

伊方発電所 3 号機
第 2 段湿分分離加熱器ドレンタンク 3 A 1 の
水位計測器の不具合について

令和 6 年 8 月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所3号機 第2段湿分分離加熱器ドレンタンク3A1の水位計測器の不具合について

2. 事象発生の日時

令和6年4月17日 23時14分

3. 事象発生の設備

3号機 第2段湿分分離加熱器ドレンタンク3A1水位計測器(バックアップ側)

4. 事象発生時の運転状況

3号機 通常運転中(電気出力922MW)

5. 事象の発生状況

伊方発電所3号機は、通常運転中のところ、4月17日23時14分頃に豊後水道を震源とする地震が発生し、同日23時15分に第2段湿分分離加熱器^{*1}ドレンタンク^{*2}3A1(以下、「当該ドレンタンク」という。)の水位制御がバックアップ側^{*3}の系統に切り替わった。

調査の結果、当該ドレンタンクのバックアップ側の水位計測器^{*4}(以下、「当該水位計測器」という。)の動作不良による水位制御の不調であることを確認したため、点検を実施した。

点検の結果、当該水位計測器の検出部に不具合があることを確認したため、当該水位計測器を予備品に取り替え、当該水位計測器により正常に水位が検出できること、および当該ドレンタンクの水位制御状態に問題がないことを確認し、4月25日13時05分、通常状態に復旧した。

なお、本事象によるプラントの運転への影響および周辺環境への放射能の影響はなかった。

(添付資料-1、2)

※1 湿分分離加熱器

高圧タービンと低圧タービンの間に設置され、蒸気中の水分を除去し、蒸気をさらに加熱するための装置。伊方発電所3号機には、AとBの2台を設置している。加熱するための蒸気には、蒸気発生器で発生した2次系蒸気を利用している。

※2 湿分分離加熱器ドレンタンク

湿分分離加熱器で発生したドレン水を集めるためのタンク。集めたドレン水は、2次系水（放射性物質を含まない）の加熱用水として利用する。

※3 バックアップ側

当該ドレンタンクの水位計測器は常用側とバックアップ側にそれぞれ設置されており、通常時は常用側によって水位制御され、バックアップ側は常用側の故障時や制御範囲を超えるような水位変動が生じた場合に使用する。

※4 水位計測器

ドレンタンク水位の変動を水位調節器^{※5}へ伝送する装置。

当該水位計測器はフロート^{※6}式水位計測器であり、ドレンタンク水位によって上下するフロートの上下運動を、レバー、トルクチューブと呼ばれるリンク機構^{※7}で回転運動に変換する「検出部」と、回転運動を空気信号に変換し、水位調節器に伝送する「計器部」によって構成される。

なお、検出部のフロートはドレンタンク内ではなく、ドレンタンクと接続された容器（以下、「チャンバー」という。）の中に設置されている。

（添付資料－3、4）

※5 水位調節器

ドレンタンク内の水位を一定に保つため、水位計測器で検出した水位に応じて、空気圧力の信号を水位制御弁に出力し、弁開度を調節する。

また、ドレンタンクの水位指示計の機能も有する。

※6 フロート

ドレンタンクの水位によって上下する浮き。

※7 リンク機構

直線運動を回転運動にするなど、入力動作を異なる動作に変換するために部材をいくつか組み合わせて、力や運動を伝える機械構造。

6. 事象の時系列

4月17日

- 23時14分 豊後水道を震源とする地震発生。
- 23時15分 「第2段湿分分離加熱器ドレンタンクA1水位低」警報発信。
- 23時15分頃 現地にて、運転員が当該水位計測器の水位指示が高い側に振り切れていることを確認。
- 23時45分頃 当該ドレンタンクの水位が低いにも関わらず、当該水位計測器が高い指示を示していることから、運転員が当該水位計測器から制御信号を受けている調節器の制御モードを自動から手動へ切り替え、バックアップ側の水位制御弁の閉止操作を実施。

4月18日

- 0時30分頃 保修員による不具合箇所の現場確認、調査を実施。
- 1時30分 保修員が当該水位計測器のチャンバーをハンマリング※⁸するも、水位指示の振り切れが改善しないことから、当該水位計測器の動作不良と判断。
- 5時00分 当該水位計測器の点検箇所が高温であることから、冷却作業を開始。
- 10時27分 冷却作業が完了し、当該水位計測器の点検を開始。
チャンバー内の水抜き時、水位指示が振り切った状態から低下しないことを確認。予備品へ取り替えることとし、予備品への取り替えに必要なフランジ※⁹、ガスケット※¹⁰等の消耗品の手配を実施。

4月23日

- 10時50分 上記消耗品が納入されたことから、当該水位計測器について予備品への取り替え作業を開始。
- 22時48分 当該水位計測器の取り替え作業完了。

4月24日

- 10時02分 当該水位計測器の健全性確認試験開始。
- 11時52分 健全性確認試験完了。

4月25日

- 13時05分 当該ドレンタンクの水位制御に問題がないことを確認し、通常状態に復旧。

※8 ハンマリング

ハンマーで叩いて加振することにより、内部部品の固着を解消したり、

内部の異物やつまり等を除去したりすること。

※9 フランジ

円盤状の板同士の間にはガスケットを挟み、ボルト・ナットで締結し配管と配管を接続する継ぎ手の一種。

※10 ガスケット

フランジなどで密封に用いられるシール材の総称。

7. 調査結果

当該水位計測器の動作不良の原因について、以下の調査を実施した。

(1) 事象発生時の状況調査

当該水位計測器の水位指示が高い側に振り切れていることを確認したことから、保修員は、地震の影響でタンク内水位が変動したことで、当該水位計測器の検出部のフロートが高い位置で固着している可能性を疑い、現地にてハンマリングを実施した。その結果、水位指示の振り切れが改善しないため、当該水位計測器の動作不良と判断した。

(2) メーカー調査結果

動作不良が確認された当該水位計測器をメーカーに送付し、指示振り切れに係る調査を実施した。

a. 水位計測器に関する調査

(a) 計器部の調査

各部品の外観確認を実施したが、指示振り切れの原因となり得る傷や変形・外れ等の異常は見られなかった。

また、動作確認を実施し、水位調節器への空気信号^{*11}の出力状態、空気信号の駆動源となる空気圧または空気圧の変換に関する部品の状態を確認したところ、各部に閉塞、緩み等の異常はなかった。

(b) 検出部の調査

フロート、レバー等のタンク水位に追従して動作する各部位の外観確認を実施したが、指示振り切れの原因となり得る傷や変形・外れ等の異常は見られなかった。

また、レバー等のリンク機構の動作確認においても、異常は見られなかった。

(添付資料－5)

※11 空気信号

制御に用いる情報を空気圧で伝えるものであり、20～100kPa の圧力範囲を 0～100%として出力する。

b. 再現性確認

地震時の水位変動を模擬したフロートの揺さ振りによって、指示振り切れに至る可能性があるのか確認した。

その結果、フロートの位置が低い状態で、フロートに回転方向の捻じれが生じたまま、フロートの位置が高く持ち上がった場合に、フロートの上下方向の可動範囲を制限するストッパーが、ストッパーピンを避けた状態で上部方向に持ち上がり、ストッパーピンと干渉する可能性があることが確認された。

以上のことから、ストッパーがストッパーピンと干渉し、フロートが固着したことが、指示振り切れの原因となった可能性は否定できない。

(添付資料－6)

(3) 保守状況の調査

当該水位計測器の定期点検は、以下のとおり実施している。

a. 至近の点検

- ・令和5年3月2日～4月28日
(伊方発電所3号機第16回定期事業者検査)

b. 点検周期

- ・単体調整試験：1回／1定検
- ・フロート点検：1回／5定検

c. 点検内容および結果

- ・単体調整試験において、性能に問題がないことを確認した。
- ・フロート点検（浸透探傷検査^{※12}含む）を実施し、腐食や傷等の異常はなかった。（令和5年3月7日実施）
- ・外観目視点検を実施し異常はなかった。

※12 浸透探傷検査

材料表面に浸透液を塗布し、現像液を用いて目視では確認できないような微細な傷を検出する検査。

(4) 過去の類似事象

伊方発電所におけるフロート式水位計測器について過去事象の調査を行い、類似事象がないことを確認した。

(5) 類似設備の調査

同型式の水位計測器5台について、いずれも地震後の制御状態から制御機能への影響がなく、問題ないことを確認した。

また、メーカーから、同型式の水位計測器について、これまで他の納入先を含め同様の事象が確認されないことを聴取した。

8. 推定原因

調査結果を踏まえ、当該水位計測器が指示振り切れに至った原因は、下記のとおりと推定した。

○地震によって当該ドレンタンク内に水位変動が起き、当該ドレンタンクに接続する当該水位計測器のチャンバー内にも大きな水位変動が発生した。

○チャンバー内の水位変動に連動してフロートが上下に動いた際、フロートの上下方向の可動範囲を制限するストッパーがストッパーピンを避けた状態で上部方向に持ち上がり、ストッパーピンと干渉した。

○ストッパーがストッパーピンと干渉し、フロートが固着したことにより、当該水位計測器の見かけ上の水位指示が高い側に振り切れた状態となった。

(添付資料-6)

9. 対策

(1) 当該水位計測器については、予備品との取り替えを実施した。

(2) 同様の事象が発生した際にも早期に復旧できるよう、当該水位計測器については、メーカーでの整備後、引き続き予備品として保有するとともに、予備品への取り替えに必要なフランジガスケット等の消耗品を保有する。

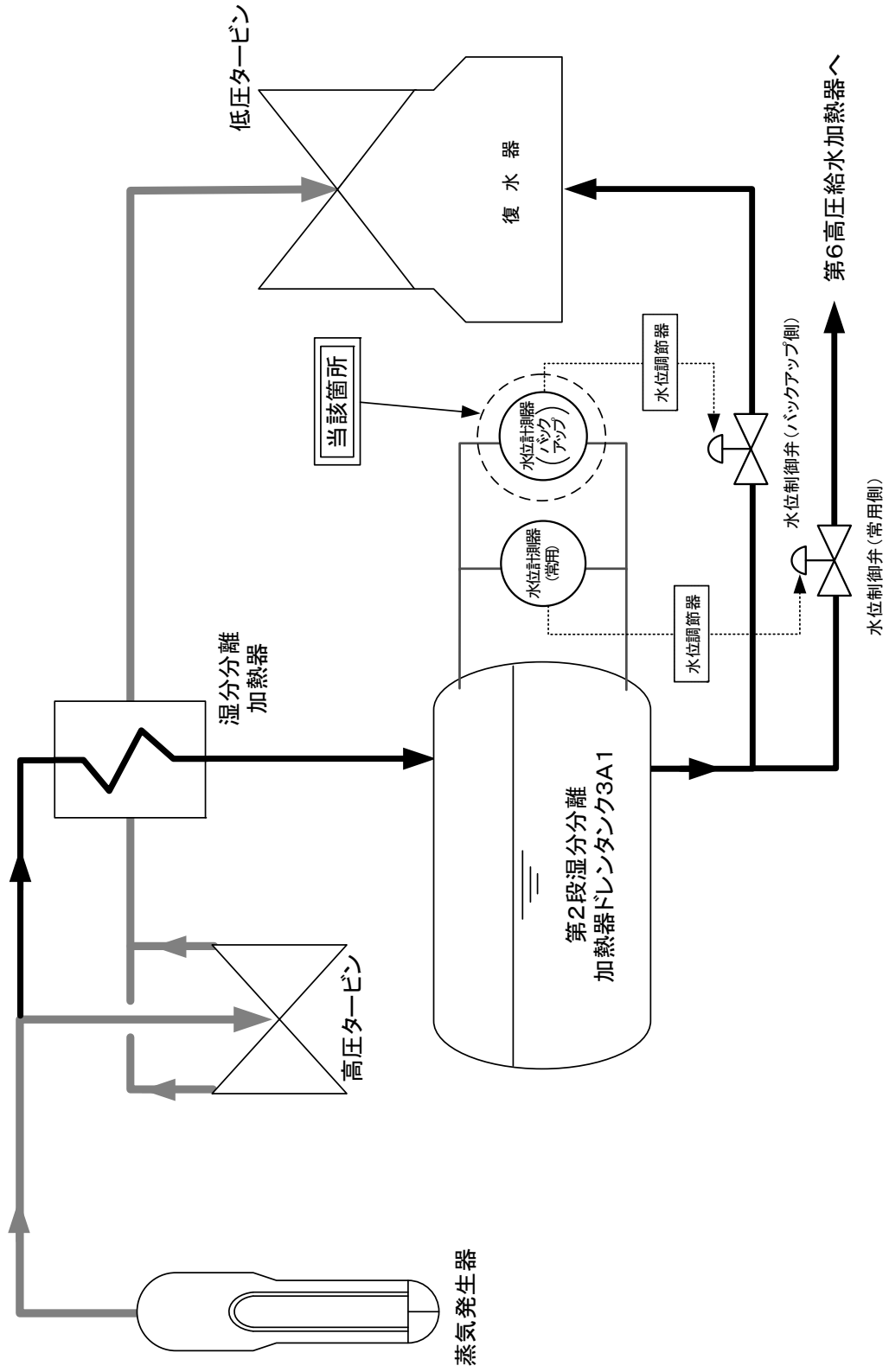
(3) 中長期的な対策として、本事象は、当該水位計測器にフロート式の機械的な可動部を有することが要因となっているため、現在進めている当該型式の水位計測器に係る設備更新計画において、構造変更に伴う計測機能への詳細な影響評価を行った上で、本事象を考慮した仕様の機器への取り替えを実施する。

以 上

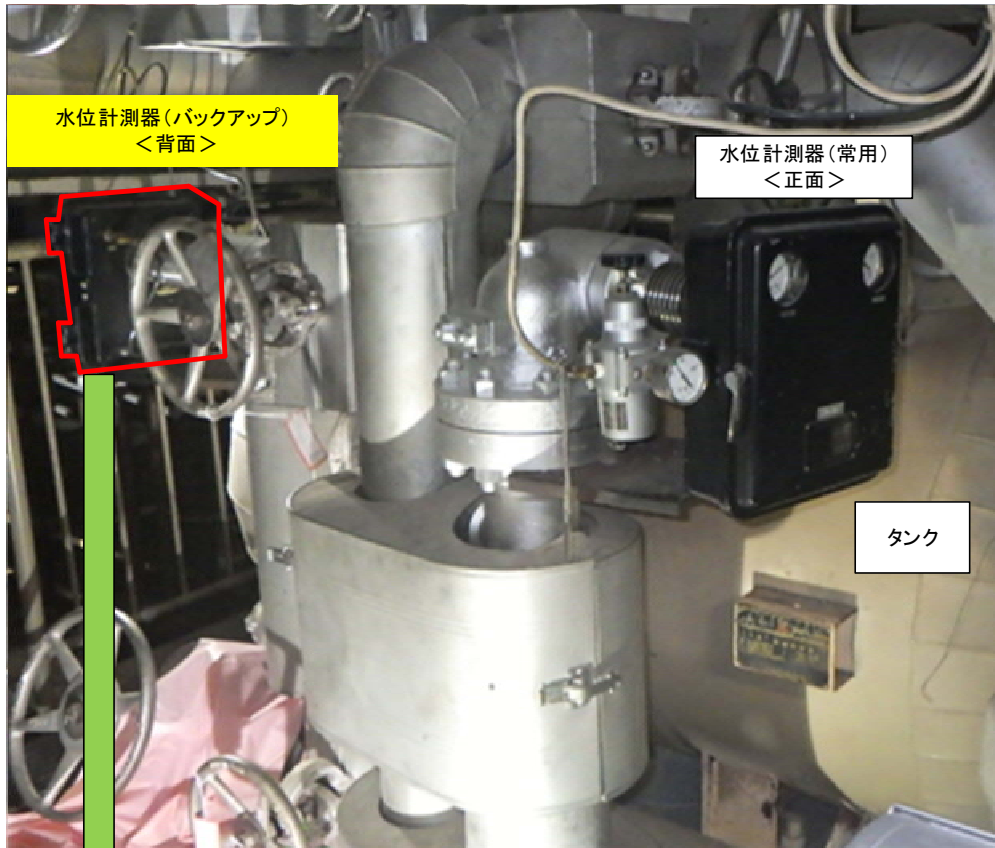
添 付 資 料

- 添付資料－ 1 伊方発電所 3 号機 第 2 段湿分分離加熱器ドレンタンク 3 A 1
水位制御系 概略系統図
- 添付資料－ 2 伊方発電所 3 号機 第 2 段湿分分離加熱器ドレンタンク 3 A 1
水位制御系 不具合発生状況
- 添付資料－ 3 フロート式水位計測器の概略図
- 添付資料－ 4 フロート式水位計測器の動作原理
- 添付資料－ 5 水位計測器の健全性確認に関する調査結果
- 添付資料－ 6 水位計測器の指示振り切れメカニズム

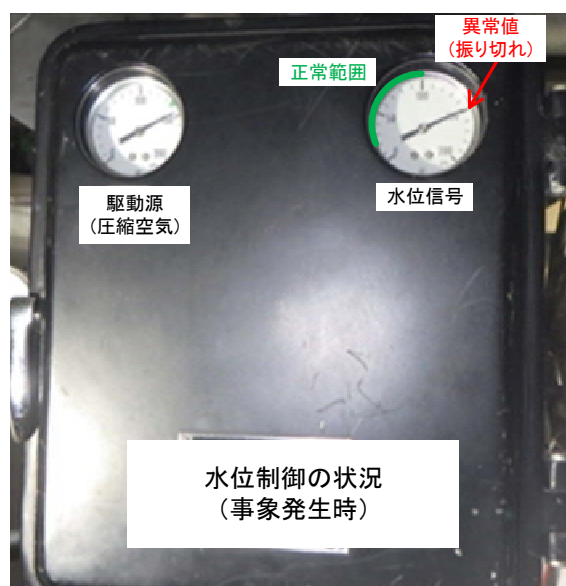
伊方発電所3号機 第2段湿分離加熱器ドレンタンク3A1 水位制御系 概略系統図



伊方発電所 3号機 第2段湿分分離加熱器ドレンタンク 3A1 水位制御系
不具合発生状況

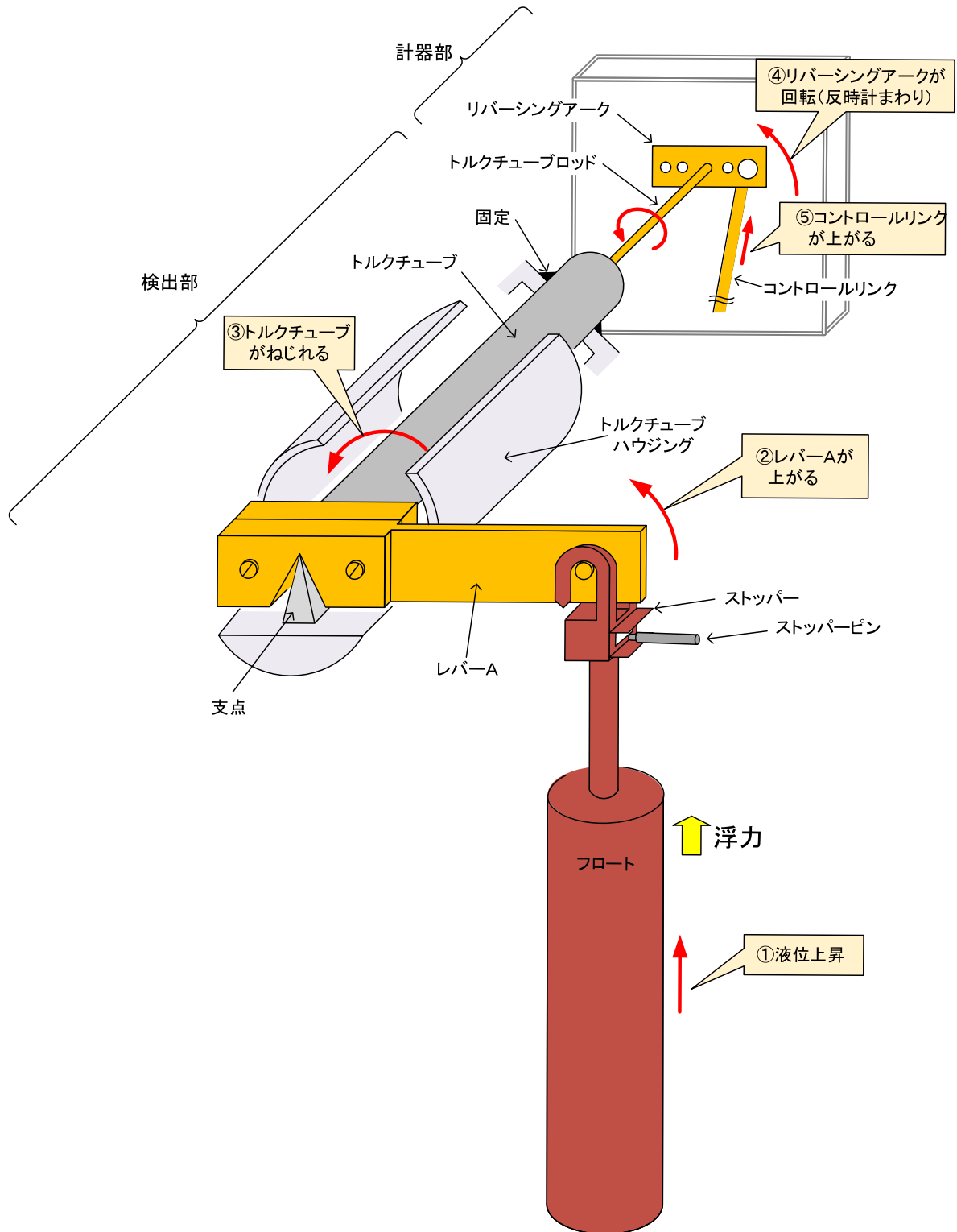


第2段湿分分離加熱器ドレンタンク3A1の全体写真

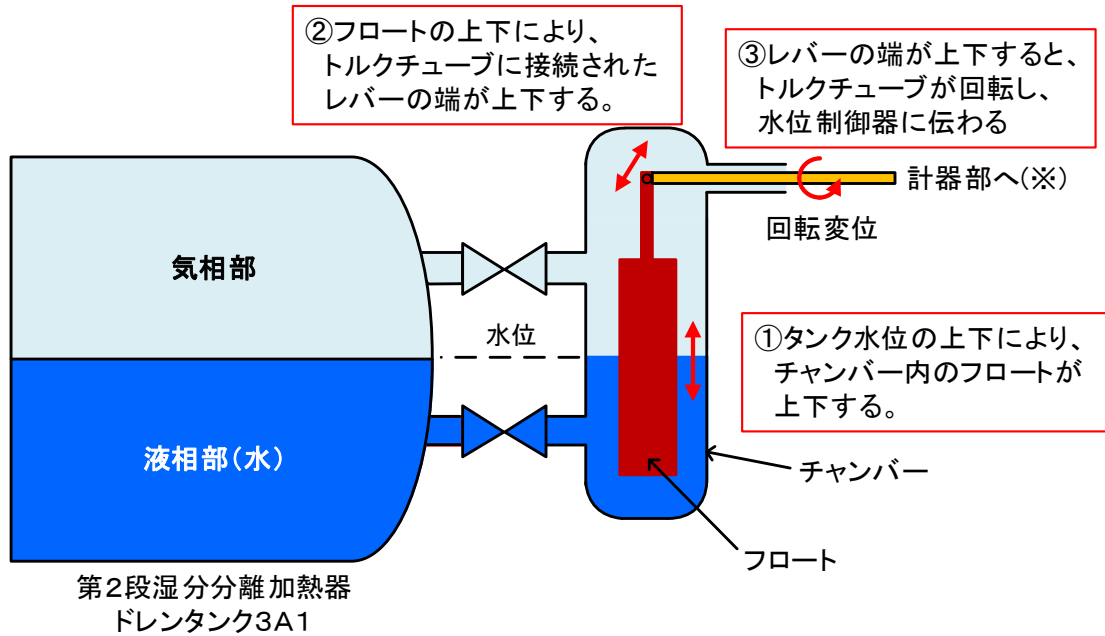


水位計測器(バックアップ)
<正面>

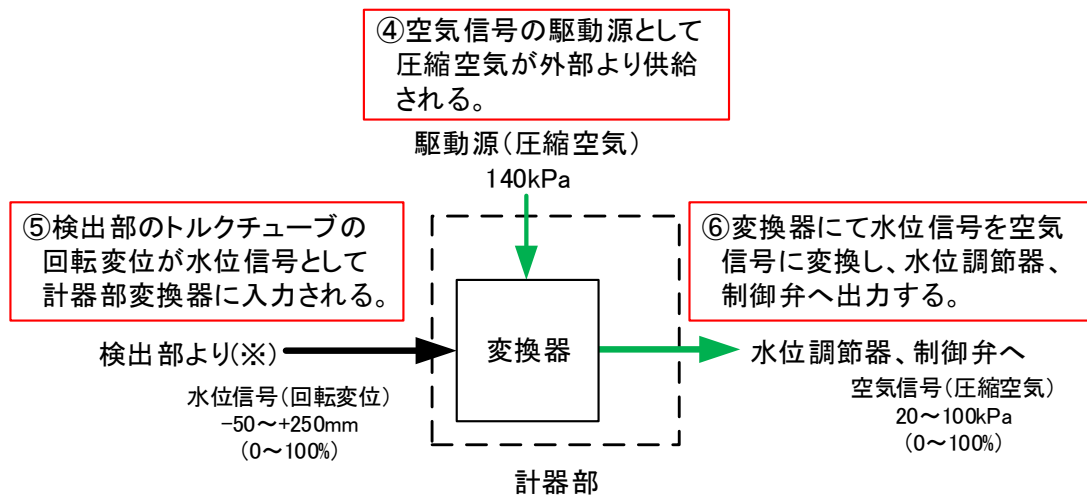
フロート式水位計測器の概略図



フロート式水位計測器の動作原理



【検出部での水位検出と水位信号の伝達】



【計器部での水位信号の空気信号への変換】

水位計測器の健全性確認に関する調査結果

	確認箇所	調査内容	調査結果
計器部	出力空気信号	動作確認	圧力値に異常なし
	空気圧(駆動源)	動作確認	圧力値に異常なし
	変換器	外観確認	閉塞や緩み等の異常なし
		動作確認	異常なし
検出部	フロート	外観確認	傷や変形等の異常なし
		動作確認	干渉等の異常なし
	レバー	外観確認	傷や変形等の異常なし
		動作確認	干渉等の異常なし
	チャンバー	外観確認	付着物や堆積物等の異常なし
	トルクチューブ	動作確認	干渉等の異常なし
		外観確認	傷や変形等の異常なし
	ストッパーピン	外観確認	傷や変形等の異常なし

水位計測器の指示振り切れメカニズム

