

2号機 原子炉格納容器ガス管理設備の 運転上の制限からの逸脱について

2017年12月26日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 事象概要

<概要>

- ✓ 2017年11月20日8時10分、2号機原子炉格納容器ガス管理設備（以下、「PCVガス管理設備」）放射線モニタB系の流量が低下し、PCV内の放射能濃度の監視が不可能となった。
- ✓ 当日、PCVガス管理設備A系は制御盤二重化工事に伴い停止しており、2号機PCVガス管理設備において短半減期核種の放射能濃度が監視できない状態となったことから、当直長は「運転上の制限（LCO）逸脱」※を判断した。
- ✓ 現場確認の結果、希ガス放射線モニタBの出口弁が「全閉」となっていたため、当該弁を「全開」にし流量及び放射線モニタを含めた現場状態に異常がないことを確認したことから、LCO逸脱からの復帰を判断した。
- ✓ なお、本事象による外部への放射能の影響はなかった。

※運転上の制限（第24条未臨界監視）

項目	運転上の制限
短半減期核種の放射能濃度	キセノン135の放射能濃度が1Bq/cm ³ 以下であること
原子炉格納容器ガス管理設備の放射線検出器	1チャンネルが動作可能であること

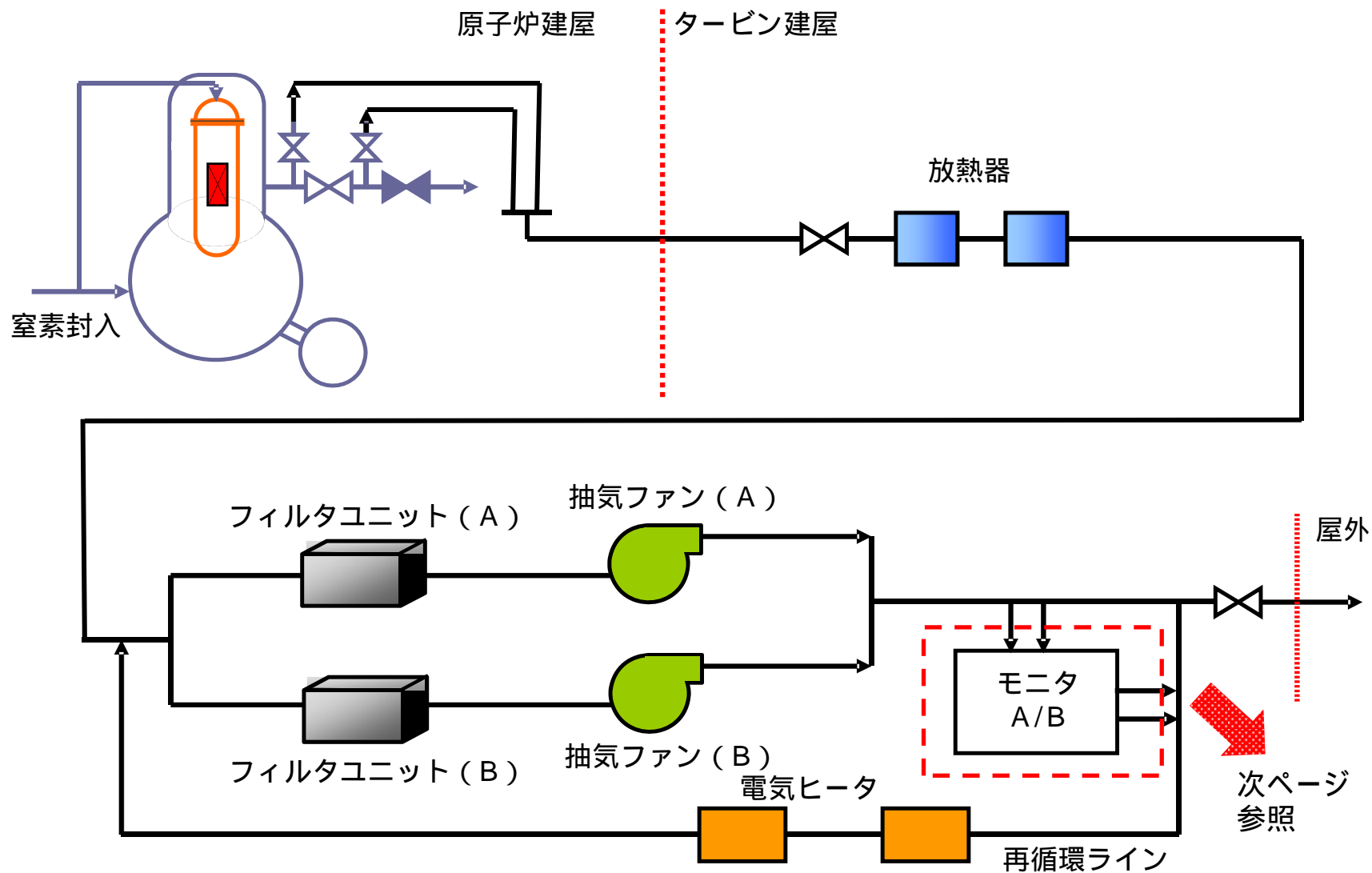
2. 時系列

11月20日（月）

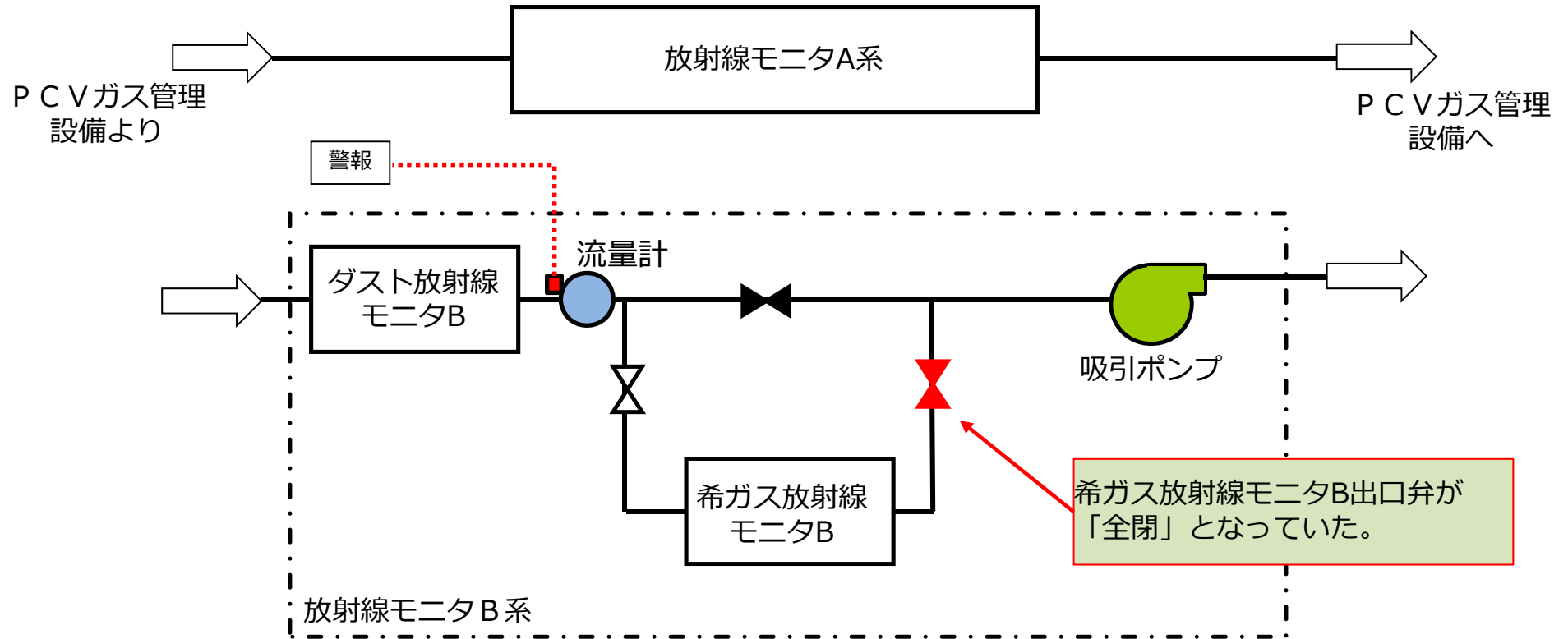
- 6時24分 2号機PCVガス管理設備A系作業の為停止操作開始
- 7時31分 同上停止操作完了
- 8時10分 「2号機PCVガス管理出口DRM※B 流量高／低」警報発生
- 8時30分 各種パラメータを確認し当直長がLCO逸脱を判断
（特定原子炉施設の保安第1編第24条「未臨界監視」原子炉格納容器ガス管理設備の放射線検出器において2号機の運転上の制限「1チャンネルが動作可能であること」を満足しない状態）
- 9時05分 当直員が現場を確認した結果、希ガス放射線モニタ（B）出口弁の「閉」を確認
- 9時08分 当直員が当該弁の開操作を実施
DRM流量 0→約70l/min(n)に復帰
「2号機PCVガス管理出口DRM B流量高／低」警報クリア
- 10時53分 当直長がPCVガス管理設備の放射線検出器1チャンネル（B系）により短半減期核種の放射能濃度が監視可能な状態にあることを確認し、LCO逸脱からの復帰を判断

※DRM：ダスト放射線モニタ

3.PCVガス管理設備系統概略図



3.PCVガス管理設備系統概略図



4.現場写真

当該弁は高さ約 2 m程度の位置にあり容易に操作は出来ない。



図 1 : 当該弁 設置場所

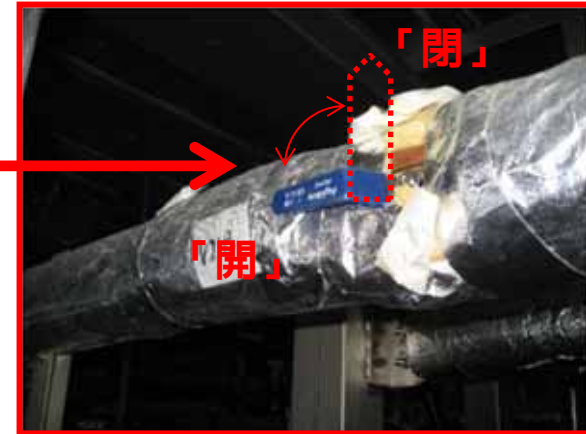


図 2 : 当該弁 開閉状態

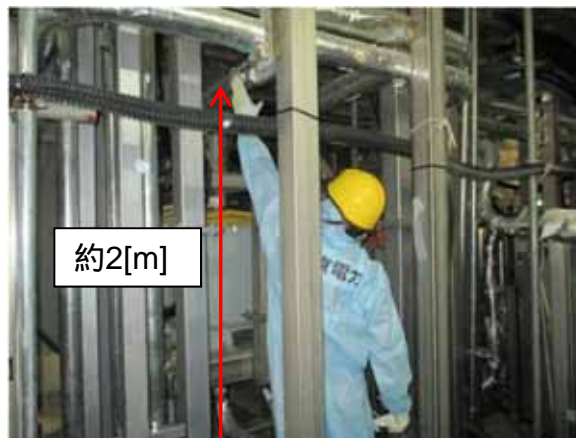
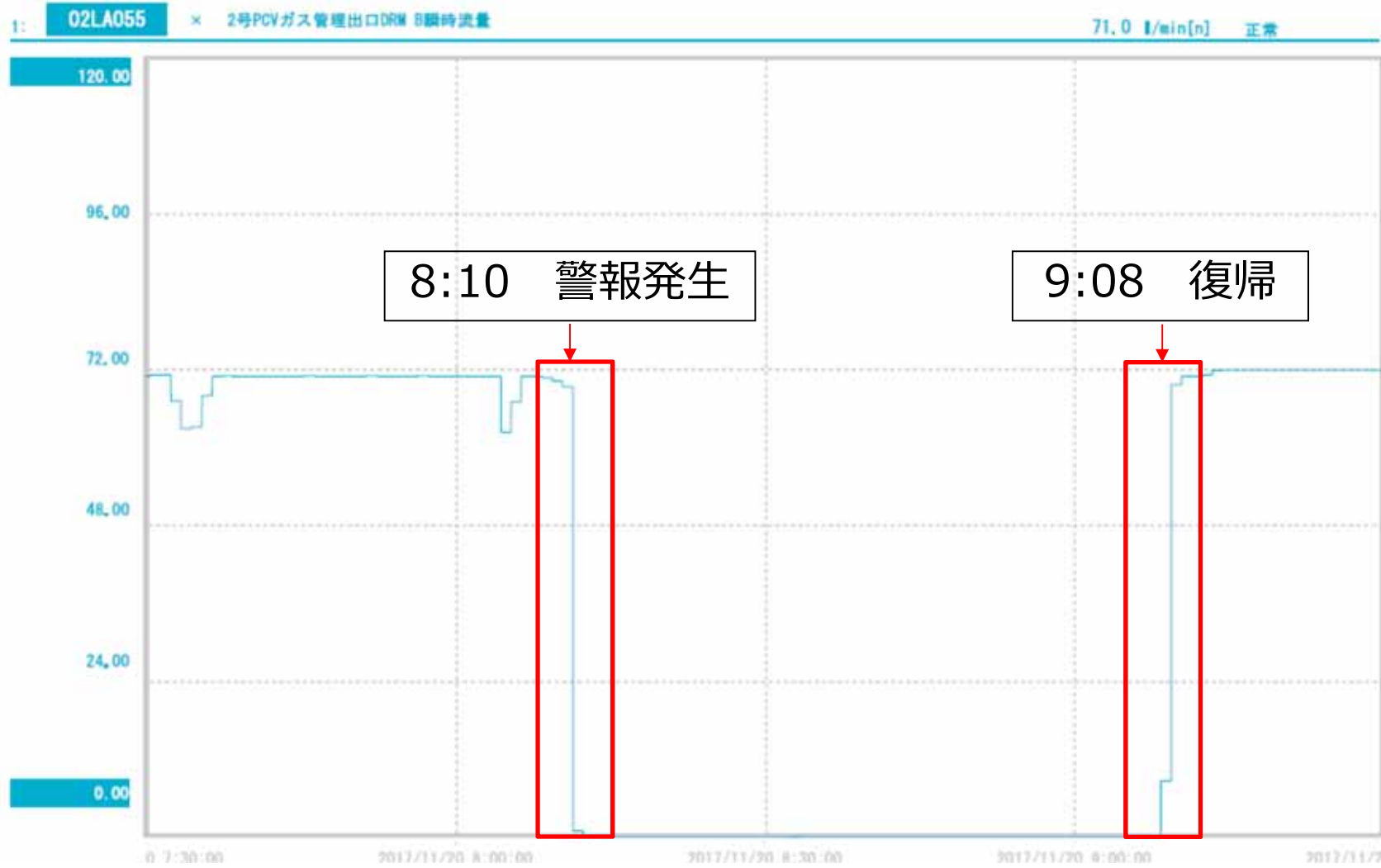


図 3 : 当該弁 設置位置(床上 約2[m])



図 4 : 当該弁に取り付けられていたタグ

5. 事象発生時のトレンド



6. 状況確認結果について

現場調査及びトレンド確認の結果、当該弁が「全閉」となったことが原因で流量低下したと判断されるため、事象発生時の操作、作業状況について確認及び聞き取り調査を行った。その結果、当該弁が「全閉」に至る事実は確認できなかった。

▶ 入域状況について

- ・PCVガス管理設備は施錠管理されたエリア（シートハウス）に設置されているが、事象発生時は制御盤二重化工事に伴い、協力企業作業員（以下、「作業員」）33名がシートハウス内又は近傍に入域していた。
- ・シートハウス内の設備監視用カメラ及び作業員の聞き取り調査からは第三者らしき人物は確認されなかった。

▶ 作業状況について

- ・当日は停止したA系について制御盤へのケーブル接続作業及びB系の電線管・ケーブル布設作業の2種類の作業を並行して実施する予定でいた。
- ・事象発生時（8:10頃）に作業員は当該弁付近から離れた場所で安全処置確認、作業範囲確認、当日作業の準備を実施していた。
- ・当該弁については床面から約2 m高さの場所に設置されており、容易に操作できる環境にはなく、聞き取り調査からも当該弁の操作や誤接触についての証言は確認されなかった。

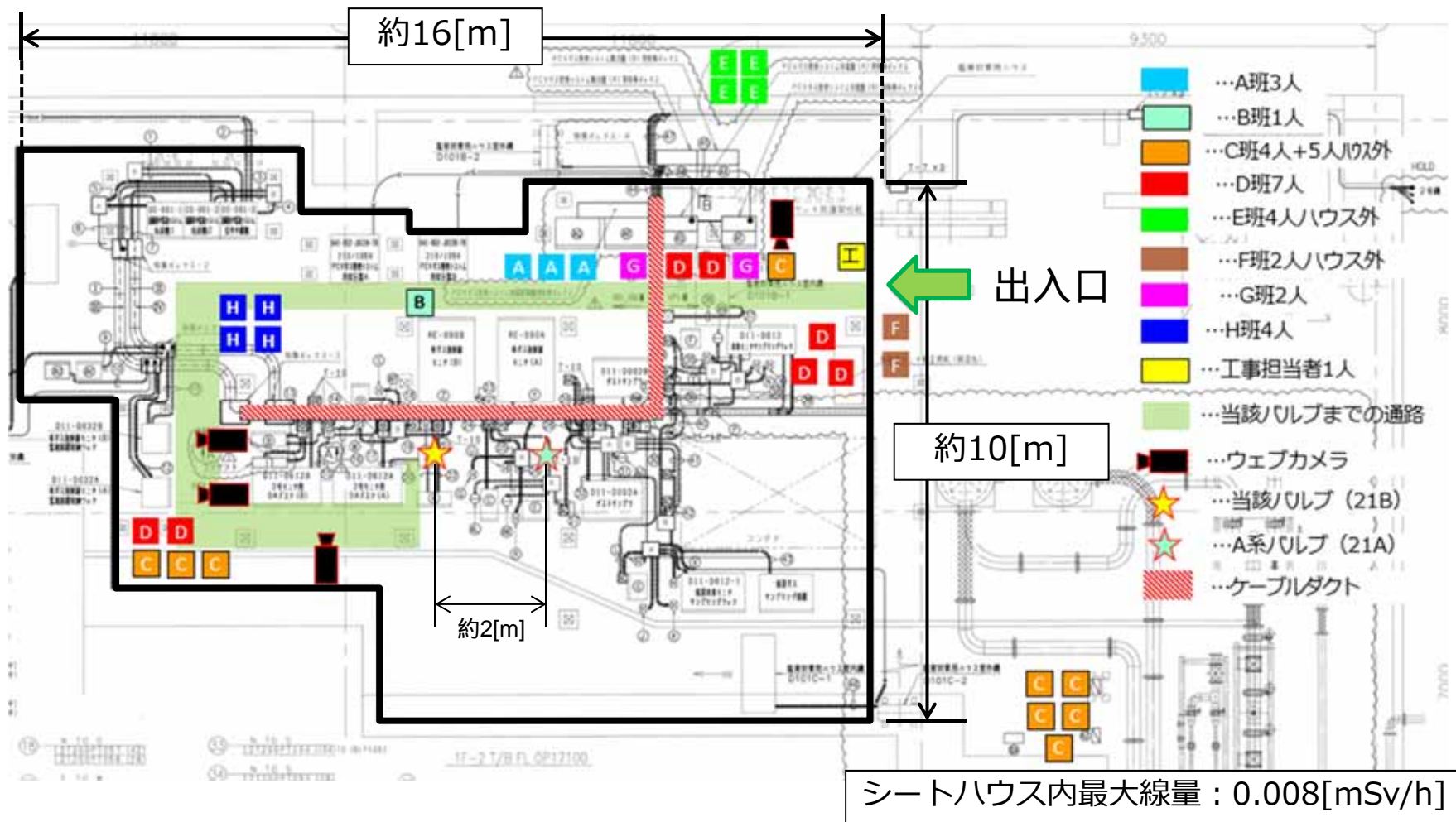
▶ 当該弁の状況について

- ・当該弁に「全閉」を指示する操作禁止札（操作を禁止することを識別する為の札：以下、「タグ」）が取付けられていた。^{※1}

※1 当該タグは2017年3月～6月に行われた作業時に使用していたものであり、現在はタグが取外している状態（回収されているべきもの）が正しい状態

7. 事象発生時の入域・作業状況

事象発生時（8:10頃）の作業員の配置について



8. 要因分析

希ガスモニタB出口弁が閉になった	推定事象	考察	要因の可能性
	誤って（意図せず）弁に触れてしまい閉になった	作業員は、事象発生時に当該弁付近にいなかったとの証言は確認されているが、当日の作業において弁上部付近での作業（電線管布設）を予定していたこと及び当該弁への注意喚起が不足していたことから準備等にて当該弁に接近し誤って弁に触れてしまう可能性が高いと考えられる。	○
	希ガスモニタB出口弁についていたタグ（安全処置閉）の状態を合わせようとした	作業員は、事象発生時に当該弁付近にいなかったとの証言は確認されているが、当該弁に取り付けられていた別作業の回収忘れタグの指示「閉」に合わせ弁を閉操作する可能性は完全には否定できない。 （本工事における弁の操作予定は無し）	△
	第三者による弁閉操作	PCVガス管理設備シートハウス内の設備監視用カメラ映像及び作業員の証言からは第三者らしき人物は確認されていないことから、第三者によって弁を操作した可能性はない。	×
	自然に弁が動作した	弁の構造上、自然に弁が動作した可能性はない。 開：ハンドルが床面と水平な状態 閉：ハンドルが床面と90°上方に回転した状態	×
	当直員の操作ミス	当直員は、事象発生時に引継ぎのため免震棟におり現場にはいなかった。 （本工事における弁の操作予定は無し）	×

要因の可能性
 ○：可能性あり
 △：可能性として完全に否定できない
 ×：可能性なし

9. 推定原因及び問題点について

- ✓ 状況確認及び聞き取り調査の結果から、当該弁が「全閉」になったことに対する明確な原因の特定には至らなかったが、当時の状況から誤接触による可能性が高いと考えられる。
 - 推定原因（誤接触）における問題点
 - ・ 接触により弁が開閉できる状態であったこと【問題点①】
 - ・ 重要設備の機能喪失に至るリスクの抽出が不十分であったこと【問題点②】
 - ・ A系停止時にB系運転中の設備近傍で影響を与えるような作業を行ったこと【問題点③】
- ✓ その他、本来回収されているべき過去の作業タグが取り付けられていたことから誤操作についても完全には否定できない。【問題点④】

なお、本事象については、福島第一原子力規制事務所より指導文書「安全確保設備等の近傍での現場作業時のリスク抽出及び対応の検討について（指導）」（H29.12.13付）※を受領しており、現在、1/31までの報告に向けた検討・準備を実施中のところ、現状の検討状況について報告する。

※ 指導文書（抜粋）

- ・ 予防処置の取り組みに関する再点検結果
- ・ 安全確保設備等の近傍において計画している現場作業を対象として、安全確保設備等の停止等を引き起こす可能性のあるリスクを抽出し、その対応についての検討結果

上記について、平成30年1月31日までに報告すること。

10. 各問題点の深掘りについて（1 / 4）

抽出された各問題点に関して、要因の深掘りを実施。

問題点	接触により弁が開閉できる、弁が容易に操作できる状態であったこと
要因	当該弁の設置エリアが施錠管理されていること等から弁のロック等の物理的防護、注意喚起表示を実施していなかった。
背後要因	過去の不適合事象にて実施した物理的防護、注意喚起表示の範囲に、通常運転状態で系統機能喪失に至らないもの（A/B系並列運用、エリアの施錠管理）を除外してしまった。

- 問題点に対するあるべき姿
 - ・ 系統の状態が通常とは異なる状態になることを考慮し、重要設備の機能に影響を与える部位への安全対策（物理的防護、注意喚起表示）を実施すべきだった。
- 対策方針（検討中）
 - ・ 重要設備を構成する全ての機器に対して、機能を喪失した場合の影響を評価し、影響を与えるものは物理的防護・注意喚起表示の対象範囲と選定し対策を行う。（設備面）

10. 各問題点の深掘りについて（2 / 4）

問題点	重要設備の機能喪失に至るリスクの抽出が不十分であったこと
要因	作業着手前に現場事前点検を当社社員と作業員で実施したが、当該弁誤接触にて系統機能喪失するリスクに対する具体的な対策や注意喚起を行っていなかった。
背後要因	工事主管グループのみでのリスク抽出であったため、多角的なリスク抽出が不十分だった。

➤ 問題点に対するあるべき姿

- 作業による設備への影響防止を図る上で、系統全体を管理する部署を交えて作業内容や動線を踏まえたリスク抽出を行い、必要な対策の検討をすべきであった。

➤ 対策方針（検討中）

- 「重要設備の機能に影響を与える作業」については、作業計画段階で実施する現場事前点検等にて、当社（当直、設備所管箇所）及び作業員が具体的な手順や作業員の動線を要領書等を用いて確認することで、リスクの抽出を行い、リスクに応じた区画、養生を検討する。（管理面）

10. 各問題点の深掘りについて (3 / 4)

問題点	A系停止時にB系運転中の設備近傍で影響を与えるような作業を行ったこと
要因	系統状態を考慮した作業計画、実施時期の検討が不足していた。
背後要因	電線管・ケーブル布設作業は系統状態に直接的な影響を及ぼさないと考えたため、重要設備の運転中保全作業との認識が不足していた。

➤ 問題点に対するあるべき姿

- 系統機能喪失リスクが高まった状態での重要設備近傍作業であったため、設備に与える影響及び作業の実施可否を検討し、決定するべきであった。

➤ 対策方針 (検討中)

- 系統機能喪失リスクが高まった状態での重要設備近傍作業については、作業を実施しない。また通常状態においても設備の機能要求を考慮し、当該作業の防護対策内容や他作業の影響を踏まえ、作業の実施可否を判断する。(管理面)

10. 各問題点の深掘りについて (4 / 4)

問題点		本来回収されているべき過去の作業タグが取付けられていたこと
要因	①	タグの回収にあたっては、タグ控え用紙等による照合などルールが定められていたが徹底されていなかった。
	②	設備の管理状態と現場状態が整合しているかの確認を実施していなかった。
背後要因	①-1	工事監理員は、保全箇所が実施するセルフ操作タグを、作業完了時に控えタグと照合し通常状態に復旧したうえで回収するというルールを理解していなかった。
	①-2	工事監理員が設備管理箇所からセルフ操作タグの照合に必要な控えタグの受け取りやタグ返却のためには免震棟出入りが必要で負担感があったこと、また、現場でタグが汚染する等で返却できないこともあり、控えタグの受け渡し、返却をしないことが常態化していた。
	②	震災以前のプラント起動時には設備管理箇所が「全ての弁の状態確認」を実施していたが、現在の1Fはプラント運転/定期検査という概念が無く、現場線量が高いということから、設備の管理状態と現場状態の整合を確認するプロセスが無かった。

➤ 問題点に対するあるべき姿

- 作業完了時において、工事監理員及び当直は、タグ運用の目的（現場機器の状態管理であること）を認識し、機器の復旧操作に合わせてタグの回収・控えタグの照合をもって最終確認をするべきであった。
- 設備管理箇所が設備の管理状態と現場の整合確認を定期的実施するべきであった。

➤ 対策方針（検討中）

- 保全箇所が実施するセルフ操作タグの回収、照合に関して、1Fの実態に合わせて確実に実施できるように見直す。（管理面）
- 工事監理員及び設備管理箇所担当者を対象とした力量管理項目に「タグの運用」を追加し教育を行う。また、協力企業にも「タグの運用」を周知する。（教育面）
- 設備管理箇所が弁状態確認を実施するなど、設備の管理状態が現場と整合していることを定期的確認する。（管理面）

1 1. 対策について

本事象を踏まえ、下記の応急対策を実施。

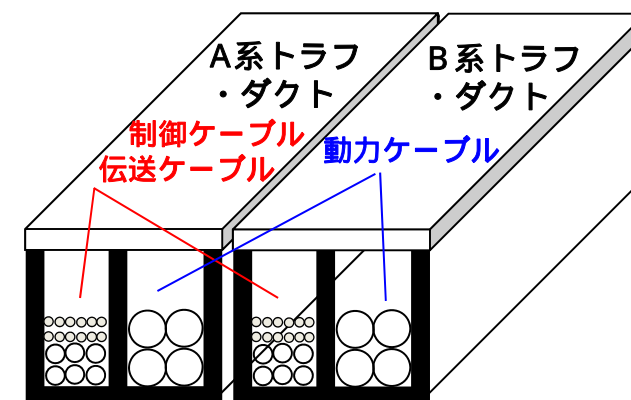
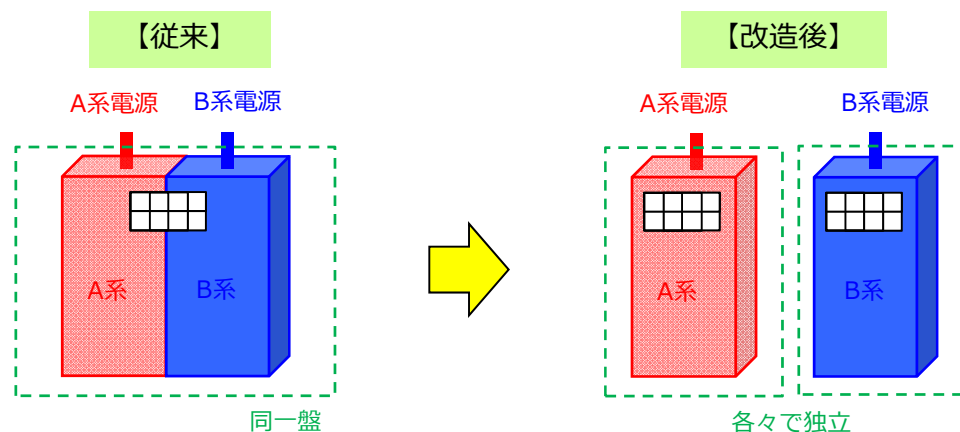
- ✓ 1～3号機PCVガス管理設備の類似弁への注意喚起表示（2017.11.28実施済み）
- ✓ タグ回収の際のルール徹底について関係者への周知（2017.11.22実施済み）
- ✓ 重要設備におけるセルフ操作タグの現場状態確認
（2017.12.5に未回収のタグがないことを確認済み）

今後、各問題点に対する恒久対策（設備面・管理面・教育面）について、引き続き検討していく。

【参考】 制御盤二重化工事

【工事概要】

- ・ 制御盤をA / B系2面に分割し、電気・計装回路を二重化
- ・ スタンド型分電盤を撤去し自立型分電盤へ取替
- ・ ケーブルのトラフ・電線管布設への引き直し



ケーブルトラフ・ダクトイメージ図

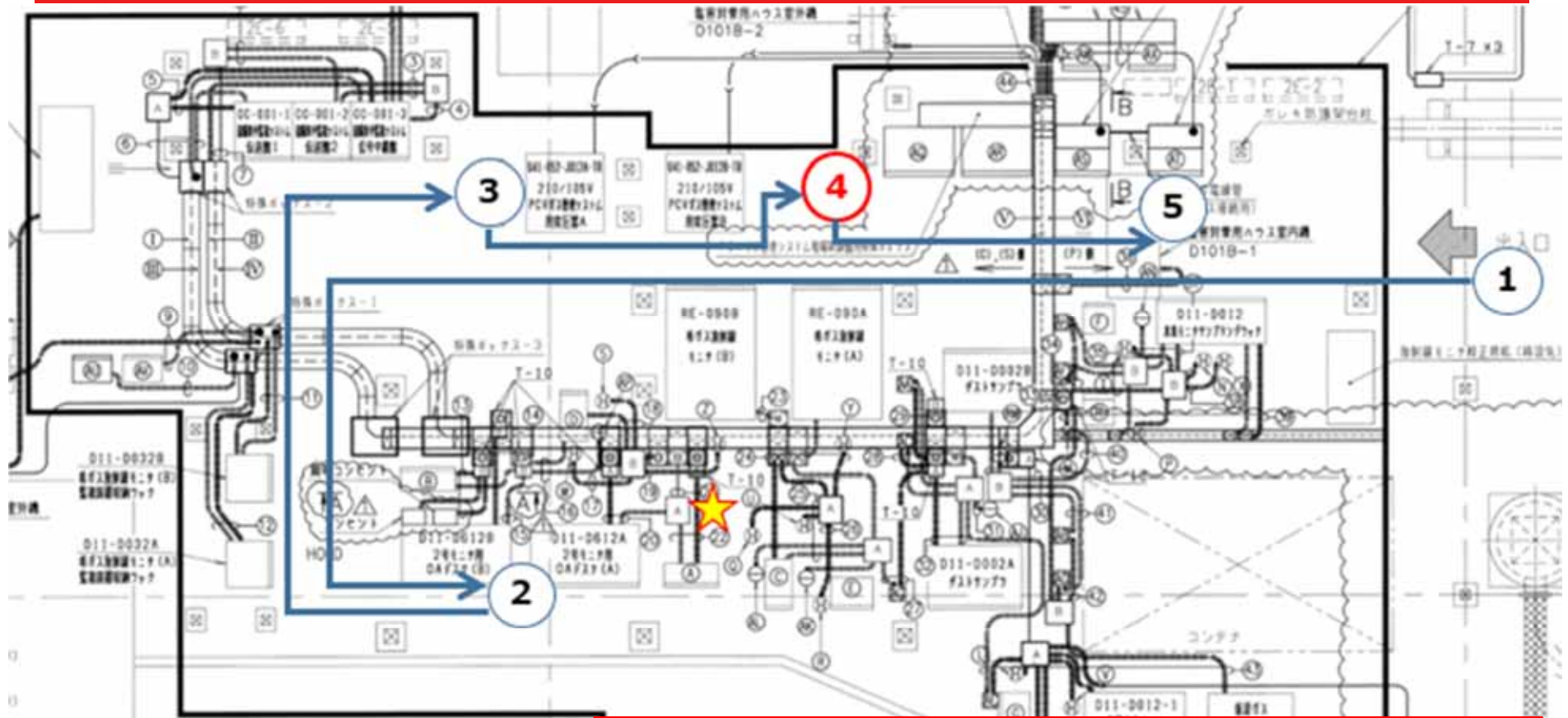
【当日作業内容】


- ・ 既設A系設備停止確認、A系ケーブル接続替、電線管布設（高所3m作業あり）、ケーブル布設等

【当日操作内容】

- ・ 制御盤等の電源OFF操作のみ（弁操作は無し）

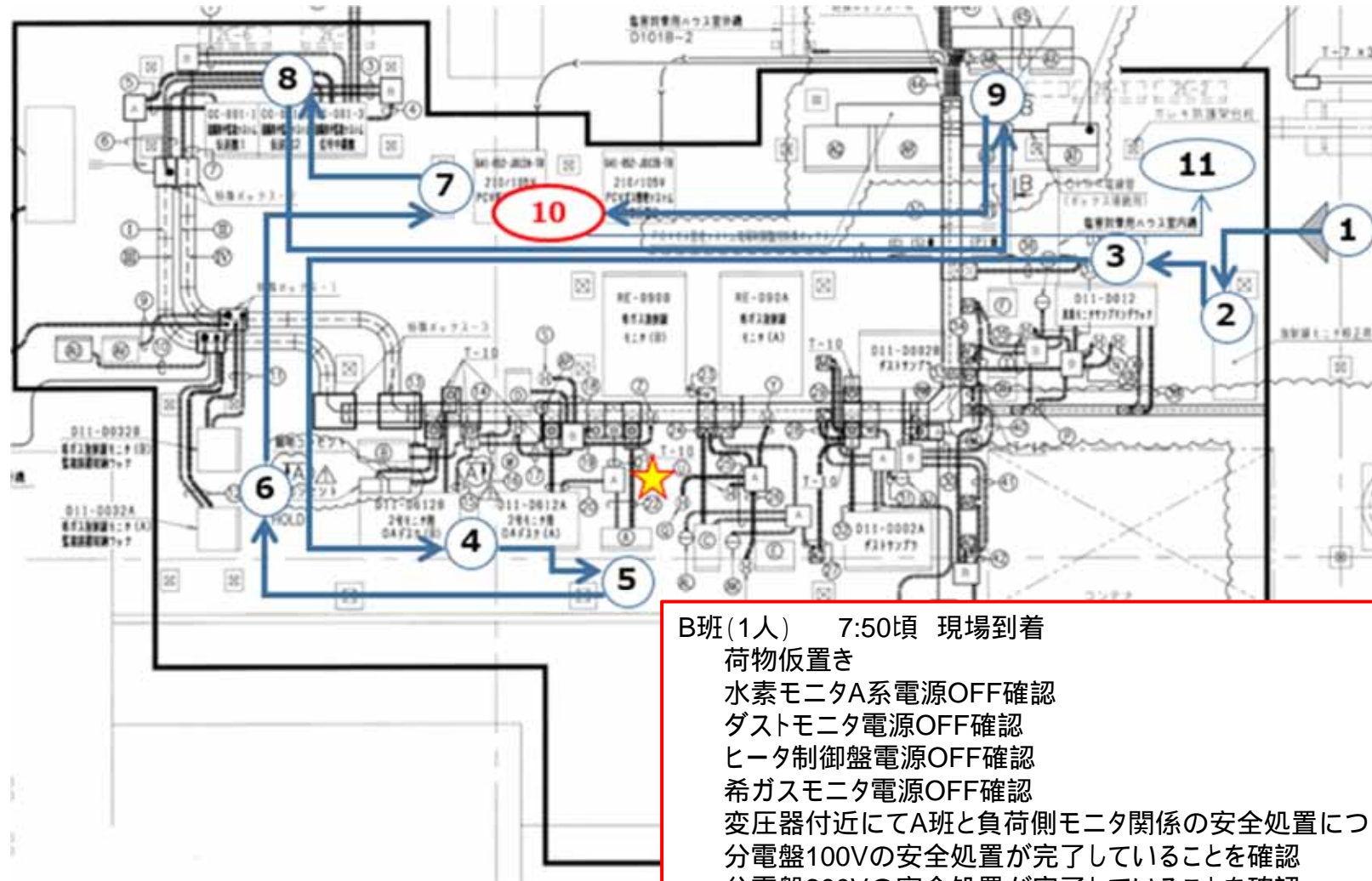
【参考】 事象前後の作業員の動線 (1/4)



 ...当該バルブ箇所

A班(3人) 7:50頃 現場到着
 荷物仮置き
 A系変圧器にて検相確認
 B班と負荷側モニタ関係の安全処置について確認
8:10頃
 B系変圧器にて検相確認
 作業・通行の妨げにならない位置に待機

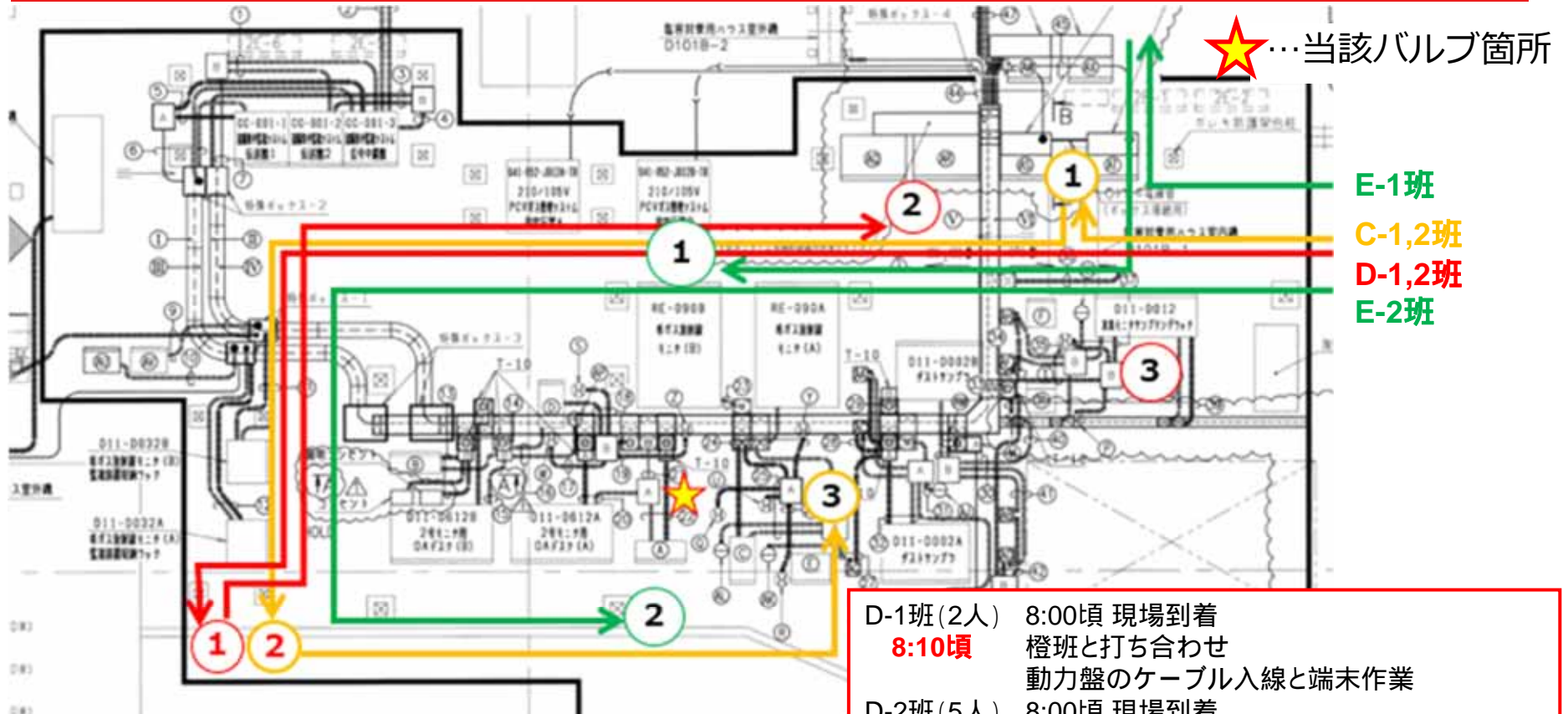
【参考】 事象前後の作業員の動線 (2/4)



★ …当該バルブ箇所

B班(1人) 7:50頃 現場到着
荷物仮置き
水素モニタA系電源OFF確認
ダストモニタ電源OFF確認
ヒータ制御盤電源OFF確認
希ガスモニタ電源OFF確認
変圧器付近にてA班と負荷側モニタ関係の安全処置について確認
分電盤100Vの安全処置が完了していることを確認
分電盤200Vの安全処置が完了していることを確認
8:10頃 A班に分電盤の安全処置が完了していることを相談
計装Gに当直による安全処置が完了していることを連絡

【参考】 事象前後の作業員の動線 (3/4)



★…当該バルブ箇所

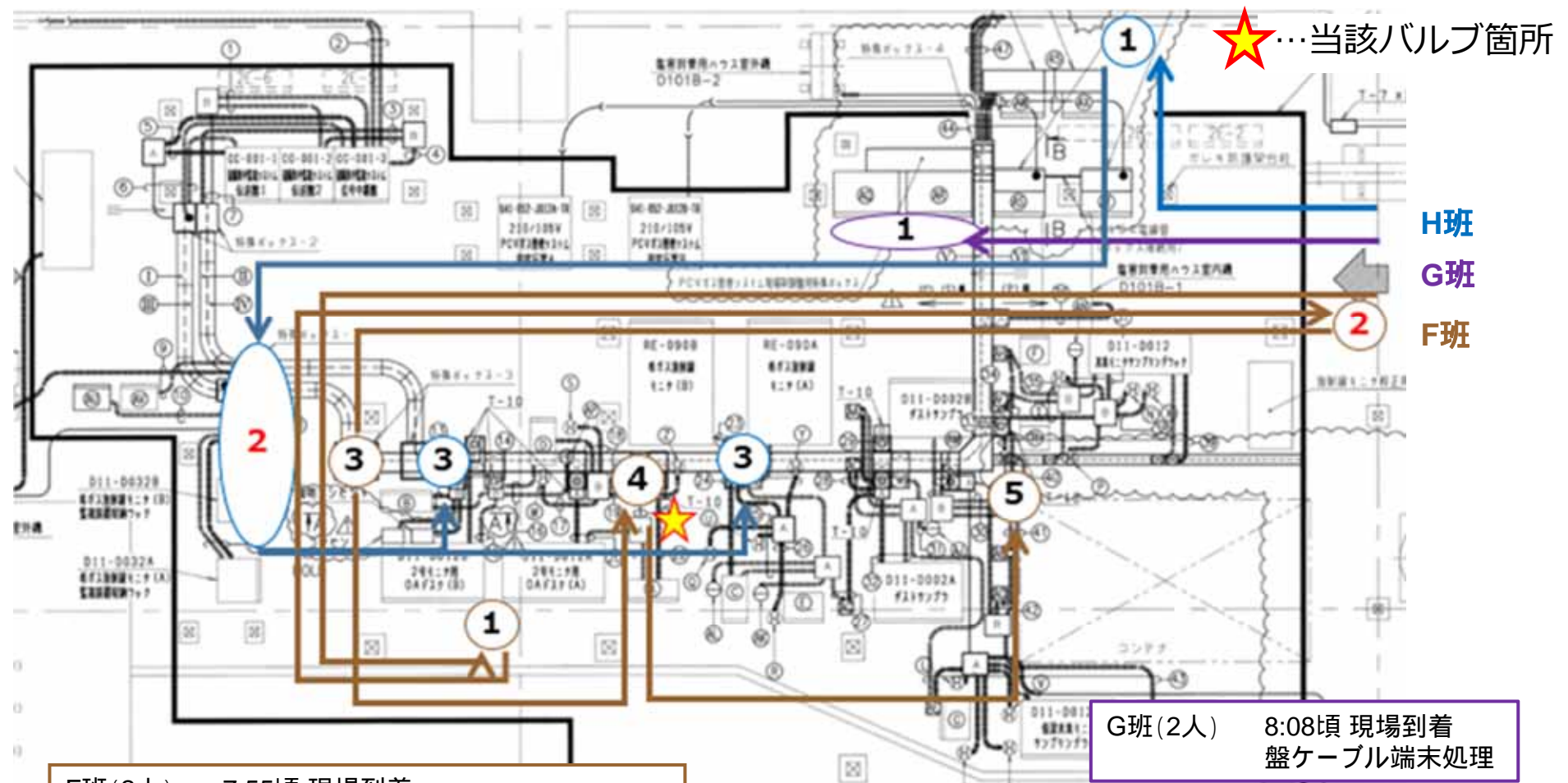
E-1班
C-1,2班
D-1,2班
E-2班

C-1班(1人) 7:40頃 現場到着, 作業準備
東側通路にて現場確認
分電盤(B)にてケーブル確認
8:10頃 B班から警報が出ていると聞き現場状況確認する
C-2班(3人) 7:40頃 現場着, 作業準備
東側通路にて現場確認
8:10頃 ハウス北西側で赤班と打ち合わせ
現場確認、資材段取り、フレキ加工、取付

D-1班(2人) 8:00頃 現場到着
8:10頃 橙班と打ち合わせ
動力盤のケーブル入線と端末作業
D-2班(5人) 8:00頃 現場到着
現場確認, 資機材段取り
サンプリングラック付近電線管, P.Box加工

E-1班(3人) 8:08頃 現場到着
希ガス放射線モニタ(B)周辺ケーブル仮置き
E-2班(1人) 8:00頃 現場到着
ヒータ制御盤前でコンセント用ケーブル段取り
コンセント用ケーブル入線

【参考】 事象前後の作業員の動線 (4/4)



★...当該バルブ箇所

H班
G班
F班

F班(2人) 7:55頃 現場到着
8:10頃
 OAデスク前へ移動 図面にて現場確認
 ハウスを出て必要資機材をとる
 安全帯を装着し電線管取付
 電線管取付
 電線管取付

G班(2人) 8:08頃 現場到着
 盤ケーブル端末処理

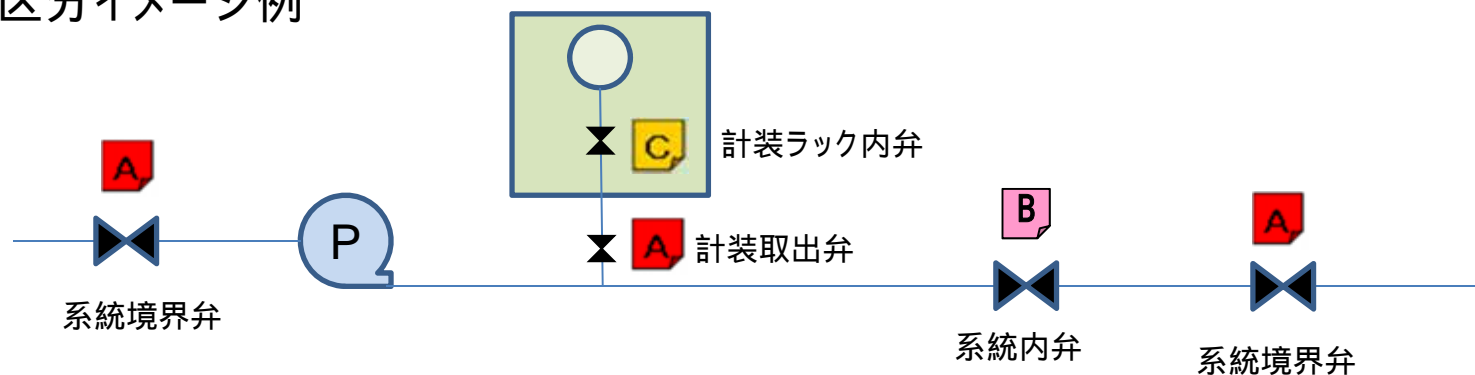
H班(4人) 8:00頃 現場到着
8:10頃
 ケーブル準備
 ケーブル移動, 現場確認
 ケーブルを8の字にまとめる
 脚立, 安全帯準備, ケーブル布設

【参考】 タグの種類

タグは、作業実施のために通常状態と異なる状態を識別するためのもの。運用としては、通常状態から異なった段階で取り付け、通常状態に戻った段階で取り外すもの。

区分	定義	管理責任
区分 A	システムの境界となる弁・電源・安全条件や起動・停止条件の除外で設備管理箇所が実施／復旧し、管理すべきもの	全て設備管理箇所にて管理
区分 B	システム内での機器の安全処置で、設備管理箇所がその実施／復旧について認識しておく必要があるもの。	全て設備管理箇所にて管理
区分 C (セルフ操作 タグ)	作業を実施するにあたり設備保全箇所が機器の操作を行うが、設備管理箇所が状態を認識しておく必要があるもの。	設備管理箇所が設備安全上の実施可能期間を設定し、その期間中は設備保全箇所が管理する。

タグ区分イメージ例



【参考】過去のヒューマンエラー対策

1. 物理的対策＜対策の内容＞

2016年12月4日,5日に発生したヒューマンエラーに起因した2件の冷却停止事象以前における物理的な防護処置範囲としては、弁等の機器単体もしくはエリア単位の施錠管理を実施していた。

当該事象を踏まえて、エリア単位で実施していた施錠管理の対象についても、安全機能を有する系統は、仮に人的過誤が発生した場合でも、安易に安全機能が喪失しないよう、弁、操作スイッチ及び計器類に対して物理的な防護処置を実施した。

また、たとえ重要設備があるとの認識がない人であっても、現場において単にそれが「重要なもの」、「触れることにより重要な設備に影響を与えるものである」と認識できるような識別表示も合わせて行った。

○対象系統及び対象物処置実施例

安全機能	対象の系統	対象	考え方	処置実施例
燃料冷却	原子炉注水設備	弁	<ul style="list-style-type: none"> ・冷却水や窒素ガス等の流路を形成する弁（ポンプ出入口弁、流量調整弁等） ・系統のバウンダリを構成する弁（隔離弁、ドレン弁、ベント弁等） 	<ul style="list-style-type: none"> ・チェーン+鍵、ミニチュア弁やコック弁等はワイヤー+鍵等による処置 ・ドレン弁、ベント弁は、直ちに機能喪失につながるものについては、弁二重化あるいは閉止栓による処置
	使用済燃料プール代替冷却系			
原子炉及び格納容器の状態監視・維持	窒素ガス分離装置	操作スイッチ	設備本体の起動停止、系統弁の開閉等、どうさより系統停止につながる操作スイッチ（CS、PB等）	CSハンドル外し、パネル前面カバー設置、インターロック見直し、接近注意等の表示など
	格納容器ガス管理システム			
—	上記の設備に関する供給電源設備	計器類	設備のトリップに直結する計器類	保護カバーの設置、接近注意等の表示など