

福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る 連絡・調整会議

調整案件（案）

1. 調整案件

- (1) 2号機シールドプラグ汚染の今後の取り組みについて
- (2) ケーブル、塗料等の加熱試験について
- (3) 1号機及び2号機非常用ガス処理系配管の一部撤去に伴う調査分析について
- (4) 4号機原子炉建屋内における3Dレーザースキャナーの定点測定について
- (5) その他

2. 資料等

- シールドプラグの汚染状況の把握（事故分析検討会第22回追加説明資料）[原子力規制庁資料]
- シールドプラグの実証測定の結果（事故分析検討会第22回資料3-3修正版抜粋）[原子力規制庁資料]
- ケーブル等の加熱実験（事故分析検討会第22回資料3-4抜粋）[原子力規制庁資料]
- 3Dレーザースキャナーの定点測定（事故分析検討会第22回資料3-1抜粋）[原子力規制庁資料]

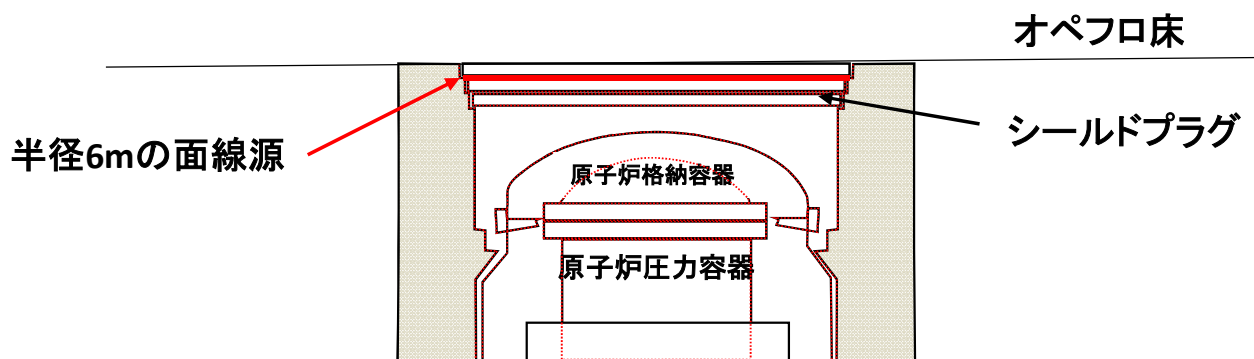
2号機シールドプラグの汚染状況の把握について

2021年9月14日

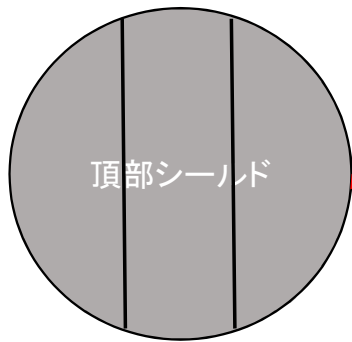
東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

シールドプラグ周辺の構造と線量場

- シールドプラグは、61cm厚さのコンクリート製の上段、中段、下段の3層構造であり、線源としては、上段と中段の隙間（上段の下面と中段の上面）、中段と下段の隙間（中段の下面と下段の上面）、ウエル内面を含む下段の下部表面が考えられる
- 上段と中段の隙間から床面の間には61 cm、中段と下段の隙間から床面の間には122 cm、下段表面から床面の間には183 cmのコンクリートが存在する
- 61 cmのコンクリートは、Cs-137の0.663 MeV γ 線による線量当量率を 3桁近く減衰させる遮蔽能力を持っている
- 今回の東電のウエル調査により、下段の下部表面近くでの線量当量率が、オペフロ上部と同等以下であることが確認されたので、中段と下段と隙間の線源がオペフロ上部へ寄与することは無い
- 「上段と中段の隙間と床面の間」と「中段と下段の隙間と下段下部の間」には同じ厚さのコンクリートが存在している

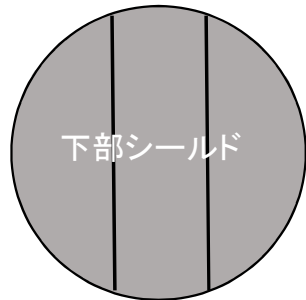
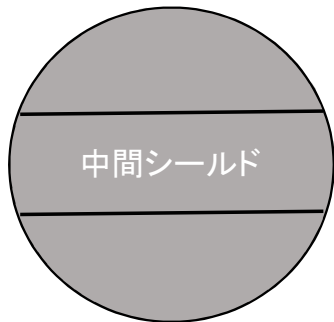


シールドプラグ周辺の構造と線量場

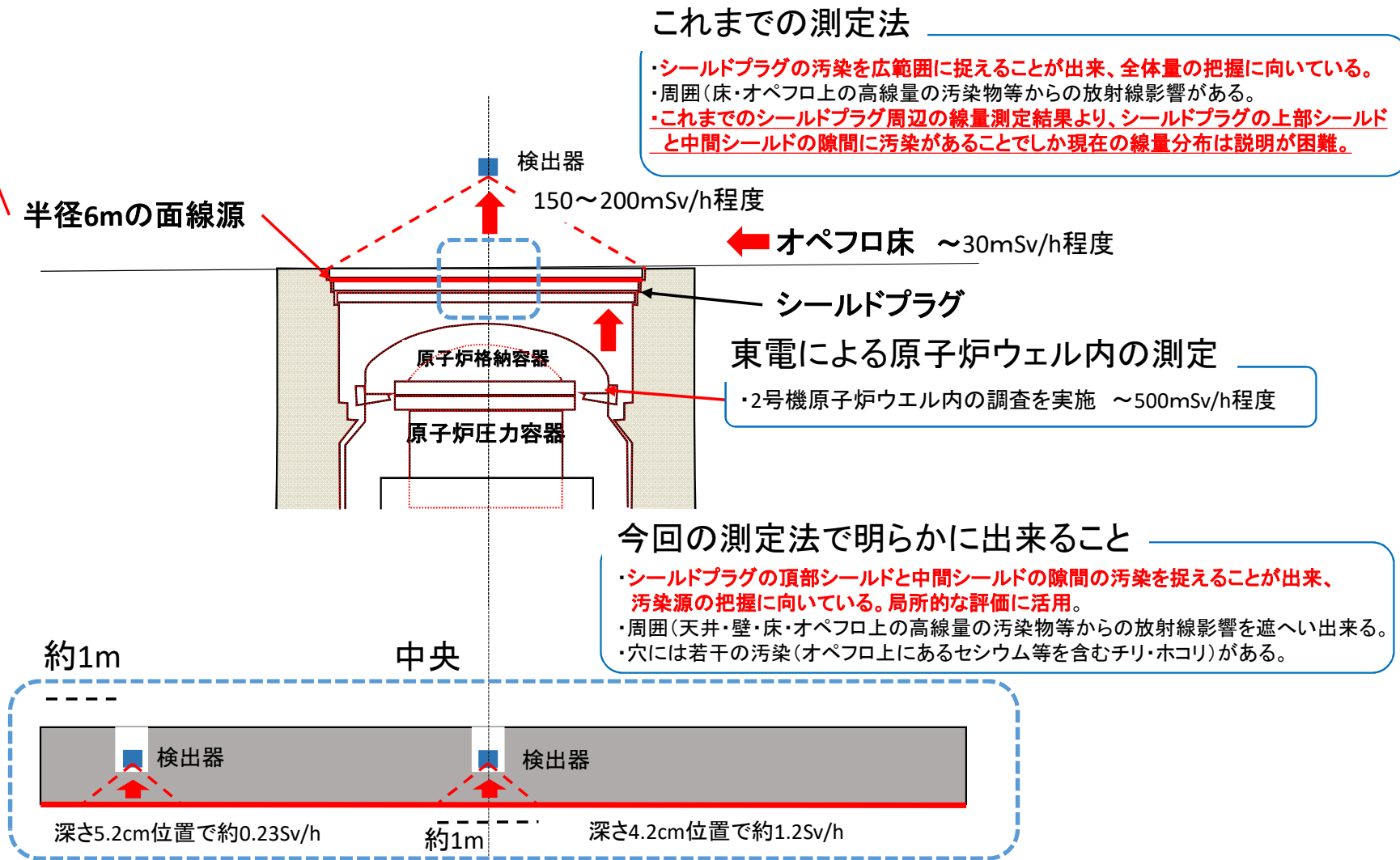


半径6mの面線源

約12m



※構造イメージ



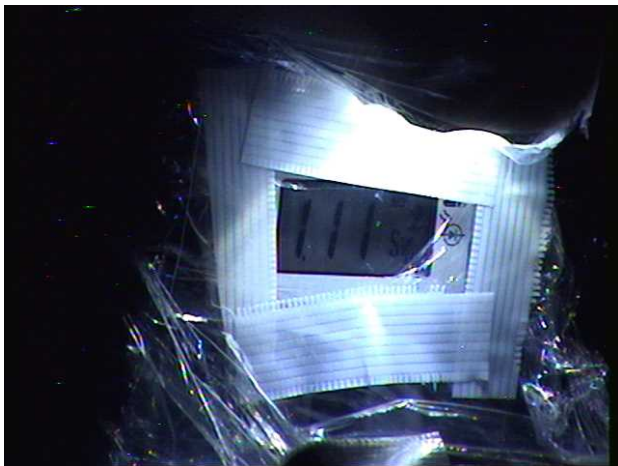
これまでの測定法

- ・シールドプラグの汚染を広範囲に捉えることが出来、全体量の把握に向いている。
- ・周囲(床・オペフロ上)の高線量の汚染物等からの放射線影響がある。
- ・これまでのシールドプラグ周辺の線量測定結果より、シールドプラグの上部シールドと中間シールドの隙間に汚染があることでしか現在の線量分布は説明が困難。

今回の測定法で明らかに出来ること

- ・シールドプラグの頂部シールドと中間シールドの隙間の汚染を捉えることが出来、汚染源の把握に向いている。局所的な評価に活用。
- ・周囲(天井・壁・床・オペフロ上)の高線量の汚染物等からの放射線影響を遮へい出来る。
- ・穴には若干の汚染(オペフロ上にあるセシウム等を含むチリ・ホコリ)がある。

シールドプラグ周辺の構造と線量場

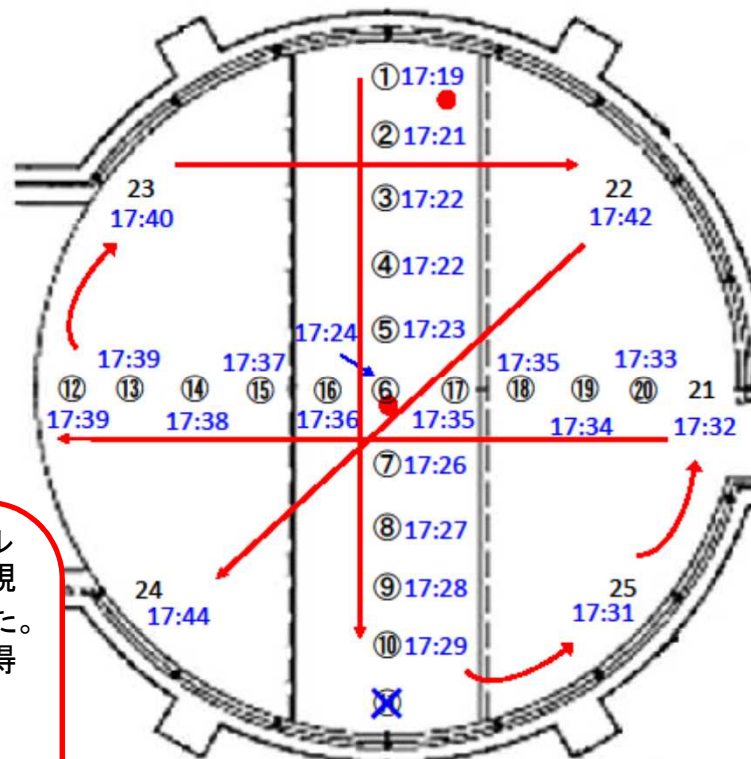


DSピット

シールドプラグ上の汚染状況把握

今回、シールドプラグ上の分布測定を実施。シールドプラグ上25cmにおける測定値について、東電、規制庁の検出器が同様の値を示すことが確認出来た。よって、これまで及び今後の東電の検出器により得られた情報も有効に活用出来るようになった。

一方、今回、シールドプラグの線量分布測定を東電及び規制庁側の検出器で実施したが、中央部での線量測定は成功したが、その後、記録装置バックアップ機を含め2機がメモリダウンし、分布情報を得ることが出来なかった。



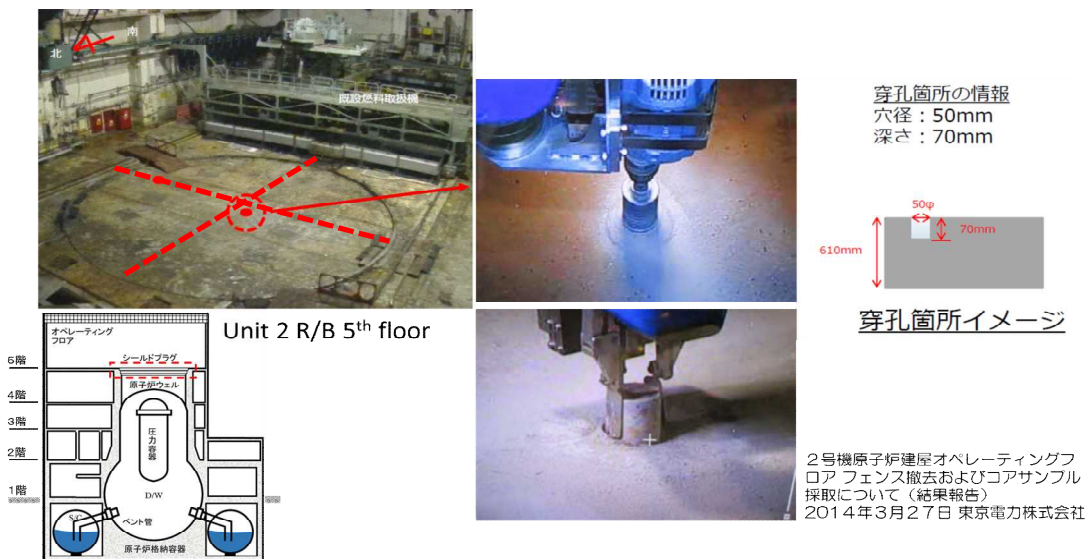
使用済
燃料
プール



今後の取り組みについて

シールドプラグ隙間に沈着しているCs-137放射能の総量を把握するためには、今回の測定でも見られたが、中央部と端部では汚染レベルに大きな違いも確認されており、測定箇所を増やし、汚染密度のばらつきに関する情報を得ることが必要であり、シールドプラグ表面での2~3 cm高さでの線量率分布が測定箇所選択に関する参考情報となる。

また、シールドプラグの隙間にはセシウムを含む汚染源となっている物質が付着、堆積していることから、この物質を採取し、放射能濃度や化学性状の情報を収集する。その情報から、事故当時、原子炉ウエルから放出されたセシウム等を含む蒸気のシールドプラグを通過する際のふるまいなどの把握に役立てる。



2号機シールドプラグ穴内での 線量当量率測定による シールドプラグ上段と中段の隙間の Cs-137汚染量測定方法の実証測定

2021年9月14日

原子力規制庁

平山英夫

シールドプラグ内での線量当量率によるシールドプラグ上段と中段の隙間のCs-137放射能推定法

- オペレーションフロア(以下、「オペフロ」という。)の床、壁及び天井の汚染の影響を受けずに、シールドプラグの上段と中段の隙間に大量に沈着していると推定されているCs-137の放射能を推定する手法
 - シールドプラグに穴を開け、開けた穴内に線量計を挿入して線量当量率を測定する
 - 穴内部では、床等のオペフロ内部の汚染からの γ 線は、コンクリートを透過する事になり、測定点から離れた位置ほど透過するコンクリートの距離が長くなるので、線量当量率に寄与する領域が限定される
 - シールドプラグ隙間の汚染からの寄与は、穴の深さだけ測定点に到達する前に透過するコンクリートの距離が短くなるので、線量当量率への寄与が増える
 - 床等の汚染密度に比べて、シールドプラグの上段と中段の隙間の汚染密度が非常に高い場合には、穴の内部では床等の汚染の寄与が無視できるレベルとなる可能性が高い

シールドプラグ隙間全体の汚染量

- 本手法でシールドプラグの隙間全体での汚染量を推定するには、シールドプラグ隙間の汚染のばらつきを「把握」し、適切な場所に新たなドリリングを行なって汚染密度とそのばらつきを測定することが必要
 - 床面近く(2-3 cm)で周辺線量当量率を測定すれば、穴内部の測定に寄与している領域に近い領域の情報が得られるので、新たなドリリング場所の選定のための情報として活用できる
 - 床表面の汚染の影響があるので、あくまで目安
 - これまで150 cm高さでの測定で使用してきた線量計が良い
- 床・壁・天井の汚染の影響評価が難しいが、シールドプラグ隙間の大部分の状況を反映することから、1.5 m高さでの測定に基づく推定が参考になる

まとめ

- 過去にIRIDが放射能分析のために採取したコア試料の後の穴(直径5 cm で深さ7 cm)を用いた実証測定で手法の妥当性を実証することができた
 - 穴内部の線量当量率分布が計算値と良く一致
 - 床からの距離が1 cm 増えると大凡10% 線量当量率が増加
 - この傾向は、シールドプラグ隙間の汚染が線源であることを示している
 - 限られた測定点ではあるが、3号機の5か所の測定点で得られた汚染密度より高い汚染密度が測定された
 - 2号機では、3号機よりも多くのCs-137が沈着している可能性があることを示している
 - この手法により得られた結果は測定位置下部の隙間の半径50 cm の領域の汚染密度を反映している
 - 中央と東側で見られた約3倍の違いは、シールドプラグ隙間の汚染密度のばらつきを反映したものと考えられる
 - シールドプラグ全体では、汚染密度のばらつきは更に大きい可能性がある
- シールドプラグの隙間全体の汚染量を求めるには、隙間の汚染密度のばらつきを反映した適切な場所で新たなドリリングを行い測定することが必要
 - ドリリング場所の選定では、シールドプラグ表面での1.8 cm高さでの線量率が、シールドプラグ隙間の大凡半径50 cm の領域の汚染状態を反映しているため、表面近くの線量率分布が参考になる

今後の調査・分析について

2021年9月14日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

(1) 可燃性ガス関係

【予備実験】

①ケーブル等の加熱実験 ……可燃性ガスの発生源・発生物を確認

(2) 水素燃焼関係

【予備実験】

②水素の燃焼実験 ……水素濃度（4wt%～10wt%等）の燃焼挙動を確認

(3) 可燃性ガス混合気体の燃焼関係

【模擬実験】

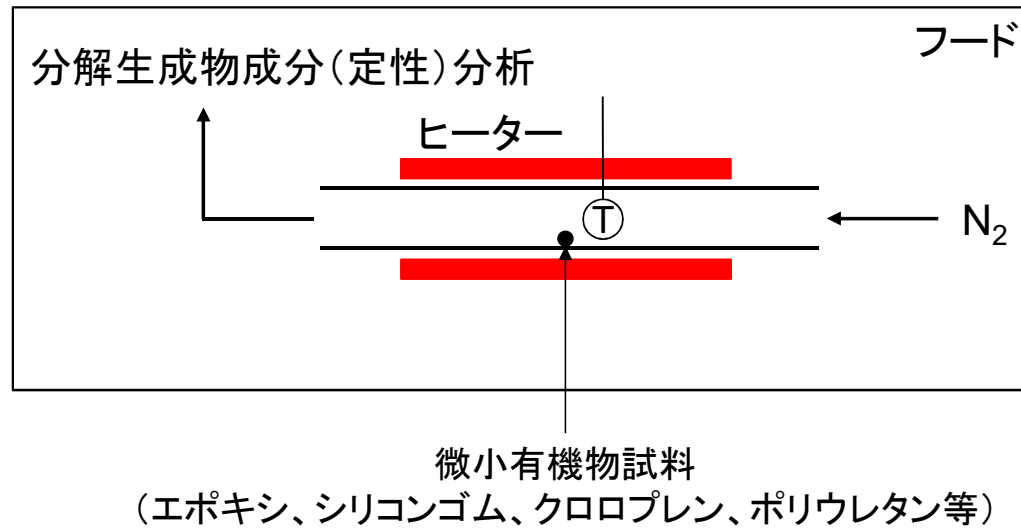
③混合気体の燃焼実験 ……水素－水蒸気－可燃性ガス－空気の混合気体の
燃焼時の挙動を確認

(1) 可燃性ガス関係

【予備実験】

- ① ケーブル等の加熱実験・・・可燃性ガスの発生源・発生物を確認

ケーブル等の加熱実験の概念



- 小規模、短期間での定性分析を想定
- N₂雰囲気 (SA時は放射線場のN₂、H₂O、H₂を主とした雰囲気)
- 温度は500°C〜くらい
- 発生気体成分が不明のため、少量の試料を想定

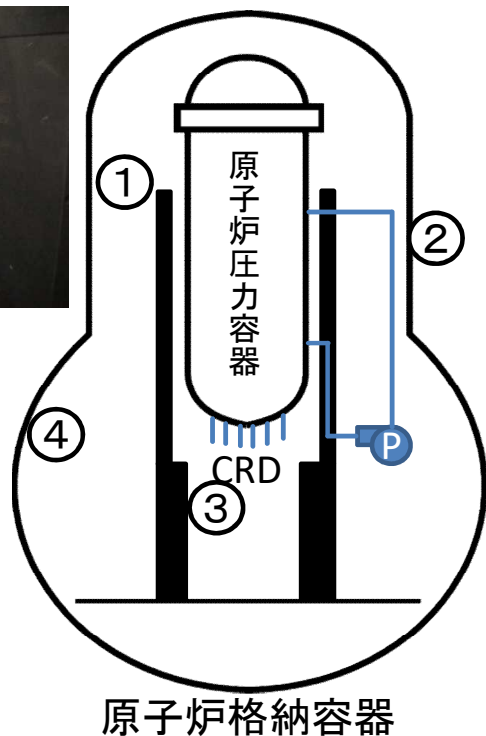
加熱試料の検討

- 可燃性有機化合物の発生源となる物質(ケーブルや塗料、保温材など)は何か。(予備実験の対象試料は何か適切か)
- 想定される温度環境はどれくらいか。(予備実験での加熱温度は何度くらいか)
- 加熱による発生気体の成分、量はどれくらいか。



保温材・断熱材

塗料



保温材(配管)

写真は、5号機原子炉格納容器内
2021年8月27日原子力規制庁撮影

可燃性有機化合物の発生源
となると考えられる物質

- ① 保温材・断熱材
- ② 保温材(配管)
- ③ 制御棒駆動機構(CRD)
制御ケーブル、電源ケーブル
- ④ 塗料 等

想定される温度環境

・PCV内の部位による温度環境
に差があるか。



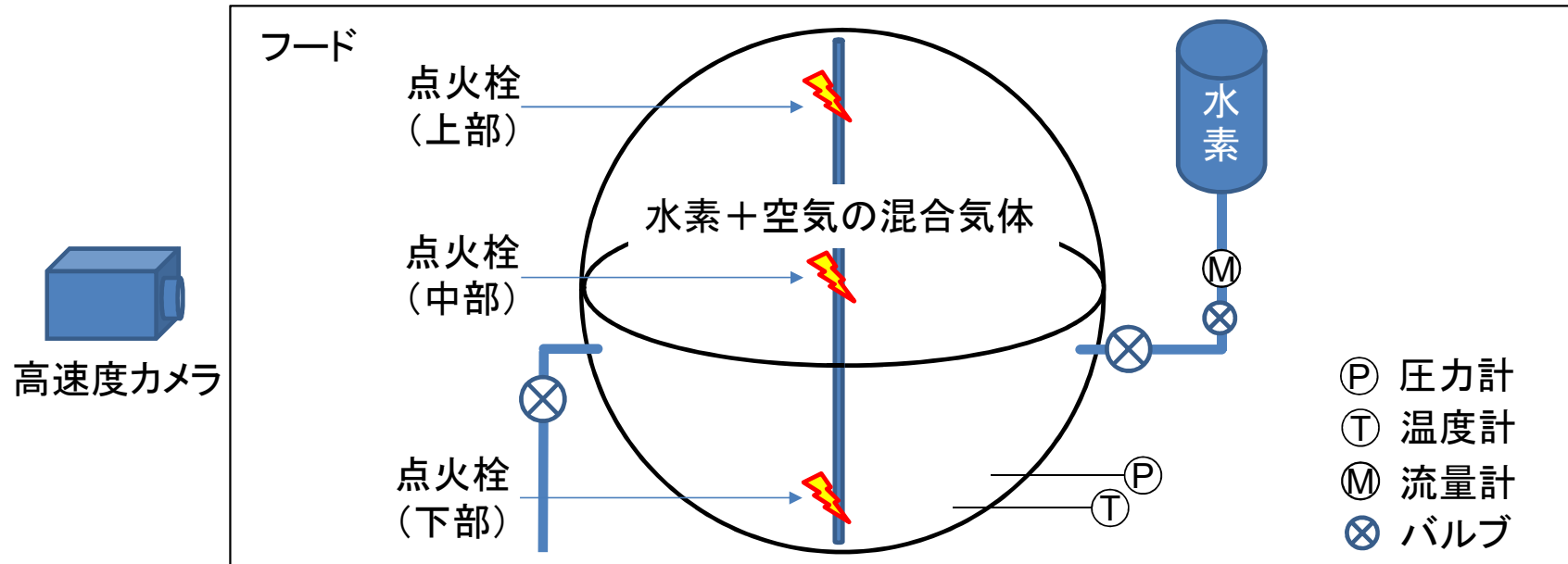
原子炉格納容器内の物質総量や化学成分、
想定される温度環境の情報が必要

(2) 水素燃焼関係

【予備実験】

②水素の燃焼実験・・・水素濃度（4wt%～10wt%等）の燃焼挙動を
確認

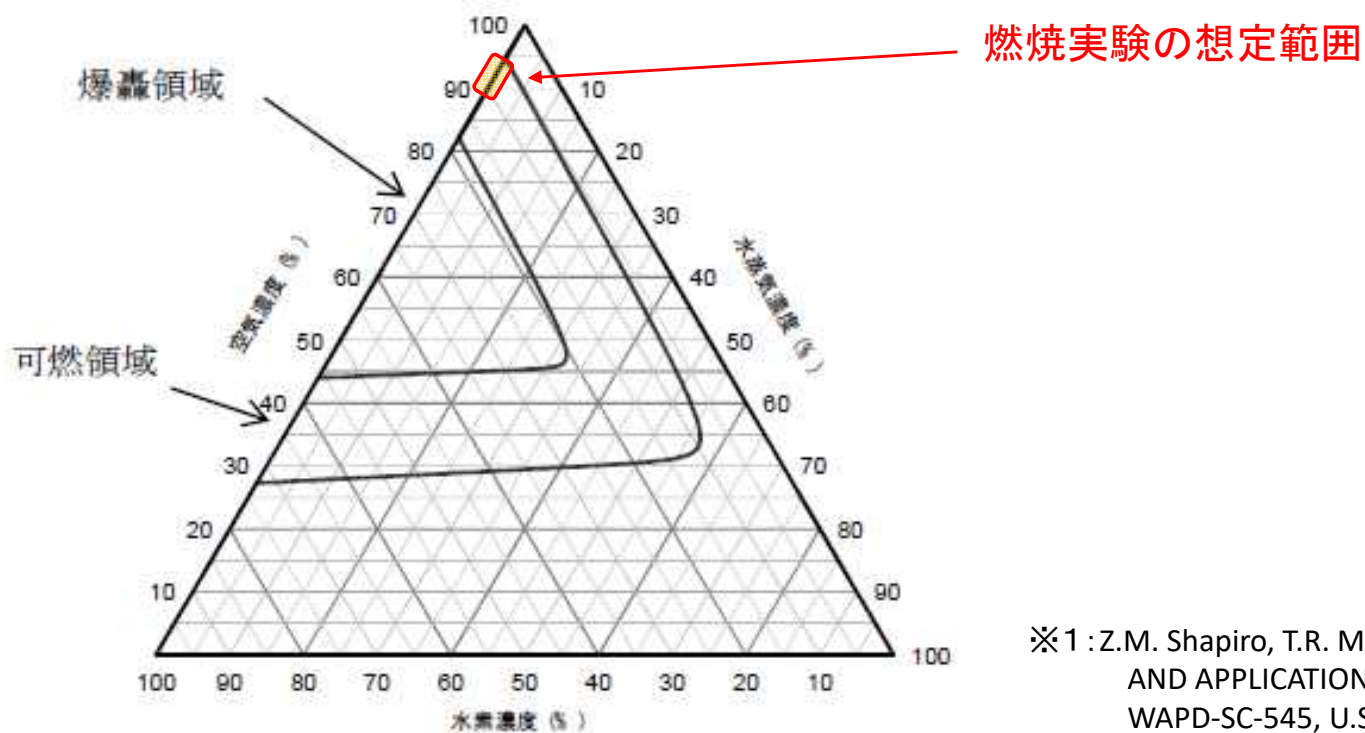
水素の燃焼実験の概念



- 水素 + 空気の混合気体を想定
- 水素濃度 (4wt% ~ 10wt% 等) による着火時の燃焼状態 (完全燃焼、未燃焼分の有無等) や燃焼による圧力上昇を確認
- 点火位置 (上部、中部、下部) の違いによる着火時の燃焼状態の差を確認
- 水素濃度による燃焼後の未燃焼状態 (残留水素量等) を確認

水素濃度の検討

- 水素＋空気の混合気体として、水素濃度の影響を確認する。
- 水素濃度は可燃領域を中心として、4%～10%の範囲を想定。
- 燃焼試験の温度条件の設定は適当か。



空気、水素、水蒸気の3元図※1

※1 : Z.M. Shapiro, T.R. Moffette, "HYDROGEN FLAMMABILITY DATA AND APPLICATION TO PWR LOSS-OF-COOLANT ACCIDENT", WAPD-SC-545, U.S. Atomic Energy Commission, Pittsburgh, PA, 1957, 13 pp.

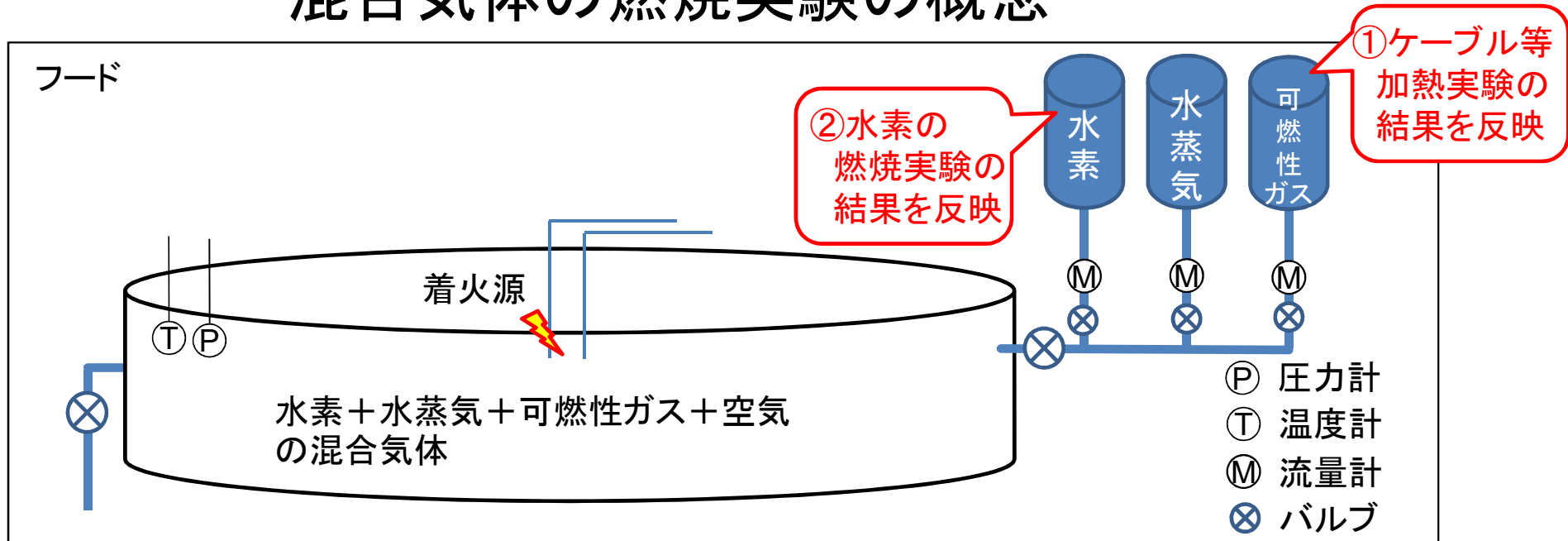
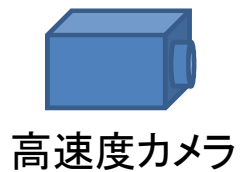
の論文の図を元に作図したもの

(3) 可燃性ガス混合気体の燃焼関係

【模擬実験】

- ③混合気体の燃焼実験 ……水素－水蒸気－可燃性ガス－空気の
混合気体の燃焼時の挙動を確認

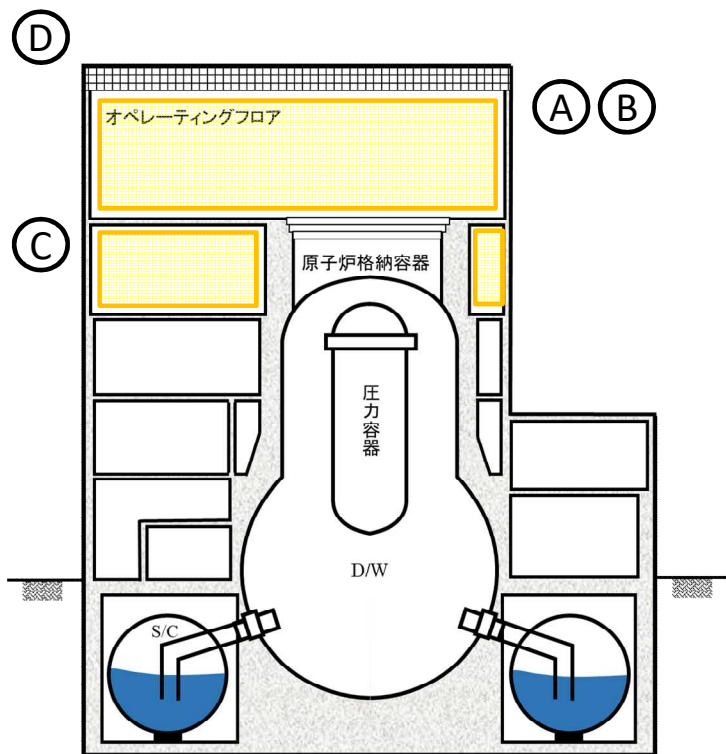
混合気体の燃焼実験の概念



- 水素 + 水蒸気 + 可燃性ガス + 空気の混合気体を想定
- 着火時の火炎の炎色や輝度、煙の発生(有無や色)等を確認
- 燃焼による圧力の増減等を確認
- 各気体の濃度、温度条件等による影響(火炎、煙、不完全燃焼の有無)を確認
- 可燃性ガスの成分等による影響の検討

燃焼試料の検討

- 水素＋水蒸気＋可燃性ガス＋空気の混合気体の各気体の濃度、均質性の設定は適当か。
- 可燃性ガスについては、ケーブル等の加熱試験による分解生成物を参考とする。
- 燃焼試験の温度条件の設定は適当か。



混合気体(燃焼試料)の想定

- ① 混合気体にはどのような気体が含まれるか
- ② 気体濃度、均質か不均質か
- ③ フロアによる混合気体の差はあるか
- ④ 温度条件はあるか 等。

現地調査の実施状況について

2021年9月14日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

- (1) 2号機シールドプラグ調査について
(2021年8月5日、8月26,27日、9月9日)
- (2) 2号機タービン建屋内調査について
(2021年7月29,30日、8月6日)
- (3) 4号機原子炉建屋内調査について
(2021年7月20,21日)

(3) 4号機原子炉建屋内調査について
(2021年7月20,21日)

(3) 4号機原子炉建屋内調査の実施概要

(1) 目的

これまでの現地調査等において、4号機原子炉建屋については、4階を中心に3Dレーザースキャナーによる測定を実施してきた。その結果、天井部や梁の詳細なデータの蓄積が進みつつある。

今回、同一箇所に対して、定期的な測定を実施することにより、経年変化の状況を把握し、今後の事故分析に活用するため、4号機原子炉建屋4階に3Dレーザースキャナーの測定基準点を設ける作業等を行った。作業にあたっては、東京電力ホールディングス株式会社(以下「東京電力」という。)の廃炉作業等への影響を避けるため、東京電力の協力のもと原子力規制庁職員が行った。また、4号機原子炉建屋4階西側の差圧調整ダクト及び空気作動弁の作動状態の再調査を行った。

(2) 場所

①4号機原子炉建屋4階(現地調査日:2021年7月20日、21日)

(3) 4号機原子炉建屋内調査の実施概要

(3) 調査日

2021年7月20日、21日

(4) 調査実施者

2021年7月20日 原子力規制庁職員 3名※

2021年7月21日 原子力規制庁職員 3名

※東電職員2名同行。

(5) 被ばく線量

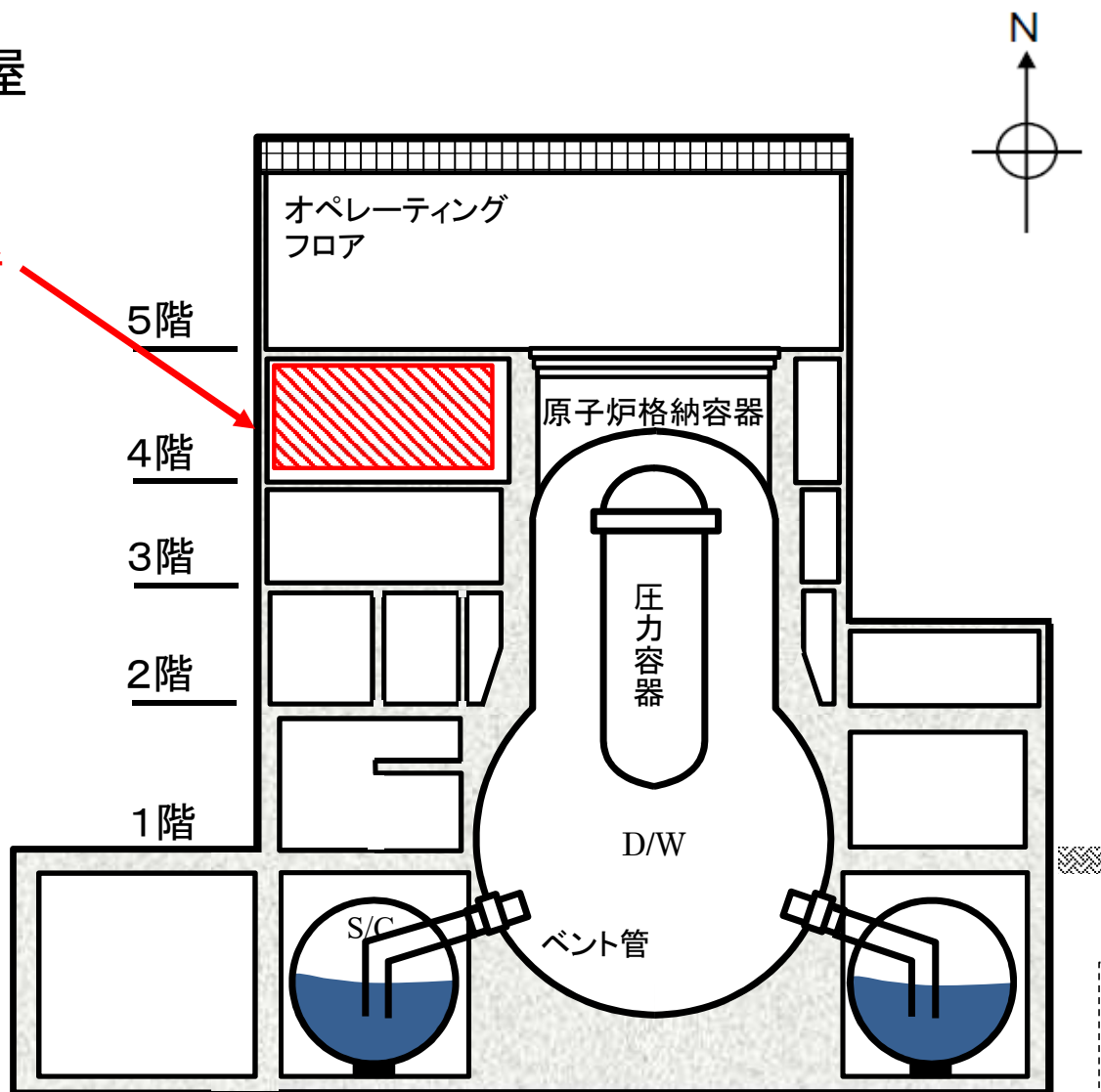
2021年7月20日 最大:0.1 mSv、最小:0.08 mSv

2021年7月21日 最大:0.35 mSv、最小:0.05 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(同日に複数の調査を実施した場合は、他の調査による被ばく線量との合算値)として示した。

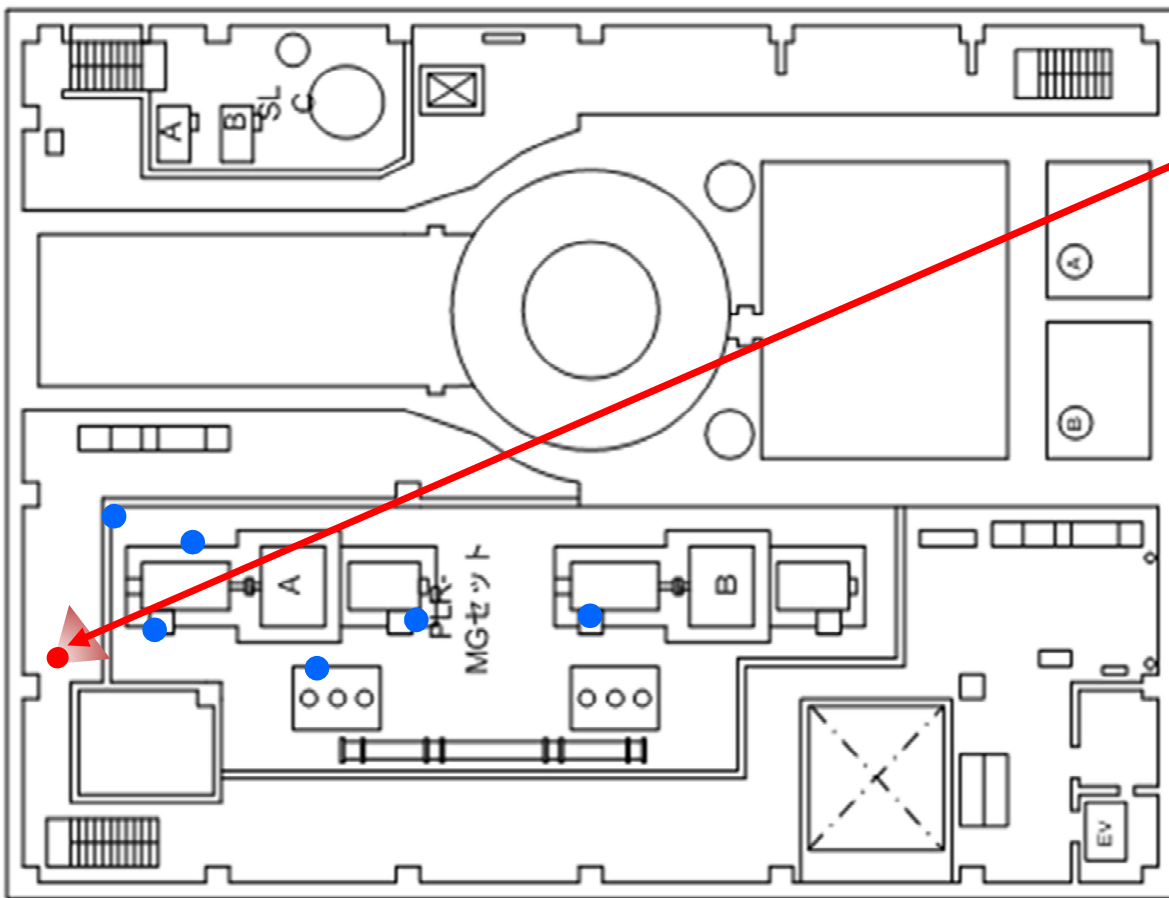
○4号機原子炉建屋
(東西断面)

現地調査箇所



東京電力「福島第一原子力発電所
原子炉設置変更許可申請書」
(平成15年6月現在)を基に作成

4号機原子炉建屋4階(平面図)



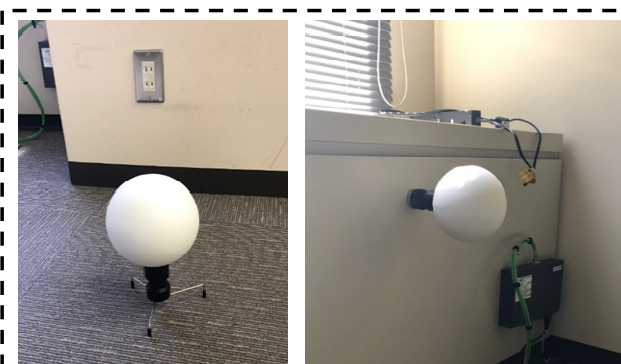
図面は、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第10回会合資料3より抜粋、一部加工

● : 測定基準点 (2021年7月20日設置)

測定基準点を設置し、定期的な測定を実施予定。



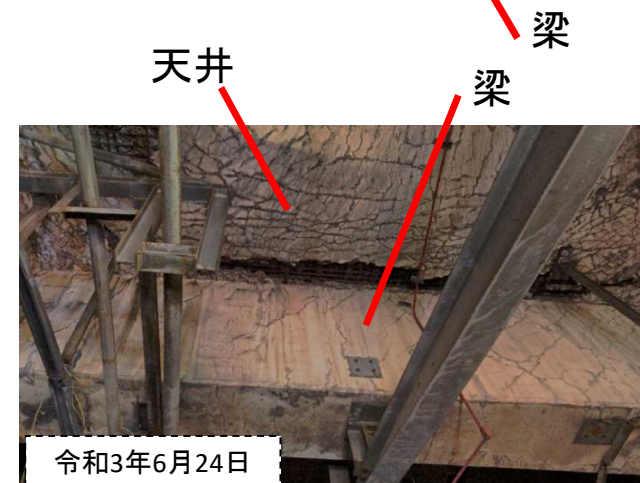
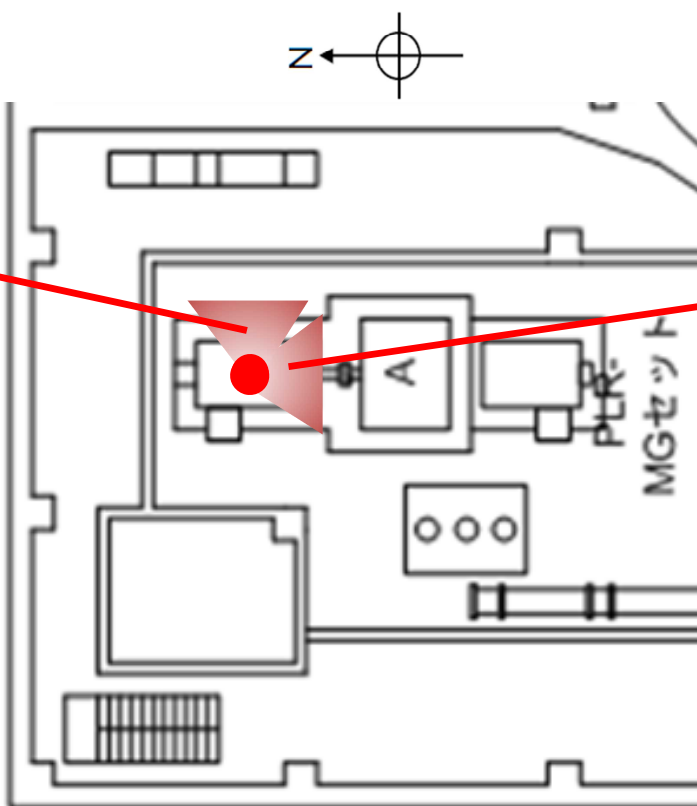
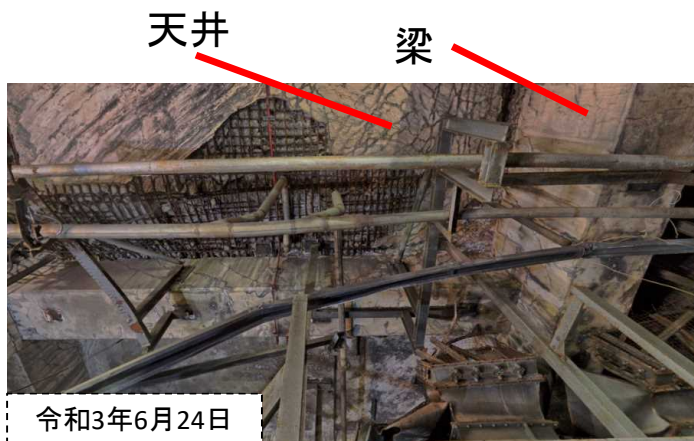
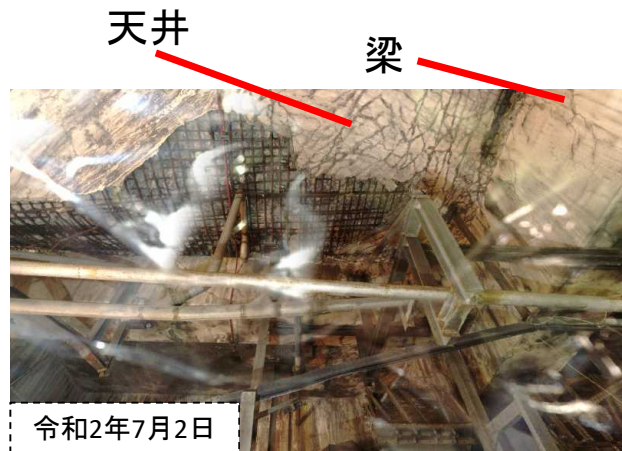
2021年7月20日原子力規制庁撮影



3Dレーザースキャナーのターゲット球
測定基準点として、3Dレーザースキャナーのターゲット球を設置。

4号機原子炉建屋4階の状況(北西側天井付近(画像))

【参考】



写真は、いずれも原子力規制庁撮影

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21回会合資料3-1より抜粋、一部加工