東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた燃料デブリ
取出し準備の機器･装置開発等に係る技術カタログ検討ワークショップ

平成24年2月24日　経済産業省本館地下２階講堂

現場の状況と技術的知見へのニーズ

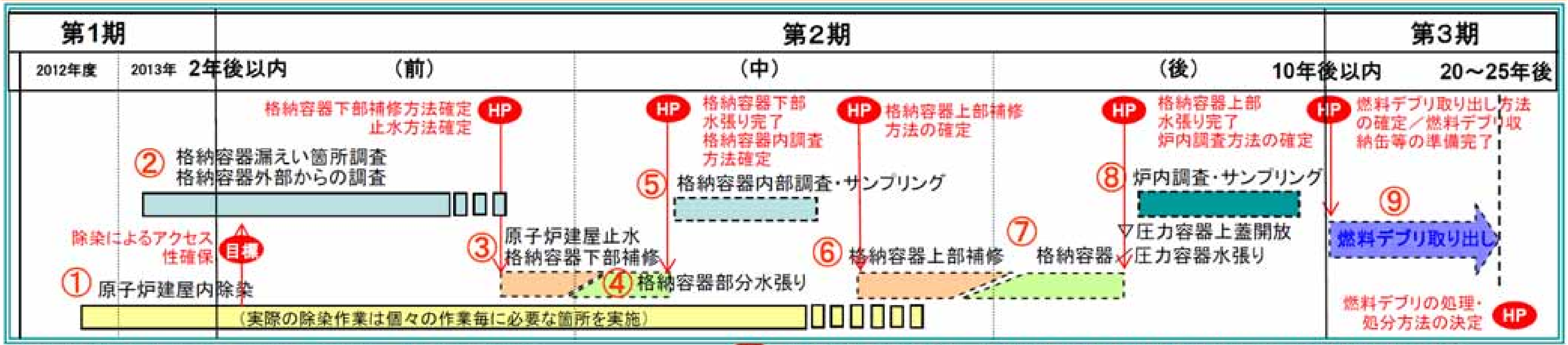
平成24年2月24日

東京電力株式会社

東京電力

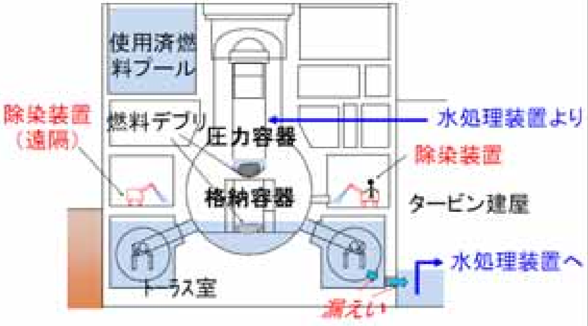
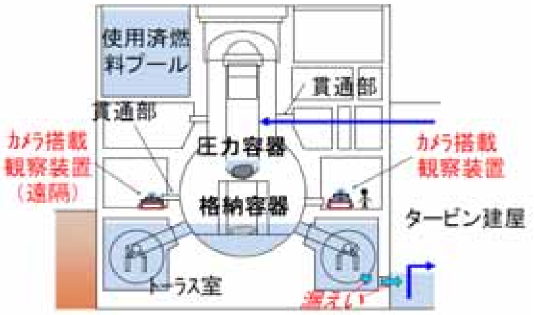
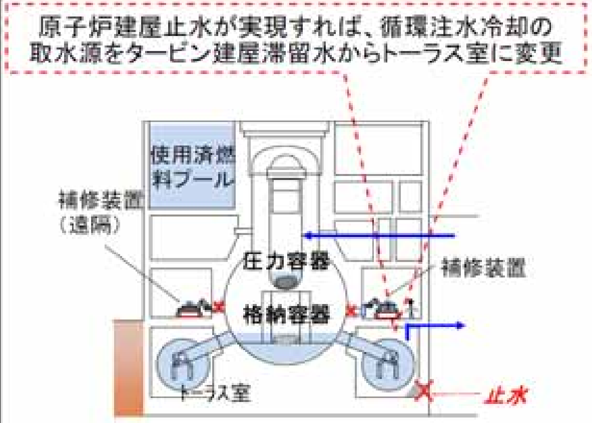
TEPCO

燃料デブリ取り出しに係る作業ステップ（1／3）

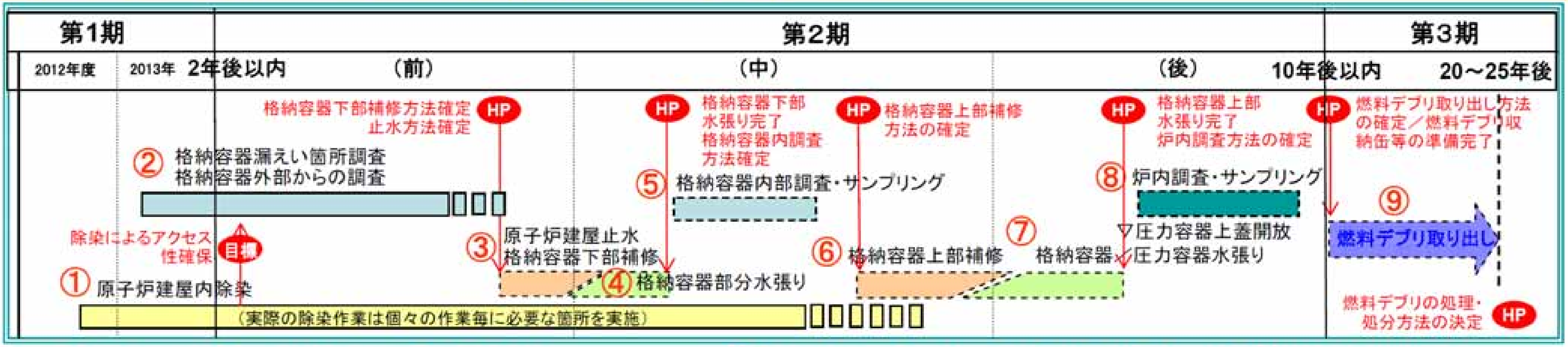


※ TMIと同様に水中での取り出しを想定した一連の作業を記載。

HP：技術的な判断ポイント。現場状況，技術開発成果により、次工程以降を見直していく。

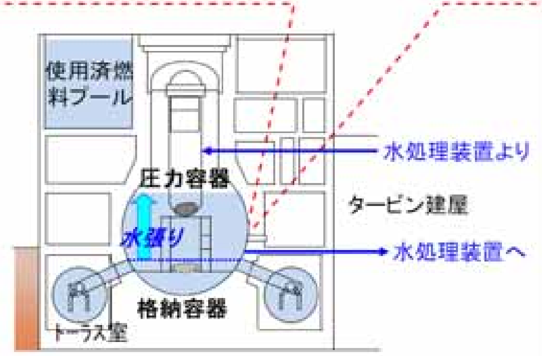
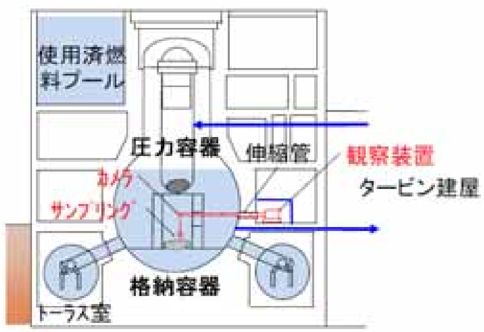
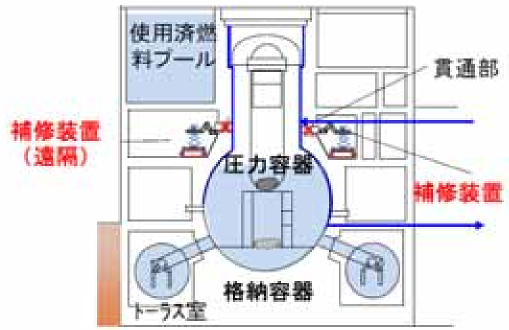
ステップ	① 原子炉建屋内除染 （②以降の作業毎に必要な箇所を順次実施する）	② 格納容器漏えい箇所調査 格納容器外部からの調査	③ 原子炉建屋止水 格納容器下部補修
イメージ			
内容	格納容器へのアクセス性を向上するため、高圧水、コーティング、表面はつり等により、作業エリアを除染。	格納容器及び原子炉建屋の漏えい箇所を、手動または遠隔の線量測定やカメラ等で調査。また、格納容器外部からγ線測定、音響調査等により、格納容器内部の状況を推定調査。	デブリの取出しは、水中で実施することが放射線の遮へいの観点からも有利と考えられることから、格納容器の漏えい箇所を補修・止水。まずは格納容器内調査に向け、下部を優先して実施。
技術開発における留意点と課題	◆高線量箇所（数100～1,000mSv/hレベル）の存在。 ◆建屋内ガレキによるアクセスが制限されていること。 ・上記を踏まえた遠隔除染方法の検討・確立が必要	◆調査対象が高線量エリア、汚染水中、狭隘部などにあること。 ・漏えい箇所調査方策・装置の開発 ・格納容器外部からの内部調査方策・装置の開発	◆炉心循環冷却のための注水を継続しながら、高線量下・流水状態で止水すること。 ・漏えい箇所の補修・止水技術・工法の開発 ・代替方策の検討・開発
安全確保に向けた主な留意点	・炉心安定冷却の維持 ・除染作業に伴う空気中への放射性物質拡散防止 ・作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）	・炉心安定冷却の維持 ・作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）	・炉心安定冷却の維持 ・作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）

燃料デブリ取り出しに係る作業ステップ（2／3）

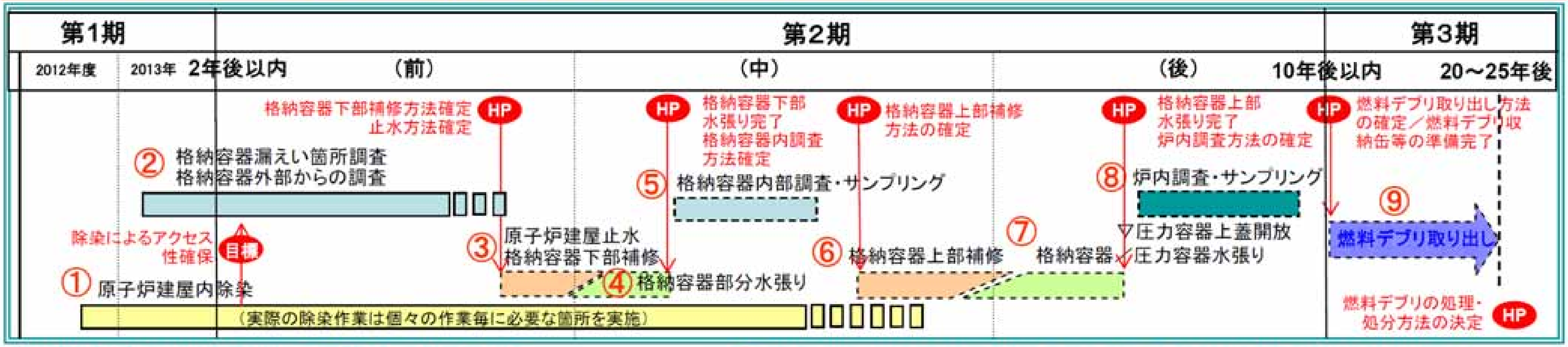


※ TMIと同様に水中での取り出しを想定した一連の作業を記載。

HP ：技術的な判断ポイント。現場状況，技術開発成果により、次工程以降を見直していく。

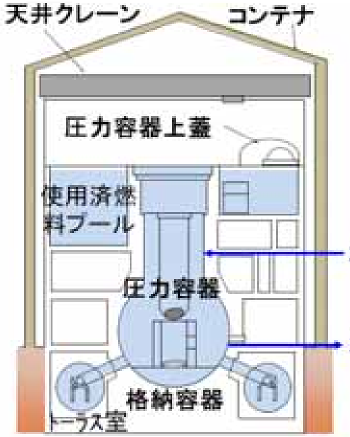
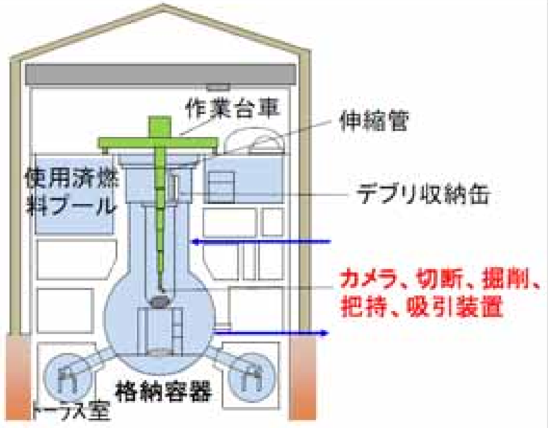
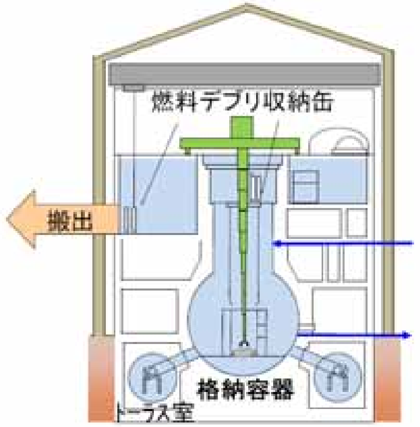
ステップ	④ 格納容器部分水張り	⑤ 格納容器内部調査・サンプリング	⑥ 格納容器上部補修
イメージ	格納容器下部のバウンダリ構築が実現すれば、循環注水冷却の取水源をトーラス室から格納容器に変更 		
内容	格納容器内部調査の開始に向け、格納容器下部に部分的な水張りを実施。	格納容器内を調査し、圧力容器から流れ出たと推定されるデブリの分布状況の把握、サンプリング等を実施。	格納容器を満水まで水張りすべく、上部の漏えい箇所を、手動または遠隔にて補修。
技術開発における留意点と課題	◆③と同様 ・格納容器下部のバウンダリ構築（トーラス室にグラウト充てんする案も含む）が大前提	◆高線量によるアクセス性の制約、格納容器内部環境（内部水の濁り、デブリの所在等）が不明 ・上記を踏まえた遠隔調査方法及びサンプリング方法の開発	◆ ②と同様 ・ 格納容器漏えい箇所の補修・止水技術・工法の開発（③と同様）
安全確保に向けた主な留意点	・炉心安定冷却の維持 ・未臨界確認	・炉心安定冷却の維持 ・未臨界確認 ・格納容器内の放射性物質の拡散防止 ・作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）	・炉心安定冷却の維持 ・作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）

燃料デブリ取り出しに係る作業ステップ（3／3）



※ TMIと同様に水中での取り出しを想定した一連の作業を記載。

HP：技術的な判断ポイント。現場状況、技術開発成果により、次工程以降を見直していく。

ステップ	⑦ 格納容器／圧力容器水張り ⇒ 圧力容器上蓋開放	⑧ 炉内調査・サンプリング	⑨ 燃料デブリ取り出し
イメージ			
内容	十分遮へいが担保できる水位まで格納容器／圧力容器を水張り後、圧力容器上蓋を取り外し	炉内を調査し、デブリや炉内構造物の状態把握、サンプリング等を実施。	圧力容器／格納容器内のデブリの取り出しを実施。
技術開発における留意点と課題	（⑥により格納容器バウンダリ構築が大前提）	◆高線量によるアクセス性の制約、圧力容器内部環境（内部水の濁り、デブリの所在等）が不明 ・上記を踏まえた遠隔調査方法及びサンプリング方法の開発	◆デブリの分布状況によっては技術開発範囲が拡大（特に格納容器内の燃料取出しはTMIでも経験なし） ・TMIに比べ、より高度な取り出し技術・工法の開発
安全確保に向けた主な留意点	・炉心安定冷却の維持 ・未臨界確認 ・格納容器内の放射性物質の拡散防止	・炉心安定冷却の維持 ・未臨界確認 ・デブリの収納（閉じ込め等） ・作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）	・炉心安定冷却の維持 ・未臨界確認 ・デブリの収納（閉じ込め等） ・作業員の被ばく低減（遠隔化、遮へい等）

燃料デブリ取出し作業に係る主な研究開発のイメージ

■ 建屋内の遠隔除染技術の開発

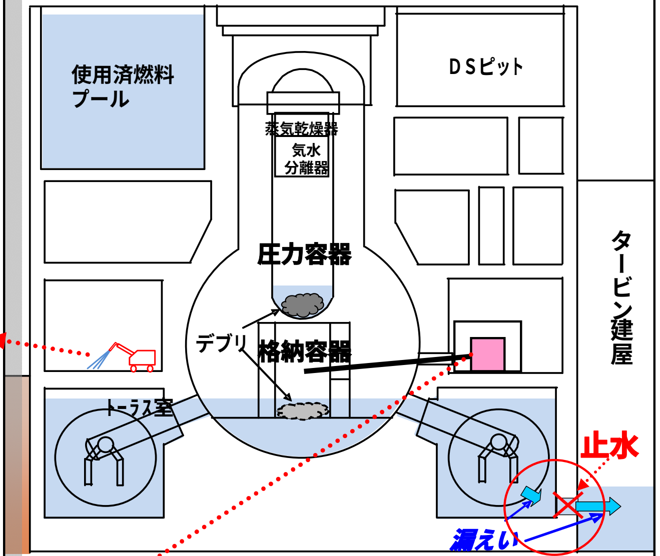
◆ 内容

漏えい箇所調査、補修等の作業環境改善のため、現場の汚染状況に合った遠隔除染装置を開発する。

◆ 技術開発のポイント

- 汚染形態に応じた有効な除染技術の整理、開発
- 高線量、狭隘等の過酷環境下における遠隔除染装置の開発

除染技術（例）



■ 格納容器漏えい箇所特定技術の開発

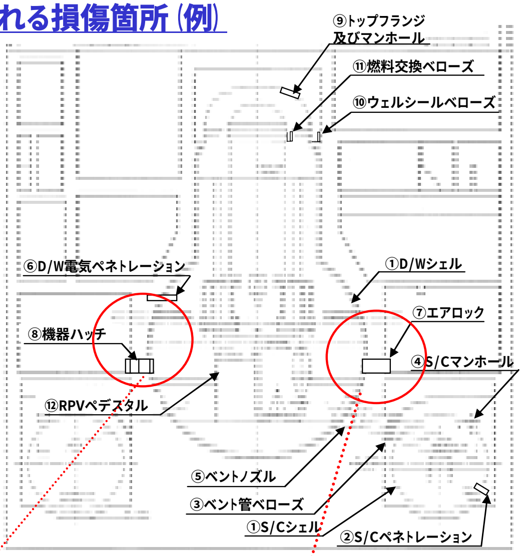
◆ 内容

格納容器等の漏えい箇所を遠隔で特定する技術を開発する。

◆ 技術開発のポイント

- 高線量、狭隘等の過酷環境下における遠隔調査技術の開発

想定される損傷箇所（例）



■ 格納容器内部調査技術の開発

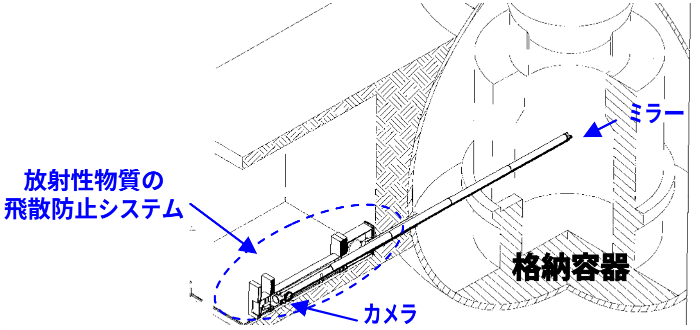
◆ 内容

格納容器内の状態及び燃料デブリの状況把握のため遠隔による調査工法、装置を開発する。

◆ 技術開発のポイント

- 高温、多湿、高線量下における遠隔調査技術の開発
- 放射性物質の飛散防止システム

内部調査技術（例）



■ 水張り技術の開発（補修・充てん等）及び工法・装置開発

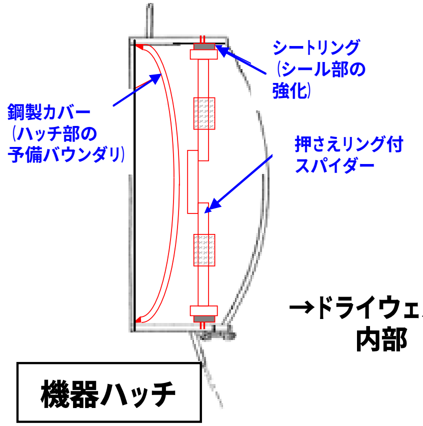
◆ 内容

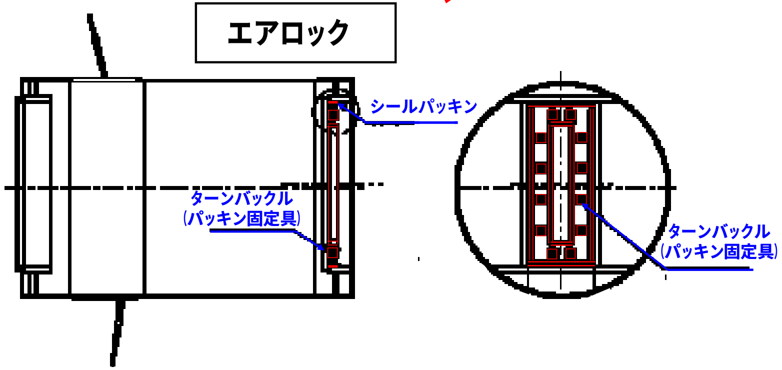
漏えい箇所（トーラス室、格納容器等）を補修するため、遠隔による止水方策及び補修技術を開発する。

◆ 技術開発のポイント

- 高線量、狭隘等の環境下における遠隔補修技術の開発
- 水中（PCV下部等）で適用可能な補修技術

貫通孔に対する補修技術（例）





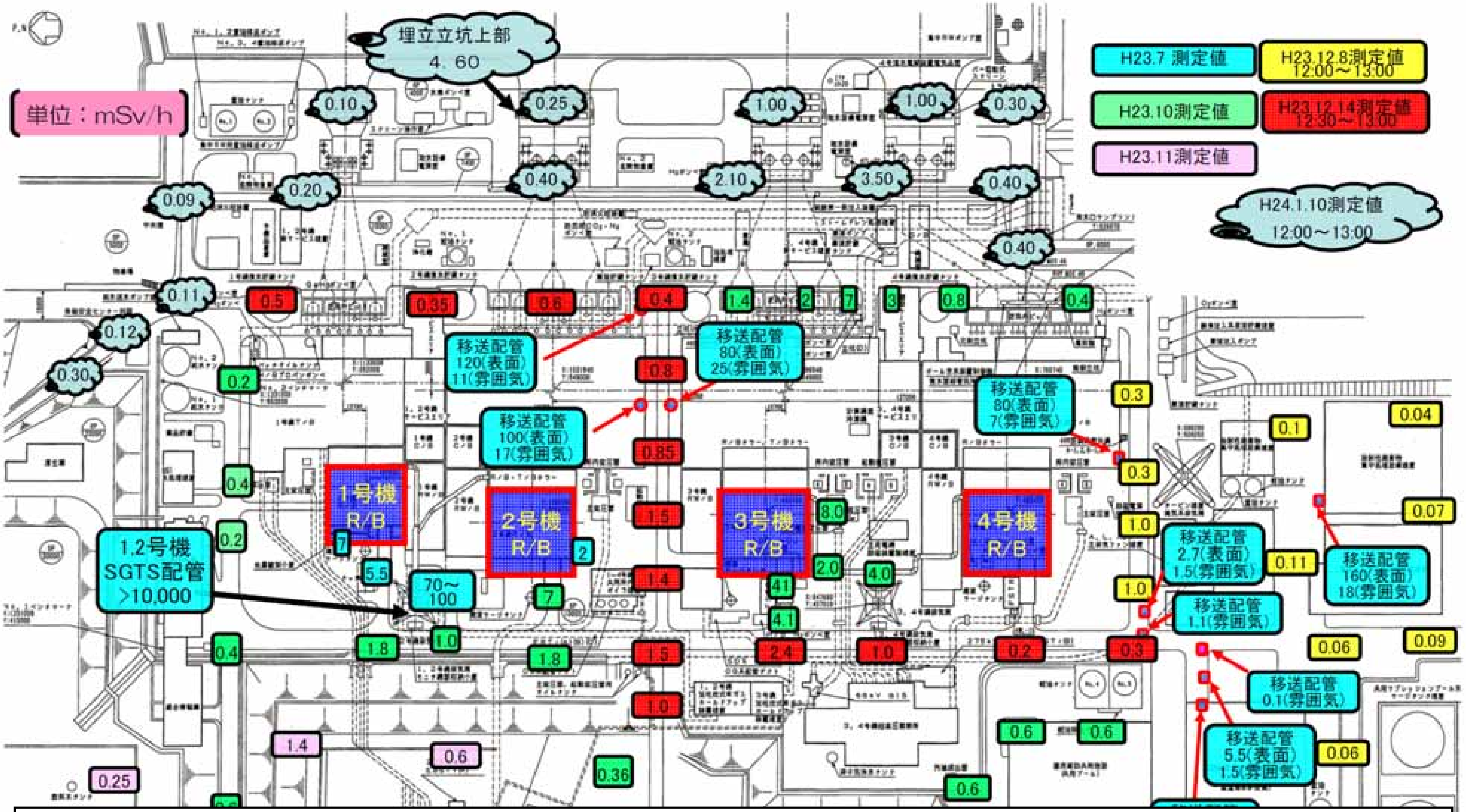
原子炉建屋内の汚染（空間線量率）の状況

福島第一原子力発電所　1～4号機の現状

2012年1月31日10:24頃 GeoEye-1撮影　　(C)GeoEye / 日本スペースイメージング

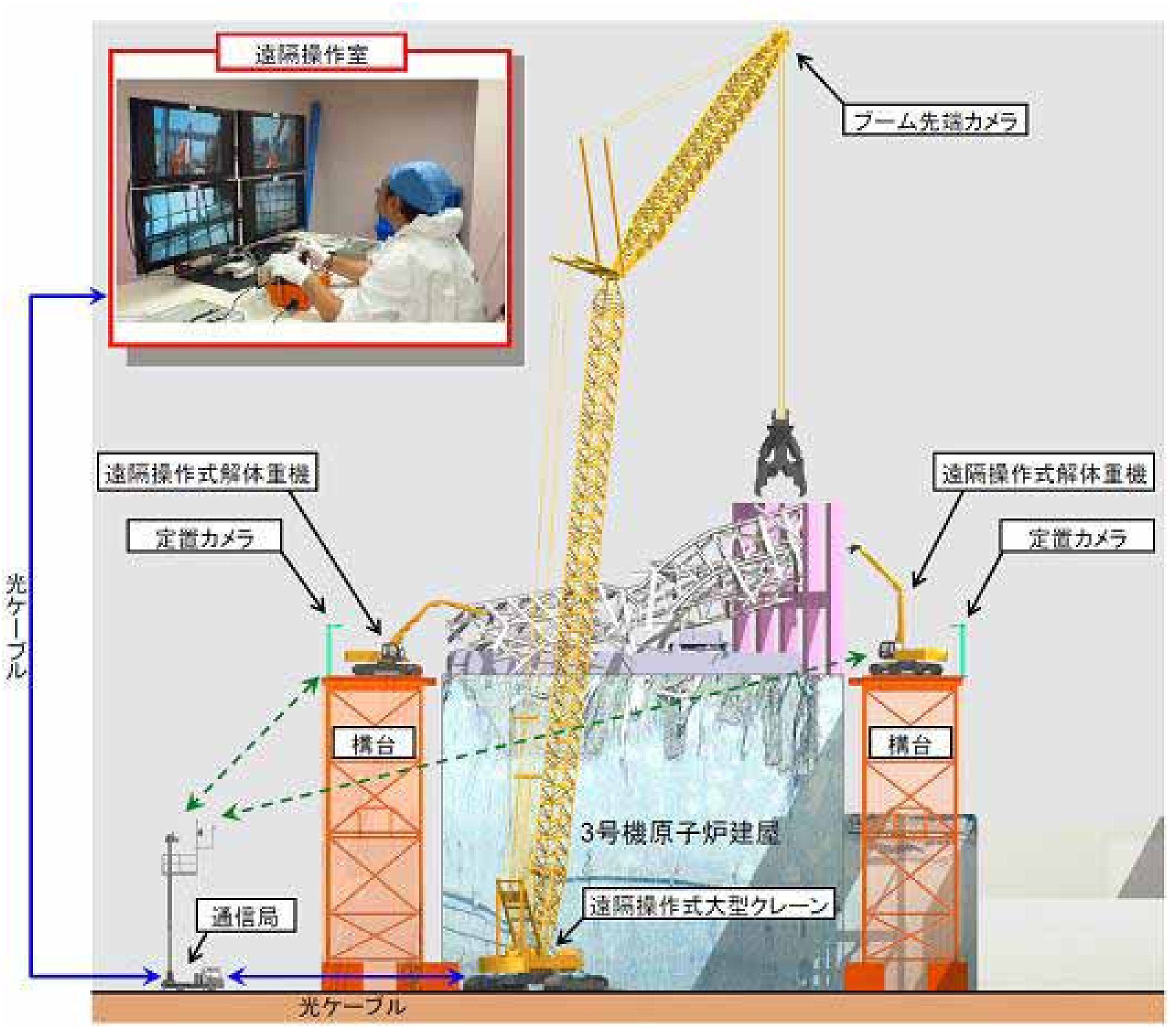
発電所構内の空間線量率の状況

福島第一サーベイマップ（平成24年1月10日　17：00現在）



原子炉建屋の周辺は局所的に高いところはあるものの、概ね1～2mSv/h程度の空間線量率である。

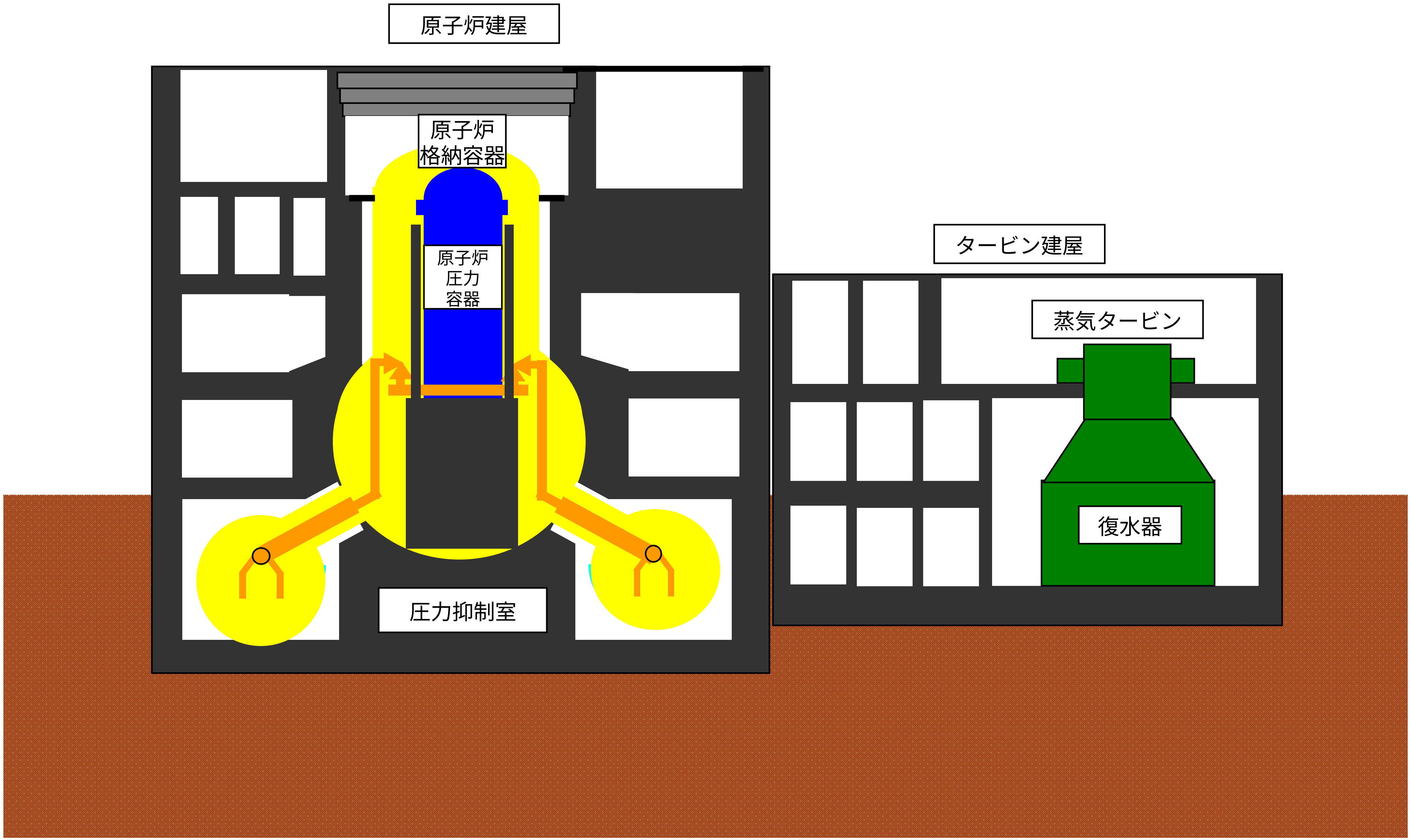
遠隔自動化による構内のガレキ撤去の様子



3号機におけるガレキの撤去

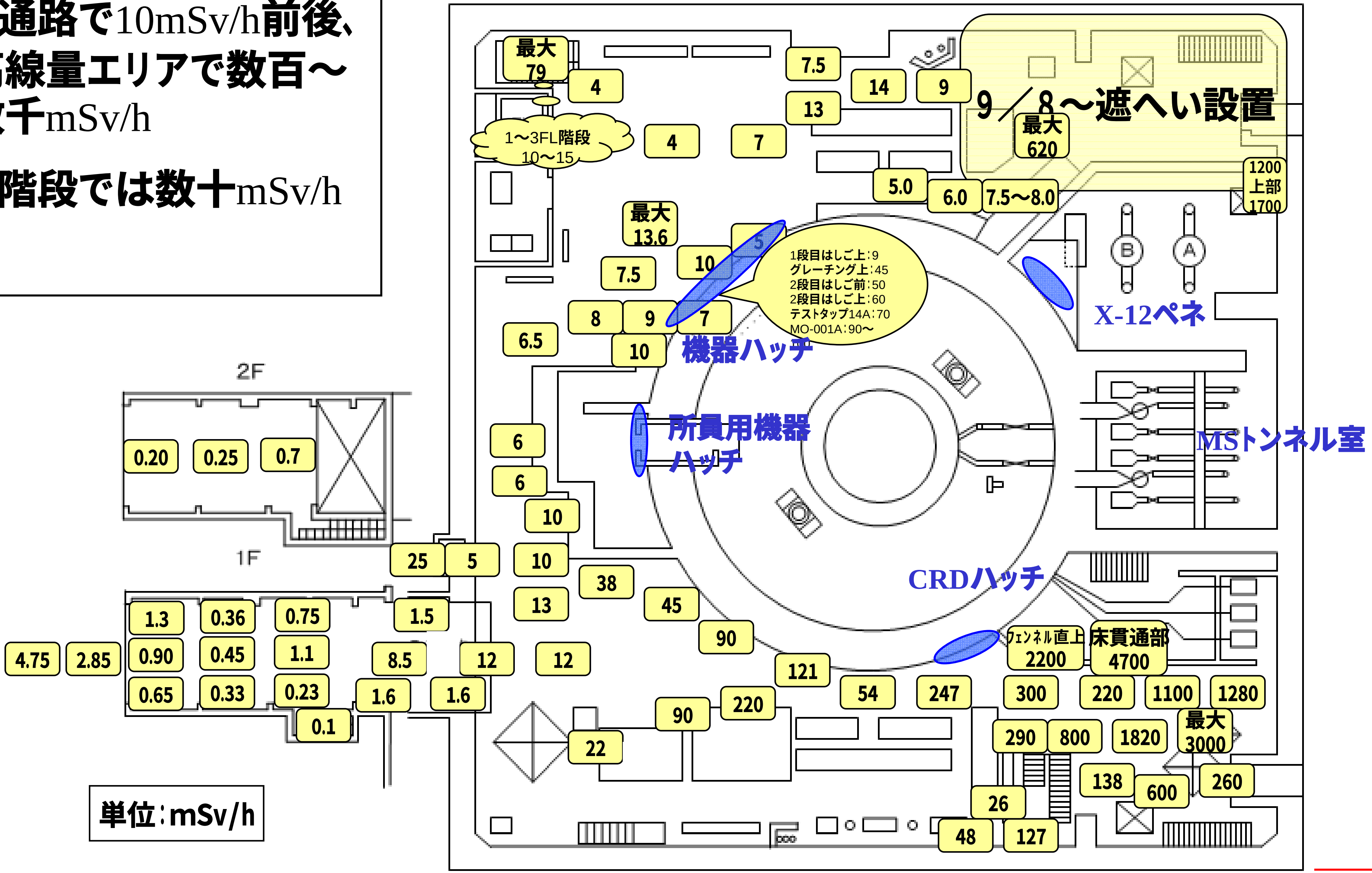
地面でのガレキ撤去

原子炉建屋とタービン建屋の構造



原子炉建屋内の空間線量率の状況（1号機1階）

- 通路で10mSv/h前後、高線量エリアで数百～数千mSv/h
- 階段では数十mSv/h



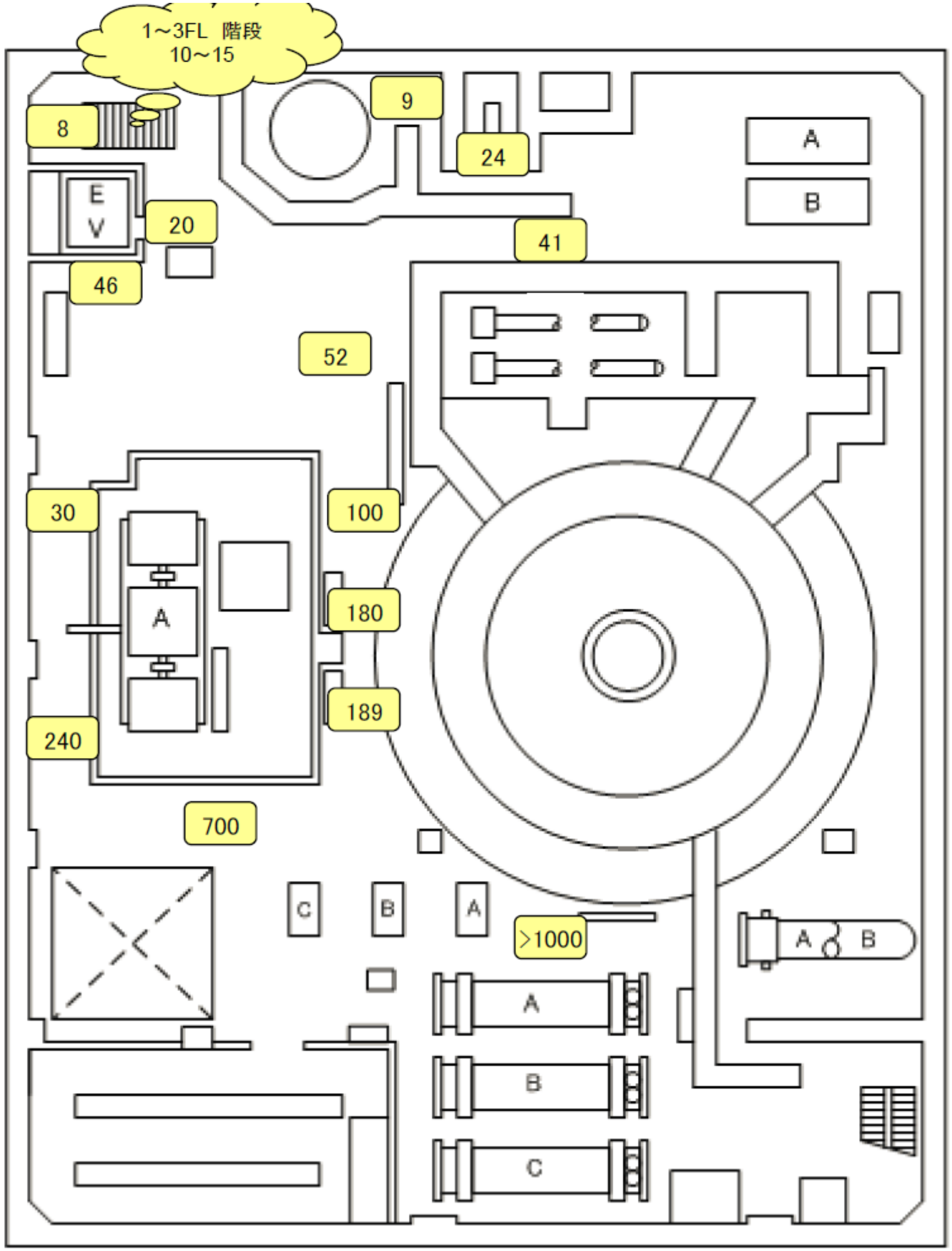
単位：mSv/h

H23年4月～11月データ採取

原子炉建屋内の空間線量率の状況（1号機2階）

➢通路で数十mSv/h～数百mSv/h

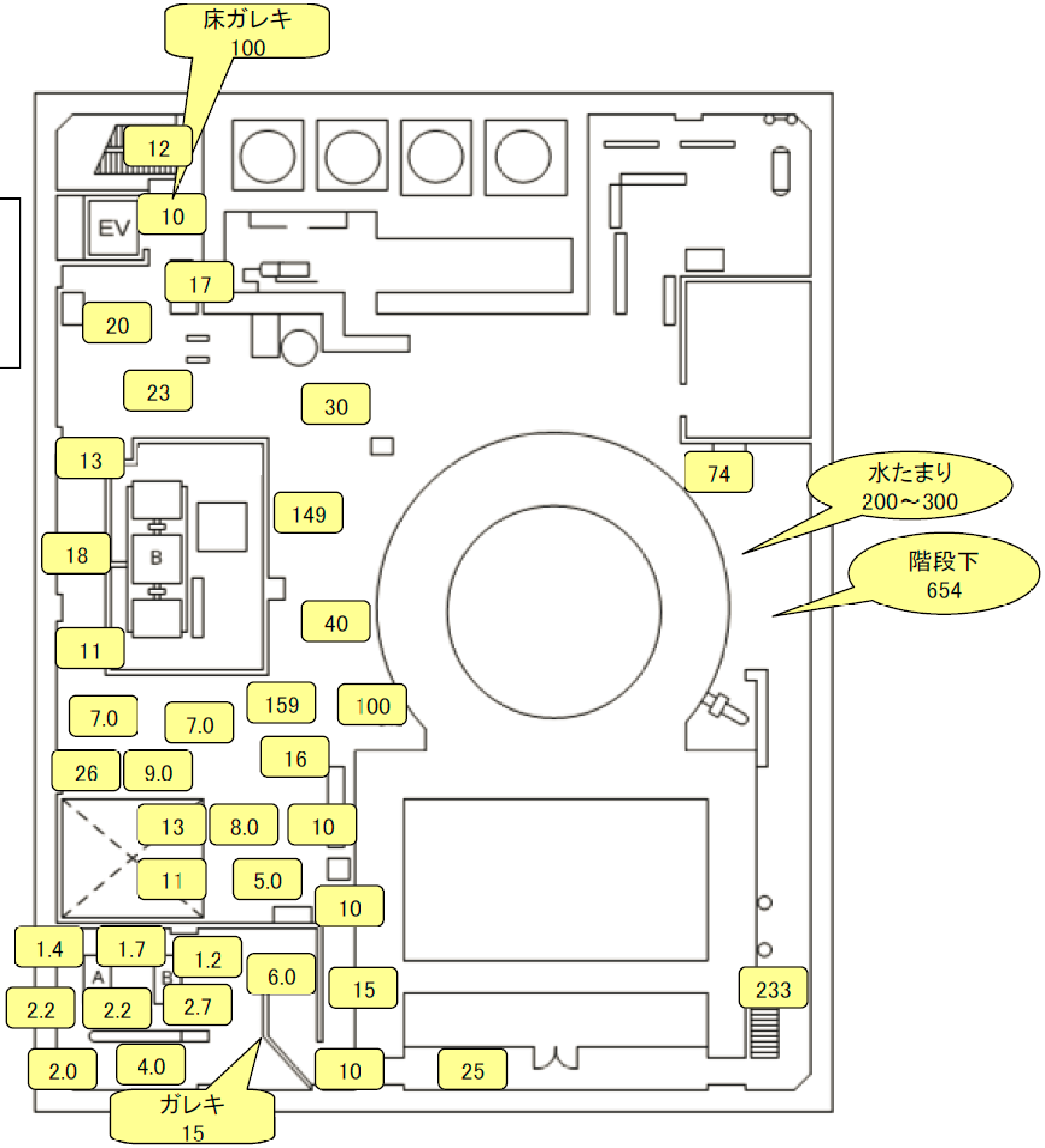
➢高線量エリアでは1000mSv/hを超える



H23年4月～11月データ採取

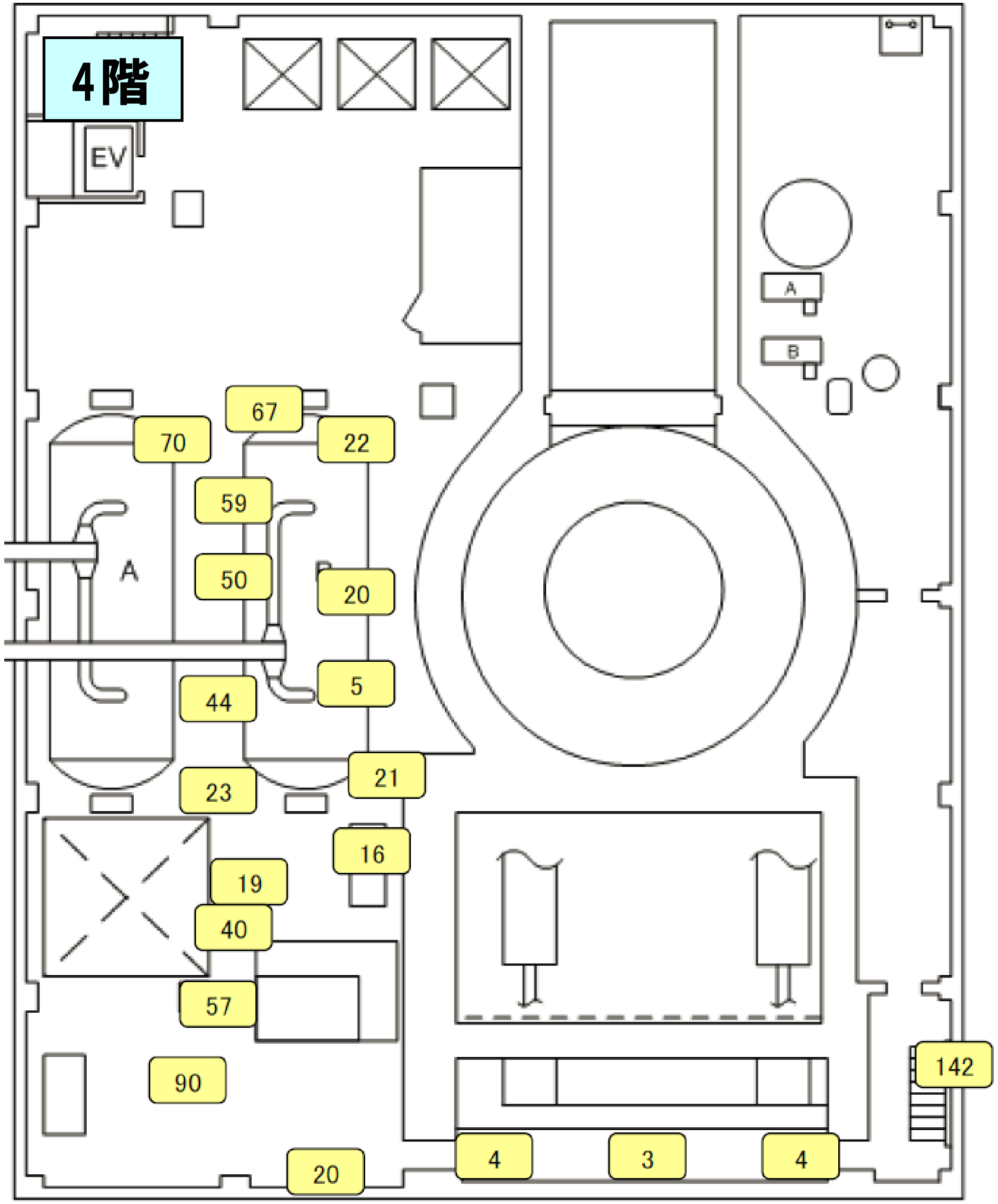
原子炉建屋内の空間線量率の状況（1号機3階）

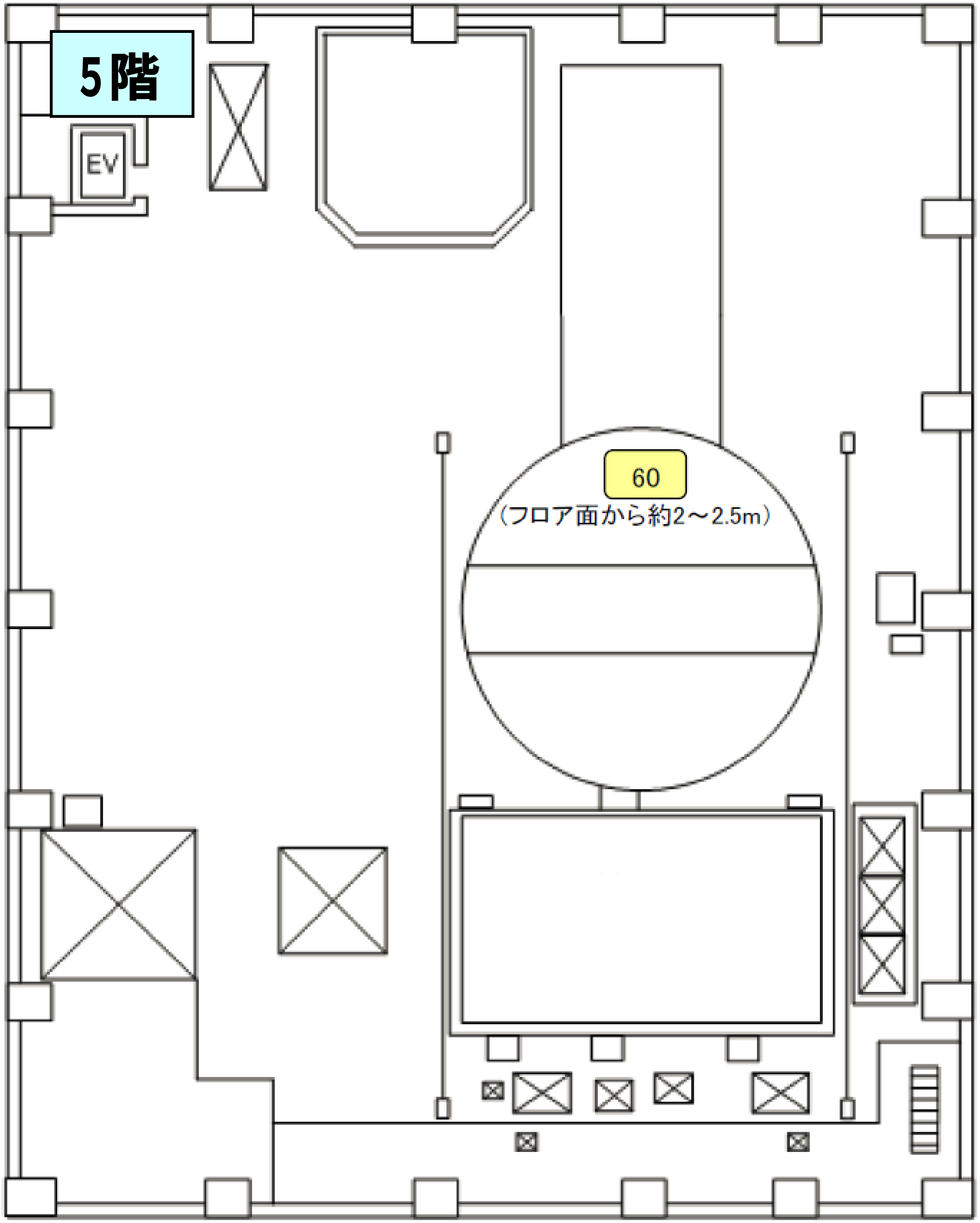
- ➢通路で数十mSv/h～数百mSv/h
- ➢溜まり水は数百mSv/h



H23年4月～11月データ採取

原子炉建屋内の空間線量率の状況（1号機4階、5階）





H23年4月～11月データ採取

原子炉建屋内の汚染（空間線量率）状況のまとめ

✓原子炉建屋内は数十～数百mSv/h程度のエリアが多い

✓高線量部位では数千mSv/hのところもある

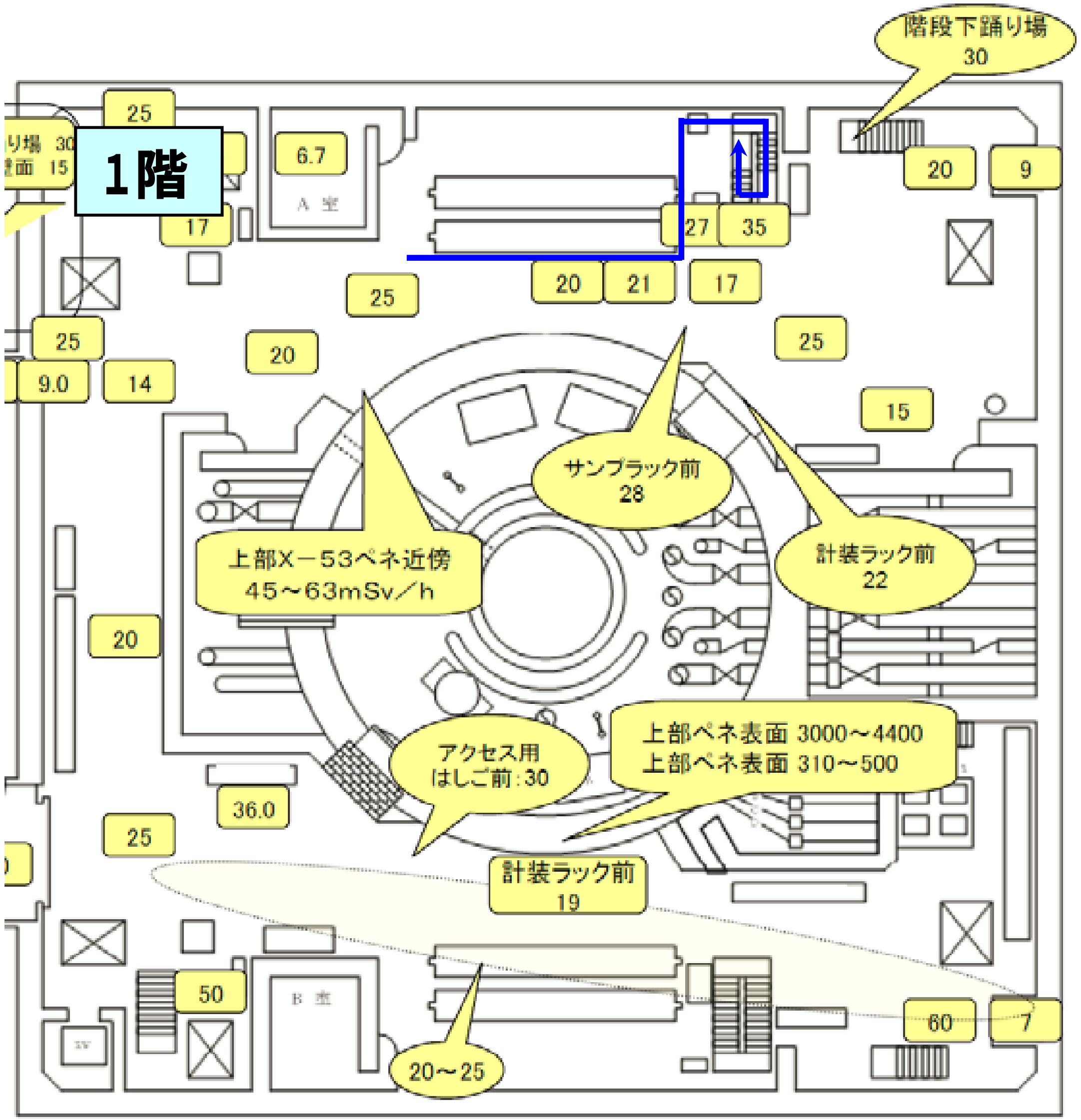
✓原子炉建屋爆発の有無による空間線量率の大きな違いは見受けられない

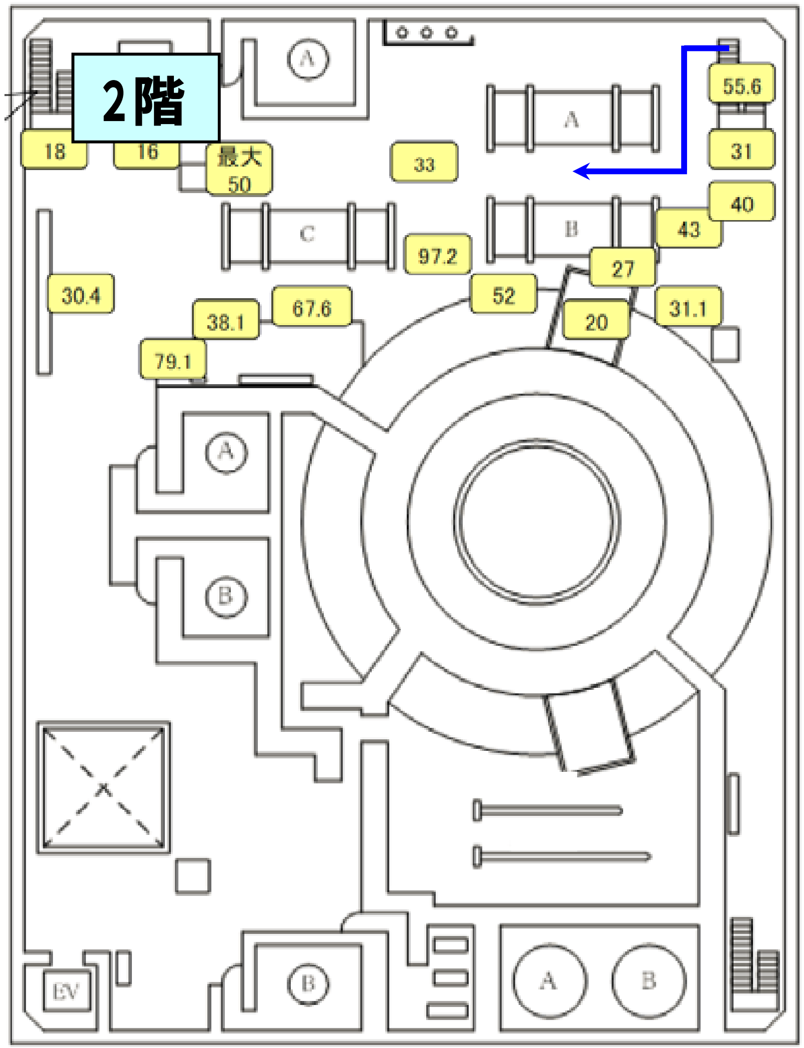
（1号機・2号機・3号機での顕著な違いは見受けられない）

原子炉建屋内部の状況

原子炉建屋内部（2号機）の状況

〔Quinceによる映像〕1階～階段～2階、段差の乗り越え

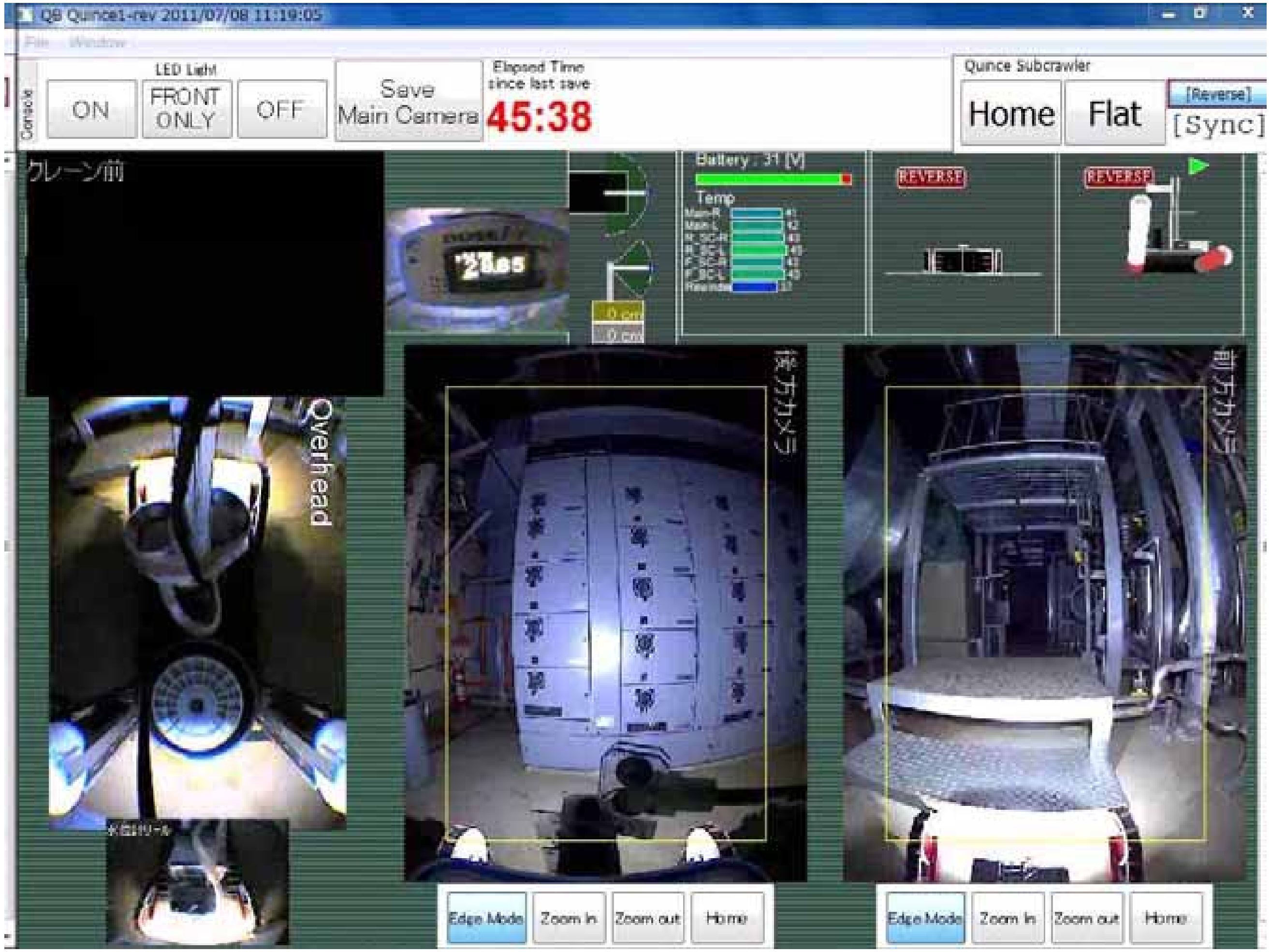




H23年4月～11月データ採取

原子炉建屋内部（2号機）の状況

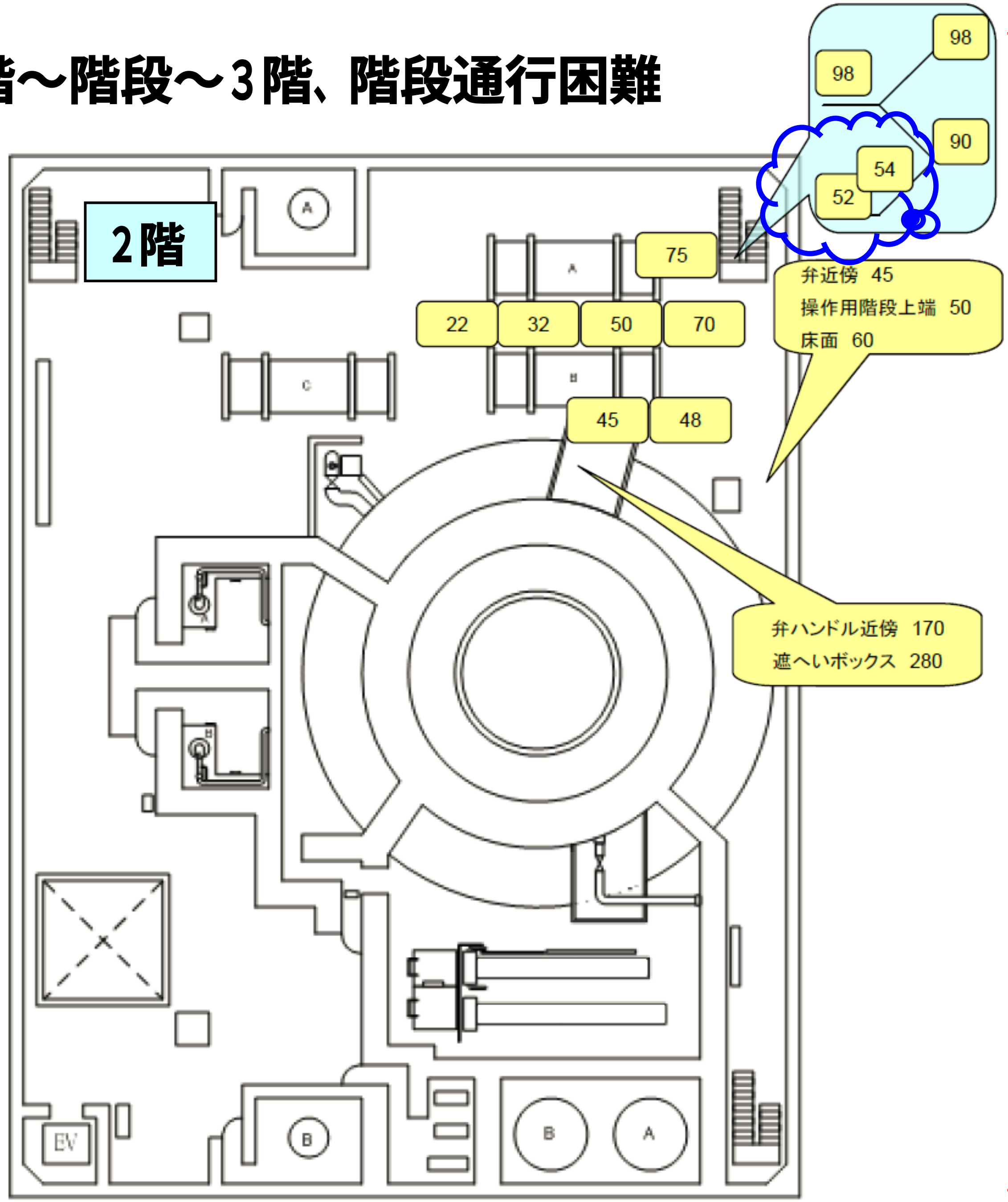
（Quinceによる映像）1階～階段～2階、段差の乗り越え



H23年7月8日撮影

原子炉建屋内部（3号機）の状況

〔Quinceによる映像〕2階～階段～3階、階段通行困難



H23年4月～11月データ採取

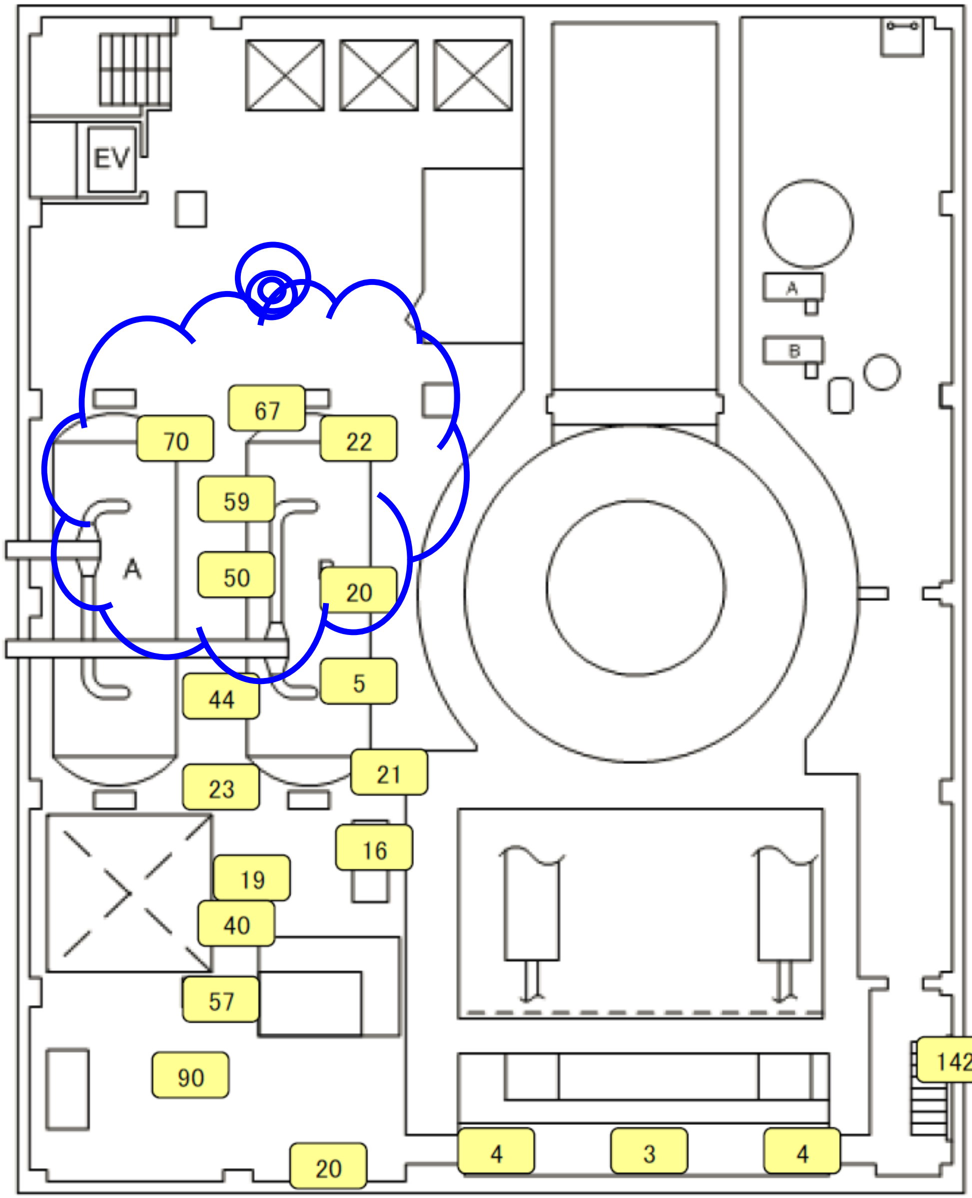
原子炉建屋内部（3号機）の状況

（Quinceによる映像）2階～階段～3階、階段通行困難

H23年7月26日撮影

原子炉建屋内部（1号機）の状況

4階　非常用復水器まわり、ガレキが散乱



H23年4月～11月データ採取

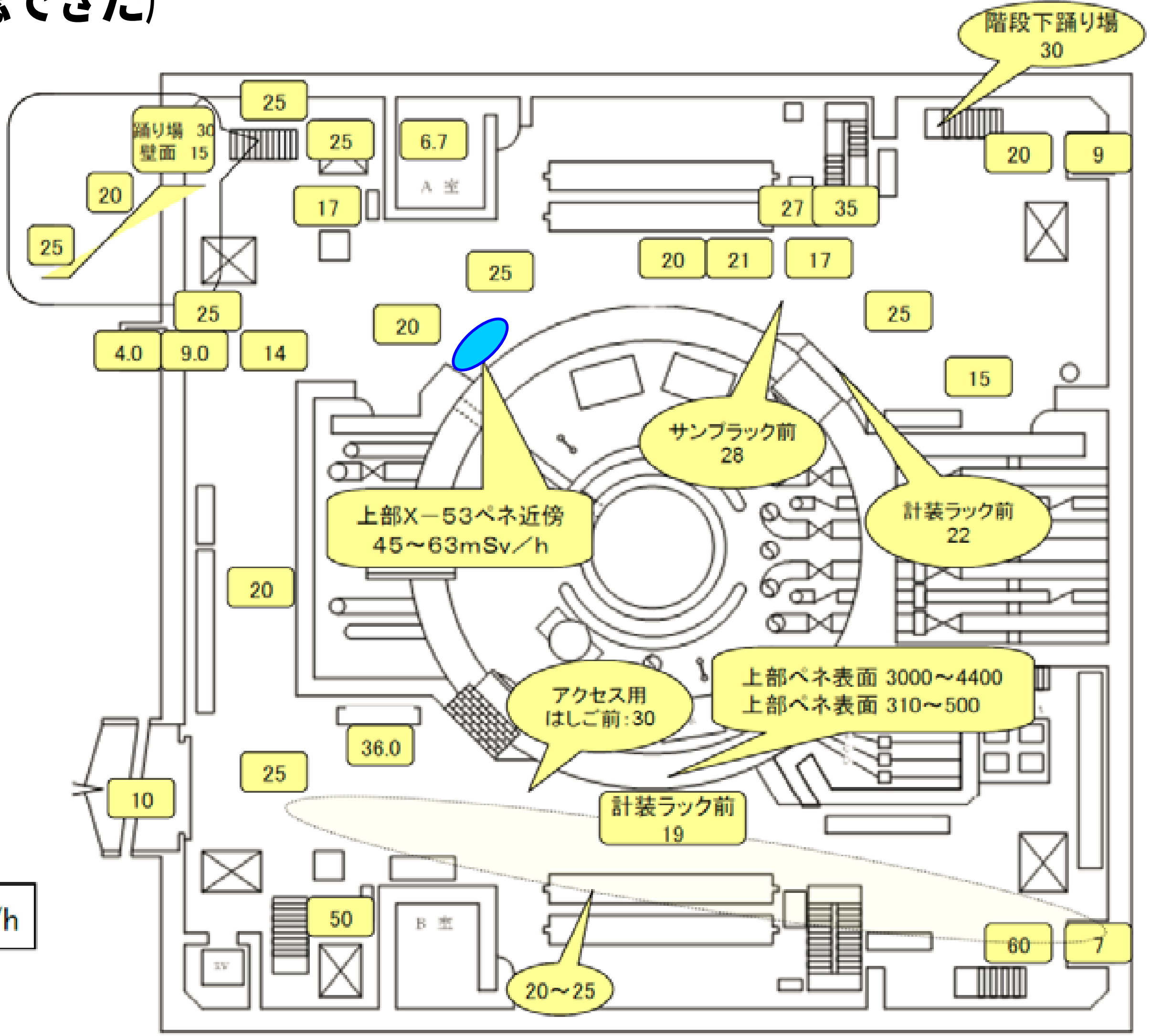
原子炉建屋内部（1号機）の状況

4階　非常用復水器まわり、ガレキが散乱

H23年10月18日撮影

原子炉格納容器内部(2号機)の状況

目的の温度測定は達成できたが、水蒸気量が多く、水滴や放射線によるノイズの影響のため、映像については鮮明ではない。(格納容器内壁、カメラ近傍の配管、グレーチング上面は確認できた)



単位:mSv/h

H23年4月〜11月データ採取

原子炉格納容器内部（2号機）の状況

目的の温度測定は達成できたが、水蒸気量が多く、水滴や放射線によるノイズの影響のため、映像については鮮明ではない。（格納容器内壁、カメラ近傍の配管、グレーチング上面は確認できた）

H24年1月19日撮影

【参考】柏崎刈羽4号機　原子炉格納容器の内部

✓原子炉格納容器内部には機器が密集し、また配管ルートなども複雑で、非常に狭隘である

✓平坦ではなく、アップ・ダウンが多い

✓福島第一1～4号機ではさらに狭く、またほとんどが階段ではなく垂直ハシゴとなっている

原子炉建屋内部状況のまとめ

✓原子炉建屋内部にはガレキが散乱しており、スムーズな通行は不可能

✓通路上にも配管をまたぐための段差などがあり、平坦ではない

✓階段などもガレキの散乱により通行に支障をきたす箇所がある

燃料デブリ取出しに向けた技術的な課題（その1）

〔原子炉建屋内除染〕

- 除染対象が様々（床／壁／天井）
- 建物だけでなく、内部の雰囲気や溜まり水も対象になると想定
- 汚染状況のマッピング技術が必要
- 高圧水洗浄、表面はつり等の"汚染の除去"に加え、コーティング、遮へい体の設置等の"線源の遮へい"技術も必要

〔格納容器／原子炉建屋漏えい箇所調査〕

- 汚染水中や狭隘部での調査（たとえば映像撮影、線量測定、音響診断など）が大部分
- 高温環境、高湿度環境、気中のみならず水中での調査も必要
- 高線量環境下でも撮影可能な映像機器が必要
- 比較的 距離の長い遠隔操作が必要となるため、通信には中継技術が必要

燃料デブリ取出しに向けた技術的な課題（その2）

〔原子炉建屋止水／格納容器補修〕

- ➢汚染水中、高線量下での止水技術／工法が必要
- ➢高線量下、流水状態（原子炉注水を維持）での補修技術／工法が必要
- ➢床や階段にはガレキが散乱しておりアクセス性が非常に悪いため、高所作業車やリフターなどの開発が必要

現場の状況を踏まえた技術的知見へのニーズ

機器・装置開発にあたっては、

✓数十～数百mSv/h、部位によっては数千mSv/hの高放射線環境であること

✓ガレキが散乱し、またた配管をまたぐ段差などもあるため、階段なども含め全域にわたりスムーズな通行は困難であること

✓非常に狭隘であり、また高温・高湿度の部位や溜まり水も存在すること

等の状況を踏まえた上で、有用な技術的知見を収集する必要がある。

なお、すべての作業の自動化を指向するのではなく、たとえば短時間で終了できる繊細な作業は人間により行うなど、

✓手作業／遠隔化（自律化・自動化を含む）の最適な棲み分け

をよく整理して開発を行っていく必要がある。

ご清聴ありがとうございました。