

ふげんにおける廃止措置中の原子炉施設の保全について

Maintenance of reactor facilities under Decommissioning in FUGEN

日本原子力研究開発機構
新型転換炉原型炉ふげん
日本原子力研究開発機構
新型転換炉原型炉ふげん
日本原子力研究開発機構
新型転換炉原型炉ふげん
日本原子力研究開発機構
新型転換炉原型炉ふげん

○林 健太 KENTA Hayashi Member
伊藤 健司 KENJI Ito
松尾 秀彦 HIDEHIKO Matsuo
酒井 康裕 YASUHIRO Sakai

Advanced Thermal Reactor FUGEN had accumulated about 25 years of operation results and permanently shut down in March 2003. Currently, FUGEN has entered into the second phase of decommissioning (Reactor Periphery Facilities Dismantling Period). Regarding to the maintenance, facilities related to the safe storage of spent fuel have been reliably inspected in accordance with the inspection plan, while we have been rationalizing maintenance continuously.

In this paper, we report on the rationalization measures and improvements related to the maintenance and reactor facilities under decommissioning in FUGEN.

Keywords: FUGEN, Decommissioning, Rationalization of maintenance, Rationalization of equipment, Cost reduction, Long-term maintenance plan, Equipment during the in-service termination measures

1. 緒言

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん（以下、「ふげん」）は、熱出力 557MW、電気出力 165MW の重水減速沸騰軽水冷却圧力管型原子炉（ATR：Advanced Thermal Reactor）の原型炉で、1960 年代後半から設計・建設が行われ、1978 年 3 月に初臨界、1979 年 3 月に運開した。初臨界後、約 25 年間の運転を行い、2003 年 3 月に運転を終了した。

設備利用率は約 62%、総発電電力量 219 億 kWh、MOX 燃料装荷体数は 772 体で、単一炉として世界最大の MOX 燃料使用実績を挙げ、1988 年度には、「ふげん」の使用済燃料から回収した Pu を使用した運転（核燃料サイクルの輪の完結）を行った。これらの「ふげん」の実績を踏まえ、核燃料サイクル技術の確立に貢献したこと及び自主開発による ATR の性能・信頼性を実証したことが評価され、2004 年 4 月 26 日には米国原子力学会(ANS)からランドマーク賞を我が国で初めて受賞した。

運転終了後は、廃止措置の準備として、炉心燃料（全 224 体）の取出し、系統化学除染の実施、原子炉冷却材の拔出し及び制御棒（全 49 体）の取出し等を行った。設備の保全については、廃止措置移行後も施設内には

使用済燃料 466 体を貯蔵していることから、使用済燃料の安全貯蔵に係る設備（プール水冷却・浄化系等）等、機能維持が必要な設備に対し点検計画に従い確実な点検を実施するとともに、継続的に合理化を図ってきている。

本件では、ふげんにおける廃止措置中の施設の保守管理及び設備維持に係る合理化策・改善等を報告するとともに、廃止措置の全体計画も併せて紹介する。

2. 廃止措置の全体計画

「ふげん」の廃止措置のスケジュールを Fig.1 に示す。廃止措置計画については、原子炉等規制法の改正を受けて 2006 年 11 月 7 日に廃止措置計画認可申請を行い、国の審査を経て 2008 年 2 月 12 日に認可された。

廃止措置を進めるにあたって、「安全の確保」、「既存技術の徹底活用による合理的な廃止措置」、「発生廃棄物の低減など環境への負荷軽減」、「情報公開の推進」、「地域社会の理解と支援が得られる事業の推進」を基本方針とし、安全かつ合理的に進めることとしている。

廃止措置の工程は、「重水系・ヘリウム系等の汚染の除去期間」、「原子炉周辺設備解体撤去期間」、「原子炉本体解体撤去期間」、「建屋解体期間」の 4 段階の期間に区分している。

なお、2012 年 3 月及び 2018 年 5 月の廃止措置計画の変更により、使用済燃料搬出期間を合計 14 年間延長したものの、最終的な廃止措置完了は当初計画とおり 2033 年度と計画している。

連絡先：林 健太

国立研究法人日本原子力研究開発機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉ふげん 廃止措置部 設備保全課
〒914-8510 福井県敦賀市明神町 3 番地
E-mail: hayashi.kenta@jaca.go.jp

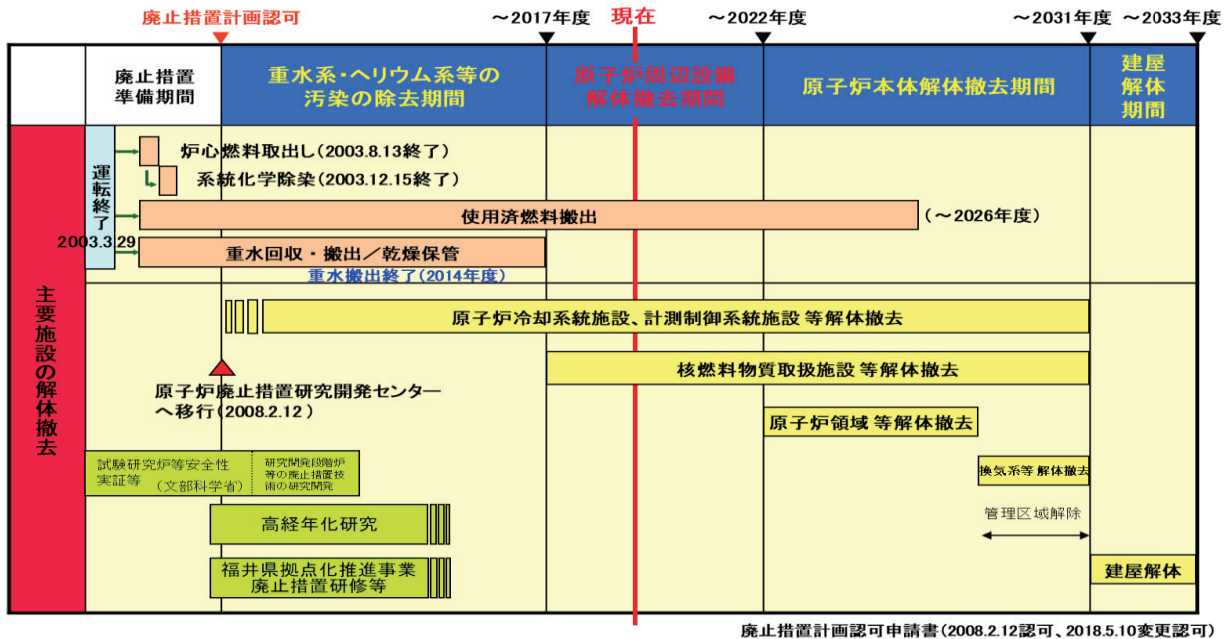


Fig.1 Schedule of FUGEN Decommissioning

この4段階の期間において、各々の主要施設の解体撤去工事、汚染の除去工事、及び廃棄物処理・処分を行うこととしている。

各期間における解体撤去のイメージを Fig.2 に示すとともに、主要作業内容を以下に示す。

- (1) 重水系・ヘリウム系等の汚染の除去期間
 - ① 使用済燃料の搬出
 - ② 重水の搬出、残留重水回収及びトリチウム除去 [1][2]
 - ③ 使用済燃料の保管に係る機能に影響を与えない範囲で供用を終了した施設・設備の解体撤去[3][4]
- (2) 原子炉周辺設備解体撤去期間
 - ① 供用を終了した施設・設備の解体撤去
 - ② 原子炉領域の遠隔解体装置等の設置範囲にある干渉する原子炉周辺設備・機器の解体撤去
 - ③ 蒸気放出プール、熱交換器類、ラド系タンク等の汚染の除去
 - ④ 放射性固体廃棄物の処理装置の導入、処理
- (3) 原子炉本体解体撤去期間
 - ① 放射能が減衰する期間を確保し、かつ前記(1)、(2)の経験・実績を活かした原子炉本体を含む原子炉領域の解体撤去
 - ② 汚染したすべての設備・機器等の解体撤去
 - ③ 処理装置を必要に応じて導入し、廃棄物の処理、搬出の継続実施
 - ④ 設備の解体撤去後、建屋及び構造物の汚染の除去を行い、管理区域を順次解除

- (4) 建屋解体期間

管理区域を解除した建屋、廃止措置対象施設をすべて解体

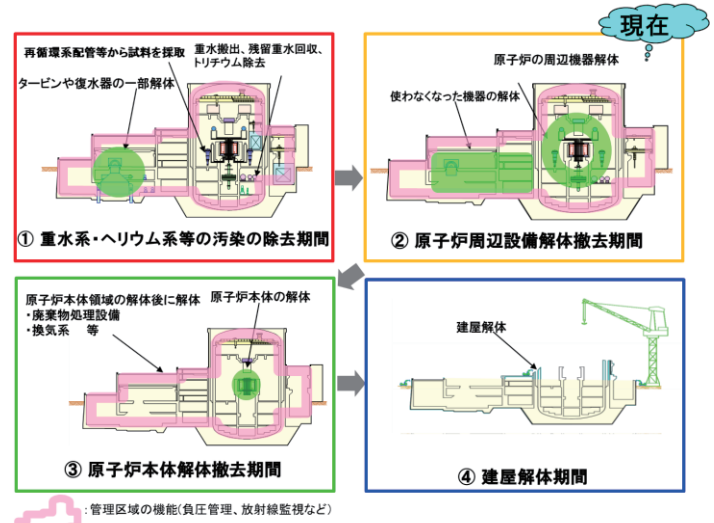


Fig.2 Image of FUGEN reactor facilities dismantling

3. 施設の維持管理と保全

3.1 運転終了後の設備維持管理

運転終了後、2003年5月に自家用電気工作物の廃止報告を行い、電気事業法の発電所としての規制が解除された。これにより、発電所から需要設備に移行し、発電所としての工事計画認可申請が不要となった。

2004年2月には、「燃料を原子炉に装荷できない措置」に係る大臣承認及び省令の改正「定期検査に関する技術上の基準を燃料取出後の原子炉施設の安全確保

上の必要に応じたものとする」に従い、定期検査の項目が 102 から 33 となり、現在は 17 項目である。一方、炉規法以外の法律で点検を必要とする設備は、補助ボイラ（ボイラ及び圧力容器安全則）、クレーン設備（労働安全衛生法）、冷凍設備（高圧ガス保安法）、消防設備（消防法）、放射線取扱施設（RI 法）等である。

3.2 廃止措置中における設備維持管理

(1) 基本的な考え方

廃止措置中の維持管理は、原子力安全委員会の指針「原子炉施設の解体に係る安全確保の基本的考え方」（旧原子力安全委員会指針）に適合するように実施することとしている。

原子炉の機能を停止した後も、施設内には有意な量の放射性物質が残存することから、解体中においても周辺環境に影響を与えないように、漏えい防止及び拡散防止のために「閉じ込め」機能を有する設備や公衆及び作業員の被ばく抑制又は低減のために必要な放射線管理に係る設備、また、作業で発生する廃棄物を適切に廃棄、処理するための設備等に対し、原子力安全の確保のために、必要な期間、所要の性能を維持管理することが重要である。

さらに、ふげんでは廃止措置移行後も使用済燃料が施設内に貯蔵されていることから、それらを安全に貯蔵するための（主に「冷やす」機能を有するための）設備に対し継続的に維持管理を行ってきている。

なお、ふげんにおいては、運転中からの供用設備を継続的に使用し、近年では高経年化への対応を図りつつ、合理的な維持管理に努めることとしている。

一方、廃止措置に係る工事を安全・確実に実施するために必要となる解体撤去や廃棄物処理に係る装置の導入においては、各々に必要な機能を有する安全確保対策を講じたものとするよう、適切な維持管理を行うこととしている。

(2) 廃止措置計画認可後の設備維持

原子炉施設の運転状況を Fig.3 に示す。廃止措置中においても維持する設備については、その機能、性能を適切に維持するため、先に述べた「原子炉施設の解体に係る安全確保の基本的な考え方」等に基づいて、各設備に要求される機能、性能を維持することとし、廃止措置計画申請書の添付書類 6 である「廃止措置期間中に機能を維持すべき原子炉施設及びその性能並びにその機能を維持すべき期間に関する説明書」に記載している。

廃止措置中に維持する主要設備を以下に示す。

- ① 放射性物質を内包する系統及び機器を収納する建屋及び構築物

原子炉建屋、原子炉補助建屋、タービン建屋、燃料貯蔵プール建屋等

- ② 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設
燃料移送装置、キャスク取扱装置、使用済燃料貯蔵設備、プール水冷却浄化系、余熱除去系等
- ③ 放射性廃棄物の廃棄施設
液体廃棄物処理設備、固体廃棄物処理設備等
- ④ 放射線管理施設
放射線監視装置、主排気筒モニタ、放水槽モニタ、気象観測設備等
- ⑤ 換気設備
原子炉補助建屋換気系、廃棄物処理室換気系、燃料貯蔵プール建屋換気系等
- ⑥ 電源設備
受電系統、ディーゼル発電機、直流電源等
- ⑦ その他安全保安上必要な設備
消火設備、原子炉補機冷却系、圧縮空気設備、クレーン設備等

一方、廃止措置中の保守管理については、保安規定において、廃止措置計画にその性能を維持すべき原子炉施設の保全のために行う保守管理（点検、補修、取替え、改造その他必要な措置）を実施するにあたっては、「原子力発電所の保守管理規程(JEAC4209-2003)」に従うことを基本とし、保守管理計画を定めて行うこととしている。また、廃止措置計画及び保安規定に基づいて保全プログラム及び保守管理業務を実施するため、保守管理要領を策定し点検計画を定めている。

点検計画では、各機器の重要度（①安全上重要な設備、②安全機能を要求する設備、③安全機能を要求しない設備）に応じ、適切な保全方式（①時間計画保全、②状態監視保全、③事後保全）を定めている。

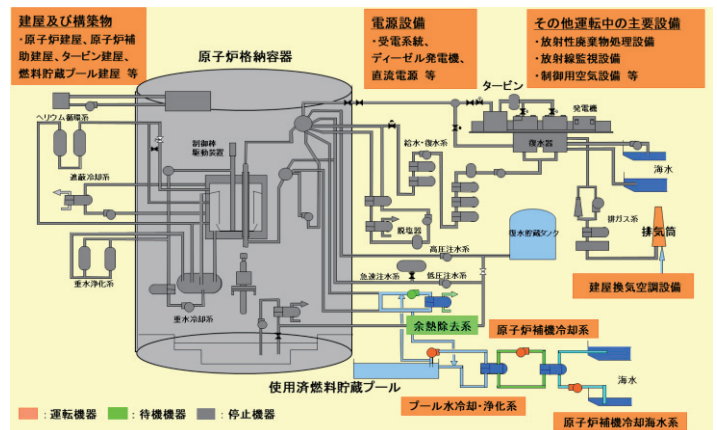


Fig.3 Operation status of FUGEN reactor facilities

(3) 廃止措置計画認可後の施設定期検査

研究開発段階発電用原子炉の設置、運転等に関する規則第 44 条第 2 項において、廃止措置の対象となる発

電用原子炉施設は、直近の施設定期検査が終了した日以降9月を超えない時期までに次の施設定期検査を受検することが定められている。その対象施設は、同規則第41条第2項において、①「核燃料物質の取扱設備及び貯蔵施設」、②「放射性廃棄物の廃棄施設」、③「放射線管理施設」、④「非常用電源設備のうち、核燃料物質の取扱い又は貯蔵に係るもの」である。なお、検査項目は、運転中は102項目あったが、現在は、使用済燃料の取扱及び貯蔵に係る施設について17項目(13検査)の検査を受検している。Fig.4に、第31回施設定期検査(2018年度)における検査項目の実績を示す。

施設区分	対象設備	検査項目	検査項目の数	検査の数
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	燃料移送装置(燃料移送機)	系統運転性能検査	1	1
	キャスク取扱装置(キャスク取扱クレーン)	貯蔵能力確認検査	2	
	使用済燃料貯蔵設備(使用済燃料貯蔵ラック)	系統運転性能検査	3	
	使用済燃料貯蔵設備(フル水冷却浄化系)	系統運転性能検査	4	
放射性廃棄物の廃棄施設	余熱除去系	貯蔵能力確認検査	5	4
	液体廃棄物貯蔵設備(機器ドレン処理系、床ドレン処理系、再生廃液処理系)	動作状況確認検査	6	
	液体廃棄物貯蔵設備及び処理設備(蒸発濃縮器、廃液貯場器)	系統運転性能検査	7	5
	固体廃棄物貯蔵設備(粉末廃樹脂貯蔵タンク、粉末廃樹脂貯蔵タンクB)	貯蔵能力確認検査	8	6
	液体廃棄物貯蔵設備、固体廃棄物貯蔵設備	動作状況確認検査	9	7
	放射線監視設備(プロセスモニタ、エリアモニタ、主排気筒モニタ)	設定値確認検査、警報値確認検査	10	8
放射線監視設備(プロセスモニタ)	動作状況確認検査	11		
放射線管理施設	固定モニタリング設備(モニタリングポスト)	設定値確認検査、警報値確認検査	12	9
	換気設備(燃料貯蔵プール建屋換気系)	系統運転性能検査	13	10
	非常用電源設備(ディーゼル発電機)	系統性能検査	14	11
非常用電源設備	非常用電源設備(蓄電池)	系統性能検査	15	12
	放射線監視設備(プロセスモニタ、エリアモニタ、主排気筒モニタ)	作動検査(線量当量率確認検査)	16	13
放射線管理施設		作動検査(空气中放射性物質濃度確認検査)	17	

施設定期検査：17項目(13検査)
【記録確認：13項目(9検査)、○：立会検査4項目(4検査)】

Fig.4 The 31st facility regular inspection (Fiscal year 2018)

(4) 保守管理の合理化策

保守管理に関し、ふげんではこれまでに幾つかの合理化を実施してきている。

① 長期点検計画の見直し

廃止措置計画認可後の第21回定期検査以降の長期点検計画について、保守管理要領に記載されている機器類を対象として点検頻度の見直しを実施した。

Fig.5に長期点検計画頻度見直しのフローを示す。

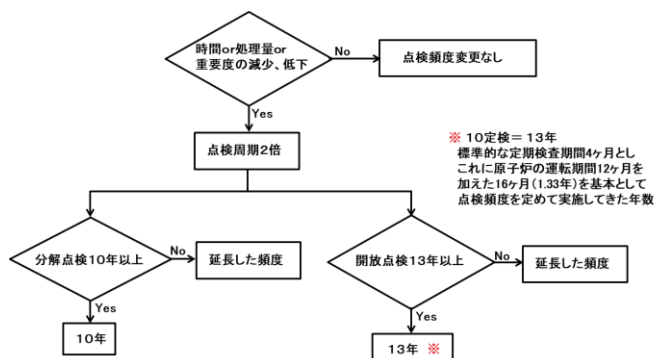


Fig.5 Review flow of inspection frequency of long-term inspection plan

頻度見直しにおいては、JEACの要求事項、設備の運用状況を反映し、改訂前の長期点検計画の頻度と整合を取りつつ、以下の項目を考慮し延長が可能な設備に対しては、適切な点検頻度に延長した。

なお、保守管理要領に記載されていない機器類の点検頻度については、従来どおり設備保全課長がその都度定めることとした。

a. 適用法令、適用規定及び適用規格

廃止措置計画認可申請書の認可後、新たに適用された法令、規定・規格があれば、これらに基づく頻度とする。

b. 運転成績や故障実績、トラブル経験などの運転実績

これまでの点検で異常がなかった機器については、運転時間、処理量、設備の重要度を踏まえ、可能なものについては分解点検及び開放点検頻度を適切な頻度に延長する。ただし、故障実績に基づくデータ分析の結果、故障の発生が多く点検頻度を見直す必要があるとされているものは、その内容を反映する。

また、過去のトラブル(不具合)の是正処置、予防処置として点検頻度を定めているものは、現行の頻度とする。

c. 使用環境や設置環境

原子炉運転終了後の設備の使用環境や設置環境について、運転中と比べ緩和されているものがあれば、これを考慮する。

d. 劣化・故障モード

故障のデータ分析の結果、劣化・故障モードの観点から点検頻度を見直す必要があるとされるものについては、反映させる。

e. 各種知見等

その他最新の知見が得られたものについては、これを考慮する。

f. その他

同じ系統において、同じ機能が2基ある機器(ポンプ及びファン等)については、1基不具合となっても片方の機器により系統機能を維持することができることから、これを考慮した点検頻度とする。

主要な設備の例：

- 放射性液体廃棄物処理設備
 - 蒸発濃縮器 点検周期 約3年→4年
 - 復水移送ポンプ 点検周期 約5年→8年 等

② 一般点検の直営化

長期点検計画見直しに基づき設備維持費の削減を図る目的も含め、設備点検において、これまで外注で行っていた外観点検や計器校正等の一般点検作業

について、職員自らが行う（直営化）こととした。

点検作業のための要領書の整備など一時的な負荷は増えることになったが、職員の保守技術の向上と設備維持費の削減を図った。

主要な設備の例：

- ・プール水冷却浄化設備、廃棄物処理設備、等

③ 維持する系統の見直し

廃止措置計画の認可により、維持する系統の見直しを行い、複数号機ある系統は1系統（B系統）のみ維持することとして、施設定期検査対象の削減を図った。

主要な系統の例：

- ・原子炉補機冷却系、非常用ディーゼル発電機

④ 放射線管理に係る計測機器点検の直営化

これまで外注していた計測器校正用照射装置の点検を直営化し、職員の保守技術の向上と設備維持費の削減を図った。

主要な設備の例：

- ・放射線管理用監視装置、等

(5) 設備維持管理の仕組みの改善

ふげんにおいては、廃止措置作業を通して、いくつかのトラブルを経験してきている。原因として、人的要因に係るもの、設備上の問題、管理上の問題が抽出され、各々に対し、安全上の対策を施してきた。その中でも、特に、管理区域での装置からの重水漏えいに係るトラブルを受け、安全管理を確実にするため、設備の維持管理の仕組みの改善を行った。

具体的な内容として、Fig.6に設備区分等の改善について、Fig.7に供用終了措置に係るフローを示す。

ふげんの設備は供用から解体へ移行する段階において、[供用中設備]（性能・機能を維持する設備）、[休止保管設備]（[供用設備]のうち当該設備の性能・機能の維持が必要となるまでの間、その性能・機能を休止する設備）、[供用終了設備]（所要の措置を講じたことにより解体工事等の着手が可能となる設備）に区分されていたが、重水漏えいに係るトラブルにより次の改善を行った。

供用を終了させるための措置を完全に終え、解体工事の着手が可能となるまでの期間は、当該設備への注意を十分に払うことを目的とし、新たに【供用終了措置中設備】と【解体設備】の区分を導入した。

また、QMS 図書「設備運用管理要領」において、[供用終了設備]に対し「所要の措置を講じたこと」により「解体工事等の着手が可能」としていたものを、【供用終了措置中設備】に対し『供用終了措置の作業』が完了したものを【解体設備】とするとして定義を明確にした。

さらに、【供用終了措置中設備】に対し、漏えい防止及び拡散防止の機能が維持されていることを確認するため、『供用終了措置中設備の点検』を実施することとした。

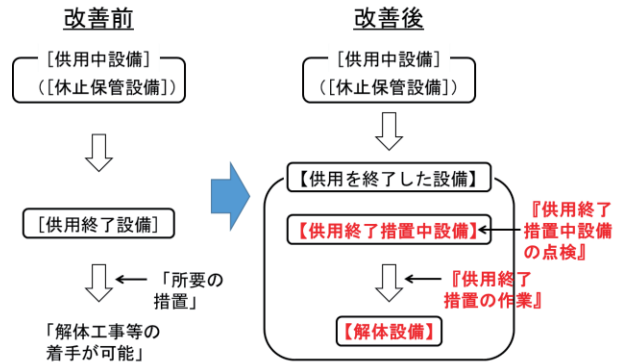


Fig.6 Improvement of equipment classification

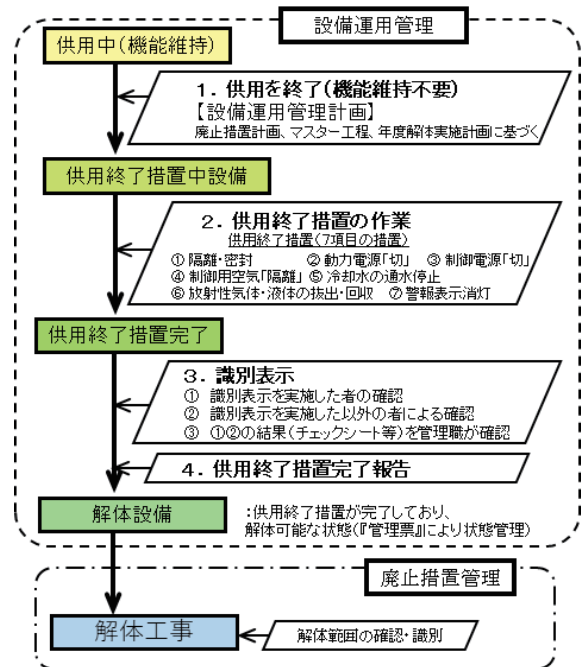


Fig.7 Flow of in-service termination measures

「供用終了措置中設備」：

供用を終了した設備のうち、系統内に放射性気体及び放射性液体等が残存する場合は、残存箇所及び残存量を把握し、解体工事に着手するまでに、供用終了措置の作業を完了するまでの設備。

「供用終了措置の作業」（Fig.8）：

- ①系統の隔離及び密封、②機器の動力電源隔離、③機器の制御電源隔離、④機器の制御用空気の隔離、⑤冷却水の通水停止、⑥機器及び配管の放射性気体及び放射性液体等の抜出または回収、⑦機器の警報消灯

「供用終了措置中設備の点検」：

- ・点検項目：一般点検

- ・点検頻度：1年に1回
- ・点検の内容：系統内に放射性気体及び放射性液体等が残存し、要求される機能を維持する必要のある箇所について、設備の使用環境、使用材料等を考慮し一般点検のうち、該当する点検項目を実施。
- ・点検を行う期間：供用終了措置が完了するまで

「一般点検項目」：

- ・機器配管等を分解しない状態で外観点検し、かき傷、打痕、クラック等の異常の有無を確認。
- ・漏えい防止又は拡散防止のために計測装置によって監視している場合は、計測装置の点検・校正及び設定値確認を行い、適正に計測できることを確認。

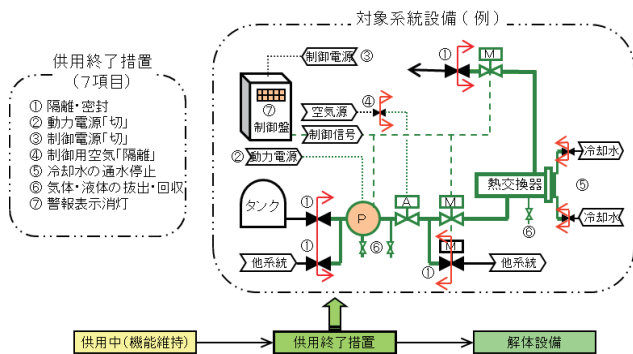


Fig.8 Work of in-service termination measures

(6) 設備維持管理の合理化

① 補助ボイラ小型化への合理化

運転停止後、蒸気を使用する負荷は主に廃液処理、ランドリー、暖房であり使用量は運転中と比べ非常に少なく、これまで使用していた補助ボイラは、発電所供用中の仕様であり低負荷では効率が悪いので、灯油を燃料とする小型貫流ボイラへ変更を行った。これにより燃料費及び設備維持費の削減を図るとともに、これまでの連続運転から負荷に応じた間欠運転としてランニングコスト削減による更なる設備維持費の削減を図っている。Fig.9に補助ボイラの合理化の内容を示す。

所内補助ボイラ容量に応じた縮小化

- ボイラ使用開始：S50年度～
- プラント運転期間：ボイラ2基供用 (蒸気供給先)
 - ▶ プラント起動停止時の蒸気タービンの軸封用 (運転終了後不要)
 - ▶ 廃液処理加熱用
 - ▶ 空調暖房用等

- ▶ 開放検査周期認定制度の適用
 - 開放検査周期(2年)認定(H18年度)
 - 開放検査周期(4年)認定(H23年度)

- ▶ 燃料変更
 - 軽油 ⇒ 灯油(H20年度)

- ▶ ボイラ更新
 - 1基撤去(H24年度)
 - 撤去エリアに小型ボイラ4基設置(H26年度)



新たに設置した小型ボイラ外観

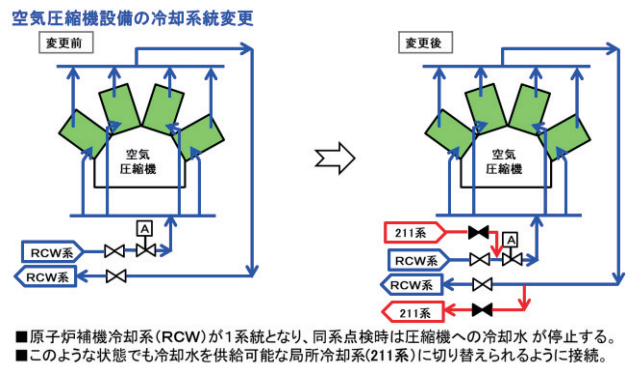
ボイラ仕様比較表

	既設ボイラ	新規ボイラ
法規区分	ボイラ	小型ボイラ
型式	水管式パッケージボイラ	小型貫流ボイラ
基数	2基	4基
最高使用圧力	0.96 MPa	0.98 MPa
使用圧力	0.69 MPa	0.69 MPa
蒸発量	7,500 kg/h/基	1,670 kg/h/基

Fig.9 Rationalization of auxiliary boiler

② 空気圧縮機設備の冷却系統変更

空気圧縮機設備の冷却系統変更の内容 Fig.10 に示す。所内空気用圧縮機の冷却水には、原子炉補機冷却系を使用していたが、同系統が1系統維持となったことで同系点検時には冷却水が停止となるため、このような状態でも冷却水を圧縮機へ供給可能な局所冷却系へ切り替えられるように接続を行うことで、代替設備を必要とせず設備維持費の削減を図っている。



- 原子炉補機冷却系(RCW)が1系統となり、同系点検時は圧縮機への冷却水が停止する。
- このような状態でも冷却水を供給可能な局所冷却系(211系)に切り替えられるように接続。

Fig.10 Change of air compressor cooling system

③ 制御用圧縮空気設備の合理化

制御用空気設備は、施設の安全を確保する上で必要不可欠であり、今後も廃止措置完了まで使用する設備である。

当該設備は設置以降約42年が経過しており、高経年化による劣化が進行している。特に、劣化の進行が早い動的機器の2台の圧縮機においては、廃止措置移行後は1台運用に変更し設備維持の合理化に努めるとともに、圧縮機に不具合が生じた際には、運用を休止した圧縮機から使用可能な部品を取り外し再使用するなど、機能維持と点検コストの削減を図ってきた。

しかし、現状において再使用できる部品もほぼなくなり、故障した場合の部品供給が不可能な状況となり、さらに圧縮機のシリンダー等の劣化の進行が著しく顕著になってきていた。

このため、高経年化対策として、2018年3月にスクリー式の空気圧縮機と脱湿装置を設置し、既設の脱湿装置の供用を終了したことにより、点検コストの削減にもつながった。Fig.11に制御用圧縮空気設備の合理化の内容を示す。

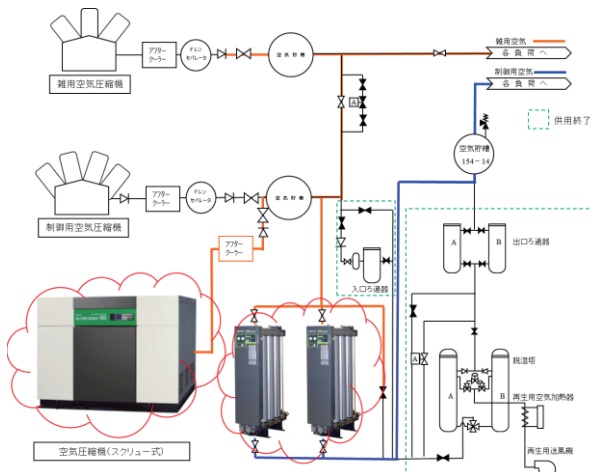


Fig.11 Rationalization of control compressed air equipment

④ 屋内給湯設備の縮小化

屋内給湯設備は、管理区域内の脱衣所のシャワーや手洗いに温水を供給する設備である。この設備の設計は、運転中の定期点検等を考慮し、大型の設備となっていた。しかし、廃止措置移行後は使用量が減少してきており、現在の使用量に見合う温水を供給できるように、経年劣化に伴い家庭用の電気温水器に変更し、設備の縮小及び維持費の削減を図った。

⑤ 航路標識塔から灯浮標（ブイ）への更新

航路標識塔は、ふげんの取水端に設置されており、船舶への標識である。この標識塔の経年劣化に伴い、補修や更新を行うことを検討し、費用対効果の観点から灯浮標（ブイ）に更新を行い、維持費の削減を図った。

(7) 設備維持費の推移

これまでに述べた保守管理の合理化等によって、設備維持費は削減を図ってきた。発電所運転中における設備維持費に対し、発電所運転停止からこれまでの設備維持費の推移は、運転停止後から廃止措置計画認可までは、省令の改正による施設定期検査項目の削減により約 31%に、また、維持する設備の対象範囲縮小や長期点検計画見直しに基づく点検の合理化（点検頻度の延長、外観点検を中心とした保全移行）により約 12%に、廃止措置計画認可後は、維持すべき系統の見直しや一般点検の直営化により約 9%に、近年は設備維持として法令を遵守するために必要な最低限の費用として約 6%で推移している。Fig.12 に設備維持費の推移のグラフを示す。

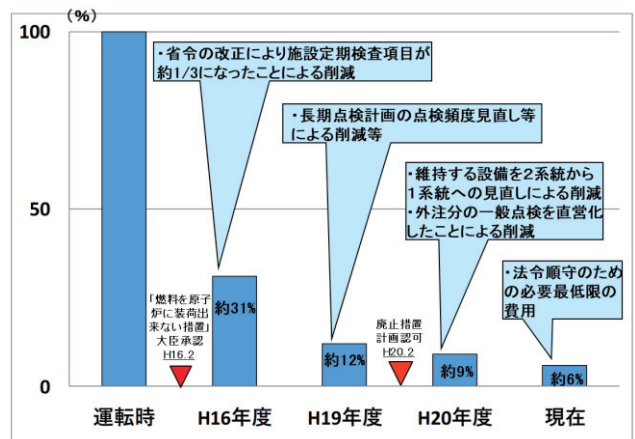


Fig.12 Transition of maintenance costs

(8) 今後の更なる設備の合理化について

以下の合理化を行うため、廃止措置計画の変更認可申請を 2019 年 3 月 26 日に行った。Fig.13 にふげん設備の維持管理の概略図（変更前後）を示す。

① 使用済燃料が十分に冷却されていることを反映した設備合理化

前述のように「ふげん」では、使用済燃料 466 体を使用済燃料貯蔵プールに保管しており、その冷却設備としてプール水冷却浄化系を、またその後備冷却設備として余熱除去系を維持管理している。

これら設備への電源供給は、常用電源として 275kV 敦賀線（2 系統）で受けており、非常時電源として B-非常用ディーゼル発電機、77kV 立石線（1 系統）の計 4 系統で構成されている。

「ふげん」の使用済燃料は運転停止後、16 年以上経過し十分に冷却されていることから、以下の事項について設備縮小・合理化を行う。

- プール水の温度が 52°C（設置許可申請記載）を超えないことが明らかと評価できたことから、プール水の冷却機能及び、後備冷却系統である余熱除去系を不要とする。
- 非常用ディーゼル発電機は、余熱除去系の設備を維持管理不要することに伴い、非常用電源設備として維持管理する必要がなくなり、経年劣化による故障のリスクを低減するための設備更新にあわせ、施設の安全確保上必要となる適切な容量の予備電源設備とする。

② 電気設備の合理化

廃止措置を進める過程で、所内電源負荷の減少に合わせ、運転中から供用している現在の 275kV 系敦賀線よりの受電から、所内電源不可を十分に確保できる 77kV 立石線への受電切替えを行う。

受電切替えにおいては、77kV 開閉所設備を更新して高経年化対策を図るとともに、前述の通り安全確

保上、商用電源喪失時においても適切な容量の電源確保用として、小型ディーゼル発電機の設置を行う。

なお、275kV 系敦賀線からの受電が不要となった時点で、275kV 開閉所設備及び各変圧器の供用終了措置を行い設備維持費の削減を図る計画である。

③ 原子炉補機冷却系負荷分散化改造工事

原子炉補機冷却系は、廃止措置移行後、A系・B系の2系統からB系の1系統を使用する運用に変更したが、設備容量に対する各負荷の熱負荷は大変小さく、オーバースペックの状態となっている。また、現状のB系運用に当たっては、冷却水ポンプの運転容量を維持するため、既に解体に移行できる設備へも通水を行っており、それらの設備は解体撤去へ着手できない状態にある。このため、廃止措置終盤まで運用予定である廃棄物処理設備や換気設備等、冷却の必要な設備については、代替冷却設備を設置し、現状の冷却水ポンプや熱交換器の供用を終了する。

本工事により、原子炉周辺設備の解体撤去に支障なく着手出来るとともに、大型機器の維持管理が不要となり、設備維持費の削減と漏えい等に係るリスク低減も図ることができる。

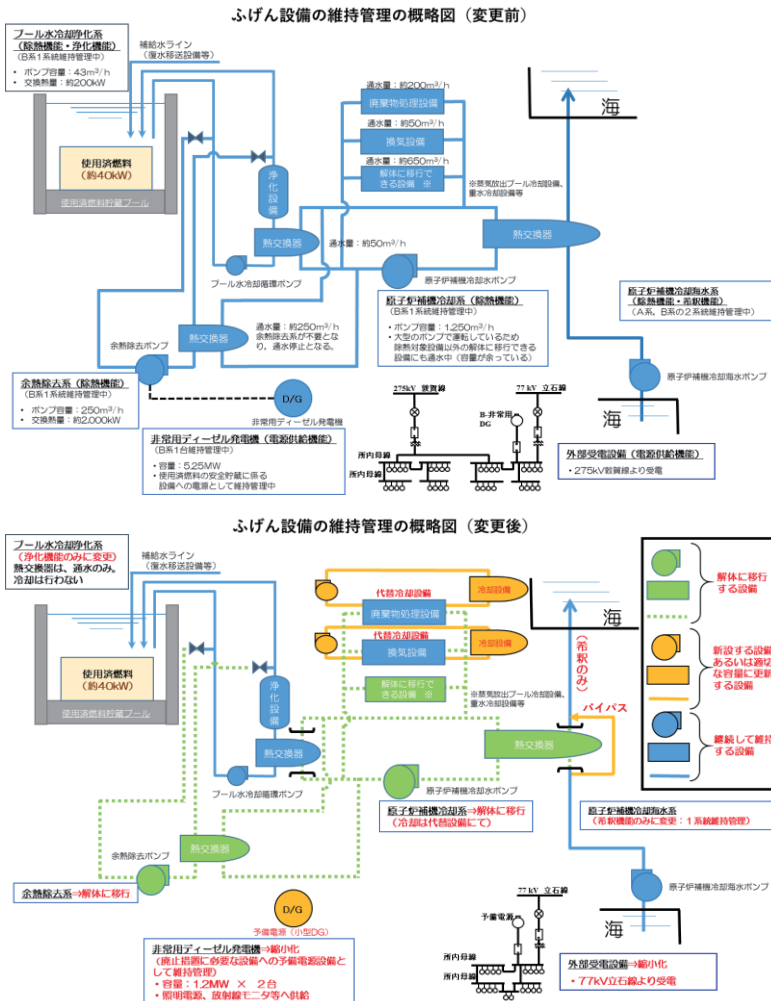


Fig.13 Schematic of operation equipment of FUGEN

4. 結言

- (1) 廃止措置の各段階の保安管理に必要となる設備を、保安規定と定期検査で適切に保守管理している。
- (2) 廃止措置の各段階において、設備の状況や要求される機能を考慮して維持管理対象設備を縮小・最適化し、安全を確保しつつ設備維持費を削減している。
- (3) 設備の経年劣化が進む中においても、要求される機能を維持しつつ、廃止措置計画に影響のないように設備の合理化を進め、継続的に、設備維持費の削減とリスク低減を図っている。
- (4) 継続した保全の合理化を実施していくとともに、今後の原子炉本体の解体撤去工事に向けて、「ふくいスマートデコミッションング技術開発拠点」[5]を活用した原子炉解体モックアップ試験を通じて、安全を最優先に合理的な廃止措置を目指していく。

参考文献

- [1] 門脇春彦, 山根直樹, 松尾秀彦, 松島聡; “「ふげん」の廃止措置に係る重水回収及びトリチウム除去における除去技術及び除去状況の確認技術の検討”, 日本原子力学会 2012 秋の大会予稿集, 広島, 2012 年 9 月 19 日-21 日, 2012f 巻 G31(2012)
- [2] Y. Awatani, H. Takiya, M. Ishiyama, A. Matsushima; “Tritium Decontamination of Heavy Water System and Helium System in Fugen”, Proceedings of ICONE-27 27th International Conference on Nuclear Engineering May 19-24, 2019, Ibaraki, Japan, ICONE27-1534(2019)
- [3] 香田有哉, 柳原敏; “「ふげん」廃止措置における実績データの分析”, 日本原子力学会 2018 秋の大会予稿集, 岡山, 2018 年 9 月 5 日-7 日, 2018f 巻 1F107(2018)
- [4] K. Aratani, H. Takiya, Y. Koda, M. Ishiyama, M. Tezuka, H. Mizui; “Result of Dismantlement on the turbine systems in Fugen” Proceedings of ICONE-27 27th International Conference on Nuclear Engineering May 19-24, 2019, Ibaraki, Japan, ICONE27-1548(2019)
- [5] 瀧谷啓晃, 荒谷健太, 栗谷悠人, 石山正弘, 手塚将志, 水井宏之; “新型転換炉原型炉ふげんの廃止措置状況”, デコミッションング技報, 第 59 号, 2-12(2019)