

1号機PCVガス管理設備排気ファン全停に伴う LCO逸脱について

TEPCO

2020年12月22日

東京電力ホールディングス株式会社

【概要】

2020年11月12日 1号機PCVガス管理設備計装品点検手入工事でHMI※サーバ I 系の記憶媒体交換作業に伴い、サーバ停止時に発生する警報を確認する際に、作業員が誤って緊急停止ボタンを押したことで、運転中のPCVガス管理設備排気ファン(A)が停止し系統全停となった。

これに伴い、1号機PCVガス管理設備の希ガスモニタ・水素モニタ・ダストモニタが両系とも監視不可となった。

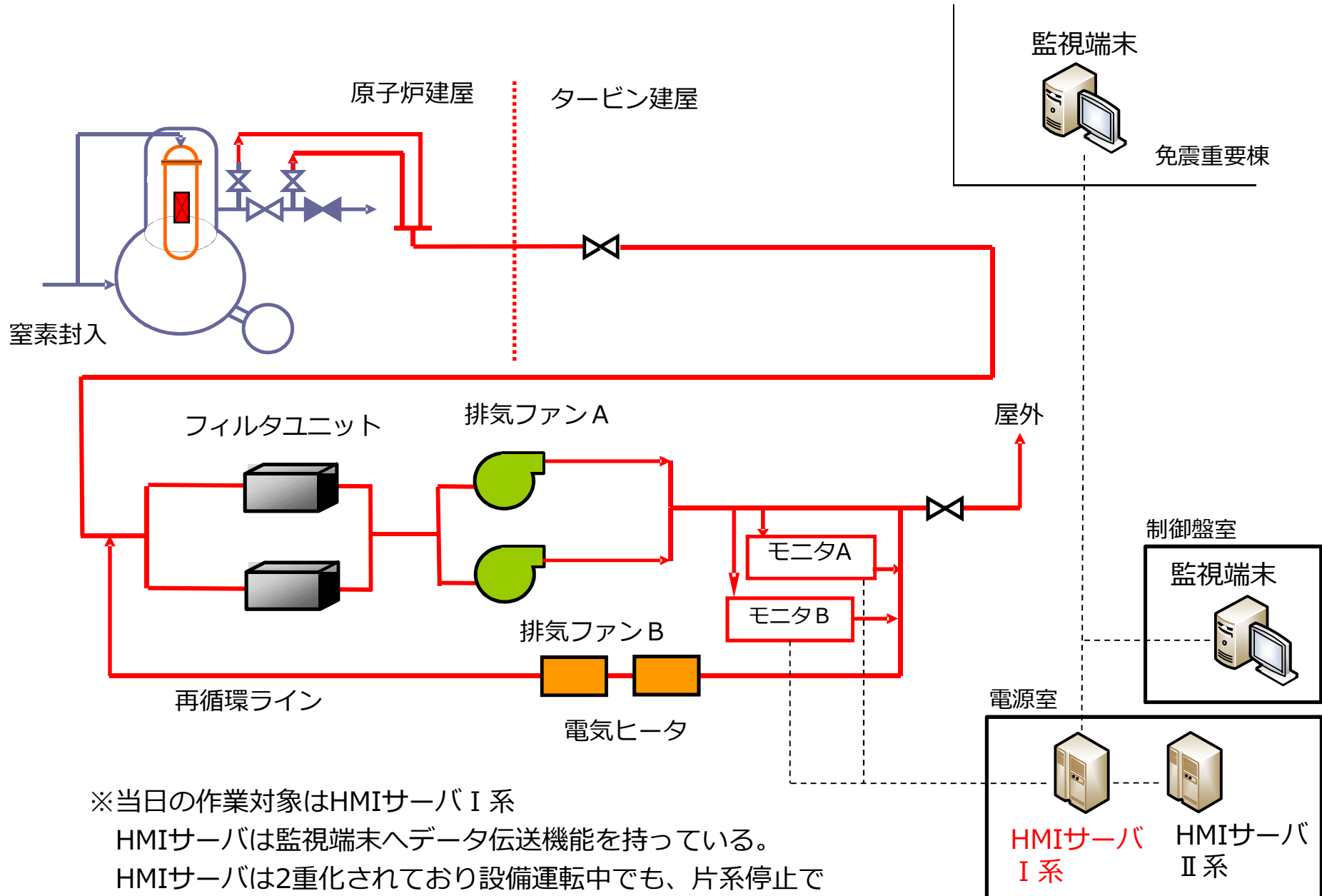
【時系列】

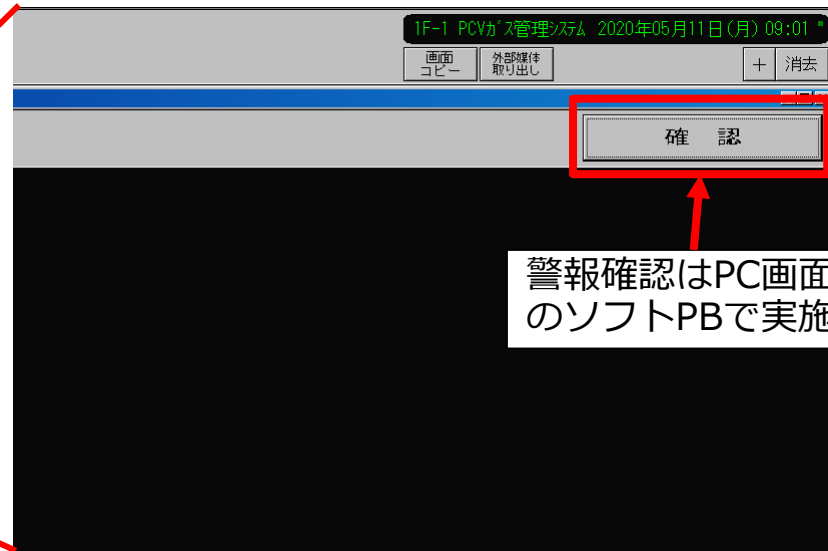
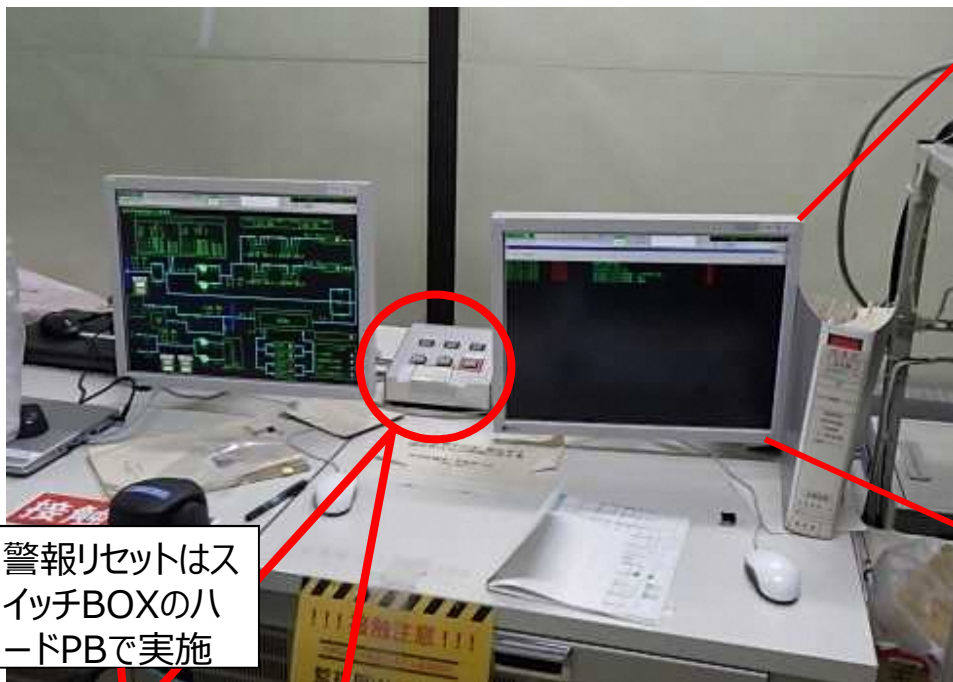
- 10:00頃 作業開始 (HMIサーバ I 系の記憶媒体交換作業)
- 11:12頃 交換作業に伴い発生した警報を確認する際に、緊急停止ボタンを押釦
- 11:12 「1号機PCVガス管理 抽気ファン全台停止」警報発生
- 11:13 当直長が実施計画Ⅲ 第24条 (未臨界監視) LCO逸脱を判断
- 11:27 代替監視としてRPV底部の温度上昇率の監視を開始
- 11:30 代替監視としてモニタリングポスト 8 台、構内線量表示器6台の監視を開始
- 13:22 排気ファン(A)再起動、排気流量の安定確認
- 14:40 放射線検出器にて未臨界確認が可能であることを確認
当直長が実施計画Ⅲ 第24条 (未臨界監視) LCO復帰を宣言

※HMI：ヒューマンマシンインターフェース (Human Machin Interface)

2. システム構成図

2





警報確認はPC画面のソフトPBで実施

PC画面



スイッチBOX

緊急停止ボタン



本来、PC上画面ソフトPBで警報確認操作を行うべきところ、スイッチBOXの緊急停止ボタンを警報確認ボタンと思い込んで押した。

4. 当日の作業の流れ

1号機PCVガス管理設備HMIサーバI系の記憶媒体交換作業

1) 監視端末にて作業前データ採取 (工事担当A、作業班長B、作業員C/D : 制御盤室)

↓ 作業班長Bと作業員Cが電源室へ移動

2) 作業班長BがHMIサーバ停止操作→警報発生

3) **工事担当Aが警報確認操作実施**
(作業員Dはシステム状態表示画面を見ていた)

↓ 工事担当Aと作業員Dが電源室へ移動

4) 作業班長BがOSアップデート後、HMIサーバ起動

↓ 作業班長Bと作業員Dが制御盤室へ移動

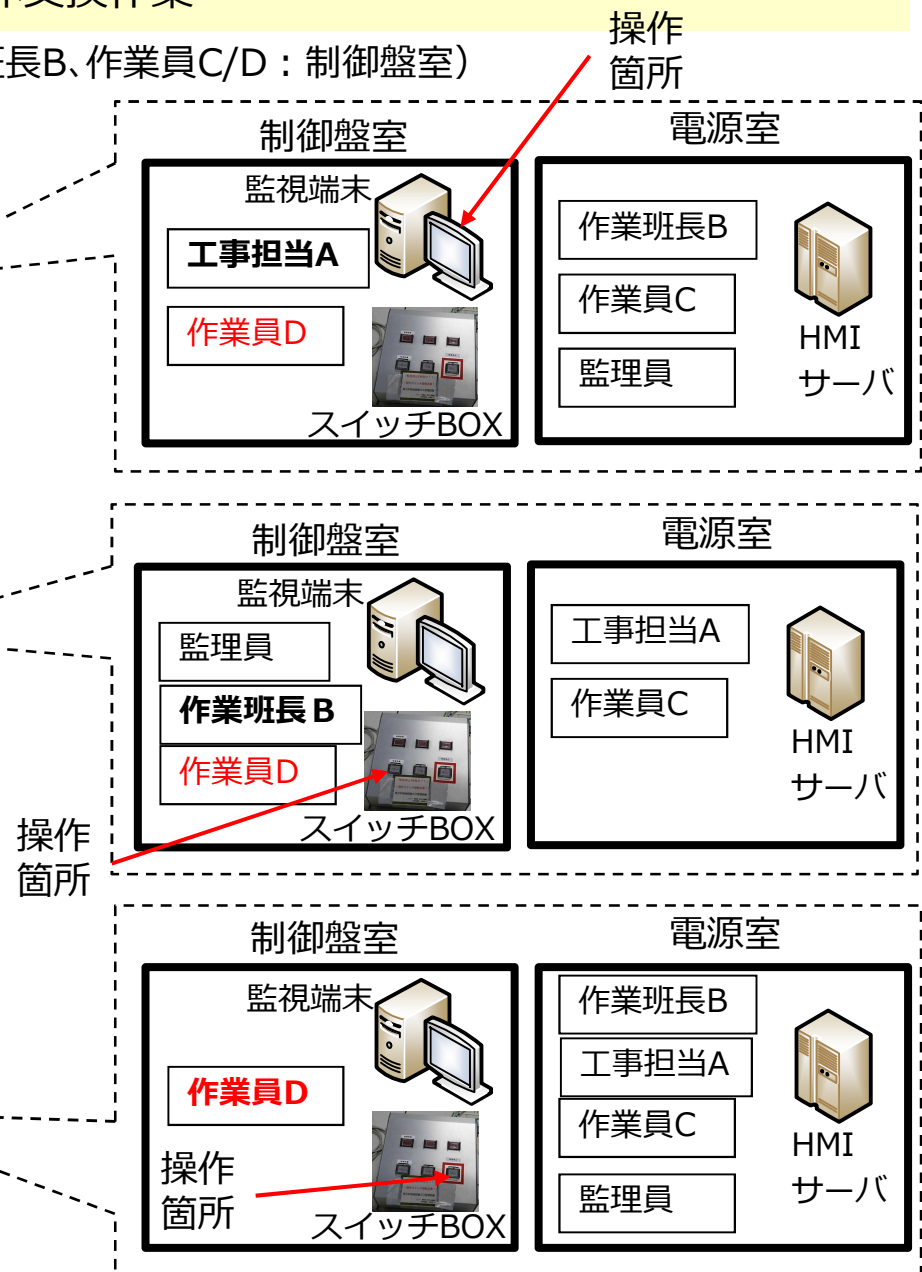
5) **作業班長Bが警報リセット操作実施**
(スイッチBOX上のリセットボタンを押す、作業員Dはリセット操作を見ていた)

↓ 作業班長Bと作業員Dが電源室へ移動
作業班長Bは作業員Dへ警報発生時は警報確認操作を行うよう指示

↓ 作業員Dが制御盤室へ移動

6) 作業班長BがHMIサーバ停止操作→警報発生

7) 作業員Dが**警報確認操作を実施しよう**
として緊急停止ボタンを押しシステム停止



現時点での作業関係者への聞き取り状況は、以下のとおり。

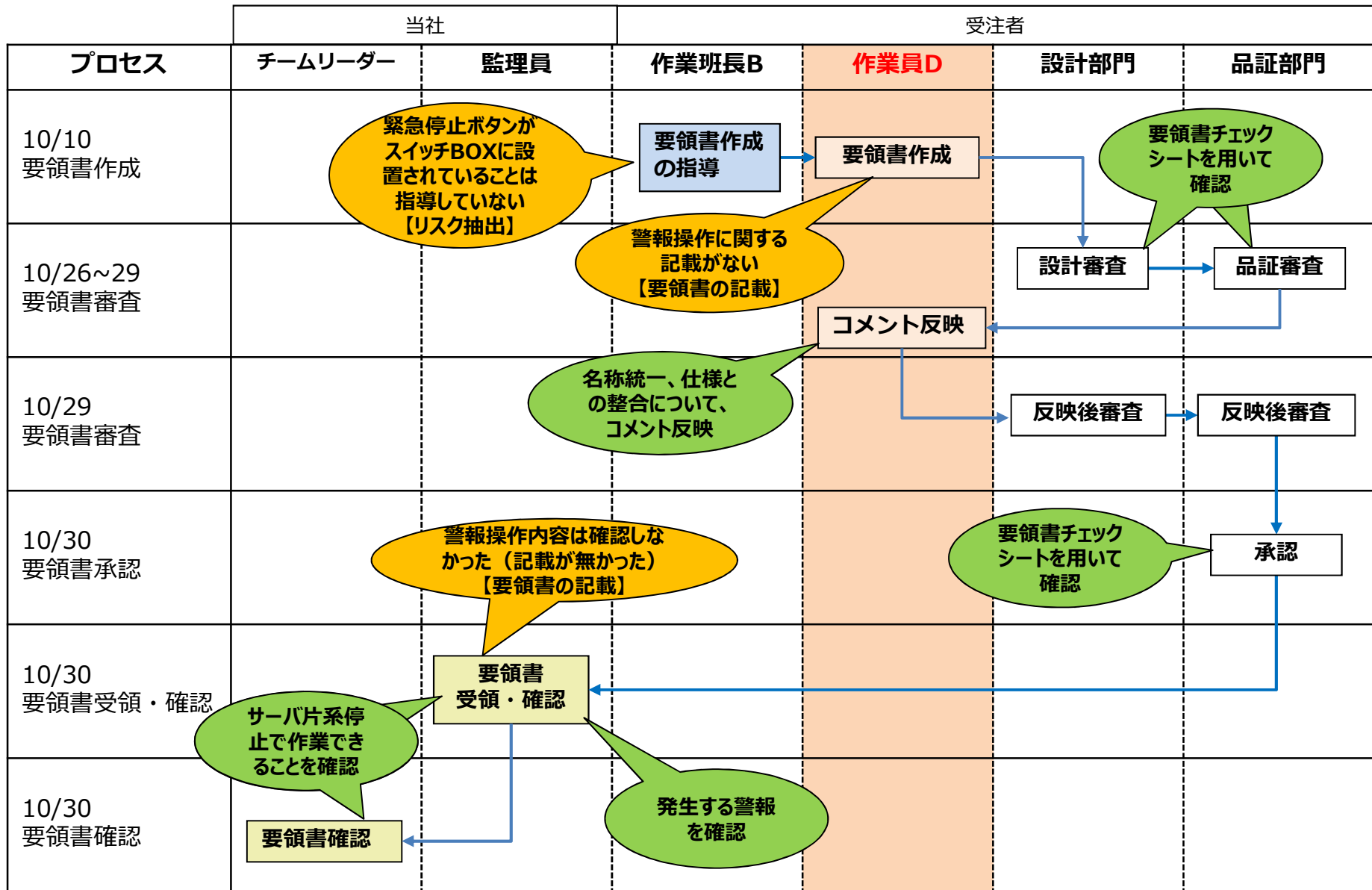
工事担当A	<ul style="list-style-type: none">作業全体の現場管理者として、要領書内の作業要領及び品質管理チェックシートに基づき、立会確認を実施。
作業班長B	<ul style="list-style-type: none">派遣前教育で、作業員Dに対しPCVガス管理設備が重要設備であることを指導した。作業員Dは業務経験が豊富で、警報確認の方法は把握していると思っていたため、操作方法については説明しなかった。被ばく低減の観点から事前検討会前の現場確認を実施しなかった。スイッチBOXでの警報リセット操作は全て自ら実施するつもりだったため、緊急停止ボタンをリスクとして抽出しなかった。2回目のサーバ停止操作でもあったことから、サーバ切替がなく状態確認が不要であったため、警報確認のみの対応は、作業員D単独で問題ないと考えていた。
作業員C	<ul style="list-style-type: none">当該事象後に行う予定であった記憶媒体交換作業を担当。
作業員D	<ul style="list-style-type: none">業務経験20年以上でHMIサーバに精通しており、今回の要領書も作成している。1 Fでの作業は、当日が3回目でPCVガス管理設備の作業は初めてであった。PCVガス管理設備が重要設備であることは、事前に指導されていた。1回目の警報確認（工事担当Aが実施）時は、隣のシステム状態表示画面を注視していたため工事担当Aの操作は見えていなかった。直前の、作業班長Bが実施した警報リセット操作を見ていたため、リセットボタン近傍のボタンが警報確認ボタンと思い込んでしまった。 （警報確認・リセットは、ボタンが並んで配置されていて、ハードスイッチで行うことが一般的と思っていた）スイッチBOXに表示してある注意喚起表示札については、緊急停止ボタンのものであるとの認識がなかった。

本事象に関する当社工事実施箇所に関与は以下のとおり。

- ✓ 主たる作業（HMIサーバ記憶媒体交換手順）の手順は問題は無いことを確認したが、**警報確認については主たる作業に伴い付随的に発生するものであって、記載が無いことについて特に問題とは思わなかった。**
- ✓ 安全事前評価においては、周辺機器の誤接触などのリスクは抽出していたが、本作業は設計上設備運転状態で実施可能であること、また当該設備の作業実績がある受注者であり設備を熟知しているものと考え、緊急停止ボタンで安全上重要な設備の系統全停することはリスクとして抽出しなかった。
- ✓ **本作業でのリスクとしては、HMIサーバⅠ系からⅡ系への切替時の両系ダウンにより遠隔監視・操作ができなくなることが最重要リスクと考えていた。**
- ✓ 当日の作業に伴い発生する警報について、事前に作業班長Bと共有するとともに、当直とも安全処置や発生警報について作業調整を行った。
- ✓ 作業着手前に、作業班長BとHMIサーバの交換機器や作業場所の確認を実施していたが、警報操作場所の確認は行わなかった。
- ✓ 作業当日は、監理員が現場に立会い、要領書に沿って実施していることを、作業班長Bの横で一つ一つ確認していた。（事象発生時は、電源室にいた）
- ✓ 警報確認は難しい操作ではないこと、また作業班長Bの指示のもとで警報確認操作を行うため、作業員D単独でも問題ないと考えた。

7. 作業前のプロセス

作業前（要領書）のプロセスを以下に示す。



7. 作業前のプロセス

作業前（リスク抽出）のプロセスを以下に示す。

プロセス	当社		受注者		
	監理員	工事担当A	作業班長B	作業員C	作業員D
11/5 事前教育 (受注者事務所)		緊急停止ボタンの リスクは抽出して いない 【リスク抽出】	当該作業内容と PCVガス管理設備 に関する一般的な 教育を実施		事前教育を受講 (作業内容、工 程、作業場所等 を確認)
11/10 事前検討会 (現場事務所)	議事録確認	事前検討会を実施、議事録作成 (作業内容の周知、注意事項：停止範 囲間違い、サーバ盤周辺への接触、異 物混入防止、体調管理、感電防止、計 画線量、JIT情報など)		警報操作の 内容は含まれ ていない 【リスク抽出】	
11/12 TBM-KY (現場事務所)	緊急停止ボタ ンのリスクは抽出 していない 【リスク抽出】	作業員C/Dへ事前検討会の内容説明 TBM-KYで周辺機器への誤接触、道工具の注意事項を周知			
11/12 作業前確認 (免震棟)	作業班長と作業 内容、発生警報 の再確認		入域前に監理員と 作業内容、発生警 報を共有	サーバ停止操作、 発生警報の確認	
11/12 作業前確認 (現場)	作業着手前に HMIサーバの 交換機器や作業 場所の確認実施		作業着手前に HMIサーバの交 換機器や作業場 所の確認実施	警報操作箇所は 確認しなかった 【リスク抽出】	

8. 問題点の抽出

当該工事にあたって、「計画」「教育」「作業」「設備」などの各プロセスにおける問題点を抽出した。

		あるべき姿	今回の実施内容
計画	要領書	受注者は、要領書の手順作成にあたり、重要ステップ（間違った場合に安全、品質等に影響を与えるような作業）を明記する。 監理員は、受注者から受領した施工要領書の内容を確認する。	要領書の手順に主たる作業は明記されていたが、作業に伴い発生する 警報確認・リセット操作の記載は無かった。【問題点②】 監理員は、作業に伴い発生する警報の確認は行っていたが、 要領書に記載が無いことは特に問題とは思わなかった。【問題点②】
	事前検討	受注者は、作業関係者で事前検討を行い、現場状況を踏まえた具体的なリスクや対策を共有する。	事前検討会にあたって 現場確認をしていない 、また、主たる作業のリスクは抽出したが、 警報確認操作近傍に緊急停止させるようなリスクを想定しなかった。【問題点①】
	・TBMKY	監理員は、工事エリア近傍の原子力安全上の注意設備が抽出され、必要に応じ当該設備への影響低減対策（養生や隔離など）が検討・実施されていることを確認する。また、事前検討会、現場確認等で指示・助言する。	監理員は、緊急停止ボタンのリスク認識や事前検討会の実施状況を確認したが、作業実績のある受注者で設備を熟知していると考え、 近傍にある緊急停止ボタンのリスク抽出、対策検討を行うように指示しなかった。【問題点①】
		受注者は、TBM-KYを実施し、人身安全、原子力安全、放射線管理等についてリスクの抽出、評価および低減策の議論を行う。	重要ステップについてはリスク抽出していたが、 警報確認操作に係わるリスク抽出がされなかった。【問題点①】
	体制	受注者は、事前に作業体制と役割分担を明確にする。	主な役割分担は事前に決まっていたが、 警報確認操作の役割が不明確だった。【問題点①】

	あるべき姿	今回の実施内容
教育	受注者は、安全上重要な設備に対する作業を行う場合には、作業における技術的な重要事項を明確にし、作業員への周知・教育を行う。	作業着手前に1F経験の浅い当該作業員へ、PCVガス管理設備が重要設備であること、およびシステム概要を指導していたが、 警報確認の操作場所や緊急停止ボタンの設置位置や影響を伝えなかった。【問題点③】
作業	監理員は、作業着手前に作業対象機器及び関連機器が作業着手してよい状態にあるかを確認する。	主たる作業の対象機器や操作内容について、作業班長と確認したが、 警報操作場所の確認は行なわなかった。【問題点③】
	作業指示は場所や名称など具体的に指示または具体的に記載された要領書を用いて実施する。	作業班長から当該作業員へ、警報確認操作を指示したが、 操作対象など指示が具体的でなかった。【問題点③】
設備	安全上の重要な制御機器が、他の制御機器と識別できる。	緊急停止ボタンは、カバー付スイッチであり、スイッチBOXに注意喚起表示も実施していたが、 形状が同じで誤認識のリスクがあった。【問題点④】
環境	安全上重要な設備の主要機器は、意図せず操作されないよう措置を講ずる。	制御盤室は、通常は施錠管理されており、スイッチにカバーも付いていたが、 作業等で入室した場合は作業員が操作できる環境だった。【問題点④】

- 問題点①～③の共通原因として、当社および受注者は、作業全体を通して電源室で行うHMIサーバ作業に意識が向いており、作業に伴い付随的に行う制御盤室での警報操作への対応が不十分だった。また、問題点④の原因として、思い込みによる誤操作に対するハード対策が不十分だった。

問題点		原因
①	<p>【リスクの抽出】 受注者は、事前に具体的なリスク抽出ができなかった。</p> <p>監理員は、当該設備の特有リスクについて注意喚起しなかった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 受注者は、事前検討会前の現場確認を行わず、またTBM-KYも事務所で行っていたこともあり、リスク抽出は現場状況を踏まえておらず、緊急停止ボタンを誤って操作してしまうリスクを想定していなかった。また、役割分担が不明確だった。 監理員は、実績のある受注者であり、設備に熟知しているものと考え、緊急停止ボタンが作業範囲近傍に設置されており、誤操作するリスクについて具体的に注意喚起しなかった。
②	<p>【要領書の記載】 受注者は、警報操作について、操作場所・方法など具体的に記載していなかった。</p> <p>監理員は、警報操作の操作内容について詳細に記載するよう指示しなかった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 要領書作成者は、PCVガス管理設備の現場状況を知らなかった。 受注者は、付随作業の要領書への記載程度は作業員に任されており、警報確認について、操作内容などを要領書へ詳細に記載すべきとの配慮に欠けていた。 監理員は、発生警報については事前に確認を行っていたが、作業に伴い発生する警報確認操作については、これまでも問題なく作業できていたことから、操作内容、方法等について、要領書へ明記するよう指示しなかった。

問題点		原因
③	<p>【教育】 当該作業員は、具体的な操作内容がわからないまま操作を行った。</p>	<ul style="list-style-type: none">• 当該作業員は、PCVガス管理設備に関する一般的な教育は受けていたが、当該設備の警報操作方法について教育を受けていなかった。• 作業班長は、当該作業員へ要領書作成着手時や事前検討会時に緊急停止ボタンが近傍に設置されており、誤操作による系統停止リスクがあることなど現場状況を踏まえた指導をしていなかった。• 作業班長は、当該作業員が警報確認方法を知っていると思い込んでいたため、当該作業員へ警報確認操作について具体的な指示を出さなかった。• 監理員は、当該設備の作業実績がある受注者であるため、警報確認の操作場所の確認をしなかった。
④	<p>【設備・環境】 作業時に緊急停止ボタンを押せる環境にあった。</p>	<ul style="list-style-type: none">• 緊急停止ボタンはカバー付スイッチやスイッチBOXにも注意喚起表示はあったものの、思い込みによる誤操作に対する配慮が不足していた。• 制御盤室は、施錠管理をされているが、安全上重要な設備の操作ボタンが設置されていることを考慮すると、作業等により入室する場合の管理に更なる改善の余地あり。

<対策>

今回、付随作業と捉えていた警報確認作業で安全上重要な設備であるPCVガス管理設備全停止に至ってしまったことに対する発生原因をふまえ、以下の対策を行う。

✓【リスク抽出の強化】

警報確認のような作業におけるリスク抽出に弱さがあったため、主たる作業以外でも現場状況を踏まえてリスク抽出すること、リスクに基づいて手順と役割を明確にすること、作業着手前に現場確認を行うことを安全対策仕様書へ反映する。

また、監理員は、事前の教育・周知がされていること、手順と役割が明確になっていることを確認することとしガイド等に反映する。

✓【要領書の記載充実】

主たる作業以外でも操作を伴うものは、要領書等へ記載を行うことを安全対策仕様書へ反映する。

また、監理員は、具体的な操作内容・場所を要領書等で確認を行う。

✓【誤操作防止】

現場機器の操作器は作業時に操作可能な環境となる場合もあるため、誤操作による影響を検討したうえで、誤認識防止のため識別化（カバー等）を行う（実施済）。更に、恒久対策として鍵付きカバー等の対策を行う。

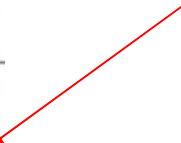
また、警報確認のような付随作業であっても、重要設備のオンライン作業における操作は、当社社員の責任のもと行う。

同様に、LCOに関わる重要設備について、誤操作リスクを洗い出し水平展開を行う。

当該作業の要領書抜粋

No.	作業要領	作業・品質上のポイント	安全・放電上のポイント	記録No.	記録区分	立会区分
3)	HMI機器本格点検(HMIサーバ1のSSD交換)					
①	HMIサーバ1のSSDのシステムセーブ HMIサーバ1をシャットダウン後、セーブ用メディアをセットし電源をリセットする。その後、HMIサーバ1の内蔵SSDのシステムセーブを行う。	HMIサーバ1の停止前の設備状態を端末で確認しておくこと。 片系ずつサーバ停止を行うこと。	周辺機器に注意する。 機器の取扱いに充分注意すること。	PC-1	a	<input type="checkbox"/> ◎●
②	HMIサーバ1のOSDライバ更新 HMIサーバ1のインストーラを起動し、OSDライバ更新を行う。	OSDライバ更新用CDがセットされていること。 OSDライバ更新型式の確認。	機器の取扱いに充分注意すること。	---	b	<input type="checkbox"/>
③	HMIサーバ1のSSDのシステムセーブ HMIサーバ1をシャットダウン後、セーブ用メディアをセットし電源をリセットする。その後、HMIサーバ1の内蔵SSDのシステムセーブを行う。システムセーブ後、電源OFFする。	HMIサーバ1の停止前の設備状態を端末で確認しておくこと。 片系ずつサーバ停止を行うこと。	周辺機器に注意する。 機器の取扱いに充分注意すること。	PC-1	a	<input type="checkbox"/>
④	HMIサーバ1のSSD交換 HMIサーバ1のSSDをはずし、新品のSSDへ交換を行う。	型式があっていることを確認する。 片系ずつサーバ停止を行うこと。	周辺機器に注意する。 機器の取扱いに充分注意すること。	CP-1	a	<input type="checkbox"/>
⑤	HMIサーバ1のSSDへシステムロード HMIサーバ1にセーブ用メディアをセットし起動する。その後、HMIサーバ1の内蔵SSDへシステムロードを行う。	システムロードするSSD番号を確認すること。 片系ずつサーバ停止を行うこと。	周辺機器に注意する。 機器の取扱いに充分注意すること。	---	b	<input type="checkbox"/>
⑥	HMIサーバ1起動確認 HMIサーバ1の電源を投入し、起動する。	起動時エラーがないことを確認すること。	周辺機器に注意する。 機器の取扱いに充分注意すること。	---	b	<input type="checkbox"/>

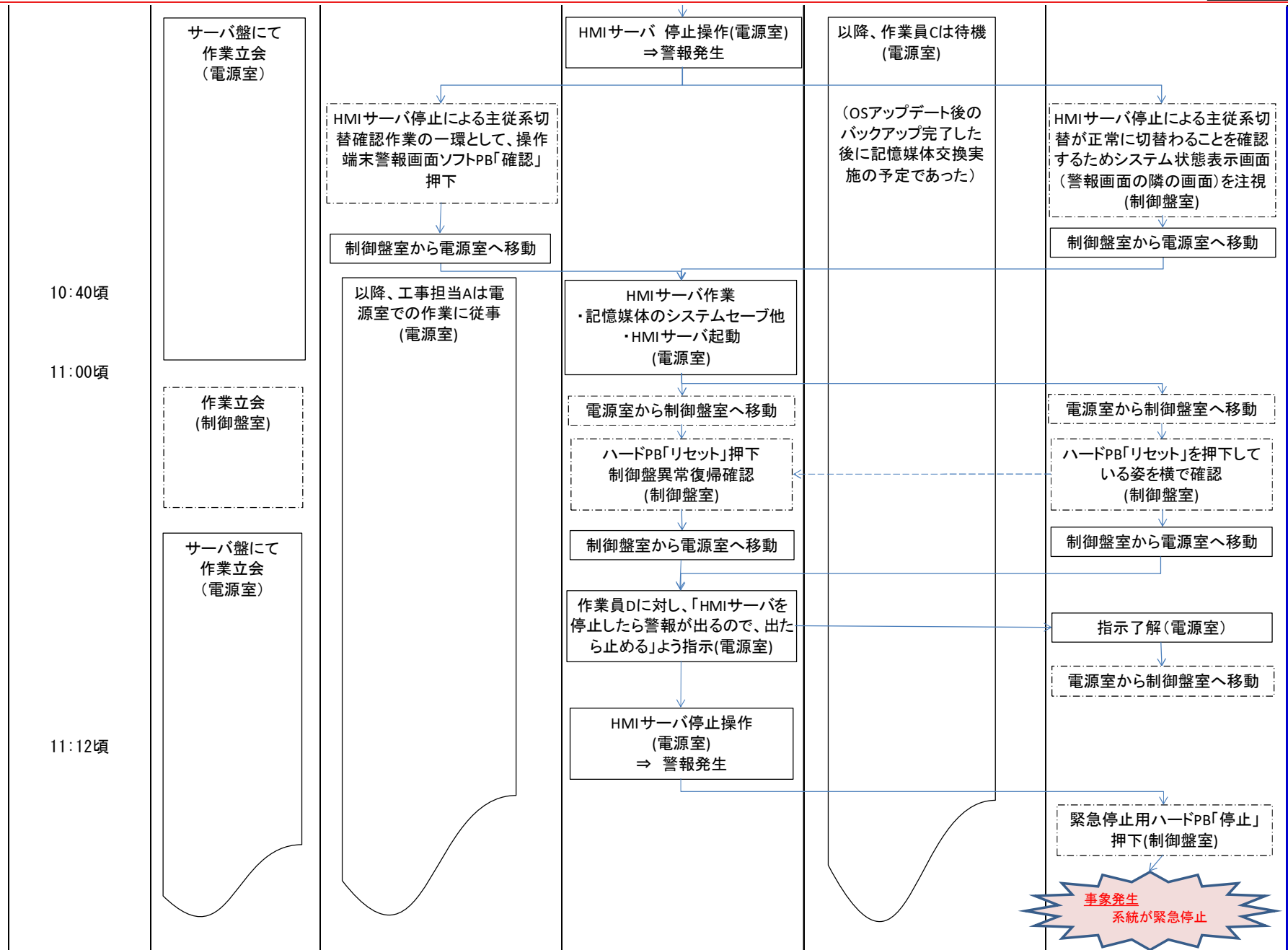
当該操作時の作業ステップ

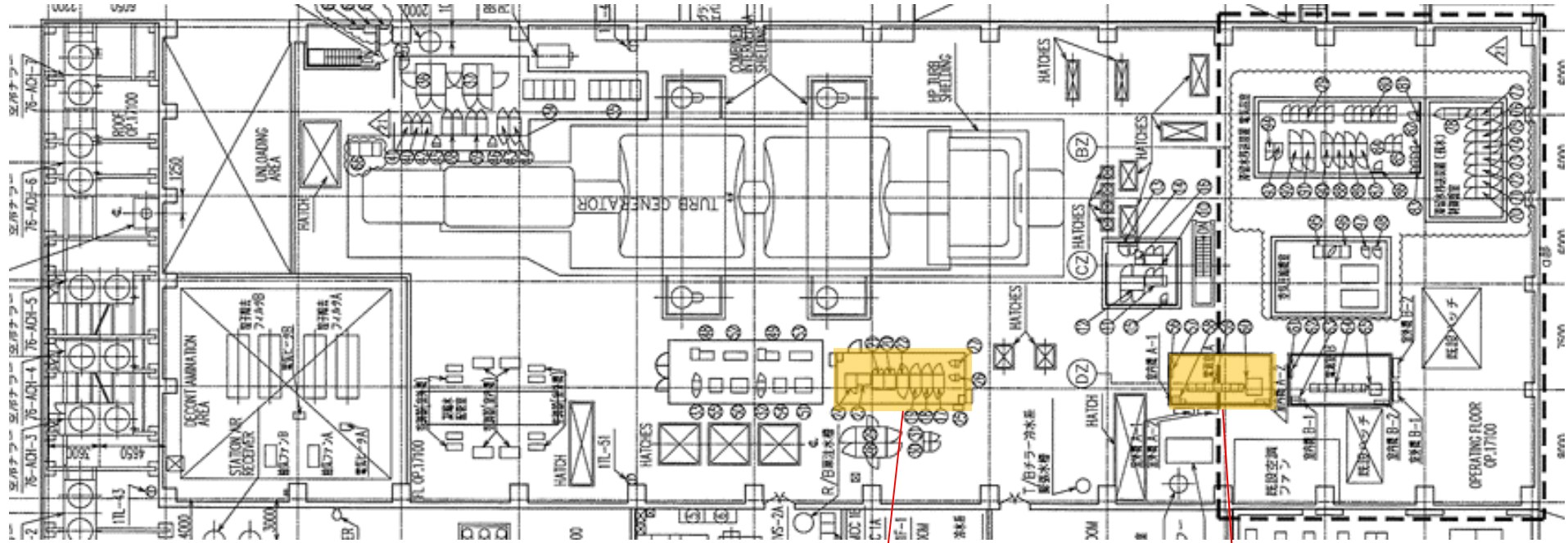


<参考> 当該作業の時系列

年 月	工事監理員	協力企業			
		工事担当 A	作業班長 B	作業員 C	作業員 D
2020年10月	作業要領書受領		作業要領書作成の指導		作業要領書作成 ↓ 作業要領書提出
2020年11月			派遣前教育(講師)を作業員Dに実施		派遣前教育(受講)
2020年11月	議事録確認	事前検討会 ・作業内容の周知 ・作業対象機器のリスク抽出 注意事項の周知 ・安全: 体調管理、感電防止等 ・品証: TVカメラへの接触注意、交換物品の仕様確認等 ・放管: 計画線量等			
作業当日 7:00頃			議事録作成		
			不参加者の作業員C, Dに対し事前検討会での検討結果を説明	説明を受け、議事録確認	
7:20頃		TBM-KY ・作業場所を考慮したリスク、注意事項を周知 ・道工具の注意事項の注意			
10:00頃		作業開始			
10:20頃	作業立会(制御盤室)	作業前入力点データ採取(制御盤室)			
	サーバ盤にて作業立会(電源室)	作業員B, Cは制御盤室からサーバ盤(電源室)へ移動			

<参考> 当該作業の時系列





制御盤室

監視端末

スイッチBOX

電源室

HMIサーバ

事象発生から再起動までは、以下のとおり手順書に従って対応を行った。

- ✓ 緊急停止であったことから、現場状況の確認のために速やかに出向を指示し、異常のないことを確認した。
- ✓ 緊急停止であったことから、MO弁などインターロックで動作した弁の状態を確実に把握するために、手順書に従い、一つ一つ起動前に現場で確認した。
- ✓ 現場異常なしを確認後に、速やかに再起動に向けた準備を開始した。抽気ファン起動後もバイパス運転による流量調整やヒータのインサース等が必要になる。更にシステム上、データを確認できるのが流量調整後、1時間後となるためLCOからの復帰が14:40であった。現場で異常なしの確認後から再起動まで、手順書に従い、実施したことから、特段、時間を要したものではない。
- ✓ また直前に発生していた3号機PCVガス管理設備で「分電盤地絡事象」との同時対応であったが、確実な操作により、ヒューマンエラーなく、再起動を実施した。

時系列

- 11:12 ANN「1号機PCVガス管理 抽気ファン全台停止」発生
- 11:13 実施計画Ⅲ 第24条 LCO逸脱宣言 1チャンネルが動作可能であること
- 11:15 現場出向、関連パラメータ異常なし確認
- 11:21 抽気ファン(A)入口弁 (1F1-X62-MO-F007) 「全閉」操作
- 11:27 RPV底部温度上昇率 代替監視開始
- 11:48 水素濃度評価値にて0.1%確認
- 12:00 現場停止状態異常なし確認
- 12:25 停止の原因判明のため、再起動準備開始
- 12:58 再起動準備完了
- 13:03 1号機PCVガス管理 抽気ファンA 起動
- 13:03 ANN「1号機PCVガス管理 抽気ファン全台停止」クリア
- 13:22 排気流量調整 23.8m³/h
- 14:40 実施計画Ⅲ 第24条 LCO復帰 1チャンネルが動作可能であること

①停止後の関連設備の運転操作

- ✓ PCVガス管理設備の停止後の対応は、実施計画Ⅲ第1編第25条（格納容器内の不活性雰囲気の維持機能）の第2項(6)において、原子炉格納容器ガス管理設備が運転状態にならない場合の不活性雰囲気の維持にかかる対応の通りに実施している。
 - 速やかに必要な窒素封入量が確保されていることを確認すること
 - 窒素封入量の減少操作を中止する又は行わないこと
 - 格納容器内水素濃度が運転上の制限の範囲であることを評価により確認すること

②PCV内の未臨界監視及び水素濃度監視

- ✓ 未臨界監視は、希ガスモニタが監視不可能になった場合、代替監視手段に移行し、速やかに代替監視パラメータを確認することとしており、代替監視プラントパラメータとして、RPV底部の温度上昇率、モニタリングポストの空間線量率および代替監視の補完・強化として、構内線量表示器の空間線量率監視を開始している。
- ✓ 水素濃度は、実施計画Ⅲ第1編第25条（格納容器内の不活性雰囲気の維持機能）の第2項(6)において、原子炉格納容器ガス管理設備が運転状態になく、水素濃度が確認できない場合は、格納容器内水素濃度が運転上の制限の範囲であることを評価により確認することとしている。
- ✓ 水素濃度評価値（計算値）は、必要な際に直ちに確認ができるよう、あらかじめ窒素封入量に応じた一覧表を整備しており、今回の事象発生時には、この評価結果に基づき、水素濃度評価値0.1%を当直長が確認している。

③放出量の評価

- ✓ 本事象に伴い、PCV圧力は約0.2kPa⇒2.4kPaに上昇しているが、当該設備の最高使用圧力は350kPaであり、設備上は問題はない。
- ✓ 環境中に放出されたとして追加的な放出量は 1.8×10^3 Bq、また、この追加的な放出量に伴う敷地境界における被ばく線量は 6.8×10^{-10} mSv/年と評価しており、現運用設備による気体廃棄物放出分の0.03 mSv/年に比べて十分に低い値であることを確認している。
- ✓ 敷地境界におけるダスト濃度は 7.4×10^{-12} Bq/cm³と評価しており、告示濃度限度※と比較して十分に低い値であることを確認している。

※（周辺監視区域外の空気中の濃度限度）Cs-134： 2×10^{-5} （Bq/cm³）、Cs-137： 3×10^{-5} （Bq/cm³）