

原子力発電所の保修教育訓練内容への体系的な分析手法の活用

The application of systematic analysis to the development for maintenance engineers training contents in Nuclear Power Station

中部電力株式会社 石田 阜久	Takahisa ISHIDA Member
中部電力株式会社 丸尾 忠	Tadashi MARUO Non-Member
中部電力株式会社 黒川 和哉	Kazuya KUROKAWA Non-Member

Abstract To survive the tide of electric power industry deregulation, actions for streamlining our operation must be compatible with safety of plant operation. Regarding human resource issue, retirement of first line engineers who developed their practical technical skills through the process of experiencing numerous problems or plant construction becomes concerns for declining our engineering abilities. Under these circumstances, training program must be optimized to bring up sophisticated maintenance engineers with considering effective and efficient method or contents.

Yet IAEA's SAT (Systematic Approach to Training) method is getting widely applied to develop operators in nuclear power plants, it is not much reported for the application to maintenance engineers.

This paper will discuss our implementation of introducing more effective and efficient training for maintenance engineers together with analysis of education program system as a whole while referring SAT method.

Keywords: SAT, KSA, maintenance staff training, job competences analysis, job analysis, job element

連絡先: 中部電力株式会社 浜岡原子力発電所 原子力研修センター, 〒437-1695 静岡県御前崎市佐倉 5561, Tel: 0537-86-3481, E-mail: Kurokawa.Kazuya@chuden.co.jp

1. 緒言

電力保修員に必要な能力は、非常に多岐にわたるため、教育訓練は、O J T (On the Job Training)が主体で、机上研修は、それを補完する位置付けで行われている。

しかしながら、原子力発電所の安全運転を前提に、電力自由化を踏まえた発電費用削減を行うためには、今まで以上に高い能力を持つ保修員を育成しプラントの信頼性を向上しつつコストダウンを行っていかなければならない。

一方、建設経験や過去のトラブルなどを経験した優秀な人材が退職しつつあることから、技術力低下が懸念されるとともに、技術伝承の必要性が叫ばれており、これまで以上に効果的で効率的な教育訓練を行うことができるよう、教育訓練内容を最適にしていくことが求められてきた。

そこで、主に原子力発電所の運転員のために用いられてきた I A E A の S A T (Systematic

Approach to Training) 手法を参考にして保修員の教育訓練のために体系的な分析を行い、より効果的、効率的な教育訓練内容となるよう現状の研修内容の見直しを行っている。

ここでは、保修員の教育訓練のために検討し適用した体系的な分析手法について紹介する。

2. S A T 手法の適用事例

2.1 S A T 手法

S A T (Systematic Approach to Training) 手法は、業務に必要な能力を分析し、それらの能力を習得させる教育訓練プログラムの設計、開発、実行、評価に至る論理的なプロセス手法である。この手法は、既に原子力発電所の運転員養成のために活用されている。

2.2 原子力発電所 運転員の教育訓練

平成 11 年 9 月に発生した J C O ウラン加工工場臨界事故以降、原子力発電所所員のより一層の能力向上に努めている。その一環として、

平成14年3月、J E A G4802「原子力発電所運転員の教育・訓練指針」の改定において、このS A T手法を取り入れた体系的で合理的な教育訓練プログラムの策定が規定された。

これを受け、浜岡原子力発電所では、平成15年度に、S A T手法を取り入れて原子力発電所運転員に必要とされる知識・技能項目の明確化等を図り、教育訓練プログラムを見直した。

このS A T手法は、原子力安全に直接関わる運転員に必要な知識、技能を拽れなく抽出し、適切な教育訓練を施すことに貢献している。

3. 保修員の教育訓練への適用

3.1 適用における難しさ

保修員の教育訓練にS A T手法を適用した事例は、あまり報告されていない。これは、保修員のための体系的で合理的な教育訓練プログラムの開発には、次の難しさが存在すること等のためと考えられる。

①業務要素の特定

保修業務は、保全活動の計画、工事の設計、発注、作業工程の管理、安全管理、点検、官庁検査の対応、故障やトラブルの処理等で非常に幅広く多岐にわたること、あらかじめ決められたマニュアルに基づいて行う運転業務と比べると、業務処理の自由度が大きいため、知識・技能に直結する業務要素を明確にすることが難しい。

②業務要素に連なる知識や技能の抽出

運転員と比較して、必要な知識や技能の内容の変化が早く、要求されるレベルも変化するため、業務要素が特定されても、それに連なる知識、技能を抽出することが難しい。

③技術の進歩や業務の変化に迅速に対応できる柔軟な教育訓練システムにする必要がある。

3.2 適用するための方法

保修員の教育訓練にS A T手法を適用するための難しさを解決するために、以下の分析処理を実施した。

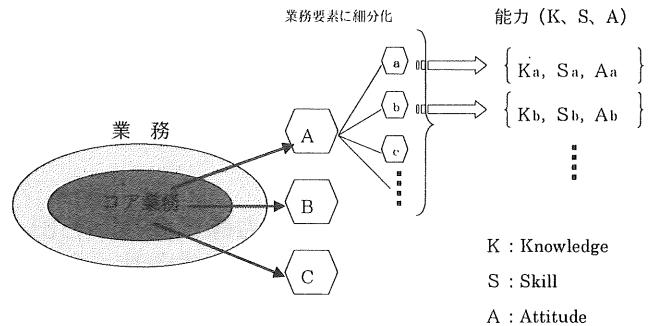


Fig.1 A general idea of job competency analysis

3.2.1 コア業務の特定

保修業務は、広範囲で多岐にわたっているため、まずコアとなる業務を特定し、そこから業務分析を行い、業務を細分化して整理することで必要な知識や技能を分析するための業務要素に分解することにした。

保修業務は、設備の保守に関する業務が中核であることから、「定期点検」「改良・修理工事」「トラブル対応」をコア業務として選定した。

3.2.2 代表的な機器・工事の設定

3.2.1で選定した「定期点検」「改良・修理工事」「トラブル対応」に関する業務の全てについて分析するのは、業務量が膨大となり、現実的ではない。このため、保修組織の系列の「機械」「電気」「計測」の区分毎に分割して、その各々において、その大部分の業務範囲が網羅できると考えられる代表的なものを設定した。即ち「代表的な機器」や「代表的な工事」を設定して業務を細分化して整理した。

Table 1 The example of job analysis

系列	分類	機器名	工事件名or故障状況
電気	定期点検	1 主発電機	
		2 電動機	
		3 変圧器	
		4 電動弁／電磁弁	
		5 M／C、P／C、C／C	
		6 屋内開閉所設備	
		7 緊急電器	
		8 デジタル制御装置	
		9 直流電源設備	
		10 C V C F・V V F	
改良・修理工事	1 主発電機	1 プッシュ修理	
		2 電動機	電動機取替
		3 変圧器	リード修理
		4 設備を設置する場合の電気工事	新仕倉3L増設【機器】
			新仕倉3L増設【制御盤】
		5	新仕倉3L増設【電源盤】
		6	新仕倉3L増設【ケーブル】
		7	C/C取替
		8 M／C、P／C、C／C	漆装
		9 屋外電気設備	制御盤改造（制御用電気品修理含む）
トラブル対応	1 制御盤	10 制御盤	音電池取替
		11 自動火災報知設備	感知器増設
		12 捆内配電線	柱上変圧器増設
		13	
		1 主発電機	水素漏れ入り
		2 電動機	地絶

3.2.3 業務要素に連なる知識や技能の抽出

3.2.3.1 能力の抽出

3.2.2で細分化した最小単位の業務要素毎に、機械、電気、計測のベテラン保修員と共に必要な能力を抽出する作業を行った。抽出作業においては、個人差による影響ができるだけ排除するために抽出のための切り口を、プラントの安全安定運転にとって重要なファクターである以下の4つの観点とすることにした。

- ・健全性：設備の健全性維持（機能維持、性能維持、品質確保）に関するもの
- ・コスト：費用（算出根拠、積算方法）に関するもの

・作業安全：作業安全（災害を起こさないために実施すること）に関するもの

・法規：法律に関するもの、公的な規格・基準および会社規程（保安規程・保安規定）に関するもの

細分化した業務要素毎に、これらの4つのフィルターをかけて整理した上で、それぞれのフィルターからのアウトプットを「知識（K : Knowledge）」、「技能（S : Skill）」、「原子力技術者としての心構え（A : Attitude）」で分析し必要な能力として抽出した。

Table 2 The example of job element list

業務分類	業務要素		
	第1分類	第2分類	確認、検討事項
計画立案	点検対象機器選定	定期点検基準による点検対象機器の確認 取替基準による取替対象機器の確認 その他の情報による点検・取替対象機器の確認	定期点検基準（内容・周期）根拠の理解 現場点検内容の把握 取替基準根拠理解 工事報告書の反映事項の把握 発電説明要望事項の反映内容検討 点検速報の水平展開の把握（方法・範囲の理解） メーカー提案情報の評価（特別点検必要性の評価） 他社の動向把握（他フリット不適合の水平展開の把握） 短縮定期検査（点検の前倒し、先送り等） 工事時期の調整（工事実施適正時期の評価） 短縮定期検査（予備品の必要性検討） 工事費用の集計（効果的な支出時期評価）
予算編成	長期保全計画策定	長期保全計画策定	
	工事予算書（K40類）作成	工事予算書（K40類）作成	請負工事費（01）の積算 各機器の点検人工数の理解 資材代（02）の積算 諸経費（03）の積算 審議区分の判定
	その他予算関係帳票作成	工事予算件名登録表作成 工事予算補足データ作成 審議データ作成 コストダウン説明表（予算）作成	入力内容の確認 入力内容の確認 入力内容の確認 コストダウン内容の検討
決裁および発注	工事実施決裁	工事実施決裁書作成 ・起案番号登録 ・コストダウン説明表（決裁）作成 ・決裁書回付票の作成 ・決裁書作成時確認リストの作成 ・関係箇所との調整 ・期中予算管理データ入力	決裁区分の判定 工事決裁書台帳の確認 コストダウンの再評価 回覧先の確認 フォーマットの確認 関係箇所の確認 工資経システム確認

Table 3 The example of job competences list

業務分類	業務要素			分析の観点	機器名（それを行うために必要な、知識、理解、スキル）	
	第1分類	第2分類	確認、検討事項		KSA分析	電動機
工事	工事施工管理	アイソレ・キャンセル連絡票作成	アイソレの範囲・時期検討	健全性	K	・アイソレ範囲・時期の理解
					S	・点検機器の復旧状態の把握
					S	・点検結果の評価
					A	・丁寧に説明する
				コスト 作業安全	K	・アイソレ範囲・時期の理解
					S	・アイル状態・範囲・時期の把握
					S	・干渉作業との調整
					S	・関係箇所との調整
					A	・丁寧に説明する ・社内手引の理解
				法規	K	・点検結果と品質記録の評価 ①絶縁抵抗値 ②電流値 ③振動値 ④温度上昇 ⑤センターリング値 ⑥ベアリング外径とブラケット内径の隙間 ⑦カップリング内径とシャフト外径の隙間 ⑧軸心のねじの緩み ⑨軸受メタルのP.T. ⑩旧ベアリングの異常確認 ⑪冷却器の耐圧（水圧）確認 ⑫シャフト軸振れ確認 ⑬外観の異常確認 ⑭付属品（C.T等）の異常確認
	現場管理	工程管理 作業安全管理 放射線管理 現場立会検査（点検結果の評価） 品質記録の確認（点検結果の評価） 試運転評価	健全性		S	

3.2.3.2 情報の整理

上記 3.2.3.1 で洗い出した項目は、情報量が膨大であるため、以下の KEYワードを設定し、類似内容をグループ化して必要な能力の整理を行った。

KEYワード	
大項目	小項目
技術	(健全性)評価、(工事)検討、設計、(工事)調整、機器、管理、点検、情報、経済性、検査
手続	経理、作業
安全	安全
心的態度	心的態度
法令規格基準	法令規格基準
その他	その他

3.3 現状の教育訓練内容との比較評価

3.2.3.2 で整理した能力の内容 1つ1つについて、現状の教育訓練内容で習得できるか評価した。この評価により習得できない場合は、追加すべき内容や項目（不足している習得内容）を検討した。

この評価結果の例を下記に示す。

①設計的妥当性の検証能力の向上

- ・設備改造や取替工事を計画するにあたり、設計データの検証だけでなく、設計思想まで踏み込んだ深い検証能力を持つ必要がある。

②設備の検査、健全性評価に関わる能力の向上

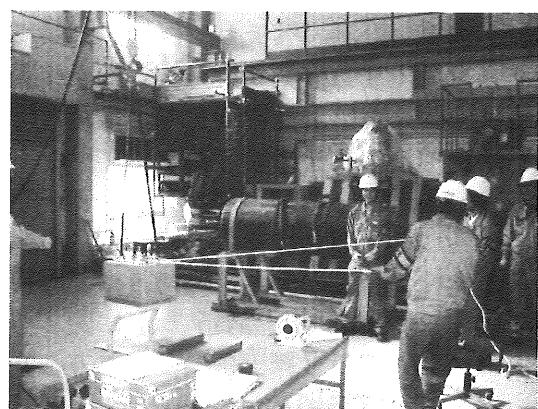
- ・運転中の機器に何らかの変化が認められた場合の評価能力や現場対応能力の向上、
- ・点検結果に基づく修理時期の計画およびその妥当性評価能力の向上

③作業安全に関する能力の向上

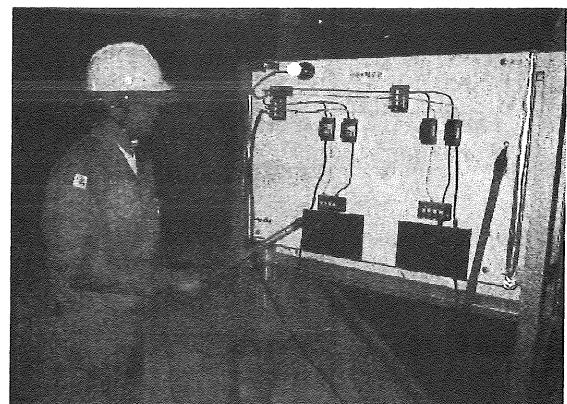
- ・机上の知識だけでなく、実作業等の経験により知識を体得することが必要である。

この評価結果により研修を見直した事例としては例えば③に関して、体感研修を設定し教育訓練内容に反映した。これは、「重心がずれた状態で荷を吊ると荷が思わぬ方向に動くことで危険性の体感させる研修」や、「実際に 100V 電気回路を短絡させ電気の危険性を体感させる研修」、「回転部巻き込まれの危険性を体感させる研修」等の危険

性を安全に体感させて作業安全の重要性を理解させるものである。



Pic.1 practical training for feeling the reality of dangerousness as to handling the heavy equipment



Pic.2 practical training for feeling the reality of dangerousness as to short circuit

Table 4 The example of the work table to find insufficient trainings

○電動機の定期点検時に必要な知識				現状の研修の評価			追加研修科目 あるいは内容		
KSA分析 番号	分類（習得項目）		知識・技能項目	習得項目	現状の研修		△：現状の研修内容では不足している ☆：研修項目に追加が必要である		
	大	小			コース ※	研修名			
K 1	技術	評価	・不具合のメカニズムに関する知識		専 専 専 専	劣化管理 事故事例（電気） 事故故障事例検討会	△ △ △	代表的な劣化についてのみの説明であるため、具体的な事例で説明する必要がある。	
K 1	技術	評価	・劣化の種類と緩慢メカニズムの知識		専	劣化管理	○		
K 1	技術	評価	・以下の不適合事象の理解 ①振動大 ②絶縁劣化 ③過電流 ④異音 ⑤温度高		専 専 専 専 専	振動解析 劣化管理 低圧電動機 高圧電動機	△ △ △ △	現状の研修は絶縁物の劣化にのみ着目しているため、その他の事象の説明が不足している	
K 1	技術	評価	・経年劣化状況の理解		専 専 専	劣化管理 低圧電動機 高圧電動機	△ △ △	劣化状況の説明をもう少し詳しく行う必要がある。	
K 2	技術	検討	・容量別点検工手				☆		
K 3	技術	設計	・取替対象品の考え方の理解 (劣化品、劣化に関する知識) ①ペアリング ②潤滑油（クリスを含む） ③ラッキン ④ローリング ⑤荷重金		専 基 専 専 専 専	劣化管理 品質管理 事故事例 低圧電動機 高圧電動機	△ ☆ ☆ △ △	取替対象品の説明が必要。	
K 3	技術	設計	・取替周期の考え方の根拠の理解 (環境に関する知識)		専 専 専	劣化管理 低圧電動機 高圧電動機	△ △ △	取替周期の考え方の根拠の説明が必要。	
K 3	技術	設計	・重要度分類		基 心 基 専 専 専	品質管理 品質管理 作業管理者教育 低圧電動機 高圧電動機	△ △ △ △ △ △	概要の説明であるため、内容が薄い。	

4. 教育訓練システムの構築

保修員に必要な能力を明確化できることから、これを効果的に習得させるために、現在、次の検討を行っている。

4.1 研修の方法、内容について検討

教育訓練の方法としては、机上研修、OJT、社外研修等があり、それぞれの方法にはメリット、デメリットがある。このため、効果的に習得させることを考慮して、各研修のつながりやその方法を検討している。また、一度だけの段階的な教育だけでなく、繰り返し教育、選択教育等を適切に組み込むことによって、必要な知識、技能を確実に習得し維持させることを検討している。

更に、研修内容の見直しを行うと共に、研修の内容を常に最適化するしくみを検討している。

4.2 認定制度の導入

保修員の重要な能力については確実に能力を習得したことを試験などで確認して個人の技術力を認定すると共に、その技術力が維持できていることを定期的に確認する制度（技術認定制度）を導入した。

5. 結言

従来、主に経験をベースに試行錯誤しながら構築されてきた保修員の教育訓練プログラムを、SAT手法を活用して体系的な分析を行うことで保修員に必要な能力を明確化できた。

今後は、発電所の技術系全職員を対象として、技術認定制度の導入及び教育訓練内容の見直しを行う予定である。

参考文献

- [1] IAEA-TECDOC-1170, “Analysis phase of systematic approach to training (SAT) for nuclear plant personnel”, 2000.
- [2] JEAG4802-2002, “原子力発電所運転員の教育・訓練指針”, 2002.
- [3] IAEA-TECHNICAL REPORTS SERIES No.380, “NUCLEAR POWER PLANT PERSONNEL TRAINING AND ITS EVALUATION A Guidebook”, VIENNA, 1996.

