

# 1F4燃料取出作業の被ばく低減対策について

平成26年4月24日  
東京電力株式会社



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

## 本資料の内容

- (1) 4号機燃料取り出し作業における被ばく線量低減対策の方針
  - (2) 燃料取り出し作業に係る平均被ばく線量／主要作業エリアの雰囲気線量率
  - (3) 燃料取り出し作業の被ばく線量実績と予測被ばく線量
  - (4) 遮へい体設置後の評価
  - (5) 作業分析による被ばく評価
  - (6) まとめ
- 添付資料－1 燃料取り出し作業の被ばくの実績
- 添付資料－2 遮へい体設置概要
- 添付資料－3 オペレーティングフロアの空間線量率
- 添付資料－4 燃料取り出し終了時点の個人累積線量の推定

## (1) 4号機燃料取り出し作業における被ばく線量低減対策の方針

### ■被ばく線量低減対策の方針

4号機オペレーティングフロア（以下、オペフロ）上の適切な箇所に遮へい体を設置し、燃料取り出し作業場所について、雰囲気線量率1/3を目指す。また、遮へい体設置による線量率低減を図るとともに、燃料取り出し作業を改善させることで、燃料取り出しに係る作業の被ばく線量を開始初期と比較し、1/3に低減させることを目標とする。

## (2) 燃料取り出し作業に係る平均被ばく線量/主要作業エリアの雰囲気線量率

### ■被ばく線量低減対策の実施結果

- 遮へい体設置ならびに作業改善により、4号燃料取り出し作業に係る被ばく線量は、燃料取り出し開始初期と比較し、概ね1/3に低減した。（添付資料-1, 2参照）

	燃料取り出し開始初期	現在
燃料取扱機運転作業※1,2	約0.093[mSv/人・班]	約0.032[mSv/人・班]（約66%減）
キャスク取扱作業※1,3	約0.26[mSv/人・基]	約0.09[mSv/人・基]（約65%減）

※1：構内移動に伴う被ばく線量の推定値（燃料取扱機運転作業：約0.005mSv、キャスク取扱作業：約0.017～約0.023mSv）を除いた値

※2：燃料取扱機運転作業を1班当たり2時間実施した際の平均被ばく線量

※3：キャスク取扱作業を1基分実施した際の平均被ばく線量。現在、班体制の見直しに伴い、キャスク1基当たりの作業員数は開始初期から変更（増加）した。

- 主な作業エリアであるウェル周辺/燃料プール周辺/燃料取扱機上/作業台車上/キャスクピット廻り三角コーナー部において、雰囲気線量率は約22～74%低減した。（添付資料-3参照）

測定箇所	遮へい体設置前の線量率【測定日】	遮へい設置後（至近）の線量率【測定日】
作業台車床上 台車中央部（約1m高さ）	0.090mSv/h 【2014/2/7】	0.023mSv/h（約74%減） 【2014/4/17】
燃料取扱機トロッコ上 操作盤前（約1m高さ）	0.055mSv/h 【2014/1/30】	0.018mSv/h（約67%減） 【2014/4/17】
キャスクピット廻り三角コーナー床上（約1m高さ）	0.090mSv/h 【2014/2/7】	0.045mSv/h（約50%減） 【2014/4/17】
ウェル周辺 （約1m高さ）	0.100mSv/h～0.109mSv/h 【2014/1/16】	0.042mSv/h～0.045mSv/h（約58～59%減） 【2014/4/17】
SFP周辺 （約1m高さ）	0.034mSv/h～0.036mSv/h 【2014/1/16】	0.026mSv/h～0.028mSv/h（約22～24%減） 【2014/4/17】

### (3) 燃料取り出し作業の被ばく線量実績と予測被ばく線量

#### ■被ばく線量低減対策の実施結果

- ▶ 被ばく線量低減対策を実施したことにより、燃料取り出し作業完了までの予測被ばく線量は、法令を十分下回る見込みである。(添付資料-4参照)

	被ばく線量			法令
	年度	実績	予測	
燃料取扱機 運転作業	H25年度	個人最大の実績	3.6mSv/年	50mSv/年
	H26年度	至近の平均被ばく線量からの推定※1	2.5mSv /年	
		最大被ばく線量実績からの推定※1	4.6mSv /年	
	個人の予測総被ばく線量 (H26年度燃料取り出し完了と想定)			6.1~8.2mSv
キャスク 取扱作業	H25年度	個人最大の実績	8.8mSv /年	50mSv/年
	H26年度	至近の平均被ばく線量からの推定※1	4.6mSv /年	
		最大被ばく線量実績からの推定※1	12.7mSv /年	
	個人の予測総被ばく線量 (H26年度燃料取り出し完了と想定)			13.4~21.5mSv

※1：燃料取り出し完了まで合計約70キャスクの輸送に対して、

至近の平均被ばく線量からの推定：33キャスク目（キャスク取扱作業については31キャスク目）までの個人最大被ばく実績及び至近の平均被ばく線量からの予測値

最大被ばく線量実績からの推定：33キャスク目（キャスク取扱作業については31キャスク目）までの個人最大被ばく実績の比例倍からの予測値

### (4) 遮へい体設置後の評価

#### ■遮へい体設置後の評価

- ▶ 燃料取り出し用カバー北面に遮へい体を設置したことで、カバー内全体の雰囲気線量率が大きく低下したことから、北面への遮へい体設置は有効な対策と考えられる。

(カバー北面遮へい体の外側であるDSP周辺も雰囲気線量率は約33~35%※1低下しているが、ウェル周辺の低減率は約58~59%と大きく、その差分が北面の遮へい体の効果と考えられる。)

- ▶ 4号機DSP周辺については、除染・遮へい体設置等被ばく低減対策を実施していないにもかかわらず、雰囲気線量率が低下しているのは、3号機オペフロにて実施している瓦礫撤去・除染の効果と考えられる。

(3号機オペフロの瓦礫撤去・除染による低減効果は、カバー内全体に寄与していると考えられる。)

- ▶ カバー北面遮へい体から離れたSFP周辺の雰囲気線量率は約22~24%低下とウェル周辺と比較し低減率が小さくなっているものの、カバー周辺ヤードの雰囲気線量率※2と比較すると十分低いレベル(13~43%程度)まで低減している。

※1：DSP周辺の床上約1m高さの雰囲気線量率における低減率(添付資料-3参照)

※2：カバー周辺ヤードの雰囲気線量率は0.065~0.20mSv/h(H25/6~H26/4測定)

## (5) 作業分析による被ばく評価

### ■作業分析による被ばく評価

- ▶カバー内作業エリアの雰囲気線量率が低減したことにより、各作業における被ばく線量が低減した。
- ▶比較的被ばく線量が多い作業に対して、線源への遮へい体設置やカメラによる遠隔化等作業改善を実施したことにより、作業員の被ばく線量が低減したことから、今回実施した作業改善は有効と考えられる。

### ■その他

- ▶燃料取り出し作業に係る被ばく線量が低下してきたことに伴い、作業エリアまでの1F構内移動に伴う被ばく線量の割合が比較的大きくなってきた。
- ▶キャスク取扱作業については、班体制の見直しにより作業員数が増加した結果、一人当たりの被ばく線量が低減した。

## (6) まとめ

### ■まとめ

遮へい体設置等による雰囲気線量率低減対策により、燃料取り出しにおける主な作業エリアでは、『雰囲気線量率1/3』という目標を達成し、他のエリアでも可能な限り低減させることができた。また、遮へい体設置に加え、作業改善による被ばく低減対策により、燃料取り出しに係る被ばく線量を『開始初期と比較し1/3』という目標も、概ね達成した。

### ■今後の方針

- 引き続き被ばく低減に努めるとともに、安全かつ着実に燃料取り出し作業を進めていくこととする。
- ▶遮へい体設置等ハード面の対策だけでなく、ソフト面の対策（線量率の表示、構内移動に伴う被ばく線量の低減化等）について、継続して検討していく。
- ▶後続号機の燃料取り出し作業についても、今回の知見をフィードバックし、被ばく低減に努めることとする。

なお、燃料取り出し用カバー北面（西側）には、さらに遮へい体設置可能であることから、鉛板マットを追加設置している。（添付資料－2参照）

## 【添付資料－１】燃料取り出し作業の被ばく実績

### ①4号機燃料取り出し作業に伴う構内移動被ばく線量

○移動にかかる線量を確認するため、APDの貸与場所（入退域管理施設または免震重要棟）から4号機または共用プールまでの移動にかかる線量を積算線量計にて測定。

- ・3月25日測定：約 $11.2\mu\text{Sv}$ （入退域管理施設～共用プール（往復））
- ・4月9日測定：約 $5.5\mu\text{Sv}$ （入退域管理施設～4号機（往復））
- ・4月14日測定：約 $8\mu\text{Sv}$ （免震重要棟～共用プール（片道））
- ・4月14日測定：約 $9\mu\text{Sv}$ （4号機～免震重要棟（片道））



- ・屋外での滞在時間や移動車両の駐車位置等で変動するものの、1回の作業従事ですら少なくとも $5\mu\text{Sv}$ 以上の移動にかかる被ばくがあると推定。



○移動にかかる線量は、それぞれ少なく見積もって以下のとおり存在していると推定。

- ・燃料取扱機運転作業では、約 $5\mu\text{Sv}/\text{人}\cdot\text{班}$

（1班約2時間作業において、作業員一人あたりの値）

- ・キャスク取扱作業では、約 $17\sim 23\mu\text{Sv}/\text{人}\cdot\text{基}$

（キャスク1基あたりの作業日数分従事すると仮定し、2基の並行輸送を考慮した作業員一人あたりの値。班体制の見直しを行っているため見直し前後で数値が異なる）

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社



積算線量計



各施設の配置図

8

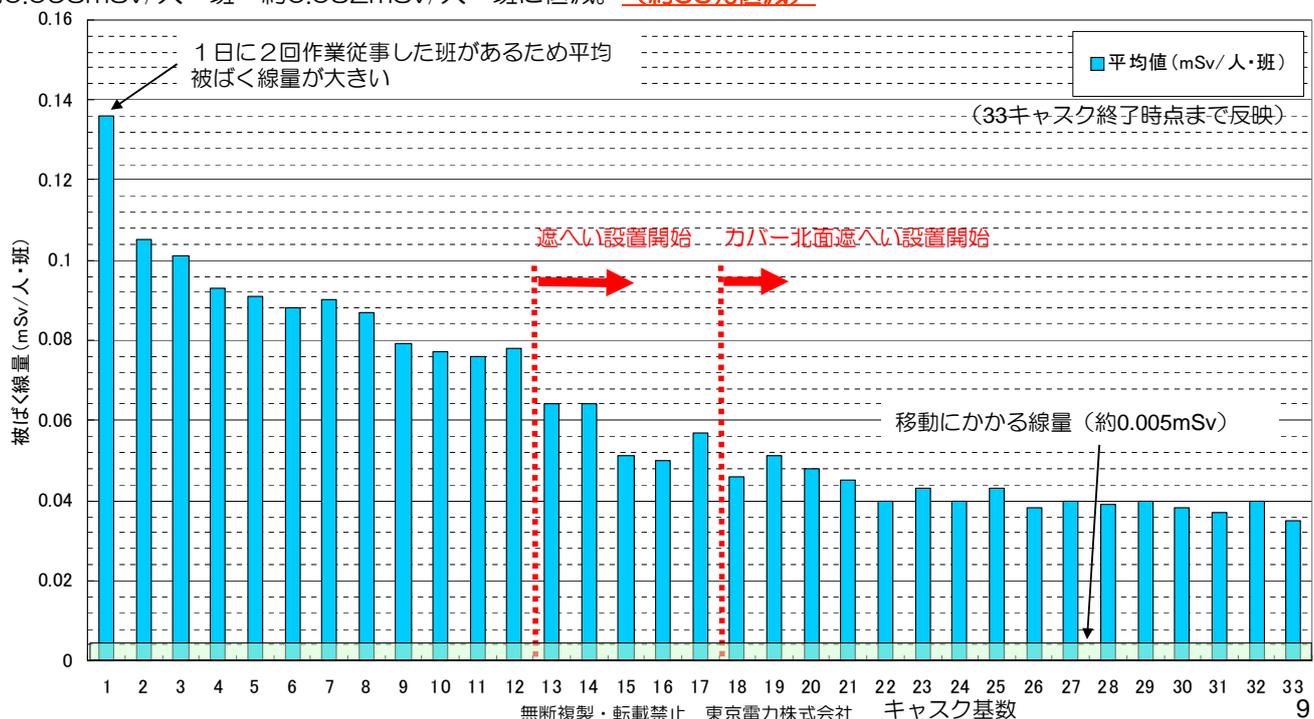
## 【添付資料－１】燃料取出し作業の被ばく実績

### ②燃料取扱機運転作業の被ばく実績（基数毎）

■燃料取扱機の1班・1作業員あたりの平均被ばく線量（約2時間作業の作業員一人あたりの平均被ばく線量）

- ・燃料取出し開始初期の平均被ばく線量（2～5キャスク目の平均）：約 $0.098\text{mSv}/\text{人}\cdot\text{班}$
- ・至近の平均被ばく線量（31～33キャスク目の平均）：約 $0.037\text{mSv}/\text{人}\cdot\text{班}$

■移動にかかる被ばく線量の推定値約 $0.005\text{mSv}$ を考慮すると、燃料取扱機運転作業の4号機における被ばく線量は約 $0.093\text{mSv}/\text{人}\cdot\text{班}$ →約 $0.032\text{mSv}/\text{人}\cdot\text{班}$ に低減。（約66%低減）



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

キャスク基数

9

## 【添付資料－１】燃料取り出し作業の被ばく実績

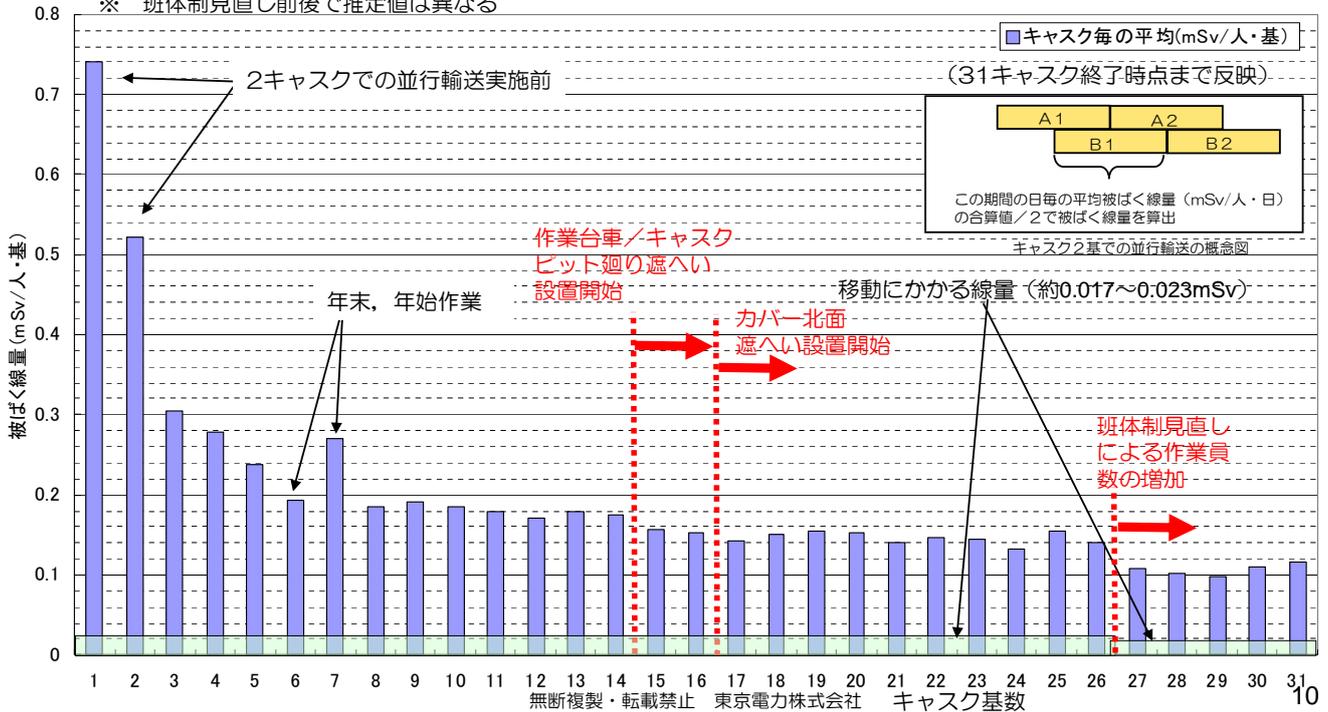
### ③キャスク取扱作業の被ばく線量（基数毎）

#### ■キャスク1基・1作業員あたりの平均被ばく線量

- ・燃料取り出し開始初期の平均被ばく線量（3～5キャスク目の平均）：約0.28mSv/人・基
- ・至近の平均被ばく線量（29～31キャスク目の平均）：約0.11mSv/人・基

#### ■移動にかかる被ばく線量の推定値約0.017mSv\*～約0.023mSv\*を考慮すると、キャスク取扱作業における4号機および共用プールでの被ばく線量は、約0.26mSv/人・基→約0.09mSv/人・基に低減。（約65%低減）

※ 班体制見直し前後で推定値は異なる



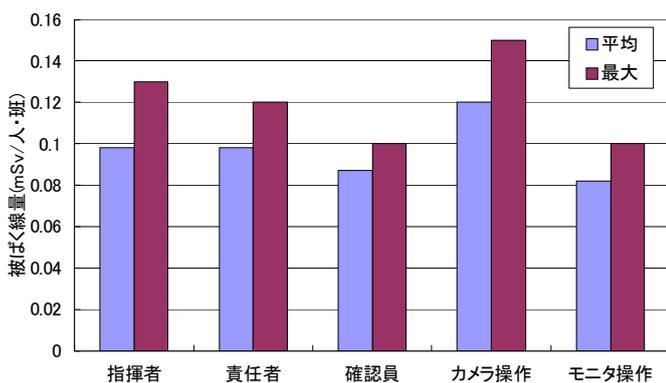
## 【添付資料－１】燃料取り出し作業の被ばく実績

### ④燃料取扱機運転作業の燃料取り出し開始初期との線量の比較

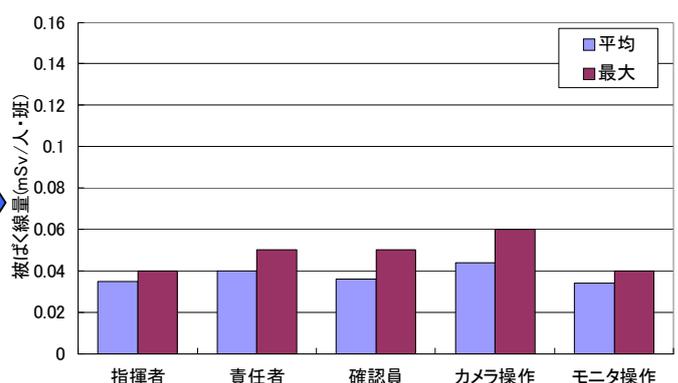
#### ・燃料取り出し開始初期である3基目と至近の30基目を比較。

- 被ばく線量の最大値，平均値とも大きく低減。
- 各作業役割（指揮者，責任者，確認員，カメラ操作，モニタ操作）全て，大きく低減。

3基目における燃料取扱機運転作業の被ばく実績



30基目における燃料取扱機運転作業の被ばく実績



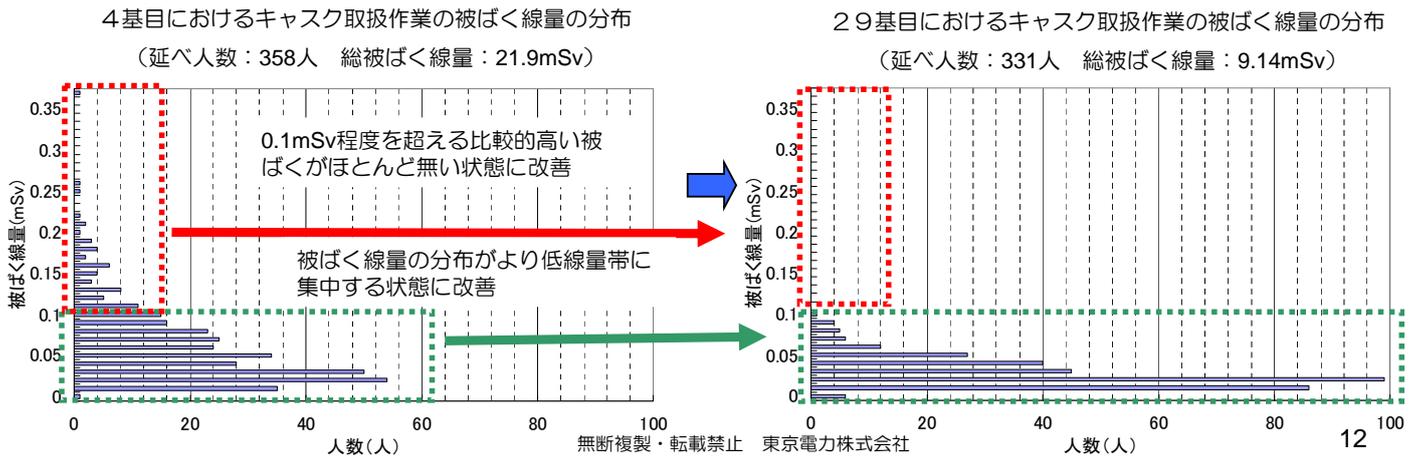
## 【添付資料－１】燃料取り出し作業の被ばく実績

### ⑤キャスク取扱作業の開始初期と現状との比較

- 燃料取り出し開始初期である4基目\*と至近の29基目\*の被ばく線量の分布を比較。0.1mSv程度を超える比較的高い被ばくがほとんど無い状態に改善されているとともに、全体的に分布がより低線量側にシフトしている。

※前後のキャスクを含むため、実質2キャスク分の作業期間

- 燃料取り出し開始初期において高線量であった作業は以下と推定。
  - 4号機キャスクピット周りの作業：遮へい対策、タングステンジャケットの装着等により改善
  - 共用プールでのキャスク内部水排水時の瓦礫回収作業：フィルターの遮へい、カメラ監視等により改善
  - 建屋外の作業：作業習熟の効果等により被ばく低減と推定



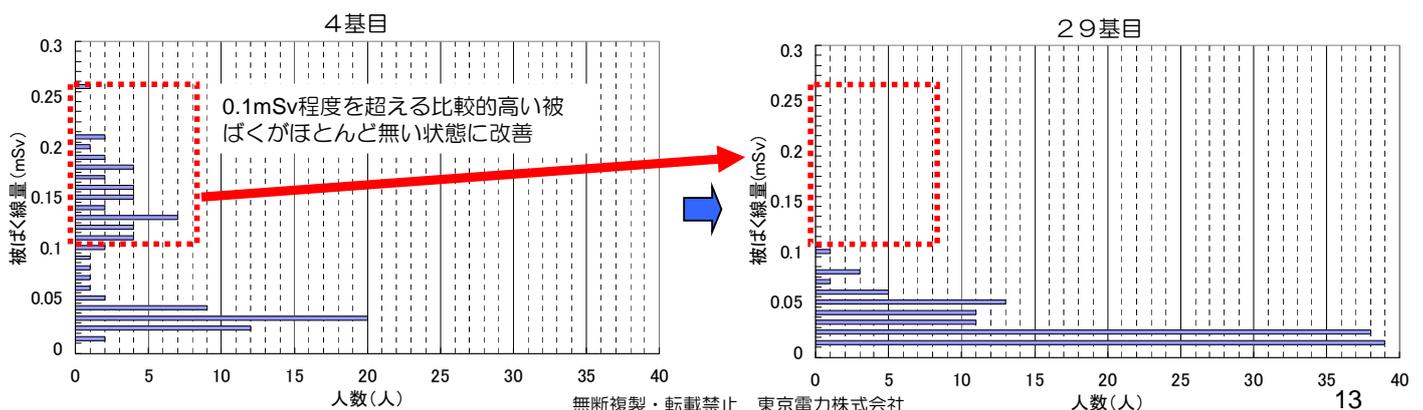
## 【添付資料－１】燃料取り出し作業の被ばく実績

### ⑥燃料装填後キャスクのプール外搬出作業（キャスクピット周り作業）の比較

- 燃料装填後のキャスクを使用済燃料プールからキャスクピットへ取り出す作業を行う作業日での比較。  
(グラフは、同日におけるキャスクピット周り以外の作業、共用プール作業での被ばくも含んでいる)
- これまでに以下の遮へい対策、作業改善を実施。
  - キャスクピット周りの床面ホットスポット箇所に鉛ブロックを敷き、床面からの寄与による被ばくを低減
  - 使用済燃料プール西側に可動式の防護衝立を設置し、キャスク取扱中の水中カメラ監視員等の被ばくを低減
  - 作業台車上に鉛遮へい体等を実施し、キャスク取扱中の作業台車上の作業員の被ばくを低減
  - 4号カバー北側に鉄板・鉛板マット遮へい体を設置し、オペフロ全体の空間線量率を低減
  - キャスクピット周りの作業員がタングステンジャケットを着用。



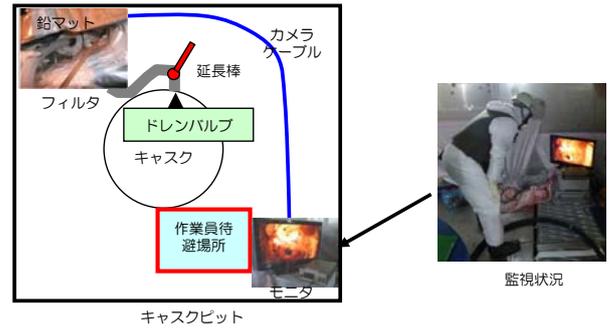
燃料取り出し開始初期（4基目）と比較し、0.1mSv程度を超える比較的高い被ばくがほとんど無い状態に改善。



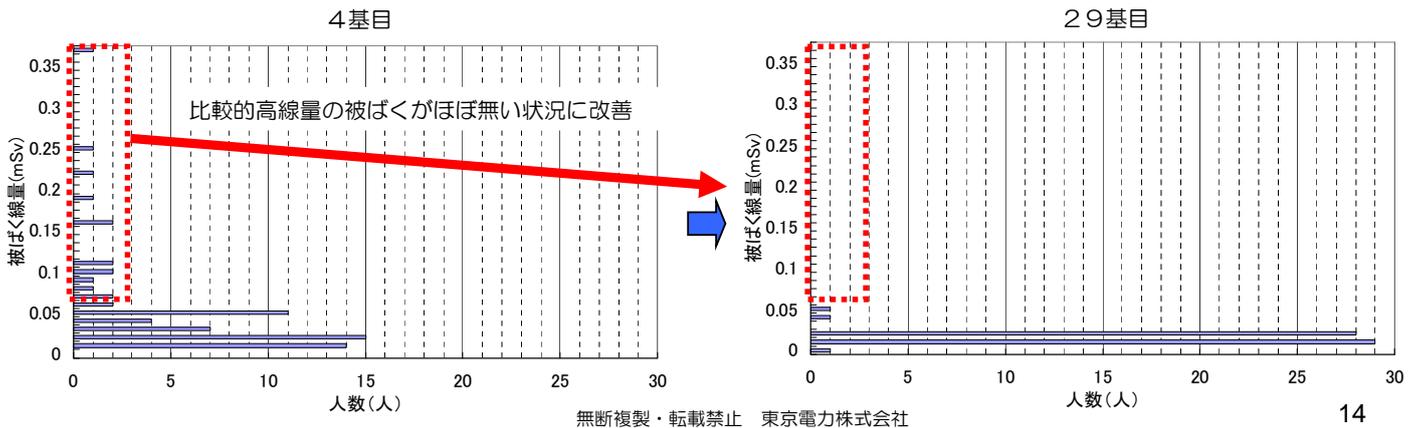
## 【添付資料－１】燃料取り出し作業の被ばく実績

### ⑦共用プールでのキャスク内部水排水時の瓦礫回収作業での比較

- ・共用プールで燃料取り出し後、キャスク内の水抜き・瓦礫の回収を行う作業を含む作業日での比較
  - キャスク内の瓦礫による線量が高く、被ばくの要因になっている。
- ・これまでに以下の作業改善を実施。
  - 砂礫を回収するフィルタに鉛毛マットを設置
  - キャスク内部水を排水するドレン弁操作時に距離を取れるよう、延長棒を準備
  - フィルタの監視を遠隔でできるよう、監視用カメラを設置しフィルタ周りの滞在時間を削減



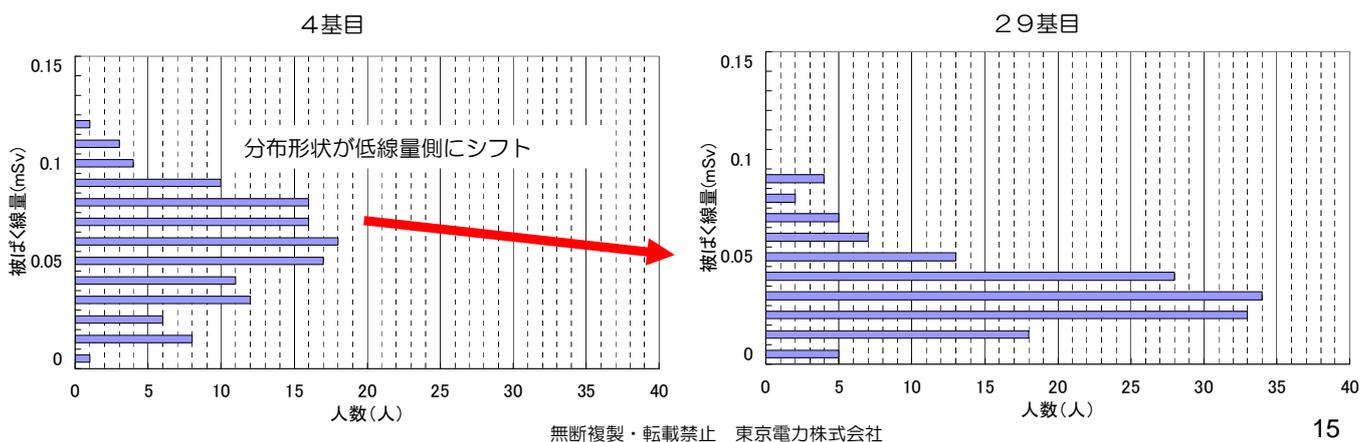
散見された比較的高線量の被ばくがほぼ無い状況に改善。



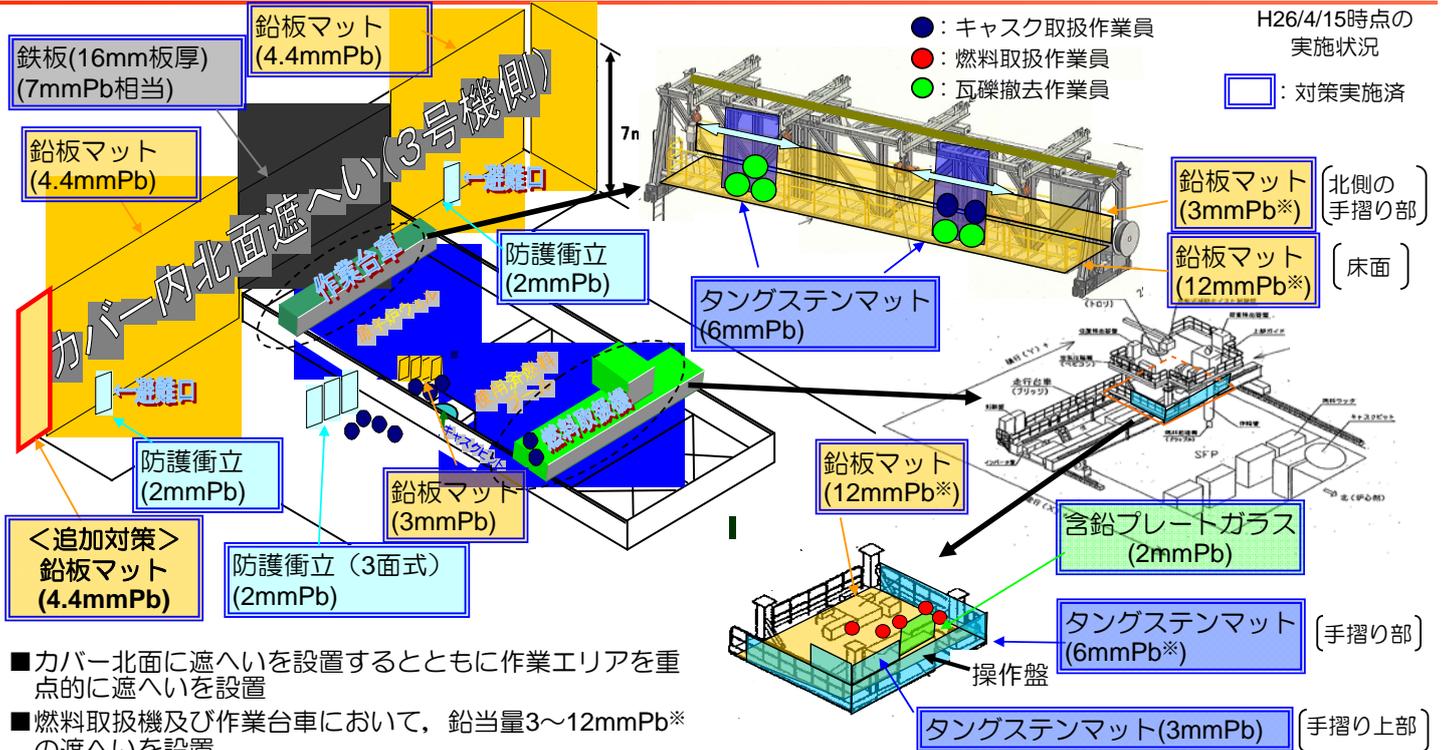
## 【添付資料－１】燃料取り出し作業の被ばく実績

### ⑧キャスク取扱作業における建屋外作業での比較

- ・建屋外の作業（キャスクの構内運搬作業）を含む作業日での比較
  - （グラフは、同日における建屋外作業以外の被ばくも含んでいる）
  - 建屋外の雰囲気線量率が低くないため、被ばくの要因となっている。
- ・建屋外は輸送ルートにおける路盤整備を燃料取り出し前に実施している。
- ・全体的に低線量側にシフトしているのは、作業の習熟による時間の短縮等と推定。



## 【添付資料-2】 遮へい体設置概要



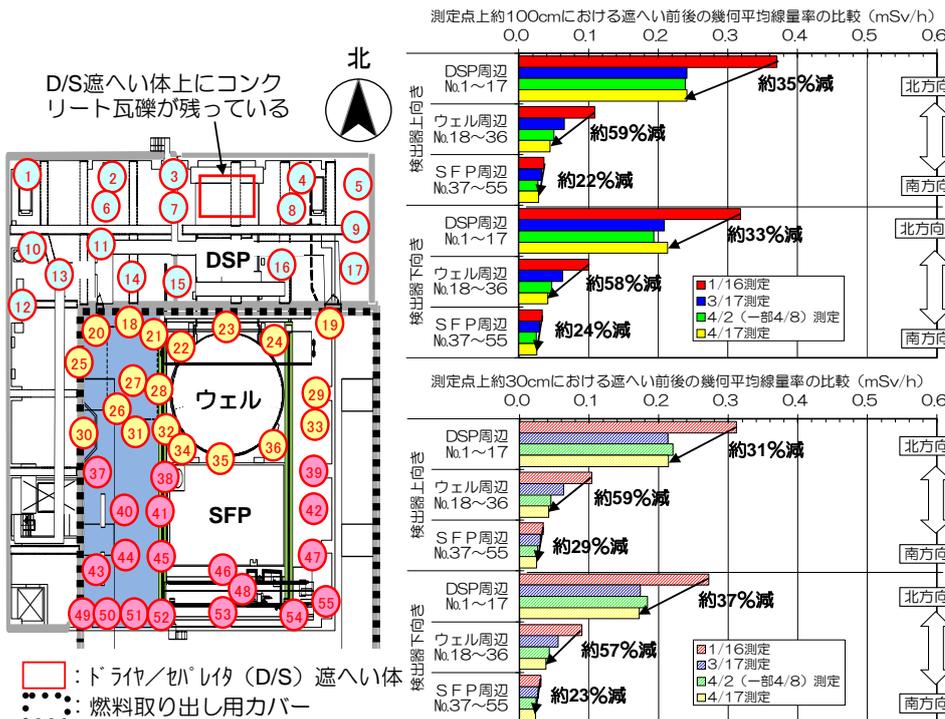
- カバー北面に遮へいを設置するとともに作業エリアを重点的に遮へいを設置
- 燃料取扱機及び作業台車において、鉛当量3~12mmPb\*の遮へいを設置。  
※設置状況により、上図の通り遮へい体を設置できない箇所は、重量等を考慮し、可能な限り厚くする

■カバー北面の鉄板は燃料取扱機架構上にボルトにて固定、北面鉛板マットはカバー架構に取付金具を設置し、吊下げる  
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社 16

## 【添付資料-3】 オペレーティングフロアの空間線量率

### ① 遮へい体設置後のオペレーティングフロア上線量率

遮へい体設置前後におけるオペフロ上の線量率測定を実施。



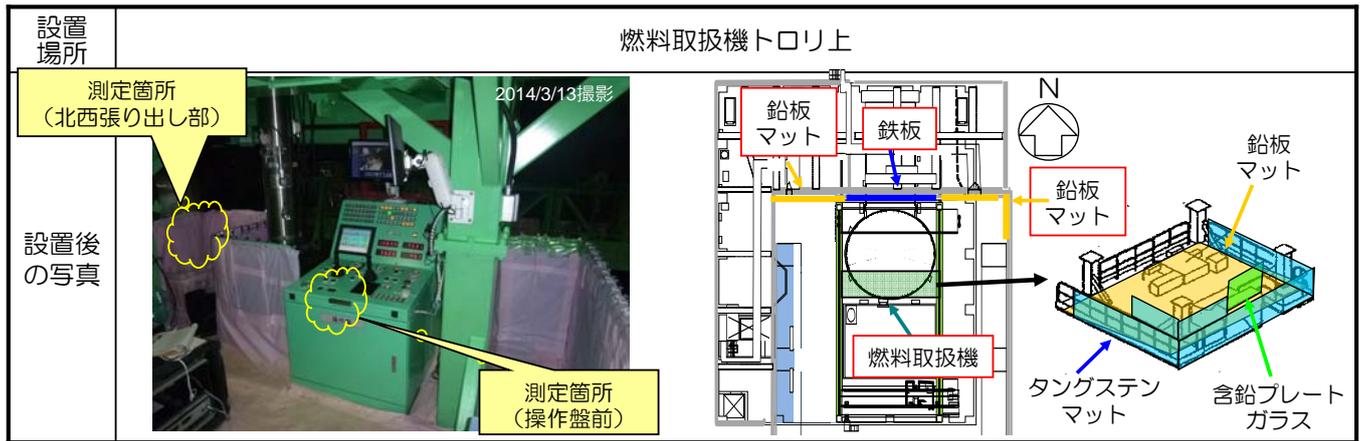
- DSP周辺(地点No.1~17)の線量率は、遮へい体設置前と比較し、31~37% (前回29~39%) の低下傾向が見られた。
- ウェル周辺(地点No.18~36)の線量率については、57~59% (前回52~56%) の低下傾向が見られた。
- SFP周辺(地点No.37~55)の線量率については、22~29% (前回20~26%) の低下傾向が見られた。
- 同一地点における高さ方向の線量率は、遮へい体設置前と同様に上方が高い傾向が見られた。

オペフロ上測定地点図

オペフロ測定結果

【添付資料－3】オペレーティングフロアの空間線量率  
②主要作業エリアの雰囲気線量率（燃料取扱機トオリ上）

■ 遮へい体設置状況



■ 遮へい設置効果

測定場所	燃料取扱機トオリ上 操作盤前 約1m高さ	燃料取扱機トオリ上 北西張り出し部 約1m高さ
設置効果	設置前測定：0.055mSv/h 今回測定：0.018mSv/h (約67%低減)	設置前測定：0.080mSv/h* 今回測定：0.042mSv/h (約48%低減)
備考	床面に鉛当量12mmPbの鉛板マットを設置。手摺り部には、鉛当量6mmPbのタングステンマットを設置。操作盤上部には鉛当量2mmPbの含鉛プレートガラスを設置。 設置後の線量率は、燃料取り出し用カバー北面の鉄板及び鉛板マット設置後の効果を含む。 ※遮へい体設置前の線量率を測定してなかったため、床面及び手摺り部への遮へい体設置途中の測定値を記載	

【添付資料－3】オペレーティングフロアの空間線量率  
③主要作業エリアの雰囲気線量率（作業台車上）

■ 遮へい体設置状況



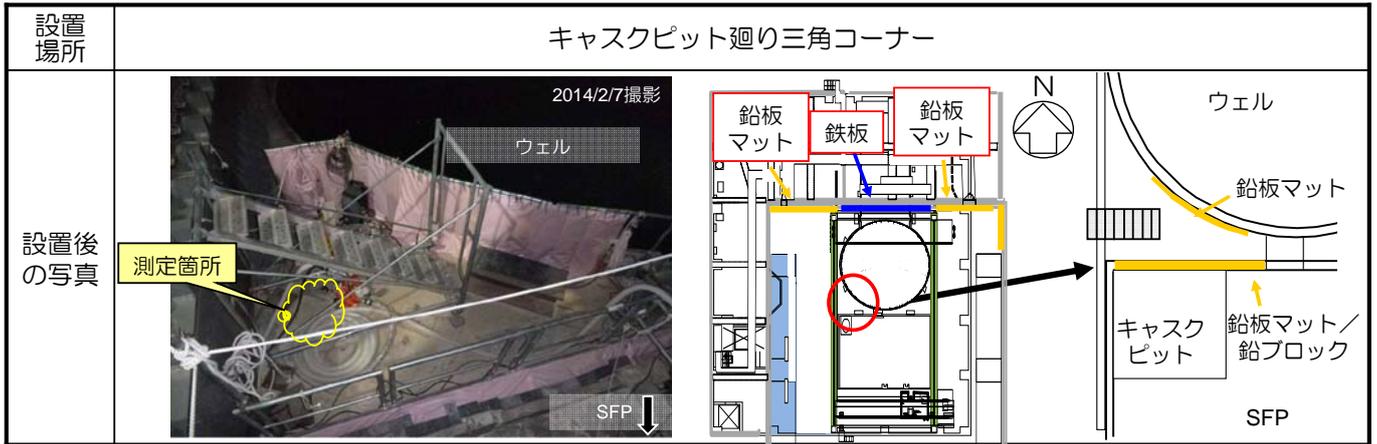
■ 遮へい設置効果

測定場所	作業台車上 台車中央部 約1m高さ
設置効果	設置前測定：0.090mSv/h 今回測定：0.023mSv/h (約74%低減)
備考	床面に鉛当量12mmPbの鉛板マットを設置。北側手摺り部の一部に鉛当量3mmPbの鉛板マットを設置。 設置後の線量率は、燃料取り出し用カバー北面の鉄板及び鉛板マット設置後の効果を含む。

## 【添付資料－3】4号機オペレーティングフロアの空間線量率

### ④主要作業エリアの雰囲気線量率（キャスクピット廻り三角コーナー）

#### ■ 遮へい体設置状況



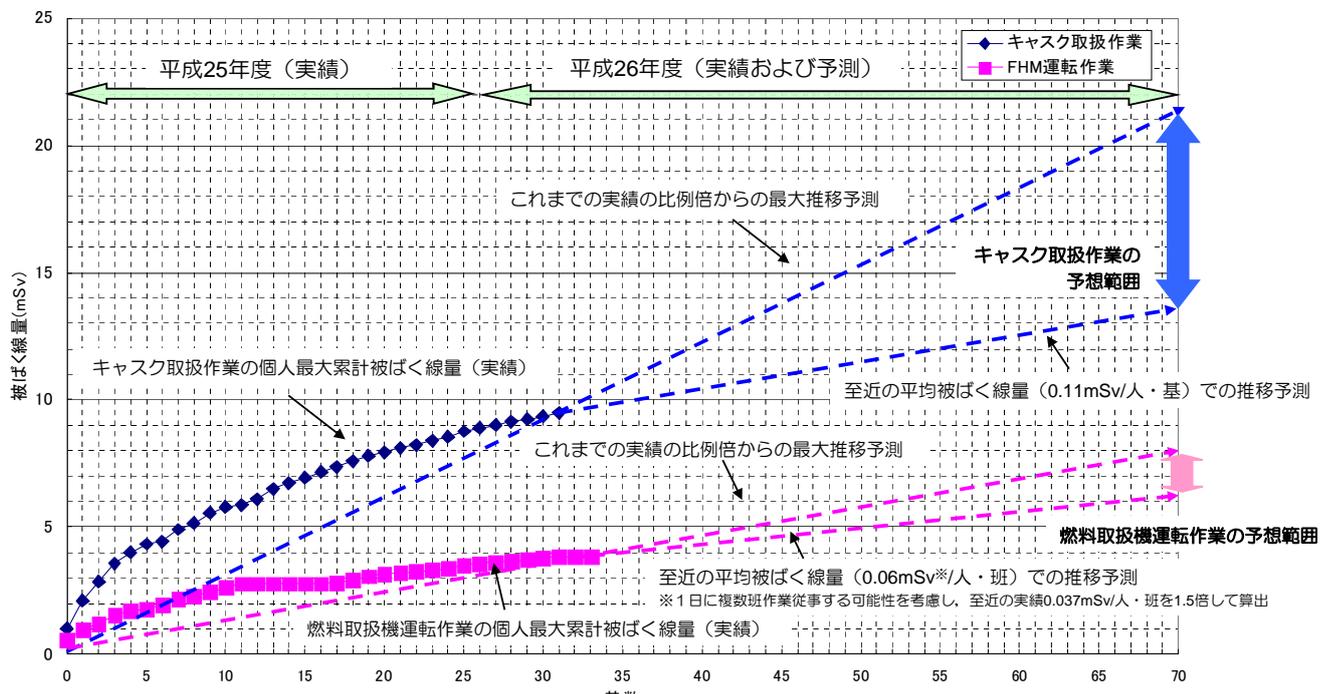
#### ■ 遮へい設置効果

測定場所	キャスクピット廻り三角コーナー 床上 約1m高さ	
設置効果	設置前測定：0.090mSv/h 今回測定：0.045mSv/h (約50%低減)	2014/2/7 測定 2014/4/17 測定
備考	ウェル側に鉛当量3mmPbの鉛板マットを吊り下げた衝立を設置。 使用済燃料プール側の床面ホットスポット箇所に対して、鉛当量3mmPbの鉛板マット、鉛ブロックを設置。床上直上で1.5mSv/h → 0.30mSv/h (約80%低減)。 設置後の線量率は、燃料取り出し用カバー北面の鉄板及び鉛板マット設置後の効果を含む。	

## 【添付資料－4】燃料取り出し終了時点の個人累積線量の推定

### ○燃料取り出し終了時点の個人累積線量（最大値）の推定

- これまでの個人累積線量の最大値（実績）および、至近の数キャスクの平均被ばく線量に基づき、以下の範囲と推定
- 燃料取扱機運転作業：6.1mSv～8.2mSv
- キャスク取扱作業：13.4mSv～21.5mSv

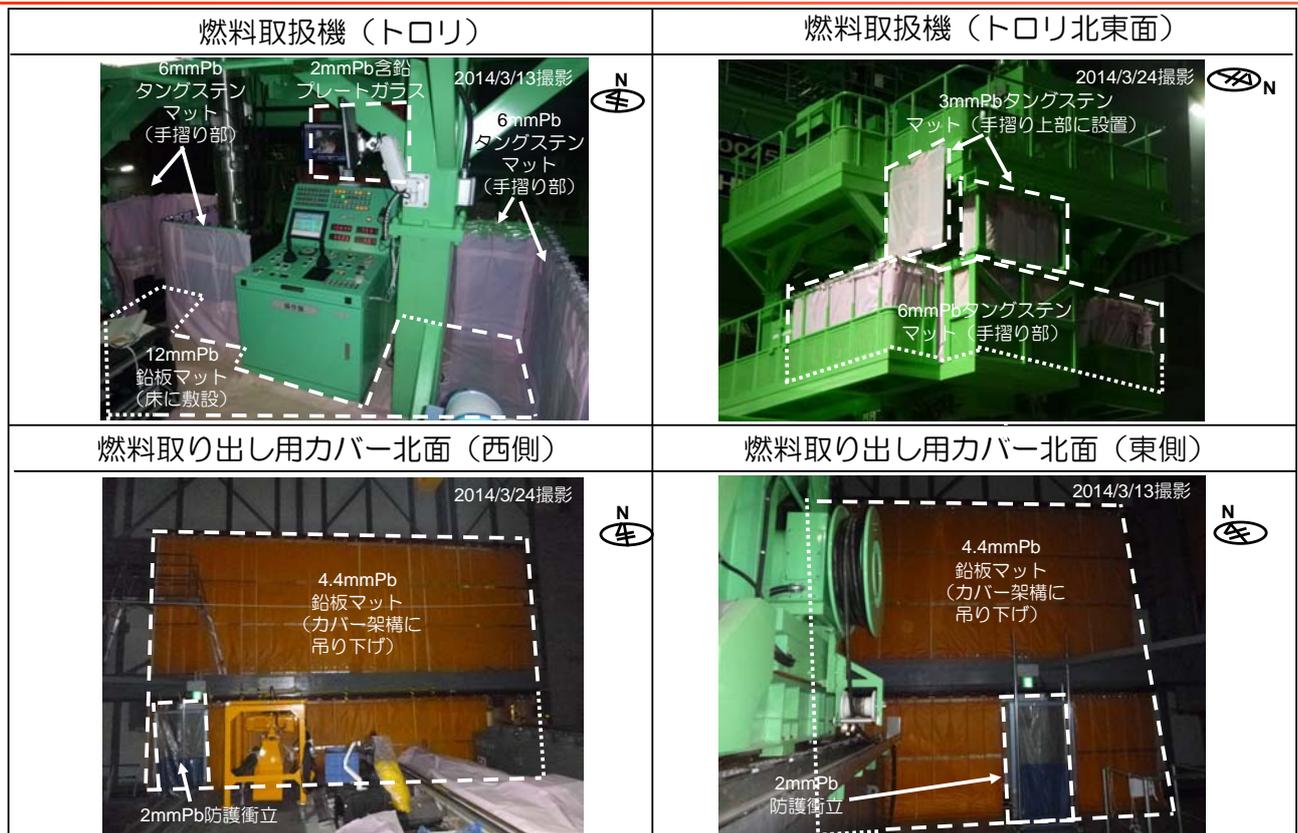


## 【参考】 遮へい体設置工程

### ■ スケジュール

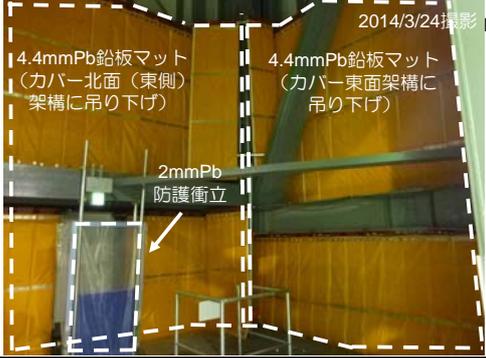
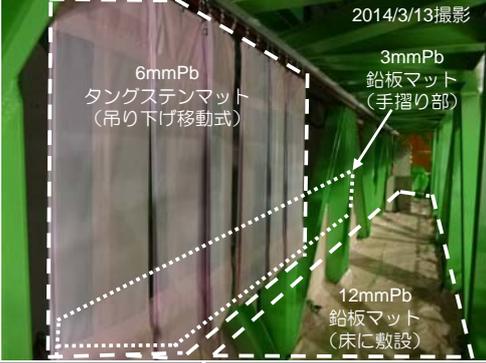
実施事項	2013年	2014年					
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	
遮へい体設置検討・事前調査	遮へい体設置検討 現場調査, 線量測定・核種測定						
遮へい体の調達・準備		調達・準備 遮へい材の納入(段階的に納入)					
遮へい体の設置		鉛板マット, タングステンマット等 遮へい体設置			遮へい体の追加設置		
遮へい体設置後の線量測定, 評価		設置後, 適宜線量測定				設置後の線量測定・評価	必要に応じて, 適宜, 線量測定

## 【参考】 遮へい体設置状況 (i)



※図中の遮へい体厚さは鉛当量で表記

【参考】 遮へい体設置状況 (ii)

<p>燃料取り出し用カバー北面（東側）／東面</p>  <p>2014/3/24撮影</p> <p>4.4mmPb鉛板マット (カバー北面（東側） 架構に吊り下げ)</p> <p>4.4mmPb鉛板マット (カバー東面架構に 吊り下げ)</p> <p>2mmPb 防護衝立</p>	<p>燃料取り出し用カバー北面（ウェル上）</p>  <p>2014/2/20撮影</p> <p>7mmPb 鉄板 (SFP架構上に設置)</p>
<p>作業台車</p>  <p>2014/3/13撮影</p> <p>6mmPb タングステンマット (吊り下げ移動式)</p> <p>3mmPb 鉛板マット (手摺り部)</p> <p>12mmPb 鉛板マット (床に敷設)</p>	<p>キャスクピット廻り三角コーナー</p>  <p>2014/2/7撮影</p> <p>3mmPb 鉛板マット (衝立式)</p> <p>ウェル</p> <p>3mmPb 鉛板マット／鉛ブロック (床に敷設)</p> <p>SFP</p>

※図中の遮へい体厚さは鉛当量で表記

【参考】 遮へい体設置状況 (iii)

<p>オペレーティングフロア上（SFP西側）</p>  <p>2014/3/24撮影</p> <p>2mmPb 防護衝立（3面式）</p>	<p>オペレーティングフロア上（SFP西側）</p>  <p>2014/1/30撮影</p> <p>6mmPb鉛板マット (床に敷設)</p>
<p>燃料取り出し用カバー北面（西側）</p>  <p>2014/4/15撮影</p> <p>4.4mmPb鉛板マット (カバー架構に吊り下げ)</p> <p>追加設置箇所</p>	<p>(This cell is empty, indicating no shielding is present in this area.)</p>

※図中の遮へい体厚さは鉛当量で表記

## 【参考】作業被ばくの実績 瓦礫撤去作業の被ばく線量（日数毎）

### ■ 1日あたりの平均被ばく線量。

- ①使用済燃料プール内瓦礫撤去開始初期の平均被ばく線量（11/1～11/10※<sup>1</sup>）：約0.21mSv/人・日
  - ②遮へい体設置前の平均被ばく線量（12/2～2/6の平均※<sup>2</sup>）：約0.073mSv/人・日
  - ③遮へい体設置後の平均被ばく線量（2/7～2/28の平均※<sup>3</sup>）：約0.072mSv/人・日
- （①と比較して約61%低減  
②と比較して約1%低減）

※<sup>1</sup>：H25/11頃は水中から撤去した高線量瓦礫の細断等実施していることから、参考数値として記載。

※<sup>2</sup>：現在の作業内容とほぼ同じ作業を実施しているH25/12/2～H26/2/6を遮へい体設置前の基準として記載。

※<sup>3</sup>：3月頃から使用済燃料プール内瓦礫撤去と並行して、ヤードでの片付け作業等も実施していたことから、遮へい設置後の被ばく線量は、2/7～2/28の平均値とした。

