

*Journal of the Institute of Nuclear Safety System*  
2011, Vol.18, 275-279

国内原子力発電所の振動に関する不具合事象の傾向分析  
Trend Analysis of trouble event of domestic Nuclear Plants concerning vibration

藤木 隆夫 (Takao Fujiki)



株式会社 **原子力安全システム研究所**

Institute of Nuclear Safety System, Incorporated

〒919-1205 福井県三方郡美浜町佐田64号

Tel 0770-37-9100 Fax 0770-37-2008

URL <http://www.inss.co.jp>

# 国内原子力発電所の振動に関する不具合事象の傾向分析

## Trend Analysis of trouble event of domestic Nuclear Plants concerning vibration

藤木 隆夫 (Takao Fujiki)\*<sup>1</sup>

**要約** 原子力安全システム研究所では、米国を主とした国内外の原子力発電所のトラブル情報を収集し、トラブル情報の分析評価を実施している。

発電所において、配管や弁、熱交換器等には必ず何らかの振動が発生しており、その振動が機器に影響を及ぼさないよう設計、対策が行われている。しかしながら、振動に起因するトラブルは毎年発生しており、中には発電所の運転に影響を及ぼすトラブルも発生している。

本稿では、国内の振動に起因するトラブルについて2001年から2009年の9年間のトラブル事象98件を抽出し、炉型、発生年、設備、発見時期、プラントへの影響、原因、対策等の側面から傾向分析、評価を行い、教訓を抽出する可能性について検討した。

本稿は、その内の国内原子力発電所の振動に関する不具合事象の傾向分析を取りまとめたものである。

**キーワード** 原子力発電所, 振動, 傾向分析

**Abstract** The Institute of Nuclear Safety System, Incorporated, has been collecting information on trouble at nuclear power plants both in Japan and in the United States and other foreign countries with the aim of analyzing and assessing data on such trouble. In a power plant, piping, valves, heat exchangers, and similar equipment are bound to be accompanied by some form of vibration without exception, and designs and measures are implemented to prevent such vibration from affecting components. However, cases of trouble arising from vibration occur every year, with some of them affecting plant operations. Taking up 98 such events, extracted from cases of vibration-related trouble in domestic plants over the nine years from 2001 to 2009, this paper conducts trend analysis and assessment on the trouble events from the viewpoints of reactor types, year of occurrence, equipment, time of detection, impact on plants, causes, countermeasures, and the like, with the aim of grasping the possibility of extracting lessons from such trend analysis and assessment. This paper collects and organizes the results of trend analysis on trouble events associated with vibration that have occurred at nuclear power plants in Japan.

**Keywords** Nuclear power plant, vibration, trend analysis

### 1. はじめに

原子力安全システム研究所の原子力情報研究プロジェクトでは、原子力発電所の運転・保全管理の向上に資する目的で米国を主とした国内外のトラブル情報を収集し、分析評価を実施している。

振動に関するトラブルは、国内原子力発電所でも過去に数多く経験し、対策を施してきたが、それでもなお毎年振動に関するトラブルは発生し、中にはプラント停止に至ったトラブルも発生している。近

年、原子力発電所の高経年化、効率化により、国内外で出力増強やタービンローター取替えなどの大型改造工事が行われ、それに伴い従来と異なる振動が発生している可能性がある。そこで、最近の原子力発電所の振動に起因するトラブル情報を抽出し、海外原子力発電所と国内原子力発電所とのトラブルの傾向を比較検討するため、まず国内原子力発電所について傾向分析を行い、その結果から主となる要因を抽出し、教訓となる事項を抽出した。

\*1 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

## 2. 不具合事象の分析

### 2.1 分析対象

原子力施設情報公開ライブラリー（ニューシア）に登録されているトラブル情報、保全品質情報、その他情報のうち、2001年から2009年の9年間で本文中に「振動」「震動」の語句を含む情報を抽出した。その中から得られた情報を個別に分析し、ポンプ類から発生した振動に起因する不具合事象を抽出した。その際、地震、風などの自然現象によって発生した振動トラブルは除外した。

### 2.2 振動関連トラブルの発生状況

振動関連トラブルの抽出事象は、98件あった。この事象件数を炉型別にPWR、BWRで分類したものを図1に示す。PWRとBWRの件数の割合は、PWR:BWR=37%:63%（36件:62件）であり、国内のプラント数の比率PWR:BWR=23:31と比べあまり差異は見られなかった。つまり、一基当たりの事象件数に炉型による差は見られなかった。

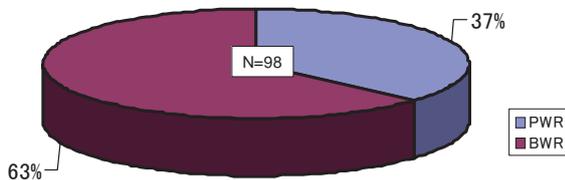


図1 炉型別に見たトラブル発生状況

### 2.3 年度別の発生件数

年度別のトラブル発生件数を図2に示す。2003年以前は、保全品質情報、その他情報が少なかったためトラブル発生件数は見かけ上少なくなったと推察されるが、2004年以降は、毎年10件以上発生し、最近では15件以上発生している。

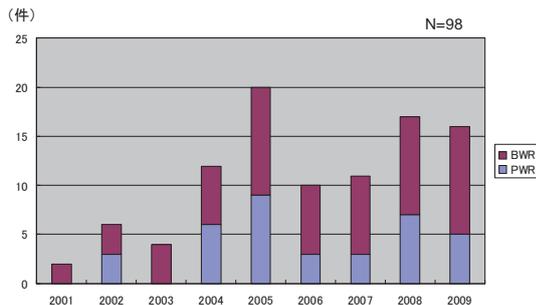


図2 年度別のトラブル発生件数

## 2.4 設備別発生状況

設備別発生状況を炉型別に表したものを図3に示す。炉型に関係なくタービン設備のトラブルが全体に占める割合が高く30%以上となっている。特にPWRにおいては、40%近くを占めている。炉型別にみるとPWRでは、原子炉補助設備、換気空調設備のトラブルが多く、BWRでは、原子炉本体、原子炉冷却系統設備、非常用炉心冷却系統設備のトラブルが多い。これは、BWRには、原子炉冷却材再循環系、停止時冷却系などのPWRにはない重要な設備があるためと推測される。

PWRにおけるタービン設備トラブルの系統別発生状況を図4に示す。給水系統のトラブルが57%を占めており、蒸気系統のトラブルと合わせると大半が蒸気、給水系統でトラブルが発生している。

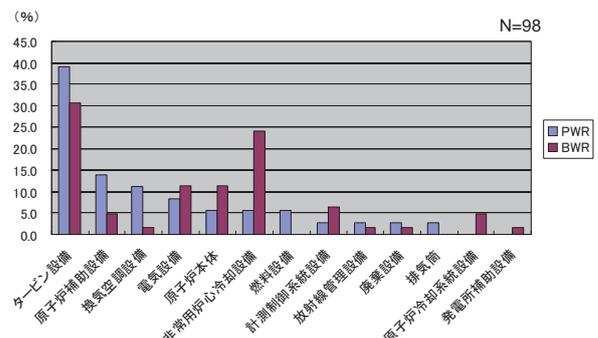


図3 設備別トラブル発生状況

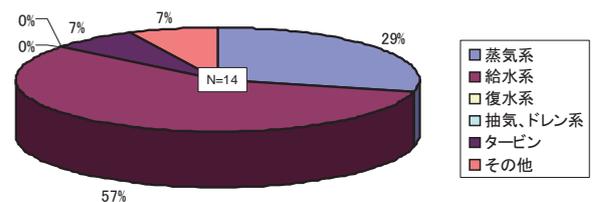


図4 PWRにおけるタービン設備トラブルの系統別発生状況

## 2.5 発見時期の内訳

炉型別に見た事象発見時期の内訳を図5に示す。運転中と停止中に着目すると、PWRでは運転中の発見が55%で大半を占めるのに対し、BWRでは停止中の発見が46%を占めている。このことからPWRにおいては運転中の監視点検が有効であると考えられる。

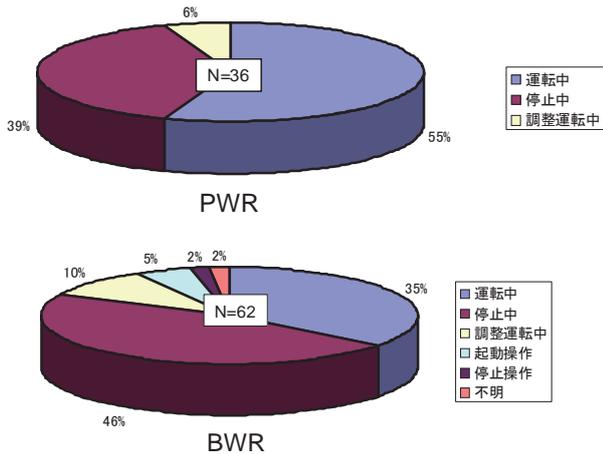


図5 炉型別に見た事象発見時期の内訳

## 2.6 発見動機の内訳

炉型別に見た事象発見動機の内訳を図6に示す。PWRでは運転操作・監視が大半を占めている。これは、前節に述べた発見時期の内訳でPWRでは運転中に事象が発見されることが多いことが関係している。一方、BWRでは試験中に発見される事象が多く23%となっている。

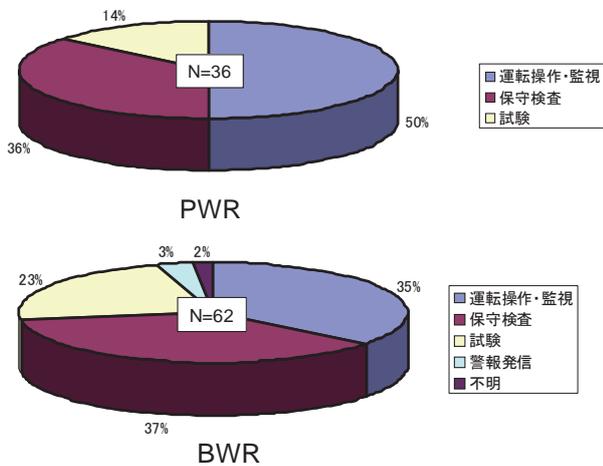


図6 炉型別に見たトラブル発見動機の内訳

## 2.7 プラントに与えた影響

プラント運転中にトラブルが発生した事象42件についてプラントの運転に与えた影響を図7に示す。振動関連トラブルでは、全体の約1/5はプラント停止に至っており、また、運転制限条件(LCO: Limiting Condition of Operation)逸脱に至った件数も29%あった。LCO逸脱を含めると約半分がプラントの

運転に影響を与えている。炉型別にプラントの運転に与えた影響を図8に示す。PWRに比べ、BWRでは大半がプラントの運転に影響を与えている。

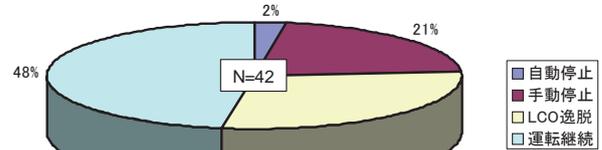


図7 プラントへの影響

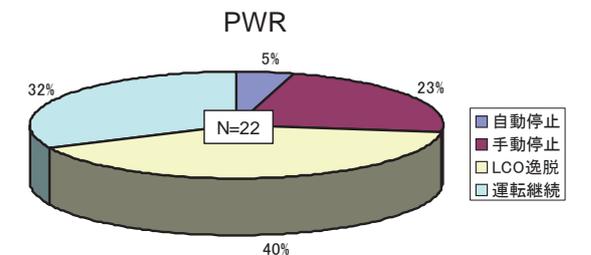
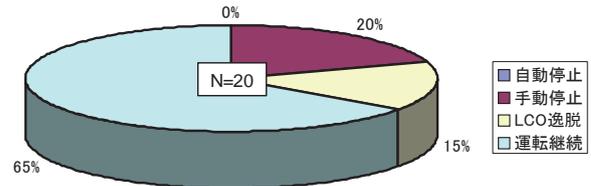
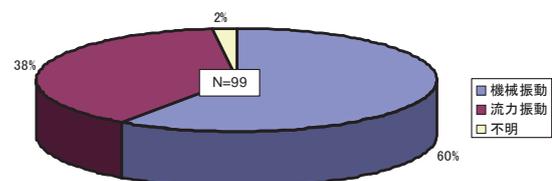


図8 炉型別に見たプラントへの影響

## 2.8 損傷モードの内訳

振動による損傷モードの内訳を図9に示す。機械振動が全体の60%を占めている。これは、振動の影響の範囲が、流力振動に比べ、機械振動の方が大きいためだと考えられる。

また、炉型別に見た損傷モードの内訳を図10に示す。PWR、BWRともに半数以上を機械振動が占めており、炉型による明確な差異は見られなかった。これは、流力振動が及ぶ影響範囲よりも機械振動が及ぶ範囲の方が大きいためと考えられる。



※1件重複

図9 損傷モードの内訳

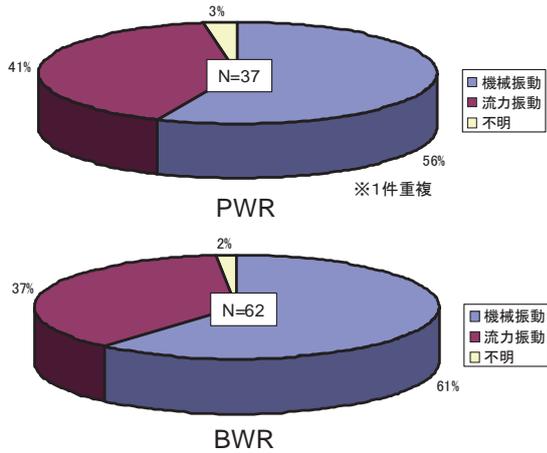


図10 炉型別に見た損傷モードの内訳

## 2.9 機器別のトラブル発生状況

機器別の発生状況を、図11に示す。全体では、配管・ストレーナ、弁で45%を占めている。炉型別に見るとPWRでは、配管・ストレーナ、熱交換器が多く、BWRでは、弁のトラブルが突出して多い。また、発生割合の多かった配管・ストレーナで発生した振動事象を系統別に分類したものを図12に示す。タービン設備のトラブルが37%と最も多く、図3全体の設備別発生状況でのタービン設備の割合に比べわずかに多いもののほぼ同じ割合であった。

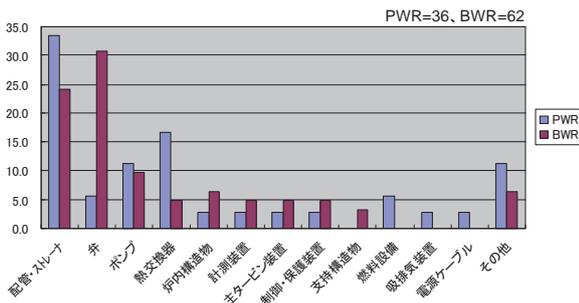


図11 機器別の発生状況

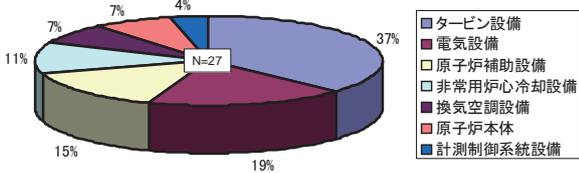


図12 配管・ストレーナで発生した振動事象の系統別状況

## 2.10 振動事象発生原因の内訳

振動事象発生原因の内訳を図13に示す。原因は、ニューシアの分類に従った。全原因のうち保守不良、製造不良、および設計不良が65%を占めている。最も多かった保守不良の内訳を図14に示す。サポート、フランジ等のナットの締付不足が最も多く39%を占めており、ビス、ネジの締付不足、その他部品の締付不足を加えると半数が締付不足によるものである。

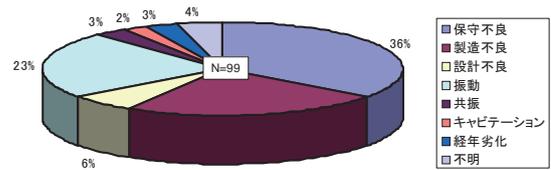


図13 振動事象発生原因の内訳

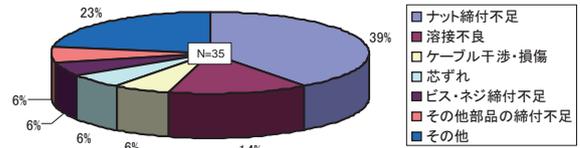


図14 保守不良の内訳

また、発生割合の多かった配管・ストレーナで発生した振動事象の原因別割合を図15に示す。配管・ストレーナ設備の振動事象の原因のうち保守不良が最も多く37%を占めており、振動事象全体の原因に占める保守不良の割合36%とほぼ同じ割合となっている。さらに配管・ストレーナで発生した事象の保守不良の内訳を図16に示す。大半がナットの締付不足によって発生している。

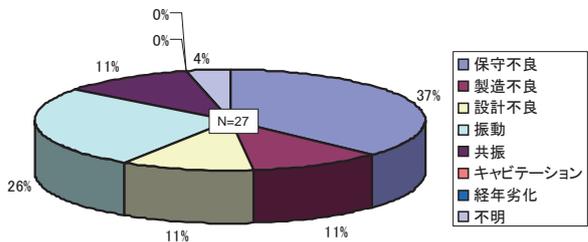


図15 配管・ストレーナで発生した振動事象の原因割合

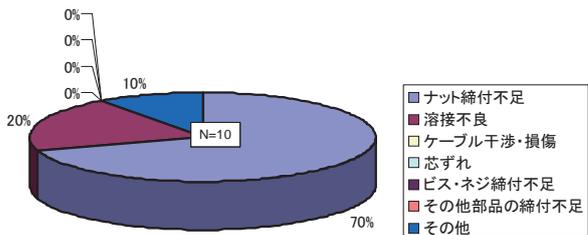


図16 配管・ストレーナで発生した振動事象の保守不良の内訳

## 2.11 振動事象への対策の内訳

振動事象への対策の内訳を図17に示す。対策としては、部品の取替え、補修、手順書の改訂が大半を占めている。また、締付不足により発生した振動事象への対策の内訳を図18に示す。対策全体の内訳に比べ、締付不足への対策では、手順書の改訂が31%と最も多くなっている。

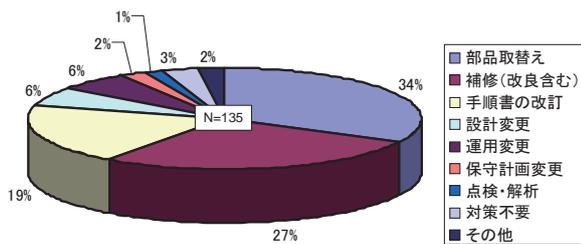


図17 対策の内訳

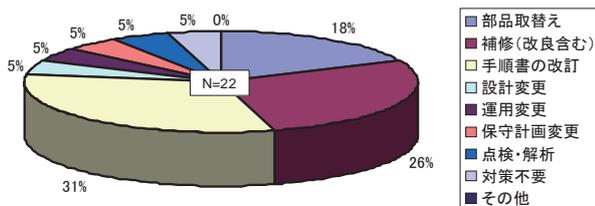


図18 締付不足により発生した振動事象における対策の内訳

## 3. まとめ

(1)振動に起因するトラブル事象を設備別に分類したところ、PWRでは、タービン設備、原子炉補助設備、換気空調設備が多く、BWRでは、タービン設備、原子炉本体、原子炉冷却系統設備、非常用炉心冷却系統設備が多い。

(2)機器別に分類したところ、PWRでは、配管・ストレーナ、熱交換器で発生した振動事象が多く、BWRでは、弁が突出して多い。

(3)振動事象発生原因では、保守不良、製造不良、および設計不良の割合が65%を占め、特に保守不良の割合は36%と最も多い。これより、定期検査時において手順に基づいて作業員が確実に作業を実施することが有効であることが示唆される。

(4)保守不良の内訳を見るとナット等の締付不足によるサポート類の緩みが多い。したがって、明確な手順書を定め、これに従って管理することが有効であることが示唆される。

## 文献

- (1) 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/> (2011年5月12日現在)
- (2) 小松 輝夫: 国内外原子力発電所における熱水力関連トラブル事例の傾向分析, INSS JOURNAL, Vol. 17, p. 247 (2010)
- (3) 富岡 立行: 原子力発電所における振動関連不具合事象の分析と再発防止対策, INSS JOURNAL, Vol. 5, p. 77 (1998)