

#### (4) まとめ

##### ①指揮・命令系統について

(当社は、格納容器ベントや海水注入をためらったのではないかと、という疑問について)

発電所対策本部では、発電所長が原災法第10条、15条発生の通報連絡を行っている。また、結果的に炉心損傷に至ったものの、発電所長、当直長は先行する1号機の状況をもとに3号機においてもその時々プラント状態に応じた指示を出し、本店対策本部を含め、事故収束に向けた対応をしていたものと考えられる。

なお、発電所で海水注入の準備をしていたが、当社の官邸派遣者から極力淡水を注水することを検討するよう発電所長に連絡があり、準備が完了しつつあった海水注入ラインを淡水注入に変更した。**現場実態を踏まえた対応指示と意志決定という原則に鑑みると、現場の情報が限定される中での本店や官邸等からの指示の方法には、検討の余地がある**と考えられる。

これらに関して具体的に確認された事実は以下のとおりである。

##### <通報連絡とアクシデントマネジメント対応>

発電所長は、全交流電源喪失となった11日15時38分の4分後の15時42分に原災法第10条の状態に至ったことを判断し、通報連絡を行った。また、高圧注水系停止後に原子炉隔離時冷却系が起動できなかった13日5時08分の2分後の5時10分に原災法第15条の状態に至ったことを判断し、通報連絡を行った。

[通報連絡の実施：本文 P181, 184、別紙 2P6, 97]

さらに、発電所長は、原子炉隔離時冷却系や高圧注水系が運転を継続している中で、炉心損傷に発展する可能性を踏まえ、1号機の原子炉建屋爆発後に現場確認を開始(12日17時20分頃)し、12日17時30分に格納容器ベントの準備を指示した。また、高圧注水系停止後の13日5時21分に臨機の対応として消防車による海水注入に関する指示をした。

[格納容器ベントの準備指示：本文 P182、別紙 2P104]

[消火系ラインによる注水や消防車の活用指示：本文 P185、別紙 2P98]

##### <中央制御室における対応>

中央制御室では使用可能であった直流電源の節約措置を施した原子炉隔離時冷却系や高圧注水系の運転、監視及び運転制御に最低限必要な設備を除く負荷の切り離しによる更なる直流電源の節約措置の実施、消火系ラインを用いた代替圧力抑制室スプレイの実施、また仮設電源で復旧された監視計器による監視などを行っており、現場との通信手段がない作業条件の中、数少ない動かすことができる設備を活用しながら、事故収束に向けた対応操作を行った。

[直流電源の節約措置：本文 P181～182、別紙 2P90～91, 93]

[代替スプレイの実施：本文 P182, 184、別紙 2P92, 97～98]

## <国からの命令・連絡>

ディーゼル駆動消火ポンプ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つた中、発電所長の了解を得て、5, 6号機側及び福島第二原子力発電所から移動した消防車を使用して海水注入ラインの構成を行い、ほぼ完了していた。そのような中、極力淡水を注水することを検討するよう当社の官邸派遣者から発電所長に連絡がなされた。このため、海水注入ラインから淡水注入ラインへの切替を急遽行い、防火水槽を水源とした淡水注入ラインを構成した。

[官邸からの注水方法に関する関与：本文 P185、別紙 2P98]

## ②高圧注水系の運転（切替）操作について

### （当社の高圧注水系の停止操作は手順書違反ではないか、という疑問について）

3号機は、ディーゼル駆動消火ポンプを起動して低圧系の注水準備を整えていたが、高圧注水系の停止後に低圧系の注水への切替えが直ちに成功せず、結果として炉心の損傷に至った。低圧系の注水への切替えが直ちに成功しなかった点については、高圧注水系停止前に代替注水ラインの切替が完了していることを確認したり、主蒸気逃がし安全弁が動作することを確認すべきではなかったか、との意見があるが、以下の通り運転操作が進められており、その時点におけるプラント状態を踏まえた対応が行われていたと考えられる。

- ・ ページングやPHS等の通信手段がなく現場の操作状況を現場間で直接確認できない中で、高圧注水系の停止前からディーゼル駆動消火ポンプによる原子炉注水ラインへの切替操作を開始していたことから、停止操作をする時点ではライン構成が完了していると考えられた。

[ディーゼル駆動消火ポンプのライン構成：本文 P183、別紙 2P95]

- ・ 主蒸気逃がし安全弁は、中央制御室の操作スイッチにより作動する開動作用電磁弁と状態表示灯の供給電源が同じであり、操作の時点で状態表示灯が点灯していた。電磁弁はわずかな電力で励磁することで開けることが可能であり、状態表示灯が点灯していたことから開操作可能と考えていた。

なお、高圧注水系停止後に主蒸気逃がし安全弁を開操作したものの開動作しなかったが、このときも状態表示灯は点灯している。「なぜ主蒸気逃がし安全弁の電磁弁駆動用の直流電源が枯渇しているかもしれないと考えなかったのか、もっと前に確認しておくべきでなかったか」という意見もあるが、先の通り状態表示灯が点灯しており、高圧注水系が直前まで動いていた状況（高圧注水系動作時に必要な5600Wの油ポンプが動いている状態）から、主蒸気逃がし安全弁が開動作するために必要な小さな電磁弁（8.5Wで動作）を動かすことができると考えることは自然である。

[主蒸気逃がし安全弁の状態：本文 P183、別紙 2P95]

- ・ 高圧注水系のタービン回転数が低下し、操作手順書に記載のある運転範囲を下回る低速度となり、いつ停止するかわからない状況が続いていた。そのような中、原子炉圧力が低下傾向を示すという厳しい運転状態に高圧注水系が陥り、本来なら停止（隔離）<sup>1</sup>する圧力となったにもかかわらず、停止しない状況となった。また、高

<sup>1</sup> 停止しない場合タービンの振動が大きくなり設備が損傷する可能性がある。タービン付近が損傷すると駆動蒸気である原子炉内の蒸気が高圧注水系（HPCI）室内に放出されることが考えられる。仮に原子炉内の蒸気が放出された場合、HPCI室がある原子炉建屋内は放射線量が上がり、その後の事故収束に大きな制約を与えることになる。

圧注水系の吐出圧力が原子炉圧力と同程度になり、原子炉へ注水がされていない状態となった。以上より、高圧注水系の早期停止が必要な状況となったことから、手動停止した。

- ・ 高圧注水系を停止する前に主蒸気逃がし安全弁を開操作すると更に原子炉圧力が低下することとなるため、高圧注水系停止直後に主蒸気逃がし安全弁を開操作したものである。

[高圧注水系の手動停止の状況：本文 P183、別紙 2P94～95]

### ③高圧注水系停止後の対応操作について

**(当社は、高圧注水系停止後、もっと早く原子炉注水を行うことができたのではないかと、という疑問について)**

主蒸気逃がし安全弁や高圧注水系、原子炉隔離時冷却系の復旧操作、ほう酸水注入系を使用した原子炉への注水の検討、消防車の手配など注水手段確保に向けた対応を進めており、結果的に炉心損傷に至ったものの、発電所長、当直長がその時々プラント状態に応じた指示を出し、事故収束に向けた対応を進めていたと考えられる。

なお、原子炉隔離時冷却系及び高圧注水系による高圧系の注水は13日2時42分の高圧注水系の手動停止まで継続した。想定より長く運転ができたのは、それまでの運転員によるきめ細やかなバッテリーの節約措置によるもので、この結果として、その間、より状況の厳しい1号機の対応に要員と資機材を振り向けることが可能となった。

ただし、3号機が炉心損傷に至ってしまったことに鑑みると、**全電源が喪失した場合においても、速やかに減圧、低圧注水へ移行できる電源、ポンプ等の圧縮空気（窒素）等の資機材を予め準備しておくとともに、それらを活用するための訓練を行っておくことが必要である**と考えられる。

《16.2項 減圧装置（方針1、2）、低圧注水設備（方針1、2）》

これらに関して具体的に確認された事実は以下のとおりである。

#### <中央制御室での対応>

中央制御室では、主蒸気逃がし安全弁の状態表示灯が点灯している状況で、開操作をしたが開動作しなかった。その後も状態表示灯は継続して点灯していたことから、主蒸気逃がし安全弁が開動作しない要因として、駆動用窒素ガスが供給されずに開動作しなかったものと考え、すぐに窒素ガスの供給ラインからの補給を試みたが、供給ラインの弁は手動で開けることができる構造ではなかったことから補給できなかった。

主蒸気逃がし安全弁を開動作させることができない状況の中で、原子炉圧力が上昇していたことから、タービン駆動である原子炉隔離時冷却系及び高圧注水系を再起動して原子炉に注水することを試みたが、高圧注水系は電源となるバッテリーの枯渇により起動できず、また原子炉隔離時冷却系も弁の不調により起動できなかった。

[中央制御室の対応状況：本文 P184、別紙 2P95～97]

#### <発電所対策本部での対応>

発電所対策本部では、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を使用した原子炉への注水の検討と、消防車の手配を行った。電源復旧に時間がかかることが判明し、ディーゼル駆動消火ポンプ及び消防車による注水しか選択肢がなくなった際には、臨機の対応として、主蒸気逃がし安全弁を開するために必要なバッテリー

一を急遽収集し、原子炉の減圧を行った上でディーゼル駆動消火ポンプとそれまでに手配した消防車により原子炉へ注水を行ったものの、炉心損傷を防ぐことができなかった。

[発電所対策本部の対応状況：本文 P184～185、別紙 2P98～99]

#### ④高圧注水系の運転中における注水切替の可能性について

(当社は何故、高圧注水系運転中に低圧注水へ切り替えなかったのか、という疑問について)

中央制御室と発電所対策本部は、ほう酸水注入系の復旧、高圧注水系のバッテリーの充電を可能とする電源復旧、また消防車の手配の見通しが明確でない中、高圧注水系による原子炉への注水の後はディーゼル駆動消火ポンプによる注水を考えていた。主蒸気逃がし安全弁は状態表示灯が点灯しており、操作可能と考えていた。また、容量の小さな本来消火のために使用するディーゼル駆動消火ポンプよりも、注水設備として設置されている高圧注水系の方が原子炉への注水の信頼性が高いと考え、できるだけ長期間高圧注水系により注水することを考えていた。

3号機がこのような状況にある一方、12日21時頃まで1号機の格納容器ベントや注水の対応に発電所対策本部が奔走しており、1号機と並行して3号機のディーゼル駆動消火ポンプによる低圧注水への移行を慎重に実施できる状況にはなかった。逆に運転員によるバッテリー節約措置の工夫によって3号機の原子炉への注水が長期間継続していたため、より状況の厳しい1号機の対応へ要員と資機材を振り向けることができた。

また、高圧注水系が起動(12日12時35分)して約8時間たった20時36分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ている。原子炉の減圧は、減圧沸騰に伴って原子炉水位が急激に低下することから、より早期に燃料を露出させるリスクがある。そのため原子炉水位の確認ができない中で、主蒸気逃がし安全弁による早期の減圧とディーゼル駆動消火ポンプによる低圧注水への移行は難しかったものと考えられる。

#### ⑤高圧注水系停止に関する情報共有について

(当社の高圧注水系停止に関する情報共有の後れが、その後の対応に影響を与えたのではないかと、高圧注水系の停止において、発電所対策本部の指示を仰ぐべきではなかったか、という疑問について)

高圧注水系の後にディーゼル駆動消火ポンプを使用して原子炉に注水することについては、中央制御室及び発電所対策本部全体の共通の認識となっていた。

[中央制御室と発電所対策本部の注水方針の認識：本文 P182、別紙 2P93]

高圧注水系からディーゼル駆動消火ポンプによる注水への切替にあたり、高圧注水系を停止させるなどの具体的操作については当直長の権限で行うものであり、また上述のとおり対応の方向性は既に共通の認識となっていた。

このような中で、ディーゼル駆動消火ポンプによる注水ラインが構成され、主蒸気逃がし安全弁の状態表示灯が点灯し、中央制御室で運転操作が可能な状況であったことから、低圧系の注水への切替操作前に発電所対策本部へ指示を仰ぐ必要はなかったと考えられる。

しかしながら、主蒸気逃がし安全弁による減圧操作が成功しなかったという一連の情報は発電所対策本部発電班と共有されていたものの、発電所対策本部全体で認識される

までに1時間程度の時間を要してしまった。

[減圧操作後の情報共有の状況：本文 P184、別紙 2P95]

発電所対策本部への報告が1時間程度後となったものの、その間にも、「③高圧注水系停止後の対応操作について」で述べたとおり、主蒸気逃がし安全弁の開操作への試み、高圧系による注水の試み、ならびに電源復旧等が進められ、原子炉の減圧を開始した際には消防車による注水の準備が完了している。これらのことから、高圧注水系を停止した後原子炉の減圧に成功しなかったという一連の情報について、発電所対策本部全体で認識されるまでに1時間程度要したことが、今回の事例においてその後の対応操作に影響を与えたとは考えられない。

しかしながら、各段階で発電所対策本部と共通認識をもつことが重要であったと考えられ、今回のような**事故対応の前提を大きく外れて長期の対応を余儀なくされ、かつ、1号機原子炉建屋の爆発の影響等による情報が錯綜するような過酷な状況下でも、中央制御室と発電所対策本部において、プラント状況をタイムリーに情報を共有する手段を構築しておくことが必要**であったと考えられる。

## ⑥水素爆発の回避の可能性について

14日11時01分に原子炉建屋の爆発が生じているが、その原因は炉心損傷に伴い発生した水素が格納容器内で完全には保持されず、原子炉建屋に漏えいしていたことによるものと考えられる。なお、1号機原子炉建屋の爆発以降、以下の対応を行っていたものの、3号機原子炉建屋の爆発を未然に防止することができなかった。

- ・ 12日の1号機原子炉建屋爆発後、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、原子炉建屋に滞留する水素を抜く方法として、「ブローアウトパネルの開放」、「原子炉建屋天井の穴開け」、「ウォータージェットによる原子炉建屋壁への穴開け」などについて検討を開始した。
- ・ 検討の過程においては、滞留している水素に引火させないように、工法の選定には最大限留意することとした。機械ドリルによる穴開けについては、火花が出て引火する可能性が高いこと、及び現場が高線量のため接近作業が困難であることから、「ウォータージェット」を主軸に検討を進め、14日0時頃、プラントメーカーへウォータージェット装置を発注した。
- ・ 14日、ウォータージェット装置は、メーカー工場からメーカー関係企業のいわき市四倉工場へ搬送され、その後、小名浜コールセンター経由で発電所へ納入する計画であったが、11時01分に3号機において爆発が発生したことから、装置の搬送は四倉工場までで中断され、発電所までは搬入されなかった。

このことからすれば、**原子炉建屋へ水素が漏えいしたとしても、爆発を未然に防止するための方策を講じることが重要**であると考えられる。

《16. 2項 水素滞留の防止（方針3）》