

# 米国原子力発電所での安全文化改善活動事例に対する考察

## Study on Examples of Safety Culture Enhancing Activities at U.S. Nuclear Power Stations

一木 邦康 (Kuniyasu Ichiki)\*<sup>1</sup>

**要約** 2002年に米国デービスベッセで発生した原子炉上蓋損傷事象を契機に、2006年7月以来規制当局であるNRCは、原子力発電所（以下、発電所という）の検査（Reactor Oversight Process）での指摘事項から安全文化に関する問題要素を抽出する活動を実施している。この安全文化の概念は以前から存在するものであるが、発電所の安全文化を評価する活動はほかに例がみられない。そこで、米国のこのような活動を対象として分析を行い、国内の発電所における安全文化の醸成を図る上で有用な手掛かりを得るための検討を行った。NRCによる指摘状況に対する分析の結果、どの発電所も検査指摘件数に目立った増減はないが、発電所間で指摘件数に相当の開きがあり、安全文化の様子は明らかに異なると考えられる。一方、訪問調査した発電所ではNRCの指摘に関わる問題点について改善するために様々な努力を払っており、その具体例としては、CAP（是正措置プログラム; Corrective Action Program）の運営改善、職員による懸念事項の伝達手段の多様化などがある。このような活動は、発電所内部において必要な情報伝達が良好になされることを目指しているものと考えられる。その結果として、発電所内の不具合や業務の支障となっている案件が速やかに解決されるようになっていき、そのことは、単にトラブル件数の減少ということだけではなく、発電所内での信頼感の醸成という効果も伴い、安全文化の醸成に大いに寄与するものと考えられる。

**キーワード** 安全文化、原子力発電所、傾向分析、NRC、原子炉監視プロセス

**Abstract** After the wake of the incident of reactor vessel head degradation at Davis Besse in 2002, the NRC, the regulatory body in the U.S., included extraction of safety culture (SC) related elements from every failure into its inspection scheme of Reactor Oversight Process, since July 2006. The idea of SC itself was established some time ago, though, there are very few similar examples of such evaluation so far. This study is an attempt of making analyses on various activities with regard to SC in the U.S., to gain useful knowledge for considering the way to improve station's SC in Japan. Despite the fact that the numbers of inspection findings at stations are generally seen as unchanged, it is obvious that there are substantial difference in the number of the NRC's findings by each station. This appears to show that the condition of SC may largely different by stations. At several stations which accepted our investigation, those staff have made serious efforts to correct their area for improvements which were pointed out by the NRC. Such examples include improving management of their Corrective Action Program and establishing various measures to enable transmitting employee's concerns. It is thought that such activities aim to achieve efficient transfer of vital information among the station. This kind of activities should help every station solve various deficiencies in equipment, and also remove any obstacles in its communication. Their effort seem to result in not only the decrease in number of trouble but also much enhancement of mutual trust among the station, which would contribute to the great advance in their SC.

**Keywords** safety culture, nuclear power station, trend analysis, NRC, Reactor Oversight Process

### 1. 本研究の目的

米国の原子力規制委員会（NRC）は、2002年にデービスベッセ発電所で発生した原子炉容器上蓋腐食

事象を契機に、従来から行われている原子力発電所（以下、発電所という）に対する監視活動（Reactor Oversight Process ; ROP<sup>(1)</sup>）の枠組みに追加して、2006年7月から発電所の運営における安全文化<sup>(注)</sup>

\* 1 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

(注) 1986年に発生したチェルノブイリ原子力発電所事故を受けて、同年9月に国際原子力機関（IAEA）における国際原子力安全諮問グループ（INSAG）が発行した報告書<sup>(2)</sup>の中で提唱された概念。

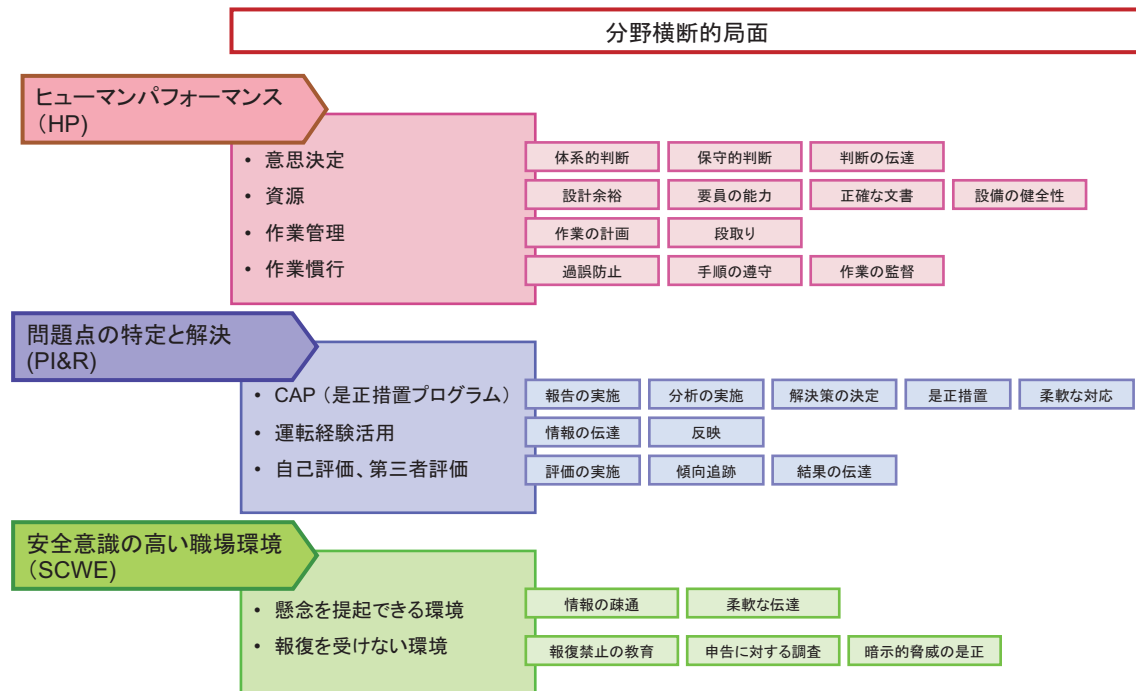


図1 ROPで定義された分野横断的局面

に関する問題点に対する評価活動を開始した。具体的には、ROPにおける指摘事項の不具合の原因に介入する安全文化の要素を抽出し、その出現頻度が高ければ、安全文化上の問題点が存在するとする考え方に基づいている。このようなNRCの活動は、米国の各発電所における安全文化に対する意識を否応なく高める効果を及ぼしていると考えられ、実際に多くの発電所がNRCの指摘に対し改善活動を実施しているところである。NRCの安全文化面に関する発電所に対する指摘の内容は、もともとIAEAやINPO(米国の原子力発電運転協会)が提唱した安全文化の要素に関する概念をもとにして定めた定義(Cross-Cutting Aspect:「分野横断的局面」(図1②))に従うものであるため、NRCによる指摘事項の内容もまた安全文化の要素をある程度整理した上で表現されたものとみなすことができる。

本研究においては、NRCによる検査結果を追跡し、収集、分析することにより、米国発電所の安全文化に関する状況を把握するとともに、発電所で実際に行われている安全文化醸成のための様々な活動の実例を現地訪問により調査、分析し、これらの成果を統合することによって、国内原子力発電所において安全文化の醸成活動の具体策について考える手掛かりを得ることを目的としている。

## 2. NRCによる発電所の安全文化評価

### 2.1 ROP

NRCが米国の発電所に対して行っているROPとは、安全に関する監視分野の階層分けを行った上で、リスク上の影響の大きさを考慮して安全上の重要度を判定するプログラムである。監視分野として7分野が定義されており、その各分野に対してNRCは発電所の運営における様々な面(プラント設計基準管理、検査等保守作業、手順書内容、リスク評価、オペラビリティ判断、改造、サーベランス試験、放射線管理、是正措置プログラム、訓練等)での妥当性を評価するとともに、機器健全性を表す性能指標の監視を行っている(図2)。ROPにおける基本検査(Baseline Inspection)は実質的には連続的な監視によるものであるが、四半期毎に検査結果の報告書が発行されている。検査で不具合が指摘された場合、その内容が重大とみなされれば、検査頻度の増加や検査プログラムの強化として監視強度にフィードバックされる。

発電所のROPの検査における指摘状況が比較的良好である場合、その発電所は基本検査のみを受ける。指摘事項は全て発電所の是正措置プログラム(CAP: Corrective Action Program)で処理すべき

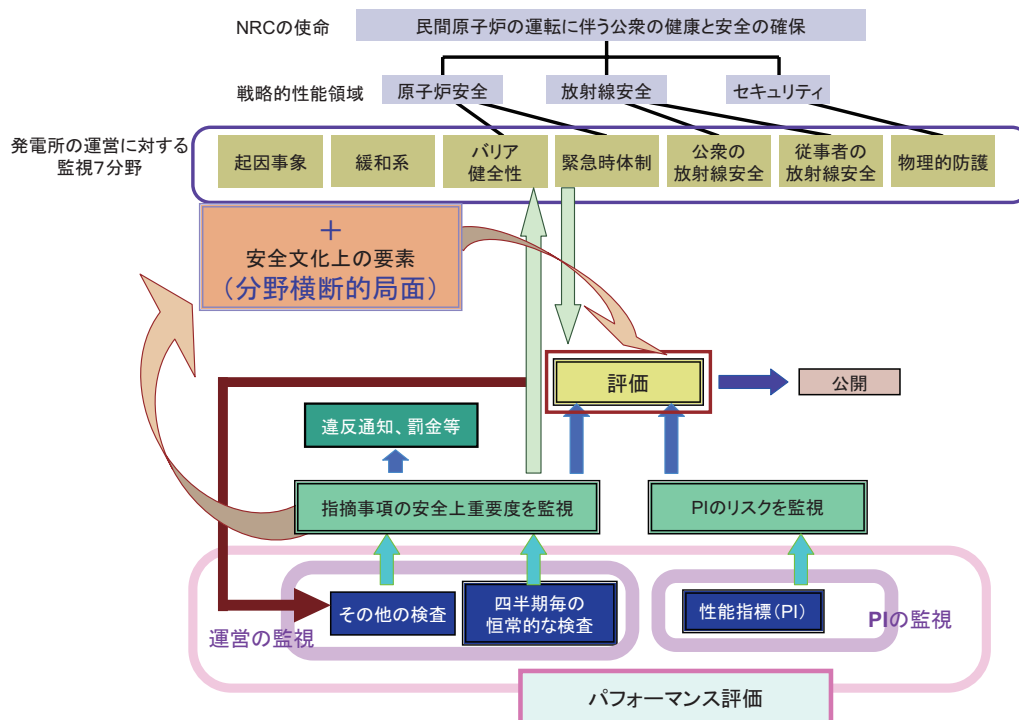


図2 NRCのROPによる検査指摘事項における安全文化要素の評価

とされており、その状況をNRC検査官が確認している。発見された異常が重大である場合、検査の追加、情報提出要求の発出、検査プログラムの強化、安全文化に関する第三者評価の実施が要求され、プラント停止が命じられることもある。

このようなROPによる評価結果は毎年、年間評価書(Annual Assessment Letter)や、第2四半期終了時の中間評価書(Mid-Cycle Performance Review)として公表される。これらは個々の発電所に対し、以降の検査実施計画を通知するためのものであるが、発電所で「本質的な分野横断的の事項」が見出された場合には、それに関する発電所に対する評価も述べられている。この指摘がなされた場合、以後の検査で同項目に属する指摘件数が減少するか、プラントのパフォーマンス改善として効果が現れているとNRCが判断するまで、発電所は継続して監視される。

## 2.2 ROPにおける安全文化の評価

ROPの検査では、個々の指摘事項は9つの「分野横断的の局面」をさらに細分化した27の小項目のどれに最も関連しているかも評価される。最も寄与の大きい要素が「分野横断的の事項」(Cross-cutting Issue)として抽出されている。

分野横断的の局面のうち「ヒューマンパフォーマンス」と「問題点の特定と解決」に関する要素については、過去1年間の検査で出された指摘事項で関係した同一の分野横断的の事項の累積件数が4件以上になった場合、その事項は「本質的な分野横断的の事項」(Substantive Cross-cutting Issue)であると指摘され、事業者の改善の取組みが求められることになる。

「安全意識の高い職場環境」(SCWE; Safety Conscious Working Environment)に関する要素についてはこのようなルールは明確ではないが、これまでの検査で指摘された事例はほとんどない。

## 2.3 ROPの検査結果の公開

NRCの規制活動に関する情報は、発電所のセキュリティに関するもの等を除き、その内容はホームページ<sup>(3)</sup>で公開されている。ROPの検査や評価は検査マニュアル<sup>(1)</sup>に基づいて行われるもので、各発電所に対する検査において検査官個人の主観が過大に反映されることは考えにくい。そこで本研究においては、米国の各発電所の安全文化の実状はROPの検査におけるNRCによる指摘の状況に公平な結果として表れているものと仮定して分析した。

### 3. NRC による指摘状況の分析

#### 3.1 指摘された分野横断的事項の傾向分析

2007 年以降の ROP の検査結果において、1 発電所あたりの分野横断的事項の指摘件数の推移を図 3 に示す。指摘件数には全体として目立った増減はなく、発電所 1 四半期あたりの指摘件数は平均で約 2 件で推移している。米国全体としては特段の件数の変化はみられない。

指摘された分野横断的の局面毎の比率を図 4 に示す。「作業慣行」と「CAP」が過半数を占め、各局面の指摘件数の指摘件数全体に占める割合に目立った変化はない。

分野横断的の局面に属する 27 の小項目毎の指摘件数 (2008 年に実施された検査) を図 5 に示す。最も指摘頻度の高い項目は、「資源」の「正確な文書」(文書、手順書、作業文書、機器の表示を正確に維持すること)に関するものであり、記載が不適切な手順書が原因となって生じた不具合が多数指摘されている。

「正確な文書」に関しては 2007 年に実施された検査でも多数の指摘がなされている。この状況は、手順書類の記載不良が職員に発見されておらず、このような記載間違いのある手順書類を使って作業、操作が行われたために発生した不具合が多いことを示している。実際には各発電所では不適切な手順書類を都度修正しており、不具合が放置されているわけではない。しかし発電所が有する手順書等の分量は

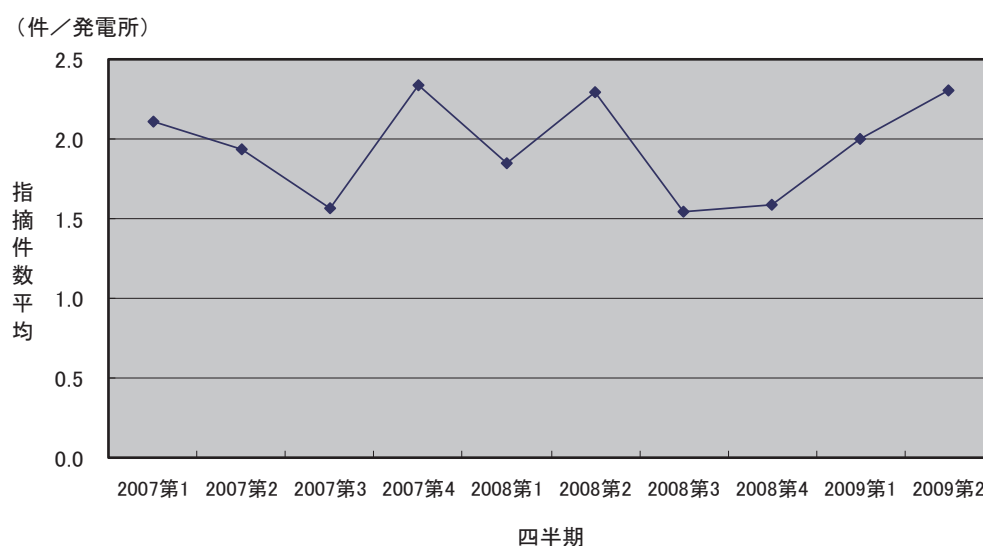


図 3 ROP の検査における 1 発電所あたりの分野横断的事項指摘件数平均の推移

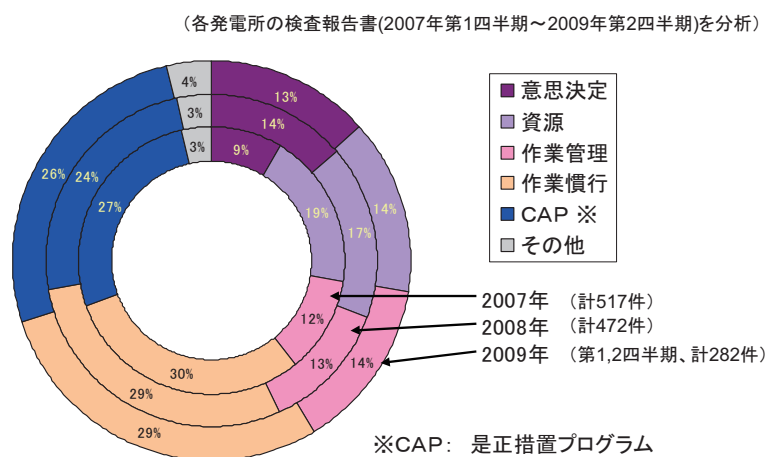


図 4 各発電所が各年に受けた分野横断的の局面に属する指摘件数の比率の推移

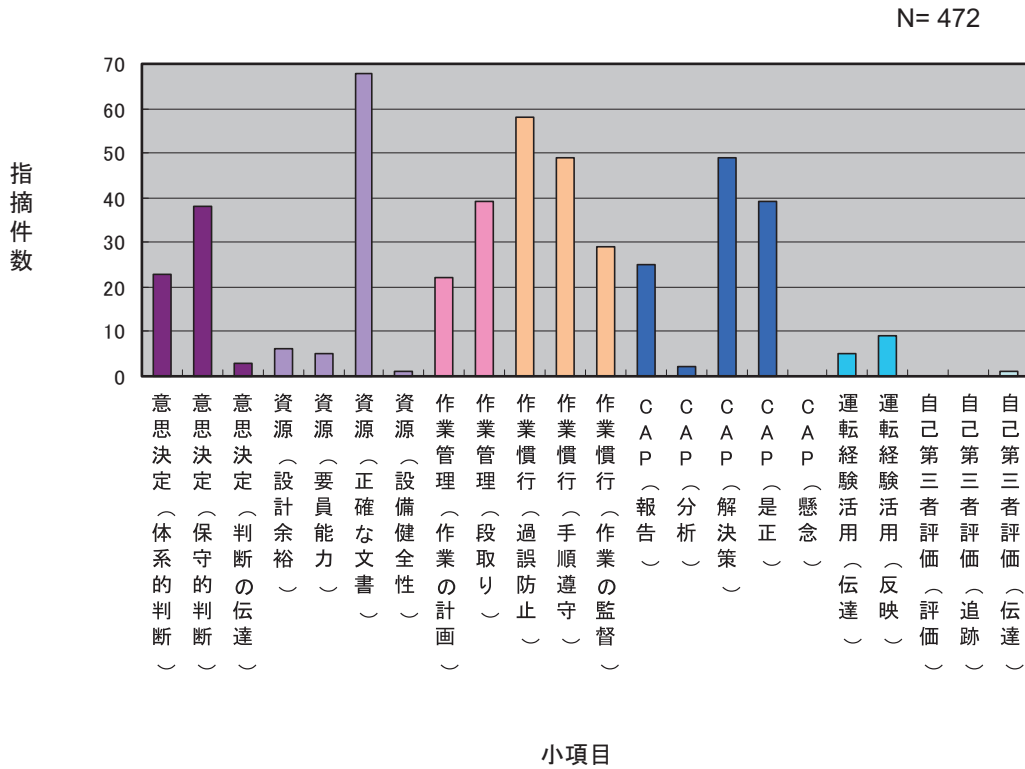


図5 各発電所が2008年に受けた分野横断的的局面に属する指摘事項の項目別件数分布

極めて膨大であり、これら全ての記載不良を抽出して完全なものとするには現実的には非常に困難であると思われる。

したがってこの小項目に関する指摘件数は容易に減少しないと予想される。

### 3.2 本質的な分野横断的事項の指摘に対する傾向分析

本質的な分野横断的事項の存在を指摘された発電所の数の推移を図6に示す。この発電所数にはこれまであまり大きな変化がみられなかったが、2009年末のデータでは指摘された発電所数はやや減少した。このことについて、発電所の安全文化の変化との関連では、現状では明確な知見を示すデータはなく、

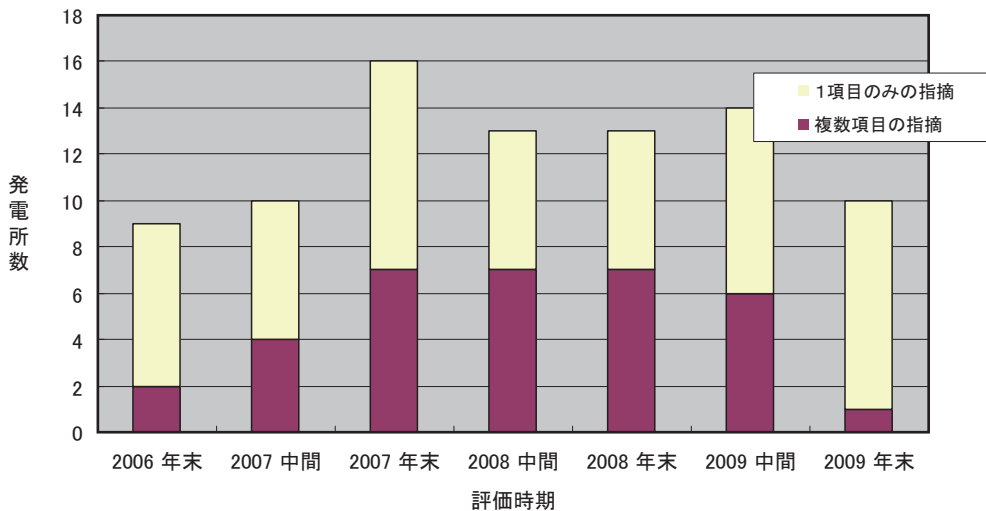


図6 本質的な分野横断的事項指摘を受けた発電所数の推移



今後さらにその推移を追跡し分析していく必要がある。

このような指摘の継続期間の状況を、図7に示す。多数指摘されている小項目は、「資源」の「正確な文書」が最も多く、「CAP」の「解決策の決定」、「意思決定」の「保守的判断」、「作業慣行」の「過誤防止」と「手順遵守」が続いている。

本質的な分野横断の事項が長期間継続して指摘された発電所はそれほど多いわけではない。多くの場合2年以内に運営の改善がNRCに認められ、指摘が解除されている。なお、「作業慣行」の「過誤防止」や「手順遵守」、「CAP」の「解決策の決定」と「是正措置」では指摘が長期間継続する例もあった。

なお、図7からは直接読み取れないが、本質的な分野横断の事項の指摘は同一の発電所において継続しているのではなく、指摘された発電所は実際には入れ替わっている。図4に見られるように分野横断的局面毎の指摘件数の比率それ自体はほとんど変化していないことを併せて考えると、「本質的な分野横断の事項」の指摘それ自体には、発電所の安全文化の状態に関する実質的な意義が必ずしも存在しているわけではない可能性もある。

NRCは「本質的な分野横断の事項」の判定について、過去12ヶ月間の同一の分野横断的局面に関する指摘件数が3件を超えているかどうかをクライテリアとしているが、明確な根拠に基づいているという

わけではない。実際、過去12ヶ月間の指摘件数が一時的に3件以下に減少してNRCから改善があったと認められたにもかかわらず、その後同じ小項目に関する指摘が複数発生したため、本質的な分野横断の事項として再度指摘された発電所もある。

NEI（原子力エネルギー協会）は、ROPの検査のほか、業界内レビュー活動や職員懸念提起活動なども含めた「原子力産業界の安全文化プロセス」<sup>(4)</sup>を提案している。これはROPの検査のみでは発電所の安全文化の真の姿を捉えることはできないため、より多面的なデータを総合することによって安全文化の現状を捉えていくべき、という米国の原子力発電業界の認識に基づいてとりまとめられたものである。

### 3.3 指摘件数の少ない発電所と多い発電所

各発電所がNRCから受けた分野横断的局面に属する指摘の件数の状況（図8、図9）を見ると、指摘件数が少ない発電所と多い発電所とが存在している。指摘件数が少ない発電所ではどの四半期でも指摘件数がゼロかごく少数にとどまっているが、指摘件数が多い発電所ではほとんどの四半期で4~5件以上の指摘事項を受けていることが多い。指摘件数の多少にかかわらず、各発電所が各四半期に受ける指摘件

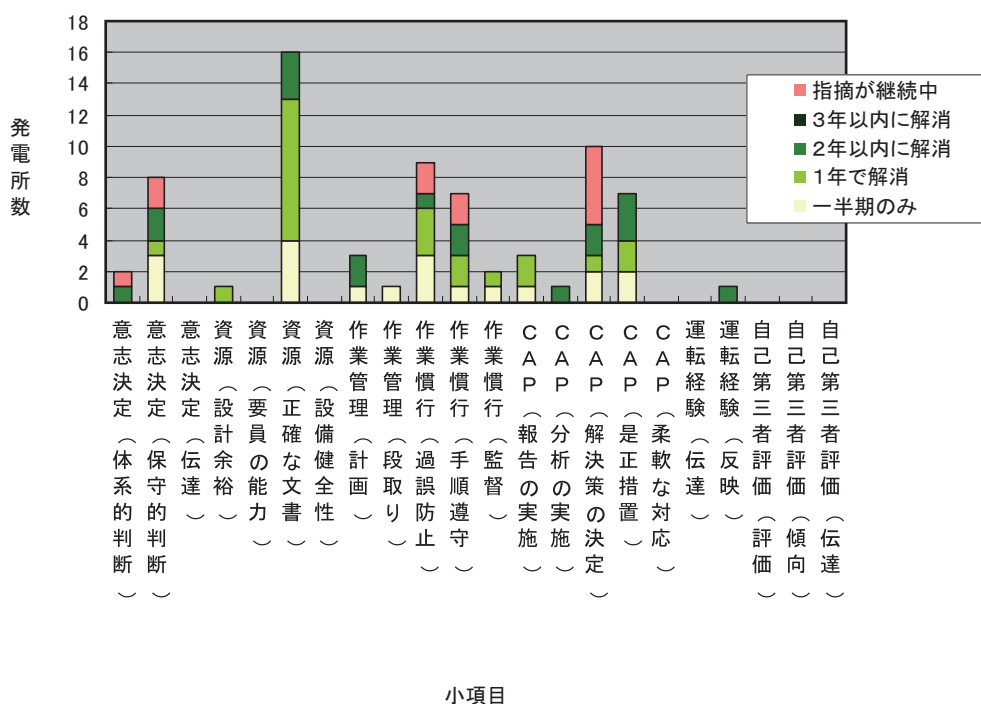


図7 本質的な分野横断の事項指摘の継続期間

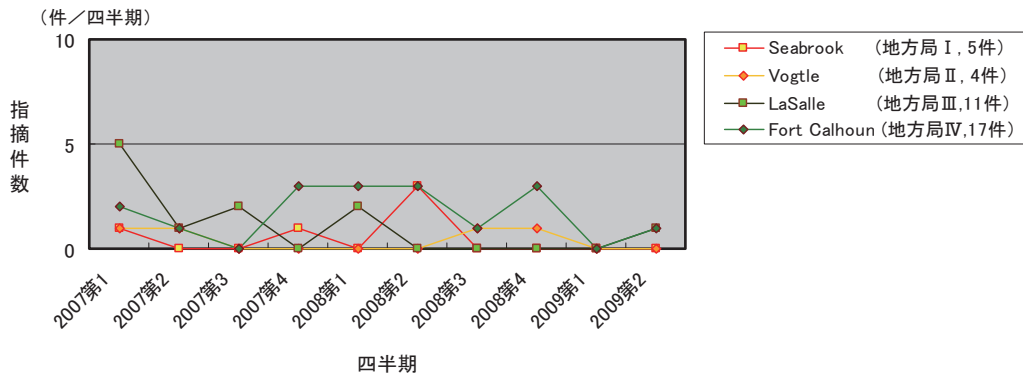


図8 指摘件数の少ない発電所における件数の推移

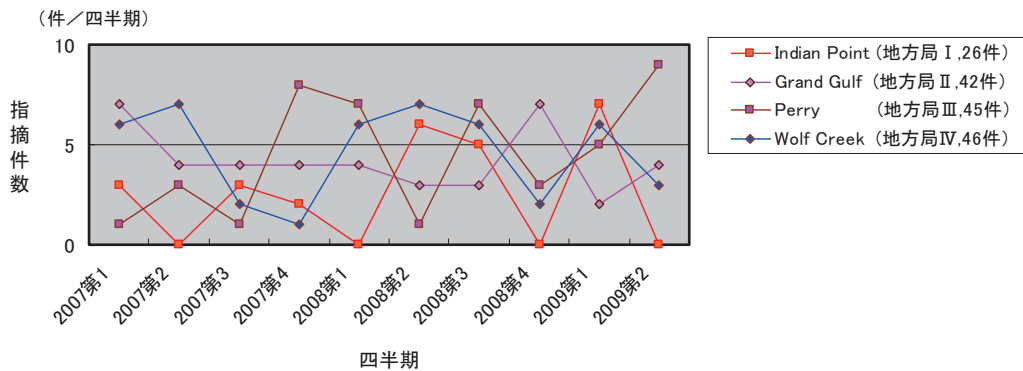


図9 指摘件数の多い発電所における件数の推移

数のレベルはほぼ変わらずに推移している。

### 3.4 NRC 地方局毎の指摘件数の違い

図10, 11に、2007年～2009年第2四半期のROPの検査における、各発電所毎の指摘件数の累計を一覧として示す。

NRC 地方局 I や II の管内では指摘件数の少ない発電所が多くみられる。その一方、地方局 III や IV の管内では、指摘件数が全米平均を超える発電所が多い。

指摘件数の累計が目立って少ない（例えば12件以下）発電所に着目すると、その周囲に他の発電所が近接して立地していることが多い。

NRC 地方局毎でみた発電所の指摘件数累計の分布を図12に示す。地方局 III や IV では指摘件数が30件以上の発電所の数が地方局 I や II よりも多い。また地方局 II では全体的にも指摘件数が少ない。

平均的な指摘件数が多い地方局 IV の管内が他の地方局と異なっている点として、管内の発電所が比較的離散して立地していることが挙げられる。このような状況は、各発電所が、そのパフォーマンスを他の発電所と比較しようとする機会を少なくするであろう。

地方局 II の管内では、同じ運転会社に属する発電所が比較的隣接して立地しているケースが多い。この状況は、地方局 IV 管内とは逆に、他の発電所とのパフォーマンスの差をより強く意識する要因となる。実際に地方局 II 管内の運転会社においては、NRC による指摘件数の平均が少ないことが顕著にみられる（図13）。

近接立地している発電所で、NRC の指摘件数が低くなる傾向があることについては、実際に発電所相互で情報交換を行うなどによる運営の改善がなされていることが推定される。具体的なメリットとして、特定の課題を解決するためのベンチマーキング調査や不具合の対処方法に関する情報の共有といった活動が容易になることが考えられる。

昨今はインターネットや電子メールを利用すれば、距離に関係なく情報を伝えることは可能になった。しかし、実際に業務上の困難に直面した場合、それを解決するためには、改善活動に関する具体的な情報、改善活動の実現が可能となった前提条件など、詳細な情報を交換し、具体的内容に関する質疑応答が必要になる。このような情報交換は、電子メールのような非対話的な手段によっては目的の達成が容易ではない。同じ運転会社に属する隣接した発電所

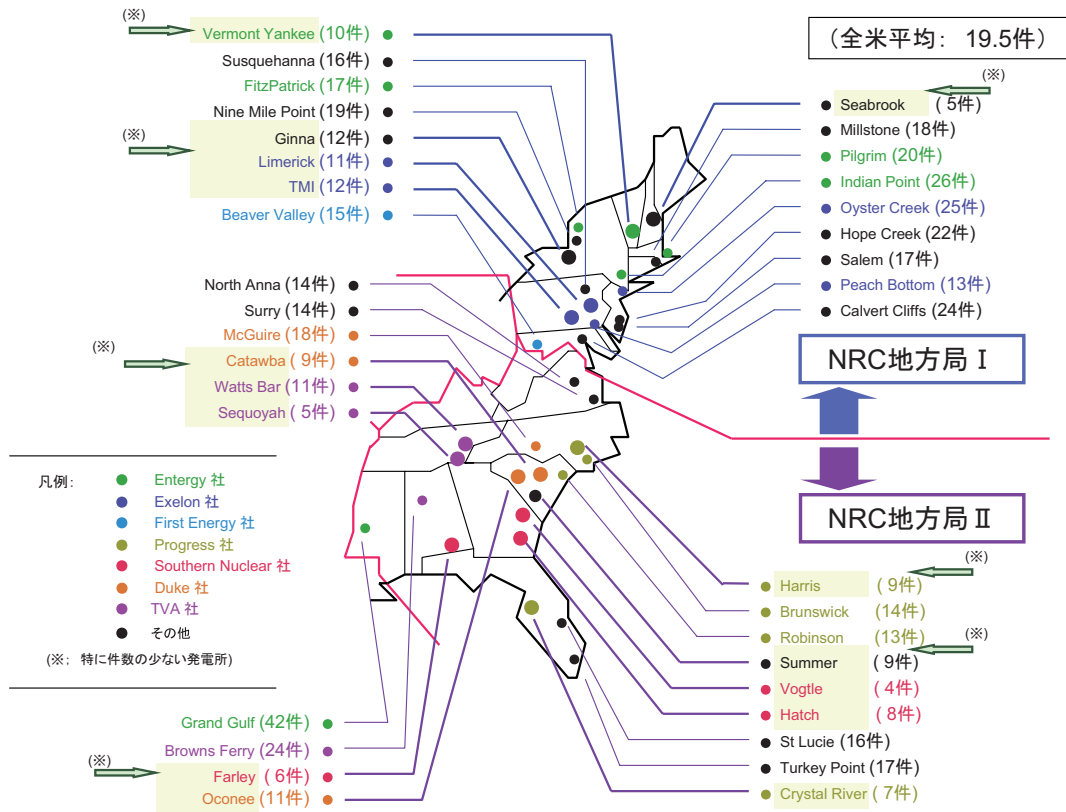


図 10 NRC 地方局 I, II 管内の発電所の指摘件数の累計

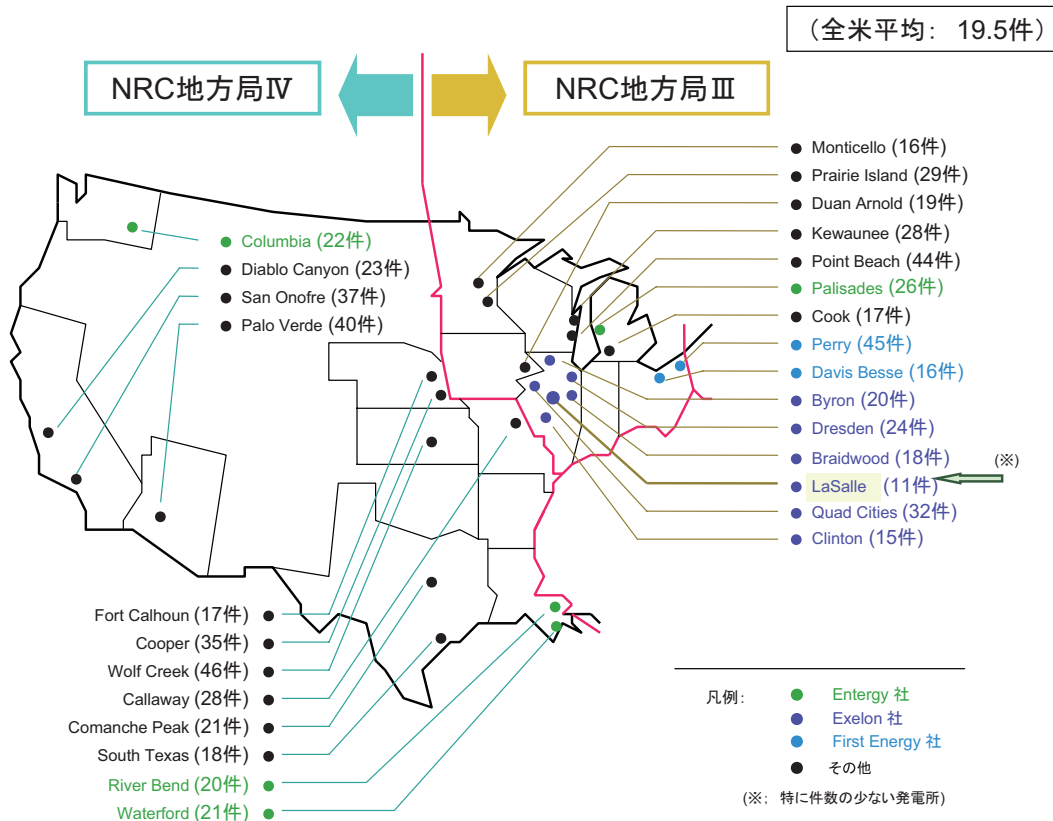


図 11 NRC 地方局 III, IV 管内の発電所の指摘件数の累計



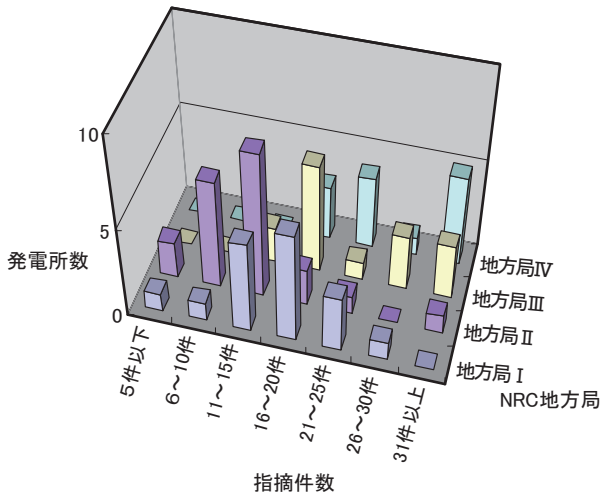


図 12 NRC 各地方局の発電所の累計指摘件数の分布 (2007 年～2009 年第 2 四半期)

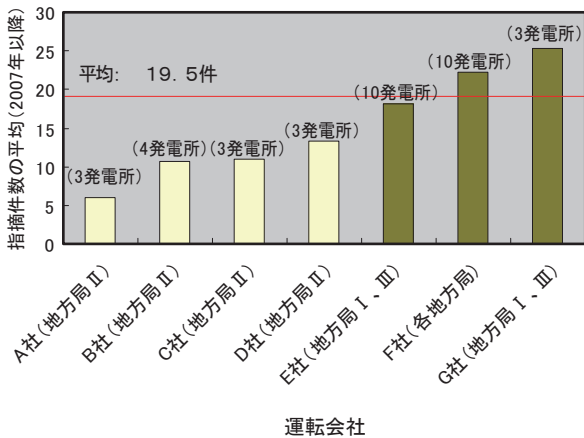


図 13 各運転会社毎の発電所平均での累計指摘件数

であれば、共通の組織構成、手順書、業務手順、社内用語が使えるといった意思疎通上の利点があるため、課題解決は容易になる。隣接した発電所に対しては運転会社本社においても状況の把握がやりやすくなる。従ってこのような環境を活用できる発電所においては、発電所の運営を改善することがより容易になる利点を有する。

このように、地方局 II 管内の発電所で NRC の指摘件数が少ないことについては、特に有利な背景が存在していると言える。さらに、NRC 地方局 II 管内には INPO (アトランタ) があり、地理的に、その活動に関与することが容易であることも発電所の運営改善に有利な材料となっている。

なお、発電所毎で指摘件数のレベルが異なり、NRC 地方局毎でも発電所指摘件数累計の分布にかなりの違いがある (図 12) もの、ROP の検査が同一の検査基準によって行われている事実を鑑みると、

NRC 検査官個人の主観が発電所毎の指摘件数に大きく影響しているとは考えにくく、各発電所における指摘状況は、その安全文化の状況に関する一面を示しているものと考えられる。

### 3.5 本質的な分野横断的事項の指摘件数と原子炉トリップ頻度との関連

発電所が安全文化上の問題を抱えている場合には、トラブル発生頻度などプラントの運営状況に何らかの影響が及ぶことも考えられる。そこで 2007 年と 2008 年の本質的な分野横断的事項の指摘件数合計と、同期間における原子炉トリップ事象件数との関係について比較を行った。その結果を図 14 に示すが、本質的な分野横断的事項の指摘状況と原子炉トリップ頻度との間には明確な関連はみられなかった。

ROP の検査では各発電所における様々な性能指標 (PI) も検査されているが、このような PI についても分野横断的の局面に関する指摘の状況とはあまり関係がないようであり、発電所の安全文化上の側面については、やはり発電所の運営に関わる個々の事例ないし評価結果について分析していく必要がある。

(検査結果評価書(CY2007、2008)、事象通知(NRC Web)から分析 (件/基))

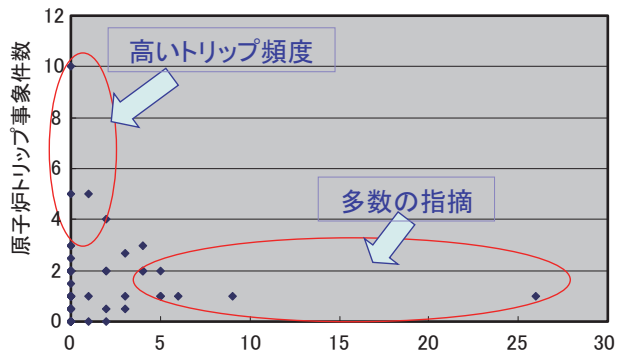


図 14 各発電所の本質的な分野横断的事項指摘件数と原子炉トリップ件数の比較

### 3.6 NRC による指摘状況に対する分析の総括

NRC による分野横断的の局面に属する指摘の件数は、各発電所とも目立った増減はみられず、発電所における様々な改善活動の成果として明確には表れていない。個々の発電所では、NRC によって本質的な分野横断的事項が解消したと判定された例もあり、

発電所における改善の取り組みは実際に有効であった可能性もある。しかしながら、NRCによる指摘件数それ自体の推移を見る限りでは目立った変化がみられないため、発電所の安全文化が実際に改善されているかを論じることは時期尚早と考えられる。

NRCによる指摘件数のレベルは発電所によって大きな違いがあるが、NRC 地方局Ⅱの管内の発電所の指摘状況に着目した場合、同じ運転会社に属する隣接した発電所においては、共通の組織構成、手順書、業務手順、社内用語が使えること、隣接した発電所に対しては運転会社本社としても状況の把握が容易であることといった有利な点があり、課題の解決はより容易になる。このような要因によって、この管内の発電所は指摘件数が少ない傾向がある可能性がある。

なお、本質的な分野横断的事項の指摘の有無について、原子炉トリップなどのトラブル頻度との関連はみられず、発電所の安全文化の改善について既存のデータから把握することは困難と言える。

#### 4. ROPの検査指摘内容に対する更なる分析

ROPの検査における指摘結果そのものの分析によっては、安全文化醸成の具体策に関する手掛かりは得られなかった。そこで、指摘事項に関してより具体的な状況を把握するため、2008年の検査報告書の記事についてさらなる分析を行うこととした。

##### 4.1 指摘された失敗の状況に関する傾向分析

ROPの検査における指摘事項から、どのような作業が指摘対象となったかについての傾向分析を行った(図15)。指摘事項の半数以上(約52%)は保守作業上の失敗に関するものであった。運転操作上の失敗に関する指摘は約22%、リスク評価、設備の技術的評価、放射線管理などの管理、机上業務に関する指摘は約27%を占めている。

管理、机上業務等に関する指摘においては、リスク評価が妥当でないことに関するものが比較的多くみられる。具体的には、設備の機能健全性評価における前提条件の誤り、不適切な判定基準、異常に対する想定対応時間が妥当でないこと、などの指摘事項がある。米国では1990年代後半以降からリスク情

(各発電所の検査報告書(2008年第1四半期～2008年第4四半期)を分析)

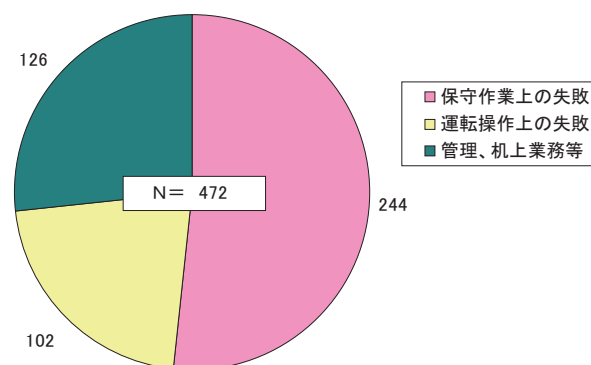


図15 NRCの指摘を受けた失敗の状況別頻度

報の活用が積極的に行われてきており、このような背景も存在しているものと考えられる。

国内の発電所では、リスク評価や技術的評価の結果の不良に対して検査で指摘がなされる例はほとんどなく、米国と国内の大きな相違点のひとつとして表れている。

ROPの検査において、指摘事項がどのような作業ステップを対象になされたかを分析した結果、「手順」(作業実施中の失敗)が最も多く、「計画」(作業計画自体の失敗)を上回っていた(図16)。これは、作業計画時よりも現場作業そのものにおいて過誤が発生しがちであることを示している。この分析結果は、NRCによる分野横断的局面に属する指摘のうち「作業慣行」の局面に属する項目(過誤防止、手順の遵守、作業の監督)の件数が多い(図5)ことと関連していると考えられる。また現場作業では保守不良が運転不良よりも多い。

ROPの検査で指摘されている事項は、国内トラブル情報と比べると管理、机上業務に関する不具合件数の割合が多い点が特徴である。

##### 4.2 指摘された業務の複雑さに関する傾向分析

ROPの検査において、指摘された不具合のうち「業務の複雑さ」に関する分析を行った(図17)。指摘された事項では、「不十分な検討」(作業、操作の実施にあたってその妥当性が適切に検討されていない)に分類される件数が最も多いが、「不完全な作業、操作」(作業、操作そのものが完全に実施されなかったもの)や「不十分な確認」(作業、操作が確実に実施されているかが適切に確認されてい

(各発電所の検査報告書(2008年第1四半期～2008年第4四半期)を分析)

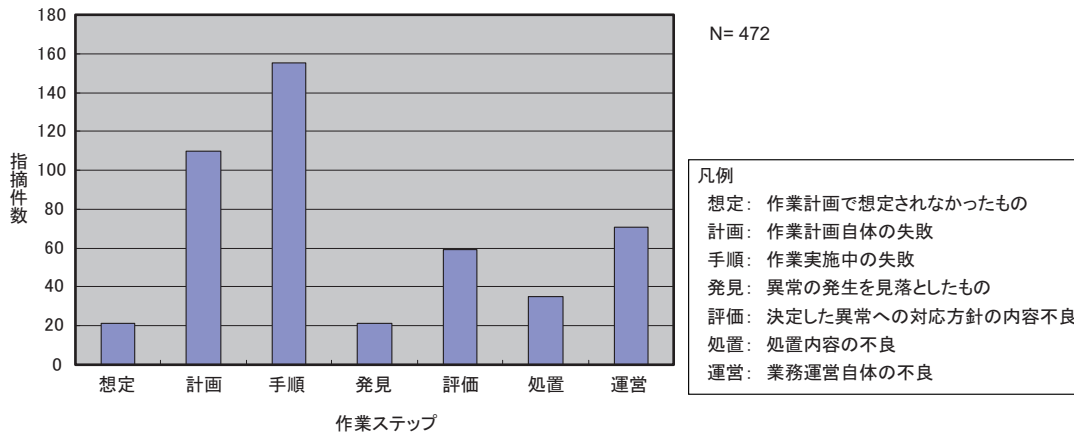


図16 NRCの指摘を受けた失敗の作業ステップ別頻度

(各発電所の検査報告書(2008年第1四半期～2008年第4四半期)を分析)

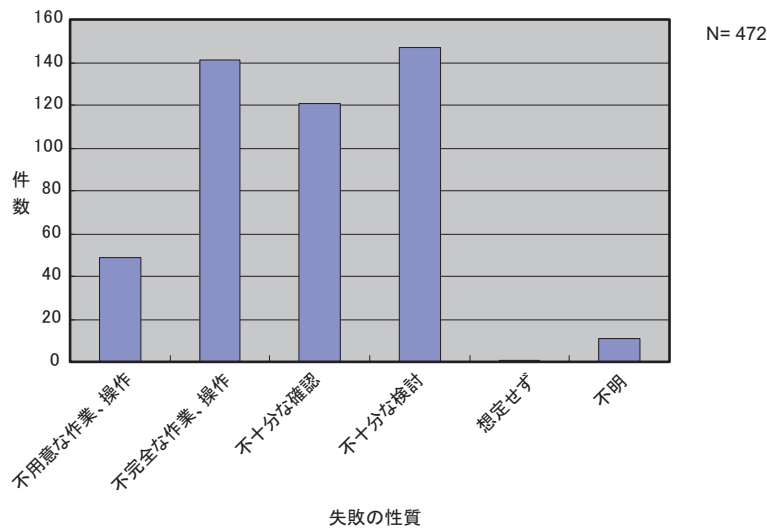


図17 NRC指摘を受けた作業の複雑さに対する分析

かったもの)に分類される件数と比べて目立った差はなく、明確な傾向はみられない。

「不完全な作業、操作」や「不十分な確認」にあたる不具合は、多くが定型的な(ルーチン)作業に関するものであると言えるが、このような不具合を低減するためには、作業員の基本的な能力(知識、能力、確認の習慣など)を向上させていく必要がある。このような不具合件数の割合が決して少なくないという現状は、教育や訓練を通じた作業員の能力向上がパフォーマンス向上のために重要な意味を有しているという事実を示すものである。

### 4.3 指摘された失敗に対する更なる特徴の抽出

上記のほか、ROPの検査における指摘事項からさらに何らかの知見を抽出する試みとして、「情報伝達不良」、「問題点放置」といった要素に着目して、それらの要素が指摘事項に含まれている割合を分析した(図18)。その結果、全指摘事項のうち約4分の1の情報にこのような要素が含まれていた。その他の情報においては具体的な特徴を有すると認められる記事はみられなかった。

「明らかな情報伝達の不良」は不具合の約18%を

占め、その具体例としては次のようなものがある。

- 改訂すべき手順書の放置
- 部門間（運転員と保修員）の作業上重要な事項の伝達漏れ
- 異常な兆候を報告しなかったこと

情報伝達が適切になされなかった原因としては、作業員個人の不注意も当然挙げられようが、監督者が作業員に十分な知識や時間的余裕を与えていなかったといった組織的な要因が関与している可能性もある。しかしこのような側面に踏み込んだ詳細な情報の分析は、原情報に含まれていないため実施できなかった。同様に、「明らかな情報伝達の不良」に分類できなかった不具合についても、実際には情報伝達の不良が関与していると想像される情報も多数存在している。こうしたことから、情報伝達の不良によって発生する不具合は実際にはかなりの数に上るものと考えられる。

「問題点の放置」は不具合の約 6%であり、具体例としては次のようなものがあった。

- 決定された対策に関する文書化が適切に行われなかったこと
- 数年前に発見された気象観測装置の不具合に対する対策が忘れ去られていたこと

このような不具合の事例の割合はそれほど多くないが、これは米国の発電所では CAP におけるバックログ（処理遅延案件）低減が意識されていることが背景にあると考えられる。

（各発電所の検査報告書（2008 年第 1 四半期～ 2008 年第 4 四半期）を分析）

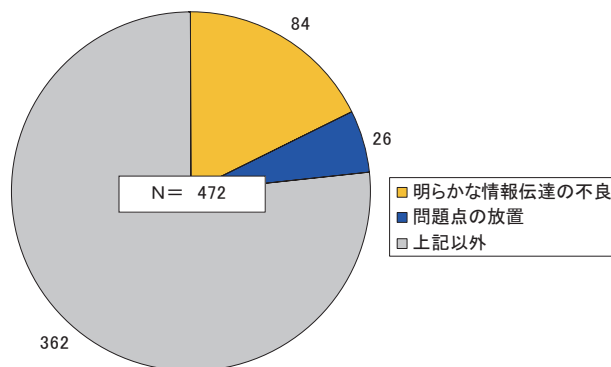


図 18 NRC の指摘を受けた失敗に対するさらなる分析

#### 4.4 ROP の検査指摘内容に対する更なる分析の総括

以上の分析結果をまとめると次のとおりとなる。

- 保守作業や運転操作に関して、現場作業中に発生した失敗が多い
- 「不完全な作業、操作」や「不十分な確認」に分類される失敗の件数は多く、教育や訓練による作業員の能力向上には重要な意味がある
- 「情報伝達の不良」によって発生した失敗件数は多く、その割合は少なくとも全体の 18% を超える

### 5. 米国発電所訪問による安全文化醸成活動の実態の調査

#### 5.1 訪問調査

米国発電所で行われている安全文化醸成活動の実態を調査するため、2008 年と 2009 年に米国の発電所（または本社）7 箇所を訪問した（図 19）。調査先では、NRC による分野横断的局面に関する各項目に関して、米国発電所で実際に行われている活動や、その効果に関する所見についての説明を受けた。

#### 5.2 ヒューマンパフォーマンス（HP）に関する改善活動例

##### 5.2.1 「意思決定」、 「作業慣行」

「意思決定」、 「作業慣行」に関する改善で注目される取り組みの例としては次のようなものがある。

- 部下の作業に密着して観察し助言する慣行
- INPO「安全文化の原則」<sup>(5)</sup>の日常的な意識啓発（発電所内の至る所に掲示物を掲示）
- 不安全事例をデータベースで共有し、CAP のデータと比較して改善する取り組み
- プラントの系統状態を把握する日常ミーティングの実施
- 意思疎通の専門家を配置し、意思疎通改善の効果を追跡

「作業慣行」に関する面での改善活動については、



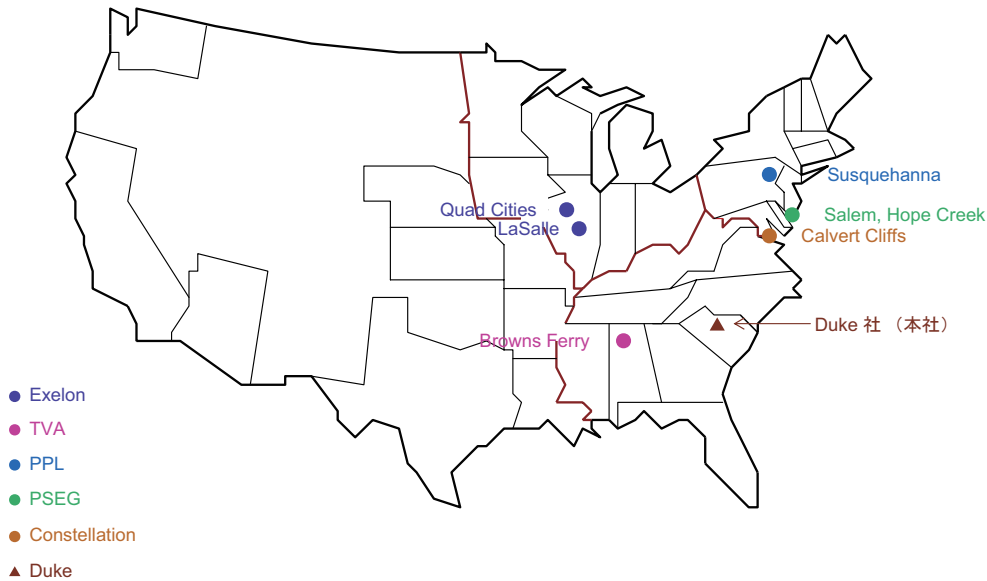


図19 訪問調査先

教育、訓練や事例研修といった例は国内でも一般的に行われており、それほど目新しくないと感じられるかもしれない。しかし、より踏み込んだ対応として、不安全事故の情報をデータベースに入力したうえでCAPの活動に含め、このようなごく軽微な事項であっても是正措置を検討すべき対象として捉えている事例もあった。国内発電所においてもハット・ヒヤリ事例を冊子として配布し周知している例があるが、米国の発電所ではこのような情報についても所内で単に「流しておく」だけではなく、問題の芽をつみ取ろうとする積極的な対応が特筆される。

なお、訪問先の米国の発電所ではどこでも、INPOによる「安全文化の原則」に関する掲示物、配布物が多用されていた。これは単なる発電所個別のスローガンや標語とは違い、INPOという米国の各発電所が共通して深く関与する組織によって常に発信されている概念であり、職員の勤務先発電所が変わったり、発電所上層部の異動があっても変わることのない、一貫した目標として認識されている可能性がある。このように明確化された方針が変わることなく継続的に発信されているということも、活動の特徴として特筆すべき点である。

INPOでは原子力発電所のトラブル情報の発信やピアレビュー活動を行うだけでなく、職員の教育訓練、管理者に対するワークショップ開催等の活動を行うなど様々な情報を発信している。このような発電所外部からもたらされる多様な良好事例等を取り入れ、業務改善を行う例が多くみられた。

## 5.2.2 「資源」

記載が不適切な手順書等の是正活動そのものについては、特筆すべき事例はあまり収集できなかった。ある発電所では、手順書を作業着手前、作業完了後の2回、それぞれ記載内容のレビューを行うことによって、改善点を抽出する取り組みを行っていた。ROPの検査において、「資源」に関して最も多い指摘は「正確な文書」に係るものであるが、発電所を運営するための文書の量は膨大であることから、その改善のためには地道な努力の継続が要求される。

## 5.3 問題の特定と解決 (PI&R) に関する改善活動例

### 5.3.1 「CAP」

米国の多くの発電所では、業務上重要な情報（業務に障害を及ぼしている事項を含む）が確実に必要な職位に届けられるべきこと、そのような情報を発信しても無駄にならないという信頼感、というものが確保されることが重要である、ということが強く意識されている。CAPの活動においてはこのような効果が期待されており、多くの発電所で改善が実施されている（典型的な例を図20、21に示す）。

「CAP」に関する改善について注目される取り組みの例としては次のようなものがある。



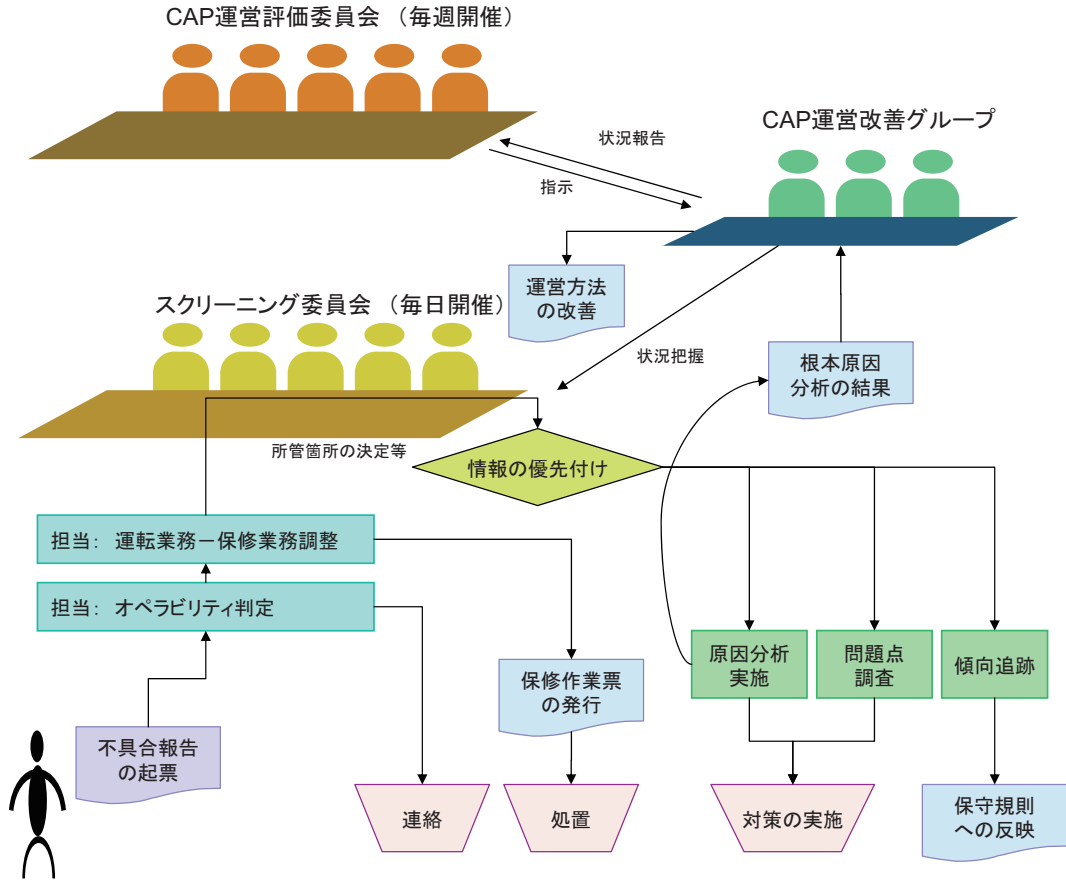


図 20 米国発電所における CAP 業務フローの例

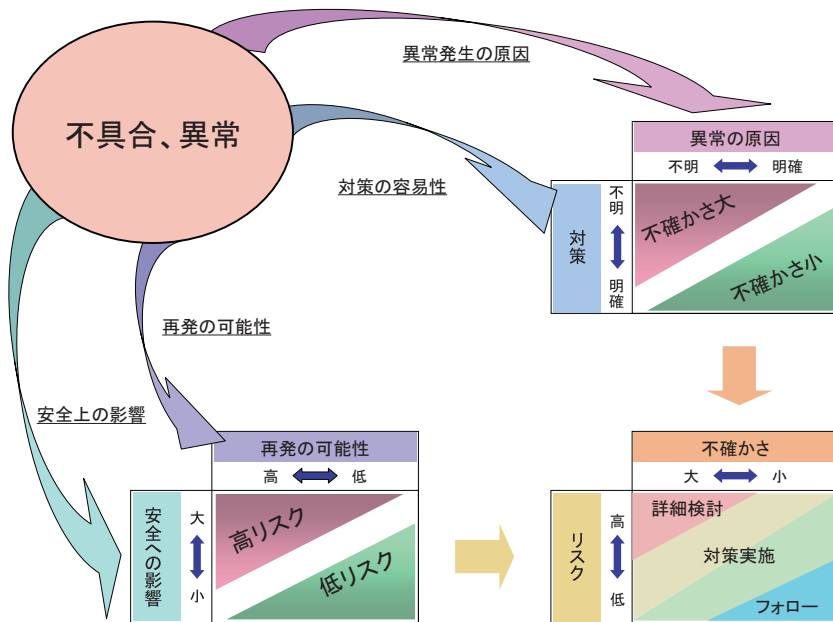


図 21 不具合報告に対する優先付けの考え方の例

- 請負会社に対しても CAP データベースへの入力を契約上義務付け
- 不具合報告をデータベースにより処理（処理手順を定め、入力された情報を約 50 項目の処

理項目についてそれぞれ担当者が分担して処理するとともに、安全推進委員が処理状況を追跡管理）

- 報告された不具合につき、人的過誤、組織要

因、労働災害、被ばく、機器信頼性などの面での傾向分析を行い、INPOによる目標値と比較して問題点（パフォーマンス・ギャップ）を抽出

- 処理が遅延している案件は、発電所駐在役員（Vice President）、原子力担当重役（Chief Nuclear Officer）に報告されており、状況に応じた経営層からの資源投入が行われる（エスカレーション・プログラム）

図 21 の例のような、不具合に対する対応優先度を決める手順における狙いは、特に以下の点に関する判断の迅速性を確保することにあると考えられる。

- プラントのオペラビリティ（安全系機器の機能健全性への影響の有無）
- 保守規則の変更の要否
- プラント運転に対する安全上リスクの評価

なお、米国の発電所では、CAPで扱う対象とされる不具合の範囲が広く、ある発電所のCAP手順書において明示されている具体的な例としては、図 22 のようである。このように、米国の発電所でCAPの活動では、国内発電所における類似の活動例とやや異なり、扱う範囲の不具合に対する定義がかなり広く規定されている。それだけに、CAPにおいて起票される不具合報告の数は膨大であり、このような報告を効率的に処理する必要性が認識されている。特に未処理で滞留している案件（バックログ）を増やさないことが大変重視されているが、その解決のためにいくつかの発電所ではデータベースにおいてCAPの情報処理を行う手順を確立していた。これは

#### 米国発電所のCAPにおける不具合報告の対象(例)

- 故障
- 誤動作
- 欠陥
- 基準からの逸脱
- 不良
- 不適合
- ニアミス
- 懸念
- 望ましくない状態
- ベストプラクティスからみた欠点

図 22 米国発電所のCAP活動の対象不具合（例）

他発電所のベンチマーク訪問の結果取り入れられた良好事例のひとつである。

米国発電所におけるCAPの活動は、第一線の作業員から経営層に至るまであらゆる職位の職員が関与している。またCAPの運営効果について頻繁なレビューが行われ、直接、間接に多くの労力が投入されている。このような状況は、発電所内の各職員に対して改善活動を推進する動機付けとなっていると見受けられた。具体的には、困難な目標を達成するために重要であるといわれている<sup>(6)</sup>次の要素を含んでいる。

- 職員が不具合の存在に対して敏感になること
- 改善活動に対して経営層による誘導（動機付け、支援）があること

以上のように、CAPの活動は、発電所の職員による懸念事項の表明に対し、組織として速やかな措置を行うためのしくみのひとつとして重視されており、組織に対する職員の信頼感を向上させることに寄与している効果は大きいと考えられる。近年では組織の能力を向上させることが重要であるという認識から多くの考え方が提唱されているが、組織能力を向上させるために必要といわれている<sup>(7)</sup>次のような要素についても、CAPの活動は組織を活性化させる効果をもたらしているものと考えられる。

- 人材の育成
- 業務スピード（生産性）の向上
- 思考様式の共有
- 部門の壁を越えた業務のコラボレーション
- 優先付けによる効率性の向上

国内の発電所における、上記と類似する活動においては多くの場合、品質保証規程 JEAC-4111<sup>(8)</sup>における不適合管理の考え方にに基づき、識別、記録、修正内容に対する適合性の再検証といった処置がとられている。このプロセスは規制上の要求に基づくものであるが、その運営において、品質マネジメントシステムが適切、有効に機能していることを確保するということが目標として意識されがちである。

米国の発電所で実施されているCAPの活動においては、ニアミスのような顕在化しなかった不具合も含めて、その問題の緊急度やリスク上の重大性に対する判断が発電所の正式な手順として運営されて

おり、しかもそのような不具合を効率的に処理することについて、継続的な改善活動が行われるしくみが確立されている。この点において、米国の発電所における CAP の活動では、組織運営を改善することが明確な目標として意識づけられ、そのための手順が具体的に明示された運営基準に基づいて運営されているという特徴がある。

米国の発電所が CAP の活動を非常に活発に行っている背景には、ROP では NRC による検査指摘事項が発電所の CAP によって適切に処置されるべきことが前提とされていることがある。また発電所の安全系機器に対するオペラビリティの判定において、NRC から非常に厳格さが求められている現状があり、各発電所はその対応に気をとがらせている。しかしその一方で米国の発電所では、多くのプラント機器の維持管理を保守規則に基づくオンラインメンテナンスによって行っており、また技術仕様書 (Tech. Spec.) における AOT (Allowed Outage Times; 許容待機除外時間) を活用することにより、許容されるリスクの範囲内でできるだけ高いプラント稼働率を達成することが強く意識されていた。

総じて米国の発電所では、個々の不具合に対して合理的で迅速な対応を行うための組織運営上のしくみが具体的な目標の下で明確に規定され、CAP の運営が行われている状況である。

### 5.3.2 「運転経験情報の活用」

「運転経験情報の活用」に関する取り組みの実例としては、具体的には以下のような例があった。

- ▶ INPO 等の重要不具合情報 (SOER; 重要事象評価報告書) 等に対する予防策検討会の開催
- ▶ 不具合情報から得られた教訓に関する他発電所幹部との情報交換
- ▶ 作業着手前の 2 分間訓練の実施 (ジャスト・イン・タイム訓練)

発電所にもたらされる運転経験情報の数は非常に多いため、その全てについて詳細な検討を行うことは事実上不可能であり、情報に対する優先付け (スクリーニング) を行うことによって情報の取捨選択が行われている。

### 5.3.3 「組織の評価」

第三者によって行われている組織評価の例としては、次のようなものがある。

- ▶ INPO によるピアレビュー
- ▶ 外部業者への安全文化評価の委託

このような活動は定期的に行われており、評価結果は原子力担当重役などの上層部に報告されている。

また NRC による ROP の検査結果としての発電所に対する評価 (半年に一度) も、外部による組織評価の一環にあたる。

## 5.4 安全意識の高い職場環境 (SCWE) のための改善

ROP の検査において、SCWE の面で本質的な分野横断的事項があると評価された発電所はない。しかし NRC は申告制度 (Allegation Program) <sup>(9)</sup> におけるデータ追跡を通じて、発電所の SCWE に関する問題点に関して情報を抽出している。各発電所におけるこのような申告の状況について、NRC は毎年ホームページで年報を公表している。

米国の発電所を訪問調査した結果、上記の申告制度により NRC から SCWE 上の問題点があるのではないかと様々な状況調査が行われた発電所の実例を調査することができた。

この発電所において、ROP の検査での指摘件数は特に多いわけではないが、現実には職場の運営状況に関して NRC からの様々な質問を受け、改善策の検討などが種々行われていた。同発電所では以前から、経営層と組合側との関係の悪さが問題として意識されており、2002 年に SCWE 対応チームを発足させ、問題点を発電所役員に報告するとともに、リーダーシップ、チームワークの浸透を図ろうと試みた。状況は改善しなかった。関連する指摘件数が増加した要因として 2008 年に抽出された事項には、次のようなものがある。

- ▶ 組織体制の変更
- ▶ リーダーシップが顧みられないこと
- ▶ 作業スケジュール変更の際に発生する不具合
- ▶ 意思疎通の悪化と職員のモチベーション低下

同発電所は第三者評価を通じて、発電所内の業務遂行における意思疎通が不良であったことを認識した。具体的には、職員の勤務に影響を与えるような業務変更があった際に作業員のマンパワーが対応可能かどうか顧みられず、作業スケジュールの変更においても作業員との意思疎通が行われていないということであった。これを改善するため、以下の取り組みが行われているところである。

(1) 上級管理層からの情報発信：

第一線作業員に対して、業務運営に関する意思疎通が適切であるか否かに関する評価活動を実施している。

(2) 懸念の表明手段の確保：

懸念事項が上層部に様々な手段によって伝達できるよう意思疎通方法を整備し、案件は毎日スクリーニングしている。

(3) SCWE 改善チームの確立：

具体的には次のような活動を実施している。

- リーダーシップに関する訓練
- 各職位の意思疎通改善
- 業務手順変更後の変更管理
- CAP 運営の改善

➢ SCWE の性能指標（図 23）による傾向追跡

他の発電所においても、SCWE を改善するために専門の役職者が置かれている例がある。INPO の「安全文化の原則」に関してデータベースを用いたアンケート調査を定期的に行い、職場の運営状況を把握、改善する取り組みを行っている発電所もあった。INPO による「安全文化の原則」では一般職員だけではなく発電所上層部や組織全般についてもあるべき姿の記述がなされている。

以上のような調査結果を整理すると、職場環境の改善において重要な点は次のように整理できる。

- 「SCWE」の改善は、一部の職員のみを対象として限定的に行っても効果が期待できない
- 発電所上層部から発信される情報が適切（職員に理解可能）であること
- 職員が多様な手段で懸念を表明でき、「言いにくい」状況が解消されること
- 改善活動をコーディネートするチームが配置され、あらゆる角度からの改善の試みが継続されること

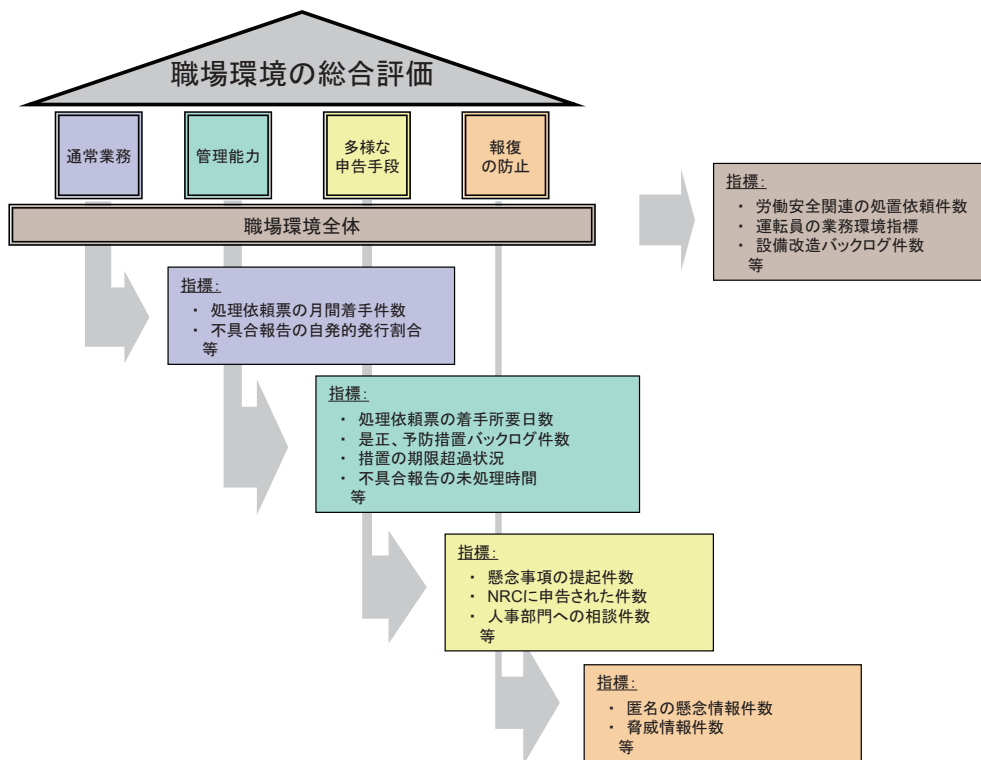


図 23 SCWE に関する性能指標の例



## 5.5 米国発電所訪問による実例調査の総括

「ヒューマンパフォーマンス」に関する改善活動としては、「作業慣行」に関する内容が多く把握された。その多くは、教育、訓練や事例研修といったものであり、目新しさの感じられる要素は多くない。米国の発電所における活動で共通している要素として、INPOの「安全文化の原則」を職員によく理解させ習慣づけさせることが常に意識されていることが挙げられるが、これは年間を通じた発電所の恒常的な活動として定着しているという点で注目される。また、不安全事例については、単なる事例周知ではなくCAPの活動として改善措置が行われている例があり、より積極的な取り組みであると言える。

「問題点の特定と解決」に関しては、多くの発電所において、CAPの運営を改善することに対する努力が傾注されていた。CAPの活動は不具合に対する単なる帳票処理ではなく、不具合をリスク上の重大性に応じて緊急度を判断し、機器のオペラビリティに対する迅速な判断、根本原因分析を通じた発電所の運営改善、保守規則の適正化、といった改善活動における重要な役割を担っているものである。またこの活動においては、職員が提起した不具合全てに対して適切な対応がなされるであろうという信頼感を醸成する効果も期待されており、組織を活性化するためのしくみとしても機能していることは、特に注目に値する点である。

「SCWE」に関しては、組織内の信頼感を醸成することの重要性が多くの発電所で意識されており、CAPの活動とも重複する部分はあるが様々な取り組みがなされている。調査結果から整理される事項として、発電所の一部の職員のみを対象とした取り組みでは不十分であり、発電所上層部からの情報発信が適切であること、職員が多様な手段を通じて「言いにくい」懸念を表明できることといった環境を整備することによって、発電所の上下双方向での有効な意思疎通が確保されることが重要であると認識されていた。

## 6. まとめ

米国発電所で行われている改善活動の成果は、現時点においては、NRCによる指摘件数の数値に表れているとは言いがたい。至近のデータでは、本質的

な分野横断的事項が指摘された発電所の数は減少しているが、これが改善の成果に関連しているかどうかを現時点で結論することはできない。

指摘されている不具合の多くは「作業慣行」や「CAP」に関するものであるが、保守作業や運転操作に関する指摘事項では、現場での作業や操作の実施中に発生した失敗の占める割合が多い。このため、「不完全な作業、操作」や「不十分な確認」による不具合を低減するために教育や訓練を通じて作業員の能力を向上していくことには重要な意味があると言える。

一方、米国の発電所で実施されている安全文化醸成活動の具体例から特筆される点は、次のとおりであった。

安全文化の醸成に必須の要素としてINPOが整理した「安全文化の原則」について、その内容を発電所内の各組織、職位に定着させることが強く意識されており、そのための恒常的な活動が確立され、変わることはない一貫したメッセージとして発信されている。

またCAPの活動について、運営を改善するための努力が継続されている。米国の発電所が実施しているCAPの活動は、不具合に対する単なる帳票処理にとどまるものではなく、むしろ不具合をきっかけとして、発電所内の組織運営の改善と、職員による組織に対する信頼感の向上とを同時に達成することを狙った、発電所を挙げた継続的な改善活動であると言え、米国の発電所における安全文化の醸成活動として最も顕著なものであると考えられる。

また発電所内の相互の信頼感欠如に起因する障害を取り除くため、SCWEに関する改善を重視している発電所もあった。発電所の上層部、職員双方から必要な情報が適切に伝達されることは、発電所の運営上重要な点であるが、そのために、職員が多様な手段を通じて「言いにくい」懸念をより容易に表明できるよう、様々な努力が払われていた。

本研究では今後とも、米国発電所で実施されている活動の調査やデータ収集を行い、有効な改善活動に含まれている要素を抽出するため、分析を継続していく予定である。

## 文献

- (1) NRC Inspection Manual, Chapter 0305, "Operation Reactor Assessment Program"



- (2) IAEA INSAG-4, Safety Culture
- (3) 米国 NRC ウェブサイト (安全文化関連)  
<http://www.nrc.gov/about-nrc/regulatory/enforcement/safety-culture.html>
- (4) Industry Nuclear Safety Culture Process,  
2009年2月1日, NEI
- (5) Principles for a Strong Nuclear Safety Culture,  
2004年, INPO
- (6) 組織能力の経営論, DIAMOND ハーバード・  
ビジネス・レビュー編集部
- (7) J. R. Katzenbach and D. K. Smith, “The  
Wisdom of Teams” , Collins Business
- (8) 原子力発電所における安全のための品質保証規  
程 JEAC4111-2003, (社)日本電気協会
- (9) 米国 NRC ウェブサイト (申告制度) [http://  
www.nrc.gov/about-nrc/regulatory/  
allegations-resp.html](http://www.nrc.gov/about-nrc/regulatory/allegations-resp.html)