

「代表的」の説明

本文

章				規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射エネルギーを評価する場合	左記以外
5 放射能濃度決定方法	5.2 理論的方法	5.2.2 点推定法	理論計算法の種類	<p>一点推定法 放射化金属等の特定の部位, 又は代表的な部位の放射能濃度を計算するために適用する方法。</p> <p>— 区間推定法点 推定法を発展させた方法で, 同様の廃棄物特性, 照射状態にあった放射化金属等に適用できる。代表的な放射能濃度の分布又は範囲の評価によって, 対象物の平均放射能濃度などを計算する方法である。</p>	<p>点推定法:(代表的な部位の放射能濃度)</p> <p>放射能濃度が最も高いと想定される位置、例えば、PWR 制御棒先端部</p> <p>区間推定法:(代表的な放射能濃度の分布)</p> <p>入力条件範囲を網羅したランダムサンプリングによって設定された入力条件で計算された放射能濃度の分布(「平均値+3σ濃度」、「99%信頼上限算術平均濃度比、換算係数を適用して評価した放射能濃度」)</p>	<p>点推定法:</p> <p>左記の放射能濃度を評価する位置を適用</p> <p>区間推定法:</p> <p>入力条件範囲を網羅したランダムサンプリングによって設定された入力条件で計算された放射能濃度の分布(分布の平均濃度、幾何平均濃度比を適用した放射能濃度)</p>	
5 放射能濃度決定方法	5.2 理論的方法	5.2.3 区間推定法	5.2.3.1 区間推定法の種類	<p>中性子条件及び照射条件は, 評価対象とする放射化金属等の炉内の物理的配置によって定まる中性子フルエンス率に依存するため, 放射化金属等全体の放射能濃度は, “特定の放射化金属等の全体に対する中性子照射”を網羅する中性子条件によって, 特定の放射化金属等に関する放射化計算を繰り返すことで評価できる。この方法は, 代表的又は平均的な値及び分布を提供する。</p>	<p>代表的な値及び分布:</p> <p>入力条件範囲を網羅したランダムサンプリングによって設定された入力条件で計算された放射能濃度の分布及びこの分布から設定した「平均値+3σ濃度」、「99%信頼上限算術平均濃度比、換算係数を適用して評価した放射能濃度」)</p>	<p>平均的な値:</p> <p>入力条件範囲を網羅したランダムサンプリングによって設定された入力条件で計算された放射能濃度の分布の平均濃度、幾何平均濃度比を適用した放射能濃度によって評価した平均放射能濃度</p>	
6 放射能濃度決定方法の手順	6.1 理論的方法の手順	6.1.2 放射化計算の条件の設定	6.1.2.2 元素成分条件	<p>起源元素の元素成分条件は, 次のいずれかの方法で設定する。</p> <p>— 代表値を設定する方法 収集した起源元素の元素成分データによって, 濃度の代表値を設定する。</p> <p>— 濃度分布から設定する方法 収集した起源元素の元素成分データの濃度分布を踏まえ, 複数の代表的濃度(例 平均濃度, 信頼上限値など)を設定する。</p> <p>— 濃度範囲を設定する方法 収集した起源元素の元素成分データの濃度範囲を踏まえ, 最大濃度, 最小濃度を設定する。</p>	<p>代表値を設定する方法:</p> <p>点推定法:</p> <p>最大値</p> <p>濃度分布から設定する方法:</p> <p>代表的濃度:(信頼上限値など)</p> <p>点推定法:</p> <p>最大値</p> <p>区間推定法:</p> <p>元素濃度分布の「平均+3σ濃度」、「99%信頼上限濃度」、「最大値」</p>	<p>代表値を設定する方法:</p> <p>点推定法:</p> <p>(左記で評価した結果を集積した平均値)</p> <p>代表的濃度:(平均濃度)</p> <p>点推定法:</p> <p>(左記で評価した結果を集積した平均値)</p> <p>区間推定法:</p> <p>平均濃度(幾何平均)</p>	
6 放射能濃度決定	6.1 理論的方法の	6.1.3 放射化計算	6.1.3.2 計算用	<p>適用する理論計算法(点推定法又は区間推定法)ごとに必要となる, 次の放射化計算の入力パラメータ</p>	<p>適切な代表的条件:</p> <p>点推定法:</p>	<p>適切な代表的条件:</p> <p>点推定法:</p>	

方法の手 順	手順		入力条 件の設 定	及び条件を、評価対象とする放射化金属等ごとに設定する。 — 元素成分条件 — 中性子条件 — 照射条件 なお、区間推定法を適用する場合は、各入力パラメータ及び条件について、6.1.2 で評価した入力条件の分布又は範囲から、ランダムに抽出して放射化計算の入力データとして設定するか、又は、適切な代表的条件を放射化計算の入力条件として設定する。	— 元素成分条件：最大値 — 中性子条件：最大値 — 照射条件：最大値 <u>区間推定法：</u> — 元素成分条件：元素濃度分布の「平均+3σ濃度」、「99%信頼上限濃度」、「最大値」 — 中性子条件：最大値 — 照射条件：最大値	左記で評価した結果を集積 <u>区間推定法：</u> — 元素成分条件：元素濃度分布の幾何平均値 — 中性子条件：平均値 — 照射条件：平均値	
-----------	----	--	-----------------	--	--	---	--

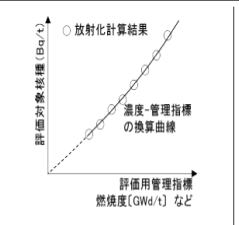
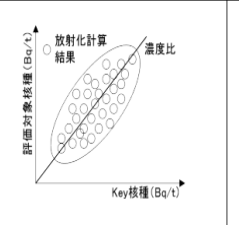
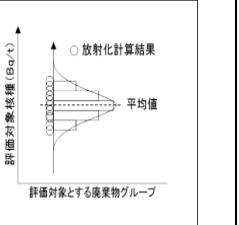
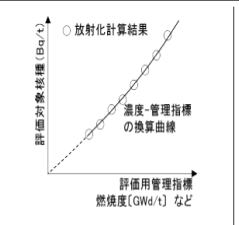
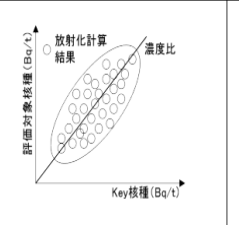
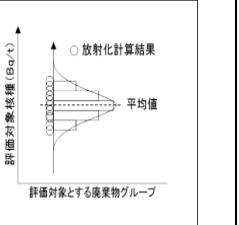
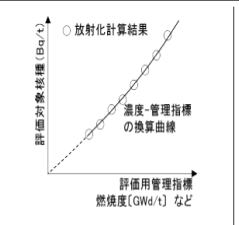
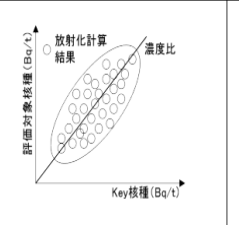
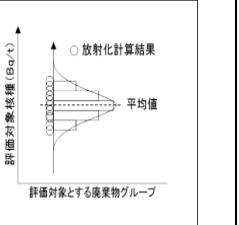
附属書 A (参考) 理論計算法の適用方法及び手順

章		規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射エネルギーを評価する場合	左記以外
A.1 理論 計算法の 基本的な 適用方法	A.1.5 STEP4： 結果の提 示	適切な計算コードを選択し、STEP3 で設定した入力条件を用いて、放射化計算を実施し、直接的に放射能濃度を算出するか、又は濃度比などの評価係数を計算する。	点推定法： 代表的入力条件 — 元素成分条件：元素濃度分布の「平均+3σ濃度」、「99%信頼上限濃度」、「最大値」 — 中性子条件：最大値 — 照射条件：最大値	点推定法： 代表的入力条件 — 元素成分条件：元素濃度分布の幾何平均値 — 中性子条件：平均値 — 照射条件：平均値	

			<p>[STEP1] 計算条件の検討及び収集 - 原子炉及び放射物の特性 - 元素成分条件 - 中性子条件 - 照射条件 など (詳細は6.1参照)</p> <p>[STEP2] 評価方法の選択 - 点推定法 - 区間推定法 (詳細は5.2.1参照)</p> <p>評価方法の選択 点推定法 (詳細は5.2.2参照) / 区間推定法 (詳細は5.2.3参照)</p> <p>[STEP3] 評価された代表条件 / 計算条件の設定 評価された代表条件: 収集データの評価, 代表的入力条件の決定 (基本手順を附属書Cに示す) 計算条件の設定: 収集データの評価(データベース化), 区間及び分布条件の設定 (基本手順を附属書Dに示す) 入力条件のサンプリング・決定: データベースからのランダムサンプリング, 計算用入力データの決定 (詳細は6.1.3.2参照)</p> <p>[STEP4] 放射化計算 / 放射能濃度の評価 放射化計算: 検証された放射化計算方法の選択, 計算(放射能濃度又は評価係数) (詳細は6.1.3参照) 放射能濃度の評価: 放射能濃度又は評価係数による評価, 廃棄体の放射能濃度</p> <p>管理指標又はKey核種燃焼度の記録 Key核種放射能濃度</p> <p>図 A.1—理論計算法の適用基本フロー^[1]</p>			
A.3 放射化計算コードの例			<p>理論計算法に使用する放射化計算コードについては、基本的に一般的に使用されている放射化計算コード (ORIGEN[2], DCHAIN2[3]などがある) を、放射化範囲の中性子条件の特徴を勘案し、適切に使用する必要がある。ただし、放射化計算は、超ウラン元素のような核種間の崩壊系列が複雑なものを除き、放射性核種を限定すれば上記の放射化計算コードを用いることなく実施可能であり、使用する基本データ (例 放射化断面積, 崩壊データ) を整備し、放射化計算を実施する場合もある。</p> <p>ここでは、代表的な放射化計算コードの一つである ORIGEN コードの概要を、次に示す。</p> <p>a) ORIGEN コードの概要 ORIGEN コードとは、米国オークリッジ国立研究所にて開発されたもので、数百種を超える核種に対する核反応による生成核種を評価できる。この放射化計算コードのシリーズは、使用済燃料, 再処理工程の線源強度評価, 放</p>	—	—	

			<p>射性 廃棄物の放射能評価などに広く使われている。</p> <p>b) ORIGEN コードの計算 ORIGEN コードは、与えられた燃料組成及び比出力に対する燃焼中の核分裂生成物、中性子吸収、核反応による生成核種の蓄積量の計算、及び与えられた元素成分条件並びに中性子条件に対する放射化生成核種の蓄積量の計算を実施することができる。ORIGEN コードを使用して計算できる内容は、次のとおりである。</p>			
--	--	--	---	--	--	--

附属書 D (参考) 区間推定法のための放射化計算の入力データ設定の推奨方法

章	規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射エネルギーを評価する場合	左記以外															
D.1.1 区間推定法の種類	<p>放射化金属等の内部の放射能濃度は、燃料の燃焼度と密接な関係をもつ点、放射化金属等の同一部位で生成した放射性核種の濃度の比は、元素成分条件及び照射条件が同じことから一定条件にある点、並びに炉内で固定され設置された放射化金属等は元素成分条件及び照射条件が同じで、部位による中性子条件だけが異なる点から、これらを考慮した表 D.1 に示す</p> <p>下記の代表的な区間推定法が放射能濃度分布の評価方法として適用できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 換算係数法 - 濃度比法 - 濃度分布評価法 	<p>代表的な区間推定法：</p> <p>現段階では、区間推定法の種類としては、下記の3種類の方法に関して、検討が進められており、標準ではこれらを代表的な方法として示している。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 換算係数法 - 濃度比法 - 濃度分布評価法 																	
	<p>表 D.1—各区間推定法の基本的な特徴及び適用対象放射化金属等</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>方法</th> <th>換算係数法</th> <th>濃度比法</th> <th>濃度分布評価法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>評価のイメージ</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>基本的な特徴</td> <td>管理指標 [燃焼度 (通常、燃料は燃焼度で管理される)] と放射化金属等中に生成する核種の放射能濃度とは、密接な関係がある。放射化金属等の内部に含まれる難測定核種の放射能濃度は、実際の原子炉の条件範囲 (例えば、元素組成、中性子フルエンス率、照射条件) を考慮した放射化計算によって得られる換算係数と管理指標 (燃焼度など) とを乗じることで、計算できる。</td> <td>原子炉構成材の同じ部位が放射化した際に生成する核種間には、全ての放射化条件が同じため、特別な関係がある。難測定核種と Key 核種間との濃度の比は、実際の原子炉の条件範囲を考慮した放射化計算によって評価できる。</td> <td>元素成分条件、中性子の照射履歴は、固定された原子炉及び構成材では、ほとんど同じで、唯一、個々の部位での中性子フルエンス率だけが異なっている。核種の放射能濃度の違いは、中性子フルエンス率の違いによって生まれる。構成材中の放射能濃度は、実際の原子炉の条件及び構成材の位置の範囲を考慮した放射化計算によって評価できる。</td> </tr> <tr> <td>代表的な評価対象とする放射化金属等</td> <td>チャンネルボックス、制御棒、バーナブルボイズなど。</td> <td>チャンネルボックス、制御棒、バーナブルボイズ、黒鉛、シールド、圧力容器など。</td> <td>黒鉛、シールド、圧力容器など。</td> </tr> </tbody> </table> <p>注記: “難測定核種”とは、廃棄物などの外部からの非破壊測定が困難な放射性核種。</p>	方法	換算係数法	濃度比法	濃度分布評価法	評価のイメージ				基本的な特徴	管理指標 [燃焼度 (通常、燃料は燃焼度で管理される)] と放射化金属等中に生成する核種の放射能濃度とは、密接な関係がある。放射化金属等の内部に含まれる難測定核種の放射能濃度は、実際の原子炉の条件範囲 (例えば、元素組成、中性子フルエンス率、照射条件) を考慮した放射化計算によって得られる換算係数と管理指標 (燃焼度など) とを乗じることで、計算できる。	原子炉構成材の同じ部位が放射化した際に生成する核種間には、全ての放射化条件が同じため、特別な関係がある。難測定核種と Key 核種間との濃度の比は、実際の原子炉の条件範囲を考慮した放射化計算によって評価できる。	元素成分条件、中性子の照射履歴は、固定された原子炉及び構成材では、ほとんど同じで、唯一、個々の部位での中性子フルエンス率だけが異なっている。核種の放射能濃度の違いは、中性子フルエンス率の違いによって生まれる。構成材中の放射能濃度は、実際の原子炉の条件及び構成材の位置の範囲を考慮した放射化計算によって評価できる。	代表的な評価対象とする放射化金属等	チャンネルボックス、制御棒、バーナブルボイズなど。	チャンネルボックス、制御棒、バーナブルボイズ、黒鉛、シールド、圧力容器など。	黒鉛、シールド、圧力容器など。		
方法	換算係数法	濃度比法	濃度分布評価法																
評価のイメージ																			
基本的な特徴	管理指標 [燃焼度 (通常、燃料は燃焼度で管理される)] と放射化金属等中に生成する核種の放射能濃度とは、密接な関係がある。放射化金属等の内部に含まれる難測定核種の放射能濃度は、実際の原子炉の条件範囲 (例えば、元素組成、中性子フルエンス率、照射条件) を考慮した放射化計算によって得られる換算係数と管理指標 (燃焼度など) とを乗じることで、計算できる。	原子炉構成材の同じ部位が放射化した際に生成する核種間には、全ての放射化条件が同じため、特別な関係がある。難測定核種と Key 核種間との濃度の比は、実際の原子炉の条件範囲を考慮した放射化計算によって評価できる。	元素成分条件、中性子の照射履歴は、固定された原子炉及び構成材では、ほとんど同じで、唯一、個々の部位での中性子フルエンス率だけが異なっている。核種の放射能濃度の違いは、中性子フルエンス率の違いによって生まれる。構成材中の放射能濃度は、実際の原子炉の条件及び構成材の位置の範囲を考慮した放射化計算によって評価できる。																
代表的な評価対象とする放射化金属等	チャンネルボックス、制御棒、バーナブルボイズなど。	チャンネルボックス、制御棒、バーナブルボイズ、黒鉛、シールド、圧力容器など。	黒鉛、シールド、圧力容器など。																

D.1.2 換算係数法			<p>中性子の累積照射量（中性子の照射量又は燃焼度，運転日数など）などを管理指標として使用し，管理指標に比例する換算係数を乗じることによって，放射化金属等の内部の放射能濃度を決定できる。具体的には対象物における代表的，又は保守的な放射化計算条件を用いた計算によって，管理指標の値と放射能濃度との関係を換算係数として評価し，換算係数と対象とする放射化金属等の管理指標の値との積から放射能濃度を決定する方法である。したがって，この方法は，評価対象とする放射化金属等に対する照射量と比例する因子とが原子力発電所などで管理され管理指標として利用できること，又は対象物の代表的な，若しくは保守的な中性子フルエンス率が設定できることが適用の条件となる。管理指標の例として，次のものが挙げられる。</p>	<p><u>代表的な放射化計算条件</u> 「保守的な放射化計算条件を用いた計算」で読む。</p> <p><u>対象物の代表的な中性子フルエンス率</u> 「保守的な中性子フルエンス率」で読む。</p>	<p><u>代表的な放射化計算条件</u> 総放射エネルギーを算出する際に設定する平均的な放射化計算条件を指している。</p> <p><u>対象物の代表的な中性子フルエンス率</u> 平均的な中性子フルエンス率を指している。</p>	
D.1.4 濃度分布評価法			<p>この方法における放射化計算方法は，基本的に個別の廃棄物の放射能濃度を計算する場合と同等であるが，評価の対象とする放射化金属等グループを代表する放射能濃度（例えば，平均放射能濃度）を保証できることが適用の前提となる。このため，そのグループ内の廃棄物について，計算条件（例えば，中性子フルエンス率）の変動範囲がある一定の範囲内となる必要がある。この場合，計算条件の変動範囲が計算結果に与える影響が小さいことが明らかな条件については，複数の計算条件を設定せずに一つの値（代表的な値又は保守的な値）を設定できる。</p>	<p><u>保守的な値で読む</u> 保守的な値として，放射化計算条件を設定できるという意味</p> <ul style="list-style-type: none"> － 元素成分条件：元素濃度分布の「平均 + 3σ濃度」、「99%信頼上限濃度」、「最大値」 － 中性子条件：最大値 － 照射条件：最大値 	<p><u>代表的な値：</u> 平均値として，放射化計算条件を設定できるという意味</p> <ul style="list-style-type: none"> － 元素成分条件：元素濃度分布の幾何平均値 － 中性子条件：平均値 － 照射条件：平均値 	
D.2 放射化計算の入力条件の基本設定フロー			<p>評価対象とする放射化金属等の放射能濃度を決定するための放射化計算を行う上で必要となる入力条件の設定方法には，次の2種類がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> － 点推定法向け：評価対象とする放射化金属等の元素濃度分布，中性子フルエンス率及び照射条件の代表的な値（平均値，保守的な値など）を入力条件として設定する。 － 区間推定法向け：評価対象とする放射化金属等の元素濃度分布，中性子フルエンス率及び照射履歴を網羅する必要な複数の入力条件を準備する。評価対象とする放射化金属等の元素濃度分布，中性子フルエンス率及び照射履歴を網羅する十分な複数の入力条件を準備する区間推定法のための基本設定フローを，図 D.1 に示す。 	<p>代表的な値（保守的な値）：</p> <ul style="list-style-type: none"> － 元素成分条件：元素濃度分布の「平均 + 3σ濃度」、「99%信頼上限濃度」、「最大値」 － 中性子条件：最大値 － 照射条件：最大値 <p>図 D.1 の代表的な設置パターン： 運転実績を踏まえた炉内での CB の設置パターンで，具体的には下表 照射時間に応じて，このパターンからランダムサンプリングによって，照射される炉内の径方向位置が設定される。</p>	<p>代表的な値（平均値）：</p> <ul style="list-style-type: none"> － 元素成分条件：元素濃度分布の幾何平均値 － 中性子条件：平均値 － 照射条件：平均値 <p>図 D.1 の代表的な設置パターン： 運転実績を踏まえた炉内での CB の設置パターンで，具体的には下表 照射時間に応じて，このパターンからランダムサンプリングによって，照射される炉内の径方向位置が設定される。</p>	

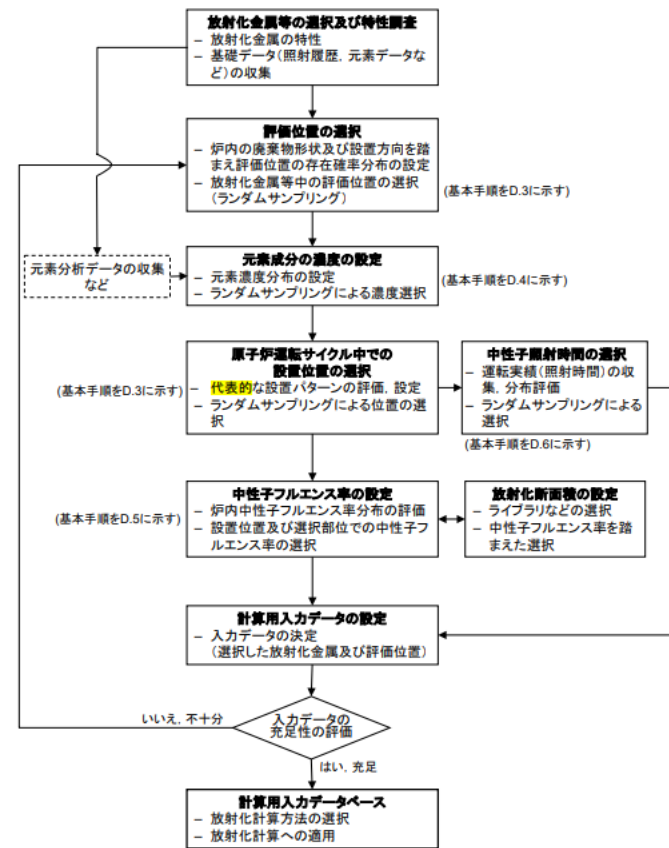


図 D.1—区間推定法による放射化計算の入力データの基本設定フロー

表 L11-Zr/TN804D (BWR チャンネルボックスの本体) の配置位置の設定

運転サイクル数 ^{a)} #(7)数	中性子照射 時間	出現頻度分布	配置位置の設定条件 (ローテーションの種類 ^{c)})
1	2年未満	固定 ^{b)}	A: 中央
2	2年以上, 3年未満	配置ローテーションの 種類の一種分布 ^{d)}	B: 中央→中央 C: 中央→近傍
3	3年以上, 4年未満	配置ローテーションの 種類の一種分布 ^{d)}	D: 中央→中央→中央 E: 中央→近傍→中央
4	4年以上, 5年未満	配置ローテーションの 種類の一種分布 ^{d)}	F: 中央→中央→中央→中央 G: 中央→中央→近傍→中央 H: 中央→中央→中央→最外 I: 中央→中央→最外→最外 J: 中央→近傍→最外→最外
5	5年以上	配置ローテーションの 種類の一種分布 ^{d)}	K: 中央→中央→中央→中央→最外 L: 中央→中央→中央→最外→最外 M: 中央→中央→近傍→最外→最外

注^{a)} 中性子照射時間に応じて運転サイクル数を設定。
^{b)} 中性子照射時間 2年未満の場合は、配置位置のローテーションは、行わず、原子炉の中央部で継続的に照射される。
^{c)} 範囲を評価することが重要であり、代表的な配置位置のローテーションの種類ごとに同じように選択するとした。
^{d)} 原子炉内での運転サイクルごとの代表的な配置位置のローテーションの種類 (代表的な装置位置の組合せ)。
 中央: 原子炉内の中央部、最外: 原子炉内の最外側部、近傍: 制御棒近傍位置、を意味する。

表 L11-Zr/TN804D (BWR チャンネルボックスの本体) の配置位置の設定

運転サイクル数 ^{a)} #(7)数	中性子照射 時間	出現頻度分布	配置位置の設定条件 (ローテーションの種類 ^{c)})
1	2年未満	固定 ^{b)}	A: 中央
2	2年以上, 3年未満	配置ローテーションの 種類の一種分布 ^{d)}	B: 中央→中央 C: 中央→近傍
3	3年以上, 4年未満	配置ローテーションの 種類の一種分布 ^{d)}	D: 中央→中央→中央 E: 中央→近傍→中央
4	4年以上, 5年未満	配置ローテーションの 種類の一種分布 ^{d)}	F: 中央→中央→中央→中央 G: 中央→中央→近傍→中央 H: 中央→中央→中央→最外 I: 中央→中央→最外→最外 J: 中央→近傍→最外→最外
5	5年以上	配置ローテーションの 種類の一種分布 ^{d)}	K: 中央→中央→中央→中央→最外 L: 中央→中央→中央→最外→最外 M: 中央→中央→近傍→最外→最外

注^{a)} 中性子照射時間に応じて運転サイクル数を設定。
^{b)} 中性子照射時間 2年未満の場合は、配置位置のローテーションは、行わず、原子炉の中央部で継続的に照射される。
^{c)} 範囲を評価することが重要であり、代表的な配置位置のローテーションの種類ごとに同じように選択するとした。
^{d)} 原子炉内での運転サイクルごとの代表的な配置位置のローテーションの種類 (代表的な装置位置の組合せ)。
 中央: 原子炉内の中央部、最外: 原子炉内の最外側部、近傍: 制御棒近傍位置、を意味する。

D.2 放射化計算入力条の本定ロー

放射化金属等が原子炉内で移動する場合、評価対象の設置位置に関して、原子炉内での**代表的**な設置位置のローテーションパターンを評価し、設定する。入力条件とする放射化金属等の原子炉内の設置位置のローテーションパターンを、設定した**代表的**なローテーションパターンの割合を踏まえて、ランダムサンプリングする (D.5 参照)

代表的な設置位置のローテーションパターン：
上記を参照

代表的な設置位置のローテーションパターン：
上記を参照

<p>D.3 評価対象放射化金属等の評価位置の選択</p>		<p>表 D.2—評価対象放射化金属等の内部における照射位置の設定に関わる基本的な考え方</p> <p style="text-align: center;">表 D.2—評価対象放射化金属等の内部における照射位置の設定に関わる基本的な考え方</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">評価対象とする放射化金属等の形状及び設置方向^{a)}</th> <th style="width: 20%;">考慮する条件^{b)}</th> <th style="width: 20%;">評価対象とする放射化金属等の一例^{c)}</th> <th style="width: 40%;">考慮する照射位置の出現確率の分布</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉の軸方向</td> <td>評価対象とする放射化金属等自身の炉心軸方向の設置状態</td> <td>チャンネルボックス, 制御棒, シュラウドなど</td> <td>一様分布</td> </tr> <tr> <td>原子炉の径方向</td> <td>評価対象とする放射化金属等自身の炉心径方向の設置状態</td> <td>上部格子板など</td> <td>該当部の面積比に応じた分布</td> </tr> </tbody> </table> <p>注 ^{a)} 評価対象とする放射化金属等自身の形状及び原子炉内外での設置方向（原子炉の軸方向に沿って設置、原子炉の径方向に沿って設置など）。 ^{b)} 中性子フルエンス率, 中性子スペクトルとして特段の考慮が必要な評価対象とする放射化金属等の形状及び設置方向があれば, 必要に応じて考慮。 ^{c)} 原子炉内の軸方向, 及び径方向に広がる形状で設置されている代表的な廃棄物の例。</p>	評価対象とする放射化金属等の形状及び設置方向 ^{a)}	考慮する条件 ^{b)}	評価対象とする放射化金属等の一例 ^{c)}	考慮する照射位置の出現確率の分布	原子炉の軸方向	評価対象とする放射化金属等自身の炉心軸方向の設置状態	チャンネルボックス, 制御棒, シュラウドなど	一様分布	原子炉の径方向	評価対象とする放射化金属等自身の炉心径方向の設置状態	上部格子板など	該当部の面積比に応じた分布	<p>注 c) 代表的な廃棄物の例： 炉内構造物の設置（又は挿入）の方向である軸方向、径方向に設置される放射化金属の一例を示すもの。</p>	<p>同左</p>																																				
評価対象とする放射化金属等の形状及び設置方向 ^{a)}	考慮する条件 ^{b)}	評価対象とする放射化金属等の一例 ^{c)}	考慮する照射位置の出現確率の分布																																																	
原子炉の軸方向	評価対象とする放射化金属等自身の炉心軸方向の設置状態	チャンネルボックス, 制御棒, シュラウドなど	一様分布																																																	
原子炉の径方向	評価対象とする放射化金属等自身の炉心径方向の設置状態	上部格子板など	該当部の面積比に応じた分布																																																	
<p>D.3 評価対象放射化金属等の評価位置の選択</p>		<p>D.3—評価対象放射化金属等の炉内外での配置位置の設定に関わる基本的な考え方</p> <p style="text-align: center;">表 D.3—評価対象放射化金属等の炉内外での配置位置の設定に関わる基本的な考え方</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">評価対象とする放射化金属等の配置位置^{a)}</th> <th style="width: 20%;">考慮する条件</th> <th style="width: 20%;">評価対象とする放射化金属等の一例</th> <th style="width: 45%;">考慮する照射位置の出現確率の分布</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">配置の移動</td> <td>運転サイクルごとのローテーションなどによる配置位置変化</td> <td>チャンネルボックス^{b)}, など</td> <td>配置位置のローテーションなどの実際の分布又は代表的なパターン^{c)}</td> </tr> <tr> <td>燃焼制御のための挿入位置などの配置位置変化</td> <td>PWR 制御棒^{d)}, BWR 制御棒^{d)} など</td> <td>挿入位置などの実際の分布又は代表的なパターン^{c)}</td> </tr> <tr> <td>配置が固定</td> <td>照射期間中は, 配置位置の変化がないこと</td> <td>シュラウド, 上部格子板 など^{e)}</td> <td>固定値</td> </tr> </tbody> </table> <p>注 ^{a)} 評価対象とする放射化金属等の原子炉内外でのローテーションによる配置位置の移動の有無の条件。 ^{b)} 原子炉内での運転サイクルごとにローテーションした配置位置（中央部, 最外周など）ごとの考慮が必要である。 ^{c)} PWR 制御棒では, 定格出力運転時の原子炉の軸方向の配置位置（定格出力運転時の制御位置, 及び定格出力運転時の制御棒全引抜き位置）ごとの考慮が必要である。 ^{d)} BWR 制御棒では, 原子炉内での配置位置, 及び定格出力運転時の炉心内挿入位置に対応する挿入時間の考慮が必要である。 ^{e)} 全照射期間において, 原子炉内外で固定された状態で照射される。 ^{f)} ローテーションした配置位置, 挿入位置などの実際の頻度分布にて設定, 又は代表的な（例えば, 放射能濃度評価結果が大きくなるような）配置位置のパターンにて設定する場合もある。</p>	評価対象とする放射化金属等の配置位置 ^{a)}	考慮する条件	評価対象とする放射化金属等の一例	考慮する照射位置の出現確率の分布	配置の移動	運転サイクルごとのローテーションなどによる配置位置変化	チャンネルボックス ^{b)} , など	配置位置のローテーションなどの実際の分布又は 代表的な パターン ^{c)}	燃焼制御のための挿入位置などの配置位置変化	PWR 制御棒 ^{d)} , BWR 制御棒 ^{d)} など	挿入位置などの実際の分布又は 代表的な パターン ^{c)}	配置が固定	照射期間中は, 配置位置の変化がないこと	シュラウド, 上部格子板 など ^{e)}	固定値	<p>代表的なパターン： 運転サイクルごとの燃焼制御のための挿入位置などの配置位置を変化させるローテーションによる配置位置変化で、下表が一例</p> <p style="text-align: center;">表 L11-Z1CN804D (BWR チャンネルボックスの本体) の配置位置の設定</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>運転サイクル数^{a)}</th> <th>中性子照射時間</th> <th>出現頻度分布</th> <th>配置位置の設定条件 (ローテーションの種類^{b)})</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2年未満</td> <td>固定^{c)}</td> <td>A: 中央</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2</td> <td>2年以上, 3年未満</td> <td rowspan="2">配置ローテーションの種類の一様分布^{d)}</td> <td>B: 中央→中央</td> </tr> <tr> <td>C: 中央→近傍</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">3</td> <td>3年以上, 4年未満</td> <td rowspan="2">配置ローテーションの種類の一様分布^{d)}</td> <td>D: 中央→中央→中央</td> </tr> <tr> <td>E: 中央→近傍→中央</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">4</td> <td rowspan="5">4年以上, 5年未満</td> <td rowspan="5">配置ローテーションの種類の一様分布^{d)}</td> <td>F: 中央→中央→中央→中央</td> </tr> <tr> <td>G: 中央→中央→近傍→中央</td> </tr> <tr> <td>H: 中央→中央→中央→最外</td> </tr> <tr> <td>I: 中央→中央→最外→最外</td> </tr> <tr> <td>J: 中央→近傍→最外→最外</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">5</td> <td rowspan="3">5年以上</td> <td rowspan="3">配置ローテーションの種類の一様分布^{d)}</td> <td>K: 中央→中央→中央→中央→最外</td> </tr> <tr> <td>L: 中央→中央→中央→最外→最外</td> </tr> <tr> <td>M: 中央→中央→近傍→最外→最外</td> </tr> </tbody> </table> <p>注 ^{a)} 中性子照射時間に応じて運転サイクル数を設定。 ^{b)} 中性子照射時間 2年未満の場合は, 配置位置のローテーションは, 行わず, 原子炉の中央部で継続的に照射される。 ^{c)} 範囲を評価することが重要であり, 代表的な配置位置のローテーションの種類ごとに同じように選択するとして。 ^{d)} 原子炉内での運転サイクルごとの代表的な配置位置のローテーションの種類 (代表的な配置位置の種類) 中央: 原子炉内の中央部, 最外: 原子炉内の最外周部, 近傍: 制御棒近傍位置, を意味する。</p> <p>代表的な配置位置： 放射能濃度評価結果が大きくなるようなパターンで、例えば、CB であれば、照射時間が最も長く、中央配置の時間が長いパターン。PWR 制御棒であれ</p>	運転サイクル数 ^{a)}	中性子照射時間	出現頻度分布	配置位置の設定条件 (ローテーションの種類 ^{b)})	1	2年未満	固定 ^{c)}	A: 中央	2	2年以上, 3年未満	配置ローテーションの種類の一様分布 ^{d)}	B: 中央→中央	C: 中央→近傍	3	3年以上, 4年未満	配置ローテーションの種類の一様分布 ^{d)}	D: 中央→中央→中央	E: 中央→近傍→中央	4	4年以上, 5年未満	配置ローテーションの種類の一様分布 ^{d)}	F: 中央→中央→中央→中央	G: 中央→中央→近傍→中央	H: 中央→中央→中央→最外	I: 中央→中央→最外→最外	J: 中央→近傍→最外→最外	5	5年以上	配置ローテーションの種類の一様分布 ^{d)}	K: 中央→中央→中央→中央→最外	L: 中央→中央→中央→最外→最外	M: 中央→中央→近傍→最外→最外	<p>同左</p>	
評価対象とする放射化金属等の配置位置 ^{a)}	考慮する条件	評価対象とする放射化金属等の一例	考慮する照射位置の出現確率の分布																																																	
配置の移動	運転サイクルごとのローテーションなどによる配置位置変化	チャンネルボックス ^{b)} , など	配置位置のローテーションなどの実際の分布又は 代表的な パターン ^{c)}																																																	
	燃焼制御のための挿入位置などの配置位置変化	PWR 制御棒 ^{d)} , BWR 制御棒 ^{d)} など	挿入位置などの実際の分布又は 代表的な パターン ^{c)}																																																	
配置が固定	照射期間中は, 配置位置の変化がないこと	シュラウド, 上部格子板 など ^{e)}	固定値																																																	
運転サイクル数 ^{a)}	中性子照射時間	出現頻度分布	配置位置の設定条件 (ローテーションの種類 ^{b)})																																																	
1	2年未満	固定 ^{c)}	A: 中央																																																	
2	2年以上, 3年未満	配置ローテーションの種類の一様分布 ^{d)}	B: 中央→中央																																																	
	C: 中央→近傍																																																			
3	3年以上, 4年未満	配置ローテーションの種類の一様分布 ^{d)}	D: 中央→中央→中央																																																	
	E: 中央→近傍→中央																																																			
4	4年以上, 5年未満	配置ローテーションの種類の一様分布 ^{d)}	F: 中央→中央→中央→中央																																																	
			G: 中央→中央→近傍→中央																																																	
			H: 中央→中央→中央→最外																																																	
			I: 中央→中央→最外→最外																																																	
			J: 中央→近傍→最外→最外																																																	
5	5年以上	配置ローテーションの種類の一様分布 ^{d)}	K: 中央→中央→中央→中央→最外																																																	
			L: 中央→中央→中央→最外→最外																																																	
			M: 中央→中央→近傍→最外→最外																																																	

				<p>ば、Dドライブ位置が最も長いパターン。</p> <p>図 G.10—PWR 制御棒の ARO バンク及び D バンクのモデル (概念図)</p>		
D.4	D.4.1		<p>評価対象とする放射化金属等の元素成分条件の設定方式は、収集した元素分析データ及び放射能濃度決定方法の種類に応じて、次のいずれかが選択できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 評価対象とする放射化金属等の代表的な元素分析データ（元素分析データの平均値など）で設定する方式。 評価対象とする放射化金属等の元素分析データの濃度分布又は濃度範囲を設定する方式。 	<p>代表的な元素分析データ： 元素濃度分布の「平均+3σ濃度」、 「99%信頼上限濃度」、「最大値」</p>	<p>代表的な元素分析データ： 元素分析データの「平均値」</p>	

附属書 E (参考) 原廃棄物分析法の基本的な適用方法

章			規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射エネルギーを評価する場合	左記以外
E.2 原 廃棄物 分析法 の試料 採取方 法	E.2.2 代表試 料の採 取・調 整方法	E.2.2.2 廃棄物 の均一 混合性 が確認 できない場合	表 E.2—一次試料の採取方法 (JIS K 2251:2003 の 代表的 な例)	<p>代表的な例： 原子力発電所における使用済樹脂 の保管状態、処理計画（貯蔵におけ る長期保管後の抜き出し処理）を踏 まえた試料の採取可能位置（貯槽、 移送-抜き出しライン）を考慮した適 用可能な試料採取方法の例です。</p>		

				<p align="center">表 E.2—一次試料の採取方法 (JIS K 2251:2003 の代表的な例)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">一次試料の採取対象</th> </tr> <tr> <th>貯蔵タンクから 直接採取</th> <th>移送・抽出しラインから 直接採取</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>一次試料の採取方法 ^{a)}</td> <td>貯蔵タンクへの採取容器投入 による使用済樹脂等の採取</td> <td>サンプリングラインから 使用済樹脂等採取</td> </tr> <tr> <td>一次試料の採取位置</td> <td>貯蔵タンクの定点 上部, 中部, 下部 ^{b)}</td> <td>移送・抽出しの定点 初期, 中期, 後期 ^{c)}</td> </tr> </tbody> </table> <p>注 ^{a)} 具体的な採取方法は, JIS K 2251:2003 参照。 ^{b)} 貯蔵タンクの廃棄物層の上部 (1/6 の深さ), 中部 (1/2 の深さ), 下部 (5/6 の深さ) から試料を採取する方法。 ^{c)} 廃棄物移送中の配管の全移送量の初期 (初めの 1/6), 中期 (1/2), 後期 (5/6) から試料を採取する方法。</p>		一次試料の採取対象		貯蔵タンクから 直接採取	移送・抽出しラインから 直接採取	一次試料の採取方法 ^{a)}	貯蔵タンクへの採取容器投入 による使用済樹脂等の採取	サンプリングラインから 使用済樹脂等採取	一次試料の採取位置	貯蔵タンクの定点 上部, 中部, 下部 ^{b)}	移送・抽出しの定点 初期, 中期, 後期 ^{c)}		
	一次試料の採取対象																
	貯蔵タンクから 直接採取	移送・抽出しラインから 直接採取															
一次試料の採取方法 ^{a)}	貯蔵タンクへの採取容器投入 による使用済樹脂等の採取	サンプリングラインから 使用済樹脂等採取															
一次試料の採取位置	貯蔵タンクの定点 上部, 中部, 下部 ^{b)}	移送・抽出しの定点 初期, 中期, 後期 ^{c)}															
E.2 原 廃棄物 分析法 の試料 採取方 法	E.2.2 代表試 料の採 取・調 整方法	E.2.2.2 廃棄物 の均一 混合性 が確認 できな い場合	<p align="center">表 E.3—二次試料の調整方法 (JIS K 2251:2003 の代表的な例)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">代表試料の採取場所</th> </tr> <tr> <th>貯蔵タンクから 直接採取</th> <th>移送・抽出しラインから 直接採取</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>二次試料の調整方法 ^{a)}</td> <td>平均試料 ^{b)}</td> <td>混合試料 ^{c)}</td> </tr> </tbody> </table> <p>注 ^{a)} 具体的な一次試料の採取方法及び二次試料の調整方法は, JIS K 2251:2003 参照。 ^{b)} 貯蔵タンクの各部から採取した試料を, 各部の量の比に混合した試料。 ^{c)} 同一タンクから採取した 2 か所以上の試料を, 等量混合した試料。</p>		代表試料の採取場所		貯蔵タンクから 直接採取	移送・抽出しラインから 直接採取	二次試料の調整方法 ^{a)}	平均試料 ^{b)}	混合試料 ^{c)}	<p>— 最大放射能濃度の評価のためにはばらつきを含めた評価を行いたい場合の試料としては、「一次試料」を適用します。</p>	<p>原子力発電所における使用済樹脂の保管状態、処理計画（貯蔵における長期保管後の抜き出し処理）を踏まえた採取試料の調整方法として、適用可能な二次試料として、「平均試料」及び「混合試料」を示したものです。</p> <p>他にも「単タンク混合試料」（同一タンク内の各部の試料を混合した試料）があります。</p>				
	代表試料の採取場所																
	貯蔵タンクから 直接採取	移送・抽出しラインから 直接採取															
二次試料の調整方法 ^{a)}	平均試料 ^{b)}	混合試料 ^{c)}															

附属書F

章			規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射エネルギーを評価する場合	左記以外
F.2 PWR 制 御棒	F.2.3 放射化 計算		<p>中性子フルエンス率 事前評価における 50 万 kW 級の PWR の代表的な燃焼条件における軸方向中性子フルエンス率の分布を、燃料集合体の出力比（集合体平均比出力の炉心平均比出力に対する比）=1 で規格化して整理したものを、図 F.6 及び図 F.7 に示した。</p> <p>照射履歴に基づき各サイクルにおける中性子フルエンス率を次のように設定した。</p> <p>1.1) “中性子フルエンス率計算データ（図 F.6 及び図 F.7）”のうち、制御棒が装荷されている燃料集合体の条件（燃焼サイクル、初期濃縮度など）に近いデータを使用した。</p> <p>1.2) 制御棒先端位置から評価対象部位（先端とする）の炉心高さ位置を設定し、1.1) のデータを用いて、出力比で規格化した中性子フルエンス率を設定した。</p> <p>1.3) 燃料集合体の出力比（集合体平均比出力の炉心平均比出力に対する比）を照射履歴から算出（=集合体燃焼度増分のサイクル燃焼度に対する比）し、1.2) で設定した規格化した中性子フルエンス率に乘じ、これをサイクルの中性子フルエンス率として設定した。</p>	<p>代表的な燃焼条件： 代表的な燃焼条件とは、実炉心におけるサイクル燃焼度や燃料の Gd 有り無し、濃縮度を整理した燃料の燃焼条件のことを指している。</p>		左記以外

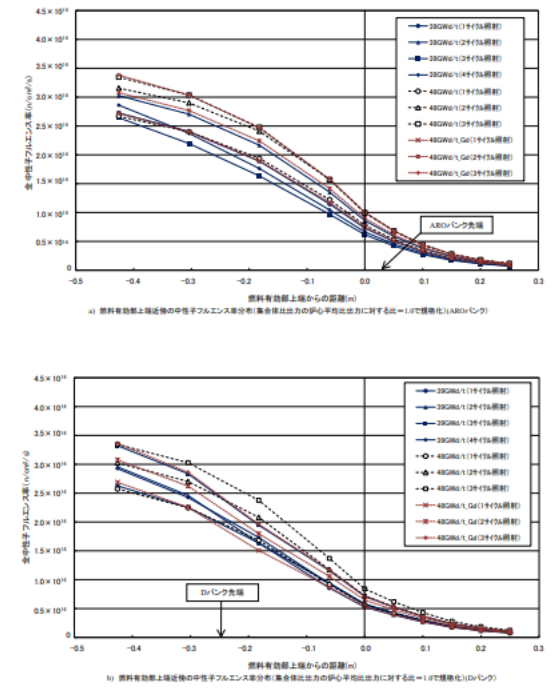


図 F.6-燃料有始端上端近傍の全中性子フルエンス率分布 (50 万 kW 級の PWR プラント)

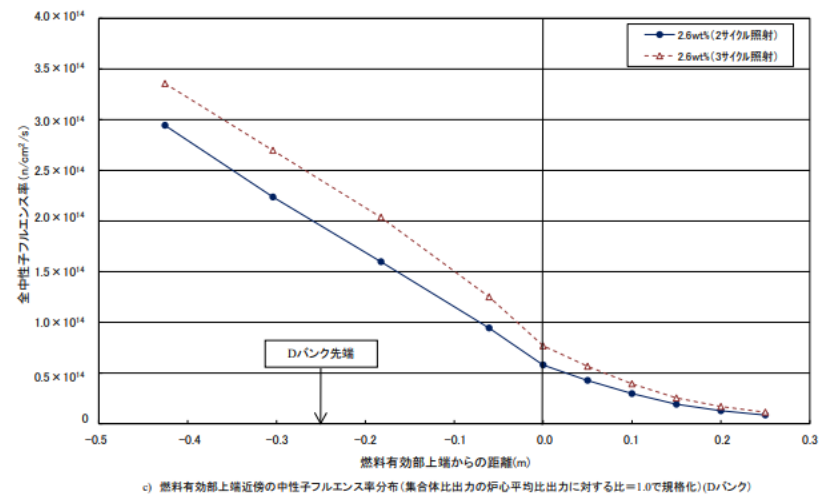


図 F.7—燃料有効部上端近傍の全中性子フルエンス率分布
(50 万 kW 級の PWR プラント)

F.3 GCR
黒鉛減速材

F.3.1
概要

理論計算法を用いた放射化計算結果について、GCR の黒鉛減速材の例を、次に示す。GCR の黒鉛減速材の放射化計算は、図 F.9 のフロー図に示す手順で実施した。黒鉛減速材における中性子フルエンス率は、装荷位置によって異なるが、黒鉛減速材は、全照射期間を通して同一位置に装荷されていることから、当該位置での代表的な値を設定した。また、放射化計算コードには、ORIGEN2 を用いた。なお、放射化計算の結果については、原子炉内の黒鉛減速材から採取した試料の核種分析を実施し、評価精度の検証を実施している。精度検証の評価対象核種は、¹⁴C とした。

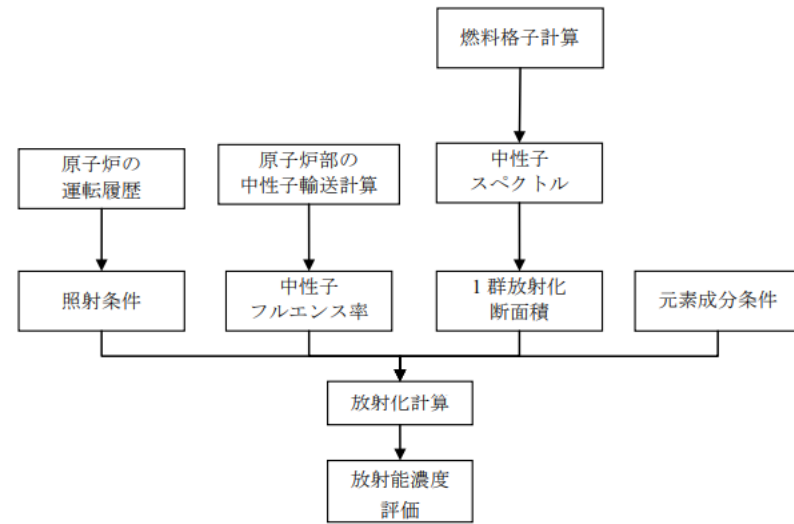


図 F.9—黒鉛減速材の放射化計算フロー図

当該位置での代表的な値を設定：
黒鉛減速材は、全照射期間を通して同一位置に装荷されていることから当該位置の中性子条件（中性子フルエンス率、1群放射化断面積）を考慮して設定した意味。最大放射能の評価には装荷位置を網羅した保守的な値を設定できる。
なお、F.3.における評価精度の検証に際しては、採取した試料の設置位置における値を中性子条件として設定した。

同左

附属書 G (参考) 放射化計算の入力条件の設定例

章			規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射エネルギーを評価する場合	左記以外
G.1 元素成分条件の設定例	G.1.1 起源元素の選定例	G.1.1.2 起源元素の選定の前提条件	<p>評価対象とする放射化金属等の想定評価対象とする放射化金属等には、原子炉から発生する代表的な中深度処分対象廃棄物の主材料として、表 G.1 に示す材料 (ZrTN804D: チャンネルボックスの本体, SUS304: PWR 制御棒の被覆管) を選定した。</p> <p>注^{*)} 放射性元素は、起源元素から除外できる。ただし、天然に広く存在し、種々の核種の起源元素となるTh及びUは除外しない。 ^{*)} 評価対象核種を生成しない元素は、起源元素から除外できる。 ^{*)} 材料の精錬時などに揮散する可能性が高いと判断できる元素は、起源元素から除外できる。 ^{*)} 評価対象核種の総生成放射能に対する寄与が小さい元素は、起源元素から除外できる。 ^{*)} 評価対象核種の総生成放射能に対する寄与の程度を評価する方法。</p> <p>図 G1—起源元素の選定フロー (一例)</p>	<p>代表的な中深度処分対象廃棄物の主材料： AESJ-SC-F014：2015 余裕深度処分対象廃棄物の製作要件及び検査方法に原子力発電所から発生する放射化金属等の主な材料が整理されており、その主な材料としては、SUS 及びジルカロイが一例として挙げられる。</p>		
G.1 元素成分条件の設定例	G.1.1 起源元素の選定例	G.1.1.2 起源元素の選定の前提条件	<p>表 G.4—一次・二次スクリーニングで抽出された元素例 (三次スクリーニング以降の評価対象元素)</p>	<p>代表的な同位体の質量数： 安定同位体がなく、同位体の天然存在比が一定しない元素は代表的な同位体の質量数をカッコ内に示すと出典「元素周期表, 日本化学会, 日本物理学会, 日本薬学会, 日本微量元素学会, 高分子学会, 応用物理学会</p>		

表 J.1—原子力発電所で発生する主な放射化金属の構成材料の詳細

材質区分	鋼種等	BWRプラント機器			PWRプラント機器				GCRプラント機器	
		炉内構造物	制御棒	燃料棒	炉内構造物	制御棒	炉内構造物	燃料棒	炉内構造物	燃料棒
ステンレス鋼	SUS302	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS304	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS304L	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS316	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS316L	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS347	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS321	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS309S	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS310S	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS310	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ni基合金	IN738	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	IN740	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	IN752	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	IN739	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Co基合金	St140	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	St140	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Al合金	Al-Si-Cu合金	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SPVQ1A	○	○	○	○	○	○	○	○	○
銅合金	SPVQ2A	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SPVQ3A	○	○	○	○	○	○	○	○	○
その他金属	Zr-Nb合金	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Mo合金	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Al合金	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Al合金	○	○	○	○	○	○	○	○	○
非金属	SiC	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	セラミックス	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注: 上表中の記号は、Li金属化合物 (樹脂) 1体の重量を1とした割合の構成割合 (質量百分率) を示す。○: 主要構成材料、○: %未満の含有、△: 1%以下の含有

			<p>表 G.4—一次・二次スクリーニングで抽出された元素例（三次スクリーニング以降の評価対象元素）</p>	<p>監修（2006）」に記載されているものです。</p>		
	G.1.2.3 元素成分条件の設定例	G.1.2.3.1 元素成分条件の設定方式の選定例	<p>評価対象とする放射化金属等の元素成分条件の設定方式は、収集した元素成分データ及び放射能濃度決定方法の種類に応じて、次のいずれかが選択できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 評価対象とする放射化金属等の代表的な元素成分データ（元素成分データの平均値など）で設定する方式 評価対象とする放射化金属等の元素成分データ群によって濃度分布を設定する方式 <p>評価対象とする放射化金属等の元素成分条件は、表 G.9 に示すとおり、収集する元素成分データの種類（代表分析値又は分析データ群）、元素成分条件の設定方式（代表値又は濃度分布）、及び適用する放射能濃度決定方法の種類に応じて、適切な適用が必要となる。</p>	<p>代表的な元素成分データ点推定法： 最大値</p> <p>区間推定法： 元素濃度分布の「平均+3σ濃度」、「99%信頼上限濃度」、「最大値」</p>	<p>代表的な元素成分データ点推定法： 左記で評価した結果を集積</p> <p>区間推定法： 平均濃度（幾何平均）</p>	
			<p>図 G.3—元素成分条件（濃度分布）の設定方法の概念フロー</p>	<p>代表的な元素成分データ（元素成分データの平均値など）で設定する方式： 上記を参照</p>	<p>代表的な元素成分データ（元素成分データの平均値など）で設定する方式： 上記を参照</p>	

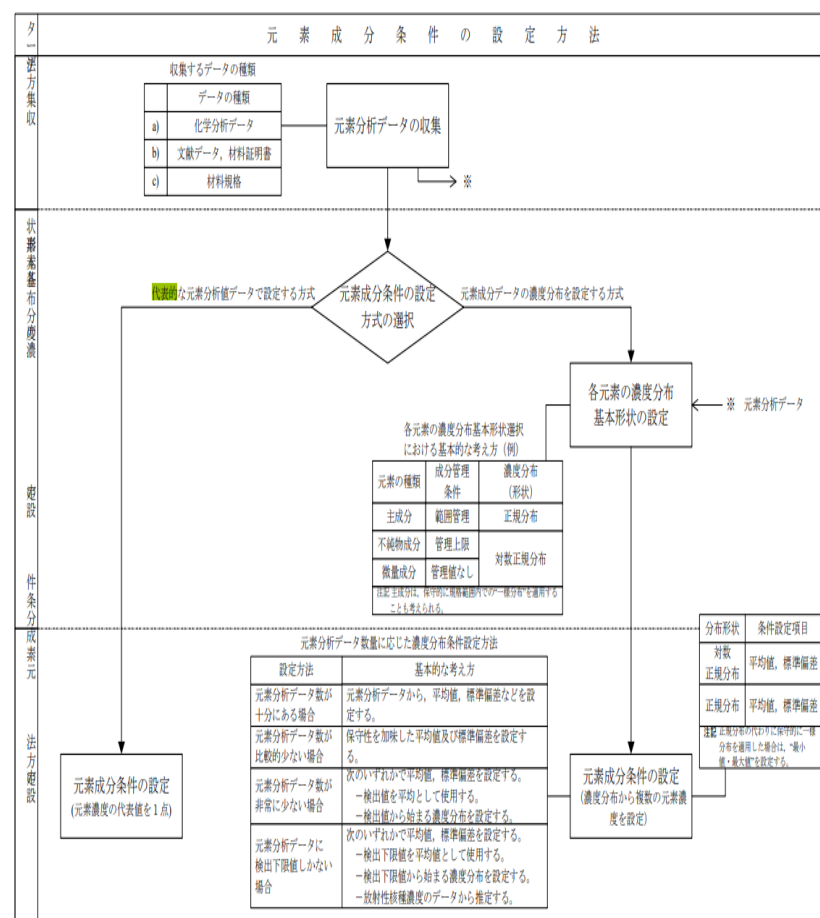


図 G3—元素成分条件（濃度分布）の設定方法の概念フロー

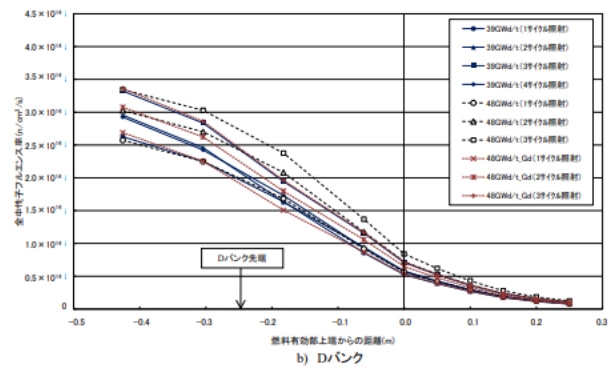
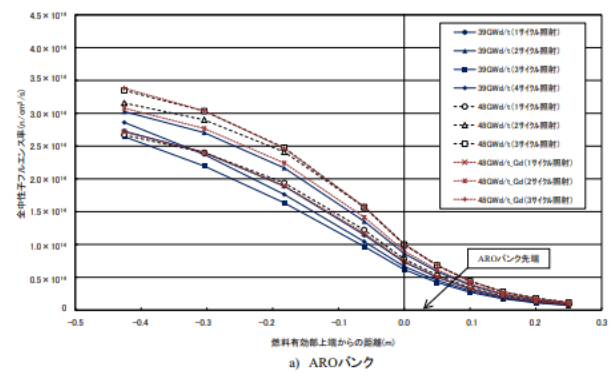
G.2
中性
子条
件
の
設
定
例

G.2.3
PWR 制御
棒の中性
子条件の
設定例

燃料有効部の炉心計算データを基に、制御棒の燃料有効部上端付近から上方について、3次元モンテカルロ輸送計算コード MCNP によって中性子条件を評価 (図 G.10 のモデル) し、**代表的**な条件の燃料集合体断面平均の全中性子フルエンス率分布及び中性子スペクトルを算出。

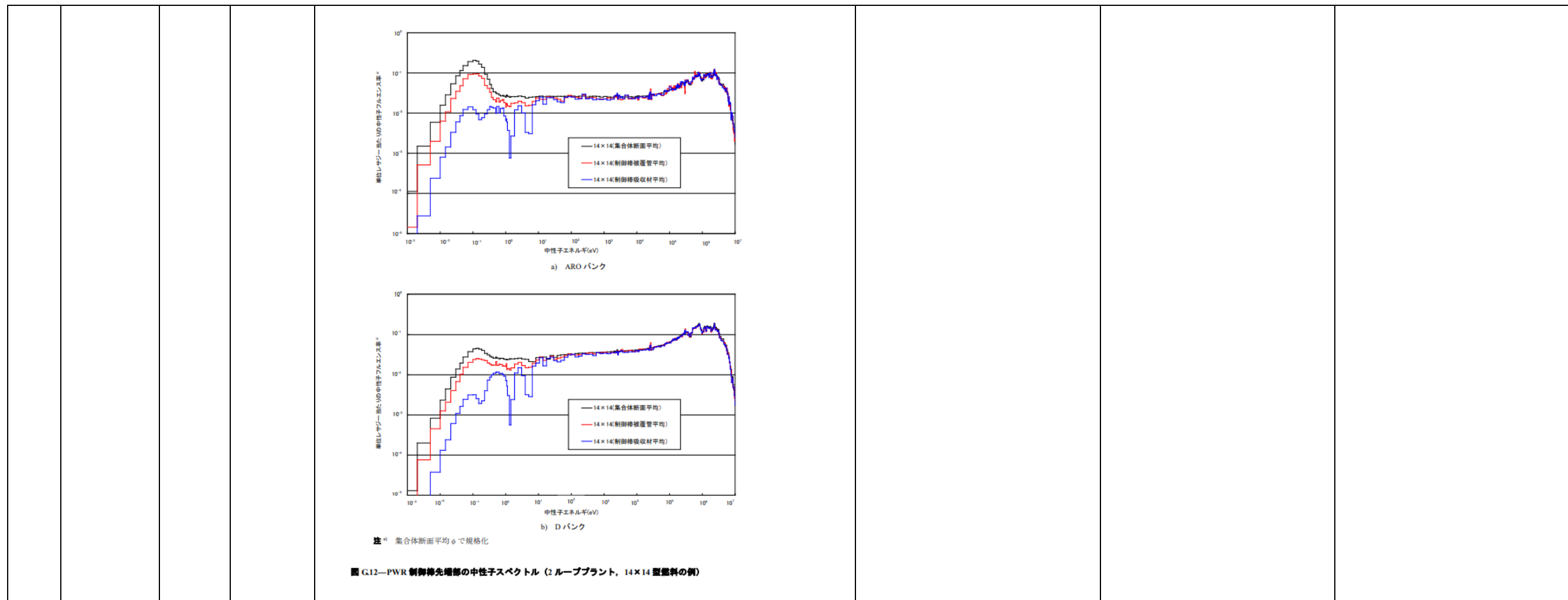
代表的な条件：
代表的な条件とは、実炉心におけるサイクル燃焼度や燃料の Gd 有り無し、濃縮度を整理した燃料の燃焼条件のことを指している。

			<p>a) AROバンク b) Dバンク</p> <p>図 G.10—PWR 制御棒の ARO バンク及び D バンクのモデル (概全図)</p>			
G.2 中性 子条 件の 設定 例	G.2.1 概 要		<p>b) 評価結果 制御棒に対する中性子フルエンス率の評価結果を、図 G.11 に示す。ただし、評価結果は、2 ループプラントの代表的な条件における炉心平均軸方向中性子フルエンス率分布を整理したものである。また、ORIGEN2 シリーズでの評価を前提に、放射化計算を実施する場合、放射化断面積については、例えば JENDL3.3 などの核データを基</p> <p>に、MCNP で評価した ARO バンク及び D バンクにおける制御棒先端部の被覆管並びに吸収体の中性子スペクトルで、1 群の実効断面積に縮約することがある。制御棒先端部の中性子スペクトルを、図 G.12 に示す。</p>	<p>代表的な条件： 代表的な条件とは、実炉心におけるサイクル燃焼度や燃料の Gd 有り無し、濃縮度を整理した燃料の燃焼条件のことを指している。</p>		



注記 集合体比出力の初年平均比出力に対する比=1.0で規格化

図 G.11—燃料有効層上端近傍の全中性子フルエンス率分布 (2 ループプラントの例)



附属書 H (参考) 検出困難元素の濃度分布評価方法

章		規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射能量を評価する場合	左記以外
H.3 検出困難元素の濃度分布の評価例	H.3.2 元素濃度データの適用性の確認	対数正規性の確認 有識者検討会の報告書では、Cl, Th 及び U に対し、H.3.1 で収集した元素濃度データ (データ群) を利用して代表的なデータ群の元素濃度分布を整理し、対数正規確率図上のプロットがおおむね直線関係にあることを確認しており、この結果から、いずれの元素も鉱物、岩石などからの試料の元素濃度分布は、対数正規分布を示していると評価している。	代表的なデータ群： 収集した鉱物、岩石などからの試料の元素濃度データ群に関して、試料数及び産地ごとに分類したデータ群を「代表的なデータ群」と呼んでいる。		

附属書 I (参考) 濃度比を用いる場合の計算例

章		規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射エネルギーを評価する場合	左記以外																											
I.1 基本的な考え方	I.1.2 放射化計算の条件の設定	<p>c) 中性子条件 評価対象廃棄物の中性子照射位置ごとの中性子フルエンス率・中性子スペクトル、及び放射化断面積を設定した上で、評価対象廃棄物の形状及び設置方向、配置位置を考慮した中性子照射位置を設定し、設定した評価対象廃棄物の中性子照射位置ごとに中性子条件を選定。</p> <p>例 1 評価対象廃棄物の形状及び設置方向による中性子照射位置設定の基本的な考え方は、次による。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>評価対象廃棄物の形状及び設置方向^{a)}</th> <th>考慮すべき条件^{b)}</th> <th>評価対象廃棄物の一例^{c)}</th> <th>考慮すべき照射位置の出現頻度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉の軸方向</td> <td>評価対象廃棄物自身の炉心軸方向の設置状態</td> <td>チャンネルボックス、制御棒、シュラウドなど</td> <td>一様分布</td> </tr> <tr> <td>原子炉の径方向</td> <td>評価対象廃棄物自身の炉心径方向の設置状態</td> <td>上部格子板 など</td> <td>該当部の面積比に応じた分布</td> </tr> </tbody> </table> <p>注^{a)} 評価対象廃棄物自身の形状及び原子炉内外での設置方向（原子炉の軸方向に沿って設置、原子炉の径方向に沿って設置など）。 ^{b)} 中性子フルエンス率・中性子スペクトルとして特段の考慮が必要な評価対象廃棄物の形状及び設置方向があれば、必要に応じて考慮。 ^{c)} 原子炉内の軸方向、及び径方向に広がる形状で設置されている代表的な廃棄物の例。</p> <p>例 2 評価対象廃棄物の配置位置による中性子照射位置設定の基本的な考え方は、次による。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>評価対象廃棄物の配置位置^{a)}</th> <th>考慮すべき条件</th> <th>評価対象廃棄物の一例</th> <th>考慮すべき中性子照射位置の出現頻度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">移動</td> <td>運転サイクルごとのローテーションなどによる配置位置変化</td> <td>チャンネルボックス^{b)}など</td> <td>配置位置のローテーションなどの実際の分布、又は代表的なパターン^{d)}</td> </tr> <tr> <td>燃焼制御のための挿入位置などの配置位置変化</td> <td>PWR 制御棒^{e)}、BWR 制御棒^{f)}など</td> <td>挿入位置などの実際の分布、又は代表的なパターン^{g)}</td> </tr> <tr> <td>固定</td> <td>中性子照射期間中は、配置位置の変化がないこと</td> <td>シュラウド、上部格子板など^{h)}</td> <td>固定値</td> </tr> </tbody> </table> <p>注^{a)} 評価対象廃棄物の原子炉内外でのローテーションによる配置位置の移動の有無の条件。 ^{b)} 原子炉内での運転サイクルごとにローテーションした配置位置（中央部、最外周など）ごとの考慮が必要である。 ^{c)} PWR 制御棒では、定格出力運転時の原子炉の軸方向の挿入位置（定格出力運転時の制御位置、及び定格出力運転時の制御棒全引き位置）ごとの考慮が必要である。 ^{d)} BWR 制御棒では、原子炉内での配置位置、及び定格出力運転時の炉心内挿入位置に対応する挿入時間の考慮が必要である。 ^{e)} 全照射期間において、原子炉内外で固定された状態で中性子照射される。 ^{f)} ローテーションした配置位置、挿入位置などの実際の頻度分布にて設定、又は代表的な（若しくは放射能濃度評価結果が大きくなるような）配置位置のパターンにて設定する場合もある。</p>	評価対象廃棄物の形状及び設置方向 ^{a)}	考慮すべき条件 ^{b)}	評価対象廃棄物の一例 ^{c)}	考慮すべき照射位置の出現頻度	原子炉の軸方向	評価対象廃棄物自身の炉心軸方向の設置状態	チャンネルボックス、制御棒、シュラウドなど	一様分布	原子炉の径方向	評価対象廃棄物自身の炉心径方向の設置状態	上部格子板 など	該当部の面積比に応じた分布	評価対象廃棄物の配置位置 ^{a)}	考慮すべき条件	評価対象廃棄物の一例	考慮すべき中性子照射位置の出現頻度	移動	運転サイクルごとのローテーションなどによる配置位置変化	チャンネルボックス ^{b)} など	配置位置のローテーションなどの実際の分布、又は代表的なパターン ^{d)}	燃焼制御のための挿入位置などの配置位置変化	PWR 制御棒 ^{e)} 、BWR 制御棒 ^{f)} など	挿入位置などの実際の分布、又は代表的なパターン ^{g)}	固定	中性子照射期間中は、配置位置の変化がないこと	シュラウド、上部格子板など ^{h)}	固定値	前述した説明（附属書 D の D.3）を参照		
評価対象廃棄物の形状及び設置方向 ^{a)}	考慮すべき条件 ^{b)}	評価対象廃棄物の一例 ^{c)}	考慮すべき照射位置の出現頻度																													
原子炉の軸方向	評価対象廃棄物自身の炉心軸方向の設置状態	チャンネルボックス、制御棒、シュラウドなど	一様分布																													
原子炉の径方向	評価対象廃棄物自身の炉心径方向の設置状態	上部格子板 など	該当部の面積比に応じた分布																													
評価対象廃棄物の配置位置 ^{a)}	考慮すべき条件	評価対象廃棄物の一例	考慮すべき中性子照射位置の出現頻度																													
移動	運転サイクルごとのローテーションなどによる配置位置変化	チャンネルボックス ^{b)} など	配置位置のローテーションなどの実際の分布、又は代表的なパターン ^{d)}																													
	燃焼制御のための挿入位置などの配置位置変化	PWR 制御棒 ^{e)} 、BWR 制御棒 ^{f)} など	挿入位置などの実際の分布、又は代表的なパターン ^{g)}																													
固定	中性子照射期間中は、配置位置の変化がないこと	シュラウド、上部格子板など ^{h)}	固定値																													

I.2 計算例	I.2.1 事前準備			<p>a) 評価対象廃棄物の選定 評価対象廃棄物としては、原子力発電所から発生する代表的な中深度処分対象廃棄物として、BWR のチャンネルボックス及び PWR の制御棒を選定し、この廃棄物を代表する主材料として表 I.1 に示す材料を選定した。</p> <p style="text-align: center;">表 I.1－評価対象廃棄物の選定</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>選定した中深度処分対象廃棄物</th> <th>評価対象廃棄物の材料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BWR のチャンネルボックス (本体を想定)</td> <td>ZrTN804D (ジルカロイ-4)</td> </tr> <tr> <td>PWR の制御棒 (被覆管を想定)</td> <td>SUS304</td> </tr> </tbody> </table>	選定した中深度処分対象廃棄物	評価対象廃棄物の材料	BWR のチャンネルボックス (本体を想定)	ZrTN804D (ジルカロイ-4)	PWR の制御棒 (被覆管を想定)	SUS304	前述した説明（附属書Gの G.1）を参照	
選定した中深度処分対象廃棄物	評価対象廃棄物の材料											
BWR のチャンネルボックス (本体を想定)	ZrTN804D (ジルカロイ-4)											
PWR の制御棒 (被覆管を想定)	SUS304											
I.2 計算例	I.2.2 放射化計算の条件の設定	I.2.2.2 中性子条件	I.2.2.2.1 ZrTN804D (BWR チャンネルボックス)	<p>チャンネルボックスの配置位置のローテーション(燃料集合体の装荷位置のローテーション)の条件は、実際には運転管理上正確に把握されているものの、この評価においては、配置位置の範囲を網羅することが重要であるため、代表的な配置位置のローテーションとして表 I.11 に示す条件を設定する。また、“形状及び設置方向の条件”については、a) にも示したとおり、チャンネルボックスの中性子フルエンス率・中性子スペクトルは、配置位置ごとに軸方向分布が異なるが、チャンネルボックスの軸方向の中性子照射位置の確率は、一定であるため、表 I.12 に示すとおり、設定した配置位置ごとに軸方向の中性子照射位置を一様分布で設定する</p>	<p>代表的な配置位置のローテーションとは、装荷位置として原子炉内の中央部、原子炉内の最外周部、制御棒近傍位置の3つの装荷位置を区別して、サイクルごとに3つの装荷位置のどこに装荷されていたかを整理したものを指している。</p> <p>代表的な装荷位置とは、原子炉内の中央部、原子炉内の最外周部、制御棒近傍位置の3つの装荷位置を区別することを指している。</p>	同左						

				<p align="center">表 I.11-ZrTN804D (BWR チャンネルボックスの本体) の配置位置の設定</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>運転サイクル数^{a)} サイクル数</th> <th>中性子照射 時間</th> <th>出現頻度分布</th> <th>配置位置の設定条件 (ローテーションの種類^{d)})</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2年未満</td> <td>固定^{b)}</td> <td>A : 中央</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2年以上, 3年未満</td> <td>配置ローテーションの 種類の一様分布^{c)}</td> <td>B : 中央→中央 C : 中央→近傍</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3年以上, 4年未満</td> <td>配置ローテーションの 種類の一様分布^{c)}</td> <td>D : 中央→中央→中央 E : 中央→近傍→中央</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4年以上, 5年未満</td> <td>配置ローテーションの 種類の一様分布^{c)}</td> <td>F : 中央→中央→中央→中央 G : 中央→中央→近傍→中央 H : 中央→中央→中央→最外 I : 中央→中央→最外→最外 J : 中央→近傍→最外→最外</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5年以上</td> <td>配置ローテーションの 種類の一様分布^{c)}</td> <td>K : 中央→中央→中央→中央→最外 L : 中央→中央→中央→最外→最外 M : 中央→中央→近傍→最外→最外</td> </tr> </tbody> </table> <p>^{a)} 中性子照射時間に応じて運転サイクル数を設定。 ^{b)} 中性子照射時間2年未満の場合は、配置位置のローテーションは、行わず、原子炉の中央部で継続的に照射される。 ^{c)} 範囲を評価することが重要であり、代表的な配置位置のローテーションの種類ごとに同じように選択するとした。 ^{d)} 原子炉内での運転サイクルごとの代表的な配置位置のローテーションの種類 (代表的な装荷位置の組合せ)。 中央：原子炉内の中央部、最外：原子炉内の最外周部、近傍：制御棒近傍位置、を意味する。</p> <p align="center">表 I.12-ZrTN804D (BWR チャンネルボックスの本体) の形状及び設置方向の設定</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>出現頻度分布</th> <th>中性子照射位置条件 (分割位置)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉の 軸方向の設置</td> <td>軸方向の一様分布^{a)} (25分割)</td> <td>1~25</td> </tr> </tbody> </table> <p>^{a)} BWR チャンネルボックスの軸方向位置を1(炉心下部)から25に分割し、この中から擬似一様乱数で中性子照射位置を設定する。また、軸方向位置については、原子炉内は、有効燃料部の24分割した各中性子照射位置(分割位置=1~24)、原子炉外は、共通の中性子照射位置(分割位置は25)として扱う。</p>	運転サイクル数 ^{a)} サイクル数	中性子照射 時間	出現頻度分布	配置位置の設定条件 (ローテーションの種類 ^{d)})	1	2年未満	固定 ^{b)}	A : 中央	2	2年以上, 3年未満	配置ローテーションの 種類の一様分布 ^{c)}	B : 中央→中央 C : 中央→近傍	3	3年以上, 4年未満	配置ローテーションの 種類の一様分布 ^{c)}	D : 中央→中央→中央 E : 中央→近傍→中央	4	4年以上, 5年未満	配置ローテーションの 種類の一様分布 ^{c)}	F : 中央→中央→中央→中央 G : 中央→中央→近傍→中央 H : 中央→中央→中央→最外 I : 中央→中央→最外→最外 J : 中央→近傍→最外→最外	5	5年以上	配置ローテーションの 種類の一様分布 ^{c)}	K : 中央→中央→中央→中央→最外 L : 中央→中央→中央→最外→最外 M : 中央→中央→近傍→最外→最外		出現頻度分布	中性子照射位置条件 (分割位置)	原子炉の 軸方向の設置	軸方向の一様分布 ^{a)} (25分割)	1~25			
運転サイクル数 ^{a)} サイクル数	中性子照射 時間	出現頻度分布	配置位置の設定条件 (ローテーションの種類 ^{d)})																																		
1	2年未満	固定 ^{b)}	A : 中央																																		
2	2年以上, 3年未満	配置ローテーションの 種類の一様分布 ^{c)}	B : 中央→中央 C : 中央→近傍																																		
3	3年以上, 4年未満	配置ローテーションの 種類の一様分布 ^{c)}	D : 中央→中央→中央 E : 中央→近傍→中央																																		
4	4年以上, 5年未満	配置ローテーションの 種類の一様分布 ^{c)}	F : 中央→中央→中央→中央 G : 中央→中央→近傍→中央 H : 中央→中央→中央→最外 I : 中央→中央→最外→最外 J : 中央→近傍→最外→最外																																		
5	5年以上	配置ローテーションの 種類の一様分布 ^{c)}	K : 中央→中央→中央→中央→最外 L : 中央→中央→中央→最外→最外 M : 中央→中央→近傍→最外→最外																																		
	出現頻度分布	中性子照射位置条件 (分割位置)																																			
原子炉の 軸方向の設置	軸方向の一様分布 ^{a)} (25分割)	1~25																																			
I.2 計算例	I.2.2 放射化計算の条件の設定	I.2.2.2 中性子条件	I.2.2.2.2 SUS304 (PWR 制御棒)	<p>SUS304 (PWR 制御棒の被覆管) の放射化計算の条件としての中性子フルエンス率については、附属書 G に示した 2 ループプラントの代表的な条件における軸方向 中性子フルエンス率分布を制御棒の出力比 = 1 (集合体平均出力 / 炉心平均出力 = 1) で規格化した結果 (D バンク、ARO バンクごとの軸方向中性子フルエンス率分布) を、中性子スペクトルについては、図 I.7 に示す定格出力運転時の原子炉の軸方向の配置位置 (D バンク、ARO バンク) ごとの各中性子照射位置の中性子スペクトルを、それぞれ利用する。</p>	<p>代表的な条件： 代表的な条件とは、実炉心におけるサイクル燃焼度や燃料の Gd 有り無し、濃縮度を整理した燃料の燃焼条件のことを指している。</p>																																

				<p>AROバンクの制御棒</p> <p>Dバンクの制御棒</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 AROバンクの制御棒先端から0m~0.1m位置 2 AROバンクの制御棒先端から0.1m~0.75m位置^{a)} 3 Dバンクの制御棒先端から0m~0.1m位置 4 Dバンクの制御棒先端から0.1m~0.2m位置 5 Dバンクの制御棒先端から0.2m~0.3m位置 6 Dバンクの制御棒先端から0.3m~0.75m位置^{a)} <p>注^{a)} 保守的にAROバンクの制御棒先端から0.1m~0.2mの放射化断面積で代表。</p> <p>図 1.7-PWR 制御棒の放射化断面積を設定した中性子照射位置</p>			
I.2 計算例	I.2.2 放射化計算の条件の設定	I.2.2.2 中性子条件	I.2.2.2.2 SUS304 (PWR 制御棒)	<p>PWR 制御棒では、放射化断面積の濃度比への影響は、小さく、中性子照射位置ごとの詳細な放射化断面積の設定は基本的に不要であるものの、ここでは、この附属書の目的が濃度比を用いる場合の適用性評価であることを考慮し、放射化計算結果で算出する難測定核種及び Key 核種の濃度比のばらつき程度（影響）も把握できるように、図 I.7 に示す定格出力運転時の原子炉の軸方向の配置位置ごとの中性子スペクトルに基づき、各代表的中性子照射位置の放射化断面積をそれぞれ設定する</p>	<p>各代表的中性子照射位置：</p> <p>代表的な制御棒の照射位置として、制御棒が挿入されているか否かという観点から ARO バンク位置と D バンク位置を示している。</p>		

				<p>AROバンクの制御棒</p> <p>Dバンクの制御棒</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 AROバンクの制御棒先端から0 m～0.1 m位置 2 AROバンクの制御棒先端から0.1 m～0.75 m位置^{注)} 3 Dバンクの制御棒先端から0 m～0.1 m位置 4 Dバンクの制御棒先端から0.1 m～0.2 m位置 5 Dバンクの制御棒先端から0.2 m～0.3 m位置 6 Dバンクの制御棒先端から0.3 m～0.75 m位置^{注)} <p>注¹⁾ 保守的にAROバンクの制御棒先端から0.1 m～0.2 mの放射化断面積で代表。</p> <p>図 1.7-PWR 制御棒の放射化断面積を設定した中性子照射位置</p>			
I.2 計算例	I.2.2 放射化計算の条件の設定	I.2.2.2 中性子条件	I.2.2.2.2 SUS304 (PWR 制御棒)	<p>^{14}C, ^{63}Ni のような比較的長半減期の核種の放射能濃度は、中性子照射量の合計に依存して増大するため、配置位置の影響は、基本的に小さいものの、^{60}Co のような比較的短半減期の(減衰の影響を受けやすい)核種の放射能濃度は、最終中性子照射時の条件での影響を受けやすい(例えば、最終中性子照射時に Dバンクでの強い中性子照射を受けた場合のほうが減衰による核種濃度低下の影響を受けにくい)。このため、この附属書における濃度比を用いる場合の適用性評価では、Key核種に ^{60}Co を利用する場合 (I.2.4.1 参照) を考慮し、^{60}Co 量が小さくなる(難測定核種及び Key核種の濃度比が大きくなる=保守的な評価となる)配置位置として、“Dバンク照射から AROバンク照射”を代表的な配置位置の組合せパターン条件(固定)として設定することとした。また、軸方向の中性子照射位置については、PWR 制御棒の先端から 0.75 m までの位置で全体を代表させ、範囲内で一様分布を想定する。</p>	<p>代表的な配置位置の組合せパターン条件</p> <p>代表的な制御棒の照射(配置)位置として、制御棒が挿入されているか否かという観点から Dバンク位置、AROバンク位置があり、その組み合わせのことを指している。</p>		
I.2 計算例	I.2.3 放射化	I.2.3.1 放射化		<p>濃度比を用いる場合の基本的な考え方は、評価対象となる放射化金属等を実際にサンプリング及び放射化学分析した多数の代表試料の放射能</p>	<p>代表的な放射化計算用の入力データ群</p>		

	計算	計算用データの設定	<p>濃度データによって難測定核種及び Key 核種の濃度比（すなわち、スケールリングファクタ）を評価、設定する代わりに、適切に代表した放射化計算の条件での多数の放射化計算結果（評価データ）によって難測定核種及び Key 核種の濃度比を評価、設定する。したがって、対象となる放射化金属等の元素成分条件、中性子条件及び照射条件の範囲、並びにその分布を適切に設定し、これを網羅した代表的な放射化計算用の入力データ群を作成して、放射化計算による評価を進めることが必要となる。このため、放射化計算の条件としての放射化計算コードへの入力条件として設定するデータ（すなわち、放射化計算用データ）については、評価対象廃棄物の中性子照射条件などの実績などを十分考慮した放射化計算範囲を適切に設定した上で、それぞれの計算条件をランダムにサンプリングすることで、次の設定必要項目ごとに放射化計算用入力データを作成する。</p> <ul style="list-style-type: none"> － 元素成分条件：分析結果などに基づき元素濃度の分布を設定 － 中性子条件：評価対象廃棄物の形状、原子炉内外での設置状態、及び運転サイクルごとにローテーションした配置位置、原子炉供用期間中の運転モードによる配置位置（以下、配置位置という。）の実績を考慮し、中性子照射位置の出現頻度分布を適切に設定し、この中性子照射位置での中性子条件を設定 － 照射条件：原子炉での実際の中性子照射実績を踏まえて設定 <p>元素成分条件は、I.2.2.1.2 で設定した化学分析データなどに基づく分布を踏まえ、元素ごとに適切な濃度分布を設定した。</p>			
I.2 計算例	I.2.3 放射化計算	I.2.3.1 放射化計算用データの設定	<p>表 I.16－放射化計算の条件の出現頻度分布の設定（設定結果の整理）</p>	<p>(BWR) <u>代表的な配置位置のローテーション</u> 装荷位置として原子炉内の中央部、原子炉内の最外周部、制御棒近傍位置の3つの装荷位置を区別して、サイクルごとに3つの装荷位置のどこに装荷されていたかを整理したものを指している。</p> <p>(PWR) 代表的照射パターンの組み合わせ</p> <p>制御棒の照射（配置）位置として、制御棒が挿入されているか否かと</p>		

				<p align="center">表 I.16—放射化計算の条件の出現頻度分布の設定（設定結果の整理）</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2" rowspan="2">設定必要項目</td> <td colspan="2">放射化計算の条件を決定するための出現頻度分布の設定</td> </tr> <tr> <td>BWR チャンネルボックスの本体 (ZrTN804D)</td> <td>PWR 制御棒の被覆管 (SUS304)</td> </tr> <tr> <td>元素成分条件</td> <td>各元素の濃度分布</td> <td colspan="2">対数正規分布, 正規分布, 一様分布 (元素ごとに設定, 表 I.9 及び表 I.10 に詳細を示す。)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">中性子条件</td> <td>配置位置の出現頻度分布</td> <td>中性子照射時間に応じた代表的配置位置のローテーションの組合せパターン^{a)}</td> <td>代表的照射パターン組合せでの設定 (Dバンク照射後, AROバンク照射のパターン)</td> </tr> <tr> <td>形状及び設置状態の出現頻度分布</td> <td>軸方向の一様分布^{b)}</td> <td>軸方向の一様分布^{c)}</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">中性子照射条件</td> <td>中性子照射時間の分布</td> <td>正規分布</td> <td>Dバンク : 指数分布^{d)} AROバンク : 正規分布</td> </tr> <tr> <td>中性子照射停止時間</td> <td>運転サイクルごとに均等設定^{e)} (設備利用率を70%とした)</td> <td>運転サイクルごとに均等設定^{e)} (設備利用率を70%とした)</td> </tr> </table> <p><small>注^{a)} 中性子照射時間ごとの配置位置のローテーションの組合せパターン (例 3 サイクル照射の場合, 最外周—中央部—中央部などの組合せ) の分布で出現する。 なお, 配置位置ローテーションの組合せパターンは, 中性子照射時間に依存する。 ^{b)} チャンネルボックス全体の原子炉内の軸方向位置の一様分布とした。 ^{c)} 制御棒の放射能のほとんどを占める先端から 0.75 m までの炉心軸方向位置内で一様分布とした。 ^{d)} Dバンクにおける制御棒の中性子照射期間は, 正規分布が認められ, AROバンクにおける制御棒の中性子照射期間は, 指数分布が認められた。 ^{e)} 設備利用率を70%とし, 運転サイクルごとに中性子照射停止時間を均等に設定した。</small></p>	設定必要項目		放射化計算の条件を決定するための出現頻度分布の設定		BWR チャンネルボックスの本体 (ZrTN804D)	PWR 制御棒の被覆管 (SUS304)	元素成分条件	各元素の濃度分布	対数正規分布, 正規分布, 一様分布 (元素ごとに設定, 表 I.9 及び表 I.10 に詳細を示す。)		中性子条件	配置位置の出現頻度分布	中性子照射時間に応じた 代表的 配置位置のローテーションの組合せパターン ^{a)}	代表的 照射パターン組合せでの設定 (Dバンク照射後, AROバンク照射のパターン)	形状及び設置状態の出現頻度分布	軸方向の一様分布 ^{b)}	軸方向の一様分布 ^{c)}	中性子照射条件	中性子照射時間の分布	正規分布	Dバンク : 指数分布 ^{d)} AROバンク : 正規分布	中性子照射停止時間	運転サイクルごとに均等設定 ^{e)} (設備利用率を70%とした)	運転サイクルごとに均等設定 ^{e)} (設備利用率を70%とした)	<p>この観点から Dバンク位置、AROバンク位置があり、その組み合わせのことを指している。</p>		
設定必要項目		放射化計算の条件を決定するための出現頻度分布の設定																													
		BWR チャンネルボックスの本体 (ZrTN804D)	PWR 制御棒の被覆管 (SUS304)																												
元素成分条件	各元素の濃度分布	対数正規分布, 正規分布, 一様分布 (元素ごとに設定, 表 I.9 及び表 I.10 に詳細を示す。)																													
中性子条件	配置位置の出現頻度分布	中性子照射時間に応じた 代表的 配置位置のローテーションの組合せパターン ^{a)}	代表的 照射パターン組合せでの設定 (Dバンク照射後, AROバンク照射のパターン)																												
	形状及び設置状態の出現頻度分布	軸方向の一様分布 ^{b)}	軸方向の一様分布 ^{c)}																												
中性子照射条件	中性子照射時間の分布	正規分布	Dバンク : 指数分布 ^{d)} AROバンク : 正規分布																												
	中性子照射停止時間	運転サイクルごとに均等設定 ^{e)} (設備利用率を70%とした)	運転サイクルごとに均等設定 ^{e)} (設備利用率を70%とした)																												
I.2 計算例	I.2.4 適用例	I.2.4.1 Key 核種の選定	<p>濃度比を用いる場合に必要となる Key 核種の選定の基本要件としては、外部からの検出が比較的容易な γ 線放出核種である (すなわち、非破壊外部測定も可能)、又は評価対象廃棄物ごとの放射能濃度を放射化計算によって算出できる核種であることが挙げられる。このため、ここでは、濃度比を用いる場合の Key 核種の例として、代表的な γ 線放出核種である ^{60}Co を選定する。難測定核種 (評価対象核種) 及び Key 核種の散布図、並びに統計計算を行った結果を、図 I.8 及び図 I.9 に示す。</p>	<p>代表的な γ 線放出核種： Key 核種の選定の基本要件として非破壊外部測定が可能で、γ 線放出核種の中で比較的半減期も長いことができる核種の代表として、^{60}Co を選定している。</p>																											
			<p>ISO21238:2007 に示されている適切なデータ数の取得の考え方 (I.1.4 参照) を踏まえて、今回の放射化計算結果である 40 点のデータベースに関して、代表的な統計値である相関係数の安定性 (すなわち、各データ数における相関係数の平均値及び相関係数の 95 %信頼下限値の差が示す不確定性の減少の度合い) について評価した結果を、図 I.12 に示す。この結果に基づけば、放射化計算によって集積したデータ数</p>	<p>濃度比法に関する統計値としては、次のものがあるが、計算数に関しての影響が大きく表れる統計値として、「相関係数」を選択したもの。 ・相関係数</p>																											

の推移に応じて、相関係数の 95%信頼下限値が上昇し、次第に安定領域に入り、40 点の計算用入力データ群では、追加計算によっても、統計値の明確な改善は、生じないことが十分に測られるため、濃度比を決定するためのデータ数としては、充足している。

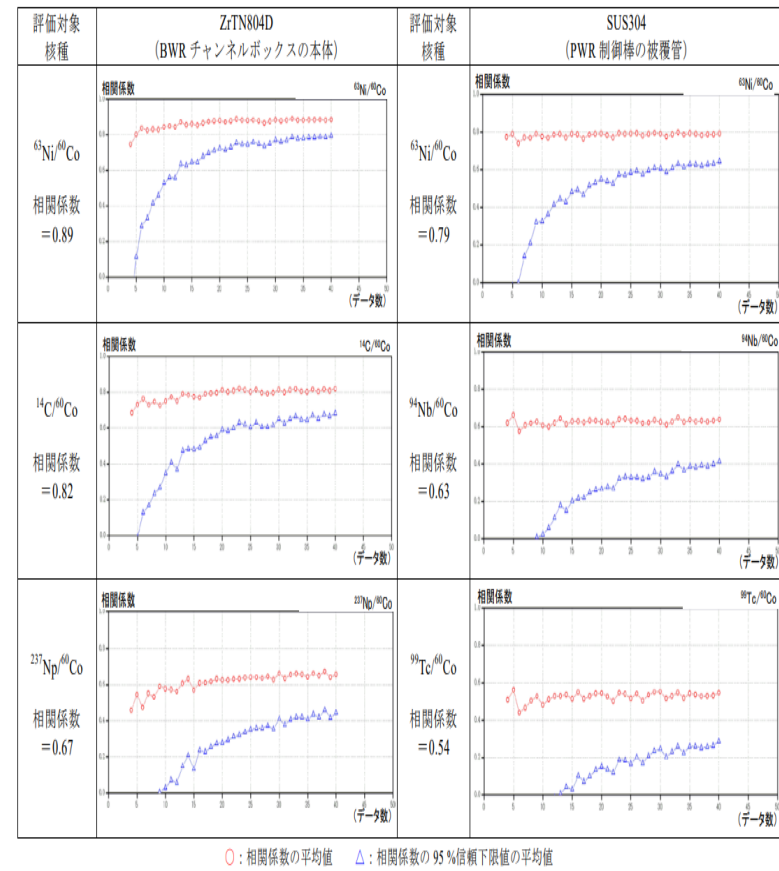
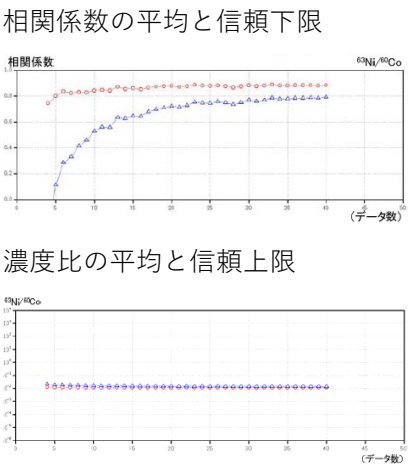


図 1.12-相関係数の安定性の評価 (放射化計算結果の数 (評価データ数) 及び相関係数の統計値の推移による評価)

・濃度比
ZrTN804D (BWR チャンネルボックスの本体) の統計値の推移の例



附属書 J (参考) 換算係数を用いる場合の計算例

章	規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射エネルギーを評価する場合	左記以外
J.1 基本的な考え方 J.1.1 考え方	まず、上記に示したように評価対象廃棄物に対し適切な管理指標を決定する。次に、評価対象廃棄物のもつ管理指標の値の範囲を考慮して代表的な中性子照射量を設定し、平均的又は放射能濃度評価結果が大きくなるような中性子条件で放射化計算を実施する。 この結果から管理指標の値と放射能濃度との関係を換算係数として決定し、換算係数及び評価対象廃棄物のもつ管理指標の値の積から放射能濃度を決定する。この方法による評価手順の概略を、図 J.1 に示	代表的な中性子照射量を設定 放射能濃度評価結果が大きくなるように管理指標値の範囲を考慮して中性子照射量を設定するという意味。	代表的な中性子照射量を設定 平均的な放射能濃度評価結果を与えるように管理指標値の範囲を考慮して中性子照射量を設定するという意味。	

			<p>す。</p> <p>図 J.1- 換算係数を用いる場合の評価手順の概略</p>									
	J.2.1 事前準備		<p>評価対象廃棄物の選定 原子力発電所から発生する代表的な中深度処分対象廃棄物として、表 J.2 に示す評価対象廃棄物を選定した。</p> <p>表 J.2-換算係数を用いる場合の評価対象廃棄物の選定</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>選定した中深度処分廃棄物</th> <th>評価対象廃棄物の材料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BWR のチャンネルボックス (本体)</td> <td>ZrTN804D (ジルカロイ 4)</td> </tr> <tr> <td>PWR 制御棒 (被覆管)</td> <td>SUS304</td> </tr> </tbody> </table>	選定した中深度処分廃棄物	評価対象廃棄物の材料	BWR のチャンネルボックス (本体)	ZrTN804D (ジルカロイ 4)	PWR 制御棒 (被覆管)	SUS304	<p>代表的な中深度処分対象廃棄物 放射化金属等で中性子照射量が大きく、発生量の多い運転廃棄物。</p>		
選定した中深度処分廃棄物	評価対象廃棄物の材料											
BWR のチャンネルボックス (本体)	ZrTN804D (ジルカロイ 4)											
PWR 制御棒 (被覆管)	SUS304											
J.2 計算例	J.2.2 放射化計算の条件の設定	J.2.2.2 中性子条件	<p>a) 中性子フルエンス率・中性子スペクトルの設定 中性子フルエンス率については、附属書 I と同様に、2 ループプラントの代表的な条件における軸方向中性子フルエンス率分布を制御棒の出力比（集合体平均出力の炉心平均出力に対する比）=1 で規格化した結果（D バンク、ARO バンクごとの軸方向中性子フルエンス率分布）を、中性子スペクトルについては定格出力運転時の原子炉の軸方向の配置位置（D バンク、ARO バンク）ごとの各照射位置の中性子スペクトルをそれぞれ利用した。</p>	<p>代表的な燃焼条件： 代表的な燃焼条件とは、実炉心におけるサイクル燃焼度や燃料の Gd 有り無し、濃縮度を整理した燃料の燃焼条件のことを指している。</p>								

附属書 K (参考) 濃度分布評価法によって決定する場合の計算例

章		規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射エネルギーを評価する場合	左記以外				
K.2 計算例	K.2.1 事前準備	<p>a) 評価対象廃棄物の選定 評価対象廃棄物としては、原子力発電所から発生する代表的な中深度処分対象廃棄物を選定し、この廃棄物を代表させる主材料として、表 K.1 に示す廃棄物を評価対象廃棄物として選定した。</p> <p style="text-align: center;">表 K.1-評価対象廃棄物の選定</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>選定した中深度処分廃棄物</th> <th>評価対象廃棄物の材料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GCR の黒鉛減速材</td> <td>黒鉛 (ベシネ1級)</td> </tr> </tbody> </table>	選定した中深度処分廃棄物	評価対象廃棄物の材料	GCR の黒鉛減速材	黒鉛 (ベシネ1級)	<p>代表的な中深度処分対象廃棄物を選定：</p> <p>GCR の中深度処分対象廃棄物は黒鉛減速材以外に制御棒等の炉内挿入物、BCD チューブ等の炉内構造物があるが、ここでは物量が多いこともあり、黒鉛減速材を代表としたという意味。</p>	同左	
選定した中深度処分廃棄物	評価対象廃棄物の材料								
GCR の黒鉛減速材	黒鉛 (ベシネ1級)								
	K.1.4 適用方法	<p>a) 放射化計算結果の安定性及び充足性の確認。放射化計算結果が安定しているか、計算結果の数が放射能濃度を決定するための評価データとして十分であるかどうかについては、K.1.4 a)に示した判断基準によって確認することとした。今回の放射化計算結果である 40 点のデータベースに関して、代表的な統計値である“放射能濃度の安定性”（すなわち、各データ数における放射能濃度の平均値と 95 %信頼上限値の差とが示す不確定性の減少の度合い）について評価した結果を、図 K.5 に示した。この結果 から、放射化計算によって集積したデータ数の推移に応じて、放射能濃度の 95 %信頼上限が小さくなって、次第に安定領域に入り、40 点の放射化計算用データでは、放射化計算を追加しても統計値の安定性に明確な向上が見込まれないことが十分予測されることから、放射能濃度を決定するためのデータ数としては、充足しているといえる。</p>	<p>代表的な統計値である“放射能濃度の安定性”：</p> <p>ランダムサンプリングにより複数の計算条件で求めた放射化計算結果が統計的に充足しているか、安定した結果になっているかを示す指標として、各データ数における放射能濃度の平均値と 95 %信頼上限値の差とが示す不確定性の減少の度合いを統計値として取り上げたという意味。</p>	同左					

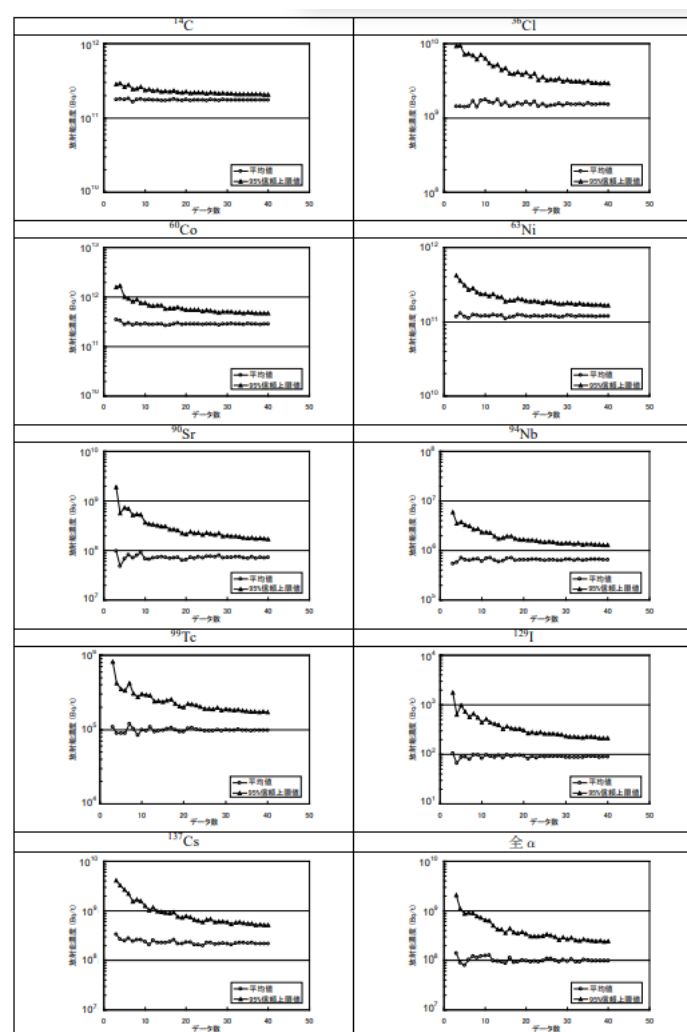
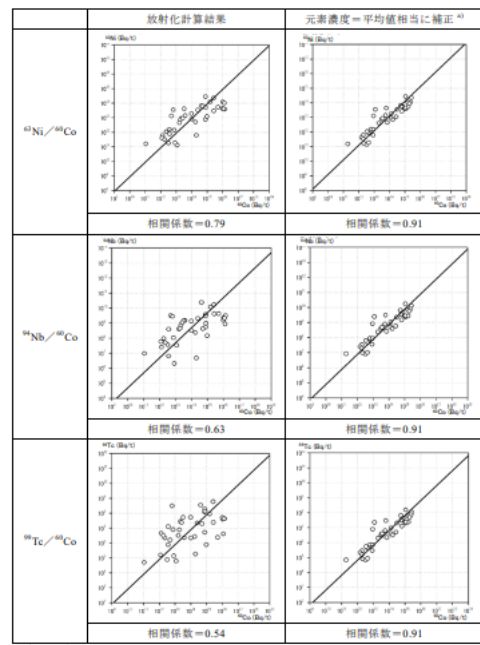


図 K.5—放射線量率評価値の安定性及び充足性の確認（原子炉停止直後）

章	規定内容	最大放射能濃度を評価する場合	総放射能濃度を評価する場合	左記以外
6. その他の解説事項 6.2 濃度比法を用いる場合の基本的な考え方及び計算例 6.2.4 適用例	元素成分条件が放射化計算結果に与える影響 a) で補正した各核種の放射能濃度データを利用し、ZrTN804D 及び SUS304 の 代表的 な核種について、補正前後の放射能濃度を比較した結果を、解説図 4 及び解説図 5 に示す。いずれの核種についても、難測定核種と Key 核種 (^{60}Co) との相関関係は、補正後のほうが向上しており、各放射化計算のばらつきは、元素成分条件の影響が大きいことが分かる。	最大放射能濃度を評価する場合 代表的な核種 標準では、評価対象核種の想定 評価対象核種は、本来は、中深度処分対象廃棄物の埋設処分施設の埋設事業許可申請書等に記載された放射性核種に従って評価する。ここでは、表 G.2 に示す“政令記載核種”及び浅地中ピット処分対象廃棄物の“申請核種”を参考に、腐食生成核種、核分裂生成核種などの代表例として、次の放射性核種を評価対象核種として想定した。 ^{14}C , ^{36}Cl , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{94}Nb , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{137}Cs , 全 α	総放射能濃度を評価する場合 この中から、生成過程、挙動が異なるとされる下記の 3 核種を説明の一例として、示したものの。 CP 核種 (^{14}C : 非金属元素 N を主生成源), CP 核種 (^{63}Ni : 金属元素 Ni を主生成源), α 核種 (^{237}Np)	左記以外
		<p>注 a) 附属書 G の二次スクリーニングの放射能濃度の比を利用した起源元素別の放射能濃度の算定を行い、これを元素濃度の平均値となるよう比例補正した。</p>		
<p>解説図 4—元素成分条件が放射化計算結果に与える影響 (ZrTN804D の場合)</p>				



^{*)} 補正値 C の二次スカラーリングの放射能濃度の比を利用した起源元素別の放射能濃度の算定を行い、これを元素濃度の平均値となるよう比例補正した。

添付図 5-元素成分条件が放射化計算結果に与える影響 (SUS304 の場合)