

確保されていたことから、手順書に沿った冷却動作に入っていた。ただし、電源喪失によりSPDSが使用できなくなり、発電所緊对本部でのプラント状況の把握は著しく困難になった。

そうした時に津波が襲来し、全交流電源が喪失し、かつ多くの直流電源も喪失したため、バッテリー駆動の一部冷却系（IC、RCIC、HPCI）を除き、非常用冷却機能が喪失したことから、アクシデントマネジメント対策として位置づけられている消火系による代替注水を進めた。あわせて、消火系からの代替注水には原子炉圧力の減圧（6～7MPa→1MPa以下）が必要であることから、SRVの開操作及び格納容器ベントの準備も進めた。

また、消火系による注水作業と並行して、非常用冷却系（高圧注水が可能なホウ酸注水系（SLC）と制御棒駆動系（CRD））を作動させるべく電源車を用いた電源の復旧にも努力した。ただし、実際には、爆発による電源車やケーブルの破損等により作業が進まず、消火系からの注水が先行して始まったことから、冷却系を作動させることはできなかった。なお、外部電源については、地震直後の被害状況確認の結果、送電側である変電所や発電所内の受電設備の損傷が激しく復旧には長時間を要することが判明したことから、電源車による電源復旧作業を進めることとした。

③所内の情報伝達

交流電源喪失により、所内の通信手段が極めて限定される状態（以下参照）に陥り、緊急対策本部にはプラントパラメータやICの動作状況などの重要情報が適時適切に提供されなかった。

- 例：○プラントパラメータ等の情報を緊对本部に提供するSPDSは使用不能
○所内PHSは使用不能
○中操（各号機）と緊对本部（重要免震棟）とは電話回線1本のみ
○PHSに代わるトランシーバー（所内備品だけでなく、支援物資のものも含め）もノイズがひどくほとんど不能

④手順書・マニュアル

シビアアクシデントへの対応としては、複数プラント同時対応、長時間の全電交流電源喪失は想定していなかった。消防車による原子炉への注水などアクシデントマネジメントの手順書にはない措置を応用動作として実施した。

ベントについても、電源があることが前提であり、中操での操作を行うことを想定しており、電源がない中で、現場で弁を開く作業（手作業でレバーを回したり、ポンペやコンプレッサーをつなぎ込んで圧縮空気を送り込んで弁を開ける）は手順が定められているものではなかった。

⑤劣悪な現場：

津波による浸水、断続的に発生する余震、停電による暗闇、爆発後の高線量・がれきの散乱といった劣悪な現場環境により、復旧作業が円滑に進まなかった。また、中操にはマスク、線量計、懐中電灯、水・食料等が不足していたが、大津波警報が継続していたことや、ガレキ等によりアクセスが困難となっていたことから、[REDACTED]までは緊対本部から中操への交代要員の派遣や物資の輸送が行えなかった。

【参考】

○福島県での津波警報・注意報の状況：

- 11日 14:49 大津波警報を発令
- 12日 20:20 大津波警報から津波警報に切替え
- 13日 7:30 津波警報から津波注意報に切替え
- 13日 17:58 津波注意報を解除

○福島県での余震の状況

- 11日 震度6強：1回（＝本震）、震度5強：1回、震度5弱：4回
震度4：15回
- 12日 震度5弱：1回、震度4：7回
- 13日 震度4：2回

- アクシデントマネジメントの手順書では消火栓からディーゼル駆動の消火ポンプを用いた注水を想定していたことから、今回のような消火栓や消火ポンプがほとんど使えない状況下では、応用動作として消防車を用いた注水を選択した。何を水源にして、どのようなラインナップにすればいいか、図面等を参照して検討した。
- 淡水があるうちは淡水でというのが基本ラインだったが、冷却することが何よりも優先されていたことから、海水を入れることに躊躇はなかった。ただ、消火系ラインは耐震性がCクラスと高くないことから、ライン構成ができたとしても配管破損等により途中で漏洩する可能性もあり、実際に注水できるかは不安であった。
- 淡水の水源として考えられたのは濾過水タンク（8000k lが2基あり）の水であったが、濾過水タンクは地震で基礎がずれるなどで漏水の被害があり使えなかったため、各プラントにある防火水槽のうち使えるものを使った。ただし、水量が数十k l程度と少なく、数時間しか注水できない程度であった。
- 海水は、取水場所が決まっておらず、津波により偶然海水が溜まっていた3号機逆洗弁ピット（タービン建屋のすぐ海側にある）から取水したが、14日頃から1号機から北東に約1kmのところにある物揚場から直接取水した。
- 消防車は発電所には3台あったが、当初は1～4号機において使用できたは1台。地震発生時にPP (Physical Protection) ゲート付近（＝海岸近く）に火災発生時の迅速対応のために日常的に配置されていた1台は津波により故障、1台は5、6号機側にあり、所内道路が損傷していたため12日午後まで1～4号機側にアクセスできなかった。日昼頃までには柏崎刈羽から台、自衛隊からも消防車台が発電所に到着していた。その後も消防車が応援に来たが、OFCやJビレッジに取りに行かなければならなかった。
- 消防車への燃料補給は、が担当していたが、線量が高く、消防車に常駐して動作確認はできなかった。当初は定期的な確認を行っていなかったため、ガス欠により停止していることが何度か確認されているが、日頃から時間くらいの間隔で確認に行くようになった。
- 消防車からの注水について、タービン建屋にアタッチメントがありそこに接続。消防ポンプのアタッチメントが合わないということはない。一方で、自営消防隊では消防ホースを接続する給水口の場所がわからず、他部署の支援を必要とした。

- 各号機での取組状況は以下の通り

【1号機】

- 11日17時頃からライン構成の検討を開始。地震又は津波によりディーゼル駆動の消火ポンプが動かないことがわかり、発電所の消防車1台を使ってラインを構築し、12日未明から淡水注水を開始した。
- 1号機付近の防火水槽から取水するためには、消防車を防火水槽に近づける必要があったが、防火水槽周辺は津波による瓦礫が散乱していたことから、撤去作業を実施（所要時間：1～2時間程度）。
[REDACTED]
- 注水は、当初、防火水槽から水を消防車にくみ上げ、プラント近くに消防車を移動させて給水口に注水するバッチ方式により行ったが、非効率なので、その後、消防車を防火水槽の近くに固定して、そこからホースを伸ばして注水口に送水する連続式により注水。12日15時頃までに防火水槽から淡水注水が終了。即座に海水注入の実施を所長が指示。
- その頃、電源車を用いた電源復旧作業も並行して行われており、15:30頃にホウ酸水注入系(SLC)からの注水を始めようとしていたところ、15:36に1号機で爆発が発生。しばらく退避した後、17:20頃から被害状況調査を行い、電源設備や海水注水のためのホースが破損、使用不可能であることがわかったことから、海水注水ホースを再敷設し、19時頃に海水注入開始。

【2号機】

- 11日にRCICの作動状況が不明となり、また、原子炉水位も不明となったことから、消火系による代替注水を1号機と同じタイミングで検討を開始したが、その後、11日深夜から12日未明にかけて原子炉水位、RCICの作動状況が確認できたことから、しばらくは原子炉水位とRCICの作動状況の確認を継続していた。
- その後、RCIC停止に備え、13日中に海水注水のための消火系ラインアップの準備がなされたが、14日11時頃の3号機爆発により消防車及びホースが破損し使用不能となった。このため、午後すぐに現場確認を始めた。
- 13時頃から原子炉の水位が下がり始め、RCICが停止したと判断。TAF到達が16:30頃との予想の下、消防車等の接続作業を進め、14:43にライン構成は完了したが、15時過ぎに地震が発生して1時間程度作業が中断し、16:30に消防車を起動し注水準備が完了した。

の散乱に加え、線量が徐々に高くなるという状態であった。

また、開操作に空気圧が必要なAO弁の開状態を維持することは難しかったようである。原因は不明であるが、ポンベと弁をつなぐ配管の耐震クラスは低い（おそらくCクラス）ため、地震による破損が生じていた可能性も指摘されていた。

各号機のベントの取組みは以下のとおりである。

【1号機】

- 12日0:06に所長からベント準備の指示が出ているが、これは、D/W圧力のパラメータがその直前に復旧して、設計圧力427kPaを超える600kPa超を表示していたことによる。ただし、実際には、11日夕方頃から図面を準備してベントラインの検討を開始していた。
- 現場での実作業は、通信手段がないことや、余震による作業中断、建屋内の暗闇、津波によるがれきの散在、高い空間線量等の劣悪な環境によりベントラインの完成には時間を要した（例えば、S/Cベント弁小弁を開けに行った職員は、途中で90mSv超の警報が鳴り、直ちに引き返した。）が、12日14:30頃にD/W圧力の低下が見られ、ベントは成功したと考えられている。
- 1号機のベントでは、日本で初めて放射性物質を含む気体を意図的に環境中に放出することもあり、東電幹部が総理や経産大臣に直接説明し、政府の了解を取った。また、地元自治体からも住民が避難するまでベント実施を待つよう要請されていた。が、結局は、ベントラインの構成作業に時間を要し、こうした外部関係機関との調整がベント実施を遅らせるということにはなかった。

【2号機】

- 3号機と同時に12日17:30に所長からベント準備の指示が出された。1号機の手順を参考にしてベントに必要な弁操作手順書を作成し、13日11:00頃にはラプチャディスクを除くベントラインが完成（RCICの機能停止が確認された14日13:25の前に準備ができたことになる）
- しかしながら、14日11時頃の3号機爆発により、ベント弁の1つ（AO大弁）が回路故障により閉じてしまい、開くことができなくなった。爆発に伴う避難命令が解除された16時頃からこのAO大弁と別のベント弁（AO小弁）を開く作業を行ったが、AO大弁は空気圧が足りず開操作できず、21時頃に開操作できたAO小弁もぴくっとわずかに開いた程度だった。
- 22:50頃にはD/W圧力が設計圧力（427kPa）を超える一方でS/C

は 300~400kPa と安定し、格納容器内の圧力が均一しない状況が続き、別の A O 小弁 (D/W 側) を開けようとしたが成功せず、15 日 6 時頃に S/C 付近で爆発した。

【3号機】

- 2号機同様、12日 17:30の所長によるベント準備の指示後、1号機のものを参考に手順を作成。(その時は、RCIC停止後で、同日12:35からHPICの作動していた状況)
 - 13日 8:41に一旦ベントラインが完成、同日 9:20頃 D/W 圧力が低下した (ベントが成功したものと考えられている)
 - その後、11時頃にベント弁の1つ (A O 大弁) が空気圧を維持できず閉止 (理由は、ポンベ接続部からの空気漏洩か、ポンベと弁をつなぐ配管での空気漏洩が考えられるが、不明とのこと)、ポンベの取替えやコンプレッサーによる圧縮空気の送り込みなど開操作を3月20日まで繰り返した。
 - 14日 5時頃から別の弁 (A O 小弁) の開操作も行ったが、A O 大弁と同様、空気圧が維持できず開操作を3月16日まで繰り返した。
- ベント実施圧力について、福島第一原子力発電所の全号機とも、ラプチャディスクの作動圧は原子炉格納容器の設計圧力となっているが、手順書ではベント実施は設計圧力の2倍を超えた時点となっている。これは、原子炉格納容器が設計裕度により設計圧力の2倍までは耐えられることから、2倍に達するまでは冷却により圧力を下げ、放射性物質の環境中への放出を極力抑えるという考えによる。

⑤2号機のRCIC、3号機のRCICとHPIC

- RCICについて、停止したのはバッテリーの枯渇が原因と考えられている。RCICの駆動には大規模なバッテリーが必要であり、バッテリーの補充は直ちにできるものではない。(計装系のように自動車のバッテリーなどで代替できるものではない)
- 3号機のHPICの停止も、はっきりしたことは不明であるが、バッテリーの枯渇か蒸気圧の低下が要因と考えている。
- 2号機、3号機ともバッテリーで動作可能なRCICとHPICが停止した時の冷却手段としては、高圧注水が可能なホウ酸注水系 (SLC) や制御棒駆動系 (CRD) の利用を考えていた。そのため、これらの駆動に必要な交流電源の復旧作業を進めた。12日未明から電源車の接続作業を開始し、2号機の電源盤を経由してSLCへの接続がほぼ完成した

のが12日15:30。ただ、その直後に1号機で爆発が発生し、ケーブルと電源車が損傷した。その後も交流電源の復旧に努力したものの復旧できず、並行して準備を進めていた消防車を用いた代替注水による冷却を行うこととなった（2号機は14日19:54、3号機は13日9:25にそれぞれ注水開始）

⑥水素爆発

- 1号機の爆発前、水素爆発の可能性については議論されていなかった。水-ジルコニウム反応により水素が発生することはわかっていたが格納容器内にとどまるとしており、更に建屋内に漏洩し水素爆発することは考えていなかった。
- 1号機の爆発後は、2号機と3号機の水素爆発対策を検討した。建屋の天井に穴を開ける、ブローアウトパネルを開けるといった水素爆発防止策が考えられたが、天井に穴を開けるには重機が必要であったが余震が続く中、現実的な対策ではなかった。ブローアウトパネルも中越沖地震の教訓反映で強固にしたこともあり、作業員が現場に行って人力で開けられるものではなかった。2号機は、3号機（3月22日に東電職員から聞いた話では1号機とのこと）の爆発の影響でたまたまブローアウトパネルが開いた。なお、5、6号機は3月18日に天井に穴を開ける作業を実施。

※なお、緊急安全対策との関係については、別途とりまとめ中。

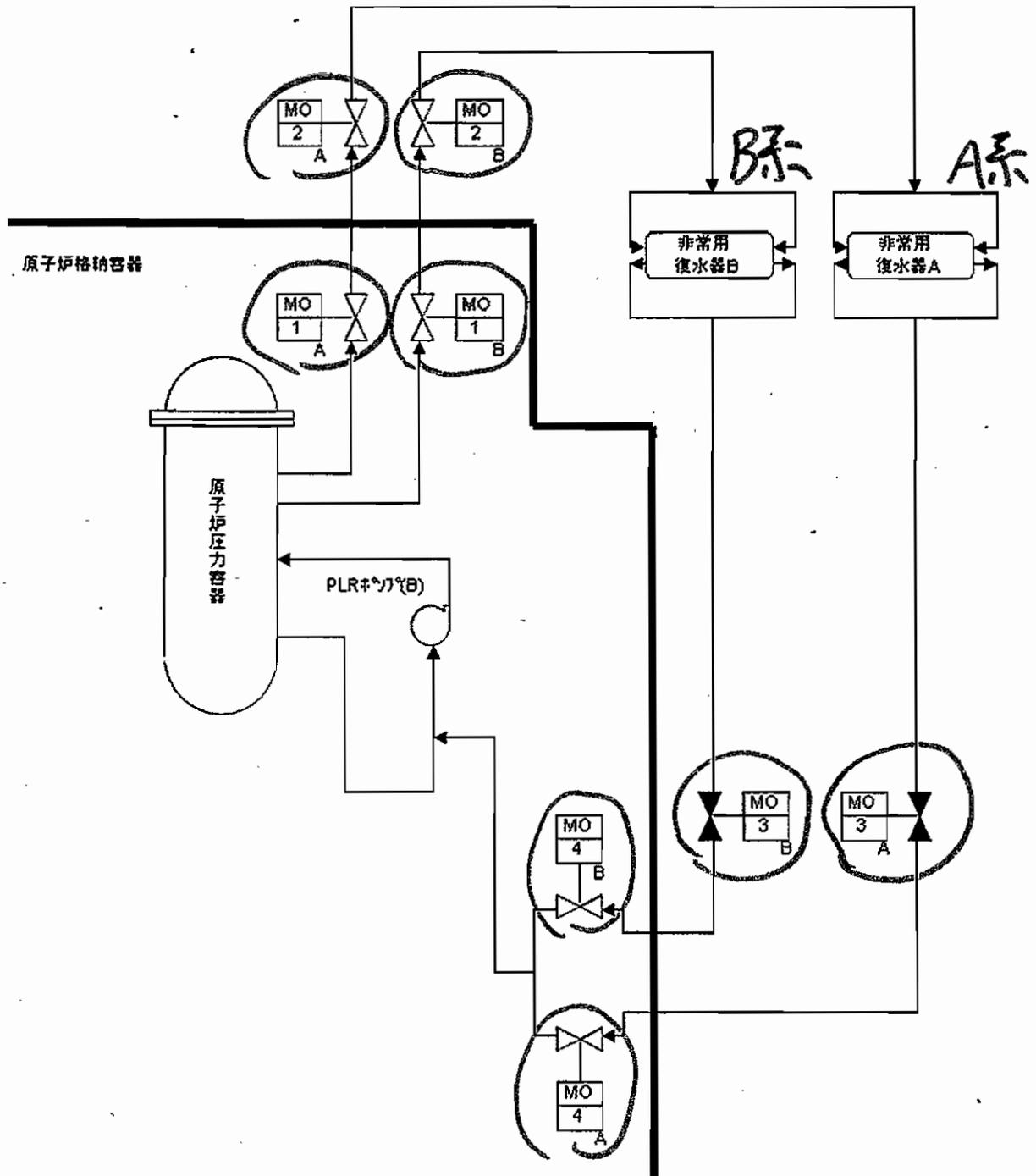
(別紙)

インタビュー対象者一覧

吉田 昌郎 福島第一原子力発電所所長

[Redacted text block]

(参考1)
IC



※1:通常運転時(待機状態)、MO-1, 2, 4弁は「開」、MO-3弁は「閉」。起動時3弁「開」。

※2:MO-1, 4弁はAC電源、電源喪失にて動作不能(as is)。

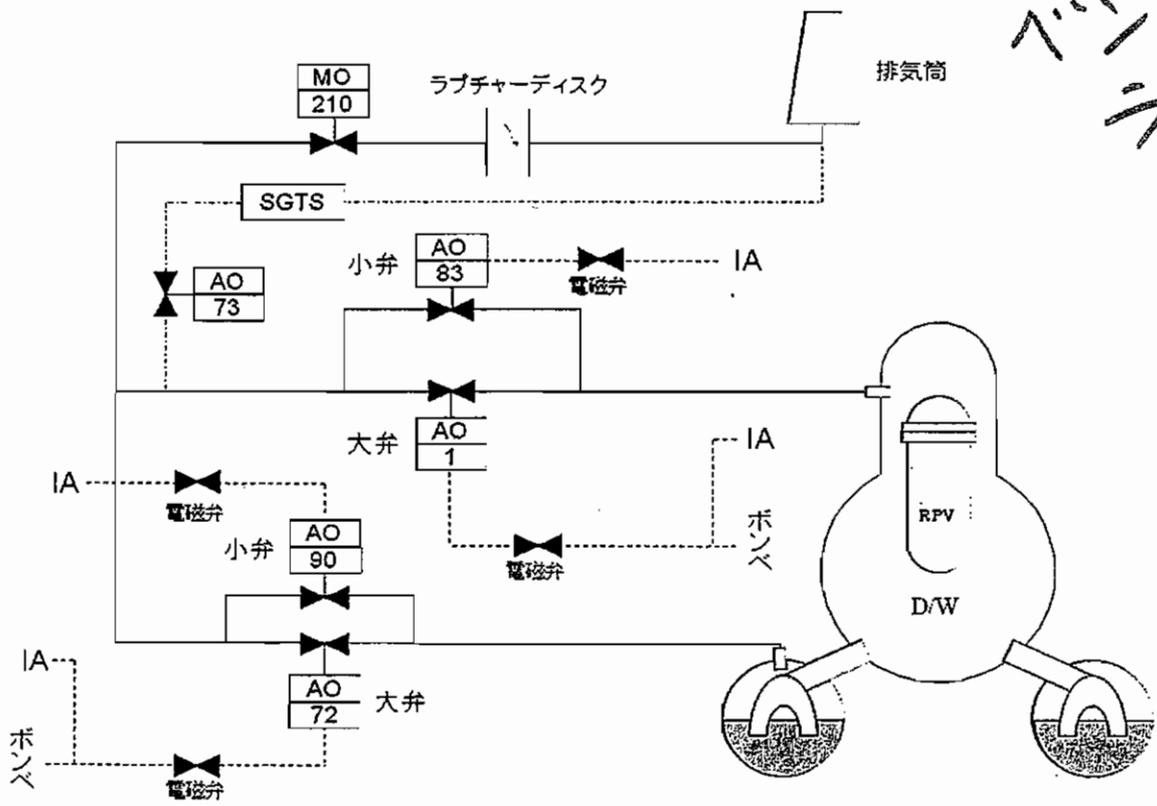
※3:MO-2, 3弁はDC電源(隔離論理回路と同電源)、電源喪失にて動作不能(as is)。

※4:DC電源喪失時は隔離(閉)論理回路作動。

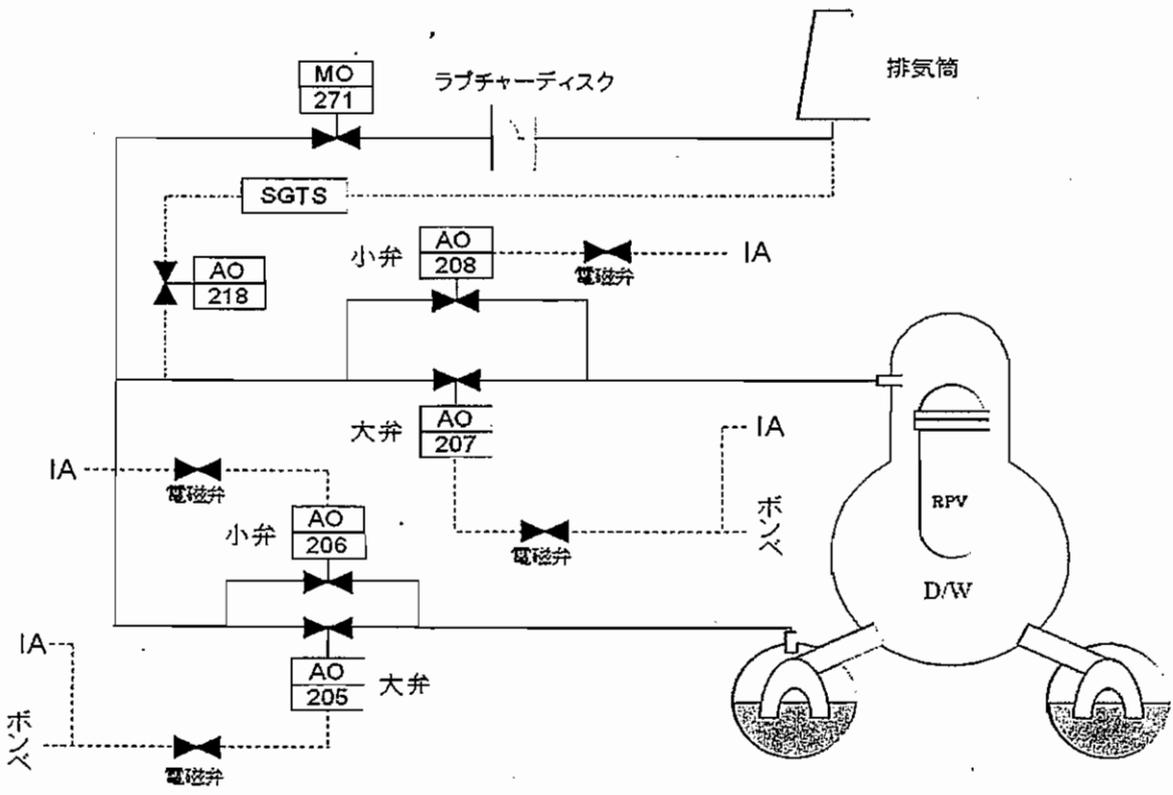
その時、各弁駆動電源(※2, ※3に記載)が生きていれば各弁閉。既に各弁駆動電源が喪失していれば動作不能(as is)。

図IV-2-4 非常用復水器 系統構成図 (1号機)

(参考2)
バント
ライン

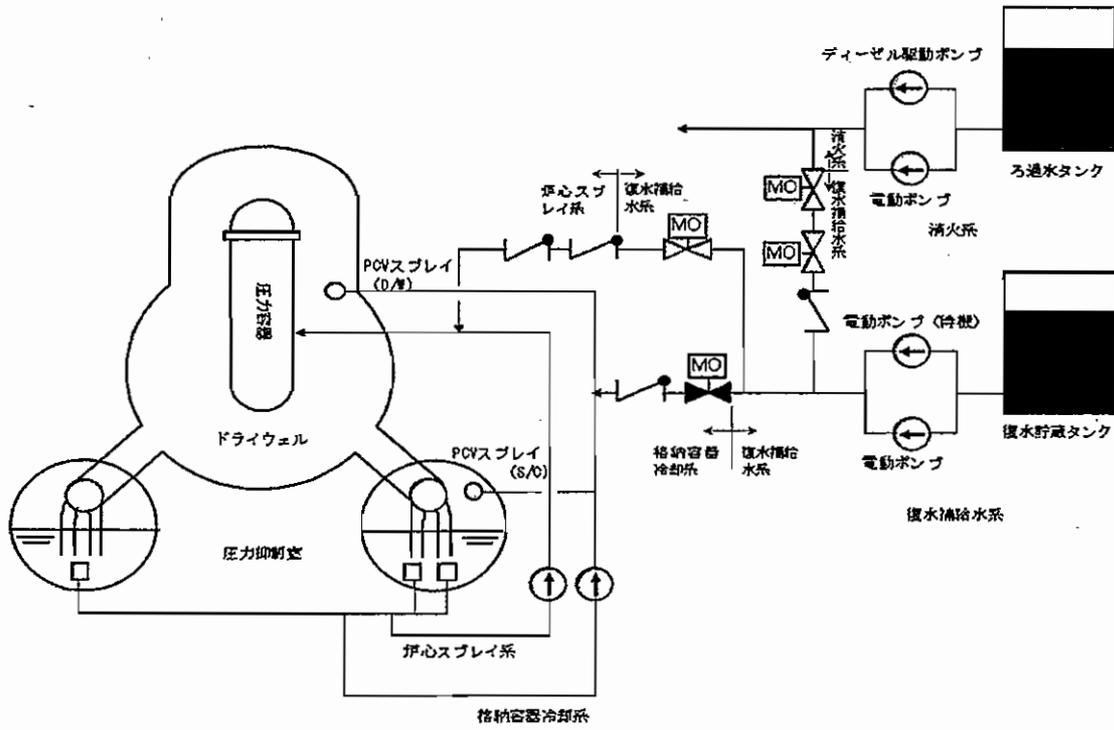


図IV-2-13 PCV ベント設備概要 (1号機)

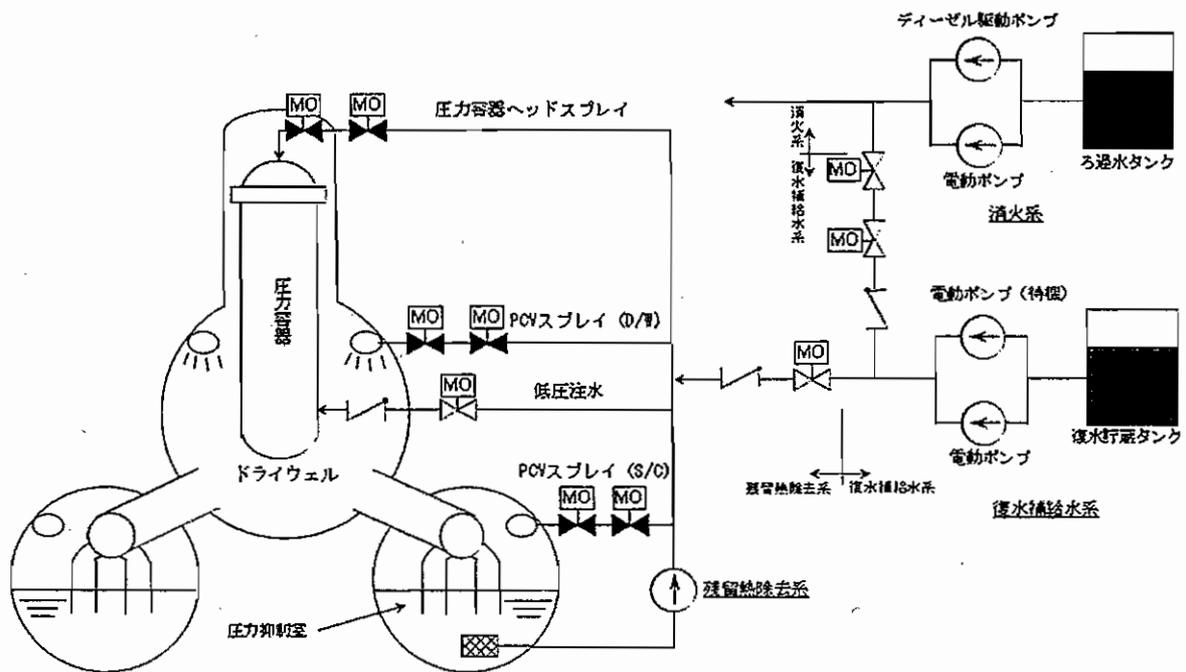


図IV-2-14 PCV ベント設備概要 (2、3号機)

(参考3)
代替注水
ライン



図IV-2-10 代替注水設備（淡水）の設備概要（1号機）



図IV-2-11 代替注水設備（淡水）の設備概要（2、3号機）