

東京電力福島第一原子力発電所における
事故の分析に係る検討会
第16回会合

議事次第

1. 日 時 令和2年11月27日(金) 16:00 ~ 18:00
2. 場 所 原子力規制委員会 13階会議室BCD
3. 議 題
 - (1) 第7回から前回までの検討事項の取りまとめの方向性について
 - (2) その他
4. 配布資料
 - 資料1 : 議事次第
 - 資料2 : これまでの調査・分析のまとめ
 - 資料2-1 : これまでの調査・分析のまとめ 追加説明資料
 - 資料2-2 : これまでの調査・分析のまとめ 参考資料
 - 資料3 : これまでの事故分析検討会における論点の整理
 - 資料4-1 : 1-4号機SGTS室調査の進捗について [東京電力ホールディングス株式会社]
 - 資料4-2 : 福島第一原子力発電所3号機主蒸気逃がし安全弁の動作について [東京電力ホールディングス株式会社]

これまでの調査・分析のまとめ

2020年11月27日

原子力規制庁

事故分析調査チーム

目次

1. 1～4号機のSGTS配管系の汚染分布	3
議論がほぼ終結した事項	3
未終結事項、或いは、継続取り組み事項	4
2. シールドプラグ下面でのCs捕獲	4
議論がほぼ終結した事項	4
未終結事項、或いは、継続取り組み事項	4
3. 3号機「水素爆発」の詳細分析	5
議論がほぼ終結した事項	5
未終結事項、或いは、継続取り組み事項	5
本日追加検討事項	5
4. ベント時点までの3号機原子炉压力容器圧力の挙動分析	6
議論がほぼ終結した事項	6
未終結事項、或いは、継続取り組み事項	6
5. ベント以降の3号機原子炉格納容器圧力の挙動	6
議論がほぼ終結した事項	6
未終結事項、或いは、継続取り組み事項	7

東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第7回会合から第15回会合において検討した主な事項を事故分析調査チーム^{※1}として以下のとおり整理した。

1. 1～4号機のSGTS配管系^{※2}の汚染分布

議論がほぼ終結した事項

- ① 2号機のラプチャーディスク（RD）は破裂しておらず、同号機は一度もベントに成功しなかった。

（注1）東京電力ホールディングス株式会社（東京電力）の第5回進捗状況報告^{※3}では、「ラプチャーディスク周辺線量は低いことが確認されている。」としながら、「（2号機では）ラプチャーディスク作動の有無に関する決定的な証拠は存在していない。」とされている。今回は、3号機のRD線量率との比較も用いてこのように確定判断をしたいと考えているが、特に問題があるか要確認。

- ② 1号機の非常用ガス処理系（SGTS）配管系よりも2号機の配管系の方が相対的に強く汚染されている理由は、1号機からのベントガスが一部流入し凝縮が進んだことが主要因と考えられる。

（注2）さらに、一度スタックに放出されたベントガスが2号機配管系での凝縮の進行にともなって2号機配管にも吸引・凝縮した効果もあり得るとの見解が日本原子力研究開発機構（JAEA）から提示されているが、定量的な議論ができるようにシミュレーションの精度向上を測ることが必要。1. ⑦を参照。

- ③ 1/2号機共用スタック底部内側が強く汚染されている原因は、同スタックには内部配管が設置されていなかったことによる。

- ④ 1/2号機のベント配管系の方が3/4号機のベント配管系よりも2桁程度強く汚染されている原因は、ベント実施時点の原子炉格納容器（PCV）内部のセシウム（Cs）濃度が1号機の方が3号機よりも大幅に高かったことと考えられる。

（注3）追加論点2. ④を参照。

※1 原子力規制庁 原子力規制部 東京電力福島第一原子力発電所事故対策室の職員を中心として現地調査及びその結果の整理等を実施している。ここでは、当該業務を主として行ったチームを「事故分析調査チーム」と言う。

※2 実機では、ベント配管は非常用ガス処理系（SGTS）の排気系配管に接続されている。ここでは、ベント配管とSGTS排気系配管をまとめて、「SGTS配管系」と言う。

※3 福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第5回進捗報告（平成29年12月25日東京電力ホールディングス株式会社）

- ④-1 ベント時のスクラビングによる除染係数は、サプレッションチェンバ（S/C）水の温度（減圧沸騰条件を含めて）には余り大きく影響されず、スクラビング水位に大きく影響される。
- ④-2 真空破壊弁の作動不良によるスクラビング・バイパス・シナリオは今後も研究すべきアイデアだが、1号機 SGTS 配管系の汚染状況などの各種データと整合しない。
- ⑤ SGTS 配管系に連なる SGTS フィルタの汚染状況から、相当量の自号機逆流があった。単純な概算では、3号機では、4号機への水素流入の1/2程度、1号機では2号機への流入量の5-10倍程度の水素流入があった可能性が高い。（東京電力の調査報告。）
（注4）5. ④を参照。
- ⑥ 1/2号機 SGTS 配管系に高温履歴が見られるのではないかと懸念を事故分析調査チームから示したが、飛散防止剤の散布があったためと判明。

未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- ⑦ JAEAによる、SGTS 配管系の汚染状況シミュレーションの精度向上。
- ⑧ 1号機 SGTS フィルタの汚染度調査の精度向上を事故分析調査チーム及び東京電力が計画中。

2. シールドプラグ下面での Cs 捕獲

議論がほぼ終結した事項

- ① 2号機及び3号機のシールドプラグ最上層下面だけで、数十PBqのCs137が捕獲されているのに対し、1号機では、同面に0.1-0.2PBqのCs137が捕獲されているに過ぎない。
（注5）1-3号機の炉心中に存在したCs137は約700PBqと算出されているのに対し、環境中に気体として放出されたCs137の総量が15PBq程度となった1つの要因ではないか。

未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- ② 1号機と2/3号機とのCs捕獲量の差は何故生じたのか。
 - ②-1 CsがPCVからトップヘッドフランジ（THF）経由で大量に漏出した時期とメカニズム（敷地周辺のモニタリングポスト記録との関係整理を含む。）
 - ②-2 1号機シールドプラグが外れた時期とメカニズム
 - ②-3 ベント時においては1号機のPCV内のCs濃度が大幅に高かったとする、前記結論（1. ④）と矛盾しているように見えることの解明。

- ③ 廃炉作業担当機関への情報提供と廃炉の安全実施のための知見反映。
- ④ シールドプラグ下面の Cs 量の推定精度を向上させるための追加測定。

3. 3号機「水素爆発」の詳細分析

議論がほぼ終結した事項

- ① 映像分析から、3号機の「水素爆発」は多段階事象であったとの仮説を提示した。更に解像度の高まった映像により、根拠が強化され、技術的詳細には未解明の部分も残っているものの、本事象が多段階からなるものであることは妥当な認識と判断した。
(注6) 追加報告あり。地震計の振動記録と水素爆発の事態推移の比較、衛星写真情報から確認される水素爆発時点での3号機原子炉建屋5階部分の相当量の水蒸気
- ② 地震計記録から算出した水素爆発時に地面に伝わったエネルギー量は1号機の水素爆発時の方が、3号機爆発時のそれと比較してやや大きい。
- ③ 3号機原子炉建屋3階天井部の大梁の損傷は、20-40m秒程度の時間、5気圧程度の圧力がかかれば生じうる。

未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- ④ 3号機原子炉建屋屋根部などの大きな破片を200m程度の高さにまで持ち上げることに、可燃性ガスの燃焼に伴う上昇気流はどの程度寄与したのか。
- ⑤ 3号機原子炉建屋3階天井部小梁のせん断破損を生じさせる4階での圧力はどの程度か。
- ⑥ 3号機の水素爆発時の気象条件下で、凝縮波が生成しうるかどうか。
- ⑦ 水素爆発時の損傷の中には、衝撃波ではなく圧力上昇による損傷によると考えられるものがある。

本日追加検討事項

- ⑧ 1号機、3号機共に水素爆発当時、原子炉建屋内の水素ガスは炭化水素を含み、その濃度は3号機の方が高かったのではないか。また、上昇する濃い色の噴煙は、建屋のダストではなく、炭化水素の燃焼の結果生じる煤、或いは、煙なのではないか。ただし、南東部火炎には、黒煙が明確には確認できない。
- ⑨ 3号機原子炉建屋天井部の鉄骨トラスとりつけ部分の破損形態の調査は今回の分析を進める上で有効であろうか。また、技術的フィージビリティはあるのか。

4. ベント時点までの3号機原子炉圧力容器圧力の挙動分析

議論がほぼ終結した事項

- ① 全交流動力電源喪失（SB0）条件下で、複数回の作動の後、主蒸気逃し安全弁（SRV）逃し弁機能は一定の圧力条件下で中間開状態を示す。
（注7）SRVの中間開の可能性については、政府事故調報告書^{※4}に一部言及されている。
- ② 3月13日午前6時頃の原子炉圧力容器（RPV）圧力の振動はSRVの安全弁機能の作動によるもの。ただし、安全弁機能は設定圧力よりも0.2MPa程度低い圧力で作動した。その原因は何らかの理由でSRV内部のバネの高温化が進んで、作動圧力が低下したと考えられる。
（注8）政府事故調最終報告書^{※5}によれば基準面器の水位低下による原子炉圧力計の最大誤差は90 kPaである。
- ③ 3号機ベント成功の引き金として、RPV下部プレナムへの溶融炉心の一部落下、及びこれによって生じた圧力サージによる自動減圧系（ADS）の作動があったとする東京電力の分析は合理的なものと判断。
- ④ 3号機のベント実施回数は2回とする東京電力の分析を支持。
- ⑤ この結果、4号機は水素供給完了後、約40時間経過してから水素爆発した。

未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- ⑥ 3月11日19:30頃にRPV圧力が、逃し弁機能の閉設定圧力を下回る6.6MPa程度にまで低下した後においても、中間開状態が継続する理由は何か。

5. ベント以降の3号機原子炉格納容器圧力の挙動

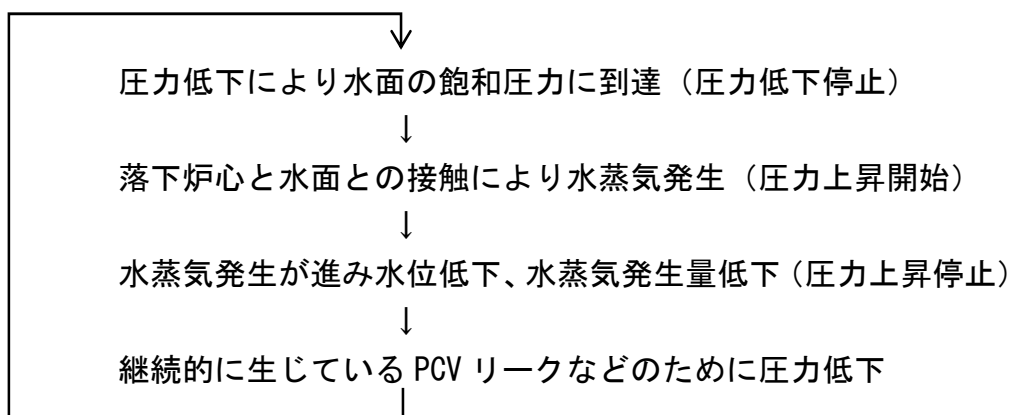
議論がほぼ終結した事項

- ① これまでは、PCV圧力の低下をベント成功と判断されてきたが、4.④に示すようにベントの成功回数は2回であることが明らかになった。したがって、その後のPCV圧力の変動は、ベント以外のメカニズムで生じている。ここでは、PCV内での蒸気等の発生量の変動することによって、以下のようなサイクリック過程を形成し、圧力の増減が繰り返されたと

※4 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会 中間報告（平成23年12月26日 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会）

※5 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会 最終報告（平成24年7月23日 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会）

する仮説を提示したい。



- ①-1 ベント実施以前に RPV から D/W への規模の小さな漏えいが生じていた

3月13日6時頃から9時頃までの間、D/Wへの漏えいが無ければ、まずS/C圧力が上昇することになるが、D/W圧力はS/C圧力とほぼ同様に上昇している。（ただし、RPV圧力は7MPaGを超えて維持されており、大規模な漏えいではない。）

- ①-2 D/W床面には一定量の冷却材が存在していた

3号機では、5. ①-1の小規模漏洩に加え、13日午前8時前後にPCVスプレーが実施されており、D/W床面に水位が形成されていた可能性が高い。更に、S/Cの水位が高かったことから、3月13日23時頃のように、D/W圧力がS/C圧力より低下すると、S/CからD/Wへの水の逆流が生じ、D/W床面への水位形成に寄与した可能性がある。

- ①-3 3月14日1時10分頃にはD/Wへ熔融炉心が移行していた

3月14日1時10分から同日3時20分の間、PCV圧力は上昇している。この時D/W床面には一定の冷却材が存在していたと考えられ、熔融炉心がD/Wへ移行したことで、D/Wが蒸気等の発生源になり、PCVの圧力を上昇させたと考えることが合理的である。

- ①-4 蒸気発生量の変動によりPCV圧力の変化がもたらされた

2回目のベントが終了した後の3月13日21時頃から3月14日21時頃までの間、何らかのPCVからの漏えいが継続している状態において、水蒸気の発生量が減少し、PCVからの漏えい量が勝るとPCVの圧力が低下するが、PCV内水面の飽和圧力に達すると圧力低下が停止する。D/W床面に落下した炉心と水面との接触

により水蒸気が発生し、圧力が上昇する（注9）。水蒸気発生が進み水面が低下すると、水蒸気発生量が低下する。水蒸気発生量が減少し、PCVからの漏えい量が勝るとPCVの圧力が低下し、上記の現象が繰り返される。ただし、水素爆発直前の高圧部分には相当量の水素や炭化水素が機よしており例外。

（注9）D/W圧力がS/C圧力より低くなると、S/CからD/Wへプール水が移行し、蒸気供給源となる。

- ② 3月13日16時頃まではRPV下部ヘッドに冷却材が保持されていたと考えられる。

ベント実施前からRPVからD/Wへの小規模の漏えいが生じていたが、大小の圧カスパイクが観測されていることから、3月13日少なくとも16時頃まではRPVの下部プレナムに冷却材が保持されていたことになり、この時点までは少なくともRPV下部ヘッドに大規模な損傷は生じなかったのではないかと考えられる。（5. ①-3と整合。）

- ③ ADSが起動されてから開状態を維持できた期間は6時間に満たないと推定される。

2回目のベントが終了した後の3月13日14時30分頃から3月13日16時30分頃の間、格納容器圧力が上昇している（注10）。ADSによりRPVからS/Cへ蒸気等が輸送されれば、まずS/Cの圧力が上昇に転じるはずであるが、D/WとS/Cの圧力はほぼ等しい速度で上昇している。したがって、この時点では、ADSは開状態が維持されていなかったと考えられる。

（注10）3月13日14時30分頃と3月14日1時頃では、PCV圧力の上昇速度が異なるが、3月13日14時30分頃は、RPV内部にある炉心が蒸気発生に寄与したのに対し、3月14日1時頃はD/W床面に移行した熔融炉心が蒸気発生に寄与したと考えられる。また、3月14日6時頃には圧力上昇が速まっており、水素等の非凝縮性ガス発生への寄与が考えられる。

未終結事項、或いは、継続取り組み事項

- ④ PCV漏えいタイミングの分析の過程で、原子炉建屋内部の「もやもや」の存在を利用することに言及したが、ベント時の自号機逆流の影響の可能性が指摘された。1. ⑤の結果から、この可能性は否定しがたいものの、1号機の場合はベントと時期が合わないという面もあり、継続検討とした。

これまでの調査・分析のまとめ

追加説明資料

2020年11月27日

原子力規制庁

事故分析調査チーム

1. 地震計の振動記録と水素爆発の事態推移の比較

3. ①追加報告 関係

2. 3号機水素爆発後状況(衛星写真)

3. ①追加報告 関係

2-1. 3号機水素爆発後のSGTS配管系の損傷等 参考

3. 1, 2号機SGTS配管系及び1号機シールドプラグの汚染状況の比較

3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値 参考

1. ④、⑤、2. ②-3 関係

1. 地震計の振動記録と水素爆発の事態推移の比較

目的：地震計の振動記録と水素爆発の事態推移の比較を行い、建物の変形を伴う初期の爆発現象と、その後の3号機天井部からの黒色の噴煙上昇が時間的に区別することが可能か、また、地震波形において両者の間に明らかな違いがあるかを確認する。

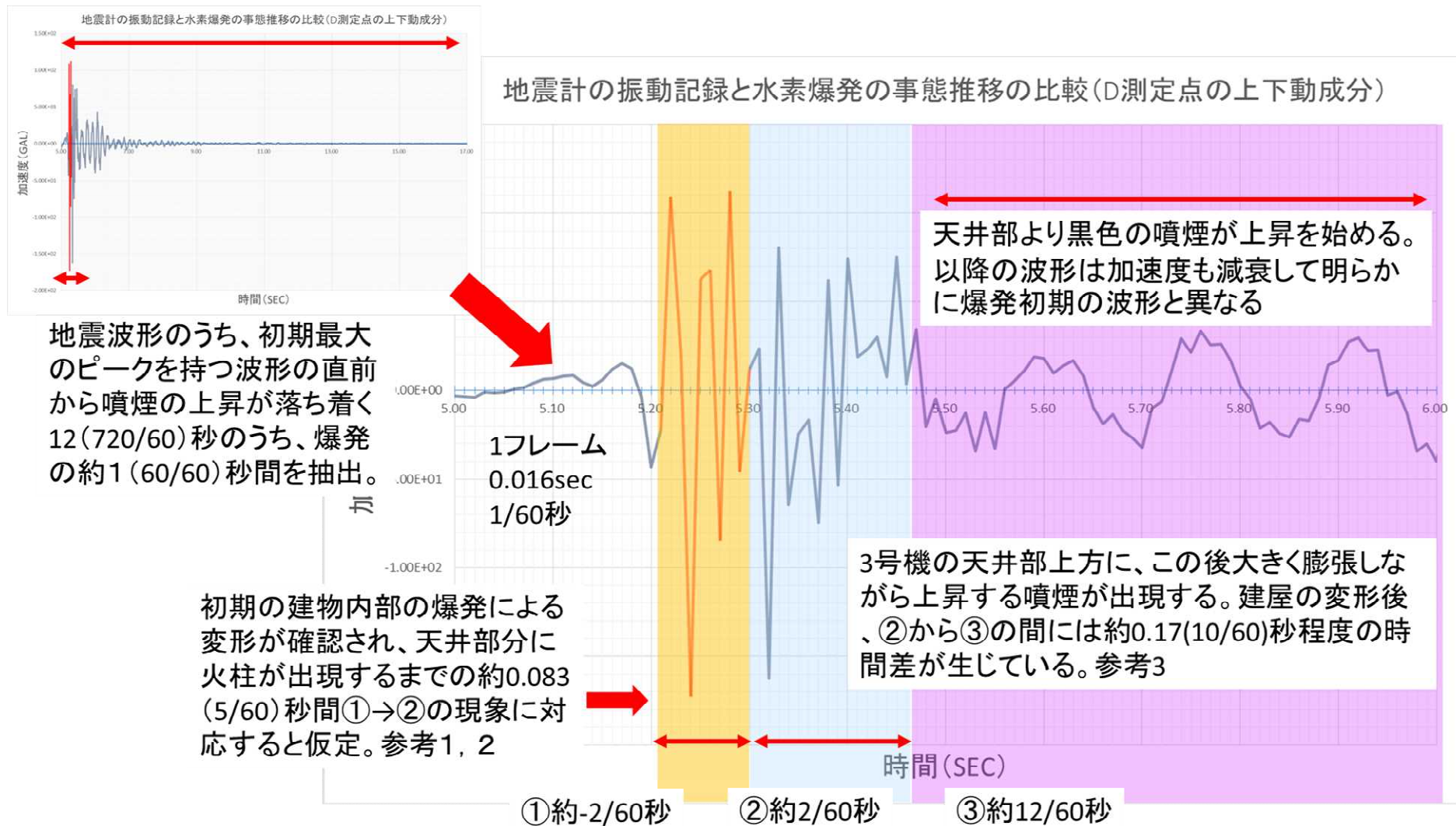
アプローチ法：前回の議論において、すでに得られている初期の爆発現象の始点(-2/60)秒から建物南東部の赤紫火炎発生を経て、3号機天井部における火柱の発生(2/60)秒までの進展にかかった時間をスケールの基準として、天井部から噴煙が始まるまでの時間を地震波形(D観測点の上下動成分)を用いて確認する。(参考1、2)

1. 地震計の振動記録と水素爆発の事態推移の比較

結論：今回の検討により、初期の爆発現象の時間をスケールの基準として比較すると、正確な起点を特定することは困難であるが、噴煙上昇までには約0.17(10/60)秒を要していること、また、地震波形側も同時刻には大きな揺れが収まっていることなどから、初期の爆発現象と噴煙上昇の間には、有意な時間差があることが説明可能であることが示された。また、地震加速度の観点においても、初期の爆発現象と噴煙では、明らかに加速度が小さいなど異なる点を確認できた。

よって、今回の結果は、初期の爆発現象がその後の噴煙の現象と区別することができ、3号機の水素爆発が多段階の過程を経ていることを示唆するものである。

1. 地震計の振動記録と水素爆発の事態推移の比較



1. 地震計の振動記録と水素爆発の事態推移の比較

○事象進展の整理

映像処理前 (30コマ/秒)		映像処理後 (60コマ/秒)	
特段の異常は認識できない。	- 2コマ	- 4コマ	特段の異常は認識できない。
		- 3コマ	特段の異常は認識できない。
建屋の北西方向への変形は確認されたが、建屋東南部の火炎は明確には認識できない。	- 1コマ	- 2コマ	建屋の北西方向への変形開始。東南角4階天井高さ付近に小火炎(赤紫色)。
		- 1コマ	建屋屋根東南部に火炎(黄橙色)発生。建屋4階部分から映像右方向に白煙放出。建屋変形継続。建屋北西角の北西方向への膨張開始。建屋南壁の崩落開始。
建屋屋根南東部の火炎(黄橙色)確認。建屋南壁の崩落開始。北西角はばやけて状況を認識できない。	0秒	0秒	建屋屋根東南部の火炎(黄橙色)は拡大中。建屋南壁の崩落顕著。東南角への噴出も顕著に。
		1コマ	建屋屋根東南部の火炎(黄橙色)は前コマとほぼ同じ。建屋南壁の崩落も前コマと同程度。東南角への噴出も同様。建屋屋根中央部の上方への膨張開始が明確ではない。

: 6～8ページ参照

1. 地震計の振動記録と水素爆発の事態推移の比較

○事象進展の整理

映像処理前 (30コマ/秒)		映像処理後 (60コマ/秒)	
建屋屋根南東部の火炎(黄橙色)の継続。建屋南壁の崩落進行。北西部はぼやけて状況を認識できない。	1コマ	2コマ	建屋屋根東南部の火炎(黄橙色)は拡大中。建屋屋根、見かけ上スタック左にも小火炎。建屋南壁の崩落拡大は5階部分下部まで進んで一旦停止か。東南角への噴出は進行し4号機建屋の陰にまで至った。建屋屋根中央部の上方への膨張開始。
		3コマ	建屋屋根東南部及び見かけ上スタック左の小火炎(黄橙色)は継続。建屋南壁の崩落顕著は前コマとほぼ同じ。南壁4階部分や南東方向に小さな火炎色部分が見られる、輝度からして火炎の照り返しか。建屋屋根中央部の上方への膨張継続。
建屋屋根南東部の火炎(黄橙色)最大。建屋南壁の崩落は一旦停止か。北西部はぼやけて状況を認識できない。建屋屋根中央部の上方への膨張確認。(膨張状態から見てもう少し前から膨張を開始していたとみられる。)	2コマ	4コマ	北西部4階と5階の境界部付近からの爆炎が2号機建屋の南壁を隠し始めたとみられる。建屋屋根東南部の火炎(黄橙色)は最大に至る。
		5コマ	建屋屋根東南部の火炎(黄橙色)最大に至り、前コマとほぼ同じ。

: 6～8ページ参照

1. 地震計の振動記録と水素爆発の事態推移の比較

○複数段階事象仮説※の整理

映像処理前 (30コマ/秒)	映像処理後 (60コマ/秒)
①原子炉建屋内で、北西部に大きな損傷を与える第1段階の水素爆発(RB4階の可能性もある)	①建屋を北西方向に変形させる力を与えた水素爆発現象がまず生じた。(以下「前駆爆発」と呼ぶ。)これにより、RB北西部の膨張破損開始。RB東南角5階下部付近にも破損発生。
②原子炉建屋南東側天井部に裂け目が生じ、火災発生	②次いで、RB屋根南東部から可燃物質(炭化水素ではないか?)を含む水素が噴出し黄橙色の火炎が発生するとともに、RB南壁5階部分の破損・崩落開始。同時にRB南東方向に噴出様のものが見られるが詳細は不明。
③これとは別に、原子炉建屋中央天井部から第2段階の爆発・燃焼による爆煙上昇	③最初の前駆爆発から2~3/60s程度して、建屋変形などによって弱体化していたRB屋根中央部は上方へと膨れ上がり始めた。どの時点で、RB5階西側側壁部分が水平方向に吹き飛んだかは不明。
④残存水素が燃焼しつつ爆煙を吹き上げる	④この上方への噴煙は第2段階の上昇に移行し、1秒後にはスタック頂部より少し高い位置に到達。この途中で、南東角の火炎は上昇する噴煙の中に吸い込まれる。なお、この上昇する噴煙付近にも小規模の火炎が見られる。この現象は、残存水素等の燃焼によるものと思われる。

⑤以上の結果、3号機の「水素爆発」は、前駆爆発=4階部分の損壊、建屋上部の火災発生・継続、RB屋根部の上方への膨張、残存水素の燃焼による噴煙上昇が、この順番で発生した、一連の、しかし、一つではない現象であったと考えられる。

なお、火炎の色は黄橙色であり、RB内部にあった気体は、主成分である水素に炭化水素が混ざったものだったのではないかと推定される。ただし、現時点では、比率までは分からない。

※複数段階事象仮説：東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第13回会合資料2参照。

2. 3号機水素爆発後状況(衛星写真)


- 3号機水素爆発前後の衛星写真から、3号機原子炉建屋から水蒸気と思われる白煙が確認される。

衛星写真 2011年3月12日10時38分頃

3号機水素爆発 2011年3月14日11時01分頃

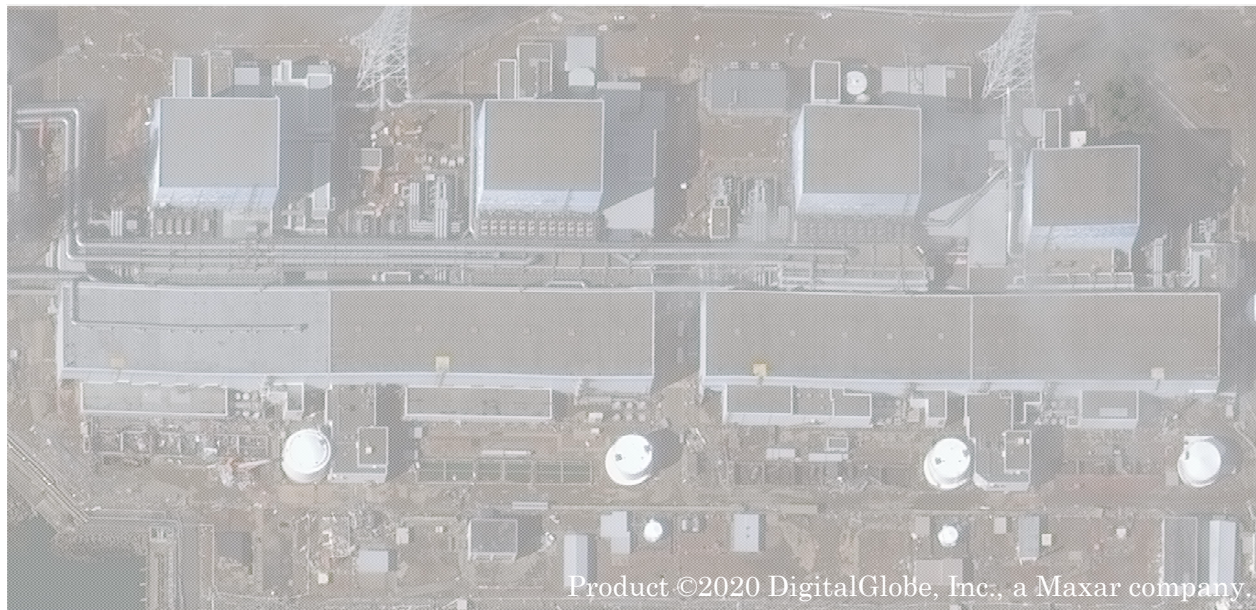
衛星写真 2011年3月14日**11時04分頃** ← 白煙を確認

衛星写真 2011年3月17日10時54分頃 ← 白煙を確認

 水素爆発時点で3号機原子炉建屋5階部分には相当量の水蒸気があったと考えられる。

2. 3号機水素 爆発後状況 (衛星写真)

2011年3月12日
午前10時38分
衛星: WorldView-2



2011年3月14日
午前11時04分
衛星: WorldView-2

2. 3号機水素爆発後状況(衛星写真)

【参考】

2011年3月17日
午前10時54分
衛星:WorldView-2



2-1. 3号機水素爆発後のSGTS配管系の損傷等(衛星写真)

4号機

3号機



2011年3月18日

午前10時19分

衛星:WorldView-2

2-1. 3号機水素爆発後のSGTS配管系の損傷等(現地写真)

3号機SGTS配管



2011.3.24 東京電力撮影

3号機SGTS配管



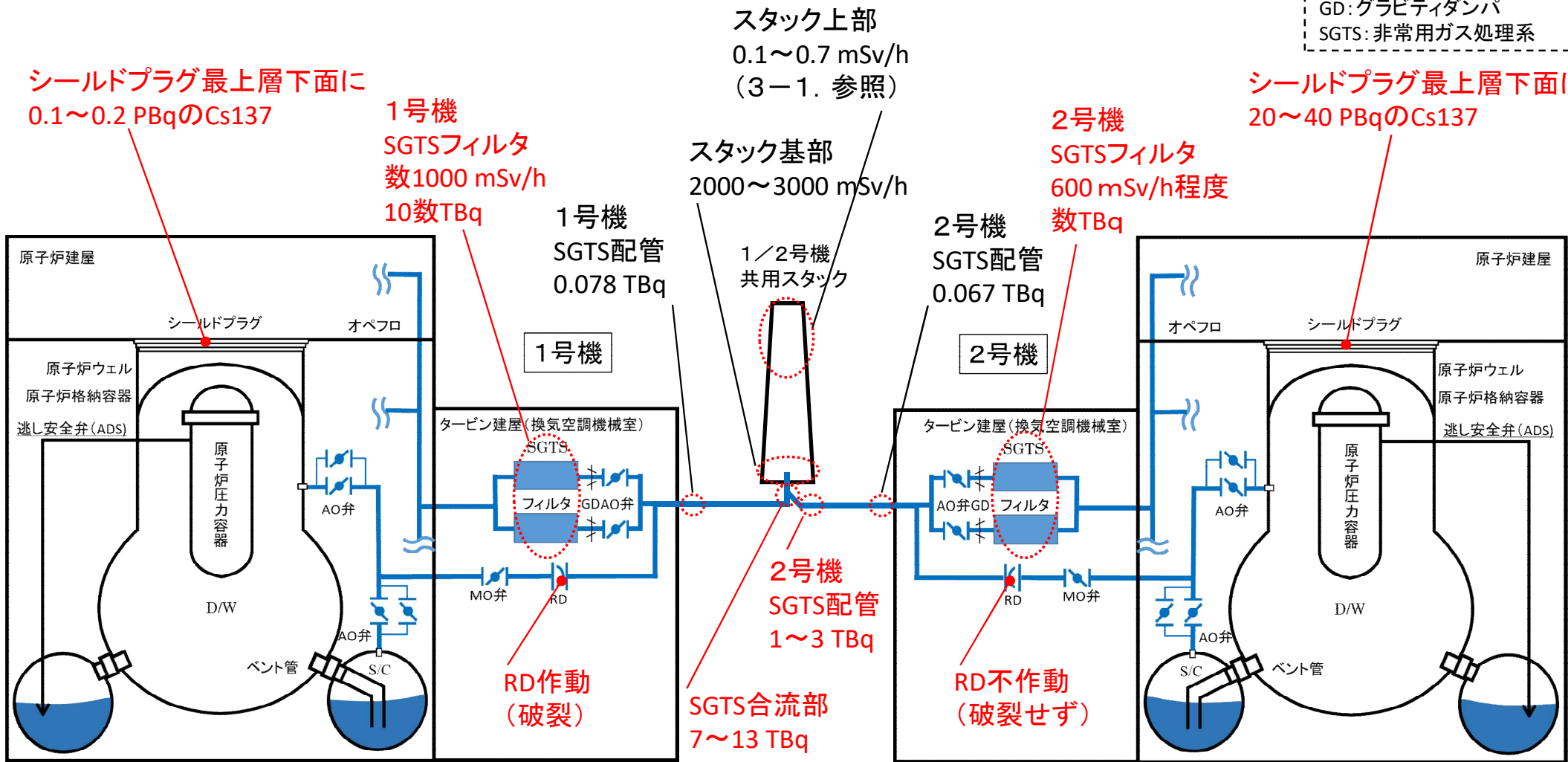
2011.3.25 東京電力撮影



2011.3.25 東京電力撮影

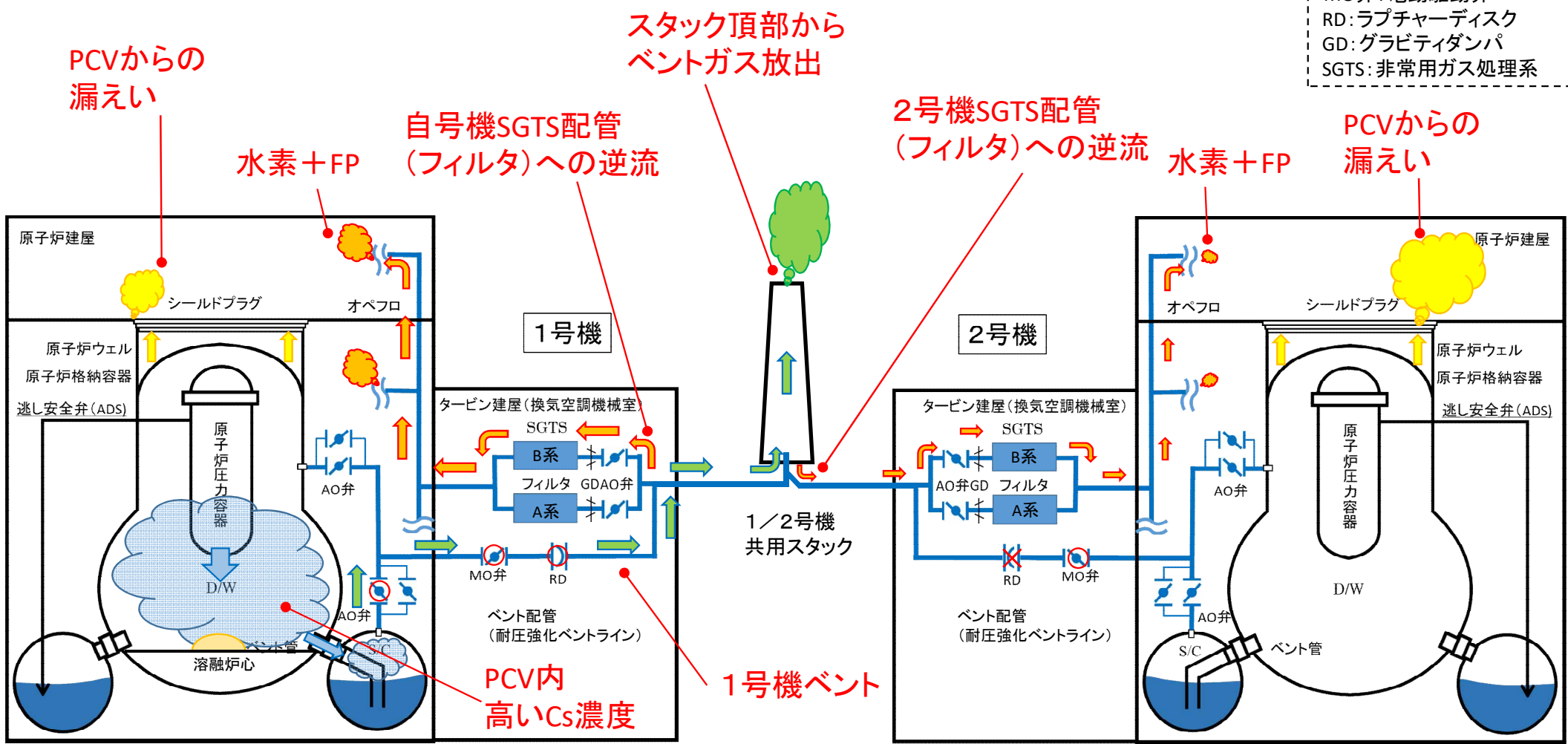
3. 1/2号機SGTS配管系及び1号機シールドプラグの汚染状況の比較

D/W:ドライウエル
S/C: サプレッションチェンバ
AO弁: 空気作動弁
MO弁: 電動駆動弁
RD: ラプチャーディスク
GD: グラビティダンパ
SGTS: 非常用ガス処理系



3. 1/2号機SGTS配管系の汚染の経路

D/W:ドライウエル
S/C: サプレッションチェンバ
AO弁: 空気作動弁
MO弁: 電動駆動弁
RD: ラプチャーディスク
GD: グラビティダンパ
SGTS: 非常用ガス処理系



3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値(1/10)

1. はじめに

令和2年10月2日、3日に1/2号機共用スタックの解体筒のうち、切断片の部位5と7に加えて、同年10月29日に部位9の線量当量率の測定を行った。

2. 測定状況

29日の測定では、部位9の排気筒(スタック解体筒)が横置き(北が下部)になっていたため、西—北—東の下部から30cm高さでの汚染分布をカバー無の日立アロカ製の電離箱で測定した。70マイクロメートル線量当量率測定用の電離箱ではないので、相対的なCs-137の汚染分布を知るための測定である。

3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値(2/10)

3. 測定結果

第1図に、前回の部位5と7の結果と併せて今回の部位9の測定結果を示す。

半分の領域の測定結果であるが、部位5と7に比べて全体的に汚染密度が高くなっていること、北東方向に最も汚染密度が高い個所があることが分かる。ガンマカメラの測定でもこのことは確認されている。この場所は、東西南北の測定点からずれた位置で、メッシュサーベイにも含まれていない場所なので、注意が必要である。

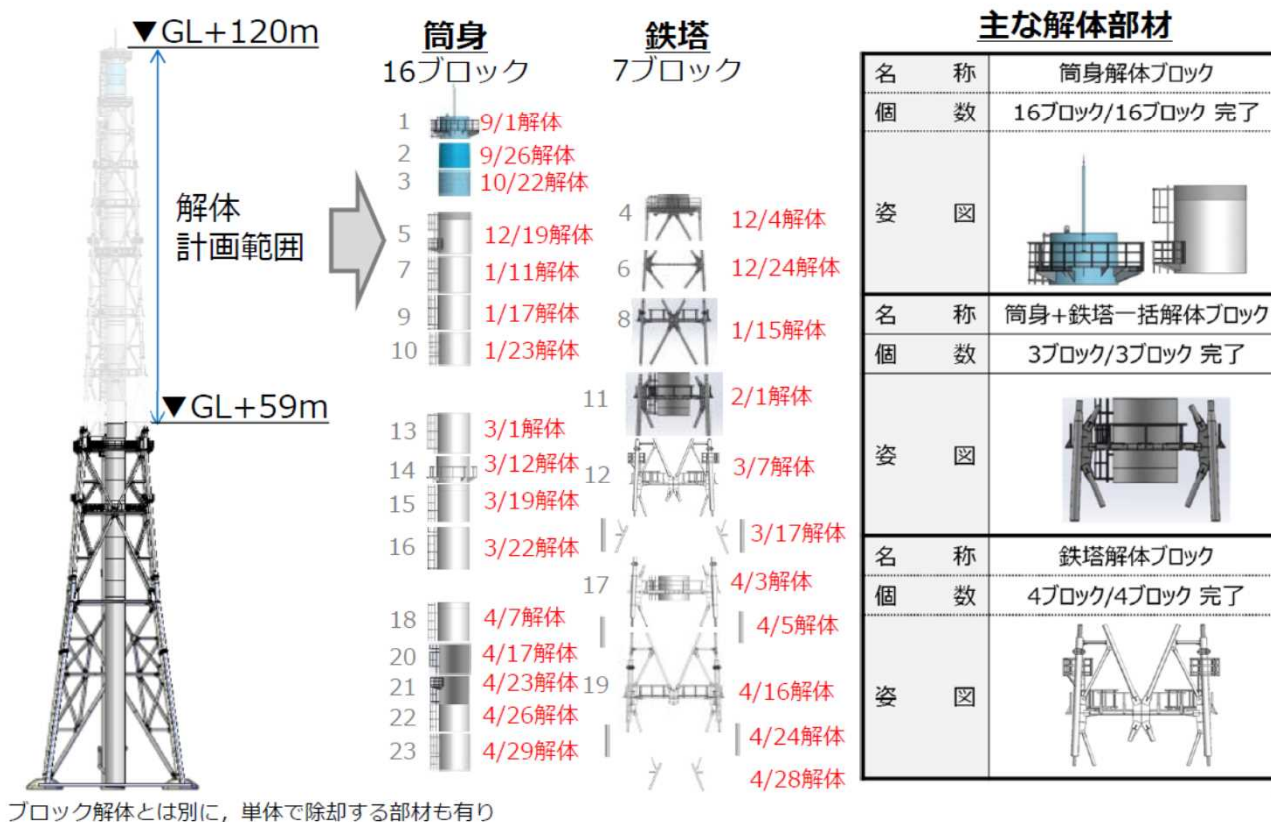
なお、内面の汚染は上下方向については、下部に向かうほど高くなる傾向を示しており、また周方向については汚染は一定ではなく、溶接部を除くと一定の分布を持つことがわかった。このことから、当時ベントガスの排気筒内における流動は内面に対して均一な流れではなかった可能性が高い。なお、汚染レベルは、 γ 汚染に比べて β 汚染が高く、500Bq/cm²の部位も確認できており、さらに高くなる傾向にあり、主にCs-137による汚染である。現時点でSr90-Y90による β 汚染は確認出来ていない。

3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値(3/10)

1. 1/2号機排気筒解体概要



- 本工事は耐震上の裕度向上を目的に、上部約60mの解体工事に2019年8月から着手。
- 23ブロック目までの解体を4月29日に完了、頂部蓋設置を5月1日に完了した。



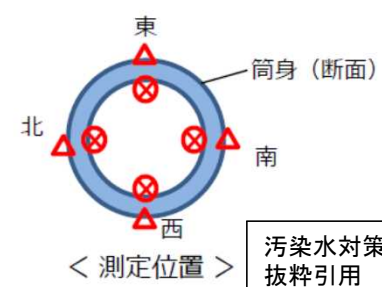
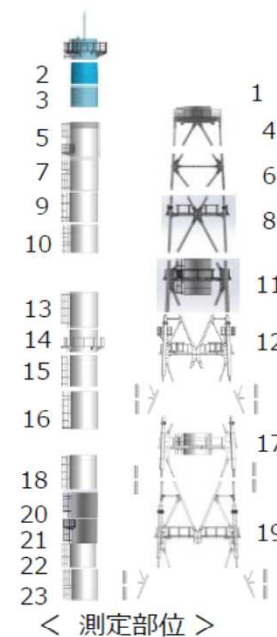
汚染水対策チーム会合78回 資料3-2 より
抜粋引用

3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値(4/10)

参考4-2. 1~18ブロック目解体部材の表面汚染密度測定結果^{※1} **TEPCO**

部位	表面汚染密度 [Bq/cm ²] ^{※2}			
	筒身内部 (右下図 [⊗])			
	東	南	西	北
1	4×10 ¹	7×10 ⁰	2×10 ²	6×10 ²
2	2×10 ²	8×10 ⁰	1×10 ¹	2×10 ¹
3	2×10 ⁰	2×10 ⁰	3×10 ¹	2×10 ¹
4	3×10 ¹	3×10 ¹	2×10 ²	2×10 ²
5	6×10 ¹	6×10 ¹	3×10 ²	1×10 ²
7	3×10 ²	3×10 ²	1×10 ³	1×10 ³
9	5×10 ²	3×10 ²	4×10 ³	3×10 ²
10	4×10 ²	9×10 ¹	8×10 ²	5×10 ²
11	8×10 ²	3×10 ²	8×10 ²	1×10 ³
13	5×10 ²	3×10 ²	5×10 ²	8×10 ²
14	4×10 ²	3×10 ²	4×10 ³	8×10 ²
15	4×10 ²	8×10 ¹	1×10 ³	3×10 ²
16	4×10 ²	2×10 ²	5×10 ³	5×10 ²
17	3×10 ²	2×10 ²	2×10 ³	7×10 ²
18	3×10 ²	1×10 ²	5×10 ³	7×10 ²

部位	α核種の表面汚染密度 [Bq/cm ²] ^{※3}			
	筒身内部 (右下図 [⊗])			
	東	南	西	北
1	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹
2	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹
3	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²
4	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²
5	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²
7	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²
9	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²
10	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²	<6×10 ⁻²
11	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹
13	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹
14	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹
15	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹
16	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹
17	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹
18	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹	<1×10 ⁻¹

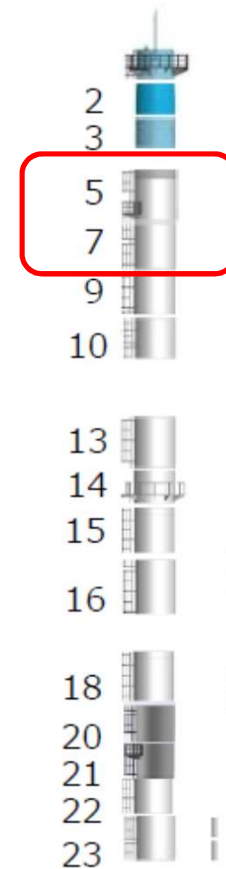
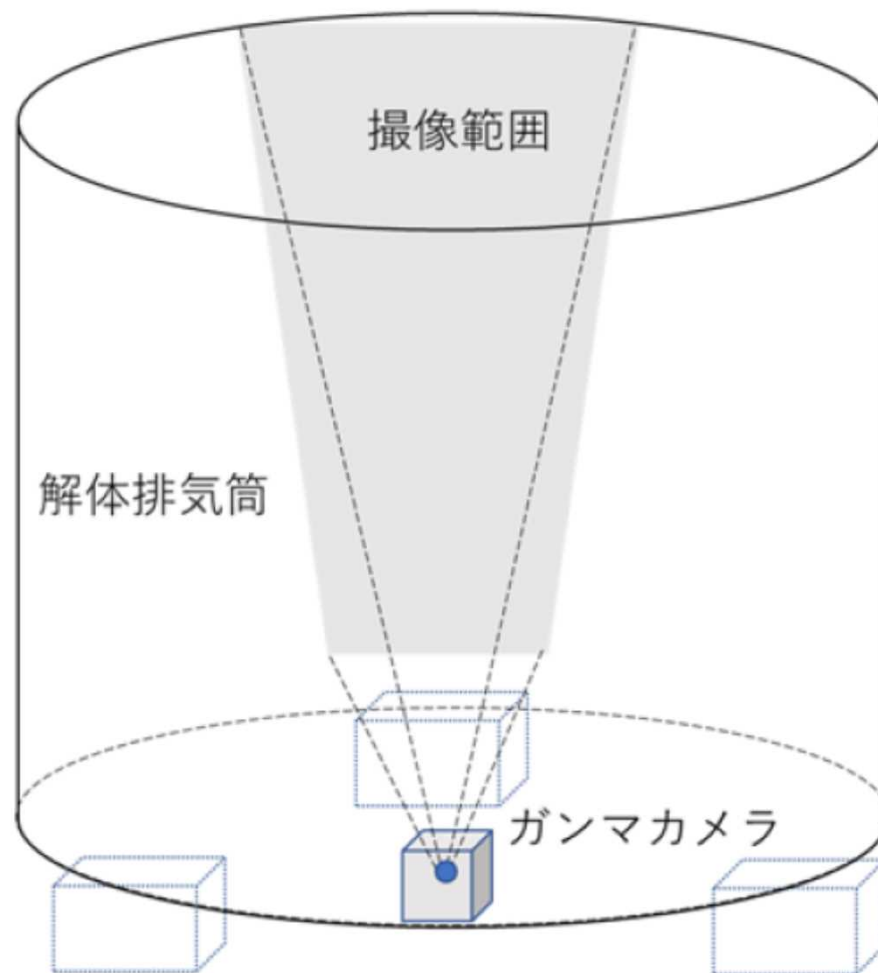


※1 飛散防止剤が塗布された状態でサンプリング
 ※2 Ge半導体検出器で定量 (Cs-137の表面汚染密度)
 ※3 ZnSシンチレーション汚染サーベイメータ (Am-241校正) で定量

汚染水対策チーム会合78回 資料3-2 より
抜粋引用

3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値(5/10)

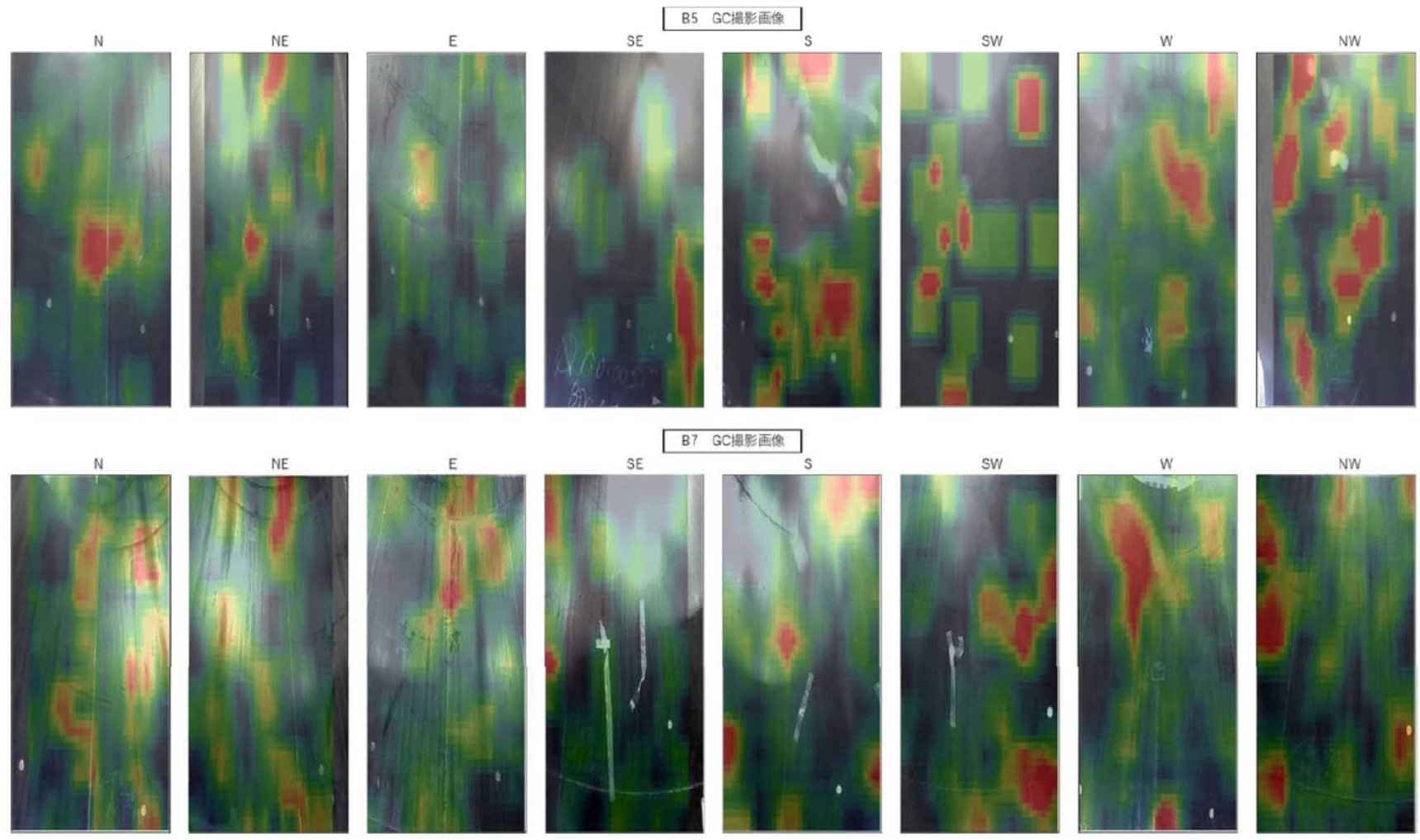
排気筒切断片 No.5、No.7



汚染水対策チーム会合78回 資料3-2 より抜粋引用

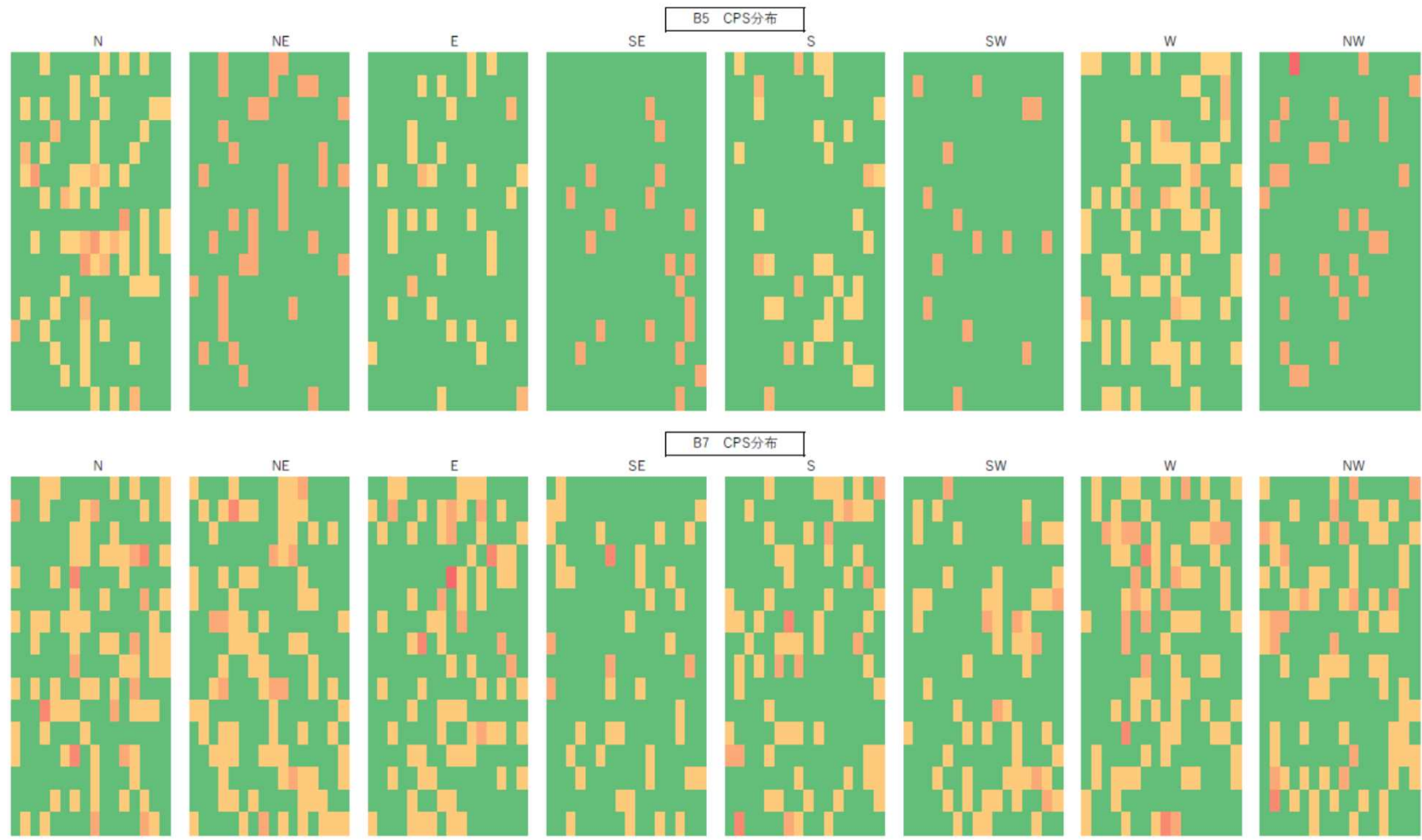
図1 排気筒切断片 No.5、No.7

3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値(6/10)



第2図 部位5と部位7のガンマカメラ画像

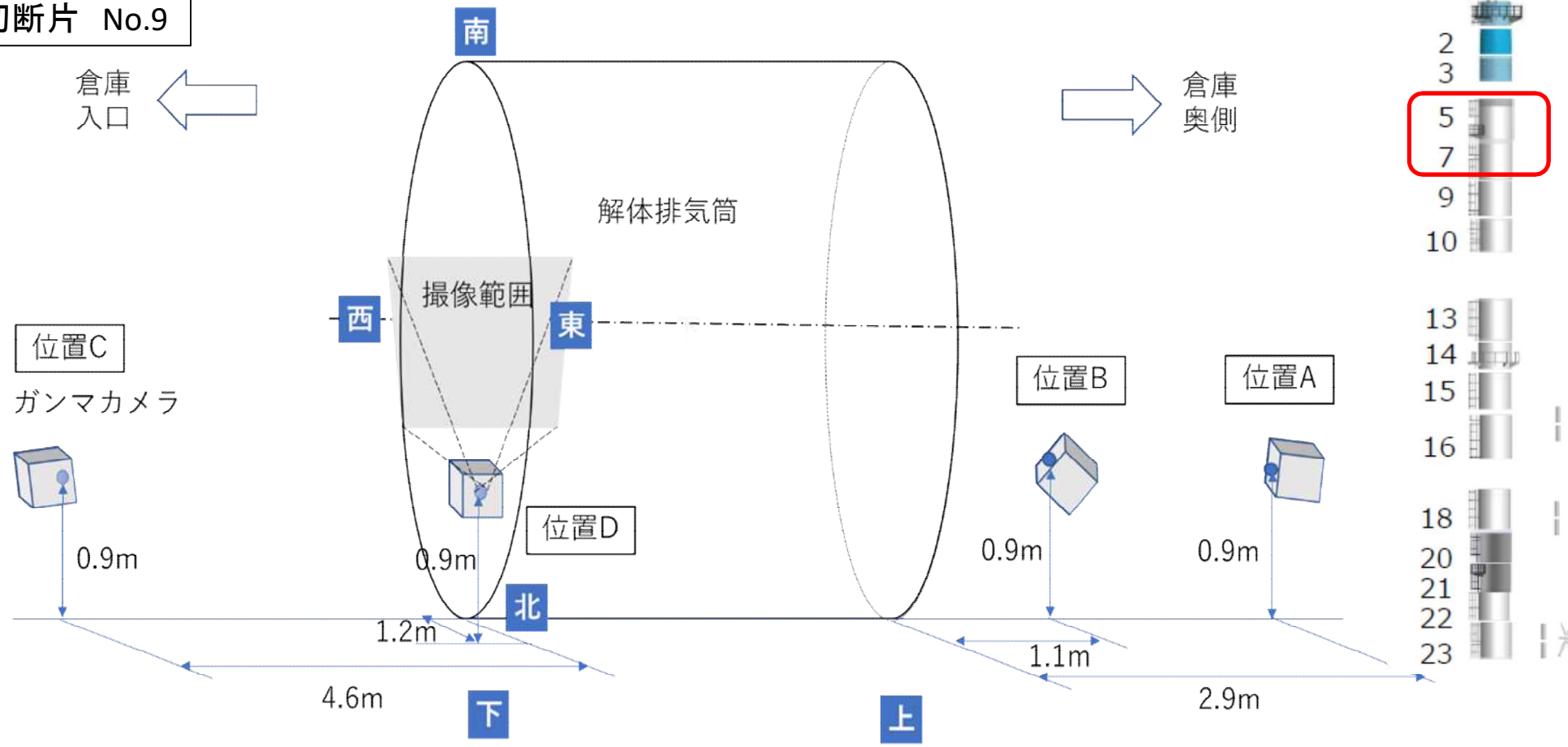
3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値(7/10)



第3図 部位5と部位7の計数率分布

3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値(8/10)

排気筒切断片 No.9



汚染水対策チーム会合78回 資料3-2 より抜粋引用

図4 排気筒切断片 No.9

3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値(9/10)

排気筒
切断片
No.9

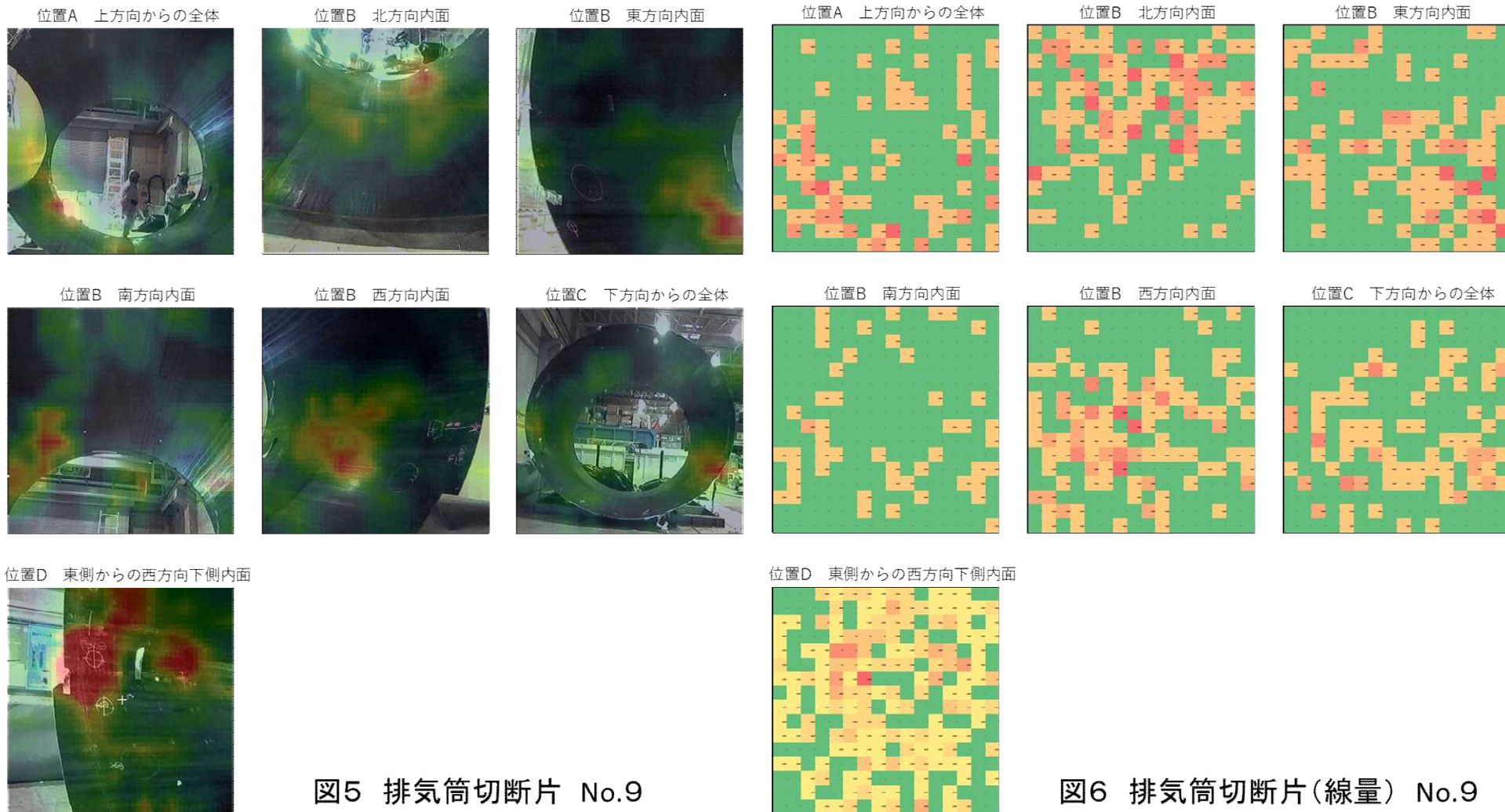


図5 排気筒切断片 No.9

図6 排気筒切断片(線量) No.9

3-1. 1/2号機共用スタック解体筒の線量測定値(10/10)

下部から30 cmでの分布

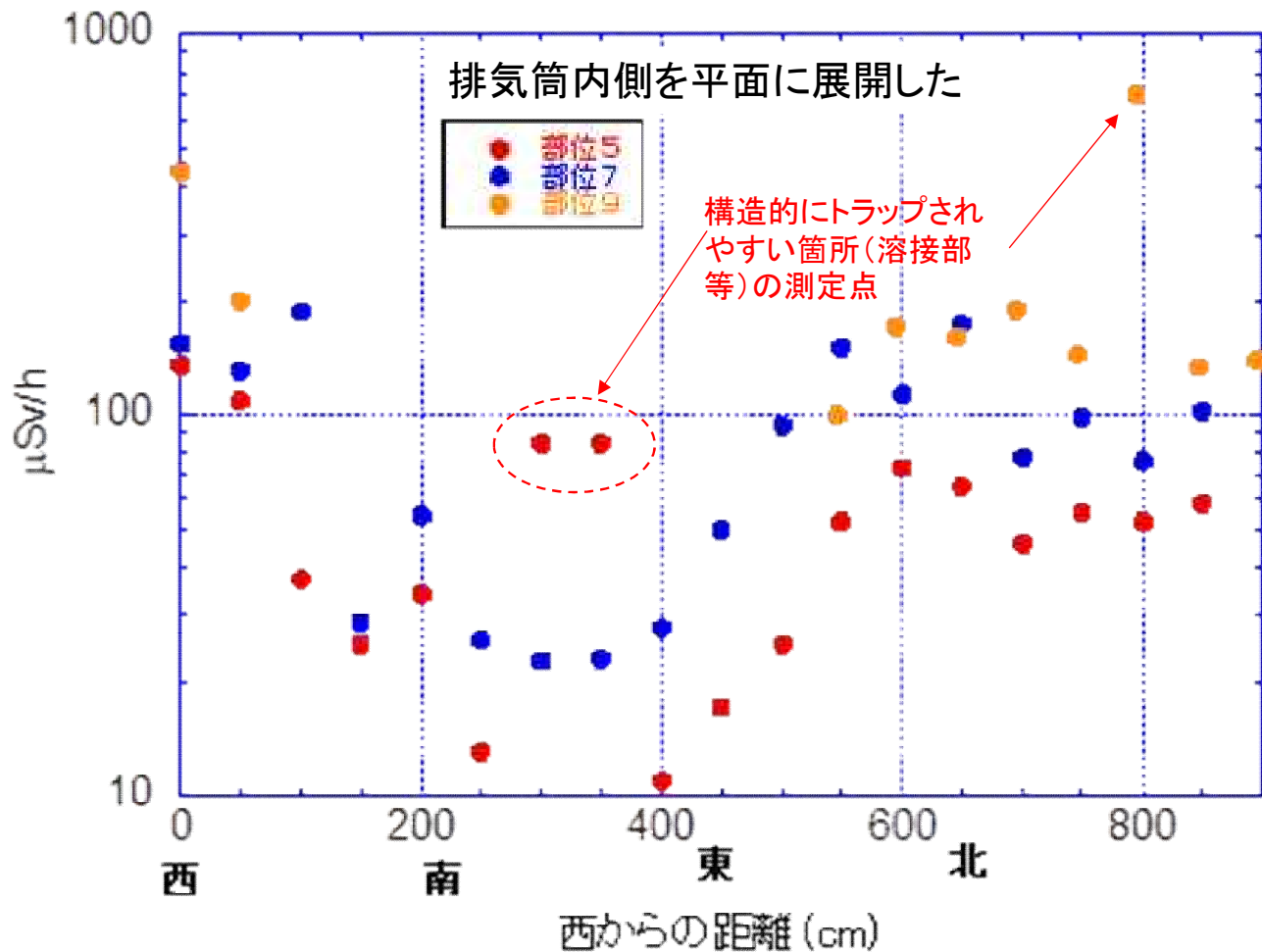
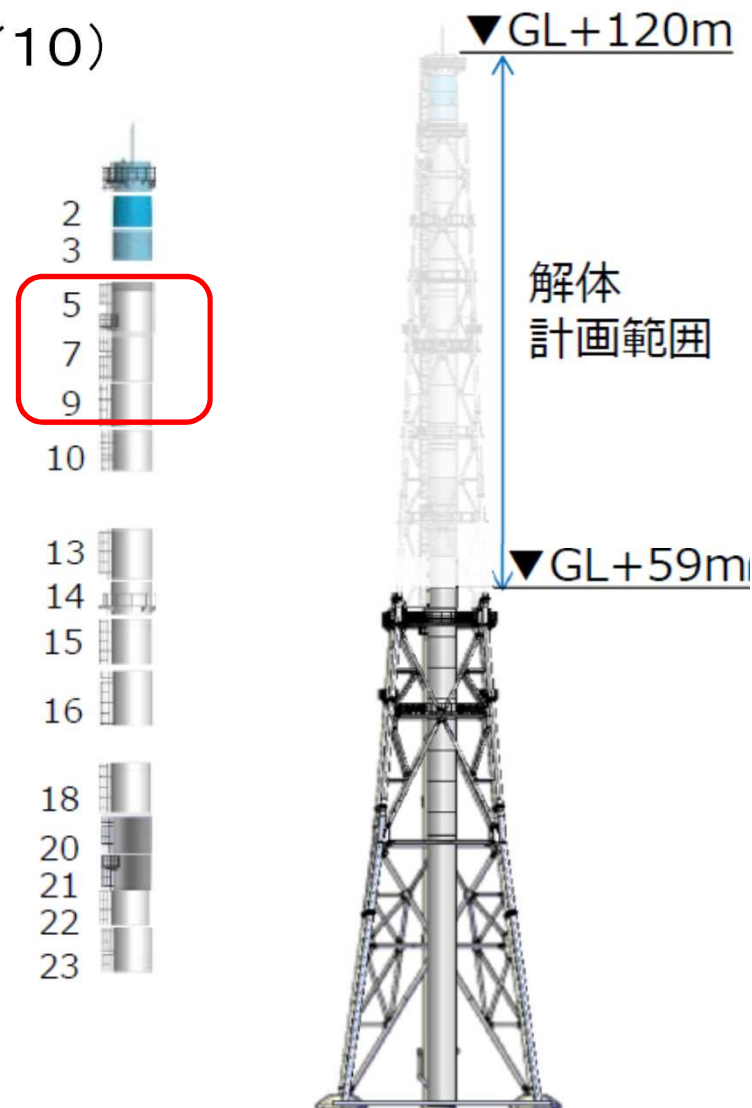


図7 測定結果



汚染水対策チーム会合78回 資料3-2 より抜粋引用

これまでの調査・分析のまとめ

参考資料

2020年11月27日

原子力規制庁

事故分析調査チーム

1. ①2号機ラプチャーディスク(1/2)

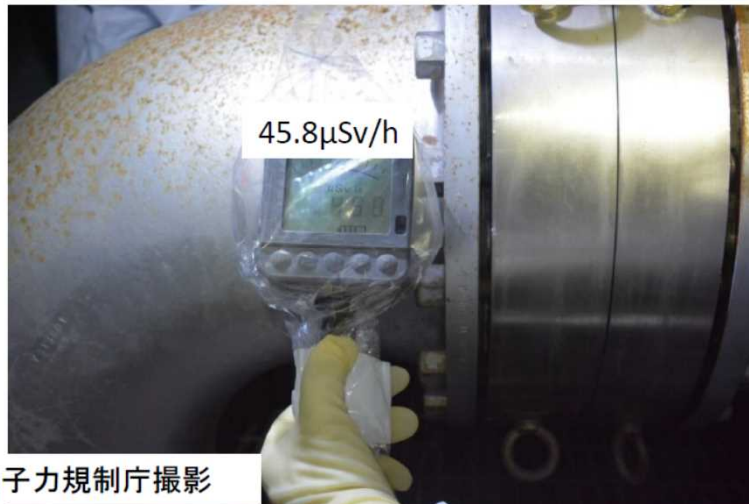
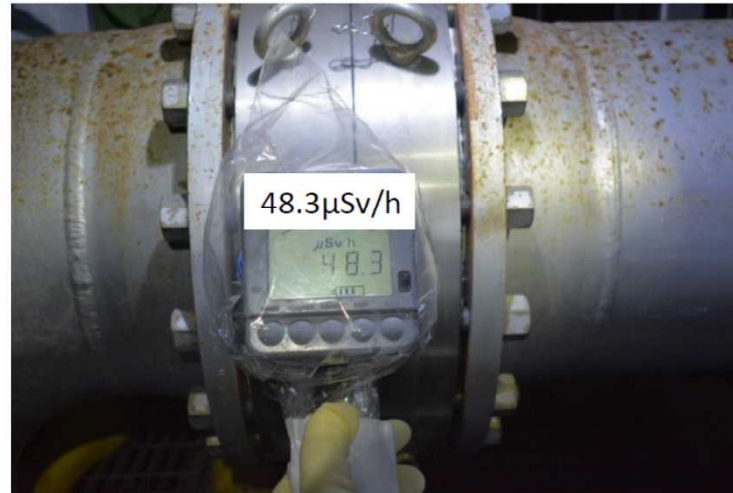
第9回会合(令和元年12月26日)資料4より抜粋



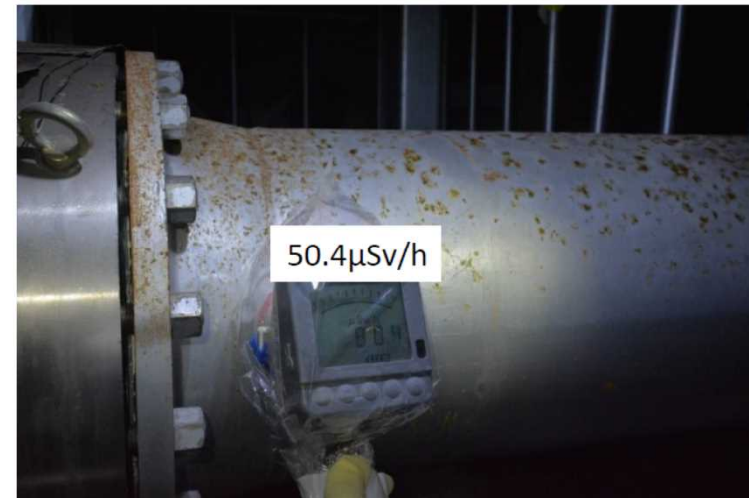
2号機耐圧強化ベントライン ラプチャーディスク



B.G. 120~150 μ Sv/h



令和元年8月2日原子力規制庁撮影

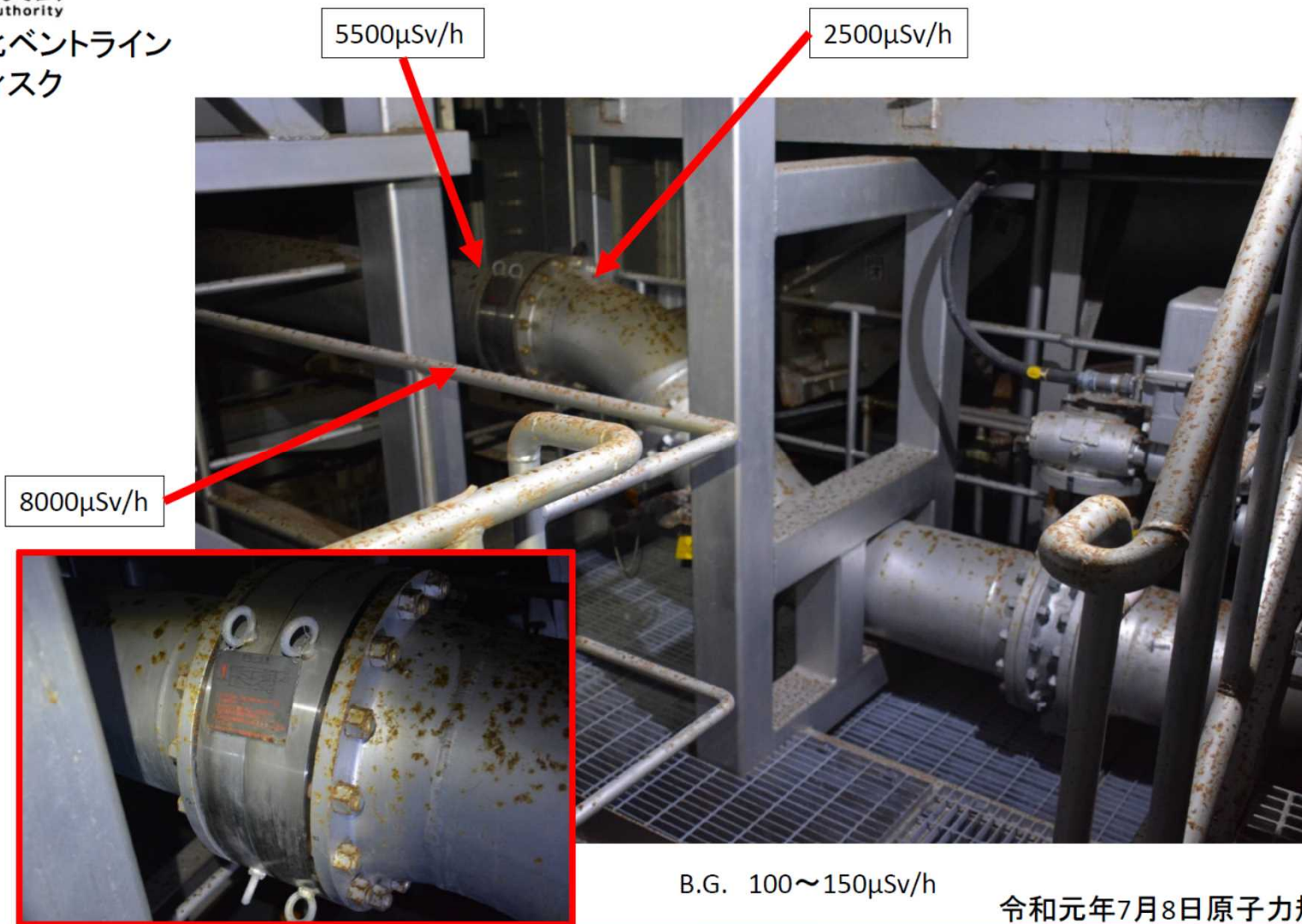


1. ①2号機ラプチャーディスク(2/2)

第9回会合(令和元年12月26日)資料2より抜粋



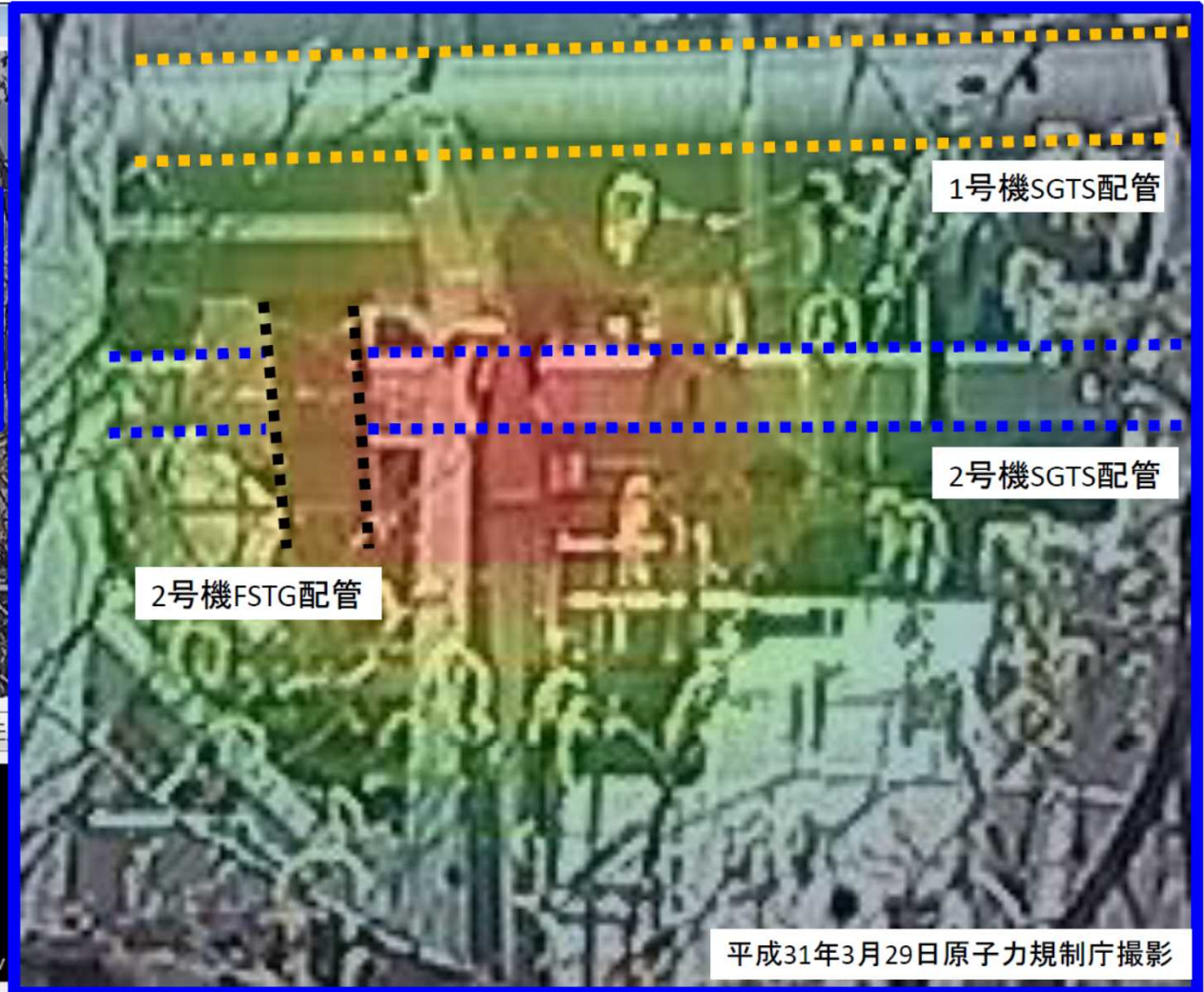
3号機耐圧強化ベントライン
ラプチャーディスク



令和元年7月8日原子力規制庁撮影

1. ②2号機SGTS配管の汚染状況(1/3)

第9回会合(令和元年12月26日)資料4より抜粋



1. ②2号機SGTS配管の汚染状況(2/3)

第14回会合(令和2年10月16日)資料5-1より抜粋



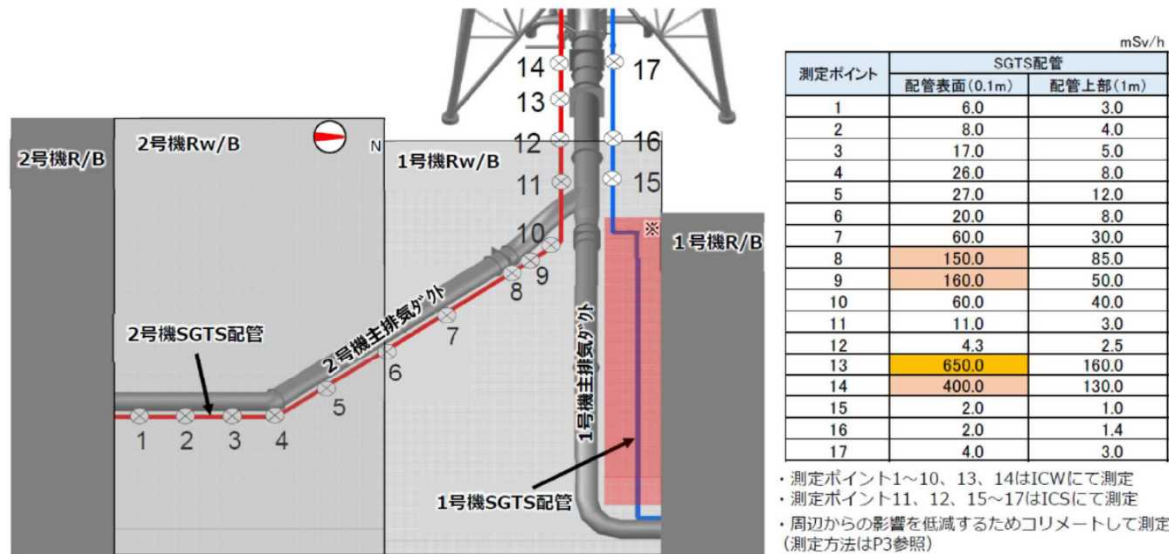
東京電力福島第一原子力発電所における
事故の分析に係る検討会 第12回会合
資料6-1



3. SGTS配管近傍線量調査について

(1) SGTS配管近傍線量調査結果

- ・1号及び2号Rw/B上部のSGTS配管近傍の放射線量を概ね3~5m間隔で測定を実施。
- ・測定ポイントのうち比較的高い放射線量はNo.8、No.9、No.13、No.14にみられ、最も高い値は、No.13の2号機SGTS配管表面から高さ0.1mの位置で約650mSv/hであった。

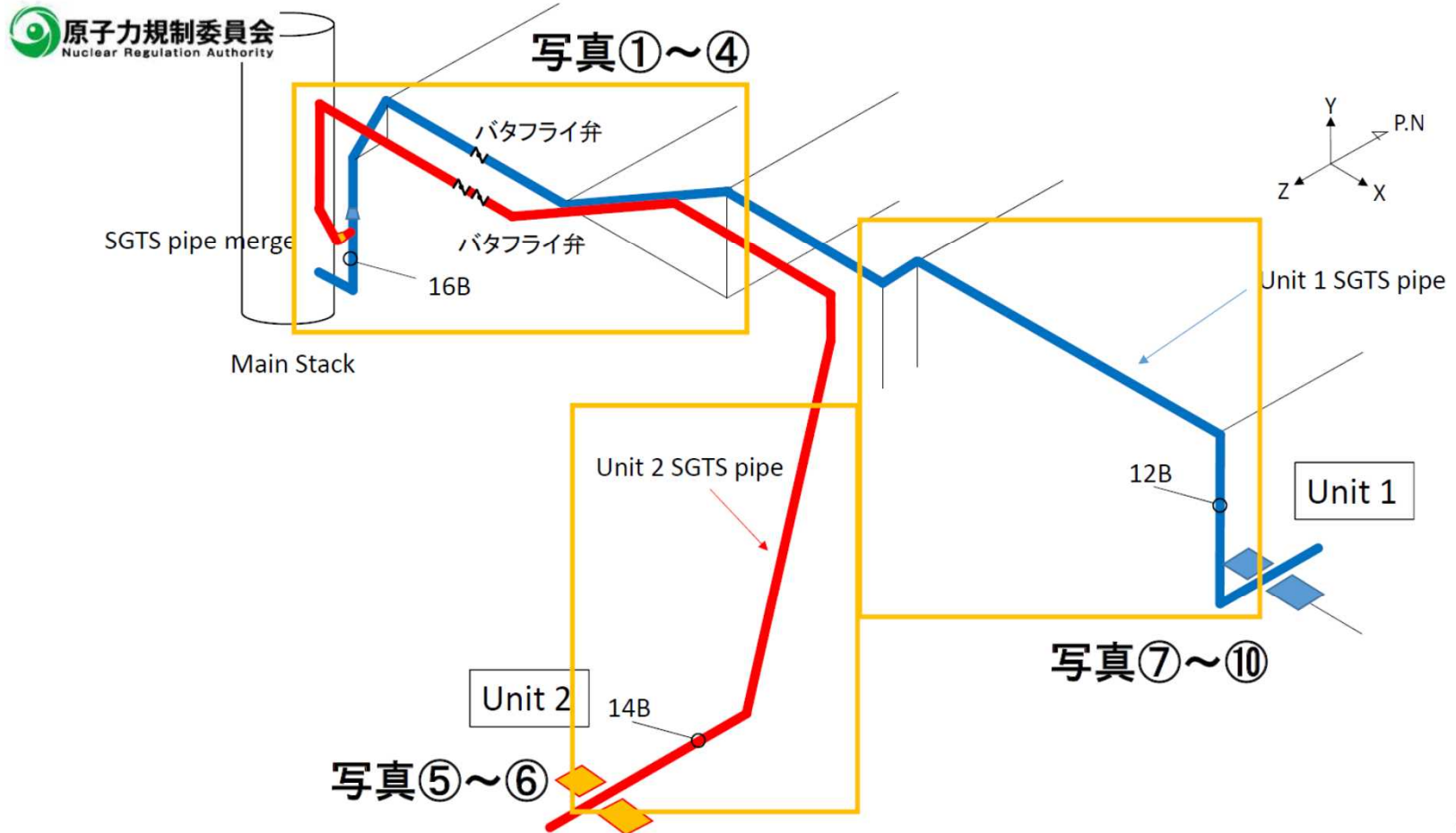


1/2号機SGTS配管撤去に向けた現場調査の実施状況について(2020年6月15日東京電力HD株式会社)より抜粋 4

43

1. ②2号機SGTS配管の汚染状況(3/3)

第12回会合(令和2年6月25日)資料5-2より抜粋



22

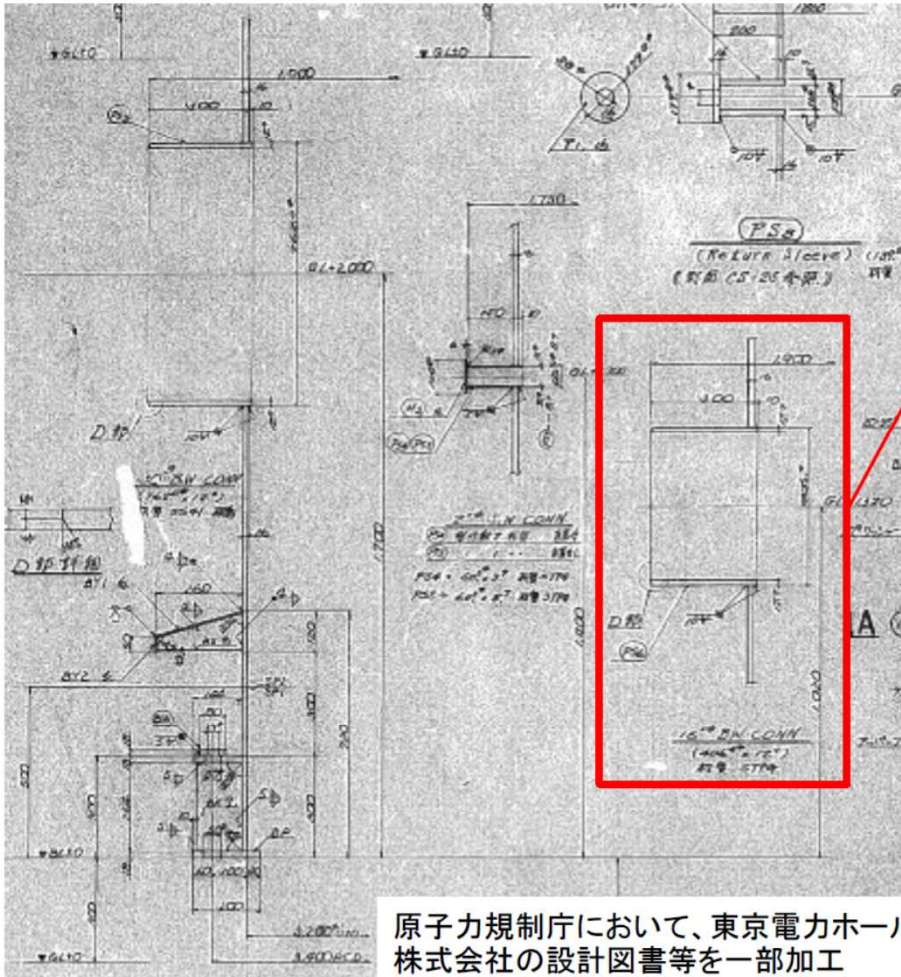
1. ③1/2号機共用スタックの構造(1/2)

第10回会合(令和2年2月4日)資料4-2より抜粋

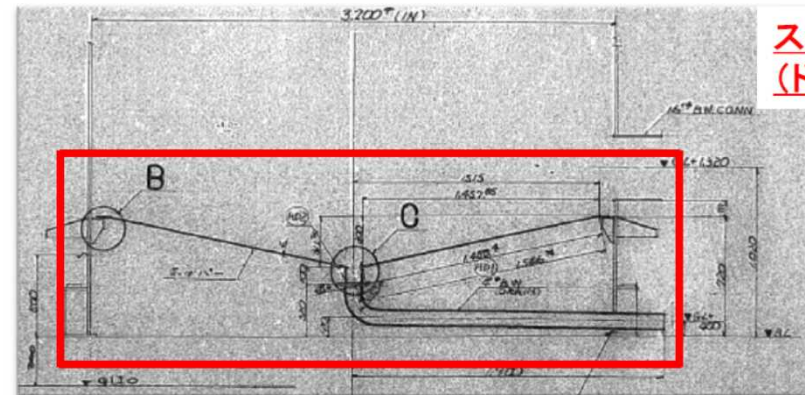
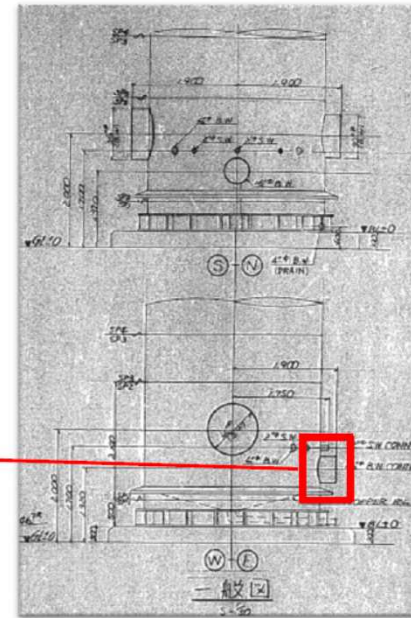


【参考】

○1, 2号機スタック構造



スタック基部
(SGTS配管接
続部)



スタック基部
(ドレン系)

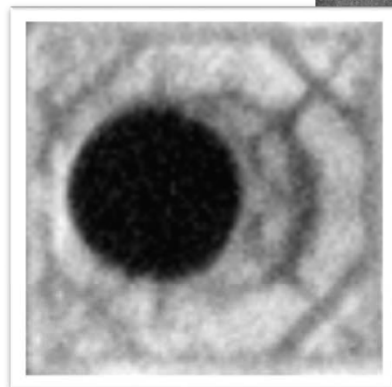
原子力規制庁において、東京電力ホールディングス株式会社の設計図書等を一部加工

1. ③1/2号機共用スタックの構造(2/2)

第10回会合(令和2年2月4日)資料4-2より抜粋



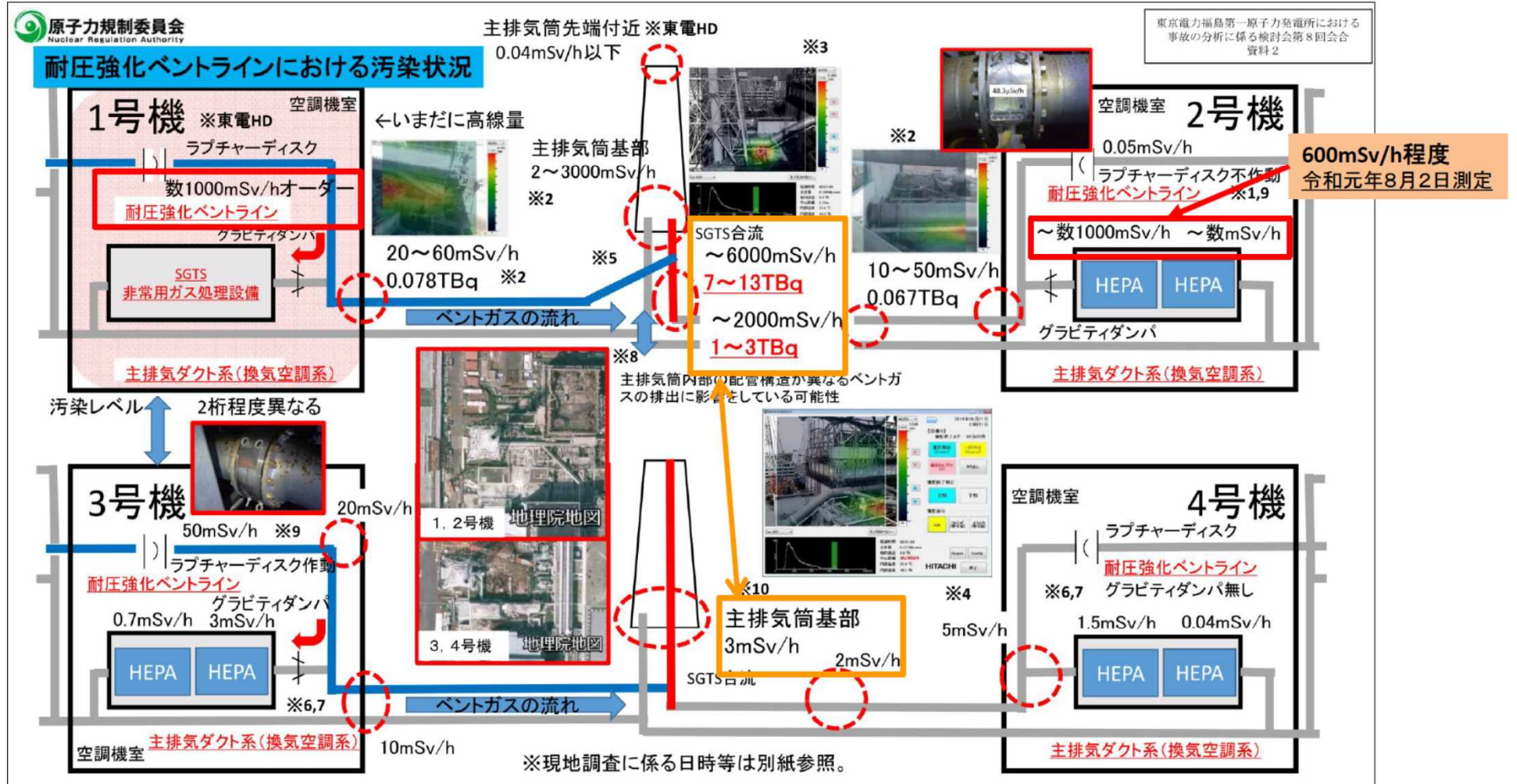
○1, 2号機スタック
(航空写真)



2011/3/18 17:08 防衛省撮影(1, 2号機)

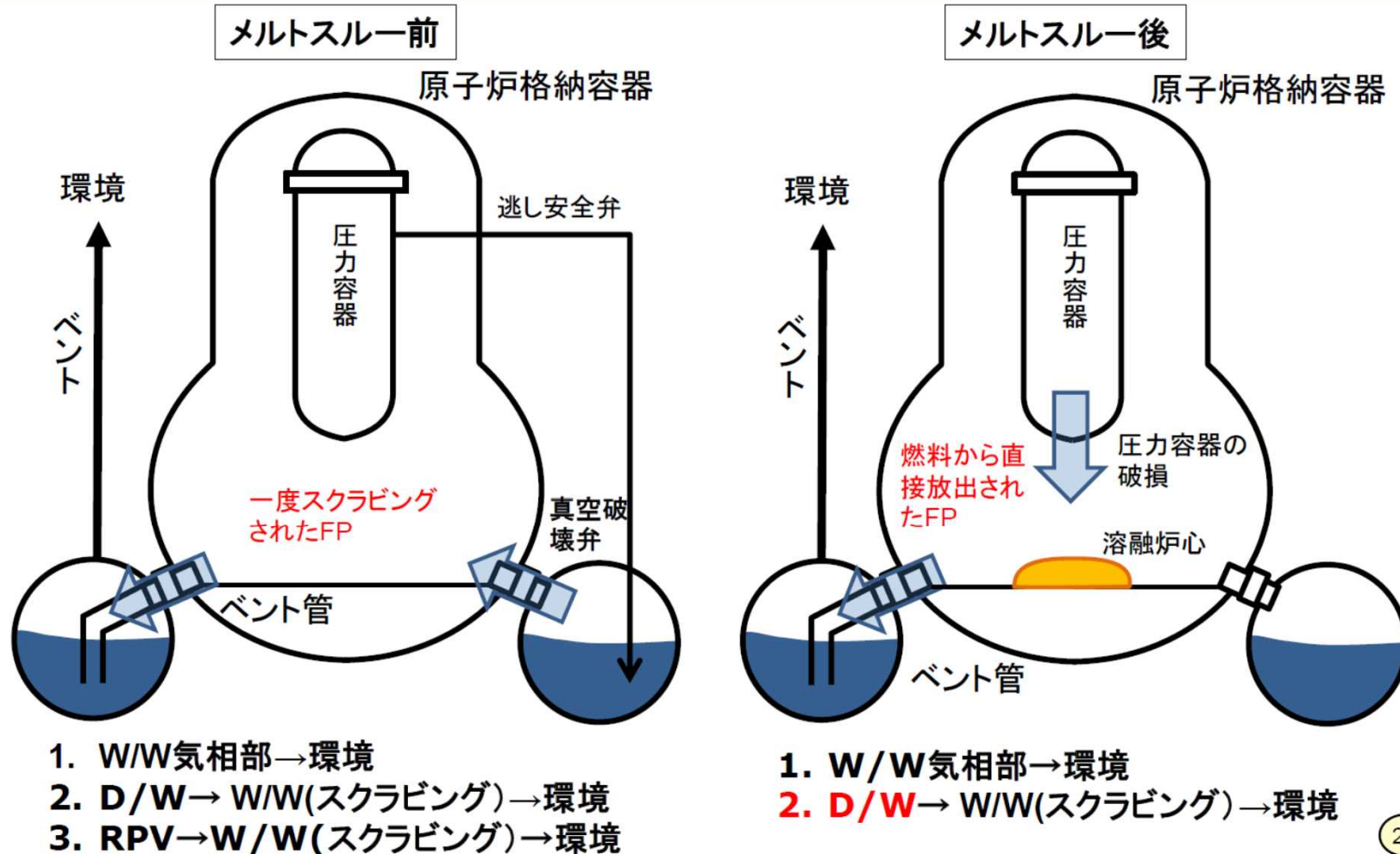
1. ④1/2号機ベント配管系の高汚染(1/2)

第14回会合(令和2年10月16日)資料4より抜粋



※第8回事故分析検討会資料から抜粋、一部加筆

ベントによる主要なFP移行経路の比較



1. W/W気相部→環境
2. D/W→W/W(スクラビング)→環境
3. RPV→W/W(スクラビング)→環境

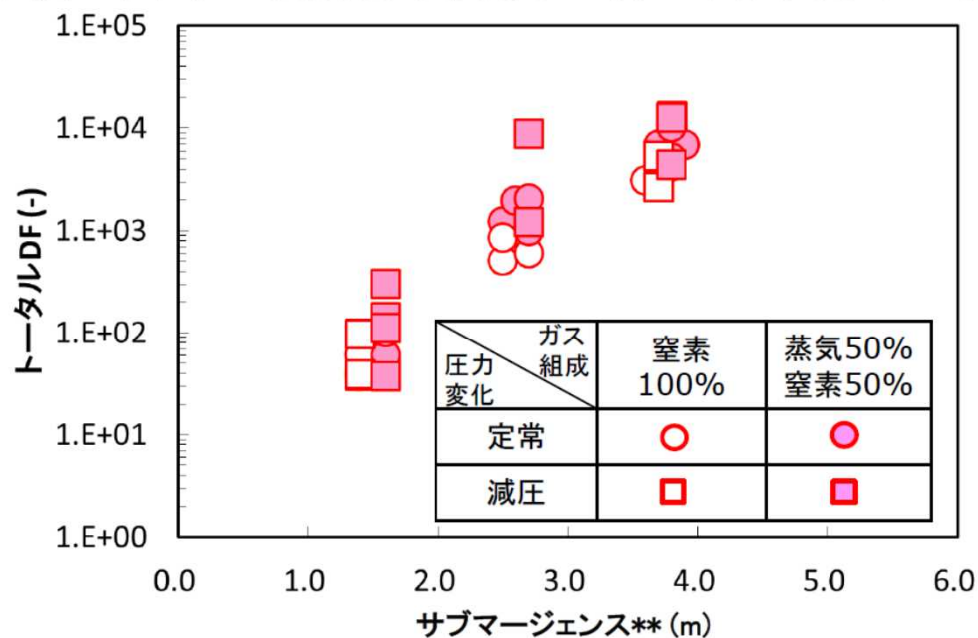
1. W/W気相部→環境
2. **D/W**→W/W(スクラビング)→環境

3. 実験結果と考察

トータルDF*の評価

- ・減圧時のDFは定常とほぼ同等。
- ・サブマージエンスの増加に伴ってDF増加。
- ・ガス組成の影響は小さい傾向。

※ただし、較正法等の検討を今後さらに行い、確実なデータとする予定。



* 計測エアロゾルの入口総質量/出口総質量

** ノズルから水面までの距離

これまでの事故分析検討会の議論を踏まえたスクラビング効果について

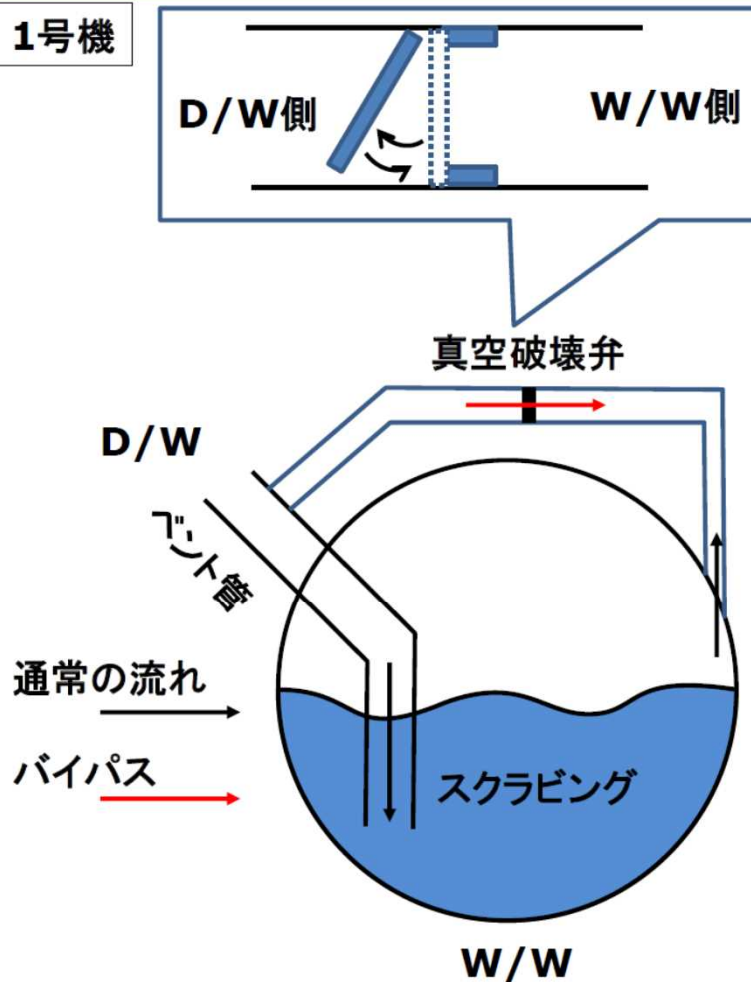
○スクラビング効果の整理

各種事故シーケンスを模擬した実験条件範囲内では、

- DFは、水深による影響が大きい(一定程度の水深によりDFの効果が期待される)。
- 流入気体の非凝縮性ガス割合(50%以上の範囲)がDFへ及ぼす影響は小さい。
- プール水の減圧沸騰は、DFへ有意な影響を及ぼさない。
- プール水温の上昇に伴い、DFが若干増大する傾向が見られる。(流入気体が飽和温度以上の条件)

真空破壊弁でのバイパスに関する確認項目

1号機



- 放射能
 - 環境(スタック)への放射性物質放出量が妥当か
 - バイパス部分に痕跡はないか
- 圧力
 - 圧力挙動が実測値と整合するか
 - 実測値では、D/W圧力とW/W圧力には圧力差が生じている

OECD/NEA BSAF2の結果に基づく評価

- 前項に示したように、1号機のベントによるCs-137の放出量は概ね100 TBq程度と考えられる
- UNSCAREによる評価量(Cs-137: 150 TBq)¹と比較する範囲にある
- 真空破壊弁においてバイパスが生じなくとも、ベントによって相当量のCs-137が放出されたと考えられる
 - 真空破壊弁にバイパスが生じた場合でも、その寄与は数十TBq程度と推察される
- したがって、真空破壊弁でのバイパスは、3号機の耐圧強化ベントラインと比較して、1号機の耐圧強化ベントラインの線量が高いことの主たる要因とは考え難い

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, "UNSCEAR 2013 Report to the General Assembly with Scientific Annexes," 2014

1号機真空破壊弁の機能喪失モード

- 前項で示したように、真空破壊弁でのバイパスは、1号機の耐圧強化ベントラインにおける高線量の主たる要因とは考え難い
- ただし、真空破壊弁でバイパスが生じたとすれば、その原因、放出量への寄与等について検討する必要がある
- 真空破壊弁でバイパスが生じた場合に、その原因、影響の大きさ等により対策が異なる
 - 過温破損の場合は、冷却手段の強化、下部ヘッド破損防止等
 - 機械的な機能喪失であれば、耐久性の向上等
 - 放出量増加の程度がW/Wベントの優位性に影響を与えるか

1. ⑤SGTSフィルタの汚染状況(1/2)

第14回会合(令和2年10月16日)資料4より抜粋



○SGTSフィルタ部の線量測定結果



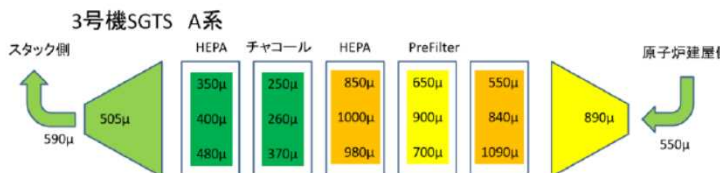
汚染レベルに数十倍以上の差が生じていると推定。その理由を調べる

■東電による測定(平成23年8月2日)
(SGTSTレイン付近を測定)
※現在の線量は減衰して半分以下になっている可能性が高い。

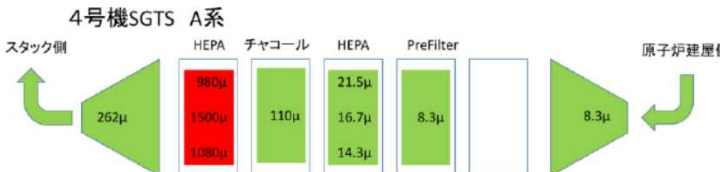


未測定

■原子力規制庁による測定*(令和元年8月2日)
※ガンマカメラ測定によるCs-137放射能からの推定



■原子力規制庁による測定(令和元年6月20日)

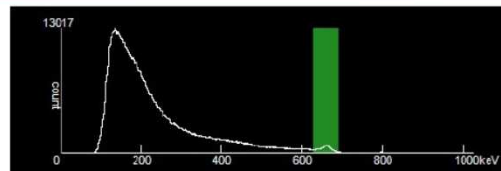
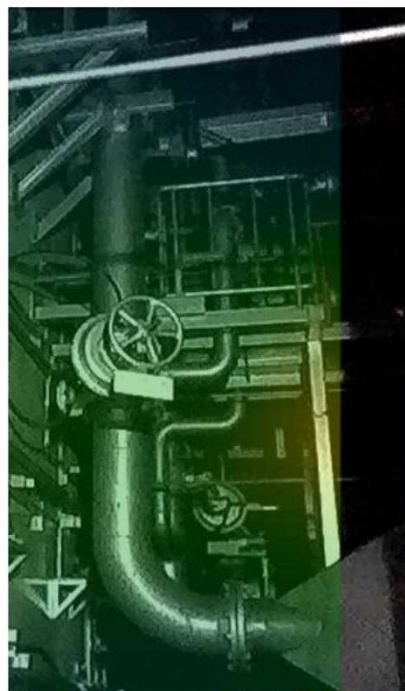


■原子力規制庁による測定(平成25年8月7日)

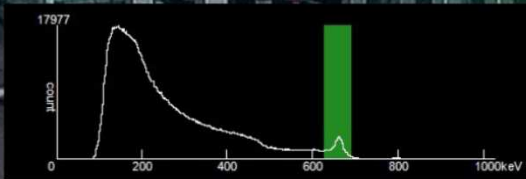
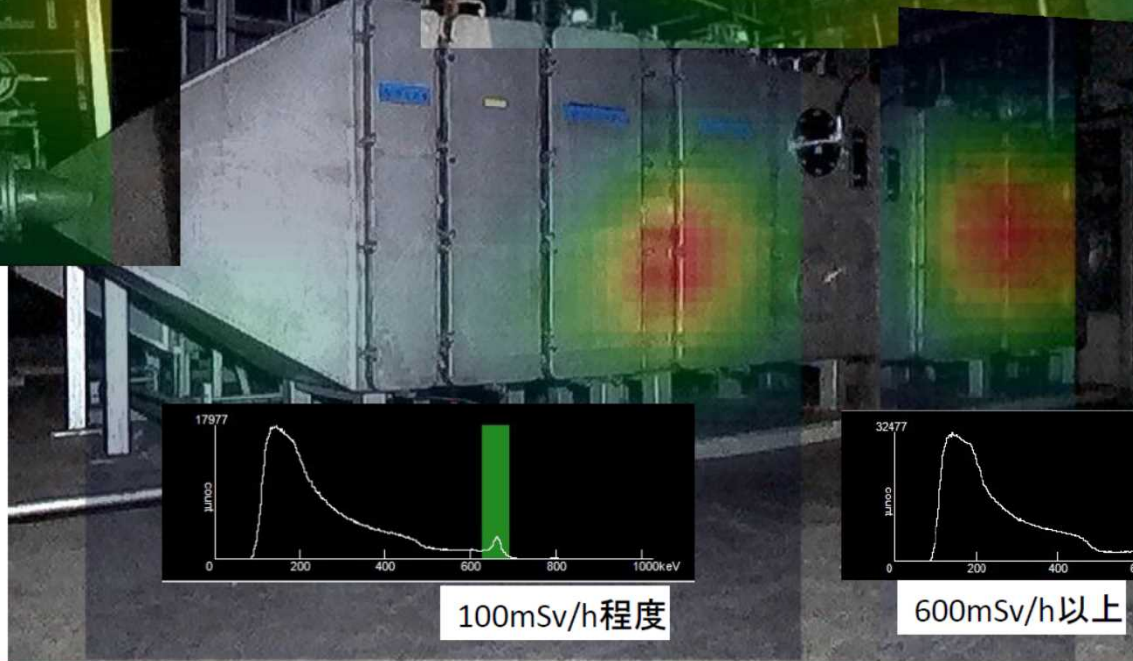
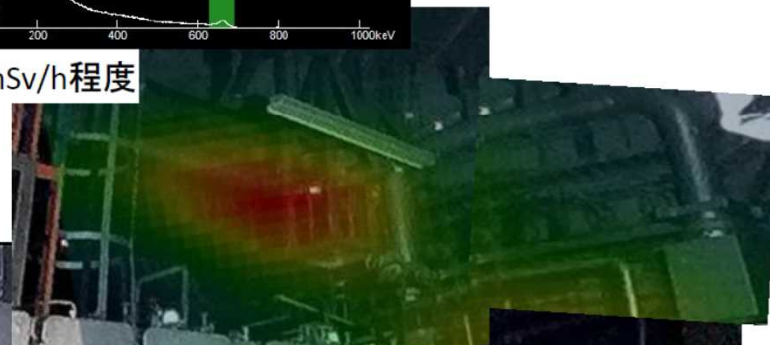
数値は線量当量率(Sv/h)を表す

1. ⑤SGTSフィルタの汚染状況(2/2)

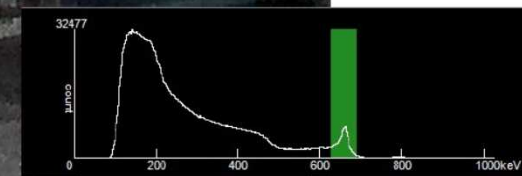
第9回会合(令和元年12月26日)資料4より抜粋



100mSv/h程度



100mSv/h程度



600mSv/h以上

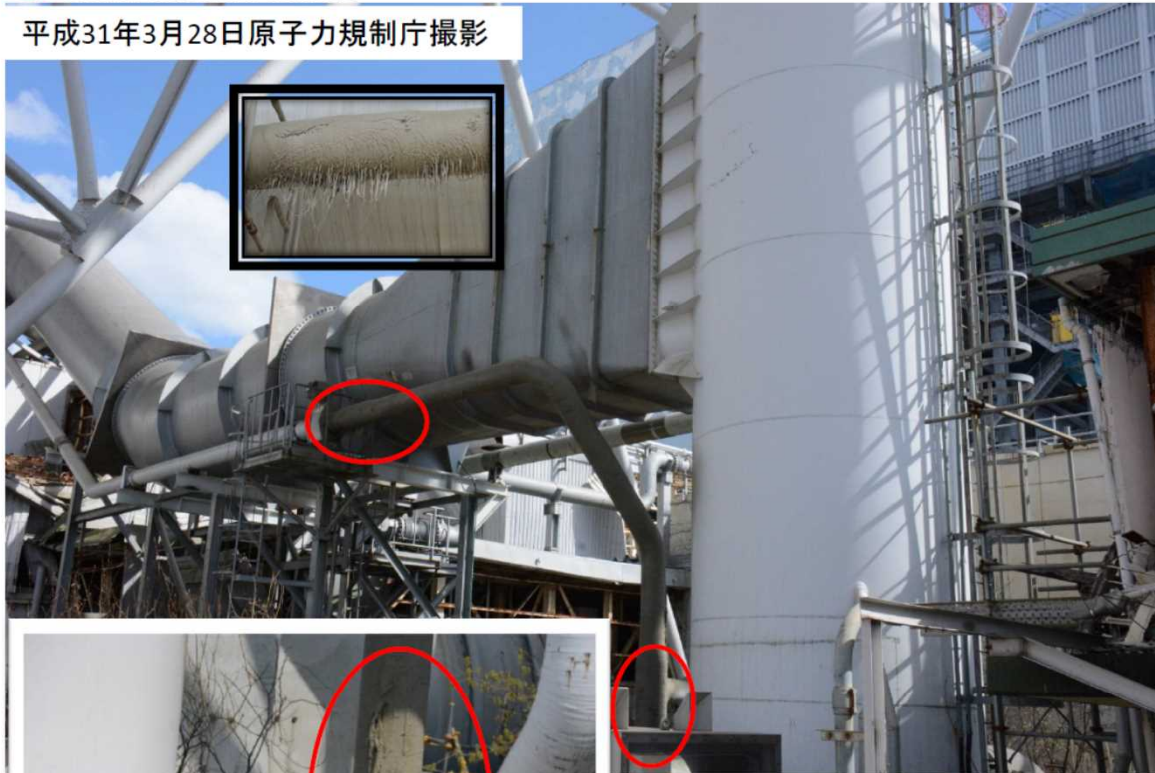
令和元年8月2日原子力規制庁撮影

1. ⑥1/2号機ベント配管系の高温履歴

第10回会合(令和2年2月4日)資料4-1より抜粋



平成31年3月28日原子力規制庁撮影



平成31年3月29日原子力規制庁撮影

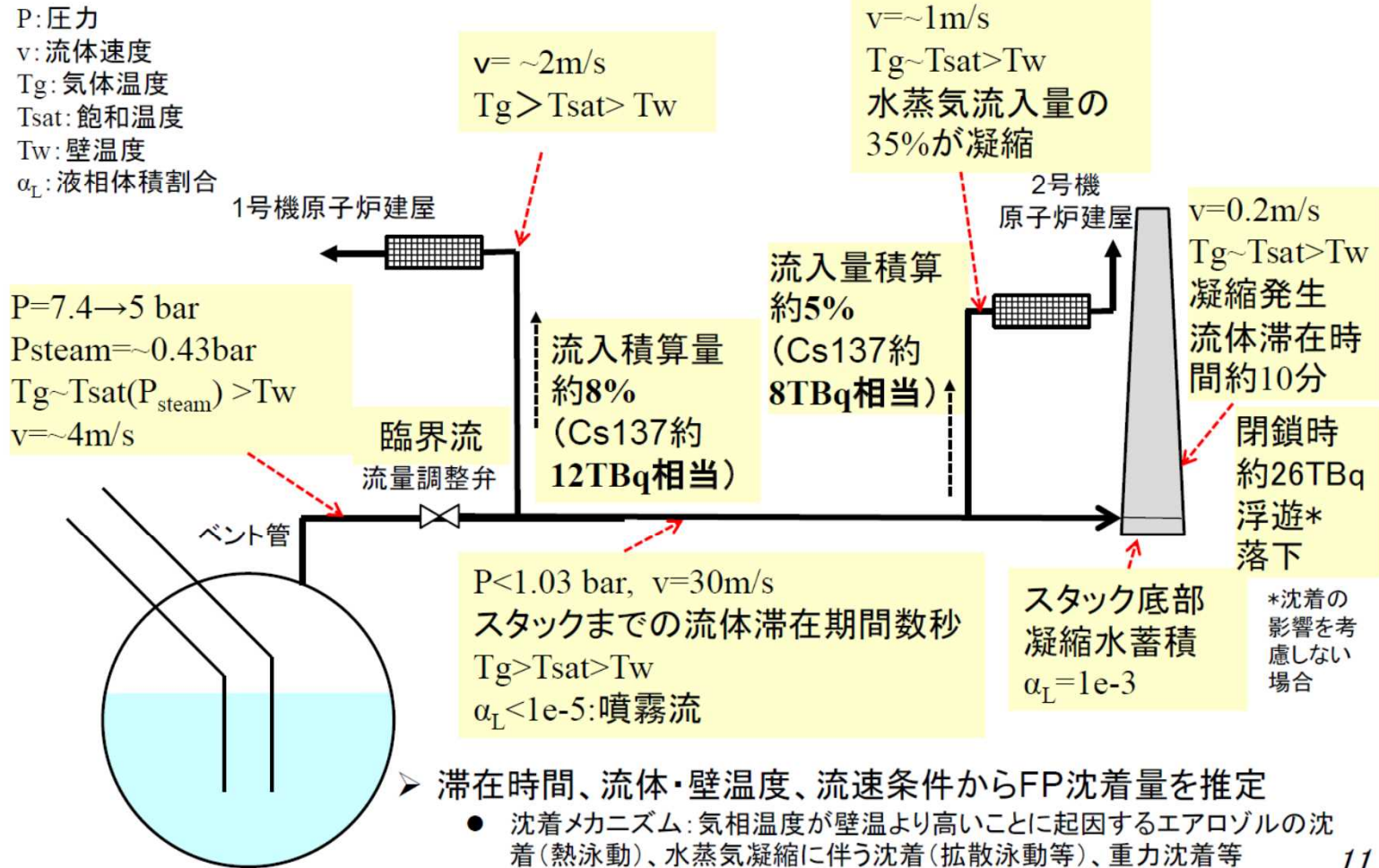
平成25年11月22日東京電力撮影



平成23年8月1日東京電力撮影



感度解析ケース1の結果 (3/3) : 典型的状況





まとめ(1/2)

- ▶ グラビティダンパが設計どおりに機能する場合、測定された汚染分布を説明できない。
- ▶ グラビティダンパが有する逆流防止機能の劣化が流量分配に大きく影響し、この劣化を考慮することにより汚染分布との大まかな整合が可能。

ベント弁閉時点における流量分配

	1号機SGTS (Cs-137積算流入量概略値)	2号機SGTS (Cs-137積算流入量概略値)
基本解析ケース	0.6%(0.9TBq)	0.3%(0.4TBq)
感度解析ケース1	8%(12TBq)	5%(8TBq)
感度解析ケース2	14%(21TBq)	5%(8TBq)

- ▶ ベント弁閉鎖時にスタック雰囲気中には、約26TBq(感度計算ケース1)のCs-137が存在すると推定可能*。ベント弁閉鎖直後よりスタック中のCsはベント配管系統に再流入する可能性。

* SGTS配管壁等への付着を考慮しない場合



まとめ (2/2)

3. 1号機側と2号機側SGTS配管での**非対称な挙動**。**汚染分布と関連する可能性**。
 - ベント作動中、ベント弁からスタックに至る流路(1号機SGTS配管)では、**凝縮**による蓄水はほとんど見られない
 - 2号機側への配管やスタックでは、**凝縮**による蓄積が見られた。

4. 今後、圧力境界条件を変えてベント閉鎖後の挙動を検討するとともに、本解析で得られた速度や温度を用いて、エアロゾルの管壁への付着挙動を評価する。

1. ⑧1号機SGTSフィルタの汚染度調査

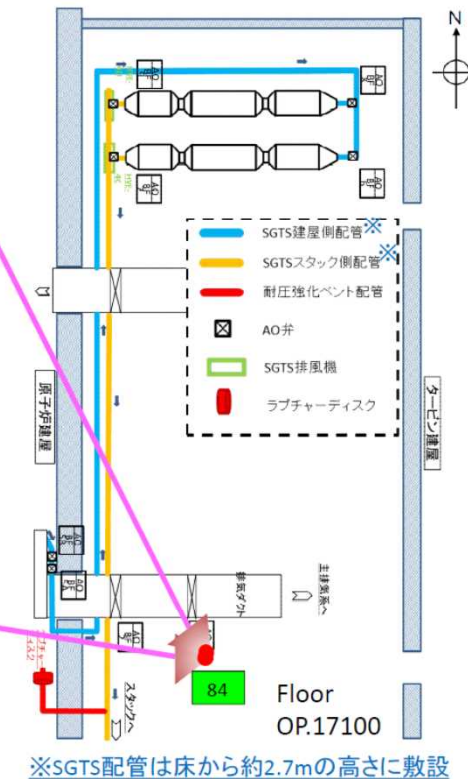
第14回会合(令和2年10月16日)資料3より抜粋



○1号機SGTS室内概要図



写真は、令和2年10月9日
原子力規制庁撮影



原子力規制庁による測定結果(令和2年10月9日)
mSv/h

2. ①1号機～3号機シールドプラグのCs137捕獲(1/3)

第15回会合(令和2年11月12日)資料4より抜粋



まとめ

この汚染密度よりシールドプラグ下層隙間の汚染を概算すると、少なくとも20～40 PBq以上と推定でき、前回オペフロ床面から1500 mm位置での1センチメートル線量当量率から推定して求めた平均汚染密度の $6.6E+10$ Bq/cm²(前回の約70 PBqと推定した平均濃度)と同じオーダーとなる。

よって、現在規制庁において推定している2号機シールドプラグ頂部カバーと中間カバー隙間の汚染は前回とほぼ同様に数十PBq程度の汚染があることを裏付ける結果となっている。

その他の手法を用いた汚染の推定

※11/12の検討会後に単位を修正しました。

シールドプラグ以外の場所の床面測定結果は、0.1数mSv/hとばらつきがあるが、それを1 mSv/h程度であると仮定しており、不確かさの一因となっている。

このような仮定を置くことは、非常に線量率の高い2号機のおペフロにおいては、検出器が見込む測定範囲以外の放射線の影響を受けやすいため、あくまでオーダーの相違において議論する上では有効と考える。

一方、上記のような遠方及び近傍のγ線の影響を無視しうる方法として、飛程が短い床面のβ線源を測定し、そこでのγ線及びβ線の比を用いる手法で、遠方及び近傍のγ線の影響を低減する方法を用いる。現在、その準備を進めているところ。

2. ①1号機～3号機シールドプラグのCs137捕獲(2/3)

第12回会合(令和2年6月25日)資料3より抜粋



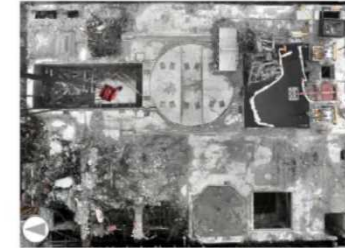
1-3号機 原子炉建屋5階オペレーションフロア環境の相違に応じた測定方法の選択について



2017年3月30日廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議
「1号機オペレーティングフロア調査結果(中間)について」



2018.11.6東京電力ホールディングス株式会社撮影



廃炉当初(撮影日2014年1月31日)

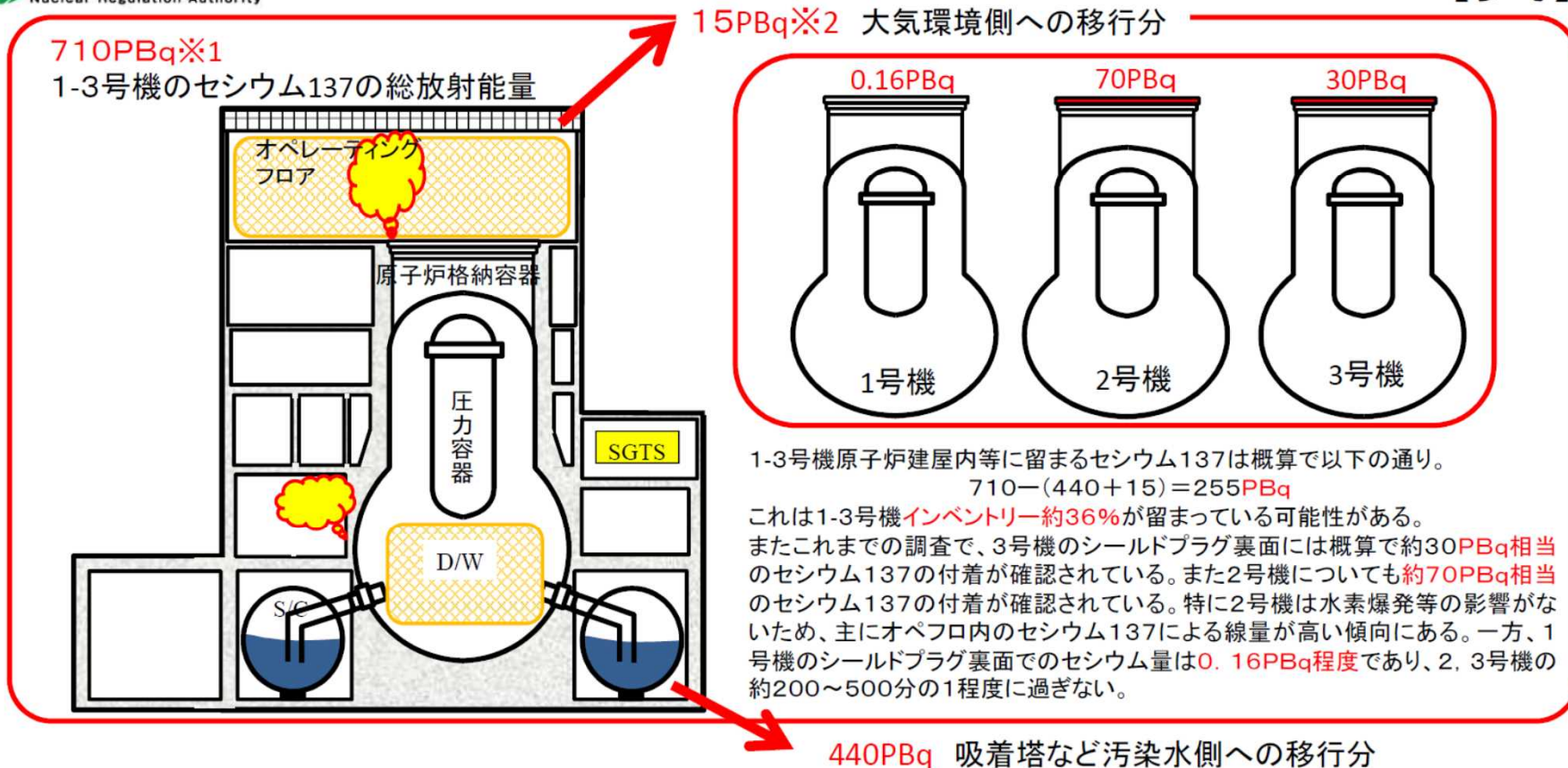
対象号機	1号機	2号機	3号機
シールドプラグの状態	3層とも大きなズレ 1層目に変形あり	外観上の大きな ズレや損傷なし	第1層に破損 中央部に30cm陥没
5階天井、壁、柱などの破損	大規模に破損	ブローアウトパネルの脱落程度	大規模に破損
5階天井、壁、柱の汚染	汚染あり 測定への影響度不明	ほぼ一様に汚染有り 測定に影響は小さい	汚染あり 測定への影響度小
シールドプラグ表面汚染の有無	有り 除染実績なし	有り 除染実績あり 880mSv/h⇒140mSv/h (プラグ中心1.5m高さ)	有り 除染実績あり 表層5mm程度はつり 800mSv/h⇒200mSv/h (プラグ中心5m高さ)
表面汚染レベル(線量のみ)	平均150mSv/h(表面) 平均100mSv/h(1.2m高さ)	平均114mSv/h(1.5m高さ)	平均50mSv/h(0.5m高さ) 平均200mSv/h(5m高さ)
高線量瓦礫の有無	有り 除染なし	有り 片付け進行中	ほぼ無し
選択した測定方法	GM計数管 (東京電力)	・鉛遮へい付きAPD ・ガンマカメラ	鉛コリメータ付き 半導体検出器
測定による汚染レベルの推定値	0.1PBq	70PBq	30PBq

3

2. ①1号機～3号機シールドプラグのCs137捕獲(3/3)

第12回会合(令和2年6月25日)資料3より抜粋

【参考】



※1: 福島第一原子力発電所1～3号機の原子炉停止時の放射性物質(ヨウ素131、セシウム137)の量について(平成23年4月14日原子力安全・保安院)

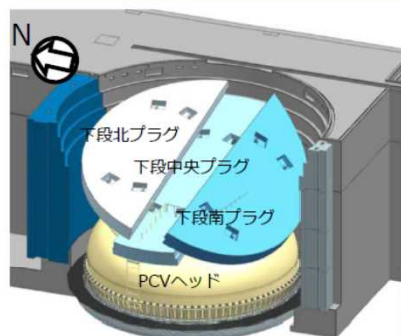
※2: 原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書(平成23年6月)

2. ②-1 トップヘッドフランジ経由の漏出(1/3)

第10回会合(令和2年2月4日)資料6-3より抜粋

TEPCO

3. PCV上蓋の上部の映像



撮影箇所イメージ
(西側からの視点)

- ホース設置時に原子炉キャビティ（ウェル）内の状況について、映像を取得することができた。
- 取得した映像からはPCV上蓋等の著しい損傷は確認されなかった。



PCV上蓋上部状況(合成)：東側からの視点

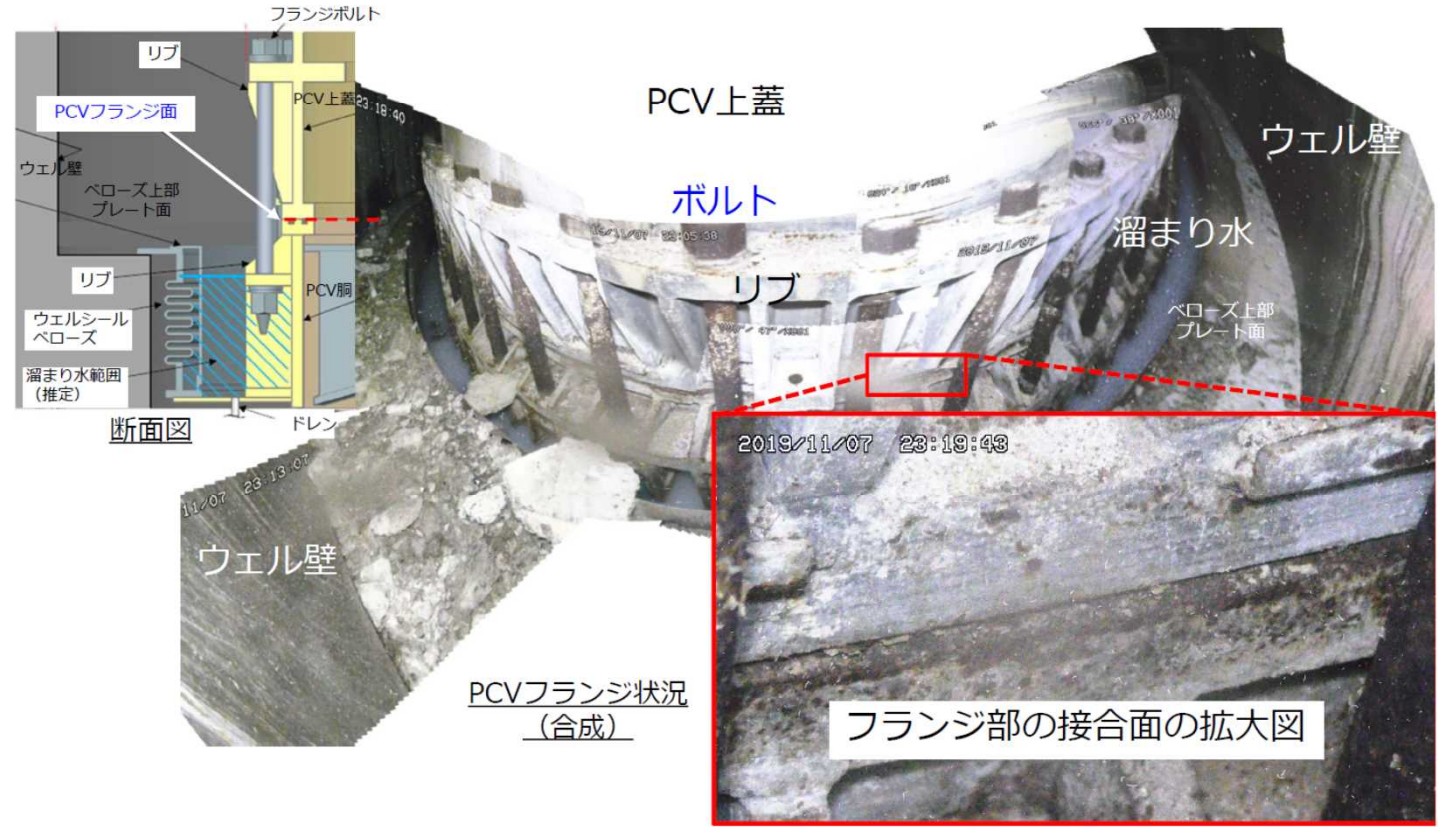
2. ②-1 トップヘッドフランジ経由の漏出(2/3)

第10回会合(令和2年2月4日)資料6-3より抜粋

4. PCV上蓋のフランジ部の映像



- フランジ部についても、塗装の劣化はあるものの、著しい損傷や大きな変形は確認されなかった。
- 映像中のホワイトノイズからは高い汚染が推定されるため、事故時の高いPCV圧力の条件下ではフランジ部からの漏えいがあったものと考えられる。



2. ②-1 トップヘッドフランジ経由の漏出(3/3)

第10回会合(令和2年2月4日)資料6-3より抜粋

(参考) 事故前のPCV蓋のフランジ部の映像

TEPCO



5

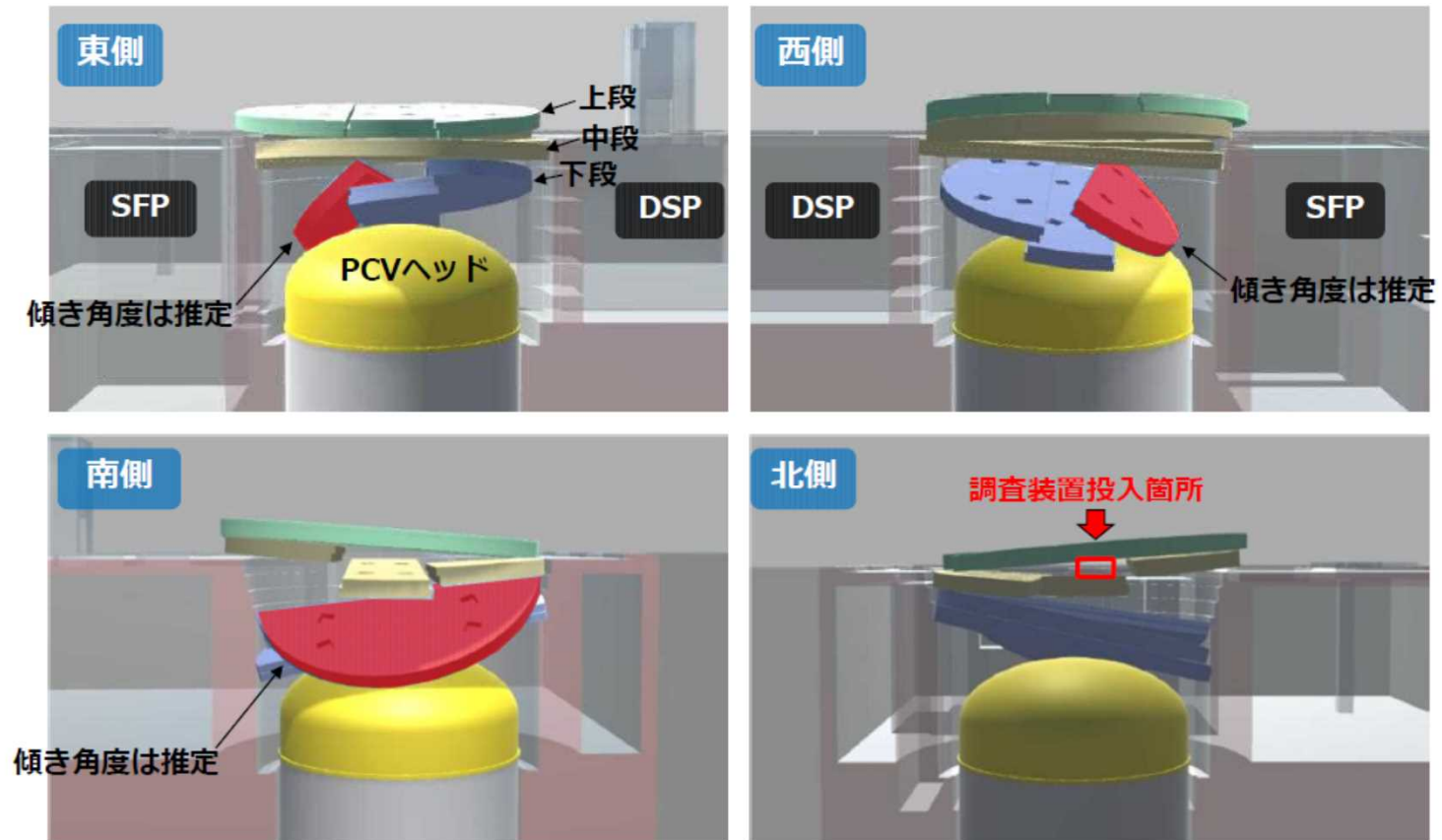
2. ②-2 1号機シールドプラグずれ

第12回会合(令和2年6月25日)資料3-1(参考)より抜粋

2017/3/30 廃炉汚染水対策チーム会合事務局会議資料
「福島第一原子力発電所1号機オペレーティングフロア調査結果(中間)について」抜粋

2. プラグのずれ状況

■ ウェルプラグ状態図 (調査結果を基にイメージ図を作成)



2

2. ②-3 1号機シールドプラグにおけるCs捕獲(1/2)

第12回会合(令和2年6月25日)資料3-1より抜粋



2/3号機のシールドプラグ下部に大量のCsが捕獲されていることについて

- 環境中に放出されたCs137を大幅に軽減した可能性
 - ・外部放出量の1Fとチェルノブイリの比較表 ⇒ 参考③(51ページ)参照
- 大量のCsの存在が判明したことによる、廃炉上の課題

1号機シールドプラグ下部に捕獲されたCsは2/3号機より遥かに少ない

- ベント時の格納容器の相対的汚染程度の推測とは逆の結果
- シールドプラグが変位していることに起因する可能性
- 1号機の落下した屋根トラスの下部に捕獲されている可能性
 - ・IRIDの資料抜粋 ⇒ 参考④(52ページ)参照
- 放出量自体が少なかった可能性

Cs放出の理解に向けて(今回よりも、モニタリングも含めて別途議論したい点)

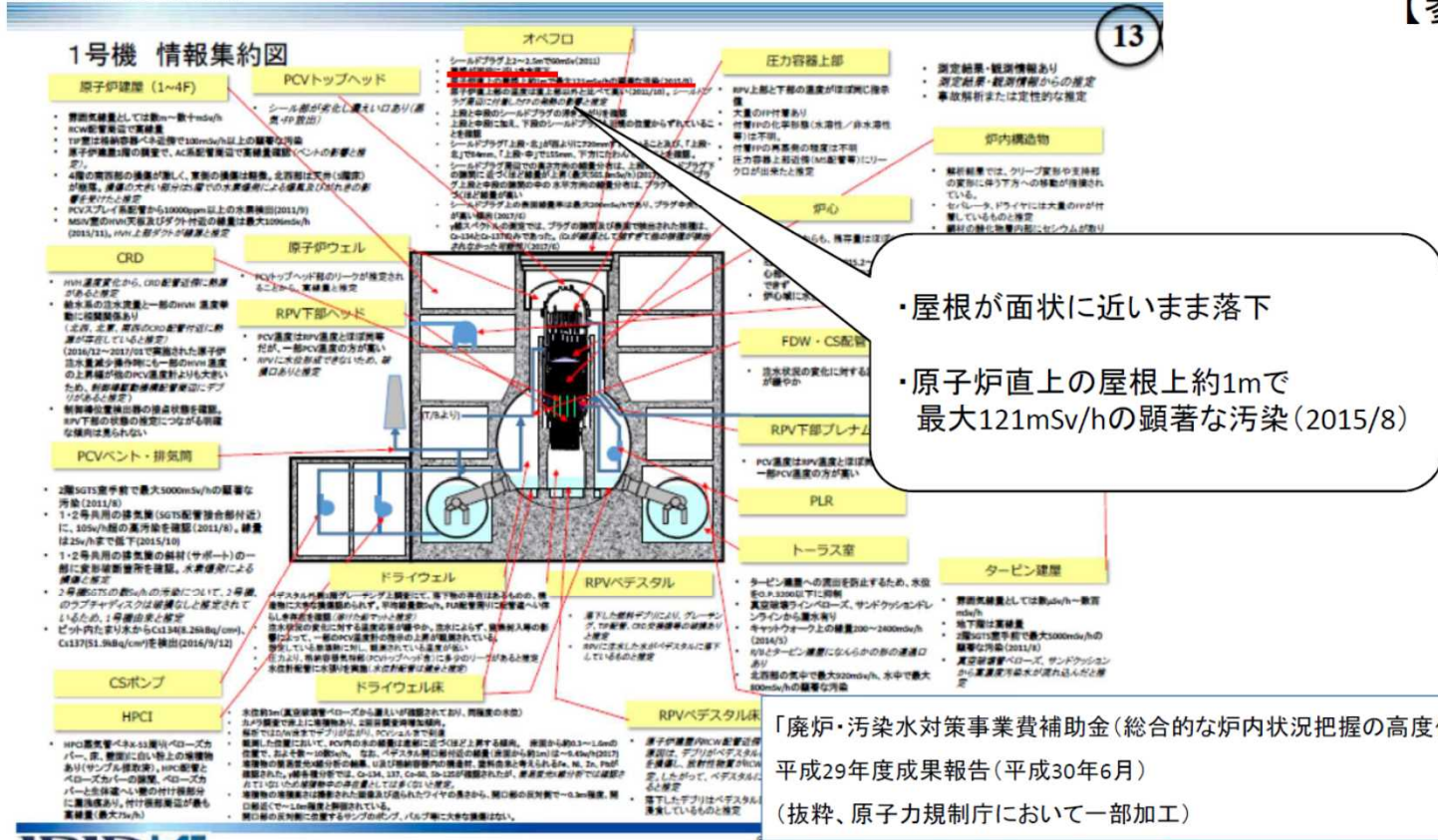
- Csが、炉心損傷後遅れて放出されている可能性
- 1号機の放出量が少ないのなら、その原因

48

2. ②-3 1号機シールドプラグにおけるCs捕獲(2/2)

第12回会合(令和2年6月25日)資料3-1より抜粋

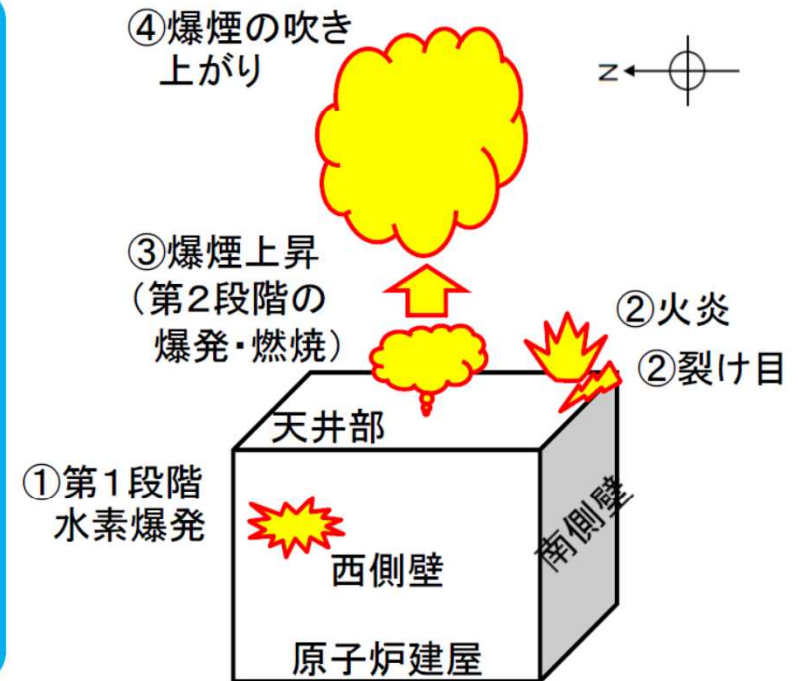
【参考④】



「廃炉・汚染水対策事業費補助金(総合的な炉内状況把握の高度化)」
平成29年度成果報告(平成30年6月)
(抜粋、原子力規制庁において一部加工)

4. 複数段階事象仮説

- ① RB内で北西部に大きな損傷を与える第1段階の水素爆発(RB4階の可能性もある。)
- ② RB南東側天井部に裂け目が生じ、火炎発生
- ③ これとは別に、RB中央天井部から第2段階の爆発・燃焼による爆煙上昇
- ④ 残存水素が燃焼しつつ爆煙を吹き上げる



3. ②3号機水素爆発時の振動記録(地震計記録)(1/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料2-3より抜粋



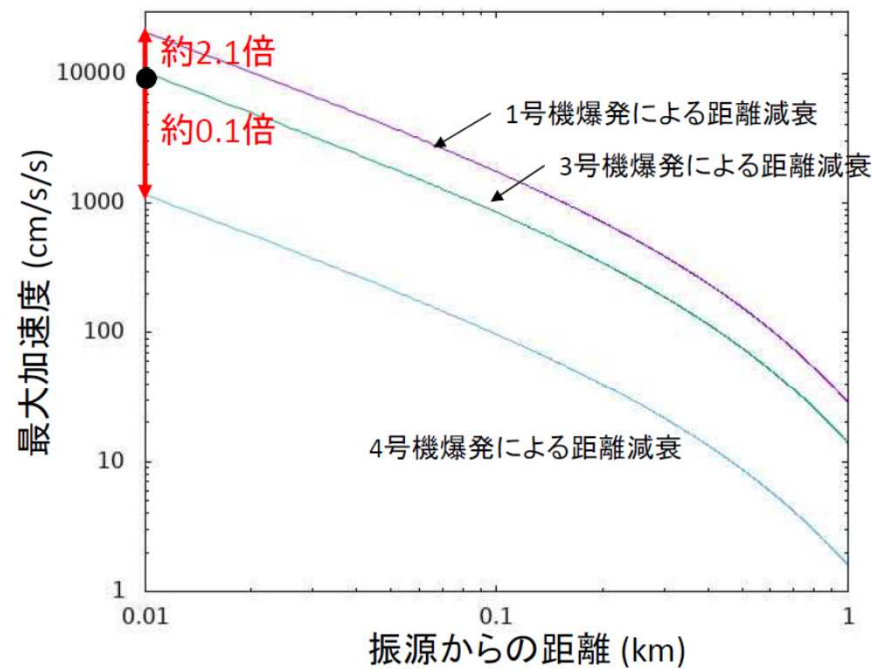
○ 爆発時の振源付近の振幅比の推定

(1号機爆発時の振幅)/(3号機爆発時の振幅)=約2.1倍

(地震動のエネルギーが最大加速度値の2乗に比例すると仮定すれば、エネルギー比で約4.4倍)

(4号機爆発時の振幅)/(3号機爆発時の振幅)=約0.1倍

(同 エネルギー比で約0.01倍)



5

3. ②3号機水素爆発時の振動記録(地震計記録)(2/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料2-3より抜粋



○ まとめ

- S波の到着時刻から1秒間の区間における、最大加速度振幅をS波の最大振幅として見積もり、距離減衰特性式による回帰を行った。
- 回帰曲線から振源における振幅を推定し、1号機、3号機及び4号機爆発時の振幅比を推定した。
- 1号機爆発時の振源の振幅は3号機の2.1倍(エネルギー比で4.4倍)程度※、4号機爆発時の振源の振幅は3号機の0.1倍(エネルギー比で0.01倍)程度※であった。

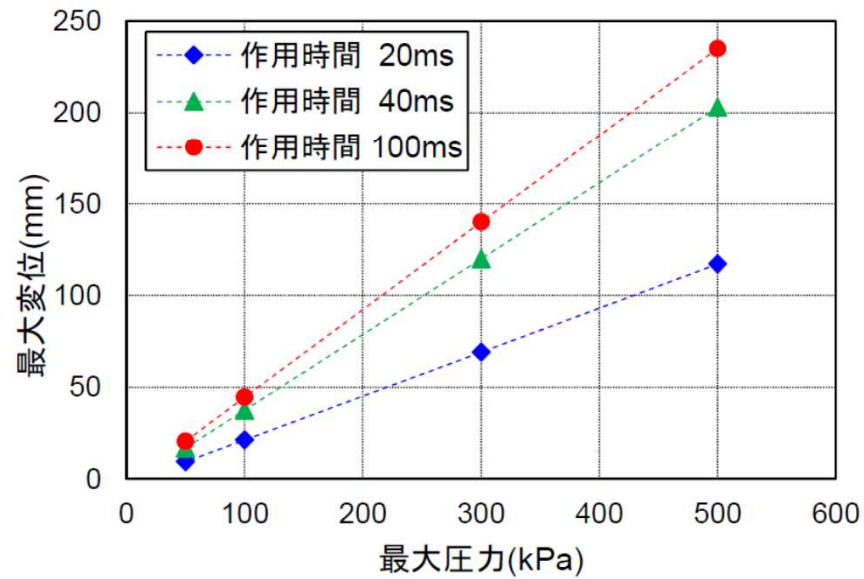
※本検討で推定したのは、各号機の爆発に伴い放出されたエネルギーのうち、地盤に伝播した振動のエネルギー比である。

3. ③3号機原子炉建屋3階天井部の大梁の破損(1/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料2-2より抜粋

6

解析結果 (床版に作用した爆風も考慮)



大梁Bの損傷 (No.7811)

○ 50~500kPaの爆風圧に対して、はりは9~235mm変位

39

3. ③3号機原子炉建屋3階天井部の大梁の破損(2/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料2-2より抜粋

7

まとめ

- 大梁の写真：曲げにより目視で明らかに認め得るほどの下方向の変位が発生
- 試算の結果：50～500kPa、作用時間20～100msの爆風圧に対して、はりの最大変位は2～235mm
- 水素爆発の映像：1/60秒（約17ms）の画像にして数コマ程度の現象

以上より、50～500kPa程度の爆風が数十ms程度作用していたと考えてよいのではないか。

40

35

3. ④3号機水素爆発 噴煙(1/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料2-1より抜粋



○複数段階事象仮説※の整理

映像処理前 (30コマ/秒)	映像処理後 (60コマ/秒)
①原子炉建屋内で、北西部に大きな損傷を与える第1段階の水素爆発(RB4階の可能性もある)	①建屋を北西方向に変形させる力を与えた水素爆発現象がまず生じた。(以下「前駆爆発」と呼ぶ。)これにより、RB北西部の膨張破損開始。RB東南角5階下部付近にも破損発生。
②原子炉建屋南東側天井部に裂け目が生じ、火災発生	②次いで、RB屋根南東部から可燃物質(炭化水素ではないか?)を含む水素が噴出し黄橙色の火炎が発生するとともに、RB南壁5階部分の破損・崩落開始。同時にRB南東方向に噴出様のものが見られるが詳細は不明。
③これとは別に、原子炉建屋中央天井部から第2段階の爆発・燃焼による爆煙上昇	③最初の前駆爆発から2~3/60s程度して、建屋変形などによって弱体化していたRB屋根中央部は上方へと膨れ上がり始めた。どの時点で、RB5階西側側壁部分が水平方向に吹き飛んだかは不明。
④残存水素が燃焼しつつ爆煙を吹き上げる	④この上方への噴煙は第2段階の上昇に移行し、1秒後にはスタック頂部より少し高い位置に到達。この途中で、南東角の火炎は上昇する噴煙の中に吸い込まれる。なお、この上昇する噴煙付近にも小規模の火炎が見られる。この現象は、残存水素等の燃焼によるものと思われる。

⑤以上の結果、3号機の「水素爆発」は、前駆爆発=4階部分の損壊、建屋上部の火災発生・継続、RB屋根部の上方への膨張、残存水素の燃焼による噴煙上昇が、この順番で発生した、一連の、しかし、一つではない現象であったと考えられる。

なお、火炎の色は黄橙色であり、RB内部にあった気体は、主成分である水素に炭化水素が混ざったものだったのではないかと推測される。ただし、現時点では、比率までは分からない。

※複数段階事象仮説：東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第13回会合資料2参照。

3. ④3号機水素爆発 噴煙(2/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料2-1より抜粋

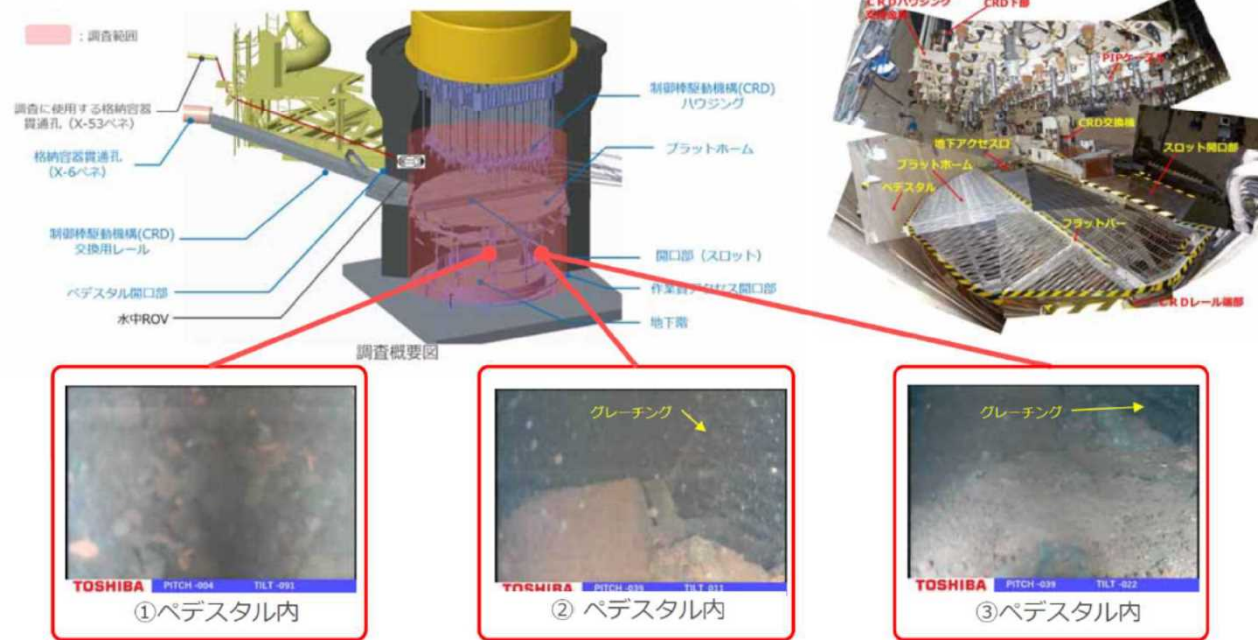


○ 3号機原子炉格納容器内の状況

1. 3号機 PCV内部調査進捗 (22日調査速報) (1/2)

< 参考資料 >
2017年7月22日
東京電力ホールディングス株式会社

■ 本日の調査状況は以下の通り



3号機 PCV内部調査進捗 (22日調査速報) (2017年7月22日東京電力ホールディングス株式会社)より抜粋

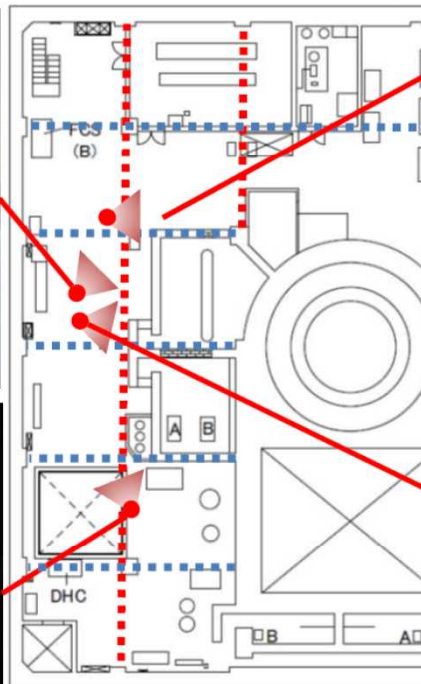
IRID TEPCO 1

3. ⑤3号機原子炉建屋3階天井部の小梁の破損

第15回会合(令和2年11月12日)資料2-2より抜粋



○3号機原子炉建屋3階



..... 大梁
- - - - 小梁

3階



東京電力福島第一原子力発電所における
事故の分析に係る検討会 第14回会合
資料3

写真は、令和2年9月18日
原子力規制庁撮影

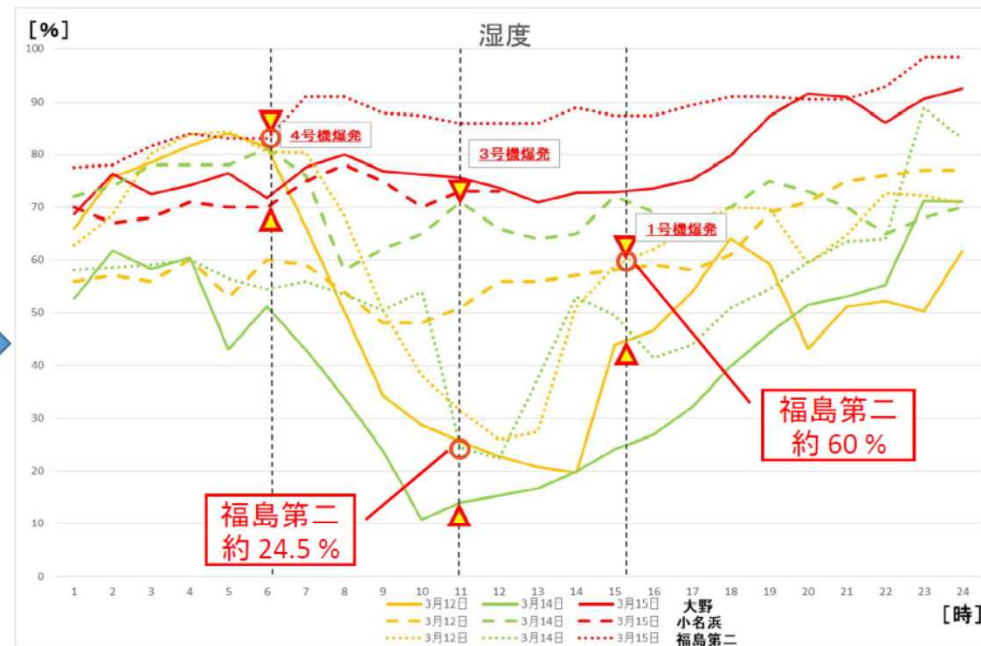
図面は、東京電力資料及び政府事故調報告書より抜粋一部加工

3. ⑥水素爆発時の気象条件

第15回会合(令和2年11月12日)資料6-1より抜粋



○1, 3, 4号機 原子炉建屋の爆発時の湿度について



福島第一の敷地に近く、海岸沿いにある福島第二の気象データ(気象観測装置の湿度データ)を比較。

1号機爆発時(3月12日15時36分頃)は、福島第二で約60%の湿度

3号機爆発時(3月14日11時01分頃)は、福島第二で約24.5%の湿度

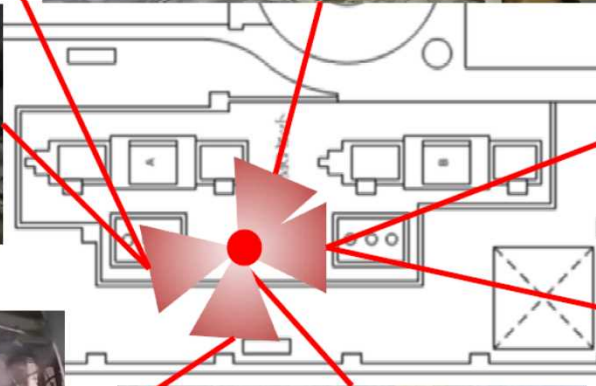
3. ⑦水素爆発時の損傷(圧力上昇による損傷)(1/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料2-2より抜粋

3号機原子炉建屋



○4階西側の損傷状況



●:カメラ位置 ◀:視野の方向

令和2年9月18日原子力規制庁撮影
 ※360度カメラの映像から抽出しているため、画像が湾曲している。
 ※360度カメラの外側に汚染防止のための透明カバーを付けているため、光が屈折している場合がある。

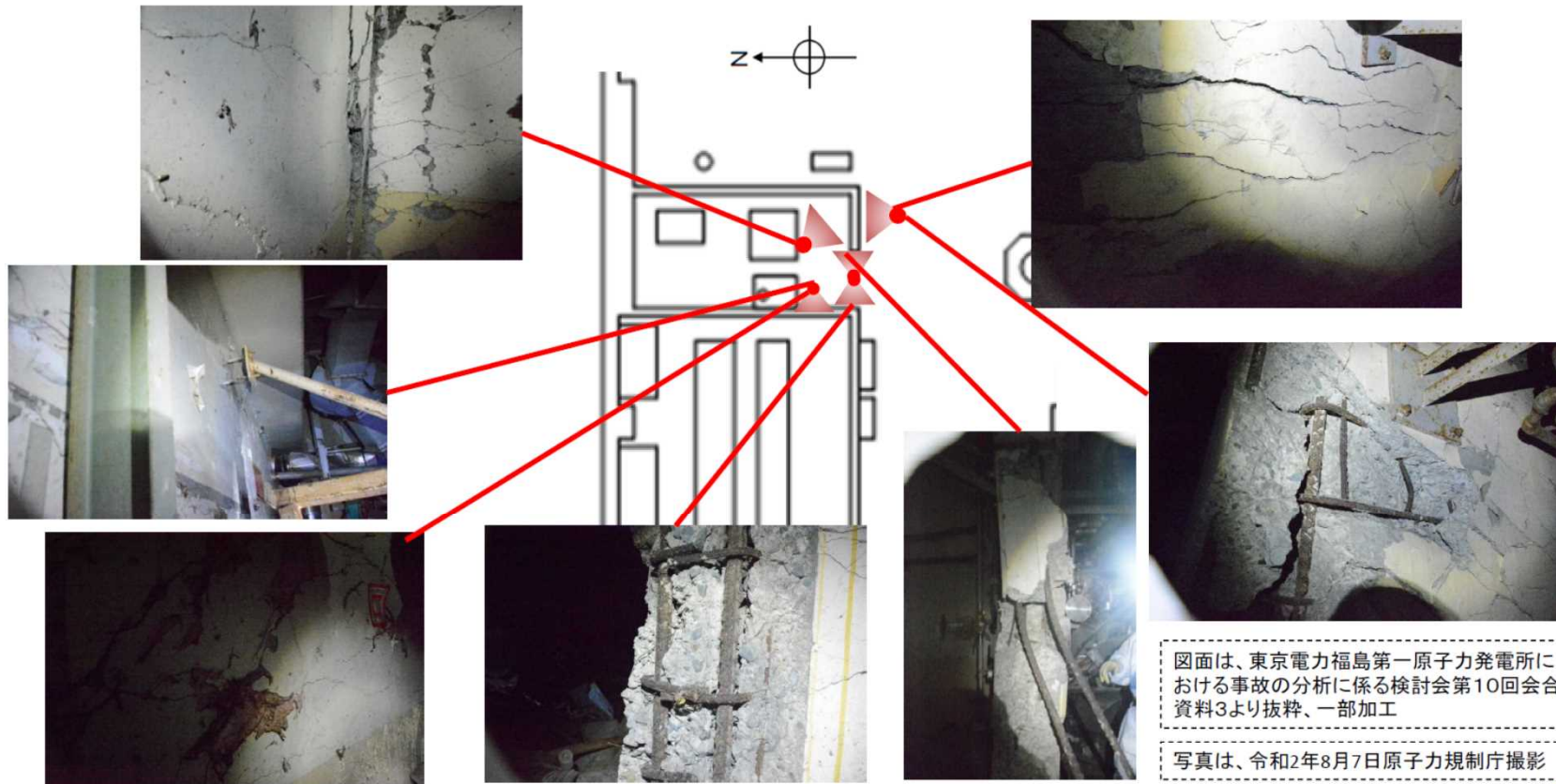
3. ⑦水素爆発時の損傷(圧力上昇による損傷)(2/2)

4号機原子炉建屋

第13回会合(令和2年9月3日)資料3より抜粋



4号機原子炉建屋3階の状況(北側CRDリペア室)



24

4. ①主蒸気逃し安全弁の逃し弁機能 中間開状態(1/2)

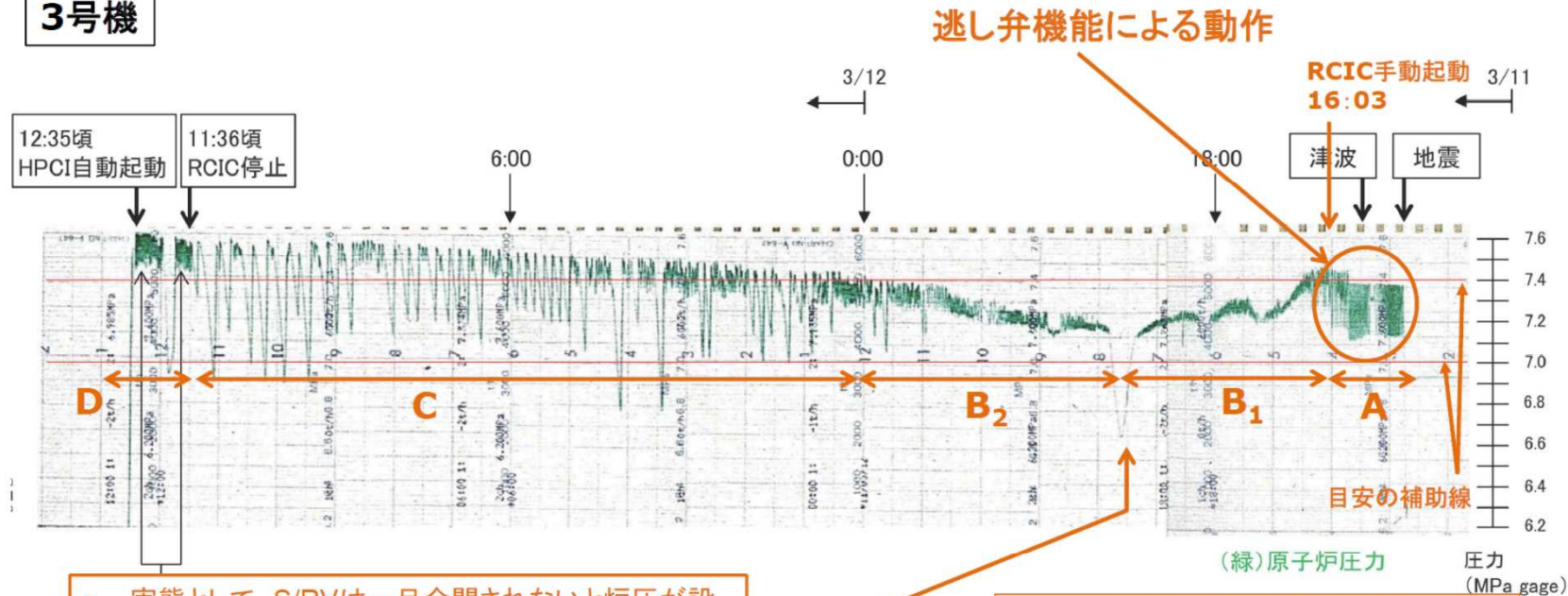
第14回会合(令和2年10月16日)資料2-3より抜粋



再掲

3号機RPV圧力

3号機



- 実態として、S/RVは一旦全開されないと炉圧が設定圧を下回っても開信号が解除されない(あるいは閉信号が出ない)と考えられる
- そのため、窒素供給を喪失した弁を閉止できていないと考えられる
- 2号機においても類似の挙動が見られることから、窒素供給切れになったS/RVに共通する挙動と考えられる

A、B₁、B₂、C及びDは便宜上の時間区分

表1 SRVの逃がし弁機能と安全弁機能の作動圧 単位: MPa[gage]

	A	B	C	D	E	F	G	H
逃がし弁機能	7.51	7.58	7.44	7.58	7.51	7.58	7.51	7.58
安全弁機能	7.71	7.78	7.64	7.71	7.64	7.78	7.71	7.78
ADS機能の有無	有	有	有	-	有	-	有	有

東電、未説明問題報告書(第5回)より抜粋

政府事故調報告書より抜粋して加筆(オレンジ色)

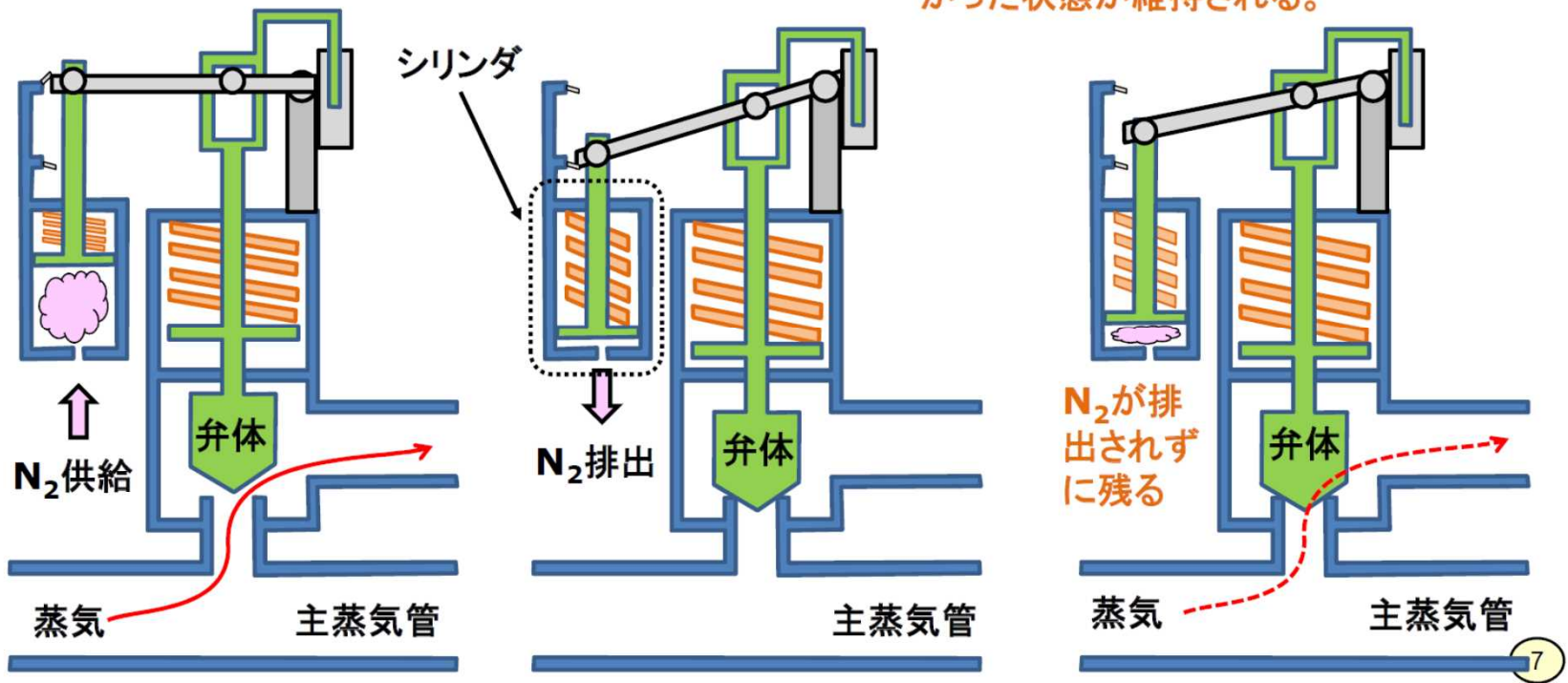


B-1の区間で生じるS/RVの中間開状態

開
窒素ガスがシリンダに供給され、弁体が持ち上げられる

閉
シリンダから窒素ガスが排出され、弁体がバネで押し付けられる

中間開
窒素ガスがシリンダに不十分に供給され、弁体を上方へ押し上げる力がかかる。その後、シリンダから窒素ガスが排出されないと、弁体を上方へ押し上げる力がかった状態が維持される。



7

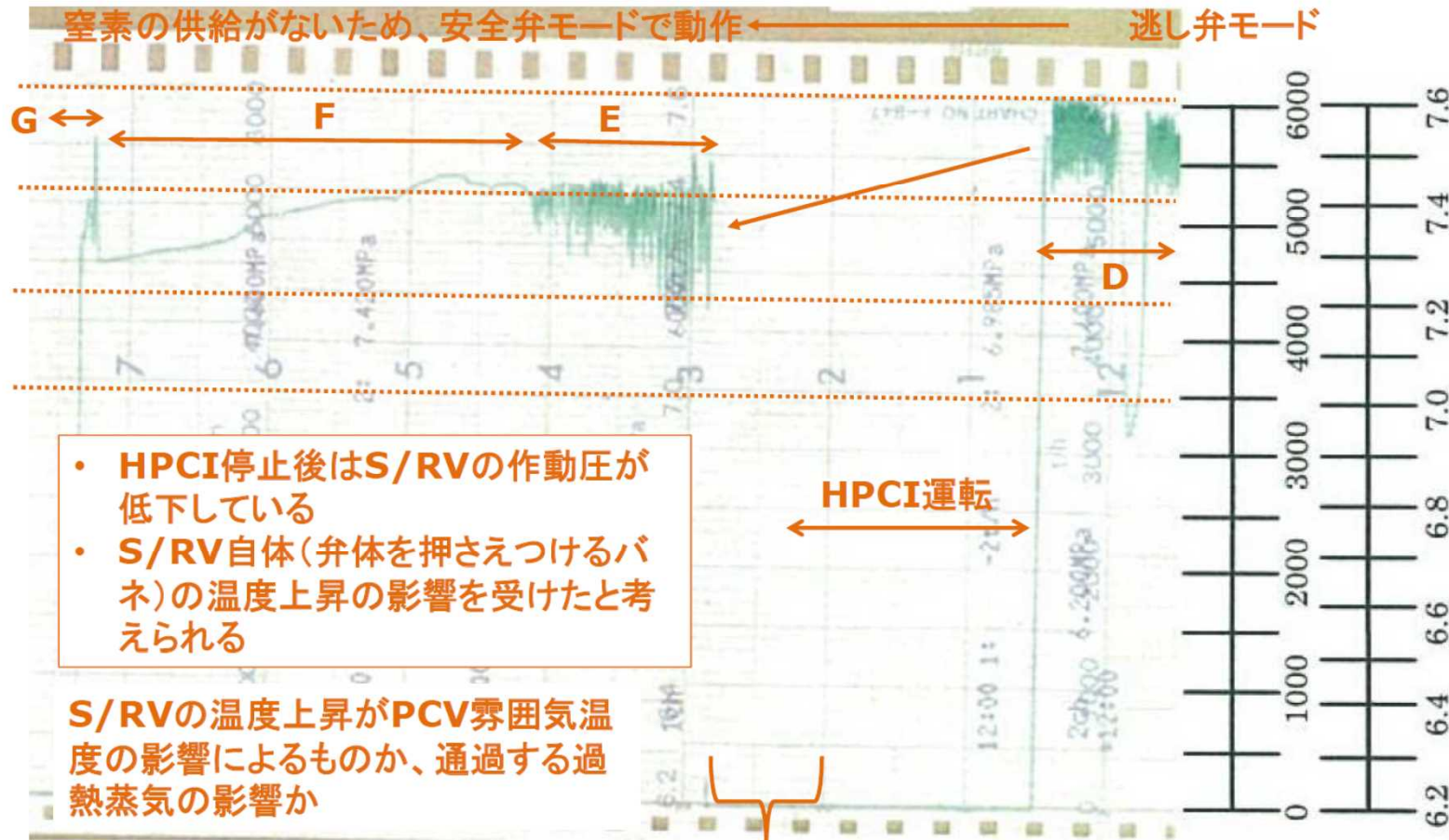
4. ②主蒸気逃し安全弁の安全弁機能 作動圧力の低下(1/3)

第14回会合(令和2年10月16日)資料2-3より抜粋



3号機

HPCI運転前後でのRPV圧力



D、E、F及びGは便宜上の時間区分

12

2. HPCI停止後のS/RVの挙動について

- 炉心損傷後は、過熱蒸気によってS/RV自体の温度が上昇したと考えられる
 - 主蒸気管を通過する蒸気温度の上昇によってS/RV自体(ばね部)の温度が上昇
 - S/RVの温度は格納容器の雰囲気温度よりも高温になると考えられる
- S/RV自体の温度が上昇した場合の影響
 - ばねによる弁体の押し下げ力の低下
 - 設定圧よりも低い炉圧での安全弁としての動作

4. ②主蒸気逃し安全弁の安全弁機能 作動圧力の低下(3/3)

第14回会合(令和2年10月16日)資料2-3より抜粋

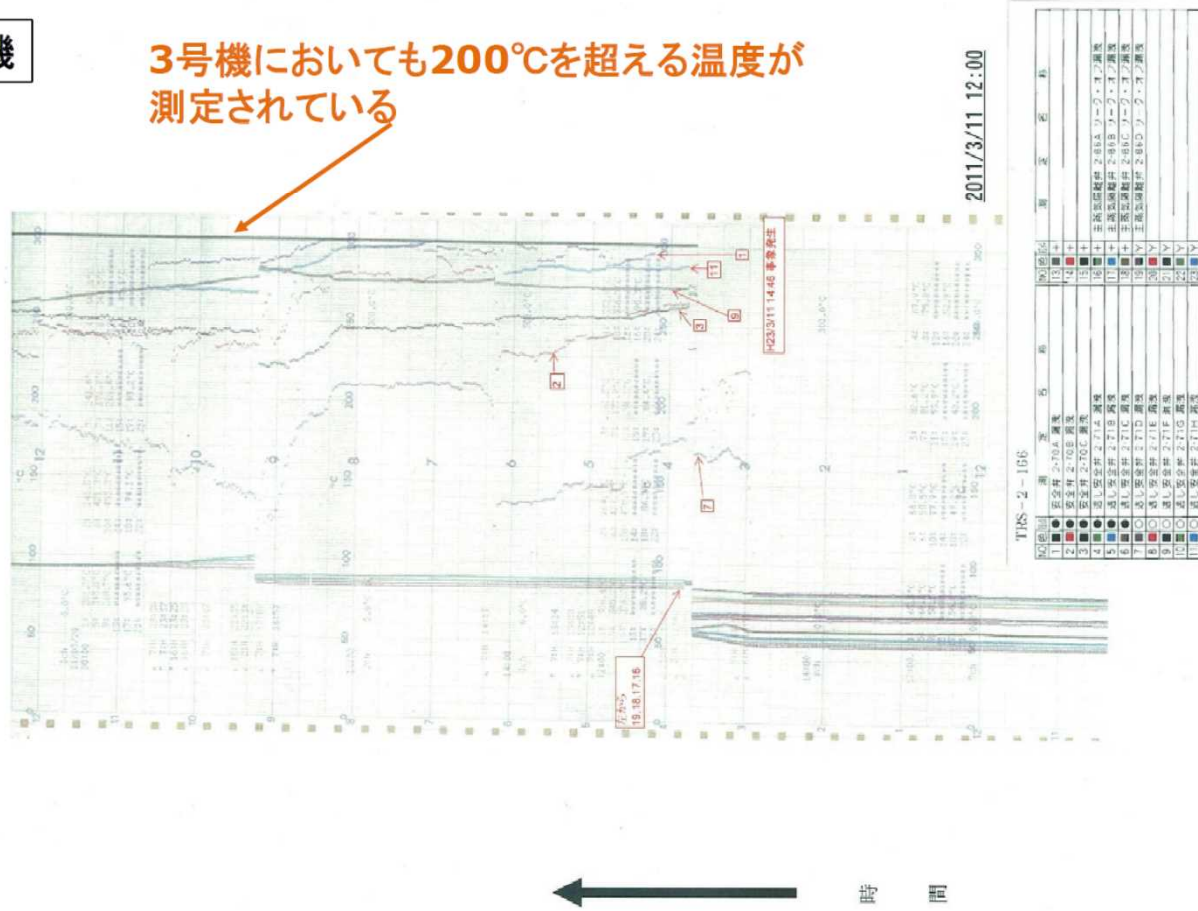


参考

S/RVの温度

3号機

3号機においても200°Cを超える温度が測定されている



3号機 安全弁・逃し弁・漏洩温度 (2/2)

4. ③自動減圧系の作動による3号機ベント成功(1/2)

第12回会合(令和2年6月25日)資料4-1より抜粋



ADS作動ロジック

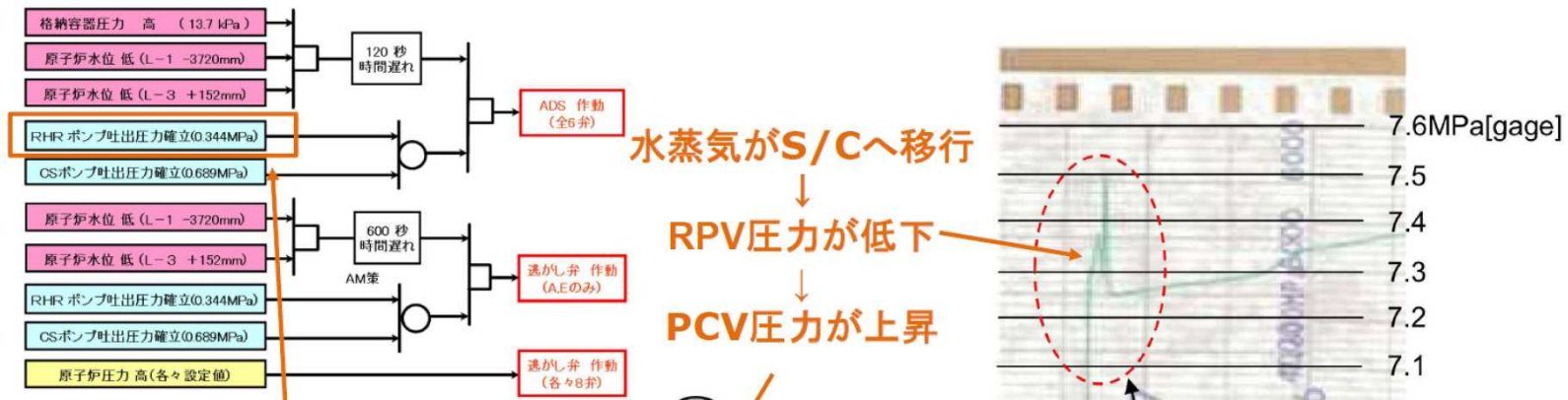


図6 SIVの作動ロジック

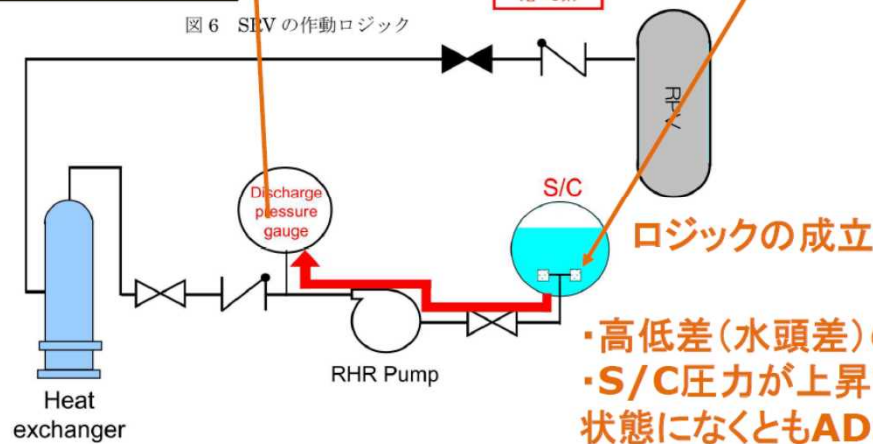


図9 RHRの系統構成

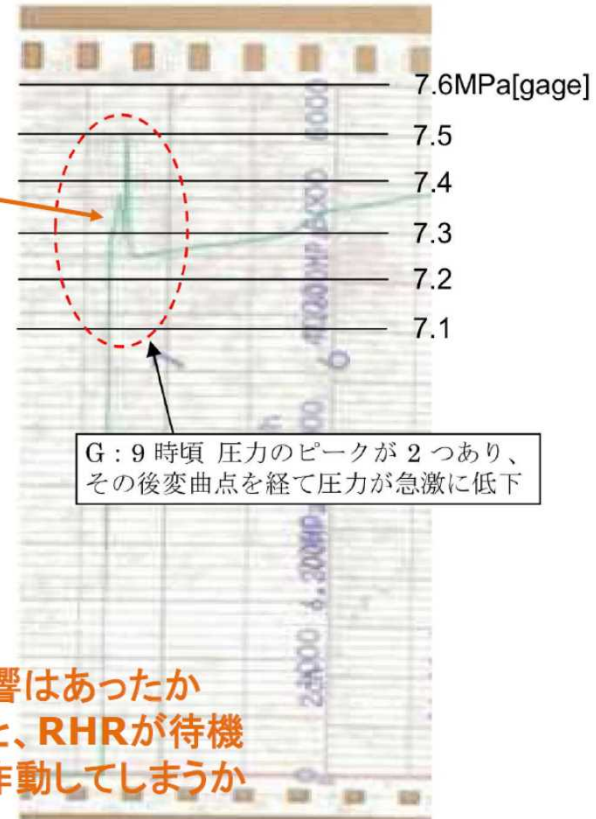


図7 原子炉圧力チャート(狭帯域)

東京電力、第5回未説明問題報告書より抜粋して加筆(オレンジ色)

9

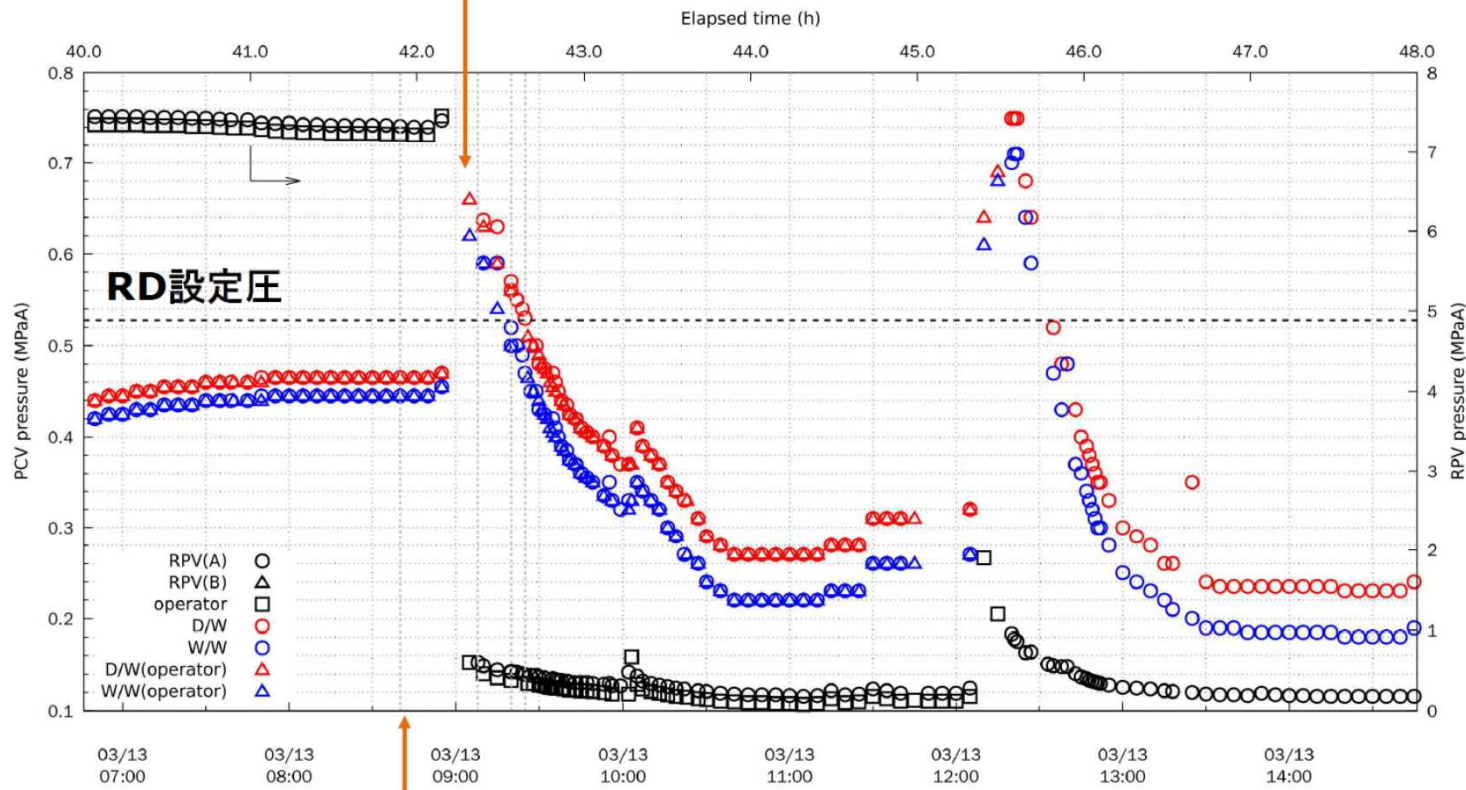
4. ③自動減圧系の作動による3号機ベント成功(2/2)

第12回会合(令和2年6月25日)資料4-1より抜粋



ADS作動によるRD破損

ラプチャーディスクの破損により格納容器の減圧開始



8:41
ベントライン構成完了

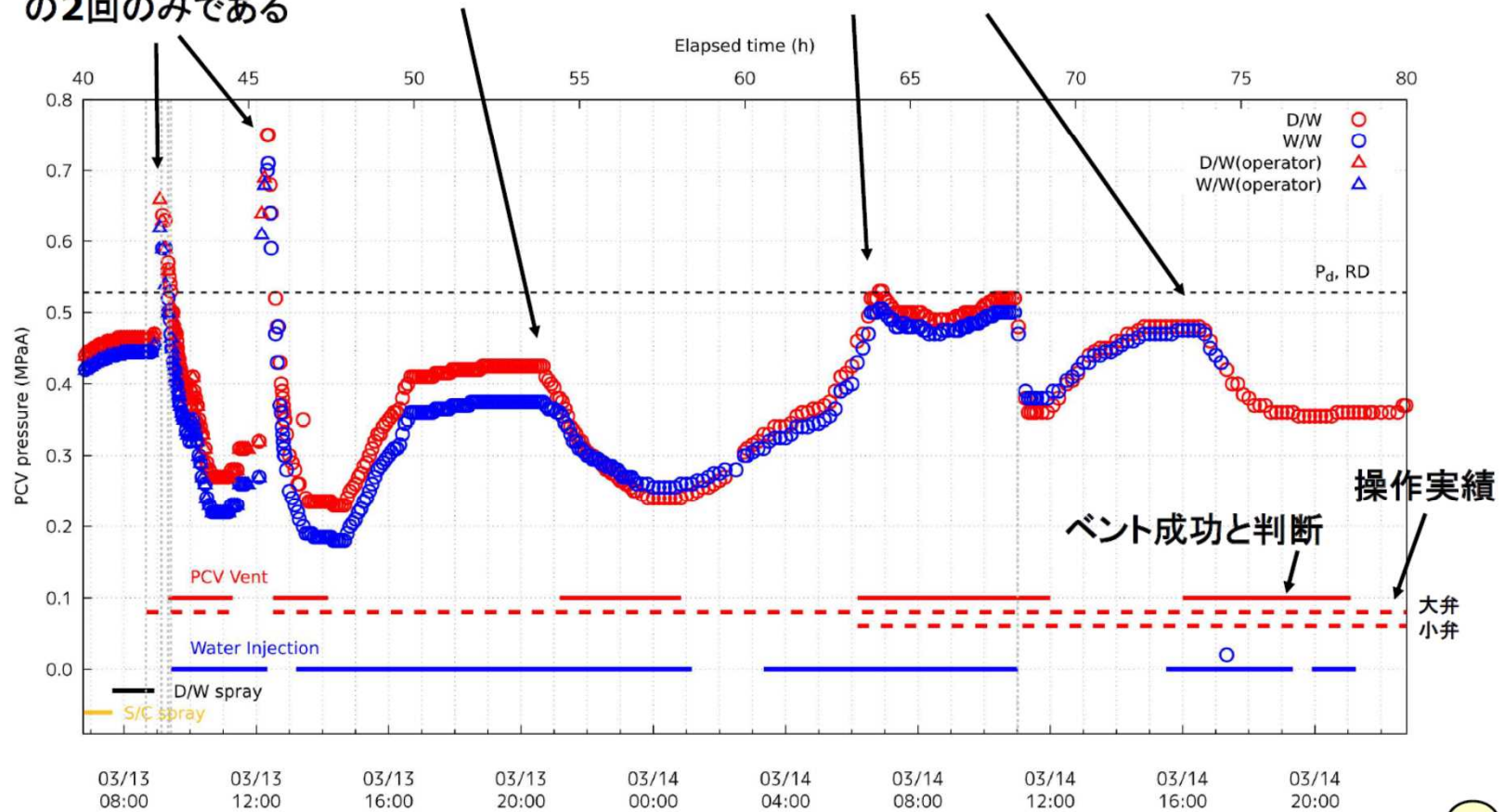
4. ④3号機のベント実施回数2回

第15回会合(令和2年11月12日)資料3より抜粋



3号機のPCV圧力

事故後は、PCVベントによってPCV圧力が低下したと判断されていたが、成功したのは最初の2回のみである



※3月13日 11:17 AO弁開確認

1

4. ⑤4号機への水素供給

第11回会合(令和2年3月27日)資料5より抜粋



1, 3, 4号機 原子炉建屋の爆発について

【参考】

	1号機	3号機	4号機
3/12	<p>14:30頃 ベント① 14:50 D/W圧力 750kPa[abs]→580kPa[abs] 15:36 原子炉建屋で爆発</p>		
3/13	<p>1号機R/Bの爆発 ○水平(南北)方向に広がるように白色の爆発煙が上がる。 (政府事故調)</p>	<p>9:20頃 ベント① 9:24 D/W圧力 637kPa[abs]→540kPa[abs] 12:30頃 ベント② 13:00 D/W圧力 480kPa[abs]→300kPa[abs]</p>	
3/14		<p>11:01 原子炉建屋で爆発</p>	
3/15		<p>3号機R/Bの爆発 ○白煙を上げて水平方向に広がる爆発煙と、黒煙を上げて垂直方向に広がる爆発煙が認められた。 (政府事故調) ○オレンジ色の閃光を放った次の瞬間、3号機R/Bが爆発した(国会事故調) 爆発後、最上階から水蒸気の白煙が激しく立ち上がるのが観察された(国会事故調)</p>	<p>6:12 原子炉建屋で爆発 9:38 3階北西付近で火災発生</p>
3/16			<p>5:45 3階北西付近で火災発生</p>

4. ⑥主蒸気逃し安全弁の逃し弁機能 中間開状態の継続

第14回会合(令和2年10月16日)資料2-3より抜粋



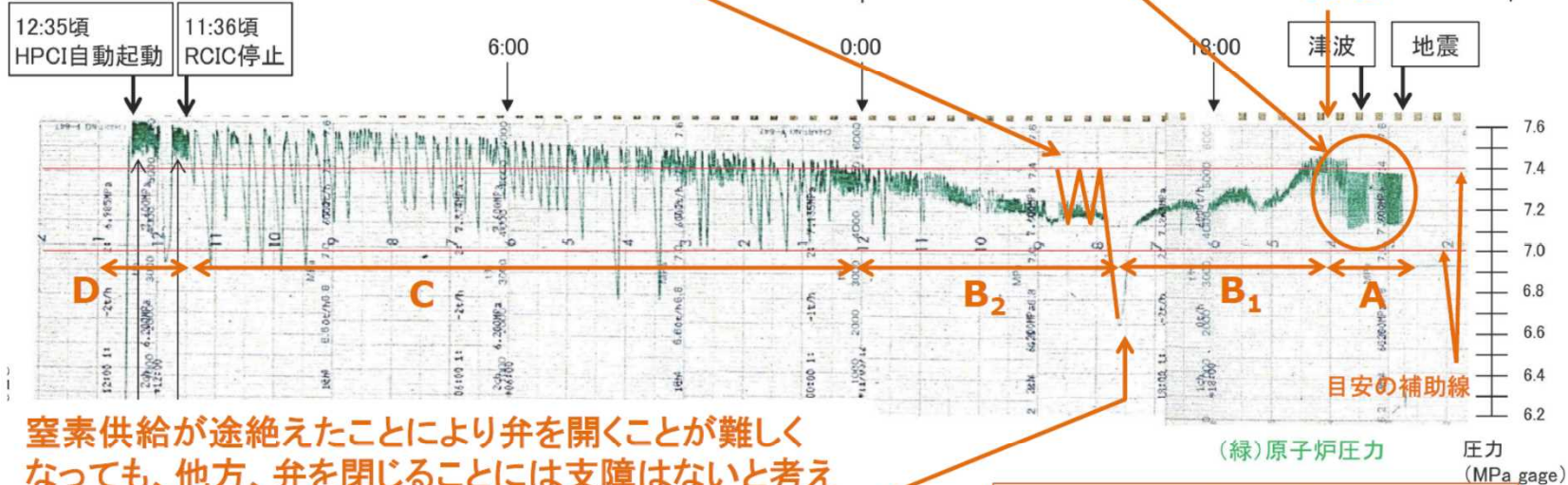
3号機RPV圧力

3号機

閉信号が出されれば、炉圧はS/RV開の設定圧まで上昇するのではないか

逃し弁機能による動作

RCIC手動起動
16:03



窒素供給が途絶えたことにより弁を開くことが難しくなっても、他方、弁を閉じることは支障はないと考えられる

3月11日19:頃に原子炉圧力は大きく低下している
 ・この時点で明らかにS/RVの閉止圧より炉圧が低下していることから、閉止信号が出ているはず。
 ・B2の期間では、炉圧はS/RVの開圧力まで上昇せずに振幅を繰り返している。

A、B₁、B₂、C及びDは便宜上の時間区分

表1 SRVの逃がし弁機能と安全弁機能の作動圧 単位: MPa[gage]

	A	B	C	D	E	F	G	H
逃がし弁機能	7.51	7.58	7.44	7.58	7.51	7.58	7.51	7.58
安全弁機能	7.71	7.78	7.64	7.71	7.64	7.78	7.71	7.78
ADS機能の有無	有	有	有	—	有	—	有	有

東電、未解明問題報告書(第5回)より抜粋

政府事故調報告書より抜粋して加筆(オレンジ色)

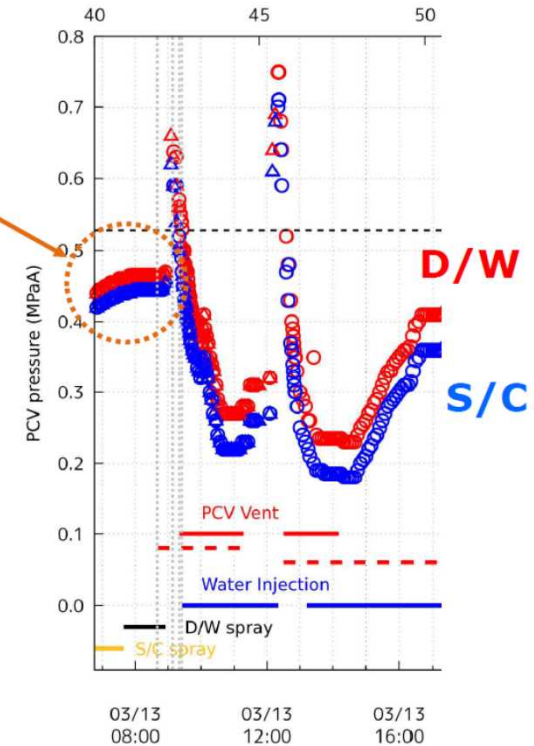
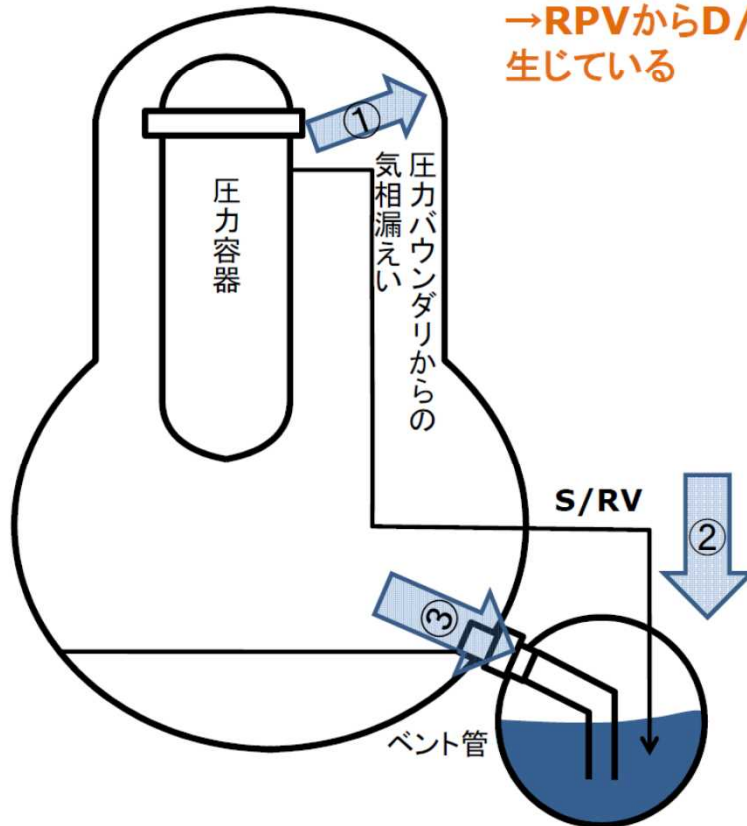
本資料では、著者による推定、コメント等はオレンジ色で記載した

3

5. ①-1 3号機ベント実施以前の原子炉圧力容器からドライウェルへの漏えい(1/3)

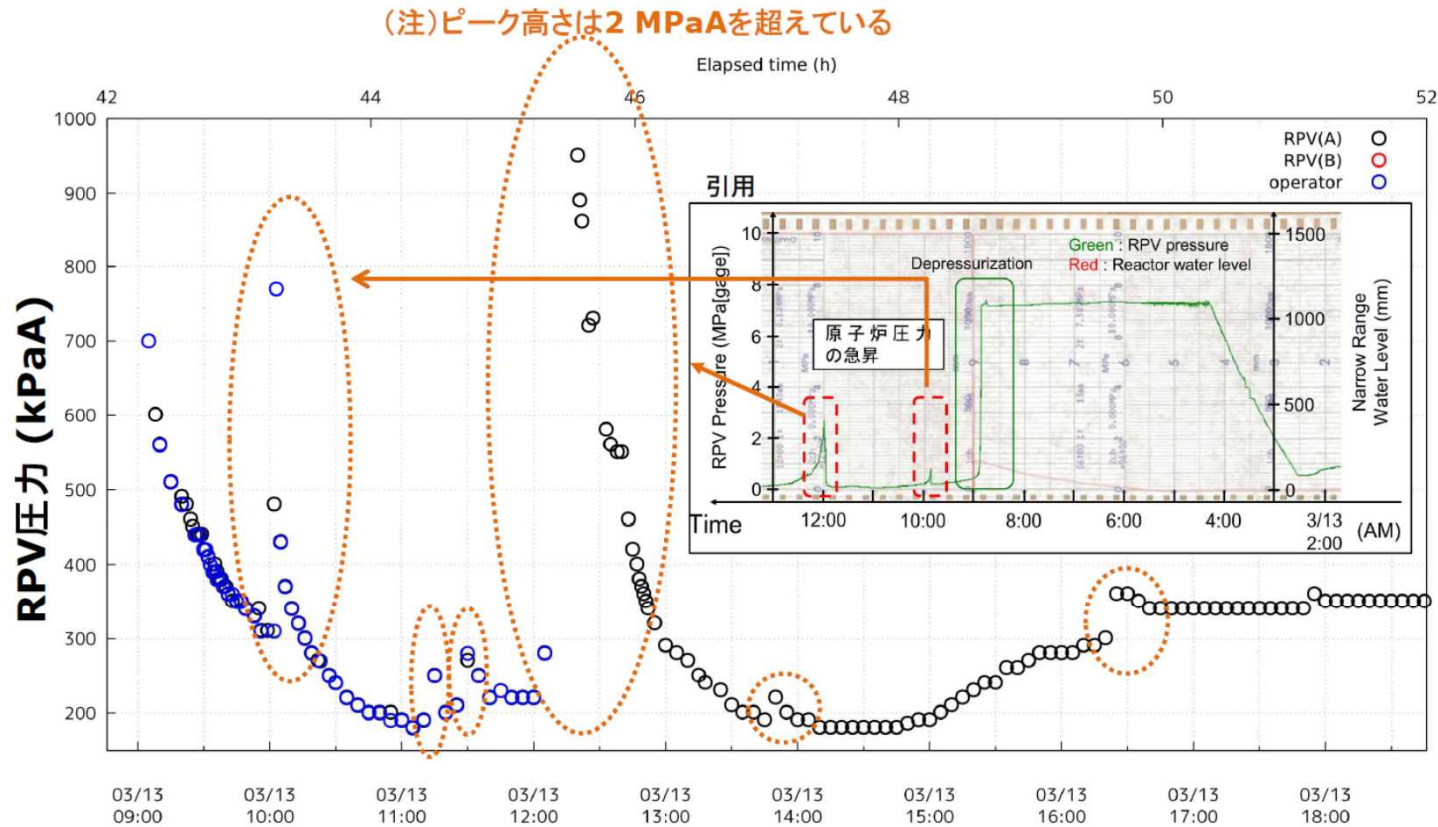
ベント前の崩壊熱、FP等の輸送

ベント実施前からD/W圧力が
S/C圧力よりも高い
→RPVからD/Wへの漏えいが
生じている



5. ①-1 3号機ベント実施以前の原子炉圧力容器からドライウェルへの漏えい(2/3)

RPV圧力



大小の圧カスパイクが発生している

引用: 東京電力ホールディングス株式会社、「福島第一原子力発電所1~3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第5回進捗報告」、平成29年12月25日

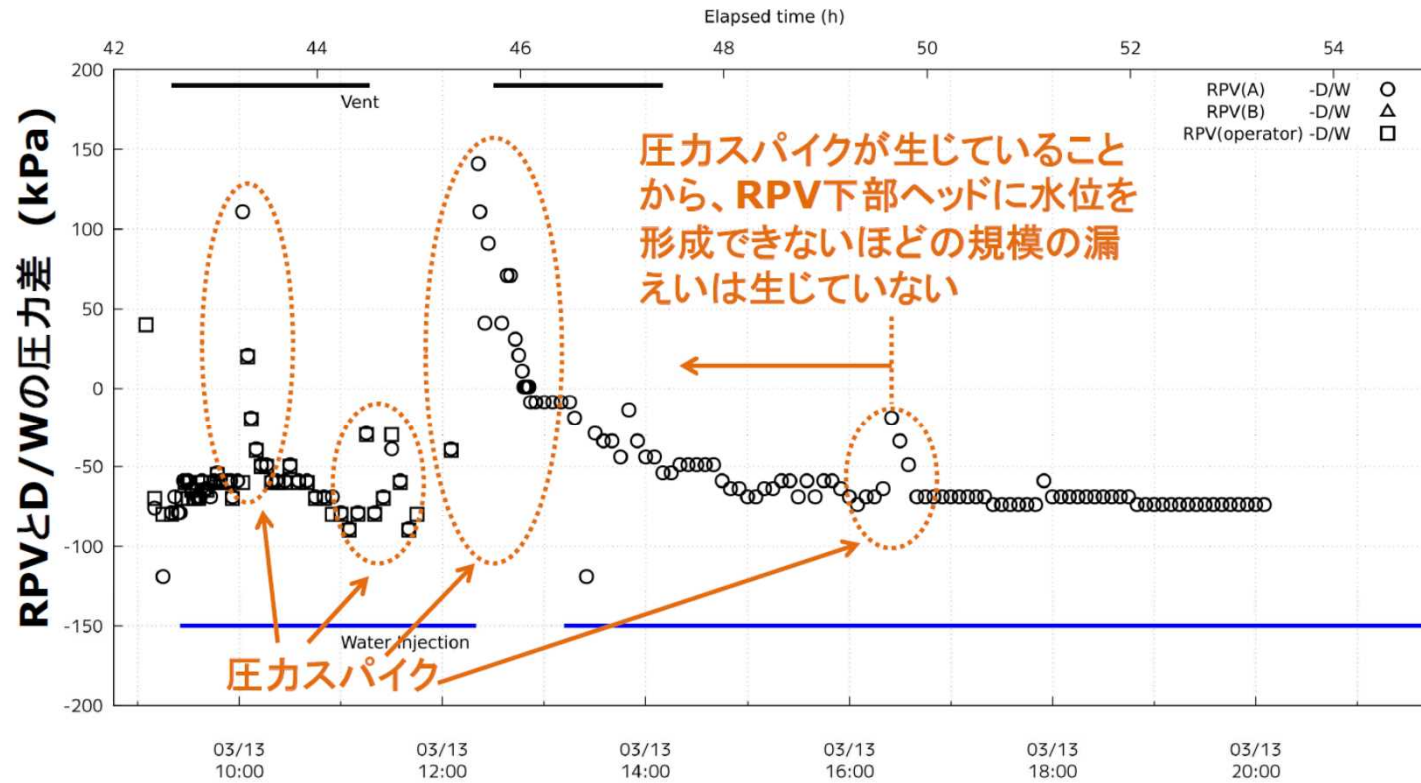
5. ①-1 3号機ベント実施以前の原子炉圧力容器からドライウェルへの漏えい(3/3)

第15回会合(令和2年11月12日)資料3より抜粋



RPV下部ヘッドの損傷時期について

RPVでの突発的な圧力上昇は、溶融燃料が下部プレナムに落下することで生じていると考えられる
 → 下部プレナムに冷却材が存在

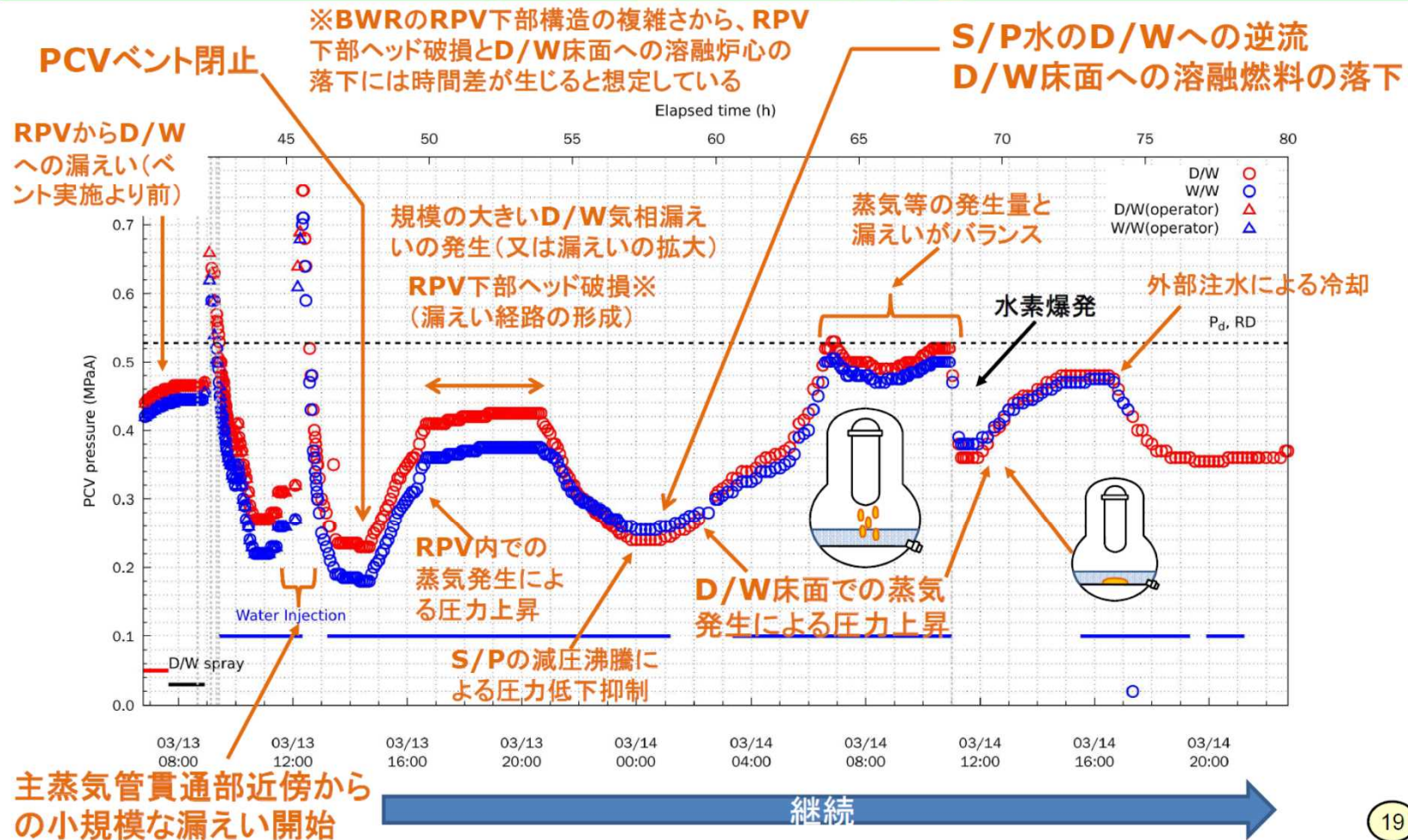


5. ①-2 ドライウェル床面における一定量の冷却材の存在(1/4)

第14回会合(令和2年10月16日)資料2-3より抜粋

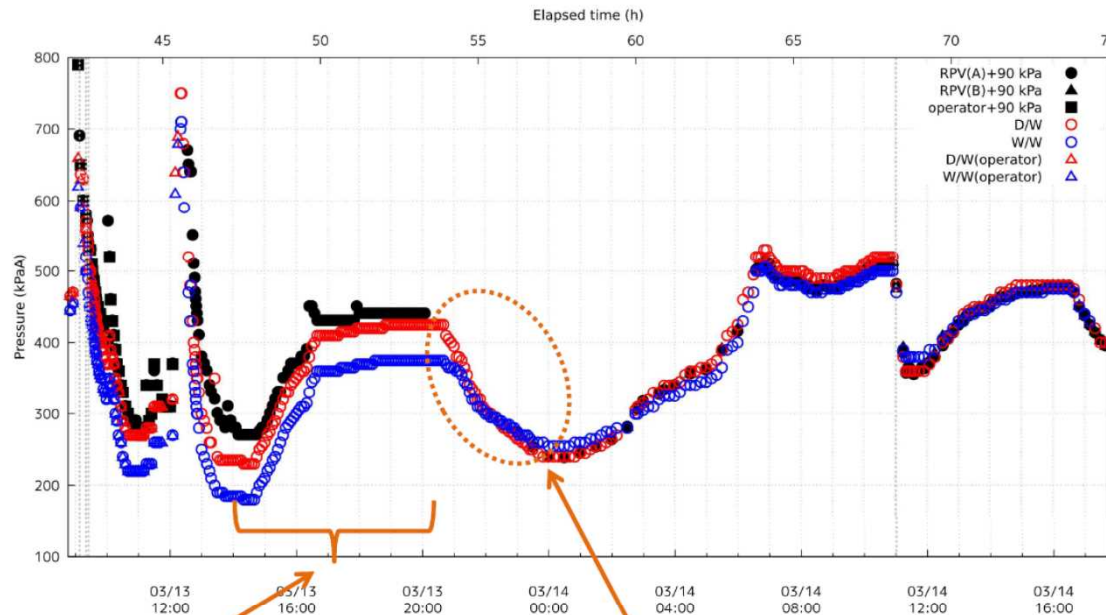


事故進展の推定



5. ①-2 ドライウェル床面における一定量の冷却材の存在(2/4)

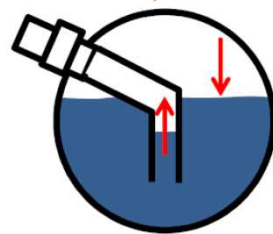
3号機: 2回目ベント後のPCV圧力挙動



2回目のベント後はD/W
圧力>S/C圧力となるの
で、主たる加圧源は
D/W側にある



静水頭分だけD/W圧力がS/C
圧力より高い



D/W圧力が低下す
るとベント管内の水
位が上昇し、S/Cの
水位は低下する

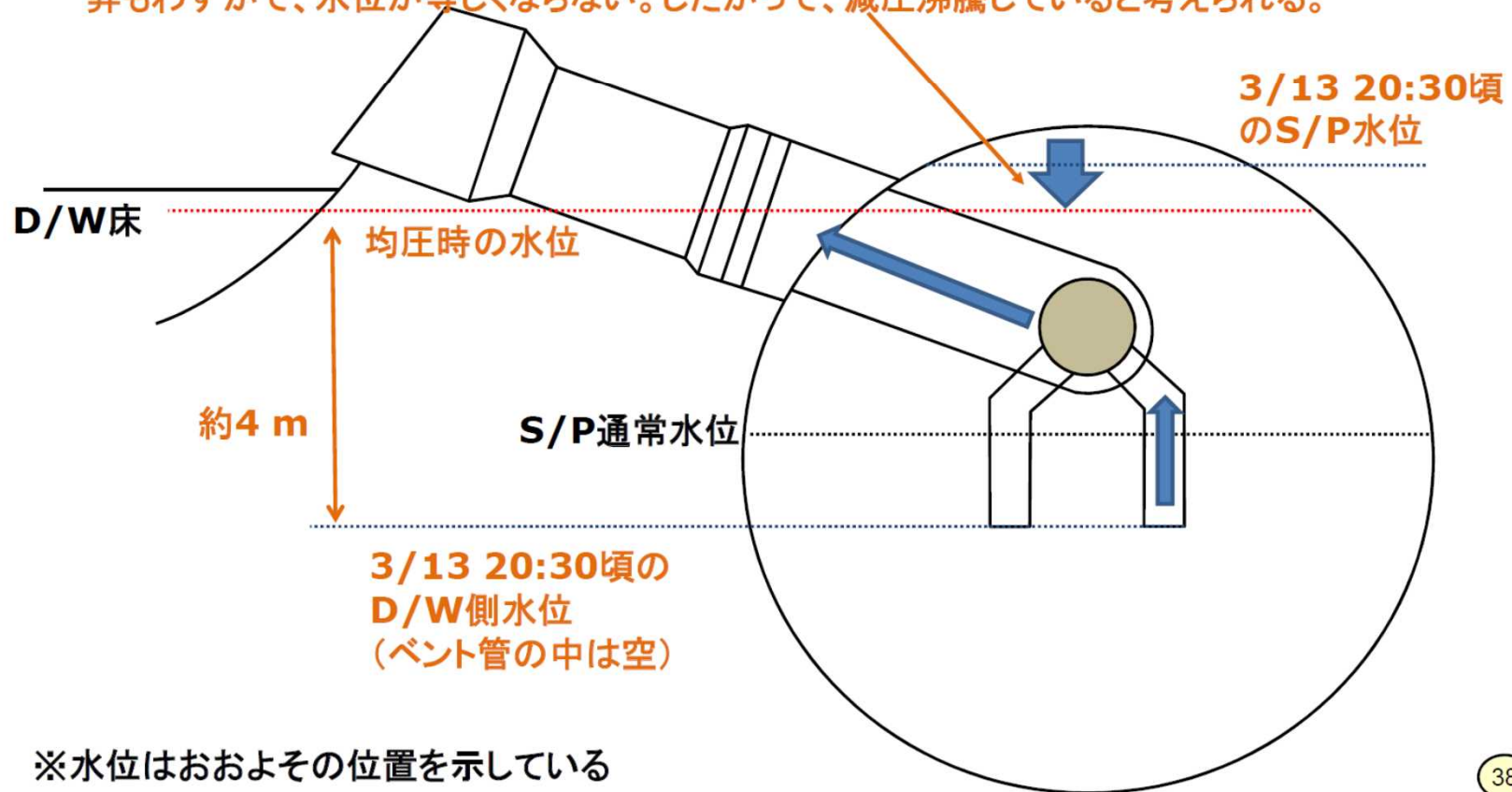
5. ①-2 ドライウェル床面における一定量の冷却材の存在(3/4)

第14回会合(令和2年10月16日)資料2-3より抜粋



D/WとS/Cが均圧するまでの水位

均圧まで、S/Cはわずかに75 kPaの低下。後ろで示すS/P水位が正しければ、等温の場合、40 m³程度しか体積が増えない(水位低下は10 cm程度)。その場合、ベント管内の水位上昇もわずかで、水位が等しくならない。したがって、減圧沸騰していると考えられる。



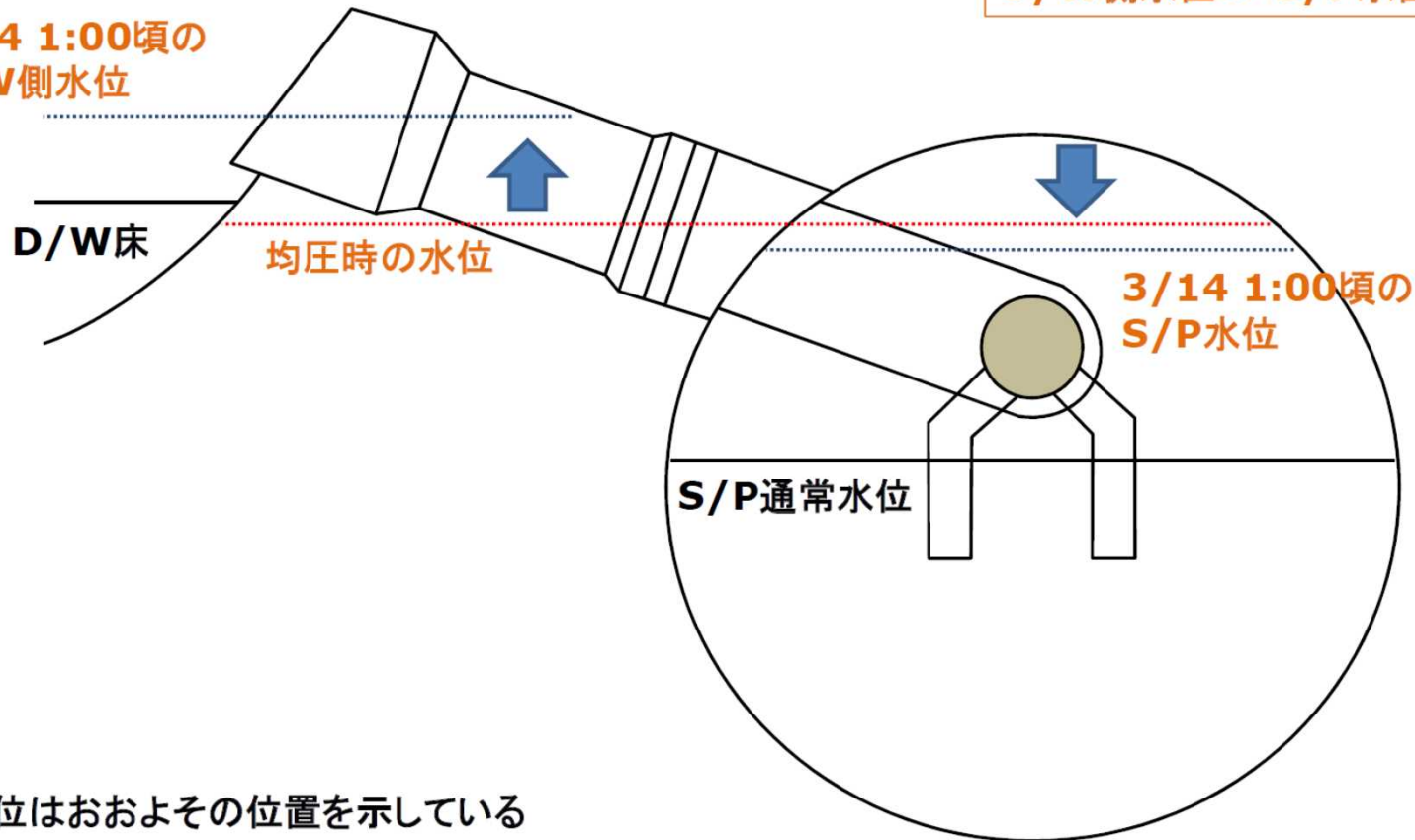
※水位はおおよその位置を示している

D/WとS/Cが均圧した後の水位

D/W床の高さ程度までベント管内の水位が上昇する

水位が逆転
D/W側水位 > S/P水位

3/14 1:00頃の
D/W側水位



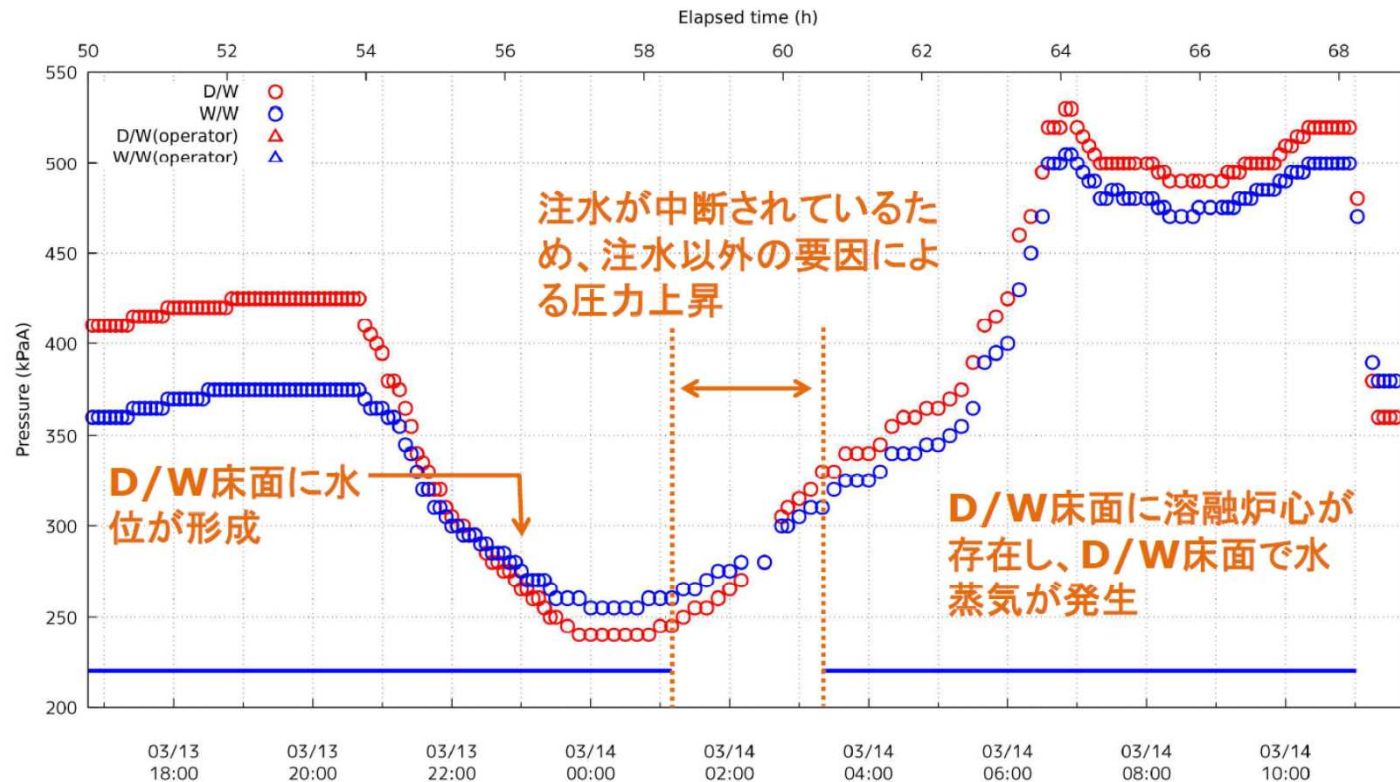
※水位はおおよその位置を示している

5. ①-3 溶融炉心のドライウェルへの移行

第14回会合(令和2年10月16日)資料2-3より抜粋



D/Wでの水位形成後の圧力上昇



引用: 原子力災害対策本部、「国際原子力機関に対する日本国政府の追加報告書 -東京電力福島原子力発電所の事故について- (第2報)」, 平成23年9月

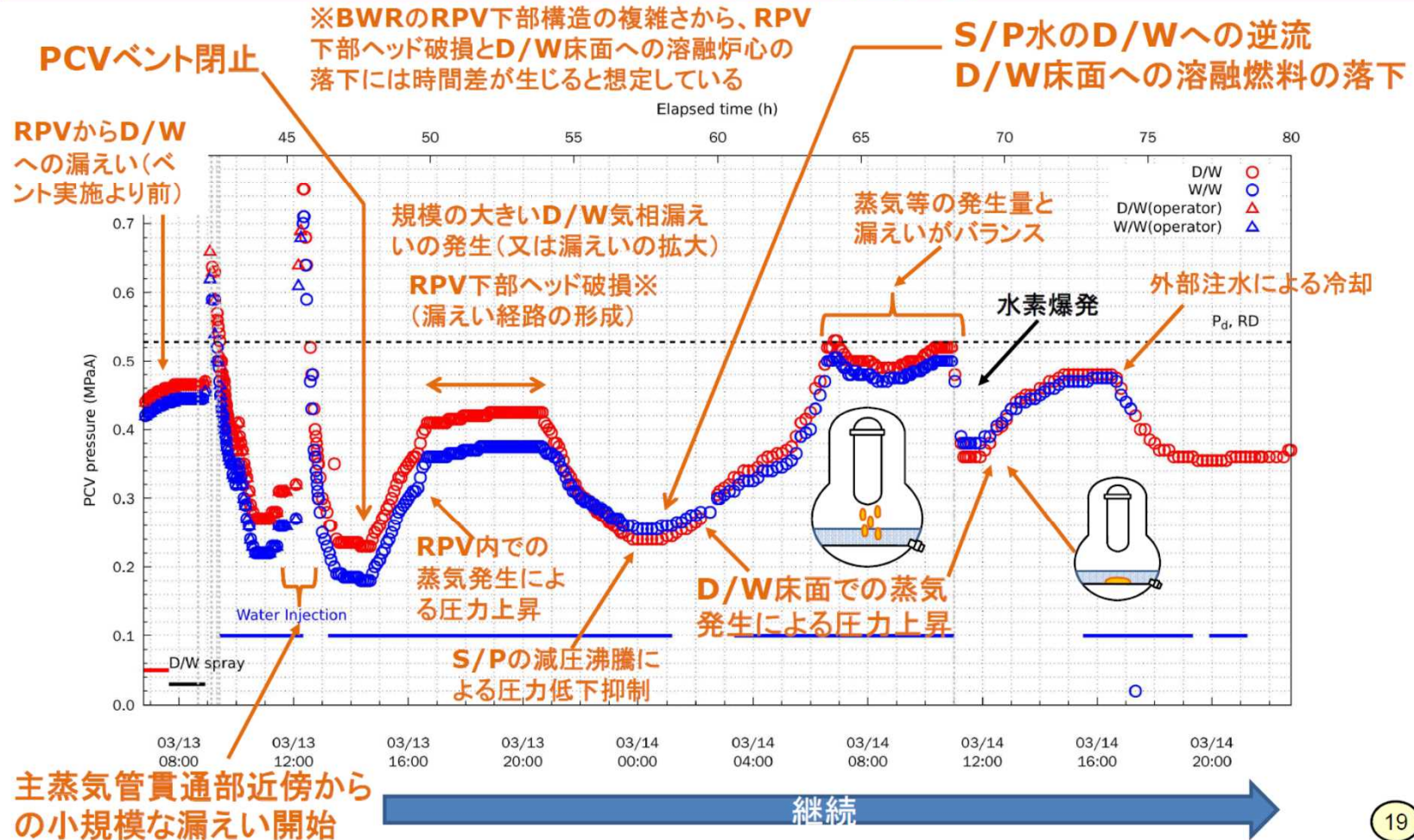
14日1時10分に逆洗弁ピット内の海水が残り少なくなったことから、一旦消防車を停止し、消防車を逆洗弁ピットに寄せてホースの吸い込み位置を深くするなど取水位置の調整を行ったところ、海水を引くことができ、14日3時20分に海水注入を再開した。

5. ①-4 2回目ベント以降のPCV圧力の挙動(1/2)

第14回会合(令和2年10月16日)資料2-3より抜粋

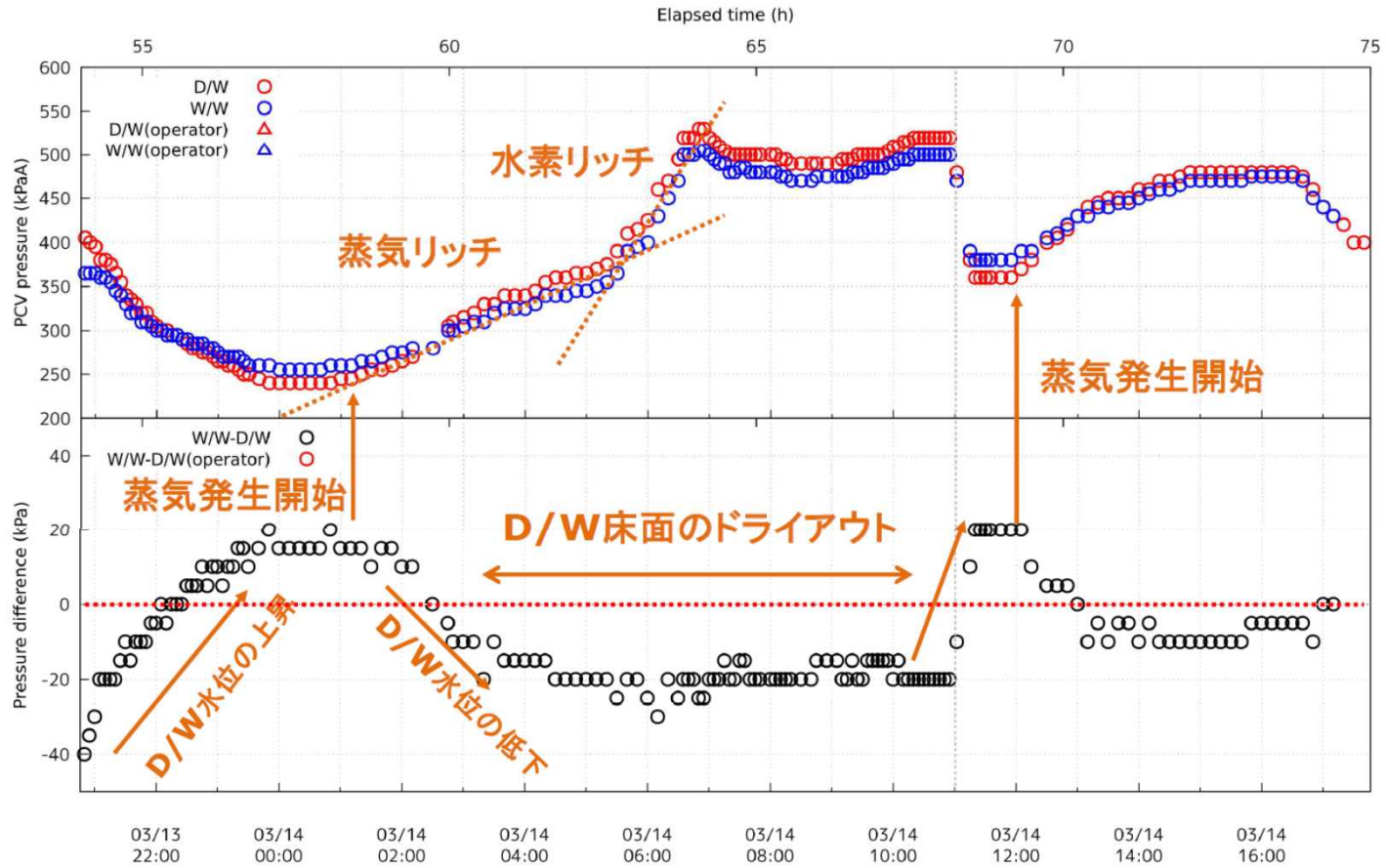


事故進展の推定



5. ①-4 2回目ベント以降のPCV圧力の挙動(2/2)

D/Wの水位の変動と蒸気の発生



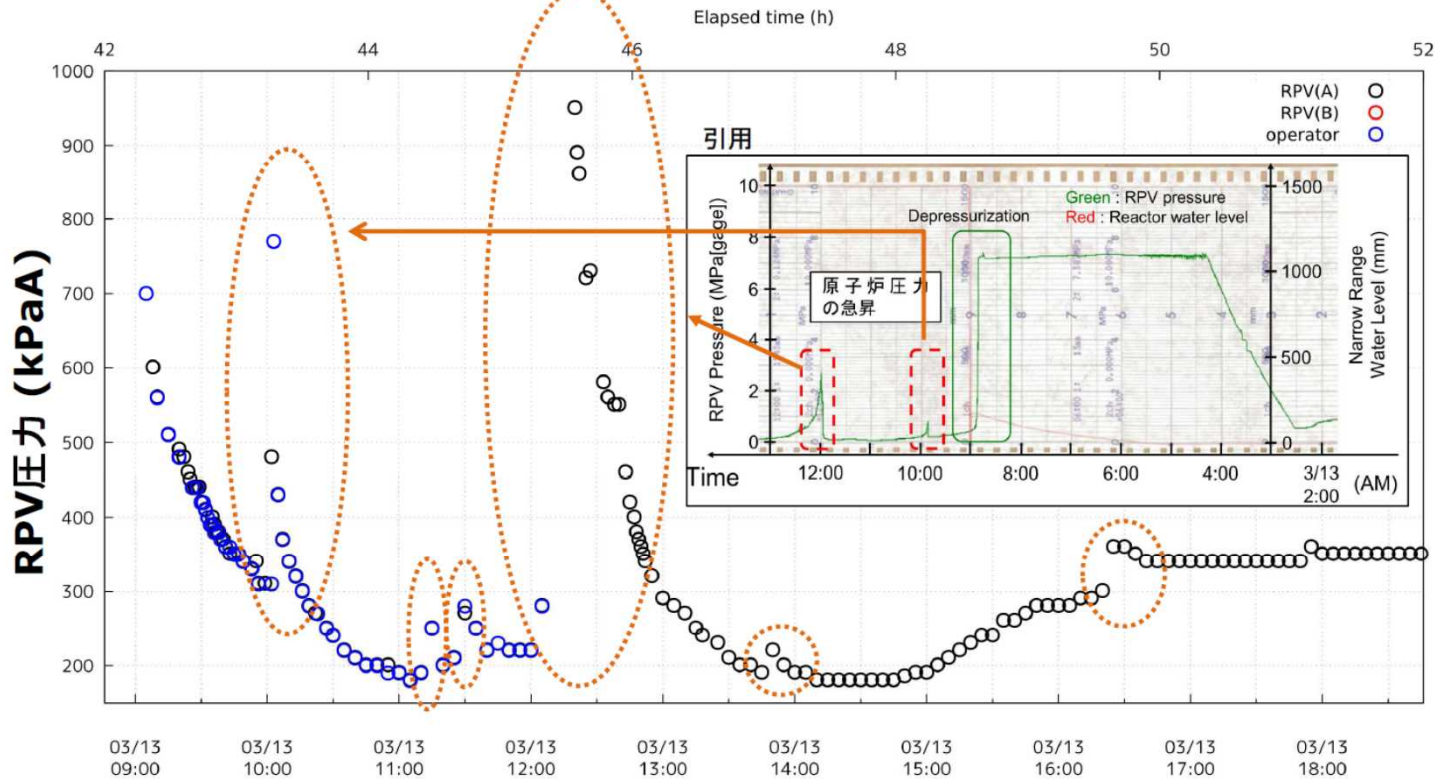
5. ②RPV下部ヘッドの損傷(1/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料3より抜粋



RPV圧力

(注)ピーク高さは2 MPaAを超えている



大小の圧カスパイクが発生している

引用: 東京電力ホールディングス株式会社、「福島第一原子力発電所1~3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第5回進捗報告」、平成29年12月25日

7

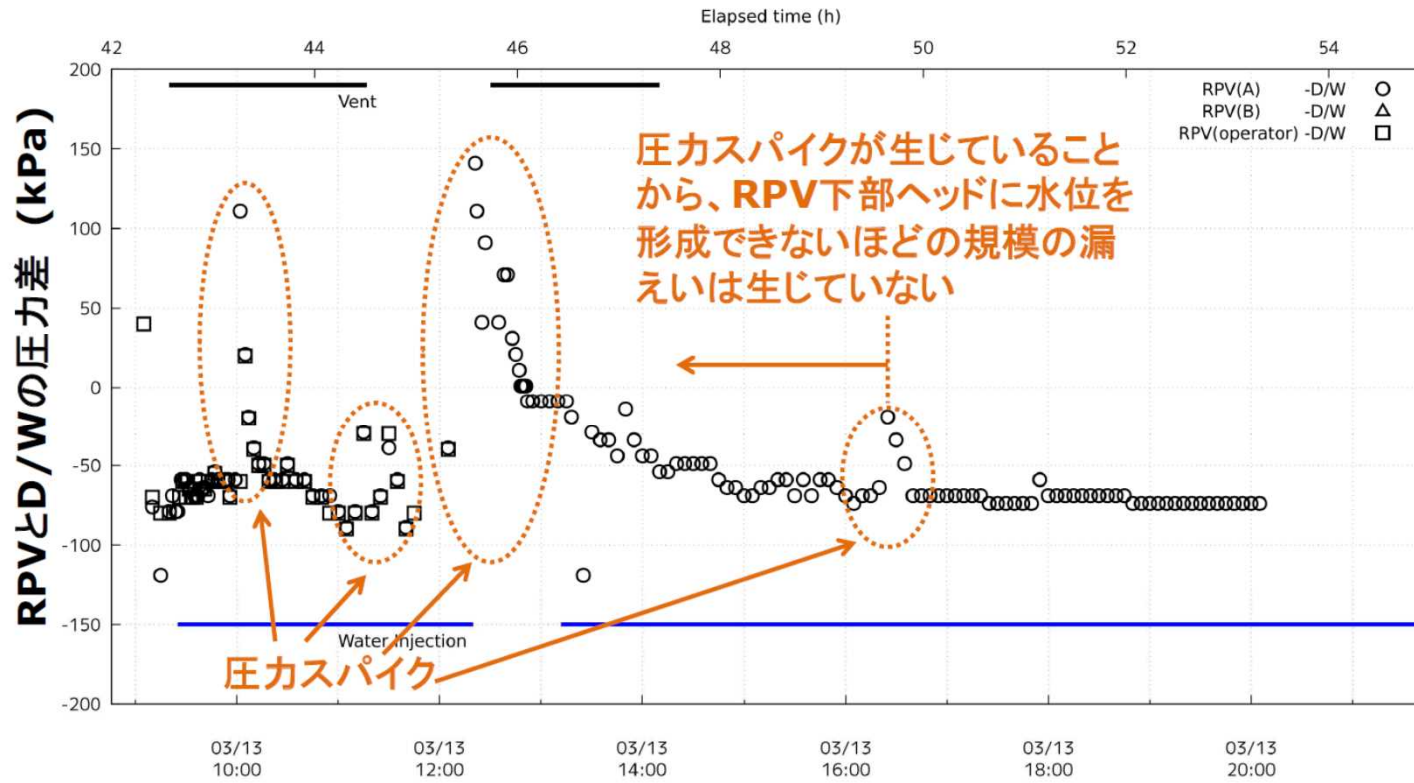
5. ②RPV下部ヘッドの損傷(2/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料3より抜粋



RPV下部ヘッドの損傷時期について

RPVでの突発的な圧力上昇は、溶融燃料が下部プレナムに落下することで生じていると考えられる
 → 下部プレナムに冷却材が存在



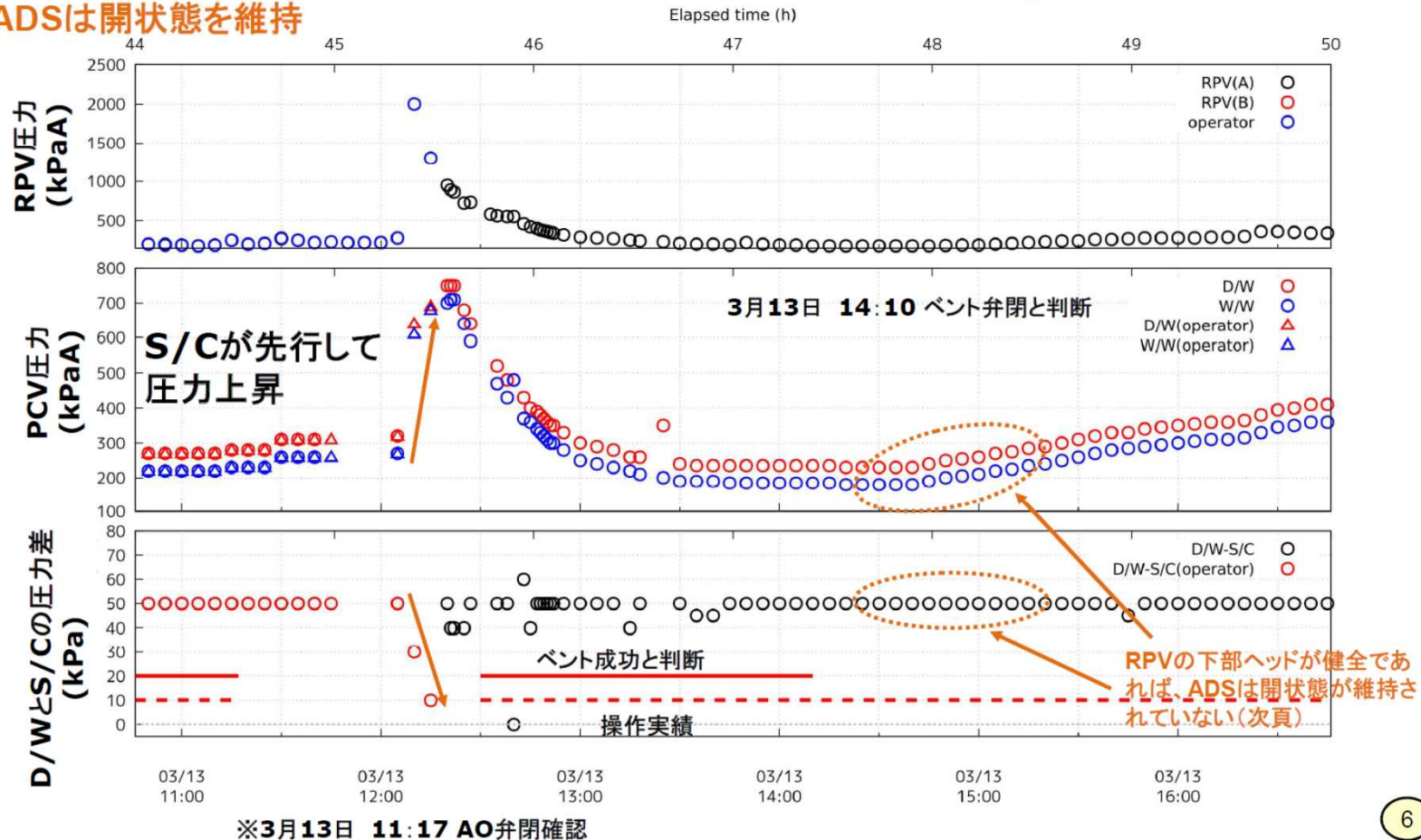
5. ③ADSの開状態の維持(1/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料3より抜粋



ADSの開状態について

ベント弁が閉じた後にS/C圧力が先行して上昇していることから、蒸気がS/Cへ輸送されている
 →ADSは開状態を維持



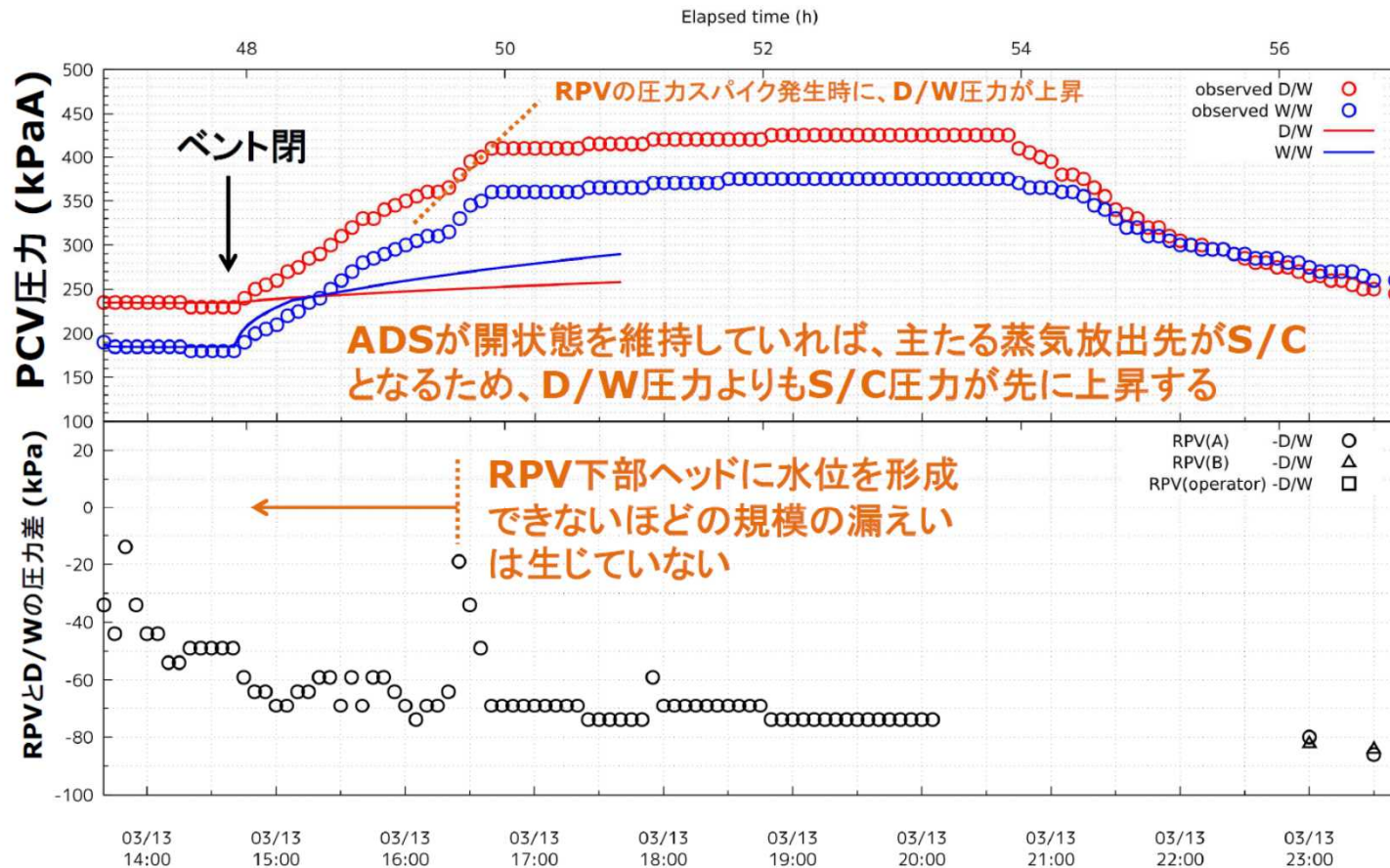
5. ③ADSの開状態の維持(2/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料3より抜粋



ADSの開状態維持について

2回目のベントが閉じた時点では、ADSは開状態を維持していない



5. ④3号機PCV漏えいの時期(1/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料3より抜粋



建屋線量に関する情報

月日	時刻	3号機	4号機
3月13日	8:40~9:10	運転員は RHR 注入弁を手動にて開操作し、D/Wスプレイの弁を手動にて閉操作して原子炉代替注水ラインへ切り替えた。(ここまでは白いもやに関する記述無し)	<p>【ベント準備作業に関する記述】</p> <p>9時10分頃、(中略)具体的な時間は不明であるものの、遅くとも同日14時31分頃までの間に、3号機R/B1階南側で作業していた復旧班は、R/B内のいずれかから「シューツ」という音を聞き、周囲がそれまでよりも濃いモヤで包まれたため、慌ててR/B外に退避した。*2</p> <p>← 線量(APD警報)に関する記載なし</p>
	9:20	PCVベント(1回目)	
	9:28	この頃、原子炉建屋1階は、霧が充満したようにモヤモヤと白くなり、線量計の数値が上昇して来たため、現場から退避。*1	
	12:30	PCVベント(2回目)	
	14:31	原子炉建屋二重扉北側で300 mSv/h 以上(中は白いモヤモヤ状態)、南側100 mSv/hとの測定結果が報告された。*1	
3月14日	4:08		運転員は使用済燃料プール水温が84℃であることを確認した。*1
	10:30頃		3月14日に発電所対策本部復旧班が4号機使用済燃料プールを確認するため原子炉建屋最上階にあるオペレーティングフロアへ向かったが、原子炉建屋内の線量が高い状態にあり、オペレーティングフロアへたどり着くことができなかった。
	11:01	原子炉建屋爆発	原子炉建屋入域後、10~15秒で4 mSvのアラーム(APD)が鳴り退避。その後、再入域しようとして原子炉建屋への扉を開けたところ手持ち線量計の最大レンジ(1000 mSv)を振り切ったため入域を断念。*1

*1 東京電力株式会社、福島原子力事故調査報告書、平成24年6月20日

*2 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会、最終報告、平成24年7月23日

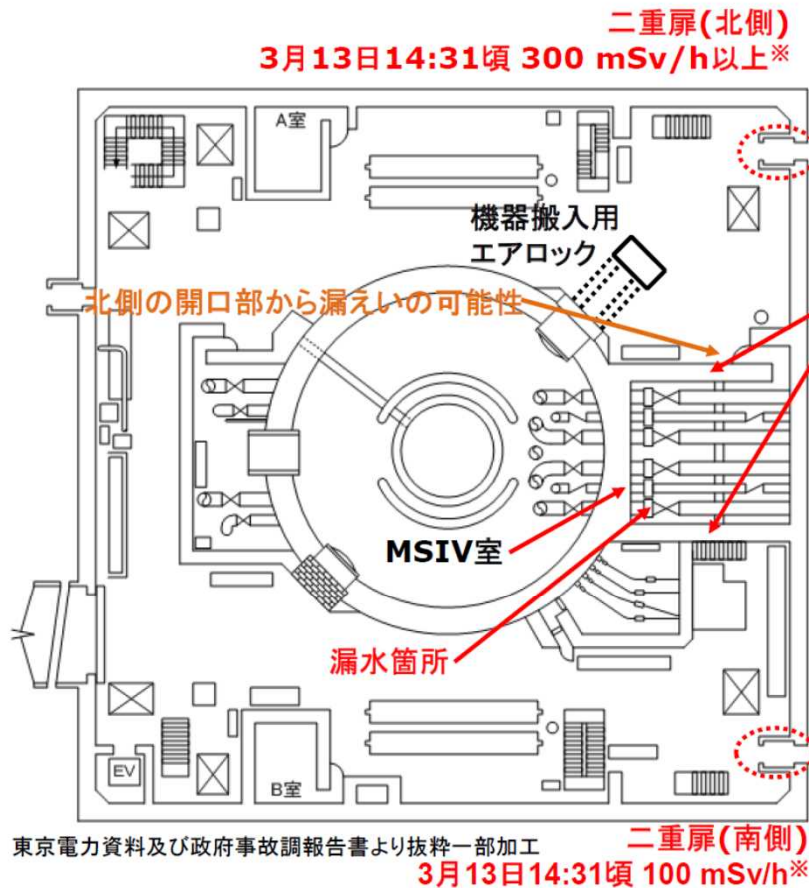
2

5. ④3号機PCV漏えいの時期(2/2)

第15回会合(令和2年11月12日)資料3より抜粋



3号機格納容器からの漏えい



MSIV室の北側と南側上部にブローアウトパネルが設置されている

- 3号機で測定された建屋内線量は、1号機での測定結果と同程度であったが、他方、ベントガスが逆流した4号機での測定結果の数分の1程度でもあり、4号と同様にベントガスの逆流の可能性がある
- 当時の現場の状況からは、PCVからの漏えいが示唆されるが、ブローアウトパネルの状態確認等、3号機での追加調査が必要
- ただし、その後のPCV圧力の推移から、漏えいが発生したとしてもプラントの圧力挙動に影響を及ぼす規模ではなく、微小な漏えいと考えられる

※原子力災害対策本部、「国際原子力機関に対する日本国政府の追加報告書 - 東京電力福島原子力発電所の事故について- (第2報)」、平成23年9月

これまでの事故分析検討会における論点の整理

2020年11月27日

原子力規制庁

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

3号機の水素爆発

水素爆発発生時の映像の分析

- 水素爆発発生時の映像の処理の結果、3号機の水素爆発は、前駆爆発＝4階部分の損壊、建屋上部の火炎発生・継続、RB屋根部の上方への膨張、残存水素の燃焼による噴煙上昇が、この順番で発生した、一連の、しかし、一つではない現象であったと考えられる。
- 3号機の水素爆発の火炎の色は黄橙色であり、RB内部にあった気体は、主成分である水素に炭化水素が混ざったものだったのではないかと考えられる。

はりの爆発応答解析による爆発規模の推定

- 50～500kPa程度の爆風が数十ms程度作用していたと考えられる。

水素爆発時の振動記録を用いた震源付近の振幅比の推定

- 1号機爆発時の振源の振幅は3号機の2.1倍(エネルギー比で4.4倍)程度、4号機爆発時の振源の振幅は3号機の0.1倍(エネルギー比で0.01倍)程度であった。(本検討で推定したのは、各号機の爆発に伴い放出されたエネルギーのうち、地盤に伝播した振動のエネルギー比である。)

3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の挙動

- ベント実施前からRPVからD/Wへの漏えいが生じていたが、
 - 3月13日16時頃までは下部プレナムに冷却材が保持されていたと考えられる。
 - 3月14日1時頃にはD/W床に熔融炉心が移行していたと考えられる。
 - したがって、上記の間に下部ヘッドに大規模な損傷が生じたと推定される。
- 3号機ではベントの準備終了とほぼ同時期にADSの起動によりラプチャディスクが破れ、ベントが成功したが、炉心損傷後の状況において、ADSは開状態が維持されず、閉止したと考えられる。

2号機シールドプラグ下面の汚染密度の推定

- 汚染密度よりシールドプラグ下層隙間の汚染を概算すると、少なくとも20～40PBq以上と推定でき、前回オペフロ床面から1500mm位置での1センチメートル線量当量率から推定して求めた平均汚染密度の $6.6E+10Bq/cm^2$ (前回の約70PBqと推定した平均濃度)と同じオーダーとなる。

試料分析

- 瓦礫試料の浸漬液の核種濃度分析、浸漬後瓦礫試料の核種分析、ドレンサンプル水試料の ^{129}I 、Pu、Amの定量分析を行う。



解析等により検討した事項



現地調査等により確認・検討された事項



現地調査等により確認・検討された事項



主な論点

第15回検討会
(R2.11.12)

3号機の水素爆発

2段階以上の複数段階事象

- 3号機の原子炉建屋の北西方向に大きな力を加える第1段階の爆発があり、それは5階オベフロではなく4階で生じたか。
- 第1段階の爆発で建物が北西方向に引っ張られた関係上、建屋の南もしくは南東側の上に裂け目ができて、そこから水素が噴き出して炎が発生した。
- 第1段階の炎とは別に、原子炉建屋の中央部から爆煙を上に出す第2段階の爆発燃焼現象があり、これは単に運動エネルギーで打ち出されるだけでなく、水素の燃焼を伴って、火の玉のような形で上に吹き上げている。
- 1号機が爆発した後、上に向かって凝縮波が見えたが、3号機にはどこにも見えなかった。
- 3号機のほうが大爆発に見えるが、地震計に伝わった振動は1号機のほうが大きい。
- 爆発で赤い炎が見られるのは、格納容器の中でMCCIが起こっており酸化炭素が供給されたからか。
- 多段の爆発は、地震計に捉えられるような波を出す性格のものだったか。第2段階の爆発は、建屋の中で爆発するよりかなり小さいと推測できる。
- ブローアウトパネルは、中越沖の後の対策として、パネルが開いた後、何かあったらすぐに閉められるようにする対策はしたが、開きにくくする対策や開きやすくする対策はしていない。

第13回検討会 (R2.9.3)

解析等により検討した事項

主な論点

3号機原子炉格納容器内の圧力挙動

福島第2原子力発電所 1号機の格納容器圧力挙動

- 2F1のS/C圧力計の設計位置(通常水位+310cm)を考慮すると、D/W圧力+水頭圧=S/C圧力との関係となっている。
- 2F1の真空破壊弁は、東日本大震災に伴う事故時において、その機能を喪失していないと考えられる。
- 津波到達以降のRCIC運転中の崩壊熱はRCIC定格流量に比較してかなり小さいものの、RCICタービンへの供給蒸気量(約2.5l/s)だけでは崩壊熱を消費できないため、SRV経由でのS/Cへの放出があった可能性が高い。(ただし、通常のSRVの流量よりも小さい流量(中間開の流路面積)と推定)
- RCICから原子炉の注水される低温水による大きなRPV減圧が起こることが解析により示された。(ノード内での温度均一化効果により、解析で評価される減圧は実際よりも大きくなる傾向)
- 1F3のRCIC運転時の原子炉圧力挙動は、炉圧変化に応じたSRVの中間開作動とRCIC注水による減圧の組み合わせを反映したものと考えられる。(ただし、逃し弁モードの開設定値以降は検討が必要)

3号機の原子炉圧力及び格納容器 圧力の挙動

- 全交流動力電源喪失時に、PCV外部からの窒素供給が途絶えた場合、S/RVは中間開の状態になると考えられる。
- 炉心損傷後の高温環境下では、S/RVのパネの押し下げ力が低下し、安全弁として動作する圧力が低下することが確認された。
- 溶融炉心がD/Wへ移行したことで、D/Wが蒸気等の発生源になったと考えられる。
- 3月13日14時頃から3月14日21時頃までの圧力変動は、PCVからの漏えいが継続しており、PCV内での蒸気等の発生量の変動による。

原子炉格納容器耐圧強化 ベントラインの熱流動解析

- グラビティダンパが設計どおりに機能する場合、測定された汚染分布を説明できない。
- グラビティダンパが有する逆流防止機能の劣化が流量分配に大きく影響し、この劣化を考慮することにより汚染分布との大まかな整合が可能。
- ベント弁閉鎖時にスタック雰囲気中には、約26TBq(感度計算ケース1)のCs-137が存在すると推定可能(SGTS配管壁等への付着を考慮しない場合)。ベント弁閉鎖直後よりスタック中のCsはベント配管系統に再流入する可能性。
- 1号機側と2号機側SGTS配管での非対称な挙動。汚染分布と関連する可能性。ベント作動中、ベント弁からスタックに至る流路(1号機SGTS配管)では、凝縮によるFPの蓄積はほとんど見られない。2号機側への配管やスタックでは、凝縮によるFPの蓄積が見られた。

試料分析

- 瓦礫試料の浸漬試験後、浸漬液の核種濃度分析をする。

解析等により検討した事項

現地調査等により確認・検討された事項

主な論点

第14回検討会 (R2.10.16)

1～3号機シールドプラグの汚染状況

1～3号機オペレーティングフロアの線源調査

- 大気中に出た放射性物質が15PBqで済んだのは、シールドプラグで70PBq(2号機)、30PBq(3号機)が捕獲されたからか。
- 1号機のシールドプラグの下が0.1PBqであったことは、放出はされたがシールドプラグに捕獲されなかったからか。落下している屋根の下にあるのか、もともと出なかったのか。
- シールドプラグの垂直面、外周部の汚染の寄与もあるが、円の面積と比べれば推計の主たる要因にはならない。
- 2号機と3号機の場合は、水蒸気で運ばれて凝縮してシールドプラグに付着したのに対し、1号機の場合は、そのような現象があまり顕著ではなかったことも考えられる。

核分裂生成物のトータルの発生量

- シールドプラグの汚染が全体の何割なのか重要である。シールドプラグの1面、2面、3面だけではなく、ウェルも汚染していると考えられるため、合わせて推計することが必要である。
- 格納容器のトップヘッドのところからの放射性物質の抜けやすさがどう違っていたのか。
- 注水及び水蒸気による駆動説について、モデル化と輸送計算を行う価値がある。

3号機原子炉格納容器内の圧力挙動

主蒸気逃がし安全弁、自動減圧系の作動

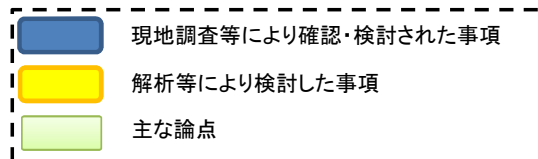
- 複数の逃がし安全弁が同時に動作していた可能性について、アキュムレータの窒素が大分減少してしまったのは、開信号がきていても全開にできなくなってしまって、中間開のような状態だったからか。
- HPCIが停止した後のSR弁の動作は、逃がし弁として機能しているのか、安全弁として機能しているのか。窒素の供給は回復したのか。

耐圧強化ベントにおける有効なベント回数

- ADS(自動減圧系)の開によって減圧された後の弁の開状態が維持されて、圧力容器の減圧状態が維持されたのか。
- 格納容器圧力について、PCVのベント成功回数は2回でよいか、3回目以降のベントは失敗したかどうか。

耐圧強化ベントの設計・設定値

- ベントが成功する直前に、ADSの起動によってPCVの圧力が一気にラプチャーディスクの設定圧を超えたことによって、ベントが成功したと見られているが、意図的なベントの開始を制御できていたか。
- 逃がし弁の噴き出し圧7.4以上、閉止圧7.1のいずれにも達していないのに圧力が振動しているメカニズムは何か。
- ベントの弁の開度は15%で一定のため、減圧速度が変わることは考えがたい。



第12回検討会
(R2.6.25)

1, 2号機及び3, 4号機ベント配管の汚染に関する解析

1号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の推移

- 真空破壊弁でのバイパスによるD/W気相部からW/W気相部への直接放出の可能性
- 微少なバイパス部におけるエアロゾルの捕集の効果
- 環境への放出量と真空破壊弁バイパス時の沈着量の関係
- 真空破壊弁バイパス時のD/WとW/Wの圧力差
- 1F2、2F1での真空破壊弁の作動状況との比較
- 格納容器圧力の推移におけるヘッドフランジ部からの漏えいモデル

3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の推移

- 3号機のベントは1回目(3/13 9:20)と2回目(3/13 12:30)のみ成功と仮定
- 炉心損傷開始時間とHPCIによる炉心への注水量の関係
- S/Cスプレイ流量と格納容器圧力(D/W及びW/W)またはS/C水位の推移との関係
- HPCI注水量と原子炉圧力または原子炉水位の推移との関係
- 格納容器圧力及び原子炉圧力の推移における非凝縮性ガスによる加圧
- 炉心損傷開始時間、発生水素量、ベント時の炉心損傷割合

ベントによる主要なFP移行経路の比較

- 1号機はFPが燃料デブリからD/Wへ直接放出された後、ベントを実施
- 1号機のベントはD/Wに存在するFP量が極めて多い
- 3号機は1回目ベントまでの炉心損傷の度合いが低いが、2回目ベントまでに炉心損傷が進展
- 3号機のベントは一度スクラビングされるため存在するFP量は少ない
- ベント時のスクラビング効果は原子炉容器下部ヘッド破損前の場合、破損後よりも除染効果が高い

解析等により検討した事項
主な論点

第10回検討会
(R2.2.4)

2号機原子炉建屋オペフロの汚染状況

汚染密度の分布

- 北側壁及び東側壁の汚染が高く、天井部の汚染は低い。
- 壁部分の汚染は比較的残っているが、床部分は除染の結果、汚染は比較的低い
- 南側壁(燃料取扱い室上部)、北側壁(ダクト部)に局所的に高い汚染箇所がある
- オペフロ内での蒸気の流れや汚染核種の情報が得られる可能性

直接線と散乱線の影響

- シールドプラグ付近は比較的汚染が高く、シールドプラグの下からくる散乱線の影響について、直接線との比較が必要
- 解析の精度、分析の幅を広げるため、ベータ核種のデータ(ベータ核種による汚染データ)が必要

建屋DF

- 壁部と天井部、床部で汚染の程度が異なる。
- 局所的に高い汚染箇所があり、オペフロ内での蒸気の流れが想定される

試料分析

- ドレンサンプル水は、スペクトルサーベイメータ(LaBr3検出器)の測定で1.5MeVのエネルギーピークを観測
- ゲルマニウム検出器による詳細分析、 α 、 β 、 γ 線等の測定が必要
- 主な放射性物質の存在比を取得する

ベントラインの流量分配

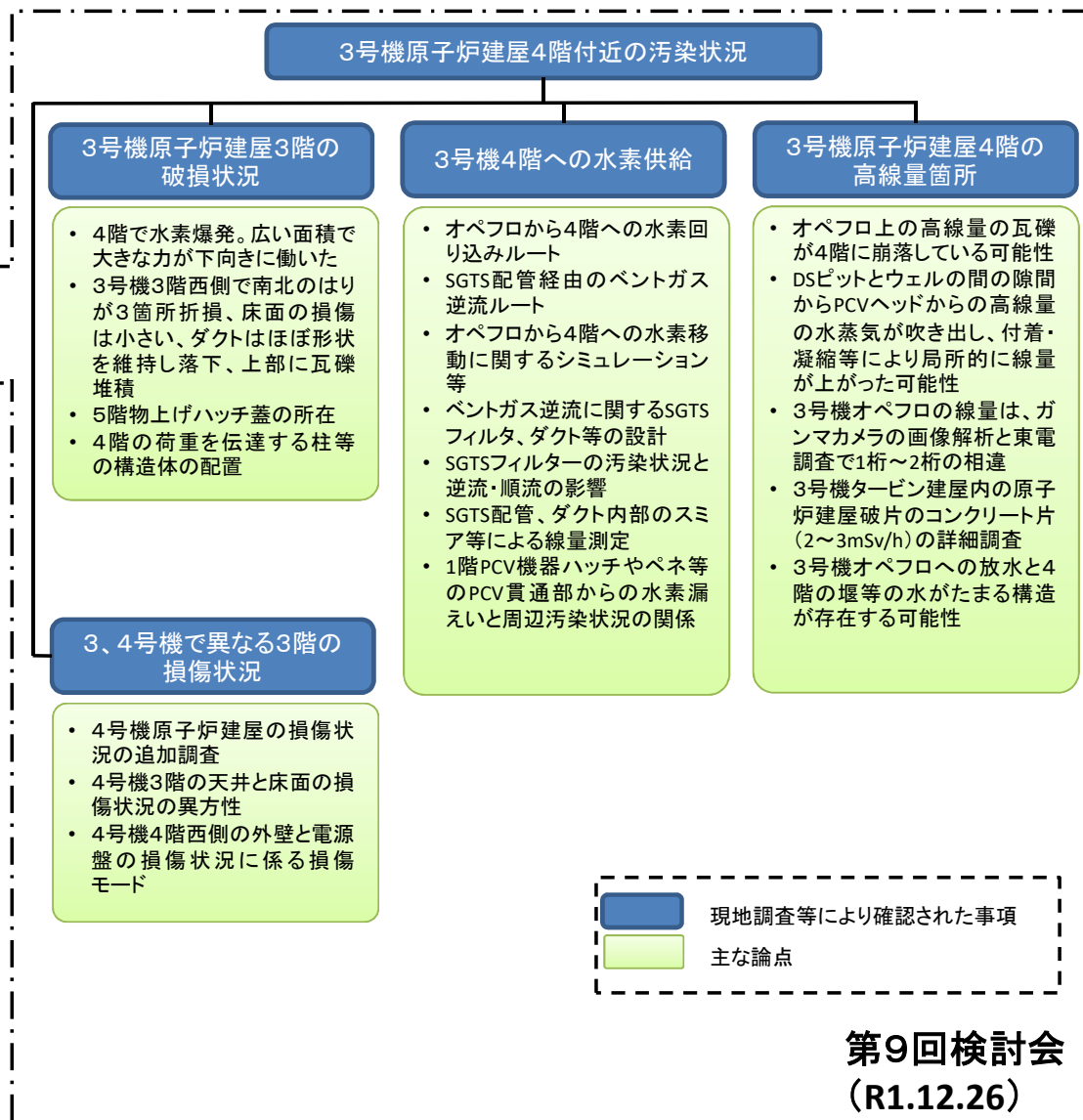
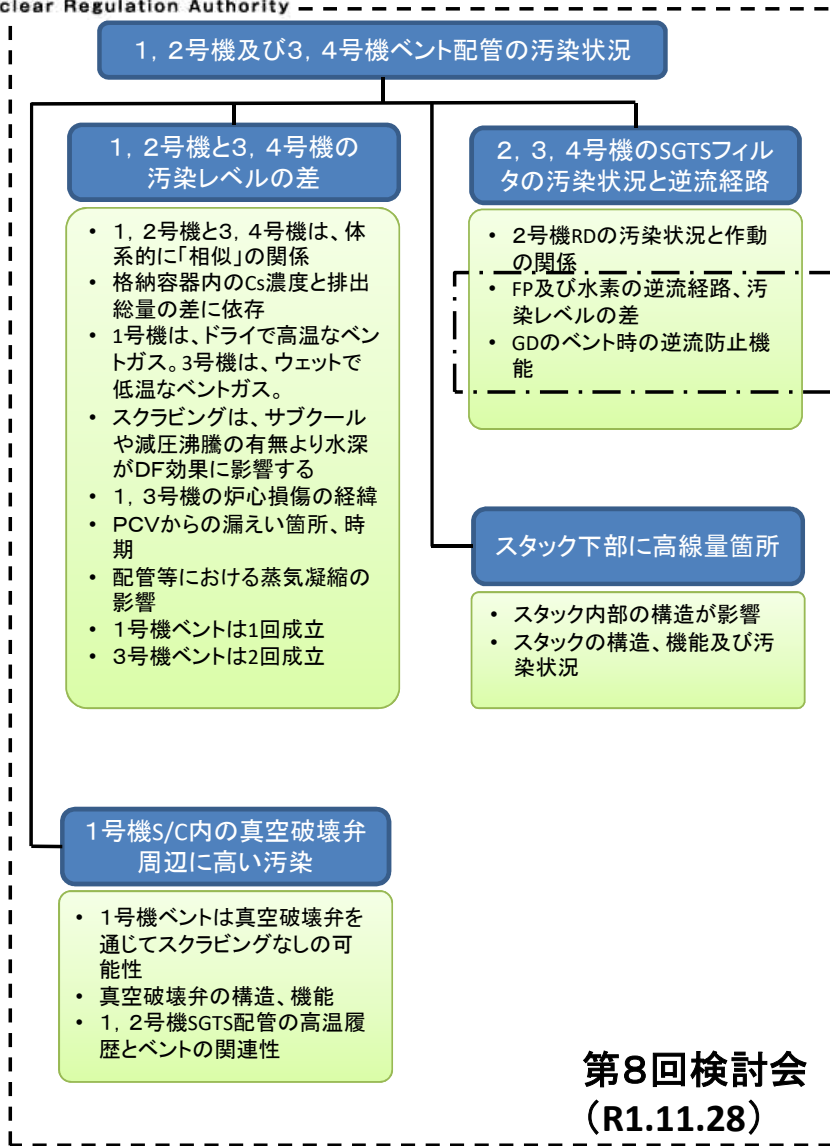
- 可能な限り、実機の配管系や配管の敷設状態を模擬
- 流量分配の律速となる圧力損失の要因を検討
- 圧力損失としては、配管長さよりも流路の断面積が重要
- 配管等の汚染状況と流量分配の結果を比較
- 圧力損失の実測を検討

SGTS配管内部調査

- 比較的局所で4.3Sv/hの高い線量を測定
- ドレンサンプル水において、減衰を考慮しても高濃度の値が続いている
- 水酸基等を考慮した水による汚染源の供給と除去の関係
- 全ベータ値の精査が必要(ストロンチウム以外の主要構成要素)




現地調査等により確認・検討された事項
主な論点

第11回検討会
(R2.3.27)



これまでの事故分析検討会における論点の整理


～ 第8～15回検討会 ～


調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
1. 1, 2号機ベント配管系の汚染状況とその形成メカニズム	2号機はベントに成功しなかったのではないか。[第8回(R1.11.28)] 	2号機RDは結果として作動していない。2号機ベントは成立していない。[第8回(R1.11.28)]	—
	各号機のSGTS系の汚染状況から1,2号機と3,4号機は体系的に相似の関係と考えられる。[第8回(R1.11.28)] 	1,2号機と3,4号機のベント系の汚染は相似しており、FPと水素は1号機または3号機から供給された。[第8回(R1.11.28)]	—
		<u>GDは、ベント時に自号機への逆流および他号機への供給が生じている可能性があるため、逆流防止の性能確認が必要。</u> [第8回(R1.11.28)]	<u>第10回会合で資料提示</u> <u>第12回会合で資料提示</u> <u>第14回会合で資料提示</u>
	1, 2号機スタック下部の高線量化の原因として、スタック内部の構造の影響が考えられる。[第8回(R1.11.28)] 	<u>スタックへの配管接続方法が異なることからその構造の確認が必要。</u> [第8回(R1.11.28)]	<u>第10回会合で資料提示</u> <u>第12回会合で資料提示</u>


調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
<p><u>1. 1, 2号機ベント配管系の汚染状況とその形成メカニズム</u></p>	<p>1号機及び3号機の汚染状況から、数百倍の汚染レベルの相違がある。➡ 汚染の相違は、格納容器内のCs濃度と排出総量の差に依存していると考えられる。 [第8回(R1.11.28)]</p>	<p><u>1,3号機の炉心損傷の経緯、格納容器からの漏えい箇所、時期については更に検証が必要。</u> [第8回(R1.11.28)]</p>	<p>第10回会合で資料提示 第12回会合で資料提示 第14回会合で資料提示</p>
	<p>汚染状況は、1号機と3号機の放出量について、平成24年5月の「福島第一原子力発電所事故における放射性物質の大気中への放出量の推定について」(東京電力HD株式会社)と相違がある。➡ [第8回(R1.11.28)]</p>	<p>東京電力から、平成24年5月の報告書は、環境の放射能汚染の状況を再現するような放出量を設定し、拡散評価するバックワード解析を基にしており、事故進展の挙動を反映しきれていない旨の回答があった。[第8回(R1.11.28)]</p>	<p>—</p>


調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
<p><u>1. 1, 2号機ベント配管系の汚染状況とその形成メカニズム</u></p>	<p>配管等における蒸気凝縮の影響。 ベント時の排気は非常に水蒸気濃度の高い排気となっていると考えられ、水蒸気の凝縮がCsの配管への付着に大きく影響していると考えられる。 [第8回(R1.11.28)]</p>	<p><u>1号機は、ドライなガスが高温で放出、3号機は、低い温度の水蒸気を多く含んだウェットなガスが放出されたと考えられる。</u> [第8回(R1.11.28)]</p>	<p><u>第10回会合で資料提示</u></p>
		<p><u>1, 2号機SGTS配管の高温履歴の確認とベントガスとの関連性を確認することが必要。</u>[第8回(R1.11.28)]</p>	<p><u>第12回会合で資料提示</u></p>
		<p><u>ベント時の排気系の汚染程度を算出するシミュレーションと観測結果の比較検討を行う。</u>[第8回(R1.11.28)]</p>	<p><u>第10回会合で資料提示</u> <u>第14回会合で資料提示</u></p>
		<p>➡ <u>3号機は、原子炉圧力、D/W圧力、S/C圧力の推移から2回のベントが成功、1号機は、1回のベントが成功したと考えられる。</u>[第8回(R1.11.28)]</p>	<p><u>第10回会合で資料提示</u> <u>第12回会合で資料提示</u> <u>第14回会合で資料提示</u></p>
		<p><u>3号機の原子炉圧力の急速な低下(13日午前9時頃)については、サンディア研究所等の仮説を確認することが必要。</u>[第8回(R1.11.28)]</p>	<p><u>第12回会合で資料提示</u></p>

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
1. 1, 2号機ベント配管系の汚染状況とその形成メカニズム	S/C水のサブクール度や減圧沸騰の有無によるDF効果への影響はあるのか。 [第8回(R1.11.28)] →	<u>スクラビングの効果は、サブクールや減圧沸騰の有無よりも水深がDFの効果に影響すると考えられる。</u> [第8回(R1.11.28)]	<u>第11回会合で資料提示</u>
		<u>スクラビングによるDF効果について幾つかの研究成果があり、議論が必要。</u> [第8回(R1.11.28)]	<u>第11回会合で資料提示</u>
	1号機S/C内の真空破壊弁周辺に高い汚染が確認されている。 [第8回(R1.11.28)] →	<u>1号機ベントは、S/Cの真空破壊弁を通じたスクラビングされていないベントガス放出の可能性。更なる確認が必要。</u> [第8回(R1.11.28)]	<u>第10回会合で資料提示</u>


調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
<u>1. 1, 2号機ベント配管系の汚染状況とその形成メカニズム</u>	1号機と3号機のベントガスに含まれたセシウム量に相違が生じた主たる要因として、	ベント時の系統の汚染に関する解析には非常に多くのパラメータを含むので感度解析の繰り返しが必要となる。[第10回(R2.2.4)]	—
	1号機真空破壊弁でのバイパスの可能性を検討 [第10回(R2.2.4)]	今回の解析は、真空破壊弁を通してどういう挙動が、どれくらいの影響を持って起きるのかを主眼としており、起きたことを全て説明しようとするものではない。[第10回(R2.2.4)]	—
		真空破壊弁のバイパスは、微小なものがあったかもしれないが、全体の挙動に大きな影響を与えるものではないと考えられる。[第10回(R2.2.4)]	—
		<u>真空破壊弁への負荷については、作動状況に加えて過温状態の検討が必要。また、シーリング材への過温影響も考慮すべき。[第10回(R2.2.4)]</u>	<u>第11回会合で資料提示</u>
		<u>微小なバイパス部におけるエアロゾルの捕集による除染効果については、実験の適用範囲としてエアロゾルの流量等の確認が必要。[第10回(R2.2.4)]</u>	<u>第11回会合で資料提示</u>


調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
<u>1. 1, 2号機ベント配管系の汚染状況とその形成メカニズム</u>	1号機でベントされた気体が1号機原子炉建屋、2号機原子炉建屋、1,2号機主排気筒に各々どれくらい流入したのか格納容器ベントラインの流量分配について解析の方向を検討 [第 11 回 (R2.3.27)] 	可能な限り、実機の配管系や配管の敷設状態を模擬して流量分配を評価する。[第11回(R2.3.27)]	—
		<u>流量分配については、圧力損失としてSGTSのグラビティダンパやフィルタ等の何が律速になるのか。</u> [第11回(R2.3.27)]	<u>第12回会合で資料提示</u> <u>第14回会合で資料提示</u>
		<u>圧力損失は、似た体系の圧損が把握できれば十分なので、例えば5, 6号機での実測は検討できないか。</u> [第11回(R2.3.27)]	<u>今後取り組む事項</u>
		圧力損失としては、配管長さよりも流路の断面積の情報が重要と考えられる。[第11回(R2.3.27)]	—
		<u>測定された主排気筒及びSGTS配管の汚染の状況から逆算して圧力損失が推測できるか検討を行う。</u> [第11回(R2.3.27)]	<u>第14回会合で資料提示</u>

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
1. 1, 2号機ベント配管系の汚染状況とその形成メカニズム	1/2号機SGTS配管の内部調査について、配管穿孔、内部確認、スミア測定等の調査概要を検討[第11回(R2.3.27)]	1/2号機主排気筒へのSGTS配管の接続部の比較的局所で4.3Sv/hの高い線量が測定されている。主排気筒内部の構造を踏まえて線量の測定を行う。 [第11回(R2.3.27)]	—
		主排気筒のドレンサンプルピットの内包水の継続的な分析において、高濃度の値が継続しているが、減衰を考えれば、汚染源が供給され続けていることになる。 [第11回(R2.3.27)]	—
		 <u>ドレンサンプルピットの内包水の分析のため、水によって洗い流される量、水に溶けて供給される量については、水酸基等の化学形を押さえて検討すべき。</u> [第11回(R2.3.27)]	<u>第14回会合で資料提示</u>
		<u>全ベータの測定値がストロンチウムの1,000倍の数値となっている。このベータのストロンチウム以外の主要な構成要素をきちんと把握すべき。</u> [第11回(R2.3.27)]	<u>第14回会合で資料提示</u>


調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
1. 1, 2号機ベント配管系の汚染状況とその形成メカニズム	原子炉格納容器耐圧強化ベント及びSGTSライン熱流動解析[第14回(R2.10.16)]	グラビティダンパが設計どおりに機能する場合、測定された汚染分布を説明できない。[第14回(R2.10.16)]	—
		グラビティダンパが有する逆流防止機能の劣化が流量分配に大きく影響し、この劣化を考慮することにより汚染分布との大まかな整合が可能。[第14回(R2.10.16)]	—
		 ベント弁閉鎖時にスタック雰囲気中には、約26TBq(感度計算ケース1)のCs-137が存在すると推定可能(SGTS配管壁等への付着を考慮しない場合)。ベント弁閉鎖直後よりスタック中のCsはベント配管系統に再流入する可能性。[第14回(R2.10.16)]	—
		1号機側と2号機側SGTS配管での非対称な挙動。汚染分布と関連する可能性。 ・ベント作動中、ベント弁からスタックに至る流路(1号機SGTS配管)では、凝縮によるFPの蓄積はほとんど見られない。 ・2号機側への配管やスタックでは、凝縮によるFPの蓄積が見られた。 [第14回(R2.10.16)]	—

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
2. 1-3号機オペレーティングフロア及びシールドプラグ付近の放射線調査と2, 3号機シールドプラグ下面でのCs大量捕獲の可能性	<p>3号機原子炉建屋4階付近にガンマカメラの線量測定で高線量の箇所が確認されている。当該高線量箇所はどのように形成されたのか。</p> <p>①オペフロ上の高線量の瓦礫が4階に崩れ落ちている可能性</p> <p>②DSピットとウェルの間の隙間からPCVヘッドからの高線量の水蒸気が吹き出し、付着・凝縮等で局所的に線量が上がった可能性 [第9回(R1.12.26)]</p> <p style="text-align: right;">➡</p>	<p>3号機オペフロの汚染分布は、DSピットとウェル間の隙間から吹き出した高線量の水蒸気により局所的に高い部分がある。[第9回(R1.12.26)]</p>	—
		<p>3号機2階のRCW熱交換器の線量は数mSv/h～数十mSv/hであり、RCWを経由して高線量のものが流れたとは考え難い。[第9回(R1.12.26)]</p>	—
		<p><u>3号機オペフロの線量は、ガンマカメラの画像解析では数百～千mSv/h、東電HDの調査では15～20mSv/hと差があり、検討が必要。[第9回(R1.12.26)]</u></p>	第12回会合で資料提示
		<p><u>3号機タービン建屋内の原子炉建屋破片と考えられるコンクリート片(2～3mSv/h)の詳細調査が必要。[第9回(R1.12.26)]</u></p>	第11回会合で資料提示 第14回会合で資料提示 第15回会合で資料提示
	<p>3号機3階のFPC熱交換室にスキマサージタンク経由でオペフロの高線量の水蒸気が流入した可能性。[第9回(R1.12.26)]</p> <p style="text-align: right;">➡</p>	<p>経路的にはあり得るが、スキマサージタンク水は他よりも高線量となっておらず、可能性は低い。[第9回(R1.12.26)]</p>	—

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
2. 1-3号機オペレーティングフロア及びシールドプラグ付近の放射線調査と2, 3号機シールドプラグ下面でのCs大量捕獲の可能性	2号機オペレーティングフロアのガンマカメラによる測定結果を基にトップヘッドフランジの汚染状況、建屋DFを検討[第11回(R2.3.27)]	海側となる東側壁にブローアウトパネルの開口部があり、北側壁及び東側壁に汚染が偏っている。天井部位の汚染は高くない。[第11回(R2.3.27)]	—
		壁部分の汚染は比較的残っているが、床部分は除染の結果、汚染が比較的低くなっている。[第11回(R2.3.27)]	—
		<u>シールドプラグ付近は比較的汚染が高く、シールドプラグの下からくる散乱線の影響について、直接線との比較を含めて検討が必要。</u> [第11回(R2.3.27)]	<u>第12回会合で資料提示</u> <u>第15回会合で資料提示</u>
		 <u>シールドプラグ付近の直接線と散乱線の比較検討において、解析の精度、分析の幅を広げるため、ベータ核種のデータ(ベータ核種による汚染)の検討を進めたい。</u> [第11回(R2.3.27)]	<u>第14回会合で資料提示</u> <u>第15回会合で資料提示</u>
		<u>南側壁燃料取扱い室の上部、北側壁ダクト部に局所的に高い汚染箇所があることから、オペフロ内での蒸気の流れや汚染核種の情報が得られるのではないか。</u> [第11回(R2.3.27)]	<u>第5回連絡・調整会議で資料提示</u>

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
<u>2. 1-3号機オペレーティングフロア及びシールドプラグ付近の放射線調査と2, 3号機シールドプラグ下面でのCs大量捕獲の可能性</u>	1,2号機排気筒ドレンサンプル水のスペクトル分析結果の速報から試料分析の方向を検討[第11回(R2.3.27)]	現場でのスペクトルサーベイメータ(LaBr3検出器)の測定から、ドレンサンプル水では、1.5Mevのエネルギー値にピークが観測された。[第11回(R2.3.27)]	-
		試料分析として、排気筒に流入した放射性物質の組成の推定に有効な情報、特に主な放射性物質の存在比を取得する。[第11回(R2.3.27)]	-
		 <u>試料分析にあたっては、現場測定でセシウム以外の核種のエネルギーピークが観測されているため、ゲルマニウム検出器による詳細分析、α、β、γ線等の測定が必要。</u> [第11回(R2.3.27)]	<u>第14回会合で資料提示</u>
		<u>ドレンサンプル水の試料分析については、複数施設での分析をできないか検討する。</u> [第11回(R2.3.27)]	<u>第14回会合で資料提示</u> <u>第5回連絡・調整会議で資料提示</u>

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
<p><u>2. 1-3号機オペレーティングフロア及びシールドプラグ付近の放射線調査と2, 3号機シールドプラグ下面でのCs大量捕獲の可能性</u></p>	<p>オペレーティングフロアを中心とした線量測定の結果から、どの程度の放射性物質がシールドプラグの周辺に滞留してとどまっているか検討 [第12回 (R2.6.25)]</p>	<p><u>大気中に出た放射性物質が15PBqで済んだのは、シールドプラグで70PBq(2号機)、30PBq(3号機)が捕獲されたからか。</u> [第12回 (R2.6.25)]</p>	<p>第14回会合で資料提示 第15回会合で資料提示</p>
		<p><u>1号機のシールドプラグの下が0.1PBqであったことは、放出はされたがシールドプラグに捕獲されなかったからか。落下している屋根の下にあるのか、もともと出なかったのか。(⇒ モニタリングポストの議論ができるときに併せて議論)</u> [第12回 (R2.6.25)]</p>	<p>今後取り組む事項</p>
	<p>→</p>	<p>シールドプラグの垂直面、外周部の汚染の寄与もあるが、円の面積と比べれば推計の主たる要因にはならない。[第12回 (R2.6.25)]</p>	<p>—</p>
	<p><u>シールドプラグの汚染が全体の何割なのかが重要である。シールドプラグの1面、2面、3面だけではなく、ウェルも汚染していると考えられるため、合わせて推計することが必要である。</u> [第12回 (R2.6.25)]</p>	<p>第14回会合で資料提示</p>	
	<p><u>格納容器のトップヘッドのところからの放射性物質の抜けやすさがどう違っていったのか。</u> [第12回 (R2.6.25)]</p>	<p>今後取り組む事項</p>	

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
2. 1-3号機オペレーティングフロア及びシールドプラグ付近の放射線調査と2, 3号機シールドプラグ下面でのCs大量捕獲の可能性	オペレーティングフロアを中心とした線量測定の結果から、どの程度の放射性物質がシールドプラグの周辺に滞留してとどまっているか検討 [第 12 回 (R2.6.25)] 	<u>注水及び水蒸気による駆動説について、モデル化と輸送計算を行う価値がある。[第12回(R2.6.25)]</u>	<u>今後取り組む事項</u>
		<u>2号機と3号機の場合は、水蒸気で運ばれて凝縮してシールドプラグに付着したのに対し、1号機の場合は、そのような現象があまり顕著ではなかったことも考えられる。[第12回(R2.6.25)]</u>	<u>今後取り組む事項</u>

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
<p><u>2. 1-3号機オペレーティングフロア及びシールドプラグ付近の放射線調査と2, 3号機シールドプラグ下面でのCs大量捕獲の可能性</u></p>	<p>JAEAにおける試料分析 [第14回(R2.10.16)]</p>	<p><u>瓦礫試料の浸漬試験後、浸漬液の核種濃度分析をする。[第14回(R2.10.16)]</u></p>	<p><u>第15回会合で資料提示</u></p>



調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
<p><u>2. 1-3号機オペレーティングフロア及びシールドプラグ付近の放射線調査と2, 3号機シールドプラグ下面でのCs大量捕獲の可能性</u></p>	<p>JAEAにおける試料分析 [第15回(R2.11.12)]</p>	<p><u>瓦礫試料の浸漬液の核種濃度分析、浸漬後瓦礫試料の核種分析、ドレンサンプル水試料の¹²⁹I、Pu、Amの定量分析を行う。[第15回(R2.11.12)]</u></p>	<p><u>今後取り組む事項</u></p>







調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
3. 3号機水素爆発の詳細分析	3号機原子炉建屋3階の損傷状況から4階で水素爆発が起きたのではないかと考えられる。 ・3階西側で南北のはりが3箇所折損 ・3階床面は4号機と比べて損傷が少ない ・ダクトは、ほぼ形状を維持して落下、その上に天井からの瓦礫が堆積 ・明確な燃焼痕は見られない [第9回(R1.12.26)]	はり等の損傷状況から、4階で水素爆発が起きて、広い面積で大きな力が下向きに(4階から3階に向けて)働いたと考えられる。[第9回(R1.12.26)]	—
		ダクト、床面の損傷状況からは、3階で爆発はなかったと考えられる。[第9回(R1.12.26)]	—
		<u>物上げハッチの蓋は5階で閉まっております、爆発の起点の検討(5階または4階)のため蓋がどこに行ったのか確認が必要。[第9回(R1.12.26)]</u>	東京電力HD情報なしとの回答
	3号機と4号機では原子炉建屋3階の損傷状況が異なる。 [第9回(R1.12.26)]	<u>爆発の荷重伝達の検討のため、3号機4階の構造(柱等)の確認が必要。[第9回(R1.12.26)]</u>	第10回会合で資料提示
		<u>爆発の損傷モードを比較検討するため、4号機原子炉建屋の損傷状況の追加調査が必要。[第9回(R1.12.26)]</u>	第10回会合で資料提示
		<u>4号機4階西側の外壁損傷と外壁手前の電源盤の損傷に係る損傷モードの検討が必要。[第9回(R1.12.26)]</u>	第13回会合で資料提示

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
3. 3号機水素爆発の詳細分析 3号機原子炉建屋4階で水素爆発があった場合、水素の供給はどのように行われたのか。 ①PCVヘッドからオペフロに放出された水素が物上げハッチ等の開口部を通過して4階に降りてくる経路 ②ベント時の水素がSGTS配管を通過して4階に供給される経路 [第9回(R1.12.26)]	3号機原子炉建屋4階で水素爆発があった場合、水素の供給はどのように行われたのか。	<u>オペフロの水素供給から4階への水素の移動に関する既存シミュレーション等の確認が必要。[第9回(R1.12.26)]</u>	<u>東京電力HD情報なしとの回答</u>
	①PCVヘッドからオペフロに放出された水素が物上げハッチ等の開口部を通過して4階に降りてくる経路	<u>SGTS配管からのベントガスの逆流は、SGTSフィルターの汚染状況の確認、原子炉建屋内のダクトルート(配置図、吸込口位置等)の確認が必要。[第9回(R1.12.26)]</u>	<u>第12回会合で資料提示</u>
	②ベント時の水素がSGTS配管を通過して4階に供給される経路	3号機、4号機のSGTSフィルターには、スタック側から建屋側に線量分布の傾斜(逆流した形跡)が見られる。[第9回(R1.12.26)]	—
	[第9回(R1.12.26)]	<u>SGTSフィルターはA系とB系で汚染状況が異なるため、逆流・順流の検討が必要。[第9回(R1.12.26)]</u>	<u>第14回会合で資料提示</u>
	3号機1階PCV機器ハッチやペネ等のPCV貫通部からの水素漏えいの可能性。 [第9回(R1.12.26)]	<u>SGTS配管やダクト内部のスミア等による線量測定を検討する。[第9回(R1.12.26)]</u> <u>格納容器から放出される水素はFPを伴うため、3号機1階の汚染状況と整合しているか確認が必要。[第9回(R1.12.26)]</u>	<u>第11回会合で資料提示</u> <u>第12回会合で資料提示</u> <u>第14回会合で資料提示</u>



調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
3. 3号機水素爆発の詳細分析	3号機の水素爆発は、1号機のような単一の爆発事象ではなく、2段階以上の複数段階事象だったか検討[第13回(R2.9.3)]	<u>3号機の原子炉建屋の北西方向に大きな力を加える第1段階の爆発があり、それは5階オペフロではなく4階で生じたか。[第13回(R2.9.3)]</u>	<u>第15回会合で資料提示</u>
		<u>第1段階の爆発で建物が北西方向に引っ張られた関係上、建屋の南もしくは南東側の上に裂け目ができて、そこから水素が噴き出して炎が発生した。[第13回(R2.9.3)]</u>	<u>第15回会合で資料提示</u>
		第1段階の炎とは別に、原子炉建屋の中央部から爆煙を上に出す第2段階の爆発燃焼現象があり、これは単に運動エネルギーで打ち出されるだけでなく、水素の燃焼を伴って、火の玉のような形で上に吹き上げている。[第13回(R2.9.3)]	—
		1号機が爆発した後、上に向かって凝縮波が見えたが、3号機にはどこにも見えなかった。[第13回(R2.9.3)]	—
		<u>3号機のほうが大爆発に見えるが、地震計に伝わった振動は1号機のほうが大きいか。[第13回(R2.9.3)]</u>	<u>第15回会合で資料提示</u>


調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
3. 3号機水素爆発の詳細分析	3号機の水素爆発は、1号機のような単一の爆発事象ではなく、2段階以上の複数段階事象だったか検討[第13回(R2.9.3)]	<u>爆発で赤い炎が見られるのは、格納容器の中でMCCIが起こっており一酸化炭素が供給されたからか。</u> [第13回(R2.9.3)]	<u>第15回会合で資料提示</u>
		<u>多段の爆発は、地震計に捉えられるような波を出す性格のものだったか。第2段階の爆発は、建屋の中で爆発するよりかなり小さいと推測できる。</u> [第13回(R2.9.3)]	<u>第16回会合で資料提示</u>
		ブローアウトパネルは、中越沖の後の対策として、パネルが開いた後、何かあったらすぐに閉められるようにする対策はしたが、開きにくくする対策や開きやすくする対策はしていない。[第13回(R2.9.3)]	—

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
3. 3号機水素爆発の詳細分析	3号機の水素爆発発生時の映像の分析[第15回(R2.11.12)] 	水素爆発発生時の映像の処理の結果、3号機の水素爆発は、前駆爆発＝4階部分の損壊、建屋上部の火炎発生・継続、RB屋根部の上方への膨張、残存水素の燃焼による噴煙上昇が、この順番で発生した、一連の、しかし、一つではない現象であったと考えられる。[第15回(R2.11.12)]	—
		3号機の水素爆発の火炎の色は黄橙色であり、RB内部にあった気体は、主成分である水素に炭化水素が混ざったものだったのではないかと考えられる。[第15回(R2.11.12)]	—
	3号機原子炉建屋の損傷状況に関する検討[第15回(R2.11.12)] 	3階西側中央部付近で小梁の両端部が大きく損傷しており、損傷状況からせん断破壊と考えられる。[第15回(R2.11.12)]	—
		3階西側中央部付近で大梁の中央部付近で梁下面に向かってひび割れが発生しており、損傷状況から曲げ破壊と考えられる。[第15回(R2.11.12)]	—
		4階西側付近は、外壁は抜けているが、設備等に大規模な損傷は見られない。[第15回(R2.11.12)]	—

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
3. 3号機水素爆発の詳細分析	はりの爆発応答解析による爆発規模の推定[第15回(R2.11.12)] 	50～500kPa程度の爆風が数十ms程度作用していたと考えられる。[第15回(R2.11.12)]	—
	水素爆発時の振動記録を用いた震源付近の振幅比の推定[第15回(R2.11.12)] 	1号機爆発時の振源の振幅は3号機の2.1倍(エネルギー比で4.4倍)程度、4号機爆発時の振源の振幅は3号機の0.1倍(エネルギー比で0.01倍)程度であった。(本検討で推定したのは、各号機の爆発に伴い放出されたエネルギーのうち、地盤に伝播した振動のエネルギー比である。)[第15回(R2.11.12)]	—


調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
4. 3号機RPV圧力のベント時点までの挙動分析	1号機と3号機のベントガスに含まれたセシウム量に相違が生じた主たる要因として、1号機真空破壊弁でのバイパスの可能性を検討〔第10回(R2.2.4)〕	1号機格納容器は圧力が計測されるくらいの漏えい率の状態、3号機格納容器はほぼ大気圧と同じくらいの状態となっていた。〔第10回(R2.2.4)〕	—
		<u>1号機D/WとW/Wの圧力差の推移と実測値はベント時に整合していない。圧力差の議論では留意すべき。〔第10回(R2.2.4)〕</u>	<u>第11回会合で資料提示</u>
		→ <u>D/WとW/Wの圧力差については、格納容器ヘッドフランジからの漏えい量と格納容器圧力の定量的な評価が必要ではないか。〔第10回(R2.2.4)〕</u>	<u>第11回会合で資料提示</u> <u>第12回会合で資料提示</u>
		<u>D/WとW/Wの圧力差については、安全弁の系統の温度上昇による水素のシートリークの可能性等の検討が必要。〔第10回(R2.2.4)〕</u>	<u>第11回会合で資料提示</u>
		<u>D/W及びW/Wの圧力挙動については、1F2号機及び2F1号機の真空破壊弁の不調とその際の各圧力の実測値をもとに検討が必要。〔第10回(R2.2.4)〕</u>	<u>第11回会合で資料提示</u> <u>第13回会合で資料提示</u> <u>第14回会合で資料提示</u>


調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
4. 3号機RPV圧力のベント時点までの挙動分析	1号機と3号機のベントガスに含まれたセシウム量に相違が生じた主たる要因として、1号機真空破壊弁でのバイパスの可能性を検討 [第 10 回 (R2.2.4)] 	<u>環境への放出量と沈着量については、1号機S/C上部の線量調査の不確かさ等を踏まえた検討が必要。</u> [第10回 (R2.2.4)]	<u>第11回会合で資料提示</u>
		<u>S/Cのベローズの漏えいによるFPの沈着等への影響の確認が必要。</u> [第10回 (R2.2.4)]	<u>第11回会合で資料提示</u>
		<u>環境への放出量はベント時のSGTS配管及びスタックへの沈着量を踏まえた検討が必要。</u> [第10回 (R2.2.4)]	<u>第11回会合で資料提示</u> <u>第12回会合で資料提示</u> <u>第14回会合で資料提示</u>
	1号機と3号機の事故進展(炉心損傷時期と状態等)及びベント時の格納容器内の状態を比較検討 [第 10 回 (R2.2.4)] 	1号機のベントは、炉心損傷から約20時間程度と考えられる。ほぼ全量が炉心損傷し、下部ヘッドも破損していたと考えられる。[第10回 (R2.2.4)]	—
		3号機のベントは、1回目は炉心損傷から約5時間程度、2回目は約9時間程度と考えられる。下部ヘッドは健全であったと考えられる。[第10回 (R2.2.4)]	—
		<u>1号機のベント回数については、スタック解体に伴うスタック内側のスミアによる核種分析により物理的にチェックすべきではないか。</u> [第10回 (R2.2.4)]	<u>第11回会合で資料提示</u> <u>第12回会合で資料提示</u>



調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
4. 3号機RPV圧力のベント時点までの挙動分析	1号機と3号機の事故進展(炉心損傷時期と状態等)及びベント時の格納容器内の状態を比較検討[第10回(R2.2.4)]	1号機の場合には、ベント開始までに原子炉容器の下部ヘッドが破損しており、D/Wに多量のFPが存在していたと考えられる。[第10回(R2.2.4)]	—
		3号機の場合には、ベントガスが2回スクラビングされ、D/Wの汚染状況が少なかったと考えられる。[第10回(R2.2.4)]	—
		 <u>3号機のベント前後において、D/Wの圧力がW/Wの圧力よりも高い。原子炉容器から格納容器への直接パス等の要因の検討が必要。</u> [第10回(R2.2.4)]	<u>第11回会合で資料提示 第12回会合で資料提示 第14回会合で資料提示</u>
		D/WとW/Wの圧力差については、圧力計のドリフトも考えられるが、事象の解明は困難と考えられる。[第10回(R2.2.4)]	—
		ベント時のスクラビングの効果は、原子炉容器の下部ヘッド破損前の場合、主としてクエンチャー出口でプールスクラビングされるため、除染の効果が高いと考えられる。[第10回(R2.2.4)]	—



調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
4. 3号機RPV圧力のベント時点までの挙動分析	1号機と3号機の事故進展（炉心損傷時期と状態等）及びベント時の格納容器内の状態を比較検討〔第10回（R2.2.4）〕	<u>ベント時のスクラビング効果は、水位の影響が大きい。S/Cスプレイを行っていた3号機と行っていない1号機の比較検討も必要ではないか。〔第10回（R2.2.4）〕</u>	<u>第11回会合で資料提示</u>
		1号機と3号機のベント時のスクラビング効果の差は、 <u>現地調査で確認されたSGTS配管の汚染程度の差と整合しているのか検討が必要。〔第10回（R2.2.4）〕</u>	<u>第11回会合で資料提示</u>
		<u>D/Wに存在するFP量については、米国サンディア国立研究所の解析でMSLの破壊によるD/Wへの大量のFP放出の意見もあり、議論が必要。〔第10回（R2.2.4）〕</u>	<u>第11回会合で資料提示</u>




調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
4. 3号機RPV圧力のベント時点までの挙動分析 圧力容器及び格納容器の圧力による設備や機器の動作の状況及び内包されている水の状態に関する検討 [第12回(R2.6.25)]		<u>複数の逃がし安全弁が同時に動作していた可能性について、アキュムレータの窒素が大分減少してしまったのは、開信号がきていても全開にできなくなってしまって、中間開のような状態だったからか。</u> [第12回(R2.6.25)]	<u>第14回会合で資料提示</u>
		<u>HPCIが停止した後のSR弁の動作は、逃がし弁として機能しているのか、あるいは安全弁として機能しているのか。窒素の供給は回復したのか。</u> [第12回(R2.6.25)]	<u>第14回会合で資料提示</u>
		<u>ADS(自動減圧系)の開によって減圧された後の弁の開状態が維持されて、圧力容器の減圧状態が維持されたのか。</u> [第12回(R2.6.25)]	<u>第14回会合で資料提示</u>
		<u>格納容器圧力について、PCVのベント成功回数は2回でよいか、3回目以降のベントは失敗したかどうか。</u> [第12回(R2.6.25)]	<u>第14回会合で資料提示</u>
		<u>ベントが成功する直前に、ADSの起動によってPCVの圧力が一気にラプチャーディスクの設定圧を超えたことによって、ベントが成功したと見られているが、意図的なベントの開始を制御できていたか。</u> [第12回(R2.6.25)]	<u>第14回会合で資料提示</u>

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
4. 3号機RPV圧力のベント時点までの挙動分析	圧力容器及び格納容器の圧力による設備や機器の動作の状況及び内包されている水の状態に関する検討 [第12回(R2.6.25)]	<u>逃がし弁の噴き出し圧7.4MPa以上、閉止圧7.1MPaのいずれにも達していないのに圧力が振動しているメカニズムは何か。[第12回(R2.6.25)]</u>	<u>第14回会合で資料提示</u>
		<u>SR弁が全開にならないと閉まらないというようなロジックがあるか。[第12回(R2.6.25)]</u>	<u>第14回会合で資料提示 第15回会合で資料提示</u>
		 <u>原子炉出口のところまでサブクール水がきてほとんど水蒸気がなくなっている。RCICから入れた水で全部冷やされたか。[第12回(R2.6.25)]</u>	<u>第14回会合で資料提示</u>
		<u>ベントの弁の開度は15%で一定のため、減圧速度が変わることは考えがたい。[第12回(R2.6.25)]</u>	<u>第14回会合で資料提示</u>

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
4. 3号機RPV圧力のベント時点までの挙動分析	3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の挙動に関する検討[第14回(R2.10.16)] 	全交流動力電源喪失時に、PCV外部からの窒素供給が途絶えた場合、S/RVは中間開の状態になると考えられる。[第14回(R2.10.16)]	—
		炉心損傷後の高温環境下では、S/RVのバネの押し下げ力が低下し、安全弁として動作する圧力が低下することが確認された。[第14回(R2.10.16)]	—
5. 3号機PCVの圧力変動	3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の挙動に関する検討[第14回(R2.10.16)] 	熔融炉心がD/Wへ移行したことで、D/Wが蒸気等の発生源になったと考えられる。[第14回(R2.10.16)]	—
		3月13日14時頃から3月14日21時頃までの圧力変動は、PCVからの漏えいが継続しており、PCV内での蒸気等の発生量の変動による。[第14回(R2.10.16)]	—

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
4. 3号機RPV圧力のベント時点までの挙動分析	3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の挙動に関する検討[第15回(R2.11.12)] 	ベント実施前からRPVからD/Wへの漏えいが生じていたが、 -3月13日16時頃までは下部プレナムに冷却材が保持されていたと考えられる。 -3月14日1時頃にはD/W床に熔融炉心が移行していたと考えられる。 -したがって、上記の間に下部ヘッドに大規模な損傷が生じたと推定される。[第15回(R2.11.12)]	—
		3号機ではベントの準備終了とほぼ同時期にADSの起動によりラプチャディスクが破れ、ベントが成功したが、炉心損傷後の状況において、ADSは開状態が維持されず、閉止したと考えられる。[第15回(R2.11.12)]	—
	2号機シールドプラグ下面の汚染密度の推定[第15回(R2.11.12)] 	汚染密度よりシールドプラグ下層隙間の汚染を概算すると、少なくとも20~40PBq以上と推定でき、前回オペフロ床面から1500mm位置での1センチメートル線量当量率から推定して求めた平均汚染密度の6.6E+10Bq/cm ² (前回の約70PBqと推定した平均濃度)と同じオーダーとなる。[第15回(R2.11.12)]	—

調査・分析のまとめの項目	事故分析検討会における論点		対応状況
5. 3号機PCVの圧力変動 3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の挙動に関する検討 [第14回(R2.10.16)]		2F1のS/C圧力計の設計位置(通常水位+310cm)を考慮すると、D/W圧力+水頭圧=S/C圧力との関係となっている。[第14回(R2.10.16)]	—
		2F1の真空破壊弁は、東日本大震災に伴う事故時において、その機能を喪失していないと考えられる。[第14回(R2.10.16)]	—
		津波到達以降のRCIC運転中の崩壊熱はRCIC定格流量に比較してかなり小さいものの、RCICタービンへの供給蒸気量(約2.5l/s)だけでは崩壊熱を消費できないため、SRV経由でのS/Cへの放出があった可能性が高い。(ただし、通常のSRVの流量よりも小さい流量(中間開の流路面積)と推定)[第14回(R2.10.16)]	—
		RCICから原子炉の注水される低温水による大きなRPV減圧が起こることが解析により示された。(ノード内での温度均一化効果により、解析で評価される減圧は実際よりも大きくなる傾向)[第14回(R2.10.16)]	—
		1F3のRCIC運転時の原子炉圧力挙動は、炉圧変化に応じたSRVの中間開作動とRCIC注水による減圧の組み合わせを反映したものと考えられる。(ただし、逃し弁モードの閉設定値以降は検討が必要)[第14回(R2.10.16)]	—

○事故分析検討会における主な検討項目

<p>➤ 第15回事故分析検討会 [令和2年11月12日(木)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・福島第一原子力発電所3号機における水素爆発について ・原子炉建屋での水素爆発発生時の映像を用いた分析 ・3号機原子炉建屋の損傷状況について ・水素爆発時の振動記録を用いた振源付近の振幅比の推定 ・3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の挙動について(3) ・2号機シールドプラグ下面の汚染密度の推定について ・[JAEA] JAEAにおける試料分析について(2) ・これまでの論点整理 ・[参考] 1, 3号機水素爆発時の気象等 	<p>➤ 第13回事故分析検討会 [令和2年9月3日(木)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3号機の水素爆発 ・現地調査の実施状況について ・これまでの論点整理 ・[東電HD] 福島第2原子力発電所1号機の格納容器圧力挙動について ・[東電HD] 福島第一原子力発電所3号機のRCIC運転中の原子炉圧力挙動について
<p>➤ 第14回事故分析検討会 [令和2年10月16日(金)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3号機原子炉格納容器内の圧力挙動について ・[東電HD] 福島第2原子力発電所1号機の格納容器圧力挙動について ・[東電HD] 福島第一原子力発電所3号機のRCIC運転中の原子炉圧力挙動について ・3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の挙動について(2) ・現地調査の実施状況について ・原子炉格納容器耐圧強化ベントラインの熱流動解析について ・[JAEA] 原子炉格納容器耐圧強化ベント及びSGTSライン熱流動解析－1号機及び2号機の結果－ ・[JAEA] JAEAにおける試料分析について ・これまでの論点整理 ・[参考] 1～4号機非常用ガス処理系(SGTS)の設計等について 	

○事故分析検討会における主な検討項目

<p>➤ 第12回事故分析検討会 [令和2年6月25日(木)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉格納容器破損時の水素及び核分裂生成物の挙動 ・1～3号機原子炉建屋における線源調査 ・3号機原子炉格納容器内の圧力挙動からの考察 ・3号機の原子炉圧力及び格納容器圧力の挙動 ・これまでの論点整理 ・[東電HD] 1/2号機SGTS配管撤去に向けた現場調査の実施状況 	<p>➤ 第9回事故分析検討会 [令和1年12月26日(木)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3uR/B3階の調査結果 ・第8回の論点整理(ベント配管汚染) ・[参考] 現地調査等の概要(耐圧強化ベントライン) ・[東電HD] 3uベントガスから4uR/Bへの流入割合
<p>➤ 第11回事故分析検討会 [令和2年3月27日(金)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・S/Cのスクラビング効果 ・ベント配管の汚染に関する解析等(第2回) ・2号機オペフロのガンマカメラによる測定結果 ・1,2号機排気筒ドレンサンプル水の分析 ・これまでの論点整理 ・[参考] 科学的・技術的意見 ・[JAEA] 試料分析の計画 ・[東電HD] 1/2号機SGTS配管現場調査 	<p>➤ 第8回事故分析検討会 [令和1年11月28日(木)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・耐圧強化ベントラインの汚染状況 ・プールスクラビングによるエアロゾル除去効果実験 ・[参考] 計装機器の指示値及びプラントデータの推移等 ・[東電HD] 3uPCV漏えいと蒸気放出
<p>➤ 第10回事故分析検討会 [令和2年2月4日(火)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ベント配管の汚染に関する解析等 ・現地調査結果(4uR/B,2uオペフロ) ・第9回の論点整理(3uR/Bの汚染) ・[参考] ベント設計、スタック線量推移等 ・[東電HD] 3uPCV機器ハッチ、1u水素爆発解析、1uPCV上蓋 	<p>➤ 第7回事故分析検討会 [令和1年10月18日(金)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検討会の実施 ・当面の調査・分析項目

1-4号機SGTS室調査の進捗について

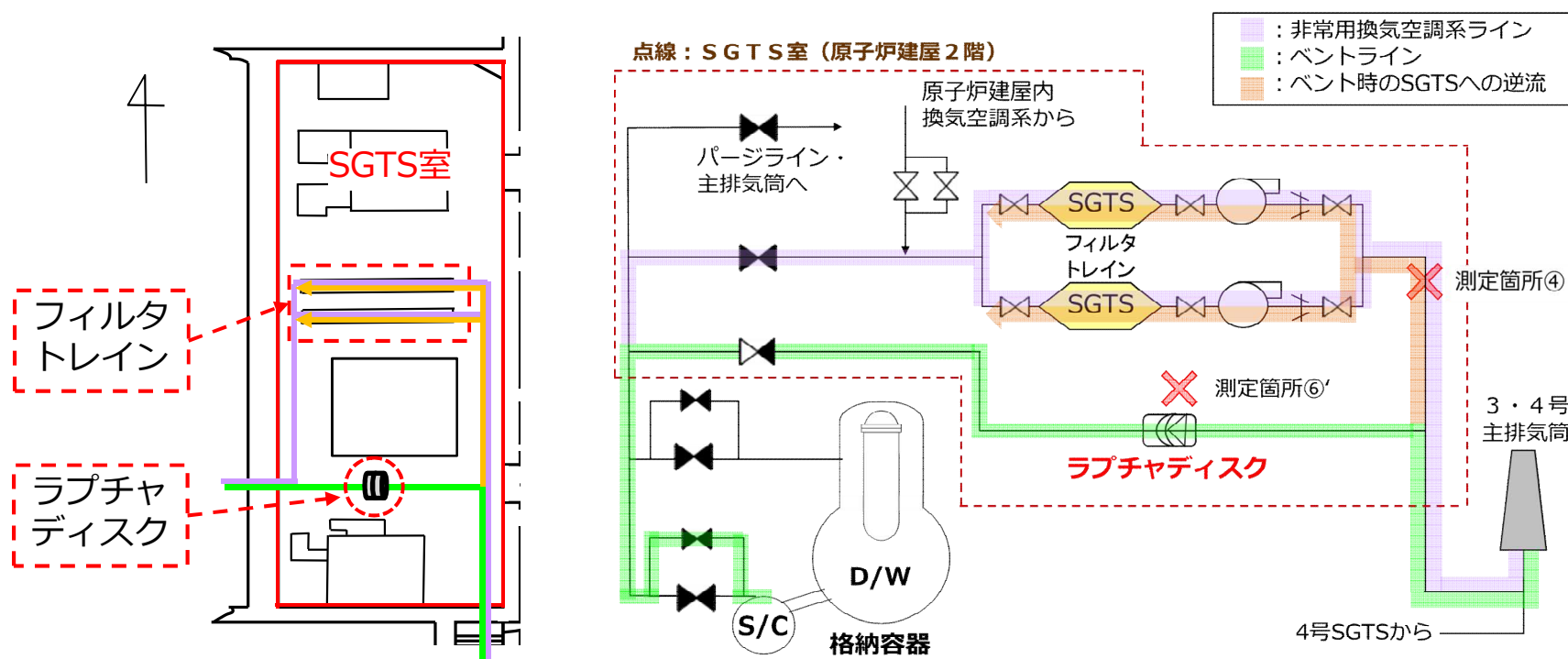
2020年11月27日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

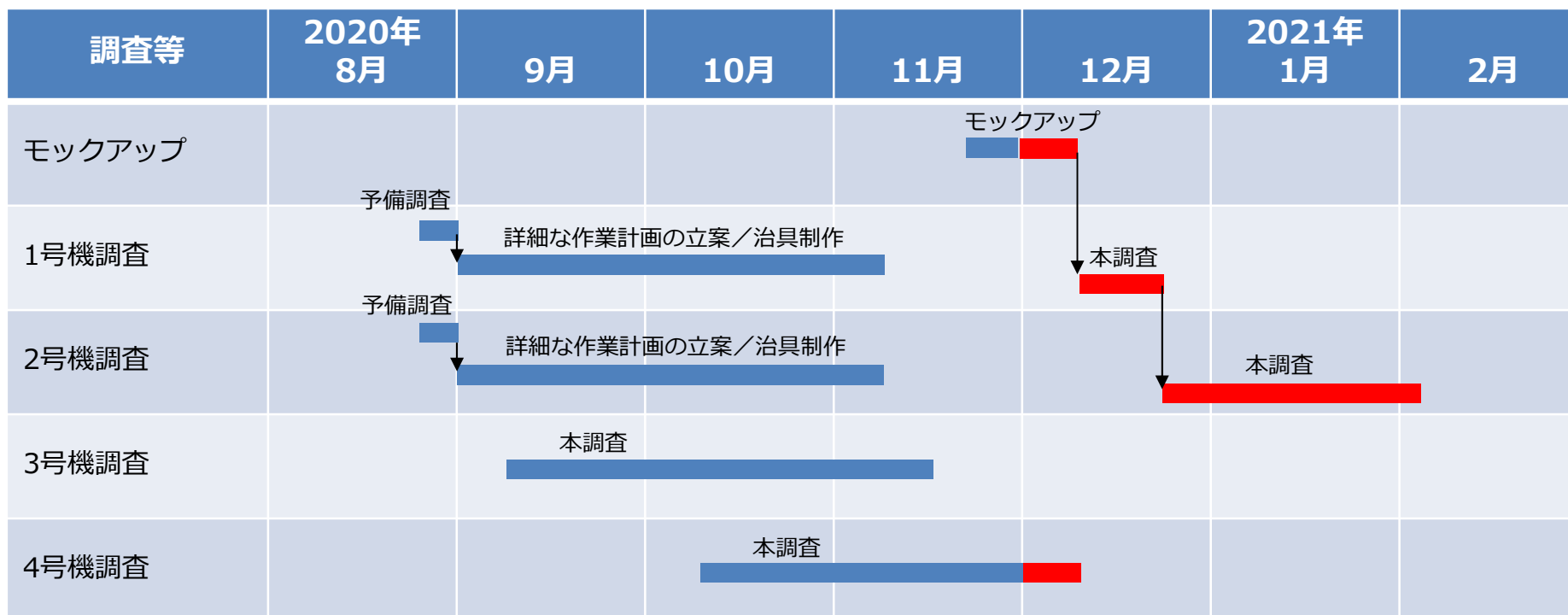
- 当社は「福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討」として、事故進展の解明にかかる取組みを継続。
- 事故進展にかかる多くの情報は廃炉作業の進捗とともに取得していくが、それに加え事故の痕跡を留める場所の調査を行うことで、検討に役立てることを計画。
- 1～4号機の非常用ガス処理系（SGTS）室内の機器や配管は、事故時の状態を留めており、現在廃炉作業との干渉が少ない。格納容器ベントに伴う放射性物質の放出挙動と関係している、当該室内の機器や配管を詳細に調査することを計画。
- 今回、調査の進んだ3号機の調査結果について報告。（1、2号機予備調査結果含む）



3号機SGTS室内の配管引き回し（左）と概略系統構成（右）

2. 調査工程（予定と実績）

- 調査は、2020年8月～2021年2月にかけて各号機順次実施。
- 1、2号機についてはSGTS室内の空間情報、線量情報を取得する予備調査を8月下旬に実施した。
- 3号機は9月中旬より本調査を開始し、γイメージャを用いた測定を実施した。また、フィルタトレインを開放し汚染確認を実施した。
- 4号機は10月より本調査を開始し、γイメージャを用いた測定を実施しており、フィルタトレイン汚染確認のためのトレイン開放の準備を進めている。



3. 過去の主な調査状況の概要と調査の目的

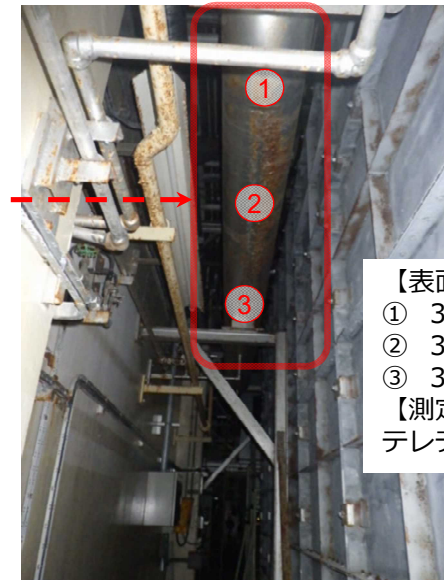
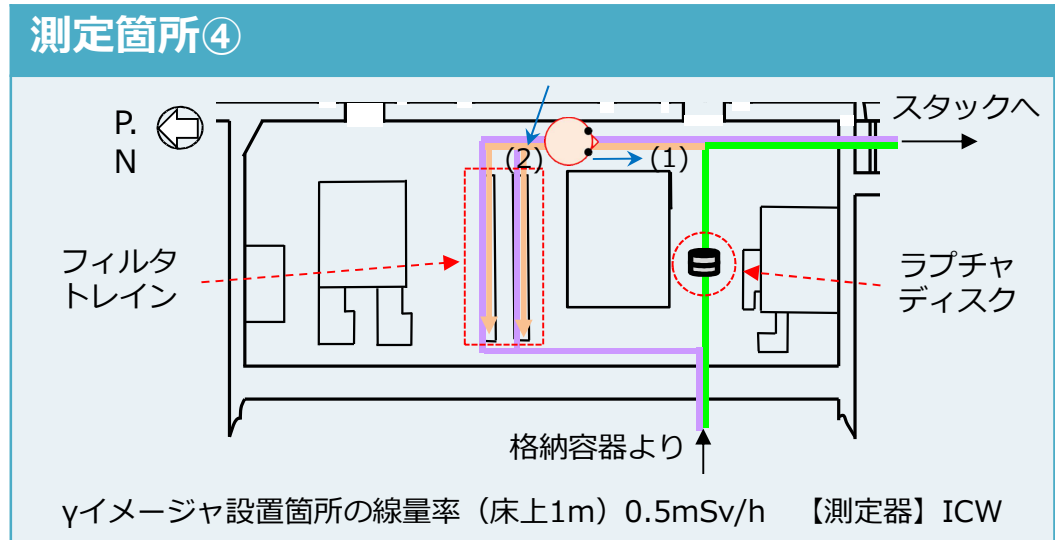
過去の主な調査状況の概要

- 1号機：SGTS室入口で5[Sv/h]以上の線量率を確認（2011年）
（SGTS室内の情報に限定的であり、詳細な情報取得は初めての試み）
- 2号機：SGTSフィルタトレインにおいて1[Sv/h]程度の線量率、ラプチャディスク周辺に汚染無しを確認（2014年）
- 3号機：SGTSフィルタトレイン周辺の線量率を測定（2011年）
- 4号機：SGTSフィルタトレイン周辺の線量率を測定（2011年）
（3、4号機は1、2号機と比較して線量率が低い。3号機の格納容器ベントガスが4号機に逆流した徴候を確認）

～11月までの調査の目的

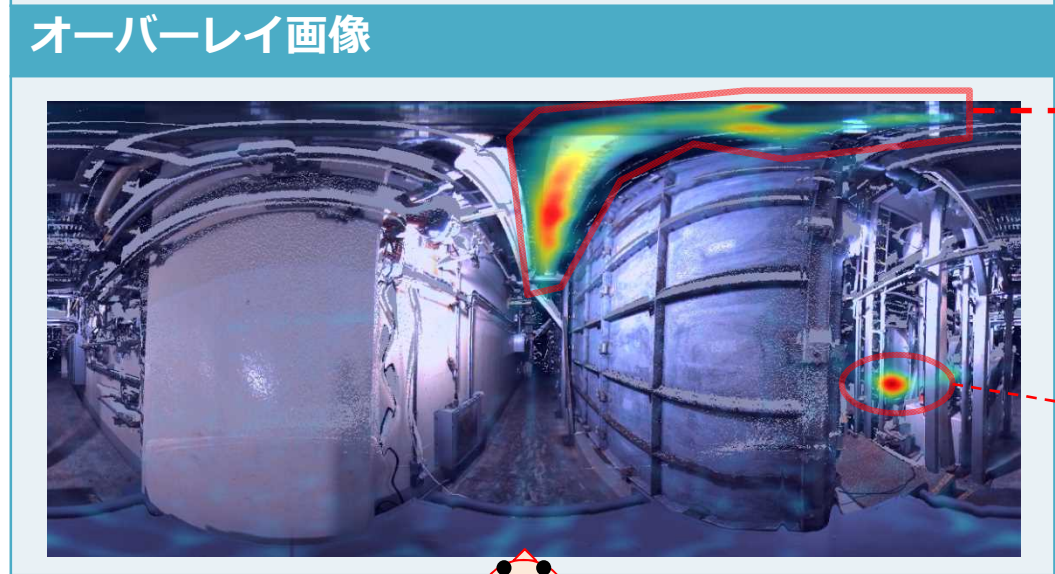
- 1、2号機のSGTS室内において、本調査を実施する前に、SGTS室内のロボットの可動範囲を確認する。併せて、現時点におけるSGTS室内の雰囲気線量を測定する。
- 3号機のSGTS室内の複数点にてγイメージャを用いた撮影を実施し、SGTS室内の線量分布を確認する。
- 3号機のSGTSフィルタトレインを開放し、汚染状況を確認する。
- 4号機のSGTS室内の複数点にてγイメージャを用いた撮影を実施し、SGTS室内の線量分布を確認する。

4. 3号機の測定結果 (室内その1)



【表面線量率】
 ① 3.3mSv/h
 ② 3.7mSv/h
 ③ 3.3mSv/h
 【測定器】
 テレテクター

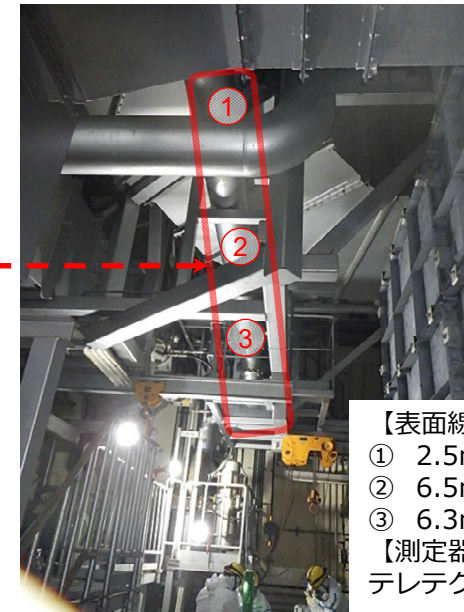
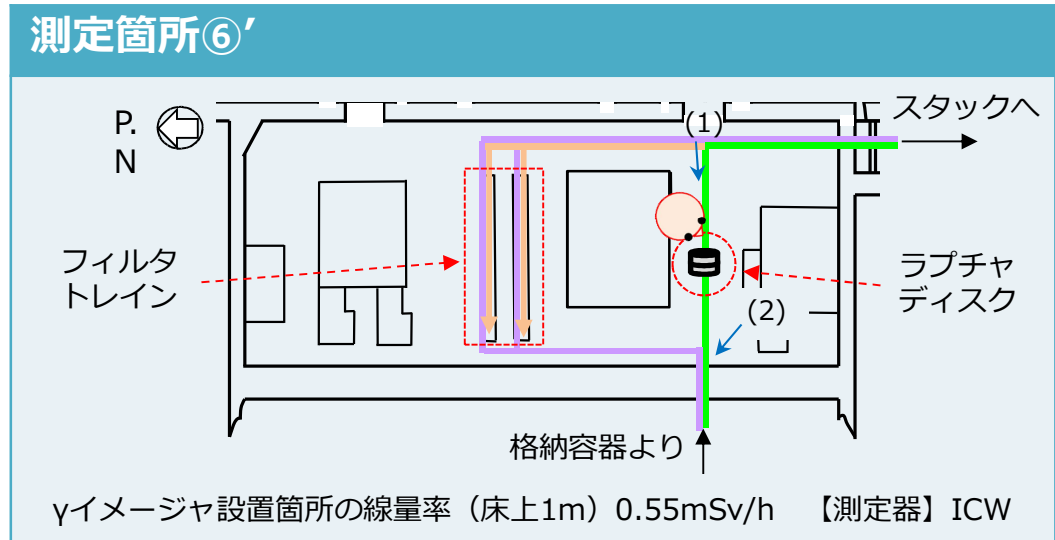
矢視(1)



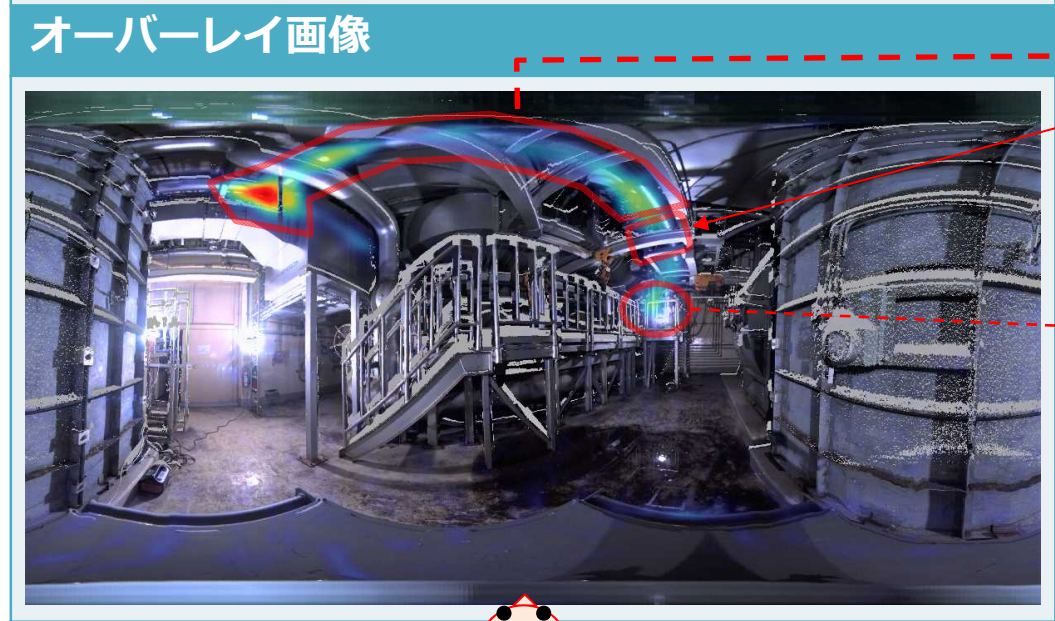
【表面線量率】
 4.5mSv/h
 【測定器】
 ICW

矢視(2)

4. 3号機の測定結果 (室内その2)

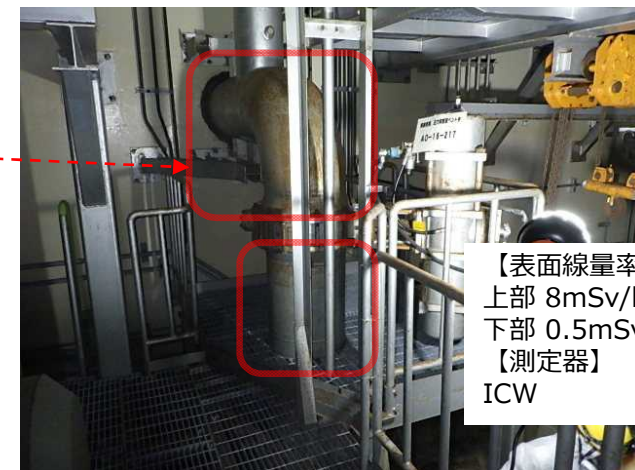


【表面線量率】
 ① 2.5mSv/h
 ② 6.5mSv/h
 ③ 6.3mSv/h
 【測定器】
 テレテクター



ラプチャ
 ディスク

矢視(1)

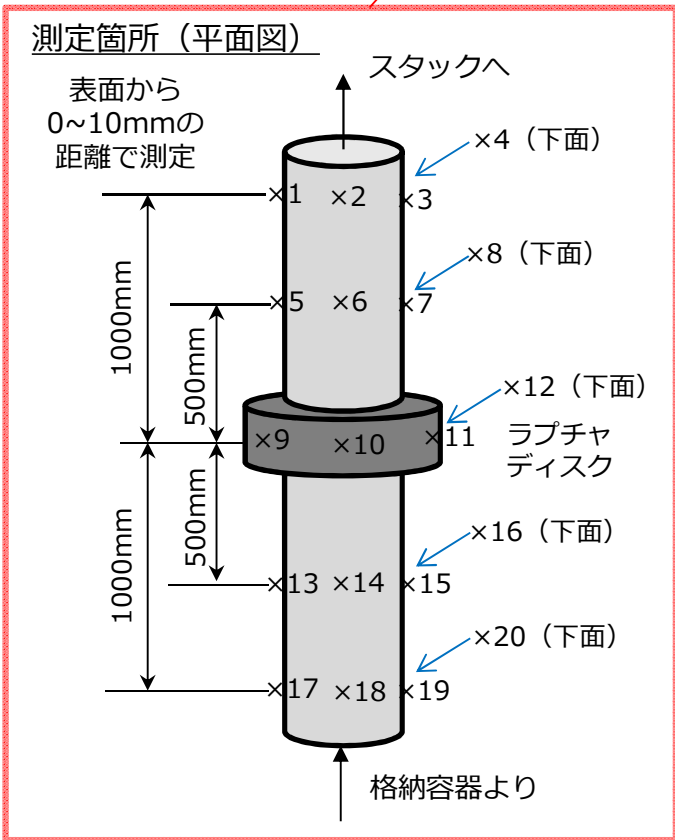
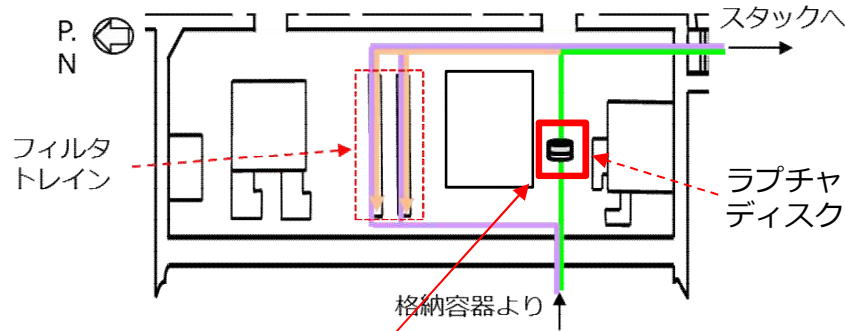


【表面線量率】
 上部 8mSv/h
 下部 0.5mSv/h
 【測定器】
 ICW

矢視(2)



4. 3号機の測定結果 (ラブチャディスク)



線種 No	表面線量当量率(mSv/h)		線種 No	表面線量当量率(mSv/h)	
	γ線	γ+β線		γ線	γ+β線
×1	26	-	×11	2.5	-
×2	32	-	×12	2.0	-
×3	9.0	-	×13	6.0	-
×4	18	-	×14	5.0	-
×5	10	-	×15	6.0	-
×6	30	-	×16	6.0	-
×7	15	-	×17	7.0	-
×8	30	-	×18	9.0	-
×9	2.5	-	×19	8.0	-
×10	5.0	-	×20	7.0	-

測定器
 ×1~×4 : テレテクター
 ×5~×20 : ICW

ラブチャディスクの周辺においては、測定線量率はラブチャディスク

　　<ラブチャディスク上流

　　<ラブチャディスク下流

という関係にあることが分かった。

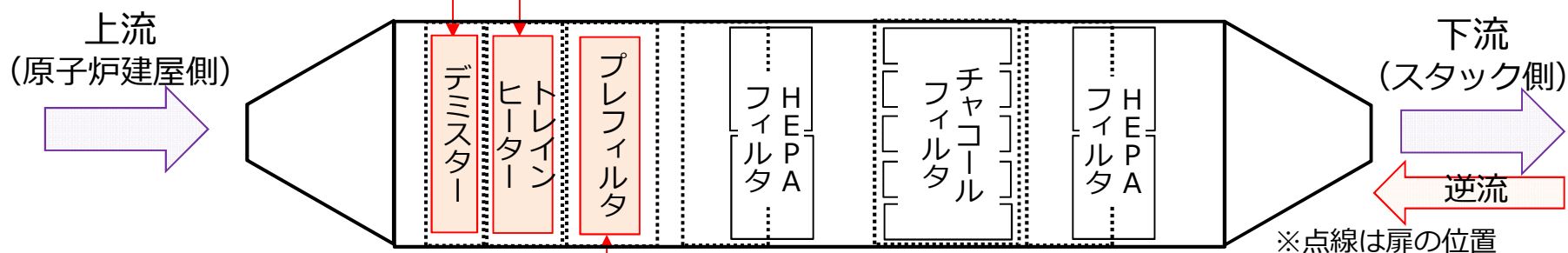
これは、ベントができていない2号機において、ラブチャディスク（不動作で閉）の周辺にほとんど汚染が見られないことと大きく異なる。

5. 3号機SGTSフィルタトレインA系内部① (11/9撮影)



デミスター

トレインヒーター



プレフィルタ

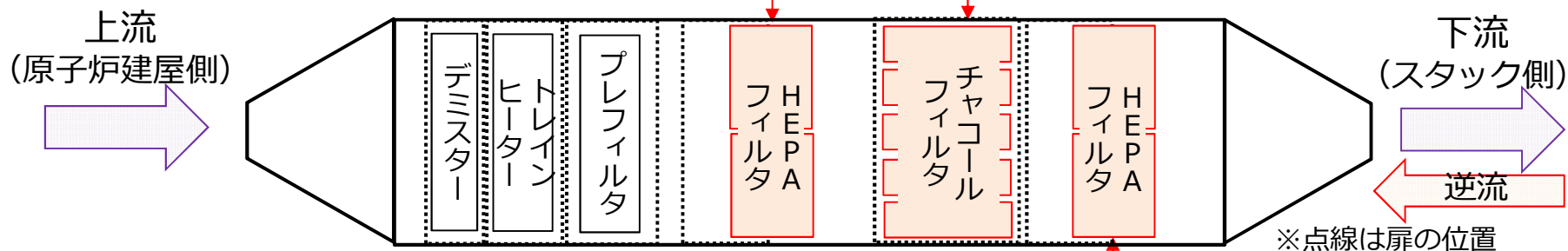
測定箇所	表面線量当量率 (mSv/h)			
	11/9測定時 (フィルタ表面)		8/19測定時 (扉表面)	
	γ	β+γ	γ	β+γ
デミスター	1.2	3.5	-	-
トレインヒーター	0.40	1.2	0.55	0.55
プレフィルタ (上流)	2.0	2.5	0.80	0.80
プレフィルタ (下流)	2.0	2.0		

5. 3号機SGTSフィルタトレインA系内部② (11/9撮影)



HEPAフィルタ (No.3)

チャコールフィルタ



HEPAフィルタ (No.1)

測定箇所	表面線量当量率 (mSv/h)			
	11/9測定 (フィルタ表面)		8/19測定時 (扉表面)	
	γ	β+γ	γ	β+γ
高性能フィルタ (No.3)	4.0	4.0	1.1	1.1
チャコールフィルタ	0.50	1.0	0.30	0.30
高性能フィルタ (No.1)	1.0	4.0	0.40	0.40

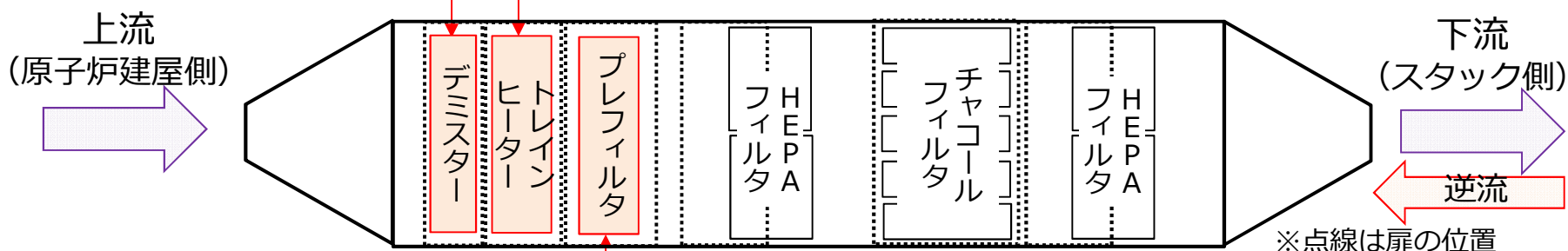
5. 3号機SGTSフィルタトレインB系内部① (11/16撮影)



デミスター



トレインヒーター



プレフィルタ

測定箇所	表面線量当量率 (mSv/h)			
	11/16測定時 (フィルタ表面)		8/19測定時 (扉表面)	
	γ	β+γ	γ	β+γ
デミスター	2.2	25.0	-	-
トレインヒーター	0.5	0.8	0.50	0.50
プレフィルタ (上流)	0.7	2.5	0.50	0.50
プレフィルタ (下流)	0.5	2.0		

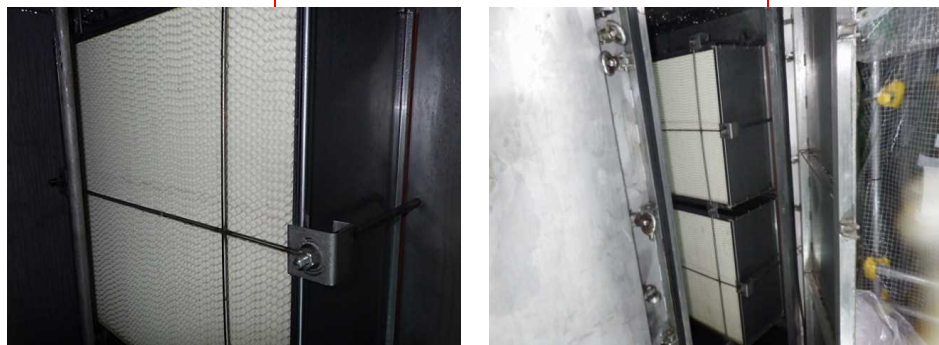
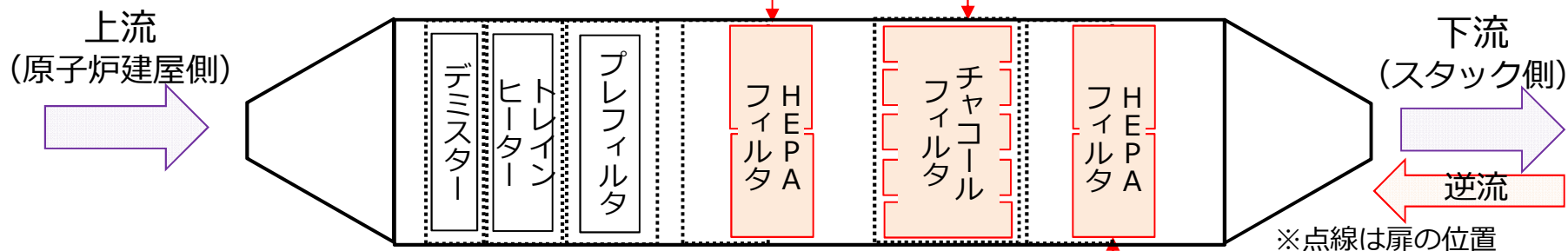
5. 3号機SGTSフィルタトレインB系内部② (11/16撮影)



HEPAフィルタ (No.3)



チャコールフィルタ



HEPAフィルタ (No.1)

測定箇所	表面線量当量率 (mSv/h)			
	11/16測定 (フィルタ表面)		8/19測定時 (扉表面)	
	γ	β+γ	γ	β+γ
高性能フィルタ (No.3)	4.0	12.0	0.90	0.90
チャコールフィルタ	0.9	0.9	1.6	1.6
高性能フィルタ (No.1)	1.8	2.5	1.3	1.5

6. 3号機トレイン開放作業におけるその他トピックス

■ 被ばく線量実績等

個人被ばく線量 (mSv)		
	A系	B系
平均	0.58	0.66
最大	0.64	0.83

水素濃度	
A系	B系
水素未検出	水素未検出

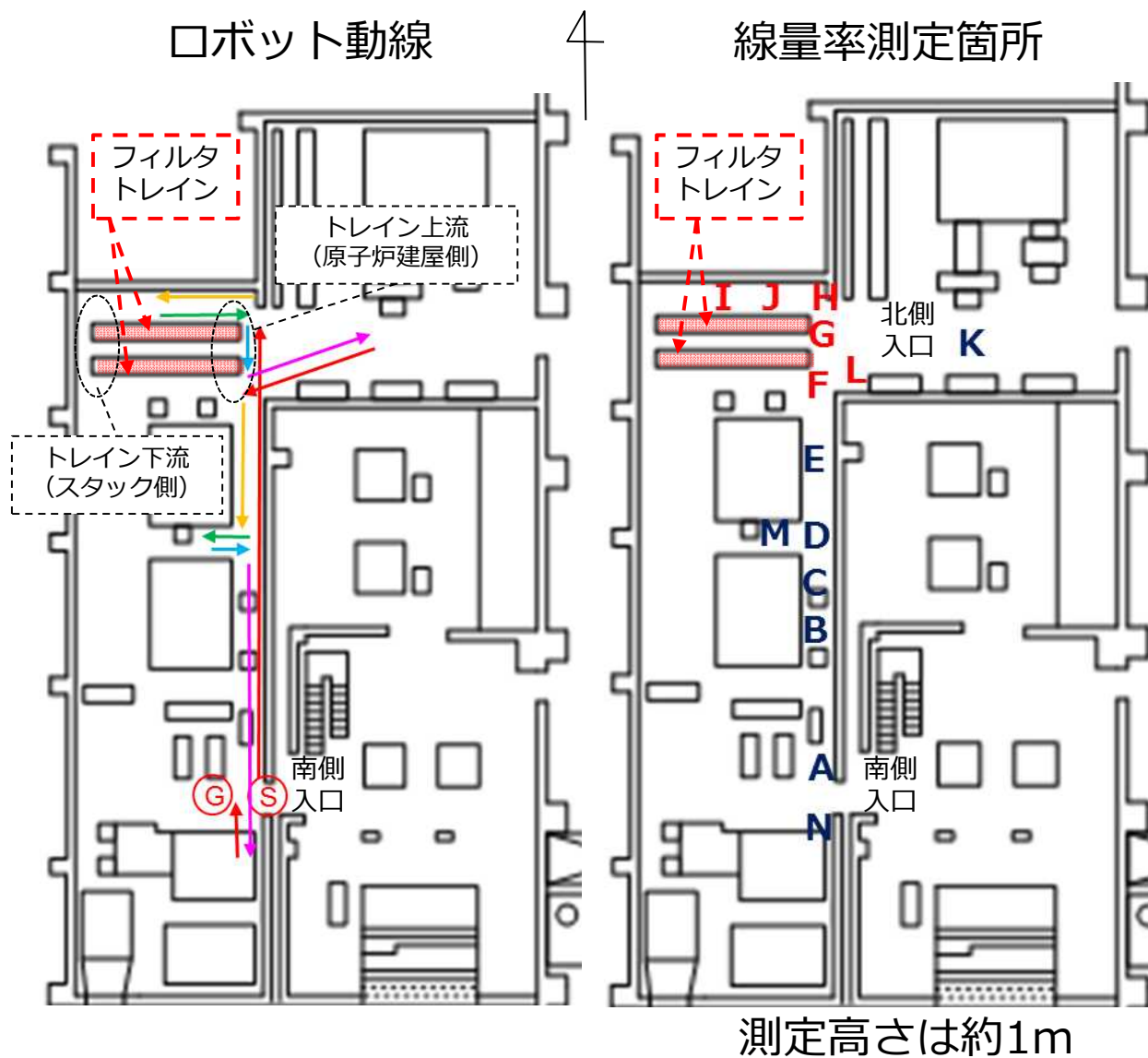
連続ダストモニタ指示値 (Bq/cm ³)		
	A系	B系
α	~ 6.77×10 ⁻⁸	~ 1.33×10 ⁻⁸
β	4.31×10 ⁻⁵ ~ 5.14×10 ⁻⁴	2.85×10 ⁻⁵ ~ 7.37×10 ⁻⁴

※全面マスク着用基準：2.0×10⁻⁴ Bq/cm³

■ B系トレイン内部にたまり水を確認

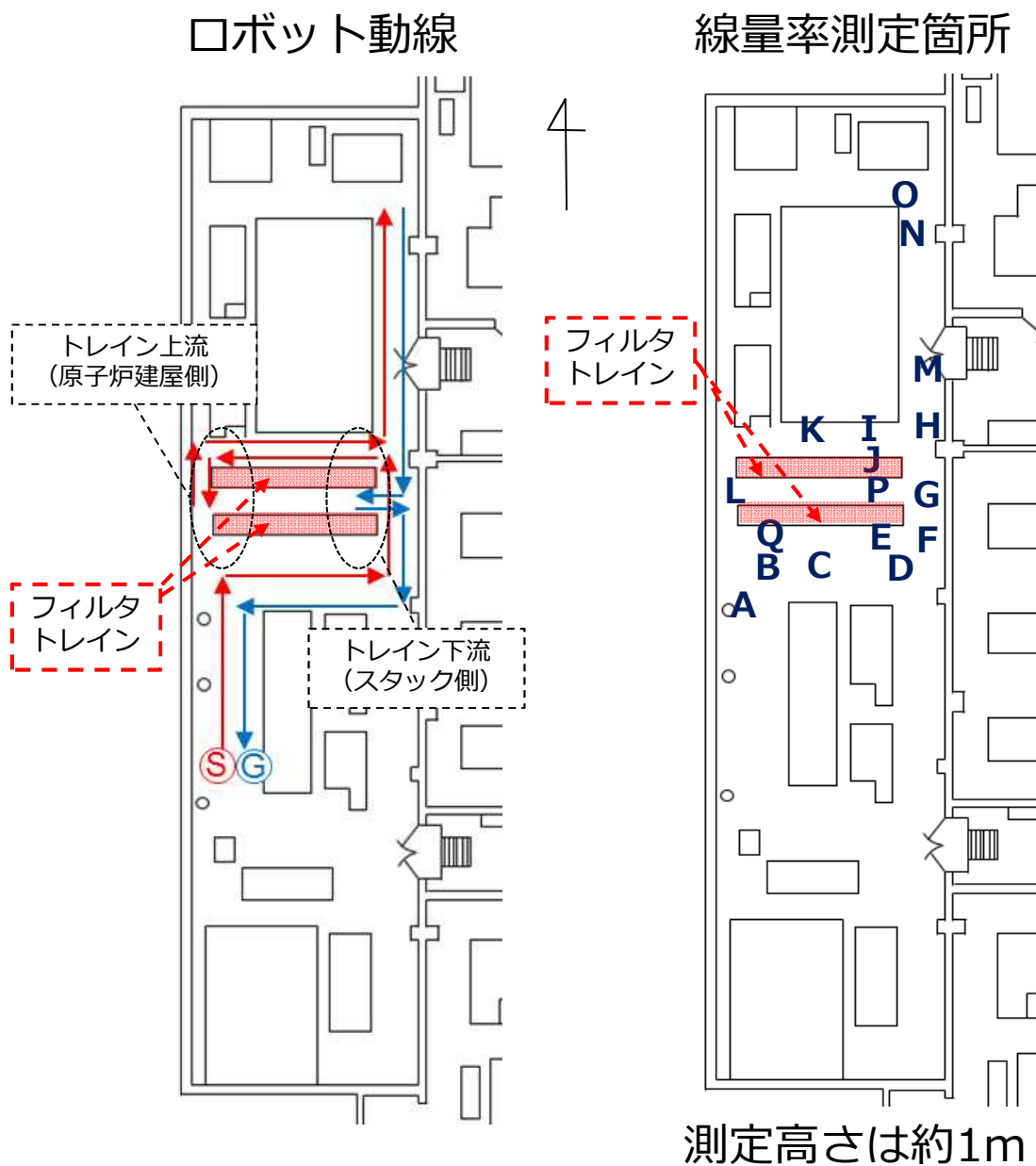
- 扉開口部高さより内部の水位が高かった。開放時に流出した水（約50L）については、一部を袋で回収。
残水はトレイン内部に留まっている（目視にて底部から5~10cm程度の水位）
⇒袋内の水及びトレイン内部の水をサンプル採取し、保管予定
- たまり水の仮設ハウス外への流出なし、作業員の身体汚染なし。
⇒4号機トレイン開放時にも同様の事象が考えられるため、対応検討中
- A系トレインでは扉の内側や内壁等に少量の水滴を確認（約3L）

7. 1号機の予備調査結果 (参考値 : 8/25測定)



測定点	線量率 (mSv/h)
A	5.1
B	16.6
C	110
D	150
E	310
F	1050
G	2050 3050 (床面)
H	1270
I	1620
J	1040
K	50
L	1060
M	160
N	6.76

8. 2号機の予備調査結果（参考値：8/27測定）



測定点	線量率 (mSv/h)
A	8.9
B	12.4
C	36.5
D	170
E	640
F	28.3
G	56.9
H	63.5
I	410
J	560
K	96.6
L	26.0
M	8.01
N	5.1
O	4.66
P	300
Q	13.5

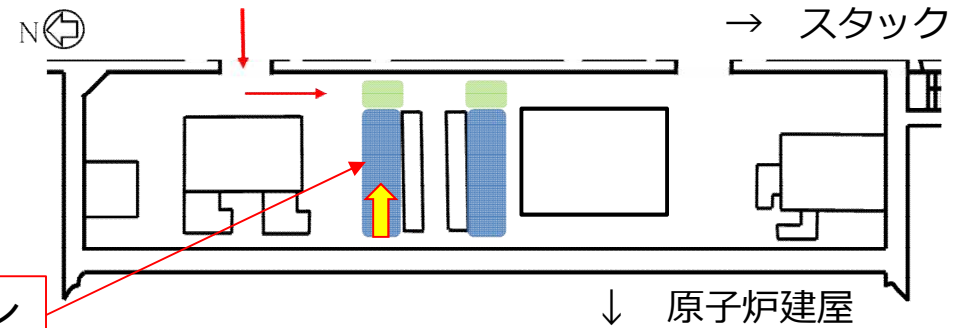
9. まとめ

- 1号機：ロボットにより予備調査を実施。ロボットの走行可能範囲を確認した。SGTSフィルタトレイン周辺で高線量を確認。本調査に向けて調査方法を検討する。
- 2号機：ロボットにより予備調査を実施。ロボットの走行可能範囲を確認した。過去のロボット調査と同じく、SGTSフィルタトレイン周辺で高線量を確認。本調査に向けて調査方法を検討する。
- 3号機：SGTS室内の複数点にてγイメージャを用いた線量分布を測定。SGTSフィルタトレインにつながる配管に汚染を確認し、逆流があったことが明確になった。
また、SGTSフィルタトレインを開放し、フィルタの線量測定及びスミア採取を実施した。
- 4号機：SGTS室内の複数点にてγイメージャを用いた線量分布測定を実施中。今後は、SGTSフィルタトレインを開放し、スミア採取など、汚染の状況確認のための調査を実施する。

以下、参考資料

(参考) トレイン開放時の汚染拡大防止対策

- 仮設ハウスの設置 (3号機SGTSフィルタトレインA系の例)
- フィルタトレインの扉を囲む形でハウスを設置し、トレイン開放時の汚染拡大を防止



ハウス入り口

フィルタトレイン

↓ 原子炉建屋

→ スタック



フィルタ4箇所

プレフィルタ

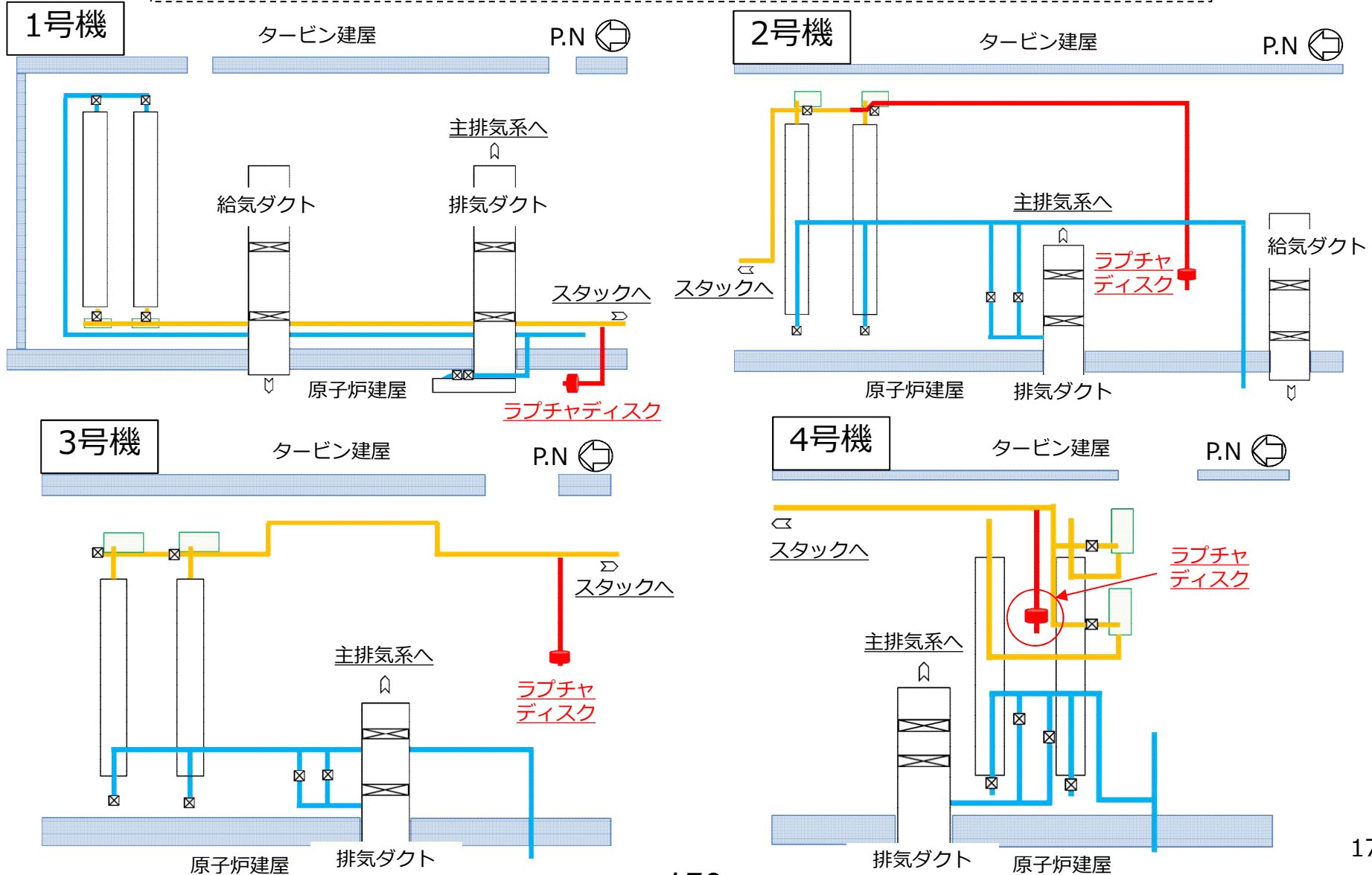
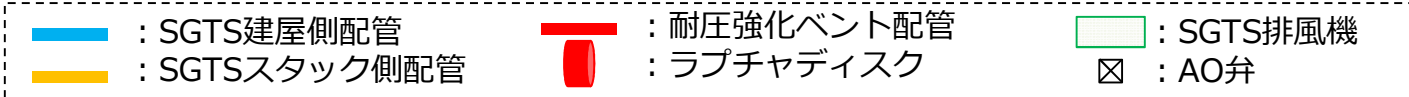
高性能フィルタ

チャコールフィルタ

高性能フィルタ

について、各フィルタの上流側及び下流側からスミア採取を実施。

(参考) 1-4号機SGTSフィルタトレイン周りの系統構成



福島第一原子力発電所3号機 主蒸気逃がし安全弁の動作について

2020年11月27日

1. ご質問いただいた事項

- ① プロコンの逃がし安全弁周辺温度は、排気温度でよいか。どの部分の温度を計測しているのか提示すること。

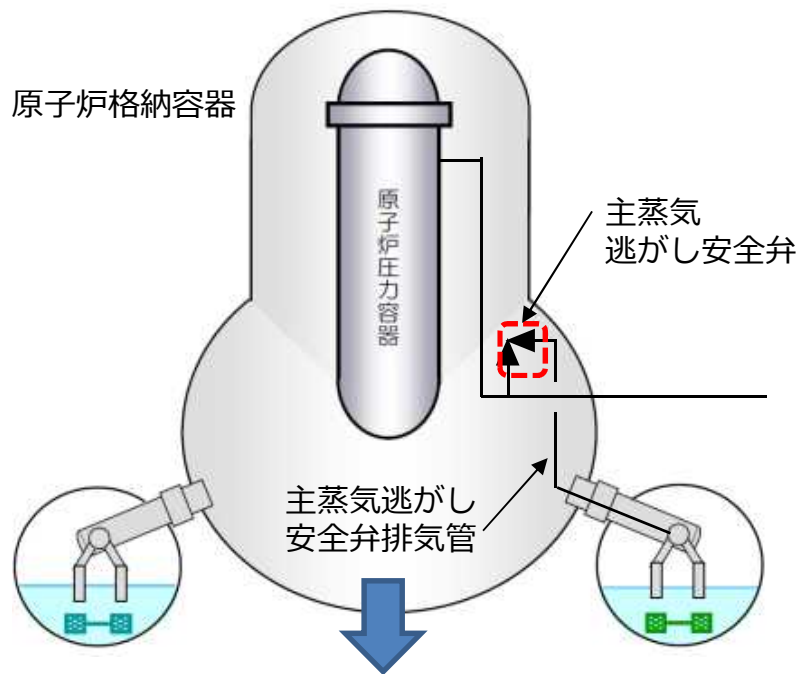
- ② 炉心損傷後の高温ガスが逃がし安全弁を流れた場合に、弁体を駆動させる（安全弁機能の）バネ（ヤング率）に影響を与えるのか？

- ③ 3号機原子炉圧力チャート中のHPCI停止後（3月13日5:00）の圧力挙動はバネの温度上昇によって逃がし安全弁の安全弁機能の作動点がドリフトしたものと考えられる。このドリフト量（作動圧力の低下量）からバネの温度（ヤング率の低下量）はどの程度であると考えられるか？一方、バネへの影響がないとするならば、周辺温度（D/W温度）によって、バネの温度を上昇させたと考えられるか？

2. 回答（1 / 2）

① プロコンの逃がし安全弁周辺温度

- ・プロコンの「逃がし安全弁周辺温度」は、主蒸気逃がし安全弁の排気管の温度を指している。

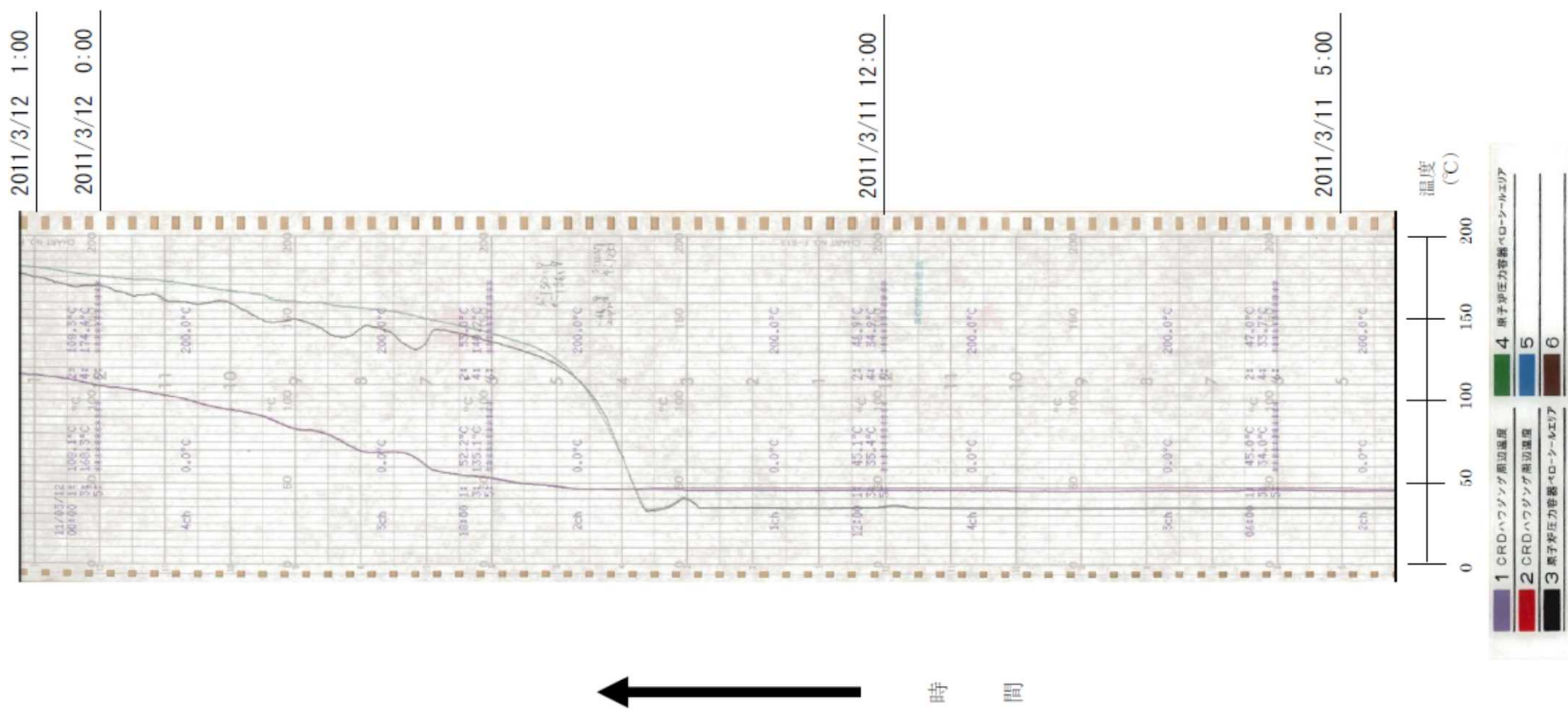


逃がし安全弁
周辺温度



逃がし安全弁の動作状況に応じた温度変化を示している

(参考) 3号機格納容器内温度



津波による交流電源の喪失により、格納容器内の冷却（ドライウェルクーラによる除熱）ができなくなったため、原子炉からの放熱により、格納容器内温度が上昇し続けている

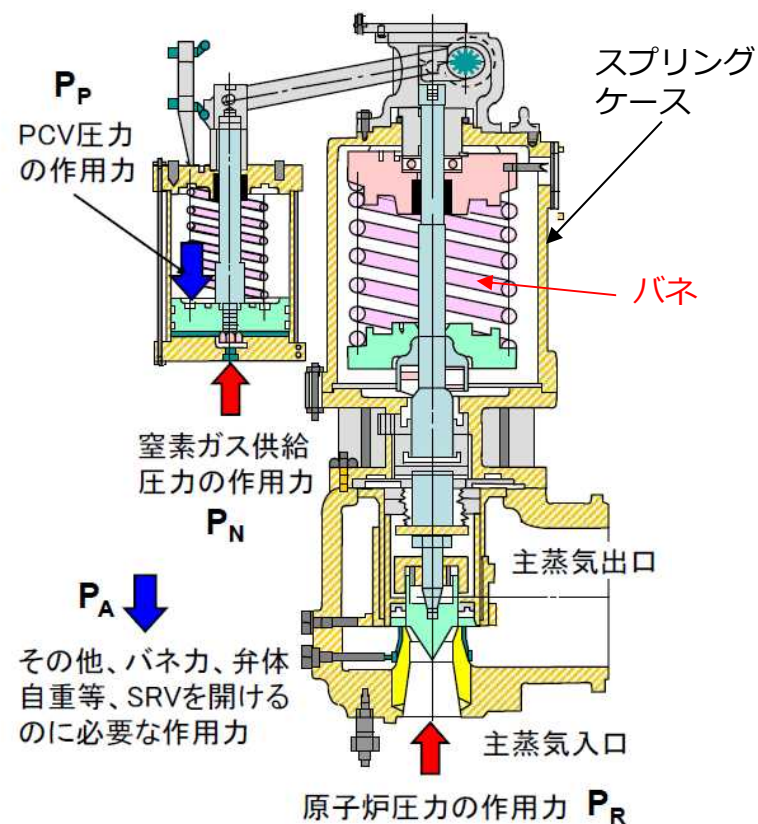
2. 回答 (2 / 2)

②③ 逃がし安全弁の動作圧力

- ・逃がし安全弁が、安全弁機能で動作する場合は、バネ力と配管内の圧力との力の関係で弁が開状態となる。このため、温度が上昇することで、ヤング率が低下しバネ力が小さくなれば、動作点の圧力もその分だけ線形で低くなる。

バネは、配管から離れたスプリングケース内に設置されていることから、配管内の温度の影響は小さく、スプリングケース設置箇所周辺の雰囲気温度の影響で温度変化する。

※温度が50℃から300まで上昇すると、ヤング率は約8%低下する。



$$W = c \cdot G \cdot \delta$$

W : バネ荷重
 c : 係数
 G : ヤング率
 δ : たわみ量