

## 第40回ふげん廃止措置技術専門委員会資料集

Document Collection of the 40th Technical Special Committee  
on Fugen Decommissioning

樽田 泰宜 荒谷 健太 宮下 進市 友田 光一  
藤原 航

Yasuyoshi TARUTA, Kenta ARATANI, Shin'ichi MIYASHITA, Koichi TOMODA  
and Wataru FUJIWARA

敦賀廃止措置実証部門  
新型転換炉原型炉ふげん

Fugen Decommissioning Engineering Center  
Sector of Tsuruga Decommissioning Demonstration

June 2024

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課  
〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.  
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).  
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.  
For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan  
E-mail: [ird-support@jaea.go.jp](mailto:ird-support@jaea.go.jp)

## 第 40 回ふげん廃止措置技術専門委員会資料集

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

樽田 泰宜、荒谷 健太、宮下 進市、友田 光一、藤原 航

(2024 年 1 月 26 日受理)

新型転換炉原型炉ふげん（以下「ふげん」という。）は、廃止措置に係る技術開発を計画・実施するにあたり、「ふげん」を国内外に開かれた技術開発の場及び福井県における研究開発の拠点として十分に活用するとともに、当該技術開発で得られる成果を有効に活用することを目的として、日本原子力研究開発機構外の有識者で構成される「ふげん廃止措置技術専門委員会」を設置している。

本稿は、令和 4 年度に開催した第 40 回ふげん廃止措置技術専門委員会において「ふげん」から報告した「廃止措置の状況」、「燃料交換機解体方法の比較検討」、「予備電源装置の設置検討状況」及び「デジタル技術活用（DX）による廃止措置業務の効率化」について資料集としてまとめたものである。

**Document Collection of the 40th Technical Special Committee on Fugen Decommissioning**

Yasuyoshi TARUTA, Kenta ARATANI, Shin'ichi MIYASHITA,  
Koichi TOMODA and Wataru FUJIWARA

Fugen Decommissioning Engineering Center  
Sector of Tsuruga Decommissioning Demonstration  
Japan Atomic Energy Agency  
Myojin-cho, Tsuruga-shi, Fukui-ken

(Received January 26, 2024)

"Fugen Decommissioning Engineering Center", in planning and carrying out our decommissioning technical development, organizes "Technical special committee on Fugen decommissioning" which consists of the members well-informed, aiming to make good use of Fugen as a place for technological development which is opened domestic and international, as the central place in research and development base of Fukui prefecture, and to utilize the outcome in our decommissioning to the technical development effectively.

This report consists of presentation paper are "The current status of Fugen decommissioning", "Comparative consideration of dismantling method for fuel exchanger" ,"Status of consideration for installation of backup power supply equipment" and "Streamlining decommissioning operations by utilizing digital technology" which is presented in the 40th Technical Special Committee on Fugen Decommissioning.

Keywords: Fugen, Decommissioning, Fuel Exchanger, Backup Power Supply, Digital Technology

目 次

1. はじめに .....	1
1.1 ふげん廃止措置技術専門委員会について .....	1
1.2 第 40 回委員会開催概要 .....	2
2. 委員会報告資料.....	3
2.1 廃止措置の状況 .....	4
2.2 燃料交換機解体方法の比較検討 .....	12
2.3 予備電源装置の設置検討状況 .....	19
2.4 デジタル技術活用（DX）による廃止措置業務の効率化 .....	24
3. 講評.....	31

Contents

1.Introduction.....	1
1.1 About the Technical Special Committee on Fugen Decommissioning.....	1
1.2 Overview of the 40th Committee.....	2
2. About Fugen’s Report.....	3
2.1 Current Status of Fugen Decommissioning .....	4
2.2 Comparative Consideration of Dismantling Method for Fuel Exchanger .....	12
2.3 Status of Consideration for Installation of Backup Power Supply Equipment.....	19
2.4 Streamlining Decommissioning Operations by Utilizing Digital Technology .....	24
3. Review.....	31

This is a blank page.

## 1. はじめに

### 1.1 ふげん廃止措置技術専門委員会について

新型転換炉原型炉ふげん（以下「ふげん」という。）は、廃止措置技術開発を計画・実施するにあたり、ふげんを国内外に開かれた技術開発の場及び福井県における研究開発の拠点として十分に活用するとともに、当該技術開発で得られる成果を有効に活用することを目的として、日本原子力研究開発機構内外の有識者で構成される「ふげん廃止措置技術専門委員会」を設置している。

本稿は、第40回ふげん廃止措置技術専門委員会（以下「委員会」という。）において報告した「廃止措置の状況」、「燃料交換機解体方法の比較検討」、「予備電源装置の設置検討状況」及び「デジタル技術活用（DX）による廃止措置業務の効率化」について資料集としてまとめたものである。

## 1.2 第 40 回委員会開催概要

第 40 回ふげん廃止措置技術専門委員会の開催概要を以下に示す。

### 1. 開催日

令和 5 年 2 月 17 日

### 2. 開催場所

Web 会議（Webex による Web 会議）

### 3. 報告内容一覧

- ・廃止措置の状況（報告者 樽田泰宜）
- ・燃料交換機解体方法の比較検討（報告者 荒谷健太）
- ・予備電源装置の設置検討状況（報告者 宮下進市）
- ・デジタル技術活用（DX）による廃止措置業務の効率化（報告者 友田光一、藤原航）

### 4. 委員一覧

委員(主査)	石樽 顕吉	東京大学 名誉教授
委員	井口 哲夫	名古屋大学 名誉教授
委員	大塚 康介	東京電力ホールディングス株式会社 廃止措置室 部長
委員	苅込 敏	日本原子力発電株式会社 廃止措置プロジェクト推進室 調査役
委員	砂川 武義	福井工業大学 工学部 原子力技術応用工学科 教授
委員	福元 謙一	福井大学 附属原子力工学研究所 副所長 兼 原子炉構造システム・廃止措置部門長
委員	丸山 一平	東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授
委員	明神 功記	関西電力株式会社 原子力事業本部 廃止措置技術センター 所長
委員	山本 正史	公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター 業務調査室専門調査員

(五十音順、敬称略)

## 2. 委員会報告資料

本章は、第 40 回ふげん廃止措置技術専門委員会における以下の報告資料を取りまとめたものである。

- ・廃止措置の状況（報告者 樽田泰宜）
- ・燃料交換機解体方法の比較検討（報告者 荒谷健太）
- ・予備電源装置の設置検討状況（報告者 宮下進市）
- ・デジタル技術活用（DX）による廃止措置業務の効率化（報告者 友田光一、藤原航）





## 2022年度の主要な作業実績

項目	年月	2022年(R4年)										2023年(R5年)				
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
<b>(1)解体撤去工事</b>																
①原子炉建屋内 原子炉周辺設備等の解体撤去 ・Bループ側配管類の解体撤去作業 ・大型機器の解体撤去作業																
②タービン建屋内の機器等の解体撤去 ・水素ガス制御盤等の解体(地元参入)																
③原子炉補助建屋内の機器等の解体撤去 ・廃棄物処理室内の機器等の解体撤去 ・希ガスコントロールセンタ等の解体撤去(地元参入)																
④重水精製建屋の機器等の解体撤去 ・高経年化分析作業終了に伴う分析装置及び分析室の撤去																
⑤屋外 ・アスファルト固化装置のアスファルトタンク等の解体																
<b>(2)原子炉本体解体に向けた技術開発及び実証</b> ・原子炉内線量等測定の実証																
<b>(3)設備維持管理に係る合理化等</b> ・77kV開閉所設備更新																
<b>(4)装置設置</b> ・セメント混練固化装置設置のための環境整備																
<b>(5)クリアランス測定</b> (H30.8.31測定及び評価方法認可)																

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-2-3



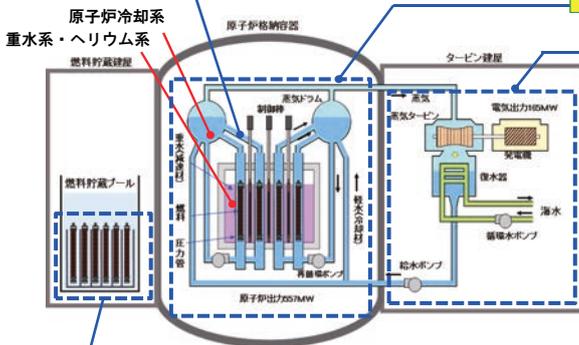
## 「ふげん」廃止措置の実施全体概況

### ■ 原子炉冷却システムの除染等

2003年度 原子炉冷却システムの化学除染  
2003～2014年度 重水(減速材)の回収と施設外搬出(約270トン)  
2008～2017年度 重水系・ヘリウム系統のトリチウム除去

### ■ 原子炉周辺設備の解体撤去

2019～2020年度 Aループ側の設備等を解体撤去完了  
2020～2022年度 Bループ側の設備等の解体撤去完了  
2022～2026年度 大型機器等を解体撤去予定



### ■ タービン設備の解体撤去

2017年度までに、タービン建屋内で解体を実施  
タービン本体および発電機を除き、復水器や  
給水加熱器、弁、配管類等の解体撤去を完了

### ■ 解体撤去物のクリアランス測定

- 原子力規制委員会より認可を受けた方法に基づき2018年12月から測定・評価を実施中

### ■ 原子炉本体解体に向けた取組み

- 解体用プール等を含む遠隔解体技術の検討・炉内試料採取・分析
- 原子炉側部から採取した炉心タンクの放射能分析を実施中

### ■ 使用済燃料

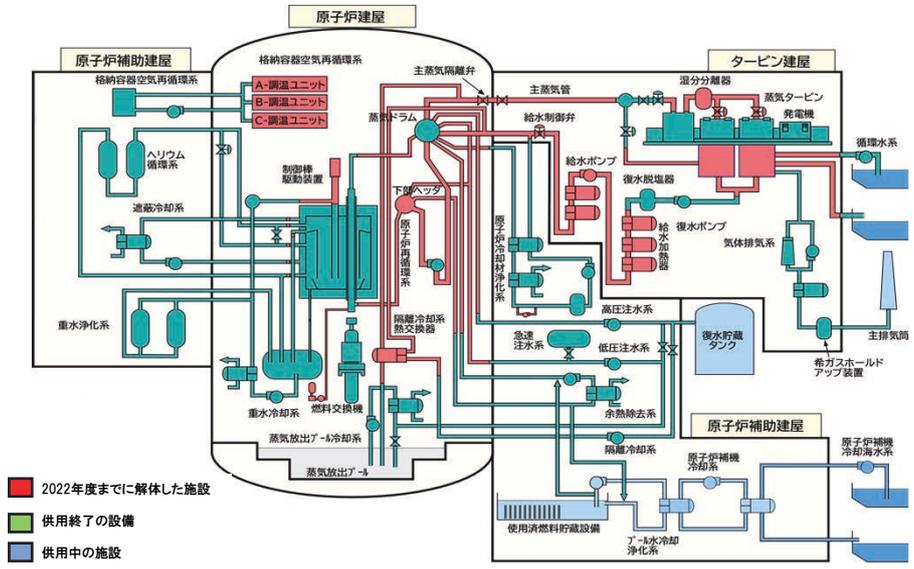
- ・約25年間の運転において1459体使用し、993体を搬出済み、466体を保管中
- ・使用済燃料の搬出完了時期を2017年度から2026年度に変更(2018年5月認可)
- ・搬出に向けた準備作業を実施中(搬出容器の製造 設計承認:2021.5承認、関連設備の改造等)
- ・仏オラノ社との間に輸送・再処理に向けた履行契約を締結(2022.6)

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-2-4



# 解体撤去工事の実績



ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-2-5

# 原子炉建屋内の機器等の解体撤去



年度	2018年度	2019年度～2020年度	2020年度～2022年度	2022年度～2026年度
	R/B地下階：機器・配管	Aループ側 大型機器を除く機器・配管	Bループ側 大型機器を除く機器・配管	大型機器
解体範囲概略図	<p>【原子炉建屋】</p> <p>【地下1階】</p>	<p>【原子炉建屋】</p> <p>【タービン建屋】</p>	<p>【原子炉建屋】</p>	<p>【原子炉建屋】</p>
物量	約130 ton	約340 ton	約580 ton	約1,000 ton

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

---:解体対象

資料 40-2-6

Fugen Decommissioning Project

## 原子炉冷却系B-ループ側の解体撤去実績

**制御棒駆動装置 支持プラグ**

**制御棒案内管**

**再循環ポンプ、マニホールド廻り**

**原子炉入口管群**

**主蒸気配管**

**下部ヘッド**

解体撤去前 / 解体撤去後 (multiple instances)

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

**資料 40-2-7**

Fugen Decommissioning Project

## その他の解体工事

**高経年化分析作業終了に伴う分析装置及び分析室の撤去**

三次元アトムプローブの分解作業状況

高経年化調査研究のため、関西電力と共同研究を締結し、2010年からホットラボを運用開始

↓

2022年3月末に所期の目的(照射脆化や金属の劣化機構の解明等)を達成したため、研究終了

↓

ホットラボの分析装置類を搬出(撤去)

**タービン建屋内の機器等の解体撤去**

水素ガス制御盤の解体撤去状況

地元企業の廃止措置参入 支援事業

タービン建屋地下2階(非管理区域)に設置されている水素ガス制御盤、タービン補機冷却熱交換器監視盤及び水素ガス制御盤基礎コンクリート等を解体

(解体撤去物重量:約1.9t)

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

**資料 40-2-8**



## クリアランス制度の運用状況

●クリアランス金属の再生品の必要性及び、一般市場・原子力業界での実用化製品の活用についての調査・試作



解体金属の一部



<注湯作業>  
加工会社にて溶融・加工し  
試作品として製作を想定

コールド材での活用




グレーチング車止め      文鎮

・2010-11年度の技術課題解決促進事業等にて製作

クリアランス対象物を用いた活用イメージ



車止めイメージ(恐竜イラスト)

・2022年度に製作予定(2023年3月)

**2009年度 装置設置**  
 2015.2.13 測定・評価方法の認可申請  
 2018.8.31 原子力規制委員会からの認可  
 2018.12.10 測定開始

**放射能濃度の確認証**  
 2019.6.11 (第1回)確認証交付 約49t  
 2020.9.23 (第2回)確認証交付 約126t  
 2021.5.25 (第3回)確認証交付 約132t  
 2022.5.12 (第4回)確認証交付 約108t



## 2022年度の廃止措置計画の主な変更概要

### (1) 性能維持施設の見直し

ユニット型空気圧縮機、原子炉補機冷却系代替冷却装置の仕様反映、受電系統の運用変更に伴う変更

(廃止措置計画 変更該当箇所)

2022年4月28日 (申請) 2022年8月24日 (補正) 2022年9月22日 (補正) 2022年10月26日(補正) 2022年11月16日(認可)	<本文> ■6 廃止措置期間中に性能を維持すべき発電用原子炉施設 ■7 廃止措置期間中に性能を維持すべき発電用原子炉施設の位置、構造及び設備並びにその性能、その性能を維持すべき期間 ■11 廃止措置の工程 <添付資料> ■6 廃止措置期間中に性能を維持すべき発電用原子炉施設及びその性能並びにその性能を維持すべき期間に関する説明書
---	--

### (2) 廃止措置工程の変更

原子炉本体解体の安全性をより高めるため、原子炉本体解体撤去着手時期の7年間延伸及び廃止措置完了時期の7年間延伸に伴う変更

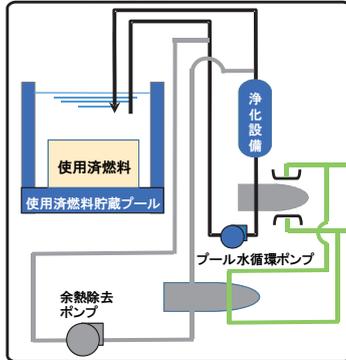
(廃止措置計画 変更該当箇所)

2022年11月25日(変更届)	<本文> ■11 廃止措置の工程
------------------	---------------------

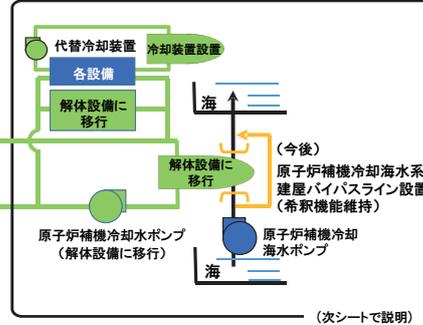


## 性能維持施設の見直し(1/2)

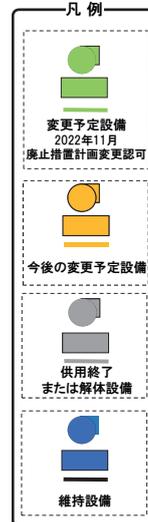
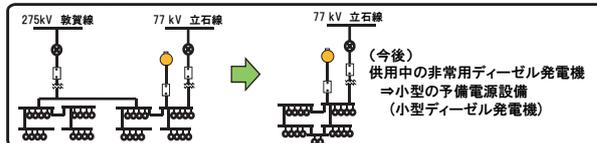
### ① 燃料貯蔵プールの除熱機能停止 (2019年7月変更済)



### ② 原子炉補機冷却系の変更



### ③ 所内電気設備の見直し



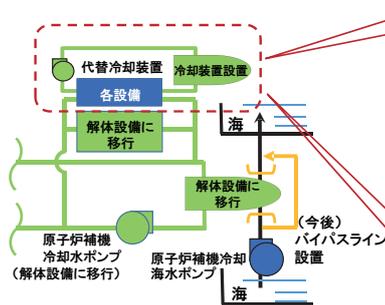
ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-2-11



## 性能維持施設の見直し(2/2)

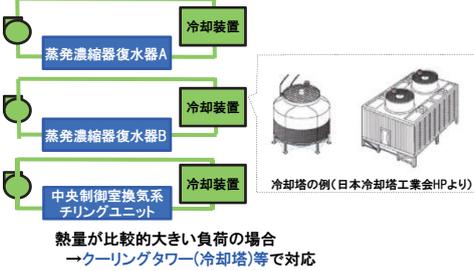
### 原子炉補機冷却系の変更概念 (前シートから関連箇所を抜粋)



●今後の廃止措置を安全に遂行するために除熱が必要な設備を対象に、必要な冷却性能を有する代替冷却装置を設置

●この他、圧縮空気系(性能維持施設及び解体作業に用いる機械設備へ圧縮空気を供給)については、高経年化対策を図り、空冷式空気圧縮機からユニット型空気圧縮機に更新する

### 【対応例①】



### 【対応例②】



ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-2-12



## 廃止措置工程の変更

### <工程変更の概要>

原子炉本体解体に係る工法(解体用プール設置位置)の変更に伴い、新たな技術開発が必要となるため、原子炉本体の解体着手の時期を2023年度(令和5年度)から7年間延伸し、2030年度(令和12年度)に変更  
これに伴い、廃止措置の完了時期を令和15年度(2033年度)から令和22年度(2040年度)に変更

### 変更前 \*



### 変更後



### (\*)廃止措置計画変更の経緯

2022年8月8日  
関係自治体に廃止措置計画変更の方針を説明  
2022年11月25日  
原子力規制委員会に廃止措置計画変更届を提出



## トラブル事例からの教訓

2022年

2023年～

- ▲10月 ガスモニタ高高(識別トラブル)
- ▲10月 活線ケーブル切断(アイソレトラブル)
- ▲12月 解体作業時に手首汚染

トラブル

- ▲1月 右足首骨折(階段転落)
- ▲1月 電動丸鋸で右膝上切創

▲1月 特別安全強化事業所の指定

- シニアアドバイザー、首席安全管理者、実証本部による確認
- 対応とその評価まとめ提出(実証本部、機構本部の確認)

▲10月上旬MR  
▲11月 定期安全ピアレビュー

### 【トラブル事例からの教訓】

- 廃止措置が進捗し、大規模な解体作業が開始
- 原子炉建屋内の狭い場所における解体作業、解体物の細断等、携帯型工具類(グラインダー、電動丸鋸等)の使用が増加  
→ 作業員個人の行動が労働災害に結びつく機会が増えた  
→ 解体設備の放射能レベル(放射線、表面汚染等)が高くなった
- 原子炉運転時代とは異なる視点の作業管理及び放射線管理が求められる  
→ (さらなる)マニュアルや手順の改訂、(職員及び協力会社への)教育強化



## まとめ

- 廃止措置進捗に伴うプラント状態を踏まえ、性能維持施設の見直しを実施。
- 原子炉解体に向けて、原子炉周辺設備の解体撤去を計画的に実施しており、大型機器等の解体に着手予定。
- 「トラブル」を「教訓」として、安全意識の醸成及び定着、現場での安全確認をより徹底し、引き続き安全第一で廃止措置を進めていく。

2.2 燃料交換機解体方法の比較検討


Fugen Decommissioning Project


## 燃料交換機解体方法の比較検討

---

**【報告概要】**

- 1 燃料交換機の概要(仕様・使用実績等)
- 2 解体撤去完了までのスケジュール
- 3 解体撤去方法の比較
- 4 検討結果・まとめ

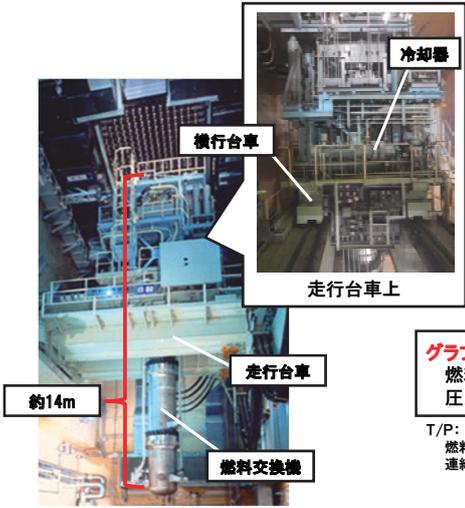
廃止措置部 技術実証課 荒谷 健太



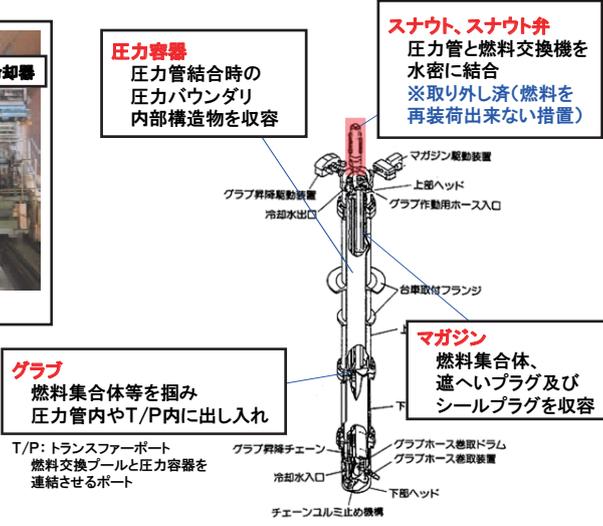
資料 40-3-1


Fugen Decommissioning Project


## 燃料交換機の概要(設備概要)



**図1 燃料交換装置の全景**



**図2 燃料交換機の構造**

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-3-2





## 解体撤去完了までのスケジュール

- 圧力容器内は燃料交換時における圧力管との接合時の汚水で満たされており、かつ厚肉鋼板で遮蔽されていることから、現在の表面線量当量率の情報では**内表面の汚染状況**が分からない  
⇒内表面汚染の調査において、母材表面にハードクラッドが生成され、高線量源となっている場合は機器開放前の**化学除染法適用要否**について再検討
- 前後工程との干渉を考慮し、**令和8年度末**までに解体撤去

	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
汚染状況確認							
圧力容器内水サンプリング		■					
水処理方法検討・抜出し		■					
表面線量当量率・内表面汚染確認		■					
解体撤去方法の詳細検討				■			
解体撤去手順・工法の比較評価				■			
解体撤去(除染含む)					■		
原子炉建屋内における他作業	大型機器等解体撤去(蒸気ドラム含む)						
	原子炉領域解体装置・プール等の据付(準備含む)開始 廃棄物物流ルート整備、蒸気放出プール除染・改造開始						

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-3-5



## 解体撤去方法の比較(前提条件)

### ①放射能レベル区分

原子炉冷却材等との接液部はすべて**放射性廃棄物(レベル3)**として取扱う  
⇒分解・細断寸法は解体撤去物容器の許容積載荷重**1.5トン**を基準

### ②重量

圧力容器及び内部構造物の総重量は**約30トン**  
⇒周辺の付属機器・配管や横行・走行台車は含まない  
既設大型クレーンの定格荷重は46トン(**原型揚重可能**)

### ③作業期間

**令和8年度中(年度末まで)**に解体撤去



図1 解体撤去物容器

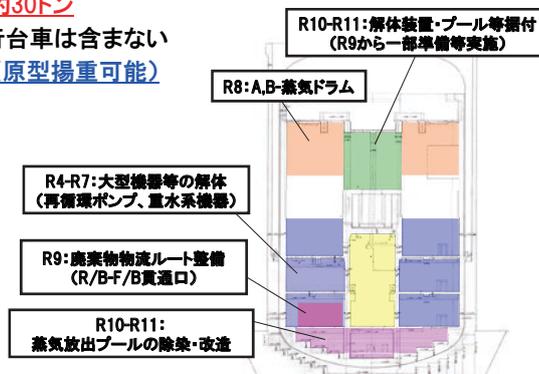


図2 前後工程の作業場所

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-3-6



## 解体撤去方法の比較(共通手順)

- 以下を目的に、燃料交換機台車上の付属機器・配管等は**先行して**全て解体撤去
  - ①圧力容器へのアクセスを容易とすること
  - ②圧力容器開放による二次汚染を避けること
- 原子炉冷却材への接液がない**非汚染機器(油圧装置、空気圧縮機等)**から解体撤去し、その後汚染配管・機器(冷却器、加熱器、加熱水循環ポンプ等)から解体撤去
- 原位置では、**系統からの切離しのみ**を行い、分解・細断等は安定した位置で実施



図1 燃料交換装置台車上の機器

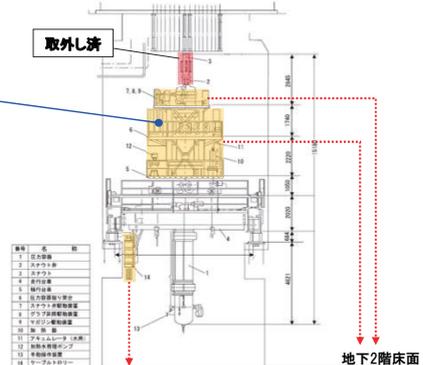
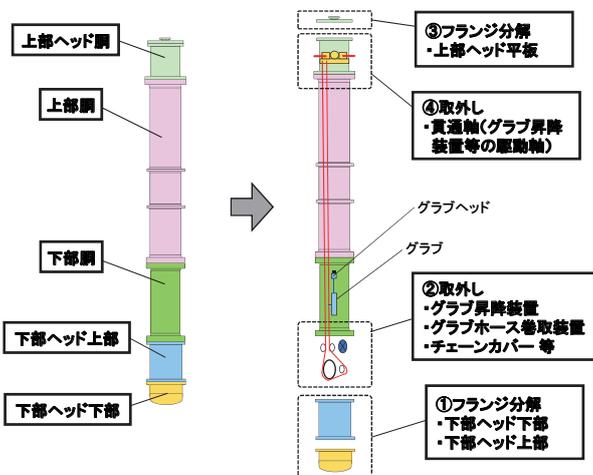


図2 付属機器・配管等の切離し



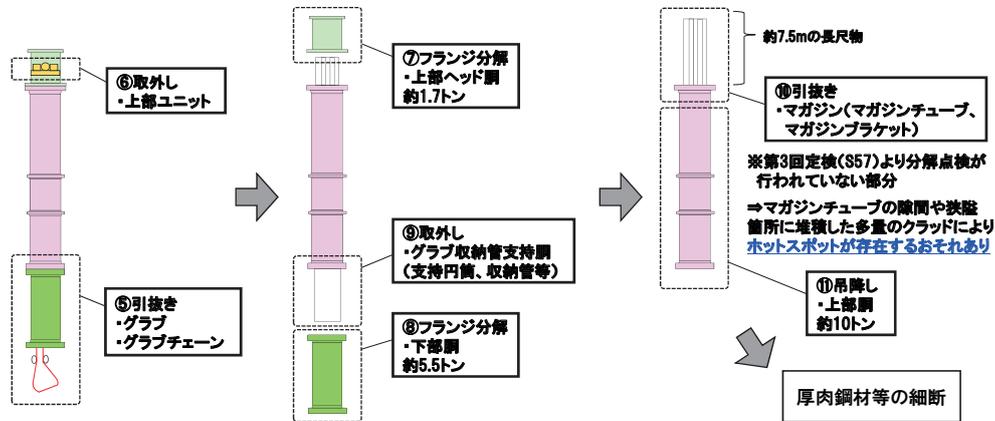
## 解体撤去方法の比較(①分解点検手順による解体1/2)

- 上・下部胴に跨り設置されている**グラブ(昇降チェーン等含む)**を取外さないと分解が不可
- 各々の構造物は現地で分解(分離)可能であるとともに、極端な**重量物もなく**、グラブ取外し完了までは**ホットスポットも存在しない**と思われることから、比較的容易な作業





## 解体撤去方法の比較(①分解点検手順による解体2/2)

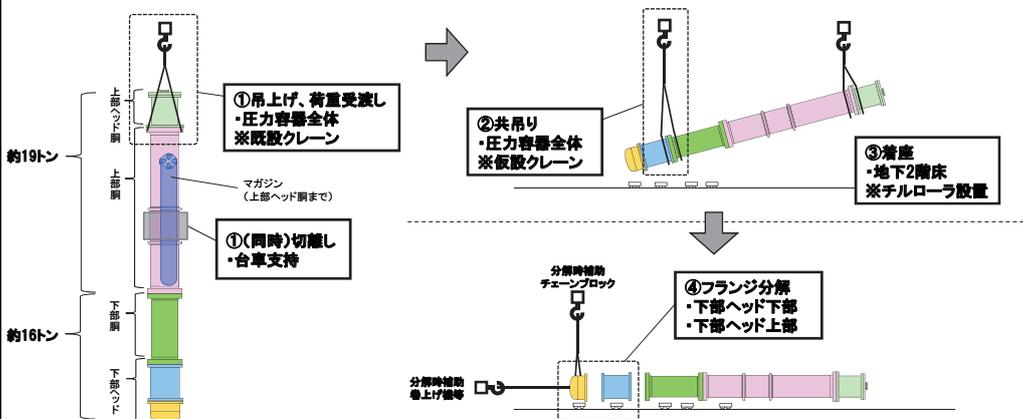


- ・分解点検手順をベースとし、**安全性が実証されている手順**であるが、装置の機能に影響を及ぼさないことを前提としているため、**解体撤去方法としては無駄が多く合理化が可能**
- ・構造を熟知した製作元による分解点検であったため、**一般機械業者で実行する場合はノウハウ不足**
- ・新規作業として厚肉鋼材の細断等が発生するが、**分解時の工数や被ばく量は高い精度で予測可能**



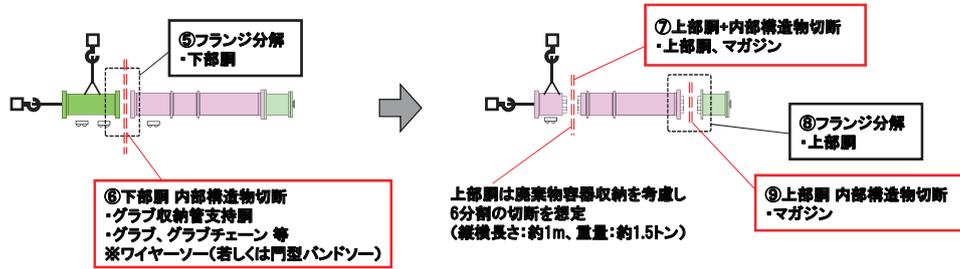
## 解体撤去方法の比較(②内部構造物一括切断解体1/2)

- 既設クレーンと仮設クレーンによる共吊りで、**建屋床に着座**させる
- 下部ヘッドや上部胴はフランジ分解により分離
- 下部胴と上部胴の接続フランジ分解後、フランジ分解後の隙間から内部構造物を一括切断
- 上部胴は分解できず、**胴部と内部構造物(マガジン)を一括切断**





## 解体撤去方法の比較(②内部構造物一括切断解体2/2)



- ・**難度の高い共吊り**による建屋床への着座、**仮設揚重設備の設置費用**が必要
- ・着座後は**重量物やクラッド飛来**のリスクが**最小限**
- ・高汚染が想定される**マガジン等を露出させることなく切断**が可能
- ・一括切断による**二次汚染(比較的汚染な部位へのクラッド飛散)**が懸念
- ・廃棄物容器に収納可能な寸法及び重量で、**胴部及び長尺の内部構造物を一括して切断**可能
- ・厚肉鋼材等の溶断作業が発生せず、**溶断ヒューム曝露に起因するリスクがない**
- ・**切断工具導入費、専用の消耗品費(替刃等)**が嵩む、**工具内部汚染により装置一式を廃棄**



## 解体撤去方法の比較(評価)

	分解点検手順による解体方法	内部構造物一括切断解体方法
安全性 (作業手順、一般労働安全)	○ ・実績のある手順 ・縦置き状態で常に上下作業のリスク 継続的な溶断作業、厳重な火気対策	○ ・共吊りによる着座が高難度 ・着座後は上下作業なし(重量物落下等 リスクなし)
安全性 (放射線管理、その他)	△ ・内部構造物の汚染状況を逐一確認可能 (逆手順で再密封が容易) ・マガジン等の高汚染機器を露出した状態 (養生あり)で建屋内を広く移動	○ ・高汚染内部構造物の露出を抑えなが ら切断可能(胴部で遮蔽) ・一括切断による比較的汚染な機器 の二次汚染リスク
作業性	△ ・実績のある手順 ・高所(地下2階床から約15m)での作業 ・据付状態のため周辺に多数の設備	○ ・半自動切断が可能 ・安定した建屋床での作業
廃棄物量	△ ・据付位置及び細断エリアで各々汚染拡 散対策が必要(養生資材等が廃棄物が多 量に発生、火気対策養生も必要)	△ ・着座後開放時の汚染拡散対策 ・機械的切断工具体及び替刃等の消 耗品量が極大
経済性 (資機材費用)	○ ・汚染拡散対策用の養生資材費等は安価 ・汎用道具類のほか、現場保管中の分 解用工具や厚肉鋼材切断用の熱的切断 工具のみ プラズマ切断機(2台) ⇒ 2,000千円	△ ・左記に加え、仮設揚重設備・切断工具 導入に係る費用が発生 ワイヤーソー(替刃込) ⇒ 25,000千円 仮設ウインチ ⇒ 10,000千円
経済性 (人工等労務費)	○ 3,000人工(分解+人力細断)	△ 1,800人工(揚重+分解+一括切断)



## 検討結果・まとめ

- 安全性(一般労働安全、放射線管理)、作業性及び廃棄物量の観点では、両手順とも **一長一短**であるが、これまでの解体経験や知見から、高所及び上下作業に起因するリスクへの対策に重点を置くべきと考え、「**内部構造物一括解体手順**」に**優位性があると評価**

  - ◆ 一括切断する部位(上部胴、下部胴と上部胴の接続部)はすべてステンレス鋼で構成されており、肉厚も最大50mm程度であることから、過去の知見からワイヤーソー等で一括切断可能
  - ◆ 構成部材の材質は同様であり、すべて放射性廃棄物(レベル3)として扱うことから、汚染レベルの異なる部材の混在等はなく、廃棄物処理上も支障はない
- 燃料交換機内部が高汚染・高線量の場合は、「内部構造物一括解体手順」を適用するメリットが強くなる等、**詳細な汚染状況の把握が手順選択に不可欠**

今後検討を進めていくに当たり

### 別手順の立案、新たな比較観点

- ⇒ 比較対象として別手順立案・精査、優れた作業方法を取り入れ手順を複合
- ⇒ 定量的に比較可能な観点、新たな比較観点を検討(物流、研究開発要素)
- ⇒ 重点を置くべき観点、許容可能な事項を整理

### 新たな機器類の導入のコスト、一括切断工法の詳細調査

- ⇒ 今後の廃止措置作業へ流用可能なものを選択
- ⇒ 過剰な能力は不要、単純で安価な工具を選択

2.3 予備電源装置の設置検討状況


Fugen Decommissioning Project


## 予備電源装置の設置検討状況

---

**【報告概要】**

- 1 予備電源装置の導入目的
- 2 導入における各検討事項
- 3 検討事項の現状と今後の方針
- 4 まとめ

廃止措置部 設備保全課 宮下 進市



資料 40-4-1


Fugen Decommissioning Project


## 1. 予備電源装置の導入目的

**【目的】** 供用中のディーゼル発電機は非常用電源設備として不要となったものの、廃止措置作業を安全に進めるうえで外部電源喪失時や計画停電時においても所内電源を確保するために予備電源装置を設置する。

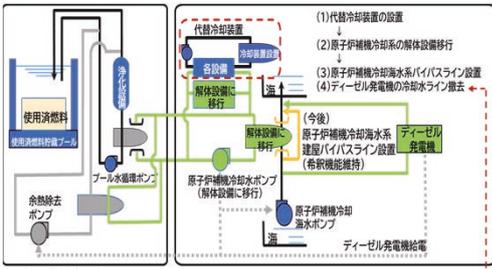
**(1) 設備維持運用の合理化**

- 受電系統運用(275kV→77kV)変更による用途の変化
  - ・275kV外部電源喪失時の予備電源
  - 77kV外部電源喪失時+77kV計画停電時の予備電源
- 廃止措置進展による維持目的・性能維持施設規模(必要電力容量)の変化
  - ・廃止措置進展により非常用電源としての目的が変化
  - プラント運転中は非常用電源として主に工学安全設備へ電力供給
  - 廃止措置以降は使用済燃料貯蔵プールの除熱機能停止により非常用電源の運用を外れる
  - ・廃止措置段階で、供用中のディーゼル発電機はオーバースペック
  - 定格容量(6,000kVA(5,250kW))に対し、1,380kW(現在)
  - 受電系統運用変更後は常用電源も給電対象、合計3,265kW(現在)
- 原子炉補機冷却海水系の点検工程に影響を受けない方式
  - ・二次冷却水等の関連系統を必要とせず、単体運用可能なディーゼル発電機

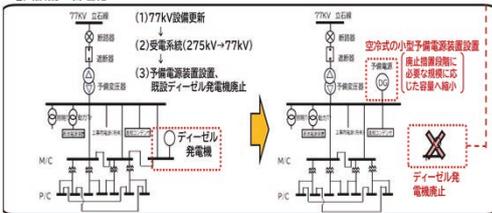
**(2) 高経年化対策**

- 高経年化による故障リスクが増加する懸念
  - ・設備設置から約45年が経過、設備自体の経年劣化の兆候が著しい

**燃料貯蔵プールの除熱機能停止 原子炉補機冷却系・海水系の合理化**



**電気設備の合理化**



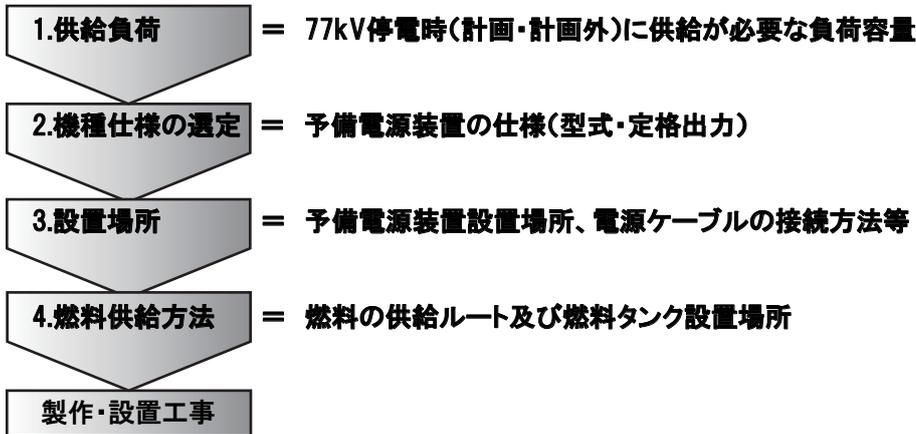
小型の空冷式ディーゼル発電機を予備電源装置として導入を計画

資料 40-4-2



## 2. 予備電源導入における各検討事項

### 【検討事項】



## 3. 検討事項の現状と今後の方針(供給負荷)

### 検討内容

- 77kV停電時(計画・計画外)に供給が必要な負荷容量の特定
  - 所内負荷合計:3,265kW(現状) ⇒ 2,945kW(R7年4月想定)⇒ 3,185kW(今後の導入設備を考慮)

#### ➢ 計画外停電時 510kW

- \*1:既設ディーゼル発電機負荷への給電を優先

#### ➢ 計画停電時 1,550kW

- \*2:計画停電1~3日間(ほぼ単日)年間3~5回を想定し負荷制限



廃止措置作業等を勘案して作業制限、負荷制限して更なる負荷容量の削減

【例】解体作業、燃料搬出作業に関連しない換気設備(常用)の制限等  
⇒計画停電時1,300kW程度を目指す

(原子炉補機冷却ポンプ廃止  
ディーゼル発電機廃止)

(上記は最大を想定、以降は廃止措置の進展に伴い減少する)

表1:所内主要設備の負荷容量

負荷名称	定格電力	ディーゼル発電機負荷(現在)	所内負荷(R7.4)	予備電源装置負荷(R7.4)
原子炉補機冷却海水ポンプ	390 kW	○	○	—*2
原子炉補機冷却水ポンプ	320 kW	○	—	—
換気設備(非常用 2設備)	190 kW	○	○	○*1
ディーゼル発電機補機・換気設備	160 kW	○	—	—
圧縮空気設備	100 kW	○	○	○*1
放射線監視装置電源	10 kW	○	○	○*1
直流電源、一般計装用電源等	130 kW	○	○	○*1
非常用照明電源、通信設備等	80 kW	○	○	○*1
換気設備(常用 9設備)	1,775 kW	—	○	○*2
その他(作業動力等雑電源)	270 kW	—	○	○*2
今後の導入設備(セメント混練等)	240 kW	—(未)	—(未)	—(未)*2
負荷合計		1,380 kW	2,945 kW	1,550 kW



### 3. 検討事項の現状と今後の方針(機種仕様の選定)

**予備電源装置の選定(候補)**

- 選定条件: 屋外設置パッケージ型のディーゼル発電機(ラジエーター冷却式)  
 発電機定格出力 **2,000kVA(1,600kW)程度** ← [約80%出力運転(1,300kW)で検討]

	導入・運用面	メンテナンス面	評価
Case-1 2,000kVA×1台			○
Case-2 1,250kVA×2台			△



### 3. 検討事項の現状と今後の方針(機種仕様の選定)

**予備電源装置の選定(候補)**

- 主要機器、附属機器
  - ①ディーゼル発電機
  - ②燃料小出槽 950L
  - ③制御盤
  - ④電圧調整装置盤
  - ⑤始動用直流電源盤
  - ⑥制御用直流電源盤

表2:仕様概略(カタログより引用)

発電機		機関	
形式	横軸開放保護型 回転界磁式	型式	4サイクル水冷直接噴射式 ディーゼルエンジン
定格出力	2,000kVA	定格出力	1,725kW
定格電圧	6,600V	回転速度	1800min <sup>-1</sup>
定格力率	80% (遅れ)	シリンダ	V型16気筒
周波数	60Hz	始動方式	セルモータ (DC24V)
冷却方式	自己通風方式	冷却方式	機付冷却水ポンプ (ラジエータ)

\* 盤関係は開閉所電気室に収容を検討

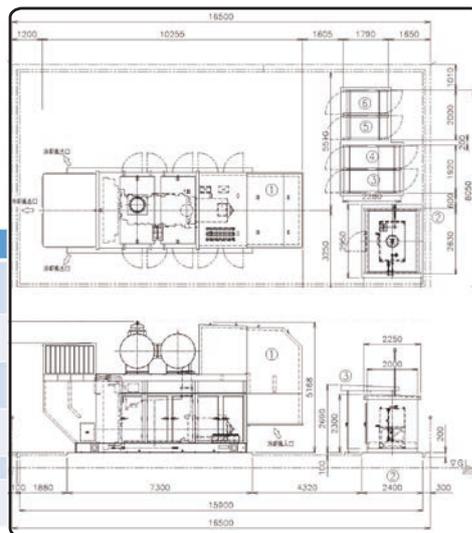


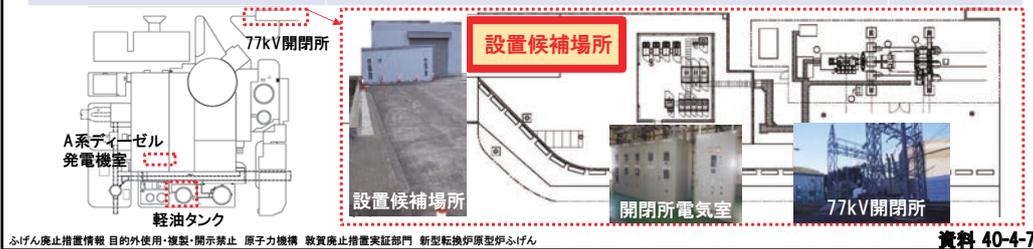
図1: 予備電源装置 概要図



### 3. 検討事項の現状と今後の方針(設置場所)

#### 予備電源装置設置場所の選定(候補)

	メリット・デメリット	評価
Case-1 A系ディーゼル発電機室(地下1階) + 既設軽油タンク使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設の軽油タンク、燃料配管を流用可能</li> <li>既設新規ディーゼル発電機の搬出入ルート構築で建屋構築物の撤去等必要(工事費高)、今後の建屋内機器の解体に支障(廃止措置影響)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>× 解体作業影響</li> </ul>
Case-2 77kV開閉所+既設軽油タンク使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料配管の敷設ルート長く施工性(防油堰等)が悪い、漏えい時のリスク高</li> <li>軽油タンクの高経年化リスク</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>× 施工性・維持リスク</li> </ul>
Case-3 既設軽油タンク近傍に集約	<ul style="list-style-type: none"> <li>開閉所への高圧ケーブル等の施工性(地上・埋設)が悪い</li> <li>現場操作員の配置が非効率</li> <li>解体撤去作業等の重機・車両通行に干渉</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>× 施工・利便性</li> </ul>
Case-4 77kV開閉所近傍に集約(新設燃料タンク含む)	<ul style="list-style-type: none"> <li>77kV設備と予備電源装置が同一区域、現場操作員の配置が効果的</li> <li>既設配電盤、中継端子盤への高圧、制御ケーブル敷設が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> </ul>



ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-4-7



### 3. 検討事項の現状と今後の方針(燃料供給方法)

#### 燃料供給方法の検討

- 燃料: 軽油
- 燃料タンク形式: 地上タンク or 埋設タンク
- 燃料タンク容量: 40,000L

(計画停電3日間想定量)

#### 今後の方針

- 燃料タンク形式の確定
- タンクローリによる給油位置及び燃料タンク据付位置の確定

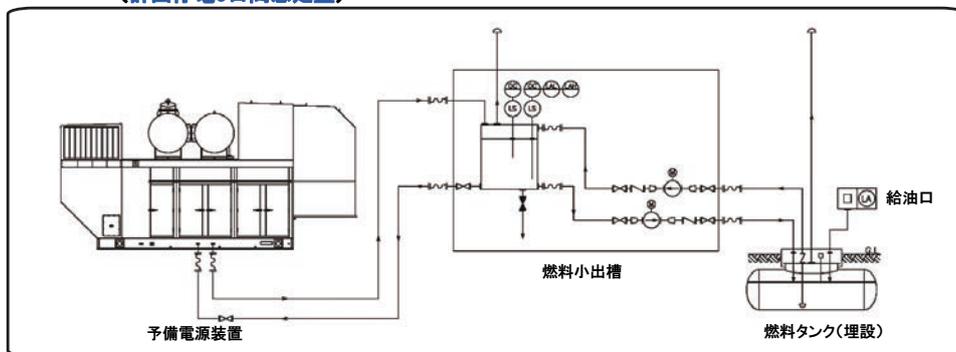


図2: 燃料供給 概要図

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-4-8



## 4. まとめ

### 【検討結果・今後の方針】

- 1.供給負荷
  - 77kV計画停電時の負荷容量の精査(1,300kW程度)  
⇒廃止措置作業を勘案した作業制限・負荷制限の考え方整理
  - 77kV計画外停電時の負荷段積み・起動順番の確定  
⇒動力変圧器励磁突入電流、電動機始動電流の実測・検証
- 2.機器仕様の選定
  - 屋外設置パッケージ型のディーゼル発電機(2000kVA×1台)  
⇒運用方法(操作・監視方法、点検項目・周期)の精査
- 3.設置場所
  - 77kV開閉所近傍に設置  
⇒設置基礎面積拡大工事の検討、設置レイアウトの確定
- 4.燃料供給の方法
  - 燃料タンクを77kV開閉所近傍に設置、小出槽を経由し供給  
⇒埋設干渉物調査(必要に応じボーリング調査)し、燃料タンク形式・据付位置を確定
- 5.その他
  - 消防法の基準、送配電事業者の発電設備連系審査等の諸手続きについて確認し、計画的に実施できるよう取り組む。



ご清聴ありがとうございました

2.4 デジタル技術活用(DX)による廃止措置業務の効率化


Fugen Decommissioning Project


## デジタル技術活用(DX)による 廃止措置業務の効率化

---

**【報告概要】**

- 1 背景
- 2 取組み事例
  - 各会議体のWiki利用
  - 全文検索システムの導入
  - 工程管理のWeb化
- 3 業務効率化に係る課題へのアプローチ
  - 廃止措置作業に係るシステム
  - 放射性廃棄物容器の外観点検方法の改善

廃止措置部 計画管理課 友田 光一  
施設管理課 藤原 航



資料 40-5-1

Fugen Decommissioning Project


## 背景及び目指すDX像

---

- **背景**
  - 廃止措置は、世代をまたぐ超長期プロジェクトであり、**ベテラン職員の退職等による技術・知識の喪失**が懸念される。
  - 廃止措置に係る業務をより**効率的・合理的**に進めるためには、**デジタル技術**を活用した取組みが必須である。
- **目指すDX像**
  - **1. 知識・情報管理**
    - ◆ **次世代へ技術・知識を継承**できるように、廃止措置で得られた**知見**を保存・体系化し、**再活用**しやすい環境を構築する。
  - **2. 廃止措置業務管理**
    - ◆ **工程管理、作業・廃棄物管理及び設備維持管理**について、**業務プロセスのデジタル化**を進め、**プロセスの変革**を促す。

[1] <https://en.wikipedia.org/wiki/MediaWiki#/media/File:MediaWiki-2020-logo.svg> [2] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Elasticsearch\\_logo.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Elasticsearch_logo.svg) [3] Copyright (C) 2009 Martin Herrmann  
 ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-5-2

## 取組み事例1

Fugen Decommissioning Project

# Mediawiki\_\_各種会議体



Word等から  
Wikiに変更

- 背景
  - 各種会議体の資料は、**word等**で作成されており、過去の内容を確認したり、**時系列**で情報を追ったりするのが難しい状況である。
- メリット
  - **履歴**として誰がいつ何を編集したのかが残るため、**変更箇所**の確認が容易。
  - **同時編集**することができるようになり、**編集待ち時間**を削減。
  - **業務の延長線**上で、**知識・情報の保存・集約**が可能。
  - **ふげん内**だけでなく、**ふげん外**の機構内の**他拠点**とも**web上**で**情報共有**。
- 今後
  - **トラブル事例**を含めた**廃止措置**で得られた**知見**の**体系化**を進めていく。

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん
資料 40-5-3

## 取組み事例2

Fugen Decommissioning Project

# Elasticsearch\_\_全文検索



**elasticsearch**  
全文検索



MediaWiki  
技術・知識情報



REDMINE  
flexible project management  
工程情報



業務情報



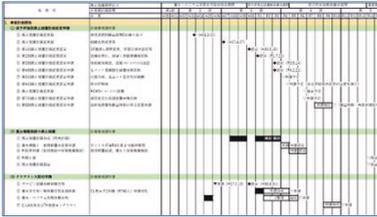
検索画面例

- 背景
  - 必要な情報を探すのに時間がかかる。
- メリット
  - **全文検索**を利用することで、MediaWiki内の技術・知識情報、Redmine内の工程情報、ファイルサーバ内の業務情報を**横断的**に検索可能。
  - ログインしたユーザごとに検索結果の出し分けが可能であり、**ユーザにあった情報**を提示。
  - 蓄積されている情報へ素早く、また幅広くアクセスすることが可能であり、**効率的な情報収集**が可能。
- 今後
  - 検索対象を拡大すべく、**紙決裁**が基本となっている**品質保証関連文書**について、**文書電子決裁システム**の導入し、更なる情報の集約化・検索性の向上を目指す

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん
資料 40-5-4

Fugen Decommissioning Project 

## 取組み事例3 Redmine\_\_工程管理



Excel

➔



REDMINE  
flexible project management

- 背景
  - 工程管理として、各課の業務進捗状況を廃止措置進捗会議にて毎月確認している。
- メリット
  - エクセルベースからRedmineによるオンラインベースにすることで、常に一つのソースで最新版として管理できる。
  - 階層構造になっているため、日単位の進捗を更新することで、月単位、年単位の進捗も更新され、廃止措置完遂までの長期の工程管理が可能。
- 今後
  - 各工程を紐づけて、クリティカルパスを明確化する。

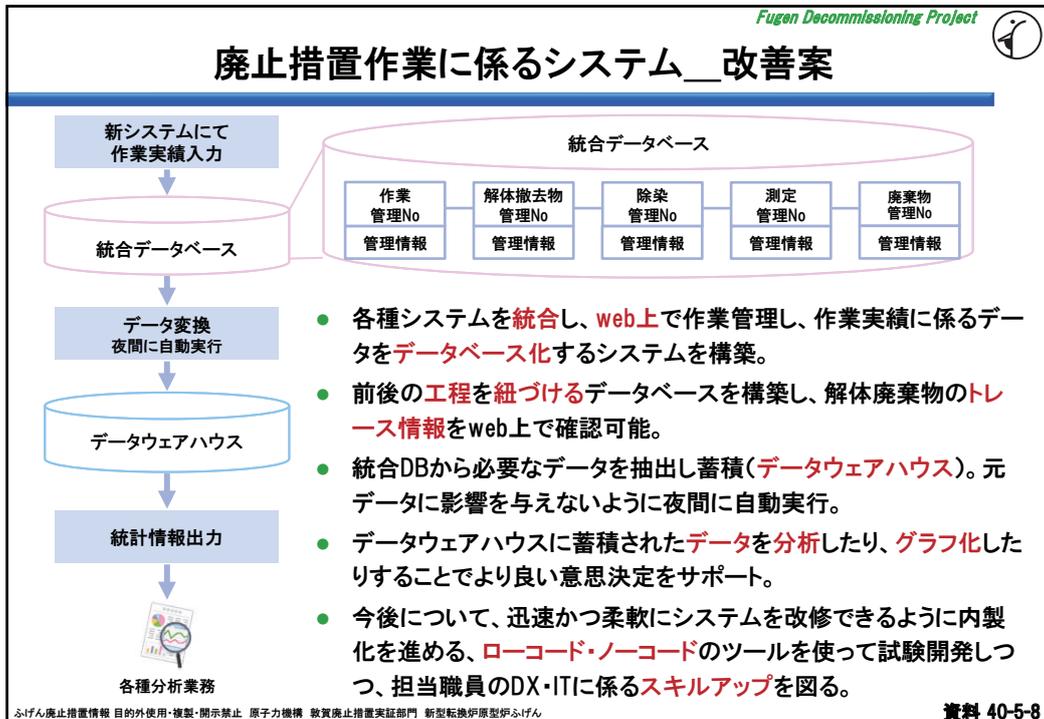
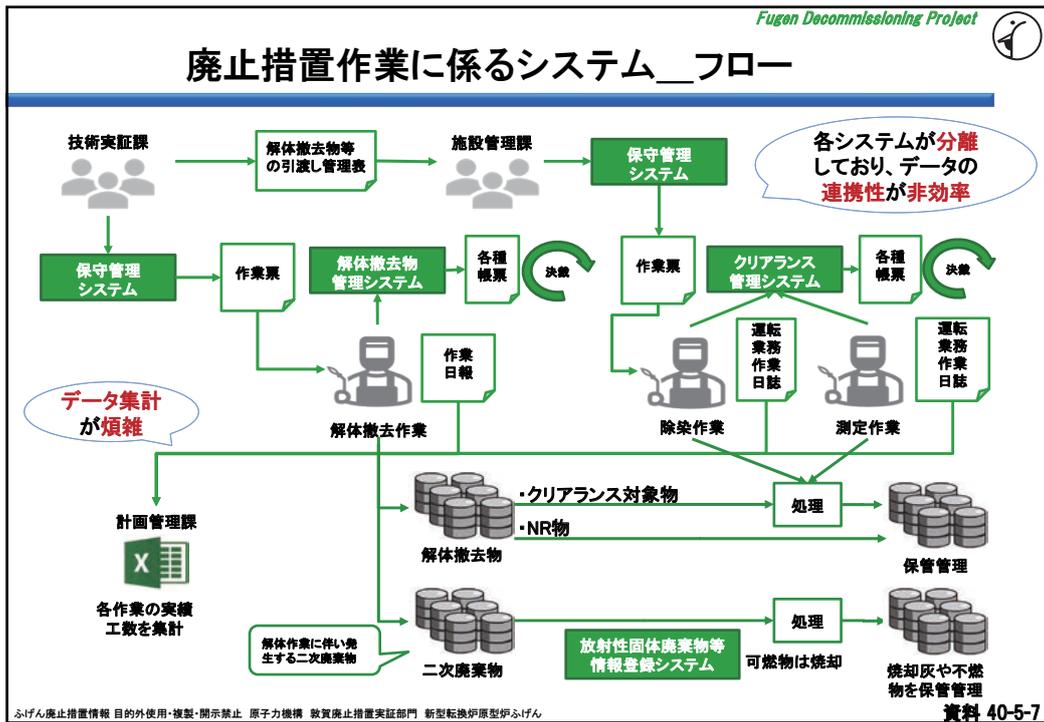
ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん 資料 40-5-5

業務効率化に係る課題へのアプローチ ～机上業務に係る検討～ Fugen Decommissioning Project 

## 廃止措置作業に係るシステム\_\_背景

- 廃止措置作業に係るシステム
  - 廃止措置作業に係る主なシステムとして、作業や設備点検を管理する保守管理システム、解体撤去物を管理する解体撤去物管理システム、放射性的の固体廃棄物を管理する放射性固体廃棄物等情報登録システム及びクリアランス物を管理するクリアランス情報登録システムを運用中。
- 課題
  - 作業票等の帳票を紙で出力し管理することが前提のシステムになっているため、押印・印刷・保管コストがかかっている。
  - 帳票の上覧時には紛失するリスクがあり、また、上覧の進捗状況をリアルタイムで把握できない。
  - 各種システム同士が連動ができていないため、2重・3重の入力が行われている。
  - 新規の要求に合わせたプログラムの改修が困難である。
- 方針
  - 目指す状態は、廃止措置の作業情報をWeb上で管理するシステムであり、ワークフロー全体を横断的にデジタル化し、効率化する。
  - 「作業票等の帳票出力システム」から「作業情報管理システム」に。

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん 資料 40-5-6



## 放射性廃棄物容器の外観点検方法の改善\_\_背景

### ● 背景

- ▶ 放射性廃棄物を**廃棄物容器**(ドラム缶及び鉄箱)に封入し、固体廃棄物貯蔵庫に貯蔵保管
- ▶ 貯蔵年数が**長期の廃棄物容器**もあり、近年は漏えい事象が発生 ⇒法令報告のリスクがあるため**内容物の漏えい等**がないか**定期的に外観点検**を実施
- ▶ 廃棄物容器は固体廃棄物貯蔵庫で**隙間なく積み付けた状態**であり、**狭隘部や死角が存在**することから手鏡及びファイバースコープを使用し、外観点検を実施



ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-5-9

## 放射性廃棄物容器の外観点検方法の改善\_\_課題

### ● 課題

- ▶ 外観点検は作業員に**技量**が必要
- ▶ 狭隘部での点検は**視認性に劣る**ことから**異常箇所の判断が難しい**
- ▶ 劣化等の異常の判断は、**経験豊富な熟練者に委ねる**状況
- ▶ 点検に**人員及び時間を要**している



● 背面や底部等の**死角**では点検器具の操作も難しく、見づらい



● 錆こぶが確認されたものの、ファイバースコープによる映像からは**容易に判断できない**状況

ふげん廃止措置情報 目的外使用・複製・開示禁止 原子力機構 数量廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

資料 40-5-10



## 放射性廃棄物容器の外観点検方法の改善\_\_検討・検証

### ● 技術革新が著しいAI技術の適用を検討

- 機構が抱える課題を地元企業と連携して解決する「課題解決促進事業」を活用
- 産業界で一般的に使われる**画像診断技術**の適用を調査
- 所内DX-WGとの連携、地元企業との技術相談等を経て、実現できる見通しを確認  
⇒ 廃棄物容器の隙間に小型の360度カメラを挿入して**画像データ**を取得し、画像診断により廃棄物容器表面の**異常を検出**できる装置を製作

### ● サンプル試料を用いたモックアップ試験

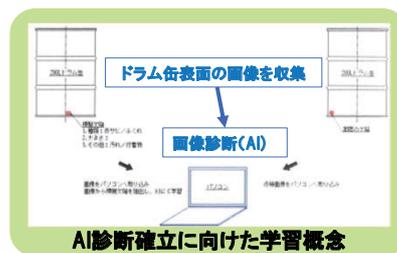
- 簡易的な装置を試作しモックアップで確認
- 錆等の模擬サンプルを作製し、**異常を検知・判断するプロセスの自動化**を模索  
⇒ 画像診断技術(AI)を組み合わせた点検方法として成立可能であることを確認



## 放射性廃棄物容器の外観点検方法の改善\_\_検討・検証

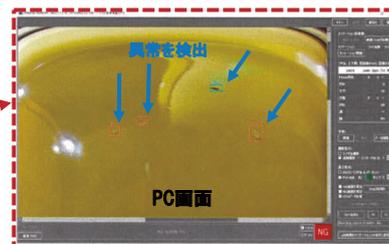
### ● 実機適用に向けた改善

- これまでの**実績データ**や熟練作業員の**知見**をディープラーニングシステムにより**AIに学習させデータを蓄積**



### ● 実規模スケールでの検証

- 画像撮影と撮影した画像データを診断するシステムとして構築し、ドラム缶表面に作った模擬の錆等の**異常を抜け落ちなく検出が可能**なことを確認





## 放射性廃棄物容器の外観点検方法の改善まとめ

### ● これまでの成果

- 画像診断システム(AI)による異常検出が可能のため、**熟練者の経験やスキルへの依存を低減、見落とし及び見間違い等の低減**
- 画像診断を活用し、マニュアル等で**伝授することが難しい異常徴候に対して、客観的に判断することを実現**
- **現場での廃棄物管理業務**に対し、DX技術の適用により**効率化が図れる見通しを確認**

### ● 今後の予定

- 実作業において装置を継続的に使用することでAIに学習させ、**検出精度を向上**
- 時短化・簡易化・省力化
  - ◆ 現状の画像診断システムは、撮影後の画像データを取り込んで診断することから、異常箇所  
の検出に時間を要するため、カメラで撮影中の画像から検出できるシステムとする(時短化)
  - ◆ システムの構成上、診断までの手順が複雑であるため、誰でも容易に使用できるシステムと  
する(簡易化)
  - ◆ 装置を自動化することで省力化及び被ばくの低減に繋げる(省力化)
- 容器底部の点検方法を検討
  - ◆ 現在の装置では容器底部の点検は実施できないため点検可能な装置への改修を行う

### 3. 講評

本委員会の石樽主査より、以下の講評を頂いた。

廃止措置計画に基づき、計画的に原子炉周辺設備の解体やクリアランス測定及び再利用等が進んでおり、嬉しく思う。

当初、2023年度から廃止措置の一番のポイントである原子炉本体解体の予定であったが、安全性向上のために廃止措置工程を7年間延伸となったことについては、結果的に良かったと思っている。解体に着手する前に放射能インベントリ等の事前調査をしっかり行い、解体工法に反映させるとよいと感じている。燃料交換機等の大型機器も同様に、放射能インベントリの調査を行い、データを積み上げて行って欲しい。

ふげんは原子力発電所の廃止措置のフロントランナーとして得られた成果、経験を外部に対して発信・公開し、伝承して行って欲しい。

This is a blank page.



