人材育成ネットワーク 実務段階人材育成分科会の活動状況について

平成25年2月5日 実務段階人材育成分科会

目 次

分科会の目的と今年度の活動項目 ····································
①電気事業者のコア技術の明確化 ····································
②電気事業者の人材育成および技術継承策の整理/可視化 ·····P.18~29 (報告者:中国電力 佐久間 信二)
③プラントメーカーの技術継承策の整理/可視化 ・・・・・・・・・・・・P.30~64 (報告者:日立GEニュークリア・エナジー 花村 郁男)

◆分科会の目的と今年度の活動項目

目的

企業、機関等における技術者の人材育成や技術継承に関する情報交換等

活動方針

「福島第一事故を踏まえた原子力人材育成の方向性について」

「長期的な視点に立って豊富な現場経験を有する現場技術者・技能者を継続的に育成・確保」 「特に、指導員クラスを計画的に育成し、技術継承していく」

今年度の活動項目

- ① 電気事業者のコア技術の明確化
- ② 電気事業者の人材育成および技術継承策の整理/可視化
- ③ プラントメーカーの技術継承策の整理/可視化

◆分科会の目的と今年度の活動項目

つづき

その他

福島第一事故調査報告書に記載されている課題や提言等



とりまとめ

現場技術者・技能者の確保等に係る課題

福島第一事故を教訓とした人材育成の課題(廃炉対応等)



課題抽出

電力会社、メーカー、研究機関、規制機関等の関係者による意見交換会を企画

① 電気事業者のコア技術の明確化

① 電気事業者のコア技術の明確化

概要

電気事業者の「原子力発電に係るコア技術」について、四国電力の例をベースに整理した。

整理の観点

- ・電気事業者の保安規定に記載している重要な業務を行うに当たり 必要な知識や技能(コア技術)の明確化
- ・電気事業者が計画的かつ確実に人材を育成している姿の見える化

具体的内容

◆保安規定の目次に沿って、業務項目、職種を定義

保安規定

【職種】

- •保修員(機械、電気、計装)
- ·運転員
- •放射線管理員
- •化学管理員
- •原子燃料管理員
- •共通
- •基礎的能力

保安規定目次	コア技術	コア技術	
章 節 条 項 小項目	業務	職種	
第1章 総則			
目的			
基本方針			
関係法令および保安規定の遵守			
安全文化の醸成	安全文化	共通	
第2章 品質保証			
品質保証計画	品質保証	共通	
第3章 保安管理体制および評価			
組織及び職務			
原子力発電安全委員会および安全運営委員会			
原子炉主任技術者			
原子炉施設の定期的な評価			
第4章 運転管理			
通則			
構成および定義			
原子炉の運転期間			
運転員の確保			
巡視点検	運転管理(巡視点検) (運転操作・監視) (定期検査) (定期検査) (隔離復旧)	運転員	
運転管理に関する内規の作成	運転管理(全般)		
引継	運転管理(全般)	_	
原子炉起動前の確認事項	運転管理(起動・停止)	_	
地震・火災等発生時の措置	運転管理(事故・故障処理)	_	
電源機能等喪失時の体制の整備	● 運転管理(事故・故障処理)		

保安規定目次	コア技術	コア技術		
章 節 条 項 小項目	業務	職種		
第1章 総則				
目的		i i		
基本方針				
関係法令および保安規定の遵守				
安全文化の醸成	安全文化	共通		
第2章 品質保証				
品質保証計画	品質保証	共通		
第3章 保安管理体制および評価				
組織及び職務				
原子力発電安全委員会および安全運営委員会				
原子炉主任技術者				
原子炉施設の定期的な評価				
第4章 運転管理				
通則				
構成および定義				
原子炉の運転期間				
運転員の確保		10		
巡視点検	運転管理(巡視点検) (運転操作・監視) (定期点検) (定期検査) (隔離復旧)	運転員		
運転管理に関する内規の作成	運転管理(全般)			
引継	運転管理(全般)			
原子炉起動前の確認事項	運転管理(起動・停止)]		
地震・火災等発生時の措置	運転管理(事故・故障処理)]		
電源機能等喪失時の体制の整備	運転管理(事故・故障処理)			

	保安規定目次		コア技術		
章節	章 節 条 項			業務	職種
運転.	上の留意事	項			
	水質管理			化学管理(水質管理)	化学管理員
	上の制限				
	停止余裕				
	限界ボロン	濃度			
	• • •		<u> </u>		
		各種設備毎の運転制限であり			
-		コア技術との関連が無いため			
		途中省略			
-	• • •				
		限を満足しない場合			
	予防保全を目的とした点検・保修を実施する場合				
	運転上の制限に関する記録				
	時の措置				
		本的な対応		to relate (1/ 1/ Pro-be-rm)	to must
	異常時の措			各職種(事故・故障処理)	各職種
	異常収束後	の措直		運転管理(事故・故障処理)	運転員
まり草 !	第5章 燃料管理		炉心管理(炉心運用管理) 燃料管理(非核燃料部品管理)		
			燃料管理(核燃料物質計量管理)		
	de labilita a NEE lab				
新燃料の運搬				燃料管理(新燃料輸送)	」 原子燃料管理員
	新燃料の貯蔵			→ 燃料管理(燃料検査) 	尿丁燃料官理貝
	燃料の検査			(燃料取扱)	
	燃料の取替等			(燃料貯蔵管理)	
	使用済燃料の貯蔵 使用済燃料の運搬			佛业英田/古田文佛业龄学/	
1		り建版		燃料管理(使用済燃料輸送)	

	保安規定目次	コア技術				
章節	条 項 小項目	業務	職種			
第6章	放射性廃棄物管理					
	放射性固体廃棄物の管理					
	放射性液体廃棄物の管理] - 放射線管理(放射性廃棄物管理)	放射線管理員			
	放射性気体廃棄物の管理		放射脉管理具			
	放出管理用計測器の管理					
	頻度の定義					
	放射線管理					
区均	或管理					
	管理区域の設定・解除					
	管理区域内における区域区分					
	管理区域内における特別措置					
	管理区域への出入管理	放射線管理(作業管理) 放射線管理				
	管理区域出入者の遵守事項					
	保全区域					
	周辺監視区域					
被目	ばく管理					
	線量の評価	放射線管理(個人線量管理)	放射線管理員			
	床・壁等の除染	放射線管理(作業管理)	2003 (W. E. 120)			
外音	部放射線に係る線量当量率等の測定					
	外部放射線に係る線量当量率の測定	放射線管理(環境モニタリング)	放射線管理員			
	放射線計測器類の管理	放射線管理(計測器管理)	2000 H. 1200			
物品	品移動の管理					
	管理区域外等への搬出および運搬	放射線管理(物品移動管理)	放射線管理員			
発電所外への連搬						
協り	カ会社の放射線防護 	11 61 66 66 FTT (16 1 A 11 a 66 FTT)	AL 6 L/6 MT TILL			
	協力会社の放射線防護 おんぱん おんぱん かんしゅう はんしゅう はんしゅう はんしゅう はんしゅう はんしゅう かんしゅう かんしゅう はんしゅう はんしゅん はんしん はんし	放射線管理(協力会社の管理)	放射線管理員			
70	D他					
	頻度の定義					

	T	
保安規定目次	コア技術	
章 節 条 項 小項目	業務	職種
第8章 保守管理	保守管理(全般)	保修員
保守管理計画		
定義		
保守管理の実施方針および保守管理目標	保守管理(全般)	保修員
保全プログラムの策定		
保全対象範囲の策定		
保全重要度の設定		
保全活動管理指標の設定、監視計画の策定および監視		
保全計画の策定	保守管理(保全計画)	
点検計画の策定		
補修、取替えおよび改造計画の策定		
特別な保全計画の策定		<u> </u>
保全の実施(工事計画、設計管理、調達管理、工事管理)		
	保守管理(日常点検)	
	(定期検査工事)	保修員
	(日常点検)	体形具
	(定期検査工事)	
	(設備改造工事)	
		1
点検・補修等の結果の確認・評価		
点検・補修等の不適合管理、是正措置および予防処置		
保全の有効性評価	【保守管理(有効性評価) (保全計画への反映) 【保全計画への反映)	
保守管理の有効性評価		
情報共有		
原子炉施設の経年劣化に関する技術的な評価および長期保守管理方針		

保安規定目次	コア技術				
章 節 条 項 小項目	業務	職種			
第9章 非常時の措置					
原子力防災組織					
原子力防災要員	- - 防災(緊急時対応計画)				
原子力防災資機材等の整備					
通報経路					
原子力防災訓練		共通			
通報		大坦			
非常体制の発令					
本名本間の光节					
緊急時における活動					
非常体制の解除					
第10章 保安教育					
所員への保安教育	保安教育	共通			
協力会社従業員への保安教育					
第11章 記録および報告					
記録	各職種(記録)	各職種			
報告					

◆定義された業務項目を職種別に整理

成果物:整理された業務項目:保修員,運転員

職	種	業務		
機械保修員電気	保守管理	全般 保全計画 有効性評価,保全計画への反映 日常点検 定期検査工事 記録		
	計装 工事管理	工事管理	日常点検 定期検査工事 設備改造工事 事故·故障処置	
運転	運転員運転管理		全般 運転操作・監視 起動・停止 巡視点検 定期点検 定期検査 事故・故障処理 隔離復旧	

成果物:整理された業務項目:放射線管理員,化学管理員、原子燃料管理員

職 種	業 務		
放射線管理員	放射線管理	全般 作業管理 個人線量管理 環境モニタリング 放射性廃棄物管理 故障・事故処理 計測器管理 物品移動管理 協力会社の管理	
化学管理員	化学管理	水質管理 薬品管理 事故・故障処理 記録	
	炉心管理	炉心運用管理	
原子燃料管理員	燃料管理	非核燃料部品管理 核燃料物質計量管理 新燃料輸送 燃料検查,燃料取扱,燃料貯蔵管理 使用済燃料輸送 事故·故障処理 記録	

成果物:整理された業務項目:共通

職種		業務		
	安全文化			
		品質マネジメントシステム		
		文書化		
		マネジメントレビュー		
		人的資源		
		設備管理		
		作業安全(安全教育)		
	四貝休祉	作業安全(安全管理対策)		
		作業安全(安全保護具の管理)		
共通		品質保証PDCA (PLAN)		
		品質保証PDCA(D0)		
		品質保証PDCA(CHECK, ACTION)		
		調達		
		地震・火災時の措置		
	防災	電源機能等喪失時		
	کر زوا	緊急時対応計画		
		教育・訓練		
	保安教育			
	記録			

成果物:整理された業務項目:基礎的能力

	業務				
	対「自己」能力	コンプライアンス 顧客指向 役割意識・責任感			
		チームワーク			
	対「人」能力	指導力	リーダーシップ コーチング 判断力、意思決定		
基礎的能力		調整力	<u>コミュニケーション、折衝・交渉</u> プレゼンテーション		
		思考力			
		計画・実行力			
	 対「仕事」能力	課題発見・問題解決力			
	对「任事」能力	リスク管理、危機管理			
		情報収集	情報収集 情報分析		

◆業務項目毎に能力を定義 (・・・・・ができる能力)

成果物:保修員(機械)のコア技術の例(保安規定ベース)

保安規定目次	保安規定に基づく業務		
章 節 条 項 小項目	業務	能力	
第4章 運転管理			
異常時の措置			
異常時の基本的な対応			
異常時の措置	工事管理 (事故·故障処置)	設備の事故・故障、ヒューマンエラーによる事故・故障等の対応ができる能力 ・設備の異常・故障状態の的確な把握および応急処置 ・原因調査、原因分析図および各種説明資料作成(ヒューマンファクター含む) ・復旧作業の計画、管理 等	
異常収束後の措置			
第8章 保守管理	保守管理	担当設備の設計、原理、構造、機能に関する専門的知識	
第8章 体寸官理	(全般)	保全計画、予実算管理、保修作業記録管理等、保全に関するシステム(EAM等)を活用、データ管理する能力	
保守管理計画			
定義			
保守管理の実施方針および保守管理目標	保守管理(全般)	保守管理に関する規程、内規等の整備、管理ができる能力	
保全プログラムの策定			
保全対象範囲の策定		重要度分類指針等に従い保全を行なうべき対象範囲を選定する能力	
保全重要度の設定		系統毎の範囲と機能を明確にした上で、構築物、系統および機器の保全重要度を設定する能力	
保全活動管理指標の設定、監視計画の策定および監視		保全の有効性を監視、評価するためにプラントレベル、系統レベルの保全活動管理指標の設定およびその目標値の設定ができる能力 保全活動管理指標の監視計画の策定および監視ができる能力	
保全計画の策定	保守管理	保全重要度に加え、次の事項を考慮し保全計画を策定できる能力 ・運転実績,事故および故障事例などの運転経験 ・使用環境および設置環境 ・劣化,故障モード ・機器の構造等の設計的知見 ・科学的知見	
	(保全計画)	設備保全技術の改善・高度化、安全性向上等に係る先進技術情報等の収集・分析	
点検計画の策定		最適な保全方式を選定し、点検の方法ならびにそれらの実施頻度および実施時期を定めた点検計画を策定する能力	
補修、取替えおよび改造計画の策定		補修、取替および改造を実施する場合の、方法(検査および試験を含む)及び時期を定めた計画を策定する能力。	
		原子炉設置変更許可申請書、工事計画認可申請書等改造工事の許認可手続きができる能力	
特別な保全計画の策定		地震、事故等により長期停止を伴った保全を実施する場合などのため、施設の状態に応じた保全方法および 実施時期を定めた計画を策定する能力。	

◆保安規定目次から切り離し、業務項目別に整理したものを合わせて作成

成果物:保修員(機械)のコア技術の例(業務項目別に整理)

3	業 務	能力
保守管理	全般	原子力発電の仕組みに関する基礎知識
		原子力発電所の主要系統および機器の機能構造、運転操作に関する知識
		原子力発電所の運用に関する一般的知識
		担当設備の設計、原理、構造、機能に関する専門的知識
		保守管理に関する規程、内規等の整備、管理ができる能力
		保全計画、予実算管理、保修作業記録管理等、保全に関するシステム(EAM等)を活用、データ管理する能力
	保全計画	重要度分類指針等に従い保全を行なうべき対象範囲を選定する能力
		系統毎の範囲と機能を明確にした上で、構築物、系統および機器の保全重要度を設定する能力
		保全の有効性を監視、評価するためにプラントレベル、系統レベルの保全活動管理指標の設定およびその目標 値の設定ができる能力
		個の設定ができる能力 保全活動管理指標の監視計画の策定および監視ができる能力
		保全重要度に加え、次の事項を考慮し保全計画を策定できる能力 ・運転実績, 事故および故障事例などの運転経験 ・使用環境および設置環境 ・劣化, 故障モード ・機器の構造等の設計的知見 ・科学的知見
		設備保全技術の改善・高度化、安全性向上等に係る先進技術情報等の収集・分析
		最適な保全方式を選定し、点検の方法ならびにそれらの実施頻度および実施時期を定めた点検計画を策定する 能力
		補修、取替および改造を実施する場合の、方法(検査および試験を含む)及び時期を定めた計画を策定する能力。
		原子炉設置変更許可申請書、工事計画認可申請書等改造工事の許認可手続きができる能力
		地震、事故等により長期停止を伴った保全を実施する場合などのため、施設の状態に応じた保全方法および実 施時期を定めた計画を策定する能力。

概要

電気事業者における「人材育成および技術継承」について、電力各社の共通実施事項および実施例を説明する資料(案)を整理した。

整理の観点

- ・電力各社はそれぞれのやり方で前述のコア技術の 習得および継承に努めている(主体はOJT)ことの見 える化
- •技術継承のやり方に係る情報共有

具体的内容

[原子力安全を確保するための技術・技能の習得および継承について]

電気事業者はこれまで、原子力発電所の安全性確保に必要な要員に対して、安全 意識や技術・技能を、主として実務経験を通じて、また、実機やシミュレーター施設を 利用した訓練や机上教育により育成し、継承してきた。

更に, 今般は福島第一原子力発電所事故を踏まえ, 過酷事故/防災対応訓練などを強化し, 安全・防災・危機管理等の対応力の養成に特に重点をおいている。

【構成】

- 1. 原子力人材の育成方針(福島第一原子力発電所事故を踏まえて)
- 2. 技術・技能継承の取り組み【共通的取り組み事例】
- 3. 技術・技能継承の取り組み【特徴的事項/独自施策】
- 4. 人材育成上の課題と今後の取り組み

1. 原子力人材の育成方針(福島第一原子力発電所事故を踏まえて)



〔リスク全体を俯瞰する高度な専門能力〕

原子力安全を確保するため高い専門知識と技能を有 し、リスク全体を俯瞰でき、かつ効率性・経済性も考慮 した継続的改善活動ができる。



〔高い倫理観〕

安全文化を体得し、より 高い倫理観から誠実に 社会の期待に応えること ができる。

[チャレンジカ]

理想の姿を描き、向上の意欲を持って挑戦できる。

[強い使命感]

誇りと志を持って、社会の ためチームの一員として、 責務を全うできる。

「コミュニケーションカ〕

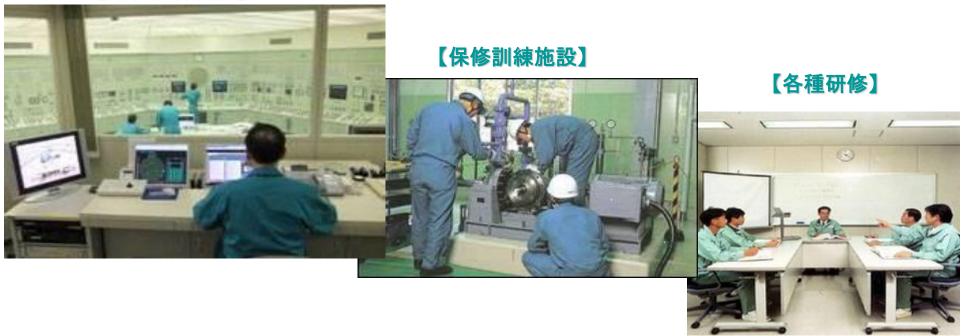
周囲と意思疎通を図りながら信頼 関係を構築し、最適な選択を行 い、目標を達成できる。

2. 技術・技能継承の取り組み【共通的取り組み事例】(1/4)

(1)OJT/OFF-JT

● 方針に基づき人材を育成し、OJTとOFF-JT(運転・保修訓練施設、各種セミナー、 社外研修への派遣等)の実践によって、技術・技能の維持・継承を図っている。

【運転訓練施設】



2. 技術・技能継承の取り組み【共通的取り組み事例】(2/4)

(2)福島第一原子力発電所事故対応訓練

●従来の防災教育・訓練に加え、様々な状況を想定した訓練(全交流電源喪失を想定した電源確保、冷却確保、夜間緊急時対応訓練等)によって、技術・技能の維持・継承を図っている。





【事故時の対応訓練(冷却確保)】





【事故時の対応訓練(電源確保)他】

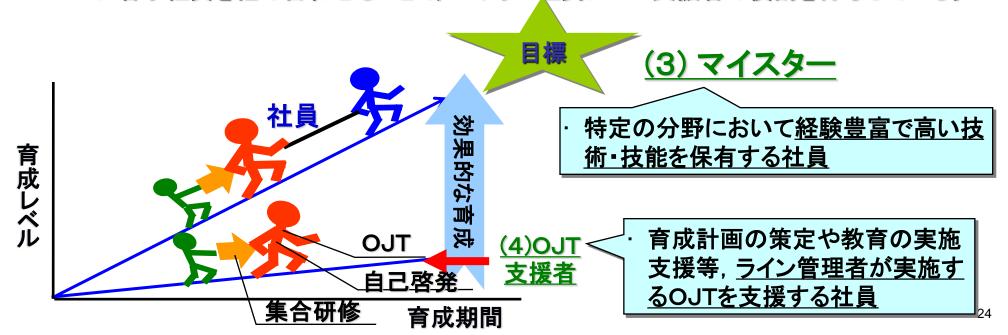
2. 技術・技能継承の取り組み【共通的取り組み事例】(3/4)

(3) 高度技術者社内認定制度(呼称:「マイスター制度」等)

● 特定分野において経験豊富で高い技術・技能を保有する社員を社内認定することで、認定者自身のモチベーション向上を図るとともに、技術・技能継承活動にその能力を活用している。

(4)OJT支援者制度

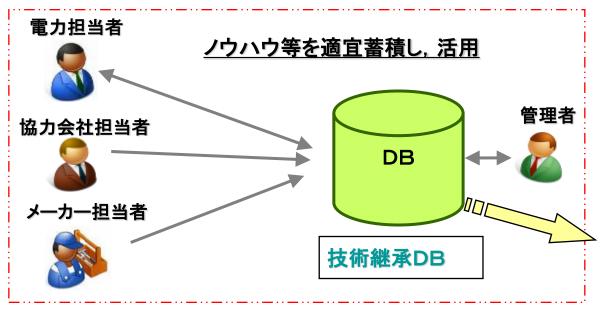
● OJTを充実し技術・技能継承を図るため、経験豊富な専任職等を、OJT支援等の役割を付与して配置。また、プラント建設に係る技術継承においては、建設を経験したベテラン社員に召手社員を組み合わせることで、ベテラン社員にOJT支援者の役割を付与している。



2. 技術・技能継承の取り組み【共通的取り組み事例】(4/4)

(5)技術継承データベース(DB)構築

● 技術継承を目的とするDB(設計情報,作業ノウハウ,プラント技術史等)を構築し, 教育,保修訓練,トラブル対応等に活用している。



技術継承DB(例)

DB	主な内容
共通DB	設計, トラブル, 作業ノウ ハウ等
原子炉DB	当該設備の主要機器の 保守作業や試験検査/ ウハウ情報 機器毎の設計情報等の 関連情報について, 共通 DBと連携
汽機DB	
電気DB	
計装DB	
燃料DB	

3. 技術・技能継承の取り組み【特徴的事項/独自施策】1/3

(1)"失敗に学ぶ回廊"の構築 【A社の例】

事故・トラブル概要を示すパネルや実物・模型の展示,失敗事例の原因を学ぶ ゾーン等からなる展示施設を構築している。



- 3. 技術・技能継承の取り組み【特徴的事項/独自施策】2/3
 - (2) 人材育成キャリアプラン(新入社員~中堅層)の導入 【B社の例】
 - 業務経験付与や資格取得を計画的に行い技術者を育成する方策として、 入社5年程度までの若年層に対するキャリアプランを明確化している。
 - ① 入社から配属後2~3年間 ⇒ 当直へ一律,入直
 - 発電所の運転を通して発電設備全体に対する基礎的な技術知識や技能を習得
 - ② 入社後3~4年目 ⇒ グループ会社に出向
 - 保修,放射線管理,化学管理等に係る現場作業を実施している グループ会社への出向により,現場知識や技能を習得
 - ③ 出向後3~4年程度 ⇒ 専門分野に配属
 - 出向2~3年程度で、本人の適性等に基づき専門分野に配属

- ②電気事業者の人材育成および技術継承策の整理/可視化 つづき
- 3. 技術・技能継承の取り組み【特徴的事項/独自施策】3/3
- (3) グループ会社への出向拡大(現場技術力・判断力向上) 【B社の例】
 - 保修業務等を対象に、グループ会社との役割分担見直しによる実施体制の簡素化等を目的に出向を拡大、人材育成面では、以下を期待。
 - ① 直営作業による現場技術の体得と設備診断能力の向上
 - ② 点検方法改善等に関する技術判断力の向上
 - ③ グループ会社への管理業務移管とそのノウハウの移転
 - ④ 電気事業者、グループ会社および協力会社社員間の コミュニケーションの充実

4. 人材育成上の課題と今後の取り組み

- 〇 東日本大震災では、大きな地震と津波に襲われ、東京電力の福島第一原子力発電所は全ての交流電源を喪失し、原子炉や使用済燃料プールを冷却する機能が働かず放射性物質を外部に放出する重大な事態に至った。
- このような重大事故を二度と起こさぬよう, 安全性を更に向上させる ため, 人材育成に関して以下の取組みを強化している。

「より高いレベルの安全文化の構築」

「原子力安全、防災、危機管理に対応した能力の養成」

「極めて過酷な事故に対応した実践的教育・訓練」等

概要

プラントメーカーにおける「技術継承およびノウハウのデータベース化」について、メーカー各社の共通実施事項を整理した資料(案)を整理した。

整理の観点

②に同じ

- ・プラントメーカー各社はそれぞれのやり方で前述のコア技術の技術継承に努めている(主体はOJT)ことの見える化
- •技術継承のやり方に係る情報共有

具体的内容

1. メーカーにおける技術継承、およびノウハウのデータベース化について

2. メーカーにおける技術基盤維持・人材育成の必要性について

3. 国の規制への適合方策について

1. メーカーにおける技術継承、および ノウハウのデータベース化について

◆プラントメーカーに必要な技術

- ●設計(基本計画・詳細設計)に必要な技術
- ●製品の製作に必要な技術
- ●製品の据付に必要な技術
- ●品質保証に必要な技術
- ●試運転に必要な技術
- ●製品の保守・補修に必要な技術
- ●〔共通技術〕データベース化やCAD化等に必要なIT技術

◆原子力発電に固有な技術

〇原子力を活用する点で、<u>原子力固有の技術が必要</u>になると共に、火力発電等以上の安全性が要求され、膨大な物量の部品や厚肉の部品を高精度に取り扱う技術が求められ、かつ高い品質要求を満足させながらの作業となるため、<u>高度なプロジェクトマネジメント、エンジニアリング能力が必要</u>とされる。

プラント建設 の各工程

基本設計



詳細設計



製作•検査•建設



●単品機能試験

■試験工程・計画

(使用前検査含)

■試運転プラント操作

●全系統フラッシング

●不測事態対応

炉心·燃料計画

- ・所定の運転計画を達成で きる燃料の<u>ウラン濃箱度、新</u> 燃料体数を決定
- ・核的・熱的な安全上の制限を満足する<u>炉内燃料配置、制御棒パターン等</u>を決定
- ・中性子や核分裂挙動等の 原子炉物理に関する専門知 厳、核熱特性の高精度シ ミュレーション技術が必要

安全設計、安全解析

- ※層防護の思想を的確に 機器・系統・構造物に展開・ 反映、各種の異常・事故事 象を解析してその妥当性を 確認
- ・原子炉の異常・事故事象 に特有な<u>核熱現象の把握や</u> シミュレーション技術(炉心 動特性計算技術、伝熱流動 計算技術)が必要
- ●系統設計
- ●配置設計、プロットプラン

連蔵・被ばく評価

- ・放射性物質を内包する配 管等からの放射線を遮蔽 し、従業員の過度の被ばく を防ぐとともに、事故時や通 常運転時における<u>周辺公</u> 衆や従業員への被ばく影 響を評価
- ・放射性物質の挙動の物理 的知識、内包流体等の化 学的挙動等の幅広い知識 が必要

●炉構造·熱水力設計

- ・高温高速流体の中で使われる構造物の設計(熱過 液、流動接動等)技術が必要
- ·放射線照射影響の考慮 (γ発熱等)が必要
- ・燃料健全性(冷却性、構造 強度)評価技術が必要
- 制御·保護設計
- ●電気計画、計装計画
- 材料計画 ···等

●原子力特有の特殊設備の設計・製造

- ・原子炉容器、炉内構造物、制御棒駆動装置、原子燃料、燃料取扱装置、蒸気発生器、安全系のバルブ等
- ●構造設計
- ●耐震設計
- ・基準地震動の設定条件 が他産業プラントと比較 し非常に厳しく、また、プ ラント個別設備(機器、 配管等)ごとに重要度に 応じて耐震クラスが設定 されるのが特徴
- ●工事計画
- ●建設計画
- ●各種技術規格·基準
- ●高精度厚肉設計

- 機器製造、調達・大型領域の鍛造材
- ・大型領域の鍛造技術、火力プラント等よりも高精度な溶接・加工・組立・検査技術が必要(電子ビーム溶接、超大型複合工作機による大型機械加工等)
- ●溶接等、資格取得
- ●成形加工:鏡、菅台、菅曲
- ●機械加工:大物加工
- ●組立:重量物、低歪
- ●清浄度:副資材、異物
- …等 ●溶接事業者検査
 - ・<u>富放射線環境下</u>での速隔 操作による<u>高精度な溶接</u> と検査技術
 - ●非破壊検査、特殊検査
 - ●使用前検査対応 …等

- ■工事安全計画·管理
- ●工程管理、人員管理
- ◆ヤード計画
- ●クレーン計画
- ●使用前検査対応
- ●高度な重機器据付技術●プラント異常診断
- 格納容器据付技術
- ●マテハン技術
- ●建設工法高度化技術
- ・建設プロセス改革、IT 活用、大型クレーン活 用、機電・建築一体モジュール工法

….等

・原子力固有のもの:●色

・他電源でも共通するが、原 子力と要求レベルが異なるもの:

20

◆ノウハウのデータベース化とは

【「形式知」と「暗黙知」】

- ●「形式知」というのは、各マニュアル等のように文章などで既 に書かれているもの。主に明文化しているものを指す。
- ●「暗黙知」というのは、マニュアル等に書かれていない知識。 つまり頭の中にあるカンや経験などがこれに当てはまる。(= ノウハウ)



●「暗黙知」を「形式知」化(=文章化、映像化)すること により、ノウハウのデータベース化に繋がる。

◆技術継承の現状

- ●先人の設計・製作・据付手法を文書化、或いは データベース化 することにより、技術の継承を進めている
- ●ノウハウについても極力、文書化、或はデータベース化する。

●失敗事例、不具合事例等をデータベース化する。

●機器の製造、据付等については、映像化して残す。

◆検討の範囲

●メーカーにおける業務の中核である以下の業務 に焦点をあて、技術継承の方法の現状、およびノ ウハウのデータベース化について纏めた。

設計

製作

据付

◆設計業務における技術継承(1)

- ●設計業務の進め方を文書化することにより、技術の継承を 行っている。
- ●各設計仕様書について「設計標準」(=設計の標準化)を作成するなど、「設計のためのガイドライン」を作成している。

●熟練技術者の経験に基づくノウハウについても極力文書化し、 「設計標準」に記載する。

◆設計業務における技術継承(2)

【設計書の種類】(機械品の場合)

●~設計書に基づき、機器の設計・製作を行う

基幹図書	炉心・燃料計画書、安全解析書、遮蔽・被ばく 評価書、炉構造・熱水力設計書、等
上流図書	配置図、配管計装線図(P&ID)、 系統設計仕様書、等
下流図書	機器設計仕様書、機器外形図、機器構造図、機器製作図、機器据付図、等

- ③ プラントメーカーの技術継承策の整理/可視化 つづき
 - ◆設計業務における技術継承(3)
 - ●設計仕様書の標準化を行うことにより、設計の進め 方を統一する。
- 例)系統設計仕様書
 - •••「系統設計仕様書の作成標準」
 - 原子炉系系統設計仕様書
 - ・・「原子炉系系統設計仕様書の作成標準」、 「設定値根拠書」、等
 - 原子炉再循環系系統設計仕様書

- - - -

◆設計業務における技術継承(4)

例)機器設計仕様書

- •••「機器設計仕様書の作成標準」
- --「原子炉圧力容器設計仕様書」
 - •••「原子炉圧力容器設計仕様書の作成標準」
- ―「ポンプ設計仕様書」
 - •••「ポンプ設計仕様書の作成標準」
 - ―「原子炉再循環ポンプ設計仕様書」

- - -

◆設計業務における技術継承(5)

【まとめ】

●設計標準を作成することにより、技術継承が可能となる。設計標準は、設計図書の解説書でもある。

●上記の標準書に、失敗事例、不具合事例、特に注意する点、プラントユニークな点(当該プラント固有のSPEC)等を記載することにより、ノウハウのデータベース化に繋がる。

◆製作業務における技術継承(1)

●各機器の製作方法の標準化。

- ●技能訓練センターにおける溶接作業、旋盤作業等の技能の習得。
- ●溶接、加工、組立、検査等における作業を映像化し、それを若手 技術者に見せる。
- ●特に、"ヒヤリ" "ハット"、失敗・不具合事例を文書化および映像 化することにより、製品の製作の技術を維持する。

◆製作業務における技術継承(2)

●熟練者のノウハウについても極力、文書化する。また、映像としても残す。=職人技の継承

[ノウハウの例]

燃料チャンネルボックス製作においては、平板を機械で四角いボックス状曲げ、その曲げられた板の突合せ面を溶接する。溶接した面が平であるかどうかを触診(手で触る)することにより確認する。

◆製作業務における技術継承(3)

【まとめ】

- ●製作業務においては、製作図面に基づいた製作方法の技術継承と、いわゆる職人技の技能の継承がある。
- ●特に、後者については、文書化しづらい面があるが、ベテランと一緒に作業をすること(OJT)により、技術継承をしているのが現状。
- ●職人技を映像化し、解説を加えることにより、ノウハウのデータベース化が可能となる。

◆据付業務における技術継承(1)

●各機器の据付工法の標準化。

- ●技能訓練センターにおける据付作業の技能習得。
- ●VTR等により据付方法を可視化し、当該機器の据付未経験者に 見せる。
- ●特に、"ヒヤリ" "ハット"、失敗・不具合事例を文書化および映像 化することにより、製品の据付について技術維持を図る。

◆据付業務における技術継承(2)

[技術・ノウハウのデータベース化の例]

- ●3次元CADシステムの設計情報に作業手順・工程などの動的表 現を加えることによって、分かり易い作業手順・計画を伝達できる 視覚化手法の開発。
- ●本システムの導入により、建設現場の作業員は、モバイル端末を 現場に持込み動画を確認しながら作業箇所1点の単位まで踏み 込んだ細かな作業を行うことが出来る。
- ●上記の動画には、"ヒヤリ" "ハット"や過去の失敗例を視覚にて確認でき、注意喚起を促すようなっている。

◆据付業務における技術継承(3)

【まとめ】

●据付作業の技術継承には、視覚的システムの導入が有効的。

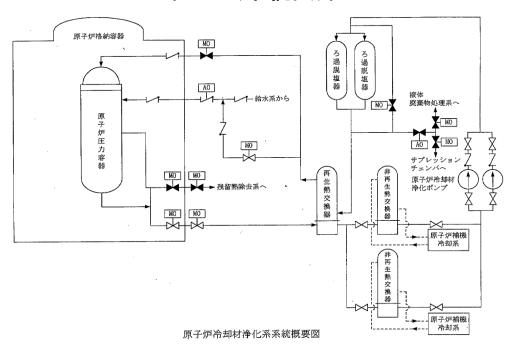
●ノウハウについても、上記システムに入れ込むことにより、データ ベース化が可能。

- ③ プラントメーカーの技術継承策の整理/可視化 つづき
 - ◆メーカーにおける技術継承、およびノウハウのデータベース化のまとめ

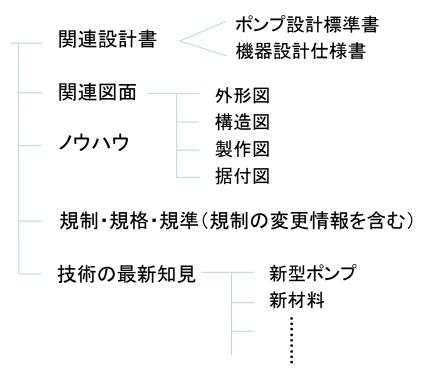
- ●設計段階においては、設計の仕方や過去の失敗事例、プラント特有な点、特に 注意する点等(=ノウハウ)を図書に落とし込むことが有効である。
- ●製作段階においては、特に、職人技(=ノウハウ)の継承が重要であるが、現状では、OJTに頼らざるを得ない面が大きい。極力、図書や映像に落とし込むことによりデータベース化を図る。
- ●据付段階においては、作業の視覚化が有効である。特に、各作業者が端末を持ち、現場での作業前に作業方法を確認する。失敗事例や注意事項等(=ノウハウ)を表示することで、ノウハウのデータベース化が可能。
- ●また、若手に対して、原子力技術の基礎講座を開設し、原子力技術に関する教育を行うことも技術継承に有効である。

◆知識・ノウハウ等のデータベース化のイメージ(A社の例)

[CAD(系統図)]



● CADシステムのデータとして、当該機器 の設計書や、規格・規準、ノウハウ等が データベースとして格納されており、パソ コン上で必要なデータを呼び出せるシス テムとなっている。



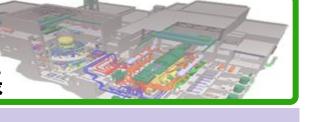
◆技術・技能継承の方策例

技能五輪教育
ITを活用した技能継承活動
教育研修センタ
技術教育と技術士
指導員教育センタ
予防保全技術センタ
品質保証トレーニングセンタ
非破壊試験センタ
安全体感教育
各種試験設備

◆先進型 統合CAE システム(A社の例)

先進型 統合 CAE システム 第五世代: 2005年~

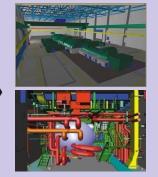
■ 統合CAEシステムの アップグレードと機能拡張



基本設計



詳細設計



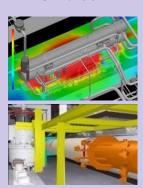
施工設計、製造



建設



運転、保守



プラントエンジニアリング データベース

原子力 プラント 実績データベース

ノウハウ管理

- ③ プラントメーカーの技術継承策の整理/可視化 つづき
- ◆現地建設システム(据え付け)の高度化の一例(A社の例)



2. メーカーにおける技術基盤維持・人材育成の必要性について

- ③ プラントメーカーの技術継承策の整理/可視化 つづき
 - ◆国の政策(発電比率)を踏まえた場合の今後必要となる人材

原子力発電比率0%(新規プラントなし)に向けた政策が とられた場合を想定



原子力発電比率0%まで:補修要員、廃炉要員

原子力発電比率0%以降: 廃炉要員

なお、上記には安全評価等を含む安全性向上対策等に必要な要員を含む

●新規プラントが無いために幅広い人材育成をすることが困難。

◆メーカーにおける人材育成に関する取組経緯

●メーカーは、以前から技術力の維持・向上のため、実務段階の技術者・技能者に対する育成に取り組んでいる。

●JCO事故の際には、(財)原子力安全技術センターが事務 局となって、作業を行う末端の技術者・技能者等にまで知 識(技術)の継承を行う方策を検討した経緯がある。メー カーは委員会の委員として参画。

◆"モノづくり"と人材育成

●日本のメーカーは"モノづくり"なくしては成り立たない。

- ●モノづくりを継続していくためには技術基盤の維持が必要。
- ●常に世代交代があるので、技術基盤維持のためには、次の 世代に技術を伝えること(技術継承)が重要。
- ●メーカーにおいて技術基盤維持は、ビジネスを継続するため の死活問題であり、そのためには、人材育成は重要である。

◆技術基盤維持と仕事の必要性

- ●メーカーにおける技術基盤維持のためには、原子力発電所の検討工程における基本設計、詳細設計、製作、品証、建設のそれぞれの分野で確実に技術継承を行う必要がある。
- ●技術継承のためには人材育成・確保が必要。
- ●人材確保のためには一定量の仕事が必要。また、人材育成のためには、OJTが必須であり、そのためには上記各分野において継続的な一定量の仕事量が必要。
- ●国内新規プラント建設が難しい現在、輸出等で対応せざる を得ない状況であるが、輸出の成立までには時間を要し、 各分野の継続的な仕事量確保が難しい状況にある。

3. 国の規制への適合方策について

◆適用すべき規格基準についての対応

●社内の設計要領書あるいは設計標準に適用する規格基準が明記されている。

●規格基準が改定されると設計要領書、設計標準に最新を反映する仕組みをとっている。

●客先仕様書に記載されている規格基準と適合しているか確認する。

- ③ プラントメーカーの技術継承策の整理/可視化 つづき
- ◆規格基準が正しく適用されているかを確認するための対応

- ●審査、承認によるダブルチェック(チェックシート等を使う)。
- ●設計計画時に、デザインレビュー等で、適用する規格、基準 が正しいかを確認する。
- ●設計終了時のデザインレビューで、設計結果の確認、審査 を行う。
- ●設計図書に関しての客先とのコメントのやりとりにより、漏れ、 誤り等が無いように確認している。

◆国の規制に応じた民間規格の策定(1)

●国の規制内容に適合する民間規格を、学協会の委員会に おいて電力/メーカーが検討・策定し、その内容に基づい た設計を行っている。

●民間規格のしきい値は、国の規制で定められた数値等を 包含する値にしており、より厳しい安全性を追求している。

◆国の規制に応じた民間規格の策定(2)

- 〔国の規制において、新たな項目が出た場合の対応〕
 - ●新たな項目に対する民間規格を新たに策定する。
- [国の規制において、内容の変更があった場合の対応]
 - ●変更後の内容が既成の民間規格で包含できるかどうかを検討し、包含できない場合には、民間規格の内容を変更する。