

敦賀発電所 1号機 廃止措置の実施状況について

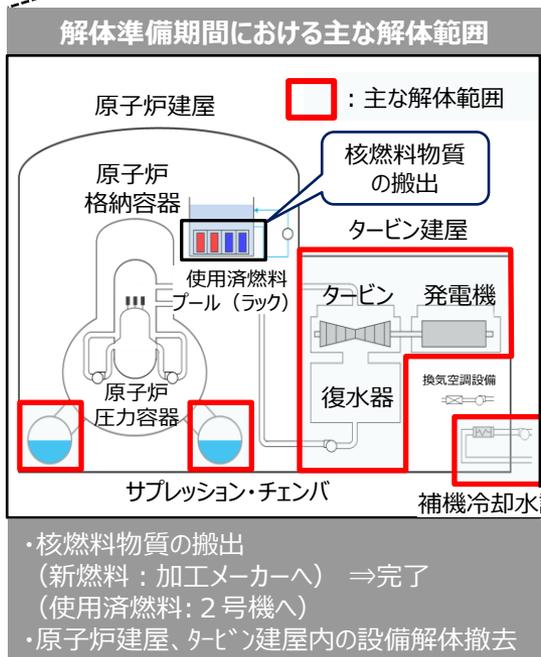
2025年6月13日
日本原子力発電株式会社

1. 廃止措置工程と工事状況

廃止措置工程
(変更前)

年度	2017	2025	2026	2034	2035	2040
各段階	原子炉本体等解体準備期間（9年間）		原子炉本体等解体期間（9年間）		建屋等解体期間（6年間）	
主要工程	1号炉原子炉建物内から核燃料物質の搬出					
	原子炉解体に干渉する施設の解体					
	原子炉本体等放射能減衰（安全貯蔵）		原子炉本体等解体			
					建屋解体	
			原子炉本体等以外の解体 核燃料物質による汚染の除去 核燃料物質によって汚染された物の廃棄			

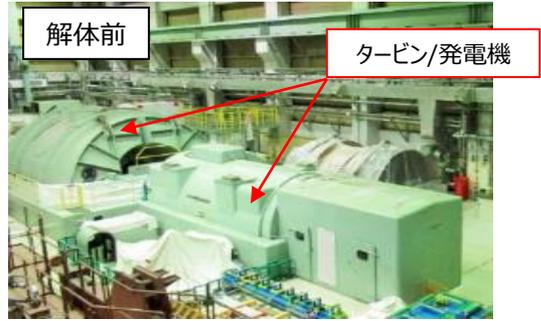
現在



➤ 2017年5月15日に廃止措置工事を開始し、これまでに原子炉建屋、タービン建屋等に設置されていた設備の解体撤去工事を行ってきた。現在は、原子炉建屋およびタービン建屋の廃棄物移送ルート等の確保に伴う機器解体工事や屋外軽油貯蔵タンク等の解体工事を実施している。

- ＜主な解体撤去した設備＞
- ・制御棒駆動水圧ユニット
 - ・タービン/発電機
 - ・水素・酸素発生装置
 - ・タービン補機冷却水系（熱交換器等）
 - ・補助ボイラー
 - ・取水口門型クレーン装置
 - ・液体毒物注入系（ポンプ等） 等

＜解体工事例＞



2. 廃止措置工程の変更

(変更後)
廃止措置工程



<工程変更の経緯>

- サプレッション・チェンバ (以下、「S/C」という。) の解体に向け、廃止措置計画申請当時からメーカーと検討を進め、解体の見通しを得ていたが、当該メーカーが事情により受注体制の構築が困難となった。
- その後、新たなメーカーを選定し、検討を進めた結果、解体に必要な装置の設計・製作や水処理、解体等に7年程度を要することを確認した。

<S/Cの解体に係る検討>

- 一方で、廃止措置工程に影響が出ないよう、S/Cの解体が、原子炉本体等の解体と並行して行えないか、S/Cを解体したエリア以外に解体廃棄物を保管できないか検討を行ってきた。
- その結果、原子炉本体等の解体開始までに、解体廃棄物の保管場所が必要であること、また他のエリアでは、解体廃棄物の保管に必要な移送ルートやスペース、放射線のしゃへい能力の十分な確保が難しいことから、安全を最優先に考え、当初の計画通りS/Cの解体完了後に原子炉本体等の解体に着手することとした。



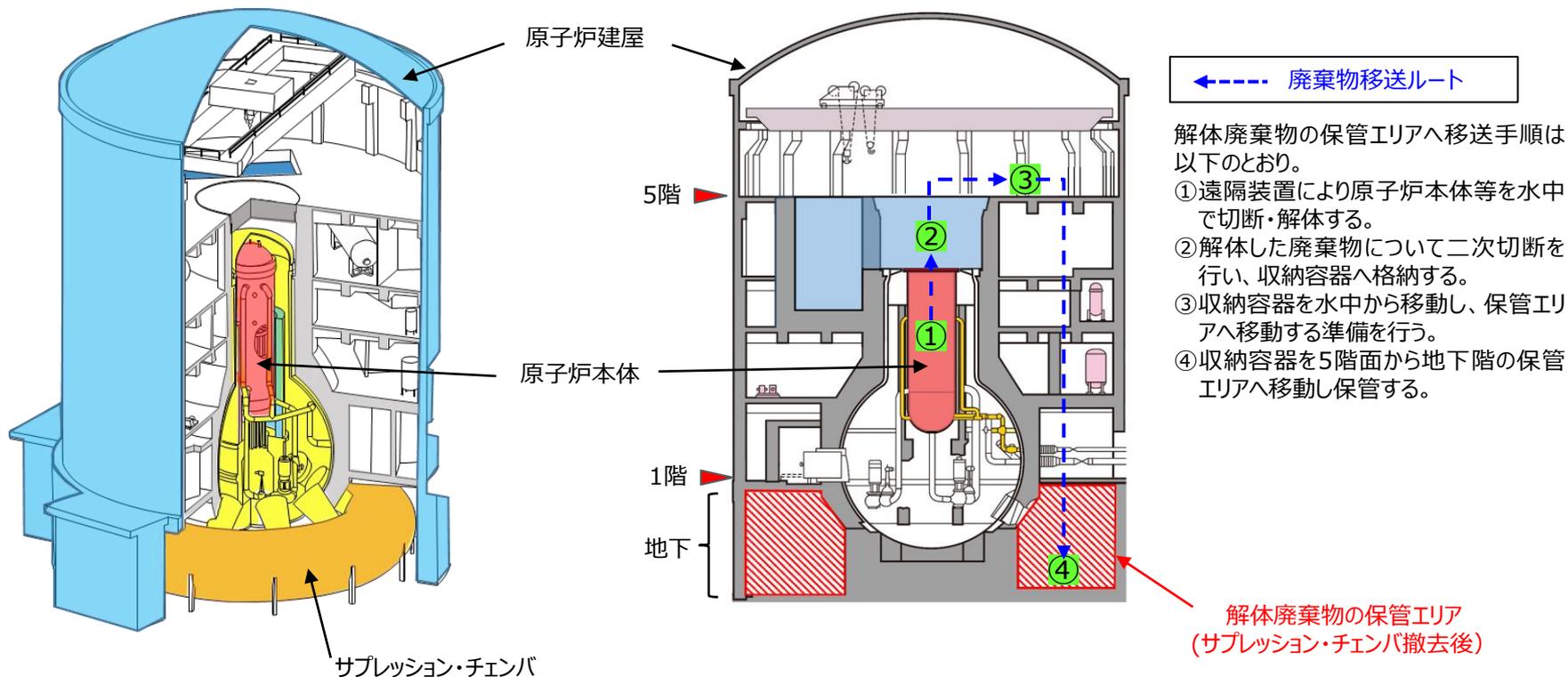
2026年度から原子炉本体等の解体を予定していたが、解体廃棄物を保管する予定のエリアにあるS/Cの解体に7年程度を要することから、解体着手を2033年度に延期した。これに伴い、廃止措置の完了時期を2040年度から2047年度に7年延期した。

3. 原子炉本体等の解体廃棄物保管エリアについて

- 原子炉本体等の解体で発生する放射性物質の濃度が比較的高い解体廃棄物(L1廃棄物)については、原子炉建屋地下に設置されているS/C※の解体・撤去を終えたエリアを活用して保管することとしている。

※サプレッション・チェンバは、原子炉運転中に事故が発生した際に、原子炉で発生した蒸気を凝縮して原子炉圧力の上昇を抑えるための設備であったことから、円環状（直径：約34m、断面直径：約8m、円環外周：約100m）の容器の中に防錆剤を含んだ水が約1,500トン貯めている状態である。

＜原子炉本体等解体時の移送ルート（検討例）＞



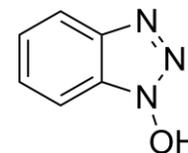
4. サプレッション・チェンバ・プール水について

- S/Cには、防錆剤を含んだ約1500m³のプール水（以下、「S/C水」という。）が入っており、S/Cの解体前にS/C水を抜き出す必要がある。
- S/C水には、過去の経緯から①無機防錆剤と②有機防錆剤が添加されており、以下の化学物質を含有している。

①	無機防錆剤 (6価クロム)	・環境影響物質として規制されており、法令で排水基準が規制されている。 排水基準：0.2 mg/L
②	有機防錆剤	・放射性固体廃棄物を埋設処分する際の基準に影響する。

- ①②ともに無害化処理の上で、既設の廃液処理設備で処理する必要がある。
- これら大量の水を安全・確実に無害化して処理する方法をメーカーと検討してきた。

・無機防錆剤	製品名：クロメート 主成分：6価クロム（発がん性物質） 濃度：約100 mg/L（排水基準の500倍）
・有機防錆剤	製品名：シャダンW 主成分：1-ヒドロキシベンゾトリアゾール (C ₆ H ₅ N ₃ O) 人体・環境への影響なし



- S/C水処理の検討に当たっては、無機防錆剤と有機防錆剤（混合状態）の処理プロセスの検討、水処理等を考慮して行ってきた。
S/C水処理の検討での課題と対応については以下のとおり。

課題		影響	対応
①処理プロセス	無機防錆剤と有機防錆剤の混合水の処理	無機防錆剤と有機防錆剤の処理順により処理性能が異なる。	マイクロ鉄®を用いた処理方法では、 <u>有機防錆剤処理の後に無機防錆剤処理を組み合わせることで、より高い処理性能が得られることをラボ試験により確認した。</u>
②処理水	既設廃液処理設備への移送可否	既設廃液処理設備で受入可能な水質に影響がある。	処理水は、 <u>マイクロ鉄®を用いた処理方法により既設廃液処理設備で受入可能な水質になることをラボ試験により確認した。</u>
③固形物	固形物（廃マイクロ鉄）の放射性固体廃棄物としての扱い	放射性固体廃棄物の埋設基準へ影響がある。	回収装置により回収した固形物中の還元した3価クロムが、 <u>マイクロ鉄®表面でフェライト化して安定し、放射性固体廃棄物として処分可能であることをラボ試験により確認した。</u>

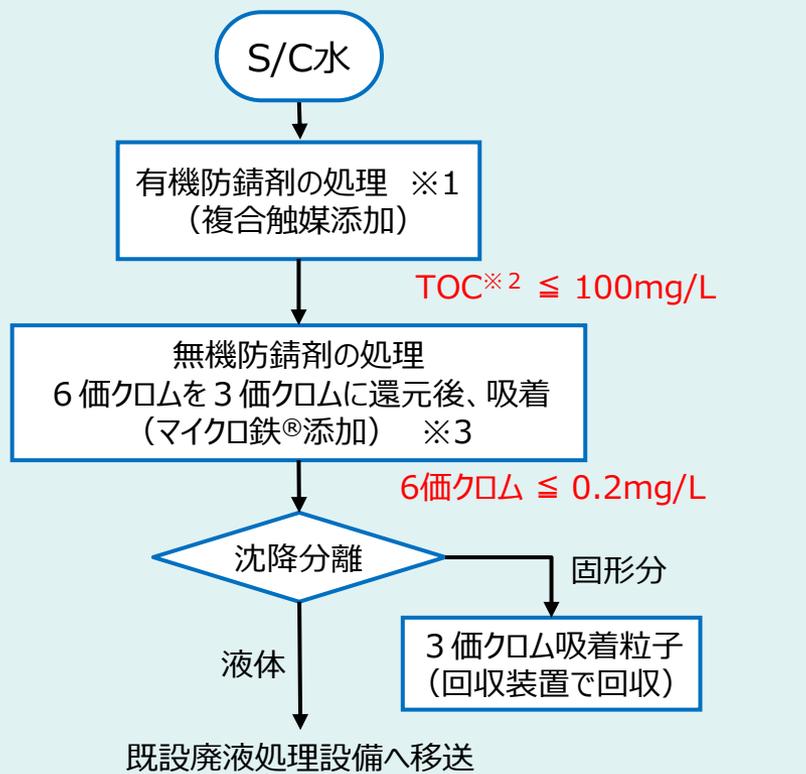
- 無機防錆剤と有機防錆剤のそれぞれを無害化する技術は一般産業において様々な手法があるが、両者を含む水処理については確立された技術がない。
- 原電グループ会社である株式会社ICUSは、化学洗浄に伴う廃液処理に関する豊富な知見を有しており、さらに独自に開発した「マイクロ鉄[®]」を用いた6価クロムの処理技術も保有している。
- これらの技術を活かし、マイクロ鉄[®]などを用いたS/C水の処理について、検討および試験を実施した。
- その結果、マイクロ鉄[®]による無機防錆剤の除去、有機防錆剤の分解の見通しを得た。

【マイクロ鉄[®]】



- ◆ マイクロ鉄[®]とは、鉄とマグネタイト（鉄鉱石主成分）の微小な粒状混合物である。
- ◆ 平均粒子径は約130 μ m
- ◆ 表面積の大きい鉄粉から鉄イオン(Fe^{2+})が溶けることで、電位の低下から還元性を有し、他の金属イオンがマイクロ鉄[®]の表面に捕捉される。
- ◆ 鉄とマグネタイトの混合比は対象物に応じて調整する。

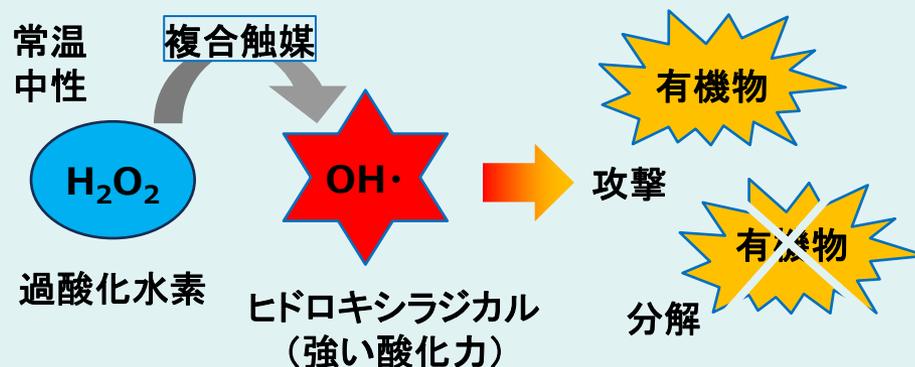
基本的な処理プロセス



- ※1 : 処理された有機物は主としてCO₂となり排気される。
- ※2 : total organic carbon (全有機炭素)
- ※3 : 処理順序検討の結果、マイクロ鉄®によるクロム酸処理に有機物が干渉するため、有機物の処理を先行することとした。

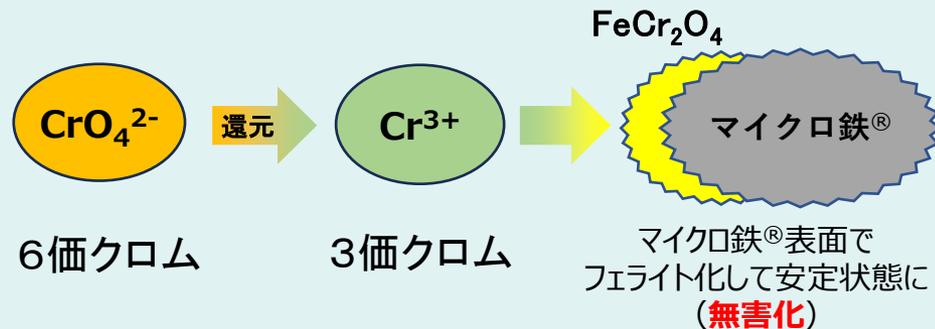
有機防錆剤の処理

・複数種の金属イオンを触媒にした過酸化水素により有機物を分解する。



無機防錆剤の処理

・6価クロムを3価クロムに還元し、マイクロ鉄®中のマグネタイトと反応してフェライト化させることで固体として除去する。



手順の概要

S/C水抜き取り
無害化・移送

S/C内面洗浄等

S/C解体

解体後の除染

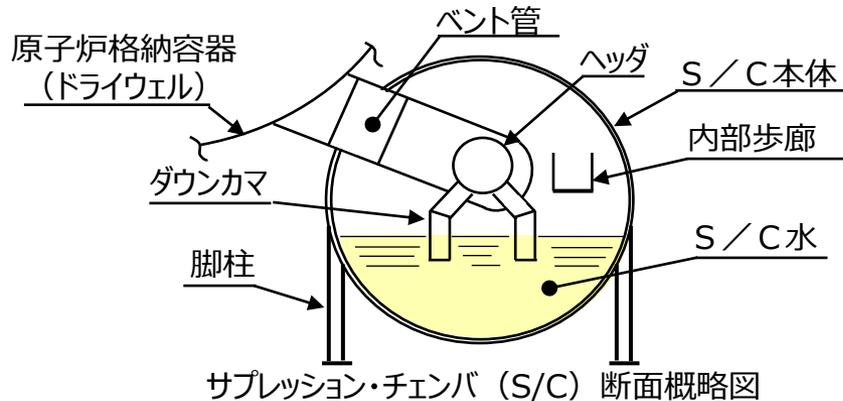
L3 処分

S/C水処理

- 既設の廃液処理設備において処理可能である水質であることを確認し移送する。

解体方法

- 熱的または機械的な方法により切断して解体する。
S/C解体時は、S/C本体の解体とともに、内部構造物（ダウンカメラ等）や付属設備についても行う。

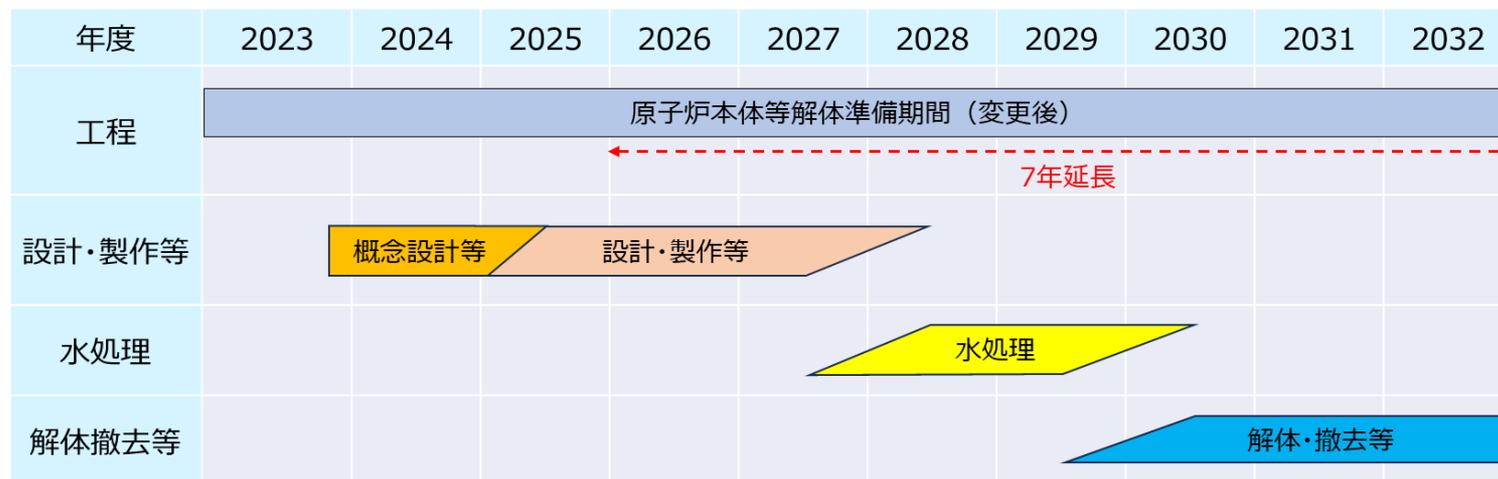


解体廃棄物の処分

- 放射性固体廃棄物として処分する
(除染の結果クリアランス対象として扱う可能性がある。)

- 概念設計段階での試験を通じて、S/C水を安全に無害化処理が行えることを確認しており、今後は実機装置の設計や製作を行う。水処理後は、S/Cを機械切断等により解体する予定である。
 - ✓ 2025年度から基本設計、詳細設計、装置の製作・据付等を3年で計画。
 - ✓ S/C水処理については、処理期間を2年で計画。
 - ✓ S/C解体・撤去等を3年で計画。

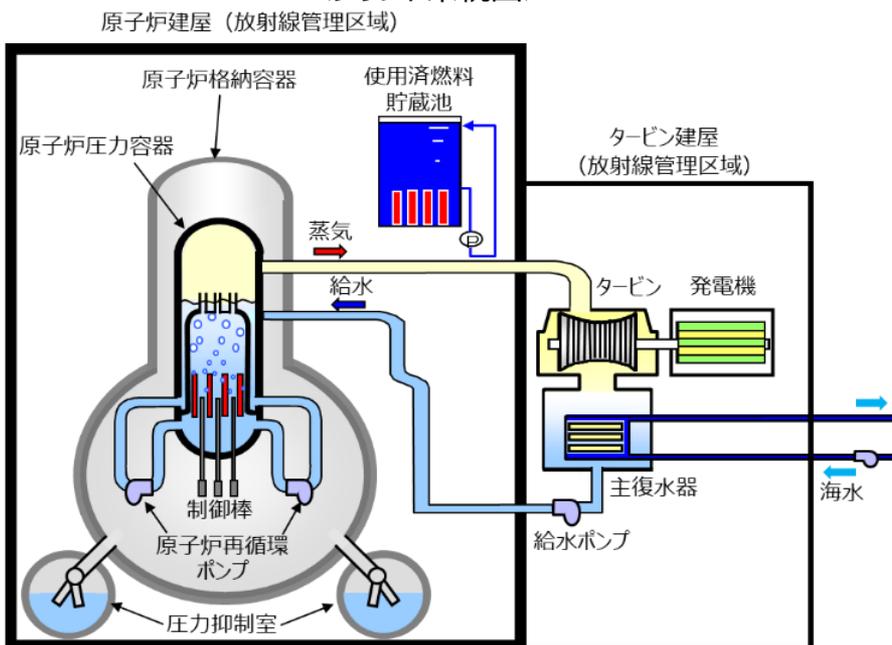
<S/C水処理及び解体工事工程（検討例）>



参考資料

- ▶ 敦賀1号機は沸騰水型軽水炉（BWR）であり、原子炉の冷却材をそのまま沸騰させて蒸気をつくり、その蒸気によりタービンを回して発電する方式です。（2015年4月27日をもって、約45年間の営業運転を終了しています。）

<プラント系統図>



<設備概要>

	敦賀1号機
形式	沸騰水型軽水炉
燃料	低濃縮ウラン (約52トン)
熱出力	106万4千kW
定格電気出力	35万7千kW
総発電電力量	約847.3億 kWh
発電日数	10,365日
設備利用率	約60.1%

<これまでの経緯>

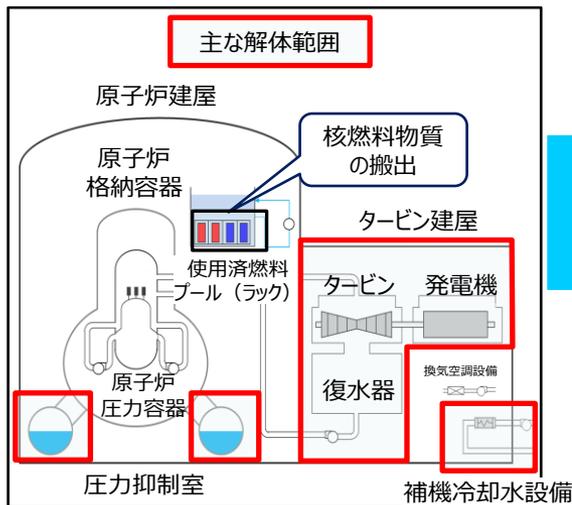
主な内容	年月日
原子炉設置許可申請	1965年10月11日
原子炉設置許可	1966年 4月22日
第1回工事計画認可・工事着手	1967年 2月27日
初臨界	1969年10月 3日
初送電	1969年11月16日
営業運転開始	1970年 3月14日
廃止決定に伴い、電気事業法に基づく電気工作物変更の届出	2015年 3月17日
電気事業法に基づく廃止	2015年 4月27日
原子力規制委員会へ廃止措置計画認可申請書を提出	2016年 2月12日
原子力規制委員会から廃止措置計画の認可	2017年 4月19日
廃止措置着手	2017年 5月15日



➤ 廃止措置計画認可（2017年4月19日）⇒計画変更の届出（2025年5月19日）

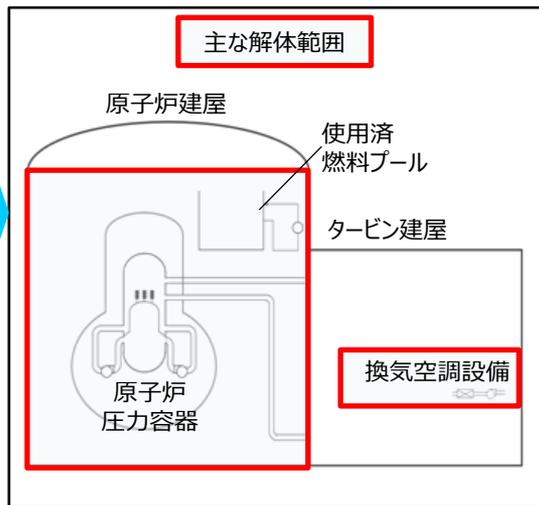
敦賀1号機の廃止措置は、大きく3段階に分けて進めています。

原子炉本体等解体準備期間
【9年間】⇒【16年間】



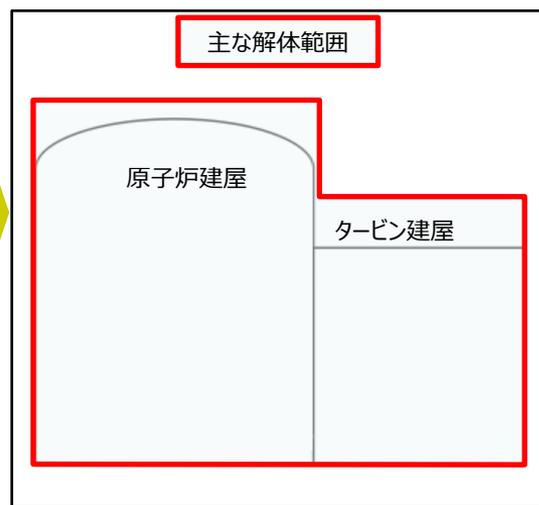
核燃料物質の搬出
（新燃料：加工メーカーへ）⇒完了
（使用済燃料：2号機へ）
原子炉建屋・タービン建屋内設備解体撤去

原子炉本体等解体期間
【9年間】

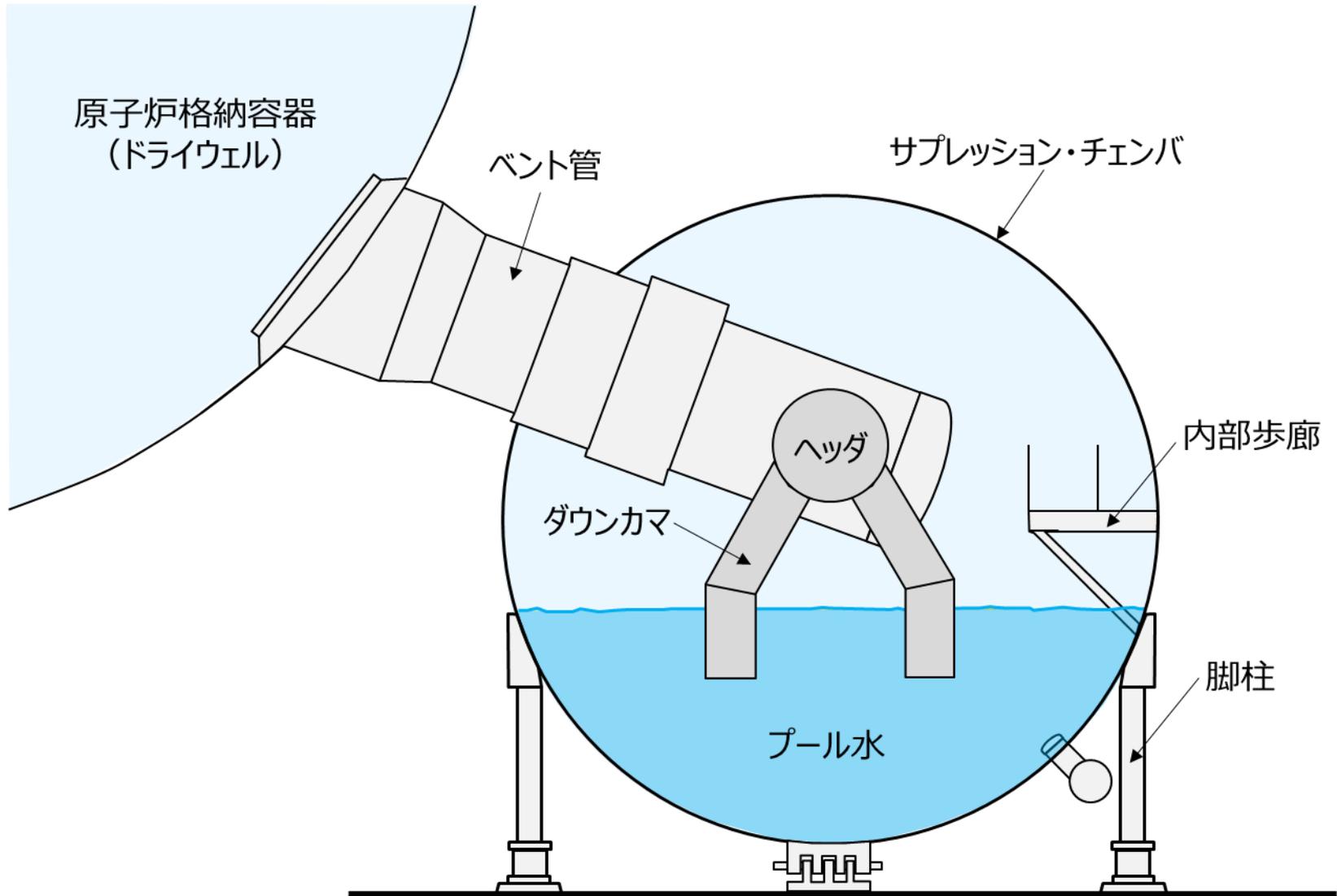


原子炉圧力容器等の解体撤去
原子炉建屋・タービン建屋内設備
解体撤去（継続）

建屋等解体期間
【6年間】



管理区域の解除
原子炉建屋・タービン建屋
解体撤去



- ・ 敦賀1号機は、運転開始当初よりS/C水に無機防錆剤（六価クロム含有）を使用しているが、1975年頃より人体・環境への影響が懸念された。
- ・ 無機防錆剤の継続使用は困難と判断し、代替として人体・環境への影響が小さい有機防錆剤（シャダン）を選定した。
- ・ プラント運転中に大量のS/C水を処理するのは困難であったこと、また経年的に防錆剤濃度が低下していたことから、無機防錆剤を処理せずに有機防錆剤を混合使用してきた。

時期	内容
1970年	<ul style="list-style-type: none"> ・プラント運転開始 ・S/C水の防錆管理に、無機防錆剤（六価クロム含有）を使用
1975年	<ul style="list-style-type: none"> ・六価クロムの毒性がマスコミでクローズアップ（発がん性、環境への影響） ・経年的に濃度が低下しており、濃度が管理目標値になった時点で防錆剤を追加補給。今後も防錆剤の追加補給が必要となることから、無害な代替防錆剤の調査開始
1976年	<ul style="list-style-type: none"> ・人体、環境の影響が小さい有機防錆剤（シャダン）による腐食試験を実施（1975年～1976年）
1977年	<ul style="list-style-type: none"> ・代替防錆剤として有機防錆剤（シャダン）を選定 ・無機防錆剤と有機防錆剤の混合試験を実施（防錆効果の確認→良好）
1979年	<ul style="list-style-type: none"> ・S/C水の濃度が管理目標値まで低下。防錆管理に有機防錆剤を使用開始（無機防錆剤と混合）
現在	<ul style="list-style-type: none"> ・S/Cは良好な状態。S/C水の無機防錆剤の濃度から六価クロムの毒性は維持されている。有機防錆剤についても追加補給無しで濃度に変化なし。

【反応概要】

複数種の金属イオンを触媒にした過酸化水素による有機物分解

⇒従来化学廃液の処理に用いられているフェントン法と比較して、中性下で処理可能なため、中和処理による二次廃棄物の発生を抑制できる。

【処理試験】

敦賀1号機のS/Cより採取したS/C水を用いて、敦賀発電所のホットラボにて処理試験を実施した。

【試験条件】

対象試料：敦1 S/C水
(無機防錆剤未処理)

試料量：2L

開始時 TOC※：約220mg/L

※TOC：全有機炭素濃度

【試験手順】

- ①無機防錆剤処理前のS/C水に複合触媒添加
- ②過酸化水素を添加・攪拌し、30分ごとにTOCを測定（目標値100mg/L）

【試験結果】

- 処理開始から5時間で6バッチのいずれもTOC目標値の100mg/Lを下回るTOC40mg/Lまで低下
- 処理方法改善（水温調整等）により、TOC20mg/Lを達成

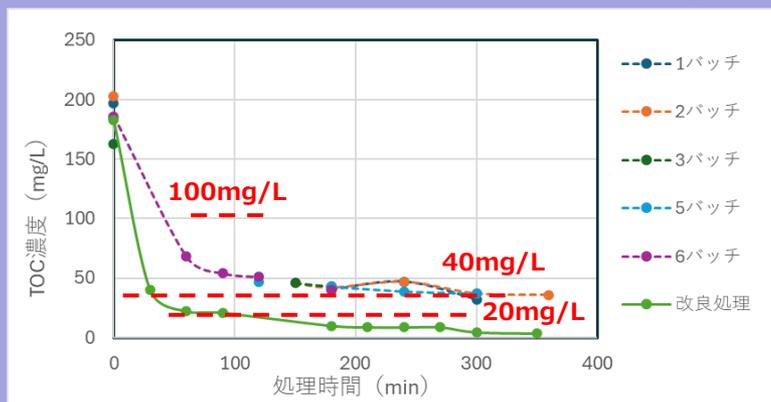


図 有機防錆剤処理ホット試験結果

【反応概要】

6価クロムを3価クロムに還元し、マイクロ鉄[®]中のマグネタイトと反応してフェライト化させることで固体として除去する。

【処理試験】

敦賀1号機のS/Cより採取したS/C水を用いて、敦賀発電所のホットラボにて処理試験を実施した。

【試験条件】

対象試料：敦1 S/C水
(有機防錆剤処理済)

試料量：2L×6バッチ

開始時6価クロム濃度：約120mg/L
同一のマイクロ鉄[®]を6回繰り返し使用

【試験手順】

- ①有機防錆剤処理後のS/C水にマイクロ鉄[®]を添加
- ②攪拌しながら、30分ごとに6価クロム濃度を測定
(排水基準：0.2mg/L)

【試験結果】

- 処理開始から5時間までで6バッチのいずれも目標濃度を達成
- マイクロ鉄[®]は繰り返し使用が可能

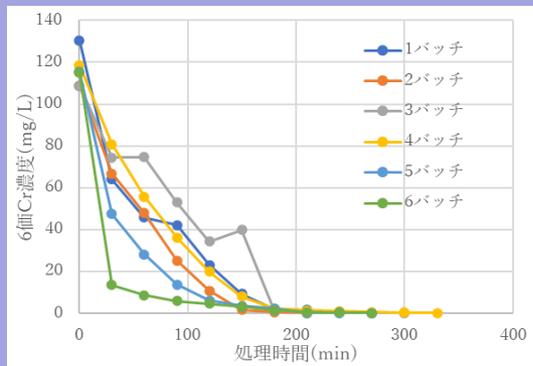
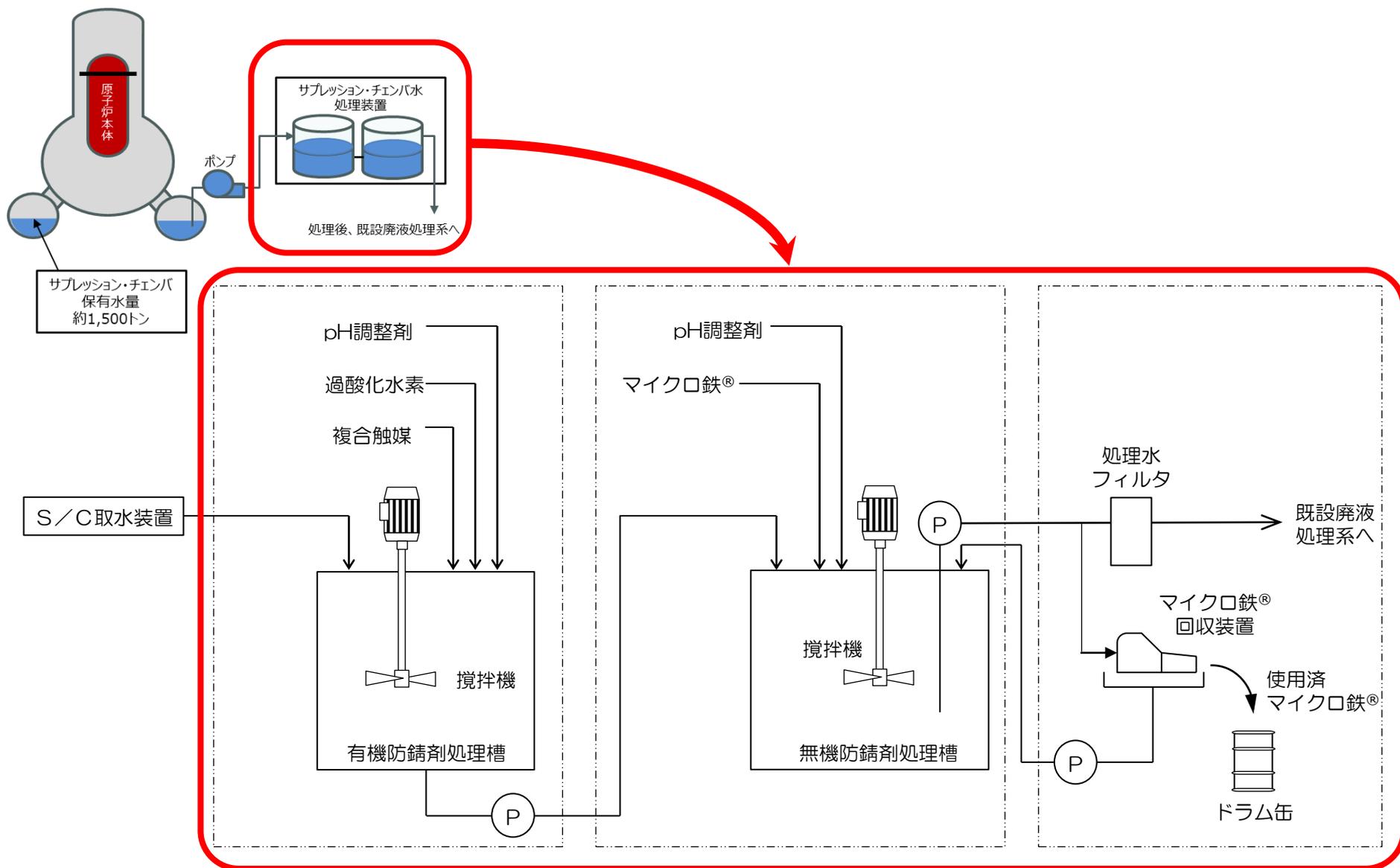


図 無機防錆剤処理
ホット試験結果



図 クロム酸処理前後の外観
(左：処理前、右：処理後)



- ▶ プラントから発生する放射性液体廃棄物は、その放射能濃度と電導度に応じてそれぞれの廃液処理設備に移送して処理を行い、最終的にはプラント保有水として再使用するか、余剰水として海洋へ放出する。

