

伊方発電所第3号機
原子炉トリップ遮断器の開放動作時間遅延について

平成23年6月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機 原子炉トリップ遮断器の開放動作時間遅延について

2. 事象発生の日時

平成23年 2月14日 16時58分

3. 事象発生の設備

伊方発電所第3号機 原子炉トリップ遮断器RTB-2

4. 事象発生時の運転状況

3号機 通常運転中（電気出力914MW）

5. 事象発生の状況

通常運転中の伊方発電所第3号機において、原子炉トリップ遮断器^{*1}RTB-2の開放動作に遅延傾向が見られたことから、当該遮断器の開放動作時間を測定するとともに、当該遮断器を予備品に取り替えることとした。この作業を行うにあたり、保安規定において必要とされる原子炉保護系論理回路（4系統）のうち1系統を動作不能としたことから、2月14日16時58分、一時的に保安規定に定める運転上の制限^{*2}から逸脱した。

その後、当該遮断器を予備品に取り替えて、開放動作時間に問題のないことを確認し、同日18時15分、保安規定に定める運転上の制限の逸脱から復帰した。

また、2月15日に実施した原子炉トリップ回路ロジック試験^{*3}において、当該遮断器が正常に動作することを確認し、同日11時15分、通常状態に復帰した。

なお、保安規定に定める運転上の制限を逸脱した間、原子炉保護系論理回路の残りの3系統が正常であったことから、原子炉を停止させる機能に問題はなかった。

また、本事象によるプラント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 原子炉トリップ遮断器

原子炉トリップ遮断器は4系統構成であり、各系統にそれぞれ2台ずつの計8台の遮断器が相互接続されている。原子炉トリップ信号が発信した場合には、4系統のうち2系統以上の動作により、制御棒駆動装置への電源が遮断されて制御棒を自重で落下させるロジックを形成している。

* 2 保安規定に定める運転上の制限

伊方発電所原子炉施設保安規定において、原子炉保護系論理回路に関する運転上の制限は「原子炉保護系論理回路が4系統動作可能であること」と定められている。原子炉トリップ遮断器1台を取替のため、原子炉保護系論理回路（4系統）のうち、1系統を動作不能としたことから、一時的に保安規定に定める運転上の制限を逸脱した。

* 3 原子炉トリップ回路ロジック試験

原子炉停止信号により、原子炉トリップ遮断器が開放することを確認する試験であり、1回/月の頻度で実施している。なお、2系統を交互に試験するため、遮断器単独では1回/2月の頻度となる。

6. 事象の時系列

平成22年10月19日、12月21日

原子炉トリップ回路ロジック試験を実施し結果良好。ただし、試験に合わせて計算機により測定した原子炉トリップ遮断器RTB-2開放動作時間に遅延傾向を確認（なお、計算機により測定している開放動作時間には原子炉トリップ遮断器の単体の開放動作時間に加え、計算機までの信号伝送時間等を含むことから参考扱いとしていた。）原子炉保護系論理回路を構成する原子炉トリップ遮断器8台のうち1台の遮断器において開放動作時間に遅延傾向が見られたが、他の7台の遮断器の動作状態は安定していることから、系として制御棒挿入機能に影響を与えるものではなかった。

平成23年2月14日

- 16時58分 原子炉トリップ遮断器RTB-2を取り替えるため、原子炉保護系論理回路（A～Dトレンの4系統）のうち1系統（Bトレン）を動作不能としたことから、保安規定に定める運転上の制限を逸脱
- 17時 4分 原子炉トリップ遮断器RTB-2を開放。開放にあわせて原子炉トリップ遮断器盤に組み込んだ状態での遮断器単体（以下、「遮断器単体」という）の開放動作時間を測定
- 17時17分 予備遮断器への取替作業終了
- 18時10分 取替後の遮断器単体の開放動作時間確認
- 18時15分 原子炉保護系論理回路（4系統）のうち1系統（Bトレン）を動作可能にもどしたことから、保安規定に定める運転上の制限逸脱から復帰

平成23年2月15日

11時15分 原子炉トリップ回路ロジック試験において、原子炉トリップ遮断器RTB-2が正常に動作することを確認し、通常状態に復帰

7. 調査結果

(1) 現地点検結果

a. 開放時間確認

原子炉トリップ遮断器RTB-2を取り替え前に測定した遮断器単体の開放動作時間は、通常約70～90msであるところ、約530msであった。また、取り替え後の原子炉トリップ遮断器単体の開放動作時間は約80msであり、遮断器を取り替えることにより正常な状態になった。

b. 外観点検

取り出した原子炉トリップ遮断器の外観点検を実施した結果、異常は認められなかった。

c. 開閉試験

原子炉トリップ遮断器盤から取り外した状態で遮断器単品(以下、「遮断器単品」という。)の開閉試験を実施したところ、遮断器開閉機構の一部を構成するトリップラッチの動作が緩慢であり、開放動作時間の遅延に影響を与えていることが確認された。

(2) メーカー工場調査結果

原子炉トリップ遮断器RTB-2をメーカー工場に送り、詳細調査を実施した。

a. 外観点検

組立て状態での外観目視点検、各部位の隙間寸法測定および遮断器開閉機構部分解後の各部品の寸法測定を実施した結果、異常は認められなかった。

b. 不足電圧引外し装置*4特性試験

不足電圧引外し装置の動作特性を確認するため、引外し動作電圧等の単体特性を試験した結果、異常は認められなかった。

*4 不足電圧引外し装置

原子炉トリップ信号により不足電圧引外し装置を動作させて、原子炉トリップ遮断器を開放させる構成になっており、原子炉トリップ遮断器に取り付けられている。

c. 遮断器単品の開放動作時間測定

遮断器を投入した状態での保持時間を変化させて遮断器単品の開放動作時間を測定した結果、投入状態保持時間を長くするに従い開放動作時間が増加することを確認した。また、この時間増加は、遮断器開閉機構部の一部を構成するトリップラッチが始動してから主接点開放までの時間により生じていることが判明した。

投入状態 保持時間	遮断器単品の 開放動作時間 (①+②) 開指令から主接点 開放までの時間 (ms)	開放時間の内訳	
		① 開指令からトリッ プラッチが始動す るまでの時間 (ms)	② トリップラッチが 始動してから主接 点開放までの時間 (ms)
4 時間保持後	95.0	73.0	22.0
2 4 時間保持後	100.5	68.5	32.0
4 8 時間保持後	112.0	70.0	42.0

遮断器単品における開放動作時間基準値：125ms

d. 分解による部品状態（注油状態等）確認

遮断器開閉機構部を分解し操作力等を確認した結果、トリップラッチ回転軸と主ローラの回転動作が健全遮断器に比べて重くなっていることが触手により確認された。また、トリップラッチ回転軸については健全遮断器の操作力0.04Nに対し0.57Nとかなり高い値になっており、トリップラッチ回転軸の摺動抵抗が増大していることが確認された。

また、トリップラッチ回転軸のグリースに変色が見られ、粘度が高い状態であることが確認された。また、塗布グリースについて赤外分光光度計により酸化劣化度を測定した結果、トリップラッチ回転軸のグリースは著しい酸化劣化状態であった。また、主ローラのグリースについては、若干酸化劣化が進行した状態であった。

また、グリースの油種については、分析の結果、設計段階で指定されているリチウム系グリースが使用されており、適切なグリースが選定されていることを確認した。

なお、その他の部位については、スムーズな動作状態であり、摩耗・変形・異物付着等の異常は認められなかった。

(添付資料－ 3、 4)

(3) 保守状況等の調査結果

a. 当該原子炉トリップ遮断器の点検状況

原子炉トリップ遮断器は定検毎に、開閉機構部の外観点検、開閉機構部の注油、開閉試験等を実施しており、第12回定検（平成22年1月～3月）においても開閉機構部の外観点検、開閉機構部の注油、開閉試験等を実施するとともに、トリップピン軸受部のグリースの劣化が懸念されたことから、トリップピンを分解して軸受部のグリースを交換し、異常は認められなかった。

また、毎定検実施している開閉機構部の注油方法を確認した結果、開閉機構部摺動部のグリースにスポイトにより潤滑油を滴下させる要領であり、狭隘部であるトリップラッチ回転軸および主ローラにおいては注油が浸透せずグリースへの油分の補充が出来なかった可能性があることが分かった。

また、原子炉トリップ遮断器の開閉回数が2,500回に達すると、開閉機構部の分解点検を実施して各部位のグリースを交換することとしていたが、当該遮断器の第12回定検までの開閉回数は約1,800回であったことから、トリップラッチ回転軸および主ローラの分解点検およびグリースの交換の実績はなかった。

b. 他の原子炉トリップ遮断器の点検状況

トリップピン軸受部のグリースの劣化が懸念され、2台の予備遮断器を保有していたことから、他の7台の原子炉トリップ遮断器のうち2台については第12回定検において予備遮断器に取り替えた。

残り5台については、当該遮断器と同じ点検を実施し、異常は認められなかった。なお、原子炉トリップ遮断器の開閉回数が規定回数に達していなかったことから、トリップラッチ回転軸および主ローラの分解点検およびグリースの交換は実施しなかった。

c. 1, 2号機の原子炉トリップ遮断器の点検状況

1, 2号機原子炉トリップ遮断器は3号機原子炉トリップ遮断器とは構造が異なることから、2定検に1回の頻度で開閉機構部の分解点検を実施して全グリースの交換を実施していることを確認した。

8. 推定原因

原子炉トリップ遮断器開閉機構部のトリップラッチ回転軸および主ローラにおいて、定検時に実施している注油がグリースへ浸透しなかったため、塗布していたグリースの酸化劣化の進行等により、グリースの粘度が増大した結果、トリップラッチ回転軸および主ローラの摺動抵抗が増加して回転動作が緩慢となり、開放動作時間が遅延したものと思われる。

9. 対策

- (1) 原子炉トリップ遮断器 8 台のうち、これまで遮断器取替を行っていない 5 台について、第 1 3 回定検において開閉機構部の分解点検およびグリースの交換を実施する。
- (2) 今後、遮断器開閉回数が規定回数に達しない場合でも、1 0 定検ごとに開閉機構部の分解点検およびグリースの交換を実施する。
- (3) グリースの交換に当たっては、遮断器開閉機構部摺動部に使用しているグリースをリチウム系グリースから酸化劣化が生じにくいフッ素系グリースに変更する。
なお、既に取り替えている原子炉トリップ遮断器についてはフッ素系グリースに交換済みである。
- (4) 毎定検実施している開閉機構部摺動部への注油にあたっては、油分がグリースに浸透しやすいよう、スポイトにより油を滴下する要領から、霧状にスプレーする要領に変更する。
- (5) 上記対策により、グリースの劣化に起因する開放動作時間遅延事象は生じないと考えるが、今後は原子炉トリップ回路ロジック試験に合わせて、遮断器単体の開放動作時間を測定し、開放動作時間の管理値を設定して適切に管理を実施していく。

以 上

添 付 資 料

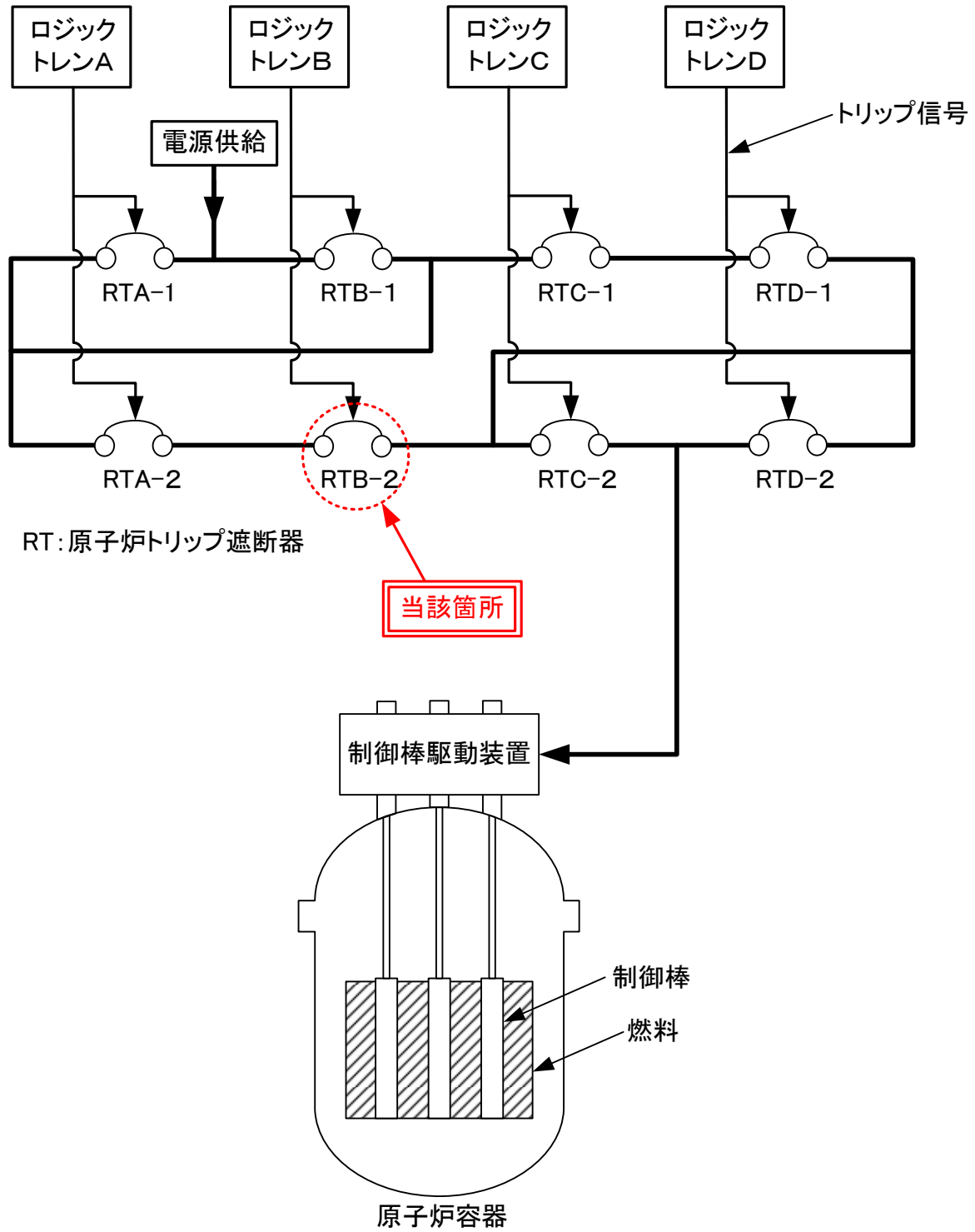
添付資料－ 1 伊方 3 号機 原子炉トリップ遮断器構成概要図

添付資料－ 2 伊方 3 号機 原子炉トリップ遮断器外観

添付資料－ 3 伊方 3 号機 原子炉トリップ遮断器の動作概念図

添付資料－ 4 伊方 3 号機 原子炉トリップ遮断器開閉機構部分解状況

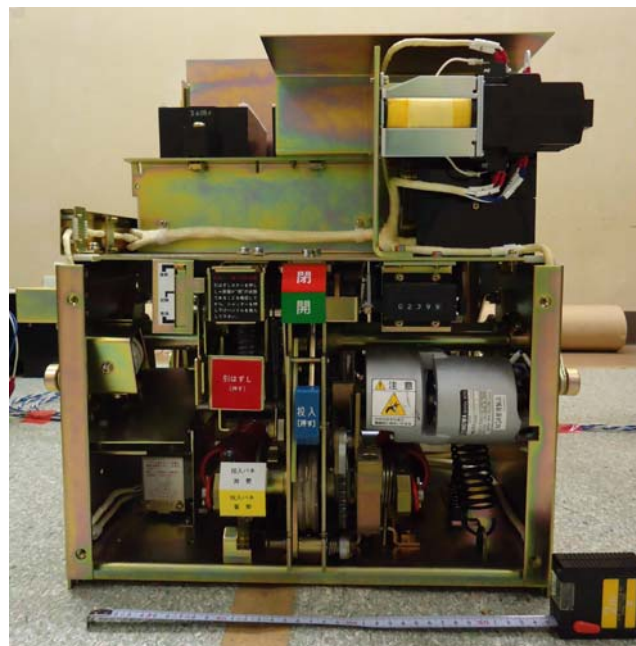
伊方3号機 原子炉トリップ遮断器構成概要図



伊方 3 号機 原子炉トリップ遮断器外観



原子炉トリップ遮断器盤



原子炉トリップ遮断器

伊方3号機 原子炉トリップ遮断器の動作概念図

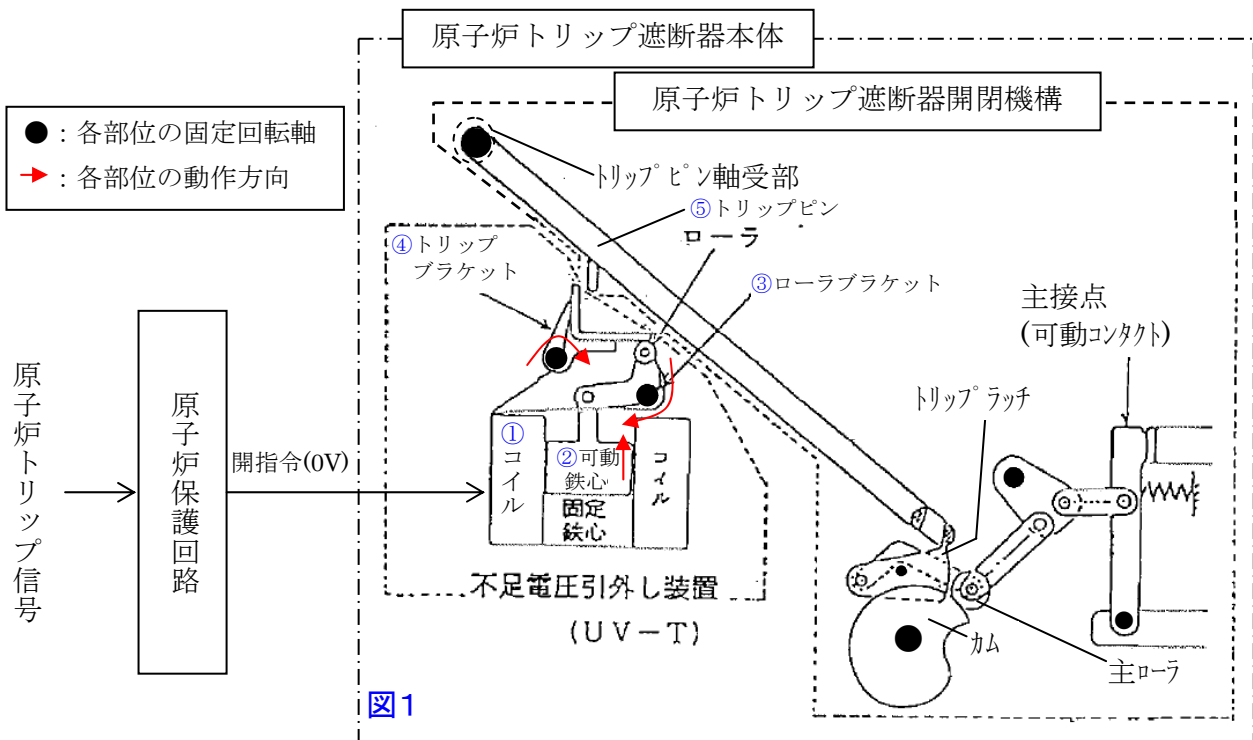


図1

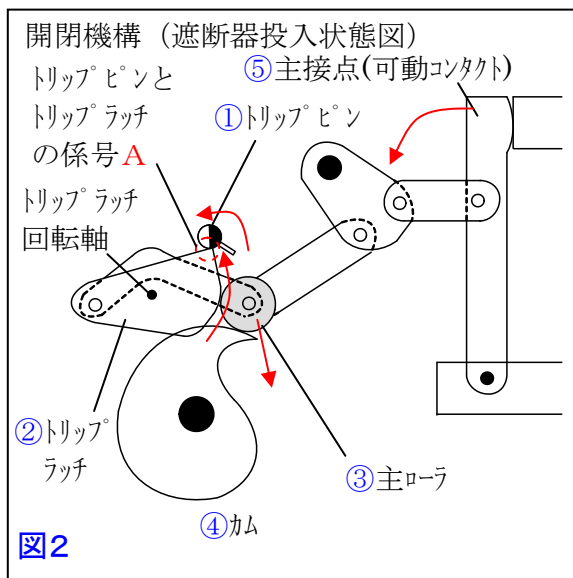


図2

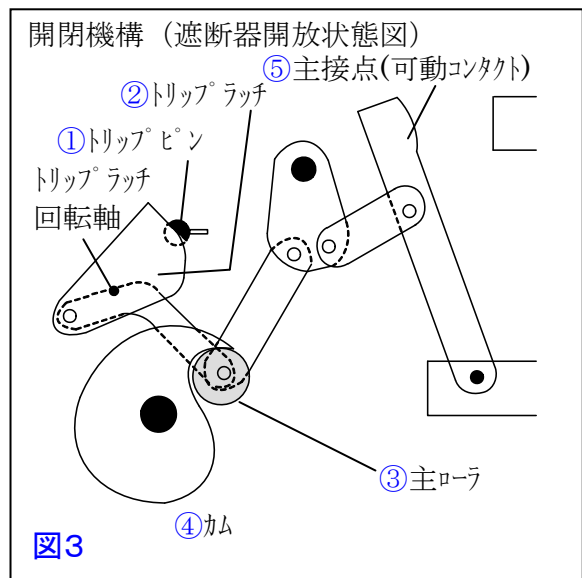
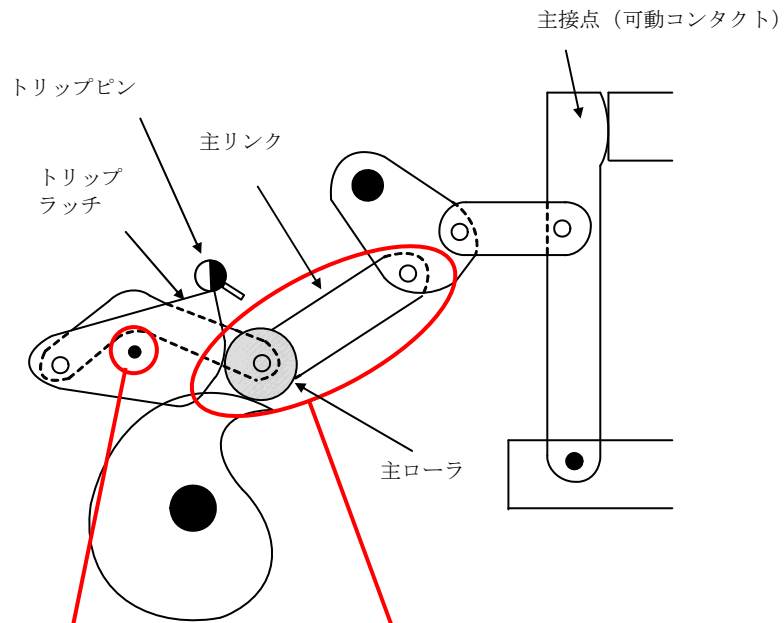


図3

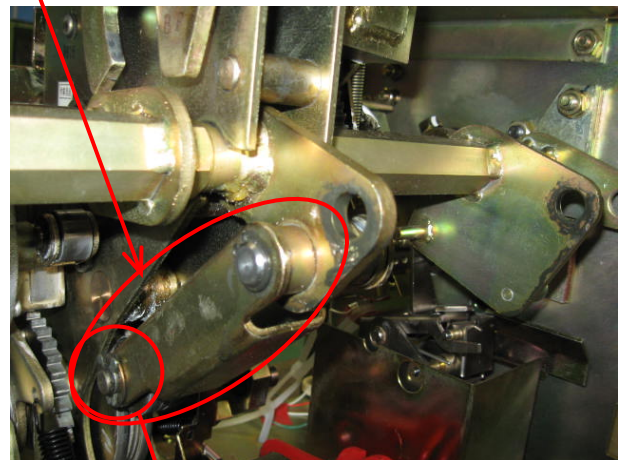
[原子炉トリップ遮断器開放動作説明]

- 原子炉トリップ信号により原子炉保護回路の出力を0Vにし、不足電圧引外し装置のコイル (図1-①) を無励磁にする。
- 不足電圧引外し装置の可動鉄心 (図1-②) が上方へ移動し、ローラブラケット (図1-③) が時計方向に回転後、トリップブラケット (図1-④) が時計方向に回転し、トリップピン (図1-⑤) をたたく。
- トリップピン (図1-⑤、図2-①) が反時計方向に回転し、トリップピン (図2-①) とトリップラッチ (図2-②) との係合 (図2-A) がなくなる。
- トリップラッチ (図2-②、図3-②) が反時計方向に回転する。
- 主ローラ (図3-③) はカム (図3-④) に添って下側へ移動し、可動コンタクト (図3-⑤) 他が左側に移動し、遮断器が開放される。

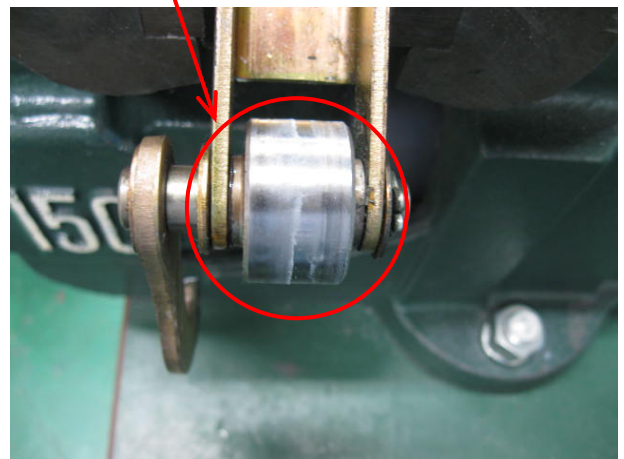
伊方3号機 原子炉トリップ遮断器開閉機構部分解状況



トリップラッチ回転軸



主リンク



主ローラ