

表 2 (2/10) 川内 2 号炉 主要な機械設備 空気圧縮装置の機能

機 器 名 称	機 能
制御用空気圧縮装置	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。
ガスサンプリング圧縮装置	原子炉格納容器内雰囲気サンプリング用として設置するガス分析のための空気圧縮装置である。

表 2 (3/10) 川内 2 号炉 主要な機械設備 燃料取扱設備の機能

機 器 名 称	機 能
燃料取替クレーン	原子炉格納容器内原子炉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及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及び燃料内挿物の移送に使用される燃料取扱設備である。
燃料移送装置	原子炉格納容器と燃料取扱建屋内燃料移送チャンネル間の燃料集合体及び燃料内挿物の移送に使用される燃料取扱設備である。

表 2 (4/10) 川内 2 号炉 主要な機械設備 原子炉容器上部ふた付属設備の機能

機 器 名 称	機 能
制御棒クラスタ駆動装置	炉心制御のための制御棒クラスタを駆動する装置である。
炉内熱電対用ハウジング	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。

表 2 (5/10) 川内 2 号炉 主要な機械設備 原子炉容器内挿物の機能

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及び停止の際、炉心の余剰反応度を吸収するための原子炉容器内挿物である。

表 2 (6/10) 川内 2 号炉 主要な機械設備 濃縮減容設備の機能

機 器 名 称	機 能
A 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。
B 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。
ほう酸回収装置	余剰ほう酸水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。

表 2 (7/10) 川内 2 号炉 主要な機械設備 アスファルト固化装置の機能

機 器 名 称	機 能
アスファルト混和機	廃液蒸発装置及び洗たく排水から出る濃縮液を、加熱した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。

表 2 (8/10) 川内 2 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
雑固体焼却炉	可燃性雑固体、廃油又は廃液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。

表 2 (9/10) 川内 2 号炉 主要な機械設備 スチームコンバータの機能

機 器 名 称	機 能
スチームコンバータ	給水を高圧タービン抽気又は主蒸気により加熱して補助蒸気を発生させ各機器へ供給する。



表 2 (10/10) 川内 2 号炉 主要な機械設備 水素濃度制御装置の機能

機 器 名 称	機 能
静的触媒式水素再結合装置	触媒の働きにより原子炉格納容器内の水素を低減させる装置である。
電気式水素燃焼装置	電気ヒータで燃焼させることにより原子炉格納容器内の水素を低減させる装置である。

# 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. 対象機器	1
2. 重機器サポートの技術評価	2
2.1 構造及び材料	2
2.2 経年劣化事象の抽出	28
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. 対象機器

川内2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 川内2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(°C)
原子炉容器サポート	PS-1	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170
蒸気発生器サポート	PS-1	上部胴サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約49
		上部胴サポート オイルスナバ	上部胴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270
		中間胴サポート	蒸気発生器の地震時の水平方向の変位を拘束する。	約280
		中間胴サポート オイルスナバ	中間胴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210
		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	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140
加圧器サポート	PS-1	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190
		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4種類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 構造及び材料

#### 2.1.1 原子炉容器サポート

##### (1) 構造

川内2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付けられており、サポートブラケット（サポートシュ、サポートリブ）、シムプレート及び基礎ボルトにより、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。

なお、鉛直方向変位は、原子炉容器の転倒モーメントにより発生する可能性があるが、原子炉容器本体の自重により相殺されることから上向きの変位は生じないため、上方を拘束する支持構造物は設けていない構造としている。

川内2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

川内2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。

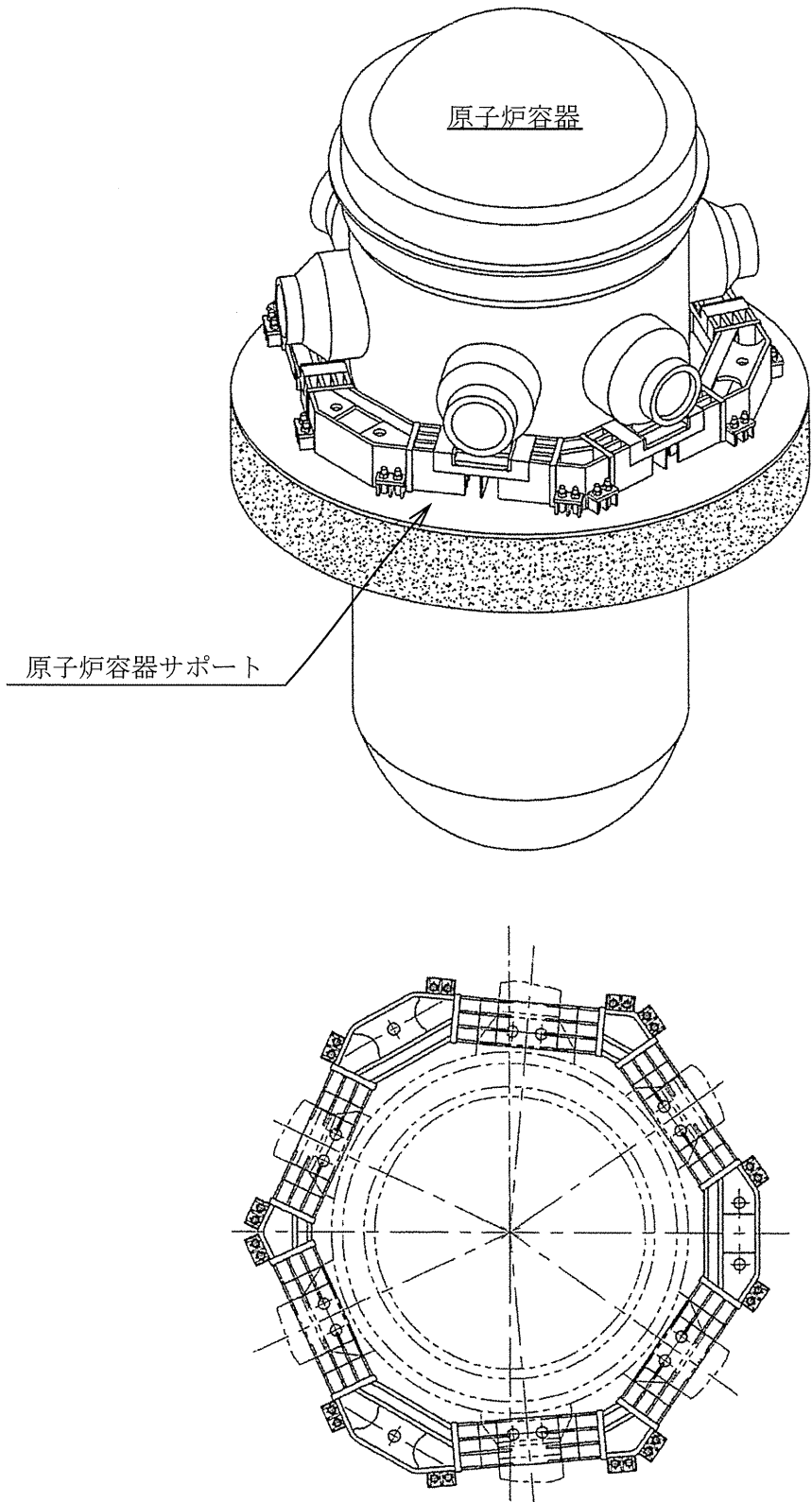
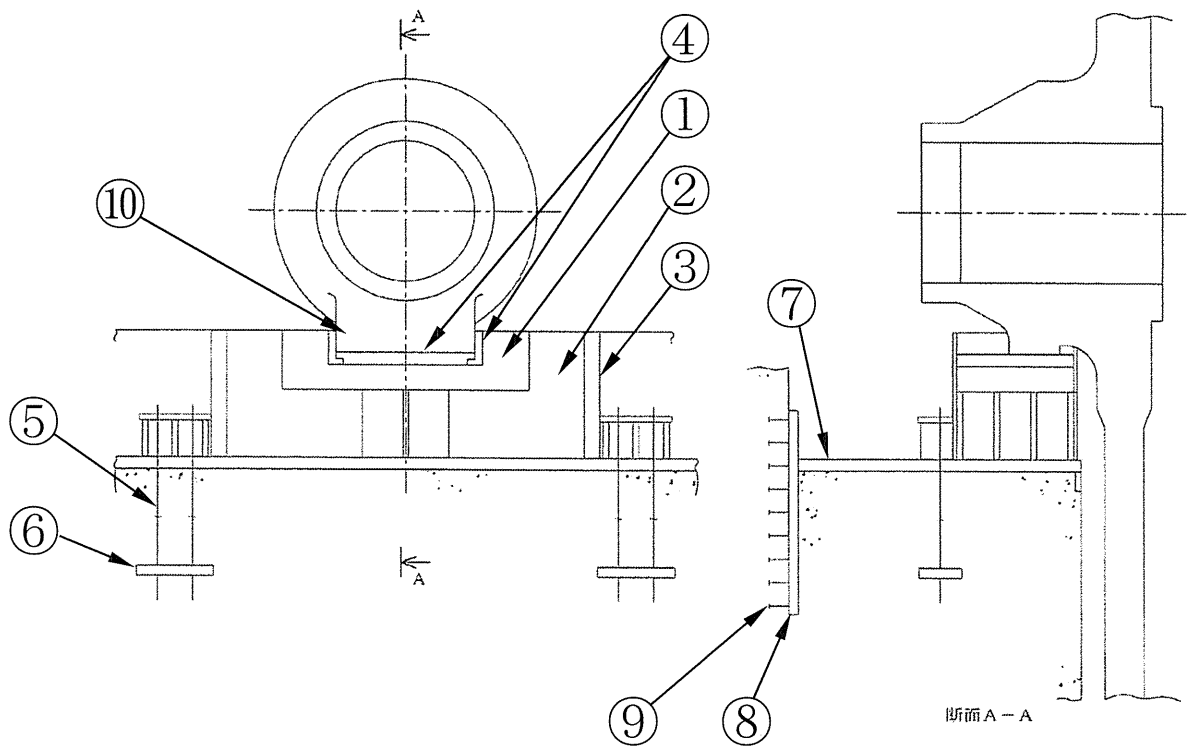


図2.1-1(1/2) 川内2号炉 原子炉容器サポート構造図



No.	部 位
①	サポートブラケット (サポートシュ)
②	サポートブラケット (サポートリブ)
③	サポートブラケット (側板)
④	シムプレート
⑤	基礎ボルト
⑥	埋込金物
⑦	ベースプレート
⑧	外周プレート
⑨	埋込補強材
⑩	パッド (原子炉容器本体)

図2.1-1(2/2) 川内2号炉 原子炉容器サポート構造図

表2.1-1 川内2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 (サポートシュ)	低合金鋼
サポートブラケット (サポートリブ)	炭 素 鋼
サポートブラケット (側板)	炭 素 鋼
シムプレート	低合金鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭 素 鋼
ベースプレート	炭 素 鋼
外周プレート	炭 素 鋼
埋込補強材	炭 素 鋼
パッド (原子炉容器本体)	低合金鋼



## 2.1.2 蒸気発生器サポート

### (1) 構造

川内2号炉の蒸気発生器サポートは、上部胴サポート、中間胴サポート、下部サポート及び支持脚の4種類が設置されている。

上部胴サポートは、蒸気発生器本体上部胴部に設置されたビームブラケット、サポートビーム、サポートコラム、オイルスナバ等により地震時の水平方向の変位を拘束する構造である。

中間胴サポートは、蒸気発生器本体中間胴部に吊り金物により吊り下げられた八角形のリングフレーム、バックバンパ、オイルスナバ等により地震時の水平方向の変位を拘束する構造である。オイルスナバは、抵抗力発生の媒体にオイルを使用している。

下部サポートは、蒸気発生器水室のパッド部に設置されたサポートビーム、サポートブロック等により、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4本取り付けられており、サポートパイプ、支持脚ブラケット、ヒンジ、押え金物、支持脚ベースプレート、ベースプレート、これらを接続する支持脚ピン等によ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。

川内2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

川内2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。

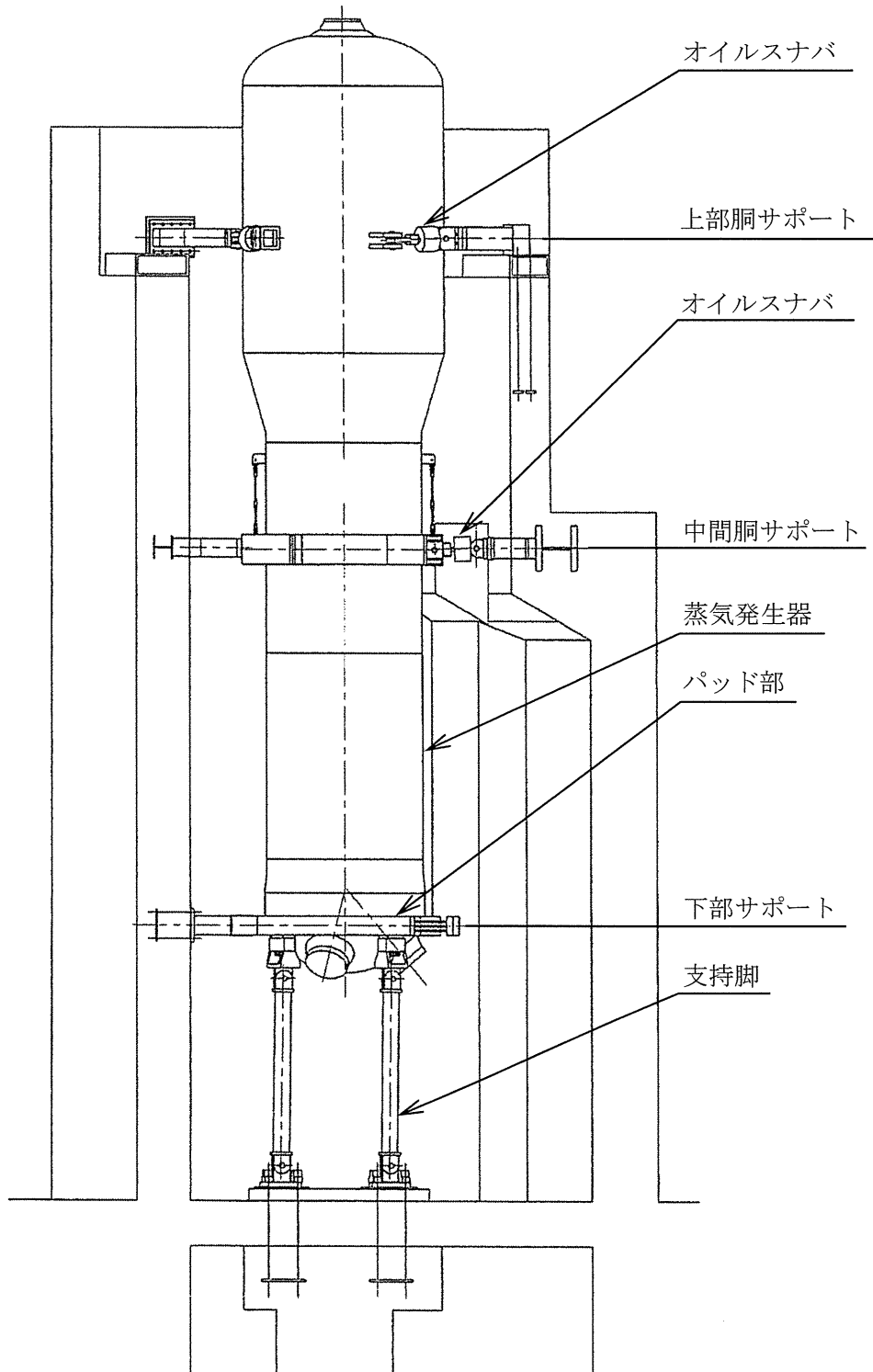
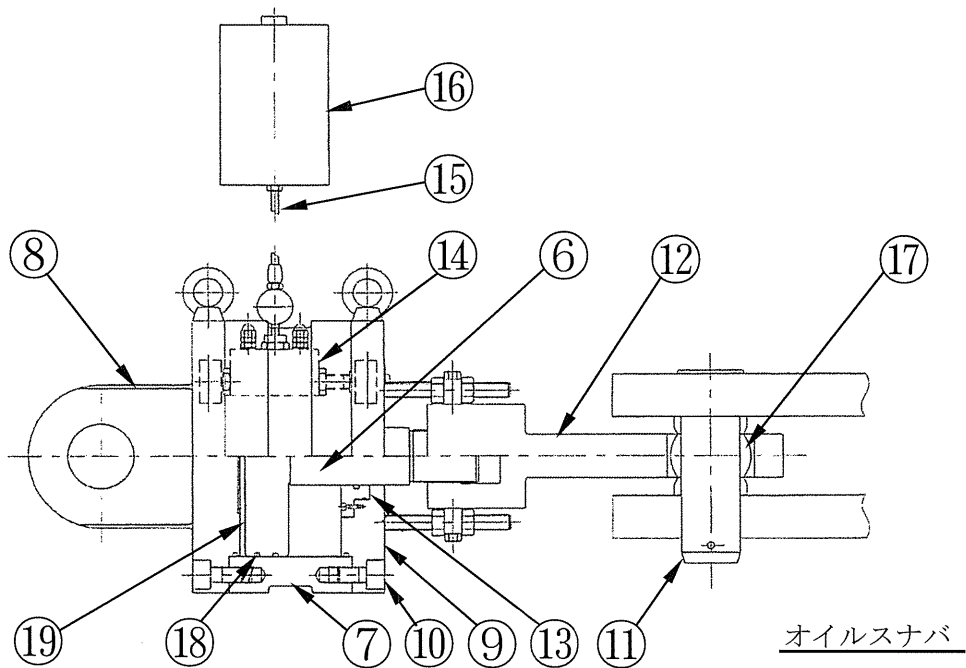
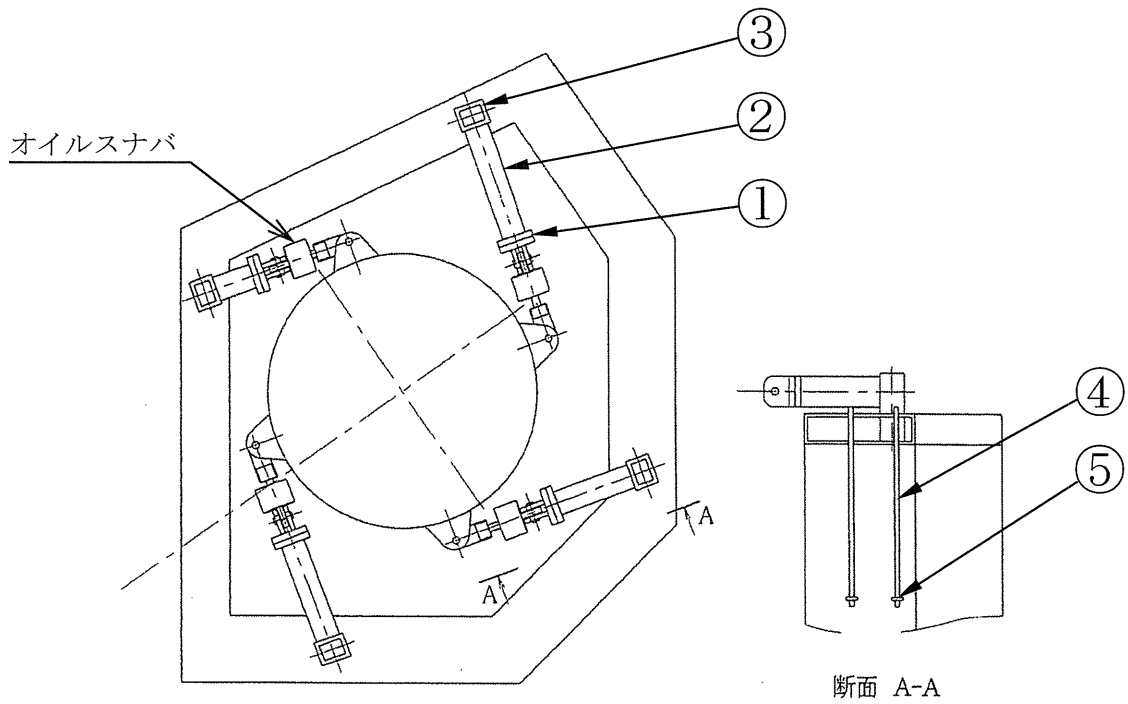


図2.1-2 川内2号炉 蒸気発生器サポート構造図

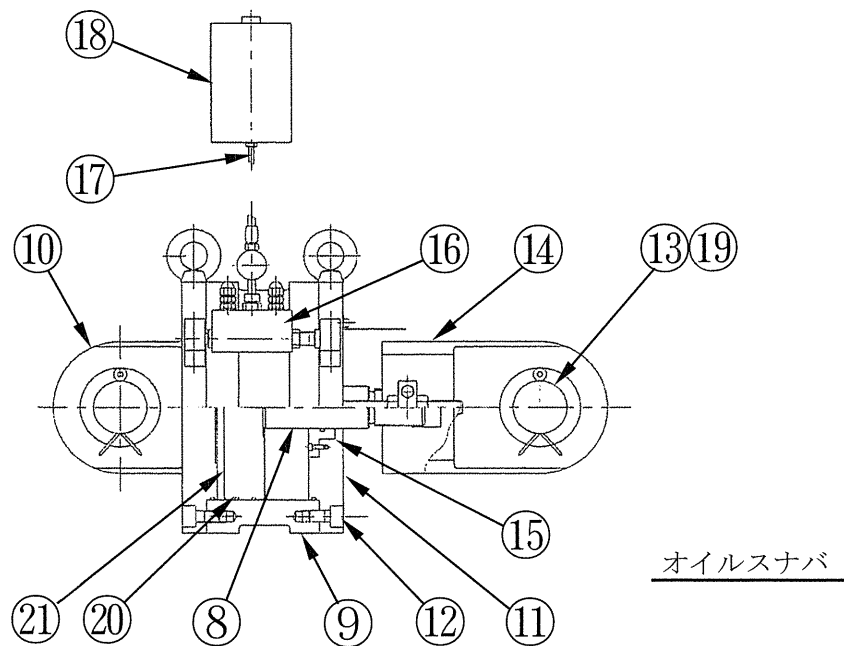
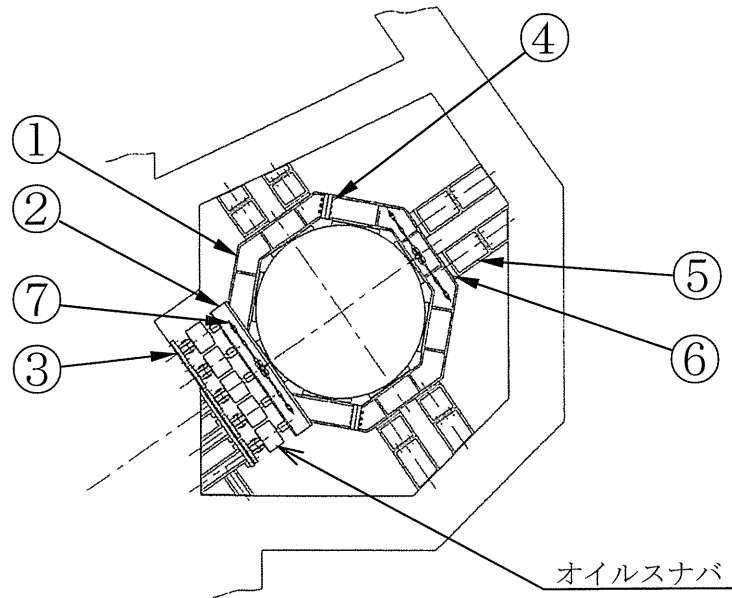


No.	部 位	No.	部 位
①	ビームブラケット	⑪	ピ ン
②	サポートビーム	⑫	コネクティングラグイーヤ
③	サポートコラム	⑬	ブッシュ
④	基礎ボルト	⑭	コントロールバルブ
⑤	埋込金物	⑮	給油管
⑥	ピストンロッド	⑯	オイルリザーバ
⑦	シリンダチューブ	⑰	球面軸受
⑧	シリンダカバーイーヤ	⑱	オイルシール
⑨	ロッドカバー	⑲	オ イ ル
⑩	タイボルト		

図2.1-3 川内2号炉 蒸気発生器サポート 上部胴サポート構造図

表2.1-2 川内2号炉 蒸気発生器サポート 上部胴サポート主要部位の使用材料

部 位		材 料
ビームブラケット		炭 素 鋼
サポートビーム		炭 素 鋼
サポートコラム		炭 素 鋼
基礎ボルト		低合金鋼
埋込金物		炭 素 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
	シリンダカバーイーヤ	低合金鋼
	ロッドカバー	低合金鋼
	タイボルト	低合金鋼
	ピ ン	低合金鋼
	コネクティングラグイーヤ	低合金鋼
	ブッシュ	銅合金鋳物
	コントロールバルブ	炭 素 鋼
	給 油 管	ステンレス鋼
	オイルリザーバ	ステンレス鋼
	球面軸受	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

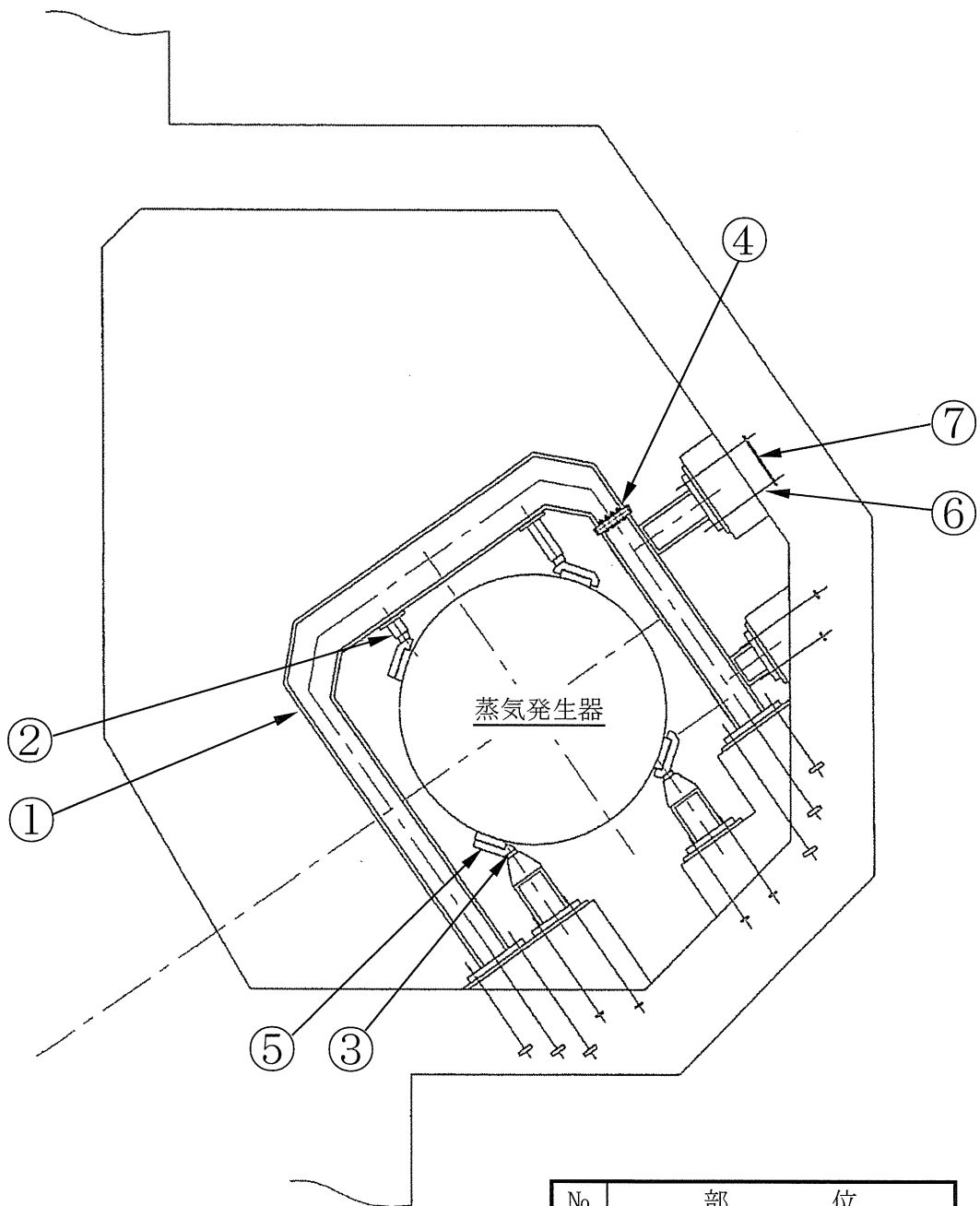


No.	部 位	No.	部 位
①	リングフレーム	⑫	タイボルト
②	リングフレームスナバ取付部	⑬	ピ ン
③	スナバブラケット	⑭	コネクティングラグイーヤ
④	リングフレーム組立ボルト	⑮	ブッシュ
⑤	バックバンパ	⑯	コントロールバルブ
⑥	シ ム	⑰	給 油 管
⑦	吊り金物	⑱	オイルリザーバ
⑧	ピストンロッド	⑲	球面軸受
⑨	シリンダチューブ	⑳	オイルシール
⑩	シリンダカバーイーヤ	㉑	オ イ ル
⑪	ロッドカバー		

図 2.1-4 川内 2 号炉 蒸気発生器サポート 中間胴サポート構造図

表2.1-3 川内2号炉 蒸気発生器サポート 中間胴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
リングフレームスナバ取付部		炭 素 鋼
スナバブラケット		炭 素 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
シ ム		炭 素 鋼
吊り金物		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
	シリンダカバーイーヤ	低合金鋼
	ロッドカバー	低合金鋼
	タイボルト	低合金鋼
	ピ ン	低合金鋼
	コネクティングラグイーヤ	低合金鋼
	ブッシュ	銅合金鋳物
	コントロールバルブ	炭 素 鋼
	給 油 管	ステンレス鋼
	オイルリザーバ	ステンレス鋼
	球面軸受	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



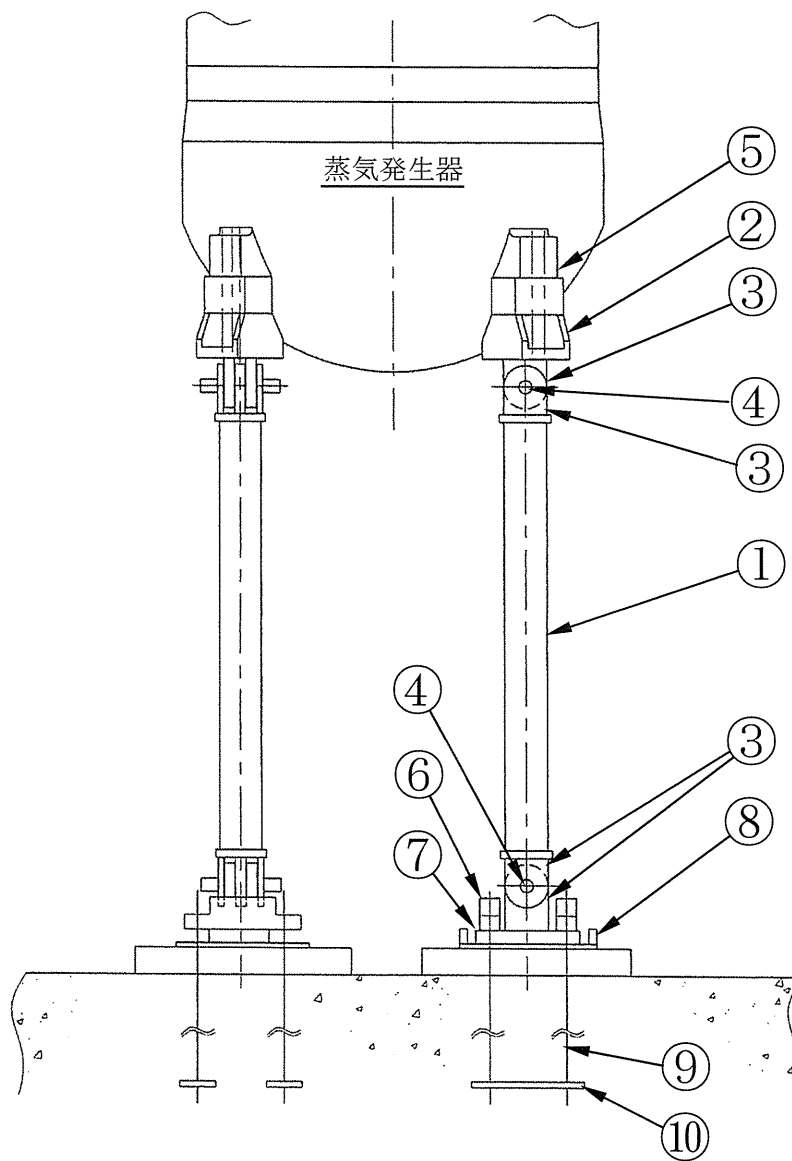
No.	部 位
①	サポートビーム
②	サポートブロック
③	シ ム
④	サポートビーム組立ボルト
⑤	パ ッ ド
⑥	基礎ボルト
⑦	埋込金物

図2.1-5 川内2号炉 蒸気発生器サポート 下部サポート構造図

表2.1-4 川内2号炉 蒸気発生器サポート 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	炭 素 鋼 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
埋込金物	炭 素 鋼





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

図2.1-6 川内2号炉 蒸気発生器サポート 支持脚構造図

表2.1-5 川内2号炉 蒸気発生器サポート 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 低合金鋼
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

川内2号炉の1次冷却材ポンプサポートは、上部サポート、下部サポート及び支持脚の3種類が設置されている。

上部サポートは、ポンプ電動機フランジ部の水平面内に取り付けたサポートビーム、オイルスナバ等により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、ポンプケーシングラグ部3ヶ所に設置されたタイロッド、ブラケット等により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3本取り付けられており、サポートパイプ、支持脚ブラケット、ヒンジ、押え金物、支持脚ベースプレート、ベースプレート、これらを接続する支持脚ピン等により、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。

川内2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2.1-10に示す。

#### (2) 材料

川内2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。

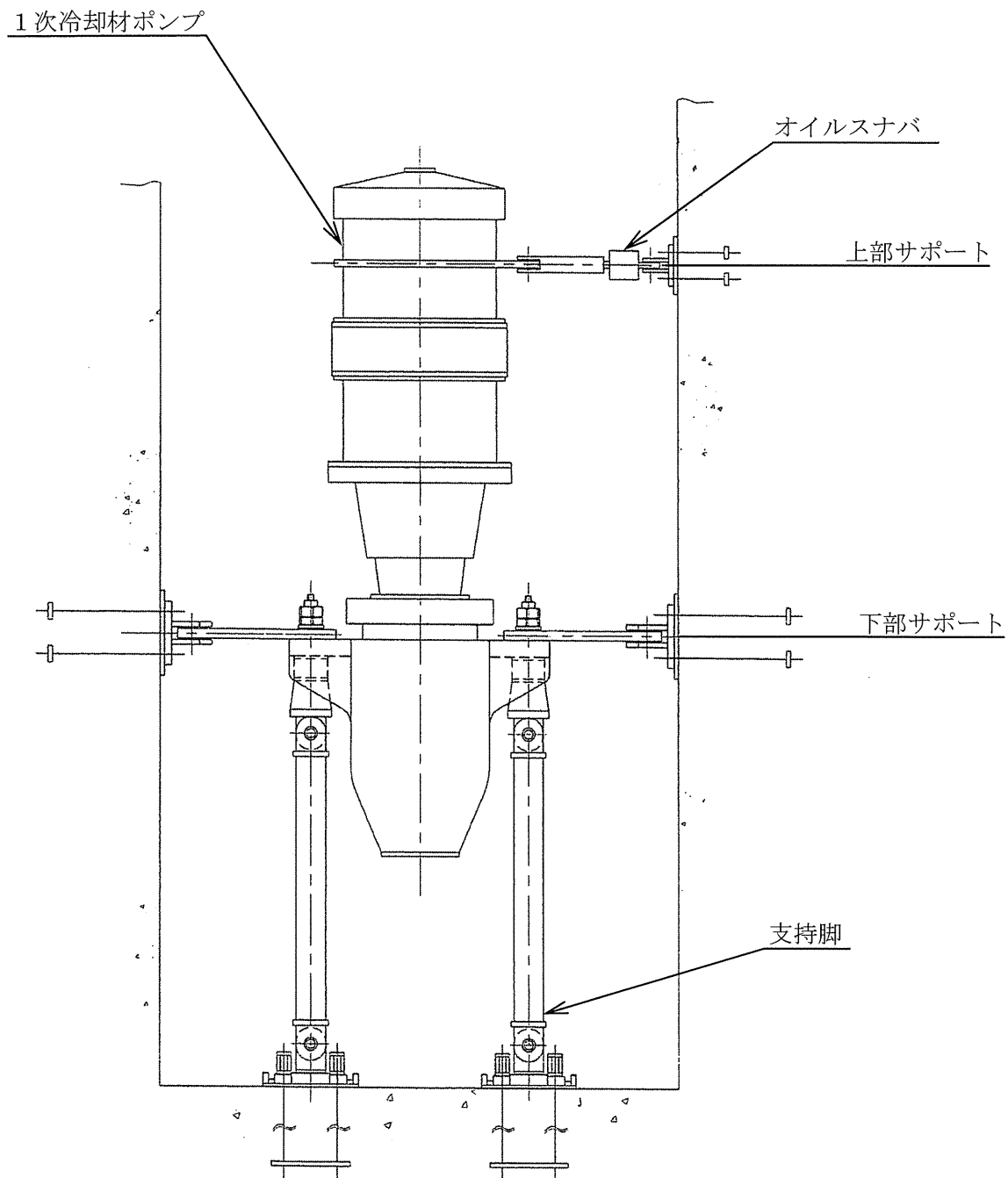
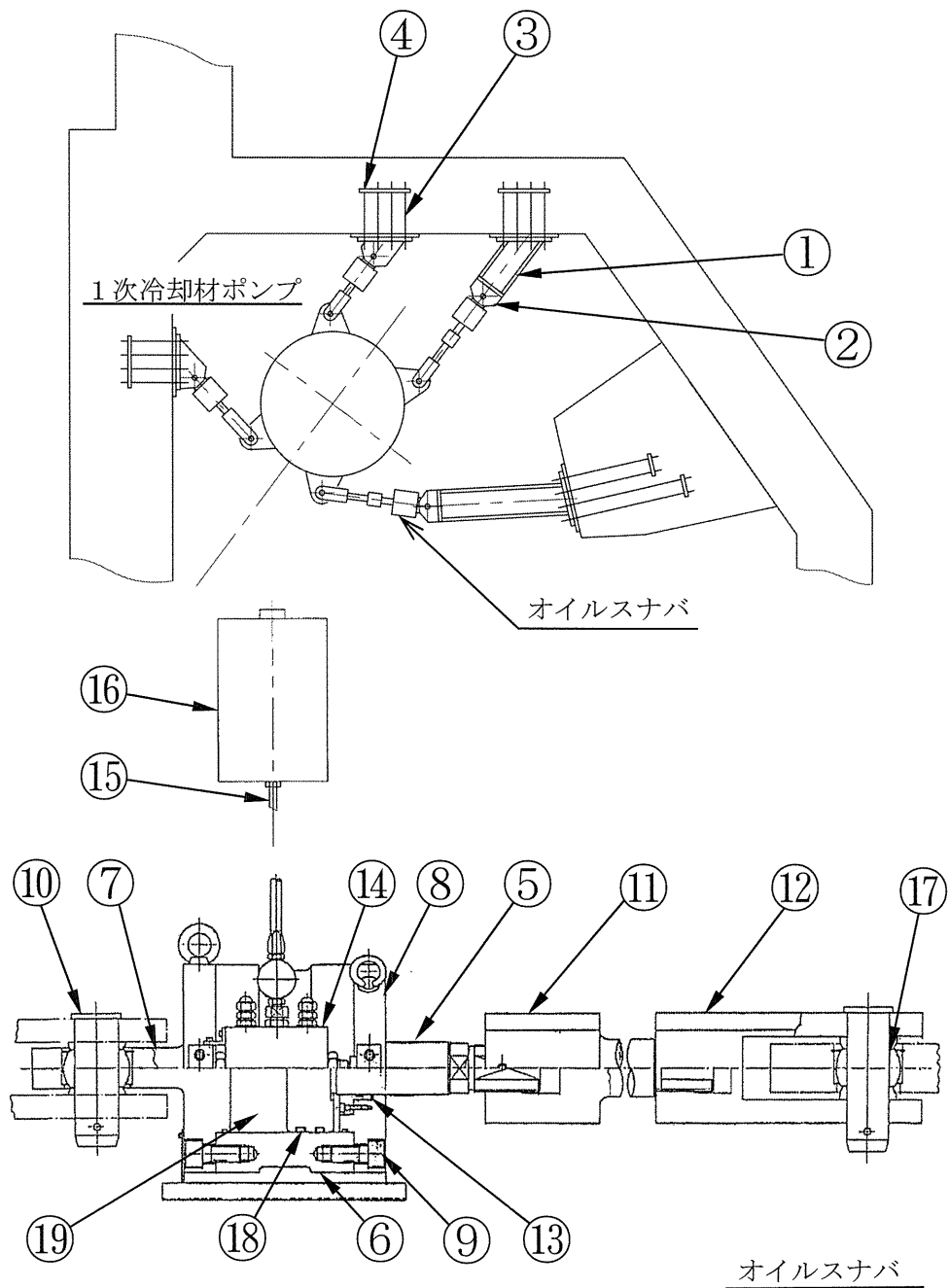


図2.1-7 川内2号炉 1次冷却材ポンプサポート構造図

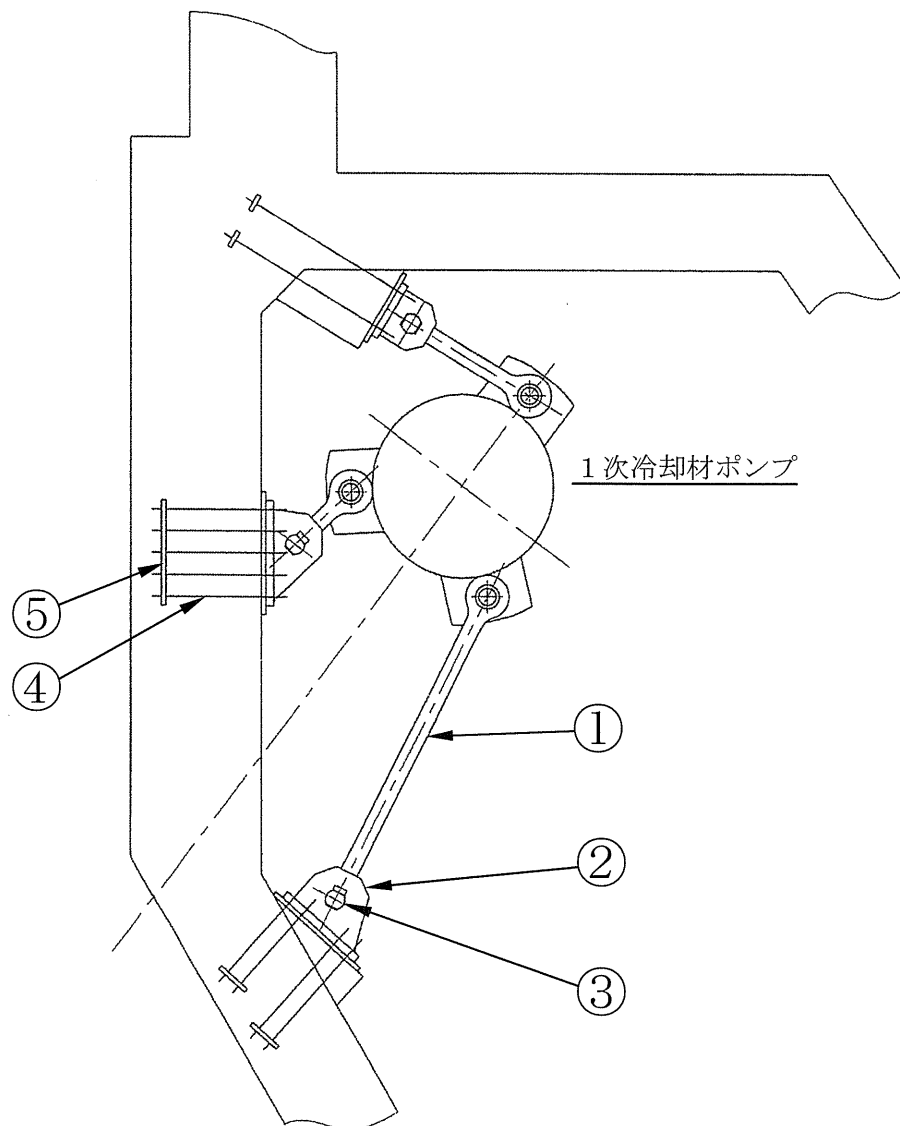


No.	部 位	No.	部 位
①	サポートビーム	⑪	ターンバックル
②	ブラケット	⑫	コネクティングラグイヤー
③	基礎ボルト	⑬	ブッシュ
④	埋込金物	⑭	コントロールバルブ
⑤	ピストンロッド	⑮	給油管
⑥	シリンダチューブ	⑯	オイルリザーバ
⑦	シリンダカバーイヤー	⑰	球面軸受
⑧	ロッドカバー	⑱	オイルシール
⑨	タイボルト		オイル
⑩	ピン		

図2.1-8 川内2号炉 1次冷却材ポンプサポート 上部サポート構造図

表 2.1-6 川内 2 号炉 1 次冷却材ポンプサポート 上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
ブラケット		炭 素 鋼
基礎ボルト		低合金鋼
埋込金物		炭 素 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
	シリンダカバーイーヤ	低合金鋼
	ロッドカバー	低合金鋼
	タイボルト	低合金鋼
	ピ ン	低合金鋼
	ターンバックル	低合金鋼
	コネクティングラグイーヤ	低合金鋼
	ブッシュ	銅合金鋳物
	コントロールバルブ	炭 素 鋼
	給 油 管	ステンレス鋼
	オイルリザーバ	ステンレス鋼
	球面軸受	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



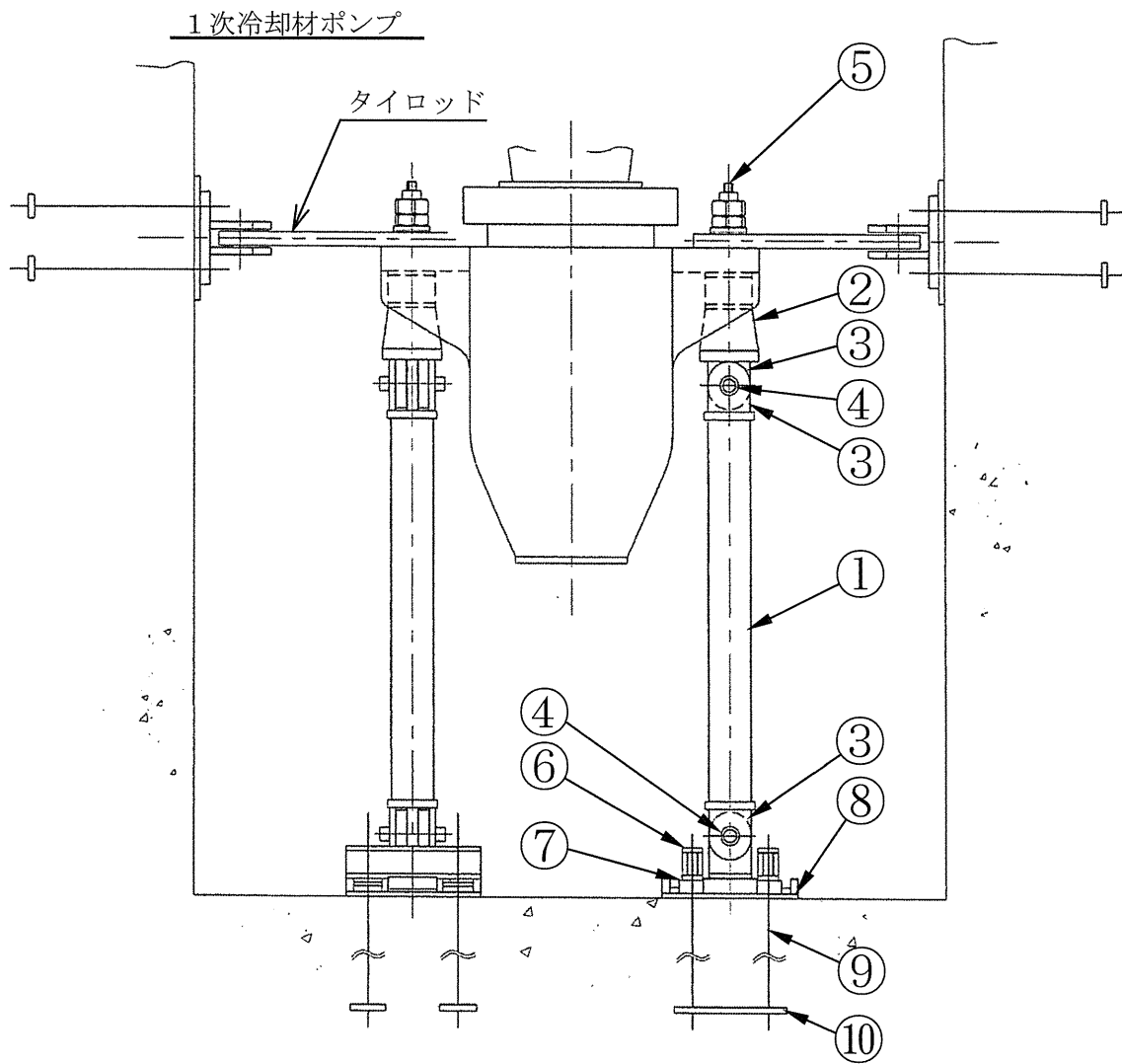
No.	部 位
①	タイロッド
②	ブラケット
③	タイロッドピン
④	基礎ボルト
⑤	埋込金物

図2.1-9 川内2号炉 1次冷却材ポンプサポート 下部サポート構造図

表2.1-7 川内2号炉 1次冷却材ポンプサポート 下部サポート主要部位の使用材料

部 位	材 料
タイロッド	低合金鋼
ブラケット	低合金鋼
タイロッドピン	低合金鋼
基礎ボルト	低合金鋼
埋込金物	炭 素 鋼





No.	部 位
①	サポートパイプ
②	支持脚ブラケット
③	ヒンジ
④	支持脚ピン
⑤	支持脚取付ピン
⑥	押え金物
⑦	支持脚ベースプレート
⑧	ベースプレート
⑨	基礎ボルト
⑩	埋込金物

図2.1-10 川内2号炉 1次冷却材ポンプサポート 支持脚構造図

表2.1-8 川内2号炉 1次冷却材ポンプサポート 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	低合金鋼
支持脚ピン	低合金鋼
支持脚取付ピン	低合金鋼
押え金物	炭 素 鋼
支持脚ベースプレート	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

#### 2.1.4 加圧器サポート

##### (1) 構造

川内2号炉の加圧器サポートは、上部サポート及び下部サポートの2種類が設置されている。

上部サポートは、加圧器胴部の水平面内に取り付けたサポートブラケット及び組立ボルトにより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、加圧器胴下部に溶接したスカート、基礎ボルト及び埋込金物により地震時の水平及び鉛直方向の変位を拘束する構造である。

川内2号炉の加圧器サポートの構造図を図2.1-11～図2.1-13に示す。

##### (2) 材料

川内2号炉の加圧器サポートの使用材料を表2.1-9及び表2.1-10に示す。

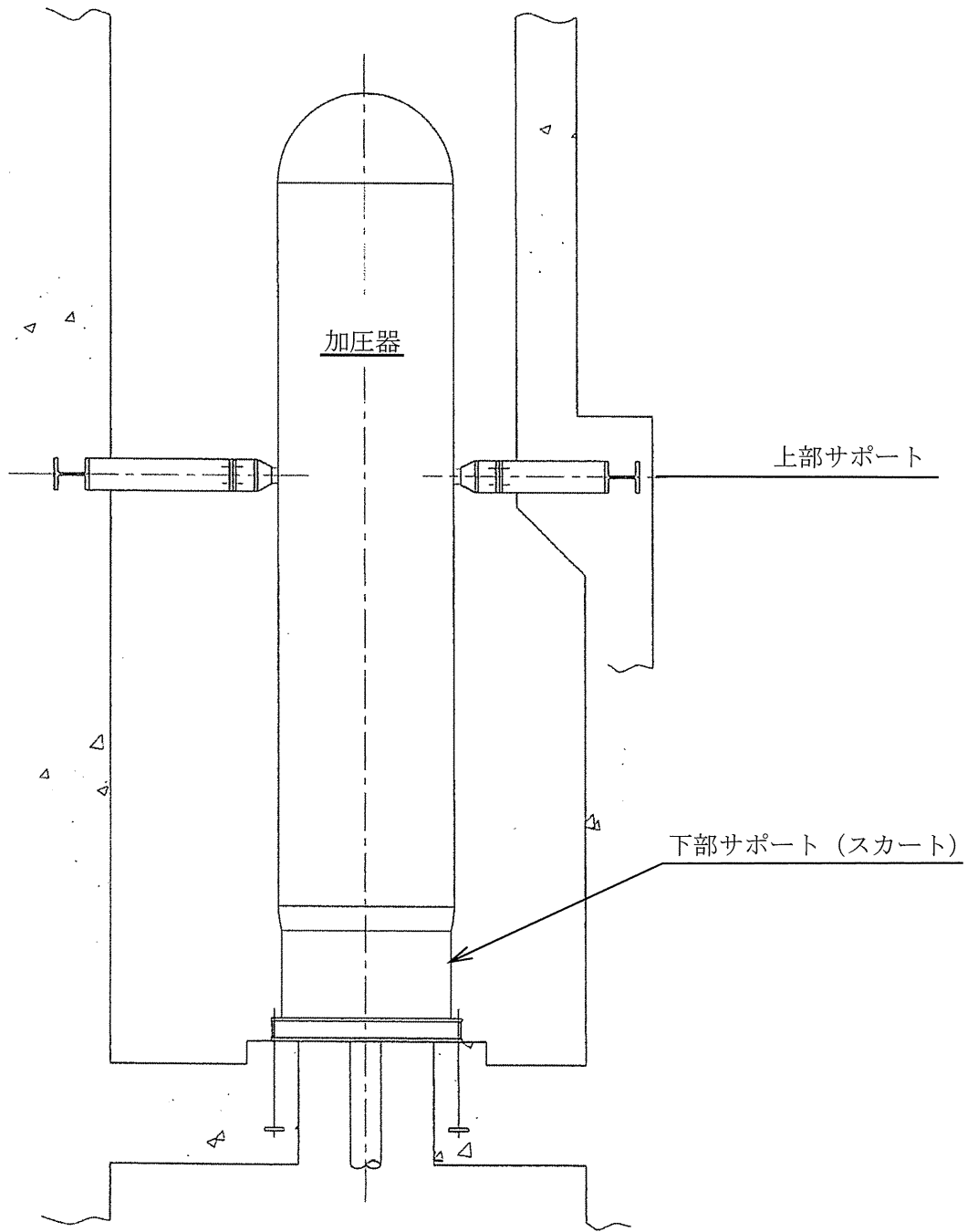
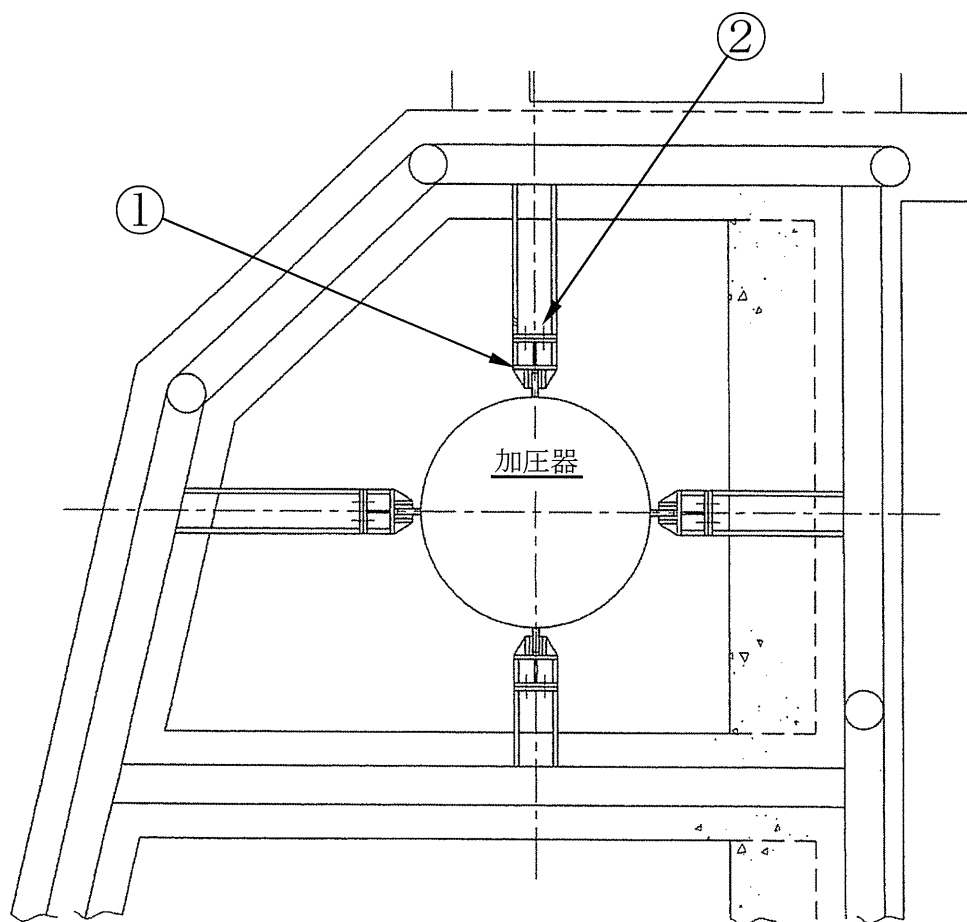


図2.1-11 川内2号炉 加圧器サポート構造図

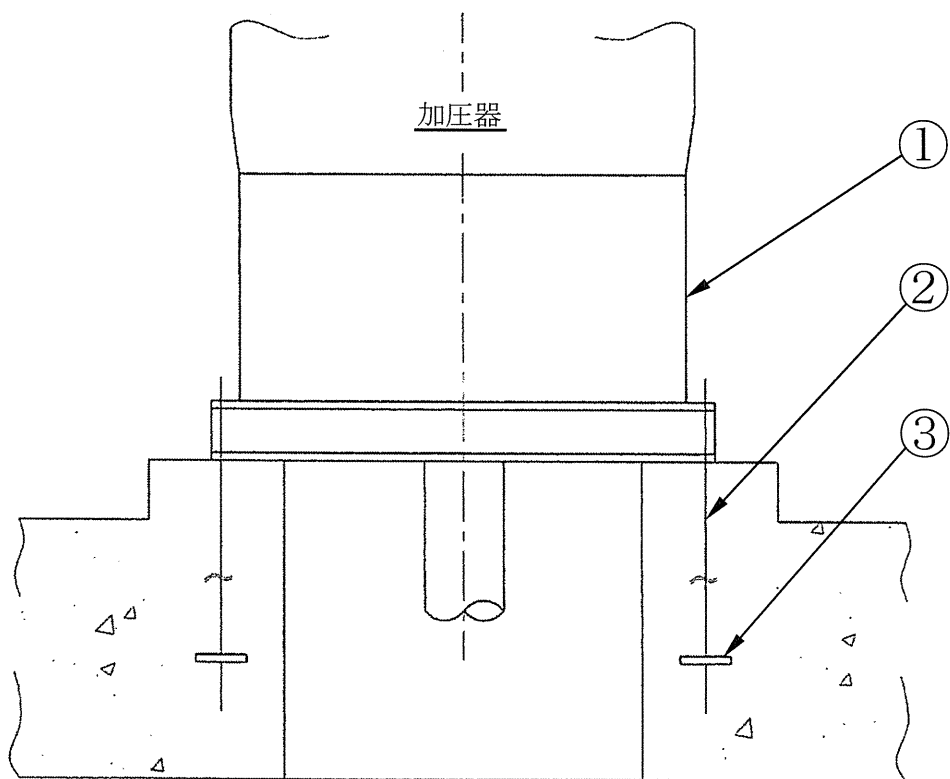


No.	部 位
①	サポートブラケット
②	組立ボルト

図2.1-12 川内2号炉 加圧器サポート 上部サポート構造図

表2.1-9 川内2号炉 加圧器サポート 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
組立ボルト	低合金鋼



No.	部 位
①	スカート
②	基礎ボルト
③	埋込金物

図2.1-13 川内2号炉 加圧器サポート 下部サポート（スカート）構造図

表2.1-10 川内2号炉 加圧器サポート 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次冷却材ポンプ及び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（温度、中性子及びγ線照射等）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-3～表2.2-6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～表2.2-6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～表2.2-6で△又は▲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、又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)又は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及び低合金鋼を使用しており、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、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。

摺動部及び蒸気発生器パッドと下部サポートシムとの接触面の摺動部には潤滑材を塗布しており、腐食が発生し難い環境である。

サポートブラケット等は、これまでに摺動部等を含めて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難い。

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、サポートブラケット等は摺動部等を含めて、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。



- (2) 原子炉容器炉心近傍部材（サポートリブ）の照射脆化〔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、中性子及び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。

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サポートリブとし、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<sub>s</sub>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。

応力拡大係数及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」及び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及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 $T_{NDT}$ ）は国内PWRプラントの建設時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]

原子炉容器サポート廻りの中性子照射量は米国オークリッジ国立研究所（以下、「ORNL」という）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2.2-3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及び米国 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（ $\Delta T_{MDT}$ ） $^{\circ}\text{C}$ ）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、製造時又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。

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（JEAC4206-2007）」に準拠し、板厚の1/4として、き裂のアスペクト比（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、サポートリブに対しては平板要素としてRaju-Newmanの次式を使用した。

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

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

0 < a/c ≤ 1 の場合

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

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

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

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

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

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

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

1 < a/c < 2 の場合

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

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

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

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

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

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

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

ここで、

a : き裂深さ

c : 表面長さの半長

t : 平板の厚さ

b : 平板の幅の半長

φ : き裂前縁の位置を表す角度

表2.2-1に評価結果を示す。

評価結果よりサポートリブ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隙間計測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。

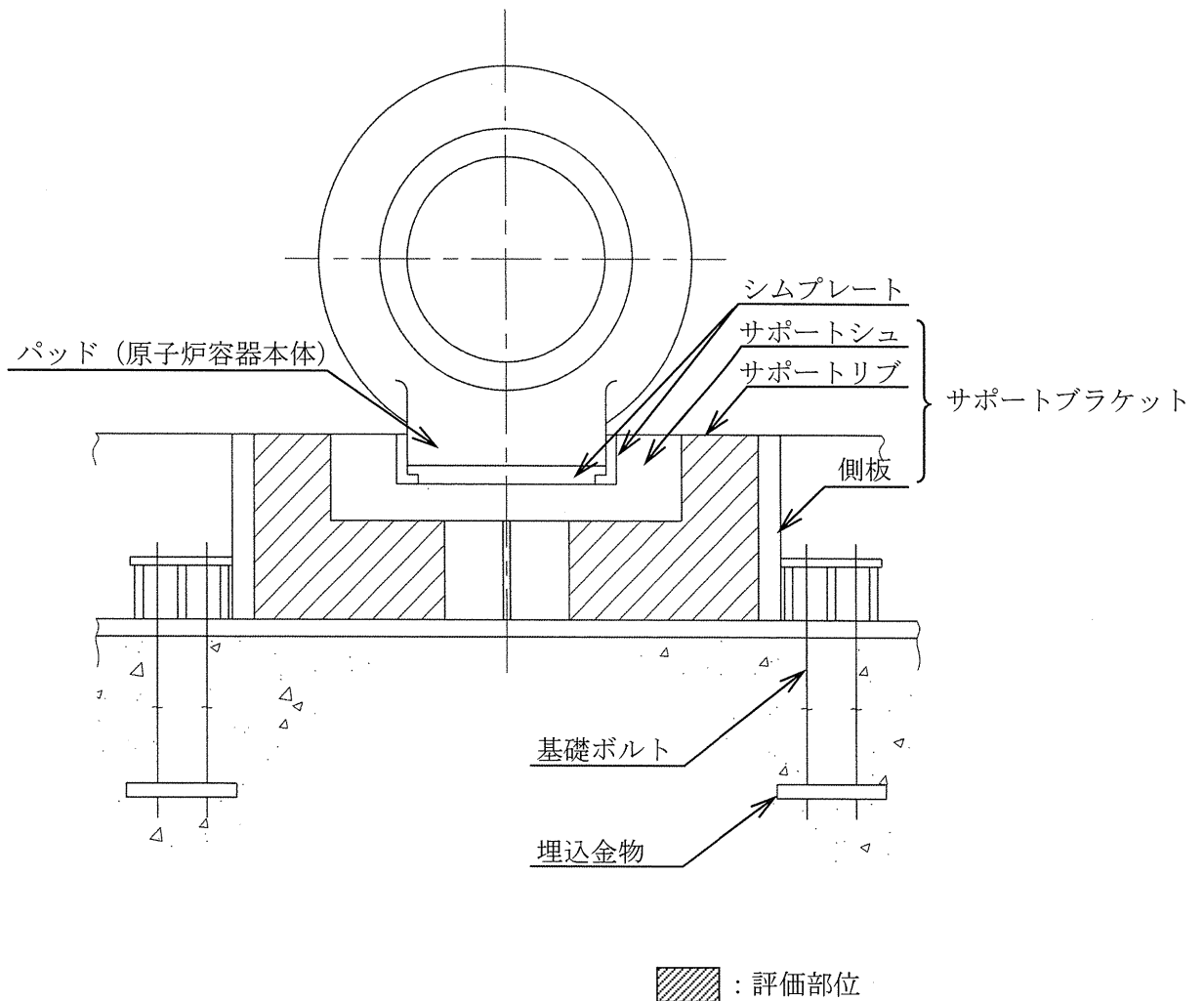


図2.2-1 川内2号炉 原子炉容器サポートの照射脆化評価部位

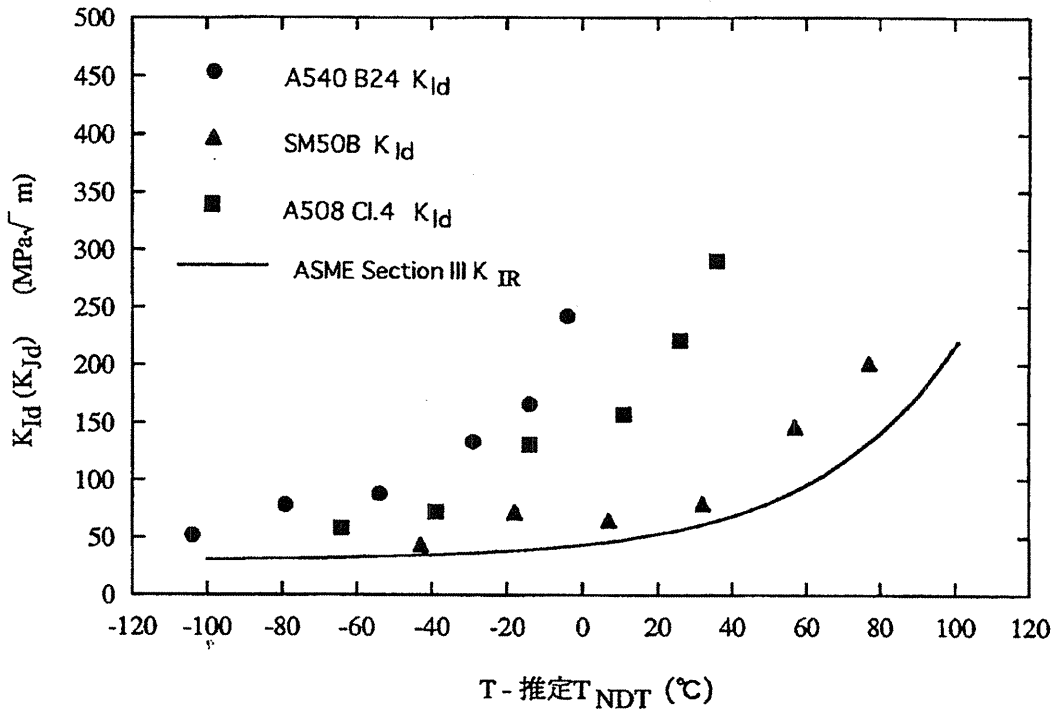


図2. 2-2 動的破壊靱性と (T-推定 $T_{NDT}$ ) の関係

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

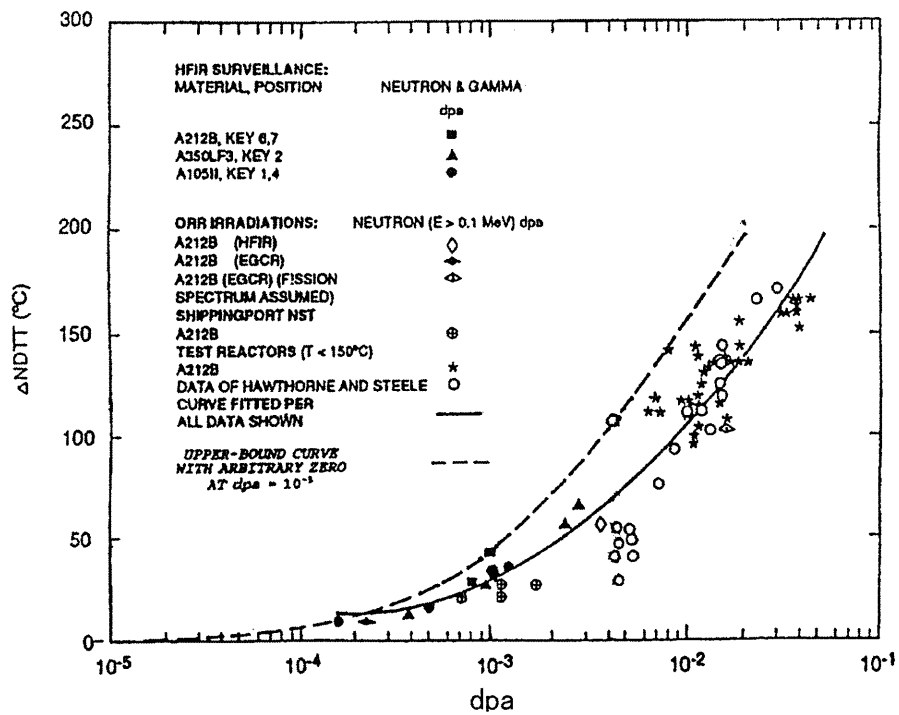


図2. 2-3 原子炉容器サポートの脆化予測曲線

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

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

表2.2-1 川内2号炉 サポートブラケット（サポートリブ）の脆化評価結果

評価部位 (材料名)	サポートブラケット（サポートリブ） (SM50B)
$K_I/K_{IR}$	0.15
評価	○

(3) パッド、ヒンジ等摺動部の摩耗

[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]

機器の移動を許容するサポートの摺動部材（パッド、ヒンジ等、ただしピンは除く）は、機器の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2.2-4に、蒸気発生器支持脚及び1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部を図2.2-5に示す。

原子炉容器サポート、蒸気発生器支持脚及び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理論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（（社）日本機械学会））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 [ $m^3$ ]

K：摩耗係数 [-]

S：すべり距離 [m]

P：荷重 [N]

$P_m$ ：かたさ [ $N/m^2$ ]

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及び運転状態IIの過渡条件とその回数から算出した。

摩耗係数及び硬さについては、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。

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)は許容値に比べ小さい。また、原子炉容器パッドについてはキャビティシール据付時に偏りが無いことを定期的に確認しており、これまでに有意な偏りは認められないことから、長期運転にあたっては支持機能に影響を及ぼす可能性はないと考える。

また、パッドの摩耗に対しては、定期的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キャビティシール据付時の隙間計測により確認し、ヒンジ等摺動部の摩耗に対しては、外観点検時にかみ合い深さ(ヒンジ先端からそれとかみ合うヒンジ底部まで)を目視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2.2-2 川内2号炉 重機器サポート摺動部の摩耗量評価結果

評価部位	運転開始後60年時点での推定摩耗深さ / 許容値
原子炉容器パッド	約1/3
蒸気発生器支持脚ヒンジ	約1/500
1次冷却材ポンプ支持脚ヒンジ	約1/200

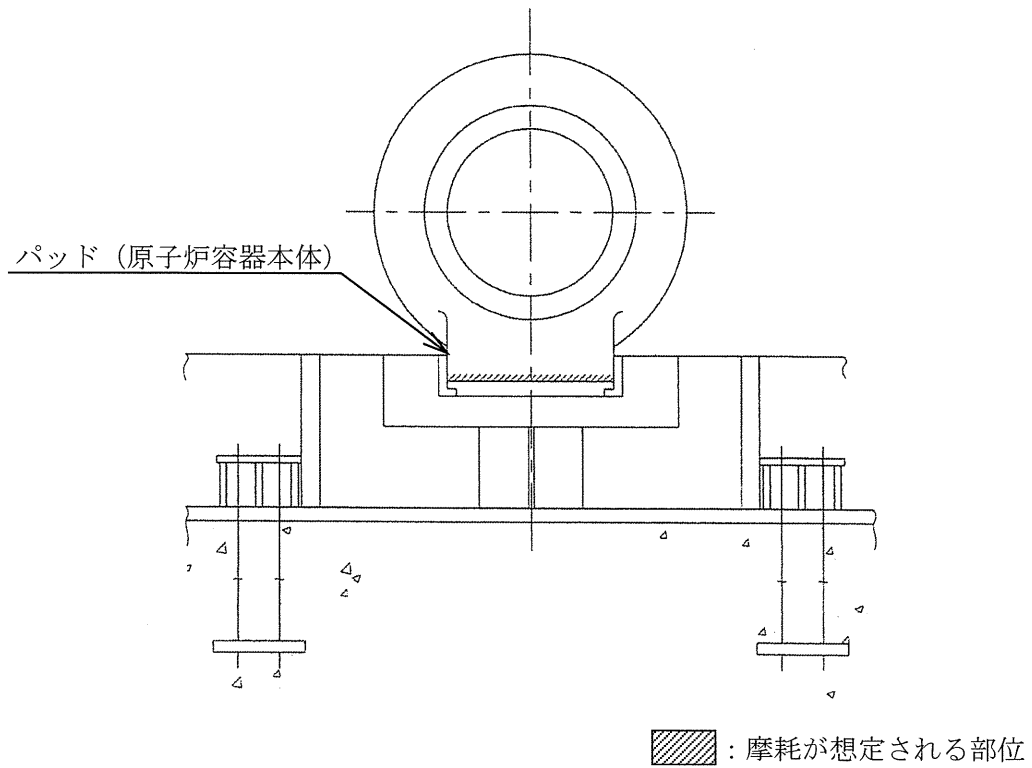


図2.2-4 川内2号炉 原子炉容器サポートの摺動部 (パッド)

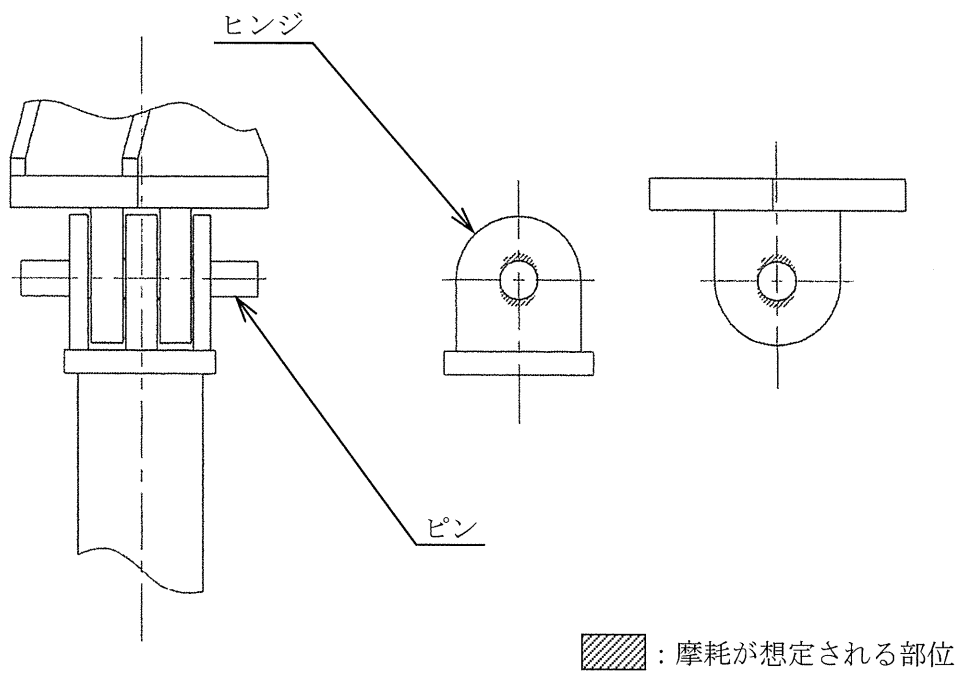


図2.2-5 川内2号炉 蒸気発生器支持脚及び1次冷却材ポンプ支持脚の摺動部 (ヒンジ)



(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、機器の熱移動や振動により摩耗が想定される。

しかしながら、蒸気発生器及び1次冷却材ポンプ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、蒸気発生器の上部胴サポート、中間胴サポート及び1次冷却材ポンプの上部サポート及び下部サポートにかかる荷重は小さい。

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プラント起動・停止時)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小さく、可動部を摺動させるほどの力は生じないと考える。

ピン(材料:SNB23-3)については、ヒンジ(材料:SM490B、SFV3)及びタイロッド(材料:SMCM630)よりも硬質な材料を使用しており、オイルスナバのピストンロッド(材料:SNCM630)については、ブッシュ(材料:BC6)よりも硬質な材料を使用している。

一方、オイルスナバのピンについては、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、外観点検時の目視確認により、ピンのかみ合い部及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) 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り返し荷重により、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、外観点検時の目視確認により、機器の健全性を確認している。

(6) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

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。

(7) 埋込金物の腐食（全面腐食）〔共通〕

埋込金物、原子炉容器サポートの外周プレート（コンクリート埋設部）及び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にあり、コンクリートが中性化に至るには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 消耗品及び定期取替品

オイルスナバに使用しているオイルシール及びオイルは分解点検時に取り替えている消耗品であり、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 川内2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 (サポートシュ)		低合金鋼		△						*1:照射脆化 *2:大気接触部 *3:コンクリート埋設部
	サポートブラケット (サポートリブ)		炭素鋼		△				△*1		
	サポートブラケット (側板)		炭素鋼		△						
	シムプレート		低合金鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						
	ベースプレート		炭素鋼		△						
	外周プレート		炭素鋼		△*2 ▲*3						
	埋込補強材		炭素鋼		▲						
	パッド (原子炉容器本体)		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）

▲：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2.2-4(1/4) 川内2号炉 蒸気発生器サポート 上部胴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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
機器の支持	ビームブラケット		炭素鋼	△	△						
	サポートビーム		炭素鋼		△						
	サポートコラム		炭素鋼		△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						
	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 イヤ		低合金鋼		△					
		ロッドカバー		低合金鋼		△					
		タイボルト		低合金鋼		△					
		ピ ン		低合金鋼	△	△					
		コネクティングラグ イヤ		低合金鋼		△					
		ブッシュ		銅合金鋳物	△						
		コントロールバルブ		炭素鋼		△					
		給油管		ステンレス鋼							
		オイルリザーバ		ステンレス鋼							
球面軸受			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）

▲：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2.2-4(2/4) 川内2号炉 蒸気発生器サポート 中間胴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		△						
	リングフレームサポート取付部		炭素鋼	△	△						
	スナバブラケット		炭素鋼	△	△						
	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		△						
	シ ム		炭素鋼		△						
	吊り金物		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 イーヤ		低合金鋼		△					
		ロッドカバー		低合金鋼		△					
		タイボルト		低合金鋼		△					
		ピ ン		低合金鋼	△	△					
		コネクティングラグ イーヤ		低合金鋼		△					
		ブッシュ		銅合金鋳物	△						
		コントロールバルブ		炭素鋼		△					
		給油管		ステンレス鋼							
		オイルリザーバ		ステンレス鋼							
		球面軸受		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2.2-4(3/4) 川内2号炉 蒸気発生器サポート 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	応力腐蝕割れ	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		炭素鋼 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		△						
	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2.2-4(4/4) 川内2号炉 蒸気発生器サポート 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 低合金鋼		△						
	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 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2.2-5(1/3) 川内2号炉 1次冷却材ポンプサポート 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	サポートビーム		炭素鋼		△						
	ブラケット		炭素鋼	△	△						
	基礎ボルト		低合金鋼		△						
	埋込金物		炭素鋼		▲						
	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 イヤ		低合金鋼		△					
		ロッドカバー		低合金鋼		△					
		タイボルト		低合金鋼		△					
		ピ ン		低合金鋼	△	△					
		ターンバックル		低合金鋼		△					
		コネクティングラグ イヤ		低合金鋼		△					
		ブッシュ		銅合金鋳物	△						
		コントロールバルブ		炭素鋼		△					
		給油管		ステンレス鋼							
		オイルリザーバ		ステンレス鋼							
		球面軸受		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）

▲：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2.2-5(2/3) 川内2号炉 1次冷却材ポンプサポート 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	タイロッド		低合金鋼	△	△						
	ブラケット		低合金鋼	△	△						
	タイロッドピン		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2.2-5(3/3) 川内2号炉 1次冷却材ポンプサポート 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	応力腐蝕割れ	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		低合金鋼	△	△	△					
	支持脚ピン		低合金鋼	△	△						
	支持脚取付ピン		低合金鋼		△						
	押え金物		炭素鋼		△						
	支持脚ベースプレート		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2.2-6(1/2) 川内2号炉 加圧器サポート 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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
機器の支持	サポートブラケット		炭素鋼		△						
	組立ボルト		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2.2-6(2/2) 川内2号炉 加圧器サポート 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	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。

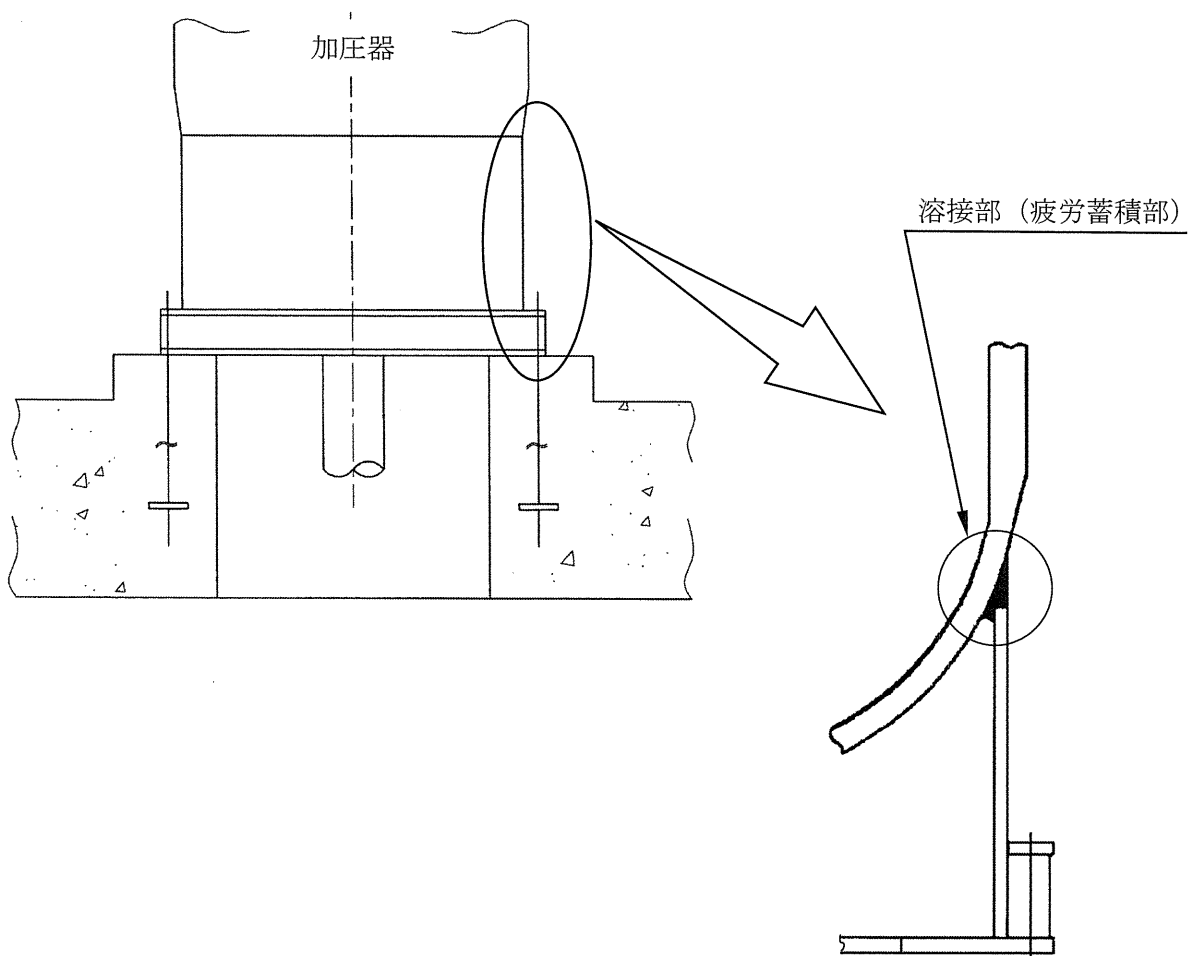


図2.3-1 川内2号炉 加圧器スカート部の疲労蓄積部

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「(社) 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2.3-1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年度末までの運転実績に基づき推定した2020年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し、より保守的に設定した過渡回数とした。

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。

表2.3-1 川内2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	
	2020年3月末時点	運転開始後60年 時点での推定値
起動（温度上昇率55.6℃/h）	36	69
停止（温度下降率55.6℃/h）	34	69
負荷上昇（負荷上昇率5%/min）	322	824
負荷減少（負荷減少率5%/min）	313	815
90%から100%へのステップ状負荷上昇	1	3
100%から90%へのステップ状負荷減少	2	4
100%からの大きいステップ状負荷減少	1	3
定常負荷運転時の変動*1	—	—
燃料交換	24	63
0%から15%への負荷上昇	35	67
15%から0%への負荷減少	28	60
1 ループ停止 / 1 ループ起動		
Ⅰ) 停 止	0	2
Ⅱ) 起 動	0	2

運転状態Ⅱ

過 渡 項 目	運転実績に基づく過渡回数	
	2020年3月末時点	運転開始後60年 時点での推定値
負荷の喪失	4	6
外部電源喪失	1	4
1次冷却材流量の部分喪失	0	2
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	1	7
Ⅱ) 不注意な冷却を伴うトリップ	0	2
Ⅲ) 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	0	2
1次冷却系の異常な減圧	0	2
制御棒クラスタの落下	0	2
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	0	2
1次冷却系停止ループの誤起動	0	2
タービン回転試験	2	2
1次系漏えい試験	31	64

\*1：設計評価においては、1次冷却材温度±1.7℃、1次冷却材圧力±0.34MPaの変動があるものとしているが、この過渡項目の疲労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 川内2号炉 加圧器スカート溶接部の疲労評価結果

評価部位	疲労累積係数 (許容値：1以下)
加圧器スカート溶接部	0.146

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、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。



## 2 空気圧縮装置

[対象機器]

- ① 制御用空気圧縮装置
- ② ガスサンプリング圧縮装置

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	1
1.2 代表機器の選定 .....	1
2. 代表機器の技術評価 .....	3
2.1 制御用空気圧縮装置全体構成 .....	3
2.2 構造、材料及び使用条件 .....	5
2.3 経年劣化事象の抽出 .....	33
2.4 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 .....	55
3. 代表機器以外への展開 .....	56
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	56
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 .....	57

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている主要な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型式の観点からグループ化し、それぞれのグループより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及び結果

表1-1に示す空気圧縮装置について、設置場所、型式、流体及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

重要度が高い制御用空気圧縮装置を代表機器とする。

表1-1 川内2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					選定	選定理由
設置場所 型式	流体	材 料		仕 様 (容量)	重要度*1	使 用 条 件				
						運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
屋 内 空気圧縮装置	空 気	鑄 鉄	制御用空気圧縮 装置 (2)	約17.5m <sup>3</sup> /min	MS-1	連 続	約0.83*2	約250*3	◎	重要度
			ガスサンプリング 圧縮装置 (1)	約2Nm <sup>3</sup> /h (約0.03m <sup>3</sup> /min)	重*6	一 時	約0.98*4	約95*5		

\*1：機能は最上位の機能を示す

\*2：制御用空気圧縮機の最高使用圧力を示す

\*3：制御用空気除湿装置除湿塔の最高使用温度を示す

\*4：ガスサンプリング圧縮機の最高使用圧力を示す

\*5：ガスサンプリング圧縮機の最高使用温度を示す

\*6：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及び構造物であることを示す（A号機）

## 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 制御用空気圧縮装置

#### 2.1 制御用空気圧縮装置全体構成

川内2号炉の制御用空気圧縮機は、プラント通常運転時には1台が常時運転状態であり、外部電源喪失時及び安全注入時に自動起動（2台）する。

制御用空気圧縮機は大気を吸入し、2段階の圧縮により約0.69MPaの圧縮空気を吐出する。

圧縮空気は、第1段圧縮（低圧側）後に制御用空気圧縮機インタークーラ、第2段圧縮（高圧側）後に制御用空気圧縮機アフタークーラで冷却し、制御用空気ドレンセパレータでドレン水を分離後、制御用空気だめに貯蔵される。

制御用空気だめに貯蔵された圧縮空気は、制御用空気除湿装置に送られ、乾燥した制御用空気となる。

制御用空気除湿装置から出た制御用空気は、制御用空気除湿装置アフターフィルタで洗浄後に制御用空気系統に送られ、空気作動弁等に供給される。

制御用空気圧縮装置の全体構成図を図2.1-1に示す。

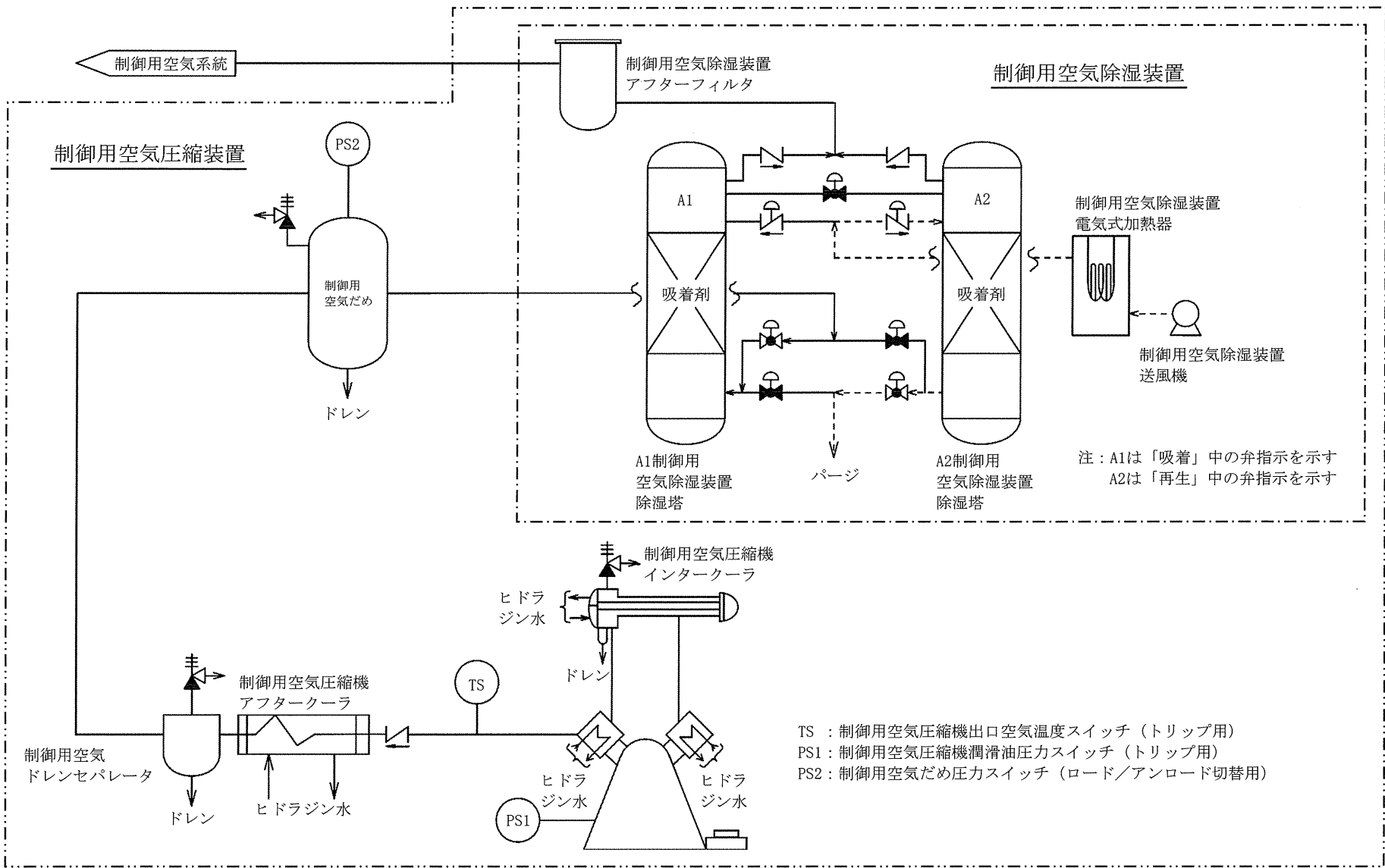


図2.1-1 川内2号炉 制御用空気圧縮装置 全体構成図

## 2.2 構造、材料及び使用条件

### 2.2.1 制御用空気圧縮機

#### (1) 構造

川内2号炉の制御用空気圧縮機は水冷2段無給油式であり、低圧側及び高圧側はシリンダ直径等の寸法は異なるが、同一の構造・材料を使用している。低圧側及び高圧側には、吸入弁と吐出弁が取付けられており、シリンダの中を往復するピストンの動作により吸入弁から空気（大気圧）が吸入され、圧縮された空気が吐出される。

ケーシング及びシリンダは鋳鉄であり、ピストンはアルミ合金鋳物で、主軸は低合金鋼である。

制御用空気圧縮機用電動機は、定格出力120kW、定格電圧440V、定格回転数1,770rpmの全閉屋内形三相誘導電動機（低圧用電動機）である。

電動機の主軸には炭素鋼を使用しており、回転子コアが配置されている。

負荷側及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り付けられ、内側には電動機回転子重量を支えるための軸受（ころがり）を備えている。

制御用空気圧縮機インタークーラは横置直管式であり、低圧側での圧縮により加熱された空気を冷却する。

伝熱管には銅合金、胴板には炭素鋼を使用しており、それぞれヒドラジン水（防錆剤注入水）、空気に接している。

制御用空気圧縮機アフタークーラは横置直管式であり、高圧側での圧縮により加熱された空気を冷却する。

伝熱管には銅合金、胴板には炭素鋼を使用しており、それぞれヒドラジン水（防錆剤注入水）、空気に接している。

制御用空気ドレンセパレータは炭素鋼製のたて置円筒形であり、圧縮空気を冷却した時に生じる水分を除去する。

制御用空気圧縮機の構成機器の外形図及び構造図を図2.2-1～図2.2-6に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉の制御用空気圧縮機の構成機器の使用材料及び使用条件を表2.2-1及び表2.2-2に示す。

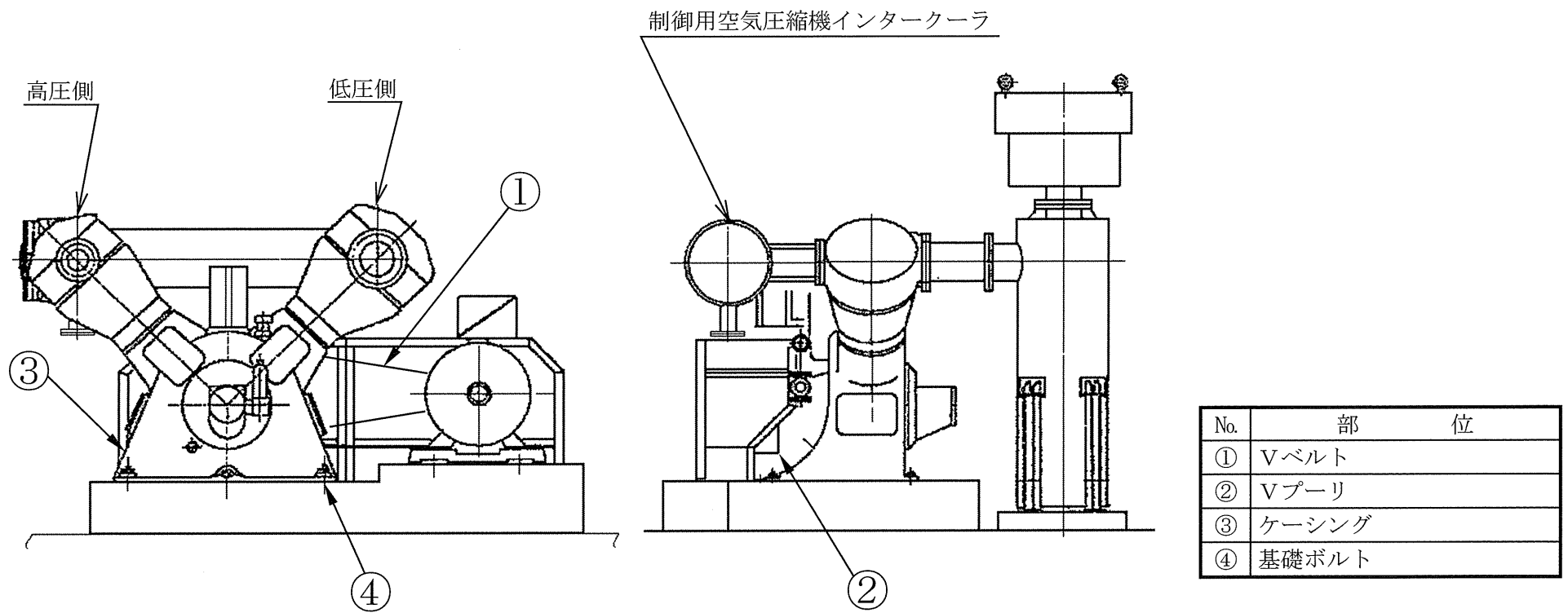
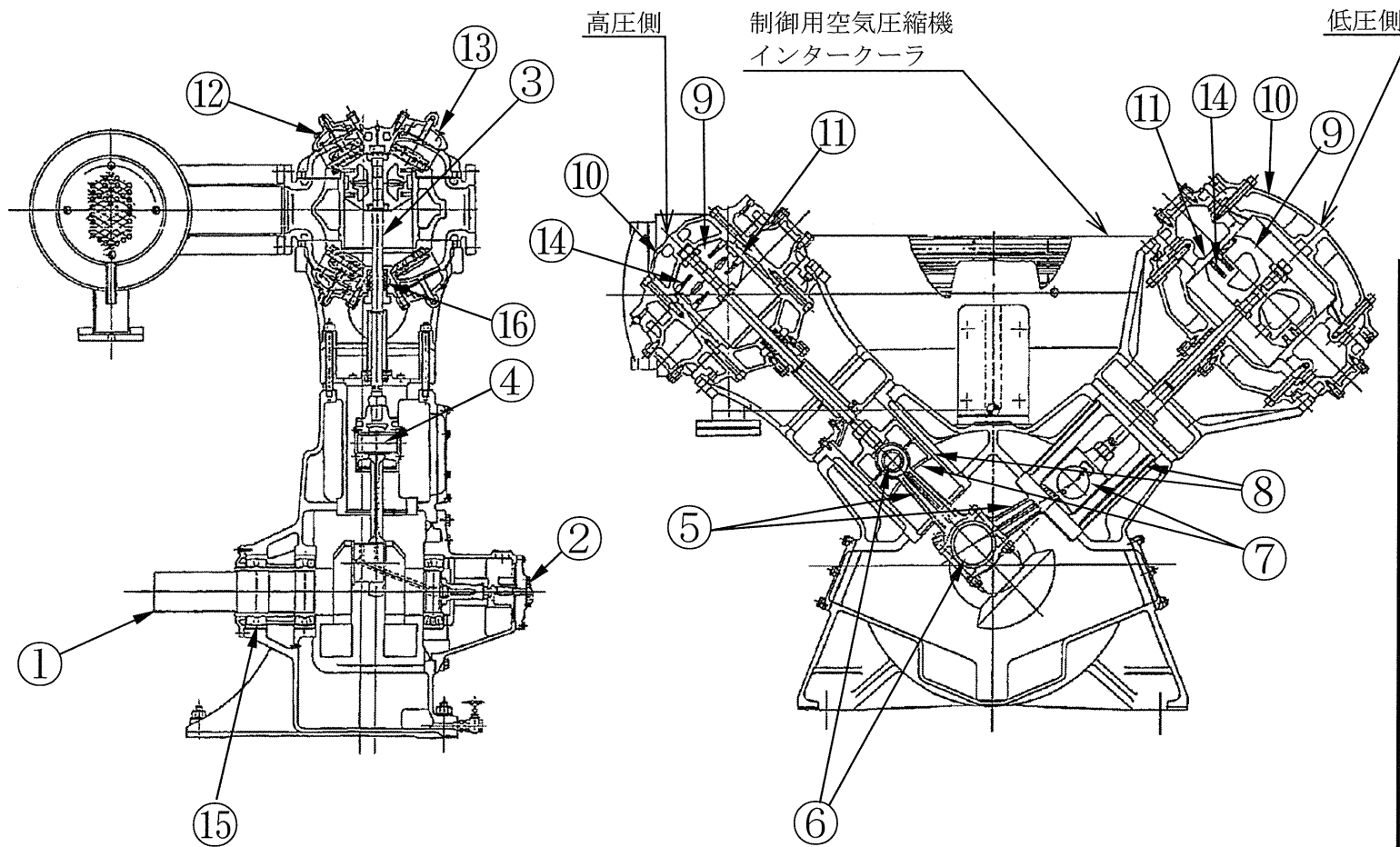


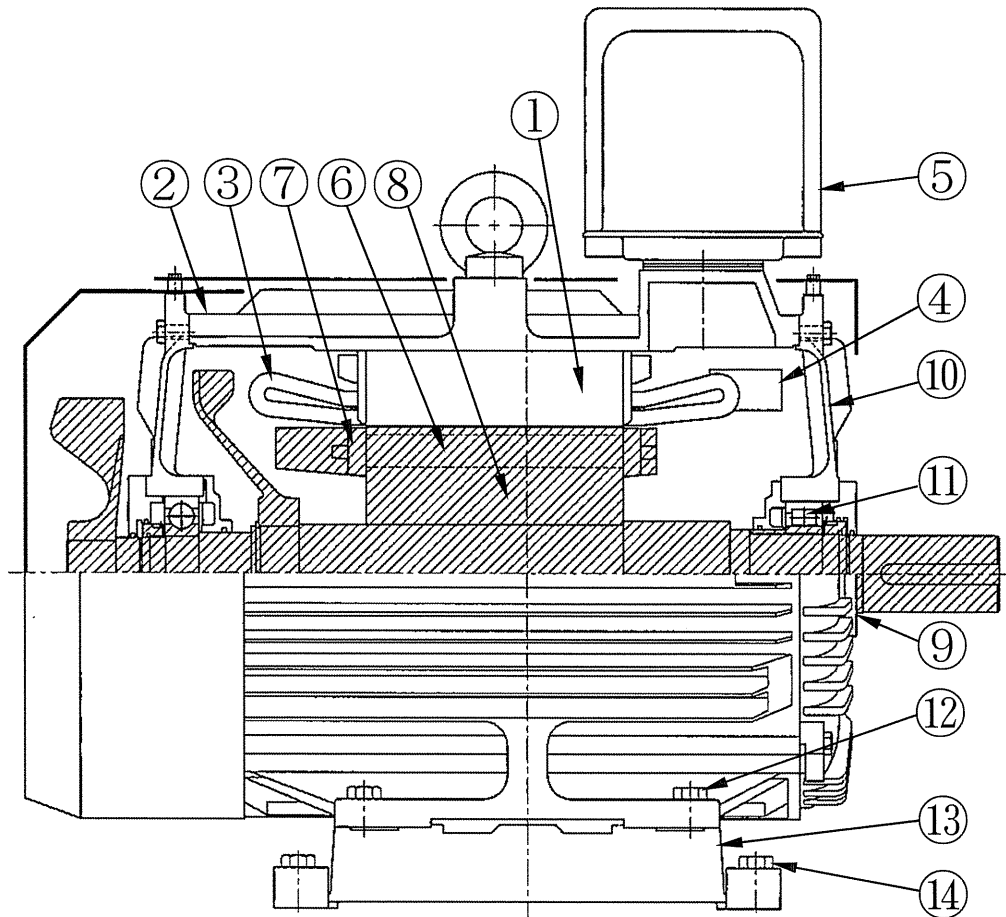
図2.2-1 川内2号炉 制御用空気圧縮機外形図





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	連 接 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
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

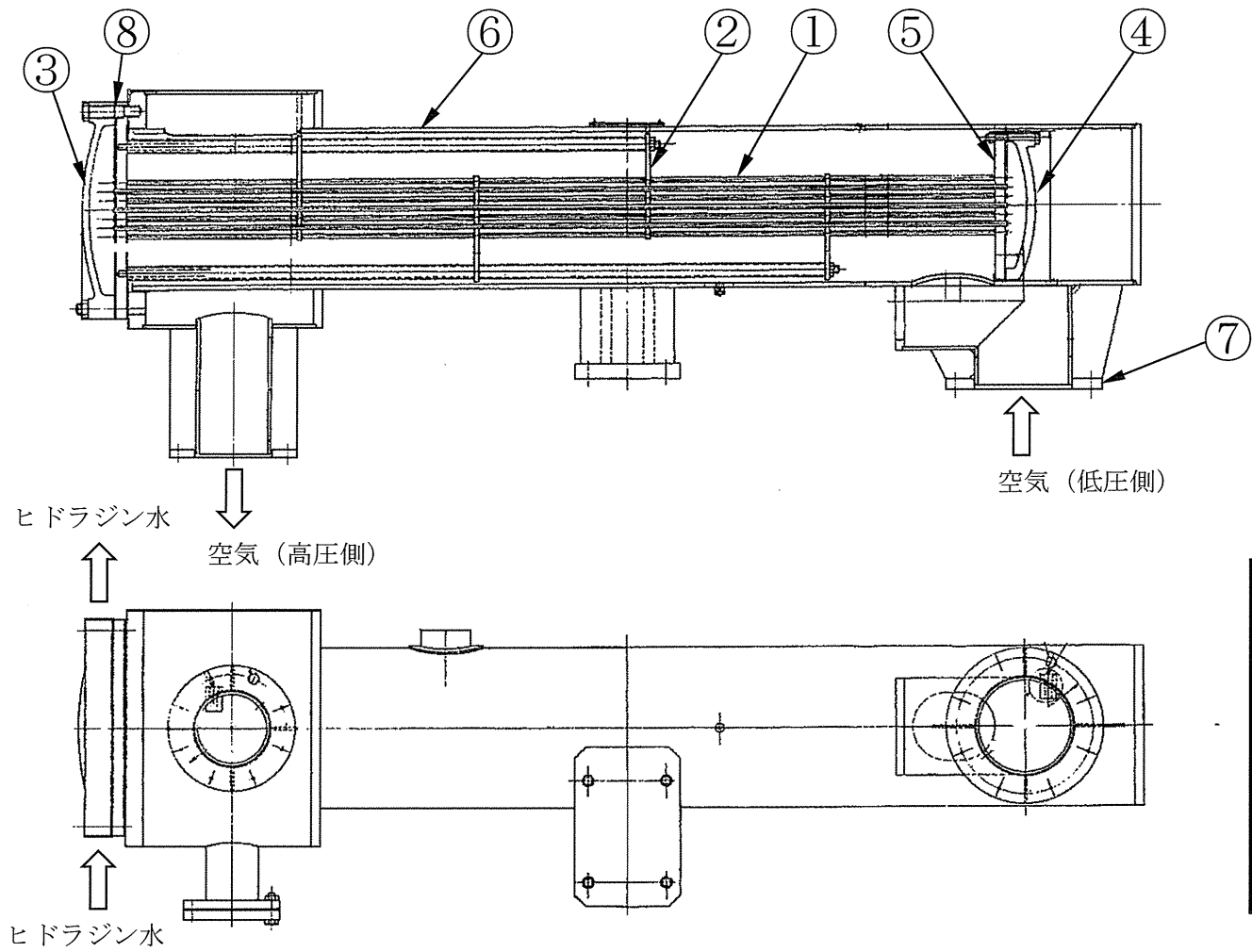
図2.2-2 川内2号炉 制御用空気圧縮機構造図



注：斜線部が回転部を示す

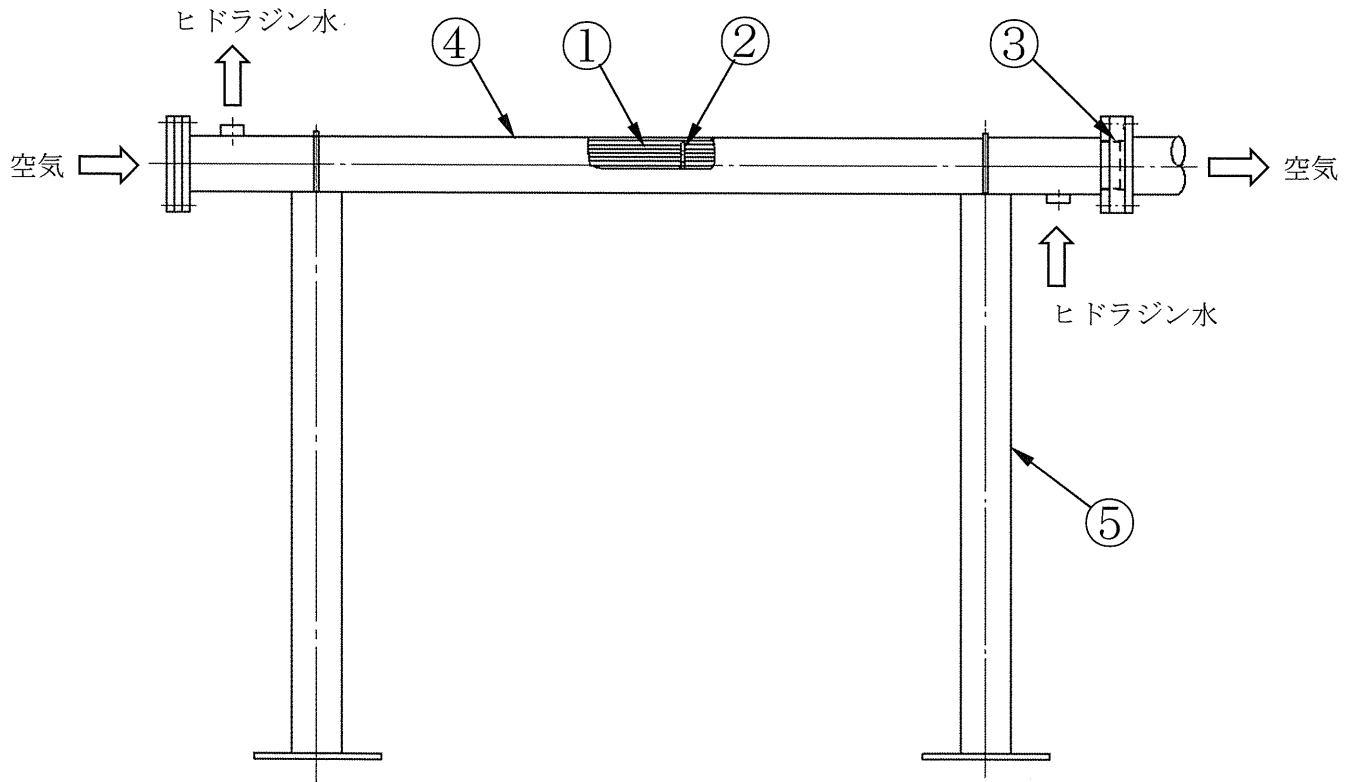
No.	部 位
①	固定子コア
②	フレーム
③	固定子コイル
④	口出線
⑤	端子箱
⑥	回転子棒
⑦	エンドリング
⑧	回転子コア
⑨	主 軸
⑩	ブラケット
⑪	軸受 (ころがり)
⑫	取付ボルト
⑬	台 板
⑭	基礎ボルト

図2.2-3 川内2号炉 制御用空気圧縮機用電動機構造図



No.	部 位
①	伝熱管
②	邪魔板
③	メインプレートカバー
④	フローティングプレートカバー
⑤	管 板
⑥	胴 板
⑦	フランジ
⑧	ガスケット

図2.2-4 川内2号炉 制御用空気圧縮機インタークーラ構造図



No.	部 位
①	伝熱管
②	管支持板
③	管板
④	胴板
⑤	支持脚

図2.2-5 川内2号炉 制御用空気圧縮機アフタークーラ構造図

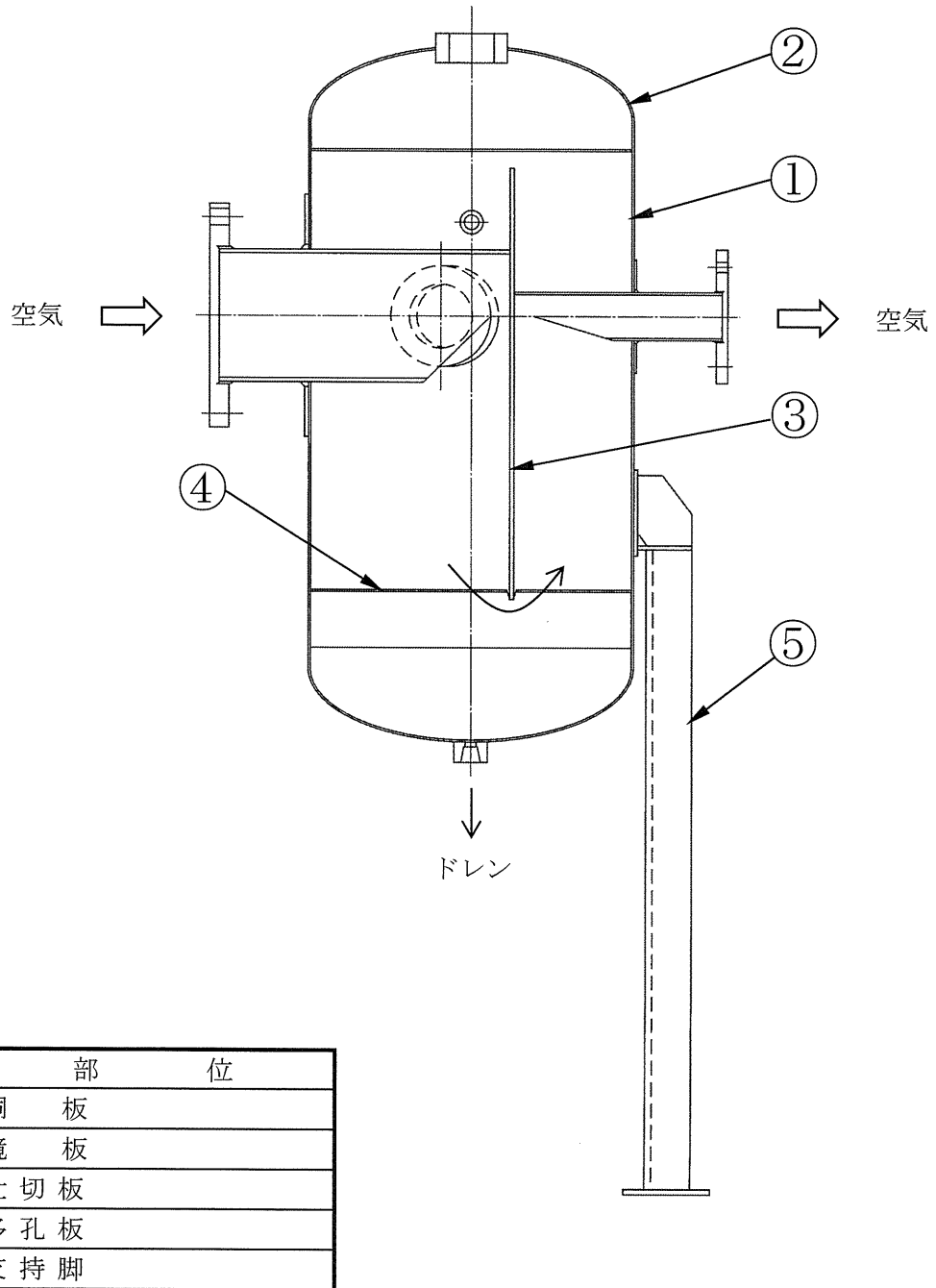


図2.2-6 川内2号炉 制御用空気ドレンセパレータ構造図

表2. 2-1 (1/2) 川内 2 号炉 制御用空気圧縮機の主要部位の使用材料

部 位	材 料	
制御用空気圧縮機	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
	連 接 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	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
	グランドパッキン	消耗品・定期取替品
	ケーシング	鋳 鉄
	基礎ボルト	炭 素 鋼
制御用空気圧縮機 用電動機	固定子コア	珪素鋼板 (ワニス処理)
	フレーム	鋳 鉄
	固定子コイル	銅、エステルイミド線 (B種絶縁)
	口 出 線	銅、エチレンプロピレンゴム (B種絶縁)
	端 子 箱	炭 素 鋼
	回転子棒	アルミニウム

表2. 2-1 (2/2) 川内 2 号炉 制御用空気圧縮機の主要部位の使用材料

部 位	材 料	
制御用空気圧縮機 用電動機	エンドリング	アルミニウム
	回転子コア	珪素鋼板 (ワニス処理)
	主 軸	炭 素 鋼
	ブラケット	鑄 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	鑄 鉄
	基礎ボルト	炭 素 鋼
制御用空気圧縮機 インタークーラ	伝 熱 管	銅 合 金
	邪 魔 板	炭 素 鋼
	メインプレートカバー	鑄 鉄
	フローティングプレートカバー	鑄 鉄
	管 板	炭 素 鋼
	胴 板	炭 素 鋼
	フランジ	炭 素 鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
制御用空気圧縮機 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 脚	炭 素 鋼
制御用空気ドレン セパレータ	胴 板	炭 素 鋼
	鏡 板	炭 素 鋼
	仕 切 板	炭 素 鋼
	多 孔 板	炭 素 鋼
	支 持 脚	炭 素 鋼

表2.2-2 川内2号炉 制御用空気圧縮機の使用条件

部 位		条 件	
制御用空気圧縮機	最高使用圧力	約0.83MPa[gage]	
	最高使用温度	約170℃	
	定 格 容 量	約17.5m <sup>3</sup> /min	
	内 部 流 体	空 気	
制御用空気圧縮機 用電動機	定 格 出 力	120kW	
	周 囲 温 度	約40℃*1	
	定 格 電 圧	440V	
	定 格 回 転 数	1,770rpm	
制御用空気圧縮機 インタークーラ	最高使用圧力	(管側) 約0.98MPa[gage]	(胴側) 約0.22MPa[gage]
	最高使用温度	(管側) 約95℃	(胴側) 約170℃
	内 部 流 体	(管側) ヒドラジン水	(胴側) 空 気
制御用空気圧縮機 アフタークーラ	最高使用圧力	(管側) 約0.83MPa[gage]	(胴側) 約0.98MPa[gage]
	最高使用温度	(管側) 約170℃	(胴側) 約95℃
	内 部 流 体	(管側) 空 気	(胴側) ヒドラジン水
制御用空気ドレン セパレータ	最高使用圧力	約0.83MPa[gage]	
	最高使用温度	約50℃	
	内 部 流 体	空 気	

\*1：原子炉格納容器外の設計平均温度



## 2.2.2 制御用空気だめ

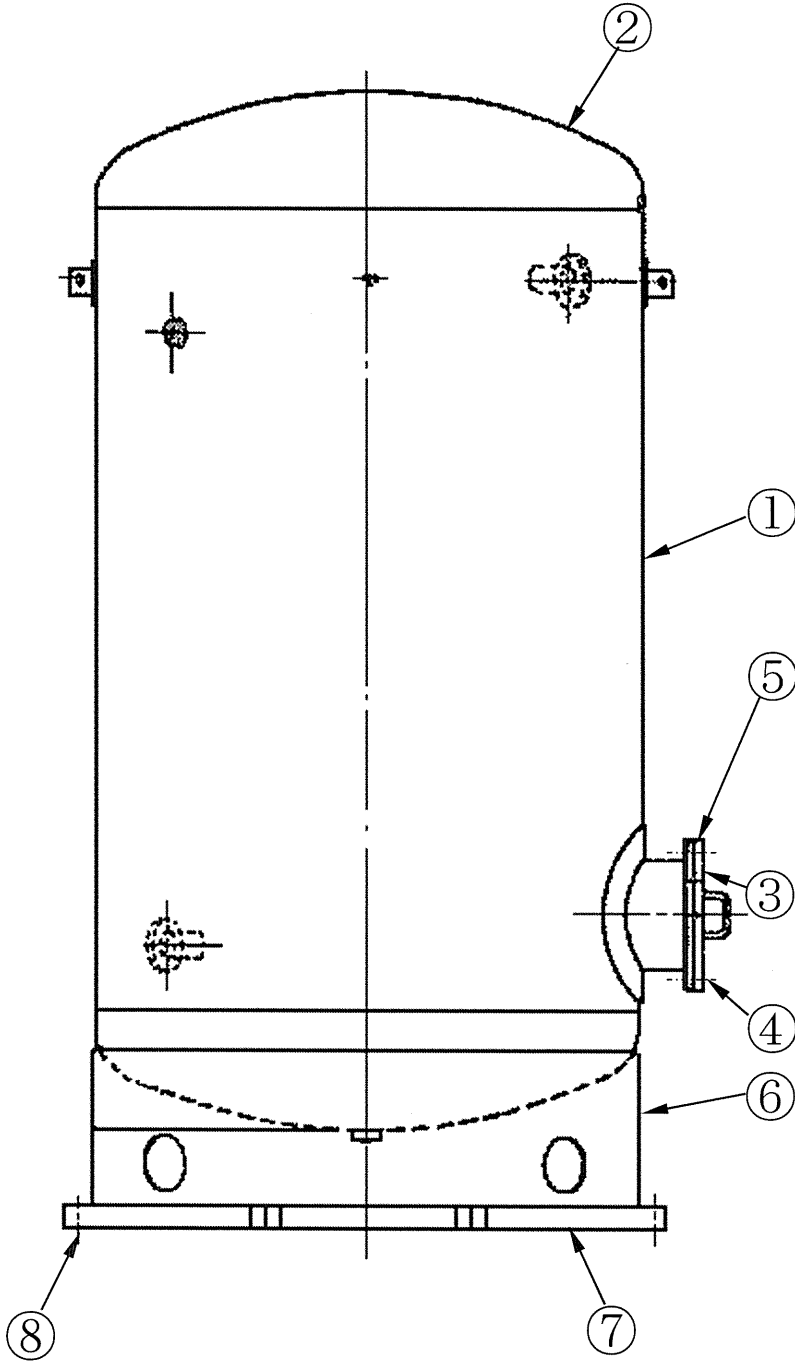
### (1) 構造

川内2号炉の制御用空気だめは炭素鋼のたて置円筒形であり、圧縮空気を貯蔵する。

川内2号炉の制御用空気だめの構造図を図2.2-7に示す。

### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉の制御用空気だめの使用材料及び使用条件を表2.2-3及び表2.2-4に示す。



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

図2. 2-7 川内 2 号炉 制御用空気だめ構造図

表2.2-3 川内2号炉 制御用空気だめの主要部位の使用材料

部 位		材 料
制御用空気だめ	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	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	スカート	炭 素 鋼
	台 板	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.2-4 川内2号炉 制御用空気だめの使用条件

最高使用圧力	約0.83MPa[gage]
最高使用温度	約50℃
内 部 流 体	空 気

### 2.2.3 制御用空気除湿装置

#### (1) 構造

川内2号炉制御用空気除湿装置は、吸着剤を充填した除湿塔2塔を備え、装置内の空気作動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」モードでは制御用空気除湿装置送風機で圧送された外気を制御用空気除湿装置電気式加熱器で加熱させ、高温空気を再生側の制御用空気除湿装置除湿塔に送り、水分を含んだ吸着剤を加熱し、吸着された水分を水蒸気状にして加熱空気とともに機外へ排出する。また、「冷却」モードでは冷却弁が開き「吸着」工程中の制御用空気除湿装置除湿塔の乾燥空気の一部を使用して「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。

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。

「吸着」工程は約8時間であり、一方「再生」工程の「加熱」モードと「冷却」モードは、それぞれ約4時間で自動的にタイマー運転される。

制御用空気除湿装置除湿塔、制御用空気除湿装置電気式加熱器(ヒータ除く)、制御用空気除湿装置送風機及び制御用空気除湿装置アフターフィルタには鋳鉄又は炭素鋼を使用している。

制御用空気除湿装置送風機用電動機は、定格出力5.5kW、定格電圧440V、定格回転数1,740rpmの全閉屋内形三相誘導電動機(低圧用電動機)である。

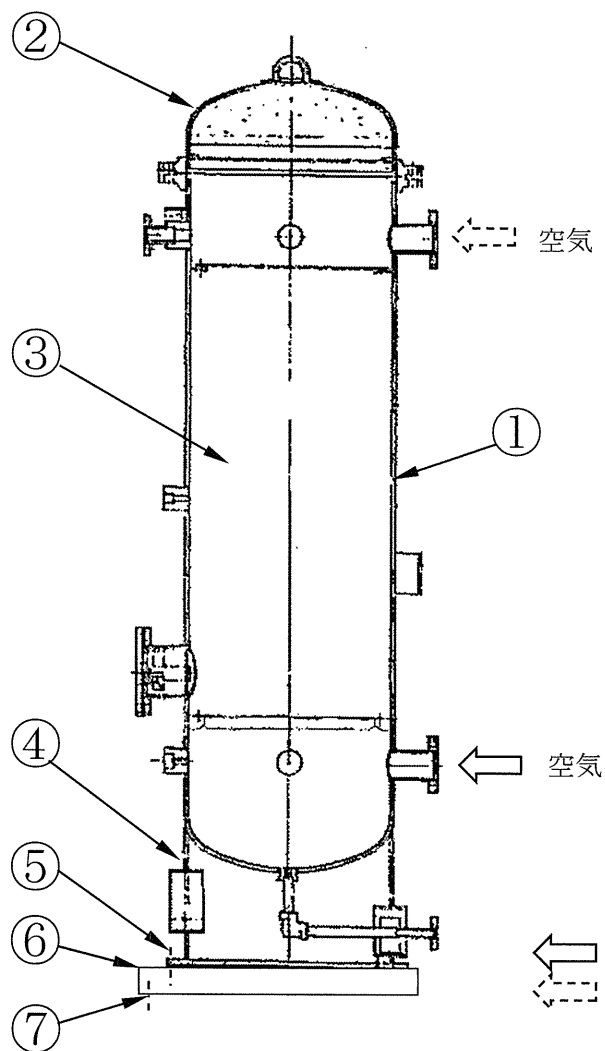
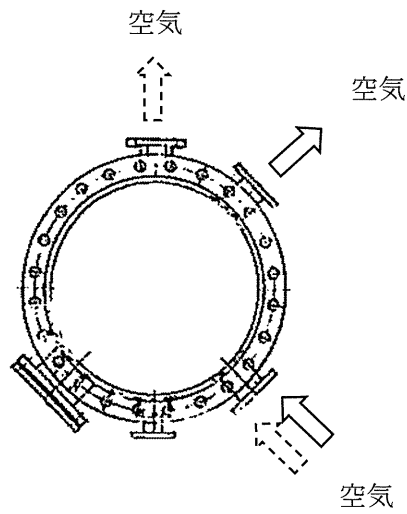
電動機の主軸には炭素鋼を使用しており、回転子コアが配置されている。

負荷側及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り付けられ、内側には電動機回転子重量を支えるための軸受(ころがり)を備えている。

制御用空気除湿装置の構成機器の構造図を図2.2-8～図2.2-12に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

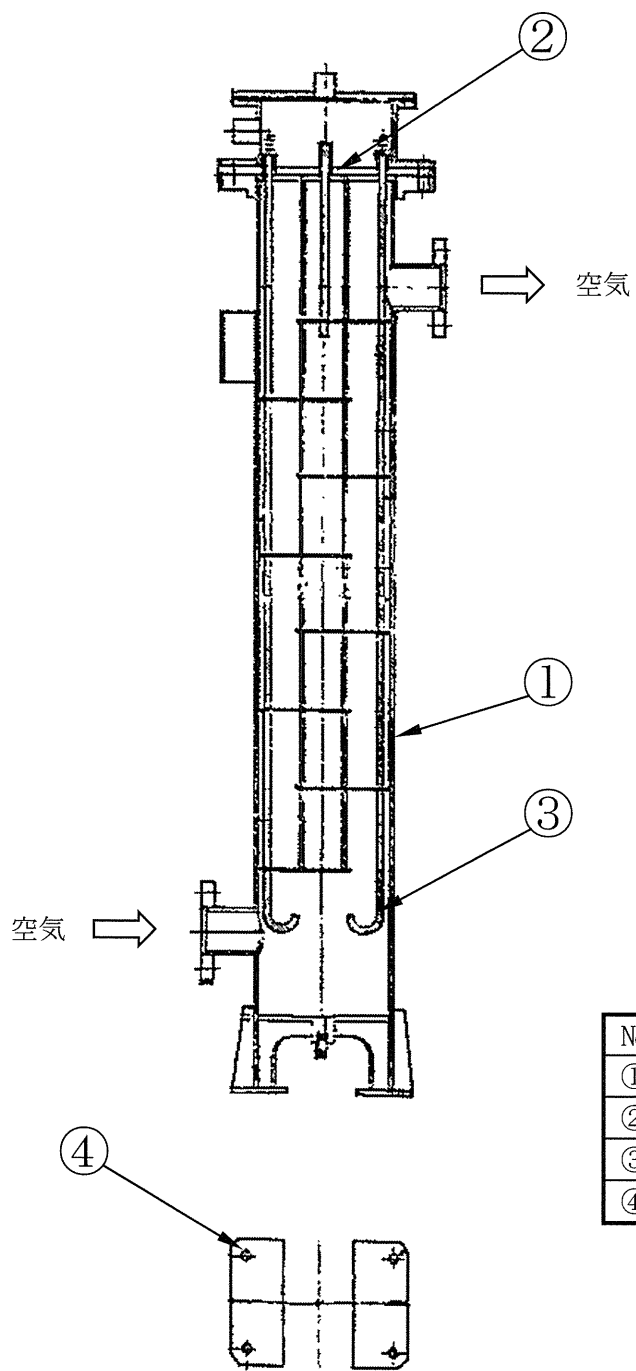
川内2号炉の制御用空気除湿装置の使用材料及び使用条件を表2.2-5及び表2.2-6に示す。



No.	部 位
①	胴 板
②	鏡 板
③	吸 着 剤
④	脚
⑤	取付ボルト
⑥	台 板
⑦	基礎ボルト

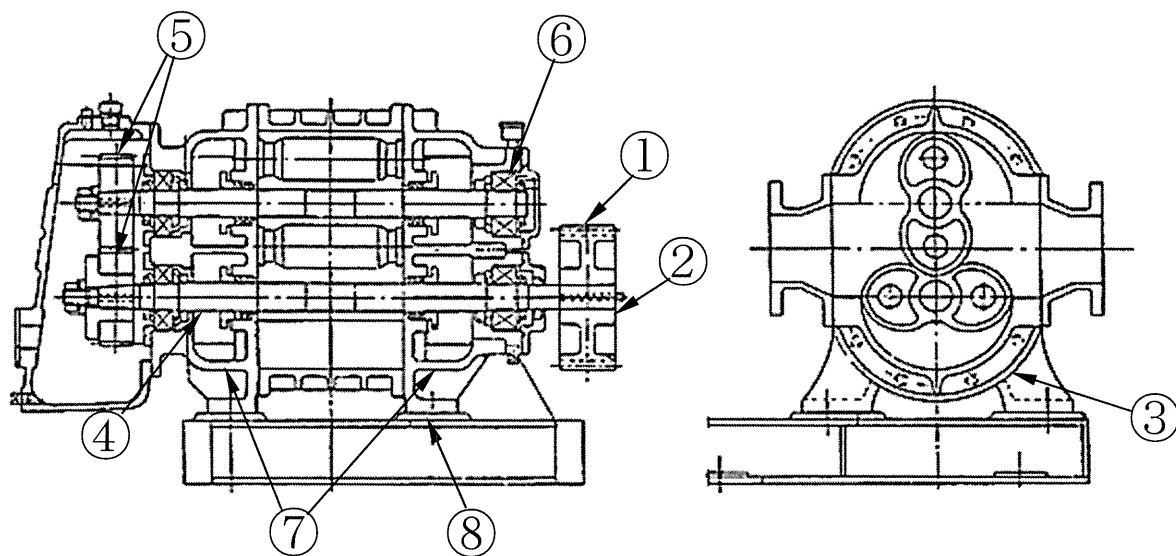
← は、「吸着」工程の空気の流れ  
 ⇄ は、「再生」工程の空気の流れを示す

図2.2-8 川内2号炉 制御用空気除湿装置除湿塔構造図



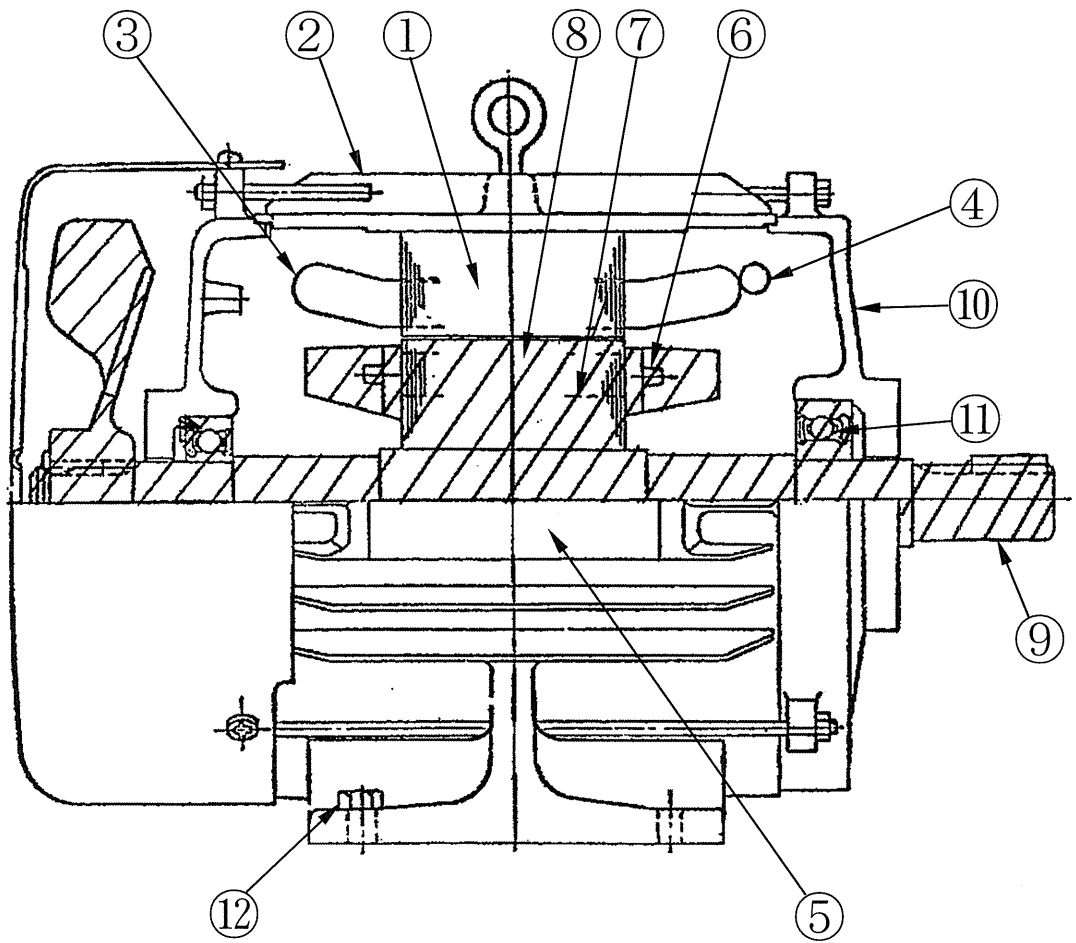
No.	部 位
①	胴 板
②	管 板
③	ヒ ー タ
④	取付ボルト

図2.2-9 川内2号炉 制御用空気除湿装置電気式加熱器構造図



No.	部 位
①	Vベルト
②	Vプーリ
③	ケーシング
④	主 軸
⑤	歯 車
⑥	軸受 (ころがり)
⑦	サイドフレーム
⑧	取付ボルト

図2.2-10 川内2号炉 制御用空気除湿装置送風機構造図

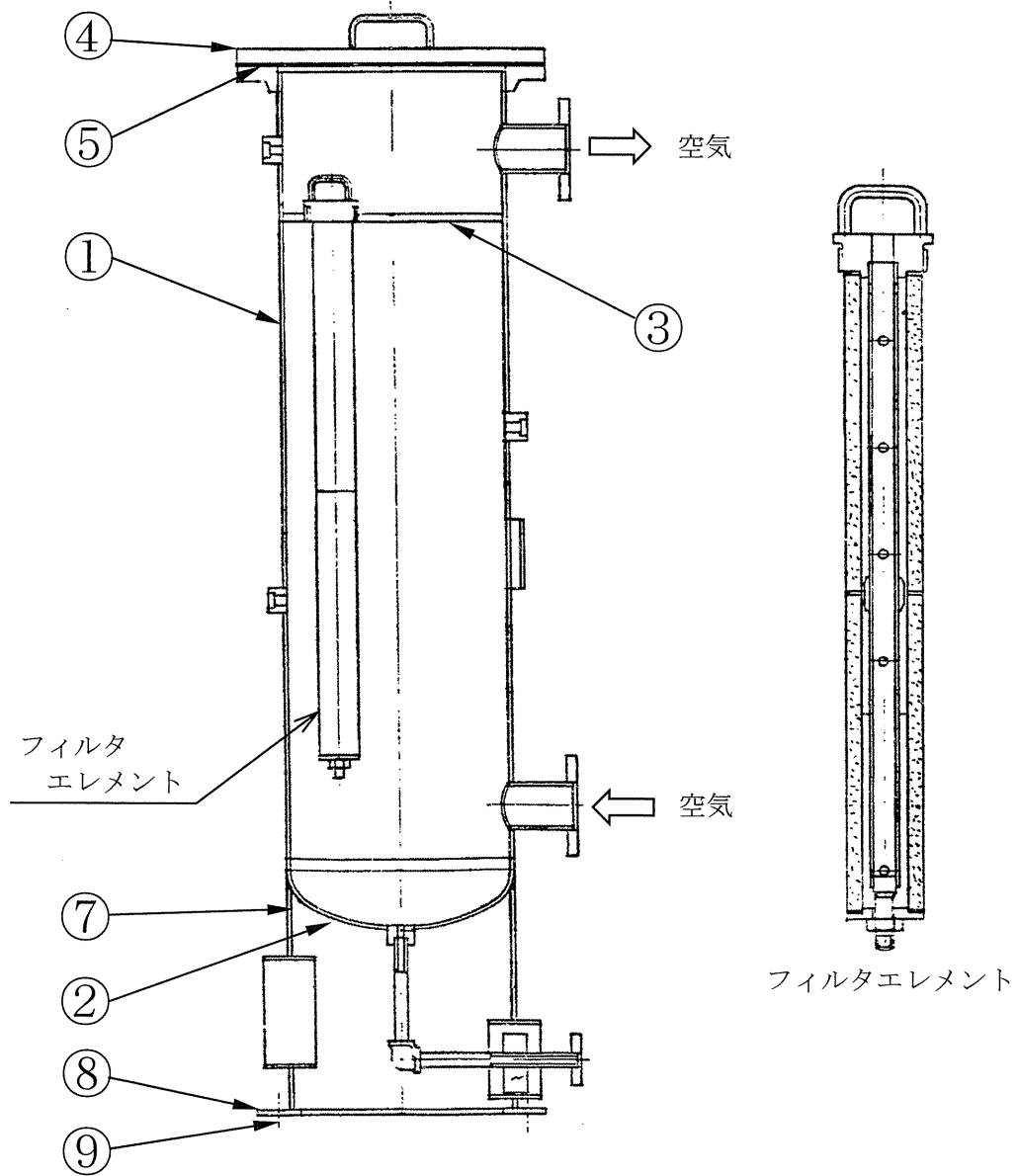


注：斜線部が回転部を示す

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・接続部品
⑤	端子箱
⑥	エンドリング
⑦	回転子棒
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

図2.2-11 川内2号炉 制御用空気除湿装置送風機用電動機構造図





No.	部 位
①	胴 板
②	鏡 板
③	管 板
④	ふたフランジ
⑤	ガスケット
⑥	フィルタエレメント
⑦	スカート
⑧	ベースプレート
⑨	取付ボルト

図2. 2-12 川内 2 号炉 制御用空気除湿装置アフターフィルタ構造図

表2.2-5(1/3) 川内2号炉 制御用空気除湿装置の主要部位の使用材料

部 位	材 料	
制御用空気除湿装置 除湿塔	胴 板	炭 素 鋼
	鏡 板	炭 素 鋼
	吸 着 剤	消耗品・定期取替品
	脚	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭 素 鋼
	台 板	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼
制御用空気除湿装置 電気式加熱器	胴 板	炭 素 鋼
	管 板	炭 素 鋼
	ヒ ー タ	消耗品・定期取替品
	取付ボルト	炭 素 鋼

表2.2-5(2/3) 川内2号炉 制御用空気除湿装置の主要部位の使用材料

部 位	材 料	
制御用空気除湿装置 送風機	Vベルト	消耗品・定期取替品
	Vプーリ	鋳 鉄
	ケーシング	鋳 鉄
	主 軸	炭 素 鋼
	歯 車	低合金鋼
	軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品
	サイドフレーム	鋳 鉄
	取付ボルト	炭 素 鋼
制御用空気除湿装置 送風機用電動機	固定子コア	珪素鋼板（ワニス処理）
	フレーム	鋳 鉄
	固定子コイル	銅、ポリエステルフィルム ポリエステル樹脂（B種絶縁）
	口出線・接続部品	銅、エチレンプロピレンゴム （B種絶縁）
	端 子 箱	炭 素 鋼
	エンドリング	アルミニウム
	回転子棒	アルミニウム
	回転子コア	珪素鋼板（ワニス処理）
	主 軸	炭 素 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

表2.2-5(3/3) 川内2号炉 制御用空気除湿装置の主要部位の使用材料

部	位	材 料
制御用空気除湿装置 アフターフィルタ	胴 板	炭 素 鋼
	鏡 板	炭 素 鋼
	管 板	炭 素 鋼
	ふたフランジ	炭 素 鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
	フィルタエレメント	消耗品・定期取替品
	スカート	炭 素 鋼
	ベースプレート	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭 素 鋼

表2.2-6 川内2号炉 制御用空気除湿装置の使用条件

部 位	条 件	
制御用空気除湿装置 除湿塔	最高使用圧力	約0.83MPa[gage]
	最高使用温度	約250℃
	内 部 流 体	空 気
制御用空気除湿装置 電気式加熱器	最高使用圧力	約0.05MPa[gage]
	最高使用温度	約300℃
	内 部 流 体	空 気
制御用空気除湿装置 送風機	定 格 容 量	約6.6m <sup>3</sup> /min
	内 部 流 体	空 気
制御用空気除湿装置 送風機用電動機	定 格 出 力	5.5kW
	周 囲 温 度	約40℃*1
	定 格 電 圧	440V
	定 格 回 転 数	1,740rpm
制御用空気除湿装置 アフターフィルタ	最高使用圧力	約0.83MPa[gage]
	最高使用温度	約60℃
	内 部 流 体	空 気

\*1：原子炉格納容器外の設計平均温度

#### 2.2.4 制御用空気圧縮装置計器

川内2号炉の制御用空気圧縮装置計器は、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、制御用空気圧縮機潤滑油圧力スイッチ、制御用空気圧縮機出口空気温度スイッチ及び制御用空気だめ圧力スイッチを設置している。

##### (1) 構造

川内2号炉の制御用空気圧縮機潤滑油圧力スイッチは、制御用空気圧縮機の潤滑油圧力が異常に低下した場合に圧縮機自動停止信号を発信する機能を有している。

制御用空気圧縮機出口空気温度スイッチは、制御用空気圧縮機の出口空気温度が異常に上昇した場合に圧縮機自動停止信号を発信する機能を有している。

制御用空気だめ圧力スイッチは、制御用空気だめ圧力が設定値に達した場合に圧縮機ロード／アンロード運転切替信号を発信する機能を有している。

川内2号炉の制御用空気圧縮装置計器の主要構成図を図2.2-13に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉の制御用空気圧縮機潤滑油圧力スイッチ、制御用空気圧縮機出口空気温度スイッチ及び制御用空気だめ圧力スイッチの使用材料及び使用条件を表2.2-7及び表2.2-8に示す。

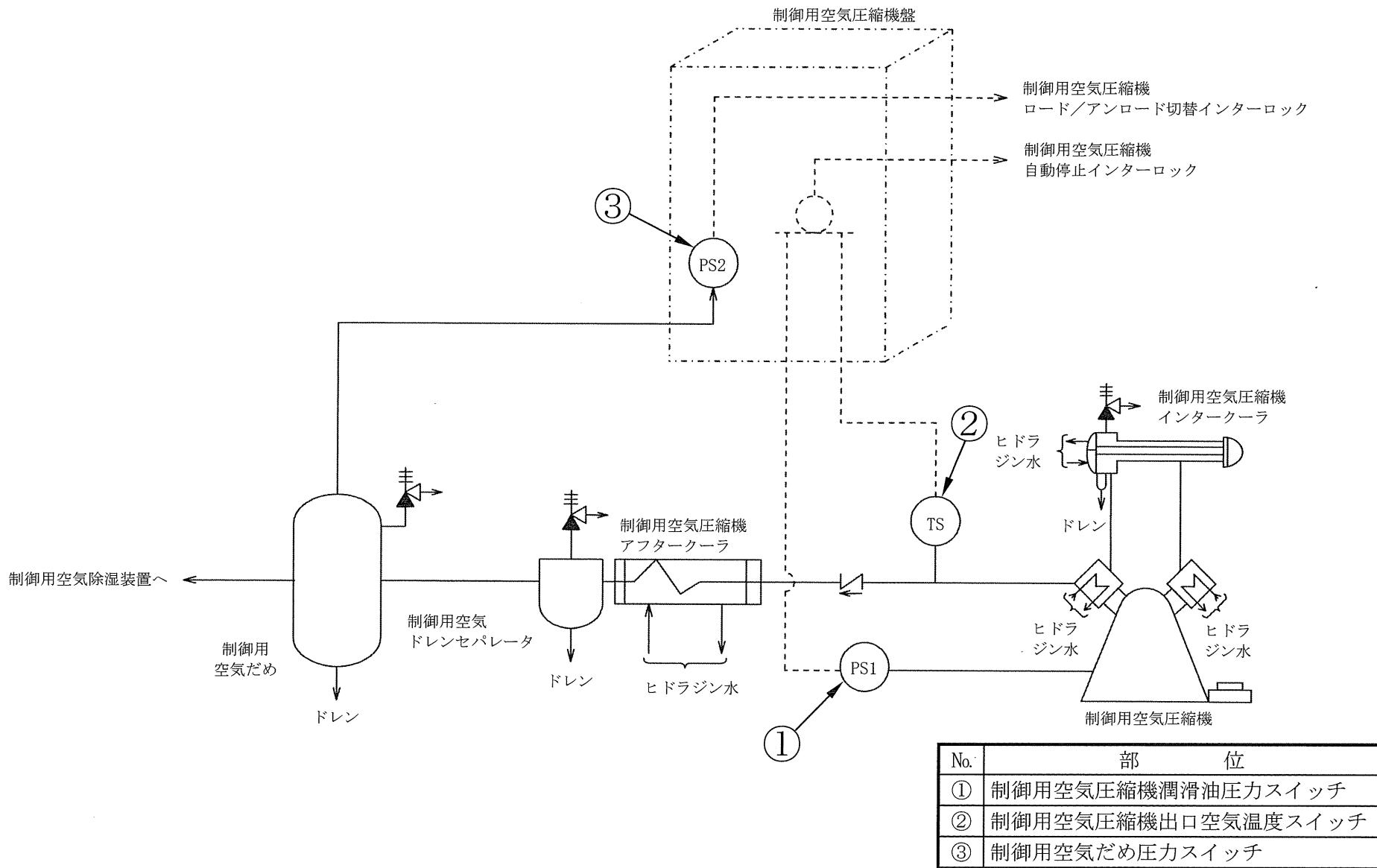


図2.2-13 川内2号炉 制御用空気圧縮装置計器主要構成図

表2.2-7 川内2号炉 制御用空気圧縮装置計器の主要部位の使用材料

部 位	材 料
制御用空気圧縮機潤滑油圧力スイッチ	銀、金メッキ
制御用空気圧縮機出口空気温度スイッチ	金メッキ
制御用空気だめ圧力スイッチ	銀酸化カドニウム+銅

表2.2-8 川内2号炉 制御用空気圧縮装置計器の使用条件

設 置 場 所	中間建屋
周 囲 温 度	約40℃*1

\*1：原子炉格納容器外の設計平均温度



## 2.2.5 制御用空気圧縮装置配管

### (1) 構造

川内2号炉制御用空気圧縮装置の配管は、母管及びフランジボルトで構成されている。

母管には炭素鋼を使用しており空気に接している。

また、各配管はフランジ又は溶接により他の配管及び機器に接続されている。

川内2号炉の制御用空気圧縮装置全体構成図を図2.1-1に示す。

### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉の制御用空気圧縮装置配管の使用材料及び使用条件を表2.2-9及び表2.2-10に示す。

表2.2-9 川内2号炉 制御用空気圧縮装置配管の主要部位の使用材料

部 位	材 料
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2.2-10 川内2号炉 制御用空気圧縮装置配管の使用条件

最高使用圧力	約0.83MPa[gage]
最高使用温度	約170℃*1 約50℃*2 約250℃*3
内 部 流 体	空 気

\*1：制御用空気圧縮機アフタークーラ出口まで

\*2：制御用空気圧縮機アフタークーラ出口より制御用空気  
除湿装置除湿塔入口まで

\*3：制御用空気除湿装置除湿塔入口より

## 2.3 経年劣化事象の抽出

### 2.3.1 機能達成に必要な項目

制御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）確保の機能を維持するためには、次の5つの項目が必要である。

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

### 2.3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

制御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、使用条件（水質、圧力、温度等）及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) 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下

制御用空気圧縮機用電動機及び制御用空気除湿装置送風機用電動機の固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は有機物であり、機械的、熱的、電氣的及び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△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、又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)又は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) Vプーリの摩耗

制御用空気圧縮機及び制御用空気除湿装置送風機のVプーリは、Vベルトとの接触により摩耗が想定される。

しかしながら、分解点検時にVベルトの張力管理及びVプーリの目視確認を実施し、有意な摩耗が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) 制御用空気圧縮機等の外面からの腐食（全面腐食）

制御用空気圧縮機等、制御用空気ドレンセパレータ、制御用空気だめ、制御用空気除湿装置及び配管は鋳鉄又は炭素鋼を使用しており、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、塗装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装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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) 主軸等の腐食（全面腐食）

制御用空気圧縮機及び制御用空気除湿装置送風機の主軸等は、低合金鋼、炭素鋼又は鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、油雰囲気下にあり、腐食が発生し難い環境にある。

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、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。

(4) 主軸、ピストンロッド等の摩耗

制御用空気圧縮機の主軸（連接棒メタルとの接触部）、ピストンロッド、リストピン、クロスヘッド及びクロスヘッドガイドについては、摺動部に摩耗が発生する可能性がある。

しかしながら、分解点検時に目視確認又は寸法計測を実施し、有意な摩耗が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) 主軸の摩耗

制御用空気圧縮機、制御用空気圧縮機用電動機、制御用空気除湿装置送風機及び制御用空気除湿装置送風機用電動機の軸受はころがり軸受を使用しており、軸受の定期取替時の軸受引き抜き時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。この場合は、主軸表面がわずかに摩耗し、主軸と軸受間で微小隙間が生じ、運転中にフレットニングにより摩耗する可能性がある。

しかしながら、分解点検時の寸法管理によりフレットニングが発生しないようにしており、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難い。

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又は寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(6) 主軸等の高サイクル疲労割れ

制御用空気圧縮機の主軸、ピストンロッド、連接棒、ピストン、制御用空気圧縮機用電動機、制御用空気除湿装置送風機及び制御用空気除湿装置送風機用電動機の主軸には、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、分解点検時の目視確認又は浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

(7) 歯車の摩耗

制御用空気圧縮機の油ポンプ及び制御用空気除湿装置送風機の歯車は、接触部があることから摩耗が想定される。

しかしながら、潤滑油を供給し摩耗を防止しており、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難い。

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。

(8) シリンダ、シリンダライナ、インタークーラプレートカバー及びアフタークーラ胴板の腐食（全面腐食）

制御用空気圧縮機のシリンダ、シリンダライナ、制御用空気圧縮機インタークーラのメインプレートカバー、フローティングプレートカバー及び制御用空気圧縮機アフタークーラ胴板は鋳鉄又は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体はヒドラジン水（防錆剤注入水）であり、腐食が発生し難い環境にある。

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、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) シリンダライナの摩耗

制御用空気圧縮機のシリンダライナはピストンリングとの摺動により、摩耗が想定される。

しかしながら、シリンダライナは内面をクロムメッキし、摺動するピストンリングは、定期的に交換しており、シリンダライナに急激な摩耗が進展する可能性はないと考える。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難い。

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及び寸法計測により、機器の健全性を確認している。

(10) シリンダライナ及びインタークーラ胴板等の腐食（全面腐食）

制御用空気圧縮機のシリンダライナ内面等、制御用空気圧縮機インタークーラ胴板等、制御用空気除湿装置電気式加熱器、アフターフィルタ内面等及び除湿塔出口以降の配管は鋳鉄、炭素鋼及び低合金鋼を使用しており、腐食が想定される。

しかしながら、内部流体は空気であり、内面の腐食が発生し難い環境にある。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難い。

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) 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

制御用空気圧縮機用電動機及び制御用空気除湿装置送風機用電動機の固定子コア及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、固定子コア及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難い。

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。

(12) フレーム、ブラケット、端子箱及び台板の腐食（全面腐食）

制御用空気圧縮機用電動機及び制御用空気除湿装置送風機用電動機のフレーム、ブラケット及び台板は鋳鉄、端子箱は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面とも塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。また、分解点検等の目視確認で塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。

(13) 回転子棒・エンドリングの疲労割れ

回転子棒・エンドリングについては、電動機の起動時に発生する電磁力による繰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、回転子棒・エンドリングはアルミ充てん式（一体形成）であり、回転子棒とスロットの間に隙間を生じることはなく、疲労割れは発生し難い構造である。

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、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) 伝熱管の高サイクル疲労割れ

制御用空気圧縮機インタークーラ及び制御用空気圧縮機アフタークーラは管側又は胴側流体により、伝熱管に振動が発生した場合、管支持板部で伝熱管に高サイクル疲労割れが想定される。

しかしながら、共振を起こさない固有振動数となるような伝熱管支持スパンとしている。これまでに有意な割れがないことを確認しており、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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及び漏えい試験により、機器の健全性を確認している。



(15) 胴板等耐圧構成品の内面からの腐食（全面腐食）

制御用空気ドレンセパレータ、制御用空気だめ、制御用空気除湿装置除湿塔及び配管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使用により腐食が想定される。

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。

また、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。

表2.3-1 川内2号炉 制御用空気だめ腐食評価結果

運転開始後60年時点 での推定腐食量	腐れ代
約2/3	

(16) フランジボルトの腐食（全面腐食）

制御用空気だめのマンホール用ボルト及び制御用空気圧縮装置配管フランジボルトは、ガスケットからの漏えいにより、内部流体による腐食が想定される。

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難い。

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。

(17) 取付ボルトの腐食（全面腐食）

制御用空気圧縮機用電動機、制御用空気除湿装置送風機用電動機、制御用空気除湿装置送風機、制御用空気除湿装置除湿塔、制御用空気除湿装置電気式加熱器及び制御用空気除湿装置アフターフィルタの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、塗装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装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。

(18) 制御用空気圧縮機潤滑油圧力スイッチ、出口空気温度スイッチ及び空気だめ圧力スイッチの特性変化

圧力・温度スイッチは、長期間の使用に伴い、検出特性が変化し、長期間校正を実施しない場合、実際のプロセス値に対し、動作値の誤差が大きくなることが想定される。

しかしながら、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と考える。

また、定期的な模擬信号での校正試験・調整により、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。

(19) 制御用空気圧縮機潤滑油圧力スイッチ、出口空気温度スイッチ及び空気だめ圧力スイッチの導通不良

圧力・温度スイッチは、接点部分に浮遊塵埃が付着することによる、導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分はケース内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。

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。

なお、定期的な作動確認により、機器の健全性を維持している。

(20) 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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.3.4 消耗品及び定期取替品

ガスケット、電動機軸受（ころがり）、吸着剤、吸入弁、吐出弁、Vベルト、ピストンリング、フィルタエレメント及びグランドパッキンは分解点検時に取替えている消耗品であり、軸受（ころがり）、連接棒メタルは分解点検時の寸法計測により、ヒータは分解点検時の絶縁抵抗測定結果により取替えている消耗品であり、長期使用はせず取替え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(1/13) 川内2号炉 制御用空気圧縮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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
空気の圧縮、容量 (空気流量)の確保	制御用 空気圧縮機	Vベルト	◎	—							*1：接続棒メタル 摺動部 *2：軸受部 *3：高サイクル 疲労割れ
		Vプーリ		鋳 鉄	△	△					
		主 軸		低合金鋼	△ <sup>*1</sup> △ <sup>*2</sup>	△	△ <sup>*3</sup>				
		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)	△	△	△ <sup>*3</sup>				
		リストピン		低合金鋼	△	△					
		連 接 棒		炭 素 鋼		△	△ <sup>*3</sup>				
		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			△ <sup>*3</sup>				
		シリンダ		鋳 鉄		△(内面) △(外面)					
		シリンダライナ		鋳 鉄 (クロムメッキ)	△	△(内面) △(外面)					
		吸 入 弁	◎	—							
		吐 出 弁	◎	—							
		ピストンリング	◎	—							
		軸受(ころがり)	◎	—							
		バウダリの維持		◎	—						
		機器の支持			鋳 鉄		△(内面) △(外面)				
			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(2/13) 川内2号炉 制御用空気圧縮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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
駆動機能の確保	制御用 空気圧縮機 用電動機	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 エステルイミト線 (B種絶縁)						○*1		
		口出線		銅 エチレンプロピレンゴム (B種絶縁)						○*1		
		端子箱		炭素鋼		△						
		回転子棒		アルミニウム			△					
		エンドリング		アルミニウム			△					
		回転子コア		珪素鋼板			△					
		主 軸		炭素鋼	△		△*2					
		ブラケット		鋳 鉄			△					
機器の支持		軸受(ころがり)	◎	—								
		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）

表2.3-2(3/13) 川内2号炉 制御用空気圧縮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		
空気の圧縮、容量（空気流量）の確保	制御用空気圧縮機インタークーラ	伝熱管		銅合金			△*1				*1：高サイクル疲労割れ	
		邪魔板		炭素鋼		△						
		メインプレートカバー		鋳鉄		△(内面) △(外面)						
		フローティングプレートカバー		鋳鉄		△(内面) △(外面)						
		管板		炭素鋼		△						
		胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		フランジ		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(4/13) 川内2号炉 制御用空気圧縮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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	制御用 空気圧縮機 アフタークーラ	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								
		管板		銅合金								
		胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
機器の支持	支持脚		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(5/13) 川内2号炉 制御用空気圧縮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		
バウンダリの維持	制御用 空気ドレン セパレータ	胴 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		鏡 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
空気の乾燥		仕切板		炭素鋼		△						
		多孔板		炭素鋼		△						
機器の支持		支持脚		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(6/13) 川内2号炉 制御用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		△(内面) △(外面)						
	鏡 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール用ボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
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(7/13) 川内2号炉 制御用空気除湿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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化			
バウンダリの維持	制御用 空気除湿装置 除湿塔	胴 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)							
		鏡 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)							
空気の乾燥		吸着剤	◎	—									
機器の支持		脚		炭素鋼		△							
		取付ボルト		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(8/13) 川内2号炉 制御用空気除湿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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	制御用 空気除湿装置 電気式加熱器	胴 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
		管 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
空気の乾燥		ヒ ー タ	◎	—								
機器の支持		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2.3-2(9/13) 川内2号炉 制御用空気除湿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		
空気の乾燥	制御用 空気除湿装置 送風機	Vベルト	◎	—							*1：軸受部 *2：高サイクル 疲労割れ	
		Vプーリ		鑄 鉄	△	△						
		ケーシング		鑄 鉄	△	△						
		主 軸		炭 素 鋼	△*1	△	△*2					
		歯 車		低合金鋼	△	△						
		軸受(ころがり)	◎	—								
バウンダリの維持		サイドフレーム		鑄 鉄		△(内面) △(外面)						
機器の支持		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2.3-2(10/13) 川内2号炉 制御用空気除湿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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
駆動機能の確保	制御用 空気除湿装置 送風機用電動機		珪素鋼板		△						*1：絶縁低下 *2：高サイクル疲労割れ
			鋳 鉄		△						
			銅 ポリエステルフィルム ポリエステル樹脂 (B種絶縁)							○*1	
			銅 エチレンプロピレンゴム (B種絶縁)							○*1	
			炭 素 鋼		△						
			アルミニウム			△					
			アルミニウム			△					
			珪素鋼板			△					
			炭 素 鋼		△		△*2				
			鋳 鉄			△					
			◎	—							
機器の支持			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）

表2.3-2(11/13) 川内2号炉 制御用空気除湿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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
バウンダリの維持	制御用 空気除湿装置 アフター フィルタ	胴 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		鏡 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		管 板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		ふたフランジ		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
		ガスケット	◎	—								
空気の乾燥		フィルタエレメント	◎	—								
機器の支持		スカート		炭素鋼		△						
		ベースプレート		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2.3-2(12/13) 川内2号炉 制御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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
空気の圧縮、容量 (空気流量)の確保	制御用空気圧縮機潤滑油 圧力スイッチ		銀 金メッキ							△ <sup>*1,2</sup>	*1：特性変化 *2：導通不良
	制御用空気圧縮機出口空気 温度スイッチ		金メッキ							△ <sup>*1,2</sup>	
	制御用空気だめ圧力スイッチ		銀酸化カド ニウム+銅							△ <sup>*1,2</sup>	

△：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(13/13) 川内2号炉 制御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		炭 素 鋼		△*1(内面) △*2(内面) △ (外面)						*1：制御用空気圧縮機～制御用空気除湿装置除湿塔 *2：制御用空気除湿装置除湿塔出口以降
	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）



## 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 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下

#### a. 事象の説明

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下の事象は、空調用の電動機と電圧区分、絶縁仕様及び使用環境等は同様であることから、空調設備の技術評価書のうち「電動機」の低圧電動機の固定子コイル及び口出線の絶縁低下の事象の説明を参照のこと。

#### b. 技術評価

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下に対する技術評価は、空調用の電動機と電圧区分、絶縁仕様及び使用環境等は同様であることから、空調設備の技術評価書のうち「電動機」の低圧電動機の固定子コイル及び口出線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

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下に対する高経年化への対応は、空調用の電動機と電圧区分、絶縁仕様及び使用環境等は同様であることから、空調設備の技術評価書のうち「電動機」の低圧電動機の固定子コイル及び口出線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 ガスサンプリング圧縮装置

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### 3.1.1 固定子コイル及び口出線の絶縁低下

代表機器と同様、長期間の運転を考慮すると固定子コイル及び口出線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。

したがって、固定子コイル及び口出線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より洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

### 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

2.3.3の1)又は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 ガスサンプリング圧縮機等の外面からの腐食（全面腐食）

ガスサンプリング圧縮機等は炭素鋼及び鋳鉄を使用しており、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、塗装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装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。

#### 3.2.2 主軸等の腐食（全面腐食）

ガスサンプリング圧縮機及び電動機の主軸等は、炭素鋼、低合金鋼又は鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、圧縮機は油雰囲気下にあり、電動機は塗装しており腐食が発生し難い環境にある。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

#### 3.2.3 主軸、ピストンロッド等の摩耗

ガスサンプリング圧縮機の主軸（連接棒メタルとの接触部）、ピストンロッド等については、摺動部に摩耗が発生する可能性がある。

しかしながら、定期的に目視確認又は寸法計測を実施し、有意な摩耗が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。

#### 3.2.4 主軸の摩耗

ガスサンプリング圧縮機等の軸受はころがり軸受を使用しており、軸受の定期取替時の軸受引き抜き時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。この場合は、主軸表面がわずかに摩耗し、主軸と軸受間で微小隙間が生じ、運転中にフレットングにより摩耗する可能性がある。

しかしながら、分解点検時の寸法管理によりフレットングが発生しないようにしており、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難い。

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及び寸法計測により、機器の健全性を確認している。

#### 3.2.5 主軸等の高サイクル疲労割れ

ガスサンプリング圧縮機の主軸等には、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、分解点検時の目視確認又は浸透探傷検査により、機器の健全性を確認している。

#### 3.2.6 シリンダの摩耗

ガスサンプリング圧縮機のシリンダはピストンリングとの摺動により、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難い。

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及び寸法計測により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.7 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

ガスサンプリング圧縮装置用電動機の固定子コア及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、固定子コア及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難い。

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。

### 3.2.8 フレーム、ブラケット及び端子箱の腐食（全面腐食）

ガスサンプリング圧縮装置用電動機のフレーム、ブラケット及び端子箱は鋳鉄又は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、内外面とも塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。また、分解点検等の目視確認で塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。

### 3.2.9 回転子棒・エンドリングの疲労割れ

ガスサンプリング圧縮装置用電動機の回転子棒・エンドリングについては、電動機の起動時に発生する電磁力による繰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、回転子棒・エンドリングはアルミ充てん式（一体形成）であり、回転子棒とスロットの間に隙間を生じることはなく、疲労割れは発生し難い構造である。

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、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。

### 3.2.10 フランジボルトの腐食（全面腐食）

ガスサンプリング圧縮装置配管フランジボルトは、ガスケットからの漏えいにより、内部流体による腐食が想定される。

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難い。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.11 取付ボルトの腐食（全面腐食）

ガスサンプリング圧縮機等の取付ボルトは低合金鋼又は炭素鋼であり、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、塗装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装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。

### 3.2.12 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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.3.3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。

### 3.2.13 ケーシング等の腐食

無段変速機のケーシング内面、主軸、歯車は鋳鉄、低合金鋼及び軸受鋼を使用しており、腐食が想定される。

しかしながら、油雰囲気下にあり、腐食が発生し難い環境にあることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

#### 3.2.14 主軸の摩耗

無段変速機の主軸は低合金鋼を使用しており、摩耗が想定される。

しかしながら、油雰囲気下にあり、摩耗が発生し難い環境にあることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

#### 3.2.15 主軸の高サイクル疲労割れ

無段変速機の主軸には、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、運転頻度は低く疲労割れは発生しないことから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

#### 3.2.16 歯車の摩耗

無段変速機の歯車は接触部があることから、摩耗が想定される。

しかしながら、潤滑油を供給し摩耗を防止しており、摩耗が発生し難い環境にあることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

## 3. 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



本技術評価書は、川内2号炉で使用されている燃料取扱設備の高経年化に係る技術評価についてまとめたものである。

川内2号炉で使用されている燃料取扱設備は、クレーン関係及び装置関係に大きく分かれ、型式でグループ化すると2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2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を基に、以下の2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. 1 燃料取扱設備（クレーン関係）

[対象機器]

- ① 燃料取替クレーン
- ② 使用済燃料ピットクレーン

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	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、材料及び使用条件 .....	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 .....	39
3. 代表機器以外への展開 .....	43
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	43
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 .....	45

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている主要な燃料取扱設備（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及び結果

表1-1に示す燃料取扱設備（クレーン関係）について、同様の構造を有していることから、1つのグループにまとめられる。

### 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替クレーンを代表機器とする。

表1-1 川内2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			選定	選定理由	
		重要度*1	仕 様 (容量×揚程)	使 用 条 件			
型 式					運 転	使 用 温 度	
クレーン	燃料取替クレーン (1)	PS-2	約7.3kN×約8.2m	一 時	気中：約45℃ 水中：約43℃	◎	使用温度
	使用済燃料ピットクレーン (1)	PS-2	約19.6kN×約9.5m (No.1ホスト) 約19.6kN×約9.5m (No.2ホスト)	一 時	気中：約30℃ 水中：約43℃		

\*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 燃料取替クレーン

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### (1) 構造

川内2号炉の燃料取替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及びグリッパより構成される。

ブリッジの車輪は4輪で、うち2輪で駆動する構造である。また、車輪近傍には燃料取替クレーンの浮き上がり防止のため、走行レール頭部を抱き込む形状の転倒防止金具を設けている。制御設備は補助継電器等の主要構成機器及び機器を支持するための筐体、チャンネルベース及び取付ボルトから構成される。

川内2号炉の燃料取替クレーンの構造を図2.1-1～図2.1-12に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉の燃料取替クレーンの使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

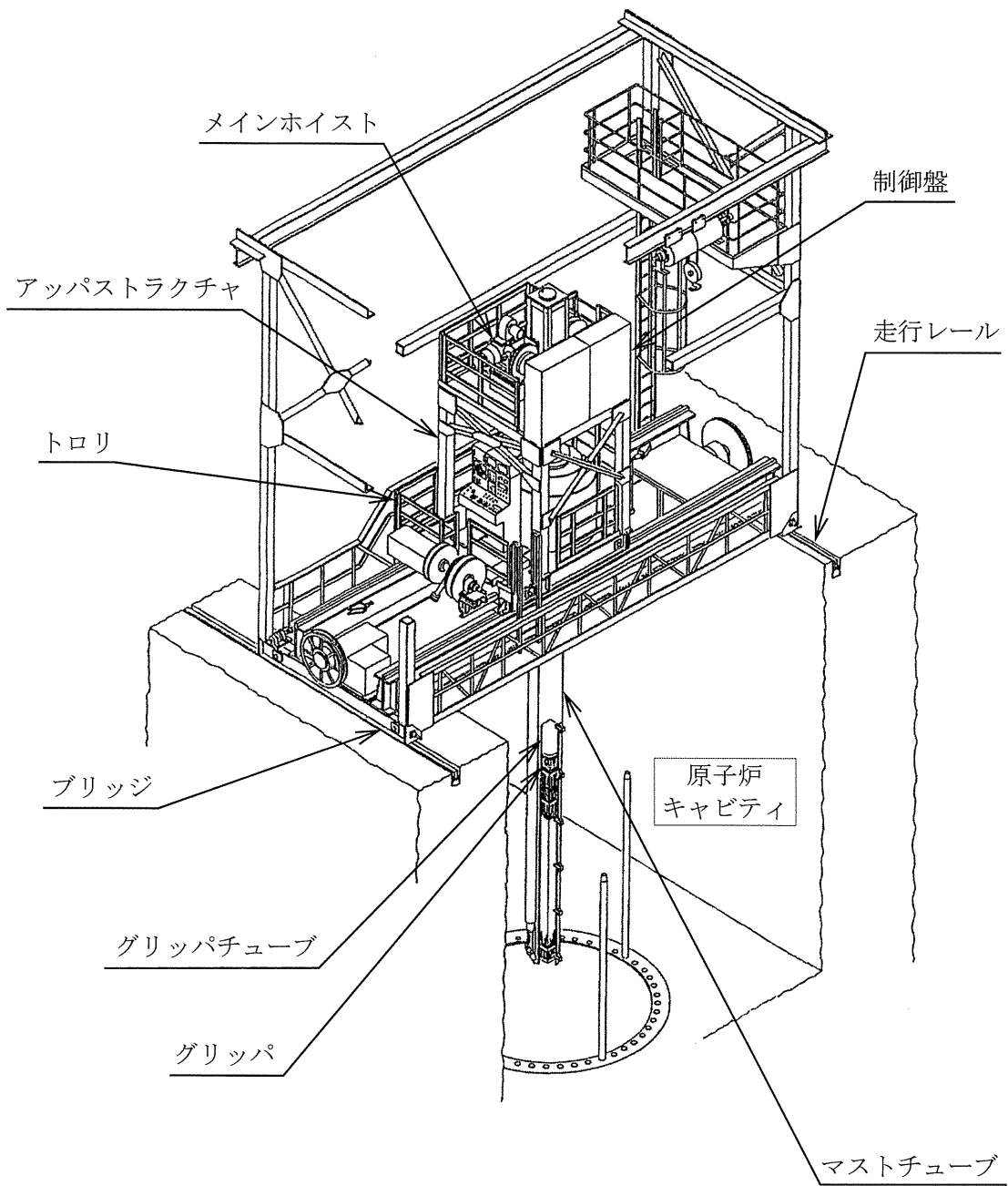
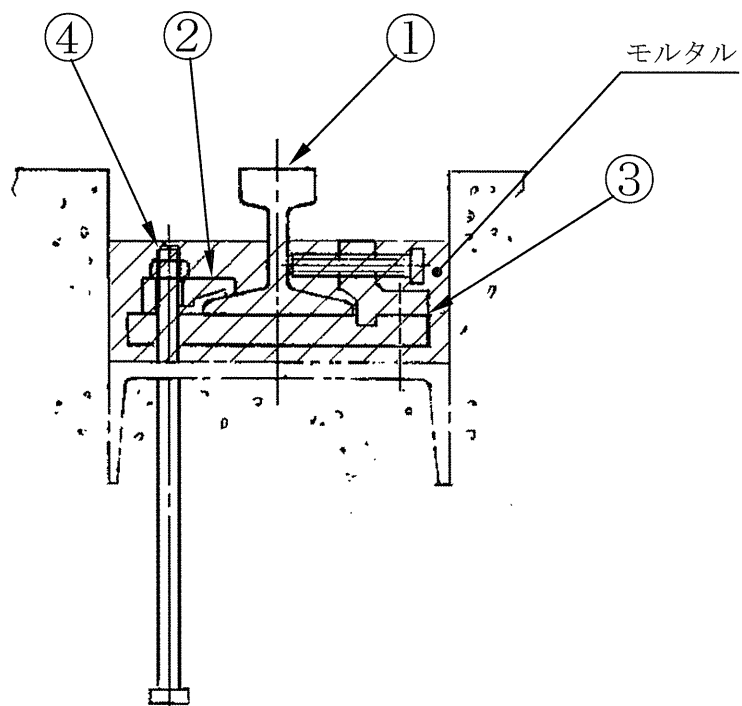


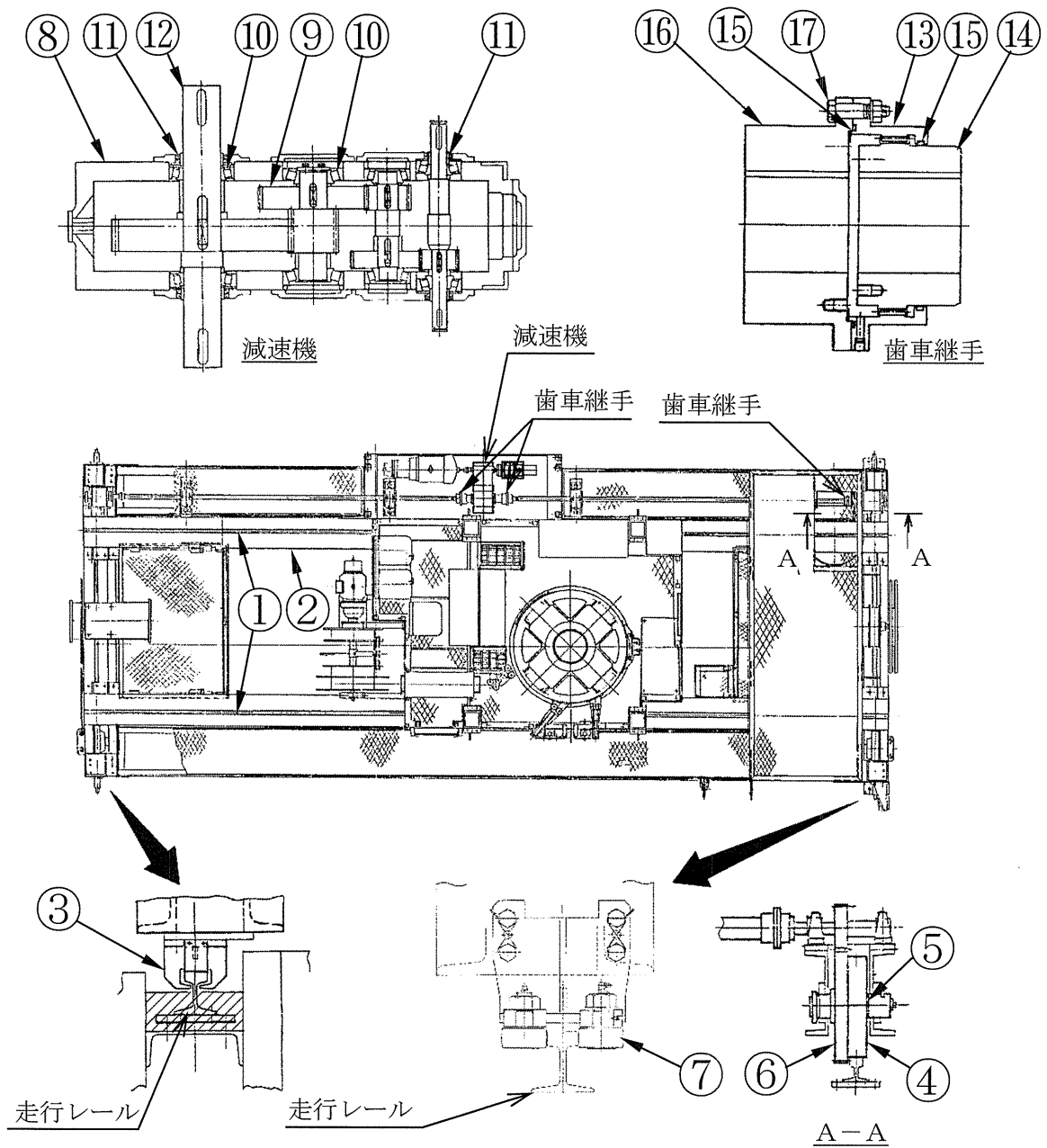
図2.1-1 川内2号炉 燃料取替クレーン全体構成図



No.	部 位
①	走行レール
②	レール押さえ
③	埋込金物
④	基礎ボルト

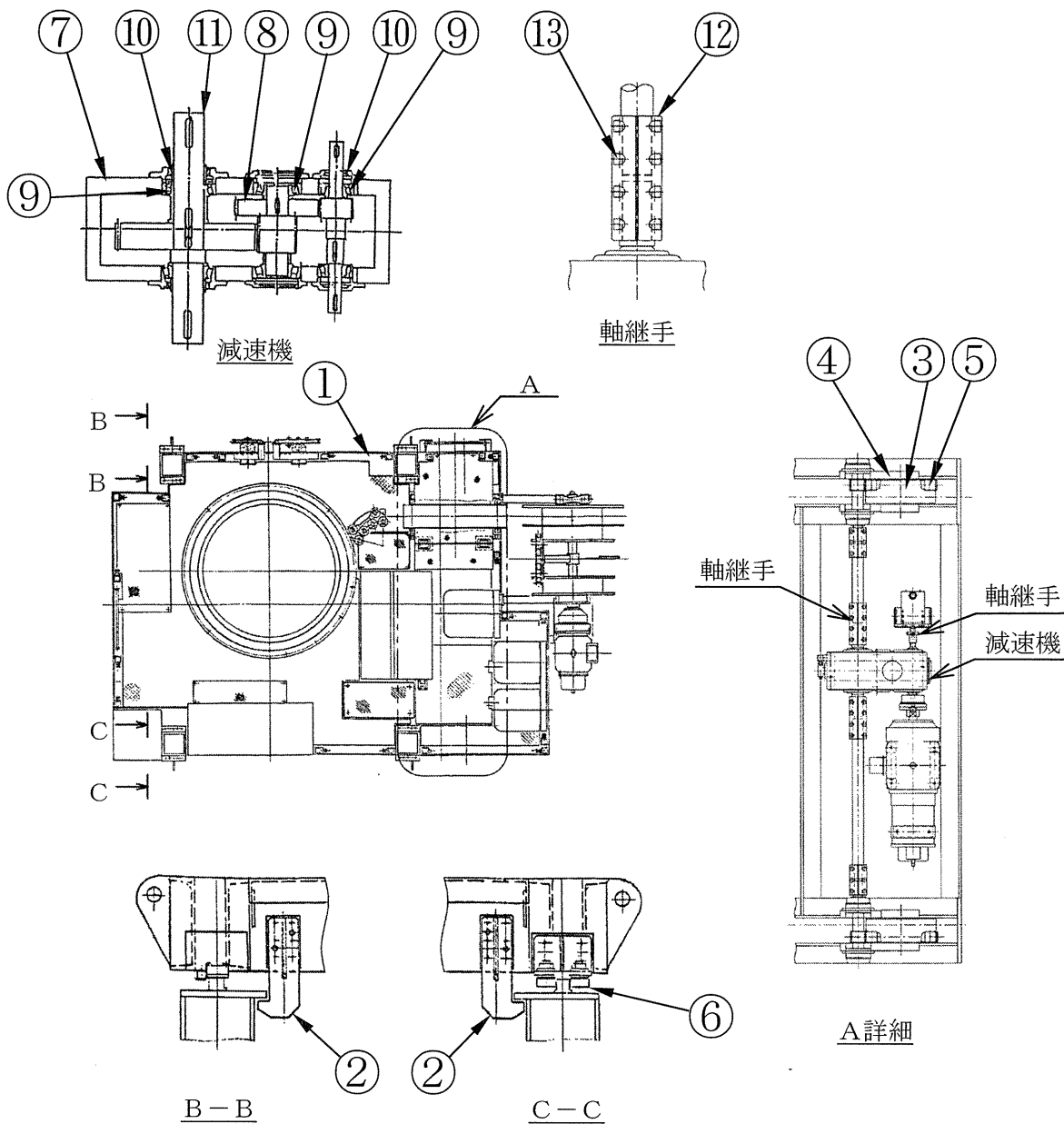
図2.1-2 川内2号炉 燃料取替クレーン 走行レール図





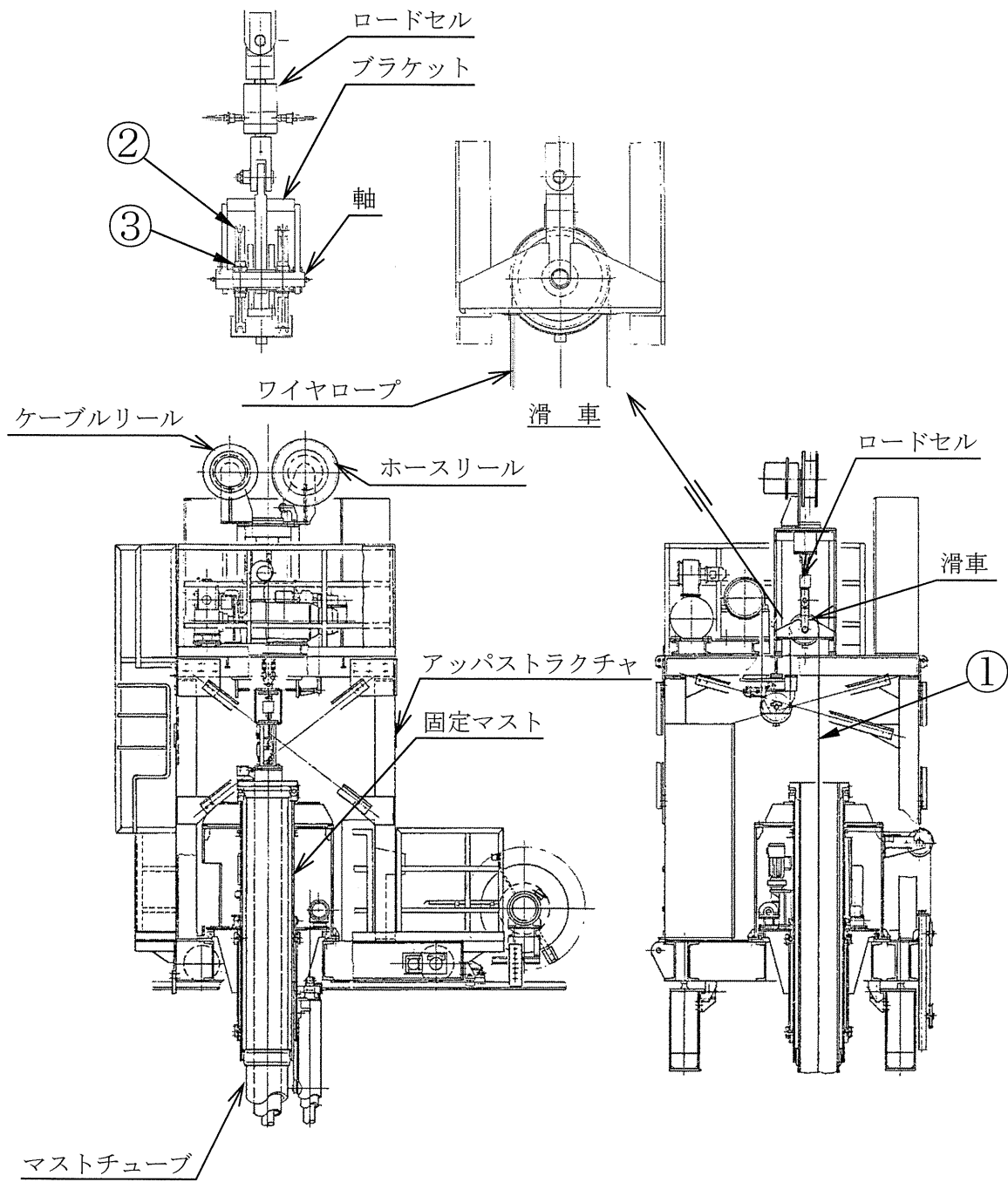
No.	部 位	No.	部 位
①	横行レール	⑩	軸受 (ころがり)
②	ブリッジガータ	⑪	オイルシール
③	転倒防止金具	⑫	軸
④	車 輪	⑬	スリーブ
⑤	車輪軸受 (ころがり)	⑭	ハ ブ
⑥	車輪部歯車	⑮	Ｏリング
⑦	ガイドローラ	⑯	フランジ
⑧	ケーシング	⑰	六角ボルト
⑨	歯 車		

図2.1-3 川内2号炉 燃料取替クレーン ブリッジ構造図



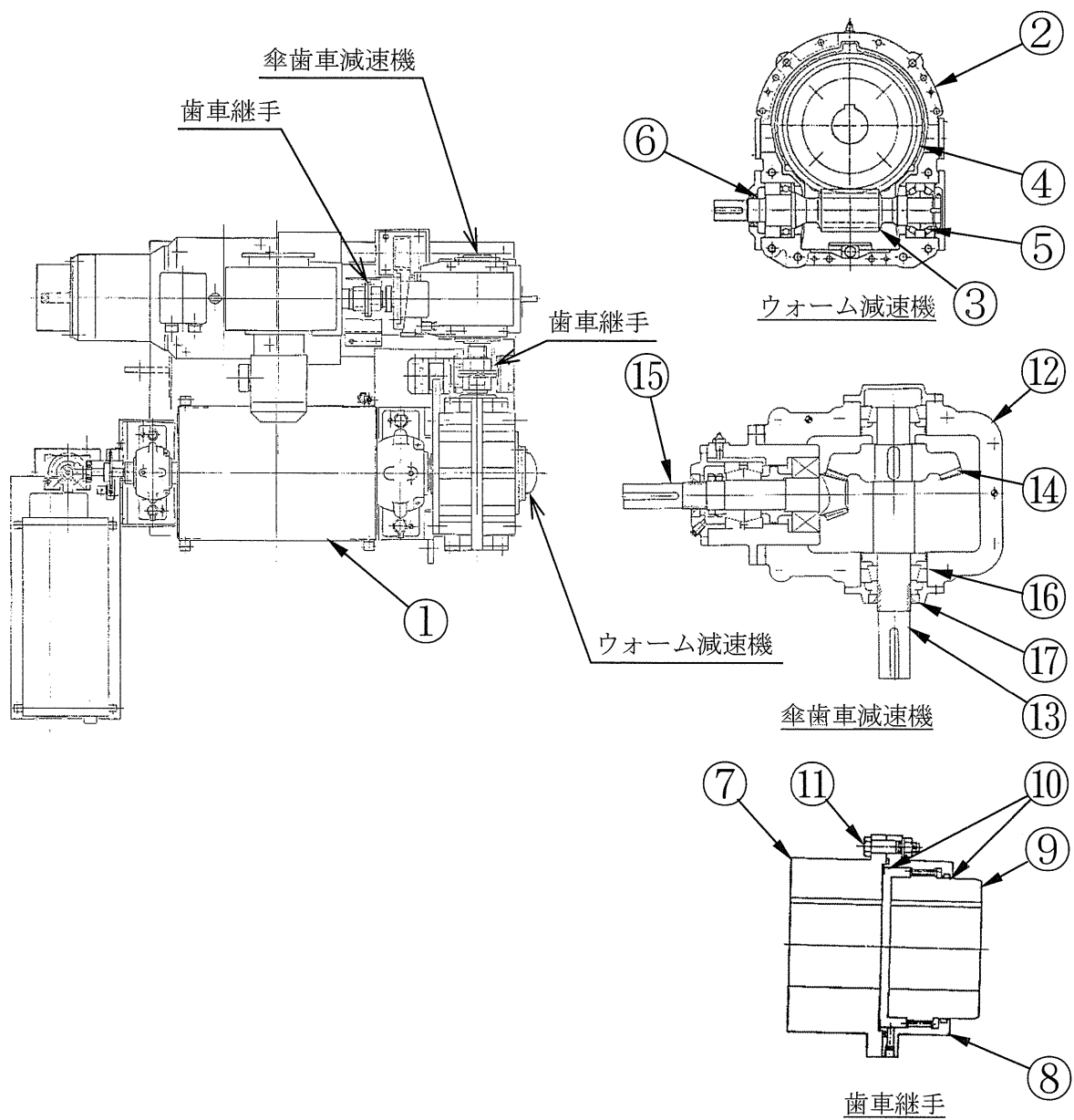
No.	部 位	No.	部 位
①	トロリ架台	⑧	歯 車
②	転倒防止金具	⑨	軸受 (ころがり)
③	車 輪	⑩	オイルシール
④	車輪軸受 (ころがり)	⑪	軸
⑤	車輪部歯車	⑫	ボ デ ィ
⑥	ガイドローラ	⑬	六角穴付ボルト
⑦	ケーシング		

図2.1-4 川内2号炉 燃料取替クレーン トロリ構造図



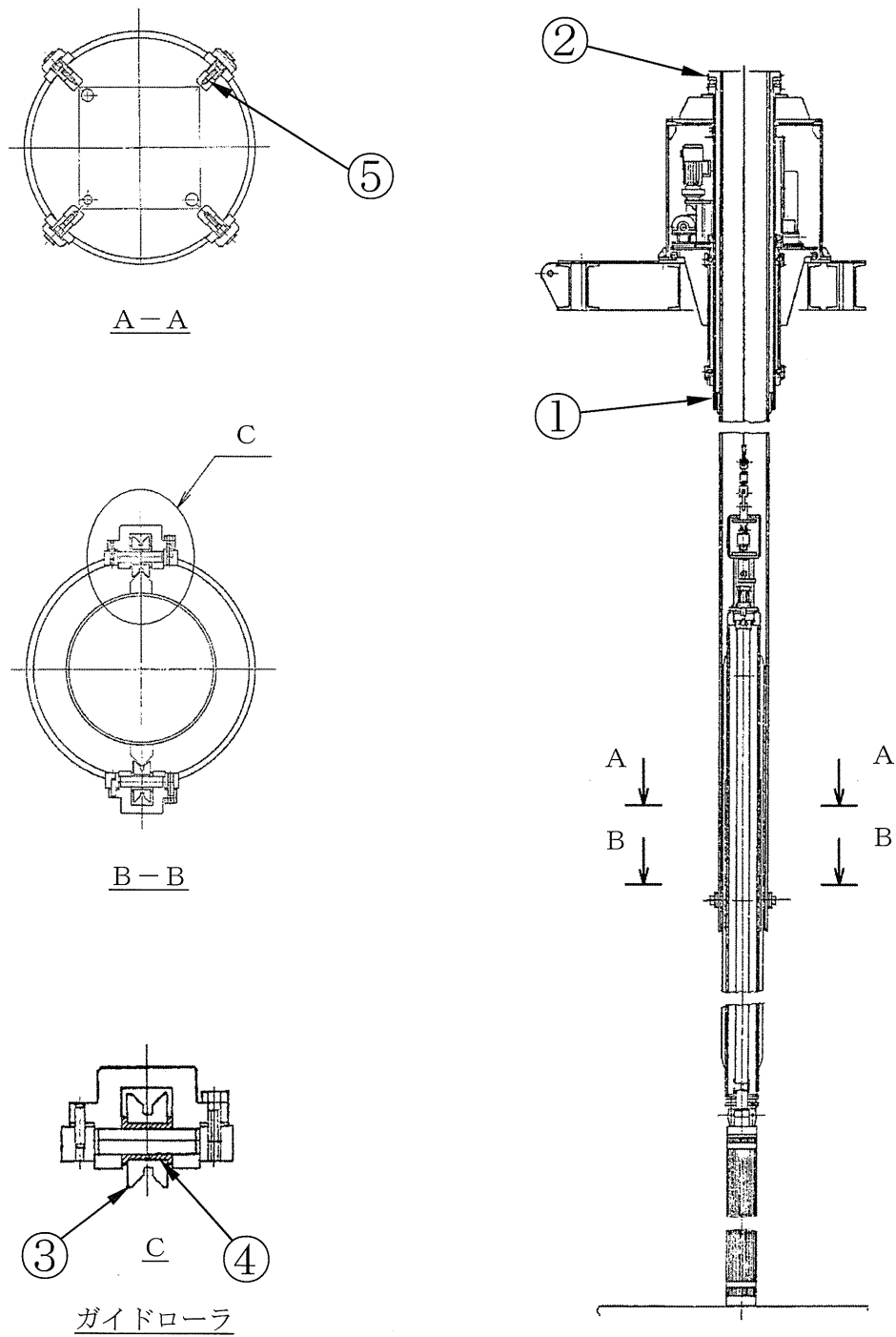
No.	部 位
①	ワイヤロープ
②	シーブ
③	軸受 (ころがり)

図2.1-5 川内2号炉 燃料取替クレーン アップストラクチャ構造図



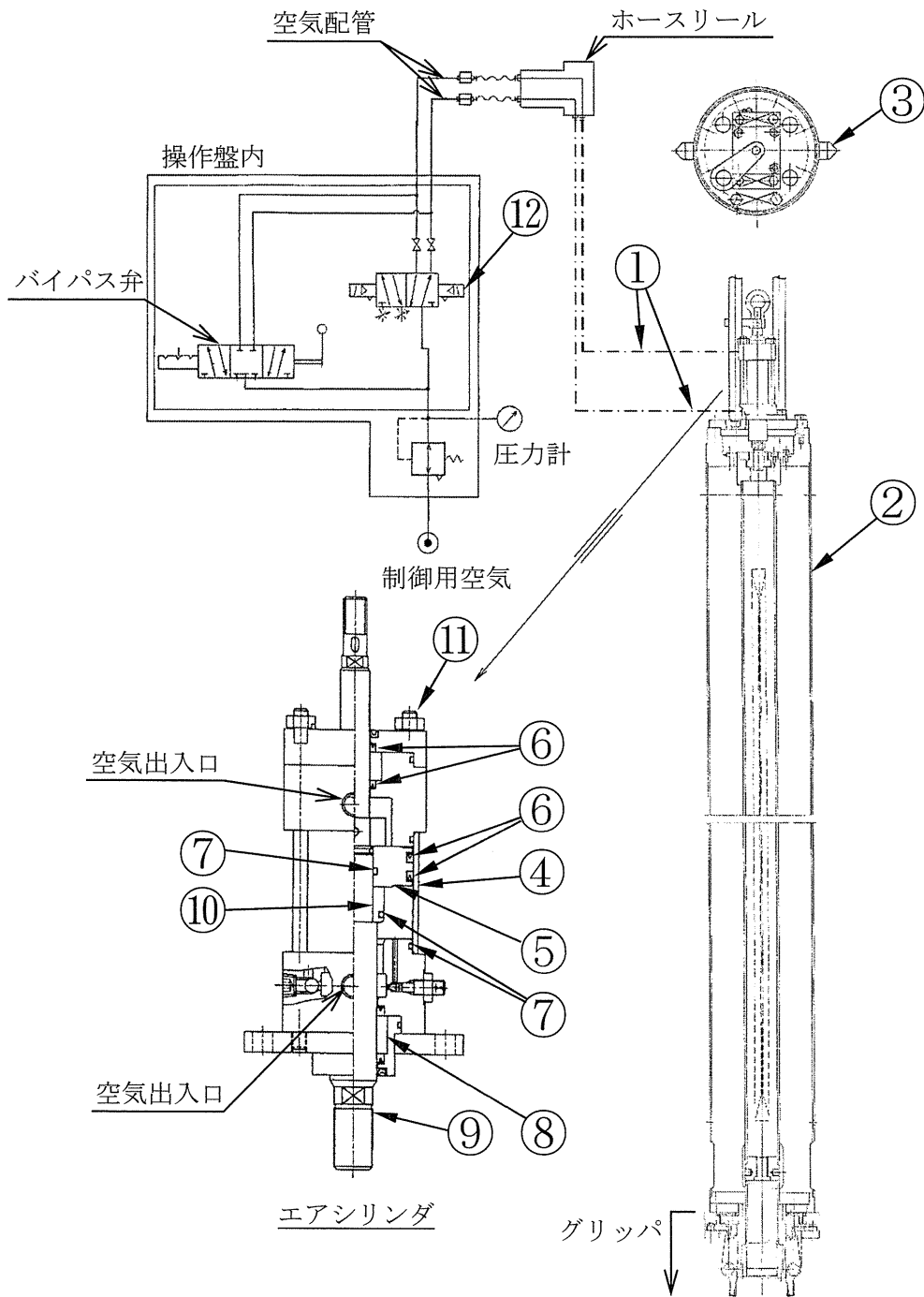
No.	部 位	No.	部 位
①	ワイヤドラム	⑩	Ｏリング
②	ケーシング	⑪	六角ボルト
③	ウオーム	⑫	ケーシング
④	ウオームホイール	⑬	軸
⑤	軸受 (ころがり)	⑭	歯 車
⑥	オイルシール	⑮	軸
⑦	フランジ	⑯	軸受 (ころがり)
⑧	スリーブ	⑰	オイルシール
⑨	ハ ブ		

図2.1-6 川内2号炉 燃料取替クレーン メインホイスト構造図



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

図2.1-7 川内2号炉 燃料取替クレーン マストチューブ構造図



No.	部 位	No.	部 位
①	エアホース	⑦	Oリング
②	グリッパチューブ	⑧	軸受 (すべり)
③	ガイドレール	⑨	ピストンロッド
④	シリンダチューブ	⑩	クッションリング
⑤	ピストン	⑪	タイロッド
⑥	パッキン	⑫	電磁弁

図2. 1-8 川内2号炉 燃料取替クレーン グリッパチューブ構造図

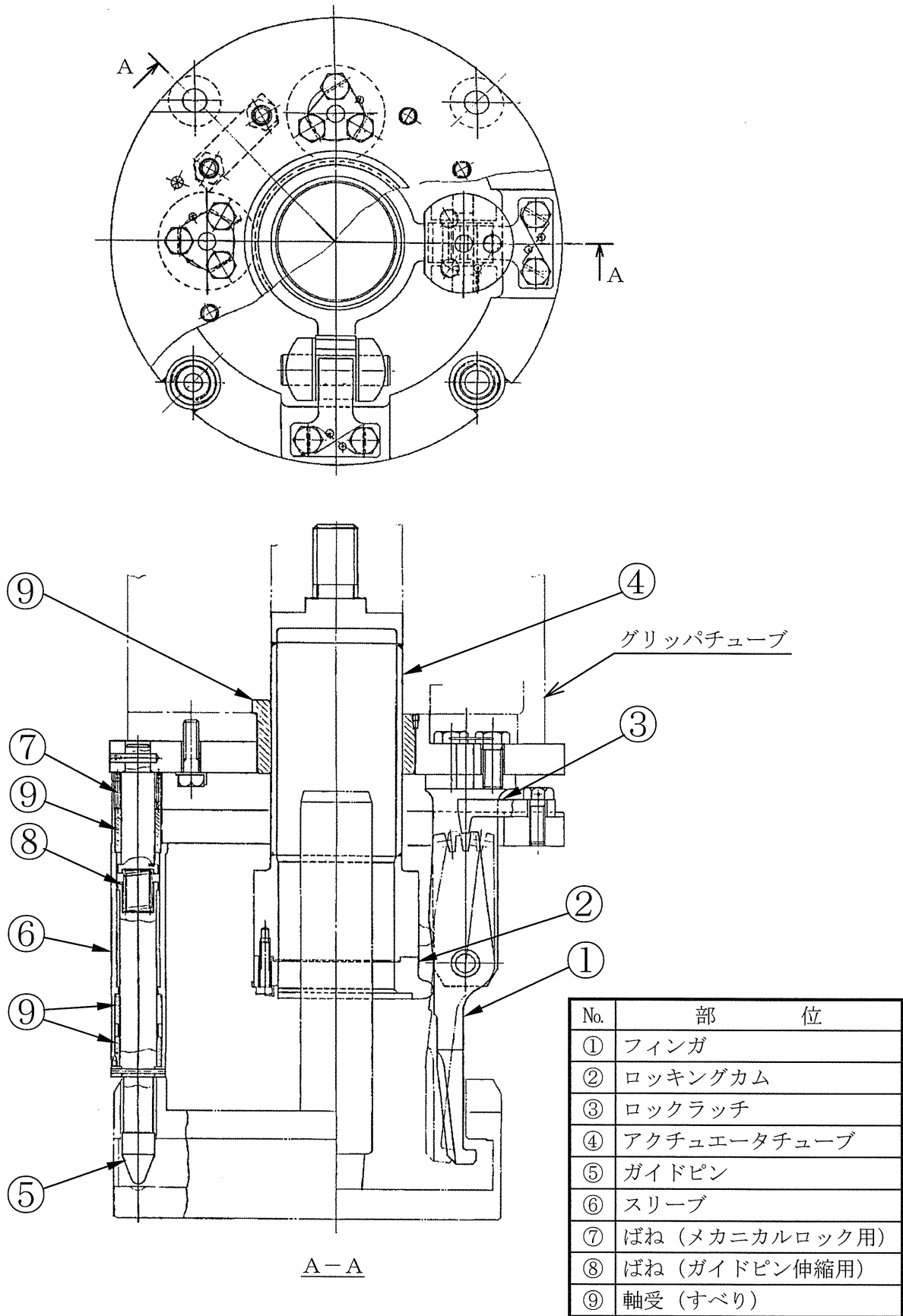
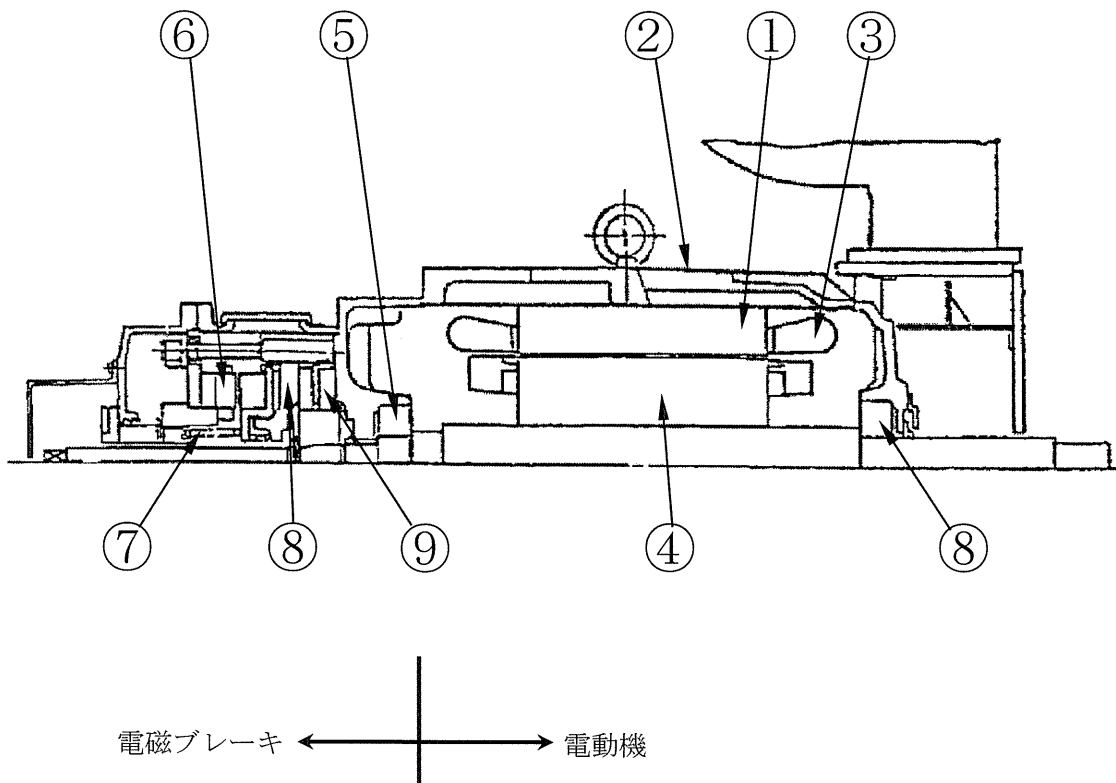


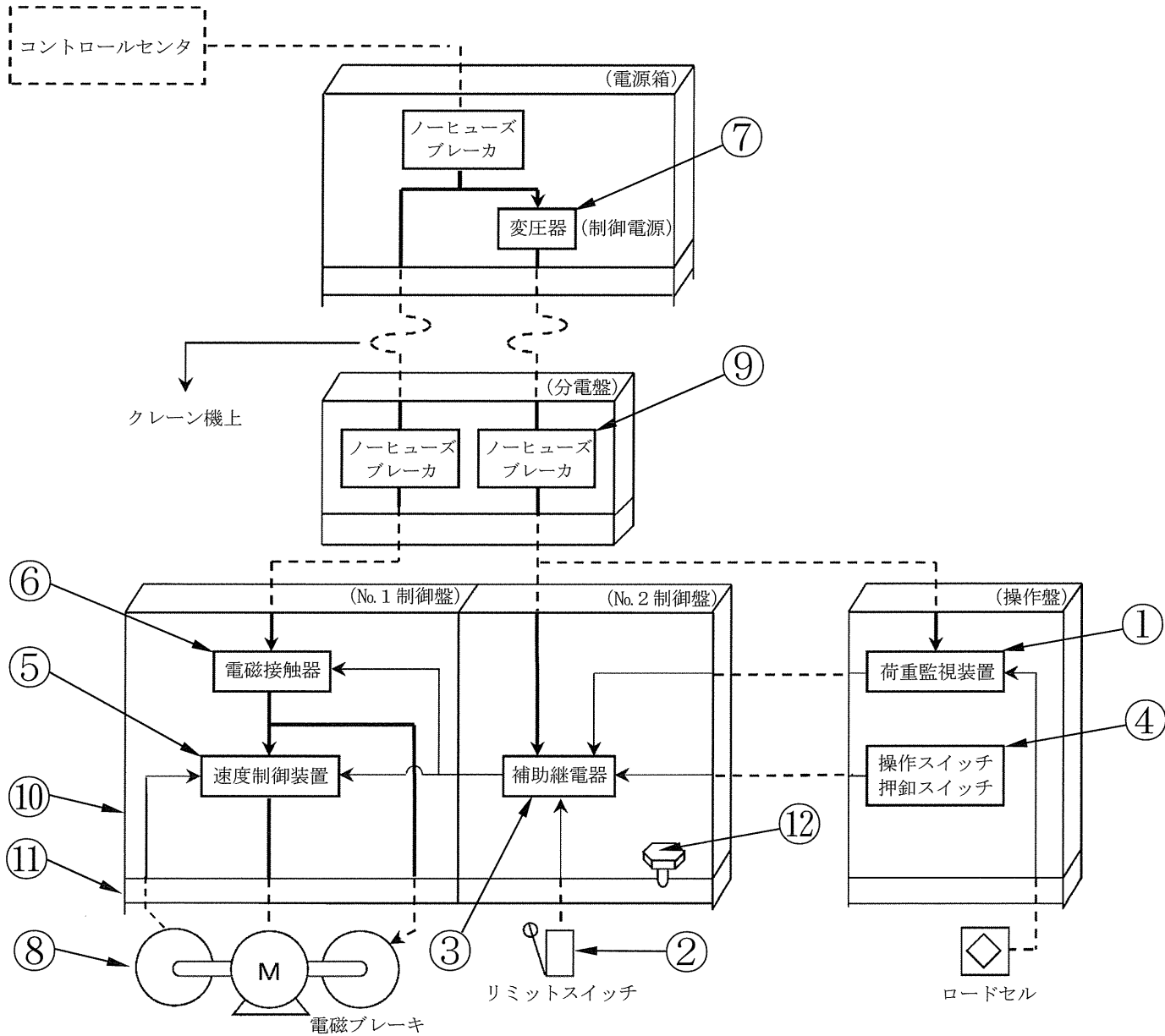
図2.1-9 川内2号炉 燃料取替クレーン グリッパ構造図



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

図2.1-10 川内2号炉 燃料取替クレーン 駆動電動機 (メインホイスト) 構造図

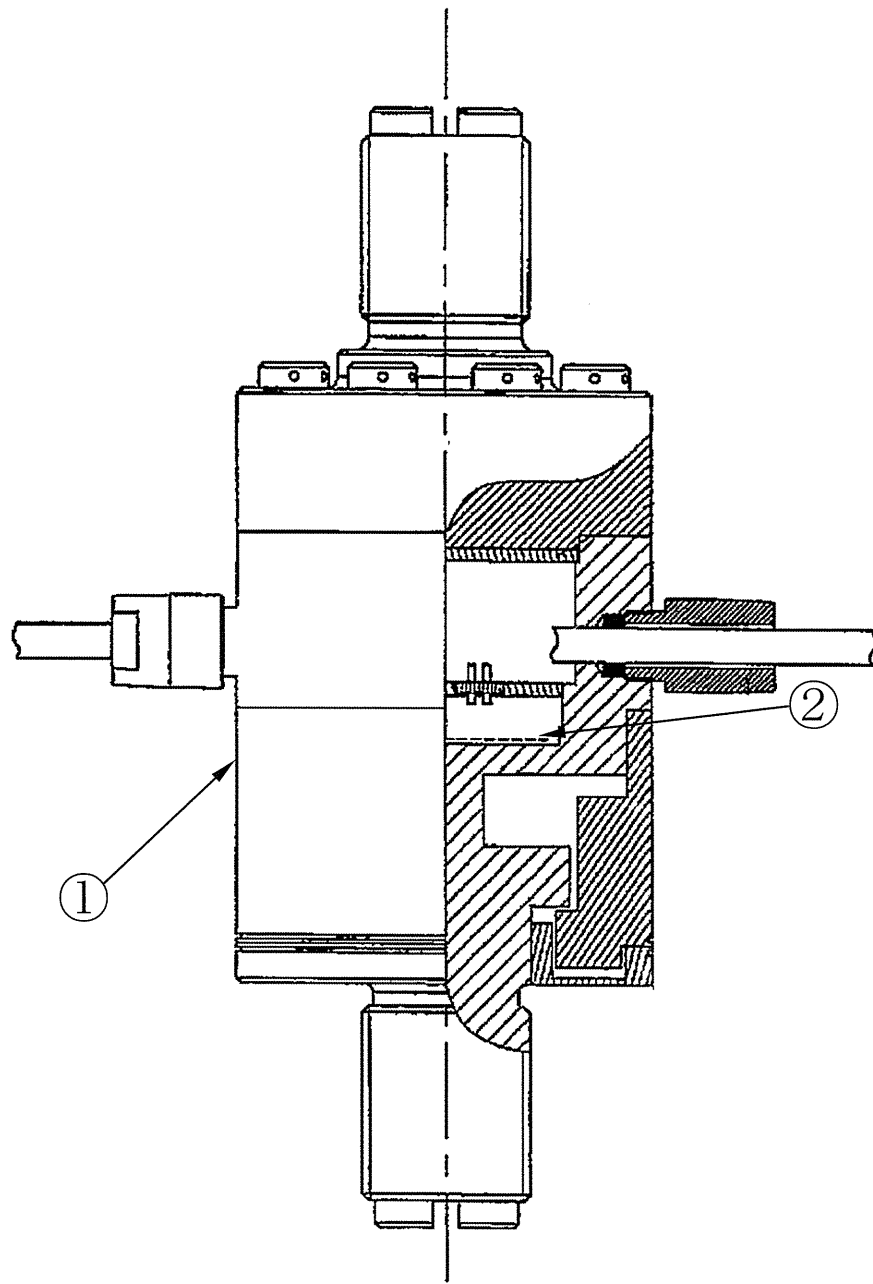




No.	部 位
①	荷重監視装置
②	リミットスイッチ
③	補助継電器
④	操作スイッチ、押釦スイッチ
⑤	速度制御装置
⑥	電磁接触器
⑦	変 圧 器
⑧	回転数発電機
⑨	ノーヒューズブレーカ
⑩	筐 体
⑪	チャンネルベース
⑫	取付ボルト

—→ 信号ライン  
 —→ 電源ライン  
 - - -> 他章で評価

図2.1-11 川内2号炉 燃料取替クレーン 制御設備の主要機器構成図



No.	部 位
①	本 体
②	荷重変換部

図2.1-12 川内2号炉 燃料取替クレーン ロードセル構造図

表2.1-1(1/4) 川内2号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部 位		材 料	
走行レール部	走行レール	炭素鋼	
	レール押さえ	炭素鋼	
	埋込金物	炭素鋼	
	基礎ボルト	炭素鋼	
ブリッジ	横行レール	炭素鋼	
	ブリッジガータ	炭素鋼	
	転倒防止金具	低合金鋼	
	車 輪	低合金鋼鑄鋼	
	車輪軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品	
	車輪部歯車	炭素鋼	
	ガイドローラ	消耗品・定期取替品	
	減速機	ケーシング	鑄 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	低合金鋼
	歯車継手	スリーブ	炭素鋼
		ハ ブ	炭素鋼
		Ｏリング	消耗品・定期取替品
		フランジ	炭素鋼
		六角ボルト	低合金鋼
トロリ	トロリ架台	炭素鋼	
	転倒防止金具	炭素鋼	
	車 輪	低合金鋼鑄鋼	
	車輪軸受（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	

表2.1-1(2/4) 川内2号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部 位		材 料	
トロリ	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	低合金鋼
	軸継手	ボ デ ィ	炭 素 鋼
		六角穴付ボルト	低合金鋼
アッパストラク 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
	ウォーム減速機	ケーシング	鋳 鉄
		ウォーム	低合金鋼
		ウォームホイール	高力黄銅鋳物
		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
	歯車継手	フランジ	炭 素 鋼
		スリーブ	炭 素 鋼
		ハ ブ	炭 素 鋼
		Oリング	消耗品・定期取替品
		六角ボルト	低合金鋼
	傘歯車減速機	ケーシング	鋳 鉄
		軸	炭 素 鋼
		歯 車	低合金鋼
		軸	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

表2. 1-1 (3/4) 川内2号炉 燃料取替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	
	ガイドレール	ステンレス鋼	
	エアシリンダ	シリンダチューブ	ステンレス鋼 内面硬質クロムメッキ
		ピストン	銅合金鋳物
		パッキン	消耗品・定期取替品
		Oリング	消耗品・定期取替品
		軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品
		ピストンロッド	ステンレス鋼 硬質クロムメッキ
		クッションリング	炭 素 鋼 硬質クロムメッキ
		タイロッド	ステンレス鋼
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	
	ばね (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) 川内2号炉 燃料取替クレーン主要部位の使用材料

部 位		材 料	
駆動用 電動装置	電動機	固定子コア	珪素鋼板
		フレーム	鋳 鉄
		固定子コイル	銅、ポリエステルイミド+ポリアミドイミド (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 ポリエステル (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
	回転数発電機		銅、ポリエステル (B種絶縁)
制御設備	荷重監視装置		半 導 体
	リミットスイッチ		銀、銅
	補助継電器		消耗品・定期取替品
	操作スイッチ・押釦スイッチ		銅、銀
	速度制御装置		半導体、リレー
	電磁接触器		消耗品・定期取替品
	変 圧 器		銅、アラミド繊維、エポキシ樹脂 (F種絶縁)
	ノーヒューズブレーカ		消耗品・定期取替品
ロードセル	本 体		ステンレス鋼
	荷重変換部		ひずみゲージ
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 川内2号炉 燃料取替クレーンの使用条件

運 転 荷 重		容量：約7.3kN
温 度	気 中	約45℃
	水 中	約43℃
設 置 場 所		原子炉格納容器内

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

燃料取替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6つ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 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

燃料取替クレーンについて、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、材料及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) 電動機の固定子コイルの絶縁低下

電動機の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、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。

#### (3) 回転数発電機の絶縁低下

回転数発電機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。



(4) 変圧器の絶縁低下

制御設備の変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び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△又は▲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、又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)又は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) 走行・横行レール及び車輪の摩耗

走横行レール及び車輪はクレーンの走横行により摩耗が想定される。また、レール側面はガイドローラとのすべりで摩耗が想定される。

しかしながら、レール上面、側面及び車輪は、ガイドローラにより横すべりを防止しており、ころがり接触であることから摩耗が発生し難い構造である。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(2) 走行・横行レール及びブリッジガータ等の腐食（全面腐食）

走行レール、横行レール、ブリッジガータ、トロリ架台、転倒防止金具（ブリッジ、トロリ）、車輪、ブリッジの減速機（ケーシング、軸）、歯車継手（スリーブ、ハブ、フランジ、六角ボルト）、トロリの減速機（ケーシング、軸）、軸継手（ボディ、六角穴付ボルト）、メインホイストのウォーム減速機（ケーシング）、歯車継手（フランジ、スリーブ、ハブ、六角ボルト）、傘歯車減速機（ケーシング、軸）、マストチューブの固定マスト及び電動機（低圧）のフレームは炭素鋼、低合金鋼、鋳鋼、鋳鉄又は低合金鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、走行レール及び横行レールとの車輪接触部の腐食については、定期的な目視確認により、機器の健全性を維持している。

走行レール及び横行レールとの車輪接触部以外の大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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) 走行・横行レール及びブリッジガータの疲労割れ

走行レール、横行レール及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、疲労割れが発生する可能性は小さく、これまでにき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難い。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 歯車及び軸継手等の摩耗

ブリッジ及びトロリの車輪部歯車、減速機（歯車）、歯車継手（スリーブ、ハブ、六角ボルト）、軸継手（六角穴付ボルト）及びメインホイストのウォーム減速機（ウォーム、ウォームホイール）、歯車継手（スリーブ、ハブ、六角ボルト）及び傘歯車減速機（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、摩耗し難い環境であり、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難い。

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、定期的な異音確認や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) ワイヤロープの摩耗及び素線切れ

アップストラクチャのワイヤロープはドラムへの巻き取り、シーブ通過時のロープの曲げ及び機械的要因により、摩耗及び素線切れが想定される。

しかしながら、定期的なワイヤロープ径の寸法確認及び目視確認により、摩耗及び素線切れを確認し、有意な摩耗等が確認された場合は適切に対処することにより、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) シーブ及びワイヤドラムの摩耗

アップストラクチャのシーブ及びメインホイストの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、シーブはワイヤロープの巻き取りにそって回転し、また、ワイヤドラムはドラムの回転にあわせてワイヤロープが巻き取られるため、すべりが発生せず、摩耗し難い構造であり、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難い。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(7) ガイドローラ及びガイドレールの摩耗

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ガイドレールと接触しながら、グリッパ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、ガイドローラとガイドレールの間は、転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難い。

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、使用前の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 燃料ガイドバーの摩耗

マストチューブの燃料ガイドバーは、燃料昇降時に燃料集合体支持格子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の隙間を有しているため、接触面圧が小さいこと及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、摩耗量は軽微であると考えられる。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(9) エアシリンダの摩耗

グリッパチューブのエアシリンダのシリンダチューブ、ピストン及びピストンロッドは機械的要因により、摩耗が想定される。

しかしながら、シリンダチューブとピストン及びピストンロッドと軸受（すべり）はパッキン及びグリスにより隔てられており、摩耗し難い構造であり、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難い。

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、使用前の作動確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 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、定期的にグリッパの作動確認及び隙間計測にて異常がないことを確認しており、必要に応じて取替えることにより、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。

(11) 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、燃料取扱時にロックラッチがフィンガの上部溝に嵌合することから、ロックラッチの摩耗の発生の可能性はあるが、これまでの点検実績から発生の可能性は小さい。

また、定期的にフィンガの面間寸法を計測することにより、有意な摩耗が発生していないことを確認しており、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) フィンガ及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及び燃料ラッチ時のこすれにより摩耗が想定される。

しかしながら、ロッキングカム（SUS630）に比べて、フィンガはさらに耐摩耗性に優れたSUS630（熱処理方法が異なる）を使用し摩耗し難くしている。

また、グリッパのガイドピンは、燃料への挿入時に燃料集合体上部ノズル（SUS304）との接触により摩耗が想定される。

しかしながら、材料をSUS630として、摩耗し難くしている。

フィンガ及びガイドピンについては、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難い。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

(13) ばねの変形（応力緩和）

グリップ（メカニカルロック用及びガイドピン伸縮用）及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、定期的な作動確認により、機器の健全性を確認している。

(14) 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

電動機（低圧）の固定子コア及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、固定子コア及び回転子コアはワニス処理又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難い。

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) 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及び銅であり、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難い。

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) 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難い。

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。

(17) 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定期検査あ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難い。

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) 荷重監視装置及び速度制御装置の特性変化

制御設備の荷重監視装置及び速度制御装置は、長時間の使用に伴い特性変化が想定される。

しかしながら、荷重監視装置及び速度制御装置を構成している電気回路部は、定格値（定格電圧、電流値）に対して、回路上は十分低い範囲で使用される設計としており、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、短期間での特性変化を起こす可能性は小さい。

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、速度制御装置及び荷重監視装置は、定期的な機能・性能試験により、機器の健全性を確認している。

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。

(19) 操作スイッチ及び押釦スイッチの導通不良

制御設備の操作スイッチ及び押釦スイッチは、接点部分に付着する浮遊塵埃により、導通不良が想定される。

しかしながら、操作スイッチ及び押釦スイッチの接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

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。

なお、定期的な動作確認により、機器の健全性を確認している。

(20) 荷重変換部の特性変化

制御設備のロードセルは、長時間の使用に伴う荷重変換部（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、ひずみゲージ貼り付け部は、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、ひずみゲージ貼り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、定期的な初期不平衡測定により、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。

(21) 筐体、チャンネルベース及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

制御設備の筐体、チャンネルベース及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、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認で塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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) リミットスイッチの導通不良

リミットスイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は密閉されたハウジング内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。また、定期的な動作確認により導通不良がないことを確認していることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

(23) 走行レール用基礎ボルトの腐食（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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

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) 走行レール用レール押さえ及び埋込金物の腐食（全面腐食）

レール押さえ及び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、走行レールはモルタルに埋設され、モルタルが大気接触部表面から中性化が進行した場合には腐食環境となるが、中性化に至るには長期間を要し、腐食が急速に進行して基礎ボルト等の健全性を阻害する可能性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。

#### 2.2.4 消耗品及び定期取替品

各種電動機、減速機の軸受（ころがり）、オイルシール、歯車継手のOリング及び滑車の軸受（ころがり）は、分解点検時に取り替えている消耗品である。

また、ブリッジ及びトロリの車輪軸受（ころがり）、ガイドローラ、マストチェーンのスラスト軸受（ころがり）、ガイドローラの軸受（すべり）、グリップチェーンのエアホース及び電磁弁、エアシリンダのパッキン、Oリング、軸受（すべり）及びグリップの軸受（すべり）は、作動確認の結果に基づき取り替えている消耗品である。なお、補助継電器、電磁接触器及びノーヒューズブレーカは、定期取替品である。

いずれも、長期使用はせず取替え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) 川内2号炉 燃料取替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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
クレーンの支持機能	走行レール部	走行レール		炭素鋼	△	△	△					
		レール押さえ		炭素鋼		▲						
		埋込金物		炭素鋼		▲						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						
走行機能	ブリッジ	横行レール		炭素鋼	△	△	△					
		ブリッジガータ		炭素鋼		△	△					
		転倒防止金具		低合金鋼		△						
		車 輪		低合金鋼鋳鋼	△	△						
		車輪軸受（ころがり）	◎	—								
		車輪部歯車		炭素鋼	△							
		ガイドローラ	◎	—								
		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		低合金鋼		△					
		歯車継手	スリーブ		炭素鋼	△	△					
			ハ ブ		炭素鋼	△	△					
			Ｏリング	◎	—							
フランジ			炭素鋼		△							
六角ボルト			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）

▲：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(2/6) 川内2号炉 燃料取替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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
横行機能	トロリ	トロリ架台		炭素鋼		△					*1:素線切れ	
		転倒防止金具		炭素鋼		△						
		車 輪		低合金鋼鋳鋼	△	△						
		車輪軸受(ころがり)	◎	—								
		車輪部歯車		低合金鋼	△							
		ガイドローラ	◎	—								
		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	ボディ		炭素鋼		△					
六角穴付ボルト			低合金鋼	△	△							
昇降機能	アッパストラクチャ	ワイヤロープ		ステンレス鋼	△					△*1		
		滑 車	シーブ		ステンレス鋼	△						
			軸受(ころがり)	◎	—							

△：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(3/6) 川内2号炉 燃料取替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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
昇降機能	メイン ホイスト	ワイヤドラム		ステンレス鋼	△							
		ウォーム 減速機	ケーシング		鋳 鉄		△					
			ウォーム		低合金鋼	△						
			ウォームホイール		高力黄銅鋳物	△						
			軸受 (ころがり)	◎	—							
			オイルシール	◎	—							
		歯車継手	フランジ		炭 素 鋼		△					
			スリーブ		炭 素 鋼	△	△					
			ハ ブ		炭 素 鋼	△	△					
			Ｏリング	◎	—							
	六角ボルト			低合金鋼	△	△						
	傘歯車 減速機	ケーシング		鋳 鉄		△						
		軸		炭 素 鋼		△						
		歯 車		低合金鋼	△							
		軸		低合金鋼		△						
		軸受 (ころがり)	◎	—								
		オイルシール	◎	—								
	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)		◎	—							
		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	△								

△：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(4/6) 川内2号炉 燃料取替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	グリッパチューブ	エアホース	◎	—							*1:変形 (応力緩和)	
		グリッパチューブ		ステンレス鋼								
		ガイドレール		ステンレス鋼	△							
		エアシリンダ	シリンダチューブ		ステンレス鋼 内面硬質クロムメッキ	△						
			ピストン		銅合金鋳物	△						
			パッキン	◎	—							
			Oリング	◎	—							
			軸受(すべり)	◎	—							
			ピストンロッド		ステンレス鋼 硬質クロムメッキ	△						
			クッションリング		炭素鋼 硬質クロムメッキ							
タイロッド		ステンレス鋼										
電磁弁	◎	—										
燃料把持機能	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						△*1		
		ばね(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(5/6) 川内2号炉 燃料取替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	電動機	固定子コア		珪素鋼板		△						*1:変形 (応力緩和)	
		フレーム		鋳 鉄		△							
		固定子コイル		銅 ポリエステルイミト <sup>+</sup> ポリアミト <sup>+</sup> イミト <sup>+</sup> (H種絶縁)					○				
		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 ポリエステル (B種絶縁)		△			○				
		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	△								
	回転数発電機			銅 ポリエステル (B種絶縁)					○				

○：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) 川内2号炉 燃料取替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	応力腐蝕	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	制御設備	荷重監視装置		半 導 体							△		
		リミットスイッチ		銀、銅						△			
		補助継電器	◎	—									
		操作スイッチ、押釦スイッチ		銅、銀						△			
		速度制御装置		半導体、リレー							△		
		電磁接触器	◎	—									
		変 圧 器		銅 アラミド繊維 エポキシ樹脂 (F種絶縁)					○				
		ノーヒューズブレーカ	◎	—									
	ロードセル	本 体		ステンレス鋼									
	荷重変換部		ひずみゲージ							△			
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 電動機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ことから、経年劣化に対する評価が必要である。

#### 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電動機に比べて同等以上であるため、低圧ポンプ用電動機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、低圧ポンプ用電動機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を行い、許容値以上であることを確認している。

また、絶縁抵抗測定の結果に基づき、必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

なお、予防保全のためトルリ駆動用電動機については、第15回定期検査時（2004年度）に取替えを行っている。

##### 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については、16年以降において発生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。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

#### 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、引き続き定期的な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より洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替えを実施していく。

## 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又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（E種～B種：許容最高温度120℃～130℃）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、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。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

### 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 回転数発電機の絶縁低下

#### a. 事象の説明

回転数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又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

回転数発電機は、塵埃が付着しにくい密閉構造であり、また、回転数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発生の可能性は小さいと考えるが、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。

##### ② 現状保全

回転数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、回転数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。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

#### c. 高経年化への対応

回転数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

制御設備の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ある。

##### b. 技術評価

###### ① 健全性評価

変圧器は盤内に内蔵されているため、環境の変化の程度は小さく、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を行い、許容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。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

##### c. 高経年化への対応

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. 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 使用済燃料ピットクレーン

### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

#### 3.1.1 電動機（低圧）の固定子コイルの絶縁低下

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ず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

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（E種～B種：許容最高温度120℃～130℃）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、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

制御設備の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ある。

変圧器は盤内に内蔵されているため、環境変化の程度は小さく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（A種：許容最高温度105℃）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を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を行い、許容値以上であることの確認を行っている。

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ことから、現状保全項目に高経年化対策の観点から、追加すべきものはないと判断する。

### 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)又は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。

#### 3.2.1 走行レール及び車輪の摩耗

走行レール及び車輪はクレーンの走行により摩耗が想定される。

しかしながら、レール上面はガイドローラ及びつば付車輪にて横すべりを防止しており、ころがり接触であることから摩耗が発生し難い構造である。

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、定期的な目視確認により有意な摩耗等の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。

#### 3.2.2 走行レール及びホイスト等の腐食（全面腐食）

走行レール、クレーン構造部（ブリッジ、転倒防止金具）、減速機（ケーシング、軸）、車輪、歯車継手（スリーブ、ハブ、六角ボルト）、ホイスト（ワイヤドラム、ケーシング、歯車、フック、シーブ）及び電動機（低圧）のフレームは炭素鋼等であり、腐食が想定される。

しかしながら、走行レール車輪接触部の腐食については、定期的な目視確認により、機器の健全性を維持している。

走行レール車輪接触部以外の大気接触部は、塗装により腐食を防止しており、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。



### 3.2.3 走行レールの疲労割れ

走行レールには、ブリッジ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、疲労割れが発生する可能性は小さく、これまでにき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難い。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.4 歯車及び継手等の摩耗

減速機（歯車）、歯車継手（スリーブ、ハブ、六角ボルト）及びホイスト（歯車、フック）は摩擦により、摩耗が想定される。

しかしながら、運転中、歯車は常に潤滑油が供給されており、摩耗し難い環境であり、これまでに有意な摩耗が認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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、定期的な異音確認や目視確認により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.5 ワイヤロープの摩耗及び素線切れ

ワイヤロープは、ドラムへの巻き取り、シーブ通過時のロープの曲げ及び機械的要因により、摩耗及び素線切れが想定される。

しかしながら、定期的にワイヤロープ径の寸法確認及び目視確認により摩耗及び素線切れを確認し、有意な摩耗等が確認された場合は適切に対処することにより、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。

### 3.2.6 シープ及びワイヤドラムの摩耗

SHIP及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、SHIPはワイヤロープの巻取りにそって回転し、ワイヤドラムはドラムの回転にあわせてワイヤロープが巻き取られるため、すべりが発生せず、摩耗し難い構造であり、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難い。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.7 ロッキングカム及びフィンガの摩耗

ロッキングカム（アクチュエータ）及びフィンガは、燃料ラッチ時の摺動により、摩耗が想定される。

しかしながら、ロッキングカムは硬質クロムメッキを施工し、フィンガは材料をSUS630として摩耗し難くしており、これまでに異常のないことを確認していることから、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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、定期的なグリッパの作動確認及びフィンガ開閉寸法計測により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.8 ガイドピンの摩耗

ガイドピンは、燃料への挿入時に燃料トップノズル（SUS304）との接触により摩耗する可能性が想定される。

しかしながら、材料をSUS630として摩耗し難くしており、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難い。

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、定期的な目視確認により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.9 ばねの変形（応力緩和）

グリップ（ガイドピン伸縮用）及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、定期的な作動確認により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.10 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）

電動機の固定子コア及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、固定子コア及び回転子コアはワニス処理又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難い。

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。

### 3.2.11 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及び銅であり、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難い。

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 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炭素鋼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難い。

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 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定期検査あ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難い。

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。

### 3.2.14 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、川内2号炉については、使用済燃料ピットクレーンは、空調により換気された環境にあり、且つ、ブレーキ内部が閉鎖されていることから結露水が発生しがたい構造である。また、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難い。

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 荷重監視装置の特性変化

制御設備の荷重監視装置は、長時間の使用に伴い特性変化が想定される。

しかしながら、荷重監視装置を構成している電気回路部は、定格値（定格電圧、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、短期間での特性変化を起こす可能性は小さい。

また、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。

さらに、定期的な機能・性能試験により、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。

### 3.2.16 操作スイッチ及び押釦スイッチの導通不良

操作スイッチ及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、操作スイッチ及び押釦スイッチの接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

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。

なお、定期的な動作確認により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.17 荷重変換部の特性変化

ロードセルの荷重変換部が特性変化する主要因としては、ひずみゲージのはがれ等による抵抗の変化が想定される。

しかしながら、ひずみゲージ貼り付け部は、熱硬化型接着剤により固定されているため、ひずみゲージ貼り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、定期的な抵抗測定により、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。

### 3.2.18 筐体及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

制御設備の筐体及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、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認で塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。

### 3.2.19 リミットスイッチの導通不良

リミットスイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は密閉されたハウジング内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。また、定期的な動作確認により導通不良がないことを確認していることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない。

### 3.2.20 走行レール基礎ボルトの腐食（全面腐食）

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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

## 3. 2 燃料移送装置

[対象機器]

- ① 燃料移送装置



## 目 次

1. 対象機器	1
2. 燃料移送装置の技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	13
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価	24

1. 対象機器

川内2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 川内2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 (容量×移送距離)	使 用 条 件	
			運 転	使 用 温 度
燃料移送装置 (1)	PS-2	約7.3kN×約18.4m	一 時	気中*2 : 約45℃ 約30℃ 水中 : 約43℃

\*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、下段は燃料取扱建屋内を示す

## 2. 燃料移送装置の技術評価

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### 2.1.1 燃料移送装置

##### (1) 構造

川内2号炉の燃料移送装置は、燃料取替用キャナル底面に設置されており、トラックフレーム、燃料コンテナ、コンベアカー、走行駆動装置、リフティングアーム、水圧ユニット、制御盤等により構成されている。

トラックフレームは溶接構造物であり、レールは原子炉キャビティ及び燃料取替用キャナルに設置されている。

燃料コンテナは、燃料集合体を移送する時に収納する箱型の容器で、ピボット支持によりコンベアカーに取り付けられている。コンベアカーは、両側に取り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。

走行駆動装置は、コンベアカーを水平移動するための装置で、チェーン、スプロケット、ラインシャフト等にて電動機の動力をコンベアカーに伝えている。

リフティングアームは、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り付けられた構造である。

水圧ユニットの水圧シリンダからの給水にてリフティングアームを駆動し、燃料コンテナが旋回して直立する。また、水圧シリンダを元の位置に戻すことにより、燃料コンテナは水平位置に復帰する。

制御設備は、補助継電器等の主要構成機器及び機器を支持するための筐体、チャンネルベース、取付ボルト及び基礎金物から構成される。

川内2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) 材料及び使用条件

川内2号炉の燃料移送装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

原子炉格納容器側

燃料取扱建屋側

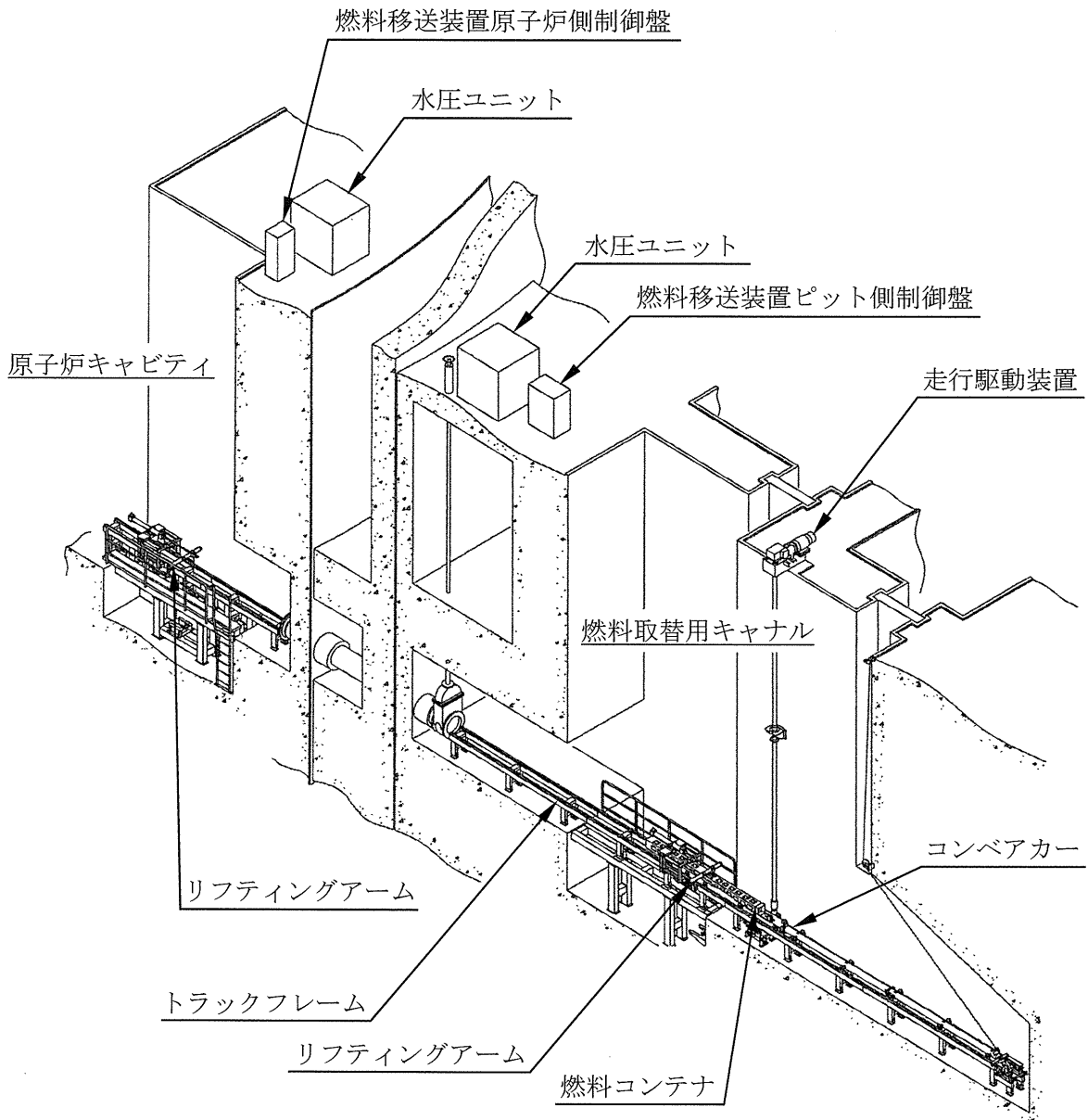
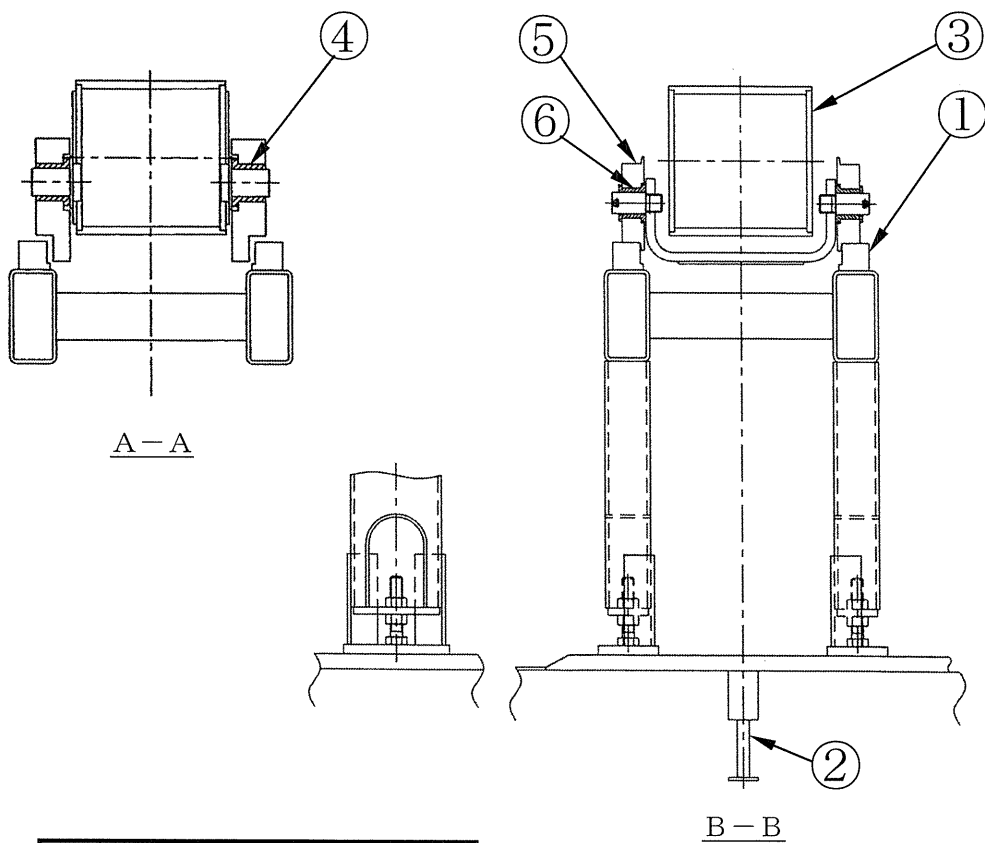
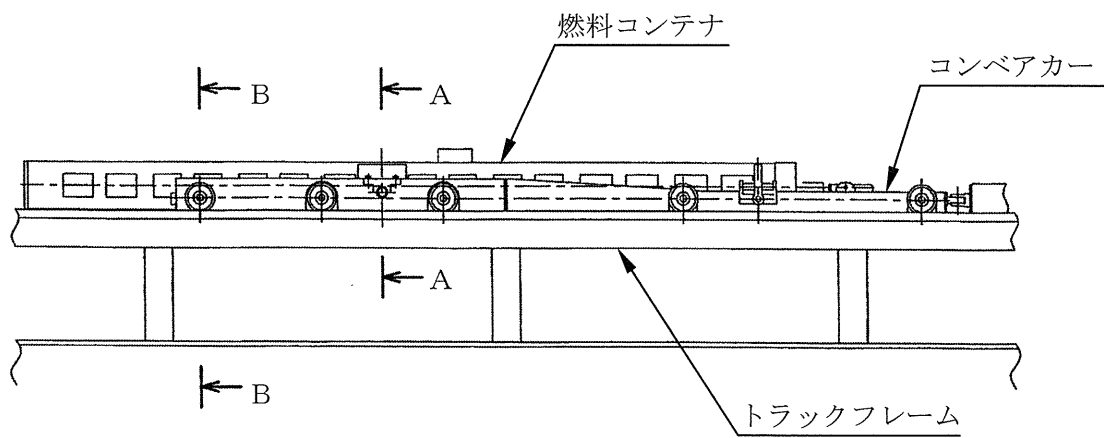
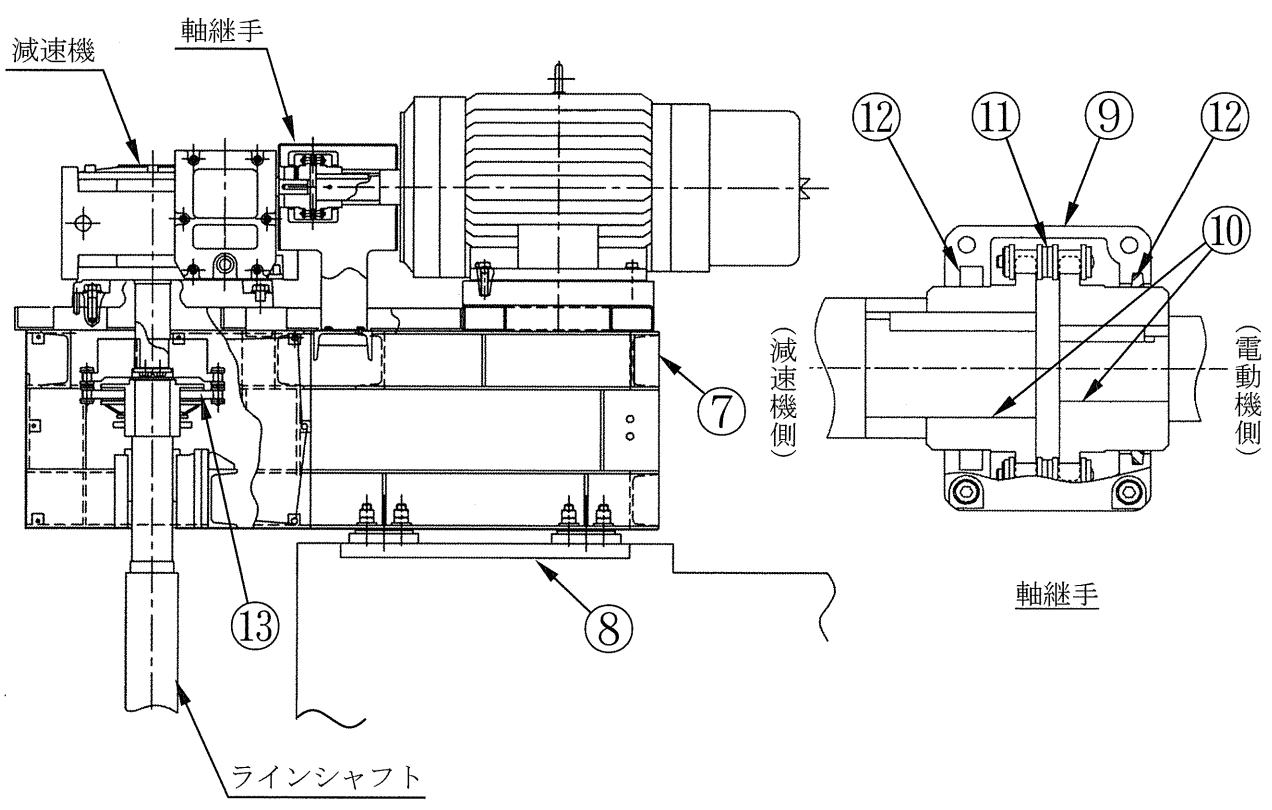
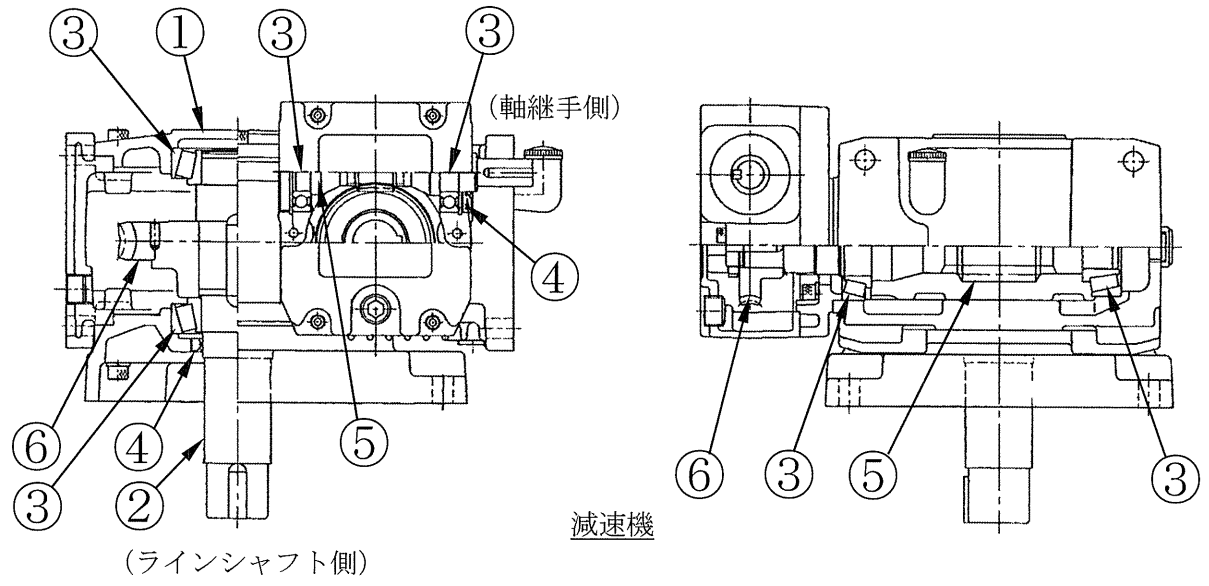


図2.1-1 川内2号炉 燃料移送装置全体構成図



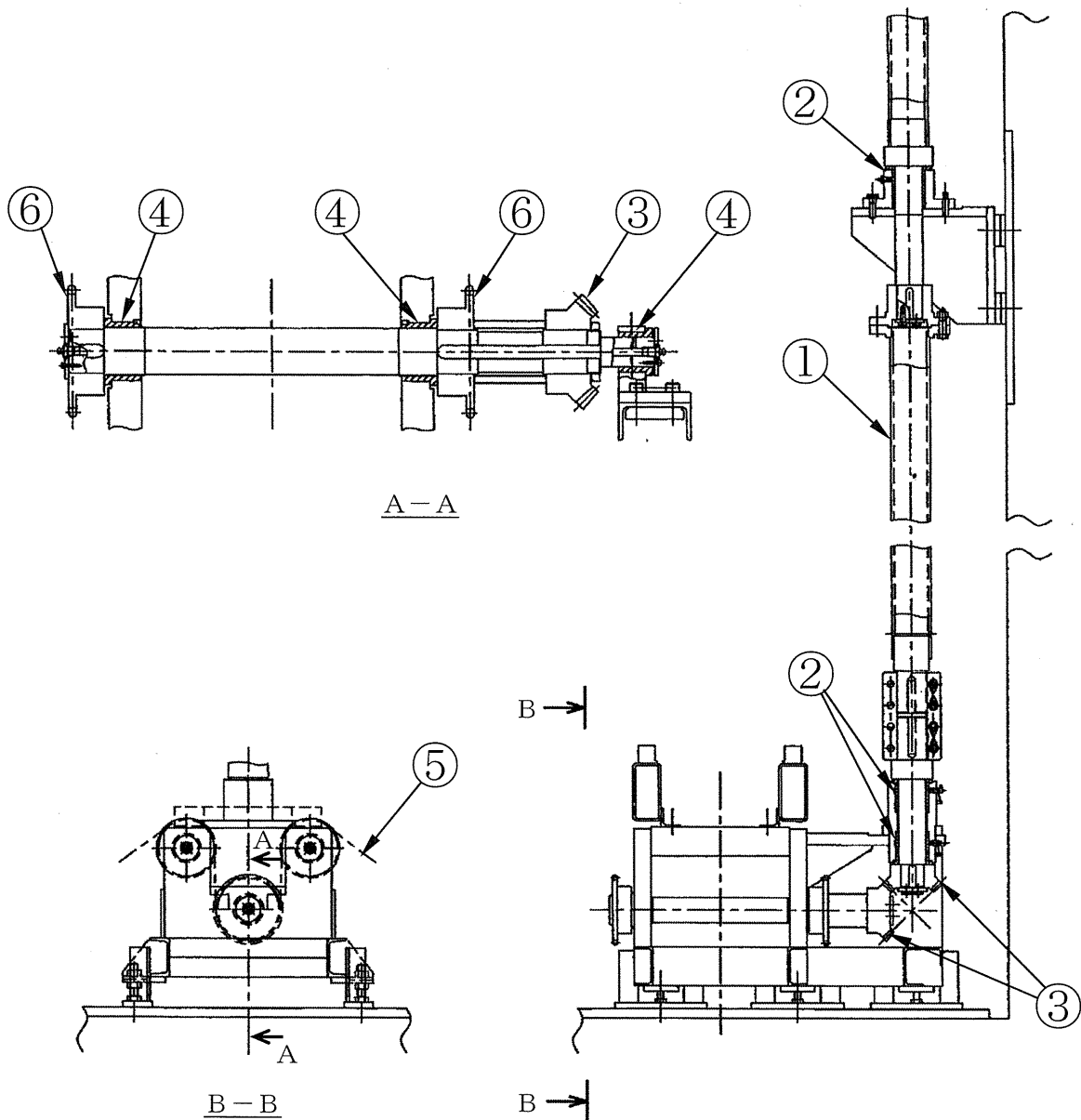
No.	部 位
①	レール
②	基礎金物
③	燃料コンテナ
④	ピボット軸受 (すべり)
⑤	車 輪
⑥	車輪軸受 (すべり)

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



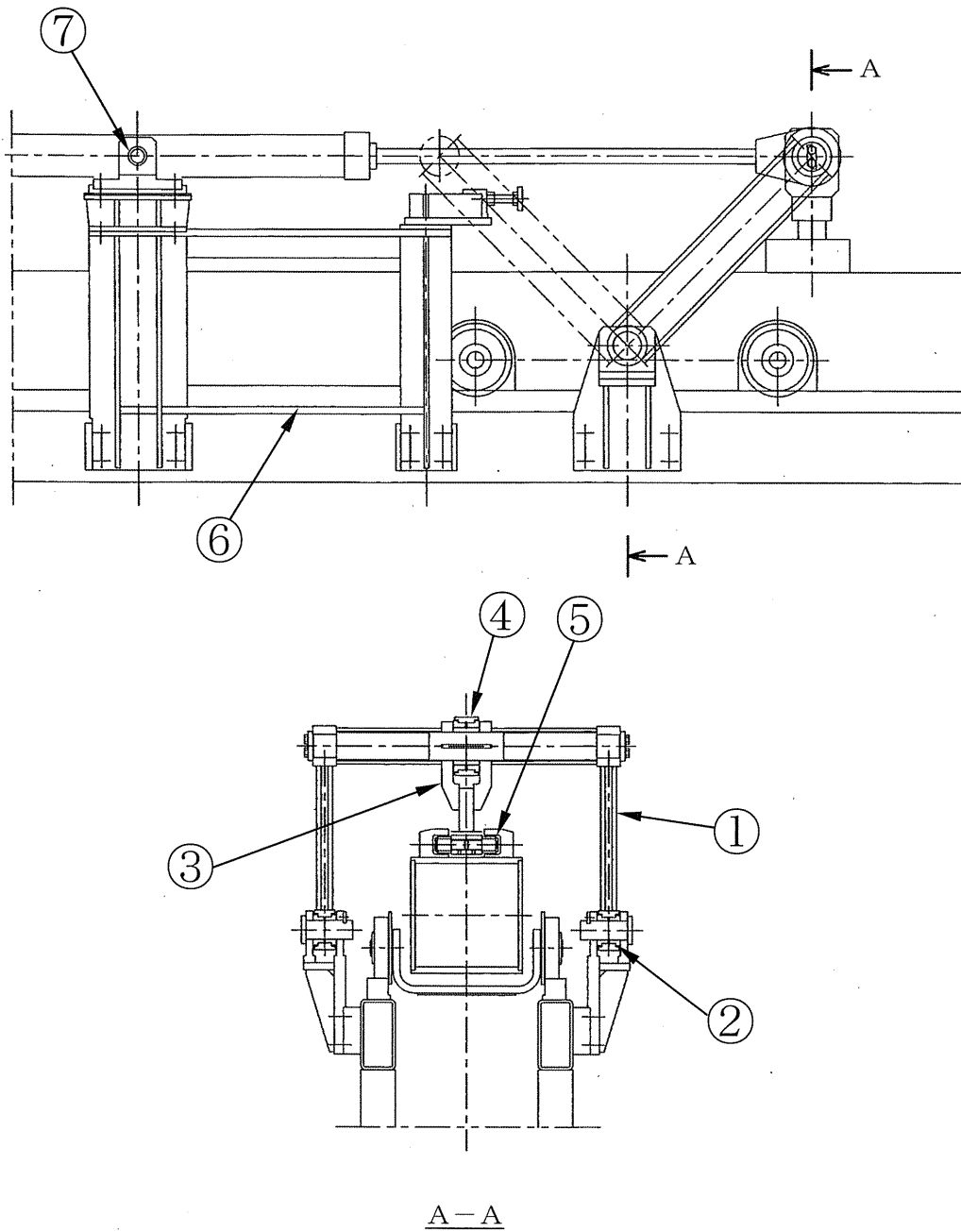
No.	部 位	No.	部 位	No.	部 位
①	ケーシング	⑥	ウォームホイール	⑪	チェーン
②	軸	⑦	架 台	⑫	オイルシール
③	軸受 (ころがり)	⑧	基礎金物	⑬	トルクリミッタ (摩擦板)
④	オイルシール	⑨	ケーシング		
⑤	ウォーム	⑩	スプロケット		

図2.1-3 川内2号炉 燃料移送装置 走行駆動装置構造図 (上部)



No.	部 位
①	ラインシャフト
②	ラインシャフト部軸受 (すべり)
③	かさ歯車
④	かさ歯車部軸受 (すべり)
⑤	チェーン
⑥	スプロケット

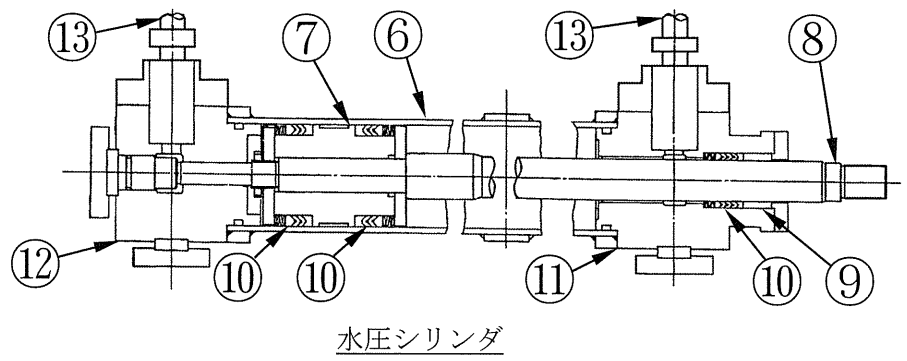
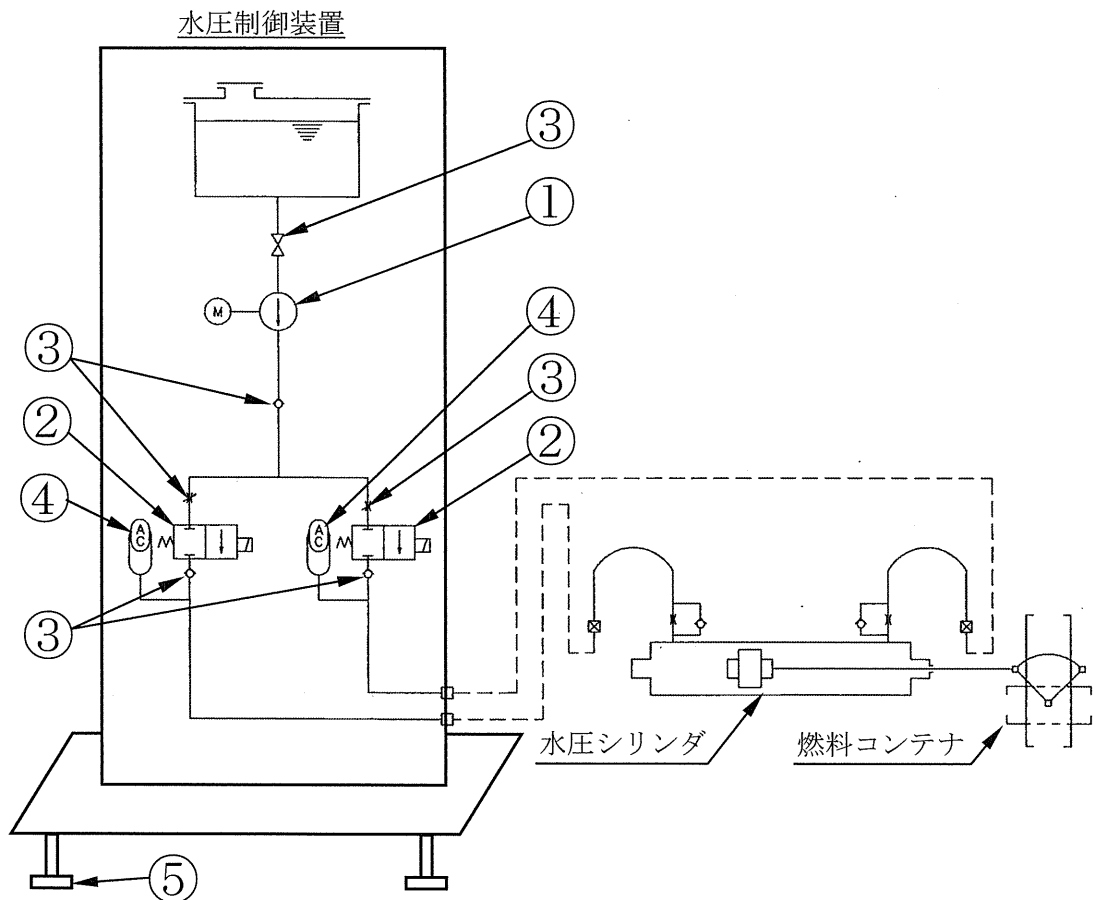
図2.1-4 川内2号炉 燃料移送装置 走行駆動装置構造図 (下部)



No.	部 位
①	リフティングアーム
②	ピボット軸受 (すべり)
③	ホーク
④	ホーク部軸受 (すべり)
⑤	リフティングローラ
⑥	架 台
⑦	シリンダ部軸受 (すべり)

図2.1-5 川内2号炉 燃料移送装置 リフティングアーム構造図





No.	部 位	No.	部 位
①	水圧ポンプ (軸受、パッキン)	⑧	ピストンロッド
②	電磁弁 (パッキン)	⑨	軸受 (すべり)
③	仕切弁、切替弁、圧力調整弁 (パッキン)	⑩	パッキン
④	アキュムレータ	⑪	ロッド側本体
⑤	基礎金物	⑫	ヘッド側本体
⑥	シリンダチューブ	⑬	高圧ホース
⑦	ピストン		

図2.1-6 川内2号炉 燃料移送装置 水圧ユニット構造図

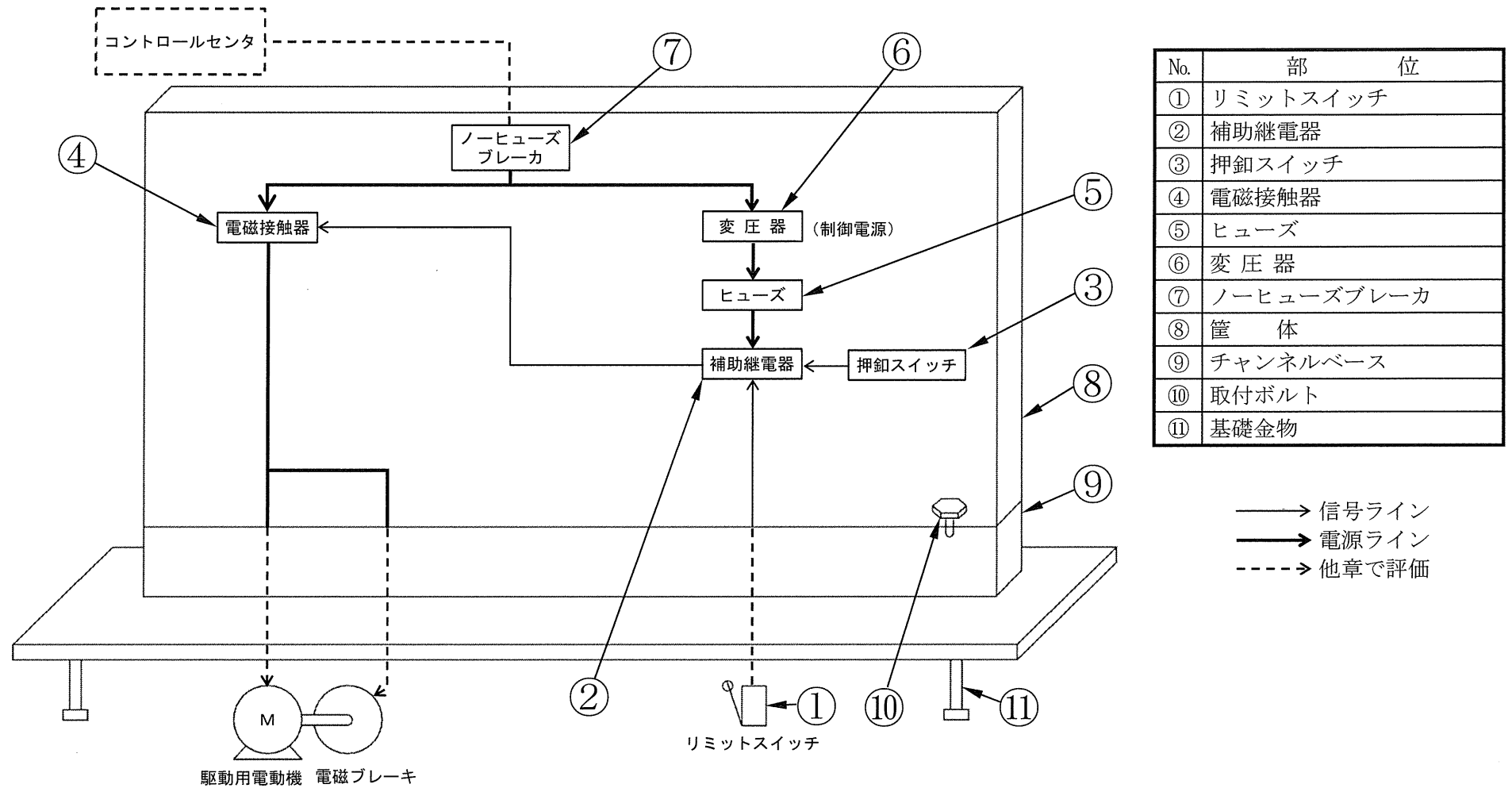


図2.1-7 川内2号炉 燃料移送装置 制御設備主要機器構成図

表2.1-1(1/2) 川内2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	
走行駆動装置	減速機	ケーシング	消耗品・定期取替品
		軸	消耗品・定期取替品
		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
		ウォーム	消耗品・定期取替品
		ウォームホイール	消耗品・定期取替品
	架台	炭素鋼	
	基礎金物	炭素鋼	
	軸継手	ケーシング	アルミダイカスト
		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
	トルクリミッタ (摩擦板)	タンフリック (ノンアスベスト材)	
	ラインシャフト	ステンレス鋼	
	ラインシャフト部軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品	
	かさ歯車	ステンレス鋼	
	かさ歯車部軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品	
	チェーン	ステンレス鋼	
	スプロケット	ステンレス鋼	
	リフティングアーム	リフティングアーム	ステンレス鋼
		ピボット軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品
ホーク		ステンレス鋼	
ホーク部軸受 (すべり)		消耗品・定期取替品	
リフティングローラ		消耗品・定期取替品	

表2.1-1(2/2) 川内2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 アーム	架 台	ステンレス鋼	
	シリンダ部軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品	
水圧ユニット	水圧制御装置	水圧ポンプ (軸受、パッキン)	消耗品・定期取替品
		電磁弁 (パッキン)	消耗品・定期取替品
		仕切弁、切替弁、 圧力調整弁 (パッキン)	消耗品・定期取替品
		アキュムレータ	消耗品・定期取替品
		基礎金物	炭 素 鋼
	水圧シリンダ	シリンダチューブ	ステンレス鋼 (硬質クロムメッキ)
		ピストン	ステンレス鋼
		ピストンロッド	ステンレス鋼 (硬質クロムメッキ)
		軸受 (すべり)	消耗品・定期取替品
		パッキン	消耗品・定期取替品
		ロッド側本体	ステンレス鋼
		ヘッド側本体	ステンレス鋼
	高圧ホース	消耗品・定期取替品	
	制御設備	リミットスイッチ	銀、銅
補助継電器		消耗品・定期取替品	
押釦スイッチ		銅、銀	
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、アラミド繊維 絶縁ワニス (H種絶縁)	
ノーヒューズブレーカ		消耗品・定期取替品	
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 川内2号炉 燃料移送装置の使用条件

移 送 荷 重			定格荷重：約7.3kN
使用温度	気 中	原子炉格納容器内	約45℃
		燃料取扱建屋内	約30℃
	水 中		約43℃
設 置 場 所			原子炉格納容器内 燃料取扱建屋内

## 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5つ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 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、材料及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) 変圧器の絶縁低下

制御設備の変圧器の絶縁物は有機物であり、熱的、電氣的及び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△又は▲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、又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)又は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) レール及び車輪の摩耗

トラックフレームのレール及びコンベアカーの車輪は、機械的要因で摩耗が想定される。

しかしながら、水中での水潤滑であり、また、ころがり接触のため摩耗し難い構造となっており、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難い。

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、使用前の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) 架台等の腐食（全面腐食）

走行駆動装置の架台及び軸継手（ケーシング、スプロケット）は炭素鋼又はアルミダイカストであり、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、塗装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。

なお、使用前の点検時等の異音確認や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) トルクリミッタ（摩擦板）の摩耗

走行駆動装置のトルクリミッタ（摩擦板）は機械的要因により、摩耗が想定される。

しかしながら、使用前の点検時の目視確認により状態を確認し、有意な摩耗が確認された場合は適切に対処することにより、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。

(4) かさ歯車の摩耗

走行駆動装置のかさ歯車は機械的要因により、摩耗が想定される。

しかしながら、かさ歯車は水中での水潤滑であり、摩耗し難い構造となっており、これまでに有意な摩耗が認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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、使用前の点検時の異音確認や目視確認により、機器の健全性を確認している。

(5) チェーン（ブッシュ部）の摩耗

走行駆動装置のチェーンのブッシュ部は、機械的要因により摩耗が想定される。

しかしながら、使用前の点検時にチェーンの伸び計測を実施し、伸びの傾向を監視しており、有意な伸びが確認された場合は、必要に応じて取替えることにより、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) スプロケット及びチェーン（ローラ外面）の摩耗

走行駆動装置のスプロケットとチェーンのローラ外面は相互の接触により、摩耗が想定される。

しかしながら、ころがり接触のため摩耗し難い構造となっており、これまでに有意な摩耗が認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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、使用前の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) シリンダチューブ、ピストン及びピストンロッドの摩耗

水圧シリンダのシリンダチューブ、ピストン及びピストンロッドは機械的要因により、摩耗が想定される。

しかしながら、シリンダチューブとピストン及びピストンロッドと軸受（すべり）はパッキン及びグリスにより隔てられて摩耗し難い構造となっており、これまでに異常な動き等が認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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、使用前の点検時の動作確認により、機器の健全性を確認している。

(8) 基礎金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）

走行駆動装置、水圧ユニットの水圧制御装置及び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、大気接触部は塗装により腐食を防止しており、塗装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装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。

(9) 押釦スイッチの導通不良

制御設備の押釦スイッチは接点部分に付着する浮遊塵埃により、導通不良が想定される。

しかしながら、押釦スイッチの接点部分は盤内に収納されており、塵埃の付着により導通不良が発生する可能性は小さい。

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。

なお、定期的な動作確認により、機器の健全性を確認している。

(10) 筐体、チャンネルベース及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

筐体、チャンネルベース及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、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認で塗装の状態を確認し、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。

(11) リミットスイッチの導通不良

リミットスイッチは、浮遊塵埃の接点部分への付着による導通不良が想定される。

しかしながら、接点部分は密閉されたハウジング内に収納されており、塵埃の付着による導通不良が発生する可能性は小さい。また、定期的な動作確認により導通不良がないことを確認していることから、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。

(12) 基礎金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）

走行駆動装置、水圧ユニットの水圧制御装置及び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、コンクリートが大気接触部表面から中性化が進行した場合には腐食環境となるが、中性化に至るには長期間を要し、腐食が急速に進行して基礎金物の健全性を阻害する可能性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。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

オイルシールは分解点検時等に取り替えている消耗品である。

また、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）、軸継手のチェーン、ラインシャフト部軸受（すべり）、かさ歯車部軸受（すべり）、リフティングアームのピボット軸受（すべり）、リフティングローラ、シリンダ部軸受（すべり）、ホーク部軸受（すべり）、水圧制御装置の水圧ポンプ（軸受、パッキン）、電磁弁等（パッキン）及びアキュムレータは、作動確認等の結果に基づき取り替えている消耗品である。なお、走行駆動装置の減速機、水圧シリンダのパッキン及び軸受（すべり）、高圧ホース、補助継電器、電磁接触器、ヒューズ及びノーヒューズブレーカは、定期取替品である。

いずれも、長期使用はせず取替え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) 川内2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：大気接触部 *2：コンクリート埋設部	
		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）	◎	—								
	走行駆動装置	減速機	ケーシング	◎	—							
			軸	◎	—							
			軸受（ころがり）	◎	—							
			オイルシール	◎	—							
			ウォーム	◎	—							
			ウォームホイール	◎	—							
	架 台			炭素鋼		△						
	基礎金物			炭素鋼		△ <sup>*1</sup> ▲ <sup>*2</sup>						

△：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) 川内2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 駆動装置	軸 継 手	ケーシング		アルミダイカスト		△							
			スプロケット		炭素鋼		△							
			チェーン	◎	—									
			オイルシール	◎	—									
		トルクリミッタ (摩擦板)			タンフリック (ノアバースト材)	△								
		ラインシャフト			ステンレス鋼									
		ラインシャフト部軸受 (すべり)		◎	—									
		かさ歯車			ステンレス鋼	△								
		かさ歯車部軸受 (すべり)		◎	—									
		チェーン			ステンレス鋼	△ (ブッシュ部) △ (ローラ外面)								
		スプロケット			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(3/5) 川内2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	リフティングアーム	リフティングアーム			ステンレス鋼							*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部	
		ピボット軸受（すべり）		◎	—								
		ホーク			ステンレス鋼								
		ホーク部軸受（すべり）		◎	—								
		リフティングローラ		◎	—								
		架 台			ステンレス鋼								
		シリンダ部軸受（すべり）		◎	—								
	水圧ユニット	水圧制御装置	水圧ポンプ（軸受、パッキン）		◎	—							
			電磁弁（パッキン）		◎	—							
			仕切弁、切替弁、圧力調整弁（パッキン）		◎	—							
			アキュムレータ		◎	—							
基礎金物				炭素鋼		△ <sup>*1</sup> ▲ <sup>*2</sup>							

△：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) 川内2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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化			
リフティング機能	水圧ユニット	水圧シリンダ	シリンダチューブ		ステンレス鋼 (硬質加工)	△								
			ピストン		ステンレス鋼	△								
			ピストンロッド		ステンレス鋼 (硬質加工)	△								
			軸受 (すべり)	◎	—									
			パッキン	◎	—									
			ロッド側本体		ステンレス鋼									
			ヘッド側本体		ステンレス鋼									
			高圧ホース	◎	—									

△：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) 川内2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	制御設備	リミットスイッチ		銀、銅						△		*1：大気接触部 *2：コンクリート埋設部	
		補助継電器	◎	—									
		押釦スイッチ		銅、銀						△			
		電磁接触器	◎	—									
		ヒューズ	◎	—									
		変圧器		銅 アミド繊維 絶縁ワニス (H種絶縁)					○				
		ノーヒューズブレーカ	◎	—									
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		△ <sup>*1</sup> ▲ <sup>*2</sup>							

○：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 変圧器の絶縁低下

#### a. 事象の説明

制御設備の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ある。

#### b. 技術評価

##### ① 健全性評価

変圧器は盤内に内蔵されているため、環境変化の程度は小さく、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を行い、許容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。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

#### c. 高経年化への対応

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。

## 4 原子炉容器上部ふた付属設備

[対象機器]

- ① 制御棒クラスタ駆動装置
- ② 炉内熱電対用ハウジング

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	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、材料及び使用条件 .....	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 .....	17
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 .....	17

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている主要な原子炉容器上部ふた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及び結果

表1-1に示す原子炉容器上部ふた付属設備について、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グループとしては1つとなる。

### 1.2 代表機器の選定

制御棒の駆動機能を有しているのは、制御棒クラスタ駆動装置であることから、制御棒クラスタ駆動装置を代表機器とする。

表1-1 川内2号炉 原子炉容器上部ふた付属設備の主な仕様

分離基準		機器名称 (台数)	選定基準			選定	選定理由
			重要度*1	使用条件			
設置場所	材料			最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
原子炉容器上部ふた上	ステンレス鋼	制御棒クラスター駆動装置 (48)	PS-1	約17.2	約343	◎	構造 (駆動機能あり)
		炉内熱電対用ハウジング (3)	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 制御棒クラスタ駆動装置

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 制御棒クラスタ駆動装置

###### (1) 構造

川内2号炉の制御棒クラスタ駆動装置は、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、サーマルスリーブ及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、駆動軸ハウジングとラッチハウジング、ラッチハウジングとふた管台は溶接され、ふた管台は原子炉容器上部ふたに溶接されている。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クラスタ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、原子炉容器上部ふたの上側に制御棒クラスタ駆動装置耐震サポートが設置されており、地震時の制御棒クラスタ駆動装置の水平方向の動きを抑制している。

なお、川内2号炉の制御棒クラスタ駆動装置については、第18回定期検査時(2008年度)に取替えを実施している。

川内2号炉の制御棒クラスタ駆動装置の構造図を図2.1-1～図2.1-6に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉の制御棒クラスタ駆動装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

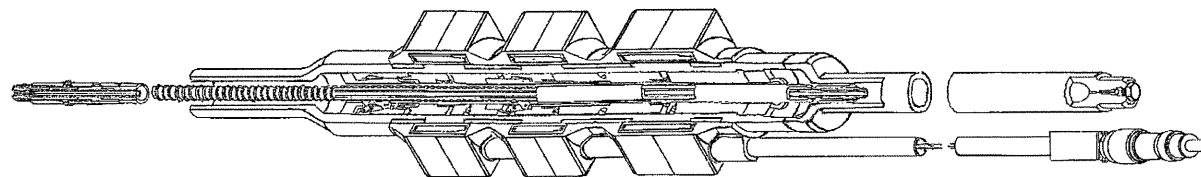
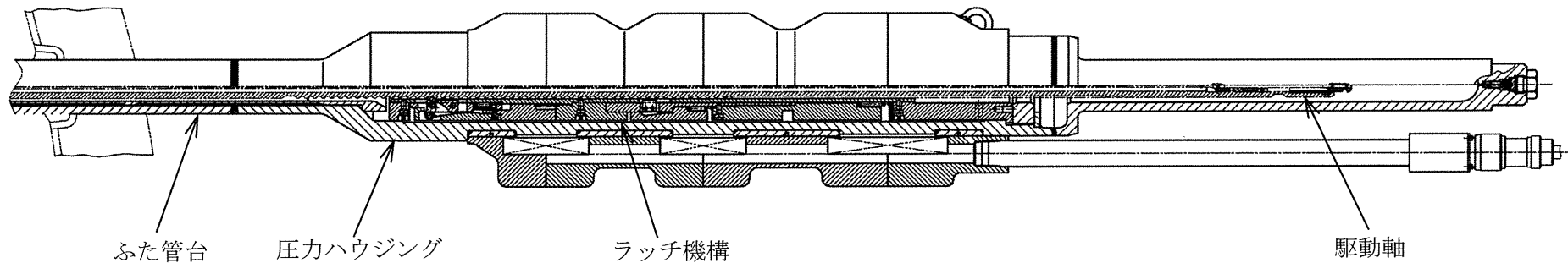


図2.1-1 川内2号炉 制御棒クラスター駆動装置全体図

No.	部 位
①	ラッチハウジング
②	駆動軸ハウジング

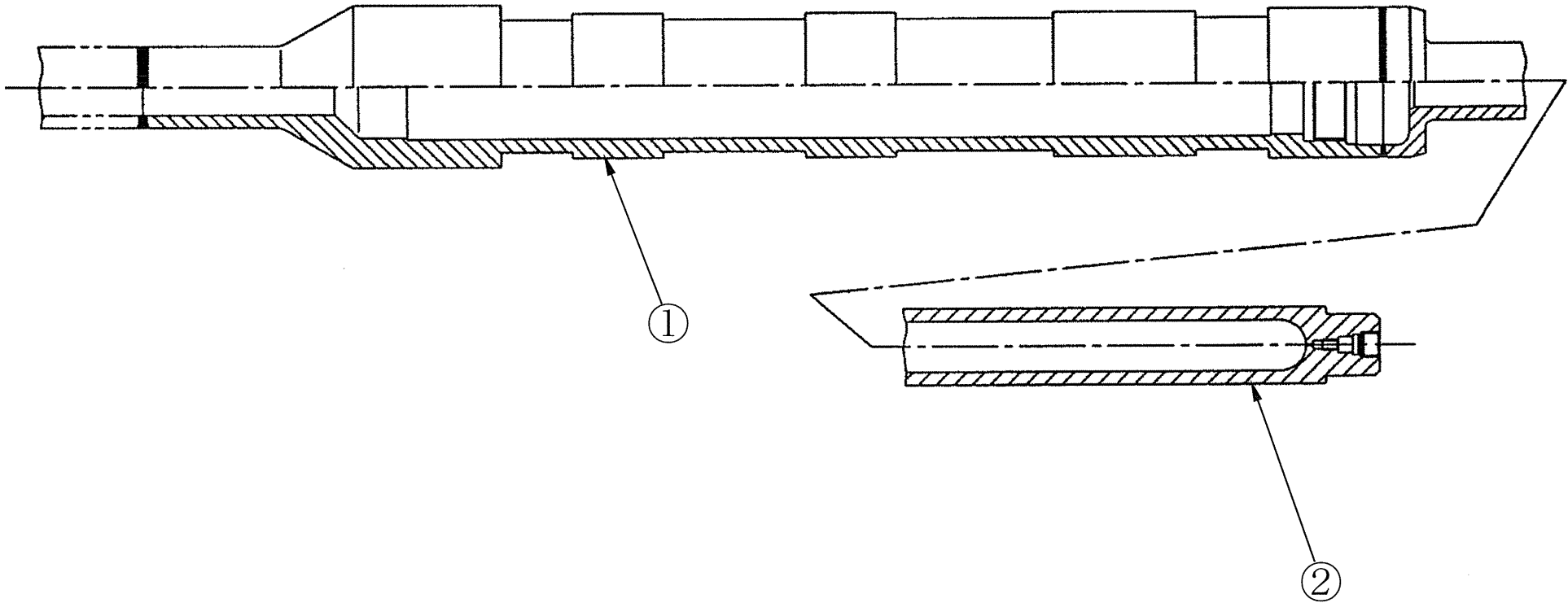
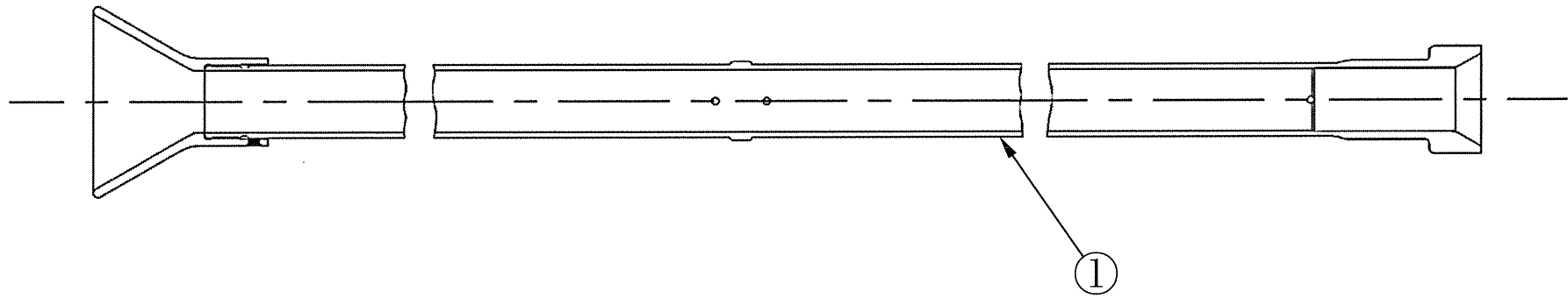


図2.1-2 川内2号炉 制御棒クラスタ駆動装置 圧力ハウジング構造図





No.	部 位
①	サーマルスリーブ

図2.1-3 川内2号炉 制御棒クラスター駆動装置 サーマルスリーブ構造図

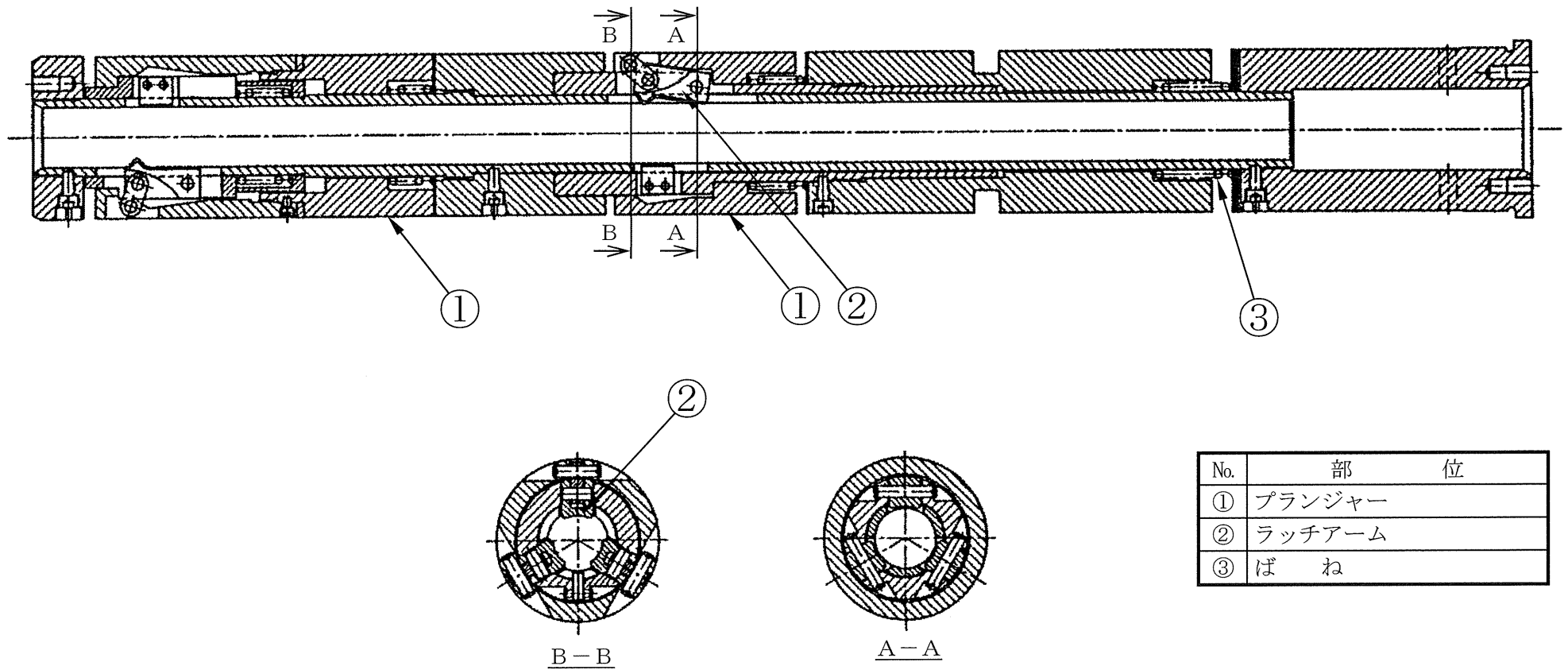
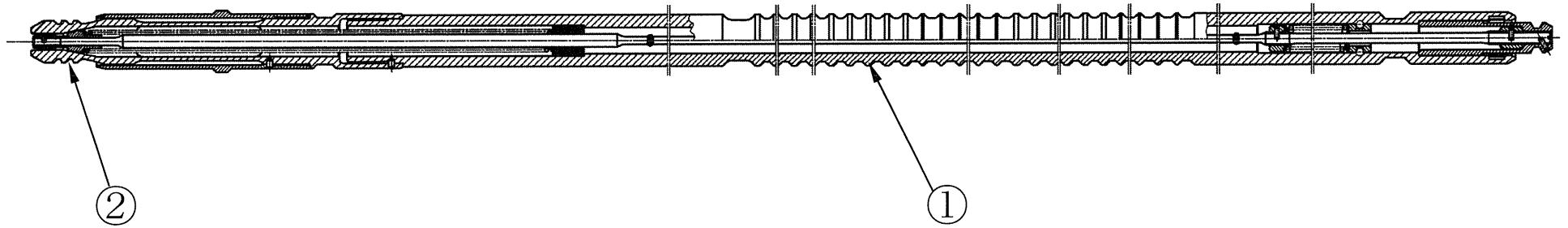
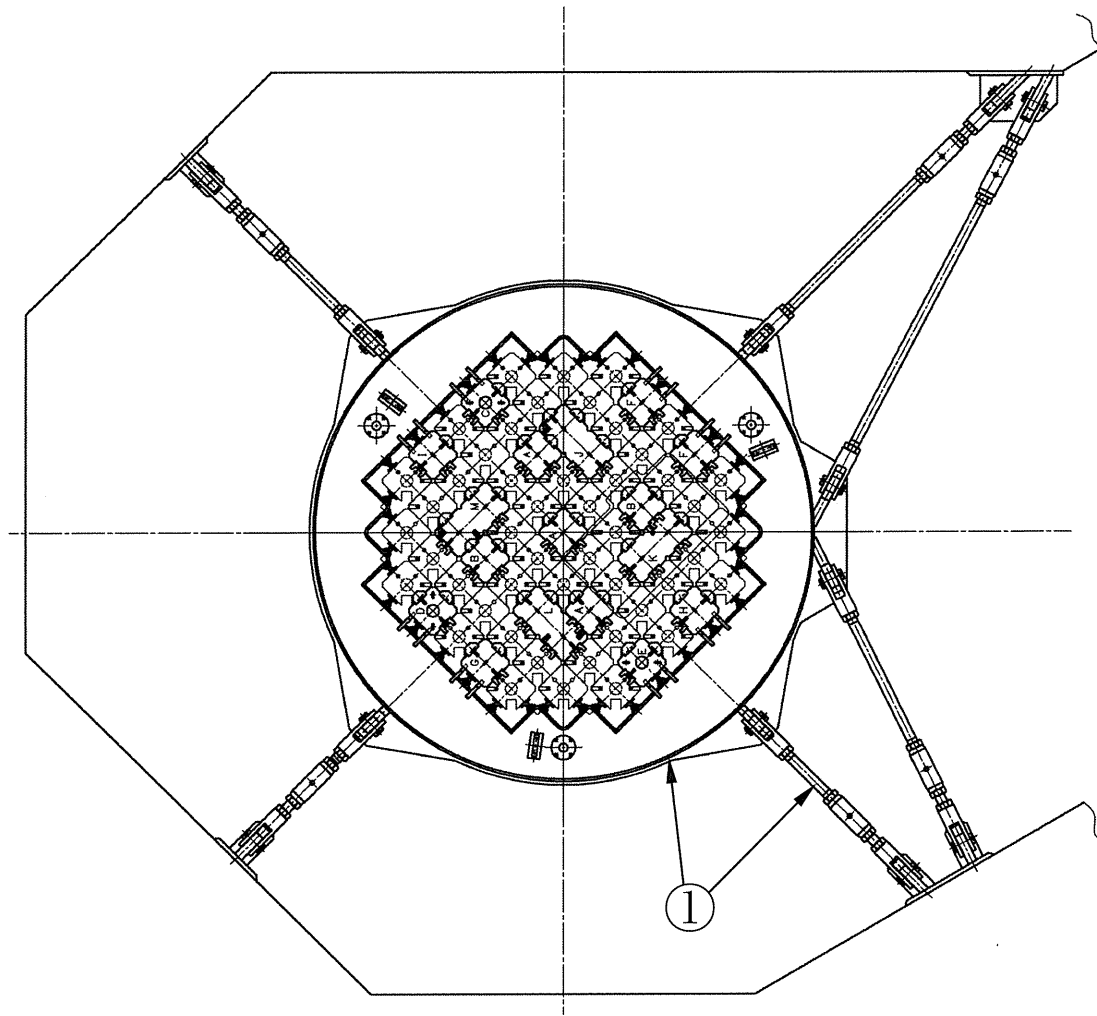


図2.1-4 川内2号炉 制御棒クラスター駆動装置 ラッチ機構構造図



No.	部 位
①	駆 動 軸
②	接 手

図2.1-5 川内2号炉 制御棒クラスター駆動装置 駆動軸構造図



No.	部	位
①	耐震サポ	ート

図2.1-6 川内2号炉 制御棒クラスター駆動装置 耐震サポート構造図

表2.1-1 川内2号炉 制御棒クラスタ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
サーマルスリーブ		ステンレス鋼
ラッチ機構	プランジャー	ステンレス鋼
	ラッチアーム	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
	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 低合金鋼

表2.1-2 川内2号炉 制御棒クラスタ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

制御棒クラスタ駆動装置の機能である反応度制御機能を達成させるためには次の2つの項目が必要である。

- 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

制御棒クラスタ駆動装置について、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）及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△又は▲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、又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)又は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（ラッチハウジング及び駆動軸ハウジング）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、疲労割れが発生し難い。

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、定期的な漏えい検査を実施し、漏えいのないことを目視にて確認することにより、機器の健全性を確認している。

#### (2) プランジャーの摩耗

制御棒の引き抜き・挿入動作を行うプランジャーは、その構造上、摺動部で摩耗が想定される。

しかしながら、制御棒位置指示装置による指示確認及びコイル電流によるラッチ機構動作確認、制御棒落下試験によるトリップ時のプランジャー動作に伴うラッチアーム開放動作の確認により、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) ラッチアーム及び駆動軸の摩耗

ラッチアームと駆動軸は互いに接触しあう部位であり、摺動部で摩耗が想定される。

しかしながら、制御棒位置指示装置による指示確認及びコイル電流によるラッチ機構動作確認により、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) ばねの変形（応力緩和）

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、制御棒位置指示装置による指示確認及びコイル電流によるラッチ機構動作確認により、機器の健全性を確認している。

(5) 耐震サポートの腐食（全面腐食）

耐震サポートは炭素鋼及び低合金鋼であり、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、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、外観点検時の目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。

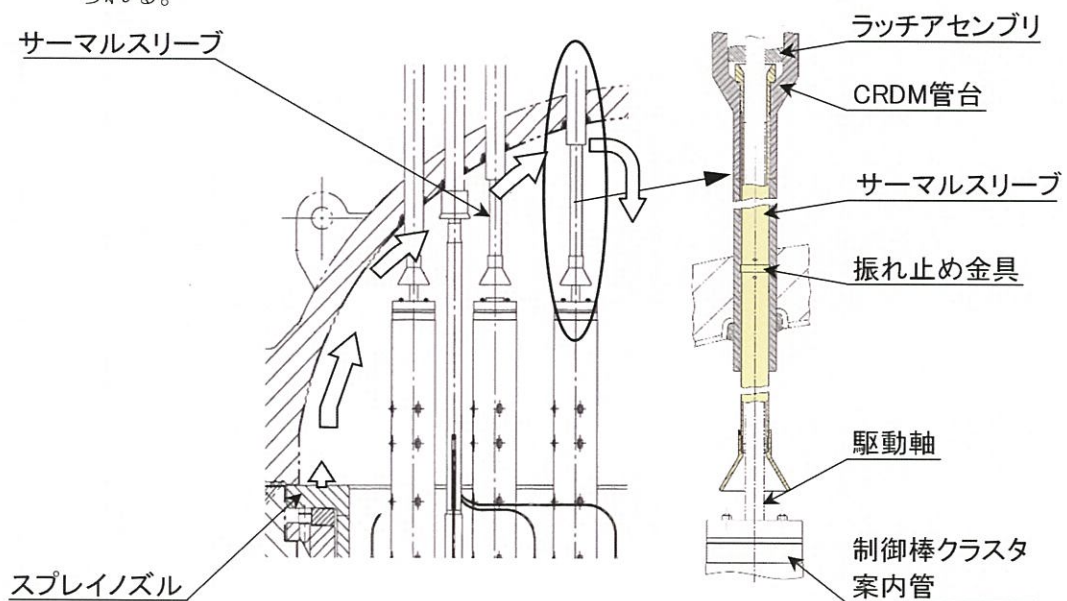
(6) サーマルスリーブの摩耗

サーマルスリーブは、原子炉容器上部ふた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部ふたの制御棒クラスタ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ンズルから噴出する1次冷却材の流れ（頂部バイパス流）が原子炉容器上部ふたに沿って上昇し、頂部付近で合流した後には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部ふた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。



← 頂部プレナム内のバイパス流の流れを示す

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

しかしながら、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、上部ふた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おらず、川内2号炉については、第18回定期検査時(2008年度)に原子炉容器の上部ふた取替にあ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く、ワークレートも小さいことから、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。

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) 接手の摩耗

接手は、制御棒クラスタのスパイダーの溝に接手の山がかみあう構造になっており、ステッピング及び制御棒クラスタとの取付け、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、接手の山とスパイダーの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、及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。

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。

表2.2-1 川内2号炉 制御棒クラスタ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			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	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			△					
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	プランジャー		ステンレス鋼	△							
		ラッチアーム		ステンレス鋼 (ステライト肉盛)	△							
		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 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）

▲：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結果について、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

水平展開機器各々の構造、材料、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮すると、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

##### 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)又は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。

###### 3.2.1 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、疲労割れが発生し難い。

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、定期的な漏えい検査を実施し、漏えいのないことを目視にて確認することにより、機器の健全性を確認している。

### 3.2.2 コノシールガスケット取付部の摩耗

炉内熱電対用ハウジングには、上部シール材としてコノシールガスケットが用いられている。

炉内熱電対用ハウジングのコノシールガスケットは、定期的に取り替えを行っており、取付部で摩耗が想定される。

しかしながら、コノシールガスケット取替時における接触面の目視確認及び定期的な漏えい検査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。

### 3.2.3 ヘリコフレックスシール取付部の腐食（隙間腐食）

炉内熱電対用ハウジングには、下部シール材としてヘリコフレックスシールが用いられている。炉内熱電対用ハウジングのヘリコフレックスシールの接触部は隙間構造となり、隙間腐食が想定される。

しかしながら、プラントが一度運転にはいると高温状態となり、シール部のステンレス鋼表面に強固な酸化皮膜が形成されるため、有意な腐食の進展は考えられない。

また、ヘリコフレックスシール取付部については、ヘリコフレックスシールの取替時には接触面の目視確認を実施するとともに、定期的な漏えい検査を実施し、漏えい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 原子炉容器内挿物

[対象機器]

- ① 制御棒クラスタ

## 目 次

1. 対象機器 .....	1
2. 制御棒クラスターの技術評価 .....	2
2.1 構造、材料及び使用条件 .....	2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	6

## 1. 対象機器

川内2号炉で使用されている原子炉容器内挿物の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 原子炉容器内挿物の主な仕様

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 (℃)
制御棒クラスター (48)	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及び構造物であることを示す



## 2. 制御棒クラスタの技術評価

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### (1) 構造

川内2号炉の制御棒はクラスタ形で、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及び停止グループに分けられる。制御グループの制御棒クラスタは、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する。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、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。

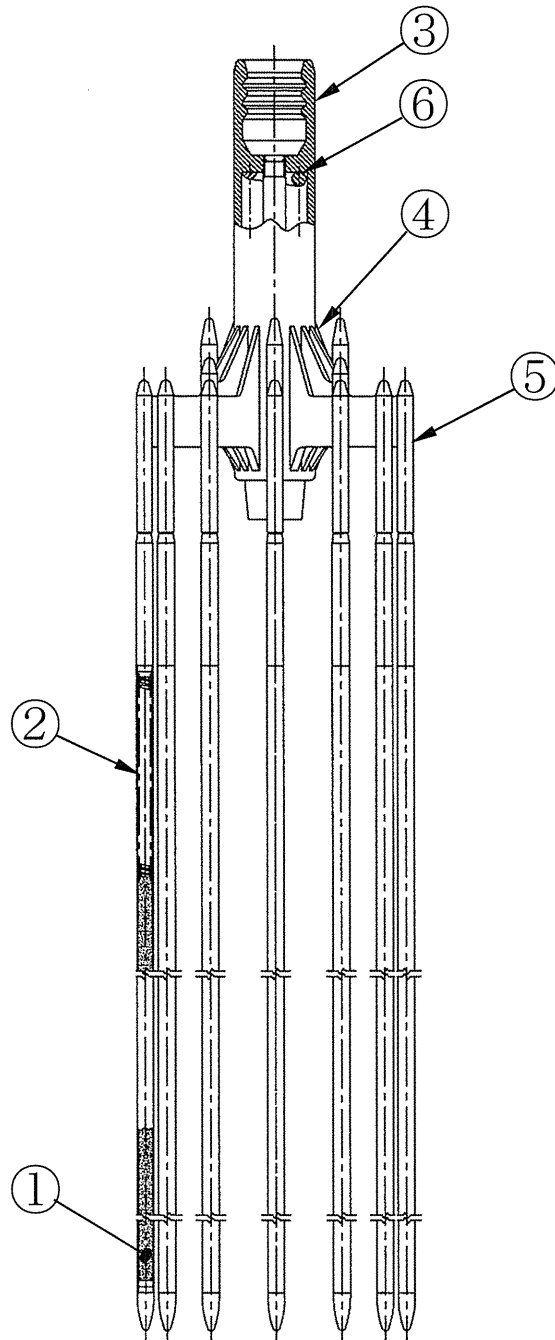
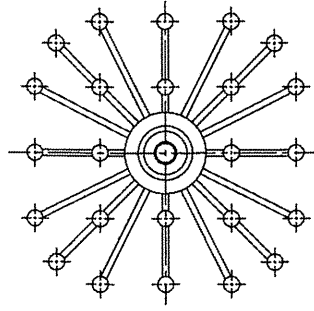
制御棒クラスタは、24本の制御棒をベーンとフィンガにより軸対称位置に配置する構造をしており、原子炉容器内で48体使用されている。制御棒駆動軸と切り離すことにより炉心から取り出すことができる。1次冷却材に接する部分はステンレス鋼で構成されており、中性子吸収体である銀・インジウム・カドミウム合金を被覆した制御棒をクラスタ状に維持している。また原子炉停止のため制御棒クラスタを重力落下させた際の衝撃を緩和するためにニッケル基合金製のばねを有している。

川内2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に示すとおり取替えを実施している。

#### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉の制御棒クラスタの使用材料及び使用条件を表2.1-2及び表2.1-3にそれぞれ示す。



No.	部 位
①	中性子吸収体
②	制御棒被覆管 (制御棒)
③	スパイダー*1
④	ベ ー ン*1
⑤	フィンガ*1
⑥	ば ね

\*1 : スパイダー、ベ ー ン、  
フィンガは一体構造

図2.1-1 川内2号炉 制御棒クラスタ構造図

表2.1-1 川内2号炉 制御棒クラスターの取替実績

時 期	体数 (体)
第5回定期検査時 (1991年度)	10
第6回定期検査時 (1992年度)	10
第7回定期検査時 (1994年度)	10
第8回定期検査時 (1995年度)	10
第9回定期検査時 (1996年度)	8
第16回定期検査時 (2006年度)	8
第17回定期検査時 (2007年度)	8
第18回定期検査時 (2008年度)	8
第19回定期検査時 (2010年度)	8
第20回定期検査時 (2011年度～2015年度)	8
第21回定期検査時 (2016年度)	8

(注) 全数改良型 (制御棒被覆管 (制御棒) へのCrメッキ及び中性子吸収体先端部の細径化) への取替え済み

表2.1-2 川内2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
制御棒被覆管（制御棒）	ステンレス鋼
スパイダー ベーン フィンガ	ステンレス鋼 ステンレス鋼鋳鋼
ばね	ニッケル基合金

表2.1-3 川内2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を維持するためには、次の項目が必要である。

- ① 反応度変化の補償及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）及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、又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)又は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) 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可能性が考えられる。

しかしながら、運転中制御棒クラスタは炉心から引き抜かれているために照射量はわずかである。

また、制御棒の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%）内にあることから、制御能力としては十分余裕がある。

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。

なお、制御棒クラスタは、中性子照射量に応じた取替え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。

#### (2) 制御棒被覆管の摩耗

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生じる可能性がある。

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。

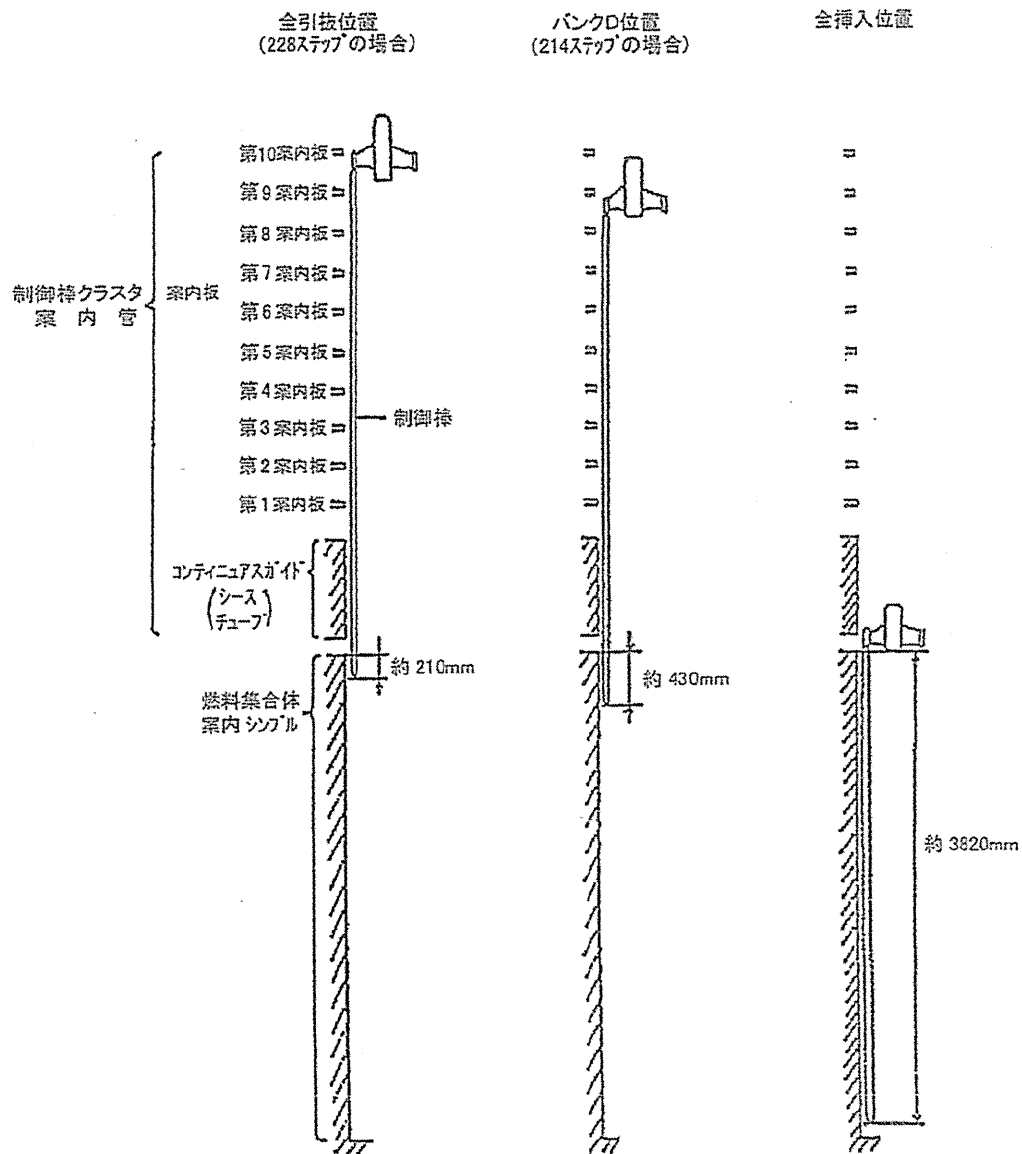


図2.2-1 川内2号炉 制御棒クラスターの構造と挿入位置関係

米国ポイントビーチ(Point Beach)発電所2号炉で制御棒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えを行っている。

なお、万一制御棒被覆管が減肉により貫通しても直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。

- ・制御棒被覆管強度 : 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、制御棒被覆管強度は保たれる。
- ・中性子吸収体の溶出 : 制御棒被覆管に穴が開いても、中性子吸収体が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 : 制御棒被覆管が貫通しても挿入性は確保される。

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制御棒被覆管肉厚に達するまでに、制御棒引抜き位置をステップ変更することにより（原子炉停止余裕や反応度の補償機能への影響は問題ない）制御棒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えを実施している。

また、定期的に全制御棒クラスタの落下試験を実施し、挿入性に問題ないことを確認している。

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) 制御棒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小さな応力しか発生しない。

また、国内他プラント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。

(4) 制御棒被覆管先端部の照射誘起割れ

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被覆管先端部において照射スウェリングを起こし外径が増加することにより、次第に制御棒被覆管に内圧を付加するようになる。一方、制御棒被覆管先端部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、内圧を付加された制御棒被覆管先端部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、予防保全的に、クラックが制御棒被覆管先端部に発生する可能性があるとは評価される中性子照射量に達する時期までに制御棒クラスタを取り替えることとしている。

また、定期的に全制御棒クラスタの落下試験を実施し、挿入性に問題ないことを確認している他、水中テレビカメラを用いた目視確認を実施し、有意な損傷及び変形がないことを確認している。

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。

(5) 制御棒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取替基準に達した時点で微量であり、燃料集合体内に制御棒を導く制御棒案内シンプル細径部（ダッシュポット部）と制御棒との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え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。

(6) 制御棒被覆管の照射下クリープ

制御棒被覆管先端部は照射下クリープの発生が想定される。

しかしながら、中性子吸収体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え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。

(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、ステッピング及び制御棒クラスタのラッチ、アンラッチによる干渉部の摩耗が想定される。

しかしながら、国内他プラントの駆動軸接手干渉部の点検の結果、有意な摩耗は認められておらず、スパイダー材と接手内の硬さは同程度であり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有意な摩耗はないと考える。

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、計画的に取替えを行うことにより、機器の健全性を確認している。

(8) スパイダー、ベーン及びフィンガの熱時効

スパイダー、ベーン及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可能性がある。

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えを行うことにより、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可能性が考えられる。

しかしながら、運転中制御棒クラスタ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難い。

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、計画的に取替えを行うことにより、機器の健全性を確認している。

表2.2-1 川内2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		
反応度変化の補償及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							△ <sup>*1</sup>	*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：照射下クリープ *6：鋳造品のみ *7：照射による変形（応力緩和）
	制御棒被覆管（制御棒）		ステンレス鋼	△			△ <sup>*2</sup>		△ <sup>*3</sup>	△ <sup>*4,5</sup>	
	スパイダー		ステンレス鋼 ステンレス鋼鋳鋼	△					△ <sup>*6</sup>		
	ベ ー ン		ステンレス鋼 ステンレス鋼鋳鋼						△ <sup>*6</sup>		
	フィンガ		ステンレス鋼 ステンレス鋼鋳鋼						△ <sup>*6</sup>		
	ば ね		ニッケル基合金							△ <sup>*7</sup>	

△：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 A 廃液蒸発装置
- ② B 廃液蒸発装置
- ③ ほう酸回収装置

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	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、材料及び使用条件 .....	3
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	18
3. 代表機器以外への展開 .....	33
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 .....	33
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 .....	33

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

川内 2 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、流体及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及び結果

表1-1に示す濃縮減容設備について、減容方式、流体及び材料を分離基準として考えると、1つのグループにまとめられる。

### 1.2 代表機器の選定

このグループにはA廃液蒸発装置、B廃液蒸発装置及びほう酸回収装置が属するが、類似構造装置であることから、内部流体が1次系廃液で塩化物イオン濃度が高く腐食環境が厳しいB廃液蒸発装置を代表機器とする。

表1-1 川内2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					選定	選定理由
				重要度*1	使用条件*3					
減容方式	流体	材料			重要度*1	運転	最高使用圧力*4 (MPa[gage])	最高使用温度*4 (°C)		
蒸発減容	廃液	ステンレス鋼	A 廃液蒸発装置 (1)	高*2	一時	約0.93 / 約0.1	約185 / 約150	約100ppm	◎	内部流体
	廃液		B 廃液蒸発装置 (1)	高*2	一時	約0.1 / 約0.93	約150 / 約185	約350ppm		
	ほう酸水		ほう酸回収装置 (1)	高*2	一時	約0.93 / 約0.1	約185 / 約150	約0.15ppm		

\*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、又は最高使用圧力が1,900kPa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

\*3：加熱器又は蒸発器の使用条件を示す

\*4：管側／胴側を示す



## 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濃縮減容設備について技術評価を実施する。

### ① B廃液蒸発装置

#### 2.1 構造、材料及び使用条件

##### 2.1.1 B廃液蒸発装置

###### (1) 構造

川内2号炉のB廃液蒸発装置は、蒸気により廃液を加熱する加熱器、加熱器より送られた廃液を蒸気と廃液に分離する蒸発器、発生蒸気から蒸気と同伴した揮発性物質を除去する精留塔、精留塔を通過した発生蒸気より蒸留水を凝縮回収するコンデンサ、蒸留水を冷却する蒸留水冷却器、廃液を循環・移送するための濃縮液ポンプ、蒸留水を移送するための蒸留水ポンプ及び配管から構成されている。

川内2号炉のB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2.1-8に示す。

###### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉のB廃液蒸発装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。

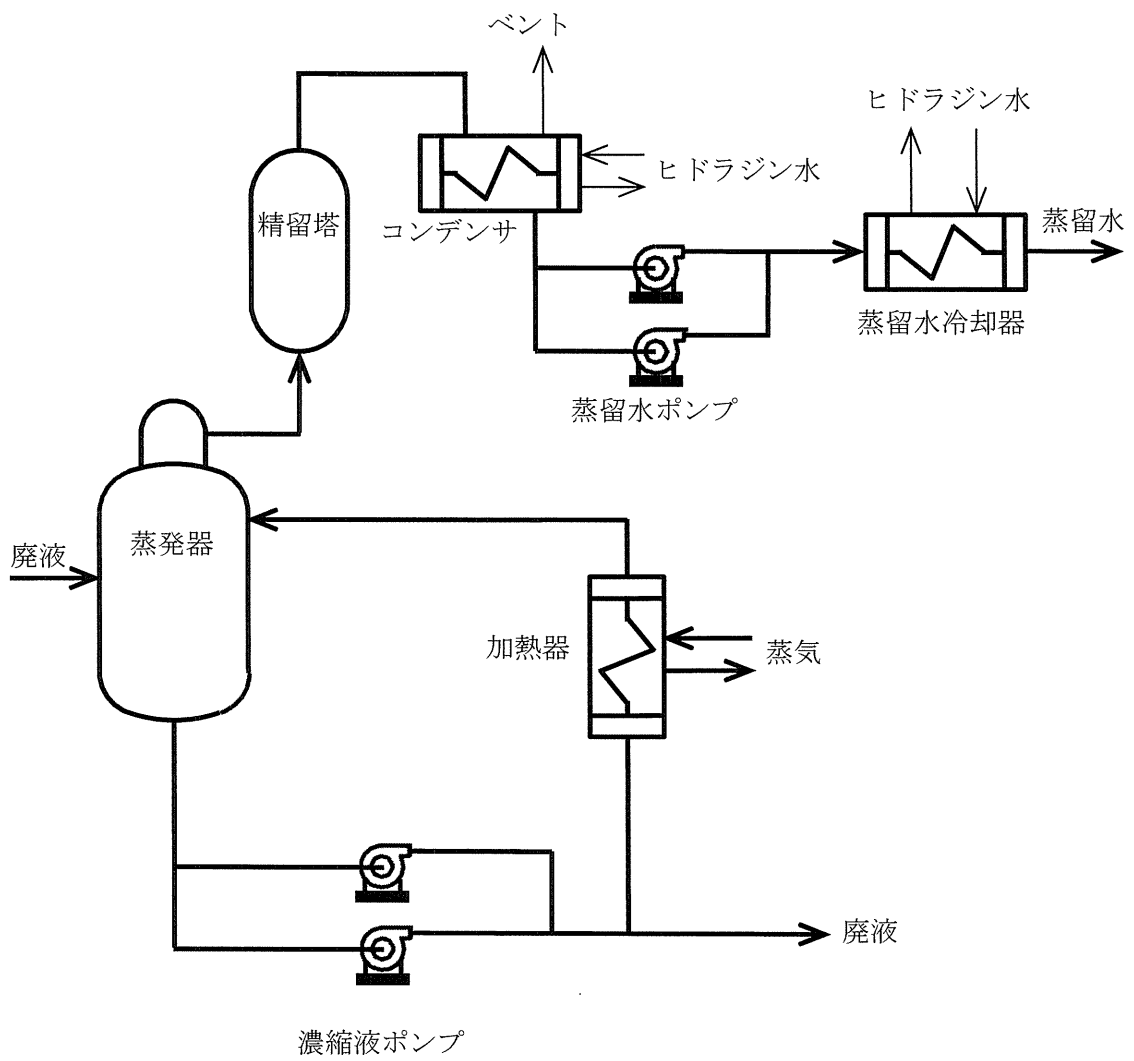
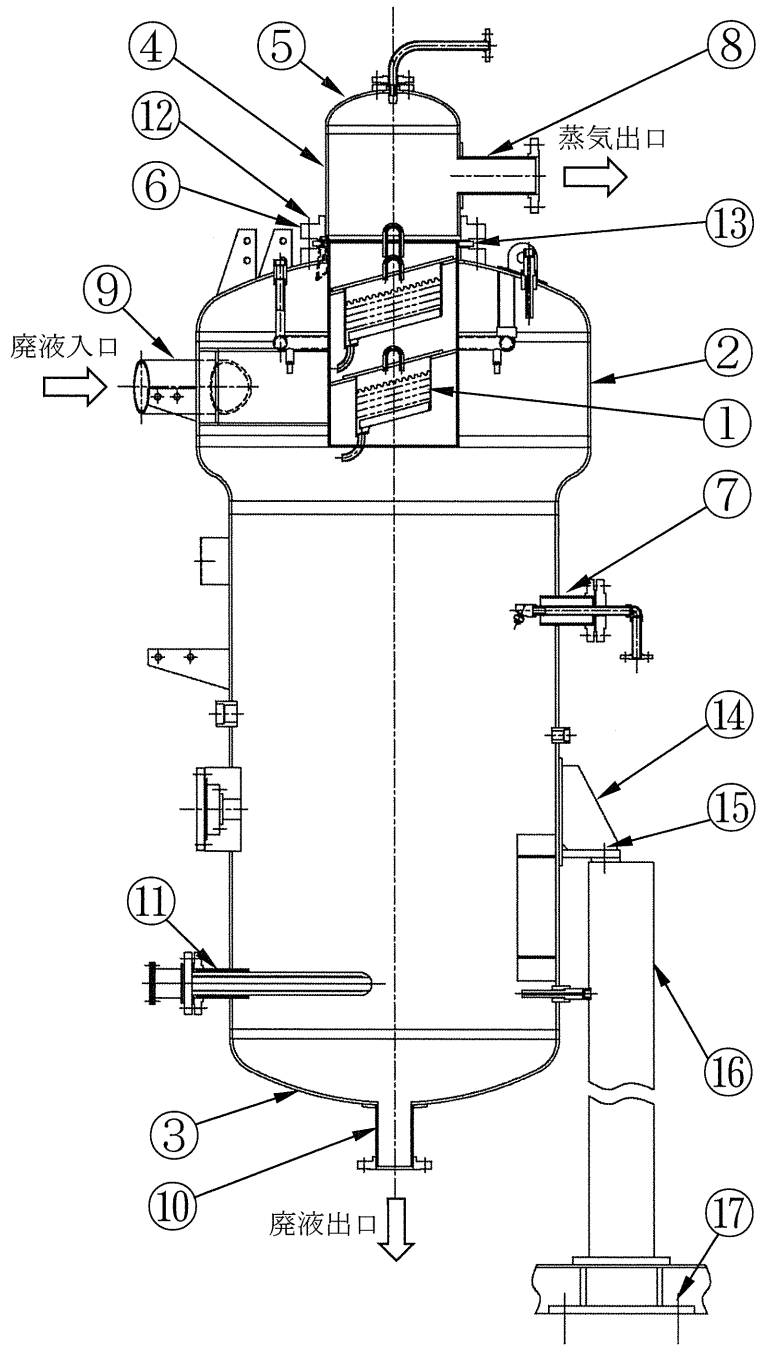
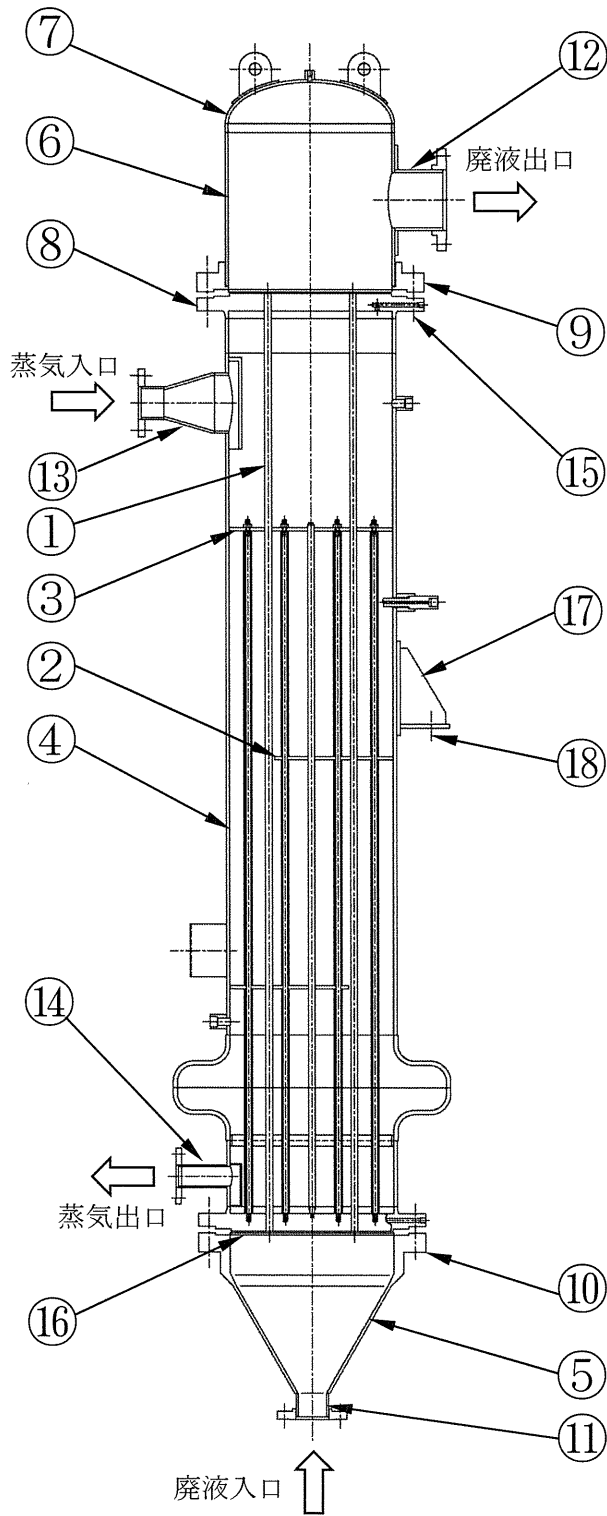


図2.1-1 川内2号炉 B廃液蒸発装置 全体構成図



No.	部 位
①	デミスタ
②	胴 板
③	鏡 板
④	蒸気室胴板
⑤	蒸気室鏡板
⑥	蒸気室胴フランジ
⑦	処理液入口管台
⑧	蒸気出口管台
⑨	循環液入口管台
⑩	循環液出口管台
⑪	電気ヒータ管台
⑫	フランジボルト
⑬	ガスケット
⑭	支 持 脚
⑮	取付ボルト
⑯	装置架台
⑰	基礎ボルト

図2.1-2 川内2号炉 B廃液蒸発装置 蒸発器構造図



No.	部 位
①	伝熱管
②	邪魔板
③	支持板
④	胴側胴板
⑤	円すい胴板
⑥	管側胴板
⑦	管側鏡板
⑧	管 板
⑨	上部フランジ
⑩	下部フランジ
⑪	循環液入口管台
⑫	循環液出口管台
⑬	蒸気入口管台
⑭	復水出口管台
⑮	フランジボルト
⑯	ガスケット
⑰	支持脚
⑱	取付ボルト

図2.1-3 川内2号炉 B廃液蒸発装置 加熱器構造図

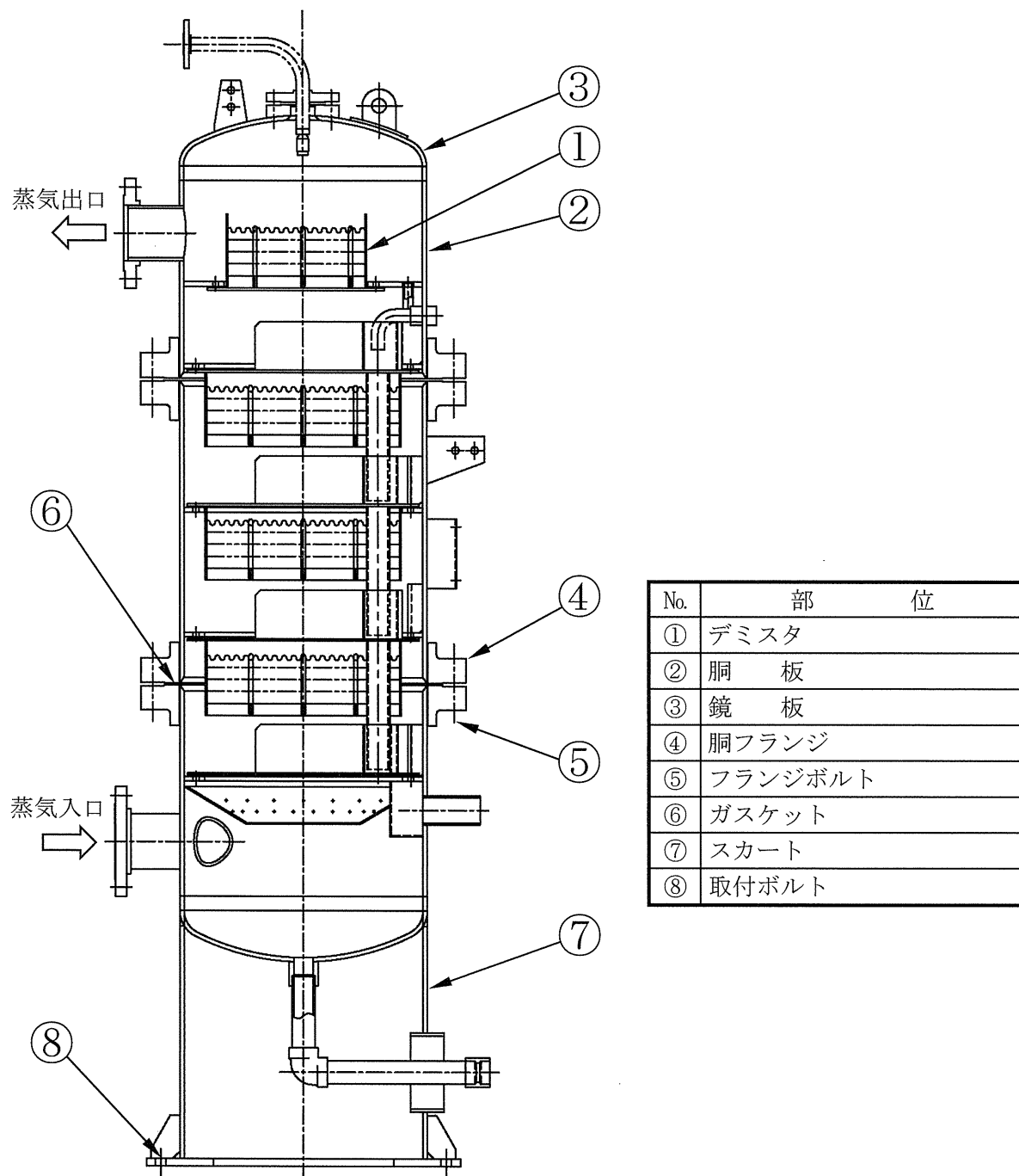
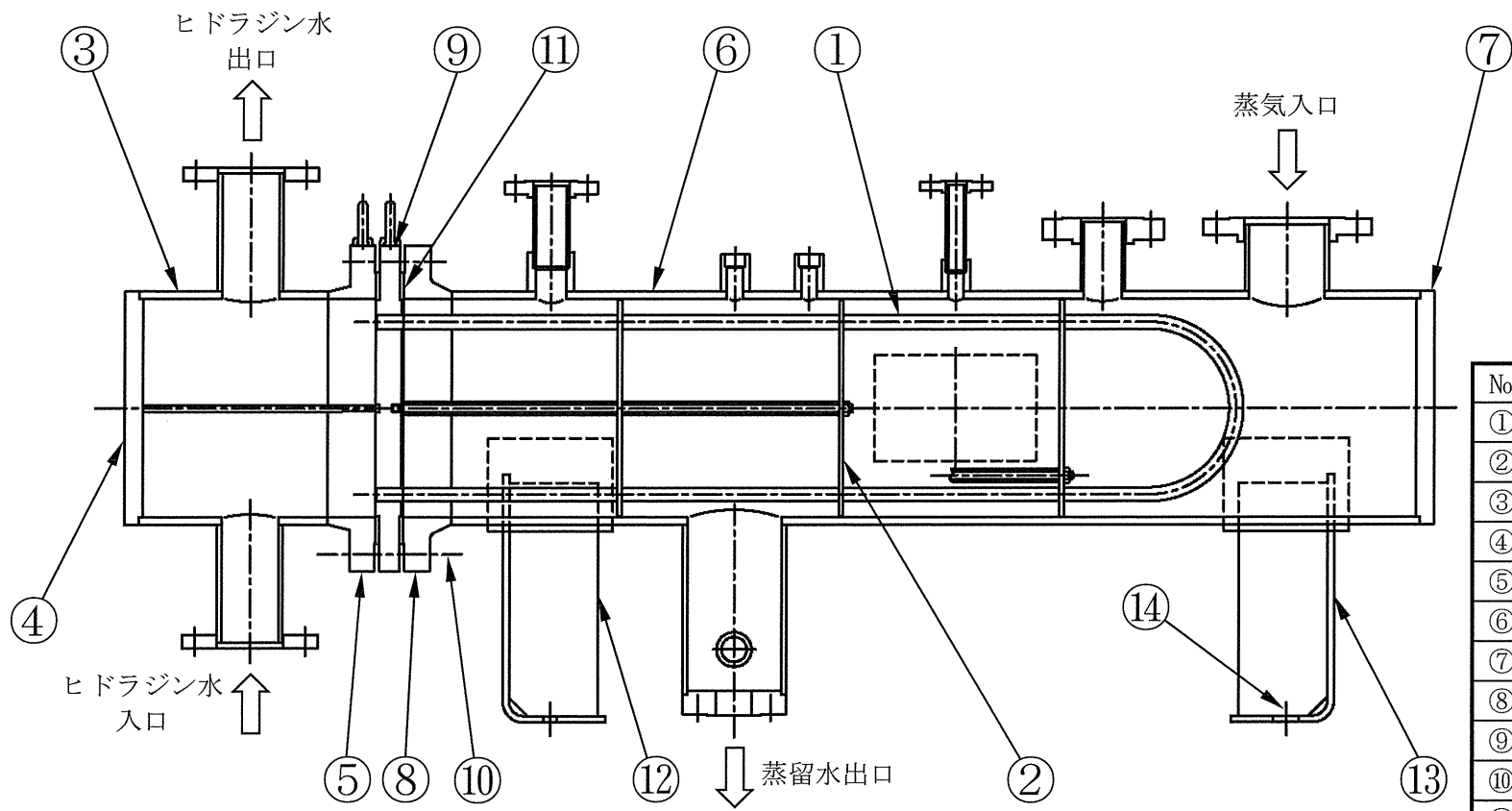
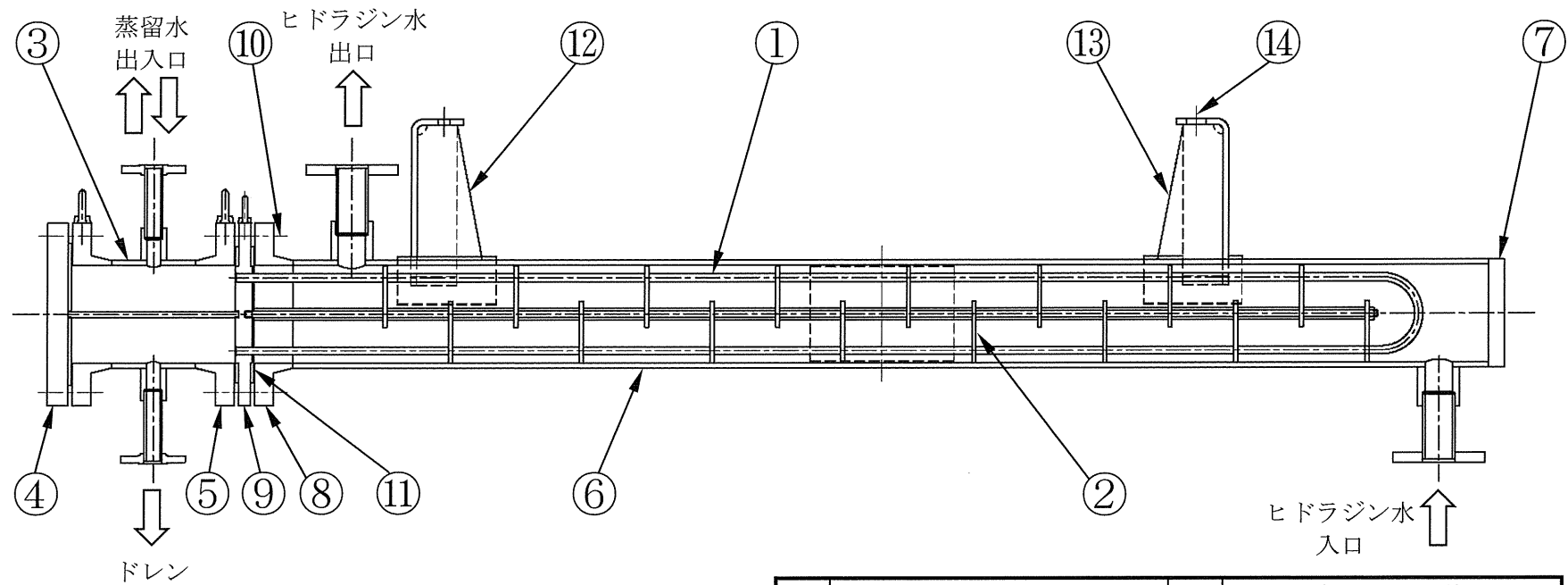


図2.1-4 川内2号炉 B廃液蒸発装置 精留塔構造図



No.	部 位
①	伝熱管
②	邪魔板
③	管側胴板
④	管側平板
⑤	管側フランジ
⑥	胴側胴板
⑦	胴側平板
⑧	胴側フランジ
⑨	管 板
⑩	フランジボルト
⑪	ガスケット
⑫	支持脚
⑬	支持脚 (スライド脚)
⑭	取付ボルト

図2.1-5 川内2号炉 B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	胴側フランジ
②	邪魔板	⑨	管 板
③	管側胴板	⑩	フランジボルト
④	管側平板	⑪	ガスケット
⑤	管側フランジ	⑫	支持脚
⑥	胴側胴板	⑬	支持脚 (スライド脚)
⑦	胴側平板	⑭	取付ボルト

図2.1-6 川内2号炉 B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

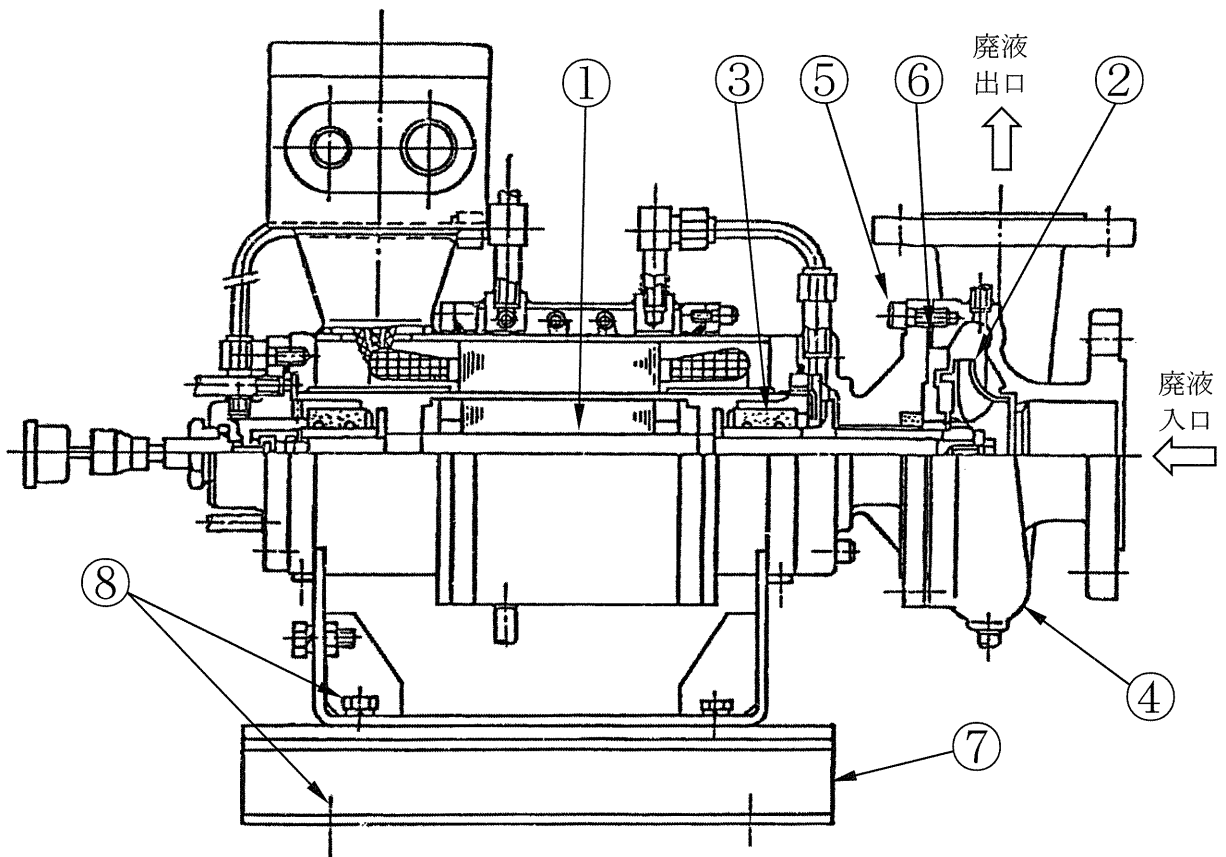


図2.1-7 川内2号炉 B廃液蒸発装置 濃縮液ポンプ構造図



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

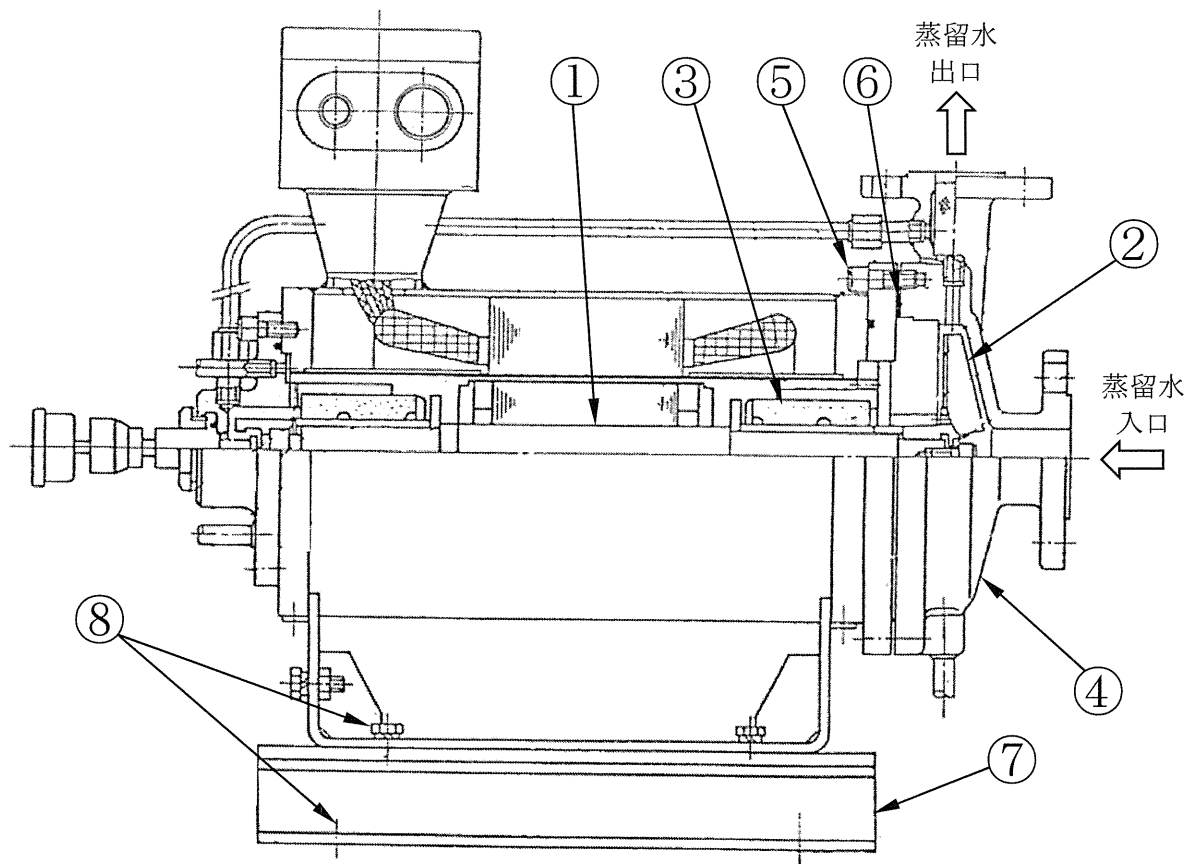


図2.1-8 川内2号炉 B廃液蒸発装置 蒸留水ポンプ構造図

表2. 1-1(1/5) 川内2号炉 B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	デミスタ	ステンレス鋼
	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
	蒸気室胴フランジ	ステンレス鋼
	処理液入口管台	ステンレス鋼
	蒸気出口管台	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	消耗品・定期取替品
	支持脚	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭 素 鋼
装置架台	炭 素 鋼	
基礎ボルト	炭 素 鋼	

表2.1-1(2/5) 川内2号炉 B廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
加熱器	伝熱管	ステンレス鋼
	邪魔板	ステンレス鋼
	支持板	ステンレス鋼
	胴側胴板	炭素鋼
	円すい胴板	ステンレス鋼
	管側胴板	ステンレス鋼
	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
	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
	蒸気入口管台	炭素鋼
	復水出口管台	炭素鋼
	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
取付ボルト	炭素鋼	

表2. 1-1 (3/5) 川内 2 号炉 B 廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
精 留 塔	デミスタ	ステンレス鋼
	胴 板	ステンレス鋼
	鏡 板	ステンレス鋼
	胴フランジ	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
	スカート	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭 素 鋼
コンデンサ	伝 熱 管	ステンレス鋼
	邪 魔 板	ステンレス鋼
	管側胴板	炭 素 鋼
	管側平板	炭 素 鋼
	管側フランジ	炭 素 鋼
	胴側胴板	ステンレス鋼
	胴側平板	ステンレス鋼
	胴側フランジ	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

表2. 1-1(4/5) 川内2号炉 B廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
蒸留水冷却器	伝熱管	ステンレス鋼
	邪魔板	ステンレス鋼
	管側胴板	ステンレス鋼
	管側平板	ステンレス鋼
	管側フランジ	ステンレス鋼
	胴側胴板	炭素鋼
	胴側平板	炭素鋼
	胴側フランジ	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
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

表2.1-1(5/5) 川内2号炉 B廃液蒸発装置主要部位の使用材料

構成機器	部 位	材 料
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
配 管*1	母 管	ステンレス鋼
	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

\*1：表中には、濃縮液ポンプ吐出ライン配管の材料を代表として記載

表2.1-2 川内2号炉 B廃液蒸発装置の使用条件

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	
加熱器	最高使用圧力	約0.1MPa[gage]*1	約0.93MPa[gage]*2
	最高使用温度	約150℃*1	約185℃*2
	内部流体	廃液*1	蒸気*2
精留塔	最高使用圧力	約0.1MPa[gage]	
	最高使用温度	約150℃	
	内部流体	蒸気	
コンデンサ	最高使用圧力	約0.98MPa[gage]*1	約0.1MPa[gage]*2
	最高使用温度	約95℃*1	約150℃*2
	内部流体	ヒドラジン水*1	蒸気*2
蒸留水冷却器	最高使用圧力	約0.98MPa[gage]*1	約0.98MPa[gage]*2
	最高使用温度	約150℃*1	約95℃*2
	内部流体	蒸留水*1	ヒドラジン水*2
濃縮液ポンプ	最高使用圧力	約0.98MPa[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0.98MPa[gage]	
	最高使用温度	約150℃	
	内部流体	蒸留水	
配管*3	最高使用圧力	約0.98MPa[gage]	
	最高使用温度	約150℃	
	内部流体	廃液	

\*1：管側の使用条件

\*2：胴側の使用条件

\*3：表中には、濃縮液ポンプ吐出ライン配管の使用条件を代表として記載

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

B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3つ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

B廃液蒸発装置の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）及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、又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)又は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) 伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れ

加熱器、コンデンサ及び蒸留水冷却器の伝熱管は伝熱管振動により摩耗及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、摩耗及び高サイクル疲労割れが発生し難い環境である。

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試験により、機器の健全性を確認している。

(2) 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）

加熱器、コンデンサ及び蒸留水冷却器の伝熱管に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、耐流れ加速型腐食性に優れたステンレス鋼の伝熱管を使用しており、流れ加速型腐食の発生がし難い環境である。

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。

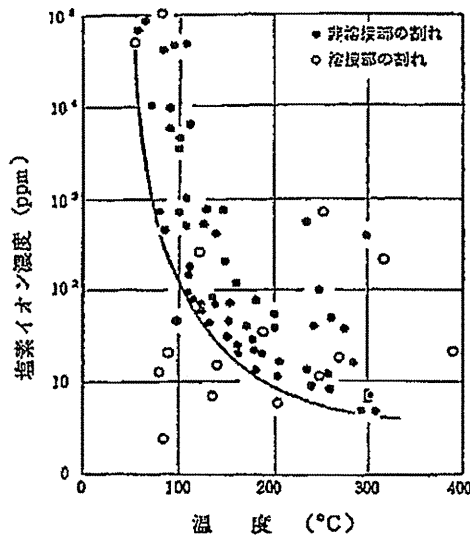
なお、開放点検時の目視確認や漏えい試験により、機器の健全性を確認している。

### (3) 蒸発器胴板等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、濃縮液ポンプ及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100℃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、材料及び残留応力の3つが考えられる。

腐食環境としては、塩化物イオン濃度及び流体温度が支配的であり、304系ステンレス鋼の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こる下限」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：(株) 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、B廃液蒸発装置の蒸発器胴板、加熱器管側等については、耐応力腐食割れ性に優れている316L系ステンレス鋼を使用しており、蒸発器胴側、加熱器管側、濃縮液ポンプ及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又は分解点検時に内面の目視確認や試運転時の漏えい試験等により、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) 加熱器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、開放点検時の清掃により、機器の安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) 伝熱管のスケール付着

加熱器胴側は胴側流体、コンデンサ及び蒸留水冷却器は管側及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、蒸留水又はヒドラジン水（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難い環境である。

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清掃又は運転中の処理流量及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。

(6) 主軸の摩耗

すべり軸受を使用している濃縮液ポンプ及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。

(7) 主軸の高サイクル疲労割れ

濃縮液ポンプ及び蒸留水ポンプはポンプの運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰り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のないことの触診による確認）、試運転時における振動確認（変位の測定）並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。

(8) 羽根車の腐食（キャビテーション）

濃縮液ポンプ及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及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により、機器の健全性を確認している。

(9) 加熱器胴側胴板等の内面からの腐食（流れ加速型腐食）

加熱器の胴側胴板等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、これまでに有意な減肉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難い。

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。

(10) コンデンサ管側耐圧構成品等の内面からの腐食（全面腐食）

コンデンサ管側及び蒸留水冷却器胴側の耐圧構成品は炭素鋼であり、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）であり、腐食が発生し難い環境である。

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により、機器の健全性を確認している。

(11) 炭素鋼製耐圧構成品の外表面からの腐食（全面腐食）

加熱器胴側、コンデンサ管側及び蒸留水冷却器胴側の耐圧構成品は炭素鋼であり、外表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、塗装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装の状態を確認し、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。

(12) フランジボルト等の腐食（全面腐食）

フランジボルト及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難い。

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等により、機器の健全性を確認している。

(13) 支持脚等の腐食（全面腐食）

支持脚、装置架台、スカート、台板及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、塗装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装の状態を確認し、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。

(14) 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

横置き熱交換器であるコンデンサ及び蒸留水冷却器には、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。

(15) 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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

ガスケット及び軸受（すべり）は分解点検時に取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替え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(1/8) 川内2号炉 B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								
	蒸気室胴フランジ		ステンレス鋼								
	処理液入口管台		ステンレス鋼				△				
	蒸気出口管台		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	支 持 脚		炭 素 鋼		△						
	取付ボルト		炭 素 鋼		△						
	装置架台		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 (2/8) 川内 2 号炉 B 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	△*2	△*1	△			△*3(内面) △*3(外面)	*1：摩耗及び 高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：スケール付着
	邪魔板		ステンレス鋼								
	支持板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	胴側胴板		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	円すい胴板		ステンレス鋼				△				
	管側胴板		ステンレス鋼				△				
	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				△				
	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				△				
	蒸気入口管台		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	復水出口管台		炭素鋼		△*2(内面) △(外面)						
	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		△						
	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(3/8) 川内2号炉 B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								
バウダリの維持	胴 板		ステンレス鋼								
	鏡 板		ステンレス鋼								
	胴フランジ		ステンレス鋼								
	フランジボルト		低合金鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	スカート		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(4/8) 川内2号炉 B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	△*2	△*1				△*3	*1：摩耗及び高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：スケール付着 *4：スライド部の腐食
	邪魔板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	管側胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	管側平板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	管側フランジ		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	胴側胴板		ステンレス鋼								
	胴側平板		ステンレス鋼								
	胴側フランジ		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		△*4 △						
	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(5/8) 川内2号炉 B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	△*2	△*1				△*3	*1：摩耗及び高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：スケール付着 *4：スライド部の腐食
	邪魔板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	管側胴板		ステンレス鋼								
	管側平板		ステンレス鋼								
	管側フランジ		ステンレス鋼								
	胴側胴板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	胴側平板		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	胴側フランジ		炭素鋼		△(内面) △(外面)						
	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		△*4 △						
	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(6/8) 川内2号炉 B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	応力腐蝕割れ	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	
	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		△						

△：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(7/8) 川内2号炉 B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
	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		△						

△：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(8/8) 川内2号炉 B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				△				
	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	◎	—								

△：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 A廃液蒸発装置
- ② 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

水平展開機器各々の構造、材料、使用条件（水質、圧力、温度等）及び現在までの運転経験を考慮すると、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

#### 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)又は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。

##### 3.2.1 伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れ [共通]

蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサ及び蒸留水冷却器の伝熱管は、伝熱管振動により摩耗及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、摩耗及び高サイクル疲労割れが発生し難い環境である。

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試験により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.2 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）〔共通〕

蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサ及び蒸留水冷却器の伝熱管に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、耐流れ加速型腐食性に優れたステンレス鋼の伝熱管を使用しており、流れ加速型腐食の発生がし難い環境である。

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試験により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.3 蒸発器胴側胴板等ステンレス鋼使用部位の応力腐食割れ〔共通〕

蒸発器胴側、脱ガスタ、予熱器、濃縮液ポンプ及び配管のステンレス鋼使用部位については、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、水質を適切に管理しているため、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

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。

なお、開放点検時又は分解点検時に内面の目視確認や試運転時の漏えい試験等により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.4 伝熱管のスケール付着〔A廃液蒸発装置〕

蒸発器胴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、開放点検時の目視確認や清掃により、機器の安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 伝熱管のスケール付着 [共通]

蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサ及び蒸留水冷却器は管側及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、ほう酸水、蒸気、蒸留水又はヒドラジン水（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難い環境である。

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清掃又は運転中の処理流量及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。

### 3.2.6 主軸の摩耗 [共通]

すべり軸受を使用している濃縮液ポンプ及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。

### 3.2.7 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

濃縮液ポンプ及び蒸留水ポンプはポンプの運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰り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のないことの触診による確認）、試運転時における振動確認（変位の測定）並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。

### 3.2.8 羽根車の腐食（キャビテーション） [共通]

濃縮液ポンプ及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及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により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.9 蒸発器管側等の内面からの腐食（流れ加速型腐食） [共通]

蒸発器管側鏡板、胴板及び予熱器胴側平板、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、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難い。

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。

### 3.2.10 コンデンサ管側耐圧構成品等の内面からの腐食（全面腐食）〔共通〕

コンデンサ管側、ベントコンデンサ管側、蒸留水冷却器胴側の耐圧構成品は炭素鋼であり、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）であり、腐食が発生し難い環境である。

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により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.11 炭素鋼製耐圧構成品の外表面からの腐食（全面腐食）〔共通〕

コンデンサ管側、ベントコンデンサ管側、蒸発器管側、蒸留水冷却器胴側及び予熱器胴側の耐圧構成品は炭素鋼であり、外表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、塗装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装の状態を確認し、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。

### 3.2.12 フランジボルト等の腐食（全面腐食）〔共通〕

フランジボルト及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難い。

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等により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.13 支持脚等の腐食（全面腐食）〔共通〕

支持脚、装置架台、台板、スカート及び取付ボルトは炭素鋼及び低合金鋼であり、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、塗装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装の状態を確認し、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。

### 3.2.14 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）〔共通〕

横置き熱交換器である蒸発器、予熱器、コンデンサ、ベントコンデンサ及び蒸留水冷却器には、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。

### 3.2.15 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

## 7 アスファルト固化装置

[対象機器]

- ① アスファルト混和機

## 目 次

1. 対象機器	1
2. アスファルト混和機の技術評価	2
2.1 構造、材料及び使用条件	2
2.2 経年劣化事象の抽出	5

## 1. 対象機器

川内2号炉で使用されているアスファルト固化装置の主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 アスファルト固化装置の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件		
		運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)
アスファルト混和機 (1)	高*2	一 時	ジャケット部 約0.29	ジャケット部 約300

\*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、又は最高使用圧力が1,900kPa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. アスファルト混和機の技術評価

### 2.1 構造、材料及び使用条件

#### (1) 構造

川内2号炉のアスファルト混和機は、横置攪拌蒸発式である。

アスファルト混和機は、廃液蒸発装置濃縮廃液等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電動機により駆動するロータ中空軸を内部に有している。

川内2号炉のアスファルト混和機の構造図を図2.1-1に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉のアスファルト混和機の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表2.1-2に示す。



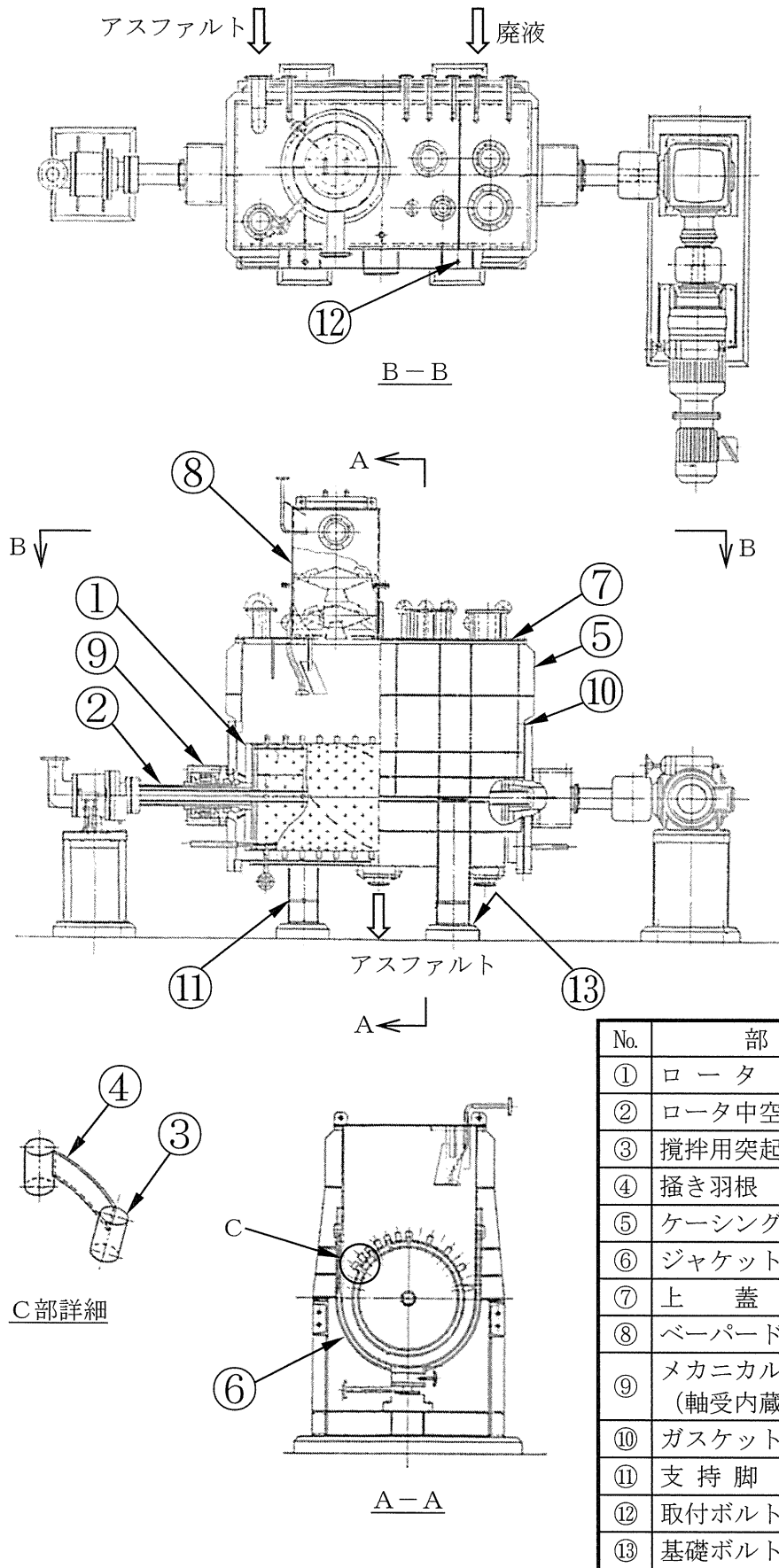


図2.1-1 川内2号炉 アスファルト混和機構造図

表2.1-1 川内2号炉 アスファルト混和機主要部位の使用材料

部 位		材 料
回 転 部	ロ ー タ	ステンレス鋼
	ロータ中空軸	ステンレス鋼
	攪拌用突起	ステンレス鋼
	掻き羽根	ステンレス鋼
耐圧構成品	ケーシング	ステンレス鋼
	ジャケット	ステンレス鋼
	上 蓋	ステンレス鋼
	ベーパードーム	ステンレス鋼
	メカニカルシール (軸受内蔵)	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	支 持 脚	炭 素 鋼
	取付ボルト	炭 素 鋼
	基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.1-2 川内2号炉 アスファルト混和機の使用条件

最高使用圧力	ジャケット部	約0.29MPa[gage]
最高使用温度	ジャケット部	約300℃
容量 (水分蒸発能力)		約140kg/h
内 部 流 体		廃液、アスファルト 熱媒油、蒸発蒸気
回 転 数		約21.2～84.7rpm

## 2.2 経年劣化事象の抽出

### 2.2.1 機能達成に必要な項目

アスファルト混和機の機能であるアスファルト混和固化機能を維持するためには、次の3つ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

### 2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

アスファルト混和機について、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）及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、又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)又は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) ロータ等の腐食（全面腐食）

ロータ、攪拌用突起、掻き羽根及びケーシングにはステンレス鋼を使用しているが、濃縮廃液及びその固形分等により、長期的には腐食が想定される。

しかしながら、開放点検時にロータ、攪拌用突起、掻き羽根及びケーシングの表面の付着・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。

#### (2) ケーシング及びロータ接液構成品の応力腐食割れ

濃縮廃液には塩化物イオンが含まれており、アスファルト混和機内で蒸発濃縮することで、接液するケーシング、ロータ等に応力腐食割れが想定される。

しかしながら、開放点検時に表面の付着・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。

(3) 攪拌用突起等の摩耗

アスファルト混和機内では、濃縮廃液中の固形物がアスファルトと加熱混合されているが、長期間運転することにより、ケーシング表面等に固形分の堆積を生じることが考えられる。この堆積物の厚さが増すと、ケーシングと僅かなクリアランスをもって回転する攪拌用突起等がこの堆積物と接触することにより、攪拌用突起、掻き羽根及びケーシングの摩耗が想定される。

しかしながら、開放点検時にケーシング、攪拌用突起及び掻き羽根の表面の付着・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) 支持脚及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

支持脚及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、支持脚の大気接触部は塗装により腐食を防止、取付ボルトは亜鉛メッキにより腐食を防止しており、塗装又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装又はメッキ面の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修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。

(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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.2.4 消耗品及び定期取替品

メカニカルシール（軸受内蔵）及びガスケットは、開放点検時に取替えている消耗品であり、長期使用はせず取替え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 川内2号炉 アスファルト混和機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	応力腐蝕割れ	熱時効	劣 化		
蒸発混合性能の維持	ロータ		ステンレス鋼		△		△				
	ロータ中空軸		ステンレス鋼								
	攪拌用突起		ステンレス鋼	△	△		△				
	掻き羽根		ステンレス鋼	△	△		△				
バウンダリの維持	ケーシング		ステンレス鋼	△	△		△				
	ジャケット		ステンレス鋼								
	上 蓋		ステンレス鋼								
	ベーパードーム		ステンレス鋼								
	メカニカルシール (軸受内蔵)	◎	—								
	ガスケット	◎	—								
機器の支持	支 持 脚		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）

## 8 雜固体焼却設備

[対象機器]

- ① 雜固体焼却炉

## 目 次

1. 対象機器	1
2. 雑固体焼却炉の技術評価	2
2.1 雑固体焼却炉の概要	2
2.2 構造、材料及び使用条件	2
2.3 経年劣化事象の抽出	5



## 1. 対象機器

川内2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 川内2号炉 雑固体焼却設備の主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件		
		運 転	最高使用圧力 (kPa[gage])	最高使用温度 (°C)
雑固体焼却炉 (1)	高*2	一 時	約37.3	約1,100

\*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、又は最高使用圧力が1,900kPa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. 雑固体焼却炉の技術評価

### 2.1 雑固体焼却炉の概要

雑固体焼却炉上部から投入される廃ウエス等、廃油又は廃液は、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。

### 2.2 構造、材料及び使用条件

#### 2.2.1 雑固体焼却炉

##### (1) 構造

川内 2 号炉の雑固体焼却炉は、たて置円筒形である。

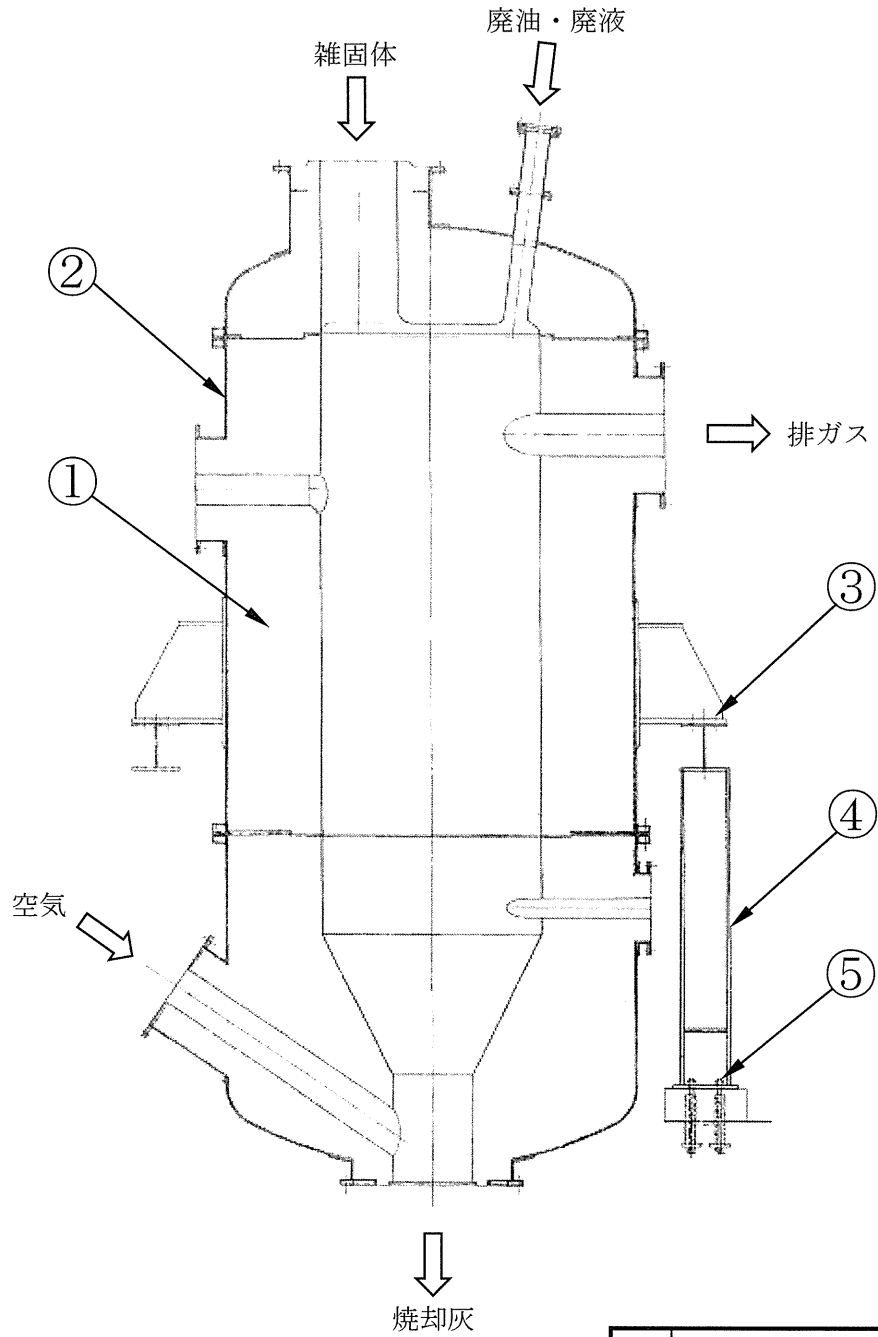
雑固体は焼却炉上部より投入され、下部円錐状炉床で燃焼する構造となっている。廃油及び廃液は焼却炉上部より投入され、焼却炉内で焼却減容される。

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、耐火物を内張りしている。

川内 2 号炉の雑固体焼却炉の構造図を図2.2-1に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

川内 2 号炉の雑固体焼却炉の使用材料及び使用条件を表2.2-1及び表2.2-2に示す。



No.	部 位
①	耐火煉瓦 耐火キャストブル
②	炉 外 殻
③	取付ボルト
④	架 台
⑤	基礎ボルト

図2.2-1 川内2号炉 雑固体焼却炉構造図

表2.2-1 川内2号炉 雑固体焼却炉主要部位の使用材料

部 位	材 料
耐火煉瓦 耐火キャストブル	耐火物
炉外殻	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2.2-2 川内2号炉 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) 約37.5 ℓ/h (廃液)
最高使用圧力	-37.3kPa[gage]
最高使用温度	約1,100℃

## 2.3 経年劣化事象の抽出

### 2.3.1 機能達成に必要な項目

雑固体焼却炉の機能を維持するためには、次の3つ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

雑固体焼却炉について、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）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.3-1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2.3-1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、又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)又は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) 耐火煉瓦の減肉

高温で使用される耐火煉瓦は、焼却灰の溶融物、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、開放点検時に寸法測定を実施しており、必要に応じて耐火煉瓦の張替えにより、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) 耐火煉瓦等の割れ

起動、停止時の温度変化等により、耐火煉瓦及び耐火キャストブルに割れが想定される。

しかしながら、開放点検時に目視確認を実施しており、必要に応じて耐火煉瓦及び耐火キャストブルの張替えにより、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) 炉外殻の腐食（全面腐食）

炉外殻は炭素鋼であり、腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部の炉外殻は耐熱塗装により腐食を防止しており、塗装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装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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及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、内面の耐火煉瓦及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<sub>x</sub>他）が炉外殻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、定期的に超音波による肉厚測定を実施し、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。

(4) 架台及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

架台及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、塗装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装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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) 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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

表2.3-1 川内2号炉 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
	耐火キャストブル		耐火物							△*2	
バウンダリの維持	炉外殻		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）



## 9 スチームコンバータ

### [対象機器]

- ① スチームコンバータ本体
- ② スチームコンバータドレンクーラ
- ③ スチームコンバータ給水ポンプ
- ④ スチームコンバータドレンタンク
- ⑤ スチームコンバータ給水タンク

## 目 次

1. 対象機器	1
2. スチームコンバータの技術評価	2
2.1 スチームコンバータの全体構成	2
2.2 構造、材料及び使用条件	3
2.3 経年劣化事象の抽出	19

1. 対象機器

川内2号炉で使用されているスチームコンバータの主な仕様を表1-1に示す。

表1-1 川内2号炉 スチームコンバータの主な仕様

機器名称 (台数)	重要度*1	使用条件*3				
		運 転	最高使用圧力 (MPa[gage])		最高使用温度 (°C)	
スチームコンバータ (1)	高*2	連 続 (運転時)	一次側	二次側	一次側	二次側
			約2.8	約0.93	約235	約185

\*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、又は最高使用圧力が1,900kPa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

\*3：スチームコンバータ本体の使用条件を示す

## 2. スチームコンバータの技術評価

### 2.1 スチームコンバータの全体構成

#### (1) 構造

川内2号炉のスチームコンバータは、スチームコンバータ本体を主設備とし、加熱蒸気ライン、熱交換後のスチームコンバータドレンタンク、スチームコンバータドレンクーラ及びスチームコンバータ本体に給水するための、スチームコンバータ給水タンク、スチームコンバータ給水ポンプの給水ラインから構成され、発生蒸気を各機器に供給する。

川内2号炉のスチームコンバータの全体構成図を図2.1-1に示す。

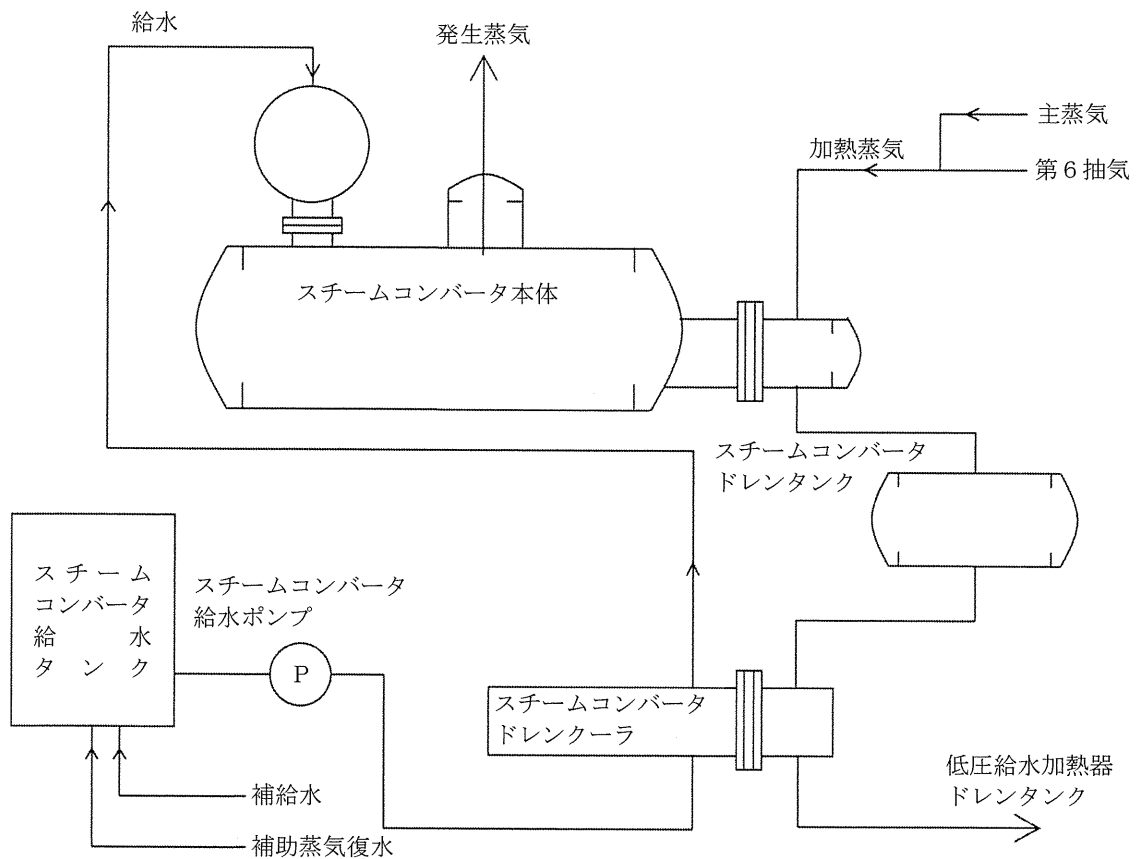


図2.1-1 川内2号炉 スチームコンバータ全体構成図

## 2.2 構造、材料及び使用条件

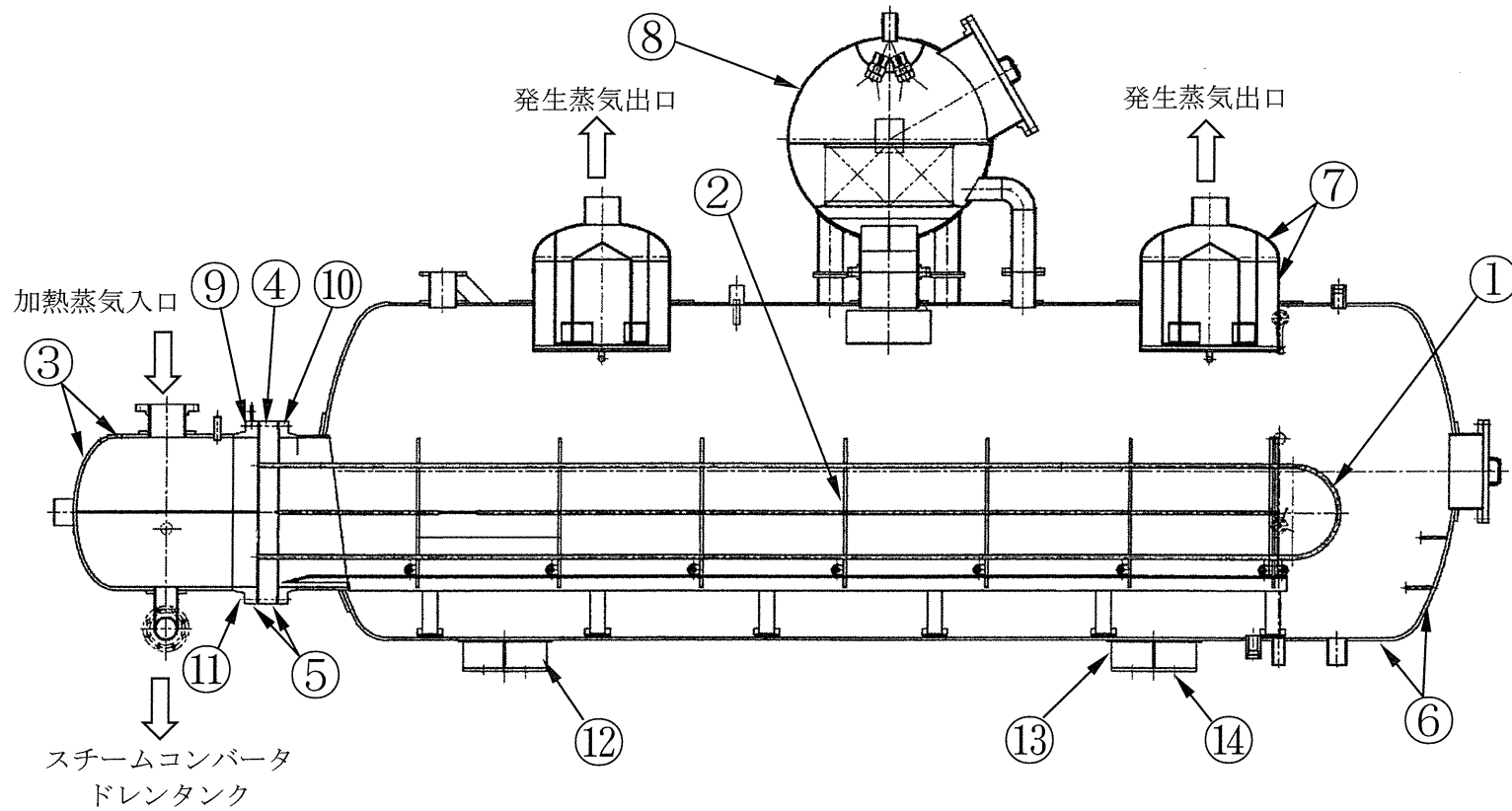
### 2.2.1 スチームコンバータ本体

#### (1) 構造

川内2号炉のスチームコンバータ本体は、横置U字管式の熱交換器である。加熱管にはステンレス鋼を使用しており、加熱蒸気及び給水に接液している。一次側耐圧構成品には炭素鋼を使用しており加熱蒸気及び給水に、二次側耐圧構成品には炭素鋼を使用しており、発生蒸気及び給水に接液している。川内2号炉のスチームコンバータ本体の構造図を図2.2-1に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉のスチームコンバータ本体の使用材料及び使用条件を表2.2-1及び表2.2-2に示す。



No.	部 位
①	加 熱 管
②	管支持板
③	加熱蒸気室胴板・鏡板
④	管 板
⑤	ガスケット
⑥	発生蒸気室胴板・鏡板
⑦	分離室胴板・鏡板
⑧	脱気器胴板・鏡板
⑨	加熱蒸気室フランジ
⑩	発生蒸気室フランジ
⑪	フランジボルト
⑫	支 持 脚
⑬	支持脚 (スライド脚)
⑭	基礎ボルト

図2.2-1 川内2号炉 スチームコンバータ本体構造図

表2.2-1 川内2号炉 スチームコンバータ本体主要部位の使用材料

部 位		材 料
熱交換伝熱構成品	加熱管	ステンレス鋼
流路構成品	管支持板	炭素鋼
一次側耐圧構成品	加熱蒸気室胴板・鏡板	炭素鋼
	管 板	炭素鋼（ステンレス鋼肉盛）
	ガスケット	消耗品・定期取替品
二次側耐圧構成品	発生蒸気室胴板・鏡板	炭素鋼
	分離室胴板・鏡板	炭素鋼
	脱気器胴板・鏡板	炭素鋼
	加熱蒸気室フランジ	炭素鋼
	発生蒸気室フランジ	炭素鋼
	フランジボルト	低合金鋼
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2.2-2 川内2号炉 スチームコンバータ本体の使用条件

最高使用圧力	（一次側）約2.8MPa[gage]	（二次側）約0.93MPa[gage]
最高使用温度	（一次側）約235℃	（二次側）約185℃
内 部 流 体	（一次側）蒸 気	（二次側）給水・蒸気

## 2.2.2 スチームコンバータドレンクーラ

### (1) 構造

川内2号炉のスチームコンバータドレンクーラは、横置U字管式の熱交換器である。

冷却管にはステンレス鋼を使用しており、給水に接液している。

一次側耐圧構成品には炭素鋼を使用しており凝縮された給水に接液している。

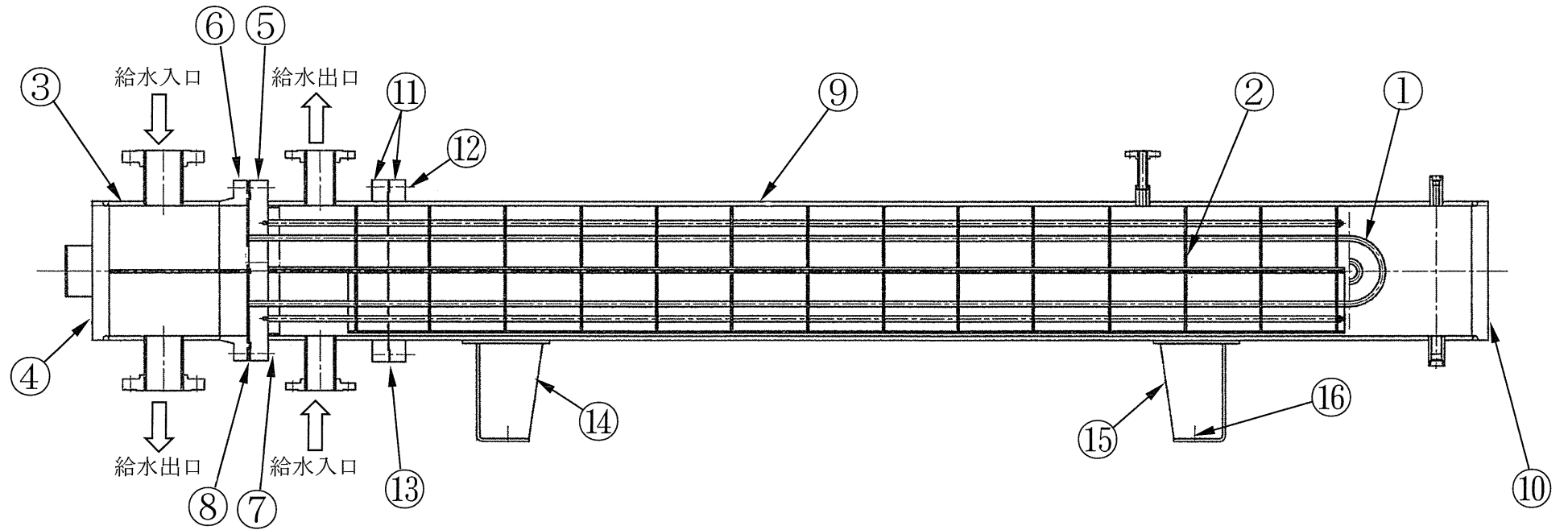
二次側耐圧構成品には炭素鋼を使用しており、スチームコンバータ本体への給水に接液している。

川内2号炉のスチームコンバータドレンクーラの構造図を図2.2-2に示す。

### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉のスチームコンバータドレンクーラの使用材料及び使用条件を表2.2-3及び表2.2-4に示す。





No.	部 位	No.	部 位
①	冷 却 管	⑨	胴 板
②	邪 魔 板	⑩	胴 蓋
③	水室胴板	⑪	胴フランジ
④	水 室 蓋	⑫	胴フランジボルト
⑤	管 板	⑬	ガスケット
⑥	水室フランジ	⑭	支 持 脚
⑦	水室フランジボルト	⑮	支 持 脚 (スライド脚)
⑧	ガスケット	⑯	基 礎 ボ ル ト

図2.2-2 川内2号炉 スチームコンバータドレンクーラ構造図

表2.2-3 川内2号炉 スチームコンバータドレンクーラ主要部位の使用材料

部 位		材 料
熱交換伝熱構成品	冷 却 管	ステンレス鋼
流路構成品	邪 魔 板	炭 素 鋼
一次側耐圧構成品	水室胴板	炭 素 鋼
	水 室 蓋	炭 素 鋼
	管 板	炭素鋼（ステンレス鋼肉盛）
	水室フランジ	炭 素 鋼
	水室フランジボルト	低合金鋼
	ガスケット	消耗品・定期取替品
二次側耐圧構成品	胴 板	炭 素 鋼
	胴 蓋	炭 素 鋼
	胴フランジ	炭 素 鋼
	胴フランジボルト	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2.2-4 川内2号炉 スチームコンバータドレンクーラの使用条件

最高使用圧力	（一次側）約2.8MPa [gage]	（二次側）約1.6MPa [gage]
最高使用温度	（一次側）約235℃	（二次側）約185℃
内 部 流 体	（一次側）給 水	（二次側）給 水

### 2.2.3 スチームコンバータ給水ポンプ

#### (1) 構造

川内2号炉のスチームコンバータ給水ポンプは、横置多段うず巻式のポンプである。

羽根車には銅合金を使用しており、給水に接液している。

軸封部には、給水の漏れを防止するためグランドパッキンを使用している。

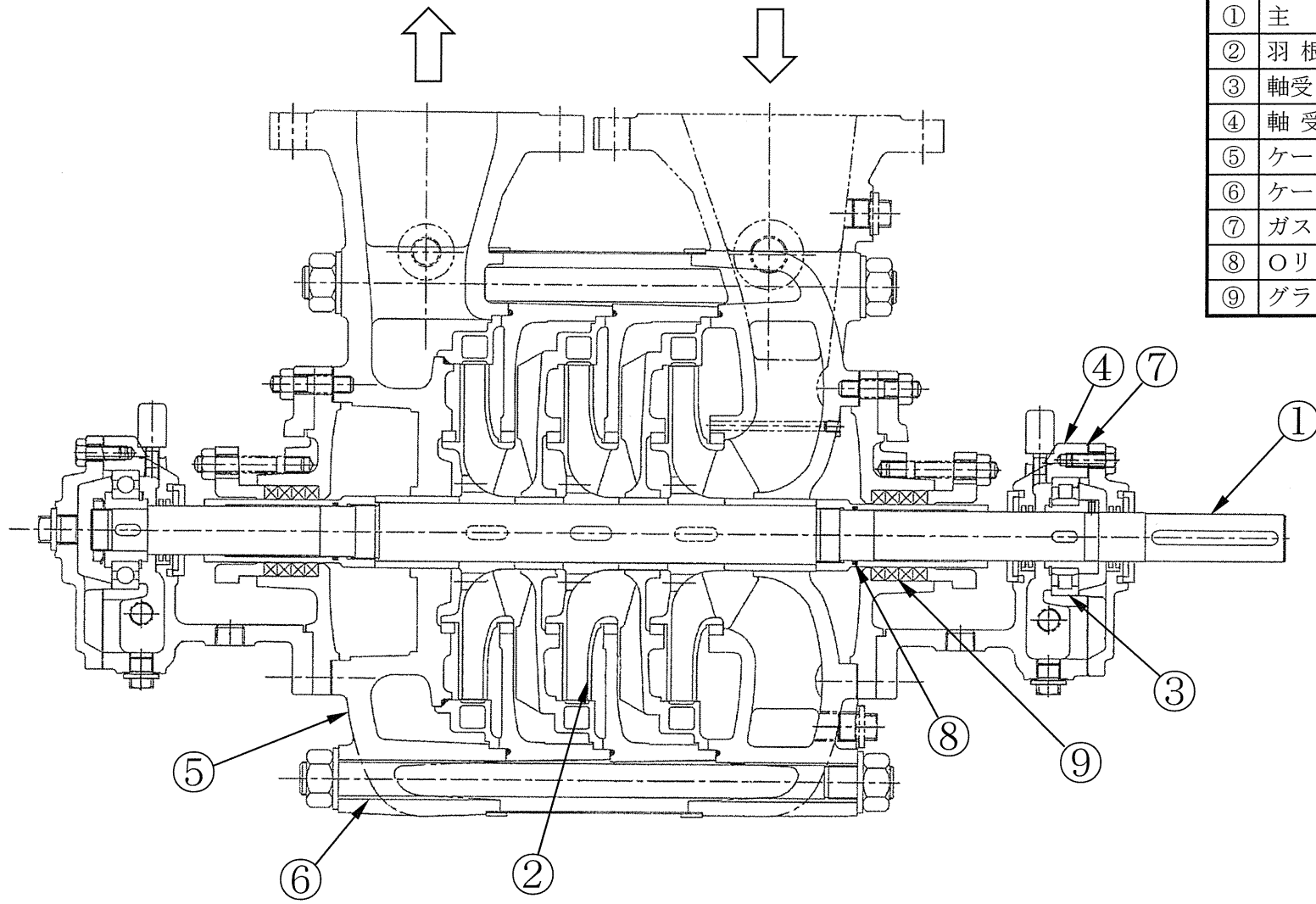
川内2号炉のスチームコンバータ給水ポンプの構造図を図2.2-3に示す。

#### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉のスチームコンバータ給水ポンプの使用材料及び使用条件を表2.2-5及び表2.2-6に示す。

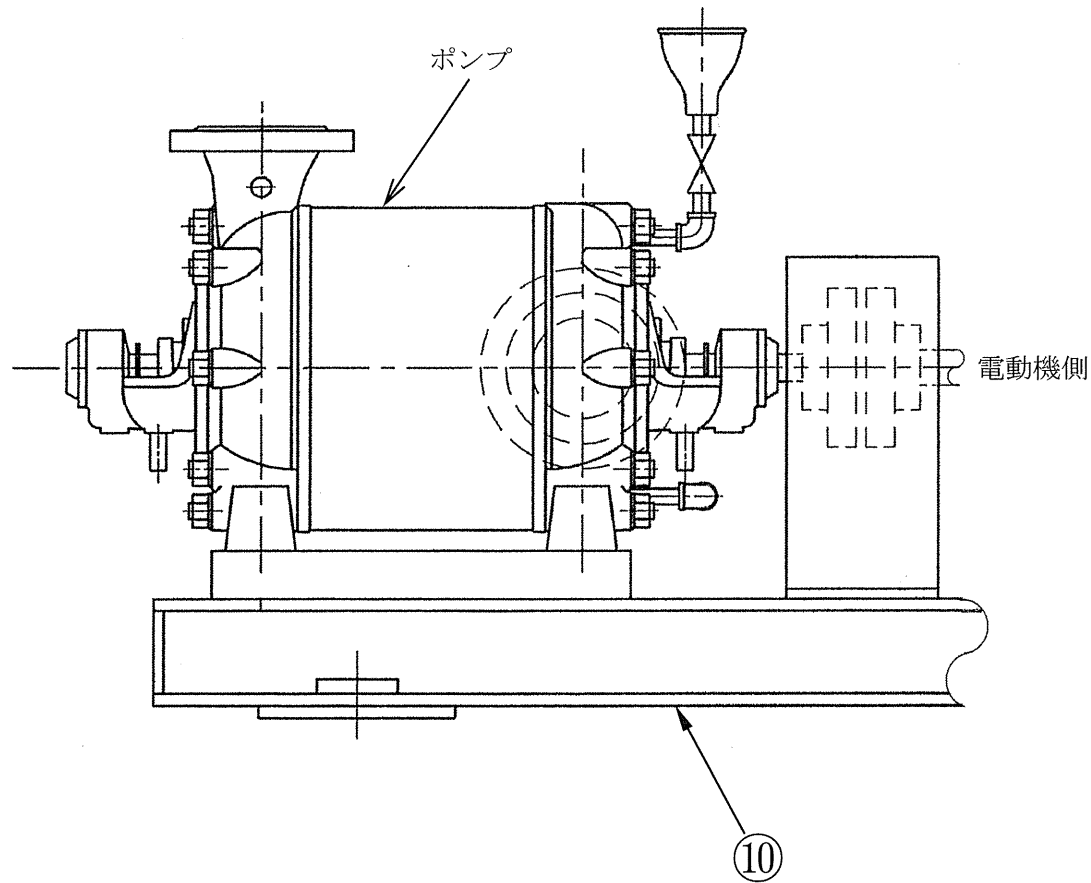
給水出口

給水入口



No.	部 位
①	主 軸
②	羽 根 車
③	軸受 (ころがり)
④	軸 受 箱
⑤	ケーシング
⑥	ケーシングボルト
⑦	ガスケット
⑧	Oリング
⑨	グランドパッキン

図2. 2-3(1/2) 川内2号炉 スチームコンバータ給水ポンプ構造図



No.	部 位
⑩	台 板
⑪	取付ボルト
⑫	基礎ボルト

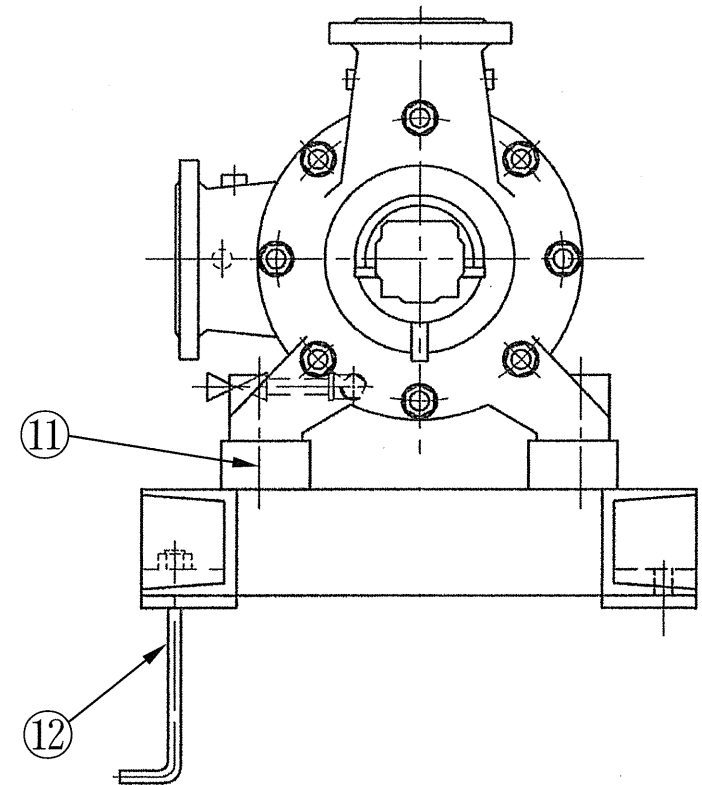


図2.2-3(2/2) 川内2号炉 スチームコンバータ給水ポンプ構造図

表2.2-5 川内2号炉 スチームコンバータ給水ポンプ主要部位の使用材料

部 位	材 料
主 軸	炭 素 鋼
羽 根 車	銅 合 金
軸受（ころがり）	消耗品・定期取替品
軸 受 箱	鋳 鉄
ケーシング	鋳 鉄
ケーシングボルト	炭 素 鋼
ガスケット	消耗品・定期取替品
Oリング	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
台 板	炭 素 鋼
取付ボルト	炭 素 鋼
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.2-6 川内2号炉 スチームコンバータ給水ポンプの使用条件

最高使用圧力	約1.6MPa[gage]
最高使用温度	約100℃
内 部 流 体	給 水

#### 2.2.4 スチームコンバータドレンタンク

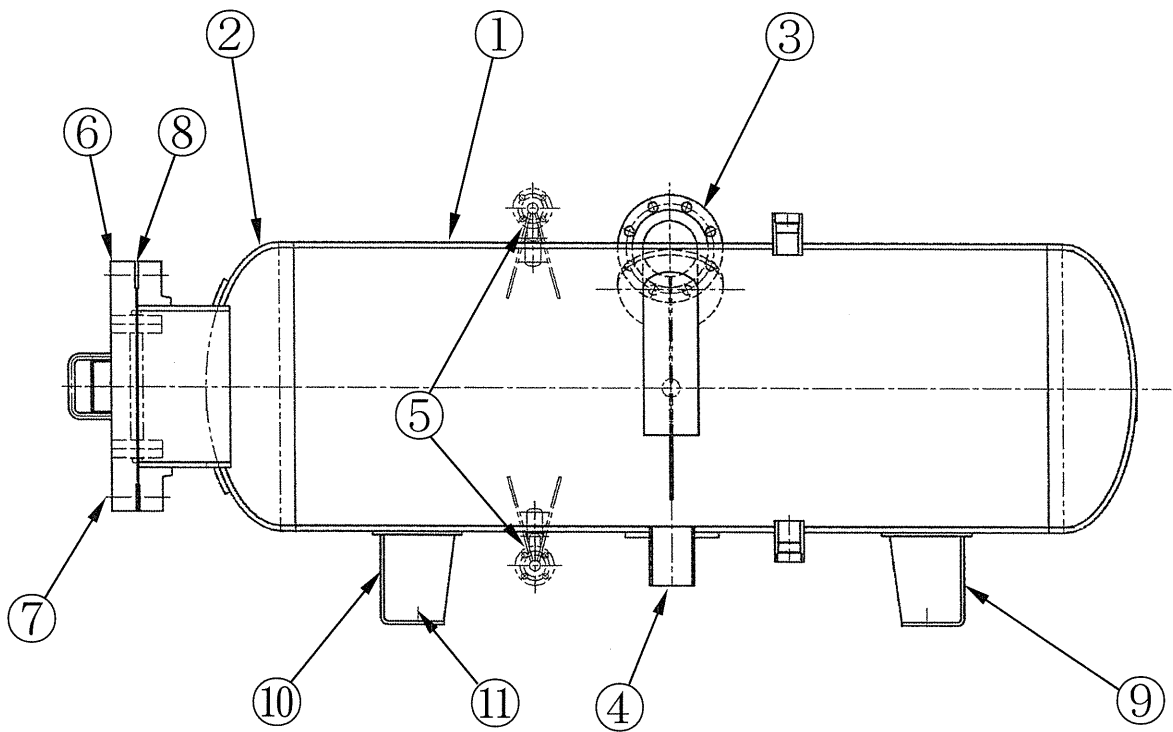
##### (1) 構造

川内2号炉のスチームコンバータドレンタンクは、横置円筒形のタンクである。胴板、鏡板等には炭素鋼を使用しており、スチームコンバータ本体加熱蒸気が熱交換後凝縮された給水に接液している。

川内2号炉のスチームコンバータドレンタンクの構造図を図2.2-4に示す。

##### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉のスチームコンバータドレンタンクの使用材料及び使用条件を表2.2-7及び表2.2-8に示す。



No.	部 位
①	胴 板
②	鏡 板
③	ドレン入口管台
④	ドレン出口管台
⑤	管 台
⑥	マンホール
⑦	マンホール用ボルト
⑧	ガスケット
⑨	支 持 脚
⑩	支持脚 (スライド脚)
⑪	基礎ボルト

図2.2-4 川内2号炉 スチームコンバータドレンタンク構造図



表2.2-7 川内2号炉 スチームコンバータドレンタンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	炭 素 鋼
鏡 板	炭 素 鋼
ドレン入口管台	炭 素 鋼
ドレン出口管台	炭 素 鋼
管 台	炭 素 鋼
マンホール	炭 素 鋼
マンホール用ボルト	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
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.2-8 川内2号炉 スチームコンバータドレンタンクの使用条件

最高使用圧力	約2.8MPa[gage]
最高使用温度	約235℃
内 部 流 体	給 水

## 2.2.5 スチームコンバータ給水タンク

### (1) 構造

川内2号炉のスチームコンバータ給水タンクは、大気開放円筒型タンクである。

タンクの胴板には炭素鋼を使用しており、給水に接液している。

川内2号炉のスチームコンバータ給水タンクの構造図を図2.2-5に示す。

### (2) 材料及び使用条件

川内2号炉のスチームコンバータ給水タンクの使用材料及び使用条件を表2.2-9及び表2.2-10に示す。

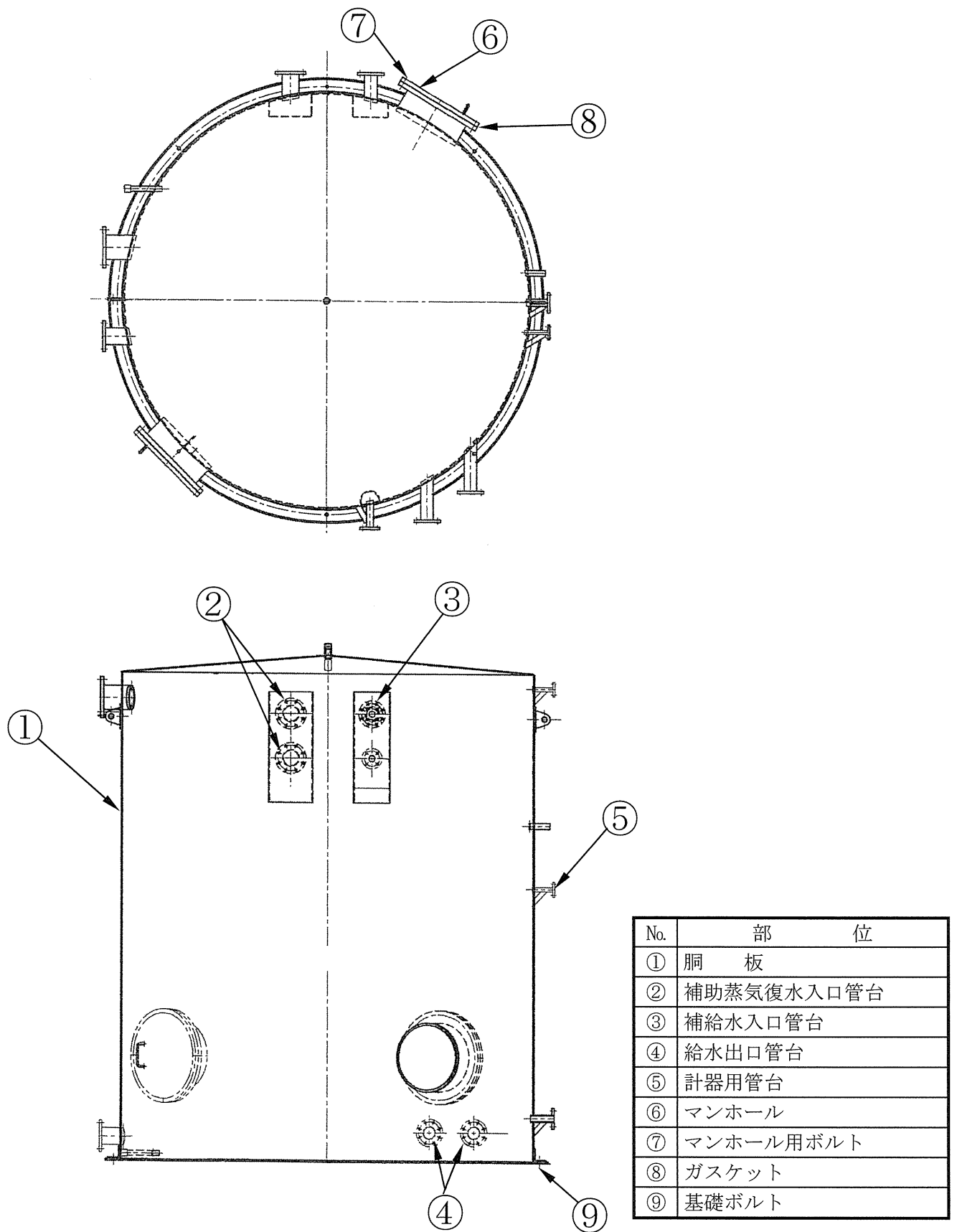


図2.2-5 川内2号炉 スチームコンバータ給水タンク構造図

表2.2-9 川内2号炉 スチームコンバータ給水タンク主要部位の使用材料

部 位	材 料
胴 板	炭 素 鋼
補助蒸気復水入口管台	炭 素 鋼
補給水入口管台	炭 素 鋼
給水出口管台	炭 素 鋼
計器用管台	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
基礎ボルト	炭 素 鋼

表2.2-10 川内2号炉 スチームコンバータ給水タンクの使用条件

最高使用圧力	大 気 圧
最高使用温度	約100℃
内 部 流 体	給 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

スチームコンバータについて、機能である蒸気発生機能を維持するためには、次の4つの項目が必要である。

- ① 伝熱性能の確保
- ② ポンプの容量－揚程確保
- ③ バウンダリの維持
- ④ 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

スチームコンバータの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）及び現在までの運転経験を考慮し、表2.3-1～表2.3-5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2.3-1～表2.3-5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、又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)又は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) 加熱管及び冷却管の摩耗及び高サイクル疲労割れ

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ]

一次側及び二次側流体により加熱管及び冷却管に振動が発生した場合、管支持板部又は邪魔板部で加熱管及び冷却管に摩耗又は高サイクル疲労割れが想定される。

また、管外表面を流れる流体による振動で伝熱管の強度上想定される振動形態としては、カルマン渦による振動と流力弾性振動がある。

しかしながら、分解点検時の渦流探傷検査、漏えい試験又は目視確認により、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。

(2) 加熱管及び冷却管内外面の腐食（流れ加速型腐食）

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ]

スチームコンバータ本体の加熱管内面及びスチームコンバータドレンクーラの冷却管内外面については、内部流体により流れ加速型腐食の発生が想定される。

しかしながら、耐流れ加速型腐食性に優れたステンレス鋼の加熱管及び冷却管を使用しており、流れ加速型腐食が発生する可能性は小さい。

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。

なお、分解点検時の渦流探傷検査、漏えい試験又は目視確認により、機器の健全性を確認している。

(3) 加熱管及び冷却管の応力腐食割れ

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ]

加熱管及び冷却管はステンレス鋼を使用しており、応力腐食割れが想定される。

しかしながら、水質を適切に管理しているため、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

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。

なお、分解点検時の渦流探傷検査、漏えい試験又は目視確認により、機器の健全性を確認している。

(4) 加熱管のスケール付着 [スチームコンバータ本体]

一次側及び二次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、熱交換器通水時（運転時）の流体温度、流量等のパラメータの監視やエアブローにて管内面の洗浄を定期的に行うことで、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。

(5) 冷却管のスケール付着 [スチームコンバータドレンクーラ]

一次側及び二次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、一次側及び二次側流体は給水であり、飽和溶存酸素濃度の環境下であるが、濁度管理により適切な水質管理を行っており不純物の流入は抑制されていることから、スケール付着の可能性は小さい。

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。

なお、熱交換器通水時（運転時）の流体温度、流量等のパラメータの監視やエアブローにて管内面の洗浄を定期的の実施することで、機器の健全性を確認している。

(6) 一次側、二次側の耐圧構成品等の腐食（流れ加速型腐食）

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータ給水ポンプ]

蒸気、給水及び2相流体を内包する発生蒸気室胴板等の炭素鋼使用部位には、流れ加速型腐食により減肉が想定される。

また、内部流体が給水及び高温、高速の流体の場合には、炭素鋼又は鋳鉄の耐圧構成品等は内部流体による流れ加速型腐食により減肉が想定される。

しかしながら、一次側及び二次側耐圧構成品等の腐食については、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。



(7) 主軸の摩耗 [スチームコンバータ給水ポンプ]

ころがり軸受を使用しているポンプについては、軸受と主軸の接触面で摩耗が想定される。

軸受の定期取替え時の軸受引抜き時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、主軸表面がわずかに摩耗し、主軸と軸受間で微小隙間が生じ運転中にフレットニングにより摩耗する可能性がある。

しかしながら、分解点検時の寸法管理によりフレットニングが発生しないようにしており、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難い。

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) 胴板、ケーシング等の外面からの腐食（全面腐食） [共通]

スチームコンバータは屋外に設置されており、胴板、ケーシング等の構成品は炭素鋼又は鋳鉄であり、外面からの腐食が想定される。

しかしながら、大気接触部は塗装や防水措置（保温）により腐食を防止しており、塗装や防水措置（保温）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装や防水措置（保温）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。

(9) 主軸の高サイクル疲労割れ [スチームコンバータ給水ポンプ]

ポンプ運転時には主軸に定常応力と変動応力が発生し、高平均応力下で繰り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のないことの触診や目視による確認）、試運転時における振動確認（変位の測定）並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。

(10) ケーシングと羽根車の摩耗 [スチームコンバータ給水ポンプ]

スチームコンバータ給水ポンプでは、ケーシングと羽根車との摺動部に摩耗が想定される。

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難い。

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。

(11) 羽根車の腐食（キャビテーション） [スチームコンバータ給水ポンプ]

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及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、今後も機器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。

(12) 軸受箱内面からの腐食（全面腐食）〔スチームコンバータ給水ポンプ〕

軸受箱は鋳鉄であり、腐食が想定される。

しかしながら、内面については内部流体が油で腐食が発生し難い環境であり、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難い。

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。

(13) 胴板等耐圧構成品の内面からの腐食（全面腐食）

〔スチームコンバータドレンタンク、スチームコンバータ給水タンク〕

胴板等耐圧構成品は炭素鋼であるため、長期使用により、内面からの腐食が想定される。

しかしながら、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。

(14) フランジボルト等の腐食（全面腐食）

〔スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータドレンタンク、スチームコンバータ給水タンク〕

フランジボルト及びマンホール用ボルトは、炭素鋼及び低合金鋼であり、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、今後これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

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、分解点検時又は開放点検時の目視確認等により、機器の健全性を確認している。

(15) 支持脚及び台板の腐食（全面腐食）

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータ給水ポンプ、スチームコンバータドレンタンク]

支持脚及び台板は炭素鋼であり、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、塗装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装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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。

(16) 支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）

[スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータドレンタンク]

スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ及びスチームコンバータドレンタンクには、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。

(17) 取付ボルトの腐食（全面腐食） [スチームコンバータ給水ポンプ]

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、塗装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装の状態を確認し、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。

(18) 基礎ボルトの腐食（全面腐食）〔共通〕

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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

2.3.4 消耗品及び定期取替品

軸受（ころがり）、ガスケット、Oリング、グランドパッキンは分解点検時に取り替えている消耗品であり、長期使用はせず取替え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2.3-1 川内2号炉 スチームコンバータ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		
伝熱性能の確保	加 熱 管		ステンレス鋼	△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*2</sup>	△ <sup>*1</sup>	△			△ <sup>*3</sup>	*1：摩耗・高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：スケール付着 *4：スライド部の腐食
	管支持板		炭素鋼		△ <sup>*2</sup>						
バウンダリの維持	加熱蒸気室胴板・鏡板		炭素鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)						
	管 板		炭素鋼 (ステンレス鋼肉盛)		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)						
	ガスケット	◎	—								
	発生蒸気室胴板・鏡板		炭素鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)						
	分離室胴板・鏡板		炭素鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)						
	脱気器胴板・鏡板		炭素鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)						
	加熱蒸気室フランジ		炭素鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)						
	発生蒸気室フランジ		炭素鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)						
	フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	支 持 脚		炭素鋼		△						
	支持脚(スライド脚)		炭素鋼		△ <sup>*4</sup> △						
	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 川内2号炉 スチームコンバータドレン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			
伝熱性能の確保	冷 却 管		ステンレス鋼	△ <sup>*1</sup>	△ <sup>*2</sup>	△ <sup>*1</sup>	△			△ <sup>*3</sup>	*1：摩耗・高サイクル疲労割れ	
	邪 魔 板		炭 素 鋼		△ <sup>*2</sup>							
バウンダリの維持	水室胴板		炭 素 鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)							*2：流れ加速型腐食
	水 室 蓋		炭 素 鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)							*3：スケール付着
	管 板		炭素鋼 (ステンレス鋼肉盛)		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)							*4：スライド部の腐食
	水室フランジ		炭 素 鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)							
	水室フランジボルト		低合金鋼		△							
	ガスケット	◎	—									
	胴 板		炭 素 鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)							
	胴 蓋		炭 素 鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)							
	胴フランジ		炭 素 鋼		△ <sup>*2</sup> (内面) △(外面)							
	胴フランジボルト		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		△ <sup>*4</sup> △							
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2.3-3 川内2号炉 スチームコンバータ給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		
ポンプの容量 ー揚程確保	主 軸		炭 素 鋼	△	△	△*2				*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：キャビテーション	
	羽 根 車		銅 合 金	△	△*3						
	軸受（ころがり）	◎	—								
	軸 受 箱		鑄 鉄		△（内面） △（外面）						
バウンダリの維持	ケーシング		鑄 鉄	△	△*1（内面） △（外面）						
	ケーシングボルト		炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
	Oリング	◎	—								
	グラウンドパッキン	◎	—								
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2.3-4 川内2号炉 スチームコンバータドレンタン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		
バウンダリの維持	胴 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)					*1：スライド部の腐食	
	鏡 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	ドレン入口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	ドレン出口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	管 台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール用ボルト		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		△ <sup>*1</sup> △						
	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2.3-5 川内2号炉 スチームコンバータ給水タン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		
バウンダリの維持	胴 板		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	補助蒸気復水入口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	補給水入口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	給水出口管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	計器用管台		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール		炭 素 鋼		△(内面) △(外面)						
	マンホール用ボルト		炭 素 鋼		△						
	ガスケット	◎	—								
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）

# 1 0 水素濃度制御装置

[対象機器]

- ① 静的触媒式水素再結合装置
- ② 電気式水素燃焼装置

## 目 次

1. 対象機器及び代表機器の選定 .....	1
1.1 グループ化の考え方及び結果 .....	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、材料及び使用条件 .....	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 .....	9
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 .....	9

## 1. 対象機器及び代表機器の選定

川内2号炉で使用されている水素濃度制御装置の主な仕様を表1-1に示す。

これらの水素濃度制御装置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及び結果

表1-1に示す水素濃度制御装置について、型式の観点から1つのグループにまとめられる。

### 1.2 代表機器の選定

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 川内2号炉 水素濃度制御装置の主な仕様

分離基準	機器名称 (台数)	選定基準			選定	選定理由
		重要度*1	使用条件			
型式				運 転	最高使用温度 (°C)	
水素濃度制御装置	静的触媒式水素再結合装置 (5)	重*2	一 時	約500*3	◎	温 度
	電気式水素燃焼装置 (13)	重*2	一 時	約150		

\*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及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濃度制御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、材料及び使用条件

##### 2.1.1 静的触媒式水素再結合装置

###### (1) 構造

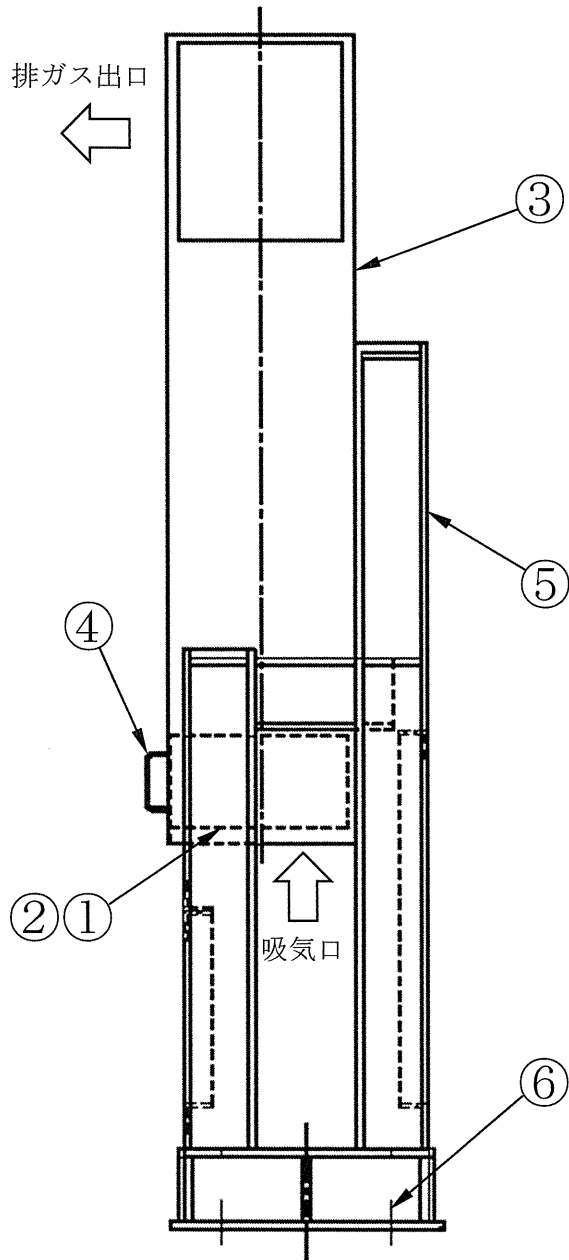
川内2号炉の静的触媒式水素再結合装置は触媒式であり、触媒プレートには母材として高耐熱性ステンレス鋼、触媒として白金系金属を使用しており、原子炉格納容器内（5箇所）に設置されている。

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。

川内2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) 材料及び使用条件

川内2号炉の静的触媒式水素再結合装置の使用材料及び使用条件を表2.1-1及び表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	支持架台
⑥	取付ボルト

図2.1-1 川内2号炉 静的触媒式水素再結合装置構造図



表2.1-1 川内2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
支持架台	炭素鋼、ステンレス鋼
取付ボルト	炭素鋼、ステンレス鋼

表2.1-2 川内2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処理機能を維持するためには、次の3つ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、材料及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、又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)又は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、触媒プレート（触媒）は、定期的な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) 支持架台及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

支持架台及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、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合には必要に応じて補修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。

表2.2-1 川内2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	
	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	支持架台		炭 素 鋼 ステンレス鋼		△						
	取付ボルト		炭 素 鋼 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）

### 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 電気式水素燃焼装置

##### 3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

水平展開機器各々の構造、材料、使用条件（流体、温度）及び現在までの運転経歴を考慮すると、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はない。

##### 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)又は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。

###### 3.2.1 ヒータエレメントの絶縁低下

ヒータエレメントはニッケル基合金を使用しており、長期間の使用により絶縁低下が想定される。

しかしながら、ヒータエレメントは通常時は通電していないことから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。

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、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.2 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り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、ヒータエレメントは、MgO絶縁の吸湿防止のため、セラミック絶縁及び溶接でシールしており、外部の湿気がヒータエレメント内部に侵入しない構造としている。

また、ヒータエレメントの導通不良に対しては、定期的な抵抗測定により、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。

### 3.2.3 端子台の絶縁低下

端子台の絶縁物は無機物であり、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難い。

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、定期的な絶縁抵抗測定により、機器の健全性を確認している。

### 3.2.4 据付架台及び取付ボルトの腐食（全面腐食）

支持架台及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、塗装が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また、定期的な目視確認により塗装の状態を確認し、はく離が認められた場合に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）

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、機械設備の技術評価書のうち「基礎ボルト」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めていない。

# 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、材料及び使用条件 .....	2
2.2 経年劣化事象の抽出 .....	20

## 1. はじめに

本章では、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条件、機器支持位置等についての詳細については、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、材料及び使用条件

川内2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、型式ごとに各々対象とし、技術評価を実施する。

表2.1-1 川内2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及び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、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、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、設置場所及びボルト型式を表2.1-5に示す。

No.	部 位
①	スタッドボルト

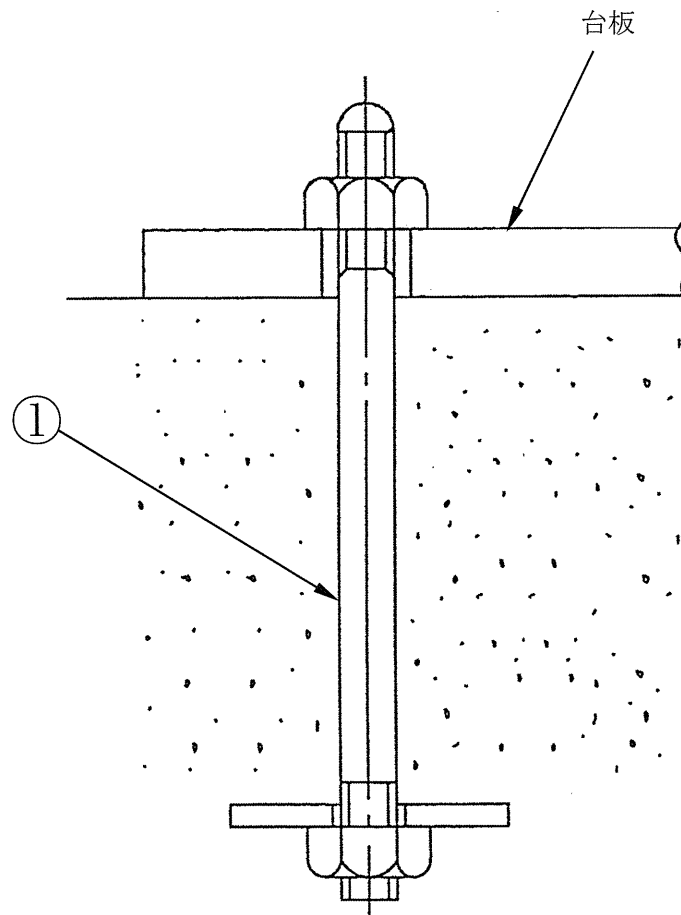


図2.1-1(1/2) 川内2号炉 スタッドボルト構造図

No.	部 位
①	スタッドボルト

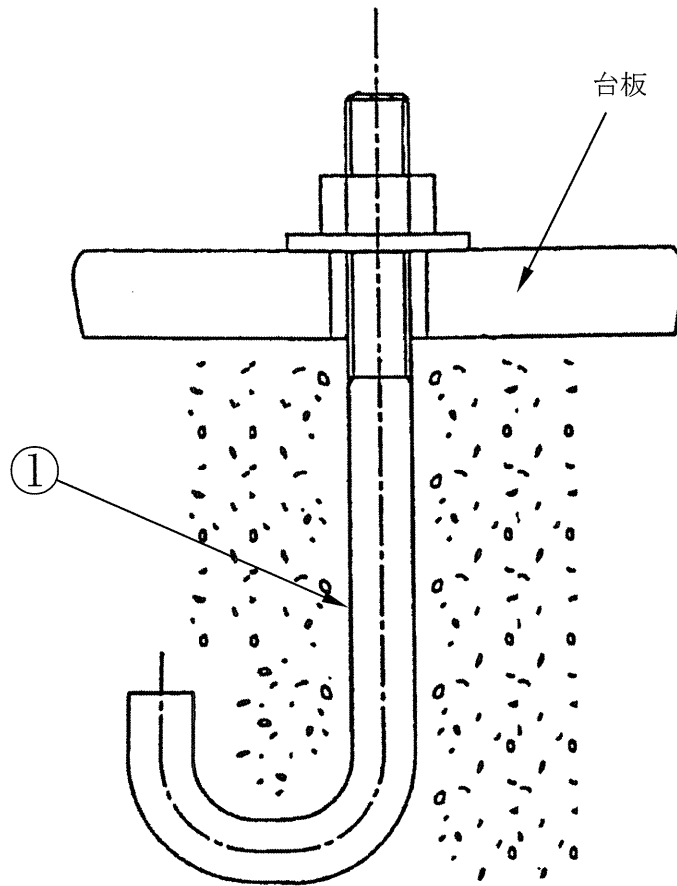


図 2.1-1(2/2) 川内 2 号炉 スタッドボルト構造図 (先端曲げ加工の例)

表2.1-2 川内2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	シールド
②	テーパボルト

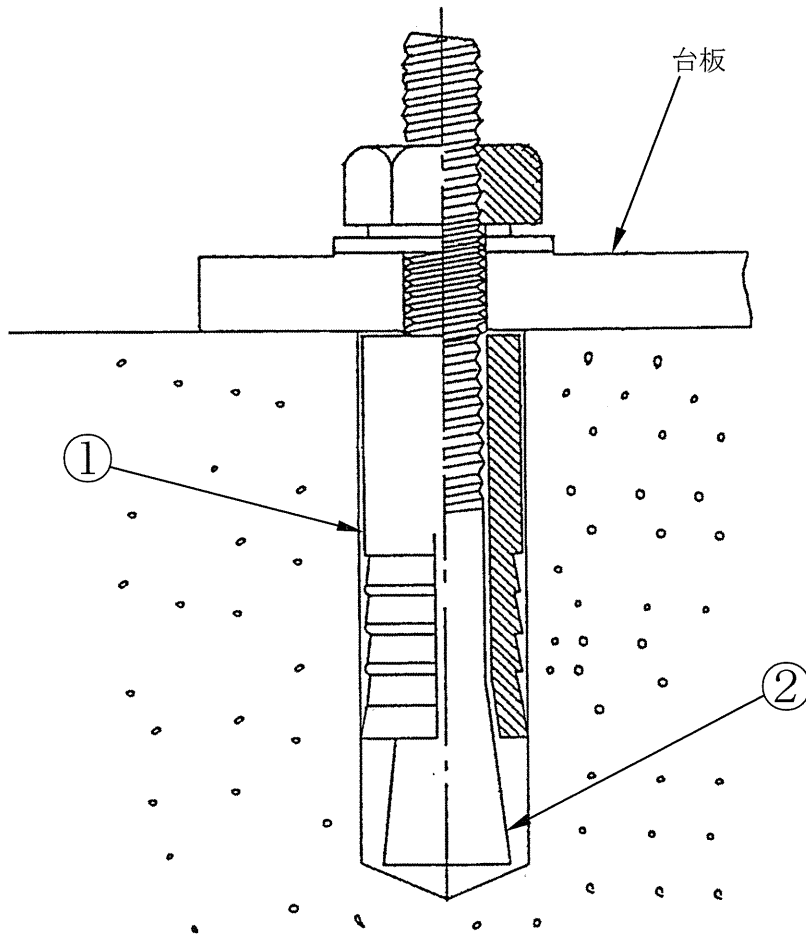


図2.1-2 川内2号炉 メカニカルアンカ構造図

表2.1-3 川内2号炉 メカニカルアンカの使用材料

部 位	材 料
シールド	炭 素 鋼
テーパボルト	炭 素 鋼



No.	部 位
①	樹 脂
②	アンカボルト

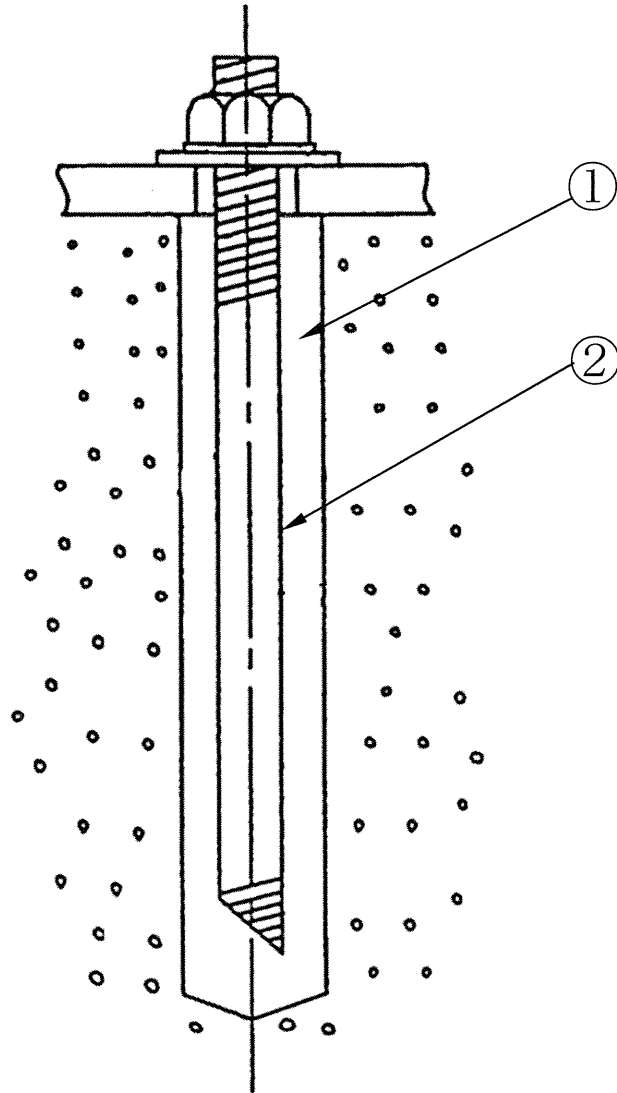


図2.1-3 川内2号炉 ケミカルアンカ構造図

表2.1-4 川内2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

表2.1-5(1/10) 川内2号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	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	○		スタッドボルト
		余熱除去ポンプ	○		スタッドボルト
		格納容器スプレイポンプ	○		スタッドボルト
		原子炉補機冷却水ポンプ	○		スタッドボルト
		1次系補助蒸気復水ポンプ	○		スタッドボルト
		補助蒸気復水回収ポンプ	○		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
		電動主給水ポンプ	○		スタッドボルト
		タービン動主給水ポンプ	○		スタッドボルト
		復水ブースタポンプ	○		スタッドボルト
		湿分分離器ドレンポンプ	○		スタッドボルト
		湿分分離加熱器ドレンポンプ	○		スタッドボルト
		常設電動注入ポンプ	○		ケミカルアンカ
		給水ブースタポンプ	○		スタッドボルト
低圧給水加熱器ドレンポンプ	○		スタッドボルト		

表2.1-5(2/10) 川内2号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	区 分	機 器 名 称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
熱交換器	多管円筒形熱交換器	再生熱交換器	○		スタッドボルト
		非再生冷却器	○		スタッドボルト
		格納容器スプレイ冷却器	○		スタッドボルト
		封水冷却器	○		スタッドボルト
		余熱除去冷却器	○		スタッドボルト
		余剰抽出冷却器	○		スタッドボルト
		原子炉補機冷却水冷却器	○		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
	2重管式熱交換器	ガスサンプリング冷却器	○		メカニカルアンカ
ポンプ用 電動機	高圧ポンプ用電動機	充てん／高圧注入ポンプ用電動機	○		スタッドボルト

表2.1-5(3/10) 川内2号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
容器	補機タンク	蓄圧タンク	○		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
		原子炉補機冷却水サージタンク	○		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次系補助蒸気復水タンク	○		スタッドボルト
		補助蒸気復水回収タンク	○		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	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
		ほう酸フィルタ	○		スタッドボルト
	脱塩塔	冷却材混床式脱塩塔	○		スタッドボルト
		冷却材陽イオン脱塩塔	○		スタッドボルト
		ほう酸除去脱塩塔	○		スタッドボルト

表2. 1-5(4/10) 川内2号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種	区分	機器名称	設置場所		ボルト型式	
			屋内	屋外		
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	
				○	スタッドボルト メカニカルアンカ	
弁	バタフライ弁 (補助蒸気系統)	FWPT排気弁	○		スタッドボルト	
	特殊弁	主蒸気止め弁	○		スタッドボルト	
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	
		電線管	○	○	メカニカルアンカ	
	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	メタルクラッド 開閉装置 (メタクラ)	○		ケミカルアンカ	
		動力変圧器	動力変圧器 (安全系)	○		スタッドボルト
			重大事故等対処用変圧器盤	○		ケミカルアンカ
		コントロールセン タ	ディーゼル発電機コント ロールセンタ	○		ケミカルアンカ
タービン 設備	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	
	タービン動主給水ポンプ駆 動タービン	タービン動主給水ポンプ駆 動タービン	○		スタッドボルト	
	調速装置・保安装置	高圧油供給ユニット	○		スタッドボルト	
		E Hアキュムレータタンク	○		スタッドボルト	

表2.1-5(5/10) 川内2号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種	区分		機器名称	設置場所		ボルト型式		
				屋内	屋外			
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	保護・シーケンス盤 リレーラック	原子炉安全保護盤	○		スタッドボルト		
			リレーラック	○		スタッドボルト		
	監視・操作盤	監視・操作盤	中央制御室外原子炉停止盤	○		スタッドボルト		
			使用済燃料ピット状態監視カメラ	○		ケミカルアンカ		
			重大事故等対処用制御盤	○		メカニカルアンカ		
			統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備	○		ケミカルアンカ		
			緊急時運転パラメータ伝送システム (SPDS)	○		ケミカルアンカ		
			津波監視カメラ	○	○	ケミカルアンカ		
			制御盤	制御盤	ディーゼル発電機盤	○		スタッドボルト
					制御用空気圧縮機盤	○		スタッドボルト
	空調用冷凍機制御盤	○				スタッドボルト メカニカルアンカ		
	補助給水ポンプ電動弁盤	○				スタッドボルト		
	RCP母線計測盤	○				ケミカルアンカ		
	ヒートトレーシング温度調節盤	○			○	メカニカルアンカ		

表2.1-5(6/10) 川内2号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機種	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	中央制御室空調ファン	○		スタッドボルト
		安全補機開閉器室空調ファン	○		スタッドボルト
		中央制御室非常用循環ファン	○		スタッドボルト
		安全補機室給気ファン	○		スタッドボルト
		安全補機室排気ファン	○		スタッドボルト
		制御用空気圧縮機室給気ファン	○		スタッドボルト
		制御用空気圧縮機室排気ファン	○		スタッドボルト
		中央制御室循環ファン	○		スタッドボルト
	空調ユニット	中央制御室空調ユニット	○		スタッドボルト ケミカルアンカ
		安全補機開閉器室空調ユニット	○		スタッドボルト
		安全補機室給気ユニット	○		スタッドボルト
		格納容器再循環ユニット	○		スタッドボルト ケミカルアンカ
		アニュラス空気浄化微粒子除去フィルタユニット	○		スタッドボルト
		アニュラス空気浄化よう素除去フィルタユニット	○		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 ケミカルアンカ
		安全補機室排気フィルタユニット	○		スタッドボルト ケミカルアンカ
	冷水設備	空調用冷凍機	○		スタッドボルト
		空調用冷水ポンプ	○		スタッドボルト
		空調用冷水膨張タンク	○		スタッドボルト



表2.1-5(7/10) 川内2号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	区 分	機 器 名 称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
空調設備	ダクト	中央制御室空調・排気系ダクト	○		メカニカルアンカ
		中央制御室非常用循環系ダクト	○		メカニカルアンカ
		安全補機開閉器室空調系ダクト	○		メカニカルアンカ
		安全補機室給・排気系ダクト	○		メカニカルアンカ
		電動補助給水ポンプ室給・排気系ダクト	○		メカニカルアンカ
		ディーゼル発電機室給・排気系ダクト	○		メカニカルアンカ
		アニュラス空気浄化系ダクト	○		メカニカルアンカ
		制御用空気圧縮機室給・排気系ダクト	○		メカニカルアンカ
		格納容器給・排気系ダクト	○		メカニカルアンカ
		補助建屋給・排気系ダクト	○		メカニカルアンカ
		格納容器再循環系ダクト	○		メカニカルアンカ

表2.1-5(8/10) 川内2号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	区 分	機 器 名 称	設置場所		ボルト型式
			屋内	屋外	
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
		加圧器サポート	○		スタッドボルト
	空気圧縮装置	制御用空気圧縮機	○		スタッドボルト
		制御用空気圧縮機用電動機	○		スタッドボルト
		制御用空気だめ	○		スタッドボルト
		制御用空気除湿装置	○		スタッドボルト
		ガスサンプリング圧縮装置	○		スタッドボルト
	燃料取扱設備	燃料取替クレーン	○		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
	濃縮減容設備	A廃液蒸発装置	○		スタッドボルト
		B廃液蒸発装置	○		スタッドボルト
		ほう酸回収装置	○		スタッドボルト
	アスファルト固化装置	アスファルト混和機	○		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
	スチームコンバータ	スチームコンバータ本体		○	スタッドボルト
		スチームコンバータドレンクーラ		○	スタッドボルト
		スチームコンバータ給水ポンプ		○	スタッドボルト
		スチームコンバータドレンタンク		○	スタッドボルト
		スチームコンバータ給水タンク		○	スタッドボルト
	水素濃度制御装置	電気式水素燃焼装置	○		メカニカルアンカ

表2.1-5(9/10) 川内2号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	区 分	機 器 名 称	設置場所		ボルト型式	
			屋内	屋外		
電源設備	ディーゼル発電機	ディーゼル発電機	○		スタッドボルト	
	非常用ディーゼル発電機機関本体	非常用ディーゼル発電機機関本体	○		スタッドボルト メカニカルアンカ	
	非常用ディーゼル 発電機機関本体付 属設備	ポ ン プ	温水循環ポンプ	○		スタッドボルト
			燃料弁冷却水ポンプ	○		スタッドボルト
			潤滑油プライミングポンプ	○		スタッドボルト
			燃料油移送ポンプ	○		スタッドボルト
			空気圧縮機	○		スタッドボルト
	熱交換器	清水冷却器	○		スタッドボルト	
		燃料弁冷却水冷却器	○		スタッドボルト	
		潤滑油冷却器	○		スタッドボルト	
		清水加熱器	○		スタッドボルト	
	容 器	潤滑油タンク	○		スタッドボルト	
		空気だめ	○		スタッドボルト	
		燃料油貯油そう		○	スタッドボルト	
		燃料油貯蔵タンク		○	スタッドボルト	
		潤滑油主こし器	○		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	

表2.1-5(10/10) 川内2号炉 基礎ボルト評価対象一覧

機 種	区 分		機 器 名 称	設置場所		ボルト型式
				屋内	屋外	
電源設備	直流電源設備		蓄電池（安全防護系用）	○		スタッドボルト
			蓄電池（重大事故等対処用）	○		ケミカルアンカ
			蓄電池（3系統目）	○		ケミカルアンカ
			ドロツバ盤	○		スタッドボルト
			充電器盤 （3系統目蓄電池用）	○		ケミカルアンカ
	計器用電源設備	無停電電源	計装用電源装置	○		スタッドボルト
			計装用電源装置 （3系統目蓄電池用）	○		ケミカルアンカ
		計器用分電盤	計装用交流分電盤	○		メカニカルアンカ
			自動切換／後備分電盤	○		メカニカルアンカ
			計装用後備電源装置代替所 内電源分電盤	○		メカニカルアンカ
	制御棒駆動装置用電源設備		原子炉トリップ遮断器盤	○		スタッドボルト
	大容量空冷式発電機		大容量空冷式発電機用燃料 タンク		○	スタッドボルト
			大容量空冷式発電機用給油 ポンプ		○	スタッドボルト

## 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及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、材料及び現在までの運転経験を考慮し、表2.2-1～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～表2.2-3で△又は▲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、又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)又は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又は低合金鋼を使用しており、腐食が想定される。

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

また、巡視点検等の目視により塗装や防水措置の状態を確認し、はく離等が認められた場合に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）〔屋内の基礎ボルト共通〕

基礎ボルトは炭素鋼又は低合金鋼であり、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。

(3) 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、炭素鋼又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、シールド及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。

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 [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中性化が進行した場合には腐食環境となる。

しかしながら、中性化に至るには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。

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]

プラント起動・停止時等の熱応力等により、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「コンクリート及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。

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。



(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及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 川内2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（屋内基礎ボルト塗装なし部） *3：大気接触部（屋外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2.2-2 川内2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	シールド		炭 素 鋼		△*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（屋内基礎ボルト塗装なし部）
	テーパーボルト		炭 素 鋼		△*1 △*2 △*3	▲					*3：大気接触部（屋外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2.2-3 川内2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（屋内基礎ボルト塗装なし部）
	アンカボルト		炭 素 鋼		△*1 △*2 △*3 ▲*4	▲				▲*5	*3：大気接触部（屋外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）

川内原子力発電所2号炉

電源設備の技術評価書

[運転を断続的に行うことを前提とした評価]

九州電力株式会社

川内 2 号炉の電源設備のうち、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 の機器及び常設重大事故等対処設備に属する機器を機種、機能等でグループ化し、同一グループ内の複数の機器の存在を考慮して、重要度、温度等の観点から代表機器を選定した。

これらの一覧を表 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技術評価を行うとともに、代表機器以外の機器についても技術評価を展開している。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ます。

なお、点検等で確認した結果、異常が認められた場合、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。

本評価書では電源設備の目的・機能を基に、以下の機器に分類している。

1. 非常用ディーゼル発電設備
  - 1.1 ディーゼル発電機
  - 1.2 非常用ディーゼル発電機機関本体
  - 1.3 非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備
2. 直流電源設備
3. 計器用電源設備
  - 3.1 無停電電源
  - 3.2 計器用分電盤
4. 制御棒駆動装置用電源設備
5. 大容量空冷式発電機

なお、非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備の弁に分類されるもののうち、「弁の技術評価書」の一般弁（本体）に分類可能な弁については、「弁の技術評価書」にて評価を実施するものとする。また、非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備の配管に分類されるもののうち、配管サポートについては「配管の技術評価書」にて評価を実施するものとし、いずれも本評価書には含まれていない。

また、川内 1、2 号炉の共用設備のうち 1 号炉で設置されている電源設備については、「川内原子力発電所 2 号炉 共用設備（他号炉設備）の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含まれていない。

表 1 (1/12) 川内 2 号炉 主要な電源設備 ディーゼル発電機

機 器 名 称 (台 数)	仕 様 (定格出力×定格回転数) (kVA×rpm)	重要度*1	使 用 条 件		
			運 転	定格電圧 (V)	周囲温度 (°C)
ディーゼル発電機 (2)	7,125×400	MS-1、重*2	一 時	6,900	約40

\*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及び構造物であることを示す

表 1 (2/12) 川内 2 号炉 主要な電源設備 非常用ディーゼル発電機機関本体

機 器 名 称 (台 数)	仕 様 (出力×回転数) (kW×rpm)	重要度*1	使 用 条 件		
			運 転	最大燃焼ガス圧力 (定格出力時) (MPa[gage])	周囲温度 (℃)
非常用ディーゼル発電機機関本体 (2)	5,700×400	MS-1、重*2	一 時	約11.8	約40

\*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及び構造物であることを示す



表 1 (3/12) 川内 2 号炉 主要な電源設備 非常用ディーゼル発電機機関本体付属設備 ポンプ

分離基準			機器名称 (台数)	重要度*3	選定基準			選定	選定理由
型式	内部流体	材料			使用条件				
					運転	最高使用圧力 (MPa[gage])	最高使用温度 (°C)		
横置渦巻	純水	鋳鉄*1	温水循環ポンプ (2)	MS-1	連続 (機関運転時停止)	約0.49	約90	◎	温度
		鋳鉄*1	燃料弁冷却水ポンプ (2)	MS-1	一時 (機関運転時運転)	約0.49	約60		
横置歯車	潤滑油	鋳鉄*2	潤滑油プライミングポンプ (2)	MS-1	連続 (機関運転時停止)	約0.78	約80	◎	
	燃料油	鋳鉄*2	燃料油移送ポンプ (2)	MS-1、重*5	一時 (タンク補給時運転)	約0.49	約40	◎	
往復式	空気	鋳鉄	空気圧縮機 (2)	高*4	一時 (空気だめ補給時運転)	約 3.2	約50	◎	

\*1：ケーシングは鋳鉄、主軸はステンレス鋼、羽根車は銅合金鋳物

\*2：ケーシングは鋳鉄、主軸及び駆動歯車は炭素鋼

\*3：機能は最上位の機能を示す

\*4：最高使用温度が95°Cを超え、又は最高使用圧力が1,900kPa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

\*5：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及び構造物であることを示す