

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42回会合

議事次第

1. 日 時 令和6年2月16日（金）10：00～12：30
2. 場 所 原子力規制委員会 13階BCD会議室
3. 議 題
 - (1) モニタリングポストデータを踏まえた検討について
 - モニタリングポストデータと発生事象との関係(2011年3月12日) [規制庁]
 - 主な論点 [規制庁]
 - (2) 1号機原子炉補機冷却システムの汚染経路の推定について
 - 1号機RCWシステムの汚染経路推定に係る検討について [東京電力]
 - 1号機RCWシステムで確認された堆積物の分析結果について [東京電力]
 - 1号機RCWシステムサンプリング水の分析結果について [東京電力]
 - 1号機RCWシステムの汚染経路推定に係る主な論点 [規制庁]
 - (3) その他
 - 原子力規制庁における現地調査状況 [規制庁]
4. 配布資料
 - 資料1-1：モニタリングポスト等での線量率と原子炉の事象との関係（2011年3月12日）[原子力規制庁]
 - 資料1-2：モニタリングポスト等での線量率と原子炉の事象との関係（2011年3月12日）の主な論点 [原子力規制庁]
 - 資料2-1：1号機RCWシステムの汚染経路推定に係る検討について [東京電力ホールディングス株式会社]
 - 資料2-2：1号機RCWシステムで確認された堆積物の分析結果について [東京電力ホールディングス株式会社]
 - 資料2-3：1号機RCWシステムサンプリング水の分析結果について [東京電力ホールディングス株式会社]
 - 資料2-4：「1号機RCWシステムの汚染経路推定に係る検討」の主な論点 [原子力規制庁]
 - 資料 3：現地調査の実施状況 [原子力規制庁]

モニタリングポスト等での線量率と 原子炉の事象との関係 (2011年3月12日)

2024年2月16日

原子力規制庁

平山 英夫
= 2 =

はじめに

- 2011年3月12日のモニタリングポスト等(モニタリングポスト、排ガスモニター、モニタリングカー)での線量率と原子炉の事象の関係について検討する
- 3月12日は、放射性核種を含むプルームを放出する可能性があるのは1号機だけと考えられるので、「モニタリングポスト等での線量率」と「1号機の原子炉事象」との関係を検討することになる
- 12日午後には、「ベント操作に伴う 1/2 号機共用排気筒からの気体放出」と「1号機の水素爆発」という大きな出来事があったことから、主としてこの2つの事象とモニタリングポスト等での線量率の関連について検討する

検討対象の測定箇所



1号機からの距離

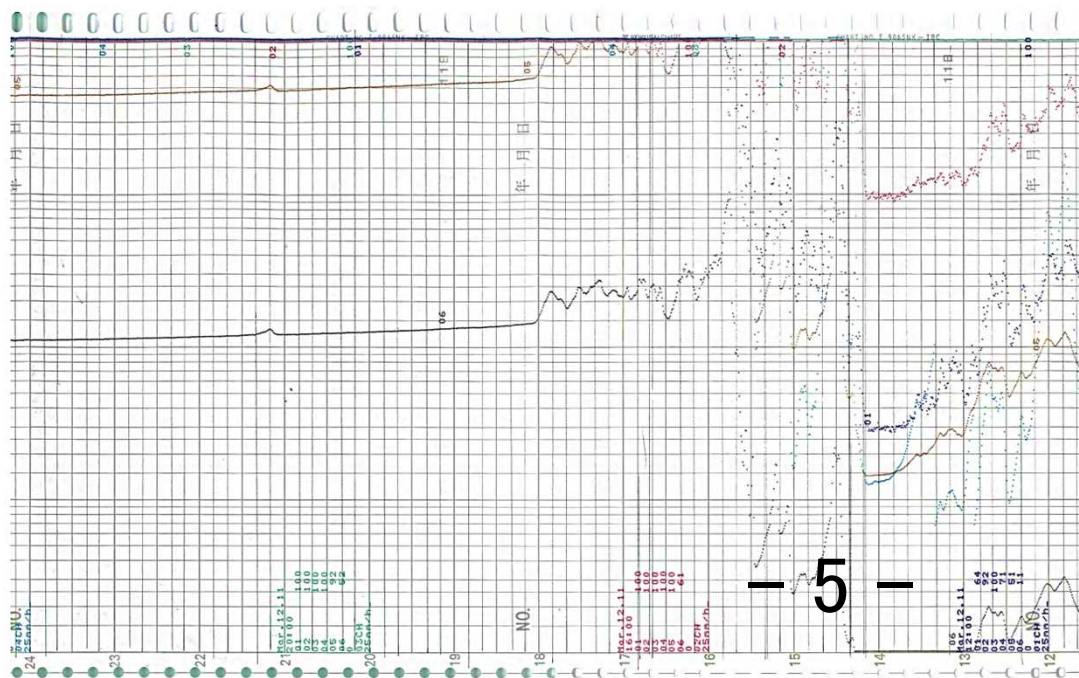
- MP-4: 1.1 km
- 大熊町夫沢MP : 1.8 km
- 大熊町大野MP : 5.2 km
- 双葉町郡山MP : 3.0 km
- 双葉町新山MP : 4.1 km
- 双葉町上羽鳥MP : 6.0 km
- 浪江町浪江MP : 8.7 km
- 浪江町幾世橋MP : 8.5 km
- 双葉町山田MP : 4.5 km
- 正門付近 : 0.96 km
- MP-8近辺 : 1.0 km
- 6号機SGTSモニター : 0.7 km
- MP-4付近 : 1.1 km



使用するモニタリングポストデータ

- 1時間平均のデータでは、原子炉の事象との対応が難しい(プルームが通過する際の10数分間の線量率変化が見えない)ので、詳細なデータが望ましい福島県のモニタリングポストデータで、20秒間隔のデータが残っているモニタリングポストについては、20秒間データの線量率を使用した
- 20秒間隔のデータが残っていない場合には、「チャート紙」に記録されたデータをグラフ数値読取システム (GSYS2.4) *を用いて読み取った線量率を使用した(KEK Internal 2023-8)

*<https://www.jcprg.org/gsys/2.4/index-j.html>



双葉町新山MPのチャート記録紙データの例

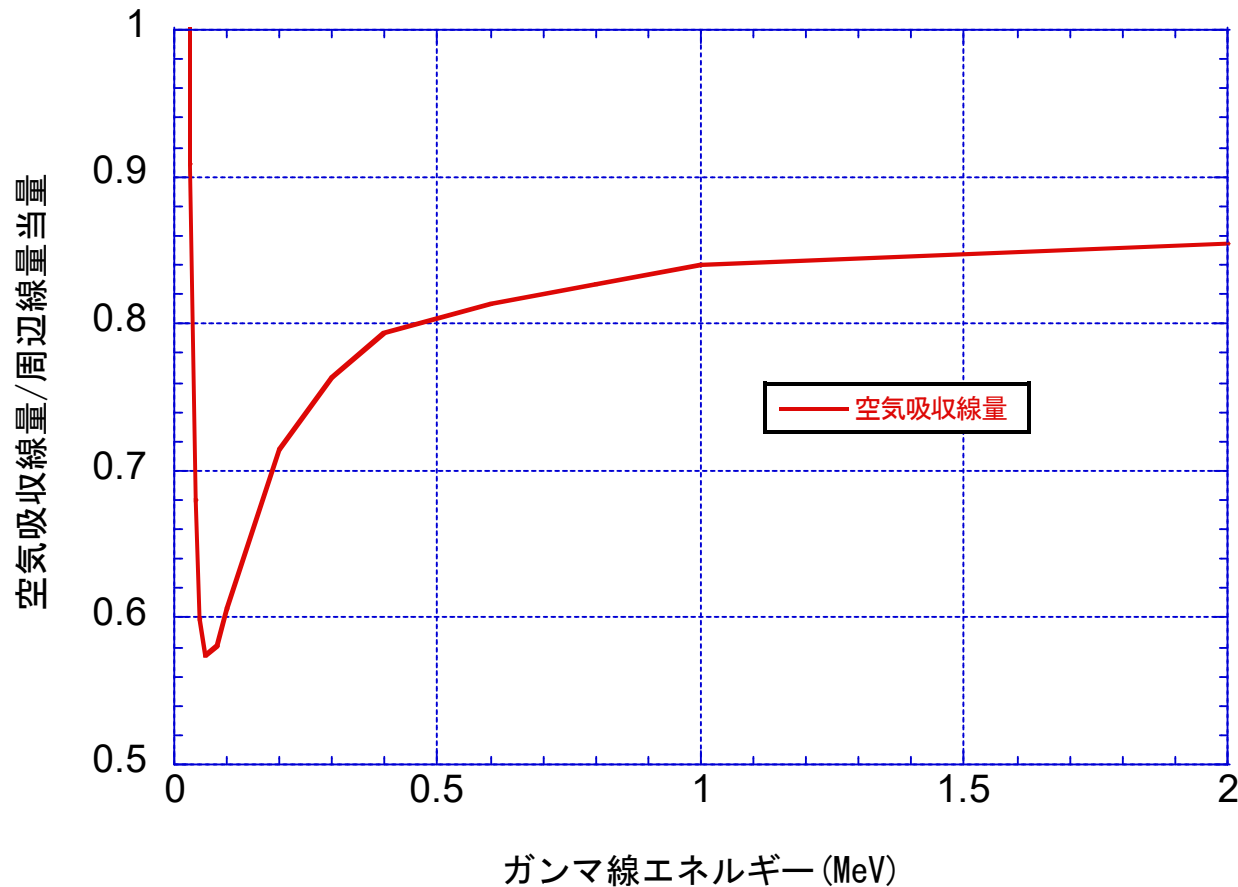
核種から放出される γ 線エネルギー

Energy range	0.07-0.09	0.2-0.25	0.25-0.3	0.32-0.41	0.50-0.55	0.6-0.65	0.65-0.7
Peak No.					(1)	(2)	(3)
Nuclide	Energy (MeV) and emission rate						
Xe-133	0.081(38.0%)						
Xe-135m					0.526 (79.9%)		
Xe-135		0.249(90%)		0.408(0.359%)		0.608(2.90%)	
Te-132		0.228(88.0%)					
I-131	0.0802(2.6%)		0.284(6.1%)	0.365(80.7%)		0.637(7.2%)	
I-132					0.506(4.9%) 0.523(16.0%)		0.668(98.7%) 0.670(4.6%)
I-133					0.512(1.8%) 0.530(87.0%)		
Cs-134					0.565(8.4%) 0.569(15.4%)	0.605(97.6%)	
Cs-137							0.662(85.1%)
Energy range	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0	1.1-1.2	1.2-1.3	1.3-1.4	
Peak No.	(4)	(5)				(6)	
Nuclide	Energy (MeV) and emission rate						
Xe-133							
Xe-135m							
Xe-135							
Te-132							
I-131	0.723(1.8%)						
I-132	0.727(5.4%) 0.773(75.6%)	0.812(5.5%)	0.955(17.6%)	1.136(3.0%)		1.399(7.0%)	
I-133	0.707(1.56%)	0.856(1.2%) 0.875(4.5%)			1.236(1.5%) 1.296(2.3%)		
Cs-134	0.796(85.5%)	0.802(8.75%)				1.365(3.0%)	
Cs-137							

- NaI(Tl)検出器はエネルギー分解能が良くないので、波高分布の全エネルギー吸収ピークのエネルギー同定には限界がある
- 3つ以上の核種の可能性がある場合にはピーク番号で示す

空気吸収線量と周辺線量当量(1cm線量当量)との関係

空気吸収線量と周辺線量当量の関係



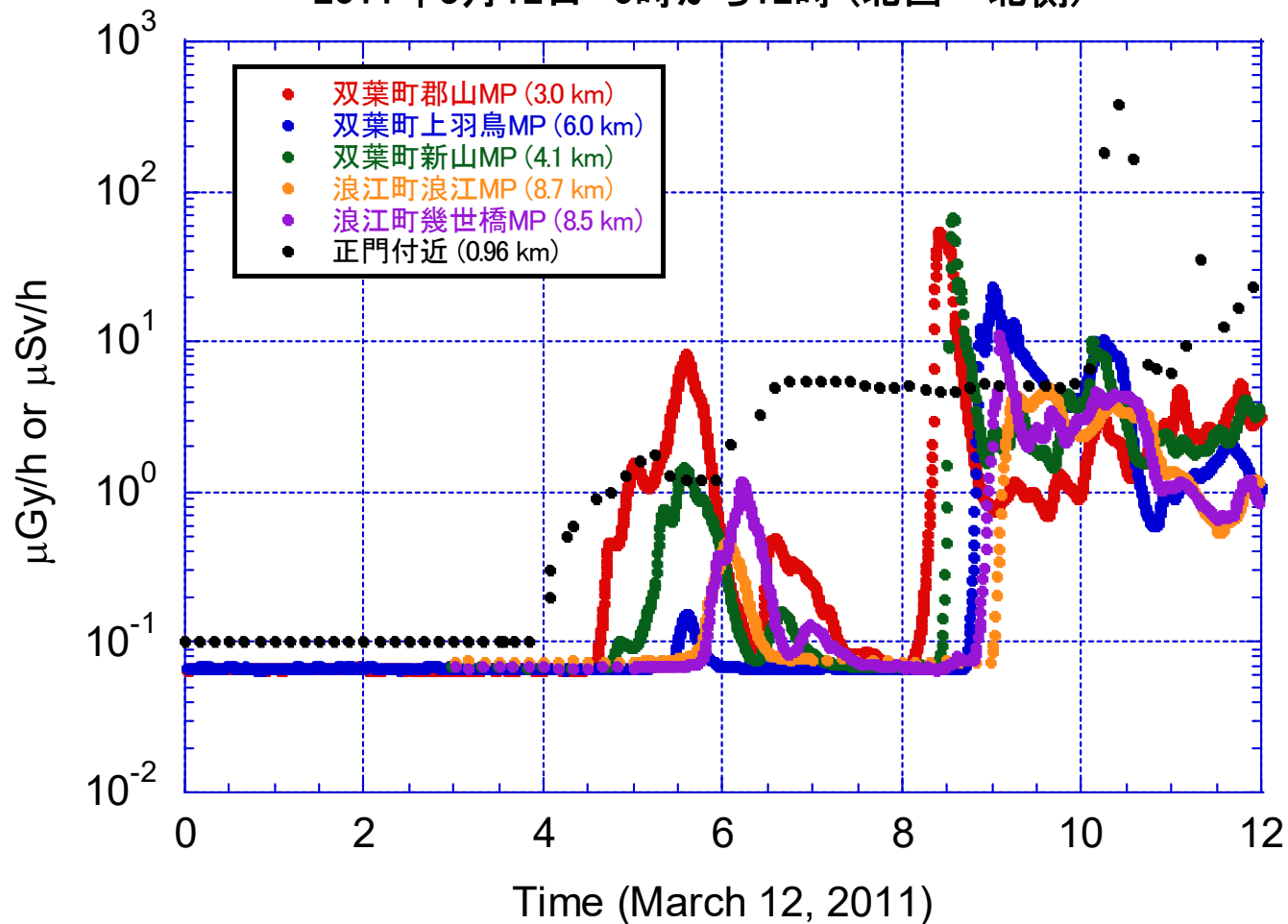
- 福島第一原子力発電所(以下「1F」という。)敷地外のモニタリングポストは、空気吸収線量率 ($\mu\text{Gy/h}$)を測定
- 1F敷地内のモニタリングポスト等は、周辺線量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)を測定
- ガンマ線エネルギーの大きさによって、空気吸収線量/周辺線量当量の比率が異なることに留意する必要がある。

3月12日午前の検討結果

- 1Fの「北西～北側」と「南～西側」に分けて示す。

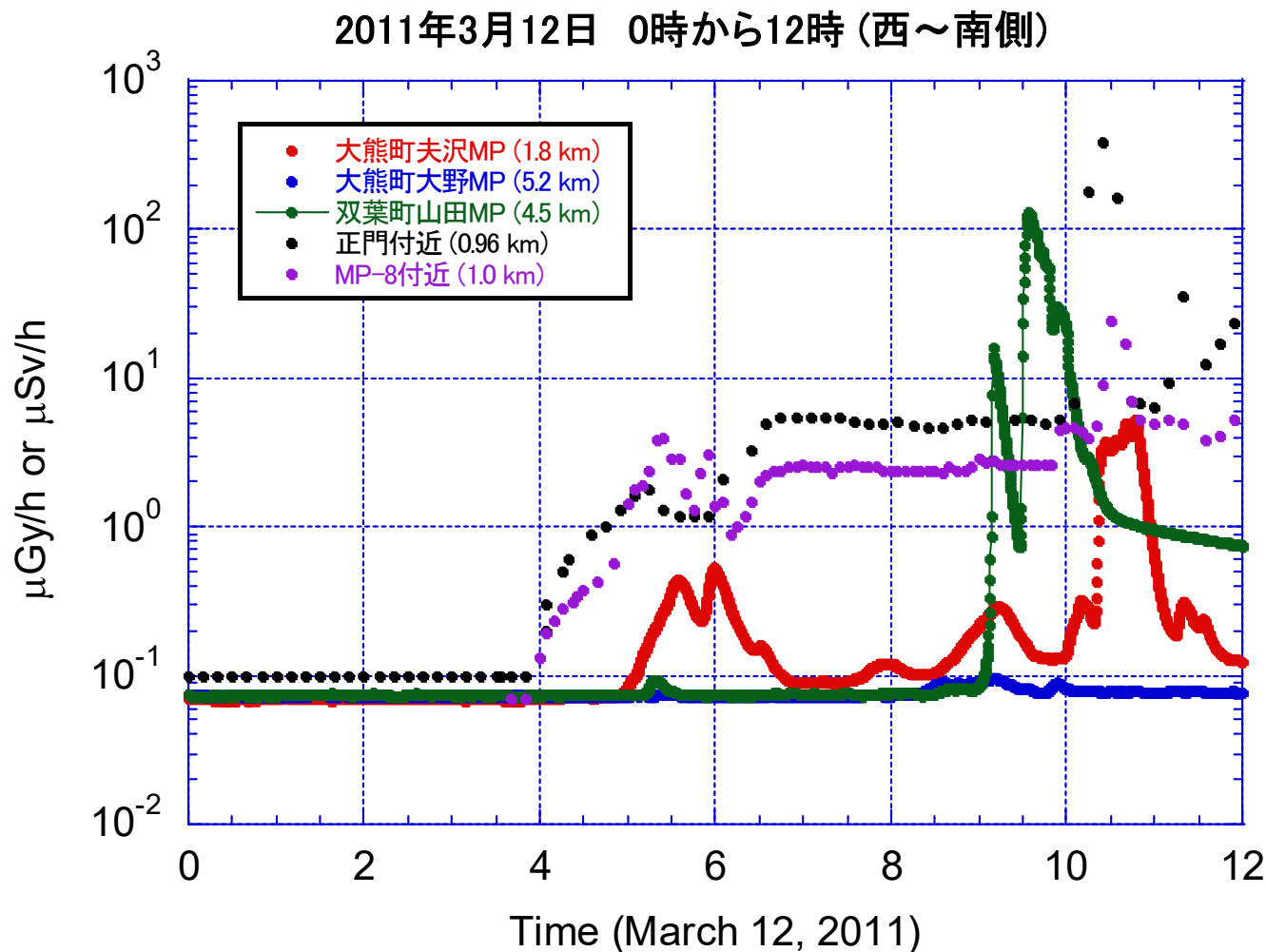
3月12日午前の「北西～北側」の線量率

2011年3月12日 0時から12時 (北西～北側)



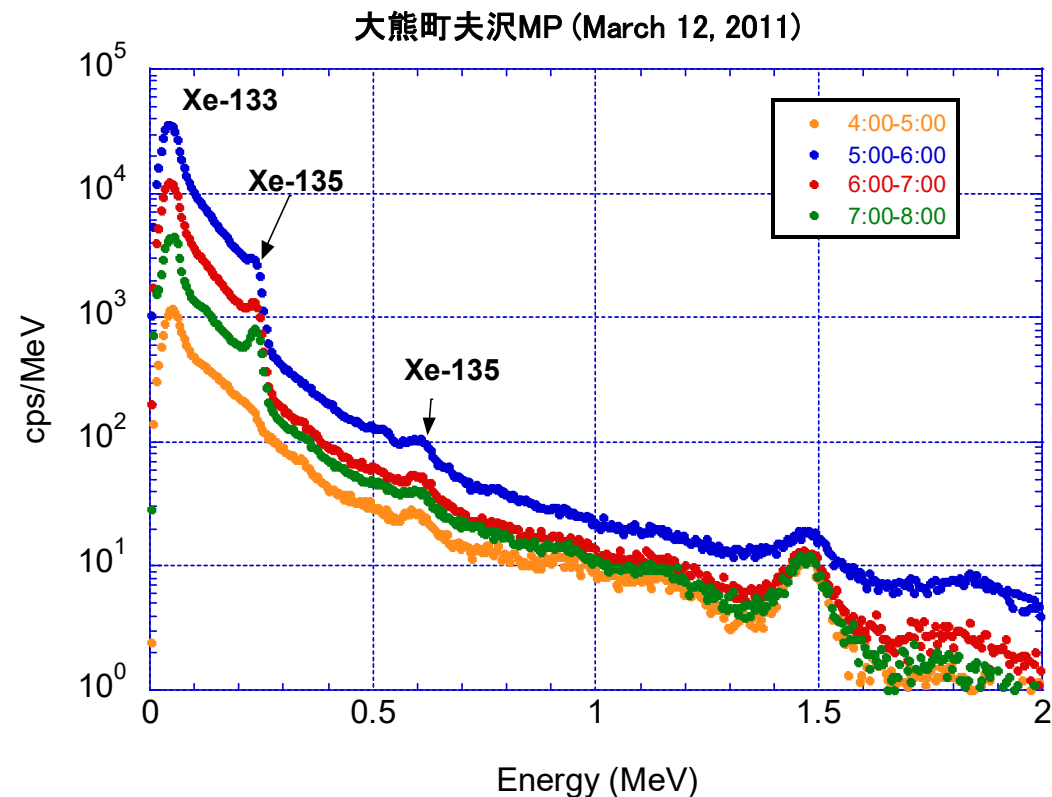
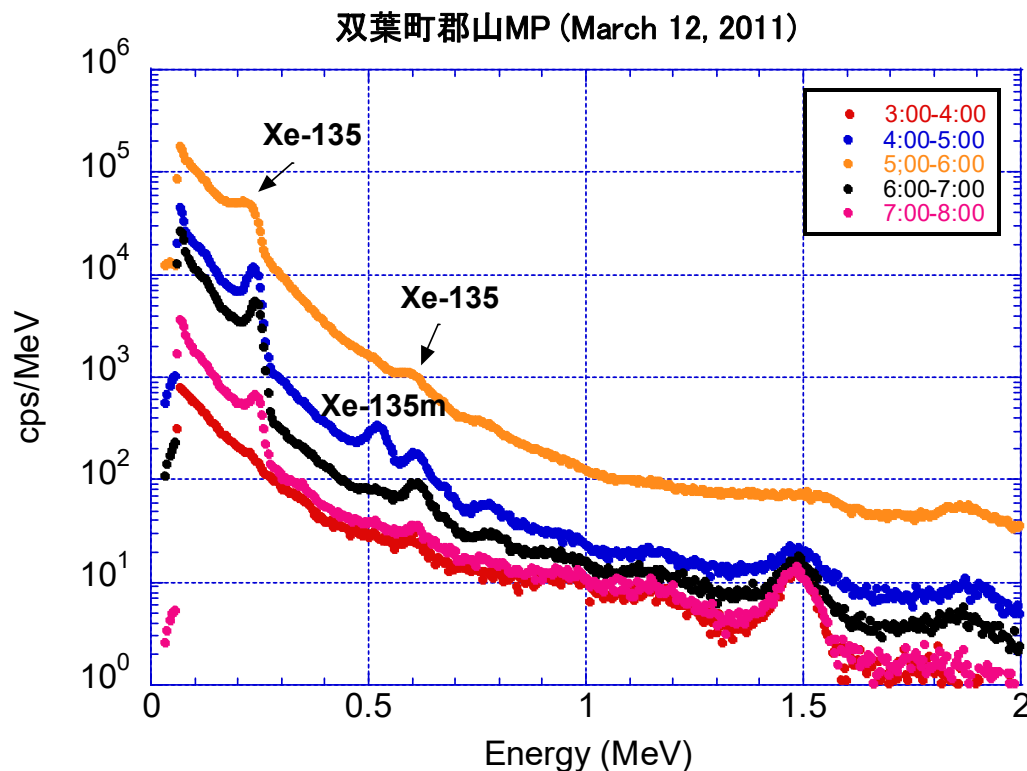
- 双葉町郡山MPでは、4時33分から線量率の上昇が始まった
- 双葉町郡山MPは、1Fから3 km 離れていることから、1号機からの放出に伴う正門付近での4時頃からの線量率上昇と同様の要因により線量率が上昇したと思われる
- 双葉町郡山MPから少し遅れて双葉町新山MPで、その1時間後に、浪江町浪江MPと浪江町幾世橋MPで線量率が上昇している
- 8時過ぎから9時過ぎには、4時過ぎより1桁ほど高い上昇が起きていることから、この間は風向が同じで、放出量が増加した可能性がある

3月12日午前の「西～南側」の線量率



- 正門付近及びMP-8付近で4時頃から線量率上昇が生じ、その後、線量率が元のレベルに戻らないことから、オペフロに沈着性の放射性物質が溜まり始めたと思われる
- 大熊町夫沢MPでは、5時過ぎからプルームの飛来に伴う線量率上昇があり、10時過ぎには、更に濃度の高いプルームの飛来による線量率上昇が観測されている
- 双葉町山田MPでは、9時頃からプルームの飛来による線量率上昇が始まり、9時半頃には福島県内のMPのうち12日午前中では最も高い線量率(約100 $\mu\text{Gy/h}$)が観測されている
- 正門付近(WSW)と山田(W)はわずかの風軸差であるが、山田:9時半、正門付近:10時半の各上昇を、他方は感応していない

北西～北側(双葉町郡山MP)と 西～南側(大熊町夫沢MP)の波高分布(8時以前)



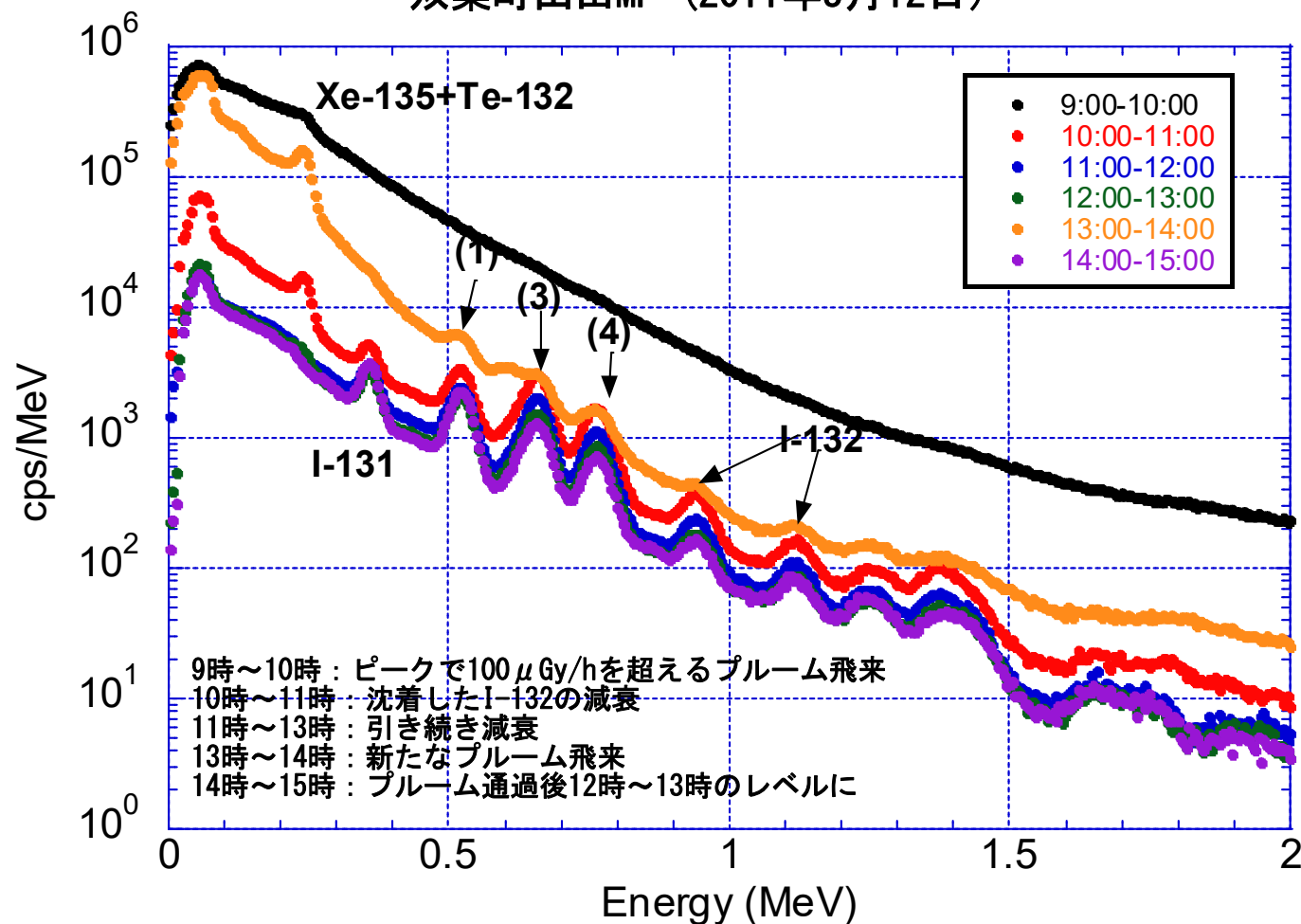
- 8時以前のプルームによる波高分布の上昇では希ガスが寄与している
- 双葉町郡山MPの5時～6時の波高分布では、エネルギーの高い領域でも増加しているように見えるが、Xe-133等からの低エネルギー γ 線が非常に多いことによるパイルアップによるものである

8時以前のモニタリングポストデータ

- 波高分布では、希ガスのピークしか見られない
 - ✓ 双葉町郡山MPではディスクリレベルが高いことから、エネルギーが低いXe-133の γ 線は明確には見えない
- プルームが飛来すると、低エネルギー領域の計数率が上昇する
 - ✓ 計数率が非常に高い場合には、パイルアップにより高エネルギー領域の計数率も見かけ上増える
- プルーム通過後は、プルーム飛来前の波高分布に戻る
 - ✓ 希ガスであるため、プルームの飛来による沈着は生じない
- 4時ごろからの1F敷地内(正門付近、MP-8付近)の線量率上昇は、1号機のオペレーションフロアに充満した放射性核種が線源となった「散乱線・スカイシャイン線」であると思われる(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(以下「事故分析検討会」という。)第40回会合で説明済み)

9時以降の波高分布(双葉町山田MP)

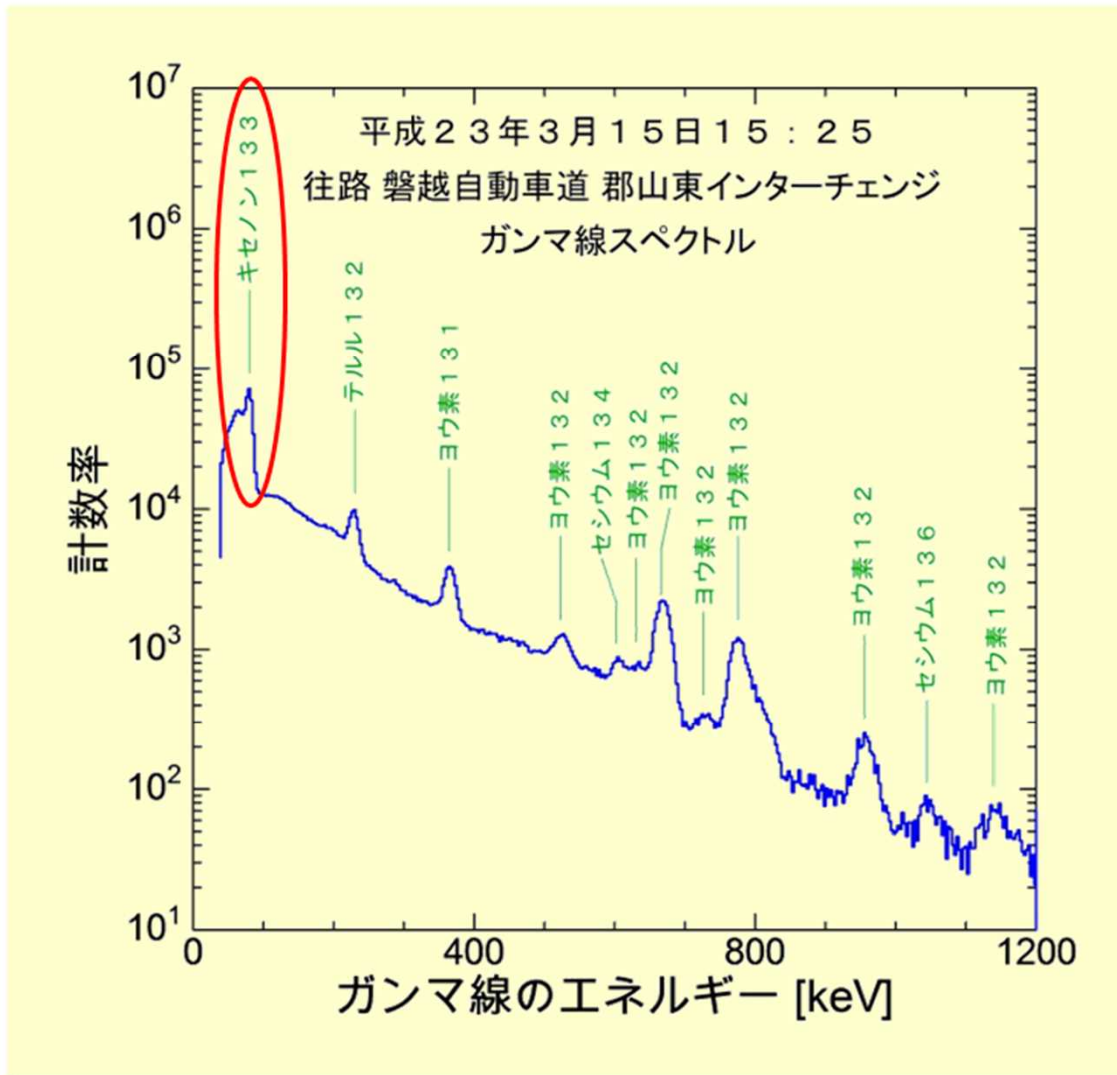
双葉町山田MP (2011年3月12日)



- 双葉町山田MPではプルーム飛来による上昇と周辺への沈着の状況がよく分かる
- 9時～10時の波高分布は、西～南側の線量率に見られた9時及び9時半のプルーム飛来による上昇に対応している
- プルーム通過後は、I-132の減衰に伴い線量率が減少している
- 9時以降のプルームによる波高分布の上昇では、放射性ヨウ素等も寄与している
- 他のモニタリングポストでは、繰り返しプルームが飛来したため、沈着した放射性核種の状況が見えない

(参考)LaBr₃検出器による波高分布

テルル、ヨウ素、セシウムも



放射性プルームを観測

気体放射性核種キセノン133の存在が証拠

3月15日のデータであるため、半減期の短いXe-135はないが、各核種のγ線が明瞭に分離して測定されていることが分かる

出典:松村宏他、“高速道路上のガンマ線測定により得られた福島第一原子力発電所から飛散した放射性物質の拡散状況”、日本原子力学会和文論文誌, Vol.10(2011)152-162

9時以降のモニタリングポストデータ

- 双葉町山田MPの波高分布で明らかのように、8時以前と異なり、放射性ヨウ素等の希ガス以外の核種が含まれている
 - ✓ 波高分布データは、双葉町郡山MP以外は1時間平均データなので、当該1時間内にプルームが飛来すると、希ガス(エネルギーは低く、検出感度が高い)以外の核種からの γ 線の識別が困難になる
- 双葉町山田MPは、他のモニタリングポストと異なる時間変化をしている
- プルームの飛来は、午前中では9時過ぎ及び9時半頃の2回のみ

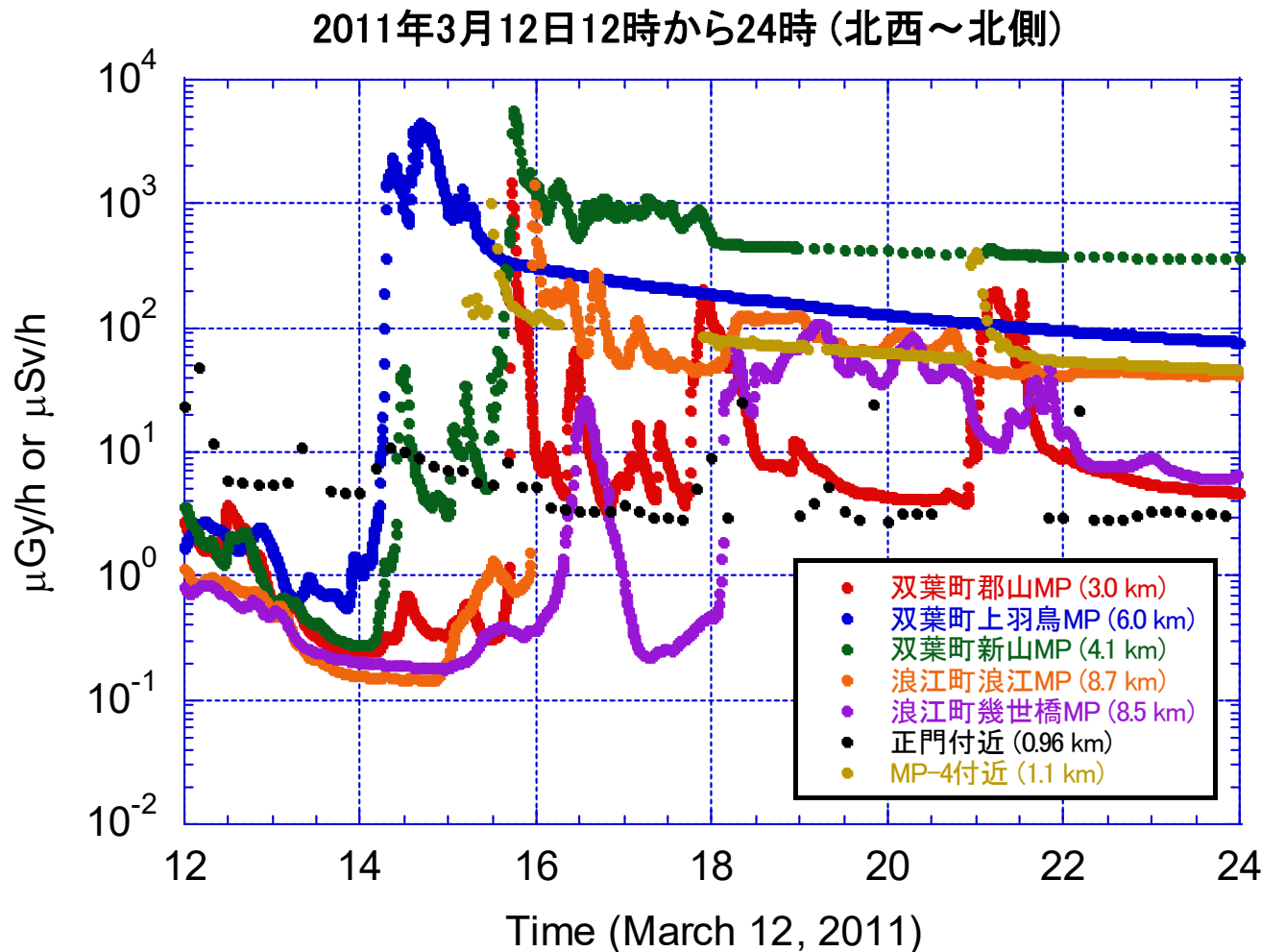
3月12日午前中で検討が必要な事項

- 1Fの敷地内外(主に北西～北方向)でプルームの飛来による線量率の上昇が観測され、時刻と共に状況が変化しているが、1号機のどのような状況と対応しているのかの検討が必要
 - ✓ 4時半過ぎから希ガスを含むプルームの飛来による上昇が観測されるようになった原因
 - ✓ 9時過ぎから、希ガス以外の核種を含めたプルームが飛来するようになった原因
 - ✓ 西側の双葉町山田MPで、他のモニタリングポストと異なる時間変化が生じた原因
- 各モニタリングポストへのプルームの飛来は、風向・風速が影響していると思われるが、大気拡散計算で概略再現することが出来るかの検討が必要である
 - ✓ 原子炉建屋(OP 10 m ~OP 54.75 m) の途中に各プルームに対応した風向の高さがあれば、建屋から外部にもれた箇所6の推定に役立つ

3月12日午後の検討結果

- 3月12日午前と同様に、1Fの「北西～北側」と「南～西側」に分けて示す。

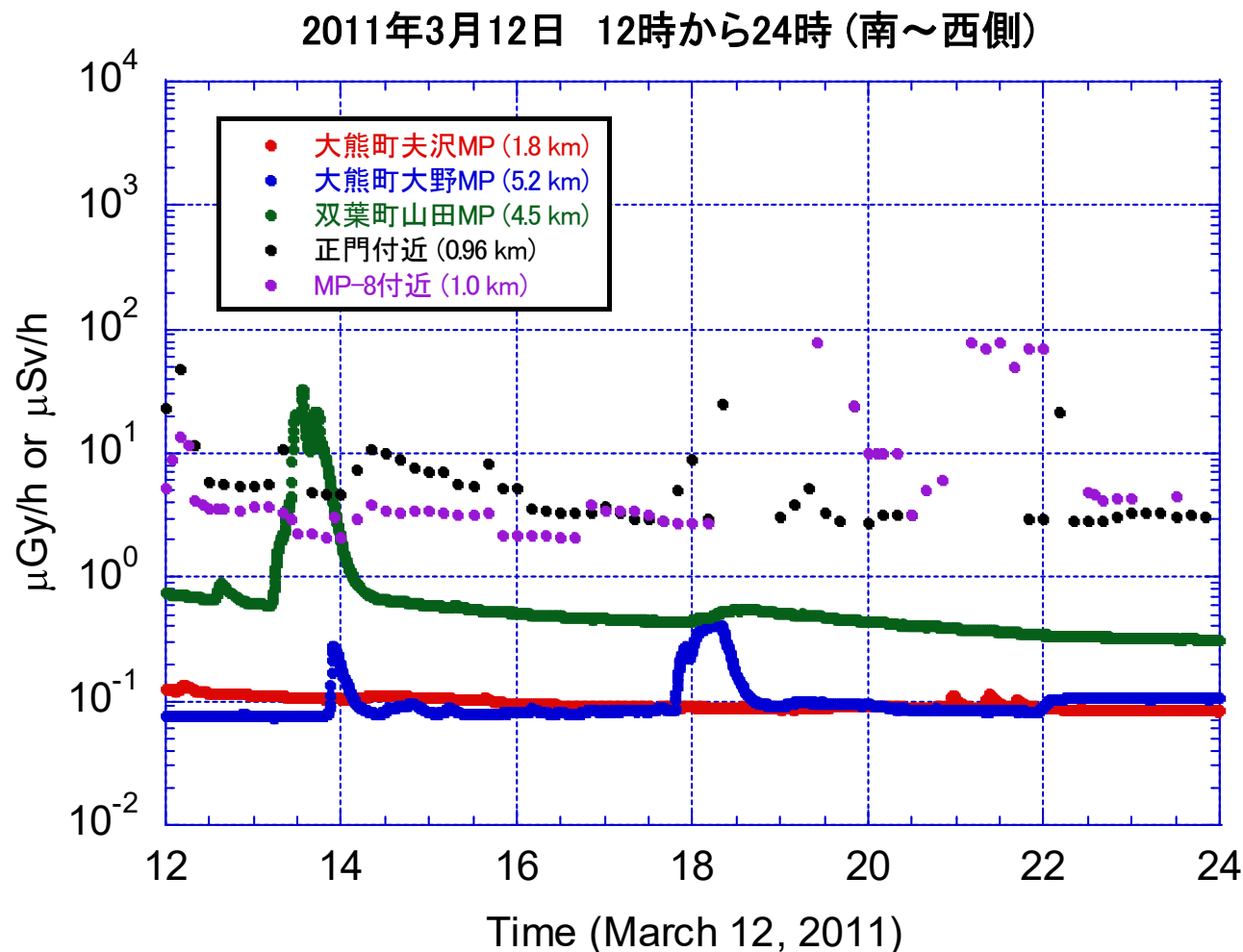
3月12日午後の「北西～北側」の線量率



14時30分頃にD/Wの圧力減少確認
15時36分に1号機水素爆発

- 午前中より線量率が高いプルームの飛来による線量率上昇が多く観測されている
- 特に、双葉町郡山MP、双葉町新山MP、双葉町上羽鳥MP、浪江町浪江MPでは、1F敷地内（「正門付近」、「MP-4付近」や「MP-8付近」）より高い線量率が観測されている
- これらのモニタリングポストでは、プルーム通過後にプルーム飛来に伴い周辺に沈着した放射性核種による線量率の減衰が見られるが、双葉町上羽鳥MPの減衰は他より少し早い
- MP-4付近では、水素爆発に伴うプルーム飛来による上昇前に周辺への沈着によると思われる状況があり、プルーム通過後の減衰傾向は双葉町上羽鳥MPに近い
- 浪江町幾世橋MPでは、16時頃から幅の広いピークがあり、プルーム通過後はほぼ飛来前のレベルに戻っている。また18時すぎから別のプルームの飛来がある

3月12日午後の「西～南側」の線量率

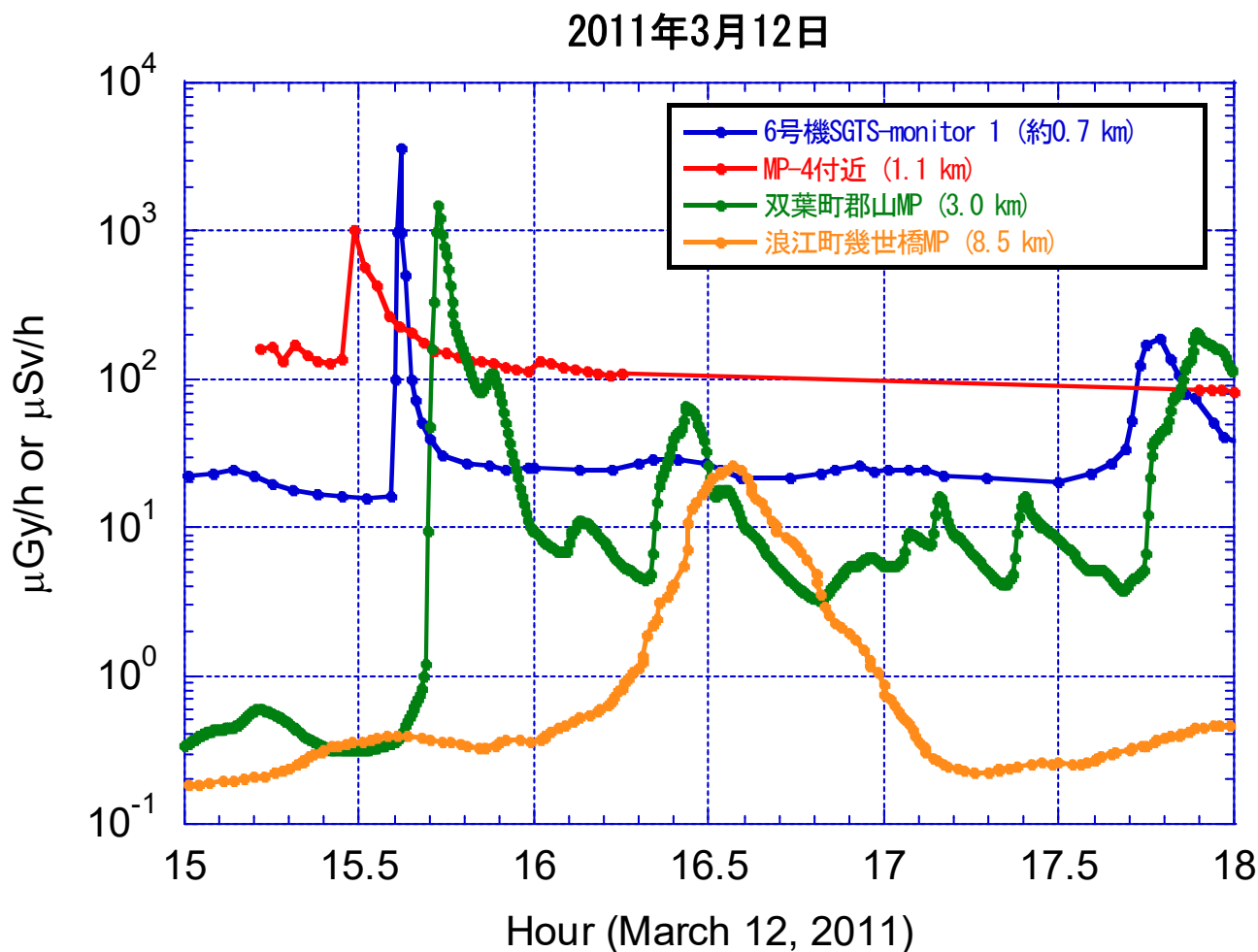


- 双葉町山田MPで、13時からプルームの飛来による上昇が見られるが、北西～北側に比べると線量率は低い
- 1号機のベント作業(14:30頃)及び水素爆発(15:36)によるプルームは西～南側では観測されていない

水素爆発に伴うプルームの特徴

- 水素爆発に伴うプルームは、次のような特徴を持っている。
 - ✓ 原子炉建屋からの放出時間が明確である(15時36分)
 - ✓ オペレーションフロアに充満していたエアロゾルを含むガスの放出なので放出場所が明確(オペレーションフロア)である
 - ✓ 水素爆発の力がオペレーションフロアに充満していたガスにどのような伝わり、ガスがどのような挙動をしたかの情報は不明である
 - 水素爆発によりオペレーションフロア内に存在していたガスは広がったと考えられる
 - 大気拡散計算を用いて放出率の検討を行ってきたJAEAのグループは、ビデオ等から爆発時の煙の広がりから推定し、100 m × 100 m × 100 mの体積線源として放出されたと設定している
 - オペレーションフロアからの広がりなので、オペレーションフロアより高い位置までガスが広がったとしても、排気筒からの放出の様な高い場所(1/2号機共用排気筒の場合は120 m)からの放出と異なり、オペレーションフロアから到達した高さまで広がったプルームの移動になる
- 広がりを持ったプルームは、その後、風によって速やかに移動したと考えられる
 - ✓ 同じ状況が継続するとは考えにくいので継続時間は短い

水素爆発に伴うプルーム飛来の特徴を示している測定箇所



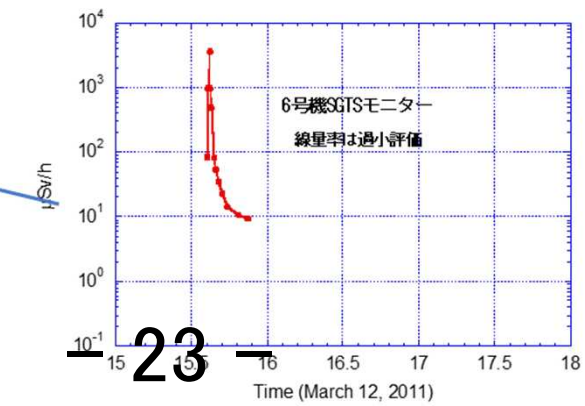
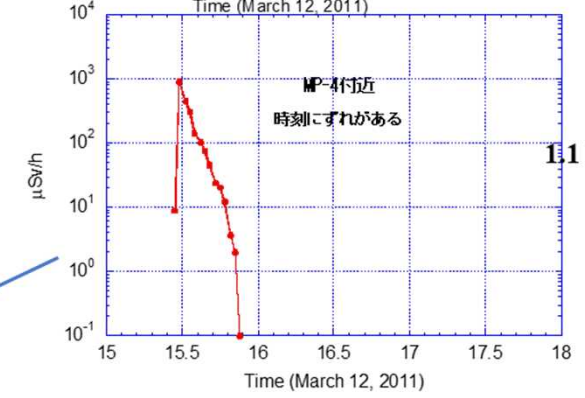
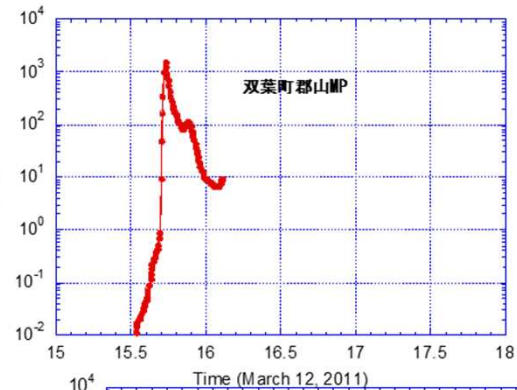
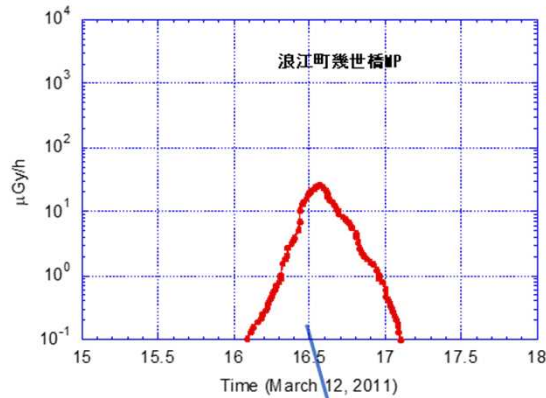
- 6号機SGTSモニターは、SGTS配管中の放射性ガスの測定監視が目的で、線量率校正が行われ、測定値が記録されている。検出器は建物外壁に沿った配管直付けであり、MPのような広い空間の線量率測定系とは異なるが、1号機水素爆発直後(15時37分12秒)に線量率が急上昇した後、短時間で急激に減少しており、水素爆発に伴うプルームの特徴を示している
- 双葉町郡山MPの15時42分頃のピークも水素爆発に伴うプルームの特徴を示している
- ・MP-4付近のピークは、水素爆発の時刻より前になっているが、東京電力の報告書では測定者の腕時計が遅れていたためであると説明されている
- ・浪江町幾世橋MPの16時半過ぎのブロードなピークも、1号機からの距離が8.5 kmと長いために広がったと考えると水素爆発に伴うプルームの特徴を持っていると言える

6号機SGTSモニターを設置状況



6号機SGTSモニター

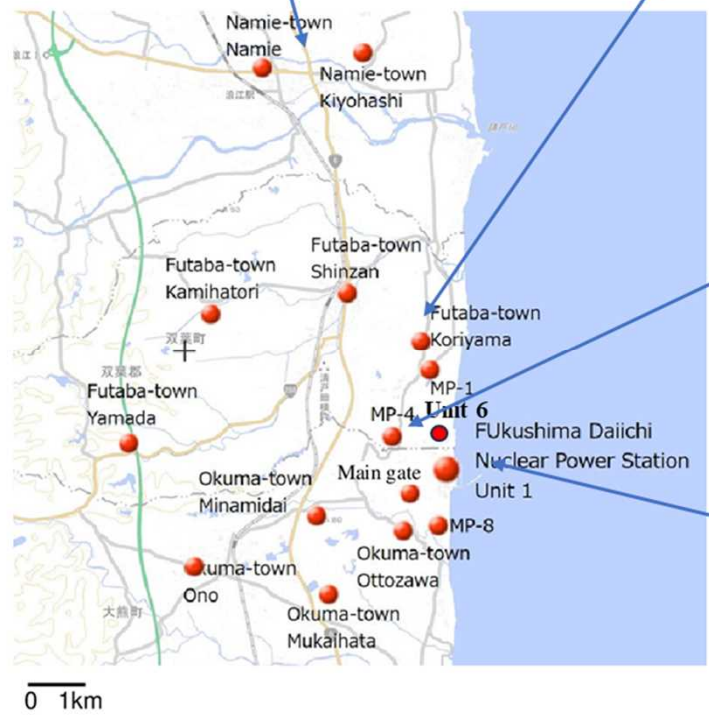
プルーム飛来前のモニタリングポスト周辺に沈着していた核種の影響を除いた水素爆発に伴うプルームによる線量率の距離依存



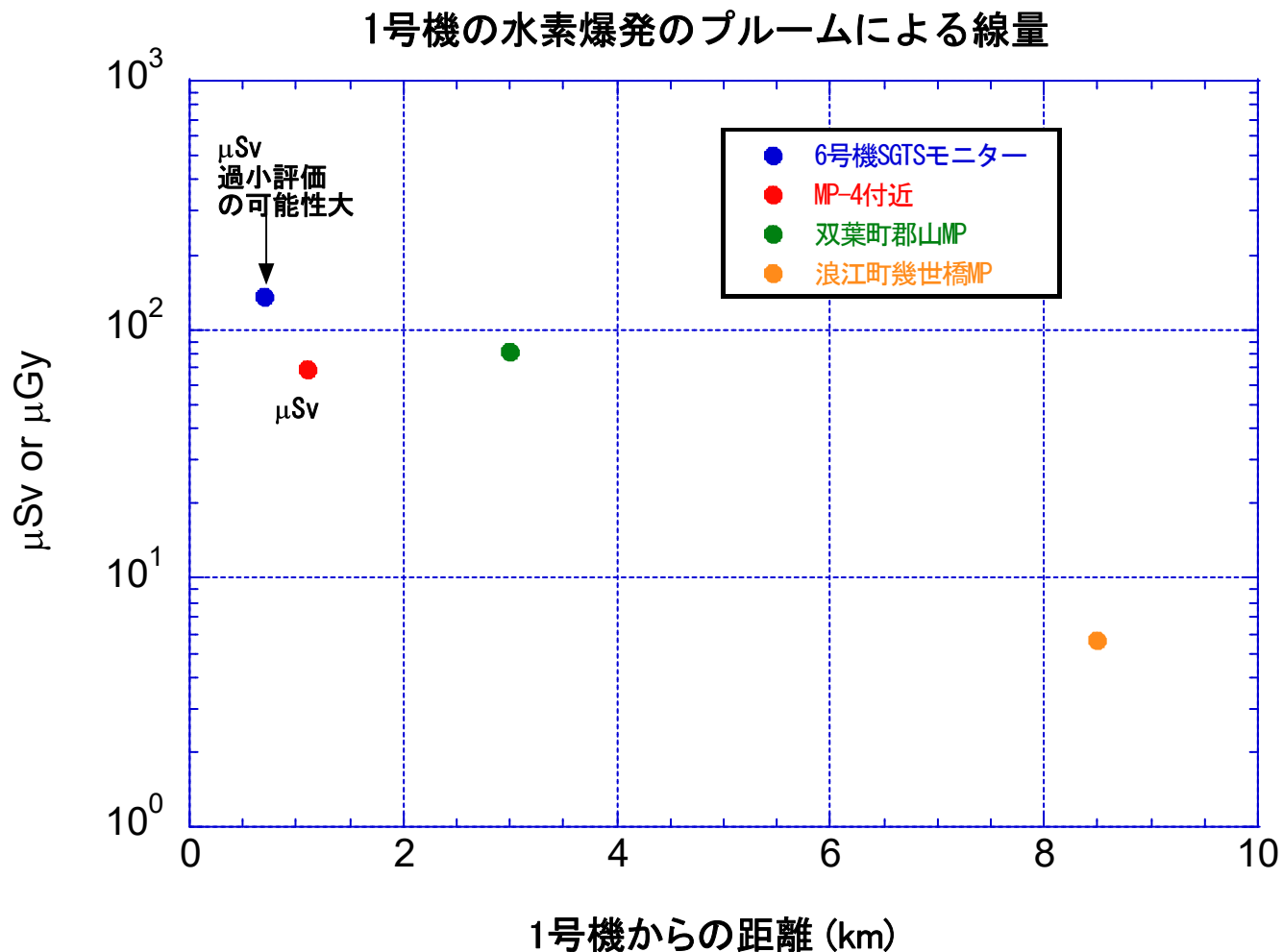
- MP-4付近の測定時刻は、時計が遅れていたとされているが、正確は時刻が不明なので補正は行っていない

- 1号機からの距離が長くなるに伴い、プルームが広がる様子が見られる

- プルーム通過後には、ピーク時の線量率の1/100~1/1000のレベルになっている



水素爆発に伴うプルームによる積算線量の距離依存



- 積算線量は、線量率上昇分（前ページ参照）を積算評価した
- 1号機からの距離が離れるにつれて、プルームが拡散希釈されて各地点の線量率が低下し、積算線量が減少していること
- 6号機SGTSモニターは、建物の中に設置されているため線量率を過小評価している可能性が高い
- このことを考慮すると、水素爆発に伴うプルームは主に1号機から北の方向に進んだ可能性がある

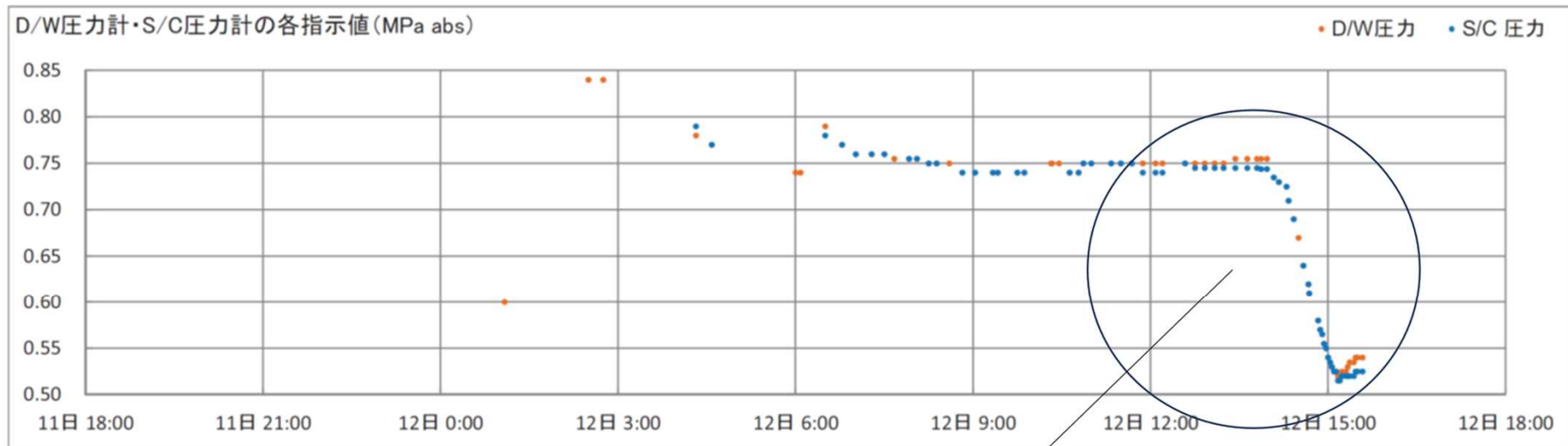
1号機の水素爆発に伴うプルームのまとめ

- プルーム飛来前に周辺に沈着していた核種による寄与を除いた「プルーム中の核種による線量率及び積算線量」
 - ✓ 1号機からの移動に伴い時間幅が広がっている
 - 距離の移動に伴いプルームが広がったことを示している
- プルーム中の核種による積算線量も1号機からの距離に伴い減少しており、このことから距離の移動に伴いプルームが広がったことを示している
 - ✓ 6号機のSGTSモニターは建物の間に設置されており、測定対象の空間が限られている事から得られた線量率は過小評価になっている可能性が高い
- 周辺に沈着していた核種の寄与を除くと、プルーム飛来中のピーク線量率とプルーム通過後の線量率は2～3桁程度の違いがある

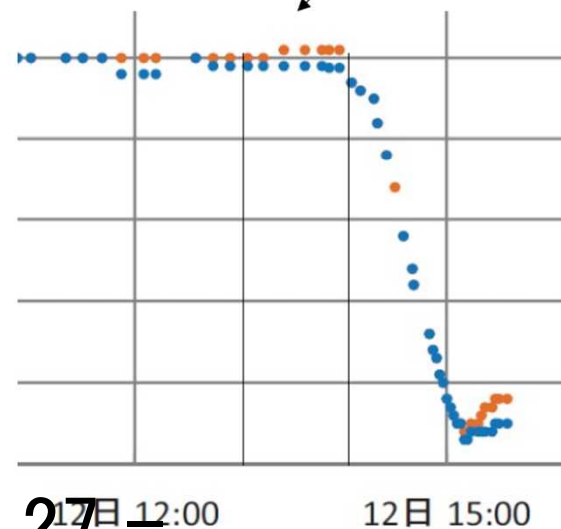
1号機のベントに関するデータ

- 1号機のベントは、これまでの事故分析検討会で以下のように報告されている
 - ✓ 格納容器ベントを実施するためには、電動弁と空気動作弁を開ける必要がある。
 - 電動弁は弁本体に付属しているハンドルで、9時15分に手順通り 25 % 開状態にされた
 - 空気作動弁は、現場の線量率が高いため現場操作が出来なかったため、空気作動弁の小弁の空気の残圧に期待して、10時17分、23分及び24分の3回、中央制御室で開操作(電磁弁の励磁)を実施したが、弁の状態は確認されていない
 - その後、エアコンプレッサ(エンジン付)とアダプタ、バッテリー等を収集・準備して、空気操作大弁の操作を行い、14時過ぎからS/Cの圧力が低下始めたことで弁開を確認した
- S/C気相部圧力は、ベント開始時期と終了時のしばらくの間を除くとほぼ直線的に減少しており、この間は一定量の水蒸気・ガスが1/2号機排気筒から放出されたことを示している

1号機原子炉格納容器圧力の推移



東京電力福島第一原子力発電所の事故分析
検討会第8回会合資料5 より



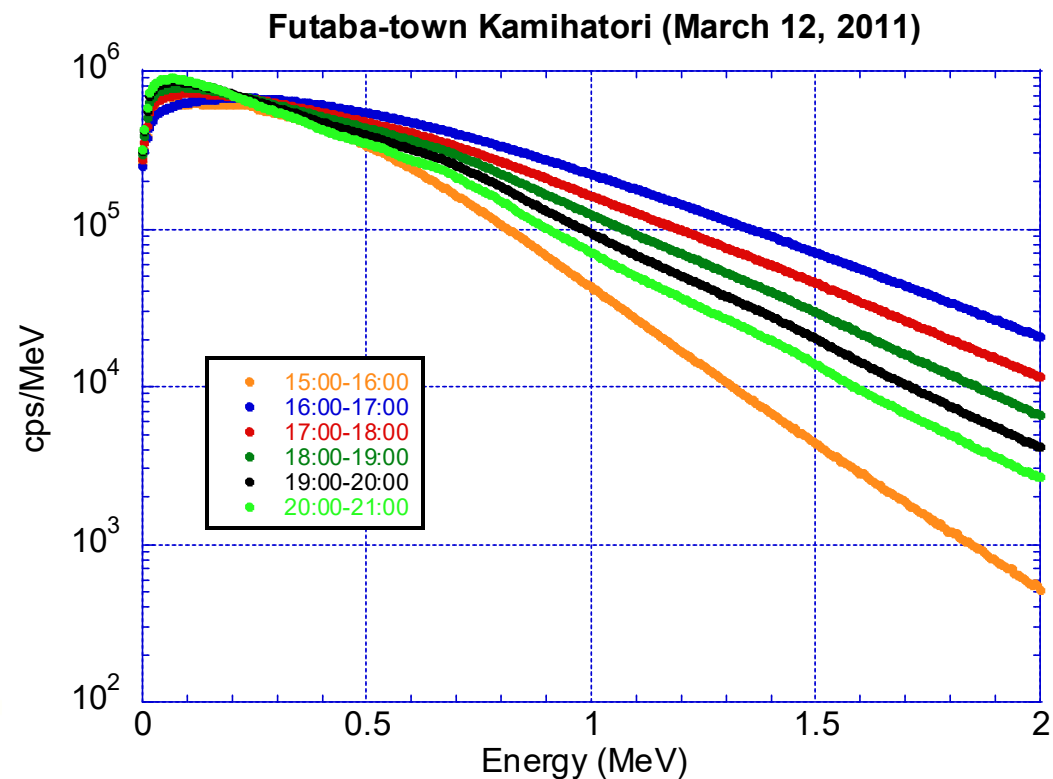
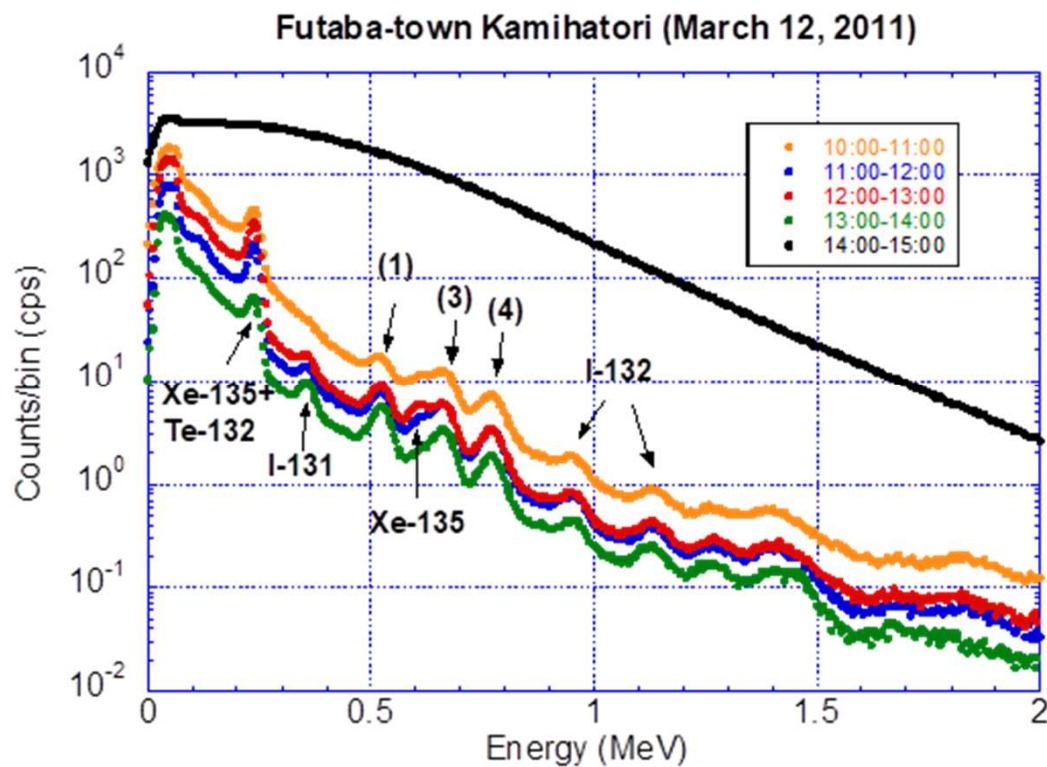
1号機のベントに伴うプルームの特徴

- 1号機のベントに伴うプルームは、次のような特徴を持っている。
 - ✓ 放出位置(1/2号機共用排気筒の頂部)が明確である
 - ✓ 排気筒頂部からの放出期間は、S/C気相部の圧力の変化から、3月12日14時頃から15時12分頃であり、15時25分の弁閉後の放出は無い
 - S/C気相部の圧力と排気筒頂部の放出が対応していると考えられるので、放出は14時頃から15時25分頃の間と思われる
 - ✓ ベント操作に伴い排気筒から放出されたプルーム中の核種組成、化学形態を推定することは難しい
 - 希ガスは燃料棒破損時にRPV内に充満し、更にPCVへ充満し、様々な経路でオペレーションフロアを含む原子炉建屋内に広がり、一部は建屋外に出て行ったと思われるので、ベント操作時にPCVにどれだけの希ガスが存在していたかは不明である。(プルーム中の希ガスの割合が不明)
 - RPV内で無機ヨウ素(I_2)は一部金属配管と反応するものの、有機ヨウ素(CH_3I)とともにPCV内に出て行く。
 - PCVからガスをS/C経由で放出するベント操作は、水中にガスを通気し、主にセシウム等の放射性物質を除去して建屋外への放射性物質の放出を低減することが目的である。その際、水溶性(フイオンや I^{3-} イオン)のヨウ素はバブリングによりエアロゾルとして浮遊、拡散する可能性があるものの、詳細は不明である。
 - ✓ 排気筒頂部(原子炉建屋のグラウンドレベルから120 m)からの放出であるので、地上放散の場合と距離による拡散状態が異なる

双葉町上羽鳥MP

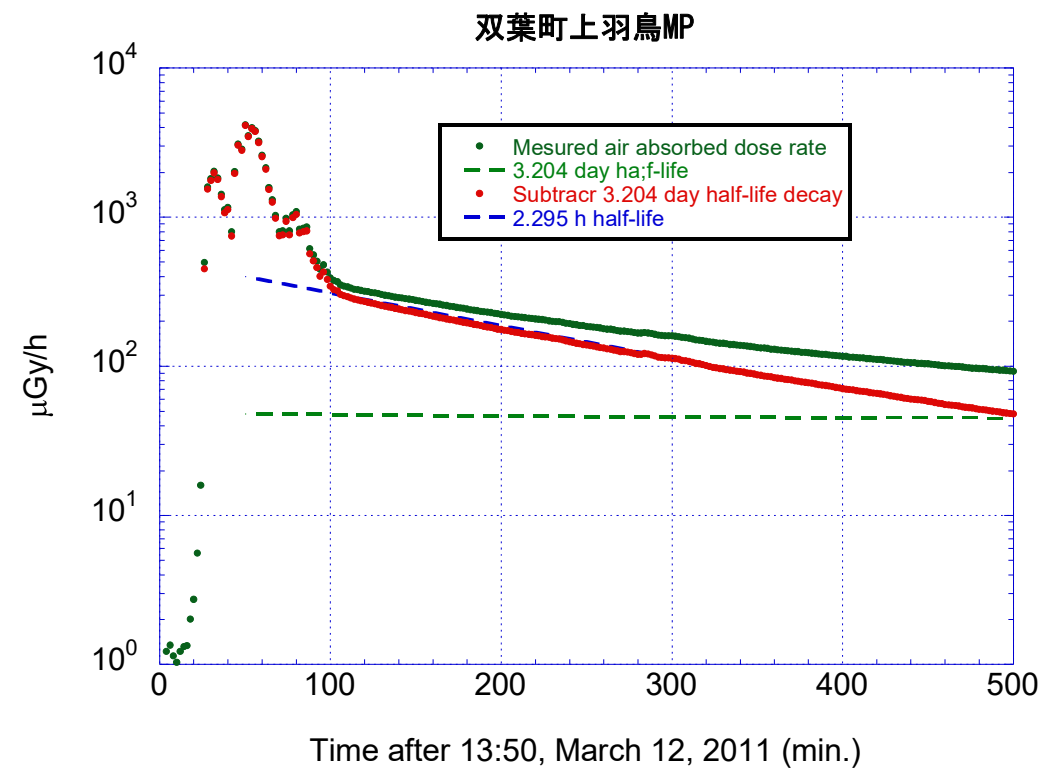
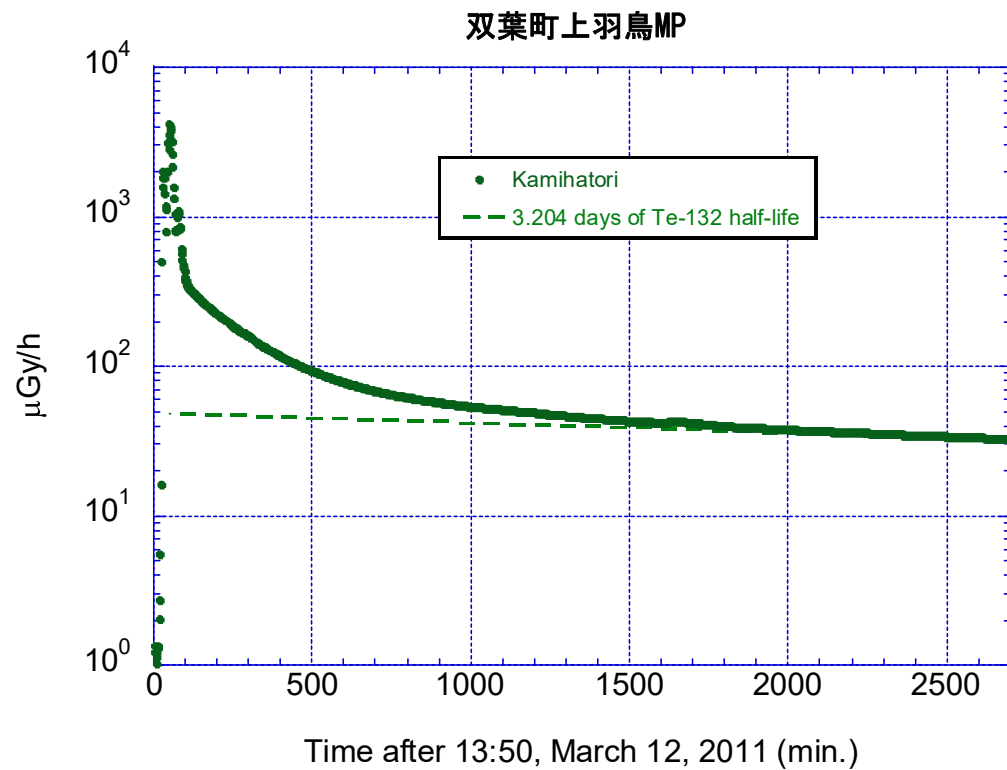
- 双葉町上羽鳥MPでの線量率の上昇は14時ごろに始まり、14時40分頃に最大となっている
 - ✓ 1号機水素爆発(15時36分)以前の線量率上昇であるため、水素爆発によるプルームではない
- 双葉町上羽鳥MPの線量率上昇は、14時頃に始まったベント操作による放出の初期に排気筒から放出されたプルームによる可能性がある
 - ✓ 1Fに近い領域の詳細な大気拡散計算での検証が必要である

双葉町上羽鳥MPでのNaI(Tl) 波高分布



- (左図)11時以降が9時及び10時頃のプルーム飛来に伴い周辺に沈着した放射性核種によるもので、I-131とI-132からの γ 線のピークが明確に見える
- (右図)14時からの急上昇で検出器に入ってくる光子の数が急激に増えたことから、パイルアップにより波高分布の解析が~~30~~来ない状況になった

双葉町上羽鳥MPでの沈着した放射性核種の減衰



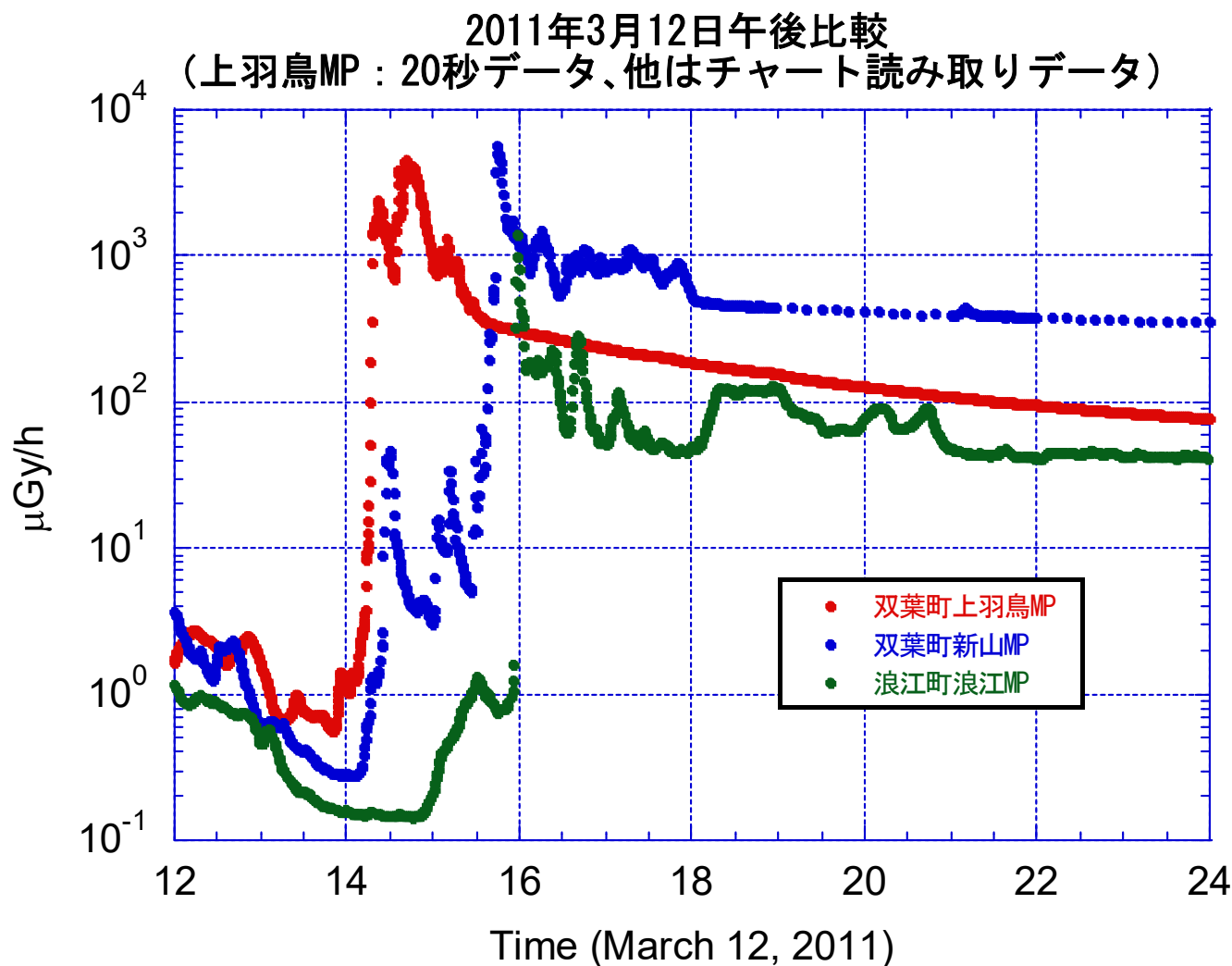
プルーム通過後の双葉町上羽鳥MPでの 線量率の時間変化

- 前ページの左図から、プルーム通過後約30時間(約1,850分)を過ぎると、線量率はTe-132の半減期(3.204日)で減衰するようになる
- その時点からプルーム飛来時まで外挿し、測定値から引いたのが右側グラフの赤印で、I-132の半減期(2.295時間)で減衰していることが分る
- I-132の半減期での減衰が始まる時刻では、周辺に沈着したI-132を中心とする放射性核種による線量率を測定していると考えられる
 - ✓ プルーム飛来に伴う空気吸収線量率の最大値と比較すると、1/10程度である
 - ✓ 周辺への沈着は、気象条件や周辺環境が影響するが、他の測定結果に比べて大きい
 - ✓ プルーム通過後の空気吸収線量率の減衰(周辺に沈着した放射性核種による空気吸収線量率の減衰)は、 $(I-132の放射能とTe-132の放射能の差)/(I-132の放射能)$ に依存

双葉町新山MPと浪江町浪江MP

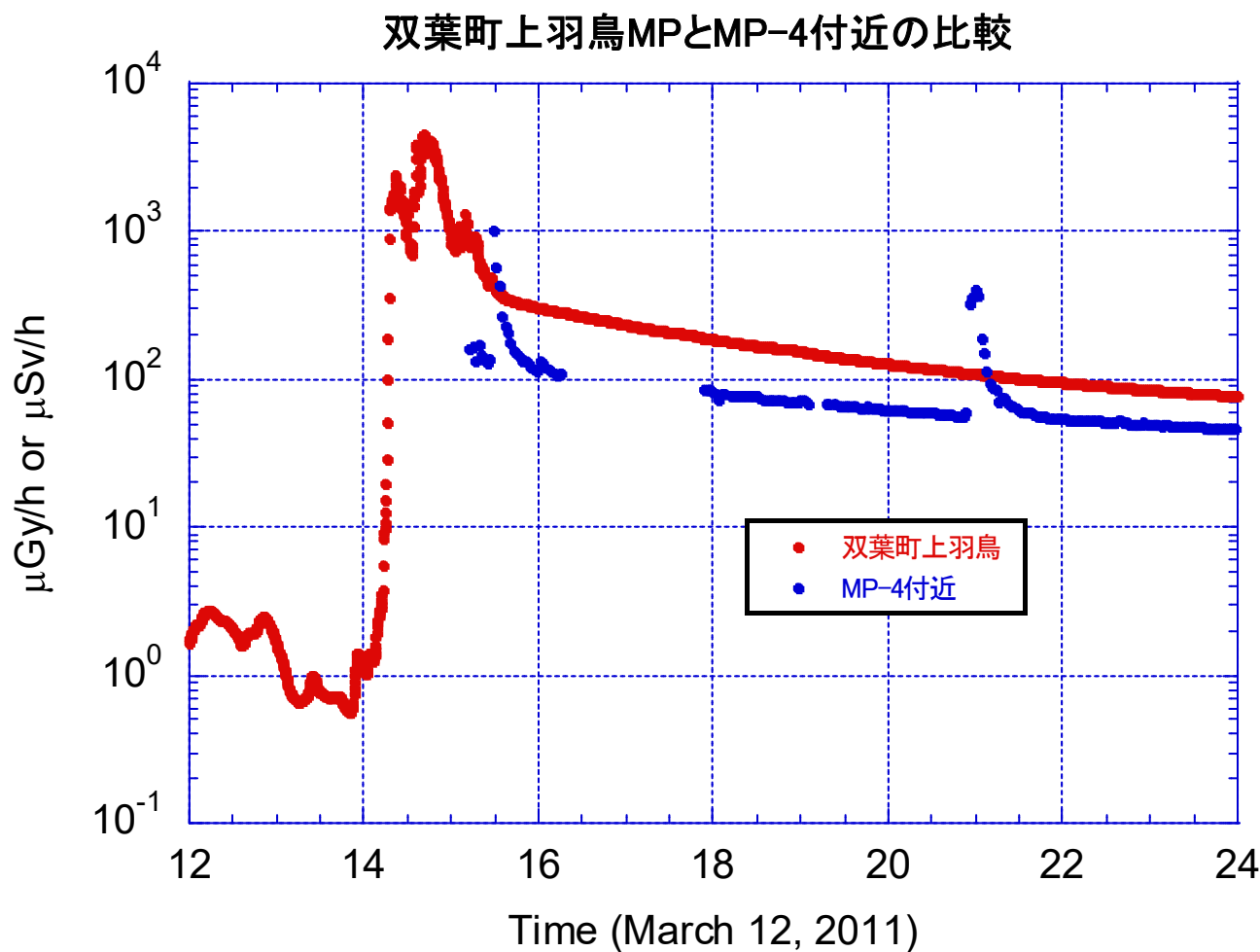
- 15時30分以降の双葉町新山MP（1号機から4.1 km）と16時以降の浪江町浪江MP（1号機から8.7 km）はよく似た時間変化を示している
 - ✓ プルーム飛来時のピーク線量率と飛来後の線量率は1桁程度の違い
- 1号機のベントによる放出が14時頃から15時25分頃であるので、1Fに近い領域での詳細な大気拡散計算での検証が必要であるが、ベントの終了に近い時期に放出されたプルームを測定した可能性がある
- プルーム飛来時の空気吸収線量率とプルームの飛来により周辺に沈着した放射性核種による空気吸収線量率が、水素爆発に伴うプルームの場合と明らかに異なるので、水素爆発に伴うプルームとは思えない
- ベントに伴うプルームの可能性が高い双葉町上羽鳥MPと全体的な傾向が似ていることから、両MPで急上昇した空気吸収線量率は、1号機のベント操作に伴い1/2号機排気筒の先端から放出された可能性が高いと思われる

2011年3月12日午後の線量率変化



- 3箇所ともプルーム飛来に伴い周辺に沈着した核種による線量率は、プルーム飛来時のピーク線量率の1/10程度である
- 水素爆発に伴うプルームの場合(プルーム飛来に伴い沈着した核種による線量率は、プルーム飛来時のピーク線量率の1/100~1/1000)に比べて明らかに変化率が小さく沈着が多いことを示している
- 水素爆発に伴うプルームによる線量率は、1号機からの距離に伴い減少しているが、双葉町新山MPでは、ほぼ同じ距離に位置している双葉町郡山MPの10倍で、1号機からの距離が双葉町郡山MPの2倍以上ある浪江町浪江MPでも郡山MPより高い線量率となっている
- ベント初期(14時過ぎ)とベント終了時近く(15時過ぎ)に環境中に放出されたプルームでは、核種組成等が異なる可能性があるため、測定された線量率の減衰傾向の違いの要因等は今後検討する必要がある。

水素爆発に伴うプルーム以前から存在していたMP-4付近の線量率の時間変化

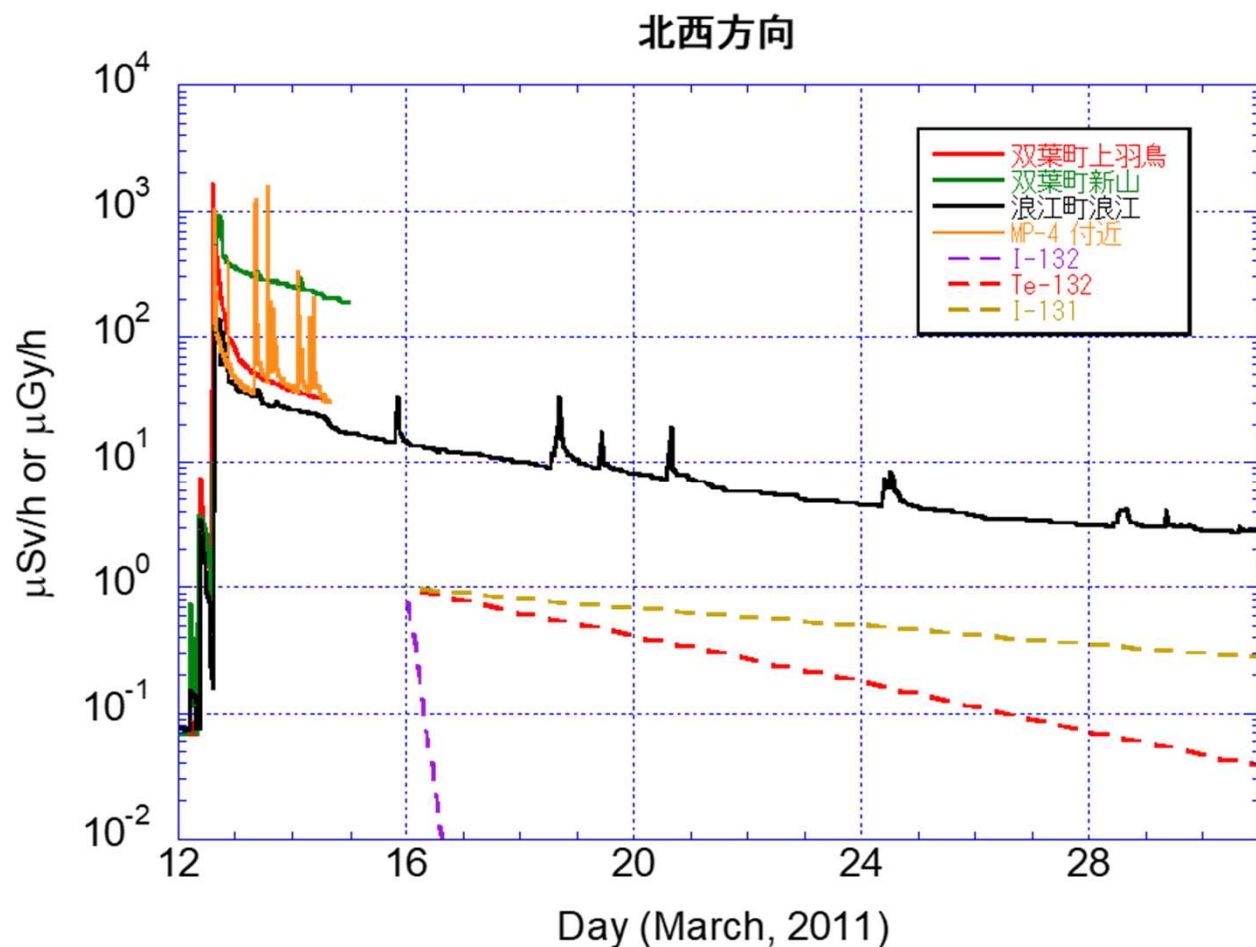


- MP-4付近で水素爆発による上昇以前から測定されていた「周辺に沈着した核種による」と思われる線量率をもたらしたプルームがいつ飛来したかを知ることができないが、MP-4付近と双葉町上羽鳥MPが1号機からほぼ同じ方向にあること、両者の減衰傾向がよく似ていることから、双葉町上羽鳥MPに飛来したベントに伴うプルームである可能性が高い
- プルームの飛来により周辺に沈着した放射性核種による線量率が、1号機から1.1 kmのMP-4の方が6 kmの双葉町上羽鳥MPのより低いこともプルームが高い場所から放出されたことを示している

水素爆発に伴うプルーム飛来前の MP-4付近の線量率について

- MP-4付近では、水素爆発に伴うプルームが飛来する前に、
100 μ Sv/hを超える高い線量率となっていた
 - ✓ 水素爆発に伴うプルーム以前に、高い濃度の放射性核種を含むプルームの飛来があり、それに伴い周辺に沈着した放射性核種によるものと思われる
 - ✓ MP-4付近での測定開始が遅かったため、プルームの飛来時刻は測定されていないが、MP-4付近と双葉町上羽鳥MPが1号機から同じ方向にあることから、双葉町上羽鳥MPで観測されたベントに伴うプルームの可能性が高い
 - 線量率の減衰傾向がよく似ていること
 - プルームの放出位置が高い場合には、1F敷地内より敷地外の方が線量率が高くなる傾向がある
 - 周辺に沈着した放射性核種による周辺線量当量率がMP-4付近の方が低いことは、プルーム放出位置が高いことを示している

2011年3月中の線量率変化



- 浪江町浪江MP以外は途中までしか測定値が残されていないが、3月12日以降のプルーム飛来に伴い周辺に沈着した放射性核種の寄与は小さく、それぞれの測定点での線量率は3月12日に沈着した放射性核種によることが分かる
- 逆に言うと、3月12日のプルーム飛来による沈着の影響が大きいことが分かる
- ここに示している地点以外の3月15日以降の線量率データ等も含めて、汚染の形成プロセス等について、今後、検討する必要がある。

1号機のベントに伴うプルームの影響範囲



- 双葉町山田MPと浪江町幾代橋MPで1号機のベント等に対応した空気吸収線量率の上昇が観測されていないことから、ベント等に伴うプルームの影響があった領域は、1号機から見て双葉町山田MPと浪江町幾世橋MPの間の領域に限定されると思われる。

3月12日午後の事象

- モニタリングポストの測定結果から判断すると1号機のベント等に伴う放射性核種の放出量が多かった可能性が高い
 - ✓ 1号機のベントに伴う放出が14時ころから15時12分頃までほぼ同じ量継続しており、双葉町上羽鳥MPは放出の初期、双葉町新山MPと浪江町浪江MPは放出の終わりに近い時期に放出されたプルームだとすると、上記の範囲に1時間強の間、非常に高濃度の放射性核種を含むプルームが放出された可能性がある
 - ✓ プルーム中の放射性核種の寄与は、最も影響する距離が長いT-132でも500 m 以下の領域なので、プルームの移動方向(風向)が少し変われば検出できなくなる
- 水素爆発に伴うプルームの飛来によると思われる線量率 (MP-4付近、双葉町郡山MP、浪江町幾世橋MP) は、ベント等に伴うプルームによる上昇に比べて遙かに低いと思われる
- 12日午後の「放出量推定総量」は変わらないとしても、「水素爆発に伴う放出量」と「ベント等に伴う放出量」との割合は再検討が必要
- 15時36分の水素爆発以降も1Fの北側ではプルームの飛来が繰り返し測定されている (双葉町郡山MP、浪江町幾世橋MP)
- 1号機の事象とどのような関連があるかの検討が必要

3月12日午後で検討が必要な事項

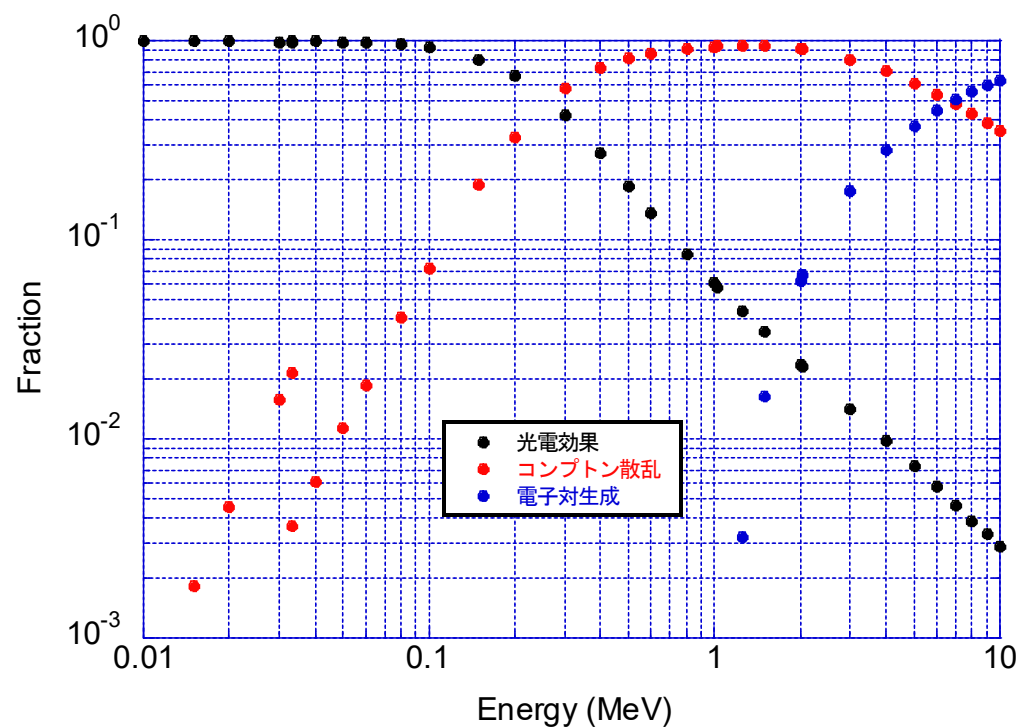
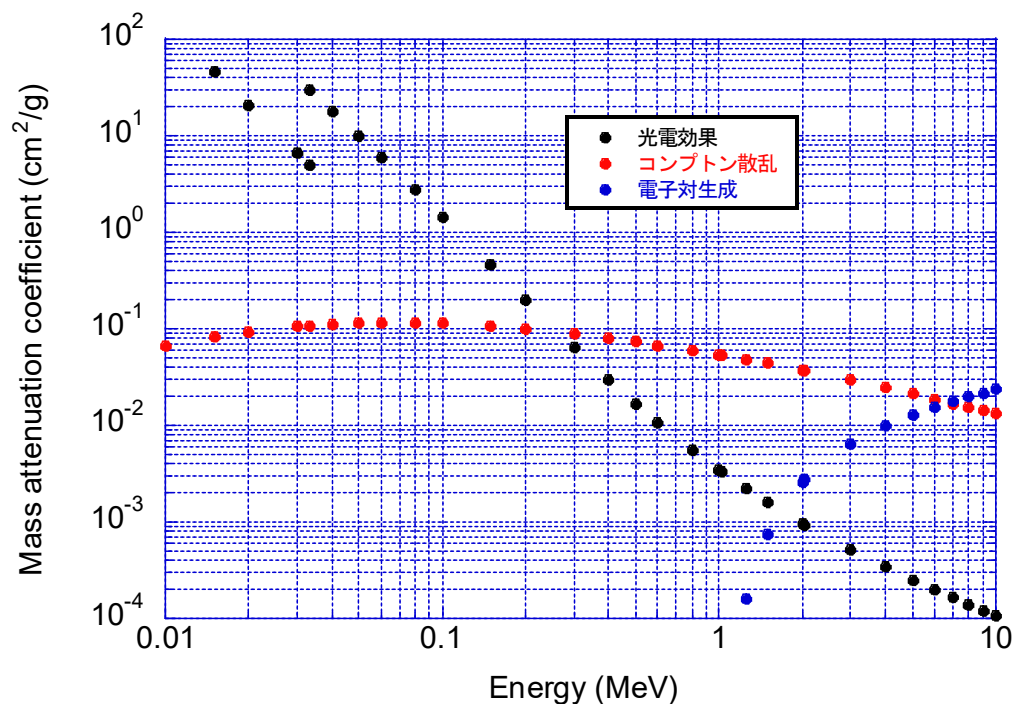
- 1Fに近い領域での詳細な大気拡散計算の検証
 - ✓ 水素爆発に伴うプルーム
 - ✓ 1/2号機排気筒からの14時頃のベントによる放出開始から15時25分の放出終了までのプルーム
- 1号機のベントに伴う「ガス（エアロゾル成分を含む）」の挙動
 - ✓ S/Cでの液相から気相への移行割合、必要な時間
 - ✓ 耐圧強化ベントライン、SGTS配管、1/2号機排気筒での挙動
 - ✓ 希ガス、ヨウ素、セシウムの炉内での拡散挙動の類似点、相違点

(参考)波高分布の測定結果による 放射性核種の推定

波高分布による核種推定

- 波高分布を得ることが出来る放射線検出器を用いて、プルーム中や周辺に沈着した放射性核種を推定することは、現実的で合理的な手法であるが、そのためには以下のことを理解する必要がある
 - ✓ 検出器に入射した γ 線と波高分布の関係
 - ✓ 散乱線の影響
 - ✓ エネルギー分解能
 - ✓ パルス計測とパイルアップ

NaI(Tl)の光電吸収、コンプトン散乱及び 電子対生成の γ 線エネルギー依存



出典 : <https://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html>

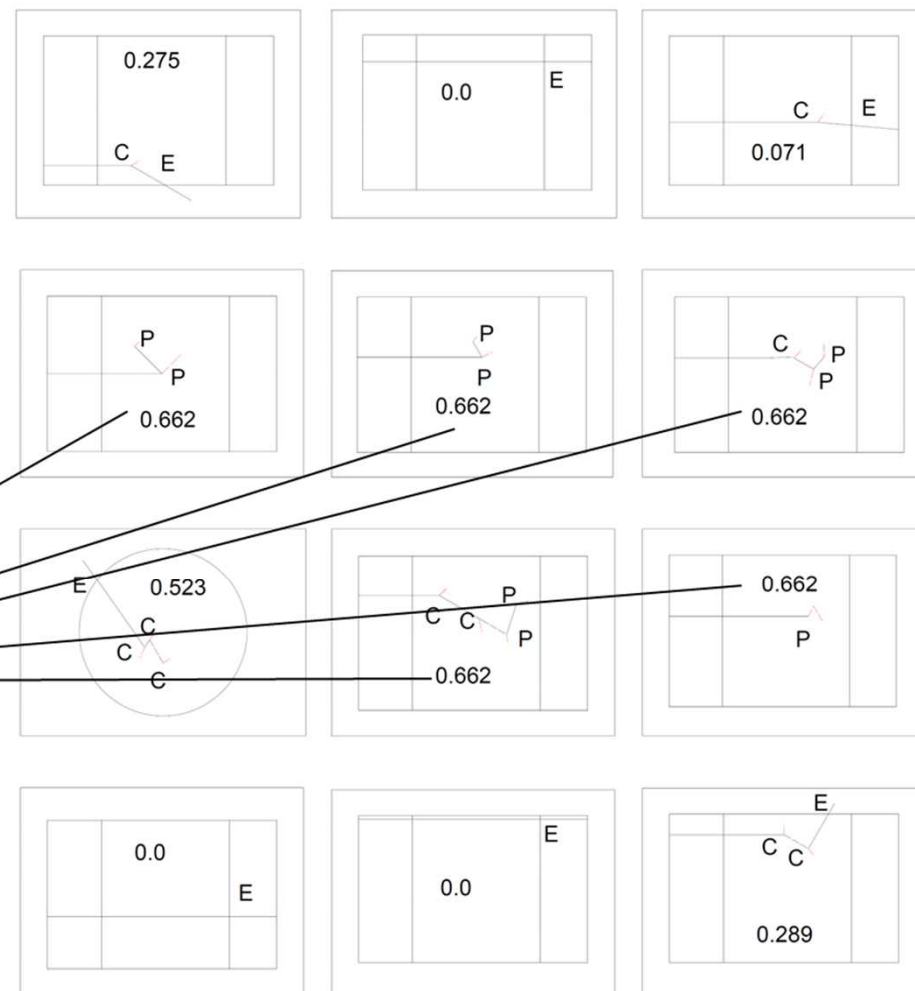
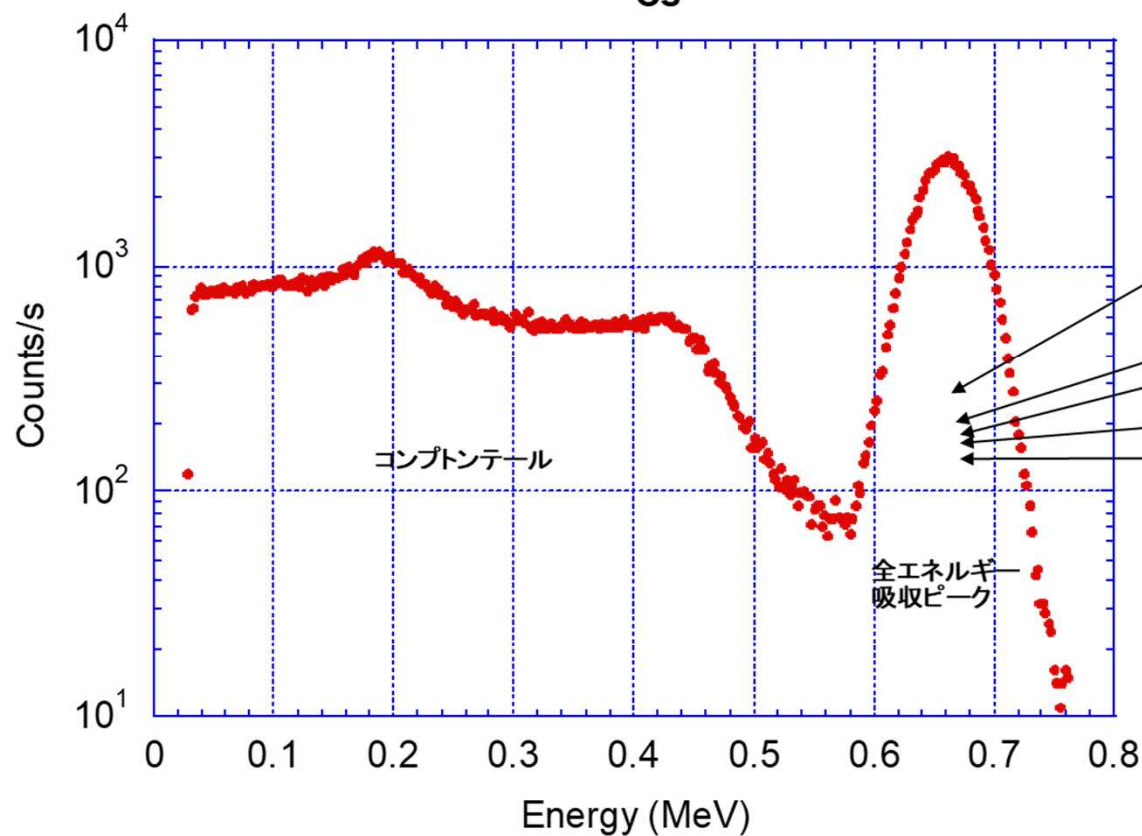
検出器に入射した γ 線と波高分布の関係

- ^{137}Cs の様に単一エネルギーの γ 線が検出器に入射しても、波高分布は、入射 γ 線エネルギーに対応した「全エネルギー吸収ピーク」と、入射エネルギーより低い領域に分布する「コンプトンテール」からなる広がった分布となる
 - ✓ 入射した γ 線と検出器構成元素との相互作用の結果
 - ✓ 両者の比は、検出器の構成元素、検出器の大きさに依存する
- 複数のエネルギーの γ 線が入射した場合には、低エネルギー側の γ 線は、高エネルギーの γ 線のコンプトンテールに重なった形となる

検出器に入射した γ 線と波高分布の関係

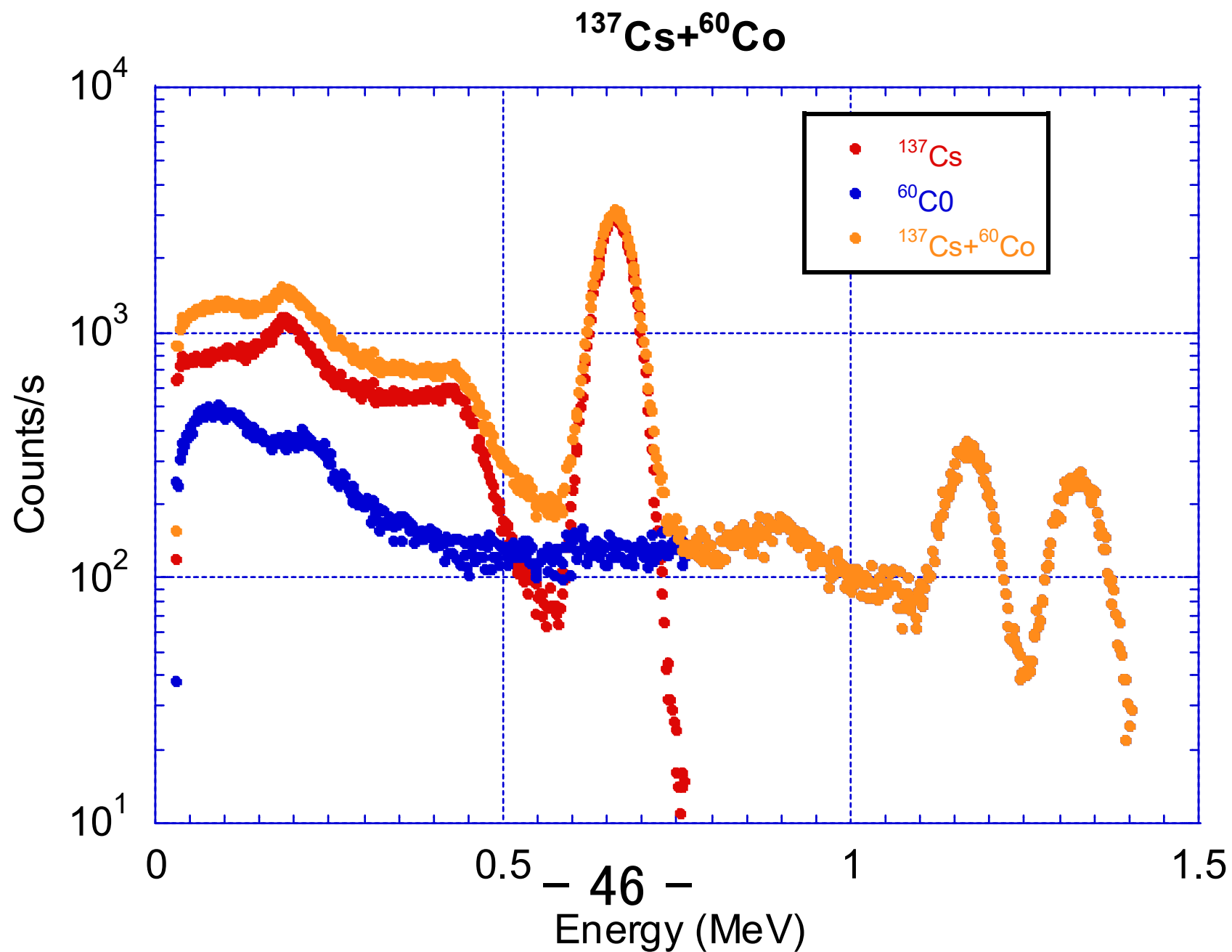
1.5”直径、1.5”長さのNaI(Tl)近くの ^{137}Cs による波高分布

^{137}Cs



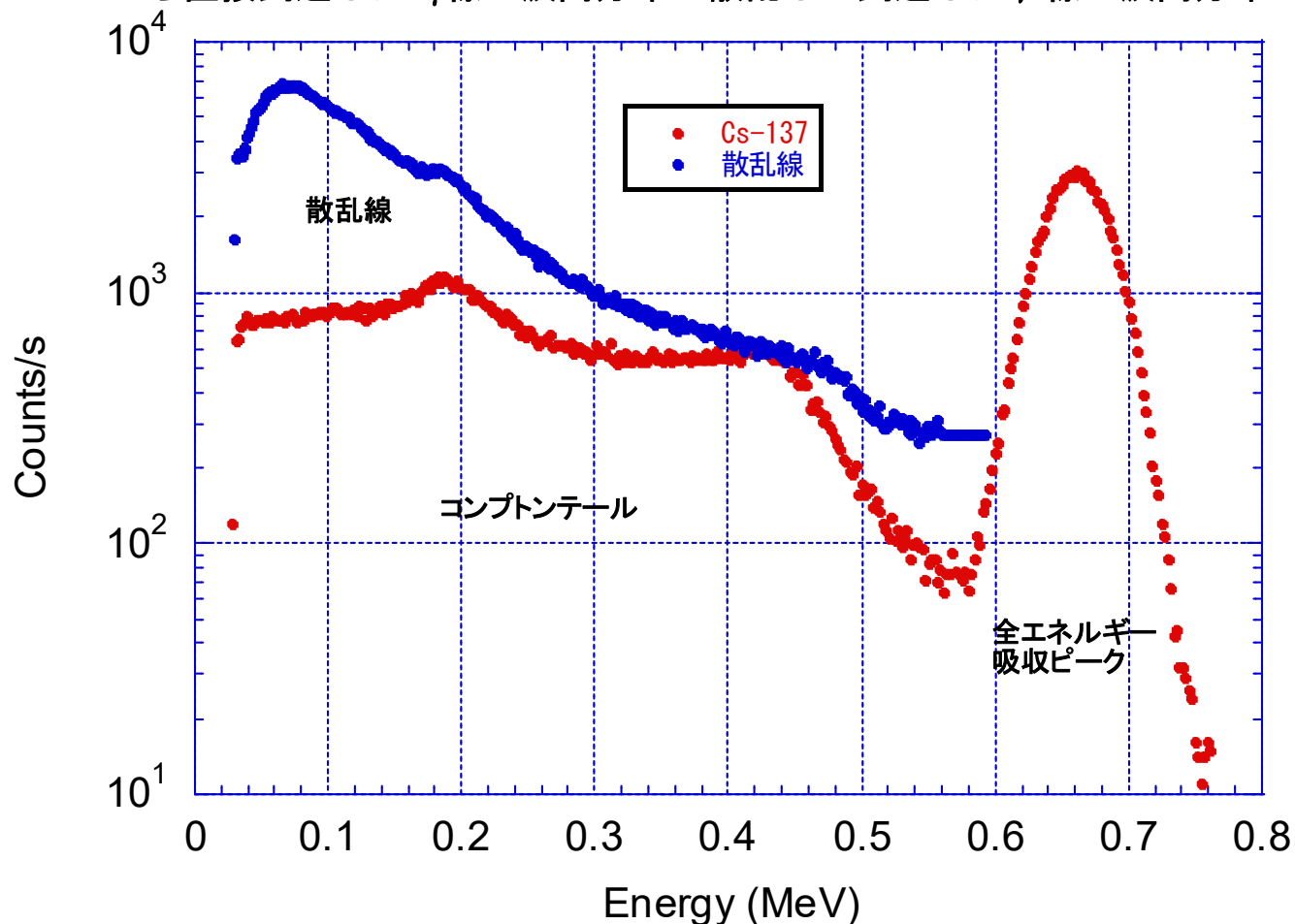
検出器中の飛跡例 C:コンプトン散乱、P:光電効果
E:検出器外

検出器に入射した γ 線と波高分布の関係



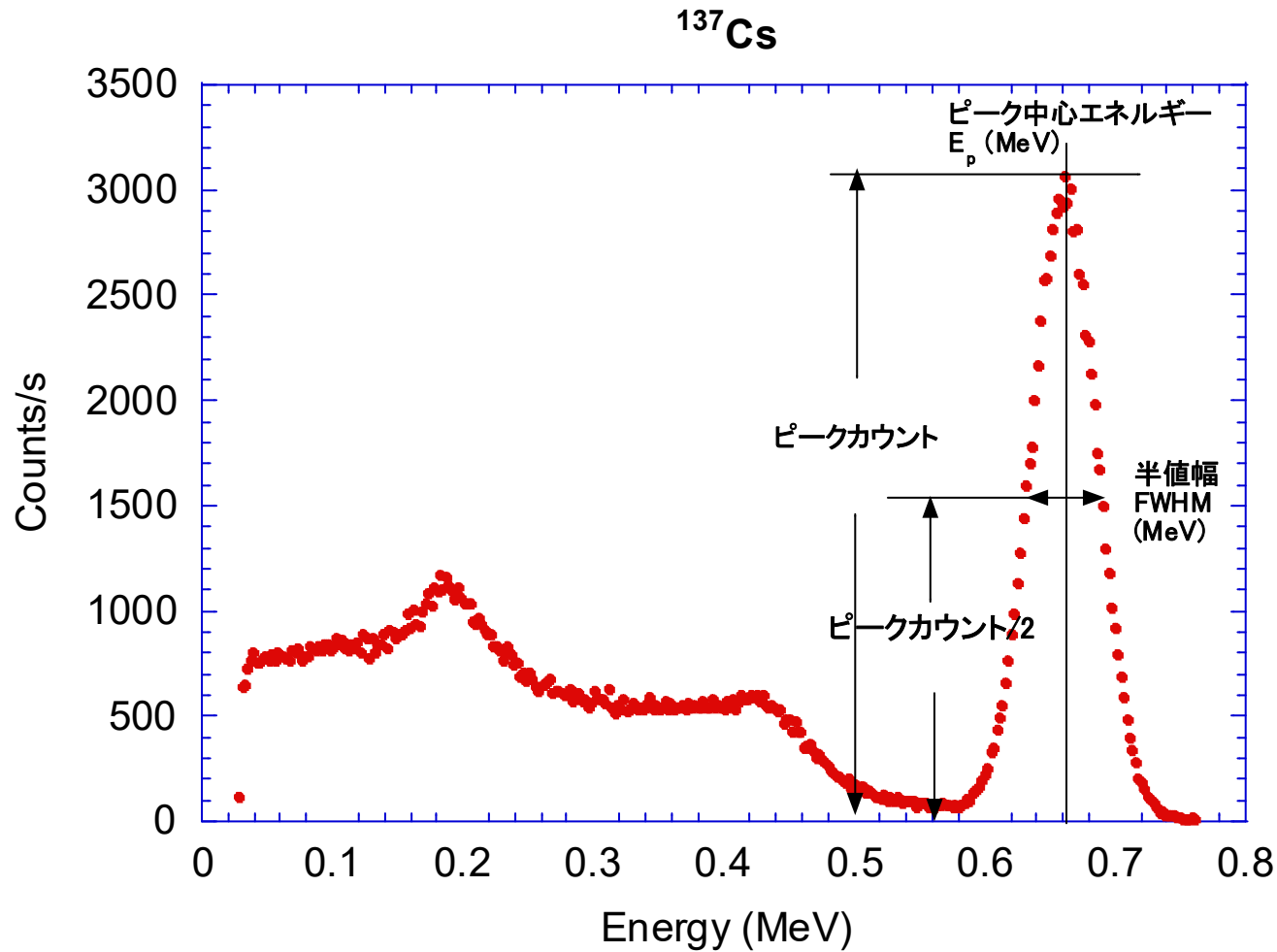
散乱線の影響

^{137}Cs から直接到達した γ 線の波高分布と散乱して到達した γ 線の波高分布の形状



- 線源と検出器の距離が長い場合には、途中の物質により散乱線が生じる(検出器外部での反応)
- 散乱線は、入射 γ 線のエネルギーより低く、ピークの無い広がったエネルギー分布をしている
- コンプトンテールにより形成される低エネルギー領域の波高分布を上昇させることになる

エネルギー分解能



エネルギー分解能 R

$$R = \frac{FWHM}{E_p}$$

R が小さい(分解能が良い)検出器(例. Ge検出器)の方が、エネルギー分解能が良く、エネルギーの近い γ 線を分別することが出来る

パルス計測とパイルアップ



図1 エネルギースペクトル測定システム

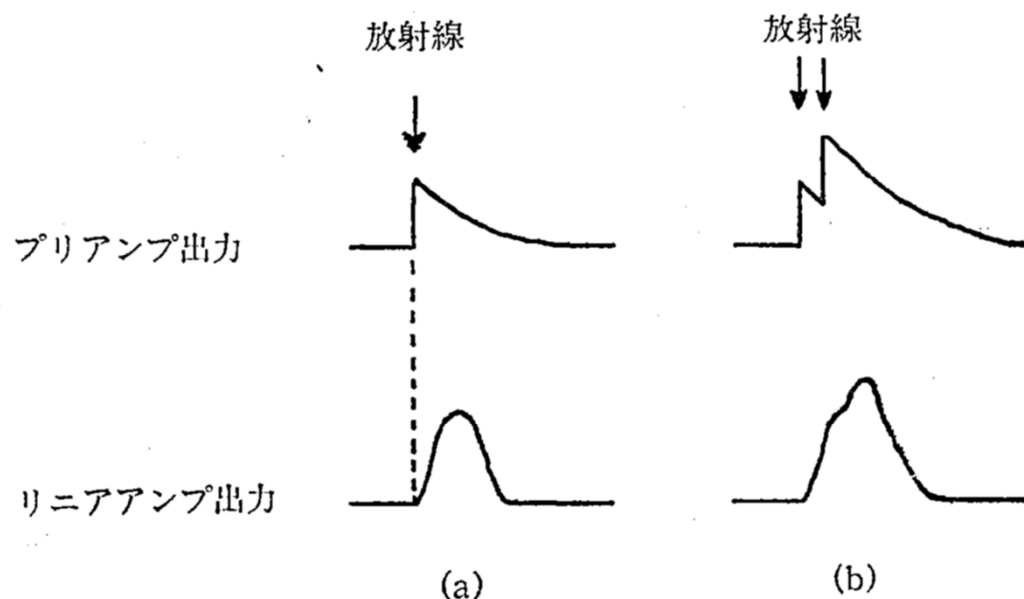


図2 パルス波形

(a) パイルアップしないとき

(b) パイルアップしたとき

- パルス計測では、 γ 線の検出器内での反応により生じたパルスが減衰後に次の γ 線が入射し、検出器内に付与したエネルギーに比例した高さのパルス高が得られることを前提にしている
- 計数率が高くなると、最初のパルスが減衰する前に、次の γ 線によるエネルギー付与が生じ、実際のパルスより高いエネルギーのパルスとなる
- 計数率が非常に高くなると、多数の γ 線によるパルスが一つのパルスとなることにより「ピーク」が見えなくなり(パイルアップ)、入射した γ 線のエネルギー情報を得ることができなくなる

「モニタリングポスト等での線量率と原子炉 の事象との関係(2011年3月12日)」 の主な論点

原子力規制庁
安井 正也

※本資料は、資料1-1の議論を円滑に進めるために論点等を整理した資料である。

3/12午前中の測定記録

- ① 3/12午前4時から始まるモニタリングカー測定記録にみられるプラトーは、1号機オペフロからの直接線/スカイシャイン線を捉えたものであり、その主たる線源はI-132等のヨウ素の同位体である。
 - 第40回検討会で報告され、特に異論は無かった
- ② 上記プラトーの観測時期に近隣のMPでピークが記録されている。5時頃のピークは希ガスのみ、9時～11時頃のピークにはヨウ素などの定着性の放射性物質が含まれていた。
 - 測定事実は、その通り
 - 9時以降のピークは、オペフロからの継続的or断続的放出を捉えたものなのか、10時過ぎの不明確なベント操作の影響なのか？

福島原子力事故調査報告書(平成24年6月20日、東京電力株式会社)P273より抜粋

遠隔操作による圧力抑制室ベント弁大弁の開操作の準備も進めつつ、3月12日10時17分、10時23分、10時24分には、弁操作空気(計装用圧縮空気系)の残圧を期待し、中央制御室から圧力抑制室ベント弁小弁の開操作を実施した。

同操作で弁が開となったかについては確認できておらず、格納容器圧力の低下も確認されていない。しかしながら、同時間帯には正門付近の線量率が一時的に上昇(約400 μ Sv/h)していることから、大気中へ蒸気とともに放射性物質が放出されたものと考えられる。

ベント/水素爆発時のプルーム通過後のMPデータ

- 1号機ベントによるプルームの通過後には、プルーム通過前よりも放射線量率が上昇する(プルーム通過による線量率のピーク値の1/10程度)。
- 1号機水素爆発後のプルームの通過後には、放射線量率はプルーム通過前のレベルに戻る。(プルーム通過による線量率のピーク値の1/100～1/1000程度。)



この仮説を測定結果に適用してみることにより、**その妥当性を検証**するアプローチで議論を進めたい。

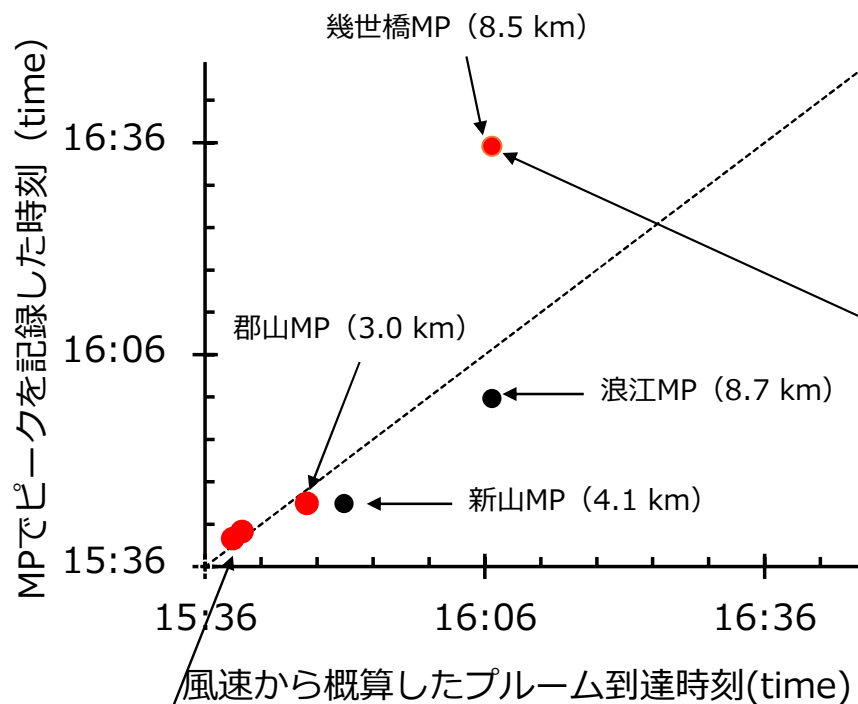
ベント/水素爆発時のプルーム通過後のMPデータ

- ベント時のプルームのプロフィールを示している観測点(資料1-1のP33)
 - プルーム通過後に、ピーク時の1/10のレベルに低下
 - 双葉町上羽鳥MP(14:00-)
 - ✓ ベント初期に放出されたプルームによる可能性
 - 双葉町新山MP(15:30-)
 - 浪江町浪江MP(15:30-) } 両者はよく似ており、1号機ベントの終了に近い時期に放出されたプルームを測定した可能性
- 水素爆発時のプルームのプロフィールを示している観測点(資料1-1のP20)
 - プルーム通過後に、ピーク時の1/100~1/1000のレベルに低下
 - 6号機SGTSモニター
 - 双葉町郡山MP
 - MP-4付近
 - 浪江町幾世橋MP

水素爆発によるプルーム到達予想とMPデータの比較

資料1-1での整理状況

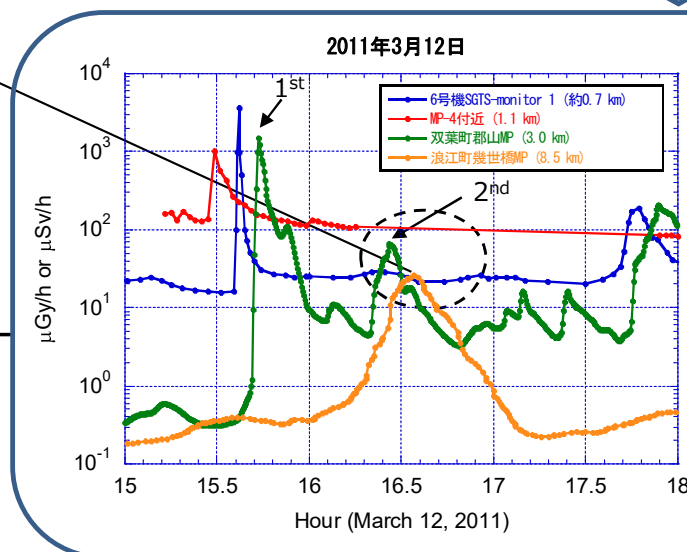
- : ベント由来
- : 水素爆発由来



水素爆発による環境中への放出した仮定して、

- ① 風速からの概算のプルーム到達時刻
 - ② MPで実際にピークを記録した時刻
- } を比較

- 1F近傍MP、新山MP(1stピーク)、浪江MPでは、①と②は比較的一致
 - 浪江及び新山MPsは水素爆発(15:36)由来ではないか?
- 幾世橋MPは大きな乖離がある
 - 水素爆発(15:36)より後の放出を検知したのではないか?



- 郡山MP2ndピークと幾世橋MPのピーク値計測時間から算出すると8.3 m/s
- 16-17時の風速は、地上では、4.6-6.4 m/s
上空100mでは、6.4-8.9 m/s

郡山2ndピークと幾世橋ピークは、**16:20前後に1号機から放出したものを検知したのではないか?**

MPで計測されるピークに関する論点

- 浪江町幾世橋MPの16:30頃のピークは双葉町郡山MPのほぼ同時刻のピークと関連するものではないか？
- 15:30以降の双葉町新山MP、双葉町郡山MP、浪江町浪江MP、MP-4付近の鋭いピークを水素爆発関連とすることに、沈着放射性物質以外に不都合な点はあるのか？
- 資料1-1のP23は上記の理解で考えるべきではないか？

減衰率に関して

- 資料1-1のP32:3月12日午後のMPデータを見ると、多くのMPでブルーム通過時に放射性核種の沈着がある。双葉町上羽鳥MPとMP-4付近の記録は、同核種による空気吸収線量率の減衰が他のMPよりも早く、2つの記録の減衰傾向は近い。(I-132の半減期に対応していると思われる。)
- このことは、双葉町上羽鳥MPとMP-4付近のデータの要因が他のMPとは異なるということではないのか？

減衰率に関する論点

- ベントの初期と末期でベントガスの組成が変化する可能性はあるものの、「初期はI-132が多い」とすることが可能か？
- 継続的に放出されたベントガスの初期と末期のみが別のMPで計測されたとの主張の妥当性をどう評価するか？（逆に「初期のベントガス以外の放射性物質濃度は比較的低い」との主張の妥当性。）
- 浪江町上羽鳥MPの観測結果は、ベントによる約1時間の継続放出を反映しているのではないか？

1F1号機 水位・圧力に関するパラメータ

日時	原子炉水位 (燃料域)(A) (mm)	原子炉水位 (燃料域)(B) (mm)	A系 原子炉圧 力(MPa)	B系 原子炉 圧力(MPa)	D/W圧力 (MPa abs)	S/C圧力 (MPa abs)	CAMS D/W(A) (Sv/h)	CAMS D/W(B) (Sv/h)	CAMS S/C(A) (Sv/h)	CAMS S/C(B) (Sv/h)	備考
2011/3/12 7:40					0.755						
2011/3/12 7:55	50	-100			0.755	0.755					
2011/3/12 8:03	50	-100			0.755	0.755					
2011/3/12 8:10	0	-200									
2011/3/12 8:15					0.750	0.750					
2011/3/12 8:20	-50	-300									
2011/3/12 8:22	0	-300									
2011/3/12 8:23					0.750	0.750					
2011/3/12 8:30	0	-400									
2011/3/12 8:36					0.750						
2011/3/12 8:39	-50	-500									
2011/3/12 8:49	-300	-550			0.740	0.740					
2011/3/12 8:56	-375	-600									
2011/3/12 9:00	-500	-650									
2011/3/12 9:02					0.740	0.740					
2011/3/12 9:10	-425	-650									
2011/3/12 9:20	-425	-700			0.740	0.740					
2011/3/12 9:25	-450	-700			0.740	0.740					
2011/3/12 9:45	-450	-700			0.740	0.740					
2011/3/12 9:52	-500	-700			0.740	0.740					
2011/3/12 10:04	-500	-700									
2011/3/12 10:19					0.750						
2011/3/12 10:20					0.750						
2011/3/12 10:27					0.750						
2011/3/12 10:33	-500	-700									
2011/3/12 10:38	-550	-700			0.740	0.740					
2011/3/12 10:47	-550	-750			0.740	0.740					
2011/3/12 10:52	-600	-750			0.750	0.750					
2011/3/12 11:00	-700	-800			0.750	0.750					
2011/3/12 11:10	-800	-800									
2011/3/12 11:20	-900	-800			0.750	0.750					
2011/3/12 11:30	-1100	-900			0.750	0.750					
2011/3/12 11:41	-1250	-1000			0.750	0.750					
2011/3/12 11:52	-1350	-1100			0.750	0.740					
2011/3/12 12:05	-1500	-1400			0.750	0.740					
2011/3/12 12:12	-1550	-1450			0.750	0.740					
2011/3/12 12:35	-1700	-1450			0.750	0.750					
2011/3/12 12:45	-1700	-1450			0.750	0.745					
2011/3/12 12:55	-1700	-1500			0.750	0.745					
2011/3/12 13:05	-1700	-1500			0.750	0.745					
2011/3/12 13:14	-1700	-1550			0.750	0.745					
2011/3/12 13:26	-1700	-1550			0.755	0.745					
2011/3/12 13:38	-1700	-1550			0.755	0.745					
2011/3/12 13:48	-1700	-1650			0.755	0.745					

1F1号機 水位・圧力に関するパラメータ

1F1 水位・圧力に関するパラメータ

青字:追加箇所(福島原子力事故調査報告関連)
 緑字:訂正箇所(福島原子力事故調査報告関連)
 赤字:追加箇所(放射性物質の放出量評価関連)
 紫字:訂正箇所(D/W圧力データの誤りの訂正)

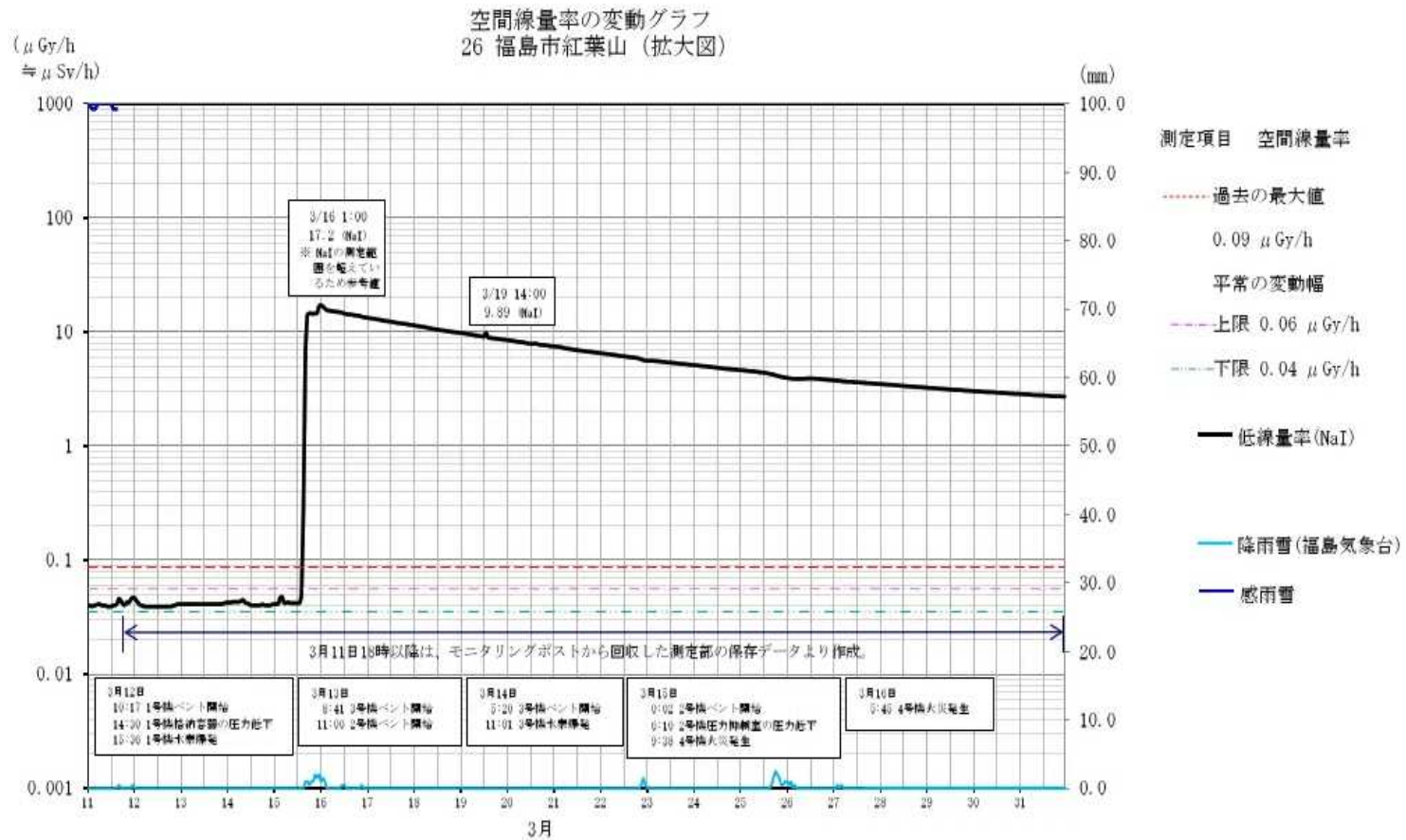
【留意事項】
 各計測器については、地震やその後の緊急事態の影響を受けて、通常の使用環境条件を超えているものもあり、正しく測定されていない可能性のある計測器も存在している。プラントの状況を把握するために、このような計器の下確かさも考慮したうえで、複数の計測器から得られる情報を活用して変化の傾向にも着目して総合的に判断している。

日時	原子炉水位 (燃料域)(A) (mm)	原子炉水位 (燃料域)(B) (mm)	A系 原子炉圧 力(MPa)	B系 原子炉 圧力(MPa)	D/W圧力 (MPa abs)	S/C圧力 (MPa abs)	CAMS D/W(A) (Sv/h)	CAMS D/W(B) (Sv/h)	CAMS S/C(A) (Sv/h)	CAMS S/C(B) (Sv/h)	備考
2011/3/12 13:58	-1700	-1650			0.755	0.744					
2011/3/12 14:05	-1700	-1650			0.735	0.735					
2011/3/12 14:10	-1700	-1650			0.730	0.730					
2011/3/12 14:18	-1700	-1600			0.725	0.725					
2011/3/12 14:20	-1700	-1600			0.710	0.710					
2011/3/12 14:25	-1700	-1600			0.690	0.690					
2011/3/12 14:30	-1700	-1600			0.670						
2011/3/12 14:35	-1700	-1600			0.640	0.640					
2011/3/12 14:40	-1700	-1650			0.620	0.620					
2011/3/12 14:41	-1700	-1650			0.610	0.610					
2011/3/12 14:50	-1700	-1600			0.580	0.580					
2011/3/12 14:52	-1700	-1650			0.570	0.570					
2011/3/12 14:54	-1700	-1650			0.565	0.565					
2011/3/12 14:56	-1700	-1650			0.555	0.555					
2011/3/12 14:58	-1700	-1650			0.550	0.550					
2011/3/12 15:00					0.540	0.540					
2011/3/12 15:02					0.535	0.535					
2011/3/12 15:04	-1700	-1650			0.530	0.530					
2011/3/12 15:06	-1700	-1650			0.525	0.525					
2011/3/12 15:08	-1700	-1650			0.525	0.525					
2011/3/12 15:10	-1700	-1650			0.520	0.515					
2011/3/12 15:12	-1700	-1650			0.520	0.515					
2011/3/12 15:14	-1700	-1650			0.525	0.520					
2011/3/12 15:18	-1700	-1650			0.525	0.520					
2011/3/12 15:20	-1700	-1650			0.530	0.520					
2011/3/12 15:22	-1700	-1650			0.535	0.520					
2011/3/12 15:26	-1700	-1650			0.535	0.520					
2011/3/12 15:28	-1700	-1650			0.540	0.525					
2011/3/12 15:30	-1700	-1650			0.540	0.525					
2011/3/12 15:35	-1700	-1650			0.540	0.525					
2011/3/12 15:37	-1700	-1650									
2011/3/12 16:10	-1700	-1650									
2011/3/12 16:31	-1700	-1650									
2011/3/12 16:45	-1700	-1700									
2011/3/12 17:00	-1700	-1700									
2011/3/12 17:30	-1700	-1700									
2011/3/12 18:00	-1700	-1700									
2011/3/12 20:08		-1700		0.370							
2011/3/12 20:20				0.367							
2011/3/12 20:30		-1600		0.367							
2011/3/12 21:00		-1750		0.360							
2011/3/12 21:30		-1700		0.355							
2011/3/12 22:00		-1700		0.355							
2011/3/12 22:20		-1700		0.353							
2011/3/12 23:00		-1750		0.358							

既往研究及び観測事実との整合性

- 資料1-1P36: (1号機から見て北西方向では)3/12午前のプルーム飛来に伴って沈着した放射性核種が支配的である。(その後のプルームの寄与は小さい。)
 - 「浪江町浪江MP及びそれより北寄りについて」であれば、既往研究※とも整合している。
※小森ら、 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比を指標とした福島第一原子力発電所事故に由来する放射性核種の放出原子炉別汚染評価、分析化学、2013年62巻6号 p. 475-483
<https://doi.org/10.2116/bunsekikagaku.62.475>
 - 「北西方向までを含む」のであれば、観測事実に合わない。

福島市紅葉山での空間線量率



20-50 km圏付近環境放射能測定結果

モニタリング3
(20km~50km圏)

20km~50km圏付近環境放射能測定結果(暫定値)

福島県災害対策本部
平成23年3月15日~3月31日
単位: $\mu\text{Sv/h}$ or Sv/h

月 日	測定時刻	玉山村 福島空港 (サ-ベイアー 5)	新島村役場 飯沼町役場 (可搬型MP) 3月17日17時~ 3月20日12 時、のみサ- ベイアー2へ (閉鎖)	いわき市 中央台北 小学屋 (可搬型MP)	田村市 総合体育館 (可搬型MP)	田村市 川内町 常葉行政島 (サ-ベイアー 5)	福島県災害対策本部	
							西南西 約53km	西南西 約22km
3月15日 (火)	0:00	-	-	-	-	-	西	0.05
	1:00	-	0.13	-	-	-	西	0.05
	2:00	-	-	-	-	-	西	0.05
	3:00	-	0.12	-	-	-	西	0.05
	4:00	-	0.12	-	-	-	西	0.05
	5:00	-	0.13	-	-	-	西	0.09
	6:00	-	0.13	-	-	-	西	0.14
	7:00	-	0.12	-	-	-	西	0.06
	8:00	-	0.13	-	-	-	西	0.06
	9:00	-	0.14	-	-	-	西	0.09
	9:25	-	-	-	-	-	西	0.10
	10:00	-	0.13	-	-	-	西	0.11
	11:00	-	0.13	-	-	-	西	5.71
	11:30	-	-	-	-	-	西	2.52
	12:00	-	0.12	-	-	-	西	20.50
	13:00	-	0.12	-	-	-	西	3.57
	14:00	-	0.14	-	-	-	西	2.82
	15:00	-	3.44	-	-	-	西	2.47
	16:00	-	22.70	-	-	-	西	2.28
	17:00	-	29.30	0.83	0.40	-	西	2.23
	17:40	-	33.20	-	-	-	西	-
	18:00	-	-	0.81	0.35	-	西	2.20
	18:20	-	44.70	-	-	-	西	-
19:00	-	-	0.81	0.39	-	西	2.22	
19:30	-	39.50	-	-	-	西	-	
20:00	-	-	0.79	0.40	-	西	2.18	
20:10	-	33.20	-	-	-	西	-	
21:00	-	33.40	0.77	0.36	-	西	2.12	
22:00	-	38.70	0.76	0.36	-	西	2.03	
23:00	-	38.80	0.74	0.35	-	西	1.82	

福島県庁HP 20km~50km圏付近環境放射能測定結果および環境放射能監視テレメータシステム測定結果(20km圏内)
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/kako-monitoring.html>

1号機ベントに伴う放射性核種放出量が(水素爆発と比較して?)多かった可能性

- 水素爆発との比較は別としても、東京電力が従来、1号機のベントに割り当てているCs-137の放出量(0.01PBq)は少なすぎるのではないか？
- 1号機ベント配管の汚染は、3号機の3倍程度※を遙かに超えている。

※以下の表中の「3/12 14時過ぎ(1号機S/Cベント)」と「3/13 9時過ぎ(3号機S/Cベント)」のCs-137放出量の比率

放射性物質の大気放出評価

号機	日時	事象	放出量(PBq ^{※1})			
			希ガス	I-131	Cs-134	Cs-137
1	3/12 10時過ぎ	不明 ^{※3}	3	0.5	0.01	0.008
	3/12 14時過ぎ	S/C ^{※2} ベント	4	0.7	0.01	0.01
	3/12 15:36	建屋爆発	10	3	0.05	0.04
2	3/14 21時過ぎ	不明 ^{※3}	60	40	0.9	0.6
	3/15 7時~24時	建屋放出	100	100	2	2
3	3/13 9時過ぎ	S/Cベント	1	0.3	0.005	0.003
	3/13 12時過ぎ	S/Cベント	0~0.04	0~0.009	0~0.0002	0~0.0001
	3/13 20時過ぎ	S/Cベント	0~0.003	0~0.001	0~0.00002	0~0.00002
	3/14 6時過ぎ	S/Cベント	0~0.003	0~0.001	0~0.00002	0~0.00002
	3/14 11:01	建屋爆発	1	0.7	0.01	0.009
	3/15 16時過ぎ	S/Cベント	0~0.003	0~0.001	0~0.00002	0~0.00002
	3/16 2時頃	S/Cベント	0~0.003	0~0.001	0~0.00002	0~0.00002
	3/16 10時過ぎ	建屋放出	100	100	2	2
	3/17 21時過ぎ	S/Cベント	0~0.003	0~0.001	0~0.00002	0~0.00002
	3/18 5時過ぎ	S/Cベント	0~0.003	0~0.001	0~0.00002	0~0.00002
3/20 11時過ぎ	S/Cベント	0~0.003	0~0.001	0~0.00002	0~0.00002	

※1 PBq : 10¹⁵Bq

※2 S/C : 圧力抑制室

※3 事象として、S/C(圧力抑制室)ベントまたは建屋放出の両方が考えられるが、特定できていない。

出典: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 H24年5月 東京電力株式会社 P11

1号機RCW系統の汚染経路推定に係る検討について

※RCW：原子炉補機冷却系

2024年2月16日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. これまでの当社の見解および現状の認識

■ 1号機RCW系統の汚染に対するこれまでの当社の見解

- RCW系統の汚染原因として、RPVペデスタルへ落下した溶融燃料により、ペデスタル内側にある機器ドレンサンプを冷却するRCW配管が損傷し、放射性物質が系統内に移行した可能性が高いと推定（“福島第一原子力発電所 1～3号機の炉心状態について”；2011年）
- RCW系統の主な汚染経路として、PCV圧力上昇に伴いサージタンク側に移行した放射性物質が、PCV圧力低下に伴いRCW熱交換器（以下、「RCW-Hx」という）側にも移行したと推定し、サージタンクやRCW-Hx付近で高線量率が観測された事実との整合を確認（“未説明問題に関する検討”添付資料1-9；第4回進捗報告；2015年）

■ 現状の認識

- RCW-Hx(C)のサンプリング作業や現場調査（NRAによる調査を含む）において確認された新たな観測事実・論点等※について、PCV圧力変化に伴うサージタンク側からの放射性物質の移行のみでは説明できない点が確認されている



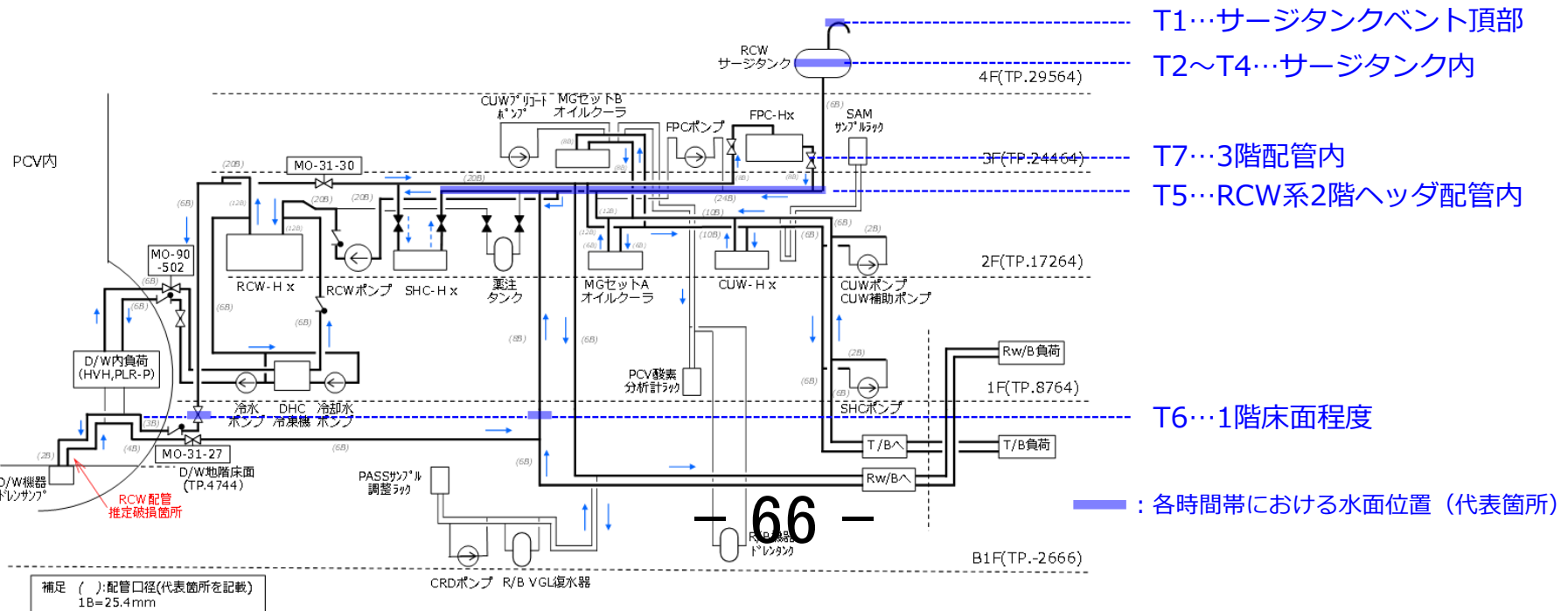
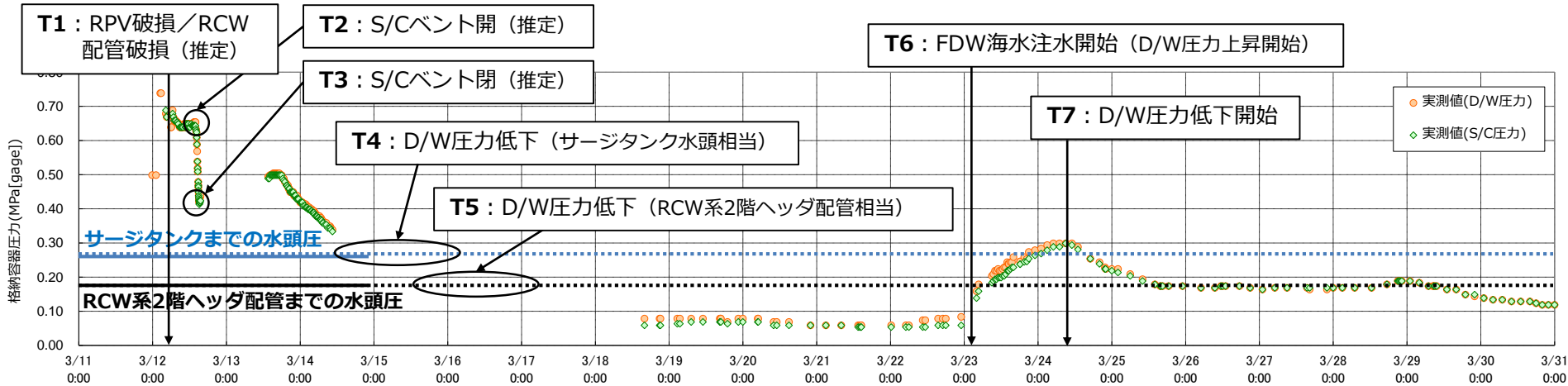
新たな観測事実等と整合するような汚染経路を改めて整理・検討することが必要

※新たな観測事実・論点等

- サージタンク側からRCW-Hxへ移行する水量とRCW-Hxの汚染（線量率）との整合性
- RCW-Hx入口ヘッダ配管内滞留ガスの組成（窒素割合が最大約10%（推定）；大気より低濃度）との整合性
- PCV圧力の変化とRCW系統内への放射性物質の移行挙動（サイフォンブレイク等を含む）との整合性
- サージタンク側からの移行以外に考えられる移行経路（逆止弁からのリークの可能性等）

2. 検討結果 (RCW系統内汚染経路/汚染拡大メカニズム) (1/8) TEPCO

- 各機器が正常に動作した場合のPCV圧力・RCW系統内の水頭圧・大気圧の力学的なバランスによる液相および気相の流れについて、主だった時間帯を対象に模式的に整理



2. 検討結果 (RCW系統内汚染経路／汚染拡大メカニズム) (2/8) TEPCO

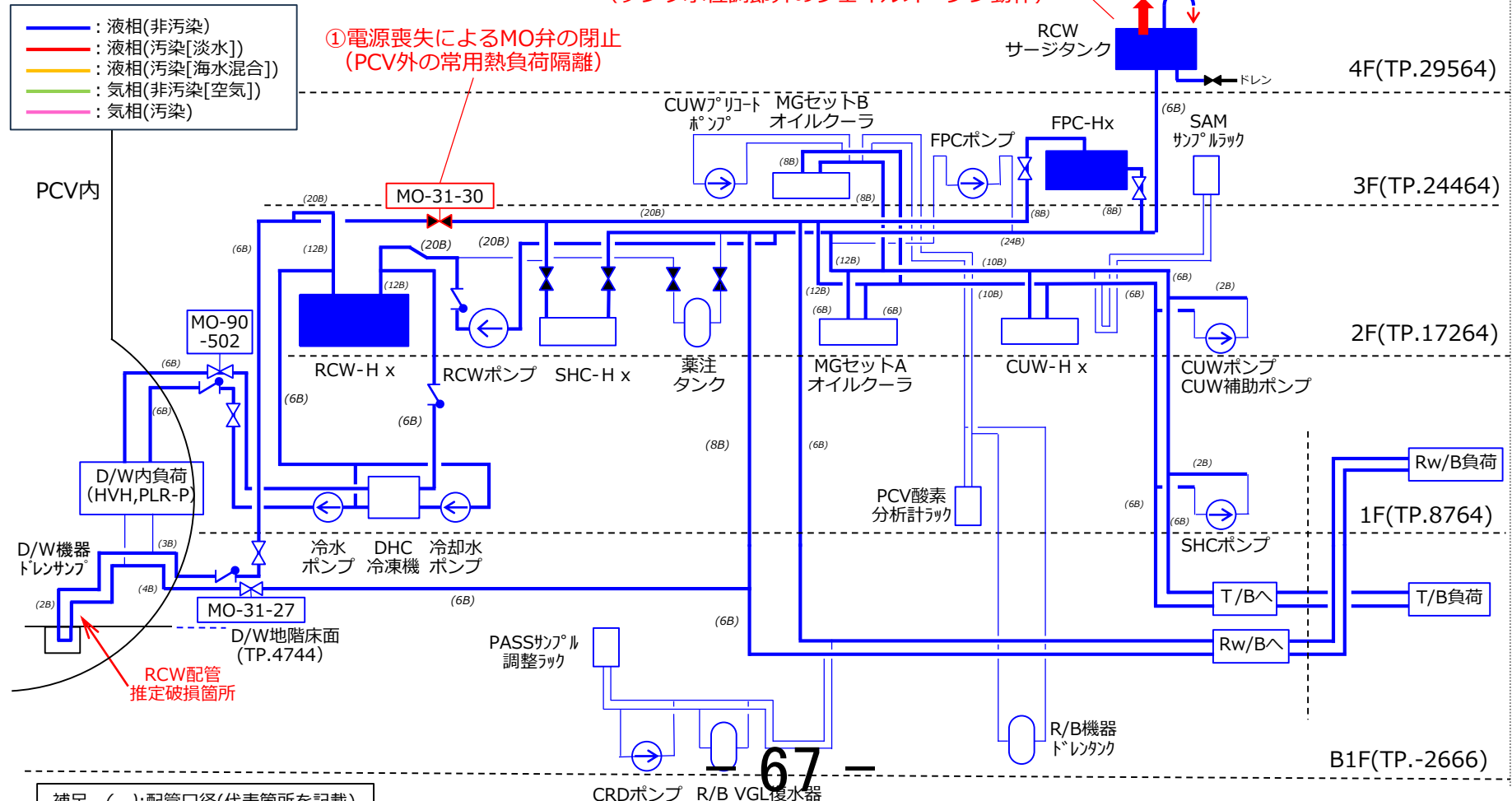
■ RPV破損／RCW配管破損以前 (T1以前)

- D/W内のRCW配管の損傷以前、系統は満水状態であり全体的な流れもない (通常の運転状態からの変化は【下図①、②】)
- RPV破損後、溶融燃料の落下によりRCW配管が破損したものと考えられる

D/W圧力
(水頭換算)
↑ T1
≈

②ろ過水供給によるサージタンク水位上昇と流出
(タンク水位調節弁のフェイルオープン動作)

①電源喪失によるMO弁の閉止
(PCV外の常用熱負荷隔離)



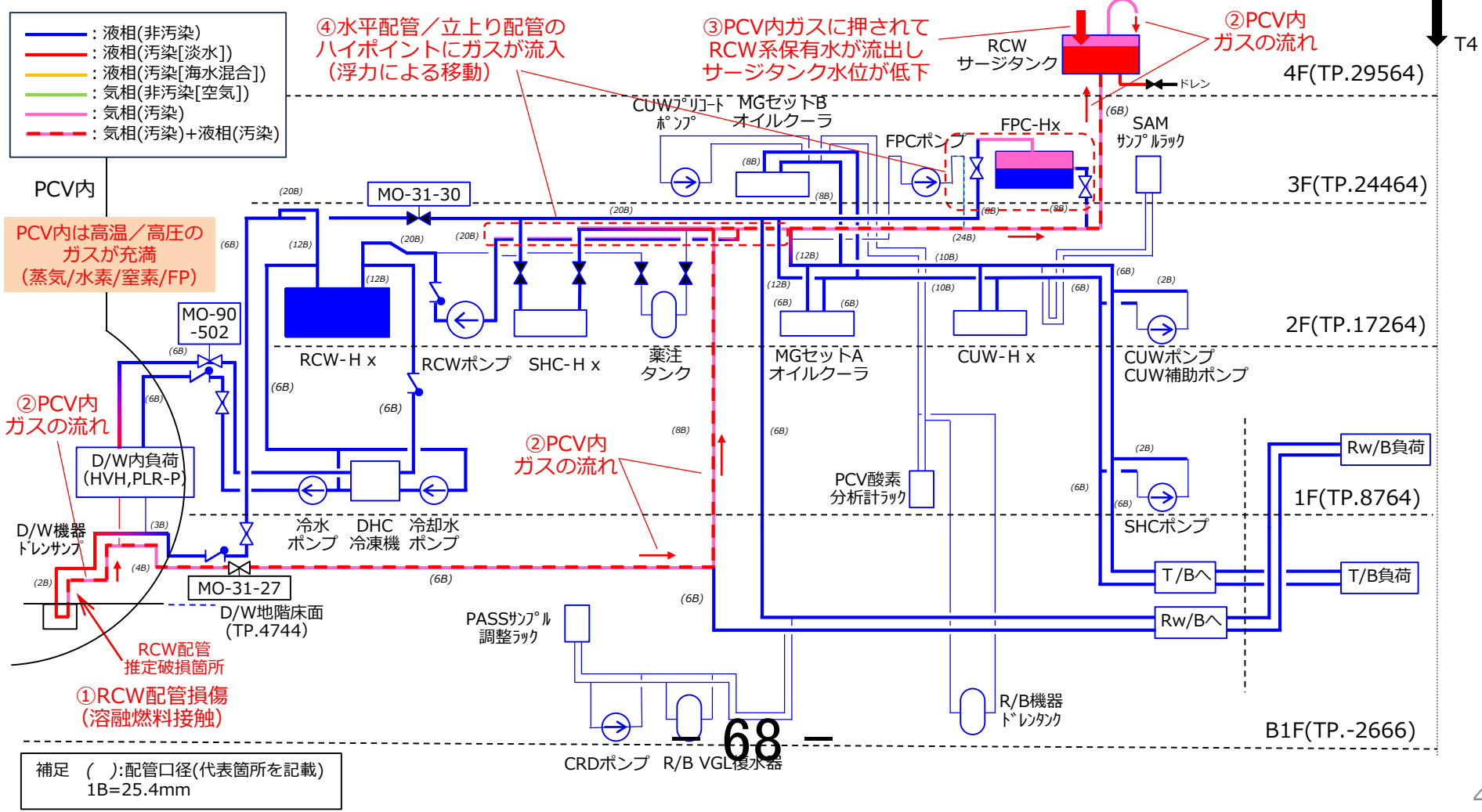
67

2. 検討結果 (RCW系統内汚染経路/汚染拡大メカニズム) (3/8) TEPCO

■ RCW配管破損～D/W圧力低下 (サージタンク水頭相当) (T1～T4)

- PCV内のガス (蒸気、水素等) がRCW系統に流入し、サージタンクベントから流出【下図②】
- PCV内のガスが流れた範囲は、蒸気凝縮とともにセシウム等の放射性核種が保有水に溶け込むことで高汚染となった
- 希ガス等の非凝縮性ガスは接続する水平配管等にも流入【下図④】

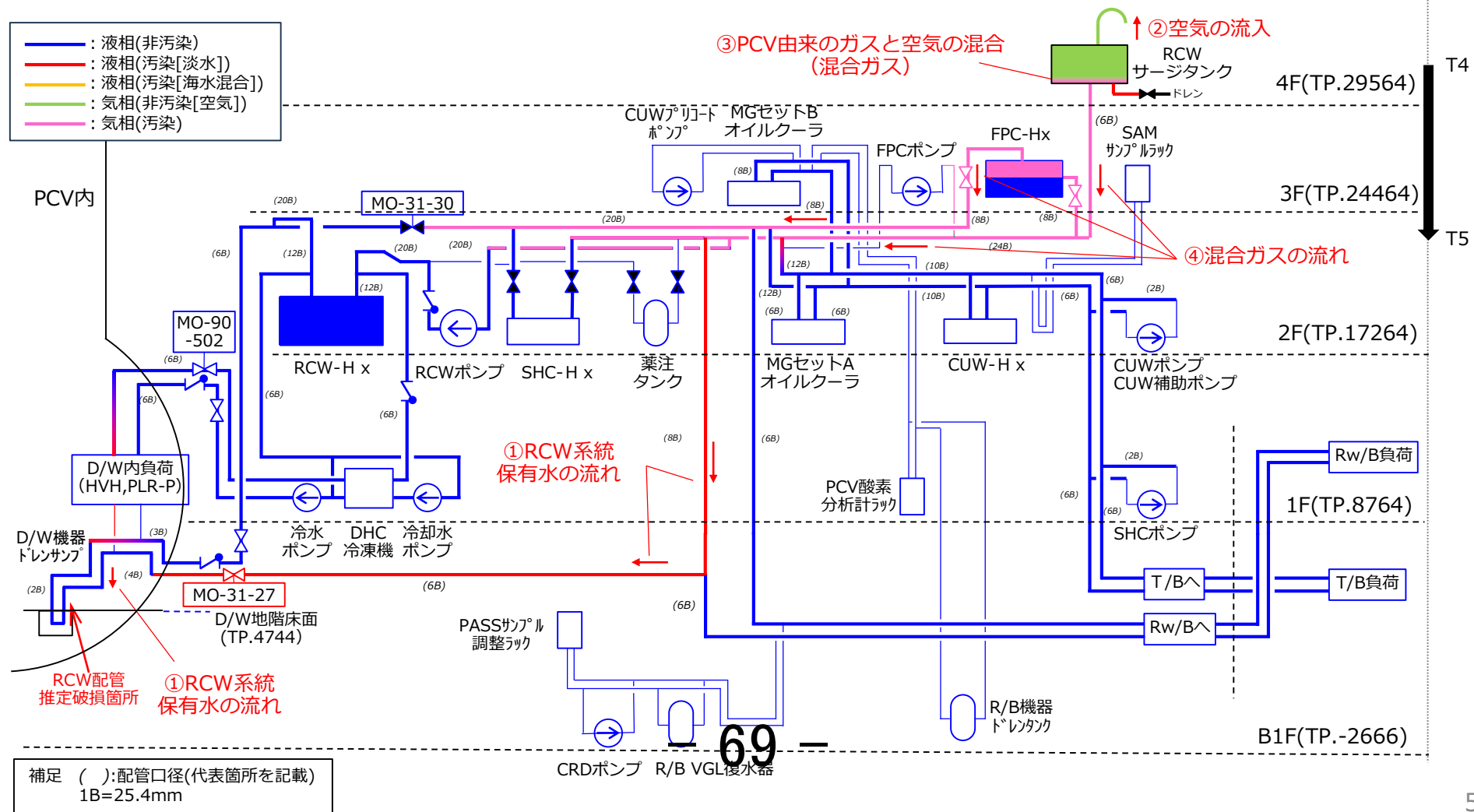
D/W圧力
(水頭換算)



2. 検討結果 (RCW系統内汚染経路／汚染拡大メカニズム) (4/8) TEPCO

- D/W圧力低下 (サージタンク水頭相当～RCW系2階ヘッダ配管相当) (T4～T5)
 - RCW系統内へのPCV内ガスの流入が停止し、逆にRCW系統保有水のPCV側への流出が発生【下図①】
 - RCW系内の水落ちによる気相増加分に相当する空気がサージタンクより流入【下図②】
 - 流入した空気は、RCW系内のPCV由来のガスと混合し系統内に広がる【下図③,④】

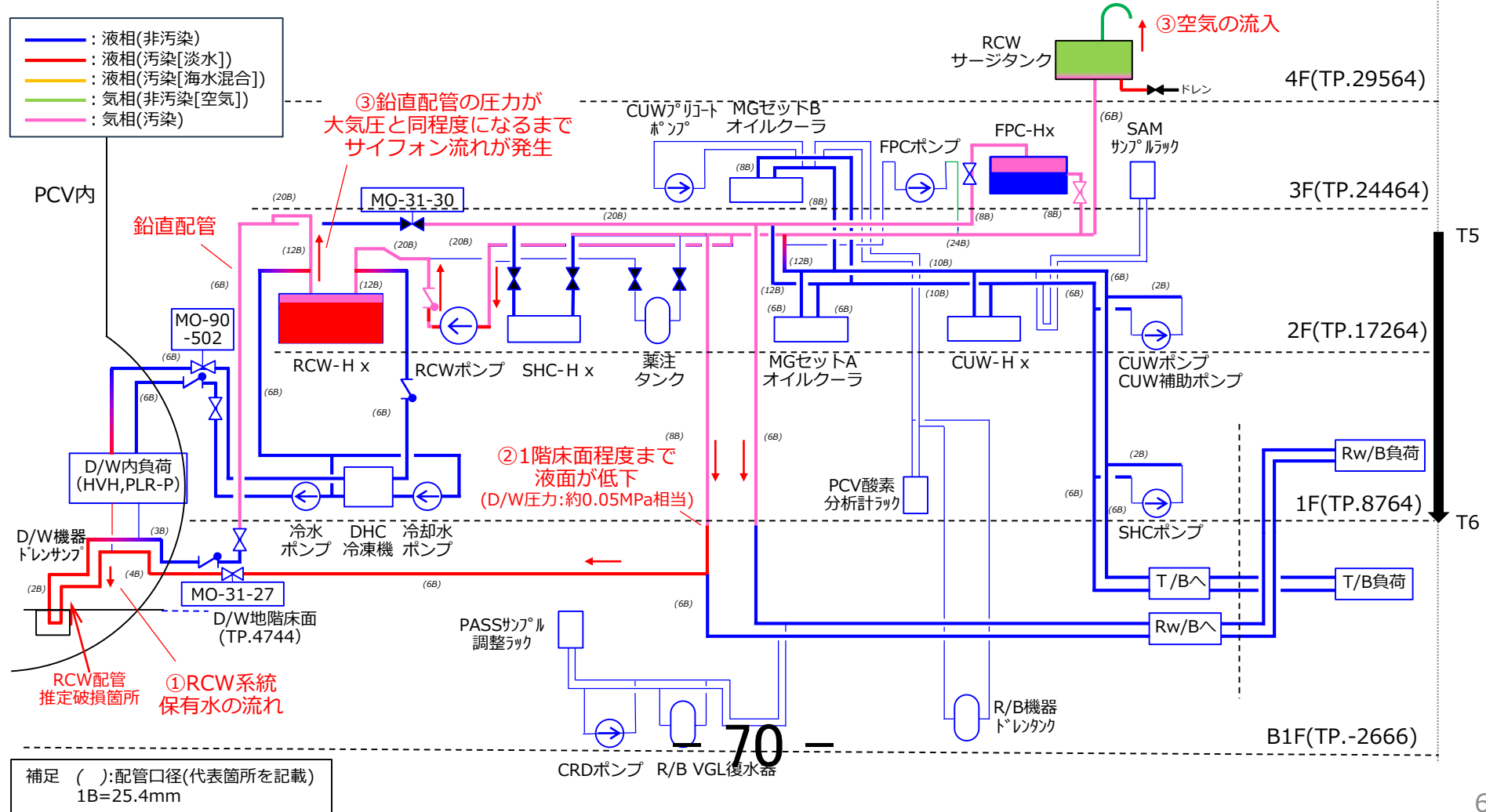
D/W圧力
(水頭換算)



2. 検討結果 (RCW系統内汚染経路/汚染拡大メカニズム) (5/8) TEPCO

- D/W圧力低下 (RCW系2階ヘッダ配管相当以下) (T5~T6)
 - D/W圧力の低下とともにRCW系配管内の液面も低下【下図①,②】
 - RCW-Hx周りは、RCW-HxのPCV側にある鉛直配管内の圧力が大気圧と同程度になるまで、サイフォン流れが発生 [先に液体が流れ、上流の液体がなくなれば気体が流れる。
RCW系統 (2階ヘッダ配管やサージタンク) に滞留していたPCV内ガス由来の成分も移動。]

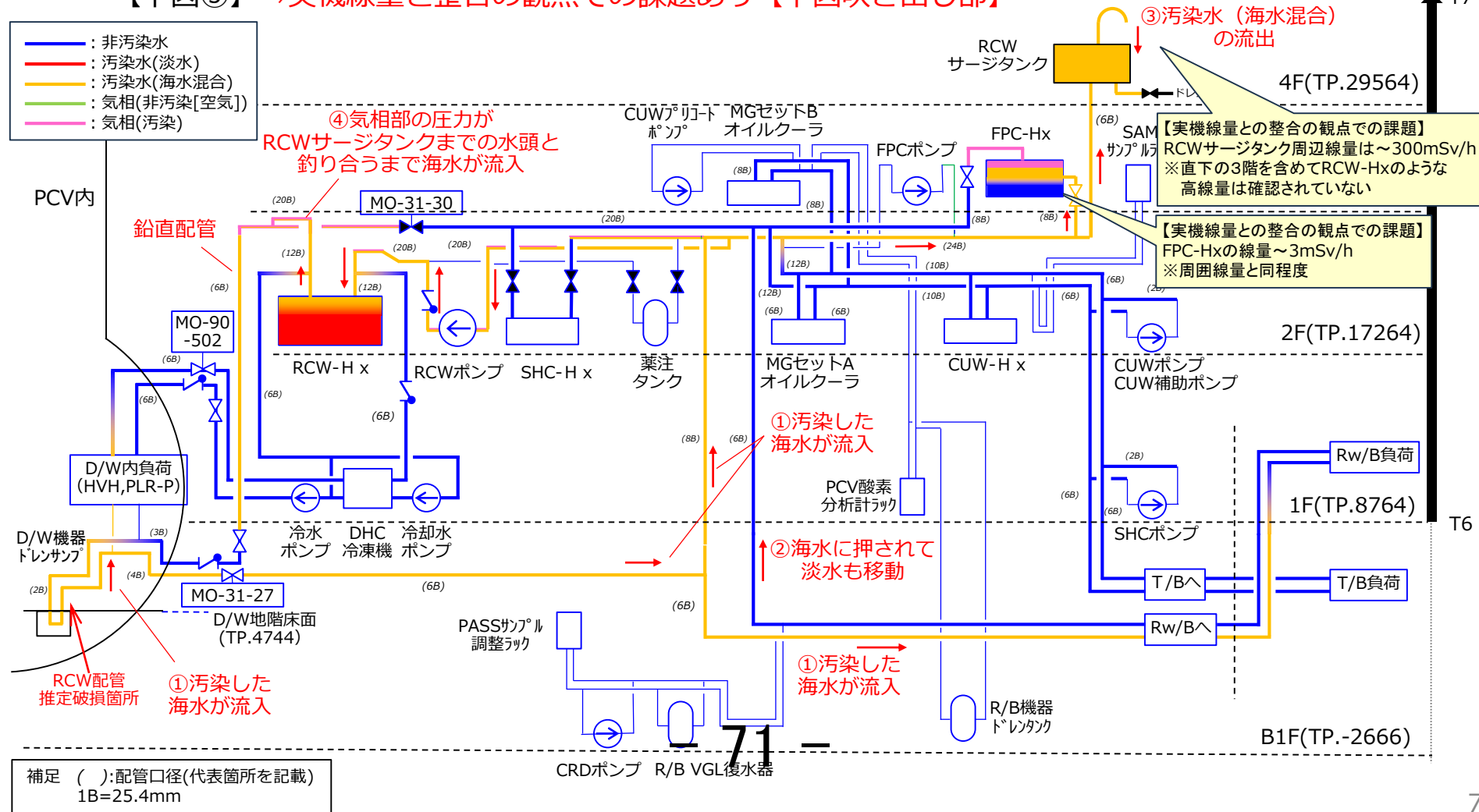
D/W圧力
(水頭換算)



2. 検討結果 (RCW系統内汚染経路/汚染拡大メカニズム) (6/8) **TEPCO**

■ FDW海水注水開始 (D/W圧力上昇開始) (T6~T7) <D/W圧力に基づく想定>

- FDWからの海水注水を開始後、D/W圧力が上昇しているため、RCW配管損傷箇所から高放射能濃度の海水がRCW系統配管へ流入したと考えられる【下図①,④】
- 時間帯:T7のD/W圧力はRCWサージタンクまでの水頭を超えるため、汚染した海水が建屋に流出【下図③】 ⇒実機線量と整合の観点での課題あり【下図吹き出し部】



2. 検討結果 (RCW系統内汚染経路/汚染拡大メカニズム) (7/8) TEPCO

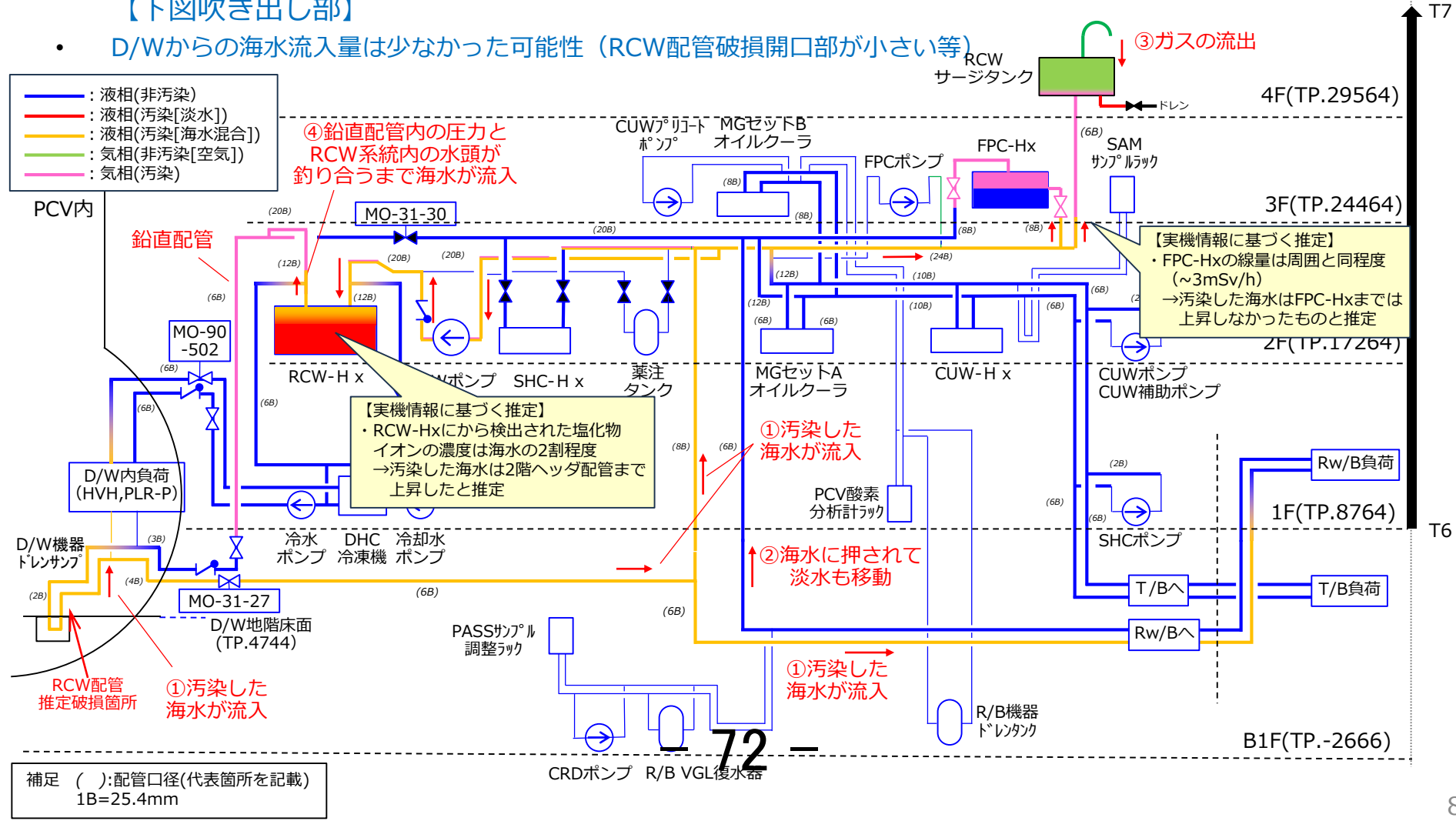
- FDW海水注水開始 (D/W圧力上昇開始) (T6~T7) <実機線量に基づく想定>
- FDWからの海水注水を開始後、D/W圧力が上昇しているため、RCW配管損傷箇所から高放射能濃度の海水がRCW系統配管へ流入したと考えられる【下図①,④】
- 時間帯:T7では、2階ヘッダ配管から3階FPC-Hxの間の高さまで汚染した海水が流入したと推定【下図吹き出し部】
- D/Wからの海水流入量は少なかった可能性 (RCW配管破損開口部が小さい等)

D/W圧力
(水頭換算)

T7

T6

8



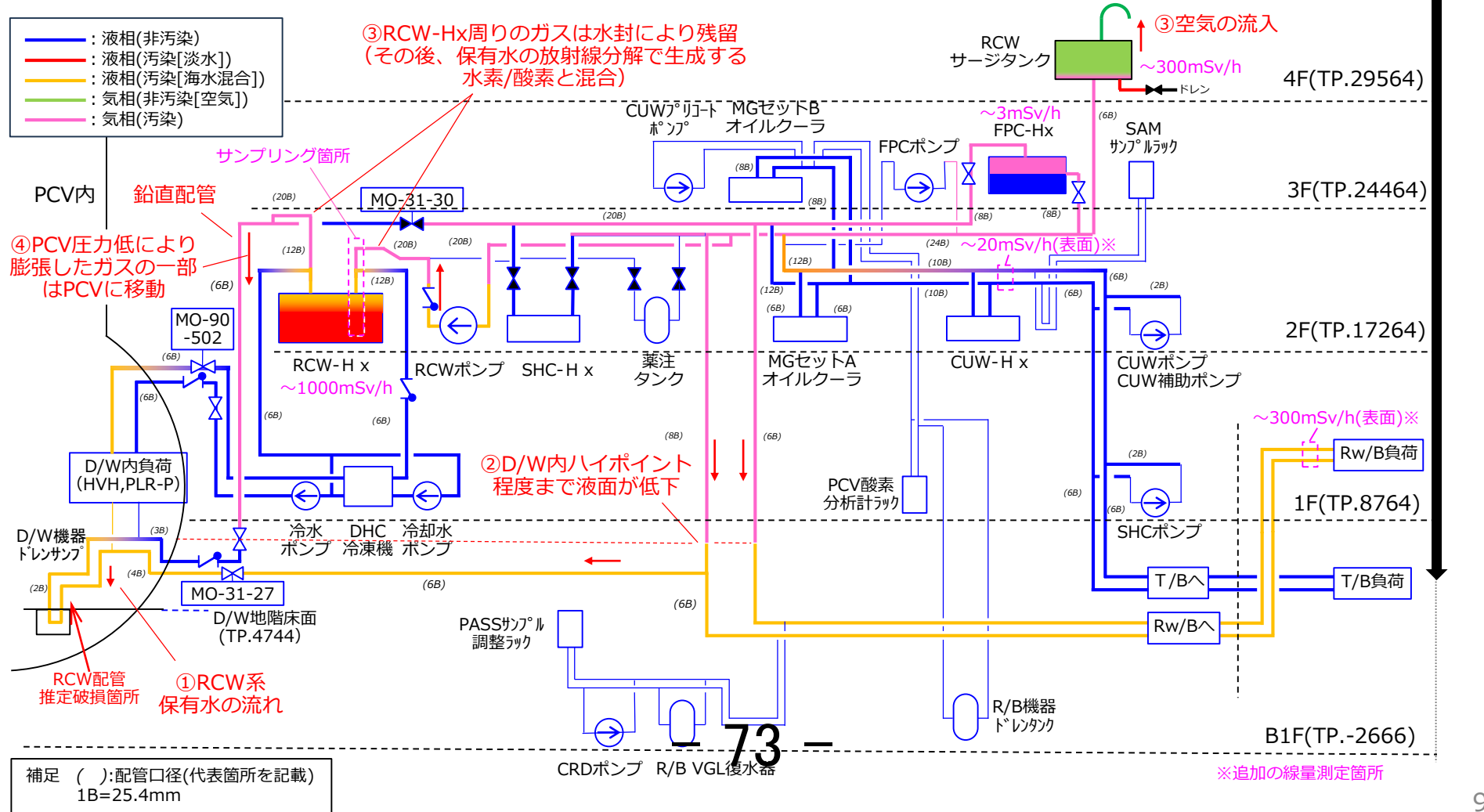
2. 検討結果 (RCW系統内汚染経路/汚染拡大メカニズム) (8/8) TEPCO

■ D/W圧力低下開始 (T7~)

- FDW注水が継続し、D/W圧力は徐々に低下し、現在まで大気圧に近い圧力で安定
- RCW系統の保有水はD/W内のRCW配管ハイポイント程度まで低下【下図①,②】
- RCW-Hx周りには水封部があり、系統内のガスは残留【下図④】 (⇒今回、サンプリング)

D/W圧力
(水頭換算)

T7



3. 検討結果（観測事実との整合性確認）（1/3）

- RCW-Hx入口ヘッダ配管内滞留ガスサンプリング結果
 - サンプリングされたガスの滞留要因について、以下の推定メカニズムと整合
 - RCW配管損傷後、PCV内のガス（水素、窒素、Kr-85含む）がRCW系統内に流入し、Hx内に到達（時間帯:T1～T5）
 - 海水注入によりHxの前後配管が水封されることにより、Hx入口ヘッダ内に残存（時間帯:T6～）
 - サンプリング結果を踏まえた定量的な考察を実施（P.18参照）
 - 全体的なガスの混合割合
 - ✓ 現状は大部分が放射線分解により発生した水素・酸素で満たされている[推定1]
 - 窒素
 - ✓ サンプリング結果は放射線分解ガスによる希釈後の数値であることから、時間帯:T5以降の流入ガスは空気が支配的であった可能性[推定2]
 - 水素・酸素
 - ✓ 推定1、2を踏まえると大きな矛盾はない
 - 希ガス
 - ✓ 空気及び放射線分解ガスにより希釈されることで、PCV内のガス濃度より低下した可能性

RCW熱交換器入口ヘッダ配管内の滞留ガス分析結果（第36回検討会資料2より抜粋）

試料	分析項目	分析結果	補足
RCW熱交換器 入口ヘッダ配管 内の滞留ガス	水素	約72.0%	左記以外のガス 約10%分相当に ついては分析を 実施していない
	硫化水素	約27.9ppm	
	酸素	約17.6%	
	Kr-85	約4Bq/cm ³	

3. 検討結果（観測事実との整合性確認）（2/3）

■ RCW-Hx(C)内包水サンプリング結果

- サンプリングの結果、海水由来と考えられる塩化物イオン濃度は海水の約2割程度
- FDW注水開始以降（時間帯:T6～）に注水（海水）がRCW-Hxに流入し、Hx内保有水と混合して希釈されたという推定メカニズムと整合
- サンプリング結果と推定メカニズムの比較のため、RCW-Hxに流入する海水割合に着目した定量評価を実施（P.20参照）
 - RCW-Hxの2割程度が気相となることでサンプリング結果と概ね整合

RCW-Hx(C)本体の内包水サンプリング結果（第38回検討会資料4-1より抜粋）

目的	測定項目	単位	入口配管 (2023年2月22日採取)	熱交換器－上部 (2023年6月21日採取)	熱交換器－中部 (2023年7月6日採取)	熱交換器－下部 (2023年6月29日採取)	参考:R/B3階床面雨水 (2023年4月17日)
処理作業 のため	Cs-134	Bq/L	2.85E+08	6.38E+08	5.31E+08	6.59E+08	5.46E+04
	Cs-137	Bq/L	1.34E+10	3.09E+10	2.83E+10	3.20E+10	2.70E+06
	Sr-90	Bq/L	4.29E+07	1.01E+08	8.29E+07	9.25E+07	2.43E+03
	H-3	Bq/L	2.94E+07	6.26E+07	6.37E+07	6.96E+07	1.50E+05
	全β	Bq/L	1.28E+10	2.88E+10	3.32E+10	3.40E+10	2.98E+06
	全α	Bq/L	<1.15E+04	2.14E+03	1.37E+03	1.74E+03	<1.82E+01
	pH※	—	6.2	6.2	5.9	5.9	7.6
	導電率※	μS/cm	8.8	19.0	18.0	19.0	1100
	Cl	mg/L	1800	3900	4000	3900	94
	Ca	mg/L	170	<100	<100	<100	69
	Mg	mg/L	130	200	220	200	5
	Na	mg/L	1000	2100	2200	2200	69
	SS	mg/L	<1000	<1000	<1000	<2000	340
	TOC	mg/L	<100	<100	160	<100	247
	油分	mg/L	<300	<300	<300	<300	<3.0
発泡性※	—	なし	なし	なし	なし	あり	

3. 検討結果（観測事実との整合性）（3/3）

■ RCW系統の線量測定結果

- 線量率／放射能濃度の実機情報と整合を図った線量上昇／低下の推定メカニズムを下表に整理
- PCV内流体の流出経路（PCV～RCWサージタンク）から分岐するRCW-HxやRw/B 1階中央通路上部配管の線量率が高い理由は、分岐配管への汚染水流入後、水落ちや希釈が働かなかつたためと推定
- RCWサージタンク周辺やR/B 2階RCWヘッダ～RCW-Hxへの配管の線量率が比較的低い理由は、大部分の汚染水が水落ちしているためと推定（残留はRCWサージタンクのドレン配管など）

線量測定結果および放射能濃度推定を踏まえたRCW系統内の線量上昇／低下の要因

	線量率 [mSv/h]	放射能 濃度 [Bq/cm ³] (P.21,22参照)	線量上昇要因（放射性核種流入の形態）			線量低下要因	
			汚染水流入 あり	汚染水流入 なし (イオン拡散)	汚染水流入 なし (ガス流入)	水落ち	希釈
			濃度：大[*1]	濃度：中[*1]	濃度：低	濃度低下：大	濃度低下：小
R/B 2階 RCW-Hx	～1000[*3]	1.34E+07 (測定値)	○(淡水、海水) T1～T4,T6～	×	×	×	×
R/B 4階 RCWサージタンク	～300[*4]		○(淡水) T1～T4 ※PCV内流体の 流出経路	×	×	○ ※一部はドレン 配管に残留	×
Rw/B 1階 中央通路上部配管	～300[*5] (配管表面)	2.76E+07 (評価値)	○(海水) T6～	○ T1～T4	×	×	×[*2]
R/B 2階 北側上部配管	～20[*5] (配管表面)	4.61E+05 (評価値)	×	○ T1～T4,T6～	×	×	×
R/B 3階 FPC-Hx	～3[*3]		×	×	○ T1～T2	×	×

[*1] 配管保有水の放射能濃度評価結果は、汚染水流入と比較してイオン拡散による汚染が相対的に小さいことを示している。

[*2] 配管ルート上は当該配管とPCVの間には水落ちする箇所がなく、配管満水であれば現状のPCV保有水とのイオン拡散による希釈が働く。

しかし、今回の濃度評価結果から高濃度の保有水が滞留していると考えられることから、配管ハイポイントに放射線分解による水素等が滞留し、PCVとのイオン拡散が働かない状態にあると推定。

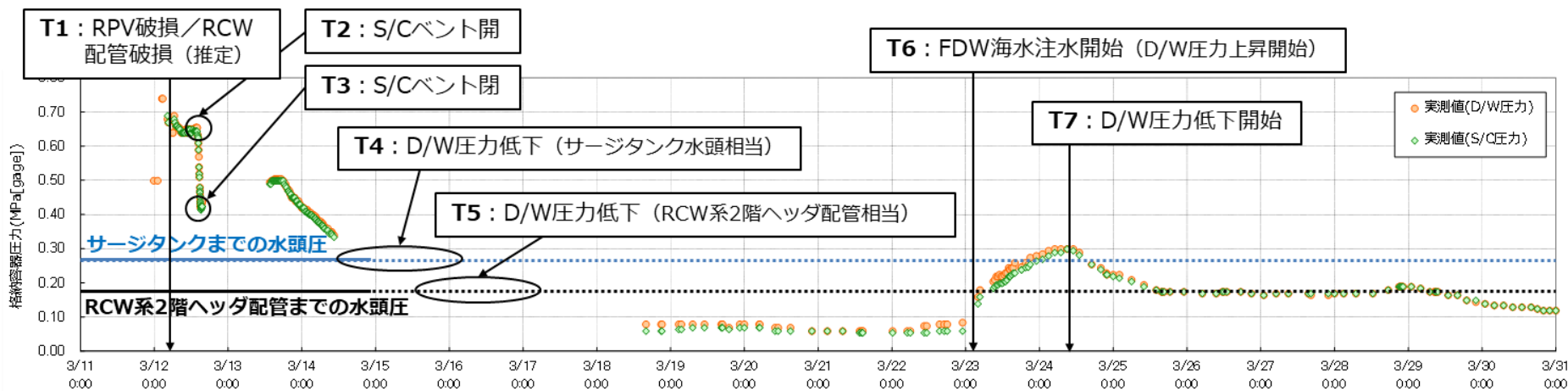
[*3]線量測定時期：2011年4月～2014年2月

[*4]線量測定日：2023年4月13日

[*5]線量測定日：2023年12月26日

■ 1号機RCW系統の汚染について、PCV圧力の時間変化・水頭・大気圧および注水履歴を考慮した汚染経路を推定

- RCW系系統の保有水が一度水落ち（T4～T6）した後に、FDW系からの海水注水が始まる（T6以降）したことにより、高濃度の汚染水がRCW系の広い範囲に拡大したものと推定



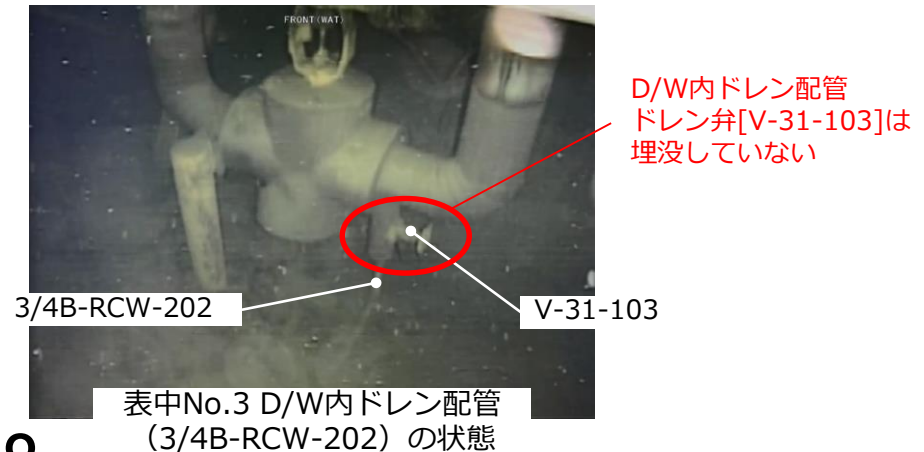
■ 推定した汚染拡大メカニズムについて、観測事実との整合を確認

観測方法	観測事実	対応するメカニズム	備考
RCW-Hx入口ヘッダ配管内滞留ガスサンプリング	希ガス(Kr-85)検出 水素検出(約72.0%) 酸素検出(約17.6%) 窒素濃度低(最大約10%(推定))	PCV由来のガスの流入(T5～T6) 系統内のガスの滞留(T7～) 放射線分解による水素・酸素生成(T7～)	参考資料(P.18)
RCW-Hx(C)内包水サンプリング	海水成分(塩化物イオン)の検出	RCW-Hxへの海水流入(T6～T7)	参考資料(P.19,20)
RCW系統の線量測定	高線量(RCW-Hx,Rw/B 1階配管)	当該部への高汚染海水の流入(T6～T7)	
	低線量(FPC-Hx)	当該部への高汚染海水の流入がなかった(T6～T7)	実機線量と整合するように海水流入高さを仮定

(参考) RCW損傷箇所の想定

- PCV内にはRCW配管が数多く敷設されており、低い箇所に敷設された配管には溶融燃料による損傷の可能性がある。
- RCW配管の損傷箇所としては、D/W機器ドレンサンプ冷却配管 [下表No.1] を主たる想定としているが、PCV内部調査にてPLRポンプ冷却配管（流量計周り） [下表No.2] も堆積物による埋没を確認。（いずれも配管径は50A）
- そのため、RCW損傷箇所としては50A配管が複数損傷するような状態も想定。

No.	RCW配管	損傷可能性 (推定)	備考
1	D/W機器ドレンサンプ冷却配管 (2B-RCW-139,140)	高	<ul style="list-style-type: none"> • ペDESTAL内サンプに敷設されており、最も損傷の可能性が高いと推定 • 格納容器内部調査画像にて、直接的な確認なし。（堆積物外では確認されておらず、埋没している可能性）
2	PLRポンプ冷却配管（流量計周り） (2B-RCW-121~124)	高	PCV内部調査画像にて、堆積物への埋没を確認
3	D/W内ドレン配管 (3/4B-RCW-202)	低	PCV内部調査画像にて、ドレン弁が埋没していないことを確認
4	その他	低	配管計画図面ではNo.3より高所に敷設



(参考) PCVからRCW配管への流量による影響

- D/W圧力が高い時間帯 (T1~T4) では、D/W内の損傷箇所からRCWサージタンクに向かっての流れが生じる。(図1)
- この際の流量の大小を起点として、RCW系統内/外の状態の変化を整理。(図2)
- PCVからRCW配管への流量と実機状態の関係を整理し、実機情報と比較により、RCW配管損傷開口部が小さい等の要因により、流量が小さかった可能性があると推定。

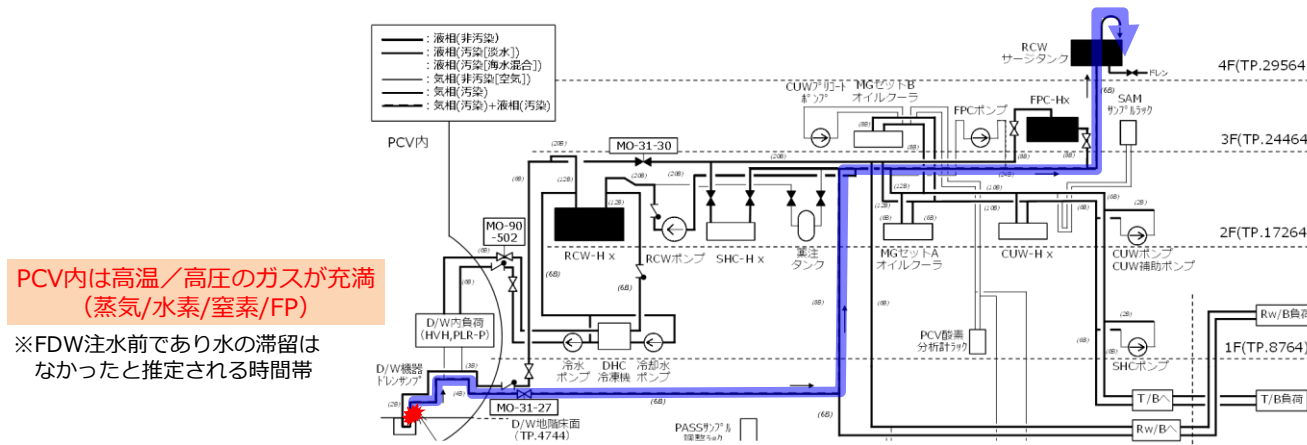


図1 PCVガスのRCW配管への流入経路 (時間帯:T1~T4)

①PCVからRCW配管への流量と実機状態の関係

※代表して流量増加の場合を記載。流量低下の場合は各変化の増減が逆となる。

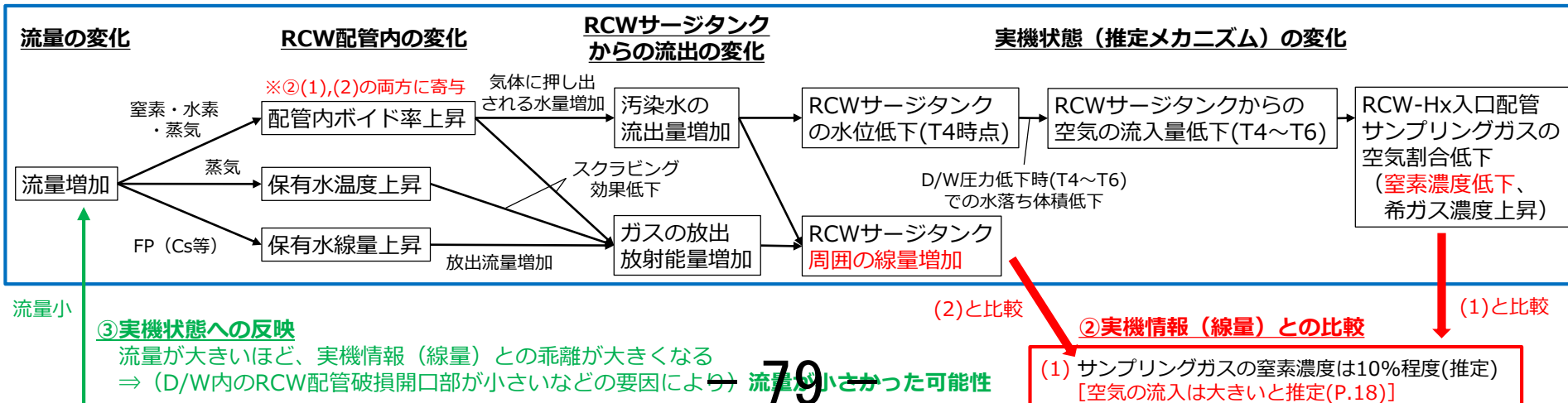


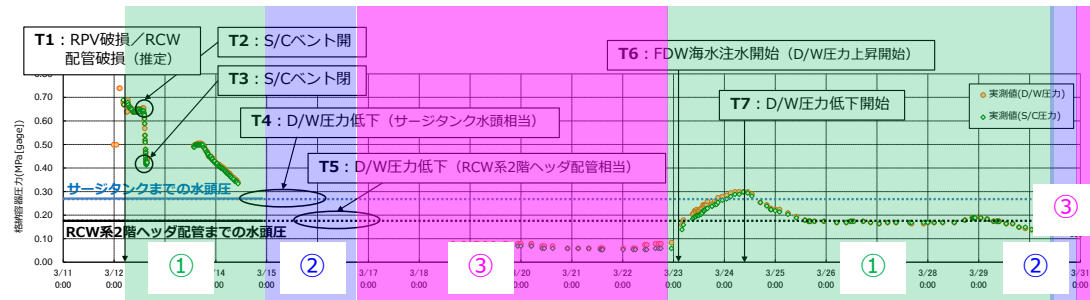
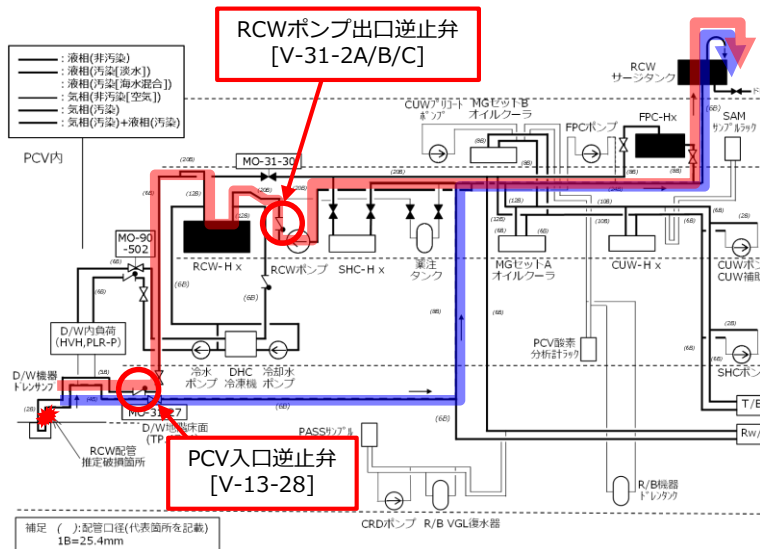
図2 RCW系統内/外の状態の変化 (時間帯:T1~T4)

(参考) 逆止弁のリークに関する検討 (1/2)

D/W圧力が高い状態（時間帯:T1~T4）でのPCVからRCW配管への流入経路は逆止弁のない経路（左図青）を想定しているが、逆止弁がリークしてる場合には別の経路（左図赤）が加わることになる。そのため、逆止弁のリークの可能性とリークの有無による挙動を検討。

■ 逆止弁周りの圧力状態とリークの可能性

- 一般に、逆止弁のシール性は、弁下流の圧力が高いほど向上し、弁前後の差圧が小さいときには低下する傾向となる。そのため、右図②,③の時間帯にリークまたは開する可能性が増加する。
（PCVからRCW配管への流入が大きいと考えられる時間帯は①であり、リークしにくい状態）
- また、左図赤の経路中ある2台の逆止弁のうち、RCWポンプ出口逆止弁[V-31-2A/B/C]はPCVから離れた場所にあるため、設計条件を超える環境になっていないと推定されることから、シール性の大幅な劣化の可能性は低いと考えられる。



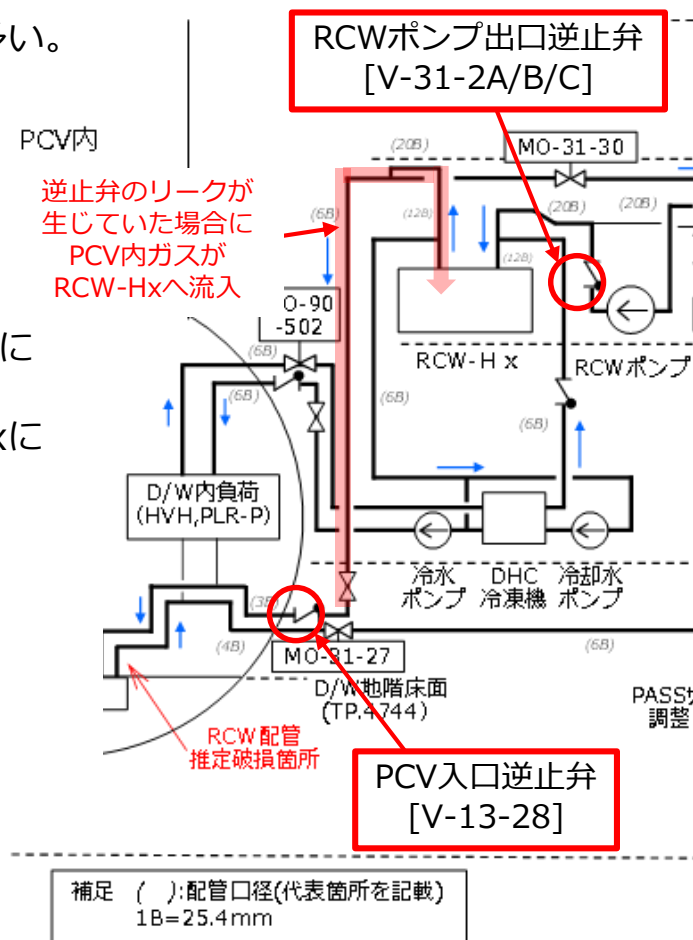
- ① 逆止弁出口圧力大：D/W圧力が逆止弁上流の水頭より高く、逆止弁の前後差圧が大きいためリークが生じにくい状態。
- ② 逆止弁入口圧力大：逆止弁上流の水頭がD/W圧力より高く、逆止弁が開し系統保有水がD/Wに流れる状態。
- ③ 逆止弁前後差圧低：D/W圧力と逆止弁上流の水頭の差が小さく、リークが生じやすい状態。

PCVガスのRCW配管への流入経路（時間帯:T1~T4）

- 逆止弁が所定のシール性能を有していた場合の挙動
 - D/W冷却水供給ラインに設置されたPCV入口逆止弁[V-13-28]の出荷基準は以下。
 - 弁座許容漏えい量 = 10mL/h (圧力: 1.0MPa、流体: 水)
 - 逆止弁の漏えい量が上記値である場合には、D/W内のRCW配管内保有水が逆止弁を抜けきらないため、PCV内ガスのPCV外流出にはつながらない。
 - なお、一般に出荷試験では有意な漏えいが確認されないことが多い。

■ 逆止弁のリークが生じていた場合の挙動

- PCV入口逆止弁[V-13-28]とRCWポンプ出口逆止弁[V-31-2A/B/C]にシール性の大幅な劣化 (出荷基準の数10倍以上の漏えい量) が生じていた場合には、時間帯:T1~T4においてPCVからRCW-HxにPCV内ガスが流入することになる。
- RCW-Hx周りに流入するガスの組成は時間帯によって異なる。
 - T1~T4 : PCV内ガス ※逆止弁リーク時
 - T5~T6 : PCV内ガス + 空気
- ⇒ガス組成に関する検討 (P.18) の結果、空気に対するPCV内ガスの割合は小さいと推定されるため、逆止弁のリークが生じた可能性は低いと推定。



- RCW-Hx入口配管のガスのサンプリング結果について、流入ガス [下表(a)~(c)] との組成・体積に着目して考察。

項目	サンプリング結果	(a)PCV内ガス ^[*1]	(b)空気	(c)放射線分解ガス
水素	約72.0%	86%	—	67%
窒素	約10.4%以下 ^[*2]	14%	79%	—
酸素	約17.6%	—	21%	33%
体積	—	約1m ³ ^[*3]		~約36m ³ ^[*4]

- 全体的なガスの混合割合 ※表中「体積」欄
RCW-Hx保有水サンプリング結果を用いた「(c)放射線分解ガス」の発生量評価から、事故直後の流入ガス[(a),(b)]は 現状は大部分が「(c)放射線分解ガス」で満たされていると推定される。[推定1]
- 窒素
サンプリング結果 (約10.4%以下) が放射線分解ガスによる希釈 (~10倍) 後の値であることから、時間帯:T5の流入ガス [(a),(b)] の混合比率は(b)が支配的であった可能性が考えられる。[推定2]
これは、D/W圧力がRCWサージタンク水頭まで低下した状態 (時間帯:T4) はRCW系統内は満水に近い状態 [「(a)PCV内ガス」の滞留は少なかった] ということになる。
- 水素・酸素
サンプリング結果と放射線分解ガスの組成には差があるが、推定1, 2を踏まえると大きな矛盾はないと考える。
酸素は溶出や酸化等による低下があった可能性も想定。
- 希ガス
「(a)PCV内ガス」に含まれる希ガスは、推定1、2のそれぞれで1桁程度の希釈がされることで、PCV内のガス濃度より2桁以上低下した可能性もある。

[*1] 事故解析の不確さを含む値。

「2022年11月10日 福島第一原子力発電所事故における未確認・未解明事項の調査・検討結果 ~第6回進捗報告~」より
水素発生量：約1900kg、D/W容積：3410m³ (事故前に約1気圧の窒素を充填) を使用。

[*2] 直接の分析値ではなく、水素・酸素を除いた分を窒素と仮定した場合の参考値。

[*3] RCW-Hx入口配管ヘッダ概算容積。

[*4] RCW-Hxの放射能濃度：3.20x10⁷Bq/cm³、保有水量：18m³、G値=0.45、RCW-Hx入口側への移行割合を50%と仮定した場合の評価値。

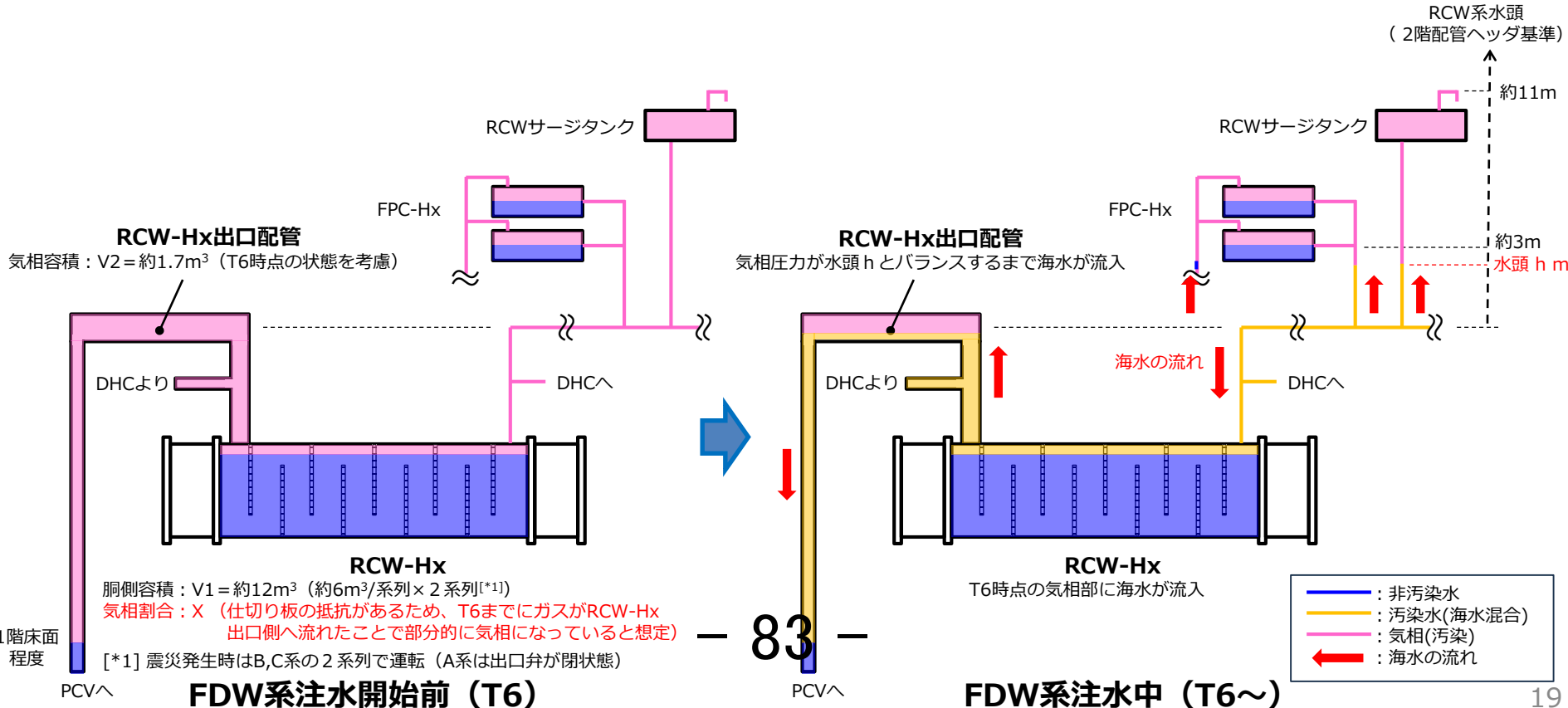
(参考) 塩化物イオン濃度に関する検討 (1 / 2)

- FDW海水注水による圧力上昇（時間帯：T6～T7）に伴い、RCW-Hxに海水が流入したと推定。
- RCW-Hxの保有水のサンプリング結果では海水由来と考えられる塩化物イオン濃度は海水の約2割程度。
- サンプリング結果と推定メカニズムの比較のため、海水流入の状態（下図）を踏まえた濃度を評価。

RCW-Hx(C)本体の内包水サンプリング結果

測定項目	単位	入口配管 (2023年2月22日採取)	熱交換器 - 上部 (2023年6月21日採取)	熱交換器 - 中部 (2023年7月6日採取)	熱交換器 - 下部 (2023年6月29日採取)	参考:R/B3階床面雨水 (2023年4月17日)
Cl	mg/L	1800	3900	4000	3900	94

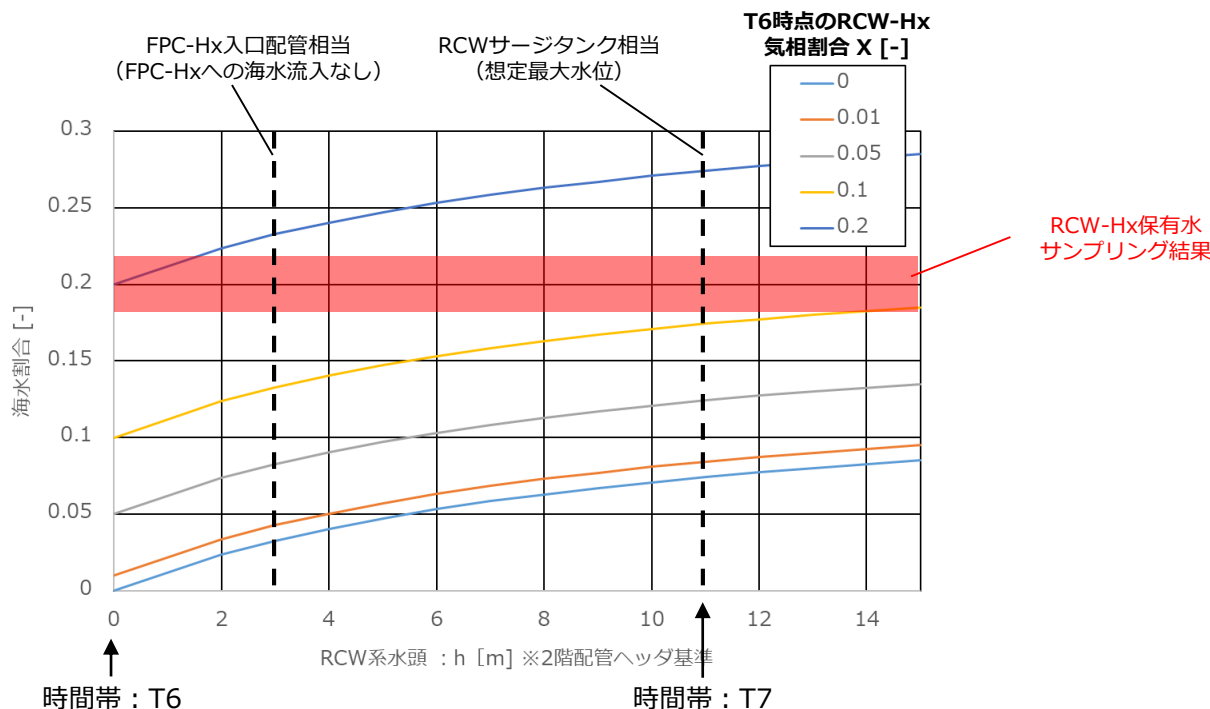
熱交換器内の濃度は、概ね海水の2割程度



■ 評価条件

- 推定メカニズムにおいては、『T6時点のRCW-Hx気相割合：x』と『海水注入中のRCW系水頭：h』の情報が不透明であることから、これらを変数としてRCW-Hxの海水割合を評価。
- 海水注入により、RCW-Hxの気相が液相と入れ替わると仮定

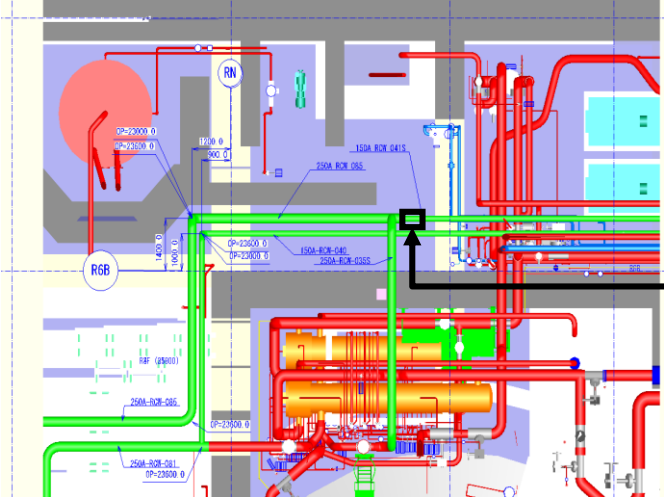
$$\begin{aligned}
 \text{海水割合 [-]} &= \frac{\text{海水流入量[m}^3\text{]}}{\text{RCW-Hx液相容積[m}^3\text{]} + \text{海水流入量[m}^3\text{]}} = \frac{\text{気相容積低減量[m}^3\text{]}}{\text{RCW-Hx液相容積[m}^3\text{]} + \text{気相容積低減量 [m}^3\text{]}} \\
 &= \frac{(V1[\text{m}^3] \times X[-] + V2[\text{m}^3]) \times \{1 - 1 \div (10[\text{m}] + h[\text{m}])\}}{V1[\text{m}^3] \times (1 - X[-]) + (V1[\text{m}^3] \times X[-] + V2[\text{m}^3]) \times \{1 - 1 \div (10[\text{m}] + h[\text{m}])\}}
 \end{aligned}$$



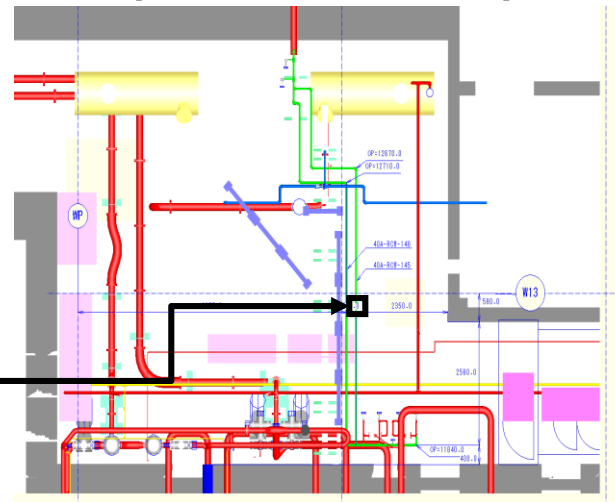
- RCW-Hxの海水濃度は、時間帯:T6時点でRCW-Hxに溜まっている気相割合が大きく依存。
- T6時点でのRCW-Hxの2割程度が気相となることで、サンプルング結果と概ね整合
⇒海水注入により、RCW-Hxの気相が海水と入れ替わる仮定は観測事実と大きな矛盾はない

■ 評価点

R/B 2階 北側通路上部配管
(150A-RCW-041系統)



Rw/B 1階 中央通路上部配管
(40A-RCW-145系統)



評価点

■ 評価結果

評価位置	線量率※[mSv/h] @配管表面	線量率※[mSv/h] @配管表面から1m	Cs-137放射能濃度 (Bq/cm ³)
R/B (150A-RCW-041系統)	18.5	5.0	4.61E+05
Rw/B (40A-RCW-145系統)	255.0	32.0	2.76E+07
RCW-Hx入口配管			1.34E+07 (測定値)

※線量率測定日：2023年12月26日

- R/Bの放射能濃度は熱交換器より一桁程度下回ると推定
- Rw/Bの放射能濃度は熱交換器と同等程度と推定

■ 評価条件

- 平行に走る2本の配管の線源強度が同等であると仮定
- 配管内保有水の放射能濃度が均質であると仮定
- 配管の口径・肉厚によって「保有水の放射能濃度と線量の関係」および「配管からの距離と線量の関係」が変化することを考慮
- 線量率測定結果はRCW配管保有水だけでなくバックグラウンド (BG) の影響を受けることを考慮

■ 評価方法

- ① 基準とするRCW-Hx保有水の放射能濃度(A_0 [Bq/m³])を設定し、以下を解析により評価 (右下図)

保有水の放射能濃度と線量の関係 $D_{\text{計算(表面)}} \div A_0 = C1 \quad \dots(1)\text{式}$

配管からの距離と線量率の関係 $D_{\text{計算(1m)}} \div D_{\text{計算(表面)}} = C2 \quad \dots(2)\text{式}$

※ $D_{\text{計算(表面)}}$ [mSv/h]: 配管表面における線量率

※ $D_{\text{計算(1m)}}$ [mSv/h]: 配管表面から1mの距離における線量率

※ $C1, C2$: 配管口径・肉厚により固有の定数

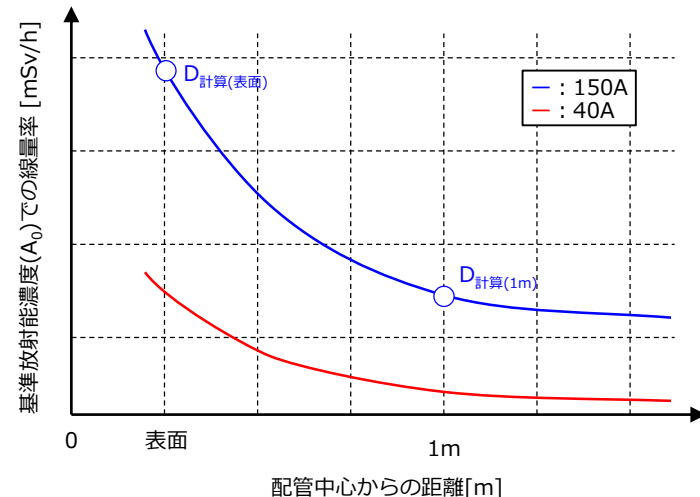
- ② 求める保有水濃度 A_x とすると、(1)式,(2)式より実機の線量測定値は以下の式となり、

$$D_{\text{測定(表面)}} = A_x \times C1 + BG \quad \dots(3)\text{式}$$

$$D_{\text{測定(1m)}} = A_x \times C1 \times C2 + BG \quad \dots(4)\text{式}$$

ここで、(3),(4)式より、(5)式で表される。

$$A_x = \frac{D_{\text{測定(表面)}} - D_{\text{測定(1m)}}}{C1 - C1 \times C2} \quad \dots(5)\text{式}$$



参考資料

「1号機RCW系統の汚染経路推定に係る検討および
RCW熱交換器(C)のサンプリング結果について」 (抜粋)
(2023年9月12日第39回検討会資料)

1. これまでの当社の見解および現状の認識

■ 1号機RCW系統の汚染に対するこれまでの当社の見解

- RCW系統の汚染原因として、RPVペデスタルへ落下した溶融燃料により、ペデスタル内側にある機器ドレンサンプを冷却するRCW配管が損傷し、放射性物質が系統内に移行した可能性が高いと推定（“福島第一原子力発電所 1～3号機の炉心状態について”；2011年）
- RCW系統の主な汚染経路として、PCV圧力上昇に伴いサージタンク側に移行した放射性物質が、PCV圧力低下に伴いRCW熱交換器（以下、「RCW-Hx」という）側にも移行したと推定し、サージタンクやRCW-Hx付近で高線量率が観測された事実との整合を確認（“未説明問題に関する検討”添付資料1-9；第4回進捗報告；2015年）

■ 現状の認識

- RCW-Hx(C)のサンプリング作業や現場調査（NRAによる調査を含む）において確認された新たな観測事実・論点等※について、PCV圧力変化に伴うサージタンク側からの放射性物質の移行のみでは説明できない点が確認されている



新たな観測事実等と整合するような汚染経路を改めて整理・検討することが必要

※新たな観測事実・論点等

- サージタンク側からRCW-Hxへ移行する水量とRCW-Hxの汚染（線量率）との整合性
- RCW-Hx入口ヘッダ配管内滞留ガスの組成（窒素割合が最大約10%（推定）；大気より低濃度）との整合性
- PCV圧力の変化とRCW系統内への放射性物質の移行挙動（サイフォンブレイク等を含む）との整合性
- サージタンク側からの移行以外に考えられる移行経路（逆止弁からのリークの可能性等）

2. 検討方針（案）

■ 1号機RCW系統の汚染経路推定にあたり、以下のステップで検討を行う

① 検討に必要な情報の整理

- RCW系統の詳細な配管ルートやRCW系統に関連する線量測定結果等の情報を整理

② RCW系統内の流れ／水位／ガス蓄積／放射能濃度の評価

- 事故分析検討会での議論も踏まえ、RCW系統内の物質の挙動を簡易的に評価
- 事故進展に伴うPCV圧力変化の時期により、汚染経路が変化する可能性を考慮
- 以下条件での系統圧力に基づく流れ（サイフォンブレイク等も含む）に、凝縮・溶解・拡散を加味して評価を実施

分類	検討条件
固定	PCV圧力 / RCW配管ルート / 弁開閉状態
ケース/ パラメータ スタディー	PCVからRCW配管への流量
	RCW損傷箇所の数（1箇所 or 2箇所以上）
	RCW系統PCV入口逆止弁のシール性（リークの有無、リークした場合の割合）

③ 線量測定結果を踏まえたRCW系統内の放射能濃度の推定

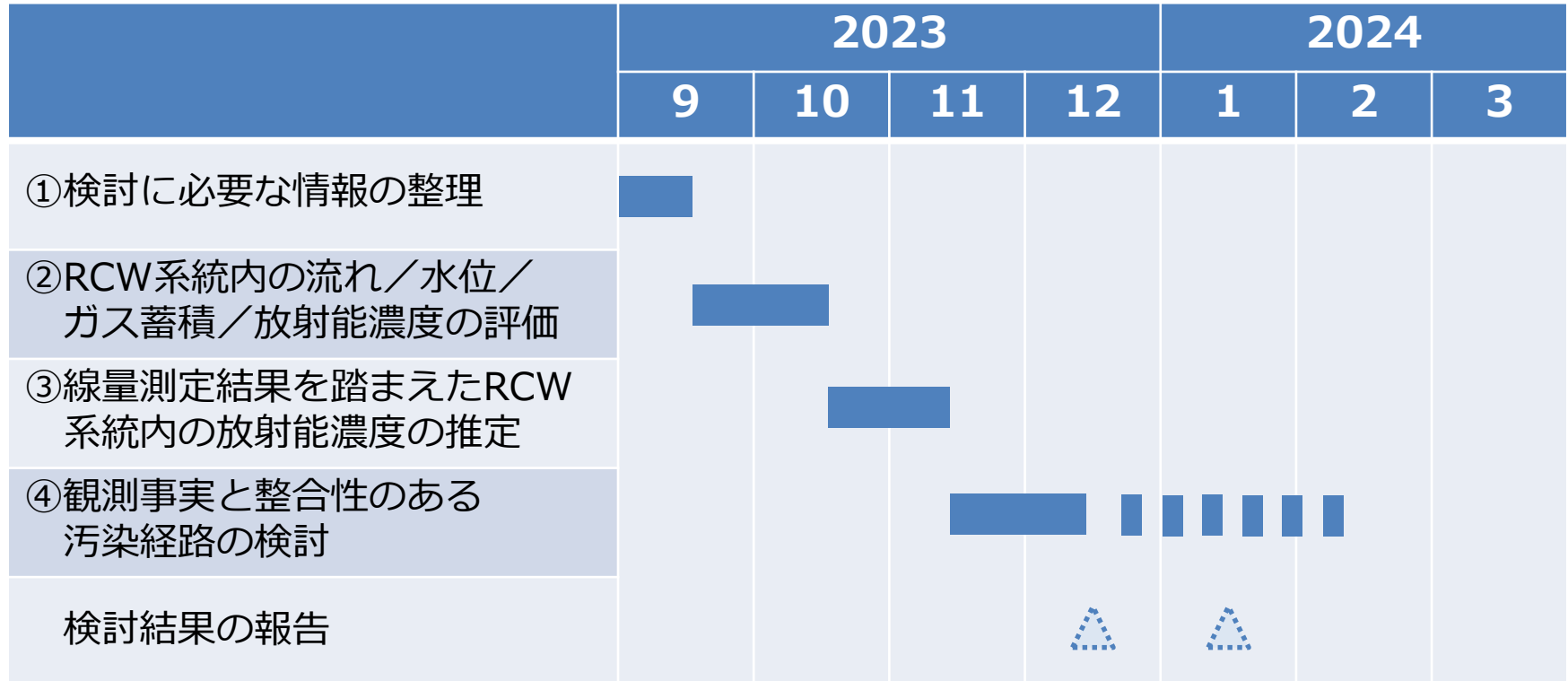
- RCW-Hx等をモデル化し、線量測定結果から系統内の放射能濃度を推定

④ 観測事実と整合性のある汚染経路の検討

- ②、③の結果を踏まえ、これまで確認された観測事実と整合するような汚染経路を検討
- 検討結果を踏まえて②、③にフィードバックする

3. 検討スケジュール（案）

- 検討結果がまとまり次第、事故分析検討会にて報告



参考資料

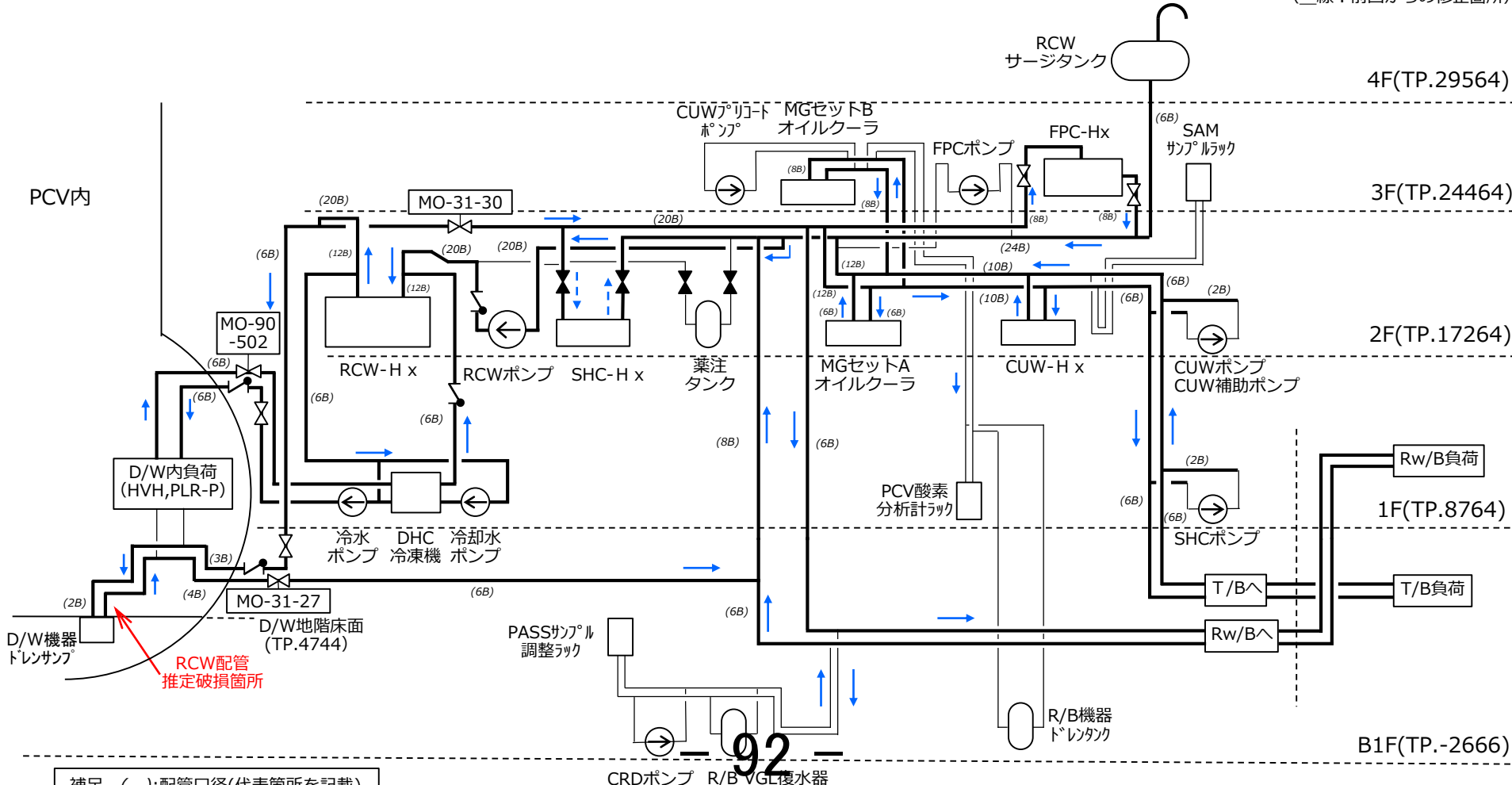
「1号機RCW系統の汚染経路とRCW熱交換器(C)の
サンプリングについて」（抜粋）

（2023年6月22日検討会資料）

1. 事故前(通常時)のRCW系統状態[更新]

- RCW系はPCV内のD/W、R/B、Rw/B及びT/B内に設置されている原子炉補機へ冷却水を供給し、各補機がその機能を維持できるようにするものである。
- RCW系はサージタンク、ポンプ、熱交換器等と必要な配管及び計装類で構成されており、RCW熱交換器で海水と熱交換された冷却水は多くの分岐を経て各補機へ到達し、各補機を冷却して温められた冷却水は再びRCW熱交換器へ戻って熱交換されて冷やされ、再び各補機へ供給される系統構成となっている。

(線：前回からの修正箇所)



補足 ():配管口径(代表箇所を記載)
1B=25.4mm

92

2. RCWシステムの汚染経路（事故時PCV圧力が高い時） [更新]

- PCV 圧力が高い状態時に、損傷箇所と想定されるD/W機器ドレンサンプでのPCV圧力は、RCWサージタンクの高低差等を考慮した圧力よりも高いため、PCVからRCW配管内へ放射性物質は移行。

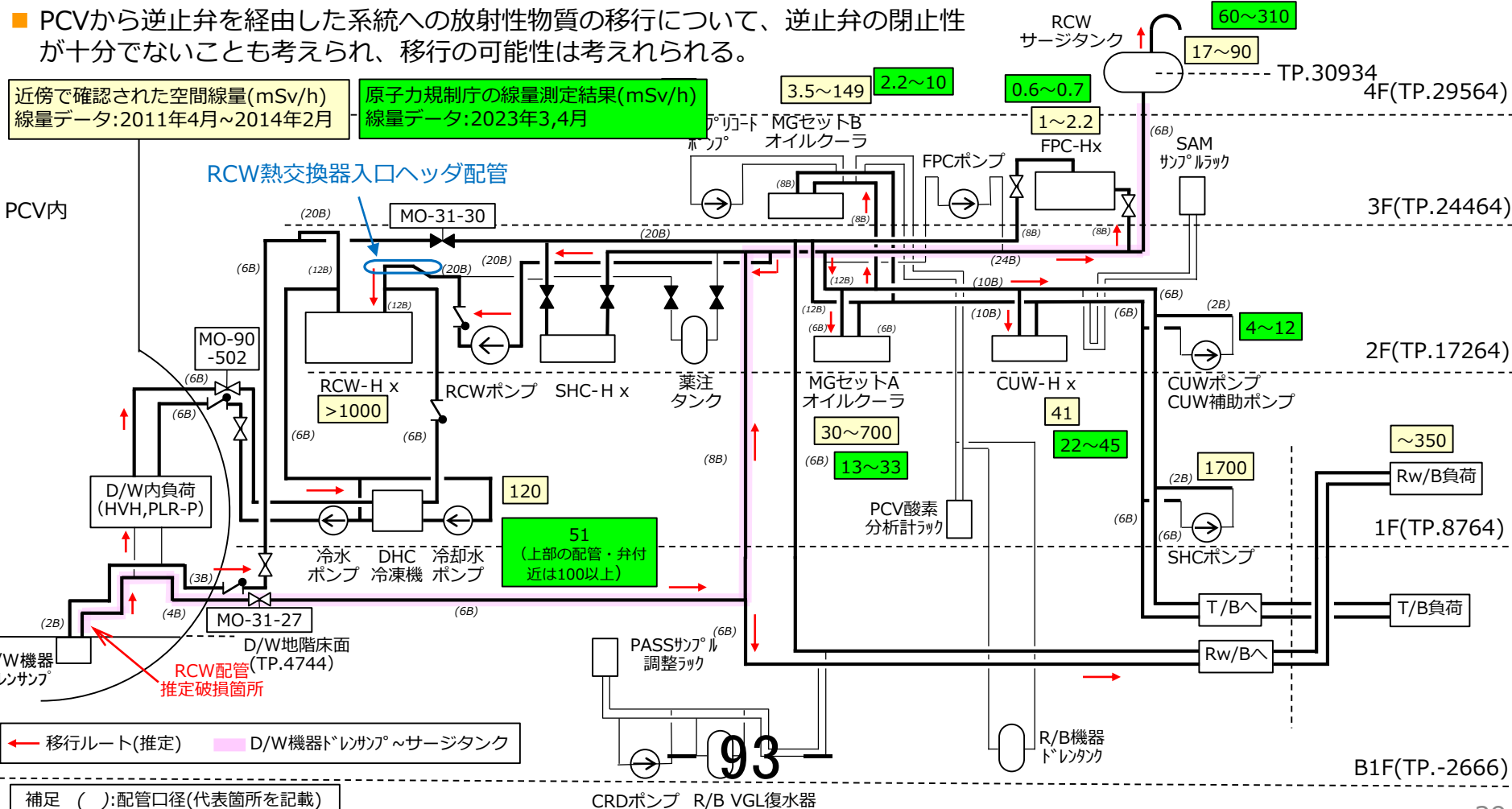
RCWサージタンク中央からD/W機器ドレンサンプまでの水頭圧：約0.26MPa

(TP.30934(RCWサージタンク中央)-TP.4744(D/W地階床面)=26190mm)

- RCW系統には多くの分岐があるが、サージタンク側への分岐については、ほぼ大気圧とみなすことができるため、サージタンクへの分岐方向に放射性物質はより移行しやすい状況にあったと推定。他の分岐については、各補機へ到達するまでの配管距離や経路、放射性物質が移行しやすいサージタンクとの位置関係の影響によると考えられる。
- PCVから逆止弁を経由した系統への放射性物質の移行について、逆止弁の閉止性が十分でないことも考えられ、移行の可能性は考えられる。

近傍で確認された空間線量(mSv/h)
線量データ:2011年4月~2014年2月

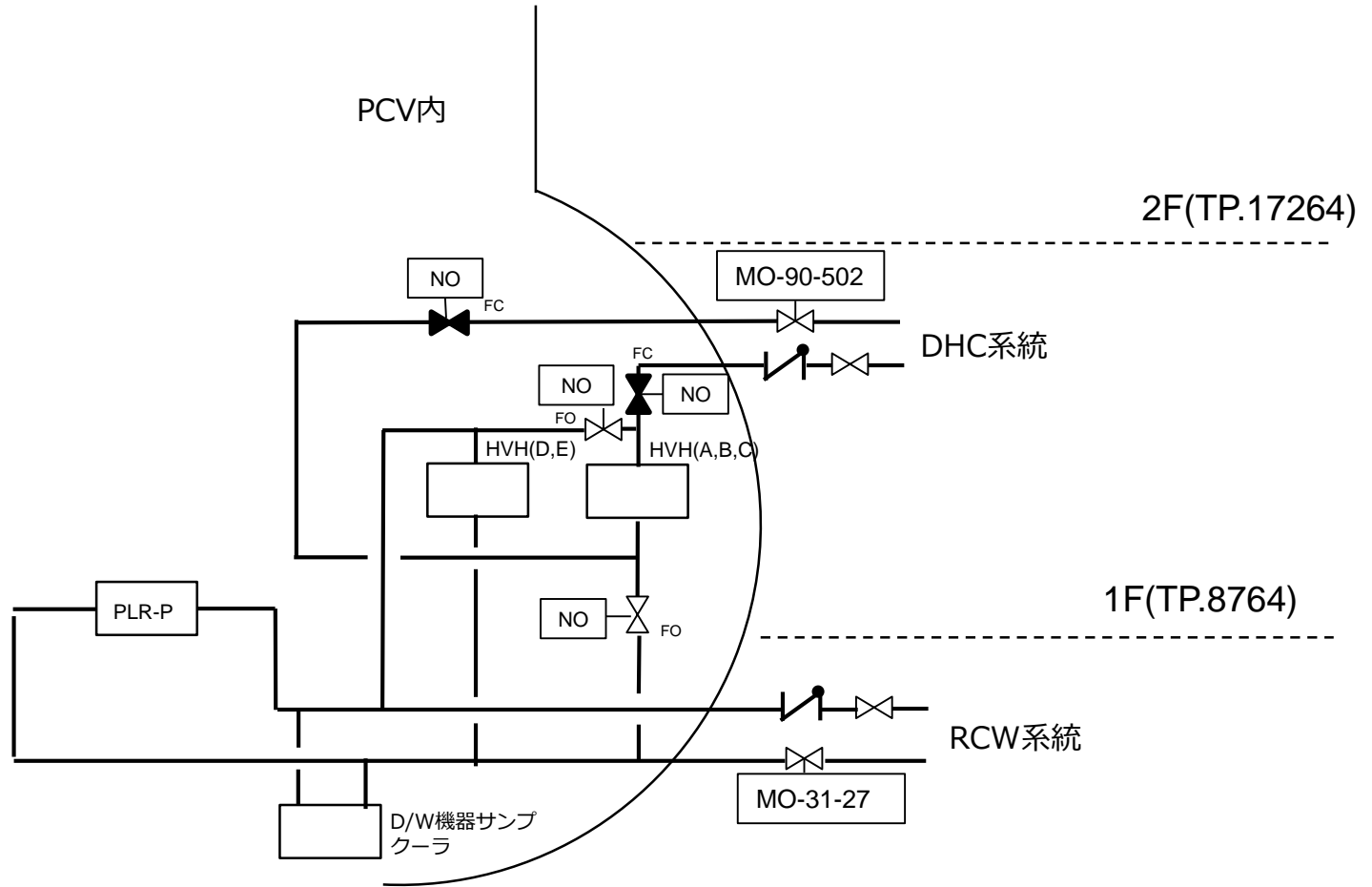
原子力規制庁の線量測定結果(mSv/h)
線量データ:2023年3,4月



補足 ():配管口径(代表箇所を記載)
1B=25.4mm

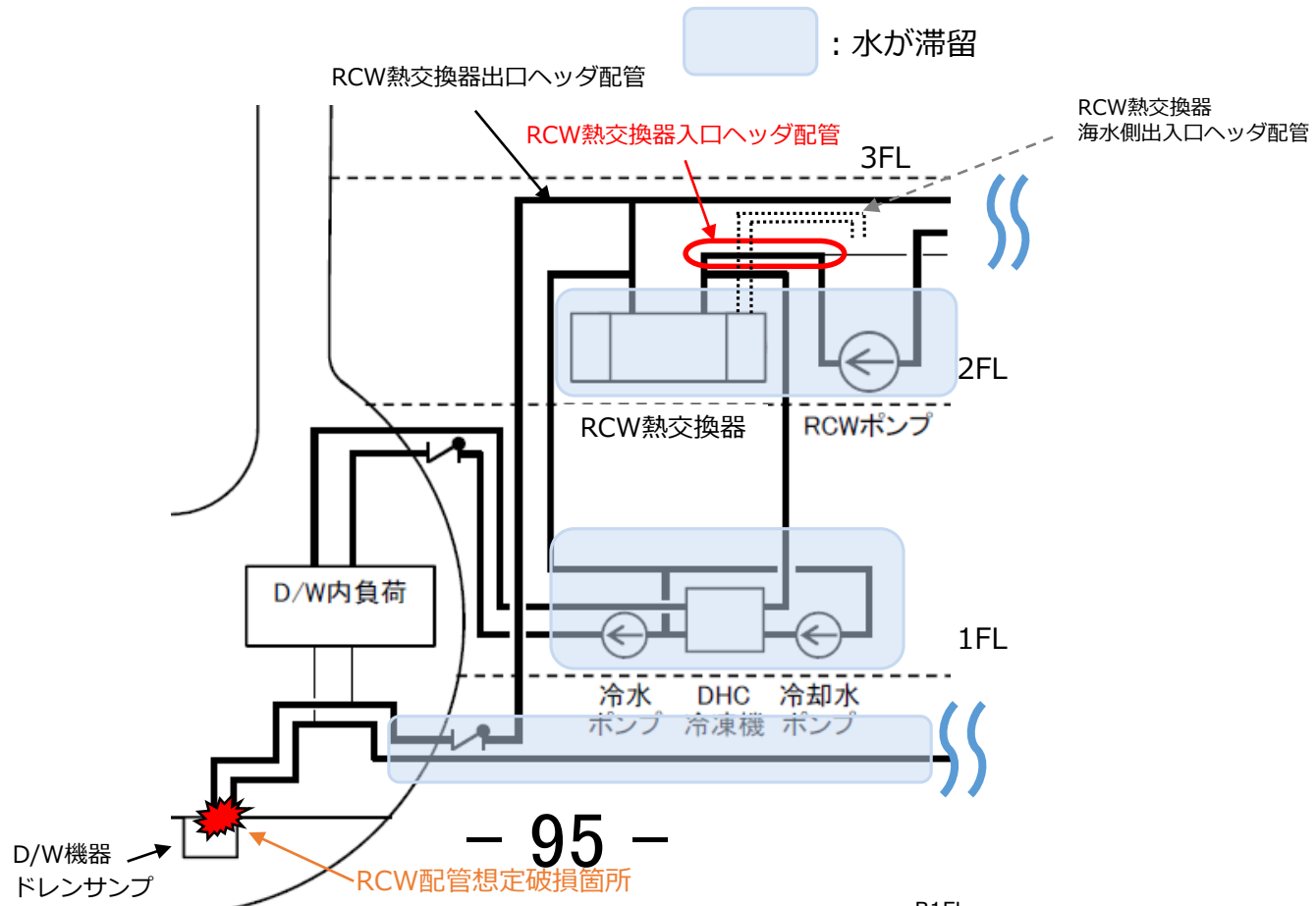
3. D/W内経路の詳細図（事故時）

- D/W内経路の詳細図（事故時）を下図に示す。



4. RCWシステムの汚染経路（RCW熱交換器への移行）

- PCV圧力が高い状況にあった時にサージタンク側へ移行した放射性物質は、圧力が低下するとPCV圧力とバランスする高さまで下方へ移行。
- サージタンクに滞留していた放射性物質がRCW配管を經由してRCW熱交換器側へ移行。RCW熱交換器は構造物表面積が大きいので放射性物質が多く沈着することが考えられる。
- 放射性物質を含んだ系統内包水の一部は、PCV側へ移行するとともに、系統構成上U字構造となる部分に滞留される。また、内包水が上部にある配管気相部を水封して、ガスが滞留したと推定。
- PCV圧力低下時のPCVから逆止弁を經由した系統への放射性物質の移行について、系統内の水位状況によるが、PCV圧力がRCW系統の水頭圧を上回るような場合、また、逆止弁の閉止性が十分でない場合、移行の可能性は考えられる。



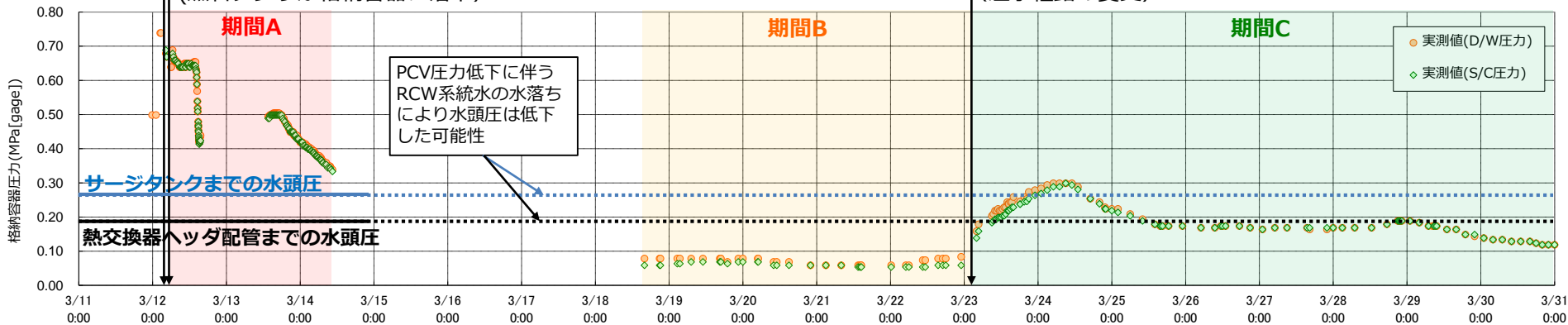
5. RCW系統への放射性物質の移行に関する検討

- 1号機の事故進展や運転操作の記録等をふまえて、RCW系統内への放射性物質の移行について、移行シナリオの検討に必要な情報を整理。
- たとえば、期間Cでは、PCV圧力が熱交換器ヘッダ配管までの水頭圧を上回る期間は、PCV圧力がサージタンクまでの水頭圧を上回る期間と比較して多いため、移行の程度に差が生じた可能性も考えられる。（ただし、系統内の水位状況等による）

3/12 4:00頃
消火系から原子炉への注水開始（以降断続的に実施）

3/12 6:00頃
原子炉圧力容器底部が損傷した可能性
（燃料デブリが格納容器に落下）

3/23 2:30頃
給水系から原子炉への注水開始
（注水経路の変更）



期間	A (3/12 6:00~3/14 10:30)	B (3/18 16:00~3/23 2:30)	C (3/23 2:30~)
圧力の 大小関係	PCV圧力 > サージタンクまでの水頭圧 PCV圧力 > 熱交換器ヘッダ配管までの水頭圧	PCV圧力 < サージタンクまでの水頭圧 PCV圧力 < 熱交換器ヘッダ配管までの水頭圧 (水落ちにより「=」に近づく可能性)	PCV圧力と、サージタンクおよび熱交換器 ヘッダ配管までの水頭圧の大小関係は 時間とともに変化
放射性物質の 移行形態 (推定)	PCVから：主に気体 (放射性物質を含む水蒸気はRCW系統内 で凝縮した可能性)	PCVから：主に気体 (放射性物質を含む水蒸気はRCW系統内で 凝縮した可能性)	PCVから：気体/液体両方の可能性
移行の可能性 (推定)	熱交換器：可能性あり(PCVから) サージタンク：可能性あり(PCVから)	熱交換器：可能性あり(サージタンクから) サージタンク：可能性低	熱交換器：可能性あり(PCVから) サージタンク：可能性あり(PCVから)

1号機RCW系統で確認された堆積物の分析結果について

※RCW：原子炉補機冷却系

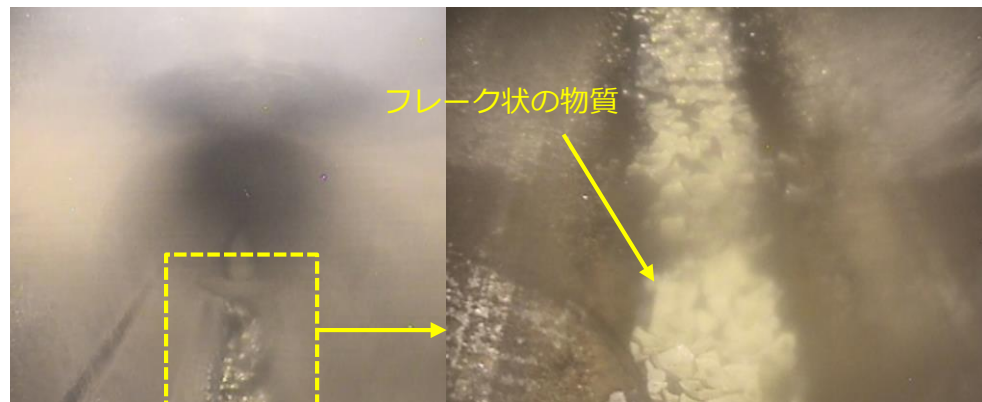
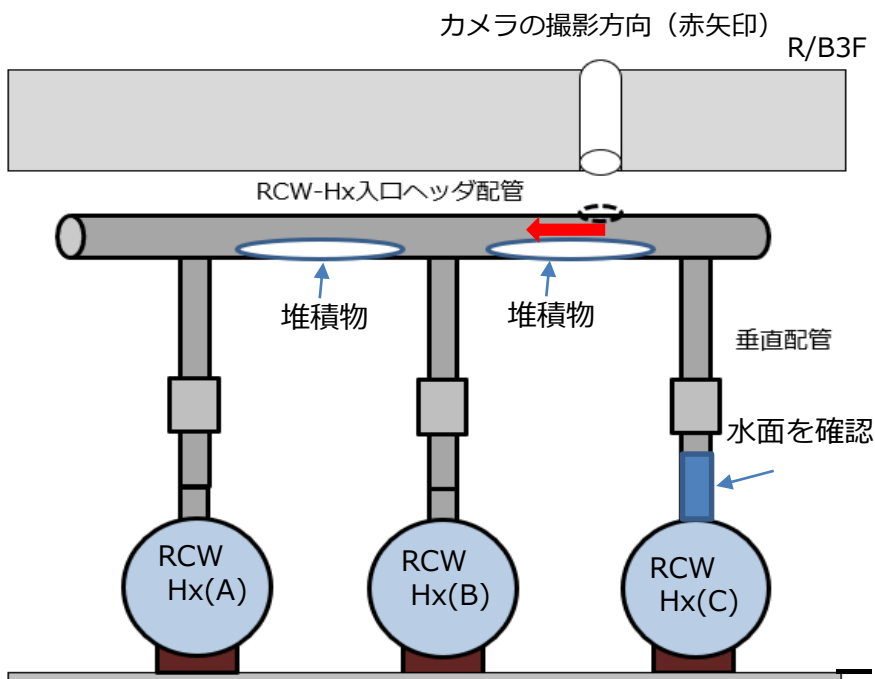
2024年2月16日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 1号機原子炉建屋（R/B）内の高線量線源であるRCW内包水について、線量低減に向けた内包水サンプリングに関する作業を2022年10月から2023年7月まで実施。
- 入口ヘッダ配管内水素ガスのパージ作業が終了し、配管内を遠隔カメラにより確認したところ、横向きに敷設されているRCW入口ヘッダ配管底部に堆積物（白色/透明・結晶のようなフレーク状）を確認。（2023年2月）
- この堆積物の調査を目的に、少量採取し分析（溶出成分分析、SEM-EDS※）を実施。

※走査電子顕微鏡によるX線分析装置



RCW入口ヘッダ配管底部にて確認された堆積物
(2023.2.15 撮影)

2. 堆積物の回収

- 2023年2月にRCW入口ヘッダ配管底部の堆積物の採取を遠隔にて実施。
- 堆積物回収治具を用いて、配管内の堆積物を掻き寄せ、治具に付着した堆積物を回収。
- なお、配管内は電解穿孔装置による穿孔の影響等により、液溜まりができていている状態だった。

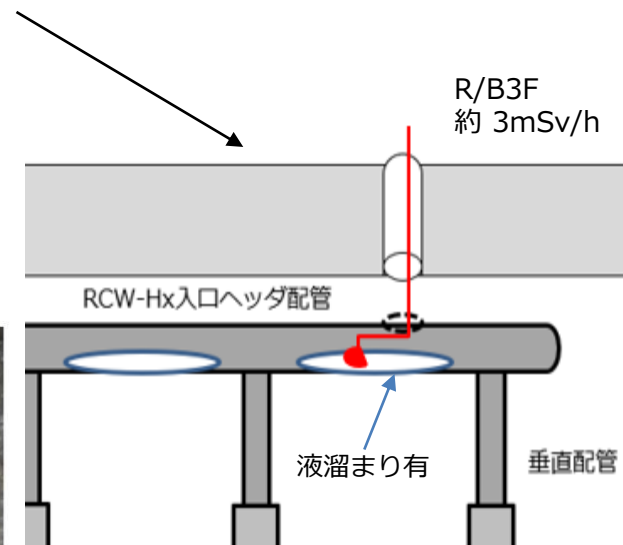


治具の横幅:約25cm

堆積物回収治具



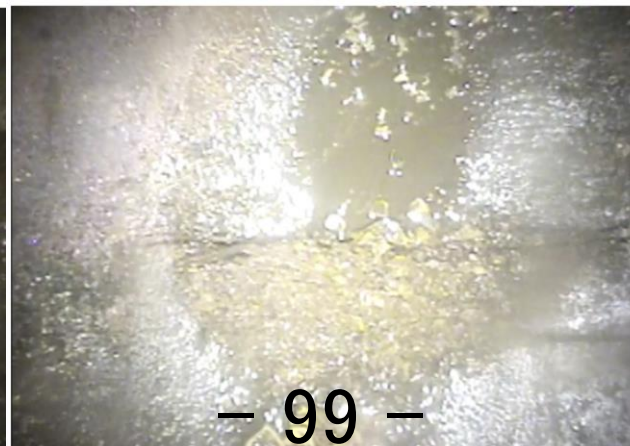
堆積物回収中



堆積物除去のイメージ



堆積物回収中



- 採取された堆積物を確認したところ、外観は黒色（部分的に茶褐色）を呈しており、配管内で見られたフレーク状の様相とは異なっていた。また、それらの物質が混在している様子も確認できなかった。
- 配管内には液溜まりができていた状況であったことから、フレーク状の物質については採取時に溶解してしまった可能性等、採取作業の影響が考えられる。
- この採取された黒色の堆積物について、溶出成分の分析ならびにSEM-EDS※による元素分析を実施。

※走査電子顕微鏡によるX線分析装置



採取された黒色の堆積物

- 溶出成分分析に当たっては、堆積物2gを容器（ポリエチレン製）に入れた純水へ投入し、攪拌することで、堆積物から溶出する成分を抽出した。
- 抽出水の水質分析を実施した結果、わずかにイオン種が検出されるのみであり、高濃度ではないことから主成分の特定には至らなかった。

溶出成分の分析結果

測定項目	単位	熱交換器入口ヘッダ 配管堆積物	起因物質
Na	mg/L	0.3	海水由来
Cl	mg/L	1.3	海水由来
NO ₂	mg/L	<0.1	腐食防止剤 (亜硝酸、事故前)
NH ₄	mg/L	0.2	腐食防止剤 (ヒドラジン、事故後)
N ₂ H ₄	mg/L	<0.05	
SiO ₂	mg/L	4.0	シリカ
B	mg/L	0.2	制御材



堆積物を純水に投入し抽出水を製作した際の状況

- 溶出成分分析では堆積物の物質の特定には至らなかったことから、SEM-EDS※1による元素分析を実施。
- 約5mmの黒く塊状の試料に対して複数か所の分析を行った結果、いずれの測定箇所においても主成分はFeであり、この堆積物は鉄酸化物であると推定。
- また、常温で黒色を呈する鉄酸化物であることから、マグネタイト(Fe_3O_4)と推定。

※1 走査電子顕微鏡によるX線分析装置



分析試料外観

元素分析の分析結果（単位：mass%）

	C	O	Si	Ca	Fe	Zn
測定箇所①	7.15	32.15	0.31	0.21	57.51	0.72
測定箇所②	6.42	26.97	0.25	0.10	63.12	0.73
測定箇所③	6.53	29.59	0.36	0.40	61.20	0.41
測定箇所④	6.98	23.07	0.38	0.44	63.90	1.53
測定箇所⑤	2.91	12.70	0.23	0.47	81.32	0.87
測定箇所⑥	3.84	12.59	0.13	<0.01	81.45	-

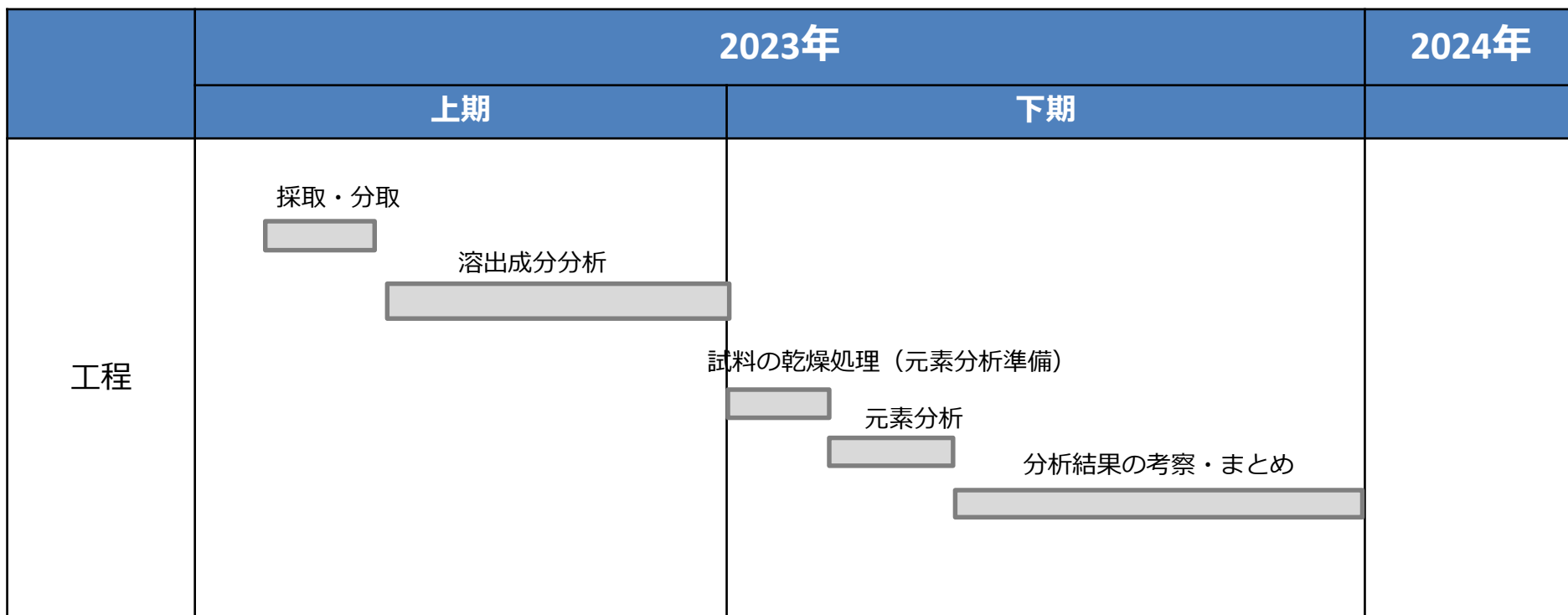
【補足】他の元素について、明瞭なピークが確認されなかったため記載していない。

■ 分析結果の評価

- 今回採取された黒色の試料は、映像で確認されたフレーク状の物質とは形状/色調が異なっていることから、一部の堆積物しか回収できていないと考えられる。
- 今回採取された黒色の堆積物は、粒子状の鉄酸化物が固着・結合して塊状になったものであると考えられ、マグネタイト (Fe_3O_4) と推定される。

■ 今後の予定

- RCW出口ヘッダ配管内の滞留ガスのパーシ作業および、RCW熱交換機(A,B,C)の水抜き作業を予定。
- RCW熱交換機(A,B,C)の水抜きの際に、RCW入口ヘッダ配管内を確認する機会が得られることから、その際にフレーク状の物質の有無について確認し採取方法を見直した上で回収を検討する。



1号機RCW系統サンプリング水の分析結果について

※RCW：原子炉補機冷却系

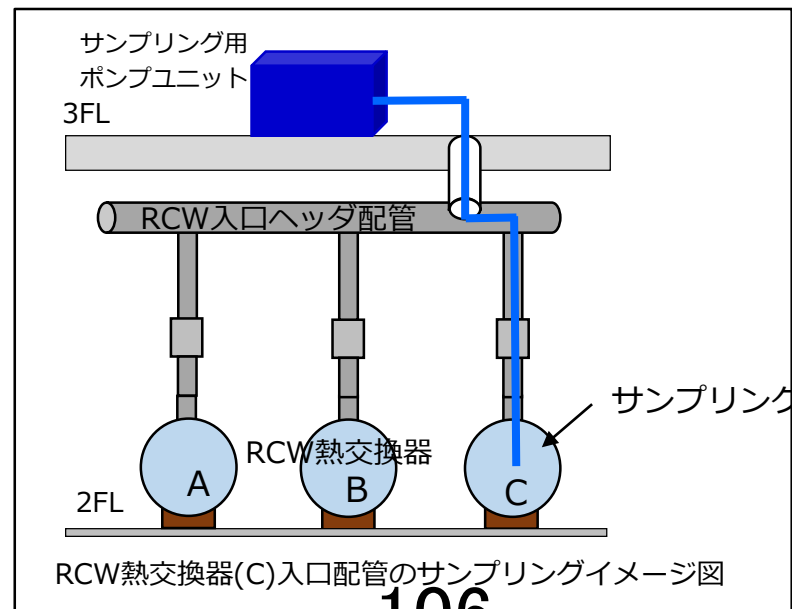
2024年2月16日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 1号機原子炉建屋（R/B）内の高線量線源であるRCW内包水について、線量低減に向けた内包水サンプリングに関する作業を2022年10月から2023年7月まで実施。
- RCW熱交換器(C)について、2023年6~7月に熱交換器の上・中・下部のサンプリングを行い、試料の分析を実施。
- 試料の分析を行ったところ、Csの濃度が高いため、他γ核種（Co-60等）の検出限界値が高くなり、検出限界以下になったことから、Csの影響を取り除くためのAMP法※による分析を**試験的**に実施。

※リンモリブデン酸アンモニウム法



- 分析項目を下表に示す。
Csの濃度の影響により、検出限界値が高くなっていたγ核種の分析を実施。

分析項目	
Cs-134	参考値として分析
Cs-137	

分析項目	
Co-60	AMP処理によりCsの影響を取り除いた上で分析を実施
Ru-106	
Sb-125	
Eu-154	
Am-241 (γ)	
I-129 (γ)	
Ag-108m	
Ba-133	
Ag-110m	
Ce-144	
Eu-152	
Eu-155	
K-40	

3. AMP処理について

■ AMP処理について(通常)

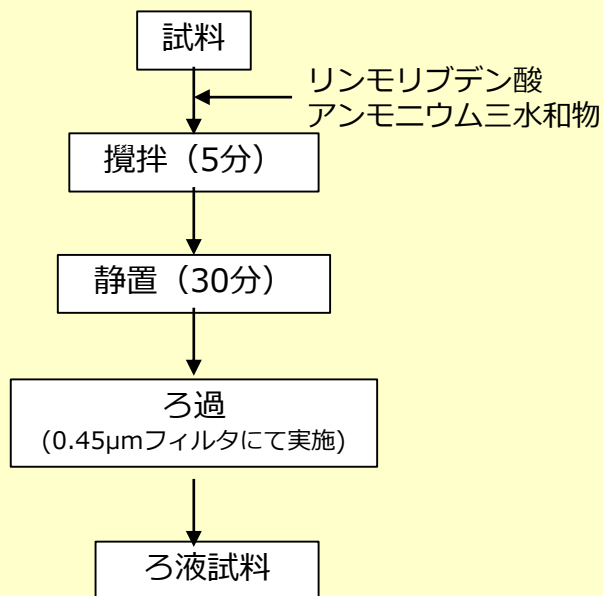
- 自然界の様々な試料中の放射性Csの測定で使用される手法。
- AMPが特異的にCsを吸着することを利用した手法であり、酸性にした試料にAMPを加えて溶存態Csを吸着させ、沈殿させたものを使用してCs濃度を測定。

■ 本件のAMP処理について

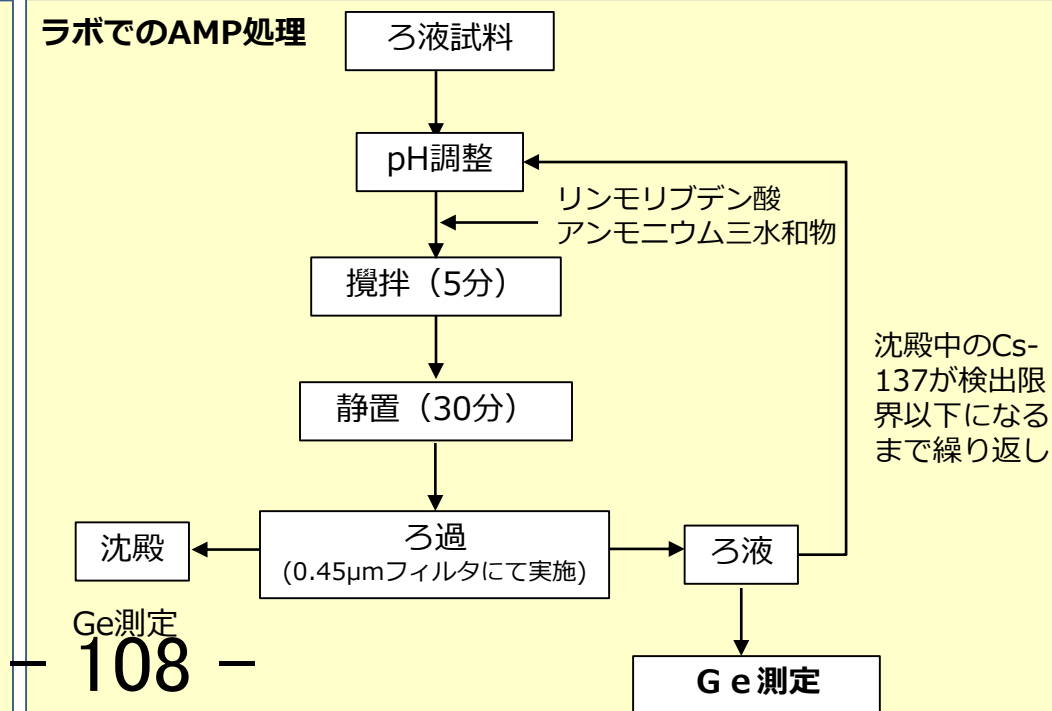
- AMP処理の作業フローは以下の通り。
 - RCW熱交換器(C)本体のサンプリングで得られた内包水試料(約30ml)は、構内ラボへの持ち込み線量基準1mSv/hを満足させるため、原子炉建屋内において簡易的なAMP処理※を実施。
 - ラボでのAMP処理によりCsを取り除いたろ液を分析することによりCs以外のγ核種の存在を確認。
- AMP処理は、AMP沈殿のGe測定によりCs-137が不検出となるまで繰り返し処理(10~19回)を実施。

※原子炉建屋内において劇物を扱う作業ができないことから、pH調整をせずにAMP処理を実施

原子炉建屋での簡易的なAMP処理



ラボでのAMP処理



4. RCW熱交換器(C)本体の内包水サンプリング結果 (AMP処理)

■ AMP処理試料の分析結果

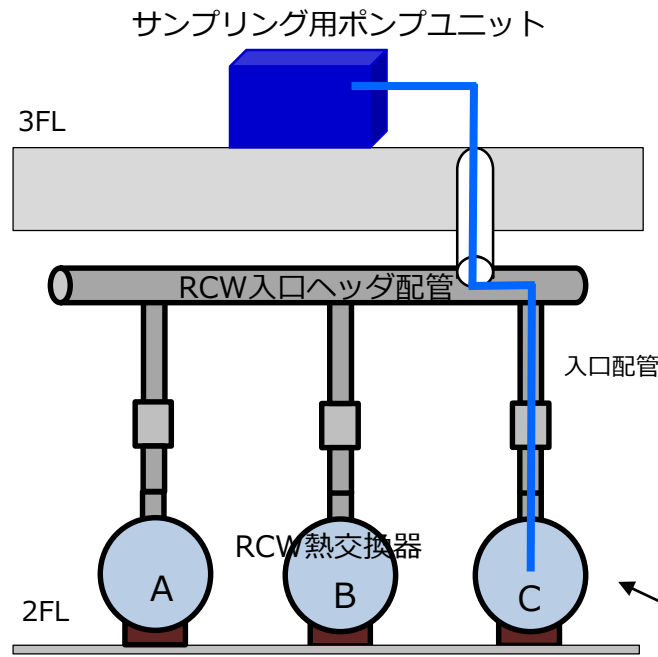
- AMP処理を繰り返し実施することによりCs-137が一定程度まで低下していることを確認した。
- 他γ核種については、Cs濃度低下により検出下限値は下がったが、有意な値は検出されなかった。なお、有意な値が確認されなかった理由として、以下のことが考えられる。
 - ・ 試料自体に、Cs以外の他のγ核種が少なかった可能性。
 - ・ 処理において、Csと共に、他のγ核種も除去された可能性。

測定項目	単位	熱交換器－上部 (2023年6月21日採取)		熱交換器－中部 (2023年7月6日採取)		熱交換器－下部 (2023年6月29日採取)	
		原液	AMP処理	原液	AMP処理	原液	AMP処理
Cs-134	Bq/L	6.38E+08	<8.91E+01	5.31E+08	<2.62E+01	6.59E+08	<3.61E+01
Cs-137	Bq/L	3.09E+10	<7.27E+01	2.83E+10	<2.28E+01	3.20E+10	<3.20E+01
Co-60	Bq/L	<2.34E+07	<3.14E+01	<2.74E+07	<1.06E+01	<2.34E+07	<1.22E+01
Ru-106	Bq/L	<6.43E+08	<9.01E+02	<5.01E+08	<2.54E+02	<5.99E+08	<3.14E+02
Sb-125	Bq/L	<6.11E+08	<2.63E+02	<3.69E+08	<7.18E+01	<3.98E+08	<1.02E+02
Eu-154	Bq/L	<8.54E+07	<1.05E+02	<6.17E+07	<3.11E+01	<7.88E+07	<3.83E+01
Am-241 (γ)	Bq/L	<5.86E+07	<5.50E+02	<5.42E+07	<1.60E+02	<5.89E+07	<2.25E+02
I-129 (γ)	Bq/L	<4.77E+08	<5.68E+03	<4.44E+08	<1.67E+03	<4.44E+08	<2.34E+03
Ag-108m	Bq/L	<1.37E+08	<7.83E+01	<1.38E+08	<2.30E+01	<1.36E+08	<3.01E+01
Ba-133	Bq/L	<1.43E+08	<1.21E+02	<1.42E+08	<3.37E+01	<1.46E+08	<4.33E+01
Ag-110m	Bq/L	<5.22E+07	<1.08E+02	<5.37E+07	<2.89E+01	<6.05E+07	<3.99E+01
Ce-144	Bq/L	<3.42E+08	<1.31E+03	<3.40E+08	<3.59E+02	<3.53E+08	<5.53E+02
Eu-152	Bq/L	<3.96E+08	<3.07E+02	<4.02E+08	<8.84E+01	<3.68E+08	<1.29E+02
Eu-155	Bq/L	<8.21E+07	<4.59E+02	<7.75E+07	<1.86E+02	<8.37E+07	<1.86E+02
K-40	Bq/L	<2.51E+08	<1.94E+02	<2.45E+08	<7.70E+01	<2.82E+08	<8.59E+01

- AMP処理によるCs濃度低下により、他γ核種の検出下限値が下がったことを確認したが、有意な値は検出されなかった。
- 今回の分析結果を踏まえ、確認すべき核種の分析方法の実現可否も含め、社外の分析機関との協議・検討等を進めて行く。

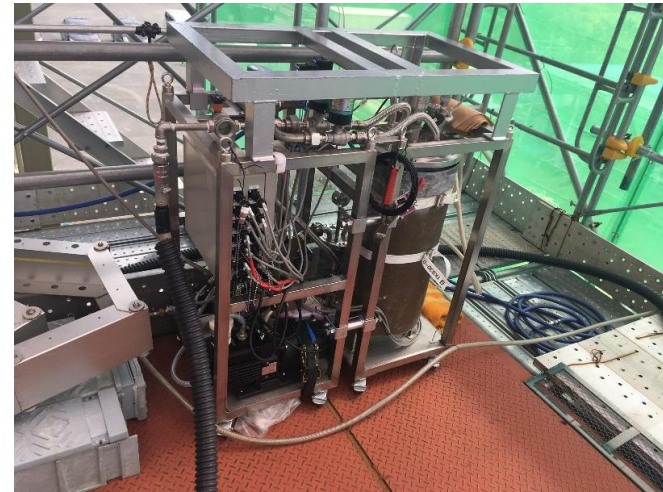
	2023年		2024年
	上期	下期	
RCW熱交換器 内包水 サンプリング水 の AMP処理	サンプリング	簡易的なAMP処理 (試料の分取作業等含む) ラボでのAMP処理 (手順作成含む)	分析結果の考察・まとめ

- 内包水のサンプリングは、RCW熱交換器(C)の熱交換器内の3カ所（上・中・下）を予定。熱交換器内の状況や内包水の線量状況によっては変更の可能性あり。



RCW熱交換器からのサンプリングイメージ図

サンプリング用ポンプユニット外観



サンプリング箇所

(熱交換器は上・中・下の3カ所)

サンプリング作業は、採水チューブを熱交換器内の細管隙間を通すため、内部の状況やチューブの曲がり等の影響により、下部側に到達しない可能性もある。

「1号機RCW系統の汚染経路推定に係る検討」の主な論点

原子力規制庁
安井 正也

※本資料は、資料2-1の議論を円滑に進めるために論点等を整理した資料である。

RCW関係の論点(案)

1. 水素などのRBへの供給パスの可能性
 - ① 当該パスは成立し得たか？
 - ② 実際に当該パスは、主要な水素供給パスだったのか？

2. RCW-Hxの高放射線量率はどのように生じたのか？
 - ① 観測結果を数量的に実現できるシナリオか？
 - I. 塩分
 - II. ヘッダー内ガス成分
 - III. ペDESTAL外周部のRCW配管の破損状況
 - ② どうしても、うまく説明できないなら、逆止弁の可能性も考える

3. PCV圧力の推移は、本シナリオの下で、合理的に理解できるか？
 - ① 特に、3/25以降、数日間の圧力安定期について

議論の前提として

- 格納容器内からRCW配管に流れ込んだ放射性物質を含んだ水の放射能等の濃度や成分をそれなりの確からしさで知ることは、非常に困難である。
- 2011年3月23-24日の圧力変動によって生じる水頭圧変化は、水位にして、40-50 cm/h程度と考えられ、**かなり緩やかな水位変化**をもとに議論を進める必要がある。

塩分に関して

- 日本近海の海水中塩分濃度は約3.5%
- 日本近海の海水中Mg濃度は1300 mg/L



- 今回のRCW-Hx内包水の測定結果は、海水の1/6程度の濃度であることを示していると考えて良いのか？
- 熱交換器3系統のうち、A系は出口弁が閉まっていた。B系とC系はほぼ同じと考えても、汚染や塩分はA系は大きく異なる可能性があるが、放射線量率などの情報はるか？
(海水流入量を推定できる？)

塩分に関して

- 東京電力HDの情報によると、海水注水量は3月23日が約300 t、24日が約225 tである。
- 大胆な簡略化による不確実性を伴うことを理解した上で、その時点での残留熱から注水の蒸発量を算出すると、最大で約100 t/day程度と評価される。
- このため、蒸発による塩分濃度の上昇は最大でも1.5倍程度として良いのではないか？(S/C内の水との混合、PCV内での水蒸気の凝縮などの要素は考慮していない。)

上部ヘッダー内のガス関係

- 事故初期の格納容器由来のガスが有意な割合である場合、Kr-85の濃度が低すぎるのではないか？3号機RHR-Hx内で見つかったガスでは、2600 Bq/cm³だった。（「MAAP解析によるD/Wガス組成」情報は未提示。）
- 3月23日までに形成された気相は、サージタンク側からの空気が主たる源とせざるを得ないのではないか？
- その場合、水の放射線分解で生じた水素と酸素が当初の気相を希釈したと考える以外の選択はあるのか？
- この矛盾が解消されなければ、「気相形成」自体を見直すべきではないか？

気相部の由来に関する検討マトリクス

主な形成過程	検討ポイント
おもに、格納容器内からの気体	Kr-85が少なすぎる。 今回は4 Bq/cm ³ 。3号機RHR-HXでは2600 Bq/cm ³ 。
格納容器内気体が放射性分解で生成される水素と酸素で薄められた。	窒素が10%程度存在していることに矛盾する。
主に空気	窒素が10%程度しかないことに矛盾する。
空気が放射性分解で生成される水素と酸素で薄められた。	可能性はあるが、放射性分解の量に依って、当初の空気量に上限が生じる。

その他の重要論点

- 「平成23年5月頃の調査ではサージタンク内に水位があったという情報があり・・・」【第4回進捗状況報告 添付1-9-10】
(5月のPCV圧力は、0.1-0.12 MPa-absでしかない。)
- 炉心落下時点後も格納容器圧力は高い状態に保たれている。破損後も格納容器内外の移動に相当の抵抗があったのではないか？
- 3月23日の圧力上昇過程において、水平配管到達時点や「RCW-Hxへの流入」時期にPCV圧力の上昇停止期が無い。

ペDESTラル外周部のRCW配管の損傷について

- RCW戻り配管(PCVの外側付近に逆止弁が付いている管)に見られる損傷/影響を、資料2-1で示された東京電力HDのシナリオでは説明できないのではないか？



出典：東京電力ホールディングス株式会社による1号機格納容器内部調査時の映像

現地調査の実施状況

- ・ 1号機原子炉建屋内
- ・ 3号機タービン建屋内及びサービス建屋内並びに
5号機タービン建屋内

2024年2月16日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

- 122 -

(1) 1号機原子炉建屋内

(1) 1号機原子炉建屋内

(1) 目的

- ・ 福島第一原子力発電所1号機及び3号機で確認されている事故初期高線量率の原因に関する検討に資するために、格納容器からの放射性物質の漏えい箇所として可能性のある箇所の構造・汚染状況を確認する。
- ・ 福島第一原子力発電所1号機原子炉補機冷却系統(RCW系統)の放射性物質による汚染状況を確認する。
- ・ 1号機原子炉建屋における放射性物質の放出経路の推定等に資するために、壁面にてスミア試料を採取する。

(2) 場所

1号機原子炉建屋

(3) 調査日

2023年12月22日

(4) 調査実施者

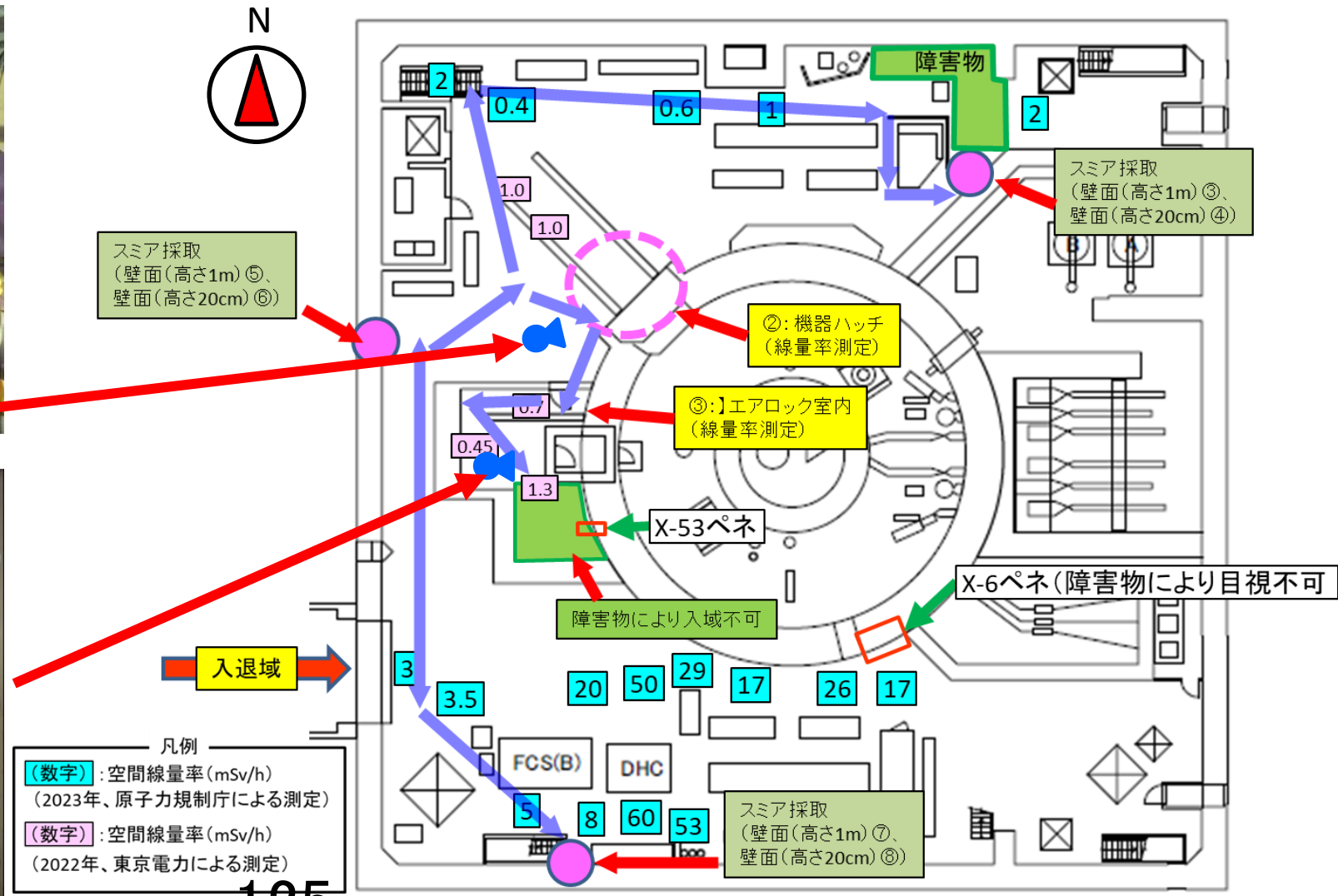
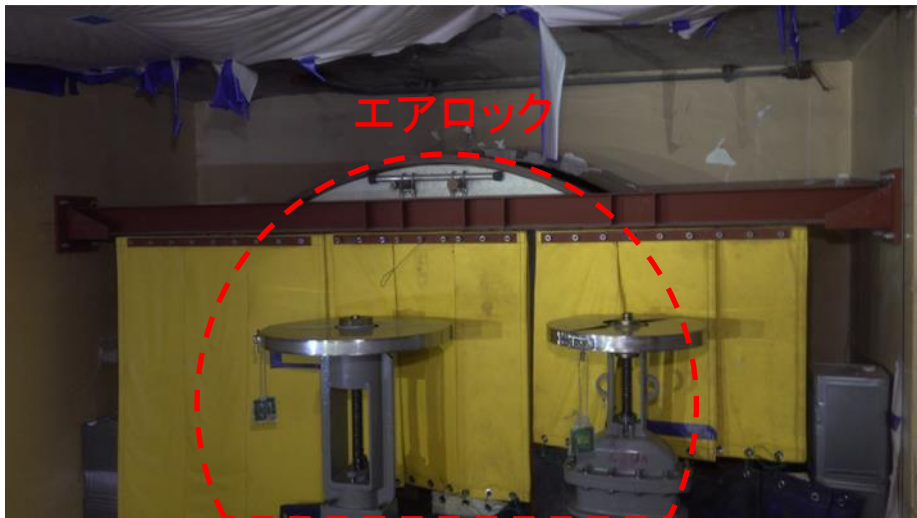
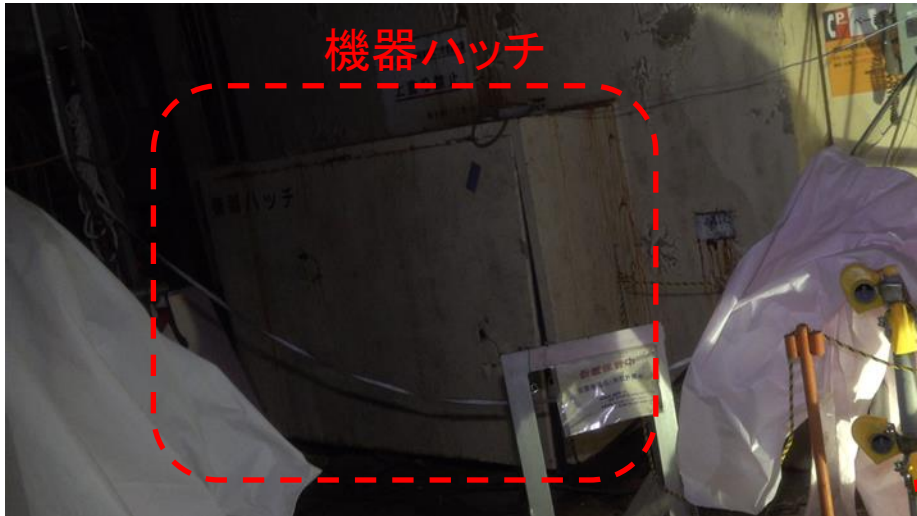
山中原子力規制委員会委員長、原子力規制庁職員 6名

(5) 被ばく線量

最大: 1.86 mSv、最小: 0.80 mSv

※被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値として示した。

調査箇所及び調査結果（1号機原子炉建屋1階）

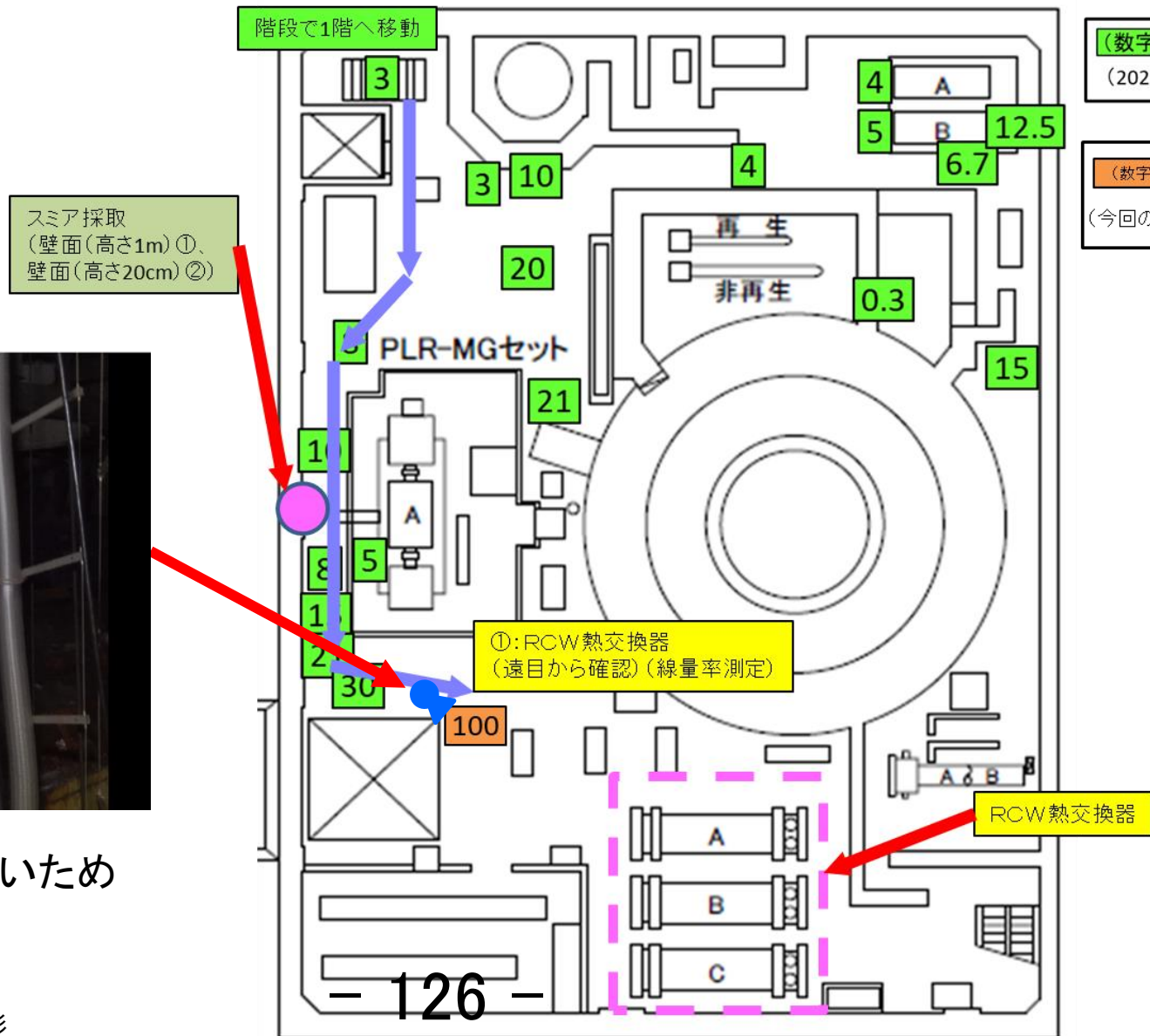


写真は、いずれも2023年12月22日原子力規制庁撮影

調査箇所及び調査結果（1号機原子炉建屋2階）



・RCW熱交換器の周囲は、線量が高いため
近づくことができない。



凡例

(数字)	:空間線量率(mSv/h)
(2023年、原子力規制庁による測定)	
(数字)	:空間線量率(mSv/h)
(今回の調査、原子力規制庁による測定)	

(2) 3号機タービン建屋内及びサービス建屋内並びに
5号機タービン建屋内

(2) 3号機タービン建屋内及びサービス建屋内並びに5号機タービン建屋内

(1) 目的

福島第一原子力発電所3号機の電源喪失の要因等の検討に資するために、3号機及び3号機と類似した設計の5・6号機の直流電源系統の設備の配置等を確認する。

(2) 場所

2024年1月18日 3号機タービン建屋内及びサービス建屋内

2024年1月19日 5号機タービン建屋内

(3) 調査日

2024年1月18日～19日

(4) 調査実施者

2024年1月18日 原子力規制庁職員 5名

2024年1月19日 外部有識者 1名(東芝エネルギーシステムズ株式会社 前川シニアエキスパート)、
原子力規制庁職員 3名

(5) 被ばく線量

2024年1月18日 最大: 0.07 mSv、最小: 0.05 mSv

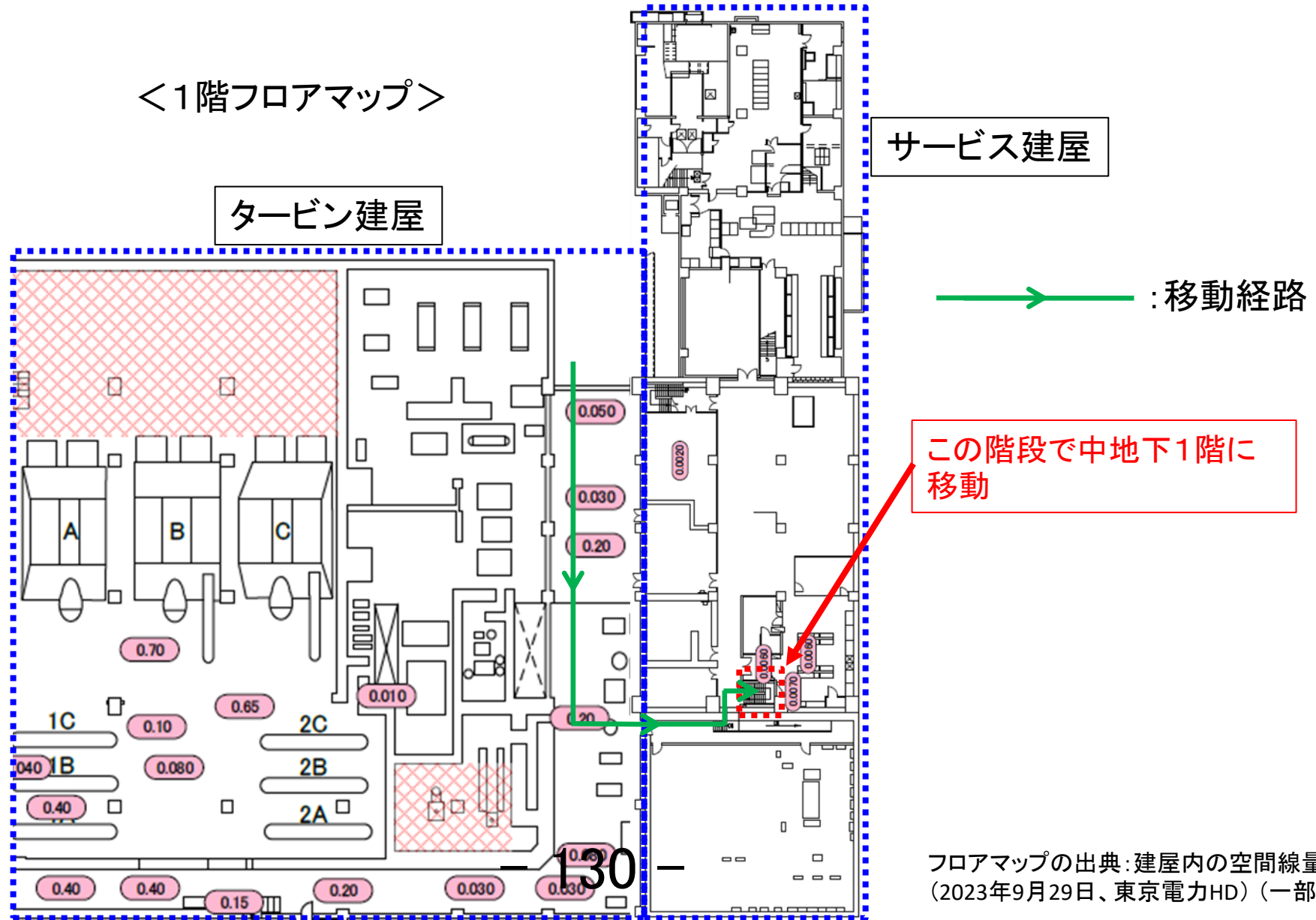
2024年1月19日 0.00 mSv

※被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値として示した。

3号機タービン建屋内及びサービス建屋内

3号機タービン建屋・サービス建屋内調査

<1階フロアマップ>



フロアマップの出典: 建屋内の空間線量率について
(2023年9月29日、東京電力HD) (一部加筆)

3号機タービン建屋・サービス建屋内調査

<中地下1階フロアマップ>
(直流電源系設置エリア)

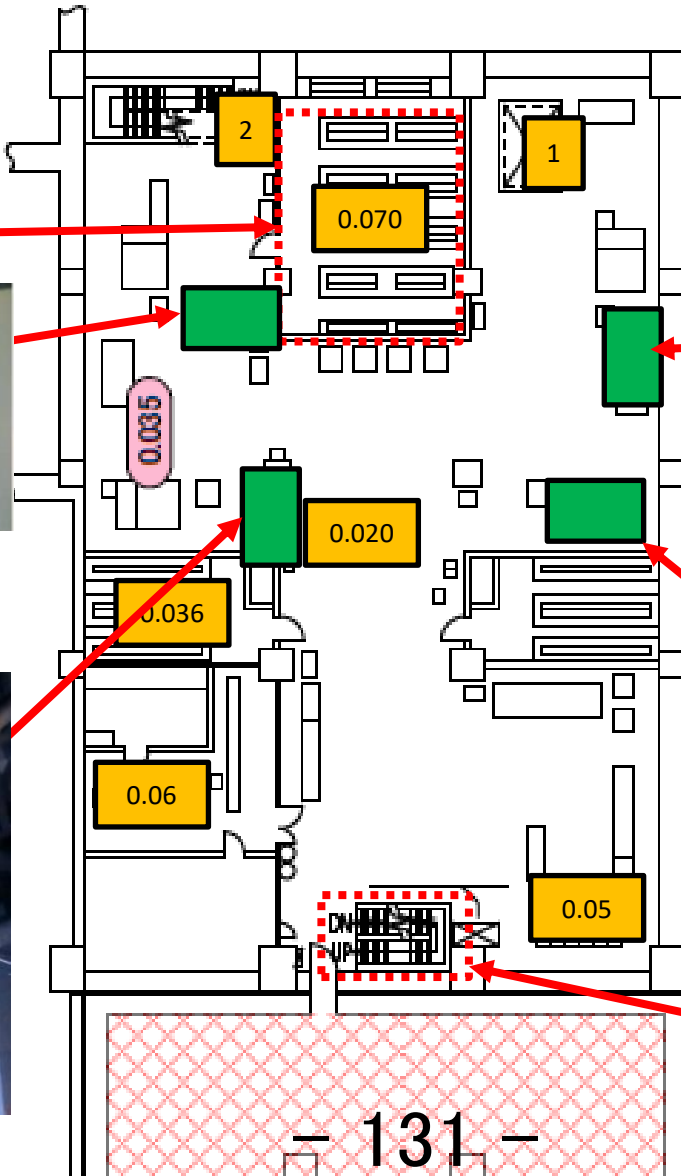
250Vバッテリー室



直流125V充電器盤3A(常用)



直流125V充電器盤3C(予備)



直流250V充電器盤3A(予備)



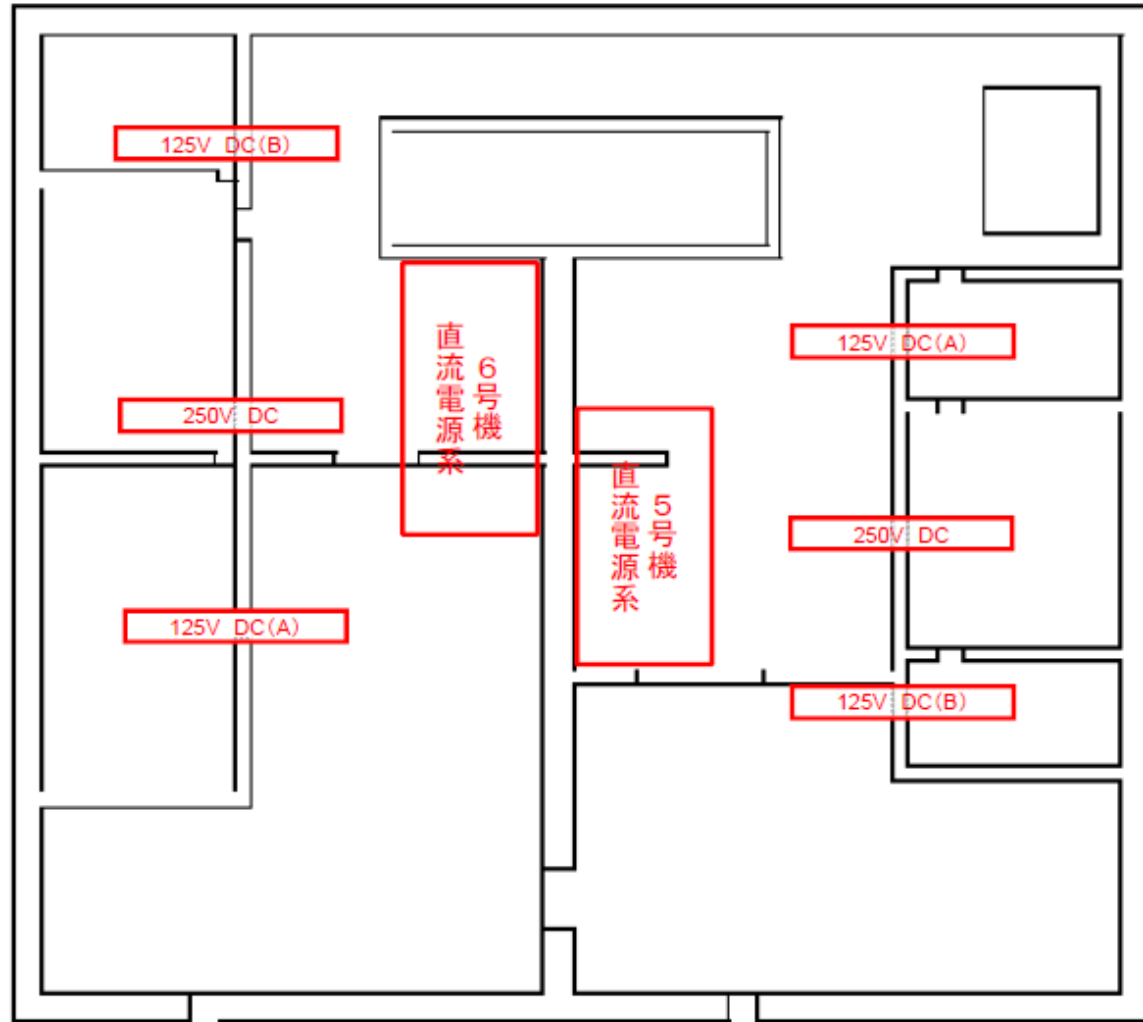
この階段で中地下1階まで移動

フロアマップの出典: 建屋内の空間線量率について
(2023年9月29日、東京電力HD)(一部加筆)

写真は、いずれも2024年1月18日原子力規制庁撮影

5号機タービン建屋内

5号機タービン建屋内調査



- ・5号機の建屋内に6号機の直流電源系も設置されている。



5号機 T/B 中地下階 133 -

フロアマップの出典: 政府事故調中間報告書(一部加筆)
写真は、いずれも2024年1月19日原子力規制庁撮影