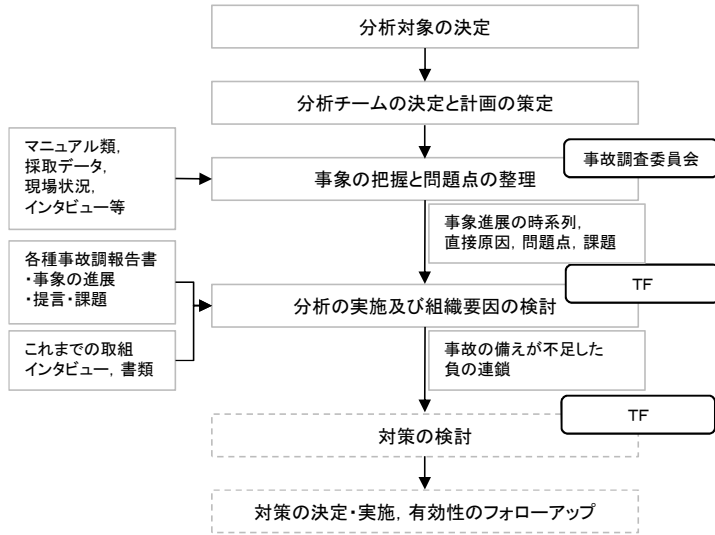


福島第一原子力発電所事故の知見の取り込みの考え方について

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料	
資料番号	KK67-0125
提出年月日	平成28年9月27日

1 知見の取り込みの基本的なプロセス

- ◆ 福島第一原子力発電所事故の知見の取り込みは、以下の基本的なプロセスに沿って実施した。



分析チームの決定と計画の策定 説明資料2.2

- 一般的な根本原因分析では、分析対象となる事象発生当事者による直接的な原因究明、対策立案、是正処置、予防処置がとられている上で、更に組織要因の改善を図るために行われる。福島原子力事故は、発生した事象の規模の大きさ、関係者の多さ、事故に至る問題点の発生時期までの長さ等の特殊性を有していたことから、「福島原子力事故調査委員会（以下、社内事故調査委員会という）」を設置し、事象の把握、直接的な問題点の整理、対策の立案を行うこととした。
- 「社内事故調査委員会」は、委員長以下9名の原子力部門以外の経営層・本部長からなり、事実認定を原子力部門外の人間が判断することで恣意性を排除する。なお、委員会の下で、事象進展の論理性を確保するため、原子力部門内外の100名を超える社員が、書類調査、インタビュー、結果の照合、解析を行う体制とした。
- 当社は、「外部専門家が監視・主導する体制とする」、「各種事故調査報告書、専門家の提言を真摯に受け止め、実行に移す」、「世界最高水準の安全と技術」を目指し、原子力改革を推進するを基本方針とした「原子力改革の新体制」をとることとした。新体制の中で、「原子力改革の方向性・アクションプランの策定・実行」を担う「原子力改革特別タスクフォース事務局（以下、TF事務局という）」を社長直轄の組織として設置した。TF事務局は、まず事故の根本原因を抽出することが有効な改革の提案の第一歩と考え、「分析の実施および組織要因の検討」以降のプロセスを行うこととした。TF事務局メンバーの選定においては、原子力部門内外から、多様な視点を意識し、自らも組織運営の経験を持つ管理職クラスの10名を専任者とした。さらに、福島原子力事故対応やこれまでの当社原子力部門の歴史的な取組の再評価を行うことから、事故対応の経験やこれまでの取組の中核を担った経験等をもつメンバーを含む26名を兼務者として選任した。（添付資料1：TF事務局メンバーリスト）
- 組織要因の分析については、分析対象の特殊性を考慮し、分析対象や分析の広さ・深さに関して自由度が高く、当社内に分析のエキスパートを有している事故分析手法「SAFER」の考え方を活用することとし、分析のエキスパートをTFメンバーに選任した。（添付資料2：災害等分析能力の組織的な向上を目指した取組みと教訓）

事象の把握と問題点の整理 説明資料2.3

- 可能な限りの情報を収集するために、「事故に関連するマニュアル類の調査・確認」、「事故時に採取されたデータ、記録された日誌やホワイトボード類の調査・確認」、「データに基づいた津波解析、地震応答解析等の解析評価」、「当社社員やロボットによる屋内外の主要設備に関する実地調査」、「発電所の災害対策要員を中心とした述べ600名への聞き取り調査」を実施し、それらの情報を突き合わせるにより事実認定を実施した。
- 認定された事実を時系列に整理し、「理想的には、こうあるべきだった」との観点で問題点・課題を抽出。事前の備えと事後の対応における、設備面と運用面からの問題点・課題を整理した。また、事故の進展に寄与が大きな直接的な原因として、「津波により全ての冷却手段を喪失したこと」、「事故の備えが、今回のような津波による設備の機能喪失に対応できないものであったこと」と取りまとめた。
- 抽出・整理した問題点・課題の対応策を検討し、当社原子力発電所にて実施した。これらの対応策の実施状況については、大前研一氏により、ご自身が2011年10月に発表された「福島第一原子力発電所事故から何を学ぶか」における提言・記載と当社の対応状況を直接、比較・検証していただき、ほとんどが合意できる内容であること、合意できない部分については、当社の代案で十分に対応できることを確認していただいた。この中で、大前氏指摘の「起こった事象・問題点」が、当社の調査においても抽出されていることを確認した。

分析の実施および組織要因の検討 説明資料2.4

- 前プロセスで整理された事象の進展と直接原因、問題点をインプット情報とし、背後要因分析の起点を、「長期SBOや最終ヒートシンク喪失への備えが不十分」、「津波対策の不足」、「事故対応の失敗（炉心損傷に至った1,2,3号機毎の事故進展の大きな転換点）」と定め、「なぜ⇄だから」を繰り返して背後要因図を作成した。背後要因図の中から影響が大きい事実・要因を問題点として抽出し、その因果関係を考察し、組織要因として総括した。この過程において、各種事故調査報告書における事象進展、当社への提言事項との照合を行い、「1号機の地震による小LOCA発生の可能性（国会事故調査報告書）」を除き、矛盾がないことを確認した。（TF事務局メンバーによるグループディスカッション）
- 原子力部門の歴史的な背景やその組織文化に影響を与えた出来事を再評価し、組織要因を抽出。（TF事務局メンバー以外へのインタビューや書類確認による情報収集。過去の様々な取組の中核を担った経験をもつTF事務局メンバーを中心に「なぜ⇄だから」で振り返り）
- 抽出された組織要因、問題点を「安全意識」、「技術力」、「対話力」の観点で整理し、因果関係を見直し、当社に存在した組織要因を「事故の備えが不足した負の連鎖」として整理。特に、「安全を継続して向上し続けることを最優先としてこなかったマネジメントの問題」が存在していたと認定した。

2 各プロセスでの実施事項とその考え方

分析対象の決定 説明資料2.1

- 福島原子力事故の重大性に鑑み、同様の事態を再び招かぬよう、事故原因を明らかにし、そこから得られた教訓を今後の事業運営に反映することとした。
- 今回の事故では、炉心損傷の発生により、結果的に放射性物質の大量放出に至ったことから、「炉心損傷の未然防止」に対する課題抽出を中心に、調査・検討を実施。
- 炉心損傷後の事故対応においても様々な事象が発生したことから、炉心損傷以降の経過についても、発生した事実を整理し、課題・問題点を抽出。
- 更に、組織要因の分析においては、最も再発を防止したい事項を頂上事象とすることが、一般的な手順であることから、「炉心損傷の発生」を分析の対象とした。

※なお、「福島原子力事故調査報告書」の作成・公表にあたっては、社外有識者7名で構成される「原子力安全・品質保証会議 事故調査検証委員会」に、「福島原子力事故の総括および原子力安全改革プラン（2013年3月29日公表）」の策定・公表、および改革プランの推進にあたっては、社外有識者4名と当社取締役会長からなる「原子力改革監視委員会」に、専門的見地や第三者の立場から、客観性、妥当性等を確認していただいている。

TF事務局メンバーリスト

	部門	SAFER エキスパート	発電所保安業務経験※3				福島原子 力 事故対応	過去の原子力部門の取り組み		
			運転	保安	技術 安全	品質保 証		LDE	ピア活動	部門交流
事務局長	原子力				○					
事務局長代理	原子力		○	○	○	○	広報	○	○リーダー	○(技術)
専任者A	原子力(燃料サイクル)									
専任者B	原子力(保安・運転)		○	○			1F	○	○	
専任者C	原子力(安全・品証)			○	○	○		○	○	
専任者D	原子力(企画)				○					
専任者E	原子力(燃料)			○	○		2F	○		○(渉外・広報)
専任者F	火力(保安)		—	○	—	—	1F	—	—	○
専任者G	工務		—	—	—	—	工務	—	—	—
専任者H	補償相談		—	—	—	—	賠償	—	—	—
専任者I	グループ事業部		—	—	—	—		—	—	—
専任者J	研究・労働安全	○※1	—	—	—	—		—	○	—
兼務者A	原子力			○			本店	○		
兼務者B	原子力			○	○					
兼務者C	原子力		○		○		本店	○		
兼務者D	原子力			○	○			○中核者	○中核者	○(火力)
兼務者E	原子力									
兼務者F	原子力				○		本店			○(営業)
兼務者G	原子力				○		2F	○中核者	○オブザーバー	
兼務者H	原子力				○		1F			
兼務者I	原子力			○	○		本店	○		
兼務者J	原子力			○	○		1F	○	○	
兼務者K	原子力			○			1F	○	○	
兼務者L	原子力		○	○			2F	○		○(火力)
兼務者M	原子力			○			2F	○		
兼務者N	原子力		○					○		
兼務者O	原子力		○	○			本店	○	○	
兼務者P	原子力			○	○		本店・安定化C			
兼務者Q	原子力				○					
兼務者R	企画		—	—	—	—		—	—	—
兼務者S	企画		—	—	—	—		—	—	—
兼務者T	経理		—	—	—	—	賠償	—	—	—
兼務者U	研究	○※2			○			—	○	—
兼務者V	電子通信		—	—	—	—		—	—	—
兼務者W	企画→広報		—	—	—	—		—	—	—
兼務者X	原子力				○					

※1: SAFERエキスパート

- ・1995年頃～事故分析手法の開発に参画(後のSAFER)
- ・2000年頃～SAFER展開のための研修教材開発、研修講師、社内外でヒューマンファクター関係の講義/エラー防止コンサル/ヒューマンエラー事象の分析サポート
- ・2008年～ 全社安全監理部門に移動し、以下を担務
 - * SAFER指導者向け研修開発担務
 - * SAFER社内運用ルールおよび受講者管理の仕組み構築
 - * 重大事象(死亡/重傷災害、再発災害など)の調査・分析指導
 - * 安全管理プロセス評価

※2: SAFERエキスパート

- ・2001年頃～: SAFERの開発・改良・展開(研修講師)、および社内実務協働(重大災害等の調査分析支援)に関わる。
- ・2003～2004年: 同僚と現在のSAFERの原型を開発。
- ・2005～2007年: JNES委託「巨大システム事故分析研究会」委員
- ・2006年: 1F海水温度補正問題RCAに参画。
- ・2006～2007年: JNESによるRCAガイドライン、およびこれに対応したJEAG4121付属書の作成に電力側担当者として従事。
- ・2006年～: JANTIのRCA研修講師(現在に至る)
- ・2007年: SAFER指導者向け研修(上級研修)を開発、以降社内外展開。
- ・2007年: 中越沖地震時K6水漏れ問題等RCAに参画。
- ・2009～2010年: 「原子力規格委員会～品質保証分科会～品質保証検討会～RCA-WG」委員。JEAG改訂作業に従事。
- ・2010年: JNES委託「原子力安全マネジメント技術検討～安全ワーキンググループ2」委員。RCAを含む安全に関する課題整理と人材マップの作成。

※3: 発電所保安業務経験

- ・社内技能認定B級以上を有している。
- ・発電所のチームリーダー以上で当該業務の経験を有している。

災害等分析能力の組織的な向上を目指した取組みと教訓

古濱 寛 池野 太郎 吉田 久 吉澤 由里子 鹿毛 佳子 坂井 秀夫
 (東京電力(株) 技術開発研究所 ヒューマンファクターグループ)

1. はじめに

東京電力(株)ヒューマンファクター(HF)グループでは、第一線職場の実務者自らが災害やトラブルなどの事例を分析し、有効な対策を立案できるように、事例分析手法SAFER(Systematic Approach for Error Reduction)を開発し、社内関係各所と協働してその展開、改良を行っている。SAFERは事例分析のノウハウを簡便にまとめて手順化したものだが、数多くの事例を分析するにつれ、手順を詳細に記述するだけでは必ずしも効果的な対策立案はできず、人間の行動をどう捉えるかという基本的な考え方の理解が必要であることがわかってきた。しかし、明文化された手順や様式だけでなく、考え方も含めて手法を組織内に展開することは容易ではない。本稿では、事例分析能力の組織的な向上を目指して、10年以上にわたりSAFER手法の改良と展開を積み重ねてきた取組みと得られた教訓について紹介する。

2. SAFERの概要

(1) 基本的な考え方[1]

図1のような作業手順が示されていた場合、正しい手順、つまり作業の前に電源コードをコンセントから抜いた後でランプの交換ができるだろうか? 「大丈夫」と思った人も、忙しかったり、他

プロジェクターのランプ交換方法

1. ランプカバーねじをゆるめる。
 2. ランプカバーを外す。
 3. ランプを外し、新しいランプを取り付ける。
 4. ランプカバーをもとのように取り付ける。
- 注意) 危険防止のため、作業の前に電源コードをコンセントから抜いておくこと。



図1：正しい作業手順は？

の作業と輻輳している状況ではどうだろうか? この例では、文章の並び順と実際に行うべき作業の順番とが合っておらず、文章の並び順の通りに作業をしてしまうという「ヒューマンエラー」を誘発しやすいものといえる。

実際の災害やトラブルを詳しく調べると、このようなエラーを誘発しやすい要因が数多く観察される。このことから、人間を取り巻く様々な要因が、人間の特性~身体的限界や、物事を解釈するときの性質、心理的傾向など~に合っていないと、エラーが誘発される、と行うことができる。これが我々の考える「HF工学」の基本的な考え方であり、概念モデルとして、図2に示すm-SHELモデルを提案している。作業などをする人間(L)を様々な要因が取り囲んでおり、人間の特性と周囲の要因との不整合(凹凸の不一致)から、エラーが引き起こされることを表している。

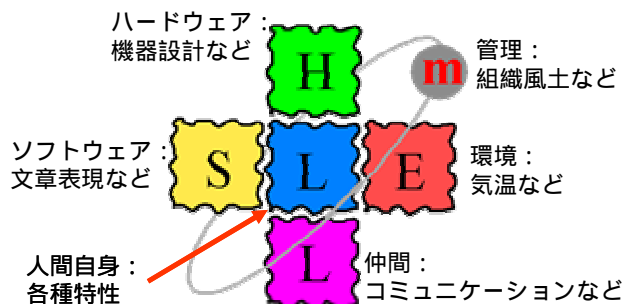


図2：河野によるm-SHELモデル

そこでSAFERでは、様々な要因からエラーなどが誘発され、災害やトラブルにつながっていた全体像を明らかにし、人間の特性に合うように周囲の要因を改善する対策を取ることで、エラーを誘発しない、働きやすい環境を構築してゆくことを、基本的な方針としている。

(2) 分析手順

S A F E Rは1997年に原型[2]を開発して以来、逐次改良を重ねており、現在は図3に示す8つの手順からなる。各手順の説明は既報[3]に譲るが、概要は以下の4つに要約される。

基本的な考え方を理解する。

H F工学の考え方について、具体的な人間の特性や事故事例などに関連づけて理解する。

「何が起きたのか」を整理し共有する

災害等がどのように起きたのかを正しく理解し関係者で共有できるように、広く情報を収集して時間順に整理し、情報の流れや状況の進展がわかるよう「時系列図」にまとめる。図4に仮想事例による作成例を示す。

「なぜ起きたのか」を分析する

時系列図に表された情報に基づき、起きたことの背後に潜む要因(背後要因)を論理だてて探り、背後要因の因果関係を表す「背後要因図」を作成する。図5に仮想事例による作成例を示す。

「どうすれば防げるのか」を考える

背後要因図に基づき、災害等の発生に至る背後要因の連鎖を断つように対策を立案し、その効果の度合いや残留リスクなどを評価して、実施の可否や優先度を決定する。

3. 手法の改良と展開の経緯

本節では実務適用でみられた課題の例とこれに対する改良、および展開の経緯を紹介する。

導入	手順 1 「エラーは引き起こされる」を理解する
分析	手順 2 時系列図の作成
	手順 3 問題点の抽出
対策	手順 4 背後要因図の作成
	手順 5 考えられる対策の列挙
実施	手順 6 対策案の効果の評価
	手順 7 対策の実施
評価	手順 8 実施した対策の評価

図3：S A F E R分析手順

(1) 実務適用時の課題例と手法の改良

課題1 手順やモデルに従うことに重点が置かれ、「災害やエラーがなぜ引き起こされたのか」という観点からの考察が足りない。

改良1 S A F E Rの典型的な誤用例として、背後要因をm - S H E Lモデルに従って分類するものがある。こうした分類自体はもちろん悪くはないが、それがS A F E Rの本質ではない。重要なことは災害等を引き起こした背後要因を論理的に探ることであり、m - S H E Lモデルはその際に多面的な視点を持つための参照用である。このような、手順等を過度に重視する問題への対応策と

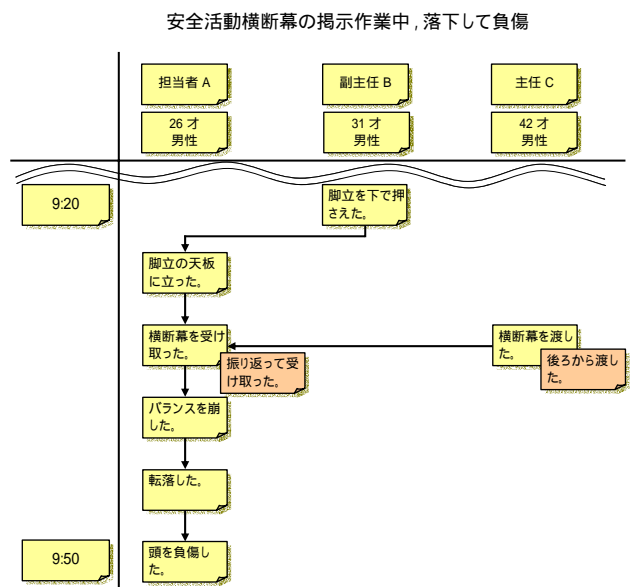


図4：仮想事例による時系列図作成例

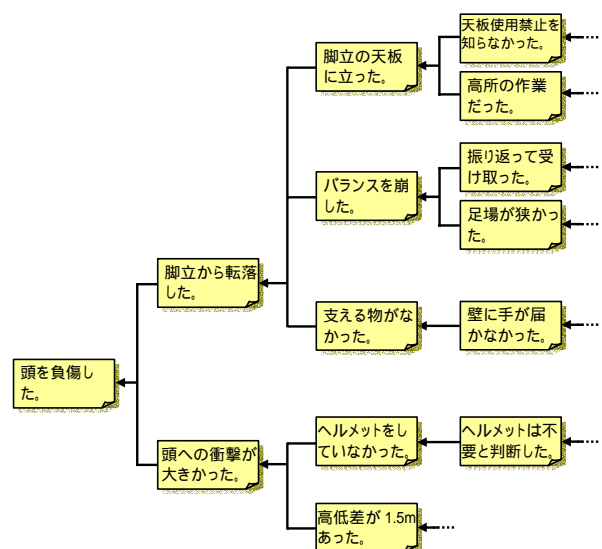


図5：仮想事例による背後要因図作成例

して、2003年以降は「基本となる考え方の理解」が重要である旨を資料等で説明し、さらに2006年からは、「手順を重視する」問題を逆手に取り、考え方の理解を手順1に据えている。また、「人間の行動や意識に関する背後要因が出てきたときは、そのさらに背後要因を追うこと」といったノウハウを用意することで、多面的な分析を導いている。

課題2．背後要因に論理の飛躍がある場合や、対策の有効性を示す論拠に乏しい場合がある。

改良2．たとえば「火傷をした」という災害の背後要因として、いきなり「新人であった」といった要因が挙げられ、「教育の充実」などの対策が出されたりする。関係はあるかもしれないが、新人だから火傷をしたといっても論理的な説明にならず、漠然と教育を繰り返しても同様の災害防止にどれほど効果があるのか疑わしい。このため、2005年に「災害等に至る背後要因の因果関係を論理的に追い、この因果関係を断つ対策を立案することを基本的な方法論とする」ことを明示し、以降現在に至るまでこれを効果的、効率的に行うためのノウハウの拡充に努めている。背後要因を論理的に追うための代表的なノウハウとしては、「Aという要因の背後要因はBである」と考察した後、逆に「BがあればAの結果が引き起こされるか」と戻って検証する、事象を物理的な現象ととらえる（たとえば可燃物と着火源と酸素があって火災になる）等を提示している。

課題3．さまざまな対策を立案しても、最終的には「効果は薄いコストはかからない」対策ばかりが採用されがちである。

改良3．一般的に、対策実施に要するコストに比べてその効果は定量的に評価しづらく、コストの大小が対策案の採否を左右しがちである。また、効果の大小にかかわらず「対策を打てば再発しない」といったバイナリ的思考も根強いように思える。そこで、2005年以降はHF工学に基づき対策案の効果を独立して半定量的に評価するようにし

た。また、対策実施後の残留リスクや副作用を併せて評価することとし、リスク管理的思考を促した。これらに加え、コストや難易度などの「対策実施前の検討事項」も評価することで、効果を重視しつつも現実的かつリスクを認識した対策案の評価ができるようになった。

(2) 手法展開の経緯

SAFEERは原型開発の当初から、「業界第一線の実務者が使えること」を狙って開発している。これは、「分析の専門家」が分析するよりも、設備や業務に精通した「実務の専門家」が分析した方が、多種多様な事例に対し効率よく実効的な分析・対策立案ができるからである。各職場で自律的にSAFEERを運用するための活動は試行錯誤の途上だが、現状では以下の3つに大別できる。

手法紹介活動

SAFEERの基本的な考え方や手順をまずは理解してもらう活動であり、代表的には座学と仮想事例を用いた分析演習からなる研修を実施している。原型開発当初は、自主活動として社内セミナーを開催したり、原子力部門をはじめ要望に応じて個別に対応していたが、2004年から全社研修部門と、2006年からは安全監理部門も加わった三者共催として、グループ会社を含めた全社員を対象とする自主参加型研修を定期的で開催している。これに併せ、研修教材や資料等をその更新手続きまで含めて標準化したり(2005年)、「インタビュー法」などの関連ノウハウも取り込んでカリキュラムを拡充した(2006年)ほか、小冊子やe-learning教材、エクセルによる簡易な分析支援ツールなども作成、配布している。なお、「手順1」については、字面の説明だけでは「考え方を身につける」までには至らない。そこで、研修時には小演習や身近な事例を多用して「体得」を促しており、図1もその一例である。

指導者育成活動

SAFEERの展開が進むにつれ、分析のやり方だけでなく、分析の指導の仕方に関するニーズが

増えてきた。そこで、上述の研修を「実務者向け」と位置づけ、この修了を受講要件とした「指導者向け研修」を構築し、2007年より定期的に実施している。ここでは、知識として分析のやり方の理由や背景、いわゆるノウ・ホワイを学び、演習も他人の分析結果のレビューを行う。また、少人数（最大約15名）の研修として、質疑応答や議論も重視した進行としている。これに加え、研修修了者のスキル維持・向上のために、修了者と我々が一緒に実務者向け研修の対応を行う「協働講師」の仕組みを導入したり（2008年）、修了者が自ら研修を主催する場合に必要な資料等をパッケージ化して提供するなどの活動を行っている。

協働・支援活動

実際の災害等の分析や業務実態に合わせた指導などは、S A F E R手法や考え方を理解した第一線職場の職員が行った方が、きめ細かく適切な対応ができる。また、そのような職員を介した方が、個々の業務詳細を知らない我々も適切に課題やニーズを学べる。そこで、主に上記指導者向け研修の修了者を対象とした協働・支援の活動を多面的に行っている。具体的には社内イントラネットに専用の掲示板を設置したり、各所での交流会の開催や修了者の職場での活動に参加するなどしている。「第一線職場での自律的な活用が、もっとも実務に有用である」との考えに基づけば、今後はこの協働・支援活動により重きを置くことになる。

4. 得られた教訓と考察

今までの活動を振り返り、事例分析能力を組織的に向上するための教訓の整理を試みる。

まず、分析手法の基本となる考え方の共有が不可欠である。前節でも述べたように、表面的な手順を做っても分析能力は向上せず、逆に考え方さえ共有できれば、手順等の違いは本質的ではない。実際、原子力産業界で用いられているS A F E Rを含む4つの分析手法の開発者（いずれもH F分野の専門家）が同じ事例について分析を行ったところ、手法は各々全く異なるにもかかわらず、結

果（主な背後要因と対策案）は同様であった。よって、分析手法を展開する際には、考え方と手順が乖離しないような工夫が重要と言える。

次に、この「考え方の共有」のためには、協働を通じて考え方を伝える側と受け取る側の双方が学ぶ活動が重要である。受け取る側は、文言として「理解する」だけでは不十分であり、自分で「使える」ように体得する必要がある。一方、伝える側も、相手に合わせた伝え方をしないと、同じ文言でも文脈によって異なる考え方が伝わってしまう。こうした活動は労力がかかる割に成果が見えづらいが、たとえば組織が知識を創造してゆくプロセスを示した理論においても、形式的な知識を実践を通じて「血肉化」する重要な過程などとして表されており[4]、地道で愚直な活動は決して費用対効果に劣るものではないと信じている。

S A F E Rの考え方を突き詰めると、先入観なく事実を直視すること、論理的に考えること、そして生身の人間の特性を前提に考えること、の3つに集約される。これは事例分析に限らず、あらゆる場面に汎用であると考えており、今後もまずは我々自身がこれに則った活動を継続したい。

謝辞

本稿で述べた諸活動を行うにあたり、社内各部門主管部や第一線職場などの諸氏に多大なご支援を戴きました。ここに深い感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 河野 編 東京電力(株)ヒューマンファクターグループ 著「ヒューマンエラーを防ぐ技術」日本能率協会マネジメントセンター (2006)
- [2] 吉澤、河野、武藤 “ 事故分析支援システムの開発と評価 ” 第13回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム予稿集 p.139-144 (1997)
- [3] 坂井 “ 東京電力における安全教育、技能継承 ” 安全工学 Vol.47 No.6 p.421-427 (2008)
- [4] 野中、竹内 「知識創造企業」東洋経済新報社 (1996)