

米国原子力発電所における運転員の人的過誤による 原子炉自動停止事象の傾向分析

Trend Analysis of Nuclear Reactor Automatic Trip Events Subjected to Operator's Human Error at United States Nuclear Power Plants

高川 健一 (Kenichi Takagawa)*

要約 米国原子力規制委員会 (NRC) の LER (Licensee Event Report) から米国において 2002 年から 2008 年の 7 年間に運転員の人的過誤により発電中に原子炉が自動停止した事象を 20 件抽出し、その発生傾向を分析した。年毎の発生件数は、2005 年以前は比較的多かったものの、その後減少し、約 3 年間の非常に少ない時期を経て、また多く発生するようになった。発生時の状況については、2005 年以前は定期試験時と起動停止操作時が多かったが、その後これらの状況下での件数は減少し、日常作業等で発生する件数が増えた。人的過誤の要因では期間全般を通して操作者個人の慢心や注意不足によるものが多かった。このような件数変化については、不具合情報の共有により原子炉自動停止のリスクを伴う操作に対し、手順書や訓練に対策が反映され、件数は減少したが、その後、良好な運転状態が継続する中で、一部の運転員の人的過誤防止または訓練参加への当事者意識が低下した結果、個人の注意不足または訓練不足が事象として顕在化したものと考察される。これらの米国の事象の分析と考察から、わが国で同様の不具合を未然防止するための教訓としては、すべての運転員が当事者意識として人的過誤防止基本動作を徹底しておくこと、および、シミュレータ訓練は成功経験をするものであるが、その上で実機操作を想定した自己評価を行うことが重要であると考えられる。

キーワード 原子力発電所, 傾向分析, 運転員, 人的過誤, 自動停止

Abstract Trends in nuclear reactor automatic trip events due to human errors during plant operating mode have been analyzed by extracting 20 events which took place in the United States during the period of seven years from 2002 to 2008, cited in the LERs (Licensee Event Reports) submitted to the US Nuclear Regulatory Commission (NRC). It was shown that the yearly number of events was relatively large before 2005, and thereafter the number decreased. A period of stable operation, in which the yearly number was kept very small, continued for about three years, and then the yearly number turned to increase again. Before 2005, automatic trip events occurred more frequently during periodic inspections or start-up/shut-down operations. The recent trends, however, indicate that trip events became more frequent due to human errors during daily operations. Human errors were mostly caused by the self-conceit and carelessness of operators through the whole period. The before mentioned trends in the yearly number of events might be explained as follows. The decrease in the automatic trip events is attributed to sharing trouble information, leading as a consequence to improvement of the manual and training for the operations which have a higher potential risk of automatic trip. Then, while the period of stable operation continued, some operators came to pay less attention to preventing human errors and not interest in the training, leading to automatic trip events in reality due to miss-operation. From these analyses on trouble experiences in the US, we learnt the followings to prevent the occurrence similar troubles in Japan: Operators should be thoroughly skilled in basic actions to prevent human errors as persons concerned. And it should be further emphasized that they should elaborate by imaging actual plant operations even though the simulator training gives them successful experiences.

Keywords nuclear power plant, tendency analysis, operator, human error, automatic trip

* (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や故障の状況から教訓を学び、同種の事故と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。原子力安全システム研究所（以下「INSS」という）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、それらを分析・調査して、その結果に基づいた具体的な提言を行っている。また、これらの入手情報およびその分析結果から原子力情報データベースを構築し、適宜これをもとにして傾向分析を行っている⁽¹⁾。

原子力情報データベースに登録された海外で発生した運転部門に関係する不具合の原因を分析すると、人的過誤が約60%を占めることが分かっている⁽²⁾。このような人的過誤の防止のためには、原子力発電所の運転員が実際に起こった人的過誤の事例を検討し、同様なトラブルの発生の防止に役立てる取り組みが効果的である⁽³⁾。

2002年から2008年の7年間で原子力発電所において発電中に原子炉が自動停止した事象のうち、運転員の人的過誤によるものは、わが国では、1件しか発生していないが、米国では20件報告されており、おおまかな傾向分析が可能な件数に達している。そこで、米国での事象の年毎の発生件数の変化、事象発生時の操作状況および人的過誤の要因を分析し、わが国の運転員の人的過誤防止の取り組みへの教訓を検討した。

2. 傾向分析

2.1 分析対象とその抽出

米国では、原子炉自動停止事象等、ある特定の基準を満たす事象が発生した場合、電力会社は米国原子力規制委員会（NRC：Nuclear Regulatory Commission）に原子力発電所設置者事象報告（LER：Licensee Event Report）⁽⁴⁾を提出しなければならない。このLERはNRCのデータベースに登録され、すべてが公開されている。これらはINSSの原子力情報データベースにも登録している。

本研究では、LERから、米国において2002年から2008年の7年間に運転員の人的過誤により発電中に原子炉が自動停止した事象を抽出し分析した。

2.2 適用した分類方法

INSSでは不具合事象を分析する際の原因分類の方法として、人的過誤等を考慮した原因分類を適用している⁽⁵⁾。また、運転員の人的過誤の要因分類法として、著者らは人的過誤の要因を7項目に分類する分類法を提唱した⁽²⁾。ここではこの二つの分類法のうち、前者により運転員の人的過誤による事象を抽出し、これらについて後者により人的過誤の要因を分類した。それぞれの分類法を以下に示す。

(1) 運転員の人的過誤事象の抽出に用いた分類

INSSの原因分類法は、大分類として「設備」、「運用」、「外部要因」を挙げ、そのうち本研究で分析対象とした「運用」は「運転不良」「保守不良」「その他管理不良」の3つの中分類とし、このうち不具合の原因が運転員または運転部門にある場合を「運転不良」としている。さらに「運転不良」の小分類の定義を表1に示すが、運転員の操作段階における個人要因による人的過誤を「運転操作不良」とし、運転不良の背後要因となった要領書、運転手順書等の不備を「計画不良」、設備不良、環境不良または操作者に対する上司や同僚の指示、承認、監視の不備や関係者間の連絡不備を「周辺状況不良」とする分類としている。これらの項目は重複して選択できるようにしており、項目の組み合わせにより分類の細分化ができる⁽⁵⁾。

本研究では、操作者自身の人的過誤である「運転操作不良」、または、上司や同僚の人的過誤である「周辺状況不良」のうちの「指示、連絡の不備」を含む事象を運転員の人的過誤事象として抽出した。

表1 運転不良の原因分類

原因分類	定義
計画不良	要領書、運転手順書等の不備
運転操作不良	操作段階の個人要因による人的過誤
周辺状況不良	・機器の不備 ・作業環境不備 ・指示、連絡の不備
軽微想定外	想定外事象への対応不十分による運転結果
その他	労働安全不備、他

表2 運転員の人的過誤要因の7分類⁽²⁾

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・監視が不十分のため操作者が起こしたエラー

(2) 運転員の人的過誤要因の分類

海外で発生した運転員の人的過誤事例から国内の運転員が教訓を学ぶことにより同様のエラーを未然に防止することを目的に著者らが提唱した分類法であり、表2に示すように人的過誤の要因を基本動作4項目と応用動作3項目の合計7項目に分類する⁽²⁾。

2.3 抽出した事象

米国において2002年から2008年の7年間に運転員の人的過誤により発電中に原子炉が自動停止した事象は20件あった。これらの事象概要と人的過誤要因の分類を表3に示す。

2.4 人的過誤事象の傾向

(1) 件数の推移

米国における運転員の人的過誤により原子炉自動停止に至った件数の推移を図1に示す。件数は2004年まで増加傾向を示したが、その後減少し、2007年は0件になったことがわかる。さらに細かく見ると、図2の四半期ごとの件数の推移に示すように、2005年10月から2008年6月までのほぼ3年間には、わずか1件しか発生していないことが分かる。しかし、その後2008年9月以降12月までの間に4件発生している。

(2) 操作状況別の発生件数

事象発生時のプラント操作状況別の発生件数を図3に示す。定期試験中または起動停止操作中の原子

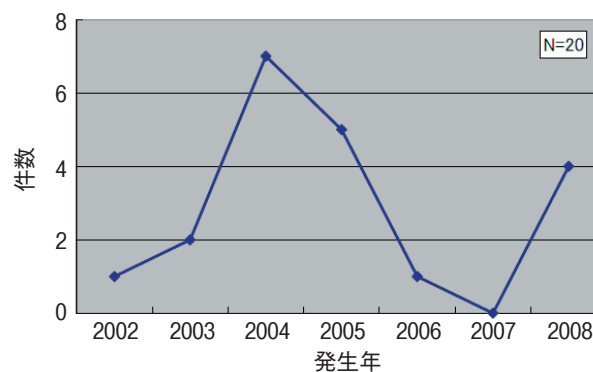


図1 運転員の人的過誤による原子炉自動停止件数の推移 (米国, 発生年ごと)

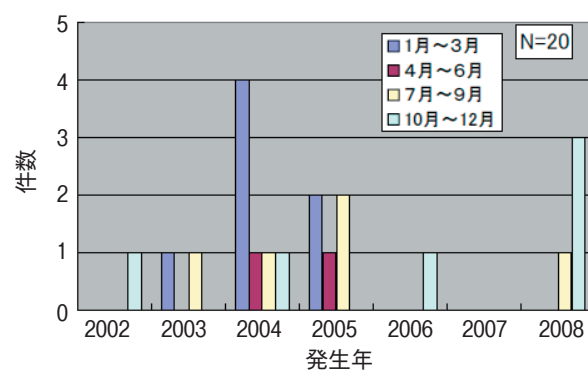


図2 運転員の人的過誤による原子炉自動停止件数の推移 (米国, 四半期ごと)

表3 操作者過誤により原子炉自動停止した事象概要 (米国, 発電中)

ユニット*/発生日	状況の概要**	原因	要因
Arkansas Nuclear One 1 (2002.10.04)	タービン過速度トリップ試験中, トリップレバーが中間位置までしか戻らなかったことを制御室に連絡せず, テストレバーを戻しタービントリップ [定期試験]	現地と制御室間の連絡, 確認不足による復旧時期間違い	コミュニケーション不足
Surry 1 (2003.01.25)	給水制御弁自動切替操作中, 手動に切り替え計器誤差を考慮せず操作し SG 水位異常低で原子炉トリップ [起動操作]	低出力運転時の計器誤差の知識不足による流量調整失敗	知識不足
Susquehanna 1 (2003.09.24)	原子炉給水ポンプ保安装置試験中, リセットボタンの代わりに誤ってトリップスイッチを操作し, ポンプがトリップし原子炉スクラム [定期試験]	注意不足による操作対象の間違い	セルフチェック不足
Dresden 3 (2004.01.30)	タービン油冷却器切替中にベンディング不良のまま冷却器出口弁を切り替えたため系統に空気が導入され制御油圧低によりタービントリップ [低頻度運転操作]	頻度の低い操作の事前検討不足	危険予知不足
Callaway (2004.02.15)	発電機並列後, 給水制御弁手動切り替え操作中, プラント状態が安定しない内に操作をし, 蒸気発生器水位異常高でタービントリップ/給水隔離, その後水位低で原子炉トリップ異常低により原子炉トリップ [起動操作]	操作前ブリーフィング, 操作中監視不足による流量調整失敗	チームモニタ不良
Millstone 2 (2004.03.15)	主給水ポンプ保安装置試験中, トリップロックアウトスイッチが少し動き, 瞬時的にロックアウト位置より外れポンプ誤トリップにより原子炉トリップ [定期試験]	スプリングリターンスイッチ保持中にわずかに移動	危険予知不足
D. C. Cook 2 (2004.03.29)	原子炉トリップバイパス遮断器の操作試験時に遮断器引き出し操作中に挿入バーを誤って充電部品に接触させ, MG セット地絡に伴い原子炉トリップ [定期試験]	操作中に誤って工具を充電部品に接触	自己満足
D. C. Cook 2 (2004.04.08)	50%出力で主給水ポンプを2台から1台運転に切り替え中, 給水流量が変動時の操作者間の連絡不足による蒸気発生器水位高によりタービントリップ [停止操作]	自信過剰に伴う操作者間連絡不足による流量調整の失敗	自己満足
Wolf Creek (2004.08.22)	原子炉保護系ロジック試験中, 原因不明の表示灯不点灯により試験を中断し復旧する際, 誤った指示でテストスイッチを通常に復旧し原子炉トリップ [定期試験]	当直長の誤った指示に伴う計装員の復旧手順間違い	チームモニタ不良
Vogtle 2 (2004.11.20)	B系の原子炉保護系機能試験中, 誤ってA系のテストスイッチを操作し原子炉トリップ [定期試験]	注意不足による操作対象の間違い	セルフチェック不足
Browns Ferry 3 (2005.02.11)	送電線系統の切替操作中に, バイパス処置操作手順を間違え, 差動リレーが動作した発電機トリップ [送電系統操作]	監督者不在等体制不備のままの操作実施による手順間違い	チームモニタ不良
Fort Calhoun 1 (2005.02.26)	負荷降下中における, 給水制御バイパス弁で SG 水位制御中, 自動制御が不調で手動操作時に冷却材温度が低下し, 原子炉出力が 12.6% から 16.1% に上昇し, タービン負荷喪失信号発信により原子炉トリップ [停止操作]	低出力時の操作に不慣れによる給水流量制御器の手動調整の失敗	知識不足
Indian Point 3 (2005.05.06)	状態確認不足のため給水ポンプの制御スイッチが自動のままリレーが解線され, 復水脱塩装置フィルタバイパス弁の誤閉止し同ポンプがトリップ, 蒸気/給水流量不一致により原子炉トリップ [作業準備]	過信によるスイッチ状態確認不足	自己満足

表3 操作者過誤により原子炉自動トリップした事象概要（米国，発電中）（つづき）

ユニット*/発生日	状況の概要**	原因	要因
<i>Peach Bottom 2</i> (2005.07.10)	タービントリップ試験時に試験失敗と判断され，その復旧時にリセット操作を行わずテストスイッチを復旧しタービントリップ [定期試験]	復旧条件の知識不足による手順間違い	知識不足
<i>James A. Fitzpatrick</i> (2005.09.14)	無停電電源から代替電源へ切換中，電源が瞬停し，給水ポンプ速度制御がロックアウトし，その復旧時に自動制御設定値を再設定しなかったため給水流量が絞られ原子炉水位低により原子炉スクラム [作業準備]	基本動作不足による設定値確認不足	セルフチェック不足
<i>River Bend 1</i> (2006.10.19)	チャートの手入れ中ホルダーが給水制御パネル上に落下し弁制御器の押しボタンに当たり，スイッチ作動で給水隔離弁が閉止し，原子炉水位低により原子炉スクラム [日常作業]	チャートホルダーの落下	自己満足
<i>Watts Bar 1</i> (2008.09.20)	実習指導中の指導者が指導のためラッチ外しレバーを指差して操作説明中に誤って押ししまい発電機界磁遮断器トリップで原子炉トリップ [日常作業（実習指導）]	操作説明中に誤って操作	自己満足
<i>Millstone 3</i> (2008.10.11)	出力降下時，約30%出力において，給水系機器を運転除外した後SG水位が振動を始め，運転員が手動にて制御を試みたものの，水位異常高でタービントリップ／給水隔離，その後水位低で原子炉トリップ [停止操作]	給水流量制御器の手動調整の失敗	チームモニタ不良
<i>Grand Gulf 1</i> (2008.10.23)	原子炉給水ポンプの過速度トリップ試験後の復旧時に補機運転員が確認不足により対象機を間違い，それに気づいたあとの是正措置で誤って供用機の駆動蒸気入口弁を閉止し給水喪失により原子炉トリップ [定期試験]	対象機の間違いに気づいたあとの是正措置で操作対象の間違い	セルフチェック不足
<i>Callaway</i> (2008.12.11)	復水ポンプ1台トリップ後，緊急手順に従い，手動で緊急負荷降下した際，降下率がガイダンスを超過する約31%/1分で行われたため，SG水位が不安定になり水位高でタービントリップ [事故対応操作]	急激な負荷降下操作	知識不足

(注) * : 斜体のユニット名はBWR, それ以外はPWR.
 ** : 「状況の概要」欄の文章中の「トリップ」, 「スクラム」は自動停止を意味する.

炉自動停止が多い。定期試験の内訳は，原子炉保護系ロジック試験中3件，タービン動主給水ポンプ保安装置試験中3件および主タービン保安装置試験中2件であり，ほとんどが原子炉自動停止のリスクを伴う試験操作中に運転員が誤操作したものである。また，起動停止操作の内訳は，起動操作中が2件，停止操作中が3件であるが，いずれも，加圧水型軽水炉（PWR）において，低出力運転時に蒸気発生器の給水流量調整中に調整を失敗したものである。

(3) 人的過誤要因別の件数

人的過誤の要因により分類した場合の発生件数を図4に示す。「自己満足」5件，「セルフチェック不足」4件で約半数の9件を占める。これらは操作者

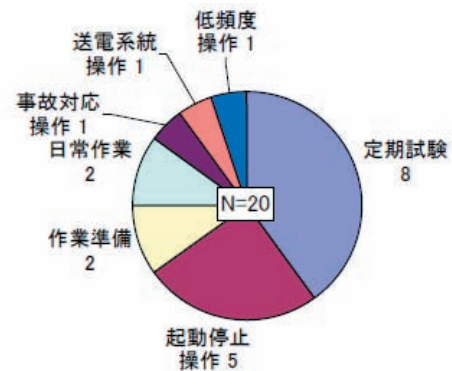


図3 操作状況別の原子炉自動停止の発生件数

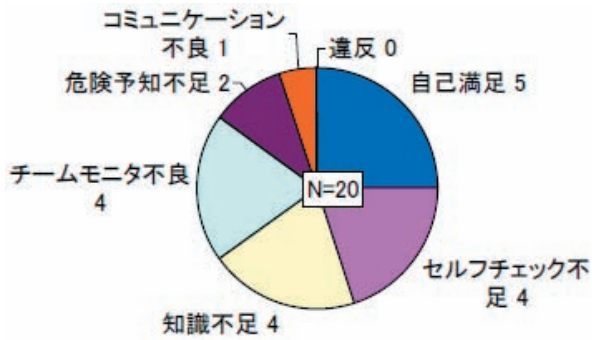


図4 原子炉自動停止の人的過誤要因別の件数

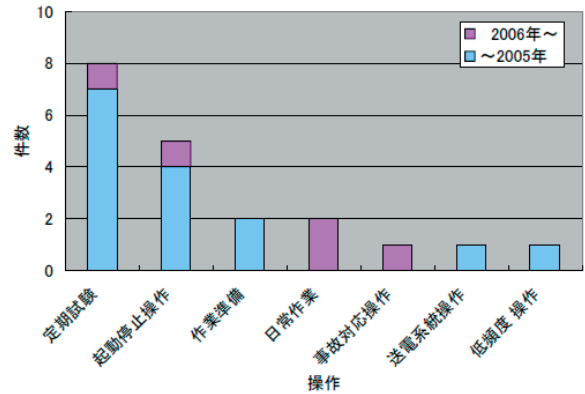


図5 操作状況別の発生件数の比較

個人の慢心や注意不足によるもので、実際に原子炉が自動停止するリスクが高い操作に対して慎重さを欠く、あるいは、運転員の基本的な確認行為の欠如により操作対象機器を間違えたものである。

(4) 分析

7年間の事象発生傾向は、2004年と2005年に比較的多く発生し、その後減少したが、2008年の後半に多く発生するようになった。

そこで2005年を境界として、それ以前（期間前半）の15件と2006年以降（期間後半）の5件の違いを分析する

a. 操作状況別の発生件数の比較

事象発生時のプラント操作状況別の発生件数を期間前半と後半に分けて示したグラフを図5に示す。

期間前半で発生件数が多かった定期試験と起動停止操作による事象では、期間後半にも1件ずつ発生している。その他の操作では発生しておらず、件数は減少している。一方、期間後半に新たに日常作業と事故対応操作による事象が3件発生している。このことから、操作状況別の発生パターンは期間前半と後半とで違いがあると考えられる。

期間後半に発生した事象の人的過誤の内容を表4に示す。

表4 操作状況と過誤の内容

操作状況	人的過誤の内容
日常作業	中央制御室内のチャートの手入れ中に誤ってチャートホルダーを制御盤上に落下させた。(自己満足) 巡回点検の実習指導中に実習者から質問を受けた指導員が現地で操作説明をしながら誤ってレバーを操作した。(自己満足)
事故対応操作	復水ポンプトリップ後の緊急負荷降下が急激であった。(知識不足)
定期試験	原子炉給水ポンプの保安装置試験後の復旧時に現地で操作対象の弁を間違えた。(セルフチェック不足)
起動停止操作	低出力運転時の蒸気発生器の給水流量調整中に調整を失敗した。(チームモニタ不良)

b. 人的過誤要因別件数の比較

人的過誤の要因により分類した場合の発生件数を期間前半と後半に分けて示したグラフを図6に示す。期間前半は「自己満足」、「セルフチェック不足」、「知識不足」および「チームモニタ不良」の4つの要因が3件ずつであり、期間後半もこれらの4つの要因に分散して発生している、人的過誤要因別の発生

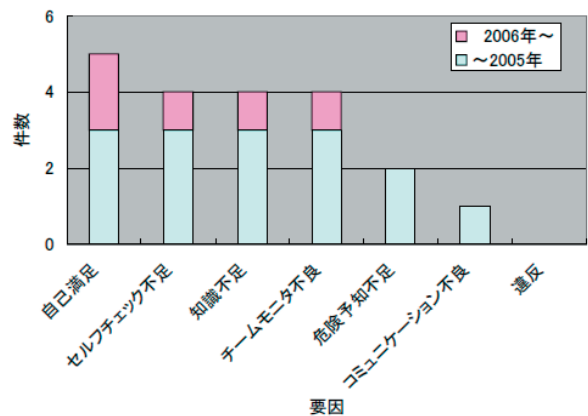


図6 人的過誤要因別件数の比較

パターンは期間前半と後半で違いがないと考えることができる。

これらの要因と操作状況とを関連づけると以下のとおりになる。

- a) 日常作業+自己満足 (2件)
個人の日常作業時に慎重さが足りなかった。
- b) 事故対応操作 (緊急負荷降下) + 知識不足
負荷降下率とその影響を理解していなかった。
- c) 定期試験 (現地復旧) + セルフチェック不足
現地復旧時に操作者が確実な確認をしなかった。
- d) 起動停止操作 (給水制御) + チームモニタ不良
難しい操作に対する支援・監視体制が不十分であった。

このうち、a) と c) は、個人の注意不足による人的過誤であり、慣れた操作に対し、緊張感が欠如した状況が考えられる。b) は基本的な事故対応操作であり、d) は、高度な技能が要求される操作である。これらは高い頻度で訓練が行われているにも関わらず結果的に操作を失敗したと考えられるものであり、個人やチームの訓練内容や参加意識に何らかの問題があったと考えられるが、現在公表されている報告書には詳しい記述はなく詳細は不明である。

3. 考察と教訓

米国における運転員の人的過誤による原子炉自動停止事象の件数は、以前は比較的多く発生していたものの、その後減少し、約3年間の非常に少ない時期を経て、また多く発生するようになった。この変化の理由を考察し、わが国の原子力発電所の運転員への人的過誤防止のための教訓を検討する。

(1) 減少した理由の考察

米国では、不具合情報の共有が積極的に行われており、他のユニットで発生した不具合の対策反映は計画的に実施されている。運転員の人的過誤による原子炉自動停止事象も情報共有され、2004年と2005年に比較的多く発生していることも認識され、原子炉自動停止のリスクを伴う操作に対し手順書や訓練等への対策反映が行われたと考えられる。さらに、人的過誤防止への意識高揚により事象件数の少ない時期が約3年間維持されたと考えられる。

2005年以前の事象15件の対策反映は以下の対応が取られたと考えられる。

定期試験の7件の内訳を見ると、6件が原子炉自動停止のリスクを伴うスイッチを誤操作したものである。また、作業準備2件と送電系統操作1件は事前に給水ポンプまたは発電機が実際に保護動作しないようにする処置が抜けていたものである。これらの事象を情報共有することで各発電所では定期試験や計画作業の手順書等の評価が行われ、原子炉自動停止のリスクを伴う操作や確認のステップを抽出し、確実に条件を確認してから手順を進めるようにするなどの措置が取られたものと考えられる。

また、起動停止操作中の事象4件は、いずれも、PWRにおいて、低出力運転時に蒸気発生器の給水流量調整中に調整を失敗したものである。この操作時に原子炉が自動停止した事象の件数は、設備故障が主原因の事象を含めるとさらに増え、国内でも発生している⁽⁶⁾。原子炉自動停止のリスクが高い操作であることは十分認識されていると考えられるが、さらに、情報共有により、さまざまなヒューマンパフォーマンスや設備故障のケースを想定して、給水流量調整のシミュレータ訓練が行われ、運転操作技術の向上に努めているものと考えられる。

(2) その後増加した理由の考察

2006年以降の事象5件の内訳は、慣れた操作に対し、緊張感が欠如した状況が考えられるものが3件、高い頻度で訓練が行われているにも関わらず結果的に操作を失敗したと考えられるものが2件である。

前者の3件は、日常作業時または定期試験後の現地復旧操作時に発生している。前項では手順書や訓練等への対策反映で事象が減少したと考察したが、これらの対策で想定された状況の範囲外で個人の注意不足による人的過誤が発生したものと考えられる。

後者の2件は、訓練不足または実機での経験不足が露呈したものと考えられる。

これらの事象は、主要操作以外の日常作業や現地操作においてもすべての運転員が人的過誤防止の基本動作を徹底して行うこと、または、シミュレータ訓練においてもすべての運転員が実機での操作を前提にして徹底した訓練を行うことの重要性を再認識させるものである。

2008年9月以降件数が増加した理由は、良好な運転状態が継続する中で、一部の運転員の人的過誤防止または訓練参加への当事者意識が低下した結果、個人の注意不足または訓練不足が事象として顕在化したものと考察する。今後、これらの事象の根本原

因調査結果を含む追加情報の収集に努めることとする。

(3) 教訓

わが国において2002年から2008年の7年間に原子炉が自動停止した事象は14件あった⁽⁷⁾。このうち、運転員の人的過誤によるものはわずかに1件であり、良好な運転状態が維持されている。この自動停止事象は計画停止操作中に当直長の誤った指示が原因であり、要因はチームモニタ不良になる。要因では米国の状況と一致するものではないが、わが国では発生件数が少ないという点で、良好な運転状態が継続する中で人的過誤防止への当事者意識が低下する懸念は十分考慮しておくことが望まれる。

本研究では2006年以降の事象5件の限られた範囲で米国の最近の状況を考察したものであるが、この限定した範囲で考えた場合、主要操作以外の日常作業や現地操作またはシミュレータ訓練における当事者意識の維持が人的過誤による原子炉自動停止の未然防止に必要と考えられた。この観点からわが国での良好な運転状態が継続する中で人的過誤を未然防止するための教訓を以下のとおりまとめた。

a. 日常作業や現地操作における当事者意識

中央制御室要員だけでなくすべての運転員がプラントの安全安定運転を支える。人間である以上は間違いを犯すことを謙虚に意識し、当事者意識として人的過誤防止基本動作を徹底しておくことが重要である。特に現地操作では次の点を考慮することが望まれる。

- ・現場操作（実習指導を含め）においては、リスクを認識し緊張感を維持し続けるとともに、中央制御室要員との連絡を密にし、監視体制を確立してから操作することが原則である。
- ・万一、操作を間違ったときの影響、対応、それに備えた準備は何かなどの事前の危険予知が重要である。
- ・操作を間違ったとき、勝手に是正することは大変危険であり、火災や人身災害などの緊急を要する場合を除いて、報告、連絡、相談を行い冷静な対応が求められる。

b. 訓練における当事者意識

常に実機に向かう気持ちでシミュレータ訓練に臨むことが、訓練者の当事者意識として求められる。

これによって、実機操作でも自信を持って落ち着いて対応できる能力が身につく。訓練の成功経験、すなわち、より難しい課題に対し確実に対応できるようになる訓練経験は訓練者の自信を裏付けるが、もし、それが表面的なイメージだけで自信を持っている場合は、実際のトラブル時に思わぬ失敗を招くことがある。そこで、シミュレータ訓練は成功経験をするものであるが、その上で実機操作を想定して次のような自己評価を行い、自信の裏付けを確認しておくことが望まれる。

- ・操作の目的、制限、根拠が理解できているか。
- ・シミュレータの実機条件との一致または違いを十分把握しているか。
- ・シミュレータの挙動と操作との関係が説明できるか。
- ・操作中は常に失敗した場合の影響や措置が頭の中でシミュレーションできていたか。
- ・操作中に迷いや小さな失敗はなかったか。

4. まとめ

米国において2002年から2008年の7年間に運転員の人的過誤により発電中に原子炉が自動停止した事象は20件あった。これらの事象を傾向分析し、次の結果を得た。

- (1) 年毎の発生件数は、2005年以前は比較的多かったものの、その後減少し、約3年間の非常に少ない時期を経て、再び増加した。
- (2) 2005年以前は定期試験時と起動停止操作時の事象が多かったが、その後これらの件数は減少し、新たに日常作業等における事象発生が増加した。
- (3) 人的過誤の要因では期間全般を通して操作者個人の慢心や注意不足によるものが多かった。
- (4) 件数変化の理由は、不具合情報の共有により原子炉自動停止のリスクを伴う操作に対し、手順書や訓練に対策が反映され、件数は減少したが、その後、良好な運転状態が継続する中で、一部の運転員の人的過誤防止または訓練参加への当事者意識が低下した結果、個人の注意不足または訓練不足が事象として顕在化したものと考察される。
- (5) 米国の事象の分析と考察から、わが国で同様の不具合を未然防止するための教訓としては、すべての運転員が当事者意識として人的過誤防止基本動作を徹底しておくこと、および、シミュレータ訓練では成功経験をした上で、さらに実機操作を想定した自

已評価を行うことが重要と考える。

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（2004年），INSS JOURNAL, Vol.12, p.82（2005）。
- (2) 高川健一：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，INSS JOURNAL, Vol.11, p.95（2004）。
- (3) 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, pp.245-270, 新曜社（2003）。
- (4) US NRC: Licensee Event Report（2002-2008）。
- (5) 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（2006）。
- (6) 小寺良雄：原子力発電所における原子炉自動停止事象の傾向分析, INSS JOURNAL, Vol.15, p.269（2008）。
- (7) 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/>（2009年5月17日アクセス）。