

2号機原子炉建屋オペフロの放射線等調査結果について ～残置物移動・片付後～

2019年5月20日

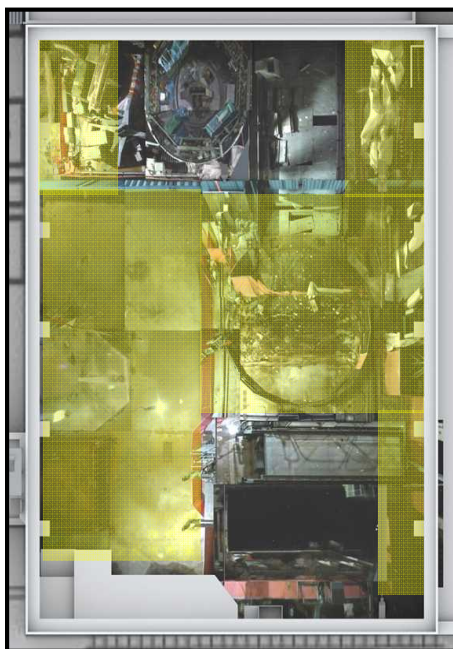
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

- 2号機使用済燃料の取り出しに向けて、原子炉建屋オペフロの調査を2018年11月より開始し、2019年2月に完了した。
- オペフロ内全域を対象として、線量率や表面汚染密度、残置設備の状態等について遠隔ロボットを用いて調査した。
- 今回の調査結果を踏まえて、燃料取扱設備の設計や残置設備の撤去工法その他、遮へい設置等の環境整備、飛散防止対策や敷地境界他への影響評価等の検討を順次行う予定。

北
↑



■ 調査範囲（壁・天井も対象）

< 図1 調査範囲 >



BROKK400D

主な役割

- ・転倒防止対策用スロープ設置
- ・γカメラ撮影 等



Survey Runner

主な役割

- ・3Dスキャン
- ・調査助勢 等



Kobra（左）Packbot（右）

主な役割

- ・表面／空間線量率測定、表面汚染測定
- ・調査助勢 等



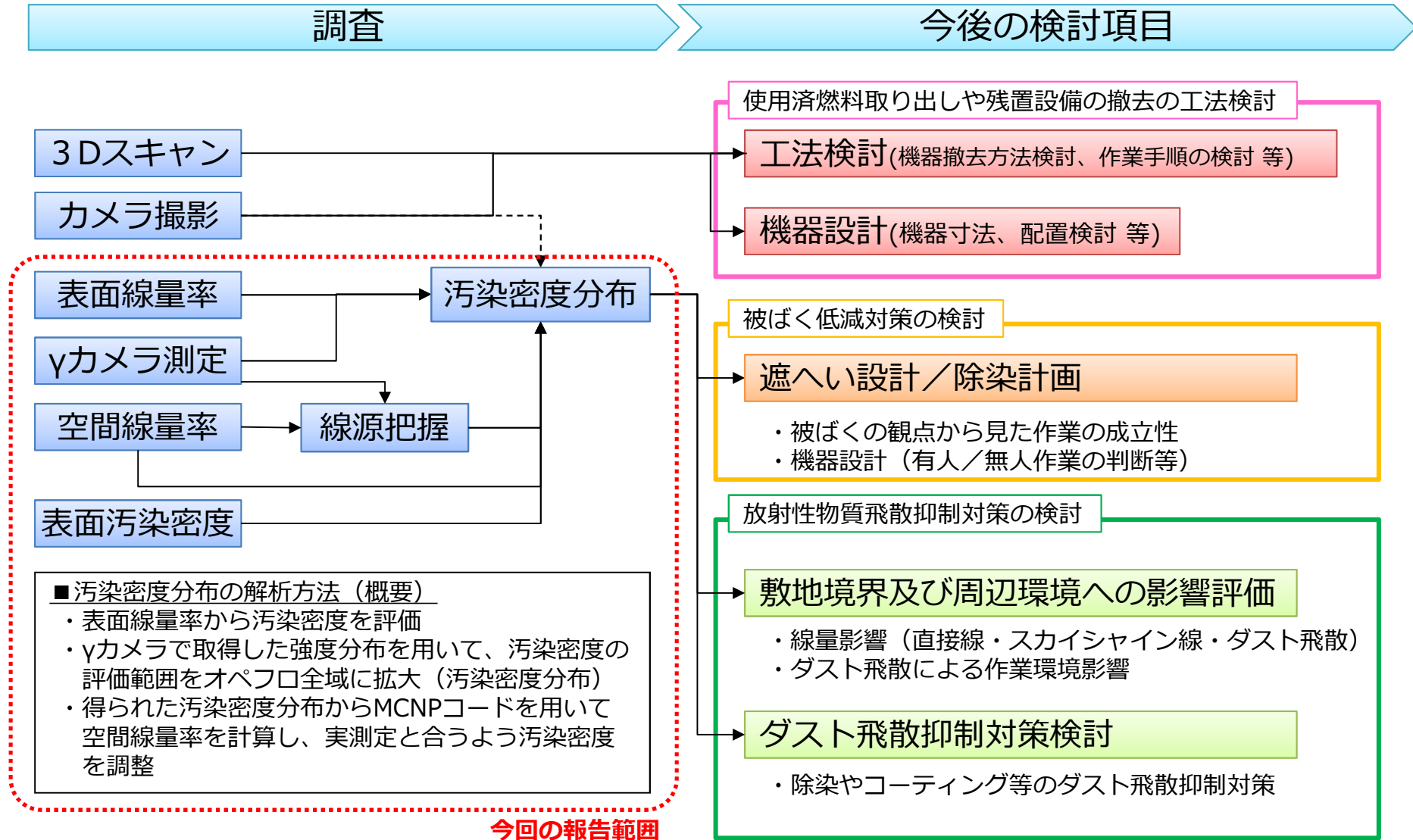
高所除染台車

主な役割

- ・表面／空間線量率測定
- ・表面汚染測定
- ・3Dスキャン 等
（高所部測定時使用）

< 図2 調査に用いた遠隔ロボット >

2. 目的 ～調査項目と今後の検討項目の関係性について～

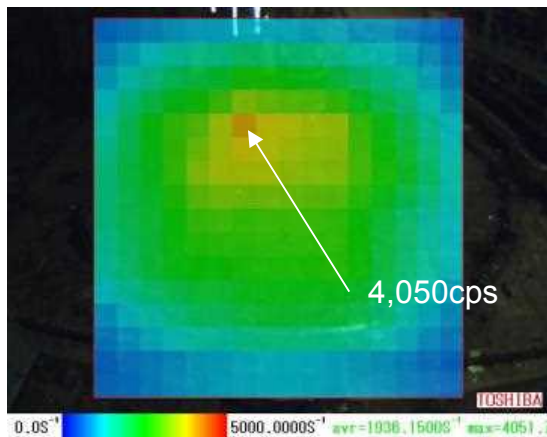


3. 線源把握 ～ガンマカメラによる確認結果～

■ 主要線源 (ウェル)

【推定原因】

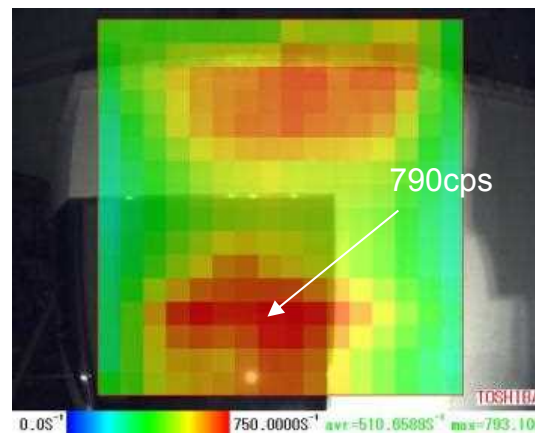
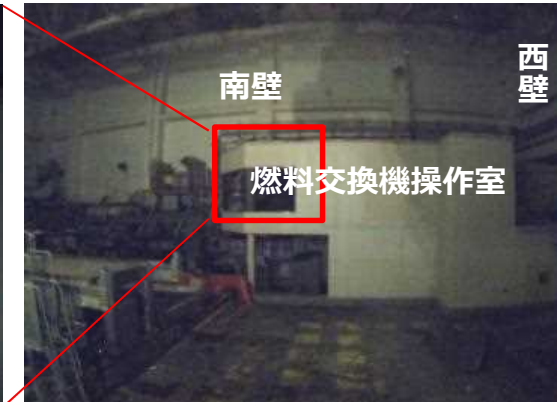
- ・ 事故時の蒸気がウェルと養生シートの間に滞留し、その後乾燥したことで主要線源となっていると推定



■ 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

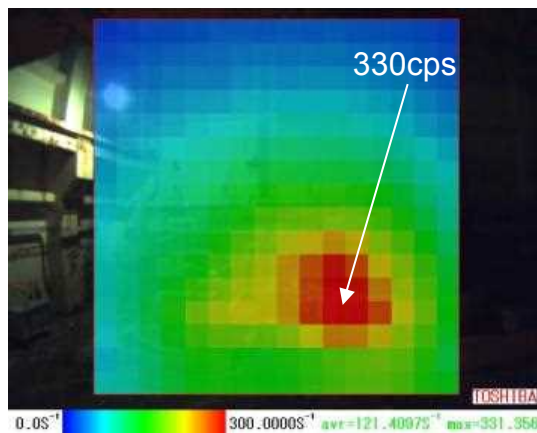


3. 線源把握 ～ガンマカメラによる確認結果～

■ スポット汚染② (スタッドテンショナー近傍床面)

【推定原因】

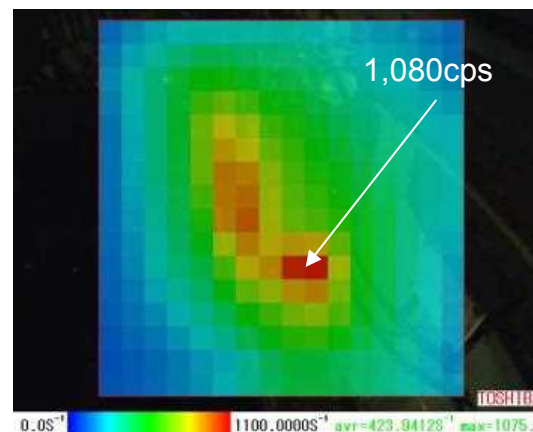
- ・ [雨水等により周辺の汚染が集積したものと推定](#)
- ・ なお、スタッドテンショナー下部は通常養生している



■ スポット汚染③ (SFP南側床面)

【推定原因】

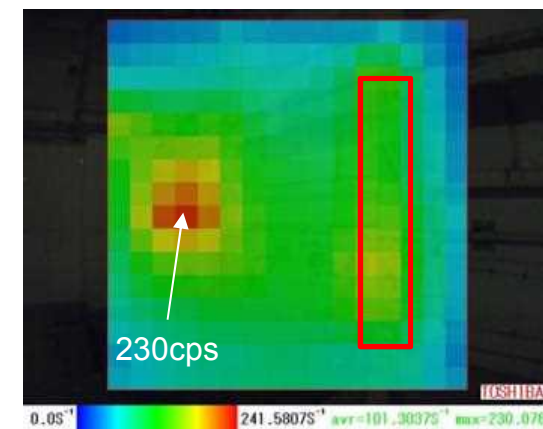
- ・ [雨水等により周辺の汚染が集積したものと推定](#)
- ・ なお、当該箇所に床養生あり



■ スポット汚染④ (柱)

【推定原因】

- ・ [雨水等により天井クレーンランウェイガード上の汚染が流れたことによるものと推定](#)
- ・ なお、左側のスポット汚染は、燃料交換機操作室上部と同様の理由と考えられる。



4. 表面汚染密度分布 ～線量率からの解析結果～

- 解析方法・条件：**表面線量率およびガンマカメラの測定結果から表面汚染密度を計算。MCNPコードを用いて空間線量率を計算し、実測定結果と整合するよう表面汚染密度を評価。その際、汚染源が床・壁・天井等の構造物表面に全量付着するモデルとした。
- 解析結果：**ウェル上で $10^6 \sim 10^8$ [Bq/cm²]、その他床面や壁面で $10^5 \sim 10^7$ [Bq/cm²]、天井で 10^5 [Bq/cm²]未満であった。引き続き、本結果を用いて使用済燃料取り出しに向けて各検討を実施予定。

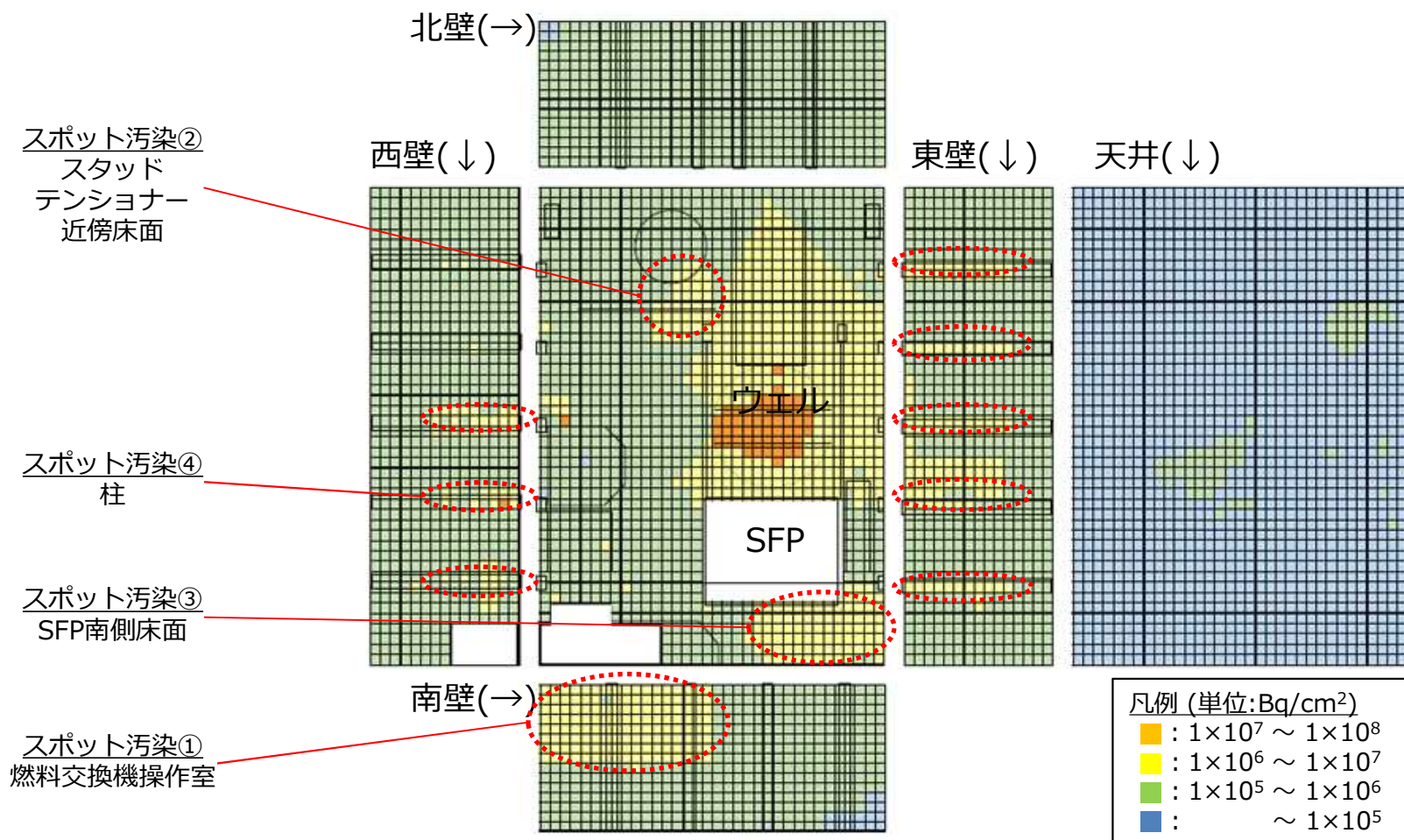
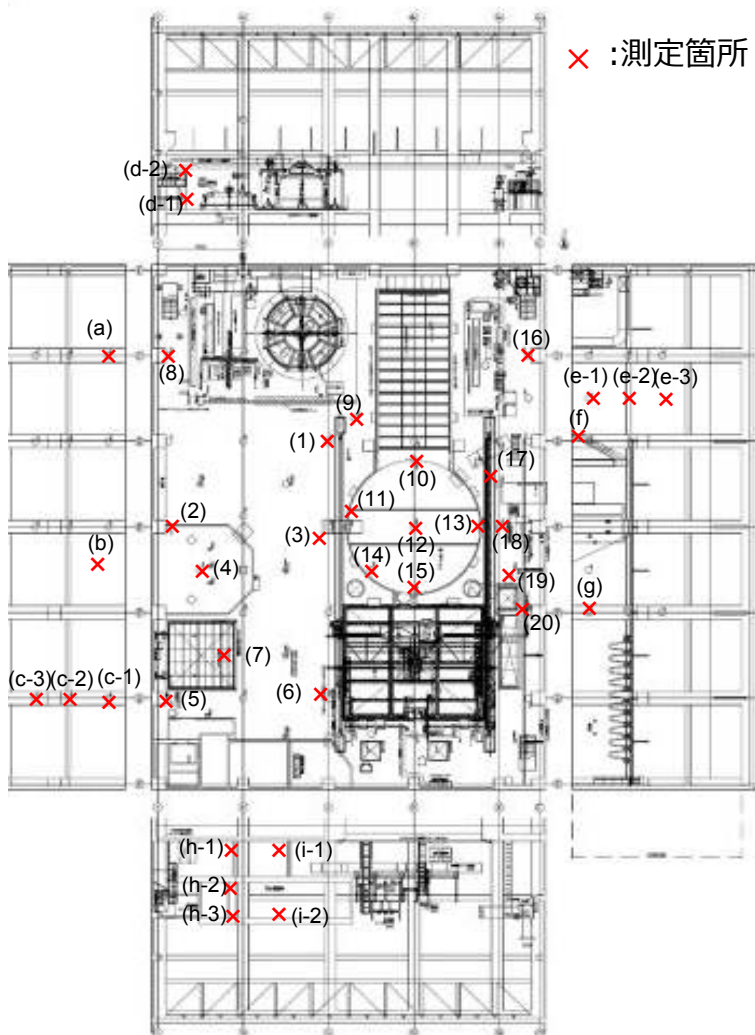


図3 オペフロの汚染密度分布 展開図

4. 表面汚染密度分布 ～遊離性汚染の実測定結果～

■ 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 7

5-1. 表面汚染密度の解析結果と測定結果の比較

- 表面汚染密度に関して、解析結果（p.6）と測定結果[遊離性汚染]（p.7）を比較すると、西側及び東側エリアの解析・測定結果が共に同程度であるのに対し、ウェル上において差が生じていることを確認。
- ウェル上の解析と実測定の差分は、プラグ上の空間線量分布に大きなバラつきがあることも踏まえると、プラグ間隙や裏面に付着している汚染からの影響が大きいと推定（解析では、間隙や裏面の汚染からの寄与をすべて表面上に付与しているため、過大となる）。

(単位: Bq/cm²)

	西側エリア	ウェル上	東側エリア
測定結果(平均)	5×10^5	7×10^5	9×10^5
解析結果	$10^5 \sim 10^6$	$10^6 \sim 10^8$	$10^5 \sim 10^7$

<参考1>

測定結果 = 遊離性汚染
 解析結果 = 遊離性汚染+固着性汚染

<参考2>

均等な汚染が表面に付着している場合、空間線量率は中心が最大で、外周方向に向けて徐々に低下する

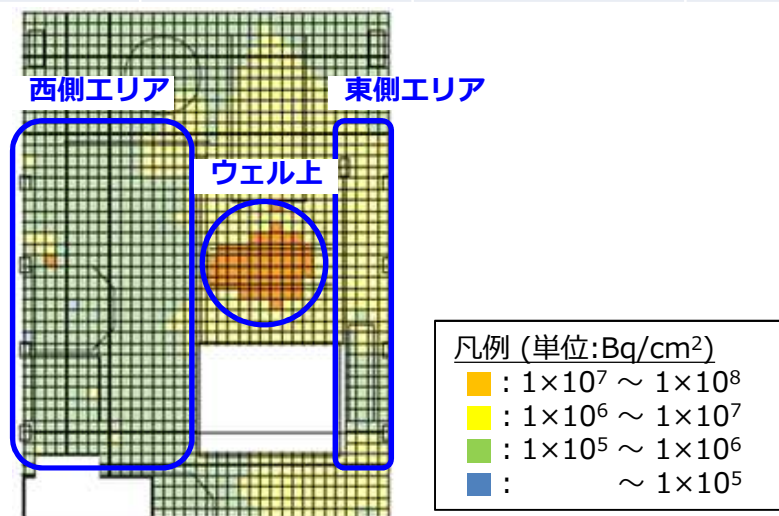


図4 表面汚染密度の解析結果と測定結果の比較

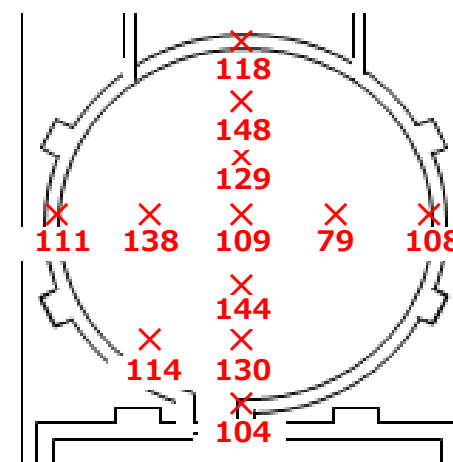


図5 ウェル上の空間線量分布

< 調査結果概要 >

- 主要線源がウェルであり、2012年度の計測時に比べて、空間線量率が大幅に下がっていることを確認。
- その他、空間全体への寄与が小さいものの、燃料交換機操作室や一部床面等において雨水等による汚染の集積によるスポット汚染も確認。
- 表面線量率やガンマカメラ等の測定結果から、使用済燃料取り出しに向けた各検討に必要な表面汚染密度分布を解析・評価した。ただし、ウェル上の表面汚染密度は、ウェル間隙や裏面からの線量寄与を表面上に付与するモデルとしたことで過大となっている状況。

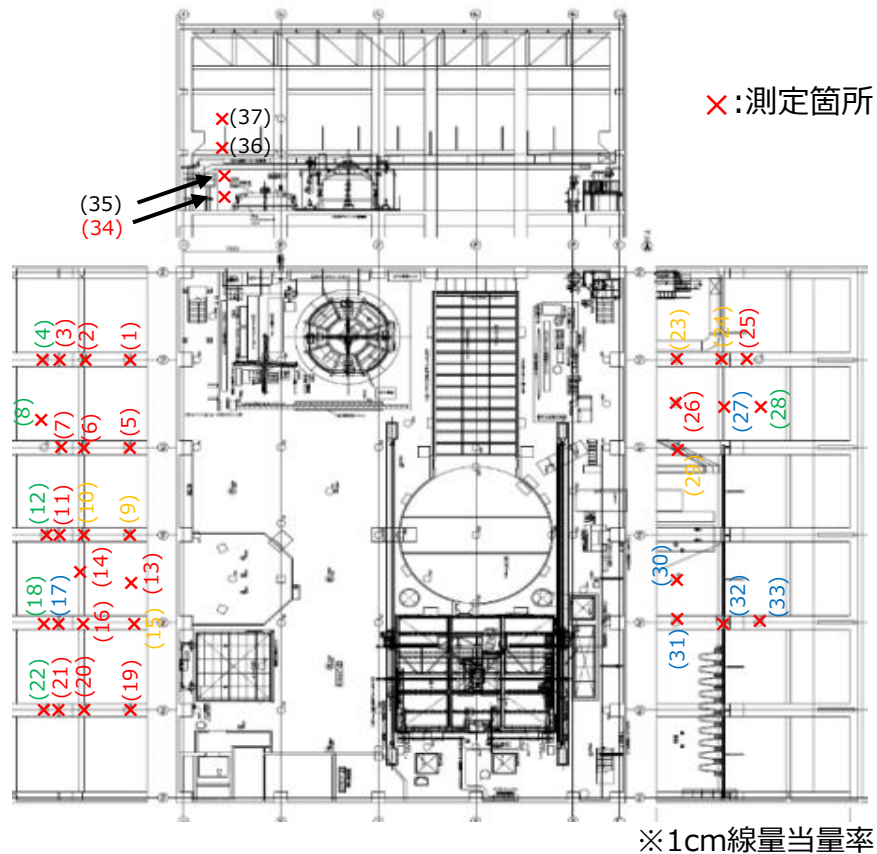
< 今後の展開 >

- 今後、遮へい設計や除染方法の検討において重要となる汚染の存在形態（固着性／遊離性）について、データ解析及び必要に応じた調査を進める。
- 得られた調査結果を踏まえ、燃料取扱設備の設計や残置設備の撤去工法、遮へい設置等の環境整備、飛散防止対策や敷地境界他への影響評価等の検討の他、燃料取出し工法についてもリスクの最小化が図れるよう柔軟な思考で検討を進めて行く。

【参考①】 空間線量率 ～壁面～

■ 空間線量率 (γ線線量率※) の測定結果

- 測定条件：壁面から1.0m
- 測定箇所：下図参照



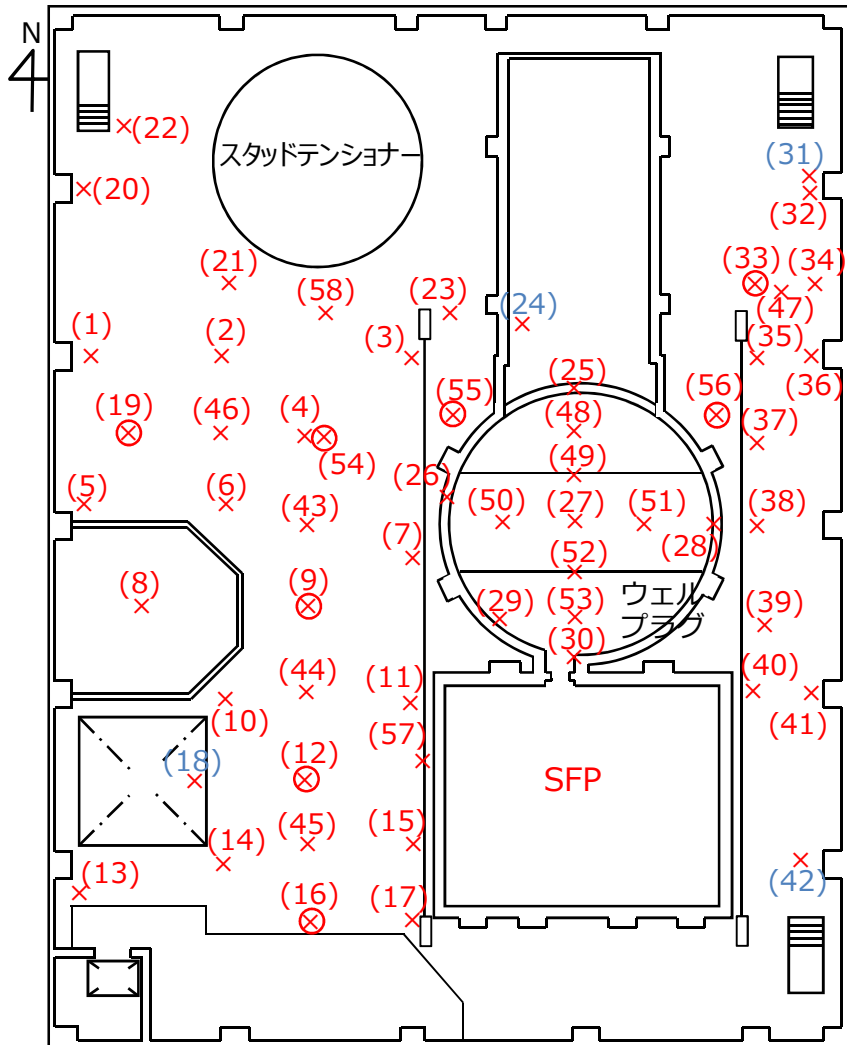
測定箇所	空間線量率	測定箇所	空間線量率
(1)	14	(21)	29
(2)	19	(22)	36
(3)	13	(23)	39
(4)	17	(24)	30
(5)	17	(25)	21
(6)	21	(26)	39
(7)	14	(27)	25
(8)	19	(28)	23
(9)	15	(29)	42
(10)	19	(30)	30
(11)	14	(31)	35
(12)	15	(32)	28
(13)	14	(33)	27
(14)	16	(34)	14
(15)	15	(35)	15
(16)	19	(36)	12
(17)	14	(37)	10
(18)	19		
(19)	23		
(20)	30		

注：緑字はランウェイガードとの干渉により1m程度離れて測定した箇所
 黄字は既設機器等との干渉により斜めから測定した箇所
 黒字はダクトとの干渉により2m程度離れて測定した箇所
 青字はその他の理由により測定箇所から離れて測定した箇所

【参考②】 表面線量率 ～床面～

■ 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



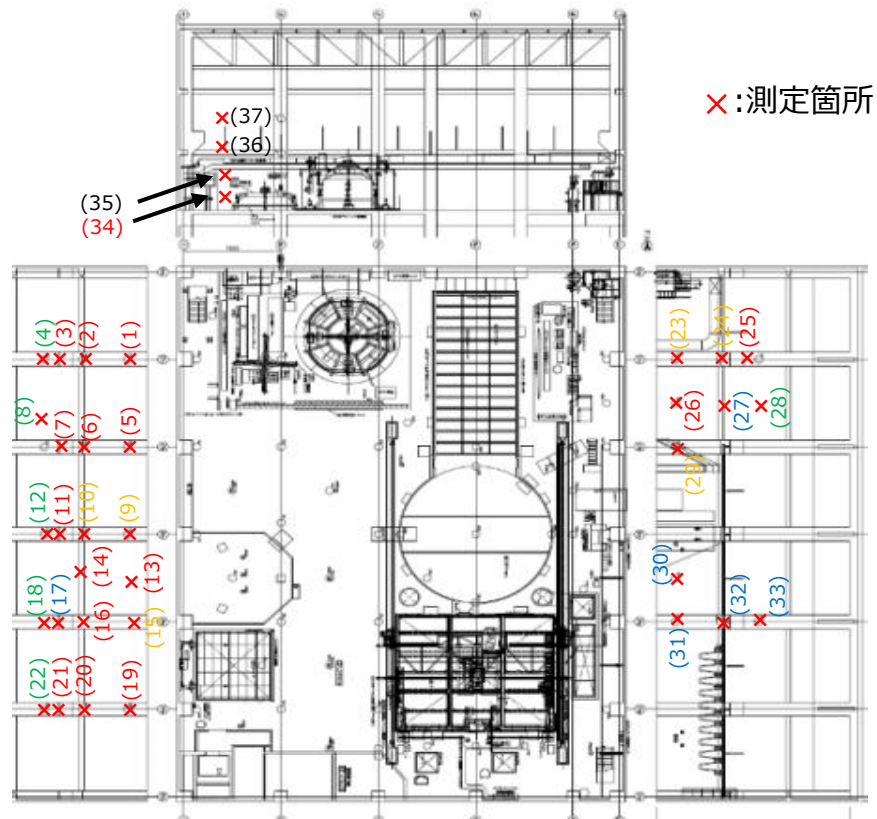
測定箇所	γ^{*1}	$\beta+\gamma^{*2}$	備考
(1)	0.2	40	
(2)	0.2	17	
(3)	0.3	57	
(4)	0.2	86	
(5)	0.4	79	
(6)	0.3	74	
(7)	1.9	46	
(8)	0.1	18	
(9)	1.8	306	ファンネル部
(10)	0.5	74	
(11)	0.3	58	
(12)	3.6	312	ファンネル部
(13)	0.5	62	
(14)	0.6	135	
(15)	0.3	77	
(16)	0.4	24	ファンネル部
(17)	0.9	11	
(18)	1.0	45	
(19)	1.9	126	ファンネル部
(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②】 表面線量率 ～壁面～

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



X:測定箇所

測定箇所			備考	(mSv/h)		
	γ ^{※1}	$\beta+\gamma$ ^{※2}		測定箇所	γ ^{※1}	$\beta+\gamma$ ^{※2}
(1)	1.8	42		(21)	1.4	135 水平部
(2)	0.3	84		(22)	0.7	34
(3)	0.7	251	水平部	(23)	0.8	45
(4)	0.9	23		(24)	3.1	54
(5)	0.2	25		(25)	1.2	40 水平部
(6)	1.4	20		(26)	0.3	24
(7)	0.5	144	水平部	(27)	0.3	28
(8)	0.2	26		(28)	0.3	43
(9)	2.7	93		(29)	1.7	87
(10)	1.6	34		(30)	0.6	47
(11)	0.3	28	水平部	(31)	1.1	62
(12)	0.2	18		(32)	0.9	15
(13)	0.2	15		(33)	0.4	19
(14)	0.2	6		(34)	0.2	21
(15)	4.6	32		(35)	0.3	21
(16)	0.9	34		(36)	0.2	17
(17)	0.3	226	水平部	(37)	0.2	13
(18)	0.6	26				
(19)	1.8	61				
(20)	0.3	43				

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

注 : 緑字はランウェイガータとの干渉により1m程度離れて測定した箇所

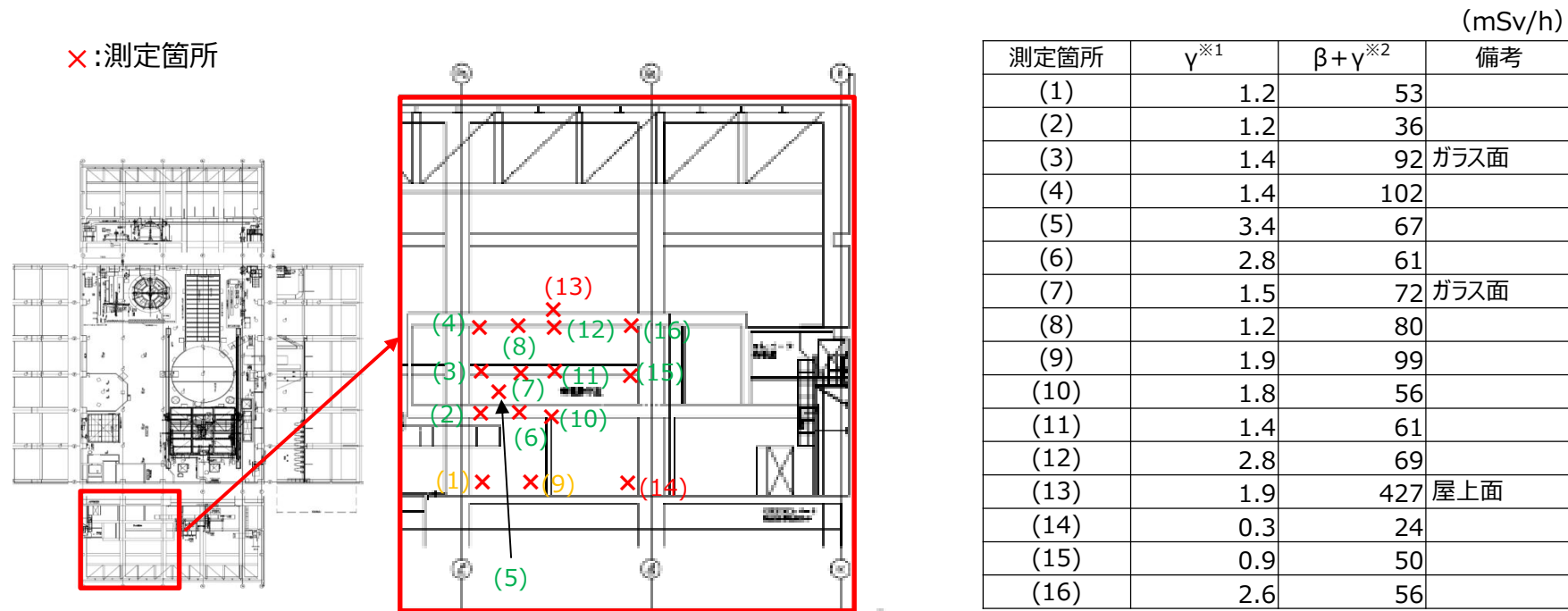
黄字は既設機器等との干渉により斜めから測定した箇所

黒字はダクトとの干渉により2m程度離れて測定した箇所

青字はその他の理由により測定箇所から離れて測定した箇所

【参考②】 表面線量率 ～燃料交換機操作室～

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



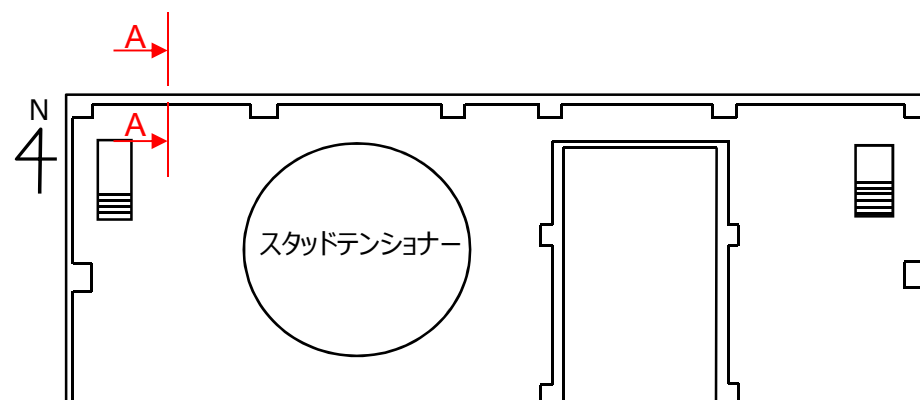
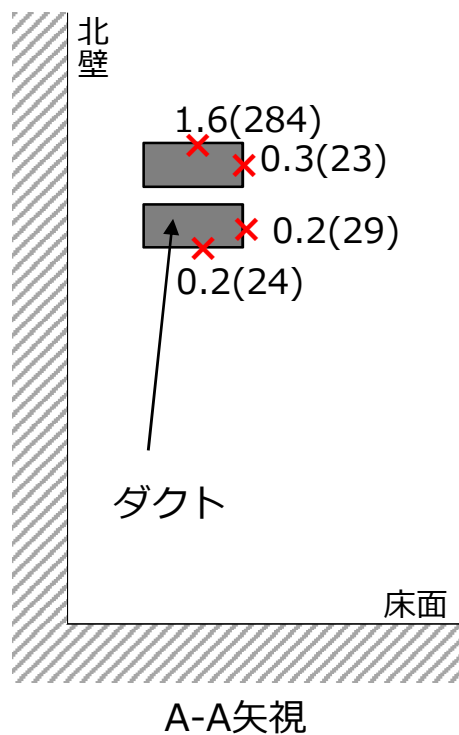
※ 1 : 1cm線量当量率、壁面@30.5cmコリメート付線量計で測定
 ※ 2 : 70 μ m線量当量率、壁面@0.5cmコリメート付線量計で測定

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

【参考②】 表面線量率 ～空調ダクト～

■ 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(ダクト表面)
 γ 線線量率^{※1} ($\beta+\gamma$ 線線量率^{※2}) (mSv/h)



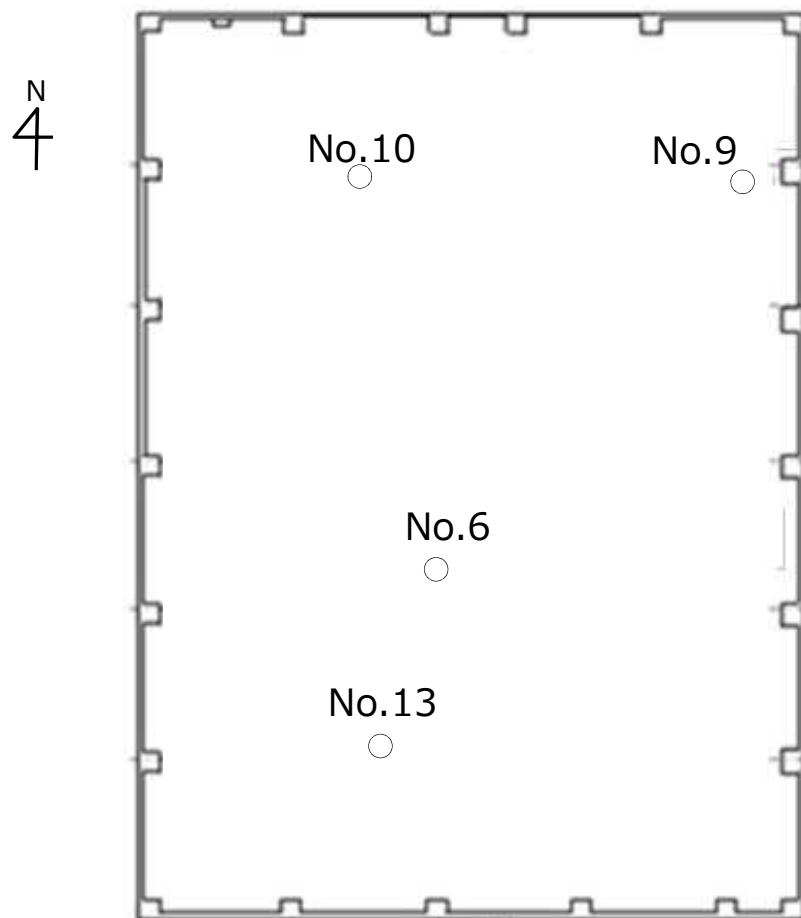
※1 : 1cm線量当量率、ダクト面@30.5cmコリメート付線量計で測定

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

【参考②】 表面線量率 ～天井～

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

- 測定距離：天井面から1cm
- 測定箇所：下図参照



No.6 (mSv/h)

	北東	南東	南西	北西
$\beta+\gamma$	28	28	27	26
γ	24	22	21	24

No.9 (mSv/h)

	東	南	南西	北東
$\beta+\gamma$	25	18	19	25
γ	16	15	15	16

No.10 (mSv/h)

	北東	南	南西	北西
$\beta+\gamma$	24	21	18	19
γ	17	17	13	14

No.13 (mSv/h)

	北	南東	南西	北西
$\beta+\gamma$	28	33	28	27
γ	23	29	22	24

※1：1cm線量当量率
 ※2：70 μ m線量当量率