

## 2号機シールドプラグの汚染状況について

- i. 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23回会合  
資料3 - 1「現地調査の実施状況について（2号機シールドプラグ調査（2021年10月7日）について）」
- ii. 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22回会合  
追加説明資料「2号機シールドプラグの汚染状況の把握について」
- iii. 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22回会合  
資料3 - 3（修正版）「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」

1. これまでの調査により、シールドプラグ上段と中段の隙間に大量のCs-137が沈着していることは確定。
2. さらに9月9日のボーリング孔内の線量調査での2か所の測定(中央及び東側)による領域(直径1m円内)の汚染密度は、隙間の汚染が均一の濃度で分布していると仮定した濃度に比べて、中央で約10倍、東側で約3倍高い状況であった。隙間の汚染は相当の濃淡の分布が存在すると強く推定された。
3. 上記の考察を踏まえ、10月7日での測定では、シールドプラグ上の $\gamma$ 線分布(表面上3cm程度で出来るだけ測定位置に対する近傍の汚染影響を受けない位置)を細かく測定し、汚染の濃淡分布を把握した。また、検出器を表面に近接させることでシールドプラグの溝(中央縦2箇所及び円周部)からの寄与の測定を試みた。(蒸気の経路として想定。)
4. シールドプラグ上面の表面汚染が実質的に大きな影響を与えるレベルではないことは、これまでの測定で確認してきたが、一定の影響はある。さらに、散乱線の回り込みなどの効果もある程度はありと考えられる。このため、前回のボーリング孔よりも少し深いボーリング孔を一定の考えのもとに十数個穿孔し、追加測定を行うことが重要である。
5. なお、本調査は次第に事故分析の側面から廃炉実施のための情報収集の側面に移ってきており、この目的のために必要な調査の内容充実やスケジュール検討は、今後、廃炉関係者を中心に行われることを期待している。

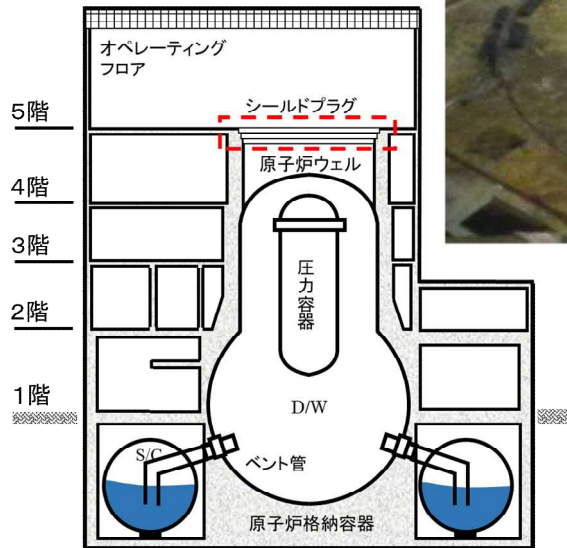
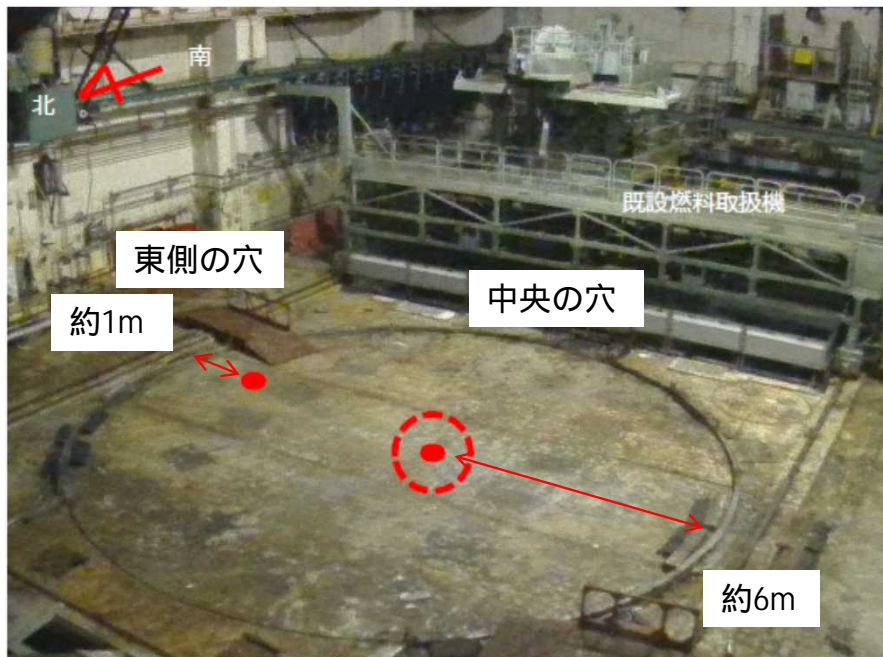
# 現地調査の実施状況について

(2号機シールドプラグ調査(2021年10月7日)について)

2021年10月19日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

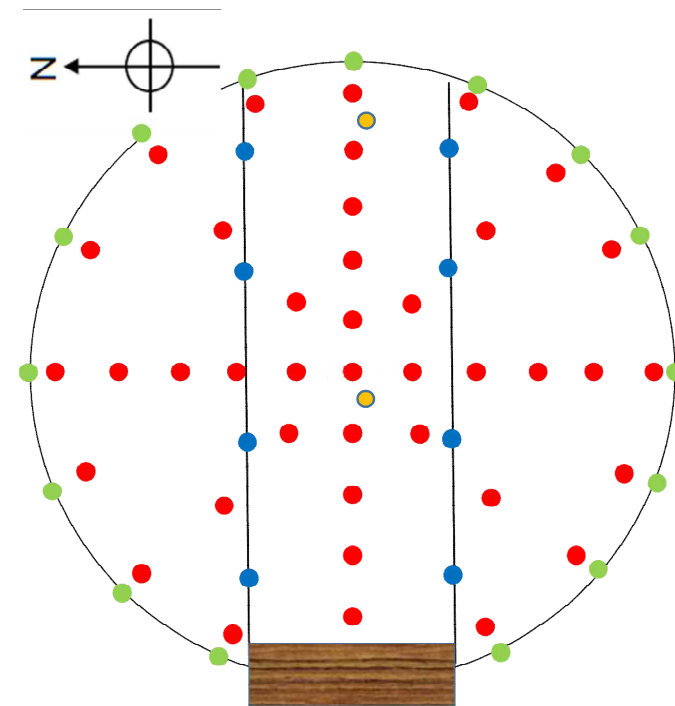
## 2号機シールドプラグ上面の線量率測定点



2号機原子炉建屋

既存穿孔箇所配置 ●: 既存穿孔箇所

シールドプラグ上の $\gamma$ 線分布  
(表面上3cm程度の位置)を測定



- : シールドプラグ上の測定点 (40箇所)
- : シールドプラグとオペフロの隙間上の測定点 (15箇所)
- : シールドプラグ1層目の継ぎ目上の測定点 (8箇所)
- : シールドプラグ既存穿孔箇所 (2箇所)

## シールドプラグ周辺の構造と線量場

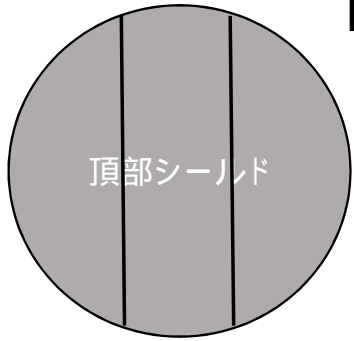
1. 2号機ではコリメータ付きγ線線量計の測定からは、1.5 m での周辺線量当量率からは100 PBq程度、0.3mでの測定で隙間全体で40PBq程度の汚染量が算定されている。(オペフロ表面の線量調査)しかし、本手法はいずれも、オペフロ床面の影響を除外しなければならないという不確かさがある。
2. 1. 手法の不確かさを低減するために、シールドプラグ上の表面汚染とその他の表面汚染の状況を、周辺のBGの影響を受けにくいセシウム137由来のβ線を計測し、全体の床面において大きく変わらないことを確認した。(平均で30mSV/h程度)また、シールドプラグ上のガンマ線も他の部分に比べて高く、シールドプラグ下部隙間からの寄与であることを確認した。
3. シールドプラグ上段と中段の隙間に大量のCs-137が沈着していることは確定。(ボーリング孔内の線量調査)
4. 3. での2か所の測定(中央及び東側)による領域(隙間1mφ円内)の汚染密度は、隙間の汚染が均一の濃度で分布していると仮定した濃度に比べて、中央で約10倍、東側で約3倍高い状況であった。よって、1. で推定した汚染量が全体の汚染量とすると、隙間の汚染は相当の濃淡の分布が存在すると強く推定された。
5. 4. の考察を踏まえ、10月7日での測定では、シールドプラグ上のγ線分布(表面上3cm程度で出来るだけ測定位置に対する近傍の汚染影響を受けない位置)を細かく測定し、汚染の濃淡分布を把握する。(あくまで表面線量20~30mSv/hを超える箇所)今回、検出器を表面に近接させることでシールドプラグの溝(中央縦2箇所及び円周部)からの寄与を測定出来る可能性があることから測定を試みる。(下部からの蒸気の連通部を意識する)



今回の測定のターゲット

## 前回の調査

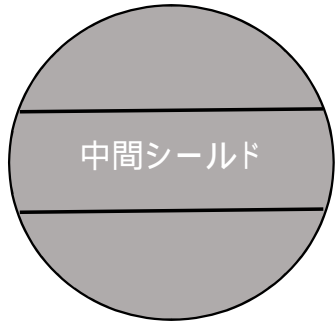
ボーリングした穿孔内の線量調査



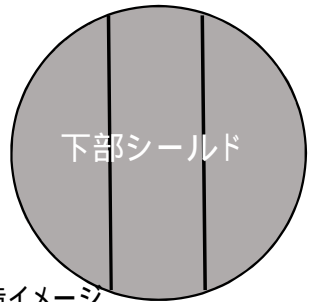
手法の特徴

- ・線源の具体的な位置の確認が可能
- ・汚染量の定量化に有利
- ・局所的にしかデータが得られない

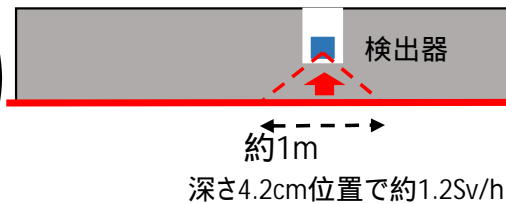
約12m



中央



構造イメージ

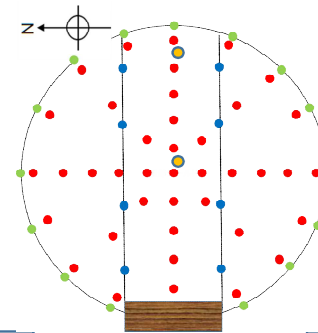


## 今回の測定

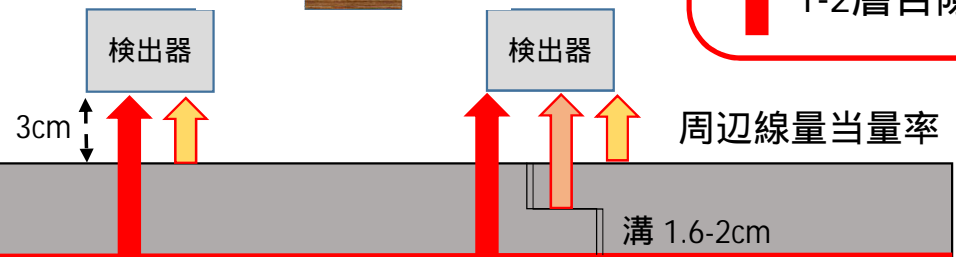
表面上(約3cm高さ)における線量調査

手法の特徴

- ・検出器を近接させることで背景の放射線影響を低減
- ・ローダー等を用いた広範囲でのデータ取得が可能
- ・分布、全体の大凡の汚染量の把握に有利
- ・表面汚染及び近傍瓦礫、溝部分の汚染の影響を受ける



- ↑ 表面 約30mSv/h
- ↑ 溝部分
- ↑ 1-2層目隙間

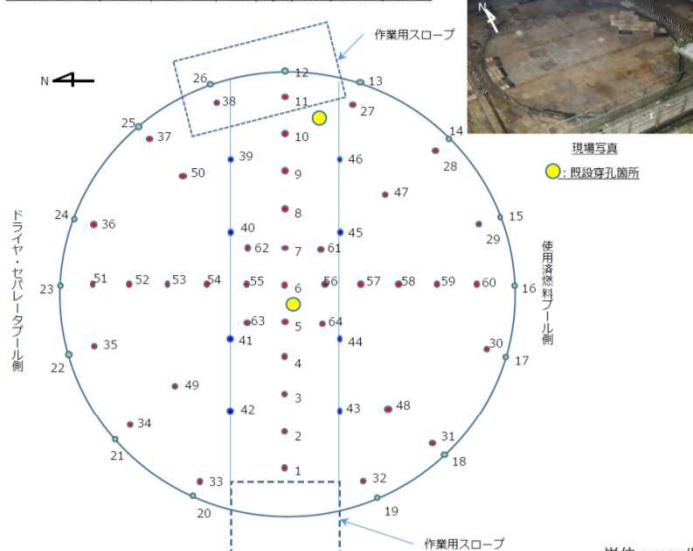




1F-2号機 オペフロ線量測定記録 (規制庁協働調査)

件名	1F-2 シールドプラグ表面線量測定	測定者	
測定日	2021/10/7	使用機器	Kobra, Packbot
計測器	PDR 3 03	操作者	

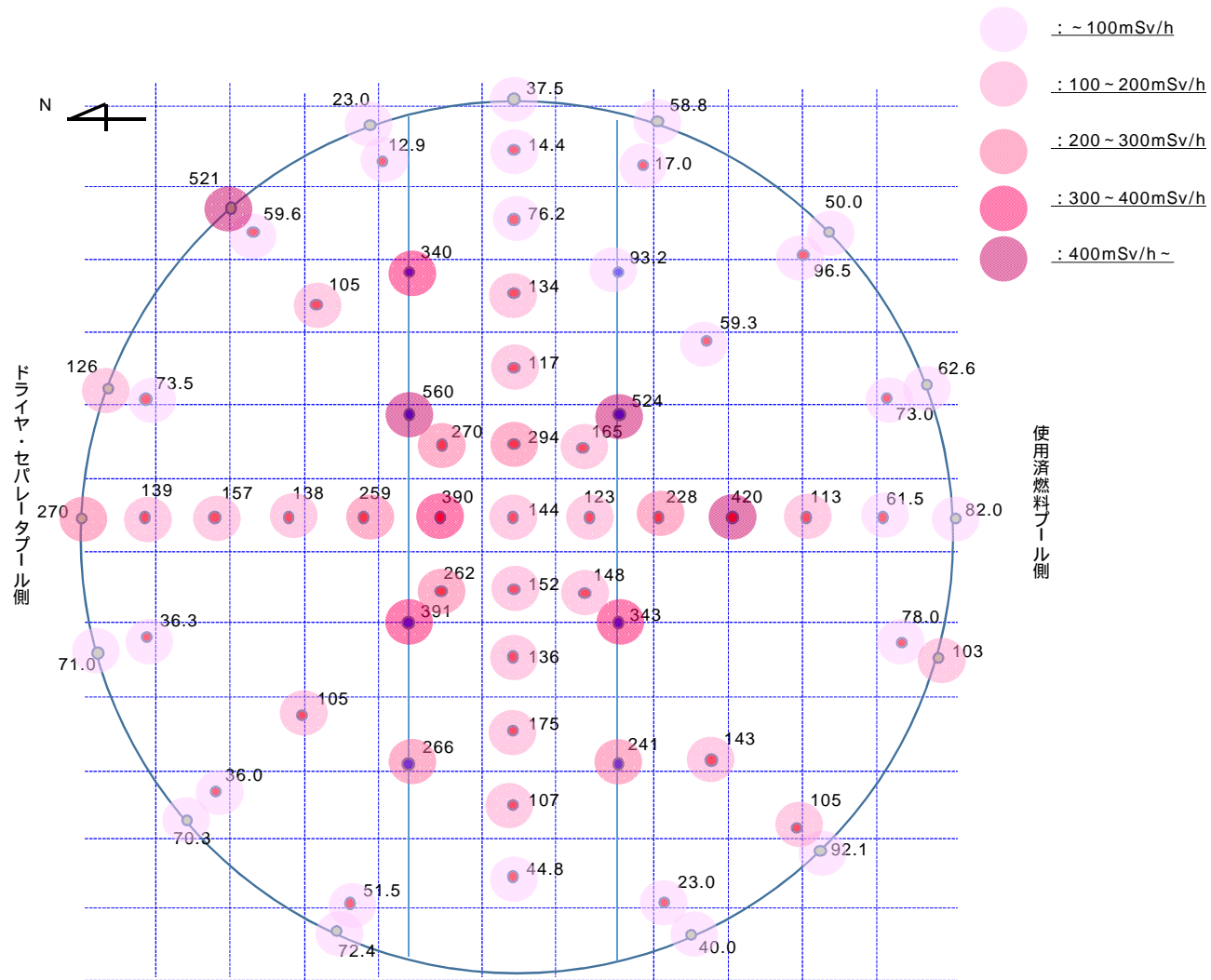
規制庁: 安井氏, 岩永氏, 上ノ内氏, 佐藤(匡)氏, 林氏, 松本氏, 黒川氏



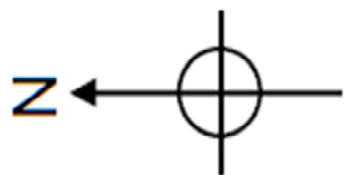
単位: msv/h

No.	測定値	No.	測定値	No.	測定値	No.	測定値	No.	測定値
1	44.8	16	82.0	31	105	46	93.2	61	165
2	107	17	103	32	23.0	47	59.3	62	270
3	175	18	92.1	33	51.5	48	143	63	262
4	136	19	40.0	34	36.0	49	105	64	148
5	152	20	72.4	35	36.3	50	105		
6	104,144※1	21	70.3	36	73.5	51	139		
7	294	22	71.0	37	59.6	52	157		
8	117	23	270	38	12.9	53	138		
9	134	24	126	39	340	54	259		
10	76.2	25	521※2	40	560	55	390		
11	14.4	26	23.0	41	391	56	123		
12	37.5	27	17.0	42	266	57	228		
13	58.8	28	96.5	43	241	58	420,385※3		
14	50.0	29	73.0	44	343	59	113		
15	62.6	30	78.0	45	524	60	61.5		

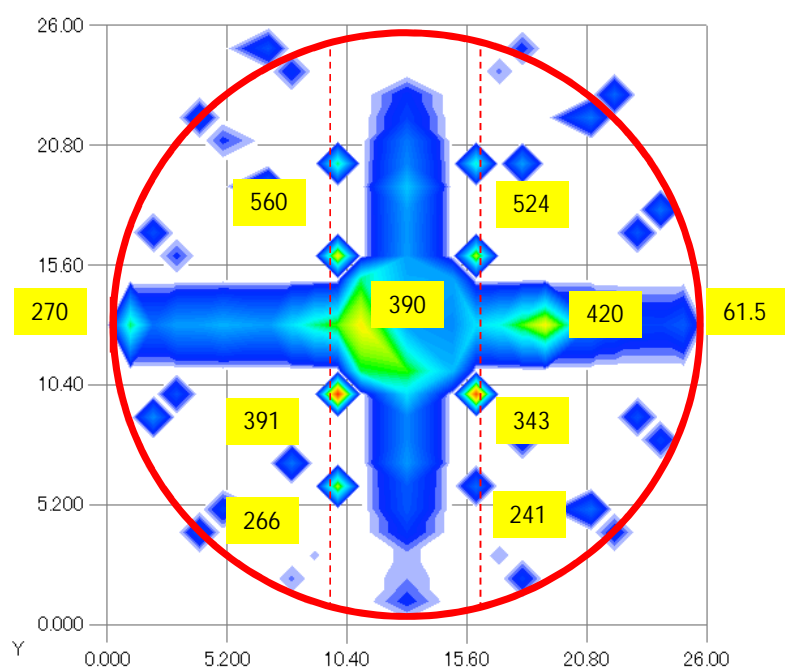
※1: 2回測定差実績 ※2: 近傍に残材あり。残材を避けた箇所で約70mSv/h ※3: 2回測定差実績



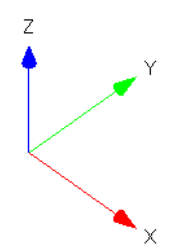
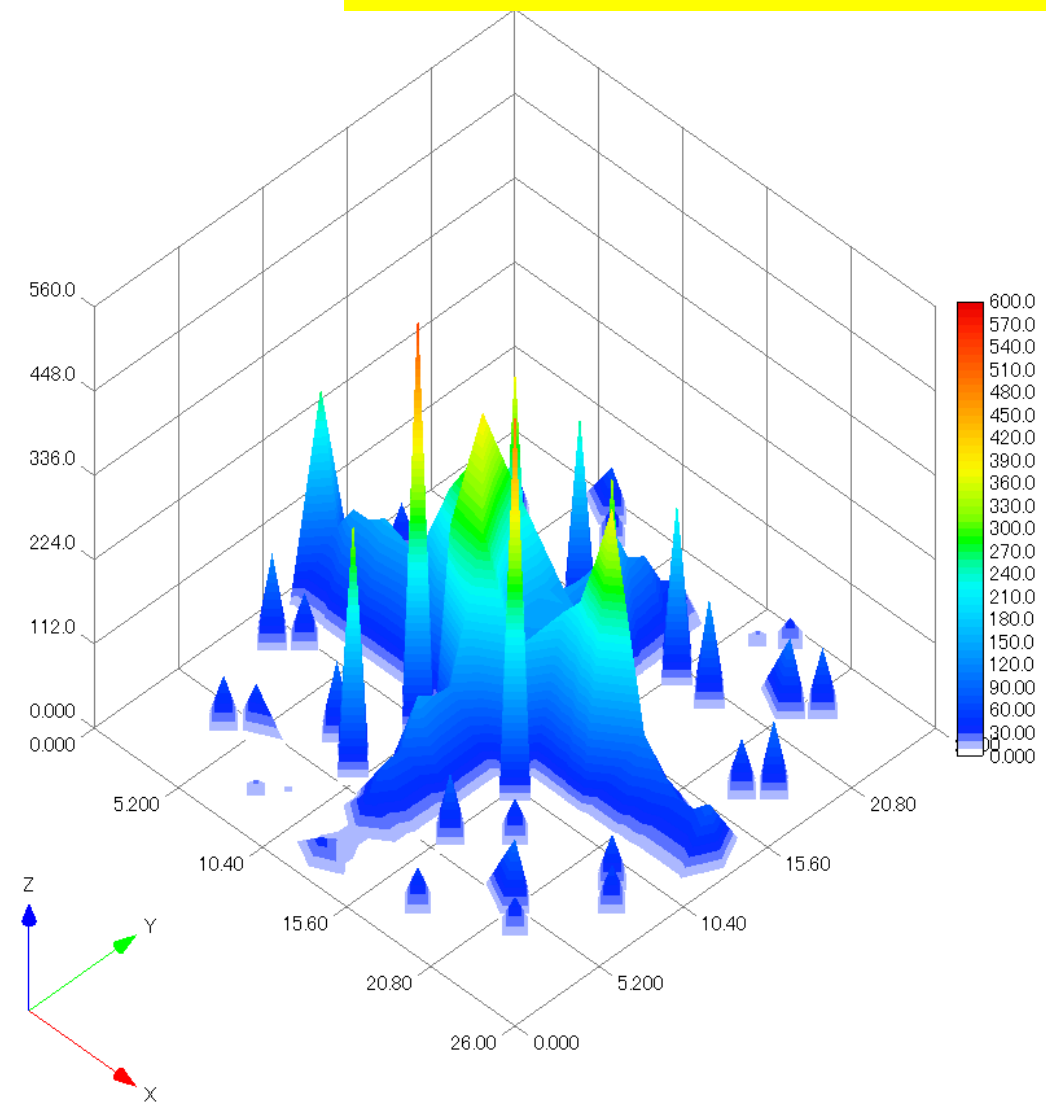
近傍に残材あり。残材を避けた箇所で約70mSv/h



シールドプラグ上の溝 (幅16-20mm) 単位mSv/h

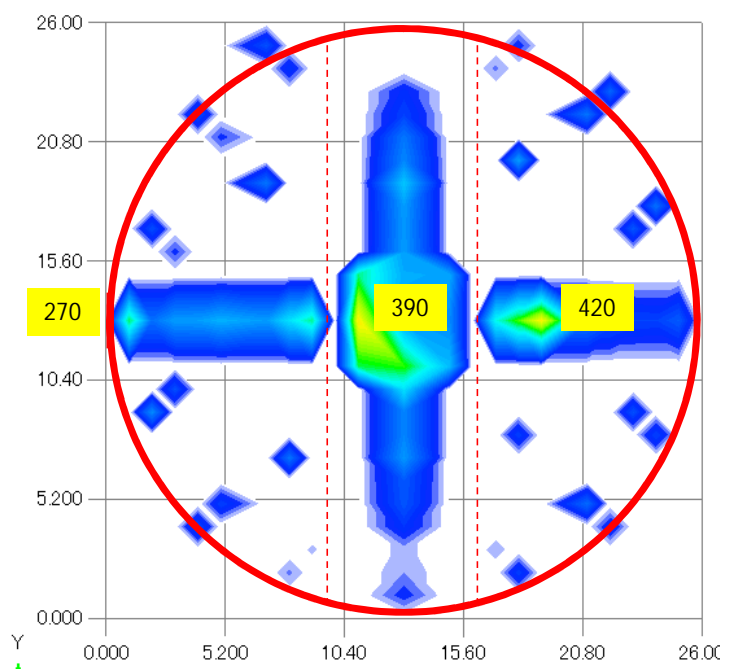
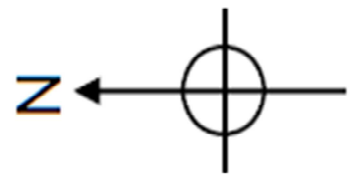


赤線は大凡のシールドプラグ及び溝の位置

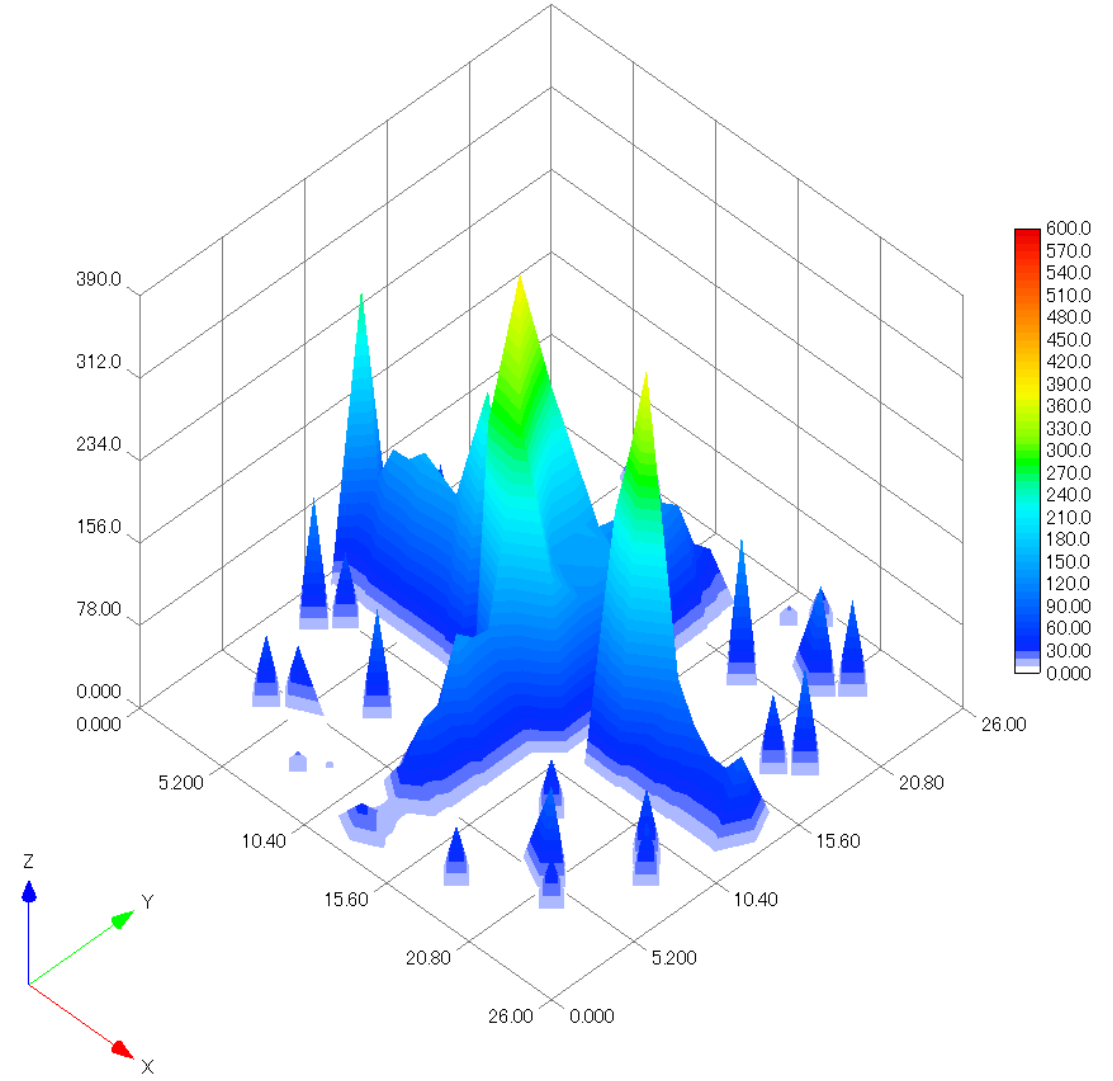
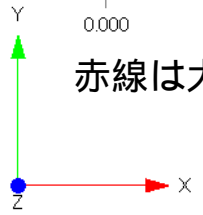




シールドプラグ上の溝データを除く 単位mSv/h



赤線は大凡のシールドプラグ及び溝の位置



# 測定結果について

得られた表面線量率分布から、以下のことが見てとれる。

- ・全体として中心部が高く、端に近づくに従い低くなる
- ・中心部においても、南北方向に高めの傾向があり、東西方向の端は南北方向の端より低い
- ・数値で見ると、12.9～420mSv/hの範囲で広がっている。

各測定点は、シールドプラグ下面直下の直径1m程度の円の汚染密度を反映していることから、できるだけ多くの穴内での測定が望まれる。仮に直径12mのシールドプラグ全体の分布を穿孔穴内の測定だけで評価するなら概算で144個以上の穴が必要となる。測定点は以下の2つの目的に応じて設定しており、それぞれの測定結果の解釈を以下にまとめる。

## (1) 新たな穿孔箇所を検討のための測定点と線量率の傾向

底部汚染の特定のために、プラグ外周隙間と分割部を除くシールドプラグ上の測定点41点を設定した。全体に中心付近(測定点No.7、62、63)が高く周辺が低い傾向であった。また、No55、58は周囲の傾向と異なり高い線量であった。両箇所とも表面線量が特異的に高くなるような要因は見受けられなかった。

## (2) 事故時セシウムを含む蒸気が通過した痕跡の検討のための測定点と線量率の傾向

事故時セシウムを含む蒸気が通過した痕跡の可能性のある測定点として、プラグ外周隙間15点と分割部の隙間8点を測定点を測定した。プラグ外周隙間部及び上段プラグ分割部の線量率は、近傍の表面より線量率が高く、特に上段プラグ分割部と中段プラグ以下の分割部が交差していると思われる4点は非常に高い線量率となっていた。

シールドプラグ分割部及び外周部の隙間部の底には汚染している砂状物質の存在が認められたが、砂状物質だけで測定された線量を説明することは困難であり、放射線ストリーミングや固着した汚染の影響も考えられる。

## 今後のシールドプラグ調査について

今回、表面線量率を測定したデータをもとに、新たな穿孔位置及びその穴内測定を組み合わせる汚染量および分布を評価する方法を以下に示す。

- ・今回の測定点の中から最大と最小の線量率範囲がカバーできる数点の測定点を選ぶ。(測定された線量の確認)
- ・その点を穿孔し、穴内線量率測定によりシールドプラグ下面の隙間の汚染量を評価する。(表面汚染との対応)
- ・その他の場所についてはこれらの相関を使って、汚量マップを作成し、汚染量総量を把握する。(汚染量の算定)

具体的には測定された線量率範囲を目安にし、南北と東西の汚染量分布、隙間以外でも特に高い2点(No.55, No.58)の直下の汚染量を得ることも考慮して、選定した測定点とその線量率を表に示す。また穿孔箇所(測定点位置と同じ)の案を図に示す。あと分割部の影響を調査も合わせて行う。赤

規制庁としては、上記の測定を実施することでシールドプラグの汚染量の特定及び分布、シールドプラグ分割部の隙間等をセシウム等を含む蒸気が通過することで生じた汚染のメカニズムを特定していく。

測定点	線量率(昇順) (mSv/h)
11	14.4
1	44.8
60	61.5
10	76.2
2	107
6	144
52	157
57	228
54	259
58	420
55	390

● 穿孔位置案 (= 表面線量率測定位置)

aa(bb) aa:測定点番号、bb:(線量率(mSv/h))

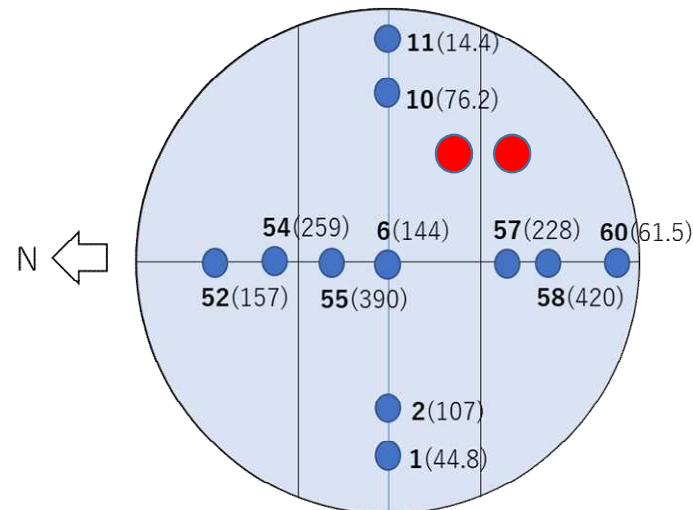


図 シールドプラグ穿孔箇所の最小数の案

## シールドプラグ周辺の構造と線量場の理解

天井

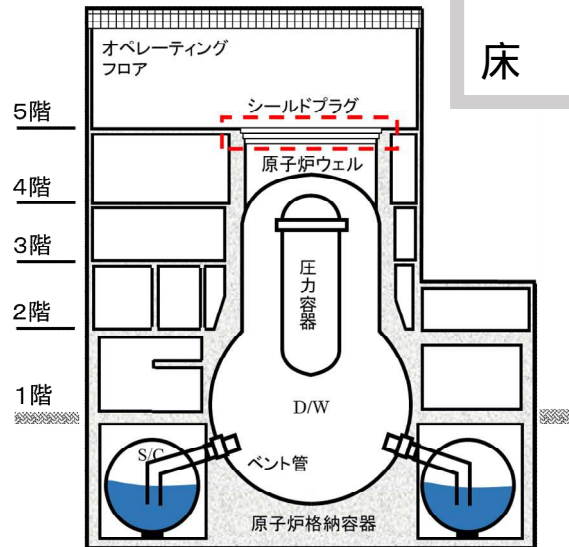
壁面

床

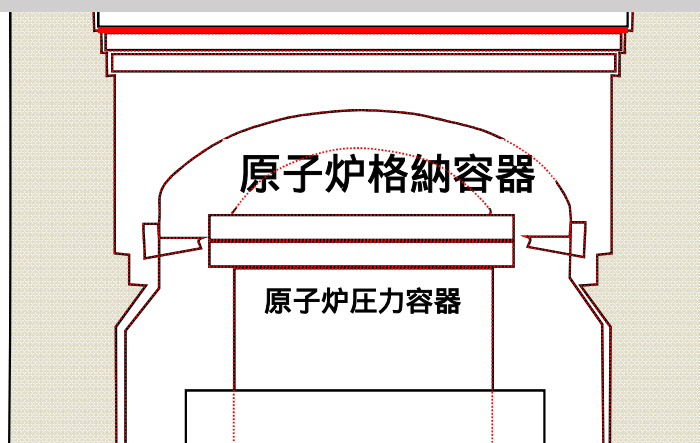
### 作業環境としての線量場の構築

- ・使用済燃料の取扱い
- ・燃料デブリ回収 etc

今後のあらゆる作業についてアクセス性を確保するための必須事項



2号機原子炉建屋



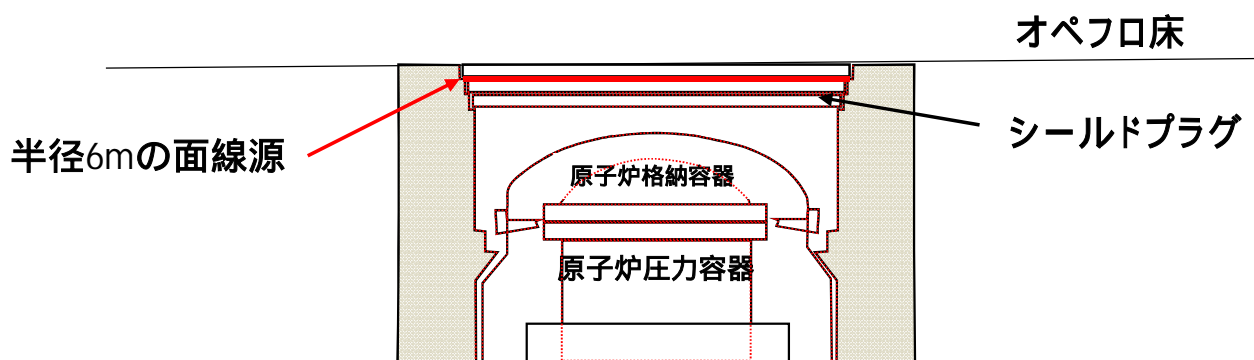
# 2号機シールドプラグの汚染状況の把握について

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

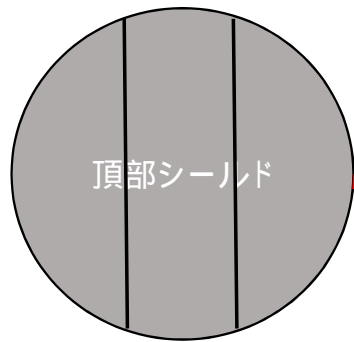
## シールドプラグ周辺の構造と線量場

- 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 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



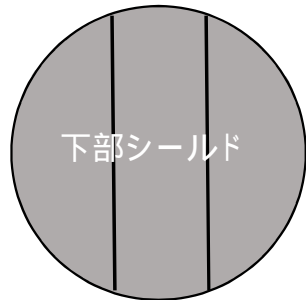
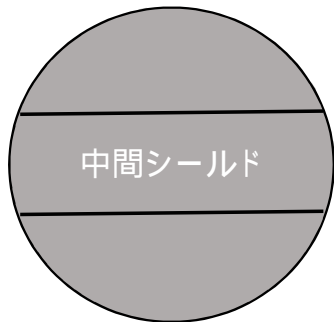


# シールドプラグ周辺の構造と線量場

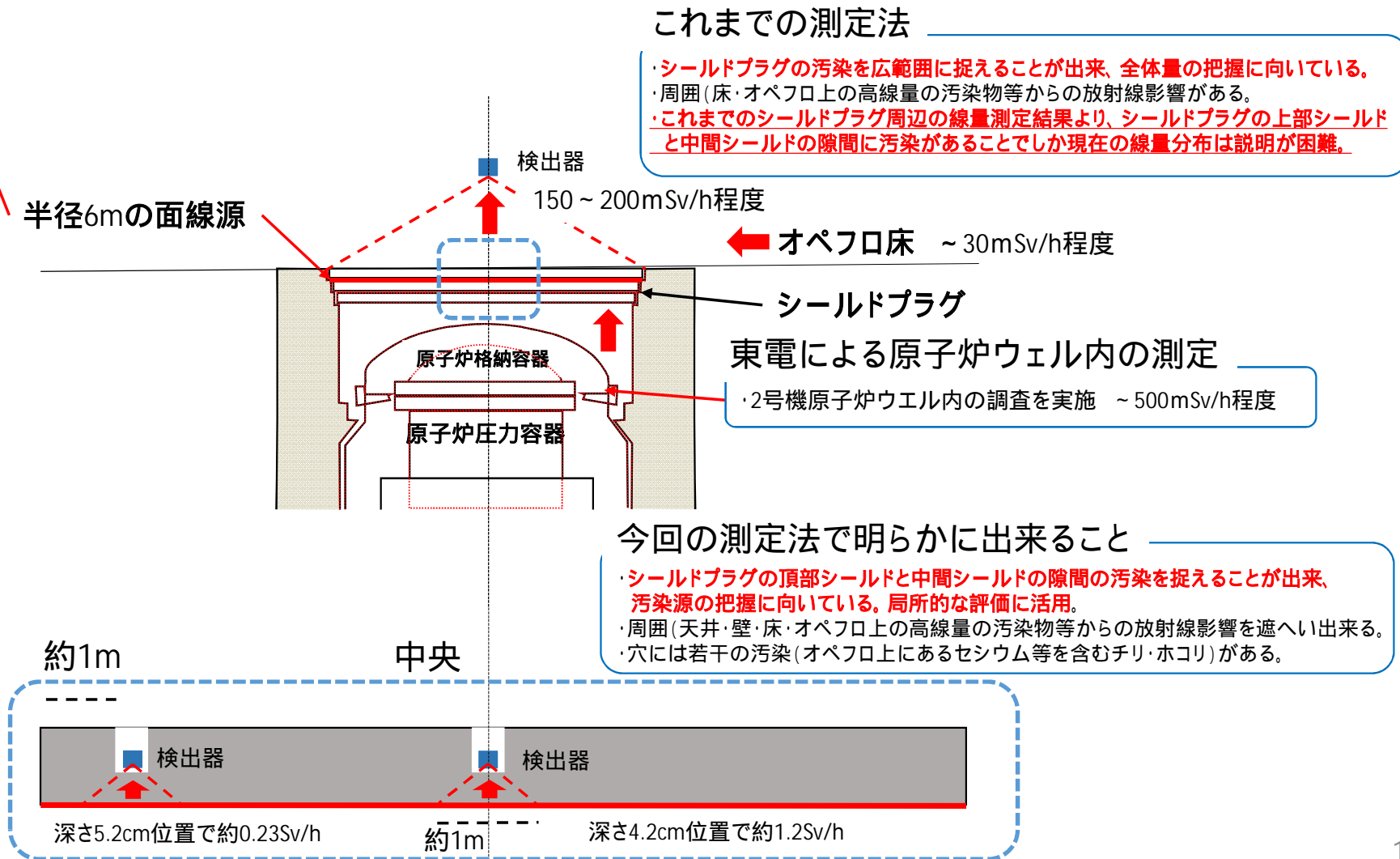


半径6mの面線源

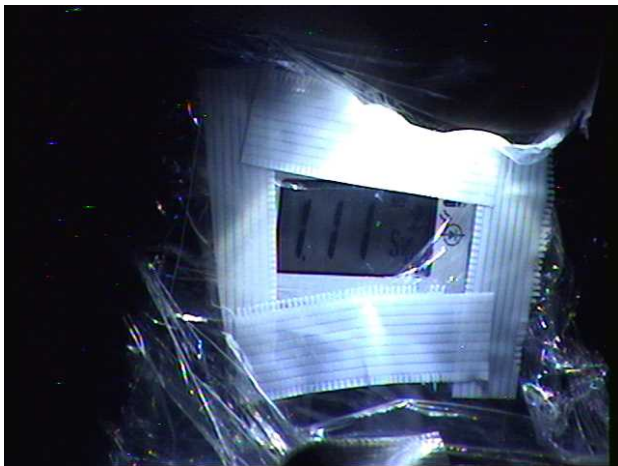
約12m



構造イメージ



# シールドプラグ周辺の構造と線量場

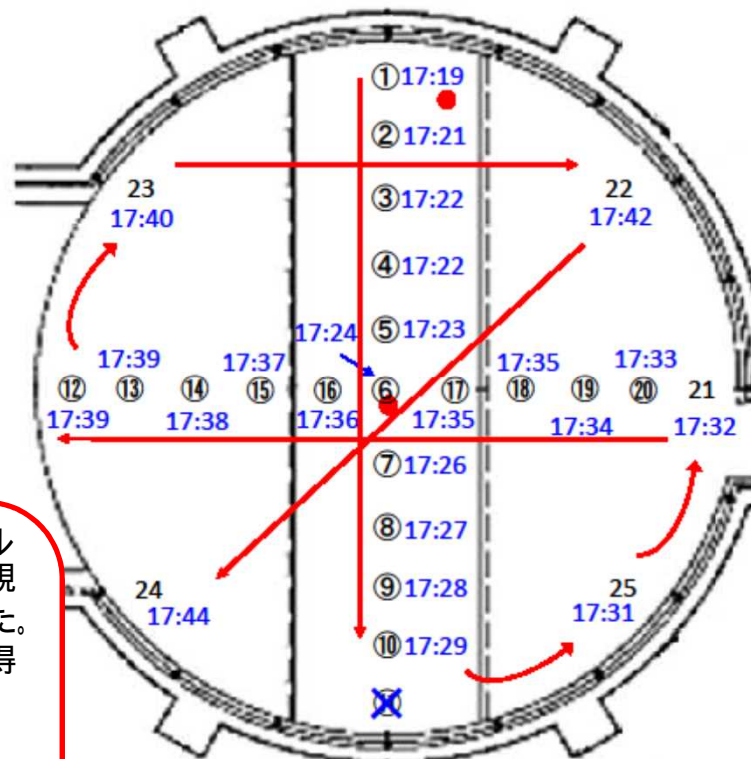


DSピット

## 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

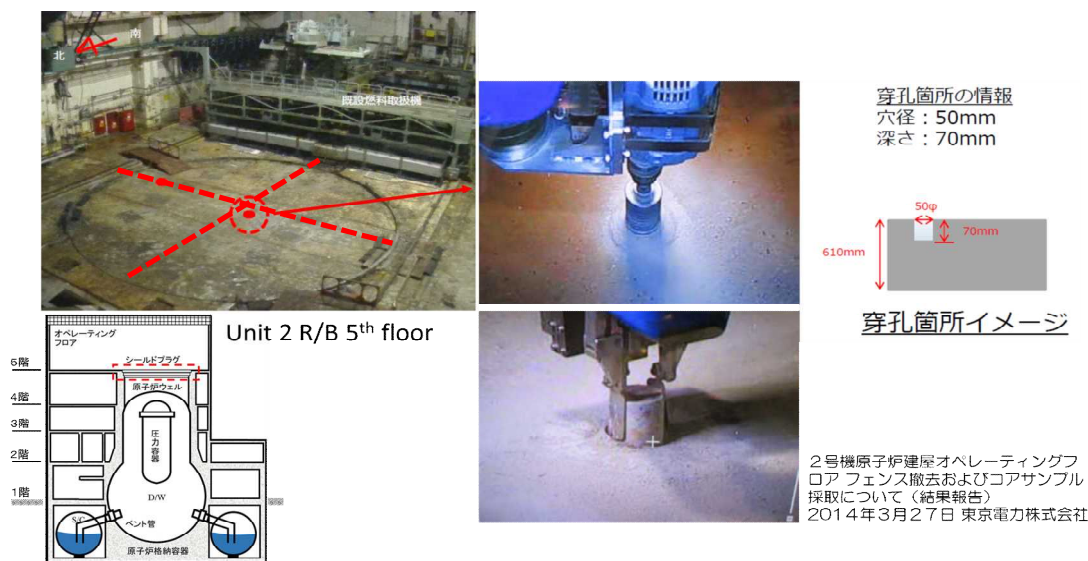


東京電力より提供された資料 2021年9月9日

## 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 $\gamma$ 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で良い
- 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