

米国およびわが国の原子力発電所保守員の人的過誤の比較 —知識・経験不足の分類法の提案とそれによる分類結果—

Comparison of Maintenance Worker's Human Error Events Occurred at United States and Domestic Nuclear Power Plants —The Proposal of the Classification Method with Insufficient Knowledge and Experience and the Classification Result of Its Application—

高川 健一 (Kenichi Takagawa)*

米国の原子力発電所における保守員の人的過誤と同時期に発生したわが国の保守員の人的過誤とを比較し、その特徴を日米比較した。米国の事例は原子力安全システム研究所の原子力情報データベースに登録した情報から、2006年中に発生したもの抽出し、わが国の事例は原子力施設情報公開ライブラリー（ニューシア）に登録している情報から2006年度中に発生したもの抽出した。人的過誤の要因は「知識・経験不足」が米国は約4割、わが国は5割以上を占め最も多かった。さらに、「知識・経験不足」を分類するため、知識の内容を「作業の方法」、「対象の性質」、「背景・理由」、「考慮範囲」、「仕上がり」の5項目に、知識のレベルを「知らない」、「わかっていない」、「深堀できない」、「危険予測できない」の4段階にそれぞれ分類する分類法を作成した。この分類法により、各項目と段階の組み合わせによるパターンを比較すると、米国では「対象の性質がわかっていない」、「作業の方法がわかっていない」の2パターンが多く、知識の内容のうち作業の条件に該当する「背景・理由」、「考慮範囲」、「仕上がり」の3項目はほとんどなかった。わが国は「対象の性質が深堀できない」がやや多い他は作業の条件に該当する項目を含め全体に分布していた。「知識・経験不足」の対策としては、作業に要求される知識レベルの段階に応じ、手順書や教育資料への反映、訓練及び理解度確認、仮想演習および経験の伝授等を実施するか、あるいは、作業の条件に該当する知識の内容に対しては、手順書や教育資料に作業の条件を記述し、教育または訓練を実施することが有効と考える。

キーワード 原子力発電所、不具合事象、人的過誤、個人要因、背後要因、保守員

Human errors by maintenance workers in U.S. nuclear power plants were compared with those in Japanese nuclear power plants for the same period in order to identify the characteristics of such errors. As for U.S. events, cases which occurred during 2006 were selected from the Nuclear Information Database of the Institute of Nuclear Safety System while Japanese cases that occurred during the same period, were extracted from the Nuclear Information Archives (NUCIA) owned by JANTI. The most common cause of human errors was "insufficient knowledge or experience" accounting for about 40% for U.S. cases and 50% or more of cases in Japan. To break down "insufficient knowledge", we classified the contents of knowledge into five categories; "method", "nature", "reason", "scope" and "goal", and classified the level of knowledge into four categories: "known", "comprehended", "applied" and "analytic". By using this classification, the patterns of combination of each item of the content and the level of knowledge were compared. In the U.S. cases, errors due to "insufficient knowledge of nature and insufficient knowledge of method" were prevalent while three other items, "reason", "scope" and "goal" which involve work conditions among the contents of knowledge rarely occurred. In Japan, errors arising from "nature not being comprehended" were rather prevalent while other cases were distributed evenly for all categories including the work conditions. For addressing "insufficient knowledge or experience", we consider that the following approaches are valid: according to the knowledge level which is required for the work, the reflection of knowledge on the procedure or education materials, training and confirmation of understanding level, virtual practice and instruction of experience should be implemented. As for the knowledge on the work conditions, it is necessary to enter the work conditions in the procedure and education materials while conducting training or education.

* (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

Keywords nuclear power plant, adverse event, human error, individual factor, background factor, maintenance worker

1. はじめに

原子力安全システム研究所（以下「INSS」という）では、原子力発電所の安全性と信頼性（安定運転）の向上をねらいとして、海外の原子力発電所で発生した不具合事象（以下「不具合」という）に関する米国の原子力規制当局（NRC: United States Nuclear Regulatory Commission）、原子力発電運転協会（INPO: Institute of Nuclear Power Operations）、世界原子力発電事業者協会（WANO: World Association of Nuclear Operators）、仏国原子力安全規制当局（ASN: Autorité de Sûreté Nucléaire）等の情報を収集し、これらを分析して同種不具合の発生防止のための改善点を国内PWR電力会社に提言している。一方、それらの不具合分析結果は、宮崎らが考案した原因分類法⁽¹⁾を適用した分類等を行ってデータベース化し、その上で傾向分析に供している。また、わが国の原子力発電所の不具合情報の傾向分析や改善点の検討には、日本原子力技術協会が、原子力施設情報公開ライブラリー（ニューシア）⁽²⁾に登録している情報を活用している。

これまでの原子力発電所で発生した不具合の原因分類の傾向分析によると国内外とも保守不良が最も多いことが分かっている⁽¹⁾⁽³⁾。こうした保守不良には保守作業や保守計画による人的過誤が多く含まれるため、そうした人的過誤を分析して防止策を検討する必要がある。そこで、筆者らはこれまでに人的過誤の傾向分析に適用できる分析手法を考案し、これを適用してわが国で発生した保守不良を分析してきた⁽³⁾。

本研究では、さらに米国の原子力発電所における保守不良事例のうち作業段階の保守員の人的過誤（「作業者過誤」）事例の傾向分析を行い、同時期に発生した国内の保守員の「作業者過誤」と比較することにより、保守作業による人的過誤の特徴を日米比較する。次に、その中で最も多い要因であった「知識・経験不足」について、「コンセプトマップ」⁽⁴⁾を使って分類項目を整理し、「知識・経験不足」の特徴を比較するための分類法を検討する。最後にこの分類法を適用し、「知識・経験不足」の特徴を日

米比較し、その違いからわが国における対策の方向性を考察する。

2. 人的過誤の日米比較

2.1 分析対象

(1) わが国の分析対象事象

2006年度に発生し、各電力会社がニューシアに「トラブル情報」または「保全品質情報」として公開した原子力発電所の不具合事象は150事象（平成19年11月調査）あり、このうち「保守不良」は68事象で、原因分類には重複を許しているため原因件数は92件になる。「保守不良」の原因の内訳を図1に示すが、「作業者過誤」45件が約5割を占め最も多いことから、これらを分析対象とした。なお、これに次いで「保守計画不良」、「周辺状況不良」がそれぞれ同数の18件であり約2割を占める。

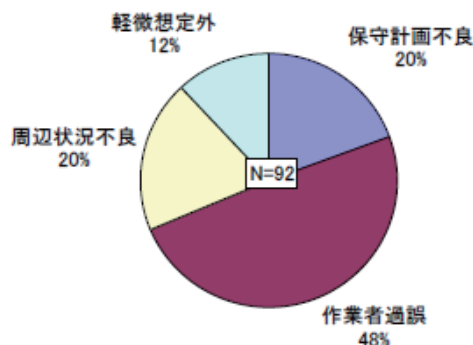


図1 2006年度わが国の保守不良の原因内訳

(2) 米国の分析対象事象

2006年中に発生した米国の原子力発電所不具合情報の中で「保守不良」は514事象で、原因分類には重複を許しているため原因件数は528件になる（平成19年9月調査）。この「保守不良」の原因の内訳を図2に示す。手順書または点検計画等に不備があった「保守計画不良」が約6割を占め、次いで「作業者過誤」が多く約3割を占める。

わが国では「作業者過誤」が約5割を占めるのに

対し、米国では「保守計画不良」が過半数を占める。しかし、米国のこれらの不具合報告書では、原因を「手順書不備」、対策を「手順書改善」と記述する程度にとどめ、作業員や計画者の過誤には言及していなかったものが多く、分析の手がかりが少ない。そこで本稿での分析は、国内で最も多い「作業員過誤」の日米比較をすることとし、米国における「作業員過誤」148 件のうち、傾向分析可能な情報を含む 136 件を対象とした。

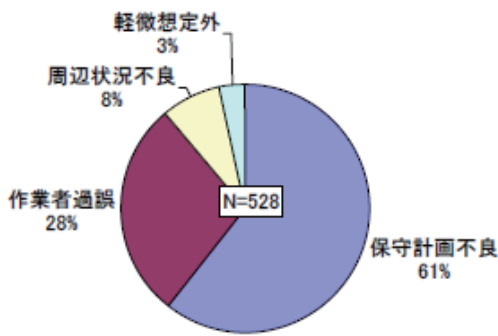


図2 2006年米国の保守不良の原因内訳

2.2 分析方法

図3に示す、宮崎らが考案した、人的過誤を過誤のタイプで分類し、過誤の要因を個人要因と背後要因の両方で関連付けする分析方法⁽¹⁾⁽³⁾を用いて、わが国と米国の保守員の作業時の人的過誤である「作業員過誤」を分析した。

2.3 分析結果

2.3.1 人的過誤のタイプ

図3の分類表のうち「人的過誤のタイプ」の項目で「作業員過誤」を分類した件数の比較を、わが国を図4、米国を図5に示す。この図から日米とも以下の3つの人的過誤タイプの件数が多く、これらの3タイプが全体の約7割を占め、傾向は類似していることがわかった。

- (1) 「見込み違い」(コミッション型の「推論誤り」)
- (2) 「確認不足」(オMISSION型の「確認誤り」)
- (3) 「し損ない」(コミッション型の「行動誤り」)

これらの人的過誤は、それぞれ、課題や問題の状況は正しく理解しているが、その対応方法の考える

個人要因		背後要因	
①一般特性 知覚力限界 慣れ・習慣 経験的思考	慣れ・習慣 記憶力の限界、他	S 計画不良	①規則・手順書類に記載なし、曖昧 ②規則・手順書類の記載間違い 他
②個人特性 知識・経験不足 心理的要因(注意不足、焦り、他) 生理的要因(疲れ、他) 身体的要因(加齢、他)		H 設備不備	①設備/工具類が不備 ②機器の表示が曖昧 他
		E 環境不良	①作業環境の不備
		L 指示・連絡不良	①作業内容の指示の誤り ②作業内容の伝達・連絡が不十分 他

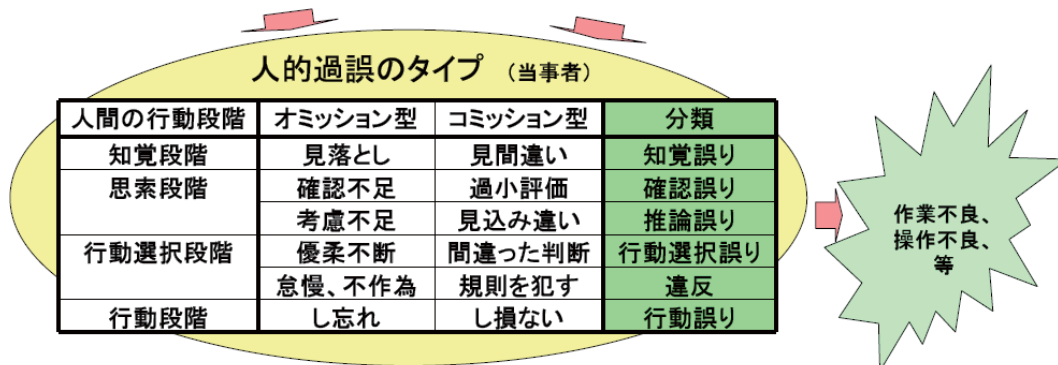


図3 個人要因、背後要因および人的過誤のタイプの分類表⁽³⁾

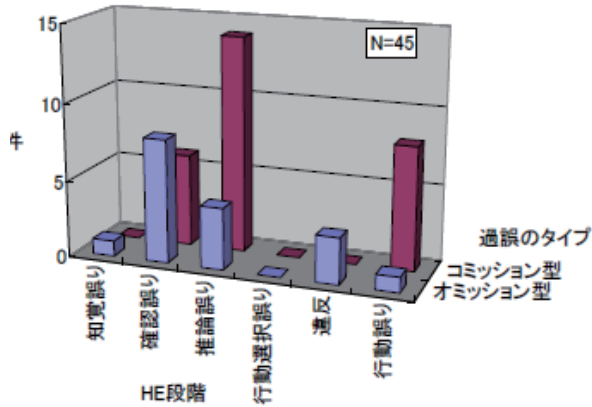


図4 わが国の人的過誤のタイプ別件数 (2006 年度発生保守不良作業員過誤)

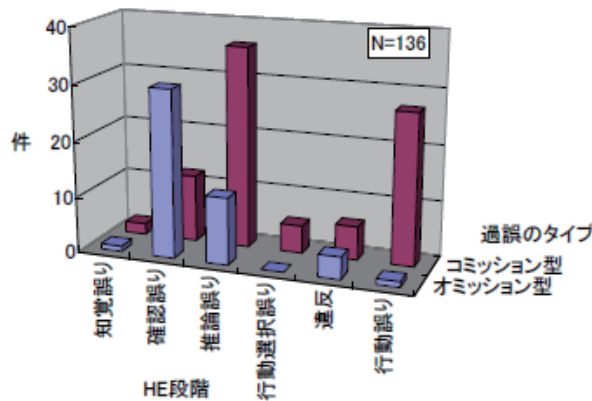


図5 米国の人的過誤のタイプ別件数 (2006 年発生保守不良作業員過誤)

ときに結果を心配せず見込み違いをした(「見込み違い」), 現状を理解する段階で確認を省略し, 確認不足になった(「確認不足」), やろうとしたことは正しかったが, 手が滑った, ぶつけた等, 行動をし損なった(「し損ない」)といった過誤である。

2.3.2 人的過誤の個人要因および背後要因

図3の分類表の「個人要因」と「背後要因」の項目で「作業員過誤」を分類した件数比較を, わが国を図6, 米国を図7に示す。この図は, 「個人要因」とそれに影響した「背後要因」の関係を示すもので, 「作業員過誤」を個人要因に分けて表示し, それぞれ, 他の背後要因の影響を受けない作業員単独の過誤, 計画不良, 設備・工具不良等の背後要因の影響を受けた過誤に区別して件数を表示したものである。なお, 図の件数は, 1 事象あたり複数要因があるも

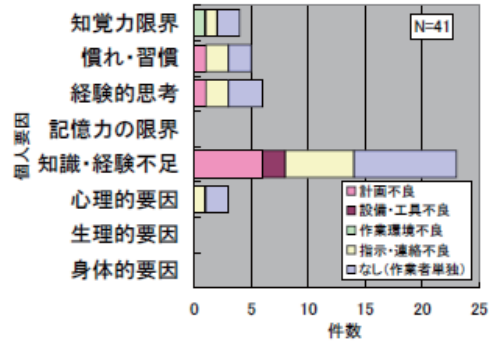


図6 わが国の人的過誤の要因 (2006 年度発生保守不良作業員過誤)

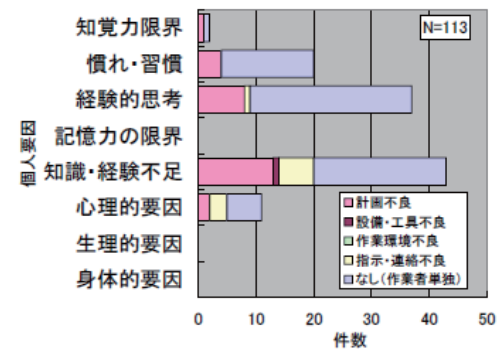


図7 米国の人的過誤の要因 (2006 年発生保守不良作業員過誤)

のは重複計上し, また, 報告書記述から要因が特定できない事象は除いた。

作業員過誤の個人要因は, 米国, わが国とも「知識・経験不足」が多く, 知識不足に寄与した背後要因は「計画不良」と「指示連絡不良」の割合が高い。わが国では「知識・経験不足」が全要因件数の5割以上を占めるが, 米国では全要因件数の約4割で, これに次いで, 機械的な処理を確実にせずこの程度でよいだろうと考える「経験的思考」(ヒューリスティクスの失敗)が約3割, いつも通りだと思って注意を払わない「慣れ・習慣」が約2割と続く。背後要因の寄与がない作業員単独の割合は米国の方が多いが, これらは事象報告書の記述の詳細度が影響するため単純には比較できない。

2.4 人的過誤の特徴

2006 年度にわが国で発生した「作業員過誤」と2006 年中に米国で発生した「作業員過誤」を人的過誤のタイプで分類した結果は, 日米ともにコミッション型の「推論誤り」, オMISSION型の「確認誤

り」およびコミッション型の「行動誤り」の順で件数が多く、さらに、「作業者過誤」を個人要因で分類した結果は、日米とも「知識・経験不足」が最も多く、両者の傾向は類似している。

筆者が2003年度から2005年度の間が国の「作業者過誤」の個人要因を分類した結果⁽³⁾では、「慣れ・習慣」が年間約12件(3年間で38件)で最も多かったが、2006年度には年間5件まで極端に減少し、その結果「知識・経験不足」の比率が相対的に増加した。「慣れ・習慣」の対策は作業者の懐疑態度が有効と考えられるが、これは、美浜3号機2次系配管破損事故の防止対策29項目等による作業者の安全意識の浸透活動を通して、このような懐疑的態度の醸成が進んできたものと評価できる。一方、「知識・経験不足」の件数も年間約8件(3年間で23件)から2006年度には年間23件に増加している。

このように2006年度の間が国では「作業者過誤」の個人要因は「知識・経験不足」が最も多く、増加傾向を示していることから、3項と4項で詳しく分析する。

3. 「知識・経験不足」の新たな分類法

3.1 分類項目の検討方法

実際の事例報告書の記述を「コンセプトマップ」⁽⁴⁾に整理し、「知識・経験不足」を比較するた

めの分類項目を検討した。

「コンセプトマップ」に知識・経験の項目を整理する方法は、Kleinらによる自然主義的意志決定(NDM, naturalistic decision making)研究において、意志決定の認知過程を分析する認知タスク分析(CTA, Cognitive Task Analysis)のひとつとして提唱された手法である⁽⁴⁾。本来は意志決定に成功したケースの知識・経験を整理するものであるが、本研究ではこれとは逆に不具合事象に至った「知識・経験不足」を整理した。

「知識・経験不足のコンセプトマップ」は次の手順で作成した。

- (1) 国内の2003年度から2005年度の間に発生した「知識・経験不足」による作業者過誤19件と計画者過誤18件の計37件の報告書記述を調査した。
- (2) 不足していた知識内容を事例毎に、例えば「測定箇所を、正確に知らなかったことにより、測定箇所を間違えた」というように、「作業の対象」、「不足した知識」、「不具合の直接原因」から構成する記述に整理した。
- (3) これらの記述内容を連関図で整理し、図8、図9に示す「知識・経験不足のコンセプトマップ」を作成した。

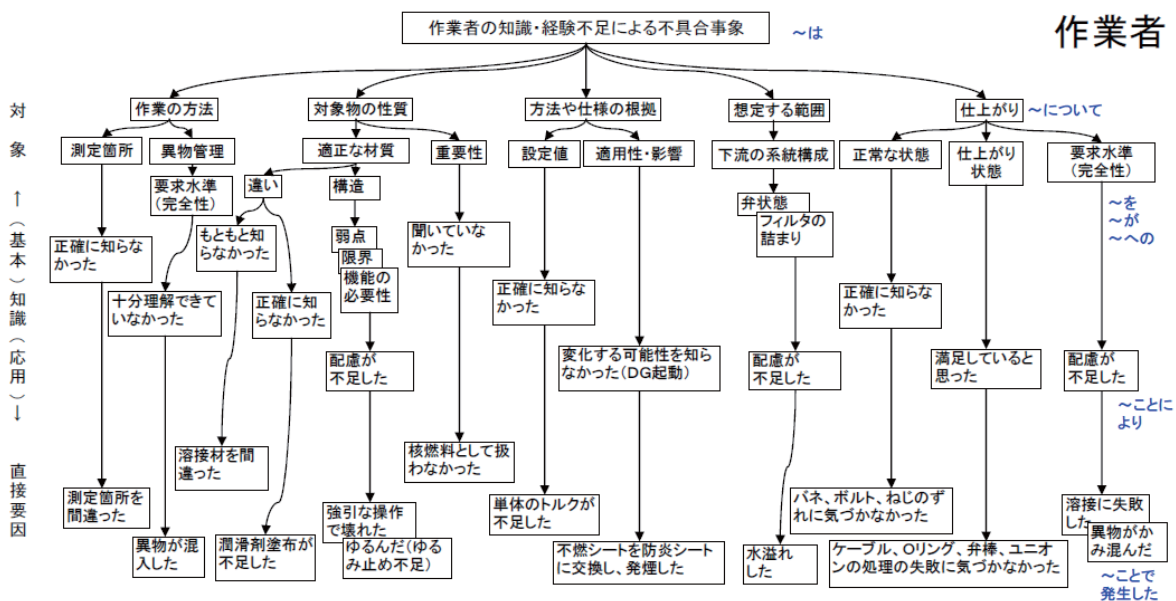


図8 作業者の知識・経験不足のコンセプトマップ

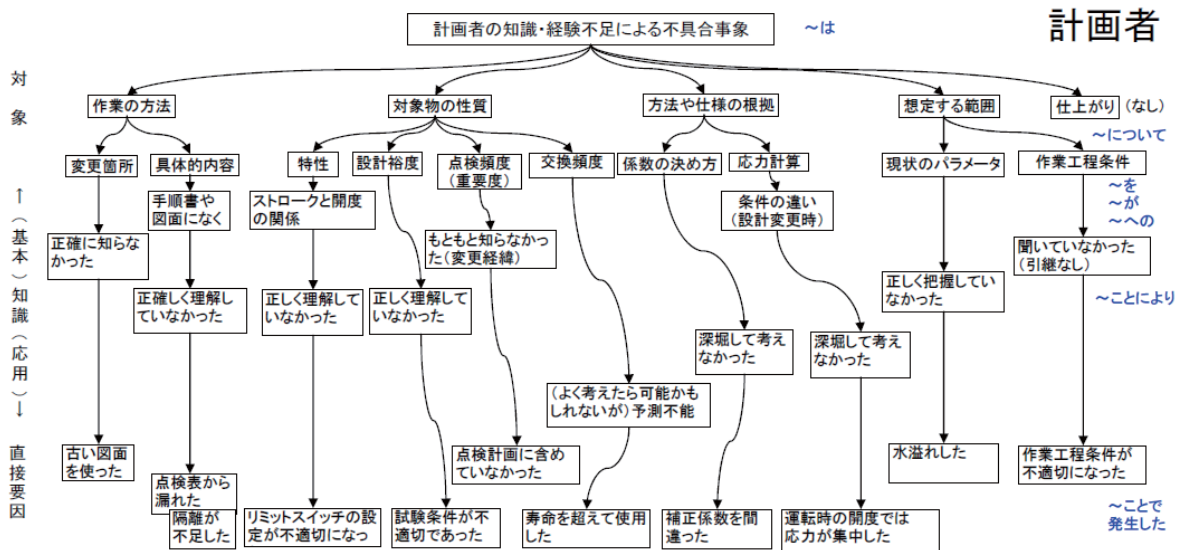


図9 計画者の知識・経験不足のコンセプトマップ

3.2 「知識・経験不足」の分類項目

「知識・経験不足のコンセプトマップ」から分類項目を検討した結果、「知識・経験不足」は知識の内容と知識のレベルに大きく区分できた。さらに知識の内容は、作業の方法、対象物の性質、方法や仕様根拠（背景・理由）、想定する範囲、仕上がりの5項目で区分できた。知識のレベルは、「基礎的知識」から「応用的知識」に段階的に分布していたため、その区分を検討した。海保はヒューマンエラーの防止方法として自己モニタリング力と自己コントロール力からなる「メタ認知力」をつけることを提唱し、思い込みエラーを防ぐための自己コントロールのひとつに「知識の高度化」をあげ、表1の区分をまとめている⁽⁵⁾。この区分を参考にして、知識不足のレベルを、基礎から応用レベルへの高度化の段階ごとに、「知らない」、「わかっていない」、「深堀できない」、

「危険予測できない」の4段階に分類した。

以上より、「知識・経験不足」の分類を整理すると、表2のようになる。また実際の事例に見られた、不足した知識の内容と知識のレベルの例をそれぞれ表3、表4に示す。

表1 知識の高度化⁽⁵⁾

高度化	記憶： 定義が言える
	例 ヒューマンエラーとは
	理解： 他のことと関連づけられる
	例 エラーとリスクの関係は
	応用： 具体例をあげられる
	例 薬剤投与のときに起こるエラーを3つ
	分析： 現実の分析ができる
例 患者取り違えが起こった原因は	
総合： 新しい関係が作り出せる	
例 エラーを病院経営の中で活かすには	
評価： 知識の価値を評価できる	

表2 知識不足の内容とレベルの分類

分類項目	説明	
内容	作業方法	具体的手順、運用、変更点、体制
	対象の性質	適正な材質・違い、重要性、経時変化
	背景・理由	設定根拠、適用性、影響、法・規格
	考慮範囲	系統構成、影響範囲
	仕上がり	正常な状態、仕上がり、要求水準
レベル	知らない	聞いていない、書いていない
	わかっていない	関係が説明できない
	深堀できない	エラーの具体例が挙げられない
	危険予測できない	エラーが予測できない

表3 不足していた知識内容の例

分類項目	不足していた知識の例
作業の方法	正確な測定場所, 異物対策の完全性, 変更箇所 計画書(点検表)からのもれ, 具体的手順が未知
対象の性質	適正な材質(溶接材, 潤滑剤), 作業対象物の重要性, 構造的な弱点 強引な操作の影響(強度限界), 設計裕度 弁特性に応じたリミットスイッチの設定位置
背景・理由	設定値(部分か全体か), 使用品の適用性と相互影響(防護シート) 補正係数の決め方, 設計変更時の応力予測
考慮範囲	系統構成, フィルタつまりの影響, 現状のパラメータ(制限値)
仕上がり	正常な状態(バネの位置, ねじ, ボルト) 仕上げ目標(ケーブル, Oリング, 弁棒, ユニオン)

表4 不足していた知識レベルの例

分類項目(段階)	不足していた知識の例
知らない	もともと知らない, 引き継がれていない, 指示されていない
わかっていない	正確に知らない, 正しく理解していない, 正しく把握していない
深堀できない	配慮できない, 心配しない, 変化する可能性を知らない
危険予測できない	集団で考えても予測できない

4. 「知識・経験不足」の分類とこれから得られた対策の方向性

4.1 分析対象とその抽出

米国, わが国ともに作業者過誤の個人要因は「知識・経験不足」が最も多かったことから, その特徴を比較した。米国は, 2006年中に発生した「知識・経験不足」による作業者過誤42件のうち分析可能な情報を含む39件を対象とした。わが国は, 2006年度中に発生した「知識・経験不足」による作業者過誤が19件と米国より少なく, この中には類似事象の調査に伴い同じ原因の不具合が報告されたものが複数含まれたため, 対象とする期間を拡大し, 筆者が2003年度から2005年度のわが国の「作業者過誤」の個人要因を分類した結果⁽³⁾を用い2003年度から2005年度までの「知識・経験不足」による「作業者過誤」23件から情報の少ない1件を除いた22件を追加し, 41件を対象とした。これにより米国の39件とほぼ同数にして比較できるようにした。

4.2 分析結果

「作業者過誤」のうちの「知識・経験不足」を, 表2の知識の内容と知識のレベルの各項目の組み合わ

せによるパターン毎の件数で比較した結果を, 国内を図10, 米国を図11に示す。

この図から, 米国では「対象の性質がわかっていない」12件, 「作業の方法がわかっていない」10件の2パターンが多く, 「背景・理由」, 「考慮範囲」, 「仕上がり」といった作業の条件に関する知識の内容が不足したパターンはほとんどなかったのに対し, わが国では「対象の性質が深堀できない」8件がやや多い程度で, 作業の条件に関する知識の内容が不足したパターンを含めて全体に分布していることがわかる。なお, 「仕上りを知らない」の5件は, 2006年度に計器の補正值設定間違いによる不具合が

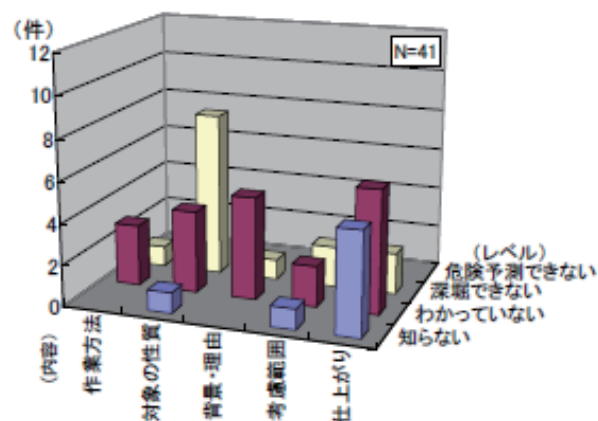


図10 知識・経験不足のパターン(日本)(2003-2006年度発生保守不良作業者過誤)

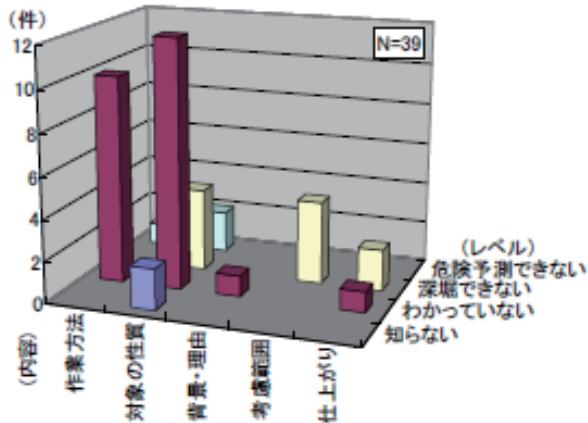


図 11 知識・経験不足のパターン (米国) (2006 年発生保守不良作業員過誤)

発生したため、類似事象が調査されたことにより同様の不具合が明らかになり報告されたものであり、特異点として評価できる。

4.3 日米間の違いの考察

図 10 と図 11 を比較すると、米国は作業の方法と対象の性質がわかっていない場合が多く、背景・理由、考慮範囲、仕上がりといった作業の条件に関する知識不足による不具合報告は少ないが、わが国は偏りがなく全般に分布している。この違いについて、日米間の「手順書の位置づけ」の違いと解釈し考察した。

作業手順書は機密文書であり、当該事例で使用された手順書を第三者が調査することは困難である。

これらの事例とは別作業のものであるが筆者が確認できた複数の米国の作業手順書は、1 件の工事でも 100 ページを越え、作業条件等がきめ細かく規定されていた。

このように米国では手順書に適用条件、根拠、仕上がり条件等が明記されており、作業手順書を厳密に適用すれば、作業員が条件を迷うことが少ないと推定され、作業員の技能不足や設備知識不足の場合に作業員側の問題で過誤が発生するものと考えられる。

一方、わが国でも、手順書の充実が図られ、作業条件等が明確化されているが、まだ作業によっては手順書の適用が柔軟に行われ作業員の能力や裁量に期待されている部分が残っていると考えられるため、対象設備の性質の深堀りに失敗した場合や、作業の適用条件、根拠、仕上がりといった作業条件等の理解不足の場合に過誤が発生しやすいと考えられる。

国内でも今後、米国並みに手順書の適用の厳密化の要求がさらに高まった場合は、手順書の適用条件、根拠、仕上がり条件等の明確化が必要になる。

4.4 対策の方向性

最後に、表 5 に示すとおり「知識・経験不足」を知識の内容と知識のレベルのマトリックスで整理し、パターン分類できるようにし、対策の考え方を整理した。「知識・経験不足」の対策は一般に個人に対する教育訓練や指導があげられるが、このように知識の内容とレベルで整理することで、組織的な取り組み

表 5 「知識・経験不足」の分類と対策の考え方

		知識のレベル			
		←基礎的知識 知らない	わかっていない	深堀できない	応用的知識→ 潜在危険が予測できない
知識の内容	作業の方法	「教材」領域 手順書, 教育資料, ドキュメント, 教材の整備 (必要な基礎知識の記述) + 自分の目で見る	「訓練+確認」領域 訓練, 繰り返し教育, 事前ブリーフィング等で周知, 理解度確認 + 自分で説明できる	「学習の文化」領域 On the Job Training (経験の伝授, やってみせ, やってみる...) + 不具合事例集 仮想演習	「失敗学」領域 (例) 「潜在危険予知訓練」 「危険知識集」(失敗地図) 「設計教育」
	対象の性質				
	背景・理由				
	考慮範囲				
	仕上がり				
対策の考え方	個人: I	見る, 聞く (知る) ↑	訓練 (理解するまで習得) ↑ ↓	仮想演習 (心配できる) ↑ ↓	「気づき」能力向上 ↑ ↓
	組織・周辺: II	文書化する, 伝達する ↑	理解を確認する ↑	経験を伝授する ↑ ↓	討論, データ提供 -

みと組み合わせた対策の方向性も示すことができる。

対策の方向性は、作業に必要な知識のレベルごとに決まるため、それぞれの対策の領域名を基礎知識から順に「教材領域」, 「訓練+確認領域」, 「学習の文化領域」, 「失敗学⁽⁶⁾領域」とし、それぞれの領域毎に、手順書や教育資料への反映、訓練及び理解度把握、仮想演習および経験の伝授（OJT, 不具合事例研修等）、気づき能力向上等が対策として考えられる。このうち、「失敗学」領域は、新知見ではないが予測が非常に困難であったレベルを指し、対策として、失敗情報を活かす能力が求められることからこの名称をつけたものである。

また、「知識・経験不足」の日米間の比較結果からは別の対策の方向性が考えられる。米国では、背景・理由、考慮範囲、仕上がりといった作業の条件に関する知識の不足による作業者過誤が少ないことから、わが国においても作業の条件に関する知識の内容が、教育資料や手順書で明確にされていない場合は、作業の条件を記述し教育または訓練する、すなわち、「学習の文化領域」にある作業の条件に関する知識は、「教材領域」または「訓練+確認領域」のレベルに落とすことが有効と考える。

5. まとめ

保守不良事例のうち保守員の人的過誤（作業者過誤）事例について、2006年中に発生した米国の事例と2006年度中に発生した国内の事例を傾向分析し、保守員の作業者過誤との比較を行い、以下の結果を得た。

- (1) 人的過誤のタイプは、米国、国内とも、コミッション型の「推論誤り」、オミッション型の「確認誤り」、コミッション型の「行動誤り」の順で、これら3タイプの件数が多く、全体の約7割を占め、傾向は類似していることがわかった。
- (2) 作業者過誤の個人要因は、米国、国内とも「知識・経験不足」が多かった。
- (3) 「作業者過誤」のうち「知識・経験不足」を、知識の内容と知識のレベルの項目で分類して比較すると、米国では「対象の性質がわかっていない」と「作業の方法がわかっていない」の2パターンが多いのに対し、国内は「対象の性質が深掘できない」がやや多い程度で全体に分布していることがわかった。

「知識・経験不足」の対策としては、作業に要求される知識レベルの段階に応じ、手順書や教育資料への反映、訓練及び理解度確認、仮想演習および経験の伝授等を実施するか、あるいは、作業の条件に該当する知識の内容に対しては、手順書や教育資料に作業の条件を記述し、教育または訓練を実施することが有効と考える。

文献

- (1) 宮崎孝正, “経年劣化や人的過誤等を含めた原子力発電所不具合事象の新たな原因分類法とその適用結果”, 日本原子力学会和文論文誌, Vol.6, No.4, 434-443 (2007).
- (2) 有限責任中間法人原子力技術協会, 原子炉施設情報公開ライブラリー, <http://www.nucia.jp/> (2007年12月28日最終アクセス).
- (3) 高川健一, 宮崎孝正, 五福明夫, 飯田裕康, “原子力発電所における人的過誤の新しい分析方法とこれを適用した国内発電所の保守不良の分析結果”, INSS JOURNAL, Vol.14, 261-266 (2005).
- (4) Beth Crandall, Gary Klein, Robert R. Hoffman, *Working Minds: A Practitioner's Guide to Cognitive Task Analysis*, MIT Press (2006).
- (5) 海保博之, “メタ認知力をつける”, ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ, 239-246, テクノシステムズ (2004).
- (6) 畑村洋太郎, 失敗学のすすめ, 講談社 (2000).