

医療機関の 原子力災害対策

原子力災害医療 専門研修
中核人材-1

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201912

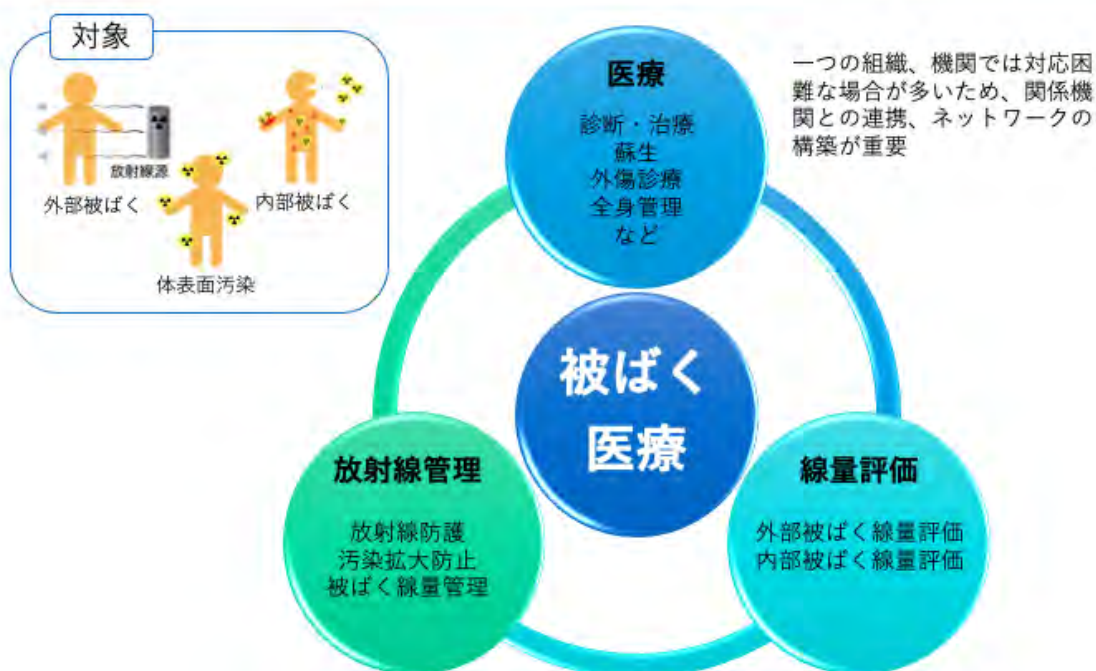
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- 被ばく医療
- 原子力災害と被ばく医療
- 災害医療と原子力災害
- 原子力災害拠点病院
- 原子力災害医療協力機関
- 被ばく医療の診療の準備
- 汚染傷病者の診療エリア
- 記録用紙
- 防護装備
- 除染室、除染テント
- 処置室の養生
- 病室の養生
- 医療機材の養生
- 除染用紙機材
- 放射線測定器
- 体外計測機器
- 試料採取用資材
- 教育、研修、訓練

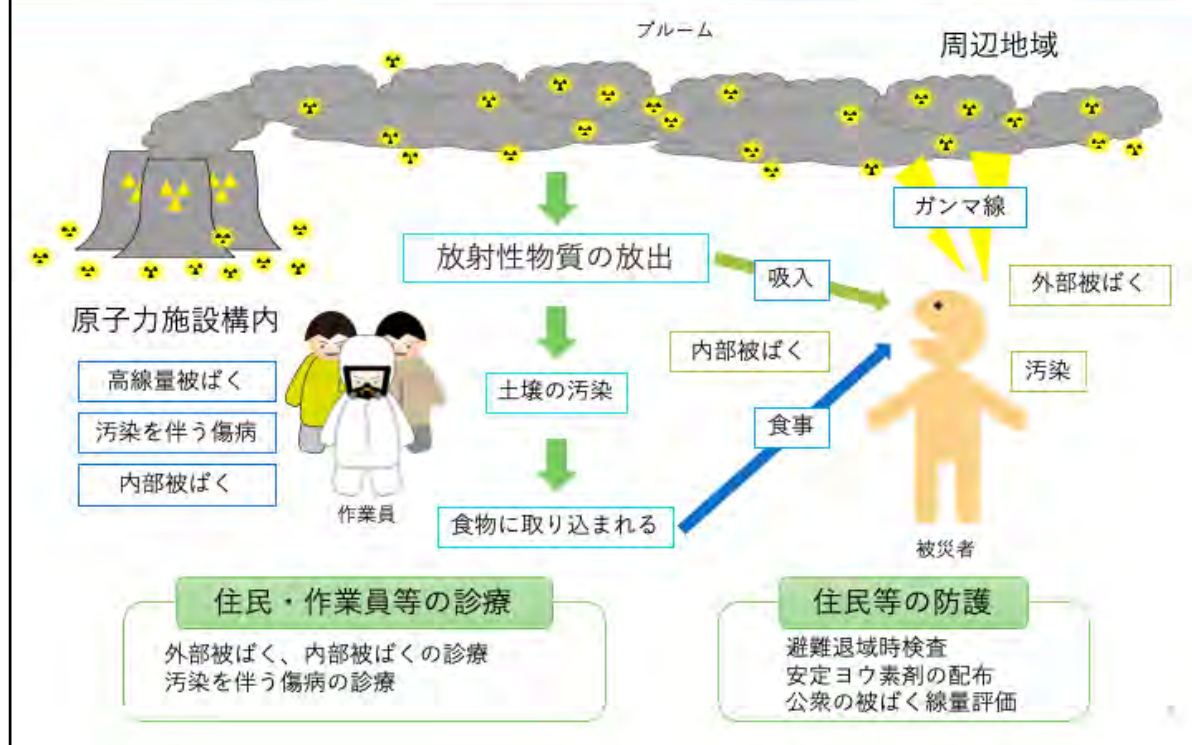
被ばく医療



被ばく医療の対象は、原子力施設あるいは原子力災害等で、外部被ばく、内部被ばくをした人と体表面汚染を合併した傷病者となります。

被ばく医療は、医療としての放射線障害の診断と治療、蘇生や外傷診療、全身管理と同時に被ばく線量評価と放射線管理を行う必要があります。被ばく線量評価は専門的な対応が必要なため、一つの組織や機関では対応困難なことがあります。そのため、平時に関係機関との連携やネットワークを構築して、事故や災害が発生した場合に備えておきます。また、医療機関は、原子力災害時に被ばく医療を円滑に提供できるように備えておくことが重要です。

原子力災害と被ばく医療



原子力災害時における医療対応には、通常の救急医療、災害医療に加えて被ばく医療の考え方が必要となります。すなわち、被ばく線量、被ばくの影響が及ぶ範囲、汚染の可能性等を考慮して、被災者等に必要な医療を迅速、的確に提供する事です。これは、住民や作業員等の被ばくや汚染を伴う傷病の診療と、住民等の防護措置に分けられます。

原子力災害拠点病院、原子力災害医療協力機関、高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターは、外部被ばく、内部被ばくあるいは汚染を伴う傷病の診療を行います。さらに汚染または被ばくしている人々に対する検査、除染、救護所等における健康管理も実施します。

災害医療と原子力災害

防災基本計画

自然災害

地震災害

津波災害

風水害災害

火山災害

雪害

事故災害

海上災害

航空災害

鉄道災害

道路災害

原子力災害

危険物等災害

大規模な火事災害

林野火災

災害医療

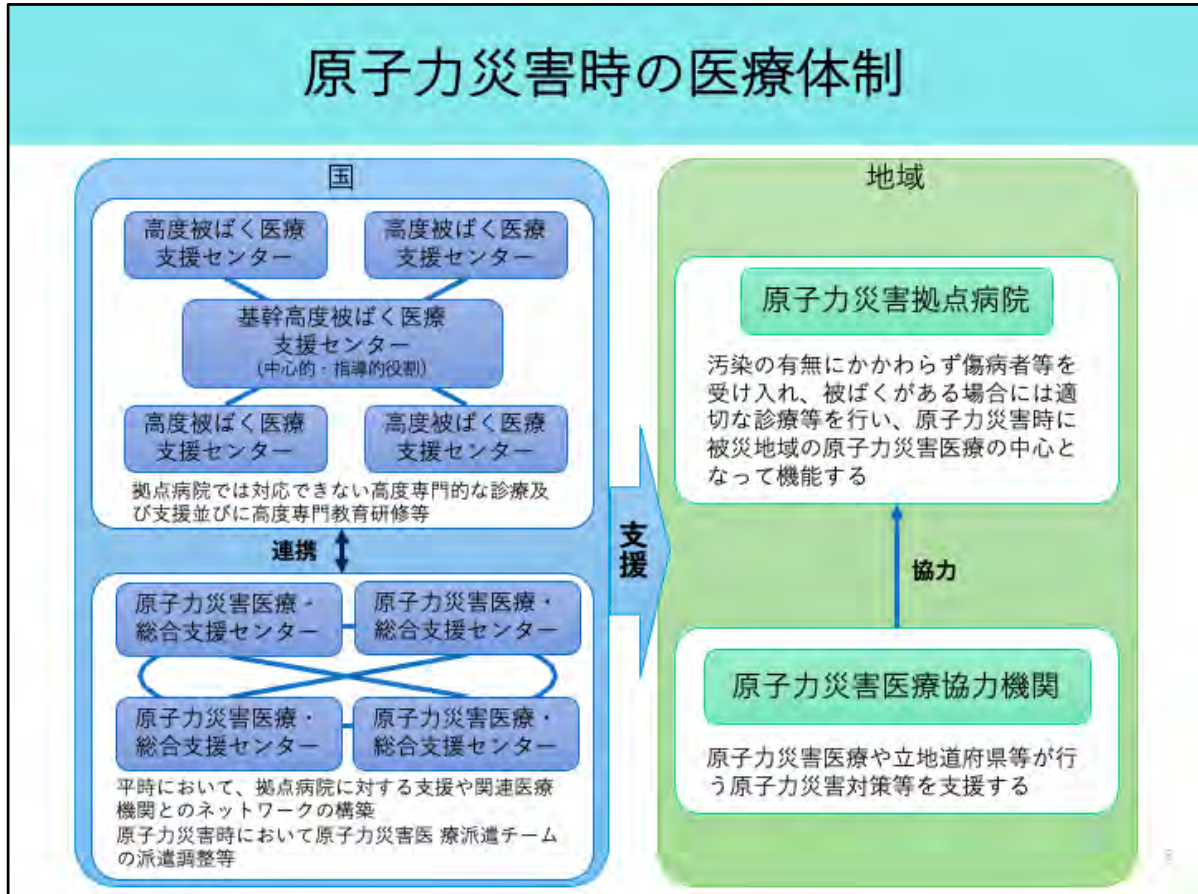
災害（地震、火災、津波、豪雨水害・豪雪、火山噴火、または航空機事故などの大規模な事故）により、対応する側の医療能力を上回るほど多数の医療対象者が発生した際に行われる、災害時の急性期・初期医療

原子力災害時の医療
(被ばく医療)

防災基本計画は、災害対策基本法（第34・35条）に基づき、中央防災会議が作成する基本指針を示す防災計画で、防災分野の最上位計画です。防災に関する総合的かつ長期的な計画、中央防災会議が必要とする防災業務計画および地域防災計画作成基準を示し、防災予防、発生時の対応、復旧等が記されています。行政のみではなく、住民の自治防災についても記述されています。

自然災害と事故災害が記述されており、原子力災害もその一つです。災害医療は、災害（地震、火災、津波、豪雨水害・豪雪、火山噴火、または航空機事故などの大規模な事故）により、対応する側の医療能力を上回るほど多数の医療対象者が発生した際に行われる、災害時の急性期・初期医療です。原子力災害時の医療は、原子力災害発生時に提供される被ばく医療などで、複合災害では、災害医療と同時に提供するため連携あるいは協働が必要になります。

原子力災害時の医療体制



原子力災害時における医療対応には、被ばく線量、被ばくの影響が及ぶ範囲、汚染の可能性等を考慮して、被災者等に必要な医療を迅速、的確に提供することが必要となります。そのためには、各地域の状況を勘案して、各医療機関等が各々の役割を担うことが必要であり、平時から救急・災害医療機関が被ばく医療に対応できる体制と指揮系統を整備・確認しておくことが重要です。

次の体制が整備されています。

- 原子力災害時において、被災地域の原子力災害医療の中心となって機能し、汚染の有無にかかわらず傷病者等を受け入れ、被ばくがある場合には適切な診療等を行う「原子力災害拠点病院」
- 原子力災害医療や立地道府県等が行う原子力災害対策等を支援する「原子力災害医療協力機関」
- 拠点病院では対応できない高度専門的な診療及び支援並びに高度専門教育研修等を行う「高度被ばく医療支援センター」
- 複数の高度被ばく医療支援センターの中心的・先導的な役割を担う「基幹高度被ばく医療支援センター」
- 平時において、拠点病院に対する支援や関連医療機関とのネットワークの構築を行うとともに原子力災害時において原子力災害医療派遣チームの派遣調整等を行う「原子力災害医療・総合支援センター」
- 拠点病院等に所属し、原子力災害が発生した立地道府県等内において救急医療等を行う「原子力災害医療派遣チーム」

原子力災害拠点病院

- ❖ 地域の原子力災害医療の中心
 - ◇ 施設管理者を含め、原子力災害医療に関する専門的な研修を受講した者を配置
- ❖ 放射性物質による汚染や被ばくを伴う傷病者の受入れ、診療
 - ◇ 災害時に多発する重篤な傷病者に対し高度な診療を提供
 - ◇ 被ばく傷病者等に対して、線量測定、除染処置、集中治療等の診療を提供
 - ◇ 救急医療と被ばく医療の両方を連携して提供する
- ❖ 原子力災害医療派遣チーム
 - ◇ 災害医療の知識と技能、被ばく医療に係る専門的知見を有する医師、看護師、診療放射線技師等から構成
 - ◇ 原子力災害時に被災した立地道府県内等の原子力災害拠点病院での救急医療等を実施
- ❖ 平時から教育研修、訓練等で理解を深める
- ❖ 地域連携ネットワークの構築
 - ◇ 立地道府県等、原子力災害医療協力機関、他の原子力災害拠点病院との連携、支援、

原子力災害拠点病院は、災害拠点病院であることを原則として、災害拠点病院に準ずる医療機関であると立地道府県等が認めた施設であり、地域の原子力災害医療の中心としての役割を担い、次の要件を満たすものです。

診療機能としては、汚染の有無にかかわらず重篤な傷病者に対し高度な診療を提供し、被ばく傷病者に対して線量測定、除染処置、集中治療等の診療を提供し、救急医療と被ばく医療の両方を連携して提供できる医療機関です。また、災害医療の知識と技能、被ばく医療にかかる専門的知見を有する医師等から構成される原子力災害医療派遣チームを有しています。

そのため、平時から教育研修、訓練等で原子力災害、被ばく医療に関する理解を含め、立地道府県等、原子力災害医療協力機関や他の原子力災害拠点病院との連携と支援のための地域連携ネットワークを構築します。

原子力災害医療協力機関

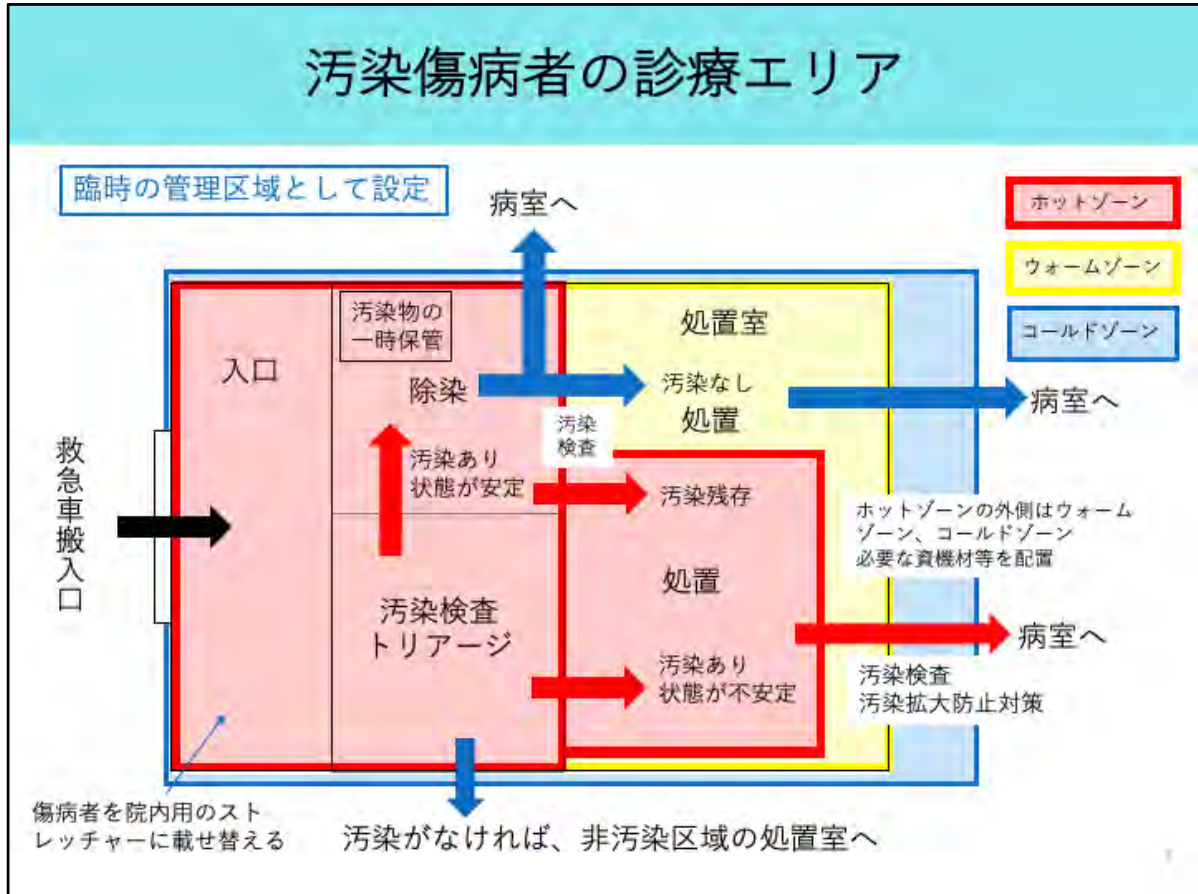
- ❖ 原子力災害時に立地道府県等や原子力災害拠点病院が行う原子力災害対策に協力できる医療機関、職能団体等
- ❖ いずれかの機能を有する
 - ◇ 被ばく傷病者等の初期診療及び救急診療
 - ◇ 放射性物質による汚染の測定
 - ◇ 原子力災害医療派遣チームとその派遣体制
 - ◇ 救護所への医療従事者の派遣
 - ◇ 避難退域時検査を実施できる放射性物質の検査チームの派遣
 - ◇ 安定ヨウ素剤配布の支援
 - ◇ 原子力災害発生時に必要な支援
- ❖ 必要な研修、訓練を実施
- ❖ 原子力災害拠点病院が構築する地域連携ネットワークに積極的に参画

原子力災害医療協力機関は、立地道府県等が指定した原子力災害時に原子力災害対策に協力できる医療機関、職能団体等です。

以下のいずれかの機能を有し、必要な研修や訓練を実施したり、参加します。

- 被ばく傷病者等の初期診療及び救急診療
- 放射性物質による汚染の測定
- 原子力災害医療派遣チームとその派遣体制
- 救護所への医療従事者の派遣
- 避難退域時検査を実施できる放射性物質の検査チームの派遣
- 安定ヨウ素剤配布の支援
- 原子力災害発生時に必要な支援

汚染傷病者の診療エリア



汚染のある傷病者の診療エリアは、汚染拡大防止対策と放射線管理が行えるように、一方通行の導線、汚染のない区域との交差をしない導線となるようなエリアを設定します。救急車からの搬入口が近い場所、救急医療の処置が可能な場所が望ましいです。

診療エリアには、院内用のストレッチャーに載せ替える入り口のスペース、汚染検査やトリアージを行うスペース、除染室（除染テントでも代用可能）、汚染のある傷病者の処置室、汚染物の一時保管場所等を設定します。これらはホットゾーンとなります。医療機材等はホットゾーンの外側に配置し、汚染拡大防止対策を講じます。除染後には、汚染検査あるいは汚染拡大防止対策を実施して、入院病室等へ移動させる導線を確保します。汚染傷病者の診療エリアは、処置後の汚染検査が終了するまで臨時の放射線管理区域として設定し、対応します。

放射線管理では、区域はホットゾーンとコールドゾーンの2つに分けます。医療等で使用しているホットゾーンとウォームゾーンが放射線管理の分野で使用する用語でホットゾーンとなります。原則として、ウォームゾーンは汚染が拡大している可能性があるため、ウォームゾーンからの退域時には汚染検査を行います。

個人防護装備



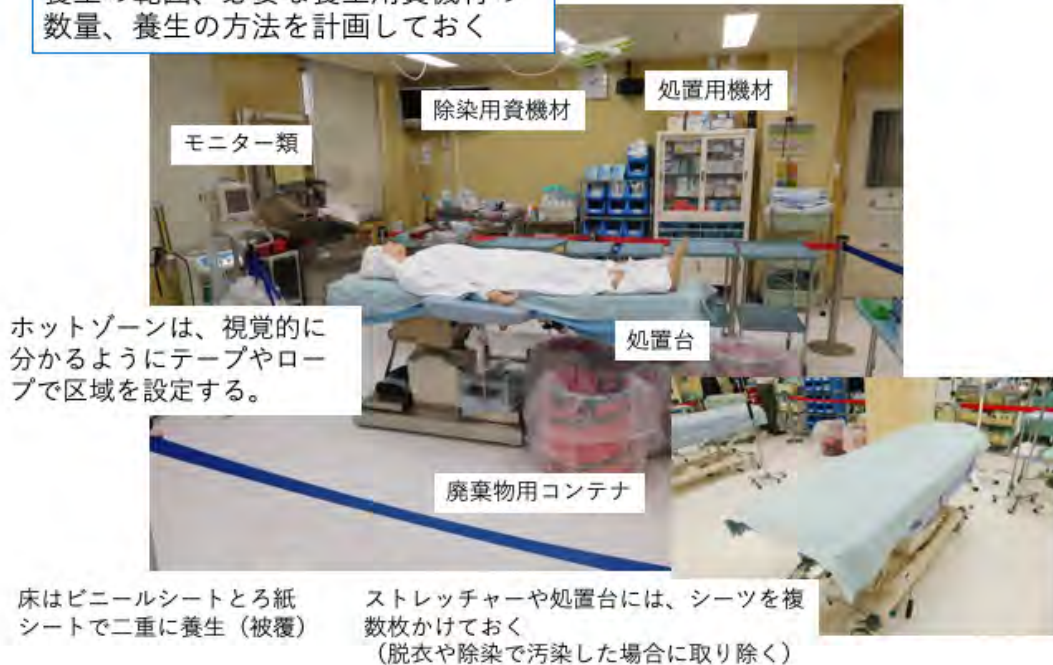
個人防護装備は、基本的にディスポのものを使用します。

院内での対応には、通常の業務でも使用しているガウンやディスポ術衣、帽子、マスク、ゴーグルを着用します。ゴム手袋は二重に装着し、外側のゴム手袋は汚染が付着するような処置を実施したら、その都度交換します。また、内側のゴム手袋と袖口、靴カバーと術衣のズボンは、テープで目張りし、放射性物質の侵入を防止します。ガウンの代わりにタイベックスーツでも良いです。被ばく線量管理のため、防護服の中に個人線量計を着用します。

また、職種あるいは所属と氏名を記載します。

処置室の養生

養生の範囲、必要な養生用資機材の数量、養生の方法を計画しておく



処置室は、養生の範囲や必要な養生用資機材の数量、養生方法を計画しておきます。ホットゾーンは視覚的に明確になるようにテープやロープ等で区域を設定できるようにします。また、除染後には、汚染が付着した廃棄物が多量に出るため、コンテナやゴミ袋は十分数量を準備しておきます。床は、ビニールシートで養生しますが、これだけでは、除染で水がこぼれた場合に滑りやすくなるなど危険であるため、ろ紙シートで二重に養生します。ストレッチャーや処置台には、複数枚のシーツをかけておくと、脱衣や除染で汚染した場合に、1枚のシーツを取り除いても、問題ありません。モニター類は、検知部分以外は可能な限り養生しますが、画面等は、操作あるいは表示を確認できるようにしておきます。

病室の養生



ベッドの養生

操作が必要なものは可能な限りビニール袋などで被覆

廊下と病室の床はビニールシートとろ紙シートで養生



ベッド本体、マットレス等を別々にビニールシートで被覆可能であれば、ディスポのリネンを使用

13

汚染が残存したままで入院する可能性がある場合は、病室の養生も行います。ベッドは本体、マットレス等を別々にビニールシートで被覆して、可能であれば、ディスポのリネン類を使用します。廊下と病室の床はビニールシートとろ紙シートで養生します。

また、操作のために汚染した手指等で触れる可能性があるリモコン等はビニール袋等で被覆します。

医療機材の養生

❖ ポータブルX線撮影装置



Hot zoneの中で操作する部分だけビニール袋で養生

本体はHot zoneの外で操作

❖ 超音波診断装置



プローブカバーで長さが足りない部分は、細長いビニール袋で対応

長時間使用時は、排気口を開ける

❖ 表面汚染計



フィルムカセットはビニール袋で養生

特に汚染が付着しやすい検出部（プローブ）はビニール袋やラップ等で覆う

❖ モニター等



表示が分かるように透明のビニール袋等で覆う
ケーブルなども可能であれば、細長いビニール袋等で覆う

14

医療機材は、その機能や操作の妨げにならない程度に養生します。養生後には動作確認をして、正常に作動することを確認します。

除染用資機材



水や除染用ボトル



吸水シート

除染に使用した水を吸水し、汚染拡大防止（取扱やすくなる）



ドレープ

周辺への汚染拡大防止のため被覆用



膿盆

使い捨てケリーパッド



使い捨て鑷子



ガーゼ類



ブラシ

除染用の資機材は、除染用の水やボトルとガーゼやブラシ、ディスポの鑷子を使用して、汚染箇所を洗い流すため、汚染した水等を受ける膿盆と吸水シートを準備します。また、膿盆の代わりに使い捨てのケリーパッドを使用することもできます。

放射線測定器

空間線量計

活動する場所の空間線量の測定による安全管理



NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメーター



電離箱式サーベイメーター

表面汚染計

表面汚染を測定
汚染拡大防止



GM計数管式サーベイメーター
 β (γ) 線を測定



ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメーター
 α 線を測定

個人線量計

活動中の被ばく線量の積算
個人被ばく線量管理

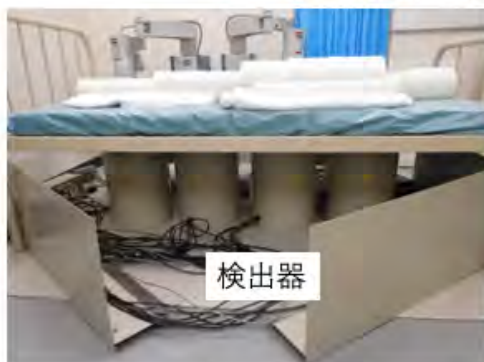


デジタル式の場合、活動後に被ばく線量の確認がすぐ出来る

放射線測定器は、空間線量計、表面汚染計、個人線量計の3種類を準備します。

体外計測機器

ホールボディカウンター



ベッド型



立位型

甲状腺モニター



ファントムによる校正を行い、正確な計測できるように準備しておく

内部被ばく線量評価に必要な対外計測機器には、ホールボディカウンターや甲状腺モニター、肺モニターがあります。ホールボディカウンターには、ベッド型、立位型などがあります。また、ファントムによる校正を定期的実施して、正確な計測ができるように準備しておきます。

試料採取用資材

鼻腔スワブ（鼻スメア）用



綿棒やスワブ



試料受け渡し用のビニール袋



ヘパリン採血管
染色体分析用
3~10ml



ラベル

試料番号: _____

患者氏名	ID: _____	
試料名	鼻腔スワブ(右・左)	口角スワブ
	創傷ガーゼ(部位: _____)	血液
	除菌ガーゼ(部位: _____)	尿
	衣服(_____) 押込物品(_____)	
	その他(_____)	
採取日時	年 月 日 時 分	
汚染結果	汚染なし・(_____)	
測定日時	年 月 日 時 分	
検査科目		
担当署名		
測定・検査項目	定性・定量・生化学・(_____)	
結果報告	床・課 (年 月 日)	
備考		

採取した試料の情報を記載

汚染の核種分析のためにガーゼを使用することもある

被ばく医療の診断のための生体試料の採取が必要となります。

内部被ばくの可能性を確認する鼻腔スワブ（鼻スメア）には、綿棒やスワブを準備します。汚染の放射性物質を分析するためにガーゼ等で拭き取った試料を使用することもあります。染色体分析にはヘパリン採血管（緑色のキャップ）を準備します。これらの試料を採取したら、患者氏名のほか、試料の採取部位あるいは試料名、採取日時、容器の汚染検査結果等を記載します。予めラベルを準備しておきます。

また、試料を採取したら、測定、分析の担当者に受け渡すためのビニール袋等を準備します。

教育、研修、訓練

- ❖ 原子力災害の医療に関する教育、研修
 - ◇ 原子力災害拠点病院が実施する研修
 - ◇ 高度被ばく医療支援センターが開催する研修
 - ◇ 原子力災害医療・総合支援センターが開催する研修（原子力災害医療派遣チーム） etc.

- ❖ 立地道府県等が行う訓練
 - ◇ 被ばく医療
 - ◇ 安定ヨウ素剤配布
 - ◇ 避難退域時検査 etc.

- ❖ 国が行う原子力総合防災訓練
 - ◇ 原子力災害対策特別措置法に基づき国が主体となって行う
 - ◇ 立地道府県等が行う訓練と連携して実施される

被ばく医療のマニュアル等や資機材を準備するだけでなく、原子力災害の医療に関する教育や研修、訓練に、医療従事者も参加します。原子力災害拠点病院や高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターが開催する被ばく医療の研修や、立地道府県等が行う被ばく医療、安定ヨウ素剤配布、避難退域時検査の訓練、国が行う原子力総合防災訓練などがあります。

まとめ

- ❖ 被ばく医療は、外部被ばく、内部被ばくした人あるいは汚染を合併した傷病者に対応する医療
- ❖ 被ばく医療には、診療、放射線管理、被ばく線量評価が必要
- ❖ 原子力災害時には、医療機関等は、被ばくあるいは汚染を伴う傷病者に対応する医療と住民等の防護に関する措置を行う
- ❖ 立地道府県等では原子力災害発生時には、原子力災害拠点病院が中心となって被ばく医療を実施する
- ❖ 被ばく医療の診療の準備として、マニュアル等の整備、教育、訓練、施設や資機材の準備が必要
- ❖ 施設の動線や養生の範囲、資機材の使用方法是、対応者が熟知しておく

医療機関での初期対応

原子力災害医療 専門研修
中核人材-2

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201912

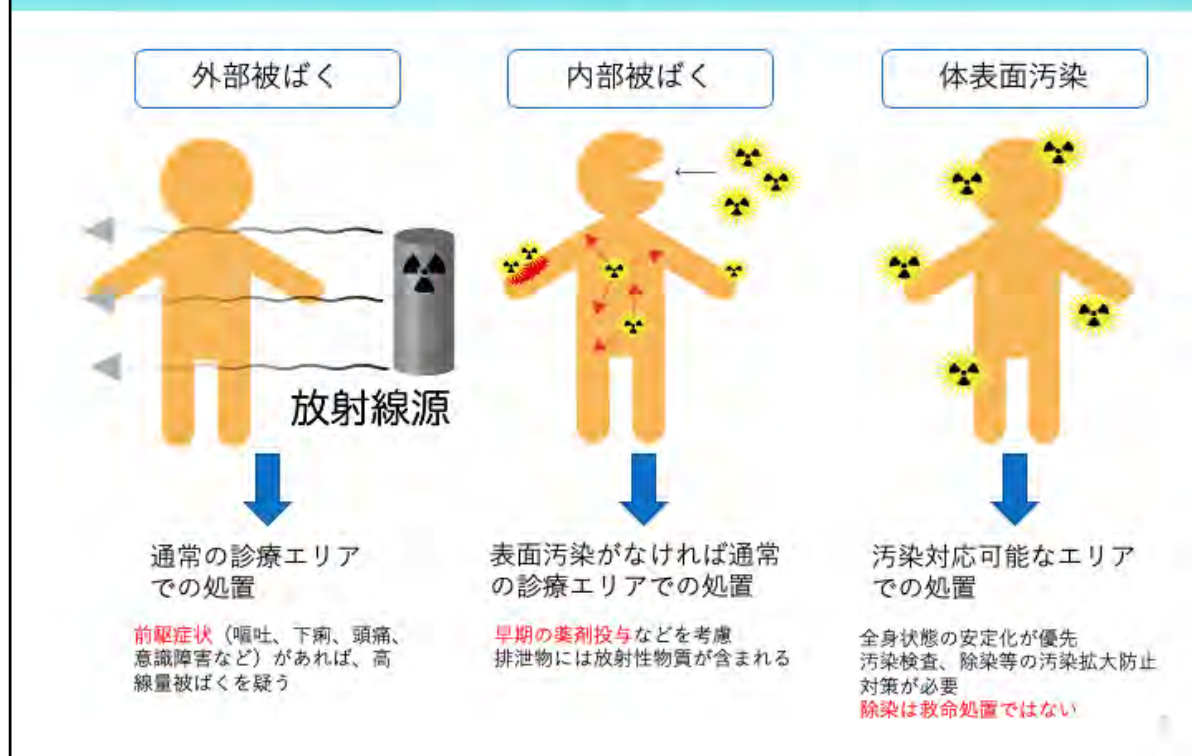
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- 被ばくと汚染への対応
- 放射線事故・災害対応の原則
- 被ばく医療での体系的アプローチ
- 医療機関での受け入れ準備
- 対応者の安全確保
- 病院での患者対応の流れ
- 外傷診療と被ばく医療
- 被ばく医療の初期評価
- 診療の流れ
- 脱衣と表面汚染検査
- 除染
- 試料などの受け渡し
- 記録
- ホットゾーンからの移動
- 活動後の対応
- 処置室の復帰

被ばくと汚染への対応



被ばく医療では、放射線障害のある外部被ばく、内部被ばくの傷病者や体表面汚染のある傷病者の診療を行います。

外部被ばくのみ場合は、通常診療エリアでの処置を行います。

内部被ばくがある場合は、表面汚染の有無を確認し、汚染がなければ、通常診療エリアでの処置が可能です。排泄物には、放射性物質が含まれるので、取り扱いには注意します。

体表面汚染がある場合は、汚染対応可能なエリア（施設等の養生による放射線管理）での処置を行います。ただし、除染は救命処置ではないため、全身状態の安定化など重篤な病態への対応が優先されます。

放射線事故・災害対応の原則

❖ 二次災害の予防

- ◇ 救助者の安全確保、被ばく線量管理（放射線防護）
 - ◆ 外部被ばく防護：防護三原則、放射線測定器、個人線量計
 - ◆ 内部汚染の防護：マスク、喫煙、飲食の禁止
- ◇ 汚染拡大防止：防護装備、ゾーニング、汚染検査、除染、封じ込め（被覆）
- ◇ 事故状況、被ばく状況、汚染状況の把握

❖ 医療優先

- ◇ 傷病者の全身状態の評価、安定化は最優先
- ◇ 全身状態やバイタルサイン等が不安定な状態では最小限の拡大防止措置で早期搬送判断（早期の医療介入）
- ◇ 放射線障害による症状は一般的に被ばく後すぐには出現しない
- ◇ 被ばく・汚染だけで緊急に治療が必要なことはない

放射線事故・災害では、二次災害の予防として、汚染拡大防止対策、救助者の安全確保、被ばく線量管理を行います。

傷病者への対応としては、医療優先が原則です。傷病者の全身状態の評価、安定化は、汚染検査や除染よりも優先されます。これは、被ばくや汚染だけでは、緊急に治療が必要となることはなく、放射線障害による症状は一般に被ばくすぐには出現しないのですが、不安定なバイタルサインの状況を放置すると、さらに生理学的異常が増悪して生命の危険が増します。

被ばく医療での体系的アプローチ

指揮命令系統・連携の確立 Command & Control	<ul style="list-style-type: none"> 各機関は縦の連携、関係機関は個々の役割り分担を明確にし、関係機関の連携を効率的に行う。
安全管理 Safety	<ul style="list-style-type: none"> 現場活動する自身：個人防護装備 現場：危険・有害な物質の確認、エリア設定、ゾーニング 被災者・患者：救助、処置、避難、汚染検査
情報伝達・共有 Communication	<ul style="list-style-type: none"> 安全、危険情報の共有 情報不足、確認不足、協力不足が起こらないようにする。
評価 Assessment	<ul style="list-style-type: none"> 災害現場の状況（被ばく、汚染）をいち早く把握し、傷病者の数、重症度を見積もる。
トリアージ Triage	<ul style="list-style-type: none"> 限られた資源でトリアージ（搬送先等の選定） 救命等処置優先の判断
治療 Treatment	<ul style="list-style-type: none"> 被ばく線量評価 高線量被ばく、内部被ばくの治療 創傷汚染等の除染
搬送 Transport	<ul style="list-style-type: none"> 原子力災害拠点病院への搬送 高度被ばく医療支援センターへの搬送

被ばく医療における体系的アプローチを記載します。原子力災害時には、通常の災害医療の一部として被ばく医療や原子力災害時の医療を提供します。

各機関は機関内の指揮命令系統を確立するとともに、連携の確立では、被ばく医療における様々な関係機関、組織の個々の役割り分担を明確にして、関係機関間の連携を効率的に行う必要があります。また、災害医療との連携も必要です。

安全管理としては、個人防護装備、現場の安全確認、放射線管理を行います。また、放射線計測の結果等の安全・危険情報の共有や被ばくや事故状況の情報共有をおこないます。

被ばくや汚染の状況を把握し、傷病者の数や重症度、被ばくの程度を評価します。多数傷病者が発生した場合や、高線量被ばくの治療、内部被ばくの線量評価や治療など特殊な対応が必要な場合は、搬送先の選定などを状況に応じて行います。被ばく線量評価を行い、治療します。外傷等に放射性物質による汚染が合併している場合は、除染等の処置を行います。

原子力災害医療協力機関での対応が困難な場合は、原子力災害拠点病院への搬送、原子力災害拠点病院での対応が困難な場合は、高度被ばく医療支援センターへの搬送を行います。

参考：MIMMS 大事故災害への医療対応 現場活動における実践的アプローチ 第3版（MIMMS日本委員会, 永井書店）

医療機関での受入準備（CSCA）

- ❖ 被ばく医療の対応者の参集
 - ◇ チームリーダー、医師、看護師、診療放射線技師等を参集
 - ◇ 得られた情報の共有
- ❖ 情報収集
 - ◇ 患者情報：状態（全身状態、外傷、症状など）、数、氏名、年齢等、被ばく、汚染の有無・程度、核種
 - ◇ 事故の状況：発生日時、場所（管理区域内での事故か？）
 - ◇ 追加情報の要請、連絡先の確認
 - ◇ 事業所の専門家（放射線管理要員）の同行を要請
 - ◇ 到着予定時刻
- ❖ 放射線管理
 - ◇ 個人防護装備
 - ◇ 施設；区域の設定（臨時の放射線管理区域、ホットゾーンなど）、処置室や病室の養生
- ❖ 資機材
 - ◇ 放射線測定器
 - ◇ 除染用資機材
 - ◇ 通常の医療資機材

被ばくあるいは汚染のある傷病者の受け入れが決定したら、計画に基づいた受入れ準備を開始します。

被ばく医療の専門的知識や技能を有した医療従事者を参集し、得られた情報を共有します。

また、施設や現場の救急隊員から患者情報、事故の状況などの情報を収集し、事業所の放射線管理要員の同行を要請します。

施設と対応者の放射線管理を実施します。また、放射線測定器、除染用資機材、医療資機材を準備します。

対応者の安全確保 (Safety)

❖ 外部被ばく対策

- ◇ 空間線量計による活動場所の測定
- ◇ 個人被ばく線量計の装着



❖ 内部被ばく対策

- ◇ サージカルマスク、防塵マスク等での吸入の防止

❖ 汚染拡大防止

- ◇ 防護服等による防護
- ◇ 汚染検査と除染

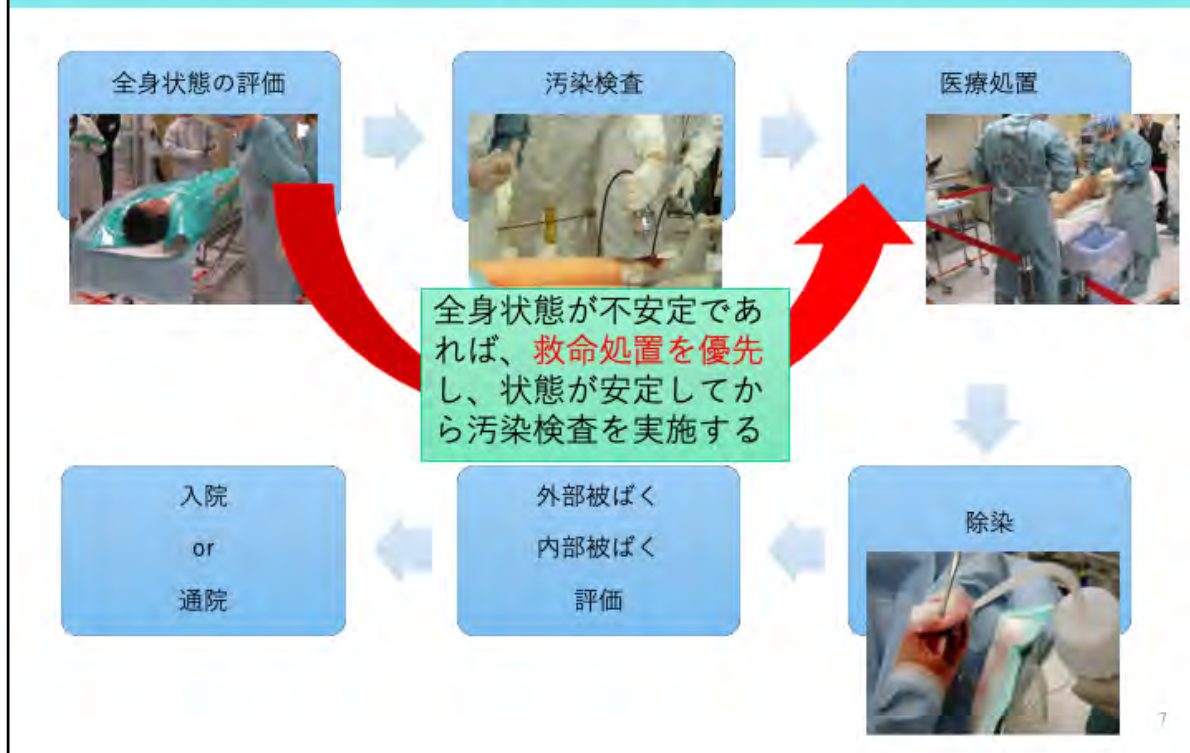


原子力災害時の対応者の安全確保としては、外部被ばく対策として、空間線量計による活動場所の測定を行い、個人被ばく線量計を装着します。

内部被ばく対策としては、呼吸保護をします。医療機関での処置では、汚染物質の性状や汚染の程度等に応じてサージカルマスクや使い捨ての防塵マスク等で対応します。医療機関での汚染検査、除染などの処置では、通常はサージカルマスクでの対応で十分です。

汚染拡大防止対策としては、防護服等による防護と確実な汚染検査、除染を行います。

病院での患者対応の流れ



まず生理学的評価を行います。状態が不安定であれば救命処置を行います。全身状態が安定している場合は解剖学的評価と全身の汚染検査を並行して行います。状態に応じて医療処置や除染を行います。その後、外部被ばくと内部被ばくの評価を行います。

ここまでが外来での処置となります。最後に必要に応じて入院または通院によるフォローを継続します。

外傷診療と被ばく医療

外傷診療		被ばく・汚染傷病者診療
第一印象	+	<ul style="list-style-type: none"> 空間線量率の確認 放射線線源の持ち込みの有無 場所の安全確認
Primary surveyと蘇生	+	<ul style="list-style-type: none"> 脱衣（衣服に汚染があることを考慮） 汚染検査（可能な範囲で、顔面、頸部、胸部） 画像検査装置の汚染拡大防止
Secondary survey	+	<ul style="list-style-type: none"> 全身の汚染検査 除染 内部被ばくの有無の確認（鼻腔スワブ）
Tertiary survey	+	<ul style="list-style-type: none"> 被ばく線量評価 外部被ばく（ARS、局所被ばく）→個人線量計、染色体分析 内部被ばく→体外計測、バイオアッセイ（生体試料の測定）
根本治療	+	<ul style="list-style-type: none"> 外部被ばく（ARS、局所被ばく）の治療 内部被ばくの治療（体内除染剤等の投与）

外傷診療の流れに被ばく医療の診療を組み合わせる場合は、それぞれの外傷の処置、診療の場面ごとに被ばくや汚染への対応を追加します。

外傷診療で、第一印象を確認する間に、診療放射線技師により空間線量率を確認し、放射線源の持ち込みの有無など処置時の場所の安全確認を行います。

Primary surveyと蘇生では、ポータブルエックス線撮影、超音波検査装置の汚染拡大防止の対策を講じるとともに脱衣し、同時に可能な範囲で顔面、頸部、胸部の汚染検査を行います。Secondary surveyでは、全身の汚染検査と除染を行い、内部被ばくの有無を確認するため、鼻腔スワブを採取します。

Tertiary surveyでは被ばく線量評価に必要な情報（被ばく時の状況、個人線量計の値、前駆症状の有無と発症時期など）と試料（尿、便、染色体分析用血液）を採取します。根本治療は急性放射線症、局所被ばく、内部被ばくの治療を行います。

被ばく医療の初期診療

- ❖ **バイタルサインの確認**
 - ◇ 被ばくあるいは汚染以外の重篤な傷病の処置、治療
- ❖ **病歴聴取**
 - ◇ 事故等の状況
 - ◆ 外部被ばく、内部被ばく、体表面汚染の可能性を確認
 - ◇ 前駆症状等の有無
 - ◆ 嘔吐、下痢、発熱、意識障害
 - ◆ 外部被ばくの可能性、その程度を評価
- ❖ **身体所見**
 - ◇ 汚染検査；汚染箇所の同定
 - ◇ 前駆症状；唾液腺の腫脹、疼痛、圧痛、皮膚の紅斑、口腔粘膜の毛細血管拡張
 - ◇ 皮膚障害の有無（局所被ばくから数日経過している場合）
- ❖ **試料採取**
 - ◇ 血液
 - ◆ 白血球数（特にリンパ球数）の経時的変化
 - ◆ 高線量被ばくが疑われ、骨髄移植を考慮する場合は、HLAタイピング用の血液試料
 - ◆ 染色体分析用の血液試料（通常は被ばくから24時間後に採取）
 - ◇ 鼻腔スワブ（鼻スメア）；内部被ばくの可能性の評価
 - ◇ 尿、便；内部被ばくのバイオアッセイ用
 - ◇ 汚染したガーゼ等；核種同定

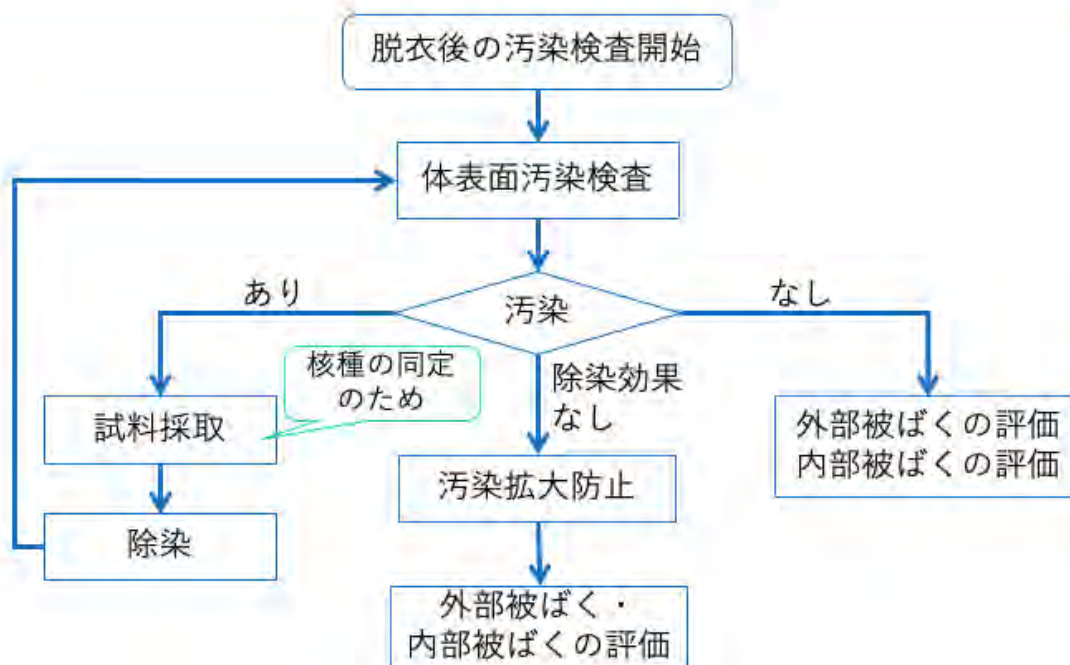
被ばく医療の初期診療としては、バイタルサインの確認により、被ばく医療の重篤な状態を評価し、処置、治療を行います。

病歴の聴取は、事故の状況から外部被ばく、内部被ばく、体表面汚染の可能性を確認し、医療機関に受診する前に前駆症状等の出現がなかったか確認します。

身体所見として汚染箇所の特定、前駆症状として唾液腺の腫脹や疼痛、皮膚の初期紅斑、口腔粘膜の毛細血管拡張、皮膚障害の有無の所見を確認します。

被ばく線量評価に必要となる、血液、鼻腔スワブ、尿、便、汚染したガーゼ等の試料を採取します。

汚染検査の流れ



衣類を脱衣させた後に、全身の汚染検査を行います。その流れを示しています。

汚染検査は、体表面から約1 cmの距離を表面汚染計測器のプローブを毎秒5～6 cmずつ動かしながら、頭から足まで検査します。汚染があれば、汚染の原因の放射性核種を同定するために、汚染したガーゼなどを試料として採取します。その後、除染を行います。汚染の核種は、内部被ばくの評価に必要な情報となります。除染後に再度汚染検査を行い、汚染が残っていれば再度除染します。除染後と除染前とで汚染の程度に変化がなく除染の効果がない場合は、ガーゼ等で被覆し、汚染拡大防止を行います。

除染後に外部被ばくと内部被ばくの評価を行います。

脱衣と表面汚染検査



汚染検査

- 1.創部
- 2.開口部
- 3.健常皮膚

頭からつま先まで
汚染のサーベイ
背部も忘れずに

- **脱衣**→約90%の除染ができる
- 衣類、シーツ、毛布等は必ずビニール袋へ
- 衣類や汚染した物を触った後は手袋をかえる
- 粉塵が舞い散るようであれば、患者にマスクを装着し、内部被ばくを防止

11

汚染のある衣服を脱がせることで、体表面の汚染の約90%を取り除くことができます。搬送時に傷病者を包んできた毛布やシーツ、衣類は、取り除いた後にビニール袋へ入れ、汚染が拡大しないようにします。脱衣時に粉塵が舞い散るようであれば、患者にマスクを装着し、内部被ばくを防止します。

汚染した衣類などを触った後は、素早く外側のゴム手袋を交換します。

1.創傷部、2.開口部（顔面）、3.健常皮膚の順番で汚染検査を行います。頭からつま先までの汚染検査したら、背部の汚染検査を行います。

ただし、生理学的異常があり、救命処置が必要な場合は、顔面、頸部、胸部の汚染検査を優先して行います。

参考：<https://chemm.nlm.nih.gov>

The Primary Response Incident Scene Management (PRISM) “Rule of tens”

除染

1.創部 → 2.開口部 → 3.健常皮膚

❖ 除染の方法

- ◇ ぬれたガーゼでふき取る
- ◇ 水で洗い流す
- ◇ 洗剤、オレンジオイルでふき取る
- ◇ うがい
- ◇ 全身のシャワー除染は、周囲に汚染が広がるため実施は控える
 - ◆ 汚染対応のシャワー室があれば使用する

❖ 除染の基本

- ◇ 患者自身にできることは患者にさせる
- ◇ 創傷部を最初に行う
- ◇ 以後は汚染の程度の高い部位から順に
- ◇ 使用した綿球・ガーゼ等（一回目）は氏名・部位・日時を記して測定へまわす
- ◇ 水、ガーゼは放射性廃棄物として管理する

体表面汚染は、1.創傷部、2.開口部（顔面）、3.健常皮膚の順番で除染します。

除染の方法は、ぬれたガーゼで拭き取ったり、部分的に水で洗い流したりします。水だけでは除染できない場合は、洗剤やオレンジオイル等を使って拭き取ります。口腔内の汚染はうがいをしてもらいます。

全身のシャワーによる除染は、周囲に汚染が広がるため実施は控えます。

除染は、本人が行える場合は、自分で拭き取ったり、洗ったりしてもらいます。核種の同定が必要な場合は、使用したガーゼなどをビニール袋に入れ、患者氏名、採取部位、採取日時を記録して、測定者に渡します。

除染後の水やガーゼは放射性物質の汚染がついた廃棄物として管理、処分します。

創傷部の除染（例）

1. 汚染のない部分を被覆する
2. 膿盆、吸水シート等で水を受ける
3. 水をかけながら ガーゼ等で創傷部を洗浄する



13

創傷部の汚染は、部分的に水をかけながら除染するので、汚染のない部分は防水のシート等を用いて被覆し、汚染した水がかからないようにします。

膿盆や紙おむつで汚染した水を受けるようにします。

創傷部は、ガーゼと鑷子を用いたり、ブラシを用いて水をかけながら除染します。除染後は再度表面汚染の検査を行います。汚染がなくなるか、除染の効果がなくなるまで除染を繰り返します。

顔面の除染（例）



目の洗浄



鼻は、鼻をかんだ後、綿棒で拭き取る。

耳の汚染がある場合は、耳殻は湿ったガーゼやタオルで拭き取り、外耳道は綿棒等で拭き取ります。

目の汚染は、流水をかけながら洗浄します。

鼻腔の汚染がある場合は、鼻をかんでもらい、汚染が残っている場合は、綿棒で拭き取ります。

皮膚の除染（例）

1. 汚染のない部分を被覆する
2. 膿盆や紙おむつで水を受ける
3. 濡れたガーゼ等で外側から内側の方向に拭き取る
4. 水で除染できない場合はボディソープや石けん、スポンジを使用する

皮膚を傷つけないようにする（健常皮膚に発赤が出現しない程度に機械的刺激を抑える）



15

皮膚の汚染がある場合は、汚染のない部分を防水のシート等で被覆して、汚染した水がかからないようにします。膿盆や紙おむつで水を受けるようにします。ぬれたガーゼやスポンジなどで外側から内側の方向に拭き取り、汚染を広げないようにします。水で除染出来ない場合は、ボディソープや石けん、洗剤などを使用します。

皮膚を傷つけないように丁寧に除染します。

試料などの受け渡し

❖ 試料の受け渡し

- ◇ ウォームゾーンで直接汚染に触れないように受け渡す
- ◇ ウォームゾーンではビニール袋の外側が汚染されないように受け取る
- ◇ 採取部位、日時、氏名等を記入した試料袋に入れ、測定に出す
- ◇ ウォームゾーンからコールドゾーンへは、ビニール袋の表面の汚染検査（スメア法）を実施して検体検査する測定者に渡す（確実な汚染拡大防止）

❖ 単純X線撮影

- ◇ フィルムカセットはビニール袋に入れる
- ◇ ポータブルX線撮影装置のアームをのばして撮影する
- ◇ ホットゾーンからカセットを出す時はビニール袋から取り出し、ウォームゾーンに渡す
- ◇ ウォームゾーンからコールドゾーンへは、カセットの表面の汚染検査をする



汚染の原因となっている核種の同定や内部被ばくの評価、その他通常の血液検査などのために採取した試料をホットゾーンからウォームゾーンの測定員に渡す必要があります。

そこで、汚染拡大防止のため、ウォームゾーンの担当者がビニール袋で試料を受け取り、ビニール袋の表面をガーゼなどでぬぐって汚染検査を実施します。汚染がなければ、試料をコールドゾーンの測定員に渡します。採取した試料の容器には、採取部位、採取日時、氏名を記入します。

外傷等がありホットゾーンでの単純X線撮影が必要な場合は、フィルムカセットをビニール袋に入れ、汚染の付着を防止します。可能であればポータブルX線撮影装置のアームをウォームゾーンから伸ばして撮影します。撮影後は、ビニール袋からカセットを取り出して、ウォームゾーンの担当者に渡します。

ウォームゾーンからコールドゾーンへ試料を受け渡す場合には、必ず表面の汚染検査を行います。

検査室等でビニール袋から検体を取り出す場合は、容器の表面の汚染検査を実施します。ウォームゾーン等で容器表面の汚染検査を実施している場合は、検査室での汚染検査は省略することも可能です。

記録

患者情報
 氏名: _____ (男/女) 年齢: _____
 生年月日: _____ 科: _____
 病歴: _____

検査情報
 検査日時: _____ 検査場所: _____
 検査機器: _____

検査結果
 測定値: _____ 単位: _____

評価
 汚染部位: _____
 汚染レベル: _____

処置
 処置内容: _____

備考
 備考: _____

検査者: _____ 医師: _____

外来等での処置の内容、採取した試料、汚染の部位とその程度を記録します。放医研ホームページから対応のフロー図も記載されている記録用紙をダウンロードすることができます (URL:

<http://www.nirs.go.jp/hibaku/pdf/Karte.pdf>)。

他に試料の汚染検査票、個人線量計の記録等も記載します。

ホットゾーンからの移動



退出
病室へ移動

ホットゾーンの中にろ紙シートを敷いて、新たなストレッチャーを入れ、患者を移動させる。
ろ紙シートを汚染させないようにホットゾーンでの対応者はろ紙シートを踏まないように注意！

18

処置が終了したら、ホットゾーンから入院病室等へ患者を移動させます。

ホットゾーンで処置に使用したストレッチャーの車輪等の汚染検査を行って、ホットゾーンから移動させることも可能ですが、より確実に汚染拡大防止対策を行うには、新たなストレッチャーに乗せ換える方法があります。一つの方法としては、ホットゾーンとウォームゾーンの境界までストレッチャーを移動させ、ウォームゾーンに準備した新しいストレッチャーに乗せ換えます。別の方法としては、ホットゾーンの中に新たにろ紙シートを敷き、その上を移動させて新たなストレッチャーをホットゾーンの中に入れ、患者を載せ替えます。この時、ホットゾーンでの対応者はろ紙シートを踏まないように注意が必要です。

また、患者のストレッチャー間での移送の際にホットゾーンのスタッフが協力する場合には、両上肢や胸部前面など患者に触れる可能性のある部分について測定器で汚染がないことを確認してから行います。

活動後の対応

❖ ホットゾーンからの退出

1. 外側の手袋とテープをとる
2. 帽子とマスクをとる
3. 内側を外にするように巻きながらガウンを脱ぐ
4. 靴カバーを内側を外に巻きながら脱ぐ
5. 足底の汚染検査を行ってから、足をウォームゾーンにつける
6. コールドゾーンへの退域前に脱衣後の全身の汚染検査



ホットゾーンでの処置が終了したら、対応した医療スタッフは防護服を脱衣し、汚染検査を実施してホットゾーン、臨時の管理区域から退出します。

ホットゾーンでの防護服の脱衣は次の順番で行います。

1. 外側の手袋とテープをとる
2. 帽子とマスクをとる
3. 内側を外にするように巻きながらガウンを脱ぐ
4. 靴カバーを内側を外に巻きながら脱ぐ
5. 足底の汚染検査を行ってから、足をウォームゾーンにつける

原則として、ウォームゾーンは汚染が拡大している可能性があるため、ウォームゾーン（緩衝地帯）からコールドゾーンへの退域時に脱衣後の全身の汚染検査を行います。

処置室の復帰

1. 処置室から廃棄物を移動する
2. 処置室の汚染検査
3. 必要であれば除染
 - ◇ 通常の清掃と同じ
 - ◇ 再度、汚染検査を実施する
4. 臨時の管理区域の設定を解除する

❖ 放射性物質による汚染のある廃棄物

- ◇ 汚染のない廃棄物とは区別する
- ◇ 放射性物質の付着している廃棄物はビニール袋もしくはコンテナに入れる
- ◇ ビニール袋あるいはコンテナをサーベイする
- ◇ 放射性物質の廃棄物からの被ばくを避けるために壁での遮蔽や距離をとる



すべての処置が終了したら、ホットゾーンと管理区域を設定した処置室を復帰させます。

まず、廃棄物をすべて臨時の保管場所に移動させます。その後、処置室の床、資機材などの汚染検査を行います。汚染があれば除染しますが、あらかじめカバーなどをしていた場合は、そのカバーを取り外します。床などに直接汚染が付着している場合は、通常の清掃と同じようにモップや布などで除染し、除染後に再度汚染検査を行います。

すべての汚染検査が終了したら、管理区域の設定を解除します。

汚染のある廃棄物は、ビニール袋やコンテナに入れ、汚染が拡散しないようにします。さらに容器の外側の空間線量率を測定し、保管場所の安全を確認します。保管場所は可能なかぎり個室や人の通行から離れた場所にします。

退出後に汚染を検知した場合の対応

- ❖ 汚染している可能性のあるエリアを全て閉鎖する
 - ◇ 患者や職員の動線から推定
- ❖ エリア内の職員は、汚染検査を実施後、エリア外へ出る
- ❖ エリア内の施設、資機材の汚染検査を実施
- ❖ 汚染があれば除染する
- ❖ 汚染が広がっていても、その後の検査、除染をきちんとすれば汚染拡大防止ができます

処置後や活動後にホットゾーンや管理区域を退出した後に汚染が新たに発見された場合は、汚染している可能性のあるエリアを全て閉鎖します。

エリア内の職員は、汚染検査を行った後にエリア外へ出ます。エリア内の処置室や施設、資機材の汚染検査を行います。汚染があれば除染します。

汚染が後から発見されても、その後の検査、除染をきちんと対応すれば以降の汚染の拡大防止ができます。

まとめ

- ❖ 外部被ばくの患者対応では対応者は被ばくしない
- ❖ 汚染では、患者も対応者も危険な被ばくはしない
- ❖ 汚染では即死しない
- ❖ まずは、生理学的評価を行い、必要に応じて救命処置を行う
- ❖ 汚染検査は最優先ではない
- ❖ 除染は、脱衣、拭き取り、水をかけながら洗い流すの三つの方法がある

放射線障害の診断と治療

原子力災害医療 専門研修
中核人材-3

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- 急性放射線症の病態
- 急性放射線症の発症期
- 急性放射線症の診断
- ARSのPrimary Triage
- 急性放射線症の前駆期の処置
- 急性放射線症の治療方針
- 複合障害
- 放射線皮膚障害の病態
- 放射線皮膚障害の病期と初期変化
- 放射線皮膚障害の診断
- 放射線皮膚障害の治療
- 内部被ばくの診断
- 内部被ばく対応の基本方針
- 内部被曝の治療
- プルシアンブルー
- DTPA

急性放射線症の病態

❖ 急性放射線症(acute radiation syndrome: ARS)

- ◇ 1Gy（グレイ）を超える急性被ばくを全身受けると、骨髄障害、皮膚障害、口腔粘膜障害、消化管障害、中枢神経障害、心臓血管障害などの放射線による確定的影響が被ばく線量に応じて発現



1Gyを超える急性被ばくを全身に受けると骨髄障害、皮膚障害、口腔粘膜障害、消化管障害、中枢神経障害、心臓血管障害などの放射線による確定的影響が被ばく線量に応じて発現します。これらの一連の症候を急性放射線症(acute radiation syndrome: ARS)と言います。

ARSの病期は、時間的経過によって前駆期、潜伏期、発症期、回復期に分けられます。

前駆期は、悪心、嘔吐、下痢、発熱、初期紅斑、唾液腺の腫脹などの前駆症状と呼ばれる症状が一過性に出現します。これらの症状は、消化管の蠕動運動亢進や消化管ホルモン分泌亢進、皮膚、粘膜の毛細血管拡張および透過性亢進、神経血管反応亢進などの基礎病態に基づきます。

潜伏期は、比較的無症状の期間で、被ばく線量が高いほど短くなります。発症期は放射線による細胞死に伴う細胞の欠落による臓器の症状が発現する時期です。

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平成29年度版」より改変

急性放射線症の発症期

		急性放射線症の重症度と被ばく線量				
		軽症(1-2Gy)	中等度(2-4Gy)	重症(4-6Gy)	極めて重症(6-8Gy)	致死的(>8Gy)
血液細胞	リンパ球数 ($\times 10^3/\text{mm}^3$) (被ばく後3~6日)	0.8 - 1.5	0.5 - 0.8	0.3 - 0.5	0.1 - 0.3	0.0 - 0.1
	顆粒球数 ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	>2.0	1.5 - 2.0	1.0 - 1.5	≤ 0.5	≤ 0.1
	血小板数 ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	60 - 100 10 - 25 %	30 - 60 25 - 40 %	25 - 35 40 - 80 %	15 - 25 60 - 80 %	<20 80 - 100 % ^{※1}
潜伏期	長さ(日)	21 - 35	18 - 28	8 - 18	≤ 7	なし
臨床症状	下痢	なし	なし	稀	被ばく後 6~9日に出現	被ばく後 4~5日に出現
	脱毛	なし	中等度、被ばく後15日以降	中等度ないし完全 11~21日	完全 11日以降	完全 10日以前
	その他の症状	倦怠感 衰弱	発熱、感染、 出血、衰弱	高熱、感染、 出血	高熱、嘔吐、 めまい、 見当識障害、 血圧低下	高熱、 意識障害
予後	致死率 死亡時期 ^{※2}	0	0 - 50 % 6-8週以降	20 - 70 % 4-8週以降	50 - 100 % 1-2週以降	100 % -2週

^{※1}50Gyを越すような高線量被ばくの場合は、血球減少の前に死亡する。

^{※2}治療内容により死亡率、死亡時期は変化する。

1Gy以上の全身被ばくでは、骨髄症候群が発症します。これは、放射線感受性が高い骨髄の造血幹細胞が細胞死によって減少し、血液細胞の減少による機能障害が起こります。白血球が減少すると免疫不全、易感染性となり、血小板減少によって出血傾向となります。末梢血の好中球数は、4Gyでほぼ3週間、2~3Gyでほぼ4週間で、1Gyでは5週間足らずで最低となります。好中球数は、1週間ほどで回復し始め、2~3週間で正常域に回復します。

6Gy以上の全身被ばくでは、消化管粘膜からの細菌移行が起こることが実験的に示されています。10Gy以上の被ばくでは、骨髄障害に加え、水様性下痢や下血などの症状を呈する消化管障害が発現します。消化管障害の発生機序は、放射線による粘膜上皮細胞の再生障害です。10~15Gyの被ばくでは、粘膜上皮の幹細胞であるクリプト（陰窩）細胞の分化が停止し、消化管の絨毛が退縮してバリア機能が低下します。腸管蠕動障害、吸収障害、下痢が発症します。粘膜の剥奪がさらに進行すると消化管出血が生じます。

また、被ばく線量に応じて口腔粘膜に発赤、腫脹、出血、潰瘍、壊死を生じます。7~8Gyを越す被ばくでは、1~3ヶ月後に肺障害の初期症状、肺浮腫が出現します。放射線による肺障害の主なものは肺臓炎と肺線維症です。

10Gyを越す被ばくでは、2~3週間後に放射線皮膚障害が臨床上的の問題となります。20Gyを越す高線量全身被ばくでは、早期に意識障害、血圧低下などの中樞神経症状、血管透過性亢進による浮腫、胸腹水の貯留、肺水腫、下痢などを伴う神経血管症候群が発症します。

出典；青木芳朗／前川和彦「緊急被ばく医療テキスト」（医療科学社）改変

急性放射線症の診断

- ❖ 放射線の関与が明らかな場合
 - ◇ 事故の状況；関係者、施設の放射線管理者から事故の状況に関する情報を得る。線源の種類や大きさ等
 - ◇ 症状、徴候；嘔吐、発熱、下痢、頭痛、意識障害、唾液腺の腫脹、疼痛、圧痛などの前駆症状
 - ◇ 事故後の血液の変化；末梢血リンパ球数の減少、血清アミラーゼ値の上昇
 - ◇ 染色体異常、個人線量計の値

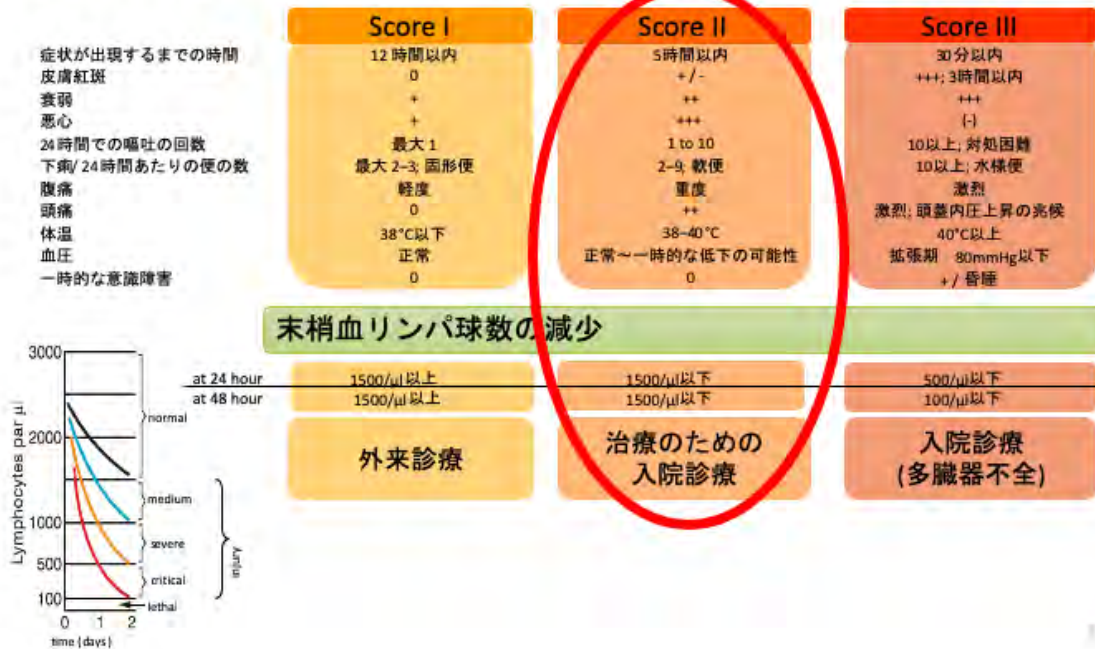
- ❖ 放射線の関与が不明な場合
 - ◇ 原因不明の嘔吐、発熱、下痢、頭痛、意識障害、唾液腺の腫脹、疼痛があれば、発症時期、1～2週間の生活歴、仕事内容などの問診
 - ◇ 手指や胸腹部、臀部、四肢に浮腫、紅斑、脱毛、落屑、水疱形成、潰瘍形成、壊死などの皮膚変化の診察
 - ◇ 血液検査の変化
 - ◇ 臨床症状が顕在化するまで慎重な観察と検査の繰り返し

原子力施設や大型照射施設等で起こった被ばく事故の場合は、放射線の関与があったことを認識して診療にあたるのがほとんどです。この場合は、施設の関係者や放射線管理者から事故の状況に関する情報を得ることが極めて重要です。また、前駆症状を認めればARSの可能性は高いです。診察時には、唾液腺の腫脹、圧痛を見落とさないようにします。3Gyを越す被ばくでは、皮膚の紅斑や口腔粘膜の毛細血管拡張を観察します。0.5Gyを超える全身被ばくがあれば、前駆期に末梢血リンパ球数の減少、血清アミラーゼ値の上昇が観察されます。発症期には、末梢血のリンパ球数、好中球数、血小板数の減少が認められます。

放射線の関与が不明な場合は、原因不明の嘔吐、発熱、下痢、頭痛、意識障害、唾液腺の腫脹と疼痛などがあれば、それらの発症時期、1~2週間の生活歴、仕事の内容などについて注意深く問診を行い、放射線の関与の可能性を検討します。また、四肢、胸腹部、臀部、手指に浮腫、紅斑、脱毛、落屑、水疱形成、潰瘍形成、壊死などの皮膚障害の症状が出現していないか観察します。血液検査による血球細胞数の変化を観察します。臨床症状が顕在化するまで慎重な観察と検査の繰り返しが重要です。

ARSのPrimary Triage : 初期の48時間

多数のARS対応が必要な場合のトリアージ



多数の急性放射線症を発症する患者が発生し、入院施設等の医療資源が限られた場合は、入院診療を必要とする被ばくした者を初期の段階でトリアージする必要があります。全ての臨床症状とその発症時期を記録します。1Gy未満と判断される場合には、外来で経過観察するだけで良いです。1Gy以上の患者は、より詳細な線量評価や治療のための入院が必要です。

出典；EBMT pocket guide

<https://www.ebmt.org/sites/default/files/2018-03/EBMT%20Nuclear%20Accident%20Committee%20Pocket%20Guide%2017.pdf>

急性放射線症 前駆期の処置

- ❖ 線量により症状は多様であるが、**対症療法**が中心
- ❖ 悪心、嘔吐に対して（制吐剤投与）
 - ◇ 5-HT₃ (5-hydroxytryptamine,セロトニン) 受容体拮抗薬：
Granisetron（カイトリル）、Ondansetron（ゾフラン）など
 - ◇ 抗ドパミン薬：メトクロプラミド（プリンペラン）、ドンペリドン（ナウゼリン）
- ❖ 頭痛
 - ◇ 鎮痛剤投与
- ❖ 循環血液量減少
 - ◇ 輸液
 - ◇ 重症(4Gy～)の場合、下痢や嘔吐が激しいため輸液により電解質維持、水分補給が必要になる。非常に重症の場合、血圧低下が起こり、大量輸液、昇圧薬が必要になる。
- ❖ 粘膜炎（→潰瘍、感染）
 - ◇ 口腔内の衛生を保つ→うがいなど
- ❖ 精神的、社会的支援

急性放射線症の前駆期の症状は多様ですが、対症療法が中心となります。

急性放射線症の治療方針

(Gy)	1-2	2-4	4-6	6-8	>8
治療	経過観察	入院, 速やかに 無菌室 へ			
	サイトカイン→	速やか(1W以内)にG-CSF かGM-CSF投与開始		GM-CSF/G- CSF+EPO+TPO	
	抗生物質など→	広域スペクトル抗生物質(潜伏期が終わる頃~), 抗 真菌剤・抗ウイルス剤(必要に応じ), SDD(6Gy↑)			
	血液製剤→	成分輸血: 血小板, 赤血球(必要に応じて)			
	*1-2Gyが予測される場合、 線量が確定するまでは線 量がより高いことを想定 し対処する。			L-グルタミン, エレメンタリーダイエット 投与, 完全経静脈栄養, 電解質補正	
				血漿交換(必要に応じ第2または3週~) DICの予防(必要に応じ第2週~)	
		骨髄移植 →	骨髄幹細胞移植(第1週)		

(IAEA/WHO Safety Report Series No.2 Diagnosis and Treatment of Radiation Injury 1998より改変)

急性放射線症の治療は、症状と徴候、一般検査の結果、線量評価に基づき行います。治療法の多くは、放射線療法副作用軽減法や治療法の転用、動物実験の臨床応用、数少ない治療経験などで、科学的根拠に基づいたものはほとんどありません。

骨髄障害に起因する感染症などの合併症を予防することが重要です。骨髄機能の回復が見込まれる1~4Gyの被ばくであれば、患者を無菌室に隔離し、注意深く発熱、出血、上咽頭痛や発赤、潰瘍などについての臨床的評価を行います。細菌学的検査を継続し、感染症が起こった場合に備えて、サイトカインを含む有効な治療薬を投与できるようにしておきます。被ばく線量が4~6Gyを越すと考えられる場合は、血液幹細胞が不可逆的に障害を受けている可能性が高いため、感染症対策を入院直後から実施します。さらに複数のサイトカインを組み合わせ治療を行います。また、入院後すぐに選択的消化管除菌法(SDD; selective decontamination of the digestive tract、例えば tobramycin 80mg、polymyxin B 50万単位、amphotericin B 500mg)を行い、抗生物質の全身的投与を開始します。体表面の消毒を行なった後に、無菌室に隔離します。

3~10Gy程度の被ばく線量で造血幹細胞移植を行うことが考えられてきました。しかし移植両方の副作用とサイトカイン療法の発展から、移植の有効性が合理的に期待できるのは、6~10Gy程度と考えられています。移植の目的は、ドナー由来細胞が永久的に生着することではなく、一過性に生命を支持することです。

顆粒球コロニー刺激因子(G-CSF)や顆粒球マクロファージコロニー刺激

因子（GM-CSF）は、被ばく後の患者の造血速度を促進するので、幹細胞が残っている場合には、骨髄移植を不要のものとする可能性があります。2～6(8)Gyの被ばくでは移植を行わずにサイトカイン療法を行います。

消化管障害の治療は、現時点では確立されておらず、輸液による電解質管理、完全静脈栄養、成分輸血などの対症療法が中心となります。

放射線肺臓炎は、8Gy以上の被ばくで発症頻度が増加します。被ばく後の軟部組織の硬化、線維化を予防、治療するため、長期（半年から1年）にわたるペントキシフィリンとビタミンEの併用が有効であるとの動物実験および臨床研究の報告があります。

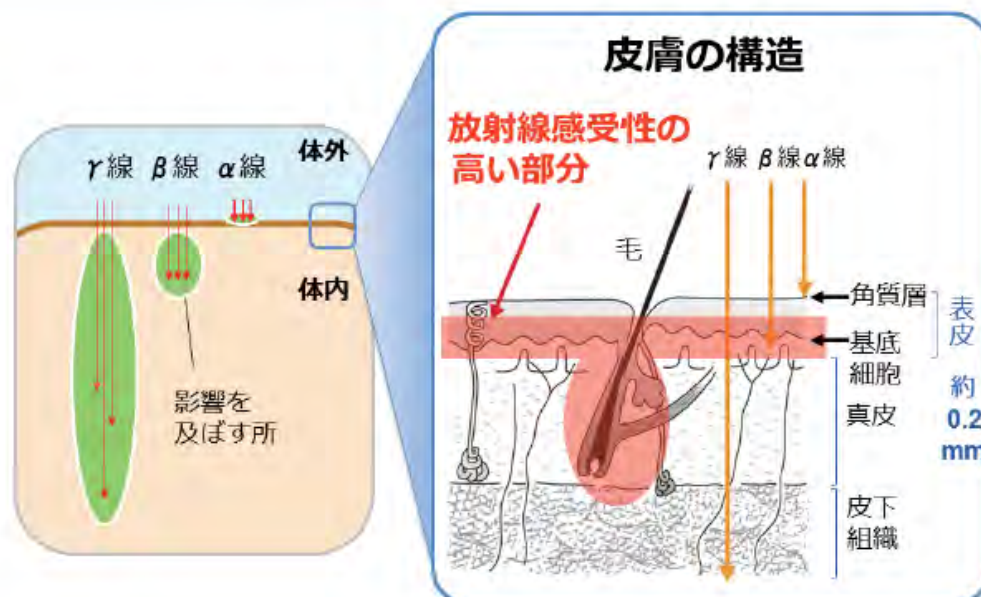
複合障害 (combined radiation injuries)

- ❖ 放射線による障害に外傷、熱傷、感染症、化学障害などが合併したもの
- ❖ 放射線単独の障害より予後が悪い
- ❖ 放射線事故や核爆発では、被災者の多くは放射線被ばくに熱傷や外傷を伴う
 - ◇ 広島・長崎の被爆者の60～70%に外傷を合併していた
 - ◆ 被ばく2～3週間後に合併症を発症：特に骨髄抑制の影響
 - ◆ 創傷治癒の遅滞
 - ◆ 多くの被ばく者が敗血症で死亡
 - ◇ チェルノブイリ事故の237名の被災者のうち10%に重篤な放射線被ばくと熱傷の両方を合併していた
- ❖ 免疫系の障害、感染防御機能の障害のため、少量の病原菌で感染し、症状はより重篤となる
- ❖ 初療は全身状態の安定、合併している外傷の治療を行う
- ❖ 高線量被ばくと外傷において、外科的処置が必要であれば、**被ばく後72時間以内に手術**を行う

放射線による障害に外傷、熱傷、感染症、化学障害などが合併したものを複合障害(combined radiation injuries)と言い、放射線単独の障害よりも予後が悪くなります。動物実験では、全身被ばくと熱傷が合併すると死亡率が上昇する結果があります。

放射線の事故や核爆発では、被災者の多くは放射線被ばくに熱傷や外傷を伴うことが多いです。この複合障害では、骨髄抑制の影響で、少量の病原菌で感染し、症状はより重篤となり、多くが敗血症で死亡します。また、創傷治癒の遅延が起こります。外傷等を合併している場合は、全身状態の安定と外傷等の治療をまず行います。また、外傷診療として外科的処置が必要であれば、被ばく後72時間以内に手術を行います。

放射線皮膚障害の病態



皮膚は表層側から表皮、真皮、皮下組織の3層から構成されます。表皮は、表層から扁平な細胞が重なった角層、数層の顆粒層、数層の有棘層、単層の基底層から構成されます。放射線による障害は、基底細胞に強く出ます。基底層の細胞は分裂が盛んで、皮膚の再上皮化を起こす場所で、ここが放射線で損傷すると皮膚障害が発生します。通常、基底層から顆粒層へ細胞増殖のための移行時間が 14 ± 6 日、顆粒層から表層までには 18 ± 6 日かかります。

放射線皮膚障害の重症度を規定する因子は、放射線の線質、被ばく線量、皮膚の厚さ、年齢などがあげられます。 α 線の場合では、軟部組織表層からの透過距離は約0.04mmであり、表皮基底層には達しません。 γ 線、中性子線による障害は深層への透過性が極めて強く、皮膚、皮下組織、筋肉、骨にも達します。

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平成29年度版」

放射線皮膚障害の病期と初期変化

I	超急性期 ~7日	皮膚がエネルギーの高い放射線を高線量で被ばくすると、電離が惹起され、酸素ラジカルが細胞膜の脂質過酸化を引き起こし、血管透過性を亢進させる。
II	急性期 7日~6カ月	放射線によって引き起こされる表皮基底層のDNA障害は、潜伏期間（通常2~3週単位）を経て、2~3週間（細胞周期と同じ）ごとに細胞障害や組織死が段階的に進み、多彩な症状が続く。
III	慢性期 6カ月以上	表皮が再生した後、主として真皮層および皮下組織の障害が主体となる。

症状	線量(Gy)	発症(day)
紅斑	3-10	12-21
脱毛	>3	14-18
乾性落屑	8-12	25-30
湿性落屑	15-20	20-28
水疱	15-25	15-25
潰瘍	>20	14-21
壊死	>25	>21

(IAEA/WHO Safety Report Series No.2 Diagnosis and Treatment of Radiation Injury 1998より改変)

10

放射線皮膚障害の病期は、超急性期（7日未満）、急性期（7日以後～6カ月まで）、慢性期（6ヶ月以降～数年）に分けられます。

皮膚がエネルギーの高い放射線を高線量で被ばくすると、電離が惹起され、酸素ラジカルが細胞膜の脂質過酸化を引き起こし、血管透過性を亢進させ、全身組織へのケミカルメディエーターの放出が惹起されます。そのため浮腫や紅斑が出現します。

急性期の放射線皮膚障害の程度は、被ばく線量と被ばくした組織の放射線感受性によって決まります。10Gy前後では初期の皮膚症状（発赤、紅斑、浮腫）が3～4日で消退後、潜伏期の後、3週目ごろより再度、組織腫脹、掻痒感、発赤、疼痛感、紫斑などが現れます。進行は緩徐です。

慢性期では、表皮が再生した後、主として真皮層および皮下組織の障害が主体となる。10Gy以上の被ばくによる皮膚障害では、一度障害された皮膚が上皮化した後も、再度皮膚障害が反復し、潰瘍や皮膚剥離がおきます。また、6カ月以上経過してから皮膚の線維化や色素沈着などが出現します。真皮層には、多くの血管が存在します。血管内皮細胞は放射線感受性が高いため、被ばくした領域ではこれらの血管の内膜に障害が生じ、内膜の肥厚や微小血栓の形成を通じて微小循環障害や局所の血流障害を起こします。

放射線皮膚障害の診断

- ❖ 病歴の聴取
 - ◇ 密封線源の事故では、被ばくした自覚がないことが多いため、原因不明の熱傷様病変に遭遇した場合には、放射線皮膚障害を念頭に入れ、放射線の可能性を疑って診断を進める。
- ❖ 身体所見の確認
 - ◇ 全身被ばくの有無を評価；線源が大きい場合は、局所被ばく以外にも全身被ばくをしている可能性がある。
 - ◇ 極端に高い線量による局所被ばく；全身への平均被ばく線量の評価として染色体分析を実施
- ❖ 障害部位の評価
 - ◇ 皮膚病変の経時的変化の記録
 - ◇ 骨の変化の比較；X線
 - ◇ CT・MRI；炎症の波及範囲や血流を評価
 - ◇ サーモグラフィ・超音波ドップラ検査法；非侵襲的に血流の程度を評価
- ❖ 線量評価
 - ◇ 物理学的線量評価；線源と被ばく部位の位置関係、被ばく時間、周辺の遮へい物の影響、事故の再構築

111

密封線源の事故では、被ばくした自覚がないことが多いため、原因不明の熱傷様病変に遭遇した場合には、放射線皮膚障害を念頭に入れ、放射線の可能性を疑って、病歴を聴取するなどの診断を進めることが重要です。

線源が大きい場合は、局所被ばく以外にも全身被ばくをしている可能性があるため、全身被ばくの評価も同時に行います。被ばく当日を含む3日間程度は末梢血全血球数計算（CBC）を行い、リンパ球数の減少の有無を確認します。局所被ばくの線量が極端に高い場合は、全身への平均被ばく線量を正確に知るために染色体分析による線量評価を実施します。

皮膚病変の経時的変化の記録をします。骨の変化の比較のため、単純X線撮影を行います。また、CT・MRIでは炎症の波及範囲や血流を評価します。サーモグラフィ・超音波ドップラ検査法でも非侵襲的に血流の程度を評価できます。

放射線皮膚障害の範囲、深達度の判断には、線量評価が必要です。主として、物理学的線量評価を行います。線源と被ばく部位の位置関係、被ばく時間、周辺の遮へい物の影響の情報をもとに計算する他に、事故の再構築により、実際に放射線を測定してその情報をもとに計算します。これらの情報は、記憶に頼る部分があるため、結果には相当な幅があります。

放射線皮膚障害の治療

深達度	症状	治療
I度熱傷相当	紅斑や発疹、浮腫	・ワセリン基剤などによる皮膚の保湿
浅達性II度熱傷相当	水疱、落屑、乾皮炎、滲出性表皮炎など	・ステロイドや抗生物質含有のワセリン基剤、創傷被覆剤 ・疼痛コントロールには、モルヒネ、フェンタニルなどの麻薬あるいは非麻薬系の鎮痛剤
深達性II度熱傷相当	滲出性表皮炎、潰瘍、乾酪様壊死など	・表層のブラッシングなど外科的な処置 ・創感染症には、全身の抗生物質の投与 ・感染の悪化、2ヶ月以上上皮化傾向が認められない潰瘍では、全身状態を勘案して植皮手術も選択
III度熱傷相当	全層にわたる乾酪様壊死、壊死	・2～3ヶ月以上治癒傾向がないものは、植皮手術の対象

放射線皮膚障害の治療はその程度により異なるため、深達度の分類は重要です。原則的には、温熱熱傷の治療と同様に全身管理、局所管理からなります。全身被ばくがあれば骨髄抑制や消化管障害に対する治療も必要です。

・ I度熱傷相当

紅斑や発疹、浮腫などは、被ばく直後または3～4週間以内に出現します。数週から数ヶ月の経緯で徐々に消失します。ワセリン基剤などで皮膚の保湿を図ります。

・ 浅達性II度熱傷相当

水疱、落屑、乾皮炎、滲出性表皮炎などの皮膚障害は、10Gy以上の被ばく後4～6週で発現します。I度熱傷に相当する紅斑が被ばく後3～4週で出現した後に、4～6週でII度熱傷に相当する水疱に移行します。被ばく線量が高いとより早期から症状が出現します。感染すると皮膚の障害はより深部に及ぶ可能性があります。深度や症状が悪化しない様であれば、残存する真皮層が1～2ヶ月の保存的治療で創は閉鎖します。疼痛は、放射線皮膚障害が重症化する初期の特徴であり、疼痛コントロールには、モルヒネ、フェンタニルなどの麻薬あるいは非麻薬系の鎮痛剤を使用します。局所の治療には、ステロイドや抗生物質含有のワセリン基剤を塗布したり、創傷被覆剤を使用します。

・ 深達性II度熱傷相当

滲出性表皮炎、潰瘍、乾酪様壊死などの皮膚障害は、10Gy以上20Gy未満の被ばく線量で発症します。紅斑、水疱、皮膚剥離などの症状は4から8週間ぐらいの時間経過で潰瘍創となります。潰瘍創表層にはフィブリン様の壊死物質

が存在し、薬剤は浸透しません。そのため、表層のブラッシングなど外科的な処置が繰り返し行われています。一般細菌や真菌などの感染を合併して、難治性潰瘍になりやすいです。創感染症には、全身の抗生物質の投与が必要となります。保存療法を第一選択として治療を開始しますが、感染の悪化、2ヶ月以上上皮化傾向が認められない潰瘍では、全身状態を勘案して植皮手術も選択されます。

- III度熱傷相当

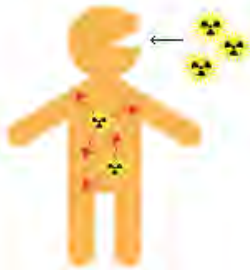
20Gy以上の高線量を被ばくすると受傷から3～4週からIII度熱傷相当の全層にわたる乾酪壊死、壊死の皮膚障害を呈します。前述の症状が出現せずに徐々に皮膚構造が崩れ始め、表皮が剥離し、真皮が露出します。潰瘍層ができ、血流に乏しく、出血は認められません。2～3ヶ月以上治癒傾向がないものは、植皮手術の対象となります。しかし、皮下脂肪や筋層の損傷もおこっており、壊死組織の切除深度や四肢の切断の適応の判断は難しいです。

- 慢性期

急性期に上皮化が終了した部分でも、真皮のダメージは慢性期で再燃して、線維化や色素沈着、再潰瘍化など新たな病像を呈します。放射線による骨壊死には高圧酸素療法が有効とされる。また、血流障害による疼痛や感染がコントロールできず、機能が廃絶している様な場合には、四肢の切断も考慮します。

内部被ばくの診断

- ❖ 体内からの放射性物質もしくは放射線の検出により診断
- ❖ 鼻腔・咽頭スメア；吸入による内部被ばくの可能性
- ❖ 口や鼻腔周囲の体表面汚染、創傷部の汚染；吸入、吸収の可能性
- ❖ 問診；内部被ばくが疑われる場合は、放射性核種、化学形態、溶媒等について確認



- ❖ 生体試料（尿、便）の放射性物質の計測
- ❖ 体外計測；ホールボディカウンター、甲状腺モニター、肺モニター

➡ 内部被ばくの診断

内部被ばくは、吸入による経気道、経口摂取による経消化管、創傷部からの吸収によって体内に放射性物質が取り込まれることによって起こります。体内に入った放射性物質は、安定型の核種と同じ体内動態を示すため、核種に応じた体内除染が必要になります。

初期には、口や鼻腔周囲の体表面汚染、創傷部の汚染があれば、放射性物質の吸入や吸収の可能性があります。また、鼻腔や咽頭のスワブ採取によって放射性物質を検出した場合も内部被ばくが疑われます。内部被ばくが疑われた場合、事業所や施設等での事故の場合は、放射線管理要員等に放射性核種、化学形態、溶媒等について確認します。

内部被ばくの最終診断と線量評価は、尿や便の生体試料の放射性物質の計測（バイオアッセイ法）と、体内からの放射線の計測（体外計測）によって行われます。

内部汚染対応の基本方針

- ❖ 将来の生物学的影響の低減が目的
- ❖ 治療の原則；吸収と内部沈着の低減、体内に入った核種の除去と排泄促進
- ❖ 治療の適応；明確な指標はない。実効線量（預託実効線量）を参考に治療するメリット、デメリットを勘案して適応を決定する。
 - ◇ 実効線量20 mSvが1つの目安
- ❖ 事故時には摂取量、体内動態がすぐには判明しない。
- ❖ 治療の副作用が少なく、禁忌がない場合はすぐに治療を開始すべきである。
- ❖ 勘案すべき要素
 - ◇ 確実な汚染か疑いか
 - ◇ 体内動態
 - ◇ 治療目標の現実性
 - ◇ 治療のメリットとデメリット
 - ◇ 年齢、健康状態、精神的状態

内部被ばくでは、基本的に急性障害は起こりません。そのため、治療の目的は、体内の放射性物質からの放射線被ばくによる将来の生物学的影響の低減となります。内部被ばくの治療の原則は、吸収と内部沈着の低減及び体内に入った核種の除去と排泄の促進です。放射性物質が体循環に入っていない場合に最も治療効果が高くなります。また、標的臓器の細胞に取り込まれる前に治療を行う必要があります。しかし、内部被ばくの事故では、摂取量や体内動態がすぐに判明しないことがほとんどです。そのため、内部被ばくが疑われる場合は、治療による副作用が少なく、禁忌がない場合には、すぐに治療を開始すべきです。また、治療の適応には、明確な指標がありません。預託実効線量を参考にして、治療のメリットとデメリットを勘案して適応を決定します。

内部被ばくの治療

❖ 消化管での吸収を低減

- ◇ 胃洗浄
- ◇ 催吐剤
- ◇ 下剤
- ◇ イオン交換剤
- ◇ Prussian Blue
- ◇ アルミニウムを含む制酸剤
- ◇ 硫酸バリウム

❖ 阻害剤／希釈剤；安定元素で代謝過程を飽和して放射性核種の摂取を低減

- ◇ ヨウ素
- ◇ ストロンチウム
- ◇ 水分摂取
- ◇ カルシウム
- ◇ 亜鉛
- ◇ カリウム

❖ キレート剤

- ◇ EDTA
- ◇ DTPA
- ◇ Dimercaprol (BAL)
- ◇ Penicillamine
- ◇ Deferoxamine

❖ その他

- ◇ 抗甲状腺薬
- ◇ 利尿剤
- ◇ 副甲状腺ホルモン剤

内部被ばくの治療には、消化管で吸収を低減する方法、特定臓器を安定同位元素で飽和することによって放射性物質の摂取を低減する方法（阻害）、大量の安定元素または化合物の投与によって放射性物質を希釈する方法、キレート効果による排泄、利尿剤による排泄促進といった方法があります。

内部被ばくの治療は、体内からの放射性物質の排泄量などをモニタリングしながら、薬剤の投与による放射性物質の排泄が効果的にできる場合は、さらに治療を継続することを検討します。

治療した場合と薬剤の投与を行わなかった場合の尿中排泄率の比較や、ホールボディカウンターで判定した体内からの除去効果を考慮して、治療の中止を判断します。

プルシアンブルー

❖ 効能・効果

- ◇ 放射性セシウムによる体内汚染の軽減
 - ◆ 生物学的半減期115日→40日

❖ 用法・用量

- ◇ 1回6カプセル (3g) を1日3回経口投与する。
- ◇ 患者の状態、年齢、体重に応じて適宜増減する

ヘキサシアノ鉄(II)酸鉄(III)水和物
(ラジオガルダーゼ®カプセル500mg)



承認番号: 22200AMX00966000

薬価収載: 薬価未収載

承認日: 2010年10月27日

プルシアンブルー (ラジオガルダーゼ®カプセル500mg) は、フェロシアン化第二鉄に属します。消化管に吸収されない毒性の低いコロイド状の溶解可能な形態を持ち、ある種の一価の陽イオンに対しイオン交換体のような働きがあります。放射性セシウムが血液に入った場合、経口投与されたプルシアンブルーが腸管から再吸収されるセシウムの取り込みを防ぎます。

DTPA

❖ 効能・効果

- ◇ 超ウラン元素（プルトニウム、アメリシウム、キュリウム）による体内汚染の軽減

❖ 用法・用量

- ◇ ペンテト酸カルシウム三ナトリウムとして1000mg、もしくは、ペンテト酸亜鉛三ナトリウムとして1055mgを1日1回点滴静注、又は緩徐に静脈内投与する。
- ◇ 本剤は、100～250mLの5%ブドウ糖注射液又は生理食塩液で希釈して約15～60分かけて点滴静注する、又は3～4分間かけて緩徐に静脈内投与すること。
- ◇ 患者の状態、年齢、体重に応じて適宜減量する。

❖ プロトコール

- ◇ 単独静脈内投与
 - ◆ CaDTPAもしくはZnDTPAを1g
- ◇ 混合静脈内投与
 - ◆ 1日目 CaDTPA
 - ◆ 2～5日 ZnDTPA
 - ◆ 1～2回/週 ZnDTPA

❖ 使用例

- ◇ アメリカではプルトニウムとアメリシウムの体内沈着の除去のため、1995年までに610人に使用された。
- ◇ 2017年プルトニウム内部被ばく事故で日本でも5名の作業員に投与された。

ペンテト酸カルシウム三ナトリウム
(ジトリペンタートカル[®]静注1000mg)



承認番号:22300AMX00609000
薬価収載:薬価未収載
承認日:2011年7月1日

ペンテト酸亜鉛三ナトリウム
(アエントリペンタート[®]静注1055mg)



承認番号:22300AMX00610000
薬価収載:薬価未収載
承認日:2011年7月1日

Diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA)はEDTAより多価の放射性同位元素に対してより効果的です。キレート体は、安定で、体外に腎臓から排泄されます。静脈的に投与した後、DTPAは最初の1時間に尿中に約50%が排泄されます。CaDTPA、ZnDTPAは超ウラン元素（プルトニウム、アメリシウム、キュリウム、カリホルニウム、ネプツニウム）をキレートします。

CaDTPAによる重篤な副作用の報告はありません。しかし長期間投与するとCaDTPAにより亜鉛欠乏症を起こします。

まとめ

- ❖ 急性放射線症は、1Gy（グレイ）を超える急性被ばくを全身に受けた場合に発症し、骨髄障害、皮膚障害、口腔粘膜障害、消化管障害、中枢神経障害、心臓血管障害などの放射線による確定的影響が被ばく線量に応じて発現する。
- ❖ 急性放射線症、放射線皮膚障害の診断は、問診、身体所見、血液検査、線量評価によって行う。
- ❖ 臨床の現場では、線量が決定するまでは、高めに被ばく線量を推定し、治療を開始する。
- ❖ 内部被ばくの診断は、問診や鼻腔スワブ等により可能性を把握し、バイオアッセイ法、体外計測法により診断する。
- ❖ 内部被ばくでは核種ごとに治療に使用する薬剤が異なる。

用法・用量

薬品	用法・用量	
プルシアンブルー (フェロシアン化第二鉄)	水とともに1回3gを1日3回3週間 内服	0.5g/cap
アルギン酸ナトリウム (アルロイドG)	アルギン酸ナトリウム10g (アルロイドG 200ml) あるいは1.5~3gを内服	5%液
ヨウ化カリウム	成人100mg内服	50mg/tab
ジメルカプロール (バル)	1日目 1回2.5mg/kg筋注 6hr毎 2日目~1日1回を6日間	100mg/ml
CaDTPA ZnDTPA	1回1gを生食100mlで30分で1日1回静注 週5日連続投与 混合療法:1回目CaDTPA 1g、2回目以降ZnDTPA 1gを4日間投与。その後超ウラン元素の排泄率の増加が見られなくなるまで1週間に2-dose(1-doseあたりZnDTPA1g)投与。	1g/5ml
レボチロキシン (チラージンS)	1回25~100μg内服	25μg/cap
チオ硫酸ナトリウム (デトキソール)	1日1~2g 緩徐に静注	2g/20ml
マーロックス懸濁内服液	1回1.6~4.8g (1gを水10mlに懸濁)	1.2g/包
ラキンベロン液	(CF前) 1回20ml内服	10ml/本
酸化マグネシウム		1g/包
硫酸バリウム	1回100~300ml内服	
薬用炭	1回20gを水に懸濁し内服	20g/包

①

放射性核種による汚染時の選択薬剤 1

核種	直後の処置	考慮すべき薬剤	注意
アメリシウム (Am) Americium	DTPA	DTPA, CaEDTA	可及的早期にキレート化を行う。 DTPAが入手困難ならばCaEDTAを用いる。
セシウム (Cs) Caesium	プルシアンブルー、 洗浄、下剤	プルシアンブルー、 $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	
コバルト (Co) Cobalt	洗浄、下剤	大量被ばくでは、ペ ニシラミンが考慮。	コバルト塩は不溶性であるから飲 んだ場合は、特に治療は要しない。
フッ素 (F) Fluorine	水酸化アルミニウ ムゲル		
ヨウ素 (I) Iodine	KI投与	KI	できるだけ早くヨウ化カリウム100 mg (ヨウ素として16 mg) を飲ま せる。
マンガン (Mn) Manganese	洗浄	DTPA	陰イオンとして存在するMnは治療 不可能。
リン (P) Phosphorus		水酸化アルミニウム (経口)	大量の時は副甲状腺ホルモンも。
プルトニウム (Pu) Plutonium	DTPA	DTPA、 CaEDTA、 DFOA	DTPAが入手困難ならばCaEDTAを 用いる。早期にはDFOAも用い る。生物学的半減期は、肝で40年、骨 は100年である。

放射性核種による汚染時の選択薬剤 2

核種	直後の処置	考慮すべき薬剤	注意
ルテニウム (Ru) Ruthenium	洗浄、下剤	クロールサイアザイド DTPA	クロールサイアザイドは尿中排泄を増す。DTPAの効果は一定しない。
トリウム (Th) Thorium	DTPA	DTPA DFOA	DTPA、DFOAは可溶性成分に有効で、排泄を増加。二酸化トリウムには、有効な治療はない。
トリチウム (H) Tritium	洗浄 多量の水分を採らせる	利尿剤	
ストロンチウム (Sr) Strontium	洗浄 直ちに磷酸アルミニウムゲル又は水酸化アルミニウムゲル100mlを飲ませる。硫酸マグネシウム10g服用により、消化管停留を短縮し、吸収を減少。	安定ストロンチウムステロイド剤 Potassiumrhodizoate (C ₆ O ₂ K ₂) プレドニン	乳酸ストロンチウム500-1500 mg/日を経口投与し、連日数週間続ける。創傷汚染は、いかに小さくとも見逃してはならず十分水洗いするがPotassiumrhodizoate 1gを撒布すれば、Srは局所的に不溶性となり、吸収されない。コルチコステロイド投与は、放射性ストロンチウムの尿中排泄を3倍に増加。プレドニン経口5-20mg/日、又はメチルプレドニゾロン10-40mg 静注。
ウラン (U) Uranium	DTPA	DTPA 重炭酸ナトリウム	DTPAは4時間以内が有効である。重炭酸ナトリウムは、腎を保護する。
亜鉛(Zn) Zinc	DTPA、洗浄	DTPA	DTPAが入手困難ならば、CaEDTAを用いる。

外部被ばくと内部被ばくの線量評価

原子力災害医療 専門研修
中核人材-4

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；40分

内容

- 被ばく線量評価
- 線量評価の方法
- 実効線量
- 血球数による線量推定
- 染色体解析による外部被ばく線量推定
- 前駆症状と被ばく線量
- 個人線量計による算定方法
- 線量推定
- 再構築
- 内部被ばくの特殊性
- 内部被ばく線量評価の方法
- 内部被ばくの線量（預託実効線量）
- 体外計測法とバイオアッセイ法
- 預託実効線量の算出

被ばく線量評価

外部被ばく



- どの程度被ばくしたのか？
- 今後どのような症状が出るのか？
- 健康影響のリスクはどの程度か？

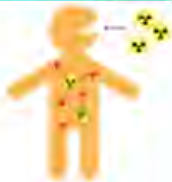
線量評価

様々な手法がある

被ばく医療には線量評価が不可欠

診断、治療方針の決定、予後の評価

内部被ばく



- ◆ 絶対的なものではなく、総合的に評価する
- ◆ 正確な被ばく量が完全に決定するまで実際にはかなり時間がかかる
- ◆ 被ばく線量は幅を持たせて考える必要がある（どちらかといえば重症の方に考えて対処）

放射線に被ばくしたら、診断や治療方針の決定、予後の評価には、被ばくの程度を評価する必要があります。それが線量評価となります。線量評価には、生物学的線量評価と物理学的線量評価があります。

外部被ばくの線量評価には、染色体分析や計測、放射化分析、ESR、再構築、線量推定といった手法があります。内部被ばくの線量評価には、体外計測法、バイオアッセイ法があります。

線量評価は、絶対的な手法はなく、それぞれの評価法を用いて、総合的に評価します。また、正確な被ばく線量が完全に決定するまでには、時間がかかります。また、被ばく線量は、幅をもたせて考える必要があります。

線量評価の方法

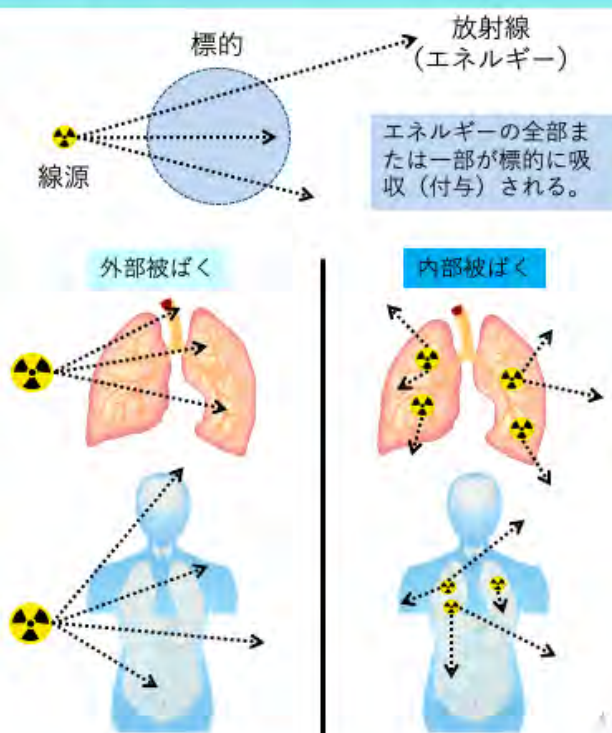
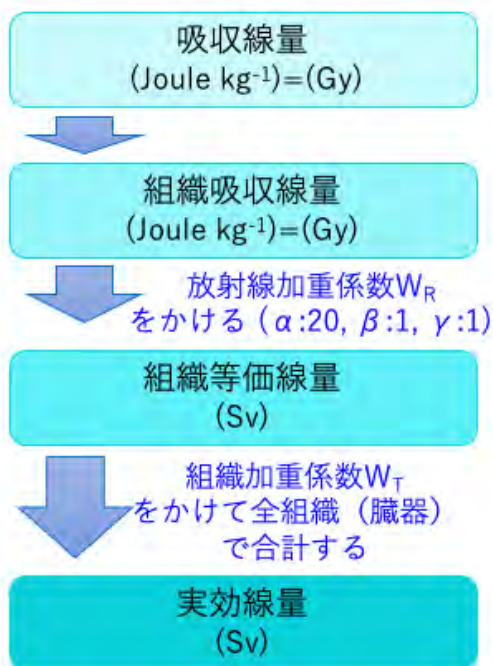
	試料・資料	対象	内容
生体試料の測定・観察 放射線の影響による変化の観察、測定	血液	血球細胞数の変化	リンパ球、好中球の減少など
		染色体異常の解析	放射線による染色体異常の発現頻度
	身体所見	唾液腺の腫脹、疼痛、口腔粘膜の症状等	高線量被ばくによる前駆症状
		皮膚症状の出現	紅斑や放射線皮膚障害の症状
	スワブ	鼻腔や口腔粘膜のスワブ	汚染の有無による内部被ばくの可能性と推定
	血液、嘔吐物等	生体内のナトリウム、塩素の放射化から計測	中性子線による放射化の分析
歯のエナメル質	生体組織に生じるラジカルを測定	電子スピン共鳴(Electron Spin Resonance; ESR)	
情報の解析	問診等での病歴、事故の状況	被ばくの可能性の評価	患者本人あるいは放射線管理委員より聴取
	線源、放射性物質等の情報	計算	計算による線量推定
計測 放射線、放射性物質の計測	個人線量計	個人被ばく線量	被ばく線量の実測値
	身体、臓器	体外計測（ホールボディカウンター、甲状腺モニター、肺モニター）	体内残留量の計測
	尿、便	バイオアッセイ法	排泄量の計測
	再構築	線源等の情報による事故状況の再現と実測結果からの計算	事故状況の再現、実測、計算

被ばく線量評価には、様々な手法があります。

生体試料を測定して、放射線の影響による実際の細胞や組織の変化を評価する方法があります。これには、血液試料による血球細胞数の変化や染色体異常の解析、身体所見による高線量被ばくの症状の確認と発症時期による線量の推定、鼻腔や口腔粘膜のスワブ（ぬぐいとり試料）の汚染検査による内部被ばくの推定、血液や嘔吐物の放射化の測定による中性子線被ばくの線量評価などがあります。これらの生体試料の測定による方法を生物学的線量評価と称します。

また、事故の状況や被ばくの時間、作業時間等を問診で確認することで被ばくの可能性の評価ができ、さらに線源や放射性物質等の情報を追加することで計算による線量推定ができます。また、実際に放射線や放射性物質を計測して評価することもできます。体外計測は、身体や臓器から放出される放射線を測定して、体内の放射性物質の残留量を計測し、内部被ばく線量を計算します。尿中や便中の放射性物質の排泄量を測定して内部被ばく線量を計算する方法がバイオアッセイ法です。また、線源や被ばくした患者の位置関係などから事故時の状況を再現し、放射線を実測した結果から、被ばく線量を計算する再構築の方法もあります。計算や計測による線量評価を物理学的線量評価と称します。

実効線量

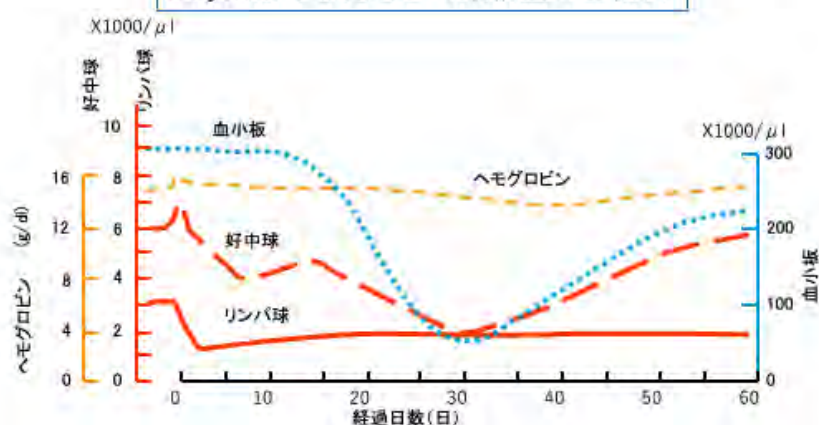


物質が吸収するエネルギーによる影響は、放射線の種類やエネルギーによって異なることが知られています。この放射線の種類やエネルギーによる影響の違い（放射線荷重係数）を考慮して、各組織・臓器への影響を評価した線量が等価線量です。各組織・臓器は、受けた等価線量が同じでも、その臓器により影響の現れ方（感受性）が異なります。各組織・臓器の等価線量にこの影響の現れ方の違い（組織荷重係数）を加味して全身について合計したものが実効線量です。

末梢血による外部被ばく線量評価

- ❖ 容易、低侵襲で確度の高い外部被ばく線量評価が可能
- ❖ 全身平均線量を評価できる
- ❖ 血算、不安定型染色体異常、安定型染色体異常、小核、遺伝子突然変異などを指標とする方法が考案されている

2Gy被ばくしたときの末梢血の変化例



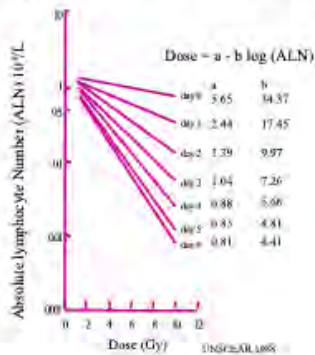
末梢血の血球による被ばく線量評価は、容易であり、侵襲の度合いの低い被ばく線量評価となります。これは、全身の平均線量を評価できます。血球数の推移による評価や染色体異常の分析による線量評価があります。2 Gyの被ばくをした場合の末梢血の血球数の推移を図に示しています。

出典：HÜBNER, K.F., FRY, S.A. (Eds), The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness (Proc.REAC/TS International Conference Oak Ridge, 1979), Elsevier, Amsterdam and New York (1980).

血球数による線量推定

	ARSでの血球数と被ばく線量				
	1 - 2 Gy	2 - 4 Gy	4 - 6 Gy	6 - 8 Gy	> 8 Gy
リンパ球数 ($\times 10^3/\text{mm}^3$) (被ばく後3～6日)	0.8 - 1.5	0.5 - 0.8	0.3 - 0.5	0.1 - 0.3	0.0 - 0.1
好中球数 ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	> 2.0	1.5 - 2.0	1.0 - 1.5	≤ 0.5	≤ 0.1
血小板数 ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	60 - 100 10 - 25 %	30 - 60 25 - 40 %	25 - 35 40 - 80 %	15 - 25 60 - 80 %	< 20 80 - 100 %

50 Gyを越すような非常に高線量被ばくした場合には、血球減少の前に死亡する



- ❖ 高線量被ばくが疑われる場合は、4～8時間毎に末梢血のリンパ球数を評価する。
- ❖ 血球数の減少の程度により、被ばく線量が推定される。

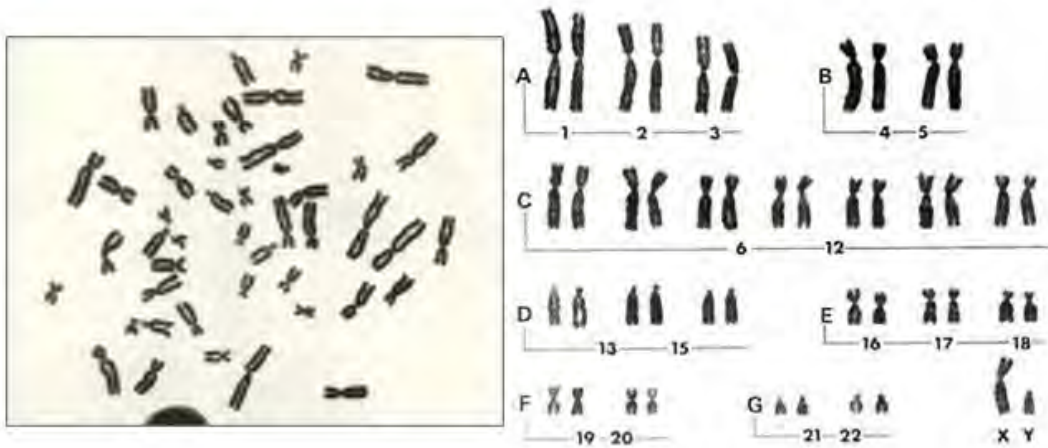
血球数の推移による線量推定の目安を表に示しています。高線量被ばくが疑われる場合は、4～8時間ごとに末梢リンパ球数を評価し、その推移によって被ばく線量を推定します。

50Gyを超える被ばくは、血球減少が出現する前に死亡してしまいます。

出典；IAEA Safety Report Series No.2 Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries 1998より改変

ヒト染色体

- ❖ 染色体はヒトの設計図(遺伝情報)の担体である。
- ❖ 常染色体 44本と性染色体2本がある

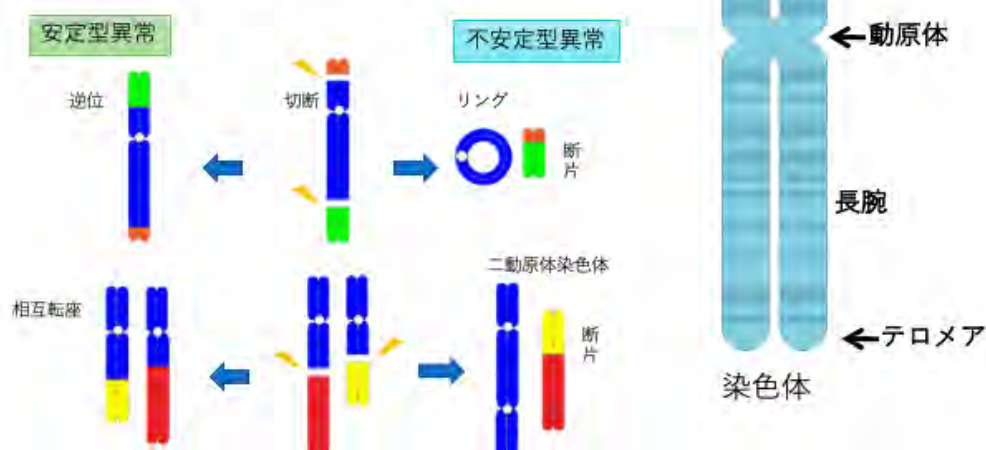


DNAはヌクレオチドという分子が長く繋がった糸状の分子で、そのほとんどが細胞の核の中にあります。DNAは核の中では、ヒストンというタンパク質に巻きついた形で存在し、これをクロマチン構造と言います。クロマチンが最大限に凝縮されたものがM期に見られる中期染色体です。

人の体細胞には、44本の常染色体と2本の性染色体があります。常染色体は第1番から第22番までの染色体が2本ずつあります。中期染色体は、動原体を挟んで両手両足を開いたような形をしています。

染色体解析による外部被ばく線量評価

- ❖ 末梢血リンパ球に起こる不安定型染色体異常を指標とする
 - ◇ スライドガラス上に染色体を展開し、染色して顕微鏡観察する
 - ◆ 二動原体染色体頻度；異常な染色体（二動原体染色体）の数を数える
 - ◆ PCC法
 - ◆ 染色体分染法（FISH法、M-FISH法）
- ❖ 外部被ばくの全身被ばく線量を最も正確に検出することができる
- ❖ 線量評価に採血から3日間程度の時間が必要



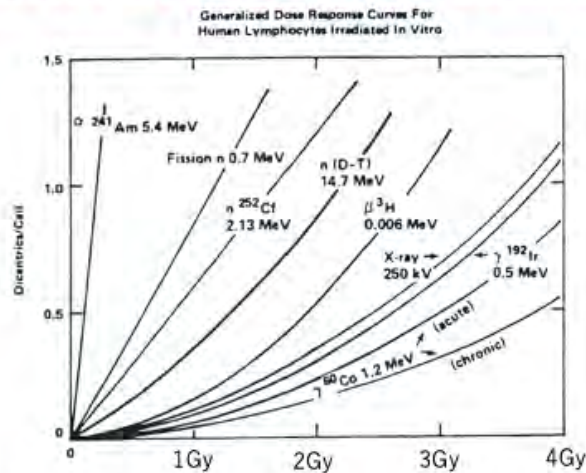
放射線により被ばくすると染色体異常が起こります。放射線によって染色体が切断され、切断面同士が再度接着するときに、染色体異常が起こります。染色体異常の頻度と線量との関係が分かっていると、染色体異常の頻度から被ばく線量を推定することができます。

二動原体染色体や環状染色体のように、細胞分裂を起こすと細胞が死んでしまうような異常を不安定型異常といい、転座や逆位のように生存への影響の少ない異常を安定型異常と言います。不安定型異常は被ばくからの年月に応じて減少しますが、安定型異常は失われずに残ります。

末梢血リンパ球をフィトヘマグルチニン（PHA）という薬剤で処理すると、細胞分裂を人為的に誘発でき、染色体構造を顕微鏡で観察することができるようになります。染色体異常の検出方法には、二動原体染色体頻度によるもの、PCC法、FISH法やM-FISH法といった染色体分染法があります。この染色体異常からの線量評価は、外部被ばくの全身被ばく線量を最も正確に検出することができます。末梢血リンパ球の培養の時間が必要なため、線量評価には採血から3日間程度の時間が必要となります。

染色体解析による外部被ばく線量評価

染色体異常頻度と線量には数理的な関係がある



線質の異なる放射線による二動原体染色体出現頻度
R. J. Dufrain et al., 1980 より抜粋

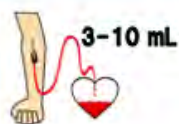
予め細胞のin vitro照射実験で検量線を作製しておけば、放射線被ばくを受けた人の染色体異常頻度から線量評価ができる。

染色体異常と線量には、数理的な関係があります。あらかじめ照射実験で検量線を作成しておけば、放射線被ばくでの染色体異常頻度から線量評価ができます。

また、二動原体染色体の出現頻度は、放射線の線質によっても異なります。LETが高くなると染色体上の誘発率は増加します。

染色体分析による線量評価の流れ

採血, リンパ球分離, 48時間培養



細胞の回収, 固定, 染色体標本作製

ギムザ染色 [→緊急時]

または
蛍光in situハイブリダイゼーション (FISH) [→時間を経た調査]

顕微鏡画像解析システムによる染色体分析

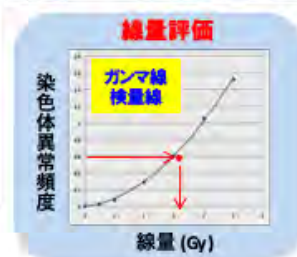
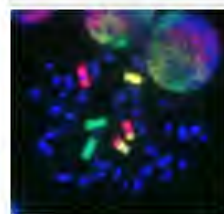
染色体異常頻度にもとづく線量評価



IAEA Manual 2011,
ISO 19238, ISO 21243 に準拠

年齢・性別
飲酒・喫煙・薬
医療被ばく歴
職業被ばく歴

聴き取り
調査票
&
同意書

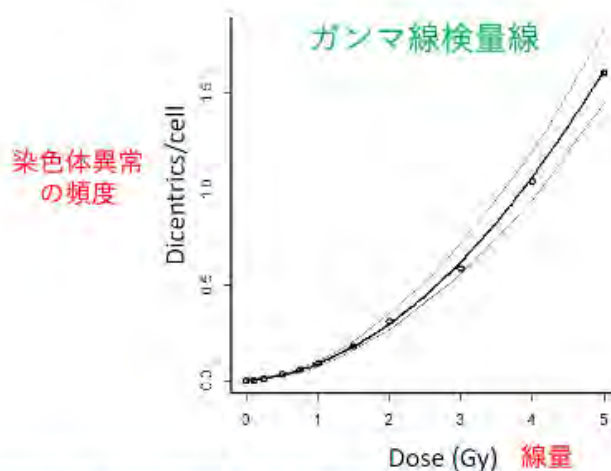


染色体分析用の採血後、リンパ球を分離し、48時間培養します。その後、細胞を回収し、標本を作成します。顕微鏡画像解析システムによる染色体分析を行い、異常の頻度に基づく線量評価を実施します。この手順は、国際標準の手順があります。

染色の手法としては、ギムザ染色、蛍光in situハイブリダイゼーション (fluorescent *in situ* hybridization; FISH) がある。

検量線

福島原発事故で線量評価に使用した検量線



$$Y = (0.00015 \pm 0.00017) + (0.0302 \pm 0.0044) \times D + (0.0588 \pm 0.0028) \times D^2$$

Y: 染色体異常の頻度, D: 線量 (Gy); p value of goodness of fit test : $p = 0.73$.

あらかじめ作成した検量線に、測定データを当てはめて被ばく線量を推定します。また、線質により同じ線量でも誘発される突然頻度は異なります。そのため放射線の種類によって検量線を使い分ける場合と、ガンマ線相当に換算して評価する場合があります。

出典；Y. Suto et al., Health Phys. (2013)

染色体分析の試料採取

- ❖ 染色体分析のための血液サンプルを確保する。
- ❖ 採血量：ヘパリン採血で10ml、最低3ml。（シリンジでも採血管でも良い、採血後十分に混合する）
- ❖ 採血時期：事故後24時間以降から4週間（1ヶ月）以内
 - ◇ ただし、高線量被ばくが予想される場合、血液中のリンパ球数の変化を見ながら激減するようであれば直ちに線量評価用の血液を確保する
 - ◇ 輸血などの措置が必要とされる場合は、輸血前に採血する
 - ◇ 採取した血液はただちに輸送できない場合、冷蔵（～室温）保存（凍結させない）
- ❖ 被ばく歴等の確認；線量評価の結果に影響を与えるため、次の項目を確認する。
 - ◇ 生年月日（年齢）
 - ◇ 性別
 - ◇ 医療被ばくの有無（放射線治療、X線検査、血管造影検査・治療、核医学検査・治療）
 - ◇ 既往歴
 - ◇ 服薬歴
 - ◇ 飲酒歴
 - ◇ 過去15年間のX線検査歴
 - ◇ 放射線関連作業従事歴

染色体分析に用いる血液サンプルは、ヘパリン採血管を使用します。採血量は10ml（最低3ml）です。採血時期は、被ばく後24時間以降から4週間以内です。被ばくから24時間経過すると、リンパ球が全身に均等に分布するため、正確な評価ができるようになります。ただし、高線量被ばくでリンパ球数が24時間以内に激減するようであれば、直ちに線量評価用の血液サンプルを確保します。また、輸血をする場合は、輸血の前に血液サンプルを採取します。輸血用の血液製剤は、放射線照射をしているため、正確な評価ができなくなるためです。

採取した血液サンプルを保存する場合は、凍結させずに冷蔵保存します。

また、線量評価の結果に影響を与える因子として年齢、性別、被ばく歴、既往歴、服薬歴、飲酒歴などを確認します。

ARS 前駆症状と被ばく線量

	1~2Gy	2~4Gy	4~6Gy	6~8Gy	>8Gy
嘔吐	10-50% 2h以降	70-90% 1-2h	100% 1h以内	100% 30min以内	100% 10min以内
下痢	(-)	(-)	中等度 <10% 3~8h	重度 >10% 1~3h	重度 100% 1h以内
頭痛	軽度	軽度	中等度 50% 4~24h	重度 80% 3~4h	重度 80~90% 1~2h
意識	正常	正常	正常	混濁例あり	喪失 (50Gy ↑)
体温	正常	微熱	発熱	高熱	高熱

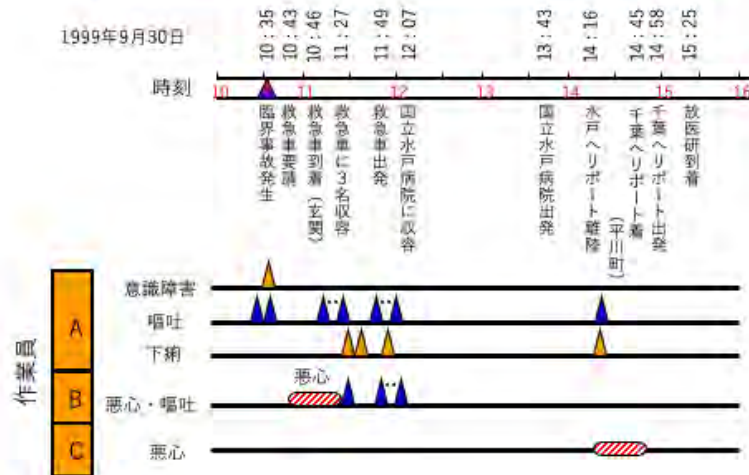
臨床症状からの被ばく線量の推定としては、急性放射線症(ARS)の前駆症状の重篤度と発症時期による推定があります。

前駆症状の発現時期が早ければ早いほど、また症状が重篤であるほど、被ばく線量は高いことが推定されます。これは、医療機関で被ばく患者を受け入れた際に、大まかな状態と高線量被ばくの可能性を推定する際に役立ちます。

出典；IAEA Safety Report Series No.2 Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries 1998より改変

嘔吐と推定被ばく線量

被ばくからの時間	推定被ばく線量(Gy)
< 30 分	> 6
0.5 - 1 時間	4 - 6
1 - 2 時間	2 - 4
2 - 3 時間	1 - 4
症状なし	< 1



前駆症状の中でも嘔吐は最も現れやすい症状です。

被ばく線量が高いほど嘔吐が出現する時期は、早くなります。被ばくから30分以内の嘔吐であれば、6Gy以上の被ばく線量が疑われます。2～3時間での嘔吐は1～4 Gy程度の被ばくが疑われます。4時間以上経過しても嘔吐の症状がなければ、高線量の被ばくの可能性は低くなります。

出典；International Atomic Energy Agency, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries. Safety Report Series No.2. Vienna, 1998.

International Atomic Energy Agency, Generic procedures for medical response during a nuclear or radiological emergency. Vienna, 2005.

個人線量計による実効線量及び等価線量の算定方法

被ばく状況	評価項目	算定方法	
均等被ばく	実効線量	胸腹部に装着した個人線量計から評価した1cm線量当量	
	等価線量	皮膚	体幹部に装着した個人線量計から評価した70 μ m線量当量（等価と見なせる場合は1cm線量当量でもよい）
		眼の水晶体	体幹部に装着した個人線量計から評価した70 μ m線量当量または1cm線量当量のうちどちらか大きい方（等価と見なせる場合は1cm線量当量でもよい）
		妊娠を申告した女子の腹部表面	腹部に装着した個人線量計から評価した1cm線量当量
不均等被ばく	実効線量	頭頸部、胸部及び上腕部、腹部及び大腿部、その他の部位に必要な応じて個人線量計を装着し、それらから得られる1cm線量当量の加重平均値を実効線量と見なす	

個人線量計による実効線量と等価線量の算定方法を示しています。

線量推定

- ❖ 諸条件（核種、放射能など）から被ばく線量を計算し、線量を推定する

線源で全身被ばく 線源で局所被ばく




放射線緊急事態時の評価

核種や放射能などの諸条件から被ばく線量を計算して被ばく線量を推定する方法もあります。

外部被ばく線量の計算

作業者が誤って ^{137}Cs 線源 (37TBq) から1.5m離れた場所で約10分間の照射を受けたことが判明した。この作業者が受けた外部被ばく線量を計算せよ

$\Gamma = 0.0779 (\mu\text{Sv m}^2 \text{MBq}^{-1} \text{h}^{-1})$ for ^{137}Cs

$$E = \frac{A \times \Gamma \times t}{d^2} = \frac{3.7 \times 10^7 \times 0.0779 \times 1/6}{1.5^2} = 2.1 \times 10^5 (\mu\text{Sv}) = 210 (\text{mSv})$$


実効線量率定数は、放射能(Ba)から被ばく線量(Sv)を算出するのに必要な定数で、核種毎に値が異なり、アイソトープ手帳の放射線同位元素表で確認する必要があります。この際、m、 μ 、M等の桁に注意して計算します。

ある線源からの外部被ばく線量を計算するには、線源の大きさ（放射能；Bq）、線源からの距離（m）、被ばくした時間（h）、核種の実効線量率($\mu\text{Sv m}^2 \text{MBq}^{-1} \text{h}^{-1}$)が必要となります。

例えば、Cs-137線源(37TBq = $37 \times 10^6 \text{MBq}$)から1.5m離れた場所で約10分間照射を受けた場合の被ばく線量は、上記の式となり、210mSvとなります。

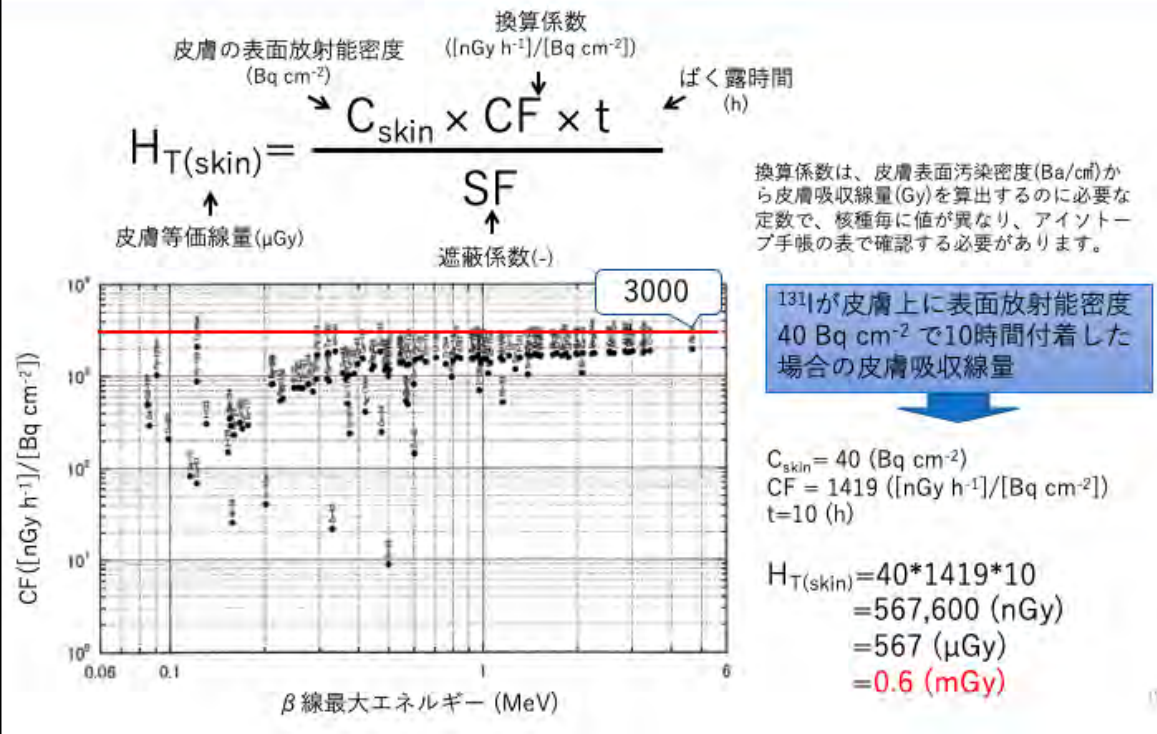
外部被ばく線量率定数

放射性核種	半減期	γ線エネルギー (MeV) - 放出率	1MBq, 1mでの 実効線量率($\mu\text{Sv h}^{-1}$)	1MBq, 1mでの 周辺線量当量率($\mu\text{Sv h}^{-1}$)
^{24}Na	2.609y	1.275 - 99.9%	0.284	0.333
^{54}Mn	312.1d	0.835 - 100%	0.111	0.13
^{59}Fe	44.5d	1.099 - 56.5% 1.292 - 43.3%	0.147	0.171
^{60}Co	5.271y	1.173 - 100% 1.333 - 100%	0.305	0.354
^{85}Sr	64.84d	0.514 - 96.0%	0.0697	0.0826
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	249.8d	0.658 - 94.0% 0.885 - 72.2% 0.937 - 34.1% 1.384 - 24.1%	0.354	0.416
^{137}Cs	30.04y	0.662 - 85.1%	0.0779	0.0927
^{192}Ir	73.83d	0.296 - 28.7% 0.308 - 30.0% 0.317 - 82.7% 0.468 - 47.8%	0.117	0.139
^{241}Am	432.2y	0.0595 - 35.9%	0.00395	0.0529

核種ごとに実効線量率が異なります。その代表的な各種の実効線量率を示しています。

出典：アイソトープ手帳第10版

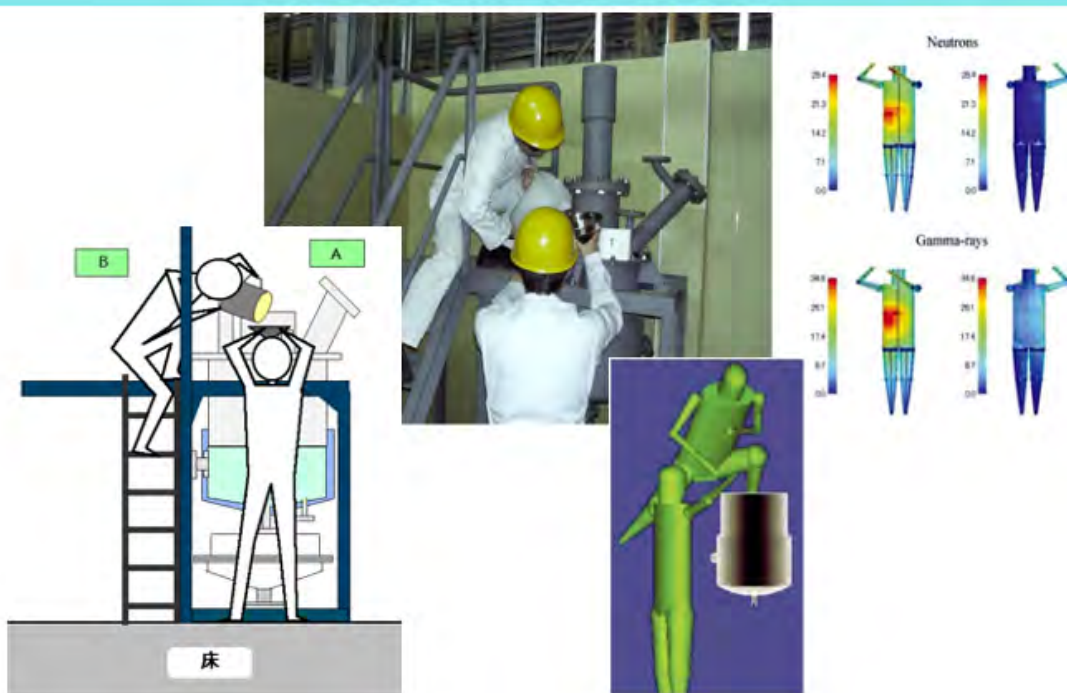
皮膚線量の計算



表面汚染から受ける皮膚の吸収線量（皮膚等価線量）は、表面密度 (Bq/cm²)、換算係数([nGy h⁻¹]/[Bq cm⁻²])、被ばく時間(h)、遮蔽係数から計算します。

I-131が皮膚上に表面密度40Bq/cm²で10時間付着した場合の皮膚吸収線量は0.6mGyとなります。

再構築



20

事故時の状況を再現し、状況と実測結果から被ばく線量を推定します。

内部被ばくの特異性

- ❖ 体内の放射性核種からの被ばく線量が急性障害を引き起こすことはまれ → 全身の症状としては出現しない、鼻腔スワブ等での確認
- ❖ 放射性物質が体内から消失するまで被ばくが続く。
- ❖ 晩発性の健康影響として、放射線誘発がんの危険性の増加がある。
- ❖ 被ばく線量は直接測定できない。
 - ◇ 計測法、分析法、体内挙動の評価モデルなどを用いて線量を評価
 - ◇ 元素の種類によって体内での分布が異なる
 - ◇ α核種の内部被ばくが特に問題
 - ◇ 線量評価には**摂取量の推定**が必要
 - ◇ 摂取量の推定にはシナリオ（放射性物質の摂取時期、摂取経路、性状などの条件）が必要



内部被ばくとは、放射性物質が体内に入り、被ばくする事です。内部被ばくでは、急性障害が起きることは極めて稀で、全身被ばくの症状は出現しません。身体所見から内部被ばくを診断することはできませんが、鼻腔や口腔粘膜のスワブ（ぬぐいとり試料）に付着した放射性物質を検出することで内部被ばくの可能性を評価できます。

しかし、放射性物質が体内から消失するまで被ばくが続き、低線量率の被ばくとなります。健康影響としては、晩発性の影響で、放射線誘発がんの危険性が増加します。

体内に取り込まれた放射性物質は、臓器に蓄積したり、尿や便で体外に排泄されたりします。この代謝によって排泄されることで体内の放射性物質の量が半分になる時間を生物学的半減期と言います。また、放射性物質に含まれる放射能は時間とともに減っていくため（物理学的半減期）、体内の放射能も時間経過とともに減っていきます。体内に取り込まれた放射性物質が、物理的減衰と生物学的な排泄の両方で、半分の量になるまでの時間を実効半減期と言います。

この内部被ばくの線量は直接測定することはできません。そこで、計測法、分析法、体内挙動の評価モデルなどを用いて、線量を評価します。また、体内に入った放射性物質は、核種によって体内での分布が異なります。内部被ばくの線量評価には、最初に取り込んだ放射性物質の量（摂取量）の推定が必要です。この推定には、放射性物質の摂取時期、摂取経路、性状などのシナリオの条件が必要です。

内部被ばく線量評価の方法

個人モニタリング

体外計測法： 残留量 ÷ 残留割合 = 摂取量
バイオアッセイ法 排泄量 ÷ 排泄割合 = 摂取量

摂取量
(Bq)

×

線量係数
(Sv/Bq)

=

実効線量
(Sv)

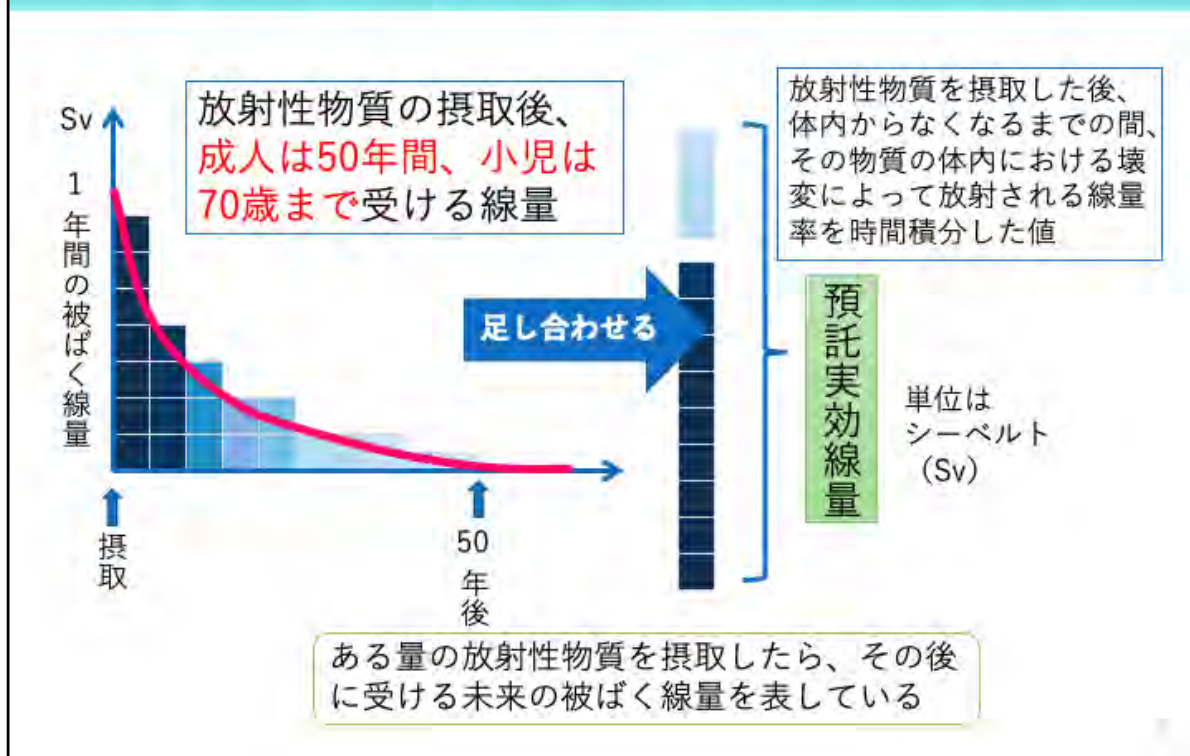
↑
後で説明

環境モニタリング

空気中濃度 × 呼吸量 = 摂取量 (土壌中濃度 × 再浮遊係数 × 呼吸量 = 摂取量)
飲食物中濃度 × 食べた量 = 摂取量 (土壌中濃度 × 飲食物への移行係数 × 食べた量 = 摂取量)

内部被ばく線量評価のために、まず摂取量を推定する必要があります。これには、個人モニタリングである体外計測法とバイオアッセイ法があり、環境モニタリングである空気中濃度と呼吸量からの推定、飲食物中濃度と食べた量からの推定といった方法があります。

内部被ばくの線量（預託実効線量）



内部被ばく線量は、放射性物質を摂取した後、体内からなくなるまでの間、その物質の体内における壊変によって放射される線量率を時間積分した値ということになります。

これは、成人であれば放射性物質の摂取後50年間、小児では摂取から70歳までの被ばく線量を足し合わせたもので、預託実効線量といい、単位はSv（シーベルト）で表されます。

放射性ヨウ素（I-131）や放射性セシウム（Cs-134、Cs-137）の実効半減期はそれぞれ7.5日、96日、110日*なので、50年後まで体内に留まる量は非常に少ないです。

*IAEA 「EPR-INTERNAL CONTAMINATION2018 Medical Management of Persons Internally Contaminated with Radionuclides in a Nuclear or Radiological Emergency」

体外計測法とバイオアッセイ法

比較項目	体外計測法	バイオアッセイ法
対象核種	ガンマ線放出核種	アルファ線放出核種 ベータ線放出核種 (ガンマ線放出核種)
測定対象	全身または局所	尿、便など
装置	ホールボディカウンタ 甲状腺モニタ 肺モニタ	前処理装置 化学分析装置 放射能測定装置
利点	体内放射能の直接測定	試料入手により遠隔地でも測定可能
弱点	核種が限定される	試料採取、化学分析操作に時間を要する
結果が示すもの	測定時点の体内残留量	測定時点の排泄量

内部被ばくの線量評価に必要である摂取量の推定には、体外計測法による残留量からの評価と、バイオアッセイ法による排泄量からの評価の方法があります。

体外計測法は、ガンマ線放出核種を対象としますが、バイオアッセイ法はアルファ線放出核種、ベータ線放出核種も対象となります。

体外計測法は、ホールボディカウンターで全身の計測をしたり、甲状腺モニターや肺モニターで局所を計測します。計測の結果は、測定時点での体内の残留量となります。

バイオアッセイ法は、尿や便の中の放射性物質を計測するため、前処理、化学分析が必要で、時間を要します。この結果は、尿中あるいは便中の排泄量となります。

体外計測法

❖ 体外に出てくる γ 線を体外に配置した放射線測定器で検出

◇ ^{137}Cs の 662keV の全吸収ピーク効率：1%程度



体内からの放射線も
体外からの放射線も
区別なく検出してしま
うため、体表面汚
染を必ず確認する。

25

体外計測法は、体内の放射性物質から放出されるガンマ線を検知して、測定しています。この時、体表面に汚染が付着していると、体内からのガンマ線なのか、体外のガンマ線なのか区別できず、正確な線量評価ができなくなります。そのため、体外計測の前には、必ず体表面汚染の有無を確認します。

バイオアッセイ法

アクチニド核種の場合

前処理

(2日程度)



灰化



蒸発濃縮



共沈

核種分離

(1日程度)



共沈



イオン交換



試料作成

(半日程度)



電着



放射能測定 (Si)

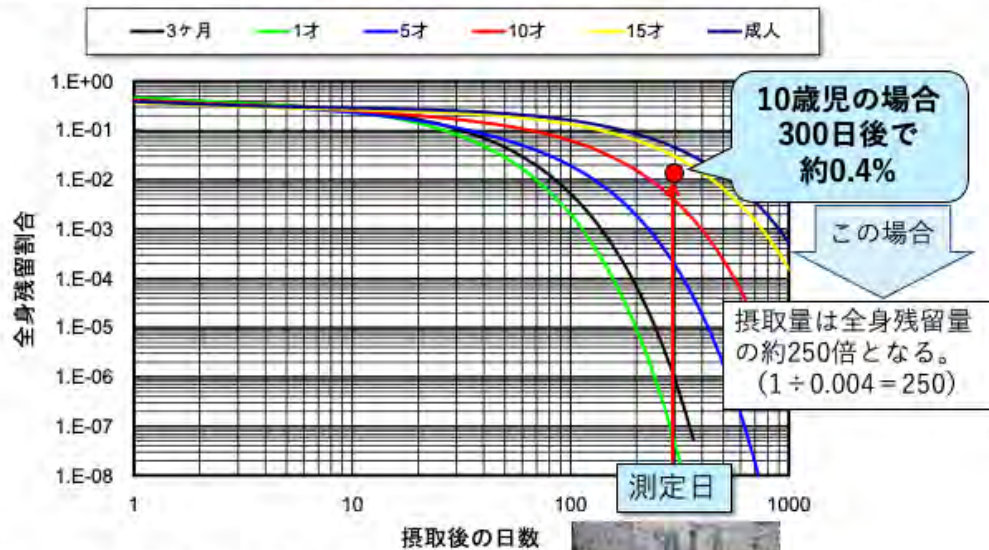
放射能定量

(1日程度)

バイオアッセイの手順を示しています。まず、前処理で便の場合は灰化し、尿の場合は、蒸発濃縮します。それを共沈作用、イオン交換によって核種分離します。その後、プレートに電着し、測定器で放射能測定を実施します。

放射性核種の残留割合

^{137}Cs の急性摂取での全身残留割合（吸入摂取，タイプF，粒径 $1\ \mu\text{m}$ ）



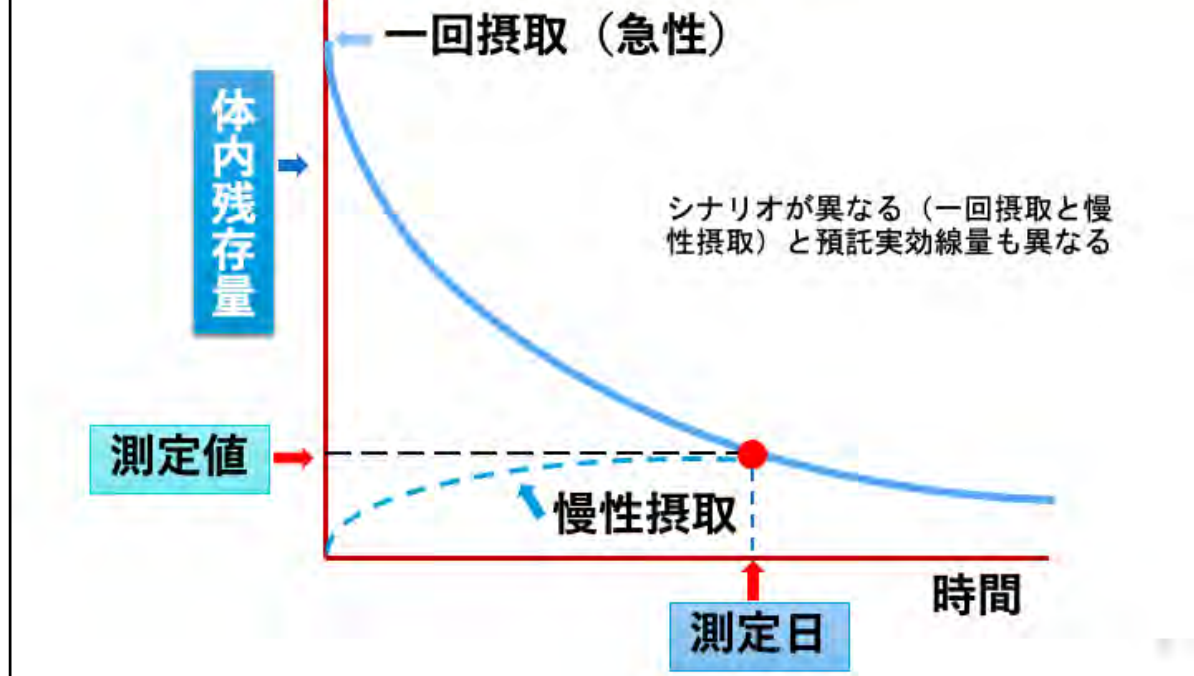
摂取量は全身残留量の約250倍となる。
($1 \div 0.004 = 250$)



Cs-137 を1回の急性摂取した場合の全身残留割合を示しています。体外計測法での測定結果から摂取量を評価する場合、測定日と測定結果から、体内の残留割合を用いて、最初の摂取量を求めることができます。例えば、10歳児の Cs-137 の摂取から300日後の体内の残留割合は約0.4%です。そのため、最初の摂取量は、全身残留量の約250倍となります。

バイオアッセイ法の場合は、摂取からの時間経過によって体内からの排泄割合が変化します。バイオアッセイ法では、得られた結果と測定時点での排泄割合から最初の摂取量を評価します。

WBCの計測値



また、WBCの測定結果が同じであっても、急性の1回摂取の場合と、少量を継続して摂取する慢性摂取のシナリオでは、預託実効線量は異なります。そのため、被ばく線量評価の推定には、摂取のシナリオ（急性なのか、慢性なのか）も重要です。

内部被ばく線量の算出

- ❖ 実効線量係数とは、摂取した放射性物質の量と被ばく線量の間係を表す係数（単位は Sv/Bq）
- ❖ 1 Bqの摂取による預託実効線量（Sv/Bq）
(1 Bqとは1秒間に1個の原子が壊変すること)
- ❖ **預託実効線量 = 実効線量係数 × 摂取量**
 - ◇ 吸入・経口摂取により異なる
 - ◇ 核種、化学的形態、物理的形態により異なる

ある原子力発電所の定期点検作業中に作業者が⁶⁰Coを含むダストを吸入したおそれのある事象が発生した。事故翌日のWBC測定によって1MBqの残留量が全身にあることが確認された。この作業者の摂取量及び実効線量を評価する。

$$\begin{aligned} \text{摂取量} &= \text{残留量} \div \text{残留率} \\ &= 1\text{E}+06 \div 0.49 = 2.04\text{E}+06 \\ &= \mathbf{2.04\text{MBq}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{預託実効線量} &= \text{摂取量} \times \text{実効線量係数} \\ &= 2.04\text{E}+06 \times 1.7\text{E}-08 \\ &= 0.0347\text{Sv} \\ &= \mathbf{34.7\text{mSv}} \end{aligned}$$



実効線量係数とは、摂取した放射性物質の量と被ばく線量の間係を表す係数です。同じ核種でも吸入摂取か、経口摂取かにより異なり、核種の化学的形態、物理的形態によっても異なります。

例えば、作業者がCo-60を吸入した場合、WBC測定で1MBqの残留量があると確認された場合、残留率は0.49、実効線量係数は 1.7×10^{-8} であり、計算すると34.7mSvとなります。

内部被ばく線量評価の一例

The screenshot shows the MONDAL Ver. 3.01 (Japanese) interface. The main window is titled 'MONDAL Ver. 3.01 [日本語]' and contains several sections for data entry and results display.

Input Parameters:

- 核種 (Nuclide): Co-60
- 半減期 (Half-life): 5.27 年
- 放射能 (Activity): γ 0.17MeV100%, γ 0.33MeV100%
- 作業による吸入摂取 (Worker inhalation intake):
- 作業による経口摂取 (Worker oral intake):
- AMAD (AMAD): 5 ミクロン (デフォルト)
- 吸収のタイプ (Absorption type): タイプS
- 測定データ (Measurement data): 計測量 (Measurement): 全身残留量 (Whole body residual amount), 放射能 (Activity): 1000000 Bq
- 摂取終了後 (After intake): 1 日後に測定/採取 (Measure/collect 1 day after intake)

Calculation Results (計算結果):

- 測定した日の残留割合 (Residual ratio on the day of measurement): $4.90E-01$ Bq/Bq
- 摂取量 (Intake): $2.0E+06$ Bq
- 実効線量 (Effective dose): $3.5E-02$ Sv

A callout box points to the effective dose result, indicating a value of **35mSv**.

前述の作業者のCo-60の吸入について、MONDAL 3に測定結果と必要な条件（核種、作業者の吸入摂取、粒径、吸収のタイプ、計測量、放射能）を入力すると同様の結果が得られます。

内部被ばく線量評価の一例

他の粒径と吸収タイプの条件での線量評価結果

条件	f_1	$e(50)$ Sv/Bq	全身残留率 (摂取1日後)	摂取量 Bq	実効線量 mSv
タイプS, 5 μ m	0.05	1.7E-08	0.490	2.0E+06	35
タイプS, 1 μ m	0.05	2.9E-08	0.346	2.9E+06	84
タイプM, 5 μ m	0.1	7.1E-09	0.485	2.1E+06	15 5.6倍
タイプM, 1 μ m	0.1	9.6E-09	0.340	2.9E+06	28

この数値の違いが計算結果の違いとなる。
この係数の違いは、吸入した放射性物質の化学的形態の違いによる体内における吸収速度の違いと、粒径の違いによる。

現場の情報が重要!!

化学形態、粒径

内部被ばく線量評価では、同じ核種でも粒径や吸収のタイプが異なると線量評価の結果も異なります。そのため、正確な被ばく線量評価には、現場からの情報が重要です。

まとめ

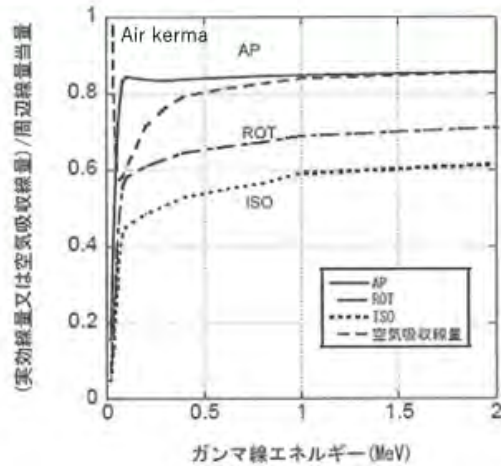
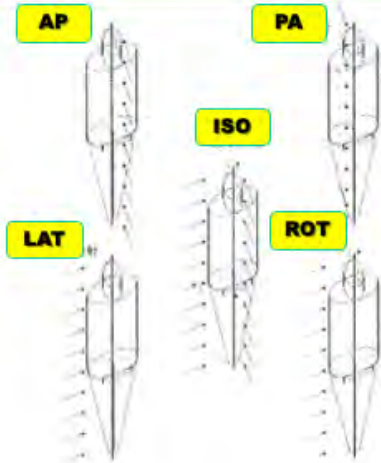
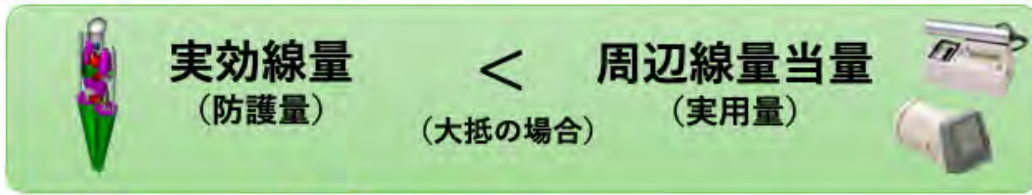
- ❖ 被ばく線量評価は、治療方針、予後の推定等に重要である。
- ❖ 被ばく線量評価は、治療方針・予後の推定等に必要であり、様々な方法を用いて実施し、総合的に判断する。
- ❖ 外部被ばく線量計算: $Bq \rightarrow Sv$ 実効線量率定数 [$\mu Sv m^2 MBq^{-1} h^{-1}$]
- ❖ 皮膚等価線量計算: $Bq/cm^2 \rightarrow Gy$ 換算係数 [$nGy h^{-1}/Bq cm^{-2}$]
- ❖ 内部被ばく線量計算: $Bq \rightarrow Sv$ 内部被ばく線量係数 [Sv/Bq]
- ❖ 急性摂取の残留割合(減衰率×排泄率)、慢性摂取のそれぞれのシナリオから摂取量を計算し、預託実効線量として評価

実効線量（当量）係数-作業者

核種	Publication 68					Publication 54		
	タイプ	吸入摂取 (Sv/Bq)			経口摂取 (Sv/Bq)		吸入摂取 (Sv/Bq)	
		f_1	粒径1 μ m	粒径5 μ m	f_1		クラス	粒径1 μ m
⁶⁰ Co	M	0.1	9.6 $\times 10^{-9}$	7.1 $\times 10^{-9}$	0.1	3.4 $\times 10^{-9}$	W	8.0 $\times 10^{-9}$
	S	0.05	2.9 $\times 10^{-8}$	1.7 $\times 10^{-8}$	0.05	2.5 $\times 10^{-9}$	Y	4.1 $\times 10^{-8}$
¹⁰⁶ Ru	F	0.05	8.0 $\times 10^{-9}$	9.8 $\times 10^{-9}$	0.05	7.0 $\times 10^{-9}$	D	1.5 $\times 10^{-8}$
	M	0.05	2.6 $\times 10^{-8}$	1.7 $\times 10^{-8}$	-	-	W	2.5 $\times 10^{-8}$
	S	0.05	6.2 $\times 10^{-8}$	3.5 $\times 10^{-8}$	-	-	Y	1.2 $\times 10^{-7}$
¹³¹ I	F	1.0	7.6 $\times 10^{-9}$	1.1 $\times 10^{-8}$	1.0	2.2 $\times 10^{-8}$	D	8.8 $\times 10^{-9}$
	V	1.0	2.0 $\times 10^{-8}$	-	-	-	-	-
¹³⁴ Cs	F	1.0	6.8 $\times 10^{-9}$	9.6 $\times 10^{-9}$	1.0	1.9 $\times 10^{-8}$	D	1.3 $\times 10^{-8}$
¹³⁷ Cs	F	1.0	4.8 $\times 10^{-9}$	6.7 $\times 10^{-9}$	1.0	1.3 $\times 10^{-8}$	D	8.7 $\times 10^{-9}$
²³⁸ U	F	0.02	4.9 $\times 10^{-7}$	5.8 $\times 10^{-7}$	0.02	4.4 $\times 10^{-8}$	D	6.4 $\times 10^{-7}$
	M	0.02	2.6 $\times 10^{-6}$	1.6 $\times 10^{-6}$	0.002	7.6 $\times 10^{-9}$	W	1.7 $\times 10^{-6}$
	S	0.002	7.3 $\times 10^{-6}$	5.7 $\times 10^{-6}$	-	-	Y	3.2 $\times 10^{-5}$
²³⁹ Pu	M	5 $\times 10^{-4}$	4.7 $\times 10^{-5}$	3.2 $\times 10^{-5}$	5 $\times 10^{-4}$	2.5 $\times 10^{-7}$	W	1.1 $\times 10^{-4}$
	S	1 $\times 10^{-5}$	1.5 $\times 10^{-5}$	8.3 $\times 10^{-6}$	1 $\times 10^{-5}$	9.0 $\times 10^{-9}$	Y	8.1 $\times 10^{-5}$
			-	-	1 $\times 10^{-4}$	5.3 $\times 10^{-8}$		

作業者の実効線量係数を主な核種について示しています。
一般公衆の実効線量係数は作業者と異なります。

実効線量と周辺線量当量の関係（光子）



実効線量は、人体の臓器や組織の線量から計算される量で、測定器を使って直接測ることはできません。そこで、被ばく管理のために、実際に測定できる量（実用量）として、周辺線量当量と個人線量当量が用いられています。空間線量を測定するNaI(Tl)シンチレーションサーベイメーターや電離箱式サーベイメーターといった機器では、周辺線量当量を表示するように調整されています。

実効線量と周辺線量当量の比率は、核種の違い（放出されるガンマ線エネルギーの違い）や照射条件により異なりますが、成人の場合、実効線量は、概ね周辺線量当量の0.55倍～0.85倍程度になります。

出典；特集 放射線防護に用いられる線量概念，日本原子力学会誌（2013）

ホールボディカウンタの校正



既知量の放射性核種を封入した
ファントム

ピークカウント： C
放射能： A
↓
計数効率： $C/A = \epsilon$



被検者

ピークカウント： C'
↓
放射能： $A' = C' / \epsilon$
↑

ホールボディカウンタの校正として、既知の量の放射性物質を封入したファントムを測定し、ピークカウントと放射能から係数効率を算出しておきます。被検者を実測したときに得られたピークカウントをこの係数効率で除すると体内に残留している放射能が得られます。

原子力災害時の メンタルヘルス

原子力災害医療 専門研修
中核人材-5

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201912

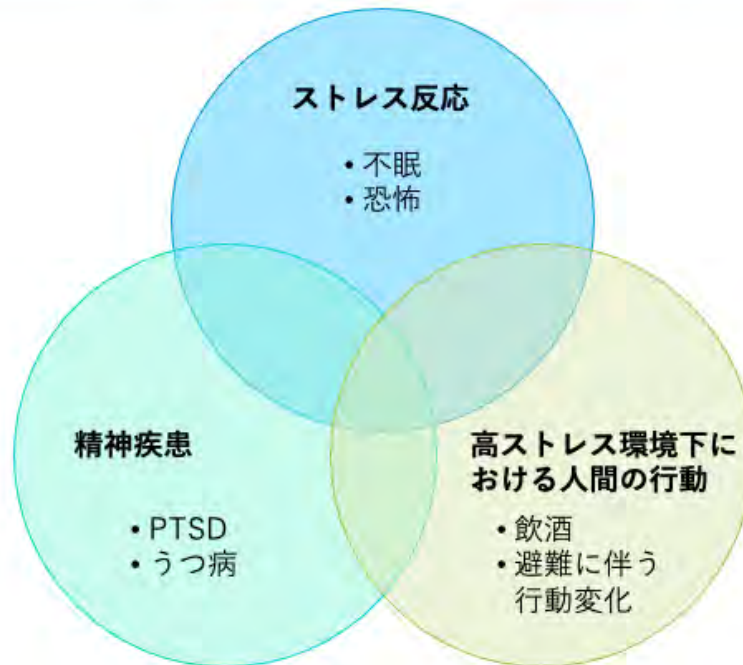
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- 災害による心理的影響
- 災害後の心理状態の変化
- 災害に関連するストレス
- 心的外傷後ストレス障害（PTSD）
- 悲嘆反応
- 被災者の回復の二極化
- ハイリスクの被災者
- 災害支援者が被る災害ストレス
- 災害支援者のセルフケア
- 支援者の精神健康対策
- 原子力災害後の心理状態の変化
- 原子力災害の特徴
- スティグマ・差別・中傷
- 原子力災害時のメンタルヘルス対策

災害による心理的影響



アメリカ医学研究所は災害の心理的影響を分類する枠組みを策定し、その中で、行動の変化、ストレス反応、精神疾患の3つの大きなカテゴリーを設定しています。

行動の変化は、災害後に様々な人々の行動や生活において認められる変化を含んでいます。一般的に見られる行動変化として、退行的行動の再発や潜在的に先々問題を引き起こしうる行動をとることが挙げられます。飲酒量の増加や喫煙の再開などはその典型的な例です。

どのような体験に対してもストレス反応は生じます。その反応は異常もしくは不適応な反応であることもあれば、そうでないこともあります。これらの反応は認知、情動、身体の3つの側面に及びます。不眠は行動の変化とストレス反応のカテゴリーに重複して考えられます。認知の変化には、困惑や気が散ることも含まれます。情動的反応にもさまざまあり、典型的なものとして不安、恐怖、悲嘆、諦めなどがあります。共同体意識や精神性の高まりなどのポジティブな情動も生じ得ます。身体的原因が明らかに存在しない場合でも、被災者は頭痛や腹痛などの身体反応が生じることで医療的ケアを求めます。

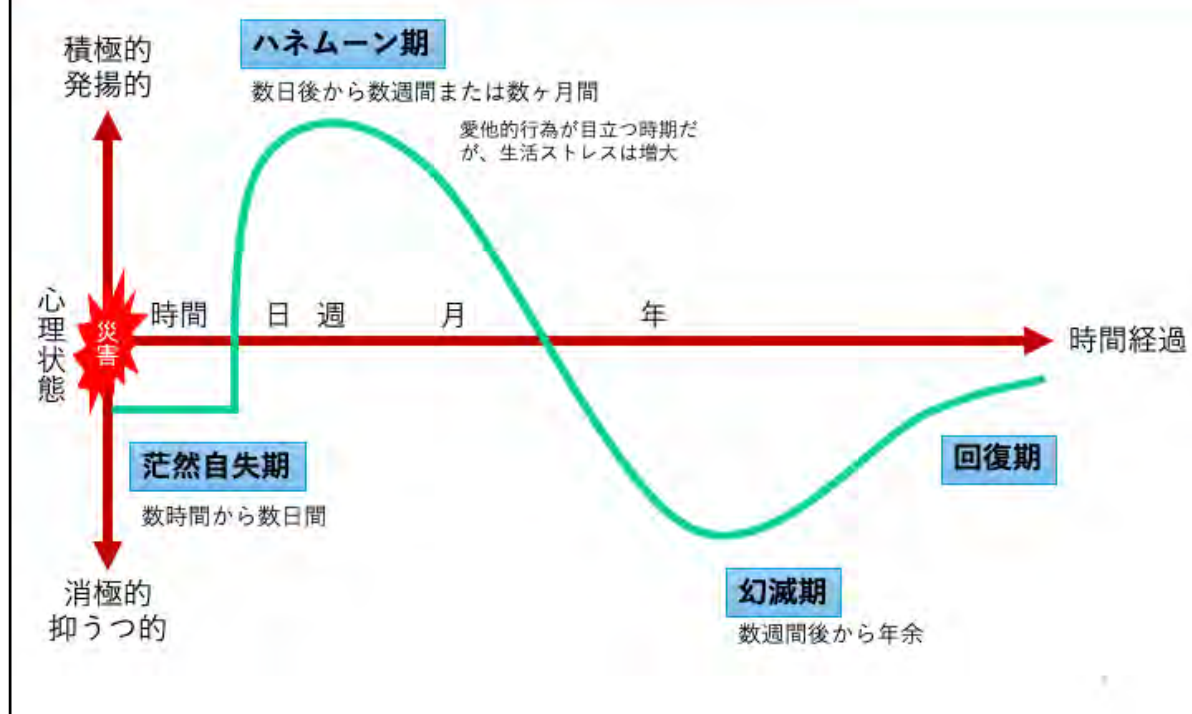
多くの場合、行動の変化やストレス反応の程度や移り変わりの早さは時間とともに落ち着きます。しかし、このような改善が見られず、いろいろな問題が重なってくると、精神疾患を発症するに至ることもあります。最もよくみられる災害後の精神疾患として、心的外傷後ストレス障害（post-traumatic stress disorder: PTSD）、うつ病、アルコール使用障害があげられます。

PTSDとは、生命や身体に脅威を及ぼし、強い不安、恐怖、無力感をもたらす

ようなトラウマ体験によって出現する心の後遺症ともいえる症候群です。

出典：フレデリック・J・スタッダードJr.他（編）「災害精神医学」（星和書店 2015）

災害後の心理状態の変化



災害発生後の被災者の心理状態は3相性の段階を踏んで経過します。

茫然自失期は、発災から数時間から数日間であり、誰しもがショックを受け、茫然自失の状態になる時期です。気分は消極的、抑うつ的となります。

ハネムーン期は、発災数日後から数週間または数ヶ月間続きます。被災者が被害の回復に向かい、一丸となって、積極的な気分になります。しかし一見、元気に見えるが、生活ストレスは増大します。

幻滅期は、発災数週間後から年余にかけて続きます。この時期は、メディア等が災害を報じなくなり、被災地外の人々の関心が薄れることで、被災者は無力感や倦怠感にさいなまれるようになります。また、被災者の立ち直り（心理的および経済的生活再建）状況の個人差が拡大していき、災害時要支援者、要配慮者対策の重要性が増します。

その後、復旧が進み生活の目処がつき始めると、現状を受け入れ、気分が安定し、将来のことを考えられるようになります。

このように被災者の心理状態は時間経過とともに変化します。その変化して行くニーズを把握し、柔軟に対応する必要があります。

出典：岩井圭司（金吉晴 編）「心的トラウマの理解とケア 第2版」p66,
（株式会社じほう, 2006）より改変

CDC「Psychological first aid in radiological disasters」

災害に関連するストレス

心的トラウマ

- ◇ 災害の体験；地震の揺れや音、火災の炎や熱、爆発の音や熱風など
- ◇ 災害による被害；負傷、近親者の死傷、自宅の被害など
- ◇ 災害の目撃；死体、火災、家屋の倒壊、人々の混乱など

悲嘆、喪失、怒り、罪責

- ◇ 死別、負傷、家財の喪失などによる悲嘆
- ◇ 罪責；自分だけが生き残ったこと、適切に振る舞えなかったこと
- ◇ 周囲に対する怒り；援助の遅れ、情報の混乱など
- ◇ 過失による災害の場合の過失責任機関・責任者に対する怒り

社会・生活ストレス

- ◇ 避難、転宅；新しい居住環境でのストレス、集団生活など
- ◇ 日常生活の破綻；学校、仕事、地域生活、これまでの疾病への治療、乳幼児や高齢者・障害者のケアなど
- ◇ 新たな対人関係や情報の負担；情報の援助を受けるための対人接触、情報内容の処理
- ◇ 被災者として注目されることの負担；人目につくことのストレス、同情や好奇の対象になっているのではないかと不安など

心的トラウマは生命危機ストレスであり、災害の衝撃に直接起因するものであり、災害直後には急性ストレス反応や激しい興奮あるいは昏迷、幻覚妄想を主体とする一過性の反応性精神病状態を引き起こすことがあります。その発生率は、決して高くはないですが、医療的介入を要することがあります。

また、生命危機ストレスの大きさは、その後のPTSDの発症にも影響します。

当初の茫然自失や気持ちの高ぶりが収まった後、深刻な喪失感、悲哀感を感じる場合があります。何か自分に落ち度があるように感じ、特に犠牲者が出た時には、自分だけが生き残ったことへの負い目の気持ち（サバイバーズ・ギルト）や自分が適切に対応できなかったことなどで自分を責めることがあります。また同時に自分がそのような運命に陥ったことへの憤り、援助者や周辺の者への怒りとなることもあります。

社会・生活ストレスは、新しい生活環境によるストレスで、災害後の不自由な生活状況に起因します。被災者の全般的健康を低下させます。具体的には、種々の心身の不調、不定愁訴、不眠、苛立ちなどが増加します。特に体育館などでの集団生活が長期化した場合には、プライバシーの確保、生活環境の整備、子供や高齢者、傷病者などへのケア、避難所での感染症対策などが問題となります。また、報道取材からの保護も重要な問題です。

出典；災害時地域精神保健医療活動ガイドライン

心的外傷後ストレス障害 (PTSD)

- ❖ Post-traumatic stress disorder; PTSD
- ❖ 診断基準DMS-5；トラウマ体験から1ヶ月後においても症状が持続し、苦痛、社会などへの機能の障害を起こしている
 - ◇ **トラウマ体験の定義**；災害体験それ自体による衝撃
 - ◇ **侵入症状**
 - ◆ 単に「思い出す」ではなく、「頭の中に入り込んでくる」「目の前にありありと、その場面が再現される」「考えたくない、嫌なのに考えてしまう」
 - ◇ **持続的回避**
 - ◆ 災害についての、苦痛な記憶、思考、感情や、それらを引き起こすような人、場所、会話、行動、物、状況などを避けようとする
 - ◇ **認知と気分の陰性変化**
 - ◆ 災害の重要な側面を思い出せないことや、過剰に否定的な信念や予想が含まれる
 - ◆ 恐怖、戦慄、怒り、罪悪感、恥などの持続や、重要な活動への意欲低下、他者からの孤立感、疎外感などのネガティブな感情に支配され、幸福や満足、愛情を感じられないなど、うつ病と重複する症状も見られる
 - ◇ **覚醒と反応性の変化**
 - ◆ 攻撃性や苛立ち、激しい怒りや無謀あるいは自己破壊的な行動
 - ◆ 過度の警戒心や過剰な驚愕反応で、集中困難や睡眠障害も伴う
- ❖ 1ヶ月未満であれば急性ストレス障害 (ASD)

2013年に改定されたDSM-5（米国精神医学会による精神疾患診断基準マニュアル、Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders）より、PTSDの診断基準が示されています。症状が発症後1ヶ月以上経ってからも続いていることを確認します。これが1ヶ月未満であれば急性ストレス障害(ASD)という診断になります。自然災害においてはPTSDの発症率は10%前後とされています。

A項目は前提となる「トラウマ体験」の定義であり、PTSD症状としてはB項目「侵入症状」、C項目「持続的回避」、D項目「認知と気分の陰性変化」、E項目「覚醒と反応性の変化」の4つのカテゴリーに分けられています。

「侵入症状」は、PTSDを最も特徴付けている症状です。単に「思い出す」ではなく、「頭の中に入り込んでくる」「目の前にありありと、その場面が再現される」「考えたくない、嫌なのに考えてしまう」ということです。解離症状、フラッシュバック、悪夢などです。また、心的外傷的出来事の側面を象徴するまたはそれに類似する、内的または外的なきっかけに対する顕著な生理的反応（動悸など）があります。

「回避」は、災害についての、苦痛な記憶、思考、感情や、それらを引き起こすような人、場所、会話、行動、物、状況などを避けようとすることです。

「認知と気分の陰性変化」は、例えば自分がどのように逃げたか覚えていないといった災害の重要な側面を思い出せないことや、「私が悪い」「誰も信用できない」「世界は徹底的に危険だ」などの過剰に否定的な信念や予想が含まれます。恐怖、戦慄、怒り、罪悪感、恥などの持続や、重要な活動へ

の意欲低下、他者からの孤立感、疎外感などのネガティブな感情に支配され、幸福や満足、愛情を感じられないなど、うつ病と重複する症状も見られます。

「覚醒と反応性の変化」は、攻撃性や苛立ち、激しい怒りや無謀あるいは自己破壊的な行動といった形で現れます。過度の警戒心や過剰な驚愕反応（特に音に対する過敏性が強くなる）で、集中困難や睡眠障害も伴います。

出典；長純一（編）「大規模災害時医療」 4章復興期（慢性期）メンタルケア：PTSD、悲嘆反応など

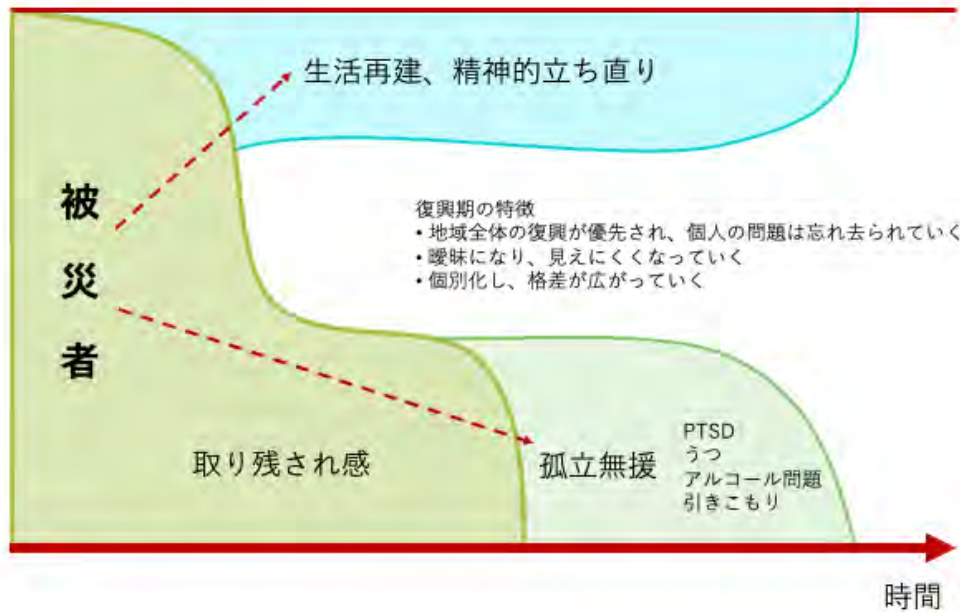
悲嘆反応

❖ 喪失体験の後に現れる悲嘆反応

1. ショック・茫然自失・感覚鈍麻；頭が真っ白になった状態
2. 混乱・興奮・パニック状態；泣き叫ぶなど
3. 事実の否認；喪失した事実（愛する人の死など）を認めたくない、信じたくないという心理
4. 怒り；人為災害など加害者がいる場合、また時には理不尽な怒りとして第三者やケアする救援者に向けられることもある
5. 起こり得ないことを夢想し願う；どこかで生きていると考えるなど、奇跡を願うような気持ち
6. 後悔・自責；サバイバーズギルトとも呼ばれ、「なぜ助けてあげられなかったのか」と自分を責めたりする
7. 事実に直面し、落ち込む（抑うつ）
8. 絶望・深い悲しみ
9. 事実を受け入れる
10. 再適応；新たな環境に適応する

大規模災害における喪失体験とは、大切な家族や友人との死別、家屋や家財道具やペットなどの喪失、自身の健康障害、職業や経済的な喪失、住み慣れた故郷の町の風景やコミュニティの喪失、そして未来への希望や安心感の喪失など多岐にわたります。この喪失体験の後に現れる悲嘆反応のプロセスを示しています。これらは、順番通りに現れるとは限らず、行ったり来たりします。また個人差も大きいです。

被災者の回復の二極化



本格的に復興が始まってくると、復興の話が増え、被災者は世間の関心が薄れてくると感じるようになります。精神的な打撃から比較的立ち直りがスムーズな人と、取り残され感を強くだき、なかなか立ち直れない人に分かれていきます。また、仮設住宅に移転した場合などは、長期的な環境や生活の変化が二次的なストレスの原因となったり、取り残され感が募ると孤立無援の心境になっていきます。中にはうつ状態、アルコール問題などが出現する人もいます。生活面でひきこもりがちになり、支援者が状況を把握できない人も出てくるため、PTSDが見過ごされてしまうこともあります。従って、PTSDをきちんとスクリーニングすることが、復興期のメンタルヘルス対策としては重要です。

出典：岩井圭司, 加藤寛 (金吉晴 編) 「心的トラウマの理解とケア 第2版」 p86, (株式会社じほう, 2006) より改変

ハイリスクの被災者

- ❖ 生命の危険が高かった人
- ❖ 近い人を亡くした人
- ❖ 経済損失の大きい人
- ❖ 避難者
- ❖ 女性（特に妊婦）
- ❖ 子供
- ❖ 高齢者
- ❖ 外国人
- ❖ 障害者
- ❖ 支援者・救援者

強烈な体験をした者
要配慮者
支援者・救援者

被災者が心的外傷に起因する精神疾患を発症するリスクを引き上げる数多くの心理社会的要因が特定されています。最も顕著なリスク要因は、曝露の程度です。災害への曝露の程度が大きいほどPTSDを発症するに至るリスクが高まることは多くの研究で支持されています。曝露の程度は個人的要因や経済的要因まで様々な要因を内包し得ます。

心的外傷となる出来事の間近にいること、家族の喪失、大きな身体的外傷を受けること、年少者であること、女性であることといった要因が、災害後の子供の精神的問題に関係していることがわかってきています。さらに親の精神障害（特に不安障害）と心的外傷後ストレス症状は、子供の心的外傷後ストレスに関係していることもわかってきました。

女性の方が災害後に精神面での障害をきたすリスクが高いことが示唆されています。

高齢者は、身体合併症があることがリスク要因となる可能性があります。高齢者の年齢からくる脆弱さ、認知機能障害、身体的健康状態の不良、複数の身体疾患への罹患などがリスク要因としてあげられます。

重篤な精神疾患、持続する精神疾患、精神疾患による社会機能低下の持続、身体的健康状態の不良、複数の身体疾患への罹患、世話をする近親者の欠如などもリスク要因として挙げられます。

身体的な障害を持つ被災者は、災害現場に取り残されたままになる、避難所の運営が身体管理のニーズに対応できなかった、身体上の障害のために、一般の被災者に提供されたサービスを受けることができなかったなどが理由で、リスクが高まる可能性も示唆されます。

外国人も言葉の問題など、被災者に提供されるサービスを受けられないことも考えられます。

過酷な被災現場での作業に長期間に渡って従事すること自体、心的外傷体験に曝露する機会が高く、過去の心的外傷や精神疾患の既往のような脆弱性を引き起こすような背景がある場合、精神疾患への罹患の可能性を引き上げかねません。

このようにある種のマイノリティ集団は、災害後の困難な状況に対してとりわけ脆弱です。

サイコロジカル・ファーストエイド(PFA)

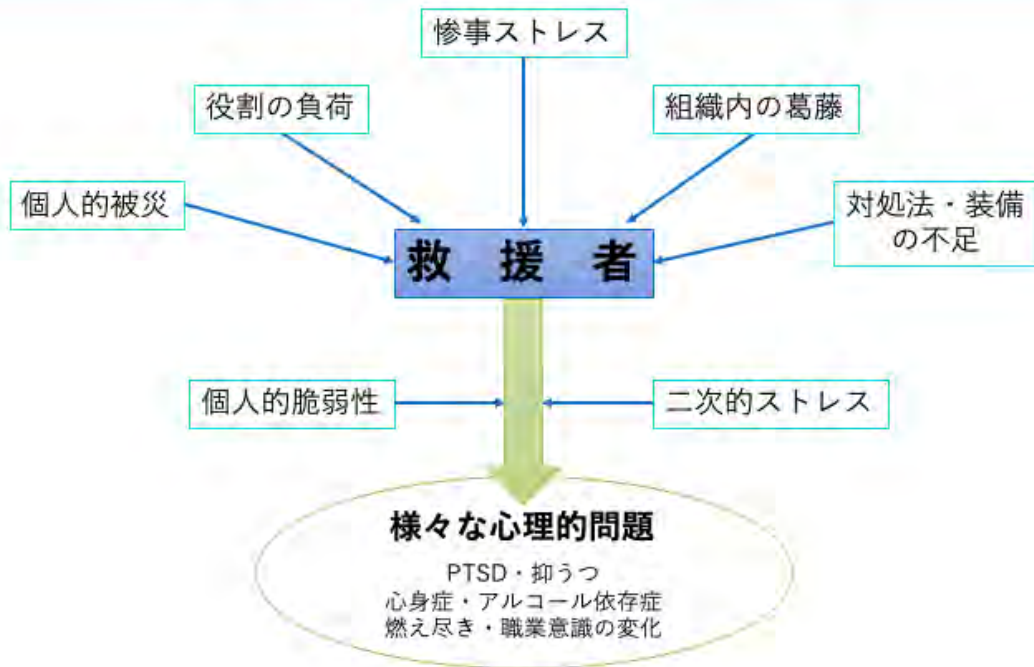
- ❖ 目的；トラウマ的出来事によって引き起こされる**初期の苦痛の軽減、短期・長期的な適応機能と対処行動の促進**
- ❖ 活動内容
 1. 被災者に近づき、活動を始める
 - ◆ 被災者の求めに応じる。あるいは、被災者に負担をかけない共感的な態度でこちらから手を差し伸べる。
 2. 安全と安心感
 - ◆ 当面の安全を確かなものにし、被災者が心身を休められるようにする。
 3. 安定化
 - ◆ 圧倒されている被災者の混乱を鎮め、見通しが持てるようにする。
 4. 情報を集める
 - ◆ 周辺情報を集め、被災者が今必要としていること、困っていることを把握する。その上で、その人にあったPFAを組み立てる。
 5. 現実的な問題の解決を助ける
 - ◆ 今必要としていること、困っていることに取り組むために、被災者を現実的に支援する。
 6. 周囲の人々との関わりを促進する
 - ◆ 家族・友人など身近にいて支えてくれる人や、地域の援助機関との関わりを促進し、その関係が長続きするよう援助する。
 7. 対処に役立つ情報
 - ◆ 苦痛を和らげ、適応的な機能を高めるために、ストレス反応と対処の方法について知ってもらう。
 8. 紹介と引き継ぎ
 - ◆ 被災者が今必要としている、あるいは将来必要となるサービスを紹介し、引き継ぎを行う。

サイコロジカル・ファーストエイド（Psychological First Aid ; PFA）は、災害や大きなトラウマ的出来事で傷ついた人々の心への、初期の段階での関わり方として、多くの組織、団体で推奨されています。これは、災害やテロの直後に子供、思春期の人、大人、家族に対して行うことのできる効果の知られた心理的支援の方法を、必要な部分だけ取り出して使えるように構成したものです。PFAは、トラウマ的出来事によって引き起こされる初期の苦痛の軽減、短期・長期的な適応機能と対処行動の促進を目的としています。その原理および手法は、次の4つの基本的規格を満たしています。

1. トラウマのリスクと回復に関する研究結果に合致する
2. 災害現場への適応が可能で、実用性がある
3. 生涯発達各段階に適切である
4. 文化的な配慮がなされており、柔軟に用いることができる

このPFAの提供者として想定されているのは災害救援活動を行う組織の一員として、被災した子供、大人、家族などへの早期支援を行う精神保健担当者、および、その他の分野の災害支援者です。

災害支援者が被る災害ストレス



大規模災害における救援者・支援者のストレス（惨事ストレス）は甚大です。惨事ストレスには、惨状の体験・目撃、被災者・遺族への関わり、遺体への関わり、二次災害の危険性、指揮系統の混乱、過重労働、自分自身も被災者、使命感のために自分自身のストレスを自覚しにくい、などがあります。

職業的な救援者でも、救援活動の遂行中には、気分の高揚を経験します。しかし、高揚した気分や肥大した自尊心が必要以上に長く続くと、周囲と様々な軋轢を生むだけでなく、業務の遂行にも支障をきたすこととなります。活動が十分な成果をあげられなかったり、救援を断念しなければならなかった時は、罪責感が一層強まることとなります。また、支援者自身の体験や感情と、被災者のそれを重ね合わせてしまう「同一化」、被災者が過剰に支援者に依存し、支援者の側はそれに全面的に応えようとする関係に陥る「感情転移・逆転移」に類似したもの、組織的な救援活動がうまくいかなかった場合などに組織に対しての怒りと不信感を生むこともあります。満足な活動ができなかったという不全感は、罪責感に直結するとともに、職業的アイデンティティを深く傷つけ、労働意欲の低下を生みます。さらに大規模災害で支援者自らが被災した場合でも、家族の安全を確認できない場合、あるいは危険な状況に家族を送り出したという不安などから、支援者とその家族の間に葛藤が生じることもあります。

出典：加藤寛（金吉晴 編）「心的トラウマの理解とケア 第2版」 p122,
（株式会社じほう, 2006）より改変

災害支援者のセルフケア

- ❖ 職務の目標選定
 - ◇ 支援業務への専念、業務の重要性、誇りを忘れない、業務請負を見失わない、日報等で頭の中を整理
- ❖ 生活ペースの維持
 - ◇ **十分な睡眠**、食事、水分摂取、酒・タバコの摂取過剰に注意
- ❖ 自分の心身の反応に気づくこと
 - ◇ 頭痛、食欲低下、睡眠障害、苛立ち、不安、怒り、罪悪感、恐怖、引きこもり、休息の必要性の否定など
 - ◇ 心身の反応が出ている場合は、休憩・気分転換を心がける
 - ◇ 支援者自身が調子を崩すとその影響が周囲に及びうる
- ❖ 気分転換の工夫
 - ◇ 深呼吸、瞑想、ストレッチ、散歩、食事、入浴など
- ❖ 一人で溜め込まないこと
 - ◇ 家族・友人などに積極的に連絡
 - ◇ 職員同士でお互いのことを気遣う
 - ◆ なるべくこまめに声を掛け合う、お互いの頑張りをねぎらう、お互いの気づきあい
が大切、他職員の負担が強くなっている場合には、本人・管理者に伝える必要性

災害支援者は自分自身のケアなしに、他人のケアに当たることはできません。災害支援者のセルフケアは、災害支援活動中活動後に一部の災害支援者が経験する好ましくない影響を緩和する上でも他人をケアする機能を高める上でも、重要です。セルフケアで重要なのは、自分の感情と他人の感情が自分自身に与える影響を認識することです。二次心的外傷性ストレス、共感性疲労、代理性犠牲という3つの重複する概念は、潜在的に災害支援活動に伴って生じる負の影響です。その影響への対応としては、災害支援を回避するのではなく、適切なセルフケアの計画を立て、実践しながら支援活動に従事することが推奨されます。

燃え尽きは、主に感情的な疲労困憊の結果、徐々に出現するが、これとは対照的に、共感性ストレスや共感性疲労は予兆なしに突然出現する可能性があります。

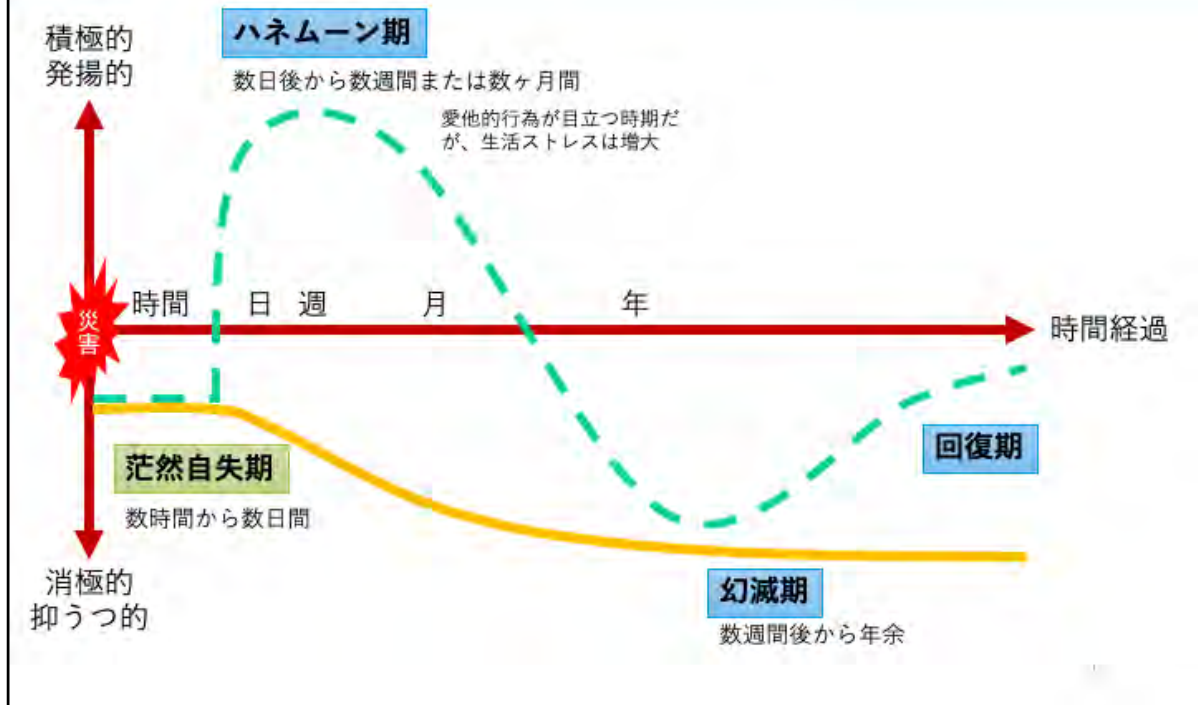
所属する組織や団体において、職員が自らのストレス状況と心身の状態を知り、対処法を知ることは重要です。日常的なストレスへの対処法だけでなく、異常な状況の現場に遭遇した場合の対処法を事前に学習しておく必要があります。経験のある同僚や上司から対処法について学ぶなどして、具体的な対処法（例えば、悲惨な死体を扱う場合は死体の顔を見ないようにする、単なる物体と思うようにするなど）を知っておくことは、その後の心理的影響を軽減するだけでなく、ストレスの高い現場で最大限に能力発揮するのにも役立ちます。また、利用しやすい相談窓口を整備する必要もあります。

支援者の精神健康対策

- ❖ 業務ローテーションと役割分担の明確化
 - ◇ できるだけ早期に活動期間、交代時期、責任・業務内容の明確化
- ❖ 支援者のストレスについての教育
 - ◇ ストレスは恥じるべきことではなく、適切に対処すべきことである
- ❖ 心身のチェックと相談体制
 - ◇ チェックリスト配布
 - ◇ 健康相談の体制
- ❖ 住民の心理的な反応についての教育
 - ◇ 被災者から心理的な反応として、怒りなどの強い感情を向けられる
 - ◇ 研修でのロールプレイ
- ❖ 被災現場のシミュレーション
 - ◇ 災害現場のスライド等でのシミュレーション
- ❖ 業務の価値付け
 - ◇ 支援業務の意義、効果について価値を明確にし、労をねぎらう

1. 業務ローテーションと役割分担の明確化
できるだけ早期に、動員された支援者の活動期間、交代時期、責任・業務内容を明確にします。
2. 支援者のストレスについての教育
支援者に生じるストレスについて、それが恥じるべきことではなく、適切に対処すべきことであることを教育しておきます。
3. 心身のチェックと相談体制
心身の変調についてチェックリストを支援者に手渡すなどして、必要があれば健康相談を受けられることが重要です。
4. 住民の心理的な反応についての教育
支援活動において、被災者から心理的な反応として、怒りなどの強い感情を向けられることがあることについて教育を行い、可能であれば、研修に被災者とのやりとりについてロールプレイなどを取り入れておくことが有効です。
5. 被災現場のシミュレーション
各種災害が生じた場合の情景、死傷者の光景などについて、スライド体験などのシミュレーションを行っておくことも有効です。
6. 業務の価値付け
支援業務について、それに従事した個々人が組織の中で評価され、報いられることは意外に少ないです。支援業務の意義、効果については、公の広報などでその価値を明確に記載し、また組織の中ではしかるべき担当者が、支援活動の価値を明確に認め、労をねぎらうことが重要です。

原子力災害後の心理状態の変化



原子力災害時には、自然災害時の心理状態の変化に見られるハネムーン期に大きな違いがあります（オレンジの線）。これは、放射線に対する恐怖と知識の不足から生じるもので、原子力災害の被災者に対して、時には医療関係者や家族が支援を拒否することもあり、社会的な支援等が不足するために生じます。

また、原子力災害では、環境の汚染により長期間の避難あるいは住み替えを余儀なくされることにより、心理状態が回復するのは困難であり、長期的となることもあります。さらに放射線に関連したスティグマ（stigma；他者や社会集団によって個人に与えられた負の烙印）により被災者を孤立させ、復興が遅れます。平時あるいは災害以前の精神状態に戻ることは難しく、“新たな普通の状態”を作る必要があります。

出典：CDC「Psychological first aid in radiological disasters」

原子力災害の特徴

- ❖ 人為災害であり、加害者（過失責任者、監督責任者）が存在
- ❖ 罪の償いを求める気持ち（怨恨感情）が強い
- ❖ 過失責任者や監督責任者から報告される情報への不信（情報不安）
 - ◇ 初期の段階での情報の錯綜
 - ◇ 過失責任者側からのみ被害や汚染に関する情報が開示されると、情報への不信が高まり、情報不安の状態から、苛立ち、精神的動揺、疑心暗鬼といった心理が被災者の間に広くみられるようになる。
- ❖ 長期にわたる健康不安、払拭しきれない不安の遷延
 - ◇ 晩発影響に関する健康不安
 - ◇ 健康不安が続くと身体愁訴が増加する。
 - ◇ 医学的に説明のつかない身体症状
- ❖ 自身の健康不安だけでなく、子どもへの後遺症への懸念
- ❖ 生活への影響
 - ◇ 転居を余儀なくされたり、農漁業などの地域産業が打撃を受けると社会的経済的な二次ストレスと、それによる心身への影響

原子力災害は人為災害であり、加害者が存在するため、被災者心理としては割り切れなさや罪の償いを求める気持ち（怨恨感情）が強く残ることが多いです。

スティグマ・差別・中傷

- ❖ スティグマ；烙印。ある特定の人間や集団に、社会からの心ない偏見が焼き付けられてしまうこと
 - ◇ ト라우マ反応の一部として生じた言動 →本人の劣った点であるかのようにみなす。
 - ◆ PTSDの過覚醒や麻痺が、「怒りっぽい」「態度がはっきりしない」など否定的な評価につながる。
 - ◇ 社会や周囲の人がそのような事故や災害が起こってしまったことを受け入れられず、「本人が悪かった」ということを理由に、自分が落ち着こうとする。
 - ◆ 「内なる不安」を和らげるために「外を攻撃」
 - ◆ 「見えない敵」を「見える敵」に置き換える。
 - ◇ こころのケア自体も、スティグマとして受け取られる



特定集団を批判・差別・中傷の対象とする
スティグマ

スティグマとは、ウシなどに押す焼きごての印のことで、ある特定の人間や集団に、社会からの心ない偏見が焼き付けられてしまうことを指します。

トラウマ反応の一部として生じた言動を捉えて、それが本人の劣った点であるかのようにみなすことがもっとも多いです。PTSD症状の過覚醒や麻痺が、「怒りっぽい」「態度がはっきりしない」などの否定的な評価につながることもあります。

また、このような事件や災害が起こってしまったことを社会や周囲の人が受け入れられず、「本人が悪かった」ということを理由にして、自分が落ち着こうとするものです。

こころのケアもスティグマとして受け取られることがあります。身体のケアや生活相談を並行させるなどの工夫により、スティグマへの不安を刺激しないようにすることが必要です。

原子力災害時のメンタルヘルス対策

安全の確保と生活ストレスの軽減

- 被害状況の把握
- 備蓄物資・機材の確認
- 必要物資・機材の評価
- スタッフ間での役割分担
 - 精神保健活動の担当；精神科医、精神科ソーシャルワーカー、保健師、看護師、臨床心理士など**多職種連携**

- アウトリーチ
- 宣伝活動
- 被災者ニーズの把握
- 被災者援助業務全般への評価、提言
- 精神保健領域以外の一般業務への協力

- 既存の保健医療システムでの活動
- 精神保健の基礎知識を提供
 - 被災者援助上の基礎知識
 - 救援者自身のための基礎知識
- 精神保健的ケアの提供
 - PTSD、うつ病、不安障害、アルコール症などへの個別対策

自然災害等が発生し、災害現場に派遣されたら、まずは被害状況や資機材の状況を確認、把握します。その後、精神保健活動の担当者の役割分担等を行います。被災者に見られる情動的な反応の多くは、災害によって引き起こされた生活上の問題から生じます。そのため、被害状況の把握や被災者のニーズを把握することは重要です。

一般の援助活動の一環として、地域全体（集団）の精神健康を高め、集団としてのストレスと心的トラウマを減少させるための活動を行います。これには、支援者や地域精神保健医療従事者が被災地域へ出かけていくアウトリーチ活動と、災害情報の提供、一般的な心理教育、比較的簡単な相談活動が中心となります。また、災害復旧や生活支援などの現実的な支援は、それ自体が集団の精神健康を高める効果を持ちます。特に高齢者は孤立し、また移動が難しい状況にあるため、アウトリーチ活動が必須となります。

また、個別の精神疾患に対する予防、早期発見、治療のための活動としては、疾患のある個人をスクリーニングし、受診への動機付け、個別的な心理教育、専門医への引き渡しを中心となります。

まとめ

- ❖ 原子力災害時には、自然災害と同様に様々なメンタルヘルスの問題が生じ、さらに原子力災害特有の問題も生じる
 - ◇ 目に見えない脅威
 - ◇ 長期的な健康への不安
- ❖ スティグマ・差別・中傷が生じうる
- ❖ 高リスク者は「要配慮者」であり、対策が必要
- ❖ 平時より、既存の医療保健システムの中でメンタルヘルスを考え、多職種連携を行う

放射線管理要員の役割

原子力災害医療 専門研修
中核人材-6

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間：30分

内容

- 放射線管理要員とは
- 放射線防護の必要性
- 放射線防護と放射線管理
- 放射線施設
- 放射線障害の防止に関する法規制
- 放射線障害の防止に関するその他の主な法令
- 放射線安全管理の組織
- 放射線安全管理技術
- 線源管理
- 環境管理
- 非密封放射性同位元素を取扱う施設の安全管理
- 個人管理
- 記帳・記録
- 健康診断
- 教育・訓練
- 緊急時・危険時の対応
- 医療処置と放射線管理

放射線管理要員とは

- ❖ 放射性物質を取り扱う事業所内で、放射性物質による人への影響を考慮し、安全で合理的な管理を行う専門家
- ❖ 放射線管理要員は、放射線生物学、物理学、化学、法令の知識を有する。
- ❖ 事業所における事故時には、被ばく患者の身体汚染検査、除染及び被ばく線量の測定、並びに医療機関や搬送車両等の設備、資機材の汚染防止及び汚染検査に協力する。
- ❖ 患者に随行し、事故の状況、患者の被ばく・汚染状況を搬送先の医療機関に提供する。

放射線管理要員とは放射性物質を取り扱う事業所内で、放射性物質による人への影響を考慮し、安全で合理的な管理を行う専門家のことです。放射線管理要員は、放射線生物学、物理学、化学、法令の知識を有しています。放射線管理要員は、被ばく患者の身体汚染検査、除染及び被ばく線量の測定、並びに医療機関や搬送車両等の設備、資機材の汚染防止及び汚染検査に協力します。また、被ばく患者を医療機関に搬送する際には、汚染の状況を測定し、傷病の状態を勘案して、できる限りの汚染の拡大防止措置を講じます。また、患者に随行し、事故の状況、患者の被ばく・汚染状況を搬送先の医療機関に提供し、汚染の拡大防止等に協力します。事業所は、積極的に放射線管理要員の育成に務めることが求められています。ここでは、まず放射線取扱事業所での放射線管理について説明します。

放射線防護の必要性

❖ 放射線障害の歴史

- ◇ 1895年 RöntgenによるX線発見
- ◇ 1896年 Becquerelにより最初の生物影響の報告（皮膚障害）
- ◇ 1901年 Curieによる皮膚障害の報告
- ◇ 1902年 放射線による皮膚がんの報告
- ◇ 1911年 放射線による白血病の報告
- ◇ 1920年代 ダイヤル・ペインター（ラジウム）の骨肉腫
- ◇ 1930年代 トロトラストによる肝がん、白血病

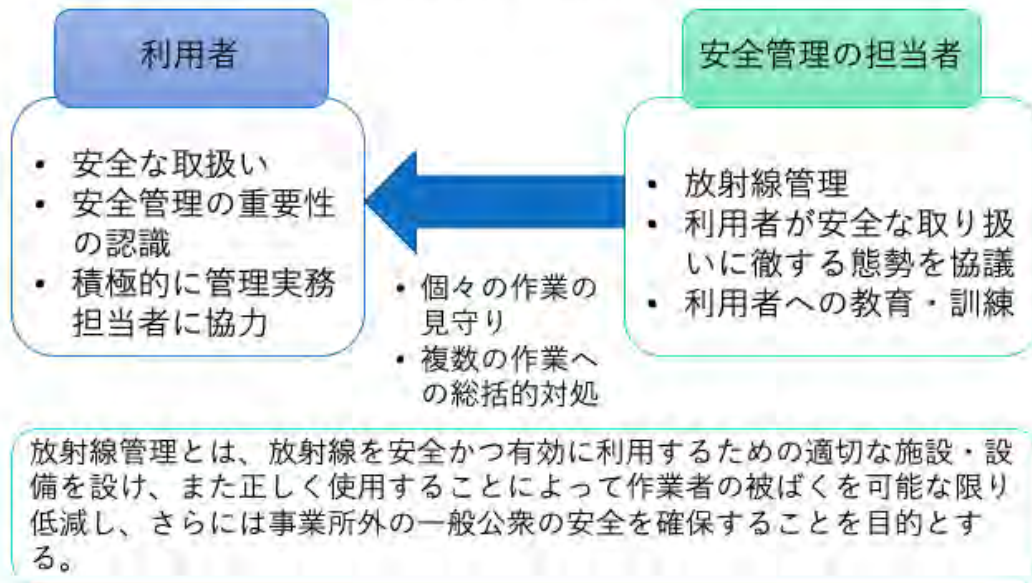
❖ 放射線防護

- ◇ 放射線の利用に伴う障害の防止が必要となった。
- ◇ 放射線利用に関わる線量をはっきりと定義し、放射線の影響と量的関係を知り、効率的な利用を促進するとともに障害を防ごうという動きが起こった。
- ◇ 国際的な機関が設置されるに至った。

1895年にレントゲン博士によりX線が発見されて以降、1896年にベクレル博士が放射能を発見し、以後多くの放射線に関する研究が進められてきました。それと同時に1896年にはベクレル博士によって放射線により皮膚に紅斑が生じた報告がなされ、1901年にはキュリー博士による皮膚障害が報告され、以降も放射線による皮膚がん、白血病の報告、ダイヤルペインターのラジウムによる骨肉腫、トロトラストによる肝がん、白血病といった様々な放射線障害の報告があります。このように放射線が発見直後から、研究者たちは放射線にさらされた皮膚の紅斑や脱毛、潰瘍が生じることを認めていました。放射線の医学利用が発展していきましたが、他方では、放射線利用に伴う障害が問題となっていました。そのため、放射線利用に関わる線量をはっきりと定義し、放射線の影響と量的関係を知り、効率的な利用を促進するとともに障害を防ごうという動きが起こりました。さらに国際放射線単位測定委員会（ICRU）、国際放射線防護委員会（ICRP）、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）、国際原子力機関（IAEA）、経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）といった国際機関が設置されるに至りました。

放射線防護と放射線管理

- ❖ 放射線・アイソトープの利用に際しては、放射線防護、放射線の安全確保を常に心がけ、その方策を実践



放射線・アイソトープ利用に際しては、放射線防護、放射線安全の確保を常に心がけ、その方策を実践しなければなりません。

利用に直接携わる者は成果を早急に求めるあまり、時として防護・安全の方策をおろそかにすることが懸念されます。これを防止するためには、第三者による放射線管理が必要です。しかし管理のみで、防護・安全をもれなく確保することは困難であり、利用者の安全な取扱いが実行される必要があります。

安全管理の担当者は、利用者が安全取扱いに徹する態勢を協議または必要に応じて教育・訓練によって醸成し、個々の作業を見守るとともに、複数の作業に対しては、総括的に対処することが求められます。さらに利用者が安全管理の重要性を理解して積極的に管理実務担当者に協力する関係を構築することが強く求められます。

医療機関でも放射線・アイソトープを利用している場合は、放射線の安全管理が求められます。しかし医療機関での放射線安全については、専門部署がなく診療放射線技師または医師が業務の傍らに行っているのがほとんどの現状です。医療機関で被ばく医療を実施する場合には、診療放射線技師が放射線管理の役割を担うことが求められます。

放射線施設

- ❖ 放射線発生装置使用施設
- ❖ 密封された（密封）放射性同位元素使用施設
- ❖ 密封されていない（非密封）放射性同位元素使用施設
- ❖ 核燃料物質・核原料物質使用施設
- ❖ 医療施設
- ❖ その他施設

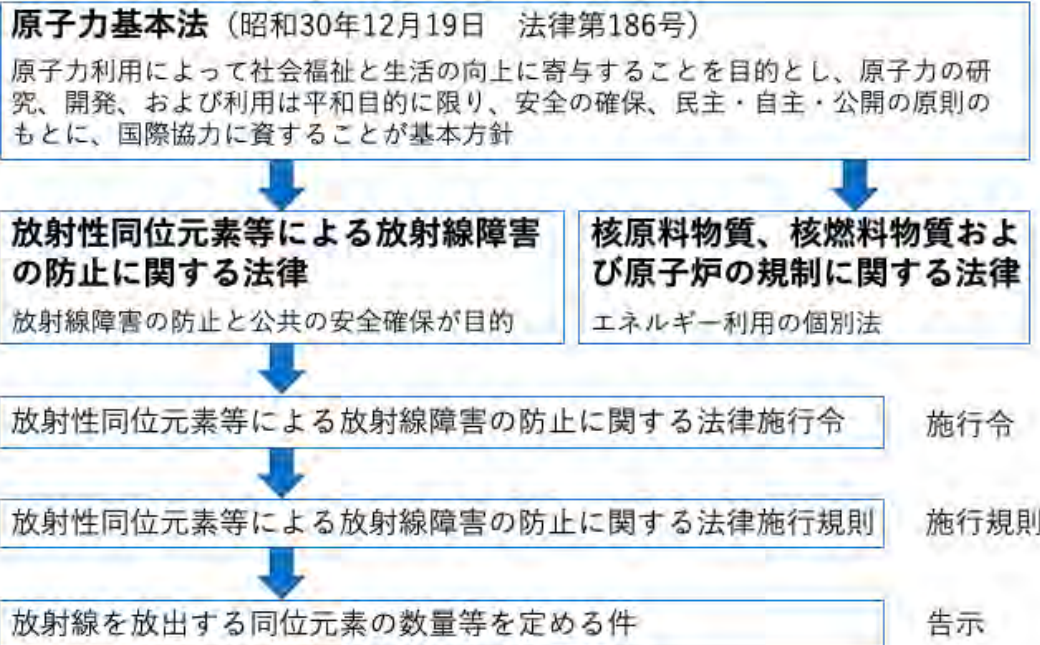
放射線施設は多種多様存在します。

- 放射線発生装置使用施設
- 密封された（密封）放射性同位元素使用施設
- 密封されていない（非密封）放射性同位元素使用施設
- 核燃料物質・核原料物質使用施設
- 医療施設
- その他施設

複数の許可を所持する施設もあります。例えば、放射線発生装置使用施設のなかの非密封放射性同位元素使用施設です。

ただし、放射線事故・災害で汚染患者に対応する救急外来等は、通常放射線施設としては許可された場所ではない施設、区域で実施することになります。対応者の安全、その他の施設の利用者等の安全を確保するために、患者受け入れ時の放射線管理は重要です。

放射線障害の防止に関する法規制



我が国の原子力平和利用に関わる基本の法律が1955年に制定・公布されています。これが、「原子力基本法（昭和30年12月19日 法律第186号）」で、原子力利用によって社会福祉と生活の向上に寄与することを目的とし、原子力の研究、開発、および利用は平和目的に限り、安全の確保、民主・自主・公開の原則のもとに、国際協力に資することを基本方針としています。原子力利用は、エネルギー利用と放射線・アイソトープ利用に大別されます。

エネルギー利用の個別法は、「核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律」（原子炉等規制法）で、放射線・アイソトープ利用の個別法は、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」が定められています。

放射線障害防止法関係法令は、法律、その条項を受けて細目を示した施行令、施行規則で構成されており、さらにこれらを補完するために特定の事項について告示が定められています。

放射線障害の防止に関するその他の主な法令

❖ 原子力関係

- ◇ 核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律
- ◇ 原子炉等規制法施行令

❖ 労働関係

- ◇ 労働安全衛生法
- ◇ 電離放射線障害防止規則（労働省令）
- ◇ 作業環境測定法
- ◇ 職員の保健および安全保持（人事院規則）
- ◇ 職員の放射線障害の防止（人事院規則）

❖ 医療関係

- ◇ 医療法
- ◇ 医療法施行規則（厚生省令）
- ◇ 薬事法

❖ 輸送関係

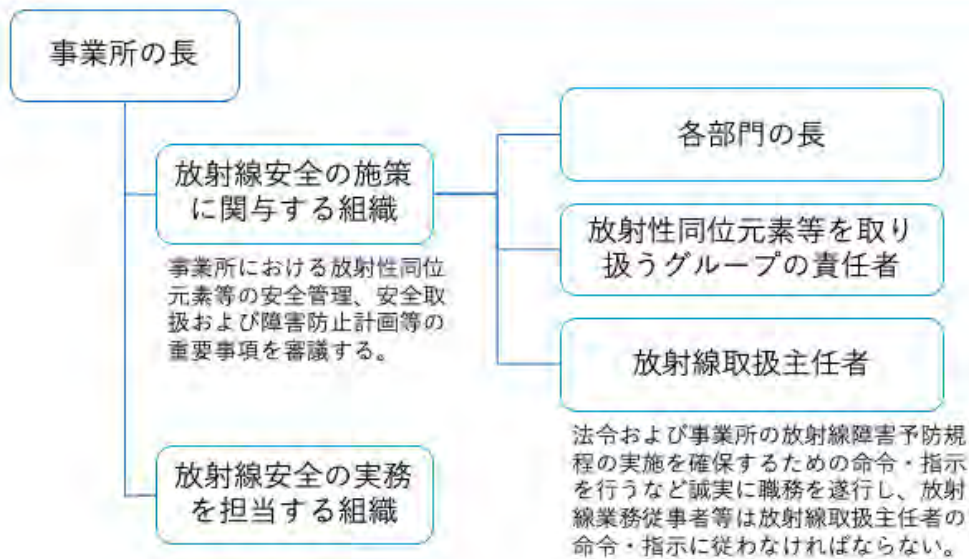
- ◇ 放射性同位元素等車輛運搬規則（運輸省令）

❖ その他

- ◇ 計量法
- ◇ 建築基準法
- ◇ 建築基準法施行令
- ◇ 消防法

行政機関は放射線障害の防止に関する事項を、各関係の関係法令に組み込んでおり、放射線障害防止法はそれらの技術的基準とみなされています。

放射線安全管理の組織



事業所における放射線安全管理の体制は、最高責任者である事業所の長を頂点として、放射線安全の施策に関する組織と放射線安全管理の実務を担当する組織によって構成されます。

また、事業所の長は放射線安全を確保するために、その事業所の実態に適合した管理組織、管理基準等を定め、法令（法第21条、則第21条）に基づく放射線障害予防規程を作成して、原子力規制委員会に届け出ます。

放射線安全管理技術



*X線装置の使用・検査、原子炉の運転なども含む業務

放射線の防護・安全を確保するための管理対象は放射線源と環境と人で、それぞれの放射線管理を線源管理、環境管理、個人管理といいます。事業所の内部で行う放射線安全管理は、日常的に行う教育・訓練、放射線施設の点検に、異常時・危険時の措置のように臨機に行う業務によって遂行されます。

線源管理として、密封放射性同位元素、非密封放射性同位元素、放射線発生装置、放射性廃棄物の管理を行います。環境管理としては、作業環境の管理、周辺環境の管理を行います。個人管理としては、教育訓練の実施、定期的な健康診断、管理区域への入退域記録、外部被ばく線量と内部被ばく線量の管理を行います。

線源管理

密封放射性同位元素 (密封線源)

通常の使用状態では放射性同位元素が外部に漏出する事はないので、放射線（外部被ばく）の防護（時間・距離・遮へい）に留意する。

非密封放射性同位元素 (非密封線源)

放射性同位元素による汚染とその体内摂取による内部被ばくに留意する。

放射線発生装置

運転を停止すると放射線の発生が停止する。運転中は、放射線の防護が必要である。運転中に生成した放射化物が残留するものもあり、放射化物（非密封放射性同位元素）にも放射線防護の措置が必要である。

放射性廃棄物

非密封放射性同位元素によって汚染された物。除染によって発生した物は二次放射性汚染物として取り扱う。法令に定める排気中あるいは排水中の放射性同位元素の種類に対する濃度限度以下であれば、放射線施設の排気・排水設備から一般環境に放出できる。

密封放射性同位元素（密封線源）は、通常の使用では放射性同位元素が容器の外部に漏出することはないので、放射線（外部被ばく）の防護（時間、距離、遮へい）に留意して管理します。

非密封放射性同位元素（非密封線源）は、放射性同位元素等による汚染とそれに関連して発生する体内摂取による内部被ばくが起り得るため、その発生と放射線の防護に留意して管理します。

放射性発生装置は、運転を停止すると放射線の発生が停止します。運転中に生成した放射化物が残留するものもあります。前者では放射線に留意し、後者では放射線と残留する放射化物にも放射線防護措置が必要となります。

放射性廃棄物は非密封放射性同位元素によって汚染された物です。放射性汚染物の汚染を除去（除染）すると、汚染除去の行為によって発生したものは、二次放射性汚染物として取り扱います。極めて低濃度の気体状・液体状の放射性廃棄物は、法令に定める排気中あるいは排水中の放射性同位元素の種類に対する濃度限度以下であれば放射線利用施設の排気・排水設備から一般環境に放出できます。

環境管理

❖ 環境の放射線管理の目的

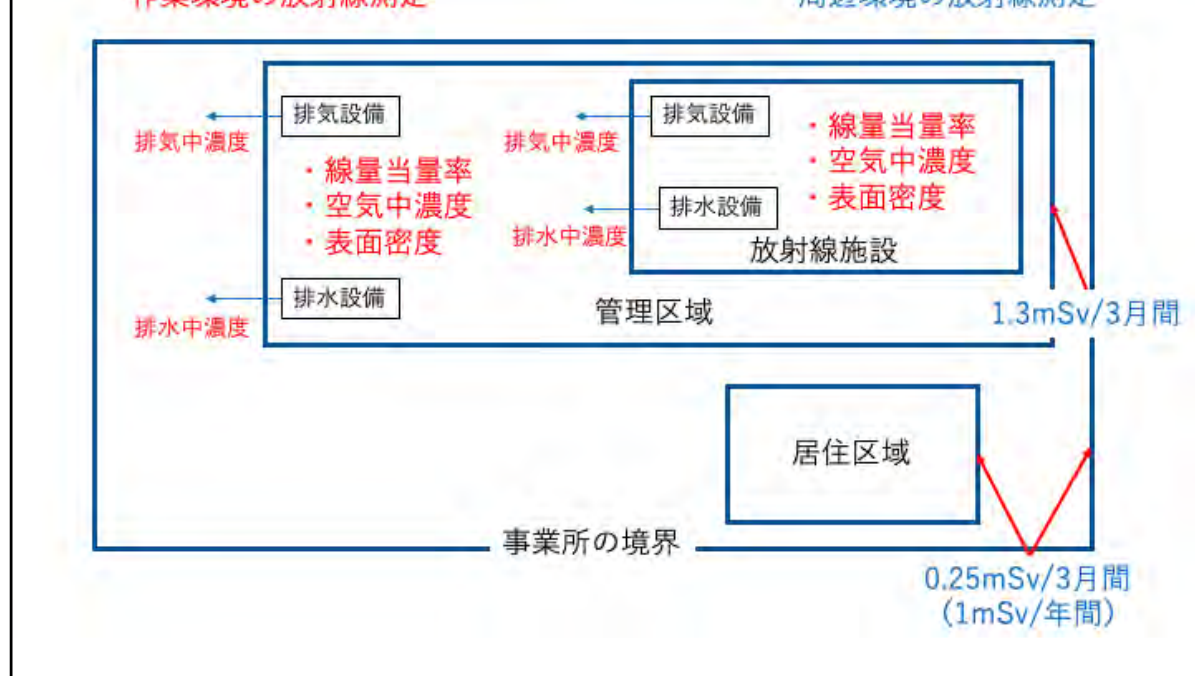
- ◇ 放射線障害の防止；放射線作業従事者等の作業環境の管理
 - 放射線管理区域とその境界の放射線管理
- ◇ 公共の安全確保；公衆が生活する一般環境の保全のための管理
 - 公衆の生活圏の境界における線量が公衆の被ばく線量限度(1mSv/年)を超えないようにする

❖ 放射線の測定

- ◇ 放射線の量；管理区域とその境界および事業所の境界の線量当量率または線量当量
- ◇ 空気汚染；管理区域特に作業室および排気設備の排気口における空気中および排気中の放射性同位元素の濃度
- ◇ 水汚染；排水設備から排出する放射性廃液中の放射性同位元素の濃度
- ◇ 表面汚染；管理区域とその境界および持ち出し物品等の表面の放射性同位元素の密度

放射線の防護・安全に関わる放射線管理の目的は、放射線障害の防止と公共の安全確保です。放射線障害防止とは放射線業務従事者の作業環境の管理で、放射線施設、特に管理区域とその境界の放射線管理です。公共の安全確保とは公衆の生活する一般環境の保全のための管理で、公衆の生活圏の境界における線量が、公衆の被ばく限度（1mSv/年）を越えないようにすることです。放射線量のモニタリングの場所は、管理区域内、管理区域境界、事業所の境界になります。空気汚染については、管理区域特に作業室および排気設備の排気口における空気中および排気中の放射性同位元素の濃度を測定します。水汚染については、排水設備から排出する放射性廃液中の放射性同位元素の濃度を測定します。表面汚染については管理区域とその境界および持ち出し物品等の表面の放射性同位元素の密度を測定します。

非密封放射性同位元素を取扱う施設 の安全管理



管理区域には、密封放射性同位元素のみを取り扱う施設のように放射線の管理のみを行う区域と、非密封放射性同位元素を取り扱う施設のように放射線と汚染の管理を行う区域があります。

非密封放射性同位元素を取り扱う施設では、汚染の管理として床、物品などの表面密度、空気中の放射性同位元素の濃度の管理を行います。表面汚染は、直接法であるサーベイ法（直接物品の表面を測定）と間接法であるスミア法（物品の表面をろ紙等でぬぐい、ろ紙等を測定）があります。

上図は、非密封放射性同位元素を取り扱う施設での作業環境および周辺環境の測定について示しています。

放射線管理区域は、外部放射線量が実効線量で3月間につき1.3mSvを声、3月間についての空気中の放射性同位元素の平均濃度が告示別表第2、第4欄に示す濃度限度の1/10を超え、表面密度限度の1/10を超えるおそれのある場所と定められています。

空気中の放射性同位元素の平均濃度が告示別表第2

http://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/anzenkakuho/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2012/04/02/1261331_15_1.pdf

個人管理

- ❖ 被ばく線量の管理
 - ◇ 個人モニタリング
 - ◇ 外部被ばく線量の測定
 - ◆ 個人線量計による測定
 - ◆ 個人線量計の着用部位；男子は原則として胸部、女子は原則として腹部
 - ◇ 内部被ばく線量の測定
 - ◆ 体外計測法、バイオアッセイ法、空气中濃度計算法
 - ◆ 吸入摂取、経口摂取した場合またはそのおそれのある場所に立ち入る者に3月を越えない期間ごとに実施
- ❖ 管理区域への入退域の時刻等の記録
- ❖ 健康診断
 - ◇ 初めて管理区域に立ち入る前の健康診断
 - ◇ 管理区域に立ち入った後に定期的健康診断
 - ◇ 問診と検査または検診（放射線障害防止法と労働安全衛生法で異なる）
- ❖ 教育・訓練
 - ◇ 放射性同位元素等の取扱業務に従事する者が、取扱技術を習得し、管理区域における作業習慣を会得するため

放射線障害防止法では、「放射性同位元素等の取扱い、管理またはこれに付随する業務」であり、厚生労働省令や人事院規則ではそのほかX線装置の使用・検査、原子炉の運転なども含む業務が放射線業務です。

事業所の所長は放射線業務従事者、取扱い等の業務従事者になろうとする者に教育・訓練および健康診断を受けさせます。管理区域立入後は健康診断を一定期間ごとに、また教育・訓練（再教育）を前回の教育訓練を行った日の属する年度の翌年度の開始日から1年以内に受けさせます。

管理区域に立ち入る者は、入退域の時刻等を記録し、管理区域で受けた放射線の量を外部被ばく線量と内部被ばく線量として測定します。

記帳・記録

- ❖ 目的；現在さらに将来の状況の想定・評価に役立たせる
- ❖ 基本的な記帳・記録の種類
 - ◇ 個人（放射線業務従事者）
 - ◆ 健康診断の記録 永年保存
 - ◆ 被ばく線量の測定記録 永年保存
 - ◆ 教育・訓練の記録 1年ごとに閉鎖、5年間保存
 - ◇ 線源（放射性同位元素、放射線発生装置） 1年ごとに閉鎖、5年間保存
 - ◆ 放射性同位元素の受入れ、保管、使用、運搬、廃棄、払い出し
 - ◆ 放射性発生装置の使用
 - ◇ 環境（放射線施設の内外） 1年ごとに閉鎖、5年間保存
 - ◆ 放射線の量、汚染の状況（表面の放射性同位元素の密度）
 - ◆ 排気中、排水中の放射性同位元素の濃度
 - ◆ 放射線施設の点検及び保守・管理

記帳・記録の目的は、単に過去の事実を書き記し、集積するのではなく、現在さらに将来の状況の想定・評価に役立たせることにあります。

基本的な記帳・記録の種類は、下記の通りです。

個人（放射線業務従事者）

健康診断の記録 永年保存

被ばく線量の測定記録 永年保存

教育・訓練の記録 1年ごとに閉鎖、5年間保存

線源（放射性同位元素、放射線発生装置） 1年ごとに閉鎖、5年間保存

放射性同位元素の受入れ、保管、使用、運搬、廃棄、払い出し

放射性発生装置の使用

環境（放射線施設の内外） 1年ごとに閉鎖、5年間保存

放射線の量、汚染の状況（表面の放射性同位元素の密度）

排気中、排水中の放射性同位元素の濃度

放射線施設の点検及び保守・管理

健康診断

❖ 実施時期

放射線障害防止法

1年を越えない期間ごと

労働安全衛生法（電離則）・人事院規則

6月以内ごとに

❖ 初めて管理区域に立ち入る前

- ◇ 問診；放射線の被ばく歴の有無
- ◇ 検査または検診；末梢血の白血球数、白血球百分率、赤血球数、血色素量またはヘマトクリット値、白内障（眼）の検査、皮膚の検査

❖ 定期的健康診断

- ◇ 問診；放射線の被ばく歴の有無
- ◇ 検査または検診；末梢血の白血球数、白血球百分率、赤血球数、血色素量またはヘマトクリット値、白内障（眼）の検査、皮膚の検査
- ◇ 医師の判断等
 - ◆ 検査または検診の項目については、医師が必要と認める場合に限り実施する。（放射線障害防止法）
 - ◆ 検査または検診の全部または一部を省略することができる。（労働安全衛生法）

放射線の取り扱いにかかる業務に就く場合には、放射線障害防止法、労働安全衛生法および人事院規則の法令により特定の健康診断を受診することが義務付けられています。

実施時期は、放射線障害防止法では1年を越えない期間ごと、労働安全衛生法（電離則）・人事院規則では6月以内ごととされています。

健康診断の内容は、初めて管理区域に立ち入る前に行う者では、放射線の被ばく歴の有無、末梢血の白血球数、白血球百分率、赤血球数、血色素量またはヘマトクリット値、白内障（眼）の検査、皮膚の検査を行います。定期健康診断では、初めて管理区域に立ち入る前に実施する健康診断の項目と変わりないですが、放射線障害防止法では、問診以外は医師の判断により必要と認める場合に限り実施するようになっています。

教育・訓練

❖ 教育及び訓練の項目と時間数

	放射線の人体に与える影響	放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い	放射線障害の防止に関する法令及び放射線障害予防規程
放射線業務従事者	30分	1時間	30分
取扱等業務従事者			

平成30年原子力規制委員会告示第1号

事業者等は、管理区域に立ち入る者および放射性物質あるいは放射線発生装置の取り扱い業務に従事する者に対して、次の項目の教育訓練を行わなければなりません。

- (1) 放射線の人体に与える影響
- (2) 放射性同位元素等または放射線発生装置の安全な取扱い
- (3) 放射線障害の防止に関する法令及び放射線障害予防規程

教育訓練の時期は、放射線業務従事者に対しては、管理区域に初めて立ち入る前、および立ち入った後では前回の教育訓練を行った日の属する年度の翌年度の開始日から1年以内に行います。取り扱い等の業務従事者には、取り扱い等の業務を開始する前、および開始後では前回の教育訓練を行った日の属する年度の翌年度の開始日から1年以内に行います。

教育訓練の時間数を上記の表に示しています。

このように放射線業務従事者あるいは放射性物質の取り扱いの業務従事者は、放射線の人体影響や放射線障害予防規程などの知識と技術を有しています。

緊急時・危険時の対応

- ❖ 事業所で被ばく患者が発生した場合には、放射線管理要員は、以下のことに協力する。
 - ◇ 被ばく患者の身体汚染検査
 - ◇ 除染及び被ばく線量の測定
 - ◇ 医療機関や搬送車両等の設備、資機材の汚染防止及び汚染検査
- ❖ 被ばく患者、搬送機関関係者、医療関係者、処置室、搬送車両等（船舶及び航空機を含む。）の汚染の拡大防止措置等（養生など）を含めた放射線管理に必要な措置を行い、事業者を含む関係機関に汚染の有無を報告する。
- ❖ 患者に随行し、事故の状況、患者の被ばく・汚染状況に関する情報を搬送先の医療機関に提供する。

事業所で被ばく患者が発生した場合には、放射線管理要員は、被ばく患者の身体汚染検査、除染および被ばく線量の測定、医療機関や搬送車両等の設備、資機材の汚染防止および汚染検査に協力します。さらに、被ばく患者、搬送機関関係者、医療関係者、処置室、搬送車両等（船舶及び航空機を含む。）の汚染の拡大防止措置等（養生など）を含めた放射線管理に必要な措置を行い、事業者を含む関係機関に汚染の有無を報告します。

また、患者に随行し、事故の状況、患者の被ばく・汚染状況に関する情報を搬送先の医療機関に提供します。

医療処置と放射線管理

- ❖ 医療機関で被ばく患者を受け入れる場合は、放射線管理要員として、その医療機関が放射性同位元素等を取扱う医療機関であれば、放射線施設責任者あるいは放射線管理を担当している者または診療放射線技師がその役割を担うことが望ましい。
- ❖ 蘇生や救命処置は最優先であり、被ばく患者の傷病の状態を勘案して、できる限りの汚染拡大防止措置を講じる。
 - ◇ 患者受入れ時の放射線管理は、規制法に基づく平常時の管理ではなく「災害・事故対応の一部」でもある。
 - ◇ 管理区域からの退出基準；平常時であれば電離則第31条、十分な実績、治療法が確立している内用療法では退出基準がある。
- ❖ 被ばく患者対応をした医療チームや施設の放射線管理も担当する。
 - ◇ ホットゾーン等で処置した医療従事者の汚染検査、放射性廃棄物の管理、施設等の汚染検査など

医療機関で被ばく患者を受け入れる場合、その医療機関が放射線等を取り扱う施設でもある場合は、放射線施設の責任者や放射線管理を担当する者、診療放射線技師など、放射線管理、放射線防護、放射線計測を理解している職員が、被ばく医療の放射線管理の役割を担うことが望ましいです。また、事業所から随行してきた放射線管理要員との調整、協力も必要です。汚染または被ばくした患者を受け入れる際には通常状態ではないので、通常法放射線管理とは違うことを認識する必要があります。医療処置を行う際には、蘇生や救命処置は最優先であり、被ばく患者の傷病の状態を勘案して、できる限りの汚染拡大防止措置を講じる必要があります。そのためには、災害・事故対応、医療処置やその他の対応との連携、調整が大切です。また、管理区域からの退出基準は、平常時であれば電離則第31条、十分な実績、治療法が確立している内用療法では退出基準があります。被ばく医療では、傷病者の状態や必要な処置を勘案して、このような基準を参考に対応します。

まとめ

- ❖ 放射線を取扱う施設、事業所では、放射線管理を実施します。
- ❖ 放射線管理とは、放射線を安全かつ有効に利用するための適切な施設・設備を設け、また正しく使用することによって作業者の被ばくを可能な限り低減し、さらには事業所外の一般公衆の安全を確保することを目的とします。
- ❖ 事故等で被ばく患者が発生した場合には、放射線管理要員が汚染検査、除染等の汚染拡大防止措置、医療機関等への情報提供、処置等に協力します。
- ❖ 医療機関で被ばく患者を受け入れる場合は、放射線管理要員として、その医療機関が放射性同位元素等を取扱う医療機関であれば、放射線施設責任者あるいは放射線管理を担当している者または診療放射線技師がその役割を担うことが望ましいです。

原子力災害事例

原子力災害医療 専門研修
中核人材-7

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201909

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- 国際原子力事象評価尺度
- 放射線事故件数と影響
- 代表的な事故
- ウラン加工工場臨界事故
- 東京電力福島第一原子力発電所事故
- ゴイアニア事故

国際原子力事象評価尺度 INES: International Nuclear Event Scale

- ❖ 国際原子力機関 (IAEA) 及び経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA) により制定 (1992年より採用)
- ❖ 放射線源に関連して発生した事象が公衆の安全にどの程度の意味を持つのか迅速かつ一貫して伝えるための指標



国際原子力事象評価尺度 (International Nuclear and Radiological Event Scale ; INES) とは、国際原子力機関 (IAEA) 及び経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA) により制定された、原子力施設等の異常や事故の共通評価を目的とした指標です。

7つのカテゴリーに分類されます。福島第一原子力発電所事故は、放射性物質の放出量から最も深刻なレベル7 (暫定評価) と判断されています。また、ウラン加工工場臨界事故は、レベル4 と判断されています。

カテゴリー

- レベル0 (尺度未満) ; 安全上の問題がない
- レベル1 (逸脱) ; 年間許容量の超過に伴う被ばく
- レベル2 (異常事象) ; 10mSVを超える公衆の被ばく / 放射線作業従事者の被ばく限度 (1年間) 超過
- レベル3 (重大な異常事象) ; 従事者が年間許容量の10倍を被ばく / 放射線からの非致死の確定的影響
- レベル4 (局地的な影響を伴う事故) ; 地域の食品制限以外には計画的封鎖等を必要としない軽微な放射性物質の放出
- レベル5 (広範囲への影響を伴う事故) ; 計画的封鎖が必要な限られた量の放射性物質の放出
- レベル6 (重大な事故) ; 計画的な封鎖が必要となる相当量の放射性物質の放出
- レベル7 (深刻な事故) ; 広範囲に及ぶ健康と環境への影響を伴った放射性物質の深刻な放出 (計画的、広域封鎖が必要)

出典；放射線の健康影響等に関する統一的な基礎資料(平成29年度版)
原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書(2011
年6月) より作成

放射線事故件数と影響

事故分類	1945-1965		1966-1986		1987-2007		合計	
	死亡	早期影響	死亡	早期影響	死亡	早期影響	死亡	早期影響
原子力施設	13	42	34	123	3	2	50	167
	19件		12件		4件		35件	
産業施設	0	8	3	61	6	51	9	119
	2件		50件		28件		80件	
身元不明線源	7	5	19	98	16	205	42	308
	3件		15件		16件		34件	
学術/研究作業	0	2	0	22	0	56	0	29
	2件		16件		4件		22件	
医療利用	不明	不明	4	470	42	153	46	623
	不明		18件		14件		32件	

UNSCEAR2008

1945年から2007年までの放射線事故のうち、死亡や影響が発生した件数を示しています。

最も多いのは、産業施設の事故ですが、原子力施設の事故も35件発生しています。しかし、件数は年々減少しています。

代表的な核兵器関連事故

臨界事故

発生年	発生国/施設	概要
1945 1946	アメリカ ロスアラモス研究所	デーモン・コア事故。安全でない実験操作による臨界 2名が被ばくし1名が死亡 8名が被ばくし1名が死亡
1957	旧ソ連 マヤーク核技術施設	ウラル核惨事（キシテム事故） 核分裂性物質タンクの不適切な配置により臨界 発熱によるタンク爆発で大量の放射性物質が環境に放出 6名の作業員が被ばくし、1名が死亡。INES 6
1961	アメリカ SL-1炉	炉の制御棒を素早く手で引き抜いたため臨界 炉の水蒸気爆発により3名死亡
1964	アメリカ ワッドリバージャンク ション化学処理工場	人的ミスにより高濃度ウラン溶液を容器に注入 作業員3名被ばく、1名が死亡

環境への放出と住民への著しい被ばくの可能性を伴う事故

1957	イギリス ウインズケール原子炉	火災によりI-131 740TBq ほか放射性物質の放出 INES 5
------	--------------------	--

核兵器関連の事故として臨界事故があります。全ての事故で死亡者が発生しています。

代表的な核兵器非関連事故

臨界事故

発生年	発生国/施設	概要
1983	アルゼンチン コンステイェンス 原子力研究センター	臨界実験装置 RA-2 核分裂性物質が入ったタンクから水を排出する際 の操作ミスにより臨界状態となり、1名が死亡
1999	日本 東海村 JCO	核燃料加工施設における非正規手順の作業によ って発生 3名が被ばく、2名が死亡。INES 4

環境への放出と住民への著しい被ばくの可能性を伴う事故

1979	アメリカ スリーマイル島原発	原子炉の水位が低かったため燃料に深刻な障害 550GBqのI-131が環境中に放出 一部住民避難を余儀なくされた。INES 5
1986	旧ソ連 チェルノブイリ原発	運転規定違反、安全手順不履行、設計不具合など複 合要因によって発生。28名が急性放射線障害で死亡 1760PBqのI-131ほか大量の放射線物質が放出。INES 7
2011	日本 東電福島第一原発	大地震に引き続く津波により全電源喪失 冷却機能喪失により炉心溶融 120PBqのI-131ほか大量の放射線物質が放出。INES 7

核兵器には関連しない臨界事故もあります。その一つが日本で1999年に発生したウラン加工工場臨界事故です。この事故の詳細は後述します。

これまで住民への著しい被ばくの可能性を伴う事故として、米国スリーマイル島原発事故、旧ソ連チェルノブイリ原発事故、日本東電福島第一原発事故があります。東電福島第一事故については後述します。

ウラン加工工場臨界事故 1999年 茨城県東海村

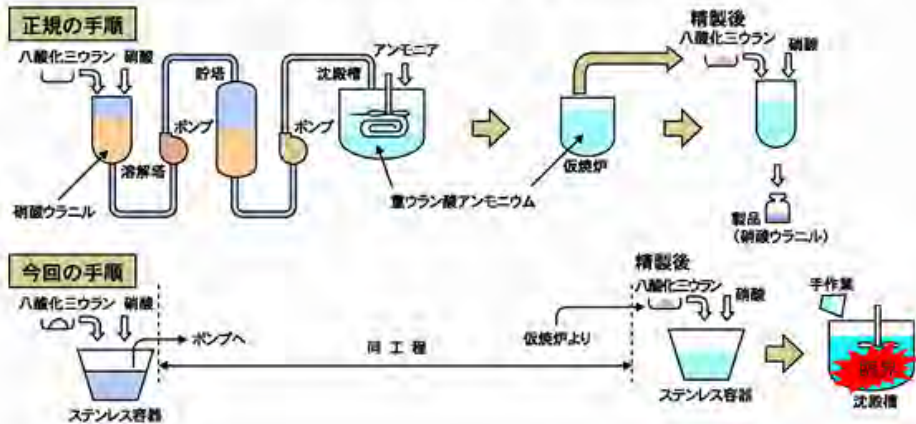
ウラン加工工場臨界事故は、1999年茨城県東海村で発生しました。

事故概要

正規工程を全く無視した手順：
バケツでウランを溶かして沈殿槽に流し込んでいた



ウラン溶液濃度が臨界量を超えた(濃度18.8%)



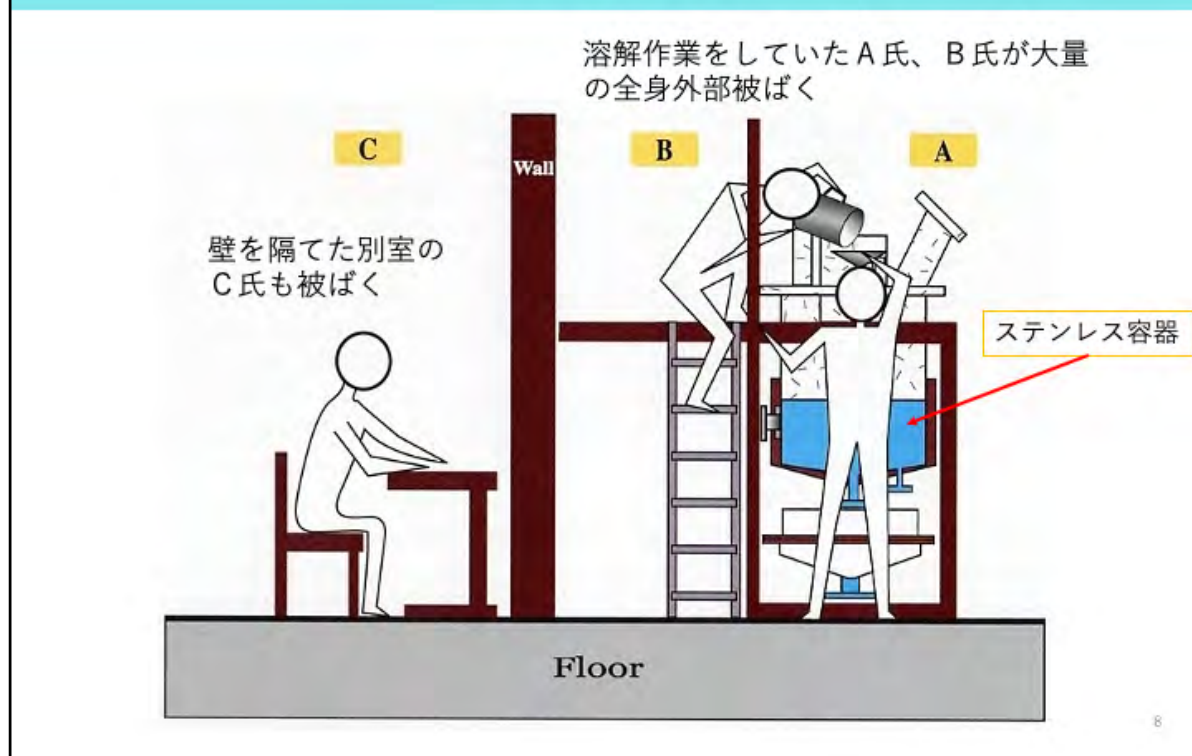
1999年9月30日午前10時35分、茨城県の原子力施設が集中する地域で、高濃度ウラン燃料の加工をしていた工場（茨城県東海村（株）JCO東海事業所 **転換試験棟**）で国内初の臨界事故が発生しました。

事故発生原因は国に提出し認められたマニュアルを改ざんし、さらに発災前日に変えていたためです。臨界条件を避けることを目的に設計された溶解タンクとバッファコラムを用いずに高速増殖炉常陽向け濃縮ウラン(18.8%の²³⁵U)の塊を硝酸の入ったバケツで溶かしては直接沈殿槽に注いでいました。

通常はウランの濃縮度が3～5%の商業用原子炉向け燃料を扱っている為、問題とはなっていませんでした。

この事故で作業員3名が重度の被ばくをし、内2名が死亡しました。周辺住民なども多数被ばくしました。

事故再構築



1999年9月30日の午前10：35分頃、溶解槽内の溶液が約40ℓに達しました。これはウラン16kgに相当し、臨界量です。そのため臨界状態を発生させやすい形状と構造の容器に、大量のウラン235が入ったことで、小型原子炉が臨時に設置されたのと同じ状態になり、その瞬間、核分裂連鎖反応が始まり、大量のγ線と中性子線の放出が始まりました。

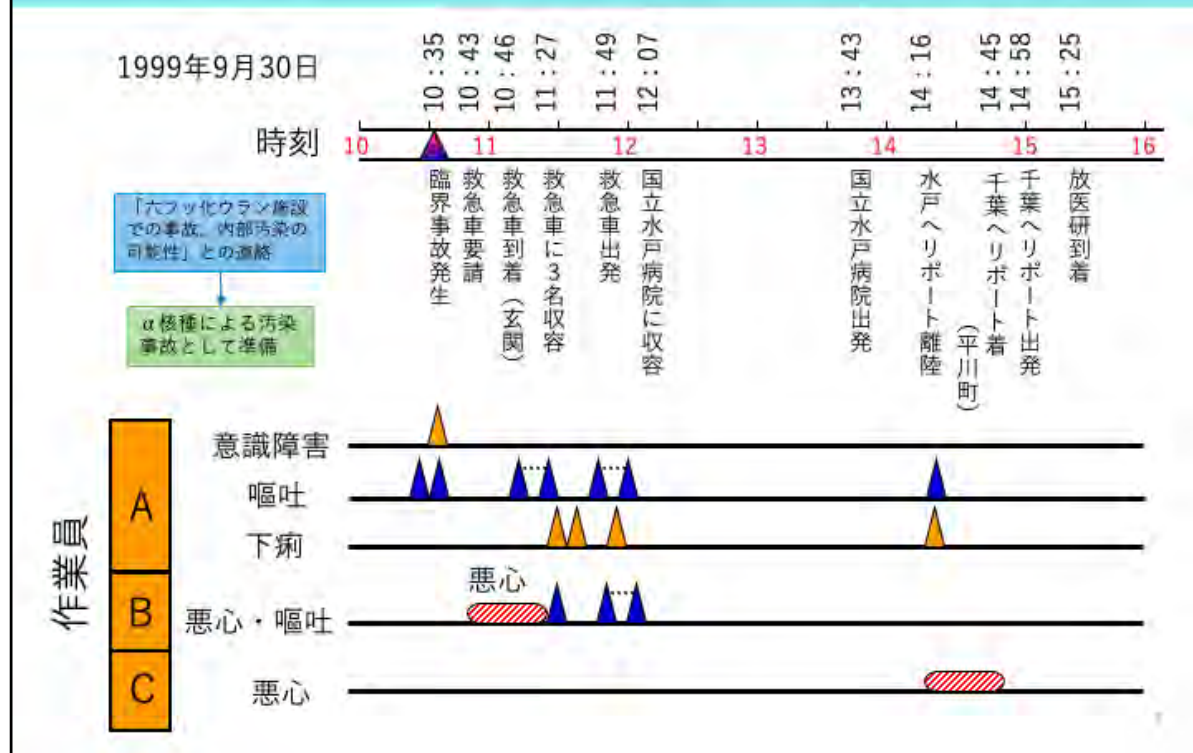
1999年10月1日午前8時50分 臨界から約20時間後に臨界は終息しました。

施設から350m以内に住む161人が避難を命じられ、10km圏内31万人が約18時間屋内に滞在するようにアドバイスされました。

臨界発生時の状況です。

ステンレス容器内でウラン溶液濃度が臨界量を超えたため、大量の中性子が発生し、3名の作業員が被ばくしました。特にステンレス容器の前に立っていたA氏の被ばく線量が最も高く、次にB氏となりました。C氏は壁を隔てた別室にいたため、被ばく線量が最も低かったです。

前駆症状



臨界事故は1999年9月30日10:35に発生しました。3名の作業員の前駆症状の臨床経過を示しています。最も被ばく線量が高いA氏は被ばく後すぐに一時的な意識障害と嘔吐の症状が出現しています。また、1時間後には下痢の症状も出現しています。

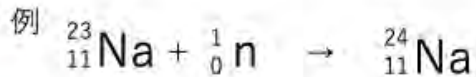
B氏は被ばくから数十分後に悪心を訴え、約1時間後に嘔吐の症状が出現しました。C氏は被ばくから約4時間後に悪心の症状を訴えていました。

この事故は、当初地元の消防署に「転換棟での事故」の通報だったため、「てんかんで人が倒れた」と認識してしまい、当初、消防は放射線の事故だと認識していませんでした。また、放医研へも「東海村ウラン加工施設から放医研に患者搬送」「六フッ化ウラン施設での事故、内部汚染の可能性」との連絡であったことからアルファ核種による汚染事故として受け入れの準備をしました。

放射化

もともとは放射能がない同位体が放射線を受けることによって放射性同位体に変化すること

とくに電荷を持たず運動エネルギーの小さい熱中性子は容易に原子核に接近し核反応を起こす



放射化により人体中で生成される放射性同位元素

${}^{24}\text{Na}$ 、 ${}^{42}\text{K}$ 、 ${}^{32}\text{P}$ 、 ${}^{82}\text{Br}$

${}^{32}\text{P}$ は γ 線を放出せず周辺の要員への被ばくには寄与しない

表面汚染検査 (表面汚染はないが、放射化した放射性同位元素による γ 線を検出する)

- ・ GMサーベーター：メーターの指針が振り切れる
- ・ α 線サーベーター：バックグランドレベル

患者の吐瀉物 $\rightarrow {}^{24}\text{Na}$ 、 ${}^{42}\text{K}$

患者の所持品 $\rightarrow {}^{24}\text{Na}$ 、 ${}^{56}\text{Mn}$ 、 ${}^{198}\text{Au}$ } などが検出された
⇒ 中性子線の被ばくがあったことの示唆

※血漿中 ${}^{24}\text{Na}$ 濃度は中性子線被ばく量推定に用いられる

もともとは放射能がない同位体が放射線を受けることによって放射性同位体に変化することを放射化と言います。

臨界事故で発生した中性子は、核反応を起こし、体内のNa-23がNa-24となり、 γ 線を放出します。体内のナトリウムは血液中に存在するため、全身に分布しています。このため、表面汚染検査で、表面汚染はないが、放射化した放射性同位元素によるガンマ線を検出することになります。

また、吐瀉物や所持品から放射化した同位元素を検出したことから、中性子線の被ばくが示唆されました。

血漿中のNa-24濃度は中性子線被ばく量推定に用いられました。

病室エリア測定記録



- ❖ 測定日：
平成11年10月01日（金）09:40
- ❖ 測定器：
NaI(Tl)シンチレーションサーベイメーター
（アロカTCS-161）
- ❖ 単位：μSv/hr

患者体内のNa-23が中性子により放射化されNa-24が生成されている

患者から最大12 kcpm（GM管）を検出（α線は陰性）

放射化したNa-24からガンマ線が放出されるため、被ばくした作業員の周辺の空間線量率も上昇しました。翌日の病室周辺の測定結果を示しています。

Na-24が1MBq存在する場合、1m離れた場所での線量率は0.429μSv/hとなります。

A氏はNa-24が約6MBqでした。また、Na-24の実効半減期は14.1時間です。これから計算すると、

【事故直後のA氏から1mの位置での線量率】

$$0.429\mu\text{Sv/h} \times 6\text{MBq} = 2.6\mu\text{Sv/h}$$

となります。

これは、事故23時間後に測定した患者周辺の線量率と合致します。

このことから、患者から1mの位置にいる対応者の線量は3時間で10μSv以下です。搬送対応者、医療従事者の被ばく線量としては、健康に影響を与える値ではないことが予想されます。

出典；放射線医学総合研究所「東海村ウラン加工工場臨界事故に関する放医研報告書NIRS-M-143」（平成13年1月）

臨床経過

	A氏	B氏	C氏
推定被ばく線量	10 - 20 GyEq	6 - 10 GyEq	1.2 - 5.5 GyEq
被ばく直後	嘔吐、下痢、意識消失	嘔吐、下痢、意識消失	吐き気
3日後	リンパ球が0になる		血球細胞減少に対し無菌管理、輸血等
7日後	骨髄移植 人工呼吸開始 皮膚障害悪化	リンパ球が0になる	
10日後		骨髄移植	
3週間後		皮膚障害が悪化	血球細胞数が回復に転じる
4週間後	下痢の重症化		無菌室退室
7週間後	消化管出血増悪		
83日後	多臓器不全により死亡		
3ヶ月後			退院
21週間後		消化管出血増悪	
211日後		多臓器不全により死亡	

作業員3名の臨床経過をします。

骨髄障害に対して、A氏には末梢幹細胞移植が実施されました。C氏には、サイトカインが投与されました。

A氏は83日後、B氏は211日後に多臓器不全により死亡しました。C氏は、骨髄障害は回復し、3ヶ月後に退院しました。

環境放射線モニタリング

- ❖ 一般住民の健康や環境に影響を及ぼすものではないと判断された。
- ❖ 周辺で放射化生成物(Na-24など)やガス状核分裂生成物が微量に検出されるも粒子状物質は検出されず。
- ❖ 施設周辺の地表面、民家、農産物等のサーベイはBGレベル
- ❖ ガンマ線積算線量: 300 m 地点で270 μ Gy

周辺住民の個人線量推定

実効線量 (mSv)	東海村住民 (職員除く)	那珂町住民 (当時)	職員	合計
～5	77	24	78	179
5～10	7	0	8	15
10～15	4	0	0	4
15～20	0	0	0	0
20～25	1	0	0	1
合計	89	24	86	199

環境放射線モニタリングでは、周辺で放射化生成物(Na-24など)やガス状核分裂生成物が微量に検出されるも粒子状物質は検出されていません。また、一般住民の健康や環境に影響を及ぼすものではないと判断されました。これは臨界事故なので、放射性物質の放出による汚染は全く生じません。

出典:National Institute of Radiological Sciences 2002 NIRS M-154

被ばく線量

分類	人数	備考
従業員	事故発生時に作業に従事していた者	3 24.5GyEq (83日後に死亡), 8.3GyEq (211日後に死亡), 3.0GyEq (治療後退院)
	水抜き作業等に従事した者	18 ホールボディカウンタ、線量計で検出。3.8~48mSv
	ホウ酸水注入に従事した者	6 線量計等で検出。0.7~3.5mSv
	その他事故時に敷地内にいた者	49 ホールボディカウンタ、フィルムバッチで検出。0.6~48mSv 96 敷地内の端の線量評価とJCOが実施した個人行動調査から推定。0.06~17mSv
防災業務関係者	政府関係機関 (原研、サイクル機構の職員)	57 フィルムバッチ、TLDで測定した206名のうち、56名から検出。0.1~9.2mSv
	消防職員 (事故発生時に救助に従事)	3 ホールボディカウンタで検出。4.6~9.4mSv
	自治体関係者	167 行動調査に基づき推定。0.0002~7.2mSv
	国の関係者	8 行動調査に基づき推定。0.49~2.1mSv
	報道関係者	26 行動調査に基づき推定。0.014~2.6mSv
周辺住民等	実測で線量が評価された者	7 ホールボディカウンタで検出。6.7~16mSv
	居住または勤務する者	199 行動調査に基づき推定。0.01~21mSv
	一時滞在者	28 行動調査に基づき推定。0.01~3.6mSv

出典：第83回原子力安全委員会資料第4号

周辺住民や事故終息に従事した作業員、防災業務関係者等の被ばく線量をフィルムバッチ、ホールボディカウンタ、行動調査に基づいて線量推定しています。その結果を示しています。

社会的影響と風評被害

社会的影響

- ❖ 日常生活関連業務への影響
 - ◇ 10km圏内のスーパー、金融機関、ガソリンスタンド等が営業見合わせ
- ❖ 交通機関等への影響
 - ◇ JR常磐線水戸～日立間運行停止
 - ◇ 常磐自動車道、JCO周辺道路の交通規制
 - ◇ 10km圏内のバス、私鉄等運休
- ❖ 学校・公共施設への影響
 - ◇ 学校230校が休校
 - ◇ 公立の社会福祉施設等67施設が休館

風評被害

- ❖ 農畜産物への影響
 - ◇ 米：533トン、1億3600万円分が出荷停止
 - ◇ 青果物：一時取り引き停止、単価下落
 - ◇ 畜産物：乳業メーカー取引停止、芝浦市場で半径10km以内の豚肉・牛肉の入荷拒否
 - ◇ 水産物：シラス操業停止、消費地市場や量販店で受け入れを拒否
- ❖ 商工業への影響
 - ◇ 売上減少、取引停止、製品の返品など
- ❖ 観光への影響
 - ◇ 観光施設の予約キャンセル（1ヶ月間で17,000名以上）

この事故では、様々な社会的影響がありました。10km圏内のスーパーや金融機関、ガソリンスタンドが営業を見合わせたり、交通規制、バス私鉄等の運休、学校の休校や社会福祉施設等の休館がありました。

汚染を伴う事故ではありませんでしたが、農畜産物、商工業、観光への風評被害もありました。

原子力安全・防災対策

- ❖ 原子力安全規制の抜本的強化と原子力災害に係わる防災対策について、平成11年12月13日に「原子炉等規制法」の一部改正と「原子力災害対策特別措置法」が成立
- ❖ 緊急被ばく医療体制の整備
 - ◇ 「緊急被ばく医療のあり方について」（平成13年6月（平成20年10月一部改定）原子力安全委員会 原子力施設等防災部会
 - ◆ 命の視点を最重要視し、包括的かつ一元的な緊急被ばく医療のあり方とその具体的な対策を取りまとめ
 - ◆ 原子力事業所の従事者と周辺住民等を分け隔てなく、平等に治療する共通認識の確認
 - ◆ 緊急被ばく医療に関わるすべての関係者が適切な研修及び訓練を受けることにより、被ばく患者の診療に際し不安を感じずに、円滑かつ迅速に患者を診療できる具体的体制を提言
 - ◆ 原子力関連施設での事象に限らず、放射性物質が関係した緊急事態をも視野に入れて策定

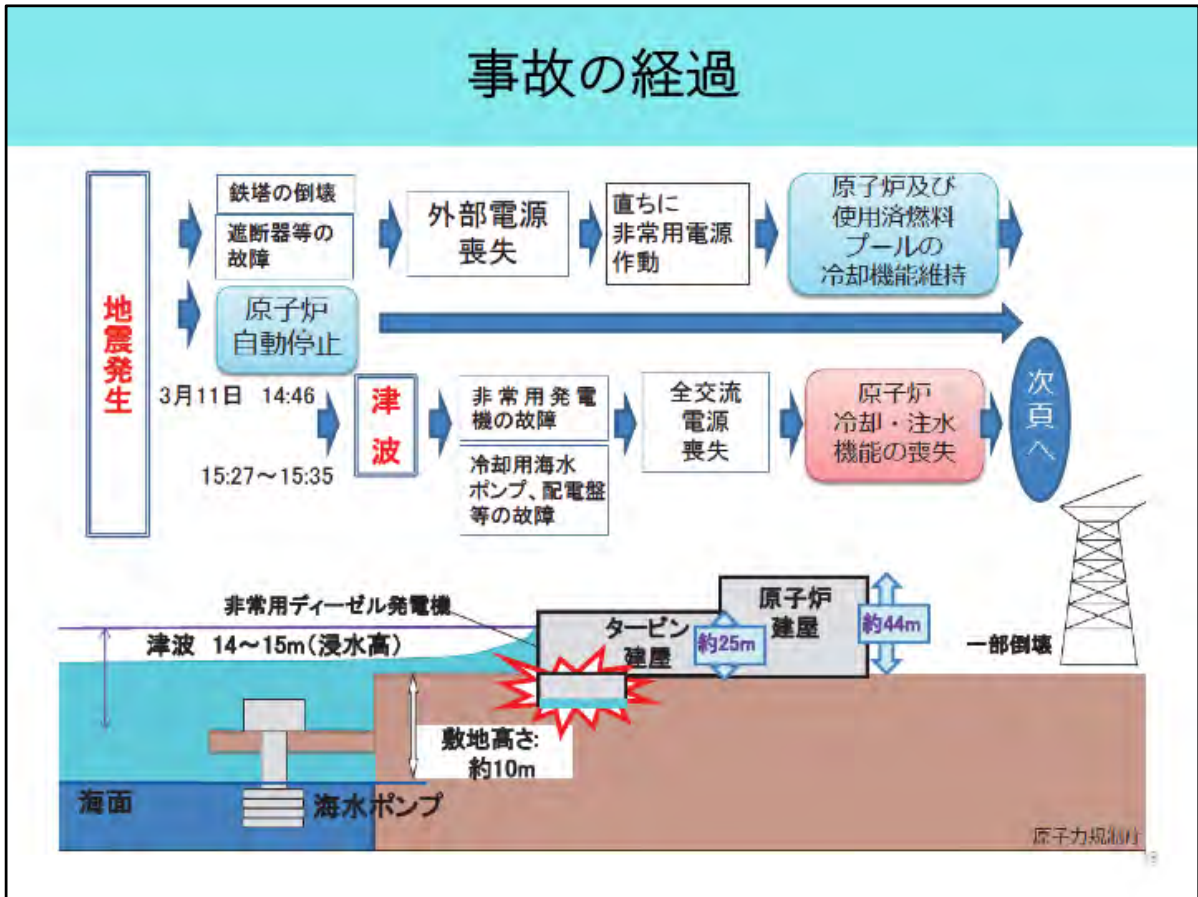
この臨界事故後に原子力安全規制の抜本的強化と原子力災害に係わる防災対策について、平成11年12月13日に「原子炉等規制法」の一部改正と「原子力災害対策特別措置法」が成立しています。また、医療体制も緊急被ばく医療体制が整備され、「緊急被ばく医療のあり方について」（平成13年6月（平成20年10月一部改定）原子力安全委員会 原子力施設等防災部会）が示されています。この中で、緊急被ばく医療に関わるすべての関係者が適切な研修及び訓練を受けることにより、被ばく患者の診療に際し不安を感じずに、円滑かつ迅速に患者を診療できる具体的体制、原子力関連施設での事象に限らず、放射性物質が関係した緊急事態をも視野に入れて策定することを提言しています。

その後、19道府県に緊急被ばく医療体制が整備されました。

東京電力 福島第一原子力発電所事故 2011年 福島県

2011年3月11日14:46に三陸沖でマグニチュード9.0の地震が発生し、東北地方を中心に地震、津波等による大規模な被害が発生しました。

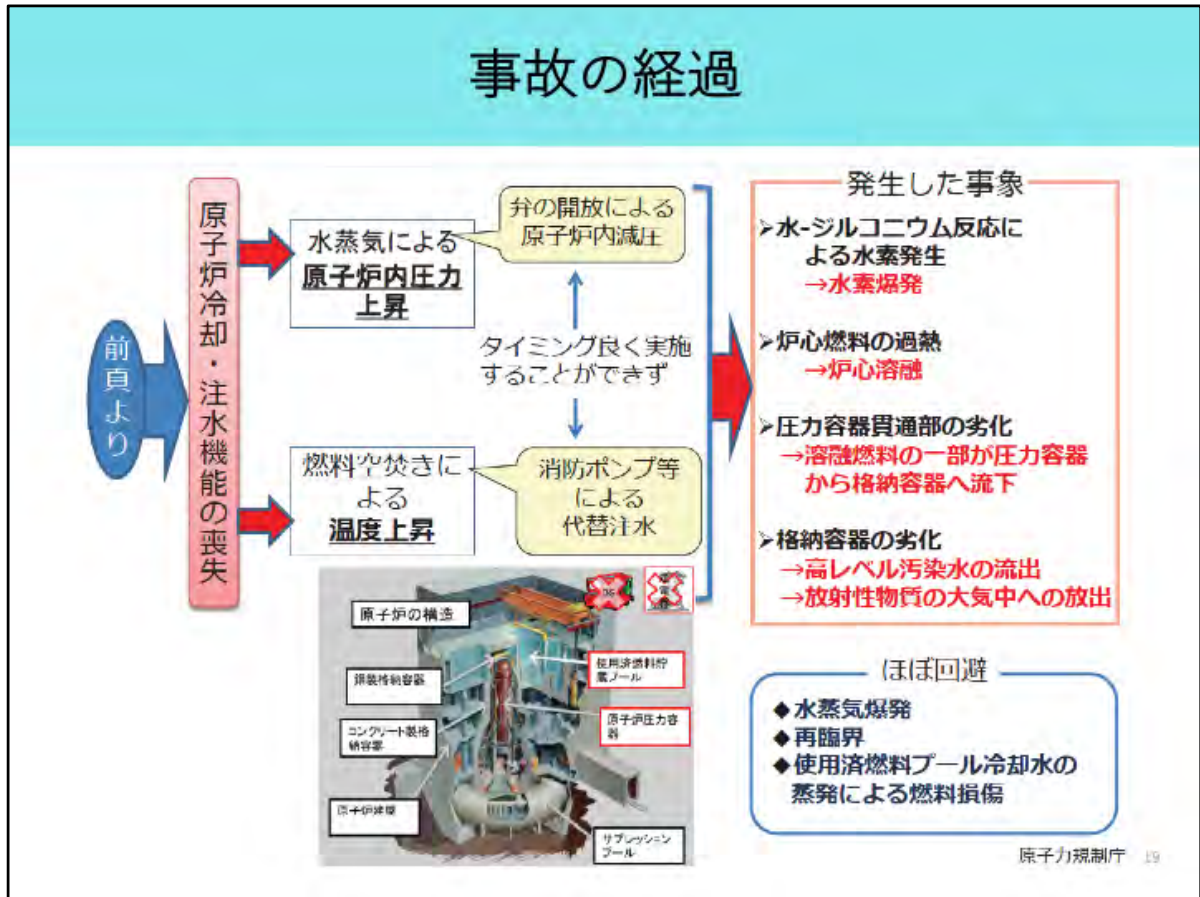
事故の経過



地震発生直後、運転中であった東京電力福島第一原子力発電所の1～3号機は全ての原子炉が自動停止しました。また、送電鉄塔の倒壊等により外部電源が喪失したため、非常用ディーゼル発電機が自動起動しました。しかし、その後の津波の襲来によって非常ディーゼル発電機や配電盤等が被水、冠水したため、6号機を除いて全ての交流電源が喪失し、冷却用の海水ポンプも機能を失いました。その結果、1号機では原子炉を冷却する機能が喪失し、2号機、3号機では、交流電源がなくても駆動できる冷却設備でしばらく原子炉を冷却していましたが、やがてこれらも停止しました。

出典:放射線の健康影響等に関する統一的な基礎資料(平成28年度版)を改変

事故の経過



炉心への注水が停止したことにより原子炉水位が低下して、燃料が露出しました。その結果、炉心溶融が始まり、圧力容器が損傷したと考えられます。格納容器では、炉心損傷の影響で高温・高圧状態となり、閉じ込め機能が劣化し、格納容器の外に通じる配管貫通部等に隙間が生じました。冷却のために原子炉へ注水した水が圧力容器や格納容器から漏洩し、大量の高レベル汚染水が原子炉建屋地下やタービン建屋地下に滞留し、さらにその一部は海洋へ流出しました。圧力容器の損傷や格納容器の閉じ込め機能の劣化により放射性物質を含む蒸気が漏洩したことに加え、原子炉建屋の水素爆発や格納容器ベント等によって大気中に放射性物質が放出されました。

出典:放射線の健康影響等に関する統一的な基礎資料(平成28年度版)を改変

住民の避難経路



全福島県民(約202万人)を対象に福島県が調査した、原発事故発生直後からの各個人の行動パターンが、放射線医学総合研究所が開発した外部被ばく線量評価システムに入力され、個人の外部被ばく線量評価されます。

これは、事故による放射線物質の拡散や避難等を踏まえ、県民の被ばく線量評価を行うとともに、県民の健康状態を把握し、疾病の予防、早期発見、早期治療につなげ、将来にわたる県民の健康の維持、増進を図ることを目的として福島県が実施している「県民健康調査」の基礎調査として実施されたものです。

基本調査の回答率は、福島県全体では27.6%です。

平成29年6月30日までに推計が行われた累計55万2,298人のうち、推計期間いっぱいの4ヶ月間の行動記録の提出が47万3,605人で、さらに放射線業務従事経験者を除いた46万4,420人推計結果では、県南地域では、88.2%、会津・南会津地域では99.3%が1mSv未満となり、相双地域については77.3%が、いわき地域でも99.1%が1mSv未満となっています。最大値は、相双地域の方の25mSvでした。

出典：外部被ばく線量の推計について

<http://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/6494.pdf>

ホールボディ・カウンタによる内部被ばく検査の実施結果

環境モニタリングの結果等から、他の地域に比べ外部および内部被ばく量が高い可能性がある地域（川俣町山木屋地区、飯盛村、浪江町）や避難区域等の住民に対して、平成23年6月27日からホールボディ・カウンタによる内部被ばく検査を開始。順次対象地区を県内全域に拡大し、平成29年11月30日までに32万8,354名を実施。セシウム134及び137による預託実効線量で99.9%以上が1ミリシーベルト未満、最大でも3ミリシーベルト未満であり、全員が健康に影響が及ぶ数値ではなかったとされている。

①対象自治体：福島県内全59市町村

②測定実施機関（実績）

福島県、弘前大学医学部附属病院、南相馬市立総合病院、日本原子力研究開発機構、新潟県放射線検査室、広島大学病院、長崎大学病院、大津赤十字病院、杜の都産業保健会、金沢医療センター、愛媛大学医学部付属病院、放射線医学総合研究所

③ホールボディ・カウンタ車の巡回による県外での検査について

福島県では県外に避難された方が受検できるようホールボディ・カウンタ車を巡回して検査を行っており、平成28年3月までに、福島県が検査を委託している常設の機関がない38都道府県（青森県、茨城県、新潟県、石川県、滋賀県、広島県、愛知県、長崎県以外）で検査が実施された。

④測定結果（預託実効線量）（平成29年11月実施分まで；平成29年12月26日発表）

	平成23年6月27日～ 平成24年1月31日	平成24年2月1日～ 平成29年11月30日	合 計
1ミリシーベルト未満	15,384名	312,944名	328,328名
1ミリシーベルト	13名	1名	14名
2ミリシーベルト	10名	0名	10名
3ミリシーベルト	2名	0名	2名
合 計	15,409名	312,945名	328,354名

※預託実効線量：平成24年1月までは3月12日の1回測定と仮定。2月以降は平成23年3月12日から検査日前日まで毎日均等な量を継続して日常的に経口摂取したと仮定して、体内から受けると思われる内部被ばく線量について、成人で50年間、子供で70歳までの線量を合計したもの。

福島県ホームページ「ホールボディ・カウンタによる内部被ばく検査 検査の結果について」より作成

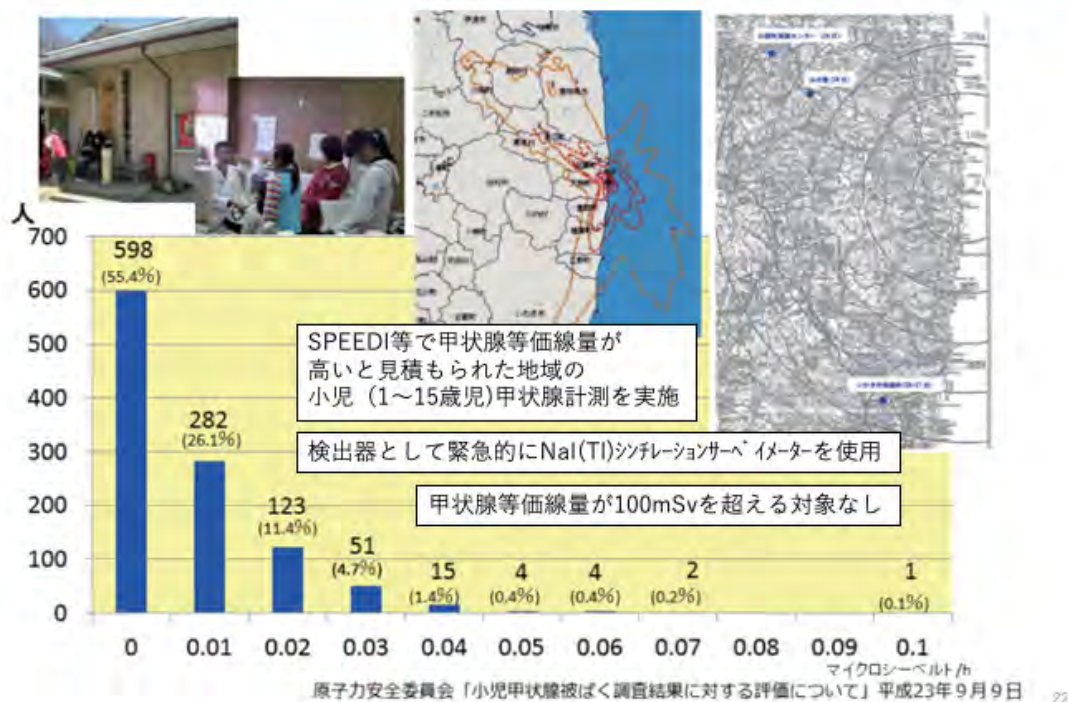
77

環境モニタリングの結果等から、他の地域に比べて外部および内部被ばく量が高い可能性がある地域（川俣町山木屋地区、飯館村、浪江町）や避難区域等の住民を対象に平成23年6月27日からホールボディ・カウンタ（WBC）による内部被ばく検査が開始されています。対象地区は順次、県内全域に拡大しています。平成29年11月30日までに32万8,354名に検査が実施されています。Cs-134およびCs-137による預託実効線量で99.9%以上が1mSv未満、最大でも3mSv未満であり、全員が健康に影響が及ぶ値ではなかったとされています。

出典：放射線の健康影響等に関する統一的な基礎資料(平成29年度版)

福島県ホームページ「ホールボディ・カウンタによる内部被ばく検査 検査の結果について」

小児甲状腺スクリーニング調査



平成23年3月23日のSPEEDIの試算を踏まえ、小児への健康影響を把握するため、原子力安全委員会緊急助言組織からの依頼（3月23、25日付）に基づき、現地原子力災害対策本部では小児甲状腺スクリーニング調査を実施しました。調査した1,149人のうち、適切に測定された1,080人の結果が示されています。測定場所の環境放射線量が簡易測定を行うには適当でなかった（測定場所の空間線量率が高く、簡易測定による適切な評価が困難であった）ため、適切に測定結果が出せなかった66人と年齢不詳の3人の結果は除かれていますが、調査を受けた全員が、原子力安全委員会がスクリーニングレベルとした「ま毎時0.2 μ Sv」を下回っていました。

出典:放射線の健康影響等に関する統一的な基礎資料(平成29年度版)を改変

住民の内部被ばく評価

事故直後1年間における公衆の平均実効線量と平均甲状腺吸収線量

住宅区域	実効線量 (mSv)		甲状腺の吸収線量 (mGy)	
	成人	1歳児	成人	1歳児
避難をした地区				
予防的避難区域*1	1.1~5.7	1.6~9.3	7.2~34	15~82
計画的避難区域*2	4.8~9.3	7.1~13	16~35	47~83
避難をしていない地域				
避難が行われなかった地域の福島県住民	1.0~4.3	2.0~7.5	7.8~17	33~52
福島近隣県	0.2~1.4	0.3~2.5	0.6~5.1	2.7~15
上記以外	0.1~0.3	0.2~0.5	0.5~0.9	2.6~3.3

※1 2011/3/12~15にかけて避難を指示された地区

※2 2011/3月末から6月にかけて避難を指示された地区

UNSCEAR Report 2013:

LNT仮説に基づけばわずかな発がんリスク増加が示唆されるものの日本人のベースラインから差を検出するには小さすぎるレベルである。

事故直後1年間の公衆の平均実効線量と平均甲状腺吸収線量を示しています。

UNSCEAR Report 2013では、LNT仮説に基づけばわずかな発がんリスク増加が示唆されるものの日本人のベースラインから差を検出するには小さすぎるレベルである、とされています。

病院避難



2011年3月12日から16日にかけて、20km圏内の避難区域の医療機関から入院患者の避難が実施されました。

医療機関の避難では、情報が関係者間で共有できていなかったり、搬送までに時間がかかったこともあり、搬送中の死亡が発生しています。

原子力安全・防災対策

- ❖ 災害対策基本法、防災基本計画（第12編「原子力災害対策編」）の改定
- ❖ 原子力規制委員会設置
- ❖ 原子力災害対策指針の策定
 - ◇ 予防的防護措置を準備する区域(PAZ)と緊急時防護措置を準備する区域(UPZ)
 - ◇ 安定ヨウ素剤の予防服用の体制
- ❖ 原子力災害時の医療体制の充実と強化のための見直し
 - ◇ 24道府県に医療体制の整備
 - ◇ 高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターの設置
 - ◇ 道府県による原子力災害拠点病院の指定、原子力災害医療協力機関の登録

2011年に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により、関連する法令等が改定、策定されました。

中でも原子力災害時の医療体制は、それまでの緊急被ばく医療体制を充実、強化されています。現在も原子力災害時の医療体制は、見直しや改正が行われています。

ゴイアニア汚染事故

- ❖ ゴイアニア（ブラジル）の病院が、治療用の線源（ ^{137}Cs 、50.9TBq）を残したまま移転し、1987年二人組が治療装置をこじ開け、ステンレス製カプセルに入った線源を取り出し0.5km先に移動。その後、カプセルを開け、塩化セシウムが拡散。
 - ◇ 外部被ばく→急性放射線症、皮膚障害
 - ◇ 内部被ばく→体外計測、バイオアッセイ
 - ◇ 体表面汚染→汚染検査、除染
- ❖ 調査：112,000人
 - ◇ 249人に体内 / 体外汚染
- ❖ 汚染調査道路網：2,000km
- ❖ 汚染土壌、および除染ゴミ
 - ◇ 200リットルドラム缶 14,500 個、5トンの箱 1,470 個
- ❖ 入院患者：20人（皮膚障害、体内汚染）
 - ◇ 4人が骨髄障害による出血や感染症で1ヶ月以内に死亡
 - ◇ プルシアンブルーの投与

原子力災害の事例ではないが、放射線が関与する事故として、急性放射線症、内部被ばく、環境への拡散が生じた事故として1987年ゴイアニア（ブラジル）で発生した事故がある。

これは、ゴイアニア（ブラジル）の病院が、治療用の線源（ ^{137}Cs 、50.9TBq）を残したまま移転し、1987年二人組がこの治療装置をこじ開けて、ステンレス製カプセルに入った線源を取り出し、0.5km先に移動しました。その後、カプセルを開けたため、塩化セシウムが拡散しました。また一部の人は、この塩化セシウムを身体に塗布しました。

この事故で、高線量被ばくによって急性放射線症や皮膚障害が生じ、4人が骨髄障害によって死亡しました。内部被ばくがあった者にはプルシアンブルーが投与されました。

表面汚染検査は、11万人以上に実施され、うち249人に体内汚染および体表面汚染がありました。

この事故の影響で、汚染された土壌とゴミは、200リットルドラム缶14,500 個、5トンの箱 1,470 個にもなりました。

まとめ

- ❖ 原子力事故・災害には臨界事故、影響が施設内にとどまる事故、放射性物質が環境中に放出される事故、住民の被ばくを伴う事故などがある。
- ❖ 事象の重大さを表す指標としてINESがあり7つのカテゴリーに区分されている。
- ❖ 1945年～2007年までの放射線事故のうち、致死・早期影響事故件数:原子力施設35、産業施設80、不明線源34、研究22、医療32
- ❖ 日本は、1999年ウラン加工工場臨界事故、2011年東京電力福島第一原子力発電所事故があり、事故対応後には、関連する法令等の改正が実施された。

原子力災害医療派遣 チームの活動

原子力災害医療 専門研修
派遣チーム-1

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201912

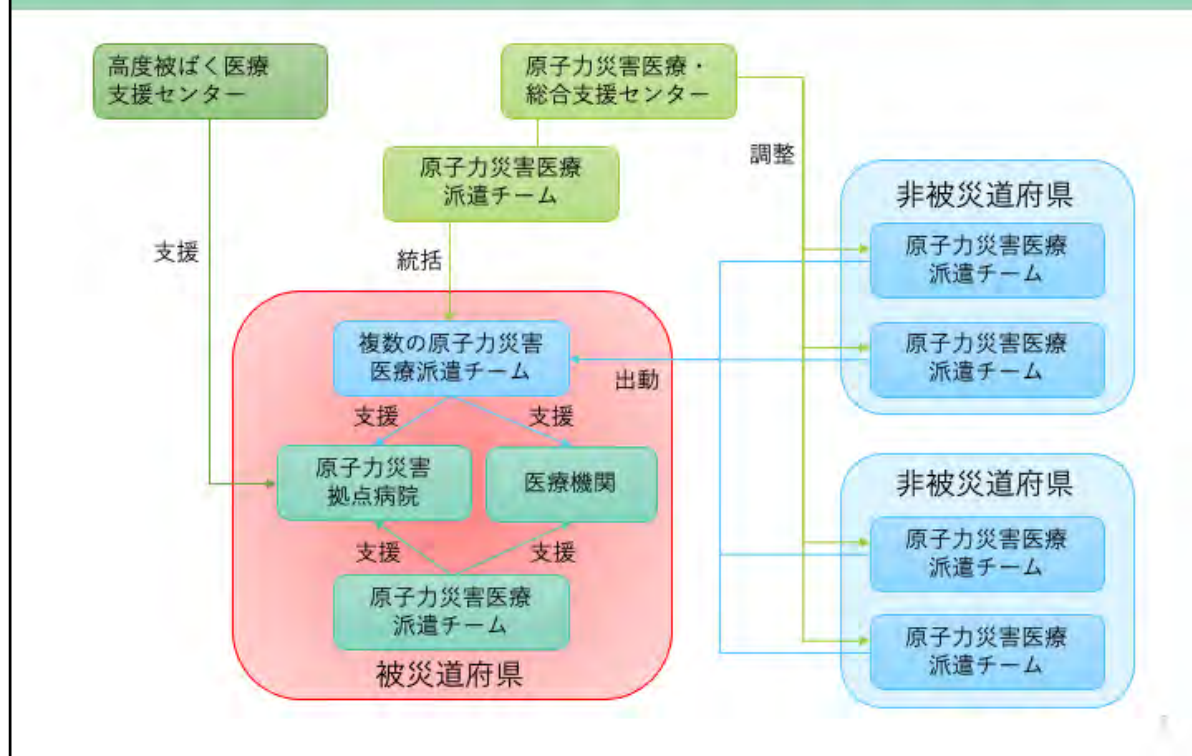
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- 基本方針
- 関係機関・組織
- 派遣チームの準備
- 資機材
- 派遣チーム受入準備
- 原子力災害発生時の活動の流れ
- 待機要請
- 派遣要請・出動
- 基本的活動
- 安全確保
- 連絡、記録の作成と保管
- 活動の終了
- 費用の支弁

原子力災害医療派遣チーム活動の基本方針



原子力災害医療派遣チーム（以下「派遣チーム」という。）の活動は、平時に派遣チームを保有する医療機関と当該医療機関を管轄する道府県との間で締結された協定（以下「協定」という。）及び地域防災計画等に基づきます。

原子力災害医療・総合支援センター、非被災道府県から派遣チームを出動させることが基本となります。ただし、被災道府県の原子力災害医療調整官が必要性を判断した場合には、被災道府県内の派遣チームを出動させることもできます。

派遣チームの出動先は、被災道府県の原子力災害拠点病院を基本とし、派遣先の機関の長の指揮下で支援活動を行います。

その活動は、例えば汚染のある患者に対する救急医療等の提供など、原子力災害医療に係る活動の支援を基本としますが、出動先の原子力災害拠点病院で対応できない被ばく傷病者等が発生した場合には、高度被ばく医療支援センターまたは原子力災害医療・総合支援センターへ搬送する際の搬送支援を行います。また、原子力災害の発生時に被災道府県または被災道府県内の市町村が事前に策定した原子力防災に係る各種計画の実行に際して、他の関係する対処要員よりも派遣チームによる対応の方がより適切と判断される場合（例えば医療機関における避難計画を実施しようとした際や避難所等での救護活動を行おうとした際に計画上の人員確保が困難と判断される場合）等には、必要に応じて原子力災害時の医療ニーズに可能な範囲で柔軟に対応します。

関係機関・組織

機関・組織	役割	
原子力施設等が立地する道府県と原子力災害対策重点区域がある道府県		
立地道府県等	原子力災害医療調整官	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域の医療事情に詳しい者 ・ 医療機関、消防機関等に対して搬送する患者の汚染や推定被ばく線量に基づいて、その搬送先を適切かつ迅速に指示 ・ 必要に応じて、他の立地道府県等に対して派遣チームの派遣を要請
	原子力災害拠点病院	<ul style="list-style-type: none"> ・ 被ばくがある場合の適切な診療等の提供
	原子力災害医療協力機関	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子力災害での医療対応や立地道府県等が行う原子力災害対策等を支援
	原子力災害医療派遣チーム	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子力災害が発生またはそのおそれがある被災道府県において救急医療等を行うことのできる専門的な研修、訓練を受けた医療チーム
国等	原子力災害医療・総合支援センター	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子力災害医療派遣チームの保有と派遣調整 ・ 教育・研修、訓練の実施
	高度被ばく医療支援センター	<ul style="list-style-type: none"> ・ 被ばく患者の線量評価や診療等に関する指導、助言、支援等を行う専門派遣チームを保有
	基幹高度被ばく医療支援センター	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高度被ばく医療支援センターの中心的・先導的役割 ・ 地域の中核となる医療従事者等、高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターの医療従事者、専門技術者等への高度専門的な教育研修
	緊急事態応急対策等拠点施設（オフサイトセンター；OFC）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原災本部長指示、各種対策の実施 ・ オフサイト対策の支援に係る連絡調整 ・ 自治体との具体的対策の検討・調整
	原子力規制庁緊急時対応センター（ERC）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 官邸の意思決定を支える情報分析、現地の対応状況のフォローアップ

原子力災害とは、原子力施設の事故等に起因する放射性物質または放射線の環境への異常な放出により生じる被害を意味します。原子力災害対策特別措置法（以下「原災法」）では、原子力施設外における放射性物質または放射線の放出が一定の水準を超えた場合には、原子力緊急事態（原災法第2条第2号に規定する「原子力緊急事態」をいう。）に該当するものとされ、緊急事態応急対策が講じられます。こうした事態における原子力災害医療の対応には、通常の救急医療、災害医療に加えて被ばく医療の考え方が必要となります。この原子力災害医療を提供するのが、原子力災害拠点病院、原子力災害医療協力機関、原子力災害医療・総合支援センター、高度被ばく医療支援センター、基幹高度被ばく医療支援センターとなります。この中で、原子力災害拠点病院、原子力災害医療協力機関、原子力災害医療・総合支援センターは原子力災害医療派遣チームを保有します。高度被ばく医療支援センターは専門派遣チームを保有します。

また、原子力災害医療調整官は、地域の医療事情に詳しい者とし、原子力災害医療調整官を長とする複数者からなるグループを組織して立地道府県等が設置する災害対策本部内に配置することとなっています。この原子力災害医療調整官は、医療機関、消防機関等に対して搬送する患者の汚染や推定被ばく線量に基づいて、その搬送先を適切かつ迅速に指示します。その際、救急医療体制を活用し、医療機関に対して傷病者を受け入れるように指示し、その受入れを確認します。特に、重篤な傷病者については指定された原子力災害拠点病院等に搬送できるようにします。また、原子力災害医療調整官は、必要に応じて、他の立地道府県等に対して派遣チームの派遣要請を行い、立地道府県等内の原子力災害拠点病院等へ派遣します。

原子力災害医療派遣チームの準備

- ❖ 構成員
 - ◇ 医師、看護師、放射線防護関係者、業務調整員等の4名以上
 - ◇ 被ばく医療に必要な知識、技能を保有する者
- ❖ 資機材；7日程度の活動に必要な分量
 - ◇ 備蓄、保管、点検、校正を適切に実施
- ❖ 規程
 - ◇ チームの編成、召集、資機材や車輛の管理、整備、安否確認や情報共有、連絡体制、補償に関する事項
 - ◇ 出動手続き、活動手順、連絡方法等のマニュアル
- ❖ 教育・研修、訓練、ネットワーク構築
 - ◇ 原子力災害医療・総合支援センターが実施する研修を定期的受講、派遣調整や派遣の訓練に参加
 - ◇ 道府県内で構築される医療ネットワーク会議等及び地域原子力災害時医療連携推進協議会等に参加
- ❖ 道府県との協定締結
 - ◇ 医療機関と管轄する道府県とが派遣チームの運用に関する協定締結
 - ◆ 派遣要請等の手続き、運用、費用支弁、補償
- ❖ 記録の作成・保管
 - ◇ 構成員の教育・研修の受講記録の作成、保管

原子力災害医療派遣チーム（以下、派遣チーム）は4名以上で、原子力災害が発生またはそのおそれがある場合に提供される医療に必要な知識、技能を保有する医師、看護師、放射線防護関係者、業務調整員等から構成されます。

資機材は、移動時間も含めて7日程度の活動に必要な分量を基本として整備し、定期的に点検を行います。

派遣チームの編成や招集、資機材や車輛の管理及び整備、安否確認や情報共有、連絡体制、補償に関する事項など必要とされる規程をあらかじめ院内で整備します。また、派遣チームの出動手続きや活動手順、連絡方法等を定めたマニュアル類を事前に院内で整備しておくことが望ましいです。

原子力災害医療・総合支援センターが主催する派遣チーム研修などの教育・研修を定期的受講し、派遣調整訓練や派遣訓練等、道府県内で構築される医療ネットワークの会議等及び担当地域の原子力災害医療・総合支援センターが主催する地域原子力災害時医療連携推進協議会等に積極的に参加します。

派遣チームを保有する医療機関は、管轄する道府県と派遣チームの運用に関する協定をあらかじめ締結します。また、派遣チームの構成員の教育・研修の受講記録を作成、保管します。

参考：「原子力災害医療派遣チーム活動要領」 平成29年3月29日 原子力規制庁原子力災害対策・核物質防護課

資機材

項目	品目
車輛	構成員全員の乗車が可能 構成員が休憩、宿泊できるスペース
通信機器	衛星携帯電話など複数の通信手段
個人防護装備	防護服等、個人線量計、安定ヨウ素剤
放射線測定器	空間線量計、表面汚染計
除染用資機材	ガーゼ、膿盆、洗浄用ボトル、吸水シートなど
養生用資機材	ビニール袋、ビニールシート、ろ紙シート、養生用テープなど
医療資機材	救急医療、災害医療に必要な資機材
生活必需品	食料、水など7日分

原子力災害医療派遣チームの資機材です。

放射線測定器等は、定期的に点検、校正して、常に使用できることを確認しておきます。また、生活必需品は、移動時間も含め7日程度の活動に必要な分量を備蓄します。

参考 DMAT隊員養成研修会 DMAT標準資器材リスト

<http://kenkyuukai->

[113.skillupjapan.tv/images/sys%5Cinformation%5C20110510100123-](http://kenkyuukai-113.skillupjapan.tv/images/sys%5Cinformation%5C20110510100123-)

[6B6B6D40DD150D47D0FB91F8E7521B5C6FD7E359DEF65B6C1DEF4A07C657661C.pdf#search='DMAT資器材](http://kenkyuukai-113.skillupjapan.tv/images/sys%5Cinformation%5C20110510100123-6B6B6D40DD150D47D0FB91F8E7521B5C6FD7E359DEF65B6C1DEF4A07C657661C.pdf#search='DMAT資器材)

派遣チーム受入準備

- ❖ 複数の派遣チームの支援を受け入れることを想定
 - ◇ 派遣チームの待機場所、活動控室、宿泊や食事の提供場所等の体制整備
 - ◇ 院内外のスタッフの役割分担、資機材の配置等の工夫
- ❖ 情報提供・共有
 - ◇ 災害対策に係る体制、職種別の院内関係者名簿、院外からの支援者名簿、資機材等の配置場所
 - ◇ 原子力規制委員会の「緊急情報メールサービス」、管轄の道府県からの連絡による原子力災害の発生、事態推移等を速やかに把握、共有
 - ◇ 原子力災害医療・総合支援センター、高度被ばく医療支援センターとの連絡体制
- ❖ 院内原子力災害医療コーディネーター
 - ◇ 外部からの原子力災害医療の支援受入れの調整
- ❖ 職種別院内コーディネーター
 - ◇ 医師、看護師、診療放射線技師、薬剤師などの職種ごとに受入れの調整
- ❖ 複数の派遣チームと協働して活動を行うための研修の実施

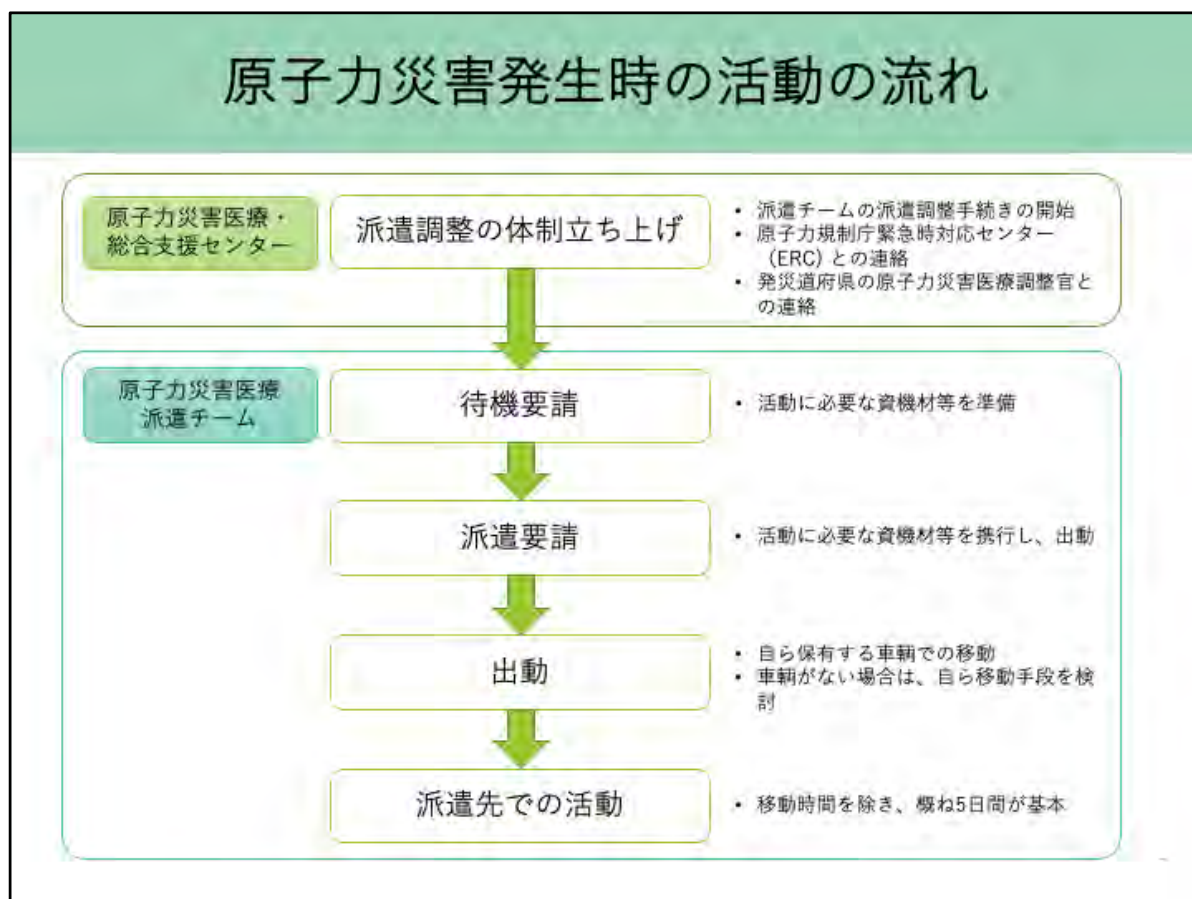
派遣チームの支援を受け入れる可能性のある原子力災害拠点病院等の医療機関は、複数の派遣チームの支援を受け入れることを想定し、外部からの原子力災害医療の支援受入に関する院内原子力災害医療コーディネーター（以下「院内コーディネーター」という。）を定めます。また、必要に応じて、医師、看護師、診療放射線技師、薬剤師といった職種ごとに受入に関する職種別院内コーディネーターを定めます。

体制整備としては、派遣チームの受入待機場所、活動控室、宿泊や食事の提供場所等、災害対策に係る体制、職種別の院内関係者名簿、院外からの支援者名簿、資機材等の配置場所の情報提供体制、原子力規制委員会の「緊急情報メールサービス」、管轄の道府県からの連絡による原子力災害の発生、事態推移等を速やかに把握、共有する体制、原子力災害医療・総合支援センター、高度被ばく医療支援センターとの連絡体制を構築します。

また、複数の派遣チームと協働して活動を行うための研修を実施し、他の機関が主催する訓練等にも積極的に参加します。

派遣チームの緊密な医療ネットワーク構築を目的とする道府県内の医療ネットワークに係る会議や地域を担当する原子力災害医療・総合支援センターが主催する地域原子力災害時医療連携推進協議会等に積極的に参加します。

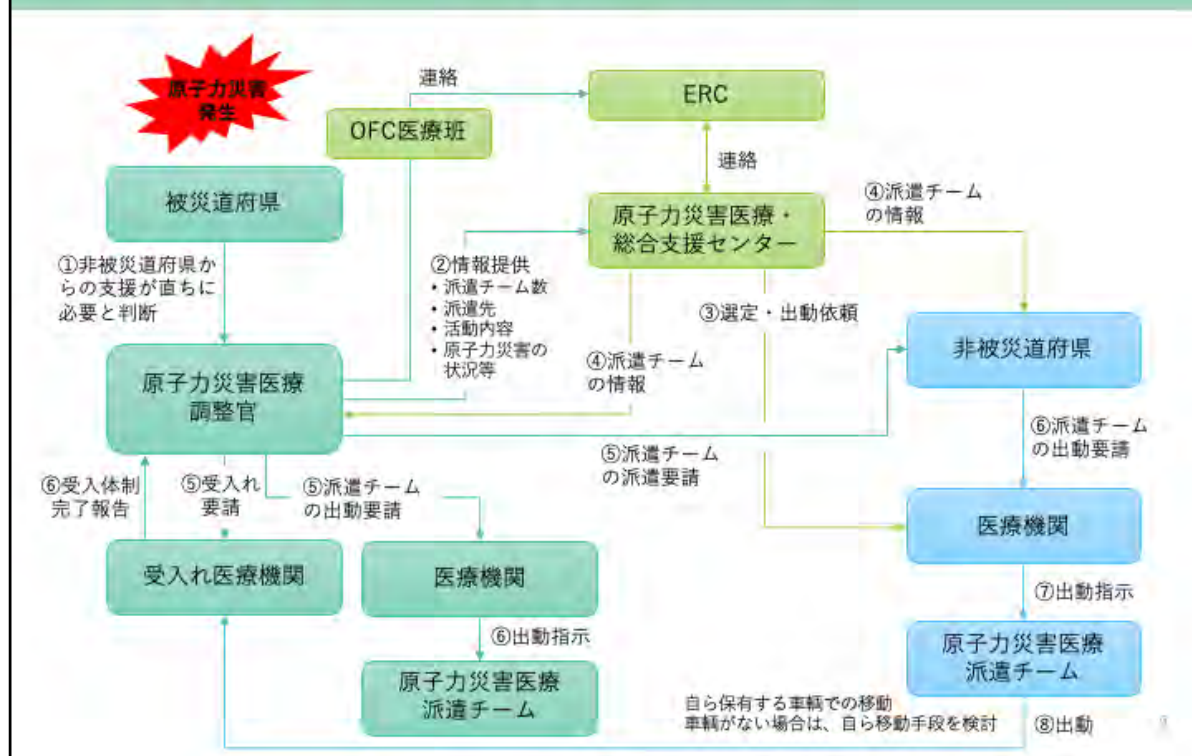
原子力災害発生時の活動の流れ



原子力規制委員会防災業務計画に基づき、事故警戒本部が原子力規制庁緊急時対応センター（ERC）に設置された場合には、警戒事態が発生した道府県を担当する原子力災害医療・総合支援センターは事務局員を当該支援センターに緊急参集させるなど派遣チームの派遣調整手続きを開始できる体制を速やかに構築します。また、原子力統合防災ネットワークシステムの接続を確認するとともに、ERC 及び警戒事態が発生した道府県の原子力災害医療調整官と緊急に連絡がとれる体制を構築します。

原子力災害医療・総合支援センターが派遣チームを保有する医療機関と調整し、派遣候補となる派遣チームを選定し、医療機関に対して出動待機を依頼します。その後、派遣チームは活動に必要な資機材等を準備し、派遣要請がなされた場合は、出動します。

派遣要請・出動



非被災道府県からの原子力災害医療に係る活動の支援が直ちに必要であると被災道府県が判断した場合には、被災道府県の原子力災害医療調整官は被災道府県を担当する総合支援センターに対し、必要とされる派遣チーム数、派遣先、活動内容、原子力災害の状況等に関する情報を提供し、派遣チームの派遣調整を依頼すると同時にOFC医療班を通じてERCにも連絡します。被災道府県を担当する総合支援センターは、原子力災害の規模、被災道府県の所在地や派遣先となる原子力災害拠点病院等の地理的な位置関係等を考慮し、出動待機を要請された派遣チームの中から必要とされる派遣チームを迅速かつ適切に選定し、当該チームを保有する医療機関に対し、派遣チームの出動を依頼します。また、選定した派遣チームの情報を被災道府県の原子力災害医療調整官、当該チームを保有する医療機関を管轄する道府県及びERC医療班にも伝達します。

被災道府県の原子力災害医療調整官は、出動を依頼された派遣チームを保有する医療機関を管轄する非被災道府県に対し、派遣チームの派遣を要請します。さらに、派遣チームの支援受入医療機関に対し、派遣チームの受入を要請します。受入医療機関は、受入体制が整った段階でその旨を被災道府県の原子力災害医療調整官に伝達します。

管轄の非被災道府県から派遣要請を受けた派遣チームを保有する医療機関の長は、派遣チームの構成員に対して出動を指示し、出動を指示された派遣チームの構成員は活動に必要な資機材等を携行し出動します。

派遣チームを出動させる医療機関は、管轄の道府県、被災道府県を担当する総合支援センターを通じて、派遣チームの出動時刻と現地到着予定時刻等について、被災道府県の原子力災害医療調整官に伝えます。

基本的活動

- ❖ 1チームの活動は、移動時間を除き、概ね5日間
 - ◇ 長期の活動が必要と判断される場合
 - ◆ 被災道府県の原子力災害医療調整官は、原子力災害医療・総合支援センターの協力を得て、活動期間の延長あるいは交替について調整
- ❖ 支援受入医療機関での活動
 - ◇ 支援受入医療機関の長の指揮下で活動
 - ◇ 汚染のある患者に対する救急医療等の提供
 - ◇ 高度被ばく医療支援センター等への搬送支援
 - ◇ 必要に応じて原子力災害時の医療ニーズに可能な範囲で柔軟に対応
- ❖ 業務の支援体制
 - ◇ 生活必需品等は、基本的に派遣チーム自らが準備、調達
 - ◇ 業務調整員の同行
 - ◆ 移動、食料、宿泊、入浴等の手配・確保
 - ◆ 活動内容の確認、調整
 - ◆ 活動に必要な医薬品や資機材、水等の調達
 - ◆ 活動内容や活動に要した費用等の記録
 - ◆ 医療機関の院内コーディネーター等と十分に調整して、派遣チームが円滑に活動できるように努める

派遣チームの1チームあたりの活動期間は移動時間を除き概ね5日間を基本とします。ただし、さらに長期に活動することが必要であると判断される場合には、被災道府県の原子力災害医療調整官は、派遣チームの派遣調整の手続きと同様、被災道府県を担当する原子力災害医療・総合支援センターの協力を得て、活動期間の延長または交替について調整します。

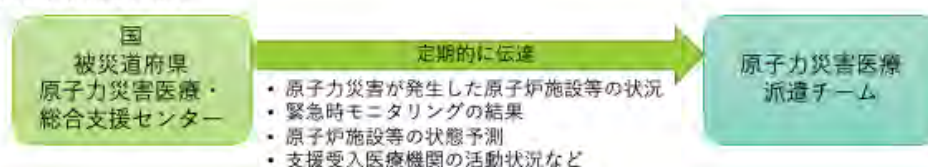
支援受入医療機関での活動は、その医療機関の長の指揮下で行います。汚染のある患者に対する救急医療等の提供、高度被ばく医療支援センター等への搬送支援など原子力災害医療に係る活動の支援が基本となります。また、事前に策定されている各種計画において、派遣チームによる対応の方がより適切と判断される場合（例えば医療機関における避難計画を実施しようとした際や避難所等での救護活動を行おうとした際に計画上の人員確保が困難と判断される場合）等には、必要に応じて原子力災害時の医療ニーズに可能な範囲で柔軟に対応します。

なお、原子力災害医療・総合支援センターの派遣チームが出動した場合は、出動先の組織の長の指示のもと、複数の派遣チームの活動について統括するとともに、必要に応じて他の保健医療関連チームとの活動調整を行います。

関係機関からの支援がなくても単独で活動を続けられるよう、派遣チームの移動時間及び活動期間に必要な食料・飲料水、その他の生活必需品等については、派遣チームが自ら準備・調達することを基本とします。また、後方支援の業務を担う業務調整員の同行が望ましいです。

安全の確保

❖ 情報共有体制



❖ 防護装備

- ◇ 個人被ばく線量計（電子式が望ましい）
- ◇ 個人被ばく線量管理；作業時間、累積線量等を記録
- ◇ 放射性物質による汚染の恐れがある場合は、マスク、防護服等を装着
- ◇ 安定ヨウ素剤の携行

国、被災道府県及び原子力災害医療・総合支援センターは、原子力災害が発生した原子炉施設等の状況、緊急時モニタリングの結果や原子炉施設等の状態予測、支援受入医療機関の活動状況など必要な情報を迅速かつ的確に把握するとともに、これらの情報を派遣チームに定期的に伝達する体制を確保します。また、緊急に対応が必要な場合に迅速に連絡がとれる体制も確保します。

派遣チームを出動させた医療機関の長は構成員一人ひとりに対し、線量管理の観点から個人線量計を貸与し、作業時間、累積線量等を記録します。また、放射性物質による汚染の恐れがある場合は、マスク、防護服等を装着します。原子力施設の状況により放射性ヨウ素を含む放射性物質の放出の可能性が高まった場合に備えて、安定ヨウ素剤を携行します。

連絡、記録の作成と保管

❖ 活動状況

- ◇ 派遣チームの放射線防護関係者は派遣チームを出動させた医療機関の長及び医療機関を通じて被災道府県を担当する原子力災害医療・総合支援センターに対し定期的に報告

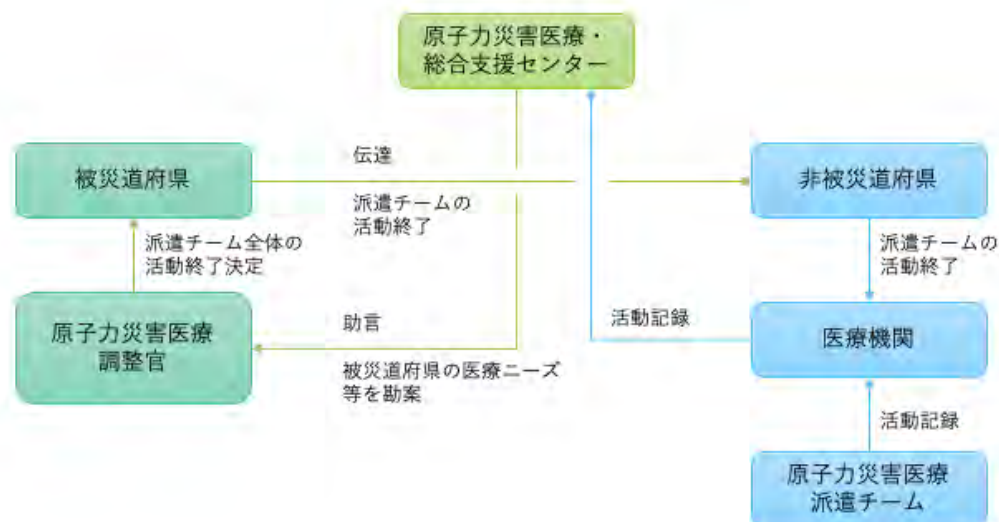
❖ 活動記録

- ◇ 個々の構成員の作業期間
- ◇ 日々の作業時間
- ◇ 作業内容
- ◇ 個人累積線量
- ◇ 環境放射線の測定記録
- ◇ 移動経路、移動手段
- ◇ 所要経費、宿泊費用
- ◇ 購入・借用した資機材等

出動先での活動状況について、派遣チームの放射線防護関係者は派遣チームを出動させた医療機関の長及び医療機関を通じて被災道府県を担当する原子力災害医療・総合支援センターに対し定期的に報告する。また、可能な範囲で詳細な記録を作成し、紛失または他のものによる改ざん等を受けない措置を講じるよう努めます。

派遣チームの放射線防護関係者は、活動終了後に派遣チームを出動させた医療機関の長に活動記録を提出します。また、個人情報保護に配慮した上で医療機関を通じて被災道府県を担当する原子力災害医療・総合支援センターにも活動記録の概要を提出します。

活動の終了



出動した個々の原子力災害医療派遣チームの活動の終了は、派遣調整または派遣中の段階であらかじめ調整された（計画された）活動の終了時点の基本とします。

被災道府県における派遣チーム全体の活動の終了は、被災道府県の医療ニーズ等を勘案しつつ、被災道府県を担当する原子力災害医療・総合支援センターの助言も踏まえ、被災道府県の原子力災害医療調整官が決定します。被災道府県が派遣チーム全体の活動の終了を決定した場合には、被災道府県から派遣チームを出動させた医療機関を管轄する道府県に対し、派遣チームの活動の終了を伝達します。

派遣チームの活動の終了を伝達された道府県は、派遣チームを出動させた医療機関に対し、派遣チームの活動の終了を伝達します。派遣チームを出動させた医療機関の長は、被災道府県における全ての派遣チームの活動終了後に、その全記録を集約して被災道府県を担当する原子力災害医療・総合支援センターに報告します。

費用の支弁

❖ 原則

- ◇ 派遣チームを出動させた医療機関を管轄する道府県が当該医療機関に支弁
- ◇ 派遣チームを出動させた医療機関を管轄する道府県は、派遣チームの派遣要請を行った被災道府県に対し、上記費用を求償できる。

❖ 災害救助法が適用された場合

- ◇ 要請を受けた非被災都道府県は、災害救助法第20条に基づき、被災道府県に対しその費用を求償できる。
- ◇ 災害救助法第20条に基づき派遣チームの活動に要した費用を求償された被災道府県は、同法第18条により求償した非被災道府県に対して費用を支弁する。

❖ 災害救助法が適用されない場合

- ◇ 被災道府県が非被災道府県あるいは医療機関に費用を支弁
- ◇ 原子力事業者が賠償責任を負う。

派遣チームの活動に要した費用は、原則として、派遣チームを出動させた医療機関と医療機関を管轄する道府県があらかじめ締結した協定に基づき、管轄の道府県が当該医療機関に支弁します。派遣チームを出動させた医療機関を管轄する道府県は、派遣チームの派遣要請を行った被災道府県に対し、費用を求償できます。

災害救助法が適用された場合は、要請を受けた非被災都道府県は、災害救助法第20条に基づき、被災道府県に対しその費用を求償し、被災道府県は、同法第18条により求償した非被災道府県に対して費用を支弁します。

災害救助法が適用されない場合は、非被災都道府県が協定に基づき医療機関に費用を支弁した時は、非被災都道府県は、被災道府県に対してその費用を求償できません。協定を締結していない時は、被災道府県は、当該医療機関に対して活動に要した費用を直接支弁します。派遣チームの活動費用は、原則として、原子力事業者が賠償責任を負います。

まとめ

- ❖ 原子力災害医療・総合支援センター、非被災道府県から派遣チームを出動させることが基本
- ❖ 医師、看護師、放射線防護関係者等の4名以上から構成され、移動時間を除く5日間の活動が基本
- ❖ 移動手段、資機材等は自身で準備
- ❖ 関係機関との情報共有、連絡体制は必須
- ❖ 活動記録の作成、保管

原子力災害時の 救護所活動

原子力災害医療 専門研修
派遣チーム-2

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- 原子力災害医療協力機関の支援活動
- 原子力防災体制における救護所活動
- 救護所活動の流れ
- レイアウト、導線 1
- レイアウト、導線 2
- 役割分担
- 救護所活動に必要な防護装備
- 救護所活動での資機材
- 受付・トリアージ・スクリーニング
- 被災地住民行動記録票（例）
- 身体汚染
- 甲状腺簡易検査の方法
- 行動調査
- 行動調査・問診の内容
- 住民対応 外部被ばく線量推定
- 移動型WBC車両の紹介
- 多数傷病者発生時の救護所活動

原子力災害医療協力機関の支援活動

- ❖ 指定避難所等に設置した救護所においては、必要に応じて避難してきた周辺住民等に対する救護や避難等の指示を受けた住民で避難退域時検査を受けていない住民に対する検査及び簡易除染等を行うとともに、被災状況の確認を行う。また、必要に応じて安定ヨウ素剤を配布し、予防服用させる。
- ❖ 原子力災害医療協力機関の支援活動（下記のうち一つ以上を実施）
 - ◇ 被ばく傷病者等の初期診療及び救急診療
 - ◇ 被災者の放射性物質による汚染の測定
 - ◇ 原子力災害医療派遣チームを保有し、派遣
 - ◇ 救護所に医療従事者を派遣
 - ◇ 国からの指示に基づき、避難住民等に対し、防護措置を実施すべき基準以下であるか否かを確認する検査（避難退域時検査）を実施できる放射性物質の検査チームの派遣
 - ◇ 立地道府県等が行う安定ヨウ素剤配布の支援
 - ◇ その他、原子力災害発生時に必要な支援

原子力災害医療協力機関は、原子力災害時に立地道府県等や原子力災害拠点病院が行う原子力災害対策に協力できる機関であり、次の支援活動のうち一つ以上を行います。

1. 被ばく傷病者等の初期診療及び救急診療
2. 被災者の放射性物質による汚染の測定
3. 原子力災害医療派遣チームを保有し、派遣
4. 救護所に医療従事者を派遣
5. 国からの指示に基づき、避難住民等に対し、防護措置を実施すべき基準以下であるか否かを確認する検査（避難退域時検査）を実施できる放射性物質の検査チームの派遣
6. 立地道府県等が行う安定ヨウ素剤配布の支援
7. その他、原子力災害発生時に必要な支援

この中で、原子力災害時などの緊急時に設置させる救護所で行う支援活動としては、4～6があります。また、その他の支援としては、救護所・避難所等での行動調査の聴取や避難者等の心理的不安の解消、事故に関する正確な情報の伝達などがあります。

ここでは、救護所・避難所等で実施する医療に関連した支援活動を解説します。

原子力防災体制における救護所活動

対象；主に施設周辺の住民

活動① 健康状態の把握、救護、健康相談

活動② 汚染状況の把握、必要に応じた除染

活動③ 避難状況の確認；住民の行動軌跡の聴取

活動④ 安定ヨウ素剤の服用の支援

地方公共団体は関係機関の協力を得て、必要に応じて救護を行う場所等を指定し、周辺住民等を対象とした簡易な測定等によるスクリーニングを行うとともに、以下の情報の収集等を行います。

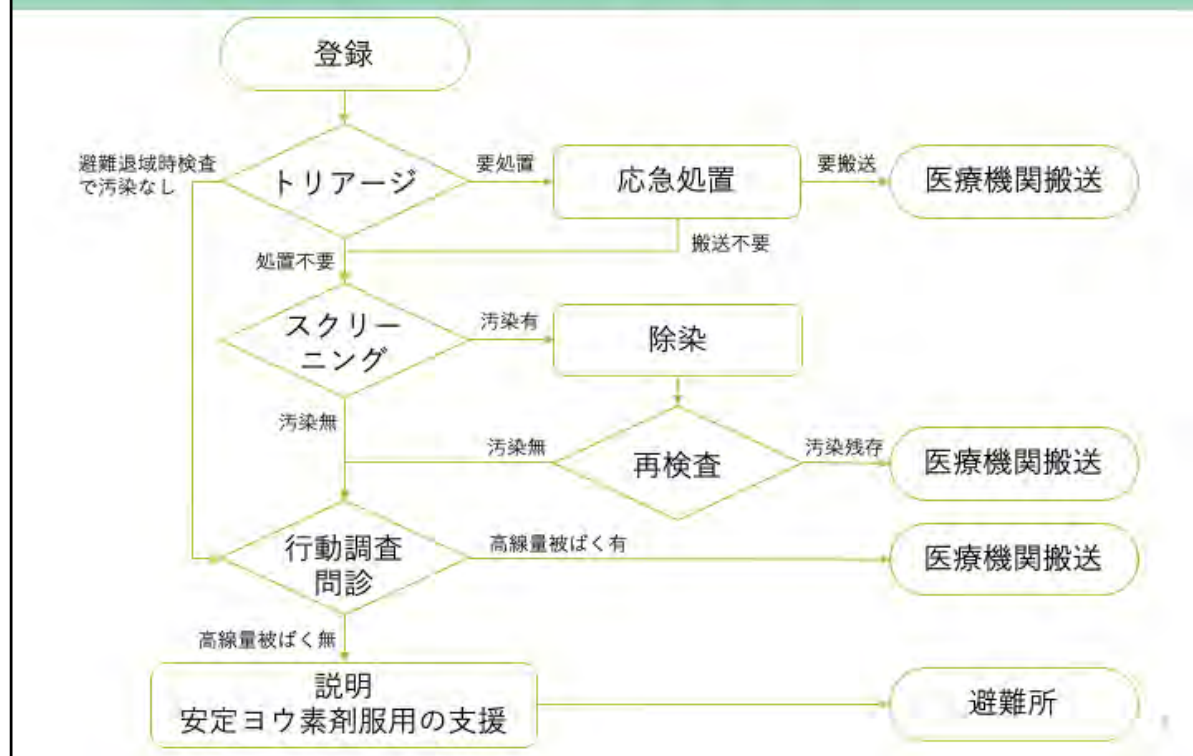
(i)避難した周辺住民等に対し放射線被ばくによる健康影響について説明を行うとともに、住民からの健康相談への対応を行います。

(ii)体表面の汚染レベルや甲状腺等の体内の汚染レベルを測定し、避難所等に到達するまでの汚染状況を把握します。汚染の程度に応じて、ふき取り等の簡易な除染等の処置や医療機関への搬送の決定を行います。

(iii)避難した周辺住民等の登録とスクリーニングレベルを超える周辺住民等の把握を行います。

(iv) 安定ヨウ素剤の服用指示がある場合は、安定ヨウ素剤の服用の支援を行います。これは、安定ヨウ素剤の服用に関連した問診を行い、安定ヨウ素剤服用ができない被災者、慎重投与となる被災者を把握します。

救護所活動の流れ



救護所の基本的な流れは、周辺住民の登録、移動中に怪我や具合の悪くなった人に応急処置を行うためのトリアージ、汚染の有無を測定するスクリーニングより除染が必要とされた人への除染及び再測定、外部被ばく線量を推定するための行動調査・問診、最後に救護所で行われたスクリーニングの結果等の説明となります。

特に傷口が汚染している場合や除染しきれなかった場合、また、大量の被ばくの可能性がある場合は原子力災害医療協力機関あるいは原子力災害拠点病院等の医療機関へ搬送します。

避難退域時検査で、除染の必要が無かった場合は、スクリーニングを実施せず、行動調査に移る場合もあります。

状況に応じて、安定ヨウ素剤の服用の支援も行います。

レイアウト、導線 1



被災者が集まる避難所にスクリーニング等を行うための救護所を開設します。

救護所には、受付、待機場所、スクリーニング、除染、行動調査、説明、応急処置等のエリアを設けます。次に汚染した人の通路と汚染していない人の通路を区別します。汚染が拡大しないように検査の流れは一方通行にします。

待機場所は汚染エリアと非汚染エリアの中間にあり、緩衝地帯としての役割も果たします。検査の流れを円滑に行うために各エリアの標識を表示したり、被災者を誘導する要員を配置することも重要です。汚染した人の通路は、ポリエチレンシート等で覆います。また、傷病者の応急処置のための場所を確保します。

レイアウト、導線 2



スクリーニングを優先して実施する場合のレイアウトの例です。
汚染のある避難者と汚染のない避難者の導線が極力重ならないように工夫してレイアウトします。

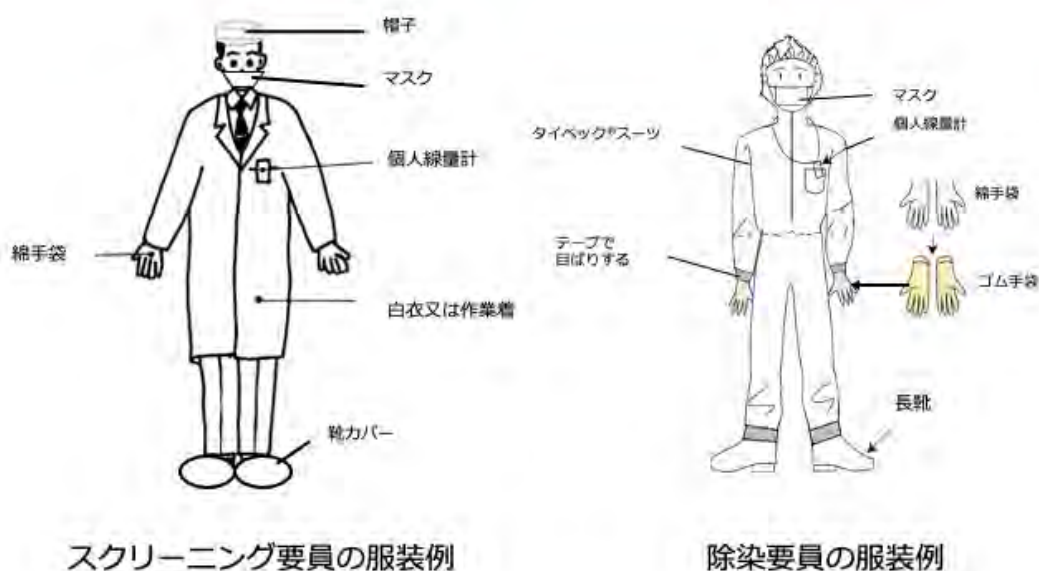
役割分担

チーム	役割
設置運営チーム	救護所の開設と運営、被災者の受付及び登録、トリアージ、誘導、情報収集、連絡
スクリーニングチーム	放射性物質による汚染検査、開口部の汚染検査による内部被ばくのおそれのある被災者のふるい分け
除染チーム	除染、脱衣後の再検査、甲状腺計測、鼻腔スワブ検査実施、汚染衣服の保管
調査・説明チーム	行動調査、説明、被ばく医療機関への搬送の判断、健康相談
医療チーム	医療処置の必要な被災者の応急処置、安定ヨウ素剤配布

救護所の活動を円滑かつ効率的に実施するために、以下のチームを設けることが考えられます。

- ①設置運営チーム
救護所の開設と運営、被災者の受付及び登録、トリアージ、誘導、情報収集、連絡
- ②スクリーニングチーム
放射性物質による汚染検査、開口部の汚染検査による内部被ばくのおそれのある被災者のふるい分け
- ③除染チーム
除染、脱衣後の再検査、甲状腺計測、鼻腔スワブ検査実施、汚染衣服の保管
- ④調査・説明チーム及び
行動調査、説明、被ばく医療機関への搬送の判断、健康相談
- ⑤医療チーム
医療処置の必要な被災者の応急処置、安定ヨウ素剤配布

救護所活動に必要な防護装備



スクリーニング要員の服装例

身体表面汚染検査は、スクリーニングチームが行い、検査員、記録者からなります。要員はマスク、帽子、綿手袋、白衣や作業着を着用し、個人線量計等を所定の位置に装着します。検査員は検査を受ける人には触れないようにし、またサーベイメータが汚染しないように注意します。

除染要員の服装例

除染チームは、住民の誘導、汚染検査、除染介助、記録などを行います。チーム要員は汚染防護服（例えば、タイベック®スーツ）、キャップ、マスク、綿手袋、ゴム手袋、長靴（もしくは靴にシューズカバーをかける）を着用します。また、要員は個人線量計を男性は胸部、女性は腹部に装着します。

被災者が自分で除染をしている間は、指導を行い、汚染拡大防止に心がけます。また、随時サーベイメータでチーム要員自身の衣服等の汚染を検査し、ゴム手袋が汚染した場合は交換します。

救護所活動での資機材

品目	用途
机、椅子など	救護所のレイアウトに必要な機材
筆記具	受付、問診等記録
記録用紙	受付、行動記録票、汚染検査記録票、など
放射線測定器	空間線量計（活動場所の安全確保）、表面汚染計
防護装備	白衣、帽子、マスク、綿手袋、靴カバー タイベックスーツ、マスク、ゴーグル、ゴム手袋、靴カバー
除染用資機材	ガーゼ、洗浄用ボトル、ビニール袋など簡易除染のための資機材
養生用資機材	ビニールシート、ろ紙シート、養生用テープなど汚染検査場所、 除染場所の汚染拡大防止対策
医療資機材	応急処置に必要な医療機材
通信機器	対策本部や医療機関、消防機関等への連絡

救護所活動に必要な資機材を示しています。救護所での活動内容によって適宜必要な資機材を準備します。

受付・トリアージ・スクリーニング

- ❖ 受付；被災者本人が氏名、住所等を被災者登録票に記載
- ❖ トリアージ；傷病等がないか確認
 - ◇ 創傷等あれば、創傷部位の汚染検査と創傷の処置
 - ◇ 救護所での応急処置では不十分であれば、医療機関へ搬送
- ❖ 避難退域時検査後に救護所に来ている場合は、スクリーニングは不要
- ❖ 避難退域時検査を未実施の場合は、スクリーニングを実施
 - ◇ 汚染があれば除染
 - ◇ 除染の基準はOIL4のレベルに準拠

救護所に避難してきた被災者は、まず受付で登録を行います。その際、傷病者の登録を優先的に行いますが、受付などで住民が戸惑ったりしないように誘導する担当者を置くことも必要です。登録手続きは、被災者登録票等を用いて行います。また行動調査票等や汚染検査記録票等も渡しますが、これらの登録票は被災者1人につき1組の登録票を渡します。

記入の際には助言や指導が必要であり、そのための人員の配置が必要です。この登録は、後の追跡調査などの大切な資料になります。受付では被災者本人に氏名、住所などの簡単な記入のみを行わせ、ここでも被災者を受付前で長時間待たせることのないようにします。

なお、被災者登録票や汚染検査記録票は、項目の重複を避けるなど平常時にその様式等について検討しておくことが重要です。

被災者登録は上記のように行っていますが、救護所には数十から数百人といった多数の被災者が避難することになります。その中には避難中にけがをしたり、具合が悪くなったりする人たちがいるかもしれません。このような場合は早期に医療処置を必要とし、外傷があれば創傷汚染の有無を速やかに評価します。また、汚染検査や行動調査などを行う際に介助が必要な被災者もいるかもしれません。受付の段階で多数の被災者の中から処置を優先する必要がある傷病者を的確に選別する（トリアージ）ことが必要です。トリアージにより医療処置が必要となれば応急処置のエリアへ誘導します。創傷があっても全身状態に問題がなければ速やかに汚染検査エリアへ誘導し、創傷汚染の有無を含め、汚染検査を優先して行います。介助が必要な被災者には誘導要員などが付き添い検査を行っていきます。創傷部に汚染があれば、

速やかに医療機関へ移送します。

登録を完了した被災者は、市町村係員の指示に従い、スクリーニングチームにより、身体汚染の有無についてのふるい分け（スクリーニング）の検査を受けます。被災者登録票等や汚染検査記録票等は、汚染検査や処置が終了するまで被災者本人に持たせます。

身体除染

身体除染の原則

除染は、本人による脱衣が基本

除染の留意事項

- ①できるだけ早く除去
- ②汚染の拡大防止
- ③体内への侵入防止
- ④創傷汚染者は傷の手当て後、原子力災医療協力機関等の医療機関へ

除染は汚染検査後、出来るだけ早期に行うことが重要です。時間が経過すると放射性物質が落ちにくく、体内に入ってしまうこともあります。まず、創傷部があれば、そこに汚染があるか否かを判断し、創傷部に汚染がある被災者は最優先で除染が必要です。そのため、創傷汚染のある被災者は創傷の応急処置を行い、汚染拡大防止のため汚染部位を被覆し、速やかに原子力災害医療協力機関等の医療機関へ搬送します。

甲状腺簡易検査の方法



1. 体表面汚染が無いことを確認した後、被検者の咽頭下部（写真）にプローブを密着させた状態で保持し、時定数10秒で指示値が安定したときの数値【測定値（A）】を読み取る。

（補足説明）

- プローブの先端はガーゼ等を被せて、汚染を確認した場合には速やかに外せるようにしておく。
- 可能であれば、プローブを頸部に密着させる前に被検者の頸部前面をウェットティッシュ等で軽く拭う。
- 一度リセットをした場合、指示値が安定するのは30秒後以降（時定数10秒の場合）



2. 着衣の汚染が無いことを確認した後、大腿部中央付近にプローブを密着させた状態で保持し、時定数10秒で指示値が安定したときの数値【測定値（B）】を読み取る。

正味値 = 測定値（A） - 測定値（B）



スクリーニングレベルと比較

※測定室内の空間線量率も定期的に測定する。

放射性ヨウ素が放出された場合やスクリーニングで開口部周囲に汚染が認められた場合など放射性ヨウ素の吸入が疑われる場合は、頸部を除染した後、甲状腺の線量を γ 線量率測定用のNaI（T ℓ ）シンチレーション式サーベイメータ（例えば、TCS-161、171等）を用い、頸部に密着して測定します。甲状腺の位置と形状を示します。

甲状腺の被ばく線量が100mSvの場合、放射性ヨウ素131を3,000Bq程度摂取していると推定します。実際にはサーベイメータの指示値(μ Sv/h)から放射性ヨウ素131の甲状腺沈着量(Bq)を求めるためにあらかじめ換算係数を求めておく必要があります。この量を超えると被ばく医療機関で検査する必要があります。

行動調査

行動調査の目的

外部被ばく線量の推定

行動調査の内容

被災者の健康状態の確認

被災者が救護所に来るまでの行動の調査

聞き取り者

保健師、看護師等医療関係者

服装

白衣、手袋（使い捨て）、個人線量計

行動調査は、被災者の健康状態を確認し、また外部被ばく線量を推定し、残存汚染の程度を考え合わせて被災者を被ばく医療機関へ送るかどうか判断することを目的として行います。身体汚染検査後スクリーニングレベル未満の場合、もしくは除染後の再検査後に行います。

外部被ばく線量は行動調査と環境モニタリング情報等により推定されます。この行動調査は、除染チームや医療チームの中で、保健師や看護師等の医療職に従事している者が行うことが望まれます。

被災者登録票や汚染検査記録票等を参照しつつ、下記の項目について聞き取り、行動調査票等に記入します。聞き取り者は、白衣を着て、白衣の胸ポケット（女性は腹部）に個人線量計等を装着して被災者と対応します。

行動調査・問診の内容

健康状態の確認

①急性放射線症の前駆症状はないか？

②健康上の問題はないか？

事故発生後から救護所に来るまでの行動調査

①どこにいたのか？

②何時間そこにいたのか？

③服装は？

④雨に濡れたか？

⑤飲食をしたか？

現在の健康状態；急性放射線症の前駆症状などが現れていないか確認し、高線量被ばくの可能性をチェックします。また、その他に健康上の問題がないか確認します。

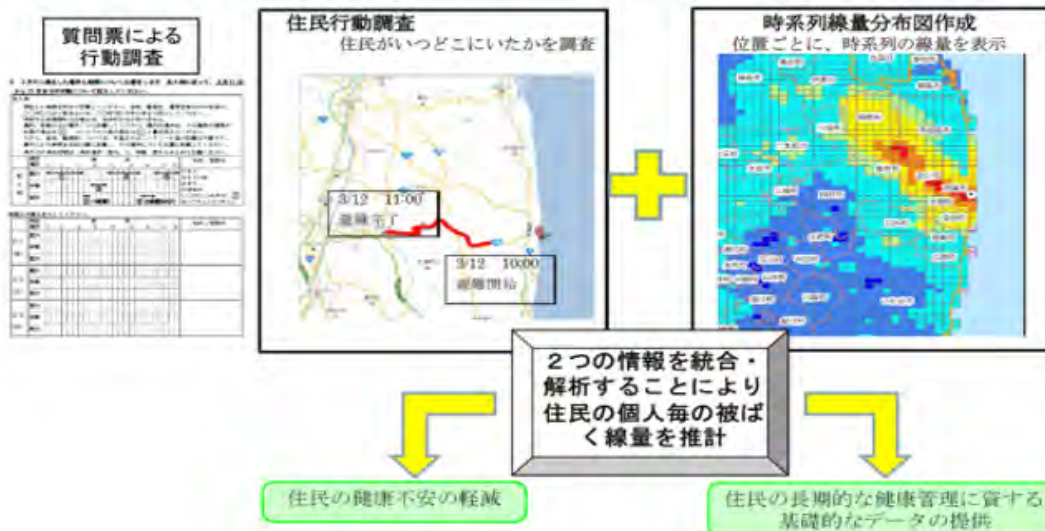
事故発生後から、救護所に来るまでに、以下のことを確認します。これらの情報から、外部被ばくの線量評価を行います。

- どこにいたか（場所、屋外か屋内か、建物の種類はコンクリートか木造か）。
- そこにどのくらいの時間いたか。
- どのような服装でいたのか。
- もし居場所が時間的に変わっていたら、それぞれについて①、②を確かめます。
- 天候によっては、雨や水に濡れたか否か。
- 飲食をしたかどうか。

さらに、安定ヨウ素剤の服用指示が出され、服用の必要がある場合は、安定ヨウ素剤の服用ができない被災者、服用に注意が必要な被災者を確認するための問診を実施します。

住民対応 外部被ばく線量推定

全県民（約202万人）を対象に福島県が調査した、原発事故発生直後からの各個人の行動パターンが、放射線医学総合研究所が開発した外部被ばく線量評価システムに入力され、個人の外部被ばく線量が評価される。



東京電力福島第一原子力発電所では、福島県民を対象に原発事故発生直後からの各個人の行動パターンを調査した情報を時系列で作成された線量分布図の情報と統合して、各個人の被ばく線量を推計しました。

この外部被ばく線量の推定には、事故発生直後からの行動調査が不可欠です。そのため救護所では外部被ばく線量推計のための行動調査を実施します。

移動型WBC車輛の紹介

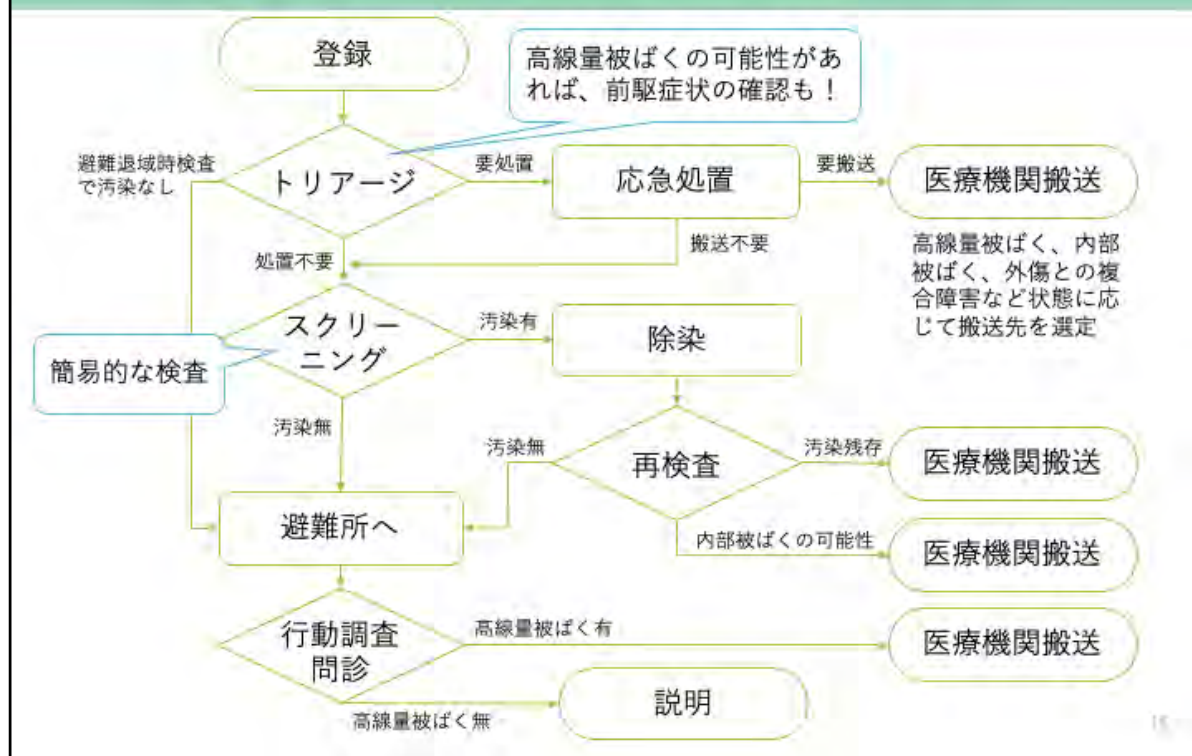
- ❖ いくつかの自治体では、救護所で内部被ばく検査を行うため、移動型WBC車輛を導入しています。
- ❖ 救護所での身体表面汚染検査によって顔面の汚染があったり、放射性プルームの吸入が疑われる場合は、このWBCによって内部被ばくの検査ができます。
- ❖ 内部被ばくがあれば、原子力災害拠点病院等へ搬送し、より精密な評価を行います。



いくつかの自治体では、救護所で内部被ばく検査を行うため、移動型WBC車輛を導入しています。救護所での身体表面汚染検査で、顔面の汚染が検出されたり、放射性プルームの吸入が疑われる場合は、この移動型WBC車輛に搭載しているWBCで内部被ばくの検査ができます。

この移動型WBC車輛での検査は、簡易検査となるため、体内の放射性物質が検出された場合は、原子力災害拠点病院等へ搬送し、内部被ばくの精密な評価が必要となります。

多数傷病者発生時の救護所活動



多数の汚染した被災者が発生したり、多数の負傷者が発生した場合の救護所での活動の流れの一例を示します。状況によって変更が必要です。

トリアージでは、被災者の状態を確認することと同時に高線量被ばくの可能性がある場合は、前駆症状等の有無を確認します。

高線量被ばくや内部被ばく、外傷等の複合障害があれば、状態に応じて搬送先医療機関を選定します。汚染がある傷病者と汚染がない傷病者は別の医療機関に搬送できるように調整しておくことが望ましいです。

多人数のスクリーニングを実施する場合は、頭部、顔面、手指の汚染が付着しやすい部位の汚染検査のみを実施し、短時間で多人数のスクリーニングが可能な体制で実施します。頭部や顔面の汚染があり、鼻腔スワブ等の検査で、内部被ばくの可能性のある場合は、速やかに内部被ばくの精密な検査、処置ができる医療機関へ搬送します。

行動調査や問診は、避難所に移動後実施することで、救護所に多人数が滞留することなく、対処できるようにします。

まとめ

❖ 救護所活動

- ◇ 必要に応じて避難してきた周辺住民等に対する救護
- ◇ 避難退域時検査を受けていない住民に対する検査及び簡易除染
- ◇ 被災状況の確認
- ◇ 必要に応じて安定ヨウ素剤を配布、予防服用の支援

❖ 受付・登録

- ❖ トリアージ；傷病者の把握
- ❖ スクリーニング；汚染者の把握
- ❖ 簡易除染の実施
- ❖ 行動調査・問診；外部被ばく線量の推定
- ❖ 説明
- ❖ 甲状腺の簡易検査

原子力災害時の リスクコミュニケーション

原子力災害 専門研修
派遣チーム-3

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- リスクコミュニケーションとは
- 多様なリスク
- リスクコミュニケーションのフェイズ
- クライシス・コミュニケーション
- リスクに関する「知識の不定性」の度合い
- ハザード種別によるリスクの分類
- ステークホルダー（関与者）
- リスク情報の効果的発信
- 科学技術リテラシーと社会リテラシー
- リスク認知の違い
- リスクコミュニケーションの目的と機能
- リスクに関する様々な非対称性
- リスクコミュニケーションの成功
- 原子力災害の特徴
- リスクコミュニケーションの俯瞰図
- リスクコミュニケーション企画

リスクコミュニケーションとは

- ❖ リスクへの適切な対応のために行われること
 - ❖ 多様な関係者の参加が求められること
 - ❖ 関係者の相互作用を重視していること
 - ❖ 関係者間で情報共有を図り信頼関係を構築すること
-
- ❖ 多様な定義
 - ◇ リスクに関係した情報や意見を、リスク評価者、リスク管理者及びその他の関心ある人たちの中で、双方向的にやりとり（交換）するプロセスのこと
 - ◇ リスク分析の全過程において、リスク評価者、リスク管理者、消費者、事業者、研究者、その他の関係者の中で、情報及び意見を相互に交換すること
 - ◇ リスクのより適切なマネジメントのために、社会の各層が対話・共考・協働を通じて、多様な情報及び見方の共有を図る活動

リスクの多様性に応じて、対応の仕方にもバリエーションがあり、それに伴うコミュニケーションのあり方も様々です。多くのリスクコミュニケーションの定義に共通するのは、リスクへの適切な対応のために行われること、多様な関係者の参加が求められること、関係者の相互作用を重視していることです。

また、対象とするリスク、フェイズなどによってリスクコミュニケーションの目的、機能、方法が異なります。

多様なリスク

安全・安心を脅かす要因の分類

分類	項目	概要
人為的要因	犯罪・テロ	犯罪・テロ、迷惑行為
	サイバー空間の問題	コンピューター犯罪、大規模なコンピューター障害
	戦争	戦争、国際紛争、内乱
偶発的要因	事故	交通事故、公共交通機関の事故、火災、化学プラント等の工場事故、 <u>原子力発電所の事故</u> 、社会生活上の事故
	健康問題	新興・再興感染症、病気、子供の健康問題、医療事故
	災害	地震・津波災害、台風などの風水害、火山災害、雪害
	食品問題	O157などの食中毒、残留農薬・薬品等の問題、遺伝子組換え食品問題
社会的要因	社会生活上の問題	教育上の諸問題、人間関係のトラブル、育児上の諸問題、生活経済問題、社会保障問題、老後の生活悪化
	経済問題	経済悪化、経済不安定
	政治・行政の問題	政治不信、制度変更、財政破綻、少子高齢化
	環境・エネルギー問題	地球環境問題、大気汚染・水質汚濁、室内環境汚染、化学物質汚染、資源・エネルギー問題

日常生活の中で「リスク」という言葉を耳にしますが、そもそも「リスク」とは、個人の生活に密着したもののから、社会全体に及ぶものまで、安全・安心を脅かす様々な要因が含まれています。原子力発電所の事故もその一つです。それぞれのリスクについて、適切な対処が求められますが、個々のリスクに目を向けるだけでなく、複数のリスクが複雑に絡み合った、複合リスクも視野に入れる必要があります。また、あるリスクに対してとった行動が、別のリスクを生じさせるリスクについても考慮する必要があります。

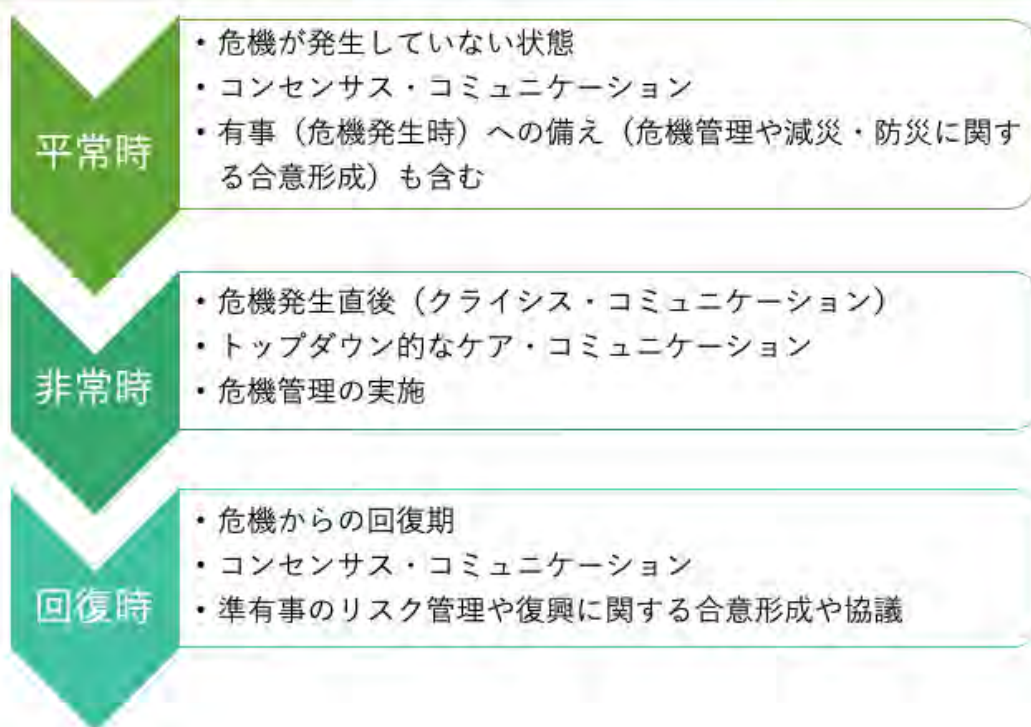
リスクとは、「ハザード（危険・危害因子）と確率の積、コストをベネフィット（利益）で割ったもの、ハザードとアウトレージ（怒りや不安、不満、不信など感情的反応をもたらす因子）の和など多様」、「危害の発生確率（発生頻度）と危害の重大性（危害のひどさ）の組合せ」、「期待される結果に対する不確かさの影響」など様々に定義されますが、多くの定義に共通するのは、なんらかの不確かさや確率、不確実性を含む点です。

出典：「安全・安心な社会の構築に資する科学技術政策に関する懇談会」報告書(2004年4月)

「リスクコミュニケーション案内」（文部科学省）

（http://www.mext.go.jp/a_menu/suishin/detail/1397354.htm）をもとに作成

リスクコミュニケーションのフェイズ



リスクコミュニケーションのフェイズとしては、危機が発生していない状態の平常時、危機発生直後の非常時、危機からの復興期である回復期に大別されます。危機発生直後は、クライシスコミュニケーションであり、トップダウン的なケア・コミュニケーションとなります。

出典：「リスクコミュニケーション事例調査報告書」 独立行政法人科学技術振興機構（2014年3月）

クライシス・コミュニケーション

- ❖ 危機発生後にメディアやステークホルダーに対して危機に関する情報提供、説明を行うとともに、情報を交換し合う双方向のコミュニケーション活動
- ❖ 社会的な関心を呼ぶクライシスにおいては、社会への説明責任が強く求められる。
- ❖ 「真実性」、「透明性」、「迅速性」がカギ
 - ◇ その場限りでない組織の基本姿勢を、正直かつ誠実に語る「真実性」
 - ◇ 何事も包み隠さず積極的に情報公開する「透明性」
 - ◇ とてつもない勢いで、思いもかけない方向へと展開していく事態に対抗する「迅速性」
- ❖ 組織内外のステークホルダーのほとんどがメディアの報道を通じて状況を知り、判断する。
- ❖ 組織に変わって事態の説明をしてくれるのがメディア
- ❖ 真実を直ちに語れ

クライシス・コミュニケーションとは、危機発生後にメディアやステークホルダーに対して危機に関する情報提供、説明を行うとともに、情報を交換し合う双方向のコミュニケーション活動をいいます。特に社会的な関心を呼ぶクライシスにおいては、社会への説明責任が強く求められます。

クライシス・コミュニケーションのカギとなるのが、その場限りでない組織の基本姿勢を、正直かつ誠実に語る「真実性」と、何事も包み隠さず積極的に情報公開する「透明性」です。真実性と透明性を基本にした迅速かつ適切なコミュニケーションがとりわけ重要であり、その対象の中心となるのが、メディアです。組織内外のステークホルダーのほとんどがメディアの報道を通じて状況を知り、判断するからです。また、とてつもない勢いで、思いもかけない方向へと展開していく事態に対抗する「迅速性」も求められます。

出典：「リスクマネジメントと危機管理－コミュニケーションの視点から－」 井上邦夫 経営論集86号 2005年11月

リスクに関する「知識の不定性」の度合い

知識の不定性	特徴	討議のタイプと目的	意思決定への関与者	ハザード 種類
単純 simple	リスクの性質や管理方法がよくわかっている。その事が社会で広く認知されており、異論や対立が見られない。	手段的討議 ・リスク削減措置の協力的実施	規制当局、直接的関係者、執行機関職員など	↑ 自然災害・疾病 ↑ 従来型科学技術 ↑ 先端科学技術・萌芽的科学技術 ↓
複雑 complex	リスクの評価や管理の仕方について科学的不一致がある。	認識論的討議 ・認識の不一致を解消	上記+科学的見解を異にする専門家・有識者一般	
不確実 uncertain	リスクの評価に関して大きな科学的不確実性がある。	反省的討議 ・不確実性・無知も考慮した上での受忍性を判断 ・規制・保護の過剰/過少も吟味	上記+主要な利害関係集団の代表(産業、直接的被影響者)	
多義的 ambiguous	解釈の多義性；同じリスクの評価結果に複数の解釈が存在する。 規範的な多義性；「何が受容可能か」など、倫理、QOL、リスクと便益の分配など様々な観点から見た考え方が存在する。	参加的討議 ・競合する議論や価値観、信念についてオープンに討議 ・共通の価値、各自の「善き生活」を実現できる選択肢、公正な分配ルール、共通の福祉を実現する方法を追求	上記+一般市民	

国際リスクガバナンス・カウンシル(IRGC)は、リスク問題をそれらに関する知識の「不定性(incertitude)」の違いによって分類しています。この分類は、リスクの管理ならびにリスクコミュニケーション(特に意思決定に直接関わる討議)の関与者の範囲やコミュニケーションの様式(討議のタイプ)を分類し、どのような目的で、誰と誰がコミュニケーションを行うかなどリスクコミュニケーションの実践の企画を立てたり、実施結果を分析・評価する際に利用する事ができます。

実際のリスク問題はこの四分類のどれか一つに1対1対応するわけではなく、一つの問題が複数の側面を併せ持つこともあること、また立場によって判断が異なることもあることは、リスクコミュニケーションを企画・評価する上で重要です。

出典：「リスクコミュニケーション事例調査報告書」 独立行政法人科学技術振興機構(2014年3月)

「リスクコミュニケーション案内」(文部科学省)

(http://www.mext.go.jp/a_menu/suishin/detail/1397354.htm)をもとに作成

ハザード種別によるリスクの分類

ハザード種別	特徴・例	人為性
自然災害・疾病	地震、津波、気候災害（台風、大雨、洪水、干ばつ、酷暑、厳寒など）、感染症等の疾病	低い
従来科学技術	実用化から長い時間が経ち、社会に普及・定着した科学技術。規制も整備されリスクも低減・制御されている。	高い
先端科学技術 萌芽的科学技術	実用化から間もない（先端）か、研究開発途上（萌芽的）であるため、リスクの有無・程度についても利用のされ方についても不確か・未知の事が多い。規制も未整備。（遺伝子組み換え食品、ナノテクノロジー、合成生物学など）	高い

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故

津波による全電源消失

リスクについて管理も含めてよく知られており、十分に制御可能だと見なされてきた（従来科学技術だと考えられてきた）技術が、想定を外れた事故を起こし、収束困難になる例

有害事象を発生させる可能性のある物質、生物、技術、行為などのハザードの分類には二つの基準があります。

一つ目の基準は、「人為性」による分類です。自然災害や疾病は、「人為的か、自然的か」を考えれば、人為性が低いものです。

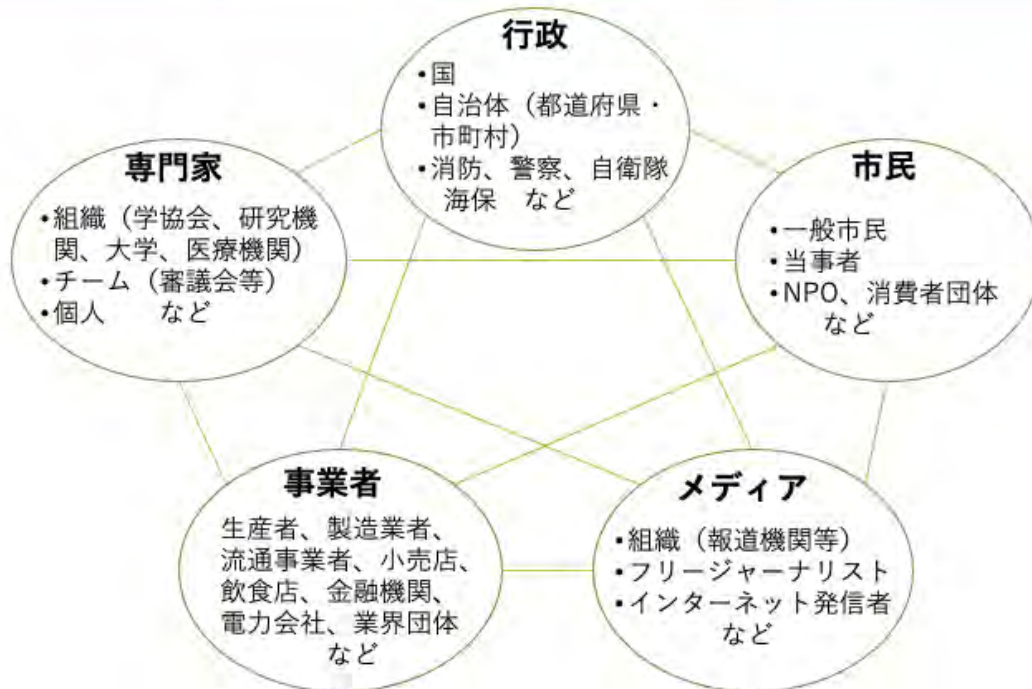
もう一つの基準は、「知識の不定性の度合いによる分類」です。これは、有害事象の発生によってどのような結果（損害）が生じる可能性があるか（発生結果）や、それがどの程度の頻度・確率で発生するのか（発生確率）、あるいはいつどこで発生するのかについての「知識」に、どの程度の不確実性や曖昧さ（多義性）がどれくらいあるか、という基準です。

出典：「リスクコミュニケーション事例調査報告書」 独立行政法人科学技術振興機構（2014年3月）

「リスクコミュニケーション案内」（文部科学省）

（http://www.mext.go.jp/a_menu/suishin/detail/1397354.htm）をもとに作成

ステークホルダー（関与者）



ステークホルダー（関与者）は、問題への直接的、間接的に関与する者の属性を意味し、「市民」「行政」「メディア」「事業者」「専門家」に大別されています。社会の関与者はそれぞれが「リスクのより適切なマネジメント」のために果たしうる役割があり、ステークホルダー間で対話・共考・協働が積極的になされることが望ましいです。各ステークホルダーが多様な情報及び見方を共有しようとする活動全体がリスクコミュニケーションと言えます。

出典：「リスクコミュニケーション事例調査報告書」 独立行政法人科学技術振興機構（2014年3月）

「リスクコミュニケーションの推進方策」 安全・安心科学技術および社会連携委員会（2004年3月27日）

リスク情報の効果的発信

- ❖ 不確かさや見解の相違があるリスク情報の公開は、その根拠を受け手側が検証できることが重要
 - ◇ リスク情報の根拠、検討過程、情報の修正・更新の履歴を含めた迅速な情報公開
- ❖ 情報発信の種類
 - ◇ 科学的な正確性を伝えようとする情報発信
 - ◇ **受け手側の行動変容を起こそうとする情報発信**
 - ◆ 伝えるべきメッセージを整理して明確にする
 - ◆ 端的にわかりやすい情報
- ❖ 確率論的な数値を理解しやすく
 - ◇ 1000mSvの被ばくで5%のリスク増加
 - ◆ リスクとして高いのか？低いのか？受け手側の認識に相違がある

不確かさや見解の相違があるリスク情報の公開に当たっては、その根拠を受け手側が検証できるようにすることが重要です。この検証可能性の確保には、リスク情報の根拠や検討過程、情報の修正・更新履歴を含めた迅速な情報公開が求められます。あるリスク情報やその根拠となるデータを、立場や見解のことなるステークホルダーが独立に検証し、結果の相互参照が行われた時、その情報・データは信頼性が高まると考えられます。さらに、その情報・データのみならず、発信側を含め各ステークホルダーの信頼性も高まります。

また、科学的な正確性を伝えようとする情報発信と、受け手側の行動変容を起こそうとする情報発信は、区別して考える必要があります。リスク情報の効果的な発信をするには、科学的な正確性を重視して細部の精緻な情報発信を心がけるよりも、伝えるべきメッセージを整理して明確にし、端的でわかりやすい情報を実践することが重要です。さらにリスク情報を発信する際に確率論的な数値だけが単に示されても、そのリスクを適切に理解するのは容易ではありません。確率論的な数値をどのように発信し、どのように理解してもらう必要があるのか、発信側と受け手側の共考が求められます。

出典： 「リスクコミュニケーションの推進方策」 安全・安心科学技術および社会連携委員会（2004年3月27日）

科学技術リテラシーと社会リテラシー

- ❖ リスクコミュニケーションの推進には、科学技術リテラシーと社会リテラシーの向上が不可欠
- ❖ 科学技術リテラシー
 - ◇ 全てのステークホルダーが身につけることが望まれる素養
 - ◇ 人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方および態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質・能力（国立科学博物館報告書）
- ❖ 社会リテラシー
 - ◇ 研究者等の発信側が身につけることが望まれる素養
 - ◇ リスクが社会においてどのように捉えられるかの把握・理解
 - ◇ 一般国民が、科学技術・学術に対し何を求めているのか、また、科学技術・学術に関する方法をどのように受けて止めるのかを、一般国民の価値観や知識の多様性を踏まえつつ、適切に推測し、理解する能力。また、こうした多様性に配慮しつつ、科学技術・学術に関する情報を適切に発信できる能力。（東日本大震災を踏まえた今後の科学技術・学術政策のあり方について 平成25年1月17日科学技術・学術審議会）

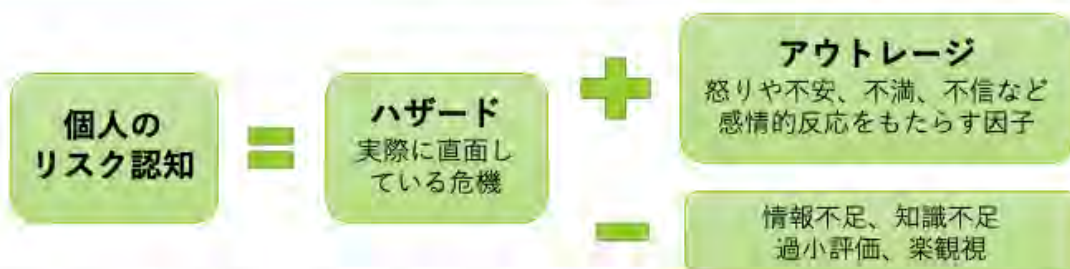
リスクに関する科学技術リテラシーは、リスクマネジメントに携わる人材のみならず、全てのステークホルダーが身につけていくことが望まれる素養です。リスクコミュニケーションが成り立つ社会であるには、今の科学の知識では、答えが一つに定まらないこともあること、不確実性のある事象について一人一人が意思決定を下さないといけない場合があることを全てのステークホルダーが理解することが重要です。

科学技術リテラシーを身につけるには、当事者が主体的に問題発見・解決策を提案する姿勢、またはそのために異なる立場や意見の人々と対話・共考・協同する姿勢を身につけるための教育が必要です。主体的に意思決定を下すことが全ての結果責任を負わなければならないことを意味するのではなく、飽くまでリスクに関する責任はリスクコミュニケーションを通じてステークホルダー間で分配されるものです。

また、リスクの問題には、倫理的・社会的問題も多く含まれるため、特に発信側においては、リスクが社会においてどのように捉えられるかを把握・理解する社会リテラシーを身につけることも重要です。

出典： 「リスクコミュニケーションの推進方策」 安全・安心科学技術および社会連携委員会（2004年3月27日）

リスク認知の違い



- ❖ ハザードが十分小さくてもアウトレージが大きければリスクとして無視できない。
- ❖ 一方向の説得ではなく、「対話・共考・協働」が重要
- ❖ アウトレージには様々な要素がある。
 - ◇ 自己決定性、公平性、信頼性などの倫理的・社会的な要素も含む
 - ◇ 倫理的・社会的な要素を軽視したコミュニケーションを行えば、不信や不満など他の要素が増す場合がある。
- ❖ 知識を共有するだけではリスクコミュニケーションとしては不十分

個人はリスクを「ハザード」と「アウトレージ」の和として捉えるという考え方があります。アウトレージとは、怒りや不安、不満、不信など感情的反応をもたらす因子で、ハザードが十分小さくてもアウトレージが大きければ、リスクとして無視できないという認知となります。この場合、「対話・共考・協働」が重要です。アウトレージには、様々な要素があり、自己決定性、公平性、信頼性などの倫理的・社会的な要素も含まれます。これらの倫理的・社会的な要素を軽視したコミュニケーションを行えば、不信や不満など他の要素が増す場合があります。原子力災害時には、放射線のリスクやその科学的な情報、あるいは測定結果等の数値のみを発信しても、発信者への不信感等があれば、リスクコミュニケーションは成り立ちません。

個人のリスク認知と社会のリスク認知は一般に異なるものです。例えば、個人のレベルでは津波のような甚大な被害をもたらさしめるリスクは対処困難として諦めてしまうなど、リスクの深刻さゆえに簡単には認知できない、向かい合えない現実があると考えられます。一方で、社会や集団のレベルでは、そのようなリスクに向き合うことに合理性があります。津波のリスクのように外的要因を認知すれば避けることができるものは、個人のレベルでもリスクを認知し、平常時からリスクコミュニケーションを通じて、このリスク認知の違いを小さくする努力が必要です。

出典：「リスクコミュニケーションの推進方策」 安全・安心科学技術および社会連携委員会（2004年3月27日）

リスクコミュニケーションの目的と機能

目的	機能
1 教育・啓発と行動変容	リスクとその対象法に関する知識や情報の普及、関心の喚起。リスクに対処するために行動の仕方を変える。
2 信頼と相互理解の醸成	関係者（政府・自治体・事業者・専門家・市民・NPO/NGOなど当該のリスク問題に係るのある個人・組織・団体）の間で互いの信頼や理解を醸成する。
3 問題発見と議題構築、論点の可視化	意見の交換や各自の熟慮を通じて、テーマとなっている事柄に関して、何が問題で（問題発見）、何を社会として広く議論し、考えるべきか（議題構築）、重要な論点とは何か（論点可視化）、その問題に対する人々の懸念や期待はどのようなものであるかを明確化する。
4 意思決定・合意形成・問題解決に向けた対話・共考・協働	最終的な意思決定・合意形成や問題解決に向けて行われる対話・共考・協働。科学的・技術的な事実問題や法制度等に関する議論だけでなく、関係者間の多様な価値観や利害関心についての議論も含む。
5 被害の回復と未来に向けた和解	物理的のみならず社会的・精神的な被害からの回復を促すとともに、問題発生から現在に至る経緯を振り返りつつ、関係者間の対立やわだかまりを解きほぐし、和解を進める。

リスクコミュニケーションを行う目的あるいは機能には様々なものがあります。

国際リスクガバナンス・カウンシル（IRGC）は、リスクのより適切なマネジメントに資するリスクコミュニケーションの目的について、①リスクとその対象法に関する教育・啓発、②リスクに関する訓練等行動変容の喚起、③リスク評価・リスク管理機関等に対する信頼の醸成、④リスクに関わる意思決定への利害関係者や公衆の参加と紛争解決、の4点をあげています。我が国の実例に照らし、より具体的かつ分かりやすくリスクコミュニケーションの目的と機能を分類したものが上記の表です。

リスクコミュニケーションは、ステークホルダーが広く互いの立場や見解を理解しあった上で、それぞれの行動変容に結びつけることのできる「共感をうむコミュニケーション」の場となることを目指すべきです。

出典：「リスクコミュニケーション事例調査報告書」 独立行政法人科学技術振興機構（2014年3月）

「リスクコミュニケーションの推進方策」 安全・安心科学技術および社会連携委員会（2004年3月27日）

リスクに関する様々な非対称性

専門家や行政等	要因	一般市民等
多い	情報	少ない
リスク対処の権限 責任を持つ	リスクに係る権限と責任	権限・責任はない
少ない	リスクそのものを 引き受ける度合い	多い
確率論的事象として リスクを操作的に認識 「 統治者視点 」	リスク認知	広く概念的および 感覚的にリスクを認識 「 当事者視点 」

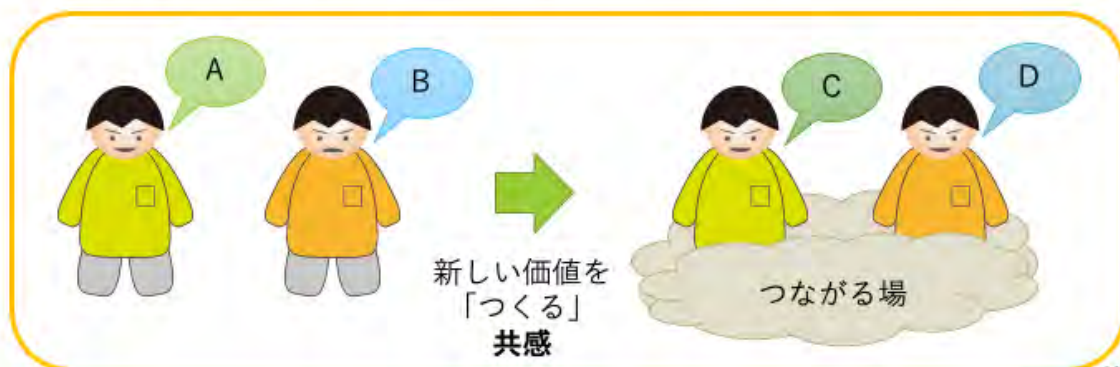
ステークホルダー間でリスクコミュニケーションを実施する際、多くの場合に、発信側（専門家や行政等）と受けて側（一般市民等）との間に、情報、リスクに係る権限と責任、リスクそのものを引き受ける度合いの非対称性の課題が伴います。いかにこの非対称性に配慮し、双方向を担保したコミュニケーションの場に近づけるかが、リスクコミュニケーション成功の重要なポイントとなります。また、情報の受け手側は、概ね発信側に行動の指針を示してほしいという意見と、情報を基に自分で判断したいという意見に大別されます。どちらが望ましいというものではなく、このような受け手側のリスク情報の理解の仕方を発信側があらかじめ意識する必要があります。

行政や専門家の「統治者視点」では、統計的・確率論的な見方をするのに対して、リスクに直面する一人一人の「当事者視点」では、危害の確率がいくらであれ、個人がその危害を受けるか受けないかの二者択一としてリスクを捉えたり、アウトレージの要素による価値判断に基づいた個別的な見方をしたりします。

統治者視点からは、責任ある意思決定のためには不確実性の高いリスク情報は、参考となる度合いが低く、開示すれば混乱を招く可能性があるとして排除されがちとなりますが、当事者視点からみれば、不確実性の高いリスク情報であっても、各自が個々の責任で行う意思決定の参考になり得るため、積極的な公開・周知が望ましいとされます。発信側はこのような視点を十分理解する必要があります。

出典：「リスクコミュニケーションの推進方策」 安全・安心科学技術および社会連携委員会（2004年3月27日）

リスクコミュニケーションの成功



上の絵では、ある人のAという考えが、相手にA'という形で伝わっています。下の絵では、AとBという異なる考えを持っていた二人が、C、Dという新しい考えにたどり着いたことをあらわしています。C=Dであれば、合意が形成されたこととなりますが、コミュニケーションは必ずしも合意を目指すものではなく、様々な目的・機能があることに注意が必要です。

リスクコミュニケーションは、参加する個々人の感情や価値観にも深く関係・影響するもので、その手法に画一的な解、ゴールは存在しないと考えられ、これに十分留意する必要があります。リスクコミュニケーションは、リスクを伴う事象に対する向き合い方について一つの結論を導くものでもなく、一方向に知識を伝達し共有するものでもありません。「共感を生むコミュニケーション」の場、すなわちステークホルダーが広く互いの立場や見解を理解しあった上で、それぞれの行動変容に結びつけるための場となるべきです。「共感を生むコミュニケーション」の場を適切に設定するには、ステークホルダー間の信頼関係がなにより重要で、対話・共考・協働といった実践の積み重ねが欠かせません。

出典：「科学コミュニケーション案内」 科学技術振興機構 科学コミュニケーションセンター（2015年3月31日）
「リスクコミュニケーション案内」（文部科学省）
（http://www.mext.go.jp/a_menu/suishin/detail/1397354.htm）をもとに作成

原子力災害の特徴

- ❖ 原子力発電所は、リスクについて管理も含めてよく知られており、十分に制御可能だと見なされてきた（従来科学技術だと考えられてきた）技術だったが、想定を外れた事故を起こし、収束困難になった。
- ❖ 同じリスクの評価結果に複数の解釈が存在する。
- ❖ 科学的には「単純」であっても、「多義的」な問題として扱う必要性
 - ◇ 原子力発電所事故によって汚染された環境での低線量放射線の健康リスクは、科学的な観点からは十分低く、管理可能だとされても、当事者にとってはリスク分配やコスト負担の公平性、医療被ばくのように自らの意思で受けるものではないこと(非自発性)などから受け容れがたいと判断される場合がある。

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故

津波による全電源消失

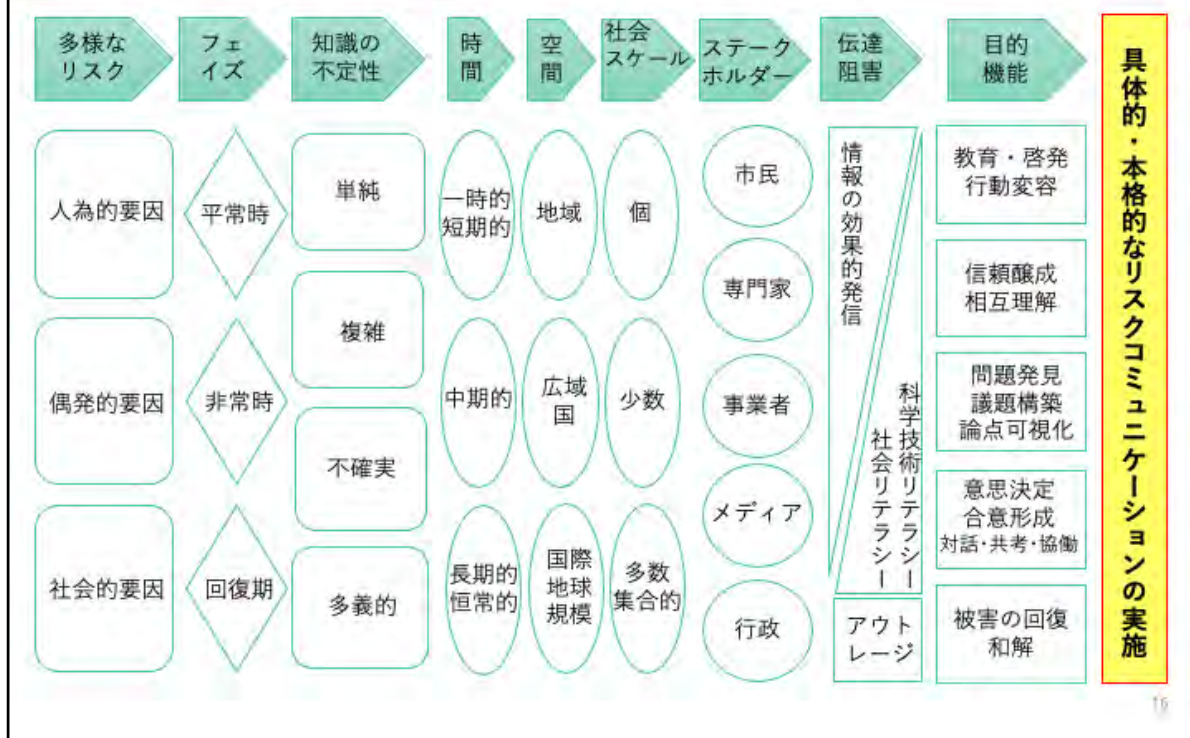
リスクについて管理も含めてよく知られており、十分に制御可能だと見なされてきた（従来科学技術だと考えられてきた）技術が、想定を外れた事故を起こし、収束困難になる例

原子力発電所は、リスクについても十分に制御可能だと見なされていましたが、2011年の東京電力福島第一原子力発電所の事故では、想定を外れた事故を起こし、収束困難になりました。

低線量の放射線の健康リスクは、科学的な観点からは十分に低く、管理可能である「単純」なリスクとされても、周辺住民等の当事者にとっては、リスク分配やコスト負担の公平性、医療被ばくとは違って自らの意思で受け入れるものではないことなどから、受け容れ難いと判断されることもあり、「多義的な」問題として扱う必要があります。

また、同じリスクの評価結果についても、複数の解釈が存在することもあります。

リスクコミュニケーションの俯瞰図



リスクコミュニケーションを適切に行うためには、直面している問題を俯瞰的に捉え直し、目的に応じた手法を選択しなければなりません。リスクコミュニケーションが扱う問題には、時間的・空間的なスケールや分野、人為的か自然的かの相違など、様々な種類があり、これに応じたリスクコミュニケーションの在り方（目的、対象、方法論、時期・期間など）も様々です。国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）科学コミュニケーションセンターで開発された「科学コミュニケーションの分類枠組み」を紹介しています。

リスクの問題とリスクコミュニケーションの分類軸は、問題発生・対応の「時間・空間・社会スケール」、「ハザード種別」、リスクに関する知識の「不定性」の度合い、問題発生・対応の「フェイズ」、問題に関わる「アクター」、リスクコミュニケーションを行う「目的・機能」の6つの軸による複合的な分類枠組みが提案されています。

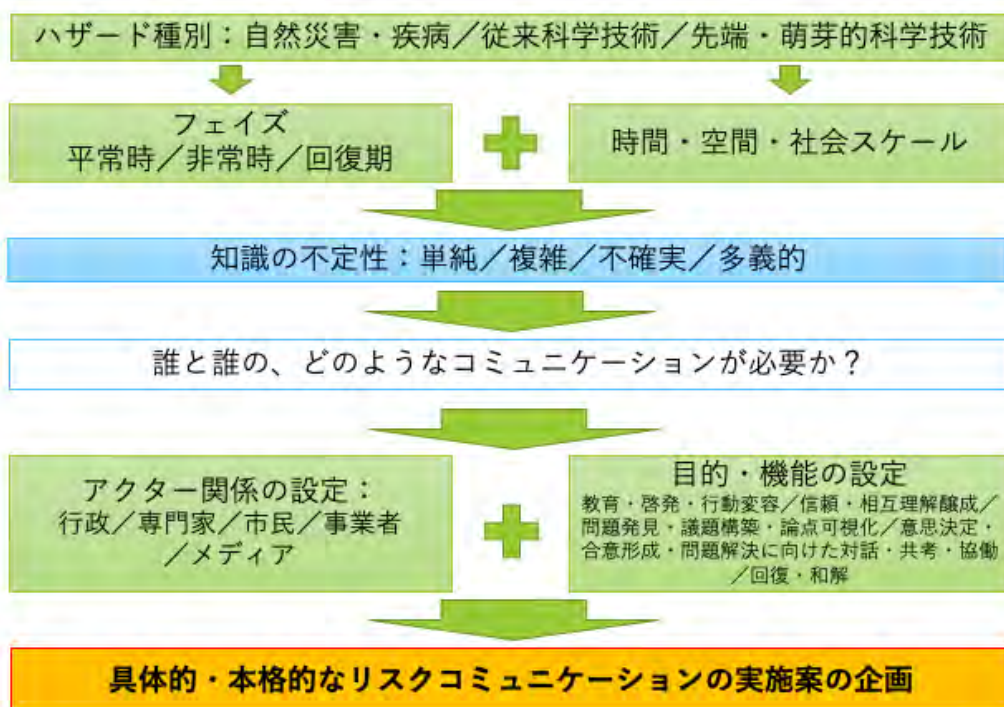
出典：「リスクコミュニケーション事例調査報告書」 独立行政法人科学技術振興機構（2014年3月）

「科学コミュニケーション案内」 科学技術振興機構 科学コミュニケーションセンター（2015年3月31日）

「リスクコミュニケーション案内」（文部科学省）

（http://www.mext.go.jp/a_menu/suishin/detail/1397354.htm）をもとに作成

リスクコミュニケーション企画



リスクコミュニケーションの実践の企画や評価における導入的な目安として、上記のフローチャートを示しています。

例えば、「ハザード種別」が実用化間もない先端科学技術であり、具体的な被害が発生していない場合には、「フェイズ」は「平常時(下流)」となり、予期される問題の性質に応じて時間・空間・社会スケールが選ばれます。さらに「誰と誰の、どのようなコミュニケーションが必要か」を考えるために、リスクに関する知識の「不定性」がどうであるかを検討します。「単純」の場合には、意思決定に直接かかわるコミュニケーションは、規制当局スタッフ等を中心に行われます。他のアクターとのコミュニケーションはもっぱら「教育・啓発と行動変容」を目的としたものとなります。

ただし、規制当局や専門家からは「単純」に分類されるリスクでも、たとえば消費者から見ると、規制当局等に対する不信感があり、「複雑」や「不確実」に分類されることもありますし、同じ対象でも、「単純」に分類されるリスクのほかに「複雑」などに分類されるリスクも併せ持っている場合があります。その場合には、規制当局外部の一般の専門家や利害関係者、さらには一般市民も対象にしたコミュニケーションが、「信頼醸成」や「意思決定への参加」を目的に行われる必要があります。

また、科学的な観点からは「単純」に分類されるリスクであっても、リスクにさらされる当事者にとって、それを受け容れるか否かは、原理的には、QOL(生命/生活の質)も含めた当人の価値判断に依存し、かつ、この判断に基づいた自己決定が尊重されなければなりません。実際、そうした規範的な問題がリスクコミュニケーションにおいて問題化することは多々あります。た

例えば原子力発電所事故によって汚染された環境での低線量放射線の健康リスクは、科学的な観点からは十分低く、管理可能だとされても、当事者にとってはリスク分配やコスト負担の公平性、医療被ばくのように自らの意思で受けるものではないこと(非自発性)などから受け容れがたいと判断される場合があります。そうした場合には、科学的には「単純」であっても、「多義的」な問題として扱う必要があります。

出典：「リスクコミュニケーション事例調査報告書」 独立行政法人科学技術振興機構（2014年3月）

まとめ

- ❖ 有事に行われるクライシス・コミュニケーションは、全てのステークホルダーの参加、強制でない合理的対話、明確な権限と正当性の付与がポイントとなる。
- ❖ リスクコミュニケーションは、参加する個々人の感情や価値観にも深く関係・影響する
- ❖ 「共感を生むコミュニケーション」の場
 - ◇ ステークホルダーが広く互いの立場や見解を理解しあった上で、それぞれの行動変容に結びつけるための場
 - ◇ ステークホルダー間の信頼関係が重要
 - ◇ 対話・共考・協働
- ❖ 原子力災害では、同じリスクの評価結果に複数の解釈が存在する。

原子力災害・放射線テロ災害 医療対応マニュアル

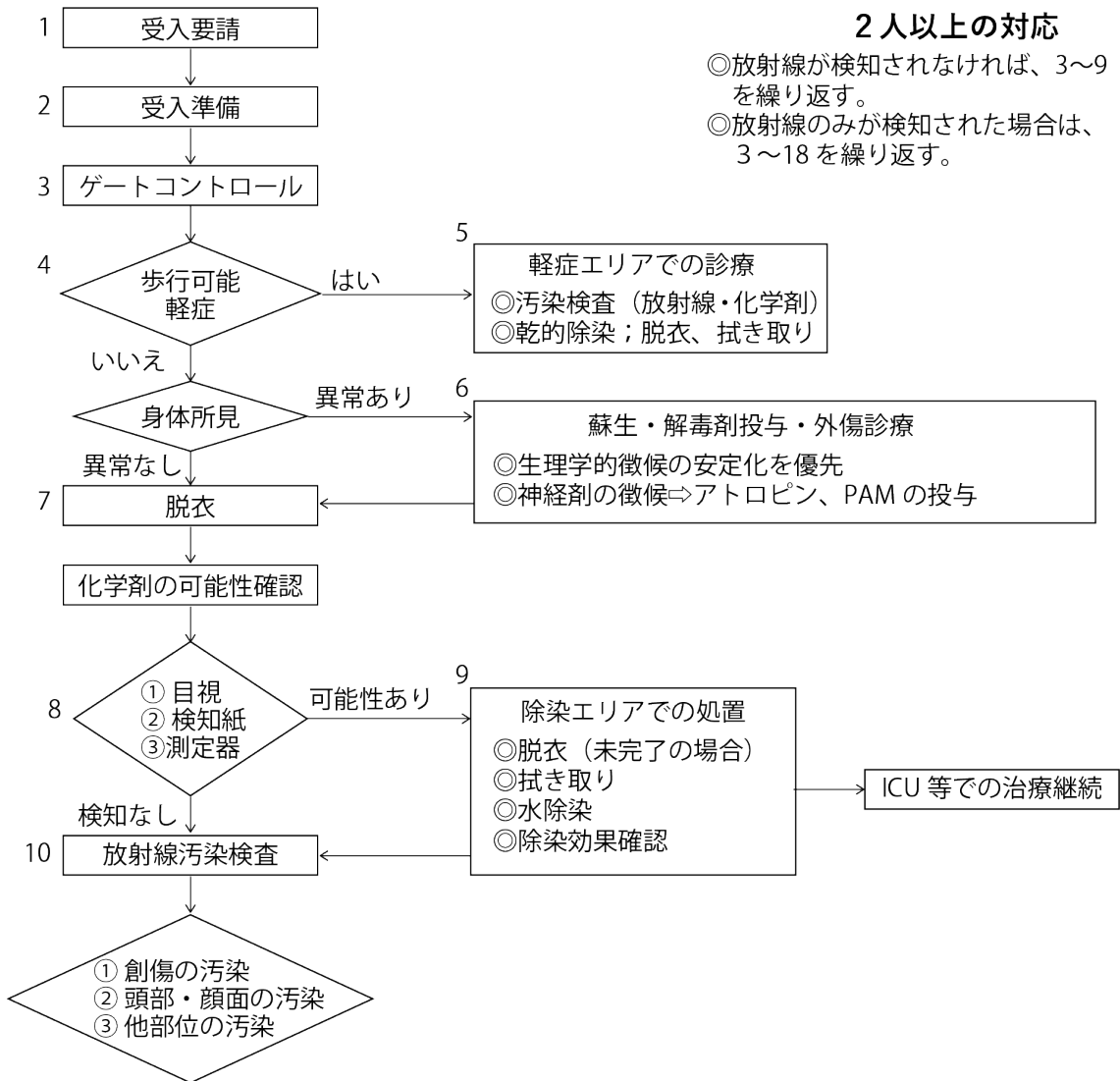
本資料は、原子力規制庁平成 31 年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

目次

1. 受入要請.....	3
2. 受入準備.....	3
3. ゲートコントロール.....	10
4. 歩行可能・軽症の判断.....	10
5. 軽症エリアでの診療.....	10
6. 蘇生・外傷診療.....	11
7. 脱衣.....	11
8. 化学剤の可能性の確認.....	12
9. 除染エリアでの処置.....	13
10. 放射線汚染検査.....	14
11. 試料採取.....	15
12. 除染の優先順位評価.....	16
13. 除染.....	16
14. 除染部位の汚染検査.....	17
15. 最終の全身汚染検査.....	17
16. 解剖学的評価.....	17
17. 汚染拡大防止処置.....	17
18. 患者の退域.....	17
19. 職員の退域.....	18
20. 施設の復旧.....	18

21.	内部被ばくの被ばく線量評価と治療.....	18
22.	外部被ばくの被ばく線量評価.....	19

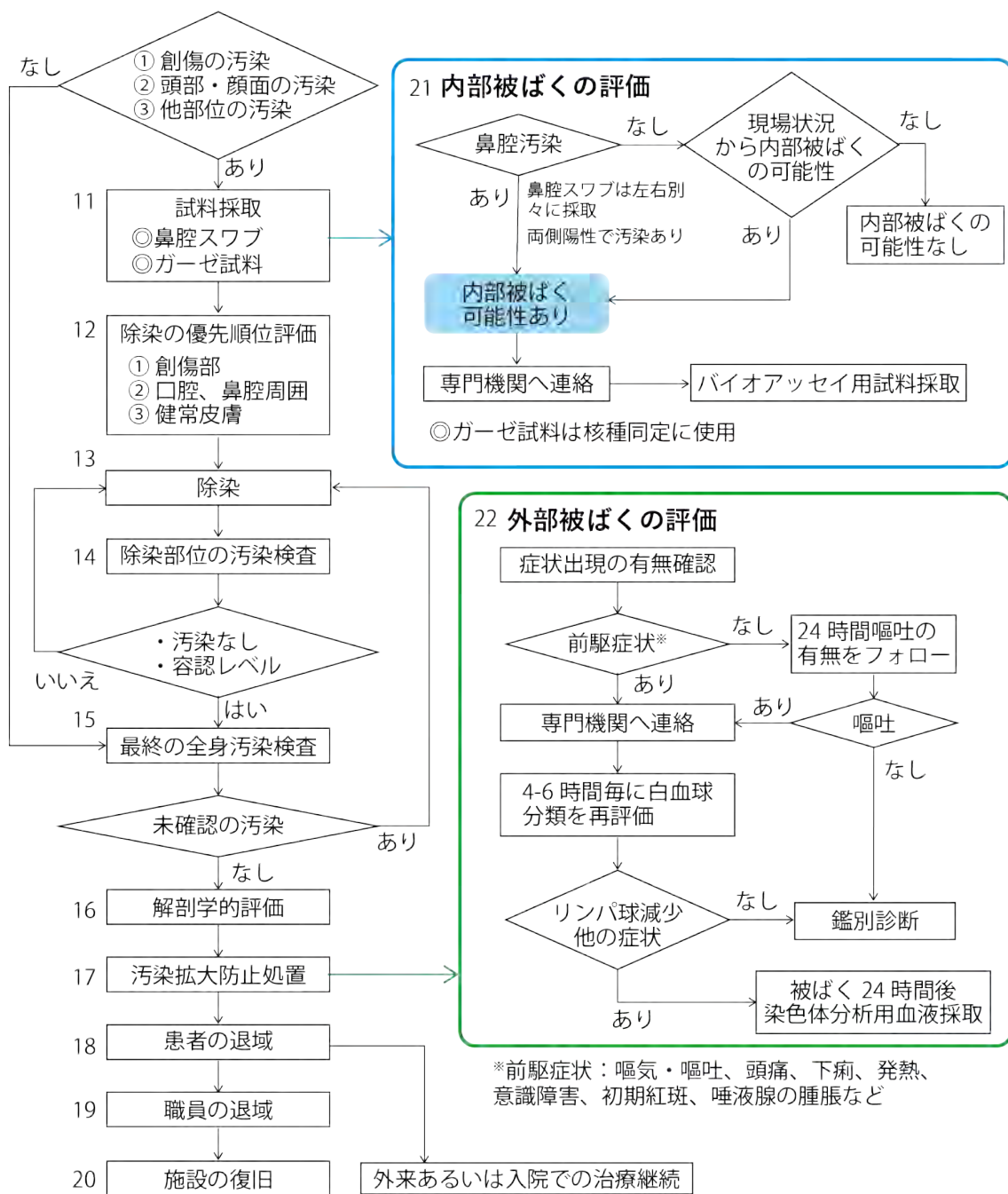
対応フロー



2人以上の対応

- ◎放射線が検知されなければ、3～9を繰り返す。
- ◎放射線のみが検知された場合は、3～18を繰り返す。

次ページに続く



1. 受入要請

(1) 受信

現場において、放射線が検知された場合、または放射線による被ばくあるいは放射性物質による汚染の可能性が示唆された場合に、その傷病者の受入要請がなされたら、原子力災害あるいは放射線テロ災害対応体制を立ち上げる。

(2) 確認する情報

現場で放射線が検知され場合には、通常の入受時に確認する項目（バイタルサインや身体所見等）の他に、表1の情報を確認する。空間線量計で放射線を検知しない場合でも、放射性物質の拡散による汚染の可能性があり、爆発物が関与している場合は、Dirty bombの可能性を考慮する。

表1 確認する情報

	確認項目
傷病者	体表面汚染の有無
	汚染の部位、程度
	脱衣の有無
	嘔吐の有無、発症時刻
現場状況	現場での放射線検知結果
	現場における内部被ばくの可能性
	現場における外部被ばくの可能性
	核種（現場での核種同定ができる場合）

2. 受入準備

(1) 職員参集・役割分担

院内の原子力災害医療あるいは緊急被ばく医療等の対応体制を立ち上げ、職員を参集し、状況をブリーフィングする。対応者の役割は表2の通り。ただし、人員配置の人数は、医療機関の実状に合わせて決める。

表2 人員配置、役割分担

	担当（人数）	役割
コールドゾーン	統括・リーダー（1）	・診療方針の決定、指示 ・臨時の放射線管理区域の設定、解除の宣言
	看護師（1）	・コールドゾーンとウォームゾーン間の資材の受け渡し ・看護記録、試料情報の記録
	診療放射線技師（1）	・対応者の被ばく線量管理・記録 ・対応エリアの放射線管理

ウォームゾーン	看護師（１）	・ウォームゾーンとホットゾーン間の資材、試料の受け渡し
	診療放射線技師（１）	・ホットゾーンから出てくる職員、試料の汚染検査 ・傷病者の汚染検査の記録 ・診療後のウォームゾーンの汚染検査
ホットゾーン	医師（２）	・診療 ・除染
	看護師（２）	・診療の支援 ・試料をウォームゾーンの担当者へ渡す ・看護
	診療放射線技師（２）	・傷病者の汚染検査 ・診療後のホットゾーンの汚染検査

(2) 診療エリア設定と養生

事前に診療エリアを決定しておき、搬入口から診療エリアまでの養生の範囲を計画しておく。診療エリアは、コールドゾーン、ウォームゾーン、ホットゾーンの区別を明確にして、患者の動線が一方通行となるように配置する。受入エリアは臨時の管理区域として設定する。

- **コールドゾーン**：放射性物質の汚染が全くない区域。診療に必要な医療資機材を配置。
- **ウォームゾーン**：放射性物質による汚染が拡大する可能性がある区域。ホットゾーンからの試料等の汚染検査を実施。コールドゾーンからの資材、ホットゾーンからの試料の中継。この区域からコールドゾーンへ退域する人、物品は全て汚染検査を実施する。
- **ホットゾーン**：放射性物質による汚染がある区域。基本的に汚染がある物品はこの区域内に止める。

養生とは、施設および資機材をビニールシート等で被覆し、放射性物質が付着するのを防止することである。資材一覧を表3に示す。養生には、時間を要するため、受け入れ決定後に養生を始めると患者到着までに間に合わない可能性があり、予め施設の養生をしておく事が望ましい。しかし、予めの養生が困難であり、受け入れまでに養生が完了しなかった場合は、ホットゾーンとウォームゾーンからの人、物品の移動については、汚染検査を徹底し、コールドゾーンへ汚染を拡大しないようにする。診療後にホットゾーンとウォームゾーンの汚染検査と除染を行う。この場合は、ホットゾーンとウォームゾーンの汚染検査、除染が終了するまで、一定期間使用できなくなる。

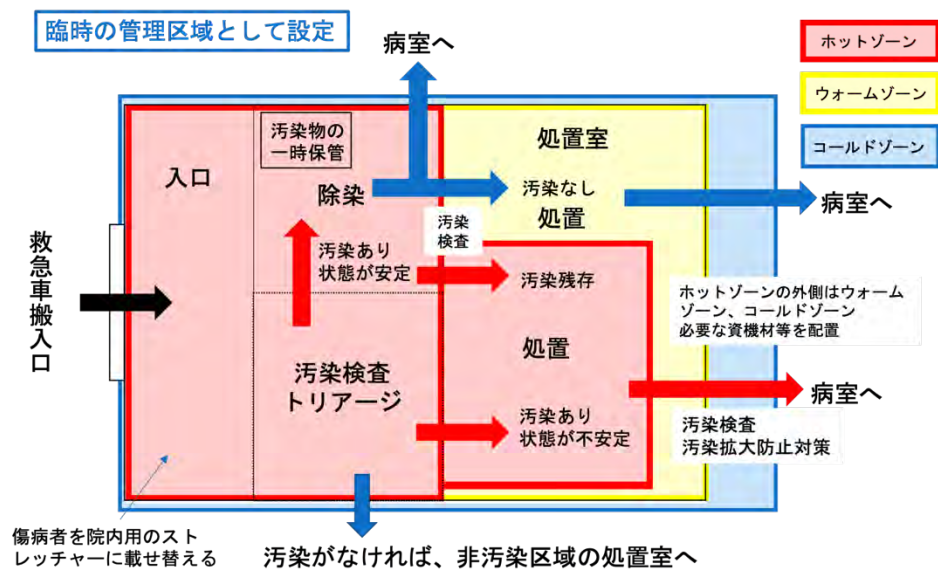


図1 診療エリアの設定 (例)

診療エリアのホットゾーン、ウォームゾーン、コールドゾーンを配置し、動線を決めておく。

汚染が残存した場合は、被覆などの汚染拡大防止対策を講じて、ホットゾーンから退域し、病室等へ移動する。

① 施設の養生



シートの縁はテープで床に隙間なく貼付する。
ビニールシートの下に放射性物質が入り込まないようにする。

図2 廊下の養生 (例)

搬入口から処置室までの廊下等をビニールシートで養生する。ただし、搬入口で患者を院内用のストレッチャーに載せ換え、外部から同行してきた関係者が院内に入る場合には汚染検査を実施するのであれば、廊下の養生は省略できる。

養生の範囲、必要な養生用資機材の数量、養生の方法を計画しておく

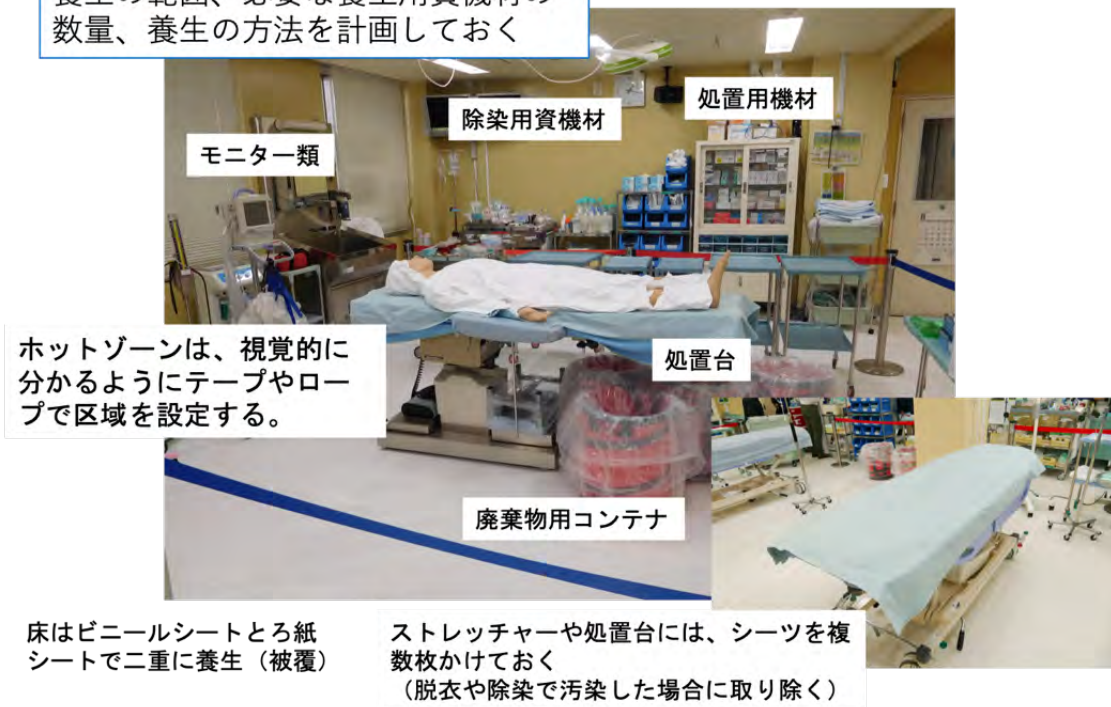


図3 処置室の養生（例）

ビニールシートとろ紙シートでホットゾーンとウォームゾーンの床を覆う。



図4 病室の養生（例）

全身の汚染が残存している場合など、病室の汚染拡大防止が必要な場合は、病室の床、ベッド等を養生する。

② 機材の養生

❖ ポータブルX線撮影装置



❖ 超音波診断装置



❖ 表面汚染計



❖ モニター等

表示が分かるように透明のビニール袋等で覆う
ケーブルなども可能であれば、細長いビニール袋等で覆う



図5 機材の養生（例）

ホットゾーンで使用する機材はビニール袋やラップ等を使用して養生する。養生後に機材が正常に動作することを確認する。

(3) 個人防護装備

放射性物質が衣服、皮膚に付着するのを防止する防護衣等（図6）と被ばく線量管理のための個人線量計を装着する。防護衣としてはディスポのガウン、タイベックスーツ等を着用する。個人線量計は、診療時にリアルタイムで被ばく線量が確認できるデジタル式個人線量計もしくは警報付きのデジタル式個人線量計を装着する。

なお、化学剤への対応も必要である場合は、化学防護服を着用する。また、呼吸保護としては、防毒用の吸収缶を使用する。

(4) 測定器の動作確認

全ての放射線測定器の電源を入れ、正常に作動するか確認し、診療エリアでのバックグラウンドを測定する。記録用紙に各測定器のバックグラウンド値を記載する。個人線量計は積算値が0（ゼロ）になっていることを確認する。アラーム音や振動の程度は事前に確認する。

表面汚染計は、本体および検出部（プローブ）をビニール袋あるいはラップなどで覆い、放射性物質の付着を防止する。プローブ先端が汚染した場合は、ビニール袋やラップを交換する。



図6 個人防護装備 (例)

防護衣には前後に氏名を記載する。また、ホットゾーン担当者は赤、ウォームゾーン担当者は青など色分けすると区別しやすい。

外側のゴム手袋は、汚染したらすぐに交換する。

(5) 資機材

表3 養生資材

品名	使用方法
ビニールシート	床に敷く。 周辺とシートの重なる部分は養生テープで隙間なく目張りする。 水がかかると滑りやすくなるため注意が必要。
ろ紙シート	ビニールシートの上に敷く。 周辺とシートの重なる部分は養生テープで隙間なく目張りする。 破れやすいため、ろ紙シート単独では使用しない。
養生テープ	シート等の目張り。 粘着力強くなく、剥がした時に張った箇所の材質が剥がれない。
ビニール袋	モニター類をカバーする。
エプコシート	一辺が養生テープとなっており、壁等の養生に使用する。

ラップ	聴診器等の小さな機材の養生に使用する。
ハサミ	

表4 個人防護装備

品名	備考
防護衣	タイベックスーツやディスポガウン、アイソレーションガウンなど
ディスポ術衣	ディスポガウン、アイソレーションガウンの場合に着用
帽子	頭髮、耳介の防護
ゴーグル	マスクと一体型のものでよい
マスク	医療機関での対応ではサージカルマスク、または使い捨て防護マスク
ゴム手袋	二重に装着、内側の手袋は防護衣の袖にテープで目張り 外側の手袋は、処置中に汚染したら交換
シューズカバー	防護衣にテープで目張り
個人線量計	防護衣の中に装着

化学剤への対応が必要な場合は、化学防護服、防毒マスク、手袋、長靴等を準備する。ただし、それぞれの化学物質の耐透過性能等は様々であるため、適切な性能の防護装備を着用すること。

表5 除染用資機材

品名	備考
滅菌ドレープ	除染部位の周囲の汚染拡大防止
滅菌ドレープ 120φ穴開きテープ	
ディスポピン (ディスポ鑷子) 23cm	
ネオ・パール EB20-3 (綿球)	
ガーゼ	
歯ブラシ	
サージカルテープ	
トランスポア サージカルテープ	
吸水シート (大人用紙おむつなど)	除染した水の吸水
膿盆	
エアータイプの洗髪器	膿盆の代用
オレンジオイル	希釈して使用
シャワーボトル	
ポリ袋 (各種サイズ)	

※創傷処置に必要な資材も準備する。

表6 試料採取用資材

品名	用途
綿棒	鼻腔スワブ用
ガーゼ	汚染部位の拭き取り、核種同定用
ヘパリン採血管	染色体分析用 (10ml)
尿容器	バイオアッセイ用、スポット尿、24 時間尿
ラベル	患者氏名、ID、採取日時（時刻も正確に記載）、採取部位、試料の種類、表面汚染の有無を記入

表7 放射線測定器

種類	測定する放射線	数量
空間線量計	γ 線	処置室内に1台 + 予備1台
表面汚染計	β (γ) 線	汚染検査担当者の人数分 + 予備1台
	α 線	可能であれば1台
個人線量計	γ 線	対応する職員の数分

測定器は年1回校正していることを確認する。

各線量計の予備の電池も準備しておく。

3. ゲートコントロール

院内施設への入り口は1カ所にする。テロ災害の現場から、負傷者は公設消防による搬送ではなく、自力で来院することもある。また、テロ災害ではなく、通常の外来受診のために来院する者もある。このため、ゲートコントロールではテロ災害の負傷者か、否かを分けて誘導する。

さらに現場での除染の有無、歩行の可否で適切なエリアに誘導する。

4. 歩行可能・軽症の判断

ゲートコントロールで歩行が可能な軽症者を選別し、軽症エリアに誘導する。

歩行不能で、身体所見に異常がある負傷者は、蘇生・外傷診療のエリアに誘導する。歩行不能で身体初見に異常がない負傷者は、脱衣エリアに誘導する。

5. 軽症エリアでの診療

軽症エリアでの診療は、まず化学剤と放射線の検知を行う。検知の結果、化学剤が検出されたら、脱衣と目視できる汚染（化学剤の付着）に対して拭き取りを実施する。放射線が検出されたら、放射性物質の付着があるため、脱衣とその部位を拭き取る。脱衣と拭き取りは可能な限り負傷者自身に実施してもらう。

脱衣とふき取りを行ったタオル等は化学剤や放射性物質が付着しているので、ビニール袋等に入れ、汚染拡大防止に務める。

汚染検査と除染後に、負傷等の処置を行う。検知、除染を実施している間もバイタルの変化に注意しながら観察は継続する。バイタルや意識状態が変化し、重症化したら直ちに蘇生・外傷診療のエリアに移動させる。

6. 蘇生・外傷診療

放射線の被ばく以外の原因により全身状態およびバイタルサインが不安定であれば、蘇生および外傷診療を優先し、状態を安定させる。化学剤による急性中毒の根本治療は、薬物分析に基づいて行うのが理想であるが、治療に間に合うように分析結果を取得するのは困難である。そのため、臨床診断と緊急治療としては、トキシドローーム（表8）による状態の把握と病歴聴取を行い、化学剤による徴候があれば、速やかに緊急対応を行う。特に、コリン作動生トキシドローーム、オピオイドトキシドローーム、窒息性トキシドローームは解毒薬が知られており、直ちに薬剤を投与する。

放射線による影響は被ばく直後には発生せず、また体表面の汚染では影響を生じさせる可能性は極めてわずかであり、汚染検査や除染よりも全身状態の安定化が優先される。

治療の継続が必要であれば、引き続き病室で治療を継続する。

表8 トキシドローーム

分類	症状と徴候	解毒薬
コリン作動性 トキシドローーム	縮腫、流涙、流涎、喘鳴、徐脈、低血圧、腹痛・嘔吐、便失禁、尿失禁、筋繊維速攣縮など	硫酸アトロピン PAM
オピオイド トキシドローーム	意識障害、縮腫、換気量減少、低血圧、低体温	ナロキソン
窒息性トキシドローーム ・ 単純性窒息 ・ 化学性窒息性物質 （一酸化炭素、シアン化水素、アジ化水素等）	頻脈、低血圧、チアノーゼ、呼吸困難感など	酸素 ヒドロキシコバラミン チオ硫酸ナトリウム 亜硝酸ナトリウム
刺激性トキシドローーム	咳、くしゃみ、鼻汁、呼吸困難など	
腐食性物質 トキシドローーム	粘膜刺激症状、気道刺激など	

トキシドローームは様々なものがあるが、ここでは、米国 AHLS を参考にテロで使用されやすい中毒を中心に記載している。

7. 脱衣

現場で脱衣しないまま搬送された場合は、外側の衣類を脱衣させる。脱衣により露出部以外の汚染は除去できる。濡れた衣服の場合は、放射性物質が溶解して、浸透している可能性も考慮する。なお脱衣時に、衣類に付着している放射性物質が浮遊する可能性がある場合は、患者にマスク等を着用させ吸入による内部被ばくを防護する。脱衣後の衣類は、ビニール袋等に入れて、放射性物質が拡散しないようにする。

放射性物質の拡散を防止した脱衣の方法（例）

- ① 事前にストレッチャーにはラミシートを4～6枚ほど重ねて敷いておく。
- ② 衣服をハサミで切る。
- ③ 患者を側臥位にして、ストレッチャーに敷いているラミシート1枚で衣服を丸め込みながら患者の背中側に寄せる。
- ④ 患者を③と反対側の側臥位にして、さらにラミシートで衣服を丸め込みながらラミシートと衣服を一緒に取り除く。
- ⑤ 脱衣を介助したスタッフは外側のゴム手袋を交換する。



図7 脱衣の方法（介助が必要な場合）

脱衣後の衣類、靴、シート、毛布等は必ずビニール袋へ入れる。粉塵が舞い散るようであれば、患者にマスクを装着して内部被ばくを防止する。

8. 化学剤の可能性の確認

化学剤の可能性を確認する方法は、前述の臨床症状の他に、目視による剤の付着の有無確認、検知紙による確認、検知器材による測定の方法がある。

(1) 目視による確認

液滴、粉末等の物質が付着していないか、皮膚のびらんや水疱などが出現していないか、確認する。

(2) 検知紙

台紙から検知紙を引剥し（図8）、被服や装備品に貼付するか、液滴等の汚染が疑われる場所に直接接触させ、液体を吸い取らせる。化学剤により発色するので、色と標準発色（図9）を比較し、化学剤の種類を特定する。化学剤の除染が完全に行われたかどうかの確認には使用しない。液状化学剤による汚染状況を確認するのに適しており、安価である。

注意点として、水酸化ナトリウム、石油製品等でも変色し、偽陽性となる。



図8 検知紙

シールになっているので被覆や装備品に貼付できる。



図9 検知紙の発色

H：びらん剤、G：G剤（タブン、サリン、ソマン）、V：VX

(3) 検知器

各地域の消防機関等で使用されているのは、LCD3.3とケミプロ100である。どちらもイオンモビリティスペクトル（IMS）技術を用いて化学物質の蒸気を識別する。

その他に、赤外分光吸光検出器（HazMatID Eliteなど）、ラマン散乱分光検出器（ACE-IDなど）、ガスクロマトグラフ質量分析装置（GC/MS）、遠隔検知装置などがあるが、高価である。

9. 除染エリアでの処置

ここでは化学剤に対する除染を実施する。

ここに至るまでに脱衣が未完了であれば、脱衣を完了する。脱衣により約90%の化学剤は除去できる。

脱衣後に、目視で化学剤の付着が確認できれば、水とタオルで拭き取りを行う。拭き取りはRSDL（拭き取り除染剤）や除染剤を使用すると、RSDL 溶液などの除染剤が化学物質と反応し、化学剤を中和することができる。

水除染は、除染テントなどの専用設備を用いて、汚染のある部位を流水で除染する専門除染の一つである。除染エリアでの処置時に化学剤が残存している可能性が高い糜爛剤などには有効であるが、生命危機が迫っている負傷者には実施しない。除染は、適切な個人防護装備（化学防護服と呼吸保護具）を装着して行う。

除染効果の確認としては、化学剤の検知器、検知紙を使用して、化学剤が検知されないことを確認する。化学剤が確認されたら、再度除染する。

10. 放射線汚染検査

(1) 汚染検査の順番

次の順序で体表面の汚染検査を実施する。汚染が確認された場合は、記録用紙（図 10）に詳細（汚染の部位を○などで囲む、計測値）を記載する。

- ① ルート確保や聴診、触診をする部位
- ② 創傷部
- ③ 顔面、口腔周囲
- ④ 頭部から足先まで
- ⑤ 背面も頭部から足先まで

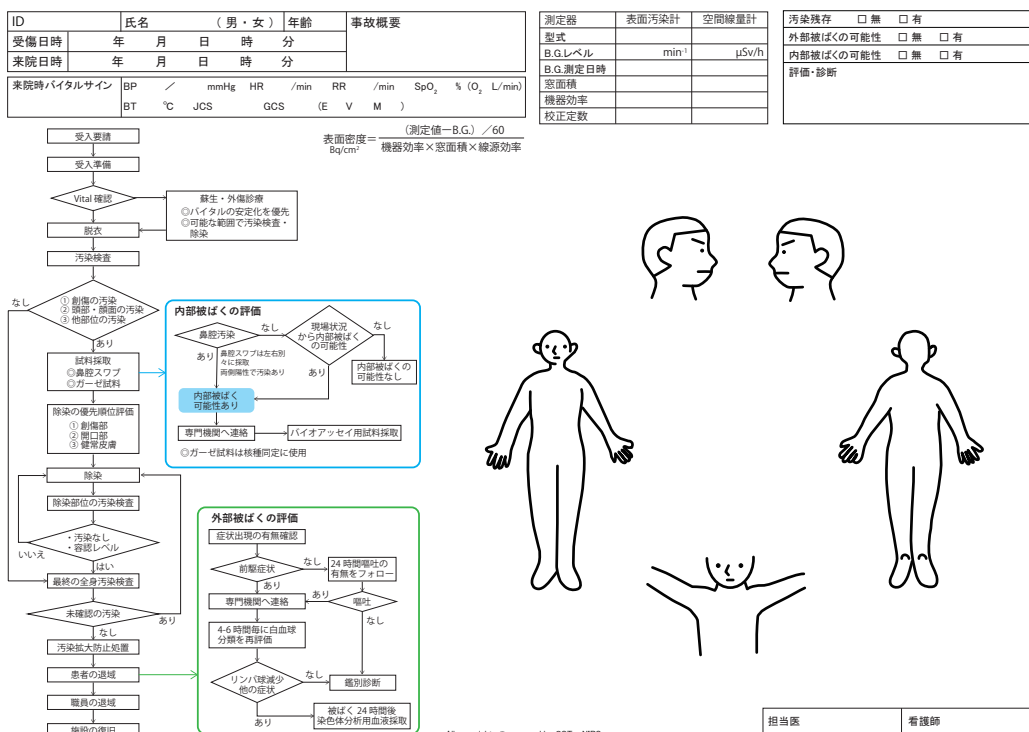


図 10 診療記録用紙の一例

汚染箇所、除染後の汚染の状況、使用する測定器の情報を記載する。

(2) 汚染検査の方法

測定器の検出部（プローブの先端）を体表面から 1～2 cm 離し、その距離を保ちながら毎秒 5 cm 程度の速度で動かす。プローブの窓の部分でしか放射線を検知できないため、検知していない部分がないようにプローブを左右もしくは上下に動かす。

汚染を検知したら、汚染の中心部分の位置で測定器を保持し、針あるいは数値が安定するまで待ち、正確な汚染の程度を測定する。

時定数を選択できる測定器（日立アロカメディカル TGS-146B 等）であれば、最初は時定数 3 秒として汚染検査し、汚染を検知したら時定数 10 秒として汚染の程度を正確に測定する。

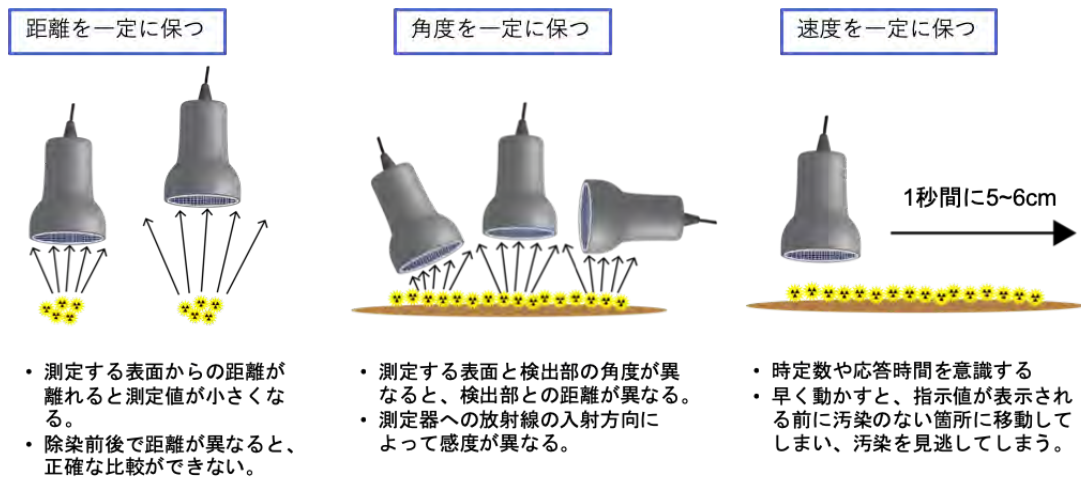


図 11 表面汚染検査時の注意点

11. 試料採取

体表面汚染がある場合は、放射性物質を吸入した可能性の有無の確認のための鼻腔スワブ検査と、核種同定のための汚染部位のガーゼ試料の採取を行う。採取した試料にはラベル（患者氏名、ID、採取日時（時刻も正確に記載）、採取部位、試料の種類、表面汚染の有無を記入）を貼付する。

(1) 鼻腔スワブ検査：綿棒で左右の鼻腔を別々の綿棒で拭き、放射性物質の付着の有無を確認する（図 12）。左右の鼻腔スワブが陽性で、鼻腔に放射性物質の付着がある場合は、放射性物質の吸入が疑われる。鼻腔スワブ検査が陰性であっても、現場の状況から放射性物質の吸入が疑われる場合は、内部被ばくの可能性を考慮

する。内部被ばくの可能性がある場合は、専門機関（量研機構高度被ばく医療センター等）に連絡する。



図 12 鼻腔スワブ検査

左右の鼻腔を別々に綿棒で拭い、汚染の有無を確認する。

- (2) ガーゼ試料：汚染部位をガーゼで拭き取り、核種同定のために専門機関へ渡す。核種同定の試料は内部被ばくがある場合には薬剤選択の情報となり、表面汚染については正確な表面汚染密度の評価の情報となる。

12. 除染の優先順位評価

汚染箇所が複数ある場合は、1) 創傷、2) 開口部（顔面）、3) 健常皮膚の順番で除染の優先順位を評価する。汚染がある創傷が複数箇所ある場合は、汚染の程度が高い方から除染する。

13. 除染

除染する場合は、周囲に汚染拡大防止の措置を講じて、次の要領で除染する。

(1) 創傷部の汚染

- ① 汚染がない部分をラミシート等で被覆する。
- ② ボトルで水をかけながら創傷部を洗い流す。水は全て吸水シート等で吸水する。
- ③ ラミシートや吸水シートを取り除く。
- ④ 除染を繰り返す場合は、①～③を繰り返す。



図 13 創傷部の除染
汚染のない部分はシート等で被覆し、汚染拡大防止する。水は吸水シートで吸水する。

(2) 開口部（顔面）の汚染

- ① 口腔内の汚染はうがいで除染する。
- ② 鼻腔内の汚染は鼻をかんで除染する。
- ③ 耳介、外耳道はガーゼ、綿棒等で拭き取り、除染する。

※皮膚や粘膜を傷つけるような除染は行わない。

(3) 健常皮膚の汚染

- ① 濡れたガーゼやタオルで汚染箇所の外側から内側に向かって拭き取る。
- ② ガーゼやタオルは一度の拭き取りで交換する。
- ③ 除染できない場合は、石鹸、ボディソープなど使用して除染する。

14. 除染部位の汚染検査

除染後には周囲の汚染したシート等を取り除き、除染した部位の汚染検査を実施する。除染前と除染後で測定器の検知部までの距離が変わらないように注意する（距離を一定にする）。汚染検査の結果、汚染が残存している場合は、除染を繰り返す。ただし、除染を2～3回繰り返して、除染前後で数値に変化がない場合は、除染を終了する。除染後の数値を記録用紙に記載する。

15. 最終の全身汚染検査

全ての除染が終了したら、全身の汚染検査（頭部から足部まで、前面と背面）を実施し、汚染の見逃しを防ぐ。未確認であった汚染箇所があれば、除染する。

16. 解剖学的評価

全身の汚染検査と除染が終了したら、原則として各身体部位を前面（腹側）から後面（背側）を視診、聴診、触診により診察し、神経学的所見も詳細に評価する。

汚染が残存している部位の触診は、診察後にゴム手袋を交換するか、ディスポシートを利用して直接触れないように工夫する。

17. 汚染拡大防止処置

汚染が残存している場合は、ガーゼ等で被覆し、直接汚染に接触しないように汚染拡大防止処置を実施する。汚染が残存している創傷部のガーゼは、ガーゼ交換時には、汚染のある廃棄物として廃棄する。

18. 患者の退域

全ての処置が終了したら、ホットゾーンから退域し、病室等へ移動する。

ホットゾーンからの退域は、ストレッチャーをウォームゾーンとの境界まで移動させ、新しいストレッチャーに患者を移動させる。

ウォームゾーンからコールドゾーンに移動する時に、ストレッチャーの車輪部分の汚染検査を実施し、汚染がないことを確認する。

19. 職員の退域

処置後にホットゾーンの職員が退域する手順は以下の通り。

- ① 外側のゴム手袋を外す。
- ② 手袋、シューズカバーのテープの目張りを取る。
- ③ 防護衣の裏面が外側になるように巻きながら脱ぐ。
- ④ シューズカバーをひっくり返すように裏面が外側になるように片足ずつ脱ぐ。足は、ホットゾーンには着地させず、靴底の汚染検査を行ってから、ウォームゾーンに着地する。
- ⑤ 帽子、ゴーグル、マスクを外す。
- ⑥ 内側のゴム手袋を外す。
- ⑦ 全身の汚染検査を実施する。
- ⑧ 汚染があれば、ホットゾーンに戻り除染する。その後汚染検査を実施する。
- ⑨ 個人線量計の値を確認して、記録する。

※防護衣、シューズカバーは、ハサミで切って脱衣しても良い。

20. 施設の復旧

処置が終了したら、汚染のある廃棄物はビニール袋等に入れ、封をして放射性物質が飛散しないようにする。廃棄物は、行政の指示に従って廃棄する。廃棄方法が決定するまでは、汚染拡大に注意して保管する。

職員がホットゾーンから退域したら、ホットゾーンおよびウォームゾーンの資機材と床の汚染検査を実施する。汚染がある箇所は、養生を慎重に取り除き、養生のシートは汚染のある廃棄物としてビニール袋等に封入する。養生をしていない箇所の汚染は、拭き取りによる除染を行う。除染あるいは養生を取り除いた後は汚染検査を行う。

全ての汚染検査が終了したら、臨時の管理区域を解除する。

21. 内部被ばくの被ばく線量評価と治療

鼻腔に汚染が認められた場合は、内部被ばくの可能性が高い。鼻腔に汚染がなくても現場の状況から内部被ばくが疑われる場合もある。内部被ばくが疑われたら、内部被ばくの被ばく線量評価（診断）を行う。

内部被ばくの被ばく線量評価の方法は、体外計測法とバイオアッセイ法がある。体外計測法は、ホールボディカウンタなどの測定機器が必要であり、医療機関にない場合はバイオアッセイ法の試料を採取する。

バイオアッセイ法の試料は、24 時間尿（事故発生時から）、全量の便であり、基本的には 5 日間採取する。採取した試料は専門機関（高度被ばく医療支援センター）へ渡す。

内部被ばくがある場合は、核種（放射性物質）に応じた薬剤を選択し、投与を開始する。核種毎の治療方法を表 9 に示す。

① バイオアッセイ用試料の採取

尿試料

- 採取容器：1ℓ または 2ℓ の容器を準備
- 排尿 1 回分ずつ採取
- 24 時間の全量を検体として採取（事故発生時を開始時刻とする）
- 容器に採取日時、患者氏名を記載
- 採取後は、交差汚染防止や液漏れ対策のため、ポリエチレン袋で二重に封入
- 輸送時は箱に入れ、転倒防止の対策を行い、可能であれば冷蔵輸送

便試料

- ポリエチレン袋、タッパー容器を準備
- 排泄 1 回ごとに全量を採取
- 5 日間連続して採取
- 便器にポリエチレン袋を養生テープ等で固定し、採取
- 採取後は、交差汚染防止や液漏れ対策のため、ポリエチレン袋で二重に封入し、タッパー容器等に密封
- 採取日時、患者氏名を記載
- 輸送時は箱に入れ、転倒防止の対策を行い、可能であれば冷蔵輸送

22. 外部被ばくの被ばく線量評価

現場の状況より外部被ばくが疑われる場合は、外部被ばく線量評価を実施する。なお、外部被ばくが疑われなくても、前駆症状の有無などの所見を確認する。

外部被ばく線量評価の方法は、臨床症状、臨床検査からの推定、染色体異常の分析がある。臨床症状、検査所見と被ばく線量の相関を表 10 に示す。前駆症状がある場合は、4～6 時間毎に末梢血の白血球分画を評価し、リンパ球数の減少の有無、程度を確認する。

染色体異常分析は、被ばく 24 時間後に採血（ヘパリン採血管 10ml）を実施し、専門機関（量研機構）へ渡す。採血管は凍結しないこと。

① 染色体分析用血液試料の採取

- 被ばく後 24 時間以降、4 週間未満に採血

- 極端な高線量被ばくが疑われる場合は、血球数が減少する前、輸血前に採血
- ヘパリン採血管で7～10ml 採血
- 困難な場合は1 ml（全血培養のための最大量）～3 ml（分離リンパ球培養のための標準量）の間で採血
- ヘパリン採血管がない場合は、使用した抗凝固剤を明記
- 患者氏名、採取日時を記載
- 室温（18～24℃が最適、凍結させない）で検査実施機関（高度被ばく医療支援センター等）に輸送
- 確認事項：質問票（図14）の項目を確認

表9 放射性物質による内部被ばく時の選択薬剤

核種	物理学的特徴	直後の治療	用法・用量
アメリカシウム Am-241	物理学的半減期：432.2年 実効半減期：45年（骨） 放射線：α線、γ線 蓄積臓器：肝臓、肺、骨、 骨髄	第一選択；Ca-DTPA 第二選択；Zn-DTPA	1回1gを生食100mlに溶解し、30分で1日1回静注 週5日連続投与 混合療法：1回目Ca-DTPA1g、2回目以降Zn-DTPA1g を4日間投与。その後超ウラン元素の排泄率の増加が見 られなくなるまで1週間に2回(1回あたりZn-DTPA1g) 投与。 Ca-DTPAは妊娠または妊娠している可能性のある女性に は、投与しないことが望ましい。Zn-DTPAは妊娠または 妊娠している可能性のある婦人には治療上の有益性が危 険性を上回ると判断される場合に投与すること。 小児への投与は14mg/kg、0.5g/日を超えないこと。
セシウム Cs-134	物理学的半減期：2.0648年 実効半減期：96日 放射線：β線、γ線 蓄積臓器：全身	プルシアンブルー	水とともに1回3gを1日3回 内服 妊娠または妊娠している可能性のある女性には治療上の 有益性が危険性を上回ると判断される場合に投与す ること。 小児（2歳から12歳）への投与は、1回1gを1日3回 （2歳で0.21g/kgから12歳で0.32g/kg）
セシウム Cs-137	物理学的半減期：30.1671年 実効半減期：110日 放射線：β線、γ線 蓄積臓器：全身		
コバルト Co-57	物理学的半減期：271.74日 実効半減期：170日 放射線：電子、γ線 蓄積臓器：肝臓	Ca-DTPA 消化管の汚染には、 硫酸マグネシウム、 水酸化アルミニウム、	Ca-DTPAは1回1gを生食100mlに溶解し、30分で1日 1回静注 妊娠または妊娠している可能性のある女性には、投与し ないことが望ましい。

	コバルト-58 (Co-58)	物理学的半減期：70.86 日 実効半減期：65 日 放射線：β線、γ線 蓄積臓器：肝臓	硫酸バリウムを経口投与	小児への投与は、14mg/kg。0.5g/日を超えないこと。
	コバルト-60 (Co-60)	物理学的半減期：5.2713 年 実効半減期：1.6 年 放射線：β線、γ線 蓄積臓器：肝臓		
ヨウ素	ヨウ素-125 (I-125)	物理学的半減期：59.4 日 実効半減期：53 日 放射線：電子、X線 蓄積臓器：甲状腺	ヨウ化カリウム 代替療法； ヨウ化ナトリウム、 ヨウ化マグネシウム (摂取後 4 時間以内に投 与)	成人ではヨウ化カリウムとして 1 回 100mg を経口投与す る。 妊婦又は妊娠している可能性のある女性には、治療上の 有益性が危険性を上回ると判断される場合に投与し、原 則として反復投与を避けること。本剤は胎盤関門を通過 し、胎児の甲状腺腫及び甲状腺機能異常を起こすことが ある。 妊娠後期に本剤を投与した妊婦より産まれた新生児に は、甲状腺機能検査を実施し、甲状腺機能の低下を認め た場合には、甲状腺ホルモン補充療法等の適切な処置を 行うこと。
	ヨウ素-129 (I-129)	物理学的半減期：1570 万年 実効半減期：120 日 放射線：β線、X線、γ線 蓄積臓器：甲状腺		
	ヨウ素-131 (I-131)	物理学的半減期：8.0207 日 実効半減期：7.5 日 放射線：β線、γ線 蓄積臓器：甲状腺		
プルトニウム	プルトニウム-238 (Pu-238)	物理学的半減期：87.7 年実効 半減期：50 年 放射線：α線、X線、γ線 蓄積臓器：骨、肝臓	DTPA アメリカシウムの項目参照	
	プルトニウム-239 (Pu-239)	物理学的半減期：24110 年 実効半減期：50 年 放射線：α線、X線、γ線 蓄積臓器：骨、肝臓		

	プルトニウム-240 (Pu-240)	物理学的半減期：6564年 実効半減期：50年 放射線：α線、X線、γ線 蓄積臓器：骨、肝臓		
	ポロニウム-210 (Po-210)	物理学的半減期：138.376年 実効半減期：37日 放射線：α線 蓄積臓器：肝臓、脾臓、腎臓	ジメルカプロール 消化管の汚染には、 硫酸マグネシウム、 水酸化アルミニウム、 硫酸バリウムを経口投与	ジメルカプロール；2-3mg/kg筋注 4hr毎（初回は50mgを 超えないこと）。3日以上の投与を行わないこと。 禁忌：妊婦、肝不全、腎不全
	ストロンチウム-85 (Sr-85)	物理学的半減期：64.853日 実効半減期：62日 放射線：γ線 蓄積臓器：骨	第一選択； 塩化アンモニウム グルコン酸カルシウム 第二選択； アルギン酸ナトリウム その他； 炭酸カルシウム、 リン酸カルシウム、 水酸化アルミニウム、 硫酸マグネシウム、 硫酸バリウム、 リン酸アルミニウム	・塩化アンモニウム：1日6g（8時間ごとに2g）経口投 与。代謝性アシドーシス、重度の腎機能障害、肝機能障 害には禁忌。 ・グルコン酸カルシウム：1日6-10g経口投与、また は、1日2g/500ml（5%ブドウ糖液）を6日間静注。 高カルシウム血症、高カルシウム尿症、循環作動薬の使 用者、カルシウムに相乗効果をもたらす薬剤の使用者に は禁忌。 ・アルギン酸ナトリウム：1日1回10g経口投与、また は、1日2回1回5g経口投与。腎機能障害には禁忌。
	ストロンチウム-89 (Sr-89)	物理学的半減期：50.53日 実効半減期：50日 放射線：β線 蓄積臓器：骨		
	ストロンチウム-90 (Sr-90)	物理学的半減期：28.79年 実効半減期：4.6年 放射線：β線 蓄積臓器：骨		
	トリチウム (H-3)	物理学的半減期：12.32年 実効半減期：8日 放射線：β線 蓄積臓器：全身	水分摂取による尿中排泄 の促進、利尿剤	水分摂取（3-4L/日）、利尿剤

DTPA；Diethylenetriaminepentaacetic acid プルシアンブルー；フェロシアン化第二鉄

表 10 臨床症状、検査所見と被ばく線量

		急性放射線症の重症度と被ばく線量				
		軽症(1~2Gy)	中等度(2~4Gy)	重症(4~6Gy)	極めて重症(6~8Gy)	致死的(>8Gy)
血液細胞	リンパ球数 ($\times 10^3/\text{mm}^3$) (被ばく後 3-6 日)	0.8 ~ 1.5	0.5 ~ 0.8	0.3 ~ 0.5	0.1 ~ 0.3	0.0 ~ 0.1
	顆粒球数 ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	>2.0	1.5 ~ 2.0	1.0 ~ 1.5	≤ 0.5	≤ 0.1
	血小板数 ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	60 ~ 100 10 ~ 25 %	30 ~ 60 25 ~ 40 %	25 ~ 35 40 ~ 80 %	15 ~ 25 60 ~ 80 %	<20 80 ~ 100 % ^{*1}
潜伏期	長さ (日)	21 ~ 35	18 ~ 28	8 ~ 18	≤ 7	なし
臨床症状	下痢	なし	なし	稀	被ばく後 6 ~ 9 日に出現	被ばく後 4 ~ 5 日に出現
	脱毛	なし	中等度、被ばく後 15 日以降	中等度ないし完全 11 ~ 21 日	完全 11 日以降	完全 10 日以前
予後	その他の症状	倦怠感 衰弱	発熱、感染、出血、 衰弱	高熱、感染、出血	高熱、嘔吐、めまい、 見当識障害、 血圧低下	高熱、 意識障害
	致死率 死亡時期 ^{*2}	0	0 ~ 50 % 6~8 週以降	20 ~ 70 % 4~8 週以降	50 ~ 100 % 1~2 週以降	100 % ~2 週

*150Gy を越すような高線量被ばくの場合は、血球減少の前に死亡する。 *2 治療内容により死亡率、死亡時期は変化する。