

# 米国原子力発電所におけるポンプの不具合発生傾向

## Trend Analysis of pump Failure Events at U.S. Nuclear Plants

徳久 聡 (Satoshi Tokuhisa) \*<sup>1</sup>

**要約** 原子力発電所では、多数のポンプが複数の場所で使用されている。ポンプは、正常に動作させるために、主軸、軸受、軸継手等多数の機械品が組み合わされて構成されていることから、個々の部品の信頼性維持がポンプ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、ポンプ本体の不具合が扱われている28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、米国ではポンプの不具合は保守不良が多いことが判明した、また対策として、手順書の改訂、部品取替、補修が多く、設計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、ポンプ

**Abstract** Many pumps are used in nuclear power plants, and they are used in some place. To run normally, since maintaining each components' reliability is directly connected to pumps' reliability, they are constructed by many mechanical components such as main shaft, shaft bearing, shaft coupling, and so on.

In this study, 28 events related to the failure of the body of pumps 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 pumps failure were often poor maintenance. Also among the countermeasures, revision of procedures, replacement parts and fraction of repair was large, and that of design changes was small.

**Keywords** nuclear power plant, trend analysis, pump

## 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<sup>(1)</sup>。

筆者は、これまで、配管、電動弁駆動装置、安全弁の傾向分析を行っており、今回プラントの設備として重要なポンプに着目し、分析を行った。なお、モータ等駆動源、ポンプ本体の周辺装置の不具合に起因するものを含めると、約10倍程度の不具合件数となったため、今回はポンプ本体の不具合のみを対象とした。

本分析では、これまで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データベースに登録されているポンプの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「INPO」という）、世界原子力発電事業者協会（World Association of Nuclear Operators：以下「WANO」

\*1 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

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(Autorite de surete nucleaire: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)の事象報告システム(Incident Reporting System:以下「IRS」という)が登録されている。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。

したがって本分析では, 原子力情報データベースに登録されているなかで, 2007年から2016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「pump」かつ「failure」が記載されている事象を抽出し, その内容からポンプ本体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 不具合原因別の分類

原子力情報データベースに登録されている, 2007年から2016年間の米国原子力発電所の公開情報で原文情報に「pump」かつ「failure」が記載されていた不具合情報1162件(2017年5月7日時点)のうち, ポンプ本体の不具合事象として28件を抽出した。

図1にポンプの不具合原因別に分類した結果を示す。保守不良が13件と, 約半数を占め, 保守に起

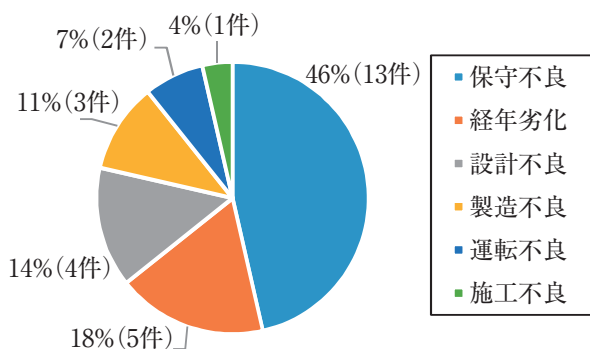


図1 ポンプ単体の不具合原因別分類 (米国)

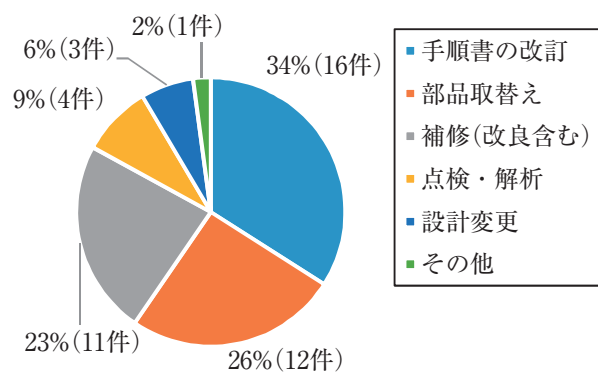


図2 ポンプの不具合対策別分類 (米国)

因する不具合は多い。このことより, 適切な保守を実施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。なお不具合原因別に分類のうち経年劣化は, 保守不良による経年劣化を含まないものとして, 原子力情報データベースに登録している。

### 2.3 不具合対策別の分類

前述の不具合事象28件の対策47件について, ポンプ本体の各不具合原因において不具合対策を分類した結果を図2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。保守不良の対策として, 手順書の改訂(16件), 部品取替え(12件), 補修(11件)が多く, 点検・解析(4件), 設計変更(3件)が少なかった。これらのことより, 現状の点検周期で適切な保守を実施する必要があると考えられる。

### 2.4 全体傾向

図3に米国原子力発電所で過去10年間のポンプ本体の不具合事象の発生年毎の発生件数を示す。発

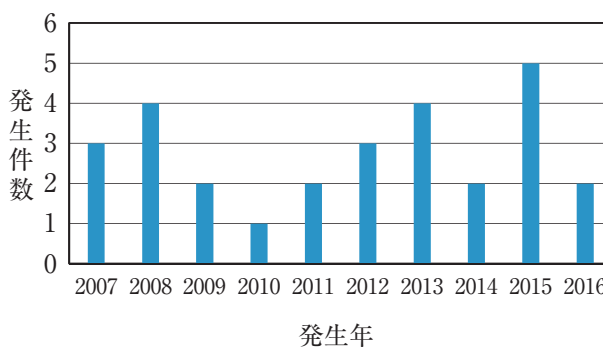


図3 ポンプ不具合発生件数の推移 (米国)

生件数は決して少なくなく、10年間を通して増加や減少傾向は見られない。

ポンプのような機器の場合、不具合事象として報告されるのは、ポンプの不具合そのものが対象として取り扱われるのではなく、プラントへの影響の大きかった事象のうちポンプ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。

## 2.5 プラントへの影響別分類

2007年から2016年に発生したポンプ本体の不具合28事象のうち出力運転中に発生した19事象について、ポンプ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4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。

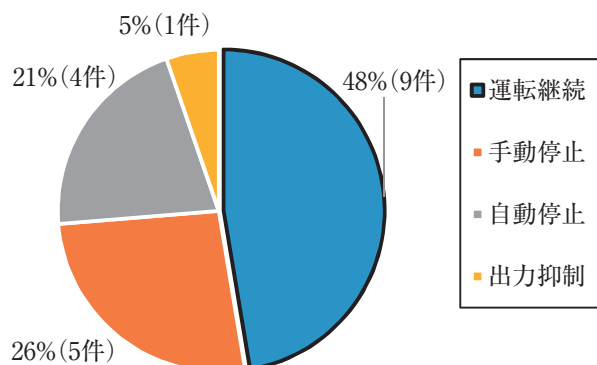


図4 ポンプの不具合によるプラントへの影響別分類 (米国)

計画外の手動停止、あるいは自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、5件(26%)、あるいは4件(21%)と比較的多く、ポンプ本体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。

次に、計画外の自動停止5事象、計画外の手動停止4事象について、不具合が発生した系統別に分類した結果を図5に示す。主給水系統で不具合が発生したことによる事象が4件と全体の半数を占めた。このことより主給水系統におけるポンプ不具合発生を減少させることが、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。

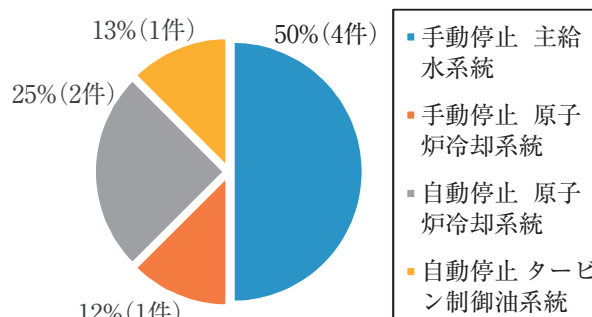


図5 ポンプの不具合によるプラントへの影響 (系統別) (米国)

## 2.6 日本国内事象の不具合抽出と分類

日本国内のポンプに関係する不具合事象を原子力施設情報公開ライブラリー (NUCIA)<sup>(3)</sup> で調査した(2017年7月7日現在)ところ、国内では2002年から2011年までの10年間で59件が報告された。なお対象範囲を2011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。米国と同様にポンプの不具合の分類を行った結果、日本では59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2002年から2011年まで稼働している基数(米国104基、日本54基)<sup>(4)</sup>を採用した。また2002年から2011年までの米国と日本の設備利用率はそれぞれ、90%<sup>(5)</sup>、68%<sup>(6)</sup>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0.029件、日本で0.16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ポンプ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。

- (1) 過去10年間に米国で報告されたポンプ本体(モータ等駆動源、ポンプ本体の周辺装置の不具合に起因するものは除く)は28件であった。不具合は過去10年をとおして、増加傾向や減

少傾向は見られなかった。

- (2) ポンプ本体の不具合発生原因のうち、保守不良の割合が米国で多かった。米国においては、不具合発生原因において、設計不良や経年劣化よりも保守不良の割合が高かったことから、日本国内においては、ポンプ本体の不具合発生防止対策として作業者の技術力の維持・向上を図る必要がある。また、技術力向上においては、協力会社、メーカーを含めたナレッジマネジメント（知識の管理）により情報を共有し、活用することにより、技術伝承をしていく必要がある。また、今後日本では米国の「原子炉監視プロセス」(Reactor Oversight Process: ROP)をひな型とする検査制度見直しが行われることより、保守を含む保安活動において事業者の技術力を向上させていくことが重要である。

## 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) 宮崎 孝正「経年劣化と人的過誤を取り入れた原子力発電所不具合事象の新しい原因分類法 (2006年), INSS Journal, Vol. 13 P261 (2006).
- (3) 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/> (2017年7月7日現在).
- (4) 日本原子力産業会議, 「世界の原子力開発の動向 (各年).
- (5) 米国NEI (原子力エネルギー協会), <http://www.nei.org/>
- (6) (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.