

原子力規制庁と協働で実施した 2号機オペレーティングフロア調査結果について

2021年5月27日



東京電力ホールディングス株式会社

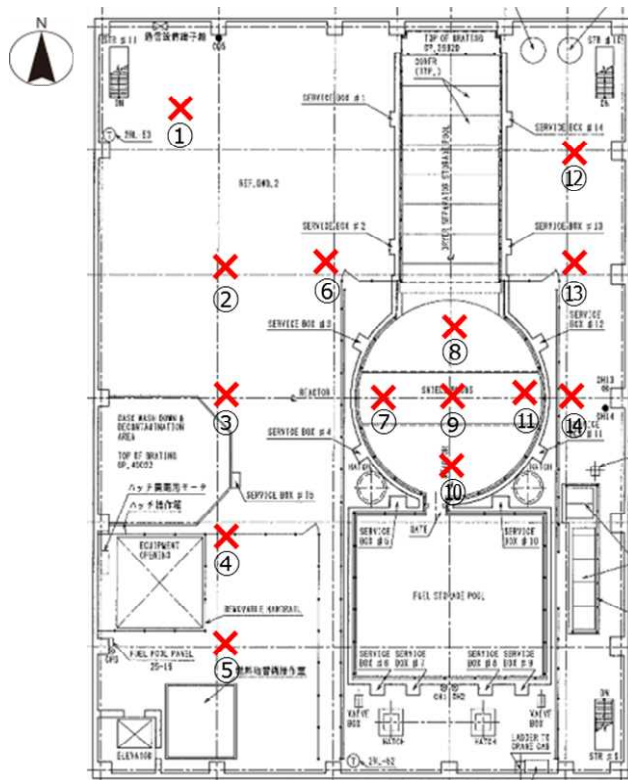
1. オペフロ調査の目的

- オペレーティングフロア（以下、オペフロ）の床面及び天井面の調査を2021年4月14日～15日で実施。

■ 目的

- 床面調査は、シールドプラグの隙間及び下部にあると想定されるセシウムからの散乱線の影響を評価すること。
- 天井面調査は、天井の表面汚染密度を評価すること。

当該調査結果は、事故分析のみならず、廃炉作業のインプットとして活用。



✕ : 測定点
(床面と天井は、平面位置の同一場所で測定)

調査に用いた遠隔操作機器



Kobra



Packbot

調査に用いた測定器

床面調査用



床面測定治具



ポータブル線量計

※1cm線量当量, 70μm線量当量を測定

天井面調査用



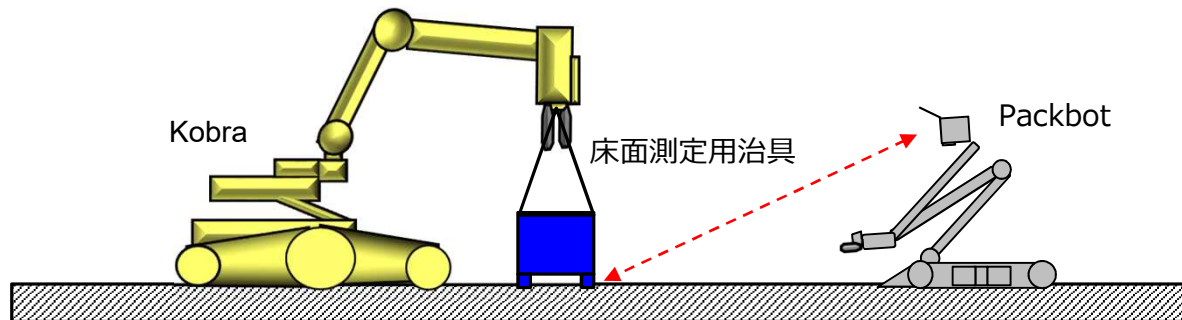
治具表示部

コリメータγ線量計

2. オペフロ調査方法

■ オペフロ床面調査

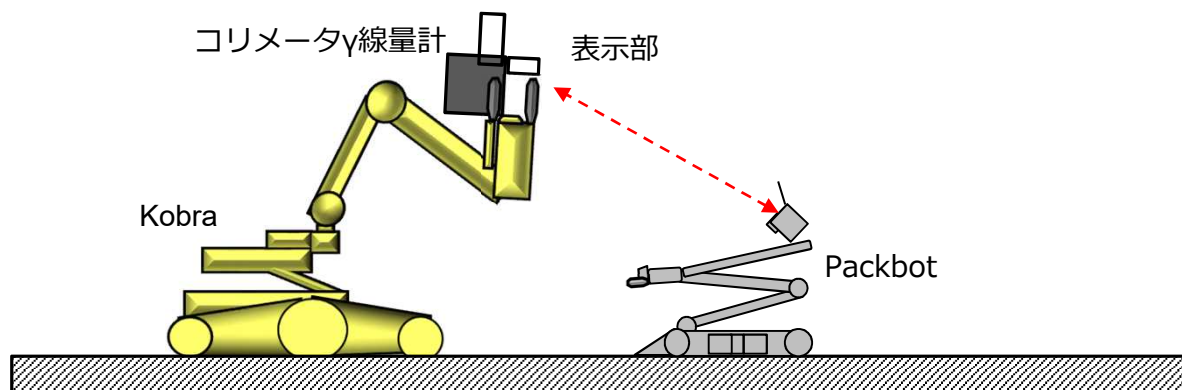
- ポータブル線量計を測定用治具に設置し、Kobraにて測定点に運搬
- 着床させ、4分間の測定を実施（待機）
- 測定治具の着床状態をPackbotのカメラで確認



測定用治具写真

■ オペフロ天井面調査

- コリメータγ線量計を天井に向け1分間測定（待機）
- Packbotのカメラで表示部を確認し、測定値を記録



コリメータγ線量計写真

3. 床面・天井面の表面汚染密度の測定結果

- オペフロ内床面(東側, 西側, シールドプラグ上)の表面汚染密度は, ほぼ同様であることを確認。2021年3月に実施したオペフロ空間線量率測定結果のシールドプラグ上部における空間線量率が, 他の領域より高かった原因は散乱線※の影響と評価。 ※: 3層のシールドプラグの隙間及び下部に蓄積されているセシウムの影響
- 天井面の汚染が一様に存在した場合の床面高さ1mの位置における天井面からの線量寄与は, 0.9mSv/h程度※であると評価。 ※測定値を基に高工ネ研にて評価

【床面の表面汚染密度評価値】

- ✓ 西側平均 $3.6\text{E}+04\text{Bq}/\text{cm}^2$
- ✓ シールドプラグ上平均 $8.4\text{E}+04\text{Bq}/\text{cm}^2$
- ✓ 東側平均 $6.8\text{E}+04\text{Bq}/\text{cm}^2$

【天井面の表面汚染密度評価値】

- 平均 $2.3\text{E}+05\text{Bq}/\text{cm}^2$



測定点⑩における床面測定状況

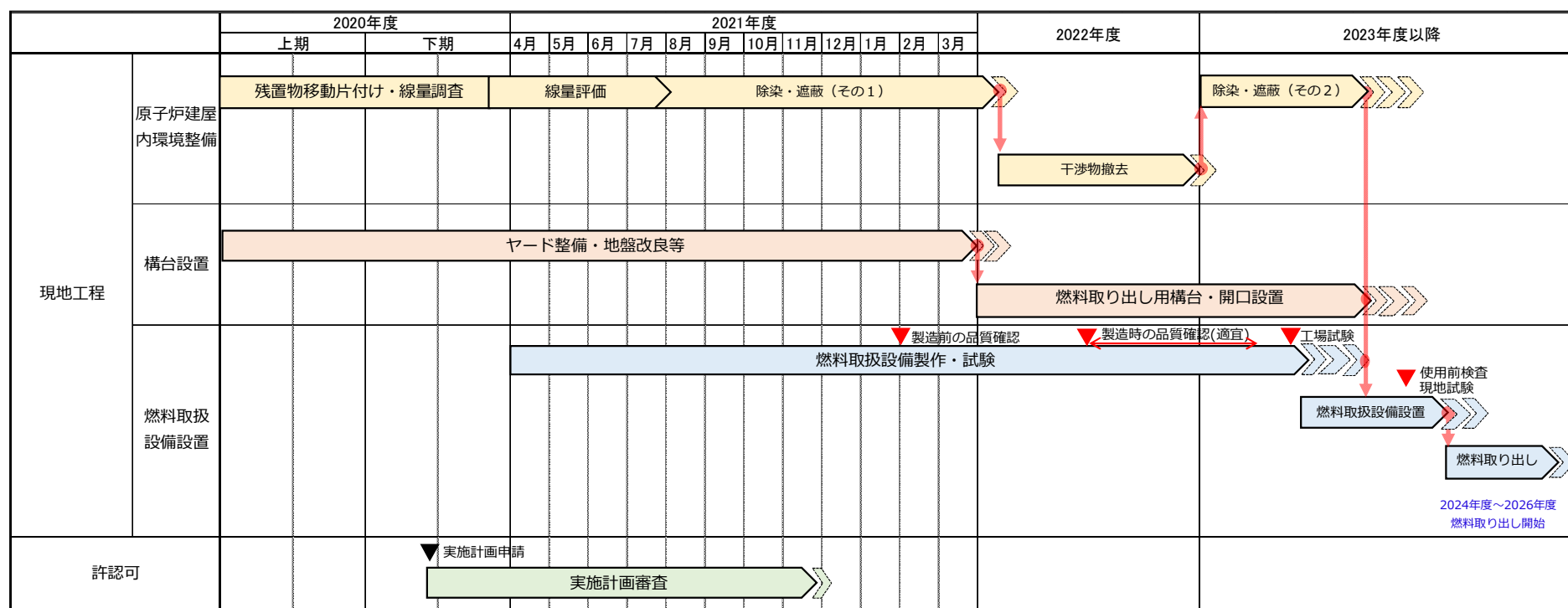


測定点⑩における天井面測定状況

4. 今後のスケジュール

- シールドプラグ上は、散乱線の影響が大きいことが確認できた。散乱線は、直接線に比べて、γ線エネルギーが低いことから、今後実施する遮蔽の線量低減効果に十分期待できる見込みである。
- オペフロ環境の目標線量1mSv/h以下を達成すべく、除染作業と遮蔽設置作業を進める。

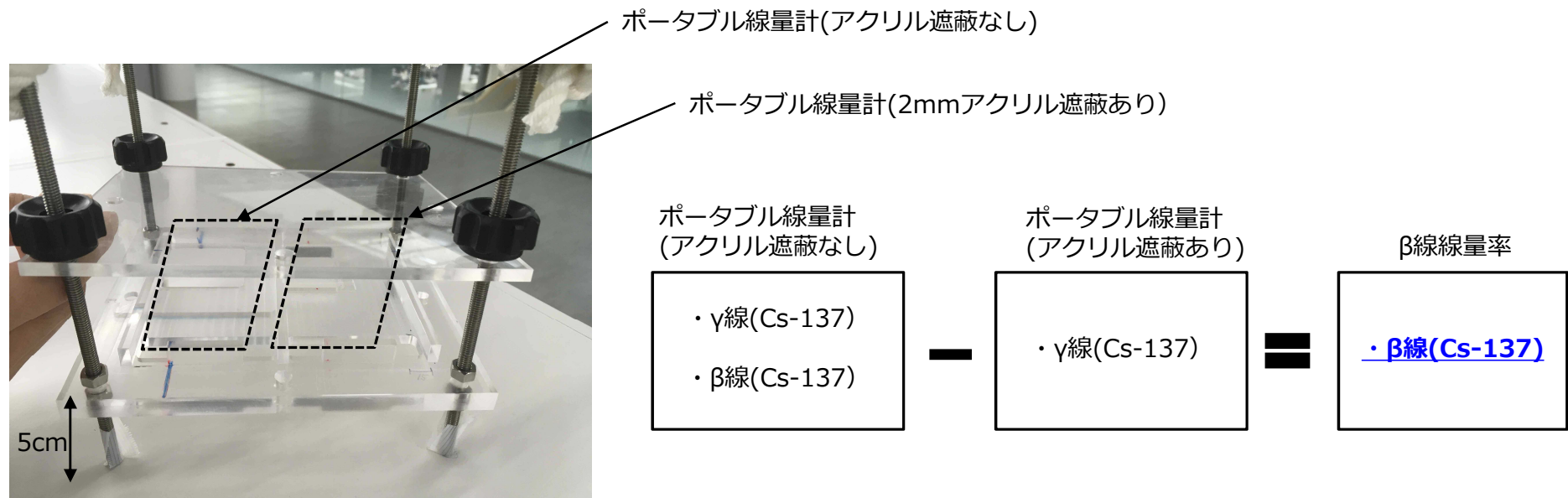
▼：品質管理上のホールドポイント



※工程の進捗により変更する可能性有

参考1. ポータブル線量計を用いた測定により表面汚染密度を求める原理

- アクリル遮蔽がないポータブル線量計は、 γ 線、 β 線を測定するが、2mmのアクリル遮蔽があるポータブル線量計は、Cs-137の β 線(最大0.514MeV)が遮蔽される。
- アクリル遮蔽がないポータブル線量計と2mmのアクリル遮蔽があるポータブル線量計の差分により、Cs-137の β 線線量率を算出する。
- Cs-137の β 線線量率に応じたCs-137の表面汚染密度の関係は、校正線源を用いて事前に取得しておくことにより、Cs-137の表面汚染密度を算出する。



■ 参考

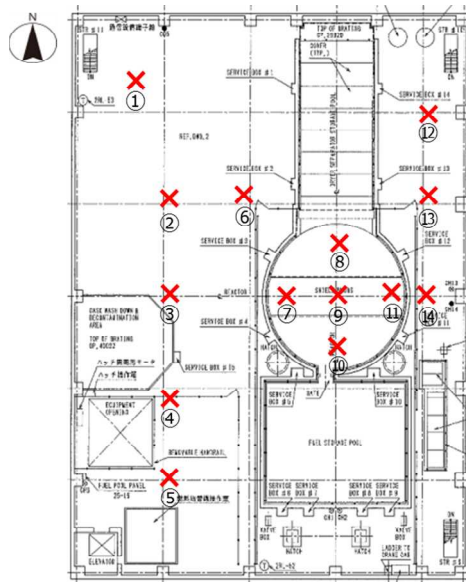
2018年に2号機原子炉建屋オペフロ西側壁面のボーリングコア試料の核種分析をJAEAにて実施しており、Cs-137とSr-90の比率からCs-137が支配的な状況であり、床面についても同様であると類推している。

参考2. 測定結果【床面調査】

【測定日】4/14 【測定器】ポータブル線量計 【測定高さ】床面より5cm

オペフロ内床面（西側，東側，シールドプラグ上）の表面汚染密度は，ほぼ同様であることを確認した。

このことから，シールドプラグ上部の線量率が他の領域より高い原因は，散乱線（3層のシールドプラグの隙間及び下部に蓄積されているセシウム）の影響と評価出来る。



✕：測定点

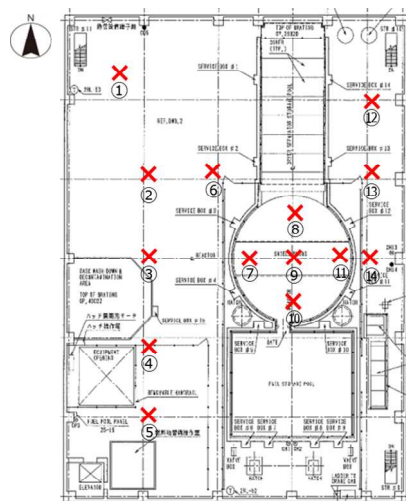
※1 黄色ハッチング箇所のみを有効とした。
1cm線量当量率の亚克力遮蔽ありと亚克力遮蔽なしで，差が10%以上ある測定点 については，線量計の近くに局所的な高濃度汚染が存在している可能性があるため評価対象外とした。

※2 表面汚染密度換算式
表面汚染密度 = (亚克力遮蔽なし(70μm) - 亚克力遮蔽あり(70μm)) ÷ 換算定数
・換算定数：7.2E-04[(mSv/h)/(Bq/cm²)]
(測定値を基に高工ネ研にて評価)

測定点	1cm線量当量率（測定値）		70μm線量当量率（測定値）		Cs-137表面汚染密度（評価値）※2
	mSv/h		mSv/h		Bq/cm ²
	遮蔽なし	遮蔽あり	遮蔽なし	遮蔽あり	
①	6.72	6.76	32.3	8.58	3.3E+04
②	14.2	25.7	29.8	40.3	— ※1
③	5.92	5.84	15.1	6.80	1.2E+04
④	8.26	7.78	36.3	9.42	3.7E+04
⑤	19.2	14.2	42.7	16.8	— ※1
⑥	17.5	16.3	65.0	20.6	6.2E+04
⑦	38.0	36.3	107	46.8	8.3E+04
⑧	229	254	362	353	1.2E+04
⑨	265	365	567	485	— ※1
⑩	147	123	472	156	— ※1
⑪	22.2	23.3	142	30.5	1.6E+05
⑫	50.3	49.1	132	60.5	1.0E+05
⑬	113	85.8	189	102	— ※1
⑭	50.3	49.1	92.0	66.4	3.6E+04

参考3. 測定結果【天井面調査】

【測定日】4/15 【測定器】コリメータγ線量計, Dose-i (空間線量計) 【測定高さ】床面より1.2m
測定結果を用いて天井面からの線量寄与を評価したところ, 床面高さ1mの位置で0.9mSv/h程度※1



✕: 測定点

※1 14箇所の天井の平均表面汚染密度 ($2.3\text{E}+05\text{Bq/cm}^2$) が, 天井に一樣に存在した場合の床面高さ1mの位置における天井からの線量寄与(測定値を基に高工ネ研にて評価)

※2 表面線量率 換算式

表面線量率 = コリメータ値 × 換算定数 - 空間線量率 × 鉛減衰率

- ・ 換算定数: $8.20\text{E}-04[(\text{mSv/h})/(\text{cps})]$
- ・ 鉛減衰率: $1.81\text{E}-03$

※3 表面汚染密度 換算式

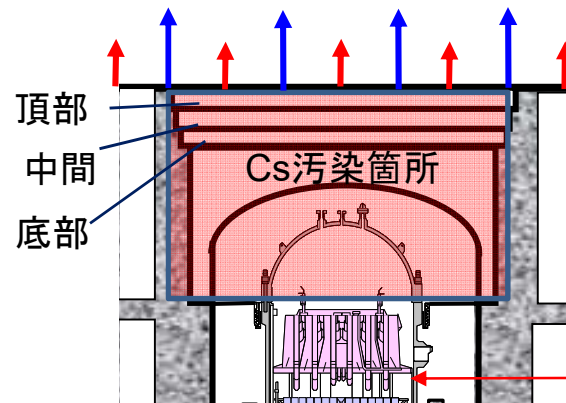
表面汚染密度 = 表面線量率 × 換算定数
・ 換算定数: $1.38\text{E}+06[(\text{Bq/cm}^2)/(\text{mSv/h})]$

(測定値を基に高工ネ研にて評価)

測定点	測定開始時間	測定終了時間	コリメータ値 (測定値) (cps)	空間線量率 (測定値) (mSv/h)	表面線量率※2 (評価値) (mSv/h)	表面汚染密度※3 (評価値) (Bq/cm ²)
①	11:03:00	11:04:00	113	8.78	0.08	$1.1\text{E}+05$
②	11:07:00	11:08:00	410	13.60	0.31	$4.3\text{E}+05$
③	11:10:00	11:11:00	263	11.08	0.20	$2.7\text{E}+05$
④	11:13:15	11:14:15	126	11.52	0.08	$1.1\text{E}+05$
⑤	11:15:35	11:16:35	155	13.68	0.10	$1.4\text{E}+05$
⑥	11:20:00	11:21:00	229	20.88	0.15	$2.1\text{E}+05$
⑦	11:27:45	11:28:45	299	61.27	0.13	$1.8\text{E}+05$
⑧	11:31:15	11:32:15	293	102.2	0.06	$7.5\text{E}+04$
⑨	11:34:30	11:35:30	379	117.2	0.10	$1.4\text{E}+05$
⑩	11:37:10	11:38:10	262	70.34	0.09	$1.2\text{E}+05$
⑪	11:41:20	11:42:20	346	61.27	0.17	$2.4\text{E}+05$
⑫	11:48:40	11:49:40	147	33.62	0.06	$8.2\text{E}+04$
⑬	11:52:20	11:53:20	343	31.32	0.22	$3.1\text{E}+05$
⑭	11:58:20	11:59:20	865	53.56	0.61	$8.4\text{E}+05$

参考4. 測定結果の考察

- これまでのオペフロ調査でシールドプラグ上部のγ線線量率が他の領域より高いことが分かっており、オペフロ面により多くの汚染が付着していれば他の領域よりもオペフロ面に付着したCsの直接線が高いと考えられる。
- 床面調査により、オペフロ面ではほぼ同じ表面汚染密度であることが確認できた。
- シールドプラグ上部のγ線線量率が他の領域より高い原因は、散乱線※¹（3層のシールドプラグの隙間部及び下部に大量に蓄積されているCs）の寄与が大きいと判断できる。
- シールドプラグ上の線源は、オペフロ表面に残っているというよりも、散乱線の大きくなるような領域（表面ではない場所）に線源があると推定されることから、遮蔽による効果は十分期待できる見込みである。



*1 Csの直接線(γ線)が構造体(シールドプラグ等)に衝突してコンプトン散乱を起こし、それにより発生した散乱線

- ↑ シールドプラグの隙間部及び下部に蓄積しているCsの散乱線
- ↑ オペフロ表面に付着しているCsの直接線

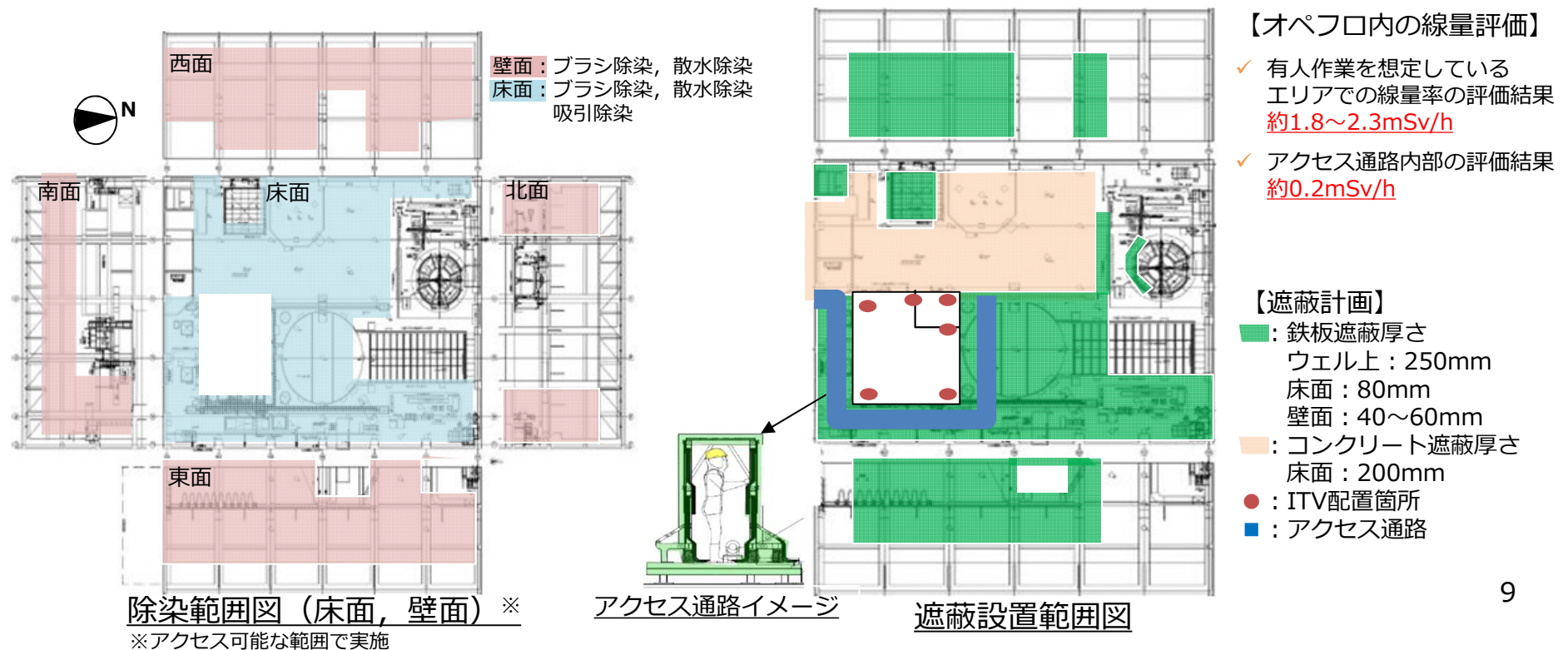
散乱線の寄与が大きい場合のオペフロγ線線量率イメージ

■ 参考

2014年に2号機原子炉建屋内から採取したシールドプラグ上部・北東床面のボーリングコア試料の分析をJAEAにて実施した結果と今回の測定結果を比較して同程度の表面汚染密度であった。

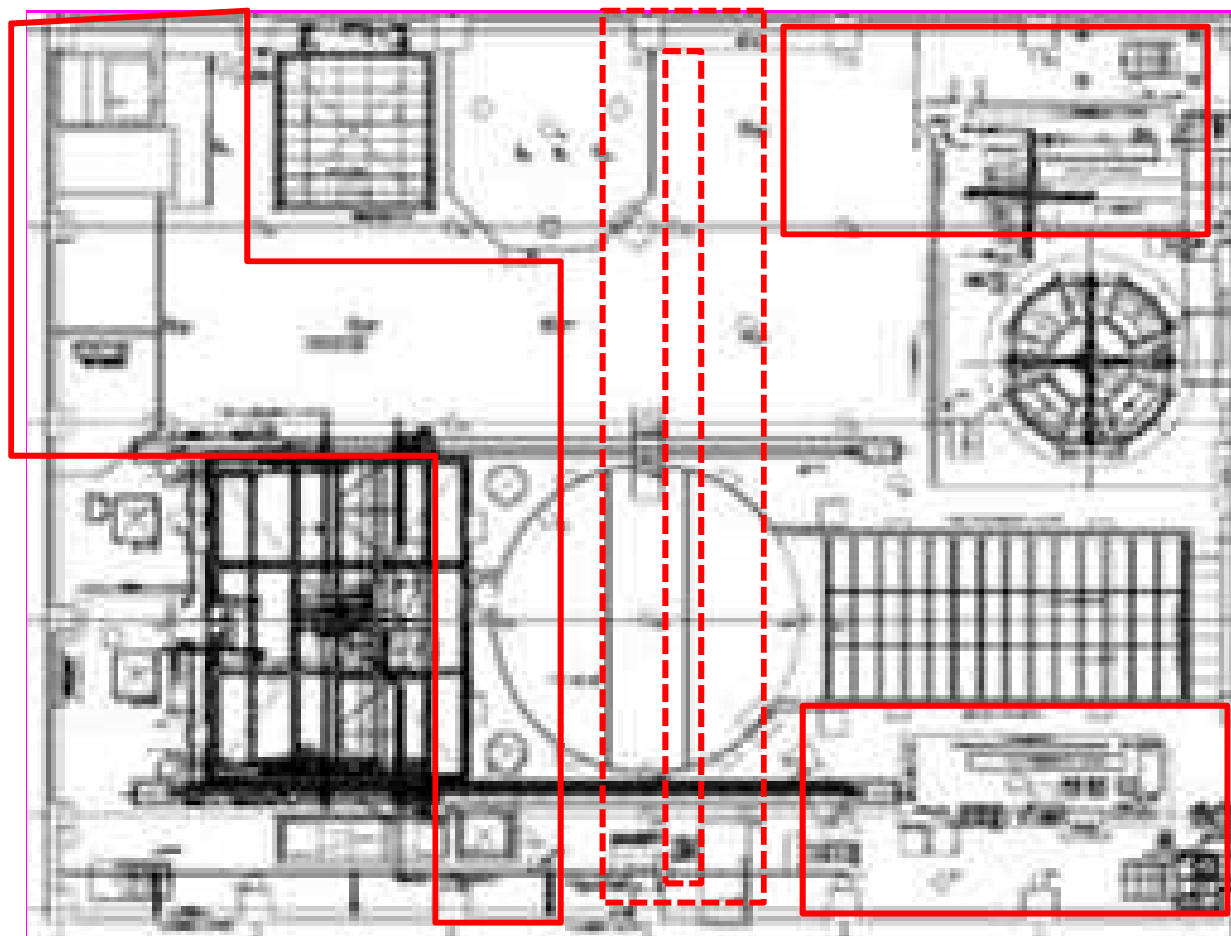
参考5. オペフロ線量低減の設計状況

- 2018年度に実施したオペフロ調査結果から、遮蔽体設置工法及び除染の仕様について現在詳細な検討を進めている。
- 除染及び遮蔽設置後の評価結果より、原子炉建屋内の有人作業は限定的な作業ではあるが、可能であると評価している。想定している有人作業は以下の通り。
 - 設備設置時：SFP近傍へのITV及び照明設置、非常用注水配管設置、ランウェイガード設置
 - 設備不具合時：ITV故障、燃料取扱機油圧系統不具合等
- 今後実施する線量低減作業時にホールドポイント（除染・遮蔽完了後等）を設け、線量低減効果の確認を行い、追加線量低減対策の要否を検討する計画。

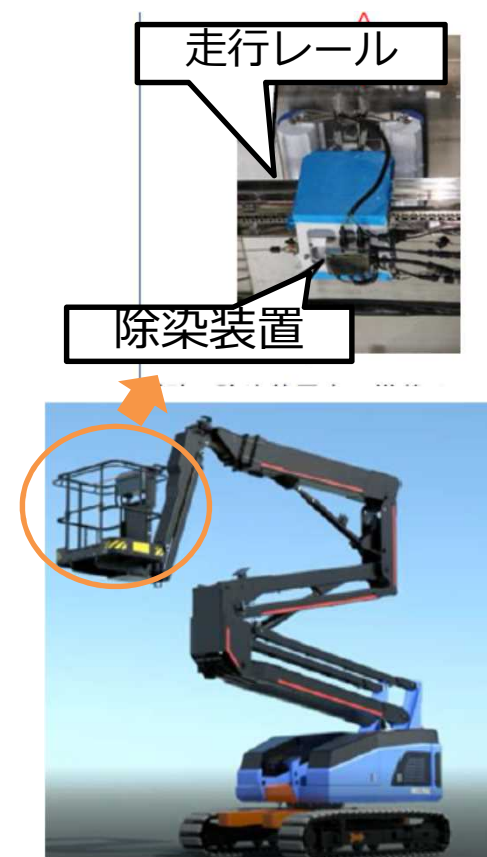


参考6. 天井面の除染範囲

- 高所作業台車を使用し、アクセス可能な範囲で高所壁面、天井、天井クレーン（底面、側面）の除染を計画している。



天井面の除染範囲図



高所作業台車イメージ図

- : 天井ブラシ除染
 □ : 天井クレーンブラシ除染

参考7. 空間線量率（ γ 線線量率）の測定結果〈床高さ：約1.5m〉

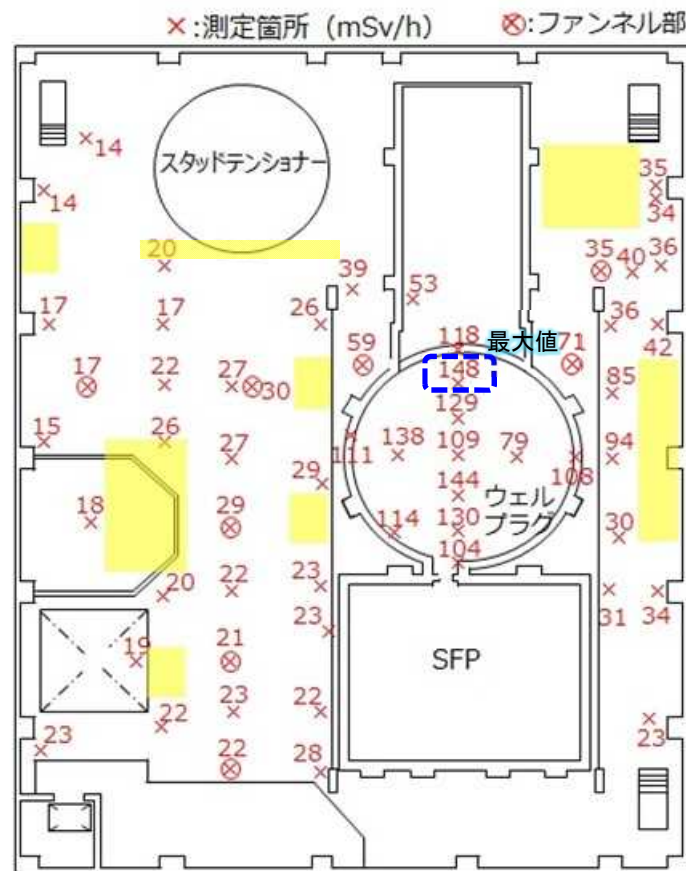
TEPCO

■ 前回の空間線量率測定結果と比較し、全体で2割程度の線量低減を確認。

➤ 線量低減要因（推定）

✓ 残置物移動・片付けによる線量低減：1割程度

✓ 自然減衰（2018年度⇒2020年度の約2年間分）：1割程度



2018年11月～12月測定結果



2021年2月～3月測定結果