

## 敦賀発電所 1 号機の原子炉自動停止の原因と対策について

当社、敦賀発電所 1 号機（沸騰水型軽水炉：定格電気出力 35 万 7 千キロワット）は、定格熱出力一定運転中のところ、平成 16 年 6 月 7 日に実施した「タービンバイパス弁作動試験※<sup>1</sup>」（1 回／週）において、タービン加減弁※<sup>2</sup>およびタービンバイパス弁※<sup>3</sup>が正常に作動しなかったことから、当該弁の作動機構に注油を行った後、翌 8 日、再度、当該作動試験を実施していたところ、同日 11 時 04 分、タービン加減弁の急速閉とともに、「負荷遮断」の警報が発報し、原子炉が自動停止しました。

なお、本事象による周辺環境への放射能の影響はありませんでした。

また、非常用炉心冷却系（ECCS）の作動はありませんでした。

現地調査の結果、原子炉の自動停止が系統外乱により発生したものではないこと、タービン加減弁には異常が見られないこと、速度リレー※<sup>4</sup>と補助パイロット弁※<sup>5</sup>の動きに一部スムーズでないところがあることがわかりました。このため、速度リレー、補助パイロット弁等を工場へ搬出し、詳細調査を行うこととしました。

なお、本停止期間中に原子炉再循環ポンプ（B 号機）メカニカルシールの取り替え及び主蒸気安全弁※<sup>6</sup>（4 B）と主蒸気逃し安全弁※<sup>7</sup>（3 A、3 B）の点検を行うこととしました。

（平成 16 年 6 月 8、11 日発表済）

現地及び工場における調査結果からのタービン加減弁急速閉に至った推定原因とその対策は以下のとおりです。

### 1. 詳細調査等の結果

動作がスムーズでないところが認められた速度リレー等の工場での詳細調査等の結果は、以下のとおりです。

- ・工場での動作試験の結果、負荷制限装置※<sup>8</sup>の設定値約 88% 付近で、速度リレーのピストンに動作がスムーズでないところの確認されました。
- ・速度リレーを分解点検した結果、シリンダ内筒内面で全周にわたり、幅約 12 mm、深さ約 0.4 mm の摩耗溝が 2 本認められました。その他の部品については、動作不良につながるような異物、摩耗等は認められませんでした。また、速度リレーに連結する補助パイロット弁等については、速度リレーの動作不良を発生させるような異常は確認されませんでした。
- ・シリンダ内筒内面の摩耗溝は、負荷制限装置の設定値で約 83% から約 93% に相当するピストン位置でのピストンリング（2 本）と接触する範囲で確認されました。
- ・速度リレーの動作特性について確認した結果、速度リレーは負荷制限装置および主調速機※<sup>9</sup>からの油圧制御を受けてピストン位置を変化させますが、主調速機により制御されている状態においては、主調速機の油圧変動により、速度リレーのピストンも上下方向に揺動することを確認しました。

## 2. 推定原因

タービンの運転に伴い、主調速機の油圧変動による速度リレーピストンの上下動のため、ピストンリングにより、シリンダ内筒内面に摩耗溝が発生しました。

今回の「タービンバイパス弁作動試験」時に負荷制限装置の設定値を変更した際、負荷制限装置の設定値約88%付近で、速度リレーのシリンダ内筒内面の摩耗溝部にピストンリングが引っ掛かり、ピストンが一時的に停止後、急速に動作したことにより、タービン加減弁が急速閉になるとともに、原子炉自動停止に至ったものと考えられます。

## 3. 対 策

- ・ 摩耗溝が確認された速度リレーのシリンダ内筒を新品に交換しました。
- ・ タービン運転中の速度リレーピストンの微小な上下動を抑制するため、負荷制限装置の設定値を主調速機の設定値よりも低く設定することとしました。
- ・ 速度リレーの点検周期（7定期検査毎）について見直しを行い、4定期検査毎に点検を実施することとします。

調査を終了した速度リレー等については、工場での組立後の動作確認、現地での組込み後の動作確認を終了し、動作状態に異常の無いことを確認しました。

なお、原子炉再循環ポンプ（B号機）のメカニカルシールの取替、主蒸気安全弁及び主蒸気逃し安全弁の点検・手入れも終了しました。

このため、本日17時に原子炉を起動した後、23日10時頃に発電を再開する予定です。

以 上

添付資料－1：タービン加減弁急速閉の原因調査概要

添付資料－2：速度リレーの分解点検結果

添付資料－3：速度リレーピストンが上下動するメカニズム

添付資料－4：タービン加減弁急速閉に至るメカニズム

（経済産業省によるINESの暫定評価）

| 基 準 1 | 基 準 2 | 基 準 3 | 評価レベル |
|-------|-------|-------|-------|
| －     | －     | 0＋    | 0＋    |

## 用語解説

### ※1 タービンバイパス弁作動試験

負荷制限装置（ロードリミッタ）を操作することにより、タービン加減弁の開度をわずかに絞り、タービンバイパス弁が開動作することを確認する試験。

### ※2 タービン加減弁

通常運転中において、主蒸気圧力に応じて開度を自動調節することにより、原子炉圧力を一定に保つための弁。

送電系統の擾乱等による大きな負荷急変が起こった場合、周波数上昇によるタービン回転数の上昇を検知し、タービン加減弁が開動作することによりタービン回転数の上昇を抑える機能も有する。

### ※3 タービンバイパス弁

タービンをバイパスして余剰蒸気を直接、主復水器に導くための弁。

### ※4 速度リレー

負荷制限装置からの負荷制御信号とタービンの速度を検出する主調速機からの速度制御信号を比較し、タービン加減弁の開度を調整するための加減弁開度信号を発信する装置。

### ※5 補助パイロット弁

負荷制限装置からの信号を受け、速度リレーのピストン位置を決める装置。

### ※6 主蒸気安全弁

原子炉の過加圧防止のために設置されたスプリング式の弁であり、事故等により主蒸気圧力が設定圧力以上になった場合、蒸気を直接、格納容器内に放出し、原子炉圧力を低下させる機能を有する。

### ※7 主蒸気逃し安全弁

原子炉の過加圧防止のために設置されたスプリング式の弁であり、事故等により主蒸気圧力が設定圧力以上になった場合、蒸気をサブプレッションプールに放出し、原子炉圧力を低下させる機能を有する。

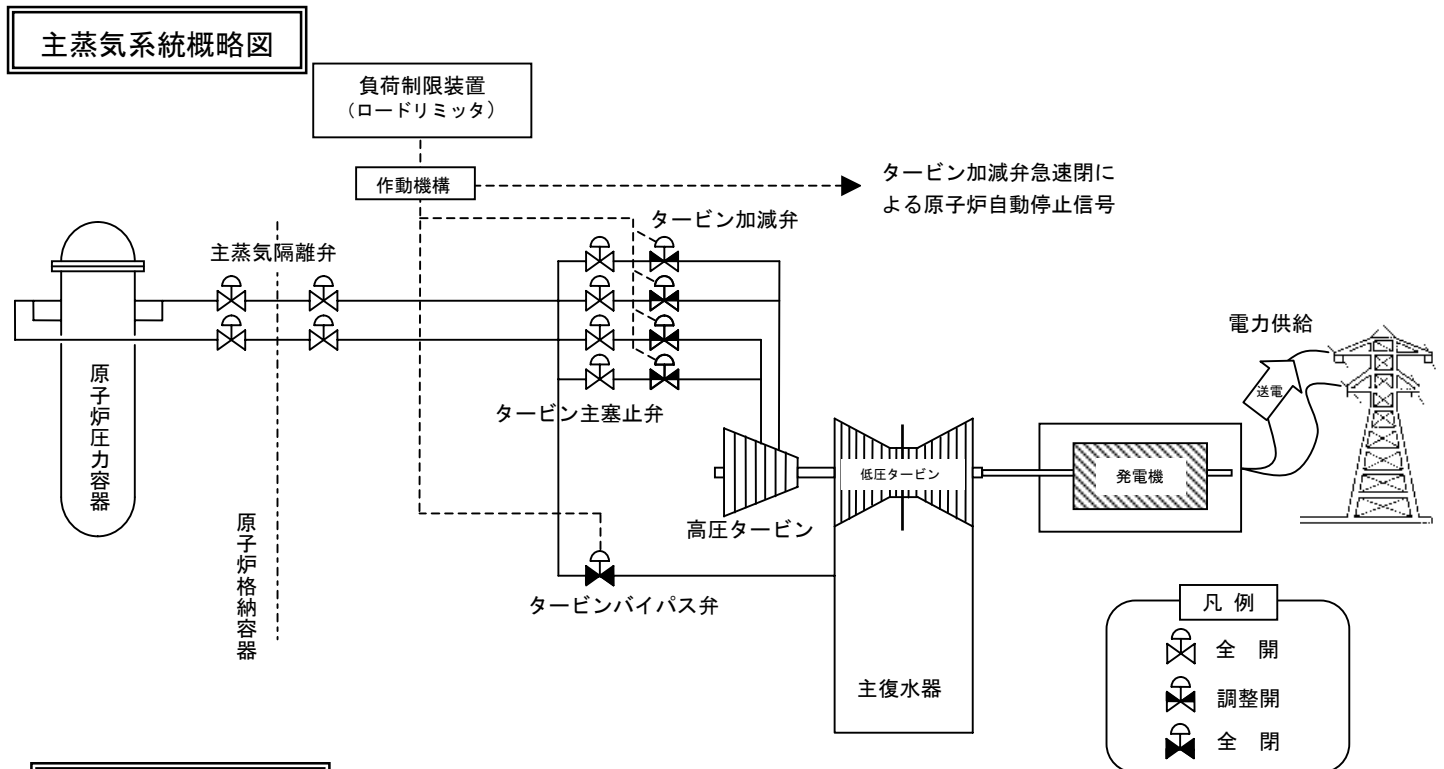
### ※8 負荷制限装置（ロードリミッタ）

発電機出力制限を行う場合にタービン加減弁開度の上限値を制限したり、タービン起動時にタービン加減弁開度を調節し、タービン回転数の制御を行うための装置。

### ※9 主調速機

タービンの回転数を一定に保つため、タービン回転数を検出し、タービン加減弁開度を調節するための信号を送る装置。

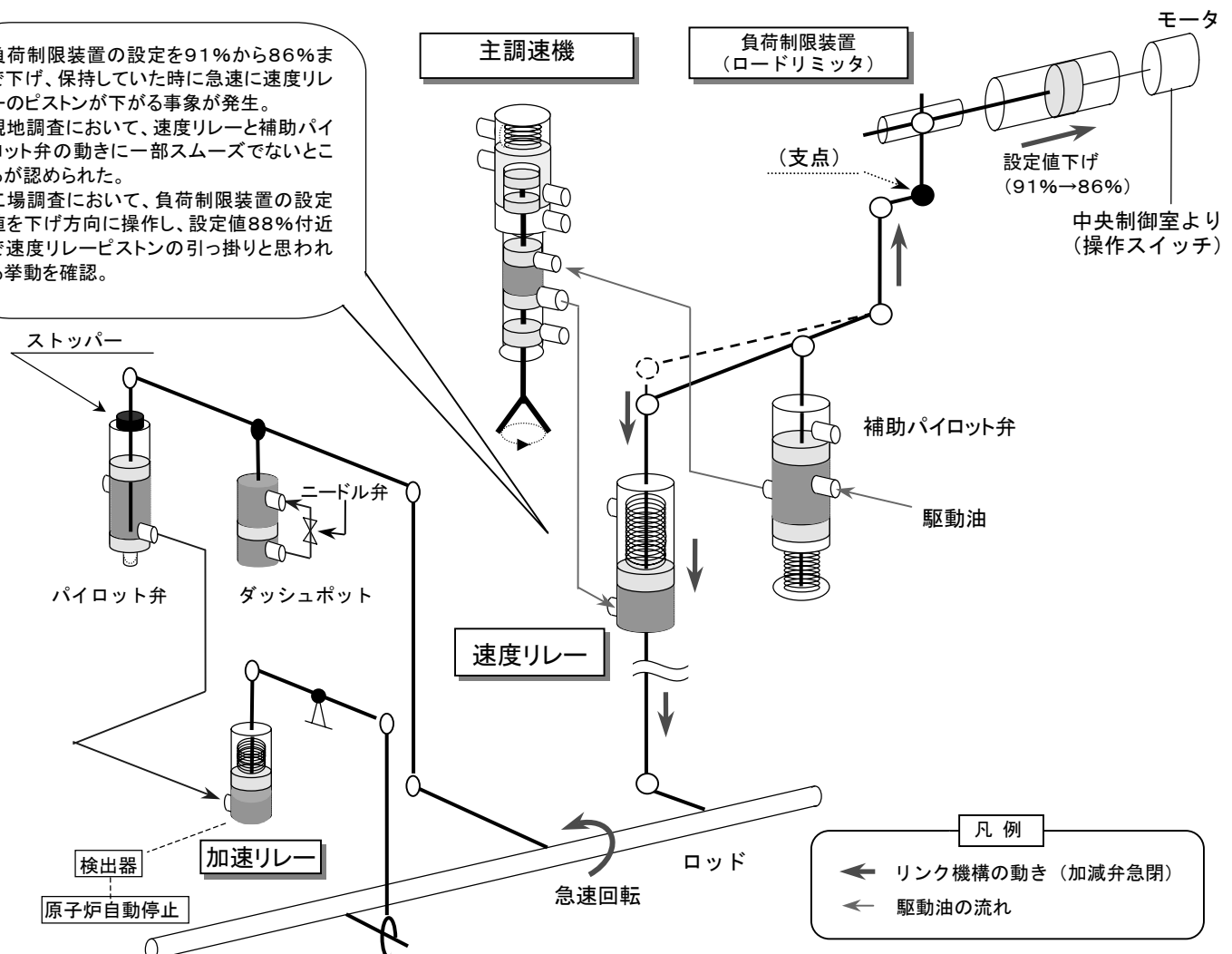
# タービン加減弁急速閉の原因調査概要



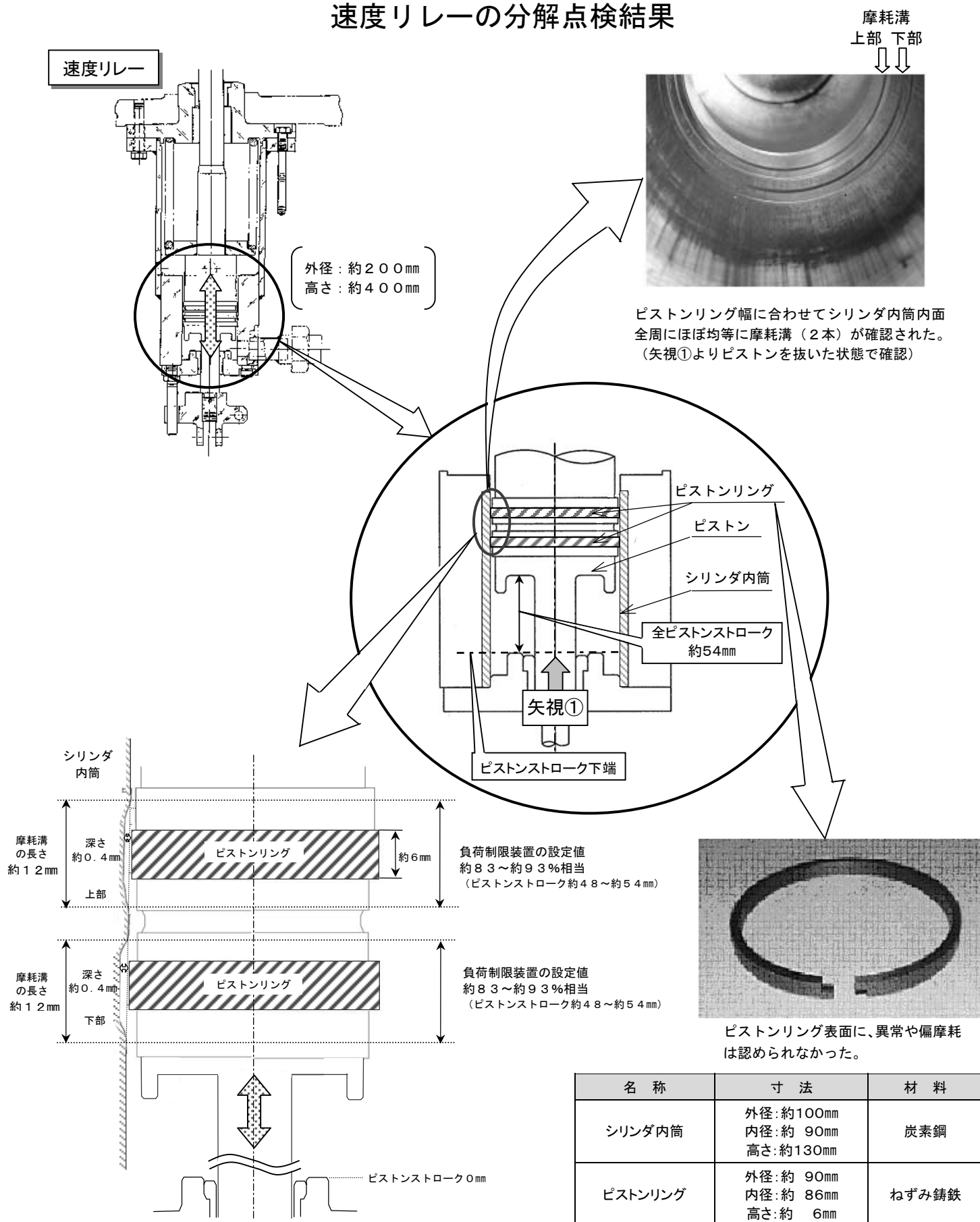
※通常運転中の弁状態を示す

## 原因調査概要

- ・ 負荷制限装置の設定を91%から86%まで下げ、保持していた時に急速に速度リレーのピストンが下がる事象が発生。
- ・ 現地調査において、速度リレーと補助パイロット弁の動きの一部スムーズでないところが認められた。
- ・ 工場調査において、負荷制限装置の設定値を下げ方向に操作し、設定値88%付近で速度リレーピストンの引っ掛りと思われる挙動を確認。

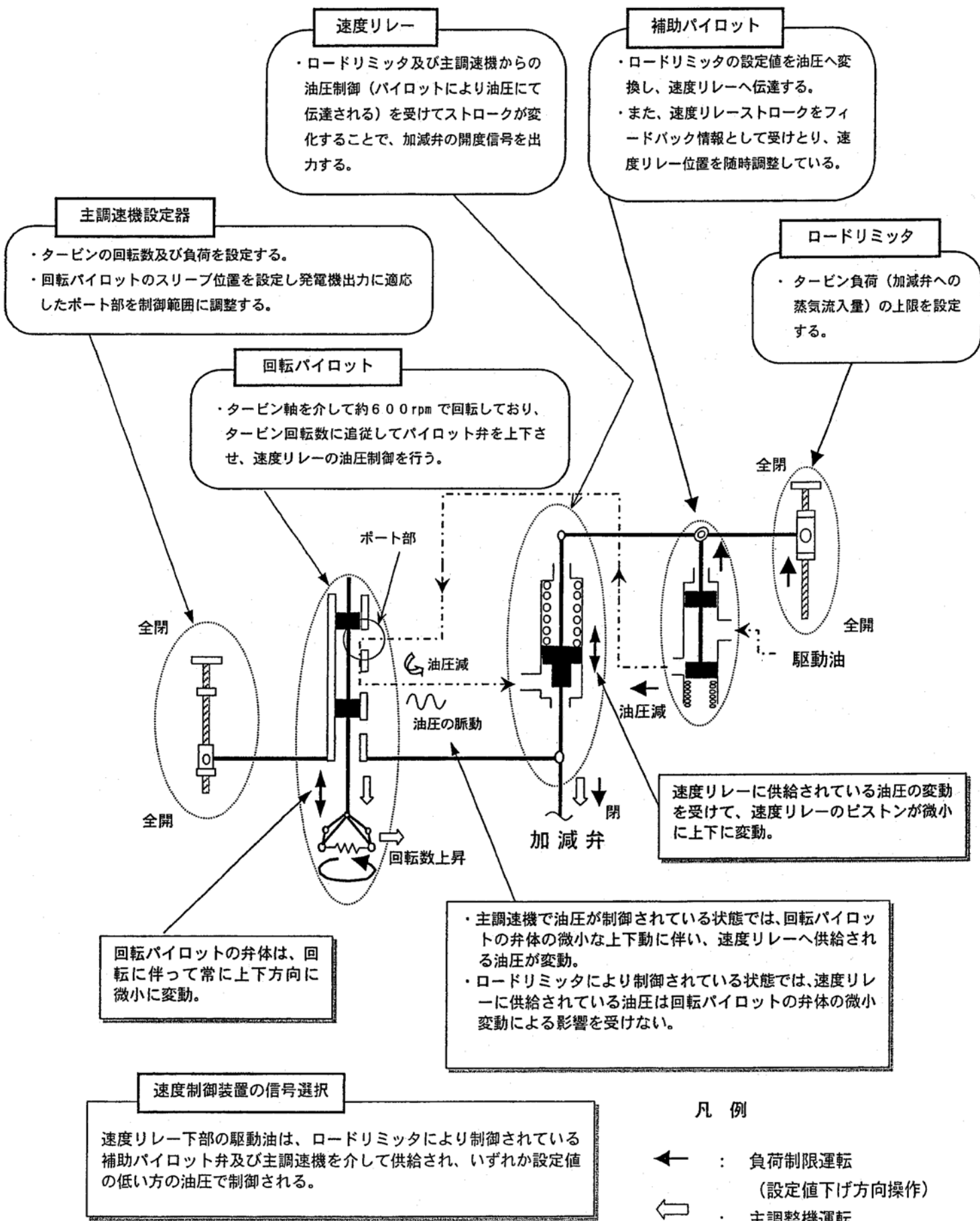


## 速度リレーの分解点検結果



- ・ 摩耗溝の範囲は、負荷制限装置の設定値約8.3～約9.3%（全ピストンストローク約5.4mmに対して、ピストンストローク約4.8～約5.4mm）に相当する位置
- ・ 下部の摩耗溝には、負荷制限装置の設定値約8.8%（全ピストンストローク約5.4mmに対して、ピストンストローク約5.1mm）に相当する位置に、摩耗深さの変化が滑らかでない部分があった。

速度リレーピストンが上下動するメカニズム



タービン加減弁急速閉に至るメカニズム

