六ヶ所再処理工場の人的過誤に係る事象の 傾向分析とその未然防止対策の評価

山崎 悟^{1,*}, 田中 泉², 若林 利男³

Trend Analysis of Human Error Events and Assessment of Their Proactive Prevention Measure at Rokkasho Reprocessing Plant

Satoru YAMAZAKI^{1,*}, Izumi TANAKA² and Toshio WAKABAYASHI³

^{1,2}Japan Nuclear Fuel Limited, 4-108 Aza Okitsuke, Oaza Obuchi, Rokkasho-mura, Kamikita-gun, Aomori 039-3212, Japan

³Department of Quantum Science and Energy Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University,
6-6-01 Aza-Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan

(Received June 1, 2011; accepted in revised form January 4, 2012; published online July 27, 2012)

A trend analysis of human error events is important for preventing the recurrence of human error events. We propose a new method for identifying the common characteristics from results of trend analysis, such as the latent weakness of organization, and a management process for strategic error prevention. In this paper, we describe a trend analysis method for human error events that have been accumulated in the organization and the utilization of the results of trend analysis to prevent accidents proactively. Although the systematic analysis of human error events, the monitoring of their overall trend, and the utilization of the analyzed results have been examined for the plant operation, such information has never been utilized completely. Sharing information on human error events and analyzing their causes lead to the clarification of problems in the management and human factors. This new method was applied to the human error events that occurred in the Rokkasho reprocessing plant from 2010 October. Results revealed that the output of this method is effective in judging the error prevention plan and that the number of human error events is reduced to about 50% those observed in 2009 and 2010.

KEYWORDS: human error, trend analysis, error management, quality management system, Rokkasho, reprocessing plant

I. 緒 言

六ヶ所再処理工場では、現在、操業に向けて段階的に試験運転を行っている。試験運転では、最終段階である使用済燃料による総合試験(以下、「アクティブ試験」という。)を2006年3月31日から実施している¹⁾。

これらの試験では、機器の動作や性能の確認等を行い、あわせて機器等の不適合等事象(以下、「不適合」という。)や故障を操業前に早期に見つけ出し、手直しを行い、試験を通じて、運転員や保修員の技術力の向上、運転手順書の充実を図っている¹⁾。この間、様々な不適合が発生しており、いかなる安全な機械や装置であっても、それを操作する運転員の操作ミスや保守を行う作業員の作業ミスによ

る人的過誤に係る不適合の発生により、未然防止活動が有効に機能していない。

一方、原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構は2008年3月に原子力関連施設の事業者による人的過誤の事故・トラブルの自律的取り組みを評価し、これを促すための視点を指針として「人的過誤の直接要因に係る不適合等を是正するための事業者の自律的取組を規制当局が評価するガイドライン」を公開している²⁾。原子力発電所では上記ガイドラインに基づき、人的過誤に係る不適合のデータを蓄積し分析結果に共通的な問題が見出された場合、必要に応じて予防措置を立案し、評価・実施している。また、原子力発電所の各事業所では、人的過誤に係る不適合の情報をもとに傾向分析を行い、この取り組みの中で共通的な問題を抽出して人的過誤に係る重大な不適合の再発防止策を検討して活動している。日本原子力技術協会は、各発電所がニューシアへ上記の情報を登録したトラブル情報からヒューマンファクターの観点でトラブルの発生要因を

¹ 日本原燃㈱ 再処理事業部運営管理部生産管理課

² 日本原燃㈱ 再処理事業部安全管理部

³ 東北大学大学院 工学研究科量子エネルギー工学専攻

* Corresponding author, E-mail: satoru.yamazaki@jnfl.co.jp

抽出して、再発防止に結び付くようなデータを提示できるよう分析を進めている³⁾。さらに電力中央研究所ヒューマンファクター研究センターは、ヒューマンファクター事象の分析対象行為と背後要因を分類表より傾向分析等を行い、日常的にエラー低減、重大事故の未然防止を目指すエラーマネジメントプロセスを提案しているが、今後、実際に発電所に適用して展開を図る予定としている⁴⁾。

六ヶ所再処理工場においても同様に人的過誤に係る不適合の直接要因を分析することにより、今後、発生し得る人的過誤に係る不適合を想定し、操業運転における不適合の未然防止に役立てていくことが求められ、2008年12月から自主的にルールを構築して運用している。

しかし、再処理工場における「せん断・溶解」、「分離」、「精製」、「脱硝」等の複数のプロセスは多岐に渡り、さらに各プロセスの設備・機器の運転操作は、ブロックごとに構成された複雑な制御システムのため、工場全体として共通的な問題を抽出して傾向分析を行うことが難しい状況にある。また、現在、再処理工場で発生した人的過誤に係る不適合の発生件数や割合をグラフによる可視化を行っているが、発生部門別、事象別、要因別等に対する相関関係を解明し、人的過誤に係る不適合の未然防止を現場レベルで日常管理する活動プロセスは十分に構築されていない。

そこで本研究は、筆者が再処理工場のアクティブ試験中(2006年3月31日～2010年9月30日)において発生した人的過誤に係る不適合のデータベースに蓄積された情報を分類整理し、多変量解析手法を適用した体系的な傾向分析手法により評価を行い、その結果を用いて対策実施の活動プロセスへの新たな提案を行うことを目的とする。さらに、

提案した傾向分析結果に基づき対策を策定し実施した活動を評価した。

II. 分析対象の分類

1. 不適合の分類

再処理工場では、品質管理課が「原子力発電所における安全のための品質保証規程：JEAC4111-2009」⁵⁾に基づく品質マネジメントシステムを構築し、JEAC4111の要求事項を踏まえて不適合管理、データの分析、改善(是正処置、予防処置)に係る活動を実施している。不適合とは、「要求事項を満たしていないこと」をいう。不適合の処置を行う再処理工場の担当課(以下、「担当課」という。)は、**Fig. 1**のとおり、事象ごとに再発防止のため、不適合の原因を特定し、再発防止策を実施している⁶⁾。また、**Fig. 2**のとおり、類似事象の不適合の発生を防止するために、他の施設・設備等に水平展開を図り、予防処置を実施している⁵⁾。

本研究の分析対象は、アクティブ試験中に発生した運転部門(10部署)、保修部門(3部署)、放射線管理部門(3部署)の不適合とした。さらに筆者は、**Fig. 1**に示す不適合のデータベースから各プロセス設備を管理している担当課ごと、発生事象別の分析に必要なデータを抽出した。

2. 人的過誤の分類

人的過誤に係るガイドライン¹⁾では、人的過誤を以下のように定義している。再処理工場においても同様の定義としている。

Fig. 1 不適合等管理のフロー

Fig. 2 類似事象の確認に関する実施フロー

「要求された基準から逸脱した設計、製作、施工、運転、保守・管理等に関する人の行為」

上記の定義について、品質管理課は、人的過誤に係る不適合を Fig. 3 に示すフローをもとに分類しデータを蓄積している。さらに、アクティブ試験において発生した人的過誤によって引き起こされた多くの不適合は、運転、保守・管理等のどこかに人的要因が介在しており、これらすべてについて人的過誤と一括して分析を行うことは実際的ではない。人的過誤を低減するためには、発生事象をヒューマンファクターの観点から分類・評価を行い、未然防止の対策が必要である。人的過誤には様々な要因があり、その影響を受けながら人間と周囲の間のミスマッチにより引き起こされる。品質管理課は、人的過誤に係る人間を取り巻く周囲の要因を Fig. 4 に示す m-SHEL モデル⁷⁾を踏まえて Fig. 3 のフローより分類し、Table 1 に示す人的過誤の分類表から要因を抽出する。分類方法の一例を挙げると本人の思い込み(主観的な問題)で手順書どおり作業を実施せずに発生した不適合は、Table 1 より「L-1-1」に分類される。

なお、筆者は上述の蓄積された人的過誤によって引き起こされた不適合の情報を確認し、さらに分類が適切にされているか整合性を図り、必要に応じて見直し修正を行った。

3. 分類結果

人的過誤によって引き起こされた不適合の分類の結果、Fig. 5 に、人的過誤に係る不適合の事象ごとに発生比率を示す。主な事象ごとの発生比率は、誤動作・動作不良事象27%、文書類の不備に係る事象20%、機器等の損傷に

Fig. 3 人的過誤に係る分析実施フロー

係る事象7%、漏えい事象5%、警報に係る事象5%である。また、Fig. 6 に、人的過誤の要因ごとの発生比率を示す。

主な特徴を m-SHEL の分類でみた場合、S：文書類の問題18%、H：機器類・表示等の問題5%、E：作業環境等の問題3%、L：本人の思い込み等の問題37%、L：周囲の人とのコミュニケーションの問題が8%、m：マネジ

Fig. 4 m-SHEL モデル

Fig. 5 人的過誤に係る事象ごとの発生比率

Fig. 6 人的過誤の要因ごとの発生比率

メント・計画の問題29%である。

III. 分析手法

1. 多変量解析

品質管理課は、上述で示した人的過誤によって引き起こ

された不適合を分類し発生件数や割合を円グラフ等により視覚化して分析を行っている⁵⁾。この手法では、全体的な傾向は掴めるものの「発生事象」、「人的過誤」等、多数の変数の関係を同時に把握する分析が困難である。

本研究において筆者は、不適合の管理に使用しているク

Table 1 人的過誤の分類表

大分類	中分類	小分類	付番	例 示
S(ソフトウェア) : 基準, 仕様書, マニュアル, チェックシートなどの文書類	文書類の問題	当該文書類なし	S-1-1	電源遮断する際の手順書がなく正しい電源遮断の手順を行わなかった。
		文書はあるが該当する記述なし	S-1-2	コンセント使用手順には, 負荷を接続する際, 定格容量を確認するルールがなかった。
		記載間違い	S-1-3	基準, マニュアル, 仕様書, 手引き, 作業要領書, 作業手順書の記載に間違いがあった。
		変更し忘れ	S-1-4	前回実施時の改善内容(『電磁弁供給電源』→『リレー電源』の順番で盤内ブレーカを切る)を手順書に反映していなかった。
		不明確	S-1-5	作業要領書に吸着剤充填量に関する具体的な記述がないため, 充填量が交換前よりも多くなった。
H(ハードウェア) : 機器類(建物・構築物, 設備・機器), 工具等(計測器, 治工具), 表示など	機器類, 工具等の問題	誤認しやすい	H-1-1	流量計の向きが逆に取り付けられ, 正しく動作していないことに気付かなかった。
		誤った取り扱い	H-1-2	ハシゴに絡んだグラインダのコードを外す際, グラインダを停止することなく振って外そうとしたため, 誤って機器を損傷させた。
	表示, 銘板, タグの問題	ない	H-2-1	試料を入れた段ボール箱と廃棄物を入れた段ボール箱が混在していた上, 内容表示がなかった。
		間違い	H-2-2	注意表示の内容が改訂されていなかった。
		分かり難い/み難い	H-2-3	弁の開閉方向の表示が読み取り難い(開方向に“O”, 閉方向に“S”の表示)。
E(環境) : 物理的環境, 作業時間, 作業特性	物理的環境の問題	環境が悪い(温度, 湿度, 照度, 騒音, 粉塵)	E-1-1	暗所であり, 光源がないと機器のタグが識別できなかった。暗所のため, 障害物が確認しづらかった。
		作業し難い(狭い, 高い, 低い, 滑る)	E-1-2	テレビカメラにより確認したが, 試料の状態がみえ難かった。
	作業時間, 作業特性の問題	他と同時並行の作業	E-2-1	状態監視を実施しながらログシートの作成を実施していたため, 注意が疎かになっていた。
		深夜・早朝作業	E-2-2	いつも仕事をしている時間帯と違うため, 慣れていなかった。
		突発的な作業	E-2-3	急な作業で準備が不十分だった。
L1(本人) : 主観的要素, 身体的・精神的要素, 技能的要素, 違反行動	主観的な問題	思い込み, 自意識過剰, 注意力不足, 習慣	L-1-1	ケーブル2本を解線するだけで+側に合いマークを付けたが接続側には合いマークせず, 接続時に+の接続を誤った。過去の点検実績から影響がないと思い込んでいた。養生・表示がなかったため汚染はないと判断してしまった。手続きが必要と認識していたが, 作業に気をとられ, 処置を失念した。最初の測定で汚染が発見されなかったため, 汚染が無いという思い込みがあった。
	身体的な問題	過労, 怪我, 体調不良, ハンデキャップ	L-2-1	空腹, 眠気, 便意, 体調(疲労・病気・ケガ)
	精神的な問題	心神喪失, プレッシャー	L-3-1	作業が遅れ, 非常に追いつめられた心境となった。
	技能的な問題	知識不足, 経験不足, 訓練不足	L-4-1	作業経験が7日しかなく, ルールを十分認識していなかった。
	違反行動	指示・手順の意図的な違反, 無視	L-5-1	扉に表示があるが遵守されなかった。①開閉の際はロックを確実に行うこと。
Ln(関係者) : 作業体制, コミュニケーションなど	作業体制(人数, 分担)の問題	計画より人数が多い/少ない	N-1-1	全員が整う前に作業を開始してしまった。
		単独作業	N-1-2	測定対象物が多く, また測定者と物品を移動する作業員が同一であったため, 測定がずさんになった。
		作業分担がない/間違い/不明確	N-1-3	作業前に, 3箇所に分かれて監視することにしたが, 各々の監視の役割分担までは確認しなかった。異常時の連絡等は他の人が行っているものと考え, 自分が連絡する必要はないと判断した。
	コミュニケーションの問題	作業前の事前確認がない/間違い/不明確	N-2-1	TBMでサーベイポイント等が作業員に十分周知されていなかった。
		作業指示がない/間違い/不明確	N-2-2	指示する際, 対象の系統を当然把握していると思い, 明確に伝えなかった。
m(マネジメント) : 管理者のマネジメントに関するもの	計画の問題	引継ぎ, 連絡がない/間違い/不明確	N-2-3	監理員が, 作業責任者へ指示を出すべきところを, 作業員に対して直接作業開始許可を与えてしまった。
		集団的なルール不遵守	N-3-1	計画書の記載事項を現場で変更したにも係わらずなら連絡もなく作業が行われていた。
	要員管理の問題	実施困難/無理な計画	M-1-1	作業計画書では複数の隔離作業の順番が明確でなかった。
		計画自体がずさん/稚拙	M-1-2	当該作業で既設機器に損傷を及ぼすことまでは考慮していなかったため, 養生をする計画としていなかった。
		教育・訓練が必要という認識がない, 力量把握がされていない/不適切	M-2-1	作業者が初めて行う作業であったが, 管理者はそのことを把握しておらず, 口頭で作業指示しただけだった。
	作業管理の問題	情報提供(工程, 手順, 関連作業等)が不足	M-3-1	作業計画書が変更になったことについて, 作業者への周知が不十分だった。
		ホールドポイントでの確認がなかった/不適切	M-3-2	ボルト締付けを行った後, トルクレンチで確認すべきところ, 締付け状態確認の必要がないとしていた。

ロス集計表をもとに多数の変数を統計的に扱う手法として、多変量解析のうち対応分析^{8,9)}を提案した。対応分析は、「クロス集計表」を点グラフ化する分析手法である。クロス集計表の行要素と列要素の情報を2次元上の図に表現することを目的とした手法であり、クロス集計表の詳細な分析に適している。一般に対応分析を行うためには、計算負荷が高く手計算では極めて困難だが、コンピュータにより、容易に実行できる。

本研究では、対応分析の計算ソフトウェア『WordMiner』を使用した。対応分析はクロス集計表の行要素と列要素の相互関係が最大になるように数量化し、散布図に表現する手法である。散布図の解釈は、特に関連の

強い要素が近くにプロットされ、関連が弱い要素は遠くにプロットされる。また、行要素と列要素間の分類に共通的なデータが中央付近にプロットされる。このように複数の要素間の相互関係を読み取ることができる。従来の円グラフだけでは読み取り難い傾向を分析することができる。

Figure 7 に、対応分析の計算に使用したクロス集計表および散布図の例を示す。この図において、本人の思い込み(L-1-1)の要因は中心付近にプロットされ、警報発報等と相関がある。上記のように要因と発生事象の相関を把握することで、実効性のある対策が策定可能になると考える。一例を挙げると本人の思い込みによる誤操作に気付かず液移送等を行い、警報発報に係る不適合の未然防止対策

発生事象-人的過誤の分類結果											
	行和	E-2-1	H-1-2	L-1-1	L-3-1	L-4-1	M-3-2	N-2-1	N-2-3	S-1-2	S-1-5
列和	47	1	5	15	1	3	6	4	8	3	1
その他(不適合)	8	0	0	1	1	0	0	3	3	0	0
圧力変動	6	0	3	2	0	1	0	0	0	0	0
警報	13	0	0	5	0	1	1	0	5	1	0
誤動作	8	1	0	2	0	1	1	1	0	2	0
損傷	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
電源喪失	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
文書	4	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1
漏えい	4	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0

対応分析の処理結果

発生事象	距離
その他(不適合)	2.26
圧力変動	2.13
警報	0.56
誤動作	1.46
損傷	3.53
電源喪失	2.13
文書	3.21
漏えい	3.60

※中心からの距離

人的過誤	距離
E-2-1	4.88
H-1-2	4.33
L-1-1	0.21
L-3-1	4.88
L-4-1	0.92
M-3-2	2.53
N-2-1	2.67
N-2-3	1.24
S-1-2	2.01
S-1-5	10.75

凡例：発生事象、人的過誤の分類

Fig. 7 対応分析のクロス集計表と散布図(イメージ)

は、ホールドポイントを設けて周囲の人間によりダブルチェックを実施することが考えられる。

2. 傾向分析のねらい

再処理工場の人的過誤によって引き起こされた不適合の傾向分析の結果をもとに担当課が実効性のある対策を実施することが重要である。また、工場全体の傾向分析では、共通的な問題として捉えられ、対策は意識レベルを向上させる等、一般化され日常業務は改善されない可能性がある。対策は、担当課別、事象別、要因別に相関関係を解明し、人的過誤に係る不適合の未然防止を現場レベルで日常管理する必要がある。

したがって、担当課が傾向分析の結果、実効性のある対策につなげるためには、発生した事象に対する人的過誤の要因を抽出し、事象と要因間の相互の位置付けや重み付けを行い、分析することで解決すべき問題を洗い出すことが大切である。

分析のねらいは、人的過誤によって引き起こされる事象の未然防止のために、作業の計画段階でリスクを抽出し、人的過誤の内在する業務を改善することである。また、人的過誤は、日常の行動で本人や他者がエラーした瞬間を目にすることはあるが、そのようなエラーは表面化する前に訂正・修復されるので、あまり問題にはならない。問題になる人的過誤は、その発生自体ではなくて、結果を通じてのみ検出されることである。

再処理工場において、漏えい、損傷、誤動作・動作不良等の不適合が発見されると、不適合として処理され、その後原因究明と続き、是正処置が実施される。その過程の中で人的過誤に関する対策は、再処理工場の組織全体に事象の共有、周知徹底で終えてしまうこともある。また、人的過誤が生じた場合、事象の周知や当該手順書の改正等の活動の繰り返しの傾向にある。多少の手間は掛かるものの、人的過誤を誘発した要因である PSF¹⁰⁾ (Performance Shaping Factor : エラー誘発要因) をしっかり抽出する必要がある。さらに PSF に対する未然防止対策や水平展開の必要性の検討を行い、職場において人的過誤を未然防止するために取り組むべき対策を実施し、継続的改善を行うことが大切である。人的過誤の未然防止に向けた活動を展開するには、担当課が日常業務において実効性のある対策を立案可能な傾向分析が必要不可欠である。

そのためには、担当課は人的過誤に関する事象の要因の傾向分析に基づき、特徴を把握して対策を策定することが重要であると考えられる。人的過誤に関する PSF の抽出や傾向分析をもっと重要視する必要がある。

IV. 分析結果

アクティブ試験中(2010年9月30日)の人的過誤の分類結果のデータより、筆者は対応分析により発生部署ごとに人的過誤の要因と発生事象の相互関係を明確にした。以下

に、各部門の傾向分析結果の主な特徴を示す。

1. 運転部門(運転操作作業)の傾向分析

Figure 8 に運転部門(運転操作作業)における傾向分析結果を示す。以下に、主な特徴を示す。

(1) L-1-1(思い込み等)、L-3-1(プレッシャー等)の要因は、運転部門(運転操作作業)で発生した多くの人的過誤の不適合の共通要因である。

(2) 誤動作・動作不良の不適合は、L-1-1(思い込み等)、M-3-2(ホールドポイントでの確認不足)の要因と相互関係がある。

2. 保修部門(保修作業)の傾向分析

Figure 9 に保修部門(保修作業)における傾向分析結果を示す。以下に、主な特徴を示す。

(1) M-3-2(ホールドポイントでの確認不足)、L-1-1(思い込み等)の要因は、保修部門(機械保修作業)で発生した多くの人的過誤の不適合の共通要因である。

(2) 損傷の不適合は、L-4-1(知識不足等)、N-1-1、N-1-3(人員体制等)の要因と相互関係がある。

3. 放射線管理部門(放射線安全作業)の傾向分析

Figure 10 に、放射線管理部門(放射線安全作業)における傾向分析結果を示す。以下に、主な特徴を示す。

(1) M-3-2(ホールドポイントでの確認不足)、L-1-1(思い込み等)の要因は、機械保修作業と同様、放射線管理部門(放射線安全作業)で発生した多くの人的過誤の不適合の共通要因と分析する。

(2) 文書に係る不適合は、S-1-2(手順書ミス等)、M-3-2(ホールドポイントでの確認不足)の要因と相互関係がある。

V. 対策の策定・実施と評価

1. 対策の策定

再処理工場における人的過誤によって引き起こされた不適合ごとの再発防止対策の実施に関する活動は、不適合管理のルールの中で実施されるが、担当課は、従来のグラフ化による傾向分析により対策を策定する活動を2010年6月から展開している。

対応分析による人的過誤の傾向分析の結果、筆者は発生部署ごとに人的過誤の発生パターンや特徴を把握した。人的過誤に係る不適合の未然防止のための対策は、傾向分析結果を参考に日常の業務の中で内在する問題を抽出し、その対策を策定して改善を行う活動を2010年10月に担当課へ依頼を行った。また、未然防止対策の策定方法から実施する活動プロセスは、再処理工場における TPM (Total Productive Maintenance : 「全員参加の生産保全」)¹¹⁾ をツールとして未然防止活動を2010年6月から展開しているため、従来、策定している対策の見直し依頼を行った。

発生事象 - 人的過誤の分類結果

対応分析の処理結果

発生事象	距離
その他(不適合)	0.19
圧力変動	3.98
警報	0.86
誤動作・動作不良	0.36
損傷	11.59
電源喪失	1.65
文書	6.36
漏えい	1.06

※ 中心からの距離

人的過誤	距離
E-2-1	0.40
H-1-2	16.81
H-2-3	1.21
L-1-1	0.11
L-3-1	0.36
L-4-1	0.71
L-5-1	0.40
M-1-2	7.47
M-3-2	0.46
N-1-2	1.21
N-1-3	1.21
N-2-1	1.07
N-2-2	0.40
N-2-3	0.60
S-1-1	1.21
S-1-2	1.21
S-1-3	2.39
S-1-5	0.81

Fig. 8 運転部門(運転操作作業)の傾向分析結果

ここで TPM とは、(財)日本プラントメンテナンス協会によって1971年に提唱され、以下のとおりである。

TPM は、「生産システム効率化の極限追求(総合的効率化)をする企業体質づくりを目標にして生産システムのライフサイクル全体を対象とした“災害ゼロ・不良ゼロ・故障ゼロ”等あらゆるロスを未然防止する仕組みを現場現物で構築し、生産部門を始め、開発・営業・管理等のあらゆる部門に渡ってトップから第一線従業員に至るまで全員が参加し、重複小集団活動により、ロス・ゼロを達成すること」と定義されている。

TPM における改善活動は、生産管理の現場の問題に対

する要因として 4M (人 (man) ・ 機械 (machine) ・ 材料 (material) ・ 方法 (method)) が一般的であり、これを改善することが重要である。担当課が自ら人的過誤の未然防止に係るアクションプランを策定する。さらに、人的過誤の未然防止のアクションプランは、担当課が上記 4M に対して業務の問題点を深掘し、具体的な実施項目と実施方法を **Table 2** のように検討し、計画的に業務を改善するための取り組みを実施した。Table 2 に、アクションプラン策定において展開した記載例を示す。

TPM における対策実施の活動プロセスは、人的過誤の傾向分析の結果、発生事象における業務の問題点を把握し、m-SHEL モデルの要因に対し、担当課が 4M に直接該当する項目を選定して現場レベルで日常業務を改善した。

Fig. 9 保守部門(機械修作)の傾向分析結果

なお、4M と m-SHEL モデルの該当する項目は、以下のとおりとした。

- ・ 人(man)—L：本人と周囲人間
- ・ 機械(machine)—H：ハード
- ・ 方法(method)—S(手順書)とm(マネジメント)
- ・ 材料(material)—E：環境

2. 実施した対策と考察

担当課が策定した対策について、以下に主な実施項目を示す。また、筆者は、人的過誤の未然防止に向け実施した対策の有効性を考察した。

(1) 手順書に関する対策

下記の手順書に関する対策の改善について、留意すべき

事項を考察する。

- ・ 作業前後におけるホールドポイントの明確化
- ・ 不明確、曖昧な記載の見直し、または、排除
- ・ 作業の重要事項の記載の反映、または、明確化
- ・ わかりやすいルール、または、やりやすくする

手順書に関する対策の実施は、何が防止できるのかに留意して文書改定を行う必要がある¹²⁾。エラー防止の観点で作業管理がされておらず、その上、不適合の発生を手順書の問題であると捉えると、改善は単にチェック項目を増やすとルールが形骸化する恐れがあり、不適合が再発する可能性があると考え。不適合の発生防止のためのルールは安全で効率のよい無駄のない作業の観点から改善を行う必要がある。

Fig. 10 放射線管理部門(放射線安全作業)の傾向分析結果

運転や保守作業を行う前に作業の計画段階で作業を確実にすることが可能であるかを評価しなければならない。人間と機械システムとのヒューマン・マシン・システムを安全に運用するためには、人間がきちんと対応できるかを確実なものとするルールと継続的改善のための品質保証活動を行う必要がある。

(2) 基本動作(指差呼称, 報連相, 5S(整理, 整頓, 清掃, 清潔, 躰)等)の実施に関する対策

下記の基本動作に関する対策の実施について, 留意すべき事項を考察する。

- 基本動作のやり方に関する指導
- 基本動作の定着化に関する活動

指差呼称は, エラー防止の確認手段の1つであり, 対策のすべてではない。指差呼称をするのは, 自らがエラーしていないことを確認する「手段」である。どの作業で,

どのタイミングで指差呼称すべきかを現場で十分に検討する必要がある。目と指(腕)と声を使うことにより, 意識レベルが活動的な状態に切り替わり, 注意力が高まり, 操作の信頼性が向上する。また, 周囲の人にわかるように行うことで, ダブルチェックが働く。さらに, 実施内容が不適切であれば, 周囲の人がリカバリーすることもできる¹³⁾。

保守作業ではコミュニケーション不足が深刻なエラー発生に起因することもある。指差呼称により声を出す習慣が, 人間関係の向上・連帯意識の高揚に役立つと考える。

(3) 教育訓練に関する対策

下記の教育訓練に関する対策の実施について, 留意すべき事項を考察する。

- 知識・技能レベルの向上
- 作業時にリスク認識, 危険予知(KY)活動
- 作業前 TBM(Tool Box Meeting)に確実な作業手順

「展開例」

```

graph TD
    A[4Mのうちいずれかを改善するかを記載。] --> B[問題点を深掘りした結果を簡潔に記載。]
    B --> C[アクション項目を記載。]
    C --> D[手順を誰でも実施できるようにする]
    D --> E[手順を理解できないまま、思い込みで作業を実施(技量不足)]
    E --> F[直前作業確認の確実な実施]
    E --> G[具体的な対策を記載。]
    F --> H[課長は、作業責任者を指名し、作業前責任者は、作業前に作業員と作業手順を確認し、注意点(リスク)を洗い出し、作業員に理解させる。間違い安い手引きを改正作成する。]
    H --> I[誰が実施するかを記載。]
    H --> J[実施する場所を記載願。]
    I --> K[継続実施(実施中)]
    J --> K
    G --> L[手引き作成]
    L --> M[手引き制定]
    M --> N[☆]
    N --> B
  
```

手順を理解できないまま、思い込みで作業を実施(技量不足)

直前作業確認の確実な実施

課長は、作業責任者を指名し、作業前責任者は、作業前に作業員と作業手順を確認し、注意点(リスク)を洗い出し、作業員に理解させる。間違い安い手引きを改正作成する。

誰が実施するかを記載。

実施する場所を記載願。

継続実施(実施中)

手順を理解できないまま、思い込みで作業を実施(技量不足)

手順を誰でも実施できるようにする

問題点を深掘りした結果を簡潔に記載。

アクション項目を記載。

具体的対策を記載。

手引き作成

手引き制定

☆

いつ実施するかを記載。

4Mのうちいずれかを改善するかを記載。

Fig. 11 人的過誤の発生件数の推移

の理解(思い込み防止)

- 過去事例の教育・周知

作業の計画段階で潜在するリスクを評価し、管理することは人的過誤の未然防止の取り組みに重要である。運転および保修における作業を確実に実施し、エラーを最小限にするためには、技術・技能レベルを向上させるための教育・訓練を効果的に実施する必要がある。現場レベルで運転員および保修員がすばやく、エラーから事故に発展する前に「気づき」の役割が重要であり、TBM, KY 活動は効果的に実施する必要がある。

ただし、人間に対する対策であり、効果の大きさや持続性には限界がある。人間は不確実さとして忘れる、注意散

漫、間違いに気付かない、現場における「気付き」の向上への取り組みが重要である。教育・周知の実施は、1人ではたくさんの失敗を経験できないため、類似作業における再発防止において重要である。過去事例の活用は積極的な事象報告につながる。このように報告する文化を構築することでエラーの未然防止へ、気付くための気付き力が向上する¹⁴⁾。職場内でエラー事象の共有・共感を得ることでコミュニケーションが強化され、作業を確実に行うことが可能と考える。

3. 実施した対策の効果

Figure 11 に、再処理工場における2009年度と2010年

度の人的過誤の発生件数の推移を示す。2009年度の月ごとの人的過誤の発生件数の平均は、約8件/月である。2010年度は、4～8月が約6件/月、9～12月は、9件の発生で約2件/月である。2010年12月において人的過誤の発生件数は、2009年度に比べ約50%の減少傾向にある。また、提案した傾向分析の結果を参考に担当課が2010年10月から人的過誤の未然防止のアクションプランを現場レベルで日常業務を改善する活動を展開したことによるものと推察する。

以上のように、担当課自らが人的過誤の未然防止に係るアクションプランを策定し、実施した対策は、おおむね効果的であると評価できる。

VI. 結 論

本研究では、再処理工場のアクティブ試験において発生した不適合において、筆者は人的過誤によって引き起こされた事象の分類結果をもとに発生源ごと、発生事象ごとに傾向分析を行った。その結果、運転操作作業、保守作業、放射線管理作業の発生部署ごとに人的過誤の要因の発生パターンを明らかにした。また、担当課自らが人的過誤の傾向分析を参考に人的過誤の未然防止に向けた対策を策定して現場レベルの活動を実施した。これらの実施した活動に対しては、2009年度と2010年度に人的過誤によって引き起こされた不適合の発生件数が、約50%に低減したことから実施した活動はおおむね良好であると評価できる。

今後、ますます、人的過誤に係る不適合の傾向分析の重要性が増すことから、分析方法の客観性や信頼性を確保しながら傾向分析を継続して実施する必要がある。そのためには、ヒューマンファクター専門の組織体制が求められる。さらに今後の課題としては、再処理工場における不適合のデータベースの有効活用として発生状況および要因等の文書データからキーワード抽出し、テキストマイニングによる傾向分析を実施したリスク評価を行うための検討を

進める予定である。

— 参考文献 —

- 1) 「再処理施設アクティブ試験計画書(使用済燃料による総合試験)」再処理施設アクティブ試験(使用済燃料による総合試験)経過報告, 日本原燃協のHPを参照. <http://www.jnfl.co.jp>
- 2) 原子力安全・保安院, 原子力安全基盤機構, 平成20年3月「人的過誤の直接要因に係る不適合等を是正するための事業者の自律的取組を規制当局が評価するガイドライン」(2008).
- 3) 日本原子力技術協会の平成22年度事業報告書のHP参照. (<http://www.gengikyo.jp/association/data/h22report.pdf>)
- 4) 電力中央研究所ヒューマンファクター研究センター, 「トラブル未然防止に向けたヒューマンファクター事象の傾向分析—分析手法と結果の活用法の検討—」(平成18年5月).
- 5) 原子力規格委員会, 「原子力発電所における安全のための品質保証規程, JEAC4111-2009」, 財団法人電気協会.
- 6) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会核燃料サイクル安全小委員会, 六ヶ所再処理施設総点検に関する検討会(第33回)の配付資料のHPを参照. http://www.meti.go.jp/committee/summary/0002760/033_haifu.html (2010)
- 7) 東京電力技術開発研究所ヒューマンファクターグループ(著), 河野龍太郎(編集), 実務入門 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, 139-142 (2007).
- 8) 行待武生(監修), 「ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ」, 591-598, 107-109.
- 9) 大隅 昇, A. モリノウ, 馬場康雄, 他, 「記述的多変量解析法」, 日科技連出版社 (1994).
- 10) 岡田有策, 「ヒューマンファクターズ概論」慶應義塾大学出版会 (2005).
- 11) 財団法人プラントメンテナンス協会, (<http://www.jipm.or.jp/company/tpm.html>)
- 12) J. Reason, *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate Pub Ltd3, 49-51 (1997).
- 13) J. Reason, *The Human Contribution: Unsafe Acts, Accidents and Heroic Recoveries*, Ashgate Pub Ltd3, 221-236 (2008).
- 14) J. Reason, A. Hobbs, *Managing Maintenance Error: A Practical Guide*, Ashgate Pub Ltd3, 151-155 (2003).