

SiC/SiC SWGの状況報告

2025年12月16日

第0回SiC/SiC SWG報告

開催日: 令和7年11月12日(水) 13:00-14:15 WEB会合

事務局: 東大・村上先生、東芝ESS・大脇、JAEA・垣内

サブワーキングメンバー(順不同): 16機関、29名

ATENA／北海道電力／関西電力／東北電力／北陸電力／中部電力／電中研／日立GE／東芝ESS／東北大学／東京大学／九州大学／京都大学／室蘭工大／量研機構／原子力機構

議事次第:

- ✓ 本会合の開催にあたり
- ✓ SiC材料におけるPIRTの作成
- ✓ PIRT(SiC被覆管)
- ✓ PIRT(SiCチャンネルボックス)
- ✓ 意見募集、今後の進め方について議論
- ✓ まとめ

0次会合の目的

現行PIRTをSiCサブワーキングメンバーと共有し、いろいろな視点からご意見・ご質問を募集する

配付資料:

資料0-0_SiCサブワーキング0次会合議事次第

資料0-1_SiCサブワーキング参加者名簿

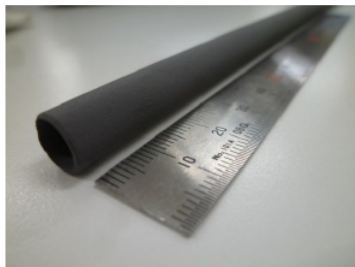
資料0-2_SiC材料におけるPIRTの作成

資料0-3_PIRT(SiC被覆管、SiCチャンネルボックス)

SiC材料におけるPIRTの作成

SiC材料の原子力機器適用に向けた安全要求事項の整理方法

1. SiC材料を適用する原子力機器例



SiC/SiC被覆管

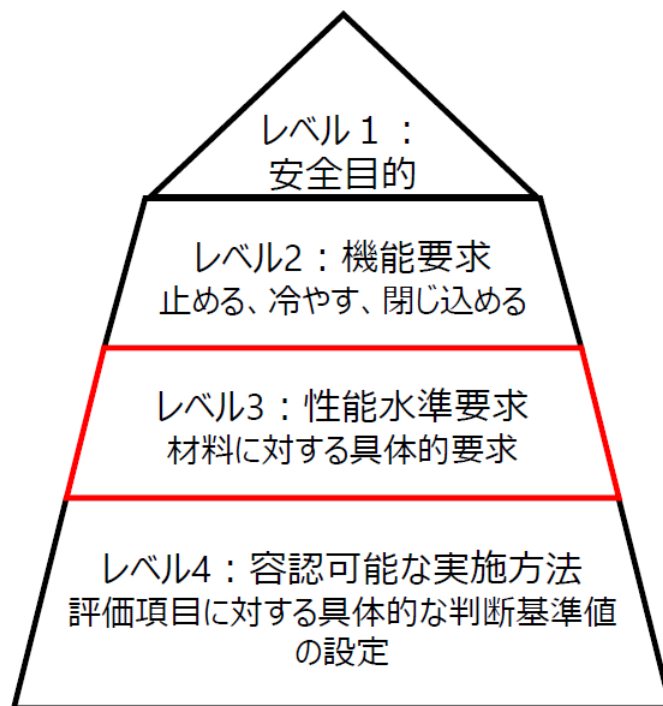


SiC/SiCチャンネルボックス

分類1 NNO-2025-000067_Rev.0 / PSNN-2025-0856

2. 原子力機器への安全確保に対する階層的整理*

*発電用軽水型原子炉の炉心及び燃料の安全設計に関する報告書 (AESJ-SC-TR009)



3. レベル3性能水準要求に係る具体的要求事項の整理方針

- SiC材料特性について、原子力機器の通常運転から事故時までの広範囲のデータを優先順位付けして効果的に取得することが肝要。
- 取得すべき特性データを以下に基づき絞り込む
 - 学会レポート (AESJ-SC-TR009)
 - PIRT手法

SiC材料におけるPIRTの作成

PIRTのイメージについて

➤ Phenomena Identification and Ranking Table (PIRT)の作成

学会レポートの階層的・体系的整理をまとめた展開表に基づき、性能水準要求に対するSiC材料特性の重要度と知識レベルで整理したPIRTを作成することが目標。

● 重要度（影響度合い）

H：影響が明確（1つの項目で影響あり）

M：影響が有意となる可能性あり（複数の項目で影響あり）

L：影響なし、または定性的に影響が軽微（ほぼ影響なし）

● 知識レベル

H：ほぼ完全な（7-10割程度の）知見がある

M：部分的な（3-7割程度の）知見がある

L：理解度がせいぜい3割程度

		知識レベル		
		L	M	H
重要度	H	①	②	③
	M	④	⑤	⑥
	L	⑦	⑧	⑨

SiC材料におけるPIRTの作成

展開表に基づくPIRTの作成

各階層に対する展開表

AESJ-SC-TR009に上位層(レベル1)から下位層(レベル4)への安全要求事項展開時に使用する展開表が記載されている。本WGのSiC材PIRTは展開表1(レベル1からレベル2)及び展開表2(レベル2からレベル3)に基づいて作成。

展開表1よりSiC材料を適用する各原子力機器に求められる機能要求を設定し、対象部材を選定

機能要求	対象部材	
閉込め	SiC被覆管	—
冷やす	SiC被覆管	SiCチャンネルボックス
止める	—	SiCチャンネルボックス

SiC材料におけるPIRTの作成

PIRTへの展開表2の適用

- 展開表2のレベル2(機能要求)からレベル3(性能水準要求)に基づき、具体的な評価項目の選定、重要度の設定、公開文献に基づく知識レベルを記載。

階層的な安全要求の展開表2
(レベル2、レベル3)

機能要求 (レベル2)	性能水準要求 (レベル3)				
	機能要求の展開			運転状態	評価項目
被覆管に貫通性損傷が生じないこと	機械的負荷	(燃料棒内の状態とは関わらない) 外的要因	流動振動	通常運転時	応力、摩耗減肉量

具体的な評価項目を選定し、
重要度レベルおよび知識レベルの
ランク付けと具体的内容を記載

燃料の新設計による影響を考慮すべき な特性、挙動	具体的な評価項目	重要度 (影響度合い)		知識レベル (具体的な試験方法、試験・解析結果等)		参考文献 参考文献やコメント を本欄へご記入 ください。
		影響が明確 (1つの項目で影響あり) 影響が重要となる可能性あり (複数の項目で影響あり) 影響なし、または定性的に影響が軽微 (ほぼ影響なし)		ほぼ完全な (7-10割程度の) 知見がある 部分的な (3-7割程度の) 知見がある 知識度が低い/ゼロ程度		
燃料棒の流動特性	応力 (水力振動)	L	支持格子側の設計で担保する。	L	通常運転時における水力振動に関する報告はない。 (設計にて今後検討していく部分である。)	
被覆管の摩耗減肉	グリッドフレティング	L	支持格子側の設計で担保する。	M	被覆管については、グリッドフレティングを模擬した摩耗試験において、 SiC/SiCやCVD-SiCの摩耗特性が確認されている。[7][8] これによると、摩耗量は、表面状態 (表面粗さ、溝食量) に依存する。[7][8] また、摩耗界面にSiC粉が生成されることで三元摩耗を引き起こし、ZIRLOゲ リッドにより多くの摩耗を引き起こすこともあったとの報告があった。[7] (設計にて今後検討していく部分である。)	[7] [8]

PIRTに関する議論

- 燃料技術レポートの展開表はジルカロイを念頭においているが、SiC特有のものが加わるはず。SiC用に検討したプロセスはあるのか。
⇒ATF検討WGにおいて追加している部分はあるが、足りない部分もあると考えられ、本会合で抽出することが目的である。
- BWRでは10x10を想定しているのか？PWRは想定しないのか？
⇒TRLもまだ集合体設計となると、レベル7になるが、現状まだそのレベルにはなっていない。PWRについては過去にMHI殿が検討しており、後日相談したい。
- 重要度の高い項目として、被覆管では強度、延性(過渡時含む)、熱衝撃耐性、腐食減肉、閉じ込め機能として端栓、チャンネルではこれらに加えて照射伸び、曲がりというところでしょうか。
- 米国ではPIRTは2種類あるように思っており、一つはNRCが現象同定と知識ギャップの観点で纏められており、もう一つはORNLが報告している複合材料の構造の観点から照射特性も含めて網羅的に纏めたもの。今回の活動は前者になるのか？
⇒損傷モードを紐解いて作成していく意味では両方で共通する部分はあるかと思う。今までは考えなくてよかったようなものも挙がってくる視点があるので、そういう意味では、unknowのものも含めていく必要があると理解してます。

PIRTに関する議論

- Know-unknownを整理するまとめが今のエクセル表なのでunknownを探し出すということが重要
- 現行の軽水炉の条件がベースですか？
⇒はい、既存軽水炉への適用を念頭に置いています。
- 燃料との相互作用でPCMIではなく、化学的相互作用についても記載していますか？
⇒SiC被覆管の閉じ込め機能のシートに現状の知見を記載しています。
- 参考文献が足りてないような感じもします。
- 乾式貯蔵は考えてないのか？
⇒ここでは運転時、炉内挙動に基づき整理しています。
- 熱伝導度のような熱特性は少し丁寧に見た方が良くもかもしれません。
- 材料の製造方法により特性も変わるので整理の仕方も変わってくる。一般化して纏めても良いが、現状はひとつの技術に限定せずにユニバーサル使えるものを目指す。
- あるスペックを満たした原子力グレードに対して、ユニバーサルに使うために、不純物によっては劣化の度合いみたいなものに対して、バリエーションが生じるかもしれない。そこはグラデーションをつけるような記載にしてはどうか。

意見募集

- ① 重要度について:法令との整合性などを踏まえた、機能要求へのインパクトに対する重要度項目ランク付けの整合性と記載内
- ② 知識レベルについて:既往知見の収集度に対する知識ランク付けの整合性と記載内容

⇒(コメント)①と②区別して回答できればいいけれど、②と思って出したんだけど、実は丸1だったとか、①の方にも影響がある等、そういうも多数あるはず。

⇒(コメント)重要かどうかわからないことについてでもSICでは起こる可能性があるものを抽出することが大事です。特にknow-unknowをどのように抽出していくか。

⇒(コメント)核融合の分野においてもいろいろ気づいた点あるかもしれませんので、意見募集を期待してます。

意見募集期限: 12月26日

第1回サブワーキング会合: 1月頃