

# 美浜発電所 1, 2号機 廃止措置に係る系統除染について

関西電力株式会社  
美浜発電所 放射線管理課 化学係 中川朋和  
平成30年 3月20日

## 【目次】

1. 関西電力における原子力発電所の概要
  2. 廃止措置の概要
  3. 系統除染の取組み
- 

# 1. 関西電力における原子力発電所の概要

# 関西電力における原子力発電所の概要

美浜発電所 1, 2号機、大飯発電所 1, 2号機の廃止に伴い、  
 総出力976.8万 kW → 657.8万 kW

## ■ 原子力事業本部



## ■ 地域共生本部

### ■ 高浜発電所



ユニット	発電出力 (万 kW)	営業運転 開始
1	82.6	1974.11
2	82.6	1975.11
3	87.0	1985.1
4	87.0	1985.6
合計	339.2	-

### ■ 大飯発電所

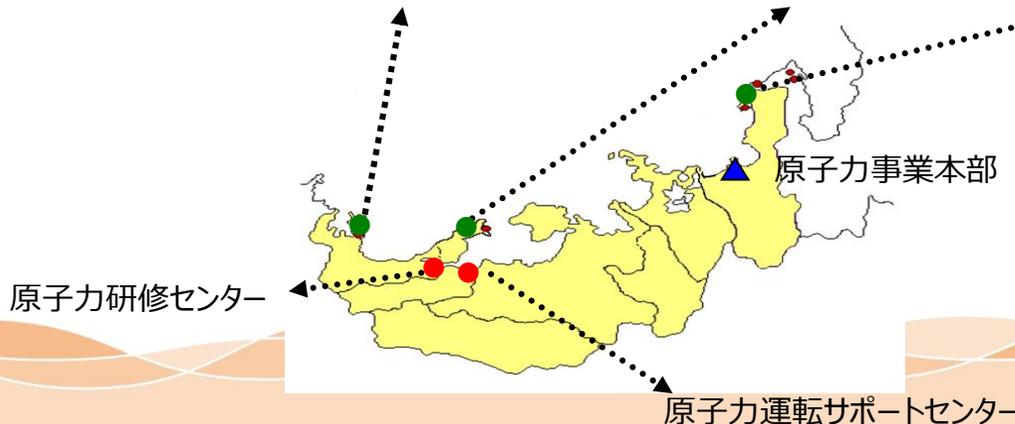


ユニット	発電出力 (万 kW)	営業運転 開始
1	117.5	1979.3
2	117.5	1979.12
3	118.0	1991.12
4	118.0	1993.2
合計	236.0	-

### ■ 美浜発電所



ユニット	発電出力 (万 kW)	営業運転 開始
1	34.0	1970.11
2	50.0	1972.7
3	82.6	1976.12
合計	82.6	-



美浜 1号機は、1970年  
 11月に日本初のPWRと  
 して運転を開始

美浜発電所の発電電力量 (設備利用率)

2010年度	121.2億 kW h (83.0%)
2011年度	38.9億 kW h (26.6%)
2012年度~	0.0億 kW h (0.0%)

## 2. 廃止措置の概要



## ○美浜 1号機

2010年11月 運転停止後、長期停止  
(再稼動に備え、炉心に燃料を装荷して待機していたが、  
2013年2月、炉心から燃料を取出し)

## ○美浜 2号機

2011年12月 運転停止後、長期停止  
(定期検査に入り、2012年1月 炉心から燃料を取出し)



**2010年6月28日 美浜1号機 長期保守管理方針に係る保安規定変更認可**

**2011年3月11日 東日本大震災（福島第一原子力発電所事故）**

**2012年7月28日 美浜2号機 長期保守管理方針に係る保安規定変更認可**

＜経年劣化に対する評価を実施し、運転開始後60年時点の健全性を確認＞

**2013年7月 8日 新規制基準施行**

- ・重大事故を防止するための設計基準の強化
- ・シビアアクシデントやテロに対処するための基準を新設

**2015年3月17日 美浜発電所 1号機及び2号機の廃止を決定**

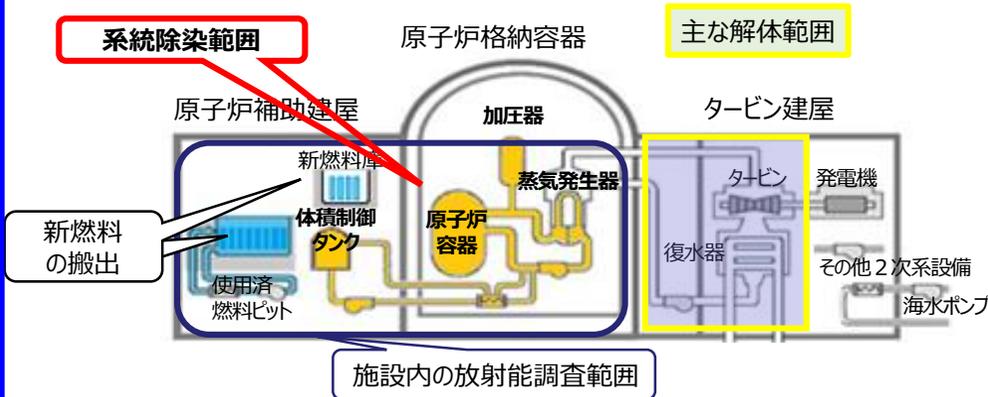
**2017年4月19日 美浜発電所 1号機及び2号機の廃止措置計画認可**

# 廃止措置の計画①

- 廃止措置の全体工程（約30年間）を4段階に区分し、段階的に進める。
- 廃止措置の基本方針（①安全の確保を最優先、②放射線被ばく線量及び放射性廃棄物発生量の低減、③保安のために必要な機能を維持管理）に基づき、着実に進める計画としている。

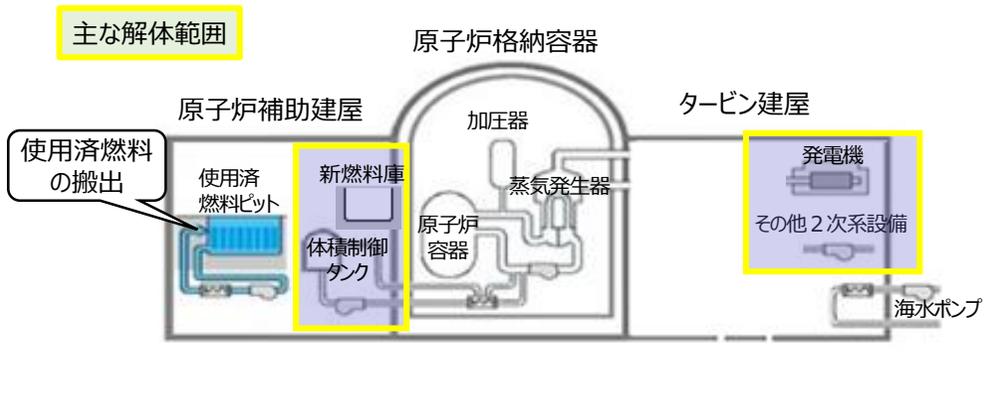
	解体準備期間 2017～2021	原子炉周辺設備解体撤去期間 2022～2035	原子炉領域 解体撤去期間 2036～2041	建屋等 解体撤去期間 2042～2045
廃止措置の工程（1号機及び2号機）	系統除染			
	残存放射能調査			
		核燃料物質の搬出		
		2次系設備の解体撤去		
		原子炉周辺設備の解体撤去		
			原子炉領域の解体撤去	
				建屋等の解体撤去
		安全貯蔵		
			機器等の除染	
				放射性廃棄物の処理・処分

## ①解体準備期間 (2016年度(認可後)～2021年度)



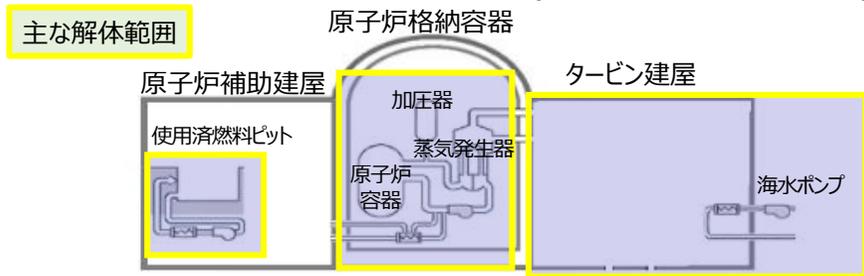
工事内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・系統除染</li> <li>・施設内の放射能調査</li> <li>・新燃料の搬出</li> <li>・2次系設備の解体撤去</li> <li>・安全貯蔵 (・設備維持管理)</li> </ul>	概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・化学除染により、系統内面に付着している放射性廃棄物を除去する。</li> <li>・施設内の放射能分布を調査により把握する。</li> <li>・新燃料108体を施設外へ搬出する。</li> <li>・タービン2基、復水器等を解体する。</li> </ul>
------	--	----	---

## ②原子炉周辺設備解体撤去期間 (2022年度～2035年度)



工事内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉周辺設備の解体撤去</li> <li>・使用済燃料の搬出</li> <li>・2次系設備の解体撤去 (第1段階に引き続き)</li> <li>・安全貯蔵 (・設備維持管理)</li> </ul>	概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1次系の維持設備以外の設備を順次解体する。</li> <li>・使用済燃料741体を使用済み燃料ピットより搬出する。</li> <li>・第1段階にて解体未実施、2次系設備を解体する。</li> </ul>
------	--	----	---

## ③原子炉領域解体撤去期間 (2036年度～2041年度)



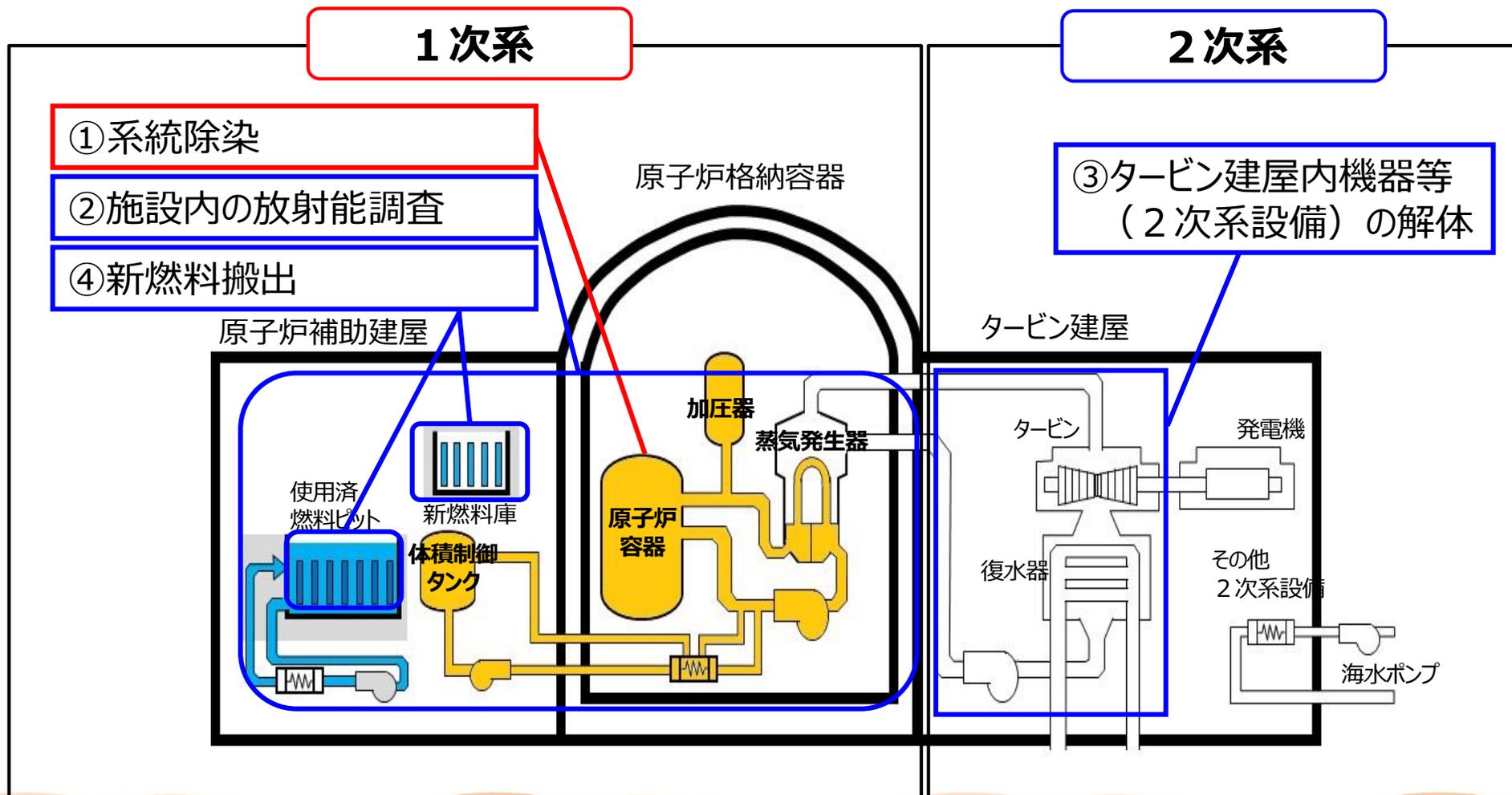
工事内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉領域の解体撤去</li> <li>・2次系設備の解体撤去</li> <li>・原子炉周辺設備の解体撤去 (第2段階に引き続き) (・設備維持管理)</li> </ul>	概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉容器、炉内構造物等の放射能の高い設備を中心に解体する。</li> <li>・第2段階にて解体未実施、1次系設備を解体する。</li> <li>・第1、2段階にて解体未実施、2次系設備を解体する。</li> </ul>
------	---	----	---

## ④建屋等解体撤去期間 (2042年度～2045年度)



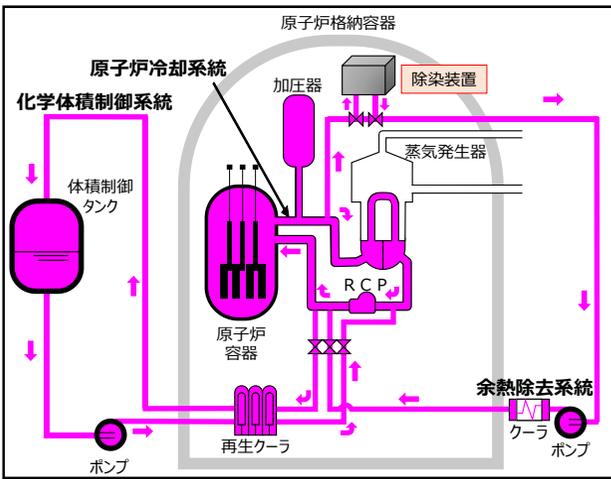
工事内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・管理区域の解除</li> <li>・建屋等の解体撤去</li> </ul>	概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放射性物質の無くなった建屋を解体する。</li> </ul>
------	---	----	--

- 1次系については、系統除染、施設内の放射能調査、新燃料搬出を実施（解体以外の作業）
- 2次系については、タービン建屋内機器等の解体作業を実施



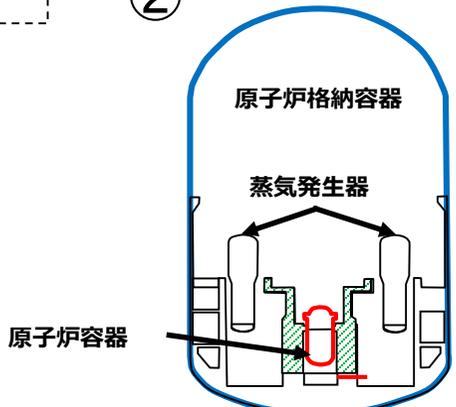
件名	平成29年度 <span style="color: green;">現時点</span>			平成30年度	平成31年度
	準備作業 (既設配管改造等)	除染作業	後片 付け		
①系統除染					
②放射能調査				放射能測定・試料採取・分析・評価	
③タービン建屋内機器等 解体				解体・撤去	
④新燃料搬出				搬出・輸送 (検討中)	

① — 系統除染範囲



系統除染 (平成29年4月～)

②



管理区域内の放射能測定・  
試料採取・分析等を実施

放射能調査 (平成29年度下期～)

③



タービン建屋内機器解体 (平成29年度下期～)

※写真は過去の熱交換器取替工事

- 機器解体時の作業員の被ばく低減を図るため、系統除染工事を実施しています。
- 平成29年度は、系統除染工事に続き、放射能調査、タービン建屋内機器等の解体を実施します。

# 3. 系統除染の取組み



## ○ 概要

### 1. 系統除染の目的

以下の観点から解体開始前に除染が必要

- ① 解体時の作業環境の改善（被ばく低減、放射性防護具の軽装化）
- ② 放射性廃棄物の低減

なお、副次的効果として、遠隔装置使用の低減、解体工程の短縮などが期待できる。

海外実績を踏まえ、既存の系統機器（ポンプ、クーラ等）を活用し、系統一括除染を実施

（ 機器毎の個別除染は、被ばく、作業の手間等を考慮すると、非合理的。  
一括除染においては、既存の系統機器の健全性が保たれている初期段階で行うのが合理的 ）

### 2. 除染範囲の選定

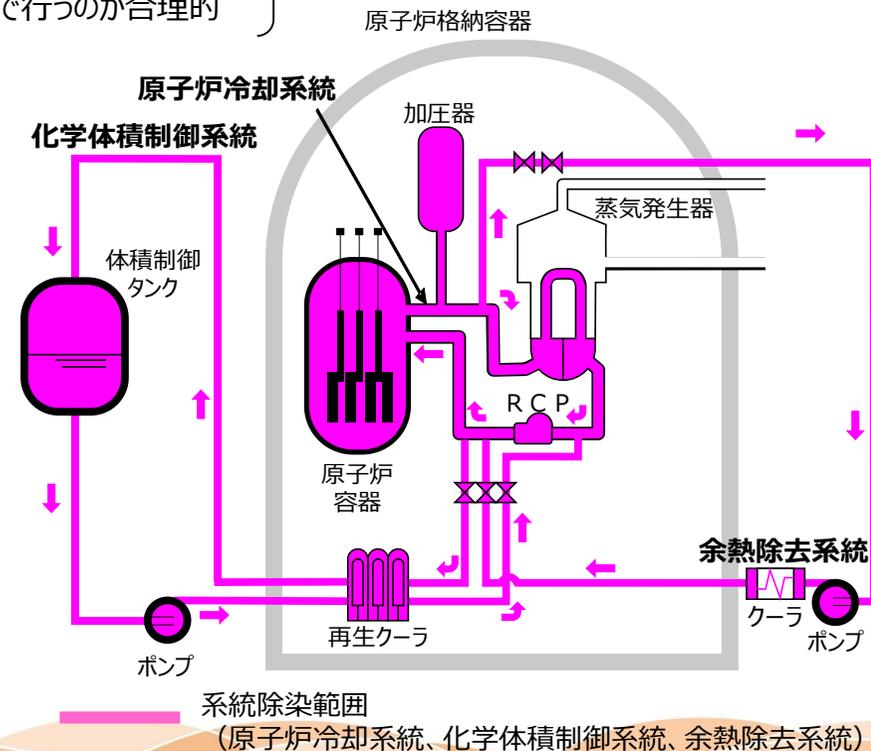
1次冷却材に接液し汚染が内面に多く残存している  
原子炉冷却系統、化学体積制御系統、余熱除去系統  
（運転中 使用系統）

### 3. 除染目標

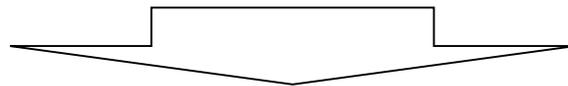
除染に伴うメリット・デメリットを総合的に勘案し、  
目標はDF = 30（除去率97%）で計画

※ DF：除染係数

$$DF = \frac{\text{線量当量率 (系統除染前)}}{\text{線量当量率 (系統除染後)}}$$



- (a) 蒸気発生器伝熱管の除染
  - ・ **PWRでは蒸気発生器の除染が重要**（1次冷却材との接液面積が約8割）
  
- (b) 二次廃棄物の発生量
  - ・ 使用済イオン交換樹脂やフィルタ等が二次廃棄物として発生
  - ・ 使用済イオン交換樹脂の受入れタンク**上限値を踏まえ、使用済イオン交換樹脂の発生量を抑制できる除染方法を選定した。**
  
- (c) 除染薬品の処理処分
  - ・ 除染廃液やイオン交換樹脂は、発電所内で処理処分するため、**処理処分設備への影響を考慮した除染方法を選定した。**



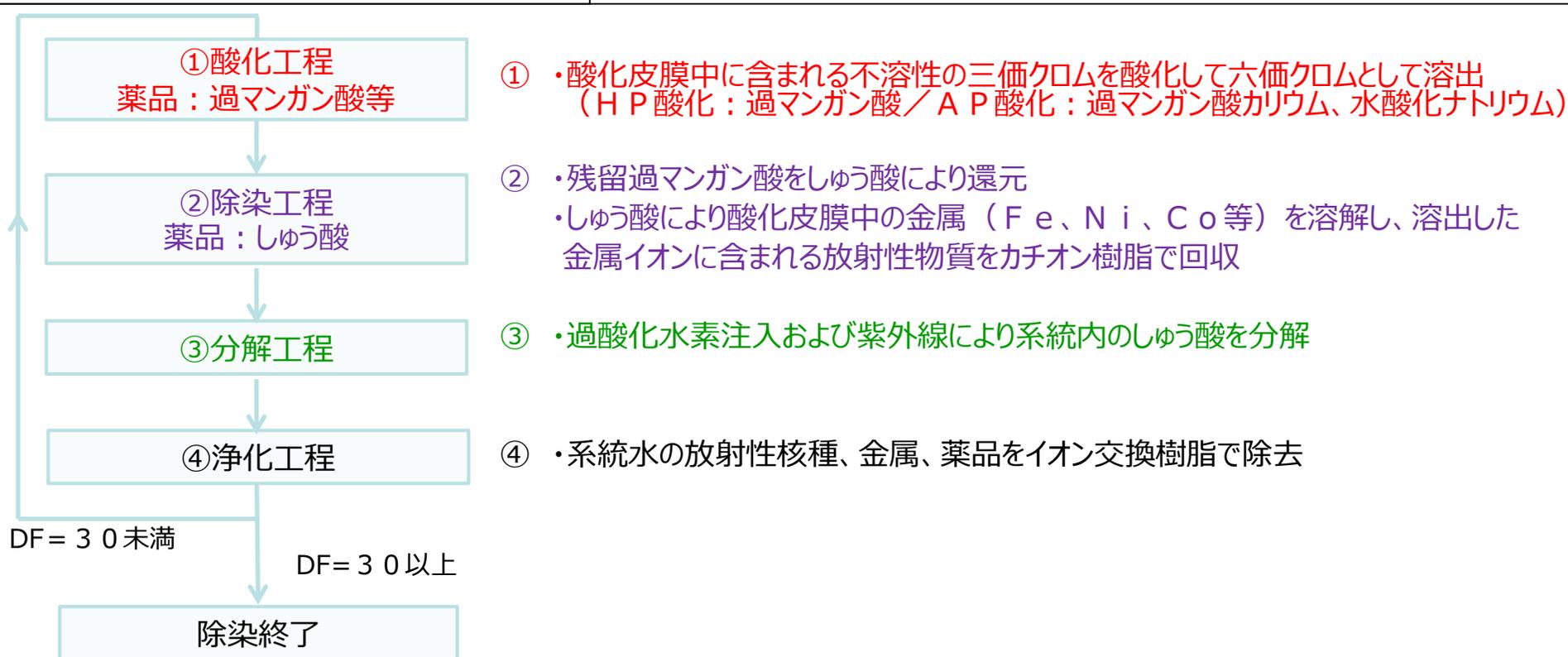
(a) , (b) , (c) を踏まえ、美浜発電所1、2号機の系統除染工事においては、蒸気発生器等の除染にあたり高度かつ専門的な技術が必要となることから、海外においてPWRの全系統除染の実績が豊富であり、また、除染剤の分解により二次廃棄物発生量が少ない、旧アレバ社（現フラマトム社）の除染技術（CORD法※）を選定した。

※CORD法：化学的酸化還元除染法  
(**C**hemical **O**xidation **R**eduction **D**econtamination)

## ○系統除染（化学除染法）の手順

- 対象系統（約200m<sup>3</sup>）に仮設除染装置を接続。既設のポンプ等を活用し、高温・高圧（1サイクル目は約95℃、2サイクル以降は125℃、約2.8MPa）で化学薬品を注入し、連続的に循環
- CORD法により、下図に示すフローに従い各工程を実施
- 1サイクル毎にDFを確認し継続要否を決定する
- 金属イオン濃度をモニタリングしながら除染をコントロール

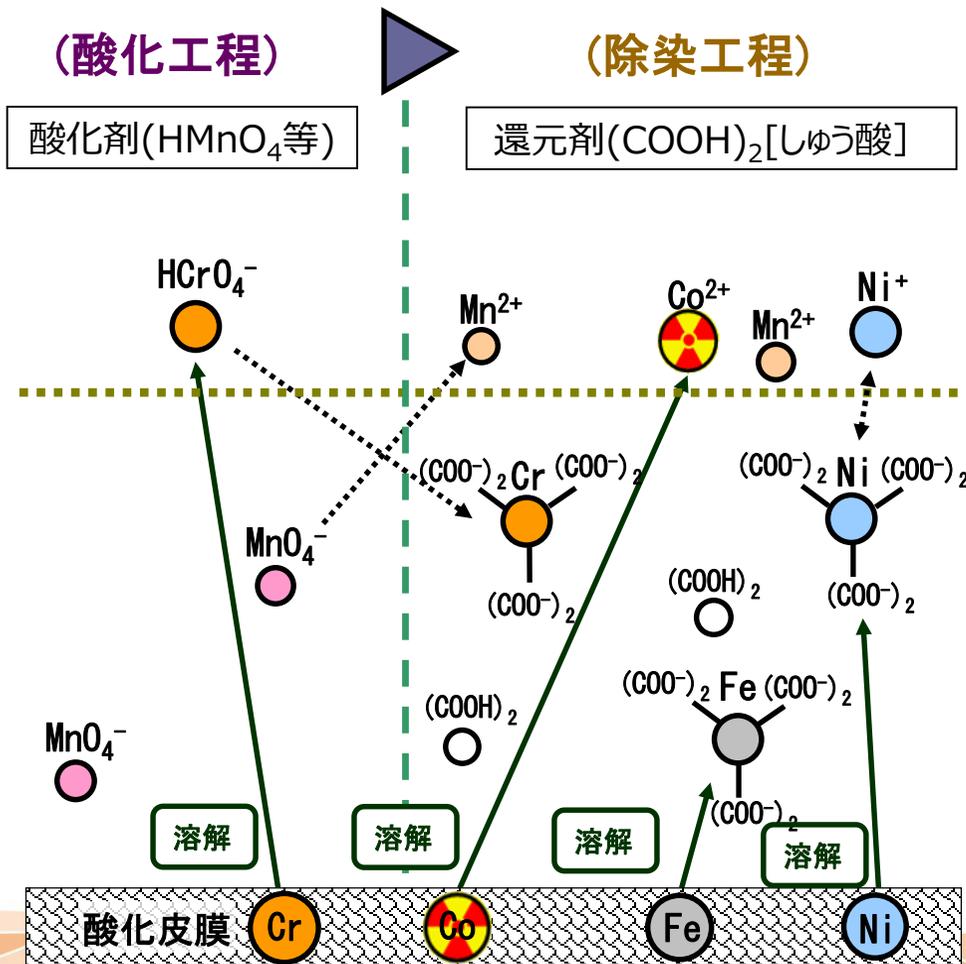
CORD法による除染サイクル



## ○除染工法 CORD法

酸化工程、除染工程、分解工程、浄化工程を1サイクルとして、サイクルを繰り返し内面皮膜を溶解させて除去する工法

### 化学除染(CORD法)の原理(イメージ)



### ①酸化工程:

MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> (過マンガン酸イオン) により Cr<sup>3+</sup>を酸化する (Cr<sup>3+</sup>→Cr<sup>6+</sup>)



### ②除染工程:

微量のしゅう酸でMnO<sub>4</sub><sup>-</sup>, MnO<sub>2</sub> (二酸化マンガン) を溶解しNi<sup>+</sup>をカチオン樹脂で回収する  
しゅう酸でFe<sup>3+/2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>を溶解分離する



### ③分解工程:

過酸化水素注入および紫外線によりしゅう酸等を分解する



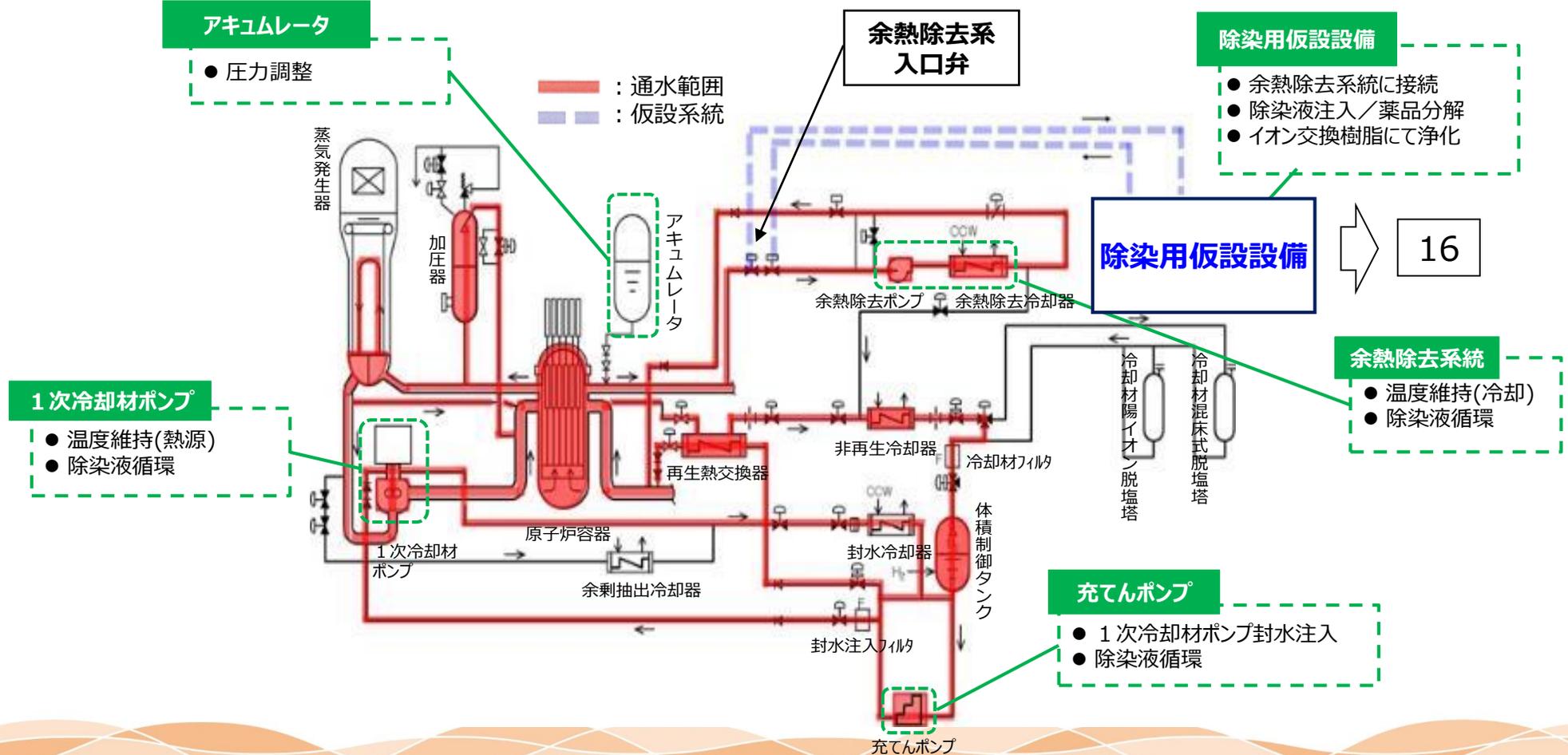
### ④浄化工程:

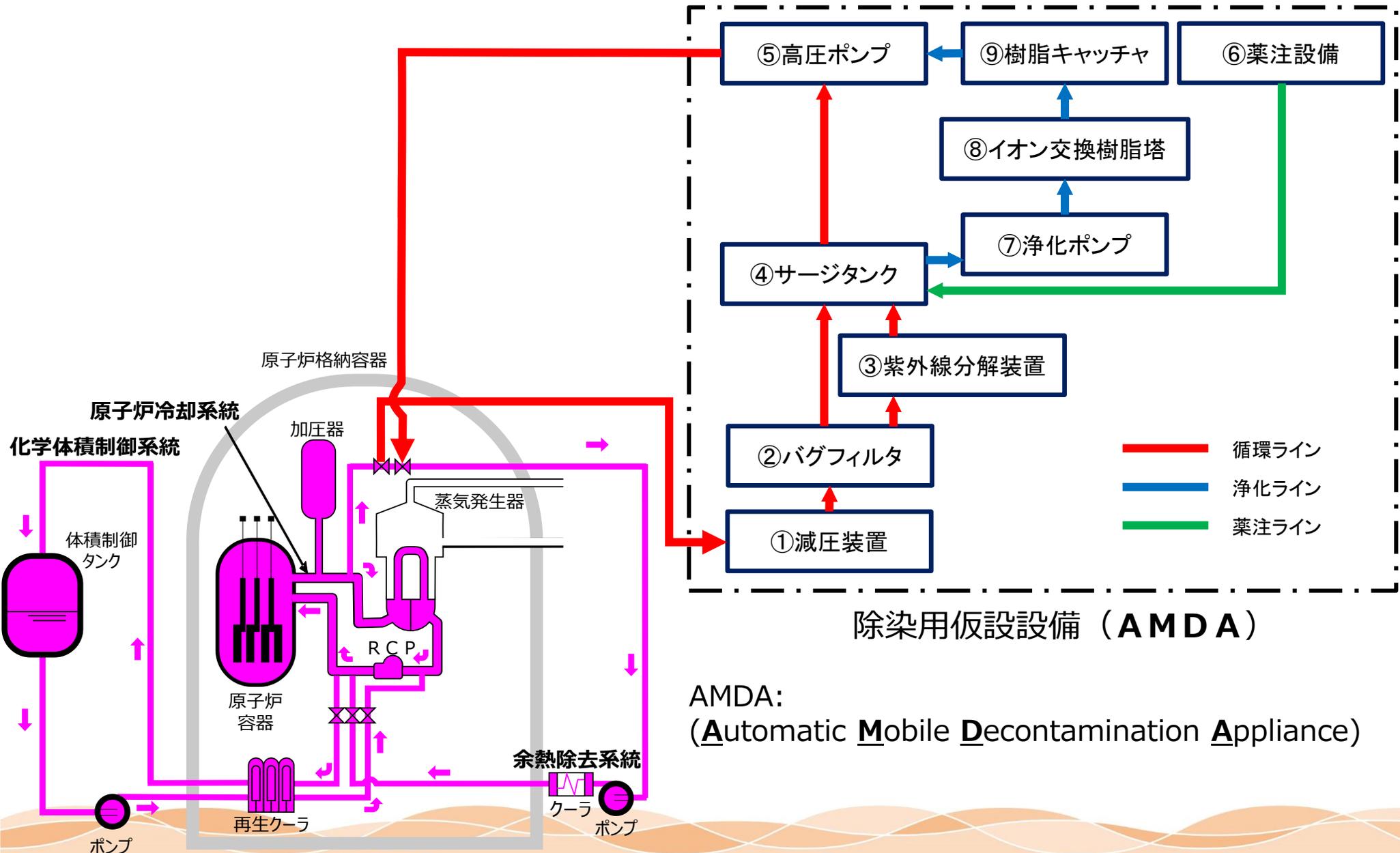
分離した放射性核種, 金属, 薬品をイオン交換樹脂で浄化する

## ○実施内容

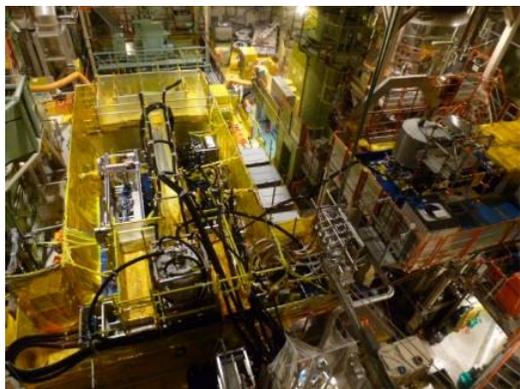
放射性物質が被膜内面に多く残存している系統（原子炉冷却系統、原子炉容器、化学体積制御系統及び余熱除去系統等）を対象に、除染用仮設設備を接続した後、化学薬品を注入した除染液を循環し、除染用仮設設備内のイオン交換樹脂にて放射性物質を除去

### 【系統概要図】





## 1号機原子炉格納容器内 [EL.10M] に設置された除染装置

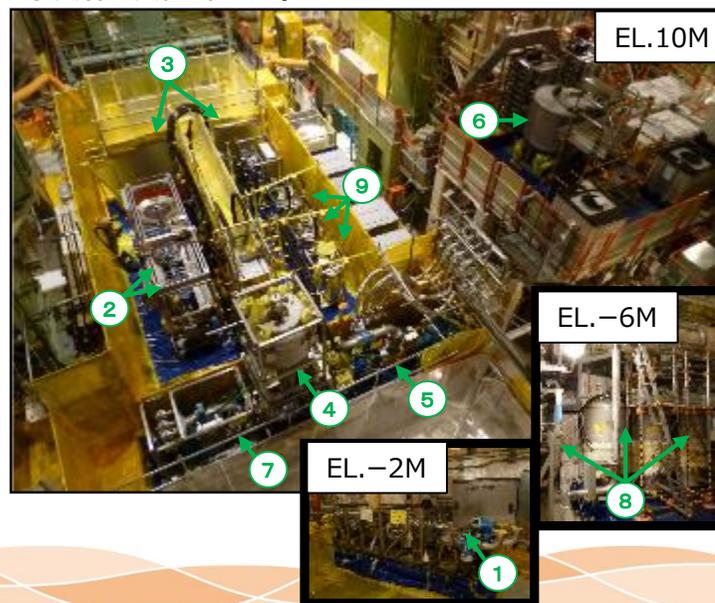
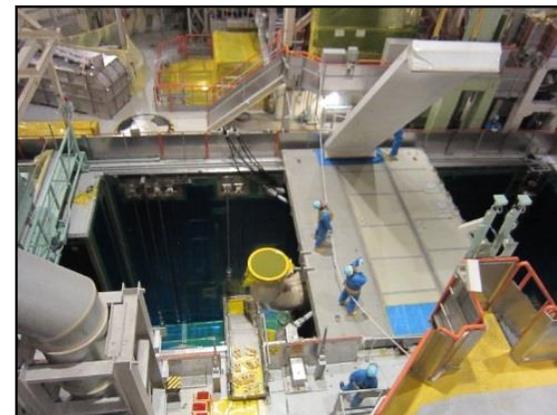


## 系統配管のフランジ接続

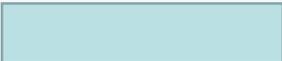


(設備設置状況)

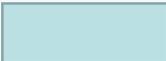
## 仮設床設置（キャビティ上部）



- ① 減圧装置
- ② バグフィルタ
- ③ UV分解装置
- ④ サージタンク
- ⑤ 高圧ポンプ
- ⑥ 薬注設備
- ⑦ 浄化ポンプ
- ⑧ イオン交換樹脂
- ⑨ 樹脂キャッチャ

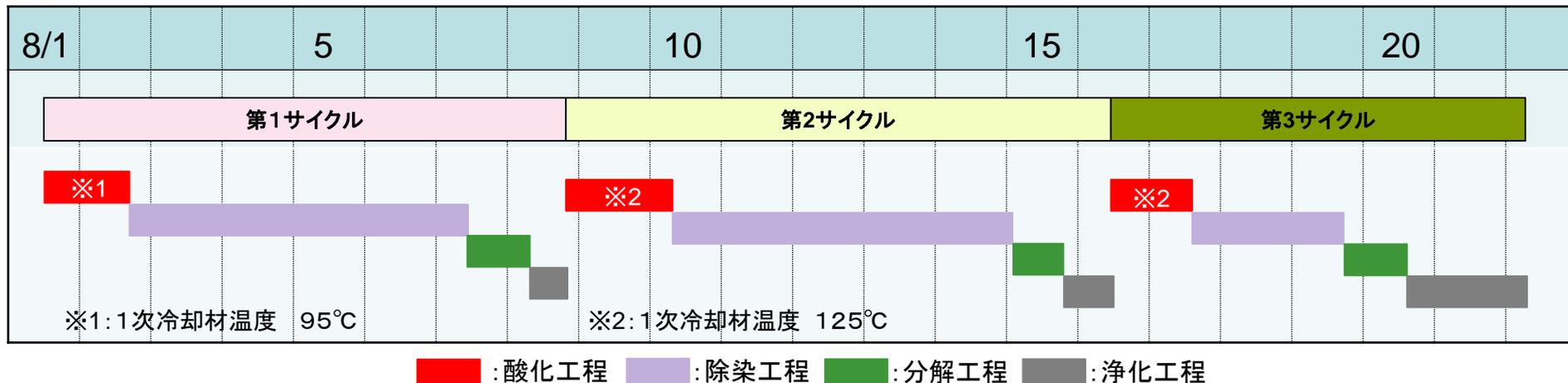
	2017年 6月	7月	8月
系統水張り	6/29  7/13		
除染装置単体試運転		7/8  7/15	
除染装置総合試運転 (既設・仮設合同)		7/18  7/30	
系統除染			8/1  8/22

※準備・後片付けの作業は除く。

	2017年 ~10月	11月	12月
系統水張り	9/26 	11/16	
除染装置単体試運転		11/13  11/19	
除染装置総合試運転 (既設・仮設合同)		11/21  11/24	
系統除染		11/25 	12/20

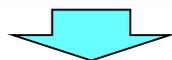
※準備・後片付けの作業は除く。

## (1) 工程実績



## (2) 系統除染結果

	除染係数(平均値)
蒸気発生器伝熱管	89
蒸気発生器胴部	140
一次系冷却材系統配管他	32



系統除染の目標である除去率97%以上を達成することができた。

## (3) 除去金属量(kg)※

Fe	Cr	Ni	Zn	合計
65	25	40	—	130

※概数

## (4) イオン交換樹脂使用量 (m<sup>3</sup>)

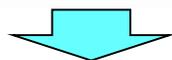
カチオン樹脂	アニオン樹脂	合計
4.7	1.15	5.85

## (1) 工程実績



## (2) 系統除染結果

	除染係数(平均値)
蒸気発生器伝熱管	174
蒸気発生器胴部	67
一次系冷却材系統配管他	30



系統除染の目標である除去率 97%以上を達成することができた。

## (3) 除去金属量(kg)※

Fe	Cr	Ni	Zn	合計
55	35	55	5	150

※概数

## (4) イオン交換樹脂使用量 (m<sup>3</sup>)

カチオン樹脂	アニオン樹脂	合計
7.2	1.4	8.60

Thank you.

