

海外原子力発電所における不具合事象の傾向分析（2004年）

Analysis of Events Occurred at Overseas Nuclear Power Plants in 2004

宮崎 孝正 (Takamasa Miyazaki)*¹ 西岡 弘雅 (Hiromasa Nishioka)*¹ 佐藤 正啓 (Masahiro Sato)*²
 千葉 吾郎 (Gorou Chiba)*¹ 高川 健一 (Kenichi Takagawa)*¹ 島田 宏樹 (Hiroki Shimada)*¹

要約 原子力安全システム研究所では、海外原子力発電所の不具合情報を分析評価し、国内PWR原子力発電所の安全性や信頼性の向上に役立つ改善提言を行っている。本稿は、2003年に引き続き、2004年に入手した約2800件の不具合情報を分析した結果の全体概要と不具合発生傾向をとりまとめたものである。傾向分析は、個別分析した約1700件の事象を対象に、機械、電気、運転の各分野について、不具合の原因、故障した機器と部位等について行った。

キーワード 海外原子力発電所、不具合事象、事故・故障、傾向分析、改善提言

Abstract The Institute of Nuclear Safety Systems (INSS) investigates the information related to events and incidents occurred at overseas nuclear power plants, and proposes recommendations for the improvement of the safety and reliability of domestic PWR plants by evaluating them. Succeeding to the 2003 report, this report shows the summary of the evaluation activity and of the tendency analysis based on about 2800 information obtained in 2004. The tendency analysis was undertaken on about 1700 analyzed events, from the view point of mechanics, electricians and operations, about the causes, troubled equipments and so on.

Keywords nuclear power plant, event, event and incident, analysis of tendency, trend analysis, improvement proposal

1. はじめに

海外では、米国の原子力発電運転協会（INPO: Institute of Nuclear Power Operations）や世界原子力発電事業者協会（WANO: World Associations of Nuclear Operators）が、原子力発電所の不具合情報を収集し、改善に結びつける不具合反映活動を活発に行ない、安全性や設備利用率の向上を図っている。原子力安全システム研究所（以下INSSという）でも、海外の原子力発電所で発生した不具合情報を入手し、これらを分析評価して、類似不具合の発生防止に役立つ改善提言を国内のPWR電力に行うことによって、国内PWR原子力発電所の安全・安定運転向上に貢献している。

2004年には、電気事業連合会に設置されたPWR海外情報検討会に参加し、入手した情報約2800件を分析評価して10件の改善提言を行っている。

本稿では、2004年に実施した不具合事象分析結果

の全体概要を示すとともに、不具合事象の発生傾向の分析結果を示す。傾向分析は分析対象となった事象約1700件を、機械、電気、運転の分野毎に、不具合の原因・発生機器・故障部位等の傾向を分析した。INSSでは継続的に情報分析活動を実施しており、本稿は、2003年に引き続き、2004年を対象にした分析結果を紹介するものである。

2. 不具合反映活動の概要

2.1 PWR海外情報検討会

2004年に設置されたPWR海外情報検討会には、図1に示すように国内プラントメーカーも参加し、対象情報に仏原子力安全規制当局（ANS: Autoritede Surete Nucleaire）のMAGNUC情報や海外メーカ情報も加えることにより、効率的で総合的な検討体制が構築された。INPO情報、WANO情報は非公開であり

* 1 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

* 2 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所 現在関西電力(株)

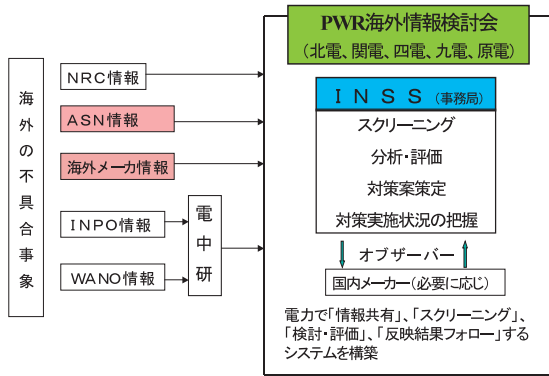


図1 2004年からの情報分析の流れ

入手は会員に限定されているが、INSSはこの検討会の事務局としてこれらの情報を入手し、全国のPWR電力各社に分析結果の報告と改善提言を行っている。

2.2 不具合分析結果

2004年（1～12月）に入手した不具合情報を分析して提言した結果を表1に示す。

表1 2004年の分析結果

入手情報数	2835件
評価対象事象数	2428件 (100%)
分析対象外	703件 (29%)
分析対象	1725件 (71%)
(分析中)	(82件)
(対策不要)	(1634件)
(対策要)	(9件)
改善提言件数 (過年度分を含む)	10件

入手情報数に対して評価対象事象数が少ないのは、同一不具合事象に対して複数の情報が発信されているためである。また、些細な不具合事象は分析の早い段階で分析対象外としており、2004年に入手した情報のうち分析した事象数は1725件であった。過年度からの分析事象を含めて2004年に行った改善提言数は10件であり、大部分の不具合事象は国内電力への反映の必要はなかった。

3. 傾向分析結果

入手した不具合情報は全てINSSの「原子力情報データベース」に登録されており、2004年に入手した不具合情報（事象数2428件）のうち分析対象となった

事象1725件について、その傾向分析を行った。

3.1 職能別分類

入手した不具合情報を職能（発電所の課・係単位に相当）別に分類したものを図2に示す。不具合事象数（1725件）に対して職能分類は重複があるため、職能別の不具合数は1933件となる。2003年と同様に、不具合が多い職能の順は機械・電気・計装・発電（運転）である。以下、この順に職能毎の傾向分析結果を示す。

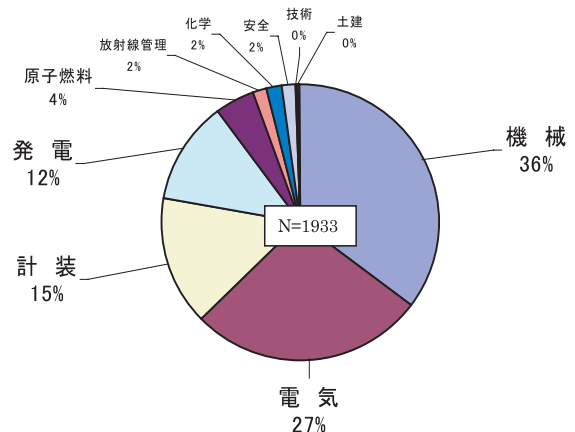


図2 職能別分類

3.2 機械関係

機械関係の不具合事象（637件）について不具合が発生した機器別に分類した結果を図3に示す。

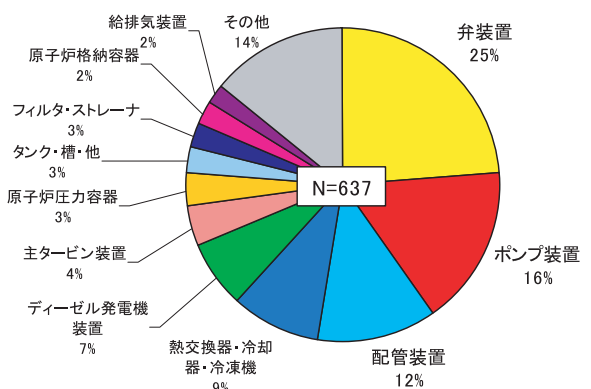


図3 不具合の発生した機器（機械関係）

2番目に不具合が多い「ポンプ装置」について、PWRの「ポンプ本体（駆動部を除く）の損傷（39件）」を抽出し、損傷部位別に展開したものを図4に示す。1次系ポンプ（太枠）の不具合が多く、軸受等回転に関連した損傷の多いことがわかる。さらに、最も不

具合の多い「1次冷却材ポンプ」の最多損傷部位は軸封部損傷（5件）で、他に原因で多いのは「異物（2件）」と「回転防止ピン不具合（2件）」である。

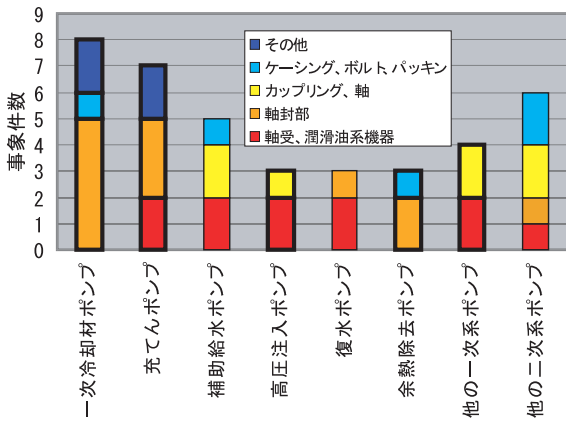


図4 ポンプ本体の損傷部位

不具合の原因分類と比較する形で分類したものを図5に示す。図中で棒グラフが2004年のデータで、折れ線がEPRIの過去データである。

図5の中でPWRに発生が多かった「設計・施工不良」を更に詳細に分類すると図6のようになり、設計不良：施工不良=4：6と施工不良が多いのが判った。個々の不具合内容から見て、施工不良の背景には熟練者の不足があることが推察された。また、2004年に発生した美浜3号機2次系配管破損事故の原因となったFAC (flow accelerated corrosion) を含む「エロージョン、FAC」について更に分類すると図7のようになり、FAC発生が6件と多くみられた。これらのFACに基づく不具合事象を更に詳細分析することにより改善提言を行っている。

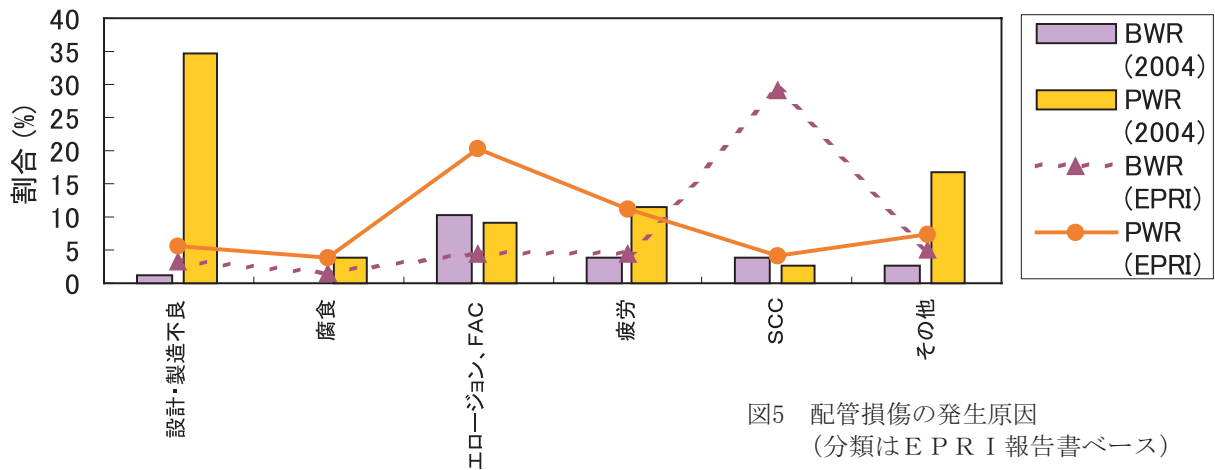


図5 配管損傷の発生原因 (分類はEPRI報告書ベース)

次に、3番目に不具合の多い「配管装置」については、配管損傷事象（78件）を抽出し、米国の電力研究所（EPRI:Electric Power Research Institute:）の報告書(2)に記載されている過去（1961—1997年）の

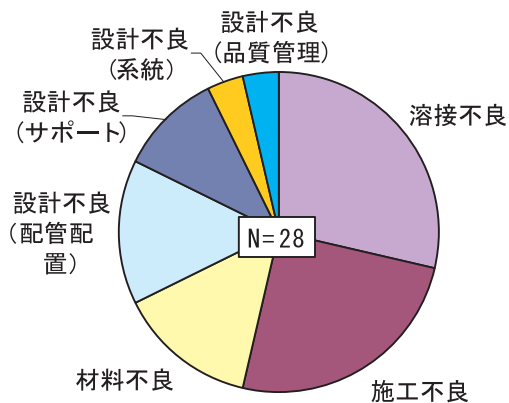


図6 設計・製造不良

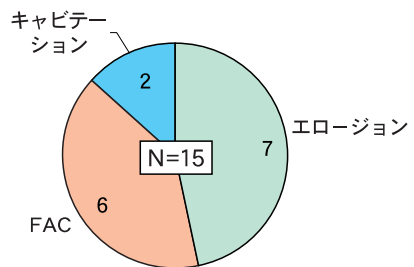


図7 「エロージョン、FAC」の内訳

3.3 電気関係

全体の不具合事象（1725件）のうち、非常用ディーゼル発電機（DG）が自動起動した事象を抽出すると図8に示すように9件あった。自動起動すべきときに自動起動したのは落雷停電による起動1件のみであり、他の起動は本来目的ではない起動であった。また、運転中のDG起動は3件（落雷停電含む）で、残り6件は停止中の作業管理ミスや保守不良（人的ミス）等によるものである。注目すべき点は、落雷停電を除く8件は全て電気関係の不具合であり、不用なDG起動を回避するためには電気分野の保守管理および人的ミス低減を強化することが重要であることがわかる。

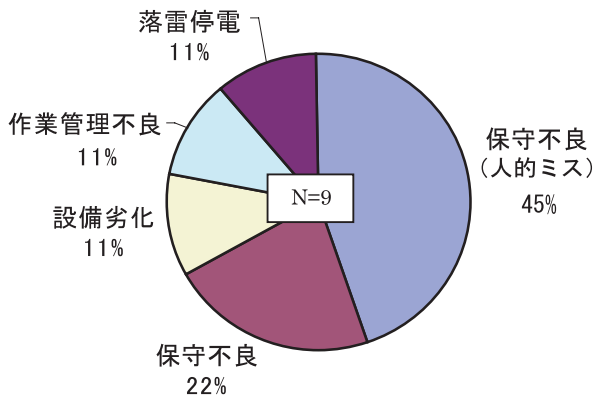


図8 非常用DGの自動起動原因

3.4 発電関係

職能毎の人的ミス発生件数を多い順に整理すると図9に示すように、発電分野（運転員）の人的ミス発生件数が137件と最も多く、不具合における人的ミスの割合も約6割と最も多いことがわかる。これは2003年^{(1),(3)}と同じ傾向であるが、他の職能に比べて発電分野の人的ミス発生割合が大きい。その理由は、電気、機械、計装の各分野の不具合にはハード不具合（不良設備、経年劣化）が半分程度含まれている^{(1),(4),(5)}が、発電分野はソフト不具合（運転不良）だけが発生するため、必然的に人的ミスの割合は多くなっていく。

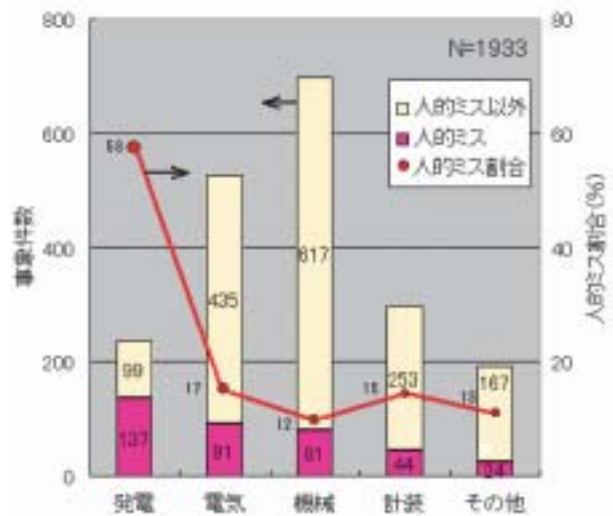


図9 各職能での人的ミスの発生件数と発生割合

次に、職能毎の人的ミスのうち電気出力へ影響を与えた程度で整理したものを図10に示す。電気出力に影響（原子炉自動トリップ～出力抑制）した人的ミスの件数が最も多い発電の場合を別途図11に示すが、出力への影響割合は22%であり、運転員の人的ミス防止が発電所の安定運転（信頼性）に重要であることが伺える。他の職能で人的ミスが電気出力への影響した割合を比較（図10）すると、電気分野での人的ミスも自動トリップ等で電気出力に影響が大きく、機械分野（原子炉、タービン）での人的ミスは出力への影響が少ないことがわかり、発電分野と同様、電気分野の人的ミス防止も安定運転に重要であることがわかる。図10には重要機器動作等（ECCS系の信号発信や機器動作）も参考として示している。

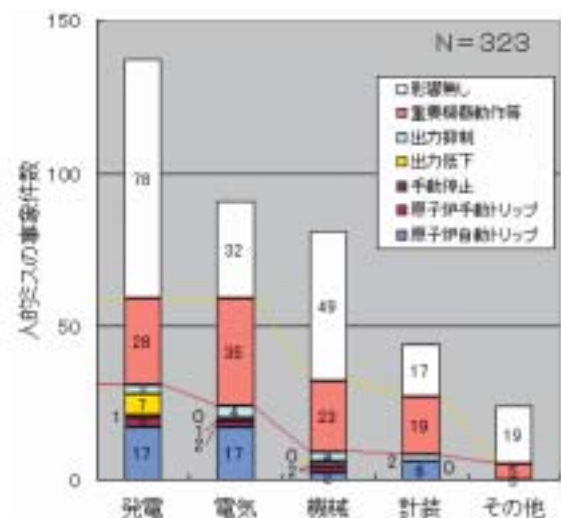


図10 各職能での人的ミスの電気出力への影響度

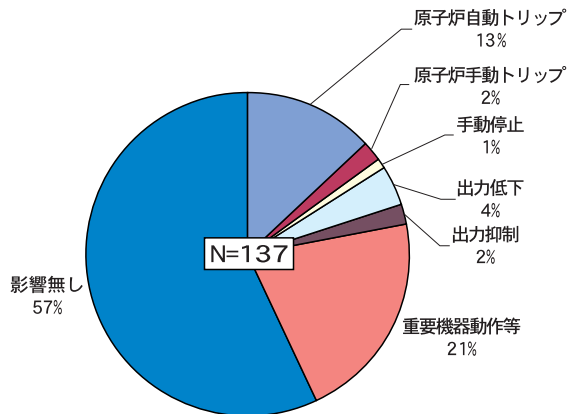


図11 運転員の人的ミスの影響度

3.5 原子燃料

図12に示すように原子燃料関係の不具合（80件）のうち、燃料取扱時の不具合が半分を占め、その内容は図13に示すように燃料配置ミスと燃料把持ミスが多い。次に多いのが炉心管理の不具合で、炉心解析時の入力誤りによる誤差関係が散見される。なお、ここには燃料自体の不具合（運転中の燃料棒からのリーク等）49件は含まれていない。

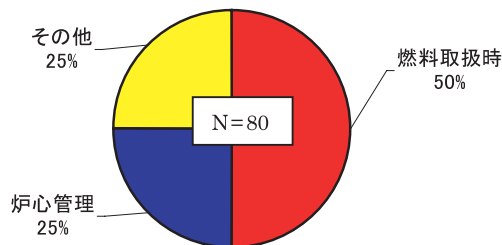


図12 原子燃料の不具合要因

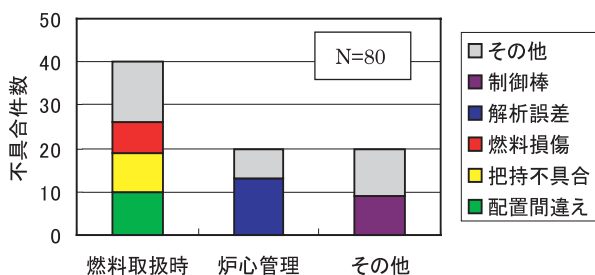


図13 原子燃料の不具合詳細要因

4. まとめ

2004年の不具合傾向分析結果として次のようなことがわかった。

- (1) PWRのポンプ不具合では、1次系のポンプの不具合が多く、故障部位は軸受等回転に関係した損傷が多い。
- (2) 非常用ディーゼル発電機の目的外自動起動の原因は、全て電気関係の不具合によるものであり、不要なDG起動を回避するには電気分野の保守管理や人的ミス低減が重要である。
- (3) 出力に影響する人的ミスは運転分野と電気分野で多く、これら分野での人的ミス防止が発電所の安定運転に重要である。
- (4) 海外で発生が多い不具合は国内でも潜在的な不具合として存在している可能性が高いので、不具合の多い設備や部位に対する保全活動および人的ミスが多い分野での改善活動が重要である。

今後の課題としては、国内不具合との傾向比較を行うことである。

文献

- (1) 宮崎孝正, 佐藤正啓, 高川健一, 伏見康之, 島田宏樹, 嶋田善夫, 「海外原子力発電所における不具合事象の傾向分析 (2003年)」, INSS Journal, Vol.11, p.79, (2004).
- (2) EPRI, TR-110102, "Nuclear Reactor Piping Failures at US Commercial LWR's : 1961-1997," (1998).
- (3) 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).
- (4) 宮崎孝正, 佐藤正啓, 高川健一, 伏見康之, 島田宏樹, 日本保全学会「第1回学術講演会」要旨集, pp.83-88, (2004).
- (5) 宮崎孝正, 佐藤正啓, 高川健一, 伏見康之, 島田宏樹, 日本原子力学会「2005年春の年会」, B21, (2005).