

難易度の高いシナリオへの取り組み

2022年7月〇日
東京電力HD株式会社

TEPCO

1. 訓練内容

概要

2022年2月4日に実施した柏崎刈羽原子力発電所の事業者防災訓練では、地震起因の自動スクラムに加え、プラント内での複数火災発生および火災起因の様々な影響も想定した緊急時対応能力の実効性を向上させる難易度の高いシナリオに取り組んだ。

能力向上を促す工夫

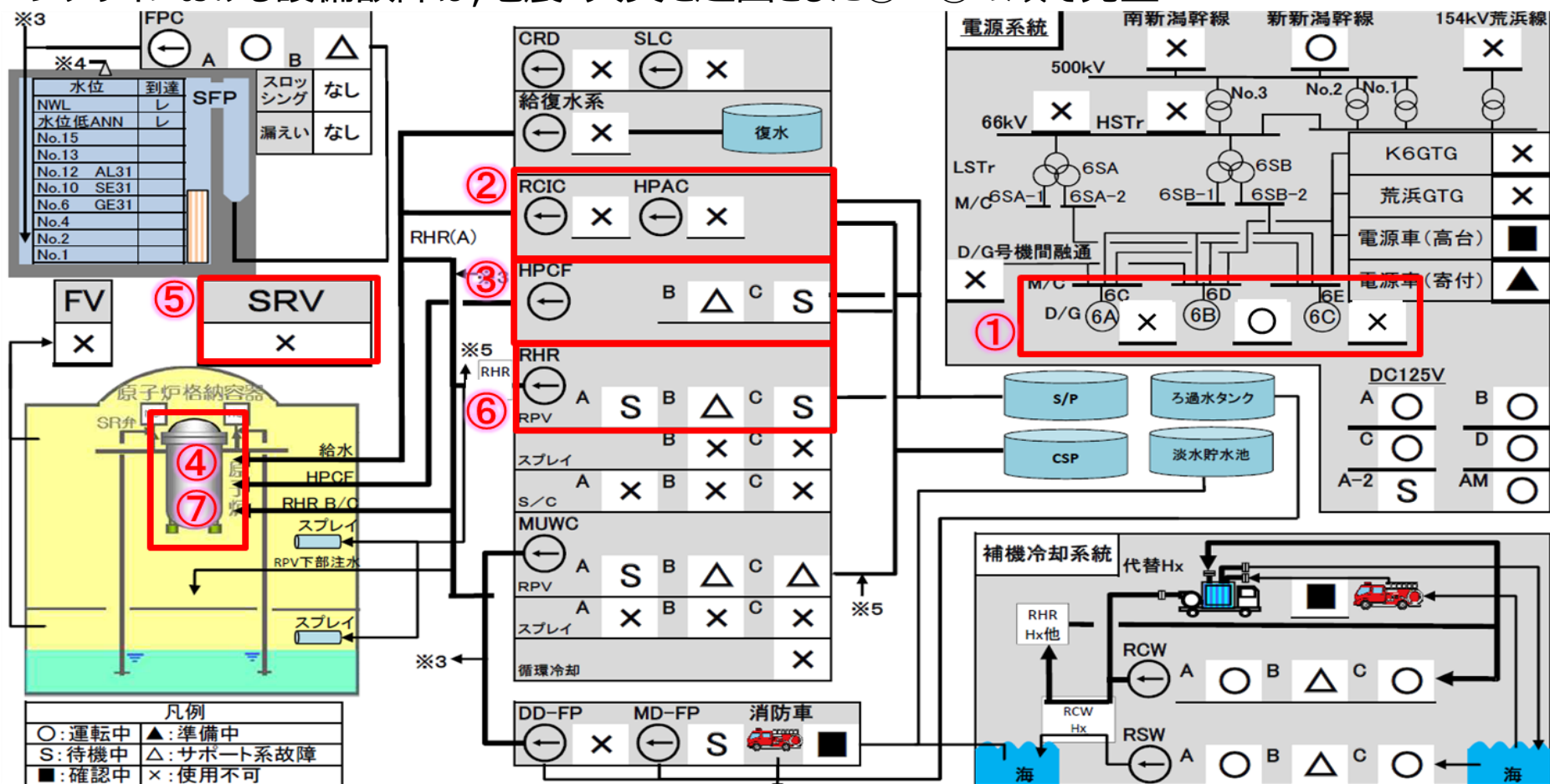
地震によるプラントスクラムと火災情報が錯綜する状況での現場状況の把握・情報共有、火災によるプラント影響を考慮した対応戦略検討及び火災特有の環境下での現場実動等、能力向上を促すことができるマルファンクションを設定した。

(ブラウンスフェリー発電所の火災事故を参考)

- 同時・複数箇所における火災発生
- 火災起因による計器・装置故障
 - ✓ 原子炉水位の監視 [原子炉水位高L8 / 原子炉水位異常低L1.5同時誤発信]
 - ✓ 原子炉減圧機能喪失 [主蒸気逃し安全弁開操作不能]
- 消火活動の対応 (消火装置不具合・アクセスルート障害)

2. 訓練シナリオ（7号機の主な故障想定）

シナリオにおける設備故障は、地震・火災を起因とした①～⑦の順で発生



- ① 13:15 D/G(A)機能喪失
- ② 13:20 RCIC/HPAC動作不能
- ③ 13:30 HPCF(C)トリップ
- ④ 13:40 炉水位L8/L1.5誤発信
- ⑤ 14:20 SRV開操作不能
- ⑥ 14:00 RHRポンプ全台喪失
- ⑦ 16:00 炉心損傷

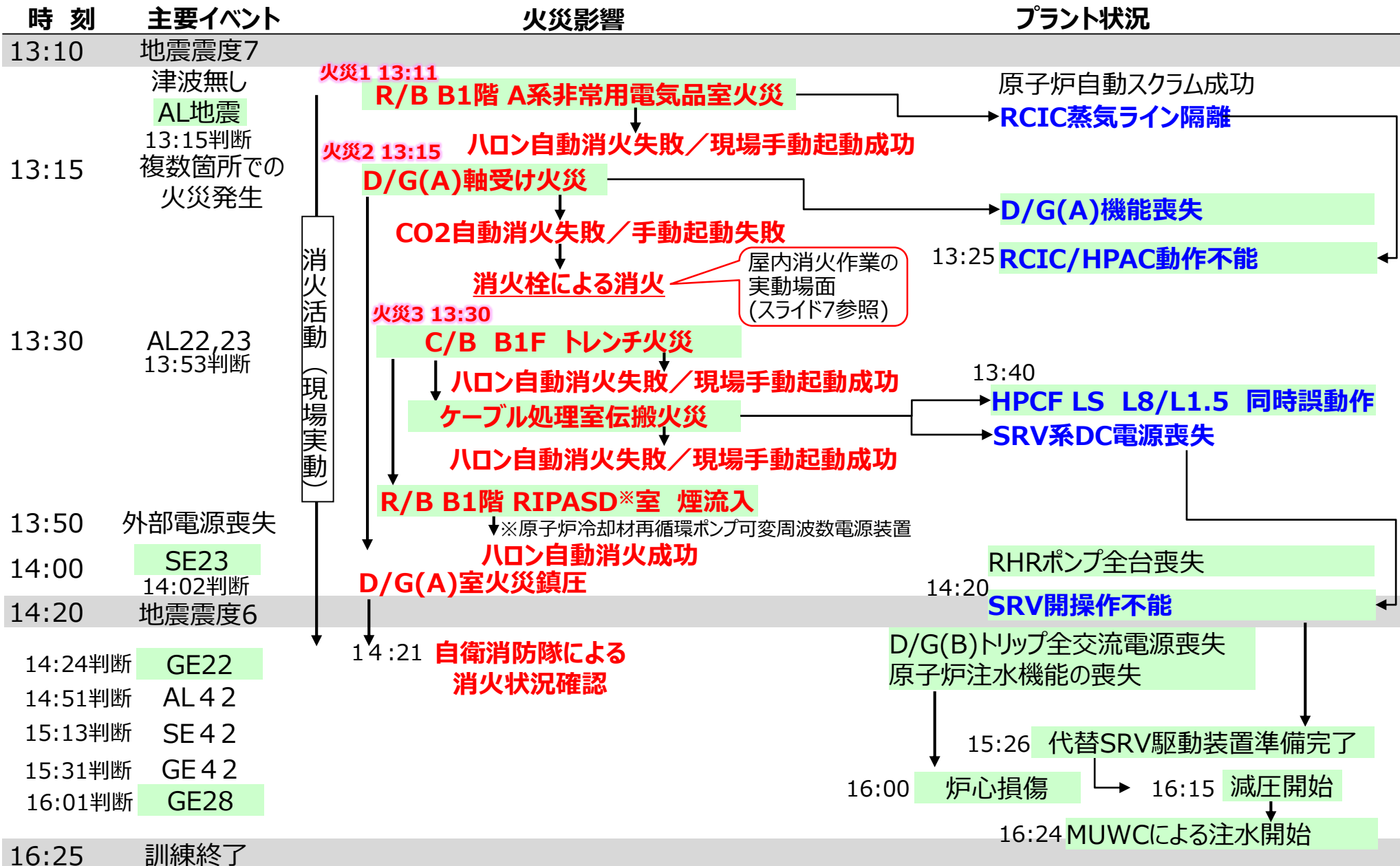
地震等の外部事象と内部火災が重畳する状況で故障等が発生

RHR(B)電気故障によりRHR全台が機能喪失
余震発生による全交流電源喪失によって原子炉無注水が発生

【参考：設備等の略称】
 RCIC:原子炉隔離時冷却系
 HPCF:高圧炉心注水系
 HPAC:高圧代替注水系
 RHR:残留熱除去系
 MUWC:復水補給水系
 SRV:主蒸気逃がし安全弁

2. 訓練シナリオ (7号機の時系列)

<凡例> : 主要イベント 赤字: 火災直接影響・対応 青字 : 火災波及影響



3. マルファンクションの設定

① 同時・複数箇所での火災発生

- ・地震により、7号機A系電気品室、D/G(A)軸受火災、R/B-C/Bトレンチ・ケーブル処理室において火災が立て続けに発生、一部で火災伝搬・煙流入が発生
- ・ハロン自動消火、CO2自動消火についての作動成功／失敗に関する情報

| ねらい | 結果 |
|---------------------------------------|---|
| <p>初期消火、通報、要員の配置ができることを確認する。</p> | <p>運転員（自衛消防隊含む。）等は、事故時運転操作手順書（AOP）に基づいた要員配置・装備の指示、消火設備不動作時の手動起動といった初期消火の対応・通報等を行うとともに、火災状況に応じて臨機に要員の再配置を実施した。</p> |
| <p>プラントへの影響も含む火災情報の共有ができることを確認する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・発電所本部は、火報発報の有無、初期消火の状況、消火設備起動状態等について、現場からの情報を発電所本部内に共有した。 ・火災進展予測や火災起因による計器・装置故障を踏まえた適切な戦術を判断するための情報を発電所と本社間で共有した。 ・本社即応センターは、発電所からの情報を整理し、プラントへの火災影響等の情報を共有・整理し、ERCに速報した。 |

3. マルファンクションの設定

② 火災起因による計器・装置故障(L8/L1.5誤発信・SRV開操作不能)

[L8/L1.5誤発信]

- ・地震により,7号機,R/B-C/Bトレンチ・ケーブル処理室火災が発生
- ・火災の影響により,HPCF LS L8/L1.5同時誤動作

ねらい

速やかな水位監視と注入弁操作ができることを確認する。

結果

本部号機班は,炉水位L8/L1.5誤発信に対し,火災の影響による誤動作と推定した上で,炉水位がL3からL8に維持されていること及び指示値にばらつきがないことの確認を実施し,HPCF注入弁の弁単開を検討した。

[SRV開操作不能]

- ・R/B-C/Bトレンチ・ケーブル処理室火災の影響により,SRV A系DC電源喪失
- ・SRV B系及びC系DC電源は地震により電源喪失したため,SRV開操作が不能

ねらい

原子炉減圧状況の把握,代替SRV駆動装置の使用判断ができることを確認する。

結果

号機班は,複数火災が発生する場面においても,迅速に原子炉減圧が不可となっている状況を確認し,代替SRV駆動装置準備を開始した。

3. マルファンクションの設定

③ 消火活動の対応（消火装置不具合・アクセスルート障害）

[消火装置不具合]

- ・A系電気品室,D/G(A)軸受火災,トレンチ・ケーブル処理室において火災が立て続けに発生
- ・CO2自動消火設備の不動作のため,現場手動起動を試みたが失敗

ねらい

結果

代替消火方法の検討・選択ができることを確認する。

・運転員（自衛消防隊含む。）等は火災発生時の消火装置不具合発生に対し,代替消火方法の検討を行い,消火栓による放水消火の選択を判断した後,ホースの敷設と放水（模擬）を実施した。

[アクセスルート障害]

- ・D/G(A)室火災に対する放水消火において,R/B-C/B間トレンチのアクセスルートが使用不可

ねらい

結果

代替アクセスルートの検討・選択ができることを確認する。

運転員（自衛消防隊含む。）等は,火災情報の発話・メモを活用した情報整理により,R/B-C/B間トレンチのアクセスルートが使用できないことを把握した上で,迅速に代替アクセスルートの検討・選定を実施した。

選定した代替アクセスルートを用いた消火活動を実施できることを確認する。

運転員（自衛消防隊含む。）等は,防護扉開放に関する関係部署への速やかな通報,安全確保のための煙の状況確認により,消火活動に必要な代替アクセスルートを確保した上で,消火活動を実施した。

4. 訓練実施状況(火災対応の現場実動)

- 現場指揮所において、現場要員に対する適切な配置等の指示を図面を活用して実施
- PHS 及びトランシーバーを活用して、迅速かつ詳細に緊急時対策所と現場の情報共有を実施
- 屋内作業において、発煙及び火災状況に応じた初期消火・状況把握を実施

柏崎刈羽原子力発電所 7号機



屋外作業[7号機建屋周辺]
適切な装備と手順による消防車の
配備・操作



屋内作業[D/G室火災対応]
煙の状況を確認するなど、安全を確保
をした上での消火活動



現場指揮所



緊急時対策所

現場要員の適切な配置等の指示

火災情報の共有

安全確保の追加指示

火災情報の共有

火災情報, プラント状況等の共有

ERC
(緊急時対応センター)
原子力規制庁

火災情報,
プラント状況等
の共有

本社即応センター
(東京)

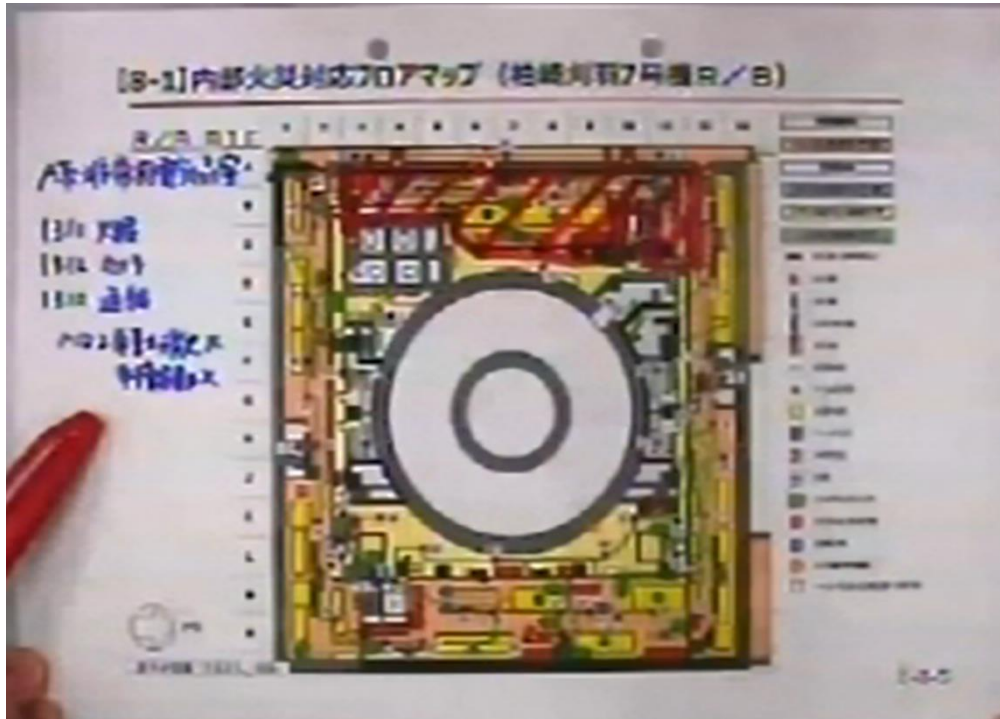


4. 訓練実施状況(情報が錯綜する状況での情報共有)

- 火災発生 の報告だけでなく、火災が「電源・注水・除熱」の設備に及ぼす影響、原子炉圧力・水位の計器類に及ぼす影響について、発電所と本社間で情報共有し、ERCに対し状況説明ができた。
- 緊急発話や火災発生 の情報が連続する中、スピーカはCOP・備付資料（火災区画図等）への手書きでスピーディーに対応できた。

[説明書画]

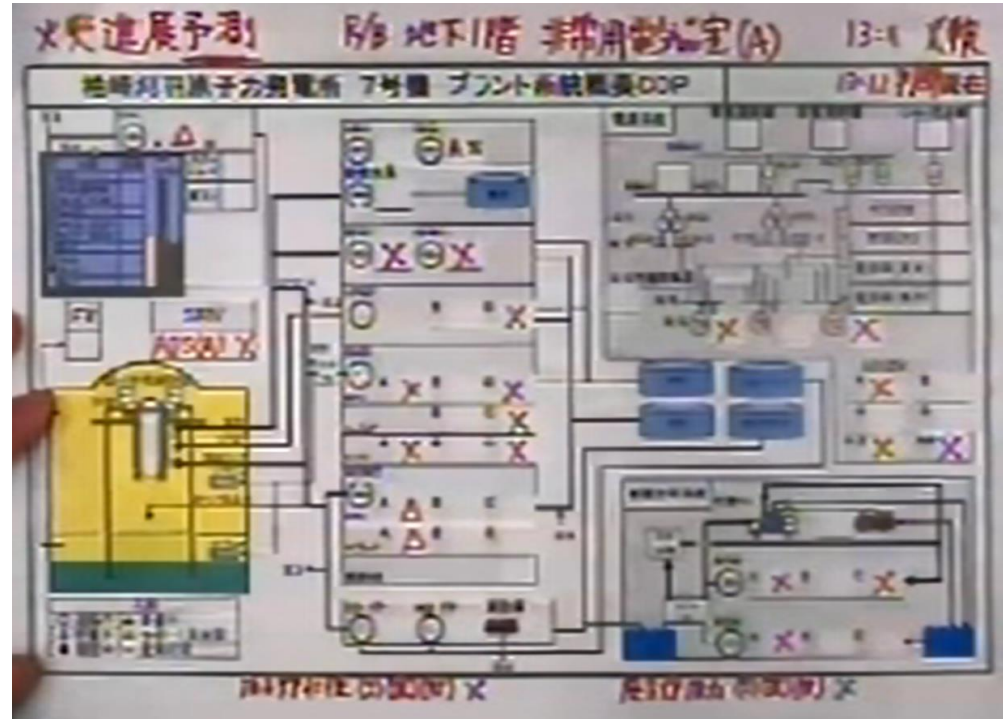
13:21 火災発生 の説明



13:18に発電所で緊急発話された内容について、備付資料の火災区画図上に整理して説明

[説明書画]

13:29 火災進展予測の説明



火災区画を基に、火災により機能喪失の恐れがある設備の予測をプラント系統概要COP上で説明

5. 訓練プレイヤーの所感と気づき

訓練プレイヤーの所感

<発電所>

- 運転中の7号機において、地震発生後のプラント状況に加えて、内部火災の情報を収集する必要があり、本部内での情報共有に時間を要した。
- 発電所本部が各号機の被害状況を踏まえて、**火災対応を6号機統括が行うように役割分担したことは、情報の流れを円滑にする上で有効**であった。

<本社即応センター>

- 火災の状況、延焼・プラントに及ぼす影響をERCに情報提供する上で、**スピーカをバックアップする計画班員の配置が有効**であった。
- 地震・火災・プラント状況の情報を整理しつつ、優先度を判断した説明は概ねできた※ものの、緊急発話の割り込みで説明を切り上げる場面もあり、**短時間でも十分な情報共有ができるような説明の工夫(火災発生状況の一覧表など)**といった更なる改善も必要と感じた。
※炉心注水の最中に今後の対応を説明した点について、情報共有のタイミングとしては要改善という指摘あり。

気づき

- 火災の発生状況（監視カメラ、火報）については、写真を活用してプレイヤーに条件付与したが、実際の現場では**火災や煙がどのような挙動を示すか体験できないため、実体験できるような訓練が必要**
⇒ 自衛消防隊員は、大規模な火災による熱さや煙が充満する環境下を体験する訓練に積極的に参加させていくことが有効（**海上災害防止センターでの訓練参加**など）

6. 内部火災シナリオへの取り組みについて

シナリオ作成段階で苦勞した点

- 火災発生から原子力災害に至る事故シナリオの参考として、ブラウンスフェリー発電所の火災事故をイメージしたが、このような大規模火災での訓練シナリオは国内外での実例が少なく、複数のシナリオ案を用意して、検討を行う必要があった。
- 新規制基準が適用されているプラントでは火災防護対策が取られているため、複数箇所での火災発生というシナリオを成立させるためには、本来の運用では許容されない可燃物の持ち込みがなされていたことを想定に加える必要があった。
- 対処能力の実効性を向上させるためのマルチファンクションや、炉心損傷確率の高い区画での火災発生など、シナリオを工夫するためには、プラント設備・機器の知識だけでなく、火災防護に関する知識も求められるが、火災と原子力防災の両方の専門知識を有している担当者が少なかったことから、各担当者が知見を出し合って進める必要があった。

事務局としての気づき

- 内部火災シナリオへの取り組みによって、プレーヤー側の対応能力向上だけでなく、訓練事務局としてもシナリオ作成能力の向上を図ることができた。
- 火災件数が多く、事象進展の速度も速かったため、プレーヤーが情報共有し、対応を検討することができる時間の確保を考慮したシナリオ作成に留意することが必要（社内振り返り及び社外コメントでも同様の意見あり。）

7. 今後の取り組み

今回の訓練で得られた改善点の是正,他社訓練ベンチマークによる良好事例の取り込みを行うとともに,能力向上を促すことができるマルファンクションの工夫や多様なシナリオへの取り組みを継続し,今後も緊急時対応能力の向上を図っていく。

また,プレイヤーに対する訓練効果の向上という観点で,事務局側のシナリオ作成に関するノウハウの継承・人財育成についても取り組んでいきたい。

参考 ブラウンスフェリー発電所 1号機の火災事故

- 発生：1975年3月22日 12時20分頃
- 原子炉建屋とケーブル処理室を連絡する貫通部の気密性試験のために使用した1本のローソクが、貫通部シール材（ポリウレタン）に引火し、火災が発生した。
- 火災の進展に連れ、安全系の複数の機器が誤作動、誤表示を起こし、プラントの安全性が確認できない状態に陥った。
- 発火から消火まで8時間を要し、安全系に属する628本を含む合計1600本を超える数のケーブルが焼損した。
- 消火後、冷温停止となるまでさらに14時間余りを要した。
- 主な影響
 - 120V交流電源喪失により制御棒位置表示と全ての中性子モニタ指示が喪失
 - H P C I、R C I Cはコントロール弁の機能喪失により制御不可能
 - トーラス冷却はS R Vのブローダウン継続による温度上昇のため不可能
 - R H Rは電源喪失のため使用不能



ケーブル処理室から原子炉建屋への
ケーブルトレイ貫通部



火災の一因となったケーブル・トレイ
貫通部のシール材の例



火災後のケーブルトレイ、電線管



火災後のケーブルトレイ

参考 火災影響を考慮した対応戦略検討

地震によるプラント状況の変化に加えて、**火災進展予測**や**火災起因による計器・装置故障**を踏まえた**適切な戦術を判断**するとともに、発電所と本社間で情報共有して、ERCに速報できていた。

| 柏崎刈羽原子力発電所 7号機 重大な局面シート <炉心損傷防止/格納容器破損防止> | | | | 2022/2/4 14:16 | | 現在 | | | | | |
|---|--|-----------------------------------|--|--------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|--|-----------|--|
| [評価時点] | | 2022/02/04 | | 14:15 | | ES更新 | | | | | |
| 注水停止 | | TAF | | 炉心損傷 | | 格納容器圧力 | | EAL関連パラメータ | | | |
| 評価想定時刻 02/04 14:15 | | 予測 02/04 15:10 | | 予測 02/04 15:52 | | 2Pd(620kPa[g]) 予測 02/05 8:25 | | S/C圧力 98kPa[g] 予測: 02/04 18:00 | | | |
| 原子炉水位 広帯域 183mm | | 注水停止から 0時間55分 後 | | 注水停止から 1時間37分 後 | | 注水停止から 18時間10分 後 | | D/W温度 90°C 予測: 02/04 20:00 | | | |
| | | | | | | | | D/W温度 171°C 予測: 02/05 0:00 | | | |
| | | | | | | | | S/C水温 100°C 予測: 02/04 19:00 | | | |
| | | | | | | | | PCV圧力 310kPa[g] 予測: 02/04 22:00 | | | |
| (1)原子炉注水戦術 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 使用電源 | | 完了時刻(予定) | | 完了時刻(実績) | | 炉心損傷回避 | |
| ① | | 高圧②-1_GSP,S/C→HPCF(B) | | M/C(D) | | | | 02/04 13:42 | | ○ | |
| ② | | 低圧②-2_GSP→MUWC→RHR(B) | | AM MCC | | | | | | 確認中 | |
| ③ | | 低圧③-2_ろ過水タンク→D/D FP→RHR(B) | | - | | | | | | 確認中 | |
| (2)格納容器冷却(スプレー)戦術 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 使用電源 | | 完了時刻(予定) | | 完了時刻(実績) | | 炉心損傷回避 | |
| ① | | 冷却②-1_GSP→MUWCスプレー→RHR(B)電源あり | | AM MCC | | | | | | ○ | |
| ② | | 冷却③-1_ろ過水タンク→FPポンプスプレー→RHR(B)電源あり | | - | | | | | | 確認中 | |
| ③ | | 冷却④-1_防火水槽→消防車スプレー→RHR(B) | | - | | | | | | 確認中 | |
| (3)格納容器除熱(最終ヒートシンク確保)戦術 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 使用電源 | | 完了時刻(予定) | | 完了時刻(実績) | | 格納容器ベント回避 | |
| ① | | 除熱①-1_DWC起動 | | P/C(C) | | | | 02/04 14:07 | | ○ | |
| ② | | 除熱③_代替循環冷却(補機冷却水確保要) | | | | | | | | 確認中 | |
| ③ | | 除熱④_PCVベント(電源あり) | | | | | | | | 確認中 | |
| (4)その他 | | | | | | | | | | | |
| | | RPV下鏡部300°C到達予測 | | | | 02/04 18:15 | | | | | |
| | | S/C水位 外部水源による制限(6.95m)到達予測 | | | | | | | | | |

→ 火災による延焼を受けない区画にあるMUWCを選択して注水戦術を立案