

# 米国原子力発電所における安全文化改善活動に関する分析

Analysis toward Variety of Activities to Improve Safety Culture in US nuclear stations

一木 邦康 (Kuniyasu Ichiki)\*

**要約** 安全文化の概念はチェルノブイリ事故の発生を契機に意識されるようになったが、米国でもデービスベッセ原子力発電所で発生した不具合を契機に、規制当局であるNRCは発電所の安全文化を2006年7月から評価するようになった。国内でも2007年12月に原子力安全・保安院がガイドラインを発行し、一方で事業者は自主的な安全文化評価を開始するなど、具体的な安全文化の醸成活動の実施に向けた動きを始めようとしている。このような状況において、先行する米国の活動実績から得られる知見をもとに、参考として活用できるような情報を分析することは、極めて有益と考えられる。そこで本研究では、米国発電所のNRCによる検査での指摘事項や、発電所での安全文化醸成の取り組み内容を対象に分析を行った。これまでの分析により、組織の文化それ自体の大きな改善事例ではなく、「不具合のより速やかな報告」といった組織運営上の改善傾向がみられた。これは米国の安全文化醸成活動の取り組みの期間はまだまだ短いためであるが、むしろ、組織全体の文化の改善を達成するためには長期間の活動が必要であることを示唆している。

**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 occurrence of the Chernobyl accident, the term “Safety Culture” has become familiar among people. In the U.S., its regulatory body, NRC, decided to start evaluation of safety culture in nuclear power stations since July 2006, in order to prevent the recurrence of incidents like the one Davis Besse suffered. Looking into Japan, the Nuclear and Industrial Safety Agency issued a regulatory guideline in Dec. 2007, and some utilities initiated their own culture assessments independently. Under such circumstances, it is thought much beneficial to analyze information of U.S. experiences which could be valuable lessons for us to learn in pursuing effective improvements. In view of this, the present study aimed at analyzing findings in the NRC inspections and station’s activities for their improvement. So far, several examples of improvements we observed are more like practice of quicker report of equipment failures, rather than obvious improvements of the whole organization. Indeed, this is because that the history of improving culture is not long enough even in the U.S. at present, but rather it indicates that such activities of improvement should take long time to be achieved.

**Keywords** safety culture, nuclear power station, trend analysis, NRC, reactor oversight process

## 1. はじめに

安全文化とは、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)の国際原子力安全諮問グループ(IN-SAG)が発行した報告書(INSAG-1)の中で提唱された概念である。この安全文化については、1991年に公表された報告書INSAG-4”Safety Culture”(安全文化)において、原子力発電所で実際に適用されるための具体的な説明がなされた。

米国では、スリーマイルアイランド発電所事故(1979年)を受け設立された原子力発電運転協会

(INPO)が、デービスベッセ発電所における原子炉容器上蓋腐食事象(2002年)を契機に、原子力発電所の運営においてより具体的な適用を行うことを目的として“Principles for a Strong Nuclear Safety Culture”(強固な原子力安全文化の原則)を2004年にとりまとめている。INPOはデービスベッセ事象に関しては勧告文書も発行(2002年)しており、米国の産業界はこれらをもとに発電所安全文化の自己評価を行っていたところであった。しかし米国原子力規制委員会(NRC)はこれにかかわらず、原子力発電所の運営における安全文化の面についての検査を実施することとし、それまで実施されていた原子

\* (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

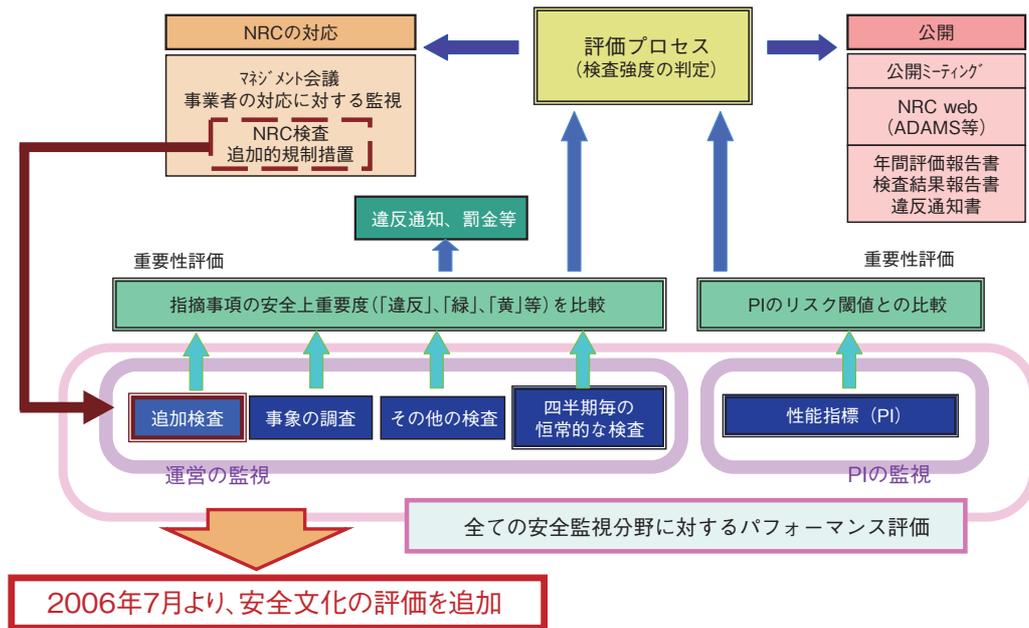


図1 NRC の ROP による米国原子力発電所の規制

力発電所に対する監視活動（Reactor Oversight Process；ROP）（図1）の枠組みに、安全文化に関する検査を含めることを目指し、検討を開始した。この検討においては、(1) ROPでの指摘事項における分野横断的問題（Cross-Cutting Issue）に着目し、これに関する指摘事項の中に、安全文化に関わる要素を捉えて評価を行うためのガイダンス策定、(2) 発電所の是正措置プログラムにとり込まれた事項について、同様な事象の頻発等といった問題をフォローアップするため、発電所に駐在するNRC検査官によるスクリーニングについてのROP基本検査手順の追加、(3) 処理が遅延している改善措置に対する評価、といった要素が盛り込まれることになった。

種々の議論を通じてNRCは、IAEAのINSAGやINPOがそれぞれ定義した安全文化の要素を考慮しつつ、ROPの枠組みの中で原子力発電所の安全文化の劣化を捉えるための要素としての評価項目を定め、これをROPにおける発電所の安全文化の評価の基準として用いることとした。2006年7月以降、NRCのROPにおいて、各発電所の安全文化面の評価が行われてきている。

日本国内においても、原子力安全・保安院（NISA）は「美浜3号機事故等、事故・トラブルの背景に安全文化・組織風土の劣化がある」として、事業者による日常的な安全文化劣化防止の取組みを保安検査、定期検査や日常観察における評価の対

象とすることを定めた（2007年）。NISAによる発電所安全文化の評価結果に関してまだ具体的な情報は公表されていないが、国内電力事業者は自主的な安全文化醸成活動計画を作成し、安全文化の劣化兆候の自己評価を開始しているところである。しかしながら、現状では国内において「安全文化の醸成」に関して整理された具体的な情報に乏しく、安全文化を醸成するための手がかりが不足した状況にあるものと考えられる。

以上により本研究では、このような活動で先行する米国における、規制側による発電所の安全文化評価の具体的な内容、および発電所が策定した改善策に関する情報を収集、分析することを通じて、国内発電所における安全文化醸成活動の検討において参考とすることのできる知見を抽出することを目的とする。

## 2. NRCによる発電所の安全文化評価

### 2.1 評価の方法

NRCは2006年7月から安全文化の要素をROPの仕組みによって評価を行うこととした。安全文化の評価は、安全文化に係る各要素が、従来実施されてきたROPにおける7つの監視分野を横断する「分野横断的領域」（Cross-Cutting Area）の中に表れる

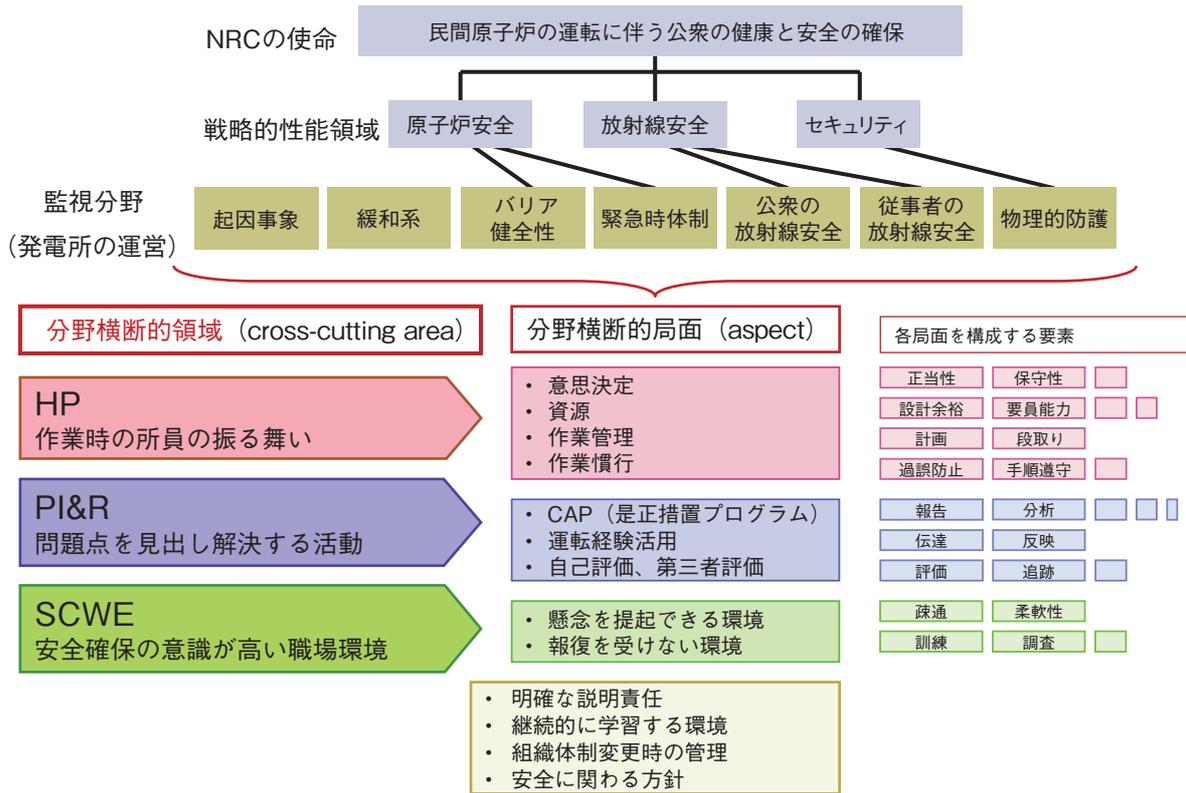


図2 NRCが定義した「分野横断的領域」

として、3つの大項目（「所員の振る舞い」(Human Performance; HP)、「問題の特定と解決」(Problem Identification and Resolution; PI&R)、「職場環境」(Safety Conscious Working Environment; SCWE)のもとに9つの分野横断的要素（Cross-Cutting Component）を定義した。ROPの検査においては、指摘事項の内容につき、分野横断的要素をさらに細分化した27の小項目に当てはめ、評価が実施される(図2)。

具体的には、検査で見出された個々の指摘事項について、これが安全文化の要素が関連するかどうかについての評価が行われ、最も寄与の大きい安全文化要素について、「分野横断的的局面」(Cross-Cutting Aspect)として抽出が行われる。

ROPでは、過去1年間の検査で出された指摘事項で関係した分野横断的事項の累積件数が考慮される。指摘事項のうち同一の分野横断的的局面を有する複数の指摘事項については分野横断的テーマ(Cross-Cutting Theme)と呼ばれるが、「所員の振る舞い」や「問題の特定と解決」に関しては、同じ分野横断的テーマで4件以上の指摘がある場合には、「本質的な分野横断的事項」(Substantive Cross-Cut-

ting Issue)とされ、事業者の取組みに問題があるものとみなされる。

## 2.2 発電所の観察

NRCによる発電所の検査において、NRCが行った指摘のきっかけ、すなわち不具合を見出した端緒となった状況について分析を行った(図3)。その結果、NRCは原子炉の自動停止、機器故障、火災といった、事業者からNRCに事象通知すべき不具合だけではなく、作業員が実施する作業の観察や、機器異常発見時のリスク評価といった、発電所の運営そのものを観察することを通じた指摘の件数の方が多かった。

なお従来の監視分野(7分野)でみると緩和系に属する系統に関する指摘が多く(図4)、系統別では非常用ディーゼル発電機(DG)、補機冷却水系統等の安全系が多い(図5)。

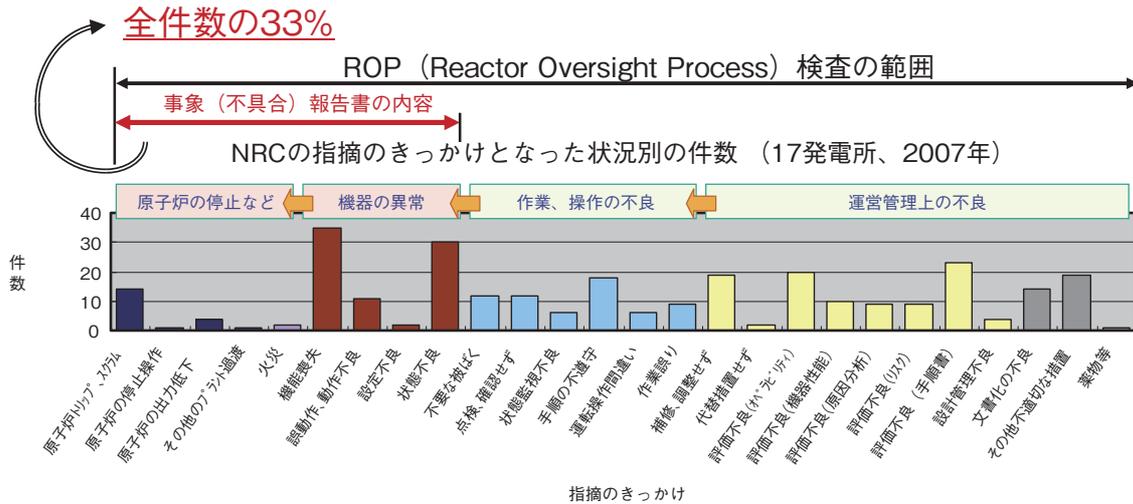


図3 NRCによるROP検査での観察

監視分野別の指摘件数  
(2007年、17発電所)

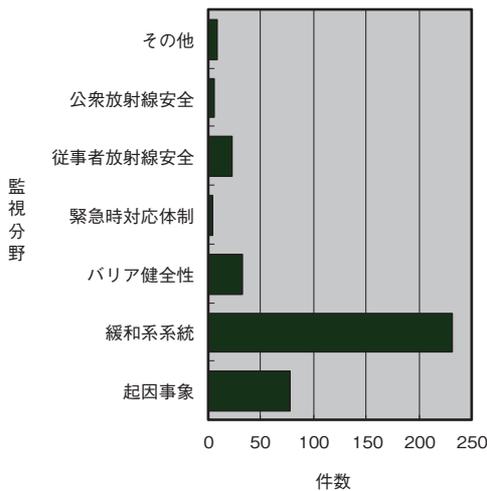


図4 監視分野別の指摘件数

指摘事項に係る系統  
(2007年、17発電所)

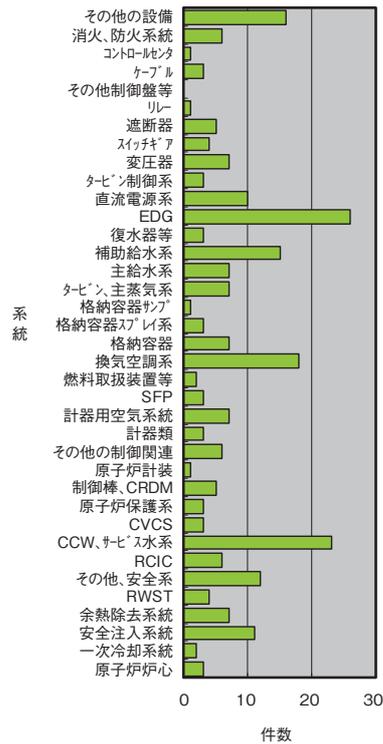


図5 系統別の指摘件数

### 3. 米国発電所における安全文化評価結果の状況

#### 3.1 全体的傾向

2007年に実施されたROPの検査では、米国にある65の発電所のうち17発電所(全体の26%)に対し「本質的な分野横断的事項」が指摘され、安全文化上の問題があると判定された(図6)。

これら17発電所での指摘状況については、分野横断的項目のうちCAP(是正措置プログラム)、作業

慣行、資源(具体的には、設計余裕、要員の能力、適正文書、設備の健全性の維持に関するもの)の要素に対する指摘が多い(図7)。一方発電所に対する「本質的な分野横断的事項」の判定件数では、資源、作業慣行、CAPの順に多い。これはCAPや作

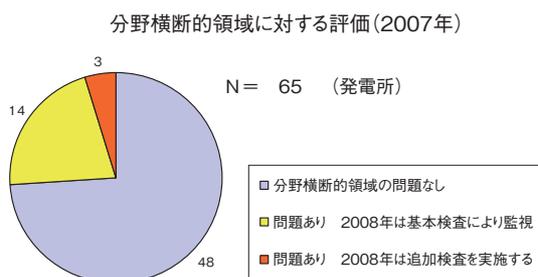


図6 安全文化に関する指摘の状況

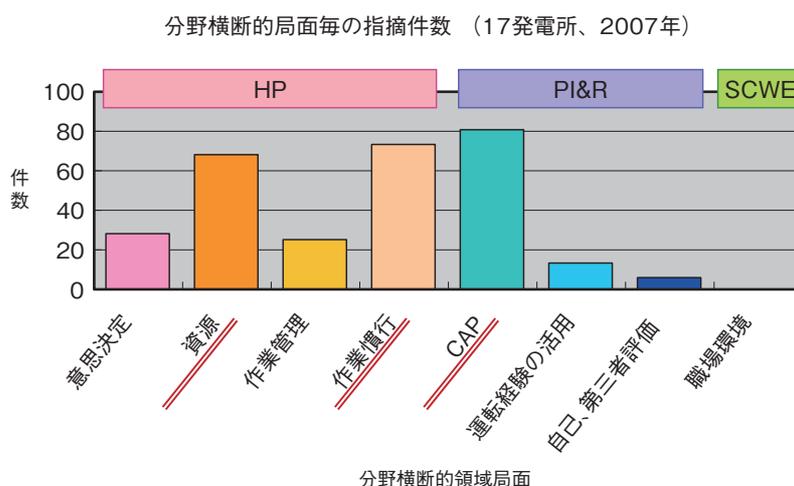


図7 安全文化に関する指摘の状況

業慣行に関する指摘件数を受けた発電所の数自体は多いものの、発電所における1年間の指摘件数累積が一定数(4件)にまで達していない例が多いためである。以上から、米国においてはCAPや作業慣行に関する指摘は比較的良好に出されているものであると言えるが、これはこれらの要素が検査官の基本的な着目点となっているためではないかと推察される。

### 3.2 発電所毎の指摘件数の違い

2008年の安全文化監視対象となった発電所(17発電所)において、2008年の第1、第2四半期のNRCによる安全文化面の指摘件数は平均7.2件であった(図8)。監視対象でない発電所の指摘件数の平均は3.1件であり、両者には明確な差がある。しかし安全文化監視対象となっている発電所の約4割にあたる7発電所では2008年の2四半期に受けた指摘件数が5件以下と、指摘件数が減少している。ただ、こ

れは短期間の変動を捉えたものであるため、安全文化が改善しているかどうかについて、今の段階で判断することは困難であると考えられる。

その一方で、安全文化監視対象でない発電所のうち指摘件数が0であった3発電所(Vogtle, Harris, TMI)については、2006年後半以来、検査1回あたりの指摘件数が2件未満と少ないことが注目される。このような発電所は実際に運営状態が良好であるといえる可能性がある。そこで今後、これら運営が良好な発電所を対象として、実施されている活動の内容を詳細に分析していくことが、良好事例の追求という観点から有益な取り組みではないかと考えられる。

### 3.3 NRC 地方局毎の指摘件数の違い

NRCによる検査での指摘件数について、NRCの地方局毎での分布を比較してみると、地方局毎で、なされる指摘件数の平均にばらつきがあるようであ

発電所の運営状況比較（安全文化監視対象発電所）

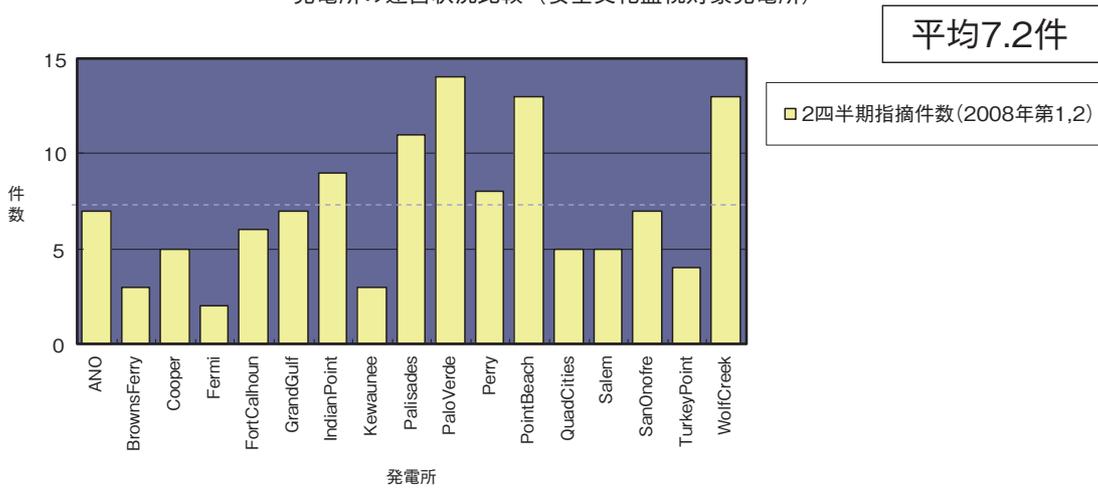


図8 NRCによる指摘件数（監視対象の発電所）

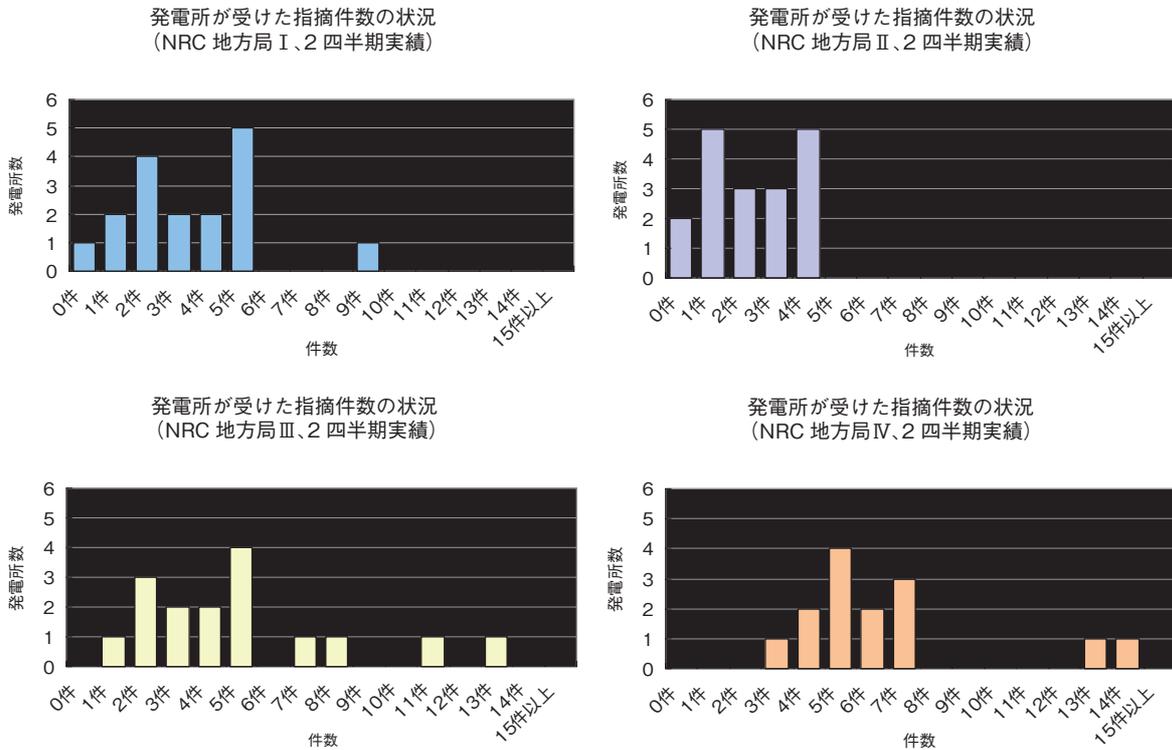


図9 NRC 各地方局毎の指摘件数の分布

る（図9）。これについては、地方局毎で担当する検査官も異なることから、検査での気づき事項を指摘事項として取り上げるかどうかの微妙な判断を行う過程での差が生じ、結果として地方局毎の平均指摘件数の差として表れているのではないかと考えられる。このため、発電所の運営の優劣を、特に、異なったNRC 地方局に属している発電所間で比較す

ることには、あまり意味がないように考えられる。したがって、検査報告書における指摘の件数については、あくまで相対的な数値と捉えるべきと考えられる。

#### 4. 安全文化評価結果とトラブル件数との比較

安全文化に関連したNRCによる指摘事項の件数の多寡が、当該発電所におけるトラブル件数の多寡と関連しているかにつき、傾向分析を行った。トラブルの対象は、発電所がNRCに提出する事象報告書(LER)を対象とすることとした。この報告書は法定のものであるため、件数の多寡を比較することに意味はあると考えられる。

LER発行件数は発電所毎でかなりばらつきがあるが、安全文化監視対象の発電所と監視対象でない発電所との間のLER発行件数の分布の違い(図10)をカイ2乗検定した結果では、両者は有意に異なることが判定される。つまり、安全文化が改善すると、長

期的にはトラブル件数の減少として表れると想定することは妥当と考えられる。

#### 5. 安全文化の改善活動例とその効果

NRCから安全文化の劣化を指摘され、改善活動方針を立てて活動を実施した発電所がいくつかある。このような活動の内容を調査し、NRCによる指摘状況の変化との関連を分析を行った。調査したのは2つの発電所である。これらの発電所が公表した活動方針の概略を、図11に示す。

##### 5.1 A 発電所の活動例

A 発電所では2007年の検査を通じて、分野横断

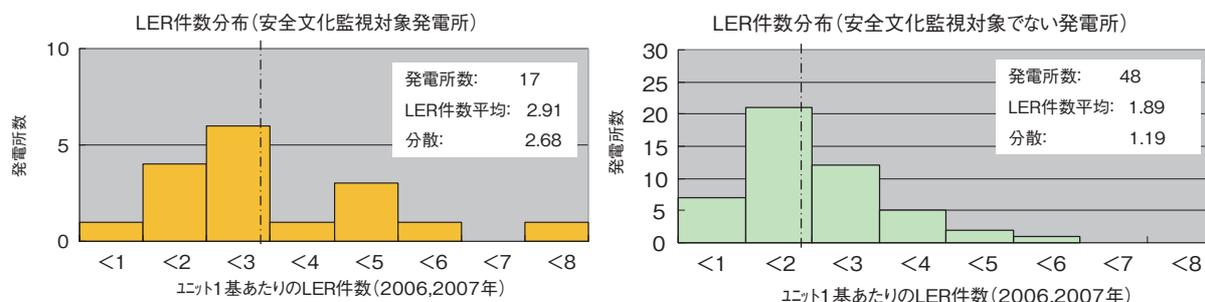


図10 安全文化監視対象発電所とそうでない発電所におけるLER発行状況の比較

##### ● A 発電所の活動例：

● A 発電所の活動例：	
● CAP	
● CAP 活動に関する意見交換	・・・(意思疎通)
● 指標値をわかりやすいものに変更	・・・(プログラムの改善)
● 活動の質に対する注目	・・・(要員の意識付け)
● 原因分析の精度改善	・・・(プログラムの改善)
● 要員への資格付与	・・・(要員の意識付け)
● 作業慣行	
● 当事者意識に関する訓練の検討	・・・(要員の意識付け)

##### ● B 発電所の活動例：

● CAP	
● 活動目標の設定	・・・(要員の意識付け)
● 活動目標達成のための資源の投入	・・・(上層部の関与)
● 活動成果を目標に照らして評価	・・・(要員の意識付け)
● 管理層や要員の説明責任を重視	・・・(上層部の関与, プログラムの改善)
● 作業慣行	
● 作業時の期待事項を手順書に明記	・・・(プログラムの改善)
● 期待事項に沿った強化チームの訓練	・・・(要員の意識付け)
● 要員に対し期待事項を強調	・・・(要員の意識付け)

図11 調査した発電所における改善活動方針の概略

的事項のうち「意思決定」「資源」「作業管理」「作業慣行」「CAP」「運転経験の活用」に関してNRCから問題点が指摘された。同発電所では2004年に指摘された再循環配管における空気溜まりの存在の問題もあり、NRCの勧告をうけて改善活動の内容について以前から公開ミーティングでの説明を実施してきている。同発電所における活動方針の内容は、かなり多くの項目に細分化されたものであったが、分野横断的領域に直接かかわる記述としては「CAP」と「作業慣行」に関するものがみられた。

CAPの改善方針については、その運営プログラムの改善に関するものと、要員に対する意識付けに関するものに大別された。ただ、この中で言及されている「不具合事象の原因分析に対する精度の改善」については、多くの発電所でも共通して問題意識が持たれているものでもあるが、その改善は容易なものではないと考えられるため、改善活動計画としてはやや具体性に乏しい面がある可能性があると感じられた。

作業慣行の改善方針については、要員の意識を改善するための訓練の内容を検討すること、とされているものの、具体的な記述はみられない。

## 5.2 B 発電所の活動例

B 発電所では2007年の検査を通じて、分野横断的事項のうち「資源」「作業慣行」「CAP」に関してNRCから問題点が指摘された。同発電所では2005年に指摘された補助給水ポンプ出口圧力スイッチ脆弱性の問題もあり、NRCの勧告をうけて改善活動の内容について以前から公開ミーティングでの説明を実施してきている。同発電所における活動方針の内容も、分野横断的領域に直接かかわる記述としては「CAP」と「作業慣行」に関するものがみられた。

CAPの改善方針については、A 発電所と同様、要員に対する意識付けに関するものもあるが、活動目標を達成するための物量的支援（資源の投入、例えばマンパワーの確保など）を行うことなど上層部の改善活動への関与についても述べられており、内容はより具体的である。

作業慣行の改善方針については、要員への意識づけを行うためのいくつかの試みについて記載があり、この面でもより具体的であった。

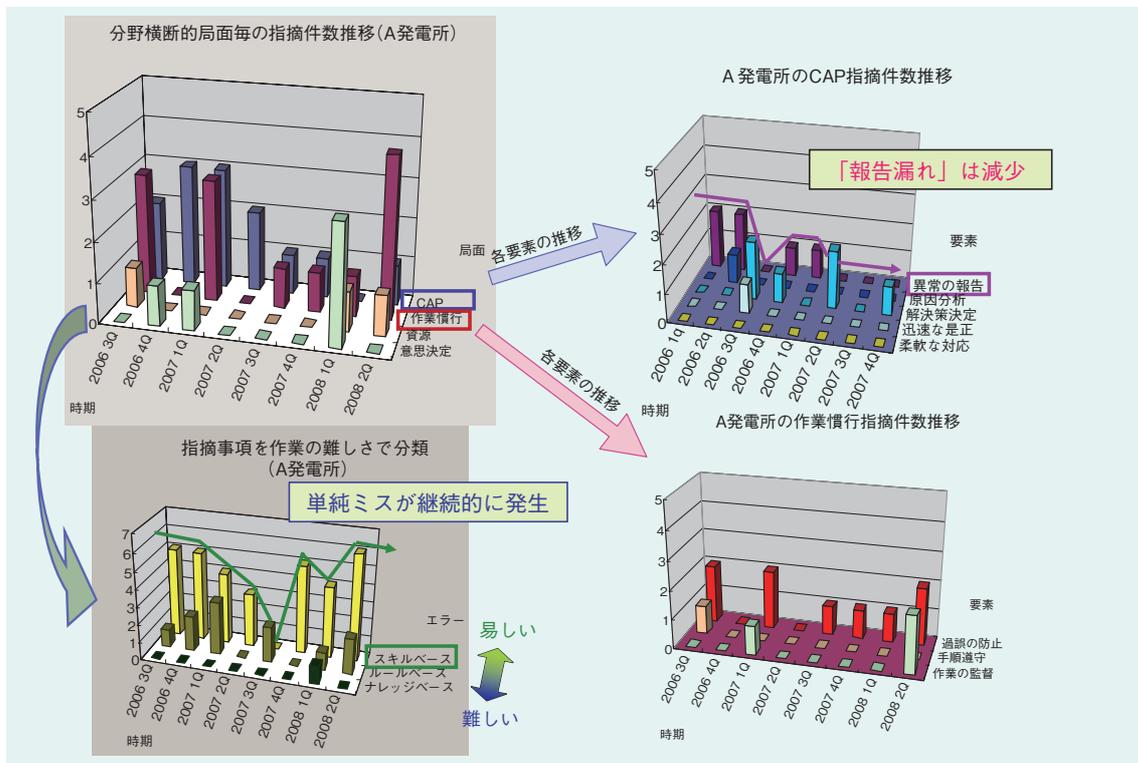


図 12 A 発電所の指摘事項に対する分析結果

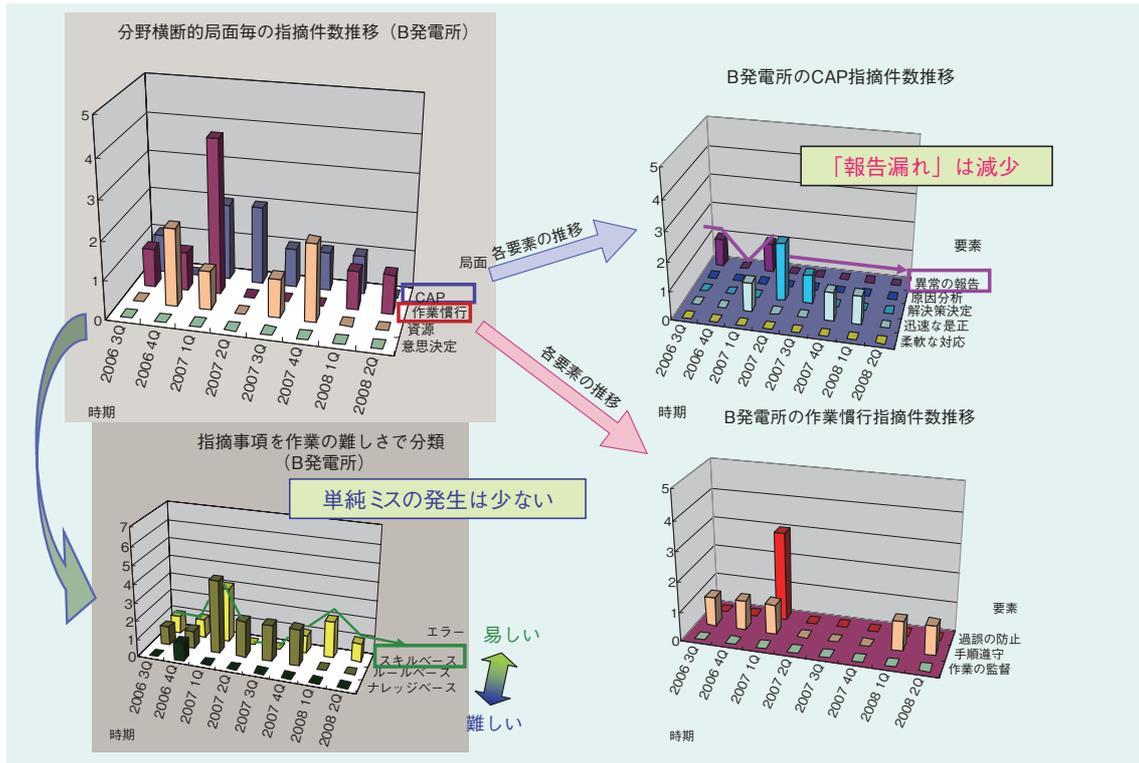


図 13 B 発電所の指摘事項に対する分析結果

### 5.3 両発電所の NRC 指摘の件数と内容の推移

A, B 発電所について、NRC による分野横断的領域に関する指摘事項の件数と内容の推移について分析を行った (図 12, 13)。分析対象とした活動の実施期間は 2 年程度と短いため、追跡結果に目立った変化があまり表れなかったものと考えられる。唯一改善が速やかに表れた要素としては、「CAP」における「異常の報告」に関するものがあった。これについては、「組織の文化」というよりは「作業手順」に近い、明文化された規則のようなものであることから、このような要素に関する改善効果は比較的表れやすいものと考えられる。今のところ、これ以外の要素については、改善活動による効果を読み取れる兆候はなかった。

なお、A, B 発電所が NRC から指摘を受けた不具合について、人的過誤からみた難易度の分析を行った結果、A 発電所では B 発電所に比べて「単純ミス」(高度な技能を要しない作業での人的過誤)が多かった。このことは、A 発電所では B 発電所よりも「所員の振る舞い (HP)」に関する指摘件数が多いことと何らかの関連があるものと思われる。

## 6. 発電所における実際の活動の調査

ウェブサイトで公開されている情報以外の情報として、米国の発電所 (3 箇所) を訪問することにより、安全文化の醸成に関して実際に行われていた活動を調査した結果は、以下の通りであった。これらは、ひとつひとつをとって見た場合、いずれも地道な取組みにしか見えず、安全文化を改善するための決定的な方策というものが見あたらないようにも見える。その一方において、実施されていた活動のそれぞれは、活動の効果の評価やそのフィードバックの面でまだ十分吟味されていると言えない面もあると考えられ、その意味から、多分に試行錯誤的な取り組みが多く含まれていると考えられる。

本研究においては、今後さらに多くの発電所で調査を行うことにより、効果的な活動に含まれる要素が何であるのかについて抽出を実施していく予定である。

### 6.1 CAP

安全文化を醸成するために重視されている事項の

ひとつとしてCAP活動の活性化があるが、その取り組みの例は次の通りである。

- ・不適合管理委員会による事案の速やかな処理
- ・不具合原因分析の質の向上
- ・性能指標（PI）の傾向監視と速やかな処置
- ・改善の効果を測定する指標の開発
- ・改善活動に対するフィードバック手順の確保（例、職員への聴き取り、匿名申告処理プログラム、ボイスメール等による幹部層への申告）
- ・CAP手順書の改善
- ・発電所員の「気づき」を奨励する褒賞の実施
- ・管理者のCAPへの取り組み態度の人事評価への反映
- ・毎週のCAPレビュー会議によるCAP活動効果の評価
- ・不具合報告書の積極的な提出の奨励
- ・不具合報告書に対する3ヶ月毎の傾向分析

CAP活動を効果的なものにするための取り組みの方向性としては、より多くの「不具合報告」の提出を奨励する一方、これらが「適正に処理」されることについての発電所員からの「信頼感」を確保することに大きな比重がおかれていた。

## 6.2 手順書の改善

手順書の不良の対策の例は次の通りである。

- ・不具合の原因の層別による手順書の要改善点の特定
- ・作業員からのフィードバック活動
- ・作業・運転操作の検討時に支障の原因となっている技術図書の改訂
- ・保守作業における作業計画策定スケジュールの迅速化
- ・系統監視計画の改善

手順書があまり適切でない場合であっても、ベテラン作業員であれば問題なく作業できることも多い。しかし作業員が変わった場合に手順書の不備が原因で失敗が発生することがある。この観点で、手順書の不良というものは発見されにくい面がある。手順書自体の数も多く、その改善は必然的に地道なものとならざるを得ない。安全文化の醸成という観点では、フィードバックによる改善活動という取り組みは、発電所員による主体的な関わりを基礎にしている点で、有効な要素を含むものと考えられる。

## 6.3 意識啓発

意識啓発のための活動の例は次の通りである。

- ・安全文化の原則に関する小冊子の配布
- ・安全文化に関する講演ビデオの視聴
- ・階層（職位）間の意思疎通のためのミーティングの実施
- ・作業における「相棒（Co-worker）」の配置
- ・作業員に対するカウンセリング
- ・安全専任役職者のメッセージを紹介するポスターの掲示

意識啓発のための活動では、国内と同様に、小冊子の配布、講演、ビデオ視聴、ポスター掲示といった種類のものが多かった。

その一方で、安全文化に関するキーワード、例えば「疑問を持つ態度」、「周囲への配慮」、「職務への集中」、「CAP活動の尊重」といった要素を強調する取り組みの例もあった。この活動では、上記各要素はなぜ重要であるのか、発電所運営との関連でどう位置づけられるのか、について発電所員への説明が十分でないという理由で、活動がまだ発電所員にあまり浸透していないのだろう、という現場監督者からの感想が聞かれた。

## 6.4 組織に対する評価活動

外部の業者に発電所の安全文化の評価実施を委託し、その評価結果が社内の専任役員（Chief Nuclear Officer）に報告される、といった活動の例があった。これは第三者による組織評価のやり方のひとつであると考えられる。

外部からの評価という面では、国内の発電所においても、日本原子力技術協会やWANOといった組織による定期的な評価を受けている例がある。このような外部からの評価の結果を組織の改善にどのように生かしていくかという観点は、安全文化の醸成活動において大きな比重を占めるはずであり、それは評価する組織が何であれ、評価された側の態度に応じた一定の効果を持つものと考えられる。

## 7. まとめ

NRCによる発電所安全文化の評価活動が2006年7月から開始され、約3年が経過した。安全文化上の問題が指摘されNRCの監視対象となった発電所

19年11月1日

の中には、改善活動の進捗がNRCに認められた結果、監視強度を緩和された発電所もある。もともとNRCは、安全文化の改善は、指摘件数の減少や発電所の運転実績の改善（トラブル件数の低減、稼働率の向上など）として表れるはずであると述べてきたが、単なる組織運営の仕組みの変更であれば1、2年程度の短期間で達成できるものであるとしても、数多くの経営者、監督者、従業員、さらには請負会社の組織も含めた集合体である発電所組織全体において、その文化、つまり物事に対する捉え方、対応行動のあり方を変えるということは、これは極めて大きな影響を継続的に与える必要があるということであり、これは例えば通り一遍の社内教育のみによって達成できるようなものではないものと考えられる。これに関しては一般的にも、組織全体の行動様式を変革していくために5年、10年単位の時間が必要といわれることが多い。

本報告はまだ2年間ほどの短い期間における発電所の観察結果を総括したものに過ぎず、具体的な知見を得るためにはまだ情報量が不足している。今後、より長期間にわたる発電所の活動の観察を通じたデータ収集、分析を継続的に蓄積していくことで、活動ひとつひとつを見たところは一見何の変哲もない「よくある改善活動」に見えるような活動の要素について、それらの核心にあるはずである精神、概念の表れとしての「活動の方向性」についての分析を行うことを主眼に、さらなる研究をすすめていく予定である。

## 文献

- (1) 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>
- (2) 米国各発電所 ROP 検査報告書  
<http://www.nrc.gov/NRR/OVERSIGHT/ASSESS/index.html>
- (3) IAEA INSAG-4, Safety Culture  
<http://www-ns.iaea.org/committees/insag.asp>
- (4) James Reason “HUMAN ERROR”, Cambridge University Press
- (5) 原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構、「規制当局が事業者の安全文化・組織風土の劣化防止に係る取組を評価するガイドライン」、平成