核種生成比を最小となるように、◎、△となった元素の核種生成比は最大となるよう、補正処理した。

2. CBの最大放射能濃度の評価における学会計算例と実機（特定のプラント）での評価の違い

資料4-2 別紙1 最大放射能濃度の計算の手順の比較に関して  
 別紙1に示されている手順に関して、実際のプラントAのチャンネルボックスはどういうもので、そのCBに対して適用する計算手順が知りたかったが、説明された学会の手順は、入力値を仮定した方法の例なのか、それとも実際のプラントを対象にした例なのかははっきりしなかった。

実際のプラントを対象にした入力条件での一例である。なお、その結果の汎用性は下記の理由により、高いと考える。

1. チャンネルボックスの基本仕様

BWRで使用されている燃料集合体に装着されるチャンネルボックス（CB）は、表-1に示すに示すように、全長約4.2 m、板厚約2~3 mm、内寸約130 mmの正方断面であるジルカロイ製の長尺角管で、BWR燃料集合体（表-2参照、燃料集合体にはプラント間の差異がある）の外側に取付けられる機材であり、プラント間の差異は小さい。  
 なお、詳細には、CBには表-1に示す種類区分があるが、その違いは小さい。

表-1 CBの基本仕様

	材質	板厚	全長	内寸
種類	ジルカロイ-4	下記の3種類 2.03 mm (80mil) 2.54 mm (100mil) 3.05 mm (120mil)	4,118 mm ~ 4,246 mm の間で6種類	132.46 mm 134.06 mm の2種類
公差	—	±0.07 mm	+1/-2 mm	±0.25 mm

1mil=0.0254mm

出典：燃料チャンネルの機能及び製造方法，神戸製鋼技報/Vol. 53 No. 3 (Dec. 2003)

表-2 CBが装着されるBWR燃料集合体の種類

配列		8×8 (STEP1)	8×8 (STEP2)	9×9 (TypeA)	9×9 (TypeB)
燃焼度 (GWd/t)	平均	33	39	45	45
	最大	40	50	55	55
燃料ペレット (%TD)		95	97	97	97
燃料被覆管径(mm)		12.3	12.3	11.2	11.0
燃料棒 (バンドル当たり)		62	60	74	72

出典：BWR 高燃焼度9×9型燃料信頼性実証，日本原子力学会和文論文誌，Vol. 7, No. 4, p. 380 □ 395 (2008)



## 2. 学会標準の手順と特定プラントの手順の内容の違い

検討チームで配布した資料 4-2 に示す手順は、実際の BWR プラントの条件を評価対象として、収集及び評価された入力条件を踏まえた手順、計算結果となっており、特定のプラントに対する条件の設定方法と比較する形で、資料 4-2 に示す手順・条件の汎用性と共に、表-3 に示した。

放射化計算に適用する入力条件は、表-3 に示すように、中性子条件以外は、プラント共通条件として、適用できるものであるが、中性子条件に関しては、炉規模、燃料仕様に応じた中性子条件の評価計算及び設定が必要となる。

表-3 チャンネルボックス (CB) の最大放射能濃度の評価における学会計算例と実機 (特定のプラント) での評価の違い

	元素条件	中性子条件	照射条件
学会標準での計算例の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>CB 本体の使用材料であるジルカロイ 4 の原子力仕様品から採取・分析した元素分析結果及び文献データ (S 及び Cu のみ適用) を使用して、元素濃度分布 (平均、標準偏差) を設定して、分布からランダム抽出によって、放射計算用の元素データ 40 点を決定した。</li> <li>元素濃度分布の設定結果は、附属書 I の表 I.9 に示す。</li> <li>決定した元素濃度の結果は、表 I.17 に示す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中性子条件は、110 万 kW 級の原子炉 (9×9 燃料 (TypeA) ) の平衡炉心を想定した条件下で、CB の軸方向位置を 1 (炉心下部) から 24 (有効燃料部上端) に分割し、各位置での炉心中央部及び最外周部の熱中性子フルエンス率の軸方向分布を単位燃料集合体核特性計算コードによって計算した上で、評価位置 (軸方向及び径方向) をランダム抽出することによって設定し、放射計算用の中性子データ 40 点を決定した。</li> <li>炉内の中性子分布などの設定結果は、附属書 G の図 G.5~G.7 に示す。</li> <li>決定した中性子条件の結果は、表 I.18 に示す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実際に使用された 13,000 体の CB の照射記録 (燃焼度と比出力) を踏まえて、照射時間分布 (平均、標準偏差) を評価・設定し、ランダム抽出によって、放射計算用の照射時間 40 点を決定した。</li> <li>照射時間分布設定結果は、附属書 I の表 I.14 に示す。</li> <li>決定した照射時間の結果は、表 I.18 に示す。</li> </ul>
特定のプラントの場合の設定 (将来適用)	<p>①上記で設定した元素濃度分布 (平均、標準偏差) を使用して、ランダム抽出によって、放射計算用の元素データを決定する。</p> <p>注記 必要データ数に達していない元素は今後取得する。</p>	<p>①評価対象とする特定のプラント炉の構造、比出力及び炉心燃焼度を計算条件として、炉内軸方向、径方向位置の中性子フルエンス率の分布などを中性子輸送計算によって決定し、評価位置をランダム抽出することによって、放射計算用の中性子データを決定する。(プラント区分ごとに実施する必要がある)</p>	<p>①上記で設定した照射時間分布設定結果を使用する。</p> <p>又は</p> <p>②特定のプラントで使用された CB 照射記録を踏まえた照射時間分布を設定し、ランダム抽出によって、放射計算用の照射データを決定する。</p>
学会条件の汎用性	<p>CB 本体の使用材料 (ジルカロイ 4) は、プラント共通の条件であり、かつ、原子力仕様品から採取・分析した結果は、プラント共通条件として適用できる。</p>	<p>実際の評価対象とする特定のプラントの中性子の個別条件を考慮して評価する必要がある。</p> <p>なお、110 万 kW 級の原子炉 (東通 1 号、柏崎刈羽 3 及び 5 号、浜岡 4 号、東海第二) に関しては、学会条件が適用できると考えられる。</p> <p>ただし、濃度比法に関しては、中性子条件の影響が小さいことを把握している。</p>	<p>照射時間の実態調査の対象範囲を広く考慮した方が、ばらつきなどを大きく設定できるため、プラント共通条件として適用できる。</p> <p>なお、実際の評価対象とする特定のプラントの照射時間の調査結果による評価もできる。</p>

注記：平衡炉心 (平衡サイクル)：原子炉内の核燃料は運転が進むにつれ燃焼するので、定期的に燃料を交換する (ほぼ 1 年ごとに、BWR で約 1/4 づつ、PWR で 1/3 づつ新燃料に取り替えられる)。燃料の取替えが何回も進むと、取替える燃料の濃縮度がほぼ一定となり炉心特性がほぼ一定となった状態になる。これを平衡炉心という。

### 3. 起源元素濃度の設定における保守性について

#### 附属書 I の表 I.17 及び表 I.18 に示される起源元素の設定値に対するご意見

質量分率で示されている設定元素濃度は、主要な起源元素だけの集積値で 100 % を超える設定値が多数あるが、本来、元素濃度は合計 100 % での割り振りで設定しないと、入力条件としては信頼性があるとは言えない。

放射化計算に適用する起源元素の濃度に関しては、材料試料のサンプリング・分析データに基づき、かつ、保守性を考慮して設定している。

さらに、起源元素の濃度の設定において、非対象元素分をあらかじめ除外した割合での設定などの非保守的な設定も行っていない。

このため、放射能濃度の計算評価の入力用起源元素の濃度の集積値が、主要起源元素だけで 100 % を超える場合があるが、目的が必ずしも真値を求めるものではなく、最大放射能濃度を超えないことを放射化計算によって確認することにあることから、保守性が含まれる形で評価することに対しては、問題はないと考えられる。

特に、放射能濃度の分布を用いる「濃度分布評価法」及び放射能濃度と燃焼度との比を用いる「換算係数」は、設定した保守性がそのまま、放射能濃度の評価結果の保守性に結び付く形となる。なお、保守性がより大きくなることまでを求めるものではないが、過小評価にならないことが重要と考える。

一方、「濃度比法」に関しては、評価対象核種の放射能濃度と Key 核種の放射能濃度との相関性を利用した濃度比を用いて評価するため、分母に当たる Key 核種の放射能濃度の保守性を非常に大きく取るおそれがある場合（例えば、分析結果に ND 値しか得られなかった場合）の Key 核種の起源元素の放射能濃度分布の平均濃度の設定には、過度の保守性が加わらないよう考慮する必要があるが、濃度比は最終的に下式及びそれぞれの評価条件に示すように、結果として、非保守的な評価とはならないと考えられる。

$$\text{評価対象核種濃度} = \text{濃度比} \left( \frac{\text{評価対象核種濃度}}{\text{Key核種濃度}^{1)}} \right) \times \text{Key核種濃度}^{2)}$$

注 1) サンプリング分析による Key 核種の起源元素を用いて評価した Key 核種濃度

注 2) 下記のいずれかの方法で評価又は測定した Key 核種濃度

- 放射化計算で評価した Key 核種濃度を乗じる場合：  
Key 核種濃度と同じ保守性が加わるため、濃度比算出時に、分母（Key 核種濃度）に加わった保守性は無くなると考えられる。
- 非破壊測定で求めた Key 核種濃度を乗じる場合：  
分析によっても得られなかった場合の ND 値以上の過大評価が測定値に加わるため、結果として、非保守的な評価にはならないと考えられる。