

2号機燃料取扱機操作室調査について

2022年9月29日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 背景および調査目的

背景

- 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、原子炉建屋内の事故の痕跡を留める場所については、事故時の情報が失われる前に先行して調査を行い、検討に役立てることを計画。

調査目的

- 2号機オペフロにある燃料取扱機操作室（FHM操作室）は2階の窓ガラスが破損しており、過去の調査により室内および屋上部に汚染が確認されている。
- FHM操作室は事故以降概ね手つかずの状況であり、放射性物質の主な放出経路であると推定しているシールドプラグの近傍にあることから、当該箇所の調査を実施することで、事故当時放出された放射性物質に関する情報を取得することを目的とする。
- なお、本調査は、原子力規制庁殿と協働で実施。

2. 調査概要

■ 室内の調査

(1) 入口扉①の開放（ヒンジおよびロックピンを切断）

（原子力規制庁殿の事前確認（2022.5.26）では開放不可を確認）

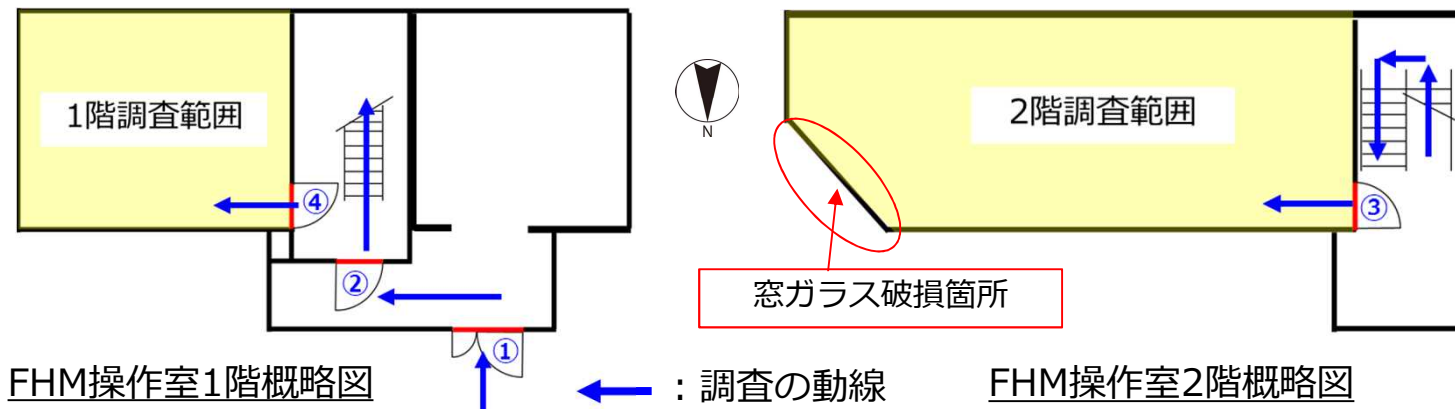
↓ 扉開放および入室可否を確認

(2) 1階、2階へ通じる扉②③④の開放およびアクセス性確認

↓ 扉開放およびアクセス性確保の可否を確認

(3) 室内の調査実施（遠隔操作ロボット（SPOT）を使用し、SPOTによる調査が困難な箇所は遠隔操作重機を使用して追加調査を実施）

- ・ 線量測定
- ・ スミア採取
- ・ 解体前の室内状況（動画）の撮影



■ 室外（屋上部）の調査

- ・ 遠隔操作重機を使用し、屋上部のスミア採取を実施

3. 1階機械室内の状況

- 壁面、天井面、床面、機器に大きな損傷はなし
- 入口付近の床面で最大28.0mSv/hの線量率を確認（測定箇所①）

画像A



画像B



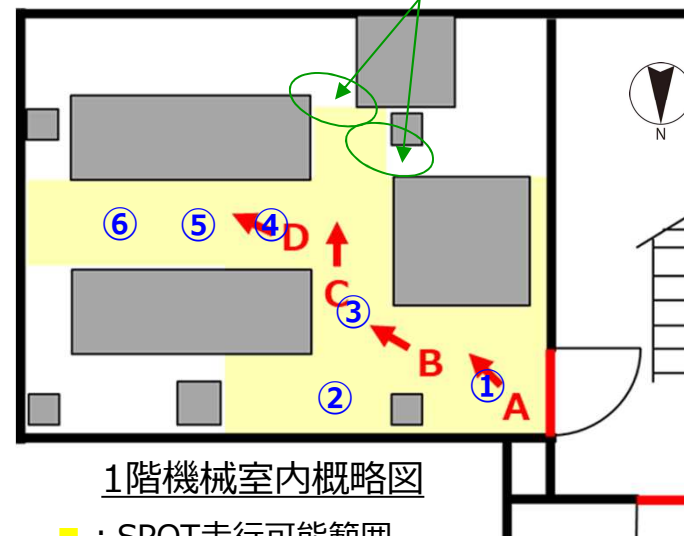
画像C



画像D



通路幅が狭く走行不可



1階機械室内概略図

- : SPOT走行可能範囲
- ①～⑥ : 線量測定箇所 (8/1測定)
- A～D : 画像撮影箇所 (7/25撮影)

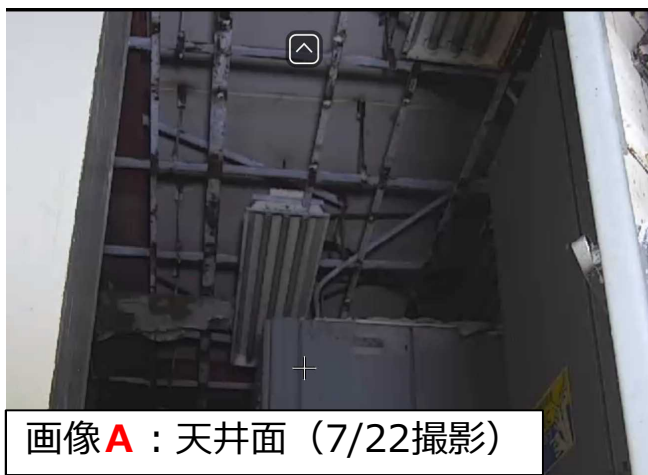
測定箇所	γ線線量率[mSv/h]	
	床上1500mm	床上50mm
①	14.2	28.0
②	14.4	23.2
③	13.1	16.1
④	12.5	15.3
⑤	13.2	15.3
⑥	15.9	21.7

- 線量計 RadEye GF-10
- ・メーカー : Thermo Fisher Scientific社
- ・測定範囲 : 5μSv/h～3Sv/h
- ・エネルギー範囲 : 50keV～3MeV

4. 2階操作室内の状況（西側その1）

- 天井の石膏ボードの落下を確認（画像A）
 - 破片を回収し線量測定およびスミア採取を実施
- OAフロア※の床板が外れて段差が生じ、SPOTによるアクセスが困難な箇所を確認（画像C）

※ネットワーク配線などのために床上に空間を作り床面を二重化したもの

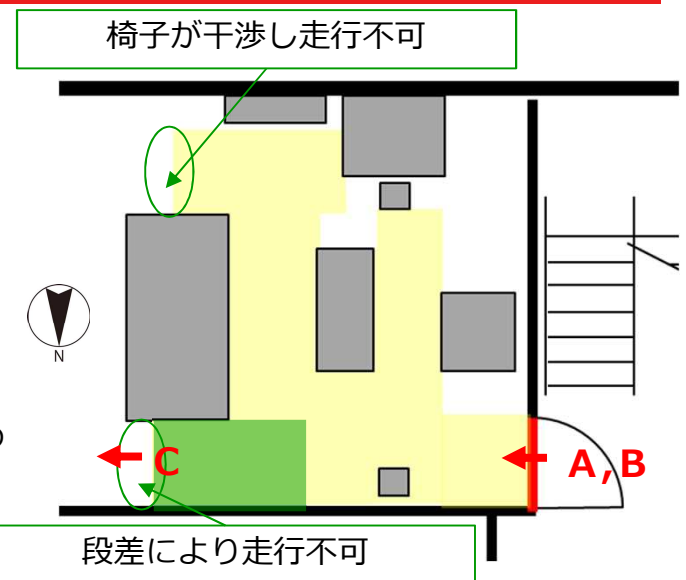


画像A：天井面（7/22撮影）



画像B：床面（7/22撮影）

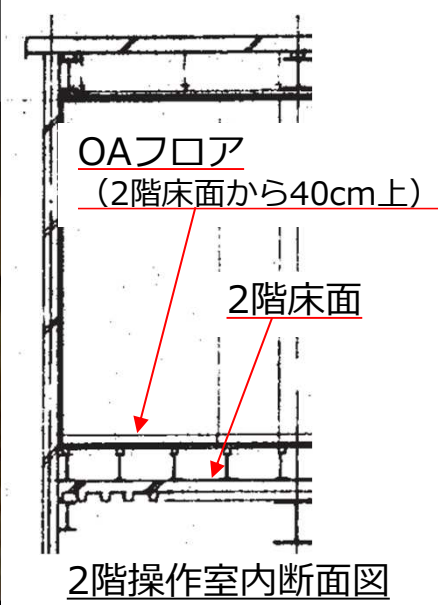
- SPOT走行可能範囲
- SPOT走行によりOAフロアの床板が外れ、再走行不可となったエリア
- A～C：画像撮影箇所



2階操作室内西側概略図



画像C（7/28撮影）

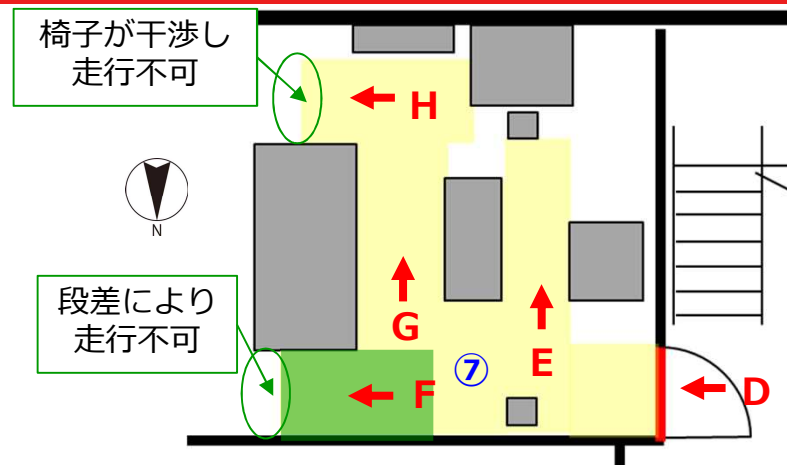


2階操作室内断面図

4. 2階操作室内の状況（西側その2）



- 入口付近の床面で54.2mSv/hの線量率を確認



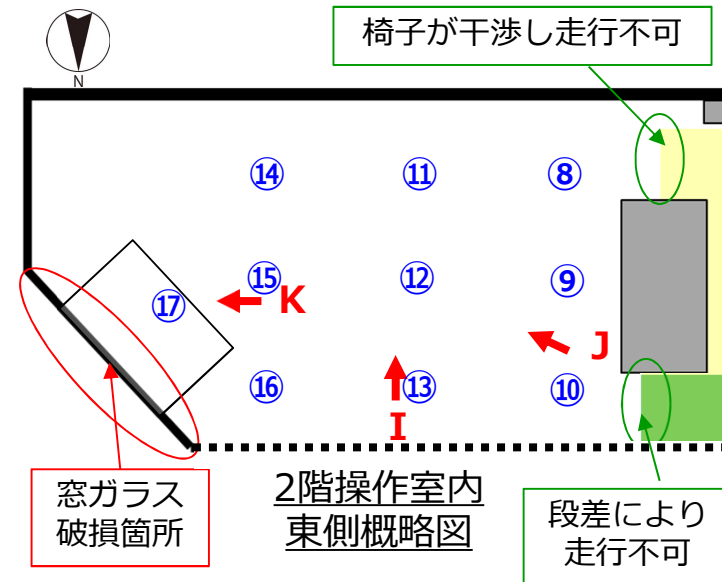
γ線線量率[mSv/h]	
OAフロア上 1500mm	OAフロア上 50mm
48.9	54.2

- : SPOT走行可能範囲
- : SPOT走行によりOAフロアの床板が外れ、再走行不可となったエリア
- ⑦ : 線量率測定箇所（8/1測定）
- D~H : 画像撮影箇所（7/28撮影）



4. 2階操作室内の状況（東側）

- 北側壁面を取り外し後、遠隔操作重機を使用した調査を実施
- 天井の石膏ボードの落下および床面の段差を確認
- 窓ガラス破損箇所付近の床面で最大76.1mSv/hの線量率を確認



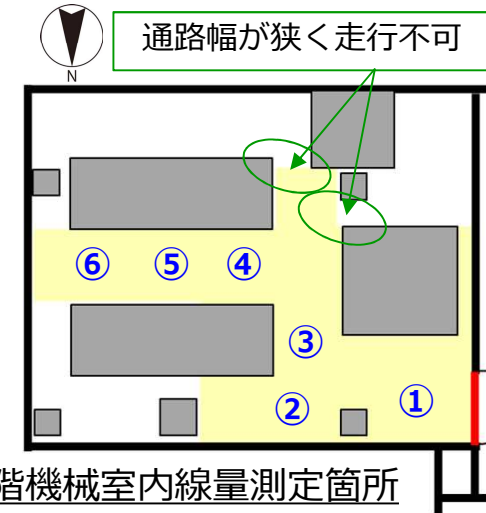
測定箇所	γ線線量率 [mSv/h]
⑧	50.5 ^{※1}
⑨	58.8 ^{※1}
⑩	50.2 ^{※1}
⑪	57.3 ^{※1}
⑫	75.2 ^{※1}
⑬	60.1 ^{※1}
⑭	66.8 ^{※1}
⑮	76.1 ^{※1}
⑯	73.8 ^{※1}
⑰	53.2 ^{※2}

- : SPOT走行可能範囲
- : SPOT走行によりOAフロアの床板が外れ、再走行不可となったエリア
- ⑧～⑰ : 線量率測定箇所 (8/29測定)
- I～K : 画像撮影箇所 (8/29撮影)

- ※1 : OAフロアから約500mmの高さで測定
- ※2 : 操作卓上(OAフロアから約1300mm)の高さで測定

5. 線量測定結果まとめ

- 室内の線量測定により、2階の窓ガラス破損箇所から放射性物質を含む気体が流入し室内が汚染したという従来の推定を裏付ける結果を得た。
 - 2階の線量率が1階より高いことを確認（測定箇所①～⑥と⑦を比較）。
 - 2階東側の線量率は窓ガラス破損箇所に近づくにつれて高くなる傾向を確認（測定箇所⑧～⑬）。



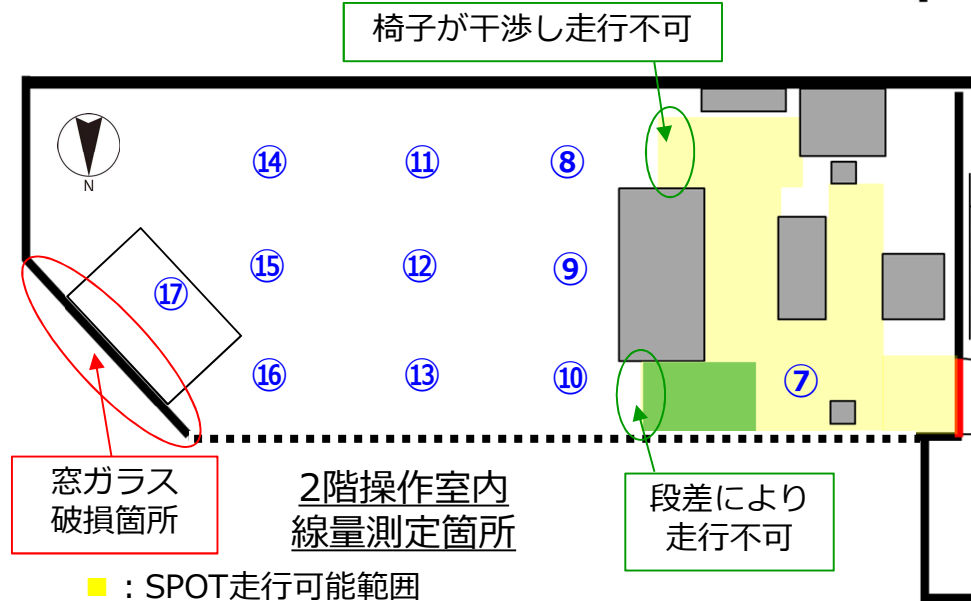
1階機械室内測定結果

測定箇所	γ線線量率 [mSv/h]	
①	14.2※1	28.0※2
②	14.4※1	23.2※2
③	13.1※1	16.1※2
④	12.5※1	15.3※2
⑤	13.2※1	15.3※2
⑥	15.9※1	21.7※2

2階操作室内測定結果

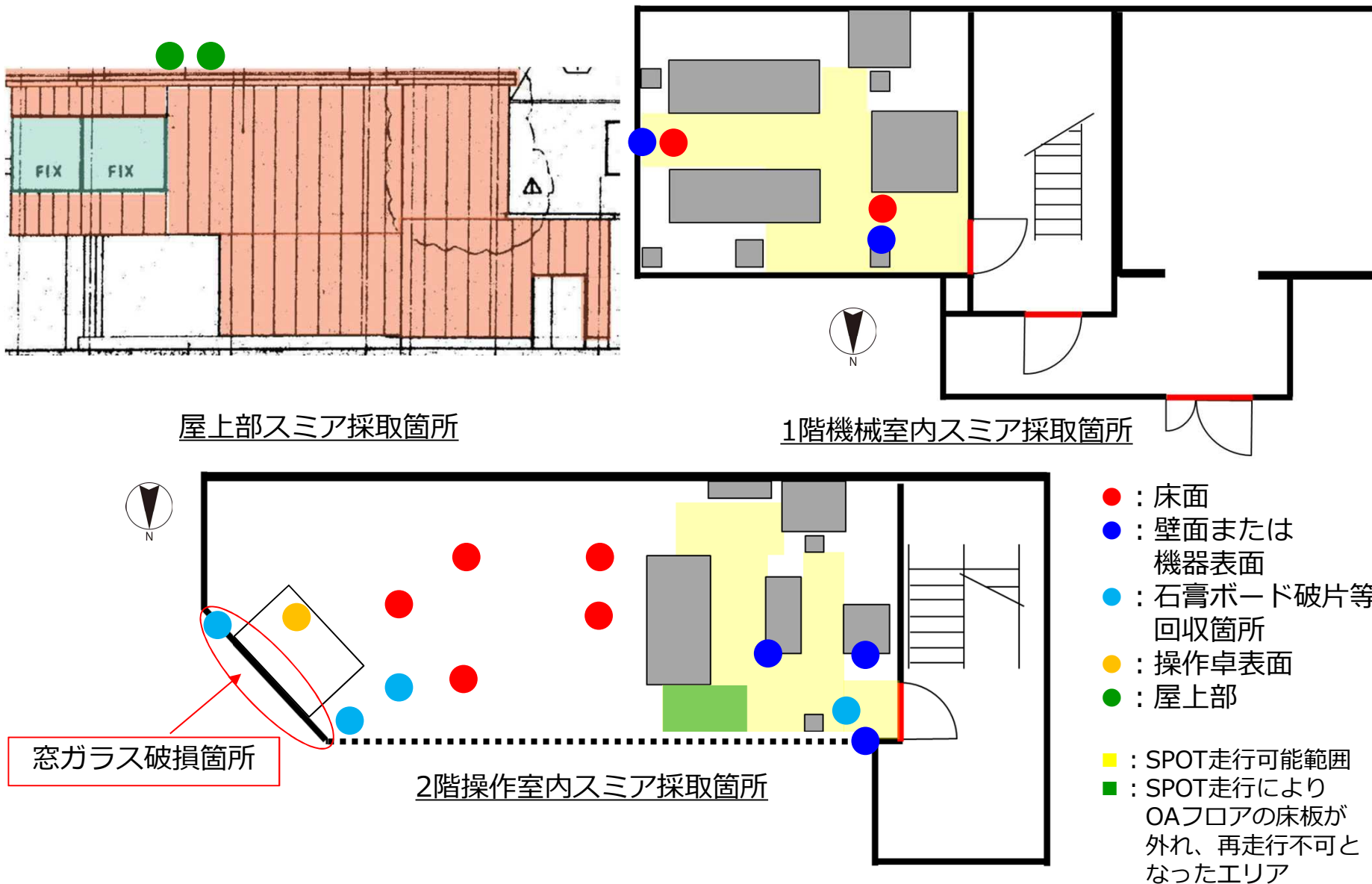
測定箇所	γ線線量率 [mSv/h]	
⑦	48.9※1	54.2※2
⑧	50.5※3	
⑨	58.8※3	
⑩	50.2※3	
⑪	57.3※3	
⑫	75.2※3	
⑬	60.1※3	
⑭	66.8※3	
⑮	76.1※3	
⑯	73.8※3	
⑰	53.2※4	

※1：床面またはOAフロアから1500mmの高さで測定
 ※2：床面またはOAフロアから50mmの高さで測定
 ※3：OAフロアから約500mmの高さで測定
 ※4：操作卓上(OAフロアから約1300mm)の高さで測定



- : SPOT走行可能範囲
- : SPOT走行によりOAフロアの床板が外れ、再走行不可となったエリア
- ①～⑰ : 線量率測定箇所（⑧～⑰は北側壁面を取り外し後に測定）

6. スミア採取箇所まとめ



- 採取したスミア試料は構内分析施設にて分析を実施中。構外分析施設での分析を検討。

<参考資料>

- (参考1) 調査イメージ
- (参考2) 遠隔操作ロボットSPOTの概要
- (参考3) 階段室周辺の状況（1階）
- (参考4) 階段室周辺の状況（2階）
- (参考5) スミア試料の表面汚染密度・表面線量率測定結果
- (参考6) FHM操作室北側壁面の取り外し状況
- (参考7) 過去の調査結果（特定原子力施設監視・評価検討会
（第71回）資料2（2019.5.20）より引用）

(参考1) 調査イメージ

■ 室内調査イメージ

遠隔操作ロボット (SPOT)



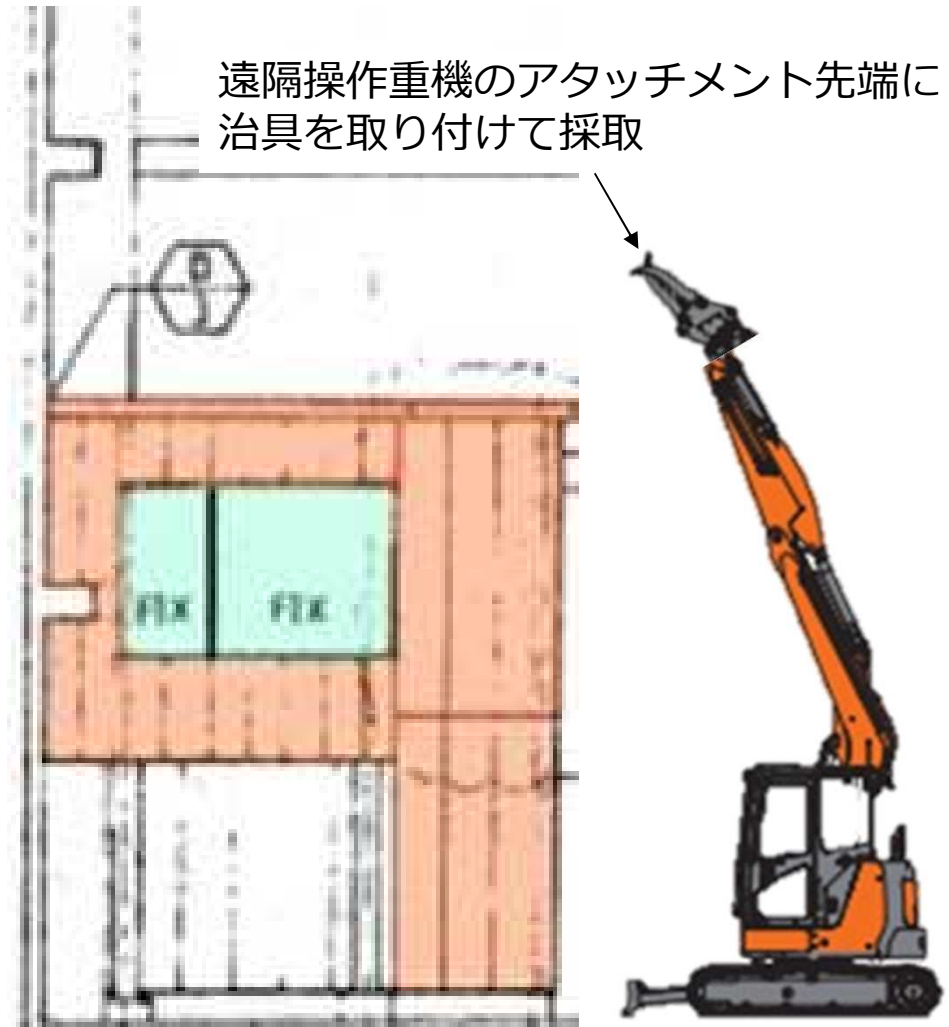
スミア採取用治具



線量計

■ 室外 (屋上部) スミア採取作業イメージ

※採取可能な範囲で実施



遠隔操作重機のアタッチメント先端に
治具を取り付けて採取

(参考2) 遠隔操作ロボットSPOT[®]の概要

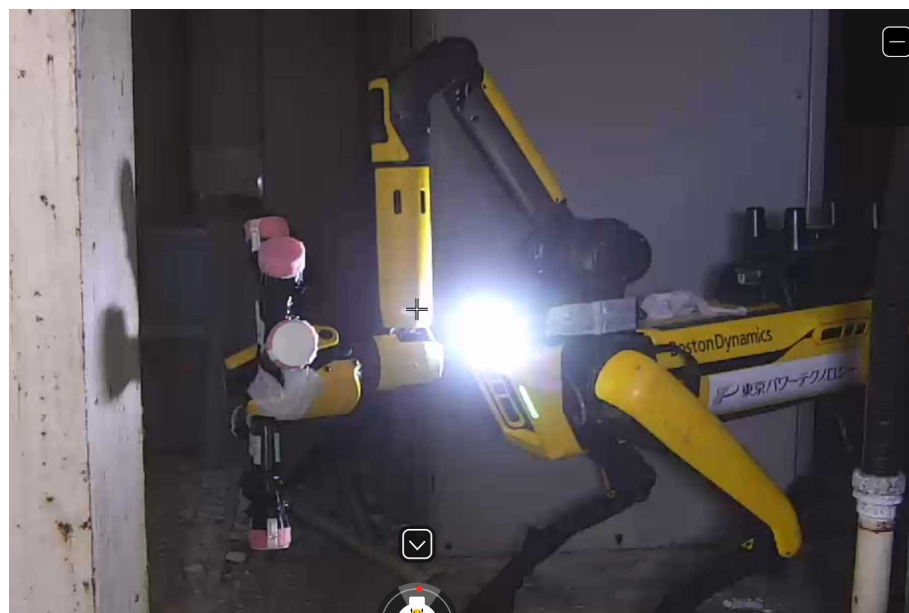


SPOT [®] の主な仕様	
寸法	長さ1110mm、幅500mm、高さ610mm（歩行時）
重量	32.7kg
稼働時間	90分（積載物なしの状態）
最大積載量	14kg
今回の調査で実施した作業	<ul style="list-style-type: none"> アームを取り付けることでドアの開閉、線量測定、スミア採取を実施 カメラを積載することで撮影を実施

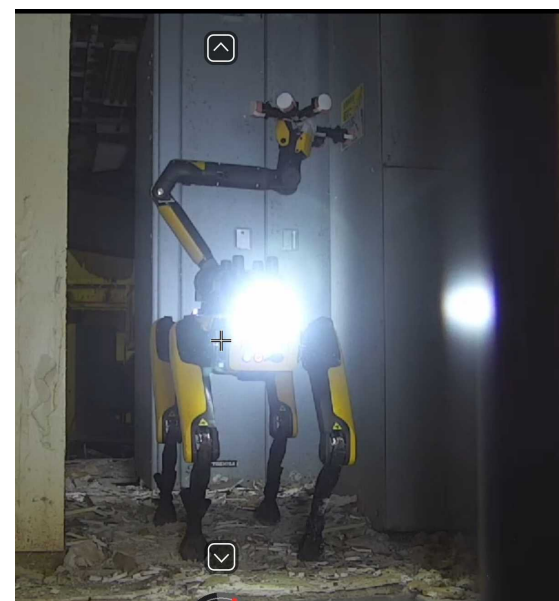


2階操作室扉開放の状況

※海外製品を福島県内企業から調達



1階機械室内スミア採取の状況

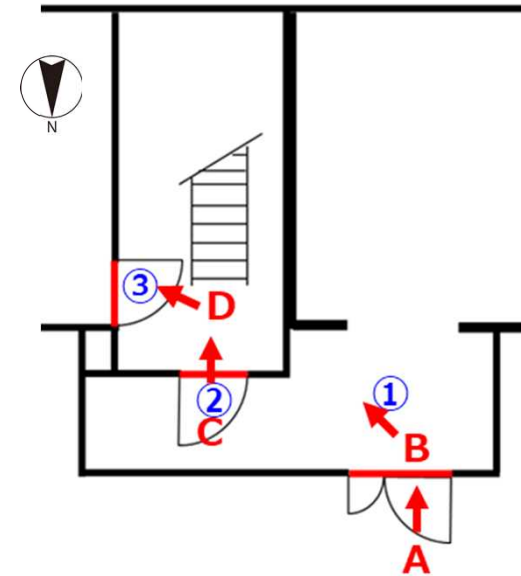


2階操作室内スミア採取の状況

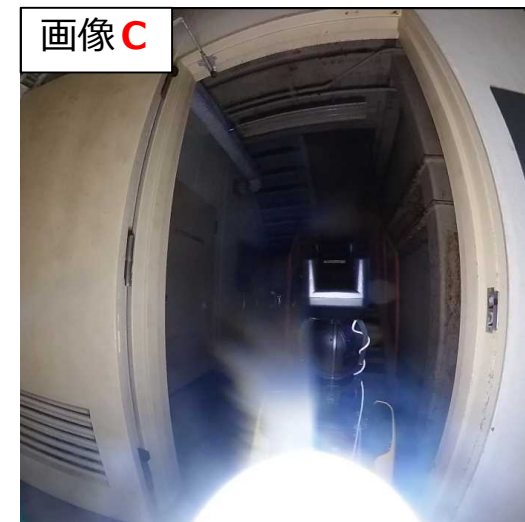
(参考3) 階段室周辺の状況 (1階)

TEPCO

- 壁面、天井面、扉に大きな損傷はなし
- 入口付近の床面 (測定箇所①) で最大31.2mSv/hを確認



①～③ : 線量測定箇所 (7/6,8/1測定)
A～D : 画像撮影箇所 (7/7撮影)



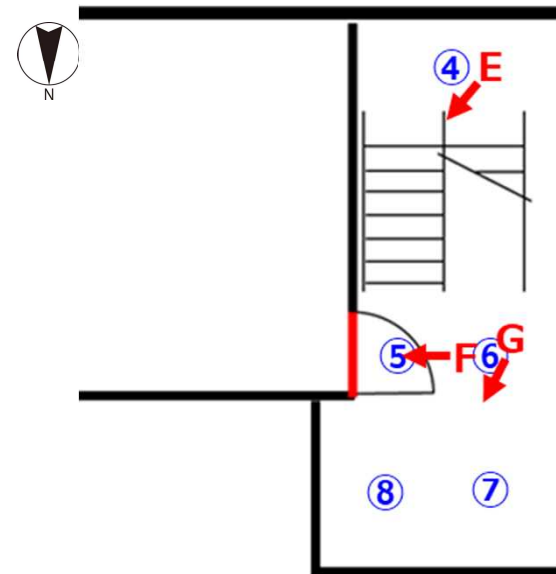
測定箇所	γ線線量率[mSv/h]	
	7/6測定	8/1測定
① (エレベータ前室)	25.0* ¹	31.2* ³
	24.1* ²	28.3* ²
② (階段室扉前)	18.0* ²	14.7* ³
③ (1階機械室扉前)	12.7* ²	16.3* ³

※1 : 床面から700mmの高さで測定
 ※2 : 床面から1500mmの高さで測定
 ※3 : 床面から50mmの高さで測定

(参考4) 階段室周辺の状況 (2階)



- 壁面、天井面、扉、階段に大きな損傷はなし
- 2階は1階より高線量であり、操作室扉付近（測定箇所⑥）で最大41.0mSv/hを確認



FHM操作室2階概略図

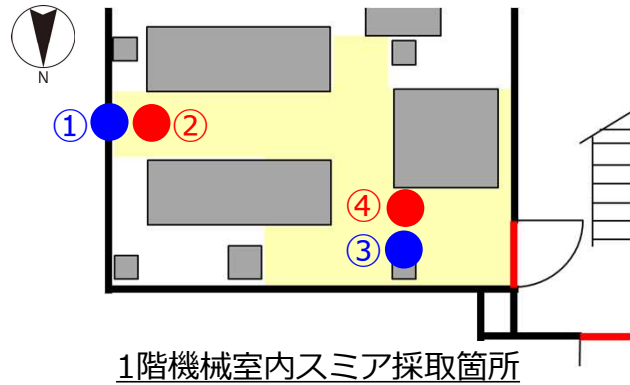
④～⑧：線量測定箇所（7/6,8/1測定）
E～G：画像撮影箇所（7/7撮影）



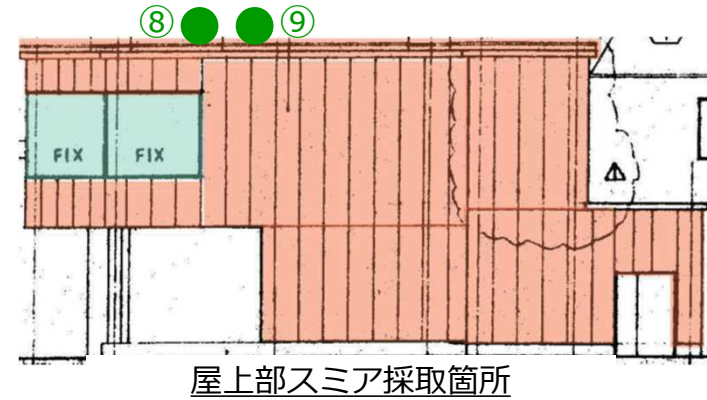
測定箇所	γ線線量率[mSv/h]	
	7/6測定※1	8/1測定※2
④（階段踊り場）	12.9	11.2
⑤（2階操作室扉前）	36.0	27.2
⑥（2階操作室扉近傍）	41.0	27.3
⑦（2階操作室扉近傍）	36.8	40.1
⑧（2階操作室扉近傍）	31.0	24.6

※1：床面から1500mmの高さで測定
※2：床面から50mmの高さで測定

(参考5) スミア試料の表面汚染密度・表面線量率測定結果 (その1)



- : 床面
- : 壁面
- : 屋上部
- : SPOT走行可能範囲

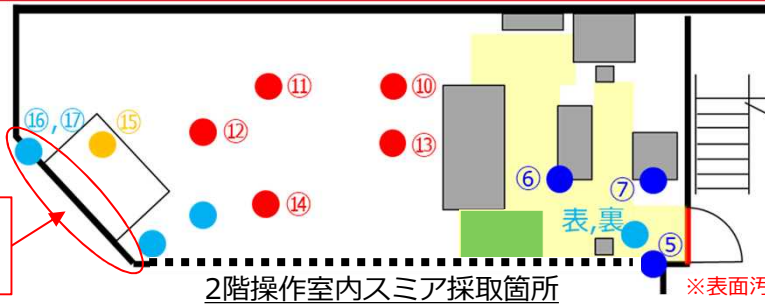


採取・測定日	No	α汚染			β汚染			表面線量率[mSv/h]			採取箇所
		BG [cpm]	計数率 [cpm]	表面汚染密度 [Bq/cm ²]	BG [cpm]	計数率 [cpm]	表面汚染密度 [Bq/cm ²]	BG	γ	β+γ	
7/26	①	0	0	<1.97E-01	1500	2000	6.47E+00	0.10	0.10	0.10	1階機械室壁面
	②	0	0	<1.97E-01	1500	12000	1.36E+02	0.10	0.10	0.10	1階機械室床面
	③	0	0	<1.97E-01	1500	20000	2.39E+02	0.10	0.10	0.10	1階機械室壁面
	④	0	0	<1.97E-01	1500	25000	3.04E+02	0.10	0.10	0.15	1階機械室床面
8/4	⑧	0	20	4.37E-01	1500	30000	3.69E+02	0.05	0.05	0.30	屋上部
	⑨	0	0	<1.97E-01	1500	12000	1.36E+02	0.05	0.05	0.10	屋上部

訂正前 : <1.97E-03
訂正後 : <1.97E-01

※表面汚染密度 (検出限界値) に誤りがあったため修正 (2022年11月7日)

(参考5) スミア試料の表面汚染密度・表面線量率測定結果 (その2)



- : 床面
- : 操作卓表面
- : 壁面又は機器表面
- : 石膏ボード破片等回収箇所
- : SPOT走行可能範囲
- : SPOT走行によりOAフロアの床板が外れ、再走行不可となったエリア

窓ガラス
破損箇所

2階操作室内スミア採取箇所

※表面汚染密度 (検出限界値に関する記述) 等に誤りがあったため修正 (2022年11月7日)

採取・測定日	No	α汚染			β汚染			表面線量率[mSv/h]			採取箇所
		BG [cpm]	計数率 [cpm]	表面汚染密度 [Bq/cm ²]	BG [cpm]	計数率 [cpm]	表面汚染密度 [Bq/cm ²]	BG	γ	β+γ	
8/2	表	0	0	<1.97E-01	2000	65000	8.15E+02	0.05	0.05	2.40	石膏ボード (表)
	裏	0	0	<1.97E-01	2000	70000	8.80E+02	0.05	0.05	0.70	石膏ボード (裏)
8/3	-	-	-	-	-	-	-	0.05	4.00	200.0	石膏ボード本体 (表)
	-	-	-	-	-	-	-	0.05	4.00	200.0	石膏ボード本体 (裏)
	⑤	0	0	<1.97E-01	2000	60000	7.51E+02	0.03	0.03	0.30	2階操作室壁面
	⑥	0	0	<1.97E-01	2000	15000	1.68E+02	0.03	0.03	0.04	2階操作室電源盤壁面
8/24	⑦	0	0	<1.97E-01	2000	15000	1.68E+02	0.03	0.03	0.04	2階操作室電源盤壁面
	⑩	0	0	<1.97E-01	2000	10000	1.04E+02	0.05	0.05	0.15	2階操作室床面
	⑪	0	0	<1.97E-01	2000	22000	2.59E+02	0.05	0.05	0.25	2階操作室床面
	⑫	0	0	<1.97E-01	2000	12000	1.29E+02	0.05	0.05	0.18	2階操作室床面
	⑬	0	0	<1.97E-01	2000	19000	2.20E+02	0.05	0.05	0.25	2階操作室床面
	⑭	0	0	<1.97E-01	2000	15000	1.68E+02	0.05	0.05	0.10	2階操作室床面
9/15	⑮	0	60	1.31E+00	2000	50000	6.21E+02	0.05	0.05	1.00	操作卓表面
	⑯	0	0	<1.97E-01	2000	10000	1.04E+02	0.05	0.05	3.00	ガラス片 (表)
	⑰	0	0	<1.97E-01	2000	60000	7.51E+02	0.05	0.05	3.00	ガラス片 (裏)
-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	0.20	3.00	ガラス片本体 (表)
	-	-	-	-	-	-	-	0.20	0.20	3.00	ガラス片本体 (裏)

訂正前 : <1.97E-03
訂正後 : <1.97E-01

訂正前 : 1500
訂正後 : 2000

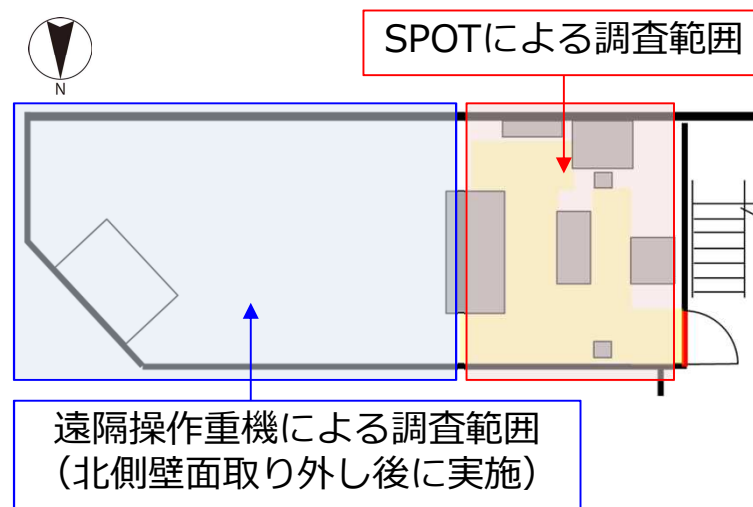
訂正前 : 1.97E-01
訂正後 : <1.97E-01

訂正前 : 1500
訂正後 : 2000

訂正前 : 表
訂正後 : 裏

(参考6) FHM操作室北側壁面の取り外し状況

- 北側壁面（パネル）の解体は、SPOTによる調査済み箇所のパネルを室内側に押し込んでパネルを掴む空間を作り、未調査箇所周辺のパネルを掴んで室外側に取り外す方法で実施
 - パネルの破片が室内へ落下する影響が最小限となるよう考慮
- スミア採取はパネルの破片の落下による影響が少ない箇所を選定して実施



2階操作室内概略図

(参考7) 過去の調査結果：オペフロの空間線量率(γ線線量率※) **TEPCO**

■ 測定条件

- ・測定高さ: 床面から1.5m

■ 調査結果

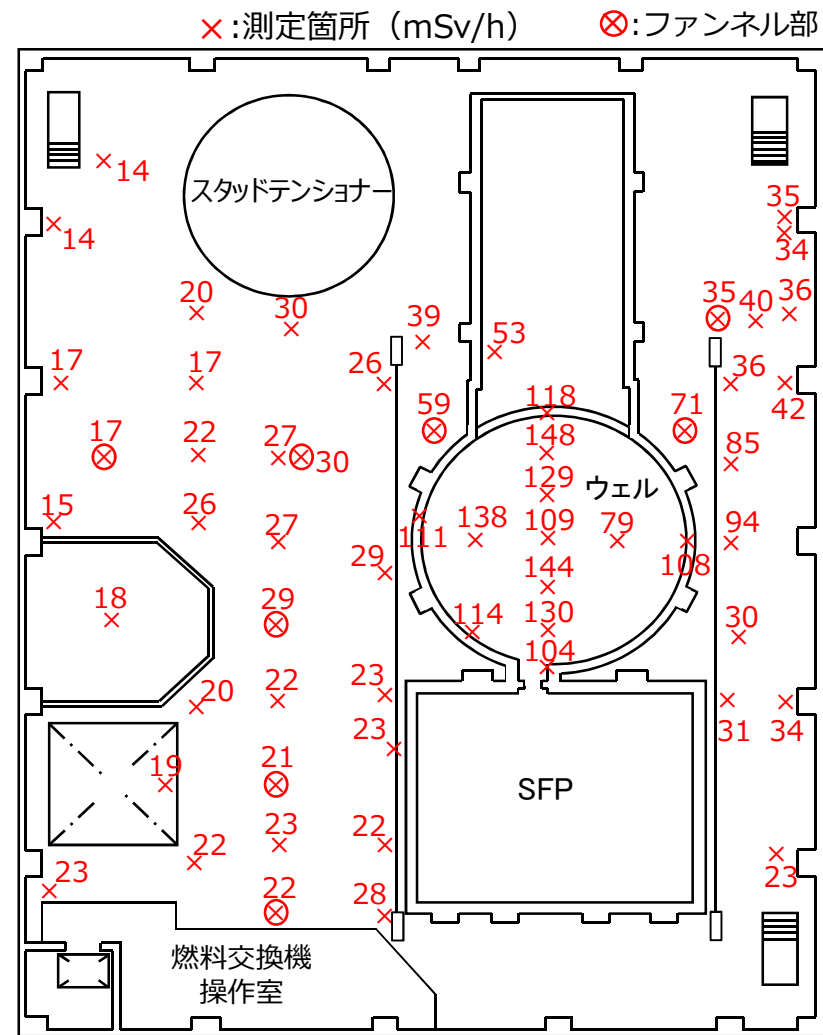
・線量分布:

線量率の各測定結果は右図参照。ウェル上が最も高いが、2012年度に計測した時点より、減衰等の影響で大幅に低下している。

・主要線源の把握:

ウェル上から離れるにしたがって線量が低くなる傾向があるため、主要線源がウェルと推定。

その他、燃料交換機操作室やスタッドテンシヨナー付近で空間線量率が僅かに上昇することから、全体空間の線量に寄与しないまでも、スポット的な汚染源が存在していると推定。



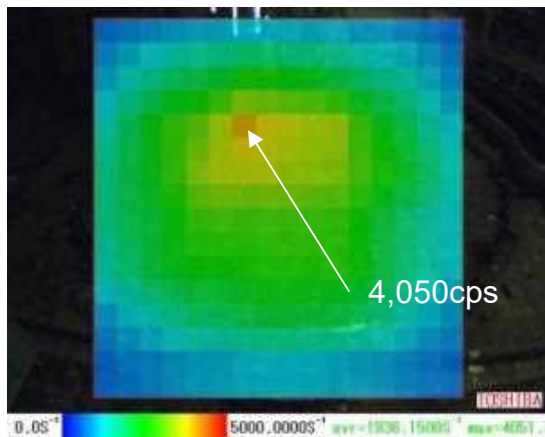
(参考7) 過去の調査結果：γカメラによる確認結果



■ 主要線源 (ウェル)

【推定原因】

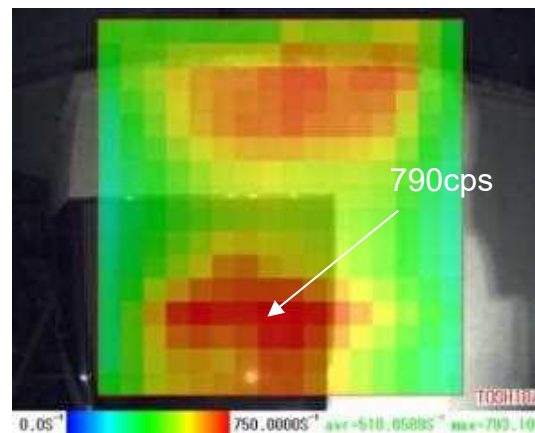
- ・ 事故時の蒸気がウェルと養生シートの間に滞留し、その後乾燥したことで主要線源となっていると推定



■ スポット汚染① (燃料交換機操作室)

【推定原因等】

- ・ 操作室の内部と屋上の双方にスポット汚染あり
- ・ 屋上は、堆積していたほこりに蒸気に随伴した放射性物質が付着したものと推定
- ・ 室内は、窓ガラスの破損箇所から流入した汚染が結露水により室内床面に集積したものと推定

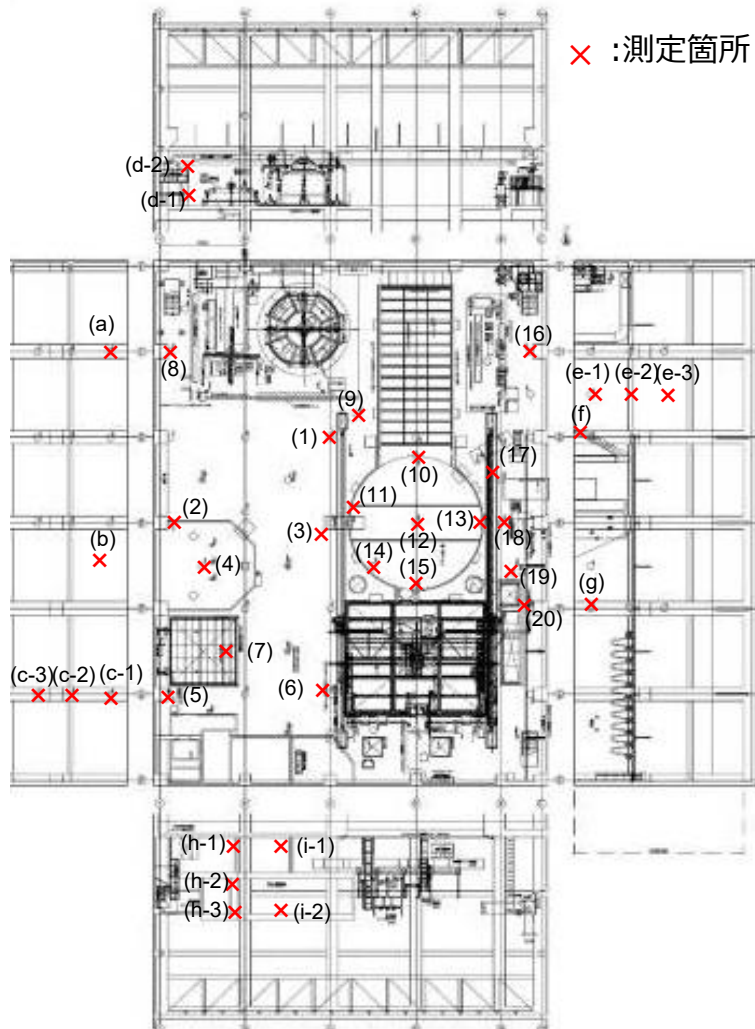


(参考7) 過去の調査結果：オペフロの表面汚染密度分布



■ 調査結果

・ 表面汚染密度：右表参照



測定箇所	Cs-134	Cs-137	Co-60	Sb-125	α線放出核種※
(1)	—	6.9×10 ⁵	検出限界未満	—	8.6×10 ⁰
(2)	9.5×10 ³	1.0×10 ⁵	8.8×10 ¹	1.1×10 ⁴	4.3×10 ⁻¹
(3)	—	6.1×10 ⁵	検出限界未満	—	7.5×10 ⁰
(4)	2.4×10 ⁴	2.5×10 ⁵	3.6×10 ²	2.5×10 ⁴	2.1×10 ⁰
(5)	—	4.3×10 ⁵	検出限界未満	—	3.0×10 ⁰
(6)	—	1.8×10 ⁶	検出限界未満	—	1.5×10 ¹
(7)	—	3.1×10 ⁵	検出限界未満	—	1.5×10 ⁰
(8)	—	3.3×10 ⁵	検出限界未満	—	5.3×10 ⁰
(9)	—	2.8×10 ⁵	検出限界未満	—	5.3×10 ⁻¹
(10)	—	6.4×10 ⁵	検出限界未満	—	3.2×10 ¹
(11)	—	6.7×10 ⁵	検出限界未満	—	6.4×10 ⁰
(12)	—	9.7×10 ⁵	検出限界未満	—	1.1×10 ¹
(13)	—	8.2×10 ⁵	検出限界未満	—	2.1×10 ⁻¹
(14)	—	6.1×10 ⁵	検出限界未満	—	2.6×10 ¹
(15)	—	5.1×10 ⁵	検出限界未満	—	6.0×10 ⁰
(16)	—	1.0×10 ⁶	検出限界未満	—	7.5×10 ⁰
(17)	2.0×10 ⁴	2.0×10 ⁵	1.1×10 ²	8.5×10 ³	6.4×10 ⁰
(18)	—	2.9×10 ⁶	検出限界未満	—	4.6×10 ⁰
(19)	—	4.4×10 ⁵	検出限界未満	—	8.6×10 ⁰
(20)	4.9×10 ³	5.1×10 ⁴	8.8×10 ¹	5.5×10 ³	1.3×10 ⁰
(a)	—	1.3×10 ⁴	検出限界未満	—	検出限界未満
(b)	8.6×10 ¹	8.8×10 ²	1.2×10 ⁰	1.1×10 ²	検出限界未満
(c-1)	5.4×10 ¹	5.6×10 ²	検出限界未満	5.8×10 ¹	検出限界未満
(c-2)	2.8×10 ³	3.0×10 ⁴	2.8×10 ¹	2.3×10 ³	8.6×10 ⁻¹
(c-3)	2.2×10 ²	2.5×10 ³	3.4×10 ⁰	2.5×10 ²	検出限界未満
(d-1)	1.4×10 ²	1.4×10 ³	3.1×10 ⁰	1.6×10 ²	検出限界未満
(d-2)	3.2×10 ¹	3.5×10 ²	5.6×10 ⁻¹	2.4×10 ¹	検出限界未満
(e-1)	8.2×10 ²	8.2×10 ³	2.1×10 ¹	2.2×10 ³	1.1×10 ⁰
(e-2)	5.4×10 ¹	5.8×10 ²	1.3×10 ⁰	6.6×10 ¹	4.3×10 ⁻¹
(e-3)	1.5×10 ¹	1.5×10 ²	検出限界未満	1.0×10 ¹	検出限界未満
(f)	—	3.2×10 ⁵	検出限界未満	—	2.1×10 ¹
(g)	1.2×10 ²	1.3×10 ³	3.0×10 ⁰	1.2×10 ²	2.1×10 ⁻¹
(h-1)	3.0×10 ²	3.0×10 ³	検出限界未満	9.8×10 ¹	検出限界未満
(h-2)	4.3×10 ³	4.6×10 ⁴	検出限界未満	検出限界未満	7.5×10 ⁻¹
(h-3)	3.0×10 ²	3.1×10 ³	検出限界未満	1.1×10 ²	5.3×10 ⁻¹
(i-1)	4.9×10 ³	5.0×10 ⁴	検出限界未満	3.4×10 ²	4.3×10 ⁻¹
(i-2)	5.6×10 ³	6.2×10 ⁴	1.4×10 ²	7.4×10 ³	4.3×10 ⁰

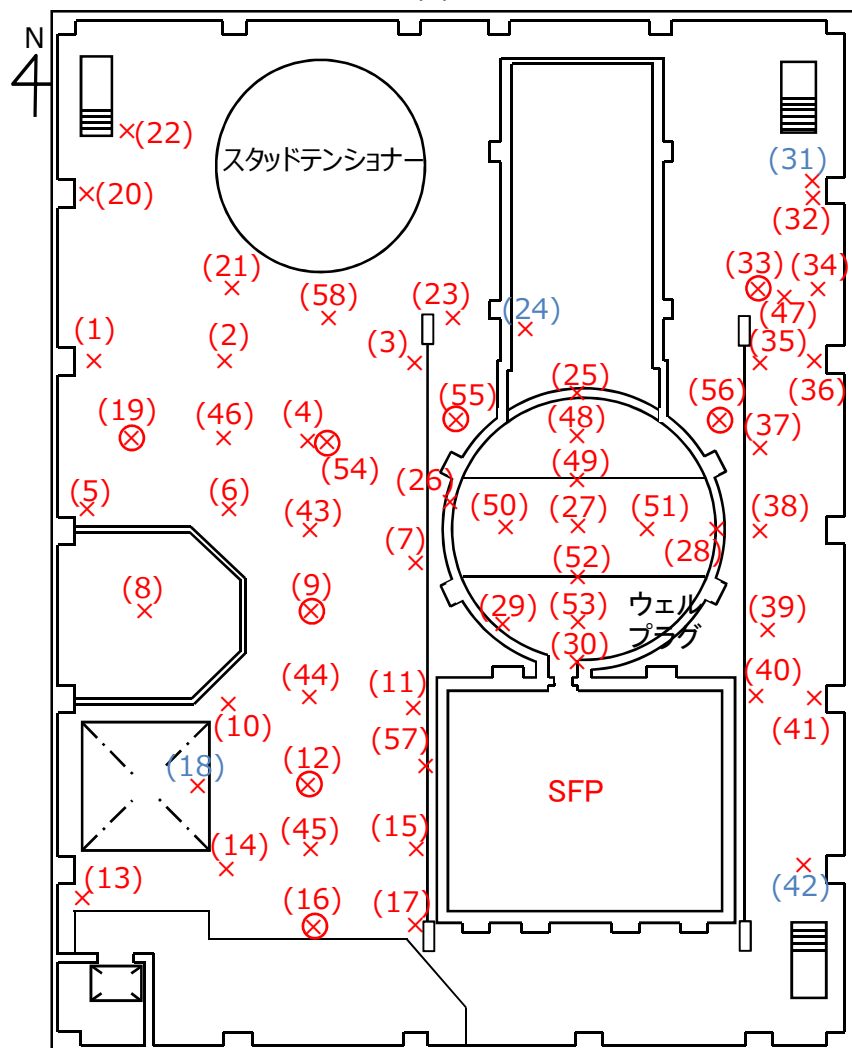
※ZnSシンチレーションサーベイメータによる定量結果

(参考7) 過去の調査結果：オペフロ床面の表面線量率



■ 表面線量率 (γ 線線量率※1) ($\beta+\gamma$ 線線量率※2) の測定結果

×:測定箇所 ⊗:ファンネル部



測定箇所	γ^{*1}	$\beta+\gamma^{*2}$	備考
(1)	0.2	40	
(2)	0.2	17	
(3)	0.3	57	
(4)	0.2	86	
(5)	0.4	79	
(6)	0.3	74	
(7)	1.9	46	
(8)	0.1	18	
(9)	1.8	306	ファンネル部
(10)	0.5	74	
(11)	0.3	58	
(12)	3.6	312	ファンネル部
(13)	0.5	62	
(14)	0.6	135	
(15)	0.3	77	
(16)	0.4	24	ファンネル部
(17)	0.9	11	
(18)	1.0	45	
(19)	1.9	126	ファンネル部
(20)	0.3	40	
(21)	0.3	184	
(22)	0.3	74	
(23)	1.8	139	
(24)	2.5	165	
(25)	6.4	645	隙間部
(26)	8.0	1030	隙間部
(27)	12	1410	
(28)	1.0	317	隙間部
(29)	2.0	926	
(30)	3.7	625	隙間部

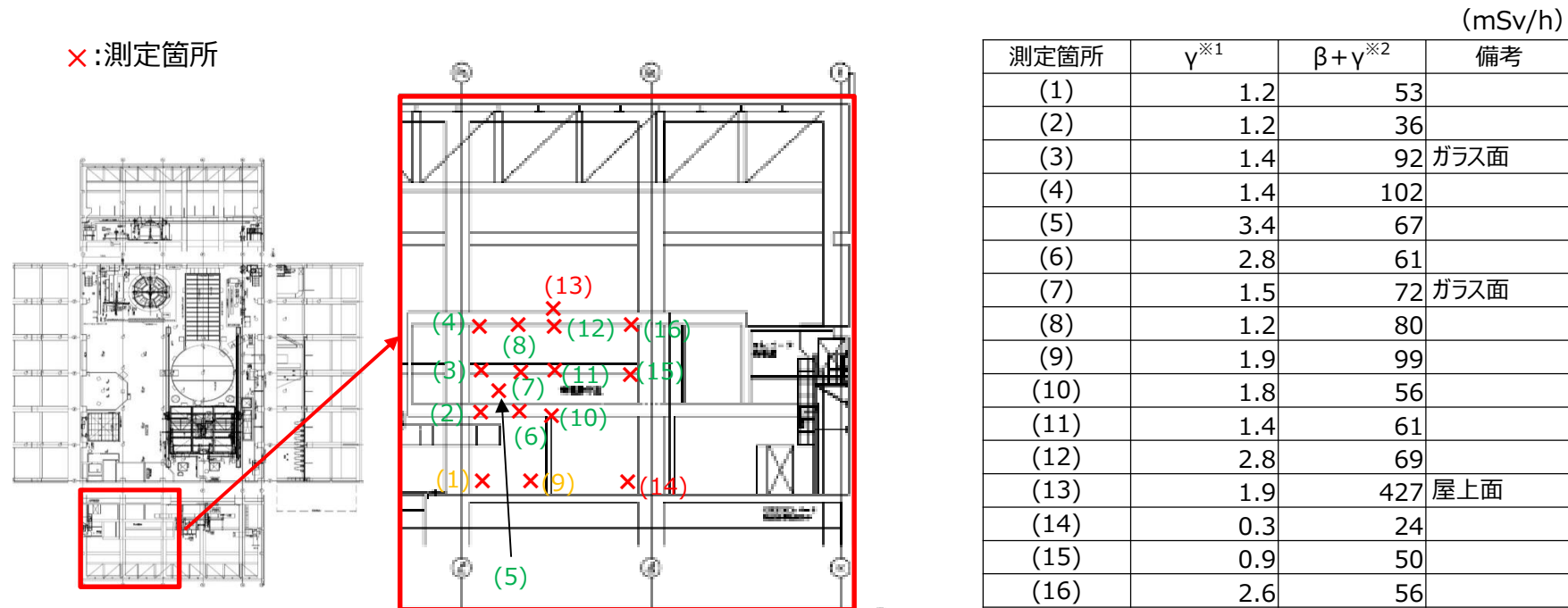
測定箇所	γ^{*1}	$\beta+\gamma^{*2}$	備考
(31)	1.0	73	
(32)	3.9	343	
(33)	4.5	156	ファンネル部
(34)	3.2	102	
(35)	0.6	58	
(36)	0.6	106	
(37)	2.3	133	
(38)	5.2	302	
(39)	0.3	42	
(40)	1.1	98	
(41)	2.2	105	
(42)	0.5	42	
(43)	0.5	130	
(44)	0.2	45	
(45)	0.2	62	
(46)	0.1	68	
(47)	1.5	204	
(48)	12	930	
(49)	13	3060	隙間部
(50)	7.1	1220	
(51)	8.0	247	
(52)	15	2720	隙間部
(53)	5.0	508	
(54)	6.0	769	ファンネル部
(55)	3.0	281	ファンネル部
(56)	8.6	503	ファンネル部
(57)	1.1	79	
(58)	0.6	173	

※1 : 1cm線量当量率、床上@30.5cmコリメート付線量計で測定
 ※2 : 70 μ m線量当量率、床上@0.5cmコリメート付線量計で測定
 注 : 青字は既設機器との干渉により、1m以上離して測定した箇所

(参考7) 過去の調査結果：FHM操作室壁面の表面線量率



■ 表面線量率 (γ 線線量率^{※1}) ($\beta+\gamma$ 線線量率^{※2}) の測定結果



※1 : 1cm線量当量率、壁面@30.5cm コリメート付線量計で測定
 ※2 : 70 μ m線量当量率、壁面@0.5cm コリメート付線量計で測定

注 : 緑字は干渉物により測定箇所より100mm程度離れて測定した箇所
 黄字は燃料交換機操作室基礎との干渉により測定箇所から離れて測定した箇所