

平成23年9月9日
原子力安全・保安院

平成23年東北地方太平洋沖地震による 東京電力（株）福島第一原子力発電所への影響について

原子力安全・保安院は、3月18日、東京電力（株）から福島第一原子力発電所における東北地方太平洋沖地震による原子炉施設への影響について原子炉等規制法第62条の3の規定に基づき報告を受けました。

本日（9月9日）、東京電力（株）から本件について報告（続報）を受理しました（今回の報告には、電気事業法に基づく電気関係報告規則第3条の規定に基づく報告が含まれます。）。

当院は、本日報告された内容について精査していきます。また、今後、東京電力（株）から提出される最終的な報告書の内容を精査していきます。

I. 東京電力（株）からの報告の要点

1. 地震発生後のプラント状況

福島第一原子力発電所は1号機が定格電気出力一定運転中、2号機及び3号機が定格熱出力一定運転中のところ、平成23年3月11日14時46分頃に発生した東北地方太平洋沖地震により、原子炉が自動停止した。なお、4号機、5号機及び6号機は定期検査中であり、このうち、4号機についてはシュラウド取替工事中で、原子炉内の全燃料を使用済燃料プール（以下「SFP」という。）へ取り出した状態であった。

地震の影響により、6回線ある外部電源のすべてが受電できない状態となったが、非常用ディーゼル発電機（以下「DG」という。）が4号機の点検中であった1台を除き、各号機においてすべて正常に起動した。

（1）1号機

1号機は、原子炉停止後、非常用復水器（以下「IC」という。）2系統が「原子炉圧力高」により自動起動し、その後、操作手順書で定める原子炉冷却材温度降下率 $5.5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 以下を遵守するため手動停止させた後、IC（A系）の起動・停止操作の繰り返しにより原子炉圧力を制御した。また、その後の主蒸気逃がし安全弁（以下「SRV」という。）の手動開閉による

圧力抑制室（以下「S/C」という。）水の温度上昇に備え、操作手順書に従い、格納容器冷却系によるS/C冷却を開始した。

津波により冷却用海水ポンプ又は電源盤、非常用母線が被水等し、3月11日15時37分に2台あるDGの両方が停止したため、同日15時42分、原子力災害対策特別措置法（以下「原災法」という。）第10条該当事象（全交流電源喪失）と判断した。

計器用の電源が喪失し、原子炉水位が確認できなくなり、原子炉への注水状況が不明となったことから、3月11日16時36分に原災法第15条該当事象（非常用炉心冷却装置注水不能）と判断した。その後、原子炉水位計が復旧し水位の確認ができたことから、原災法第15条該当事象の状態からの回復と判断したが、再度、原子炉水位が確認できなくなったため、同日17時07分に原災法第15条該当事象（非常用炉心冷却装置注水不能）と判断した。

IC（A系）について、3月11日18時18分に、配管隔離弁の開操作、同日18時25分に閉操作を行った。その後、同日21時30分に再度、開操作を行った。

3月11日23時50分頃、小型発電機からの電源をドライウェル（以下「D/W」という。）圧力計につなぎ指示値を確認したところ、600kPa [abs]であったため、格納容器ベントの準備を開始するとともに、3月12日0時49分、原災法第15条該当事象（格納容器圧力異常上昇）と判断した。

格納容器ベント作業を行うため、3月12日9時頃から現場作業を開始し、S/Cからのベントラインの電動作動弁を手動で25%まで開操作したが、空気作動弁については現場の放射線量が高く、弁の開操作を完了することができなかった。そのため、空気作動弁駆動用に仮設空気圧縮機を設置し、弁の開操作を行ったところ、D/Wの圧力が低下したことから、同日14時30分、格納容器ベントによる放射性物質の放出が行われたと判断した。

これらと並行して、消火系ラインを用いた消防車ポンプによる、防火水槽の水（淡水）の原子炉への注水を3月12日5時46分に開始した（同日19時04分頃から海水注水へ切替。）。

3月12日15時36分に原子炉建屋（以下「R/B」という。）で水素ガスによると思われる爆発が発生し、また、敷地周辺で1015 μ Sv/hという高い放射線量を計測したことから、同日16時27分に原災法第15条該当事象（敷地境界放射線量異常上昇）と判断した。

事故解析コードによる解析では、全交流電源喪失（津波到達）以降、比較

的早期に炉心の損傷が開始し、原子炉圧力容器（以下「RPV」という。）が破損する結果となった。一方、プラントパラメータによれば、燃料の大部分はRPV内にあることを示唆する挙動であることから、炉心は大幅に損傷したものの、所定の装荷位置から下（下部プレナム）に移動・落下し、大部分はその位置付近で安定的に冷却できていると考える。

（２）２号機

２号機は、原子炉停止後、原子炉の圧力をSRVで、水位を原子炉隔離時冷却系（以下「RCIC」という。）で制御するとともに、S/Cの温度が上昇したことから残留熱除去系（以下「RHR」という。）を手動起動しS/Cの冷却を行った。

津波により冷却用海水ポンプ又は電源盤、非常用母線が被水・水没等し、３月１１日１５時４１分に２台あるDGの両方が停止したため、同日１５時４２分、原災法第１０条該当事象（全交流電源喪失）と判断した。

計器用の電源が喪失し、原子炉水位が確認できなくなり、原子炉への注水状況が不明となったことから、３月１１日１６時３６分に原災法第１５条該当事象（非常用炉心冷却装置注水不能）と判断した。

３月１２日２時５５分頃、RCICによる原子炉注水が継続していることが確認された。同日４時２０分以降、復水貯蔵タンクの水位低下が確認されたため、復水貯蔵タンクの水位確保とS/Cの水位上昇抑制を目的として、RCICの水源を復水貯蔵タンクからS/Cに変更し、注水を継続した。

これらと並行して、海水注入や格納容器ベントの準備を行い、３月１３日１１時００分に格納容器ベントの系統構成を完了させた。このときは、D/W圧力がラプチャーディスク作動圧よりも低く、ベントされない状態であったため、格納容器ベントの系統を構成する弁の開状態を保持することとした。

３月１４日１２時頃までは原子炉水位は安定していたが、同日１３時１８分に原子炉水位が下降傾向であることが確認されたため、RCICの機能が喪失した可能性があることから、同日１３時２５分に原災法第１５条該当事象（原子炉冷却機能喪失）と判断した。

消火系ラインを用いた消防車ポンプによる原子炉への代替注水のために、３月１４日１８時以降、SRVによる原子炉減圧を行ったが、S/Cの温度・圧力が高く、減圧するまでに時間を要した。同日１８時２２分に原子炉水位が有効燃料頂部－３７００mmに到達し、燃料全体が露出したものと判断した。その後、１９時５４分から消防車により、物揚場から取水した海水

を原子炉へ注水し、原子炉水位が回復してきたことを確認した。

格納容器ベントについては、3月14日11時01分の3号機における水素ガスによると思われる爆発の影響で弁が閉となったため、復旧作業を行い、同日21時頃にS/Cからのベントラインにある弁を開き格納容器ベントの系統構成を完了させた。しかし、S/Cの圧力がラプチャーディスク作動圧より低く、D/Wの圧力が上昇していることから、D/Wからのベントラインにある弁を開き格納容器ベントを実施することとした。3月15日0時02分頃に格納容器ベントの系統構成を完了させたが、数分後、D/Wからのベントラインにある弁が閉状態であることが確認された。

3月15日6時00分～10分頃に大きな衝撃音が発生した。ほぼ同時期に、S/C圧力が0MPa [abs]を示した。その後、同日11時25分頃にD/W圧力が低下していることを確認した。

事故解析コードによる解析では、燃料域以下程度を維持する注水量を仮定したケースにおいて、一部の燃料についてはRPV内にとどまる結果となったものの、RPVは破損する結果となった。一方、プラントパラメータによれば、燃料の大部分はRPV内にあることを示唆する挙動であることから、炉心は大幅に損傷したものの、所定の装荷位置から下（下部プレナム）に移動・落下し、大部分はその位置付近で安定的に冷却できていると考える。

(3) 3号機

3号機は、原子炉停止後、原子炉の圧力をSRVで、水位をRCICで制御した。

津波により冷却用海水ポンプ又は電源盤、非常用母線が被水等し、3月11日15時38分に2台あるDGの両方が停止したため、同日15時42分、原災法第10条該当事象（全交流電源喪失）と判断した。

その後、原子炉へはRCICで、RCIC停止後は高圧注水系（以下「HPCI」という。）で注水されていたが、3月13日2時42分にHPCIが停止した後、RCIC、HPCIともに再起動できなかつたため、同日5時10分に原災法第15条該当事象（原子炉冷却機能喪失）と判断した。

消火系ラインを用いた消防車ポンプによる原子炉への代替注水を実施するために、3月13日9時08分にSRVによる原子炉減圧を行った。この減圧操作により、消防車による原子炉注水が可能となったため、同日9時25分、防火水槽の水（淡水）にほう酸を溶解させ、原子炉への注水を開始した（同日13時12分頃から海水注水へ切替。）。

格納容器ベントについては、3月13日8時41分にS/Cからのベント

ラインについてラプチャーディスクを除く格納容器ベントの系統構成を完了させ、同日9時24分にD/W圧力の低下が確認された。

3月14日2時頃からD/W圧力が上昇傾向となったことから、同日5時20分にS/Cからのベントラインにあるもう一つの弁の開操作を実施し、同日6時10分に開になったことを確認した。

3月14日11時01分にR/Bで水素ガスによると思われる爆発があり、原子炉への海水注入が停止した。爆発の影響で逆洗弁ピットが使用できない状態となったため、海から直接海水を取水して原子炉へ注水するようホースを引き直し、同日16時30分に消防車による原子炉への海水注入を再開した。

事故解析コードによる解析では、燃料域以下程度を維持する注水量を仮定したケースにおいて、一部の燃料についてはRPV内にとどまる結果となったものの、RPVは破損する結果となった。一方、プラントパラメータによれば、燃料の大部分はRPV内にあることを示唆する挙動であることから、炉心は大幅に損傷したものの、所定の装荷位置から下（下部プレナム）に移動・落下し、大部分はその位置付近で安定的に冷却できていると考える。

(4) 4号機

4号機は定期検査中で、シュラウド取替工事を行っており、原子炉内の全燃料をSFPへ取り出した状態であった。

津波により電源盤が被水等しDGが停止したため、3月11日15時38分に全交流電源喪失となり、SFPの冷却機能及び補給水機能が喪失した。

3月15日6時00分～10分頃に大きな音が発生した。その後、R/B5階屋根付近に損傷を確認した。同日9時38分頃及び3月16日5時45分頃にはR/Bで火災が確認されている。

(5) 5号機

5号機は定期検査中であり、原子炉内に燃料を装荷した状態で、RPVの耐圧漏えい試験を実施しており、制御棒駆動水圧系ポンプにより原子炉を加圧していたが、外部電源の喪失により原子炉圧力が一時的に低下した。

津波により海水ポンプ又は電源盤が被水等し、2台あるDGの両方が停止したため、3月11日15時40分、全交流電源喪失となった。

原子炉圧力は、炉内の燃料からの崩壊熱により上昇傾向にあったが、3月12日6時06分に中央制御室からRPV頂部のベント弁を手動開操作して、原子炉圧力の減圧を行い、大気圧程度まで降下させた。

その後、6号機からの電源融通により、耐圧漏えい試験のために中央制御室からの操作ができないようにしていたSRVを復旧させ、3月14日5時以降、SRVの手動開操作による原子炉の減圧を断続的に行った。

また、復水補給水系（以下「MUWC」という。）ポンプを起動し、3月14日5時30分に原子炉注水を開始し、原子炉水位の調整を行った。

その後、仮設の残留熱除去海水系（以下「RHRS」という。）ポンプを設置し、3月19日5時00分にRHRポンプを1台起動し、SFP及び原子炉の冷却を開始した。3月20日14時30分に原子炉水温が100℃未満となり、冷温停止となった。

(6) 6号機

6号機は定期検査中であり、原子炉内に燃料を装荷し冷温停止中であった。

津波により海水ポンプ又は電源盤が被水等しDG3台のうち2台が停止したが、空冷式のDG1台については海水系による冷却が必要ないこと及び電源盤が被水等しなかったことから停止に至らず、非常用母線に電源を供給し続けた。

MUWCポンプによる原子炉への注水及びSRVによる圧力調整を行うとともに、5号機に電源融通を行った。

その後、仮設のRHRSポンプを設置し、3月19日22時14分にRHRポンプを1台起動し、SFP及び原子炉の冷却を開始した。3月20日19時27分に原子炉水温が100℃未満となり、冷温停止となった。

(7) 使用済燃料プール

1号機～6号機のSFP及び共用プールは地震後の津波の影響により冷却機能及び補給水機能を失った。

また、1号機、3号機及び4号機においてはR/Bの爆発の影響により、SFP内部又は上部へ瓦礫が落下している。

水位は、地震時のスロッシングや崩壊熱による蒸発のため、一時的に低下したが、3月17日以降の注水や仮設又は本設の冷却設備により燃料が露出することなく水位は維持されたと考えられる。

2. 地震及び津波による被害状況

地震の影響について、各号機の安全上重要な機能を有する主要な設備は、地震直後のプラント運転状況又は点検結果等から判断すると、地震時及び地震直後において安全機能を保持できる状態にあったものと推定される。地震

による外部電源の喪失は生じたものの、DGによる電源確保に成功しており、プラントとしては自動停止後の対応を適切に実施できる状態にあったものと推定される。

津波の影響については、全号機において非常用海水ポンプ、DG及び電源盤等が被水し、全号機において原子炉及びSFPを除熱し、冷温停止するための最終ヒートシンクを喪失するとともに、1号機から5号機については電動式の安全系や注水、冷却設備はすべて使用できない状態となった。

6号機においては、空冷式のDGのみならず、高圧電源盤、パワーセンターといった電源盤も被害がなかったことから、供給先の機器を作動継続させることが可能であった。

3. 外部への放射性物質の影響

空気中への放出については、原子炉格納容器ベント、R/Bの爆発等があり、空気中に放射性物質が放出されている。なお、現在は、原子炉は安定的に冷却されている状態にあり、発電所敷地周辺における空気中放射性物質濃度の測定データの推移から、事故直後に比べ放射性物質の放出量は大幅に減少している。

海洋中への放出については、排出基準を超える放射性物質濃度の排水の放出は3件発生しているが、そのうち港湾内へ漏洩した2号機タービン建屋からの汚染水はその99.9%が港湾外に流出したものと考えられる。また、集中廃棄物処理建屋滞留水及び5、6号機サブドレン水からの汚染水も港湾外に直接放出された。3号機タービン建屋からの汚染水については拡散防止対策により、大部分が港湾内に滞留しているものと評価している。

4. 作業員の被ばく状況

これまでに法令に定める緊急時の線量限度（250mSv）を超過した事例が6名、法令に定める女性の線量限度（5mSv／3ヶ月）を超過した事例が2名発生している。

II. 原子力安全・保安院としての対応

原子力安全・保安院は、本日報告された内容について、精査していきます。

また、東京電力(株)では、事故の全体像の解明が進み、原因の分析・評価を行う過程で新たに得た知見については、引き続き報告するとしており、当院としては、今後、東京電力(株)から提出される最終的な報告書の内容を精査していきます。

(I N E S[※]による暫定評価)

	基 準 1	基 準 2	基 準 3	評価レベル
1～3号機	7	5	3	7
4号機		未定	3	
5号機		—	3	
6号機		—	3	

評価概要：福島第一原子力発電所の原子炉から大気中への放射性物質の総放出量が77万テラベクレルと試算されたことから I N E S のレベル7「数万テラベクレル（ 10^{16} のオーダー）超」に該当すると判断、 I N E S レベル評価のレベル7「深刻な事故」に相当すると評価。

※ 2008年版 I N E S ユーザーズマニュアルによる評価。

I N E S (International Nuclear and Radiological Event Scale：国際原子力・放射線事象評価尺度)とは、原子力発電所等のトラブルについて、それが安全上どの程度のものかを表す指標。評価は3つの基準（基準1：人と環境、基準2：施設における放射線バリアと管理、基準3：深層防護）により行われ、最も高いレベルがそのトラブルの評価レベルとなる。評価レベルは、レベル0（安全上重要ではない事象）からレベル7（深刻な事故）までである。レベル1は原子力施設における運転制限の逸脱であり、十分な安全防護層が残った状態で安全機器に軽微な問題が発生した場合などがこれに該当します。

(本発表資料のお問い合わせ先)

原子力安全・保安院 原子力事故故障対策室長 古金谷 敏之

担当者：齋藤

電 話：03-3501-1511（内線4911）

03-3501-1637（直通）

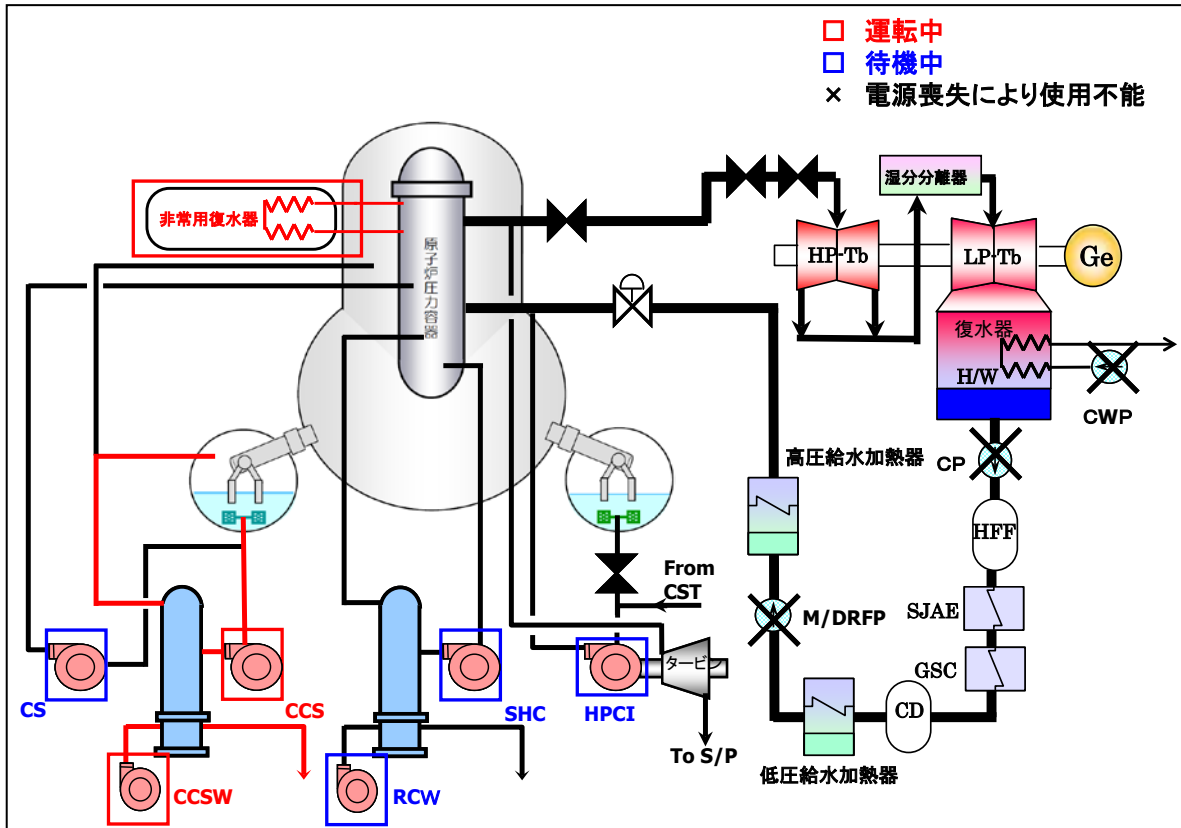
原子力安全・保安院 原子力発電検査課長 山本 哲也

担当者：今里

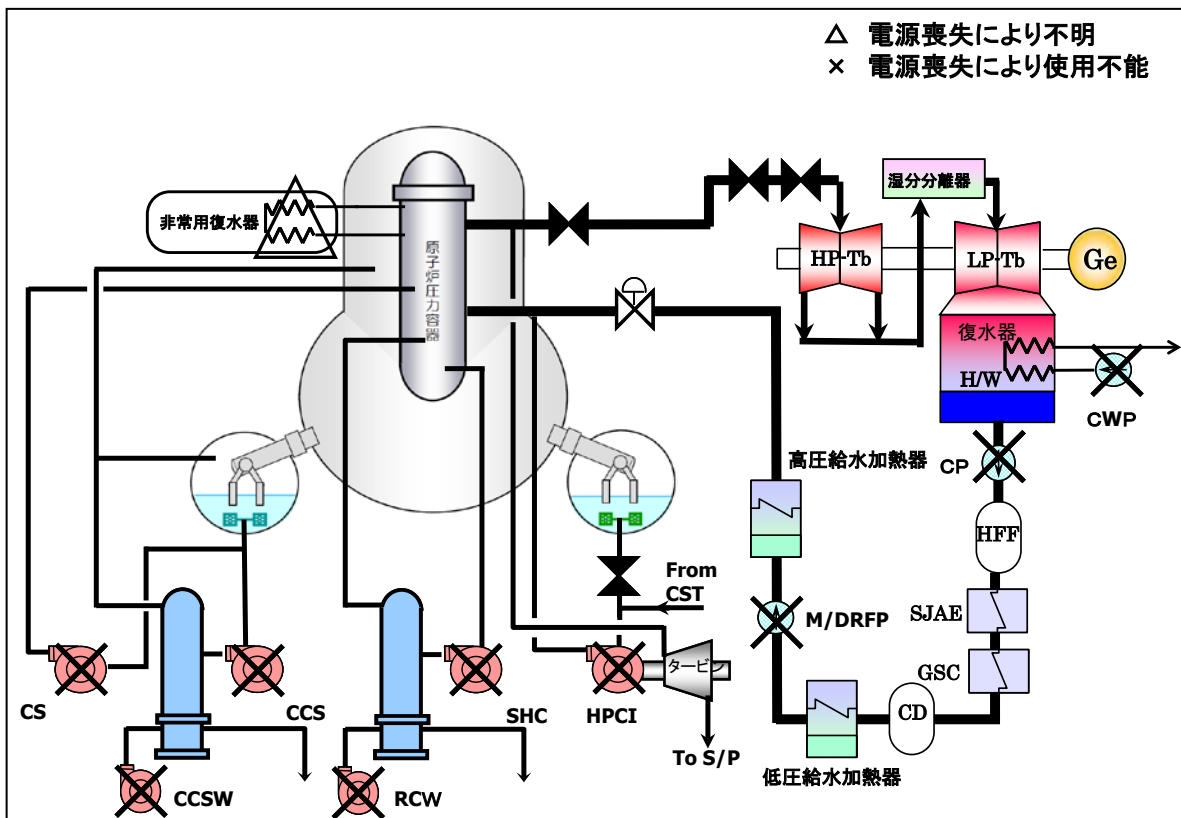
電 話：03-3501-1511（内線4871）

03-3501-9547（直通）

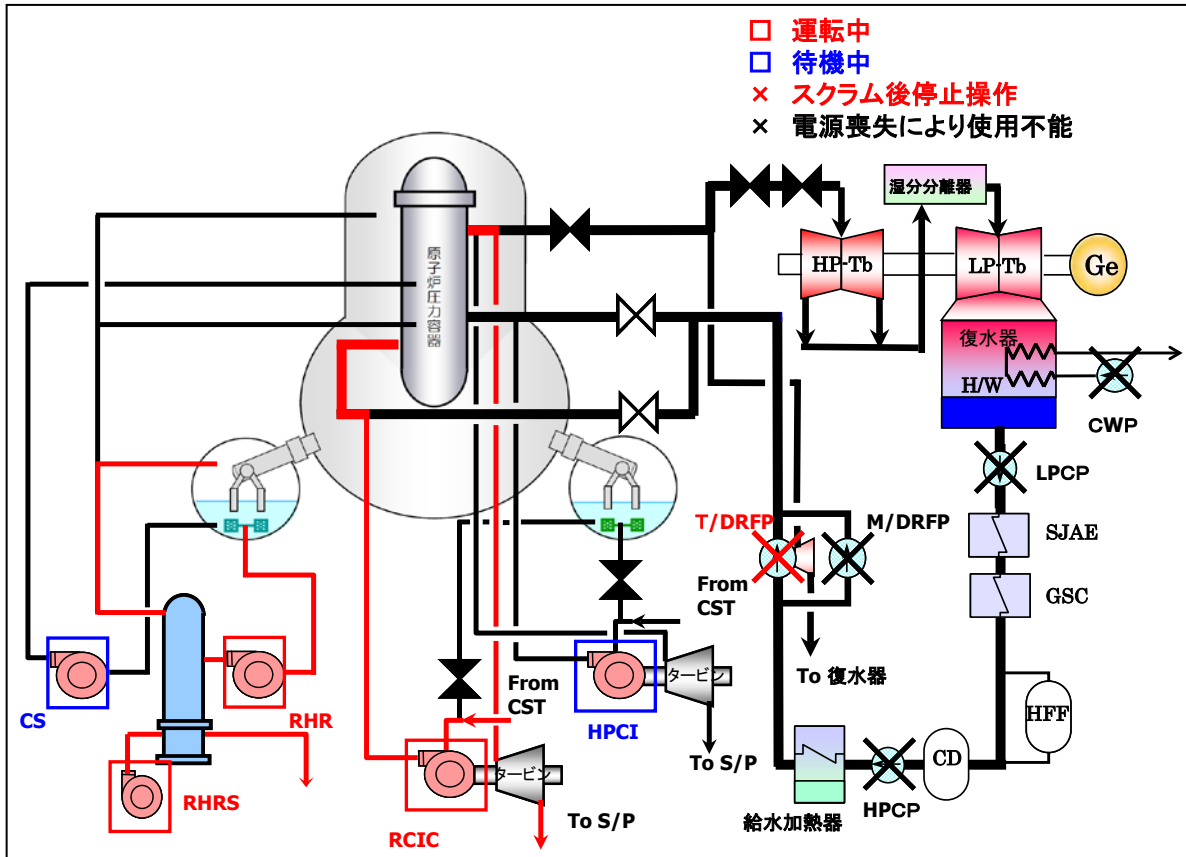
1号機 系統概略図（3月11日地震発生後の主要機器状態）



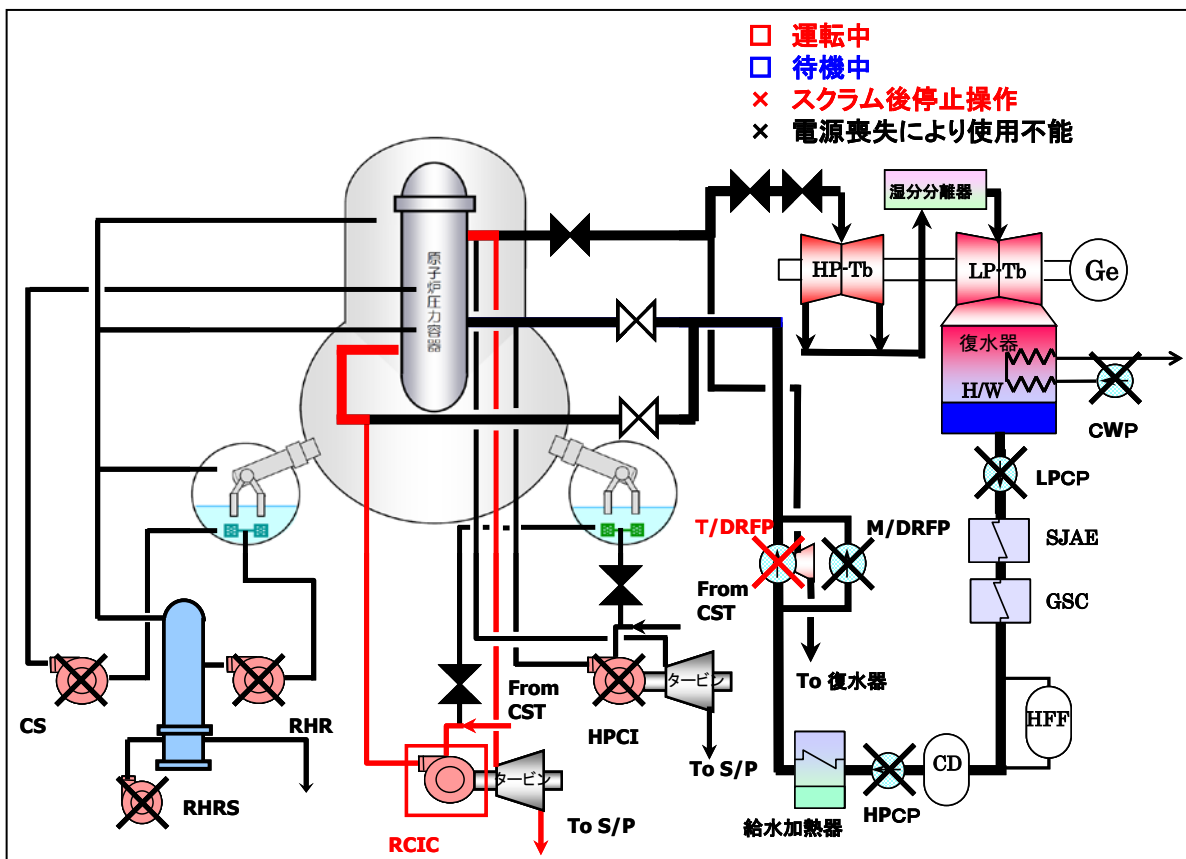
1号機 系統概略図（3月11日津波襲来後の主要機器状態）



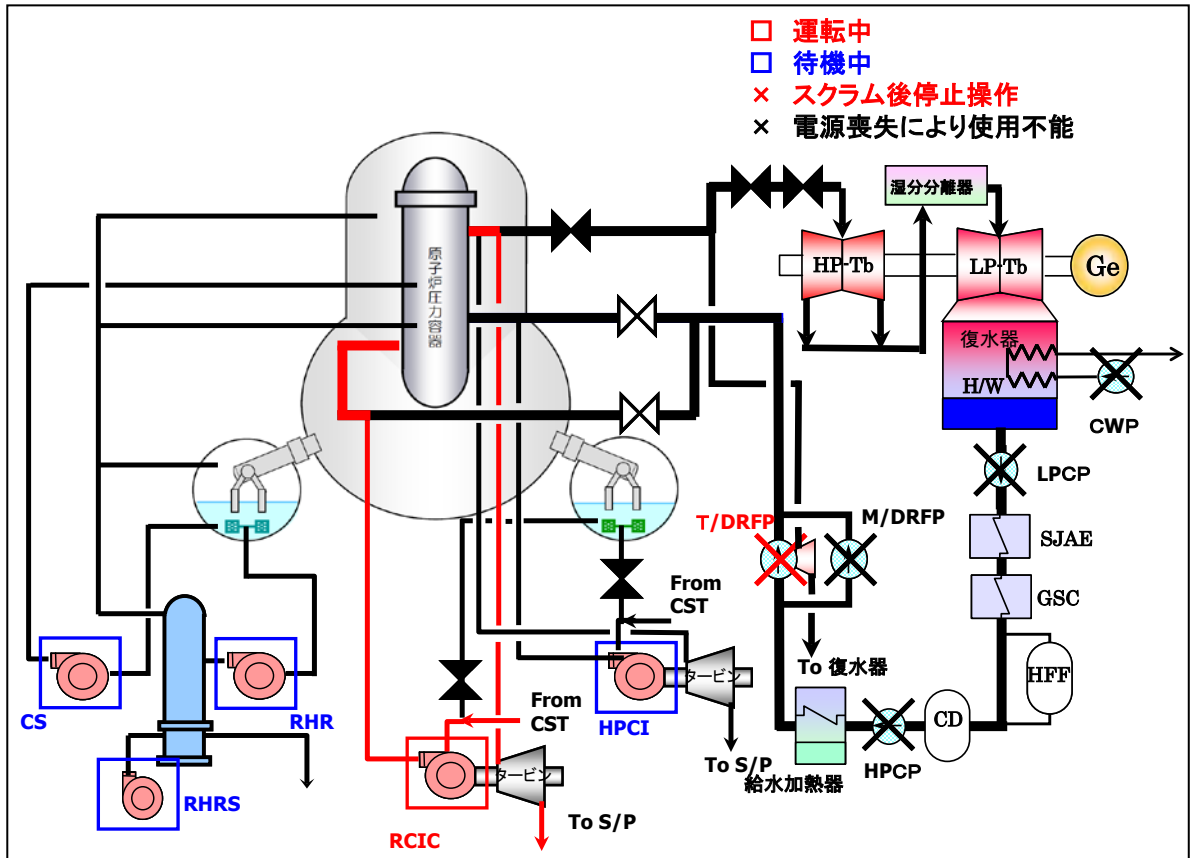
2号機 系統概略図（3月11日地震発生後の主要機器状態）



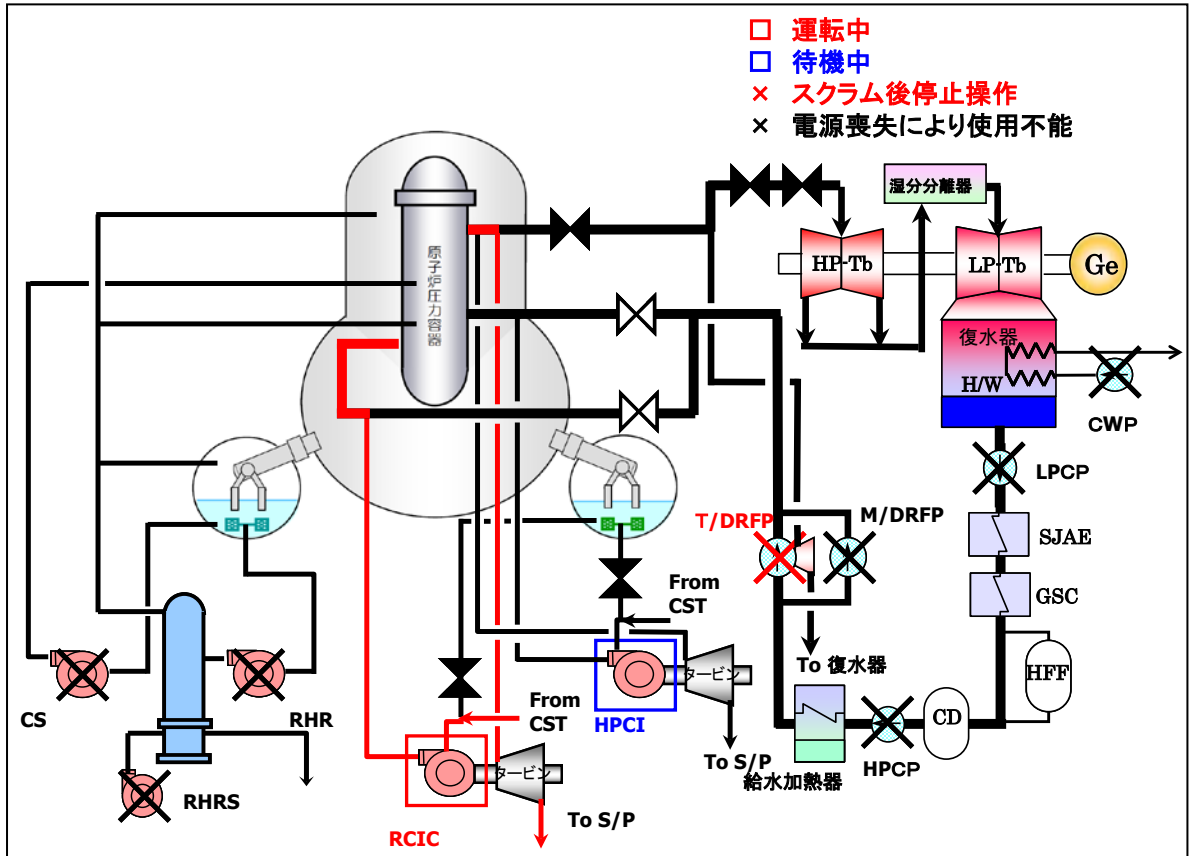
2号機 系統概略図（3月11日津波襲来後の主要機器状態）



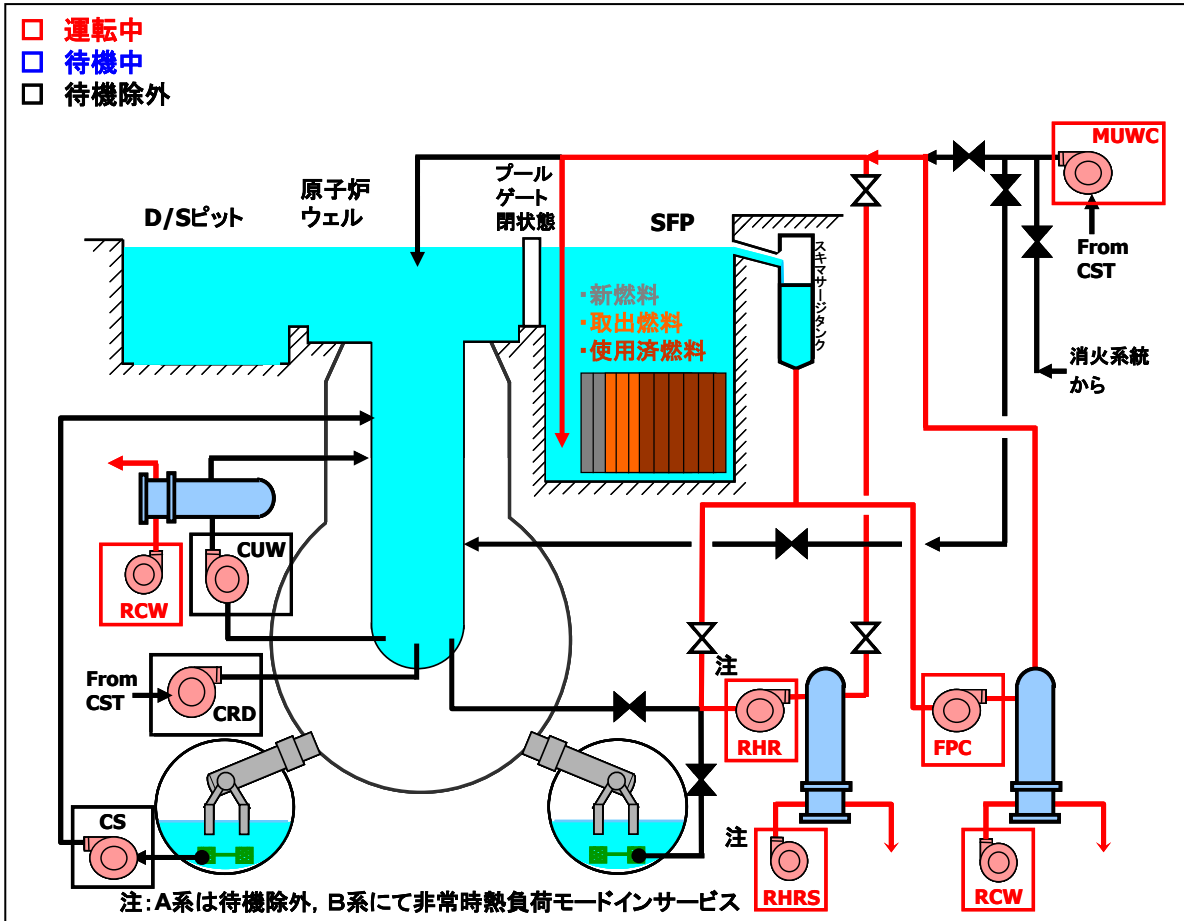
3号機 系統概略図（3月11日地震発生後の主要機器状態）



3号機 系統概略図（3月11日津波襲来後の主要機器状態）



4号機 系統概略図（3月11日地震発生後の主要機器状態）



4号機 系統概略図（3月11日津波襲来後の主要機器状態）

