

海外原子力発電所で発生した不具合事象の傾向分析(2003年)

Analysis of Tendency on Adverse Events Occurred at Overseas Nuclear Power Plants in 2003

(株)原子力安全システム研究所	宮崎 孝正	Takamasa MIYAZAKI	非会員
(株)原子力安全システム研究所	佐藤 正啓	Masahiro SATO	非会員
(株)原子力安全システム研究所	高川 健一	Kenichi, TAKAGAWA	非会員
(株)原子力安全システム研究所	伏見 康之	Yasuyuki FUSHIMI	非会員
(株)原子力安全システム研究所	島田 宏樹	Hiroki SHIMADA	非会員

Abstract Adverse events that have occurred at overseas nuclear power plants can be studied to provide an indication of how to improve the safety and the reliability of nuclear power plants in Japan. The Institute of Nuclear Safety Systems (INSS) obtains all information related to overseas adverse events and incidents at power stations, evaluates them in an attempt to prevent similar occurrences in Japanese PWR plants, and proposes recommendations to Japanese PWR utilities. Through such INSS evaluation activity, approximately 2800 pieces of information were evaluated in 2003. This report shows a summary of the results of evaluation activity and an analysis of tendency based on individual event analysis carried out in 2003. The analysis of tendency is undertaken from the viewpoint of Mechanics, Electrics, Instruments and Computers, and Operation, to the basic causes, countermeasures, equipment failure and the possible of lessons learnt from overseas adverse events.

Keywords: adverse event, incident, nuclear power plant, analysis of tendency, analysis of trend, event analysis

連絡先：宮崎孝正 〒919-1205 福井県三方郡美浜町佐田64号 Tel：0770-37-9109 E-mail：miyazaki@inss.co.jp

1. はじめに

近年、米国の原子力発電所の設備利用率は90%を超え、わが国よりも高い値を示している。これは、米国では、原子力発電運転協会（INPO）や世界原子力発電事業者協会（WANO）が中心となって不具合事象を収集し改善に結びつける不具合反映活動が活発に行われ、安全性や設備利用率の向上が進められていることも寄与していると思われる。

原子力安全システム研究所(以下INSS)では、設立以来、米国を中心に海外の原子力発電所で発生した事故故障(以下、不具合事象という)に関する情報を入手・分析評価して、関西電力と北海道電力のPWR発電所に対する改善提言を行い、同種不具合の発生防止を図ることによって発電所の安全・安

定運転向上に貢献してきている。2003年には電力より約2800件の情報提供を受け、分析評価して9件の改善を電力に提言している。

本稿では、2003年に実施した個別不具合事象の分析結果の概要を示すとともに、個別分析結果に基づく不具合事象全体の傾向を紹介する。分析対象の事象約1600件を機械・電気・計装・運転の分野毎に、不具合の原因・発生機器・故障部位・対策内容等の傾向を分析した。

これまでに海外の不具合事象に関する傾向分析も幾つか行われてきたが[1]、[2]、[3]、[4]、全体を総覧する傾向分析を行ったのが今回の特色である。

2. 不具合分析活動の概要

2. 1 不具合分析の流れ

海外の原子力発電所で発生した不具合事象は様々なルートや形態で発信されており、米国原子力規制委員会（NRC）は不具合情報を公開しているため一般でも入手することができる。INS Sでは、このNRC情報と、INPO、WANOが発信している不具合情報とを主な情報源としている。INPO情報、WANO情報は非公開であり入手は会員に限定されているが、INS Sは電力の一部としてこれらの情報を入手している。

入手した不具合情報の流れを図1に示す。改善提言はPWR発電所を対象にしているが、分析する不具合事象としてはPWRとBWR両方を取り扱っている。

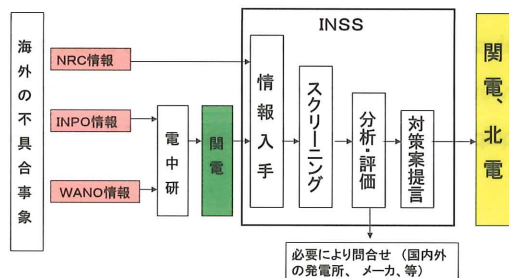


図1 不具合分析の流れ

Fig.1 Flow of events analysis in 2003

2. 2 入手情報量の変遷

これまでに入手した1998～2003年の暦年毎のNRC情報、INPO情報、WANO情報の入手数の変遷を図2に示す。

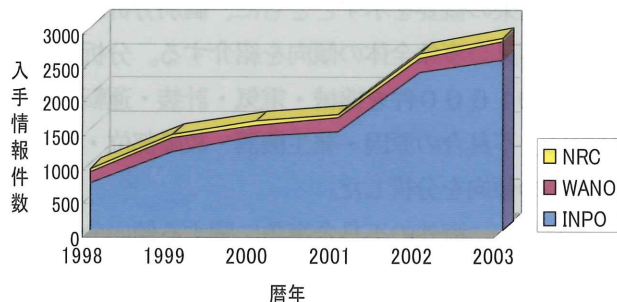


図2 海外からの入手情報件数の推移

Fig.2 Trend of obtained overseas information.

この図からは、米国のINPO情報発信数（＝入手情報件数）が年々増加し、あたかも不具合が増加しているように見える。しかしながら、図3に示すように、米国の設備利用率や安全系作動率は逆に年々良くなっている。[5] このことから、実際の不具合発生数は減少しており、単に不具合事象の発信（開示）数が増加しているだけ、と見る方が正しいと考える。このように、些細な不具合情報まで発信するようになったことが、直接間接的に設備利用率や安全系作動率の改善に寄与していると推定される。

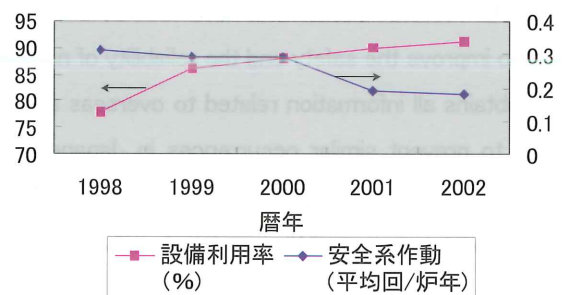


図3 米国の設備利用率と安全系作動率の推移

Fig.3 Trend of capability factor and safety system actuations in the US.

2. 3 2003年の不具合分析結果

2003年（1～12月）に入手した不具合情報を分析し提言した結果を表1に示す。

表1 2003年の分析結果

Table 1 Summary of events analysis in 2003

入手情報数	2852件 (100%)
評価対象事象数	2374件 (100%)
分析対象外	768件 (32%)
分析対象 (分析中)	1606件 (68%) (73件)
(対策不要)	(1527件)
(対策要)	(6件)
改善提言件数 (過年度分を含む)	9件

入手情報数に対して評価対象事象数が少なくなっているのは、同一不具合事象に対して複数の情報が

発信されるためである。INS Sでは全ての不具合情報をチェックしているが、INPO情報には些細な不具合事象も多いので、これらは早い段階で分析対象外として外している。分析した事象数に対して改善提言に到る割合は低く、2003年では9件が改善提言につながったのみである。大部分の不具合事象は国内反映の必要はないと判定されたが、反映不要であることを確認することも重要なことである。

3. 不具合の傾向分析

3.1 対象とする不具合事象

2003年の1年間(1~12月)に入手し分析した不具合事象1606件分(表1参照)について傾向分析を行った。不具合事象は、職能・不具合原因・発生設備(機器、部品)、等が分類されデータベース(DB)化されており、このDB内容を基礎として更に展開しながら分析を行った。

3.2 職能別分類

不具合事象を職能別に分類した結果を図4に示す。職能は、発電所の課や係の単位に相当する区分であり、この分類方法は設備と運用の両方の不具合を扱うのに便利な分類方法である。機械関係は、PWR発電所の職能との関係で、1次系を「原子炉」、2次系を「タービン」に区分している。一つの不具合事象を複数の職能に重複計上していることがある。

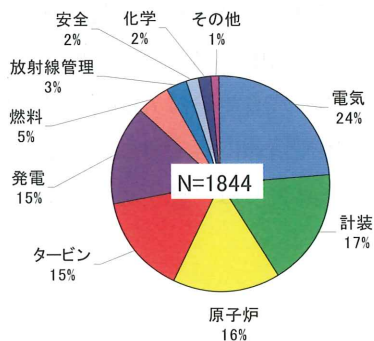


図4 不具合事象の職能別の分類

Fig. 4 Classification of the adverse events by plant works.

3.3 機械

職能別で分類された機械関係(原子炉、タービン)の不具合534件を不具合が発生した装置別に分類したものを図5に示す。発電所での設置台数が多い弁・ポンプ・配管に不具合が多く見られる。

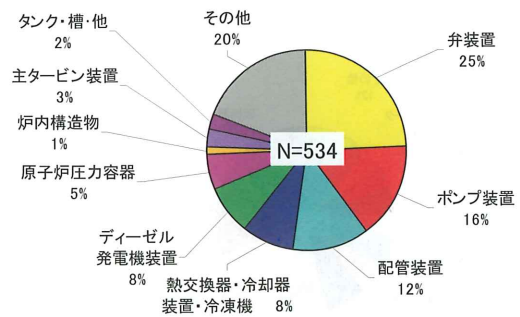


図5 (原子炉・タービン) 不具合の発生装置

Fig. 5 Classification of troubled equipments of Mechanics.

これら不具合の発生した装置を不具合原因で分類し、ハード関係の不具合(経年劣化、不良設備)とソフト関係の不具合(保守不良、運転不良)に分け、両者の比率順に並べたものを図6に示す。

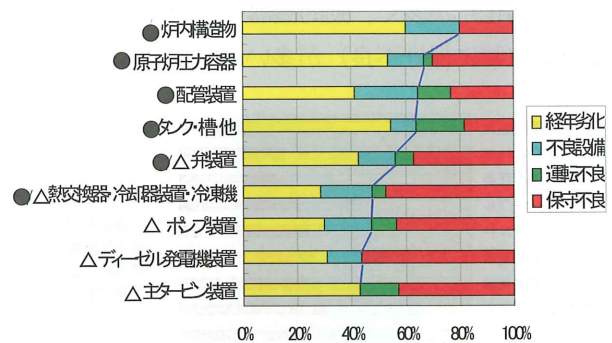


図6 (原子炉・タービン) 不具合発生装置の

不具合原因 [●: 静的機器、△: 動的機器]

Fig. 6 Classification of troubled equipments of Mechanics by

causes. [●: Statistic Equip., △: Dynamic Equip.]

図6からは、静的機器(●印)ではハード不具合(特に経年劣化)が多く、動的機器(△印)ではソフト不具合(特に保守不良)が多い傾向が見られる。また、全体に経年劣化の割合が多いことから、予防

保全型ではなく、故障してから保守する事後保全型の保守傾向が見て取れる。

3.4 電気

電気関係の不具合 449 件を不具合が発生した装置別に分類したものを図 7 に示す。

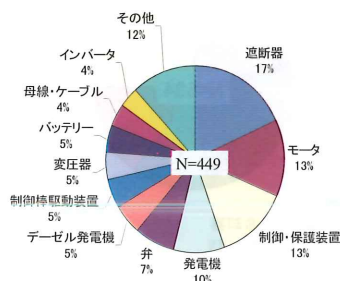


図 7 (電気) 不具合の発生装置

Fig. 7 Classification of troubled equipments of Electrics.

不具合が発生した装置をハード不具合(経年劣化、不良設備)とソフト不具合(運転不良、保守不良)の比率順に並べると、図 8 のようになり、機械の場合と同様、静的機器(●印)ではハード不具合(特に経年劣化)が多く、動的機器(△印)ではソフト不具合(特に保守不良)が多い傾向が見られる。

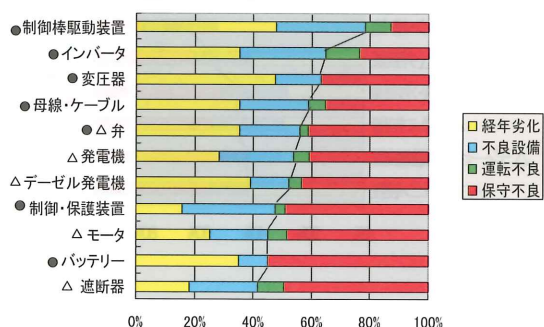


図 8 (電気) 不具合発生装置の不具合原因

Fig. 8 Classification of troubled equipments of Mechanics by causes.

機械関係の場合と同様に、全体に経年劣化の割合が多いことから、事後保全型の保守傾向と見られる。

不具合原因には「保守不良」が多いことから、不

具合発生が多い上位 4 装置について、保守不良の内訳を更に層別したものを図 9 に示す。

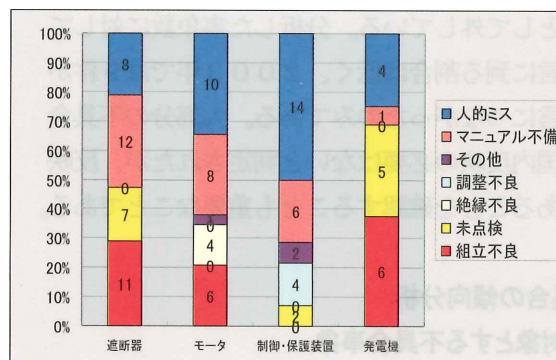


図 9 (電気) 保守不良の内訳

Fig. 9 Classification of problems related to maintenance troubles.

図 9 と個別の事象分析内容から、次の点が伺える。

- 「組立不良」が多いのは保守員の技量不足が一因であり、「人的ミス」が多いのは保守員の知識不足が一因である。これらの背景には熟練者の不足が存在すると考えられる。
- 「未点検」や「絶縁不良」の発生は予防保全を行っていないことの表れでもある。

3.5 計装

計装関係の不具合 319 件を不具合の原因別に分類した結果を図 10 に示す。ハード不具合(46%)とソフト不具合(45%)はほぼ同じ割合である。ソフト不具合では「保守不良」が最も多く、これを更に分類すると「人的ミス」と「手順書不備」が 1/4 ずつを占め、残り半分は人的ミスや手順書不備が複合した事象や情報内容で分類が困難な事象であった。ハード不具合では「経年劣化」が最も多く見られる。

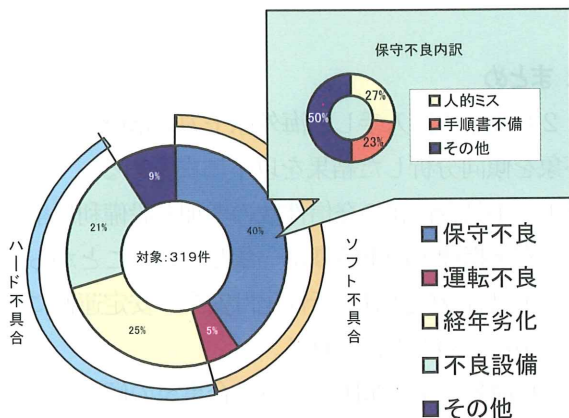


図10 (計装) 不具合の原因

Fig.10 Causes of adverse events of I&C.

不具合対策の内容を分類したものを図11に示す。改善を伴わない場合と改善を伴う場合の2つに分けると、改善無(48%)の方が改善有(43%)よりもやや多い。改善を伴わない場合は「機器・部品交換(同等品への交換)」が最も多く、改善を伴う場合の対策では「手順書整備」が最も多く見られた。詳細な原因調査をせず同等品取替で収束させる対応が多いことは、計装品でも、予防保全型の時間計画保全(点検、調整、定期取替、等)ではなく、状態監視保全や事後保全(故障した時のみ交換・調整)を主体とした保守を実施していることが伺える。

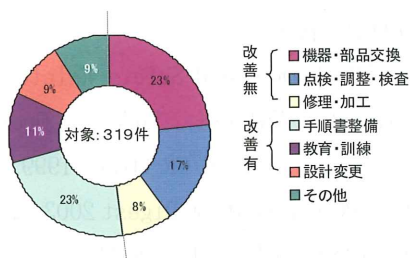


図11 (計装) 対策の内容

Fig.11 Contents of countermeasures of I&C.

計装関係の不具合では、改善や原因調査をせずに同等品取替で収束させる事例が多いこともあり、国内反映に繋がる改善点は抽出しにくい。また、改善を行った場合でも、固有設備や特異保守の事例が多

いことや、対策に多い手順書整備は国内では既に充実している場合が多く、計装関係では改善提言につながる事例は少ない。

3.6 発電

発電(運転)関係の不具合283件を原因別に分類すると、運転操作に関係した不具合が8割程度で、このうち運転員の人的ミス(ヒューマンエラー)が6割程度となっている。(図12参照)

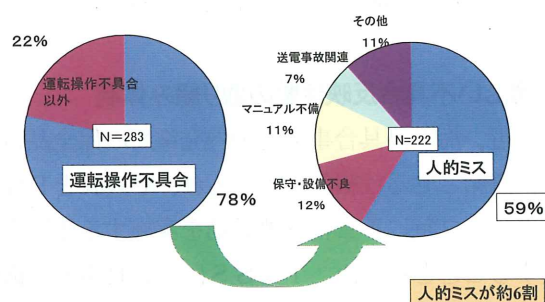


図12 (運転) 不具合の原因

Fig.12 Causes of adverse events of Operations.

運転員の人的ミス(ヒューマンエラー)の原因を、更に要因分類(INSS独自の7分類基準)したものを図13に示すが、「チームモニター不良(操作者に対する上司・同僚の指示・監視が不十分)」が最も多くなっている。

国内発電所での「チームモニター不良」を防止するための対策については、INSSで別途検討している。

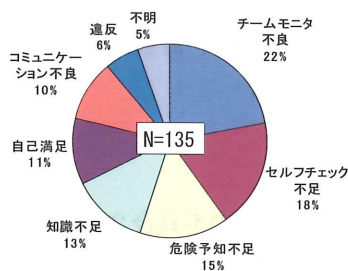


図13 (発電) 人的ミスの要因

Fig. 13 Classification of Human Errors of Operations.

4. 新しい不具合反映活動の取り組み体制

最近、海外不具合事象を国内発電所の保全品質向上に直結させる仕組みが求められ、PWRとBWRがグループ毎に不具合反映活動を実施する体制を構築することとなった。INSはPWR電力で構成される海外情報検討会に参加して、これまでの実績や経験を活かして支援することとなった。また、図14に示すように、検討対象に仏国のMAGNUC情報や海外メーカ情報を加え、国内プラントメーカも検討会に参加することより、充実した効率的な検討体制が構築された。

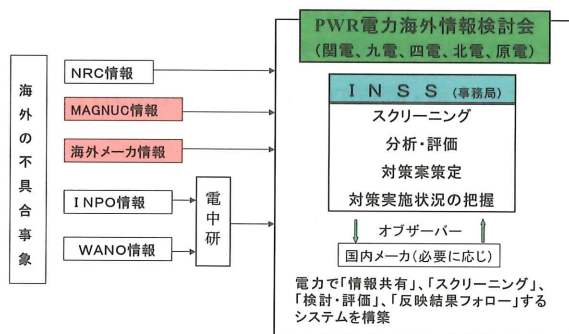


図14 2004年からの分析の流れ

Fig. 14 Flow of events analysis from 2004.

5. まとめ

2003年に入手した海外原子力発電所の不具合事象を傾向分析した結果を以下にまとめる。

- (1) 不具合情報の発信件数の増加と設備利用率や安全指標の向上時期が一致していることから、不具合反映活動の活性化は安全・安定運転に繋がるものと考えられる。
- (2) 海外（主に米国）の不具合事象の傾向から次のことが伺える。
 - ①動的機器にはソフト不具合（特に保守不良）が多く、静的機器にはハード不具合（経年劣化）が多く見受けられる。
 - ②電気関係の保守不良の内訳に見られるように、熟練者の不足が存在すると考えられる。
 - ③予防保全型よりも事後保全型の保守である。

文献

- [1] 麻坂顕一、加藤啓之、木田正則、原信一、熊田雅充、“非常用炉心冷却系（ECCS）作動事象の分析”、INS JOURNAL、No. 2、1995、p. 169
- [2] 木田正則、橋場隆、“原子力発電所における弁不具合事象の分析”、INS JOURNAL No. 3、1996、p. 177
- [3] 奥田恭令、“軽水炉の熱疲労による不具合事象の分析”、INS JOURNAL、vol. 7、2000、p. 88
- [4] USNRC、“Performance of Safety-Related Power Operated Valves Under Operating Conditions”、NUREG/CR-6644、1999、p. 17
- [5] USNRC、“NRC Information Digest 2003 Edition”、NUREG-1350、Volume 15、2003