

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

New Method of Classifying Human Errors at Nuclear Power Plants and The Analysis Results of Applying this Method to Maintenance Errors at Domestic Plants

高川 健一 (Kenichi Takagawa)*¹ 宮崎 孝正 (Takamasa Miyazaaki)*¹,
五福 明夫 (Akio Gofuku)*² 飯田 裕康 (Hiroyasu Iida)*³

要約 国内外の原子力発電所の不具合事象には保守作業や運転操作者の人的過誤による事象が多いため、こ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。そこでまず人的過誤の内容を詳細に分析する新しい方法を考案した。この分析法は、人的過誤を判断行動の段階で6分類し、また、それぞれをオMISSION型とコミッション型で2区分して12タイプに分類し、さらに、人的過誤に至った当事者の個人要因を一般特性と個人特性に2区分して要因内容を定め、人的過誤の発生要因を選定できるようにした。また、背後要因を計画不良、設備・工具不備、環境不備、指示・連絡不備に4区分して具体的な要因内容を定め、人的過誤に影響した要因を選定できるようにした。次にこの分析法を国内の原子力発電所において発生件数が多い保守作業の人的過誤の分析に適用し、その人的過誤の特徴を抽出した。その結果、作業実施段階における作業者の人的過誤のタイプは、コミッション型の「推論誤り」(見込み違い等)、オMISSION型の「確認誤り」(確認不足等)およびコミッション型の「行動誤り」(し損ない等)の3タイプが多く、全体の約8割を占めた。作業者の過誤の個人要因は、いつも通りだと思って注意を払わない「慣れ・習慣」が最も多く、次に「知識・経験不足」が多く見られ、この2要因が全体の約7割を占めた。これらは他の背後要因の影響を受けない作業者単独の過誤が約半数を占めたが、「慣れ・習慣」に影響した「作業環境不良」の割合も他の要因よりやや高かった。また作業計画段階で間違った手順書等を作成した計画者の人的過誤のタイプの約6割はコミッション型の「推論誤り」(見込み違い等)であった。計画者の過誤の個人要因の約6割は、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」で、他の背後要因の寄与はほとんどなかった。

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、保守不良

Abstract Since many of the adverse events that have occurred in nuclear power plants in Japan and abroad have been related to maintenance or operation, it is necessary to plan preventive measures based on detailed analyses of human errors made by maintenance workers or operators. Therefore, before planning preventive measures, we developed a new method of analyzing human errors. Since each human error is an unsafe action caused by some misjudgment made by a person, we decided to classify them into six categories according to the stage in the judgment process in which the error was made. By further classifying each error into either an omission-type or commission-type, we produced 12 categories of errors. Then, we divided them into the two categories of basic error tendencies and individual error tendencies, and categorized background factors into four categories: imperfect planning; imperfect facilities or tools; imperfect environment; and imperfect instructions or communication. We thus defined the factors in each category to make it easy to identify factors that caused the error. Then using this method, we studied the characteristics of human errors that involved maintenance workers and planners since many maintenance errors have occurred. Among the human errors made by workers (worker errors) during the implementation stage, the following three types were prevalent with approximately 80%: commission-type "projection errors", omission-type "comprehension errors" and commission-type "action errors". The most common among the individual factors of worker errors was "repetition or habit" (schema), based on the assumption of a typical situation, and the half number of the "repetition or habit" cases (schema) were not influenced by any background factors. The most common background factor that contributed to the individual factor was "imperfect work environment", followed by "insufficient knowledge". Approximately 80% of the individual factors were "repetition or habit" or "insufficient knowledge". Also, among the human errors made by

* 1 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

* 2 岡山大学大学院 自然科学研究科

* 3 (財)労働科学研究所 研究部

planners (planner errors), a commission-type “projection error” was prevalent with approximately 60%. Among planner errors, heuristic thinking was prevalent with approximately 60%, in which the person believed that a certain degree of imperfection in executing some mechanical processes was permitted as experiential practice, and we found that background factors hardly contributed to any individual factors of planner errors.

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

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）の情報、原子力発電運転協会（INPO: Institute of Nuclear Power Operations）の情報、世界原子力発電事業者協会（WANO: World Associations of Nuclear Operators）の情報、仏国原子力安全規制当局（ASN: Autorite de Surete Nucleaire）の情報、等を収集し、これら进行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。同時に、不具合分析結果はINSSが考案した原因分類法を適用した分類等を行いデータベース化し、傾向分析をしている⁽¹⁾。また、傾向分析や改善点の検討には原子力施設情報公開ライブラリー（ニューシア）⁽²⁾に登録されている国内の不具合情報を活用している。

2005年に海外の原子力発電所で発生した不具合を原因分類すると、保守不良、運転不良などの運用面の不具合が約6割を占め、そのうちの約6割を保守不良が占め最も多いことがわかった⁽¹⁾。国内の不具合を分類しても、運用面の不具合と、そのうちの保守不良は海外と同様の割合になる。

こうした保守不良、運転不良などの運用面の不具合には保守作業や運転操作による人的過誤が多く含まれるため、そうした人的過誤について詳細に分析して防止策を検討する必要がある。原子力発電所のみならず多くの産業や医療などの分野で既に人的過誤は注目され、分類法や分析法についていくつかの提案がなされてきている。しかしながら従来の手法の多くは当事者へのインタビュー調査などで詳細な情報を集めることが前提になっており、これまでINSSにおいて扱ってきた多くの些細な情報を含むINPO、WANO等の海外の運転経験情報やニューシアに登録されている国内の不具合情報に適用する

ことが不可能である。そのため人的過誤を正確に分類し、発生頻度の高い共通原因を抽出し、その防止策を検討することも難しかった。

そこで、本研究では、まずここで扱う不具合情報の特徴と人的過誤の定義をまとめ、既存の人的過誤分析手法について簡単に評価し、次に分析に用いられる既存の分類法を示し、分類法の検討過程の叙述を経て、最終的に新しい人的過誤の分析法で適用する分類法を提案する。この分類法は、人間の情報処理過程とオMISSION型（やり忘れ）とコミッション型（やり損ない）の分類を組み合わせたものであり、さらに個人要因と背後要因の面からも考察するものである。ここではINSSで扱ってきた不具合情報の中の人的過誤の分析への適用性を常に念頭に置いた。

最後にこの新しい分析法を国内の不具合原因の中でもっとも多い保守不良における人的過誤の分析に適用し、提案した方法に従い、作業実施段階と作業計画段階における人的過誤のタイプの分類および個人要因と背後要因の検討を行いその特徴を示す。

2. 人的過誤分析手法の調査

2.1 傾向分析の特徴

不具合情報の分析は大きく個別分析と傾向分析の2種類に分けられる。個別分析は個々の事象の原因を分析し個別の対策を検討するものであるが、傾向分析は複数の事象を特定の分類法で分類し、その結果を比較し、分類毎の特徴や時系列変化、分類間の相関を明らかにし共通する問題点や対策を検討するものである。

新しい人的過誤分析手法の検討にあたっては、海外のINPO、WANO等の運転経験情報と国内のニューシアに登録されている不具合情報の傾向分析に適用できる手法の確立を目指している。これらの運転経験情報等を傾向分析する場合は、さまざまな報告書の記述に応じて柔軟に分析することが可能な

表1 傾向分析に適用する分析手法の要件

項 目	要 件
分析者	第三者による分析
情報記述	さまざまな報告書の記述に対応 多くの報告書は最小限の情報しか なく、時系列化記述等は困難
分析対象	個人の人的過誤だけでなく、組織 的要因の遡及も対象可能
エラーの抽出	予め定義された人的過誤の抽出
エラー要因の抽出	分類コードから抽出（選択肢型）

手法が求められる。また、人的過誤の個別分析では一般に人間行動や判断などを時系列に記述した上で詳細分析を行うが、多くの報告書の記述にはそのようなエラーに至った経緯や判断を詳細に知る手がかりとなる情報がないことから詳細な分析は困難である。このような前提から考えられる傾向分析に適用する分析手法が充たすべき要件を表1に示す。

2.2 人的過誤の定義

人的過誤を傾向分析する場合は、報告書の記述から一定の条件に従って人的過誤を抽出する必要があるため、改めて人的過誤を定義しておく必要がある。しかし、人的過誤あるいは一般にヒューマンエラーと呼ばれている言葉には、多くの曖昧さが含まれ非常に定義しにくく、従来から多くの議論を呼んできた^{(3)~(5)}。本研究の人的過誤の定義としては、一般的な解釈を採用した上で、具体的には「誰の」（対象範囲、対象者）行為を指すのかを明確にし、人的過誤の解釈に混乱が生じないようにした。

原子力発電所の不具合情報分析における人的過誤の定義を表2に提案する。対象範囲は、原子力発電所の作業や操作に至るまでの一般的な過程である設備の設計、製造および施工の各段階と運用の計画および実施段階に区分した。人的過誤はそれに至った行為の当事者の個人要因だけでなく、周りとのインターフェースによる影響が要因となっていると考えられる場合が多いことから、対象者は、それぞれの段階に関係する人が個人要因により人的過誤に至った場合を「設計者過誤」等として定義し、計画者やまわりからの指示・連絡者に要因がある場合は、それぞれ「計画者過誤」や「指示・連絡者過誤」として区別した。

表2 ここで提案する原子力発電所の不具合情報分析における人的過誤の定義

名 称	定 義
人的過誤	人の判断や行為によって、要求された基準から逸脱した結果が発生した場合、結果として誤った判断や行為を「人的過誤」という。
作業者過誤	実施段階における作業者の個人要因による人的過誤
操作者過誤	実施段階における操作者の個人要因による人的過誤
計画者過誤	計画段階における計画者の個人要因による人的過誤
指示連絡者過誤	ある行為者に対する指示連絡者の個人要因による人的過誤
設計者過誤	設備の設計段階における設計者の個人要因による人的過誤
製造者過誤	設備の製造段階における製造者の個人要因による人的過誤
施工者過誤	設備の施工段階における施工者の個人要因による人的過誤

2.3 既存の人的過誤分析手法

国内で広く使われている人的過誤の分析手法を表3に示す。

このうち、「CREAM」と「人的過誤事例分析手法」を除き、当事者による個別の分析を目的とした手法であり、詳細な報告書またはインタビュー調査が前提となっている。一方、「CREAM」⁽⁶⁾は「外部から直接観察可能な人間行動」に注目して分析をするため、分析対象が限定される、あるいは参照表が膨大すぎるため、そのままでは使いにくい面がある。また、財団法人原子力発電技術機構で開発された「人的過誤事例分析手法」⁽⁷⁾⁽⁸⁾は、この手法を用いて独立行政法人原子力安全基盤機構が、国内外の人的要因に関連する報告事象を対象に要因の特徴を分析し、教訓事項の抽出と蓄積を行っているが⁽²⁾、高度な専門家判断を要することと、分析対象も情報が多く詳細な分析が可能なものに限定されることより、そのままではINSSが扱うINPOやWANOの運転経験情報を含む傾向分析には適用しにくい。

従って、これらの分析手法に用いられている分析の枠組みや「参照表」を参考にしながら、表1に示した傾向分析に適用しやすい要件を充たす分析方法を検討することとした。

表3 人的過誤の分析手法

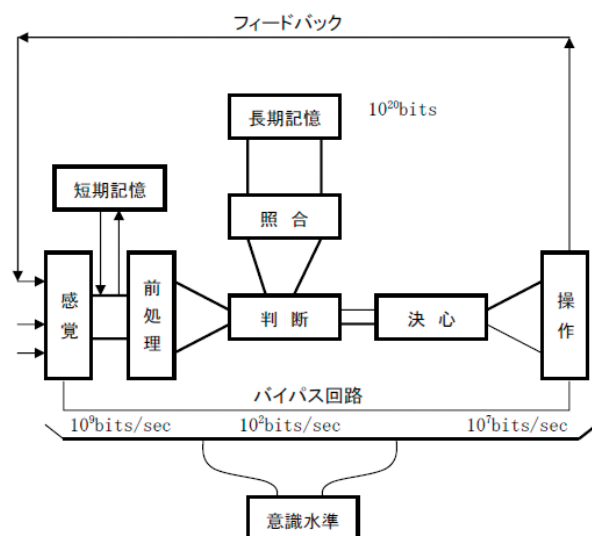
分析手法	概要説明
CREAM または拡張 CREAM 法	E.Hollnagel によって提唱された手法 ⁽⁶⁾ を基に日立製作所が開発した手法であり、原子力分野での社内不具合分析に使用されている ⁽⁹⁾ 。
バリエーションツリー法	J.Leplat と J.Rasmussen によって提唱された手法 ⁽¹⁰⁾ であり、問題点の所在を分析するために使用される。この手法に基づき宇宙開発事業団や東京電力 ^(株) でも独自の分析法が開発され航空業界も含め幅広く使用されている ⁽¹¹⁾ 。
H2 SAFER + m-SHELL	東京電力 ^(株) が開発した手法であり、システムチックな対策立案を行うために使用され、原子力分野、医療分野などで使用されている ⁽¹²⁾ 。
J-HPES	INPO が開発した HPES を基に電力中央研究所が開発した手法であり、事実関係の調査、背後要因の分析、対策の提案を行うために使用されている ⁽¹³⁾ 。
人間エラー発生 FT 図法	INPO が開発した HPES を基に関西電力 ^(株) が開発した手法であり、関西電力の原子力発電所で発生したヒューマンエラー、トラブルを発電所のスタッフが分析するため使用されている ⁽¹⁴⁾ 。
人的過誤事例分析手法	(財)原子力発電技術機構が開発した手法であり、不具合発生の要因を探るために使用され、原子力発電所の事故・故障報告書の分析に使用されている ⁽⁷⁾⁽⁸⁾ 。

2.4 人的過誤の分類法の検討

2.4.1 既存の分類法

ヒューマンファクターの問題を考えると、人間がどのような情報処理を行っているかを理解することが重要である⁽⁴⁾。関西電力における原子力発電所の作業員や操作者を対象にした教育を始め、一般的なヒューマンファクター教育のテキストでは、図1に示す「人間の情報処理モデル（黒田モデル）」⁽⁴⁾を使って人間の特性が説明されている。

他にも多くの人間の情報処理モデルや人的過誤の分類法が提唱されているが⁽⁴⁾、その一つに図2に示



すJ. リーズンの「主要エラー・グループ分類マトリックス」⁽¹⁵⁾（以下J. リーズンの分類法という）がある。この分類法は、人間の高度な情報処理能力を助ける特性が反対に作用しエラーに繋がるプロセスを理解しやすく、対策との整合性も取りやすい分類法であり、対策検討に有効と考えられるため、その適用性を検討することとした。

2.4.2 分類法の検討

本研究は、最終的に不具合を傾向分析し、その結果から特に注意が必要な原因または原因の組み合わせを抽出し、それぞれに対応した対策を具体的に提言することを目標としている。そのため、分析者だけでなく、実際の現場の作業員や運転員または計画者が意識できる原因分類であることが望まれ、現場の人が常に意識しやすい、すなわち内省性を充たす人的過誤の分類法にすることを特に考慮した。ここで内省とは人が作業や操作または計画策定などの課題をこなしながら、その時、その場で自分の心の動きを知ることを意味し⁽¹⁶⁾、内省性を充たす分類法とは、実際の状況下で当事者が自己モニタリング可能な分類項目とすることを意図している。

J. リーズンの分類法を使って国内の人的過誤を含む不具合の分類を試み、分類法を検討するさいに、一般に要求される網羅性、背反性（独立性）、機序性、カテゴリーバランス⁽⁵⁾と、前述の内省性を充たしているかを評価し問題点を抽出した。J. リーズンの分類法を試適用した結果を図3に示す。分類の対象は、平成15年度と16年度に発生し、各電力会社

認知領域	基本的エラー傾向				
	生態学的束縛	変化強調	能力資源の限界	スキーマ特性	戦略発見的手法
感覚の間違い*					
感覚登録 (短時間保持)	X	X			
注意の間違い*					
入力選択			X	X	O
記憶の喪失*					
揮発性記憶			X	X	O
不正確な記憶想起*					
長期記憶			O	X	X
知覚の間違い*					
再認過程	O	O	X	X	X
判断の間違い*					
判断過程		X	X	X	X
推論の間違い*					
推理・推論過程			X	X	X
意図しない言葉や動作*					
動作制御			X	X	O

X = Primary node 主要結節 O = Secondary node 副次結節
* 主要エラーのグループ

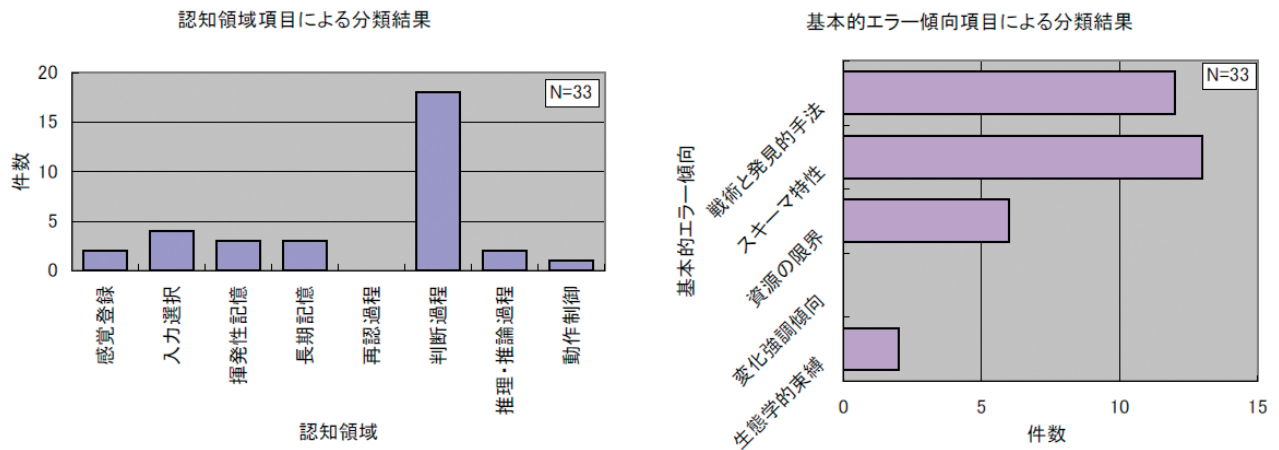
図2 J. リーズンの主要エラー・グループ分類マトリックス⁽¹⁵⁾

図3 J. リーズンの分類法の国内保守不良への試適用結果

がニューシアに公開した不具合事象のうち、人的過誤を含む保守不良を任意に抽出したものである。

実際に分類を試みたところ、分類結果が特定の分類に集中したり、分類の過程でいくつかの事例の分類に迷ったり、分類がなかったりするなど、問題点が見つかった。それらの問題点と改善点を表4に示す。これらの問題点に修正を加えながら新しい分類

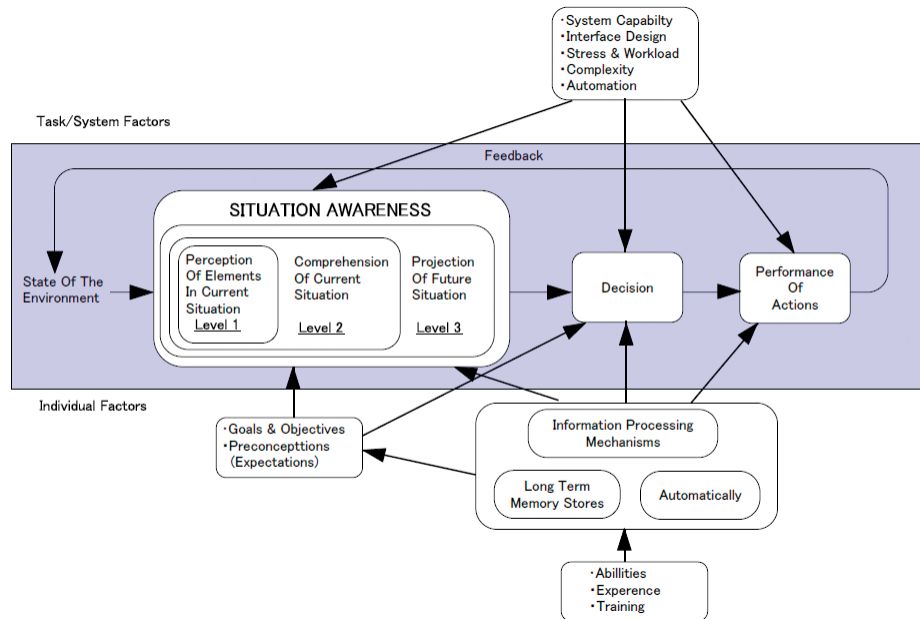
法を検討することとした。

(1) 「判断過程」の細分化

J. リーズンの分類法を適用した分類結果ではほとんどの原因が「判断過程」に集中した。このままではカテゴリーバランスが悪いため「判断過程」の細分化を検討した。

表4 J. リーズンの分類法の試適用結果の評価

評価項目	問題点	改善点
カテゴリーバランス (分類結果の偏り)	「判断過程」に集中	「判断過程」を細分化
内省性 (分類のしやすさ)	「感覚登録」, 「入力選択」, 「揮発性記憶」 の3分類の区別が困難	内省性を考慮し, 分類を統合
網羅性 (分類項目の不足)	「違反」の分類なし 知識不足などの個人の資質, 心理状態, 生理状態などの個人特性の分類なし	「違反」を追加 個人要因を一般特性と個人特性に区分

図4 M. エンズレイの意志決定における状況認識モデル⁽¹⁹⁾

原子力発電所運転員のチーム行動を分析した先行研究では運転員のチーム行動を説明する「チーム行動モデル」を作成した⁽¹⁷⁾。このモデルではJ. リーズンの分類法の「再認過程」と「判断過程」に該当する部分を「識別・同定」, 「課題の決定」, 「計画設定」に3分類した。これは、原子力発電所の運転員のように複雑系システムの操作をする場合に操作者が感覚入力として知覚できる情報は、ほとんどが人工情報であり、得られた情報を慎重に解釈し、状況を理解する過程が存在することから、識別・同定の段階を経て、対応を計画する段階に入ると考えた分類である。運転操作だけではなく保守作業についてもシステムに対応して状況に応じた課題を見つけて対処していく行動であることから、同様の考え方が適用できると考えた。

J. リーズンの分類法では、「再認過程」を既知の事象の見極めと説明している。この過程は感覚入力の結果と記憶とを照合し、その結果を必要な情報と

して再認する過程を指すが、この事象の見極めには状況の理解も含まれると考える。そこで状況の理解を考慮した分類法を検討した。

航空業界における自動化システムの設計では人とハイテクシステムとの不整合による多様な問題に対応するため「状況認識 (situation awareness)」という考え方が考慮され、「状況認識エラー」の分析や「状況認識」の改善検討が実施されている⁽¹⁸⁾。

状況認識には次の3つのレベルがある。

レベル1: 何かが起こっていることに気づくこと

レベル2: その問題を同定できること

レベル3: これからの事態の推移が予測できること

この考え方は、航空機の自動化システム設計だけではなく、システムの運転・保守、緊急時対応、組織的意志決定等に適用できる⁽¹⁸⁾のものであり、図4に示すM. エンズレイが提唱した意志決定における状

況認識モデル⁽¹⁹⁾に基づいている。

このモデルによると人的過誤の分類は以下の5段階になる。

- 1) 知覚：現状の知覚
- 2) 理解：現状の理解
- 3) 推論：今後の状況の推論
- 4) 決定
- 5) 行動

(2) 内省性の考慮

実際の事例を分類したところ、いくつか事例で「感覚登録」、「入力選択」、「揮発性記憶」の3つの分類の区別に迷った。図1に示した「人間の情報処理モデル（黒田モデル）」⁽⁴⁾もこの段階を「感覚」、「短期記憶」、「前処理」に区分している。この間の人間の情報処理は非常に短時間に自動的に行われるため⁽⁴⁾、当事者が自己モニタリングすることは困難と考えられる。これらの3つの分類は、前項の5段階の分類で「知覚」に該当することから、これに統合した。

また、分類に用いる用語も実際の現場作業員や計画者にとってわかりやすく、別の意味に解釈されないように注意した。「理解」、「決定」などの分類名を過誤の示す表現にした場合、「理解誤り」と「決定誤り」としてしまうと、本来の意味とは異なる印象となるため、「理解」を「確認」とし、「決定」を「行動選択」とし、それぞれ「確認誤り」、「行動選択誤

り」と表現することとした。

(3) 「違反」の追加

J. リーズンは「主要エラー・グループ分類マトリックス」を提唱した後、これとは別にシステム安全から見た人的過誤の分類として、認知エラー（スリップ、ラプス、ミステーク）の他に、組織心理学上のエラーとして「違反」を分類として追加した⁽²⁰⁾⁽²¹⁾。「違反」は「行動選択」（決定）の段階において、意図的な違反や妨害行為となる行動案を選択する誤り方になるため、「行動選択」の一例として分類に追加することとした。

(4) 個人要因の区分

J. リーズンの分類法は、人間の認知過程である「認知領域」と個人要因である「人間の基本的なエラー傾向」でマトリックスを構成している。「人間の基本的なエラー傾向」は、個人要因のうち、いつでも誰でも持っている人間の一般的な特性、すなわち人間が生きてするために身につけた人間の高度な情報処理能力を助ける特性であって、これが反対に作用した場合はエラーに繋がりがやすい特性と考えることができる。これに対し、実際の事例を分類したところ、いくつか事例で知識不足などの個人の資質や心理状態、生理状態が要因と考えられるものがあった。また表2に示した分析手法で採用されている要因分類表のいくつかもこれらの要因区分を含んでおり、こ

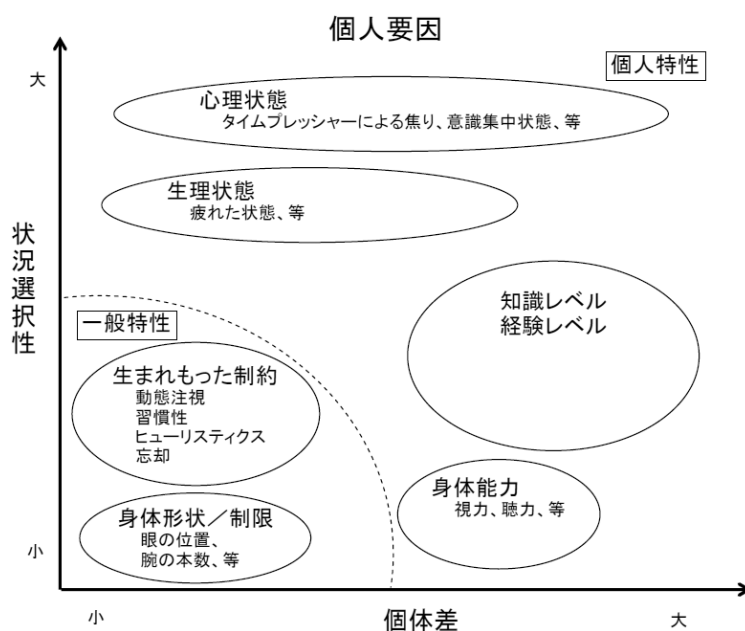


図5 個人要因の一般特性と個人特性の関係

れらを配慮した区分方法を検討した。前者を一般特性、後者を特定の個人、あるいは特定の状況下の特性が要因となる場合として個人特性として区分した。個人要因を一般特性と個人特性に区分する考え方を整理し図示すると図5のようになる。

2.5 新しい人的過誤の分類法

(1) 人的過誤の分類法

前項における検討結果を整理すると、人的過誤は人間の情報処理過程、すなわち判断行動の誤りによ

り不安全行為に至ったものであり、その過程は、1) 知覚、2) 理解（確認）、3) 推論、4) 決定（行動選択、違反）、5) 行動、に区分できる。人的過誤の分類は、人間の判断行動のどの段階での誤りかで分類することとし、図6に示す6分類とした。

さらに古典的な人的過誤の分類法とされているスウェインの分類法⁽⁵⁾を考慮し、過誤が発生した6段階のそれぞれを「やり忘れ」を示す「オミッション型」と「やり損ない」を示す「コミッション型」の2つに区分して全体として人的過誤を12のタイプに区分する分類表を考案した。なお、スウェインの分

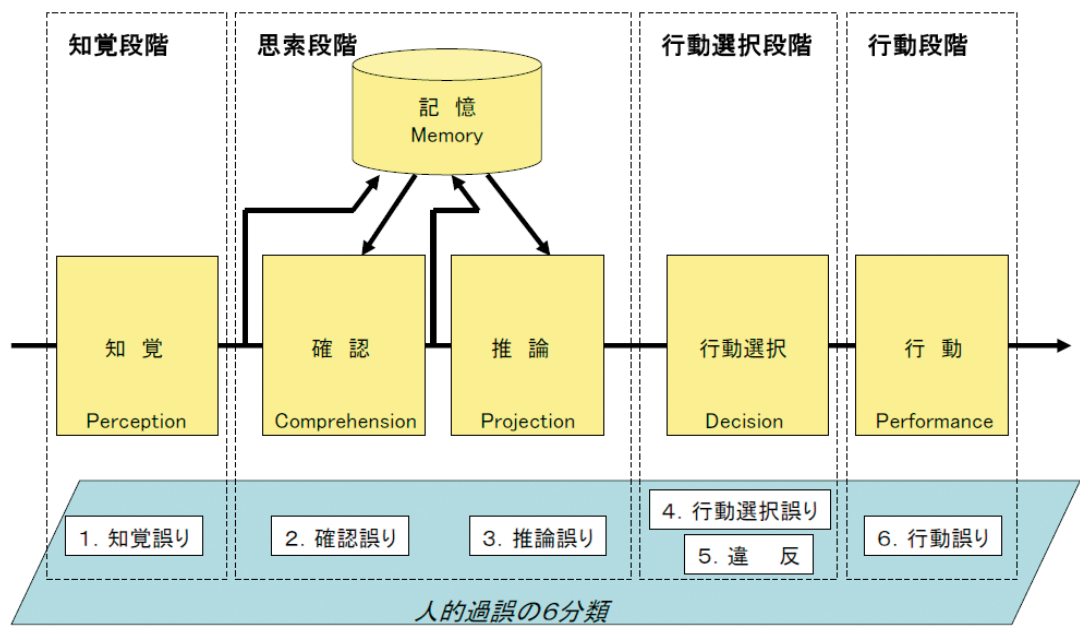


図6 人的過誤の6分類

表5 新しく考案した人的過誤の12タイプ

人間の行動様式		人的過誤のタイプ（内容）				6分類
感覚	感覚器で五感 情報入力	感覚器の機能が不十分（盲目、色盲、難聴、等）				
		オMISSION型（やり忘れ）		COMMISSION型（やり損ない）		
判断	知覚段階	1a	見逃し、見落とし、聞き 逃し等	1b	見間違い、観察間違い、聞き間 違い	1.知覚誤り
	思索段階	2a	思い出し忘れ（確認時）	2b	思い違い（確認時）	2.確認誤り
		2c	確認不足、認識不足 懐疑の態度の不足	2d	過小評価	
		3a	思い出し忘れ（推論時）	3b	思い違い（推論時）	3.推論誤り
		3c	予見不足、考慮不足	3d	見込み違い、自信過剰	
	行動選択段階	4a	直観による判断の誤り、 優柔不断	4b	間違った行動の選択	4.行動選択誤り
5a		やるべきことをやらない 怠慢、不作為	5b	規則を犯す	5.違反	
行動	行動段階	6a	～し忘れ	6b	手が滑った、～し間違い、無意 識な接触	6.行動誤り

類法は本来、外面行動を見分ける分類⁽¹⁸⁾であるが、本研究では、確認、推論等の内面行動における「やり忘れ」、「やり損ない」にも適用し、それぞれを「オMISSION型」、「コミッション型」とした。この分類表は表5に示すとおり、「見逃し」などの過誤のタイプを示す代表的な表現を分類表の該当する欄に4個程度まで記述することで、分析者が不具合報告書の記載内容から人的過誤のタイプを識別するさいに、簡便に選択できるようにしている。

(2) 人的過誤に至った個人要因と背後要因の分類法

人的過誤に至った当事者の個人要因は、一般特性と個人特性に2つに区分した。また、人的過誤は個人要因だけでなく当事者の周辺の背後要因の影響も受けるので、ホーキンスのSHELモデル⁽²²⁾を参考に背後要因を計画不良(S)、設備・工具不備(H)、環境不備(E)、指示・連絡不備(L)に4つに区分した。

それぞれに具体的な要因内容を定め、人的過誤に影響した要因を簡便に選定できるようにした。特に要因内容の表現は心理学的専門用語を避け、日常で使用されている用語を用いた。例えば、図2に示し

たJ.リーズンの分類の「スキーマ特性」(Schema properties)は、慣れや習慣による自動処理が結果的に意識的に注意を向けることに失敗したような場合を言うことから「慣れ・習慣」とし、「戦略発見的手法」(Strategies and heuristics)は、経験的な勘を頼りにこの程度でよいだろうと判断したことが結果的に機械的で確実な思考に失敗したような場合を言うことから「経験的思考」とした。これらの個人要因、背後要因および人的過誤のタイプの3者からなる分類表を図7に示す。分析者はこの3つの分類表を使い人的過誤の分析を行う。

なお、海外の不具合情報の分析およびデータベース登録のために宮崎らが作成しINSSが使用している原因分類法⁽¹⁾では、保守不良と運転不良についてこの4区分の背後要因を考慮した原因分類を採用しており、作業員過誤または操作員過誤と重複してこれらを原因分類できるようにしている。この原因分類法のうちの保守不良の例を図8に示すが、原因分類項目としては「計画不良」と「周辺状況不良」(設備・工具、環境または指示・連絡の不備)の2分類にまとめている。

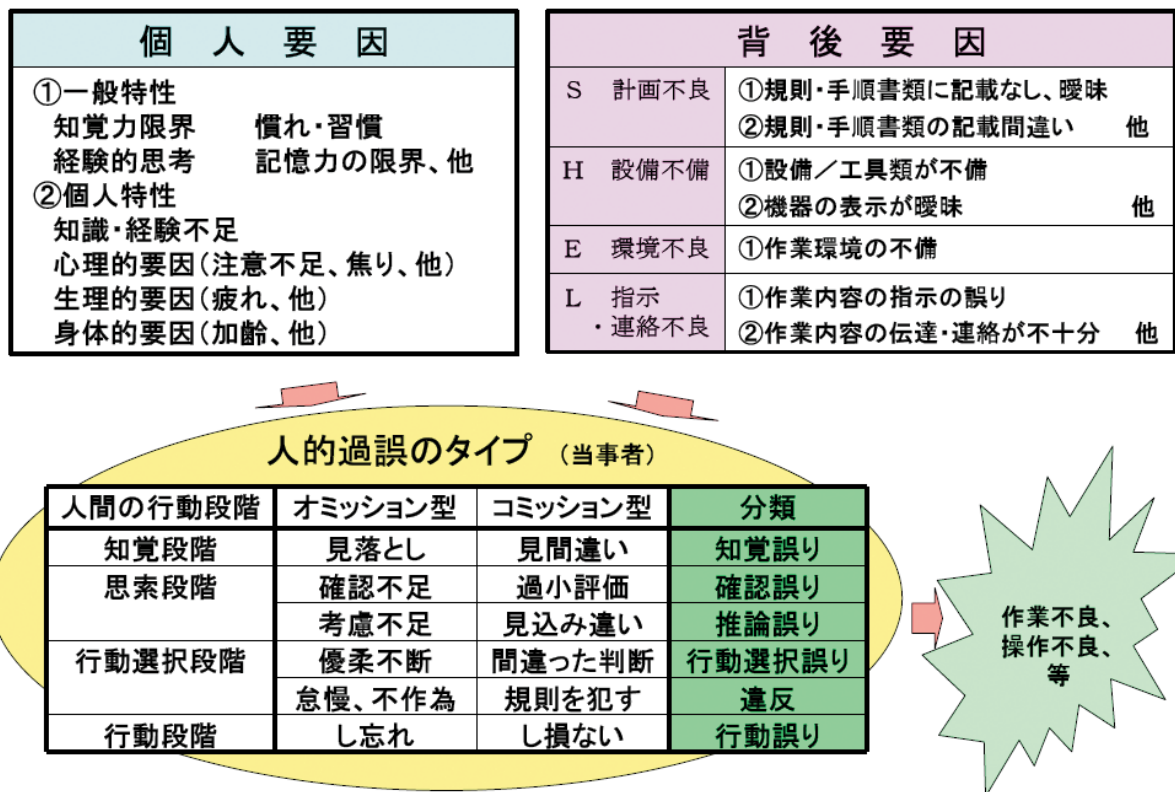


図7 個人要因、背後要因および人的過誤のタイプの分類表

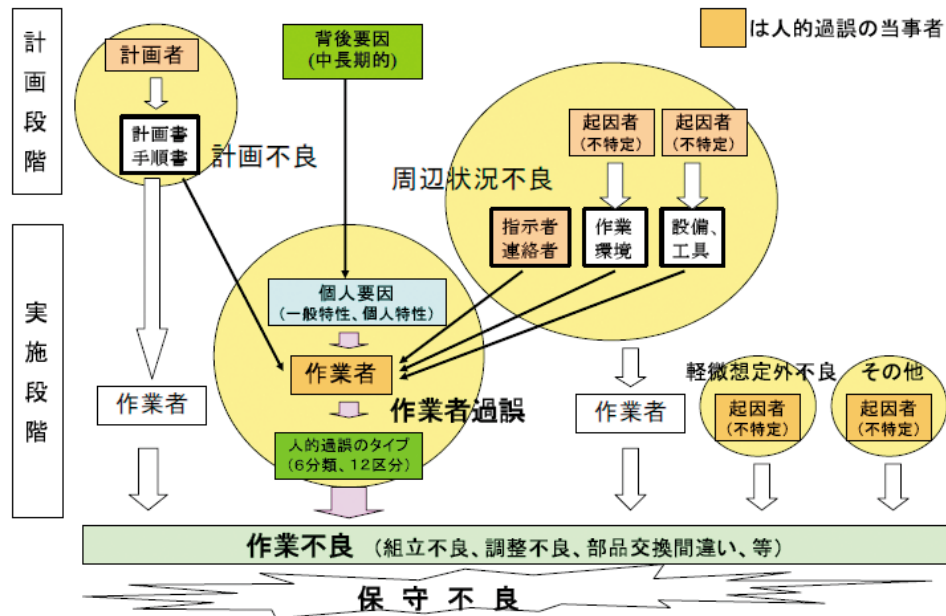


図8 保守不良の原因分類説明図

（3）分析の方法

上記（1）、（2）で示した分類項目は、原子力発電所の保守作業や運転に関わる現場の作業員や操作者および計画者が常に意識しやすいと考えられる状況または用語を考慮して選定したものであり、原子力発電所の業務に従事した経験のある分析者であればこれらの分類表をある程度記憶することができる。その上で、分析者は不具合報告書を読みながら人的過誤のタイプ、個人要因、背後要因を探し、分類を行い、これら3者の因果関係を分析することができる。

3. 国内の不具合の発生状況

3.1 分析の対象

ニューシアには表6に示すような情報が登録されている⁽²⁾。このうち、「その他情報」を除く、「トラブル情報」と「保全品質情報」は、状況、原因、対策等が一通り記述されているため、これらの情報を分析対象とした。しかし、原因分類は「電気関係報告規則」の分類が踏襲されているため、発電所の運転段階の保守管理不良や運転操作不良という観点で簡単に事象を抽出することはできない。そこで海外

表6 ニューシアへの登録情報⁽²⁾

情報名称	情報内容
トラブル情報	国内原子力発電所で発生する異常事象のうち、法令に基づき国への報告が必要な情報
保全品質情報	法令に基づく報告が不要な事象であっても、 ・将来大きなトラブルに発展する前触れとして他社に注意喚起できる ・事象の発生状況を蓄積し、傾向分析することにより、他のプラントで適切な予防保全対策に繋げることができる ・確率論的安全評価に用いる故障率データの精度を高めることができる等の観点から、国内電力各社で情報共有化する意義の高いもの
その他情報	共有化の必要のない情報を登録する場合は、「その他情報」として掲載

の不具合情報の分析およびデータベース登録のために宮崎らが作成した分類法⁽¹⁾を適用して再分類を行うこととした。

3.2 不具合原因の分類結果

平成 15 年度から 17 年度の間に発生し、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」として公開した不具合事象は 470 事象⁽²⁾（平成 18 年 12 月調査）あった。これらを INSS の分類法で分類した結果を図 9 に示す。過去 3 年間の不具合事象の原因分類では、「保守不良」が最も多く 42% であった。この「保守不良」は 174 事象で、原因分類には重複を許しているため原因件数は 221 件になる。「保守不良」の原因の内訳を図 10 に示すが、「作業者過誤」および手順書と点検計画等に不備が

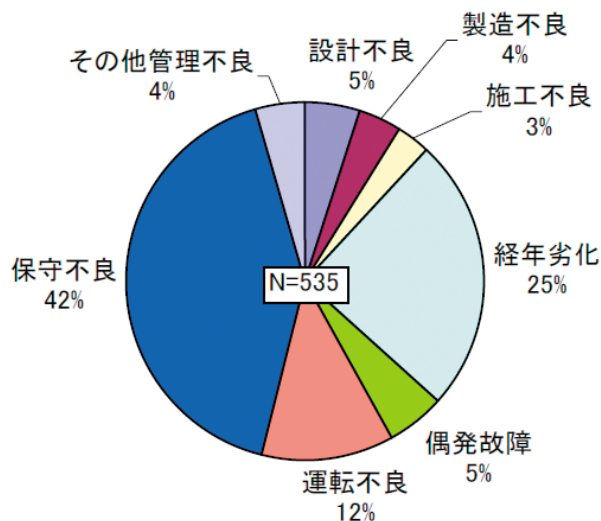


図 9 国内不具合事象の原因の内訳

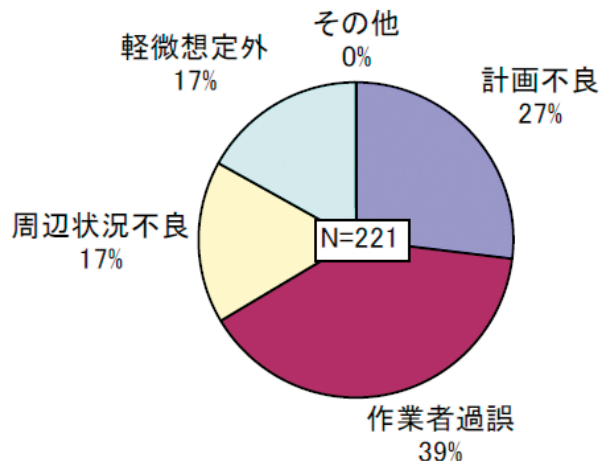


図 10 保守不良の原因の内訳

あった「計画不良」が多いことがわかった。

4. 保守不良の分析

4.1 作業実施段階の人的過誤の分析

4.1.1 分析対象

過去 3 年間の原子力施設情報ライブラリーに登録された不具合のうち、「保守不良」として抽出した 174 事象のうち、「作業者過誤」を含む 89 事象中、人的過誤の分析が可能な情報量を含む 86 事象について以下の人的過誤の分析をした。

4.1.2 人的過誤のタイプ分類

「作業者過誤」を図 7 の分類表のうち「人的過誤のタイプ」の項目で分類した件数の比較を図 11 に示す。この図から次の 3 つの人的過誤タイプの件数が多いことがわかった。この 3 タイプが全体の約 8 割を占める。

(1) コミッショント型の「推論誤り」

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ときに結果を心配せず見込み違いをした。

(2) オミッショント型の「確認誤り」

現状を理解する段階で確認を省略し、確認不足になった。

(3) コミッショント型の「行動誤り」

やろうとしたことは正しかったが、行動をし損

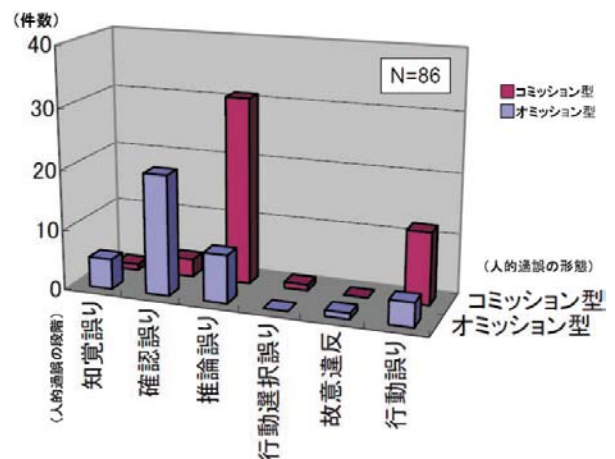


図 11 人的過誤のタイプ別件数の比較

なった（手が滑った、ぶつけた等）。

4.1.3 個人要因

次に、「作業者過誤」を図7の分類表のうち「個人要因」の項目で分類した件数を集計した結果を図12に示す。

個人要因を一般特性と個人特性に分けて集計した結果では、一般特性が多く、中でもいつもどおりやってしまう「慣れ・習慣」が多く見られた。この一般特性とは、人間の生まれ持った制約のことで、誰も持っている、本人が意識しておかないとつい失敗してしまうような特性であり、対策の方向性としては、まずは本能を理性で制御するように、個人の心がけが重要になり、「慣れ・習慣」については懐疑的態度の醸成などが上げられる。しかし個人の努力

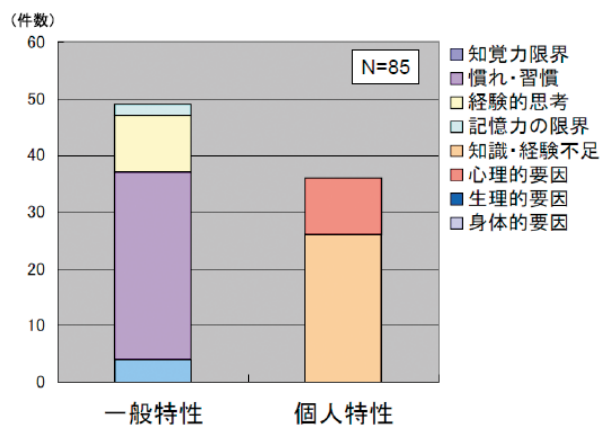


図12 個人要因の件数比較

に頼るのも自ずと限界があり、継続性を維持するためには組織的な支援や共通する状況の改善を考える必要がある。

要因別では、「慣れ・習慣」の次に「知識・経験不足」が多く見られ、この2要因が全体の7割を占めた。

4.1.4 個人要因と人的過誤のタイプの組み合わせ

図7の分類表の「個人要因」と「人的過誤のタイプ」の組み合わせのパターンとその件数を図13に示す。この図は過去3年間で3件以上発生した組み合わせを示している。

グラフの見方は、Aの個人要因により、Bのタイプの人的過誤をしたということを、「A + B」と記述している。「慣れ・習慣+確認の省略」は、『慣れ・習慣』という個人要因で、『確認の省略』というタイプの人的過誤をした」というように見る。この組み合わせは、「いつもどおりだと思って確認しなかった」場合を示す。

6件以上の組み合わせは6パターンあり、その説明を表7に示す。6パターン中5パターンには、懐疑的態度の不足である「慣れ・習慣」か、推論の結果を心配していない「見込み違い」のどちらかを含むことから、作業者が不具合に至るような状況や結果を心配しなかった場合が過誤につながりやすいと言える。残りの1パターンは作業者への基本的な教育・訓練の不足が考えられる「知識・経験不足」による「確認の省略」である。

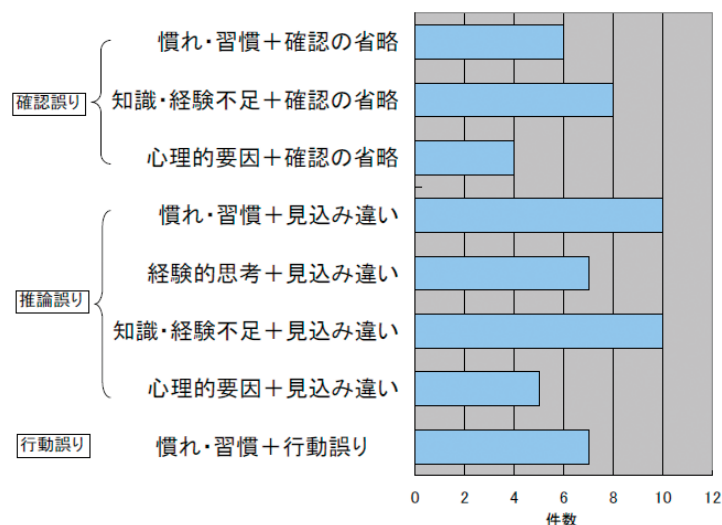


図13 個人要因と人的過誤のタイプの組み合わせ

表7 個人要因と人的過誤のタイプの組み合わせパターン

パターン	件数	説明
「慣れ・習慣」による「見込み違い」	10	いつも通りうまく行くだろうと思って結果を心配しなかった。
「知識・経験不足」による「見込み違い」	10	リスクなどをよく知らないので結果を心配しなかった。
「知識・経験不足」による「確認の省略」	8	確認事項をよく知らないので確認しなかった。
「経験的思考」による「見込み違い」	7	この程度で大丈夫と思っていたが、結果はうまくいかなかった。
「慣れ・習慣」による「行動誤り」	7	いつも通り行動して、その結果、間違った行動になった
「慣れ・習慣」による「確認の省略」	6	いつも通りと思って確認しなかった。

4.1.5 個人要因と背後要因間の組み合わせ

次に、「作業者過誤」がどの程度、背後要因の影響を受けたのかを見ていく。図7の分類表の「背後要因」は「作業者過誤」に影響したすべての要因を重複して選択するようにしている。その「作業者過誤」に影響した背後要因の件数を図14のグラフに示す。「作業者過誤単独」は背後要因の影響を受けない作業者単独の過誤の場合を示し、「作業者過誤+1背後要因」は「計画不良」などの背後要因が1件影響した場合、「作業者過誤+2背後要因以上」は「指示・連絡不良」と「環境不良」などの2要因以上の組み合わせで影響した場合のそれぞれの件数を示す。その結果、「作業者過誤」単独が多く6割近くになり、背後要因が影響した件数は少ないことがわかる。

一般に人的過誤の防止や人的過誤の影響緩和のためには、背後要因の問題点や背後要因と個人との接点の改善が必要と言われているが、ニューシアの記述内容を分類した結果からは、改善すべき対象である背後要因の影響を受けたと考えられる作業者過誤は、背後要因の影響を受けない作業者過誤単独より少なかった。このことから作業者自身への何らかの対策強化の必要性、あるいは報告書作成時点での根本原因の分析不足が示唆される。

4.1.6 背後要因の影響の特徴

最後に「作業者過誤」を、図7の分類表の個人要因とそれに影響した背後要因の関係を件数で比較することでその特徴を整理した。

図15は、「作業者過誤」全数の個人要因を、いつも誰でも持つ特性である一般特性と、状況や個人固

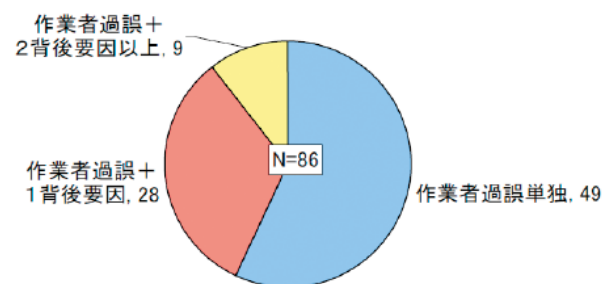


図14 作業者過誤の要因組み合わせ件数

有の特性である個人特性に分けて表示し、それぞれ、他の背後要因の影響を受けない作業者単独の過誤、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。

この図からは、「慣れ・習慣」が最も多く、「知識・経験不足」がそれに続き、これらは他の背後要因の影響を受けない作業者単独の過誤が約半数を占めることがわかる。寄与した背後要因は、「慣れ・習慣」における「作業環境不良」の割合が他の要因よりやや高い。これらは、作業環境が違うのにいつも通り行動したケースである。「知識・経験不足」には「計画不良」と「指示連絡不良」が含まれるが、これは知識や経験不足している作業者に対し手順書や指示が不適切であったケースである。

一般的に考えられる改善の方向性として次のようなことがある。

- (1) 「慣れ・習慣」については、作業環境等の状況のいつもとの違いに対して作業者自身への懐疑的態度の醸成と維持、または作業者が状況の違いに気づきやすい方法を検討する。
- (2) 「知識・経験不足」については、作業者への教育・訓練、指示者による作業者の知識の把握、または作業者の知識に応じた指示方法や手順書の改

善による支援策を検討する。

4.2 作業計画段階の人的過誤の分析

4.2.1 分析対象

次に、計画段階の計画不良に関する、計画者の人的過誤、すなわち表2の定義のうちの「計画者過誤」の分析結果を示す。分析対象を図16に示す。

計画不良は

- 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

と定義しているが、この内、②の記載間違いに至った計画者の人的過誤を「計画者過誤」として分析した。

過去3年間の原子力施設情報ライブラリーに登録された不具合のうち、保守不良として抽出した174事象のうち、「計画不良」を含む事象は59事象あった。計画不良のうち、情報が少なく分析不能なものを除いた要因分類の内訳を図17に示す。「規則・手順書類に 記載なし、曖昧」が31件、「規則・手順

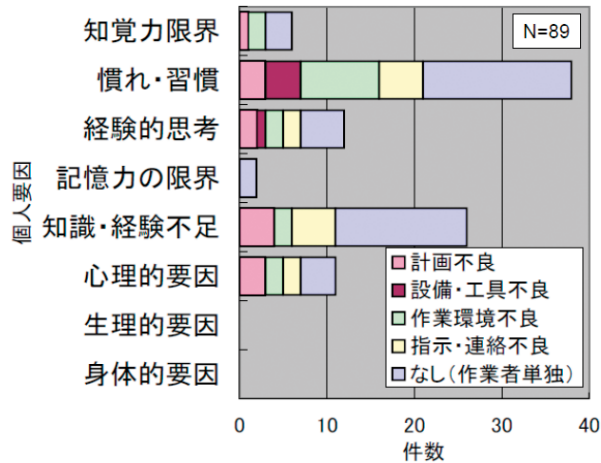


図15 作業員過誤の個人要因と影響した背後要因との関係の比較

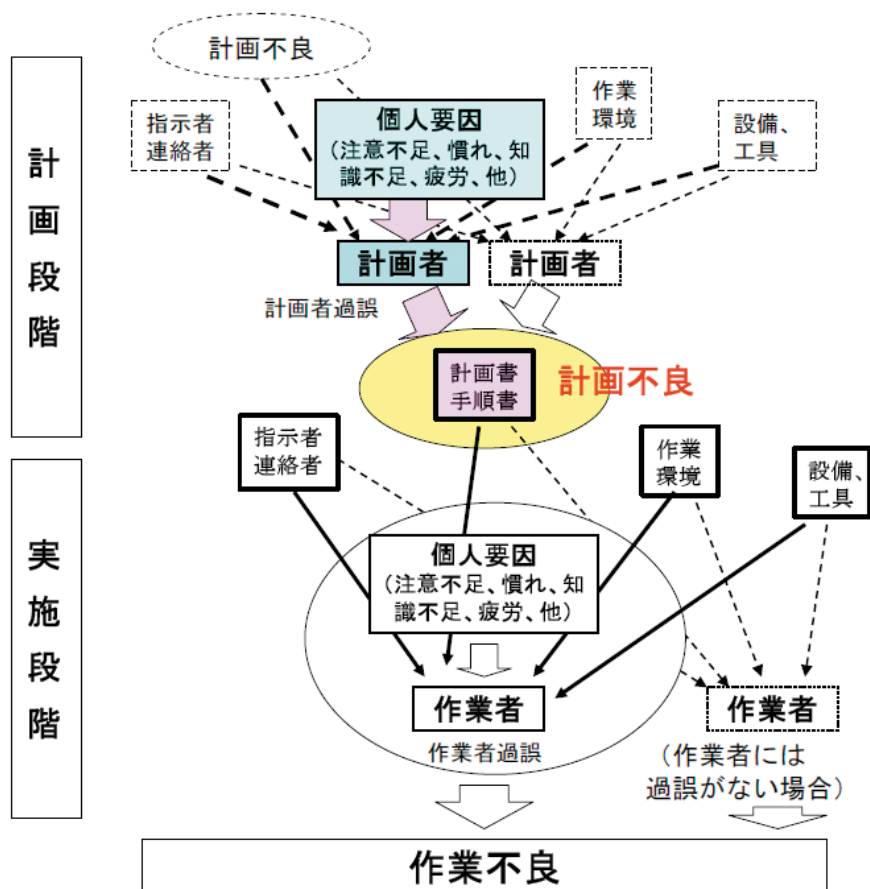


図16 計画段階の人的過誤の分析対象

書類の記載間違い」が28件であった。後者のうちの「計画者の過誤」を対象とし、人的過誤のタイプと個人要因、背後要因を分析した。

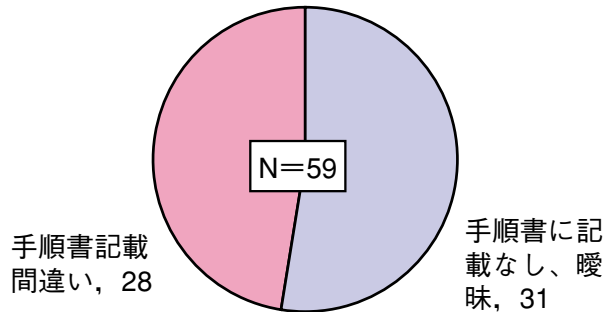


図17 計画不良の内訳の比較

4.2.2 人的過誤のタイプ

保守不良の計画不良から「計画者過誤」を抽出し、図7の分類表のうち「人的過誤のタイプ」の項目で分類した件数の比較を図18に示す。このグラフから「計画者過誤」の人的過誤のタイプは、コミッション型の推論誤り、すなわち見込み違いが突出していることがわかる。このタイプだけで全体の6割を占める。

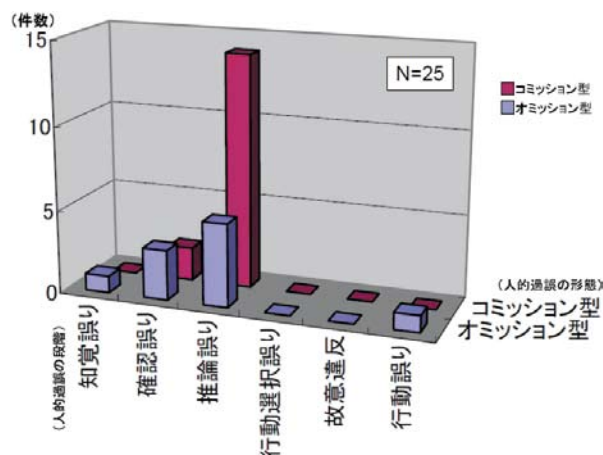


図18 計画者過誤の人的過誤のタイプ別件数の比較

4.2.3 個人要因

次に、「計画者過誤」を図7の分類表のうち「個人要因」の項目で分類した件数を集計した結果を図19に示す。

個人要因は、「経験的思考」と「知識・経験不足」が多いことがわかった。「経験的思考」の防止には計画策定時に計画者が条件やドキュメントの確認を確実に履行することや確認者が確実にチェックすることが有効と考えられ、そのための条件確認項目の明確化等が課題になると考える。また、「知識・経験不足」は「作業者過誤」でも多く見られた要因であり、計画者に対する教育・訓練の実施や計画者の知識に応じて参照できるドキュメントやデータベースの充実等の支援策の検討が課題になる。

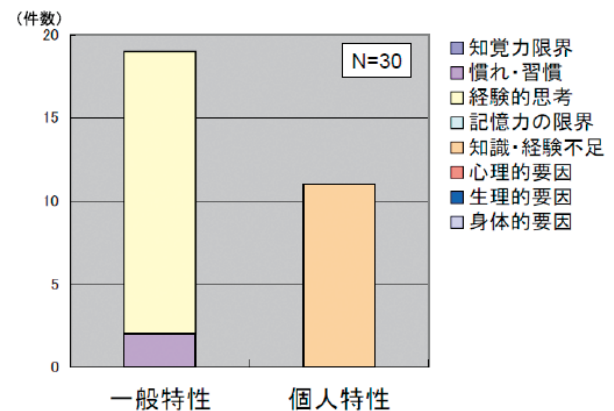


図19 計画者過誤の個人要因の比較

4.2.4 背後要因の影響の特徴

前述の「作業者過誤」では、個人要因と、それに影響した背後要因の組み合わせについて細かな分析を行ったが、「計画者過誤」の場合は、件数が少なく、ほとんど個人要因以外の背後要因が抽出できなかった。

「計画者過誤」を、図7の分類表の個人要因とそれに影響した背後要因の関係を件数で比較することでその特徴を整理した。その結果を図20に示すが、すでに「計画者過誤」の個人要因として「経験的思考」と「知識・経験不足」が多いことがわかっているが、その8割以上が背後要因の影響を受けない計画者単独の過誤であった。

計画作業は、承認者や確認者を除いて計画者が単独で執務室環境で実施することから背後要因の影響を受けにくいと考えられる。「経験的思考」や「知識・経験不足」の防止のための課題は前項に述べたとおりであるが、特に計画者単独の過誤を防止するため、確認者による確実なチェックや計画策定時に計画者が条件や知識ベースを確認するためのドキュ

メントやデータベースの充実が課題となると考える。

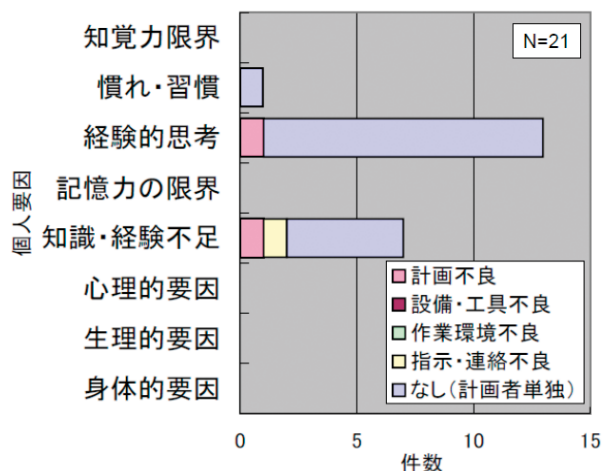


図 20 計画者過誤の個人要因と影響した背後要因との関係の比較

5. まとめ

原子力発電所における人的過誤の防止策を検討するに先だち、まず必要となる人的過誤の内容を詳細分析する新しい方法を考案した。この分析法は、判断行動の段階で6分類し、また、それぞれをオMISSION型とコミッション型で2区分して12に分類し、さらに、人的過誤に至った当事者の個人要因を一般特性と個人特性に2区分して要因内容を定め、人的過誤の発生要因を選定できるようにした。また、人的過誤は個人要因だけでなく背後要因の影響も受けるので、ホーキンスのSHELモデル⁽¹²⁾を参考に背後要因を計画不良、設備・工具不備、環境不備、指示・連絡不備の4つに区分して具体的な要因内容を定め、人的過誤に影響した要因を選定できるようにした。この分析法は海外のINPO、WANO等の運転経験情報と国内のニューシアに登録されている不具合情報の傾向分析に適用できるよう考慮したものである。また、分類項目は、原子力発電所の保守作業や運転に関わる現場の作業員、操作者、計画者および原子力発電所の業務に従事した経験のある分析者が常に意識しやすいと考えられる状況または用語を考慮して選定した。

次に、この分析法を適用し国内の原子力発電所で過去3年間に発生した保守不良をこの分類項目で分析し、それらの人的過誤の特徴を抽出した。

その結果、作業実施段階における「作業員過誤」のタイプは、コミッション型の「推論誤り」(見込み

違い等)、オMISSION型の「確認誤り」(確認不足等)およびコミッション型の「行動誤り」(し損ない等)の3タイプが多く見られた。その個人要因は、いつも通りだと思って注意を払わない「慣れ・習慣」が最も多く、次に「知識・経験不足」が多く見られた。これらは他の背後要因の影響を受けない作業員単独の過誤が約半数を占めた。

作業計画段階で間違った手順書等を作成した「計画者過誤」のタイプのほとんどは、コミッション型の「推論誤り」(見込み違い等)であった。その個人要因は、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」が多く、他の背後要因の寄与はほとんどなかった。

今後の課題は、これらの分析結果から保守不良における人的過誤防止策を検討することであり、以下について具体的に検討していくこととする。

- (1) 作業員の懐疑的態度醸成の方策
- (2) 作業員および計画者の知識・経験レベルの把握と向上または支援の方策
- (3) 計画者の計画時の条件確認項目の明確化

また、国内の運転不良や海外の保守不良と運転不良にも本研究で示した分析方法を適用し、人的過誤の特徴を抽出するとともに、運転部門と保守部門との連携における人的過誤についても検討していく。

なお、新しい分析法は、不具合の傾向分析の結果から特に注意が必要な原因を抽出し、それぞれに対応した対策を具体的に提言することを最終目標に検討したものであり、適用した分類項目は、分析者だけでなく現場の作業員等が常に意識しやすい項目であることも今後確認し、さらに改善すべき点があれば見直すものとする。

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ヒューマンファクター研究センターの松井裕子副主任研究員、後藤学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。

以上

文献

- (1) 宮崎孝正：経年劣化と人的過誤を取り入れた原

- 子力発電所不具合事象の新しい原因分類法, INSS JOURNAL, Vol. 13, p.261 (2005).
- (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/> (2006年12月28日最終アクセス).
- (3) E. Hollnagel: "Why "Human Error" Is A Meaningless Concept.", Position Paper for NATO CONFERENCE ON HUMAN ERROR, August 1983, Bellagio, Italy, Erik Hollnagel OECD Halden Reactor Project, Norway. (1983)
- (4) 黒田勲：ヒューマン・ファクターを探る, 中央労働災害防止協会 (1988).
- (5) 行待武生：“ヒューマンファクターズとヒューマンエラー” ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ pp.13-19, テクノシステムス (2004).
- (6) E. Hollnagel: Cognitive Reliability and Error Analysis Method. Oxford, Elsevier (1998).
- (7) 独立行政法人原子力安全基盤機構：平成16年度人間・組織等安全解析調査等に関する報告書 (1/3) トラブル事象等の人間・組織の調査分析に基づく知見・教訓の蓄積 (2005).
- (8) 財団法人原子力発電技術機構：“人的過誤事例分析評価手法” 平成10年度実用原子力発電所ヒューマンファクター関連技術開発に関する報告書 (1998)
- (9) R. Kubota: "Analysis of organisation-committed human error by extended CREAM", Cognition Technology & Work pp.67-81, Springer London (2001).
- (10) J. Leplat and J. Reason: "Analysis of Human Errors in Industrial Incidents and Accidents for Improvement of Work Safety." In: J. Rasmussen, K. Duncan, J. Leplat (Ed.), New Technology And Human Error: John Wiley & Sons, (1987).
- (11) 石田敏郎：“バリエーションツリー” ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ pp.117-127, テクノシステムス (2004).
- (12) 河野龍太郎：“ヒューマンエラー分析支援システム Fact Flow advanced の開発” ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ pp.129-138, テクノシステムス (2004).
- (13) 財団法人電力中央研究所：ヒューマンファクター分析・評価手法－J-HPES 手順書－, (1990).
- (14) 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 pp.141-146, テクノシステムス (2004).
- (15) J. Reason: "A Framework for Classifying Errors." In: J. Rasmussen, K. Duncan, J. Leplat (Ed.), New Technology And Human Error: John Wiley & Sons, (1987).
- (16) 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 pp.239-246, テクノシステムス (2004).
- (17) 高川健一他：原子力発電所運転員のチームモニタ不良防止対策, INSS JOURNAL, Vol. 12, p.97 (2005).
- (18) 稲垣敏之：“事例研究と対策－航空” ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ pp.431-453, テクノシステムス (2004).
- (19) M. Endsley: "Towards a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems", Human Factors, Vol.37, No. 1, pp.32-64 (1995).
- (20) 吉川榮和 (編)：ヒューマンインターフェースの心理と生理 pp.94-96, コロナ社 (2006).
- (21) J. Reason: "Human Error", Cambridge University Press (1990).
- (22) F.H. Hawkins: "Human Factors in Flight, 2nd Ed.," Avebury Technica, (1993)