

伊方発電所3号機
エタノールアミン排水処理装置の
電解液ポンプの不具合について

令和7年2月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所3号機 エタノールアミン排水処理装置の電解液ポンプの不具合について

2. 事象発生の日時

令和6年10月16日 10時15分

3. 事象発生の設備

3号機 エタノールアミン排水処理装置 電解液ポンプA

4. 事象発生時の運転状況

3号機 第17回定期事業者検査中

5. 事象発生の状況

伊方発電所3号機は、第17回定期事業者検査中のところ、10月15日19時16分、エタノールアミン^{※1}排水処理装置^{※2}（以下、「ETA排水処理装置」という。）の異常を示す信号が発信し、現地を確認したところ、電解液^{※3}ポンプ^{※4}A（以下、「当該ポンプ」という。）が自動停止していることを運転員が確認した。

10月16日に当該ポンプの状態確認のため、ハンドターニング^{※5}を試みたところ、軸が回転しないことを保修員が確認し、10時15分に分解点検が必要であると判断した。

当該ポンプの分解点検を実施したところ、電動機軸に固定している駆動マグネットの位置がずれ、ポンプのケーシングと接触した跡があることを確認した。

その後、当該ポンプの部品を取り替え、試運転を実施し、運転状態に問題がないことを確認したことから、10月30日15時00分に通常状態に復旧した。

なお、本事象によるプラントへの影響および環境への放射能の影響はなかった。

（添付資料－1、2）

※1 エタノールアミン（ETA）

配管の腐食抑制のための水質調整用薬品。2次系冷却水（放射性物質を含まない）に注入している。

※2 エタノールアミン排水処理装置

2次系冷却水（放射性物質を含まない）を浄化する復水脱塩装置^{※6}からの排水中に含まれるエタノールアミンなどを処理する装置。

- ※3 電解液
排水中に含まれるエタノールアミンなどを電気分解し、処理が完了した処理水。
- ※4 電解液ポンプ
電解液受槽^{※7}で受け入れた処理水を、後段の設備へ移送するポンプ。
- ※5 ハンドターニング
ポンプ、モータ等の軸を手動にて回転させ、異常の有無を確認する方法。
- ※6 復水脱塩装置
2次系冷却水に含まれるイオン状の不純物をイオン交換樹脂により取り除き、浄化する装置。
- ※7 電解液受槽
エタノールアミンなどの分解が完了した処理水を受け入れし、後段の設備へ移送する槽。

6. 事象の時系列

10月15日

19時16分 E T A排水処理装置の異常を示す信号が発信し、当該ポンプが自動停止していることを運転員が確認

10月16日

10時10分 保修員が現地確認作業を開始

10時15分 電解液ポンプAのハンドターニングができないことを保修員が確認し、分解点検が必要と判断

11時59分 当該ポンプの分解点検を行い、電動機軸に固定している駆動マグネットがポンプのケーシングと接触した跡があることを保修員が確認
また、ポンプと電動機を切り離した後、電動機単体でのハンドターニングを実施したところ、スムーズに回転することを保修員が確認

10月30日

15時00分 当該ポンプの部品を取り替え、運転状態に異常がないことを確認し、通常状態に復旧

7. 調査結果

当該ポンプについて、以下の調査を実施した。

(1) 現地調査

a. 事象発生時の状況調査

当該ポンプが自動停止していたことから、ハンドターニングを試みた結果、軸が回転しないことを確認した。

b. 当該ポンプの分解調査

(a) ポンプ部

以下の構成部品について、外観点検を実施した。

ア. スピンドル、インペラユニット、フロントケーシングおよびリアケーシング（リアスラスト含む）

割れ、傷、変形、摩耗等の異常は確認されなかった。

イ. 駆動マグネット

駆動マグネットの先端部分にリアケーシング押えと接触したことにより発生したと考えられる傷を確認した。

リアケーシング押えと接触した状態で運転されたことで金属粉が発生し、この金属粉が駆動マグネットの内側に付着してリアケーシングカバーとの隙間が徐々に狭くなったことで、駆動マグネットとリアケーシングカバーが接触し擦れてきたと考えられる傷が確認された。

また、電動機軸に駆動マグネットを固定している止めねじに緩みがあり、駆動マグネットが電動機軸から軸方向（ポンプ側）にずれていること、および駆動マグネットを手で引っ張っても容易に電動機軸から抜ける状態ではないことを確認した。

ウ. リアケーシング押え

駆動マグネットと接触したと考えられる傷が確認された。

エ. リアケーシングカバー

駆動マグネットとリアケーシング押えが接触した状態で運転したことにより発生した熱影響によるものと考えられる損傷と駆動マグネットに付着した金属粉により、駆動マグネットとの隙間が徐々に狭くなり接触したと考えられる擦れによる傷が確認された。

また、リアケーシング押えが熱により接着したと考えられる接着痕が確認された。

オ. キー

損傷等は確認されなかった。

カ. 止めねじ
損傷等は確認されなかった。

(b) 電動機

ア. 固定子^{※8}および回転子^{※9}
外観点検を実施し、傷、損傷、摩耗等の異常は確認されなかった。

イ. 巻線抵抗測定^{※10}および絶縁抵抗測定^{※11}
測定の結果、異常は認められなかった。

(添付資料- 2、3)

※8 固定子

電動機の構成部品のうち、固定されて動かない部分。

※9 回転子

電動機の構成部品のうち、回転する部分。

※10 巻線抵抗測定

電動機の巻線の抵抗を測定して、断線や各相の抵抗値のバラツキを確認するための測定方法。

※11 絶縁抵抗測定

電気系統が正常に絶縁できていることを確認するための測定方法。

(2) 保守状況の調査

当該ポンプの点検は以下のとおり実施することとしており、電動機については、振動測定の結果により、ベアリングの潤滑不良等が疑われた場合に分解点検を計画することとしている。

- ・ポンプ：分解点検（1回／9年）
- ・電動機：振動測定（1回／6ヶ月）

当該ポンプは、令和5年11月および令和6年2月に発生した電解槽供給ポンプの不具合事象の水平展開として、令和6年9月25日～10月3日の間に分解点検を実施し、一部のポンプ部品について材質変更した部品に取り替えた。

また、管理値内ではあるが、当該ポンプの定期的な振動測定の結果、電動機のベアリングの潤滑不良等が疑われる信号が測定されたことから、予防保全のため、上記作業に併せて電動機の点検を実施し、ベアリングの取り替えを行った。

分解点検後の試運転、点検完了後から当該事象が発生するまでの間の巡視点検（1回／日）および10月11日の振動測定時にも異常は認められなかった。

なお、当該ポンプは、平成29年にポンプと電動機を一式取り替えており、この分解点検が、取り替え後、初めての分解点検であった。

(3) 聞き取り調査

当該ポンプの電動機の分解点検において、電動機軸から駆動マグネットを取り外し、点検後、止めねじで締め付けしたことを確認した。

止めねじの締め付けに際し、トルク管理を実施していなかったことを確認した。

ポンプメーカーの取扱説明書では、止めねじの締め付けトルクおよび止めねじの緩みを防止する接着剤（以下、「接着剤」という。）の塗布条件（電動機出力5.5 kW以上）について記載されていたが、作業要領書^{※12}には締め付けトルクおよび接着剤の塗布条件について記載がなかったことを確認した。

なお、当該ポンプの電動機出力は2.2 kWで、接着剤の使用は不要であり、分解点検時においても使用していないことを確認した。

※12 作業要領書

作業の実施にあたり、点検の全体工程、実施体制および具体的な作業手順を記載したもので、協力会社が作成し、当社が確認および承認する書類。

作業実施前に当社と協力会社で読み合わせを行う。

(4) 運転状況の調査

電解液ポンプは、1台でE T A排水処理装置を定格運転できる容量のポンプを2台（A, B）設置しており、通常1台運転で2か月ごとに運転機の切り替えを実施している。また、電解液ポンプはE T A排水処理装置運転時には電解液受槽の水位レベルにより間欠運転^{※13}している。

当該ポンプは、令和6年9月25日～10月3日の分解点検完了後から本事象が発生するまでの間、運転状態に異常はなく、E T A排水処理装置の運転も実施できていた。

※13 間欠運転

装置を連続して運転するのではなく、時間をおいて稼働と停止を繰り返すこと。

(5) 類似機器の調査

当該ポンプと同構造のマグネット式ノンシールポンプ^{※14}について調査を実施した。

※14 マグネット式ノンシールポンプ

軸シールがなく液漏れしない耐食性に優れたポンプ。

a. 類似ポンプ

当該ポンプと類似のポンプは、以下の7台であった。

- ・電解液ポンプB（電動機出力：2.2 kW）
- ・E T A処理水ポンプ^{※15}A、B（電動機出力：2.2 kW）
- ・電解槽供給ポンプ^{※16}A、B（電動機出力：1.5 kW）
- ・苛性ソーダ注入ポンプ^{※17}A、B（電動機出力：1.5 kW）

※15 E T A処理水ポンプ

処理水タンク^{※18}に貯留された処理水を総合排水処理装置^{※19}へ送るためのポンプ。

※16 電解槽供給ポンプ

エタノールアミンが含まれる排水を排水貯槽から電解槽に供給するためのポンプ。

※17 苛性ソーダ注入ポンプ

排水のpH調整に使用する苛性ソーダを注入するポンプ。

※18 処理水タンク

処理した排水を貯留するタンク。

※19 総合排水処理装置

発電所の管理区域外（タービン建屋、事務所等）から排出される一般排水を浄化する装置。

b. 調査対象ポンプの選定

当該ポンプを含む類似ポンプは、機器の製造中止を受け、ポンプと電動機を一式取り替えている。類似ポンプのうち、取り替え後に現地で駆動マグネットを電動機軸から取り外したことのある以下のポンプを調査対象として、止めねじの締め付け確認および接着剤の使用有無を確認した。

- ・E T A処理水ポンプA
- ・E T A処理水ポンプB
- ・電解槽供給ポンプB

c. 調査結果

調査対象とした全てのポンプ（E T A処理水ポンプA、B、電解槽供給ポンプB）について、駆動マグネットの止めねじに緩みはなく、メーカー推奨の締め付けトルクで締め付けられていることを確認した。

また、電解槽供給ポンプBについては、接着剤を使用し、締め付けていることを確認した。

(6) 過去の類似事象の調査

伊方発電所における過去事象を調査したところ、止めねじの締め付け不足による同様な事象が発生していないことを確認した。

8. 推定原因

調査の結果、駆動マグネットを電動機軸に取り付ける際に、止めねじの締め付けが不足したこと、およびポンプ運転中の振動やポンプの起動停止の影響で止めねじが緩み、駆動マグネットが磁力によりポンプ側にあるリアケーシング押えに引きつけられ、駆動マグネットがリアケーシング押えと接触し、その状態のまま運転を継続したことで電動機に負荷がかかり、電流が増え、電動機の保護装置^{※20}（サーマルリレー）が動作して自動停止したものと推定した。

また、マグネット式ノンシールポンプの駆動カップリングは、駆動マグネットと従動マグネット（マグネットキャン）の磁力が強く引き付けられるため、運転中に止めねじが緩まないよう、締め付け管理や止めねじへの接着剤使用の条件が取扱説明書に記載されていたが、本事項を作業要領書に記載していなかったことも本事象が発生した要因であると推定した。

(添付資料-4)

※20 保護装置

何らかの理由で電動機に大きな負荷がかかり、大きな電流が流れることで電動機が損傷するのを防ぐ装置。

9. 対 策

- (1) 当該ポンプの損傷した部品（駆動マグネット、リアケーシング押え、リアケーシングカバー、止めねじ）を新品に取り替えるとともに、駆動マグネットの取り付けにおいて、止めねじに接着剤を塗布し、メーカー推奨の締め付けトルクで止めねじの締め付けを実施した。
- (2) 電動機出力5.5kW未満の当該ポンプを含む同構造のポンプ（8台）について、駆動マグネットの取り付けにおいては、止めねじに接着剤を塗布し、メーカー推奨の締め付けトルクで止めねじを締め付けることを標準作業要領書^{※21}に追記した。

※21 標準作業要領書

定期的に点検する作業等の手順を標準化した作業要領書。

- (3) 当該ポンプと同構造のポンプのうち、現地で駆動マグネットを取り外したポンプ（3台）について止めねじに接着剤を塗布し、メーカー推奨の締め付けトルクで止めねじの再締め付けを実施した。
- (4) 作業要領書の作成時は、メーカー取扱説明書等に記載されている点検作業に必要な管理すべき項目や注意事項について確認し、作業要領書に確実に取り込むよう社内規定に記載する。

以 上

添 付 資 料

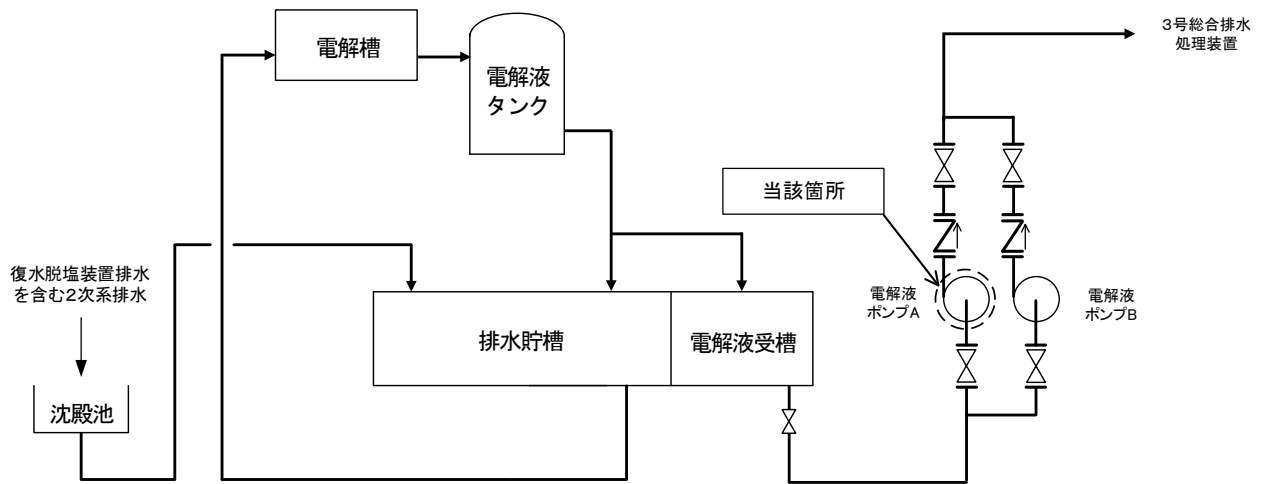
添付資料－ 1 伊方発電所 3 号機 E T A排水処理装置 概略系統図

添付資料－ 2 電解液ポンプ 構造図

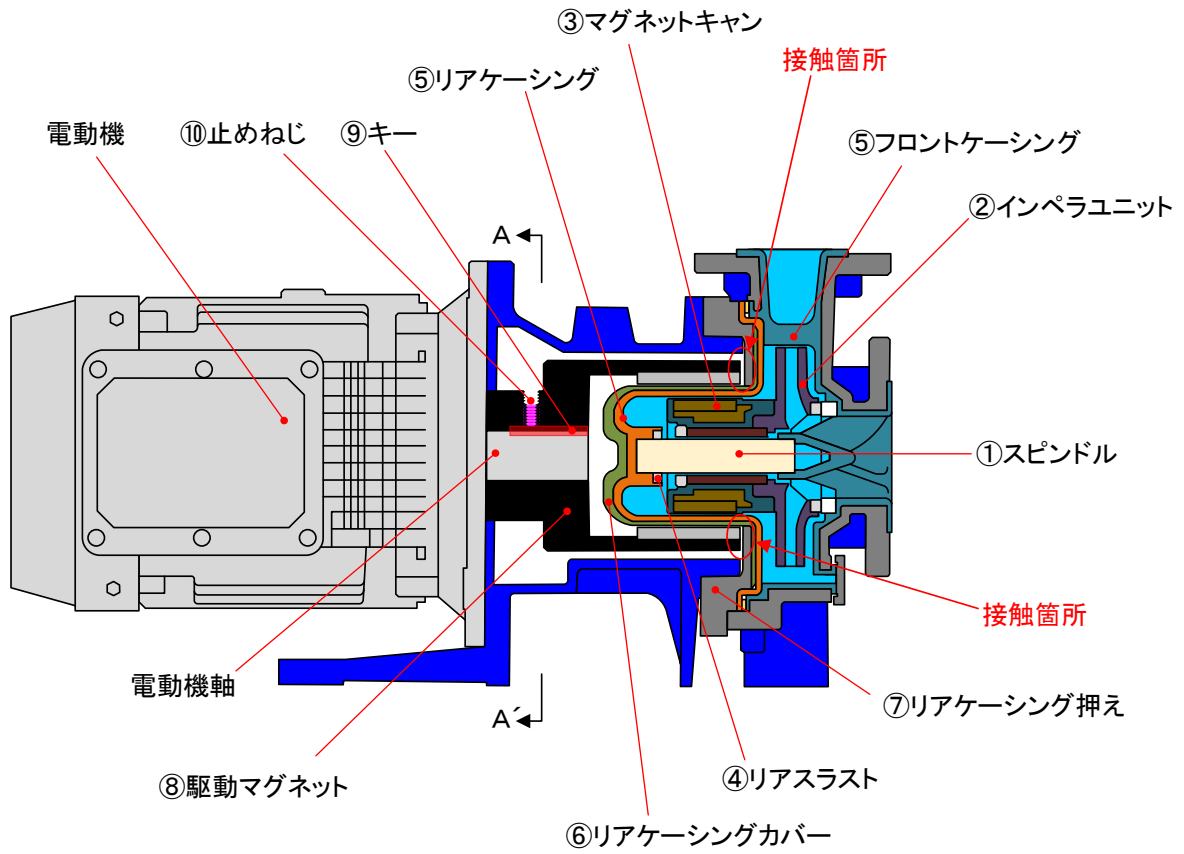
添付資料－ 3 現地調査結果

添付資料－ 4 電解液ポンプ Aが自動停止したメカニズム（推定）

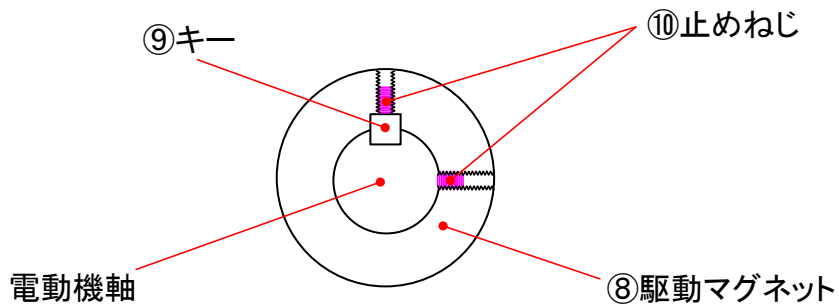
伊方発電所3号機 E T A排水処理装置
概略系統図



電解液ポンプ 構造図



< ポンプ側から見た電動機軸断面図 >



A-A' 矢視図

<ポンプ部の構成部品解説>

①スピンドル

インペラ（羽根車）の振れ防止のためのガイド（軸）

②インペラユニット

インペラ（羽根車）、ベアリング（軸受け）、マグネットキャン（磁石）を一体に組み込んだユニット部品

③マグネットキャン

ベアリングの外側に位置し、フッ素樹脂で覆われた磁石

④リアスラスト

軸方向の力を受ける摺動部品

⑤フロントケーシング、リアケーシング

インペラユニットを覆うカバー

⑥リアケーシングカバー

リアケーシングの外側を覆うカバー

⑦リアケーシング押え

リアケーシング押えるカバー

⑧駆動マグネット

電動機軸に固定され、駆動マグネットとマグネットキャン間の磁力により、電動機の回転運動をインペラユニットへ伝達する部品

⑨キー

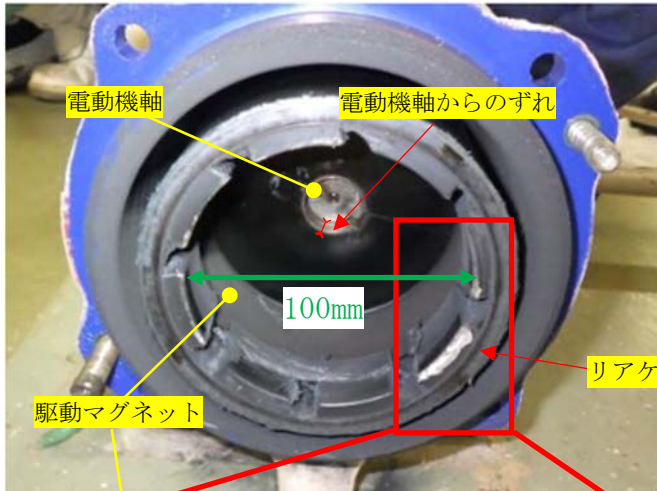
電動機の動力を駆動マグネットに伝達するための四角棒状となっており、電動機軸と駆動マグネットの間に取り付け、止めねじで締め付けすることで、回転方向にずれないように固定する部品

⑩止めねじ

ねじ先端を相手部材（キー）に押し当てることで、部品同士を固定、および駆動マグネットを軸方向にずれないように固定する部品

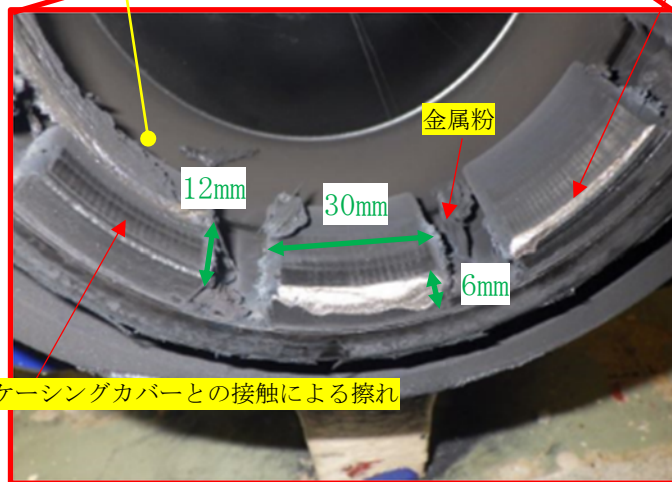
現地調査結果

a. 駆動マグネット



先端部分にリアケーシング押えと接触したことにより発生したと考えられる傷を確認した。

また、電動機軸から軸方向(ポンプ側)にずれていることを確認した。



リアケーシング押さえとの接触による傷

リアケーシング押えと接触した状態で運転されたことで、金属粉が発生し、この金属粉が駆動マグネットの内側に付着してリアケーシングカバーとの隙間が徐々に狭くなったことで、駆動マグネットとリアケーシングカバーが接触し擦れてきたと考えられる傷が確認された。

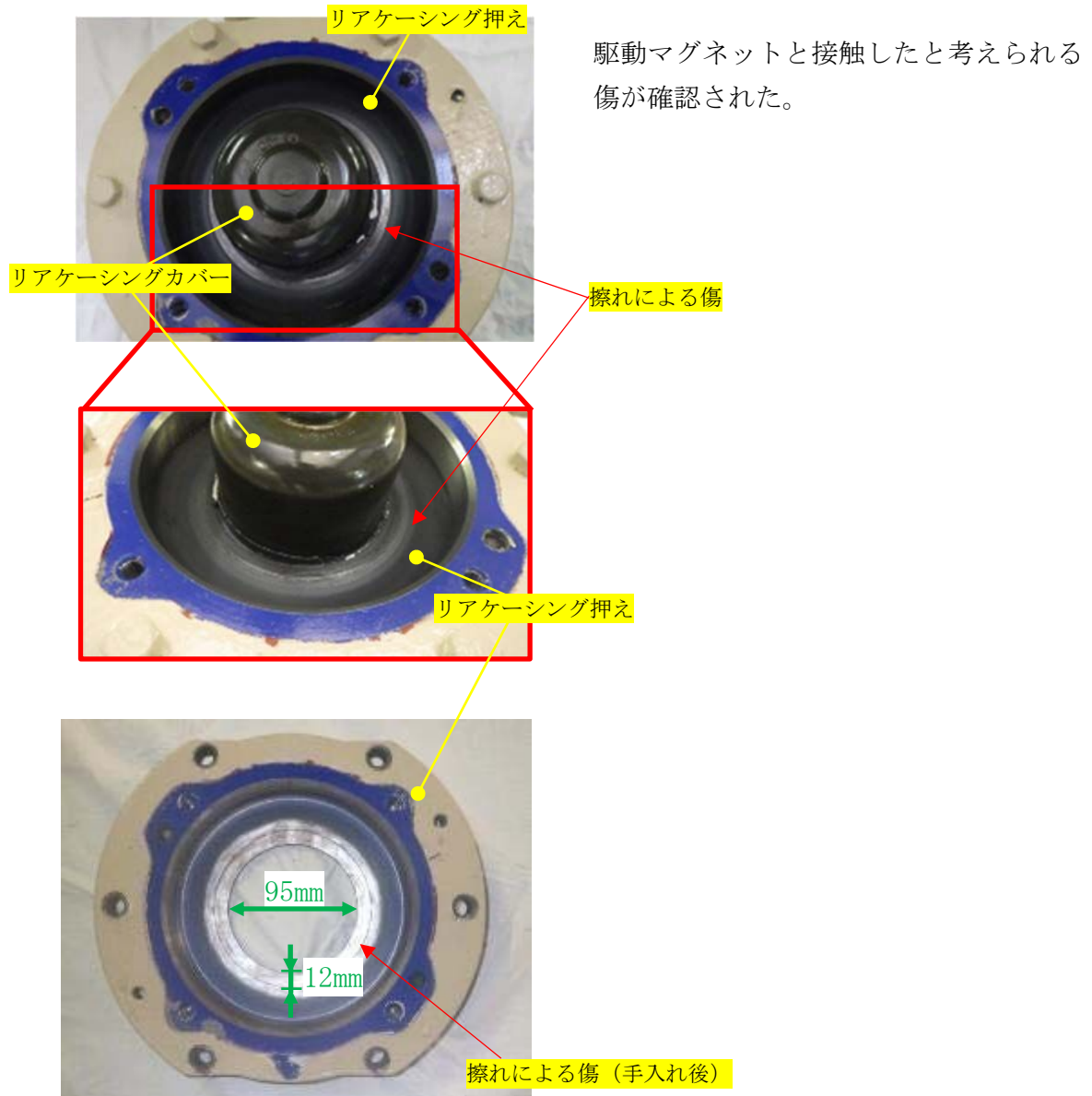
リアケーシングカバーとの接触による擦れ



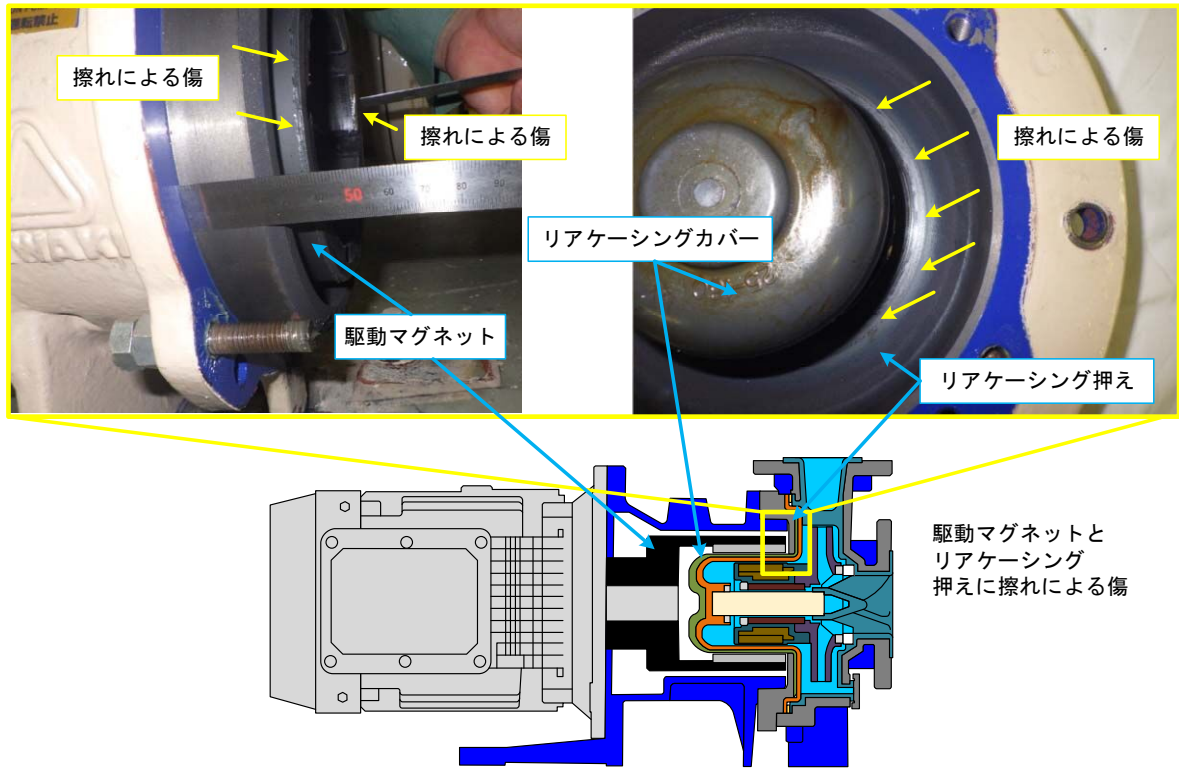
電動機軸に駆動マグネットを固定している止めねじに緩みがあり、電動機軸から軸方向(ポンプ側)にずれていることを確認した。

駆動マグネットを手で引っ張って容易に電動機軸から抜ける状態ではないことを確認した。

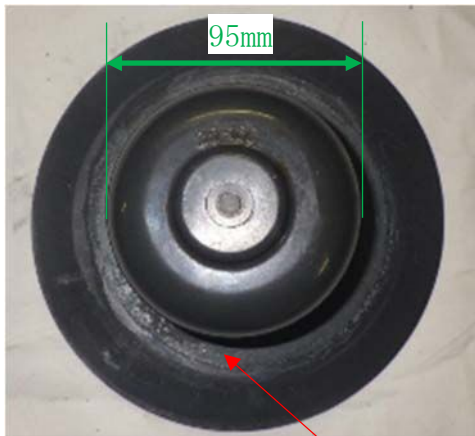
b. リアケーシング押え



【分解した時の状況】



c. リアケーシングカバー



熱影響による損傷と接着痕

駆動マグネットとリアケーシング押えが接触した状態で運転したことにより発生した熱影響によるものと考えられる損傷と駆動マグネットに付着した金属粉により、駆動マグネットとの隙間が徐々に狭くなり接触したと考えられる擦れによる傷が確認された。
また、リアケーシング押えが熱により接着したと考えられる接着痕が確認された。

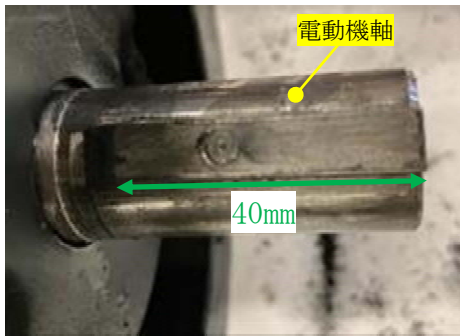


擦れによる傷

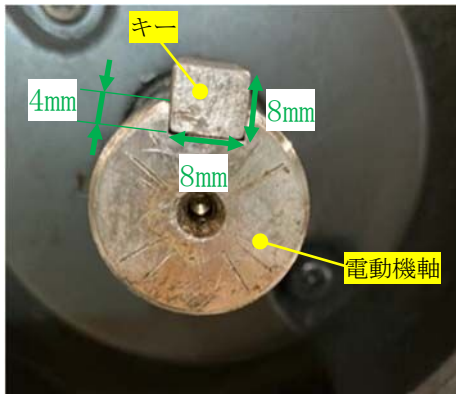


リアケーシング押え

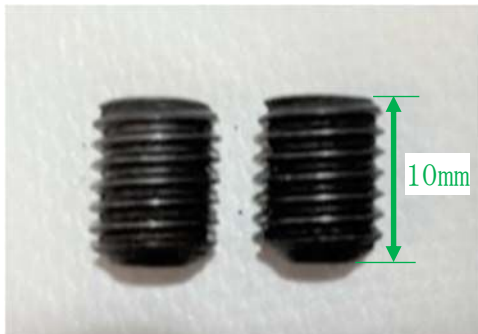
d. キー (材質: 鉄)



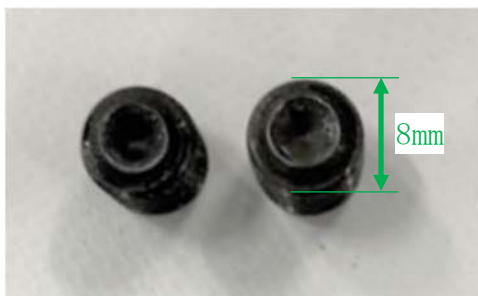
損傷等は確認されなかった。



e. 止めねじ (材質: 鉄)

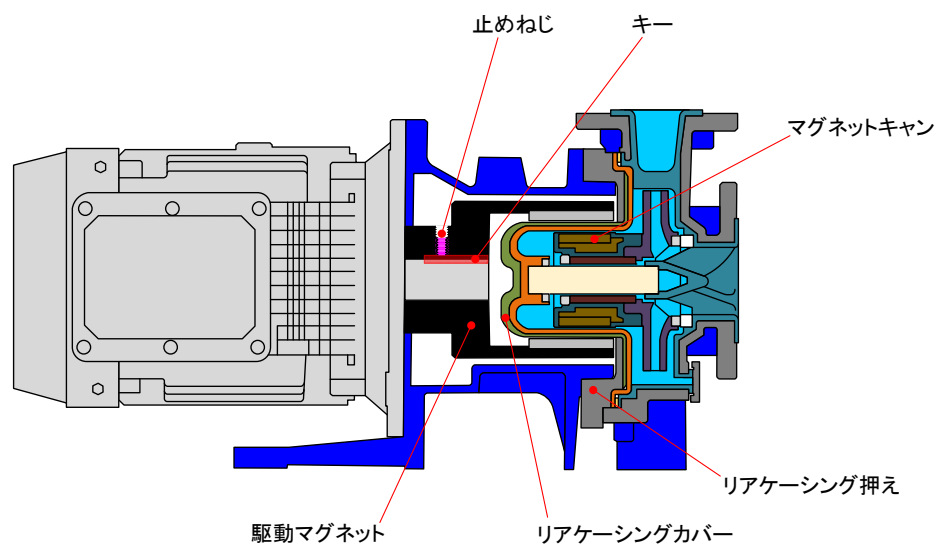


損傷等は確認されなかった。

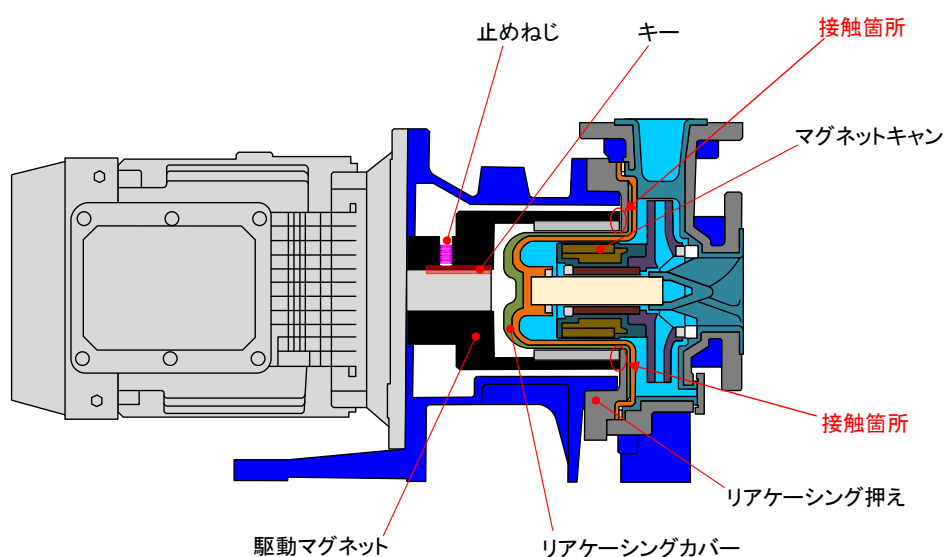


電解液ポンプAが自動停止したメカニズム（推定）

1. 組み立て時の状況



2. 接触時の状況



電解液ポンプAが自動停止したメカニズム（推定）は以下のとおり。

- ① 止めねじの締め付けが不足した
- ② ポンプ運転中の振動やポンプの起動停止の影響で止めねじが緩んだ
- ③ 駆動マグネットが磁力によりポンプ側にあるリアケーシング押えに引きつけられ、駆動マグネットがリアケーシング押えと接触した
- ④ ③の状態でもポンプが運転されたことで、電動機に負荷が掛かり、電流が増え、電動機の保護装置（サーマルリレー）が動作し、自動停止した