

2020. 6. 17冷却告示に関する面談における指摘事項一覧

No.	該当評価	指摘事項の内容	回答
1	未臨界	未臨界評価に関するモデル体系の説明資料について提示すること	「指摘事項の回答(No. 1)」にてご説明いたします。また、女川原子力発電所1号炉廃止措置計画認可申請書補足説資料をご提示いたします。
2	全評価	資料に示されるコード使用実績について整理すること	「指摘事項の回答(No. 2)」にてコード一覧を示し、使用実績についてご説明いたします。
3	未臨界	未臨界評価の不確実性算出根拠が適切な規格に基づいているなら示すこと	「指摘事項の回答(No. 3)」にて、根拠である「ANSI/ANS-57.2-1983」及び「臨界安全ハンドブック第2版」における記載についてご説明いたします。
4	燃料健全性	健全性評価における係数の根拠について説明すること(P1-12)	「指摘事項の回答(No. 4)」にて、各係数の根拠について整理し、ご説明いたします。
5	被ばく	スカイシャイン評価における55Gwd/tの設定が適切である根拠を説明すること	「指摘事項の回答(No. 5)」にて、55Gwd/tの設定の保守性について整理し、ご説明いたします。
6	燃料健全性	先行炉の評価内容と比較して差異について説明すること	「指摘事項の回答(No. 6)」にて、ご説明いたします。
7	被ばく	直接線の考慮が不要であることの理由について説明すること	「指摘事項の回答(No. 7)」にてご説明いたします。また、女川原子力発電所1号炉廃止措置計画認可申請書補足説資料をご提示いたします。

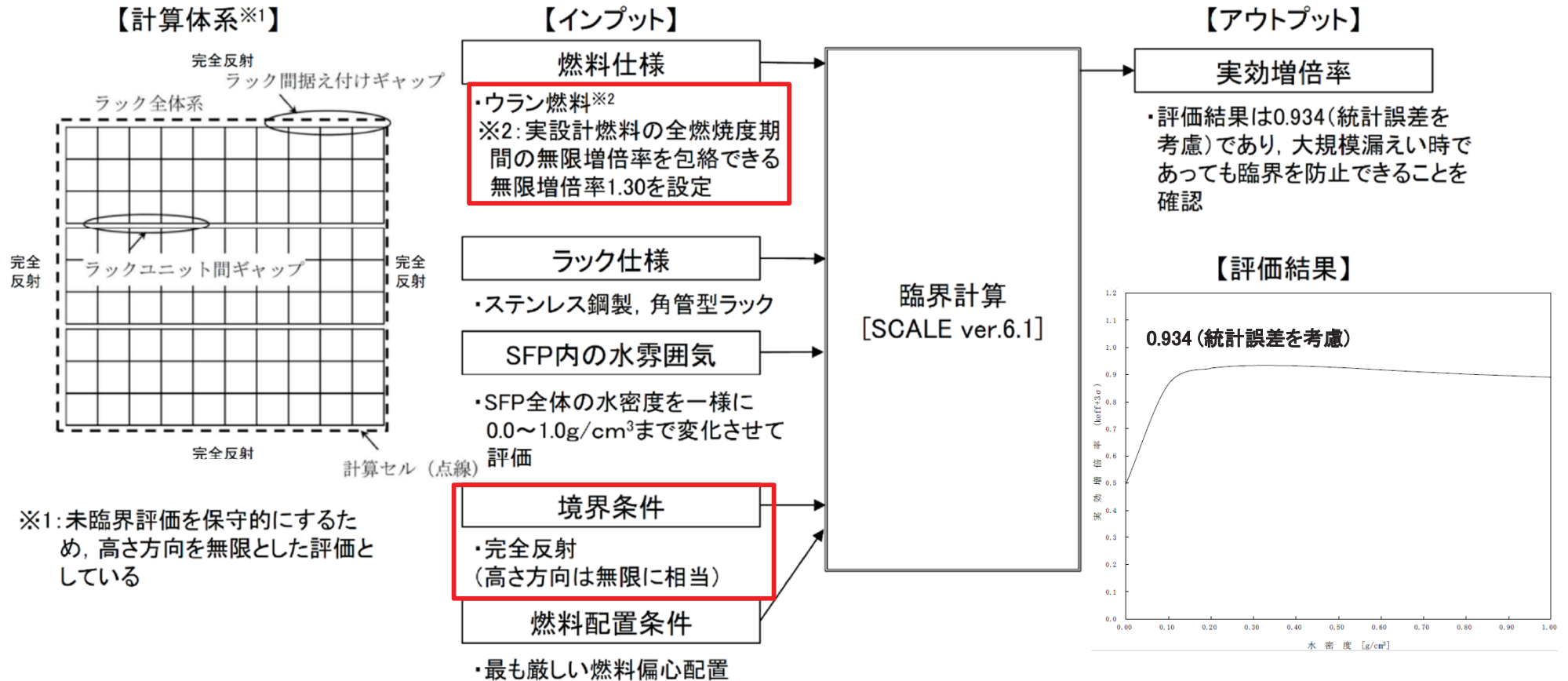
指摘事項の回答(No. 1)

指摘事項

未臨界評価に関するモデル体系の説明資料について提示すること

回答

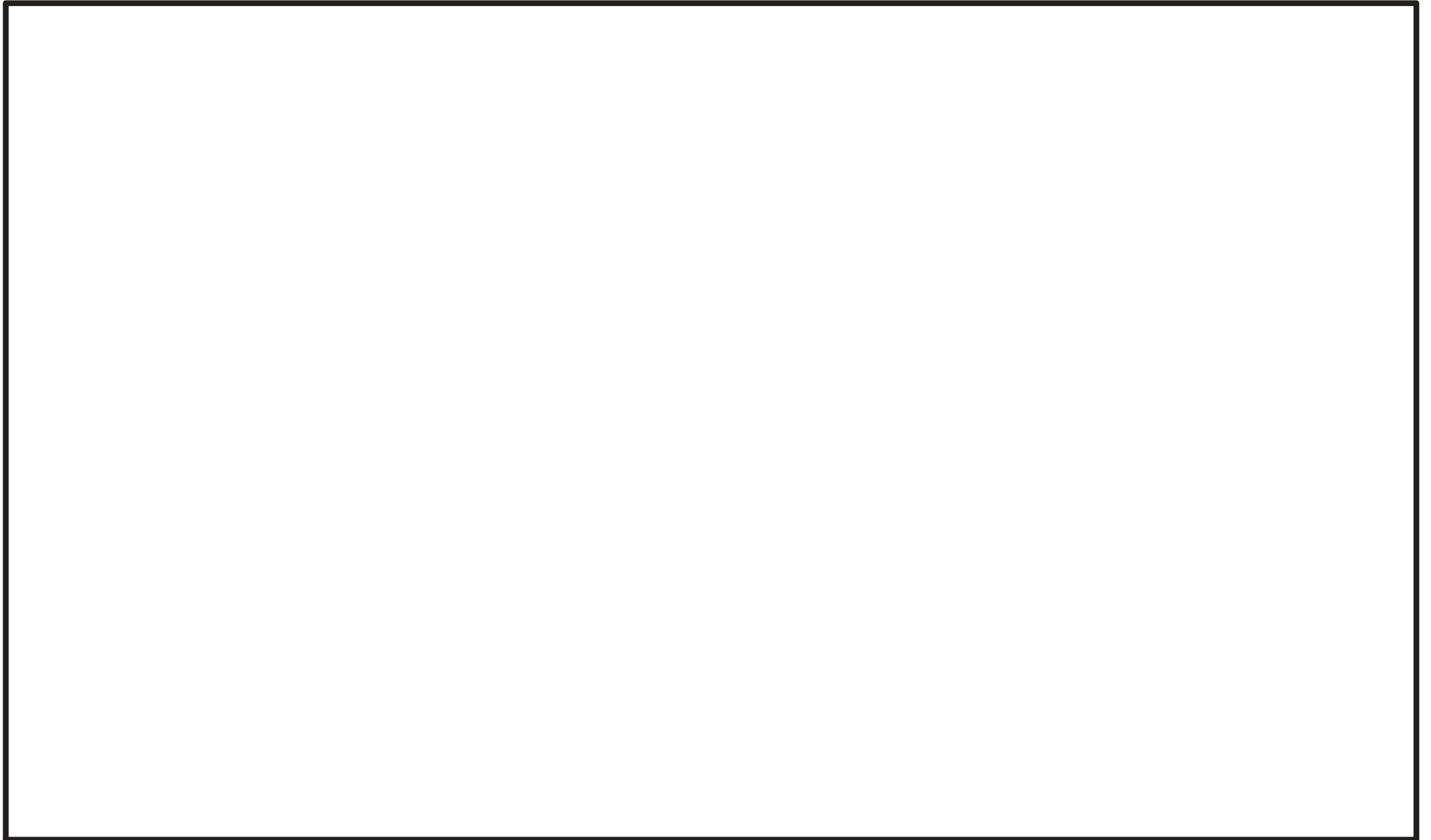
- 未臨界評価は、「計算体系」に示す90体ラックを設定し、周囲での境界条件を完全反射(高さ方向は無限に相当)と設定することで、中性子の漏れがない保守的な条件としている(女川原子力発電所1号炉廃止措置計画認可申請書補足説明資料P131参照)。
- 従って、使用済燃料ラックに全て使用済燃料が貯蔵された想定での評価となっている。



指摘事項の回答(No. 1)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

無限増倍率1.30の考え方



指摘事項の回答(No. 2)

指摘事項

資料に示されるコード使用実績について整理すること

回答

- 女川1号炉廃止措置計画の評価に用いている解析コードを以下に示す。
- 廃止措置におけるスカイシャイン線の評価では、MCNPにて評価している先行電力もいるが、当社では従前の許認可との整合性を考慮してQAD-CGGP2RおよびG33-GP2Rのコードを使用している。
- 全ての解析コードは、許認可における使用実績があり、評価への適用性が確認されている。

No.	解析コード名	バージョン	評価内容	使用実績
1	ORIGEN2	—	・使用済燃料の健全性評価(使用済燃料の発熱量評価)	・敦賀1号廃止措置計画(BWR:2017.4.19認可)
2	SCALE	6.1	・使用済燃料プール水大規模漏えい時の未臨界性の評価(未臨界評価)	・島根1号廃止措置計画(BWR:2017.4.19認可) ・玄海2号廃止措置計画(PWR:2020.3.18認可)
3	ORIGEN2	2.2	・SFPに貯蔵されている使用済燃料からの被ばく評価(炉内内蔵量・線源強度)	・新規制基準適合性審査(柏崎, 東海第二)
4	QAD-CGGP2R	1.04	・SFPに貯蔵されている使用済燃料からの被ばく評価(スカイシャイン線)	・新規制基準適合性審査(柏崎, 東海第二)
5	G33-GP2R	1.00	・SFPに貯蔵されている使用済燃料からの被ばく評価(スカイシャイン線)	・設置許可添付書類十の直接線及びスカイシャイン線評価(BWR各社の従前の許認可評価)

指摘事項の回答(No. 3)

指摘事項

未臨界評価の不確実性算出根拠が適切な規格に基づいているなら示すこと

回答

- BWRでは、未臨界評価の基準値を0.95と設定している。
- この0.95の基準値は、従前の許認可と同様の値である。
- 未臨界評価の基準値である0.95は、米国の評価基準であるANSI/ANS規格※1を参考に、計算による不確かさを考慮した安全裕度として、実効増倍率の一つの指標とされている。
- また、「臨界安全ハンドブック第2版」(日本原子力研究所 1999年)※2においても「モンテカルロコードを用いた場合には、計算された平均増倍率に標準偏差の3倍の値を加えた値を推定臨界下限増倍率または0.95と比較し、未臨界を判定する。」と記載されている。

※1 ANSI/ANS-57.2-1983 Design Requirements for LWR SF Storage Facilities at Nuclear Power Plants

※2 臨界安全ハンドブック第2版, JAERI1340, 日本原子力研究所, 1999年3月

なお、PWRでは、未臨界評価の基準値を0.98と設定している。これは、PWRでは公称値により実効増倍率を計算し、製造公差等のばらつきを未臨界性評価上厳しくなる側に不確実性として、公称値計算結果に加算しているためである。

指摘事項の回答(No. 3)

未臨界評価の基準値(0.95)の根拠

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4 未臨界条件の設定方法

中性子増倍率の関係を図2.2に示す。本臨界安全ハンドブックの安全確保の方法の特徴は「評価条件の設定」と「評価対象が安全側に計算されるためのモデル化」に十分な裕度をもたせることである。特に評価条件の設定では、系の状態として技術的に想定される最も厳しい条件を設定することとしており、この段階で多くの不確定な要素に起因して要求される安全裕度を含むようにしている。

この臨界の観点で最も厳しい条件の下で最大と推定される中性子増倍率 k_0 を算出する。なお、この中性子増倍率の算出にあたっては、数値計算法に含まれる不確かさを考慮しなければならない。モンテカルロ法により計算する場合には平均中性子増倍率に標準偏差の3倍 (3σ) を加える。

最大許容増倍率 k_0 は、推定臨界下限増倍率 k_L 以下に設定される。 k_L と k_0 の差 Δk_0 はさらなる安全裕度となり、任意に設定できるものとする。

2.4.2 推定臨界下限増倍率の設定方法

推定臨界下限増倍率を求めるには、対象系と類似な臨界実験データを用いて実施されたベンチマーク計算の結果を用いる。

反射体付き単純形状体系（外周に十分な厚さの反射体を有し、中性子吸収材を含まない単純体系）の推定臨界下限増倍率を表2.3に示す。これは、日本原子力研究所（以下、原研と記す）で開発された臨界安全解析コードシステム JACS（「臨界安全ハンドブック・データ集」付録A参照）を用いて行われた、反射体付きの単純な形状を対象とした約400ケースのベンチマーク計算結果に基づいて作成された（参考文献(1)及び「臨界安全ハンドブック・データ集」付録C参照）。どのグループの推定臨界下限増倍率も、すべてのベンチマーク計算結果がそれを下回ることがないように適切な裕度を見込んで設定されている。推定臨界下限値はグループごとの推定臨界下限増倍率に対応する値として求めることができる。

反射体付き一般形状体系（反射体付き単純形状体系を含むすべての反射体付き体系）の推定臨界下限増倍率を表2.4に示す。これは、反射体付き一般形状体系を対象とした約600ケースのベンチマーク計算結果に基づいて、表2.3と同じ方法で作成された。

なお、JACS 以外の臨界安全解析コードシステムを用いる場合にも、対象系と類似な臨界実験データを用いてベンチマーク計算を行った結果から、同様に推定臨界下限増倍率を求めることができる。また、十分に検証された他のコードシステムを用いる場合には、そのコードシステムによって算出された中性子増倍率 k_{eff} が次式を満足することにより単一ユニットの未臨界性を判定できる。

$$k_{eff} \leq 0.95 \quad (2.10)$$

P16～18より抜粋

指摘事項の回答(No. 4)

指摘事項

健全性評価における係数の根拠について説明すること(P1-12)

回答

- 廃止措置を申請した各社における燃料健全性評価は、先行廃止プラント(ふげん他)で使用・審査実績のある手法を用いており、評価に使用する係数は各社同一の値を使用している。

コンクリートの熱伝導率

- コンクリートの熱伝導率は、文献(「コンクリート標準示方書」土木学会)に基づき、コンクリートの一般的な物性値である $2.6\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ を使用している。

天井壁内表面熱伝達係数, 天井壁外表面熱伝達係数

- 建築環境工学の文献(「最新建築環境工学」田中俊六 他共著 井上書院)に基づき、一般的に用いられている以下の値を設定している。

・内表面熱伝達率 $9\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})=4.6$ (放射熱伝達率) $+4.4$ (対流熱伝達率[無風])

・外表面熱伝達率 $23\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})=5.1$ (放射熱伝達率) $+17.9$ (対流熱伝達率[風速 $3\text{m}/\text{s}$])

(女川原子力発電所1号炉廃止措置計画認可申請書補足説明資料P139～143参照)

指摘事項の回答(No. 5)

指摘事項

スカイシャイン評価における55GWd/tの設定が適切である根拠を説明すること

回答

- スカイシャイン評価条件の設定根拠を、55GWd/tを含め以下のとおり回答する。

事項	条件	設定根拠
使用済燃料仕様	9×9燃料	・女川1号炉のSFPに貯蔵されている燃料(8×8燃料及び9×9燃料)のうち、最高燃焼度の高い9×9燃料を対象とした。
使用済燃料燃焼条件	55GWd/t	・FP起因の線源強度は、燃焼度がある程度高くなると生成と崩壊によりほぼ一定になるが、アクチニド起因の線源強度は燃焼度が高いほど増加する。FP及びアクチニドの線源強度が大きいほど実効線量が高くなることから、設計上の最高燃焼度である55GWd/tを条件とした。
使用済燃料冷却期間	約6年	・冷却開始直後からFP及びアクチニドの合計の線源強度は減少傾向となることから、貯蔵している使用済燃料の中で、評価時点で最も冷却期間が短い約6年を条件とした。
使用済燃料貯蔵体数	1060体	・想定される厳しい条件として、SFPの貯蔵可能最大体数を条件とした。
評価地点	使用済燃料プールから 距離 660m 評価地点O.P. 100m	・海側方位を除いた敷地境界上で、使用済燃料プールからの距離が最も短く、実効線量が最大となる地点を評価地点とした。

指摘事項の回答(No. 6)

指摘事項

先行炉の評価内容と比較して差異について説明すること

回答

- 燃料健全性評価は、先行廃止プラント(ふげん他)で使用・審査実績のある手法を用いており、評価内容に差異はない。

主な評価内容		女川1	島根1
貯蔵中の使用済燃料		821体, 平均燃焼度約32,400MWd/t 原子炉停止日:平成23年3月11日 評価時点:平成29年4月1日	722体, 平均燃焼度約32,500MWd/t 原子炉停止日:平成22年3月31日 評価時点:平成27年12月1日
燃料被覆管表面温度の計算	燃料の崩壊熱	・建家内空気温度の計算に用いる使用済燃料の総発熱量は、実際に貯蔵されている燃料の総発熱量を考慮 ・燃料集合体出口空気温度と燃料被覆管表面温度の計算に用いる発熱量は、実際の燃料集合体の最大発熱量を考慮	同左
	主な計算条件	・冷却水は全て喪失 ・建家は換気を考慮しない密閉状態 ・外気への放熱は建家天井のみ	同左
	燃料健全性評価手順	①原子炉建家からの放熱計算 ②自然対流熱伝達の計算 ③燃料被覆管表面温度計算	同左
	冷却モデル	・チャンネルボックスの正方形断面を実効的な流路と考え、チャンネルボックス外の燃料集合体ーラックセル間の領域は冷却に寄与しないものとして保守的に無視 ・燃料集合体の冷却は空気流量を一定として、全てが燃料集合体下部から流入する前提(一点近似)	同左
クリープ歪評価		BWRの未照射燃料被覆管クリープ式を使用	同左

指摘事項の回答(No. 7)

指摘事項

直接線の考慮が不要であることの理由について説明すること

回答

- 使用済燃料の上端は、使用済燃料プールの設置されている原子炉建家のオペレーションフロアから約7m下にあり、使用済燃料プール壁面等の周囲構造物は健全で遮蔽する効果は維持されることから、直接線の影響は無視できるとしている。
- 女川1号炉の廃止措置計画の審査において、廃止措置計画認可申請書添付書類六追補で評価している周辺公衆に対するスカイシャイン線による線量評価と同地点の直接線の実効線量を、使用済燃料プール壁面等の周囲構造物による遮蔽を考慮して評価を行ったところ、直接線による実効線量は約 $1.5 \times 10^{-10} \mu\text{Sv/h}$ となり、スカイシャイン線による実効線量の約 $7.7 \mu\text{Sv/h}$ と比べ十分に小さいことから、直接線の考慮は不要であると説明している。（女川原子力発電所1号炉廃止措置計画認可申請書補足説明資料P138参照）