

2015年8月6日
日本原子力学会材料部会

材料の課題整理表について

経産省の総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会の「原子力の自主的安全性向上に関するWG」から、軽水炉の安全性向上のためには、「政府が場を設け、JAEA等、政府系研究機関、学協会、産業界が広く参加する形で軽水炉安全研究ロードマップを策定し、関係者間の役割分担を具体的に決定し、重畳を廃した効率的な研究開発を推進するとともに、そのロードマップを規制当局との間での利害相反を廃した効果的なコミュニケーションツールとして位置づけるべきである」との提言（H26年5月30日）がなされました。

これを受けて設置された「自主的安全性向上・技術・人材WG」の要請により、H26年度の経済産業省「発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業」において日本原子力学会がロードマップを作成することとなり、「安全対策高度化技術検討特別専門委員会」が設置され、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」が作成されました。

材料部会運営委員会では、特別専門委員会の「設計による安全性向上」作業会からの要請により委員の推薦（軽水炉関係のメーカーと研究機関から5名）を行いました。また、軽水炉関連の技術開発を行っている機関からの情報に基づいて、将来にわたり取組むことが必要と考えられる軽水炉関連の材料の技術課題の整理を行い、技術課題整理表としてまとめ作業会に報告しました。この技術課題整理表は軽水炉材料に関する多様な技術課題を取捨選択せず網羅的に集め整理したものです。このたび、ロードマップ本体の公開にあわせて掲載するものです。

- ・軽水炉の材料技術課題整理表
- ・自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ

http://www.meti.go.jp/committee/gizi_8/21.html#jishutekianzensei_wg

- ・軽水炉安全技術・人材ロードマップ最終報告（5月27日第9回、資料3）

http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyou/jishutekianzensei/pdf/009_03_00.pdf

- ・「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」とりまとめ版

http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyou/jishutekianzensei/report_002.html

- ・特別専門委員会の活動報告書

http://www.aesj.net/sp_committee/com_koudoka

今後10-50年の原子力(軽水炉)における材料関連の技術課題

分野	大区分	中区分	項目	内容	備考	
既存軽水炉の 事故リスク低減	高経年化対策 (金属材料)	照射脆化	予測高度化	予測式最適化	JEAC予測式の改良	
			破壊靱性評価法高度化	き裂の発生、停止の考慮	高温予荷重効果、Kia評価	
			PTS評価法高度化	溶接残留応力影響の評価		
			メカニズム解明	脆化機構、HAZ劣化		
		照射誘起応力腐食割れ (IASCC)	予測高度化	進展予測	進展予測	高照射量での進展
				発生予測	発生予測	高照射量での発生応力
				スエリング予測	スエリング予測	低フラックスでの予測
				照射クリープ予測	照射クリープ予測	加工材の予測
		保全技術高度化	補修部の長期健全性	補修部の長期健全性	補修部の照射挙動	
			SCC環境緩和技術	SCC環境緩和技術	放射線水質影響評価	
			耐IASCC材開発	耐IASCC材開発		
		メカニズム解明	ミクロ組織変化、水化学影響			
		粒界型応力腐食割れ (IGSCC)	予測法高度化	発生予測	発生予測	安全系の耐震評価対応
				進展予測	進展予測	同上
			保全技術高度化	補修部の長期健全性	補修部の長期健全性	
				SCC環境緩和技術	SCC環境緩和技術	
		メカニズム解明	粒界偏析、水化学、応力集中			
		熱脆化	予測高度化	2相SSおよび溶接部の照射影響	2相SSおよび溶接部の照射影響	長期運転対応
				析出硬化SSの熱脆化	析出硬化SSの熱脆化	弁等の安全評価にも関係
		メカニズム解明	析出、転位成長			
	疲労	評価法高度化	環境疲労評価の高度化	環境疲労評価の高度化	疲労の統一的評価	
			設計疲労線図の高度化	設計疲労線図の高度化		
	配管減肉	評価法高度化	予測式高度化、モニタリング FAC環境緩和技術			
	高経年化対策 (有機材料等)	ケーブル絶縁劣化	絶縁劣化診断技術	非破壊診断	関連先:電気学会	
			メカニズム解明	劣化予測高度化 絶縁被覆材の損傷、照射劣化	関連先:電気学会 関連先:電気学会	
	高経年化対策 (コンクリート)	コンクリート劣化	劣化診断技術	検査モニタリング	関連先:土木学会	
			埋設部劣化診断	劣化予測高度化 埋設配管の診断	関連先:土木学会 関連先:土木学会	
	評価法高度化	材料劣化予測	補修部長期健全性評価	補修部の腐食劣化予測	補修部の腐食劣化予測	ピーニング部など
				補修部の照射劣化予測	補修部の照射劣化予測	ピーニング部など
			加速試験法開発	加速法の標準化	加速法の標準化	温度加速等の適用性
				加速機構の解明	加速機構の解明	加速試験の妥当性
		非破壊評価法	材質劣化の検出	材質劣化の検出	熱起電力など	
			破壊靱性予測	照射材破壊靱性予測	照射ステンレス鋼など	
		破壊評価法	破壊評価法の適正化	低延性材評価法	2パラメータ法適用性など	
			材料特性の整備	最確値、ばらつき考慮	RPV脆化、SCC発生進展など	
		確率論的評価	ばらつき機構の検討	ばらつき原因の解明		
			構造健全性への適用	手法導入、検査等への活用	照射脆化、SCC、熱脆化、疲労、配管減肉	
	実機データベース構築	実機腐材試験	実機劣化挙動の把握	IAEA/CRP等での試験研究		
		実機損傷・材料データ活用	劣化予測手法の検証	照射脆化などの検証		
	保全技術高度化	新材料開発	耐劣化材料	耐IGSCC材	Cr/Ni最適化など	
耐IASCC材				フェライト系高Cr材など		
耐脆化材						
回復技術		照射劣化の回復	熱処理の適用可能性	RPV、IASCCなど		
		熱時効劣化の回復	熱処理の適用可能性			
環境緩和	SCC環境緩和技術	既存技術の最適化 新技術開発	溶存水素濃度最適化(PWR) TiO2処理(BWR)など			
被ばく低減	耐摩耗材、耐食材	低Co材料(バルブ)、低放射化材				
新技術	新概念による技術	自己補修材料、コーティングなど				
炉心材料高度化	燃料集合体	高燃焼度化	高耐食被覆管材料	Zr-Nbなど		
		耐水素脆化	水素脆化抑制材			
		耐震性	チャンネルボックス高強度化	SiCなど		
		耐変形(伸び曲がり)	変形抑制材			
制御棒(BWR)	Hf利用	腐食・照射成長評価				

分野	大区分	中区分	項目	内容	備考
過酷事故(SA)対応・緩和	水素発生	発生抑制	Zr代替燃料部材	SiC/SiC、Mo、ODSなど	製造性、通常時適用性
			制御棒材	ODS等の耐熱材	製造性、材質最適化
		発生水素対応	水素吸蔵材	高速水素吸蔵	
			水素センサ材	水素濃度センサ	
	緊急時冷却	静的安全系	低融点材料利用	通常運転時健全性	
	炉心溶融	炉心溶融対応	耐高温材、耐MCCI材	耐高温材	コアキャッチャなど
			進展予測法整備	FP/燃料と被覆管相互作用	共晶組合せ、材料高温特性、高温酸化挙動評価
		再臨界防止	臨界防止材	耐水・耐照射・中性子吸収	
	SA対応計装	耐熱材	温度/中性子計装		自己出力型計装など
	コンクリート変質	高温変質	強度変化	SA条件模擬強度試験等	
圧力容器損傷	高温特性	材料データ整備	試験技術開発		
燃料プール水位低下	被覆管空気中酸化	酸化挙動予測	被覆管空気中酸化モデル		
廃炉	事故炉対応	構造材健全性維持	コンクリート構造物	コンクリート、鉄筋劣化、塩水中耐食性、γ線照射影響	
			圧力容器	塩水中耐食性、γ線照射影響	関連先: 腐食防食学会
			格納容器	塩水中耐食性、γ線照射影響	関連先: 腐食防食学会
		作業用機器開発	耐放射線材、耐食材	ロボット、計測関係機能材	
	汚染水処理	耐放射線材、耐食材	配管、ライナー、保管容器等々の放射線影響、微生物腐食		
経年炉廃止措置	構造物長期健全性維持	各種構造材の長期腐食等	大気腐食、微生物腐食等	関連先: 腐食防食学会	
	廃棄物保管	容器の長期腐食予測	炭素鋼腐食など	関連先: 腐食防食学会	
次世代軽水炉	炉心・構造材料	改良材開発	耐食材料	耐IGSCC材	取替材と共通
			低放射化材料	低放射化材 鉄鋼材料・コンクリート材料	取替材と共通
			耐照射材	耐IASCC材	取替材と共通
			高強度材	RPV高強度化など	
		交換可能化	モジュール化	ボルト締結	
使用済み燃料中間貯蔵処理・処分	中間貯蔵乾式保管	長期健全性	評価モデル構築	C14安定化	
			容器材寿命評価	炭素鋼腐食、ステンレス鋼塩化物SCC	
	乾式保管	材料開発	保管容器材料	EHPステンレス鋼等	直接処分も考慮した長寿命材
	再処理	材料腐食	耐酸性環境材、腐食進展予測	再処理プラント機器、廃棄物保管容器、放射性廃液貯槽	固化処理中だが、廃液の長期貯蔵の可能性の対応
	核変換処理	原子炉利用	耐照射材	TRU設置容器材など	
		加速器利用	耐食材料 耐照射性材料	Pb-Bi腐食など ターゲット窓材、被覆管材	加速器駆動システム(ADS) 316ステンレス、F82H、W
地層処分	長期腐食	保管容器	炭素鋼腐食		
基盤技術	照射材料評価技術	照射環境評価	照射量評価	輸送計算の高精度化	dpa評価などの見直し
			核変換評価	吸収断面積データの充実	核変換生成物評価など
	小型試験片技術	試験片加工	小型CT試験片、再生技術	シャルビーからのCT加工	
		試験技術	小型試験片規格化	破壊靱性評価など	メカニズム解明の基礎手段 第一原理計算、MD等の有効利用
	材料劣化メカニズム評価技術	先端分析技術適用	データ取得評価、手法開発	ナノ分析技術	アトムプローブ技術(APT)の標準化など
施設基盤	研究炉	中性子照射	照射環境制御	炉内水質模擬ループなど	JMTR利用等
			中性子ビーム利用	残留応力測定、イメージングプレート、中性子小角散乱(SANS)	JRR-3利用等 国内国際ネットワーク構築
	加速器	多様な粒子線利用	照射環境制御技術、放射光・陽電子利用技術	温度、フラックス等制御	TIARA、Spring-8、J-PARC利用等 国内国際ネットワーク構築
			機械試験	大型機械試験、照射材加工技術	国内国際ネットワーク構築など
ホットラボ	照射後試験	腐食/SCC試験	SCC発生進展試験	国内国際ネットワーク構築など	
		材料分析	ナノ分析先端装置	国内国際ネットワーク構築など	
人材・情報基盤	技術情報基盤整備・技術伝承	材料技術情報の整理	プラント材料データベース	プラント建設時の材料仕様アーカイブ材保管	
		人材育成方策の検討	材料技術者/研究者養成	大学などの教育への協力 研究施設の整備	
	国際協力推進	情報交換体制の整備	国際機関会合等の利用	OECD、IAEA等への参加促進	
規格基準	材料関連規格・基準化の推進	原子力用材料試験法規格等	照射材試験法 腐食割れ試験法等	各学会規格、民間規格等	