

米国の原子力発電所における遮断器不具合事象の傾向分析

Trend Analysis of Breaker Events at United States Nuclear Power Plants

島田 宏樹 (Hiroki Shimada) *

要約 原子力安全システム研究所（以下「INSS」という）の原子力情報データベースに登録されている海外原子力発電所不具合事象から、2002～2005年の4年間の電気設備不具合事象数を抽出し、その傾向を調査したところ、遮断器が継続的に最も多く、ほとんどすべてが米国で発生していることが判明した。

2005年の米国の原子力発電所遮断器の不具合事象に着目し、故障原因別、プラントへの影響別、わが国の発生件数との比較等の分析を行った。その結果、遮断器不具合が多い主原因は、マニュアル整備不良や人的過誤に代表される保守不良及び経年劣化であり、保守管理および点検が不十分であると判断できる。また、米国に比べてわが国では、年間のプラント1基当たりの遮断器不具合数が米国より1桁少なく、更にトリップや出力低下に至った不具合もないことからわが国の遮断器の保守内容が優れていると考える。

キーワード 米国原子力発電所、不具合事象、遮断器、傾向分析、保守

Abstract From events in overseas nuclear power plants recorded in the nuclear information database of Institute of Nuclear Safety System, Inc. (INSS), the number of events of electrical systems during the four years from 2002 to 2005 was extracted and the trend was analyzed. The results showed that breaker events were the largest in number in all years, and almost all them occurred in the US.

The breaker events that occurred in US nuclear power plants in 2005 were analyzed by classifying them by cause of failure and effect on the plant, and by comparing the number of occurrences with that in Japan. As a result, the main cause of many of the breaker events was improper maintenance due to poor arrangement of maintenance manuals and human error, as well as aging degradation, they can be estimated to have been caused by insufficient maintenance control and inspection. The number of breaker failures per plant per year in our country was lower than that in the US by an order of magnitude, and there were no failures that led to a plant trip or power reduction. These facts suggest that our country's maintenance contents of breaker are advantage.

Keywords US nuclear power plant, event, breaker, trend analysis, maintenance

1. はじめに

INSSでは、継続的に海外の原子力発電所の不具合情報を入手し、その情報で述べられている事象から得られる教訓の中で国内の加圧水型原子力発電所（PWR発電所）で対策を必要とする項目がないか、分析している⁽¹⁾。入手した不具合情報を職能（発電所の課、係単位に相当）別に分類すると、不具合が多い順に機械、電気、計装、発電（運転）に並ぶ。本研究では、INSSが構築した原子力情報データベースに登録されている中で、職能が電気で、近年最も不具合事象が多かった遮断器に着目し、傾向分析を行うことにより、教訓となり得る項目の抽出ができないか、

検討を行った。

2. 傾向分析

2.1 分析対象とその抽出

INSSの原子力情報データベースは、1994年以降に発行された、米国原子力発電運転協会（INPO:Institute of Nuclear Power Operation）、世界原子力発電事業者協会（WANO:World Association of Nuclear Operators）の運転経験情報および米国原子力規制委員会（NRC）のEvent Notification Report, Licensee Event Report, 2001年以降に発行された仏国ASN（Autorite de surete

* (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

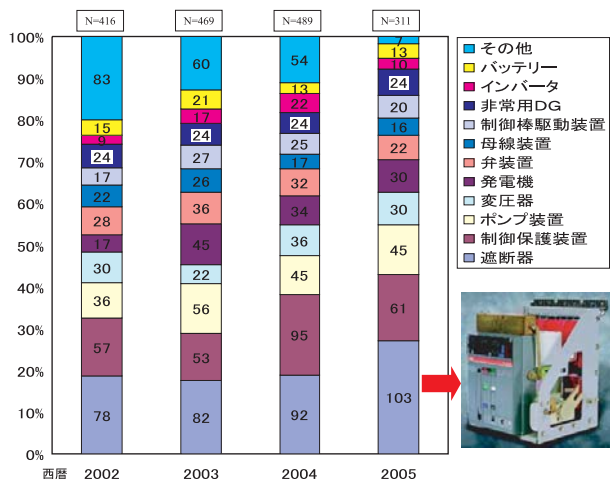


図1 年度別に見た海外原子力発電所の電気設備の不具合発生割合

nucleaire) のMAGNUC情報を登録している。このうち、INPO, WANOの情報は非公開情報であり、会員間の情報交換、共有を目的として作成・発行されている。一方、米国NRCのEvent Notification Report, Licensee Event Report, 仏国ASNのMAGNUC情報は公開情報であり、一定の基準を超える事象が発生した場合に、公衆へ通知することを目的として作成・発行されている。本研究では、INSSの原子力情報データベースに登録されている2002年～2005年の4年間に海外原子力発電所で発生した電気設備の不具合事象で、職能が電気的事象を抽出した。年度別電気設

備の不具合発生割合の分類結果を図1に示す。この図から分かるように遮断器の不具合件数が継続して最も多いことから、2005年の遮断器不具合103件のうち、殆どを占めた米国原子力発電所における遮断器の不具合(94件)に着目して分析を行った。

2.2 原因分類

2005年の米国原子力発電所の遮断器不具合(94件)の原因分類(108件:1事象に複数原因があるために事象数より多い)を図2に示す。運用(保守管理, 運転管理等の不良, 等)に関する原因の内、保守不良が全体の約93%を占め、その42%は計画不良, 主にマニュアル整備不良であり、管理体制が不十分であることが分かる。また人的過誤も約38%を占め、技術力と教育訓練の不足が推定される。設備(設計, 製造, 施工不良, 経年劣化, 等)に関する原因では、経年劣化が39%を占め、予防保全が十分出来ていないことが分かる。

2.3 米国における遮断器不具合のプラント出力への影響

遮断器不具合によりプラント出力へ影響した不具合の割合は図3に示す通り、トリップおよび出力低下が全体の9%を占める。その原因は、図4に示す通

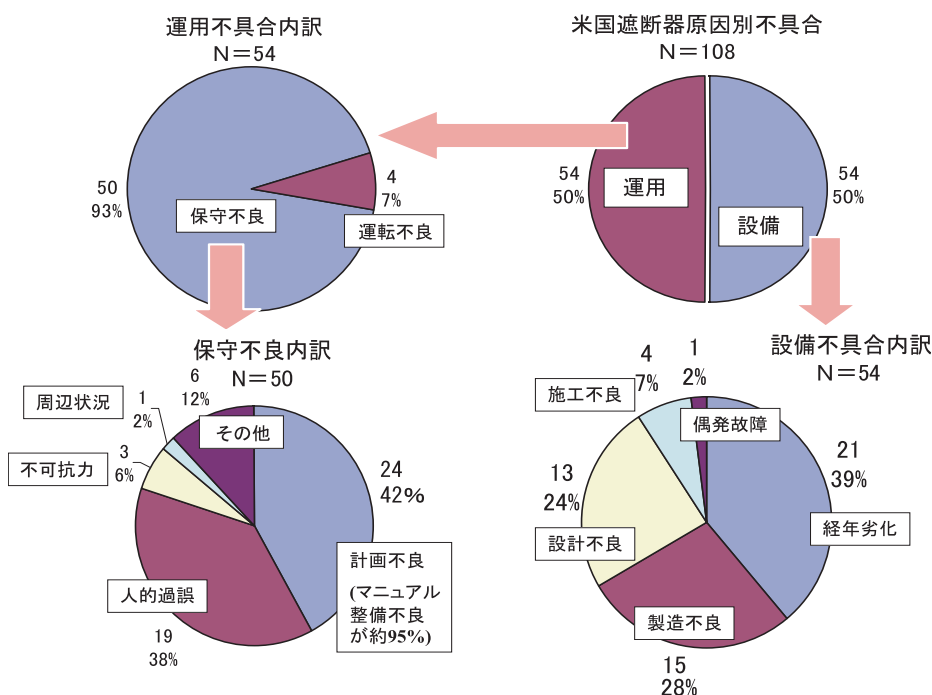


図2 2005年米国の原子力発電所における遮断器不具合の原因分類

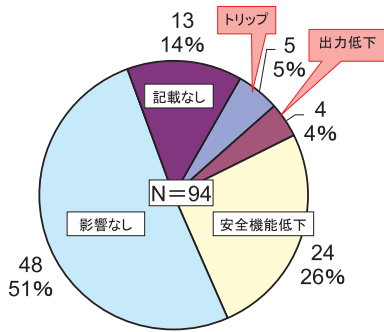


図3 2005年米国の原子力発電所の遮断器不具合によるプラント出力への影響

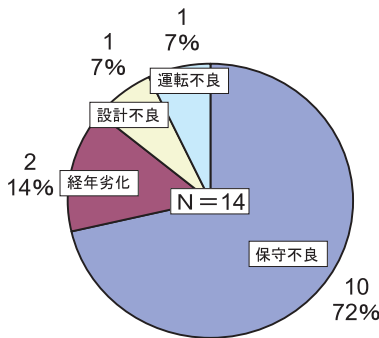


図4 2005年米国の原子力発電所の遮断器不具合によるプラント出力低下とトリップの原因割合

り、保守不良が72%を占め、保守管理の強化、具体的にはマニュアル整備、技術力向上等によりプラント安定運転に寄与できると考えられる。

2.4 米国と日本の比較

原子力施設情報公開ライブラリー (NUCIA)⁽³⁾ に掲載されている2005年(1月～12月)の国内不具合事象(2005年12月7日現在)を基に、2005年の米国(103基)と日本(54基)の遮断器不具合件数の比較を図5に示す。また、年間のプラント1基当たりの不具合件数の比較を図6に示す。日本の不具合件数及び年間のプラント1基当たりの不具合件数は米国件数と比較してわが国のそれは1桁以上少なく、トリップや出力低下に至ったものもなく、遮断器の保守内容が優れていることが分かる。

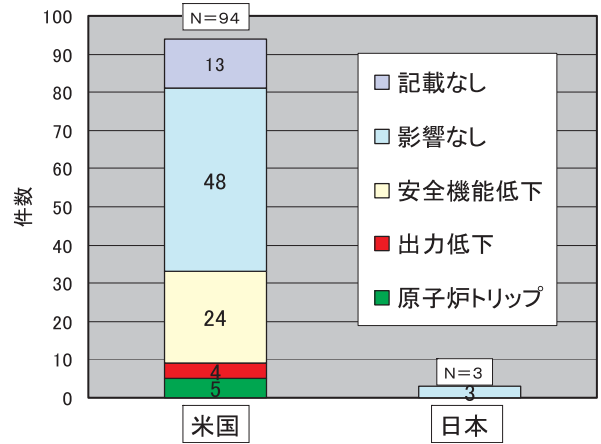


図5 2005年米国と日本の遮断器不具合件数比較

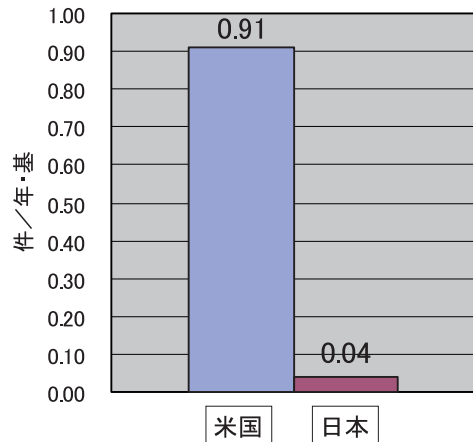


図6 2005年プラント1基当たりの遮断器不具合件数比較

2.5 米国とわが国の保守内容と設備の比較

米国とわが国の保守内容と設備の比較を表1に示す。現在の米国の保守内容、頻度はわが国と同等になっているが、米国では1995年以前は保守手順についてメーカー推奨を十分考慮せずに作成して保守を行っており、当時までオーバーホールも実施されていなかった。更に現在でもグリス固化による遮断器不良が多発していることから、点検内容が十分でない発電所が今も多く存在していると考えられる。また、米国では、保守体制として社員直営もしくは協力会社が保守を実施している。更に社員の保守訓練を自社で実施しており、人的過誤のトラブルが多いことからメーカーとの連携不足による技術、知識不足があると判断できる。

表1 米国とわが国の遮断器の保守内容と設備の比較表

	国内PWRプラント(例)	米国プラントの例
保全方式	時間計画保全	時間計画保全
一部分解点検	(清掃, 潤滑, 動作):3~6年毎	(清掃, 潤滑, 動作):4~6年
オーバーホール	操作回数, 点検結果に応じて適宜実施	10~16年(1995年以前は殆ど未実施)
保全時期	燃料取替停止中	主に運転中(オンライン保守)
定期保守要員	メーカー技師+下請け会社	直営, 第三パーティー
オーバーホール要員	メーカー技師(メーカー工場で実施)	メーカー又は第三パーティー又は直営(多くのプラントが専用の遮断器修理工場を持つ)
6.6KV設備	メーカー1社:三菱電機製	同左:殆どのプラントはメーカー1社(GE, W社, ABB等)で設置
440V設備	メーカー1社:三菱電機製	
特高開閉所設	メーカー1社:三菱電機製	
保守手順書	当初からメーカー推奨を考慮して作成. 運転経験をその都度反映.	当初はメーカー推奨を十分考慮せずに社内で作成. 95年以降からは是正(メーカー推奨, 運転経験を考慮)
保守技術, 知識	メーカー技師が指導し, 且つ自社製品を点検.	社員訓練を自社保守マニュアルで実施. 技量, 知識不足によるトラブルが多い.

3. まとめ

- (1) 米国で遮断器の不具合が多い原因は, 運用に関する原因では, マニュアル整備不良, 人的過誤に代表される保守不良であり, 保守管理体制が不十分であることおよび技術力と教育訓練が不足していることが分かる. また, 設備に関する原因では, 主に経年劣化であり, 予防保全が十分に出来ていないことが分かる.
- (2) 米国のプラントトリップ, 出力低下に至る遮断器不具合原因の約70%が保守不良であり, 保守を社員直営もしくは協力会社が実施し, 社員の保守訓練を自社で行っている実態および人的過誤のトラブルが多いことからメーカーとの連携不足に起因する技術・知識不足に対する対策を適切に実行すればプラントの稼働率向上に寄与できる.
- (3) わが国が米国に比べ遮断器の不具合が少ない原因は, メーカー指導の保守体制もしくはメーカーとの十分な連携により保守要員の技量, 知識において米国より優れていると考える. わが国の遮断器保守レベルを低下させないためには,

今後もメーカーとの連携を維持することが望ましい.

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 (2003)」, INSS Journal Vol.11, p79 (2004).
- (2) 佐藤 暁, 調査資料「原子力発電所における遮断器の不具合対策」, IAC (International Access Corporation) (2005).
- (3) 日本原子力技術協会, 原子力施設情報公開ライブラリー, <http://www.nucia.jp/> (2005年12月7日現在).