

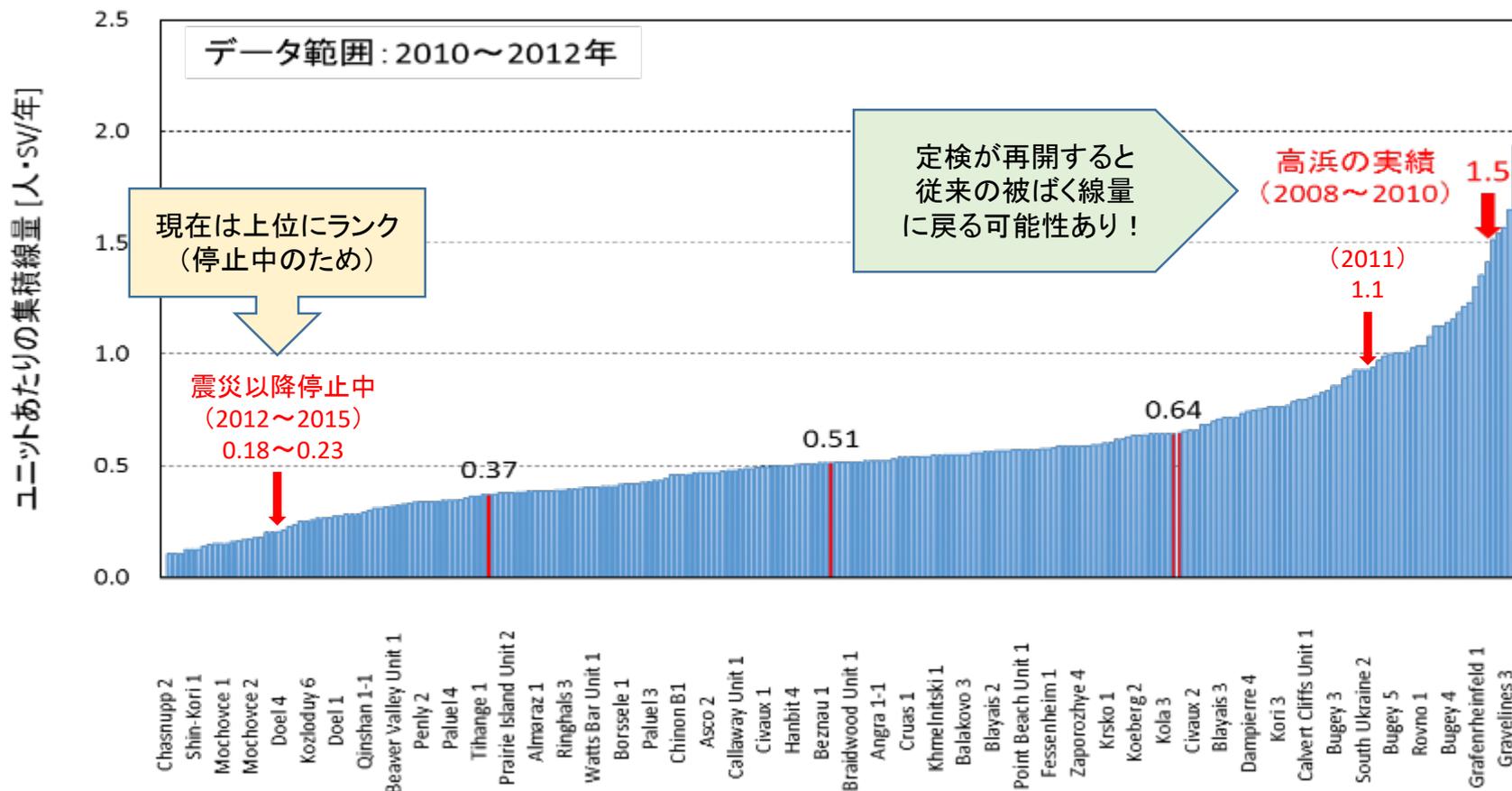
被ばく低減WGの活動状況について

2017年3月
高浜発電所 放射線管理課

【AFI概要】

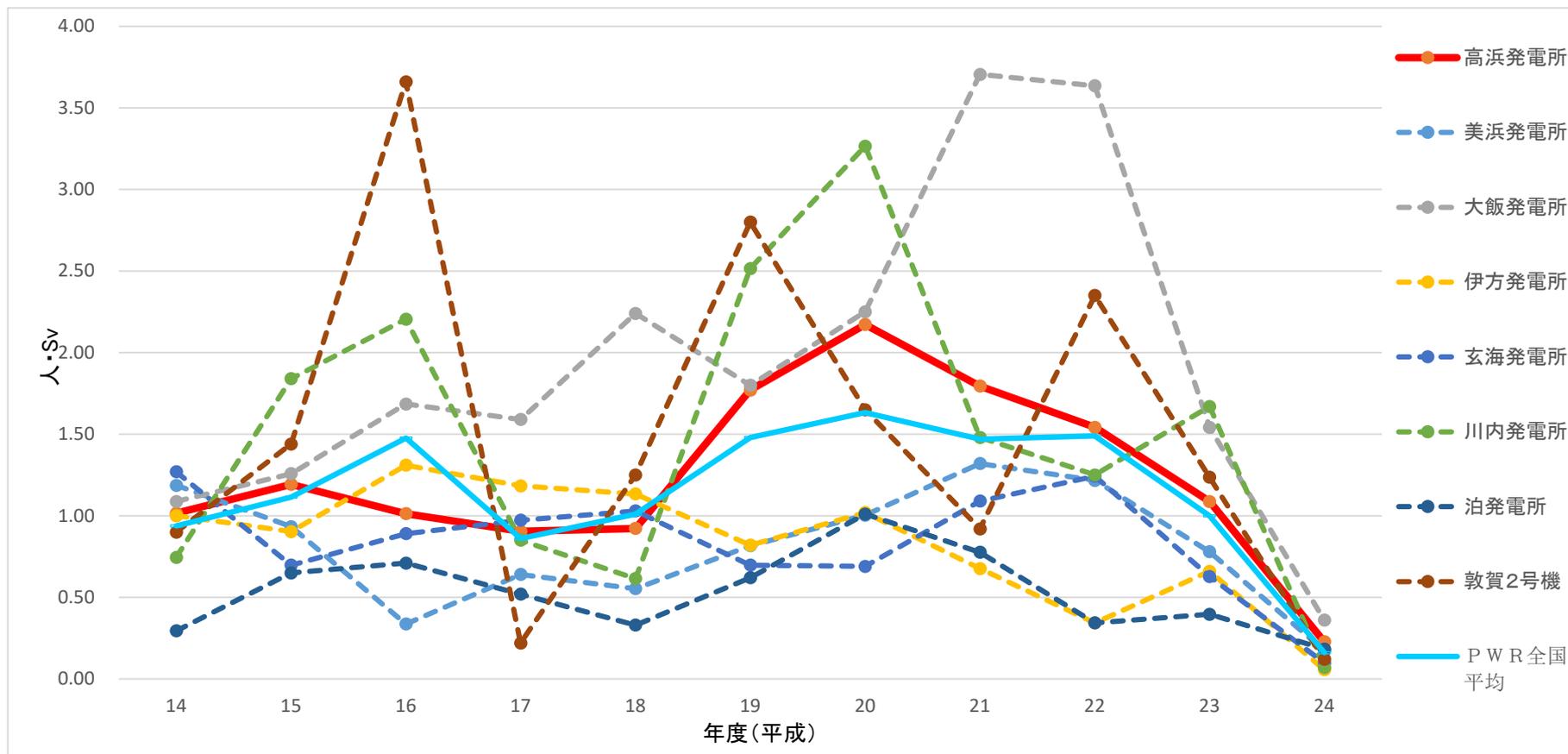
発電所の集積線量を低減する上で現場作業員の放射線量を低減する取り組みが効果的でない。この結果、発電所の集積線量値は世界のPWRの中で下位1/4に入っており、計画外被ばくを引き起こすリスクを増大させている。放射線リスクの高い作業への放管の関与が不十分であったため、この問題が起こっている。

世界のPWRの集積線量(WANO)



世界のPWR 238基のデータ(停止中は含まず)

【PWR発電所における被ばく総線量】



➤ 全国PWR発電所の中で、高浜発電所の炉毎被ばく総線量は高いレベルにあることから、再稼動後の通常定検時のさらな被ばく低減を目指し、主要工事の同型プラントとの比較等の検討を実施。

今年度の実施事項

1. 当社3サイト、他社PWRプラントの定検主要工事における被ばく低減に係る情報収集

【調査対象工事】

- ・1 原子炉容器定期点検工事(高浜3号機、川内1号機)
- ・2 キャビティ除染工事(高浜1・2・3・4号機、美浜3号機、大飯3・4号機)
- ・3 S/G水室隔離工事(高浜3号機、川内1号機)
- ・4 S/GECT付帯工事(インサートプレート手入れ作業:当社3サイト)

2. 管理区域チェンジングエリア設営方法変更(色別化等)による身体汚染の低減

3. 3号機第22回定検被ばく低減活動

4. 被ばく低減対策ツールの導入

5. 仮設遮へいの恒設化等の検討

6. 放射線カメラの有効性検討

7. 被ばく低減に関する提案報奨制度の導入について

1. 定検主要工事における被ばく低減対策に係る情報収集(1-①)

【目的】

定検主要作業である「原子炉容器定期点検工事」の被ばく低減対策を行うため、PWR各社の状況を調査。

【原子炉容器定期点検工事の被ばく線量等比較】

項目		北海道電力	四国電力		原電	関西電力		九州電力	備考	
		泊1号機	伊方2号機	伊方3号機	敦賀2号機	美浜3号機	大飯3号機	高浜3号機		川内1号機
工事全体	総線量 (人・mSv)	非公開								
	作業時間 (人・h)									
	被ばく率 (mSv/h)									
RV開放まで	キャビティ外 (OF等)									総線量 (人・mSv)
										作業時間 (人・h)
										被ばく率 (mSv/h)
	キャビティ内									総線量 (人・mSv)
										作業時間 (人・h)
										被ばく率 (mSv/h)
	合計									総線量 (人・mSv)
		作業時間 (人・h)								
		被ばく率 (mSv/h)								
主要線源	上蓋内面 (mSv/h)									
	キャビティ内上蓋周り (mSv/h)									

※抽出データについては至近10定検の実績を平均したものとします。

- ・被ばく率が他社と同等であるが被ばく線量が高いのは作業時間が多いことが要因として考えられる。
- ・そこで、実人数を調査すると大きな相違が確認できた。

【高浜発電所の実人数が九州電力川内発電所に比べて多い要因】		
項目	高浜発電所	川内発電所(九州電力)
プラント環境の相違	福井県には13プラントが密集しており、作業者の入れ替わりが多く、正味作業者数が、九州電力 川内発電所に比べて多いものと推定される。	佐賀県に4プラント、鹿児島県に2プラントと少なく、作業者の入れ替わりが少なく、ある程度は固定化されていることから、当社に比べて正味の作業者数が安定しているものと推測される。
工事施工範囲の相違	R/V定検工事内で真空・脱気ベンティング作業を実施。(本体工事作業者とは別体制で実施)	真空・脱気ベンティング作業は別工事で実施。

1. 定検主要工事における被ばく低減対策に係る情報収集(1-②)

【原子炉容器定期点検工事の工事体制等の比較】

項目		北海道電力	四国電力		原電	関西電力		九州電力
		泊1号機	伊方2号機	伊方3号機	敦賀2号機	美浜3号機	大飯3号機	高浜3号機
工事体制等	工事体制	非公開						
	発注方法							
	R/V開放までの工事期間							
	R/Vシート面手入時高さ							
工事内容等	キャビティ内作業環境							
	T/C周り仮設遮へい							
	キャビティ状態							

※直近の定検を記載

※1:レーザ点検等、工事内容により異なる。

※2:上蓋仮置き場廻りにも遮へい衝立実施(遮へい期間:キャビティ水張~R/V上蓋吊り込み)

特にキャビティ外作業における作業時間が大きいいため、工事体制を調査した結果、直体制に違いがあることが判明。(非公開)

1. 定検主要工事における被ばく低減対策に係る情報収集(1-③)

【評価のまとめ】

- 原子炉容器定期点検工事の内容としては、高浜3号機と川内1号機ともほぼ同様。
(異なる点としては川内ではRV開放時にシールプレートを使用)
- 実人数の追加調査の結果、作業者の実人数が他電力より多いことが判明(他電力は
非公開程度)。主な理由として、地域独自性(隣接プラントの相違、関連会社が多い等)があり、改善の可能性については保修ラインも交えて確認は必要。
- 工事体制については、非公開にすることにより、被ばく線量を低減できる可能性がある。(ただし、R/V定検がクリティカル工程であるため要相談。)

1. 定検主要工事における被ばく低減対策に係る情報収集(2-①)

【目的】

定検主要作業である「キャビティ除染工事」の被ばく低減対策を行うため、同型プラントの美浜の状況を調査した。

【キャビティ除染工事の被ばく線量等比較】

項目		高浜1号機	高浜2号機	美浜3号機	比較評価 (T1/M3)	比較評価 (T2/M3)
工事全体	総線量(人・mSv)	非公開			4.3倍	4.6倍
キャビティ本除染	総線量(人・mSv)				3.4倍	3.4倍
	作業時間(人・h)				2.8倍	2.8倍
	被ばく率(mSv/h)				1.2倍	1.2倍
チャンネル本除染	総線量(人・mSv)				16.0倍	17.6倍
	作業時間(人・h)				4.8倍	4.8倍
	被ばく率(mSv/h)				3.3倍	3.7倍

※抽出データについては至近4定検の実績を平均したもの

※キャビティ本除染、チャンネル本除染についてはキャビティ除染工事の作業ステップの中で作業内容が高浜と美浜でほぼ同じであることから抽出した。

美浜に比べ、キャビティ・チャンネル除染とも総線量、作業時間が多い。

1. 定検主要工事における被ばく低減対策に係る情報収集(2-②)

【キャビティ除染工事の作業方法等の比較検討】

美浜・大飯の作業方法等について調査を実施、以下の内容について高浜にて取り組むこととした。

- スピンモップによる拭き取りの実施 → 線源からの距離を確保
- 多機能除染ウエスによる初回除染の実施 → 作業量の減
- 除染判定基準の変更(0.4→2.0Bq/cm²) → 作業量の減
- LCI、UCIスタンドの除染範囲の削減 → 作業量の減



【スピンモップ】

1. 定検主要工事における被ばく低減対策に係る情報収集(2-⑤)

【期待できる低減効果】

- 除染基準及び除染方法の見直しにより、キャビティ除染工事の被ばく量が約5 mSvの削減が見込まれる。
(上部・下部キャビティの除染作業に反映することが有効)

【懸案】

- C/Vチャンネルの除染基準を4.0 Bq/cm² → 前回同様の線量当量率に見直すことによる下部キャビティの空間線量当量率が上昇することで、燃料取扱機械装置点検作業の被ばく線量が増加する。また、残留汚染のレベルが上がることにより放射線防護具が重装備になり作業性が悪化することが予想される。
- 原子炉保修課より実際の低減効果や作業安全面に問題ないことの確証をもって本格運用に反映したいと要望があり。

【今後の進め方】

3号機22回定検および4号機再稼動時における燃料装荷後のキャビティ除染作業で被ばく低減対策を試運用し効果の確認および課題の抽出・改善を行い本格運用に向けて検討を進める。

1. 定検主要工事における被ばく低減対策に係る情報収集(3-①)

【目的】

定検主要作業である「S/G水室隔離工事」の被ばく低減対策を行うため、T-3同型プラントの川内1号機の状況を調査した。

蒸気発生器水室隔離工事水室内線量当量率・工事被ばく実績比較表

1. S/G水室内線量当量率

(mSv/h)

	T-3 [#18~#21平均]		S-1 [#15~#18平均]		T-3/S-1				
	非公開				Zn注入前	Zn注入後	2定検目	3定検目	Ave
hot	非公開				1.2	0.9	1.1	0.9	1.0
Cold	非公開				0.9	0.5	0.7	0.6	0.7

2. 蒸気発生器水室隔離工事【取付】

	T-3 [#18~#21平均]				S-1 [#15~#18平均]				T-3/S-1				
	人・mSv	人・h	立入回数	従事人数	人・mSv	人・h	立入回数	従事人数	人・mSv	人・h	立入回数	従事人数	
水室	非公開				0.9	0.8	0.5	1.1					
ループ室内	非公開				0.8	0.6							
ループ室外	非公開				1.2	1.1							
計	非公開				0.9	1.1							

《比較結果》

- ①水室内線量当量率は、ほぼ同等。
- ②蒸気発生器水室隔離蓋取付に係る水室内実績は、線量・作業量ともにS-1を下回っている。
水室内立入回数も下回っている。

総線量・作業時間内容とも大きな差異はなし。

このため、S/G関連作業のECT作業について被ばく低減対策を検討することとした。

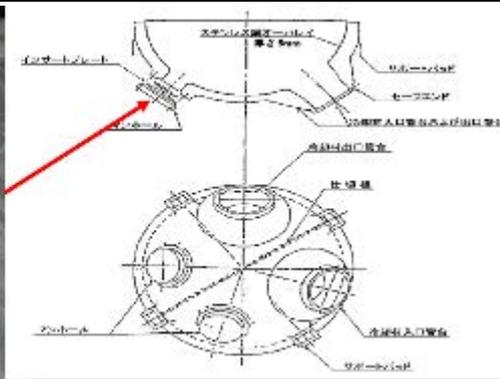
1. 定検主要工事における被ばく低減対策に係る情報収集(4-②)

【目的】

定検主要作業である「S/GECT付帯工事のうち、インサートプレート手入れ作業」の被ばく低減対策を行うため、各サイトの状況を調査。

インサートプレート手入れ時の各サイト作業内容等比較

項目	高浜1・2号機	高浜3・4号機	美浜発電所	大飯発電所	相違点
遮へい方法	非公開				
手入れ作業位置					
手入れ作業場所の選定					
手入れ人数					
手入れ方法					
線量測定方法					



(高浜3. 4号機手入れ作業)

1. 定検主要工事における被ばく低減対策に係る情報収集(4-①)

インサートプレート手入れ被ばく実績集計(S/G一基当たり)

項目	線量 人・mSv/基	作業時間 人・h/基	被ばく率 mSv/h/基	環境線量当量率 mSv/h	IP表面線量当量率 mSv/h	従事人数 人/基	備考
高浜	1号機27回	非公開					
	2号機27回						
	3号機20回						
	3号機21回						
	3号機22回						
	4号機19回						
	4号機20回						
大飯	1号機24回						
	2号機24回						
	3号機16回						
	4号機15回						
美浜	1号機24回						
	1号機25回						
	2号機26回						
	2号機27回						
	3号機24回						
	3号機25回						

集計値をIP手入れ数対象S/G基数で割り一基当たりの被ばくとした。

【まとめ】

美浜2・3号機の被ばく線量が低く、美浜の作業方法を採用することにより被ばく低減の可能性があり。(→引き続き調査・検討を実施予定。)

2. 管理区域チェンジングエリア設営方法変更による身体汚染の低減①

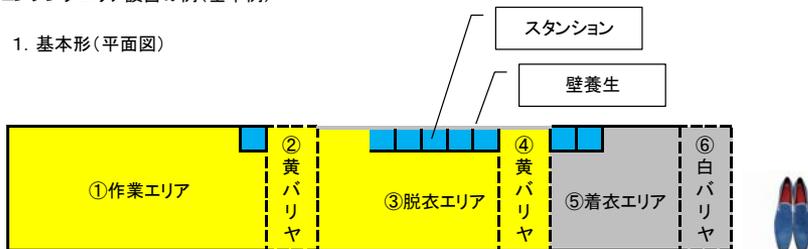
【目的】

汚染管理の充実を図ることおよび、JANSIピアレビューの際の指摘事項の反映のため以下のとおりチェンジングエリア設営方法の変更を行った。

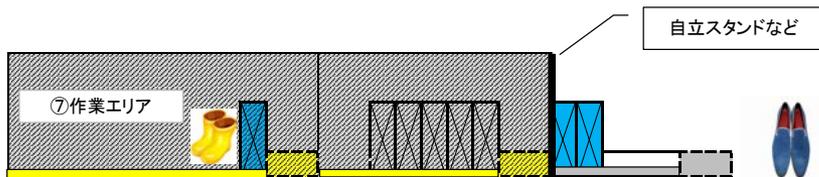
(変更前)

チェンジングエリア設営の例(基本例)

1. 基本形(平面図)



2. 基本形(側面図)

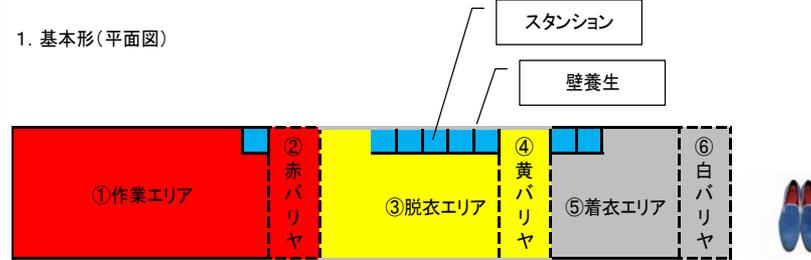


(変更前)

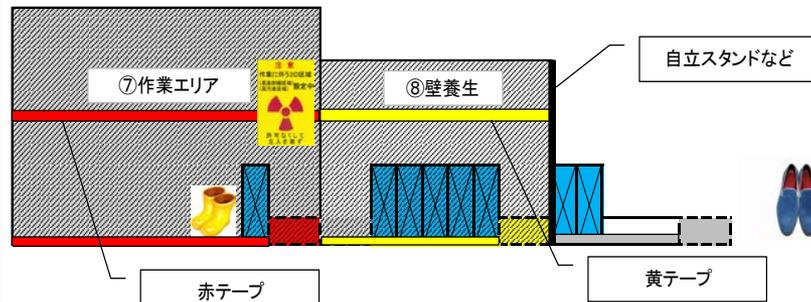
汚染(作業)エリアとホット(脱衣)エリアが同色・・・境界意識の低下
側面養生の高さ規定なし・・・汚染物の受渡しが容易に行われていた。

(変更後)

1. 基本形(平面図)



2. 基本形(側面図)



(変更後)

汚染(作業)エリア: 赤、ホット(脱衣)エリア: 黄、コールド(保護具着用)エリア: 白とした。
側面原則高さ1.8m程度に区画、作業に伴う区域標識を掲示

汚染管理の充実

- ・汚染している作業エリアを特別な赤色にすることで作業者の汚染注意を喚起する。
- ・側面の養生を高くすることで不容易なアクセスを遮断し汚染拡大等を防止する。

3. 3号機第22回定検被ばく低減活動－①

【目的】

3号機第22回定検における被ばく低減活動として、以下の内容について実施した。

a. 定検工程調整(被ばく低減上の工程調整)

S/G2次側ブローダウン系統の弁分解作業を計画(2次側器内水全ブロー期間が約2ヶ月程度と長期化)



長期(2ヶ月)のループ室への立入規制(工程調整)は工程上実施できないため、各ループ室のS/Gに対して広範囲に仮設遮へいを計画・設置することで対応

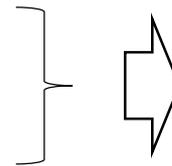
b. 更なる被ばく低減対策の検討(仮設遮へいの設置)

長期停止で全体的に環境線量が低下していたが、加圧器室の大型弁付近等の環境線量率は依然と高いため、被ばく低減が必要と判断したC/V内の各箇所において仮設遮へいを設置した結果、環境線量低減(約40%の低減)を実現した。

c. 被ばく低減等相談窓口

各協力会社より、被ばく低減対策や作業効率向上による相談を実施

- ・C/V17m通路のRCSサンプル配管が局所的に線量が高い
(通路作業者が滞在する可能性があり)
- ・Cループ室17mのRHR大型弁の線量が高い



仮設遮へい実施

- ・作業エリア近傍でダスト濃度測定を実施したいとの相談

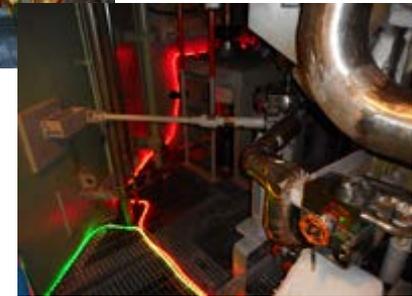
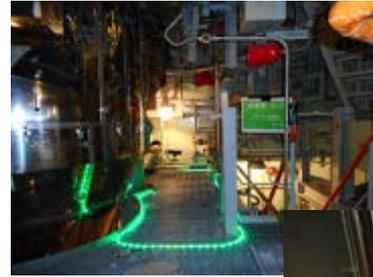


BGが高いC/V内におけるダスト測定環境を整備
(検出器を遮へいすることによるBG低減)

3. 3号機第22回定検被ばく低減活動－②

d. ループ室内の低線量箇所と高線量箇所の明確化

高線量箇所に滞在を余儀なくされる作業者を高線量箇所から低線量箇所へ誘導するため緑色チューブライトを設置



高線量箇所を示す赤色チューブライトを加圧器TOPに設置し、不用意な接近を防止

e. 高線量箇所の線量注意の掲示および定期的な書き換え

高線量箇所を定期的にサーベイし、線量注意札の書き換えを実施して作業者の不用意な寄り付きを防止

f. 作業場所への汚染サーベイメータ配備

BGが高いC/V内通路で、汚染確認をタイムリーに行えるようにGM管遮へい体を配備して汚染サーベイメータを設置

g. 共用エリアの汚染チェック

出入管理室内の定期的な汚染チェックと共用エリアのダイレクトサーベイ、化学雑巾等を使用しての汚染チェックを実施（汚染が検出された場合は核種分析を行い、核種を特定し発生源を推定）

h. 3号機22回定検放射線影響アセスメント

「作業周辺環境アセスメント情報」に被ばく低減に関する情報を取り入れ各社に事前に配布
管理区域入口のディスプレイに掲示し作業者に注意喚起

i. 定期的な現場パトロール

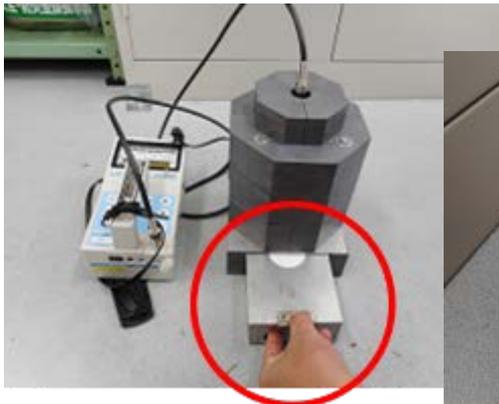
4. 被ばく低減対策ツールの導入ー①

被ばく低減対策等のツールとして、以下の製品を開発した。

(自立式遮へい架台)



仮設遮へいが容易に設置、解体が可能となり、作業中の環境線量上昇に際しても対応が可能となった。



(GM管遮へい体ダストろ紙測定用治具)

○設置箇所・測定条件
3号C/V17m Bループ室前 通路
遮へい架台なしBG 2Kcpm
遮へい架台ありBG 50cpm
(測定器 TCS319・時定数 30S)

C/V内でダスト濃度を簡易的に測定することが可能となり、作業者への身体的負担(マスク着用解除)の低減が可能となった。

5. 仮設遮へいの恒設化検討－①

【目的】

定検中、C/V内の各所に仮設遮へいを設置しているが、仮設遮へい設置に伴う被ばくを低減させるために恒設化について検討を行った。

【前年度検討内容】

放射線管理課にて17箇所をピックアップし、原子炉保修課へ検討を依頼

遮へいの恒設化については全て「良」との回答を得たが、懸案事項として以下の点が指摘された。

- ・運転中の恒設化が可能か確認が必要。
- ・恒設化が可能なものについては耐震評価が必要であり、耐震補強のため遮へい等が大型化すると作業場所に干渉する可能性がある。
- ・近接機器への影響評価が必要。
- ・サンプスクリーンのつまりに対する影響評価が必要。

【今年度検討内容】

前年度の検討結果を踏まえ、遮へいの恒設化について実現性の観点から更に検討を行い、設置に当たっての課題を整理した。

- ・恒設遮へい位置に計装配管、電線管、配管等が布設されている箇所があり恒設化が困難。
- ・他機器の点検のため、現状の仮設遮蔽の方が有効な箇所がある。
- ・恒設遮へいを設置するための架台を設置する箇所の強度が不足している箇所がある。



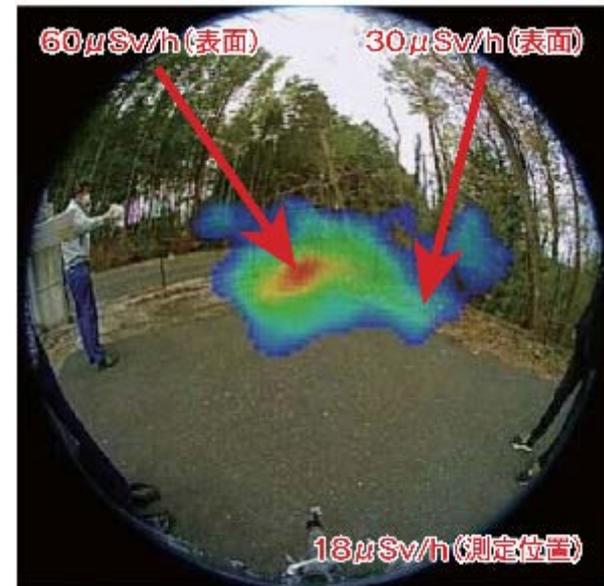
【今後について】

今年度の検討結果から昨年度検討した全箇所への遮へいの恒設化に変わる対策として、仮設遮へいを設置するための架台を恒設化する方向で個々の環境に応じた検討を行うこととする。

6. 放射線カメラの有効性検討①

【ガンマカメラの概要】

カメラ(検出部)により放射線の強弱を測定し、液晶部(PC等)に測定結果を表示する装置であり、測定結果については印刷等も可能である。



※ガンマカメラ本体およびパソコン部

【主要スペック等】

- ・外形: 13.8cm × 15cm × 15cm (ガンマカメラ本体)
- ・重量: 2kg (ガンマカメラ本体)
- ・視野角 140°
- ・測定エネルギー範囲: 30keV ~ 1.5MeV
- ・費用: 1000万以下

6. 放射線カメラの有効性検討②

【前年度末状況】

環境線量に影響のある箇所を視覚的に確認することが可能であり、被ばく低減への有効なツールであることが明らかになった。ただし、費用対効果(1000万/台)に課題があるため管理区域内作業での活用性やコスト低減策について継続検討

【今年度状況】

- ・現状の仕様は、技術上必要最小限の機能であり、小型化(ハンディカム)にした場合、設計費等で更なるコストがかかる。
- ・福島の実機テストで、高線量箇所を測定するために、新たに測定範囲を変更したγカメラの開発をメーカーにて検討中

【今後について】

当社の仕様ニーズに沿う製品化については、メーカーから新たためて提案があれば検討を実施

7. 被ばく低減に関する提案報奨制度の導入について①

【目的】

工事概要の決定から工事着手までの間に、被ばく低減に関して、提案および提案採用に対する予算措置が可能か、また、それに伴う報奨について検討を行った。

【WGメンバー主な意見】

- ・工事概要、予算設計段階で放管専任者および放射線管理課の関与がない。(情報が無い)
- ・作業担当課での予算設計時に、被ばく低減に関する提案の有無についてチェックする仕組みがない。
- ・放射線管理課へ被ばく低減に関する協力会社からの相談が遅い。
- ・工事計画後に被ばく低減に係る提案を提出しても、リスク評価が表しにくいことから費用対効果が低いなどの理由で当社内の審査段階で不採用となる場合が多い。

【考察】

提案制度を設けても今の仕組みでは工事側への放管専任者および放射線管理課の関与が弱く、被ばく低減対策を相談するタイミングも遅いため、提案が採用されにくい状況になっている。

よって、放管専任者および放射線管理課の関与について検討・議論を進めた。

被ばく低減に関する提案制度の導入

工事概要の決定から工事着工までの間に、被ばく低減に関して、提案及び予算の盛り込みが可能か検討した。

1. 現状の予算編成

工事概要の決定



メーカー（協力会社へ見積もり依頼）



工事実施方針の作成



予算確保



工事稟議作成



契約



各社から被ばく低減相談



放管計画書作成



工事着工

2. 改善案

作業担当課が、工事概要の決定～工事実施方針の間で、**被ばく低減に関する提案の有無についてチェックする仕組みが必要。**

3. 被ばく低減に関する提案制度の導入

- 作業担当課が、協力会社に対し見積もり段階で被ばく低減に関する提案の有無についてチェック
- 協力会社が、被ばく低減に関する提案があれば、作業担当課と放管課と同時に情報提供
- 作業担当課が、放管課に審査を依頼
- 放射線管理課が審査結果を作業担当課に報告
- 放射線管理課 合議

4. 今後の課題

被ばく低減に関する提案を採用されるためには、作業安全、工程、品質などの付加価値も加味することが必要。

7. 被ばく低減に関する提案報奨制度の導入について②

【工事概要の決定から工事竣工までのプロセス】

項目	協力会社		
	通常工事	特別工事	追加工事
プロセス	<ul style="list-style-type: none"> ①工事仕様書受領 ②契約 ③工事計画書・放管計画書作成 ④放管計画書提出 (≥ 5人・mSv工事は、放管課とヒア) ⑤着工 ⑥竣工 	<ul style="list-style-type: none"> ①大型改造工事については、数定検前から現地調査実施 ②同左(①～⑥) 	<ul style="list-style-type: none"> ①工事概要説明 ②参考見積依頼 ③現地調査(作責のみ) ③工事仕様書受領 ④正式見積依頼 ⑤契約 ⑥工事計画書・放管計画書作成 ⑦放管計画書提出 (≥ 5人・mSv工事は、放管課とヒア) ⑧着工 ⑨竣工
問題点	<ul style="list-style-type: none"> ・現地工事終了後、作業担当課に被ばく低減に関する提案等を説明する機会がない。 (通常工事に係る被ばく低減策を次回定検に反映する術がない。) 	<ul style="list-style-type: none"> 特になし 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事計画段階では、工事契約がないため十分な現場調査が実施できない。 ・十分な現場調査ができないため、被ばく低減に関する提案ができない。 ・提案がないため、作業担当課での予算設計時に、被ばく低減に関する予算措置が取れない。 ・放管課へ被ばく低減に関する協力会社からの相談が遅い。