

格納容器ベントに係る問題点と在り方

平成25年10月31日

はじめに

- ①福島第一原子力発電所事故時， 2号機では格納容器ベントができなかった。
これらの教訓を分析するとともに， 柏崎刈羽原子力発電所での対策をご説明する。
- ②また当該号機において， シビアアクシデント時の格納容器ベント弁駆動のためのバックアップラインである計装用空気圧縮（IA）系配管の健全性について一部ご指摘がされており， あわせて評価結果をご説明する。

①福島第一2号機格納容器ベント経緯
および

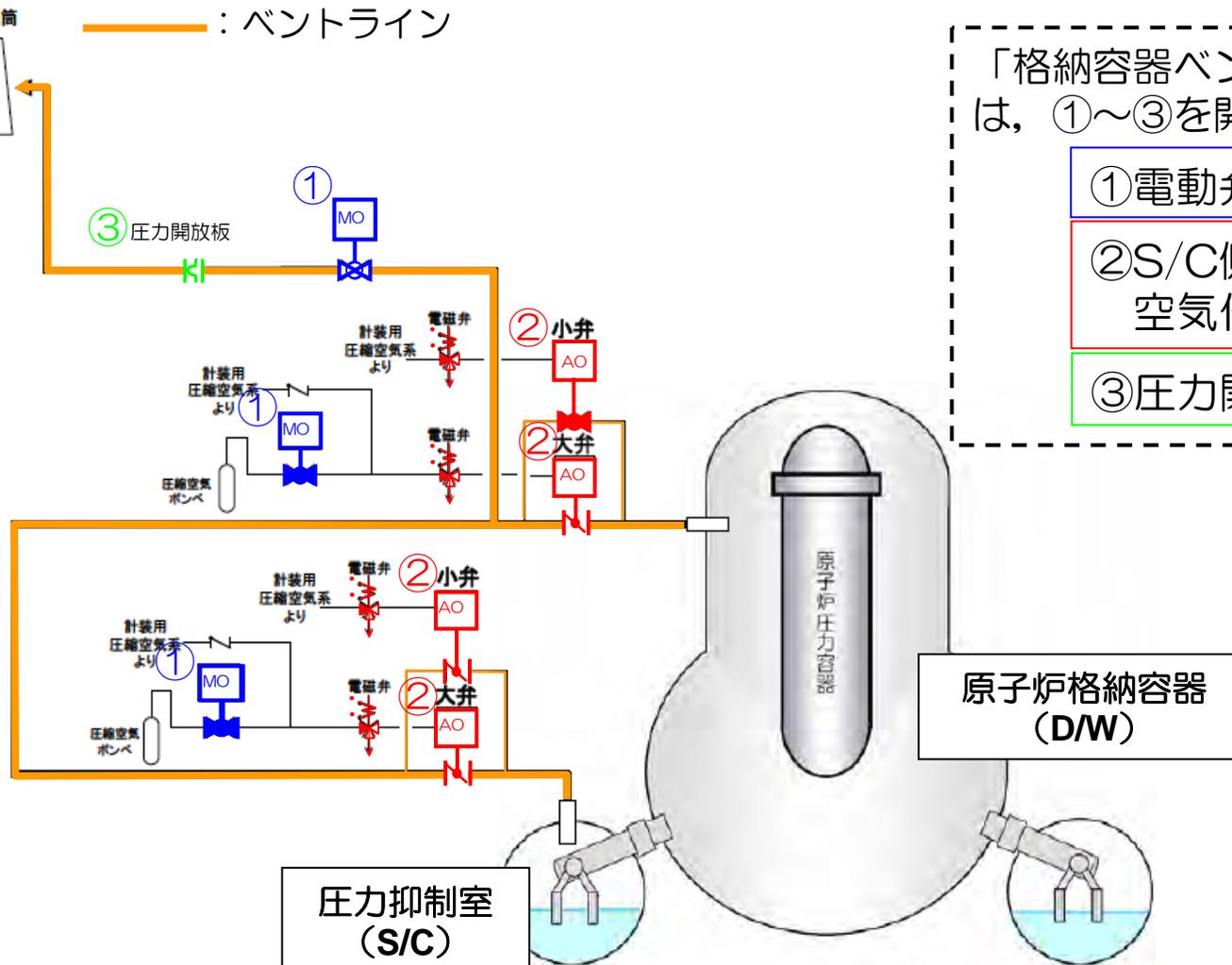
格納容器ベントが困難となった要因
に対する柏崎刈羽原子力発電所の安全対策

格納容器ベントについて

【目的】

格納容器（ドライウェル（D/W）及び圧力抑制室（S/C））の圧力が異常に上昇して、格納容器が破損しさらに深刻な状況になることを防止するため、放射性物質を含む格納容器内の気体を一部外部に放出し、圧力を降下させる。

排気筒
— : ベントライン



「格納容器ベント」を実施するためには、①～③を開ける必要がある。

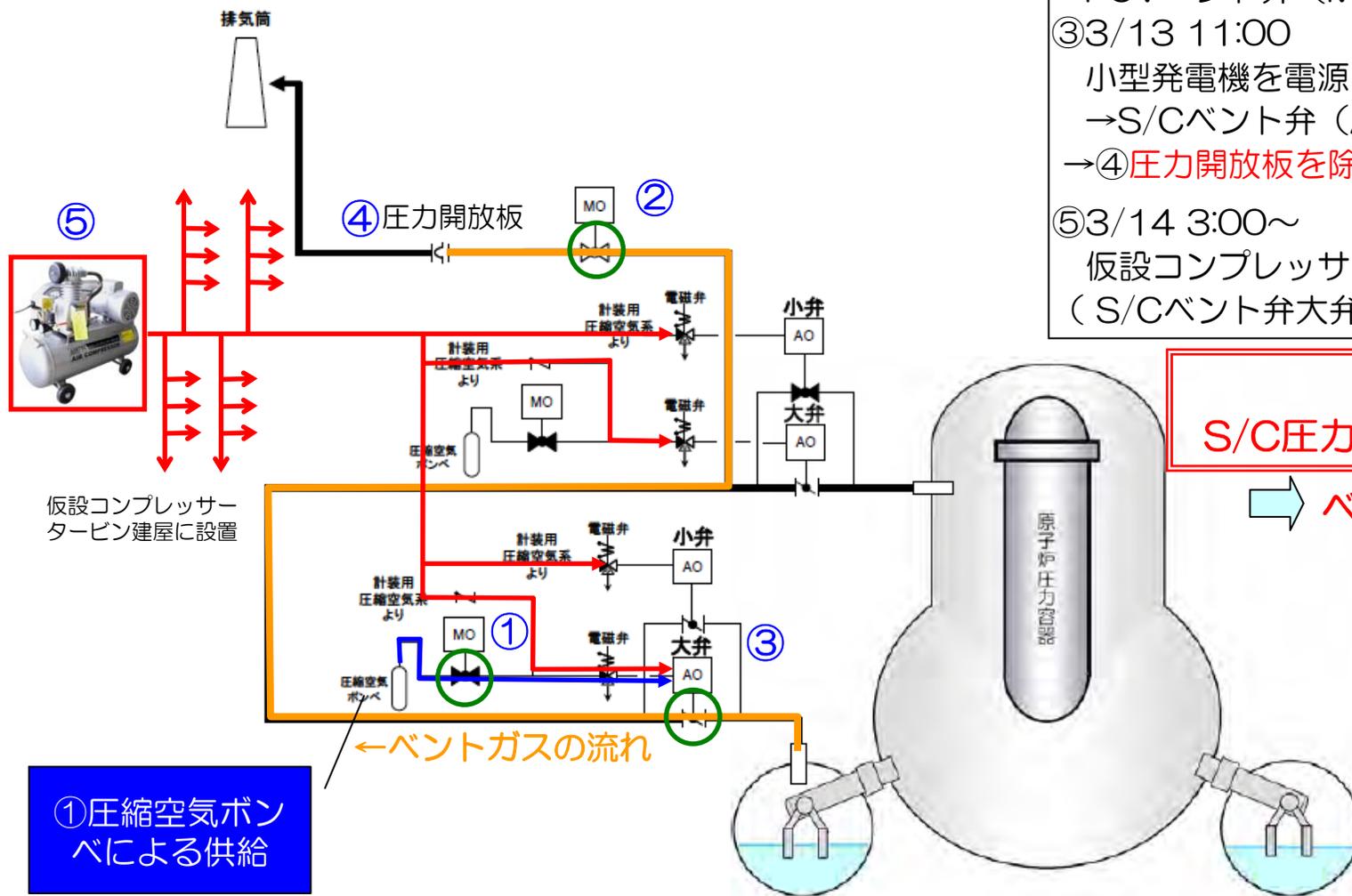
- ①電動弁（MO弁）
- ②S/C側及びD/W側 空気作動弁（AO弁）
- ③圧力開放板

福島第一原子力発電所2号機 格納容器ベント操作の経緯 (1/3)

主なベント操作経緯

- ①3/12 以降 圧縮空気ポンベ出口弁「開」
- ②3/13 8:10
PCVベント弁 (MO弁) 25%「手動開」
- ③3/13 11:00
小型発電機を電源として電磁弁励磁
→S/Cベント弁 (AO弁) 大弁「開」操作実施
→④圧力開放板を除くベントライン構成完了
- ⑤3/14 3:00~
仮設コンプレッサー設置
(S/Cベント弁大弁「開」状態維持のため)

S/C側大弁使用時



この時点で
S/C圧力<圧力開放板作動圧力

⇒ ベントされない状態

① 圧縮空気ポンベによる供給

ラブチャーディスク作動圧 : 427kPa [gage]

福島第一原子力発電所2号機 格納容器ベント操作の経緯 (2/3)

S/C側大弁使用時

主なベント操作経緯

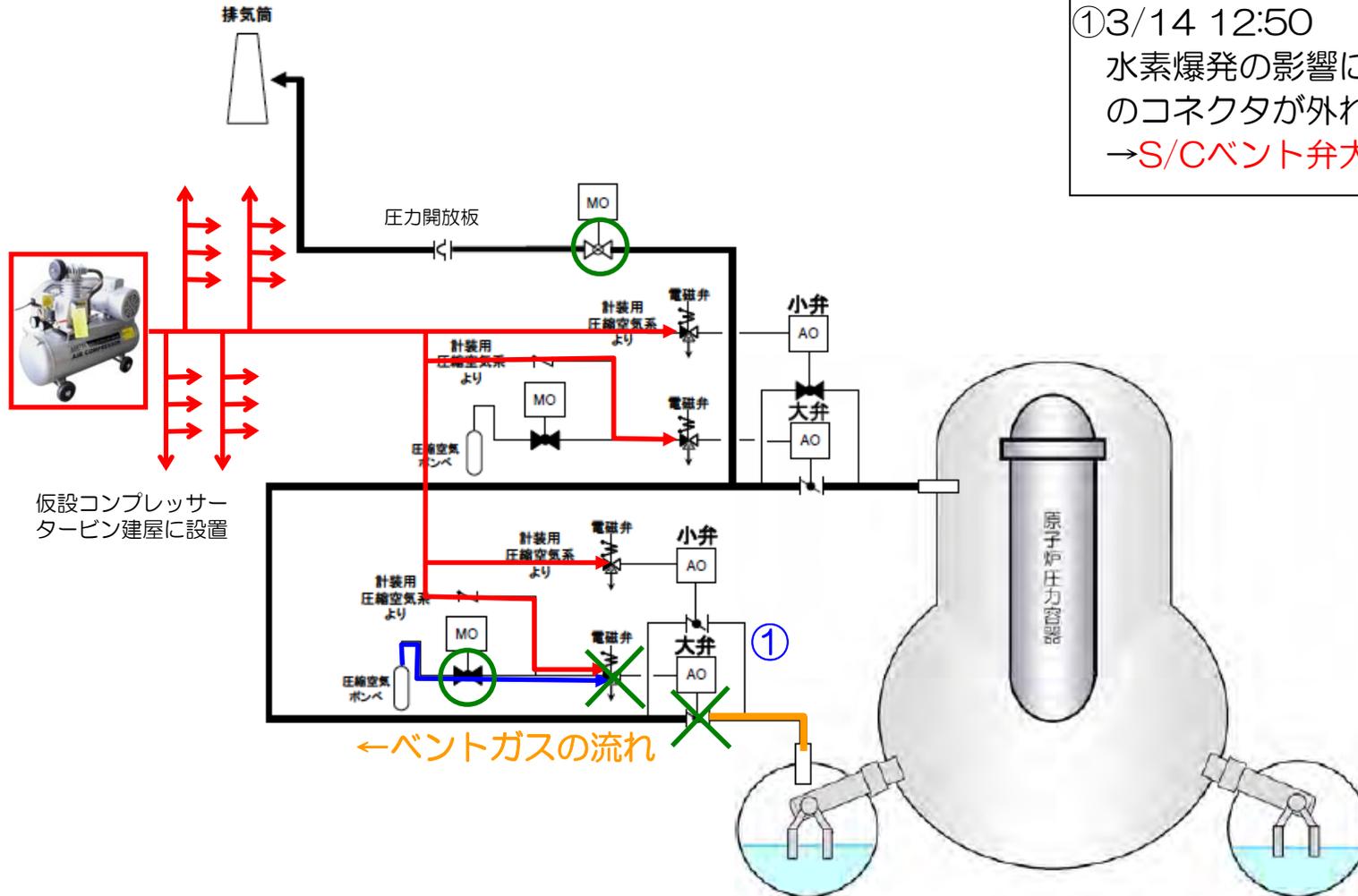
3/14 11:01~

3号機水素爆発

①3/14 12:50

水素爆発の影響により電磁弁の励磁回路のコネクタが外れる。

→S/Cベント大弁「閉」

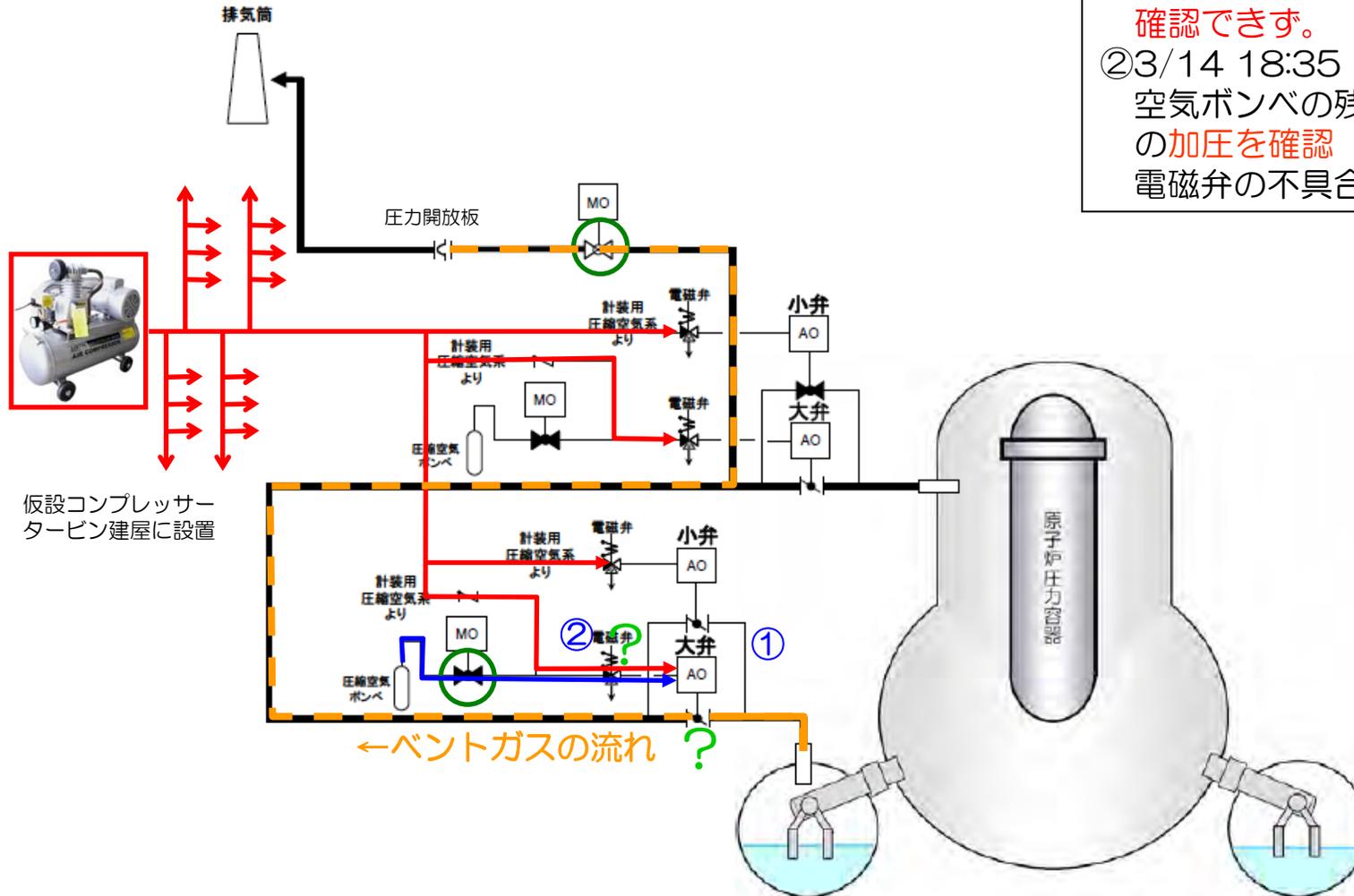


ラプチャーディスク作動圧：427kPa [gage]

福島第一原子力発電所2号機 格納容器ベント操作の経緯 (3/3)

主なベント操作経緯

S/C側大弁使用時



- ①3/14 16:21
電磁弁を再度励磁していたが、S/C側ベント弁（AO弁）が「開」動作したか確認できず。
- ②3/14 18:35
空気ポンプの残圧及び仮設コンプレッサの加圧を確認
電磁弁の不具合により開不能と推定

ラプチャーディスク作動圧：427kPa [gage]

格納容器ベント操作が困難となった要因

格納容器ベント操作が困難となった要因は下記の通り。

	困難となった要因	状況
1	電動弁	全電源喪失により遠隔操作が不能となった。
2	空気作動弁	全電源喪失により遠隔操作が不能となった。 ✓電磁弁が励磁不能 ✓IAコンプレッサーが停止
		現場における手動「開」が不可能な設計であった。
		電磁弁の回路に不具合が発生したため、操作不能となった。
		ベント弁の操作により、ボンベの空気圧力が低下した。
3	圧力開放板	圧力開放板以外のベントラインを構成できたが、格納容器圧力が圧力開放板の作動圧力に達しなかったため、ベントが出来なかった。

KKの安全対策【1. 電動弁】

困難となった要因

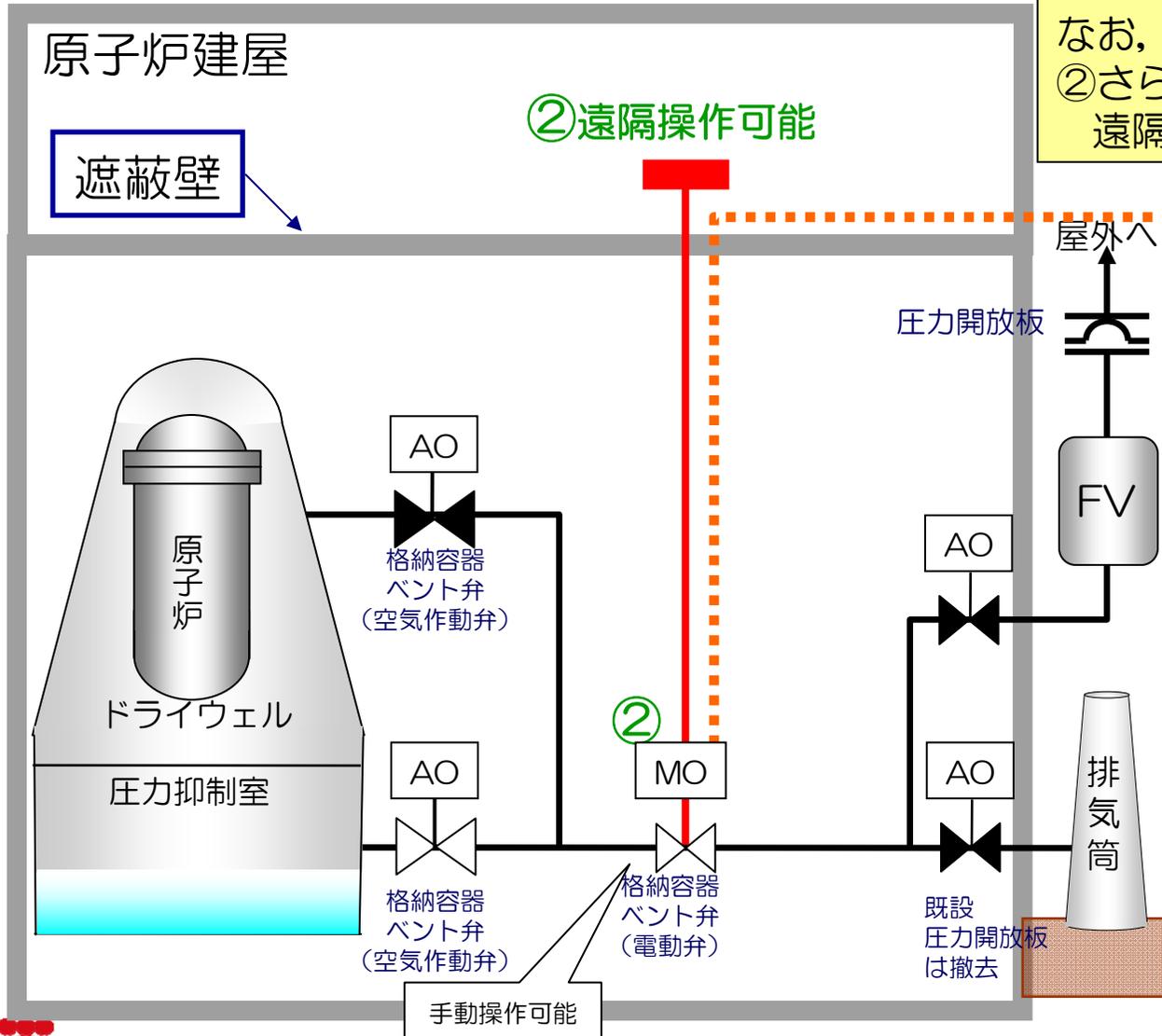
全電源喪失により遠隔操作が不能となった。



KKの安全対策

①電源車, GTGを高台に配備。

なお, 弁の手動操作は従来より可能であるが,
②さらに駆動部にエクステンションを設け,
遠隔より手動にて開閉できる設計とする。



①緊急送電

①GTG, 電源車の高台への配備

容量: 4,500kVA
配備数: 2セット



容量: 500kVA等
配備数: 23台



②遮蔽壁の外側から遠隔操作可能な設計

✓駆動部にエクステンションを設置

KKの安全対策【2. 空気作動弁(1/2)】

困難となった要因

全電源喪失により遠隔操作が不能となった。

- ✓電磁弁が励磁不能
- ✓IAコンプレッサーが停止



KKの安全対策

- ①電源車，GTGを高台に配備。
- ②電磁弁が励磁不能であっても，ボンベにより手動遠隔操作が可能な設計とする。

現場操作

手動「開」が不可能な設計であった。



- ②ボンベによる手動遠隔操作が可能な設計とする。
- ③手動ハンドルを設置し，手動「開」及び「開」保持可能。

電磁弁の回路に不具合が発生したため，操作不能となった。



- ②電磁弁が励磁不能であってもボンベによる遠隔操作可能な設計とする。

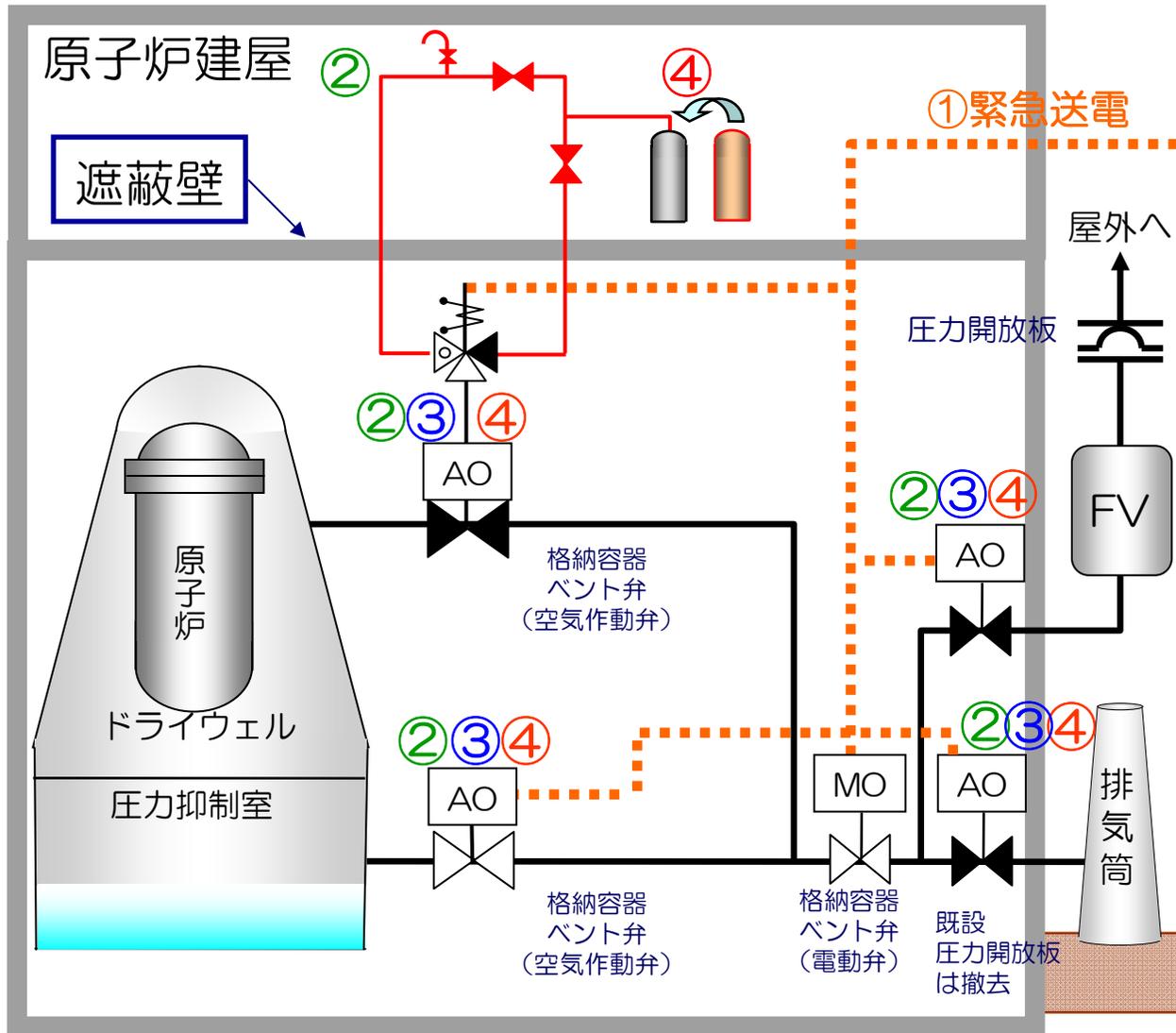
(困難となった可能性)

- ✓ベント弁の操作により，ボンベの空気圧力が低下した。



- ④予備圧縮空気ボンベの配備。

KKの安全対策【2. 空気作動弁(2/2)】



① GTG, 電源車の高台への配備

容量：4,500kVA
配備数：2セット
空冷式ガスタービン発電機車



容量：500kVA等
配備数：23台
電源車



② 遮蔽壁の外側から遠隔操作可能な設計

✓ 励磁不能であっても動作可能な設計

③ 空気作動弁に手動ハンドルを設置



バント弁操作用手動ハンドルを設置。

▶ 作動空気、電源が無くても手動操作及び弁の開保持可能

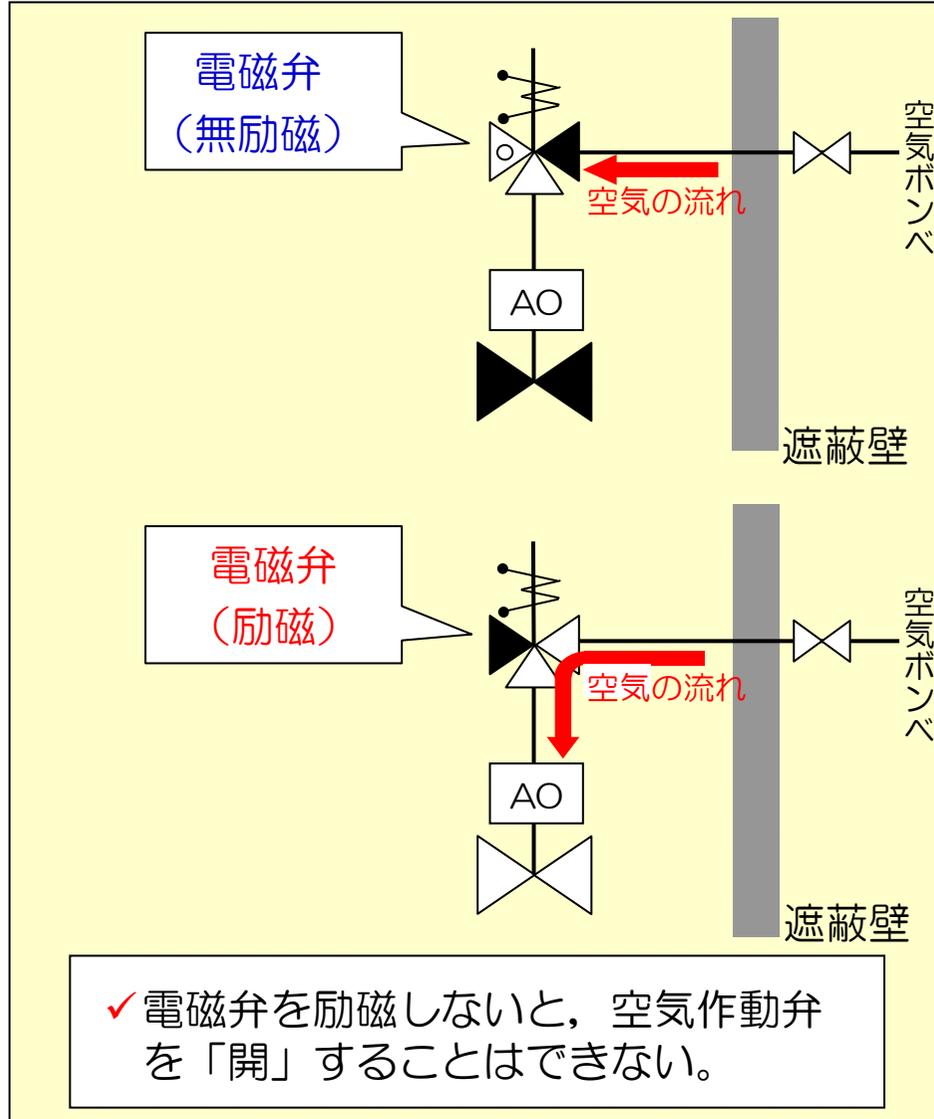
④ 予備空気ポンベの配備



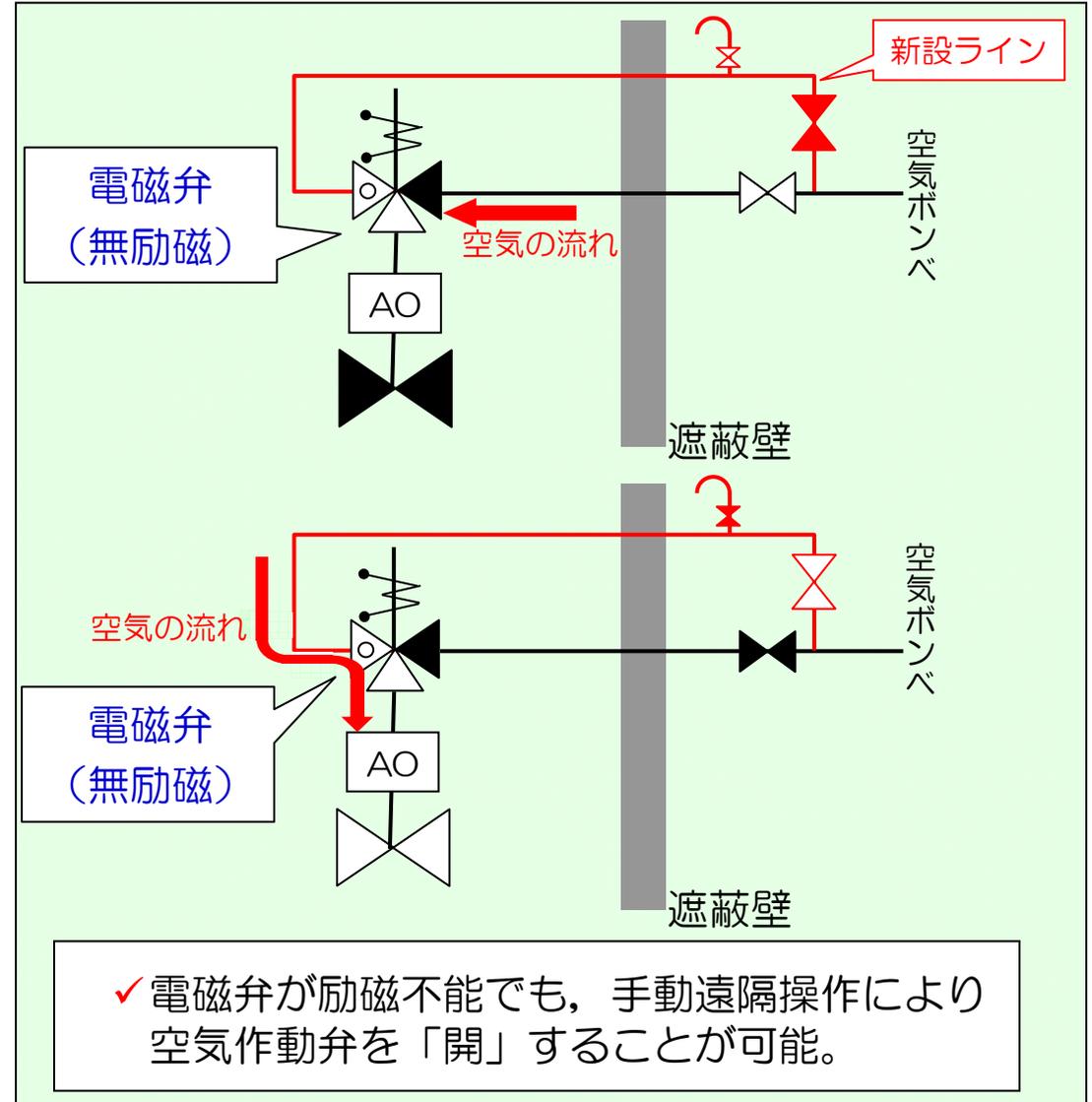
予備ポンベの配備
(14本を配備済)
(2本/1プラント)

(参考) 空気作動弁の安全対策について

従来の空気作動弁



安全対策後の空気作動弁



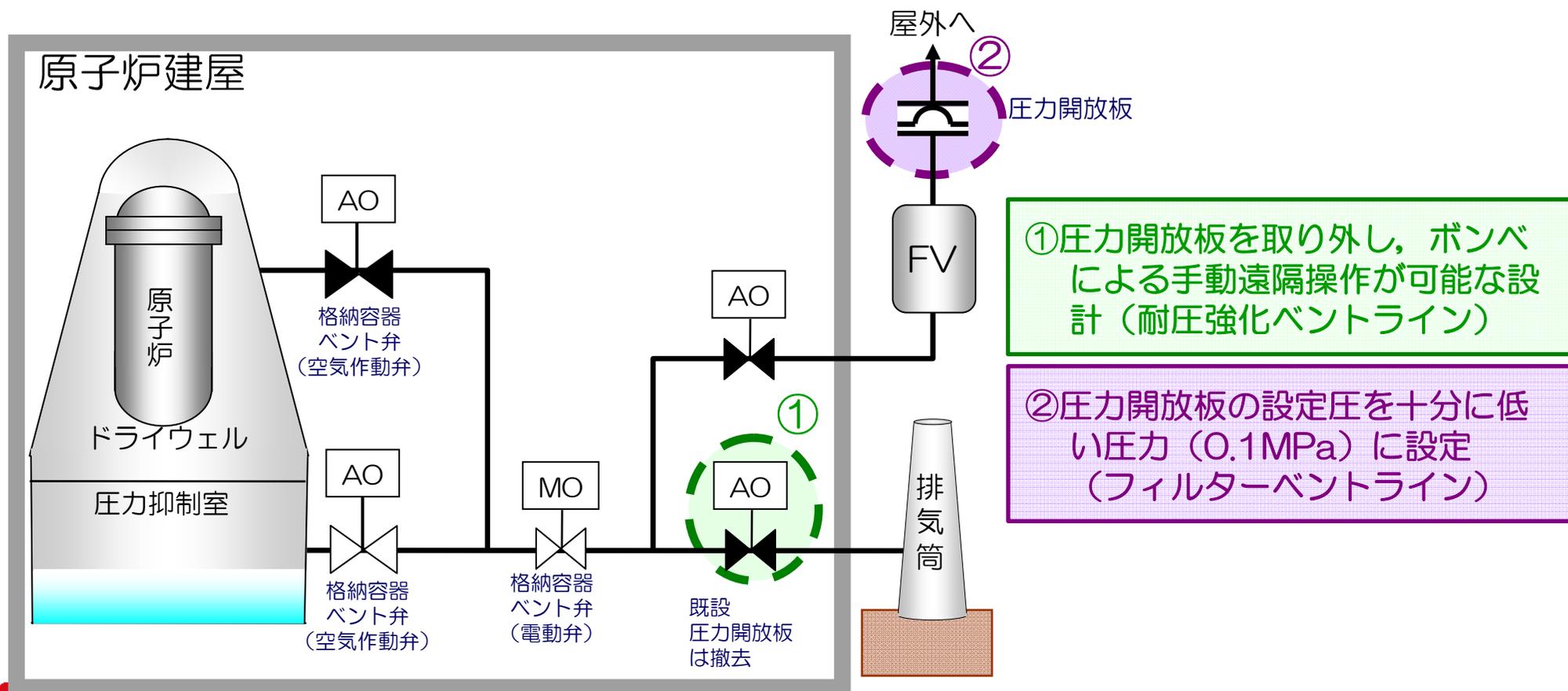
KKの安全対策【3. 圧力開放板】

困難となった要因

2号機では、圧力開放板以外のベントラインを構成できたが、格納容器圧力が圧力開放板の作動圧力に達しなかったため、ベントが出来なかった。

KKの安全対策

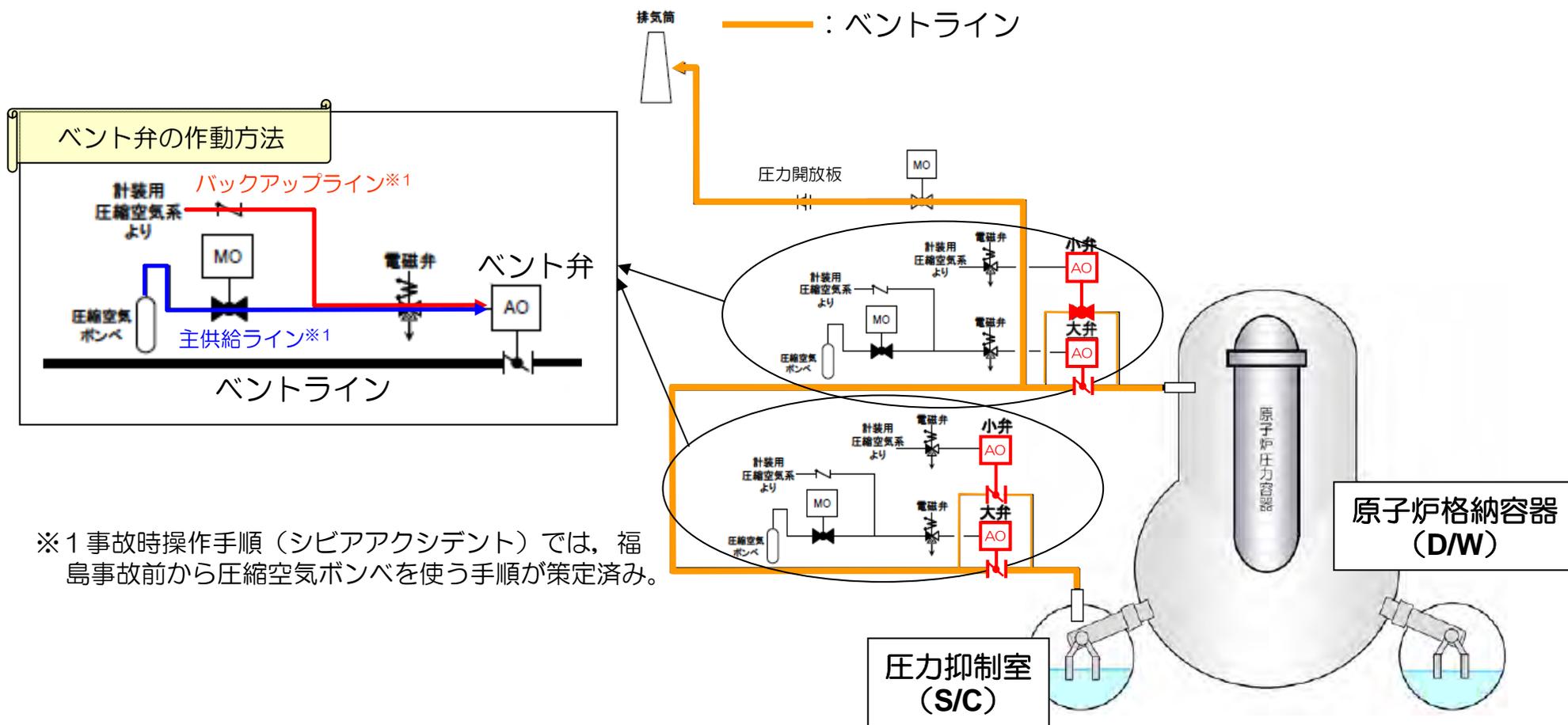
- ①耐圧強化ベントラインについては、圧力開放板を取り外し、AO弁に変更
- ②フィルターベントラインについては、圧力開放板の設定圧を十分に低い圧力（0.1MPa）に設定



②IA配管の健全性について

格納容器ベントとIA配管との関係について

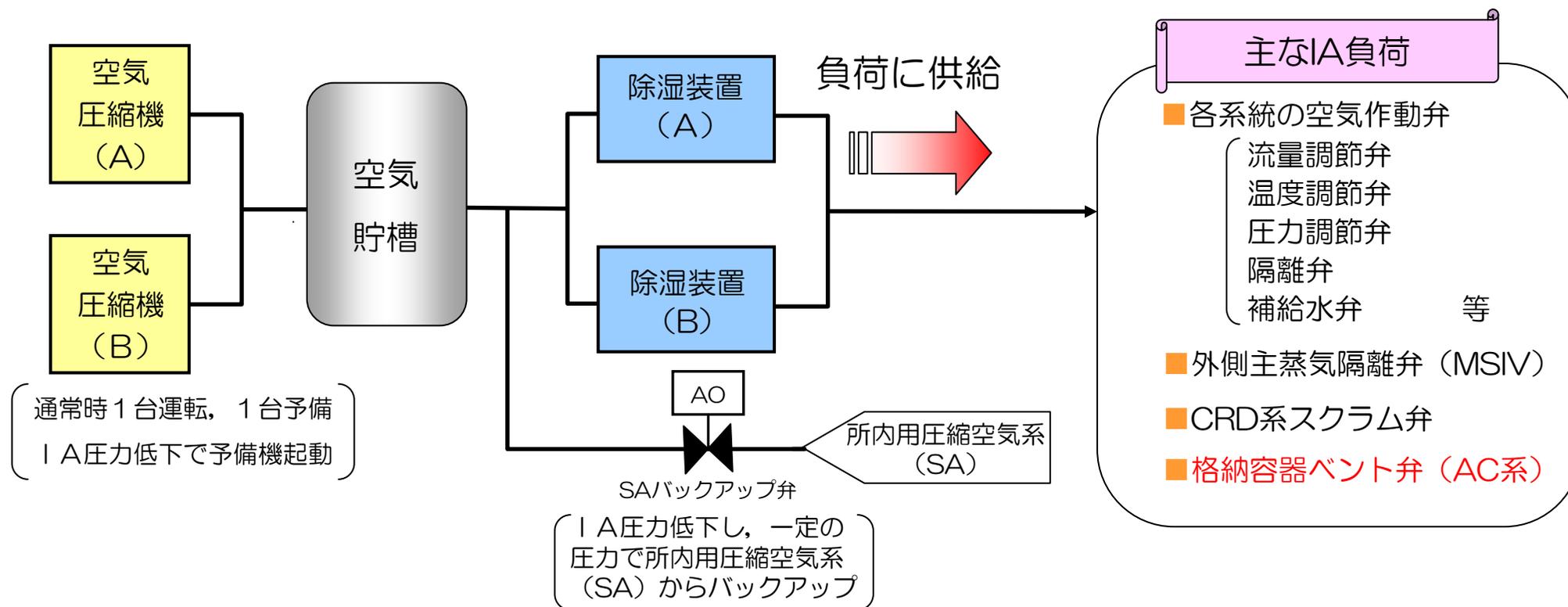
- 空気供給配管（IA配管）は原子炉施設の中で幅広く使われており，格納容器ベント弁にも作動空気を供給している。
- シビアアクシデント時の格納容器ベント弁（AO弁）は圧縮空気ポンペを主供給ライン※1としており，IA系による供給には期待していない。



計装用圧縮空気系 (IA) の概要

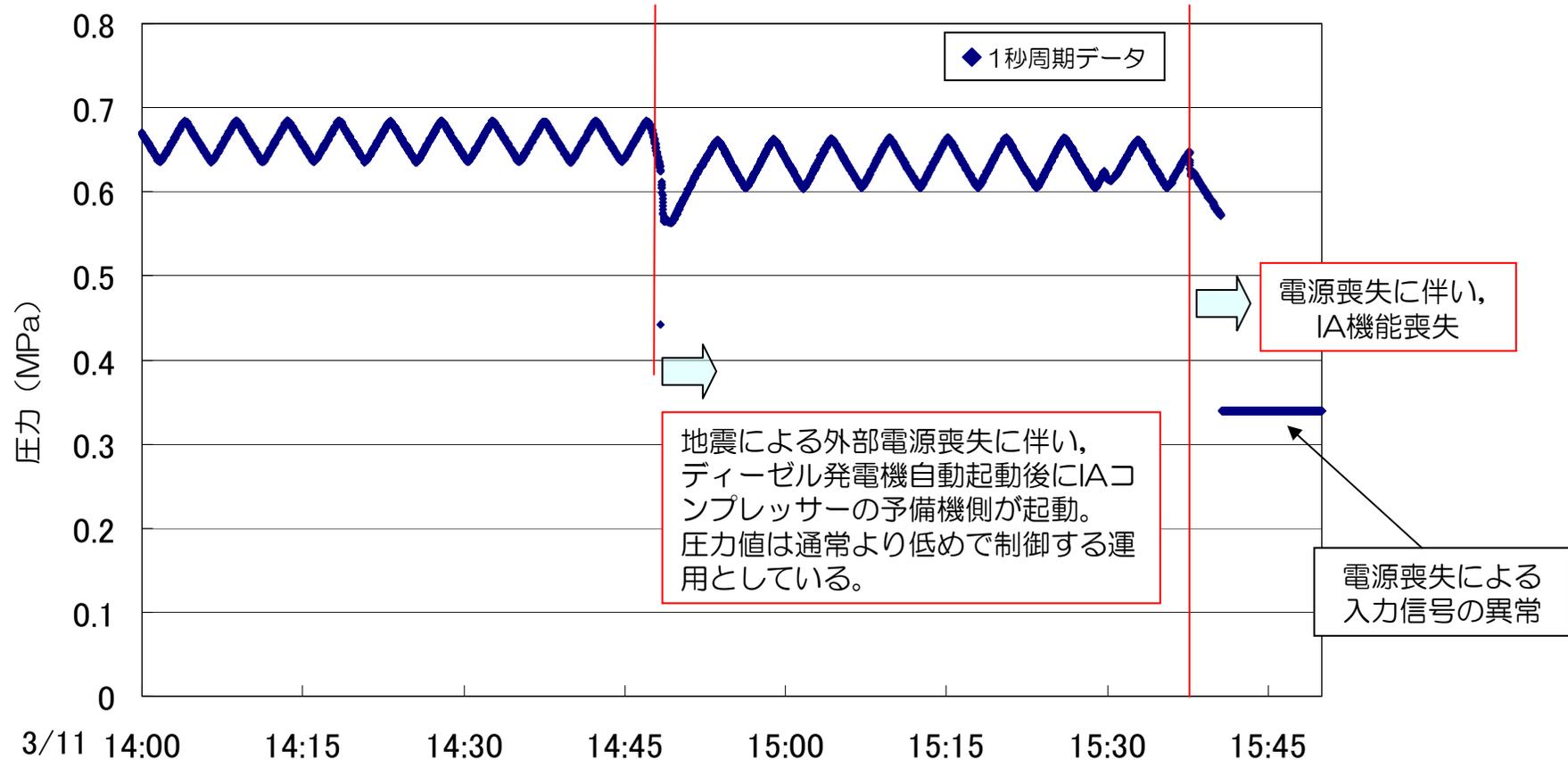
目的

計装用圧縮空気系 (IA) は、各建屋内の空気作動 (AO) 弁等の制御に圧縮空気を供給する。



福島第一2号機のIA圧力について (プラントデータ：プロセス計算機より)

※IAは常に消費されるため、圧力が低下するたびに空気圧縮機で加圧される。



地震後の外部電源喪失に伴い一時的にコンプレッサが停止した影響が確認できる。その後D/Gの起動に伴い自動起動し、電源喪失までの間、機能維持している。地震前後において大きな差異は見受けられない。

まとめ

- 柏崎刈羽原子力発電所においては、福島第一原子力発電所事故時の教訓を反映し、格納容器ベントの操作における信頼性を向上させる対策を実施中。
- 今後とも、新たな知見がわかり次第安全対策に反映していく。
- なお、IA圧力のプラントデータ結果より、地震発生から電源喪失まで、IA系統は機能を維持していたものと考えている。

<参考> 1号機 耐圧強化ベント（W/Wベント）の経緯

3/11

21:23：国による半径3km圏内避難，
10km圏内屋内退避指示

[現場の対応]

ベントに向けた事前準備を開始

- ・AM操作手順書，バルブチェックリストの確認
- ・電源がない場合のベント操作手順の検討

3/12

1:30頃：ベントの実施を国に申し入れ・了解

（内閣総理大臣・経済産業大臣・原子力安全・保安院）

3:06：ベント実施に関するプレス発表

5:44：国による10km圏内避難指示

6:50：経済産業大臣から手動によるベントの
実施命令（口頭）（後に命令文書を受領）

7:11～8:04：総理大臣 1F視察

9:02：大熊町（熊地区）の避難完了を確認

0:06：D/W圧力600kPa超過の可能性を確認

ベントの準備を進めるよう発電所長指示

2:24：ベントの現場操作に関する作業時間の確認

3:44：ベント時の周辺被ばく線量評価を実施

6:33：地域の避難状況確認（大熊町から移動を検討中）

8:03：ベント操作を9:00目標で行うよう発電所長指示

9:04：ベント操作のため現場へ出発

9:15：MO弁25%開

9:24：高線量のためAO弁開操作を断念

10:17～：ベント操作開始

14:00頃：仮設の空気圧縮機を設置・起動

14:30 格納容器圧力の低下を確認

【ベントによる放射性物質の放出と判断】

<参考> 2号機 耐圧強化ベントの経緯

<p>3/11</p> <p>21:23：国による半径3km圏内避難， 10km圏内屋内退避指示</p>	<p>[現場の対応]</p>
<p>3/12 1:30頃：ベントの実施を国に申し入れ・了解 (内閣総理大臣・経済産業大臣・原子力安全・保安院)</p> <p>3:06：ベント実施に関するプレス発表</p> <p>5:44：国による10km圏内避難指示</p> <p>6:50：経済産業大臣から手動によるベントの 実施命令(口頭)(後に命令文書を受領)</p> <p>7:11～8:04：総理大臣 1F視察</p> <p>9:02：大熊町(熊地区)の避難完了を確認</p>	<p>(D/W側圧力200～300kPaで安定)</p> <p>17:30：ベントの準備を進めるよう発電所長指示</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1号機のベント操作手順等を基に，ベントに必要な弁の操作方法を確認し，ベント手順を作成 ・バルブチェックシートを用いてベント弁の現場の位置を確認
<p>3/13</p>	<p>8:10：現場にてMO弁25%開</p> <p>10:15：ベント実施を所長が指示</p> <p>11:00：AO弁開操作，系統構成完了</p>
<p>3/14</p>	<p>12:50：3号機爆発の影響により，AO弁の電磁弁励磁用回路が外れてAO弁閉</p> <p>21:00頃：AO弁を対象とした復旧作業を行い，系統構成完了 (D/W側圧力上昇)</p>
<p>3/15</p>	<p>0:01：D/W側のAO弁開操作，数分後に閉確認 (以降，ベントの効果は現れず)</p>

<参考> 3号機 耐圧強化ベント（W/Wベント）の経緯

3/11 21:23：国による半径3km圏内避難， 10km圏内屋内退避指示	[現場の対応]
3/12 <u>1:30頃：ベントの実施を国に申し入れ・了解</u> （内閣総理大臣・経済産業大臣・原子力安全・保安院） 3:06：ベント実施に関するプレス発表 5:44：国による10km圏内避難指示 6:50：経済産業大臣から手動によるベントの 実施命令（口頭）（後に命令文書を受領） 7:11～8:04：総理大臣 1F視察 <u>9:02：大熊町（熊地区）の避難完了を確認</u>	17:30： <u>ベントの準備を進めるよう発電所長指示</u> <ul style="list-style-type: none">・中央制御室では弁の操作の手順と場所を調べながらホワイトボードに記載・1号機のベント操作手順等を基に，ベント手順を作成
3/13	4:52：AO弁用電磁弁開操作 5:15： <u>ベントの系統構成を完成させるよう所長が指示</u> 5:23：AO弁駆動用の空気ポンベの復旧作業開始 8:35：現場にてMO弁15%開 8:41：AO弁開，系統構成完了 9:20頃： <u>D/W圧力の低下を確認，ベントが実施されたと判断</u> <ul style="list-style-type: none">・以降，AO弁駆動用空気圧確保等の問題から，AO弁開状態維持が難しく，当該弁を複数回開操作実施