



## 「もんじゅ」点検期間長期化の要因分析及び 次世代高速炉の保全合理化案の提案 (1) ～低温停止中の「もんじゅ」のプラント工程の分析～

Proposal of Maintenance Rationalization for Next-Generation Fast Reactors based on the Analysis of the Prolonged Maintenance of the Prototype Fast-Breeder Reactor in Japan, “Monju”  
(1) ～Analysis of Plant Schedule of “Monju” in Cold Shutdown～

原子力機構	橋立 竜太	Ryuta HASHIDATE	Member
原子力機構	豊田 晃大	Kodai TOYOTA	Member
原子力機構	高橋 慧多	Keita TAKAHASHI	Non Member
原子力機構	矢田 浩基	Hiroki YADA	Non Member
原子力機構	高屋 茂	Shigeru TAKAYA	Member

In order to improve both the safety and economic efficiency of a nuclear power plant, it is necessary to realize rational maintenance based on the characteristics of the power plant. The prototype fast-breeder reactor in Japan, Monju, spent most of the year for the maintenance, even though it was in cold shutdown. Thus, it is important to identify causes of the prolonged maintenance of Monju and to investigate countermeasures for rational maintenance of next-generation fast reactors. In this study, causes of the prolonged maintenance of Monju in cold shutdown were investigated by analyzing past plant schedules of Monju. In addition, several countermeasures to be incorporated in next-generation fast reactors were proposed.

**Keywords:** Diesel Generator, Fast Reactor, Maintenance, Maintenance Rationalization, Monju, Sodium

### 1. はじめに

高速炉では、先行する軽水炉の経験を取り入れることで保全の合理化を行っているが、原子炉冷却材にナトリウムを用いること等軽水炉と異なる特徴があるため、軽水炉で実績のある保全技術を適用できない部分がある。そのため、高速炉のプラントの特徴を踏まえた合理的な保全を実現することが重要となる。

研開炉である高速増殖原型炉もんじゅ（以降、もんじゅと記載）では、平成21年1月の保全プログラム導入以降、実用炉並みの保全を実施してきた。もんじゅは平成22年8月に発生した炉内中継装置の落下事故以降プラント停止していたが、プラント停止中も燃料が炉心に装荷されており、燃料の崩壊熱を除去するため徐熱機能を確保する必要があった。もんじゅの特徴として、冷却材であるナトリウムが常温では凝固してしまうため、炉心冷却及び設備保全の観点から低温停止中もナトリウムを昇温し循環させる必要があり、付帯設備を含めた多

くの設備を稼働させていた。そのためそれらの設備には、低温停止中も保全管理が求められた。

平成24年に確認された保守管理不備[1]への対応の中で「もんじゅ」の在り方に関する検討会が開かれ、もんじゅの問題点が整理された。主な問題点としては、脆弱な保全実施体制、情報収集力等の不足、長期停止の影響、拙速な保全プログラムの導入等が指摘されている[2]。指摘された問題点の内、保全計画については、保守管理不備への対応の一環として、平成27年から技術根拠に基づく見直しが実施された[3]。

しかしながら、保全計画の見直し後においても、設計の段階に3か月と想定していた点検期間に対して[4]、低温停止中に必要な設備の点検だけで8か月以上要するという課題が残されていた。高速炉の特徴を踏まえた保全の実現のためにはこの要因を明らかにし、保全の合理化を検討することが重要である。

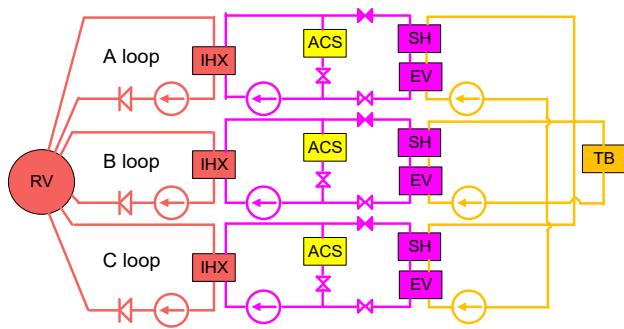
本論文では、点検自体の期間も長く、その遅延が直接プラント工程に影響を及ぼすクリティカルパスの点検に着目し、もんじゅの点検に要する期間が長期化した要因を分析する。この要因に対し、次世代高速炉における合

理的な保全を実現し、稼働率を向上させることを目的とした、次世代高速炉の設計や運用に反映すべき対策を検討した。

## 2. もんじゅの概要

もんじゅの主な仕様を Table 1 に、概要図を Fig. 1 に示す。主冷却系は独立した3ループ (A ループ、B ループ及びC ループ) で構成されている。炉心で発生した 714 MW の熱は、1 次ナトリウム冷却材 (1 ループ当たりの流量は 5,100 t/h×3 ループ) で熱輸送され、中間熱交換機を介して非放射性的の 2 次ナトリウム冷却材 (1 ループ当たりの流量 3,700 t/h×3 ループ) に伝達される。

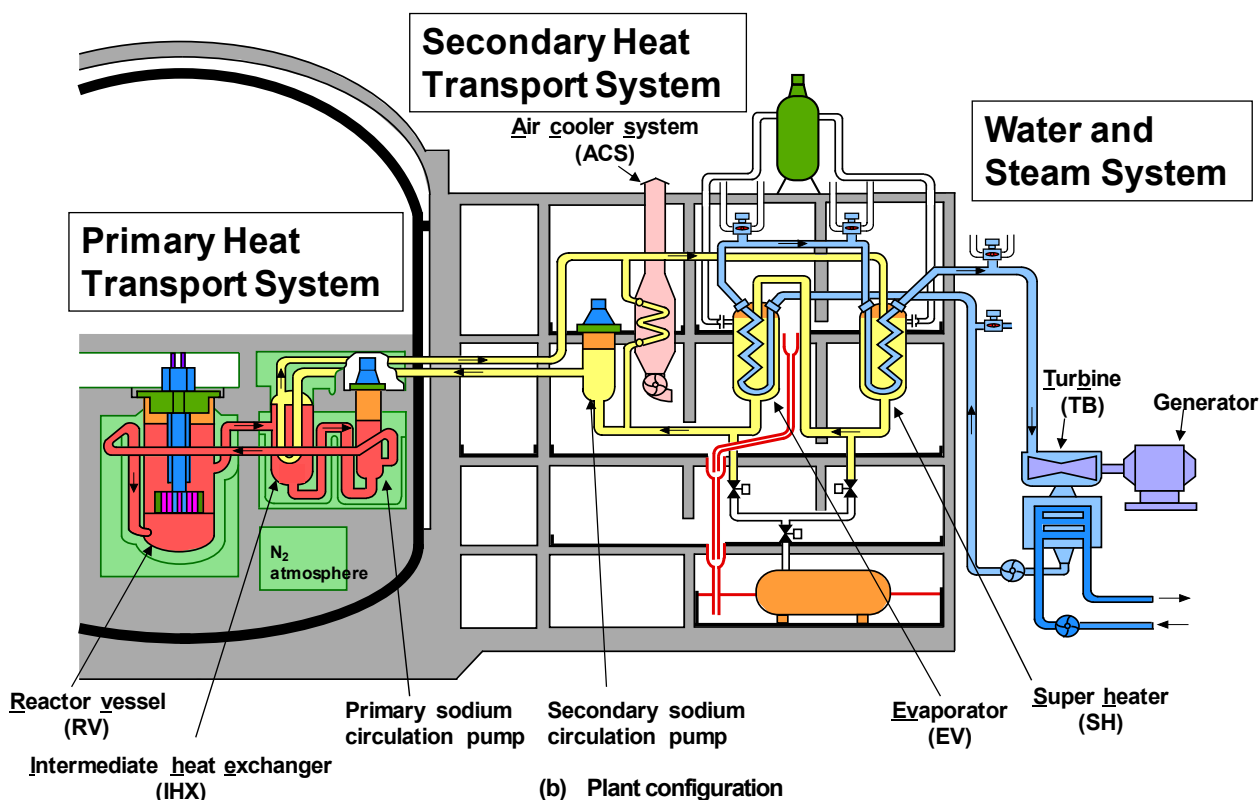
この熱はさらに蒸気発生器 (過熱器と蒸発器で構成されている) で 2 次ナトリウム冷却材から水・蒸気へ熱交換され、ここで発生した蒸気 (温度 483 °C、圧力 12.5 MPa、3 ループ合計の全蒸気量約 1,100 t/h) で発電機の蒸気タービンを駆動し発電する。低温停止中は、原子炉に制御棒が挿入されているため、制御棒駆動機構や中性子計装などの炉心関係の設備や水・蒸気タービン設備は休止しており、補助冷却設備の空気冷却器により原子炉容器内に有する燃料を冷却する。また、原子炉容器及び 1 次ナトリウム冷却系設備が設置されている部屋は、1 次ナトリウム冷却材漏えい時のナトリウム火災の防止のため、窒素雰囲気を維持している。



(a) Loop configuration

Table 1 Main specifications of MONJU

Item	Specification	Unit
Reactor type	Sodium-cooled fast breeder reactor	—
Thermal output	714	MW
Electrical output	280	MW
Fuel type	Plutonium-uranium mixed oxide(MOX)	—



(b) Plant configuration

Fig. 1 Outline of Monju: (a) Loop configuration and (b) Plant configuration

### 3. もんじゅ点検期間長期化の要因分析方法

#### 3.1 分析対象の選定方法

もんじゅのプラント工程からクリティカルパスを調査し、分析対象を選定する。プラント工程は平成29年度のもんじゅ実績を用いた。

平成29年度のプラント工程を用いた理由は、もんじゅは平成30年4月から廃止措置に移行し、プラントに要求される保全内容も大きく変化しているため、廃止措置移行前の最新知見に基づく分析を行うためである。

#### 3.2 クリティカルパスとして抽出される直接的要因の調査

分析対象の点検内容について調査し、点検を実施するためにはどのような条件（以降、制約条件と記載する）や日数が必要か確認し、プラント工程を律速していた直接的要因を明らかにする。調査の観点を以下に示す。

- (1) 3.1節で用いたプラント工程を基に、どのようなプラント状態で分析対象の点検を実施していたか調査する。
- (2) 3.1節で用いたプラント工程を基に、点検前後のプラント操作に必要な日数や作業内容について調査する。
- (3) 分析対象の点検報告書を基に、点検日数について調査する。

#### 3.3 クリティカルパスとして抽出される根本的要因の分析

3.2節で調査した直接的要因に関して、何故そのような

状態や日数等が必要だったか根本的要因を調査・分析する。分析の観点を以下に示す。

- (1) 点検時に必要なプラント状態について、それがなぜ必要となるか要因を分析するために、設計図書や保安規定等のルールを調査し、分析対象の制約条件を整理する。具体的には、点検に伴う分析対象の機能停止に必要なプラント状態と、保安規定等のルールによるプラント運用上の制限を調査・分析する。
- (2) 点検前後のプラント操作に必要な日数について、なぜそれだけの日数が必要となるか要因を分析するために、その日数を決定している設計図書や技術資料、保安規定等のルールを調査・分析する。
- (3) 点検日数について、なぜそれだけの日数が必要となるか要因を分析するために、保全計画の内容、実施方法、実施体制を調査・分析する。

その後、3.1節～3.3節の分析から抽出されるもんじゅの点検期間が長期化した要因に対し、次世代高速炉の設計や運用に反映すべき対策を提案する。

### 4. 分析対象の選定

平成29年度に実際に運用されたもんじゅのプラント工程の概略図をFig.2に示す。

ここで、図中の「D/G」はディーゼル発電機設備、「RCW」及び「RCWS」はそれぞれ原子炉補器冷却水系及び原子炉補器冷却海水系を示す。

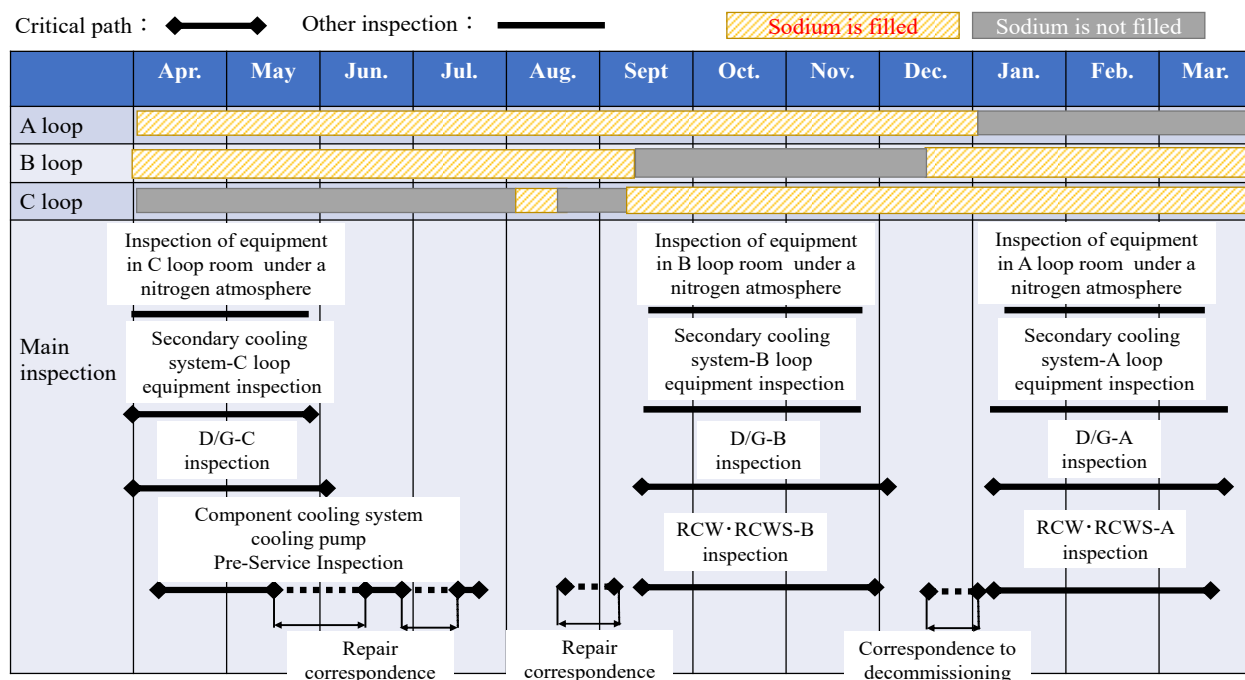


Fig. 2 Plant schedule (as of 2017)

もんじゅのプラント工程の特徴として、各系統のナトリウムドレン期間ごとにクリティカルパスの点検があることがわかる。

平成 29 年度のクリティカルパスは、「2 次系設備点検 C」、「ディーゼル発電機設備点検 A、B、C」「RCW・RCWS 点検 A、B」「機器冷却系冷却ポンプ使用前検査」「保守票対応」「廃止措置対応」があった。本論文では、A、B、C の 3 基全てがクリティカルパスとなっており、特に工程への影響が大きいと考えられるディーゼル発電機設備点検を分析対象に選定する。

## 5. クリティカルパスとして抽出される直接的要因の調査

### 5.1 点検時に必要なプラント状態に関する調査

もんじゅのディーゼル発電機設備点検時のプラント状態について調査した。

各ディーゼル発電機の点検時には、対応する 1 次及び 2 次冷却系のナトリウムはドレンされ、1 次系の窒素雰囲気部屋の空気置換操作は、「ディーゼル発電機の待機除外」と同じ時期に実施している。これらの手順が必要なため、ディーゼル発電機設備点検を開始するために A ループで 11 日、B、C ループで 8 日必要ことがわかった。

### 5.2 点検前後のプラント操作に必要な日数及び作業内容に関する調査

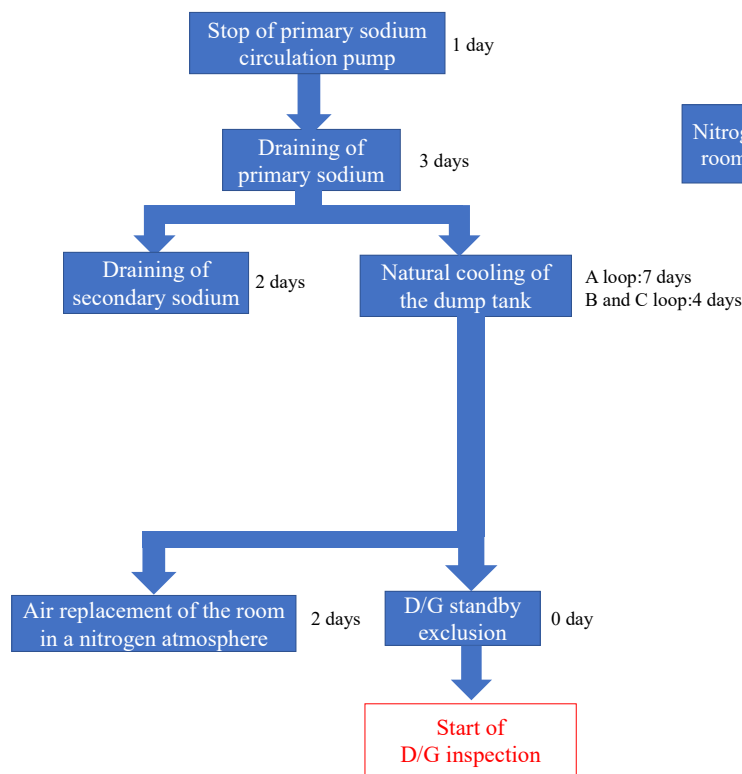


Fig. 3 Flowchart of the plant operation before maintenance of D/G

もんじゅのディーゼル発電機設備点検に必要な点検前後のプラント操作にはどのような作業があり、どの程度の日数が必要か把握するために、プラント工程を調査した。

ディーゼル発電機設備点検を開始するまでのフローを Fig. 3 に、ディーゼル発電機の復旧後にナトリウムを充填し冷却材循環ポンプを起動するまでのフローを Fig. 4 に示す。なお、フローに記載の日数は平成 29 年度の実績である（休日やトラブル等による操作期間の延長は含まない）。

Fig. 3 より、ディーゼル発電機設備点検の制約条件である「ディーゼル発電機の待機除外」には、ナトリウムのドレン操作や、ダンプタンクにドレンしたナトリウムの降温が必要なことがわかる。なお、Fig. 3 からわかる通りナトリウムの降温時間は、A ループが B、C ループより 3 日長くなっている。また、5.1 節で触れた 1 次系の窒素雰囲気部屋の空気置換操作は、「ディーゼル発電機の待機除外」と同じ時期に実施している。これらの手順が必要なため、ディーゼル発電機設備点検を開始するために A ループで 11 日、B、C ループで 8 日必要ことがわかった。

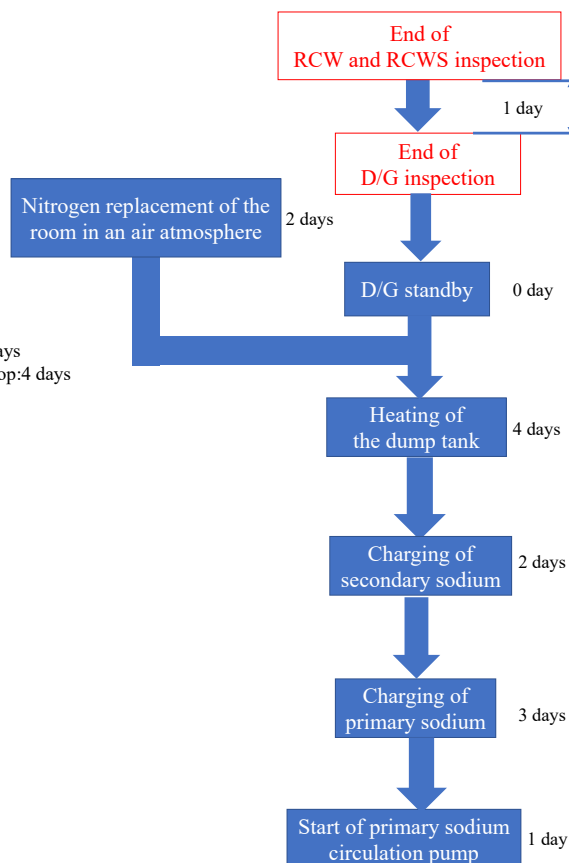


Fig. 4 Flowchart of the plant operation after maintenance of D/G



Fig. 4 より、一連の点検が完了し循環ポンプを起動するまでに、3つの手順が必要なことがわかる。1つ目は、ディーゼル発電機設備点検を完了する前にRCW、RCWSの点検を完了する必要がある。2つ目は、ディーゼル発電機設備点検の完了後はディーゼル発電機を待機させた状態でダンプタンク中のナトリウムを昇温する必要がある。3つ目は、2次系、1次系の順にナトリウムを充填し、充填完了後に点検のために停止させていた循環ポンプを起動する必要がある。これらの手順が必要なため、一連の点検が完了し循環ポンプを起動するために、A、B、Cグループともに10日必要なことがわかった。

Fig. 3、Fig. 4 より点検前後のプラント操作に必要な日数は、A号機で11+10=21日、B、C号機で8+10=18日必要としていた。

### 5.3 点検日数に関する調査

もんじゅのディーゼル発電機設備の点検日数を把握するために、平成29年度のディーゼル発電機設備-Aの点検報告書を調査した。なお、A、B、Cの3基とも点検項目に大きな相違はないため、代表としてA号機を調査の対象とした。

ディーゼル発電機設備-Aの点検は、平成30年1月25日に待機除外が行われ、平成30年3月23日に復帰していたことから、作業期間は約60日(2か月)必要とされていた。

### 5.4 直接的要因の調査 まとめ

5.1節～5.3節の調査結果から、もんじゅのクリティカルパスとなっていたディーゼル発電機設備点検は、Fig. 5の様にまとめられる。もんじゅの実績として、3基の点検に60×3=180日、点検前後のプラント操作に、21+18×2=57日と合計で約8か月かかることを確認した。

## 6. クリティカルパスとして抽出される根本的要因の分析

### 6.1 点検時に必要なプラント状態に関する分析

点検実施時に必要となるプラント状態を分析するために、設計図書や保安規定等のルールを調査した。

もんじゅでは、外部電源喪失が起きた場合でも原子炉を安全に停止し、かつ、原子炉停止後の冷却を確保できる設計としてディーゼル発電機設備を設けている。もんじゅの電源機能の概念図をFig. 6に示す。3基あるディーゼル発電機は各々の非常用母線と対応しており、1系統の単一故障が起きたとしても、残る他の系統で工学的安全施設に関する設備や発電所の保安に必要な非常用設備へ電力を供給して安全性を確保できるように、互いに分離、独立した3系統で構成されている。

ナトリウムドレン中にディーゼル発電機設備の点検を実施している理由は、ナトリウム充填時の外部電源喪失時に備えて、原子炉を安全に停止し、かつ、原子炉停止後の冷却を確保するための設備への給電を可能にするためである。

また、1次系の窒素雰囲気部屋の空気置換と同じ時期にディーゼル発電機の点検を開始している理由は、外電喪失時のナトリウム漏えい検出器の機能を担保するためである。冷却材であるナトリウムは空気と触れると発熱反応を起こすため[6]、ナトリウム漏えい検出器による早期発見及び対処が必要になる。もんじゅではディーゼル発電機を待機状態にすることで、液体ナトリウムを保有した状態で外部電源喪失事象が発生した場合であっても、ナトリウム漏えい検出器の機能を確保し、早期発見及び対処を可能にしていた。液体ナトリウムの固化が窒素雰囲気部屋の空気置換にするための条件のため、同時期にディーゼル発電機設備点検が開始することが必要なことがわかった。

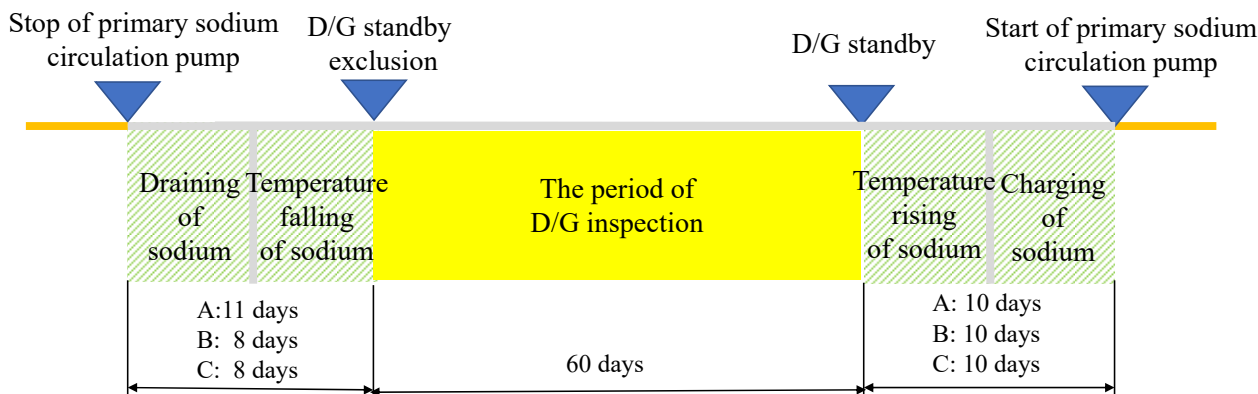


Fig. 5 Details of process for inspection of D/G

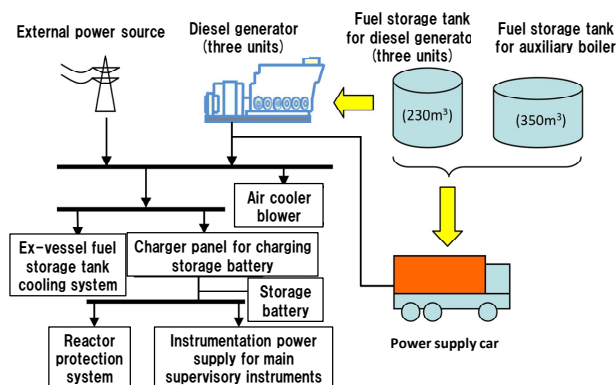


Fig. 6 Outline of power function [5]

また、それらのプラント状態を別々の時期に実施していた理由は、もんじゅの設置許可申請書や当時の保安規定で定める「停止時はディーゼル発電機2基以上が動作可能であること」の制限ともんじゅのディーゼル発電機の設置台数のためである。3基しかディーゼル発電機を保有していないもんじゅでは、2基のディーゼル発電機を同時に待機除外することができず、個別に点検を実施しなければならないことがわかった。

## 6.2 点検前後のプラント操作に必要となる日数に関する分析

点検前後のプラント操作に必要となる日数について、設計図書や保安規定等のルールを調査・分析した。

Fig. 3 に示した通り、ディーゼル発電機設備の点検を行うためには「ディーゼル発電機の待機除外」が必要となるが、そのためには

- ・ナトリウムをダンプタンクにドレンする
- ・ドレン後にダンプタンクを降温する

という2つの段階を経るため点検開始が遅くなっている。

まずダンプタンクへのナトリウムドレンだが、ナトリウムのドレンは自由落下で行い、ドレン配管も1・1/2Bと小口径のため時間がかかっていた。

次にドレン後のナトリウムの降温は、ダンプタンクのヒータを切り、自然降温で冷却するため時間がかかっていた。また、降温温度も、6.1節に示したように1次ナトリウム冷却系設備が設置されている部屋を空気置換するため、複数のナトリウム火災に関する試験結果から最も保守的になるようにナトリウム火災の発生温度を118℃以下に設定している。

なお、Aループのダンプタンクの降温が他ループに比べて3日長くなっている理由は、ダンプタンクの構成の

違いが影響している。B、Cループが200 m<sup>3</sup>タンク1台なのに対し、Aループは100 m<sup>3</sup>タンク2台で構成されており、内1台はオーバフロータンクをダンプタンクとして兼用している。オーバフロータンクは、プラント運転時約500℃のナトリウムを貯留する必要があることから、他のダンプタンクに比べて保温性が高いため、降温が3日長くなっている。

## 6.3 点検日数に関する分析

ディーゼル発電機設備点検の実施に約60日間必要になる理由を分析するため、保全計画の内容や実施方法、実施体制を調査・分析した。

まず、もんじゅの保全計画では、ディーゼル発電機設備の点検項目として巡視点検、外観点検、機能・性能試験(特性試験)、簡易点検、分解点検、開放点検、交換等を行うとしている。また、その半数近くが、16か月毎(以降16Mと記載)に実施する計画であることを確認した。16Mの点検には、設備の外観点検の様な簡易な点検以外に、ピストンやクランクシャフトなどのディーゼル発電機を待機除外する必要がある点検も含まれている。このため、平成29年度に3基ともクリティカルパスであったディーゼル発電機設備点検は、毎年3基とも待機除外させて点検する必要があり、平成29年度以外の年でも平成29年度と同様にクリティカルパスとして点検工程を長期化させていたと考えられる。

また、点検に1基あたり約60日(2か月)かかっていた要因を調査するため点検の内容や点検方法を確認したが、軽水炉のディーゼル発電機設備の点検と同等の項目であった。ただし、点検を行う体制として交代勤務などを採用せず、日中作業のみで実施していたことが、一般的なディーゼル発電機の点検よりも点検日数が長期化する要因であったと考えられる。

## 6.4 根本的要因の分析 まとめ

5章のFig. 5で示したディーゼル発電機設備点検の構成要素について、制約条件が必要となる要因や、制約条件から生じるプラント操作と点検実施に日数が必要となる要因について分析した。その結果、点検中も炉心に燃料を有するが故のもんじゅのディーゼル発電機の待機台数の制限や冷却材にナトリウムを用いているが故のディーゼル発電機の待機除外に必要な条件等、高速炉特有の設計やルールに起因する点検期間長期化の根本的要因を明らかにした。

## 7. 次世代高速炉の保全合理化に関する考察

5章及び6章で抽出された、もんじゅの点検期間が長期化した要因について、そこから得られる知見を次世代高速炉に反映するために、保全合理化の観点から設計や運用に反映すべき対策を提案する。

### 7.1 制約条件の合理化

ディーゼル発電機設備点検の制約条件について、合理化のための対策となる案を示す。

#### ① 代替電源設備の導入

もんじゅでは設置許可申請書や当時の保安規定で定める運転上の制限に対して、ディーゼル発電機設備の配置が最小限になっていたため、2基以上のディーゼル発電機を同時に待機除外にできなかった。

次世代高速炉の設計の際には、代替電源設備としてメンテナンス用ディーゼル発電機の設置又は電源車等の他の予備電源の導入などにより安全上必要となる設備を担保することで、複数台のディーゼル発電機を同時に待機除外にできるように設置許可申請許可申請書や保安規定を定めれば、ディーゼル発電機設備を同時に点検することが可能になる。よって、代替電源設備の導入などにより保全の合理化が可能である。

#### ② ディーゼル発電機の要求機能の変更

もんじゅでは外部電源喪失に対して、ディーゼル発電機設備により原子炉停止後の冷却性能を確保している。

一方、高速炉は冷却材にナトリウムを利用し、その高い伝熱特性や高い融点により、自然循環システムの実現が容易である特徴をもつため、もんじゅでも短時間の全動力電源の喪失に対しても炉心の崩壊熱及び残留熱を除去できる自然循環徐熱能力を持つ設計がなされている。

次世代高速炉の設計の際には、外部電源喪失に対して、自然循環徐熱による冷却性能を確保することで、「ディーゼル発電機の待機」などの運転中の制限を緩和することができれば、プラント運転中にディーゼル発電機設備の点検が可能になる。従って、要求機能の変更により保全の合理化が可能である。

### 7.2 点検前後のプラント操作の合理化

ナトリウムドレン・充填操作やドレン後のナトリウムの降温・充填前の昇温について必要な期間を短縮する案を示す。

#### ① ナトリウム火災への対応の変更

6.2節に記載した通り、もんじゅのナトリウムドレン後のダンプタンクの降温目標である118℃は、1次ナトリウム冷却系設備が設置されている部屋を空気置換するた

めの条件として、ナトリウム火災発生防止の観点から設定されている。

一方、ナトリウム火災についての調査では、酸素濃度等の試験条件が明確ではないが、ナトリウムプールの火災発生温度が118℃～320℃と幅広い結果が得られている報告や、もんじゅの空気置換後の酸素濃度と同等の21%の条件で、ナトリウムプールの火災発生温度が205℃であったとの報告がある[7]。もんじゅでは保守的になるように試験結果の最小値である118℃以下を設定していたが、ナトリウム火災の発生温度は試験条件を明確化する等、詳細化の余地がある。

ナトリウム火災の発生温度を詳細に評価し、ナトリウム火災のしきい値が現状での設定温度よりも高温だとわかれば、1次ナトリウム冷却系設備が設置されている部屋の空気置換の条件を緩和できる。仮にナトリウム火災の発生温度が150℃程度であった場合、ダンプタンクの降温時間を半分程度に短縮でき、早期のディーゼル発電機の待機除外が可能になる。

#### ② 設備設計の変更

ナトリウムドレン・充填に必要な操作期間を短縮するためには、ドレン配管径の変更などが有効である。

また、ダンプタンクの降温時間を短縮するためには保温仕様の変更や冷却方法の変更などが有効である。

さらに、各機器の配置や配管長の見直しなど総合的なプラント設計を行うことで、プラント操作に関する期間の短縮が可能になる。

安全設計やシステム設計に加え保全の観点を設計に考慮することにより、点検前後のプラント操作に必要な期間の短縮が可能になる。

### 7.3 ディーゼル発電機設備点検の合理化

1基あたり約2か月の点検期間を必要としているディーゼル発電機設備点検の合理化のための対策となる案を示す。

#### ① ディーゼル発電機設備の並行作業の実施

もんじゅでは3基のディーゼル発電機点検を1基ずつ3回にわけて実施していたが、並行作業で点検を実施することができれば、点検期間を短縮することが可能になる。

並行作業での点検実施には2基以上のディーゼル発電機の待機除外が必要になるが、7.1①に示した代替電源設備の導入などで、並行作業が可能になる。

もんじゅに代替電源を導入していた場合を考えると、平成29年度実績では3基合計でプラント操作に約2カ月、



点検の実施に約6か月以上の期間を必要としていたものが、代替電源設備の導入で2基を並行で点検できたとすれば、プラント操作に1か月強、点検の実施に4カ月と、5か月強まで短縮することが可能であったと考えられる。よって、ディーゼル発電機設備点検の並行作業の実施により保全の合理化が可能である。

## ② 運転中保全（オンラインメンテナンス）の導入

もんじゅではディーゼル発電機点検に係る点検項目は全てプラント停止時にナトリウムドレンを行った上で実施していた。このため点検期間が長期化し、プラント停止期間にも直接影響していた。これに対し、保全学会[8]や機械学会[9]においても検討が進められている運転中保全（オンラインメンテナンス）の導入し、プラント運転中にディーゼル発電機設備の点検項目の内一定数の点検が実施できれば、プラント停止時のディーゼル発電機設備点検に必要な点検期間の短縮が可能になる。

ただし、運転中保全（オンラインメンテナンス）を導入するためには、代替設備が要求される。これに対しては、7.1①で提案している代替電源設備の導入等の対策をすることで、点検時に並行作業を行えるようになるとともにプラント運転中にディーゼル発電機設備の点検が可能になり、より大きな効果が得られることも考えられる。

## ③ 作業体制の見直し

6.3節で平成29年度のもんじゅの点検実績を基に点検日数を分析したが、日中作業により2か月かかっていたことが長期化の要因と考えられた。このため、点検を3交代制で行うことで、作業日数を半分程度まで短縮可能と考えられる。よって作業体制の見直しにより、保全の合理化が可能になる。

## 8. まとめ

次世代高速炉の合理的な保全の実現に向け、もんじゅの保全に関する課題の1つである点検に要する期間が長期化した要因を分析するために、点検の遅延の影響が直接プラント工程に影響を及ぼすクリティカルパスの点検に着目した。平成29年度のプラント工程の内、3基ともクリティカルパスに該当したディーゼル発電機設備点検を分析対象とし、保全内容や点検実施時期、点検前後のプラント操作に必要な日数を分析した。ディーゼル発電機設備が点検期間の長期化の一因となった主な理由は、もんじゅのディーゼル発電機設備は並行作業が実施できないことと、制約条件によるプラント操作を伴うことである。これにより、3基合わせて点検前後のプラント操

作に必要な期間が2か月、点検に6か月の合計8か月以上の期間が必要となっていた。

本論文では、これらの日数や制約条件が必要となる要因を明らかにし、そこから得られる知見を次世代高速炉に反映するために、保全合理化の観点から設計や運用に反映すべき対策を提案した。

今後、対策の有効性や、組み合わせの効果を検討していくことで、次世代高速炉の保全最適化に貢献できる。

## 参考文献

- [1] 敦賀本部 高速増殖炉研究開発センター：“高速増殖原型炉もんじゅ技術年報(平成24年度)保守管理上の不備の措置命令対応”, JAEA-Review 2013-032, (2013).
- [2] 「もんじゅ」の在り方に関する検討会：“「もんじゅ」の運営主体の在り方について”, (2016).
- [3] 日本原子力研究開発機構：“「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第36条（現第43条の3の23）第1項の規定に基づく保安のために必要な措置命令について（平成25年5月29日 原管P発第1305293号）」に対する対応結果報告（改訂）」, 28 原機（も）248, (2016).
- [4] 敦賀総合研究開発センター：“高速増殖原型炉もんじゅ; その軌跡と技術成果”, JAEA-Technology 2019-007, (2019).
- [5] 敦賀本部 高速増殖炉研究開発センター：“東京電力福島第一原子力発電所事故を考慮した「もんじゅ」の安全性に関する総合評価”, JAEA-Research 2013-001, (2013).
- [6] 核燃料サイクル開発機構：“ナトリウム技術読本”, JNC-TN9410 2005-011, (2005).
- [7] O-arai Engineering Center Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation：“Technical committee meeting on evaluation of radioactive materials release and sodium fires in fast reactors”, IAEA-IWGF-92, (1996).
- [8] 日本保全学会：“国内原子力発電所における運転中保全（オンラインメンテナンス）の適用について”, 原子力安全規制関連検討会, (2017).
- [9] 小林他：“運転中保全の適用検討”, 原子力の安全規制の最適化に関する研究会発表会, (2010).

(2019年11月14日受理, 2020年9月9日採択)