

PRIME03 コードのトピカルレポートへの
指摘事項と対応の結果

添付表 - 1 PRIME03コードのトピカルレポートへの指摘事項と対応の結果

評価要領 記載事項	評価基準	TRでの記載内容	指摘事項等	対応の結果
(1) 解析コードの概要				
解析コード各要素の構成: 入力データ読み込み、線出力履歴設定、冷却材温度解析、時間増分設定、構造解析、温度解析、計算結果の出力	解析コードの全体概要が理解されやすいよう適切に記述されていること。	3. PRIMEコードの概要 3.1 計算のフロー 3.2 高燃焼度照射試験データの反映	・計算のフロー図に関して、何が入力で、何が計算結果かがわかるよう情報を追加のこと。 ・軸方向ノードへの入力、出力・燃焼度・時間の取扱いが不明であり、説明を加えること。	計算コードの入出力に関する追加説明をフロー図等に加えた。
(2) 解析モデルの評価				
解析コードで使用されているモデルの記述と検証結果	1. 解析コードでは、燃料の物性、照射挙動が適切にモデル化され、適用範囲が評価されていること 2. 物性値の測定データ、照射挙動データ等との比較により、モデルの妥当性が検証されていること	添付-2	・改訂モデル(本文)だけでなく、コード全体(添付を含めTR全体)を評価する。 ・全ての物性値、解析モデルについて、出典、各データの仕様範囲、モデルの適用範囲を評価する。 ・新材料については、設計コードで用いている全ての物性、解析モデルの適用性を評価する。 ・非公開データの記載方法を検討する。	全ての物性値、解析モデルについて、基本式、特性、根拠データ、出典を一覧表にまとめた。(トピカルレポートのAppendix-A、-Bを参照)。 Appendix - A 第2回WG 付録資料 - 1 「PRIME03コードの改訂モデル」 Appendix - B 第2回WG 付録資料 - 2 「PRIME03コードでの改良ペレットと改良被覆管の採用」
物性値(燃料、被覆管)		2. 熱的解析モデル		
・燃料の融点 ・熱伝導率 ・熱膨張率 ・ヤング率 ・ポアソン比 ・クリープ速度 ・歪硬化曲線 ・希ガスの熱伝導率等		2.1 被覆管温度分布		
照射挙動(燃料、被覆管)		2.2 ペレット - 被覆管ギャップ熱伝達	・改訂モデルを含め、全ての解析モデルについて、出典、各データの仕様範囲、モデルの適用範囲を評価する。 ・酸化膜厚さ、クラッド厚さのデータと解析での扱い(入力)を説明のこと。	
・径方向核分裂密度分布 ・焼きしまり ・割れとロケーション		2.2.1 固体接触による熱伝達成分		
・スエリング ・FPガス放出率 ・Heガス放出量 ・Xe/Kr比 ・ギャップ熱伝達率 ・被覆管の腐食と水素吸収 ・被覆管照射成長 ・組織変化等		2.2.2 ガスによる熱伝達成分		
		2.2.3 輻射による熱伝達成分		
		2.3 ペレット温度分布	・PRIME03で改訂したモデルについてはPRIME01との違いを評価。 ・Al-Si-O添加ペレットの適用性についてデータを含めた説明が必要。 ・径方向出力分布の計算方法に関して追加説明のこと。 ・(U,Gd)O ₂ ペレットの径方向出力分布モデルがUO ₂ ペレットと同じでよいことを説明のこと。	トピカルレポート Appendix - A 第2回WG 付録資料 - 1 「PRIME03コードの改訂モデル」 トピカルレポート Appendix - B 第2回WG 付録資料 - 2 「PRIME03コードでの改良ペレットと改良被覆管の採用」
		2.3.1 熱伝導率		
		2.3.2 径方向出力分布		
		2.3.3 融点		
		3. 被覆管、ペレットの弾塑性		
		3.1 被覆管弾塑性	・全ての物性値、解析モデルについて、出典、各データの仕様範囲、モデルの適用範囲を評価する。 ・GNF-Ziron合金の適用性についてデータを含めた説明が必要。 ・GNF-Ziron合金については、組成や熱処理などの材料特性に係るパラメータの説明が必要。	トピカルレポート Appendix - B 第2回WG 付録資料 - 2 「PRIME03コードでの改良ペレットと改良被覆管の採用」
		3.1.1 ヤング率		
		3.1.2 ポアソン比		
		3.1.3 降伏及び歪硬化		
		3.1.4 照射硬化の回復		

評価要領 記載事項	評価基準	TRでの記載内容	指摘事項等	対応の結果
		3.2 ベレット弾塑性		
		3.2.1 ヤング率	<ul style="list-style-type: none"> 全ての物性値、解析モデルについて、出典、各データの仕様範囲、モデルの適用範囲を評価する。 Al-Si-O添加ベレットの適用性についてデータを含めた説明が必要。 	ビカルボート Appendix - B 第2回WG 付録資料 - 2 「PRIME03コードでの改良ベレットと改良被覆管の採用」
		3.2.2 ポアソン比		
		3.2.3 降伏応力		
		3.2.4 歪硬化指数及び接線係数		
		4. 被覆管、ベレットの変形モデル		
		4.1 被覆管		
		4.1.1 熱膨張	<ul style="list-style-type: none"> 全ての物性値、解析モデルについて、出典、各データの仕様範囲、モデルの適用範囲を評価する。 非公開データ(クリープ)は、試験方法や試験条件を示すこと。 GNF-ZIron合金の適用性についてデータを含めた説明が必要。 	ビカルボート Appendix - B 第2回WG 付録資料 - 2 「PRIME03コードでの改良ベレットと改良被覆管の採用」
		4.1.2 照射成長		
		4.1.3 クリープ		
		4.2 ベレット		
		4.2.1 熱膨張	<ul style="list-style-type: none"> 改訂モデルを含め、全ての物性値、解析モデルについて、出典、各データの仕様範囲、モデルの適用範囲を評価する。 PRIME03で改訂したモデルについてはPRIME01との違いを評価。 Al-Si-O添加ベレットの適用性についてデータを含めた説明が必要。 リム気孔率(リム組織の形成に伴う気孔率の増分)の定義と気孔率の関係がわかるように記載のこと。 リムモデルに関する説明図において(U,Gd)O₂ベレットを識別できるようにすること。 	ビカルボート Appendix - A 第2回WG 付録資料 - 1 「PRIME03コードの改訂モデル」
		4.2.2 スエリング		
		4.2.3 焼きしまり		
		4.2.4 リロケーション		
		4.2.5 クリープ		
		4.2.6 ホットプレス		
		4.3 ベレット - 被覆管の軸方向すべり		
		5. ベレットリム組織の形成		ビカルボート Appendix - A 第2回WG 付録資料 - 1 「PRIME03コードの改訂モデル」
		6. 機械的解析モデル		
		6.1 形状モデル		
		6.2 数値解析モデル	<ul style="list-style-type: none"> ベレット - 被覆管機械的相互作用の計算フローには、径方向及び軸方向のクラックが生じた場合と閉じた場合によって、計算条件や収束判定条件が変わることが示されていないが、それを分かり易く書き加えた計算フローを示すこと。 また、計算フロー図の「軸方向歪を仮定」と「軸方向荷重の収束？」の詳細を説明のこと。 軸方向ノード間の機械的相互作用は考慮していないと思われるが、もし、そうであれば、その説明を加えるべき。 「6.2 数値解析モデル」における、以下のマトリックス及びベクトルの具体的な導出手順を示すこと。 要素の剛性マトリックスK 荷重増分ベクトル f マトリックスH 	追加補足資料によって有限要素法による数値解析モデルの詳細説明を受けた。

評価要領 記載事項	評価基準	TRでの記載内容	指摘事項等	対応の結果
		6.3 増分形式の構成関係		
		6.4 ペレットの割れと縮約された構成関係		
		6.5 ペレット及び被覆管の変形の取扱い		
		6.6 被覆管酸化減肉		
		6.7 ペレット - 被覆管機械的相互作用	「8. 燃料棒内圧」において、各軸方向ノードのギャップ部体積はペレットと被覆管の軸方向及び径方向の変位量計算値に基づくところであるが、軸方向変位量の計算式が「6.2 数値解析モデル」には示されていない。その具体的な計算方法を示すこと。	追加説明を受け、軸方向変位の取り扱いを確認した。
		7. 核分裂生成ガスの放出	・改訂モデルについて出典、データの仕様範囲、モデルの適用範囲を評価する。	
		7.1 FP(Xe + Kr)ガスの放出	・PRIME03で改訂したモデルについてはPRIME01との違いを評価。	トビカルレポート Appendix - A 第2回WG 付録資料 - 1 「PRIME03コードの改訂モデル」
		7.2 Heガスの放出	・Al-Si-O添加ペレットの適用性についてデータを含めた説明が必要。	トビカルレポート Appendix - B 第2回WG 付録資料 - 2 「PRIME03コードでの改良ペレットと改良被覆管の採用」
		7.3 再組立燃料棒の取扱い	・Vitanzaモデルとの比較を示すこと。	
		8. 燃料棒内圧		
		本文(改良ペレットと改良被覆管)	・新材料については、設計コードで用いている全ての物性、解析モデルの適用性を評価する。	新材料については、全ての物性、解析モデルの適用性について説明を受けた(トビカルレポート Appendix - Bを参照)。
		4.2.4 アルミナシリケート(Al-Si-O)添加ペレットへの適用 (1) ペレットクリープへの影響 (2) FPガス放出への影響	Al-Si-O添加ペレットの物性値をどのように設定しているか示すこと。 Al-Si-O添加ペレットのFPガス放出モデルの詳細を説明すること(JNES 9x9A燃料照射試験でAl-Si-O添加ペレットのFPガス放出率データとの比較を含む)。 図中において、どのデータがAl-Si-O添加ペレットが明確にすること。各データの出力や燃焼度などの照射条件を確認しておくこと。 ペレットモデルで使用している燃焼度がペレットの局所燃焼度なのか平均燃焼度なのかの区別がわかるようにすること。 Al-Si-O添加ペレットに関して、解析コードのモデルの改訂に係らず全ての物性・モデルの適用性について説明のこと。 Al-Si-O添加ペレットの融点測定結果を示すこと。 Al-Si-O添加ペレットの融点設定方法を説明すること。 資料内で説明に使用しているAl-Si-O添加ペレットに関する非公開データに関して、試験方法、試験条件を示すこと。 ペレット降伏応力データに関して考察を加えること。 Al-Si-O添加量の適用範囲の黒枠は削除できないか検討のこと。 ペレット降伏応力データに関して考察を加えること。 Al-Si-O添加量の適用範囲の黒枠は削除できないか検討のこと。	トビカルレポート Appendix - B 第2回WG 付録資料 - 2 「PRIME03コードでの改良ペレットと改良被覆管の採用」 2. アルミナシリケート添加ペレット 2.1 概要 2.2 ペレットクリープへの影響 2.3 FPガス放出への影響

評価要領 記載事項	評価基準	TRでの記載内容	指摘事項等	対応の結果
			<p>GNF-Zironに関して、解析コードのモデルの改訂に係らず全ての物性・モデルの適用性について説明のこと。</p> <p>被覆材の焼鈍条件を記載のこと。また、GNF-Zironに関しては合金組成についても記載のこと。</p> <p>非公開データに関して試験方法、試験条件を示すこと。(クリープ試験の試験温度等)</p>	<p>GNF-Zironに関して、全ての物性モデルの適用性について追加説明を受けた(ビカルレポート Appendix - Bを参照)。</p> <p>ビカルレポート Appendix - B 第2回WG 付録資料 - 2 「PRIME03コードでの改良ペレットと改良被覆管の採用」</p> <p>3. GNF-Ziron被覆管</p> <p>3.1 概要</p> <p>3.2 PRIME被覆管モデル</p> <p>3.3 被覆管物性および照射挙動モデル</p> <p>(1) 熱伝導率</p> <p>(2) 輻射率</p> <p>(3) ヤング率</p> <p>(4) ポアソン比</p> <p>(5) 降伏応力、照射硬化</p> <p>(6) 熱膨張係数</p> <p>(7) 照射成長</p> <p>(8) クリープ</p> <p>3.4 参考文献</p>
(3) 解析コードの 評価				
<p>解析コードの熱的・機械的挙動の解析手法、解析コードの予測精度を検証するための炉外試験・照射試験データ及び照射後試験(PIE)データの記述と検証結果</p>	<p>1. 解析コードが各評価項目に対して適切に評価する能力があること、また、解析コードの検証がなされていること</p> <p>2. 適用範囲(出力、燃焼度等)がコードの検証結果に基づき適切に設定されていること</p> <p>3. 熱的、機械的挙動解析の基礎方程式、構成方程式、数値解析方法等が妥当なものであること、また、計算条件、体系のノーディング(分割数)等が適切な設定になっていること</p> <p>4. 炉外試験、照射試験データ及び照射後試験(PIE)データとの比較により、解析コードの燃料の照射挙動に対する予測精度が検証されていること。必要に応じて、異なる解析コードの結果との比較により妥当性を確認すること。</p>	<p>4.3 コードの検証</p> <p>4.3.1 検証データ</p> <p>4.3.2 検証結果</p>	<p>PRIME01とPRIME03の検証結果の比較を示すこと。</p> <p>コードのチューニング方法について示すこと。</p> <p>チューニング係数を具体的に記載すること。</p> <p>コードの検証結果(変更前と変更後の比較)を示すこと。</p> <p>FPガス放出率の検証図はバラツキの程度がわからないので、ヒストグラムで示せないか検討のこと。</p> <p>PRIME01とPRIME03の燃料温度計算結果の相違について説明のこと。</p> <p>各検証解析結果について考察を記載すること。</p> <p>検証解析におけるハルデン炉照射燃料、PWR燃料の取扱いを記載のこと。</p> <p>被覆管直径変化検証図については出力急昇試験データを識別すること。</p> <p>リムモデル及びスエリングモデルの妥当性を示している被覆管直径変化検証図に関して、通常運転データと出力急昇試験データに分けて示すこと。</p> <p>FPガス放出率の検証図に関して、FPガス放出に影響するパラメータ毎に予測結果を示すこと。</p> <p>ガススエリングが生じた燃料棒の被覆管直径変化データを用いてPRIMEコードの予測と比較すること。</p>	<p>追加補足資料によってPRIME01とPRIME03の解析結果の比較について説明を受けた(ビカルレポート Appendix - C、- Eを参照)。</p> <p>ビカルレポート Appendix - C 第2回WG 付録資料 - 3 「PRIME03コードの検証」</p> <p>1. 概要</p> <p>2. 検証データ</p> <p>3. 検証結果</p> <p>4. コードの予測の不確かさ</p> <p>5. 検証結果の比較</p> <p>6. 参考文献</p> <p>添付 - 1 解析例の比較(Appendix - E 第4回WG 付録資料1 「PRIME03コードに関するコメント回答」 コメントNo.13)</p> <p>添付 - 2 PRIME03コードのチューニング方法(Appendix - E 第4回WG 付録資料1 「PRIME03コードに関するコメント回答」 コメントNo.7)</p>

評価要領 記載事項	評価基準	TRでの記載内容	指摘事項等	対応の結果
			<p>ガスエリングが生じた燃料棒の被覆管直径変化データに対するガスエリングと熱膨張の寄与を比較し、PRIMEコードの被覆管直径変化の予測について考察すること。</p> <p>ベレット熱膨張量の絶対値について記載すること。</p>	
(4) 不確かさ				
<p>「(3) 解析コードの評価」に基づく各挙動の解析誤差、設計評価(燃料温度、燃料棒内圧等)での考慮</p>	<p>「(3) 解析コードの評価」に基づく解析の不確かさの算定及び4-3(3)の設計評価方法への反映が妥当であること</p>	<p>1.3 コードの予測の不確かさ</p>	<p>「コードの予測の不確かさ」の注記を分かりやすく変更すること。</p> <p>検証データに対してコードの予測の不確かさを考慮したPRIME03計算結果を追加のこと。</p> <p>コードの予測の不確かさの決定方法を実施内容にそって記載のこと。</p>	<p>追加補足資料によってコード予測の不確かさを考慮したPRIME03計算結果の説明を受けた(ヒカルレポート Appendix - Cを参照)。</p> <p>ヒカルレポート Appendix - C 第2回WG 付録資料 - 3 「PRIME03コードの検証」</p>
(5) 解析コードの適用範囲				
<p>対象及びその使用範囲</p>	<p>1. 適用範囲が明確に示されていること</p> <p>(3) 解析コードの評価において、解析コードの適用範囲の妥当性を確認する</p>	<p>4. PRIME03コード</p> <p>4.1 適用範囲</p>	<p>・PRIME03の適用範囲を明確にすること。</p> <p>・「PRIME03は、過渡時及び事故時のふるまいについては対象外」とあるが設置許可申請書添付八、添付十での具体的な解析対象を記載のこと。</p> <p>・適用範囲の設定に関して以下を考慮し、トピカルレポートを見直すこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 制限無しとしている項目は現実的な範囲を記載する。 - 燃料棒平均燃焼度の適用範囲を追加する。 <p>・検証データ範囲をもとに適用範囲を現実的に狭める、あるいは10×10燃料の仕様に絞る案を含め、適用範囲を再検討すること。</p> <p>・個々の物性モデル、照射挙動モデルの適用範囲を示す。</p> <p>・線出力密度の適用範囲は通常運転時と異常な過渡変化時に分けること。</p> <p>・検証データの本数分布と適用範囲の比較は、各パラメータの組合せの範囲がわかる図で示す等の検討を行うこと。</p> <p>・パラメータとして最大線出力密度を追加すること。</p> <p>・適用範囲を表示した破線内に検証データがないパラメータに関しては、適用可能と判断した理由を追加すること。</p> <p>・コード適用範囲に関して、検証データ範囲などをもとに妥当であることの説明を追加すること。</p> <p>・100kW/mまでの被覆管歪計算及びギャップ熱伝達係数計算の適用性について挙動に即して説明を追記すること。</p>	<p>PRIME03の適用範囲について追加説明を加えた(ヒカルレポート Appendix - Dを参照)。</p> <p>ヒカルレポート Appendix - D 第2回WG 付録資料 - 4 「PRIME03コードの適用範囲」</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 適用範囲 <ol style="list-style-type: none"> (1)燃料仕様の適用範囲 (2)許認可解析の適用範囲 2. 物性モデル、照射挙動モデルのデータ範囲 3. 検証データ範囲及び分布 4. 適用範囲の検討 <ul style="list-style-type: none"> ・燃料温度 ・ガス組成(FPガス放出率、Heガス放出量) ・燃料棒内圧 ・被覆管歪 ・ギャップ熱伝達係数 5. まとめ

評価要領 記載事項	評価基準	TRでの記載内容	指摘事項等	対応の結果
			<p>・燃料棒熱・機械設計手法とのインターフェース、添付十解析への入力作成について説明のこと。</p> <p>・下記項目のデータ範囲、適用における考え方について説明を追加すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> - 焼きしまり、ギャップ熱伝達係数、径方向出力分布、FPガス放出率 	
<p>(6) 品質保証計画</p> <p>・品質保証計画、解析コードのデザインレビューの記録が残され継続的に実施されることを記述</p> <p>・新しい知見の設計・評価への反映等、本トピカルレポートを更新する要件の記述</p>	<p>1. トピカルレポートが、品質保証計画の下で品質が維持されること。</p> <p>2. 品質保証計画において、設計管理、文書管理、入出力データ管理、ソフトウェア管理及びこれらの是正措置が適切に規定されること。</p> <p>3. 新たな知見が評価され、設計や設計評価手法に反映される仕組みが記載されること。</p>	<p>5. 品質保証計画</p>	<p>・品質マネジメントシステムが構築され、機能していることを説明すること。</p> <p>・コーディングが適切に実施されていることの確認について説明すること。</p> <p>・新たな知見が評価され、必要に応じトピカルレポート及びコードに反映される仕組みについて説明すること。</p>	<p>・社長をトップとした品質保証体制を構築し、計画、実施、評価、改善という一連のPDCAサイクルが機能していることについて説明を受け、トピカルレポートに反映された。</p> <p>・設計コードの開発のため、計画、開発、検証及び妥当性に至るまでの一連のプロセスが構築され、各段階において、レビューが実施されること、PRIME03コードの開発においては、力量が高い技術者数名を中心としたチームで開発されていること、設計コード開発時に不適合事象が発生した場合は、適切に処置されることについて説明を受け、トピカルレポートに反映された。</p> <p>・新たな知見については、燃料技術部及び他部署の技術者の協力のもと、燃料挙動等に関する新たな知見を国内外の報告等から情報を収集し、所定の手続きを経た後、必要に応じ、トピカルレポート及びコードへ反映する説明を受け、トピカルレポートに反映された。</p>

燃料ワーキンググループ(燃料トピカルレポート)
コメント回答(PRIME03 コード)

No.	資料 No.	コメント内容	コメント回答
1	第2回 WG 資料1 付録資料-1	ペレット融点の測定値は、最新データ(JNES の測定値も含む)を加えたものとする。	最新のペレット融点測定データを確認した。 (付録資料1の5~6頁図2及び図3)
2	第2回 WG 資料1 付録資料-1	ペレット熱伝導率の式に照射欠陥回復率が含まれている。炉外試験では照射欠陥の回復が起こるが、炉内では同時に欠陥が生成・蓄積する。この点についてどのように考えるのか。	照射欠陥の生成・蓄積と回復の考え方及びコードでの扱い方を以下のとおり確認した。 固溶性 FP と照射欠陥の蓄積はともに燃焼度に比例すると仮定し、このうち照射欠陥については高温になると回復してその寄与が小さくなるよう照射欠陥回復率を温度の関数として定義している。このモデルで照射済みペレットの熱伝導率の測定値を用いて定式化している。 一方、炉内においては、照射に伴い形成される照射欠陥は基本的にその時の温度に応じた回復率で同時に回復し、形成量から回復量を差し引いた量が蓄積するとしている。 (付録資料1の7~8、10~11頁)
3	第2回 WG 資料1 付録資料-1	ペレット熱伝導率について、「FP の蓄積及び照射欠陥の蓄積・回復...」としているが、FP の蓄積の影響の割合はどの程度か。また、その考え方及び根拠を示すこと。	FP の蓄積の影響の割合、モデルの考え方及び根拠を以下のとおり確認した。 500 程度の低温では熱伝導率低下に占めるFP蓄積の寄与は半分程度で、高温になるにしたがい照射欠陥は回復しFP蓄積の影響の割合が大きくなるモデルとしている。

No.	資料 No.	コメント内容	コメント回答
			<p>FP 蓄積の寄与は、固溶性 FP 元素を添加して照射済みペレットを模擬したペレットの熱伝導率測定データから直接評価している。</p> <p>照射欠陥蓄積の寄与は、照射済みペレットの熱伝導率とその燃焼度相当の模擬 FP 添加ペレットの熱伝導率の差を照射欠陥蓄積の寄与として定式化している。</p> <p>(付録資料1の8~9、12~13頁)</p>
4	第2回 WG 資料1 付録資料-1	ペレット熱伝導率の式のうち第1項は、学術誌などで発表されている一般的なものか。	<p>ペレット熱伝導率の式の第1項の定式は、フォノン - フォノン散乱とフォノン - 点欠陥散乱とを考慮した Klemens モデルを基本としたものであり、学術誌「Physical Review」に発表されたものであることを確認した。</p> <p>(付録資料1の14頁)</p>
5	第2回 WG 資料1 付録資料-2	Al-Si-O 添加ペレットについては、9×9 実証試験の結果に基づいて気泡連結のしきい温度を補正しているが、試験によって気泡連結のしきい温度が低いことを確認した上で補正しているのか。	<p>Al-Si-O 添加ペレットに対するしきい温度は、高燃焼度 9×9 型燃料信頼性実証試験の FP ガス放出率データに合わせて低く補正したものであり、Al-Si-O 添加ペレットの気泡連結のしきい温度が低いことが確認された上での補正ではないことを確認した。(付録資料1の15頁)</p>

No.	資料 No.	コメント内容	コメント回答
6	第2回 WG 資料1 付録資料-3	表 2-1 の「FP ガス放出率」の欄で、被覆管肉厚を「0.36 ~ <u>6.97mm</u> 」としているが、6.97mm は正しいか確認すること。また、被覆管直径変化の欄で、Al-Si-O 添加量の濃度が 250ppm となっているが 2500ppm のデータはないのか。	本データは、CEA が報告した試験炉 EL3 で照射された燃料棒のデータである。本試験は、厚肉被覆管を用いてペレットの変形を拘束した場合の照射挙動を検討したものであり、被覆管外径は 27.0mm、被覆管肉厚は 6.97mm であることを確認した。 また、被覆管直径変化の検証データは、Al-Si-O 添加量 250ppm のデータである。Al-Si-O 添加量 2500ppm までの適用性については、Al-Si-O 添加ペレットの物性はペレットのクリープを除き無添加ペレットとほぼ同等であること、ペレットのクリープについては添加量 2500ppm までの試験データで検証していることから添加量 2500ppm まで適用可能としていることを確認した。(付録資料1の16頁)
7	第2回 WG 資料1 付録資料-3	チューニングの方法について、ペレットのリロケーション、FP ガス放出モデル等の定数を調整したとしているが、調整した具体的な定数や調整のプロセスを説明すること。	個々の実験データから直接的にモデル化するもの及び調整パラメータを含むモデルの調整など PRIME03 コードのチューニングの具体的な方法を確認した。 (付録資料1の17~19頁)
8	第2回 WG 資料1 付録資料-3	Al-Si-O 添加ペレット燃料は、9×9 実証試験の結果に基づいてリロケーションモデルを変更しているが、ハルデン炉での燃料中心温度測定についてはよく再現できている。詳しく説明をすること。	ハルデン炉照射データに対する検証結果を以下のとおり確認した。 ハルデン炉照射データについては、同じリロケーションモデルに基づき検証を行い、その結果予測のばらつきはウラン燃料のばらつきの範囲となっている。

No.	資料 No.	コメント内容	コメント回答
			リロケーションモデルの変更の影響は小さい。 (付録資料1の20頁)
9	第2回WG 資料1 付録資料-4	最後の図に、10×10 燃料の仕様の位置を示す線を入れること。	10×10 燃料の仕様の位置を示す線を入れて図を改訂。 (付録資料1の22頁) 10×10 燃料の仕様がコードの適用範囲内であることを確認した。
10	第2回WG 資料1 付録資料-4	10×10 燃料の Al-Si-O 添加量は、カテゴリーとして Al-Si-O 添加ペレットになるのか、それともウランペレットになるのか。Al-Si-O 添加ペレットとする濃度の範囲を明確にすること。	Al-Si-O 添加ペレットの Al-Si-O 添加量の下限値を以下のとおり確認した。 Al-Si-O 添加ペレットの物性・挙動モデルは Al-Si-O 添加量 250ppm 以上での試験データに基づいていること等から Al-Si-O 添加量に関するコードの適用範囲の下限値は 250ppm としている。したがって、10×10 燃料の Al-Si-O 添加量のペレットは Al-Si-O 添加ペレットとして扱われる。
11	第2回WG 全般	燃料のモデルについては、毎年のように国際会議が開かれている。このようなことを踏まえても最新の知見が取り入れられたものとなっているのか。	モデルの改訂や検証には JNES(NUPEC) が取得した最新のデータ等が取り入れられている。今後の最新知見の取り入れについては、「PRIME03 コードの品質保証計画」で説明。
12	第2回WG 資料1 付録資料-3	検証データ(燃料中心温度、FP ガス放出率、燃料棒内圧、被覆管外径変化)は、PWR 燃料を区別して示すこと。	PWR 燃料についても特異な傾向がないことを確認した。 (付録資料1の25～30頁)

No.	資料 No.	コメント内容	コメント回答
13	第2回 WG 資料1 付録資料-3	<p>新旧コードによる解析比較結果について、下記項目を追加すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ギャップ幅の燃焼度に伴う変化 ・FP ガス放出率 ・被覆管 1%塑性歪相当出力の燃焼度に伴う変化 ・BOL、MOL、EOL における出力上昇時の被覆管塑性歪の変化 	<p>新旧コードによる解析の比較について、左記項目の結果を追加。(付録資料1の31～37頁)</p> <p>新旧コードの解析結果の比較により、改訂モデルの解析結果への影響を確認した。</p>
14	第2回 WG 資料1 付録資料-4	<p>適用範囲で、検証データの範囲に収まらず、外挿が必要なものについては、外挿の方法とその妥当性の根拠を示すこと。</p>	<p>UO₂ 燃料に対するコードの適用範囲はほぼ検証データの範囲内であり、外挿の問題はない。</p> <p>ガドリニア入りペレット及び Al-Si-O 添加ペレットに対するコードの適用範囲は、ペレット燃焼度、ガドリニア濃度及び Al-Si-O 添加量に対して一部検証データの範囲を超えており、外挿している。</p> <p>外挿領域でのコードの適用性については、評価する項目毎に外挿領域で挙動を支配する要因について影響評価を行い、外挿の妥当性を確認した。</p> <p>(付録資料1の39～43頁の表-1～表-4)</p>

No.	資料 No.	コメント内容	コメント回答
15	第4回WG 付録資料1 コメント 回答 No.2	図 1(10 頁)の熱伝導率測定値の試験条件 (Run1、2、3 の保持時間)を説明すること。 モデル上で、照射欠陥の回復率を保守的に設定していることを説明すること。	<p>熱伝導率の測定においては、測定点(図1の 印)ごとに、試料温度が安定するまである程度の時間を保持している。保持時間は温度によって異なり 30 ~ 90 分程度である(高温ほど短い)。試料温度の安定は欠陥回復による発熱が終了したことを示し、保持時間後に得られる熱伝導率データは、その温度で回復しうる照射欠陥の回復が終了した後の値を示すものと考えられる。</p> <p>PRIME03 コードでは、定常時の燃料棒ふるまいを対象としており、過渡・事故時の燃料棒ふるまいについては解析対象としていない。</p> <p>定常時の解析でコードが扱う時間スケールは、上記に示した保持時間と比較して十分に長く、モデル上の照射欠陥の瞬時回復の仮定が設計評価に有意な影響を与えることはない。このため、照射欠陥回復率は熱伝導率の測定データに対してベストフィットとなるように設定し、保守的な設定はしていない。</p> <p>なお、設計損傷限界(1%塑性歪)相当出力を求めるに当たっては、時間増分なしで出力上昇させた解析を行うが、この場合でも照射欠陥の瞬時回復の仮定が燃</p>

No.	資料 No.	コメント内容	コメント回答
			<p>料温度の解析結果に与える影響は、燃料温度予測の全体的な不確かさ(コードの予測の不確かさ)に比べて十分に小さいものである。</p>
16	<p>第4回WG 付録資料1 コメント 回答 No.14</p>	<p>表-1、表-2、表-3、表-4 の各表に、主な外挿要因として最大線出力を追加し、線出力に対する外挿性の有無を示すこと。 表-4(2/2)に、支配因子としてペレットクリープを追加すること。</p>	<p>主な外挿要因として最大線出力を追加し、線出力に対する外挿性の有無を示した。 表-4(2/2)に支配因子としてペレットクリープを追加し、Al-Si-O 添加量の影響評価を行った。</p>