

燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

分野名	括り	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後1ヶ月の予定			7月		8月				9月			10月		11月	備考	
			24	31	7	14	21	28	4	11	18	25	10/2	10/9	10/16	10/23	10/30		
RPV/PCV健全性維持		(実績) ○【研究開発】圧力容器/格納容器の腐食抑制技術の開発(継続) ○【研究開発】圧力容器/格納容器の耐震性・影響評価手法の開発(継続) ○腐食抑制対策 ・窒素ハプリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減実施(継続) (予定) ○【研究開発】圧力容器/格納容器の腐食抑制技術の開発(継続) ○【研究開発】圧力容器/格納容器の耐震性・影響評価手法の開発(継続) ○腐食抑制対策 ・窒素ハプリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減実施(継続)	検討・設計	【研究開発】圧力容器/格納容器の腐食抑制技術の開発				【研究開発】腐食抑制剤の選定											
			検討・設計	【研究開発】副次的悪影響の評価				【研究開発】腐食抑制システムの概念設計・管理要領の策定											
			現場作業	腐食抑制対策(窒素ハプリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減)															
			現場作業																
炉心状況把握		(実績) 【炉心状況把握解析】 ○【研究開発】事故時プラント挙動の分析(継続) ○事故関連factデータベース構築(継続) ○【研究開発】炉内状況の総合的な分析・評価(継続) ○2号機ミュオン透過法による測定(継続) (予定) 【炉心状況把握解析】 ○【研究開発】事故時プラント挙動の分析(継続) ○事故関連factデータベース構築(継続) ○【研究開発】炉内状況の総合的な分析・評価(継続) ○2号機ミュオン透過法による測定(継続)	検討・設計	【炉心状況把握解析】 【研究開発】事故時プラント挙動の分析				事故関連factデータベース構築											
			検討・設計	【研究開発】炉内状況の総合的な分析・評価															
			現場作業	2号機 ミュオン透過法 測定/評価															
			現場作業																
燃料デブリ取り出し準備	取出後の燃料デブリ安定保管	(実績) ○【研究開発】燃料デブリ性状把握 ・収納/保管に資するデブリ特性の把握(継続) ・MCC1生成物の特性評価(継続) ・分析に必要な要素技術開発(継続) (予定) ○【研究開発】燃料デブリ性状把握 ・収納/保管に資するデブリ特性の把握(継続) ・MCC1生成物の特性評価(継続) ・分析に必要な要素技術開発(継続)	検討・設計	【研究開発】燃料デブリ性状把握 ・収納/保管に資するデブリ特性の把握 試験計画策定及び試材調達等				乾燥挙動評価試験											
			検討・設計	粉化挙動評価試験				MCC1生成物の特性評価 試験準備(試験条件の調整等)											
			現場作業	分析に必要な要素技術開発 計画策定及び試材調達等				デブリ化学分析等の検討試験											
			現場作業																
燃料デブリ臨界管理技術の開発		(実績) ○【研究開発】燃料デブリ臨界管理技術の開発 ・臨界評価(継続) ・炉内の再臨界検知技術の開発(継続) ・臨界防止技術の開発(継続) (予定) ○【研究開発】燃料デブリ臨界管理技術の開発 ・臨界評価(継続) ・炉内の再臨界検知技術の開発(継続) ・臨界防止技術の開発(継続)	検討・設計	【研究開発】燃料デブリ臨界管理技術の開発 臨界評価 ・臨界評価(最新知見の反映、複数工法を考慮した臨界シナリオの見直し) ・臨界時挙動評価(PCV上部水張り時に必要な機能整備、PCV水張り時挙動評価の精緻化、燃料デブリ取出し時に必要な機能検討) ・臨界管理手法の策定(臨界管理の考え方整理、燃料デブリ取出し時臨界管理手法の策定、臨界誘因事象の整理・対策検討)															
			検討・設計	炉内の再臨界検知技術の開発 ・再臨界検知システム(複数工法への適用検討、未臨界度推定アルゴリズムの実証試験方法検討) ・臨界近接検知システム(臨界近接検知手法の選定、システム仕様策定、適用性確認試験方法計画・準備、デブリ取出し作業への適用性検討)				臨界防止技術の開発 ・非溶解性中性子吸収材(候補材の耐放射線試験、核的特性確認試験準備、投入時均一性担保のための適用工法検討、必要投入量評価) ・溶解性中性子吸収材(水張り前のホウ酸水置換方法検討、ホウ酸水適用時の水質管理方法の検討)											
			現場作業																
			現場作業																
燃料デブリ回収・移送・保管技術の開発		(実績) ○【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 燃料デブリ収納缶取扱いプロセスにおける課題抽出・整理(継続) 燃料デブリ収納缶の仕様、安全評価に関わる検討(継続) (予定) ○【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 燃料デブリ収納缶取扱いプロセスにおける課題抽出・整理(継続) 燃料デブリ収納缶の仕様、安全評価に関わる検討(継続)	検討・設計	燃料デブリ収納缶取扱いプロセス(取出し～保管)における課題抽出・整理															
			現場作業	内部構造、安全評価手法検討															

試験追加

2号機 P C V 内部調査に向けた検討状況について

■ 除染と遮蔽を組み合わせによる線量低減の検討状況

2016年8月25日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- X-6 ペネ周辺の線量低減作業として、溶出物除去、スチーム除染、化学除染を実施したが目標線量率まで到達せず。（2015年10月～2015年12月）
- 浸透汚染に対応できる技術として表面研削を実施。表面研削時にダストの舞い上がりが発生し作業を中断。（2016年1月）
- 線量低減作業後の線量率は、床表面で最大8 Sv/h程度であり、遮蔽対策前の床表面線量率の目標（概ね100mSv/h）には至っていない。
- 上記を踏まえ、新たな除染方法や遮蔽体の検討と並行して、床・溝からの線量影響を考慮したコリメータ付線量計を用いたX-6ペネ周辺の詳細な線量測定を実施。
- 詳細な線量測定結果が得られたことから、作業エリアの目標線量（遮蔽後の雰囲気線量20mSv/h以下）の達成に向け、除染と遮蔽を組み合わせることでどこまで線量低減できるか検討を行った。

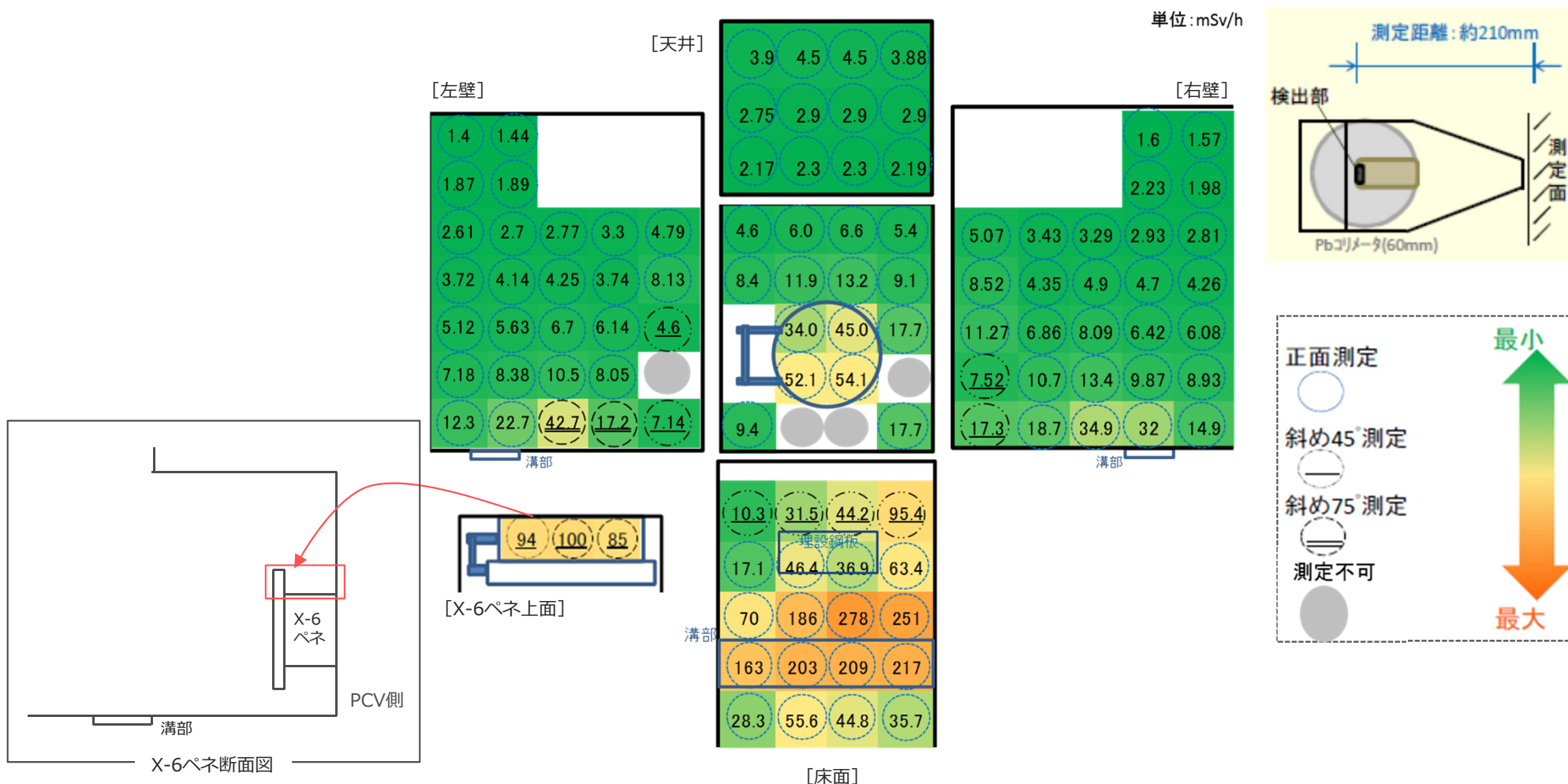
2. 除染・遮蔽効果予測

- 作業エリアの目標線量（遮蔽後の雰囲気線量20mSv/h以下）を達成するため、以下の方策について技術開発を実施中。
 - ①更なる除染（床面穿孔）
 - ②新規遮蔽体の設置
- 今般、線量の詳細測定結果が得られたことから、各対策の妥当性の検討を行った。

	ケース1（当初遮蔽、除染あり）	ケース2（新規遮蔽、除染なし）
遮蔽体 （構造はP.4参照）	当初の遮蔽体 除染後に使用を考えていた遮蔽体 （遮蔽体に人手によるクランプ取付け用のスリットあり）	新規遮蔽体 （装置一部遠隔化による取付け）
除染状態	床面除染あり	床面除染なし
線源強度	詳細測定結果を踏まえた線源分布（雰囲気線量率が実測値 \leq 計算値となることを確認）	
目標	・ 遮蔽後の作業エリアで20mSv/h以下 （作業員が5分程度の作業を行う雰囲気線量の目安） ・ 実質的に現場で取り回せる遮蔽+装置重量（約2t/ユニット）以下	

3 . 詳細測定結果

- 壁や天井等からの線量影響を正しく把握するため、床面からの線量影響を考慮したコリメータ付線量計を用いて線量測定を実施。
- 測定結果から、床面とX-6ペネからの線量影響が大きく壁や天井からの影響は比較的小さいことが分かった。

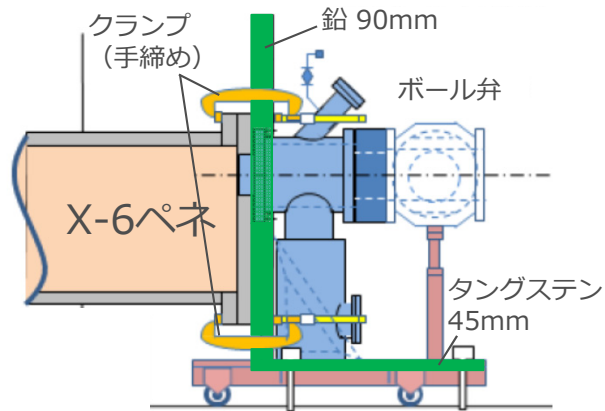


4. 遮蔽体について

ケース1

除染後に使用を考えていた**当初の遮蔽体**

※クランプは遮蔽体にある穴を用いて手締めする設計仕様



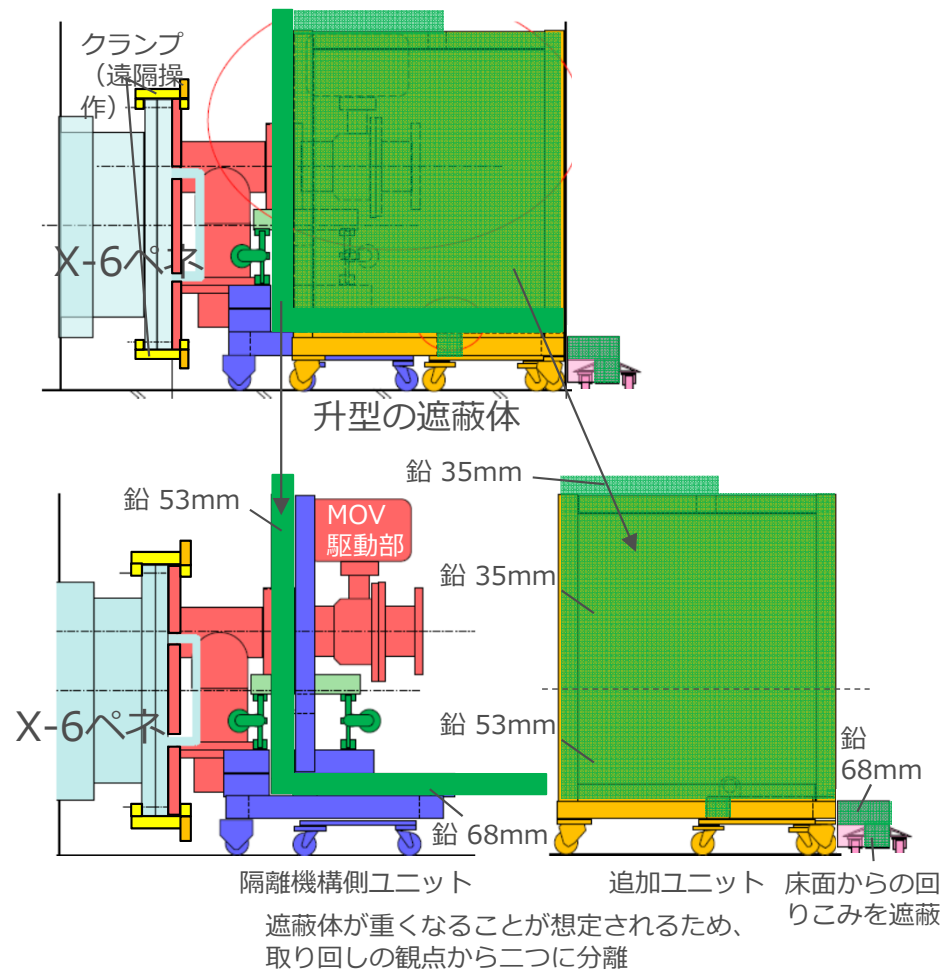
上記に加え、壁・天井に対する4.5mmの鉄板の門型遮へいも考慮。

■ : 遮蔽体

ケース2

除染が困難な場合も想定した**新規遮蔽体**
(一部遠隔操作により設置可能。今年度から開発中)

※クランプは遠隔操作が可能な設計仕様



5. 解析結果 ケース1

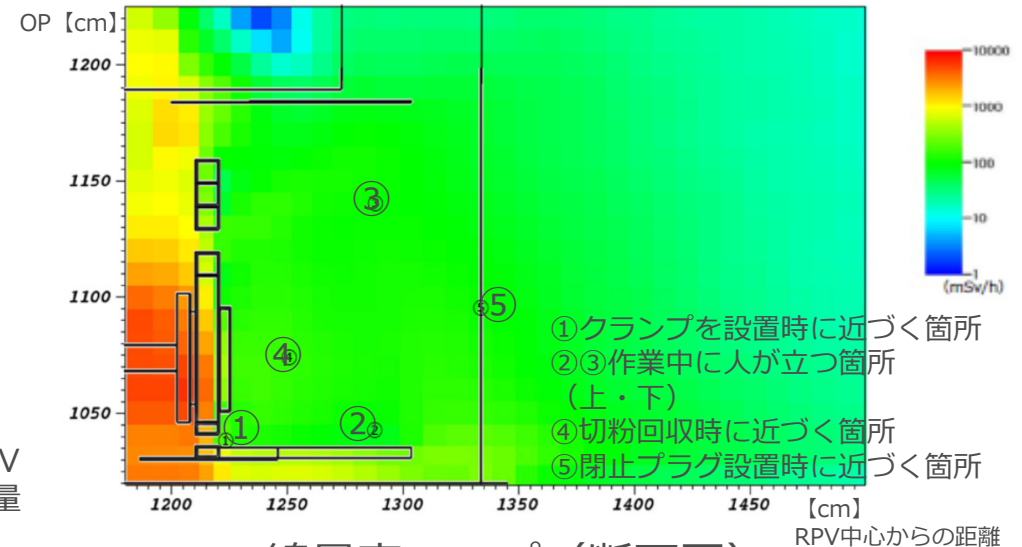
ケース1 (当初遮蔽、除染あり)

mSv/h

	合計	床・溝	壁・天井	それ以外
①	370	30	20	320
②	90	10	60	20
③	100	20	50	30
④	150	50	50	50
⑤	120	40	60	20

(値については暫定値)

↑ ペネ表面やPCV
内側からの線量



線量率マップ (断面図)

- ① クランプを設置時に近づく箇所
- ②③ 作業中に人が立つ箇所 (上・下)
- ④ 切粉回収時に近づく箇所
- ⑤ 閉止プラグ設置時に近づく箇所

- ケース1について、遮蔽体の穴 (クランプ取付け用) を通じたX-6ペネからの線量影響が大きく、遮蔽後の作業エリア線量目標である20mSv/hを達成できず。

当初遮蔽体の使用は解析上難しい結果となった。

5. 解析結果 ケース2

※赤字下線修正 (2016年8月26日)



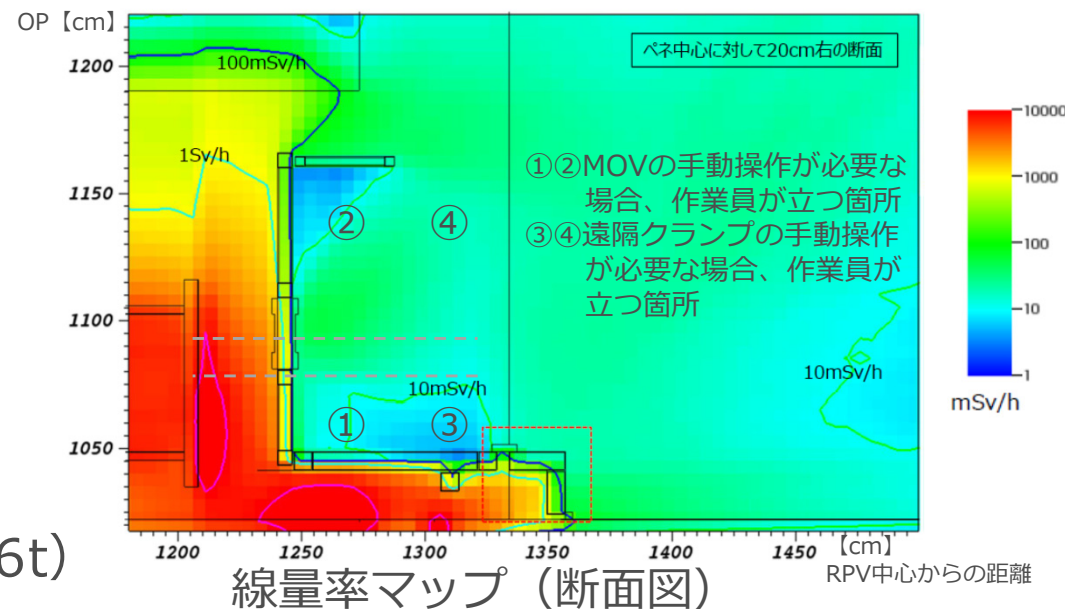
ケース2 (新規遮蔽、除染なし)

	合計	床・溝	壁・天井	それ以外
①	8.6	1.5	0.7	6.4
②	19.4	1.1	1.0	17.3*
③	6.1	0.6	0.8	4.7
④	19.3	3.0	3.1	13.2*

* 装置部分 (右図点線部) は遮蔽がないため、②と④はX-6ペネフランジからの影響を受けている。

↑ ペネ表面やPCV内側からの線量

(隔離機構側ユニット：1.2 t + 追加ユニット：1.6t)



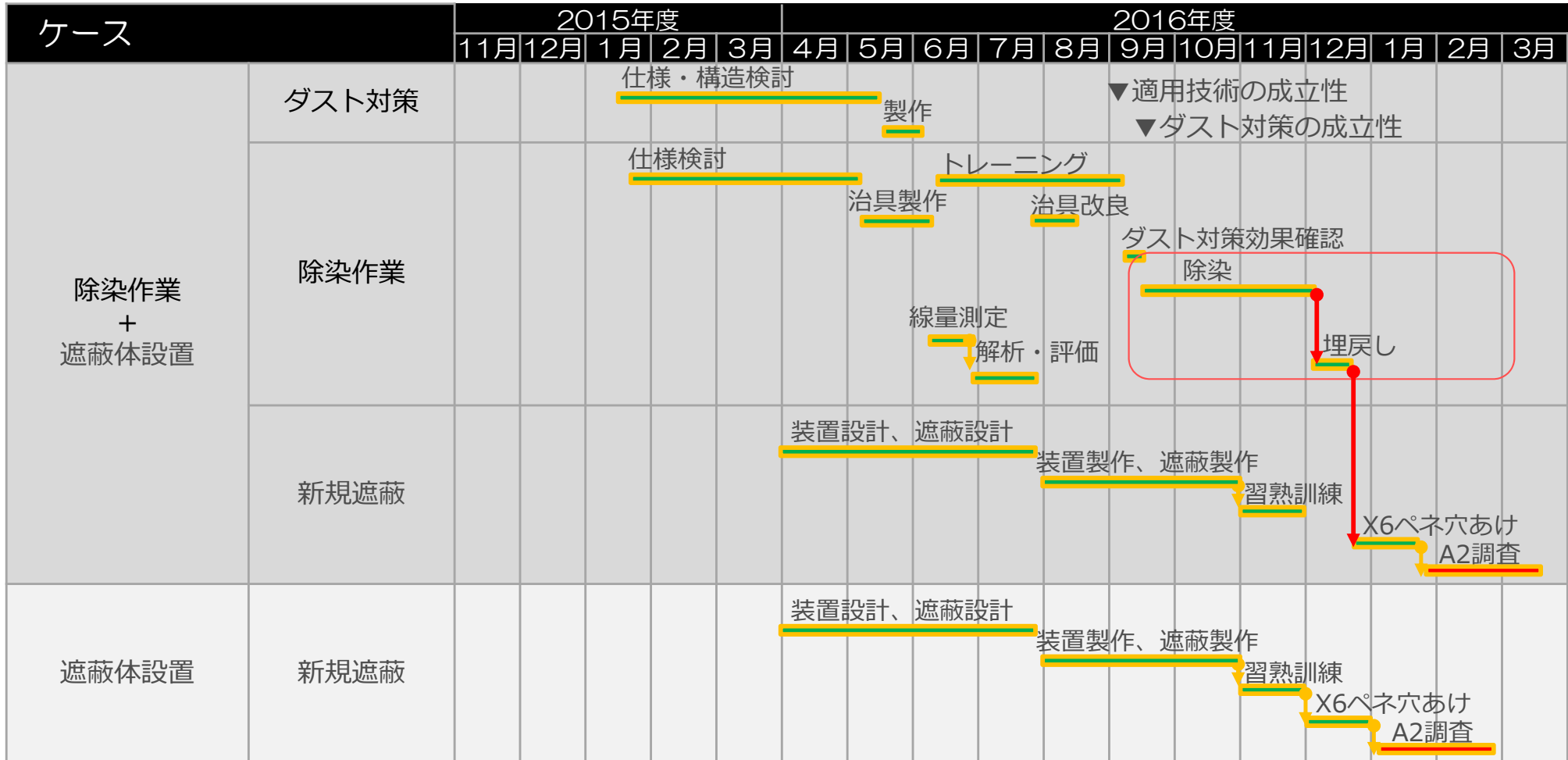
- 実質的に現場で取り回せる遮蔽重量 (約2t/ユニット) 以下に抑えた上で、遮蔽後の作業エリア線量目標である20mSv/hを達成できる見込みが得られた。

遮蔽のみで作業エリア線量目標を達成できる見込みが得られたことから
除染の要否について検討を実施。

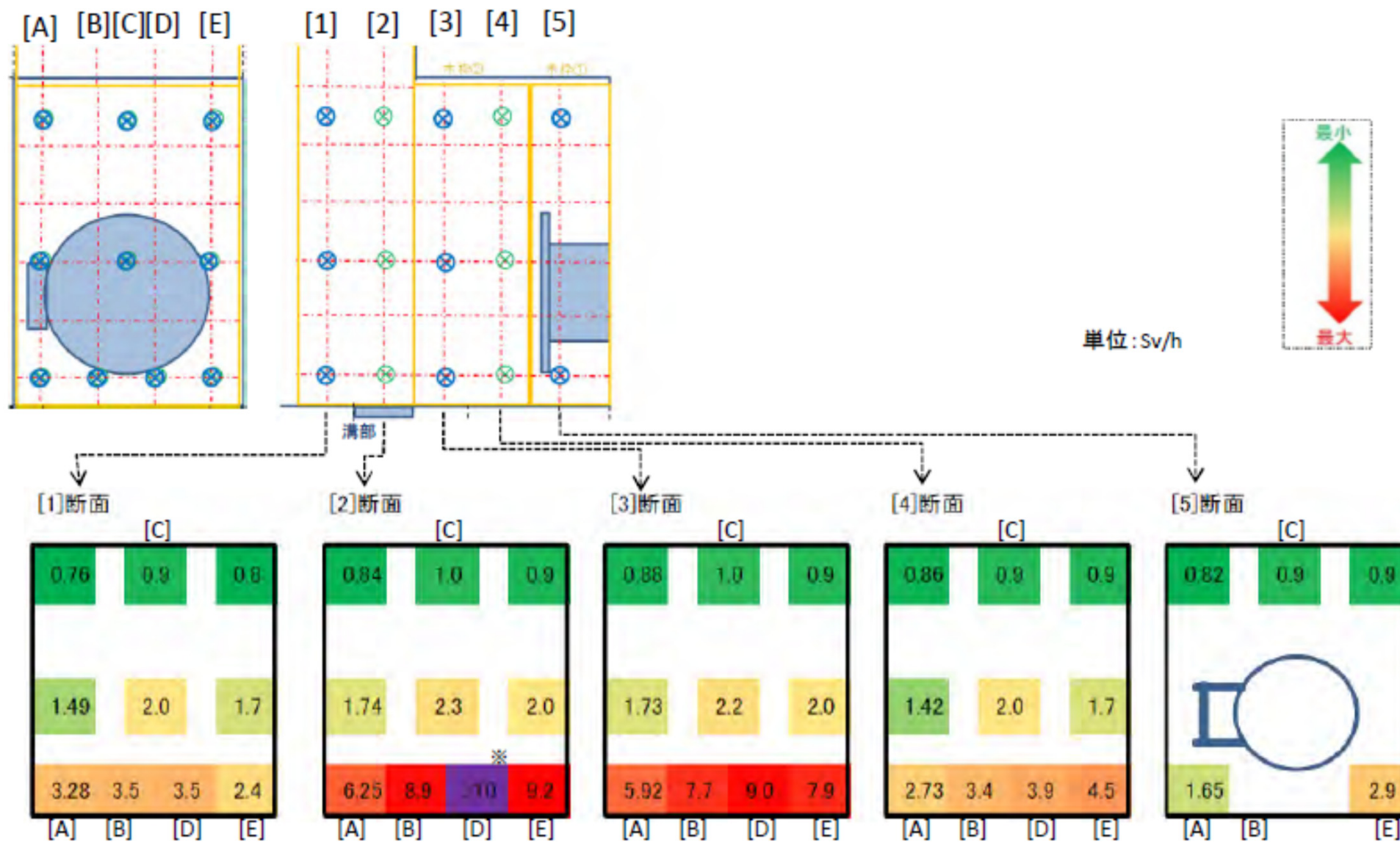
- ①更なる除染（床面穿孔）に関する技術開発については、モックアップ試験を実施。試験において、穿孔ビットの斜め挿入によるビット側面の摩擦抵抗の増大により、「かじり」が発生しうることが分かった。現在、かじりの発生抑制対策を検討中であるが、実際の除染作業実施時においてもかじりが発生する可能性があり、線量低減に時間を要するリスクあり。
- ②新規遮蔽体に関する技術開発については、現場での取り回しの観点から、遮蔽重量を約2t/ユニット以下に抑えなければならないという課題あり。この点については、ユニットを二つに分離することなどにより、解決できる見通し。（今後、遠隔設置を含む一連の遮蔽体取り付け手順等について、確認試験を実施予定。）
- A 2 調査を早期に実施するためにも、時間を要するリスクのある①更なる除染（床面穿孔）ではなく、②新規遮蔽体の設置による線量低減対策を進めることが適切。（①と比較して作業員の被ばく線量も抑えられる。）

6. 除染と遮蔽の組み合わせに関する考察（工程比較）

大よその規模感を表現するものであり、各作業期間は変更となる可能性がある。

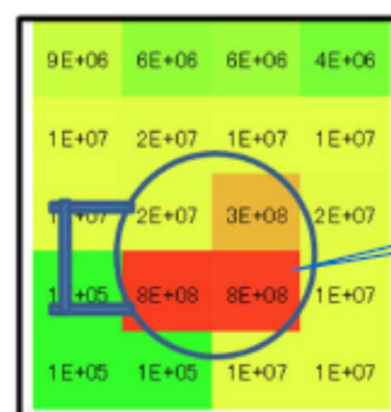
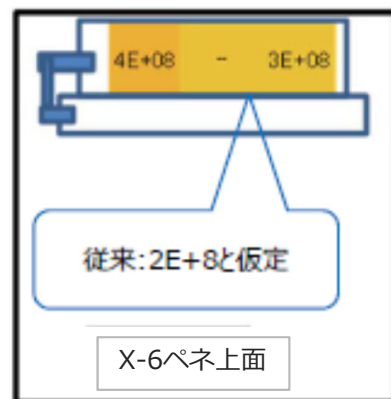


- ・ 新規遮蔽体について、除染をしなくても遮蔽のみで作業エリア線量目標である20mSv/hを達成できる見込みがえられたので遮蔽体の製作を進めるとともに、遠隔での設置について検討を進めていく。
- ・ 除染作業については、現場適用までに引き続き時間を要するなど、PCV内部調査の工程に影響を与える可能性があるため、今回のPCV内部調査前の除染は実施しないこととする。
- ・ なお、今回開発している除染技術（床面穿孔）（P.14参照）は、今後当該エリアを利用した調査等の作業で除染が必要となった場合やその他箇所でも高線量の浸透汚染が見つかった場合に有効であることから、技術を確立しておく。

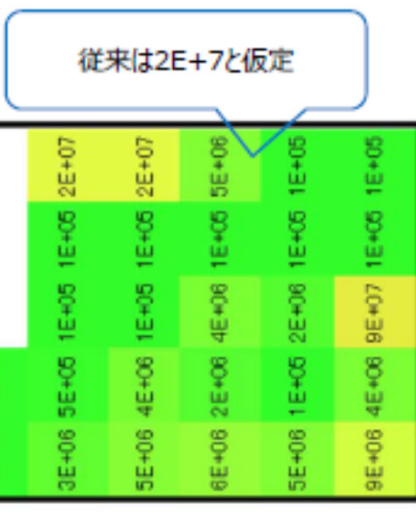


※測定上限オーバー

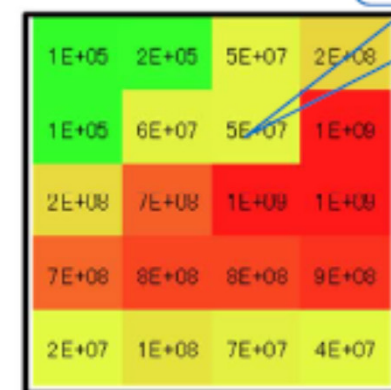
詳細測定結果や空間線量率を再現するように放射能濃度を仮定



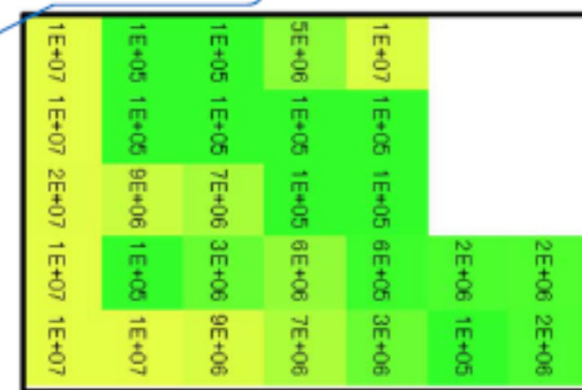
ペネ正面



左壁面



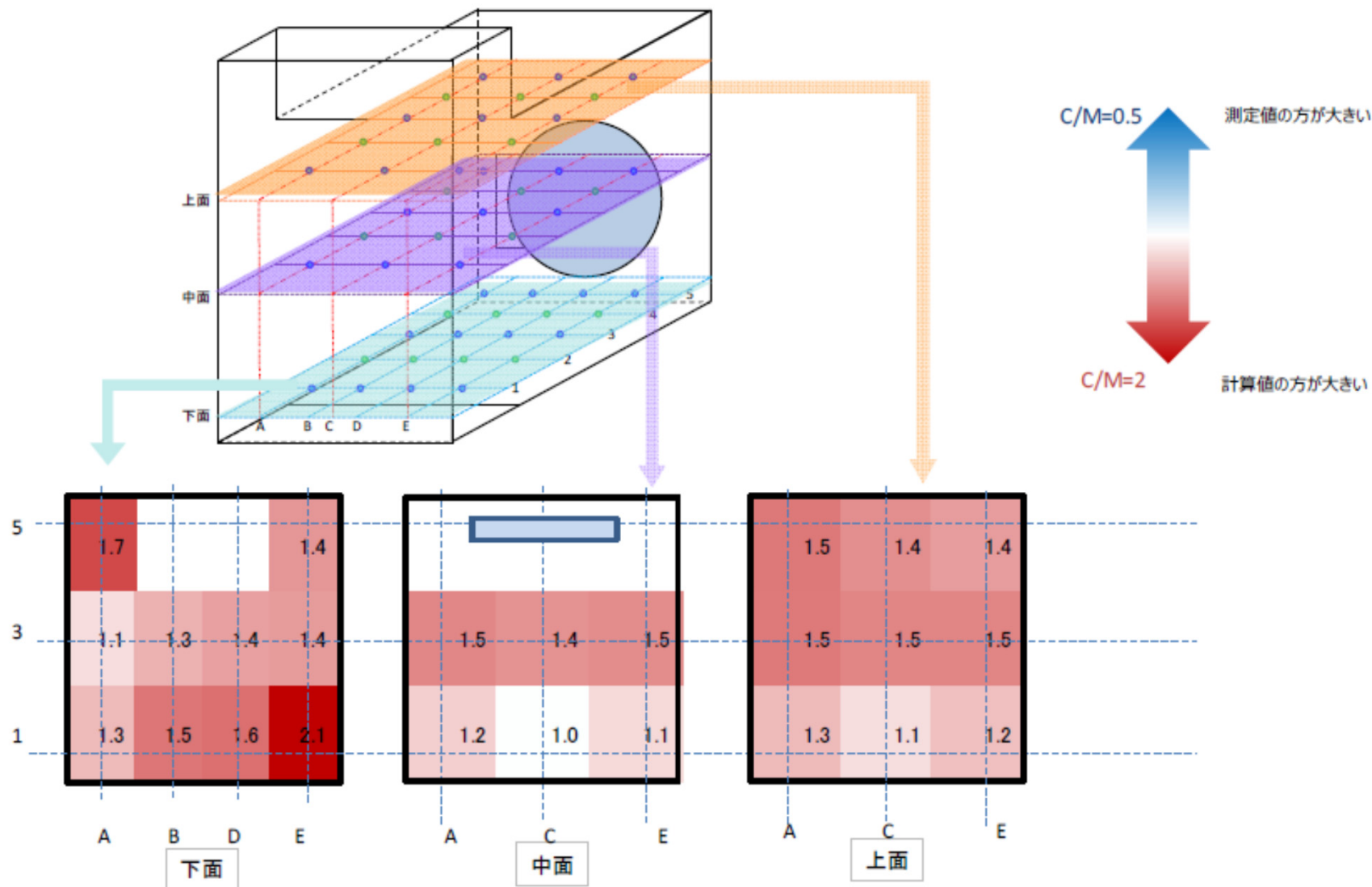
床面



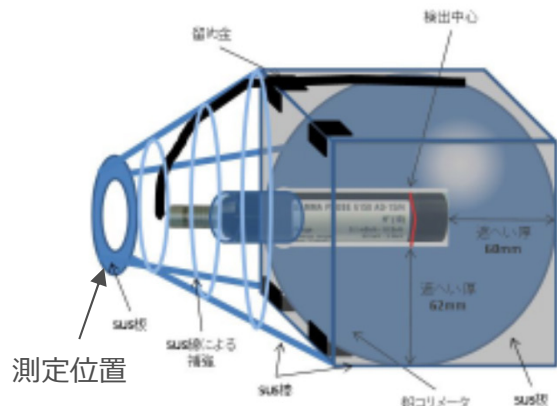
右壁面

図中の数値は¹³⁷Csの濃度 (Bq/cm²) を示し、¹³⁴Csは¹³⁷Csの約1/5倍の濃度とともに存在すると仮定

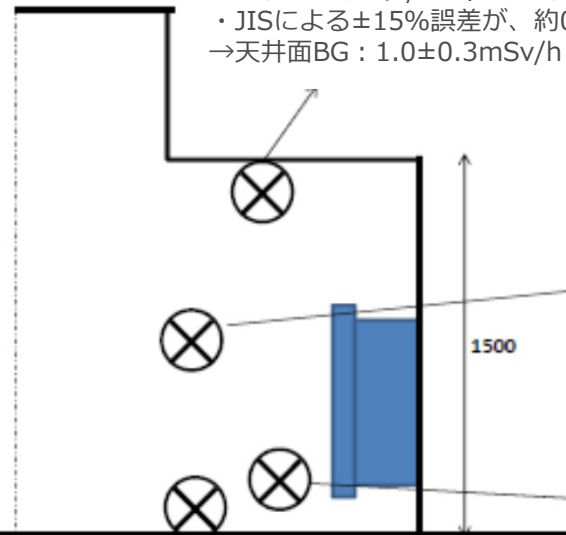
空間線量率について、計算値 (C) と測定値 (M) を比較した。C/Mは1以上であり計算値の方が大きく、保守性をもった解析となっている。



- コリメータ鉛厚さ約6cm
→BGを1/500にする能力



- ・天井面でのBG線量率：約500 (mSv/h)
- ・コリメータ (1/500) により、BG測定値は1.0 (mSv/h)
- ・JISによる±15%誤差が、約0.3 (mSv/h)
- 天井面BG：1.0±0.3mSv/h



- ・壁面中央高さでのBG線量率：約1100 (mSv/h)
- ・コリメータ (1/500) により、BG測定値は2.2 (mSv/h)
- ・JISによる±15%誤差が、約0.66 (mSv/h)
- 壁面中央高さBG：2.2±0.66mSv/h

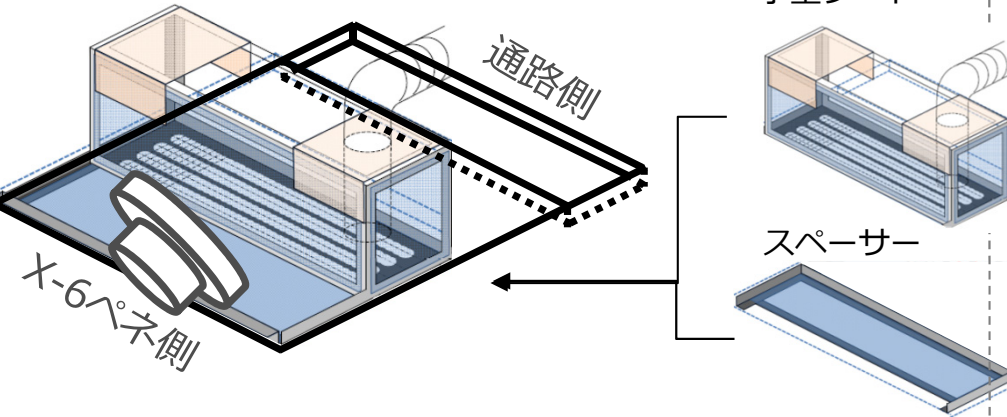
- ・壁面下部 (30cm高さ) でのBG線量率：約2800 (mSv/h)
- ・コリメータ (1/500) により、BG測定値は5.6 (mSv/h)
- ・JISによる±15%誤差が、約1.7 (mSv/h)
- 壁面下部高さBG：5.6±1.68mSv/h

床面平均線量率：**6,400** (mSv/h)

有人作業空間の線量率20mSv/hに対し、BGが0.05～0.28倍遮蔽を検討ためのBG線量率として適当

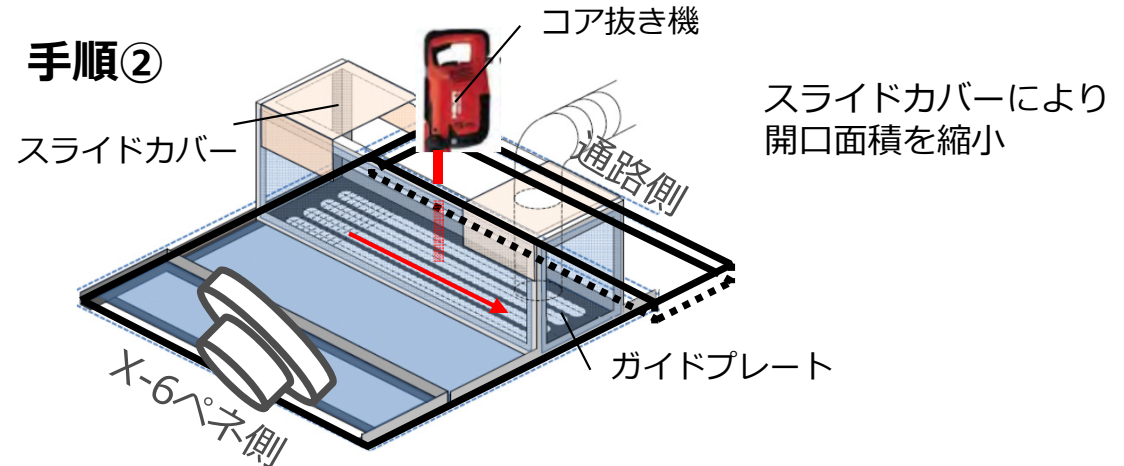
■ 作業手順

手順①



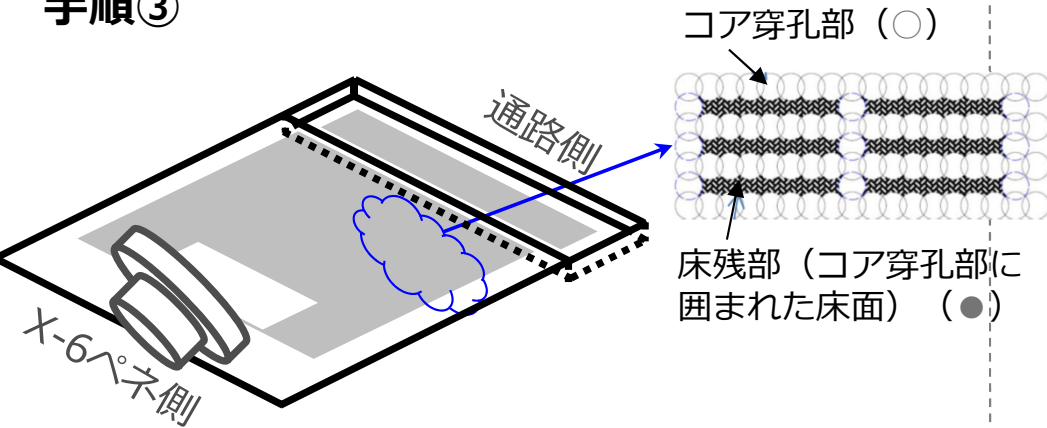
X-6ペネ小部屋にダスト対策の小型フード等を設置

手順②



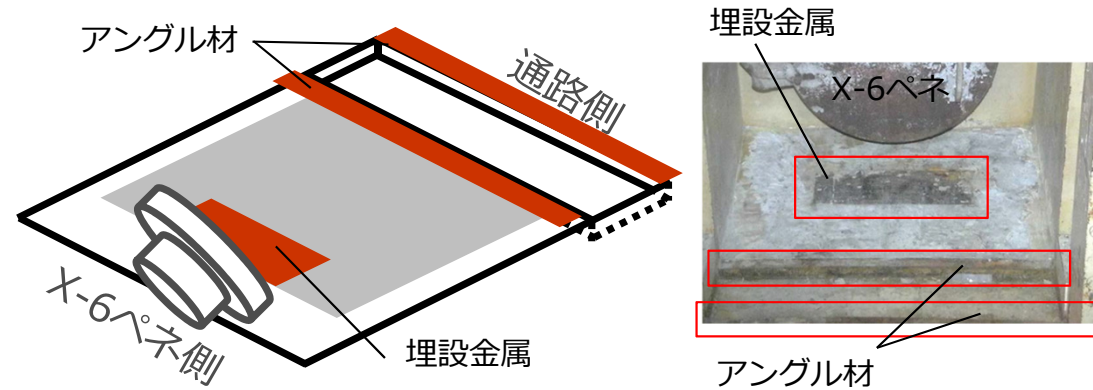
小型フード内の床面をガイドプレートに沿って約70mm深さのコア穿孔を実施。小型フードを移動しコア穿孔を繰り返す

手順③



コア穿孔部及びコア穿孔部に囲まれた床面を約60mmの深さで切断。コア切断後は、床面表面の再汚染を吸引等により抑制しつつ、切断したコアを回収する。

手順④



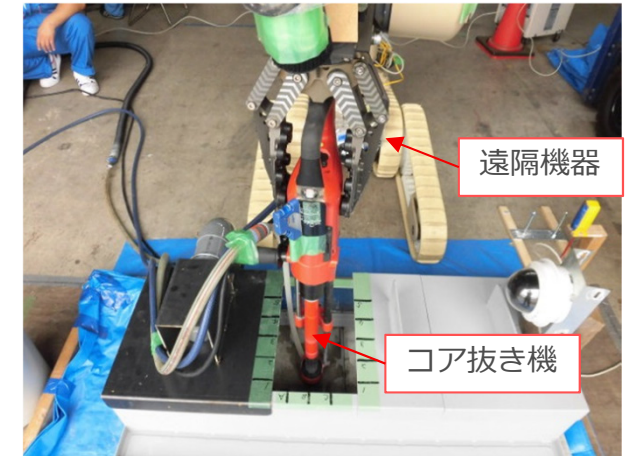
コンクリート除去後の線量測定後、必要に応じて埋設金属・アングル材の撤去を実施

参考 | 除染技術（床面穿孔）の遠隔操作による作業成立性確認

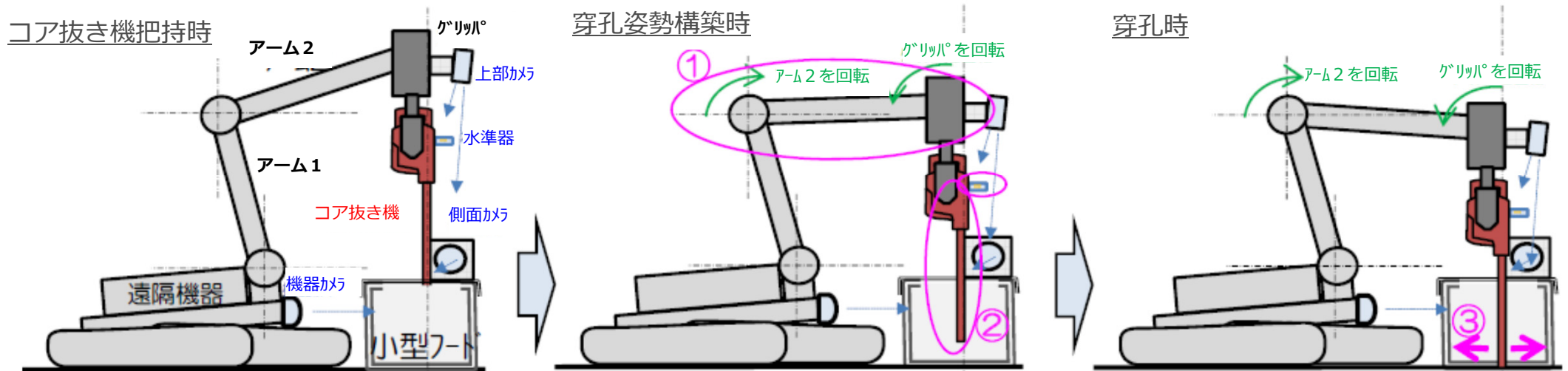
遠隔によるコア抜き時に穿孔ビットが床コンクリートにかかる事象が発生
 原因は、穿孔ビットの斜め挿入による、ビット側面の摩擦抵抗の増大と分析
 想定要因と対策検討案

その他確認事項として、一部の穿孔時に発生する小型フード開口部からの汚染水飛散の対策がある

項目	想定要因	対策検討案
①	コア抜き機の垂直姿勢確認後アーム操作を行うことによる穿孔ビットの傾き	コンクリート表面で垂直姿勢を確認するよう手順変更
②	コア抜き機の垂直姿勢の精度不足による傾き	視認用機材/配置の最適化
③	穿孔ビット接触時のコンクリート表面での滑り	コア抜き機の把持性の強化
		低速回転の接触による滑り低減



モックアップ試験状況



- 遠隔化の開発項目は大きく3つあり、それぞれの検討状況は以下の通り。

装置の自走

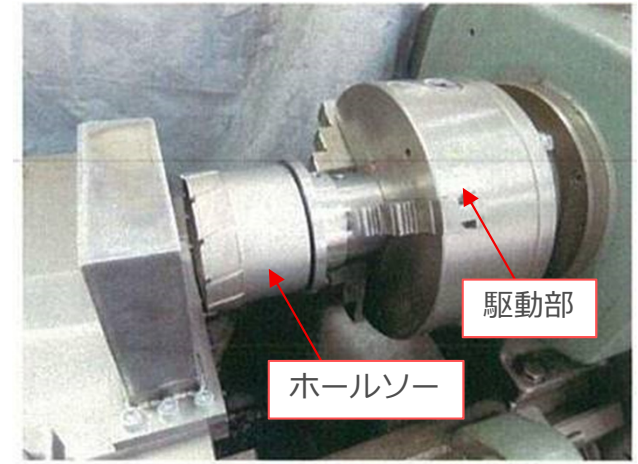
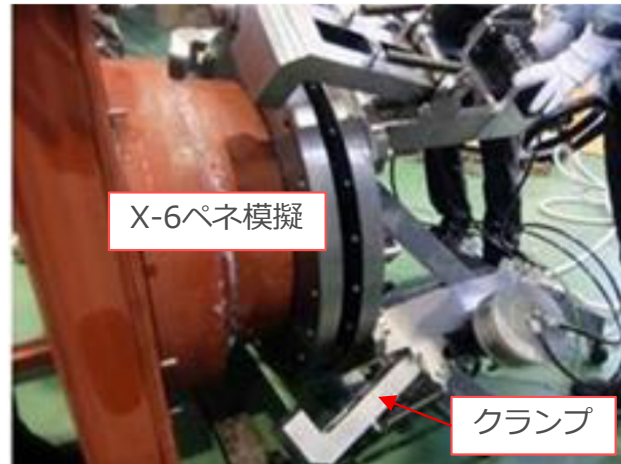
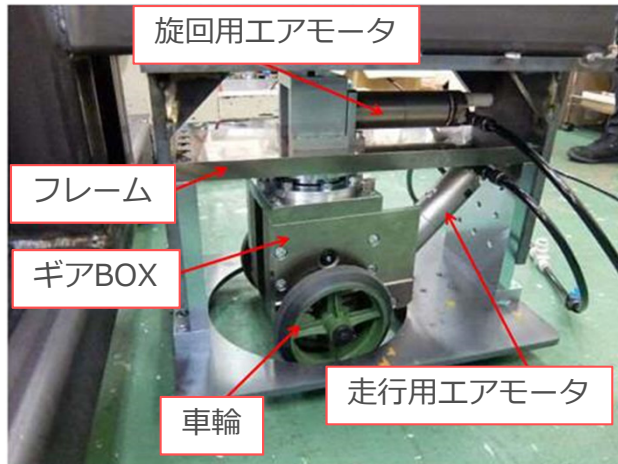
装置の固定

X-6の穴あけ

遮蔽体を載せた状態で自走で所定の位置に移動する。

遠隔操作でクランプにより装置をX-6ペネに取り付ける。

ドリル交換が不要となるようにホールソー方式で穴あけを行う。



荷重を載せた状態での自走試験完了。

遠隔で動作するクランプ機構（プロトタイプ）を作成済み。

穴あけ出来ることは確認済み。