

## 福島第一原子力発電所 3号機

### 注水に関する対応状況について

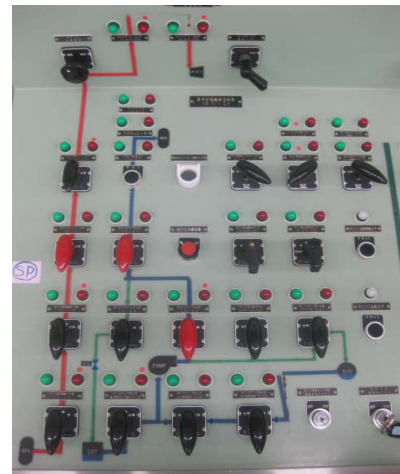
#### ○「3/11 16:03 原子炉隔離時冷却系（以下、RCIC）手動起動。」以降の活動内容

全交流電源が喪失したものの直流電源は影響なく使用可能。この直流電源を運転制御に使用する原子炉隔離時冷却系（以下、RCIC）及び高圧注水系（以下、HPCI）を用い、操作手順書に基づいて原子炉水位の確保を実施した。

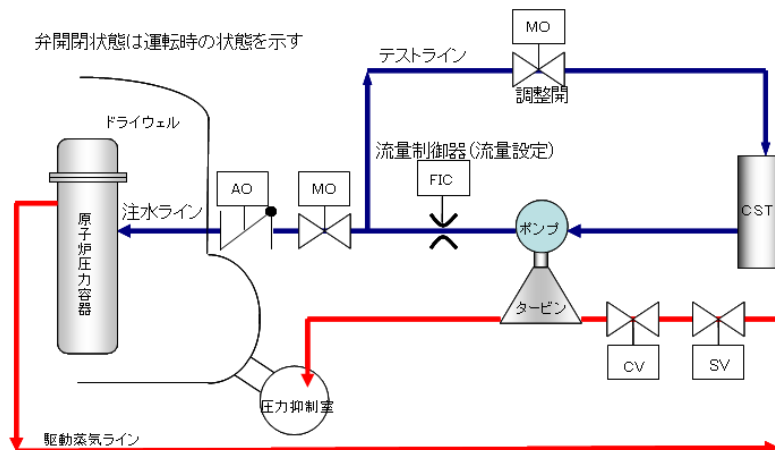
#### 【RCICによる原子炉水位確保】

- ・ 運転員は、RCICの起動停止によるバッテリー消費を避けること及び原子炉水位確保を安定して行うため、原子炉水位高により自動停止に至らない措置、運転制御に必要なバッテリーを節約する措置を実施。

- 原子炉水位高によるRCICの自動停止に至らない措置として、中央制御室にて原子炉水位を監視しながら、原子炉への注水ライン及び定期的な機能試験に用いるテストライン(水源の復水貯蔵タンク（以下、CST）からCSTにループして戻すライン)の両ラインに通水するようにRCIC制御盤にて操作し、ラインを構成。水位調整範囲を定めて水位を確保した。



RCIC 制御盤（後日撮影）

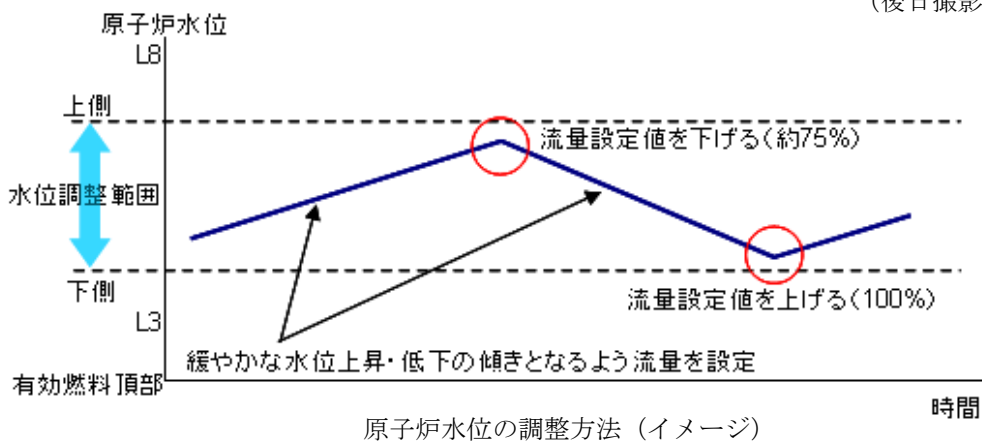


RCIC 及び HPCI の原子炉注水ライン概要

- 原子炉の水位監視に 2 名，RCIC の操作に 2 名の体制で状況を報告し合いながら実施。また，次の注水手段として，RCIC 停止後に HPCI をスムーズに起動するため，HPCI 制御盤にて操作するスイッチなどに付箋を貼り準備を整えた。
- バッテリーを節約する措置として，弁や流量制御器（以下，FIC）の操作を少なくするため，原子炉水位が緩やかな変化となるように，テストラインの弁の開度調整や FIC にて流量を設定した。原子炉水位が水位調整範囲の上側または下側に近づいたら流量の設定値を変更（定格流量（25.2L/s）100%から約 75%の範囲）する方法を繰り返した。



RCIC 流量制御器(FIC)  
(後日撮影)



- さらにバッテリー節約のため，監視計器や制御盤，計算機について，監視及び運転制御に最低限必要な設備を除き，負荷の切り離しを実施した。監視計器については，A 系 B 系と二重化されていることから片系ずつ使用しバッテリー消費量の低減を図った。また，中央制御室の非常灯や時計の切り離しや別室の蛍光灯を抜くなども実施した。
- 負荷の切り離し作業は，電源配線や系統仕様の図書で負荷を確認し，コントロール建屋 1 階のケーブルボルト室にある電源盤にてブレーカーを「切」とした。中央制御室との通信設備がないことから，管理区域であるケーブルボルト室と非管理区域である中央制御室との間で，現場出入口や中央制御室出入口などに人を配置して，負荷の切り離しの指示や状況に異常がないかを大声で伝達しながら繰り返し作業を進めた。

### 【ディーゼル駆動消火ポンプ（以下、DDFP）の起動と代替圧力抑制室（以下、S/C）スプレイの実施】

- ・ 地震後、代替注水に用いる DDFP の中央制御室の状態表示灯は、停止状態を示していた。12 日 3:27、中央制御室の操作スイッチにて操作を行うも起動せず。
- ・ 原子炉注水中である RCIC の駆動用タービンの排気蒸気及び原子炉圧力の上昇を抑えるために作動している逃し安全弁（以下、SRV）の排気蒸気が S/C に放出されているため、12 日からドライウェル（以下、D/W）の圧力が上昇傾向にあった。S/C 及び D/W の圧力の上昇を抑制するため、DDFP を用いた代替 S/C スプレイを検討。AM 操作手順書をもとに操作手順や弁の位置を確認した。
- ・ 消火系（以下、FP）ラインより残留熱除去系（以下、RHR）を經由した代替 S/C スプレイラインを構成するために、運転員は 2 班に分かれて原子炉建屋及びタービン建屋に向かった。当該ラインの電動弁は電源がなく中央制御室で操作ができない状況。全面マスクを着用し、照明が消えた暗闇の中、懐中電灯を照らしながら、12 日午前中に RHR などの 5 つの弁を手動で開けた。
- ・ トーラス室にて S/C スプレイ弁を手動にて開操作する際には、SRV が作動しており、原子炉の蒸気が S/C へ放出している音がしていた。
- ・ 運転員は、DDFP を現場にて確認をしたところ、FP ポンプ室の FP 制御盤には故障表示灯が点灯していた。12 日 11:13 に FP 制御盤で故障復帰ボタンを押し、自動起動を確認するとともに、中央制御室の DDFP の状態表示でも起動状態を表示したことを確認した。起動確認ができたことから、中央制御室の操作スイッチにて停止したが、自動起動してしまうため、再度現場に向かい、11:36 に FP 制御盤の非常停止ボタンを押して停止した。
- ・ 12 日 12:06 に FP 制御盤の故障復帰ボタンを押し、DDFP が自動起動して代替 S/C スプレイを開始した。

### ○「3/12 11:36 RCIC 停止。」以降の活動内容

#### 【RCIC の停止及び再起動の状況】

- ・ 原子炉水位の確保が順調に行われている中、中央制御室の RCIC の状態表示灯が停止表示、流量や吐出圧力計などの指示値が 0 となり、RCIC が停止したことを確認した。停止を知らせる警報は電源が喪失しているため発生しなかった。
- ・ 中央制御室の RCIC 制御盤で起動操作を試みるも、起動後すぐに停止することから、原子炉建屋地下階の RCIC 室へ運転員 2 名が現場確認に向かった。全面マスクを着用し、屋外巡視の際に使用する長靴を履いた。懐中電灯を照

らしながら、HPCI 室側から RCIC 室に入室、両室内ともに床面には踝ほどの水が溜まっているものの汗ばむような状況ではなかった。また、RCIC 室天井から水がぽたぽた垂れて RCIC の蒸気止め弁などにかかっていたが、タービンやポンプ、配管に異常はなかった。

- ・ 現場で停止状態を確認し、蒸気止め弁の機械機構部に異常はなかったことから、中央制御室で起動操作をしたが、起動後すぐに蒸気止め弁が閉まり停止した。

### 【HPCI による原子炉水位確保及び原子炉減圧】

- ・ RCIC 停止の状況確認や起動操作の対応に追われる中、12 日 12:35、原子炉水位低により HPCI が自動起動し原子炉への注水を再開。HPCI の駆動用タービンが原子炉の蒸気を消費することにより、原子炉減圧が開始された。
- ・ RCIC と同様に原子炉への注水ライン及びテストラインの両ラインを通水するように HPCI 制御盤にて操作し、ラインを構成。原子炉の水位監視に 2 名、HPCI の操作に 2 名の体制で操作を開始した。RCIC よりも流量の容量が大きいと、原子炉水位の上昇が速く、HPCI の流量の設定は難しかった。このため、水位調整範囲を広く取ったうえで原子炉水位高による HPCI の自動停止に至らないように原子炉水位を確保した。また、ミニマムフロー弁は、流入先の S/C の水位が上昇しないように全閉の処置をした。
- ・ バッテリーの節約についても、RCIC と同様に原子炉水位が緩やかな変化となるようにテストラインの弁の開度調整や FIC にて流量を設定した。原子炉水位が水位調整範囲の上側または下側に近づいたら流量の設定値を変更（定格流量（268L/s）100%から約 75%の範囲）する方法を繰り返した。
- ・ 発電所対策本部と中央制御室は、既設設備での原子炉への注水手段を RCIC の後は HPCI, HPCI の後は DDFP により注水することを考えていた。
- ・ 原子炉圧力の減圧により、駆動タービンの入口蒸気圧力が低下し、タービン



HPCI 流量制御器(FIC)  
(後日撮影)



HPCI 制御盤

S/C 水位上昇防止のため、ミニマムフロー弁の開閉回路にて全閉の処置を実施。

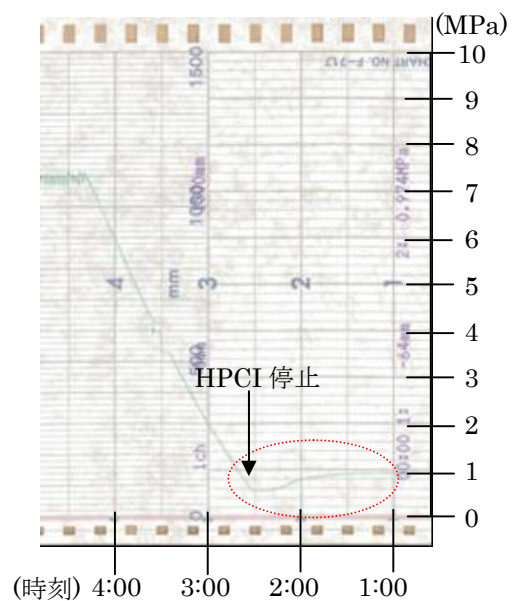
回転数は低速度となり、HPCI ポンプ吐出圧力は低い状態で運転していた。発電所対策本部と中央制御室は、HPCI での注水が不安定になった時は DDFP による注水に切り替えることを周知し、定期的に HPCI の運転状態を共有していた。

- ・ 12 日 20:36 に原子炉水位計の電源が喪失し、原子炉水位の監視ができなくなった。運転員は、原子炉へ確実に注水されるよう、HPCI の流量の設定値を若干上げて、原子炉圧力や HPCI の吐出圧力などにより運転状態を監視した。また、復旧班に原子炉水位計の復旧を依頼した。
- ・ 原子炉水位計を復旧するためには、24V の電源が必要であった。所内には広野火力発電所から届いていた 2V のバッテリーがあり、復旧班は 2V のバッテリーを 12 個用いることとした。復旧班 3 名は、重量約 10kg のバッテリーを車に積み込み、3,4 号機中央制御室に向かった。

## ○「3/13 2:42 HPCI 停止。」以降の活動内容

### 【HPCI 停止の状況】

- ・ HPCI のタービン回転数は、操作手順書に記載のある運転範囲を下回る低速度で、HPCI の吐出圧力は低く、いつ止まるか分からない状況。原子炉水位が監視出来ず、水位不明の状態が継続していた。
- ・ 運転員は、「原子炉へ注水がなされているか」、「原子炉の水位は確保されているか」「いつ、DDFP へ切り替えるか」などを考えながら、原子炉圧力や HPCI の吐出圧力などを監視した。
- ・ このような中、13 日 2:00 頃、これまで約 1MPa で安定していた原子炉圧力が低下傾向を示した。発電班と中央制御室は、原子炉圧力の低下により HPCI のタービン回転数がさらに低下し、タービンの振動が大きくなり設備損傷による原子炉の蒸気が放出されること<sup>1</sup>を懸念した。さらに原子炉圧力と HPCI の吐出圧力が同程度となり、HPCI による原子炉への注水がされていない状況となった。原子炉圧力は、本来なら HPCI が停止する圧力 (0.69MPa) より低下していたが HPCI は停止しなかった。これ



原子炉圧力のチャート  
 (約 1MPa で安定していたが、2:00 頃から低下し、0.69MPa 以下となる。)

<sup>1</sup> HPCI タービン付近が損傷すると駆動蒸気である原子炉の蒸気が HPCI 室内に放出されることが考えられる。

らのことから、早急に DDFP による代替原子炉注水と HPCI の停止を実施することとした。

- ・ 運転員は、HPCI の停止前に既に運転中の DDFP の状況確認及び代替 S/C スプレイから代替原子炉注水へ切替えるための RHR 注入弁を手動にて開操作するために原子炉建屋に向かった。
- ・ 当直長は、中央制御室の SRV の状態表示灯が点灯しており操作可能と考えられたこと、また、運転員が現場に向かってから暫く時間が経っており代替原子炉注水のライン構成は完了していると考えられたことから、HPCI を停止操作することを発電班へ連絡した。
- ・ 13 日 2:42、運転員は中央制御室の HPCI 制御盤にて、HPCI の停止ボタンを押すとともに HPCI タービン蒸気入口弁を操作スイッチで全閉とし HPCI を停止した。この時の原子炉圧力は 0.58MPa まで低下していた。

#### 【DDFP による代替原子炉注水への移行】

- ・ HPCI から DDFP による代替原子炉注水に移行するために、13 日 2:45 に中央制御室の SRV 制御盤にて SRV1 弁の操作スイッチを開操作し、原子炉の減圧維持を試みるも、開動作せず。その後、SRV 全弁を順次、操作スイッチにて開操作するが開動作しなかった。原子炉圧力が上昇し DDFP での注水ができない状況が発電所対策本部へ報告された。
- ・ 一方、HPCI を停止する前に現場へ向かい作業をしていた RHR 注入弁の手動開操作による代替原子炉注水ラインの構成が完了したことが、13 日 3:05 に中央制御室へ伝達された。
- ・ 運転員は、SRV の駆動用窒素ガスが供給されなくて開動作しないと考え、供給ラインからの補給を試みるため現場に向かった。供給ラインの弁は空気作動弁であり、手動で開けることができる構造ではなかった。
- ・ このような中、原子炉圧力が上昇していることから、運転員は、高圧注水として HPCI 及び RCIC の起動を試みることを検討。その後、発電所対策本部は並行して 12 日から準備を開始した電源車を用いた電源復旧を進め、高圧注水が可能なほう酸水注入系（以下、SLC）を用いた原子炉への注水の検討、及び消防車の手配を開始した。

#### 【RCIC,HPCI の復旧の状況】

- ・ 13 日 3:35、運転員は、HPCI を起動しようと中央制御室の HPCI 制御盤を確認したところ、運転制御のための FIC の表示が消灯しており起動出来なかった。
- ・ 13 日 3:37、RCIC の起動準備として、RCIC 制御盤にて真空ポンプを起動操



作したが、起動しなかった。

- 13日 3:38, 中央制御室の SRV の状態表示灯が点灯していたため、再度 SRV の操作スイッチを開操作したが、開動作しなかった。
- 13日 3:39, 直流電源を少しでも長持ちさせるために、HPCI 停止後も運転していた HPCI 補助油ポンプを HPCI 制御盤にて停止。4:06 には HPCI 復水ポンプも停止した。
- 13日 3:44, 原子炉圧力が 4.1MPa に上昇。4:30 頃に約 7MPa に到達した。その後、原子炉圧力は約 7.0~約 7.3MPa 付近で推移した。
- 13日未明から復旧班は、原子炉水位計の復旧作業を実施していた。2V のバッテリーを 12 個直列に接続して 24V の電源を作り、原子炉水位計に供給。3:51, 原子炉水位計が復旧した。原子炉水位は、有効燃料頂部 (TAF) の可能性がある状況であった。
- 当直長は、RCIC の状況を発電班に相談し、原子炉への注水を確保することを第一に考え、真空ポンプ無しで RCIC を起動させることとした。12 日の RCIC 停止の際に現場対応にあたった運転員 2 名が原子炉建屋地下階に向かった。
- 運転員 2 名は HPCI 室へ入室、室内は 12 日の時に比べると若干暑さを感じる程度だった。HPCI の停止状態について異常がないことを確認し、RCIC 室へ移動。RCIC 蒸気止め弁の機械機構部の噛み込み状態を確認、調整し、起動前の状態確認をした。



RCIC (5号機 照明あり)



HPCI (5号機 照明あり)

〔 RCIC, HPCI ともに室内は多数の配管やサポートの柱があり、懐中電灯の明かりを頼りに、床面に水がある中、移動や作業をした。 〕

- RCIC を起動させるべく、起動の際、振動で蒸気止め弁の機械機構部の噛み込み状態に影響を与えないように RCIC 制御盤にて FIC を低い流量に設定した。13日 5:08, RCIC 制御盤にて起動操作したが、蒸気止め弁の機械機構部が外れ閉となり停止。運転員は中央制御室へ戻ることにした。警報付きポケット線量計 (APD) を確認したところ、数値は高くなかった。

- ・ RCIC は起動することができないことから、発電所対策本部は、13 日 5:10、原災法第 15 条第 1 項に基づく特定事象『原子炉冷却機能喪失』と判断、5:58 官庁等に通報。

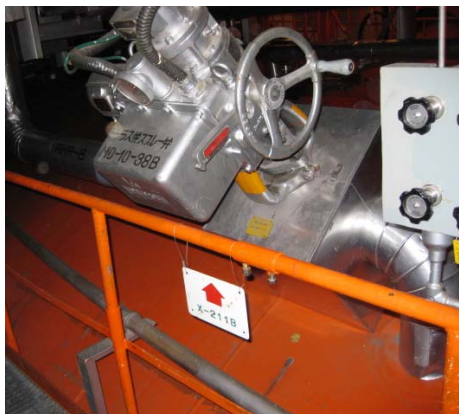
### 【DDFP による代替 S/C スプレー及び D/W スプレーの実施】

- ・ 発電所対策本部は、D/W 及び S/C の圧力が上昇していたが、格納容器ベントのライン構成が未完了であったことから、代替 S/C スプレーにより圧力上昇を抑えることとした。
- ・ 13 日 5:08、運転員は原子炉注水ラインの RHR 注入弁を手動にて閉操作、トーラス室に移動して S/C スプレー弁を手動にて開操作、S/C スプレーを開始した。
- ・ S/C スプレー弁の設置場所であるトーラス室は蒸し暑く、また照明電源も喪失により、真っ暗であり、懐中電灯の明かりだけが頼りであった。さらに SRV が作動していたため、S/C への蒸気放出による「ゴォーゴォー」という大きな音が不連続に鳴り響き、それによる大きな振動に、運転員は非常に恐怖を感じた。また、11 日地震の発生以降、度々大きな余震に見まわれる状況でもあり、運転員は一層の緊張感の中、対応にあたった。
- ・ 13 日 7:39、運転員は S/C スプレーラインから D/W スプレーラインへ切り替えを手動にて弁を操作し、D/W スプレーを開始。7:43 に S/C スプレー弁を手動にて閉操作した。
- ・ S/C スプレー弁を閉操作した際には、トーラス室はさらに高温な状態となっており、S/C 上部に足を掛けた際に靴底のゴムが溶けた。また S/C スプレー弁の操作ハンドルが熱くなっており、ずっと握ってられない状態での操作であった。



トーラス室入口（5号機 照明あり）

S/C スプレー弁を手動にて操作するために、蒸し暑く、真っ暗な中、懐中電灯の明かりを頼りに当該弁へ向かった。



S/C スプレー弁（5号機 照明あり）

オレンジ部分が S/C。S/C スプレー弁はトーラス上部にあり、S/C 上部に足を掛けなければハンドル操作が出来ない。



- ・ D/W スプレイの実施により D/W 及び S/C の圧力上昇が抑えられ横ばい状態。発電所対策本部は、格納容器ベントの早期実施に向けて、格納容器ベントのライン構成を急ぐとともに D/W スプレイを停止することとした。
- ・ 13 日 8:40～9:10 にかけて、運転員は RHR 注入弁を手動にて開操作し、D/W スプレイの弁を手動にて閉操作して原子炉代替注水ラインへ切り替えた。

#### 【消防車による代替原子炉注水の準備】

- ・ SLC など本設の原子炉注水設備の電源復旧と並行して消防車の手配が進められた。
- ・ 13 日 5:30 頃、福島第二に待機していた柏崎刈羽の消防車が福島第二を出発し、6:30 頃に福島第一に到着。6:00 頃、5、6 号側の消防車を確認したところ、使用可能であることがわかり、3 号機の原子炉への注水に使用するために回収。
- ・ 13 日 5:21、消防隊は消防車による注水ラインとして 1 号機と同様に 3 号機逆洗弁ピットの海水を水源とする海水注入ラインとすることを発電所長に進言、了解を得てライン構成を進めた。消防車のホースを水源である 3 号機逆洗弁ピットに入れればライン構成が完了する状況になっていたが、13 日 6:50 頃、当社の官邸派遣者より極力淡水を注入することを検討するよう発電所長に連絡があったことから、防火水槽を水源とする淡水注入ラインに変更した。

#### 【SRV による原子炉減圧、消防車及び DDFP による代替原子炉注水の実施】

- ・ 3 号機の SLC などを用いた原子炉注水は、電源車による電源復旧に時間がかかることがわかった。DDFP 及び消防車による注水しか原子炉注水の選択肢がなくなった。
- ・ DDFP 及び消防車による原子炉注水には、SRV による原子炉減圧が必要であり、SRV を作動するための直流電源（125V）として、12V のバッテリーが 10 個必要と考えたが、適したバッテリーは既に 1,2 号機の計器復旧等のために使用されていた。
- ・ 13 日 7:00 頃、発電所対策本部は、免震重要棟にいる社員に自動車のバッテリーの提供を呼びかけた。必要な数の提供者が集まり、各人の車から取り外して免震重要棟前に収集。その後、復旧班 5 名が自家用車で 3 号機中央制御室へ運搬した。
- ・ 13 日 9:08 頃、復旧班 2 名は、12V のバッテリーを 10 個直列に接続する作業を開始していたところ、



SRV 制御盤（後日撮影）

運転員が原子炉圧力の低下を確認した。SRV 制御盤の状態表示灯は、一つの SRV が開（作動）を表す赤ランプがチカチカと点滅を繰り返し、閉を表す緑ランプと両方が点灯した状態となった。その直後、別の SRV 一つも同様に赤と緑のランプが両方点灯。二つの SRV が中間開の状態となった。

- ・ 原子炉圧力の急速減圧が開始。原子炉圧力の減圧により、DDFP による注水を開始するとともに、9:25 に消防車による注水を開始した。淡水の追加要請を行うとともに、所内の技能訓練センターの模擬燃料プールなどから水をくみ上げて、防火水槽に補給を行いながら注水を継続した。
- ・ 中央制御室では、復旧班によるバッテリー10 個を直列に接続する作業が完了し、SRV 制御盤につなぎこんだ。13 日 9:50、運転員は操作スイッチにて SRV を開操作し減圧維持をした。その後、12:00 頃、原子炉圧力が上昇。SRV の制御盤を確認すると、表示灯が消灯していた。原因を調査したところ、バッテリーの配線外れを発見。配線を復旧して、SRV を開操作し再度原子炉の減圧を維持した。その後も、原子炉圧力の上昇状況で SRV の状態を判断し、バッテリー取替や別の SRV により原子炉圧力の減圧維持を図った。

#### 【爆発防止対策の検討】

- ・ 1 号機の原子炉建屋の爆発以降、早い段階から、本店対策本部原子力復旧班では爆発の原因として水素が疑わしいと考え、原子炉建屋にたまる水素を抜く方法の検討を開始した。
- ・ 13 日 9:43、爆発原因が水素によるものと断定できないものの、同様な爆発を引き起こさないことが重要であることが発電所長より示され、本店対策本部とともにその防止策についての検討が開始された。

#### ○「3/13 10:30 海水注入を視野に入れて動くとの発電所長指示。」以降の活動内容

##### 【海水注入への切替】

- ・ 防火水槽へ補給しながら淡水注入を行っていたが、13 日 12:20 に近場の防火水槽の淡水が残り少なくなったことから、消防隊は 3 号機の逆洗弁ピットの海水を注水するようラインの変更を開始。短時間で切り替えられるよう予め準備していたため、13:12 にライン構成が完成し、海水注入を開始。
- ・ 消防車による原子炉注水の海水への水源切替に伴う中断時にも、DDFP は運転を継続していた。



3号機 復水器逆洗弁ピット