

福島第一原子力発電所における 高線量作業の被ばく低減対策について

平成27年9月2日
東京電力株式会社



東京電力

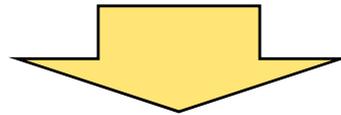
1. 福島第一原子力発電所の現状

福島第一における放射線作業環境上の特徴

- 構内は、全域にわたり管理対象区域であり、基本的に全ての作業が放射線環境下の扱いとなっている。震災後、構内の作業環境の改善により、雰囲気線量率が低減しているものの、**建屋内をはじめとする高線量率環境は多く存在している。**
- 廃炉作業は土木・建築・機電・運転・運営など**多岐にわたり多くの作業が同時進行**しており、1日あたりの総従事者数は6,000人を超えるため、雰囲気線量率の改善で個人あたりの線量が低く推移するようになっても、**集団線量は増大**している。
- 廃炉作業を推進していくにあたり、**今後、建屋内などのコアなエリアへの立入による作業が増加**し、そのような建屋内で除染や遮へい設置の被ばく低減対策が必要となってくる。しかしながら、このような場所は、ガレキや干渉物、冷却などの安全維持のための重要設備が存在しており、これらを避けながらの**被ばく低減対策には慎重な対応も求められ、時間と人手の掛かる作業**となる。
- 廃炉作業は、その作業のほとんどが通常の原子力発電所の定期検査と異なり、**定型化されていない未経験の作業**であり、詳細な作業計画を早期に策定しにくい。

2. 被ばく低減にかかる取り組みの改善

- 震災直後には個人の線量限度を超える事例も発生したことから、法令に定める個人線量限度(50mSv/年、100mSv/5年)を遵守を中心とした被ばく低減を行ってきた。(⇒参考1)
- 被ばく低減対策は、個々の作業単位よりも絶対値として高い線量率に対する大きな線源の撤去・遮へいを網羅的に実施してきた。(⇒参考2、3)
- 個々の作業管理については、個人線量限度管理としての電子式線量計の警報値の設定や線量を集計することを主眼としてきた。



- H25年度より、作業管理に放射線管理部門が関与する取り組み方法を検討開始し、個々の作業に対する放射線管理上の現場把握並びに指導・助言を行う現場観察を開始。
- H26年度より、個人線量限度管理に加えて、総被ばく線量を低減する取り組みについて検討・実施。

(参考1) 年度線量(H26.4~H27.3)

- 昨年度の年度線量(H26.4~H27.3)では、累積線量20mSv以下は約95%。
- 年間50mSv超えはなし。 年間20mSv以上50mSv未満が約5%。
- 全作業者に対して、確認線量(18mSv/年)でリストアップし、その後、50mSv/年を超えないように管理。

区分 (mSv)	H26.4~H27.3月		
	東電社員	協力企業	計
100超え	0	0	0
75超え~100以下	0	0	0
50超え~75以下	0	0	0
20超え~50以下	11	997	1,008
10超え~20以下	60	2,599	2,659
5超え~10以下	158	2,775	2,933
1超え~5以下	637	5,313	5,950
1以下	822	7,358	8,180
計(人)	1,688	19,042	20,730
最大 (mSv)	29.50	39.85	39.85
平均 (mSv)	2.30	5.29	5.04

20mSv/年を超える作業者に対しては、50mSv/年、5年100mSvを超えないよう元請け単位(又は個人単位)の厳密な管理を実施

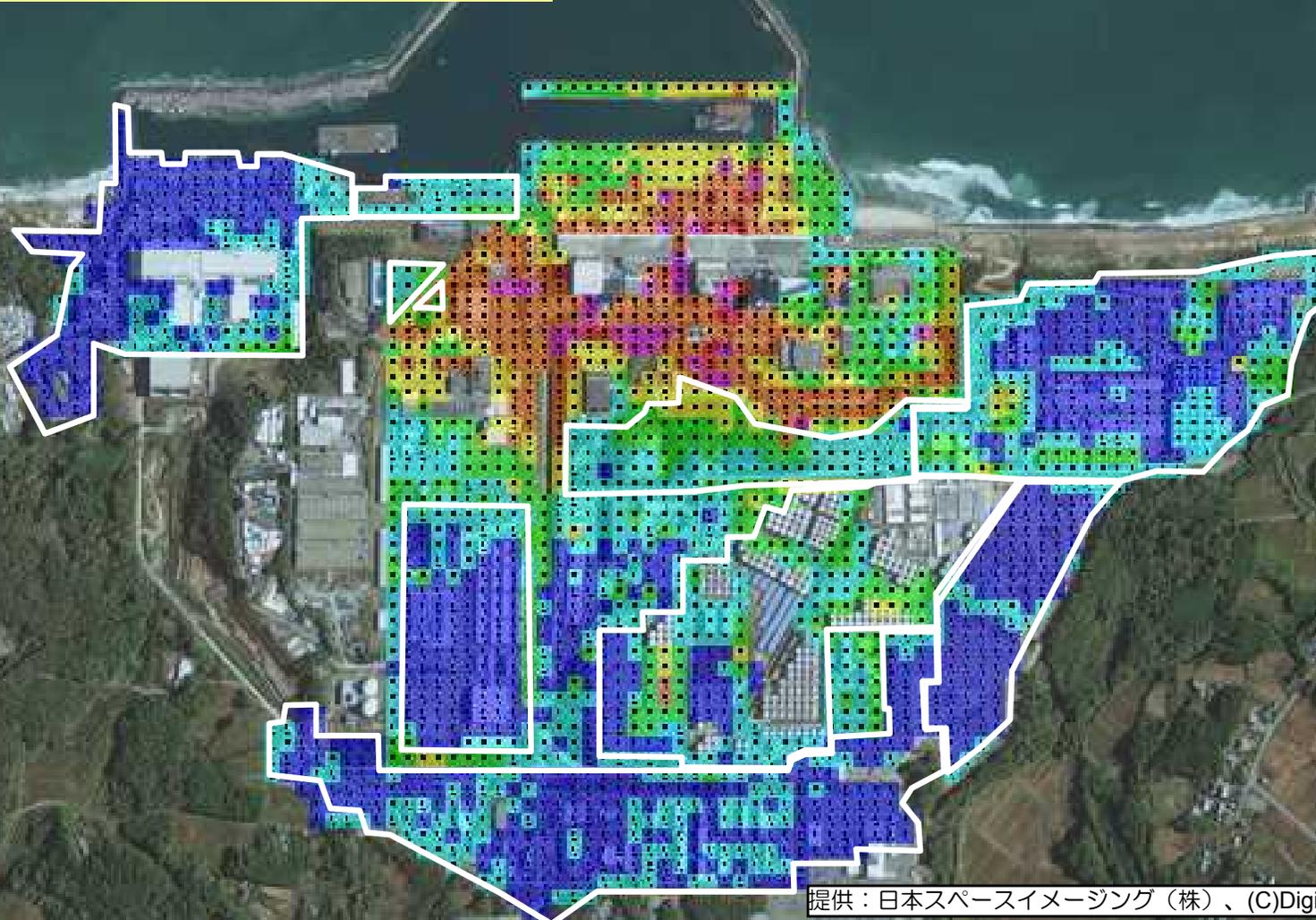
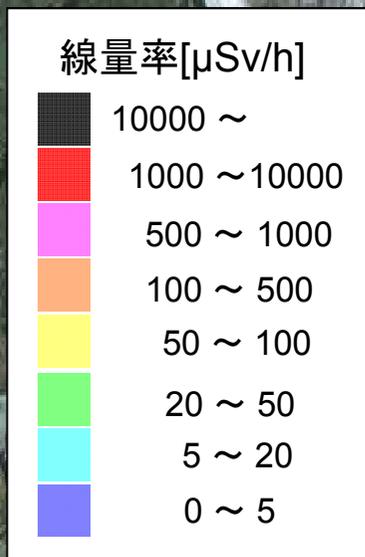
20mSv以下
約95%

(参考2) 構内の線量低減状況

—30mメッシュ 胸元(地表1m)線量率—

白線で囲ったエリアは、線量低減対策（がれき撤去、表土除去、アスファルト舗装等）の実施により、エリア平均で目標線量率（ $5 \mu\text{Sv/h}$ ）を確認。

■ : 目標線量率（ $5 \mu\text{Sv/h}$ ）を確認したエリア（胸元または地表面で確認※）



提供：日本スペースイメージング（株）、(C)DigitalGlobe

※ 線量低減実施範囲の評価は、胸元高さの線量率を基本とするが、プラントからの直接線や汚染水を内包したタンクからの線源などが影響するエリアは、除染の効果を確認するために、コリメートした地表面の線量率による評価も併用する。

(参考2) 構内の線量低減状況

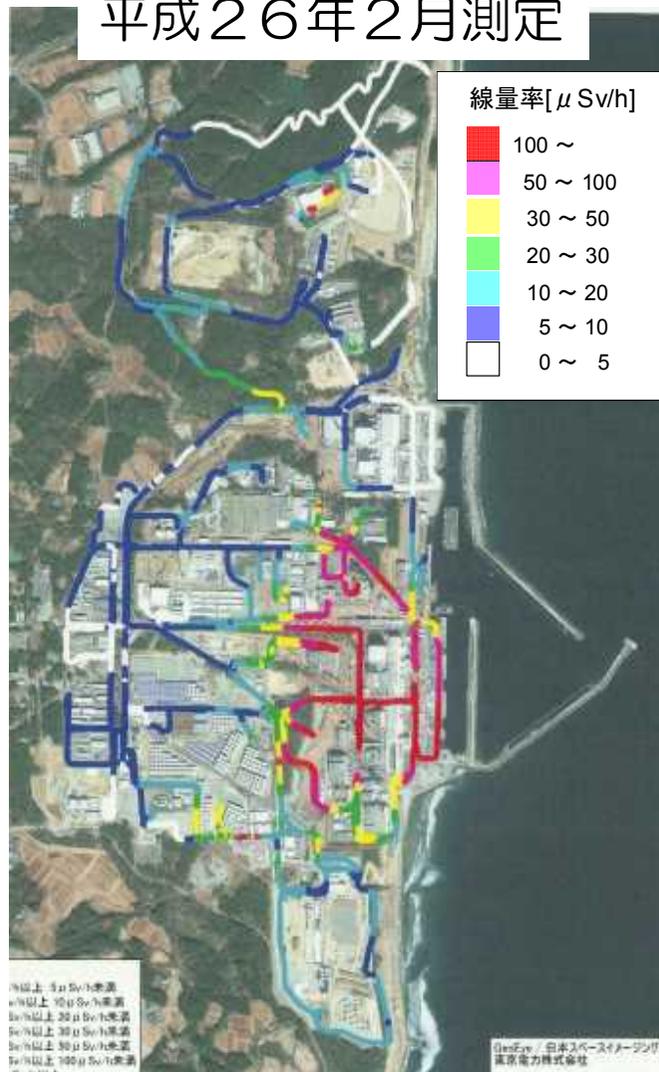
—構内道路の走行サーベイ結果—

構内主要道路の線量率分布は、年々、低線量側にシフトしている。

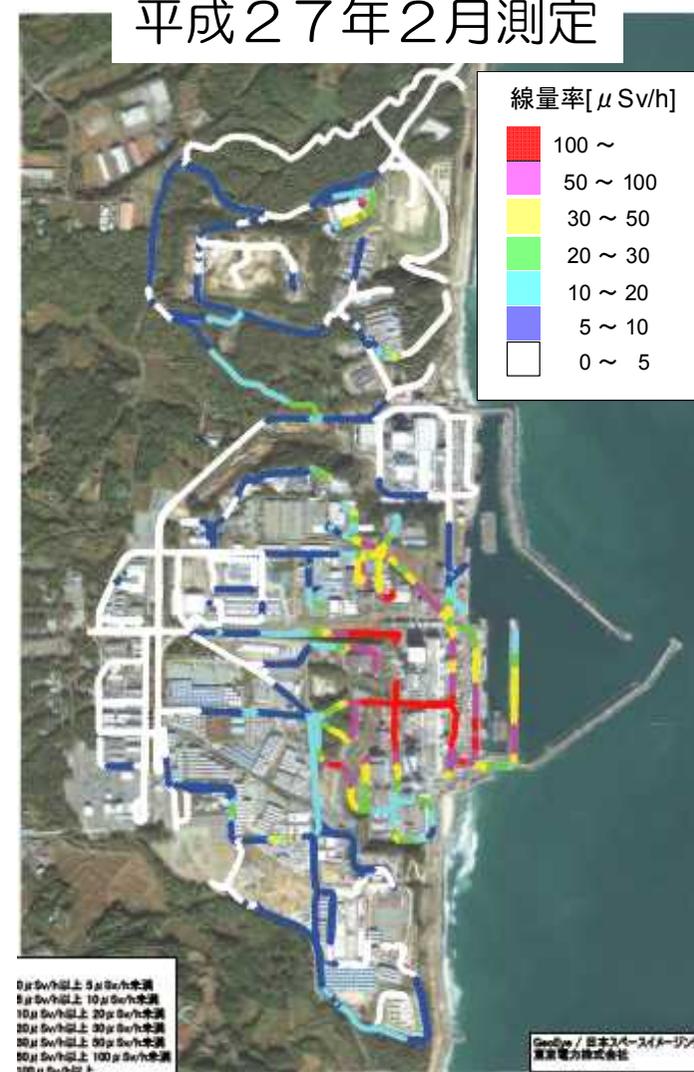
平成25年2月測定



平成26年2月測定



平成27年2月測定



提供：日本スペースイメージング（株）、(C)DigitalGlobe

(参考3) 現場の線量率の見える化

—線量率モニタによるリアルタイム表示—

■ 目的

線量低減対策実施後の維持管理として、構内に線量率モニタを設置（第Ⅰ期：平成27年3月までに20台、第Ⅱ期：平成27年9月までに順次50台追加）し、現場の線量率を見える化するとともに、作業員が現場に出る前に線量状況をリアルタイムに把握できるように、現場の線量率を表示した大型ディスプレイを免震重要棟などに設置する。



■ 主な機器仕様

① 線量率モニタ

- 測定範囲：0.1 $\mu\text{Sv/h}$ ～ 100mSv/h
- 電源：バッテリー駆動とAC電源の選択
- その他：GPS機能付

② 大型ディスプレイ

- 線量測定結果の色分けマッピング表示
- 各測定点の線量率をトレンド表示
- データ更新頻度：10分毎



■ 線量率モニタ ■

 第Ⅰ期設置分
(～H27. 3)

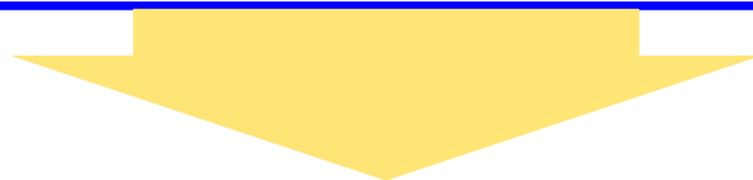
 第Ⅱ期設置分
(～H27. 9)

※第Ⅱ期分は、設置環境（物理的空間や日照環境、工事との干渉など）の他、設置ニーズ等に応じて場所を変更する可能性あり

写真提供：日本スペースイメージング（株）、©DigitalGlobe

3. 放射線管理の方針

高線量下の環境が多く存在する中で廃炉作業を推進するにあたり、個人の線量限度を遵守することはもとより、**作業員の受ける総線量の増大を抑制する**。各作業においては、被ばく低減対策の実施に多くの制約がある中で**合理的な放射線防護を如何に達成すべきかを計画・実践**し、知見を積み重ねP D C Aを回しながら、線量低減を図る。



① 作業員の受ける総線量の増大を抑制

→ 線量目標値の設定

② 合理的な放射線防護を如何に達成すべきかを計画・実践

→ 効果的に被ばく低減対策(工学的対策・管理的対策の組み合わせ)を実施する仕組み(プロセス)の構築

4-1 線量目標値における取り組み状況

取り組み

集団線量の目標値の設定

現状の 実施事項

- H26年度下期に、当該年度内工事の計画線量を想定し、全ての作業件名について積み上げを実施。
- 積み上げた計画線量に対し、努力目標を加味した年度目標値を設定。
- 年度目標値に対する実績値を定期的に確認。

課題

- 年度当初の計画では、個々の工事における詳細な作業計画が立てにくく、計画線量の精度は高くないため、目標線量の妥当性が評価しにくい。
- 目標線量に強制力はない。
→ **目標線量を超えないようにするための対応(線量低減対策に係る投資や工程先送り等)に係るルールを検討する。**

4-2 被ばく低減化プロセスの構築における取り組み状況

取り組み

被ばく低減化プロセスの構築

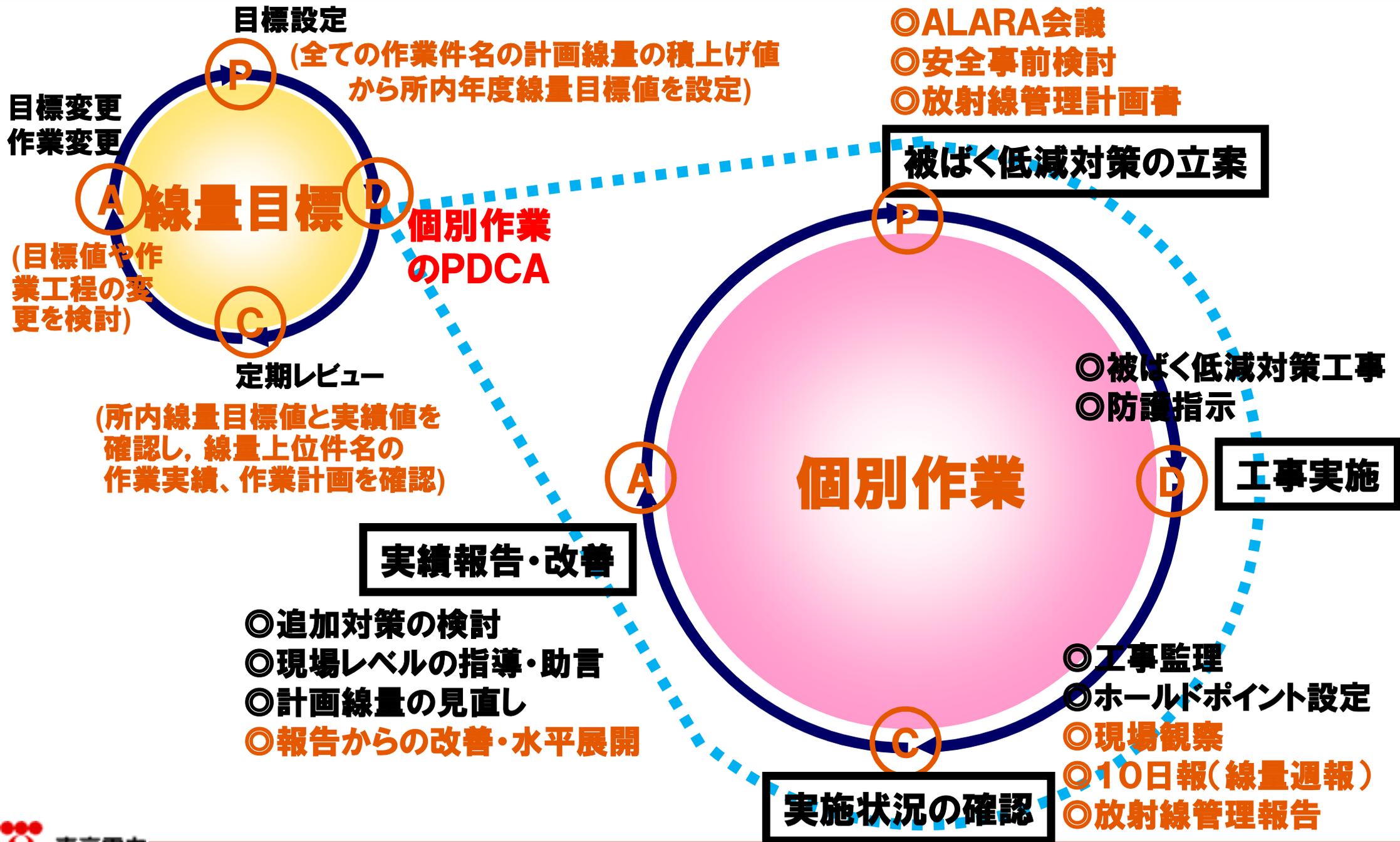
現状の 実施事項

- 工事監理とともに個人の線量限度を超えないよう管理。
- 集団線量の上位件名に対する線量実績(10日報)のモニタリング。
- H25年度から放射線管理部門による現場観察を実施し、適切な防護措置・被ばく低減対策について現場レベルでの指導・助言の実施。
- H26年度下期から、より効果的に被ばく低減が図られるよう、以下の仕組みを導入。
 - ・工学的対策を早期に提案するALARA検討会の導入
 - ・作業着手前に安全事前検討で被ばく低減対策状況を確認
 - ・放射線管理計画書による計画線量と防護措置の立案、レビュー、実績報告

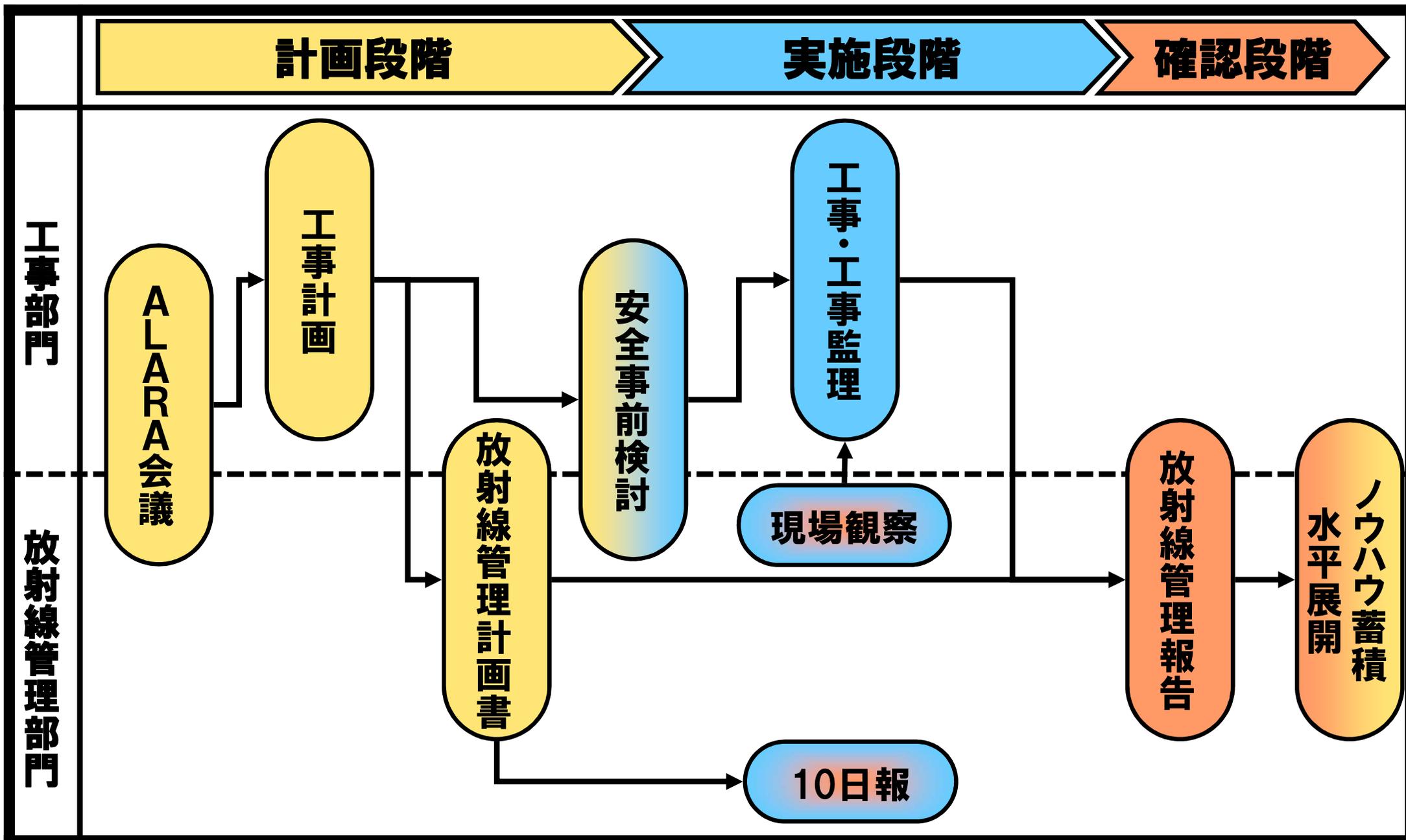
課題

- 各プロセスにおいて詳述

5. 放射線管理の進め方(PDCA)



6-1. 個別作業の検討の全体像



6-2 ALARA会議における取り組み状況

取り組み

作業直前では追加対策を講じることが困難な被ばく低減対策(工学的対策)を早期に提案できるように、工事の計画段階で、工学的な被ばく低減策の最適化を図る。

現状の 実施事項

- H26年度下期より、工事の計画段階で1人・Svを超える工事件名に対し、その工事で実施しようとする被ばく低減対策の妥当性確認を行う会議体(ALARA会議)を設定。
- ALARA会議には、主査(副所長)、元請会社、当社の工事部門、放射線管理部門が出席し、当該工事の主要な線源に対する効果的な対策が講じられること、それによる被ばく低減効果が得られることを確認。

課題

- 工事内容(工事手法)の詳細設計が必ずしも早期に決定できない。
- 被ばく低減の追加対策が、予算や工程上の制約で実施できない場合がある。
→線量低減対策に係る投資や工程先送り等に係るルールを検討する。
- 被ばく低減対策工事は、遮へいや線源の除去といった工事自体に人手を要し、建屋内部などでは高線量下で狭隘なエリアでは被ばくを伴うことが多い。
→被ばく低減対策として抜本的に人手に拠らない技術開発が必要

6-3 放射線管理計画・報告における取り組み状況

取り組み

個々の作業件名について、計画線量、被ばく低減策、防護措置などの放射線管理上の作業計画を策定し、主管部門と放射線管理部門がレビューする。作業終了後には、実績を振り返り、好事例・改善事例を抽出し、水平展開を図る。

現状の 実施事項

- H26年度下期より、全ての作業件名に対する放射線管理計画書の立案を試運用で開始。
- レビューにあたっては主管部門・放射線管理部門で、確認・審査・承認のプロセスでチェック。

課題

- 作業件名は年間約1,200件の作業件数となり、その多くが定型化されない作業であることから、書類上の確認時間を要する上に、チェック機能にもバラツキが発生する。
 - 継続的な取り組みによる定着化とチェックポイントになる事例(ノウハウ)を蓄積する。
 - 仕組みを展開する業務システム(IT化)の構築し、書類業務の削減を図る。

6-4 安全事前検討における取り組み状況

取り組み

作業安全と同様に、作業着手前に事前検討を行い、必要な対策を講ずることにより被ばく低減を図る。

現状の 実施事項

- H26年度下期より、安全事前検討において、被ばく低減の観点を追加。
 - 計画線量0.5人・Sv以上の作業件名について、被ばく低減策の適正化(モックアップ等、管理的対策の実施)が図れているかを確認。
 - 計画線量1人・Svを超える作業件名について、本工事着手前に工学的対策実施後の結果を確認。
 - 必要に応じ追加の工学的、管理手法的な被ばく低減策を提言。

課題

- 工事直前段階における追加の被ばく低減対策提案の実現性
→線量低減対策に係る投資や工程先送り等に係るルールを検討する。

6-5 実施状況のモニタリングにおける取り組み状況

取り組み

被ばく低減の状況を定期的に評価するとともに、現場観察を通じて、被ばく低減対策・防護措置の好事例・改善事例を抽出し、水平展開を図る。

現状の 実施事項

- 線量の上位件名について、被ばく実績値を10日おきに集計(10日報)して計画との差異を評価。
- 現場観察を通じて、被ばく低減対策・防護措置の好事例・改善事例の抽出、直接必要な指導、助言を実施。

課題

- 現場観察回数の増加に伴う放射線管理員の被ばくの増大のおそれ。
→現場観察におけるリソースの確保と効率的な観察のためのチェックポイントになる事例(ノウハウ)を蓄積する。
- 放射線管理計画・報告のプロセスに係る対応時間の時間増加による現場出向回数の減少。
→放射線管理計画・報告のプロセスの仕組みを展開する業務システム(IT化)を構築し、書類上業務の削減を図る。

7 被ばく低減全般における課題

【主な課題】

○ 人手によらない抜本的な被ばく低減対策手法

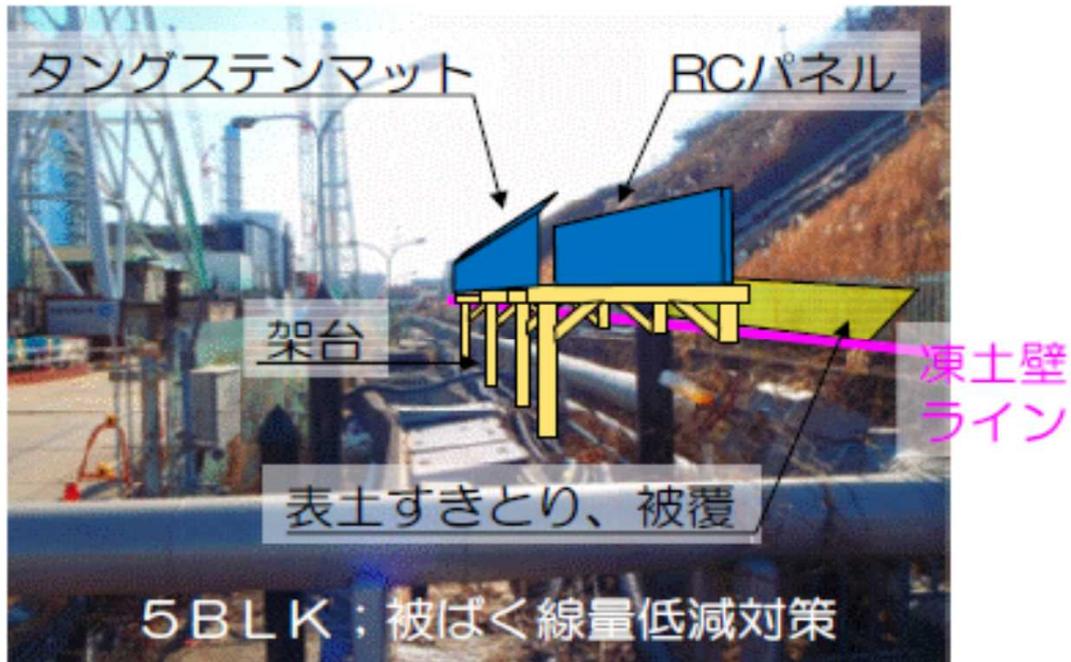
高線量箇所では、爆発によるガレキの散在などで狭隘かつ危険箇所も多く、かつ、冷却並びに未臨界維持のための重要設備が敷設されており、線源の除去や遮へいに対しても慎重な人手による対策となり、被ばく低減の対策自体にも被ばくが伴う。被ばくを伴わずに、被ばく低減となる手法(遠隔・時間短縮)が望まれる。

○ 高度な技術・知見を有する技術者に特化した被ばく低減対策

廃止措置等を着実に進めていくには、高度な技術・知見を有する技術者(遠隔操作技能を有する重機オペレーターやロボット操作者等)が長期にわたり従事できるように、確認線量(18mSv/y)による管理、当該技術者が作業するエリアの被ばく低減(工事設計への反映等)を検討する。

8 被ばく低減の取り組み例(凍土壁工事)

- 空間線量率、現場状況等に応じてタングステンマット等の線量低減対策を実施。
- ALARA会議を通じて、上記に加え工法改善等による一層の線量低減対策を追加。
- 現場観察において、これらの対策の有効性を確認。



《参考》 被ばく低減対策適用の基本的考え方

放射線被ばくを合理的に達成できる限り低くするために、被ばくリスクの低減対策は、以下の優先順位で実施する。

高

被ばく線量の低い施工方法への変更

より被ばくしない施工方法の採用

工学的対策

遠隔操作・遮へい設置・線源除去

物理的な低減措置
(ロボットの活用・遮へい・除染等)

管理的対策

作業手順(防護指示)・教育訓練
時間管理・低線量エリア活用

運用面の低減措置
(作業性向上・時間短縮・モックアップ等)

個人保護具

遮へいスーツ・遮へいベスト

上記3つの対策を十分に講じることができない場合、低減しきれないリスクに対して実施(防護装備)

被ばく線量の低減対策の優先順位

低

工事設計

工事監理
作業計画