

伊方発電所第1，2号機
純水装置における塩酸移送ポンプの不具合について

平成28年 2月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第1, 2号機 純水装置 塩酸移送ポンプの不具合について

2. 事象発生の日時

平成27年10月20日 11時55分頃(確認)

3. 事象発生の設備

1, 2号機 純水装置 塩酸移送ポンプ

4. 事象発生時の運転状況

1号機 第28回定期検査中

2号機 第23回定期検査中

5. 事象発生の状況

伊方発電所1, 2号機は定期検査中のところ、平成27年10月20日10時15分、1, 2号機純水装置 2床3塔式脱塩塔*1の再生中に1, 2号機純水装置の異常を示す信号が発信し、同装置の塩酸移送ポンプ*2が停止した。

保修員により当該ポンプを確認したところ、同日11時55分頃に手動によっても回転できない状態であることを確認した。

調査の結果、当該ポンプは主軸と軸受の固着によって、モーターが過負荷となり停止したことを確認した。

また、塩酸受入タンク出口弁(以下、当該ポンプ入口弁)は「開」であるべきところが、「閉」となっていることも確認した。

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

*1: 2床3塔式脱塩塔

ろ過水をイオン交換樹脂に通して水に含まれる不純物を除去する装置

*2: 塩酸移送ポンプ

イオン交換樹脂の再生や廃液の中和をするための塩酸を通薬するポンプ

(添付資料-1)

6. 事象の時系列

平成27年10月20日

10時10分

2床3塔式脱塩塔の再生開始

10時11分

塩酸移送ポンプ自動起動

10時15分

「純水装置C/C異常」を示す信号が発生
(C/C: コントロールセンタ)

10時30分

2床3塔式脱塩塔の再生工程中断(手動)

保修員により、系統の状態を確認

純水装置C/Cのうち、塩酸移送ポンプの過負荷表示
灯点灯確認

・塩酸受入タンク出口弁(当該ポンプ入口弁)が「閉」

	であることを確認
11時15分頃	C/C過負荷表示リセット（手動リセット）
11時40分頃	塩酸移送ポンプ「寸動」、起動せず。
11時55分頃	塩酸移送ポンプが手動によっても回転できない状態であることを確認した。
10月21日～23日	塩酸移送ポンプ分解点検実施
平成28年1月6日～7日	塩酸移送ポンプの取替実施
1月8日	塩酸移送ポンプの試運転実施
1月26日	本事象発生時と同様の系統状態において確認運転実施（当該ポンプ入口弁は「開」）

7. 調査結果

当該ポンプが自動停止した原因および当該ポンプ入口弁の運用状況について、以下の調査を行い、要因の検討を実施した。

(1) 当該ポンプ本体の調査

a. 外観点検

当該ポンプの外観点検を行ったところ、特に異常は認められなかった。

b. 分解点検

当該ポンプの分解点検の結果、ベアリング（軸受）は減肉しており、インペラー（羽根車）と樹脂製のリアケーシング（後方ポンプカバー）は固着していた。

インペラーとリアケーシングを剥がすと、インペラー表面は熔融剥離した箇所があり、リアケーシングは摩耗していた。

（添付資料－2）

c. 保守状況

当該ポンプの保守状況を調査した結果、平成20年9月に取替をしており、定期点検は、ポンプ側を18年に1回、モーター側を6年に1回の頻度で実施するように管理している。

平成26年3月にモーター側の点検を実施しており、結果は良好であった。

(2) 当該ポンプ入口弁の運用状況の調査

1, 2号機純水装置において当該ポンプ入口弁は、常時「開」の運用であるところを、1, 2号機純水装置へ給電する設備の点検（停電作業）対策のため、隔離操作として10月17日に「閉」とし、復旧操作として10月19日の停電作業の終了に合わせて「開」に戻す計画としていた。

(3) 停電対策作業に関する調査

a. 作業管理に関する状況

- ・ 1, 2号機純水装置の運転管理は、当社関係会社に委託している。

当社関係会社では、化学部門、運転部門、放射線管理部門などがあり、1, 2号機純水装置の運転管理の他にも類似の設備（3号機純水装置等）の運転管理、当社社員の行うプラントの隔離・復旧業務の助成および放射線管

理業務等を実施しており、1, 2号機純水装置の運転管理は、化学部門が実施している。

- ・停電作業は予め計画的に実施されたもので、1, 2号機 純水装置における停電対策の担当者Aは、従来から使用していた要領書を基に停電対策要領書と隔離操作票を作成し、運転に関する責任者（以下、委託運転長）に承認を得ていた。
- ・停電対策要領書および隔離操作票には、1, 2号機純水装置の停電作業をする前に当該ポンプ入口弁を含む複数の弁の「閉」操作および機器の操作スイッチの「切」操作等、必要な手順の他に、注意事項として隔離操作票に基づき1指令1操作ごとにチェックしながら操作する旨の記載がされていた。なお、従来から使用している要領書を基に作成したものであり、注意事項に対する認識は薄かった。

b. 実作業に関する状況

10月17日

- ・担当者Bは、委託運転長から本隔離操作票の実施許可を得たのち、要領書および隔離操作票により、予め決められた順番通り、機器の操作スイッチを「切」としてから、当該ポンプ入口弁を含む複数の弁の「閉」操作を実施した。

操作の際は、隔離操作票と対象弁があつていることを確認してから、「閉」操作を実施し、隔離中であることが分かるように隔離タグを取り付けてから、隔離操作票に操作済みのチェックを入れた。

- ・すべての隔離操作終了後、委託運転長は、チェック済みの隔離操作票を確認し、隔離完了の承認をした。

(添付資料-3)

10月19日

- ・担当者Aは、委託運転長から本復旧操作の実施許可を得たのち、要領書および隔離操作票により、あらかじめ決められた順番通り、当該ポンプ入口弁を含む複数の弁を、「開」操作・隔離タグの回収の順で1つずつ操作した後、機器の操作スイッチを「自動」に戻すという操作に取りかかった。
- ・現地制御盤は、機器の操作スイッチを「自動」に戻すまでの間、軽微な異常を示す信号*1が発信する状態にあつた。
- ・担当者Aは、日常の業務において軽微な異常を示す信号であっても発信させないように作業を行っており、可能であれば今回も発信させないように意識し、復旧操作を早く終わらせるように考えた。
- ・担当者Aは、復旧対象の一部である当該ポンプ入口弁とその近傍の弁を操作する前に隔離操作票に操作済みのチェックを入れてしまった。一方の弁は「開」として隔離タグを回収し、もう一方の当該ポンプ入口弁は「開」とすることを失念し隔離タグを回収せずに、次の復旧操作に取りかかった。

その他の弁の「開」操作および機器の操作スイッチを「自動」とする際は、1指令1操作ごとに隔離操作票と対象弁および対象スイッチがあつていることを確認してから、「開」操作および「自動」操作を実施し、隔離タ

グを回収してから、隔離操作票に操作済みのチェックを入れた。

- ・担当者Aは、すべての操作終了後、隔離操作票にすべてチェックされていることを確認した。なお、回収した隔離タグの再確認を行うようにはなっていなかった。
- ・すべての復旧操作終了後、委託運転長は、チェック済みの隔離操作票を確認し、復旧完了の承認をした。

＊1：軽微な異常を示す信号

通常、「自動」であるべき機器の操作スイッチを「切」としていた場合に、注意を促す信号が発信する。

停電対策として該当の機器を「切」としており、通電してから復旧操作完了までは、当該信号の発信する状態となっていたが、あらかじめ想定されていたものであり、また、現地にのみ発信するものであった。

c. 知識及び経験に関する状況

- ・担当者Aは、同様の隔離・復旧操作を過去にも数回経験していた。
- ・担当者Aを含め、当該関係会社の社員は、1指令1操作ごとに実施すること、および、隔離・復旧の際、弁の操作後に隔離操作票にチェックを入れること、操作後に再確認することについて指導を受けていた。
また、当該関係会社を含む伊方発電所の保安業務に従事する者は、伊方発電所内全体の取り組みとして、ヒューマンファクター検討会議により、毎年、ヒューマンファクター事象防止活動計画を立てて実践することで意識を高めている。
しかしながら、担当者Aは、1指令1操作ごとに実施すること、および、操作の都度、隔離操作票に記入すること、操作後に再確認することについて、重要性を認識していなかった。

(4) 隔離・復旧時のルールに関する調査

- ・系統の隔離および復旧時の操作は、「伊方発電所 運転総括内規 細則－7 隔離作業等実施細則」に「1指令1操作の基本を守り、操作の都度、隔離操作票等に必要事項を記入して、操作に間違いのないことを確認しながら作業を進める」こと、「操作終了後は、隔離・復旧状態を再確認し操作に間違いのないことを確認する」こと、および「伊方発電所 系統の隔離・復旧作業マニュアル」に「隔離復旧時は必ず隔離操作票、手順書、系統図を持参し、確認をしながら操作を実施する」ことを定めている。
- ・委託先の当社関係会社は、本文書を順守することになっているが、本文書は、プラントの運転時、定検時における系統や機器の隔離・復旧操作について明確にすることを目的に作成されたものであり、多岐に亘って細かく記載されているため、当社関係会社の順守すべき注意事項を読み取りにくかった。

(5) 関係者の認識に関する調査

(a) 当社社員の認識について

- ・プラントの隔離・復旧操作を行う発電課および系統管理課に聞き取り調査を行った結果、隔離・復旧時のルールとその重要性を認識していた。

- ・発電課および系統管理課は、主要業務として隔離・復旧の業務に従事しており、日々の業務の中で反復することで、隔離・復旧業務のルールとその重要性を認識できていることが分かった。

(b) 当社関係会社の認識について

設備の運転に係る隔離・復旧を行うのは、本事象の関係会社のみである。

以下、本事象の関係会社に対して確認を行った。

- ・当社関係会社の化学部門および類似の業務を行う運転部門の作業員に対して聞き取り調査を行った結果、隔離・復旧時のルールに基づき作業に従事していたが、一部の担当者は隔離・復旧時のルールとその重要性の認識は不十分であった。
- ・当社関係会社の化学部門では、主要業務として化学管理業務に従事しており、日々の業務の中での反復により化学管理業務における注意事項などは十分に浸透していたが、隔離・復旧の業務は付帯業務であることから、日々の業務の中で反復することも少なく、一部担当者の意識には十分浸透していなかったものと思われる。

8. 推定原因

担当者Aは、1, 2号機純水装置における停電対策の復旧のため、停電対策要領書と隔離操作票をもとに、弁操作を行っていたが、復旧操作完了までは、軽微な異常を示す信号が発信する状態にあり、担当者は日常の業務において軽微な異常を示す信号であっても発信させないように作業を行っており、可能であれば不必要な発信を防ぐために急いで終わらせよう意識していたことおよび、1指令1操作に対する認識が不足していたことから、復旧対象の近接した2つの弁の「開」操作に対して、操作をする前に隔離操作票に操作済みのチェックを入れた。この際、2つの弁にまとめてチェックを入れた。さらに、一方の弁は「開」としたが、もう一方の当該ポンプ入口弁は「閉」とすることを失念したため、弁を「閉」としたまま次の復旧操作に取りかかった。

すべての復旧作業終了後、隔離操作票にすべてチェックされていることを確認したが、回収した隔離タグの再確認を行うにはなっていないため、当該ポンプ入口弁は「閉」のままとなった。

翌日、1, 2号純水装置 2床3塔式脱塩塔は自動運転による再生が行われ、当該ポンプは自動起動した。

しかし、当該ポンプ入口弁が閉まっていたため、液体のない空運転の状態となり、ベアリングと主軸とが接触し、ベアリングの異常摩耗によりインペラーが偏心回転となり、同部品が樹脂製のリアケーシングと接触したことによる摩擦熱により固着したことで、モーターの過負荷となり、自動停止に至ったものと推定される。

(添付資料-4)

9. 対策

- (1) 隔離・復旧操作後は、操作者以外の者が隔離操作票の記載内容と隔離タグの照合を行う。

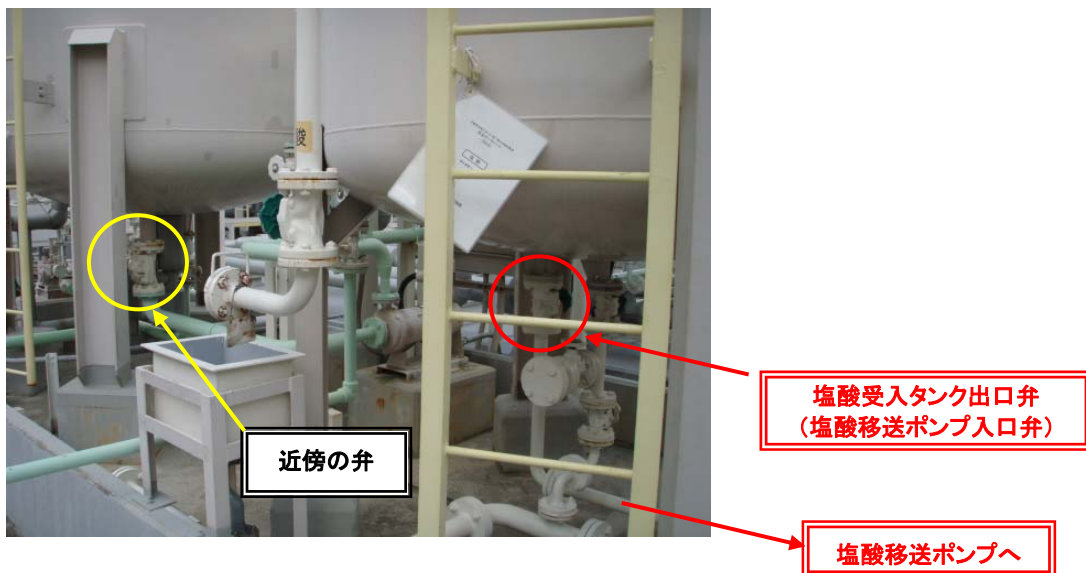
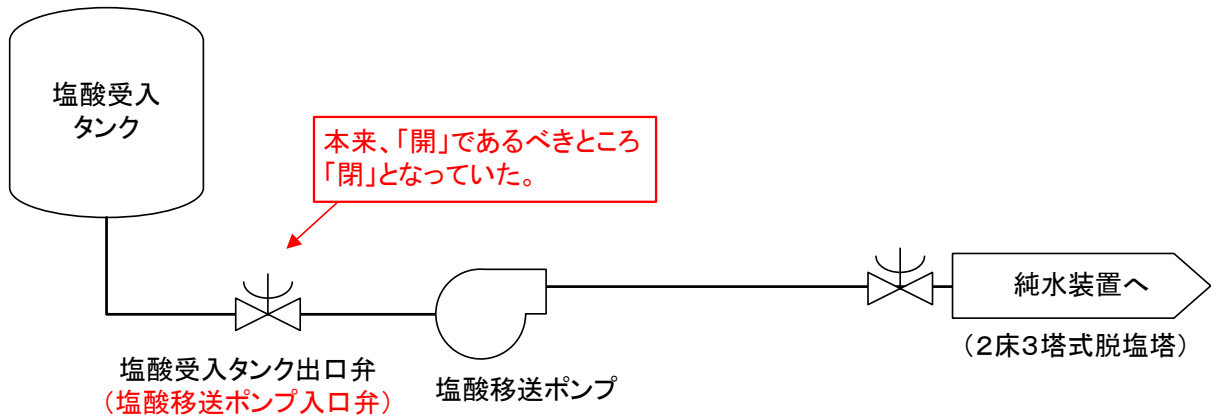
- (2) 本作業および類似作業を行う関係者に対して行う関係会社による年1回の安全教育に、以下の隔離・復旧に関する基本動作を追加し、隔離・復旧操作の重要性について、繰り返し教育を行う。
- また、当社管理職の現場パトロールにより、理解度の確認を行う。
- a. 操作は、1指令1操作ごとに実施する。
 - b. 操作の都度、隔離操作票へ記入する。
 - c. 操作終了後は、隔離・復旧状態を再確認する。
 - d. 隔離・復旧の操作時は必ず隔離操作票、手順書、系統図を持参し、隔離・復旧の操作後は、系統図により再確認をする。
 - e. 復旧操作後は、操作者以外の者が隔離操作票の記載内容と回収した隔離タグの照合を行った後、委託運転長が隔離操作票を確認し、復旧完了の承認をする。
- (3) 上記(1)、(2)の事項を含め、当社社内規定に記載されている事項より、当社関係会社へ委託している設備に必要な注意事項を抜き出して、当社関係会社の新規マニュアルとして制定した。
- (4) 本事象については、当社および関係会社に対して、事象発生時および対策検討後に関係会社を含む全従業員に対して所内周知を行い、類似事象の考えられる当社関係会社の作業を洗い出し、注意喚起を行った。
- (5) 作業を急ぐ原因となった軽微な信号の発信について、予め想定されたものであることを停電対策要領書に明記する。
- また、その他、定期的実施される作業において、本事象と同様に軽微な信号を発信する作業は無いことを確認した。
- (6) 当該ポンプは取替をして問題無く運転できることを確認した。

以 上

添 付 資 料

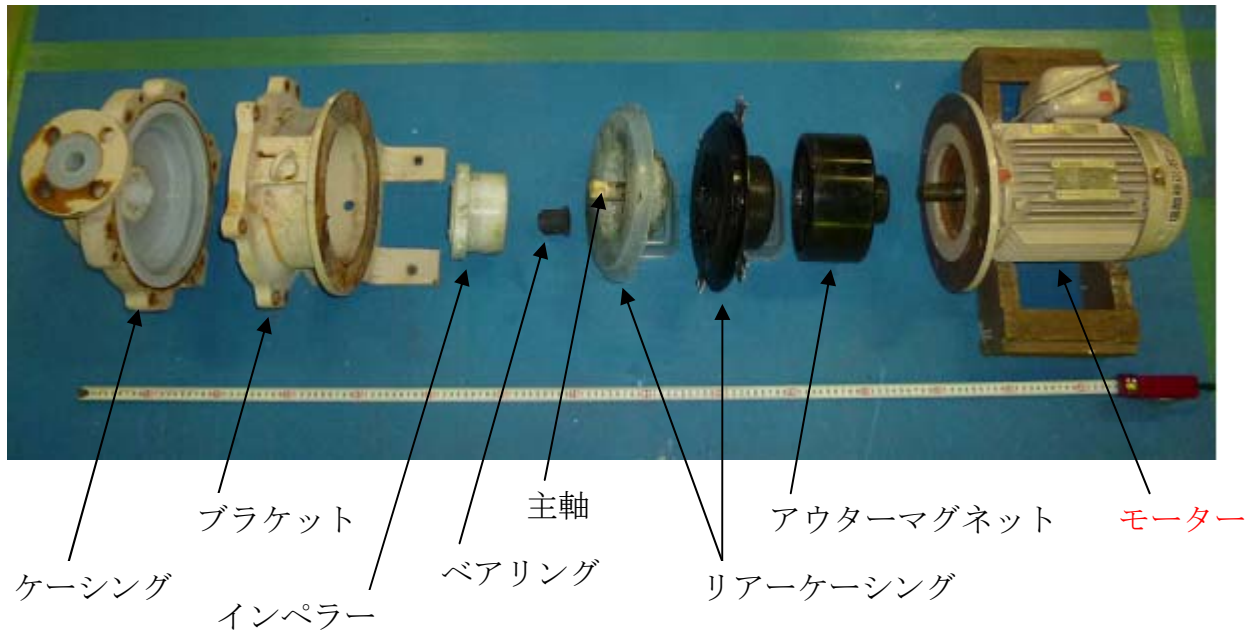
- 添付資料－ 1 1， 2号機 純水装置塩酸移送ポンプまわり概略図
- 添付資料－ 2 塩酸移送ポンプ分解点検結果
- 添付資料－ 3 隔離タグの外観および取り付け例
- 添付資料－ 4 本事象発生時および通常時の作業フローについて

1, 2号機 純水装置塩酸移送ポンプまわり概略図



塩酸移送ポンプ分解点検結果

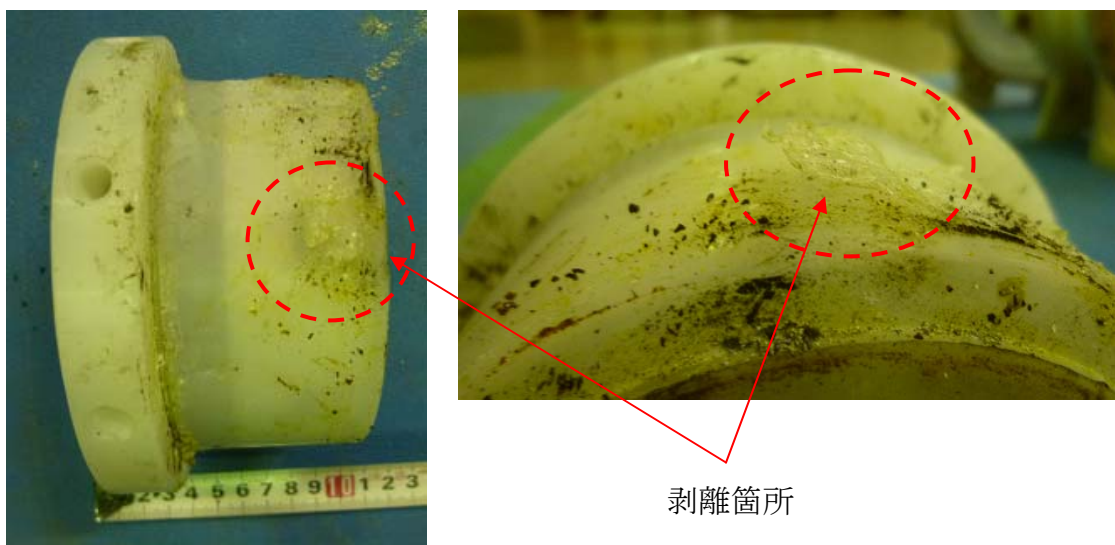
1. ポンプ分解状況



2. 各部点検結果

(1) インペラー

インペラー表面(材質：P F A*1)に熔融剥離した箇所が認められた。



*1：テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル

(2) ベアリング

主軸との接触面に肌荒れがあり、最大約 5 mm の減肉が確認された。(通常肉厚は 8 mm 程度)



肌荒れ箇所



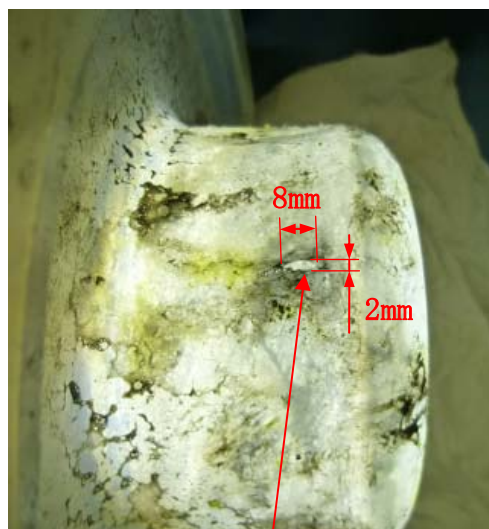
減肉箇所

(3) リアーケーシング

内面(インペラー)に接触、摩耗した痕が確認された。また、摩耗が著しい箇所においては、貫通孔(1箇所)[8 mm×2 mm]が確認された。



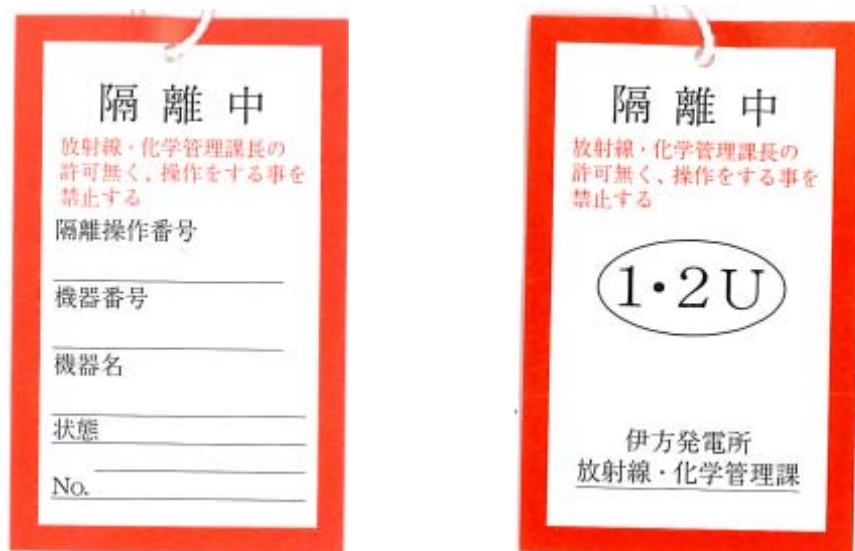
摩耗箇所



貫通孔

隔離タグの外観および取り付け例

1. 外観



(表)

(裏)

2. 取り付け例



本事象発生時および通常時の作業フローについて

