

SiC SWGからのご報告

SiC SWG 事務局

ATF-PF 第2回全体会合
2026年3月5日

■ 体制:

- 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ベルノバ／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+水化学部会専門家

■ 目的:

- 現行PIRTをSiCサブワーキングメンバーへ共有し、多角的な視点からのご意見・ご質問を募るとともに、従来のジルカロイ被覆管では想定していないSiC特有の事象を抽出し、ステークホルダー間の認識レベルを合わせる。

■ 開催実績:

- 第0回SWG 2025/11/12 @web
- 第1回全体会合 2025/12/16 @対面+ web
- 第1回SWG 2026/2/26 @web

現在までの対応状況

- コメントを集約し、PIRTへの反映を行い、第1回SWGで説明した。

コメント一覧表の例(約30件)

B	C	D	E	F	G	H	I
	NNO-2023-000008_R2						
	PSNN-2026-0122						
No.	会議名	分類① (質問 or コメント)	分類② (対象)	分類③ (内容)	コメント	事務局回答および対応状況	対応済み
1	SiC sub-WG 0次会	コメント	全体	方針	PWRで使用することは考えていないのか？是非考えてほしい。	第1回ATF PF全体会合にてMHI佐藤様より意見いただける旨ご発言がありました。 別途、佐藤様にコメント等確認します。	
2	SiC sub-WG 0次会	コメント	被覆管	技術	ジルカロイとSiCの根本的な違いとして、き裂が入ると気密性が保てないということがある。そのあたりがこのPIRT表でわかると良い。	閉込め_SiC被覆管シートの10,23行目に外的あるいは内的の機械的負荷に対する破壊靱性の評価項目を追加して、以下の通り、重要度と知識レベルを記載しました。 重要度：き裂が生じた場合、貫通欠陥が生じて気密性が保てない懸念がある。 知識レベル：SiCの破壊靱性値が様々な種類に対して取得されている[17]。(2~5 MPa m0.5程度) 破壊靱性値はジルカロイと比較して一桁ほど低い。	済
3	SiC sub-WG 0次会	コメント	被覆管	技術	熱伝導は照射だけでなく高温でも落ちる。被覆管の内側と外側で挙動が変わってくる。このあたりも触れておいた方が良くと思う。	・閉込め_SiC被覆管シートの12, 13, 14, 16, 18, 25行目の重要度および知識レベルについて以下の通り修正しました。 (重要度の修正の例) 照射による熱伝導の低下→"高温環境あるいは"照射による熱伝導度の低下 ・被覆管の内側と外側の挙動の変化について、スウェリング差による影響は、閉込め_SiC被覆管シートの17行目に記載しておりますが、その他、考慮すべき挙動があればご教示ください。	済

第1回SiC会合の開催概要

■ 日時: 2026年2月26日(木) 14:00-15:00 @WEB会合

■ 参加者: 24名

■ 主要議事:

1. 意見募集の状況
2. PIRTへの反映状況

■ 主なコメント:

- 材料(不純物を含め)が異なることでどのような特性・シナリオに影響するか。例えば ECCS性能に影響するのか、LOCA時のPCT(ペレット被覆管温度)に影響するようなケースは考えられるか
- Catastrophic(壊滅的)な破損はこのPIRTの中でどこに相当するのか。高温酸化が該当するのかもしれないが今後議論が必要
- 照射スエリング差に関して、照射クリープで応力緩和できる可能性も考えられる
- 熱分解の融点低下に関して高温での構造変化も考慮した方が良い
- 破壊靱性に関して金属では材料固有値だが、CMCの場合、き裂進展に対する抵抗、構造に由来するものであって、物理量ではない。具体的な記載について個別にご相談することでも良い
- PIRTのカバー領域に関して、DBAを担保するものであって、DECに対して展開するのは難しい。
- 材料の構造式をPIRTに落とし込んでいくことを検討

➤ 水化学専門家からのコメント

- ✓ 大分類で「腐食」の項目を設けても良いかもしれない。製造段階では問題にはならないが、運用で問題になるとの認識。腐食に関して、これまでの実験データもあるので、このプラットフォームでデータベース化できると良い。溶質メカニズムについて水質(PWR/BWR)もパラメータとなり、さらに照射やコーティング方法(標準化)も影響するだろう、今後の試験提言を含めて検討していくのが良いかと思われる
- ✓ 水処理側への負荷に関して、炉水中のシリカ量を所定の制限値よりもできるだけ低く維持することが望ましい
- ✓ 被覆管外側に付着しているウランに起因した炉水中のFP核種(特に希ガス)への影響
- ✓ プラント全体への影響項目は入れなくても良いのか

意見募集でのコメントについて(一部抜粋)

- 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。
- セラミックス系の材料を使うことで根本的な考え方がかなり変わってくると思われる。この材料は1%も伸びない。**要求事項が明確なのかということに関して共通認識が必要。損傷を許容した材料になる。**
- 重要度の高い項目として、**被覆管では強度、延性、熱衝撃耐性、腐食減肉、閉じ込め機能として端栓接合、チャンネルではこれらに加えて照射伸び、曲がり**といったところか。
- ジルカロイとSiCの根本的な違いとして、**き裂が入ると気密性**が保てないということがある。そのあたりがこのPIRT表でわかると良い。
- チャンネルボックスの耐震設計で、建屋固有振動数を回避できるのは分かりましたが、他の構造物との共振はありませんか？
- **熱伝導**は照射だけでなく高温でも落ちる。被覆管の内側と外側で挙動が変わってくる。このあたりも触れておいた方が良いと思う。

意見募集でのコメントについて(一部抜粋)

- SiC被覆管の設計としてPCMIの発生自体を回避する、あるいは大きく遅らせる様な方針が採られる場合、特に高燃焼度側で拘束力の無い条件下での照射期間・燃焼進展が生じる傾向になると予想され、この場合定性的にはより大きなFPガス放出、ガススウェリング、従って内圧上昇を生じることも併せて予想されます。
- 「原子炉容器や炉心支持構造物等の健全性を損なうような過大な衝撃圧力及び水撃力を伴う燃料の破損又は破裂が生じないこと」に対して「熱機械的挙動に関して影響把握が必要」に関してSiCそのものの熱機械的挙動というよりも、破損挙動・破損形態と破壊力発生の相関に係る特性が評価の主眼との理解です。
- PCMI破損に伴い発生を想定する機械的エネルギーの負荷を強く受けるのがチャンネルボックスになりますので、圧力波に対する応答を把握しておく必要があるものと思われます。
- 限界熱流束への影響／ピンホールが形成されたときに水との相互作用／溶出に伴う影響／スペーサの材質／水化学の検討項目の抽出／Zr系集合体との混在による影響

今後の進め方に関する方針案について

要求事項に関する議論

- 止める機能_SiCチャンネルボックス(機能要求レベル2)
 - ✓ 制御棒の挿入経路が失われるような損傷及び変形が燃料集合体において生じないこと
 - ✓ 制御棒の挿入を妨げるような過大な抗力が燃料集合体において生じないこと

- 閉込め機能_SiC被覆管(機能要求レベル2)
 - ✓ 被覆管に貫通性損傷が生じないこと
 - ✓ 被覆管の端栓接合部に貫通性損傷が生じないこと

重要度・知識レベルに関する議論

性能水準要求 (レベル3)					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)
運転状態	評価項目	燃料の新設計による影響を考慮すべき主な特性、挙動	具体的な評価項目			
原食減向	通常運転時	原食減向量又は酸化膜厚	被覆管の耐食性	原食減向	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)	M: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
					H:製法や水質によって原食挙動が大きく異なる。	M:各機関で様々なデータが取得されている。(文献[1]、Fig.10) [3]

今後も引き続き意見募集を継続し、項目(テーマ)を絞った上で、要求事項、重要度および知識レベルに関する議論をさらにSWGで深め、抽出された課題をステークホルダー間で共有する。その議論の内容を最終報告書に反映する。

