厚生労働省委託事業

「東電福島第一原発廃炉等作業における被ばく低減対策普及啓発事業」

作業指揮者等用テキスト

【第11版】

令和８年11月

作業指揮者等用テキスト

目次

はじめに 1
1. 放射線に関する基礎知識 2
（１）放射線の単位 2
（２）被ばく防護の原則 3
2. 発電所内の高線量箇所における措置、遮へい設備に関する知識 8
（１)発電所内の高線量箇所における措置 8
（２）遮へい設備に関する知識 10
（３）線源部分を遮へいする方法 12
（４）低線量待機場所を確保する方法 12
（５）作業者防護用の遮へい体を設ける方法 12
（６）ベータ線源部分を遮へいする方法 13
3. 休憩所、非常時の避難経路に関する知識 14
（１）休憩所の設定 14
（２）非常時の避難経路等に関する知識 15
4. 作業時間の短縮、遮へい用防護衣の着用等 18
（１）作業時間の短縮 18
（２）遮へい用防護衣の着用による被ばく低減措置 19
5. 作業中の被ばく線量の把握、作業時間の管理の方法 21
（１）作業中の被ばく線量の把握の方法 21
（２）作業時間の管理の方法 22
6. 計画線量及び警報設定値の決定の方法、及びその遵守の方法 24
（１）計画線量の決定及び警報設定値の決定 24
（２）遵守の方法 24
（３）東京電力福島第一原子力発電所における個人被ばく管理 25
7. 被ばく低減対策の概要 26
（１）被ばく線量の低い施工方法への変更 26
（２）工学的な被ばく低減対策 27
（３）管理的な被ばく低減対策 28
（４）個人保護具による被ばく低減対策 28
8. ヒューマンエラー 29
（１）エラーの発生と予防 29
（２）ヒューマンエラーとは 29
（３）集団におけるヒューマンエラー 32
（４）ヒューマンエラーに対する新しい視点 34
9. まとめ 38
本テキストにおける用語の定義 39

はじめに

東京電力福島第一原子力発電所（以下「発電所」という。）における廃炉作業等において、１月あたりの作業者数は約7,500人で推移しています。また、今後建屋内部での高線量・高汚染の場所での作業についても増加する見込みであり、被ばく限度に達する熟練作業者が現場を離れ、新規の作業者に入れ替わっていくことが予想されます。こうした中で、従事する作業者の安全と健康を守り作業を円滑に進めるためには、より効果的に被ばく低減を実現する必要があります。そのためには、作業指揮者が被ばく低減対策の理解を深め、確実に作業者に指示、実行させることが非常に重要です。

これは、国際放射線防護委員会（ICRP）の1977年勧告「すべての被ばくは社会的、経済的要因を考慮に入れながら合理的に達成可能な限り低く抑えるべきである（As Low As Reasonably achievable: ALARA）」の基本原則に基づいたものです。

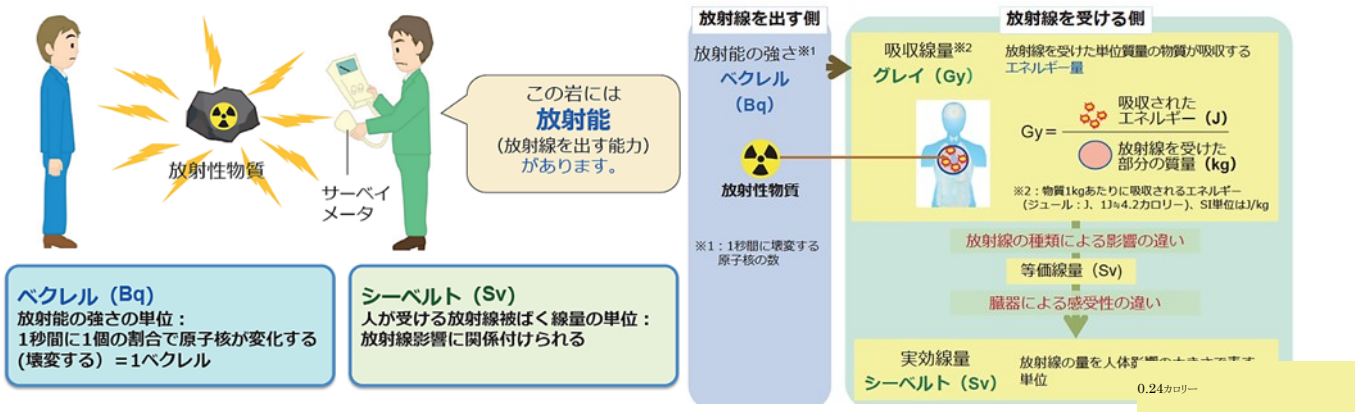
本テキストは、厚生労働省「東京電力福島第一原子力発電所における安全衛生管理対策のためのガイドライン」（制定：平成27年8月26日付け基発0826第1号、最終改正：令和7年5月20日付け基発0520第8号）に基づき、作業指揮者が現場で状況を把握し従事する作業者に適切な指示を出して、被ばく低減を進めるために必要な知識をこれまでの経験、知見を踏まえ、必要な情報をまとめたものです。

1.

放射線に関する基礎知識

（１）放射線の単位

放射能の強さを表す単位はベクレル（Bq）です。放射性核種が1秒間に何個、他の原子核に変わる（崩壊、あるいは壊変という）能力を表します。似た言葉に放射性物質があります。たとえば、放射能は能力ですので「放射性物質2kgの放射能は100ベクレル（Bq）で、その濃度は50Bq/kgです」とのように使います。「放射能で汚染した」、「放射能が漏れた」という使い方は正しくありません。「放射性物質が漏れた。漏れた放射性物質の放射能は100Bqです」というのが正確な使い方です。



出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和5年度版）」より

放射性物質から周囲に放射するのが放射線です。放射線にはアルファ（α）線、ベータ（β）線、ガンマ（γ）線等があります。透過力が強く外部被ばくの主な原因になるのはガンマ線です。

被ばくに関係する放射線の単位をまとめると下表になります。大きく分けると、物質が放射線を浴びて吸収したエネルギーを表す吸収線量、人体への影響を表す等価線量及び実効線量です。吸収線量は人でも物でも使われる物理量ですが、実効線量は人のがんや遺伝的影響等の確率的影響を防止するための単位です。

		単　位	定　義
放射能の単位		ベクレル Bq	原子核が1秒間に壊変する数（個/秒）
被ばくに関する単位	吸収線量	グレイ Gy	物質が放射線を浴びて吸収するエネルギー量 1kg当たり1ジュール（J）のエネルギーを吸収すると1Gy
	等価線量	シーベルト Sv	組織・臓器の被ばく影響を評価するための組織、臓器ごとの線量 等価線量＝吸収線量×放射線加重係数
	実効線量	シーベルト Sv	実効線量＝Σ（等価線量×組織加重係数） 臓器、組織の等価線量に組織の違いによる組織加重係数を乗じ合算した値。人体全体に対するがん等の確率的影響を評価するための線量

※1人当たりの自然放射線の被ばく線量は、世界平均：2.4mSv/年、日本平均：2.1mSv/年。
詳細は、被ばく早見表（5ページ）参照。

（２）被ばく防護の原則

外部被ばくの低減

外部被ばくを少なくするためには、以下の被ばく防護の4原則を知っておくことが大切です。

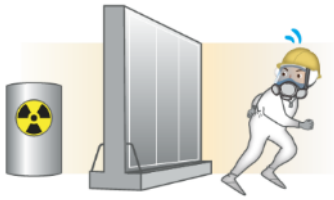
原則1 放射線源を除去する

線源になっている物を移動したり、配管内部の線源を洗い流す（フラッシング）ことです。



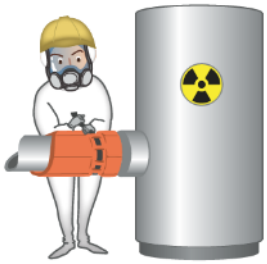
原則2 放射線源から距離をとる

線源から少しでも離れ、不必要に近づかないようにすることです。（待機場所も知っておくこと）



原則3 遮へいをする

線源となる機器、配管等を鉛毛マットや鉛板等の遮へい材でおおうことです。



原則4 作業時間を短くする

作業前の打ち合わせや工具の点検等事前の準備を十分にして、作業をスムーズに進めることです。



内部被ばくの防止

内部被ばくを少なくするためには、以下の被ばく防護の3原則を知っておくことが大切です。

原則1 汚染源を封じ込める

①隔離前室、隔離扉等の設置
隔離機能（バウンダリー）を維持して、負圧管理をする。

②汚染物の対応
汚染物の梱包、容器封入する。

原則2 汚染を拡大させない

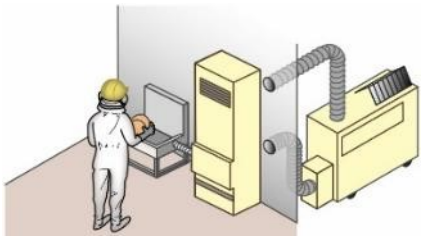
①汚染区域を明確にする
汚染区域を明確に区画し、作業員（防護服・靴等の交換）と物品の出入りの管理をする。

②機材を活用する
粉じんが舞い上がる作業では、仮設ハウスやフィルタ付局所排風機を活用する。ハウス内外の空気中ダスト放射能等を測定監視して、異常時には対応をできるようにする。

原則3 体内に取り込まない

①保護具等を着用する
決められた装備を着用し、呼吸用保護具は漏れが無いよう正しく装着する。





②身体汚染の防止
防護装備（マスク、防護服、手袋等）を身体または下着等に付着させないよう脱着する。



③けがをしたら退域する
けがをしたら迅速に非汚染区域へ退域する。

※被ばく線量限度は、「100mSv/5年」かつ「50mSv/年」
詳細は、【管理しなければならない基準値】（25ページ）参照。

その他被ばく低減につながる安全確保の基本動作

特に注意を要する作業は、下記の3H作業が上げられます。

3H作業（初めて（Hajimete）、久しぶり（Hisashiburi）、変更（Henkou））

3H作業は、ミスや失敗を起こしやすい状況になります。

作業内容が新規の場合と、作業は初めてでなくとも従事する作業者が初めての場合は、ともに危険なポイントに気づかないで作業してしまうことがあります。作業前に危険なポイントを各作業者に周知することが重要です。

また、久しぶりの作業や作業内容の変更は、経験のあるベテランの作業者であっても過去の作業と同じと思い、あらたなリスクを見落としたり、省略したりしてリスクを高めてしまうおそれがあります。この場合は、過去の作業との違いを明確にすることが重要です。

このようにリスクの高い作業については、確認しなければ先の作業に進めないホールドポイントを設け、作業指揮者が確認する等安全確保を図ることが重要です。

また、作業開始前には、ツール・ボックス・ミーティング-危険予知（TBM-KY）を行い、健康状態、作業分担、被ばくやケガ等のリスクの大きな作業についての注意事項、異常時の対応方法について周知することが安全を高める上で重要です。

TBM-KYの参考例を示します。

除染作業におけるTBM-KYの参考例

ⅰ.安全朝礼

毎日8：00に委託先職員，作業員が全員参加し，準備体操，作業内容・安全重点項目を伝達します。

ⅱ.TBM-KY

作業開始前のＴＢＭ（ツールボックスミーティング）及び朝礼後のＫＹ（危険予知）活動において，施工班毎に作業内容・作業手順等を打ち合わせ，作業における危険なポイントを指摘し，それに対する措置を検討。TBM-KY実施状況を図1に示します。



図1　TBM-KY実施状況

出典：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、除染技術情報なび「労働安全の管理」

ツール・ボックス・ミーティング（TBM）例

2「ツール・ボックス・ミーティング（TBM）」について

○それってなに？

ツール・ボックス・ミーティング(TBM)とは、職場で行う作業の打合せのことです。「ツール・ボックス＝道具箱」の近くで行われるため、このように呼ばれています。

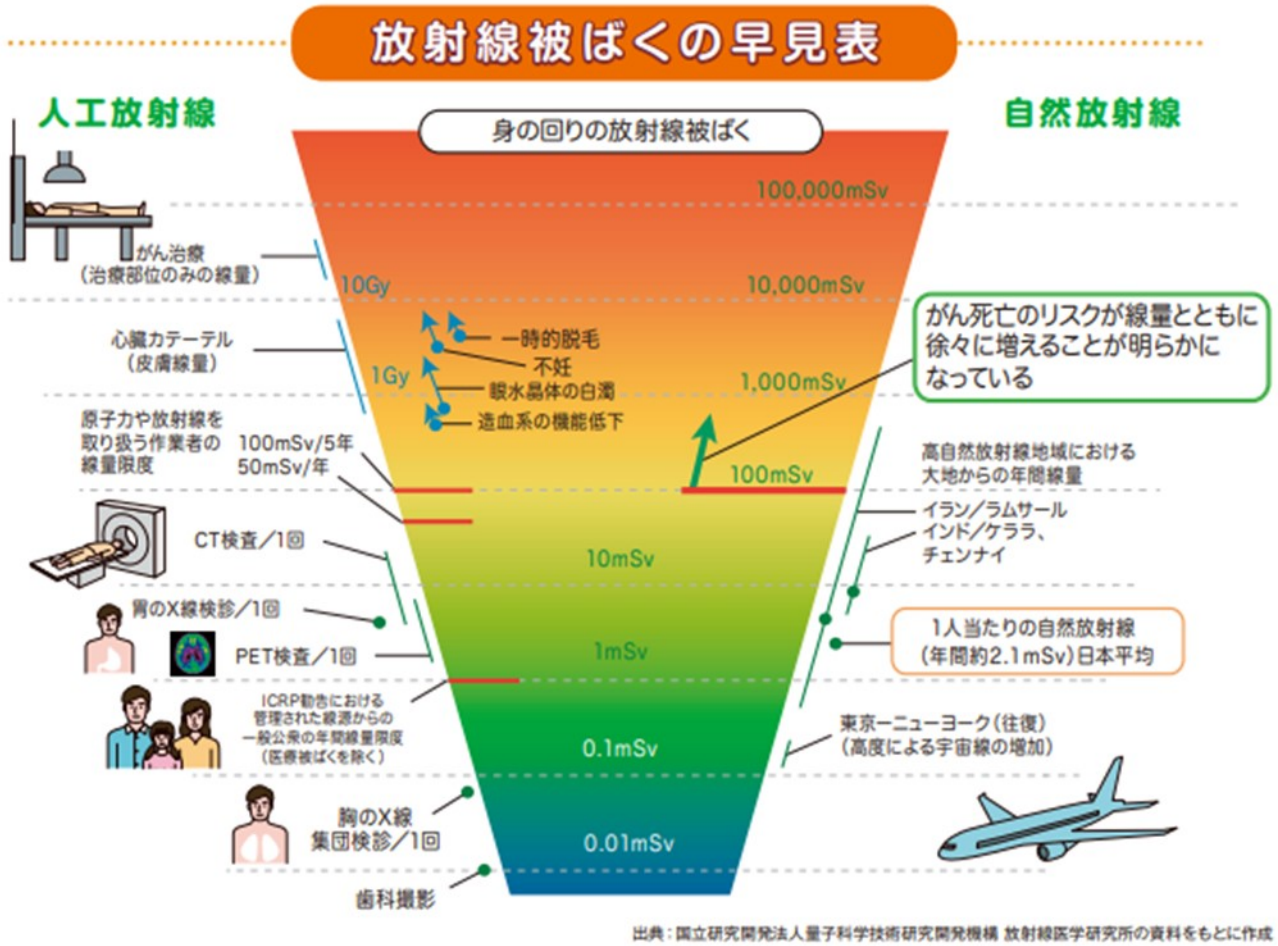
基本的には、朝の作業を開始する前に5～10分程度行われるのが普通ですが、必要に応じ昼食後の作業再開時や作業の切替え時に行われることもあります。職長が中心となって、その日の作業の範囲、段取り、分担などを明らかにし、全員で安全衛生のポイントなどを確認して下さい。ミーティング後には、ワンポイントKYを取り入れ全員で最終確認を行うようにするとより効果的です。



ツール・ボックス・ミーティングの基本的な手順

- 第1段階：導入する — テーマを提供し、関心を起こさせ、問題点に注意を向けさせること。
- 第2段階：意見を引き出す — 導入したテーマについて、参加者の意見や考え方を引き出す過程。質問も出させ出来るだけ全員に発言させるようにすること。
- 第3段階：まとめる — ミーティング全体を振り返り、対策などの結論を引き出す。結論が出なかった問題については、当面どのように取り扱うのかきちんと決めること。
- ワンポイントKY・リスクアセスメント等 — TBMで確認された対策について、ワンポイントKYにより、全員で再確認する。さらに重要な問題については、リスクアセスメントにより検討を深めることも必要。

出典：厚生労働省岐阜労働局健康安全課「職場における安全衛生活動について」パンフレット



出典：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 放射線医学研究所の資料をもとに作成

放射線測定器の種類と特徴

線量当量率測定用サーベイメータ

種類		特徴
1）γ線測定用検出器 ※1Fで主に使用するのは、電離箱とNaIの２種類。	電離箱式サーベイメータ	検出感度が低いので高線量レベルの測定に使用、エネルギー特性が優れている。キャップを使ってβ線の寄与を除去して測定する、あるいはキャップ有無の測定値の差分からβ線寄与を評価する。
	シンチレーション検出器NaI（Tl）等	検出感度が高く低線量レベルの測定に使用 エネルギー補償式のものはエネルギー特性が優れている
	Si半導体式サーベイメータ	応答時間が他のものより短く素早い測定が可能、小型で持ち運びが楽な利点がある
	GMサーベイメータ	比較的高感度ではあるが、エネルギー特性があまり良くない キャップを使ってβ線の寄与を除去する
2）中性子測定用検出器	レムカウンタ	3He比例計数管の周りに10cm厚近くのポリエチレン減速材を巻いたもの 検出感度は高いが、ポリエチレンのために重量が10kg程度と重い
	軽量レムカウンタ	有機混合ガスを用いているため、ポリエチレン減速材を使用しないかごく薄くしたものを使用 検出感度は少し低いが、重量が3kg程度と軽くて持ち運びが楽な利点がある
3）広領域モニタ	ホットスポットモニタ	GM計数管が先端についており引き延ばして高線量のホットスポットを離れた場所から測定できる
	水中モニタ	シリコンダイオード検出器を使用し、耐水性で水深80mまでの高線量のγ線を測定する
4）ガンマカメラ	ピンホールカメラ	検出器周辺を遮へいして先端にピンホールを開けてそこから入射するγ線を測定し、γ線源の位置を同定する。遮へい体を含むため重い
	コンプトンカメラ	検出器を前方と後方の2か所に設置して、コンプトン散乱によりγ線源の位置を同定する
5）核種同定用放射線検出器		γ線スペクトル機能を持ち、線量測定に加え核種同定ができる測定器

ダスト測定用放射線検出器

種類	特徴
1）ダストサンプラ	空気中放射性物質濃度を測定するための試料採取に用いる。ろ紙に吸着して採取する
2）連続ダストモニタ	空気中の放射性物質を連続採取し、放射性物質濃度を測定する

個人被ばく評価用放射線検出器

種類	特徴
電子式線量計	一定期間における個人被ばく線量の正式な評価測定には、受動型の線量計が使われる ただし、日ごとの線量管理のために、この電子線量計が併用される γ線用、β線用、中性子用があるが、すべてシリコン線量計が用いられている 中性子用には熱中性子用にボロンラジエータ、速中性子用にポリエチレンラジエータが用いられている
ホールボディカウンタ	作業員の内部被ばく線量管理に使用。身体内部から放出されるγ線を検出することによって体内の放射性物質の放射能を測定する。核種別定量用にNaI（Tl）検出器、スクリーニング用にプラスチックシンチレータを用いる

表面汚染測定用放射線検出器

種類		特徴
1）β線測定用検出器	プラスチックシンチレーションサーベイメータ	薄いプラスチックシンチレーションを使用してγ線感度を下げている
	GMサーベイメータ（表面汚染測定用）	大面積GM管の使用によりβ（γ）線の汚染検査に最適 見やすい大形メータとデジタル表示が採用されている
2）α線測定用検出器	ZnS（Ag）シンチレーションサーベイメータ	γ線β線に対する感度が抑えられ、α線だけを測定することができる測定器
	大面積シリコン半導体式サーベイメータ	α線とβ線を識別して同時測定可能

管理区域入退室での管理

種類	特徴
1）ハンドフットクロスモニタ	プラスチックシンチレーション検出器を用いた手足と衣服の汚染を調べるモニタ
2）物品モニタ	物品を入れる容器の周りにプラスチックシンチレータを配置して、携行品の表面汚染を検知する
3）ゲートモニタ	（原子力発電所など）多くの作業員が入退域する際の体表面汚染検査が可能。体表面全体を測定できる大面積のプラスチックシンチレーション検出器とガスフロー検出器があり、1Fではプラスチックシンチレーション検出器を用いる

測定器例

測定器の種類	外観	仕様例
電離箱式サーベイメータ （出典：株式会社応用技研）		30keV以上の光子エネルギーに対してエネルギー特性が良好で精度の高い測定が可能
ハンディサーベイメータ 半導体式 （出典：富士電機株式会社）		ハンディタイプ 検出器はシリコン半導体を採用 測定範囲　0.01μSv/h～99.9mSv/h　表示単位は自動切り替え
広帯域ガンマ線 CSP テレスコピックプローブ （出典：ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社）		0.1μSv/h ～ 10Sv/h のガンマ線線量当量率（H*（10））測定 エネルギー補償型ガイガーミューラー検出器 最大約4mの遠隔測定
携帯型放射性核種識別装置 D3S-ID （出典：仁木工芸株式会社）		ガンマ線スペクトル機能を有し、核種同定が可能
携帯型ガンマ線 イメージングシステム （ガンマカメラ） （出典：ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社）		遮へい体が不要な設計のため軽量 コーデッドマスク方式により、近接したホットスポットを分離識別可能 （空間分解能：2.5°～6.0°）
超高線量ガンマ線プローブ （耐水性） （出典：ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社）		測定範囲：最大1000Sv/h ガンマ線1cm線量当量率（H*（10））測定 防水仕様：　水深80mまで（IP68 防塵防水） 検知素子：シリコンダイオード50mケーブル付

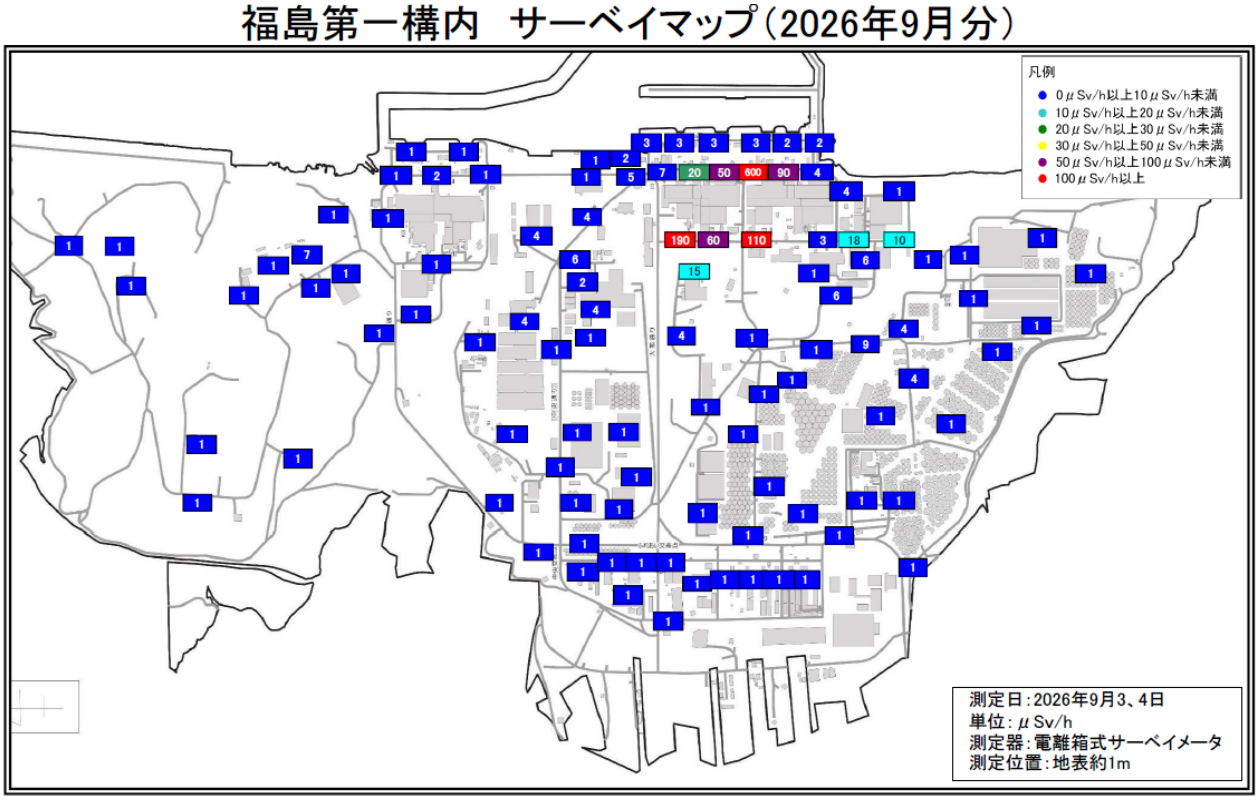
2.

発電所内の高線量箇所における措置、遮へい設備に関する知識

（１）発電所内の高線量箇所における措置

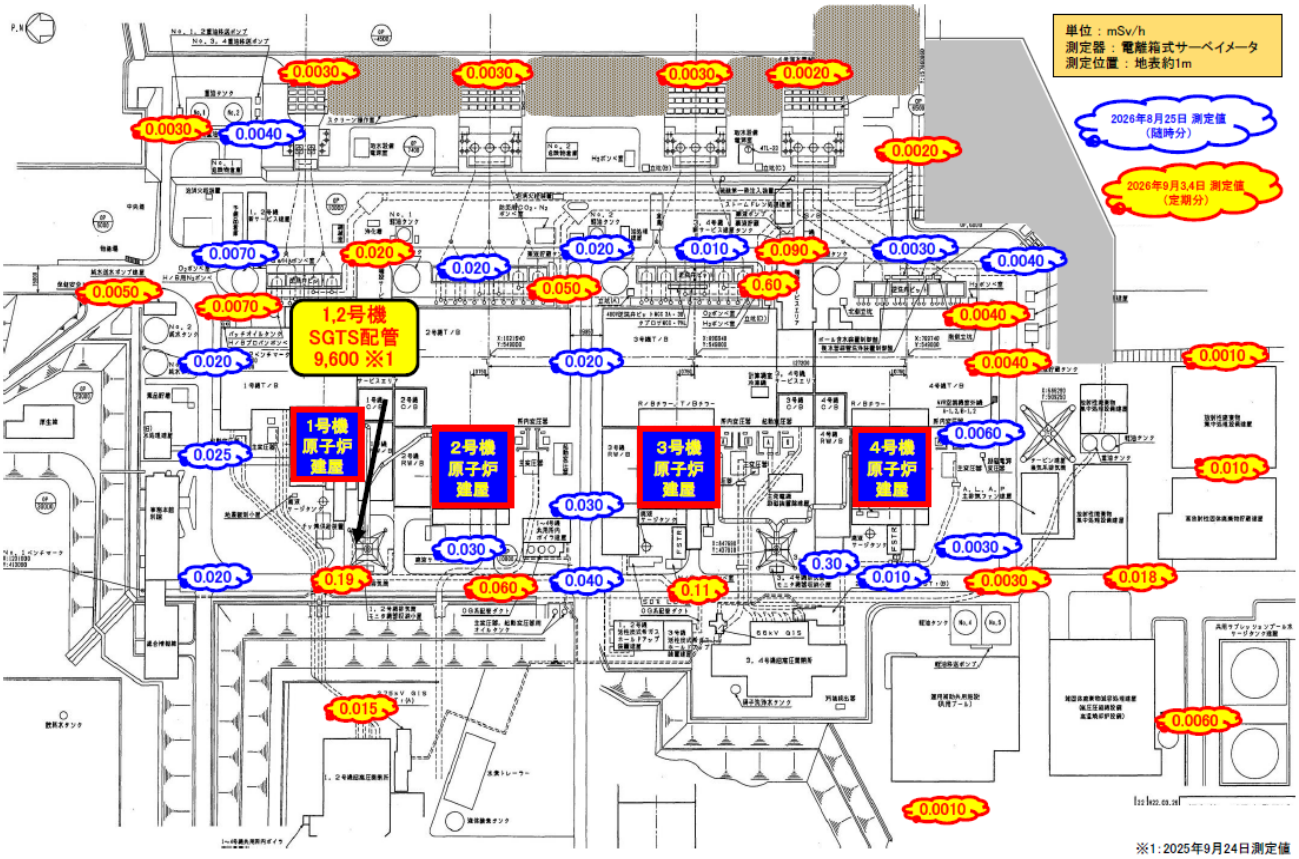
発電所は、1～4号機建屋周辺やタンク解体エリア等の汚染の高いエリアとそれ以外のエリアを区域区分するとともに、敷地内の除染やフェーシングを行い、可能な限り低い線量当量率に維持されています。建屋内部並びに周辺の高線量箇所では、立ち入り規制や遮へい壁の設置等が行われています。屋外で最も高い線量が測定された1、2号機排気筒前には、コンクリート壁が設置されています。

高線量箇所での作業を行う場合は、近傍に低線量の待機場所を設け、無用な被ばくを極力少なくなるようにします。



出典：東京電力ホールディングス（株） ホームページ

福島第一サーベイマップ（２０２６年9月分）



出典：東京電力ホールディングス（株）　ホームページ

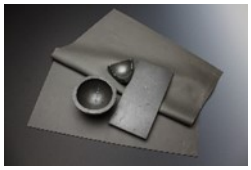
（２）遮へい設備に関する知識

ガンマ線の遮へいに用いられる主な材料

発電所内の主な放射性物質であるCs-137から放出されるガンマ線は、比較的エネルギーが高いため、重量や比重の大きな材料が用いられます。

材質	比重	遮へい材として供給される形状	特徴等
鉛	11.35	鉛板/硬鉛板/成型ブロック/鉛合板鉛板積層/鉛毛マット（～5㎜Pb） 鉛毛、鉛球（0.3～0.5㎜φ）、粉体	○同じ重量厚さ（g/㎠）で鉄と比べると遮へい効果が大きい ○加工しやすい ○有毒性
タングステン	19.1	樹脂タングステンシート（～3㎜厚） 樹脂タングステンマット/テープ フロアマット、タングステンベスト（9～12kg）	○粉末でしか手に入らない ○レアメタルであるため高値 ○樹脂にタングステンの粉を添加して作られる ○同じ重量厚さでは鉛とほぼ同等の効果がある
鉄	7.86	鉄板/炭素鋼球/ステンレス鋼球	○使用しやすい材料である ○遮へいを兼ねた機器・構造物を製作できる
セメント・コンクリート	2.1～3.5	コンクリートブロック/パネル/ ボックスカルバート/L型擁壁　　他各種製品	○高比重骨材を混合することにより高密度化も可能である ○容易に厚さが得られるため、必要な遮へい ○効果が得やすい
含鉛プレートガラス	－	プレート/ブロック 鉛当量～3㎜Pb	○視界を確保する場合に使用する ○視認性と遮へい効果はトレードオフ関係にある
多量の水	1.0	高線量機器取扱プール/線源保管用水槽	○Cs-137に対して水深を深くすることで、高線量物を扱える ○鉄の8倍厚で同等の効果が期待できる

遮へい材に用いられる資材例

<table>
<tr><th>鉛遮へい材</th><th>タングステン遮へい材</th><th>セメント・コンクリート製品</th></tr>
<tr>
<td>
左上から
鉛板
鉛ブロック
鉛毛
鉛線
右上から
鉛粒
鉛マット
（出典:ヨシザワLA（株））</td>
<td>
タングステンシート
（出典：下西技研工業（株））
樹脂
タングステン
（出典:岳石電気（株））


タングステンベスト
（出典:信越化学工業(株)・日本特装(株)）</td>
<td>
L型擁壁
（出典:A＆Kホンシュウ（株））

ボックス
カルバート
（出典:インフラテック（株））

ブロック
（出典:（株）竹中工務店）</td>
</tr>
</table>

主な遮へい材の遮へい効果

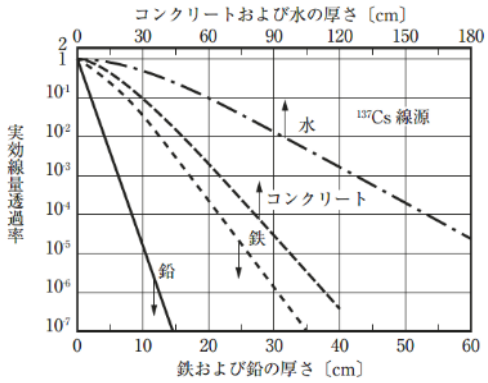
Cs-137からの放射線が半減する遮へい体の厚さ

大幅に減衰したγ線の広いビームに対する、およその半価層と1/10価層値

遮蔽材	ウラン		鉛		鉄		コンクリート	
核種	半価層	1/10価層	半価層	1/10価層	半価層	1/10価層	半価層	1/10価層
^{24}Na	0.9	3.0	1.7	5.6	–	–	–	–
^{60}Co	0.7	2.2	1.2	4.0	2.0	6.7	6.1	20.3
^{124}Sb	–	–	1.4	4.5	–	–	7.0	23.0
^{131}I	–	–	0.7	2.4	–	–	4.6	15.3
^{137}Cs	0.3	1.1	0.7	2.2	1.5	5.0	4.9	16.3
^{182}Ta	–	–	1.2	4.0	–	–	–	–
^{192}Ir	0.4	1.2	0.6	1.9	1.3	4.3	4.1	13.5
^{198}Au	–	–	1.1	3.6	–	–	4.1	13.5
^{226}Ra	–	–	1.3	4.4	2.1	7.1	7.0	23.3

出典：ICRP Pub.21.
体外線源からの電離放射線に対する防護のためのデータより引用

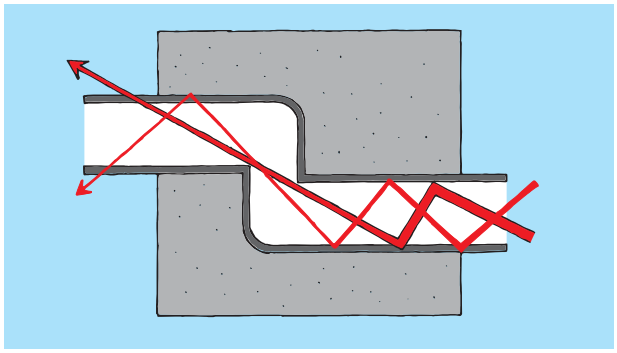
Cs-137点線源に対する実効線量透過率



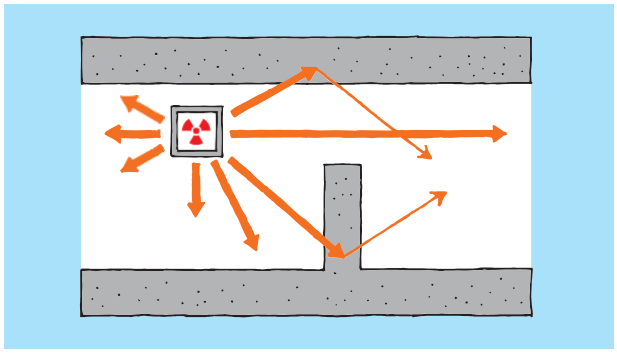
出典：日本原子力研究開発機構JAERI-Data/Code2000-044より引用
（日本アイソトープ協会 「アイソトープ手帳 12版」にも掲載）

ガンマ線の遮へい計画での考慮点

放射性物質から放出される放射線は、機器や構造物に当たると様々な方向に散乱します。散乱線は、直接線と比べて低いエネルギーになります。遮へいの計画では、この散乱現象を考慮し、線量の漏洩がある貫通部への遮へい強化や、散乱線に有効な必要な遮へい体の厚さを立案します。



貫通孔等からのストリーミング
遮へいとなっている構造物にダクトや配管等の貫通孔がある場合、直接反対側が見えなくても、放射線は散乱しながら出てくることがあります。これを「ストリーミング」といいます。



放射性核種からの直接線と散乱線
建物内等で線源から離れている場所や、遮へいとなる機器等が存在する場合、ガンマ線はコンクリートや機器、遮へい材料に当たり、それらの物質との相互作用によりエネルギーの低くなった散乱線が大半を占めていると考えられます。

（３）線源部分を遮へいする方法

線源が限定された部位である場合、線源を覆い被せるように遮へいすることは、最も効果があります。作業場所の状況、線源の大きさ、位置等によって対応は異なりますが、いくつかの例を挙げます。



出典：（株）日本環境調査研究所

配管が線源となっている場合の対策例

写真①は、ベルト付きの遮へいマットを直接配管に巻き付ける方法です。マット内部には鉛毛又は積層鉛板が入っており、大きさは600×300㎜、鉛当量10㎜、重量は1枚当たり20㎏となっています。この方法を採用する場合は、鉛遮へい体の重量がすべて配管に掛かるため、事前に耐荷重や、耐震上の問題がないか検討しておく必要があります。

機器類が線源となっている場合の対策例

写真②・③は、1号機タービン建屋地下で線源となっているヒータドレン配管やピット、開口部に衝立を立てる等して鉛マットで遮へいした例です。遮へい対象場所は高線量率なので、短時間で遮へい体を運搬し設置できる作業方法を検討し実施しています。この遮へい体の設置により、その後に実施された工事作業者の被ばく低減が図られました。



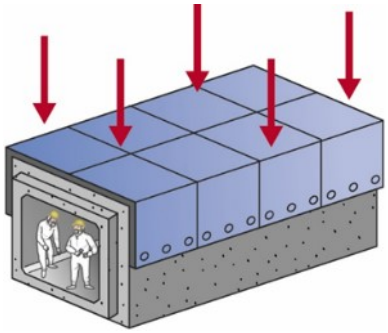


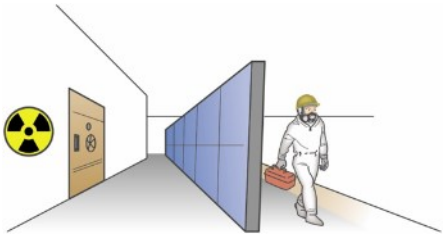
（出典：H29被ばく低減対策好事例集）

（４）低線量待機場所を確保する方法

線源を直接遮へい出来ない場合の対策として、遮へいした低線量エリアを確保し、直接作業していない場合はそこに避難することで、被ばく線量の低減を図ることができます。遠隔操作者や監視員等、比較的長時間滞在しなければならない場合等に適用した例があります。

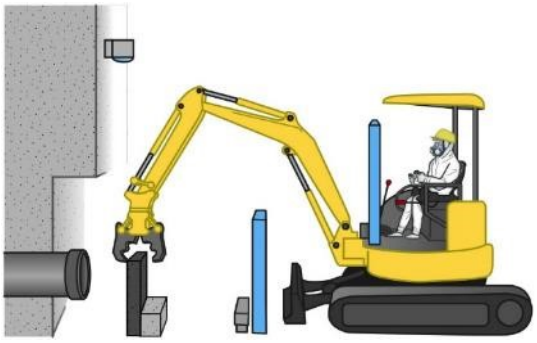
重機を使用できる場所では、コンクリート製のボックスカルバート等が用いられています。重機が入らない場所では、鉛マット等で遮へいされた小屋や壁等を設け、低線量場所を確保しています。





（５）作業者防護用の遮へい体を設ける方法

高線量当量率の作業環境に長時間いなければならない時（重機の操作等）、その箇所を限定的に遮へいすることが効果的な場合があります。右図は、２号機１階X-6 ペネ部の遮へいブロックを撤去した際に用いられた遮へい体の例です。



出典：東京電力ホールディングス（株） ホームページより作成

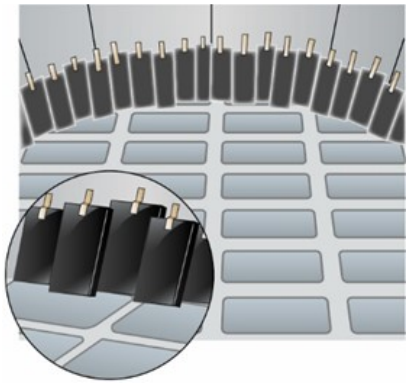


※CGによるイメージ図であり実物とは異なります。
出典：三菱重工業（株） ホームページ

また、左図のように、運転座席自体に遮へい効果を持たせることが提案されています。シートの背部並びに前面への遮へい体により、体幹部の被ばく線量を低減することができます。

（6）ベータ線源部分を遮へいする方法

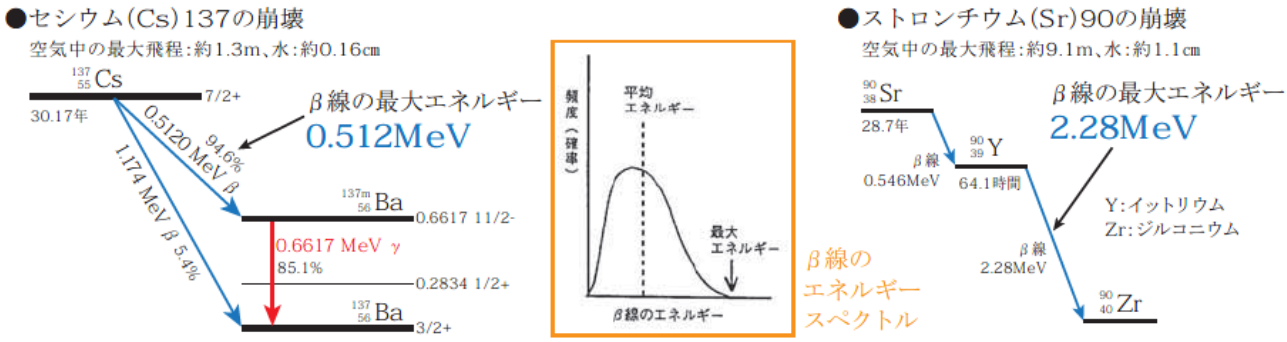
ベータ線による外部からの被ばくは体表面の組織・眼の水晶体と皮膚に限られ、これら2つの組織は法的に等価線量として線量限度が定められています。Sr-90及びY-90等の高エネルギーのベータ線放出核種で広範囲が汚染されている場合、作業場所全体にベータ線が飛び交う状況になり、ベータ線被ばくが大きくなる場合があります。対策として、それらの汚染面をゴムマットやベニヤ板、プラスチック等、原子番号の小さな材料で覆うことにより遮へいすることが効果的です。



汚染水タンク内の汚染面への対策例

Sr-90及びY-90で汚染しているタンク底面は、2～3㎜厚のゴムシートを必要な枚数で覆いベータ線を遮へいしています（右図）。壁面はコンパネ（厚さ12㎜）を用いて、汚染の高い下部面を覆い遮へいしています。

主な放射性核種のベータ線のエネルギー



ベータ線の遮へい時の注意事項

Sr-90及びY-90から放出されるベータ線遮へいの注意点としては、鉄や鉛等重たい金属で直接遮へいをすると、制動放射線（エックス線）により線量当量率が上昇してしまうことがあるので、ゴム・プラスチック等の低い原子番号の材料を用いることが大切です。



3.

休憩所、非常時の避難経路に関する知識

（1）休憩所の設定

ガイドラインでは熱中症予防対策として、休憩所の設置に関して以下の要件を定めています。

①作業に従事する者の人数、作業場所からの距離等も考慮の上、労働者の休憩に必要な休憩施設を適切に設置すること。

②休憩所には冷房、トイレを配置するとともに、労働者が水分及び塩分を補給できるようにすること。

③身体冷却のための保冷材、心拍計、体温計等、緊急時の対応も想定した機器を配置すること。

④作業内容に応じ、作業場所の近傍に車両等を用いた簡易な休憩施設を設置すること。

⑤内部被ばくを防止するため、施設内の空気中放射性物質を測定するとともに、フィルタによる空気中放射性物質の除去、粘着マットの活用等、必要な措置を講じること。

昨今の新型コロナウイルス感染症対策としては、手指消毒液を設置し、消毒に努めます。休憩所内では、3密（密閉空間、密集場所、密接場所）を避けるとともに、サージカルマスクを着用することも重要です。

その他、一般的な事項として以下の対策を実施します。

①緊急時の対応のための必要項目（救急医療室の電話番号、連絡事項、応急の措置の方法等）を、休憩所入り口に掲示します。

②休憩所内に応急処置に必要な救急用具（法定）を備え、その保管場所、使用方法を作業者に周知します。可能であればAEDも備えます。

③休憩所内に喫煙室を設ける場合は、区画された別部屋として、休憩所全体に煙が拡散しないよう、循環型の除煙装置を設置します。



休憩所の局所換気装置



休憩所収納スペース



大型休憩所休憩スペース

出典：東京電力ホールディングス（株） ホームページ

運用上の注意事項

休憩所を使用する際は内部被ばくを防止するために、以下の点に注意してください。

①休憩所内は常にきれいな状態を保つため、外部からの汚染の持ち込みがないように、決められた手順で入退出してください。

②飲食、喫煙を行う前に、手袋、マスク、汚染した防護装備を外した上で、手を洗う等の除染措置を講じます。また、飲食前に身体等の汚染検査を行います。

③汚染した防護装備はポリ袋等に収納し、汚染が広がらないように措置します。

④定期的に休憩所内の汚染検査を行い、汚染が検出された場合は早急に除染等措置を行います。

⑤感染等を防ぐためには、休憩所内は衛生面にも気をつけ、整理、整頓、清掃、清潔に努めます。

（２）非常時の避難経路等に関する知識

構内作業者を対象に、発電所内で配布されているハンドブックには以下のように書かれています。



大前提　◎津波時は、津波危険エリアからただちに避難する
◎竜巻発生時は、堅固な建物へただちに避難する

災害が発生した場合の安全確保の基本行動事項

災害が発生した場合は、まず自主的に身を守る行動を実施し、以下の対応を取ります。

1. 災害が発生したら作業を中断し、現場にて共同作業者が全員無事であることを確認する（最重要確認事項）。
2. 二次災害の防止に努める。

①危険物の漏えい防止、火気及び作業用電源等の停止を確認する。

②人身災害を発見した場合は，救急医療室へ連絡し、その後復旧班長へ連絡する。また、可能な範囲で、安全を確保しながら人命救助に努める。

③火災を発見した場合は、119番通報を実施→復旧班長へ連絡→初期消火→安全確保→避難する。



出典：東京電力ホールディングス（株） 資料

3. 以下の周知方法により退避情報及び防護措置等の情報を得る。

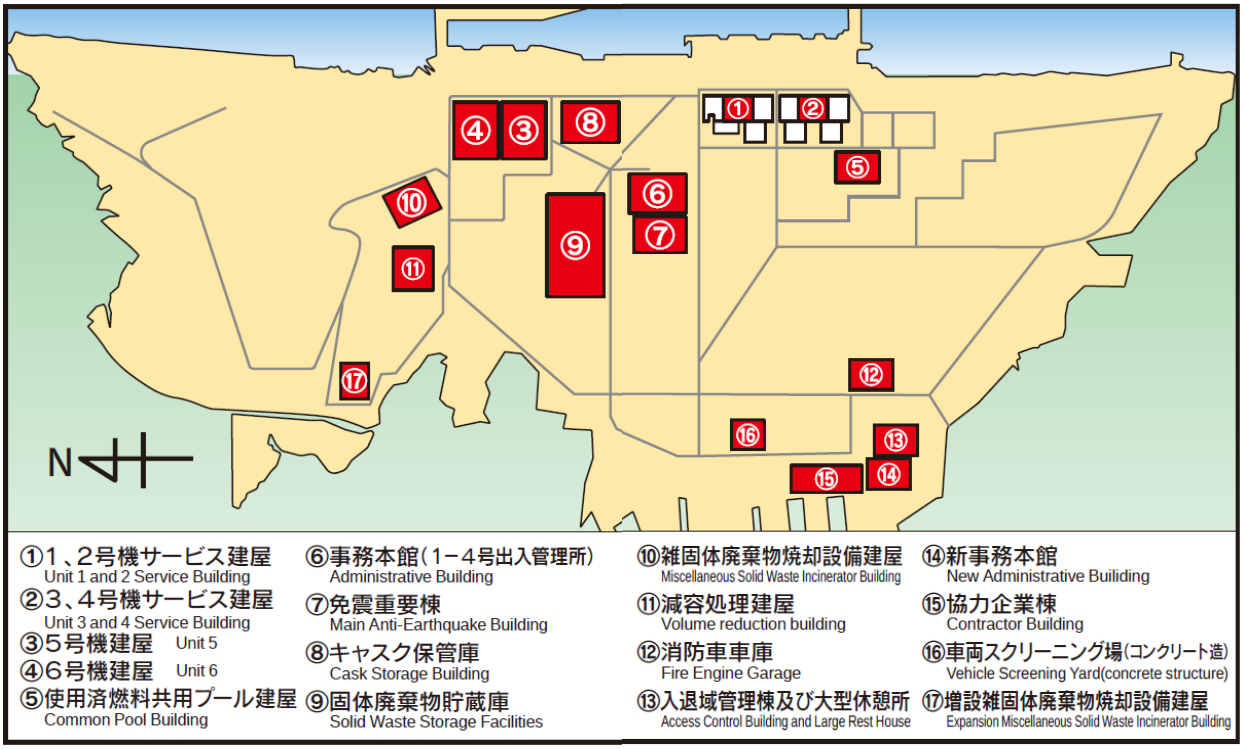
①発電所内放送及びページング（建物や敷地構内の人に対して、放送アナウンスで呼び出すために使用する構内放送設備）による指示。

②携帯電話もしくはPHS等による作業主管G、元請け企業からの指示。

③スピーカー積載車の放送による指示。

発電所敷地内の一時退避場所、退避場所及び避難集合場所

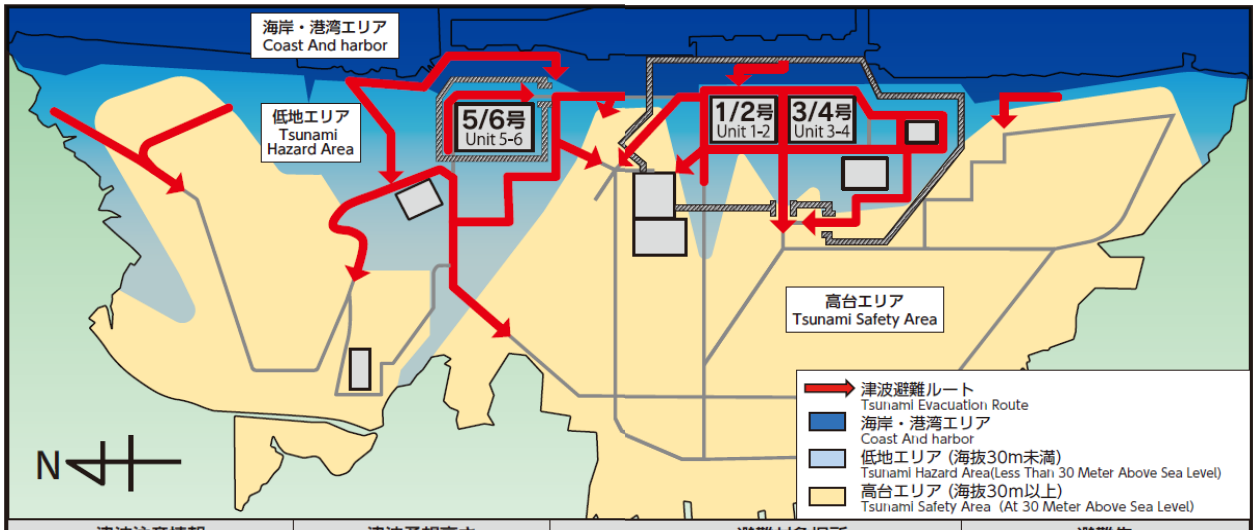
竜巻避難場所(堅固な建物)　Tornado Evacuation Site(Secure Building)



①1、2号機サービス建屋 Unit 1 and 2 Service Building
②3、4号機サービス建屋 Unit 3 and 4 Service Building
③5号機建屋 Unit 5
④6号機建屋 Unit 6
⑤使用済燃料共用プール建屋 Common Pool Building
⑥事務本館(1−4号出入管理所) Administrative Building
⑦免震重要棟 Main Anti-Earthquake Building
⑧キャスク保管庫 Cask Storage Building
⑨固体廃棄物貯蔵庫 Solid Waste Storage Facilities
⑩雑固体廃棄物焼却設備建屋 Miscellaneous Solid Waste Incinerator Building
⑪減容処理建屋 Volume reduction building
⑫消防車車庫 Fire Engine Garage
⑬入退域管理棟及び大型休憩所 Access Control Building and Large Rest House
⑭新事務本館 New Administrative Buiiding
⑮協力企業棟 Contractor Building
⑯車両スクリーニング場(コンクリート造) Vehicle Screening Yard(concrete structure)
⑰増設雑固体廃棄物焼却設備建屋 Expansion Miscellaneous Solid Waste Incinerator Building

竜巻発生時は、堅固な建物へただちに避難する　Immediately evacuate to a secure building in a tornado

津波注意報・警報等発表時の避難基準　Tsunami Evacuation Standards



津波注意情報 Tsunami Information		津波予想高さ Expected Maximum Tsunami Heights	避難対象場所 designated evacuation area	避難先 Area For Evacuation
津波注意報 Tsunami Advisory		20cm ～1m	海岸・港湾エリア(海抜8.5m未満) ・物揚場エリア／護岸付近／海水ポンプエリア	海抜8.5m以上 ・1～4号機建屋の高さ(海抜8.5m) ・5／6号機建屋の高さ(海抜11.5m)
津波警報 Tsunami Warning		1m～3m		
大津波警報 Major Tsunami Warning	5m	3m～5m	海岸・港湾エリア／低地エリア (海抜30m未満)	高台エリア 海抜30m以上 ・重要免震棟 ・1～4号出入管理所
	10m	5m～10m		
	10m超	10m～		

津波時は、津波危険エリアから直ちに避難する　Immediately evacuate from the tsunami hazard area during a tsunami

出典：東京電力ホールディングス（株） 資料

目の前に急に倒れた人がいたら、必要により躊躇なく心肺蘇生法を施します。



出典：日本光電工業株式会社　ホームページ

4.

作業時間の短縮、遮へい用防護衣の着用等

（１）作業時間の短縮

作業者ごとの作業時間の短縮

被ばく線量は作業時間に比例して増えますので、被ばく低減の4原則の一つである「作業時間の短縮」は重要です。一定期間作業に従事すると累積被ばく線量が上昇し、作業従事の継続が困難になることがあります。 特に班長等工事管理要員の被ばく線量管理のため、作業場所の変更や作業時間を制限する等の対策が必要になります。

作業ステップごとの作業時間の短縮



高線量場所において、作業ステップごとに作業時間を短縮するためには以下の点を考慮します。

①事前の準備

現場での作業時間を短縮できるように、事前に準備できる装置の組み立てやプレハブ化を図ります。

②高線量下作業の限定

人手によらない遠隔技術の開発・採用を検討します。

低線量当量率の待機場所を確保し、高線量当量率の作業場所での作業を限定します。



③事前の教育・モックアップ訓練

作業手順・作業分担、作業要領（急所）、緊急時の対応等について事前に訓練を行い、現場では最短で目的とする作業を行えるようにします。

④作業者の適切な配置

作業場所の空間線量率から考えられる各作業者の被ばく線量と、そこから算出される可能作業時間を考慮し、該当作業適任者の配置、補助者配置の有無、時間監視員の配置等について、作業全体を考慮して、作業指揮者より指示します。

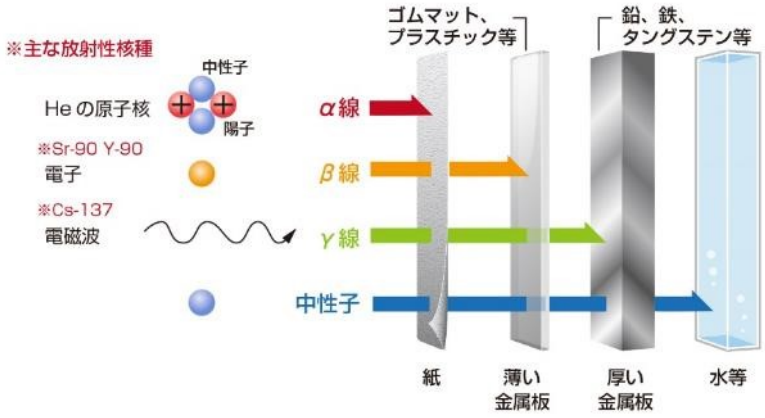


（2）遮へい用防護衣の着用による被ばく低減措置

遮へい用の防護衣を採用する際は、以下の点を考慮します。

放射線の種類と遮へい材料

放射線の種類によって、物質中の透過特性は大きく異なります。
遮へい用防護衣の着用により外部被ばくの低減を考慮するのは、ベータ線とガンマ線です。そのため、部位に応じて遮へい用防護衣を使い分け、または組み合わせて使用します。



遮へい用防護衣の着用時の注意事項

遮へい用の防護衣を着用する際は以下の点に注意してください。

◎防護指示書で指示されたガンマ線遮へい用の防護衣又はベータ線遮へい用の防護衣を正しく着用します。

◎ガンマ線遮へい用の防護衣は重量があるので、作業者の負担が増え、作業性が悪くなり、作業時間が延びる可能性があります。そのような状況が想定される場合は、事前に工事管理責任者や放射線管理責任者に相談してください。

◎遮へい用防護衣を着用する際は不均等被ばくを評価するため、追加の個人線量計の着用が求められる場合がありますので、その指示に従ってください。

◎ベータ線遮へい用の防護具には、眼を防護するものと皮膚を防護するものがあります。決められた位置に着用してください。

◎遮へい用防護衣を着用する際は、熱中症防止対策に万全を期してください。

◎遮蔽用防護衣を着用する場合、実効線量と眼の水晶体の等価線量に乖離が生じる場合があるため、線量限度管理に注意が必要です。

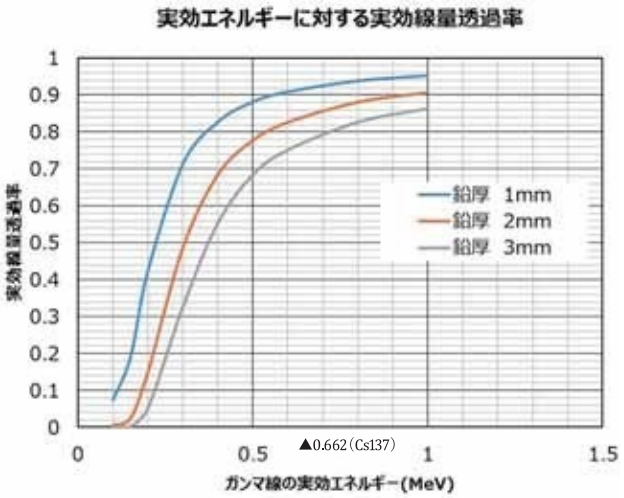
ガンマ線用遮へい防護衣の着用効果

原子力発電所におけるガンマ線に対する防護衣の遮へい効果は、着用する装備の重量に比してあまり高くありません。作業性を考慮し、採用するかどうかを検討します。

作業場所のガンマ線は、Cs-137からの直接線が主体である場所と、建屋内の構造物や躯体で放射線が散乱して実効エネルギーが低くなっている場所があります。グラフは、実効エネルギーから防護衣の遮へい厚さ（鉛当量）による遮へい効果を示しています。



ガンマ線遮へい用防護衣の例



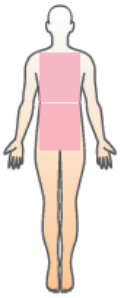
防護衣の鉛当量（㎜）	実効エネルギーに対する低減率（例）	
	散乱線として 0.44MeV	Cs-137 0.66MeV
1	15%	8%
2	25%	15%
3	38%	22%

実効線量への換算評価の方法（ガンマ線による不均等被ばく）

タングステンベスト等ガンマ線遮へい用の防護衣を装着した場合は、全身を覆えないため不均等被ばくが生じます。遮へい防護衣の内外に装着した個人線量計の値から、防護部位ごとに次式により評価することとなります。



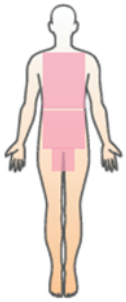
胸部と上腕部，腹部と大腿部
E＝（0.08＋0.03）・Ha＋（0.44＋0.45）・Hb
＝0.11・Ha＋0.89・Hb



胸部と腹部
E＝（0.08＋0.03＋0.006＋0.02）・Ha
＋（0.434＋0.43）・Hb
＝0.136・Ha＋0.864・Hb



胸部，腹部と大腿部
E＝（0.08＋0.03＋0.006）・Ha
＋（0.434＋0.45）・Hb
＝0.116・Ha＋0.884・Hb



胸部と生殖器等臓器
E＝（0.08＋0.03＋0.006＋0.07＋0.003）・Ha
＋〔0.434＋（0.45－0.07－0.003）〕・Hb
＝0.189・Ha＋0.811・Hb

Ha：体幹部（※）で遮へい用防護衣の外側に着用した個人線量計の１㎝線量当量率
Hb：体幹部で遮へい用防護衣の内側に着用した個人線量計の１㎝線量当量率
※体幹部…頭部及び頚部、胸部及び上腕部、腹部及び大腿部

（参考）
遮へい用防護衣を着用した場合の不均等被ばく評価方法について
東京電力ホールディングス

ベータ線の遮へい防護衣

ベータ線による被ばくがガンマ線による被ばくの10倍以上になるおそれがある場合は、1㎝線量当量及び70μm線量当量を測定できる測定器を装着します。

月間の累積70μm線量当量の測定値が、1㎝線量当量の測定値の10倍以上であった場合は、月間の累積70μm線量当量を皮膚の面積で加重平均した値に皮膚の組織荷重係数（0.01）を乗じた値を実効線量に加算します。被ばく線量の管理は、この実効線量と皮膚の等価線量の双方をみて行われます。

環境対策として汚染面を遮へいすることで被ばくを防ぐことができますが、対策前の作業ではベータ線用の遮へい防護衣の装着が必要な場合があります。ベータ線の防護は基本的に全身の皮膚を覆うものでなければなりません。防護衣は、ベータ線の最大飛程に相当する厚さを有するゴム等の材質を使用します。眼の水晶体の被ばく線量は、全面マスクや防護メガネを装着することでかなりの部分を防護することができますが、その線量評価値については今後の評価方針に従ってください。



ベータ線遮へい用の防護衣の例
出典：山本化学工業（株） ホームページ



防護メガネの例
出典：（株）保科製作所　ホームページ

5.

作業中の被ばく線量の把握、作業時間の管理の方法

作業者の計画線量を守るためには、作業中の個々の作業者の被ばく線量を把握する必要があります。現在、累積線量がデジタルで表示される電子式個人線量計（APD）を全ての作業者が携帯しています。作業中はAPD によるアラームの把握と、表示値を確認するとともに、作業場所の線量当量率に対応する作業時間を管理することにより過剰被ばくを防止します。

（１）作業中の被ばく線量の把握の方法

福島第一原子力発電所で使用されるAPDの特徴





どちらのガンマ線及びベータ線による被ばく線量の管理に使うことができます。

（出典：東京電力ホールディングス（株）資料）

◎ガンマ・ベータ線用と1cm・70μm線用の二種類があります。

「前」面を前に向けて着用します。

「裏」を前にすると正しく測定できません。

◎ガンマ・ベータ線用電子式個人線量計

・（短い）警告音

警報設定値の5分の1ごと

・（長い）警告音

警報設定値に達したとき

1回の入域時間が9時間30分に達したとき

◎1cm・70μm線用電子式個人線量計

・（低音・高音 交互の）警告音

1cm線量当量の警報設定値の5分の1ごと

・（短い）警告音2回

70μm線量当量の警報設定値の5分の1ごと

・連続鳴動

警報設定値に達したとき

1日の入域時間の合計が9時間30分に達したとき

◎警報設定値

1日の計画線量を超えないように、RWA（放射線業務従事等承認申請書）の防護措置で指示されたAPD警報設定値に設定します。

作業中の被ばく線量の把握方法

被ばく線量は、作業場所の線量当量率と滞在時間からおおよそ算定されますが、様々な要因によって変動します。

◎作業者の行動範囲の線量当量率が場所により大きく変化している。

◎時間とともに作業場所の線量当量率が変化する。

◎作業者の線源に対する向きや体形。

◎作業者ごとに行動パターンが異なる。

使用しているAPD、防護装備等の特徴から被ばく線量を把握するには、以下の方法を用いることができます。

◎防護衣の外からAPDの表示値を読み取る。

◎専用の読みとり装置で読み取る。

◎警告音の鳴動回数から被ばく線量と作業時間を把握する。

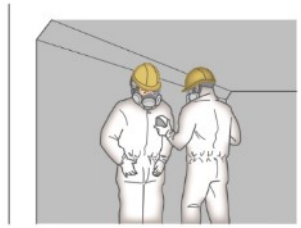
◎作業時間を設定し、その時間に達したら退出を指示する。

作業中のAPD表示値の読み取り

作業中のAPD表示値の読み取り方法は、胸部分が透明な防護服を着用している場合は、外部から読み取ることが可能です。また、専用の読み取り装置を防護服の外側から当てることによって読み取ることができます。

被ばく線量の確認は作業場所で作業中に行うこともできますが、線量当量率の高い場所での作業の場合は、線量当量率の低い待機場所に戻って確認するようにします。


胸部分が透明な防護服




待機場所での被ばく線量の確認

APDの警告音の活用

登録した警報設定値に対して一定の単位（設定値の5分の1の値）ごとに予備警報が鳴動しますので、APDの指示値を見なくても作業中におおよその線量を把握することが可能です。
4回目の警報で速やかに退出するよう指示します。

しかし、騒音の大きなところや多くの作業者が鳴動した場合、聞き逃すことがありますので注意が必要です。

設定値により5分の1の値が増えるごとの
被ばく線量は以下の通りです。（単位 mSv）

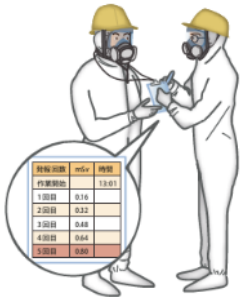
警報設定値	0.8	1.8	2.4
1回目	0.16	0.36	0.48
2回目	0.32	0.72	0.96
3回目	0.48	1.08	1.44
4回目	0.64	1.44	1.92
5回目	0.8	1.8	2.4



APD警告音の鳴動回数の把握方法

APDの鳴動回数を目安に個々の作業者の被ばく線量を把握することは、確実かつ簡便な方法といえます。

この方法は、本人や周囲の作業者も容易に状況を把握できるので、合理的な方法であるといえます。また、同じ作業場所で継続して作業をする場合、残りの作業時間を推定することも可能です。



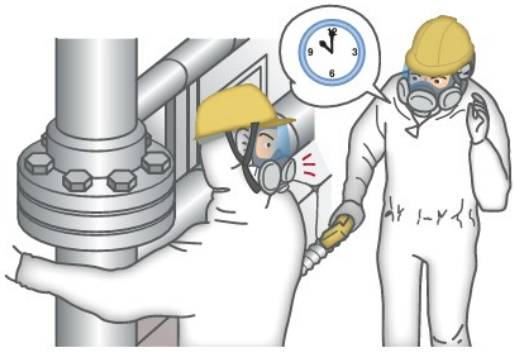
発報回数	mSv	時間
作業開始		13：01
1回目	0.16	13：20
2回目	0.32	13：45
3回目	0.48	
4回目	0.64	
5回目	**0.80**	

（2）作業時間の管理の方法

作業時間の管理

1日の個人最大線量が計画線量を超える恐れのある作業では、計画線量と作業場所の線量当量率から作業時間をあらかじめ設定し、予定作業時間に達したら、APDの警告音の鳴動にかかわらず、作業を終了させます。

必要により、専任の時間監視員を配置します。



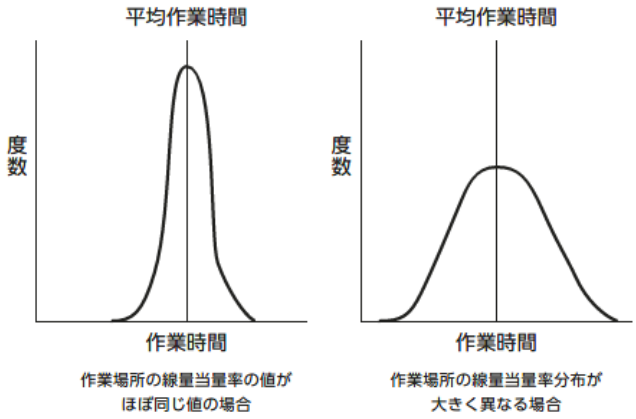
作業時間の設定の方法

計画線量に対する作業時間は、作業場所の線量当量率の値から算出されますが、作業場所の線量当量率分布や作業者の行動範囲によっても異なり、全員が同じとは限りません。

同じ被ばく線量に対する個々の作業者の作業時間は、作業場所の線量当量率分布の違いによって、右図のような傾向があります。

作業場所の線量当量率分布が大きく異なる場合（線量勾配がある）は、線量当量率の高いエリアとそれ以外の作業場所に分け、それぞれの作業時間を設定することや、APDの警告音の鳴動管理を併用して管理します。 設定した管理被ばく線量に達するまでの作業時間は

同じ被ばく線量に達するまでの作業時間の度数分布



作業時間＝管理被ばく線量÷作業場所の平均線量当量率

で求めることができます。

個々の作業者の作業時間管理が必要な場合

個々の作業者で以下のような場合には、作業時間を個々に設定しなければなりません。

◎計画線量が個人によって別途に設定されている。

◎作業開始前にすでに他の作業等で被ばくしている。

当該作業の開始前に作業者ごとの作業時間を設定し防護服に記入する等して、明確に作業時間がわかるようにするとよいでしょう。

実績データの統計的把握と作業時間管理へのフィードバック

当日の作業者ごとの被ばく線量と作業場所、作業時間を記録し、それらの結果を検討します。作業時間と被ばく線量から時間当たりの被ばく率を算出し、サーベイメータによる線量当量率のデータと比較します。被ばく率が作業場所の線量当量率データより著しく大きい場合、把握されていない線量当量率の変化や、想定以外の場所への作業者の移動があるかもしれません。実績の変動を管理することにより、その後の管理に役立てることができます。

6.

計画線量及び警報設定値の決定の方法、及びその遵守の方法

（１）計画線量の決定及び警報設定値の決定

計画線量の決定

作業者の累積被ばく線量は、工事の実施計画書で法令の定める線量限度を下回るように定めます。

1日の計画線量は、作業内容、作業場所の線量当量率、従事できる人員数、作業に要する合理的な1日の作業時間、作業者の被ばく線量履歴（残線量）等を加味して、作業員が継続的に作業を実施できるように設定します。

また、労働者の被ばくする実効線量が1日につき1mSvを超えるおそれのある作業を行う場合は、ガイドラインに基づき、富岡労働基準監督署長に「福島第一原子力発電所における放射線作業届」を提出することとされています。

警報設定値

計画線量を守るため、APDの警報設定値は、計画線量より低い値に設定します。例えば計画線量が0.9mSvの場合、設定値は0.8mSvとします。

個人の年間及び5年間の累積被ばく線量や、目標管理線量、最大個人線量設定値、当日の残被ばく線量等により、携帯するAPDの警報設定値は異なりますので注意が必要です。

（２）遵守の方法

①作業指揮者は、あらかじめ作業者に当日の作業内容と計画線量の打ち合わせを行い、携帯するAPDの警報値を指示します。

②作業場所に向かう前に、受動形個人線量計やAPDを着用していることを相互で確認する、一人の時はセルフチェックするとともに、携帯したAPDの設定値を確認します。APD表示部の設定値と書かれた場所に、警報設定値が表示されています。

③作業終了後、1日の総線量が計画線量を超えていないことを確認します。計画線量を超えるおそれがある事例が発生した場合は、作業内容や作業場所の線量当量率等を見直し、作業時間や警告音鳴動時の対応、警報設定値の指示等管理手法の見直しを行います。

④1日の計画線量とは別に、各作業者の1か月、3か月、1年、5年ごとの管理被ばく線量を超えていないかどうかを把握しておく必要があります。管理被ばく線量に近くなった場合、被ばく線量の低い作業への配置替え等を行います。



（3）東京電力福島第一原子力発電所における個人被ばく管理

発電所構内で作業する全作業員は、作業に従事する前に発電所での放射線業務従事者として登録されます。放射線管理手帳及び除染作業も含めた前歴線量の確認を行い、健康診断受診の確認、電離放射線障害防止規則に基づく特別教育を経て、放射線業務従事者として登録されます。東京電力では、線量管理のために全放射線業務従事者の登録時の前歴線量をシステムに入力しています。

これらの前歴線量を含めて、期間ごとの線量限度管理がなされています。個人被ばく線量については、元請企業より受動形個人線量計の集積データを東京電力の管理システムへ入力してもらい管理しています。また、受動形個人線量計の集積線量の評価は、元請企業ごとに実施しているため、評価結果の一次情報は元請企業にフィードバックされます。

以下に、管理しなければならない基準値を示します。

【管理しなければならない基準値】

	実効線量、眼の水晶体の等価線量ともに
確認線量	「12mSv/年」
個人線量目標値	「18mSv/年」
個人線量上限値	「80mSv/5年」および「20mSv/年」

	実効線量、眼の水晶体の等価線量ともに	皮膚の等価線量
線量限度	「100mSv/5年」および「50mSv/年」	500mSv/年

意味合いは、以下の通りです。

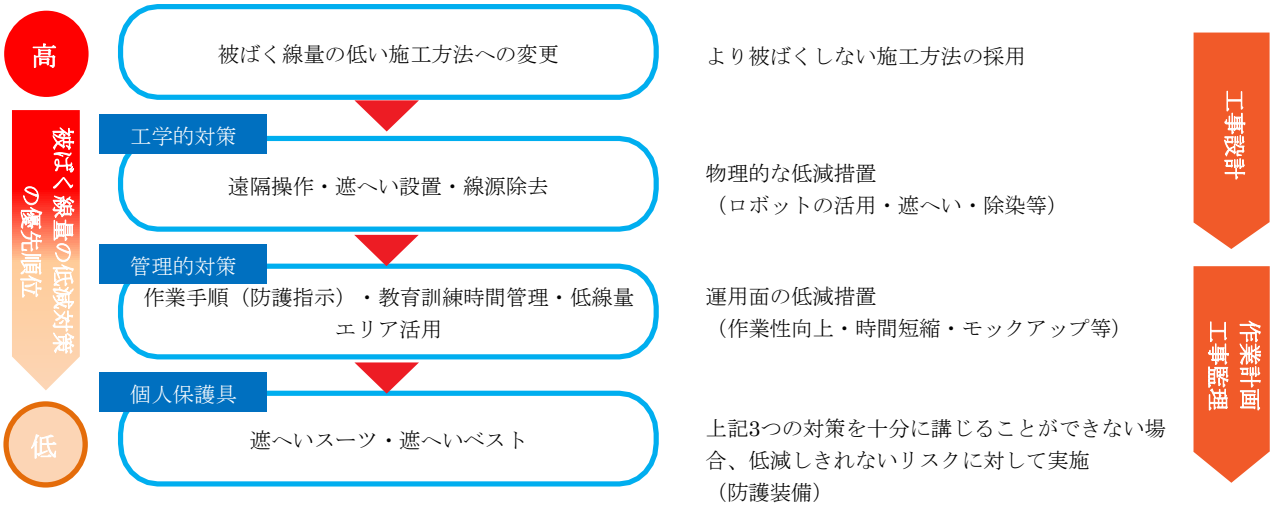
確認線量　　：個人線量上限値を超過しないために、きめ細やかな線量管理※を開始する値。
個人線量目標値：上限値を超過しないために、所内（発電所毎）で設ける目標値。
個人線量上限値：線量限度を超過しないために定めた、社内上限値。
線量限度　　：法令で定められている限度値

※東京電力では、放射線業務従事者の実効線量および眼の水晶体の等価線量が、確認線量（12mSv/年）を超えて実施しなければならない作業を立案した場合（超えるおそれがある場合、超えたことが確認された場合を含む）、年度末までの計画値・月毎の計画値・管理方針及び作業計画等を記載した「線量管理計画書」を作成し、個人線量上限値を超過しないよう管理しています。

出典：「福島第一原子力発電所の被ばく線量管理について」2013年12月3日東京電力ホールディングス（株） 資料

7.
被ばく低減対策の概要

放射線被ばくを合理的に達成しうる限り低減するために、被ばく低減の対策は、以下のような優先順位で実施します。



出典：東京電力ホールディングス（株） 資料

（1）被ばく線量の低い施工方法への変更

東京電力は平成27年9月2日付けの「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」の中で、被ばく低減全般における課題として以下の２項目を挙げています。抜本的な被ばく低減を実現する工法の開発検討が特に重要です。

【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等で狭隘（きょうあい）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いるため、線源の除去や遮へいを人手で実施する等、慎重な対策を講じていますが、被ばく低減の対策自体にも被ばくが伴うことから、抜本的な被ばく低減対策（遠隔・時間短縮）の開発・採用が望まれます。

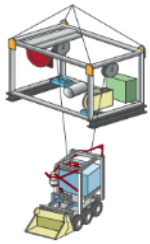
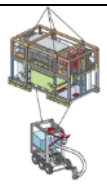
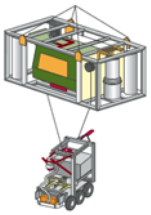
○高度な技術・知見を有する技術者に特化した被ばく低減対策

廃炉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（12mSv／年）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）を検討します。

（２）工学的な被ばく低減対策

遠隔操作・遮へい設置・線源除去

３号機原子炉建屋のガレキ等線源撤去に用いられた遠隔操作装置

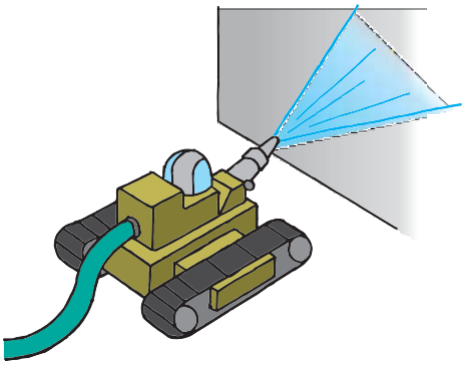
ガレキ集積装置	小ガレキ吸引装置	切削・吸引装置	高圧水切削・吸引装置	ガレキ回収
	 バキューム  新規追加装置	 ドーザー		 
小ガレキの集積作業	小ガレキや粉じん等の吸引除去作業	コンクリート表層の切削・吸引除去作業	高水圧による床表面の切削除去金属部の洗浄	ガレキの回収や切断作業

※吸引装置の排気はフィルタで除じんしてダストの飛散抑制を行っている。
※必要に応じて、上記装置の改造及び新規装置の導入を行う。

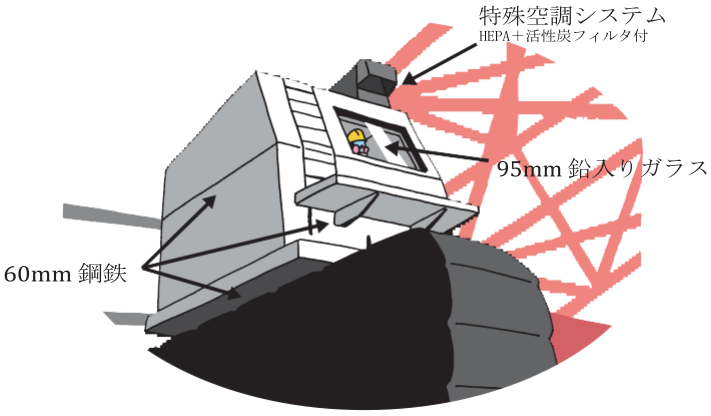
1、２号機排気筒前に設置された遮へい壁



出典：東京電力ホールディングス（株）ホームページ



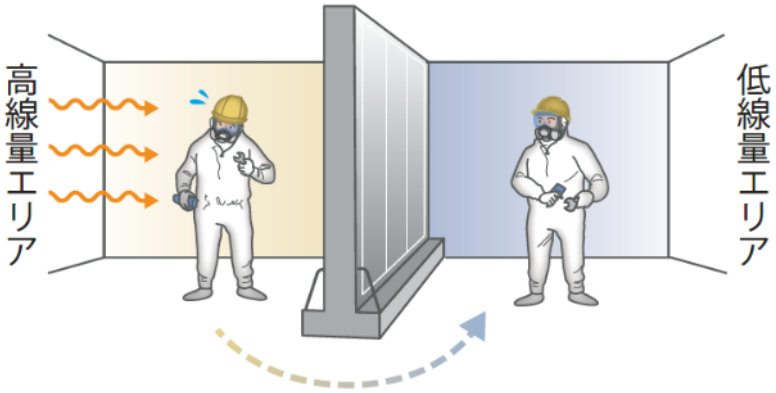
遠隔操作による除染



タワークレーンキャビンを遮へい体で囲った例



除染による線源除去



作業場所の変更

（３）管理的な被ばく低減対策

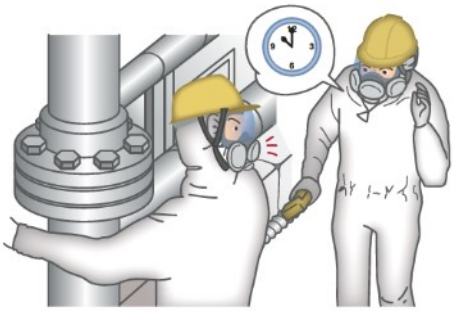
運用面の低減措置（作業性向上・時間短縮・モックアップ等）



新たに設置する機器等のプレハブ化



低線量エリアへの移動による作業



作業手順の合理化と作業時間管理



モックアップ訓練

（４）個人保護具による被ばく低減対策

防護装備

ガンマ線遮へい用の防護衣 例



放射線防護ベスト 12～13kg



放射線防護衣

（出典）
左：ラディベスト TYPE-A カンテック（株）
右：RAD×GEAR （株）日本遮蔽技研

ベータ線遮へい用の防護衣 例



ベータ線用放射線遮へい服 7kg
（出典）RSMウェアβ38 メタル
山本化学工業（株）

8.

ヒューマンエラー

はじめに

作業現場において指揮者として被ばく低減に取り組むためには、放射線に対する基礎的な知識を得ることと同様に、実際に作業を行う「人」が犯す可能性があるヒューマンエラーに関する知識を持つことも重要です。一般的な理解では、ヒューマンエラーは人がうっかりしていたり、たるんでいたり、十分な訓練を受けていないために発生すると考えている人が多いのですが、そのような表層的な理解では、ヒューマンエラーをなくすための十分な対策を講じることはできません。ヒューマンエラーはエラーを犯しやすい環境に置かれた人が結果として発生させるものであるという考え方を基本にして、エラーを誘発する環境を正していくという意識を持つ必要があります。本テキストでは最初にヒューマンエラーの根源にある人の考えかたについて概観し、次に個人のエラーについて述べ、続いて集団においてヒューマンエラーが発生する心理的メカニズムを示します。最後に、ヒューマンエラーを減らしていくための新しい視点（Safety-II）ついて述べ、組織においてヒューマンエラー低減に向けた方策を示します。

（1）エラーの発生と予防

実際に作業している現場において、作業員が怪我してしまった、放射性物質の漏えいが発生してしまった、といったエラーが発生してしまうことがあります。エラーが発生したときの一般的な対応は次のとおりです。

一次対応と二次対応

怪我人を病院へ搬送する、作業員へ避難誘導を行う等、現場において直接的な被害を軽減するための一次対応を行います。一次対応が完了したあと、エラーの原因を考察し、同様のエラーが発生しないように対策する二次対応を行います。

情報共有と水平展開

エラー発生を把握したら一次対応と同時に上長への情報共有を行います。場合により、上長からの指示を受けることがあります。また、二次対応の一環として似たような場所での同種エラーを予防するため、組織内や発注者に対し水平展開を行います。

エラーが発生したあとの再発防止、もしくはエラーが発生する前の予防を行うにあたり、原因がヒューマンエラーであるものについて次の項から学んでいきます。

（2）ヒューマンエラーとは

記憶している知識から論理的に正しい結論を導き出す思考の働きを推論と呼びます。人がエラーを行うメカニズムを考えるためには、人がどのように考えて判断し、行動しているかを最初に理解する必要があります。人が行っている推論には**演繹的推論**と**帰納的推論**の2種類があります。

演繹的推論

正しいと考えられる前提から論理的に合理的結論を導くのが演繹的推論です。例えば、知識として「赤信号では止まる」というルールを知っていたなら、事実として「信号が赤」という情報が得られれば、「止まる」という結論が導き出されます。



✓当てはめるルール（知識）：「赤信号では止まる」

✓当てはまる事実：「信号は赤」

→結論：「止まる」

これは非常に簡単な例ですが、この例でも「知識の誤り」「事実の認識の誤り」「行動の誤り」等の、エラーの可能性を考えることができます。更に、演繹的推論には下記のような限定合理性（知識、事実の認識の範囲は有限であり、人はその範囲の中で合理的な判断をするということ）による難しさがあります。

・人には現実的なさまざまな制約がある
・現実問題の解決に必要な情報をすべて収集することはできない
・情報をすべて有効に使うことも困難
・問題解決の際に考慮すべき事項には限りがない

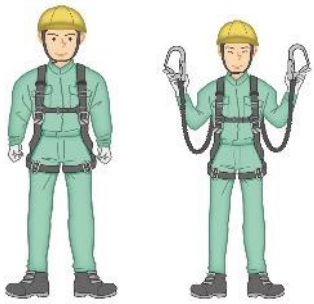
例えば、現場での手順・ルールや確認する必要がある事実の数が増加する等です。トラブルが発生したときに、その再発を防ぐために新しい手順やルールを追加するということは一般的に行われていることですが、その実効性が必ずしも高くない場合があるのは、上記のような人の処理の有限性を考慮していないからだと考えることができます。このような人の情報処理の有限性を前提にして、ヒューマンエラーを減らすために次のような対策が有効となります。

▹チェックリストの効率的な利用
▹ルールの意味と重要性の理解
▹複数の視点での判断

帰納的推論

もう一つの推論の形態が「帰納的推論」です。帰納的推論とは、複数の事実や事例から一般論となり得る結論を導きます。例えば、以下のような考えで結論を導くのが帰納的推論です。

✓部門Aでとった安全対策は効果が高かった（事実）
✓部門Bでも同じ対策の高い効果が認められた（事実）
✓結論：この対策は安全性向上の効果が高い



帰納的推論は「演繹的推論」と比べて結論の信頼性は必ずしも保証されませんが、一般的に得られる結論の有効性は高いと考えることができます。しかしながら、帰納的推論にも下記のような難しさがあります。

・仮説を支持する証拠を集める傾向がある
・目立つ事例や思い出しやすい事例が推論の基とされやすい
・限定された自分の経験に基づいて判断してしまう

特に、安全だと思い込んでしまうことで安全であることを示唆する情報に着目しやすくなり、それに反する情報を無意識に軽視してしまう傾向が生じる「確証バイアス」や、少しずつ不安全な行動を行っても大丈夫だという経験を繰り返すことにより、不安全な行動が常態化してしまう「逸脱の常態化」につながっていきます。このような帰納的推論に基づく判断の偏りを防ぐためには、判断の根拠となっている「事実」が、バイアスや自らの経験の影響下にないか、十分に注意する必要があります。

ヒューマンエラーの分類

次に、ヒューマンエラーを発生した「形態」に着目して分類し、そのエラーを防ぐメカニズムを考えます。ここでは以下に示す三つに大きく分類します。

＜ミステイク＞

✓計画段階での「誤った判断や、勘違い、思い込み」によるエラー

例：医師の診断ミス　/ プラントにおける異常診断のミス

＜スリップ＞

✓実行段階での「注意の減衰･混乱」に関わるエラー

例：開けるべきバルブを間違える / 開けるべきバルブを閉じてしまう

＜ラプス＞

✓実行段階での「記憶」に関わるエラー

例：実行すべき操作を忘れる / 薬の投与を忘れる

ヒューマンエラーが発生した場合、それが上記のどのタイプのエラーなのかを考えて、それぞれエラーの形態に応じた対策を講じる必要があります。

ヒューマンエラーをなくすためには

ヒューマンエラーをなくすことができる簡単で効果的な方法は存在しません。それでも以下のような方針で取り組むことで、ヒューマンエラーの発生（リスク）を低減させることは十分に可能です。

①やめる

▹不必要な作業をできるだけ「やめる」、危険そのものを出来るだけ「なくす」

▹作業をしなければエラーは起こらない、危険がなければ損害はでない

▹最も確実にエラーや損害を減らすことが可能

例：右折時の事故の回数を減らしたい→出来るだけ右折をしないルートを使う

②できないようにする

▹ある決められたことしかできないように物理的な制約をかける

▹周囲の環境要因によって水際でエラーを防ぐ

▹人の特性に依存しない

例：マニュアル車で走行中のギアチェンジでバックギアに入る事故をなくしたい

→シフトレバーのノブを引き上げないとバックギアにはいらないようにした

③わかりやすくする

▹人の情報処理にかかる負担を軽くする

▹人の情報処理への外部からの要因による変動を防ぐ

▹適切な情報処理が行われる

例：緊急時や限られたスペースに密集している文は読みにくくエラーを招く可能性

→絵文字（ピクトグラム）を活用してわかりやすくする

④やりやすくする

▹なるべく楽に作業できるようにする

▹疲労を軽減したり注意力が散漫になるのを防ぐ

▹的確な作業が出来るようにする（動作過程の身体的な負担を軽減）

例：作業場の大きな騒音により聞き間違いというエラーが起こりやすい

→ボックスにより騒音を遮断

⑤知覚させる

▹人に注意書きなどを知覚させる

▹身体状態を維持管理する、自己の認知能力の把握が必要不可欠

例：高速道路で緩い勾配というのは知覚しにくく速度の低下による渋滞を誘発

→看板により、勾配の変化を知覚させる

⑥認知・予測させる

▹ヒューマンファクター工学に基づきエラーの起きやすいパターンを理解する

▹危険に対する感受性を養う、作業に潜む危険性を指摘しあう

▹知識の蓄積により、適切に危険を認知し、予測する

例：危険に遭遇すると人は適切に行動できないことが多い

→訓練によって危険予知能力を養う

まとめ

本節では人が犯すヒューマンエラーを個人の観点から整理しました。本節で述べた内容のまとめを以下に示す。

・ヒューマンエラーをなくす簡単で効果的な方法は存在しない
・エラーの発生のメカニズムを理解して、複数の対処の方策を考える
・複数の人の視点でエラー発生を防止する姿勢を持つ
・ヒューマンエラーが発生したら、その人を責めるよりもその背景にある要因を明らかにする

（3）集団におけるヒューマンエラー

前節では、人が犯すヒューマンエラーを個人の観点から整理し述べましたが、実際の作業現場では複数の人により構成される集団（チーム）により作業が実施される場合が多いため、ヒューマンエラーの背後にある人（集団）の持つ特徴を理解することが重要になり、それぞれの特徴を理解して対策を立てることが重要になります。

ヒューマンエラーに関係する人の集団行動における特徴として、下記の６つが挙げられます。

1.上司には逆らえない？	権威勾配
2.みんなが言うならそれでいいや	同調行動
3.自分だけじゃないからいいや	社会的手抜き
4.優秀な人が集まると間違う？	集団浅慮
5.集団のほうが大きなリスクをとる？	リスキーシフト

以下では、それぞれの集団行動における特徴について述べ、その特徴に関連するヒューマンエラーの可能性と対策について述べます。

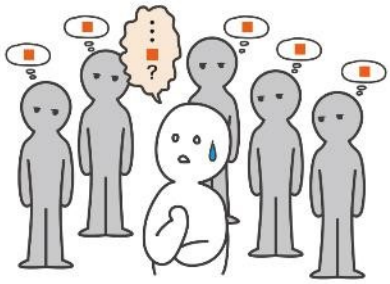
権威勾配

チームで行動する時、効率よく仕事を進める上ではリーダー（上司）を置くことが一般的ですが、この時リーダーと他のメンバーとの間の力関係を「権威勾配」と呼びます。権威勾配が緩すぎるとチームの統率が取れなくなり、またきつすぎると一方的な命令ばかりになってしまい、他のメンバーから重要な指摘も意見も出せなくなってしまいます。特に権威勾配が強すぎると、権威を持っている人（上級職者）からの指示、命令に対しては反論することができず、自分の意思に反してそれに服従してしまうことがあり、結果として組織として不適切な意志決定を行ってしまう可能性があります。このような強すぎる権威勾配による問題を防ぐには、上司や同僚が間違っていると感じたときに、それを指摘できる雰囲気（環境）を醸成することが重要です。このような上司に対してもためらいなく指摘できる状態を「心理的安全性が高い」状況と呼びます。適切なリーダーシップの元で心理的安全性が高い環境を作って行くことが、権威勾配による問題の発生を防ぐには重要です。



同調行動

同調行動とは周囲の人たちが自分と異なる意見であり、例えそれが間違っていると感じていても、その周りの意見に自分も同調してしまうことを意味します。ある程度の同調行動は人間関係を形成する上で必要ですが、多数派が間違っているときにそれを正す機会が失われるという点で、エラーの発生に繋がる可能性があります。同調せずに自分の主張をするためには, 前述の心理的安全性が保たれていることが必要条件となります。



社会的手抜き

社会的手抜きとは多人数のチームで作業をしているときに、自分一人くらい手を抜いても大丈夫と考えてしまう人の傾向を表しています。この傾向はどんな人にも存在するものと認識することが重要で、特に意識の低い「たるんでいる」人だけがこういう傾向を持っているというわけではありません。この傾向は多人数の集団だけではなく、ダブルチェックのような二人で作業する場合にも考慮する必要があります。チェック漏れ等のエラーが発生した場合、その対策としてダブルチェックがよく行われていますが、人が持つこの社会的手抜きの傾向を考えれば、ダブルチェックはあまり効率的な対策とは言えません。例えば確認作業における1人のエラー確率が0.1の場合、シングルチェックの時のエラー確率は0.1ですが、ダブルチェックの時の最終的なエラー確率は理論的には0.1×0.1=0.001になるはずです。しかしながら、実際にはこの社会的な手抜きの傾向のために、これほどエラー率は下がりません。繰り返しますが、このような傾向は「たるんだ人」のみに生じるわけではなく、誰にでも観察される傾向だという点が重要です。チェック漏れ等のエラーに対しては、単なるダブルチェックだけを対策とするのではなく、異なる視点でのチェックを導入する等、他の方策も合わせて考える必要があります。



集団浅慮



集団浅慮（グループ・シンク）とは、集団で合意形成をすることによって、かえって不合理な結論や行動を引き出してしまう傾向のことを示しています。一般的には「三人寄れば文殊の知恵」ということわざがありますが、これと反対に集団で結論を出すと好ましくない判断をしてしまう可能性のあることを意味しています。この集団浅慮がもたらす可能性のある問題としては、第一に集団としての能力に過度の自信を持つようになり、根拠のない楽観主義に陥るという点があります。更に多数派と違う意見を言いにくくなったり、都合のよい情報以外はシャットアウトしたりする傾向があるため、組織としての自浄能力もなくなる可能性もあり、結果として心理的安全性が損なわれることになります。集団浅慮に対して決定的な対策はありませんが、このような傾向があることを自覚することが重要で、更には集団を固定せず、他の集団との交流を図り、複数の集団で意志決定し比較することが有効な手段となり得ます。

リスキーシフト

リスキーシフトとは 集団で議論する際に、よりリスクの高い方向へ思考が動いていく心理状態のことを指し、典型的例は、「赤信号、みんなで渡れば怖くない」という集団の心理状態を意味します。このリスキーシフトが生じる背景には以下のような人の心理的動きがあります。

・集団では多数派の意見が目立ちやすいことにより、無意識にその意見を補完し合う心理状態が作られるため
・多数派の意見に強く同調することで、「仲間として好ましい人物」と認識されたい心理が働くため
・集団においては「極端な意見を言っても責任が分散される」という意識が働くため
・集団において、より過激な意見を出す人物が注目されやすい傾向にあるため
・集団の中に、他者が「NO」と言えないほど影響力の大きい人物が存在するため

このリスキーシフトを回避する決定的な方法はありませんが、少なくとも集団においてはこのような傾向が存在するということをメンバーで共有し、「この判断はリスキーシフトの影響を受けていないか？」という意識を集団内で常に持ち続けることが重要です。

まとめ

本節では集団としての人が有する特徴を関連するエラーの観点から整理しました。本節で述べた内容のまとめを以下に示します。

・人は集団になると１人の場合とは異なった判断や行動をする
・安全のために集団の心理特性をしっかりと把握する必要

（4）ヒューマンエラーに対する新しい視点

帰納的推論で述べた内容は、ヒューマンエラーとその防止に関する従来型の考え方（Safety- Ⅰ）に対応しています。従来型の安全に対する考え方は現場におけるヒューマンエラー低減に一定の役割を果たしてきましたが、ある程度安全性が高まってくると、そこから更に安全性を高めるために従来型のやり方を更に強く押し進めていっても、エラー低減に寄与しないどころか、逆に好ましくない状況が発生する可能性があります。本節では、従来型のSafety-Iのやり方を更に強く押し進めることの問題点と、新しい安全に対する考えた方Safety-IIの意味するところとその適用例について述べます。

ヒューマンエラーの従来の考え方（Safety-Ⅰ）

従来型の考え方（Safety-Ⅰ）ではトラブルの原因を明らかにしてそれを改善するということが基本になります。このような従来型の考え方は、トラブルの原因が比較的明確に定義できる場合は有効であり、結果としてトラブルは確実に減少してきました。しかし、原子力、医療、航空、鉄道のような、要求される安全性のレベルが極めて高い産業領域においては、Safety-Ⅰ型の安全性向上策を更に推し進めても、安全性を更に向上させることは難しいということが認識されるようになってきました。本節では、Safety-Ⅰに基づく安全の考えを整理し、現状でそれがなぜ機能しにくくなってきたかを考えていきます。

従来型の安全においては、ヒューマンエラーに関してその根底に次のような信念があります。

・複雑なシステムでも人が間違ったことをしない限り安全なはず
・ヒューマンエラーが事故を引き起こす
・事故の主な原因は人の「やらかし」
・故障や機能不全は不測の事態であり，システム自体の問題ではない
・システムが動かなくなるのは，人が生まれつき持つ頼りなさがシステムに持ち込まれるから



このような考え方をとると、安全を確保するために次のような考え方が導かれます。

・トラブルの主原因はヒューマンエラーであり人を正しく制御することが重要
・安全規則，手順書や管理規定は，人の突飛な行動要素を制御できる
・この制御は「行わなければならないことをしない」不確実で予測不可能な人により効果が弱められる
→ 安全に取り組まないのは個々人の問題，やる気の問題
・入念に構成された基本的に安全なシステムは，突飛な人により穴があけられる
→ こうした人々の挙動からシステムを守ることが必要



つまり、安全を更に向上させるためには、「ヒューマンエラーが事故の原因であり，本来安全なシステムへの脅威としてまだ残っているのが人だ」という考えが根底にあります。このようなヒューマンエラーの捉え方から導かれるのは以下のような安全向上策となります。

a.手順を厳しくする

トラブルが発生すると、再発を防止するために手順を厳しくし、ルールやチェックリストを追加するという方策がよく用いられています。しかし、ここで考慮する必要があるのは手順と実務の間にはミスマッチが常に存在しているという点で、当然のことながら規則の量が増え，厳しくなるとミスマッチも増大するということを認識する必要があります。経験豊富な人はこのようなミスマッチを上手に調整して実務を行っている場合が多いのですが、手順を厳しくするとその調整に手間かがかかるようになってしまい、安全性の向上には直接は繋がらない場合があります。

b. 人の行為を監視する技術や，行為そのものを機械に置き換える技術を導入する



ヒューマンエラーが発生した場合、それを人の監視や機械での置き換えで防止しようという方策もとられる場合が多いですが、技術が潜在的なエラーを取り除くことはなく，単にエラーの起こる場所や形態が変わるだけであることを認識する必要があります。更に、その置き換えた機械を設計・管理・運用するのも人ですから、関連するヒューマンエラーの形態が変わるだけと考えるべきでしょう。

c. 問題の原因を取り除く

従来型のトラブル防止対策では、根本原因分析（Root Cause Analysis:RCA）を行い、その根本原因を取り除くという方策がとられます。しかし、このような幅広な原因と称するものを取り出してそれを無くそうとすることは、ほとんどの場合上手くいっている他の作業にも余分が負担を与えることになり、エラーを起こした人だけでなく他の作業者にもプレッシャーを与えるだけという結果になる可能性があります。そして、その結果として厄介事を隠すようになり作業の実態を知ることが難しくなってしまうという副作用の可能性も否定できません。

以上述べてきたように、ヒューマンエラーに対して従来の考え方に基づく安全向上策を更に強めるという方向性は、安全性の更なる向上にむけての実効性に欠ける可能性があります。

ヒューマンエラーに対する新しい考え方（Safety-Ⅱ）

ルールや手順を遵守することは安全確保の基本であることは言うまでもないですが、ルールを遵守することだけで安全が維持されているわけではないという点を認識する必要があります。現場の作業においては、常に変化する状況に対応する必要があるために、単純に手順に従い想定される作業を行ったからといって仕事が上手くいく訳ではありません。現場では様々な想定されない事象が発生し、それに対して人が適切に対処し調整を行うから作業が適切に流れていくのではないでしょうか。このような考え方に基づけば、失敗が起きたときに失敗だけを説明する特定の原因を見つけるよりは、通常はなぜうまくいっているのかを最初に理解すべきということが重要になります。

このような現実的な作業現場での状況を考える場合、現場では相反する要求がある状況の中での作業が要求される場面もあることを認める必要があり、ルールや手順に単純に従うことだけでは対処することが困難な状況に対して「調整」が必要になります。このような調整は日常的に行われており、この調整が存在することで日々の作業が安全で効率的に行われています。ところがこの「調整」がリソース（時間、人的資源、物資、情報等）の不足により完全に行われない場合に、それが時々不具合を発生させる原因にもなるのです。



このような考え方に基づくSafety-IIでは、現場における作業が上手くいっている理由であるこの「調整」に目を向けて、その成功例を共有することで、「失敗を減らす」ことよりも、「上手くいくことを増やす」ことに目を向けます。しかし、このような現場において作業を円滑にかつ安全に行う上で熟練者が行っている「調整」は、明示的に示すことは困難な場合が多いのです。多くの場合、熟練者は当たり前のこととしてそのような調整を行っているからです。

それはどのように成功例を共有すれば良いでしょうか？ここでは建設業界での取り組みを紹介します。建設業界ではヒヤリハットを成功事例として捉えるということを通じてSafety-IIの考え方を広めようとしています。従来のヒヤリハットの捉え方は災害に至る前で留まった事例であり、ヒヤリハット・事故そのものをなくすために収集し共有していました。このような考え方に基づけばヒヤリハットは失敗事例であり、方向する側も積極的に報告することにためらいがなかったとは言えません。建設業界ではSafety-IIの考え方にもとづいて、ヒヤリハットを事故に至る前に回避できた成功事例として捉えることにしたのです。そしてヒヤリハットが重大事象に至らなかった原因を分析し、事故を回避することができた能力と、その能力を高めるための日頃の活動を明らかにして、その情報の共有を測っています。このようにヒヤリハットを成功事例として捉えることで、より多くの事例を収集することができるようになり、従来の失敗をなくすという捉え方から視点を変えて、成功を増やすというよりポジティブな取り組みとなっています。これによりヒヤリハットの報告数も増え、安全性の向上のための取り組みに対する関心も高まったと報告されています。

まとめ

本節ではヒューマンエラーの新しい考え方であるSafety-IIについて述べました。ヒューマンエラーの従来の考え方（Safety-I）、トラブルの原因を明らかにしてそれを改善するという取り組みは今後も安全の基本として続けることが必要です。これに加えて成功した取り組みをより広く共有するというヒューマンエラーに対する新しい考え方（Safety-II）を導入することで、安全に対する取り組みの新しい視点が生まれ、更なる安全性の向上が期待されます。

9.

まとめ

東京電力福島第一原子力発電所における廃炉作業等を着実に進めるためには、作業に従事する労働者の安全と健康の確保が必要となります。このためには、合理的に達成可能な被ばく低減対策を立案し確実に実施することが重要です。作業指揮者は、放射線に関する知識、作業環境の放射線状況を事前に十分に把握し被ばく低減のための作業方法を検討し、作業者に必要なスキルや資格及び教育を実施するとともに、作業者の被ばく管理方法、防護具の選定、作業手順、作業管理、一般安全、異常時の対応方法等を確実にし、予め定める作業計画書に反映させる等、計画作成に積極的に参画することが最も重要です。

以下、本テキストの内容をまとめます。

1. 放射線に関する基礎知識

   放射線の単位や性質、被ばく防護の原則に基づき、作業環境を適切な放射線測定器を用いて測定します。
2. 発電所内の高線量箇所における措置、遮へい設備に関する知識

   遮へいに関する設備は、主に鉛、タングステン、コンクリート等が用いられ、それぞれの特徴や遮へい効果を検討し使用します。遮へい方法として、「線源部を遮へいする方法」、「低線量待機場所を確保する方法」、「作業防護用の遮へい体を設ける方法」、「ベータ線源部分を遮へいする方法」を記載しました。これらの方法を活用して、作業者の被ばくを低減することが重要です。
3. 休憩所、非常時の避難経路に関する知識

   作業者の健康を保つために，汚染防止対策を施した休憩所の設置が必要です。

   非常時の退避経路等については、大前提の「地震・津波は高台へ避難」「竜巻発生時は、堅固な建物へ避難」を踏まえつつ、災害が発生した場合は作業を中断し、現場にて共同作業者が全員無事であることを確認し、二次災害の防止に努めます。その上で、退避情報及び防護措置等の情報を得る事が重要です。
4. 作業時間の短縮、遮へい用防護衣の着用等

   作業時間短縮には、事前教育・モックアップや、適切な人員配置等の事前の準備が重要です。遮へい用防護衣は、放射線の種類によって種類と効果が異なります。
5. 作業中の被ばく線量の把握、作業時間の管理の方法

   電子式個人線量計（APD）を使って被ばく線量把握を行うため、適切な設定を行い、線量を把握することが重要です。１日の個人最大線量が計画線量を超えるおそれのある作業では、あらかじめ作業時間を設定することが重要です。
6. 計画線量及び警報設定値の決定の方法、及びその遵守の方法

   計画線量の決定は、作業場所の線量当量率、作業内容、作業時間、作業者の被ばく線量歴等を加味して設定します。遵守の方法は、APDでの警報値の設定等で行います。
7. 被ばく低減対策の概要

   放射線被ばくを合理的に達成しうる限り低くするために以下のような優先順位で被ばく低減対策を実施することが重要です。

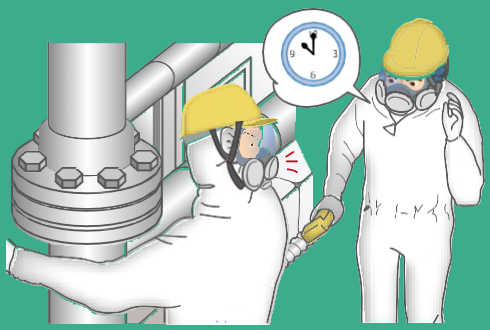
   ・工事設計段階での被ばく線量の低い施工方法の採用
   ・工学的対策（遠隔操作・遮へい設置・線源除去）
   ・管理的対策（作業手順（防護指示）・教育訓練時間管理・低線量エリア活用）
   ・個人保護具（遮へいスーツ・遮へいベスト等防護装備）
8. ヒューマンエラー

   ヒューマンエラーの種類、形態を理解し、エラーを犯す環境を正すことが重要です。集団に関してはヒューマンエラーの背後にある人（集団）の持つ特徴を理解することが重要で、それぞれの特徴を理解して対策を立てることが必要です。更に安全性を高めるためには新しい安全の考え方Safety-IIについて検討しましょう。

本テキストは、被ばく低減対策の最小限の知識と考え方をまとめたものです。本テキストで習得した知識を作業現場での作業員の指揮等に活用してください。

本テキストにおける用語の定義

用語	定義
放射線源	環境の放射線レベルを上昇させる原因となっている放射線の発生源のこと。発電所の場合、放射性物質が多く付着、滞留している場所が線源となっている。
線量当量	放射線の生物学的効果を共通の尺度で表す量。同じ吸収線量でも放射線の種類により生物体への影響が異なるために，放射線ごとに定められた線質係数を吸収線量等に乗じて表わした被ばく線量のこと。
線量当量率	放射線被ばくによる人体への影響を単位時間ごとに示したもの。時間ごとの「線量当量」の値。
フェーシング	地面の表面をモルタルやコンクリートで舗装すること。周辺の空間放射線量を低減できるほか、雨水が地下に染み込むのを防ぐ効果がある。
HEPAフィルタ	JIS Z 8122 によって、「定格風量で粒径が0.3 μmの粒子に対して99.97%以上の粒子捕集率をもち、かつ初期圧力損失が 245Pa 以下の性能を持つエアフィルタ」と規定されている。
不均等被ばく	体幹部不均等被ばくとは、体幹部の 3 つの部位（手足を除いた部位を指し、それを頭頸部、胸部、腹部の三つ）のうち、基本部位である胸部（女子は腹部）よりも多くの放射線を受けると思われる部位が他にある場合を言う。体幹部上で防護衣による被覆部分と露出部分における線量値が明らかに異なる場合等が当てはまる。
モックアップ訓練	実物とほぼ同様に似せて作られた（または、類似の施設で） 設備や機器を用いて、実際の作業を想定して練習、訓練すること。
APD	警報機能付き個人線量計「Alarm Pocket Dosimeter」の略。警報を発生する機能を備えた個人線量計。
離隔距離	主に安全性の観点から設定される、複数の対象の間に置かれるべき一定の距離。
プレハブ化	設置物の一部又は全ての部材をあらかじめ工場等で製作し、現場での組み立てが容易になるようにすること。
ガイドライン	東京電力福島第一原子力発電所における安全衛生管理対策のためのガイドライン（制定：平成27年8月26日付け基発0826第1号、最終改正：令和7年5月20日付け　基発0520第8号）のこと。
集団線量	集団をつくる放射線業務従事者一人一人が受けた放射線量を、その集団全体について合計したもの。



作業指揮者等用テキスト

令和8年11月第11版発行
「東電福島第一原発廃炉等作業における被ばく低減対策普及啓発事業」
受託者　テクノヒル株式会社