

米国原子力発電所における電動弁駆動装置の不具合発生傾向

Trend Analysis of Motor Operated valve actuating device Failure Events at U.S.Nuclear Plants

徳久 聡 (Satoshi Tokuhisa) *¹

要約 原子力発電所では、様々な駆動方式を持つ弁が多数使用されており、電動弁は多くの場所で使用されている。その一方で、電動弁は正確に作動するためには、モータ、減速機構、リミットスイッチ、トルクスイッチ等多数の電気品を組み合わせて構成されていることから、個々の部品の信頼性維持が弁全体の信頼性維持に直結することとなる。本分析においては、原子力安全システム研究所の原子力情報データベースに登録されている米国原子力発電所不具合事象から、電動弁駆動装置の不具合が扱われている37事象を抽出し、発生数の推移、不具合発生原因別、不具合発生対策別の分類を行った。その結果、電動弁駆動装置の不具合は保守不良、施工不良および製造不良が多いことが判明した。また対策として、補修、部品取替が多く、保守計画変更、運用変更が少ないことを確認した。

キーワード 原子力発電所, 傾向分析, 電動弁駆動装置

Abstract Many valves with various operating system are used in nuclear power plants, among them many motor operated valves are used in many place. Meanwhile, to actuate correctly, since maintaining each components' reliability is directly connected to motor operated valves' reliability, they are constructed by many electrical components such as motor, deceleration device, limit switch, torque switch, and so on.

In this study, 37 events related to the failure of motor operated valves at nuclear power plants in the United States are selected from the nuclear information database owned by the Institute of Nuclear Safety System, and these events are analyzed in view of the history of occurrence, cause of failure and countermeasures and so on. As a result, it was found that the causes of motor operated valve failure were often poor maintenance, and also it was found that the rate of construction defects and manufacturing defects was high. Also among the countermeasures, the fraction of repair and replacement parts was large, and that of maintenance plan changes and operational changes was small.

Keywords nuclear power plant, trend analysis, motor operated valve actuating device

1. はじめに

原子力安全システム研究所(以下「INSS」という)では、米国原子力発電所の不具合情報を収集し、その情報で述べられている事象から得られる教訓により、国内の加圧水型原子炉(PWR)に対策を必要とする項目がないか、分析を行っている⁽¹⁾。電動弁とは、動力源がモータになっており、モータで減速装置のギアを駆動し弁棒を上下させ、弁の開閉動作を行なうものである。

本分析では、前述の分析の過程において、海外原子力発電所で発生した不具合情報を収集し構築した

原子力情報データベースに登録している電動弁駆動装置不具合事例の傾向分析を行うことにより、国内電力に教訓となりう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で構築している原子力情報データベースには、1994年以降に発行された米国原子力発電運転協会(Institute of Nuclear Power Operation: 以下

*1 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

「INPO」という),世界原子力発電事業者協会(World Association of Nuclear Operators:以下「WANO」という)の運転経験情報,および米国原子力規制委員会(Nuclear Regulatory Commission:以下「NRC」という)のEvent Notification Report, Licensee Event Report, 2001年以降に発行された仏国原子力安全規制局(Autorité de sûreté nucléaire:以下「ASN」という)のMAGNUC情報,国際原子力機関(International Atomic Energy Agency:以下「IAEA」という)のRIS情報を登録している。このうち,INPO,WANO,IAEA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,NRCのEvent Notification Report, Licensee Event Report,ASNのMAGNUC情報等は公開情報であり,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。

本分析では,原子力情報データベースに登録しているなかで,2004年から2013年の過去10年間に米国原子力発電所で発生した不具合事象のうち,NRCのLicensee Event Reportの原文情報に「motor operated valve」と記載されている事象を抽出し,その内容から電動弁駆動装置の不具合が取り扱われると判定した事象を分析の対象とした。

2.2 全体傾向

原子力情報データベースに登録されている,2004年から2013年の間の米国原子力発電所の公開情報で原文情報に「motor operated valve」と記載されていた不具合情報94件(2014年11月17日時点)のうち,電動弁駆動装置の不具合事象として37件を抽出した。

図1に米国原子力発電所での電動弁駆動装置の発

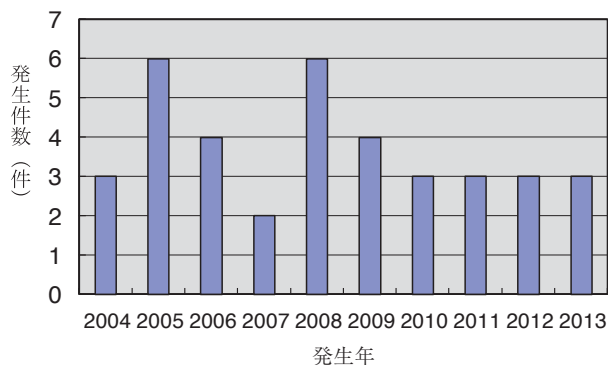


図1 電動弁駆動装置不具合発生件数の推移(米国)

生年毎の発生件数を示す。発生件数は決して多くないものの,わずかながら減少傾向にあることがわかる。電動弁駆動装置のような電気品の場合,不具合事象として報告されるのは,電動弁駆動装置の不具合そのものが対象として取り扱われるものではなく,プラントへの影響の大きかった事象のうち電動弁駆動装置不具合が主な原因となった場合であり,結果としてこのような事象が主に報告され,プラントへの影響の無かった事象はその多数が報告されていないことも考えられる。

2.3 プラントへの影響別分類

2004年から2013年に発生した電動弁駆動装置の不具合37事象を,電動弁駆動装置の不具合によるプラントへの影響別に分類した結果を図2に示す。複数の影響があった場合は,そのうち最も影響が大きいと考えられるものを取り上げた。

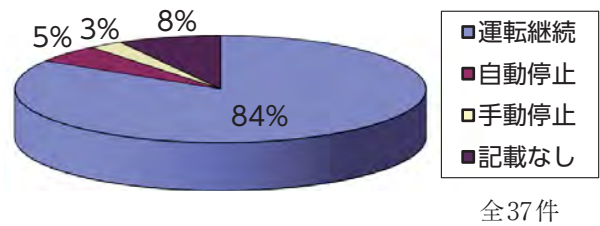


図2 プラントへの影響別分類(米国)

自動停止,あるいは手動停止といった原子力発電所の信頼性に直接影響を与えた事象はそれぞれ,2件(5%),あるいは1件(3%)と少ないが,電動弁駆動装置の不具合発生を減少させること,すなわち信頼性を維持・向上させることがプラントの稼働率の維持・向上にとって重要であることがわかる。

2.4 不具合原因別の分類

2004年から2013年に発生した電動弁駆動装置の不具合事象37件について,電動弁駆動装置の不具合原因別に分類した結果を図3に示す。なお情報原文中に電動弁駆動装置の不具合の状況が明記されていない場合は,不明に分類した。

保守不良が17件と,半数以上を占め,保守に起因する不具合は多い。電動弁駆動装置の経年劣化による不具合は4件とわずかであった。このことより,適切な保全を履行すれば不具合発生をかなりの割合で低減できると考えられる。

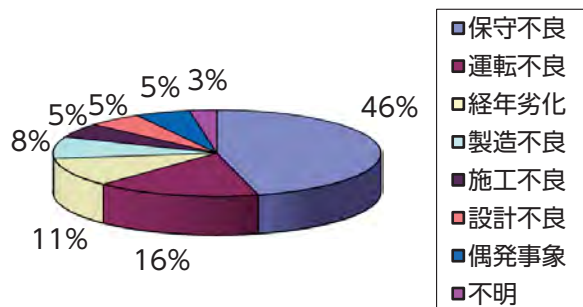


図3 不具合原因別分類 (米国)

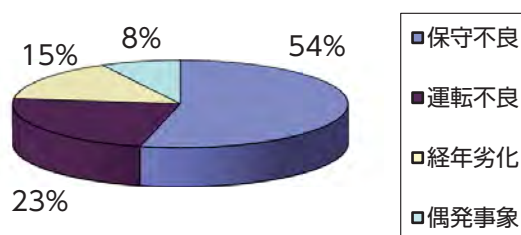


図5 不具合原因別分類 (国内)

2.5 不具合対策別の分類

前述の不具合事象37件の対策60件について、電動弁駆動装置の不具合対策別に分類した結果を図4に示す。なお、不具合事象と対策の件数が一致していないのは、1つの不具合事象に複数の対策があるためである。対策として、部品取替え(15件)、点検・解析(12件)が多く、運用変更(8件)、保守計画変更(0件)が少なかった。このことより、現状の点検周期で適切な保全を実施する必要があると考えられる。

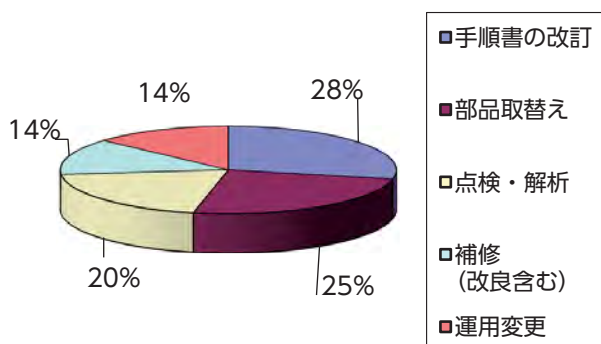


図4 不具合対策別分類 (米国)

2.6 国内事象の不具合抽出と分類

国内の電動弁駆動装置に関する不具合事象を原子力施設情報公開ライブラリー(NUCIA)(2)で調査した(2015年6月25日現在)ところ、国内では2001年から2010年までの10年間で13件が報告された。対象範囲を2010年までとしたのは、2011年3月11日における福島第一原子力発電所事故以降、国内原子力発電所の稼働率が低下しているためである。米国と同様に電動弁駆動装置の不具合の分類を行った結果を図5に示す。米国と同様に保守不良の割合が高い。電動弁駆動装置の不具合を低減させるためには、国内において適切に保守活動を実施する

ことが重要と考えられる。

2.7 日米不具合発生数の比較

これまでの分析に使用したデータのうち、過去10年間に限定して、日米での電動弁駆動装置不具合数を比較した。

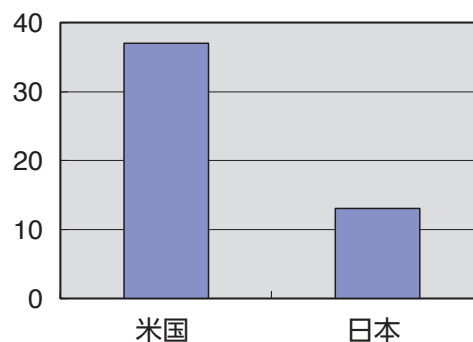


図6 日米の不具合発生数比較

国内では2001年から2010年までの10年を分析対象とした。また米国においても国内と対象時期を一致させる必要があるため2001年から2010年とまでの10年を対象とした。結果を図6に示す。米国では37件、日本では13件であった。

次に日米の運転中プラント1基当たりの発生数で比較した。比較するに当たっては2001年から2010年まで稼働している基数(米国104基、日本54基)⁽³⁾を採用した。また2001年から2010年までの米国と日本の設備利用率はそれぞれ、90.1%⁽⁴⁾、67.8%⁽⁵⁾であった。1年間のうち稼働時間あたりの運転中のプラント1基あたりに換算すると、不具合数は平均で米国0.038件、日本で0.035件とほぼ同等であった。両国の不具合の報告の基準、仕組みが異なるが、米国においてはプラントの設備利用率を向上させるために運転中の状態監視保全が重点的に実施されていることより、国内においても運転中の状態監視保全を重点的に実施していくことが重要である。

3. まとめ

本分析では、過去10年間に米国で報告された電動弁駆動装置の不具合について様々な切り口で分類を行い、考察を加えた。また国内で報告された電動弁駆動装置不具合との比較を行った。主な結果は以下の通りである。

- (1) 過去10年間に米国で報告された電動弁駆動装置の不具合は37件であった。電動弁駆動装置の不具合はわずかながら減少傾向にある。
- (2) 米国の電動弁駆動装置の不具合発生原因のうち、保守不良は46%と約半数を占める。このことから、適切な保全で不具合発生数をかなりの割合で低減できることより、作業者の技能を維持向上させる必要がある。
- (3) 日米で電動弁駆動装置発生率を比較したところ同等となった。今後日本も米国と同様に状態監視保全を重点的に実施していく必要がある。
- (4) 今後の研究においては、保守の効果を見込んだ機器の経時変化の傾向分析を実施していく。

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(2004年)」,INSS Journal, Vol. 12, P82 (2005).
- (2) 一般社団法人 原子力安全推進協会, 原子力施設情報公開ライブラリー, <http://www.nucia.jp/> (2015年5月22日現在)
- (3) 日本原子力産業会議,「世界の原子力開発の動向(各年)」.
- (4) 米国NEI(原子力エネルギー協会) <http://www.nei.org/>
- (5) (独)原子力安全基盤機構 原子力施設運転管理年報平成23年度版(平成22年度実績), 平成23年10月 P36