

海外の原子力発電所における運転員ヒューマンエラー事例の新しい分類と 利用しやすい事例シートの作成

New Classification of Operators' Human Errors at Overseas Nuclear Power Plants and Preparation of Easy-to-Use Case Sheets.

高川 健一 (Kenichi Takagawa)*

要約 原子力発電所では運転員のヒューマンエラーの実例を職場内で検討し、そこから運転員自身が教訓を学ぶことにより同様のエラーの未然防止を図っている。国内の実例は少ないが、海外では、些細なまたは前兆的な不具合情報まで報告されているので、多くの海外のヒューマンエラー情報を入手し検討に供することができる。しかし、それらは分類整理されておらず、内容も理解しにくい場合が多いため、これまでは有効に活用されていなかった。そこで海外で発生した事例について、その内容が現場でよく理解され、同様なエラー防止に役立つものにするを目的として研究を進め、以下のような成果を得て、それを発電所等で実用に供した。

- (1) リーダーが操作前に操作チームに対しヒューマンエラー防止のために注意を与える「ワンポイントアドバイス」の着目点に立脚し、航空業界の取り組みなども参照して、基本動作4項目と応用動作3項目の合計7項目より成る新しいヒューマンエラー分類法を提唱した。
- (2) この新しい分類法により、海外の原子力発電所の運転員ヒューマンエラー事例を分類した。その結果、当事者よりもむしろまわりの上司・同僚等の責任で発生する「チームモニタ不良」によるエラーが最も多いことが分かった。そこで「チームモニタ不良」についてさらに分析し、その内訳を明らかにした。この内訳の中で発生頻度の高いものは、国内でも発生した例があることを示した。
- (3) 新しい分類法を用い、現場で理解されやすいヒューマンエラー事例シートを作成した。このシート作成に際し、理解しやすく、かつ記憶に留まりやすいような工夫を施し、さらに技術的視点と心理的視点の両面からの教訓も加味するようにした。既にこうしたヒューマンエラー事例シートは3ヶ月ごとに発電所に送付しており、さらにそれらを集大成した事例集も発電所や(株)原子力発電訓練センターにおける講義で活用されている。

キーワード 原子力発電所, 運転員, 人的要因, ヒューマンエラー, ヒューマンエラー分類, 事例シート

Abstract At nuclear power plants, plant operators examine other human error cases, including those that occurred at other plants, so that they can learn from such experiences and avoid making similar errors again. Although there is little data available on errors made at domestic plants, nuclear operators in foreign countries are reporting even minor irregularities and signs of faults, and a large amount of data on human errors at overseas plants could be collected and examined. However, these overseas data have not been used effectively because most of them are poorly organized or not properly classified and are often hard to understand. Accordingly, we carried out a study on the cases of human errors at overseas power plants in order to help plant personnel clearly understand overseas experiences and avoid repeating similar errors. The study produced the following results, which were put to use at nuclear power plants and other facilities.

(1) "One-Point-Advice" refers to a practice where a leader gives pieces of advice to his team of operators in order to prevent human errors before starting work. Based on this practice and those used in the aviation industry, we have developed a new method of classifying human errors that consists of four basic actions and three applied actions.

(2) We used this new classification method to classify human errors made by operators at overseas nuclear power plants. The results show that the most frequent errors were caused not by operators themselves but due to insufficient team monitoring, for which superiors and/or their colleagues were responsible. We therefore analyzed and classified possible factors contributing to insufficient team monitoring, and demonstrated that the frequent errors have also occurred at domestic power plants.

(3) Using the new classification formula, we prepared a human error case sheets that is easy for plant personnel to understand. The sheets are designed to make data more understandable and easier to remember. In addition, technical and psychological considerations have been included. The human error case sheets are now being sent to power plants every three months, and collected error cases are being used in the nuclear power plants and in lectures at Nuclear Power Training Center.

keyword nuclear power plant, operator, human error, human factor classification, case sheets

* (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

1. はじめに

国内外の軽水型原子力発電所の事故・故障状況から教訓を学び、同種の事故・故障を防止することは、原子力発電の信頼性向上を図るために有益である。われわれは、設立当初から米国および欧州の原子力発電所の事故・故障などの不具合に関する情報を収集し、それを分析・調査して、それにもとづいた具体的な提言を行っている。⁽¹⁾⁽²⁾

海外の原子力発電所における運転操作不具合（2003年は222件）について、その原因の内訳を分析すると図1のようになっており⁽¹⁾、ヒューマンエラー（人的ミス）が60%近くを占め、最も多い。これは海外とくに米国では、原子力発電所の不具合情報について、些細なものや前兆的なものまで報告することにもよるが、それだけにそこに現れてくるヒューマンエラー情報はわが国の原子力発電所において活用し、同様のトラブルの発生を防止するのに役立つべきである。ちなみにわが国では法律等に基づいて報告された原子力発電所での運転員によるヒューマンエラー事象は過去10年間でわずか10件程度しかない⁽³⁾。

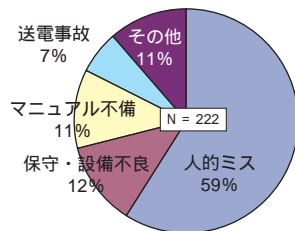


図1 運転操作不具合の原因内訳⁽¹⁾（2003年）

一般に職場内安全教育として実施されている「トラブル事例検討会」は、ヒューマンエラー防止に効果のある対策であると知られており⁽⁴⁾、原子力発電所でもこうしたものが実施されている。上述のように国内におけるヒューマンエラー事例の報告は少ないので、海外における運転員ヒューマンエラー事例を国内の発電所で有効に活用すべきであるが、実際に個々の事例を取り上げようとすると、まず分類整理されていないため情報検索が困難で、その内容も十分理解しにくく、不消化になりがちであった。

そこで筆者は、原子力発電所運転当直長としての長い経験を生かし、海外のヒューマンエラー事例を現場の「トラブル事例検討会」で運転員が十分よく

理解でき、同様のトラブルの発生の防止に役立つことを目的として、以下のような順序で研究を進めた。

- (1) 従来のヒューマンエラー分類法の調査
- (2) トラブル事例検討会向けの分類の要件の検討およびワンポイントアドバイスとSHELモデルの検討
- (3) 新しいヒューマンエラー分類法の提案
- (4) 新しいヒューマンエラー分類法による海外事例の分類と検討
- (5) とくにチームモニタ不良に対する検討と海外事例の分析
- (6) 新しい分類法を用い、現場で理解されやすいヒューマンエラー事例シートの作成

既にこうしたヒューマンエラー事例シートは3ヶ月ごとに発電所に送付しており、さらにそれらを集大成した事例集も発電所や(株)原子力発電訓練センターにおける講義で活用されている。

2. ヒューマンファクター7分類の導入と海外事例の分類

2.1 従来の分類法

- (1) 事象の詳細な分類法の例

原子力発電所のヒューマンエラー事象の詳細分析によく用いられている分類には次のようなものがある。

- ① 米国原子力規制委員会 (Nuclear Regulatory Commission, NRC) が原子力発電所設置者事象報告 (Licensee Event Reports, LER) 等の分析に用いるヒューマンファクターコード⁽⁵⁾

「訓練」、「手順書」、「組織」、「管理」、「コミュニケーション」、「人-システムインターフェース」および「作業習慣」の7項目で構成され、それぞれに詳細コードが割り振られている。

- ② (財)電力中央研究所ヒューマンファクター研究センターが開発したJ-HPES (Japanese version of Human Performance Enhancement System) の分類⁽⁶⁾

J-HPES はヒューマンエラーによるトラブルの自社または他社への対策反映と教訓蓄積のために開発された、運転・保守にかかわるヒューマンエラーの事例分析手法で、国内電力各社で利用されている。トラブルに関与した人間に焦点をあて、体系的な分析・評価が行え、具体的なかつ有効な再発防止策を提案するもので、「作業計

画」、「作業実施」、「作業確認」、「変更措置」、「口頭によるコミュニケーション」、「文書によるコミュニケーション」、「マン・マシン・インタフェース」、「教育訓練」、「管理監督」、「作業状況」、「現場状況」、「内的原因」、「個人的（プライベート）問題」の13項目で構成され、それぞれに中分類（原因要素）、小分類（要素）がある。

③人間エラー発生F T (fault tree) 図手法による分類⁽⁷⁾

発電所スタッフが定式化されたF T図に抽出された問題点を記載しながら要因を探る実践的な分析手法に用いられた分類で、1988年に関西電力株式会社が作成したものである。「エラーモード」、「人間の情報処理段階（行動・判断・知覚）」、「内部要因」および「外部要因」の項目で構成され、それぞれに詳細な要因が割り振られている

これらはヒューマンエラー発生時にその事象の問題点を抽出し、背後要因追求および防止対策を立案するための分類であり、約50から100項目に細分されている。

(2) ワンポイントアドバイス

ワンポイントアドバイスとは、当直長等リーダーが操作前打ち合わせにおいて操作チームに対しヒューマンエラー防止のために手短かに注意を与える安全指導のことである。

一方、ヒューマンエラー防止の取り組みとして、現場において「トラブル事例検討会」が当直班単位の職場内教育として実施されているが、これはヒューマンエラー事例から教訓を学び、同様のエラーの未然防止を図るためのものである。この教育により運転員はエラー防止のための注意事項を習得するが、これが実際の運転操作の場でも適切に思い出され、意識される必要がある。したがってこの注意事項の分類の数は上記の詳細分析のように多数ではなく、記憶に残り常に意識できる程度の項目数に限定し、操作前にワンポイントアドバイスにより適切に思い出され、確認される必要がある。そこで本研究ではヒューマンファクターの分類をワンポイントアドバイスの着目点を考慮して再分類することとした。

ワンポイントアドバイスの内容は各リーダーの経験により異なるが、一般的にはヒューマンエラー防止のために「個人の知識」、「個人の注意力」、「チームワーク」、「ルール」の4要素に対する注意およびそれぞれに対し、「守るべき基本動作」と「期待する

応用動作」の両面から注意が与えられる。このうち「守るべき基本動作」は、運転員が最低限身に付けるべきものであり、「十分な知識」、「セルフチェック」と「コミュニケーション」、「ルールの遵守」が着目点となる。また「期待する応用動作」は、ある程度運転員の個人的な資質に期待する応用動作の範囲であり「危険予知」、「謙虚な気持ち」と「チームモニタ」が着目点になる。なお、「ルールの遵守」には応用動作はない。これらワンポイントアドバイスの7つの着目点間の関係は図2のようになる。

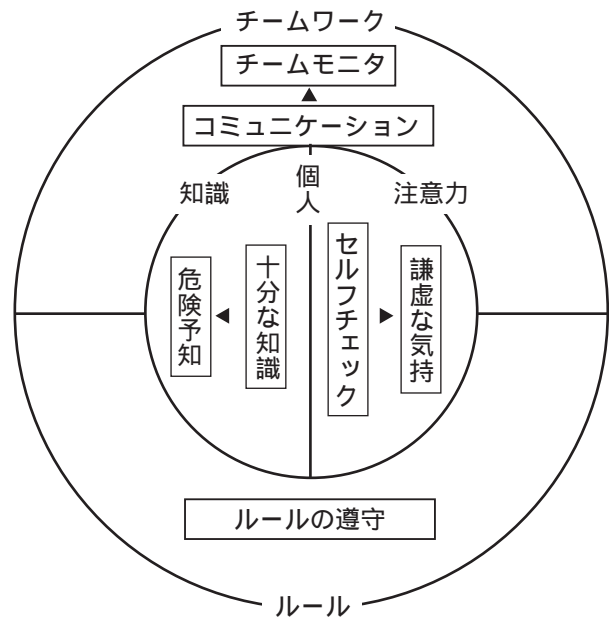


図2 ワンポイントアドバイスの着目点

(3) SHEL モデル

Hawkinsらは、作業する人間（L, liveware）、ソフトウェア（S, software）、ハードウェア（H, hardware）および環境（E, environment）をそれぞれ周辺に凹凸のあるタイルで表わし、ある作業におけるこれらの関係について、真中に当事者自身のLがあり、周辺にS、HとEおよび一緒に働く仲間のLが取り囲むモデルを提唱した⁽⁸⁾。これは要素の略称を取ってSHELモデルと呼ばれ、図3のように表される。タイルとタイルの間の凹凸は知識の量や質、認知的特性などの人間の諸特性を表わしている。

さて、前項で述べたワンポイントアドバイスの着目点をこのSHELモデルと比較すると表1のようになる。すなわち、ワンポイントアドバイスの着目点における「個人」、「チームワーク」、「ルール」の3つの要素は、SHELモデルにおける「当事者自身」、「人-人」、「人-ソフトウェア」の相互関係に該当する。

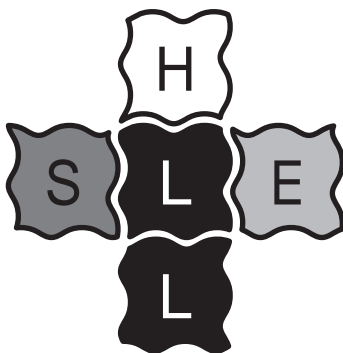
表1 ワンポイントアドバイスの着目点とSHELモデルとの関係

HE防止要素	SHELモデルの相互関係	ワンポイントアドバイスの着目点	
		守るべき基本動作	期待する応用動作
知識 注意力 チームワーク ルール	当事者自身 当事者自身 人-人 人-ソフトウェア	十分な知識 セルフチェック コミュニケーション ルールの遵守	危険予知 謙虚な気持ち チームモニタ -

表2 新しいヒューマンファクター7分類

分類項目		定義
基本動作	知識不足	系統 機器 手順などの知識不足によるエラー
	セルフチェック不足	本人の注意不足によるエラー
	コミュニケーション不良	会話(またはメモ)による情報伝達の不良によるエラー
	違反	・故意に実施すべき行為を果たさない, ・ルールを破る, ・手順書を使わないことによるエラー
応用動作	危険予知不足	操作の結果として起こることの予測不十分によるエラー
	自己満足	慢心や思い込みにより 異常に気づかない判断ミスによるエラー
	チームモニタ不良	操作者以外の上司 同僚の指示・監視が不十分なため操作者が起こしたエラー

ただ、「ハードウェア」と「環境」は設計面の問題であり、運転操作を前提にした場合、ワンポイントアドバイスを与える時点でこれらを改善することはできないことから、当事者自身がこれらの相互関係の状況を認識することが重要となるため、「当事者自身」に含めた

図3 HawkinsのSHELモデル⁽⁸⁾

2.2 新しい分類方法とその特徴

前述のワンポイントアドバイスの着目点に立脚し、さらに全日本空輸(株)(ANA)のテキスト⁽⁹⁾を参照し、ここで新しいヒューマンファクター(ヒューマンエラー)の分類法を考案した。これらは基本動作4項目と応用動作3項目の合計7項目であり、その分類項目名と定義を表2に示す。

この新しい分類とANAのテキストの7ポイントおよびワンポイントアドバイスの着目点との関係を表3に示す。

ANAのテキストの7ポイントは、航空業界の現場でヒューマンエラー防止のためにいつでも実践可能な対策を7項目に絞ったものであり、ヒューマンエラー事例を分類するためのものではない。ワンポイントアドバイスの着目点の整理や新しい分類法の作成では、ANAのテキストの7ポイントに使われている名称を参考にしたため、これらは共通点が多いが、新しい分類法は事例ごとにヒューマンエラーの原因を分類するために作成したものである点が大きな違いである。

表3 新しい7分類とワンポイントアドバイスの着目点およびANAの7ポイントとの関係

新しいヒューマンファクター7分類	ワンポイントアドバイスの着目点	ANA社テキストの7ポイント
知識不足	十分な知識	-
セルフチェック不足	セルフチェック	セルフモニター
コミュニケーション不良	コミュニケーション	グッドコミュニケーション
違反	ルールの遵守	ノー・バイオレーション
危険予知不足	危険予知	危険予知
自己満足	謙虚な気持ち	アウェアネス
チームモニタ不良	チームモニター	チームモニター
-	-	改善提案

表4 7分類と対象者の関係

分類項目	中央のL	まわりのL			
	当事者(操作)	上司(指示・監視)	同僚(確認)	スタッフ(計画)	他課
知識不足		-	-	-	-
セルフチェック不足		-	-	-	-
コミュニケーション不良					
違反		-	-	-	-
危険予知不足		-	-	-	-
自己満足		-	-	-	-
チームモニタ不良	-				-

この新しい7分類法の特徴は、分析者がヒューマンファクターによる事象を分類しやすく、かつ、後で述べるその事例シートの利用者がその分類に従って事例検討会で理解しやすく、ワンポイントアドバイスの着目点で整理されているため操作時点で対応がとりやすいことである。また、チームの役割を含むことも特徴といえる。すなわち教訓を学ぶべき対象者として、その個人に限定せず、チームに対して注意を与えることを前提とした分類が含まれているため、常にチームの役割が意識される。これを前述のSHELと対応させて、その真中のL(当事者)とその下にあるL(チームの仲間)の関係をより具体的に整理すると表4のようになる。チームモニタ不良においては、エラーをした当事者よりも、むしろまわりの上司、同僚等の責任を問題にしている。一方、コミュニケーション不良では当事者とまわりの者の間の意思疎通を問題にしているため、当事者およびまわりの者すべてが含まれる。それ以外は操作を行った当事者自身の問題とする。

3. 新しい分類法による海外事例の分類

「海外原子力発電所不具合情報データベース」⁽²⁾に登録されている運転員のヒューマンエラー事象に対し、分類を行った。分類に当たっては、事象ごとにどの分類項目に注意が払われていたらその事象が防止できたかという観点で割り当てていった。その結果、2002年と2003年の2年間に入手・分析した情報では、詳細な事象説明がなかった数件の事象を除いて、ほ

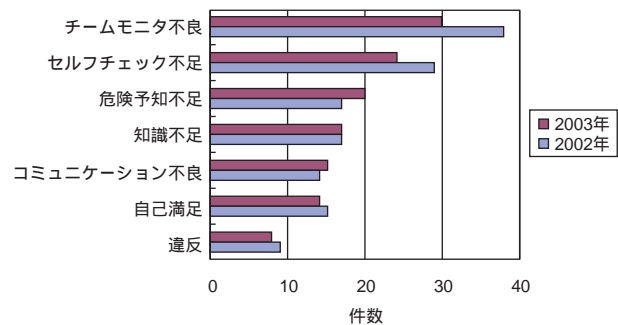


図4 新しい分類法による海外原子力発電所ヒューマンエラー事象の分類 (2002年・2003年)

とんどすべての事象を分類することができ、分類項目による分布にも大きな相違はなかった。このことから7分類の有効性が確認できた。

分類の結果を図4に示す。2年とも「チームモニタ不良」がもっとも多く、次に「セルフチェック不足」が続く。「危険予知不足」、「知識不足」、「コミュニケーション不良」、「自己満足」がほぼ同じで、「違反」はもっとも少ない。両年ともほぼ同様の傾向である。両年とも最大件数となった「チームモニタ不良」の内容について、さらに分析を進めた結果を次に示す。

4. チームモニタ不良の分析

4.1 チームモニタ不良の対象者とミスの分類

前に述べ、また表4に示したようにチームモニタ不良では、当事者よりもむしろまわりの上司・同僚等の責任を問題にしている。実際の原子力発電所におけるこれらの対象者とその間の関係を図5に示す。ここで計画者のミスを「計画ミス」、指示者または承認者のミスを「指示・承認ミス」、確認者または監視者のミスを「確認・監視ミス」として区分する。

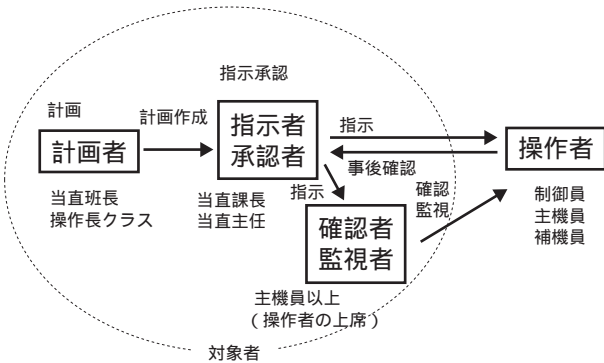


図5 チームモニタ不良の対象者

4.2 チームモニタ不良事象の分析

2002年、2003年に入手した前記の海外原子力発電所のヒューマンファクターによる不具合事象の情報⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾のうち、チームモニタ不良に相当するもの合計68件について、運転状態および前項で示した3つのミスに区分した内訳を表5に示す。

チームモニタ不良は、運転中または停止中の作業や定期試験時または停止時運転操作時の「計画ミス」「指示・承認ミス」が多い。作業に伴う系統隔離や定期サーベランス試験等において、隔離指示書や試験手順書、またはスケジュールが計画段階からすでに間違っており、さらに指示・承認または実施段階でもその間違いに気づかないケースや作業や試験の承認に当たって十分な検討がない、または指示が不十分なケースが該当する。

起動停止操作時には「指示・承認ミス」が多くなり、プラントトリップに至るケースも増え、プラント運転への影響が大きくなる。

事故・故障対応時には「確認・監視ミス」が多い。これらは事故・故障対応時に監督者の状況把握不良等によりプラント状況を悪化させたケースである。

通常運転操作時にはほとんど発生せず、運転中、停止中とも作業・定期試験中に多く発生することから、操作の輻輳が原因の一つと考えられる。

さらにチームモニタ不良の発生パターンを次の3要因に整理した。前項に示した3つのミスに区分して整理した結果を表6に示す。

- (1) 情報把握不足(監督者、計画者の状況把握不足、一点集中)
- (2) 条件・影響の検討不足(作業や操作の計画・承認時に全条件未検討、影響過小評価)
- (3) チームモニタ対象者の個人的ミス(計画者、指示・承認者、確認・監視者の単純なミス)

表5 チームモニタ不良の内訳(2002年 2003年)

状態		計画ミス	指示・承認ミス	確認・監視ミス
事故・故障対応		0	1*	3**
運転中	起動・停止操作	0	4*	1*
	通常運転操作	1	0	0
	作業・定期試験	16	13*	0
停止中	停止時運転操作	3	4	2
	作業・定期試験	10	5	1

* 原子炉トリップ(自動 手動)に至った事象を含む

** 原子炉をトリップさせず状況を悪化させた事象を含む

表6 チームモニタ不良発生パターンの整理

共通要因	計画ミス	指示・承認ミス	確認・監視ミス
情報把握不足	・プラント状態把握不足 ・現地・系統確認不足*	・一点集中による誤認* ・プラント状態把握不足 ・作業状況把握不足*	・一点集中による監視不足 ・プラント状態把握不足 ・操作状況(人)把握不足
条件・影響検討不足	・条件検討不足* ・操作変更検討不足	・影響の過小評価 ・条件検討不足	・影響の過小評価
チームモニタ対象者の個人的ミス	・方法 手順が不適切 ・操作変更検討不足	・誤った指示 ・不十分な指示 ・監督者の誤認	・確認者のミス ・チェックのフライング*

:原子炉トリップ(自動/手動)に至ったパターン

*:最近 国内の原子力発電所でも顕在化したパターン 本文参照

表7 チームモニタ不良パターンと背後要因の例

対象者	チームモニタ不良パターン	背後要因
指示者 承認者 監視者	情報把握不足 ・一点集中による監視不足 ・一点集中による誤認 ・プラント状態把握不足 ・操作状況(人)把握不足 ・作業状況把握不足	・操作輻輳により対応能力 指揮・監視能力の限界を超過 (事故や作業時にプラント運転を継続) ・情報収集せず ・作業内容の理解不足 ・訓練・経験不足 過去同種事例の検討不足

全体的には操作者以外の上司・同僚等の状態把握不足、検討不足等の「あたりまえの役割を果たしていない」状況が推定できる。背後要因の記述は、多くの事象が時間不足としていたが、慢心や知識不足とする記述もあった。原子炉トリップに至ったパターンは、チーム全体の一点集中により情報把握不足に陥るか指示者の誤指示によるものであった。

4.3 国内事例の分析

2000年から2003年の間に法律等に基づいて報告された事例または対外公表された軽微な事例のうちの運転員のチームモニタ不良に該当する事例の原因をこれらのパターンに当てはめると次のとおりとなる。

(a) 関西電力(株)大飯2号機、復水器真空度低下によるユニット手動停止(2001年2月14日)⁽¹²⁾

・運転中作業の「指示・承認ミス」:「一点集中による誤認」

(b) 四国電力(株)伊方2号機、定期検査中の加圧器逃がし弁の誤動作(2003年1月29日)⁽¹³⁾

・停止中作業の「計画ミス」:「条件検討不足」「現

地・系統確認不足」

・停止中作業の「指示・承認ミス」:「条件検討不足」, 「プラント作業状況把握不足」

(c) 東京電力(株)福島第二3号機、燃料装荷作業時の保安規定違反(2003年6月14日)⁽¹⁴⁾

・停止中作業の「指示・承認ミス」:「プラント状態把握不足」

・停止中作業の「確認・監視ミス」:「チェックのフライング」

これらの事例から、海外で発生頻度の高いチームモニタ不良は、国内でも類似のパターンで顕在化しやすいことを示唆している。

4.4 チームモニタ不良の防止策

一点集中や誤指示が事故発生や事故拡大につながりやすいことや、計画や承認時の検討で手を抜けばそれが事故の原因になることは、誰でも想像できるが、実際には背後要因次第でそのような状況が成立してしまうことがある。このため、チームモニタ不良の

背後要因の把握とそれに対する対策が必要である。

原子炉トリップに至った事象や原子炉をトリップさせず状況を悪化させた事象の報告書には、原因やそれに対する考察が比較的詳しく記述されているため、これらの事例から読み取った背後要因を整理した。その例を表7に示す。

一点集中を例にとると、突発的な緊急事態ではなく、通常の起動停止や、やや緊張感の高い異常時において、まだ余裕のあるうちに安全側の処置判断や作業内容の把握が行われず、やがて操作が輻輳して対応能力、指揮・監視能力等の体制の限界を超過したという背後要因が浮かび上がった。

国内においても、以前なら十分対応できた異常事象でも、最近における当直長の手続き的事項（手順書確認、電話連絡）の負担増、配置された運転員の世代交代等の影響で想定した以上に操作が輻輳することが考えられるため、シミュレータ訓練等により現状を十分よく把握しておくことが望まれる。

5. ヒューマンエラー事例シートの作成

5.1 事例編集上の工夫

海外の原子力発電所におけるヒューマンエラー事例を現場で活用しやすくするため、発電所の事例検討会で検討することが望ましい事例を選定し、事例シートを作成し、これを発電所に送付した。事例シート作成と送付のフローを図6に示す。

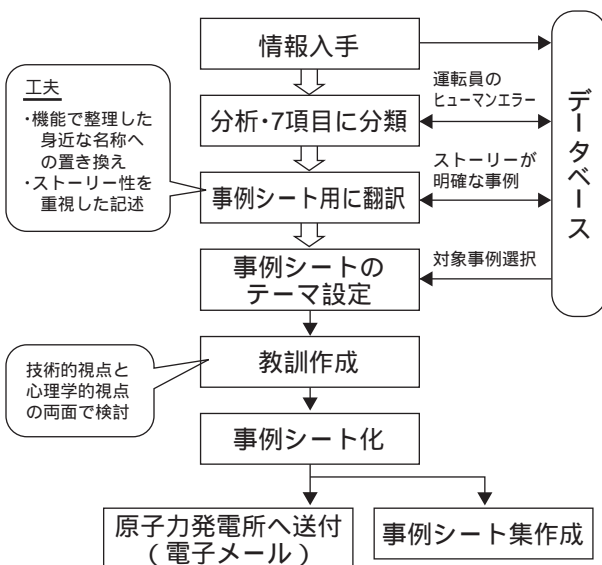


図6 原子力発電所ヒューマンエラー事例シート作成と送付のフロー

原文を翻訳しただけの事例シートでは、発電所のトラブル事例検討会で有効に活用されにくい。事例シートを作成して発電所に送付する際には、発電所の運転員が解釈に困らないようにし、また多少不足情報があっても事例検討会での本質的な議論を妨げないようにする工夫を施した。これらの工夫点とその根拠を以下に示す。

(1) 解釈に困らない工夫

職場内でのトラブル事例検討会がヒューマンエラー防止に効果的である理由は、検討者が、検討過程で対象事例を現在の自分の現場で起きたトラブルとして、鮮明なイメージを創造し、そのイメージによって生じる感情とトラブル事例とを結びつけさせることにより、安全に対する意識や行動を変化させるためと考えられている⁽⁴⁾。

したがって、事例検討で状況がイメージできることが重要である。イメージを阻害する設備、組織、規則等の名称の違いは機能で整理すると多くの場合身近にある適当な名称に置き換えることができる。置き換えができない場合や運用が明らかに違う場合は、わが国とは異なるということを明確に記述する。このようにして読者が解釈に困らないように工夫している。

(2) 不足情報があっても本質的な議論を妨げられない工夫

エラーの核心部分である背後要因が一般論の記述にとどまり、親切に記述されていない情報が多い。しかし、現場での事例検討の重要なねらいは個人やチームの同種ヒューマンエラー防止に向けた意識づけや行動改善を徹底することにある。エラーをした当事者をとりまく背後要因を追求することより、事例から自分たちが遭遇するであろう状況を考える方が重要である。

一般に人間はあるストーリーを読むと、そのストーリーを自分自身の経験と置き換え実感することができる。ストーリーの中で不足する情報も、読者は自分の経験や知識等から類推して補うことができる。この類推とは、未知の状況の問題解決において、既知の類似した状況を利用する認知活動のことで、「気づき」や「客観的な自己分析」に効果的であり、その知識（自覚）も定着しやすい特徴があり、事例検討には非常に有効である⁽¹⁵⁾。

ヒューマンエラーにはストーリーがあることが多いので、ストーリー性を重視して状況を記述すると、

表8 事例シートの記述例

キャビティー水張り中における隔離弁開放不能によるB系RHR系運転不能
<p>[状況]</p> <p>計画燃料取替停止のためのモード6で原子炉上蓋開放 キャビティー水張り時 余熱除去(RHR)系Aトレンが冷却運転中で BトレンRHRは 水張り及び待機トレンとして燃料取替用水タンク(RWST)に接続されていた。</p> <p>運転試験グループは RWSTに接続されたB-RHRトレン側のアキュムレータ出口逆止弁2台の試験を実施していた 試験手順に従い 運転員がB-RHRを待機から冷却に切り替えようとした時 B系ホットレグ再循環隔離弁(B-RHRポンプ入口ループ連絡弁)が主制御盤から開放できなく 従ってB-RHR系が運転不能であることが判明した。</p> <p>他の関連する作業の検討結果 計装員が低温過加圧防止装置(LTOP)のチャンネル校正を実施中で 当該弁のインターロックに影響していたことがわかった 運転員は すぐ計装員にチャンネル校正の中止と運転可能状態への復旧を要求した。 B-RHR系はそのトレンの運転不能が判明した40分後に運転可能状態に復旧された(計装員は要求内容を誤解し、やや復旧が遅れた) A-RHR系は影響されず この事象中 運転状態は継続された。</p> <p>この事象は キャビティー低水位(原子炉容器フランジ上7m未満)時に1トレンが運転され 両RHRトレンが運転可能であることを要求するTech.Spec.(保安規定に該当)の違反であると判断された。</p>
<p>[原因]</p> <p>LTOPチャンネル校正作業に伴い インターロックが働いていた 根本原因は 作業計画策定時に必要な防止措置が取られなかったことである また作業手順書がTech.Spec.の制限条件を確認することになっていなかった点も寄与した。</p> <p>当初本作業は翌日のキャビティー水位高の時に計画されていたため 事前に問題視されなかったが 実際の作業条件は原子炉上蓋開放のみとして計画策定ロジックが組まれていたため 計装員からの計画変更要求が承認された。</p>
<p>[対策]</p> <p>LTOP作業が他系統に影響を与えないように 作業計画策定モデルを変更した。</p> <p>LTOP作業手順書をTech.Spec.の制限条件を確認するよう改訂する また 校正作業中はRHR系インターロックに影響することに対する注意を追加した。</p> <p>本事例の教訓を運転部門と工程管理部門に周知した。</p>

(注意) 下線と上付け・下付け記号は表9の説明用に追記したものであり 実際の事例シートにはない。

事例のイメージがさらに鮮明になると考えられる。エラーの背後要因が詳しくわからなくても、エラーに至るストーリーから自分なりに陥りやすい状況に気づき、これを背後要因として類推できると考える。事例シート作成にあたっては類推の特徴を活かすため、文章だけで表現し、あえてイメージを固定するような挿絵は追加しないようにした。

こうして作成した事例シートの記述例を表8、事

例シートの記述の工夫点とその根拠を表9に示す。

5.2 事例シートの作成と選定

われわれは、海外の事故故障情報を日々入手し、運転不具合情報も日々分析している。その中で原因コードが「人的ミス」の事象は、全てここで述べた新しいヒューマンファクター分類法に従って分類している。分類した事象の中でストーリーが明確なも

表9 「事例シートの記述例」で施した工夫

	記号	事例シートの記述	原文	説明
名称	a	B系ホットレグ再循環隔離弁(B-RHRポンプ入口ループ連絡弁) Tech.Spec.(保安規定に該当)	Hot Leg Recirculation Isolation Valve Technical Specification	当該事例では身近な用語や説明を併記した。 その他 記述した名称 略称の日本語訳は国内の加圧水型原子力発電所で使用されているものに統一した。
	b	最初にプラント状態を簡単に記述(運転モード 工程 , 系統構成のみで十分)	原子炉内に燃料と上部炉心構造物が装荷中等を細かく記述	「モード6で原子炉上蓋開放 キャビティ水張り時」の記述で運転員は状況を把握できる
ストーリー性を重視した記述	c	運転員の視点で事象の時系列を記述 ①操作内容 ②結果 ③運転員の判断 ④原因究明 ⑤対応処置	関連する全ての操作 試験 作業を時系列に沿って記述	視点を固定して 認識された事実を記述することで 自然に状況が想像できるようにした。例えば 運転員は操作時点で影響ある試験が同時実施されていることを知らない前提で記述しないと不自然になる。
	d	事象の問題点を記述	ルールの要求事項と違反内容を細かく記述	違反内容を簡単に記述した。
	e	原文の記述に加え 原因に至った経緯を記述 (背後要因は不明のまま)	背後要因までは記述なし	原因に至った経緯の記述から類似の場面が類推できる

表10 教訓の記述例

視点	教訓の内容
技術的視点の教訓	「標準化の落とし穴」 操作や作業を計画する またはそれらを判断し許可する上で 検討材料を集めることは十分な知識と技術力 さらに大変な労力が必要である 「標準化」とはこの材料集めの部分が省力化されているだけである 標準的に示された または設定された材料に従って「検討」する部分は計画者または判断者の責任として残っているのである この部分の検討不足がエラーにつながっている。
心理学的視点の教訓	「誤った自己説明」 逃がし弁実動作の可能性のある作業に注意が向かなかった原因として 承認者はまさか容器に圧力がある状態で逃がし弁を実動作させる作業を「実施するはずがない」と考え 作業者または操作者は「実動作しないよう処置がなされているはずだ」と互いが都合よく正当化し その対応に依存していたのではないかと考える たとえベテランであっても思いもよらない思い込みをしているかもしれない 矛盾点があっても さまざまな要因で本人は納得している場合がある このような自己説明で納得している場合は他者からの指摘がないとそのエラーには気づかない あたり前だと思ふことでも念のためいちいち確認するような 気づいたことが率直に言えるコミュニケーションが重要である。

のについては、前項に述べた工夫点と国内のトラブル事象報告書に近いまとめ方でA4サイズ1枚程度にデータベース化している。

発電所へは、約3ヶ月ごとにテーマを設定し、事例を選定した事例シートを作成して送付している。テーマとしては、海外で多発傾向にあるものや国内事象との類似事象を優先しているが、特定のヒューマンエラー分類に偏った事例選定にならないようにも配慮している。

5.3 事例シートへの教訓の加味

発電所への事例シート送付にあたっては、技術的視点と心理学的視点の両面から現場で役立つ教訓を導き、理解しやすい言葉で教訓をまとめ、追記している。事例シートを送電所に送付した際に加味した教訓の記述例を表10に示す。これは同じ事例に対し技術的、心理学的両面の教訓を作成した例である。

事例シートは、発電所でのトラブル事例検討会で検討されることにより、検討者に事例のイメージ、ストーリーおよび教訓が関連付けて記憶されるようにした。ヒューマンエラー防止のためには、類似の

場面に遭遇したときに適切にこれらの記憶が再生できることが必要である。ストーリー性のある記憶は、あるきっかけを思い出すことで連鎖的に記憶全体が再生できると考えられる。そのため各事例シートには記憶を検索する手がかりとなる、意味のある短い言葉をつけている。これは「セルフチェック不足」等の分類項目と教訓のタイトルが該当する。特に教訓のタイトルは、「標準化の落とし穴」、「誤った自己説明」、「ダブルチェックの落とし穴」といった印象に残る標語で表現した。

なお、「誤った自己説明」とは「検知抵抗」を説明するために、この教訓のタイトルとして独自に作った言葉である。「検知抵抗」とは矛盾点があっても、さまざまな要因で本人は自己説明で納得していることを言う。

5.4 発電所への事例シートの送付

事例シートはテーマごとに関西電力(株)の各原子力発電所の発電室長に電子メールで送付し、さらに各担当直課長に転送されている。送付する電子データはそのまま印刷すれば発電所内のトラブル事例検討会

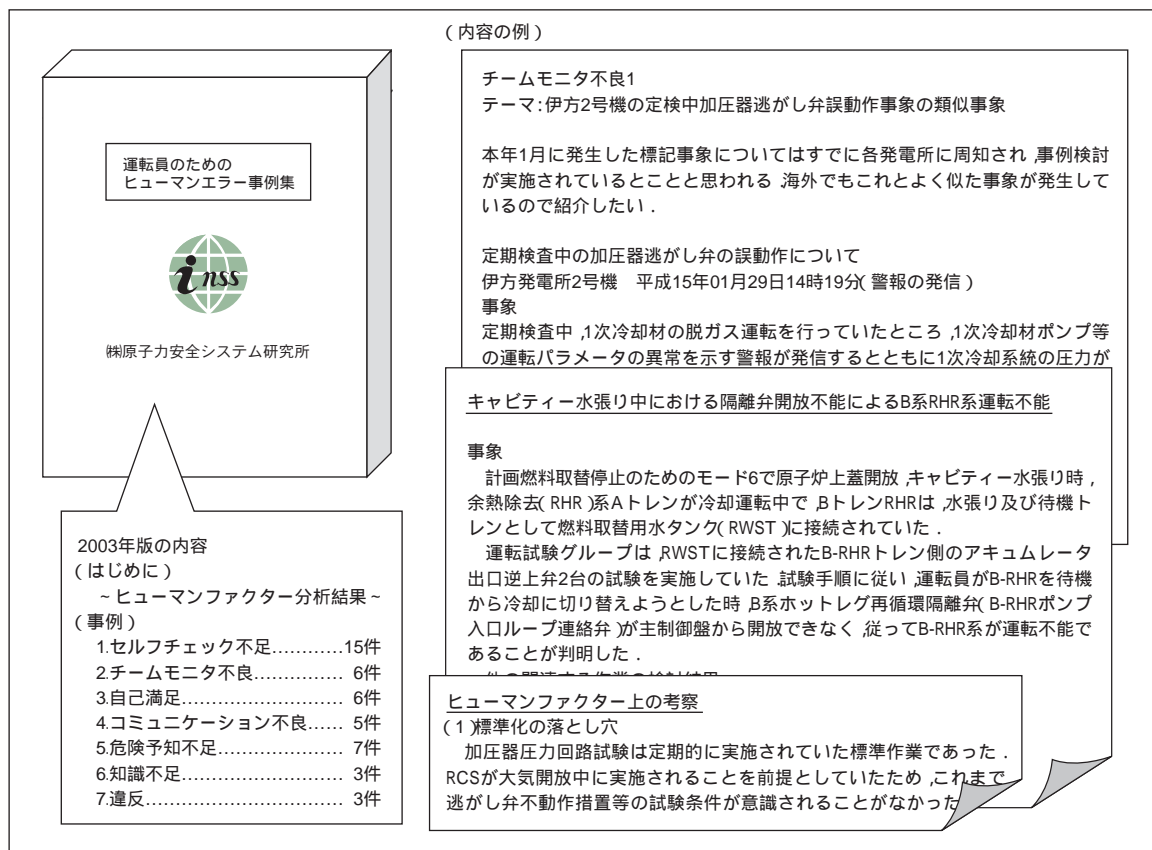


図7 事例シート集 概要と内容の例

で使用できるように編集している。

また、年度ごとに発電所へ送付した事例を集大成した事例シート集を作成し、発電所に送付するとともに、(株)原子力発電訓練センターにおける初期訓練講義でテキストとしても使用している。その例を図7に示す。

6. まとめ

海外の原子力発電所において発生し、些細なものまで報告されているヒューマンエラー事象の事例を国内の原子力発電所で十分理解し、検討した上で活用し、同様なトラブルの発生の防止に役立てることを目的として研究を進め、その実用化を図った結果、以下のような成果を得ることができた。

- (1) トラブル事例検討会で理解されやすいように、ワンポイントアドバイスの着目点に立脚し、HawkinsのSHELモデルおよびANAのテキストを参照して、新しいヒューマンエラー分類法を提唱した。これは基本動作4項目と応用動作3項目の合計7項目より成る。
- (2) この新しい分類法によって、2002年と2003年の海外の原子力発電所の運転員ヒューマンエラーの事例を分類した結果、ほぼすべての事象が容易に分類できた。両年とも、傾向は同じであり、その中でチームモニタ不良が最も多く、セルフチェック不足がそれに続くことが分かった。
- (3) ヒューマンエラー事例の分類でもっとも多いチームモニタ不良の内容について、さらにその内訳および発生パターンを分析してその傾向を明らかにした。そして海外の事例で発生頻度の高いものの中には、国内でも発生している例があることを示した。
- (4) 新しい分類法を用い、現場で理解されやすいヒューマンエラー事例シートを作成した。ここでは、解釈に困らないこと、不足情報があっても本質的な議論が妨げられないようにすること、ストーリー性を重視した記述の工夫および技術的および心理的視点の両面からの教訓の抽出などを取り入れた。既にこうしたヒューマンエラー事例シートは3ヶ月ごとに発電所に送付され、トラブル事例検討会に提供されている。さらにそれらを集大成した事例シート集もとりまとめて、発電所や(株)原子力発電訓練センターにおける講義で活用されている。

謝辞

本研究は社会システム、技術システム両研究所の研究交流テーマとして実施してきた。社会システム研究所の糸魚川直祐所長、作田博主査・上席研究員、守川伸一上席研究員、松井裕子研究員からいろいろとご指導とご助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

文献

- (1) 宮崎 孝正他：海外原子力発電所における不具合事象の傾向分析(2003年), INSS Journal, Vol.11, p.79, (2004).
- (2) 奥田恭令, 柳千裕：原子力発電所技術情報に関するデータベースの構築について, INSS Journal, 6, 195, (1999).
- (3) 経済産業省：原子力施設運転管理年報, (1979-2003).
- (4) 岡部康成：“事故や災害を防止するために - 感情的側面への教育的配慮” リスクマネジメントの心理学 245-270, 新曜社(2003)
- (5) <http://www.nrc.gov/reactors/operating/ops-experience/human-factors/coding-scheme.html>
- (6) 電力中央研究所：ヒューマンファクター分析・評価手法 - J-HPES 手順書 -, (1990)
- (7) 作田博：“樹状ダイアグラムの応用法” ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ 141-146, テクノシステムス(2004)
- (8) F.H. ホーキング著, 黒田勲監修, 石川好美監訳：ヒューマンファクター - 航空の分野を中心として -, 成山堂書店(1992)
- (9) 全日本空輸株式会社総合安全推進委員会：ヒューマンファクターズへの実践的アプローチ, (1993)
- (10) USNRC：Licensee Event Reports, (2002-2003).
- (11) USNRC：Daily Event Reports, (2002-2003).
- (12) <http://www.kepco.co.jp/pressre/2000/0225-2j.html>
- (13) <http://www.yonden.co.jp/denryoku/ikata/press/index2.htm>
- (14) <http://www.tepco.co.jp/cc/press/03082501-j.html>
- (15) 鈴木宏昭：類似と思考, 共立出版(1996)