

高浜発電所 1 号炉

機械設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

関西電力株式会社

高浜1号炉で使用されている重機器サポート、空気圧縮装置、燃料取扱設備、原子炉容器上蓋付属設備、非核燃料炉心構成品、濃縮減容設備、アスファルト固化設備、雑固体焼却設備、溶離廃液濃縮装置および水素再結合装置（以上の総称として以下機械設備という）のうち、評価対象機器である安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機器、高温・高圧の環境下にあるクラス3の機器および常設重大事故等対処設備を設置場所、型式、材料等でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、構造等の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧表を表1に、機能を表2に示す。

本評価書においては、これら代表機器についての技術評価を行うとともに、代表機器以外の機器について技術評価を展開している。

また、基礎ボルトについては各機器の基礎ボルトをまとめて11章で技術評価を実施している。本評価書における技術評価結果で現状保全を継続すべき項目としたものについては、現状保全の点検手法の適切性を確認しており、現状保全を継続することで健全性の維持は可能であると考えられる。

なお、本評価書における分解点検には、定期的を実施する分解点検に加え、状態監視や傾向監視等の結果に基づき計画、実施する分解点検を含んでいる。

また、点検等で確認した結果、異常が認められた場合は速やかに対策を施すこととしており、異常が認められた場合に対策を実施する旨の記載は省略している。

さらに、設置してから分解点検等の実績がない場合も、保全計画が定められていれば「確認している」等と表記している。

機械設備および基礎ボルトは以下の11章に分類している。

- 1 重機器サポート
- 2 空気圧縮装置
- 3 燃料取扱設備
- 4 原子炉容器上蓋付属設備
- 5 非核燃料炉心構成品
- 6 濃縮減容設備
- 7 アスファルト固化設備
- 8 雑固体焼却設備
- 9 溶離廃液濃縮装置
- 10 水素再結合装置
- 11 基礎ボルト

なお、空気圧縮装置の弁のうち、「弁の技術評価書」の一般弁（本体部）に分類可能な弁ならびに濃縮減容設備、アスファルト固化設備、雑固体焼却設備および溶離廃液濃縮装置の弁に分類されるものについては、「弁の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含んでいない。

表 1 (1/10) 高浜 1 号炉 重機器サポートの主な仕様

機器名称	重要度*1	部位名称	使用条件
			最高使用温度 (℃)
原子炉容器サポート	PS-1、重*2	原子炉容器サポート	約185
蒸気発生器サポート	PS-1、重*2	上部サポート	約280
		オイルスナバ	約 49
		下部サポート	約230
		支持脚	約310
1次冷却材ポンプ サポート	PS-1、重*2	上部サポート	約 49
		オイルスナバ	約 49
		下部サポート	約160
		支持脚	約130
加圧器サポート	PS-1、重*2	上部サポート	約120
		下部サポート (スカート)	約320

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

表 1 (2/10) 高浜 1 号炉 空気圧縮装置の主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準					代表機器の選定	
設置場所 型式	流体	材料		仕様 (容量)	重要度*1	使用条件			代表 機器	選定理由
						運転状態	最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)		
屋内 往復式	空気	鋳鉄、 炭素鋼	計器用空気圧縮装置 (2)	約8.2Nm ³ /min	MS-1	連続	約0.8	約240	◎	重要度
			非常用ディーゼル発電機始動用空気圧縮機 (2)	約0.7Nm ³ /min	高*2	一時	約3.2	約200		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

表 1 (3/10) 高浜 1 号炉 燃料取扱設備の主な仕様

分離基準	機器名称 (台数)	選定基準				代表機器の選定	
		重要度*1	仕様	使用条件		代表機器	選定理由
型式	重要度*1			仕様	運転状態		
クレーン	燃料取換クレーン (1)	PS-2	容量×揚程： 約7.3kN×約7.7m	一時	気中：約49℃ 水中：約40℃	◎	使用温度
	燃料ピットクレーン (1)	PS-2	容量×揚程： 約9.8kN×約5.8m	一時	気中：約40℃ 水中：約40℃		
	使用済燃料ピットクレーン (2)	PS-2	容量×揚程： 約20kN×約9.5m	一時	気中：約40℃ 水中：約40℃		
	補助建屋クレーン (1)	PS-2	容量×揚程： 約1,128kN×約20.0m(主巻) 約196kN×約24.7m(補巻)	一時	気中：約40℃		
	燃料取扱建屋クレーン (2)	PS-2	容量×揚程： 約1,226kN×約21.1m(主巻) 約196kN×約21.7m(補巻)	一時	気中：約40℃		
—	燃料移送装置 (1)	PS-2	容量×移送距離： 燃料集合体 1 体分×約13.6m	一時	気中*2：約49℃ 約40℃ 水中：約40℃	◎	
—	新燃料ラック (1)	PS-2	容量：85セル	—	常温	◎	

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：上段は原子炉格納容器内を示す。下段は原子炉補助建屋内を示す。

表 1 (4/10) 高浜 1 号炉 原子炉容器上蓋付属設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準			代表機器の選定	
設置場所	材料		重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
				最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)		
原子炉容器上蓋上	ステンレス鋼	制御棒駆動装置 (52) (予備用4台含む)	PS-1	約17.2	約343	◎	構造 (駆動機構あり)
		炉内熱電対用フランジ (4)	PS-1	約17.2	約343		
		原子炉水位計 (ハウジング) (1)	PS-1	約17.2	約343		

*1：機能は最上位の機能を示す。

表 1 (5/10) 高浜 1 号炉 非核燃料炉心構成品の主な仕様

機器名称 (体数)	重要度*1	使用条件	
		最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)
制御棒クラスタ (424*3)	MS-1、重*2	約17.2	約343

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

*3：使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体を含む。

表 1 (6/10) 高浜 1 号炉 濃縮減容設備の主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準				代表機器の選定	
減容方式	流体	材料		重要度*1	使用条件*2			代表機器	選定理由
					運転状態	最高使用圧力*3 (MPa[gage])	最高使用温度*3 (°C)		
蒸発減容	廃液	ステンレス鋼	廃液蒸発装置 (1)	高*4	一時	約0.1/約0.5	約150/約170	◎	内部流体
	1次冷却材	ステンレス鋼	ほう酸回収装置 (1)	高*4	一時	約0.5/約0.1	約170/約150		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：廃液蒸発装置は加熱器、ほう酸回収装置は蒸発器の使用条件を示す。

*3：管側／胴側を示す。

*4：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

表 1 (7/10) 高浜 1 号炉 アスファルト固化設備の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件*2				
		運転状態	最高使用圧力 (MPa [gage])		最高使用温度 (°C)	
アスファルト 固化設備 (1)	高*3	一時	内胴側	大気圧	内胴側	約200
			外胴側	約0.7	外胴側	約300

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：固化蒸発缶の使用条件を示す。

*3：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

表 1 (8/10) 高浜 1 号炉 雑固体焼却設備の主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (焼却容量)	重要度*1	使用条件*2		
			運転状態	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)
雑固体焼却設備 (1)	約75kg/h(雑固体) 約50kg/h(廃油)	高*3	一時	大気圧	約1,100

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：雑固体焼却炉の使用条件を示す。

*3：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

表 1 (9/10) 高浜 1 号炉 溶離廃液濃縮装置の主な仕様

機器名称(台数)	重要度*1	使用条件*2		
		運転状態	最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)
溶離廃液濃縮装置(1)	高*3	一時	約0.1	約120

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：蒸発器の使用条件を示す。

*3：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

表 1 (10/10) 高浜 1 号炉 水素再結合装置の主な仕様

分離基準	機器名称 (台数)	選定基準				代表機器の選定	
		重要度*1	使用条件			代表機器	選定理由
型式	運転状態		最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)			
水素再結合装置	静的触媒式水素再結合装置(5)	重*2	一時	—	約500*3	◎	温度
	原子炉格納容器水素燃焼装置(13)	重*2	一時	約1.6	約200		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

*3：水素反応の筐体（排気）温度を示す。

表 2 (1/10) 高浜 1 号炉 主要な機械設備 重機器サポートの機能

機器名称	部位名称	機能
原子炉容器サポート	原子炉容器サポート	原子炉容器の自重を支持し、地震時の水平方向の変位を拘束する。
蒸気発生器サポート	上部サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。
	オイルスナバ	上部サポートを構成しており、蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。
	下部サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。
	支持脚	蒸気発生器の自重を支持し、地震時の鉛直方向の変位を拘束する。
1 次冷却材ポンプサポート	上部サポート	1 次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。
	オイルスナバ	上部サポートを構成しており、1 次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。
	下部サポート	1 次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。
	支持脚	1 次冷却材ポンプの自重を支持し、地震時の鉛直方向の変位を拘束する。
加圧器サポート	上部サポート	加圧器の地震時の水平方向の変位を拘束する。
	下部サポート (スカート)	加圧器の自重を支持し、地震時の水平鉛直方向の変位を拘束する。

表 2 (2/10) 高浜 1 号炉 主要な機械設備 空気圧縮装置の機能

機器名称	機能
計器用空気圧縮装置	プラント出力運転中（停止中も含む）の制御に必要な空気作動弁、空気式計器等に清浄で乾燥した圧縮空気を供給する空気圧縮装置である。
非常用ディーゼル発電機 始動用空気圧縮機	非常用ディーゼル機関の始動に必要な圧縮空気を供給する空気圧縮装置である。

表 2 (3/10) 高浜 1 号炉 主要な機械設備 燃料取扱設備の機能

機器名称	機能
燃料取換クレーン	原子炉格納容器内キャビティで炉心内燃料集合体の交換のため、炉心と燃料移送装置の間での燃料集合体の移送に使用される燃料取扱設備である。
燃料ピットクレーン	原子炉補助建屋内使用済燃料ピットで燃料集合体および燃料内挿物の移送に使用される燃料取扱設備である。
使用済燃料ピットクレーン	燃料取扱建屋内使用済燃料ピットで燃料集合体および燃料内挿物の移送に使用される燃料取扱設備である。
補助建屋クレーン	原子炉補助建屋内でキャスク等の移動に使用される燃料取扱設備である。
燃料取扱建屋クレーン	燃料取扱建屋内でキャスク等の移動に使用される燃料取扱設備である。
燃料移送装置	原子炉格納容器内キャビティ、チャンネルと原子炉補助建屋内燃料ピット間の燃料集合体の移送に使用される燃料取扱設備である。
新燃料ラック	原子力発電所に搬入される新燃料を一時貯蔵するために使用される燃料取扱設備である。

表 2 (4/10) 高浜 1 号炉 主要な機械設備 原子炉容器上蓋付属設備の機能

機器名称	機能
制御棒駆動装置	炉心制御のための制御棒を駆動する装置である。
炉内熱電対用フランジ	原子炉容器炉内温度計測のための熱電対を原子炉容器から引き出す管台である。
原子炉水位計 (ハウジング)	原子炉容器内の 1 次冷却材水位を検出するための検出器のハウジングである。

表 2 (5/10) 高浜 1 号炉 主要な機械設備 非核燃料炉心構成品の機能

機器名称	機能
制御棒クラスタ	通常運転中の反応度変化を補償することおよび停止の際炉心の余剰反応度を吸収するための非核燃料炉心構成品である。

表 2 (6/10) 高浜 1 号炉 主要な機械設備 濃縮減容設備の機能

機器名称	機能
廃液蒸発装置	液体廃棄物を補助蒸気により加熱して所定濃度まで蒸発減容させる。発生蒸気は冷却水により蒸留水にする装置である。
ほう酸回収装置	余剰ほう酸水を予熱により脱ガスし補助蒸気により加熱して所定濃度まで蒸発減容させる。発生蒸気は冷却水により蒸留水にする装置である。

表 2 (7/10) 高浜 1 号炉 主要な機械設備 アスファルト固化設備の機能

機器名称	機能
アスファルト固化設備	廃液蒸発装置から出る濃縮液を、加熱しながらアスファルトと混合・蒸発させてドラム詰のアスファルト固化体にする。発生蒸気は冷却水により凝縮水にする設備である。

表 2 (8/10) 高浜 1 号炉 主要な機械設備 雑固体焼却設備の機能

機器名称	機能
雑固体焼却設備	廃固体または廃油を雑固体焼却炉内で焼却減容する。 焼却灰は炉底から排出してドラム詰にする。排ガス中 に含まれる浮遊塵灰は、1次セラミックフィルタおよ び2次セラミックフィルタにて除去する設備である。

表 2 (9/10) 高浜 1 号炉 主要な機械設備 溶離廃液濃縮装置の機能

機器名称	機能
溶離廃液濃縮装置	溶離液により廃樹脂に付着した放射性物質を除去した放射性物質を含む廃液を、加熱して所定濃度まで蒸発減容させる。発生蒸気は冷却水により凝縮水にする設備である。

表 2 (10/10) 高浜 1 号炉 主要な機械設備 水素再結合装置の機能

機器名称	機能
静的触媒式水素再結合装置	炉心損傷に伴うジルコニウム－水反応等により原子炉格納容器内に発生する水素と、事故後の長期にわたり緩やかに発生する水の放射線分解による水素の除去を行う設備である。
原子炉格納容器水素燃焼装置	炉心損傷に伴うジルコニウム－水反応等により原子炉格納容器内に発生する水素を計画的に燃焼させることで、初期の水素発生量のピークを抑える設備である。

1 重機器サポート

[対象機器]

- ① 原子炉容器サポート
- ② 蒸気発生器サポート
- ③ 1次冷却材ポンプサポート
- ④ 加圧器サポート

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 重機器サポートの技術評価	2
2.1 構造および材料	2
2.2 経年劣化事象の抽出	30
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	50

1. 技術評価対象機器

高浜1号炉で使用されている重機器サポートの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 高浜1号炉 重機器サポートの主な仕様

機器名称	重要度*1	部位名称	機能	使用条件
				最高使用温度(℃)
原子炉容器サポート	PS-1、重*2	原子炉容器サポート	原子炉容器の自重を支持し、地震時の水平方向の変位を拘束する。	約185
蒸気発生器サポート	PS-1、重*2	上部サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約280
		オイルスナバ	上部サポートを構成しており、蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約49
		下部サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約230
		支持脚	蒸気発生器の自重を支持し、地震時の鉛直方向の変位を拘束する。	約310
1次冷却材ポンプサポート	PS-1、重*2	上部サポート	1次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。	約49
		オイルスナバ	上部サポートを構成しており、1次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。	約49
		下部サポート	1次冷却材ポンプの地震時の水平方向の変位を拘束する。	約160
		支持脚	1次冷却材ポンプの自重を支持し、地震時の鉛直方向の変位を拘束する。	約130
加圧器サポート	PS-1、重*2	上部サポート	加圧器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約120
		下部サポート(スカート)	加圧器の自重を支持し、地震時の水平鉛直方向の変位を拘束する。	約320

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

2. 重機器サポートの技術評価

本章では、1章で対象とした以下の重機器サポートについて技術評価を実施する。

- ① 原子炉容器サポート
- ② 蒸気発生器サポート
- ③ 1次冷却材ポンプサポート
- ④ 加圧器サポート

2.1 構造および材料

2.1.1 原子炉容器サポート

(1) 構造

高浜1号炉の原子炉容器サポートは、1次冷却材出入口管台パッド部に取り付けられており、自重を支持するとともに地震時の水平方向の変位を拘束する構造である。

高浜1号炉の原子炉容器サポートの構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料

高浜1号炉の原子炉容器サポートの使用材料を表2.1-1に示す。

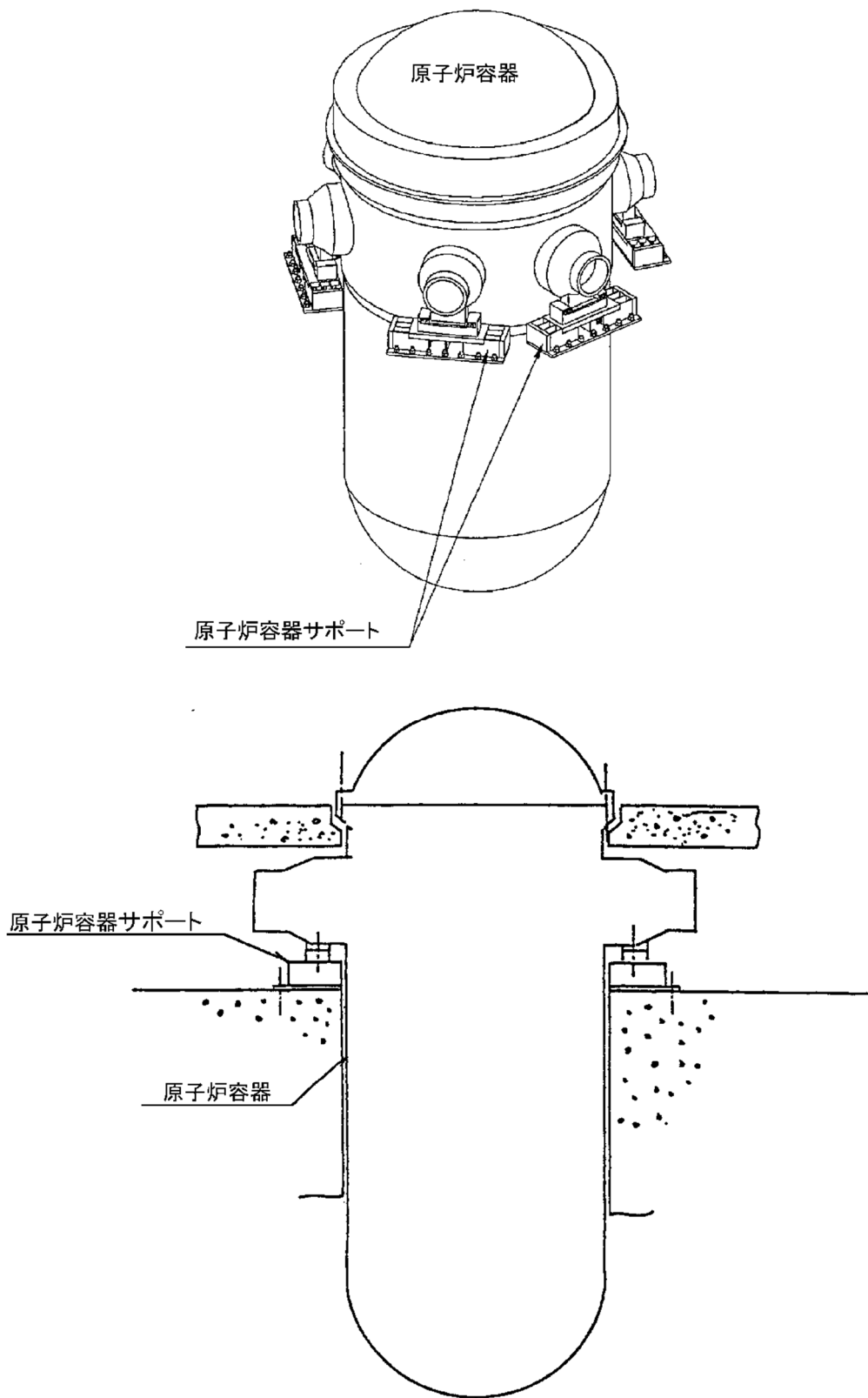
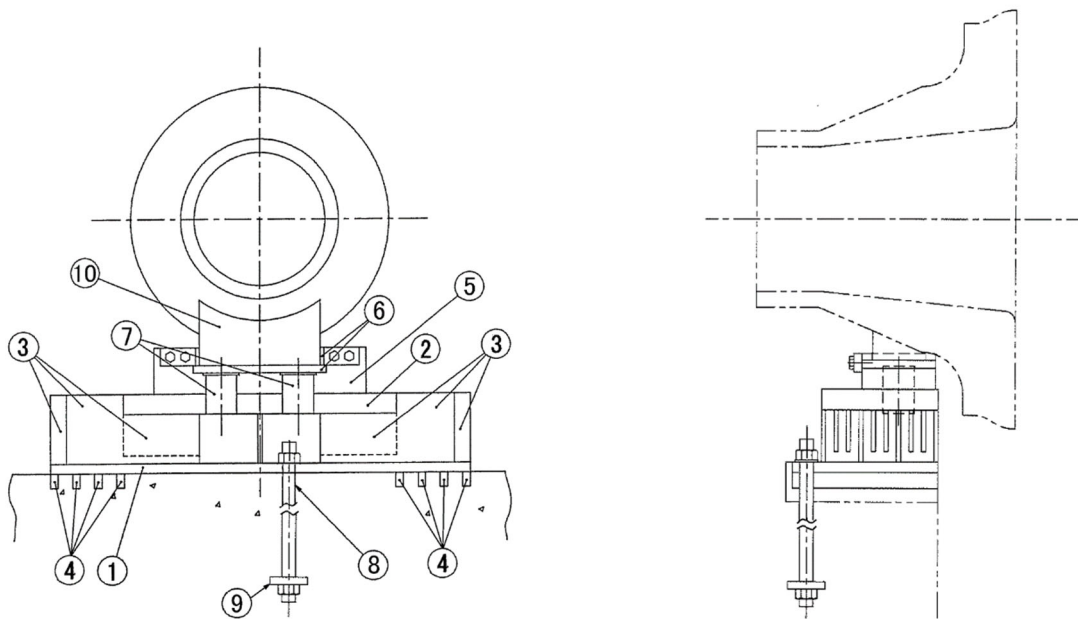


図2.1-1 (1/2) 高浜1号炉 原子炉容器サポート構造図



No.	部位
①	サポートブラケット（下部）
②	サポートブラケット（上部）
③	補強材
④	埋込補強材
⑤	サポートシュー
⑥	シムプレート
⑦	ボルト
⑧	基礎ボルト
⑨	埋込金物
⑩	パッド

図2.1-1 (2/2) 高浜1号炉 原子炉容器サポート構造図

表2.1-1 高浜1号炉 原子炉容器サポート主要部位の使用材料

部位	材料
サポートブラケット（下部）	炭素鋼
サポートブラケット（上部）	炭素鋼
補強材	炭素鋼
埋込補強材	炭素鋼
サポートシュー	低合金鋼
シムプレート	低合金鋼
ボルト	低合金鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭素鋼
パッド	低合金鋼

2.1.2 蒸気発生器サポート

(1) 構造

高浜1号炉の蒸気発生器サポートは、上部サポート、下部サポートおよび支持脚が設置されている。

上部サポートおよび下部サポートは、地震時の水平方向の変位を拘束する構造である。

支持脚は、蒸気発生器水室のパッド部に取り付けられており、自重を支持するとともに地震時の鉛直方向の変位を拘束する構造である。

高浜1号炉の蒸気発生器サポートの構造図を図2.1-2～図2.1-6に示す。

(2) 材料

高浜1号炉の蒸気発生器サポートの使用材料を表2.1-2～表2.1-5に示す。

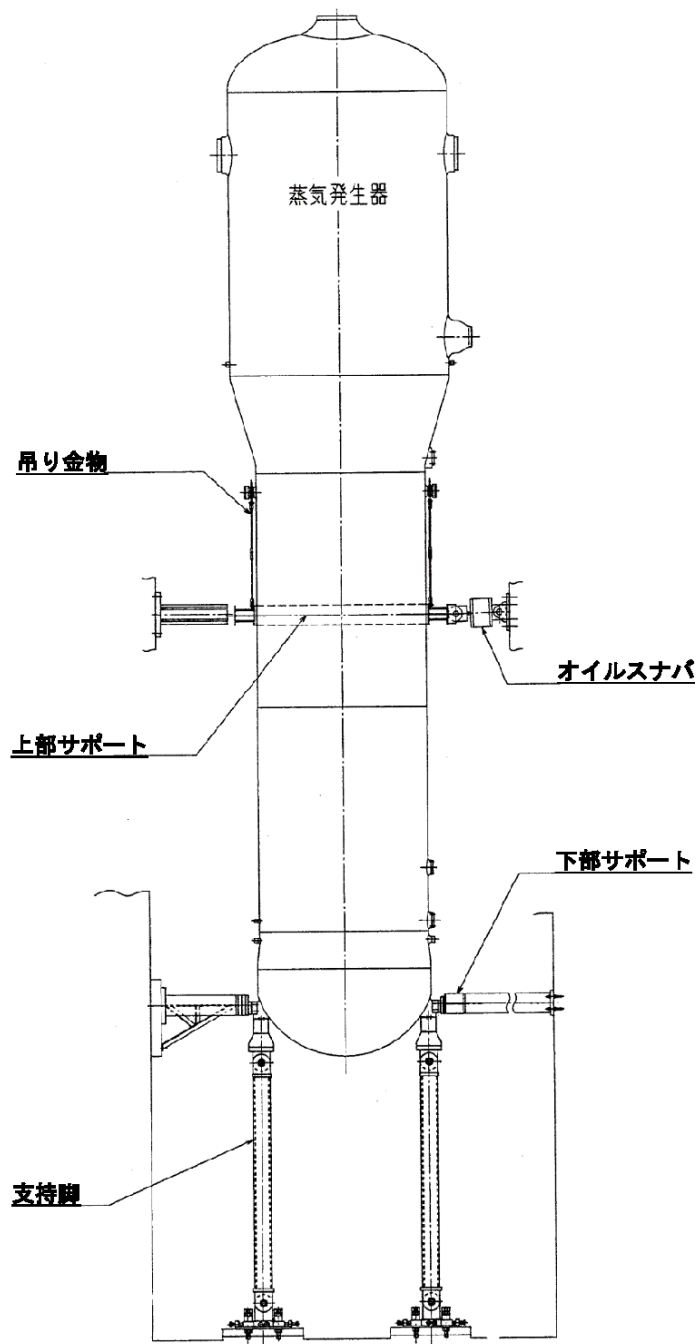
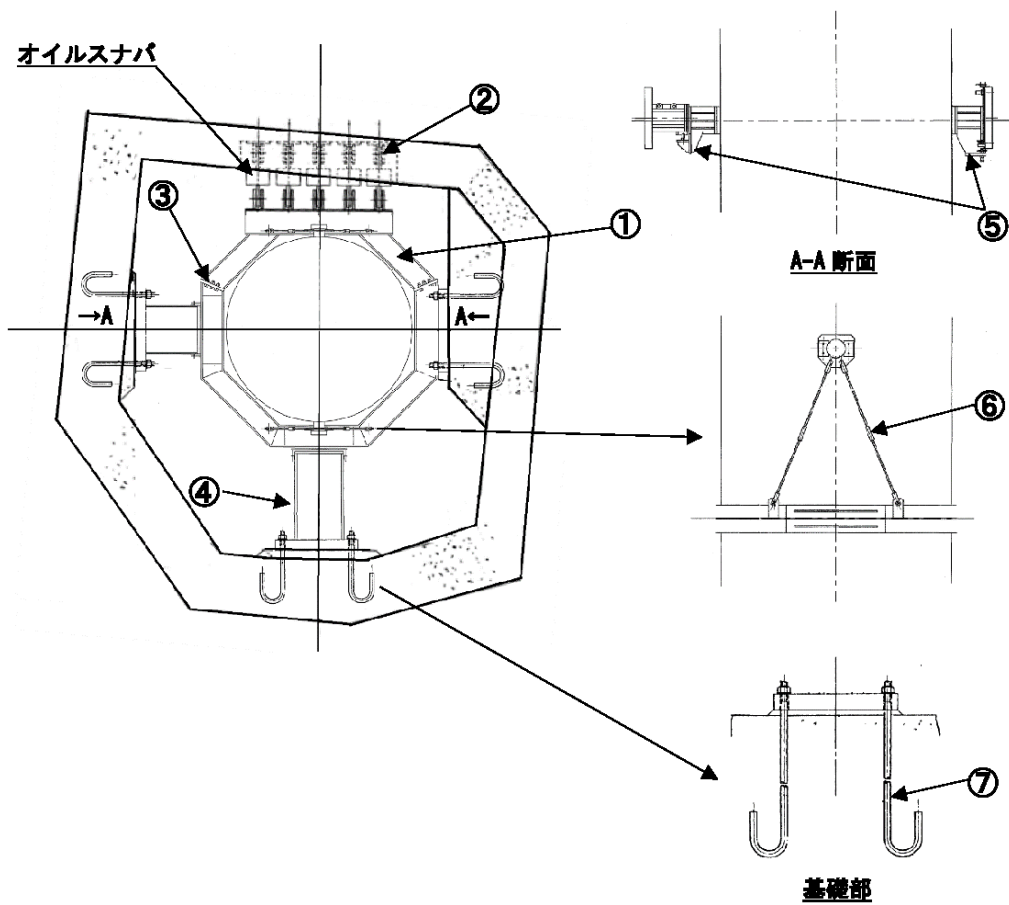
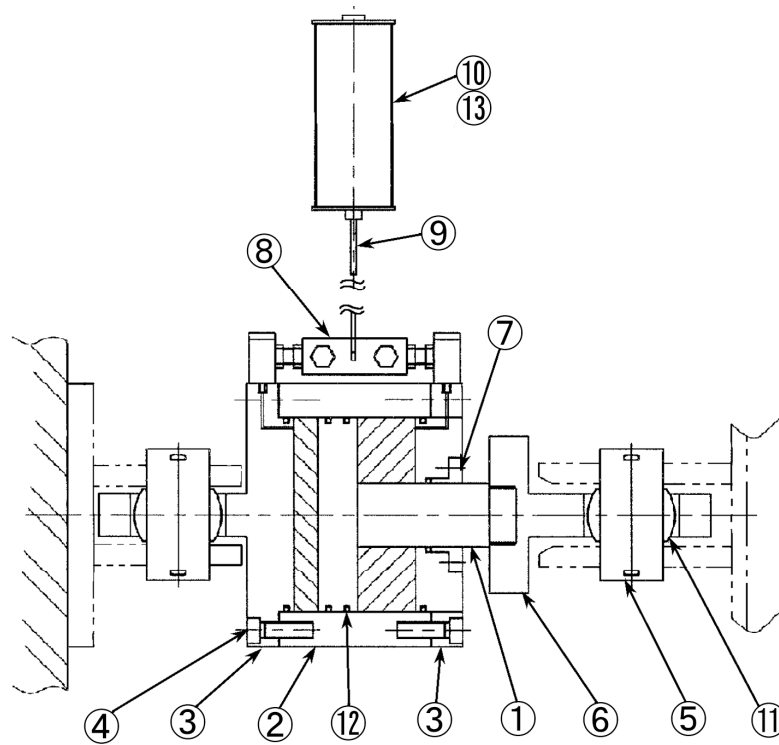


図2.1-2 高浜1号炉 蒸気発生器サポート全体図



No.	部位
①	リングフレーム
②	壁側スナバブラケット
③	リングフレーム組立ボルト
④	バックバンパ
⑤	浮き上がり防止金物
⑥	吊り金物
⑦	基礎ボルト

図2.1-3(1/2) 高浜1号炉 蒸気発生器上部サポート構造図



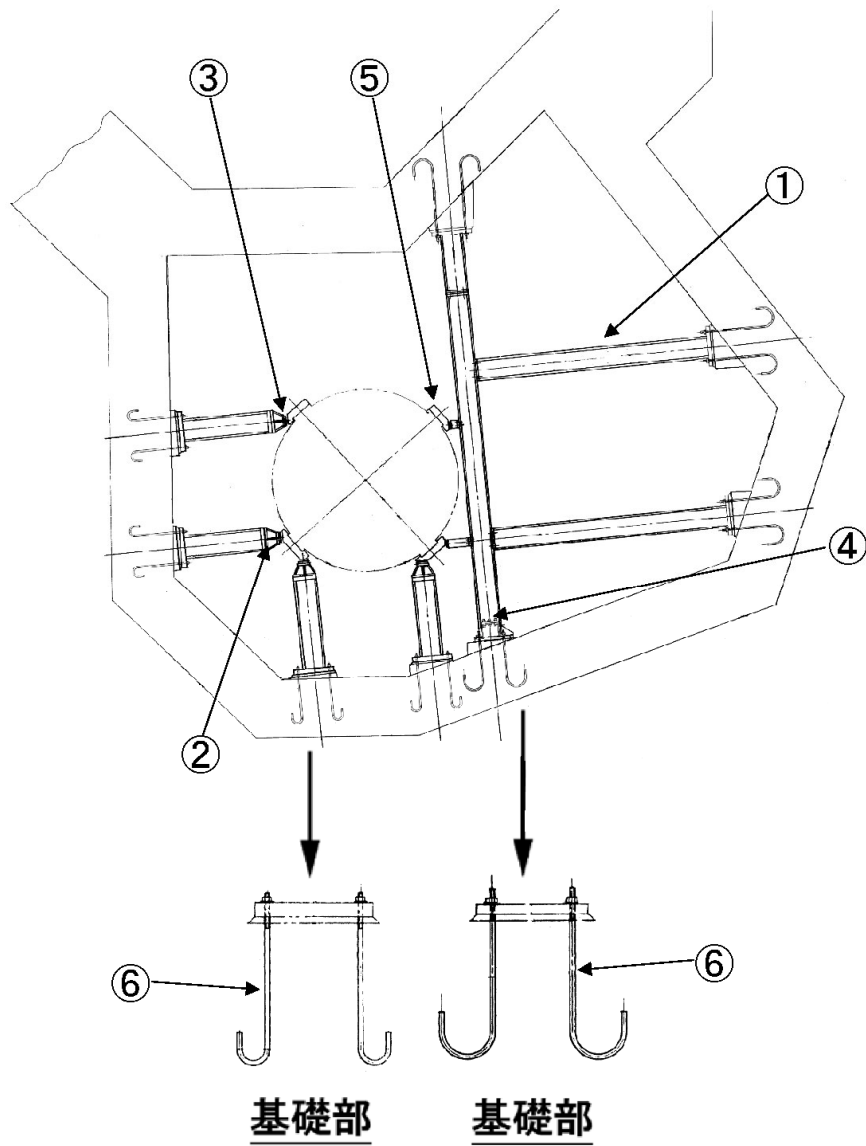
オイルスナバ

No.	部位		No.	部位	
①	オイルスナバ	ピストンロッド	⑧	オイルスナバ	コントロールシステム
②		シリンダチューブ	⑨		パイプ
③		シリンダカバー	⑩		オイルリザーバ
④		タイボルト	⑪		球面軸受 (すべり)
⑤		コッターピン	⑫		オイルシール
⑥		コネクティングラグ	⑬		オイル
⑦		ブッシュ			

図2.1-3(2/2) 高浜1号炉 オイルスナバ構造図

表2.1-2 高浜1号炉 蒸気発生器上部サポート主要部位の使用材料

部位		材料
リングフレーム		炭素鋼
壁側スナバブラケット		低合金鋼
リングフレーム組立ボルト		低合金鋼
バックバンパ		炭素鋼
浮き上がり防止金物		炭素鋼
吊り金物		低合金鋼
基礎ボルト		低合金鋼
オイルスナバ	シリンダチューブ	低合金鋼
	シリンダカバー	低合金鋼
	ピストンロッド	低合金鋼
	ブッシュ	銅合金鋳物
	タイボルト	低合金鋼
	コネクティングラグ	低合金鋼
	コッターピン	低合金鋼
	コントロールシステム	炭素鋼
	パイプ	ステンレス鋼
	オイルリザーバ	ステンレス鋼
	球面軸受 (すべり)	軸受鋼
	オイルシール	消耗品・定期取替品
	オイル	消耗品・定期取替品

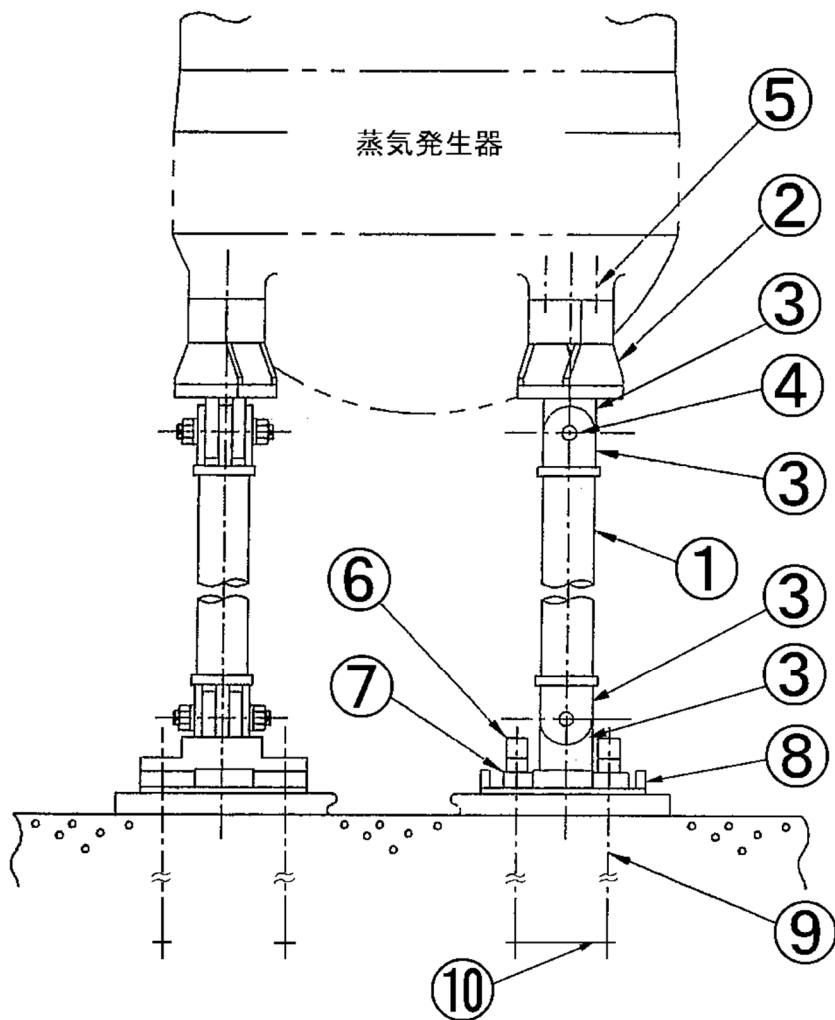


No.	部位
①	サポートビーム
②	サポートブロック
③	シム
④	サポートビーム組立ボルト
⑤	パッド
⑥	基礎ボルト

図2.1-5 高浜1号炉 蒸気発生器下部サポート構造図

表2.1-4 高浜1号炉 蒸気発生器下部サポート主要部位の使用材料

部位	材料
サポートビーム	炭素鋼
サポートブロック	低合金鋼
シム	炭素鋼
サポートビーム組立ボルト	低合金鋼
パッド	低合金鋼
基礎ボルト	低合金鋼



No.	部位	No.	部位
①	サポートパイプ	⑥	押え金物
②	支持脚ブラケット	⑦	支持脚ヒンジ側ベースプレート
③	ヒンジ	⑧	ベースプレート
④	支持脚ピン	⑨	基礎ボルト
⑤	植込ボルト	⑩	埋込金物

図2.1-6 高浜1号炉 蒸気発生器支持脚構造図

表2.1-5 高浜1号炉 蒸気発生器支持脚主要部位の使用材料

部位	材料
サポートパイプ	炭素鋼
支持脚ブラケット	炭素鋼
ヒンジ	炭素鋼
支持脚ピン	低合金鋼
植込ボルト	低合金鋼
押え金物	低合金鋼
支持脚ヒンジ側ベースプレート	低合金鋼
ベースプレート	炭素鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭素鋼

2.1.3 1次冷却材ポンプサポート

(1) 構造

高浜1号炉の1次冷却材ポンプサポートは、上部サポート、下部サポートおよび支持脚が設置されている。

上部サポートおよび下部サポートは、地震時の水平方向の変位を拘束する構造である。

支持脚はポンプケーシングラグ部に取り付けられており、自重を支持するとともに地震時の鉛直方向の変位を拘束する構造である。

高浜1号炉の1次冷却材ポンプサポートの構造図を図2.1-7～図2.1-11に示す。

(2) 材料

高浜1号炉の1次冷却材ポンプサポートの使用材料を、表2.1-6～表2.1-8に示す。

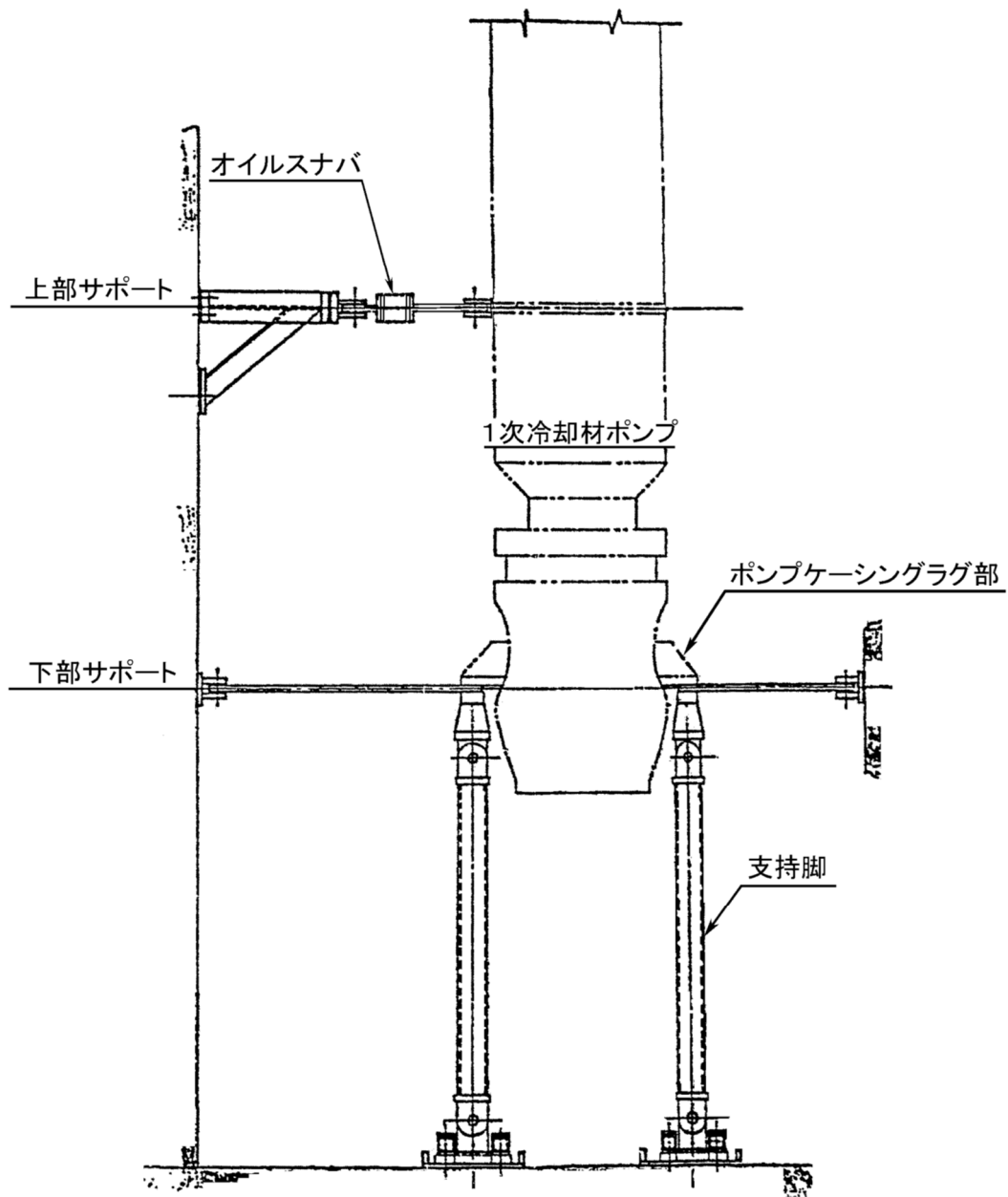
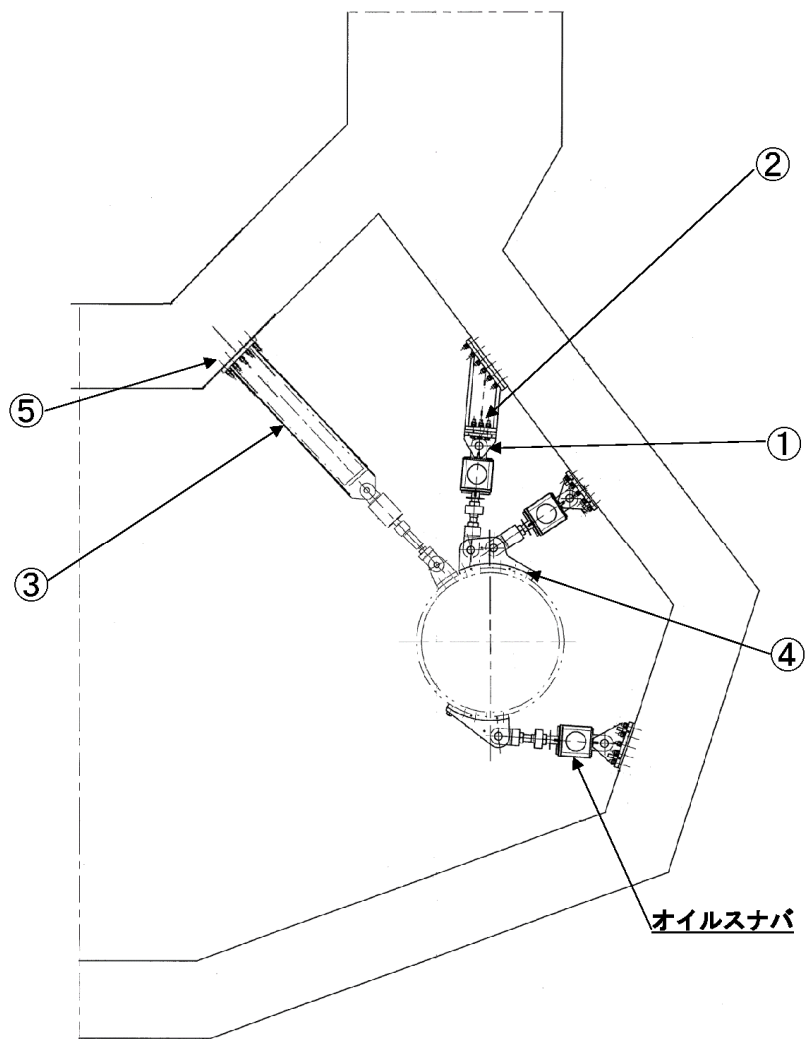
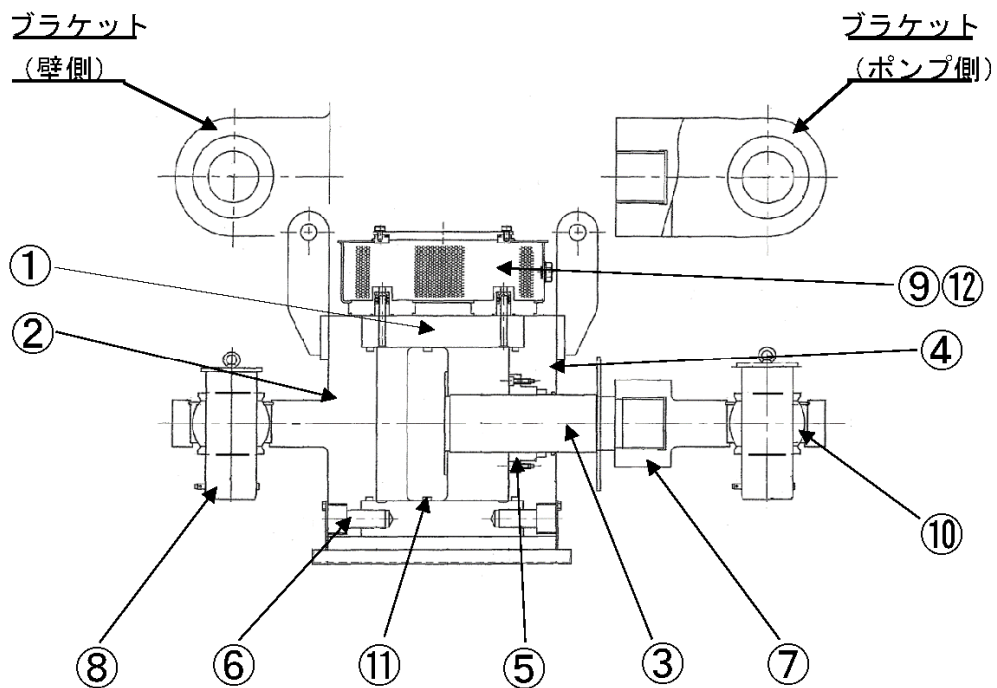


図2.1-7 高浜1号炉 1次冷却材ポンプサポート全体図



No.	部位
①	ブラケット
②	取付ボルト
③	サポートビーム
④	モータ側ブラケット取付ボルト
⑤	基礎ボルト

図2.1-8 高浜1号炉 1次冷却材ポンプ上部サポート構造図

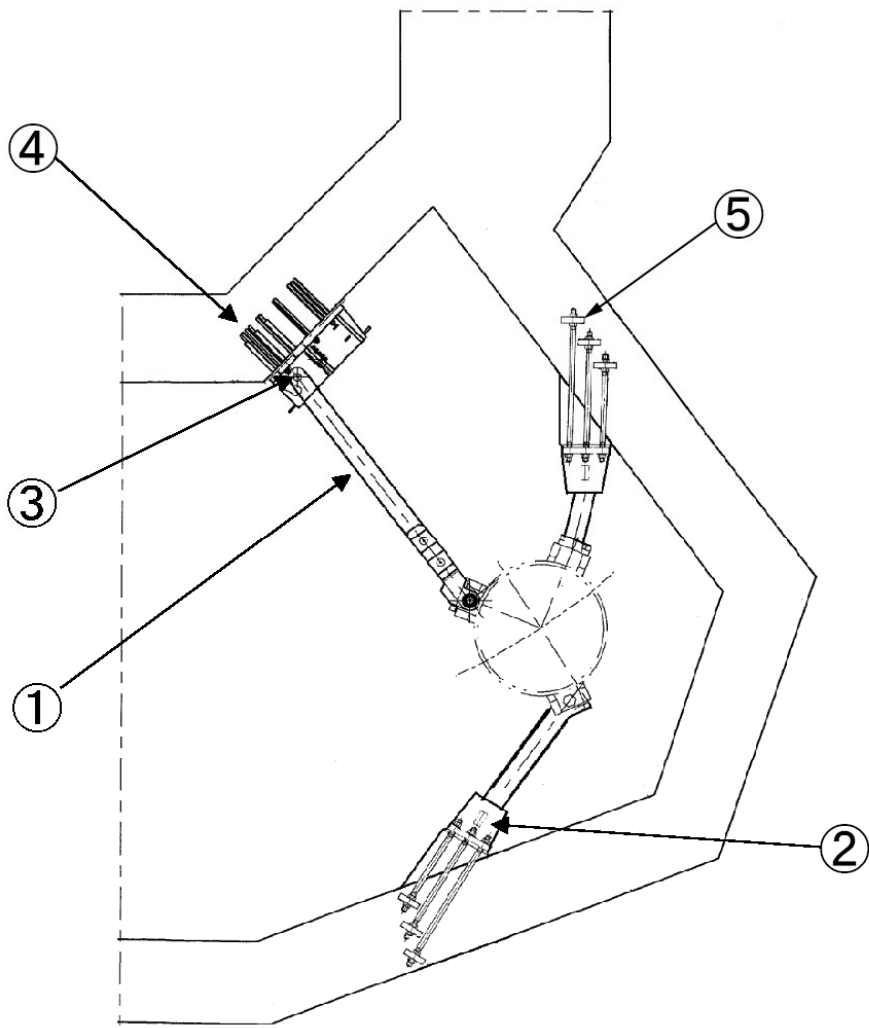


No.	部位		No.	部位	
①		シリンダチューブ	⑦		コネクティングラグ
②	オイル スナバ	シリンダカバー	⑧	オイル スナバ	コッターピン
③		ピストンロッド	⑨		オイルリザーバ
④		ロッドカバー	⑩		球面軸受 (すべり)
⑤		ブッシュ	⑪		オイルシール
⑥		タイボルト	⑫		オイル

図2.1-9 高浜1号炉 1次冷却材ポンプ上部サポートオイルスナバ構造図

表2.1-6 高浜1号炉 1次冷却材ポンプ上部サポート主要部位の使用材料

部位		材料
ブラケット		炭素鋼
取付ボルト		低合金鋼
サポートビーム		炭素鋼
モータ側ブラケット取付ボルト		低合金鋼
基礎ボルト		低合金鋼
オイル スナ バ	シリンダチューブ	低合金鋼
	シリンダカバー	低合金鋼
	ピストンロッド	低合金鋼
	ロッドカバー	低合金鋼
	ブッシュ	銅合金鋳物
	タイボルト	低合金鋼
	コネクティングラグ	低合金鋼
	コッターピン	低合金鋼
	オイルリザーバ	ステンレス鋼
	球面軸受（すべり）	軸受鋼
	オイルシール	消耗品・定期取替品
	オイル	消耗品・定期取替品

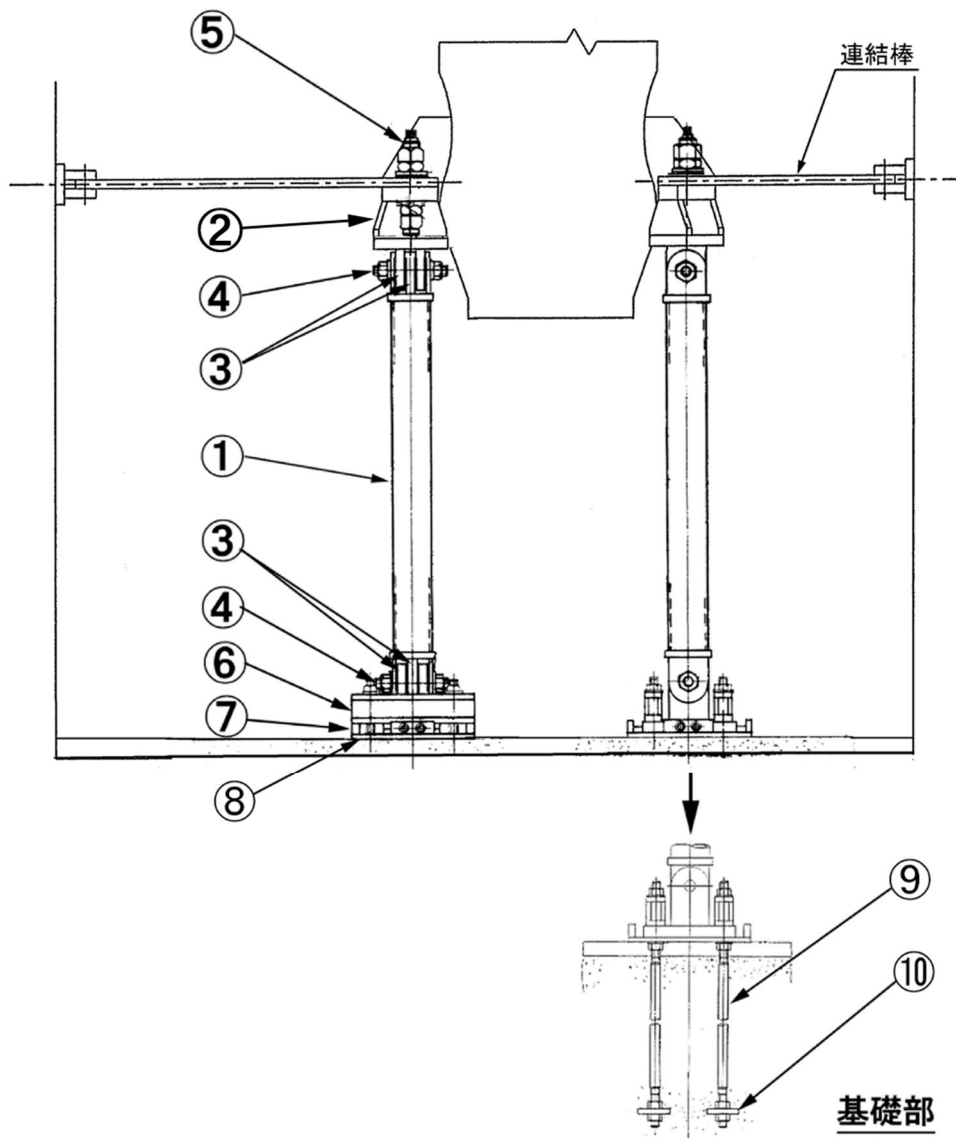


No.	部位
①	連結棒
②	ブラケット
③	ピン
④	基礎ボルト (ケミカルアンカ)
⑤	埋込金物

図2.1-10 高浜1号炉 1次冷却材ポンプ下部サポート構造図

表2.1-7 高浜1号炉 1次冷却材ポンプ下部サポート主要部位の使用材料

部位	材料
連結棒	低合金鋼
ブラケット	炭素鋼
ピン	低合金鋼
基礎ボルト（ケミカルアンカ）	低合金鋼、樹脂
埋込金物	炭素鋼



No.	部位	No.	部位
①	支柱	⑥	押え金物
②	支持脚ブラケット	⑦	支持脚ヒンジ側ベースプレート
③	ヒンジ	⑧	ベースプレート
④	支持脚ピン	⑨	基礎ボルト
⑤	支持脚取付ボルト	⑩	埋込金物

図2. 1-11 高浜1号炉 1次冷却材ポンプ支持脚構造図

表2.1-8 高浜1号炉 1次冷却材ポンプ支持脚主要部位の使用材料

部位	材料
支柱	炭素鋼
支持脚ブラケット	炭素鋼
ヒンジ	炭素鋼
支持脚ピン	低合金鋼
支持脚取付ボルト	低合金鋼
押え金物	炭素鋼
支持脚ヒンジ側ベースプレート	炭素鋼
ベースプレート	炭素鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭素鋼

2.1.4 加圧器サポート

(1) 構造

高浜1号炉の加圧器サポートは、上部サポートおよび下部サポート（スカート）が設置されている。

上部サポートは、地震時の水平方向の変位を拘束する構造である。

下部サポートは、地震時の水平および鉛直方向の変位を拘束する構造である。

高浜1号炉の加圧器サポートの構造図を図2.1-12～図2.1-14に示す。

(2) 材料

高浜1号炉の加圧器サポートの使用材料を、表2.1-9および表2.1-10に示す。

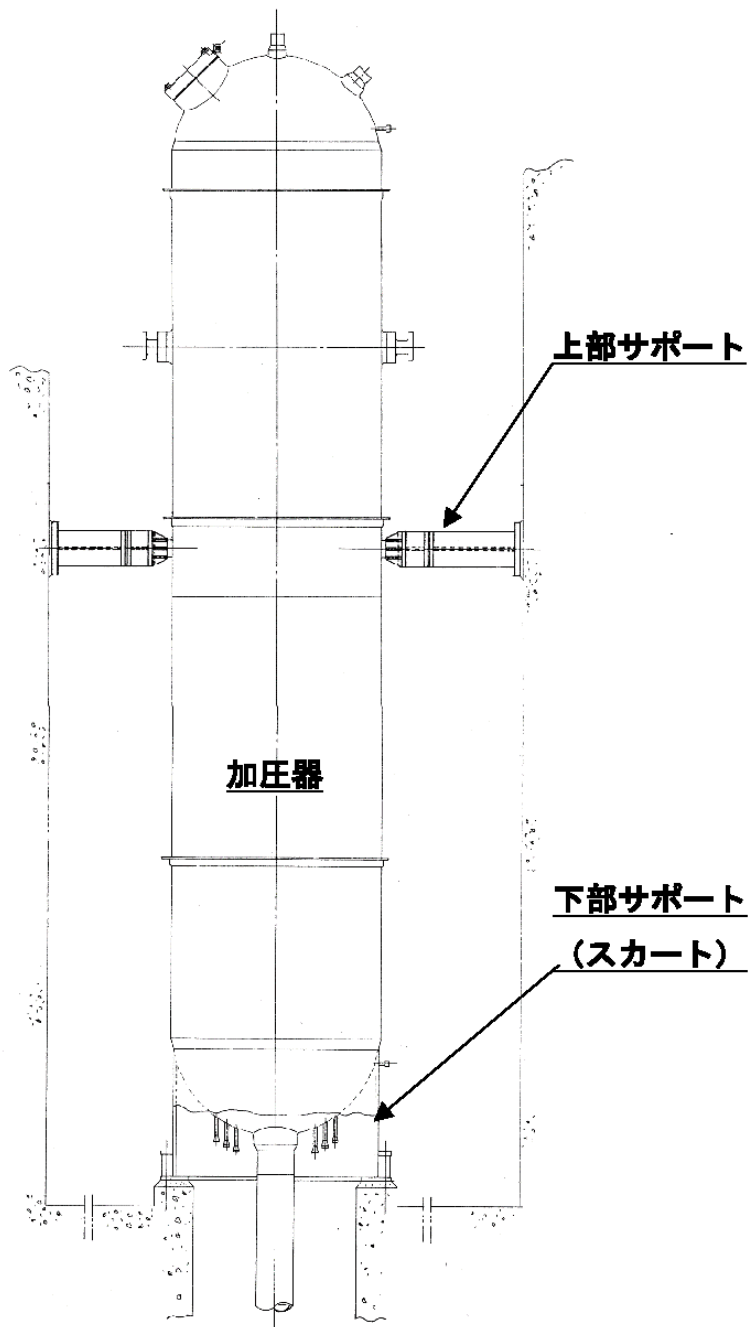
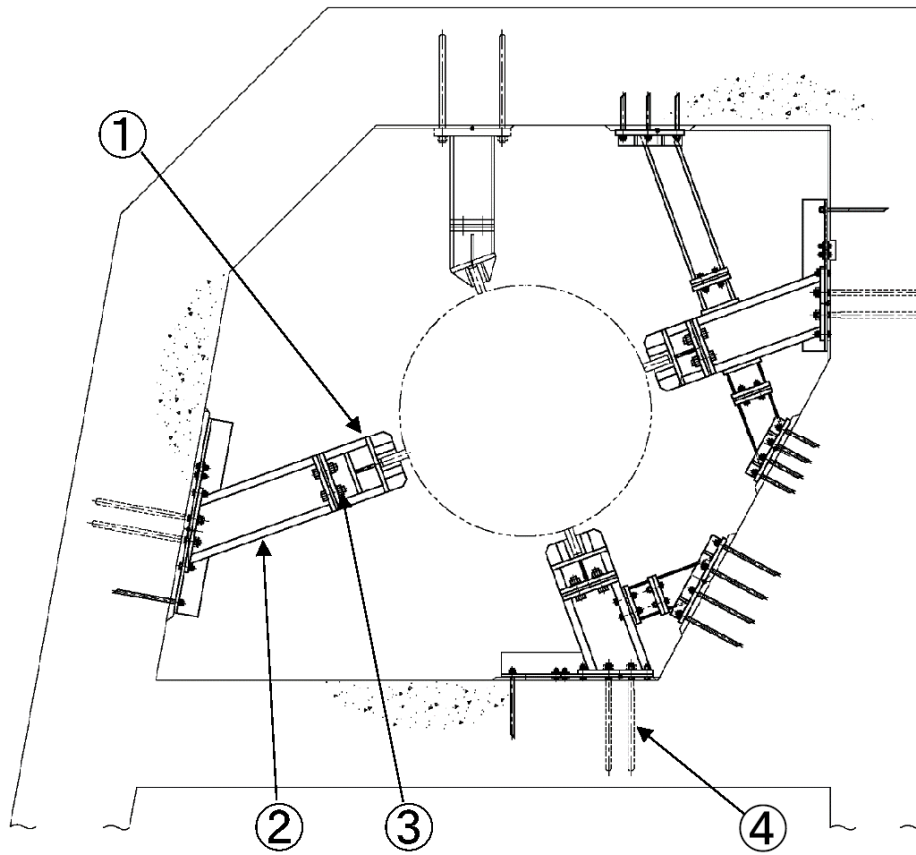


図2.1-12 高浜1号炉 加圧器サポート全体図

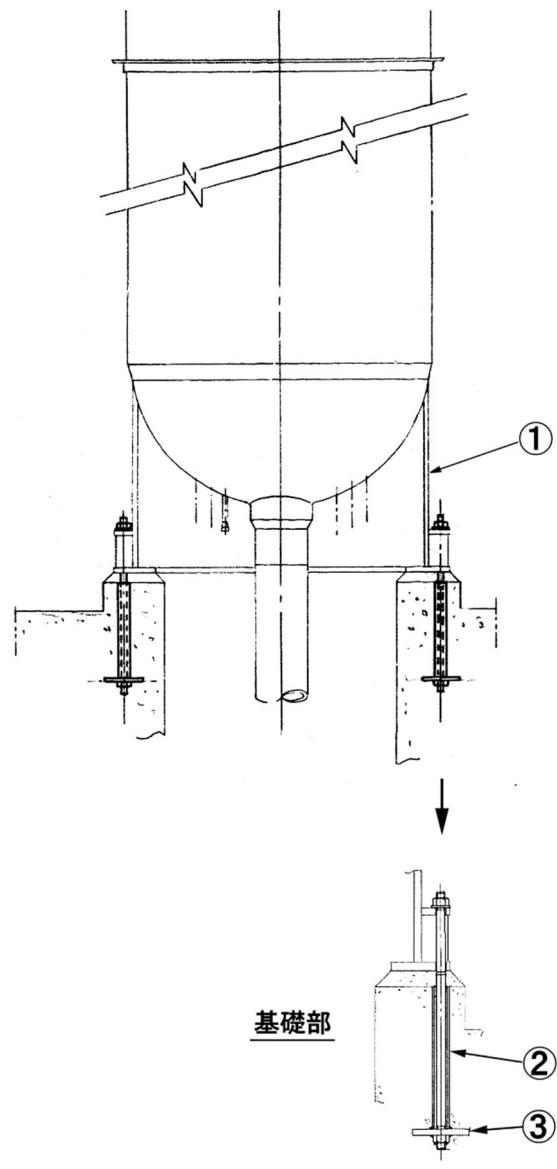


No.	部位
①	サポートブラケット
②	支持フレーム
③	ボルト
④	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-13 高浜1号炉 加圧器上部サポート構造図

表2.1-9 高浜1号炉 加圧器上部サポート主要部位の使用材料

部位	材料
サポートブラケット	炭素鋼
支持フレーム	炭素鋼
ボルト	低合金鋼
基礎ボルト (ケミカルアンカ)	低合金鋼、樹脂



No.	部位
①	スカート
②	基礎ボルト
③	埋込金物

図2.1-14 高浜1号炉 加圧器下部サポート（スカート）構造図

表2.1-10 高浜1号炉 加圧器下部サポート（スカート）主要部位の使用材料

部位	材料
スカート	低合金鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭素鋼

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

原子炉容器、蒸気発生器、1次冷却材ポンプ、加圧器の機能を維持するために重機器サポートは次の項目が必要である。

① 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

重機器サポート個々について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-3に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-3で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 加圧器スカート溶接部の疲労割れ [加圧器サポート]

プラントの起動・停止時等に発生する加圧器本体の熱膨張により、繰返し荷重を受けるスカートの溶接部においては、材料に疲労が蓄積することから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-3で△または▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) サポートブラケット等大気接触部の腐食（全面腐食） [共通]

サポートブラケット等は炭素鋼、低合金鋼または銅合金鋳物であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、外観点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) ボルト等原子炉容器炉心近傍部材の中性子および γ 線照射脆化 [原子炉容器サポート]

原子炉容器サポートは他の重機器サポートに比べ原子炉容器炉心近傍に設置されており、中性子および γ 線照射により材料の靱性が低下することが想定される。

図2.2-1に照射脆化評価を行った評価部位を示す。

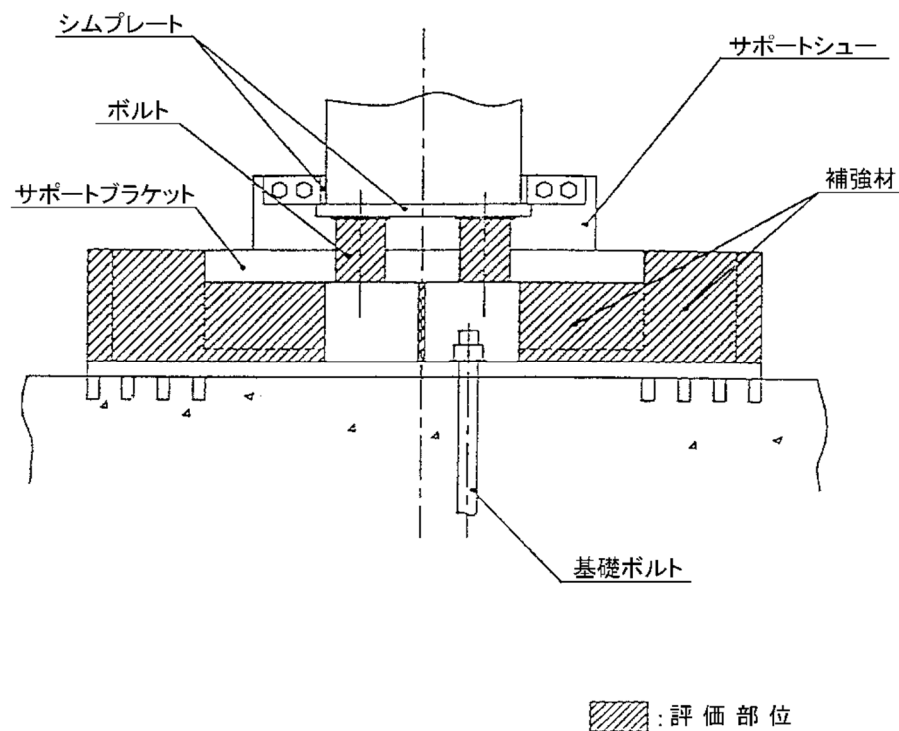


図2.2-1 高浜1号炉 原子炉容器サポートの照射脆化評価部位

評価部位は原子炉容器サポートのうちせん断荷重が大きいボルトおよび補強材とし、当該部の運転開始後60年時点における照射脆化評価を行った。

評価は、運転開始後60年時点においてS_s地震力を受けたとしてもサポートの健全性が保たれることを破壊力学評価を用いて検討した。

応力拡大係数および破壊靱性値の計算は、電力共同研究「原子炉容器支持構造物の照射脆化に関する研究」およびASME Section III Appendix Gに基づいて実施した。

まず、破壊靱性値の評価式としては、供試材を用いた静的破壊靱性試験および動的破壊靱性試験から、電力共同研究実施当時のASME Section III Appendix Gに記載されていた K_{IR} 式が図2.2-2に示すとおり供試材を包絡することから原子炉容器サポート使用部材に適用できることを確認した。電力共同研究実施当時のASME Section III Appendix Gに記載されていた K_{IR} 式を以下に示す。なお、初期関連温度（推定 T_{NDT} ）は高浜1号炉のミルシートや同種供試材の試験結果等を基に推定した。

$$K_{IR} = 29.43 + 1.344 \exp(0.0261(T - T_{NDT} + 88.9))$$

K_{IR} : 破壊靱性値 [MPa√m]

T : 最低使用温度 [°C]

T_{NDT} : 関連温度 [°C]

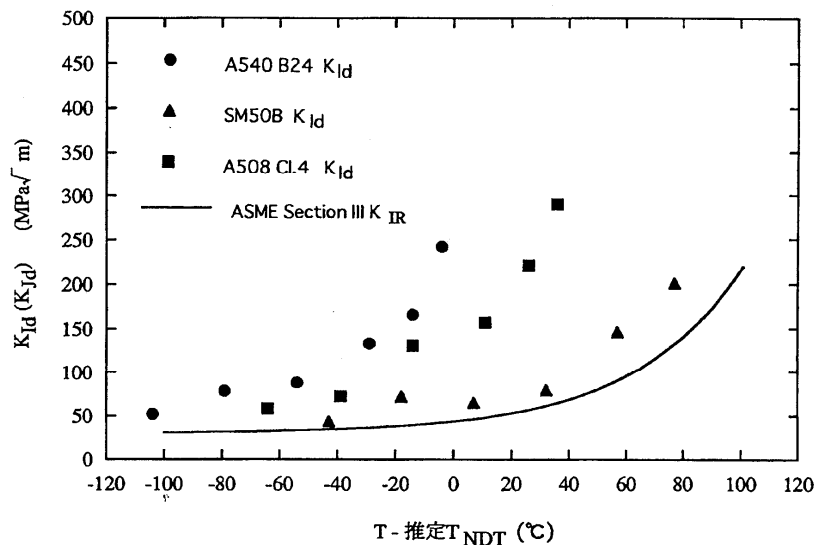


図2.2-2 動的破壊靱性と (T-推定 T_{NDT}) の関係

[出典：電力共同研究「原子炉容器支持構造物の照射脆化に関する研究」1999年度]

さらにボルト材 (A-540 B24 材) に対しては過度に裕度を有していることから、新たにボルト材に対する K_{IR} 式を設定した。

ボルト材に対する K_{IR} 式の設定に際しては、図2.2-3に示すように供試材の動的破壊靱性試験結果を基に、ASTM E1921-97のフェライト鋼の遷移域での破壊靱性測定法に記載の標準偏差 (σ) として約 28%を採用し、(平均値 -2σ) とした次式を設定カーブとした。

$$K'_{IR} = 0.44 (41.6 + 197.8 \exp(0.0258(T-T_{NDT})))$$

K'_{IR} : ボルトに対する破壊靱性値 [MPa \sqrt{m}]

T : 最低使用温度 [°C]

T_{NDT} : 関連温度 [°C]

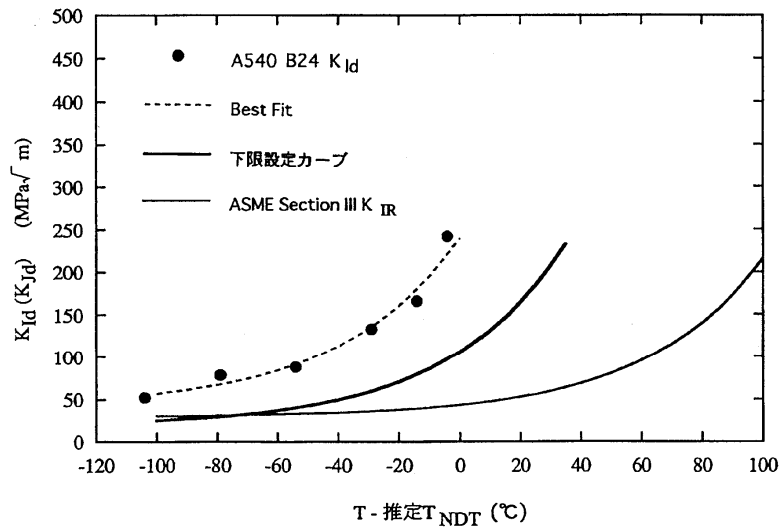


図2.2-3 ボルト供試材 (A540 B24鋼) の設定 K_{IR} カーブ

[出典：電力共同研究「原子炉容器支持構造物の照射脆化に関する研究」1999年度]

原子炉容器サポート回りの中性子照射量は米国オークリッジ国立研究所 (以降ORNLと呼ぶ) で開発改良された2次元輸送解析コード“DORT”を用いて全エネルギー領域にわたって算定し、この値を基に図2.2-4に示すNUREG-1509 (“Radiation Effects on Reactor Pressure Vessel Supports” R. E. Johnson, R. E. Lipinski NRC 1996 P14)に記載されているORNLのHFIR炉のサーベイランスデータおよび米国 SHIPPINGPORT (Shippingport) 炉の材料試験データ等の上限を包絡する曲線を基にした脆化予測曲線を用いて脆化度 (遷移温度: 脆化量推定値 (ΔT_{NDT}) °C) を推定した。

評価は、原子炉容器サポートの最低使用温度を基準としてS s地震が発生したとき、製造時または溶接時の欠陥を想定した場合に脆性破壊が発生するか否かを破壊力学評価を基に検討した。

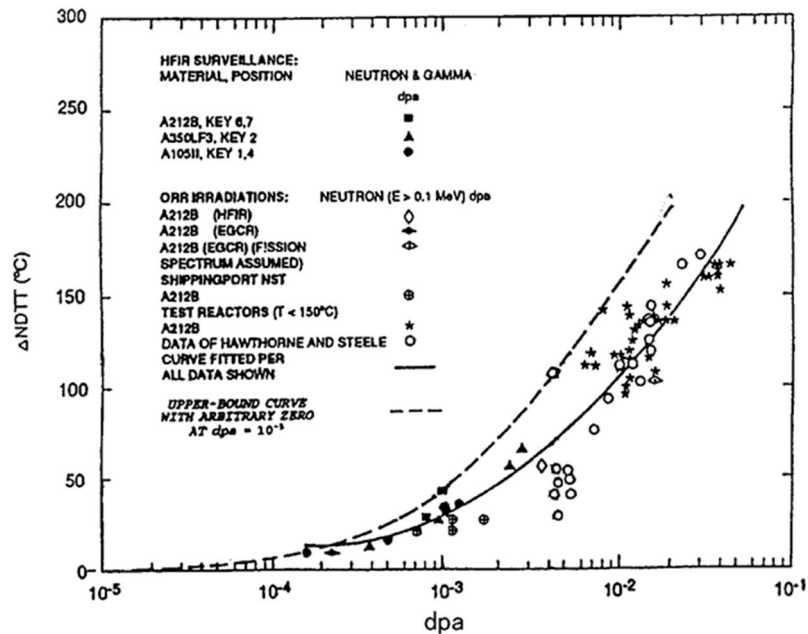


図2.2-4 原子炉容器サポートの脆化予測曲線

[出典：NUREG-1509 “Radiation Effects on Reactor Pressure Vessel Supports”

R. E. Johnson, R. E. Lipinski NRC 1996 P14]

評価に用いた欠陥寸法は、「日本電気協会 原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法 (JEAC4206)」に準拠し、板厚の1/4として、亀裂のアスペクト比 (深さと表面長さの比率) はASME Sec. III Appendix Gに準拠して1/6とした。

なお、破壊力学評価に用いる応力拡大係数は、ボルトは丸棒に置き換え、軸方向に垂直な表面き裂を想定し、A. LevanとJ. Royerの文献に記載されている次式を使用した。(引用文献: Part-circular surface cracks in round bars under tension, bending and twisting(A. Levan and J. Royer))

$$K = F(a/R) \sigma \sqrt{\pi a}$$

$$F(a/R) = 1.1261 - 0.04796 \cdot (a/R) - 0.1979 \cdot (a/R)^2 + 2.5140 \cdot (a/R)^3$$

ここで、Rは丸棒の半径、aはき裂深さである。F(a/R)は応力拡大係数の補正係数である。

また、補強材に対しては平板要素としてRaju-Newmanの次式を使用した。

$$K_I = F \sigma \sqrt{(\pi a/Q)}$$

$$F = (M_1 + M_2 (a/t)^2 + M_3 (a/t)^4) g f_\phi f_w$$

$0 < a/c \leq 1$ の場合

$$Q = 1 + 1.464 (a/c)^{1.65}$$

$$M_1 = 1.13 - 0.09 (a/c)$$

$$M_2 = -0.54 + 0.89 / (0.2 + a/c)$$

$$M_3 = 0.5 - 1 / (0.65 + a/c) + 14 (1 - a/c)^{24}$$

$$f_\phi = ((a/c)^2 \cos^2 \phi + \sin^2 \phi)^{1/4}$$

$$g = 1 + (0.1 + 0.35 (a/t)^2) (1 - \sin \phi)^2$$

$$f_w = (\sec(\pi c \sqrt{(a/t)}/2b))^{1/2}$$

$1 < a/c < 2$ の場合

$$Q = 1 + 1.464 (c/a)^{1.65}$$

$$M_1 = \sqrt{(c/a)} (1 + 0.04 (c/a))$$

$$M_2 = 0.2 (c/a)^4$$

$$M_3 = -0.11 (c/a)^4$$

$$f_\phi = ((c/a)^2 \sin^2 \phi + \cos^2 \phi)^{1/4}$$

$$g = 1 + (0.1 + 0.35 (c/a) (a/t)^2) (1 - \sin \phi)^2$$

$$f_w = (\sec(\pi c \sqrt{(a/t)}/2b))^{1/2}$$

ここで、

a : 亀裂深さ

c : 表面長さの半長

t : 平板の厚さ

b : 平板の幅の半長

ϕ : 亀裂前縁の位置を表す角度

σ : 応力

表2.2-1に評価結果を示す。

評価結果よりボルトおよび補強材は劣化が進展すると仮定した場合におけるプラント運転開始後60年時点を想定し原子炉容器サポートの最低使用温度でSs地震が発生したとしても、破壊靱性値 (K_{IR}) が応力拡大係数 (K_I) を上回っていることから、原子炉容器サポートの健全性は保たれることを確認した。

さらに、キャビティシール据付時の漏えい確認時に原子炉容器とキャビティに有意な高低差がないことを定期的に確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 高浜1号炉 ボルトおよび補強材の脆化評価結果

評価部位 (材料名)	ボルト (SA-240 B24)	補強材 (SM50YB)
K_I / K_{IR}	0.35	0.34
評価	○	○

- (3) パッド、ヒンジ摺動部の摩耗 [原子炉容器サポート、蒸気発生器サポート、1次冷却材ポンプサポート]

機器の移動を許容し、重機器の自重を支えている原子炉容器サポート、蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部は、機器熱移動や振動により摩耗が想定される。

摩耗が想定される代表部位として原子炉容器サポートの摺動部を図2.2-5に、蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部を図2.2-6に示す。

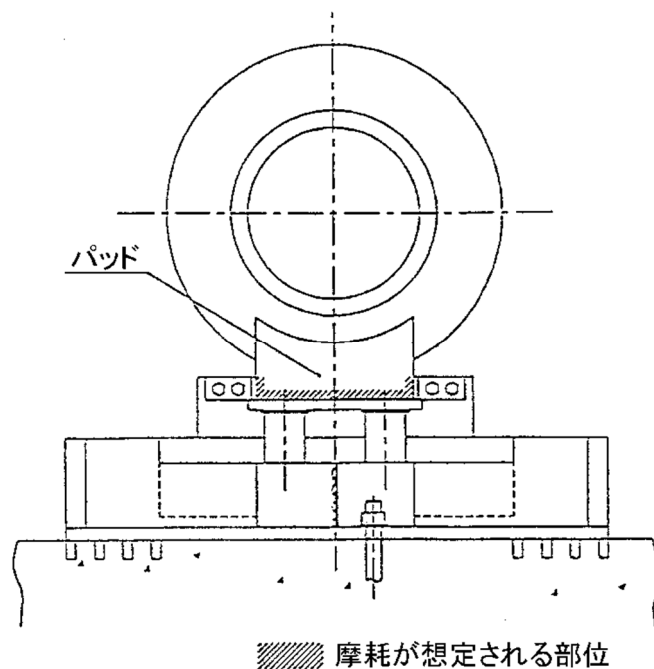
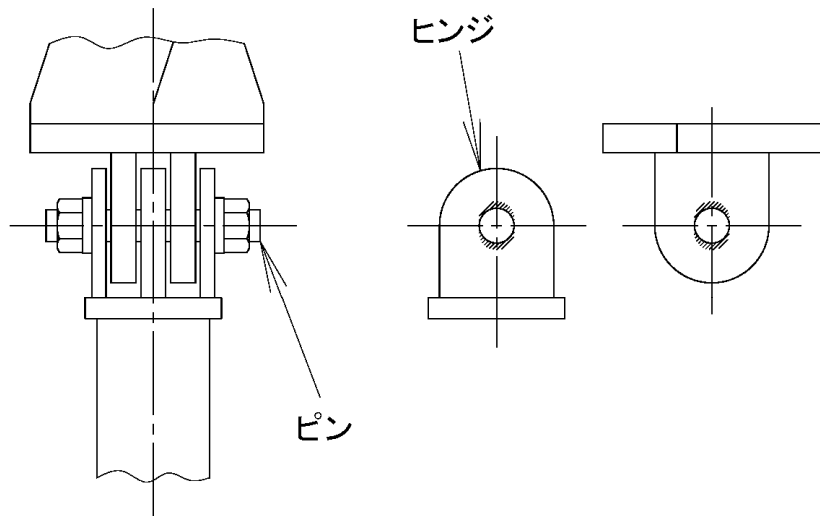


図2.2-5 高浜1号炉 原子炉容器サポートの摺動部 (パッド)



//// 摩耗が想定される部位

図2.2-6 高浜1号炉 蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部（ヒンジ）

原子炉容器サポート、蒸気発生器支持脚および1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部は、重機器の自重を支えていることから当該部に発生する荷重は小さいとは言えないため、運転開始後60年時点における推定摩耗量を評価した。

摩耗量については、現在定量的に評価する手法が確立されていないが、ここではホルム（Holm）の理論式（機械工学便覧（日本機械学会編））により、概略の摩耗量の推定を行った。

ホルムの式： $W = K \cdot S \cdot P / P_m$

W：摩耗量 [m³]

K：摩耗係数 [-]

S：すべり距離 [m]

P：荷重 [N]

P_m：かたさ [N/m²]

なお、評価にあたっては、通常運転時における評価対象サポートに加わる荷重を算出した。すべり距離については計算により求めた熱移動量を基に運転状態Ⅰおよび運転状態Ⅱの過渡条件とその回数から算出した。

摩耗係数および硬さについてはJ.F.Archard & W.Hirst, Proc .Roy. Soc. , 236, A, (1956), 397より使用温度での硬さの変化を考慮しても安全側の評価となるよう、実機より柔らかい材料である潤滑材なしの軟鋼-軟鋼のデータを引用した。

それぞれの評価結果を表2.2-2に示す。

評価結果より運転開始後60年時点の推定摩耗深さ（推定減肉量）は微少であり、許容値に比べ十分小さいことから、長期運転にあたっても支持機能に影響を及ぼす可能性はない。

さらに、ヒンジ摺動部の摩耗に対しては外観点検等で目視により定期的にかみ合い部を確認し、パッドの摩耗についてもキャビティシール据付時の漏えい確認時等で目視により原子炉容器とキャビティに有意な高低差がないことを定期的に確認することにより、機器の健全性を維持している。

なお、蒸気発生器支持脚については、第16回定期検査時（1995～1996年度）の蒸気発生器取替時に合わせて取替を実施している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-2 高浜1号炉 重機器サポート摺動部の摩耗量評価結果

部位	運転開始後60年時点の推定摩耗深さ / 許容値
原子炉容器サポート パッド	約 1/3
蒸気発生器支持脚 ヒンジ	約 1/1,250
1次冷却材ポンプ 支持脚ヒンジ	約 1/1,150

(4) ピン等の摩耗 [蒸気発生器サポート、1次冷却材ポンプサポート]

機器の移動を許容するサポートの摺動部材は、機器熱移動や振動により摩耗が想定される。

しかしながら、蒸気発生器サポートおよび1次冷却材ポンプサポートのオイルスナバは地震時の水平方向変位を拘束するものであり、通常運転時の蒸気発生器の上部サポート、1次冷却材ポンプの上部サポートおよび下部サポートに作用する荷重は小さい。

通常運転における熱移動はサイクル数が少ない（最大変位が想定されるのはヒートアップ・クールダウンの年2回）ため、著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

振動による摩耗については発生荷重が十分小さく、可動部を摺動させるほどの力は生じないと考えられる。

支持脚ピン（材料：SNB23-3、SNCM9）については、ヒンジ部（材料：SM50BN、SM50YB、SQV2B）よりも硬質な材料を使用しており、ピストンロッド（蒸気発生器サポート：材料：SCM435、1次冷却材ポンプサポート：材料：SNB23-4）については、ブッシュ（蒸気発生器サポート：材料：BC3、1次冷却材ポンプサポート：材料：CAC406C）よりも硬質な材料を使用している。

一方、オイルスナバのコッターピンについては、運転時有意な荷重がかからない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、外観点検時等で目視によりピンのかみ合い部およびオイルの漏れ等の異常がないことを確認することにより、機器の健全性を確認している。

(5) 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [共通] および樹脂の劣化 [1次冷却材ポンプサポート、加圧器サポート]

基礎ボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

- (6) ヒンジ溶接部の疲労割れ [蒸気発生器サポート、1次冷却材ポンプサポート]
支持脚は、プラント起動・停止時等に発生する機器の熱移動によるスライド方向以外の繰返し荷重により、ヒンジ溶接部において疲労割れが想定される。
しかしながら、スライド方向以外に発生する荷重はわずかであり、有意な応力変動を受けない。
したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。
なお、外観点検時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

- (7) 埋込金物等の腐食（全面腐食） [共通]
埋込金物、原子炉容器サポートの埋込補強材は炭素鋼であり、腐食が想定される。
しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物等に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

オイルスナバに使用しているオイルシール、オイルは分解点検時に取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-3(1/9) 高浜1号炉 原子炉容器サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	サポートブラケット		炭素鋼		△						*1：中性子およびγ線照射脆化
	補強材		炭素鋼		△				△*1		
	埋込補強材		炭素鋼		▲						
	サポートシュー		低合金鋼		△						
	シムプレート		低合金鋼		△						
	ボルト		低合金鋼		△				△*1		
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	パッド		低合金鋼	△							
	埋込金物		炭素鋼		▲						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2. 2-3(2/9) 高浜 1 号炉 蒸気発生器上部サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		材質変化		その他		
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
機器の支持	リングフレーム		炭素鋼	△	△							
	壁側スナバブラケット		低合金鋼	△	△							
	リングフレーム組立ボルト		低合金鋼		△							
	バックバンパ		炭素鋼		△							
	浮き上がり防止金物		炭素鋼		△							
	吊り金物		低合金鋼		△							
	基礎ボルト		低合金鋼		△							
	オイルスナバ	ピストンロッド		低合金鋼	△	△						
		シリンダチューブ		低合金鋼		△						
		シリンダカバー		低合金鋼		△						
		タイボルト		低合金鋼		△						
		コッターピン		低合金鋼	△	△						
		コネクティングラグ		低合金鋼		△						
		ブッシュ		銅合金鋳物	△	△						
		コントロールシステム		炭素鋼		△						
		パイプ		ステンレス鋼								
		オイルリザーバ		ステンレス鋼								
	球面軸受 (すべり)		軸受鋼									
オイルシール	◎	—										
オイル	◎	—										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3(3/9) 高浜1号炉 蒸気発生器下部サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	サポートビーム		炭素鋼		△						
	サポートブロック		低合金鋼		△						
	シム		炭素鋼		△						
	パッド		低合金鋼		△						
	サポートビーム組立ボルト		低合金鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3(4/9) 高浜1号炉 蒸気発生器支持脚に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	サポートパイプ		炭素鋼		△						
	支持脚ブラケット		炭素鋼		△						
	ヒンジ		炭素鋼	△	△	△					
	支持脚ピン		低合金鋼	△	△						
	植込ボルト		低合金鋼		△						
	押え金物		低合金鋼		△						
	支持脚ヒンジ側ベース プレート		低合金鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-3(5/9) 高浜1号炉 1次冷却材ポンプ上部サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		材質変化		その他		
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
機器の支持	ブラケット		炭素鋼	△	△							
	取付ボルト・モータ側ブラケット取付ボルト		低合金鋼		△							
	サポートビーム		炭素鋼		△							
	基礎ボルト		低合金鋼		△							
	オイルスナバ	ピストンロッド		低合金鋼	△	△						
		シリンダチューブ		低合金鋼		△						
		シリンダカバー・ロッドカバー		低合金鋼		△						
		タイボルト		低合金鋼		△						
		コッターピン		低合金鋼	△	△						
		コネクティングラグ		低合金鋼		△						
		ブッシュ		銅合金鋳物	△	△						
		オイルリザーバ		ステンレス鋼								
		球面軸受(すべり)		軸受鋼								
オイルシール		◎	—									
オイル	◎	—										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3(6/9) 高浜1号炉 1次冷却材ポンプ下部サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	ブラケット		炭素鋼	△	△						*1：樹脂の劣化
	連結棒		低合金鋼	△	△						
	ピン		低合金鋼		△						
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)		低合金鋼、樹脂		△					△*1	
	埋込金物		炭素鋼		▲						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-3(7/9) 高浜1号炉 1次冷却材ポンプ支持脚に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	支柱		炭素鋼		△						
	支持脚ブラケット		炭素鋼		△						
	ヒンジ		炭素鋼	△	△	△					
	支持脚ピン		低合金鋼	△	△						
	支持脚取付ボルト		低合金鋼		△						
	押え金物		炭素鋼		△						
	支持脚ヒンジ側ベースプレート		炭素鋼		△						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-3(8/9) 高浜1号炉 加圧器上部サポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	サポートブラケット		炭素鋼		△						*1：樹脂の劣化
	支持フレーム		炭素鋼		△						
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)		低合金鋼、 樹脂		△					△*1	
	ボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-3(9/9) 高浜1号炉 加圧器下部サポート（スカート）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	スカート		低合金鋼		△	○					
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 加圧器スカート溶接部の疲労割れ [加圧器サポート]

a. 事象の説明

加圧器本体の熱膨張によりスカートは繰返し荷重を受け、図2.3-1に示すようなスカートの溶接部においては、疲労が蓄積する。

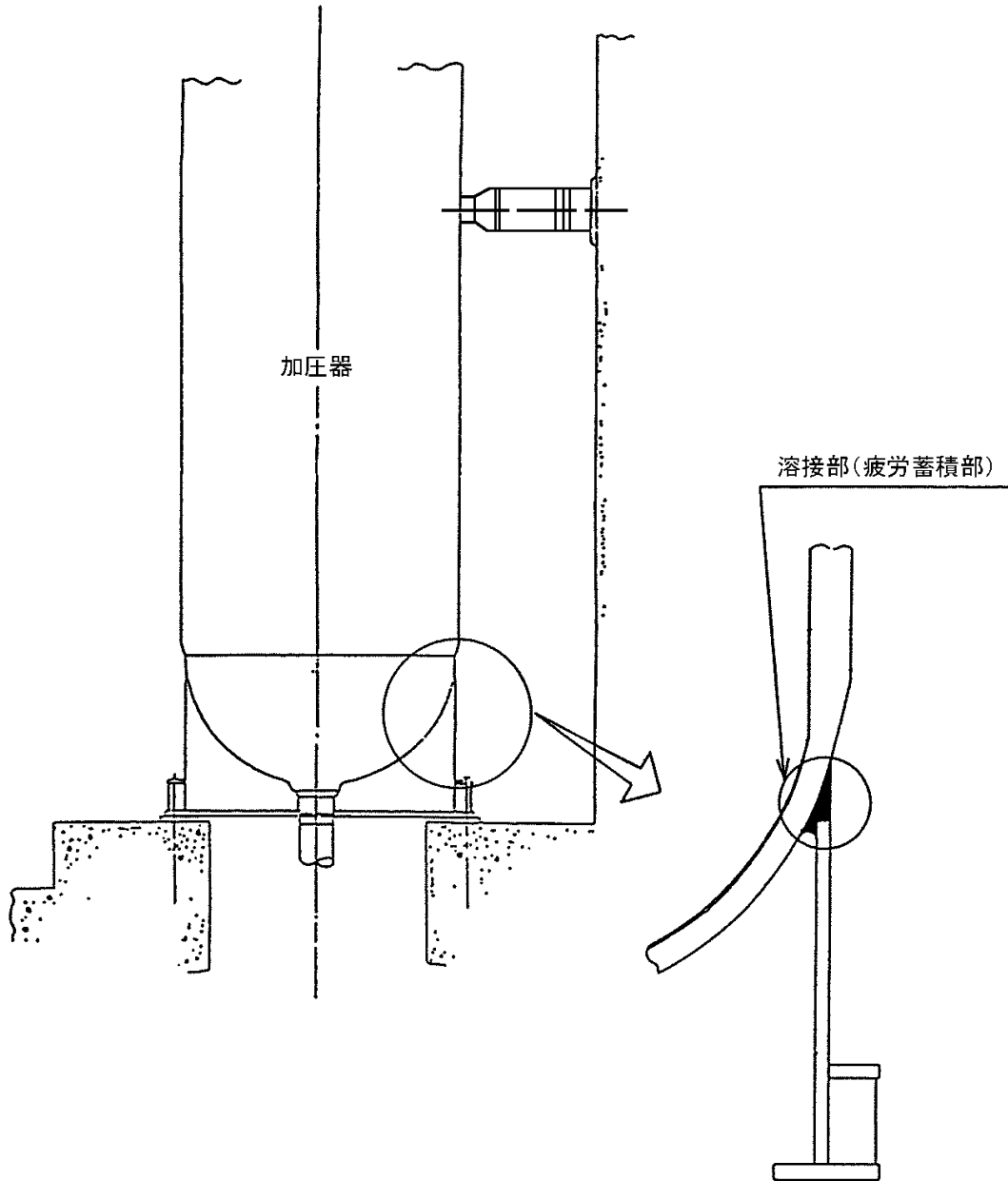


図2.3-1 高浜1号炉 加圧器スカート部の疲労蓄積部

b. 技術評価

① 健全性評価

プラント運転時の加圧器本体の熱膨張により発生する応力が大きいと考えられる加圧器スカート溶接部を対象として「日本機械学会 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)」に基づき評価を行った。

評価対象部位を図2.3-2に示す。

疲労評価に用いた過渡回数を表2.3-1に示す。

なお、2019年11月末までの運転実績に基づき推定した2019年12月以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し、より保守的*1に設定した過渡回数とした。

*1：評価条件として、2011年1月から2023年6月末までの冷温停止状態を想定した。

評価結果を表2.3-2に示すが、許容値を満足する結果が得られている。

② 現状保全

加圧器スカート溶接部の疲労割れに対しては、定期的に浸透探傷検査を実施し有意な欠陥のないことを確認している。

さらに、高経年化技術評価に合わせて、実績過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、現時点の知見において、疲労割れ発生の可能性はないと考える。

ただし、疲労評価は、実績過渡回数に依存するため、今後、実績過渡回数を把握し、評価する必要がある。

また、疲労割れは浸透探傷検査により検知可能であり、また、割れが発生するとすれば応力の観点から考えて溶接部であると判断されることから、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

加圧器スカート溶接部の疲労割れについては、実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

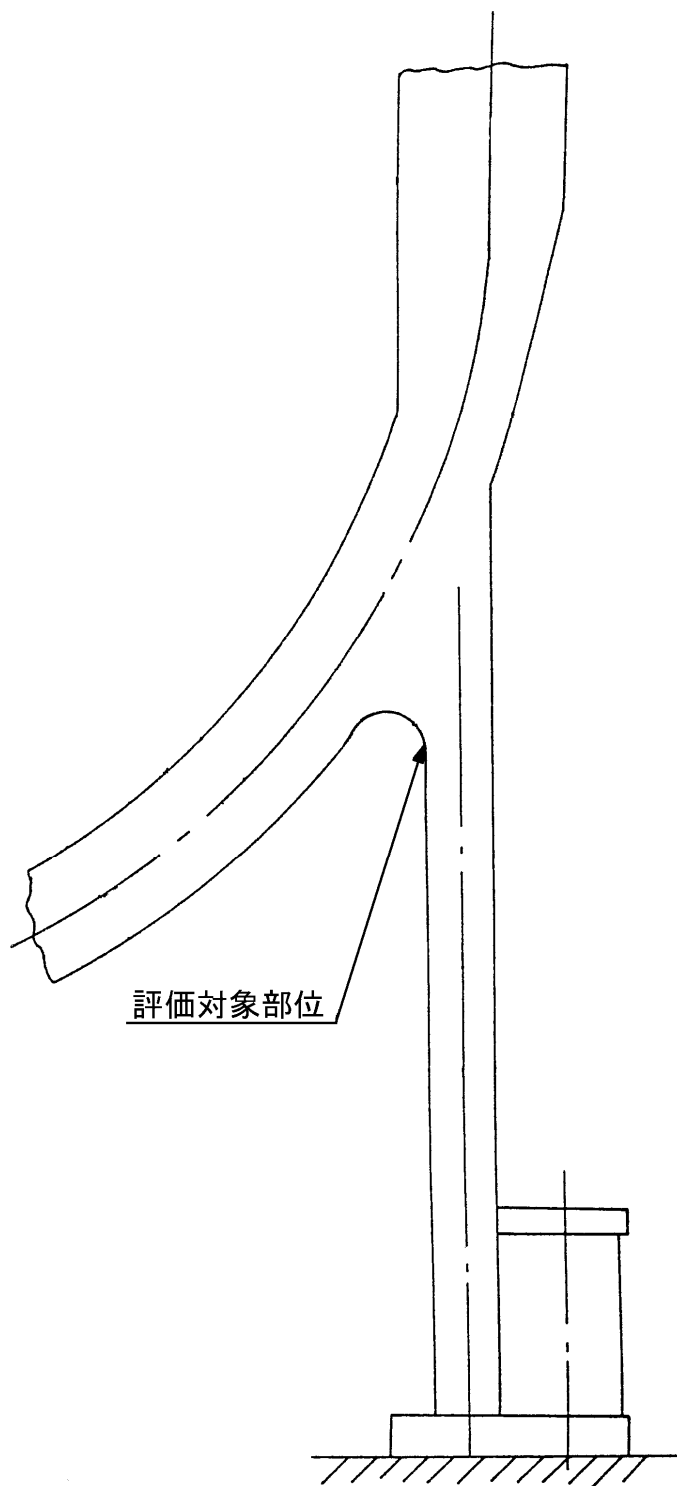


図2.3-2 加圧器スカート部の疲労評価対象部位

表2.3-1 高浜1号炉 加圧器スカート溶接部の疲労評価に用いた過渡回数

運転状態 I

過渡項目	運転実績に基づく過渡回数	
	2019年11月末 時点	運転開始後60年 時点の推定値*1
起動(温度上昇率 55.6°C/h)	64	99
停止(温度下降率 55.6°C/h)	65	99
負荷上昇(負荷上昇率 5%/min)	396	710
負荷減少(負荷減少率 5%/min)	374	687
90%から100%へのステップ状負荷上昇	4	5
100%から90%へのステップ状負荷減少	5	6
100%からの大きいステップ状負荷減少	3	4
定常負荷運転時の変動*2	—	—
燃料交換	28	55
0%から15%への負荷上昇	72	112
15%から0%への負荷減少	52	86
1ループ停止/1ループ起動		
I) 停止	0	1
II) 起動	0	1

運転状態 II

過渡項目	運転実績に基づく過渡回数	
	2019年11月末 時点	運転開始後60年 時点の推定値*1
負荷の喪失	3	4
外部電源喪失	2	5
1次冷却材流量の部分喪失	1	4
100%からの原子炉トリップ		
I) 不注意な冷却を伴わないトリップ	9	12
II) 不注意な冷却を伴うトリップ	0	1
III) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	0	1
1次冷却系の異常な減圧	0	1
制御棒クラスタの落下	3	6
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	0	1
1次冷却系停止ループの誤起動	0	1
タービン回転試験	10	10
1次系漏えい試験	66	105

*1：評価条件として、2011年1月から2023年6月末までの冷温停止状態を想定した。

*2：設計評価においては、1次冷却材温度 $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 、1次冷却材圧力 $\pm 0.34\text{MPa}$ ($\pm 3.5\text{kg/cm}^2$)の変動があるものとしているが、この過渡項目の疲れ累積係数への寄与は小さく、また、実際には通常運転中のゆらぎとして、このような変動は生じていない。

表2.3-2 高浜1号炉 加圧器スカート溶接部の疲労評価結果

部位	疲労累積係数 (許容値：1以下)
加圧器スカート溶接部 (低合金鋼)	0.216

2 空気圧縮装置

[対象機器]

- ① 計器用空気圧縮装置
- ② 非常用ディーゼル発電機始動用空気圧縮機

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定.....	1
1.1 グループ化の考え方および結果.....	1
1.2 代表機器の選定.....	1
2. 代表機器の技術評価.....	3
2.1 計器用空気圧縮装置全体構成.....	3
2.2 構造、材料および使用条件.....	5
2.3 経年劣化事象の抽出.....	41
2.4 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	63
3. 代表機器以外への展開.....	64
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	64

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されている空気圧縮装置の主な仕様を表1-1に示す。

これらの空気圧縮装置を設置場所、型式、内部流体および材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す空気圧縮装置について、設置場所、型式、流体および材料を分離基準として考えると、いずれの空気圧縮装置も同様であることから、1つのグループとして分類される。

1.2 代表機器の選定

重要度が高い計器用空気圧縮装置を代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 空気圧縮装置の主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準					代表機器の選定	
設置場所 型式	流体	材料		仕様 (容量)	重要度*1	使用条件			代表 機器	選定理由
						運転状態	最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)		
屋内 往復式	空気	鋳鉄、 炭素鋼	計器用空気圧縮装置 (2)	約8.2Nm ³ /min	MS-1	連続	約0.8	約240	◎	重要度
			非常用ディーゼル発電機始動用空気圧縮機 (2)	約0.7Nm ³ /min	高*2	一時	約3.2	約200		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の空気圧縮装置について技術評価を実施する。

① 計器用空気圧縮装置

2.1 計器用空気圧縮装置全体構成

高浜1号炉の計器用空気圧縮装置の吐出容量は約8.2Nm³/min、プラント通常運転時には1台が常時運転状態であり、外部電源喪失時および安全注入時に自動起動（2台）する。

計器用空気圧縮装置から送り出される制御用空気は、空気作動弁の駆動源等として供給される。

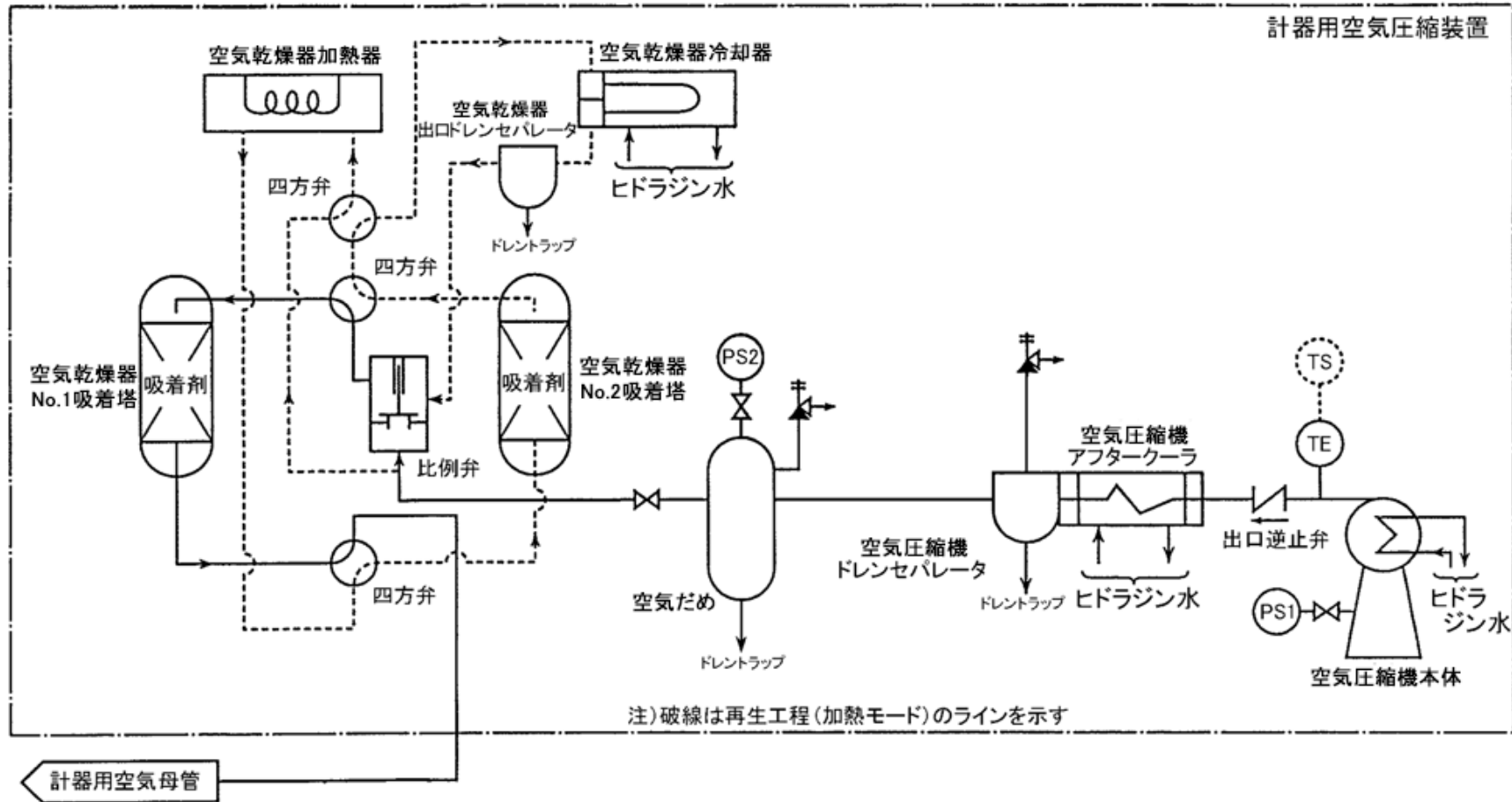
空気圧縮機は、大気を吸入し、圧縮後、約0.7MPaの圧縮空気として空気圧縮機アフタークーラへ送る。

空気圧縮機アフタークーラで圧縮空気を冷却し、空気圧縮機ドレンセパレータでドレン水を分離後、空気だめに貯蔵される。

空気だめに貯蔵された圧縮空気は、湿度が高いため空気乾燥器に送られ、乾燥した計器用空気となる。

空気乾燥器から出た計器用空気は、計器用空気母管に送られ、空気作動弁他に供給される。

計器用空気圧縮装置の全体構成図を図2.1-1に示す。



- TE : 空気圧縮機出口温度検出器
- TS : 空気圧縮機出口温度スイッチ (トリップ用)
- PS1 : 空気圧縮機潤滑油圧カススイッチ (トリップ用)
- PS2 : 空気圧縮機空気だめ圧カススイッチ (ロード/アンロード切換用)

図2.1-1 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 全体構成図

2.2 構造、材料および使用条件

2.2.1 空気圧縮機

(1) 構造

高浜1号炉の空気圧縮機は、中間建屋内の空気を取り入れ、所定の圧力まで圧縮するために設置され、往復動型無給油式でたて型1気筒1段圧縮構造である。

シリンダは、吸入弁と吐出弁が取付けられたシリンダヘッドおよびシリンダライナから構成されており、シリンダの中を往復するピストンの動作により大気圧の空気が吸入弁より吸入され、約0.7MPaに圧縮された空気が吐出弁から約8.2Nm³/minで吐出される。

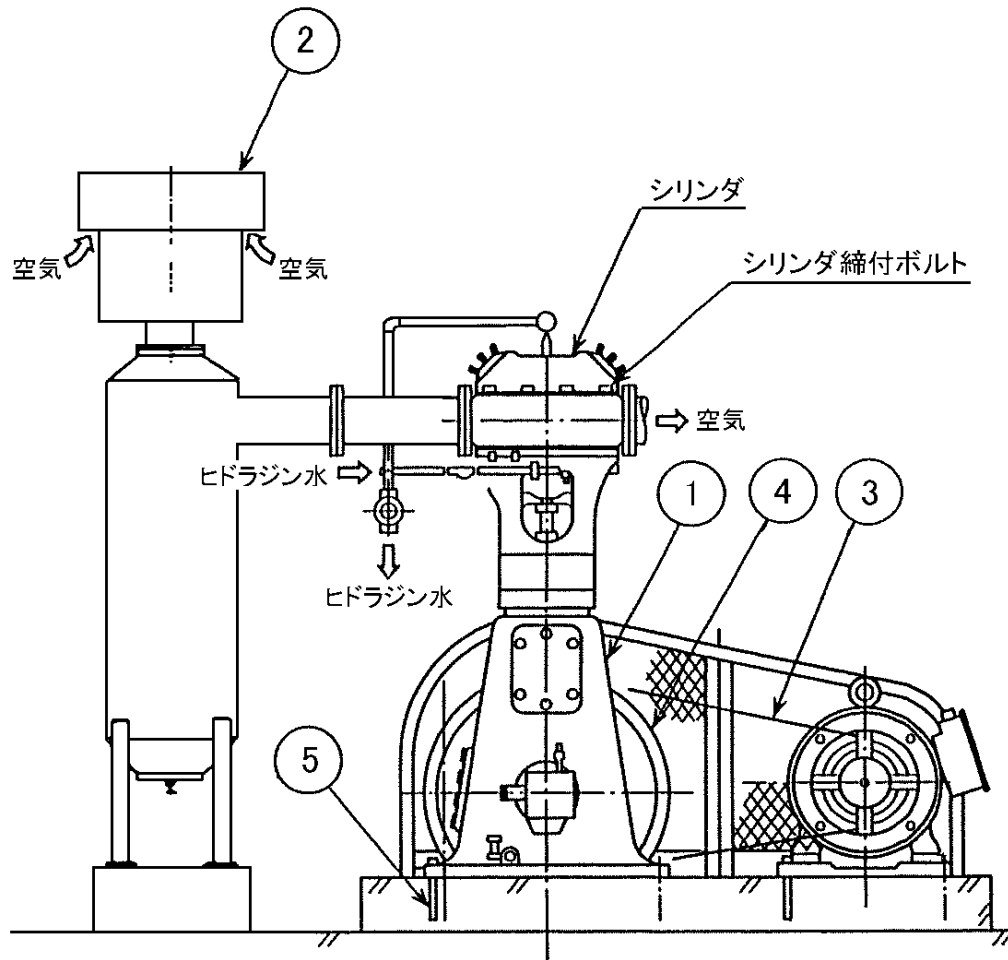
空気圧縮機を構成する主要部位のケーシング（クランク室）およびシリンダヘッドは鋳鉄であり、ピストンはアルミ合金鋳物で、主軸（クランク軸）は低合金鋼である。

また、圧縮空気をシールするピストンリングにはカーボンを使用し、シリンダ軸封部にはグランドパッキンを使用している。

高浜1号炉の空気圧縮機の外形図および構造図を図2.2-1および図2.2-2に、シリンダ内の空気吸入と吐出の行程を図2.2-3に示す。

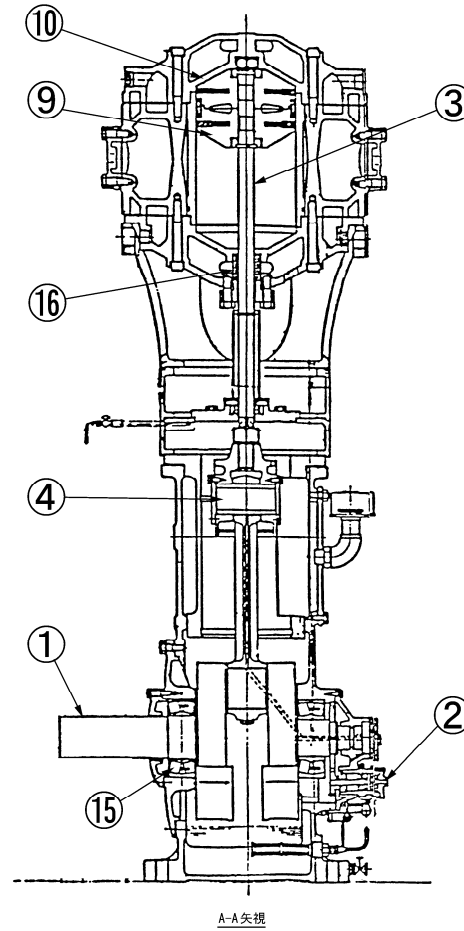
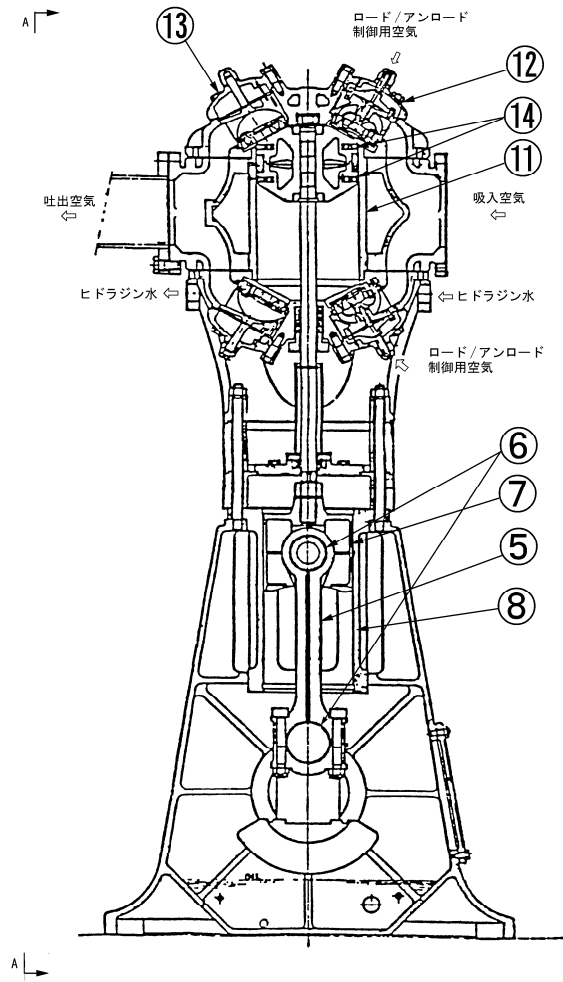
(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の空気圧縮機の使用材料および使用条件を表2.2-1および表2.2-2に示す。



No.	部位
①	ケーシング
②	吸气フィルタ
③	Vベルト
④	Vプーリ
⑤	基礎ボルト

図2.2-1 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機本体外形図



No.	部位
①	主軸
②	油ポンプ歯車
③	ピストンロッド
④	リストピン
⑤	接続棒
⑥	接続棒メタル
⑦	クロスヘッド
⑧	クロスヘッドガイド
⑨	ピストン
⑩	シリンダヘッド
⑪	シリンダライナ
⑫	吸入弁
⑬	吐出弁
⑭	ピストンリング
⑮	軸受 (ころがり)
⑯	グランドパッキン

図 2.2-2 高浜 1 号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機本体構造図

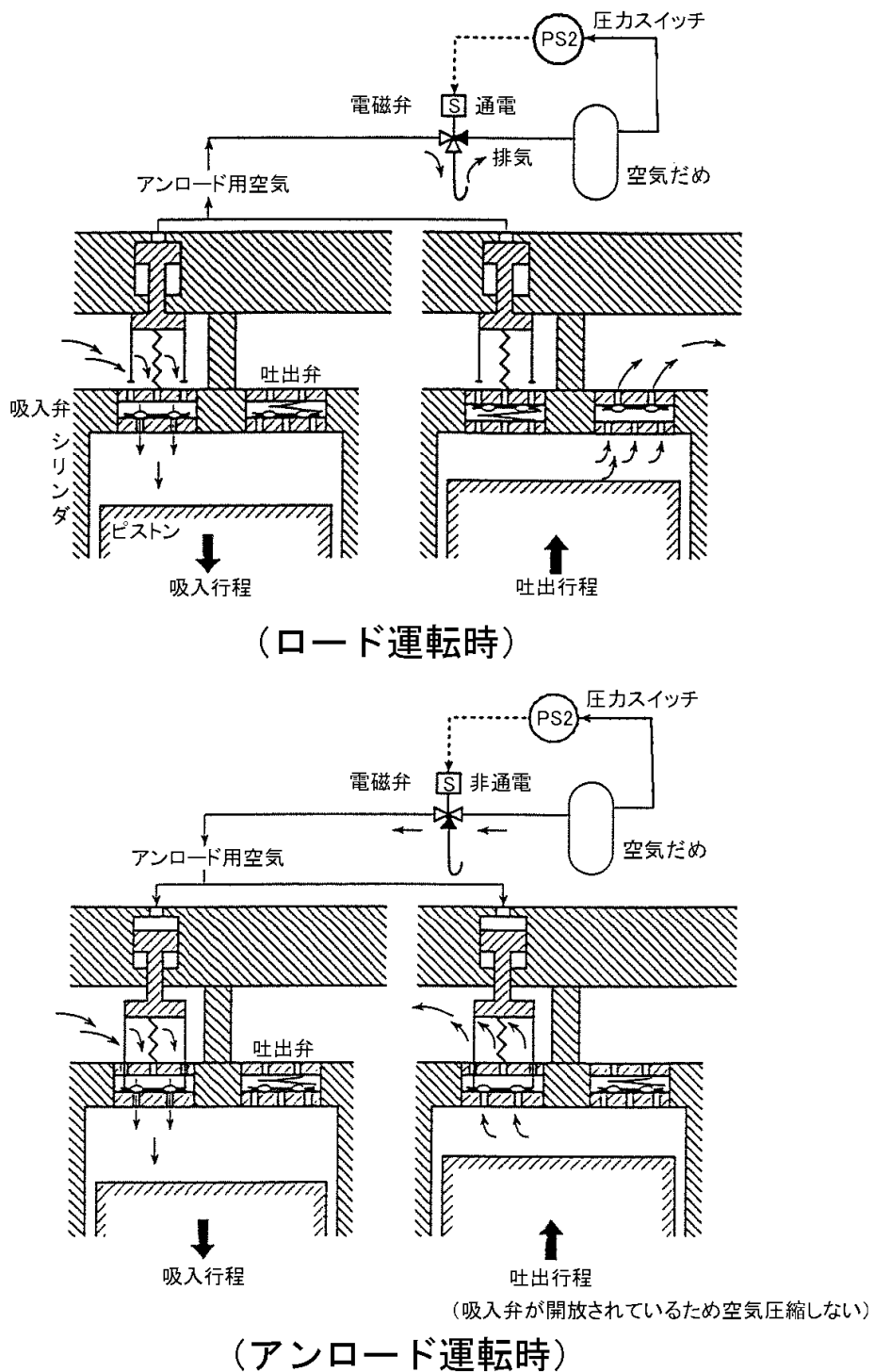


図2.2-3 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機本体の空気吸込と吐出の行程図

表2.2-1 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機本体
主要部位の使用材料

部位	材料
ケーシング	鋳鉄
吸気フィルタ	消耗品・定期取替品
Vベルト	消耗品・定期取替品
Vプーリ	鋳鉄
主軸	低合金鋼
油ポンプ歯車	炭素鋼
ピストンロッド	低合金鋼 (クロムメッキ)
リストピン	低合金鋼
接続棒	炭素鋼
接続棒メタル	消耗品・定期取替品
クロスヘッド	鋳鉄
クロスヘッドガイド	鋳鉄
ピストン	アルミ合金鋳物
シリンダヘッド	鋳鉄
シリンダライナ	鋳鉄 (クロムメッキ)
吸入弁	消耗品・定期取替品
吐出弁	消耗品・定期取替品
ピストンリング	消耗品・定期取替品
軸受 (ころがり)	消耗品・定期取替品
グラウンドパッキン	消耗品・定期取替品
基礎ボルト	炭素鋼

表2.2-2 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機本体の使用条件

最高使用圧力	約0.8MPa[gage]
最高使用温度	約240℃
定格容量	約8.2Nm ³ /min
内部流体	空気

2.2.2 空気圧縮機モータ

(1) 構造

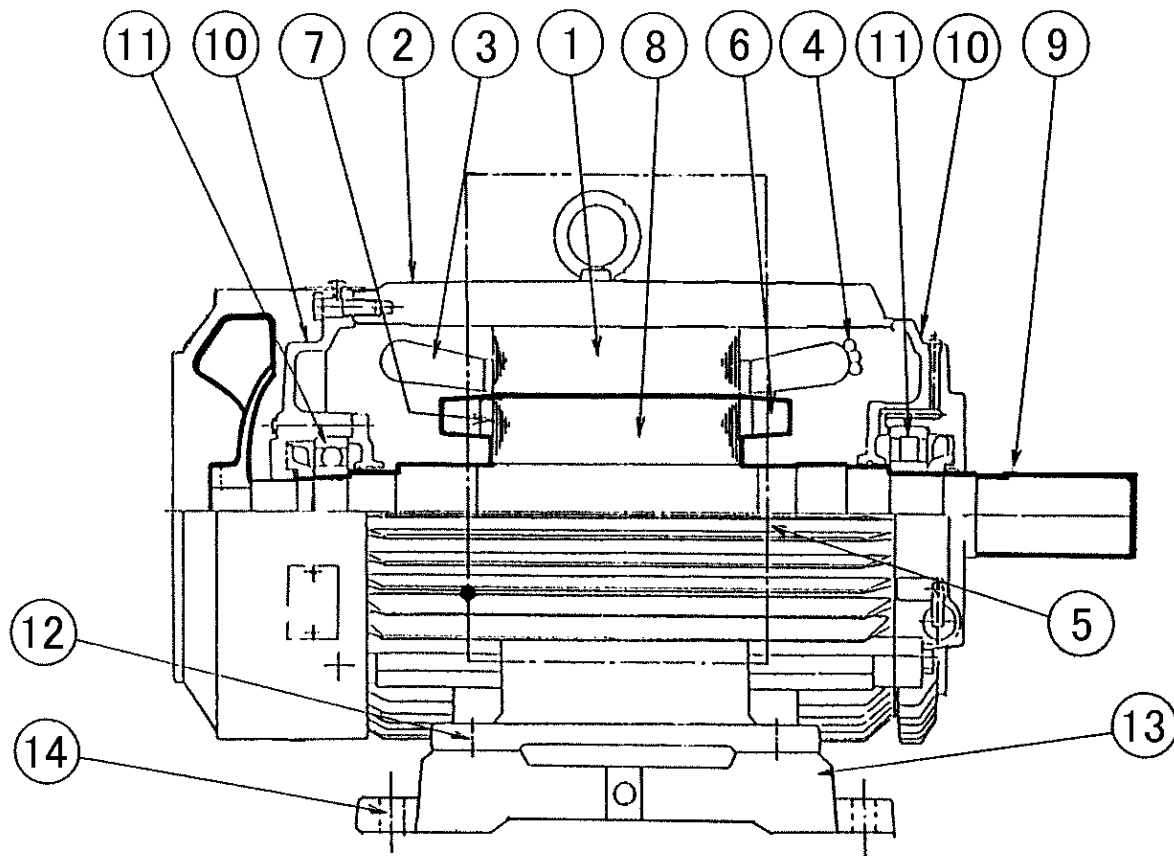
高浜1号炉の空気圧縮機モータは、定格出力65kW、定格回転数1,175rpmの全閉外扇形三相誘導モータ（低圧モータ）であり、2台設置されている。

主軸は低合金鋼を使用しており、負荷側および反負荷側軸受部には、回転体を支えるためのブラケットが取付けられ、内側にはモータ回転子重量を支えるための軸受を備えている。

高浜1号炉の空気圧縮機モータの構造図を図2.2-4に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の空気圧縮機モータの使用材料および使用条件を表2.2-3および表2.2-4に示す。



No.	部 位
①	固定子コア
②	フレーム
③	固定子コイル
④	口出線
⑤	端子箱
⑥	回転子棒
⑦	エンドリング
⑧	回転子コア
⑨	主軸
⑩	ブラケット
⑪	軸受 (ころがり)
⑫	取付ボルト
⑬	台板
⑭	基礎ボルト

注:太線部が回転部を示す。

図2.2-4 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機モータ構造図

表2.2-3 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機モータ
主要部位の使用材料

部位	材料
固定子コア	珪素鋼板
フレーム	鋳鉄
固定子コイル	銅、マイカ、エポキシ樹脂 (B種絶縁)
口出線・接続部品	銅、シリコンゴム、マイカ、 エポキシ樹脂 (B種絶縁)
端子箱	炭素鋼
回転子棒・エンドリング	アルミニウム地金
回転子コア	珪素鋼板
主軸	低合金鋼
ブラケット	鋳鉄
軸受 (ころがり)	消耗品・定期取替品
取付ボルト	炭素鋼
台板	鋳鉄
基礎ボルト	炭素鋼

表2.2-4 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機モータの使用条件

定格出力	65kW
周囲温度	約40℃
定格電圧	440V
定格回転数	1,175rpm

2.2.3 空気圧縮機アフタークーラ

(1) 構造

高浜1号炉の空気圧縮機アフタークーラは空気圧縮機で圧縮により加熱された空気を冷却するために設置され、横置直管式構造である。

内部流体は管側が圧縮空気で胴側がヒドラジン水（防錆剤注入水）である。

空気圧縮機アフタークーラには、空気が冷却した時に生じる水分（ドレン）を除去するためにたて置円筒式のドレンセパレータが取り付けられている。

空気圧縮機アフタークーラを構成する主要部位の伝熱管は銅合金、胴板は炭素鋼である。

高浜1号炉の空気圧縮機アフタークーラの構造図を図2.2-5に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の空気圧縮機アフタークーラの使用材料および使用条件を表2.2-5および表2.2-6に示す。

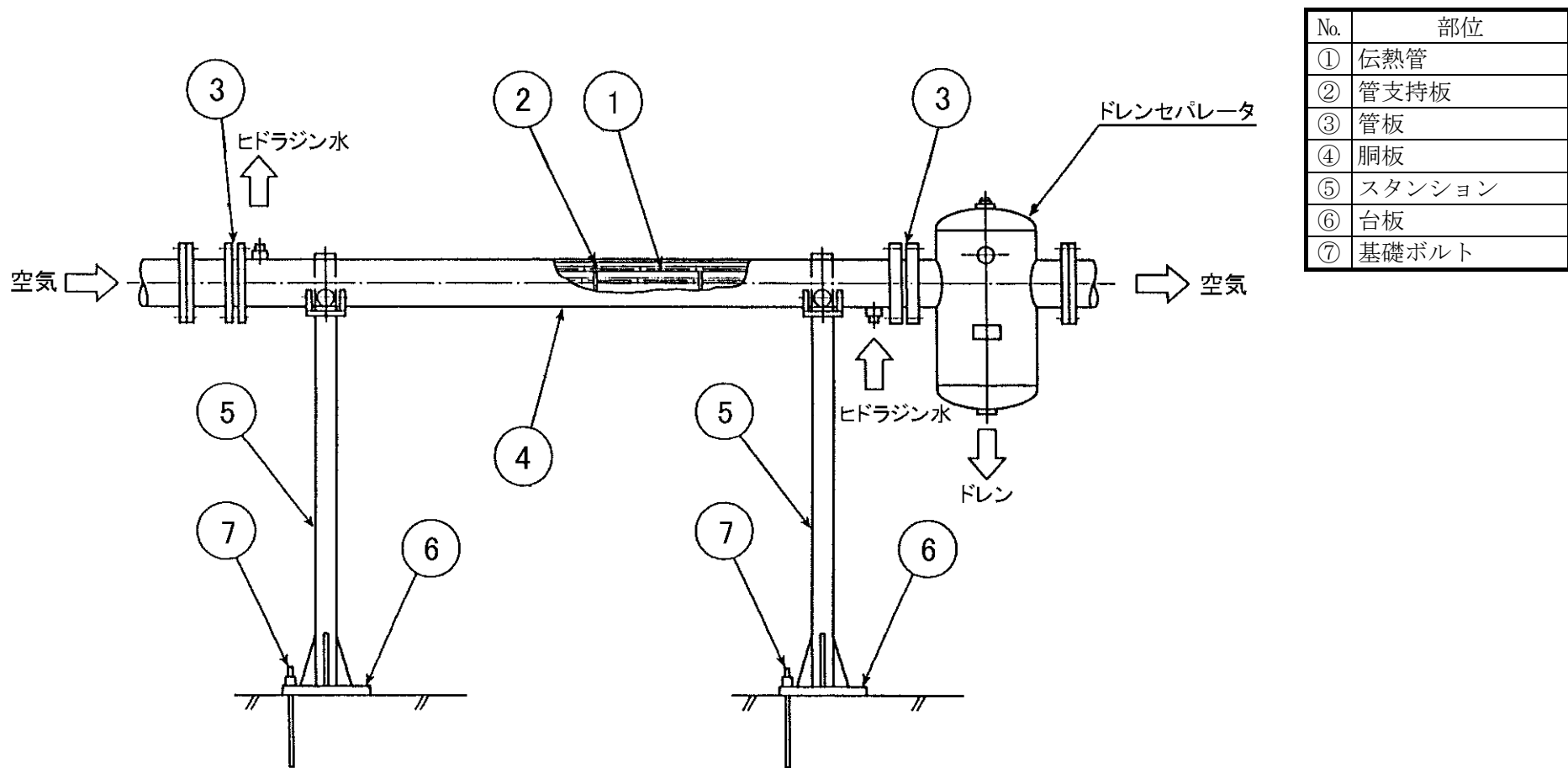


図2.2-5 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機アフタークーラ構造図

表2.2-5 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機アフタークーラ
主要部位の使用材料

部位		材料
空気圧縮機 アフタークーラ	伝熱管	銅合金
	管支持板	フェノール樹脂
	管板	銅合金
	胴板	炭素鋼
支持構造物 組立品	スタンション	炭素鋼
	台板	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.2-6 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機アフタークーラの使用条件

最高使用圧力	管側：約0.8MPa [gage]	胴側：約0.7MPa [gage]
最高使用温度	管側：約240℃	胴側：約45℃
内部流体	管側：空気	胴側：ヒドラジン水

2.2.5 空気圧縮機ドレンセパレータ

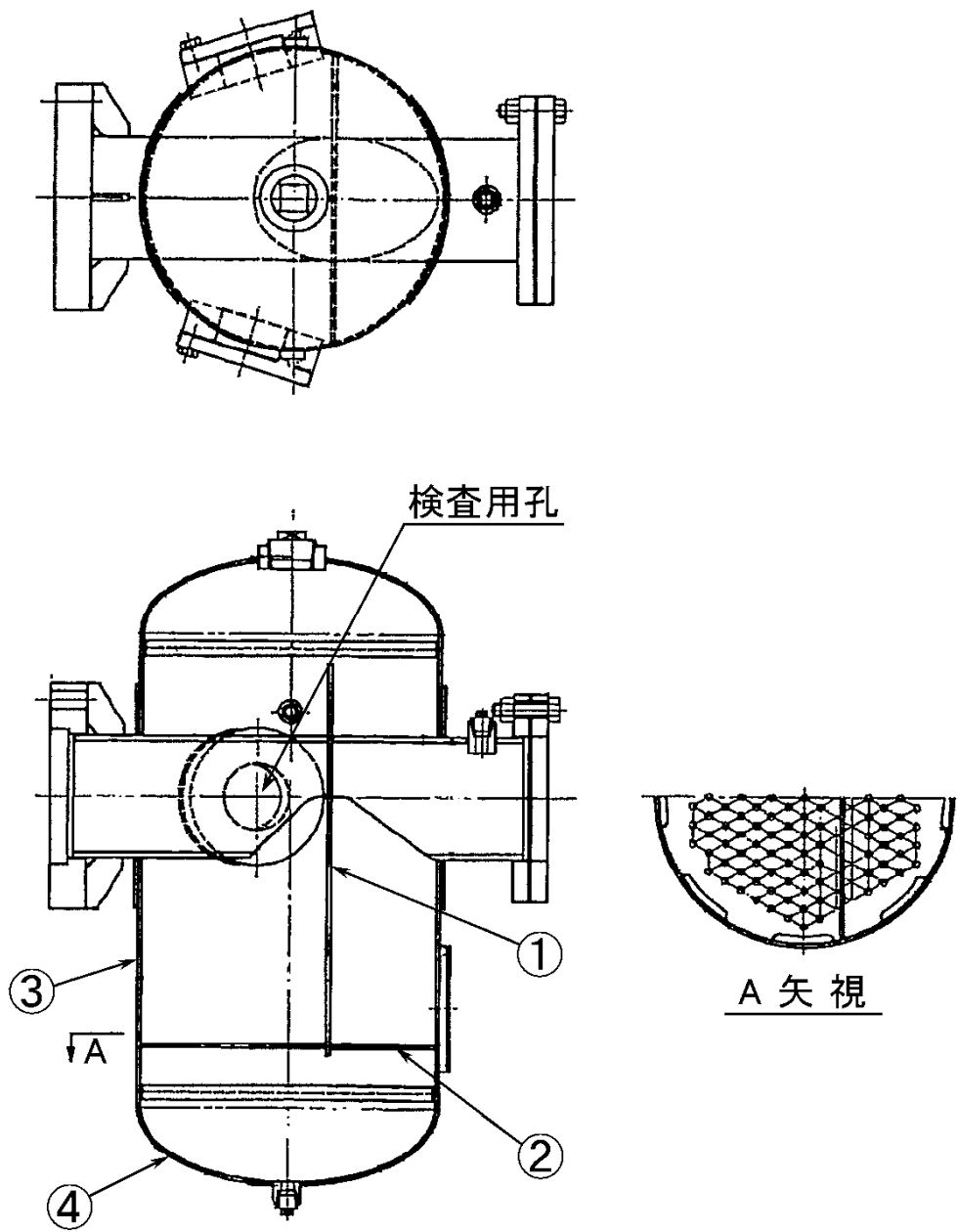
(1) 構造

高浜1号炉の空気圧縮機ドレンセパレータは、圧縮空気を冷却した時に生じる水分（ドレン）を除去するために設置され、たて置円筒形の構造でステンレス鋼を使用している。

高浜1号炉の空気圧縮機ドレンセパレータの構造図を図2.2-6に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の空気圧縮機ドレンセパレータの使用材料および使用条件を表2.2-7および表2.2-8に示す。



No.	部位
①	仕切板
②	バツフル
③	胴板
④	鏡板

図2.2-6 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機ドレンセパレータ構造図

表2.2-7 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機ドレンセパレータ
主要部位の使用材料

部位		材料
空気圧縮機 ドレンセパレータ	仕切板	ステンレス鋼
	バッフル	ステンレス鋼
	胴板	ステンレス鋼
	鏡板	ステンレス鋼

表2.2-8 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機ドレンセパレータの使用条件

最高使用圧力	約0.8MPa [gage]
最高使用温度	約150℃
内部流体	空気

2.2.6 空気だめ

(1) 構造

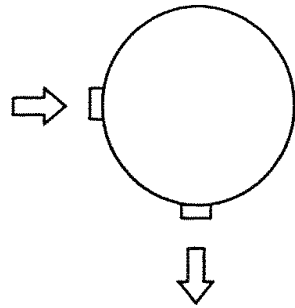
高浜1号炉の空気だめは、圧縮空気を貯蔵するために設置され、たて置円筒形の構造で炭素鋼製である。

空気だめはスカートにより支持され、基礎ボルトで固定されている。

高浜1号炉の空気だめの構造図を図2.2-7に示す。

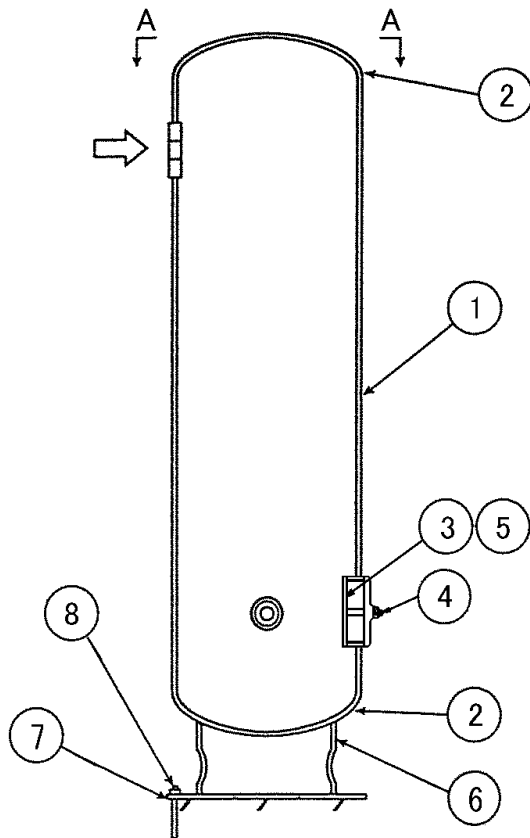
(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の空気だめの使用材料および使用条件を表2.2-9および表2.2-10に示す。



A-A矢視

No.	部位
①	胴板
②	鏡板
③	マンホール
④	マンホール用ボルト
⑤	ガスケット
⑥	スカート
⑦	台板
⑧	基礎ボルト



← は、空気の流れを示す。

図2.2-7 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気だめ構造図

表2.2-9 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気だめ
主要部位の使用材料

部位		材料
空気だめ	胴板	炭素鋼
	鏡板	炭素鋼
	マンホール	炭素鋼
	マンホール用ボルト	炭素鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
支持構造物組立品	スカート	炭素鋼
	台板	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.2-10 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気だめの使用条件

最高使用圧力	約0.8MPa[gage]
最高使用温度	約150℃
定格容量	約2.5m ³
内部流体	空気

2.2.6 空気圧縮機計器

高浜1号炉の空気圧縮機計器は、圧縮機運転モードの自動切替や圧縮機異常時に自動停止させる目的で、潤滑油圧カスイッチ、空気だめ圧カスイッチおよび空気温度検出器を設置している。

(1) 構造

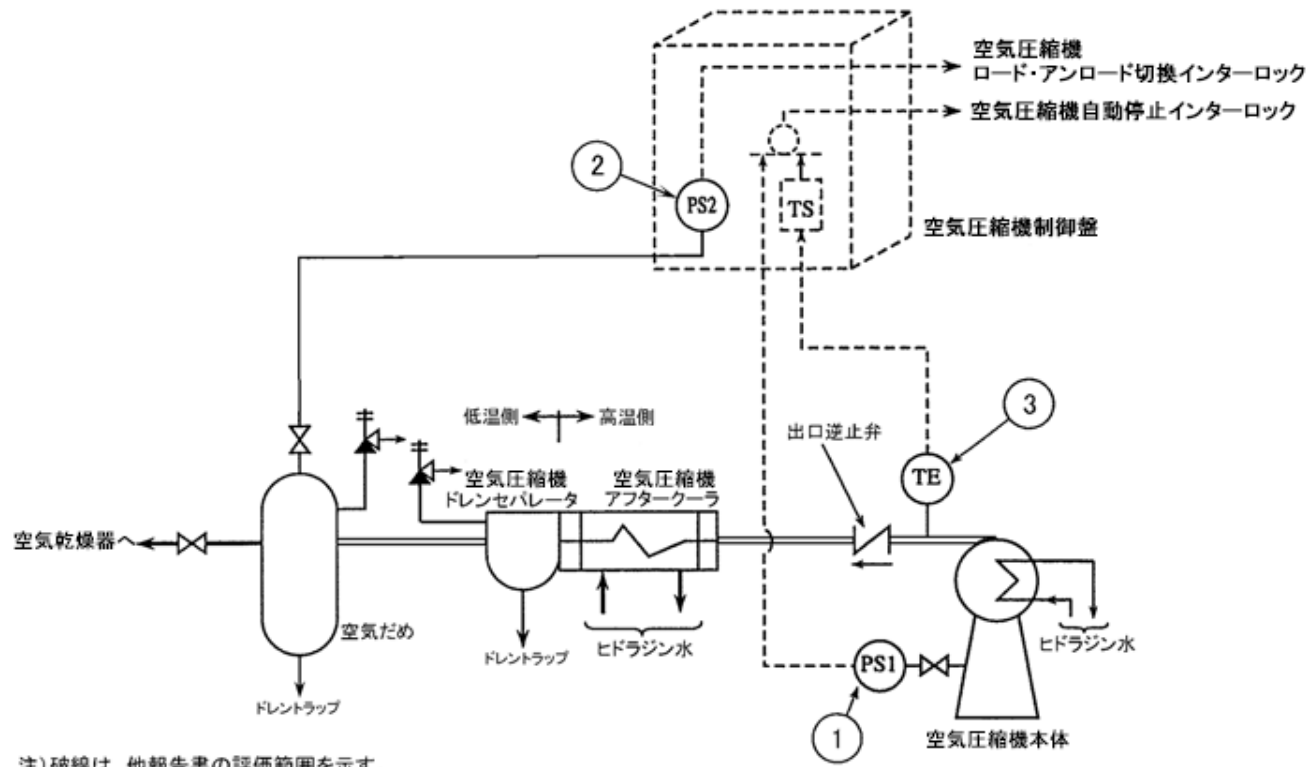
高浜1号炉の空気圧縮機潤滑油圧カスイッチおよび空気だめ圧カスイッチは、圧縮機潤滑油圧力が異常に低下した場合の圧縮機自動停止信号および空気だめ圧力が設定値に達した場合の圧縮機ロード／アンロード運転切替信号を発信する機能を有している。

高浜1号炉の空気圧縮機空気温度検出器は、空気圧縮機出口空気温度が異常に上昇した場合の圧縮機自動停止信号を発信する機能を有している。

高浜1号炉の計器用空気圧縮装置配管、弁および計器主要機器構成図を図2.2-8に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の空気圧縮機潤滑油圧カスイッチ、空気だめ圧カスイッチおよび空気温度検出器の使用材料および使用条件を表2.2-11および表2.2-12に示す。



注) 破線は、他報告書の評価範囲を示す。
 2重線は配管のステンレス化範囲を示す。
 玉形弁は、「弁の技術評価報告書」にて評価している。(安全弁は、評価対象外)

No.	部位
①	潤滑油圧カスイッチ
②	空気だめ圧カスイッチ
③	空気温度検出器

図2.2-8 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置配管、弁および計器主要機器構成図

表2.2-11 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機計器
主要部位の使用材料

部位	材料
潤滑油圧カスイッチ	ステンレス鋼他
空気だめ圧カスイッチ	ステンレス鋼他
空気温度検出器	ステンレス鋼他

表2.2-12 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機計器の
使用条件

設置場所	中間建屋
温度	約40℃

2.2.7 計器用空気圧縮装置配管

(1) 構造

高浜1号炉の計器用空気圧縮装置配管には、ステンレス鋼を使用している。

また、各配管はフランジまたは溶接により他の配管、機器に接続している。

高浜1号炉の計器用空気圧縮装置配管、弁および計器主要機器構成図を図2.2-8に示す。

なお、空気だめ以降の配管および空気乾燥器内の機器は、2.2.9章で評価している。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の計器用空気圧縮装置配管の使用材料および使用条件を表2.2-13および表2.2-14に示す。

表2.2-13 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置配管
主要部位の使用材料

部位	材料
母管	ステンレス鋼
フランジボルト	炭素鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.2-14 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置配管の使用条件

最高使用圧力		約0.8MPa[gage]
最高使用温度	高温側*1	約240℃
	低温側*2	約150℃
内部流体		空気

*1：空気圧縮機アフタークーラより上流側

*2：空気圧縮機ドレンセパレータより下流側

2.2.8 計器用空気圧縮装置弁

高浜1号炉の計器用空気圧縮装置弁は玉形弁、逆止弁および安全弁が設置されている。玉形弁および安全弁については、「弁の技術評価書」にて評価を実施することから、以下の逆止弁について評価を行う。

2.2.8.1 空気圧縮機出口逆止弁

(1) 構造

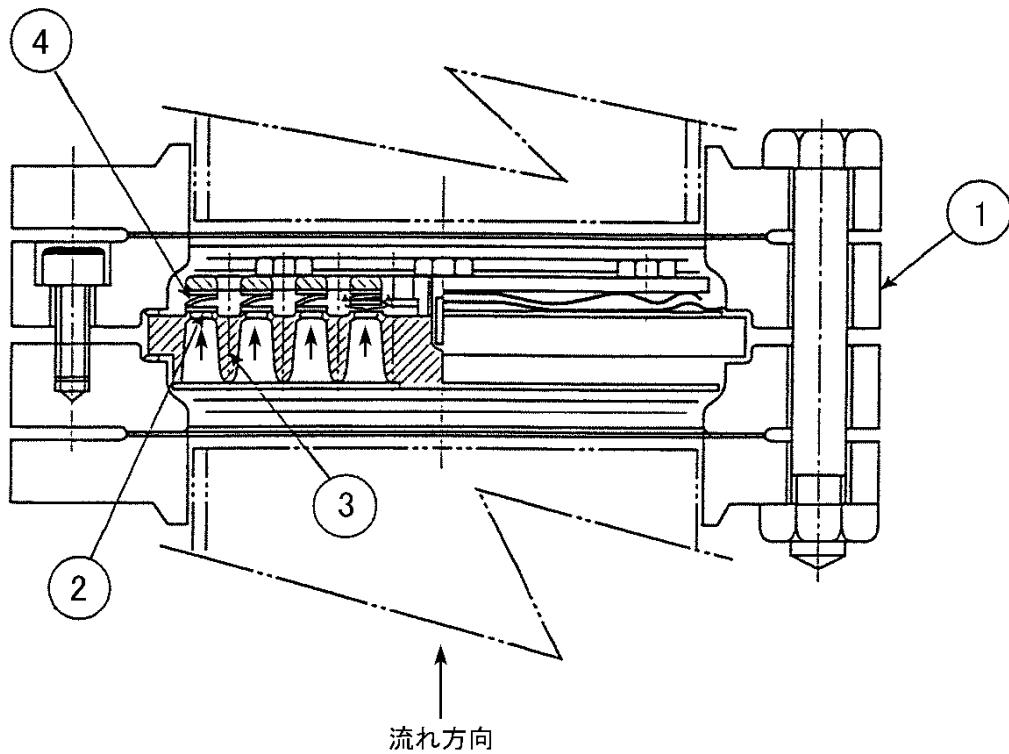
高浜1号炉の計器用空気圧縮装置の空気圧縮機出口逆止弁は、空気圧縮機1台に1台設置されている。

弁本体は流体を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱）、流体を仕切る隔離部（弁板、弁座）および弁板を作動させる作動部（ばね）からなる。

高浜1号炉の計器用空気圧縮装置配管、弁および計器主要機器構成図を図2.2-8に、逆止弁の構造図を図2.2-9に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の計器用空気圧縮装置の空気圧縮機出口逆止弁の使用材料および使用条件を表2.2-15および表2.2-16に示す。



←は空気の流れを示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁板
③	弁座
④	ばね

図2.2-9 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機出口逆止弁
構造図

表2.2-15 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機出口逆止弁
主要部位の使用材料

部位	材料
弁箱	ステンレス鋼
弁板	消耗品・定期取替品
弁座	消耗品・定期取替品
ばね	消耗品・定期取替品

表2.2-16 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機出口逆止弁の
使用条件

最高使用圧力	約0.8MPa [gage]
最高使用温度	約240℃
定格容量	約8.2Nm ³ /min
内部流体	空気

2.2.9 空気乾燥器

(1) 構造

高浜1号炉の空気乾燥器は、吸着剤を充てんした脱湿塔2塔を備え、器内の弁（四方弁）が自動的に切り替わることで、「吸着」と「再生」工程を両塔交互に行い、圧縮空気を連続して乾燥する構造である。

「再生」工程は「加熱」と「冷却」モードに分けられ、「加熱」モードでは圧縮空気の一部を電気ヒータに通過させることにより、高温空気を作り、先の「吸着」工程で吸着剤に吸着された水分を水蒸気状にして冷却器で冷却後、ドレンセパレータでドレン水を分離し器外へ排出する。また、「冷却」モードではヒータは切られ、「加熱」モードで熱くなった吸着剤を冷却し、次回の「吸着」工程に備える運転状態である。

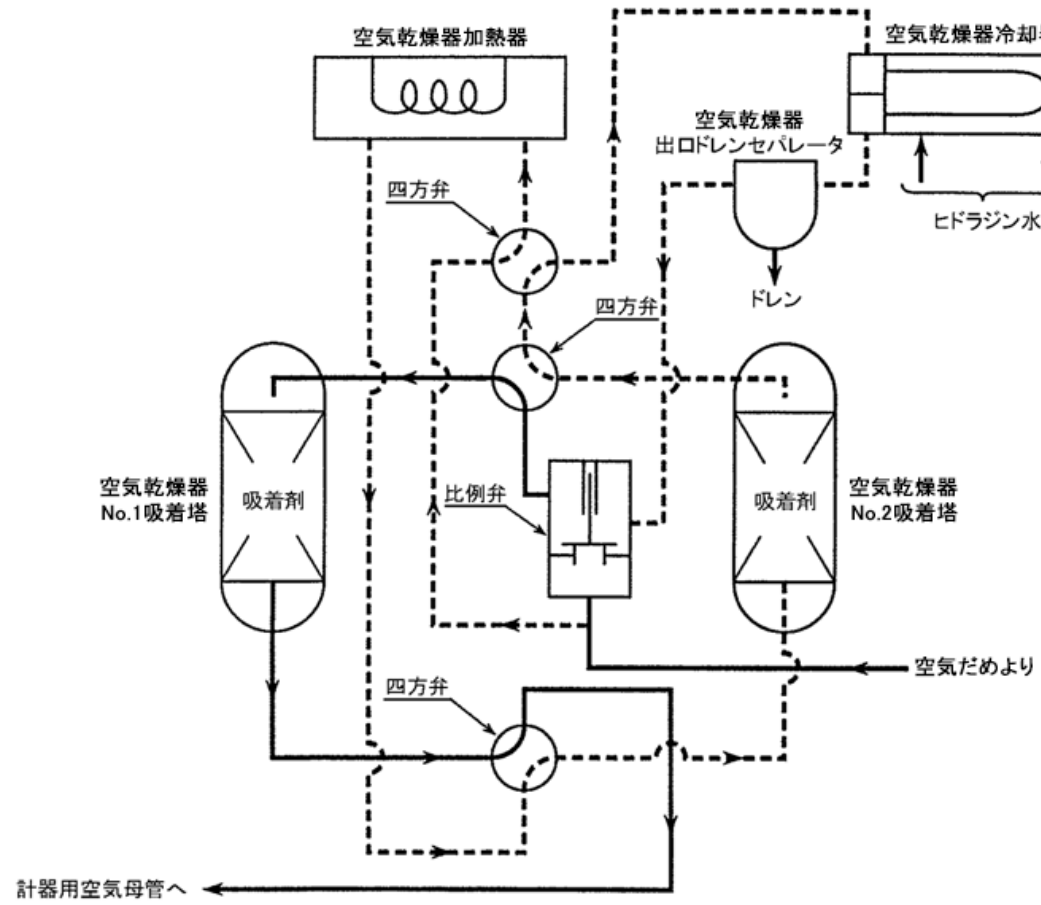
この一連の「再生」工程を行っている間、もう一方の塔では連続して空気を乾燥する「吸着」工程を行っている。

空気乾燥器を構成する主要部位の脱湿塔、加熱器および冷却器は炭素鋼を使用している。

高浜1号炉の空気乾燥器の配管および弁主要機器構成図および各機器の構造図を図2.2-10～図2.2-16に示す。

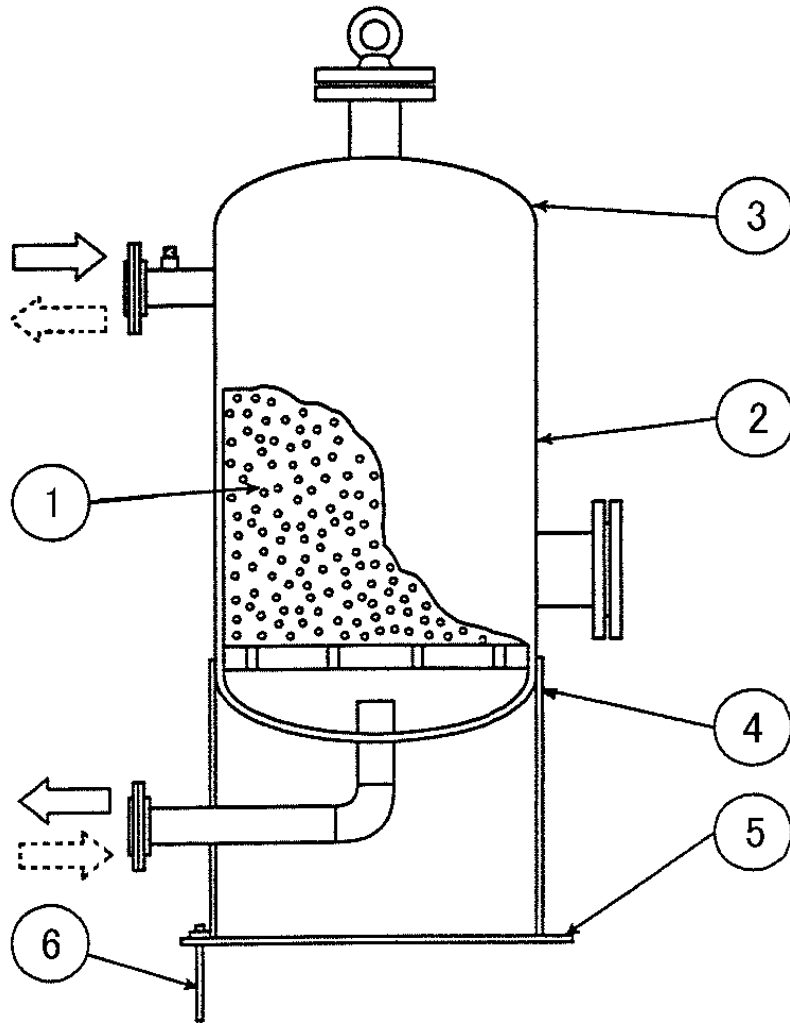
(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の空気乾燥器の使用材料および使用条件を表2.2-17および表2.2-18に示す。



注) 破線は、再生中(加熱モード)のラインを示す。

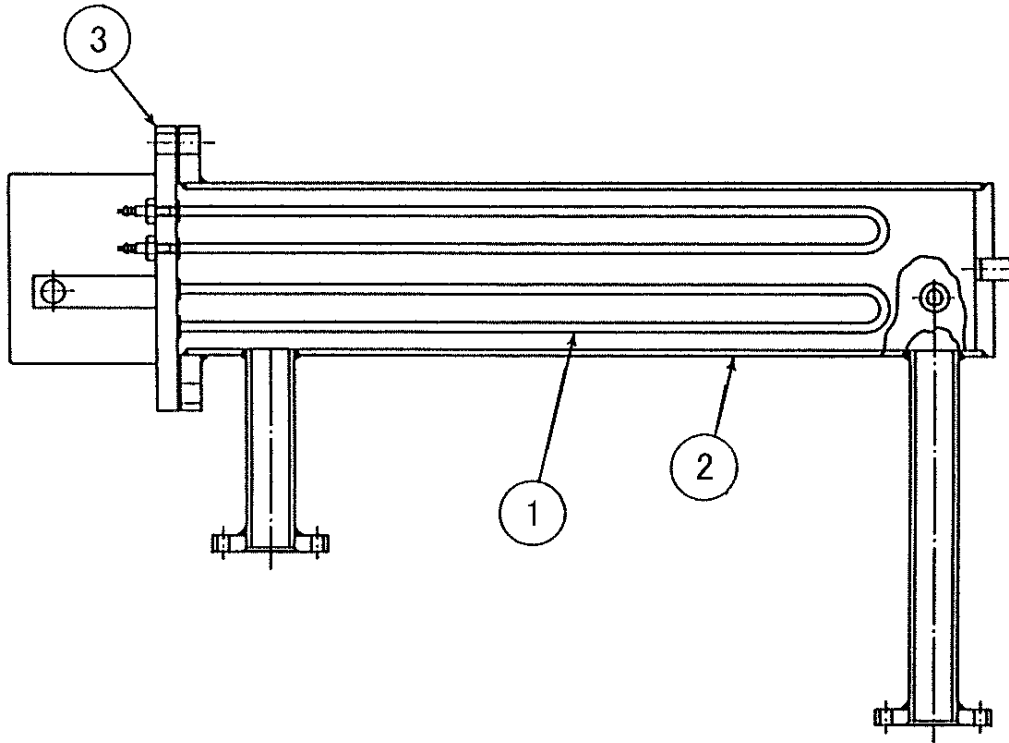
図2.2-10 高浜1号炉 空気乾燥器 配管および弁主要機器構成図



注) ← は、吸着行程の空気の流れ、
 ⇄ は、再生行程の空気の流れを示す。

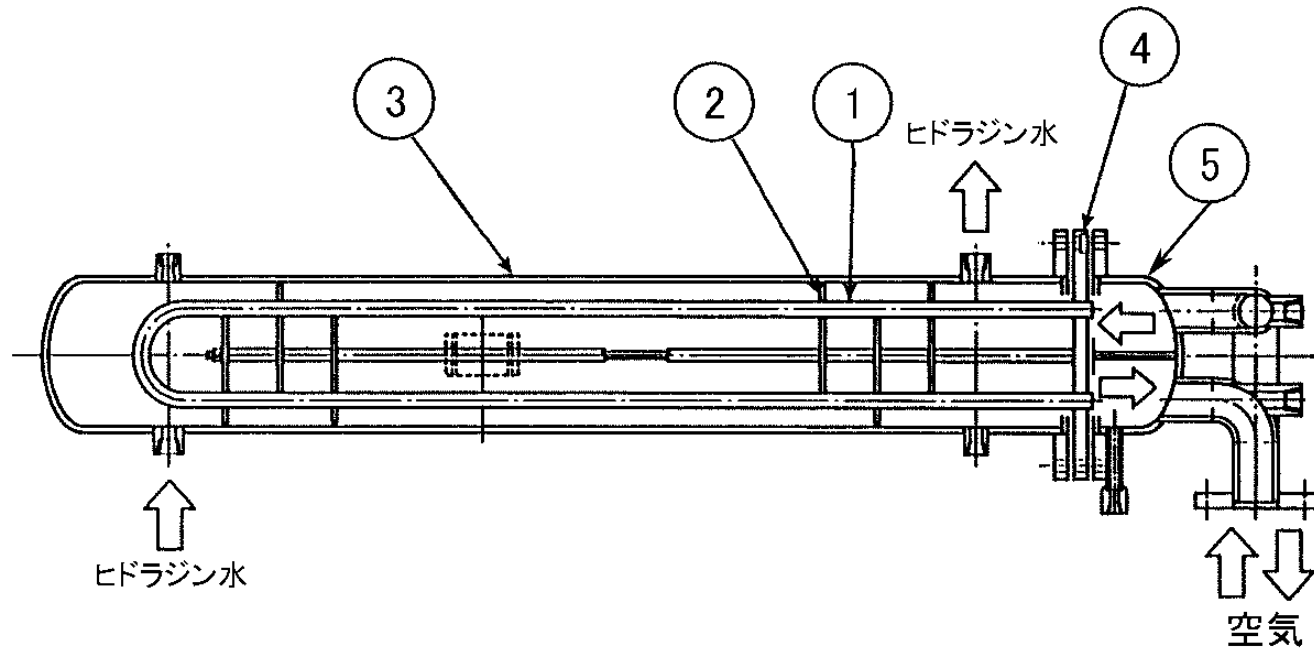
No.	部位
①	吸着剤
②	胴板
③	鏡板
④	スカート
⑤	台板
⑥	基礎ボルト

図2.2-11 高浜1号炉 空気乾燥器 脱湿塔構造図



No.	部位
①	ヒータ
②	胴板
③	管板

図2.2-12 高浜1号炉 空気乾燥器 加熱器構造図



No.	部位
①	伝熱管
②	管支持板
③	胴板
④	管板
⑤	カバー

図2.2-13 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気乾燥器 冷却器構造図

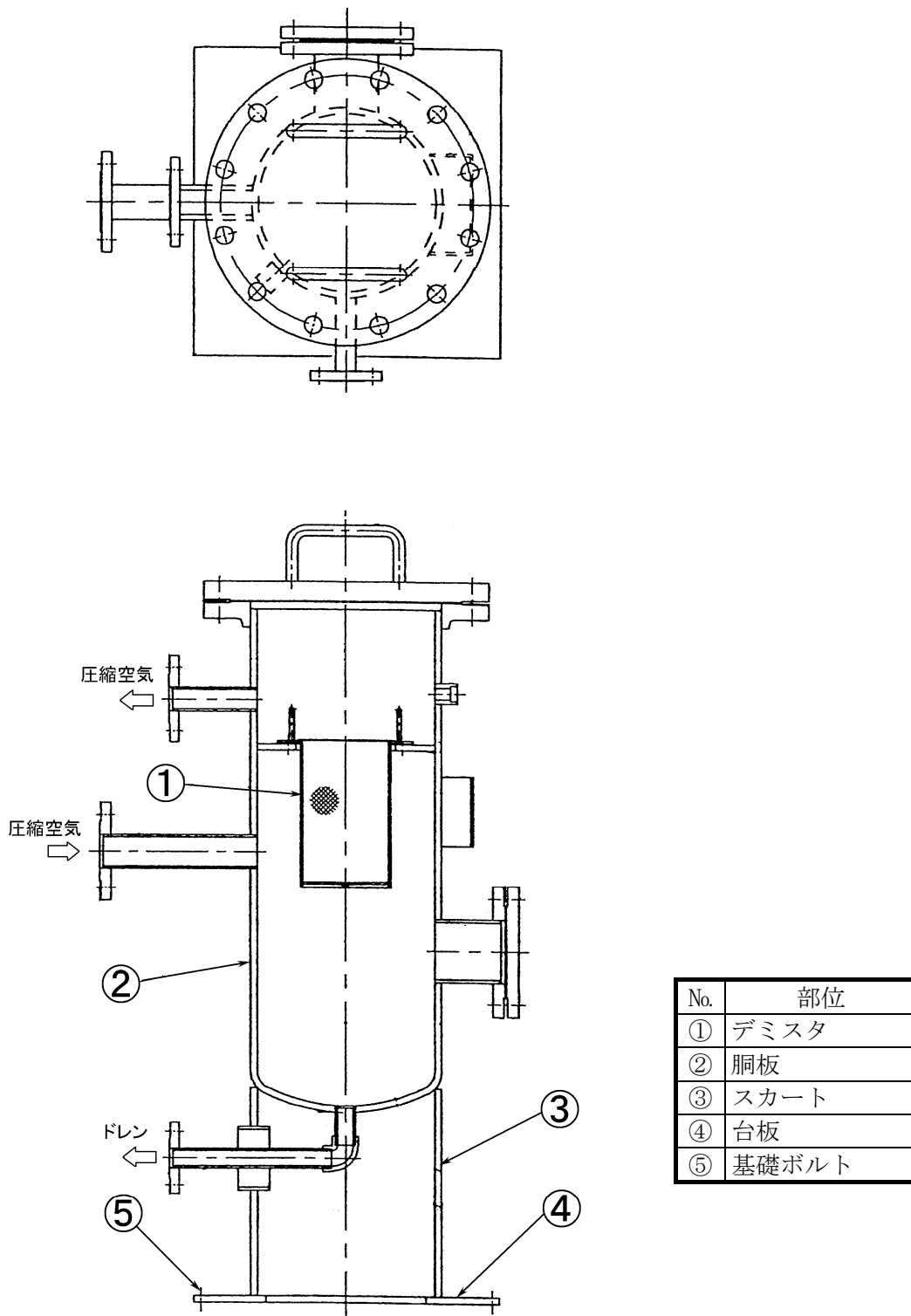
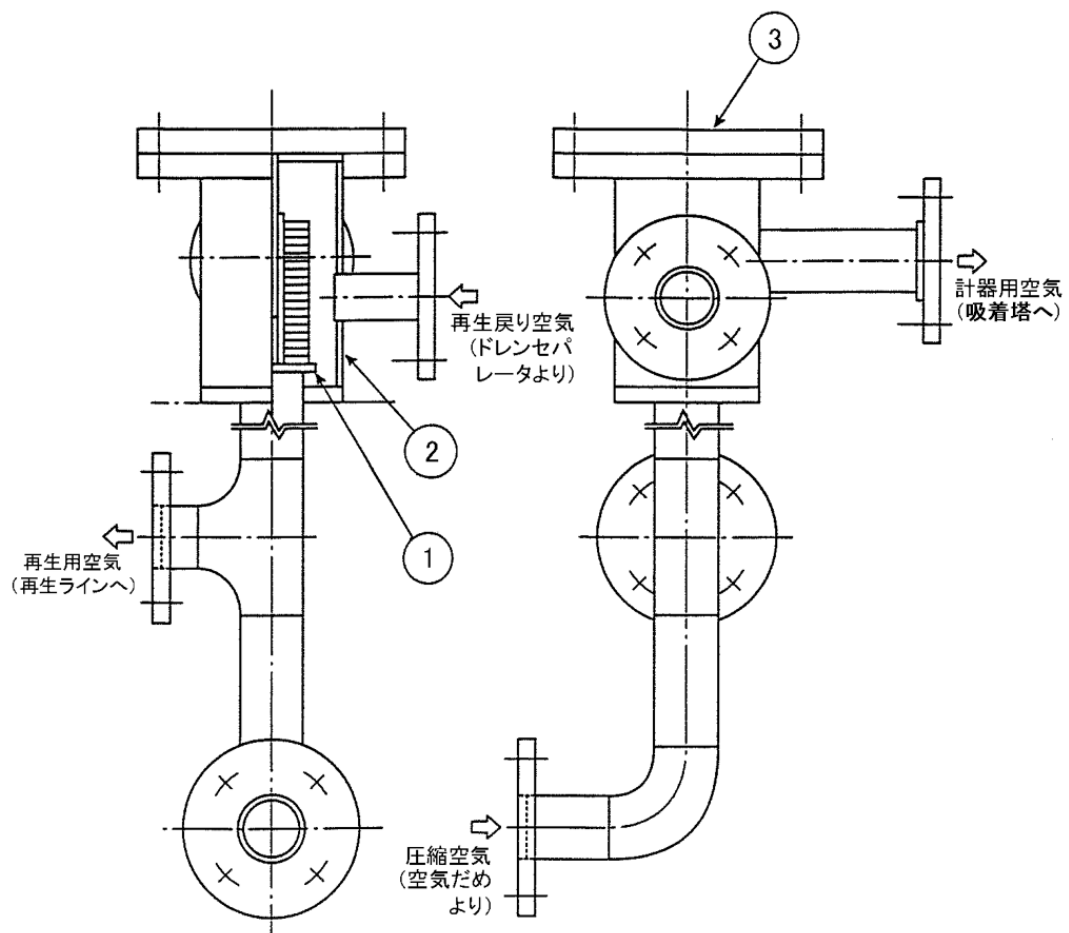
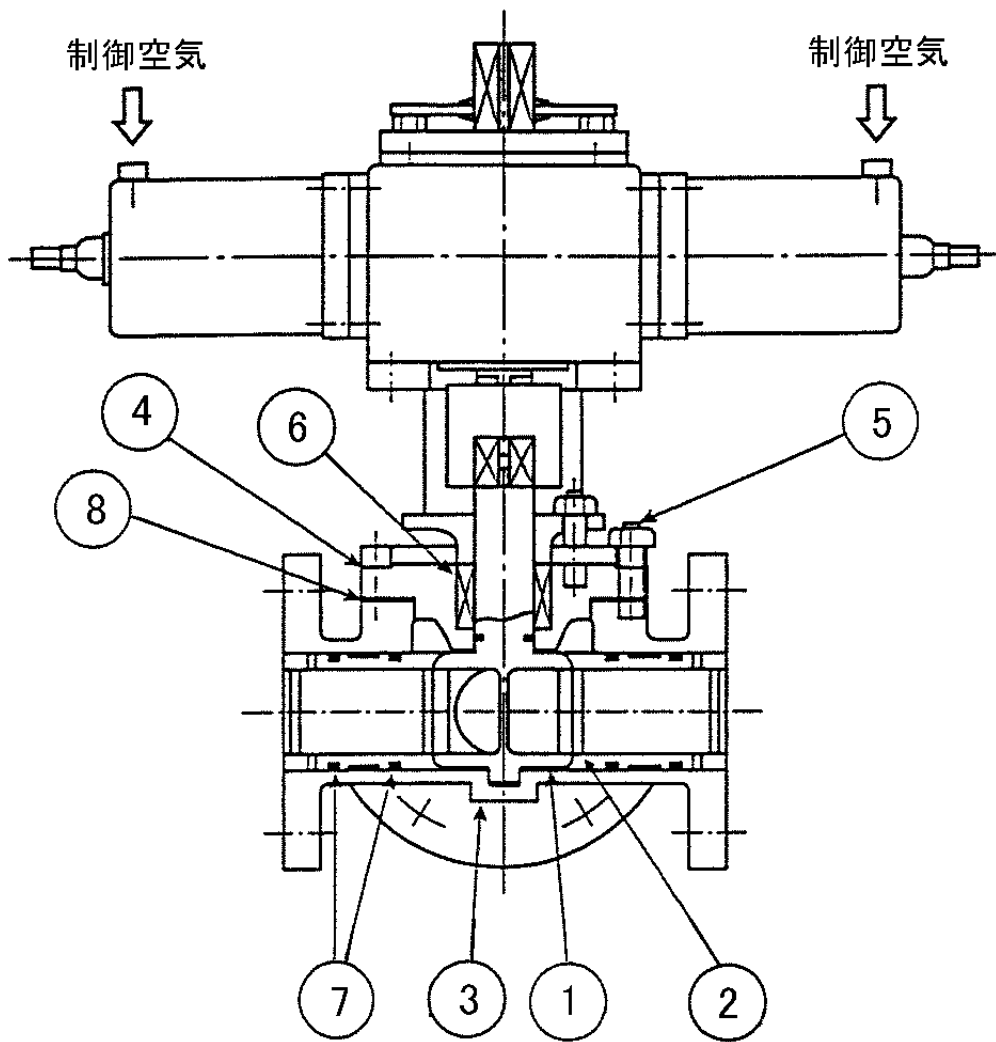


図2.2-14 高浜1号炉 空気乾燥器
出口ドレンセパレータ構造図



No.	部位
①	弁体
②	弁箱
③	フランジ

図2.2-15 高浜1号炉 空気乾燥器 比例弁構造図



No.	部位
①	弁体
②	弁座
③	弁箱
④	弁蓋
⑤	弁蓋ボルト
⑥	グランドパッキン
⑦	Oリング
⑧	ガスケット

図2.2-16 高浜1号炉 空気乾燥器 四方弁構造図

表2.2-17(1/2) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気乾燥器
主要部位の使用材料

部位		材料
脱湿塔	吸着剤	消耗品・定期取替品
	胴板	炭素鋼
	鏡板	炭素鋼
	スカート	炭素鋼
加熱器	ヒータ	消耗品・定期取替品
	胴板	炭素鋼
	管板	炭素鋼
冷却器	伝熱管	炭素鋼
	管支持板	炭素鋼
	胴板	炭素鋼
	管板	炭素鋼
	カバー	炭素鋼
出口ドレンセパレータ	デミスタ	ステンレス鋼
	胴板	炭素鋼
	スカート	炭素鋼
配管	母管	炭素鋼
	フランジボルト	炭素鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品

表2.2-17(2/2) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置
空気乾燥器主要部位の使用材料

部位		材料
比例弁	弁体	ステンレス鋼
	弁箱	炭素鋼
	フランジ	炭素鋼
四方弁	弁体	ステンレス鋼鋳鋼
	弁座	ステンレス鋼
	弁箱	ステンレス鋼鋳鋼
	弁蓋	ステンレス鋼鋳鋼
	弁蓋ボルト	低合金鋼
	グランドパッキン	消耗品・定期取替品
	Oリング	消耗品・定期取替品
	ガスケット	消耗品・定期取替品
支持構造物組立品	台板	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.2-18 高浜1号炉 空気乾燥器の使用条件

	空気乾燥器 冷却器管側	空気乾燥器 冷却器胴側
最高使用圧力	約0.8MPa [gage]	約0.7MPa [gage]
最高使用温度	約300℃	約45℃
内部流体	空気	ヒドラジン水

2.3 経年劣化事象の抽出

2.3.1 機能達成に必要な項目

計器用空気圧縮装置の機能である空気の圧縮、乾燥、容量（空気流量）確保の達成に必要な項目としては、次の5つの項目がある。

- ① 空気の圧縮、容量（空気流量）の確保
- ② 空気の乾燥
- ③ バウンダリの維持
- ④ 駆動機能の確保
- ⑤ 機器の支持

2.3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

計器用空気圧縮装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および使用条件（内部流体、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.3-2に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.3-2で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) 空気圧縮機モータ（低圧）固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.3.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.3-2で△または▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 空気圧縮機本体ケーシング等の腐食（全面腐食）

空気圧縮機本体のケーシング、シリンダヘッド、シリンダライナおよびVプーリは鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、ケーシング、シリンダヘッド、シリンダライナ、Vプーリの大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、ケーシングの内面は油霧囲気、シリンダヘッドおよびシリンダライナの内部流体がヒドラジン水（防錆剤注入水）で腐食しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 空気圧縮機本体主軸等の摩耗

空気圧縮機本体の主軸（連接棒メタルとの接触部）、ピストン、ピストンロッド、リストピンおよびクロスヘッド等の摺動部で摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認や寸法計測により、状況を確認し、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 空気圧縮機本体主軸等（軸受部）の摩耗

空気圧縮機本体および空気圧縮機モータの軸受はころがり軸受を使用しており、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定される。

軸受定期取替時の軸受引き抜きの際に主軸表面にわずかな線形模様が生じることもあり、主軸表面をサンドペーパーで仕上げる方策も考えられる。この場合、主軸表面にわずかな摩耗が発生し、主軸と軸受スリーブ間で微小すき間が生じ、運転中にフレッチングによる摩耗が発生する可能性がある。

しかしながら、これを防止するため主軸表面の仕上げは行わない運用としており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(4) 空気圧縮機本体主軸等の腐食（全面腐食）

空気圧縮機本体の主軸、油ポンプ歯車、ピストンロッド、リストピンおよび連接棒等は低合金鋼、鋳鉄または炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、主軸、油ポンプ歯車等は油霧囲気で腐食しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 空気圧縮機本体主軸等の高サイクル疲労割れ

空気圧縮機本体の主軸、ピストンロッド、連接棒、ピストンおよび空気圧縮機モータの主軸には、空気圧縮機運転時に発生する応力により、疲労が蓄積し、高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(6) 空気圧縮機本体油ポンプ歯車の摩耗

空気圧縮機本体の油ポンプは駆動歯車を介して主軸の回転力により駆動される歯車ポンプであり、歯車は摩擦による摩耗が想定される。

しかしながら、歯車には、潤滑油を供給し摩耗を防止しており、摩耗が発生しがたく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 空気圧縮機本体シリンダライナの摩耗

空気圧縮機本体のピストンの往復運動により、シリンダライナとピストンリングの接触面で摺動摩耗が想定される。

しかしながら、耐摩耗性をよくするためシリンダライナの内面をクロムメッキ被膜し、ピストンリングには自己潤滑性のあるカーボンを使用しており、摩耗が発生しがたく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(8) 空気圧縮機本体Vプーリの摩耗

空気圧縮機本体のVプーリは、回転によりVベルトとの接触部に摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時にVベルトの張力管理、Vプーリの目視確認および寸法計測により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 空気圧縮機アフタークーラ等伝熱管の高サイクル疲労割れ

空気圧縮機アフタークーラおよび空気乾燥器冷却器の伝熱管は伝熱管振動により高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、伝熱管は外表面の流体によって発生するカルマン渦による振動と共振せず、流力弾性振動も発生しない構造となっており、高サイクル疲労割れが発生しがたい環境である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、開放点検時の目視確認や漏えい確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 空気圧縮機モータ固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）

空気圧縮機のモータの固定子コアおよび回転子コアは珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コアおよび回転子コアはワニス処理により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(11) 空気圧縮機モータ端子箱等の腐食（全面腐食）

空気圧縮機モータの端子箱、フレームおよびブラケットは炭素鋼または鋳鉄であり腐食が想定される。

しかしながら、内外面とも大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(12) 空気圧縮機アフタークーラ胴板等の腐食（全面腐食）

空気圧縮機アフタークーラの管板、胴板および空気乾燥器冷却器の胴板は銅合金または炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、胴側内部流体はヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、管側内部流体が空気で腐食しがたい環境であり、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(13) 空気圧縮機アフタークーラ伝熱管等の腐食（全面腐食）

空気圧縮機アフタークーラの伝熱管は銅合金、空気乾燥器冷却器の伝熱管等は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、胴側内部流体はヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、管側内部流体が空気で腐食しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(14) 空気だめ胴板等の外面からの腐食（全面腐食）

空気だめの胴板、鏡板、マンホール、空気乾燥器の脱湿塔胴板および鏡板等は炭素鋼であり、外面からの腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(15) 空気だめ等の内面からの腐食（全面腐食）

空気だめ等の湿り空気雰囲気中で炭素鋼を使用している部位は長期間の使用により、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、空気だめの内面は塗装を施しているが、安全側に塗装がないと仮定して、酸素含有水中における炭素鋼の腐食挙動が放物線則に従うとして、運転開始後60年間の腐食量を評価した。その結果、表2.3-1に示すとおり運転開始後60年時点での推定腐食量は、設計上の腐れ代に対して小さいことから、急激な腐食の進行により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。

さらに、定期的にドレントラップを分解して腐食によるスラッジが流入していないことを確認することで機器の健全性を維持している。

表2.3-1 高浜1号炉 空気だめ等の腐食評価結果

運転開始後60年時点での推定腐食量	腐れ代
約4/5	

また、空気乾燥器の脱湿塔胴板、鏡板、加熱器胴板、管板、冷却器カバー等の内面および比例弁については、分解点検時または開放点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(16) 空気だめ圧力スイッチ等の特性変化

空気だめ圧力スイッチ、空気圧縮機潤滑油圧力スイッチおよび空気温度検出器は長期間の使用に伴い、検出特性および信号伝達特性の変化が想定される。

しかしながら、検出器は耐食性等を考慮した材料を選定し設計しており、また、圧力スイッチおよび空気温度検出器は屋内に設置されていることから環境変化の程度が小さく、短期間で入出力特性が変化する可能性は小さいと考える。

さらに、空気だめ圧力スイッチおよび空気圧縮機潤滑油圧力スイッチについては、定期的な機器点検時の特性試験により、空気温度検出器については、分解点検時または機器点検時の抵抗測定および絶縁抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(17) 空気だめ圧力スイッチ等の導通不良

空気だめ圧力スイッチおよび空気圧縮機潤滑油圧力スイッチは接点部分に浮遊塵埃が付着することにより、導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は筐体または盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生しがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機器点検時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(18) 空気乾燥器比例弁および四方弁の弁体等の摩耗

空気圧縮機比例弁、四方弁の弁体および弁座については、内部流体中の異物との衝突および弁の開閉による摩耗が想定される。

しかしながら、空気圧縮機入口には吸気フィルタを設置し異物を除去しており、摩耗が発生しがたく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(19) フランジボルトおよびマンホールボルト等の腐食（全面腐食）

配管のフランジボルト、空気乾燥器配管のフランジボルト、空気だめのマンホール用ボルトおよび空気乾燥器の四方弁弁蓋ボルトは低合金鋼または炭素鋼であり、ガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時または開放点検時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(20) サポートおよびスカート等の腐食（全面腐食）

空気圧縮機アフタークーラのスタンション、空気だめのスカート、空気乾燥器脱湿塔および出口ドレンセパレータのスカートは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(21) 台板および取付ボルトの腐食（全面腐食）

台板および取付ボルトは炭素鋼または鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(22) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(23) 空気圧縮機モータ回転子棒・エンドリングの疲労割れ

空気圧縮機モータの回転子棒・エンドリングについては、モータの起動時に発生する電磁力による繰り返し応力を受けるため、疲労割れが想定される。

しかしながら、発生応力は疲労強度より小さく、これまでに有意な割れは認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.3.4 消耗品および定期取替品

吸気フィルタ、吸込弁、吐出弁、軸受（ころがり）、グランドパッキン、Vベルト、ガスケット、Oリング、出口逆止弁弁板、出口逆止弁弁座、出口逆止弁ばねおよび吸着剤は分解点検時または開放点検時に取替える消耗品であり、連接棒メタルおよびピストンリングは分解点検時の目視確認や寸法計測の結果に基づき取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.3-2(1/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機本体に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の圧縮、容量(空気流量)の確保	ケーシング		鋳鉄		△						*1：接続棒メタルとの接触部 *2：軸受部 *3：高サイクル疲労割れ
	吸気フィルタ	◎	—								
	主軸		低合金鋼	△*1 △*2	△	△*3					
	油ポンプ歯車		炭素鋼	△	△						
	ピストンロッド		低合金鋼(クロムメッキ)	△	△	△*3					
	リストピン		低合金鋼	△	△						
	接続棒		炭素鋼		△	△*3					
	接続棒メタル	◎	—								
	クロスヘッド		鋳鉄	△	△						
	クロスヘッドガイド		鋳鉄	△	△						
	ピストン		アルミ合金鋳物	△		△*3					
	シリンダヘッド		鋳鉄		△						
	シリンダライナ		鋳鉄(クロムメッキ)	△	△						
	吸入弁	◎	—								
	吐出弁	◎	—								
	ピストンリング	◎	—								
	軸受(ころがり)	◎	—								
	グランドパッキン	◎	—								
駆動機能の確保	Vベルト	◎	—								
	Vプーリ		鋳鉄	△	△						
機器の支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

表2.3-2(2/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機モータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
駆動機能の確保	固定子コア		珪素鋼板		△						*1：絶縁低下 *2：高サイクル疲労割れ
	フレーム		鋳鉄		△						
	固定子コイル		銅、マイカ、エポキシ樹脂							○*1	
	口出線		銅、シリコンゴム、マイカ、エポキシ樹脂							○*1	
	端子箱		炭素鋼		△						
	回転子棒・エンドリング		アルミニウム地金			▲					
	回転子コア		珪素鋼板		△						
	主軸		低合金鋼	△		△*2					
	ブラケット		鋳鉄		△						
	軸受（ころがり）	◎	—								
機器の支持	取付ボルト		炭素鋼		△						
	台板		鋳鉄		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.3-2(3/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機アフタークーラに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の圧縮、容量(空気流量)の確保	伝熱管		銅合金		△	△*1					*1：高サイクル疲労割れ
	管支持板		フェノール樹脂								
バウンダリの維持	管板		銅合金		△						
	胴板		炭素鋼		△						
機器の支持	スタンション		炭素鋼		△						
	台板		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(4/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機ドレンセパレータに想定される
経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
空気の乾燥	仕切板		ステンレス鋼								
	バップル		ステンレス鋼								
バウンダリの 維持	胴板		ステンレス鋼								
	鏡板		ステンレス鋼								

表2.3-2(5/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気だめに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	胴板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	鏡板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	マンホール		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	ガスケット	◎	—								
	マンホール用ボルト		炭素鋼		△						
機器の支持	スカート		炭素鋼		△						
	台板		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(6/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 計器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の圧縮、容量(空気流量)の確保	潤滑油圧力スイッチ		ステンレス鋼他							△ ^{*1,2}	*1：特性変化 *2：導通不良
	空気だめ圧力スイッチ		ステンレス鋼他							△ ^{*1,2}	
	空気温度検出器		ステンレス鋼他							△ ^{*1}	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(7/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	母管		ステンレス鋼								
	フランジボルト		炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(8/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気圧縮機出口逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の圧縮、容量(空気流量)の確保	弁板	◎	—								
	弁座	◎	—								
	ばね	◎	—								
バウンダリの維持	弁箱		ステンレス鋼								

表2.3-2(9/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気乾燥器に想定される経年劣化事象(1/4)

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
空気の乾燥	出口ドレンセパレータ	デミスタ		ステンレス鋼							*1：高サイクル疲労割れ	
	脱湿塔	吸着剤	◎	—								
	加熱器	ヒータ	◎	—								
	冷却器	伝熱管			炭素鋼		△	△*1				
		管支持板			炭素鋼		△					
	比例弁	弁体			ステンレス鋼	△						
	四方弁	弁体			ステンレス鋼鋳鋼	△						
弁座				ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(10/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気乾燥器に想定される経年劣化事象(2/4)

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	加熱器	胴板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
		管板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	冷却器	胴板		炭素鋼		△						
		管板		炭素鋼		△(カバー側) △(胴側)						
		カバー		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	出口ドレンセパレータ	胴板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	配管	母管		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
		フランジボルト		炭素鋼		△						
		ガスケット	◎	—								
	脱湿塔	胴板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
		鏡板		炭素鋼		△(外面) △(内面)						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(11/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気乾燥器に想定される経年劣化事象(3/4)

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	比例弁	弁箱		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
		フランジ		炭素鋼		△(外面) △(内面)						
	四方弁	弁箱		ステンレス鋼鋳鋼								
		弁蓋		ステンレス鋼鋳鋼								
		弁蓋ボルト		低合金鋼		△						
		グラウンドパッキン	◎	—								
		Oリング	◎	—								
ガスケット	◎	—										

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.3-2(12/12) 高浜1号炉 計器用空気圧縮装置 空気乾燥器に想定される経年劣化事象(4/4)

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	出口ドレンセパレータ	スカート		炭素鋼		△						
	脱湿塔	スカート		炭素鋼		△						
	台板			炭素鋼		△						
	基礎ボルト			炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.4 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.4.1 空気圧縮機モータの固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下

a. 事象の説明

固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下については、ファンモータと同様であることから、「空調設備の技術評価書」モータの固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下の事象の説明を参照のこと。

b. 技術評価

空気圧縮機モータの電圧区分、使用環境等は、ファンモータと同様であることから、固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下に対する技術評価については、「空調設備の技術評価書」モータの固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下に対する技術評価を参照のこと。

c. 高経年化への対応

空気圧縮機モータの電圧区分、使用環境等は、ファンモータと同様であることから、固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下に対する高経年化への対応については、「空調設備の技術評価書」モータの固定子コイルおよび口出線・接続部品の絶縁低下に対する高経年化への対応を参照のこと。

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

① 非常用ディーゼル発電機始動用空気圧縮機

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.3.3の1)または2)に該当する事象であるが保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.1.1 空気圧縮機本体ケーシング等の腐食（全面腐食）

空気圧縮機本体のケーシング、シリンダヘッドおよびシリンダは炭素鋼または鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、ケーシングおよびシリンダの内面は油霧囲気であり、空気圧縮機本体シリンダヘッドの内部流体がヒドラジン水（防錆剤注入水）で腐食しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.2 空気圧縮機本体主軸等の摩耗

空気圧縮機本体の主軸（連接棒メタルとの接触部）、ピストン、リストピン等摺動部で摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認や寸法計測および試運転時の機能確認により、状況を確認し、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.3 空気圧縮機本体主軸（軸受部）の摩耗

空気圧縮機本体の軸受はころがり軸受を使用しており、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定される。

軸受定期取替時の軸受引き抜きの際に主軸表面にわずかな線形模様が生じることもあり、主軸表面をサンドペーパーで仕上げる方策も考えられる。この場合、主軸表面にわずかな摩耗が発生し、主軸と軸受スリーブ間で微小すき間が生じ、運転中にフレットングによる摩耗が発生する可能性がある。

しかしながら、これを防止するため主軸表面の仕上げは行わない運用としており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測および試運転時の機能確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.4 空気圧縮機主軸等の腐食（全面腐食）

空気圧縮機本体の主軸、リストピン、連接棒、油ポンプ歯車等は炭素鋼または鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、主軸、油ポンプ歯車を潤滑または潤滑油がはねかけられる油雰囲気であり、腐食しがたく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.5 空気圧縮機主軸等の高サイクル疲労割れ

空気圧縮機本体の主軸、連接棒およびピストンは、空気圧縮機運転時に発生する応力により、疲労が蓄積し、高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の応力集中部に対する目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.6 空気圧縮機本体シリンダ等の摩耗

空気圧縮機本体のピストンの往復運動により、シリンダとピストンリングの接触面で摺動摩耗が想定される。

しかしながら、耐摩耗性をよくするためシリンダの内面をクロムメッキ被膜、ピストンリングには自己潤滑性のあるカーボンを使用しており、摩耗が発生しがたく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測および試運転時の機能確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.7 空気圧縮機本体油ポンプ歯車の摩耗

空気圧縮機本体の油ポンプは歯車ポンプであり、歯面によりトルクを伝達するため、摩耗が想定される。

しかしながら、歯車には、潤滑油を供給し摩耗を防止しており、摩耗が発生しがたく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.8 空気圧縮機本体伝熱部の腐食（全面腐食）

空気圧縮機本体の伝熱部はアルミ合金または銅合金であり、腐食が想定される。しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内部流体は空気であり腐食しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.9 空気圧縮機ドレンセパレータ胴板等の腐食（全面腐食）

空気圧縮機ドレンセパレータの胴板および鏡板は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内面については内部流体が湿り空気であり、長期間の使用により内面からの腐食が想定される。

しかしながら、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.10 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

3 燃料取扱設備

- 3. 1 燃料取扱設備（クレーン関係）
- 3. 2 燃料移送装置
- 3. 3 新燃料貯蔵設備

本技術評価書は、高浜1号炉で使用されている燃料取扱設備の高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

高浜1号炉で使用されている燃料取扱設備は、クレーン関係および装置関係に大きく分かれ、型式等でグループ化すると3つのグループに分類されるため、本評価書においては、これら対象設備3種類についての技術評価を行う。

本評価書では、燃料取扱設備の型式等を基に、以下の3つに分類している。

3. 1 燃料取扱設備（クレーン関係）
3. 2 燃料移送装置
3. 3 新燃料貯蔵設備

3. 1 燃料取扱設備（クレーン関係）

[対象機器]

- ① 燃料取換クレーン
- ② 燃料ピットクレーン
- ③ 使用済燃料ピットクレーン
- ④ 補助建屋クレーン
- ⑤ 燃料取扱建屋クレーン

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定.....	1
1.1 グループ化の考え方および結果.....	1
1.2 代表機器の選定.....	1
2. 代表機器の技術評価.....	3
2.1 構造、材料および使用条件.....	3
2.2 経年劣化事象の抽出.....	21
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価.....	36
3. 代表機器以外への展開.....	40
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....	40
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....	42

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜 1 号炉で使用されている燃料取扱設備（クレーン関係）の主な仕様を表1-1に示す。

これらの燃料取扱設備（クレーン関係）を型式の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す燃料取扱設備（クレーン関係）について、いずれの燃料取扱設備（クレーン関係）も同様の構造を有していることから、1つのグループとして分類される。

1.2 代表機器の選定

使用条件として使用温度が高い燃料取換クレーンを代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 燃料取扱設備（クレーン関係）の主な仕様

分離基準	機器名称（台数）	選定基準				代表機器の選定	
		重要度*1	仕様	使用条件		代表機器	選定理由
				運転状態	使用温度		
クレーン	燃料取換クレーン（1）	PS-2	容量×揚程： 約7.3kN×約7.7m	一時	気中：約49℃ 水中：約40℃	◎	使用温度
	燃料ピットクレーン（1）	PS-2	容量×揚程： 約9.8kN×約5.8m	一時	気中：約40℃ 水中：約40℃		
	使用済燃料ピットクレーン（2）	PS-2	容量×揚程： 約20kN×約9.5m	一時	気中：約40℃ 水中：約40℃		
	補助建屋クレーン（1）	PS-2	容量×揚程： 約1,128kN×約20.0m（主巻） 約196kN×約24.7m（補巻）	一時	気中：約40℃		
	燃料取扱建屋クレーン（2）	PS-2	容量×揚程： 約1,226kN×約21.1m（主巻） 約196kN×約21.7m（補巻）	一時	気中：約40℃		

*1：機能は最上位の機能を示す。

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の燃料取扱設備（クレーン関係）について技術評価を実施する。

① 燃料取換クレーン

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 燃料取換クレーン

(1) 構造

高浜1号炉の燃料取換クレーンはトロリ上で操作を行う橋形クレーンであり、原子炉格納容器内での燃料交換に供される装置で、原子炉キャビティ上をまたいで設置されている。

走行レール上を走行するブリッジ、ブリッジ上を横行するトロリ、トロリ上に据付けたアップストラクチャ、マストチューブ、マストチューブ内に取り付けられた燃料集合体を取り扱うグリッパチューブ、グリッパおよび制御盤より構成される。

高浜1号炉の燃料取換クレーンの構造を図2.1-1～12に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の燃料取換クレーンの使用材料および使用条件を表2.1-1、表2.1-2に示す。

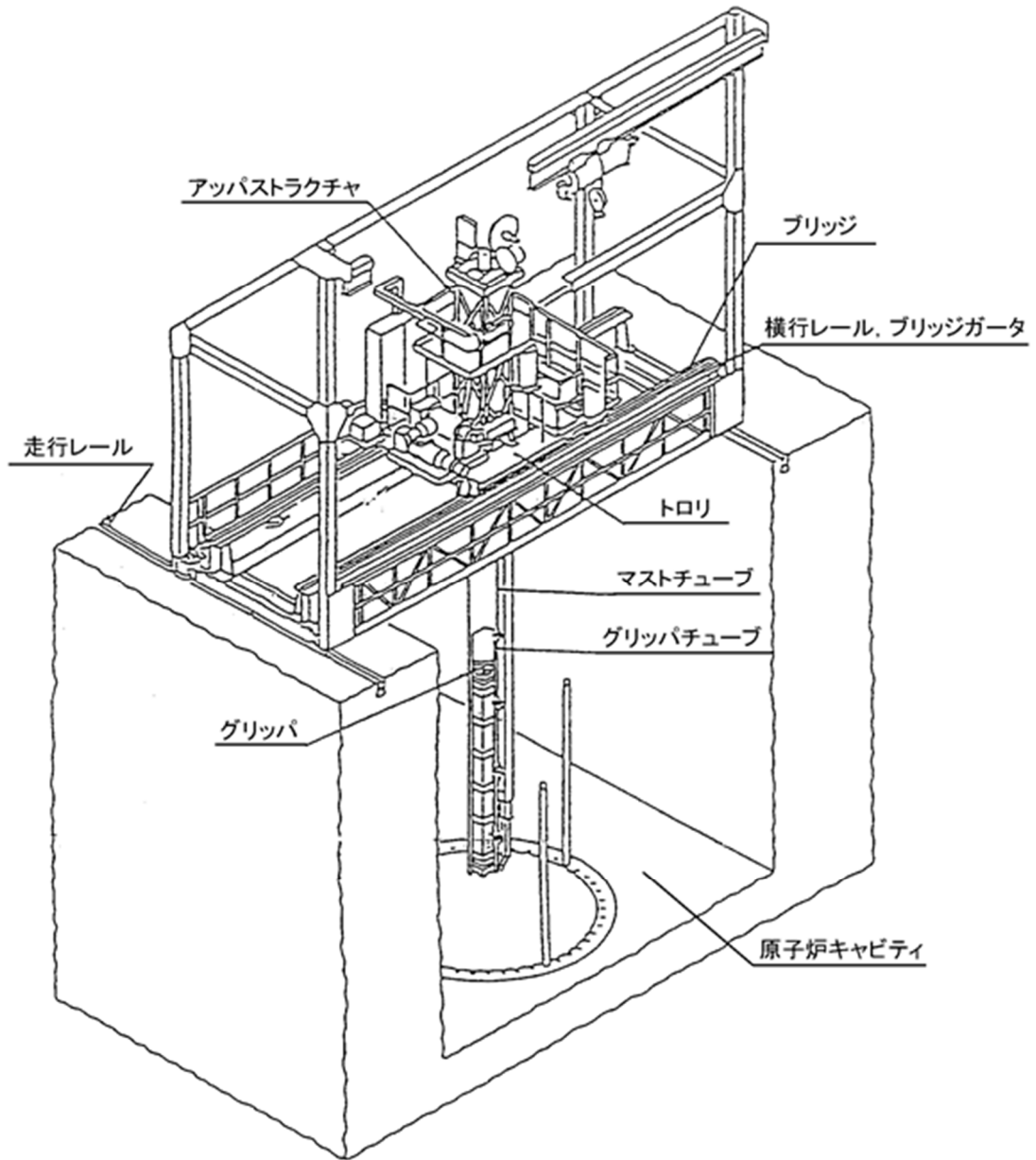
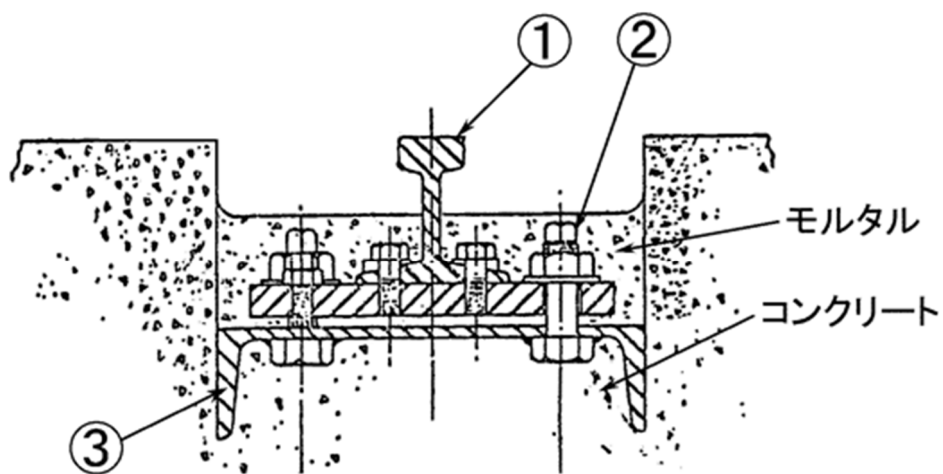
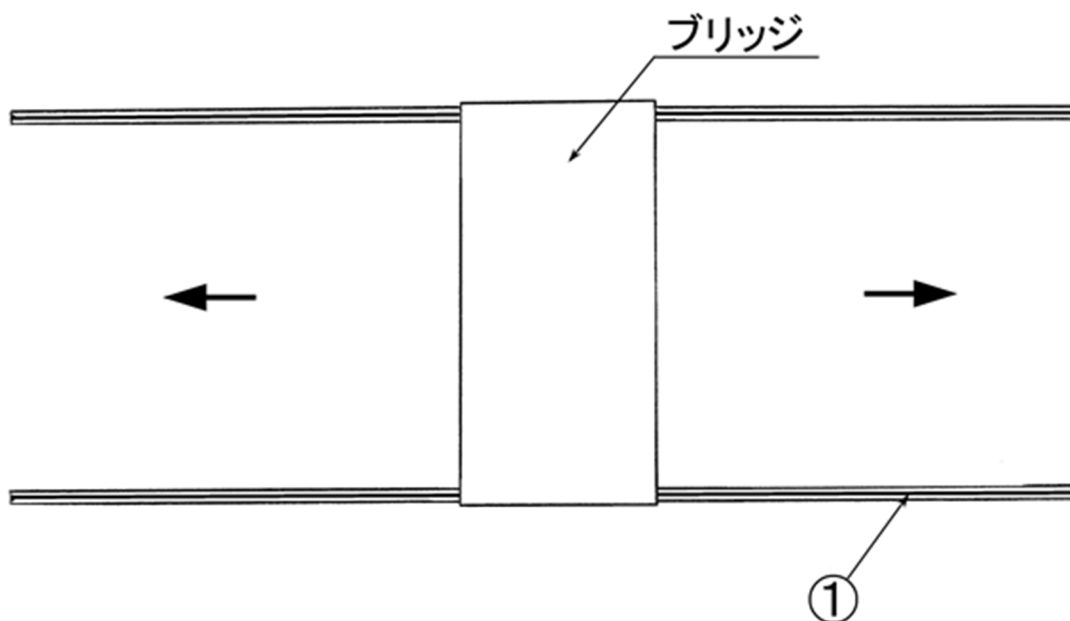
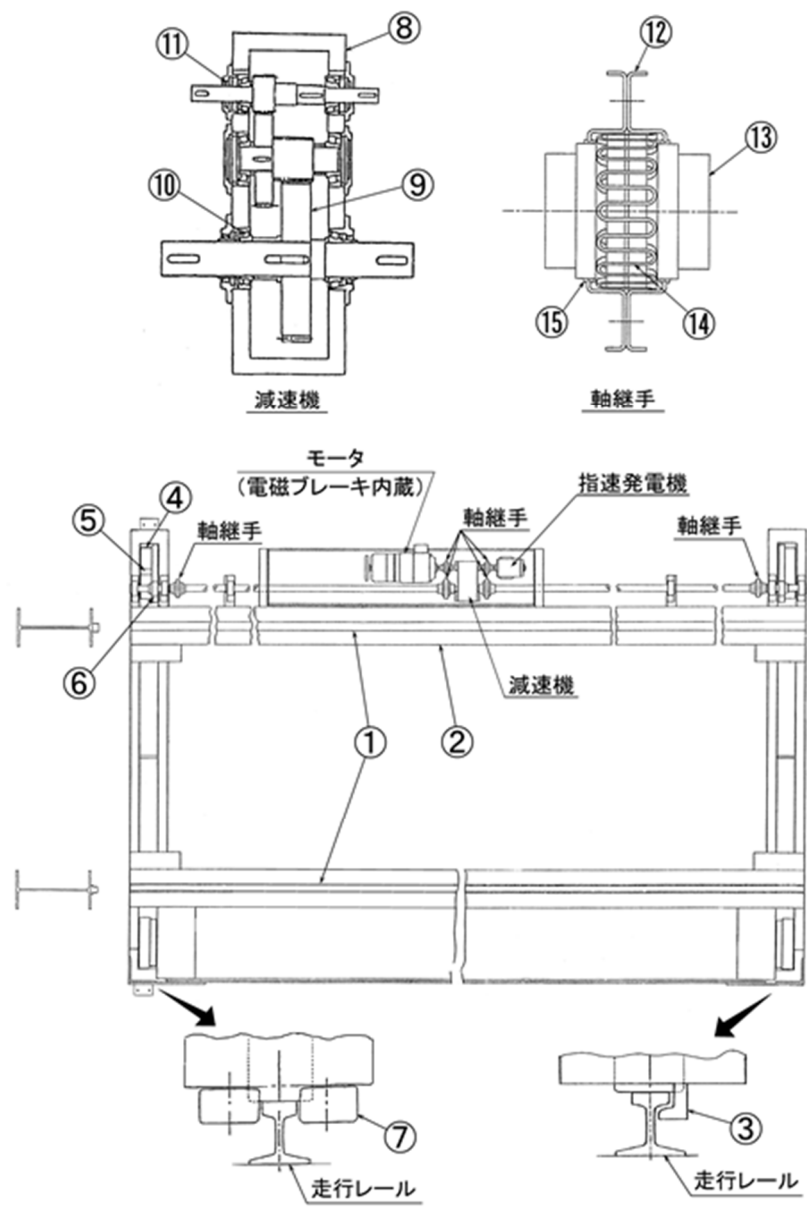


図2.1-1 高浜1号炉 燃料取換クレーン 全体構成図



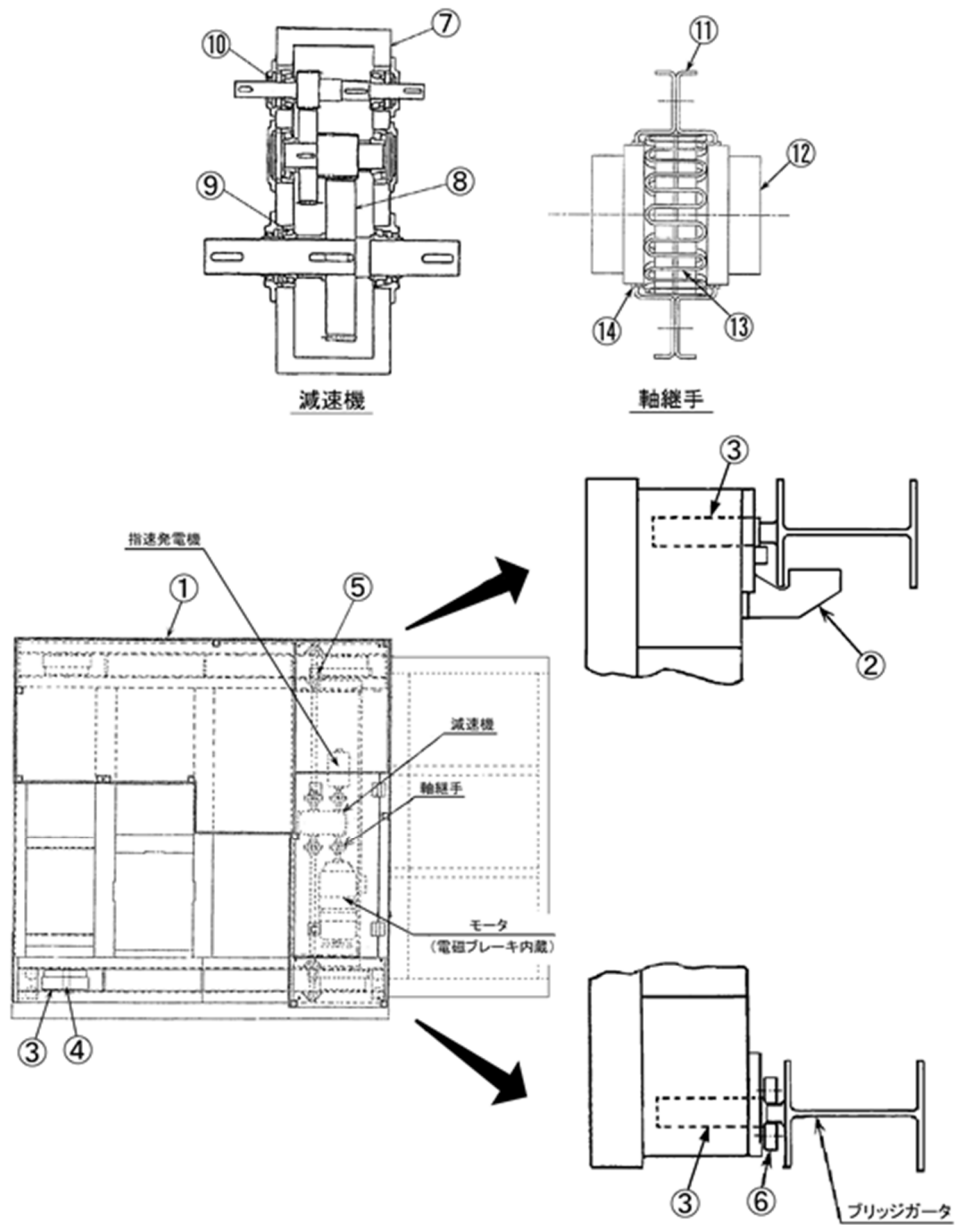
No.	部位
①	走行レール
②	基礎ボルト
③	埋込金物

図2.1-2 高浜1号炉 燃料取換クレーン 走行レール構造図



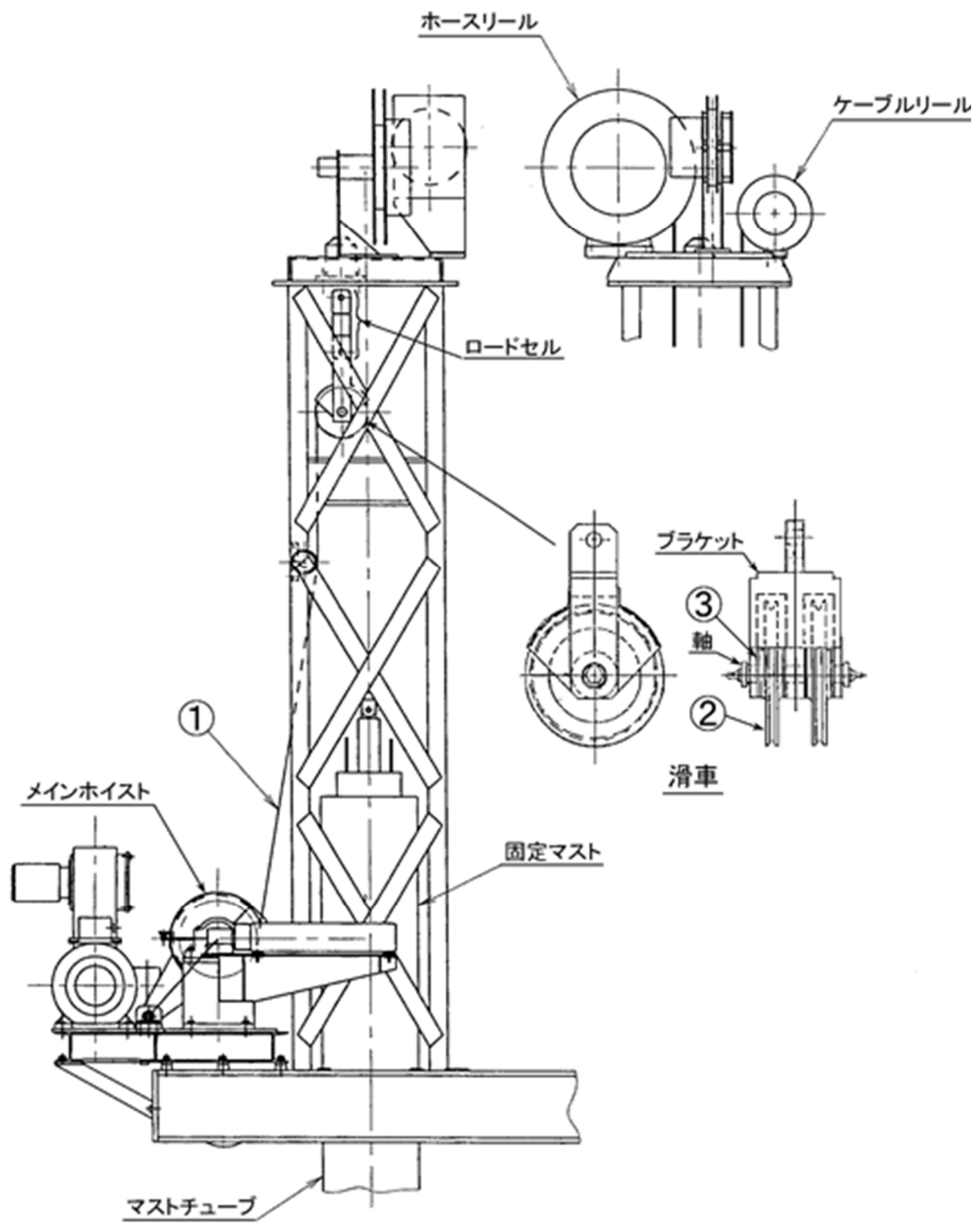
No.	部位	No.	部位	
①	横行レール	⑧	減速機	ケーシング
②	ブリッジガータ	⑨		歯車
③	転倒防止金具(ブリッジ)	⑩		軸受(ころがり)
④	車輪	⑪		オイルシール
⑤	車輪軸受(ころがり)	⑫	軸継手	カバー
⑥	車輪部歯車(ブリッジ)	⑬		ハブ
⑦	ガイドローラ	⑭		スプリング
		⑮		オイルシール

図2.1-3 高浜1号炉 燃料取換クレーン ブリッジ構造図



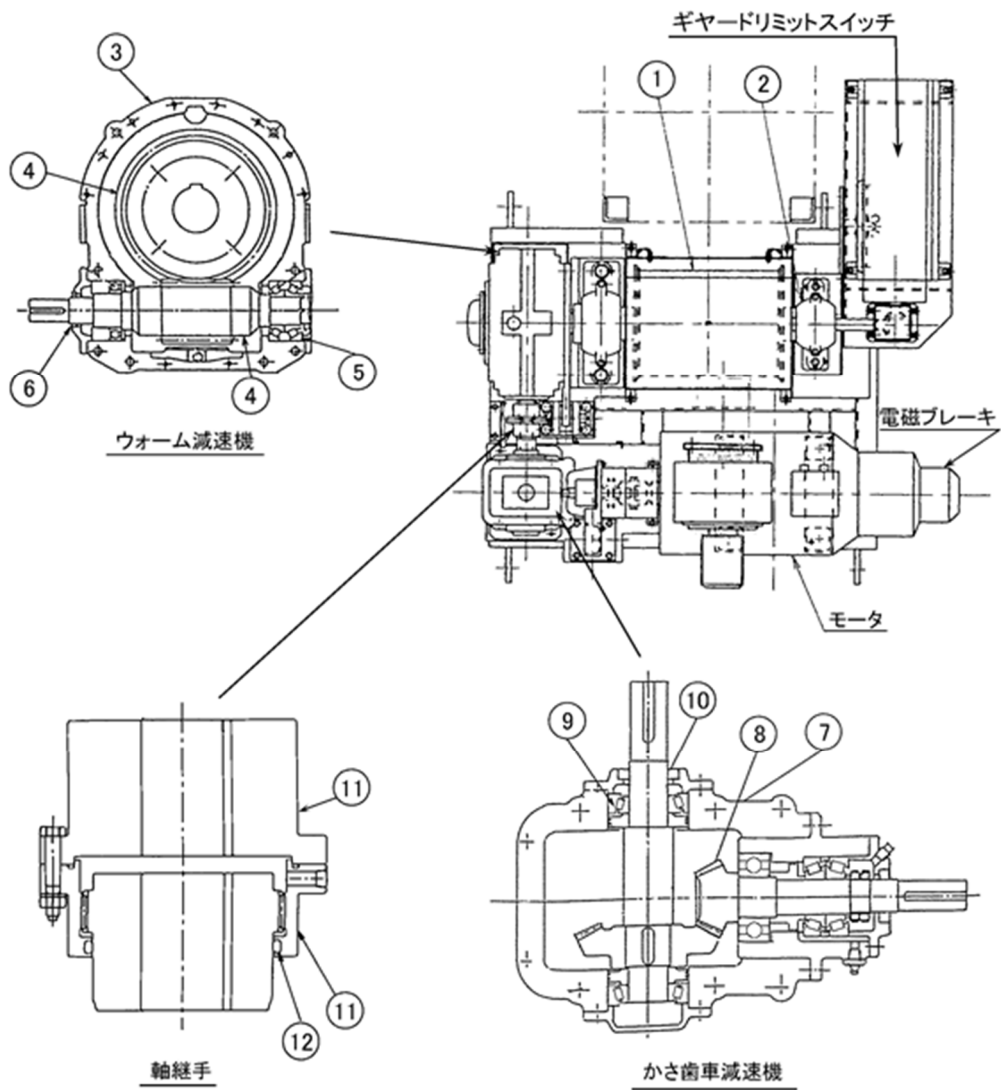
No.	部位	No.	部位
①	トロリ架台	⑦	ケーシング
②	転倒防止金具(トロリ)	⑧	歯車
③	車輪	⑨	軸受(ころがり)
④	車輪軸受(ころがり)	⑩	オイルシール
⑤	車輪部歯車(トロリ)	⑪	カバー
⑥	ガイドローラ	⑫	ハブ
		⑬	スプリング
		⑭	オイルシール

図2.1-4 高浜1号炉 燃料取換クレーン トロリ構造図



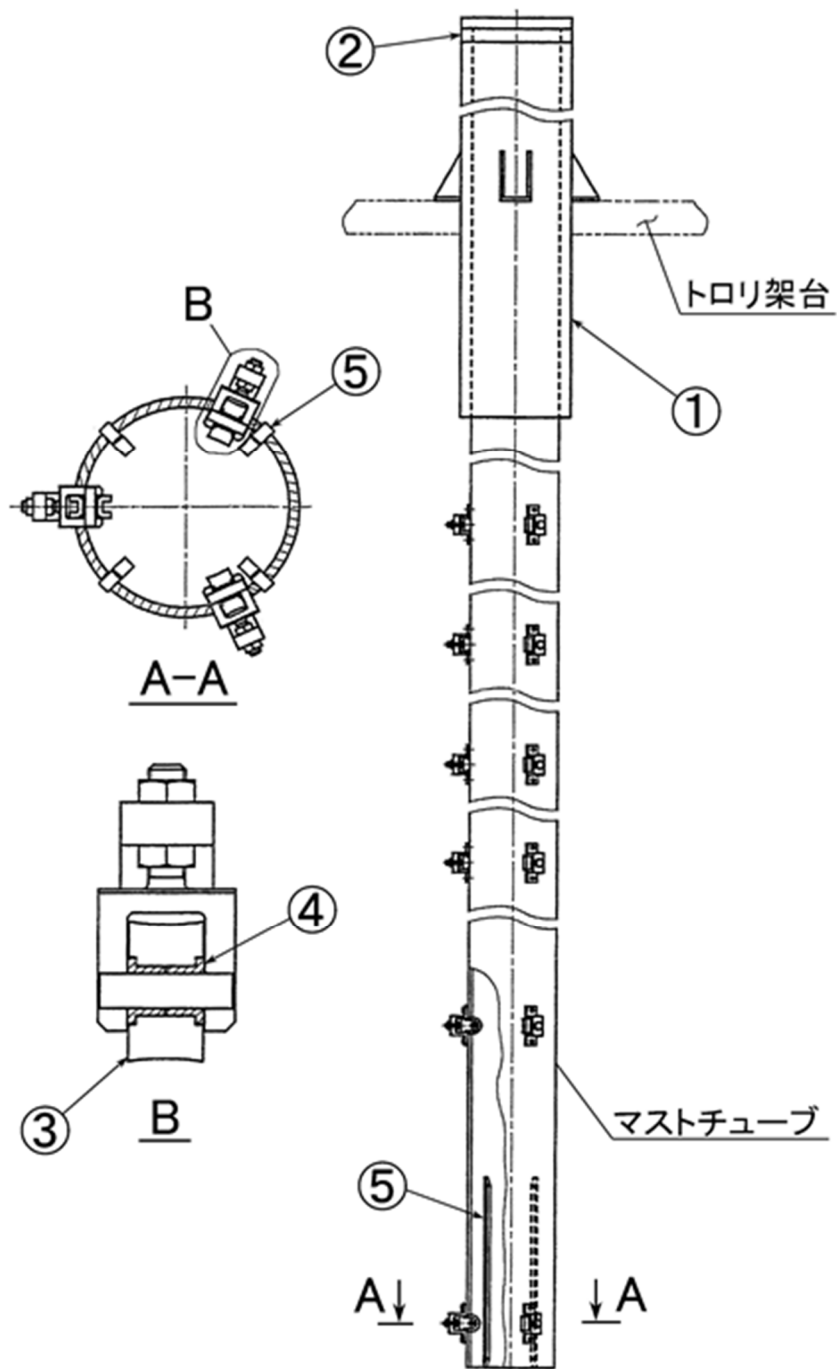
No.	部位	
①	ワイヤロープ	
②	滑車	シーブ
③		軸受(ころがり)

図2.1-5 高浜1号炉 燃料取換クレーン アップストラクチャ部構造図



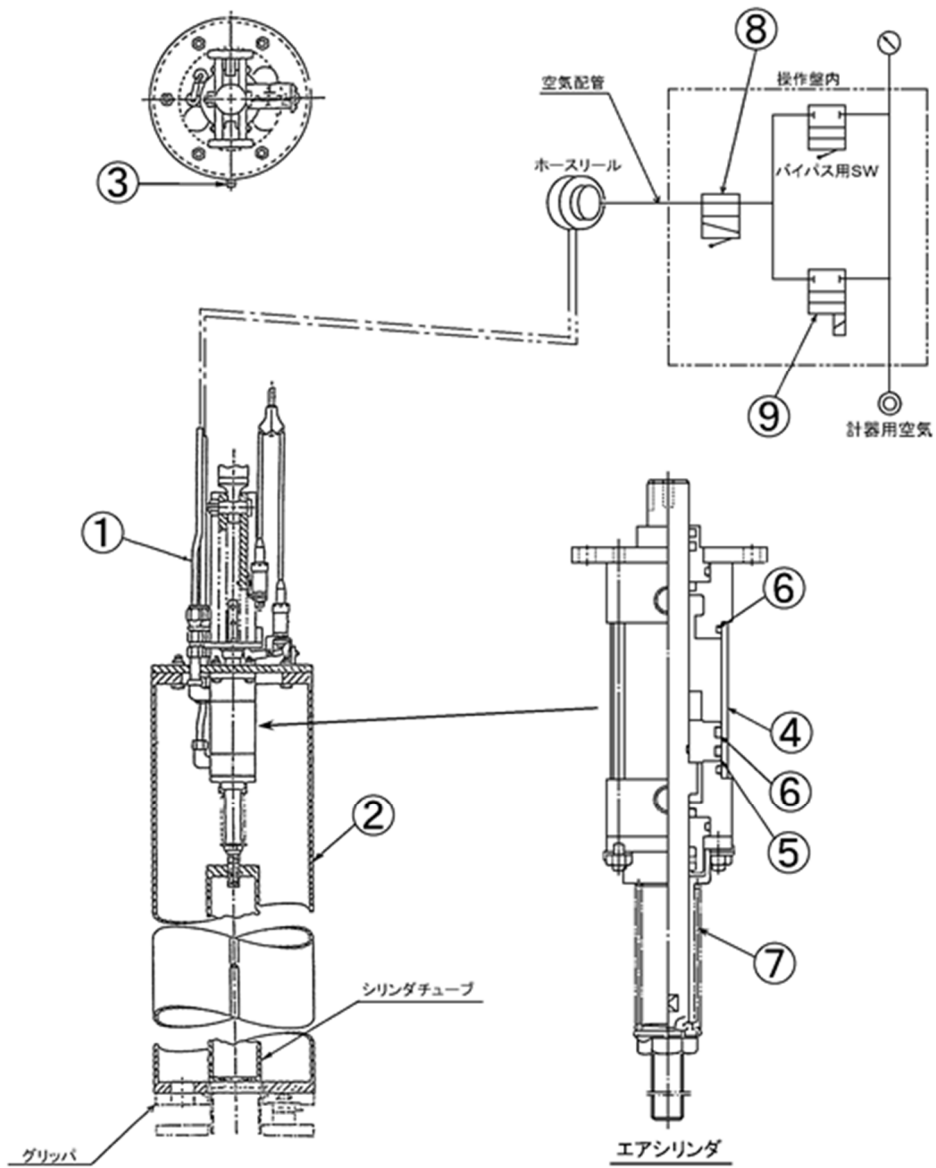
No.	部位	No.	部位
①	ワイヤドラム	⑦	ケーシング
②	軸受(ころがり)	⑧	かさ歯車 歯車
③	ウォーム 減速機	⑨	減速機 軸受(ころがり)
④		ケーシング 歯車	⑩
⑤	軸受(ころがり)	⑪	軸継手 ケーシング(歯車)
⑥	オイルシール	⑫	軸継手 パッキン

図2.1-6 高浜1号炉 燃料取換クレーン メインホイスト部構造図



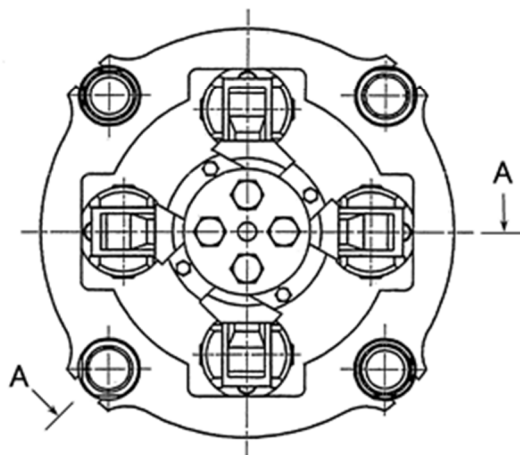
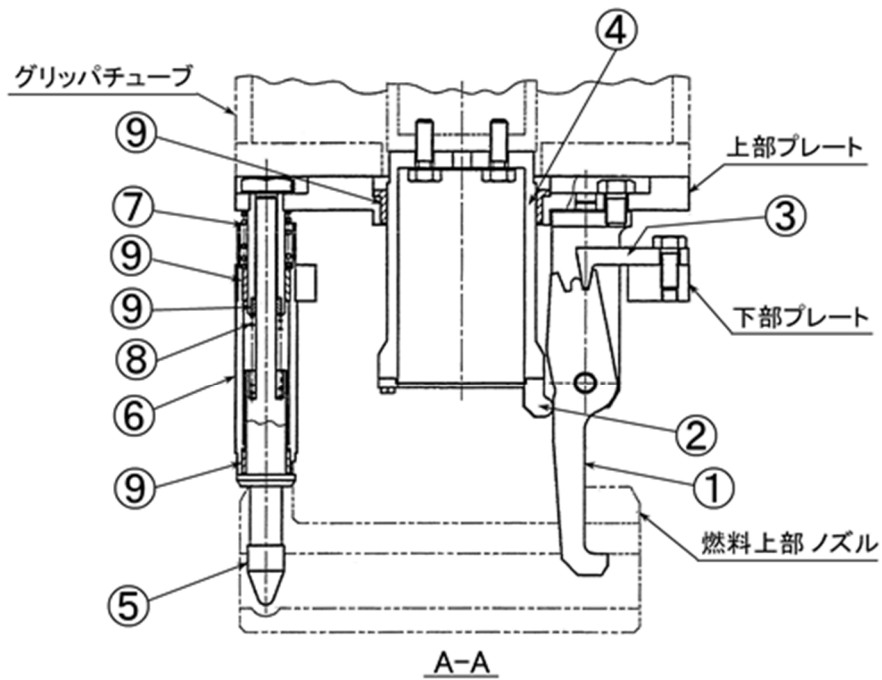
No.	部位	
①	固定マスト	
②	スラスト軸受(ころがり)	
③	ガイドローラ	ローラ
④		軸受(すべり)
⑤	燃料ガイドバー	

図2.1-7 高浜1号炉 燃料取換クレーン マストチューブ構造図



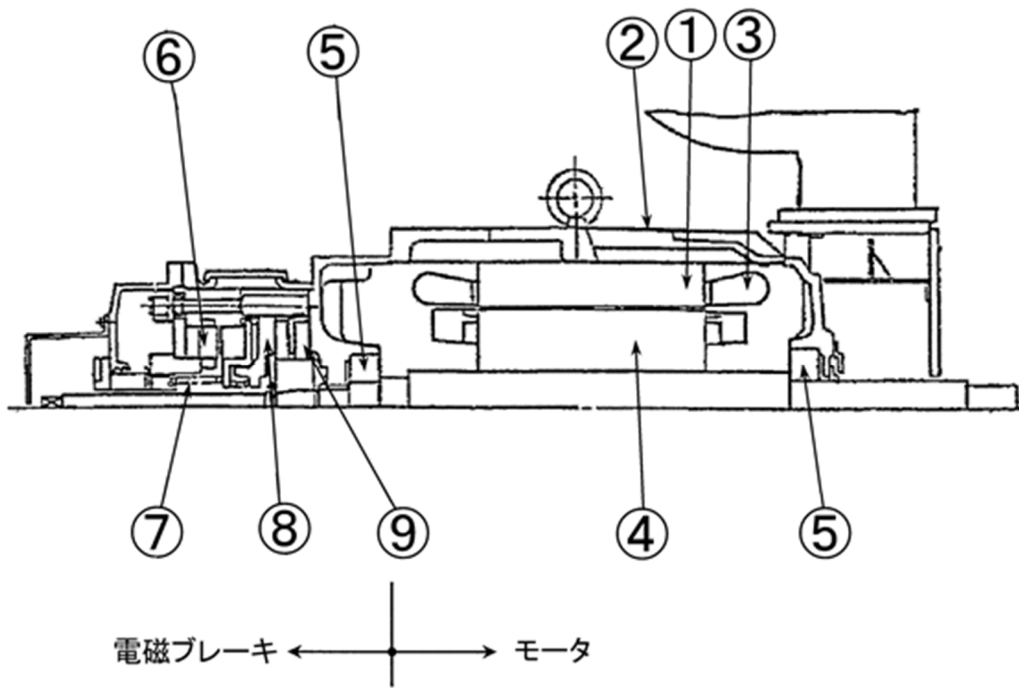
No.	部位	
①	エアホース	
②	グリッパチューブ	
③	ガイドキー	
④	エアシリンダ	シリンダケース
⑤		ピストン
⑥		パッキン
⑦		ばね
⑧	空圧切換弁	
⑨	電磁弁	

図2.1-8 高浜1号炉 燃料取換クレーン グリッパチューブ構造図



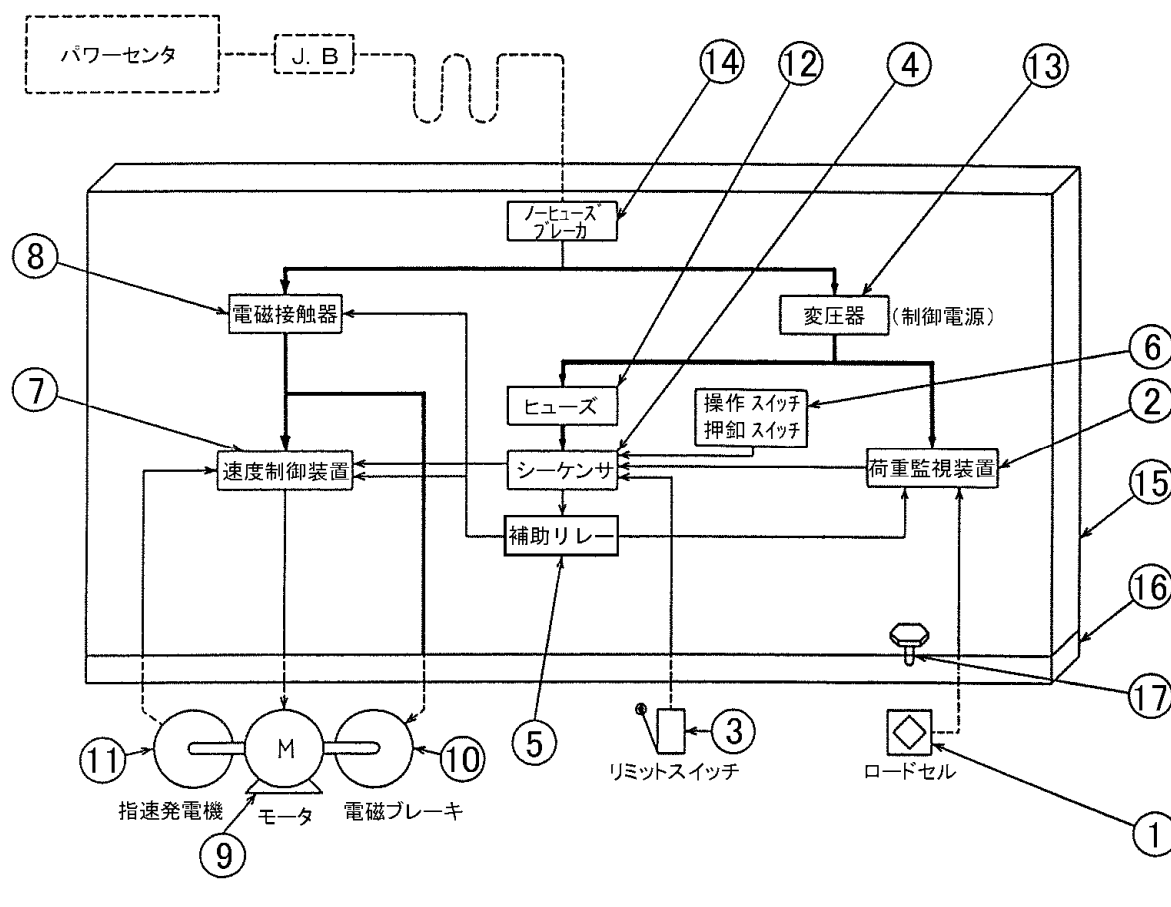
No.	部位	
①	フィンガ	
②	ロッキングカム	
③	ロックラッチ	
④	アクチュエータチューブ	
⑤	ガイドピン	
⑥	スリーブ	
⑦	ばね	メカニカルロック用
⑧		ガイドピン伸縮用
⑨	軸受(すべり)	

図2.1-9 高浜1号炉 燃料取換クレーン グリッパ構造図



No.	部位	
①	モータ (低圧)	固定子コア
②		フレーム
③		固定子コイル
④		回転子コア
⑤		軸受(ころがり)
⑥	電磁ブレーキ	固定鉄心
⑦		ばね
⑧		ブレーキ板
⑨		ライニング

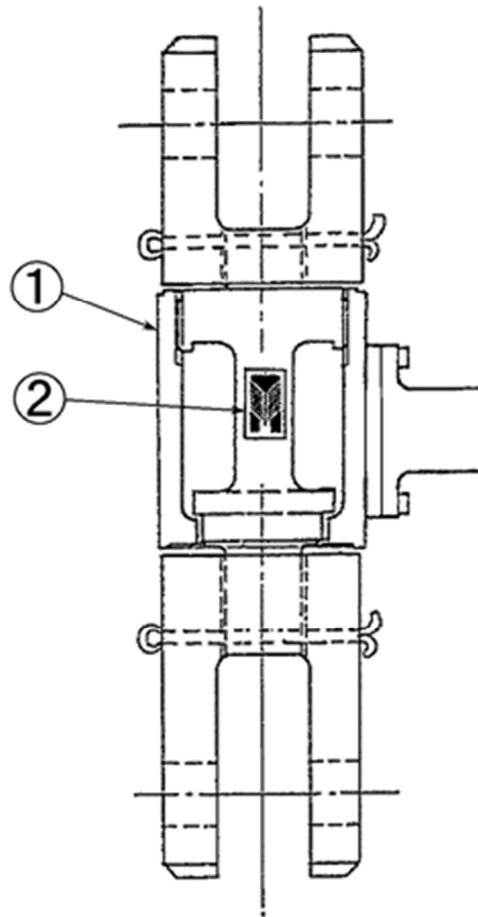
図2.1-10 高浜1号炉 燃料取換クレーン モータ・電磁ブレーキ構造図



No.	部位
①	ロードセル
②	荷重監視装置(電解コンデンサ含む)
③	リミットスイッチ
④	シーケンサ(電解コンデンサ含む)
⑤	補助リレー
⑥	操作スイッチ・押釦スイッチ
⑦	速度制御装置(電解コンデンサ含む)
⑧	電磁接触器
⑨	モータ (低圧)
⑩	電磁ブレーキ
⑪	指速発電機
⑫	ヒューズ
⑬	変圧器
⑭	ノーヒューズブレーカ
⑮	筐体
⑯	チャンネルベース
⑰	取付ボルト

—> 信号ライン
 ——> 電源ライン
 - - -> 評価外

図2.1-11 高浜1号炉 燃料取換クレーン 制御盤の主要機器構成図



No.	部位
①	本体
②	荷重変換部

図2.1-12 高浜1号炉 燃料取換クレーン ロードセル構造図

表2.1-1(1/4) 高浜1号炉 燃料取換クレーン主要部位の使用材料

部位		材料	
走横行レール部	走行レール	炭素鋼	
	横行レール	炭素鋼	
	基礎ボルト	低合金鋼	
	埋込金物	炭素鋼	
クレーン構造部	ブリッジガータ	炭素鋼	
	トロリ架台	炭素鋼	
	転倒防止金具	ブリッジ	炭素鋼
		トロリ	炭素鋼
走行駆動部 (ブリッジ)	車輪	車輪	低合金鋼鋳鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		車輪部歯車	低合金鋼
		ガイドローラ	消耗品・定期取替品
	減速機	ケーシング	鋳鉄
		歯車	低合金鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	軸継手	カバー	炭素鋼
		ハブ	炭素鋼
		スプリング	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品

表2.1-1(2/4) 高浜1号炉 燃料取換クレーン主要部位の使用材料

部位		材料	
横行駆動部 (トロリ)	車輪	車輪	低合金鋼鋳鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		車輪部歯車	低合金鋼
		ガイドローラ	消耗品・定期取替品
	減速機	ケーシング	鋳鉄
		歯車	低合金鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	軸継手	カバー	炭素鋼
		ハブ	炭素鋼
		スプリング	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
アップストラクチャ	ワイヤロープ		ステンレス鋼
	滑車	シーブ	ステンレス鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
メインホイスト	ワイヤドラム		ステンレス鋼
	軸受(ころがり)		消耗品・定期取替品
	ウォーム 減速機	ケーシング	鋳鉄
		歯車	低合金鋼、銅合金鋳物
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	かさ歯車 減速機	ケーシング	鋳鉄
		歯車	低合金鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	軸継手	ケーシング(歯車)	炭素鋼
		パッキン	消耗品・定期取替品

表2.1-1(3/4) 高浜1号炉 燃料取換クレーン主要部位の使用材料

部位		材料	
マストチューブ	固定マスト		炭素鋼
	スラスト軸受(ころがり)		消耗品・定期取替品
	ガイドローラ	ローラ	ステンレス鋼
		軸受(すべり)	消耗品・定期取替品
	燃料ガイドバー		ステンレス鋼
グリッパチューブ	エアホース		消耗品・定期取替品
	グリッパチューブ		ステンレス鋼
	ガイドキー		ステンレス鋼
グリッパ駆動部	エアシリンダ	シリンダケース	ステンレス鋼
		ピストン	銅合金鋳物
		ばね	ステンレス鋼
		パッキン	消耗品・定期取替品
	空圧切換弁		消耗品・定期取替品
	電磁弁		消耗品・定期取替品
グリッパ	フィンガ		ステンレス鋼
	ロッキングカム		ステンレス鋼
	ロックラッチ		ステンレス鋼
	アクチュエータチューブ		ステンレス鋼
	ガイドピン		ステンレス鋼
	スリーブ		ステンレス鋼
	ばね	メカニカルロック用	ステンレス鋼
		ガイドピン伸縮用	ステンレス鋼
	軸受(すべり)		消耗品・定期取替品

表2. 1-1(4/4) 高浜 1 号炉 燃料取換クレーン主要部位の使用材料

部位		材料		
制御盤・操作盤 主要構成機器	駆動用電動装置	固定子コア	珪素鋼板	
		フレーム	鋳鉄	
		固定子コイル	銅、絶縁物(H種絶縁)	
		回転子コア	珪素鋼板	
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品	
		電磁 ブレーキ	固定鉄心	鉄心、銅、絶縁物(B種絶縁)
			ばね	ばね鋼
			ブレーキ板	鋳鉄
			ライニング	耐熱性有機化学繊維
	指速発電機	銅、絶縁物(B種絶縁)他		
	ロードセル	本体	ステンレス鋼	
		荷重変換部	ひずみゲージ	
	制御盤・ 操作盤 他	荷重監視装置	半導体、電解コンデンサ他	
		リミットスイッチ	消耗品・定期取替品	
		シーケンサ	半導体、電解コンデンサ他	
補助リレー		消耗品・定期取替品		
操作スイッチ・押釦スイッチ		銅、銀他		
速度制御装置		半導体、電解コンデンサ、リレー他		
電磁接触器		消耗品・定期取替品		
ヒューズ		消耗品・定期取替品		
変圧器		銅、絶縁物(F種絶縁)		
ノーヒューズブレーカ		消耗品・定期取替品		
制御盤・操作盤 支持構造物	筐体	炭素鋼		
	チャンネルベース	炭素鋼		
	取付ボルト	炭素鋼		

表2.1-2 高浜1号炉 燃料取換クレーンの使用条件

運転荷重		定格荷重：約7.3kN
使用温度	水中	約40℃（約65℃）*1
	気中	約49℃
設置場所		原子炉格納容器内
制御電源		AC 110V

*1：（ ）は最高使用温度

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

燃料取換クレーンの機能である燃料移送機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① クレーンの支持機能
- ② 走・横行機能
- ③ 昇降機能
- ④ 燃料把持機能
- ⑤ 機器の監視・操作・駆動・制御・保護の維持
- ⑥ 制御盤・操作盤の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

燃料取換クレーンについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1で○となっているもの）としては以下の事象がある。

(1) モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁低下

モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) 電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(3) 指速発電機の絶縁低下

指速発電機の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(4) 変圧器の絶縁低下

変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△または▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 走横行レールおよび車輪の摩耗

走横行レールおよび車輪はクレーンの走横行により摩耗が想定される。

しかしながら、レール上面、側面および車輪はガイドローラにより横滑りを防止しており、ころがり接触であることから摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 走横行レールおよび車輪の腐食（全面腐食）

走横行レールおよび車輪は炭素鋼または低合金鋼鋳鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、走横行レールと車輪の接触部は、屋内に設置されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 走横行レールおよびブリッジガータの疲労割れ

走横行レールおよびブリッジガータにはトロリ等の荷重が常時かかる状態となることから、疲労割れが想定される。

しかしながら、有意な応力変動が発生しないように設計されており、これまでに有意な亀裂は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) ブリッジガータ等の腐食（全面腐食）

ブリッジガータ、転倒防止金具、トロリ架台、各種減速機のケーシング、軸継手、固定マスト、モータ（低圧）フレーム、筐体およびチャンネルベースは炭素鋼または鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 歯車及び軸継手（ハブ）の摩耗

車輪部、各種減速機および軸継手の歯車は摩擦により摩耗が想定される。

また、軸継手のハブはスプリングと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、歯車および軸継手のハブのスプリングとの接触部は常に潤滑油が供給されており、摩耗が発生しがたい環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時等の目視確認や作動確認により、機器の健全性を確認している。

(6) ワイヤロープの摩耗および素線切れ

ワイヤロープはワイヤドラムおよびシーブと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

ワイヤドラムへの巻取りおよびシーブ通過時にロープが曲げられるため、素線切れが想定される。

しかしながら、外観点検時にワイヤロープ径の寸法計測や目視確認を行い、必要に応じて取替を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) シーブおよびワイヤドラムの摩耗

シーブおよびワイヤドラムはワイヤロープと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、シーブはワイヤの巻取りにそって回転し、また、ドラムの回転に合わせてワイヤが巻き取られるため、すべりが発生せず、摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、外観点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(8) マストチューブガイドローラ、グリッパチューブおよびガイドキーの摩耗

マストチューブのガイドローラはグリッパチューブ昇降時に同チューブ外周またはガイドキーと接触しながら、同チューブを案内するため、摩耗が想定される。

しかしながら、ガイドローラとグリッパチューブおよびガイドキーの間は、ころがり接触であることより摩耗量は軽微であると考えられ、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 燃料ガイドバーの摩耗

燃料ガイドバーは燃料昇降時に燃料グリッドと滑り接触するため、摩耗が想定される。

しかしながら、燃料対角方向に数mmの隙間を有し接触面圧が小さいことおよび燃料ガイドバーは硬度の高いステンレス鋼（SUS630）で製作されており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(10) シリンダケースおよびピストンの摩耗

エアシリンダのシリンダケースおよびピストンはピストンの動作により摩耗が想定される。

しかしながら、シリンダケースとピストンはパッキンおよびグリスにより隔てられており、摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに異常な動き等は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(11) フィンガおよびガイドピンの摩耗

グリッパのフィンガはロッキングカムとの摺動および燃料ラッチ時のこすれにより摩耗が想定される。

グリッパのガイドピンは、燃料への挿入時に燃料上部ノズルとの接触により摩耗が想定される。

しかしながら、フィンガおよびガイドピンは、ロッキングカムおよび燃料上部ノズルに比べて耐摩耗性に優れた材料（SUS630）を使用し、摩耗を抑制しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、外観点検時の寸法計測や浸透探傷検査および機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(12) ロッキングカムの摩耗

グリッパのロッキングカムはフィンガとの機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、外観点検時の寸法計測および機能確認時の作動確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(13) ロックラッチの摩耗

グリッパのロックラッチはフィンガとの機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、外観点検時の寸法計測および機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(14) モータ（低圧）固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）

モータ（低圧）の固定子コアおよび回転子コアは珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コアおよび回転子コアはワニス処理または塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(15) 電磁ブレーキ固定鉄心の腐食（全面腐食）

電磁ブレーキの固定鉄心は鉄心および銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、電磁ブレーキの固定鉄心はワニス処理により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(16) エアシリンダ、グリップおよび電磁ブレーキのばねの変形（応力緩和）

エアシリンダ、グリップおよび電磁ブレーキのばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の作動確認や機能・性能試験時の制動確認により、機器の健全性を確認している。

(17) 電磁ブレーキブレーキ板の摩耗

電磁ブレーキのブレーキ板は制動時にブレーキライニングを押し付けられることにより摩耗が想定される。

しかしながら、材料をライニングより硬い鋳鉄として摩耗を抑制しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(18) 電磁ブレーキライニングの摩耗

電磁ブレーキのライニングは制動操作により摩耗が想定される。

しかしながら、ブレーキライニングの許容摩耗量から算出される最大動作回数に対する1定期検査当たりの動作回数の割合は十分小さいと評価しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の寸法計測や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(19) 電磁ブレーキライニングのはく離

電磁ブレーキのライニングは高湿度環境での長期間の使用によりはく離が想定される。

2008年7月、敦賀2号炉のタービン動補助給水ポンプ起動入口弁の直流電動機用電磁ブレーキにおいて、電磁ブレーキのライニングのはく離が発生しているが、この事象は、当該弁が外気の影響を受ける高湿度エリアに設置されていたことに伴い発生した結露水がライニングの接着面に浸透し、接着力を低下させたものである。

しかしながら、高浜1号炉については、燃料取換クレーンは、高湿度環境ではなく、結露水が発生しがたい環境であり、これまでに有意なはく離は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(20) ロードセル荷重変換部の特性変化

ロードセルは長期間の使用に伴いひずみゲージのはがれ等による特性変化が想定される。

しかしながら、ひずみゲージ貼付け部は、不活性（窒素）ガスを封入した気密構造になっており、ひずみゲージの酸化を防止しているため、ひずみゲージ貼付け部が腐食してはがれが発生する可能性は小さい。

また、機能・性能試験により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(21) 荷重監視装置他の特性変化

荷重監視装置、シーケンサおよび速度制御装置は長期間の使用に伴い入出力特性の変化やマイグレーションが想定される。

しかしながら、荷重監視装置および速度制御装置を構成している電気回路部は定格値（定格電力・電圧・電流値）に対して回路上は十分低い範囲で使用する設計としており、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で入出力特性が変化する可能性は小さい。

製造段階で製作不良に基づく回路電流集中を取り除くスクリーニング等を実施していることから、マイグレーションが発生する可能性は小さい。

また、速度制御装置は機器点検時の作動確認、荷重監視装置は機能・性能試験により、機器の健全性を維持している。

さらに、プラント運転中は基板を取り外し、格納容器外に保管することとしている。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(22) 操作スイッチおよび押釦スイッチの導通不良

操作スイッチおよび押釦スイッチは接点部分に浮遊塵埃が付着することにより、導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は筐体または盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生しがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能・性能試験時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(23) 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部はメッキにより腐食を防止しており、メッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視によりメッキ面の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(24) 基礎ボルトおよび埋込金物の腐食（全面腐食）

基礎ボルトおよび埋込金物は炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面から中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、基礎ボルトおよび埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

各種減速機軸受（ころがり）、オイルシール、パッキンは分解点検時に取替える消耗品であり、車輪軸受（ころがり）、走横行駆動部のガイドローラ、軸継手スプリング、滑車の軸受（ころがり）、メインホイストの軸受（ころがり）、マストチューブのスラスト軸受（ころがり）、ガイドローラの軸受（すべり）、およびグリッパの軸受（すべり）は作動確認の結果に基づき取替える消耗品である。

また、エアホース、空圧切換弁、電磁弁、補助リレー、電磁接触器、モータの軸受（ころがり）、リミットスイッチ、ヒューズおよびノーヒューズブレーカは定期取替品である。

それぞれ、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/5) 高浜1号炉 燃料取換クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
クレーンの支持機能	走横行レール部	走横行レール		炭素鋼	△	△	△					
		基礎ボルト		低合金鋼		▲						
		埋込金物		炭素鋼		▲						
走・横行機能	クレーン構造部	ブリッジガータ		炭素鋼		△	△					
		トロリ架台		炭素鋼		△						
		転倒防止金具(ブリッジ、トロリ)		炭素鋼		△						
	車輪(ブリッジ、トロリ)	車輪		低合金鋼鋳鋼	△	△						
		軸受(ころがり)	◎	—								
		車輪部歯車		低合金鋼	△							
		ガイドローラ	◎	—								
	減速機(ブリッジ、トロリ)	ケーシング		鋳鉄		△						
		歯車		低合金鋼	△							
		軸受(ころがり)	◎	—								
		オイルシール	◎	—								
	軸継手(ブリッジ、トロリ)	カバー		炭素鋼		△						
		ハブ		炭素鋼	△	△						
		スプリング	◎	—								
オイルシール		◎	—									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(2/5) 高浜1号炉 燃料取換クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考		
					減肉		割れ		材質変化			その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
昇降機能	アップストラクチャ	ワイヤロープ		ステンレス鋼	△						△*1	*1:素線切れ	
		滑車	シーブ		ステンレス鋼	△							
			軸受(ころがり)	◎	—								
	メインホイスト	ワイヤドラム	ワイヤドラム		ステンレス鋼	△							
			軸受(ころがり)	◎	—								
		ウォーム減速機	ケーシング			鋳鉄		△					
			歯車			低合金鋼 銅合金鋳物	△						
			軸受(ころがり)	◎	—								
			オイルシール	◎	—								
		かさ歯車減速機	ケーシング			鋳鉄		△					
			歯車			低合金鋼	△						
			軸受(ころがり)	◎	—								
		軸継手	オイルシール	◎	—								
			ケーシング(歯車)			炭素鋼	△	△					
				パッキン	◎	—							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(3/5) 高浜1号炉 燃料取換クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
昇降機能	マストチューブ	固定マスト		炭素鋼		△						*1:変形(応力緩和)
		スラスト軸受(ころがり)	◎	—								
		ガイドローラ	ローラ		ステンレス鋼	△						
			軸受(すべり)	◎	—							
		燃料ガイドバー		ステンレス鋼	△							
	グリップチューブ	エアホース	◎	—								
		グリップチューブ		ステンレス鋼	△							
		ガイドキー		ステンレス鋼	△							
	グリップ駆動部	エアシリンダ	シリンダケース		ステンレス鋼	△						
			ピストン		銅合金鋳物	△						
			ばね		ステンレス鋼					△*1		
			パッキン	◎	—							
		空圧切替弁	◎	—								
	電磁弁	◎	—									
燃料把持機能	グリップ	フィンガ		ステンレス鋼	△							
		ロックカム		ステンレス鋼	△							
		ロックラッチ		ステンレス鋼	△							
		アクチュエータチューブ		ステンレス鋼								
		ガイドピン		ステンレス鋼	△							
		スリーブ		ステンレス鋼								
		ばね	メカニカルロック用		ステンレス鋼					△*1		
			ガイドピン伸縮用		ステンレス鋼					△*1		
	軸受(すべり)	◎	—									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(4/5) 高浜1号炉 燃料取換クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期 取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐食 割れ	絶縁 低下	導通 不良	特性 変化		
機器の監視・操作・ 駆動・制御・保護の 維持	駆動用電動装置	モータ (低圧)	固定子コア	珪素鋼板		△							*1:変形 (応力緩和) *2:はく離
			フレーム	鋳鉄		△							
			固定子コイル	銅、絶縁物					○				
			回転子コア	珪素鋼板		△							
		軸受(ころがり)	—	◎									
	電磁 ブレーキ	固定鉄心	鉄心、銅、絶縁物		△				○				
		ばね	ばね鋼									△*1	
		ブレーキ板	鋳鉄		△								
		ライニング	耐熱性有機化学繊維		△							△*2	
	指速発電機	銅、絶縁物他						○					
	ロードセル	本体	ステンレス鋼										
		荷重変換部	ひずみゲージ									△	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(5/5) 高浜1号炉 燃料取換クレーンに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考			
				減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他		
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化				
機器の監視・操作・駆動・制御・保護の維持	制御盤・操作盤他	荷重監視装置		半導体、電解コンデンサ他								△		
		リミットスイッチ	◎	—										
		シーケンサ		半導体、電解コンデンサ他									△	
		補助リレー	◎	—										
		操作スイッチ・押釦スイッチ		銅、銀他							△			
		速度制御装置		半導体、電解コンデンサ、リレー他									△	
		電磁接触器	◎	—										
		ヒューズ	◎	—										
		変圧器		銅、絶縁物					○					
		ノーヒューズブレーカ	◎	—										
制御盤・操作盤の支持	筐体		炭素鋼		△									
	チャンネルベース		炭素鋼		△									
	取付ボルト		炭素鋼		△									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁低下

a. 事象の説明

固定子コイルの絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

固定子コイルの絶縁低下については、絶縁仕様が低圧ポンプ用モータに比べて同等以上であるため、低圧ポンプ用モータの健全性評価結果から、固定子コイルの絶縁耐力を保有する運転期間は16年と考えられる。

しかしながら、低圧ポンプ用モータと設置場所が異なることから、長期間の運転を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

固定子コイルの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、過去の絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しを実施するとともに、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、固定子コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

固定子コイルの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。

2.3.2 電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下

a. 事象の説明

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下は、熱による絶縁物の特性変化、絶縁物に付着する塵埃または内部の微小ボイド等による放電等、熱的、電氣的、環境的要因で経年的な変化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下を生じる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

電磁ブレーキは、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁は使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（B種：許容最高温度130℃）を選択して使用していることから絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.3 指速発電機の絶縁低下

a. 事象の説明

指速発電機の絶縁低下は、熱による絶縁物の特性変化、絶縁物に付着する塵埃または内部の微小ボイド等による放電等、熱的、電氣的、環境的要因で経年的な変化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下を生じる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

指速発電機は、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、指速発電機の絶縁は使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（B種：許容最高温度130℃）を選択して使用していることから絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

指速発電機の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、指速発電機の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

指速発電機の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.4 変圧器の絶縁低下

a. 事象の説明

変圧器は通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁材料の変化により、絶縁性能の低下を生じる可能性が考えられる。

b. 技術評価

① 健全性評価

変圧器は、屋内に設置された筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。

また、変圧器の通電時の使用温度に比べ十分余裕のある絶縁種（F種：許容最高温度155℃）を選択して使用していることから絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下を生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

変圧器の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、変圧器の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

変圧器の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に、水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 燃料ピットクレーン
- ② 使用済燃料ピットクレーン
- ③ 補助建屋クレーン
- ④ 燃料取扱建屋クレーン

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

3.1.1 モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁低下 [共通]

代表機器と同様に固定子コイルは、長期間の運転を想定すると絶縁低下を生じる可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、固定子コイルの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。

3.1.2 電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下 [共通]

代表機器と同様に電磁ブレーキは通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁材料の変化により、絶縁低下を生じる可能性がある。

電磁ブレーキは、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、電磁ブレーキの絶縁は使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（H種：許容最高温度180℃、F種：許容最高温度155℃、B種：許容最高温度130℃）を使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

現状保全としては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、電磁ブレーキの絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.1.3 変圧器の絶縁低下 [共通]

代表機器と同様に変圧器は通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁材料の変化により、絶縁性能の低下を生じる可能性が考えられる。

変圧器は、屋内に設置された筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。

また、変圧器の通電時の使用温度に比べ十分余裕のある絶縁種（F種：許容最高温度155℃、H種：許容最高温度180℃）を選択して使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

現状保全としては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、変圧器の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.1.4 指速発電機の絶縁低下 [使用済燃料ピットクレーン、燃料取扱建屋クレーン]

代表機器と同様に指速発電機は通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁材料の変化により、絶縁低下を生じる可能性がある。

指速発電機は、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、指速発電機の絶縁は使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（B種：許容最高温度130℃）を使用していることから絶縁低下の発生の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

現状保全としては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

したがって、指速発電機の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

3.2.1 走横行レールおよび車輪の摩耗 [共通]

走横行レールおよび車輪はクレーンの走横行により摩耗が想定される。

しかしながら、レール上面、側面および車輪はガイドローラにより横滑りを防止しており、ころがり接触であることから摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.2 走横行レールおよび車輪の腐食（全面腐食） [共通]

走横行レールおよび車輪は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、走横行レールと車輪の接触部は、屋内に設置されており、腐食が発生する可能性は小さい。

また、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.3 走横行レールおよびブリッジガータの疲労割れ [共通]

走横行レールおよびブリッジガータにはトロリ等の荷重が常時かかる状態となることから、疲労割れが想定される。

しかしながら、有意な応力変動が発生しないように設計されており、これまでに有意な亀裂は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.4 レール押さえおよびブリッジガータ等の腐食（全面腐食） [共通]

レール押さえ、レール部取付ボルト、ブリッジガータ、転倒防止金具、トロリ架台、各種減速機のケーシング、軸継手のケーシング、モータ（低圧）フレーム、押上機ブレーキの押上軸、ロードセル本体、筐体およびチャンネルベースは炭素鋼、低合金鋼または鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.5 基礎ボルトの腐食（全面腐食） [燃料ピットクレーン、使用済燃料ピットクレーン]

基礎ボルトは低合金鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

3.2.6 歯車の摩耗 [共通]

車輪部、各種減速機および軸継手の歯車は摩擦により摩耗が想定される。

しかしながら、歯車は常に潤滑油が供給されており、摩耗が発生しがたい環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、外観点検時の目視確認および機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.7 ワイヤロープの摩耗および素線切れ [共通]

ワイヤロープはワイヤドラムおよびシーブと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

ワイヤドラムへの巻取りおよびシーブ通過時にロープが曲げられるため、素線切れが想定される。

しかしながら、外観点検時にワイヤロープ径の寸法計測や目視確認を行い、必要に応じて取替を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.8 シーブおよびワイヤドラムの摩耗 [共通]

シーブおよびワイヤドラムはワイヤロープと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、シーブはワイヤの巻取りにそって回転し、また、ドラムの回転に合わせてワイヤが巻き取られるため、すべりが発生せず、摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、外観点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.9 フィンガおよびガイドピンの摩耗 [燃料ピットクレーン、使用済燃料ピットクレーン]

グリッパのフィンガはロックカムとの摺動および燃料ラッチ時のこすれにより摩耗が想定される。

グリッパのガイドピンは、燃料への挿入時に燃料上部ノズルとの接触により摩耗が想定される。

しかしながら、フィンガおよびガイドピンは、ロックカムおよび燃料上部ノズルに比べて耐摩耗性に優れた材料（SUS630）を使用し、摩耗を抑制しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.10 ロッキングカムの摩耗 [燃料ピットクレーン、使用済燃料ピットクレーン]

グリッパのロッキングカムはフィンガとの機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.11 モータ（低圧）固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食） [共通]

モータ（低圧）の固定子コアおよび回転子コアは電磁鋼板または珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コアおよび回転子コアはワニス処理または塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.12 電磁ブレーキ固定鉄心の腐食（全面腐食） [共通]

電磁ブレーキの固定鉄心は電磁鋼板、珪素鋼板、鋳鉄および銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、電磁ブレーキの固定鉄心はワニス処理により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.13 グリッパおよび電磁ブレーキ等のばねの変形（応力緩和） [共通]

燃料ピットクレーンおよび使用済燃料ピットクレーンのグリッパならびに電磁ブレーキおよび押上機ブレーキのばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の作動確認や機能・性能試験時の制動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.14 電磁ブレーキおよび押上機ブレーキブレーキ板の摩耗 [共通]

電磁ブレーキおよび押上機ブレーキのブレーキ板は制動時にブレーキライニングを押し付けられることにより摩耗が想定される。

しかしながら、材料をライニングより硬い炭素鋼または鋳鉄として摩耗を抑制しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.15 電磁ブレーキ等のライニングの摩耗 [共通]

電磁ブレーキおよび押上機ブレーキのライニングは制動操作により摩耗が想定される。

しかしながら、ブレーキライニングの許容摩耗量から算出される最大動作回数に対する1定期検査当たりの動作回数の割合は十分小さいと評価しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.16 電磁ブレーキライニングのはく離 [共通]

電磁ブレーキのライニングは高湿度環境での長期間の使用によりはく離が想定される。

2008年7月、敦賀2号炉のタービン動補助給水ポンプ起動入口弁の直流電動機用電磁ブレーキにおいて、電磁ブレーキのライニングのはく離が発生しているが、この事象は、当該弁が外気の影響を受ける高湿度エリアに設置されていたことに伴い発生した結露水がライニングの接着面に浸透し、接着力を低下させたものである。

しかしながら、燃料ピットクレーン等は、高湿度環境にはなく、結露水が発生しがたい環境であり、これまでに有意なはく離は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.17 ロードセル荷重変換部の特性変化 [補助建屋クレーン除く共通]

ロードセルは長期間の使用に伴いひずみゲージのはがれ等による特性変化が想定される。

しかしながら、機器点検時の機能・性能試験により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.18 荷重監視装置および速度制御装置の特性変化 [補助建屋クレーン除く共通]

荷重監視装置および速度制御装置は長期間の使用に伴い入出力特性の変化やマイグレーションが想定される。

しかしながら、荷重監視装置および速度制御装置を構成している電気回路部は定格値（定格電力・電圧・電流値）に対して回路上は十分低い範囲で使用する設計としており、屋内に設置されていることから環境変化の程度は小さく、短期間で入出力特性が変化する可能性は小さい。

製造段階で製作不良に基づく回路電流集中を取り除くスクリーニング等を実施していることから、マイグレーションが発生する可能性は小さい。

また、荷重監視装置は機能・性能試験、速度制御装置は機器点検時の作動確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2.19 操作スイッチおよび押釦スイッチの導通不良 [共通]

操作スイッチおよび押釦スイッチは接点部分に浮遊塵埃が付着することにより、導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は筐体または盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生しがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能・性能試験時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

3.2.20 取付ボルトの腐食（全面腐食） [共通]

取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部はメッキまたは塗装により腐食を防止しており、メッキ面または塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視によりメッキ面または塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.3の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

3.2.21 埋込金物の腐食（全面腐食）〔燃料ピットクレーン、使用済燃料ピットクレーン、補助建屋クレーン〕

埋込金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.2 燃料移送装置

[対象機器]

- ① 燃料移送装置

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 燃料移送装置の技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	14
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	27

1. 技術評価対象機器

高浜1号炉で使用されている燃料移送装置の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 高浜1号炉 燃料移送装置の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	仕様	使用条件	
			運転状態	使用温度
燃料移送装置 (1)	PS-2	容量×移送距離： 燃料集合体1体分 ×約13.6m	一時	気中*2：約49℃ 約40℃ 水中：約40℃

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：上段は原子炉格納容器内、下段は原子炉補助建屋内を示す。

2. 燃料移送装置の技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉の燃料移送装置は、燃料移送チャンネル底面に設置されており、リフティングフレーム、燃料コンテナ、コンベアカー、トラックフレーム等より構成されている。

リフティングフレームは、レールをまたぐように設置され、一端がピボット支持によりトラックフレームに取付けられた構造である。リフティングフレームの駆動はリフティングウィンチにより水中部滑車で案内されたワイヤロープに接続されて直立させている。

燃料コンテナは、燃料集合体を移送するときに収納する箱型の容器で、一端がピボット支持によりコンベアカーに取付けられている。コンベアカーは、燃料コンテナを移送させるための装置で、モータ駆動のコンベアカーは、チェーンとスプロケットにより水平移動し、両側に取付けられた車輪が回転してトラックフレーム上を走行する。制御盤は自立盤2面より構成されており、補助リレー等の主要構成機器および機器を支持するための筐体、取付ボルト等から構成されている。

高浜1号炉の燃料移送装置の構造を図2.1-1～図2.1-7に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の燃料移送装置の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

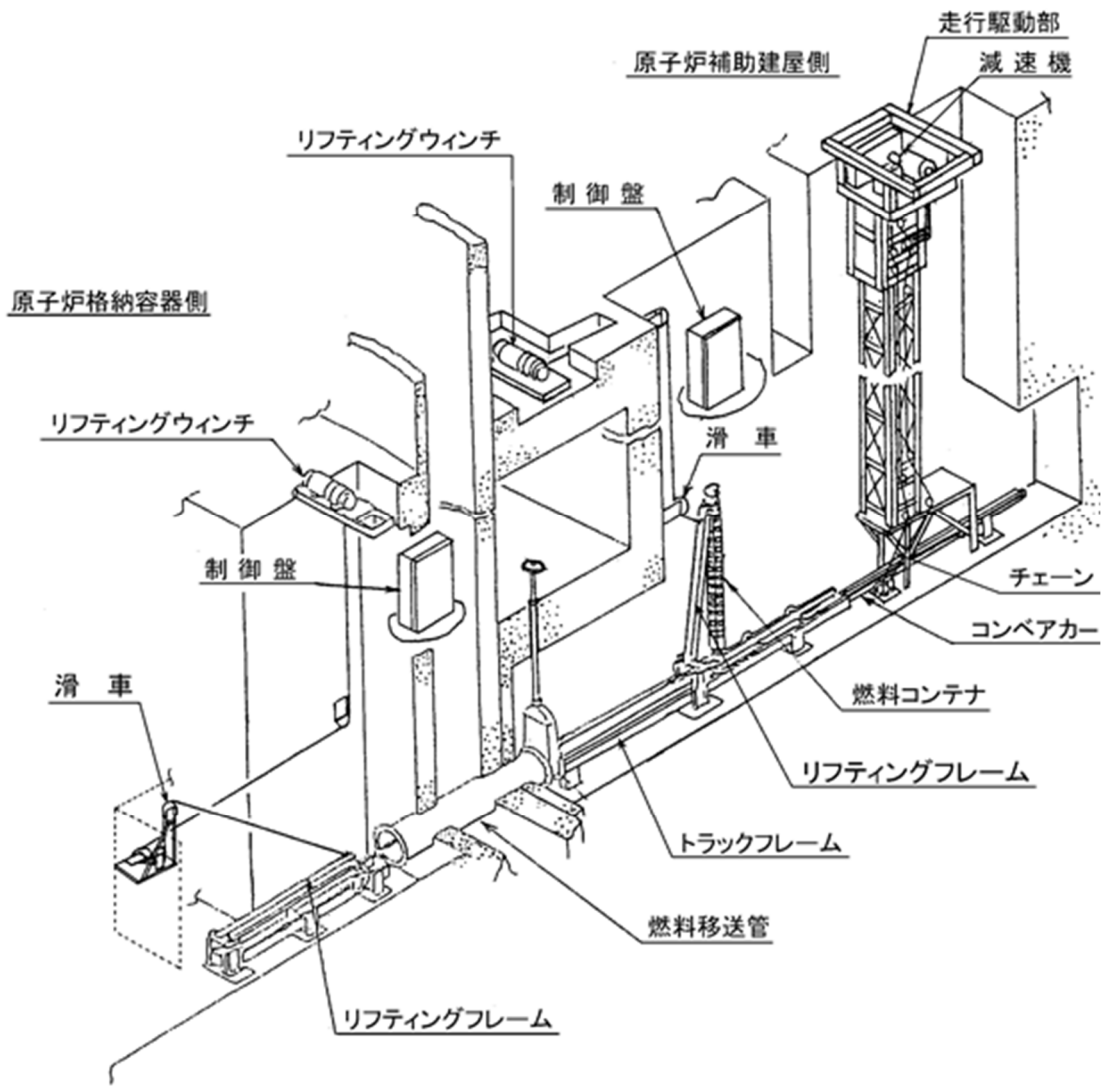
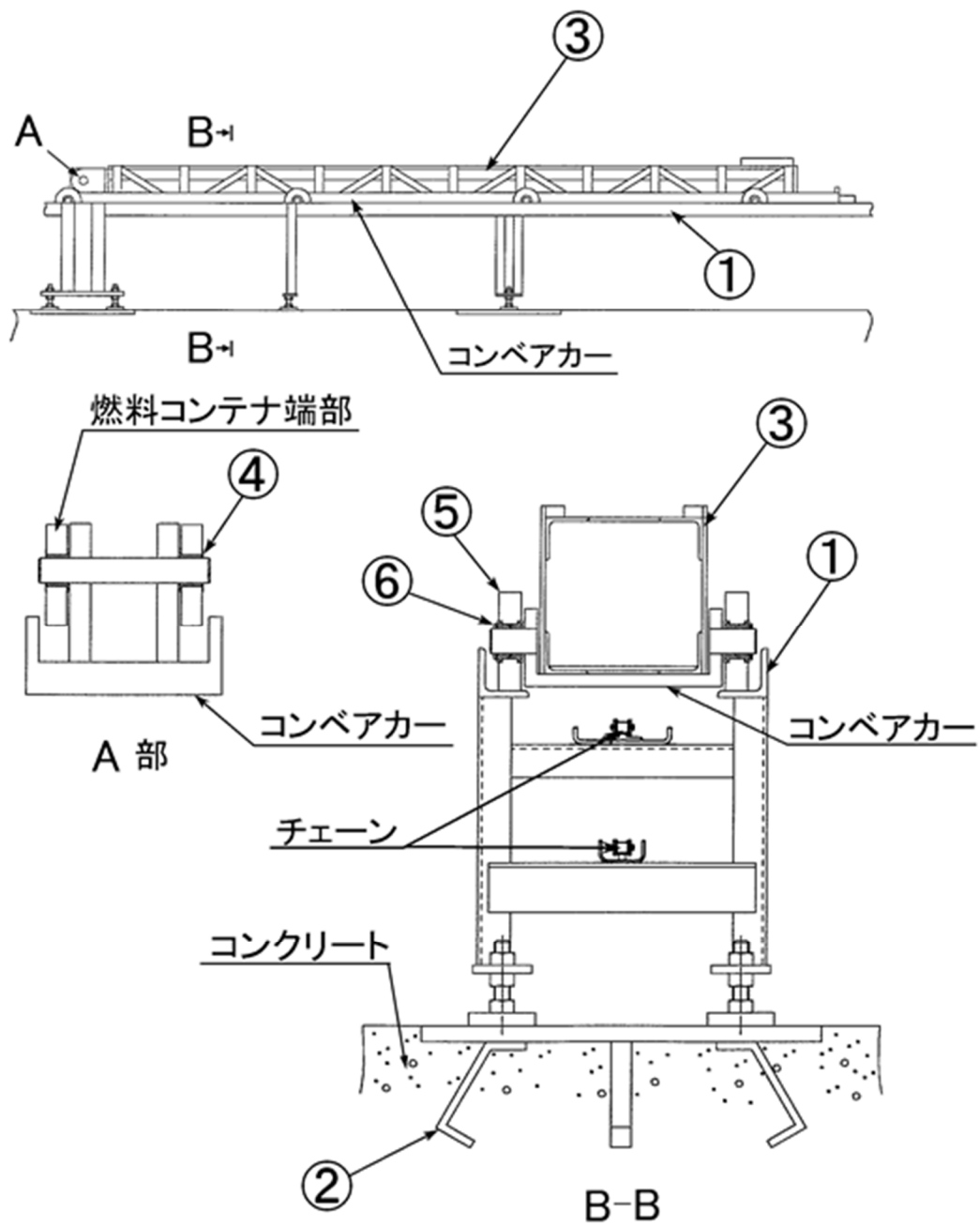
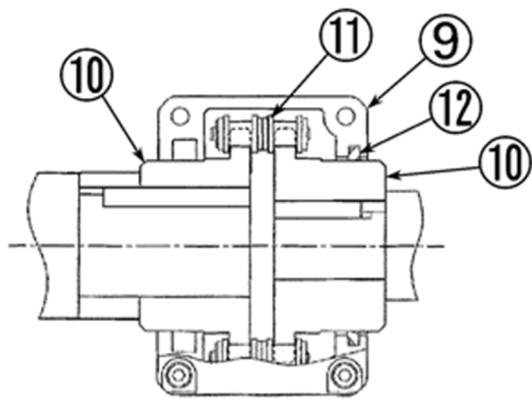


図2.1-1 高浜1号炉 燃料移送装置 全体構成図

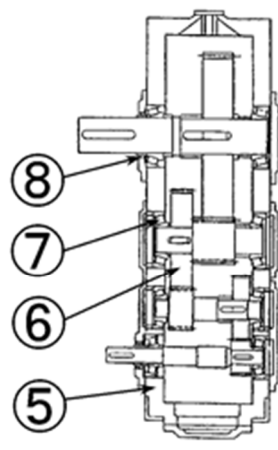


No.	部位
①	レール
②	基礎金物
③	燃料コンテナ
④	ピボット軸受(すべり)
⑤	車輪
⑥	車輪軸受(すべり)

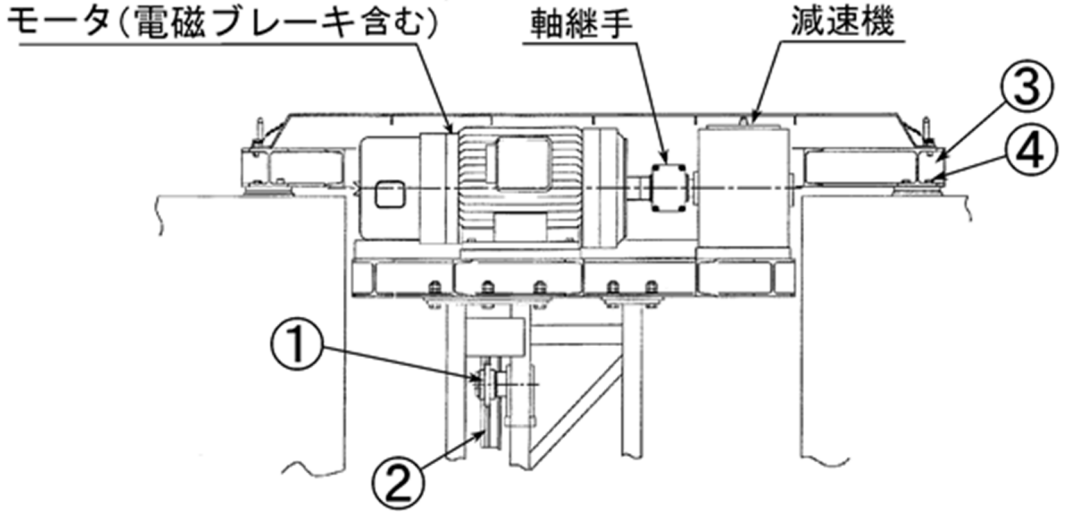
図2.1-2 高浜1号炉 燃料移送装置
トラックフレーム、燃料コンテナおよびコンベアカー構造図



軸継手

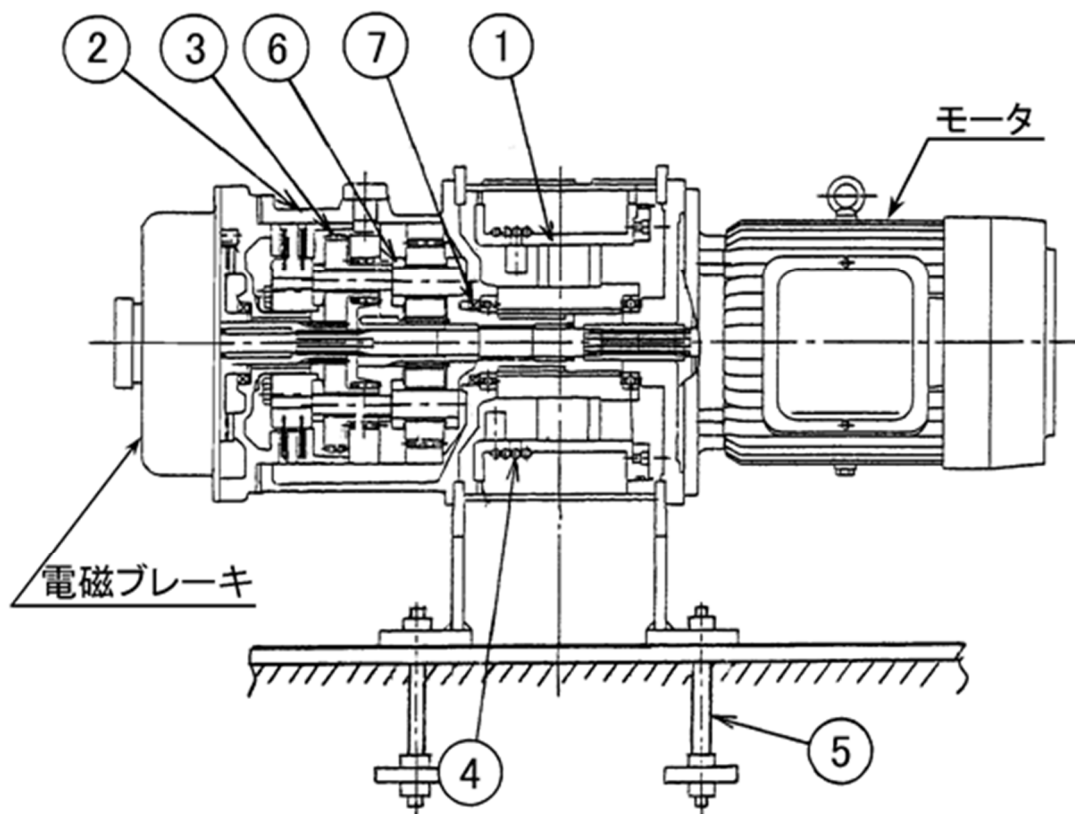


減速機



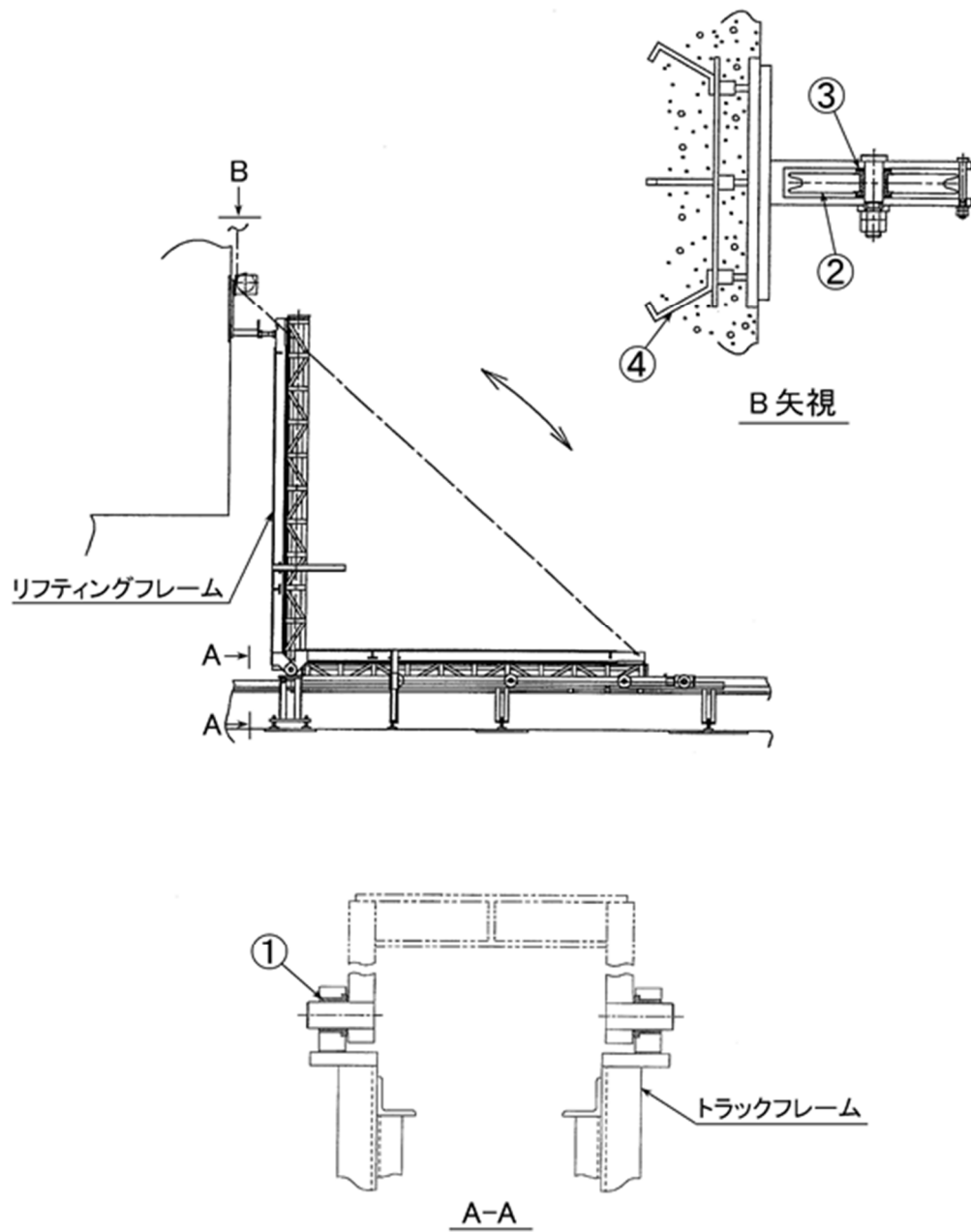
No.	部位	No.	部位
①	スプロケット	⑤	ケーシング
②	チェーン	⑥	歯車
③	架台	⑦	軸受(ころがり)
④	基礎ボルト	⑧	オイルシール
		⑨	ケーシング
		⑩	軸(スプロケット)
		⑪	チェーン
		⑫	オイルシール

図2.1-3 高浜1号炉 燃料移送装置 走行駆動部構造図



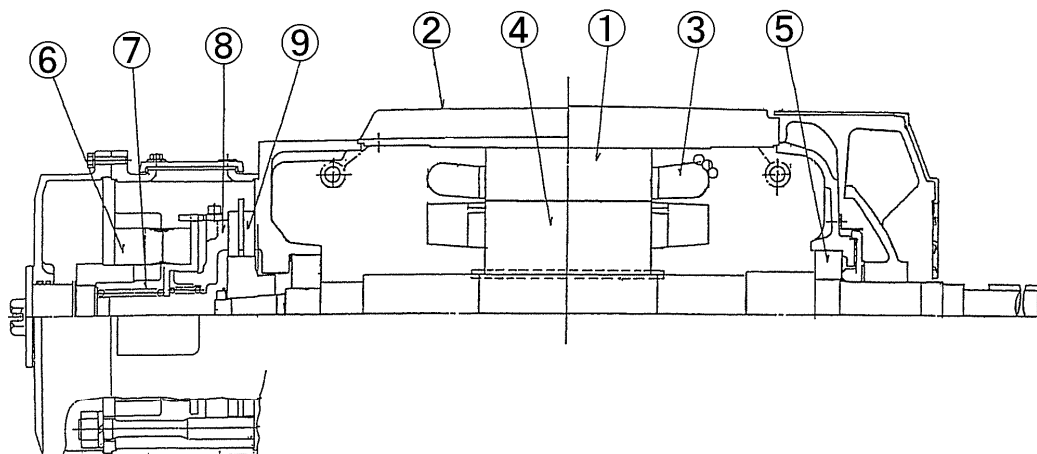
No.	部位
①	ワイヤドラム
②	ケーシング
③	歯車
④	ワイヤロープ
⑤	基礎ボルト
⑥	軸受(ころがり)
⑦	オイルシール

図2.1-4 高浜1号炉 燃料移送装置 リフティングウィンチ構造図



No.	部位
①	ピボット軸受(すべり)
②	シーブ
③	軸受(すべり)
④	基礎金物

図2.1-5 高浜1号炉 燃料移送装置 リフティングフレームおよび滑車構成図



電磁ブレーキ ← ————— → モータ

No.	部位	
①	モータ (低圧)	固定子コア
②		フレーム
③		固定子コイル
④		回転子コア
⑤		軸受(ころがり)
⑥	電磁 ブレーキ	固定鉄心
⑦		ばね
⑧		ブレーキ板
⑨		ライニング

図2.1-6 高浜1号炉 燃料移送装置 モータ(低圧)・電磁ブレーキ構造図

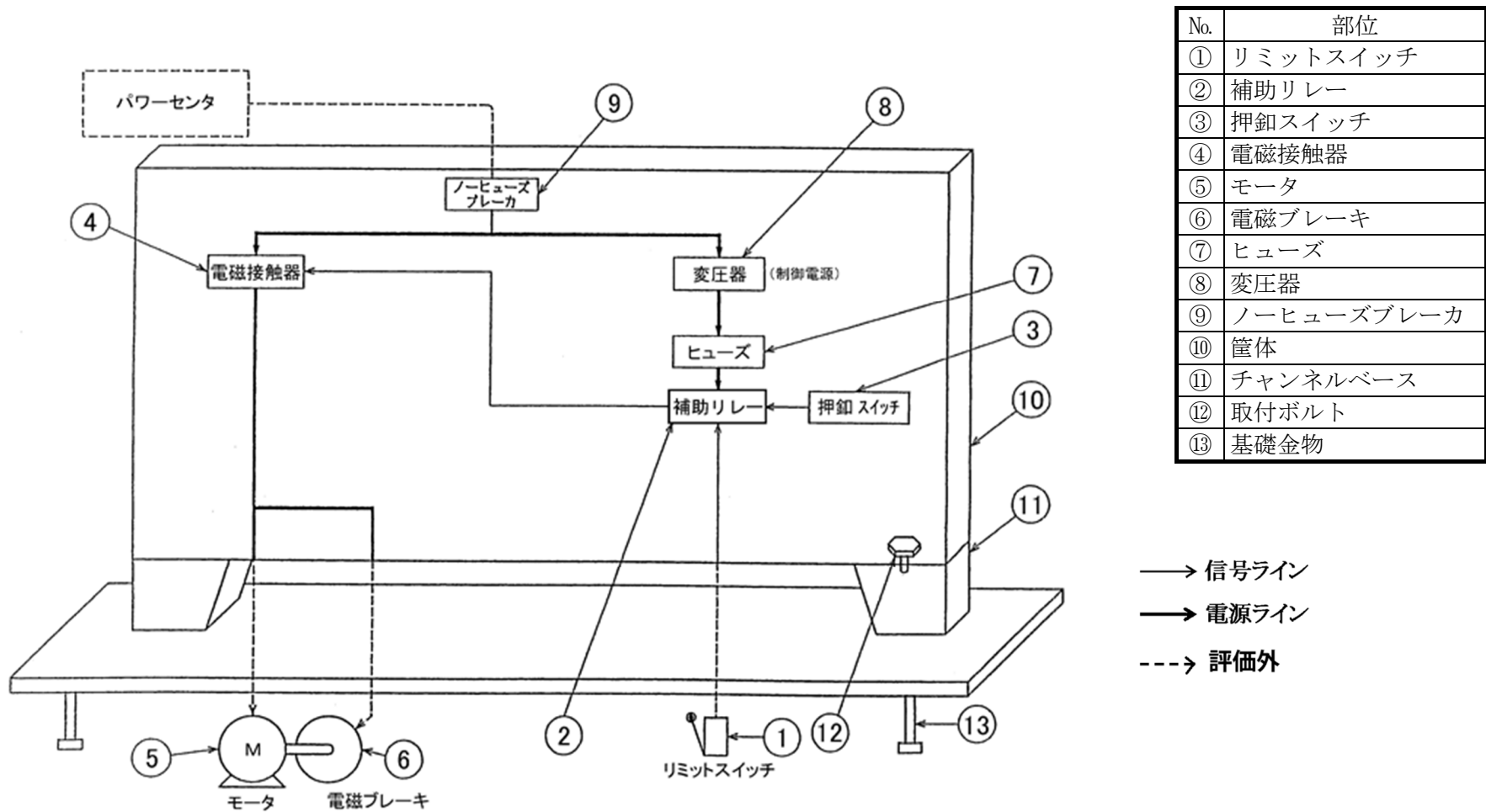


図2.1-7 高浜1号炉 燃料移送装置 制御盤の主要機器構成図

表2.1-1(1/3) 高浜1号炉 燃料移送装置主要部位の使用材料

部位		材料	
トラックフレーム	レール	ステンレス鋼	
	基礎金物	ステンレス鋼	
燃料コンテナ	燃料コンテナ	ステンレス鋼	
	ピボット軸受(すべり)	消耗品・定期取替品	
コンベアカー	車輪	ステンレス鋼	
	車輪軸受(すべり)	消耗品・定期取替品	
走行駆動部	スプロケット	ステンレス鋼	
	チェーン	ステンレス鋼	
	架台	ステンレス鋼	
	基礎ボルト	ステンレス鋼	
	減速機	ケーシング	鋳鉄
		歯車	低合金鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	軸継手	ケーシング	アルミニウム合金鋳物
		軸(スプロケット)	炭素鋼
		チェーン	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品

表2. 1-1 (2/3) 高浜 1 号炉 燃料移送装置主要部位の使用材料

部位		材料	
リフティング部	リフティング ウインチ	ワイヤドラム	ステンレス鋼
		ケーシング	鋳鉄
		歯車	炭素鋼
		ワイヤロープ	ステンレス鋼
		基礎ボルト	ステンレス鋼
		軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		オイルシール	消耗品・定期取替品
	リフティング フレーム	ピボット軸受(すべり)	消耗品・定期取替品
	滑車	シーブ	ステンレス鋼
		軸 受(すべり)	消耗品・定期取替品
		基礎金物	ステンレス鋼

表 2.1-1(3/3) 高浜 1 号炉 燃料移送装置主要部位の使用材料

部位			材料	
制御盤主要 構成機器	駆動用電動装置	モータ (低圧)	固定子コア	珪素鋼板
			フレーム	鋳鉄
			固定子コイル	銅、絶縁物(H種絶縁)
			回転子コア	珪素鋼板
			軸受(ころがり)	消耗品・定期取替品
		電磁 ブレーキ	固定鉄心	珪素鋼板、銅、絶縁物(B種絶縁)
			ばね	ピアノ線
			ブレーキ板	鋳鉄
			ライニング	耐熱性有機化学繊維
		リミットスイッチ		
	制御盤	補助リレー		消耗品・定期取替品
		押釦スイッチ		銅、銀他
		電磁接触器		消耗品・定期取替品
		ヒューズ		消耗品・定期取替品
		変圧器		銅、絶縁物(H種絶縁)
		ノーヒューズブレーカ		消耗品・定期取替品
制御盤支持 構造物	筐体		炭素鋼	
	チャンネルベース		炭素鋼	
	取付ボルト		炭素鋼	
	基礎金物		炭素鋼	

表2.1-2 高浜1号炉 燃料移送装置の使用条件

移送荷重		定格荷重：燃料集合体1体分	
温度	水中		約40℃
	気中	原子炉格納容器内	約49℃
		原子炉補助建屋内	約40℃
設置場所		原子炉格納容器内 原子炉補助建屋内	

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

燃料移送装置の機能である燃料移送機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 装置の支持機能
- ② 走行機能
- ③ リフティング機能
- ④ 機器の監視・操作・駆動・制御・保護の維持
- ⑤ 制御盤の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

燃料移送装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1のとおり想定される経年劣化事象を抽出した。

この結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象（表2.2-1で○となっているもの）としては、以下の事象がある。

(1) モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁低下

モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(2) 電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

(3) 変圧器の絶縁低下

変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性があることから、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△または▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) レールおよび車輪の摩耗

レールおよび車輪は機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、水中での水潤滑によるころがり接触であることから摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(2) スプロケットおよびチェーン（ローラ外面）の摩耗

走行駆動部のスプロケットおよびチェーンは相互の接触により摩耗が想定される。

しかしながら、ころがり接触であることから摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、外観点検時の寸法計測や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) シーブおよびワイヤドラムの摩耗

シーブおよびワイヤドラムはワイヤロープと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、シーブはワイヤの巻取りにそって回転し、また、ドラムの回転に合わせてワイヤが巻き取られるため、すべりが発生せず、摩耗が発生しがたい構造であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 減速機ケーシング等の腐食（全面腐食）

減速機のケーシング、軸継手のケーシングおよび軸（スプロケット）、リフティングウィンチのケーシングおよびモータ（低圧）のフレームは鋳鉄、炭素鋼またはアルミニウム合金鋳物であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 歯車等の摩耗

減速機の歯車および軸継手の軸（スプロケット）は機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、歯車等は常に潤滑油が供給されており、摩耗が発生しがたい環境であり、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(6) チェーン（ブッシュ部）の摩耗

チェーン（ブッシュ部）は、機械的要因により摩耗が発生する可能性がある。しかしながら、定期的なチェーンの伸び計測により、健全性を確認している。したがって、今後も現状保全を継続することで、機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) ワイヤロープの摩耗および素線切れ

ワイヤロープはワイヤドラムおよびシーブと接するため、機械的要因により摩耗が想定される。

ワイヤドラムへの巻取りおよびシーブ通過時にロープが曲げられるため、素線切れが想定される。

しかしながら、外観点検時にワイヤロープ径の寸法計測や目視確認を行い、必要に応じて取替を実施することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(8) モータ（低圧）の固定子コアおよび回転子コアの腐食（全面腐食）

固定子コアおよび回転子コアは珪素鋼板であり、腐食が想定される。

しかしながら、固定子コアおよび回転子コアはワニス処理または塗装により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 電磁ブレーキ固定鉄心の腐食（全面腐食）

電磁ブレーキの固定鉄心は珪素鋼板および銅であり、腐食が想定される。

しかしながら、電磁ブレーキの固定鉄心はワニス処理により腐食を防止しており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 電磁ブレーキのばねの変形（応力緩和）

電磁ブレーキのばねは応力状態にて長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能・性能試験時の制動確認により、機器の健全性を確認している。

(11) 電磁ブレーキブレーキ板の摩耗

電磁ブレーキのブレーキ板は制動時にブレーキライニングを押付けられることにより摩耗が想定される。

しかしながら、材料をライニングより硬い鋳鉄として摩耗を抑制しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の寸法計測や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(12) 電磁ブレーキライニングの摩耗

電磁ブレーキのライニングは制動操作により摩耗が想定される。

しかしながら、ブレーキライニングの許容摩耗量から算出される最大動作回数に対する1定期検査当たりの動作回数の割合は十分小さいと評価しており、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の寸法計測や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(13) 電磁ブレーキライニングのはく離

電磁ブレーキのライニングは高湿度環境での長期間の使用によりはく離が想定される。

2008年7月、敦賀2号炉のタービン動補助給水ポンプ起動入口弁の直流電動機用電磁ブレーキにおいて、電磁ブレーキのライニングのはく離が発生しているが、この事象は、当該弁が外気の影響を受ける高湿度エリアに設置されていたことに伴い発生した結露水がライニングの接着面に浸透し、接着力を低下させたものである。

しかしながら、高浜1号炉については、燃料移送装置は、高湿度環境にはなく、結露水が発生しがたい環境であり、これまでに有意なはく離は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(14) 押釦スイッチの導通不良

押釦スイッチは接点部分に浮遊塵埃が付着することにより、導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は筐体または盤内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生しがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能・性能試験時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(15) 筐体、チャンネルベースおよび基礎金物等の腐食（全面腐食）

筐体、チャンネルベース、取付ボルトおよび制御盤の基礎金物（大気接触部）は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装またはメッキにより腐食を防止しており、塗膜またはメッキ面が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜またはメッキ面の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(16) 基礎金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

制御盤の基礎金物は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、基礎金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

燃料コンテナのピボット軸受（すべり）、コンベアカーの車輪軸受（すべり）、リフティングフレームのピボット軸受（すべり）、滑車の軸受（すべり）および軸継手のチェーンは寸法計測や作動確認等の結果に基づき取替える消耗品である。

また、オイルシール、走行駆動部減速機の軸受（ころがり）、リフティングウィンチの軸受（ころがり）、モータ（低圧）の軸受（ころがり）、リミットスイッチ、補助リレー、電磁接触器、ヒューズおよびノーヒューズブレーカは定期取替品である。

それぞれ、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/6) 高浜1号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象						備考	
					減肉		割れ		材質変化			その他
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
装置の 支持機能	トラック フレーム	レール		ステンレス鋼	△						*1:ブッシュ部 *2:ローラ外面	
		基礎金物		ステンレス鋼								
走行機能	燃料 コンテナ	燃料コンテナ		ステンレス鋼								
		ピボット軸受(すべり)	◎	—								
	コンベア カー	車輪		ステンレス鋼	△							
		車輪軸受(すべり)	◎	—								
	走行 駆動部	スプロケット		ステンレス鋼	△							
		チェーン		ステンレス鋼	△ ^{*1} △ ^{*2}							
		架台		ステンレス鋼								
		基礎ボルト		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/6) 高浜1号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考		
						減肉		割れ		材質変化			その他	
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化			
走行機能	走行駆動部	減速機	ケーシング		鋳鉄		△							
			歯車		低合金鋼	△								
			軸受(ころがり)	◎	—									
			オイルシール	◎	—									
		軸継手	ケーシング		アルミニウム合金鋳物		△							
			軸(スプロケット)		炭素鋼	△	△							
			チェーン	◎	—									
			オイルシール	◎	—									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(3/6) 高浜1号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
リフティング機能	リフティングウインチ	ワイヤドラム		ステンレス鋼	△							*1:素線切れ
		ケーシング		鋳鉄		△						
		歯車		炭素鋼	△							
		ワイヤロープ		ステンレス鋼	△						△*1	
		基礎ボルト		ステンレス鋼								
		軸受(ころがり)	◎	—								
		オイルシール	◎	—								
	リフティングフレーム	ピポット軸受(すべり)	◎	—								
	滑車	シーブ		ステンレス鋼	△							
		軸受(すべり)	◎	—								
基礎金物			ステンレス鋼									

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(5/6) 高浜1号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考	
					減肉		割れ		絶縁	導通	特性		その他
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
機器の監視・操作・駆動・制御・保護の維持	駆動用電動装置	モータ(低圧)	固定子コア	珪素鋼板		△						*1：変形 (応力緩和) *2：はく離	
			フレーム	鋳鉄		△							
			固定子コイル	銅、絶縁物					○				
			回転子コア	珪素鋼板		△							
			軸受(ころがり)	◎	—								
	電磁ブレーキ	固定鉄心		珪素鋼板、銅、絶縁物		△			○				
		ばね		ピアノ線							△*1		
		ブレーキ板		鋳鉄	△								
		ライニング		耐熱性有機化学繊維	△						△*2		
		リミットスイッチ	◎	—									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(6/6) 高浜1号炉 燃料移送装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	特性	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁低下	導通不良	特性変化		
機器の監視・操作・駆動・制御・保護の維持	制御盤	補助リレー	◎	—									*1: 大気接触部 *2: コンクリート埋設部
		押釦スイッチ		銅、銀他						△			
		電磁接触器	◎	—									
		ヒューズ	◎	—									
		変圧器		銅、絶縁物					○				
		ノーヒューズブレーカ	◎	—									
制御盤の支持	筐体			炭素鋼		△							
	チャンネルベース			炭素鋼		△							
	取付ボルト			炭素鋼		△							
	基礎金物			炭素鋼		△ ^{*1} ▲ ^{*2}							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

2.3.1 モータ（低圧）の固定子コイルの絶縁低下

a. 事象の説明

固定子コイルの絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的、環境的要因で経年劣化が進行し、絶縁性能の低下を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

固定子コイルの絶縁低下については、絶縁仕様が低圧ポンプ用モータに比べて同等以上であるため、低圧ポンプ用モータの健全性評価結果から、固定子コイルの絶縁耐力を保有する運転期間は16年と考えられる。

しかしながら、低圧ポンプ用モータと設置場所が異なることから、長期間の運転を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

固定子コイルの絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

また、過去の絶縁抵抗測定の結果に基づき、監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しを実施するとともに、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、固定子コイルの絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

固定子コイルの絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していくとともに、点検結果に基づき監視強化としての絶縁抵抗測定の実施頻度の見直しおよび必要に応じて洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施していく。

2.3.2 電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下

a. 事象の説明

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下は、熱による絶縁物の特性変化、絶縁物に付着する塵埃または内部の微小ボイド等による放電等、熱的、電氣的、環境的要因で経年的な変化が進行し、外表面、内部等から絶縁低下を生じる可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

電磁ブレーキは、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁は使用温度に比べて十分余裕のある絶縁種（B種：許容最高温度130℃）を選択して使用していることから絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

電磁ブレーキの固定鉄心の絶縁低下に対しては、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

2.3.3 変圧器の絶縁低下

a. 事象の説明

変圧器は通電による発熱や周囲環境条件の影響を受け、絶縁材料の変化により、絶縁性能の低下を生じる可能性が考えられる。

b. 技術評価

① 健全性評価

変圧器は、屋内に設置された筐体内に内蔵されているため、塵埃が付着しにくい環境にある。

また、変圧器の通電時の使用温度に比べ十分余裕のある絶縁種（H種：許容最高温度180℃）を選択して使用していることから絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、60年間の供用を想定すると絶縁低下を生じる可能性は否定できない。

② 現状保全

変圧器の絶縁低下に対しては、定期的な絶縁抵抗測定により、管理値以上であることの確認を行っている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して、変圧器の絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

変圧器の絶縁低下については、定期的に絶縁抵抗測定を実施していく。

3.3 新燃料貯蔵設備

[対象機器]

- ① 新燃料ラック

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 新燃料ラックの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	5

1. 技術評価対象機器

高浜 1 号炉で使用されている新燃料ラックの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 高浜 1 号炉 新燃料ラックの主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	容量
新燃料ラック (1)	PS-2	85セル

*1：機能は最上位の機能を示す。

2. 新燃料ラックの技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜 1 号炉の新燃料ラックは床上式で建屋内に設置されており、新燃料を保持する構造となっている。

高浜 1 号炉の新燃料ラックの構造図を図2. 1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜 1 号炉の新燃料ラックの使用材料および使用条件を表2. 1-1および表2. 1-2に示す。

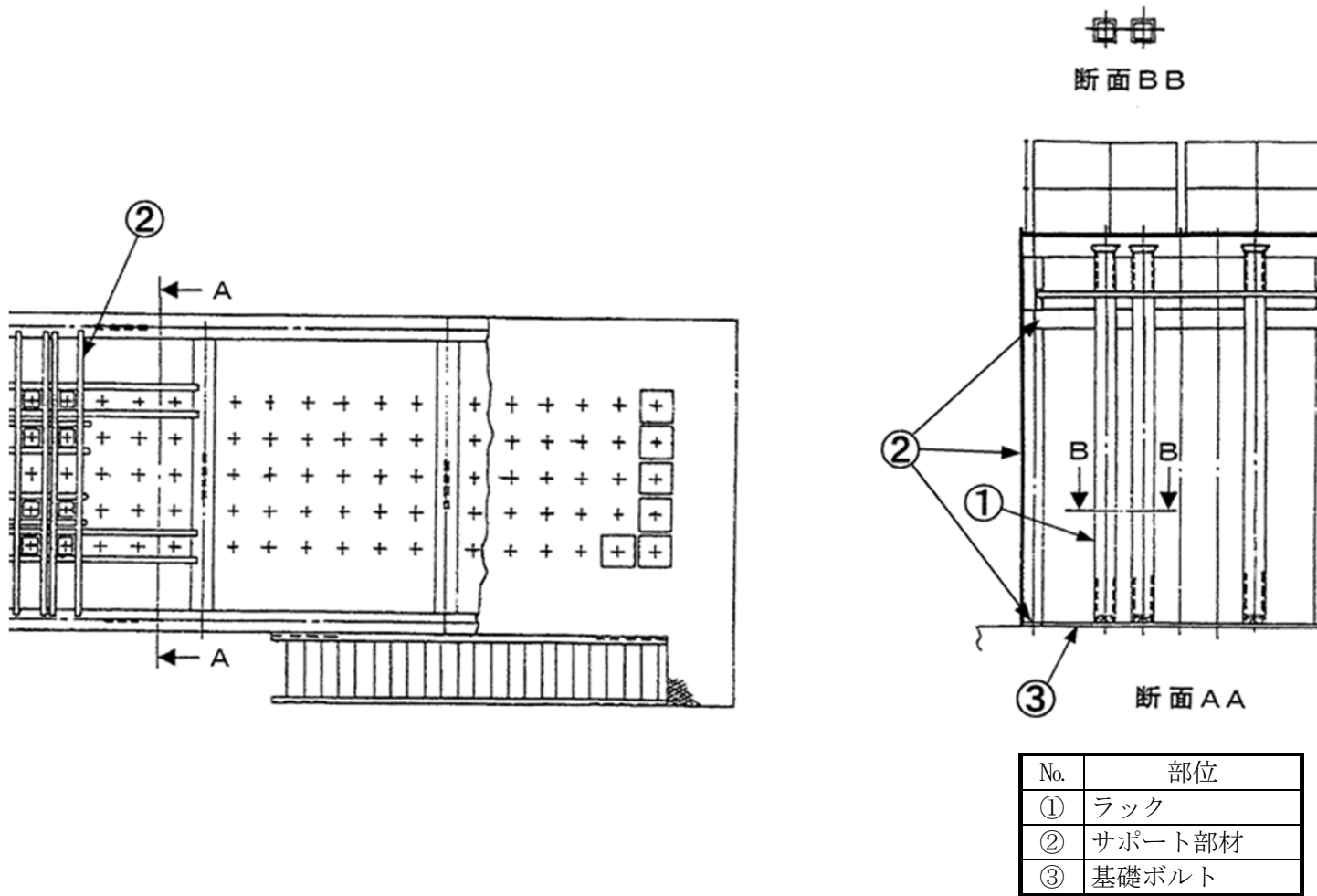


図2.1-1 高浜1号炉 新燃料ラック構造図

表2.1-1 高浜1号炉 新燃料ラック主要部位の使用材料

部位	材料
ラック	ステンレス鋼
サポート部材	ステンレス鋼、炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 高浜1号炉 新燃料ラックの使用条件

容量	85セル
設置場所	建屋内

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

新燃料ラックの機能である臨界防止機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 燃料保持
- ② ラック保持
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

新燃料ラックについて機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) サポート部材の腐食（全面腐食）

サポート部材の一部は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

表2.2-1 高浜1号炉 新燃料ラックに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
燃料保持	ラック		ステンレス鋼								
ラック保持	サポート部材		ステンレス鋼								
			炭素鋼		△						
機器の支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

4 原子炉容器上蓋付属設備

[対象機器]

- ① 制御棒駆動装置
- ② 炉内熱電対用フランジ
- ③ 原子炉水位計（ハウジング）

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	11
3. 代表機器以外への展開	17
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	17

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜1号炉で使用されている原子炉容器上蓋付属設備の主な仕様を表1-1に示す。

これらの機器を設置場所、材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す原子炉容器上蓋付属設備について、設置場所、材料を分離基準として考えると、いずれの機器も同様であることから、1つのグループとして分類される。

1.2 代表機器の選定

炉内熱電対用フランジおよび原子炉水位計に使用している圧力ハウジングは頂部のシール構造を除き制御棒駆動装置のハウジングとほぼ同様の構造である。

駆動機構を有している制御棒駆動装置を代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 原子炉容器上蓋付属設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準			代表機器の選定	
設置場所	材料		重要度*1	使用条件		代表機器	選定理由
				最高使用圧力 (MPa [gage])	最高使用温度 (°C)		
原子炉容器上蓋上	ステンレス鋼	制御棒駆動装置 (52) (予備用4台含む)	PS-1	約17.2	約343	◎	構造 (駆動機構あり)
		炉内熱電対用フランジ (4)	PS-1	約17.2	約343		
		原子炉水位計 (ハウジング) (1)	PS-1	約17.2	約343		

*1: 機能は最上位の機能を示す。

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の機器について技術評価を実施する。

① 制御棒駆動装置

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 制御棒駆動装置

(1) 構造

高浜1号炉の制御棒駆動装置は炉心の制御を行う制御棒の引き抜き・挿入動作を操作する装置であり、圧力ハウジング、ラッチ機構、サーマルスリーブおよび駆動軸の組立体から構成され、圧力バウンダリとして原子炉容器頂部に取り付けられている。

圧力ハウジングはキャップと駆動軸ハウジング、駆動軸ハウジングとラッチハウジングがねじ結合とキャノピーシール溶接で結合され、ラッチハウジングと蓋用管台が溶接で接合され、蓋用管台は原子炉容器上蓋に溶接されている。

圧力ハウジングの内側にはラッチ機構が取り付けられている。

ラッチ機構は磁気ジャック式と呼ばれ、圧力ハウジング外側に設置した制御棒駆動装置作動コイルに通電することによって発生する電磁石の原理を利用しラッチ機構のラッチアームを動作させる。

ラッチアームは駆動軸を把持し、さらに駆動軸と結合された制御棒を操作する動作を行う。駆動軸は駆動軸下端の接手により制御棒との結合・切離しを行うもので、駆動軸中央部にはラッチアームとの結合用の溝山がある。

また、原子炉容器上蓋の上側に制御棒駆動装置耐震サポートが設置されており、地震時の制御棒駆動装置の水平方向の動きを抑制している。

なお、高浜1号炉の制御棒駆動装置については、第16回定期検査時（1995～1996年度）に取替を実施している。

高浜1号炉の制御棒駆動装置の構造図を図2.1-1～図2.1-6に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の制御棒駆動装置の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

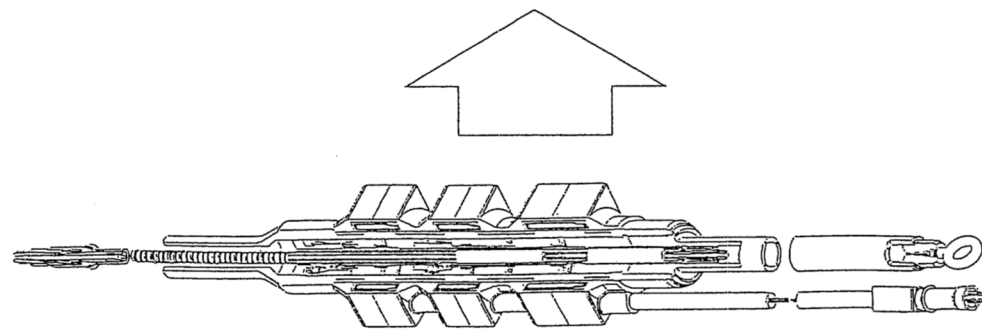
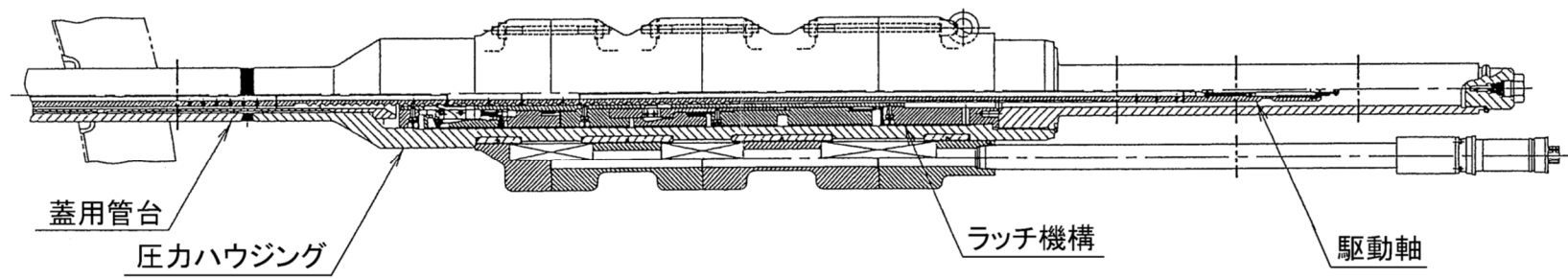


図2.1-1 高浜1号炉 制御棒駆動装置全体構造図

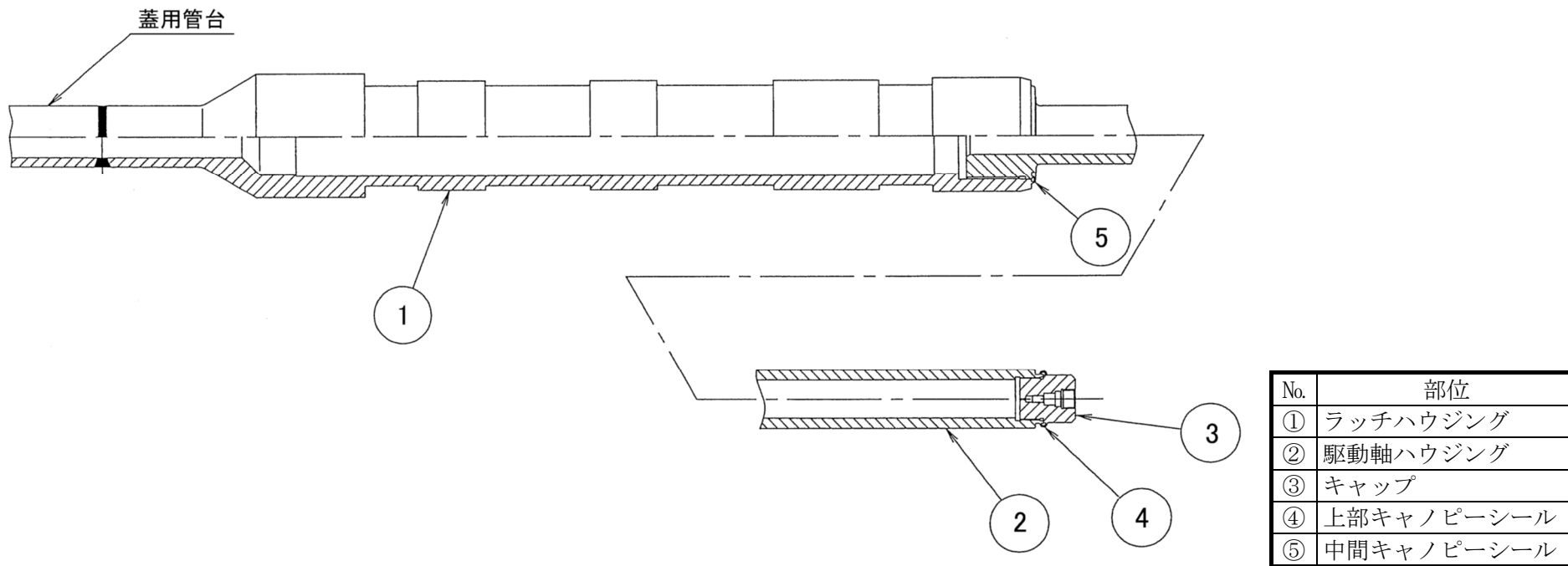
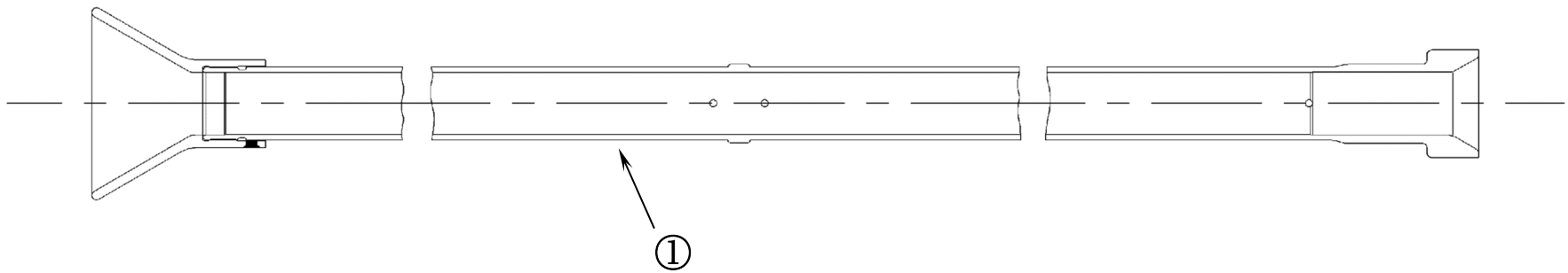
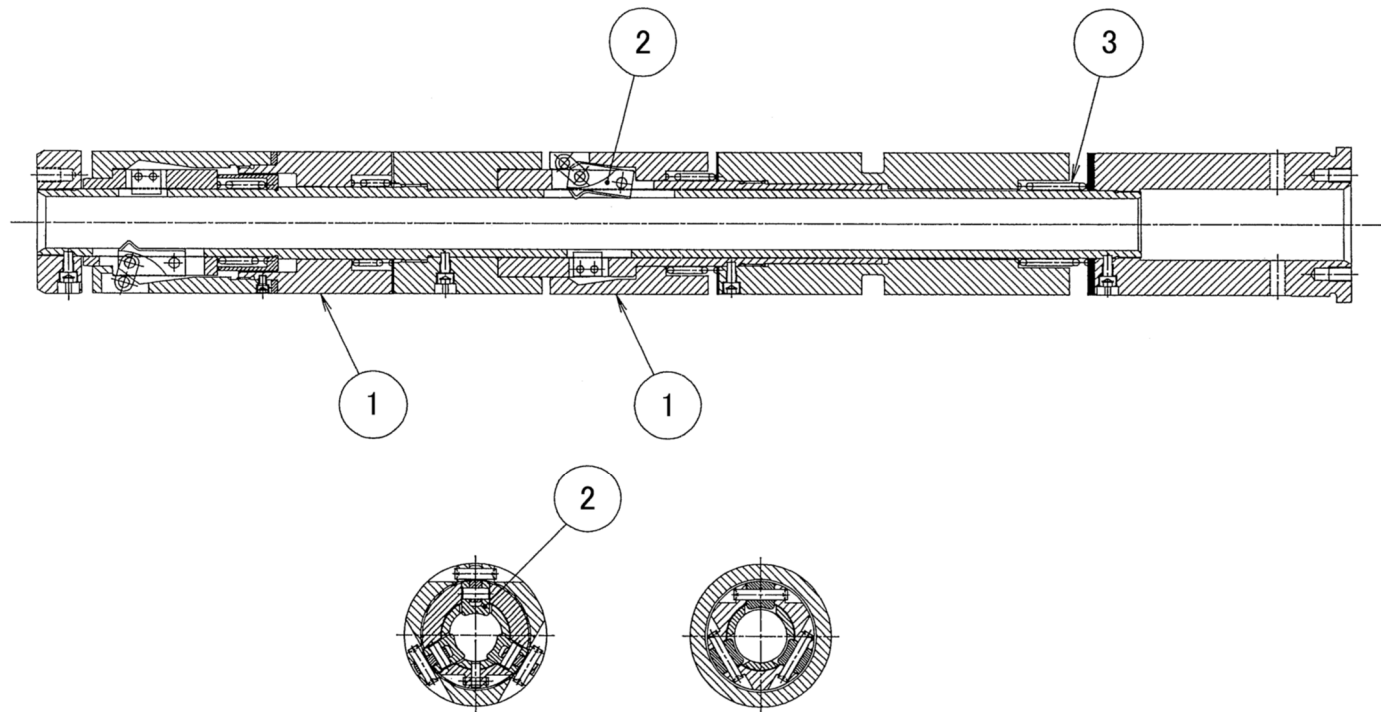


図2.1-2 高浜1号炉 制御棒駆動装置 圧力ハウジング構造図



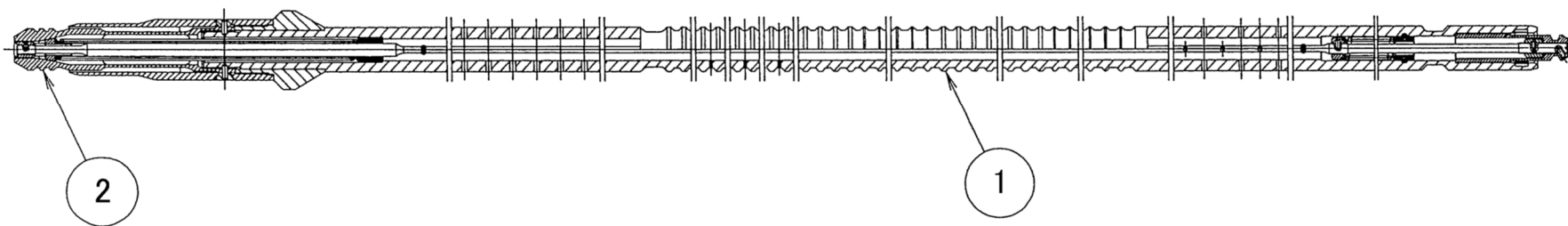
No.	部位
①	サーマルスリーブ

図2.1-3 高浜1号炉 制御棒駆動装置 サーマルスリーブ構造図



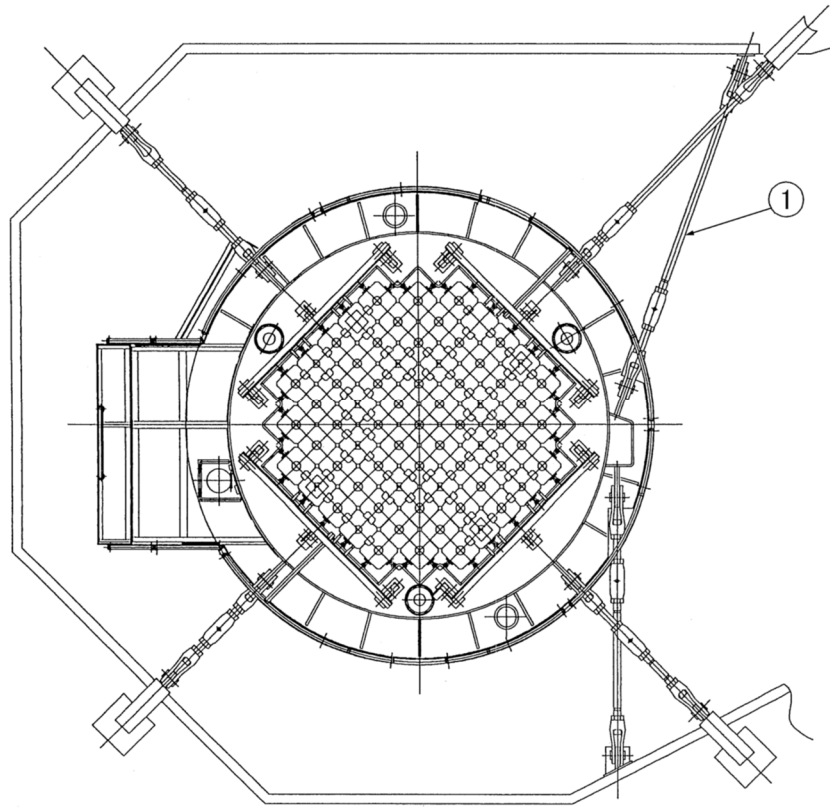
No.	部位
①	プランジャ
②	ラッチアーム
③	ばね

図2.1-4 高浜1号炉 制御棒駆動装置 ラッチ機構構造図



No.	部位
①	駆動軸
②	接手

図2.1-5 高浜1号炉 制御棒駆動装置 駆動軸構造図



No.	部位
①	耐震サポート

図2.1-6 高浜1号炉 制御棒駆動装置 耐震サポート構造図

表2.1-1 高浜1号炉 制御棒駆動装置主要部位の使用材料

部位		材料
圧力ハウジング	ラッチハウジング	ステンレス鋼
	駆動軸ハウジング	ステンレス鋼
	キャップ	ステンレス鋼
	上部キャノピーシール	ステンレス鋼
	中間キャノピーシール	ステンレス鋼
サーマルスリーブ		ステンレス鋼
ラッチ機構	プランジャ	ステンレス鋼
	ラッチアーム	ステンレス鋼
	ばね	750系ニッケル基合金
駆動軸	駆動軸	ステンレス鋼
	接手	ステンレス鋼
耐震サポート		炭素鋼

表2.1-2 高浜1号炉 制御棒駆動装置の使用条件

最高使用圧力	約17.2MPa[gage]
最高使用温度	約343℃
内部流体	1次冷却材

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

制御棒駆動装置の機能である反応度制御機能の達成に必要な項目としては、次の2つの項目がある。

- ① バウンダリの維持
- ② 制御棒作動信頼性の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

制御棒駆動装置について、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（水質、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△または▲となっているもの）については想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 圧力ハウジングの疲労割れ

圧力ハウジングは、プラントの起動・停止時等による熱過渡を繰り返し受けるため、疲労割れが想定される。

しかしながら、起動・停止時等に発生する荷重はわずかであり、有意な応力変動を受けない構造となっており、疲労割れが発生しがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

(2) キャノピーシールの応力腐食割れ

キャノピーシール内が高溶存酸素濃度レベルになる場合は、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、高浜1号炉は第16回定期検査時（1995年度～1996年度）の原子炉容器上蓋取替に伴い、応力腐食割れに対して感受性の低い316系ステンレス鋼をハウジングに使用していることから、応力腐食割れの発生がしがたい環境である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

(3) サーマルスリーブの摩耗

サーマルスリーブは、原子炉容器上蓋管台との接触部における摩耗が想定される。

2017年12月、フランスのベルビル（Belleville）発電所2号炉において、サーマルスリーブが摩耗により落下し、制御棒落下試験時に全挿入できない事象が発生している。

サーマルスリーブは原子炉容器上蓋の制御棒駆動装置管台の内側に設置され、管台とは固定されておらず、管台のテーパ部にサーマルスリーブのフランジ部が自重を預ける構造となっている。

サーマルスリーブが設置される頂部プレナム内では、図2.2-1に示すようにスプレイノズルから噴出する1次冷却材の流れ（頂部バイパス流）が原子炉容器上蓋に沿って上昇し、頂部付近で合流した後に下降する流れが存在する。この流れが作用することでサーマルスリーブに流体励起振動が生じ、サーマルスリーブのフランジ面と管台内面のテーパ面が摺動することで、摩耗が進展すると考えられる。そのため、頂部プレナム内のバイパス流の流れが大きく上蓋頂部の温度が低いプラント（T-Coldプラント）が摩耗に対する感受性が大きいと考えられる。

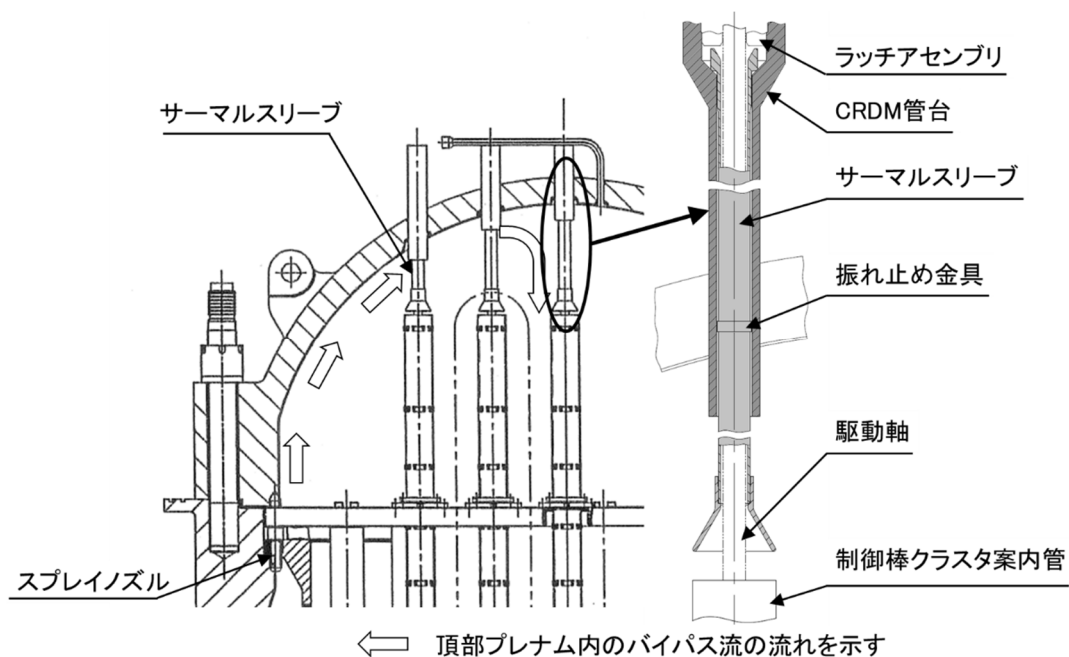


図2.2-1 サーマルスリーブの構造と頂部プレナム内の流況

国内PWRプラントにおいては、2019年に、頂部プレナムへのバイパス流量比が大きく、ワークレート（摺動速さと接触荷重の積）が大きい標準型4ループプラントのうち、上蓋の供用年数が比較的長いプラントを代表プラントとして、サーマルスリーブの摩耗状況の確認のためにサーマルスリーブの下降量を計測しているが、直ちにフランジ部の破断に至るような摩耗の進展は認められていない。

一方、高浜1号炉については、第16回定期検査時（1995～1996年度）に原子炉容器の上蓋取替に合わせてサーマルスリーブも取替えられており、摩耗状況を確認した国内代表プラントよりも供用期間が短いことから、直ちにフランジ部の破断に至るような摩耗が生じる可能性は小さい。

また、当社プラントのうち摩耗進展量が比較的大きいと思われる大飯3号炉を代表プラントに追加し、サーマルスリーブの摩耗状況を確認することで機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) プランジヤの摩耗

制御棒の引き抜き・挿入動作を行うプランジヤはその構造上、摺動部で摩耗が想定される。

しかしながら、コイル電流によるラッチ機構作動確認および制御棒落下試験により、スクラム時のプランジヤ動作に伴うラッチアーム開放動作に影響のないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) ラッチアームおよび駆動軸の摩耗

ラッチアームおよび駆動軸は互いに接触する部位であり、摺動部で摩耗が想定される。

しかしながら、コイル電流によるラッチ機構作動確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) ばねの変形（応力緩和）

制御棒駆動装置に使用しているばねは圧縮荷重が常時加わった状態で長期間保持されることにより、変形（応力緩和）が想定される。

しかしながら、ばねに発生する応力は弾性範囲であり、日本ばね工業会にて実施したばね材料と使用環境温度の実態調査結果と比べて、当該ばねは同等か余裕のある環境で使用している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 耐震サポートの腐食（全面腐食）

炭素鋼の耐震サポートは、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、外観点検時等の目視確認により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(8) 接手の摩耗

接手は制御棒クラスタのスパイダー溝に接手の山がかみあう構造になっており、ステッピングおよび制御棒との取付け、取外しによる接手山部の摩耗が想定される。

しかしながら、接手山とスパイダー溝は隙間なくかみ込み一体となっており、ステッピング時の摩耗は生じないと考えられること、およびスパイダー材と接手の硬さは同程度であり比摩耗量も同程度と考えられ、接手山部についても有意な摩耗はないと考えられることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1 高浜1号炉 制御棒駆動装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	組立品	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		材質変化		絶縁	その他	
					摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化	絶縁 低下		
バウンダリの 維持	圧力 ハウジング	ラッチハウジング		ステンレス鋼			△						*1：変形 (応力緩和)
		駆動軸ハウジング		ステンレス鋼			△						
		キャップ		ステンレス鋼			△						
		上部 キャノピーシール		ステンレス鋼			△	△					
		中間 キャノピーシール		ステンレス鋼			△	△					
制御棒作動 信頼性の維持	サーマルスリーブ			ステンレス鋼	△								
	ラッチ機構	プランジャ		ステンレス鋼	△								
		ラッチアーム		ステンレス鋼	△								
		ばね		750系ニッケル 基合金								△*1	
	駆動軸	駆動軸		ステンレス鋼	△								
		接手		ステンレス鋼	▲								
	耐震サポート				炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価について、1章で実施したグループ化で代表機器になっていない機器への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

- ① 炉内熱電対用フランジ
- ② 原子炉水位計（ハウジング）

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.1.1 圧力ハウジングの疲労割れ〔共通〕

圧力ハウジングは、プラントの起動・停止時等による熱過渡を繰り返し受けるため、疲労割れが想定される。

しかしながら、起動・停止時等に発生する荷重はわずかであり、有意な応力変動を受けない構造となっており、疲労割れが発生しがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

3.1.2 キャノピーシールの応力腐食割れ〔原子炉水位計（ハウジング）〕

キャノピーシール内が高溶存酸素濃度レベルになる場合は、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、高浜1号炉は第16回定期検査時（1995年度～1996年度）の原子炉容器上蓋取替に伴い、応力腐食割れに対して感受性の低い316系ステンレス鋼をハウジングに使用していることから、応力腐食割れの発生しがたい環境である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

3.1.3 コノシールガスケット取付部の摩耗 [共通]

炉内熱電対用フランジおよび原子炉水位計の圧力ハウジング頂部は、コノシールガスケットでシールされており、コノシールガスケットは開放点検に合わせて取替を行っているため、取付部で摩耗が想定される。

しかしながら、取替時の目視確認や漏えい試験により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

5 非核燃料炉心構成品

[対象機器]

- ① 制御棒クラスタ

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 制御棒クラスタの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	6

1. 技術評価対象機器

高浜1号炉で使用されている制御棒クラスタの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 高浜1号炉 非核燃料炉心構成品の主な仕様

機器名称 (体数)	重要度*1	使用条件	
		最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
制御棒クラスタ (424*3)	MS-1、重*2	約17.2	約343

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

*3：使用済燃料ピット用中性子吸収棒集合体を含む。

2. 制御棒クラスタの技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉の制御棒はクラスタ方式で、原子炉の緊急停止は制御棒クラスタの重力落下によって行っている。制御棒クラスタは、目的により制御グループおよび停止グループに分けられる。制御グループは、通常運転中、出力、温度等原子炉の運転条件の変化による反応度変化を補償するために使用している。停止グループの制御棒クラスタは、原子炉停止の際、制御グループの制御棒クラスタとともに、炉心の余剰反応度を吸収するために用いている。制御棒クラスタは、最も反応度効果の大きい制御棒クラスタ1体が炉心に挿入できない場合でも、十分余裕を持って原子炉を停止できる制御能力を持つよう設計している。

制御棒クラスタは、20本の制御棒をベーンとフィンガにより軸対称位置に配置する構造をしており、原子炉容器内で48体使用されている。全長は約4m、質量は約75kgであり、制御棒駆動軸と切り離すことにより炉心から取り出すことができる。1次冷却材に接する部分はステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼で構成されており、吸収材である銀・インジウム・カドミウム合金を被覆した制御棒をクラスタ状に維持している。また原子炉停止のため制御棒クラスタを重力落下させた際の衝撃を緩和するためにニッケル基合金製のばねを有している。

高浜1号炉の制御棒クラスタの構造図を図2.1-1に示す。

なお、制御棒クラスタについては、表2.1-1に示すとおり取替を実施している。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の制御棒クラスタの使用材料および使用条件を表2.1-2および表2.1-3にそれぞれ示す。

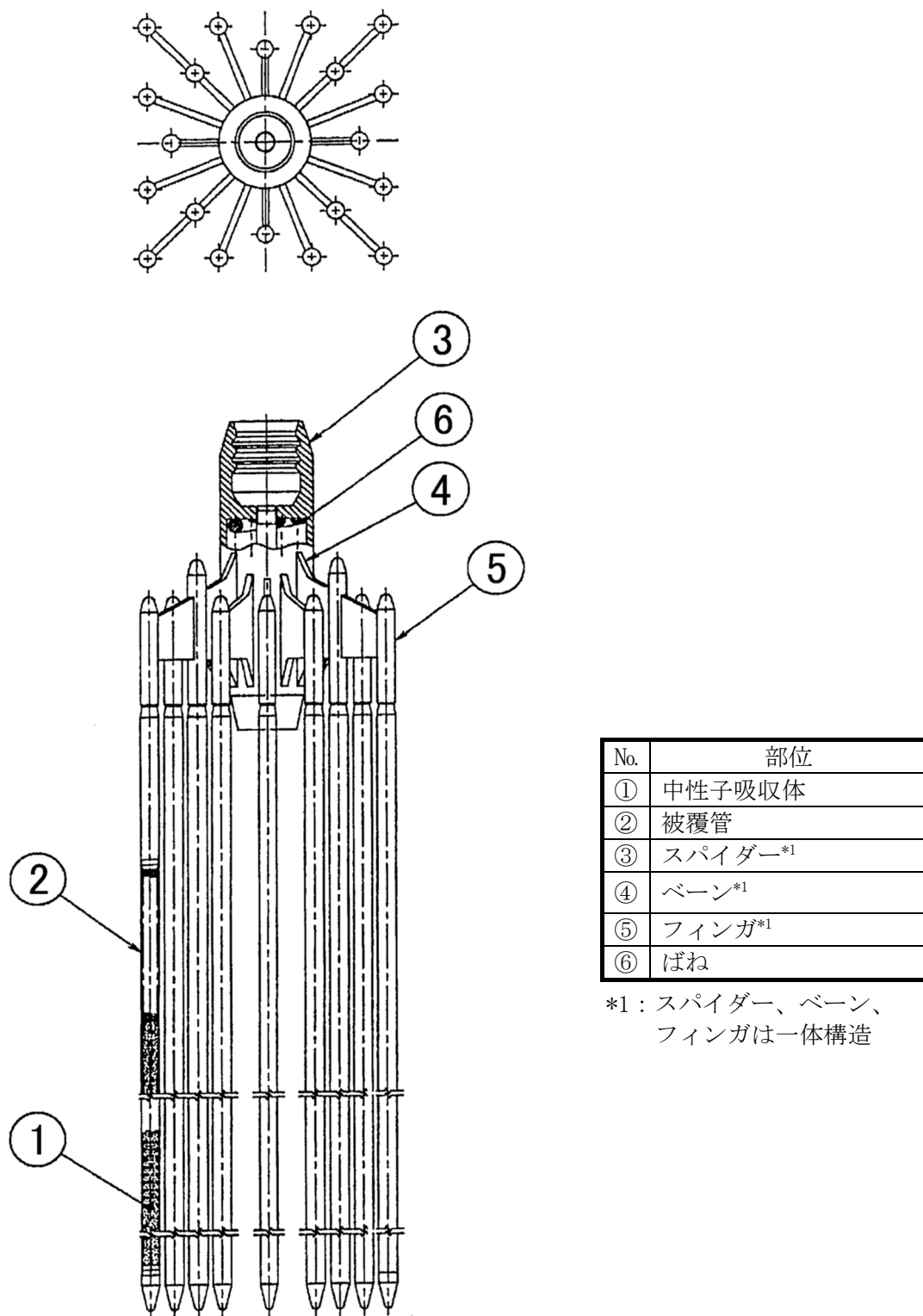


図2.1-1 高浜1号炉 制御棒クラスタ構造図

表2.1-1 高浜1号炉 制御棒クラスタの取替実績

時期	体数（体）
第10回定期検査時（1987～1988年度）	7
第11回定期検査時（1989年度）	4
第12回定期検査時（1990～1991年度）	2
第13回定期検査時（1991～1992年度）	9
第14回定期検査時（1992～1993年度）	9
第15回定期検査時（1994年度）	9
第16回定期検査時（1995～1996年度）	8
第24回定期検査時（2006年度）	1
第25回定期検査時（2007～2008年度）	7
第26回定期検査時（2009年度）	3

（注）全48体について改良型（被覆管へのCrメッキおよび吸収体先端部の細径化）への取替済み。

表2.1-2 高浜1号炉 制御棒クラスタ主要部位の使用材料

部位	材料
中性子吸収体	銀・インジウム・カドミウム合金
被覆管	ステンレス鋼
スパイダー*1	ステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼
ベーン*1	ステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼
フィンガ*1	ステンレス鋼またはステンレス鋼鋳鋼
ばね	750系ニッケル基合金または718系ニッケル基合金

*1：スパイダー、ベーンおよびフィンガは一体構造

表2.1-3 高浜1号炉 制御棒クラスタの使用条件

最高使用圧力	約17.2MPa[gage]
最高使用温度	約343℃
使用環境	1次冷却材水中

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

制御棒クラスタの機能である炉心の制御機能の達成に必要な項目としては、次の項目が必要である。

- ① 反応度変化の補償および緊急停止時の停止余裕の確保

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

制御棒クラスタについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（水質、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 被覆管の摩耗

通常運転時の1次冷却材の流れにより、制御棒クラスタ案内管内等で制御棒が流体振動を起こす。その結果、制御棒と制御棒クラスタ案内管案内板等との間で摩耗が想定される。

制御棒クラスタの構造と挿入位置関係を図2.2-1に示す。

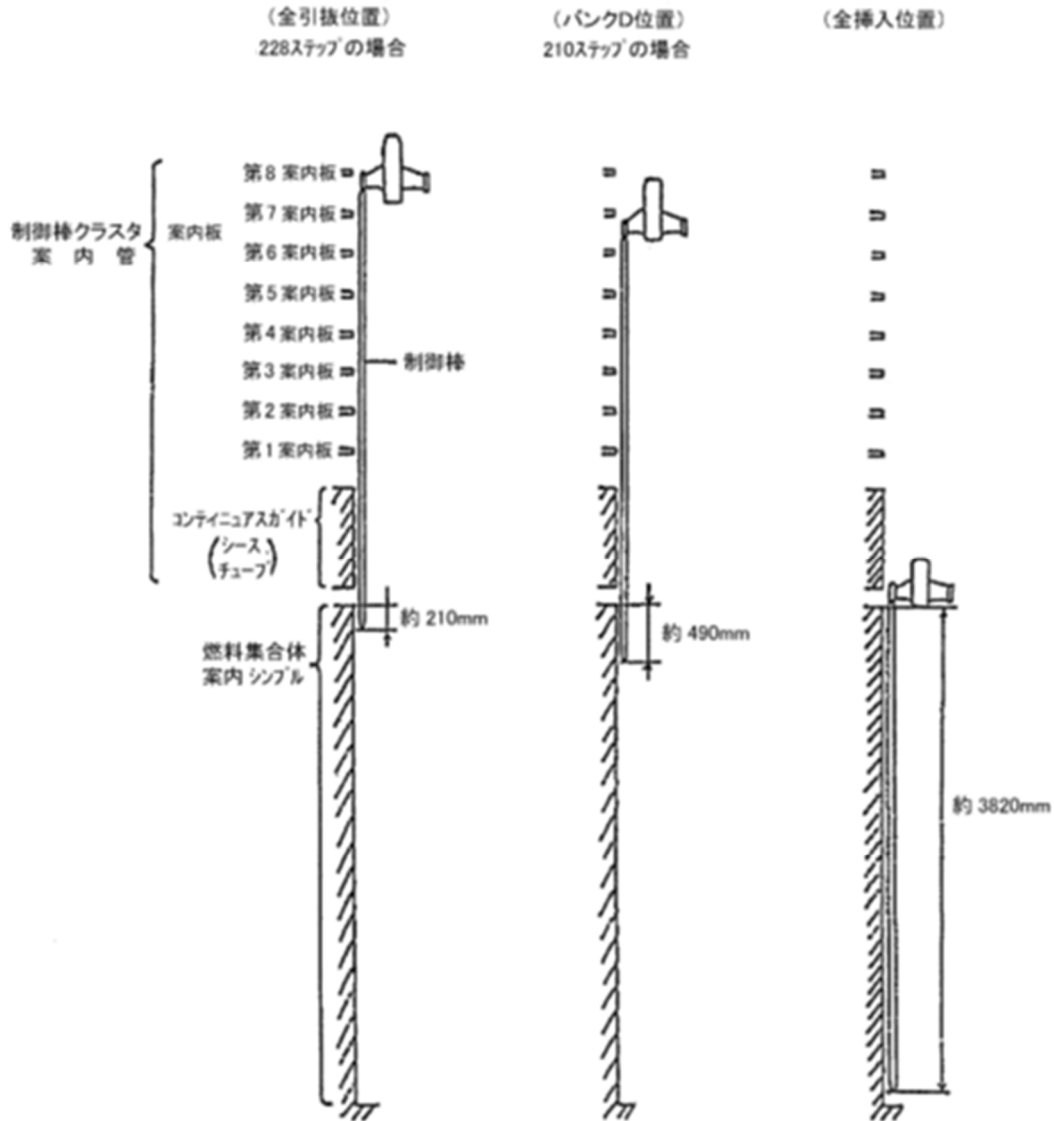


図2.2-1 高浜1号炉 制御棒クラスタの構造と挿入位置関係

米国ポイントビーチ (Point Beach) 発電所2号炉で被覆管の摩耗が認められたという報告が、1984年3月にされたため、国内プラントでも検討を行い、摩耗測定結果から摩耗の進行を評価しており、予防保全的に摩耗深さが肉厚を超えないよう定期的に取り替を行っている。

万一被覆管が減肉により貫通してもただちに制御棒クラスタの機能に与える影響は小さいことを確認している。

- ・被覆管強度 : 摩耗減肉後、さらに貫通した状態で、最も条件が厳しいステッピング荷重を考慮しても、応力や疲労評価上問題なく、被覆管強度は保たれる。
- ・中性子吸収体の溶出 : 被覆管に穴が開いても、吸収材が1次冷却材中に溶出する量は微量であり、制御能力にはほとんど影響ない。
- ・挿入性、挿入時間への影響 : 被覆管が貫通しても挿入性は確保される。

しかしながら、予防保全的に摩耗深さが肉厚を超えないような管理を行なっている。具体的には、制御棒クラスタ案内管案内板部については摩耗が被覆管肉厚に達するまでに、制御棒引抜き位置を原子炉停止余裕や反応度の補償機能への影響に問題ないようステップ変更することにより被覆管と制御棒クラスタ案内管案内板との干渉範囲をずらし、さらに同じ時間経過するまでに取替を実施している。

さらに、全制御棒クラスタの落下試験を実施し、挿入性に問題のないことを確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 被覆管の照射誘起型応力腐食割れ

制御棒クラスタは被覆管の照射誘起型応力腐食割れが想定される。

しかしながら、照射誘起型応力腐食割れの感受性を呈する中性子照射量を超す高照射領域は制御棒被覆管においては先端部のみであるが、当該部位では、使用初期には内外差圧による極小さな応力しか発生しない。また、美浜2号炉での照射後試験の結果からは有意な応力腐食割れは認められていない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、制御棒クラスタは中性子照射量に応じた取替を計画的に行うことにより、機器の健全性を確認している。

(3) 被覆管先端部の照射誘起割れ（外径増加によるクラック）

被覆管先端部は外径増加によるクラックが想定される。

中性子吸収体が中性子照射量の比較的大きな制御棒先端部においてスウェリングし、外径が増加することにより次第に被覆管に内圧を付加するようになる。

一方、被覆管は照射されるにつれて一様伸びが低下し、割れの発生限界ひずみが低下する。

これらの事象の相乗効果により、照射量が大きな領域に入ると、内圧を付加された被覆管に発生するひずみが大きくなり割れ発生限界ひずみ量に達することによって、クラックが発生する可能性がある。

しかしながら、制御棒クラスタは中性子照射量に応じた取替を計画的に行うことにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 被覆管の照射スウェリング

制御棒クラスタは被覆管の照射スウェリングが想定される。

しかしながら、照射スウェリング量は制御棒先端部の照射誘起割れに対する照射量暫定取替基準に達した時点で微量であり、制御棒と燃料集合体内に制御棒を導く制御棒案内シングル細径部（ダッシュポット部）間ギャップは確保される。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、制御棒クラスタは中性子照射量に応じた取替を計画的に行うことにより、機器の健全性を確認している。

(5) 被覆管の照射クリープ

被覆管先端部は照射クリープの発生が想定される。

しかしながら、吸収材によって変形が制限され、外観検査にて有意な変形のないことを確認し、制御棒クラスタは中性子照射量に応じた取替を計画的に行うことにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 中性子吸収体の中性子吸収能力の低下

中性子吸収体は中性子吸収により、その成分元素が中性子吸収断面積の小さな元素へと変換されるため、中性子吸収能力は徐々に低下する。中性子吸収能力が低下すると制御機能が満足できないことが想定される。

しかしながら、運転中制御棒は制御棒案内管内へ引き抜かれているため、照射量はわずかである。

また、制御棒クラスタの暫定取替基準の照射を受けた場合でも、個々の制御棒の核的損耗は0.07%と核安全設計の余裕の範囲（10%）内にあり、制御能力としては十分余裕がある。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、制御棒クラスタは中性子照射量に応じた取替を計画的に行うことにより、機器の健全性を確認している。

(7) スパイダー溝の駆動軸接手との干渉部の摩耗

駆動軸とのラッチの際にはスパイダー溝内に駆動軸の接手が挿入される構造になっており、ステッピングおよび制御棒クラスタのラッチ、アンラッチにより干渉部で摩耗が想定される。

しかしながら、接手山とスパイダー溝は隙間なくかみ込み一体になっており、ステッピング時に摩耗が発生しがたい。

また、スパイダー材と接手の硬さおよび比摩耗量も同程度と考えられることから、スパイダー溝についても摩耗が発生しがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、制御棒クラスタは計画的に取替を行うことにより、機器の健全性を確認している。

(8) スパイダー、ベーンおよびフィンガの熱時効

スパイダー、ベーンおよびフィンガはステンレス鋼鋳鋼であり、高温での長時間の使用に伴い靱性の低下を起こすことが想定される。

しかしながら、HIP（熱間等方加圧）処理により内部欠陥をなくしており、外観検査にて表面に異常のないことを確認し、制御棒クラスタは計画的に取替を行うことにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 照射によるばねの変形（応力緩和）

ばねは制御棒クラスタのスパイダー内にあり、中性子照射により応力緩和してばね力が徐々に低下することが想定される。

しかしながら、運転中制御棒は炉心から引き抜かれているため、照射量がわずかであり、ばねの応力緩和が発生しがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、制御棒クラスタは計画的に取替を行うことにより、機器の健全性を確認している。

表2.2-1 高浜1号炉 制御棒クラスタに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
反応度変化の補償 および緊急停止時の 停止余裕の確保	中性子吸収体		銀・インジウム・カドミウム合金							△ ^{*1}	*1：中性子吸収能力低下 *2：照射誘起型応力腐食割れ *3：照射誘起割れ *4：照射スウェリング *5：照射クリープ *6：鋳造品のみ *7：照射による変形（応力緩和）
	被覆管		ステンレス鋼	△			△ ^{*2}		△ ^{*3}	△ ^{*4} △ ^{*5}	
	スパイダー		ステンレス鋼 または ステンレス鋼鋳鋼	△				△ ^{*6}			
	ベーン		ステンレス鋼 または ステンレス鋼鋳鋼					△ ^{*6}			
	フィンガ		ステンレス鋼 または ステンレス鋼鋳鋼					△ ^{*6}			
	ばね		750系ニッケル基合金 または 718系ニッケル基合金							△ ^{*7}	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

6 濃縮減容設備

[対象機器]

- ① 廃液蒸発装置
- ② ほう酸回収装置

目次

1.	技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1	グループ化の考え方および結果	1
1.2	代表機器の選定	1
2.	代表機器の技術評価	3
2.1	構造、材料および使用条件	3
2.2	経年劣化事象の抽出	19
3.	代表機器以外への展開	36
3.1	高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	36

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜 1 号炉で使用されている濃縮減容設備の主な仕様を表1-1に示す。

これらの濃縮減容設備を減容方式、流体および材料の観点からグループ化し、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す濃縮減容設備について減容方式、流体および材料を分離基準として考えると、いずれの濃縮減容設備も同様であることから、1つのグループとして分類される。

1.2 代表機器の選定

このグループには廃液蒸発装置およびほう酸回収装置が属するが、内部流体から廃液蒸発装置を代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 濃縮減容設備の主な仕様

分離基準			機器名称 (台数)	選定基準				代表機器の選定	
減容方式	流体	材料		重要度*1	使用条件*2			代表機器	選定理由
					運転状態	最高使用圧力*3 (MPa[gage])	最高使用温度*3 (°C)		
蒸発減容	廃液	ステンレス鋼	廃液蒸発装置 (1)	高*4	一時	約0.1/約0.5	約150/約170	◎	内部流体
	1次冷却材	ステンレス鋼	ほう酸回収装置 (1)	高*4	一時	約0.5/約0.1	約170/約150		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：廃液蒸発装置は加熱器、ほう酸回収装置は蒸発器の使用条件を示す。

*3：管側／胴側を示す。

*4：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の濃縮減容設備について技術評価を実施する。

① 廃液蒸発装置

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 廃液蒸発装置

(1) 構造

高浜1号炉の廃液蒸発装置は、廃液を蒸発減容する蒸発器、発生蒸気中の不純物を取り除く精留塔、循環液を蒸気により加熱する加熱器、発生蒸気から蒸留水を凝縮回収するコンデンサ、コンデンサ器内の気体からさらに蒸留水を凝縮回収するベントコンデンサ、蒸留水を冷却する蒸留水冷却器、流体を循環するための濃縮液ポンプ、蒸留水ポンプおよび配管から構成されている。

高浜1号炉の廃液蒸発装置の全体構成図を図2.1-1に、各機器の構造図を図2.1-2～図2.1-10に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の廃液蒸発装置の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

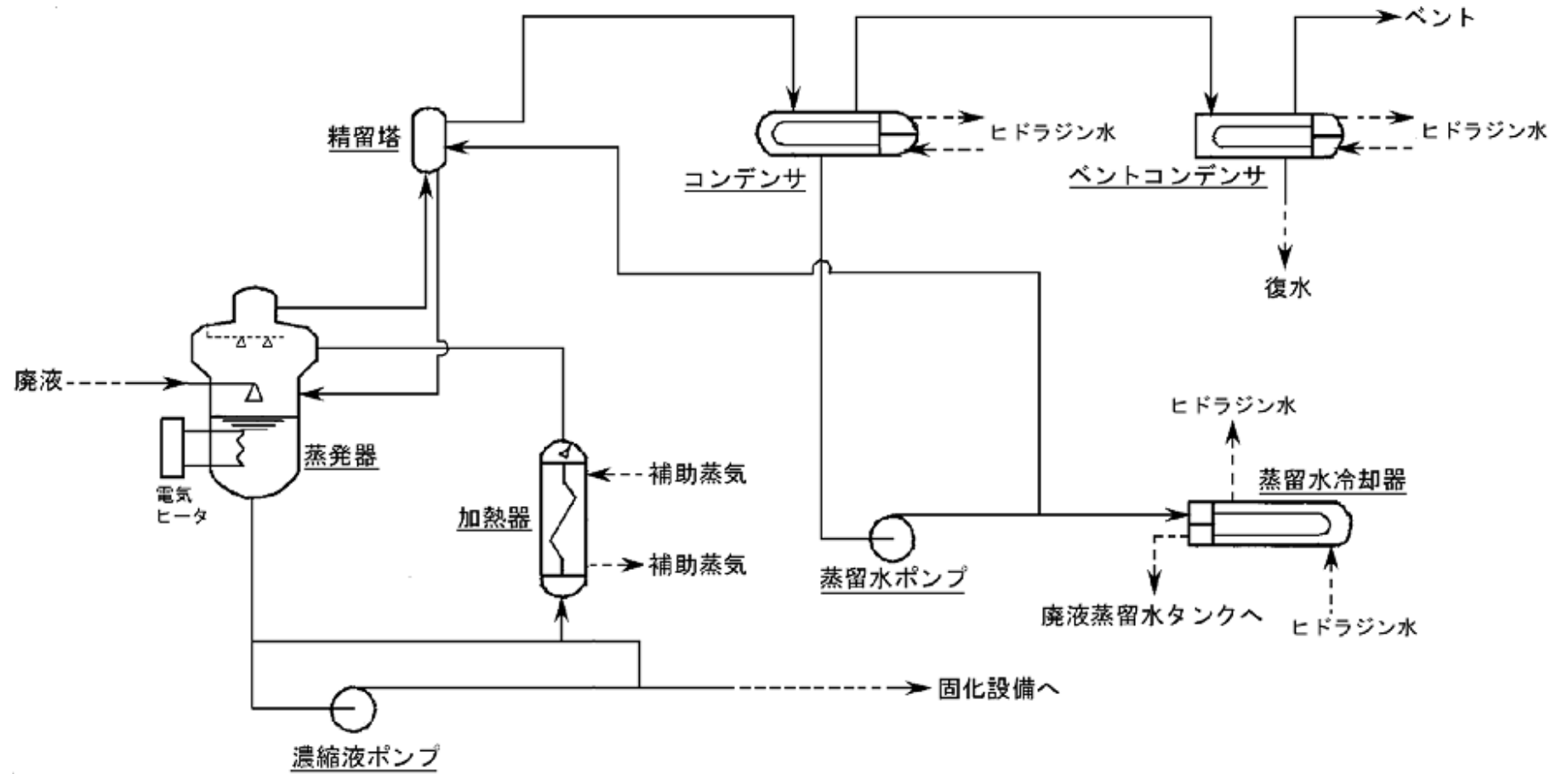
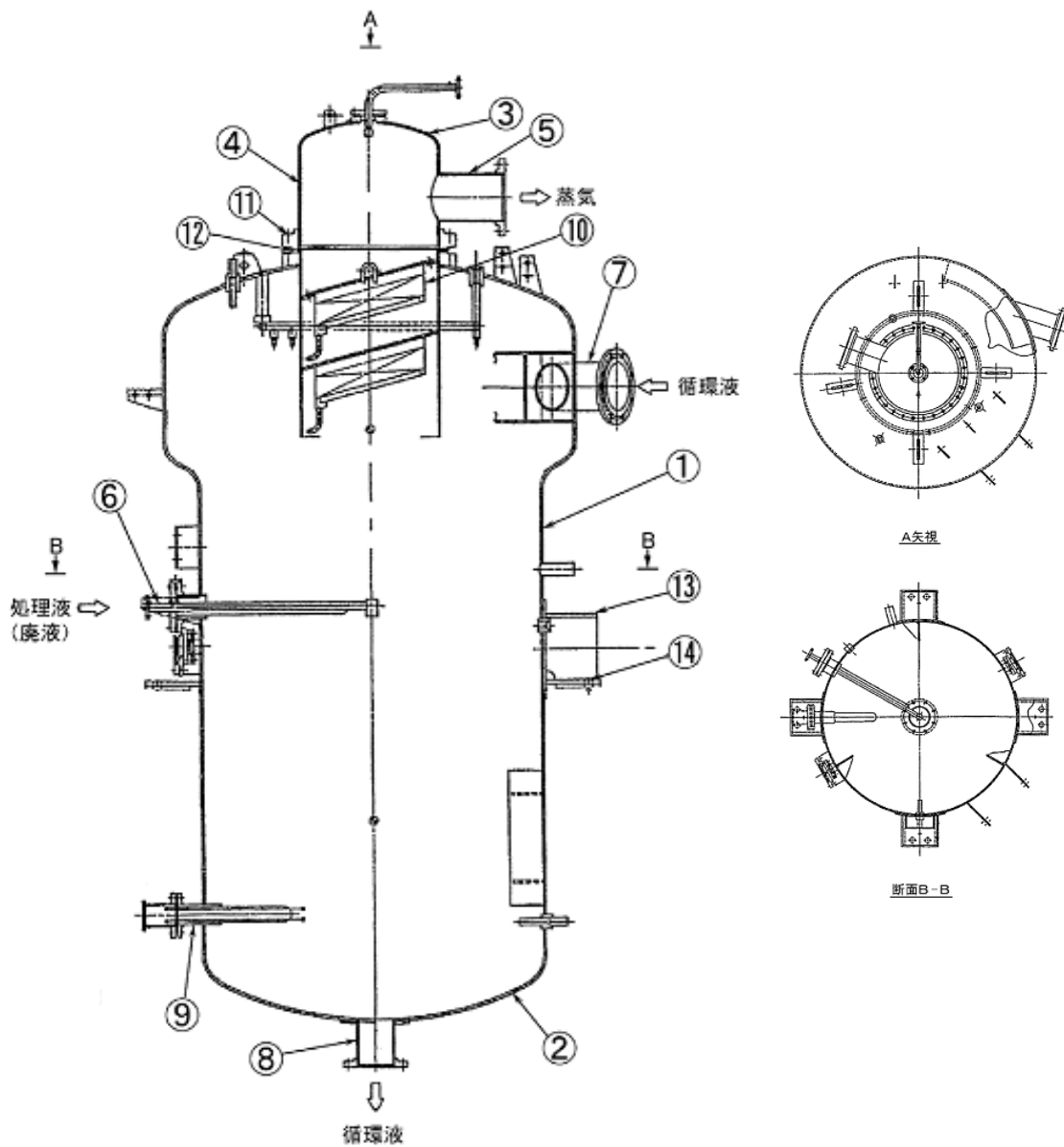
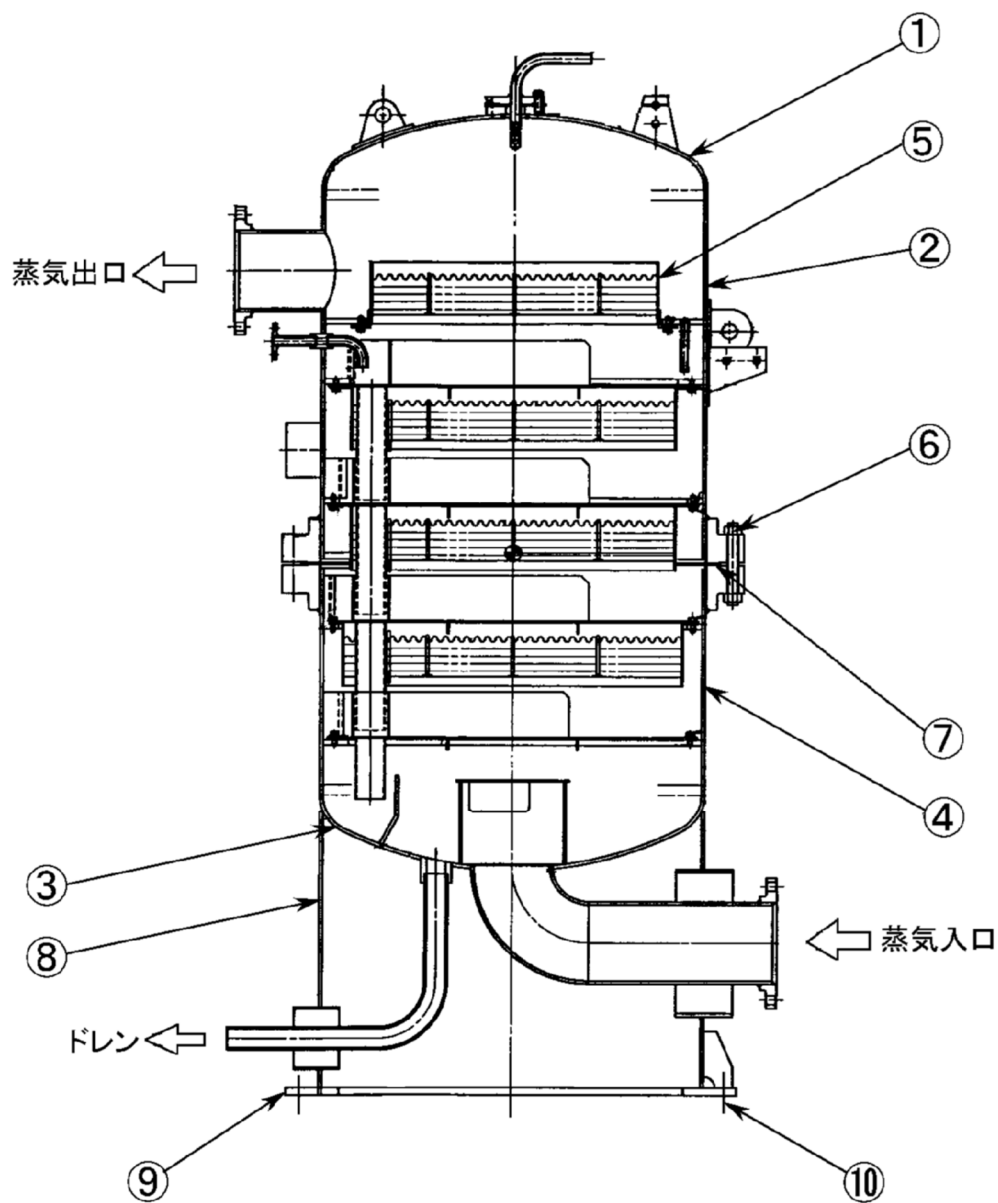


図2. 1-1 高浜1号炉 廃液蒸発装置 全体構成図



No.	部位	No.	部位
①	胴板	⑧	循環液出口管台
②	鏡板	⑨	電気ヒータ管台
③	蒸気室鏡板	⑩	デミスタ
④	蒸気室胴板	⑪	フランジボルト
⑤	蒸気出口管台	⑫	ガスケット
⑥	処理液入口管台	⑬	ラグ
⑦	循環液入口管台	⑭	取付ボルト

図2.1-2 高浜1号炉 廃液蒸発装置 蒸発器 構造図



No.	部位	No.	部位
①	上部鏡板	⑥	フランジボルト
②	上部胴板	⑦	ガスケット
③	下部鏡板	⑧	スカート
④	下部胴板	⑨	台板
⑤	デミスタ	⑩	取付ボルト

図2.1-3 高浜1号炉 廃液蒸発装置 精留塔 構造図

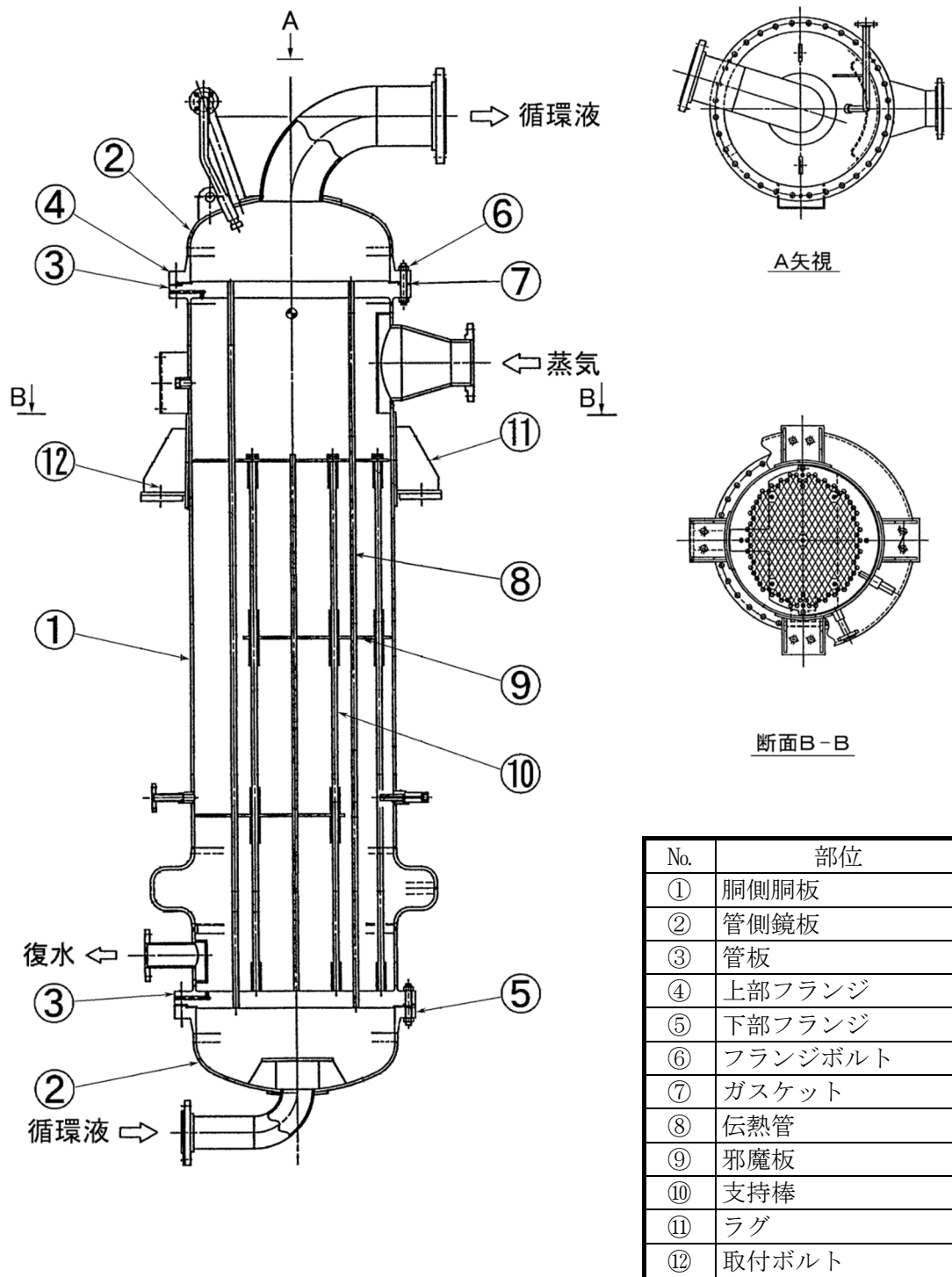
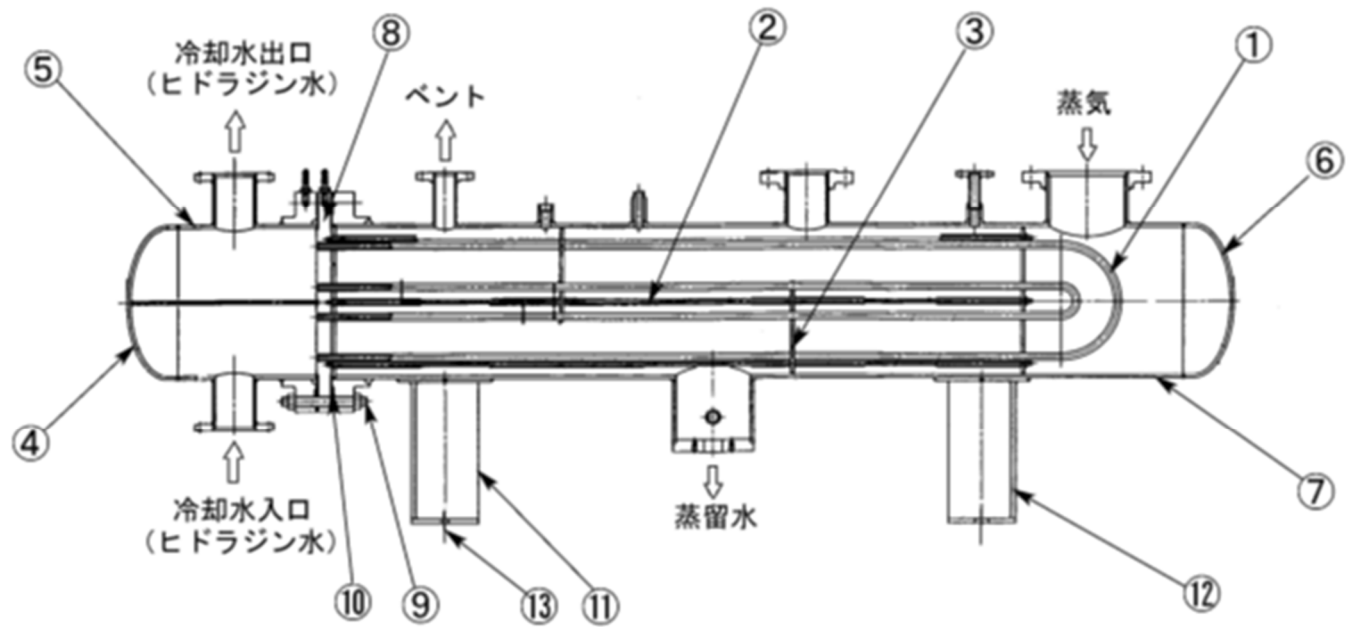
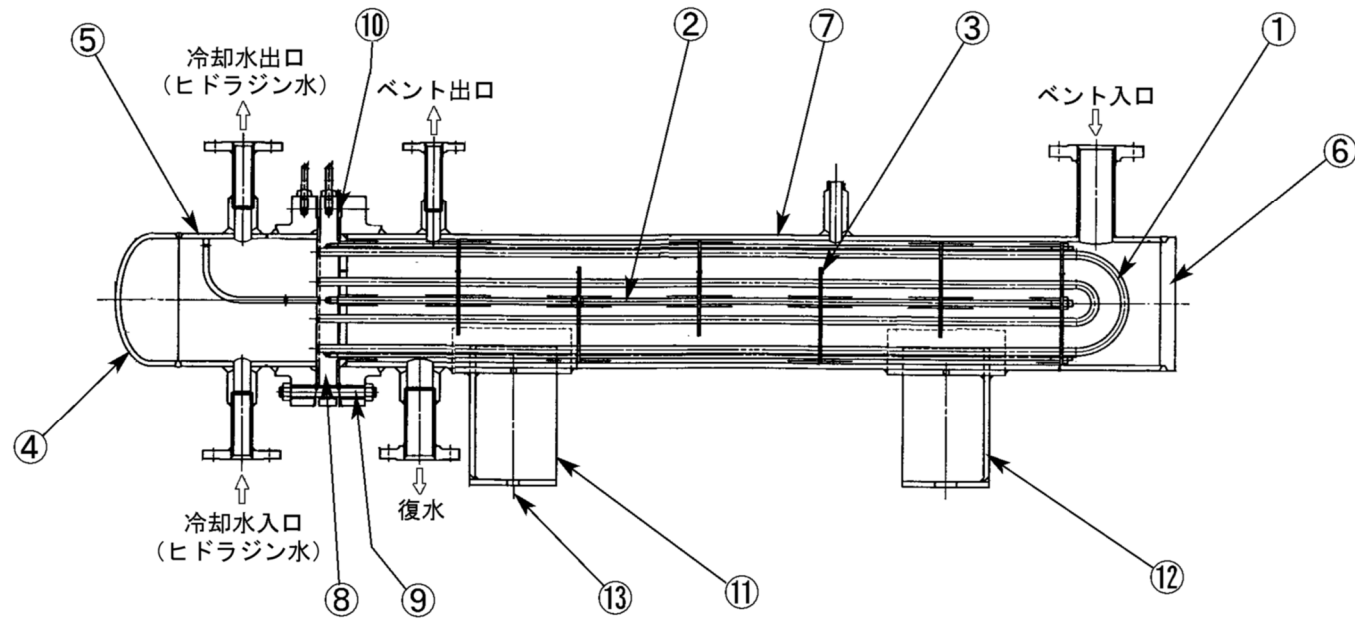


図2.1-4 高浜1号炉 廃液蒸発装置 加熱器 構造図



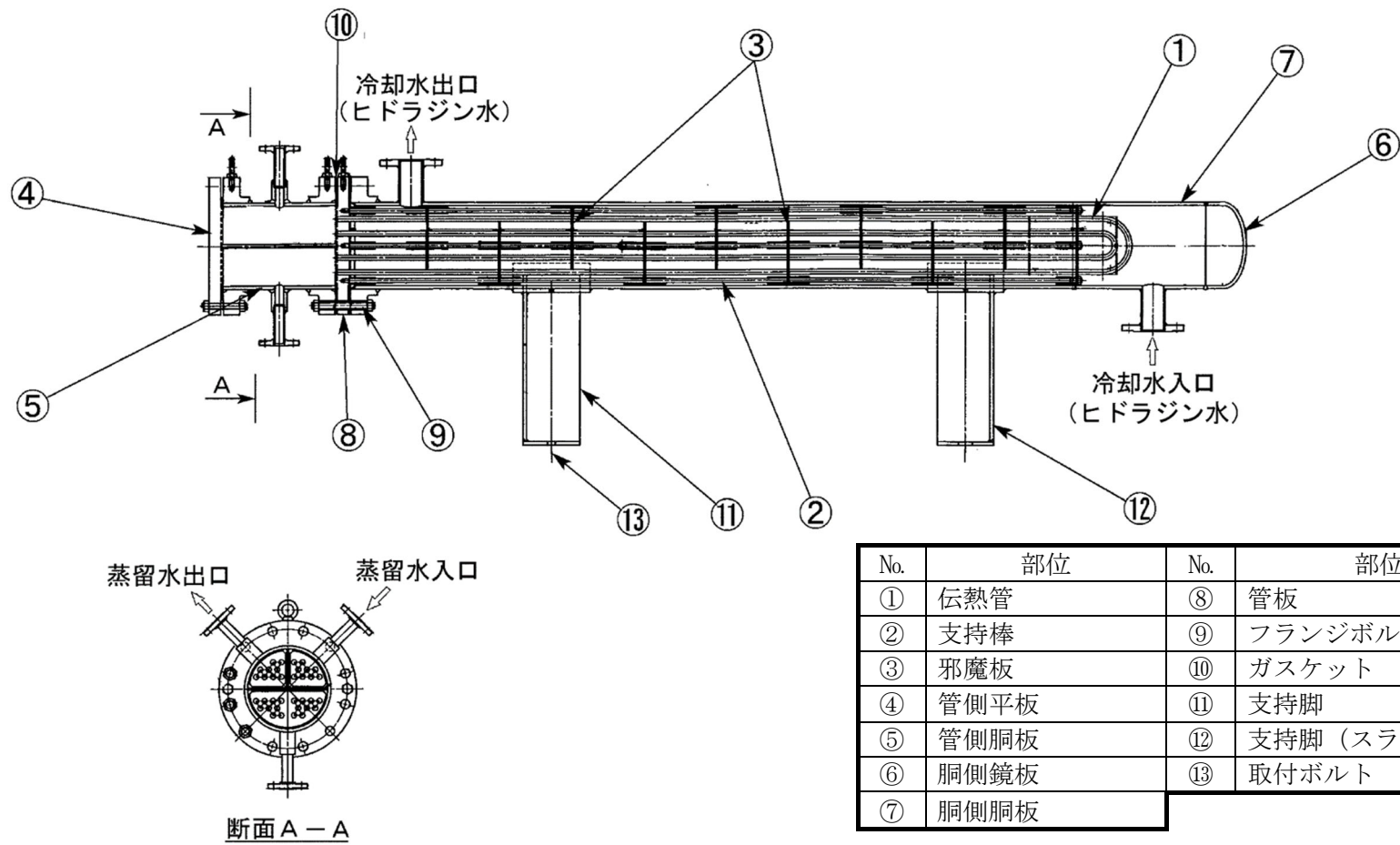
No.	部位	No.	部位
①	伝熱管	⑧	管板
②	支持棒	⑨	フランジボルト
③	邪魔板	⑩	ガスケット
④	管側鏡板	⑪	支持脚
⑤	管側胴板	⑫	支持脚 (スライド脚)
⑥	胴側鏡板	⑬	取付ボルト
⑦	胴側胴板		

図2.1-5 高浜1号炉 廃液蒸発装置 コンデンサ 構造図



No.	部位	No.	部位
①	伝熱管	⑧	管板
②	支持棒	⑨	フランジボルト
③	邪魔板	⑩	ガスケット
④	管側鏡板	⑪	支持脚
⑤	管側胴板	⑫	支持脚 (スライド脚)
⑥	胴側平板	⑬	取付ボルト
⑦	胴側胴板		

図2.1-6 高浜1号炉 廃液蒸発装置 ベントコンデンサ 構造図



No.	部位	No.	部位
①	伝熱管	⑧	管板
②	支持棒	⑨	フランジボルト
③	邪魔板	⑩	ガスケット
④	管側平板	⑪	支持脚
⑤	管側胴板	⑫	支持脚 (スライド脚)
⑥	胴側鏡板	⑬	取付ボルト
⑦	胴側胴板		

図2.1-7 高浜1号炉 廃液蒸発装置 蒸留水冷却器 構造図

No.	部位
①	主軸
②	羽根車
③	軸受 (すべり)
④	ケーシング
⑤	ケーシングボルト
⑥	ガスケット
⑦	台板
⑧	取付ボルト
⑨	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

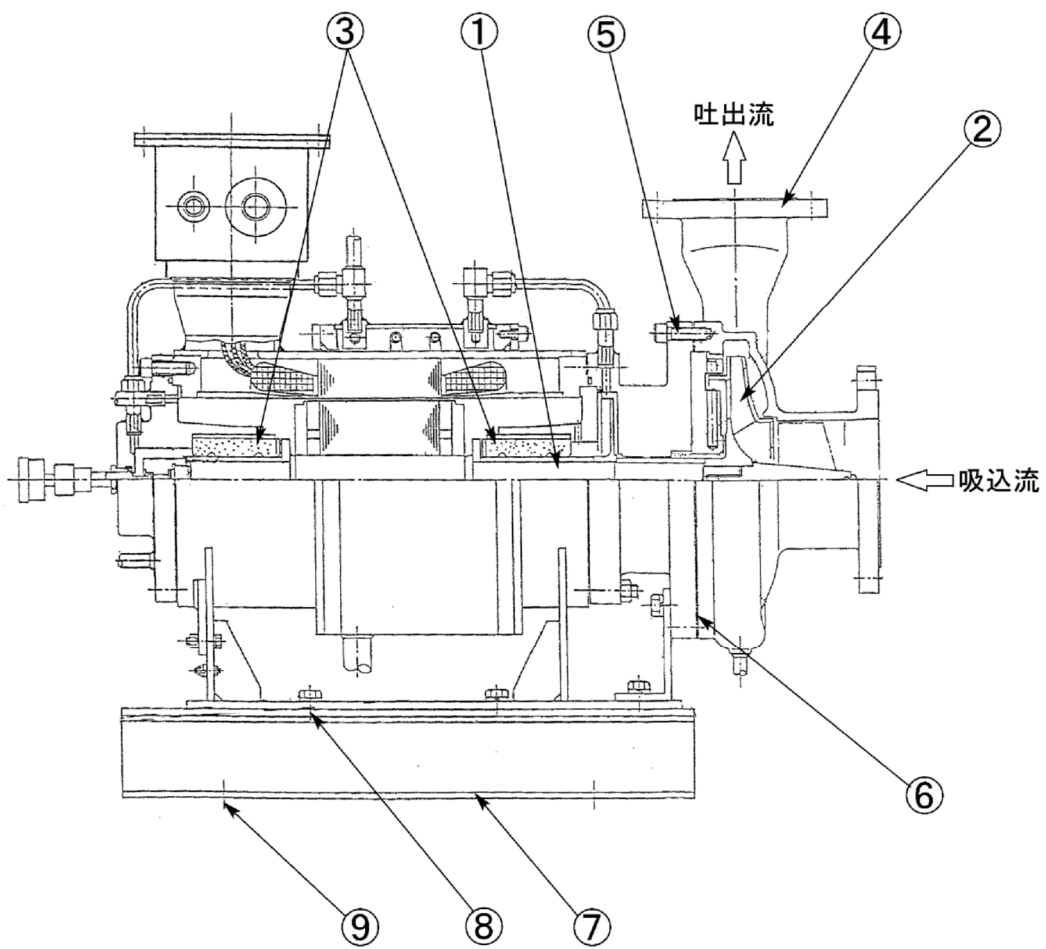


図2.1-8 高浜1号炉 廃液蒸発装置 濃縮液ポンプ 構造図

No.	部位
①	主軸
②	羽根車
③	軸受 (すべり)
④	ケーシング
⑤	ケーシングボルト
⑥	ガスケット
⑦	台板
⑧	取付ボルト
⑨	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

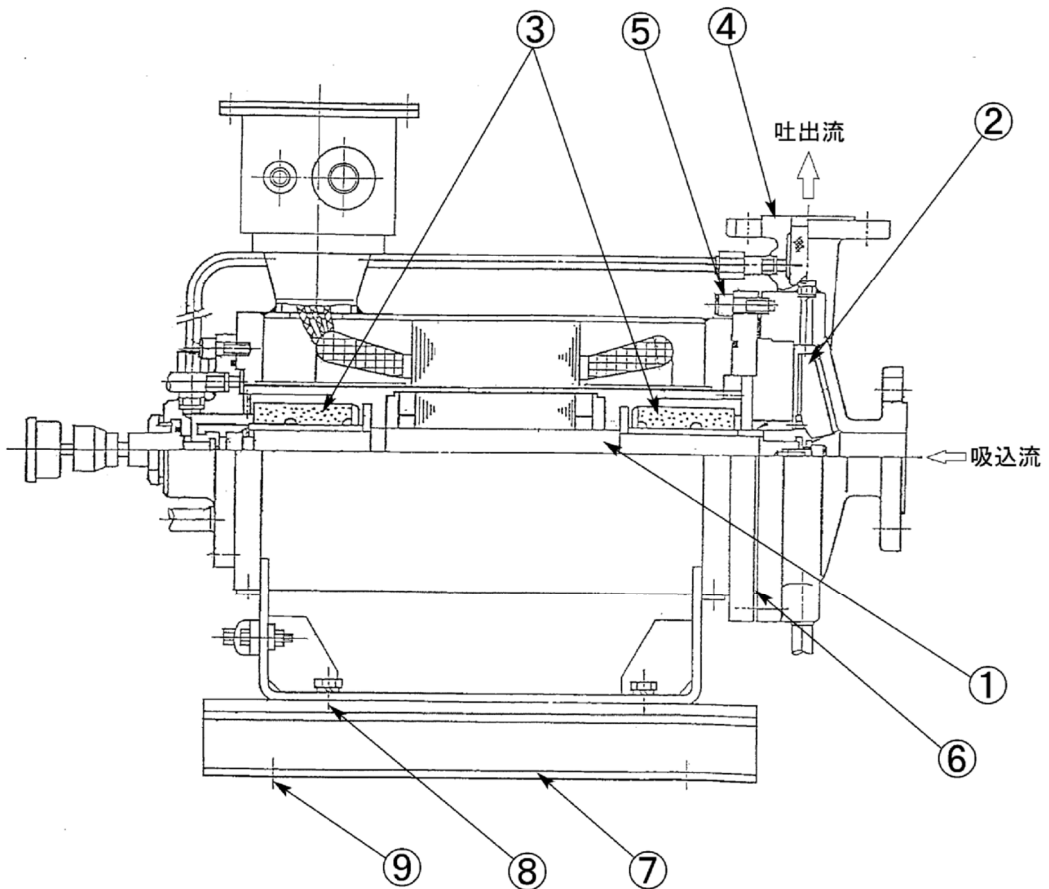
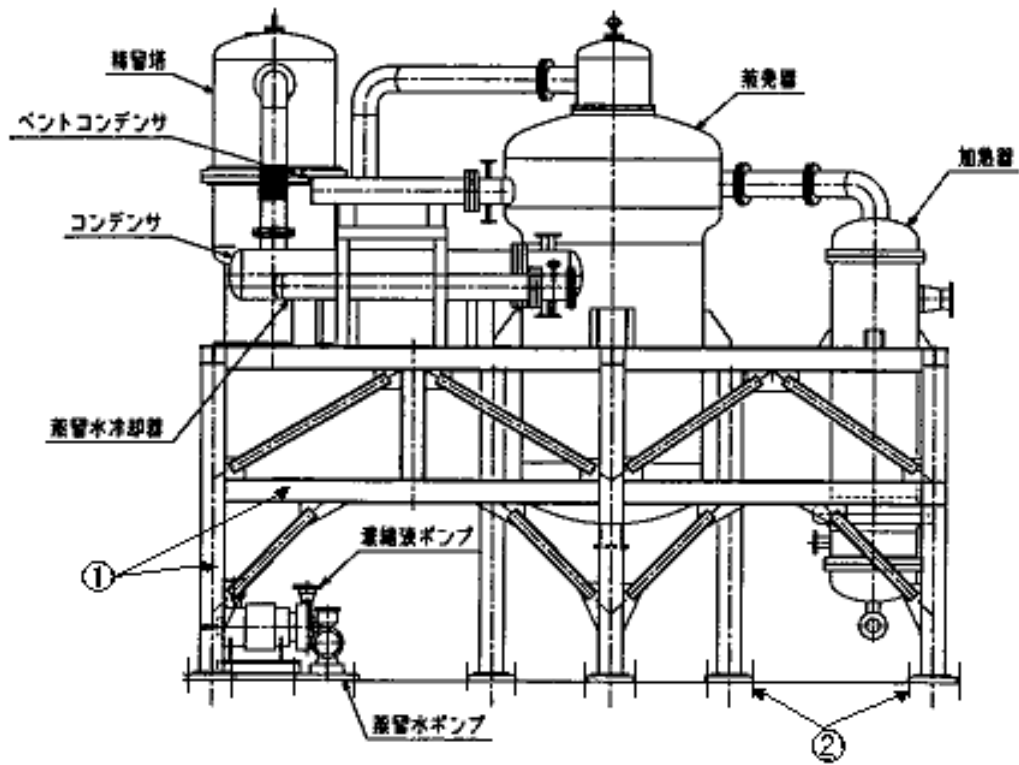


図2.1-9 高浜1号炉 廃液蒸発装置 蒸留水ポンプ 構造図



No.	部位
①	架台
②	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2.1-10 高浜1号炉 廃液蒸発装置 共通架台

表2. 1-1 (1/3) 高浜 1 号炉 廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
蒸発器	胴板	ステンレス鋼
	鏡板	ステンレス鋼
	蒸気室胴板	ステンレス鋼
	蒸気室鏡板	ステンレス鋼
	蒸気出口管台	ステンレス鋼
	処理液入口管台	ステンレス鋼
	循環液入口管台	ステンレス鋼
	循環液出口管台	ステンレス鋼
	電気ヒータ管台	ステンレス鋼
	デミスタ	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	ラグ	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
精留塔	上部鏡板	ステンレス鋼
	上部胴板	ステンレス鋼
	下部鏡板	ステンレス鋼
	下部胴板	ステンレス鋼
	デミスタ	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	スカート	ステンレス鋼
	台板	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
加熱器	胴側胴板	炭素鋼
	管側鏡板	ステンレス鋼
	管板	ステンレス鋼
	上部フランジ	ステンレス鋼
	下部フランジ	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	伝熱管	ステンレス鋼
	邪魔板	ステンレス鋼
	支持棒	ステンレス鋼
	ラグ	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼

表2. 1-1 (2/3) 高浜 1 号炉 廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
コンデンサ	伝熱管	ステンレス鋼
	支持棒	ステンレス鋼
	邪魔板	ステンレス鋼
	管側鏡板	炭素鋼
	管側胴板	炭素鋼
	胴側鏡板	ステンレス鋼
	胴側胴板	ステンレス鋼
	管板	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	支持脚	炭素鋼
	支持脚（スライド脚）	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
	ベントコンデンサ	伝熱管
支持棒		ステンレス鋼
邪魔板		ステンレス鋼
管側鏡板		炭素鋼
管側胴板		炭素鋼
胴側平板		ステンレス鋼
胴側胴板		ステンレス鋼
管板		ステンレス鋼
フランジボルト		低合金鋼
ガスケット		消耗品・定期取替品
支持脚		炭素鋼
支持脚（スライド脚）		炭素鋼
取付ボルト		炭素鋼
蒸留水冷却器		伝熱管
	支持棒	炭素鋼
	邪魔板	ステンレス鋼
	管側平板	ステンレス鋼
	管側胴板	ステンレス鋼
	胴側鏡板	炭素鋼
	胴側胴板	炭素鋼
	管板	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	支持脚	炭素鋼
	支持脚（スライド脚）	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼

表2. 1-1 (3/3) 高浜 1 号炉 廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
濃縮液ポンプ	主軸	ステンレス鋼
	羽根車	ステンレス鋼鋳鋼
	軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品
	ケーシング	ステンレス鋼鋳鋼
	ケーシングボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	台板	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)	炭素鋼、樹脂
蒸留水ポンプ	主軸	ステンレス鋼
	羽根車	ステンレス鋼鋳鋼
	軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品
	ケーシング	ステンレス鋼鋳鋼
	ケーシングボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	台板	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)	炭素鋼、樹脂
配管	母管	ステンレス鋼
共通架台	架台	炭素鋼
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)	炭素鋼、樹脂

表2. 1-2(1/2) 高浜 1 号炉 廃液蒸発装置の使用条件

構成機器	項目	管側	胴側
蒸発器	最高使用圧力	—	約0.1MPa[gage]
	最高使用温度	—	約150℃
	内部流体	—	廃液、蒸気
精留塔	最高使用圧力	—	約0.1 MPa[gage]
	最高使用温度	—	約150℃
	内部流体	—	蒸気、ドレン
加熱器	最高使用圧力	約0.1MPa[gage]	約0.5MPa[gage]
	最高使用温度	約150℃	約170℃
	内部流体	廃液（循環液）	蒸気、復水
コンデンサ	最高使用圧力	約1.0MPa[gage]	約0.1MPa[gage]
	最高使用温度	約 95℃	約150℃
	内部流体	ヒドラジン水	蒸気、蒸留水
ベントコンデンサ	最高使用圧力	約1.0MPa[gage]	約0.1MPa[gage]
	最高使用温度	約 95℃	約150℃
	内部流体	ヒドラジン水	蒸気、復水
蒸留水冷却器	最高使用圧力	約1.0MPa[gage]	約1.0MPa[gage]
	最高使用温度	約150℃	約 95℃
	内部流体	蒸留水	ヒドラジン水

表2.1-2(2/2) 高浜1号炉 廃液蒸発装置の使用条件

構成機器	項目	使用条件
濃縮液ポンプ	最高使用圧力	約1.0MPa[gage]
	最高使用温度	約150℃
	内部流体	廃液
蒸留水ポンプ	最高使用圧力	約1.0MPa[gage]
	最高使用温度	約150℃
	内部流体	蒸留水
配管	最高使用圧力	約1.0MPa[gage]
	最高使用温度	約150℃
	内部流体	廃液、蒸留水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

廃液蒸発装置の機能である濃縮減容機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 濃縮減容機能の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

廃液蒸発装置について機能達成に必要な項目を考慮して、主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（水質、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△または▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

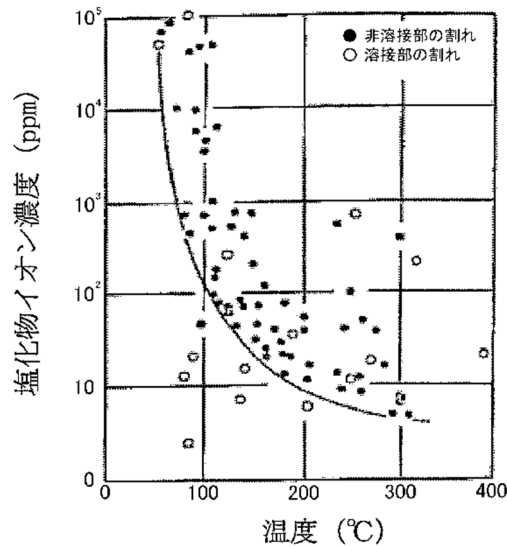
に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) ステンレス鋼使用部位の応力腐食割れ

蒸発器胴側、加熱器管側、濃縮液ポンプおよび配管の内部流体は濃縮廃液であり、蒸発器等の内部では廃液が蒸発濃縮することにより、塩化物イオン濃度が上昇することとなり、温度も約105℃となることから、応力腐食割れが想定される。

応力腐食割れの発生要因は、腐食環境、材料および残留応力の3つが考えられる。腐食環境としては、塩化物イオン濃度および流体温度が支配的であり、応力腐食割れ発生の関係を図2.2-1に示す。



注：下記出典では、「曲線は非溶接部の応力腐食割れの起る下限」とされている。

図2.2-1 18Cr-8Ni系ステンレス鋼の応力腐食割れ

に関する温度と塩化物イオン濃度との関係

[出典：総合技術センター「プラントの損傷事例と経年劣化・寿命予測法」]

しかしながら、蒸発器胴側、加熱器管側、濃縮液ポンプおよび配管のステンレス鋼使用部位の応力腐食割れについては開放点検時または分解点検時に内面の目視確認や試運転時の漏えい確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 伝熱管の摩耗および高サイクル疲労割れ

加熱器、コンデンサ、ベントコンデンサおよび蒸留水冷却器の伝熱管は伝熱管振動により摩耗および高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、伝熱管は外表面の流体によって発生するカルマン渦による振動と共振せず、流力弾性振動も発生しない構造となっており、摩耗および高サイクル疲労割れが発生しがたい環境である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、開放点検時等の漏えい確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 伝熱管のスケール付着

加熱器管側の内部流体である廃液の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、運転中の処理流量および温度等のパラメータ監視により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

加熱器胴側は胴側流体、コンデンサ、ベントコンデンサおよび蒸留水冷却器は管側および胴側流体の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、内部流体は蒸気、蒸留水、復水またはヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、適切な水質管理により不純物の流入は抑制されており、スケール付着による伝熱性能低下が発生しがたい環境である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、運転中の処理流量および温度等のパラメータ監視により、機器の健全性を確認している。

(4) 加熱器胴側胴板等の外面からの腐食（全面腐食）

加熱器胴側胴板、コンデンサ管側鏡板、胴板、ベントコンデンサ管側鏡板、胴板、蒸留水冷却器胴側鏡板および胴板は炭素鋼であり、外面からの腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 主軸の摩耗

すべり軸受を使用している濃縮液ポンプおよび蒸留水ポンプは軸受と主軸の接触面で摺動摩耗が想定される。

しかしながら、設計段階において主軸と軸受間に潤滑剤を供給し、膜を形成させて流体潤滑状態となるように考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(6) 主軸の高サイクル疲労割れ

濃縮液ポンプおよび蒸留水ポンプはポンプ運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、ポンプ設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検時の振動確認（通常運転時の振動状態と差異がないことの触診による確認）、試運転時および機能確認時における振動確認（変位、速度、加速度の測定等）ならびに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(7) 羽根車の腐食（キャビテーション）

濃縮液ポンプおよび蒸留水ポンプはポンプの内部では流速と圧力が場所により大きく変化するが、ある点の圧力がその液温における飽和蒸気圧まで低下すると、その部分の液体が沸騰し、蒸気泡の発生と崩壊が起こることが想定される。

しかしながら、キャビテーションを起こさない条件はポンプおよび機器配置設計段階において考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(8) フランジボルトおよびケーシングボルトの腐食（全面腐食）

フランジボルトおよびケーシングボルトは低合金鋼であり、ガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) 支持脚等の腐食（全面腐食）

支持脚、ラグ、架台、台板および取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(10) 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

コンデンサ、ベントコンデンサおよび蒸留水冷却器は横置きであり、支持脚（スライド脚）が設置されているが、スライド部は炭素鋼であり、長期間の使用により、腐食による固着が想定される。

しかしながら、巡視点検等で目視によりスライド部に異常のないことを確認し、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(11) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）および樹脂の劣化

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(12) 加熱器胴側胴板の内面からの腐食（流れ加速型腐食）

加熱器胴側胴板は炭素鋼を使用しており、流れが乱れる部位では流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、設計上裕度を持たせた板厚としており、流れ加速型腐食による条件の厳しいと考えられる同一系統の機器において、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(13) コンデンサ管側鏡板等の内面からの腐食（全面腐食）

コンデンサ管側鏡板、胴板、ベントコンデンサ管側鏡板、胴板、蒸留水冷却器胴側鏡板、胴板および支持棒は炭素鋼であり、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内部流体がヒドラジン水（防錆剤注入水）で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

ガスケットは開放点検時または分解点検時に取替える消耗品であり、軸受（すべり）は分解点検時の目視確認や寸法計測の結果に基づき取替える消耗品であり、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/10) 高浜1号炉 廃液蒸発装置 蒸発器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
濃縮減容機能の確保	デミスタ		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	胴板		ステンレス鋼				△				
	鏡板		ステンレス鋼				△				
	蒸気室胴板		ステンレス鋼								
	蒸気室鏡板		ステンレス鋼								
	蒸気出口管台		ステンレス鋼								
	処理液入口管台		ステンレス鋼				△				
	循環液入口管台		ステンレス鋼				△				
	循環液出口管台		ステンレス鋼				△				
	電気ヒータ管台		ステンレス鋼				△				
	フランジボルト		低合金鋼		△						
ガスケット	◎	—									
機器の支持	ラグ		炭素鋼		△						
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/10) 高浜1号炉 廃液蒸発装置 精留塔に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
濃縮減容機能の確保	デミスタ		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	上部鏡板		ステンレス鋼								
	上部胴板		ステンレス鋼								
	下部鏡板		ステンレス鋼								
	下部胴板		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	スカート		ステンレス鋼								
	台板		炭素鋼		△						
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(3/10) 高浜1号炉 廃液蒸発装置 加熱器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
濃縮減容機能 の確保	伝熱管		ステンレス鋼	△ ^{*1}		△ ^{*1}	△			△ ^{*2}	*1：摩耗・高サイクル 疲労割れ *2：管側、胴側スケール 付着 *3：流れ加速型腐食
	邪魔板		ステンレス鋼								
	支持棒		ステンレス鋼								
バウンダリの 維持	胴側胴板		炭素鋼		△(外面) ▲(内面) ^{*3}						
	管側鏡板		ステンレス鋼				△				
	管板		ステンレス鋼				△				
	上部フランジ		ステンレス鋼				△				
	下部フランジ		ステンレス鋼				△				
	フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	ガスケット	◎	—								
	ラグ		炭素鋼		△						
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(4/10) 高浜1号炉 廃液蒸発装置 コンデンサに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
濃縮減容機能の確保	伝熱管		ステンレス鋼	△ ^{*1}		△ ^{*1}				△ ^{*2}	*1：摩耗・高サイクル疲労割れ *2：管側、胴側スケール付着 *3：スライド部の腐食
	支持棒		ステンレス鋼								
	邪魔板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	管側鏡板		炭素鋼		△(外面) ▲(内面)						
	管側胴板		炭素鋼		△(外面) ▲(内面)						
	胴側鏡板		ステンレス鋼								
	胴側胴板		ステンレス鋼								
	管板		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支持脚		炭素鋼		△						
	支持脚(スライド脚)		炭素鋼		△ △ ^{*3}						
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(5/10) 高浜1号炉 廃液蒸発装置 ベントコンデンサに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
濃縮減容機能の確保	伝熱管		ステンレス鋼	△*1		△*1				△*2	*1：摩耗・高サイクル疲労割れ *2：管側、胴側スケール付着 *3：スライド部の腐食
	支持棒		ステンレス鋼								
	邪魔板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	管側鏡板		炭素鋼		△(外面) ▲(内面)						
	管側胴板		炭素鋼		△(外面) ▲(内面)						
	胴側平板		ステンレス鋼								
	胴側胴板		ステンレス鋼								
	管板		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支持脚		炭素鋼		△						
	支持脚(スライド脚)		炭素鋼		△ △*3						
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(6/10) 高浜1号炉 廃液蒸発装置 蒸留水冷却器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
濃縮減容機能の確保	伝熱管		ステンレス鋼	△*1		△*1			△*2	*1：摩耗・高サイクル疲労割れ *2：管側、胴側スケール付着 *3：スライド部の腐食	
	支持棒		炭素鋼		▲						
	邪魔板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	管側平板		ステンレス鋼								
	管側胴板		ステンレス鋼								
	胴側鏡板		炭素鋼		△(外面) ▲(内面)						
	胴側胴板		炭素鋼		△(外面) ▲(内面)						
	管板		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支持脚		炭素鋼		△						
	支持脚(スライド脚)		炭素鋼		△ △*3						
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(7/10) 高浜1号炉 廃液蒸発装置 濃縮液ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
濃縮減容機能の確保	主軸		ステンレス鋼	△		△*1	△				*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション *3：樹脂の劣化
	羽根車		ステンレス鋼鋳鋼		△*2		△				
	軸受(すべり)	◎	—								
バウンダリの維持	ケーシング		ステンレス鋼鋳鋼				△				
	ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	台板		炭素鋼		△						
	取付ボルト		炭素鋼		△						
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼、樹脂		△					△*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(8/10) 高浜1号炉 廃液蒸発装置 蒸留水ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
濃縮減容機能の確保	主軸		ステンレス鋼	△		△*1					*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション *3：樹脂の劣化
	羽根車		ステンレス鋼鋳鋼		△*2						
	軸受（すべり）	◎	—								
バウンダリの維持	ケーシング		ステンレス鋼鋳鋼								
	ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	台板		炭素鋼		△						
	取付ボルト		炭素鋼		△						
	基礎ボルト（ケミカルアンカ）		炭素鋼、樹脂		△					△*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(9/10) 高浜1号炉 廃液蒸発装置 配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの 維持	母管		ステンレス鋼				△				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(10/10) 高浜1号炉 廃液蒸発装置 共通架台に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	架台		炭素鋼		△						*1：樹脂の劣化
	基礎ボルト (ケミカルアンカ)		炭素鋼、樹脂		△					△*1	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

① ほう酸回収装置

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

3.1.1 伝熱管の摩耗および高サイクル疲労割れ

蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサおよび蒸留水冷却器の伝熱管は伝熱管振動により摩耗および高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、伝熱管は外表面の流体によって発生するカルマン渦による振動と共振せず、流力弾性振動も発生しない構造となっており、摩耗および高サイクル疲労割れが発生しがたい環境である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、開放点検時等の漏えい確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.2 伝熱管のスケール付着

蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサおよび蒸留水冷却器は管側および胴側流体の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、内部流体は1次冷却材、蒸気、蒸留水またはヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、適切な水質管理により不純物の流入は抑制されており、スケール付着による伝熱性能低下が発生しがたい環境である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、運転中の処理流量および温度等のパラメータ監視により、機器の健全性を確認している。

3.1.3 蒸発器蒸気室鏡板等の外面からの腐食（全面腐食）

蒸発器蒸気室鏡板、胴板、予熱器胴側鏡板、胴板、コンデンサ管側鏡板、胴板、ベントコンデンサ管側鏡板、胴板、蒸留水冷却器胴側鏡板および胴板は炭素鋼であり、外面からの腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、さらに防水措置（保温）が設置されている場合は防水措置（保温）の状態を確認することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.4 蒸発器蒸気室鏡板等の内面からの腐食（流れ加速型腐食）

蒸発器蒸気室鏡板および胴板は炭素鋼を使用しており、流れが乱れる部位では、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、設計上裕度を持たせた板厚としており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.5 主軸の摩耗

すべり軸受を使用している濃縮液ポンプおよび蒸留水ポンプは軸受と主軸の接触面で摺動摩耗が想定される。

しかしながら、設計段階において主軸と軸受間に潤滑剤を供給し、膜を形成させて流体潤滑状態となるように考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

3.1.6 主軸の高サイクル疲労割れ

濃縮液ポンプおよび蒸留水ポンプはポンプ運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰返し応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、ポンプ設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検時の振動確認（通常運転時の振動状態と差異がないことの触診による確認）、試運転時および機能確認時における振動確認（変位、速度、加速度の測定等）ならびに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

3.1.7 羽根車の腐食（キャビテーション）

濃縮液ポンプおよび蒸留水ポンプはポンプの内部では流速と圧力が場所により大きく変化するが、ある点の圧力がその液温における飽和蒸気圧まで低下すると、その部分の液体が沸騰し、蒸気泡の発生と崩壊が起こることが想定される。

しかしながら、キャビテーションを起こさない条件はポンプおよび機器配置設計段階において考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

3.1.8 フランジボルトおよびケーシングボルトの腐食

フランジボルトおよびケーシングボルトは低合金鋼であり、ガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

3.1.9 支持脚等の腐食（全面腐食）

支持脚、架台、台板および取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.10 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサおよび蒸留水冷却器は横置きであり、支持脚（スライド脚）が設置されているが、スライド部は炭素鋼であり、長期間の使用により、腐食による固着が想定される。

しかしながら、巡視点検等で目視によりスライド部に異常のないことを確認し、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.11 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

2.2.3の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

3.1.12 予熱器胴側鏡板等の内面からの腐食（流れ加速型腐食）

予熱器胴側鏡板および胴板は炭素鋼を使用しており、流れが乱れる部位では、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、設計上裕度を持たせた板厚としており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.13 コンデンサ管側胴板等の内面からの腐食（全面腐食）

コンデンサ管側鏡板、胴板、ベントコンデンサ管側鏡板、胴板、蒸留水冷却器胴側鏡板、胴板および支持棒は炭素鋼であり、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内部流体がヒドラジン水（防錆剤注入水）で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

7 アスファルト固化設備

[対象機器]

- ① アスファルト固化設備

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. アスファルト固化設備の技術評価	2
2.1 アスファルト固化設備全体構成	2
2.2 構造、材料および使用条件	4
2.3 経年劣化事象の抽出	11

1. 技術評価対象機器

高浜1号炉で使用されているアスファルト固化設備の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 高浜1号炉 アスファルト固化設備の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件*2				
		運転状態	最高使用圧力 (MPa[gage])		最高使用温度 (°C)	
アスファルト 固化設備 (1)	高*3	一時	内胴側	大気圧	内胴側	約200
			外胴側	約0.7	外胴側	約300

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：固化蒸発缶の使用条件を示す。

*3：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

2. アスファルト固化設備の技術評価

2.1 アスファルト固化設備全体構成

高浜1号炉のアスファルト固化設備の処理能力は水分蒸発量で約200kg/hである。

固化蒸発缶内にて、廃液蒸発装置から排出される濃縮廃液を、加熱しながらアスファルトと混合・蒸発させてドラム詰めのアスファルト固化体（固体廃棄物）にする機能を有している。

固化蒸発缶から発生した蒸気は、固化装置復水器にて凝縮回収され、再び液体廃棄物として処理される。

アスファルト固化設備の全体構成図を図2.1-1に示す。

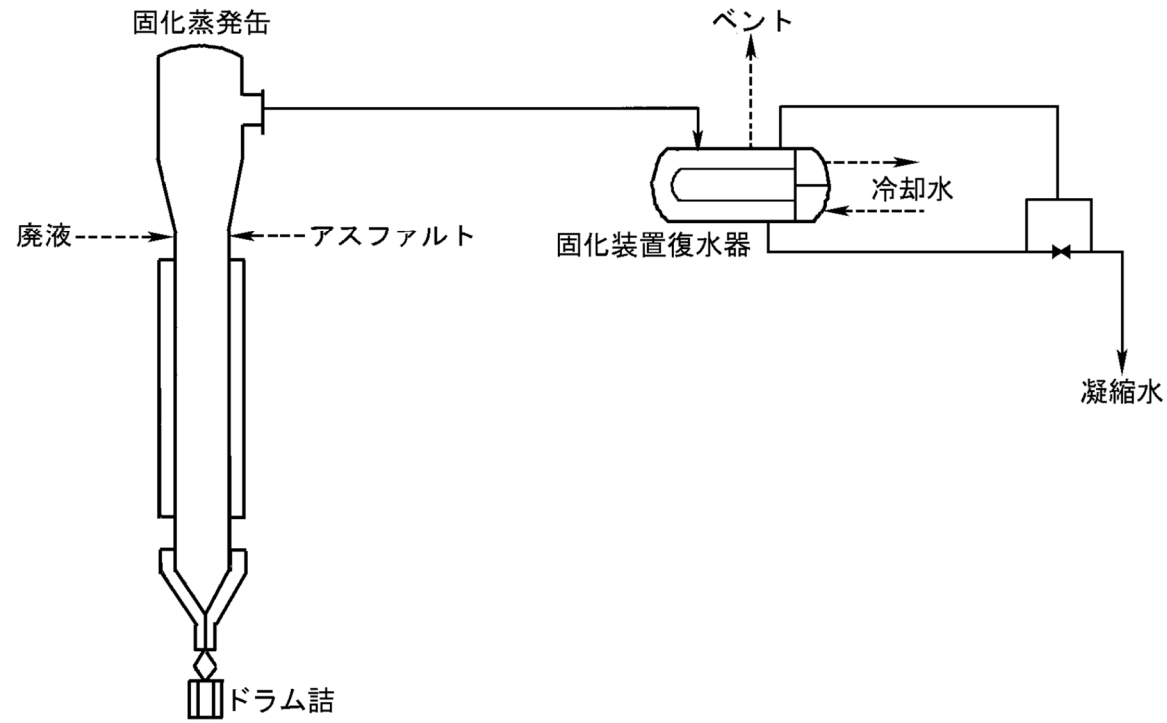


図2.1-1 高浜1号炉 アスファルト固化設備 全体構成図

2.2 構造、材料および使用条件

2.2.1 固化蒸発缶

(1) 構造

高浜1号炉の固化蒸発缶は、たて置遠心薄膜蒸発式攪拌形蒸発缶であり、1台設置されている。固化蒸発缶では、ほう酸廃液中の固形物（ほう酸ナトリウムが主成分）とアスファルトを混合するため、熱媒油で加熱された伝熱面と、モータにより駆動されるロータを内部に有している。

ロータは上部軸受と下部軸受とで支持され、固化蒸発缶内部にある下部軸受には潤滑油が供給される。

ロータの伝熱面はジャケット（二重胴）構造となっており、熱媒油により加熱される。

高浜1号炉の固化蒸発缶の構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の固化蒸発缶の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

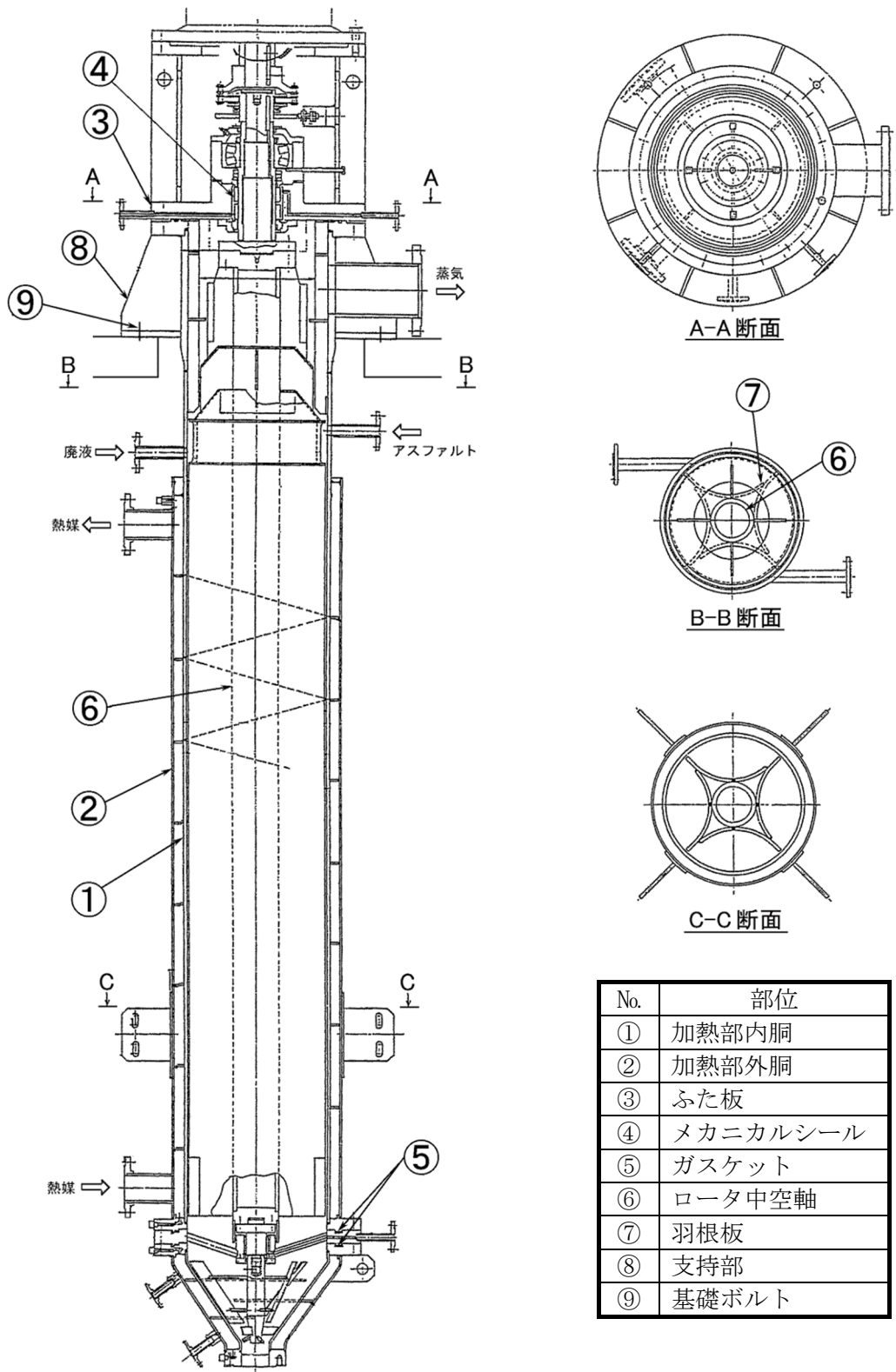


図2.1-2 高浜1号炉 アスファルト固化設備 固化蒸発缶 構造図

表2.1-1 高浜1号炉 アスファルト固化設備 固化蒸発缶主要部位の使用材料

部位		材料
耐圧構成品	加熱部内胴	ステンレス鋼
	加熱部外胴	ステンレス鋼
	ふた板	ステンレス鋼
	メカニカルシール	消耗品・定期取替品
	ガスケット	消耗品・定期取替品
回転部	ロータ中空軸	ステンレス鋼
	羽根板	ステンレス鋼
支持構造物	支持部	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 高浜1号炉 アスファルト固化設備 固化蒸発缶の使用条件

最高使用圧力	内胴側	大気圧
	外胴側	約0.7MPa[gage]
最高使用温度	内胴側	約200℃
	外胴側	約300℃
定格蒸発量	約200kg/h	
内部流体	ほう酸廃液、アスファルト 熱媒油、蒸発蒸気	
設置場所	屋内	

2.2.2 固化装置復水器

(1) 構造

高浜1号炉の固化装置復水器は、長さ約2.4m、胴外径約0.5mの横置U字管型熱交換器であり、1台設置されている。

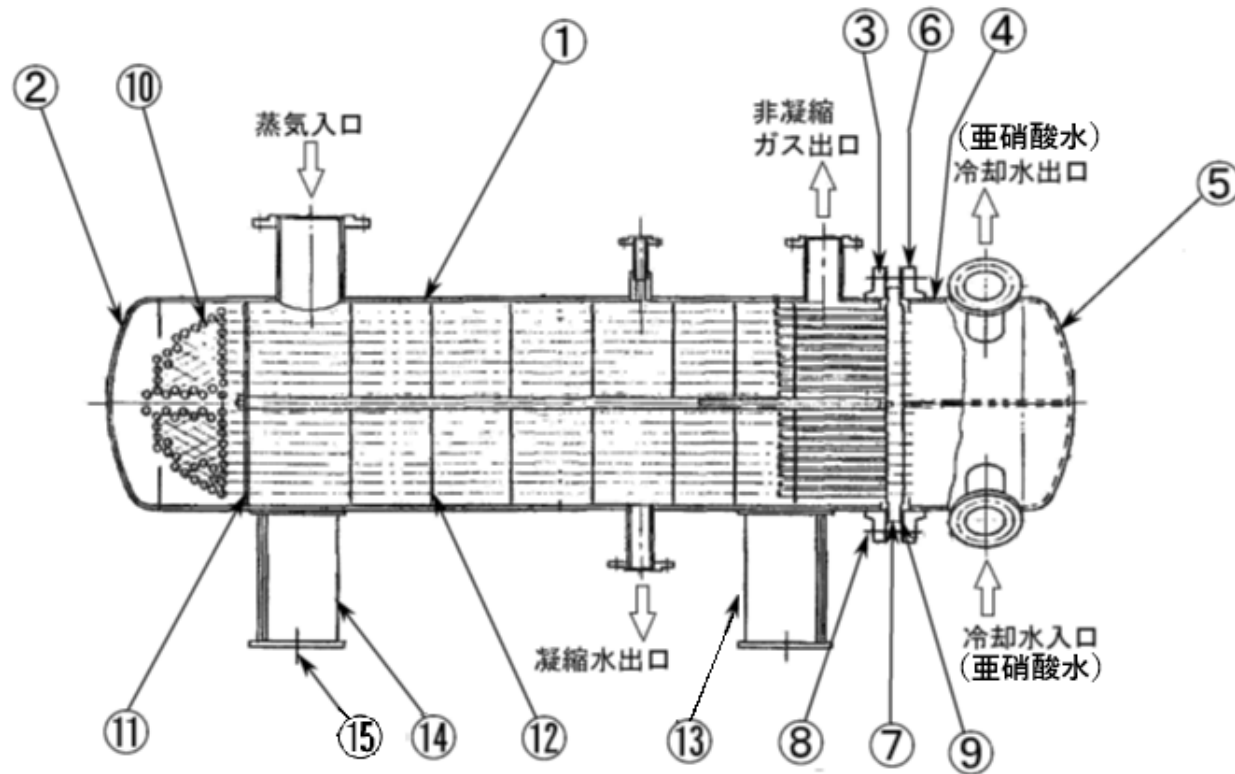
伝熱管にはステンレス鋼を使用しており、蒸気、凝縮水および亜硝酸水に接液している。

胴側耐圧構成品にはステンレス鋼を使用しており、蒸気、凝縮水に接液している。管側耐圧構成品には炭素鋼を使用しており、亜硝酸水（防錆剤注入水）に接液している。

高浜1号炉の固化装置復水器の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の固化装置復水器の使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。



No.	部位
①	胴側胴板
②	胴側鏡板
③	胴側フランジ
④	管側胴板
⑤	管側鏡板
⑥	管側フランジ
⑦	管板
⑧	フランジボルト
⑨	ガスケット
⑩	伝熱管
⑪	支持板
⑫	邪魔板
⑬	支持脚
⑭	支持脚(スライド脚)
⑮	基礎ボルト

図2.1-3 高浜1号炉 アスファルト固化設備 固化装置復水器 構造図

表2.1-3 高浜1号炉 アスファルト固化設備 固化装置復水器主要部位の使用材料

部位		材料
胴側耐圧構成品	胴側胴板	ステンレス鋼
	胴側鏡板	ステンレス鋼
管側耐圧構成品	管側胴板	炭素鋼
	管側鏡板	炭素鋼
管側／胴側 バウンダリ構成品	管板	ステンレス鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
胴フランジ構成品	胴側フランジ	ステンレス鋼
	管側フランジ	炭素鋼
	フランジボルト	ステンレス鋼
熱交換伝熱構成品	伝熱管	ステンレス鋼
流路構成品	支持板	ステンレス鋼
	邪魔板	ステンレス鋼
支持構造物組立品	支持脚	炭素鋼
	支持脚（スライド脚）	炭素鋼
	基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-4 高浜1号炉 アスファルト固化設備 固化装置復水器の使用条件

最高使用圧力	管側 約0.7MPa[gage]	胴側 大気圧
最高使用温度	管側 約70℃	胴側 約150℃
内部流体	管側 亜硝酸水	胴側 蒸気、凝縮水

2.2.3 アスファルト固化設備配管

(1) 構造

高浜1号炉のアスファルト固化設備配管は、ステンレス鋼を使用している。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉のアスファルト固化設備配管の使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。

表2.1-5 高浜1号炉 アスファルト固化設備配管の使用材料

部位	材料
母管	ステンレス鋼

表2.1-6 高浜1号炉 アスファルト固化設備配管の使用条件

最高使用圧力	大気圧
最高使用温度	約150℃
設置場所	屋内

2.3 経年劣化事象の抽出

2.3.1 機能達成に必要な項目

アスファルト固化設備の機能であるアスファルト固化機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 蒸発混合性能の維持
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

2.3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

アスファルト固化設備について機能達成に必要な項目を考慮して、主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（流体、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.3.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△または▲となっているもの）については想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 固化蒸発缶加熱部内胴および羽根板の摩耗

固化蒸発缶加熱部内胴および羽根板は、長期間の使用により、蒸発濃縮処理した廃液中の固形分がクリアランスを超えるまでに付着・堆積すると、接触により摩耗が想定される。

しかしながら、開放点検時に内胴表面等の付着・堆積物を除去し、目視確認や寸法計測により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 固化蒸発缶加熱部内胴および羽根板の腐食

固化蒸発缶加熱部内胴および羽根板はステンレス鋼であり、蒸発濃縮処理したほう酸濃縮廃液の接液および固形分の付着・堆積のもとで長期間の使用により、腐食が想定される。

しかしながら、開放点検時に内胴表面等の付着・堆積物を除去し、目視確認により、状況を確認し、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 固化蒸発缶加熱部内胴および羽根板の応力腐食割れ

固化蒸発缶加熱部内胴および羽根板はステンレス鋼であり、ほう酸濃縮廃液には塩化物イオンを含んでおり、固化蒸発缶で接液する廃液が蒸発濃縮することにより、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、開放点検時に内胴表面等の付着・堆積物を除去し、目視確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 固化装置復水器伝熱管等のスケール付着

固化装置復水器胴側および管側流体の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、内部流体は蒸気、凝縮水または亜硝酸水（防錆剤注入水）であり、適切な水質管理により不純物の流入は抑制されており、スケール付着による伝熱性能低下が発生しがたい環境である。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、開放点検時の伝熱管等の清掃や運転中の処理流量および温度等のパラメータ監視により、機器の健全性を確認している。

(5) 固化装置復水器管側胴板等の外面からの腐食（全面腐食）

固化装置復水器管側胴板、鏡板およびフランジは炭素鋼であり、外面からの腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 固化蒸発缶支持部等の腐食（全面腐食）

固化蒸発缶支持部および固化装置復水器支持脚は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) 固化装置復水器支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

固化装置復水器は横置きであり、支持脚（スライド脚）が設置されているが、スライド部は炭素鋼であり、長期間の使用により、腐食による固着が想定される。

しかしながら、巡視点検等で目視によりスライド部に異常のないことを確認し、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(8) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(9) 固化装置復水器伝熱管の摩耗および高サイクル疲労割れ

固化装置復水器伝熱管は伝熱管振動により摩耗および高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、伝熱管は外表面の流体によって発生するカルマン渦による振動と共振せず、流力弾性振動も発生しない構造となっており、摩耗および高サイクル疲労割れが発生しがたい環境であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(10) 固化装置復水器管側胴板等の内面からの腐食（全面腐食）

固化装置復水器管側胴板、鏡板およびフランジは炭素鋼であり、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は亜硝酸水（防錆剤注入水）で腐食が発生しがたい環境であり、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたいことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.3.4 消耗品および定期取替品

メカニカルシールおよびガスケットは開放点検時に取替える消耗品である。いずれも、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/3) 高浜1号炉 アスファルト固化設備 固化蒸発缶に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
蒸発混合性能の維持	ロータ中空軸		ステンレス鋼								
	羽根板		ステンレス鋼	△	△		△				
バウンダリの維持	加熱部内胴		ステンレス鋼	△	△		△				
	加熱部外胴		ステンレス鋼								
	ふた板		ステンレス鋼								
	メカニカルシール	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支持部		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2. 2-1(2/3) 高浜1号炉 アスファルト固化設備 固化装置復水器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
蒸発混合性能の維持	伝熱管		ステンレス鋼	▲*1		▲*1				△*2	*1：摩耗・高サイクル疲労割れ *2：胴側、管側スケール付着 *3：スライド部の腐食
	支持板		ステンレス鋼								
	邪魔板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	胴側胴板		ステンレス鋼								
	胴側鏡板		ステンレス鋼								
	管側胴板		炭素鋼		△(外面) ▲(内面)						
	管側鏡板		炭素鋼		△(外面) ▲(内面)						
	管板		ステンレス鋼								
	ガスケット	◎	—								
	胴側フランジ		ステンレス鋼								
	管側フランジ		炭素鋼		△(外面) ▲(内面)						
	フランジボルト		ステンレス鋼								
機器の支持	支持脚		炭素鋼		△						
	支持脚(スライド脚)		炭素鋼		△ △*3						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(3/3) 高浜1号炉 アスファルト固化設備 配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの 維持	母管		ステンレス鋼								

8 雑固体焼却設備

[対象機器]

- ① 雑固体焼却設備

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 雑固体焼却設備の技術評価	2
2.1 雑固体焼却設備全体構成	2
2.2 構造、材料および使用条件	4
2.3 経年劣化事象の抽出	13

1. 技術評価対象機器

高浜 1 号炉で使用されている雑固体焼却設備の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 高浜 1 号炉 雑固体焼却設備の主な仕様

機器名称 (台数)	仕様 (焼却容量)	重要度*1	使用条件*2		
			運転状態	最高使用圧力	最高使用温度 (°C)
雑固体焼却設備 (1)	約75kg/h(雑固体) 約50kg/h(廃油)	高*3	一時	大気圧	約1,100

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：雑固体焼却炉の使用条件を示す。

*3：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

2. 雑固体焼却設備の技術評価

2.1 雑固体焼却設備全体構成

高浜1号炉の雑固体焼却設備の処理能力は、焼却容量で約75kg/h（雑固体）、約50kg/h（廃油）である。

雑固体焼却炉上部から投入される雑固体または廃油は、雑固体焼却炉内で焼却減容され、焼却灰の固形物は雑固体焼却炉底部から排出させてドラム詰め（固体廃棄物）にする機能を有している。

なお、雑固体焼却炉排ガス中に含まれる浮遊塵灰は、1次セラミックフィルタおよび2次セラミックフィルタにて除去され、清浄な排ガスとなって排出される。

雑固体焼却設備の全体構成図を図2.1-1に示す。

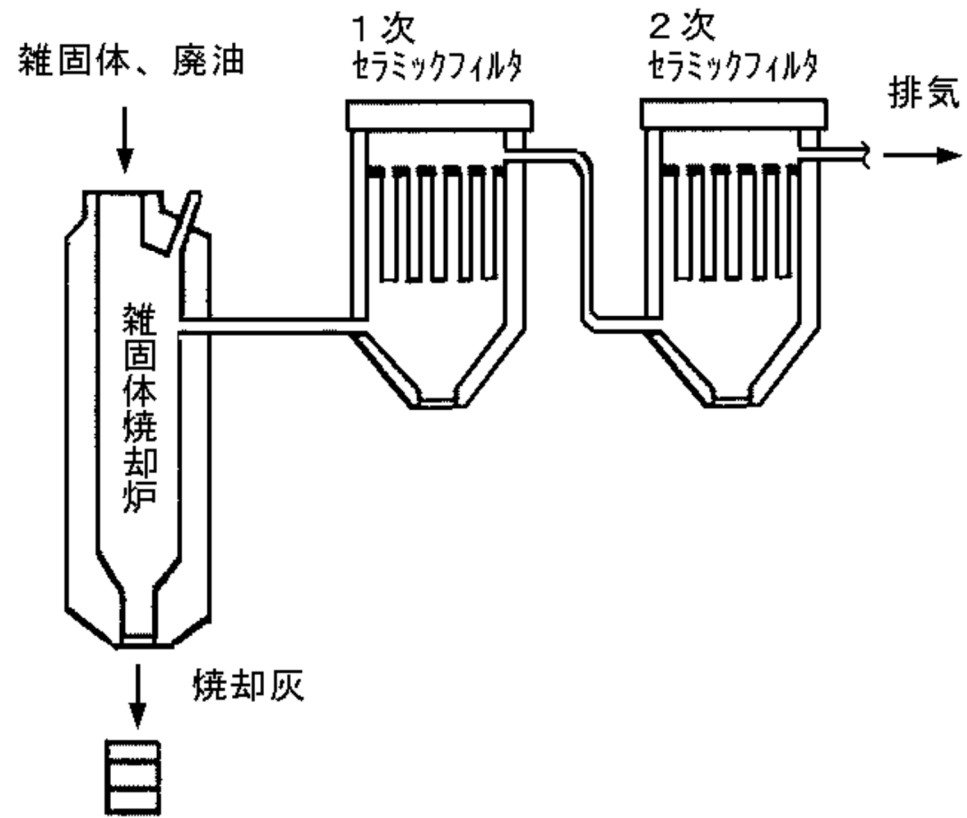


図2.1-1 高浜1号炉 雑固体焼却設備 全体構成図

2.2 構造、材料および使用条件

2.2.1 雑固体焼却炉

(1) 構造

高浜1号炉の雑固体焼却炉は、たて置円筒形であり、1台設置されている。

雑固体または廃油は上部より投入され、下部円錐状炉床で燃焼する構造となっている。

焼却炉炉外殻は炭素鋼であるが、内部は雑固体の燃焼により高温となるため、耐火煉瓦および耐火キャストブルを内張りしている。

高浜1号炉の雑固体焼却炉の構造図を図2.1-2に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の雑固体焼却炉の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

No.	部位
①	炉外殻
②	耐火煉瓦、耐火キャストブル
③	炉底ダンパ
④	炉底ダンパパッキン
⑤	取付ボルト
⑥	架台
⑦	基礎ボルト

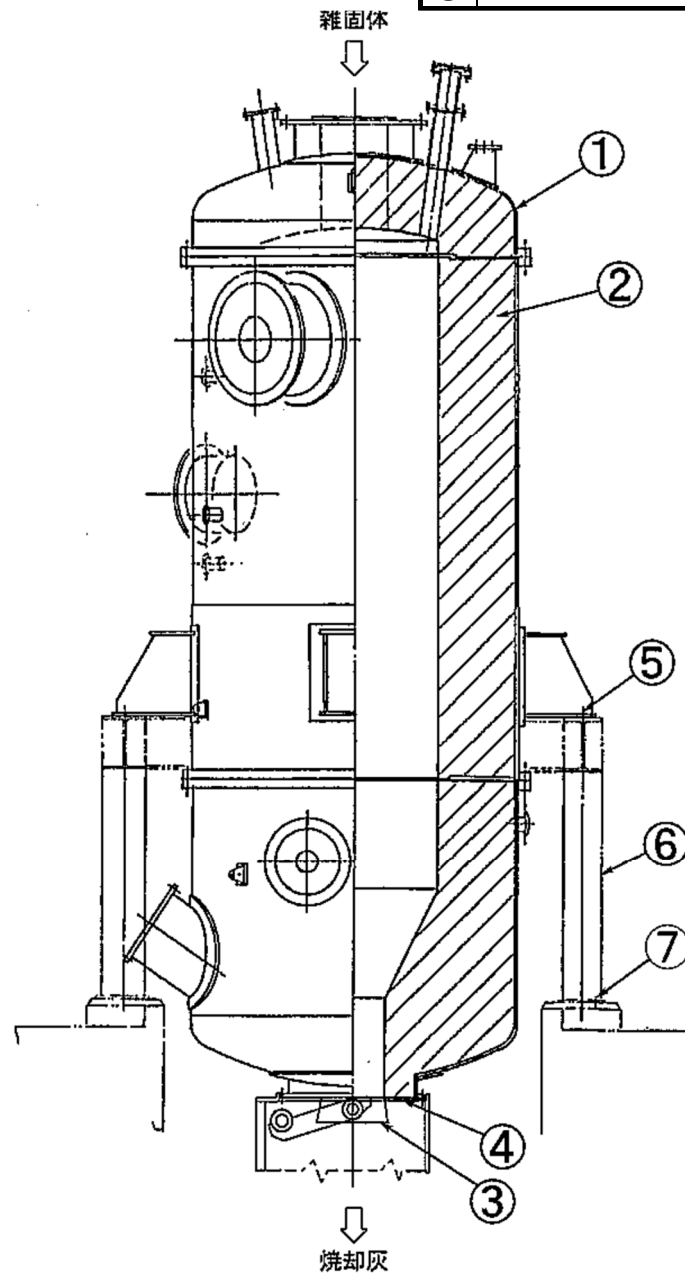


図2.1-2 高浜1号炉 雑固体焼却設備 雑固体焼却炉 構造図

表2.1-1 高浜1号炉 雑固体焼却設備 雑固体焼却炉主要部位の使用材料

部位	材料
炉外殻	炭素鋼
耐火煉瓦、耐火キャスタブル	耐火物
炉底ダンパ	ステンレス鋼
炉底ダンパパッキン	ステンレス鋼
取付ボルト	炭素鋼
架台	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-2 高浜1号炉 雑固体焼却設備 雑固体焼却炉の使用条件

焼却容量	約75kg/h (雑固体) 約50kg/h (廃油)
最高使用圧力	大気圧
最高使用温度	約1,100℃
設置場所	屋内

2.2.2 1次セラミックフィルタおよび2次セラミックフィルタ

(1) 構造

高浜1号炉の1次セラミックフィルタおよび2次セラミックフィルタは、たて置角形であり、各3台設置され、同構造である。

フィルタ外殻は炭素鋼であるが、内部は排ガスにより高温となるため、耐火煉瓦および耐火キャストブルを内張りしている。

内部には排ガスをろ過するためのフィルタエレメントが設置されている。

高浜1号炉の1次セラミックフィルタおよび2次セラミックフィルタの構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の1次セラミックフィルタおよび2次セラミックフィルタの使用材料および使用条件を表2.1-3および表2.1-4に示す。

No.	部位
①	外殻
②	耐火煉瓦、耐火キャストブル
③	フィルタエレメント
④	支持プレート
⑤	ケーシングボルト
⑥	取付ボルト
⑦	架台
⑧	基礎ボルト

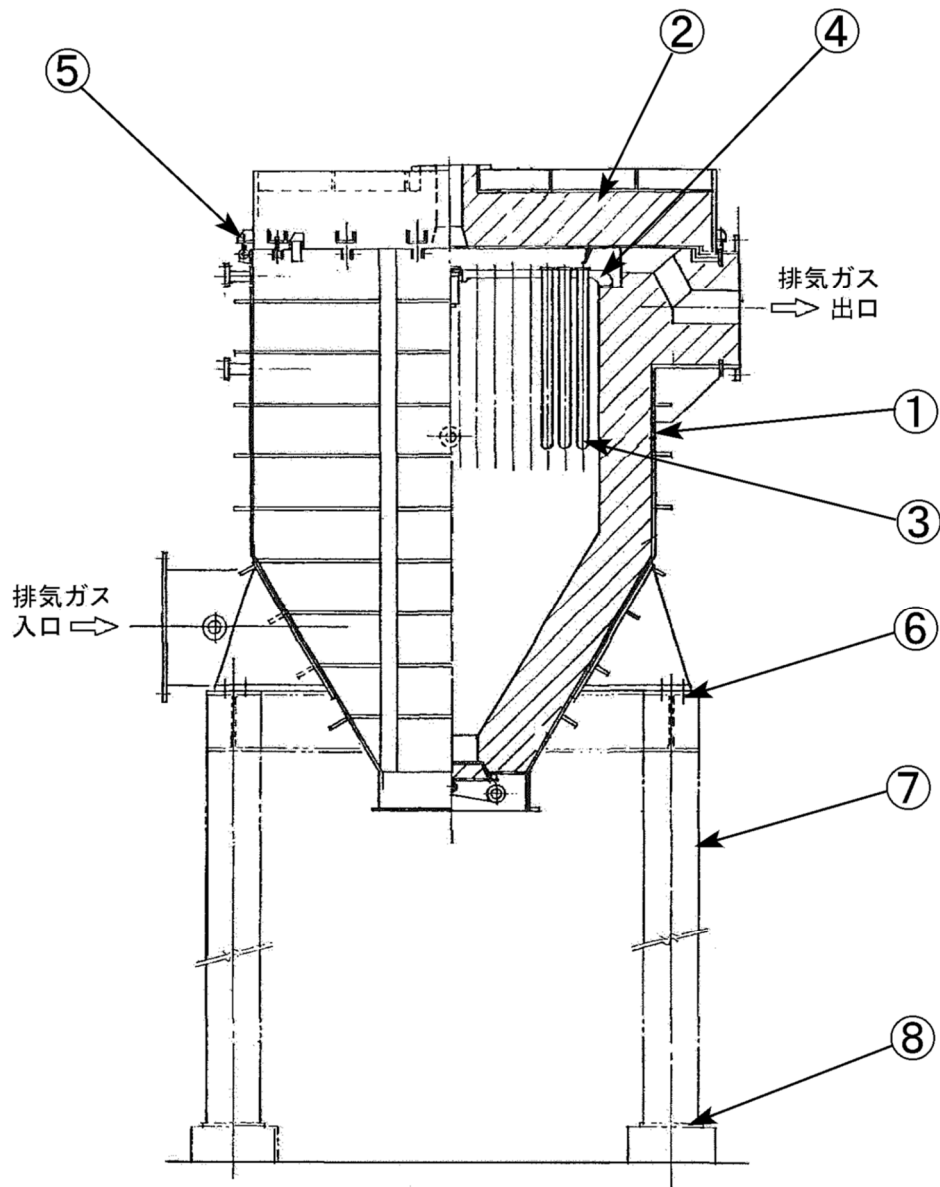


図2.1-3 高浜1号炉 雑固体焼却設備 1次セラミックフィルタ
および2次セラミックフィルタ 構造図

表2.1-3 高浜1号炉 雑固体焼却設備 1次セラミックフィルタ
および2次セラミックフィルタ主要部位の使用材料

部位	材料
外殻	炭素鋼
耐火煉瓦、耐火キャストブル	耐火物
フィルタエレメント	消耗品・定期取替品
支持プレート	消耗品・定期取替品
ケーシングボルト	炭素鋼
取付ボルト	炭素鋼
架台	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼

表2.1-4 高浜1号炉 雑固体焼却設備 1次セラミックフィルタ
および2次セラミックフィルタの使用条件

	1次セラミックフィルタ	2次セラミックフィルタ
容量	700Nm ³ /h	700Nm ³ /h
最高使用圧力	大気圧	大気圧
最高使用温度	約950℃	約750℃
設置場所	屋内	屋内

2.2.3 炭素鋼配管

(1) 構造

高浜1号炉の雑固体焼却設備の排ガス系統には、耐火煉瓦および耐火キャストブルを内張りした炭素鋼配管を使用している。

炭素鋼配管の構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の雑固体焼却設備の炭素鋼配管の使用材料および使用条件を表2.1-5および表2.1-6に示す。

No.	部位
①	配管
②	耐火煉瓦、耐火キャストブル
③	フランジボルト
④	ガスケット
⑤	伸縮継手

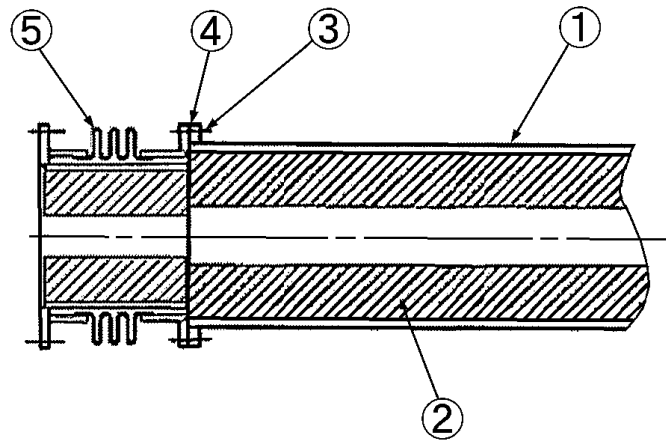


図2.1-4 高浜1号炉 雑固体焼却設備 炭素鋼配管 構造図

表2.1-5 高浜1号炉 雑固体焼却設備 炭素鋼配管の使用材料

部位	材料
配管	炭素鋼
耐火煉瓦、耐火キャストブル	耐火物
フランジボルト	炭素鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
伸縮継手	ステンレス鋼

表2.1-6 高浜1号炉 雑固体焼却設備 炭素鋼配管の使用条件

最高使用圧力	大気圧
最高使用温度*1	約1,000℃
設置場所	屋内

*1：雑固体焼却炉～1次セラミックフィルタ間の最高使用温度を示す。

2.3 経年劣化事象の抽出

2.3.1 機能達成に必要な項目

雑固体焼却設備の機能である雑固体焼却機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 焼却、除塵機能の確保
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

2.3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

雑固体焼却設備について機能達成に必要な項目を考慮して、主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（流体、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.3.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 雑固体焼却炉耐火煉瓦の減肉

高温で使用される雑固体焼却炉の耐火煉瓦は熔融・燃焼時の高温雰囲気下でハロゲンガス等による浸食減肉が想定される。

しかしながら、開放点検時の寸法計測および必要に応じて耐火煉瓦の張替により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 耐火煉瓦および耐火キャストブルの割れ

雑固体焼却炉、1次セラミックフィルタ、2次セラミックフィルタおよび炭素鋼配管には耐火煉瓦および耐火キャストブルが内張りされているが、起動・停止時の温度変化による割れが想定される。

しかしながら、開放点検時の目視確認および必要に応じて耐火煉瓦および耐火キャストブルの張替により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 炉外殻等の腐食（全面腐食）

雑固体焼却炉の炉外殻、1次セラミックフィルタ、2次セラミックフィルタの外殻および炭素鋼配管は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部の炉外殻等は耐熱塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

一方、内面については耐火煉瓦および耐火キャストブルが内張りされており、通常の使用条件では有意な腐食減肉は想定されないが、内面の耐火煉瓦および耐火キャストブルに減肉、割れ等が発生した状況では、腐食性ガス（HCl、SO_xほか）が炉外殻等まで侵入することにより、内面からの酸露点腐食が想定される。

しかしながら、開放点検時に炉外殻等の肉厚測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(4) 炉底ダンパパッキンの摩耗

炉底ダンパパッキンは、炉底ダンパを開閉することで炉底部と接触することから、シール面で摩耗が想定される。

しかしながら、炉底ダンパの開閉は焼却灰の取出時に限られることから、摩耗が急激に進行しがたく、これまでに有意な摩耗は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、開放点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 伸縮継手の応力腐食割れ

排ガス中には腐食性ガス（HCl、SO_xほか）が含まれており、内面の耐火煉瓦および耐火キャストブルに減肉、割れ等が発生した場合、伸縮継手のステンレス鋼の使用部位において応力腐食割れが想定される。

しかしながら、開放点検時の目視確認や試運転時の漏えい確認により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) ケーシングボルトおよびフランジボルトの腐食（全面腐食）

ケーシングボルトおよびフランジボルトは炭素鋼であり、フランジ面またはガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検時等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) 架台および取付ボルトの腐食（全面腐食）

架台および取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(8) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

2.3.4 消耗品および定期取替品

フィルタエレメントおよびガスケットは開放点検時に取替える消耗品であり、支持プレートは目視確認や寸法計測の結果に基づき取替える消耗品である。いずれも長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/3) 高浜1号炉 雑固体焼却設備 雑固体焼却炉に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
焼却、除塵機能の確保	耐火煉瓦		耐火物							△ ^{*1} △ ^{*2}	*1：減肉 *2：割れ
	耐火キャスタブル		耐火物							△ ^{*2}	
バウンダリの維持	炉外殻		炭素鋼		△						
	炉底ダンパ		ステンレス鋼								
	炉底ダンパパッキン		ステンレス鋼	△							
機器の支持	取付ボルト		炭素鋼		△						
	架台		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/3) 高浜1号炉 雑固体焼却設備
1次セラミックフィルタおよび2次セラミックフィルタに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
焼却、除塵機能 の確保	耐火煉瓦		耐火物							△*1	*1：割れ
	耐火キャストブル		耐火物							△*1	
	フィルタエレメント	◎	—								
	支持プレート	◎	—								
バウンダリの 維持	外殻		炭素鋼		△						
	ケーシングボルト		炭素鋼		△						
機器の支持	取付ボルト		炭素鋼		△						
	架台		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(3/3) 高浜1号炉 雑固体焼却設備 炭素鋼配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
焼却、除塵機能の確保	耐火煉瓦		耐火物							△*1	*1：割れ
	耐火キャストブル		耐火物							△*1	
バウンダリの維持	配管		炭素鋼		△						
	フランジボルト		炭素鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	伸縮継手		ステンレス鋼				△				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

9 溶離廃液濃縮装置

[対象機器]

- ① 溶離廃液濃縮装置

目次

1. 技術評価対象機器	1
2. 溶離廃液濃縮装置の技術評価	2
2.1 構造、材料および使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	10

1. 技術評価対象機器

高浜1号炉で使用されている溶離廃液濃縮装置の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置の主な仕様

機器名称(台数)	重要度*1	使用条件*2		
		運転状態	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
溶離廃液濃縮装置(1)	高*3	一時	約0.1	約120

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：蒸発器の使用条件を示す。

*3：最高使用温度が95°Cを超え、または最高使用圧力が1900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器。

2. 溶離廃液濃縮装置の技術評価

2.1 構造、材料および使用条件

(1) 構造

高浜1号炉の溶離廃液濃縮装置は、溶離液（希硫酸）により廃樹脂から除去された放射性物質を含む廃液を、蒸発器内にて加熱によって水分を分離させ、濃縮廃液と蒸気に分ける機能を有している。

廃液を蒸発濃縮する蒸発器、発生蒸気から凝縮水を凝縮回収するコンデンサ、非凝縮性ガスを冷却するベント冷却管、流体を循環するための濃縮液ポンプおよび配管から構成されている。

高浜1号炉の溶離廃液濃縮装置の全体構成図を図2.1-1に、各機器の構造図を図2.1-2～図2.1-5に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の溶離廃液濃縮装置の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。

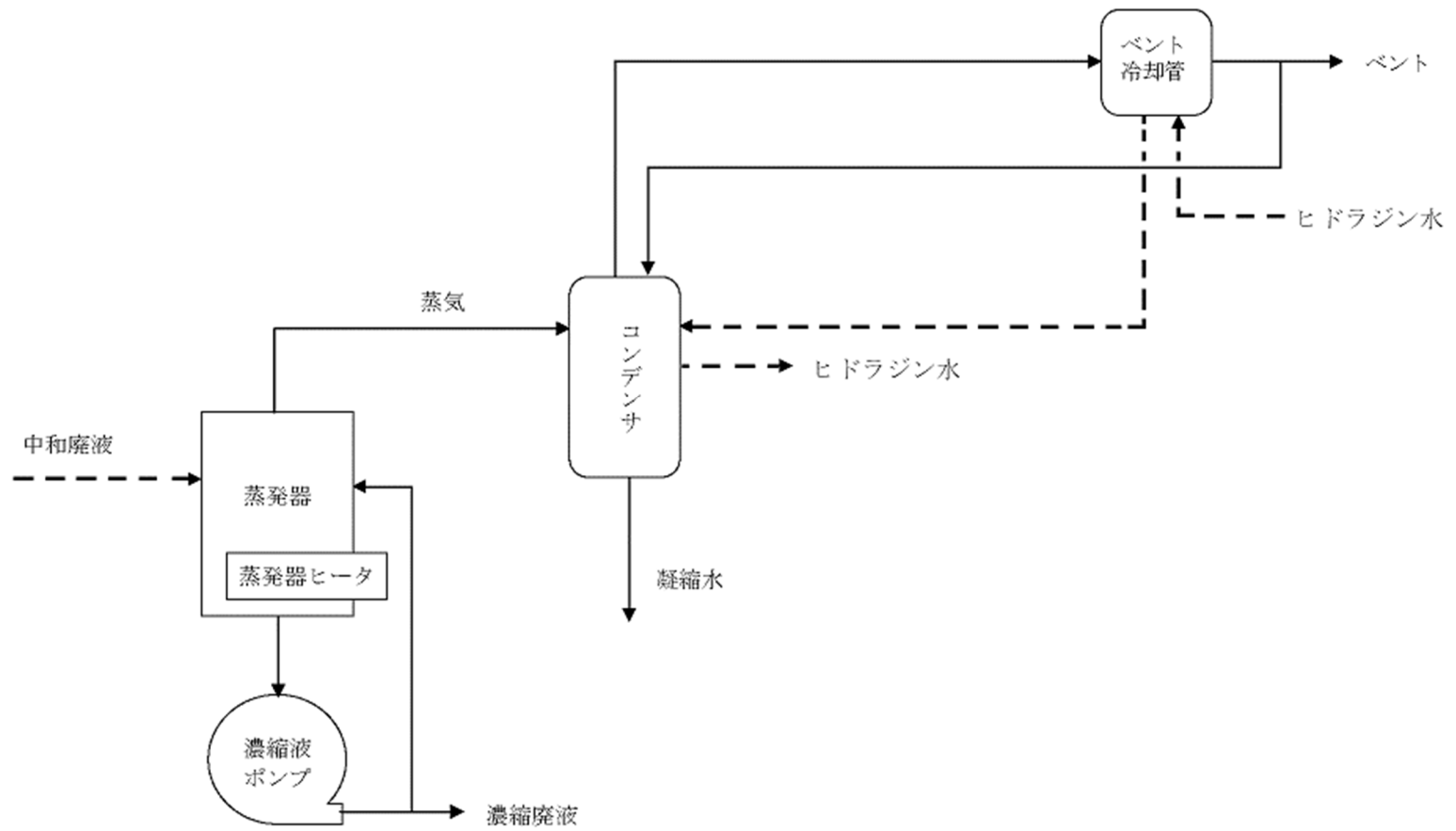


図2.1-1 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置 全体構成図

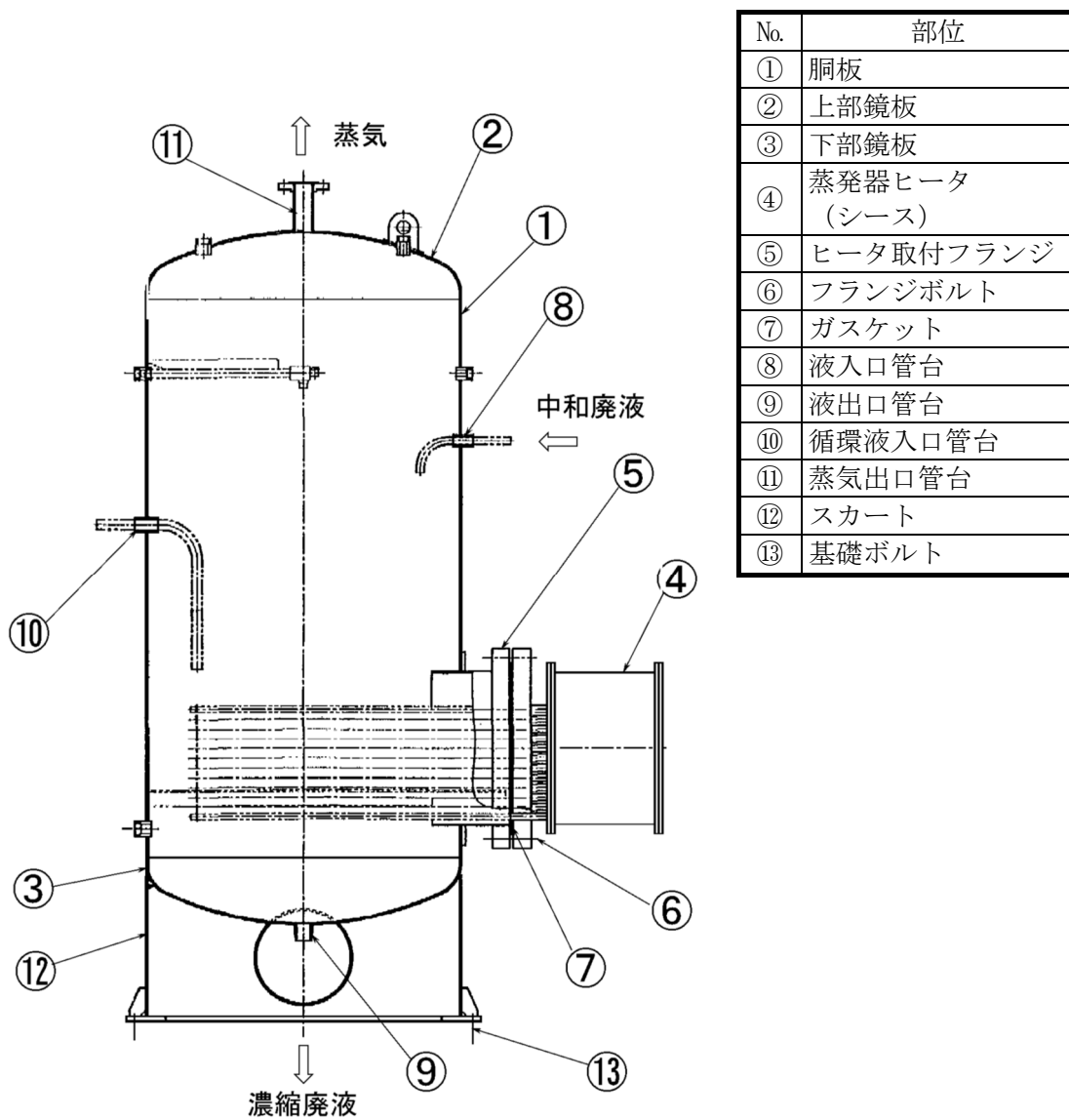
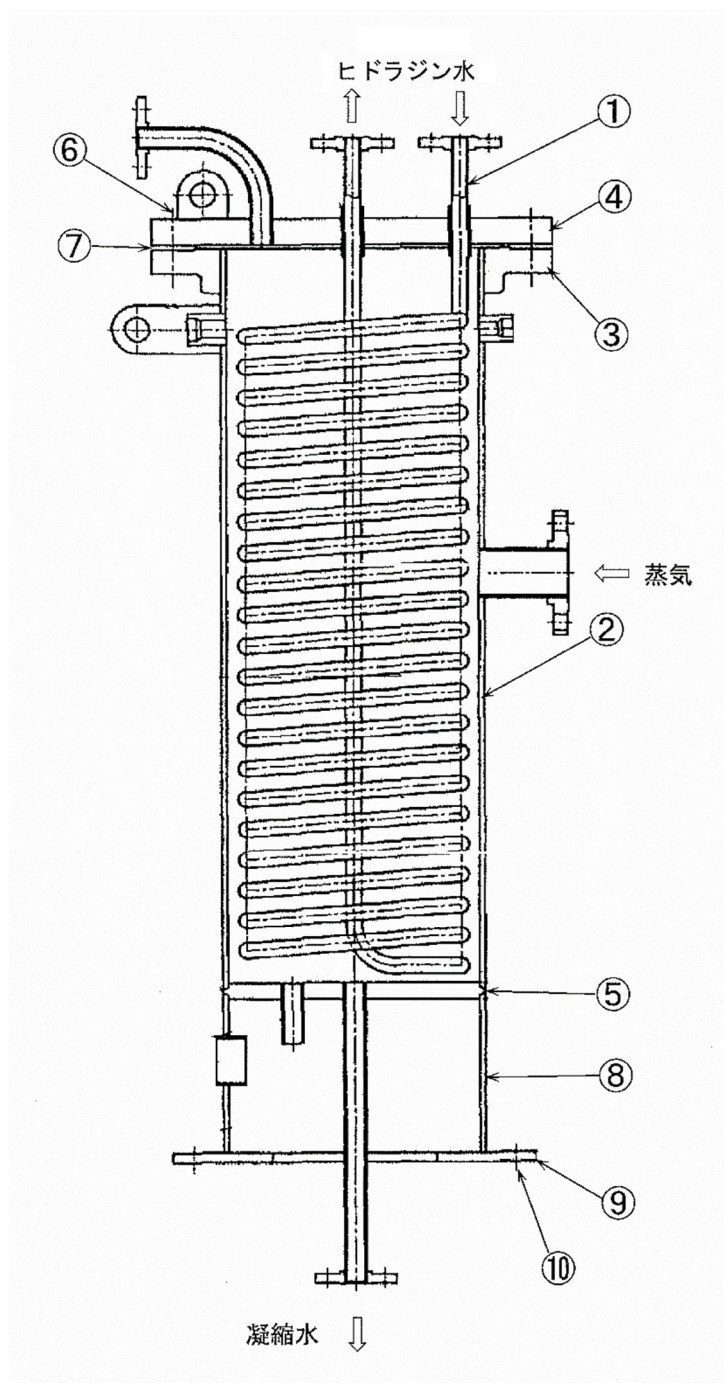


図2.1-2 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置 蒸発器 構造図



No.	部位
①	伝熱管
②	胴板
③	胴フランジ
④	上部平板
⑤	下部平板
⑥	フランジボルト
⑦	ガスケット
⑧	スカート
⑨	台板
⑩	取付ボルト

図2.1-3 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置 コンデンサ 構造図

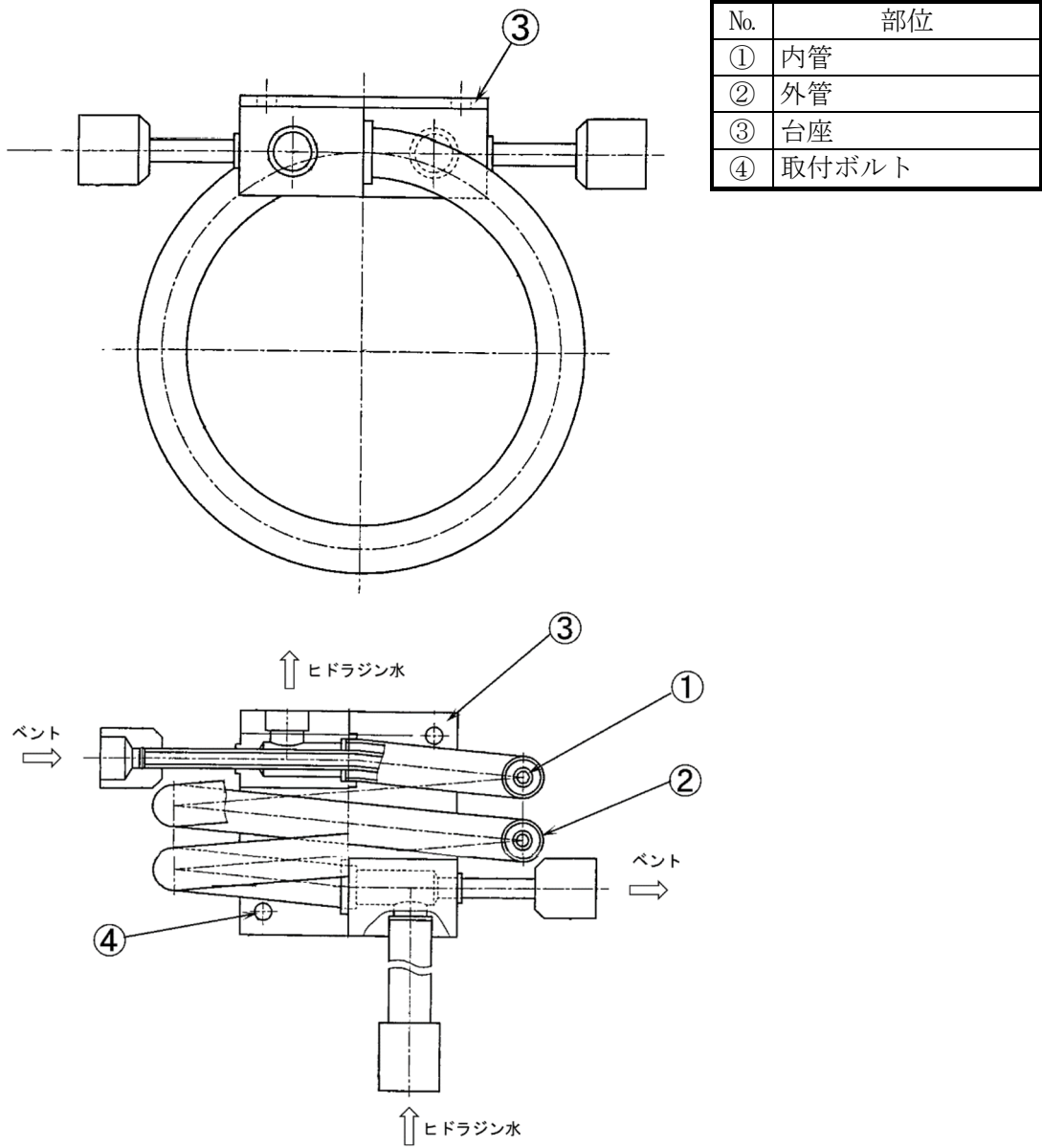


図2.1-4 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置 ベント冷却管 構造図

No.	部位
①	ケーシング
②	ケーシングボルト
③	ガスケット
④	メカニカルシール
⑤	主軸
⑥	羽根車
⑦	軸受 (すべり)
⑧	台板
⑨	取付ボルト
⑩	基礎ボルト

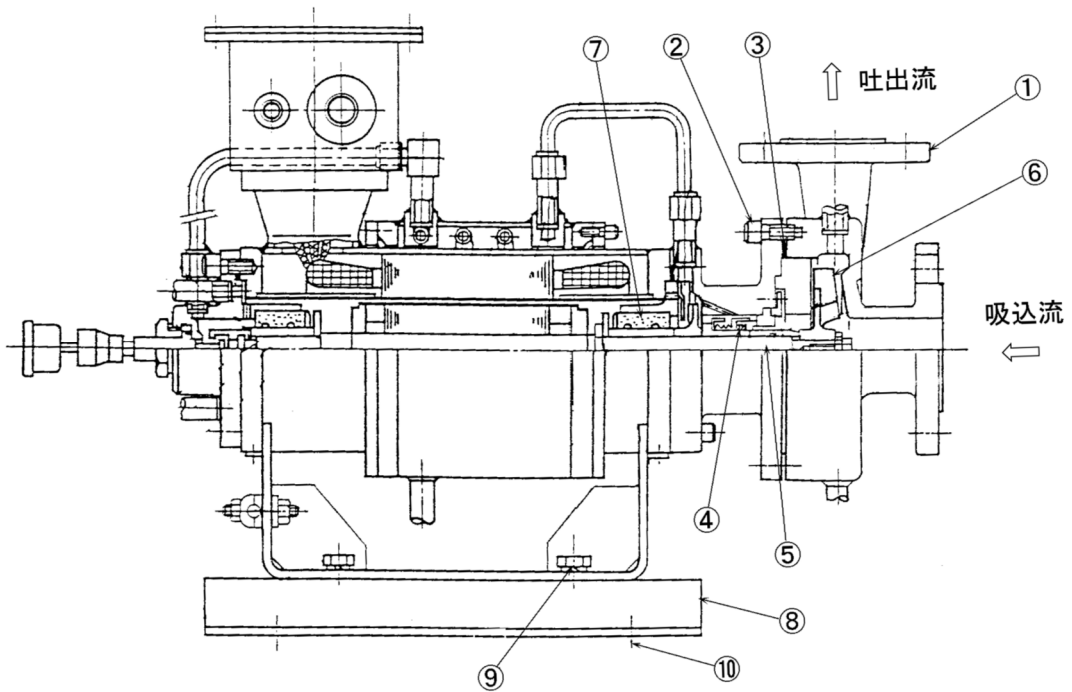


図2.1-5 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置 濃縮液ポンプ 構造図

表2.1-1 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置主要部位の使用材料

構成機器	部位	材料
蒸発器	胴板	耐食耐熱合金鋼
	上部鏡板、下部鏡板	耐食耐熱合金鋼
	ヒータ取付フランジ	耐食耐熱合金鋼、ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	液入口管台	耐食耐熱合金鋼
	液出口管台	耐食耐熱合金鋼
	循環液入口管台	耐食耐熱合金鋼
	蒸気出口管台	耐食耐熱合金鋼
	蒸発器ヒータ（シース）	耐食耐熱合金鋼
	スカート	ステンレス鋼
	基礎ボルト	炭素鋼
コンデンサ	伝熱管	ステンレス鋼
	胴板	ステンレス鋼
	胴フランジ	ステンレス鋼
	上部平板	ステンレス鋼
	下部平板	ステンレス鋼
	フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	スカート	ステンレス鋼
	台板	ステンレス鋼
	取付ボルト	炭素鋼
ベント冷却管	内管	ステンレス鋼
	外管	ステンレス鋼
	台座	ステンレス鋼
	取付ボルト	炭素鋼
濃縮液ポンプ	ケーシング	耐食耐熱合金鋼
	ケーシングボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	メカニカルシール	消耗品・定期取替品
	主軸	耐食耐熱合金鋼
	羽根車	耐食耐熱合金鋼
	軸受（すべり）	消耗品・定期取替品
	台板	炭素鋼
	取付ボルト	炭素鋼
基礎ボルト	炭素鋼	
配管	母管（廃液系統）	耐食耐熱合金鋼
	母管（蒸気・凝縮水系統）	ステンレス鋼

表2.1-2(1/2) 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置の使用条件

構成機器	項目	管側	胴側
蒸発器	最高使用圧力	—	約0.1MPa[gage]
	最高使用温度	—	約120℃
	内部流体	—	廃液
コンデンサ	最高使用圧力	約1.0MPa[gage]	約0.1MPa[gage]
	最高使用温度	約95℃	約120℃
	内部流体	ヒドラジン水	蒸気、凝縮水
ベント冷却管	最高使用圧力	約0.1MPa[gage]	約1.0MPa[gage]
	最高使用温度	約120℃	約95℃
	内部流体	非凝縮性ガス、蒸気、凝縮水	ヒドラジン水

表2.1-2(2/2) 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置の使用条件

構成機器	項目	使用条件
濃縮液ポンプ	最高使用圧力	約1.0MPa[gage]
	最高使用温度	約120℃
	内部流体	廃液
配管（母管）	最高使用圧力	約1.0MPa[gage]
	最高使用温度	約120℃
	内部流体	廃液、蒸気、凝縮水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

溶離廃液濃縮装置の機能である蒸発減容機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 蒸発濃縮機能の維持
- ② バウンダリの維持
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

溶離廃液濃縮装置について機能達成に必要な項目を考慮して、主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（水質、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△または▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 蒸発器等耐食耐熱合金鋼使用部位の応力腐食割れ

蒸発器、濃縮液ポンプおよび配管の内部流体は濃縮廃液であり、蒸発器等の内
部では廃液が蒸発濃縮することにより、塩化物イオン濃度が上昇することとなり、
温度も高温となることから、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、蒸発器、濃縮液ポンプおよび配管の耐食耐熱合金鋼使用部位の
応力腐食割れについては開放点検時または分解点検時に内面の目視確認や外面か
らの超音波探傷検査および試運転時の漏えい確認により、機器の健全性を維持し
ている。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目す
べき経年劣化事象ではない。

(2) 主軸の摩耗

すべり軸受を使用しているポンプは軸受と主軸の接触面で摺動摩耗が想定され
る。

しかしながら、設計段階において主軸と軸受間に潤滑剤を供給し、膜を形成さ
せて流体潤滑状態となるように考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化
するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目す
べき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(3) 主軸の高サイクル疲労割れ

ポンプ運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰返し
応力を受けると、段付部等の応力集中部において高サイクル疲労割れが想定され
る。

しかしながら、ポンプ設計時には高サイクル疲労を考慮しており、この設計上
の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目す
べき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検時の振動確認（通常運転時の振動状態と差異がないことの触診
による確認）、試運転時における振動確認（変位、速度、加速度の測定等）なら
びに分解点検時の応力集中部に対する目視確認や浸透探傷検査により、機器の健
全性を確認している。

(4) 羽根車の腐食（キャビテーション）

ポンプの内部では流速と圧力が場所により大きく変化するが、ある点の圧力がその液温における飽和蒸気圧まで降下すると、その部分の液体が沸騰し、蒸気泡の発生と崩壊が起こることが想定される。

しかしながら、キャビテーションを起こさない条件はポンプおよび機器配置設計段階において考慮しており、この設計上の考慮は経年的に変化するものではない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、分解点検時の目視確認や浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(5) フランジボルトおよびケーシングボルトの腐食（全面腐食）

フランジボルトおよびケーシングボルトは低合金鋼であり、ガスケットからの漏えいにより、内部流体によるボルトの腐食が想定される。

しかしながら、締付管理により漏えい防止を図っており、これまでに有意な腐食は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検等の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 台板および取付ボルトの腐食（全面腐食）

台板および取付ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(8) 伝熱管等のスケール付着

コンデンサ伝熱管の胴側、管側およびベント冷却管の内管は内部流体の不純物持ち込みによるスケール付着が発生し、伝熱性能に影響を及ぼすことが想定される。

しかしながら、内部流体は非凝縮性ガス、蒸気、凝縮水またはヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、適切な水質管理により不純物の流入は抑制されており、スケール付着による伝熱性能低下が発生しがたい環境であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(9) 伝熱管等の摩耗および高サイクル疲労割れ

コンデンサの伝熱管およびベント冷却管の内管は振動により摩耗および高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、伝熱管および内管は外表面の流体によって発生するカルマン渦による振動と共振せず、流力弾性振動も発生しない構造となっており、摩耗および高サイクル疲労割れが発生しがたい環境であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

2.2.4 消耗品および定期取替品

ガスケットおよびメカニカルシールは開放点検時または分解点検時に取替える消耗品であり、軸受（すべり）は分解点検時に目視確認や寸法計測の結果に基づき取替える消耗品である。いずれも、長期使用はせず取替を前提としていることから、高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

表2.2-1(1/5) 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置 蒸発器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
蒸発濃縮機能の維持	蒸発器ヒータ(シース)		耐食耐熱合金鋼				△				
バウンダリの維持	胴板		耐食耐熱合金鋼				△				
	上部鏡板、下部鏡板		耐食耐熱合金鋼				△				
	ヒータ取付フランジ		耐食耐熱合金鋼								
			ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	液入口管台		耐食耐熱合金鋼				△				
	液出口管台		耐食耐熱合金鋼				△				
	循環液入口管台		耐食耐熱合金鋼				△				
蒸気出口管台		耐食耐熱合金鋼				△					
機器の支持	スカート		ステンレス鋼								
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(2/5) 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置 コンデンサに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
蒸発濃縮機能の維持	伝熱管		ステンレス鋼	▲*1		▲*1				▲*2	*1：摩耗・高サイクル疲労割れ *2：スケール付着
バウンダリの維持	胴板		ステンレス鋼								
	胴フランジ		ステンレス鋼								
	上部平板、下部平板		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	スカート		ステンレス鋼								
	台板		ステンレス鋼								
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(3/5) 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置 ベント冷却管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
蒸発濃縮機能の維持	内管		ステンレス鋼	▲*1		▲*1				▲*2	*1：摩耗・高サイクル疲労割れ *2：スケール付着
バウンダリの維持	外管		ステンレス鋼								
機器の支持	台座		ステンレス鋼								
	取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(4/5) 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置 濃縮液ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
蒸発濃縮機能の維持	主軸		耐食耐熱合金鋼	△		△*1	△			*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション	
	羽根車		耐食耐熱合金鋼		△*2		△				
	軸受（すべり）	◎	—								
バウンダリの維持	ケーシング		耐食耐熱合金鋼				△				
	ケーシングボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	メカニカルシール	◎	—								
機器の支持	台板		炭素鋼		△						
	取付ボルト		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(5/5) 高浜1号炉 溶離廃液濃縮装置 配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	母管（廃液系統）		耐食耐熱合金鋼				△				
	母管（蒸気・凝縮水系統）		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

1 0 水素再結合装置

[対象機器]

- ① 静的触媒式水素再結合装置
- ② 原子炉格納容器水素燃焼装置

目次

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定	1
1.1 グループ化の考え方および結果	1
1.2 代表機器の選定	1
2. 代表機器の技術評価	3
2.1 構造、材料および使用条件	3
2.2 経年劣化事象の抽出	6
3. 代表機器以外への展開	9
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	9

1. 技術評価対象機器および代表機器の選定

高浜 1 号炉で使用されている水素再結合装置の主な仕様を表1-1に示す。

これらの水素再結合装置を型式の観点から、以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方および結果

表1-1に示す水素再結合装置については、1つのグループとして分類される。

1.2 代表機器の選定

このグループには、静的触媒式水素再結合装置および原子炉格納容器水素燃焼装置が属するが、最高使用温度の高い静的触媒式水素再結合装置を代表機器とする。

表1-1 高浜1号炉 水素再結合装置の主な仕様

分離基準	機器名称 (台数)	選定基準				代表機器の選定	
		重要度*1	使用条件			代表機器	選定理由
型式	運転状態		最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (℃)			
水素再結合装置	静的触媒式水素再結合装置 (5)	重*2	一時	—	約500*3	◎	温度
	原子炉格納容器水素燃焼装置 (13)	重*2	一時	約1.6	約200		

*1：機能は最上位の機能を示す。

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す。

*3：水素反応の筐体（排気）温度を示す。

2. 代表機器の技術評価

本章では、1章で代表機器とした以下の水素再結合装置について技術評価を実施する。

① 静的触媒式水素再結合装置

2.1 構造、材料および使用条件

2.1.1 静的触媒式水素再結合装置

(1) 構造

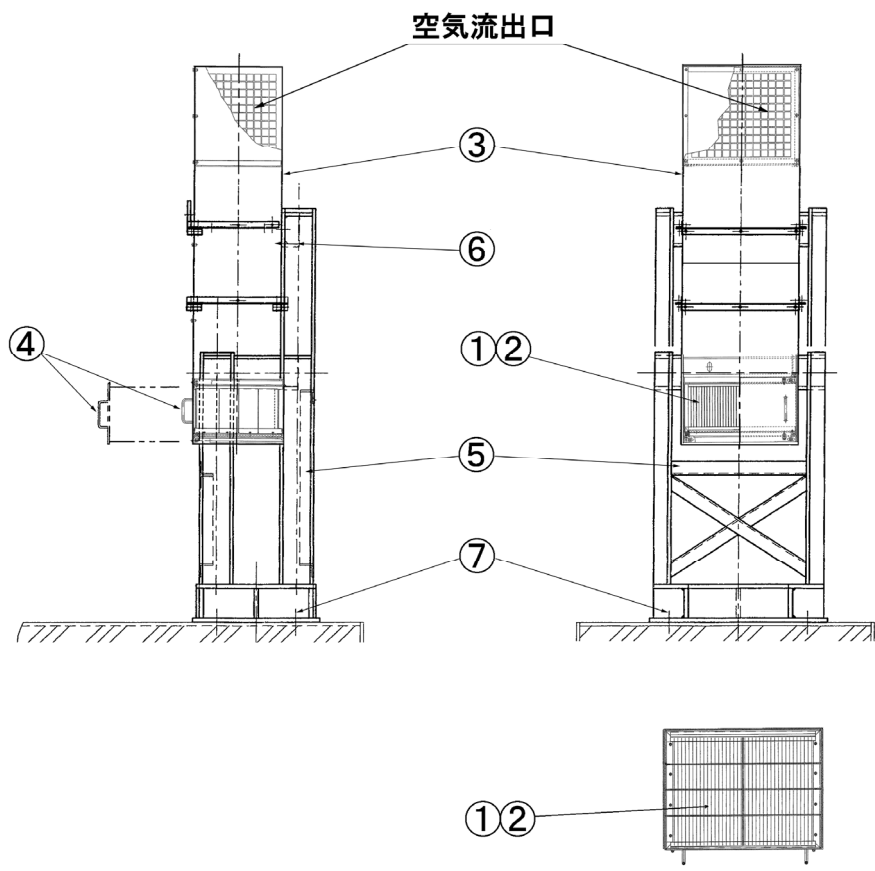
高浜1号炉の静的触媒式水素再結合装置は触媒式であり、触媒プレートには母材として高耐熱性ステンレス鋼、触媒として白金系金属を使用しており、原子炉格納容器内（5箇所）に設置されている。

触媒プレートは、胴板内の引出部で保持されている構造となっている。

高浜1号炉の静的触媒式水素再結合装置の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料および使用条件

高浜1号炉の静的触媒式水素再結合装置の使用材料および使用条件を表2.1-1および表2.1-2に示す。



No.	部位
①	触媒プレート (母材)
②	触媒プレート (触媒)
③	胴板
④	引出部
⑤	架台
⑥	取付ボルト
⑦	基礎ボルト (ケミカルアンカ)

図2. 1-1 高浜 1 号炉 静的触媒式水素再結合装置構造図

表2.1-1 高浜1号炉 静的触媒式水素再結合装置主要部位の使用材料

部位	材料
触媒プレート（母材）	高耐熱性ステンレス鋼
触媒プレート（触媒）	白金系金属
胴板	ステンレス鋼
引出部	ステンレス鋼
架台	炭素鋼
取付ボルト	ステンレス鋼
基礎ボルト（ケミカルアンカ）	炭素鋼、樹脂

表2.1-2 高浜1号炉 静的触媒式水素再結合装置の使用条件

最高使用温度	約500℃
内部流体	空気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

静的触媒式水素再結合装置の機能である水素反応機能を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 水素反応機能の維持
- ② 流路の確保
- ③ 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

静的触媒式水素再結合装置について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料、使用条件（流体、圧力、温度等）および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

(1) 触媒プレート（触媒）の水素反応機能低下

触媒プレート（触媒）は常時原子炉格納容器内の空気と接触しているため、水素反応機能の低下が想定される。

しかしながら、機能確認時の目視確認や機能検査により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 架台の腐食（全面腐食）

架台は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）および樹脂の劣化

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

また、ケミカルアンカには樹脂を使用しており、劣化が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

表2.2-1 高浜1号炉 静的触媒式水素再結合装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食 割れ	熱時効	劣化		
水素反応機能 の維持	触媒プレート（母材）		高耐熱性 ステンレス鋼								*1: 水素反応機能 低下 *2: 樹脂の劣化
	触媒プレート（触媒）		白金系金属							△*1	
流路の確保	胴板		ステンレス鋼								
	引出部		ステンレス鋼								
機器の支持	架台		炭素鋼		△						
	取付ボルト		ステンレス鋼								
	基礎ボルト(ケミカルアンカ)		炭素鋼、樹脂		△					△*2	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では第2章で実施した代表機器の技術評価結果について、第1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

なお、経年劣化事象の抽出にあたっては、2章の代表機器における経年劣化事象の抽出と同様に、水平展開機器各々の構造、材料、使用条件等の特殊性を考慮して選定している。

① 原子炉格納容器水素燃焼装置

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

2.2.3の1)または2)に該当する事象であるが、保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

なお、日常劣化管理事象ではない事象はない。

3.1.1 ヒータエレメントの導通不良

発熱線等はヒータON-OFF時に発生する熱伸縮により繰返し応力を受けるため、材料に疲労が蓄積され、疲労割れによるヒータエレメントの導通不良が想定される。

しかしながら、機能確認時の目視確認や抵抗測定により、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.2 ヒータエレメントの絶縁低下

ヒータエレメントは長期間の使用に伴い、熱的、電氣的、環境的要因による絶縁低下が想定される。

しかしながら、これまでに有意な絶縁低下は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.1.3 端子台の絶縁低下

端子台の絶縁物は無機質であり、劣化等の可能性はないが長期間の使用により表面の汚損による絶縁低下が想定される。

しかしながら、端子台は気密された接続箱内に設置されており、塵埃の付着により表面が汚損しない環境であり、これまでに絶縁低下の進行は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考えがたい。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、機能確認時の絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

3.1.4 架台および取付ボルトの腐食（全面腐食）

架台および取付ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

3.1.5 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは炭素鋼であり、腐食が想定される。

基礎ボルトの健全性評価については各機器で共通であることから、本評価書の「基礎ボルト」にてまとめて評価を実施する。

1 1 基礎ボルト

[評価対象]

- ① スタッドボルト
- ② メカニカルアンカ
- ③ ケミカルアンカ

目次

1. はじめに	1
2. 基礎ボルトの技術評価	2
2.1 構造、材料および使用環境	2
2.2 経年劣化事象の抽出	16

1. はじめに

本項では、各機器の技術評価書で抽出された基礎ボルトの評価をまとめて記載している。各機器の基礎ボルトの使用環境および機器支持位置等の詳細については、各機器の技術評価書を参照のこと。

2. 基礎ボルトの技術評価

2.1 構造、材料および使用環境

高浜1号炉で使用されている基礎ボルトの主な仕様を表2.1-1に示す。

これらの基礎ボルトについては、型式毎に各々対象とし、技術評価を実施する。

表2.1-1 高浜1号炉 基礎ボルトの主な仕様

型式	仕様
スタッドボルト	ベースプレートに取り付けた炭素鋼または低合金鋼製のボルトをあらかじめ、コンクリート基礎に埋設しているもので、主として大型機器や機械振動を考慮するような機器の支持に用いている。
メカニカルアンカ	施工後の基礎に穿孔し、炭素鋼製のテーパボルトにより、炭素鋼製のシールドをコンクリートに打ち込むもので、主として小口径の配管や盤等の機器の支持に用いている。
ケミカルアンカ	施工後の基礎に穿孔し、炭素鋼、低合金鋼およびステンレス鋼製のアンカボルトを樹脂（不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、ビニルウレタン樹脂、エポキシ樹脂）で固定しているもので、主として小口径の配管や盤等の機器の支持に用いている。

また、各機器に使用している基礎ボルトの代表的な構造図を図2.1-1～図2.1-3に、使用材料を表2.1-2～表2.1-4に、設置場所およびボルト型式を表2.1-5に示す。

No.	部位
①	スタッドボルト

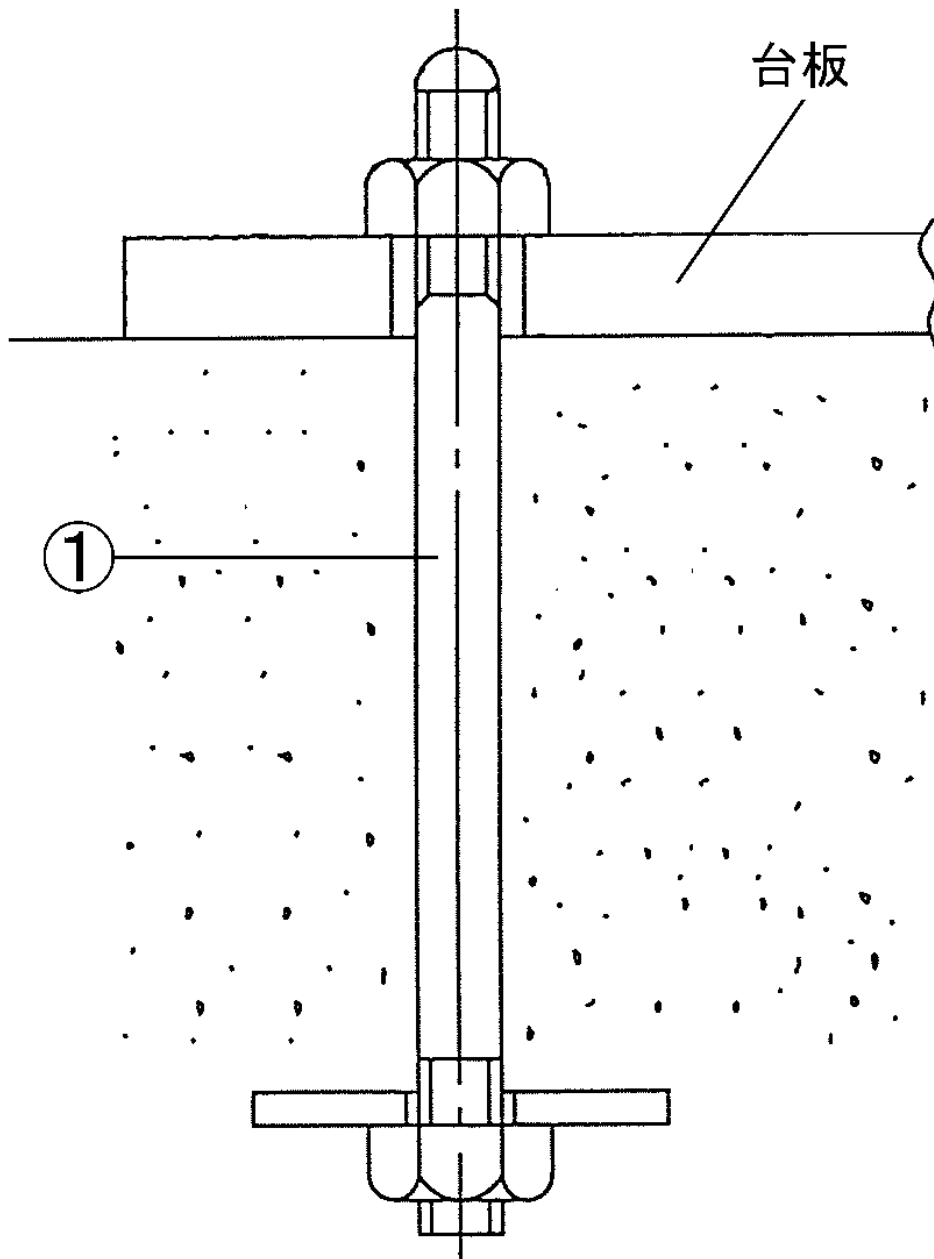


図2.1-1(1/2) 高浜1号炉 スタッドボルト構造図

No.	部位
①	スタッドボルト

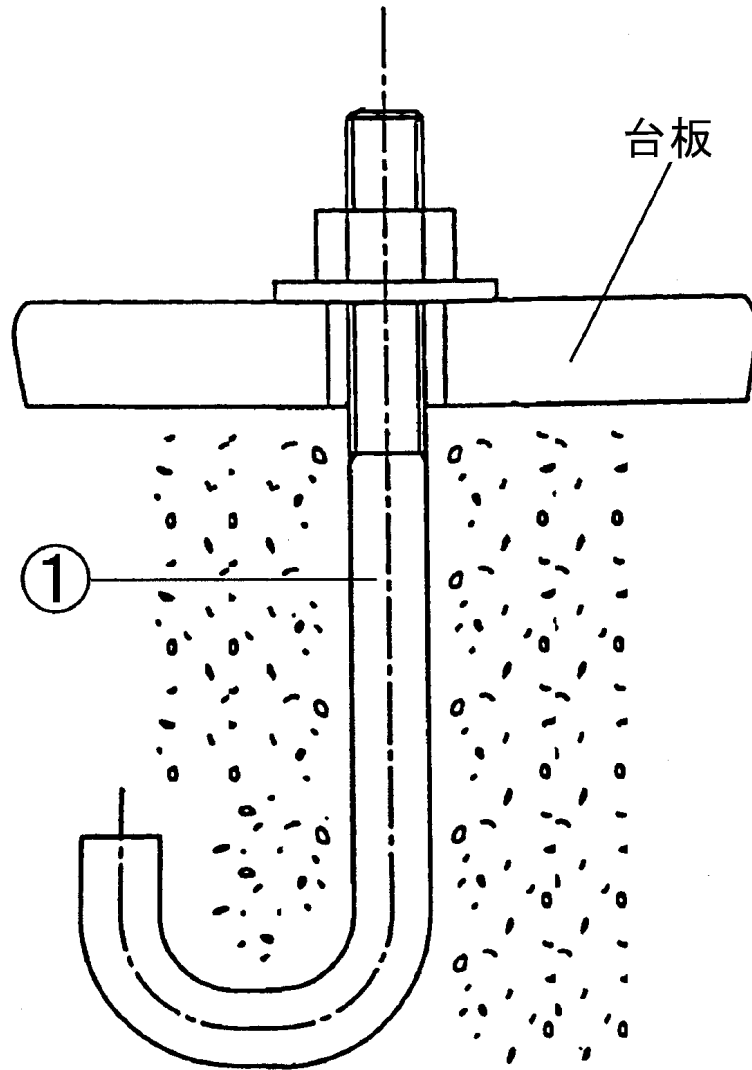


図2. 1-1(2/2) 高浜1号炉 スタッドボルト構造図 (先端曲げ加工の例)

表2.1-2 高浜1号炉 スタッドボルトの使用材料

部位	材料
スタッドボルト	炭素鋼 低合金鋼

No.	部位
①	テーパボルト
②	シールド

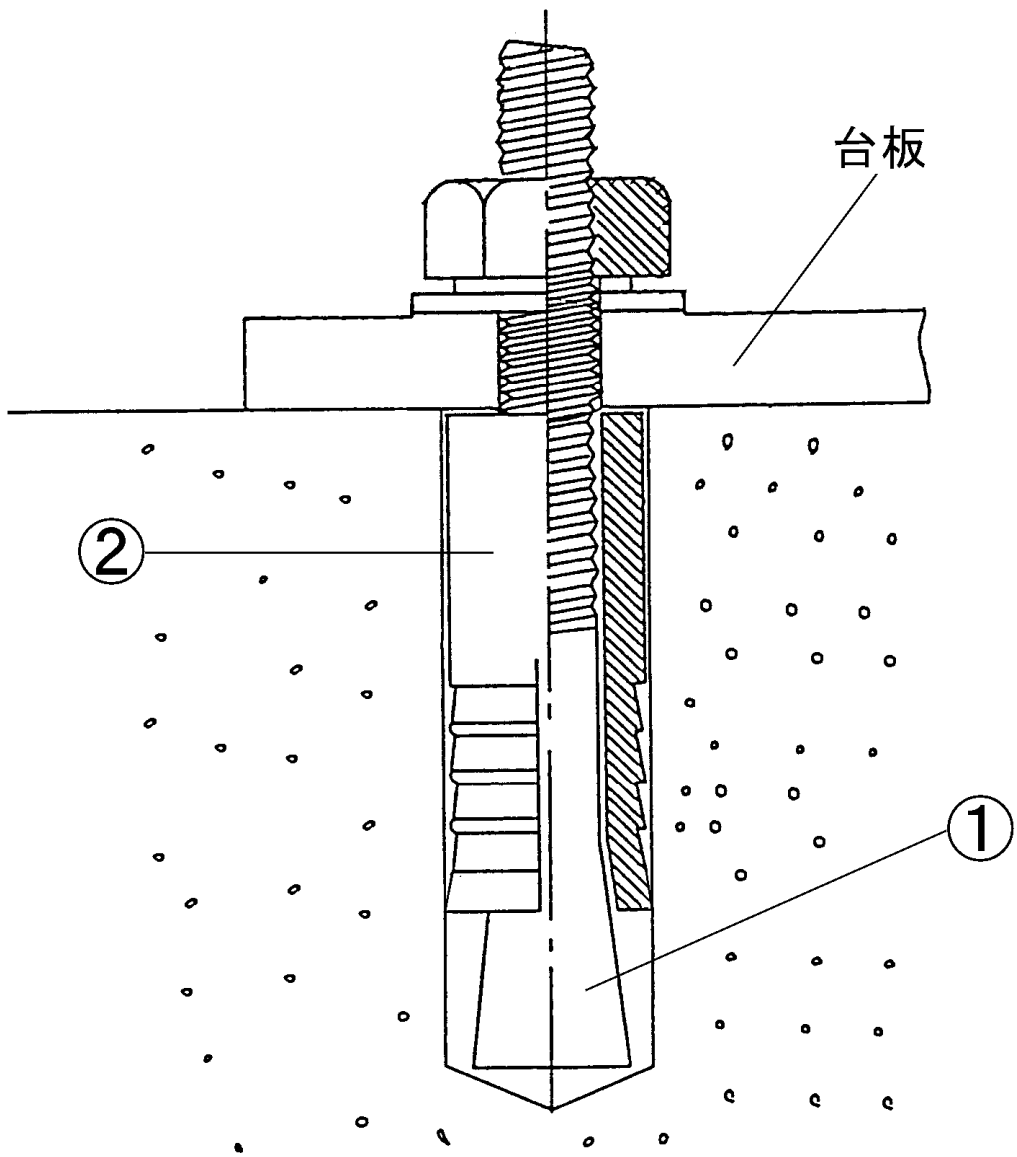


図2.1-2 高浜1号炉 メカニカルアンカ構造図

表2.1-3 高浜1号炉 メカニカルアンカの使用材料

部位	材料
テーパボルト	炭素鋼
シールド	炭素鋼

No.	部位
①	樹脂
②	アンカボルト

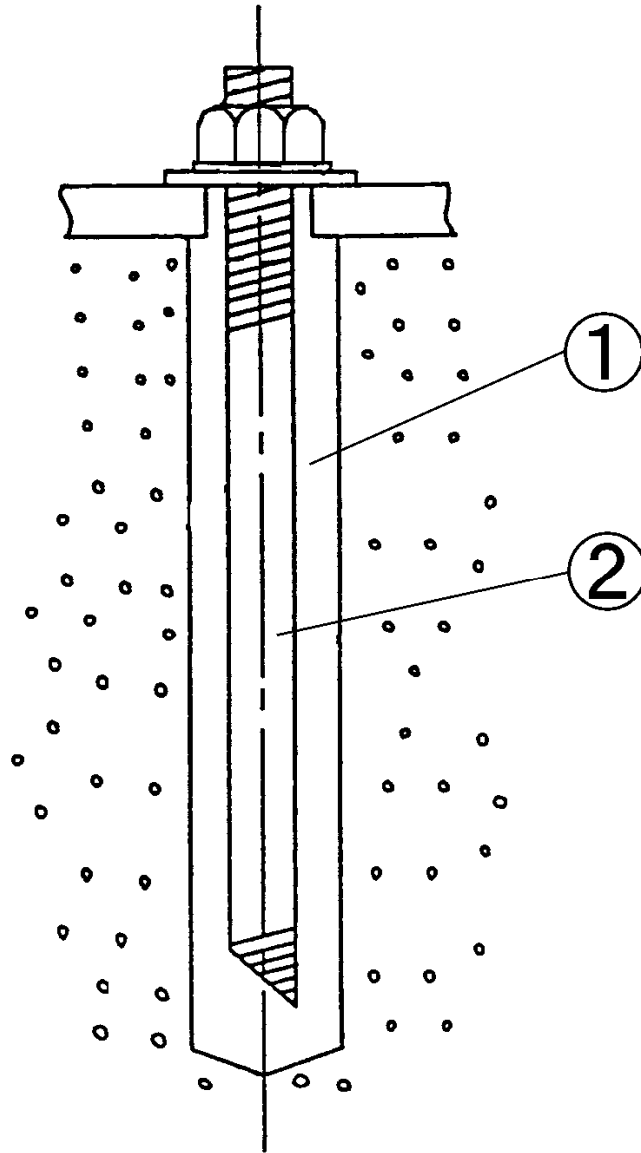


図2.1-3 高浜1号炉 ケミカルアンカ構造図

表2.1-4 高浜1号炉 ケミカルアンカの使用材料

部位	材料
樹脂	不飽和ポリエステル樹脂 ビニルエステル樹脂 ビニルウレタン樹脂 エポキシ樹脂
アンカボルト	炭素鋼、低合金鋼、ステンレス鋼

表2.1-5 (1/6) 高浜1号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
ポンプ	ターボポンプ	海水ポンプ		○	スタッドボルト
		充てん/高圧注入ポンプ	○		メカニカルアンカ
		燃料取替用水ポンプ	○		スタッドボルト
		ほう酸ポンプ	○		スタッドボルト
		恒設代替低圧注水ポンプ	○		ケミカルアンカ
		原子炉下部キャピティ注水ポンプ	○		ケミカルアンカ
		1次系冷却水ポンプ	○		スタッドボルト
		タービン動補助給水ポンプ	○		スタッドボルト
		電動補助給水ポンプ	○		スタッドボルト
		主給水ポンプ	○		スタッドボルト
		復水ブースタポンプ	○		スタッドボルト
		余熱除去ポンプ	○		スタッドボルト
		内部スプレポンプ	○		スタッドボルト
		復水ポンプ	○		スタッドボルト
		低圧ドレンポンプ	○		スタッドボルト
		給水ブースタポンプ	○		スタッドボルト
湿分分離器ドレンポンプ	○		スタッドボルト		
熱交換器	多管円筒形熱交換器	再生クーラ	○		スタッドボルト
		余熱除去クーラ	○		スタッドボルト
		封水クーラ	○		スタッドボルト
		非再生クーラ	○		スタッドボルト
		内部スプレクーラ	○		スタッドボルト
		余剰抽出水クーラ	○		スタッドボルト
		燃料取替用水ヒータ	○		スタッドボルト
		1次系冷却水クーラ	○		スタッドボルト
	直接接触式熱交換器	脱気器		○	スタッドボルト

表2.1-5 (2/6) 高浜1号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式	
			屋内	屋外		
熱交換器	サンプルクーラ	ループ高温側サンプルクーラ	○		ケミカルアンカ	
		加圧器液相部サンプルクーラ	○		ケミカルアンカ	
		加圧器気相部サンプルクーラ	○		ケミカルアンカ	
		蒸気発生器ブローダウン サンプルクーラ	○		ケミカルアンカ	
		格納容器雰囲気ガスサンプリング 冷却器	○		メカニカルアンカ	
ポンプ モータ	高圧ポンプモータ	充てん/高圧注入ポンプモータ	○		メカニカルアンカ	
容器	補機タンク	アキュムレータ	○		スタッドボルト	
		ほう酸注入タンク	○		スタッドボルト	
		体積制御タンク	○		スタッドボルト	
		ほう酸タンク	○		スタッドボルト	
		ガス減衰タンク	○		スタッドボルト	
		よう素除去薬品タンク	○		スタッドボルト	
		1次系冷却水タンク	○		スタッドボルト	
		燃料取替用水タンク		○	スタッドボルト	
		復水タンク		○	スタッドボルト	
	フィルタ	ほう酸フィルタ	○		スタッドボルト	
		冷却材フィルタ	○		スタッドボルト	
		封水注入フィルタ	○		スタッドボルト	
		封水フィルタ	○		スタッドボルト	
		燃料ピットフィルタ	○		スタッドボルト	
	脱塩塔	脱ほう素塔	○		スタッドボルト	
		冷却材カチオン塔	○		スタッドボルト	
		冷却材脱塩塔	○		スタッドボルト	
		復水脱塩塔	○		スタッドボルト	
	配管	配管サポート	配管サポート	○	○	スタッドボルト メカニカルアンカ ケミカルアンカ
	弁	特殊弁	主蒸気止め弁	○		スタッドボルト

表2.1-5 (3/6) 高浜1号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
ケーブル	ケーブルトレイ等	ケーブルトレイ	○	○	メカニカルアンカ ケミカルアンカ
		電線管	○	○	メカニカルアンカ ケミカルアンカ
	ケーブル接続部	気密端子箱接続	○		メカニカルアンカ
電気設備	配電設備	空冷式非常用発電装置中継・ 接続盤	○		ケミカルアンカ
		号機間融通用高圧ケーブル コネクタ盤	○		ケミカルアンカ
		号機間融通用高圧ケーブル 接続盤	○		ケミカルアンカ
		可搬式代替電源用接続盤	○		ケミカルアンカ
		動力変圧器（安全系）	○		ケミカルアンカ
		代替所内電気設備変圧器	○		ケミカルアンカ
		パワーセンタ（安全系）	○		ケミカルアンカ
		後備ヒータ分電盤	○		ケミカルアンカ
		可搬式整流器用分電盤	○		メカニカルアンカ
		A・C計器用電源用代替所内 電気設備切替盤	○		メカニカルアンカ
		B・D計器用電源用代替所内 電気設備切替盤	○		メカニカルアンカ
		S A監視計器用電源用電源 切替盤	○		メカニカルアンカ
タービン	高圧タービン	高圧タービン	○		スタッドボルト
	低圧タービン	低圧タービン	○		スタッドボルト
	タービン調速装置	高圧油供給装置	○		スタッドボルト
		高圧油供給装置アキュムレータ	○		スタッドボルト
計測制御設備	プロセス計測制御設備	プロセス計測制御設備	○		スタッドボルト メカニカルアンカ ケミカルアンカ
	制御設備	制御設備	○		スタッドボルト メカニカルアンカ ケミカルアンカ

表2.1-5 (4/6) 高浜1号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式	
			屋内	屋外		
空調設備	ファン	制御建屋送気ファン	○		スタッドボルト	
		補助建屋よう素除去排気ファン	○		スタッドボルト	
		中央制御室非常用循環ファン-2	○		メカニカルアンカ	
		充てんポンプ室冷却ファン	○		スタッドボルト	
		1次系冷却水ポンプ室冷却ファン	○		スタッドボルト	
	空調ユニット	制御建屋冷暖房ユニット	○		スタッドボルト	
		1次系冷却水ポンプ室冷暖房ユニット	○		スタッドボルト	
		格納容器循環冷暖房ユニット	○		スタッドボルト	
		制御建屋空調ユニット	○		メカニカルアンカ	
		アニュラス循環排気フィルタユニット	○		スタッドボルト	
		補助建屋よう素除去排気フィルタユニット	○		スタッドボルト	
		中央制御室非常用循環フィルタユニット	○		スタッドボルト	
		補助建屋排気フィルタユニット	○		スタッドボルト	
	冷凍機	チラーユニット	○		スタッドボルト	
		冷水ポンプ	○		スタッドボルト	
	機械設備	重機器サポート	原子炉容器サポート	○		スタッドボルト
			蒸気発生器サポート	○		スタッドボルト
1次冷却材ポンプサポート			○		スタッドボルト ケミカルアンカ	
加圧器サポート			○		スタッドボルト ケミカルアンカ	
空気圧縮装置		計器用空気圧縮装置 計器用空気圧縮機	○		スタッドボルト	
		計器用空気圧縮装置 計器用空気圧縮機モータ	○		スタッドボルト	
		計器用空気圧縮装置 計器用空気圧縮機アフタクーラ	○		スタッドボルト	
		計器用空気圧縮装置 計器用空気圧縮機空気だめ	○		スタッドボルト	
		計器用空気圧縮装置 計器用空気乾燥器	○		スタッドボルト	
		非常用ディーゼル発電機 始動用空気圧縮機	○		スタッドボルト	

表2.1-5 (5/6) 高浜1号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
機械設備	燃料取扱設備	燃料ピットクレーン	○		スタッドボルト
		使用済燃料ピットクレーン	○		スタッドボルト
		新燃料ラック	○		スタッドボルト
	廃液蒸発装置	廃液蒸発装置共通架台	○		ケミカルアンカ
		廃液蒸発装置濃縮液ポンプ	○		ケミカルアンカ
		廃液蒸発装置蒸留水ポンプ	○		ケミカルアンカ
	ほう酸回収装置	ほう酸回収装置共通架台	○		スタッドボルト
	アスファルト固化設備	固化蒸発缶	○		スタッドボルト
		固化装置復水器	○		スタッドボルト
	雑固体焼却設備	雑固体焼却炉	○		スタッドボルト
		1次セラミックフィルタおよび2次セラミックフィルタ	○		スタッドボルト
	溶離廃液濃縮装置	蒸発器	○		スタッドボルト
		濃縮液ポンプ	○		スタッドボルト
	水素再結合装置	静的触媒式水素再結合装置	○		ケミカルアンカ
		原子炉格納容器水素燃焼装置	○		メカニカルアンカ
電源設備	ディーゼル発電機	非常用ディーゼル発電機	○		スタッドボルト
	ディーゼル機関	非常用ディーゼル機関	○		スタッドボルト
		圧力・温度スイッチ主要機器	○		メカニカルアンカ

表2.1-5 (6/6) 高浜1号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種名	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
電源設備	非常用ディーゼル 機関付属設備	燃料弁冷却水ポンプ	○		スタッドボルト
		燃料油移送ポンプ	○		スタッドボルト
		空冷式非常用発電装置用 給油ポンプ		○	ケミカルアンカ
		清水クーラ	○		スタッドボルト
		燃料弁冷却水クーラ	○		スタッドボルト
		潤滑油クーラ	○		スタッドボルト
		清水加熱器	○		スタッドボルト
		潤滑油タンク	○		スタッドボルト
		始動用空気レシーバ	○		スタッドボルト
		燃料油貯油槽	○		スタッドボルト
		海水系ストレーナ	○		メカニカルアンカ
		潤滑油ストレーナ	○		スタッドボルト
		燃料油第1こし器	○		スタッドボルト
		燃料油第2こし器	○		スタッドボルト
		直流電源設備	蓄電池	○	
	ドロップ		○		スタッドボルト
	直流主分電盤		○		スタッドボルト
	直流分電盤		○		メカニカルアンカ
	計器用電源設備	安全系インバータ	○		ケミカルアンカ
		S A監視計器用電源	○		ケミカルアンカ
		計器用分電盤	○		メカニカルアンカ
		後備計器用電源	○		ケミカルアンカ
	制御棒駆動装置用 電源設備	原子炉トリップ遮断器盤	○		ケミカルアンカ

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

基礎ボルトの機能である自重および地震時荷重を支持するためには、次の項目が必要である。

① 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

各機器の基礎ボルトについて、機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で、個々の部位の構造、材料および現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した結果、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

以下の事象（表2.2-1で△または▲となっているもの）については、想定される経年劣化事象であるが、

- 1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- 2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

に該当するものについては、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

上記の1)に該当する事象または2)に該当する事象であるが保全によりその傾向が維持できていることを確認している事象（日常劣化管理事象）を以下に示す。

(1) 大気接触部の腐食（塗装あり部）（全面腐食） [共通]

基礎ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、巡視点検等で目視により塗膜の状態を確認し、はく離等が認められた場合は必要に応じて補修することにより、機器の健全性を維持している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(2) 大気接触部の腐食（塗装なし部）（全面腐食）〔屋外の基礎ボルト共通〕

コンクリート直上部は、大気接触部であり、基礎ボルトには、炭素鋼または低合金鋼を使用していることから、腐食を起こす可能性があり、その場合には、基礎ボルトの腐食減肉により支持機能の低下が懸念される。

また、メカニカルアンカの場合、コンクリートに埋設されているテーパボルトとシールドには大気に接触している部分があるため、シールドおよびテーパボルトの腐食の進行により支持機能の低下が懸念される。

しかしながら、60年時点での推定腐食量を考慮した健全性評価の結果、機器の支持機能が喪失する可能性は低い。

また、巡視点検で目視により異常のないことを確認し、機器の健全性を確認している。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(3) 大気接触部の腐食（塗装なし部）（全面腐食）〔屋内の基礎ボルト共通〕

基礎ボルトは炭素鋼または低合金鋼であり、コンクリート直上部等は大気接触部であることから腐食が想定される。

しかしながら、基礎ボルト代表箇所のナットを取外してコンクリート直上部の大気接触部を目視確認したところ腐食は認められていない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

なお、巡視点検で目視により異常のないことを確認し、機器の健全性を確認している。

前述の2)に該当する事象のうち、日常劣化管理事象を除く事象（日常劣化管理事象ではない事象）を以下に示す。

(4) コンクリート埋設部の腐食（全面腐食）〔共通〕

コンクリート埋設部では、コンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが、コンクリートが中性化に至り、埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要することから、腐食が進行して基礎ボルトの健全性を阻害する可能性は小さいと考える。

ケミカルアンカのアンカボルトはコンクリート埋設部のボルト本体が樹脂に覆われているため、腐食の発生の可能性は小さい。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(5) 機器支持部の疲労割れ [共通]

基礎ボルトは、プラントの起動・停止時等の熱過渡により、疲労割れが想定される。

しかしながら、熱応力が大きく付与する機器には、熱応力が基礎ボルトに直接付与されないサポート（オイルスナバ、メカニカルスナバ、スライドサポート）を使用している。さらに、これまで基礎ボルトの疲労割れによる不適合事象は経験していない。

したがって、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(6) 基礎ボルトの付着力の低下 [共通]

基礎ボルト（特に先端を曲げ加工しているスタッドボルト）の耐力は主にコンクリートとの付着力に担保されることから付着力低下を起こした場合、支持機能の喪失が想定される。

しかしながら、これについては「コンクリート構造物および鉄骨構造物の技術評価書」にて健全性評価を実施しており、付着力低下につながるコンクリートの割れ等の発生の可能性は小さいと考えられることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(7) ケミカルアンカ樹脂の劣化 [ケミカルアンカ]

ケミカルアンカは樹脂とコンクリートおよびアンカボルトの接着力により強度を維持しているものであり、樹脂が劣化した場合、接着力が低下し、支持機能への影響が想定される。

しかしながら、メーカー試験や実機調査での引抜試験結果から有意な引抜力の低下は認められていない。

したがって、今後も機能の維持は可能であることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

表2.2-1(1/3) 高浜1号炉 スタッドボルトに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考	
				減肉		割れ		材質変化		その他		
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化			
機器の支持	スタッドボルト		炭素鋼、 低合金鋼		△ ^{*1} △ ^{*2} △ ^{*3} ▲ ^{*4}	▲					▲ ^{*5}	*1：大気接触部（基礎ボルト塗装あり部） *2：大気接触部（屋外基礎ボルト塗装なし部） *3：大気接触部（屋内基礎ボルト塗装なし部） *4：コンクリート埋設部 *5：付着力低下

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(2/3) 高浜1号炉 メカニカルアンカに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象							備考
				減肉		割れ		材質変化		その他	
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	テーパボルト		炭素鋼		△ ^{*1} △ ^{*2} △ ^{*3}	▲					*1：大気接触部（基礎ボルト 塗装あり部） *2：大気接触部（屋外基礎ボ ルト塗装なし部） *3：大気接触部（屋内基礎ボ ルト塗装なし部）
	シールド		炭素鋼		△ ^{*2} △ ^{*3} ▲ ^{*4}	▲				▲ ^{*5}	*4：コンクリート埋設部 *5：付着力低下

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(3/3) 高浜1号炉 ケミカルアンカに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	部位	消耗品 ・定期 取替品	材料	経年劣化事象						備考	
				減肉		割れ		材質変化			その他
				摩耗	腐食	疲労 割れ	応力腐 食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	樹脂		不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、ビニルウレタン樹脂、エポキシ樹脂						▲		*1：大気接触部（基礎ボルト塗装あり部） *2：大気接触部（屋外基礎ボルト塗装なし部） *3：大気接触部（屋内基礎ボルト塗装なし部） *4：コンクリート埋設部 *5：付着力低下
	アンカボルト		炭素鋼、 低合金鋼、 ステンレス鋼		△*1 △*2 △*3 ▲*4	▲				▲*5	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）