

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
成果報告書

令和 2 年 3 月

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

目次

1	研究事業の概要	
1.1	背景と目的	1
1.2	研究内容	2
1.3	研究計画	4
1.3.1	調査研究1：初動対応手順の検討とマニュアル等の作成	4
1.3.2	調査研究2：医療機関での受け入れ体制整備	4
1.3.3	調査研究3：専門的支援体制等の整備	5
1.3.4	検証1：モデル地域での検証	5
1.4	実施体制	5
2	【調査研究1】初動対応手順の検討とマニュアル等の作成	
2.1	本年度の研究計画	9
2.2	検討の経緯と内容	9
2.2.1	避難退域時検査等	10
2.2.2	CBRNE テロ災害の初動対応の教育	10
2.2.3	CBRNE テロ災害訓練	13
2.3	結果	14
2.3.1	難退域時検査の効率化の課題	15
2.3.2	安定ヨウ素剤配布時の説明における課題	15
2.3.3	原子力災害時の多機関連携における課題	15
2.3.4	CBRNE テロ災害での初動対応における課題	15
2.3.5	CBRNE テロ災害対応の教育における課題	18
2.3.6	CBRNE テロ災害の初動対応の教材の作成	19
2.3.7	CBRNE テロ災害での初動対応手順の作成	19
2.4	考察	21
2.4.1	避難退域時検査の効率性の向上	21
2.4.2	CBRNE テロ災害に関する教育、教材の充実	21
2.4.3	CBRNE テロ災害の初動対応手順	22
2.4.4	CBRNE テロ災害対処における多機関連携	22
2.5	結論	22
	資料 2-1 令和元年度 鳥取県原子力防災訓練	24
	資料 2-2 救急車養生訓練	26
	資料 2-3 汚染傷病者ヘリコプター搬送訓練	28

資料 2-4	浦安市消防本部 CBRNE テロ対処研修	31
資料 2-5	浦安市消防本部 CBRNE テロ対処机上演習	34
資料 2-6	市川市消防局 CBRNE テロ対処机上演習	35
資料 2-7	CBRNE 対策合同訓練	36
資料 2-8	国際空港エマルゴ訓練	38
資料 2-9	医療機関における CBRNE テロ災害訓練	40
3	【調査研究 2】医療機関での受け入れ体制整備	
3.1	本年度の研究計画	44
3.2	検討の経緯	44
3.3	結果	45
3.3.1	原子力災害医療に関する研修の体系化	45
3.3.2	原子力災害医療に関する高度専門研修	47
3.3.3	原子力災害医療に関する研修で使用する標準テキスト改定	47
3.3.4	原子力災害拠点病院等での全職員向けの研修資料	48
3.3.5	標準テキストの公開	48
3.3.6	被ばく医療の所領のフローチャートとマニュアル	48
3.4	考察	51
3.4.1	原子力災害医療の研修の今後の展望	51
3.4.2	包括的被ばく医療に関する課題と今後の展望	51
3.5	結論	52
4	【調査研究 3】専門的支援体制の整備	
4.1	本年度の研究計画	53
4.2	検討の経緯	53
4.3	結果	53
4.3.1	ネットワーク会議を活用した専門的支援	53
4.3.2	検知システム等を活用した専門的支援	54
4.3.3	情報共有システムを活用した専門的支援	58
4.3.4	災害医療との連携	59
4.3.5	医療機関への専門的支援体制	59
4.4	考察	60
4.5	結論	61
5	【検証 1】モデル地域での検証	
5.1	本年度の研究計画	62

5.2	検討の経緯	62
5.2.1	初動対応機関の研修	62
5.2.2	原子力災害医療の研修	62
5.2.3	災害医療との連携の研修	62
5.3	結果	62
5.3.1	初動対応機関の研修	62
5.3.2	医療機関の研修	63
5.3.3	災害医療との連携の研修	66
5.4	考察	68
5.5	結論	69
	資料 5-1 協力協定病院・東京 DMAT 被ばく医療研修	70
6	まとめ	72
	別添資料	別-1～545

1. 研究事業の概要

1.1. 背景と目的

原子力災害、放射線テロまたは核攻撃（以下：RN テロ・災害）、放射線障害防止法の対象事業所（以下：RI 事業所）での労災事故など、発生あるいは災害の種類によって区別されることなく、初動対応や緊急被ばく医療は実施される必要がある。しかし、それぞれの発生場所あるいは災害の種類によって、対応する初動機関、医療機関が分かれており、それぞれの体制整備、人材育成が実施されている(図 1-1)。

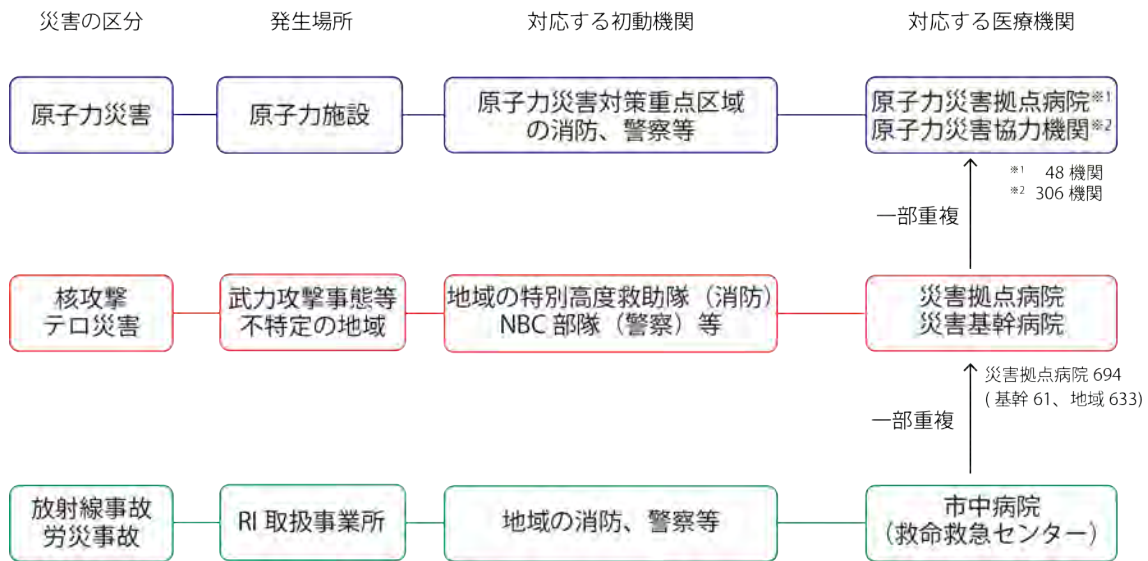


図 1-1 災害の区分と対応機関

原子力災害対策指針は東電福島第一原発事故の経験を踏まえ、被ばく医療等の体制の充実、強化が図られている。しかし、国、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、地方公共団体等が行なっている研修について、研修内容の重複、対象者のミスマッチ等が生じており、研修を整理・体系化し、効率的・効果的な人材育成を行うことが必要であると原子力規制庁により示されている¹。また、これまでの実施された研修で使用されている講義資料は研修毎に講義を担当する講師が作成していること、全ての研修が体系的に整理されておらず講義内容の重複があるといった研修を受講する側としては体系化、標準化されていないといった課題も指摘されていた。さらに多数の公衆等への迅速な避難と適切な避難退域時検査の両立の困難等も示されており、原子力災害対策指針等に基づく防護措置及び医療対応の実際的な運用に必要な解決策を見出す必要がある。

また、RI 事業所での事故や RN テロ・災害等に対応できる体制については整備が遅

¹ 原子力規制庁；平成 30 年度第 3 回原子力規制委員会 資料 1 「原子力災害拠点病院等の施設要件」の見直しの方向性について、平成 30 年 4 月 18 日

れている。RI 利用の拡大、昨今の核セキュリティへの国際的な取り組みを鑑みると、これらの対策は喫緊の課題である。放射線障害防止法の改正により数量の極めて大きい RI の許可届出使用者又は大規模研究用加速器施設の許可使用者を対象に、危険時の措置の強化として消防、警察、医療等の対応機関との連携が求められている。国民保護に関する基本指針では、核攻撃等による医療、防護措置等の必要性が示され、オリパラ・テロ対策推進要綱では、テロ等発生時の救護体制の強化として、多数傷病者の搬送体制の整備等が示されている。

初動対応でも医療機関での初期診療でも、テロ災害や局地災害の発生直後に、放射線や放射性物質が単独で使用されているとは限らず、特に CBRNE テロ災害対応では、放射線や放射性物質以外の化学剤や爆発物、生物剤などの脅威についても、防護措置や検知などは同時に実施することが求められる。さらに、化学剤や爆発物、生物剤などが使用された可能性があると判断される場合も、放射線や放射性物質の存在も考慮して対応することが求められる。初動対応や初期診療で、他の脅威に気づかずに対応してしまうと被害が拡大したり、二次被害が発生したりする。全ての脅威に対してそれぞれの特性に応じた適切な対応をすることが All hazard approach である。

本研究事業では、原子力災害に限らず、RI 事業所での事故、RN テロ・災害等に対応可能な被ばく医療体制構築のため、対応機関の初動対応、初療のマニュアル、専門的支援、人材育成について、現行の原子力災害対策指針等の体制等に基づき検証し、対応機関が包括的に被ばく医療を実践できる対処能力の実効性を向上させる方法を明らかにし、原子力災害等における防護措置及び医療対応の実際の運用方法を明らかにする。

1.2. 研究内容

原子力災害対策指針では、原子力災害対策重点区域（24 道府県）での被ばく医療体制整備が進められているが、それ以外の地域（23 都県）も含め、全国の RI 事業所での放射線事故、労災事故など危険時の措置の強化、国民保護に関する基本指針では武力攻撃事態等、緊急対処事態における放射線テロまたは核攻撃等の放射線緊急事態での医療、放射線防護措置等の必要性も示されており、包括的かつ実際の被ばく医療の体制整備が求められている。

また、多人数を対象とした実際の放射線防護及び医療対応についての検討、包括的に被ばく医療を提供するためのガイドラインやマニュアル、効果的な現場運用のための研修方法等について、課題の整理、抽出および実施体制の整備等が求められる。さらに、放射線防護、放射線管理、被ばく医療、線量評価等に関して専門的支援体制、情報共有システムの整備が必要である。

原子力災害での医療や対応と、RI 事業所での放射線事故、労災事故あるいは放射線テロまたは核攻撃等の放射線緊急事態での初動対応と医療対応については、放射線の

測定や除染、放射線防護の技術や技能は同じである。一方で、発災の状況や事前の初動や医療の体制については、原子力災害は原子力施設での災害であり、発災の場所が限定されることから原子力災害対策重点区域（24道府県）に限定されて体制整備がなされ、人材育成や資器材の配備などがなされてきた。放射線テロ災害は、発災場所が事前に特定されることはなく、多くは CBRNE テロ災害、危機管理の一環としてそれぞれの地域で教育や体制整備が行われており、関係組織がそれぞれ教育や体制整備を実施している。このような相違点を明確にし、それぞれの対応力が向上することにより原子力災害が発生した場合でも、全国の初動対応機関、医療機関から支援が得られること、放射線テロ災害や RI 事業所での放射線事故発生時でも、遅滞なく必要な被ばく医療が提供できる体制の整備が可能となることが期待される。

このため本研究では、これまで量子科学技術研究開発機構（以下：量研）で実施してきた緊急被ばく医療体制整備、各種セミナー、協力協定病院等を活用し、【調査研究 1】初動対応手順の検討とマニュアル等の作成、【調査研究 2】医療機関での受け入れ体制整備、【調査研究 3】専門的支援体制の整備、【検証 1】モデル地域での検証の区分に分けて実施する（図 1-2）。さらに本研究では、化学剤、爆発物によるテロ災害等の知見を取り入れ、原子力災害のみでなく、RI 事業所や輸送中の事故、核攻撃等も含め、初動対応の手順、医療等を検討する。

最終的な研究成果としては、包括的被ばく医療の体制構築のために、次の項目を目標とする。

- 地域の実情に合わせた研修やマニュアル、ガイドライン等の**最適化**
- 研修内容の**標準化**
- 研修の**体系化、効率化**
- 原子力災害時の医療に関しては、人材育成の**高度化**
- 原子力災害時の医療に携わる人材の**一元管理**
- **包括的被ばく医療**の人材育成
- **専門的支援体制**の整備

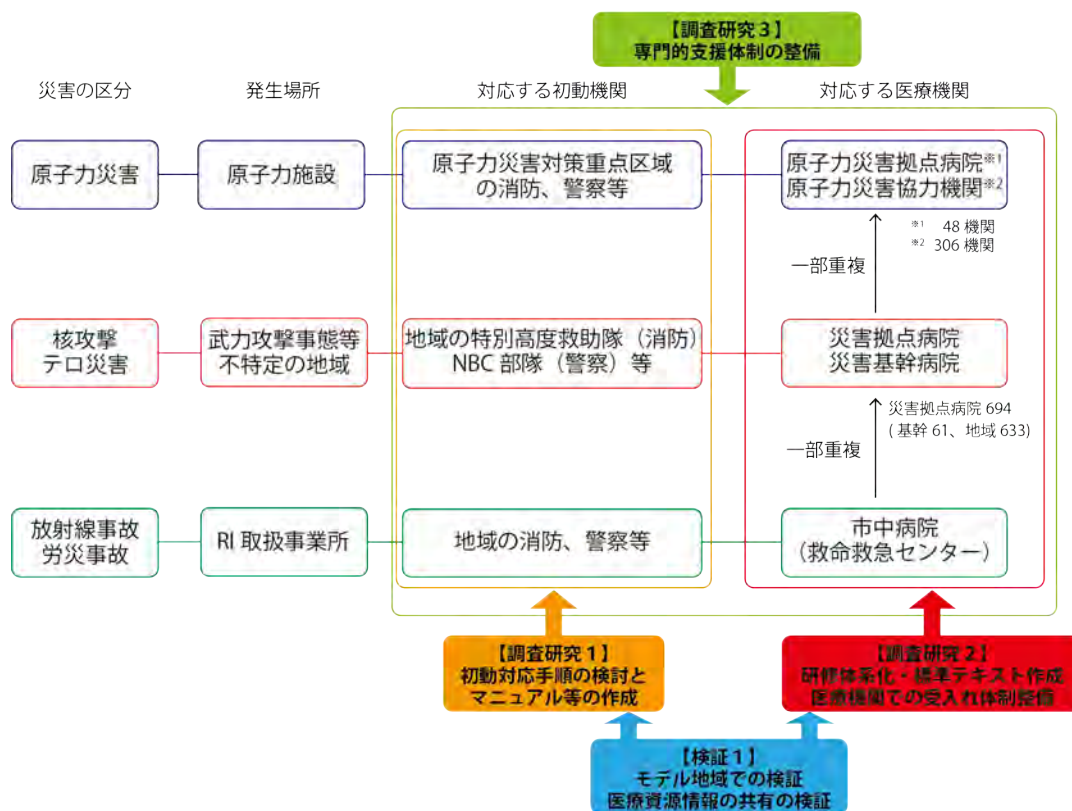


図 1-2 研究の概要

1.3. 研究計画

本研究は、平成 30 年度（2018 年度）から 3 年間の調査研究を計画している。研究区分ごとの計画を示す。

1.3.1. 調査研究 1：初動対応手順の検討とマニュアル等の作成

迅速、的確な初動対応、関係機関間の連携による実効性向上を目的とする。

H30 年度（2018 年度）は原子力災害等の研修、演習あるいは有識者等から初動対応機関、RI 事業所の原子力災害等への対応、多機関連携に関連する情報を収集することにより課題を比較・抽出して整理する。R 元年度（2019 年度）は脅威の迅速な検知と All hazard approach も含めた初動対応手順及び多人数のスクリーニング方法等を検討し、マニュアル、教材等を作成、検証する。R2 年度（2020 年度）は、マニュアル等を再検証し、各地域の実状に合わせて改善する。

1.3.2. 調査研究 2：医療機関での受け入れ体制整備

全国の医療機関の被ばく医療の診療能力の向上により迅速かつ適切な被ばく医療を提供する手段の開発を目的とする。

H30 年度（2018 年度）は量研放医研の協力協定病院、有識者等の協力を得て、現場除染なしまたは乾的除染で医療機関が傷病者を受入れるために必要な体制、教育等

について課題を抽出する。さらに既存の原子力災害医療の研修の体系を整理し、既存のテキストを改定し、研修による人材育成の実効性を向上する。R 元年度（2019 年度）は、多人数の被災者への対応を含めた、医療機関での初療マニュアル、教材を作成、効果的研修法を検証する。R2 年度（2020 年度）は、マニュアル等を再検証し、医療機関の実状に合わせて改善する。

1.3.3. 調査研究 3：専門的支援体制等の整備

専門的支援の充実による初動対応、被ばく医療の実効性向上を目的とする。

H30 年度（2018 年度）は、専門機関、染色体および物理学的線量評価ネットワークを活用した被ばく線量評価、被ばく医療等の専門的支援に必要な項目、課題を整理する。R 元年度（2019 年度）は、専門的支援について、具体的手順、方法、器材等を検討する。初年度から平行して平常時、災害時に活用できる専門的支援における情報共有システムについて課題等を整理し、システムを設計する。また、既存の広域災害救急医療情報システム（EMIS）や健康危機管理支援ライブラリー（H-CRISIS）との連携についても検討する。

1.3.4. 検証 1：モデル地域での検証

H30 年度（2018 年度）は、原子力災害対策重点区域（24 道府県）及びそれ以外の地域（23 都県）で研修等を実施するモデル地域を選定する。R 元～R2 年度は、モデル地域で効果的な現場運用のための研修法を検討し、調査研究 1～3 へ反映する。

1.4. 実施体制

本年度は、調査研究 1～3 および検証 1 のそれぞれの担当者を図 1-3 のように割り振り、本研究を実施した。

研究代表者：富永隆子

量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門
高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部

表 1-1 研究協力者一蘭（50 音順、敬称略）

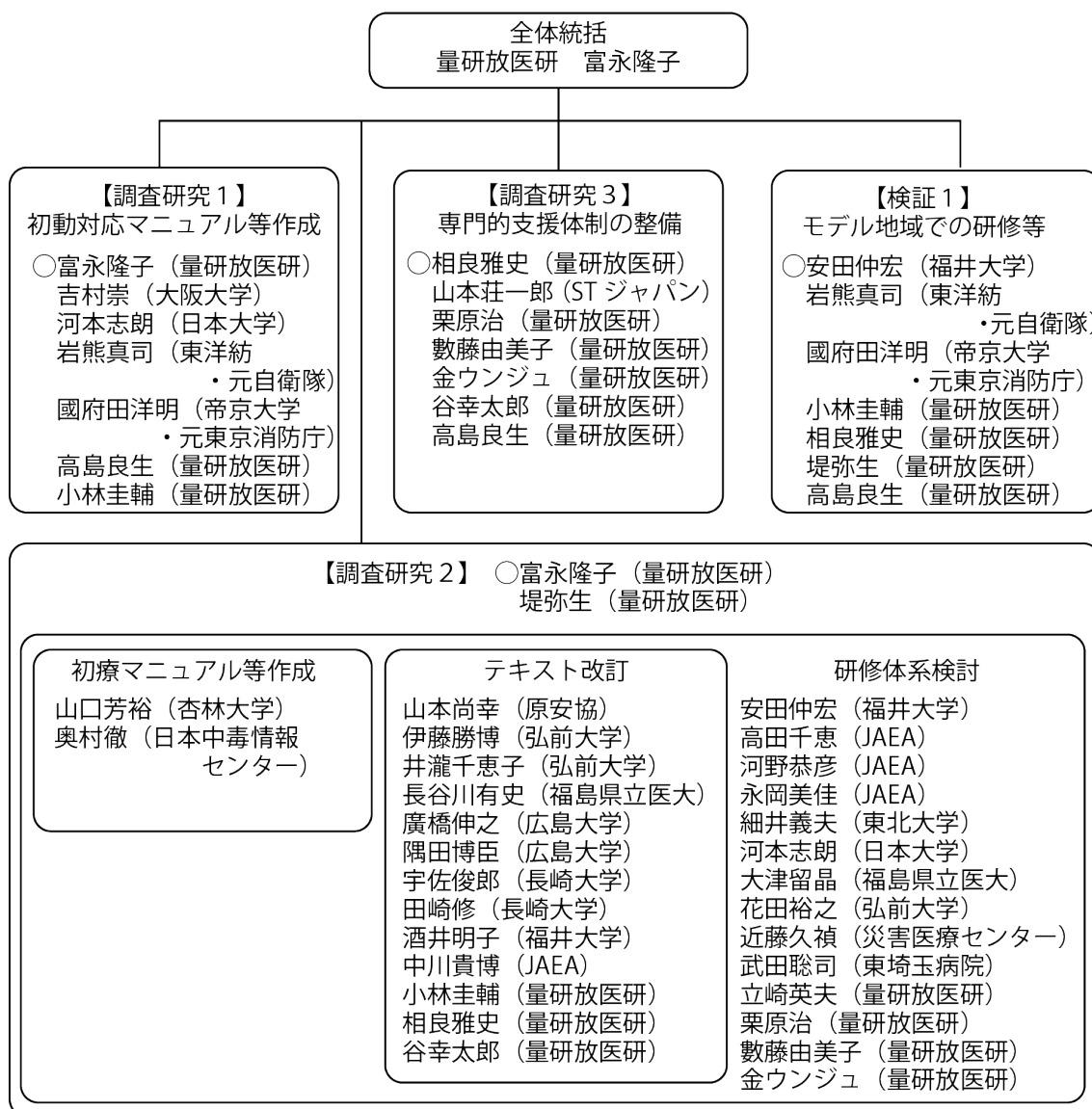
1	井瀧千恵子	弘前大学	大学院保健学研究科看護学領域
2	伊藤勝博	弘前大学	医学部附属病院高度救命救急センター
3	岩熊真司	東洋紡株式会社	AC 製品事業部特需グループ
4	宇佐俊郎	長崎大学	長崎大学病院 国際ヒバクシャ医療センター

5	大津留晶	福島県立医科大学	放射線健康管理学講座
6	奥村徹	日本中毒情報センター	
7	河本志朗	日本大学	危機管理学部危機管理学科
8	河野恭彦	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構	核燃料・バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部環境監視課
9	國府田洋明	帝京大学	医療技術学部スポーツ医療学科 救急救命士コース
10	近藤久禎	国立病院機構 災害医療センター 厚生労働省 DMAT 事務局	臨床研究部・災害医療部
11	酒井明子	福井大学	医学部看護学科
12	隅田博臣	広島大学	広島大学病院診療支援部
13	高田千恵	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構	核燃料・バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部線量計測課
14	武田聡司	国立病院機構東埼玉病院	放射線科
15	田崎修	長崎大学	長崎大学病院救命救急センター
16	永岡美佳	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構	核燃料・バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部環境監視課
17	中川貴博	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構	核燃料・バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部放射線管理第1課
18	長谷川有史	福島県立医科大学	放射線災害医療学講座
19	花田裕之	弘前大学	大学院医学研究科救急・災害医学講座
20	廣橋伸之	広島大学	原爆放射線医科学研究所 放射線災害医療研究センター 放射線医療開発研究分野
21	細井義夫	東北大学	大学院医学系研究科 放射線生物学分野
22	安田仲宏	福井大学	附属国際原子力工学研究所 原子力防災・危機管理部門

23	山口芳裕	杏林大学	医学部救急医学教室 高度救命救急センター
24	山本荘一郎	エス・ティ・ジャパン	危機管理製品部
25	山本尚幸	原子力安全研究協会	放射線災害医療研究所
26	吉村崇	大阪大学	ラジオアイソトープ総合センター 同位体化学研究室

表 1-2 研究参加者一覧 (50 音順、敬称略)

1	金ウンジュ	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 計測・線量評価部
2	栗原治	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 計測・線量評価部
3	小林圭輔	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 被ばく医療部
4	相良雅史	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 被ばく医療部
5	数藤由美子	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 計測・線量評価部
6	高島良生	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 計測・線量評価部
7	立崎英夫	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 被ばく医療部
8	谷幸太郎	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 計測・線量評価部
9	堤弥生	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 被ばく医療部



○はとりまとめ担当

図 1-3 令和元年度 (2019 年度) 実施体制

2. 【調査研究 1】 初動対応手順の検討とマニュアル等の作成

2.1. 本年度の研究計画

消防等の初動対応機関での迅速、的確な初動対応、関係機関間の連携による実効性向上を目的とし、今年度は、昨年度から継続して原子力災害等の研修、演習あるいは有識者等から初動対応機関、RI 事業所の原子力災害等への対応、多機関連携に関連する情報を収集することにより課題を抽出して整理した。さらに整理した課題の解決策として、避難退域時検査の実行性の向上のための検査の効率化、CBRNE テロ災害に関する教育を充実させるための教材や研修方法を検討した。さらに All hazard approach による初動対応手順を検討し、初動対応機関の CBRNE テロ災害時の現場対応についてフローチャートとマニュアルを作成した。

2.2. 検討の経緯と内容

原子力災害と放射線取扱事業所等での労災事故、放射線テロでは、初動対応に様々な相違がある。まず、原子力災害は原子力施設の立地隣接地域でのみ初動対応が求められるが、全国に所在する事業所での労災事故や放射線テロでは、発災場所が限定されない。そして原子力災害では、事象の進展や防護措置など対応が想定されていることが多いが、労災事故や輸送中の事故、放射線テロでは、事象そのものが被ばく事故や汚染事故など多様であり、対応する組織の対応能力もそれぞれの組織で異なる。そのため、平時の体制整備として、原子力防災体制として実施されている原子力災害対策重点区域(24 道府県)のそれ以外の地域の初動対応機関の資器材や教育の体制は異なっている。しかしながら、放射線防護措置、放射線測定、除染などの基本的な技能や放射線、放射線防護等の基本的な知識については同じである。

これらの相違を踏まえ、原子力災害、放射線事故、放射線テロ災害等に関連する訓練、研修、演習、学会等に参加あるいは開催し、情報を収集し、原子力災害等での初動対応、教育に関連する課題を抽出し、整理した上で、初動対応のためのフローチャートとマニュアル、教材を作成した。教材は研修等で使用し、項目の追加や修正等を行った、また、フローチャート、教材等は、研究協力者、研究参加者が 2 回の検討会で検討し、取りまとめた。

なお、検討会は、調査研究 1 および 3、検証 1 をまとめて開催した。

1. 第 1 回検討会

日時：2019 年 9 月 4 日(金) 14:00 – 16:00

場所：量子科学技術研究開発機構 本部棟 2 階第一会議室

千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1

議題：議題 1：昨年度の成果報告

- 議題 2 : 今年度の事業計画
- 議題 3 : 初動対応手順の検討
- 議題 4 : 初動対応機関への研修開催案
- 議題 5 : 検知機材の活用方法

2. 第 2 回検討会

日時：2020 年 1 月 23 日(木) 14:00 – 16:00

場所：フクラシア八重洲 B 会議室

東京都中央区八重洲 2-4-1 ユニゾ八重洲ビル（常和八重洲ビル）3F

議題：議題 1 : 初動対応機関への研修開催報告

議題 2 : 初動対応手順の検討

議題 3 : 初動対応機関向け講義資料

議題 4 : 避難退域時検査の効率化

2.2.1. 避難退域時検査等

(1) 原子力総合防災訓練（島根原子力発電所）（資料 2-1）

昨年度は、避難退域時検査の現実的かつ実行可能な課題解決策を提示し、さらに避難退域時検査及び簡易除染マニュアル（平成 29 年 1 月 30 日修正）を放射線テロ災害時に活用することの可能性あるいは活用にあたっての課題についても抽出した。これを踏まえ、2019 年度原子力総合防災訓練（鳥取県原子力防災訓練）において鳥取県で実施された避難退域時検査実働訓練、住民避難訓練、広域医療搬送訓練を視察し、多数の検査を実施する場合の効率的な器材、安定ヨウ素剤配布時の説明、多機関連携について課題を再度整理した。

2.2.2. CBRNE テロ災害の初動対応の教育

昨年度抽出した CBRNE テロ災害での初動対応機関向けの教育に関する課題を元に、CBRNE テロ災害に必要な研修項目、講義項目を検討し、講義資料等の教材を作成した。さらに研修会での講義で実際に使用したのち、必要な項目の追加や修正を行った。また、放射線や化学剤の検知や防護装備の着脱など、初動対応に必要な基本的な技能について実習の実施要領を検討し、検証した。

(1) CBRNE 災害対処千葉連携研修会

CBRNE 災害対処千葉連携研修会は千葉県警察本部、千葉市消防局、量研放医研が中心となって、千葉地域での CBRNE テロ災害対処の能力向上のために 2014 年度から開催している研修会である。毎年、CBRNE テロ災害対処に係る講義や資器材の取り扱い実習、机上演習、実働演習を実施しており、昨年度も本研究事業で報告した。本年度は、継続して CBRNE テロを想定した対応に必要な研修、実習、机上

演習を実施した（表 2-1）。

さらに放射性物質により汚染した傷病者の搬送のために必要となる救急車の養生、ヘリコプターの養生と搬送の訓練および擬剤を使用した検知紙の実習を実施した（資料 2-2、資料 2-3）。

この結果、初動対応機関による CBRNE テロ災害の初動対応の教材および CBRNE テロ災害の All Hazard Approach による初動対応のフローチャートとマニュアルの作成についても検討した。

表 2-1 2019 年度 CBRNE 災害対処千葉連携研修会実績

開催日	講義	講師	量研	県警	消防		事業所	合計
					市	県		
2019.7.10 (水) 13:30 - 16:30	化学テロ災害対処	岩熊 真司 氏 (元陸上自衛隊化学学校副校長)	11	22	43	49	7	132
	化学防護服について	稲井 巡 氏 (元陸上自衛隊化学学校副校長)						
2019.8.7 (水) 13:30 - 16:30	NBC災害活動技術 13:30～15:20	東京消防庁特殊災害課 テロ災害係長 小野 浩二 氏	2	19	58	68	7	173
	消防本部のNBC災害対策 の現状について	千葉市消防局花見川消防署 消防司令補 金坂 裕樹 氏						
2019.9.12 (木) 13:30 - 16:30	地下鉄サリン事件から学ぶ ～現場対応～	中村 勝美 氏 (元陸上自衛隊)	3	42	51	-	7	106
	地下鉄サリン事件から学ぶ ～医療機関での対応～	日本中毒情報センター 奥村 徹 氏						
	防護装備の性能	重松製作所千葉営業所 所長 小島 信明 氏						
2019.11.22 (金) 13:30 - 16:30	放射線テロ災害対処	富永隆子 (量研機構)	5	23	45	50	-	123
	機材展示	岩部 悠						
		北村 尚 (量研機構) 富永 隆子						
2019.11.27 (水) 13:30 - 16:30	机上演習	千葉県警察本部 千葉市消防局 量研機構	3 (2)	21	16	-	3	45

(2) 浦安市消防本部 CBRNE テロ対処研修 (資料 2-4)

所管地域に大規模集客施設を有する消防本部 (消防職員数約 200 人) である。集客施設には最大 10 万人以上が滞在することがあり、このような状況で、CBRNE テロ

災害が発生し、多数傷病者が発生すると明らかに消防力劣勢となる。そのため消防本部の多くの職員が CBRNE テロ災害に対応するための基礎知識と技能を有することが重要である。この研修を実施したことにより、講義項目の整理と教材を作成した。

(3) 浦安市消防本部 CBRNE テロ対処机上演習（資料 2-5）

大規模集客施設近隣の鉄道駅での化学剤、爆発物、放射性物質の複数の脅威によるテロを想定し、消防、警察、事業所、医療機関、行政が参加して机上演習を実施した。消防と警察での初動対応では、明らかに活動部隊の能力は劣勢であり、事業者との連携が不可欠である。事業者は、CBRNE テロという特殊な状況についての知識や対応計画は脆弱であり、事業者も含めた初動対応の手順について検討した。

(4) 市川市消防局机上演習（資料 2-6）

昨年度は、市川市消防局西消防署の機動化学隊、指揮隊、ポンプ隊、救急隊の職員に対して、現有部隊、現有資器材での CBRNE テロ災害対応の能力向上を目的として、化学テロ災害、放射線テロ災害の初動対応のための基礎知識の講義、各種検知器等の資器材を使用した実習、CBRNE テロ災害を想定した机上演習からなる合計 6 回の研修会を実施した。本年度は、この研修を受講した部隊の隊員を含め、消防局全ての消防署を対象として、所管の鉄道駅で発生した CBRNE テロの初動対応についての机上演習を実施した。この机上演習には、所管する消防署と警察の職員が参加したことで、実際の現場の状況が分かっている状況で、相互の活動について、活発に討議、意見交換できた。また、テロ災害の想定は同じであるが、発災場所は、それぞれの消防署が所管する駅としたことで、現有の部隊の活動、配置、資器材に応じた現実的な対処の検討ができ、地域の CBRNE テロ災害対処の実効性向上のための課題が整理できた。さらに初動対応の手順についても検討した。

2.2.3. CBRNE テロ災害訓練

昨年度整理した All hazard approach の観点から関係機関連携を含めた初動対応手順等の検討に必要な項目と、本年度の CBRNE テロ災害対処訓練（表 2-2）の視察、評価で得られた課題、知見を元に、CBRNE テロ災害の初動対応について All Hazard Approach でのフローチャートを作成した。

表 2-3 CBRNE テロ災害対処訓練の視察、評価

	訓練、研修	日時	内容等
1	CBRNE テロ対策合同訓練	2019.6.12	Dirty Bomb を想定した演習
2	国際空港エマルゴトレーニング	2019.7.11	化学テロ災害を想定した演習
3	医療機関における CBRNE テロ災害訓練	2019.6.10	化学テロ災害を想定した演習

(1) CBRNE 対策合同訓練 (資料 2-7)

国際空港での Dirty Bomb が使用された事による放射線と爆発物によるテロの想定であった。初動対応の消防機関は、CBRNe クラウドシステムを使用しており、化学剤の検知も同時に実施する対応であった。All hazard approach を実際に実施しており、初動対応における課題を抽出した。

(2) 国際空港エマルゴトレニング (資料 2-8)

エマルゴトレニングシステム®とは、スウェーデンのリンショーピング大学病院に隣接された Centre for Teaching and Research in Disaster Medicine & Traumatology (災害医療・外傷学教育研究センター) にて 20 年以上前から地域とともに開発されてきた救急・災害医療の机上シミュレーションによる研修法である。災害を想定し、医療従事者及び被災者に見立てたマグネット人形を使用し、これらを白板上で災害現場や病院などに移動する。これらは設定された病床数・増床数職員数・限られた資源を用い、訓練上の時間経過に沿って行われ、評価は、設定された対応法の妥当性及び避けられた合併症、避けられた死の有無の検討で行われる。様々な職種の方が参加することが有用であり、行政職員、自衛隊警察、消防、病院関係者などがトレーニングに参加することにより実災害に近い訓練となる。

国際空港では、エマルゴトレニングシステムによる航空機災害の研修を実施してきたが、昨年度より CBRNE テロ災害を想定した研修を実施しており、今年度は、化学剤テロ (サリン) のシナリオであった。本訓練の視察により初動対応の課題を整理し、初動対応のフローチャートの作成に反映させた。

(3) 医療機関における CBRNE テロ災害訓練 (資料 2-9)

医療機関と自衛隊が合同で実施した化学テロ災害の訓練であった。特に小児や幼児が家族と被災者役で訓練参加していたことにより、CBRNE テロ災害対応における小児や幼児特有の課題を認識することができた。

2.3. 結果

原子力災害、放射線事故、放射線テロ災害等での初動対応について、CBRNE テロ災害の All hazard approach の視点で、課題を整理し、効果的、効率的な教材、初動対応のフローチャートとマニュアルを作成した。

2.3.1. 避難退域時検査の効率化の課題

人の検査では、簡易検査でも一人当たり2～3分程度時間がかかることがボトルネックであり、避難者全員を検査できない理由の一つである。指定箇所検査が短時間でできる測定器の導入で効率的に検査が可能となり、短時間でも大勢の検査が可能と考えられる。測定器の導入には、費用対効果を検討する必要があるが、検査会場に必要な人員の削減にもなると思われる。



図 2-1 測定器
指定箇所検査が5秒で実施
できる。

この測定器による指定箇所検査である簡易検査を放射線テロ災害にも実施できれば、短時間で多数の汚染の有無を確認する検査を実施できるようになる。車両の汚染検査にガンマポールなどを使用しているが、これも人の検査に活用できれば、短時間で効率的に多数の被災者の汚染の有無を確認する検査が実施できると思われる。測定器の調達の方法が課題である。

2.3.2. 安定ヨウ素剤配布時の説明における課題

安定ヨウ素剤の問診票のように専門用語での説明は理解が難しい。そのため、原子力災害だけでなく、放射線テロ災害での避難や屋内退避などの広報の文案、既存の様々なQ&A集を活用した広報文案集などがあると便利であると思われる。

2.3.3. 原子力災害時の多機関連携における課題

災害時には、専門機関や各対応組織が連携することが重要であるが、各組織の役割や対応能力を相互理解しておく必要がある。相互理解については、会議等での調整だけでなく、訓練によって現場で活動する要員も理解しておく必要があるため、多機関が参加する訓練等を積極的に行うことも望まれる。関係機関との調整やどの機関が主導するのかなど、課題がある。

2.3.4. CBRNE テロ災害での初動対応における課題

(1) 警備員、先着隊、医療関係者等の防護装備

爆発発生直後に現場確認、避難誘導する警備員、先着隊の警察官等は、呼吸保護がされないまま活動を継続していた。原因物質が特定されない状況での活動は、化学剤あるいは放射線への暴露、放射性物質の吸入などの危険が伴う。CBRNE テロ災害対応の蓋然性が高いと考えられる警備員や先着隊には、最低限の呼吸保護となる使い捨て防塵マスク（N95 マスク）を常時携行させるなどの対策があると一層の安全確保に資すると考える。さらに個人線量計も常に装着しておくことで、放射線テロ災害発生時に、放射線被ばく管理が早期から可能となり、警備員等の安全確保に資すると考える。

多くの活動計画やマニュアル、ガイドラインでは、放射性物質による汚染対策が必要な場所での活動における防護装備にシューズカバーが含まれる。しかし、シューズカバーの多くが、不織布等を使用しており、屋外で活動する場合には、活動中に破損していることがある。これでは、汚染拡大防止対策にはならない。屋外活動時の防護装備としては、シューズカバーに破損防止の対策を講じるか、屋外でも使用可能なシューズカバーの着用を考慮する必要がある。活動計画やマニュアル等に屋外活動時の防護装備の注意点などを記載する必要がある。このため、放射線テロ災害の講義資料では、屋外でのシューズカバーは破損しないようなもの（ゴム底の靴カバーなど）を使用するよう記載した。

視察した実動訓練では、医療チームは除染後の救護所および医療機関での活動であり、コールドゾーンでの活動となるため、防護装備については検討されていなかったようである。しかし、完全な現場除染の実施は、現実的には不可能だと思われ、さらに化学剤と放射性物質が混在している可能性も否定できず、汚染されたまま自力で医療機関を訪れる被災者も多数発生することが予想される。また、ダーティボムといった爆発物や化学剤が使用されるテロでは、完全な除染よりも医療班による救命処置が優先される場合も考えられる。このような可能性を考えると、コールドゾーンでの対応、除染後の対応しかしない場合でも、最低限の安全確保のための防護装備は必要である。これには、個人線量計、検知紙、防護服、ゴム手袋（ニトリル手袋）、呼吸保護のための簡易マスク（化学剤、有害微粒子対応）などの準備が必要である。

(2) NBC 出動（特殊災害出動）時の検知活動

今年度実施したいくつかの机上演習の結果、NBC 出動（特殊災害出動）の指令であっても、化学剤によると判断される症状や状況が通報された場合、化学テロ災害の対応を考慮しても、放射線や爆発物への対応は考慮されないことがあった。このことから、All Hazard Approach の対応として、NBC 出動（特殊災害出動）の場合は、出動時から化学剤、放射性物質、放射線、爆発物のすべての脅威、二次攻撃を踏まえて対応することを基本とするような初動対応の手順を示す必要がある。

(3) 保有する資器材の実践的な活用

今回の研修で実施した実習では、各機器の特性も理解できたようであり、実際の災害現場での検知活動において、効率的、効果的に器材を使用して、消防活動の目的である人命救助、二次災害の防止をどのように実践するのか、具体的な活動方針について、各隊員の理解が深まったと思われる。放射線測定器も化学剤検知器も使用する部隊で、使用の講習や訓練は実施しているようであるが、実際に表示付認証機器（教育訓練用放射線源）や化学剤の擬剤を使用した実習は、消防機関だけで実施するのは、容易ではない。そのため訓練用の資器材及びこれらを用いた訓練要領について整備が必要である。資料として化学剤検知紙のハンドアウトを作成した。

(4) 同時多発の場合の対応

市内の消防署の1つで発災し、他の消防署から応援が得られる前提で机上演習の検討を行ったが、同時多発した場合には、初動対応の部隊は今回の検討よりも少なくなると予想され、県内、近隣の消防機関からの応援が必要となるが、救助、医療介入までの時間は長くなると予想される。具体的に県内、近隣消防からの応援部隊が到着するまでの可能な対処についても現実的に検討しておくことも必要である。

(5) ヘリコプターおよび救急車養生の効率化

救急養生の実習は説明の時間を除き、約45分で完了した。しかし、通常の救急搬送では、出動までに45分を要するのは、要救助者の搬送が遅延する原因となる。そのため実際の対応では、養生にかかる時間の短縮が望まれるが、各隊員が養生に慣れること、エステクトシートなどは事前に一定の大きさに切断して準備しておくことで10～15分ほどは効率化が可能と思われる。ヘリコプターの養生は、事前に養生シートをヘリコプターの内部の構造に合わせて切り抜きをしており、養生を実施する場合は、このシートを貼り付けるだけで養生が完了するため、効率的である。しかし、隊員の異動等があるため、継続した訓練等で養生の方法を伝達することも必要であり、そのためには、ヘリコプターの養生の方法を提示した具体的な資料の作成が必要である。

(6) 関係機関との連携と現場対応についての相互理解

市川市消防局の机上演習においては、行政（市当局）や民間事業者、医師等は参加していないが、今後は自衛隊を含め関係機関の参加を募り、広域の対応体制の確認も実施すべきである。一般的に広報や避難には、行政との連携が不可欠であり、医療には、医療機関と原因物質の情報共有が不可欠である。

発災後に通行人の避難誘導や現場の交通整理、立入制限は、消防や警察で実施することが役割であると認識されているが、駅や集客施設の事業者も利用者の安全確保のために避難誘導、立入制限を実施することが改めて認識された。さらに事業者が所有する土地や建物を使用することも現場で円滑に調整できるようであった。このため、事業者にも消防や警察、行政の対応方針や活動内容を理解してもらうことや、CBRNEテロ災害の基本的な対応について理解し、利用者の安全確保に活用できる知識を習得できる研修等の機会があることが望まれる。

さらに、CBRNEテロ災害時には、派遣チームによる現場医療は、安全確保を考慮して、通常の多数傷病者発生時や局地災害発生時と同様には提供されることはないことがほとんどである。さらに現場での除染が実施されないと医療機関での受入がなされないとしている消防の想定があるが、医療機関の受け入れについては、このような机上演習で、医療機関の体制や対応方針について相互理解の機会があることは、地域の実情に応じた計画を立てる上で、非常に有益な情報共有ができると思われる。

(7) 小児、幼児への対応

幼児や小児の生理学的徴候や異常の判断には、小児科医、小児病棟・外来の看護師の協力が必要である。現場では、幼児や小児の対応は、家族と同じ導線に対応する必要があると思われる。また、脱衣後の着替えや靴が基本的に成人用の準備であることが多く、小児等への対応も不足している。大規模集客施設などでの CBRNE テロ災害では、幼児や小児の割合が高いことも予想されるため、CBRNE テロ災害の訓練や研修にも積極的に小児科医、小児病棟・外来の看護師の参加を呼びかけ、実践的な訓練により小児等を含む全ての被災者への対応を考慮すべきである。

(8) 実動訓練での検証

机上演習では、理想的な活動時間で活動方針や活動内容を検討していたが、検討した活動に実際に要する時間を実動訓練で検証し、活動計画に反映することで、実際の CBRNE テロ災害対処の能力向上に結びつくと思われる。実動訓練を実施するには、予算措置、想定状況再現などの課題がある。

2.3.5. CBRNE テロ災害対応の教育における課題

(1) 訓練に参加していない隊員への普及教育、意識の統一

実際の CBRNE テロ災害の現場で迅速に活動するには、全ての消防職員が、それぞれの役割と活動内容、各組織のマニュアルや活動計画を理解し、そのために必要な知識と技能を習得し、基本的な対処については意識の統一が不可欠である。しかし、CBRNE テロ災害に関する研修の機会は少ないようである。すべての職員が参加するには消防や警察の勤務体制の関係で2日続けて同一の研修を実施する必要がある。多機関で実施する場合は、日程や講師の確保が課題となる。国際的イベントの開催や大規模集客施設が近隣に所在することで、研修や実効性向上の必要性は認識しているようであり、より効果的な修学が容易となるように、テキストや自己学習が可能となる資料の作成が必要である。また、CBRNE テロ災害に関する研修での専門的知見を有する講師を派遣する体制も、人材育成としての体制整備にとって課題である。救急車とヘリコプターの養生については、各消防署で具体的な方法について教育、伝達できるように資料の作成が望まれる。さらに今後導入される検知紙についても使用方法について救急隊員のみでなく、救助隊員への周知も現場での安全管理や迅速な脅威の判定には重要である。

(2) 多機関が参加する研修等の開催

消防、警察、自衛隊、医療機関、行政、事業者が一堂に会する研修を開催することは各組織の活動方針や体制を相互理解するのに非常に有効であるが、研修の開催趣旨、研修参加の意義、机上演習での討議に積極的に参加できるシナリオや状況付与の作成については、関係機関の多大な努力が必要である。効率的に机上演習を開催するための教材やシナリオ等の作成が必要である。

2.3.6. CBRNE テロ災害の初動対応の教材の作成

(1) 講義資料作成（別添資料）

消防、警察等の初動対応機関向けの CBRNE テロ災害対処に関する講義資料として下記の3つを作成した。形式としては、原子力災害時の医療体制に関する標準テキストと同様にスライドとその解説を作成し、講義聴講後にも復習や自己学習が可能となる教材とした。

- ・ 放射線テロ災害対処
- ・ 化学剤テロ災害対処
- ・ 爆発物テロ災害対処

(2) 化学剤検知紙ハンドアウト（別添資料）

化学剤検知として、様々な器材が初動対応機関では使用されているが、最も安価である検知紙も消防や NBC 部隊では使用されており、新たに購入し配備する部隊もあるとのことであった。そこで検知紙でどのような反応が出るのか、擬剤を用いた実習によって、実際に確認することの他、化学剤の種類と特性、検知紙での検知方法と注意点について A4 用紙 1 枚にまとめた。検知紙と擬剤による実習での補足資料として使用した。

2.3.7. CBRNE テロ災害での初動対応手順の作成

放射線テロ災害では、放射線、放射性物質以外の脅威の存在も否定できず、各種の脅威の検知結果により原因物質が特定されるまでは、可能性のある脅威に対する防護措置、対処が求められる。その中でも優先順位を考慮した初動対応が求められる。被災者の状況から化学剤によるテロ災害と判断される場合でも、放射線源あるいは放射性物質を同時に使用していることも否定できないことから、化学剤の検知と同時に放射線の検知活動も必要である。ただし、化学剤が使用された場合、化学剤の除染、治療は即時に実施する必要があるため、放射線検知は、これらの対応の後に実施することが望ましい。化学剤が使用されない場合では、出血や呼吸の異常など放射線以外の脅威に対する処置を優先し、それらの処置が実施された後に、放射線検知を実施する。そこで、昨年度提案した All hazard approach による初動対応手順も考慮して、CBRNE テロ災害の初動対応手順のフローチャート（図 2-2）を作成した。さらにこのフローチャートの各項目についての解説が必要と思われたため、解説を「CBRNE テロ災害初動対応マニュアル」として作成した（別添資料）。

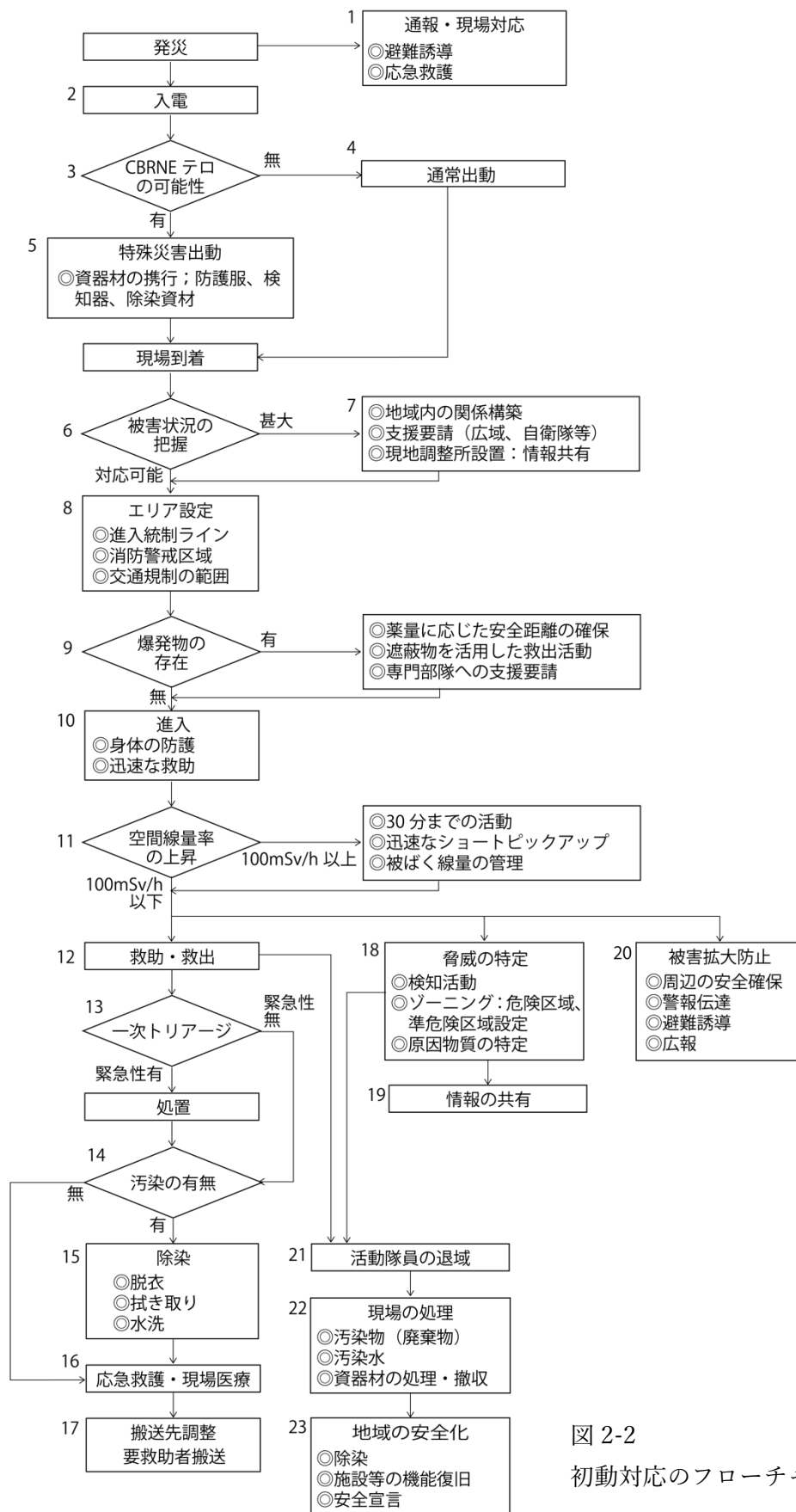


図 2-2
初動対応のフローチャート

2.4. 考察

今年度整理し、作成した避難退域時検査の効率性の向上、CBRNE テロ災害に関する教育や教材、初動対応手順、多機関連携について、それぞれの今後の展開、活用について考察した。

2.4.1. 避難退域時検査の効率性の向上

「原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル」（原子力規制庁放射線防護企画課 平成 29 年 1 月 30 日修正）では、OIL による避難する住民等の汚染状況の確認が目的であるが、車両の汚染検査で OIL4 以上となった場合、代表者の指定箇所検査を実施し、さらに OIL4 以上であれば乗員全員の指定箇所検査を実施する。この多段階の検査では、車両と代表者の移動に時間を要し、全員の指定箇所検査を実施することになった場合は、さらに時間を要することになる。そのため、検査の効率化が求められる。さらに避難退域時検査の会場には、多くの人員が配置されているが、原子力災害時には、道路状況や被災状況によってはこれだけの人員が初動から参集できない可能性もあり、検査を担当する人員を削減できる方策も必要であると思われる。そこで、通常の担当者がサーベイメーターを使用した検査よりも指定箇所検査が約 5 秒の短時間でできる測定器の導入は、効率的に検査が可能となり、人員が少なくても、短時間で大勢の検査が可能と考えられる。

また、放射線テロ災害で多数の被災者の汚染検査を実施しなくてはならないような場合にも活用できると思われるが、器材の調達の課題がある。

2.4.2. CBRNE テロ災害に関する教育、教材の充実

原子力防災には関連がない機関が CBRNE テロ災害対応をする場合は、被ばく医療、原子力災害時の対応の基礎知識や資器材を有していることは稀であると思われる。そのため、放射線テロ災害に関連する教育、訓練の機会を別途提供し、原子力災害以外でも全ての医療機関、初動対応機関が、最低限の対応ができるようにすべきである。今年度は、CBRNE テロ災害時の初動対応に関連する項目を整理し、安全と危険、リスク、防護対策の効果、および相互の関係性と判断方法、効率的かつ効果的な資器材の使用法等について教育、研修のための教材を作成した。

化学テロ災害と放射線テロ災害の基礎知識の講義と、消防署の現有資器材を使用した実習により、実際の活動における知識と検知や救助技術の向上が図られたと推測する。このような研修は、消防局、消防本部、警察の部隊の資器材がある程度同じである場合は、他の組織、部隊でも同様に実施することが可能であり、標準的な研修としての展開も可能だと思われる。より多くの関係者に教材を使用してもらうため、教材のダウンロードが可能となるウェブサイト等の作成、関係機関への周知をすることが次年度の課題である。

2.4.3. CBRNE テロ災害の初動対応手順

CBRNE 全ての脅威を考慮した対応を開始した初動の手順を明確にし、フローチャートを作成し、フローチャートの各項目の解説としてマニュアルも作成した。今後は、このフローチャートを用いた机上演習等での実効性の検証が必要である。また前述の教材と同様にフローチャートとマニュアルのダウンロードが可能となるウェブサイト等の作成、関係機関への周知をすることが次年度の課題である。

2.4.4. CBRNE テロ災害対処における多機関連携

住民および現地関係機関の職員の生命又は身体の安全確保に関する情報については、出来る限り迅速に共有することとされている¹が、このためには現地調整所が機能的に設置、運営されなければならない。しかし、現地調整所に関連する研修や講習は少なく、現地調整所での活動や情報共有の項目、方法、各機関が必要とする情報と提供できる情報を整理する必要があると考える。

放射線テロ災害を含め、CBRNE テロ災害での現地調整所の研修や訓練の機会が増えることで、各地域での原子力防災体制、救急・災害医療体制の強化に繋がるのが期待される。現状としては、訓練で現地調整所の関係機関が一堂に介し、情報共有するには、調整役の多大な努力に頼らざるを得ない。多くの地域で現地調整所に関連する研修や訓練等が開催される教育体制が整備されることで、現地調整所での活動に対し、それぞれの機関、組織の理解が促進され、安全・危険情報の共有が円滑に行われることで、初動対応機関の組織的、効果的活動が促進され、住民等への影響や二次災害の拡大防止が強化されることが期待される。

CBRNE テロ災害の訓練では、医療機関、行政、消防、警察、自衛隊等、多くの関係機関が連携するようなシナリオ作成も検討する必要がある。実動訓練が望ましいが、関係機関の現実的な状況付与等が困難であるため、図上訓練による多機関連携のために必要な情報共有、相互理解を繰り返し実施することが望ましい。

2.5. 結論

昨年度抽出した課題を元に、CBRNE テロ災害への初動対応に必要な知識と技能を習得する講義や研修のための教材を作成し、原因物質が判明しない初動対応での All hazard approach も含めた対応手順のフローチャートとマニュアルを作成した。CBRNE テロ災害の発生現場では、対応者の安全を確保した上で、検知、除染、現場医療等を実施し、医療機関へ迅速に搬送する体制が求められる。この現場活動の「病院前医療体制」は、放射線テロ災害のみでなく、化学テロ、爆弾テロなどと共通する

¹ 内閣官房「国民保護措置を円滑に実施するための現地調整所の在り方について」（平成19年4月9日）

ところもあるため、これらの対策および関係機関と連携して、教育や訓練等を含めた体制の強化、整備が求められる。そのため、作成した教材等が最大限に活用される手段を次年度に検討、実行する。

資料 2-1

令和元年度 鳥取県原子力防災訓練

1. 期間：2019年11月8日(金)～10日(日)
2. 場所：総合運動公園駐車場
3. 訓練参加人数：鳥取県：35機関 1500人数（全体としては210機関、7600人）
4. 事故想定：島根原子力発電所2号機において、島根県東部を震源とした地震による外部電源喪失後、非常用炉心冷却装置による原子炉への注水を実施する。しかし、非常用炉心冷却装置等にも設備故障等が発生し、同装置等による原子炉への全ての注水が不能となり、全面緊急事態となる。

5. 視察内容

(1) 原子力災害医療活動訓練：避難退域時検査（11月10日）

会場：名和農業者トレーニングセンター

避難退域時検査会場の設営に必要な資器材はコンテナに入れられており、原子力災害が発生した場合には、鳥取県と契約している事業者が検査会場に輸送し、会場設営をすることになっている。



図1 コンテナ
避難退域時検査会場で使用する器材がまとめられている。

車両の検査会場、避難者の検査会場の動線も整理されており、円滑な移動ができるようになっている。さらに人の検査会場は屋内であることから、雨天等の悪天候でも対応可能である。

人の指定箇所検査については、一度に指定箇所全てを5秒で検査できる新たな測定器の導入が試みられていた。測定員が1箇所ずつ検査する場合より、2倍以上の処理能力があった。

(2) 住民避難訓練、原子力災害医療活動訓練：安定ヨウ素剤（11月9日）

安定ヨウ素剤の事前配布をしていない避難者に対して、一時集結場所で安定ヨウ素剤の緊急配布の訓練であった。薬剤師による安定ヨウ素剤と問診票の説明があったが、「安定ヨウ素剤の配布・服用にあたって」に記載されている問診票を読み上げる説明であり、医療従事者ではない被災者には回答するのが難しい内容であった。

(3) 原子力災害医療活動訓練：広域医療搬送（11月9日）

地震災害に対するDMATの広域搬送訓練で、汚染のある負傷者の搬送訓練ではなかったが、DMATがSCUで自衛隊の衛生隊と野外手術ユニットと連携して医療活動、広域搬送を調整していた。

なお、実際には、災害発生から自衛隊の要請、SCUでの野外手術ユニットの展

開までは時間を要するため、このような連携がどの時点で可能であるか検証し、計画しておく必要があると思われる。災害時に多機関連携が円滑に実行できるようにするには、それぞれの役割と実現可能な対応について相互理解が不可欠である。



図2 SCU
DMAT と自衛隊との連携

資料 2-2 救急車養生訓練

1. 概要

千葉市内での放射線テロ災害発生時の放射性物質が付着あるいは被ばくした可能性がある傷病者の搬送について、安全かつ円滑に実施できるように救急車養生、化学剤検知紙の取り扱いの訓練を実施した。

2. 日時・場所

(1) 日時：2月13日（木）、2月14日（金）10時

(2) 場所：量子科学技術研究開発機構

3. 講師

岩熊真司（高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部）

菅原幸喜（放射線医学総合研究所技術安全部保安管理課）

岩部悠（放射線医学総合研究所技術安全部放射線安全課）

北村尚（高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部）

富永隆子（高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部）

4. 参加者

千葉市消防局 20名/日

5. 訓練詳細

10:00 開催あいさつ、訓練の流れ説明

10:05 検知紙実習（緊急被ばく医療施設トリアージ室）

① 検知紙の概要説明

② マネキンに付着した擬剤の判定

10:20 緊急被ばく医療施設玄関前に移動

10:25 救急車養生の概要説明

10:35 3班に分かれて3台の救急車を養生

11:30 養生終了、講評、質疑応答

11:45 養生撤収

12:00 訓練終了

6. 準備資機材

(1) 検知紙実習：擬剤（マロン酸ジエチル、サリチル酸メチル）、検知紙（シール付き）、検知紙片（40名分）、検知紙説明資料（40名分）、検知棒（8本）、ガーゼ、キムタオル、マネキン（ディスプレイ着用）、サランラップ、ゴミ袋



- ・マネキンの両下腿にそれぞれサランラップを巻き、ガーゼを固定。
- ・マネキンにディスポ術衣を着用させ、ガーゼの位置に擬剤を付着させる。
- ・汚染箇所が視覚的に判断できるようにする。

- (2) 救急車養生実習：養生説明資料（40名分）、エステクトシート、エプロテープ、エプロシート、はさみ、カッター、ろ紙シート、ラミロール、ビニール袋（90L、45L）、傘袋

7. 訓練内容

(1) 検知紙実習

- ① 化学剤及び検知紙の概要説明
- ② 検知紙（シール様式）を防護服に貼付し、汚染区域での活動時に化学剤の存在の有無を判定できることを説明
- ③ 各自で検知棒の先に検知紙を挟み、マネキンに付着した擬剤の判定（びらん剤、G剤）
- ④ 体液を模擬した水との反応の違いを確認



検知紙を貼付(○部分)

(2) 救急車養生実習

- ⑤ あらかじめ養生した救急車で養生のポイント、手順を説明
- ⑥ 車内（6名）とストレッチャー（3名）に分かれてそれぞれの養生を実施
- ⑦ 車内の機器類の使用、椅子に座った時に養生が剥がれないか確認
- ⑧ ストレッチャーの動作確認（昇降や背もたれの稼働等）後に、救急車内に搭載
- ⑨ 養生の状況確認後、養生の撤去時の注意事項を説明し、養生を撤去（1台はそのまま消防署に移動し、訓練に参加していない職員への説明、展示に使用）



○擬剤、○水



資料 2-3

汚染傷病者ヘリコプター搬送訓練

1. 概要

千葉市内での放射線テロ災害発生時の放射性物質が付着あるいは被ばくした可能性がある傷病者のヘリコプターによる搬送について、安全かつ円滑に実施できるようにヘリコプターの養生、患者搬送の訓練を実施した。

2. 日時

(1) ヘリ養生訓練 2月10日(月) 11時～12時

(2) ヘリ搬送訓練 3月3日(火) 10時～12時

3. ヘリ養生訓練

(1) 量研機構参加者

宮後法博(放射線医学総合研究所管理部工務課)

岩部悠(放射線医学総合研究所技術安全部放射線安全課)

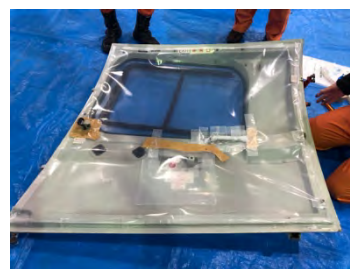
佐藤眞二(高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部)

北村尚(高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部)

富永隆子(高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部)

(2) 実施内容

- ① ヘリの形状に合わせて型抜きした養生シートを貼り付ける。
- ② ドアを外して、養生シートを貼り付ける。ハンドル等の部分は切り込みを入れる。
- ③ モニター類の前を養生シートでカーテン状に被覆し、操縦席側と隔離する。モニター類を使用する場合は、モニターの後ろ側に養生シートで隔壁を作成する。
- ④ 座席部分は、エステクトシートで養生した上に、ラミシートを使用(滑り止め)。
- ⑤ 担架部分の養生は、エステクトシートで養生した上に、ラミシートを使用。



4. ヘリ搬送訓練飛行スケジュール

- 9:00 ヘリ養生開始（千葉市消防局） 個人防護装備（タイベック着用）
量研の訓練参加者参集（緊急被ばく医療施設）、防護服着用後、ヘリポートへ
移動、REMAT 2号車待機
ヘリポート準備開始
- 10:05 平川 HP 離陸
- 10:15 量研機構 HP 着陸 放射線計測専門家、医師を同乗
- 10:25 量研機構 HP 離陸
- 10:30 花見川終末処理場 HP 着陸 傷病者収容
- 10:35 花見川終末処理場 HP 離陸
- 10:40 量研機構 HP 着陸
傷病者引渡し後、ヘリと搭乗者（航空隊）の汚染検査
- 11:15 量研機構 HP 離陸
QST 職員の防護装備脱衣
- 11:25 平川 HP 着陸
訓練終了（各組織で訓練終了の判断）
マネキン、REMAT 2号車、資機材等撤収
- 12:00 訓練終了

5. ヘリ搬送訓練詳細

- (1) ヘリ養生：千葉市消防局航空隊が実施
- (2) 9:00 訓練参加者が緊急被ばく医療施設に参集し、訓練開始
- (3) 量研機構での準備：防護装備着用（タイベックスーツケース 7-4/5 を使用）、PD 装着、承諾書取得
- (4) 量研ヘリポートで医師、放射線管理要員が搭乗後、花見川終末処理場で汚染のある傷病者を搭乗させ、量研に搬送
- (5) 搬送中のヘリ内の空間線量率の測定：0.01～0.03 μ Sv/h で推移し、異変なし。
- (6) 量研ヘリポートでの傷病者引き渡し：救急車（REMAT 2号車）のストレッチャーにマネキンを固定し、緊急被ばく医療施設へ搬送（ヘリポートの外まで移動し、終了）
- (7) 汚染検査：ヘリ内部と航空隊員（4名）の汚染検査を実施し、汚染なしを確認後、タイベックスーツ等脱



衣。養生シートは平川 HP に戻ってから撤去。

(8) 緊急被ばく医療施設に移動後、PD の値を確認（全員 $0 \mu\text{Sv}$ ）し、訓練終了。

6. 準備資機材

(1) ヘリコプター養生用資器材

養生用資機材：エステクトシート（0.3mm, 135cm 幅） 1 本、エプコテープ 4 巻、エプコシート 1 本、傘袋 1 袋、ラミロール 1 本

(2) 搬送訓練資器材

- ① マネキン（マントル数カ所貼付）、メガムーバー（マネキンの養生＋搬送用）、バックボード
- ② 防護資機材：タイベックスーツ、ゴーグル、N95 マスク、養生テープ、PD 等 30 人分
- ③ 搬送時の測定器：RadEyeB20J, RadEye PRD-ERJ, RadEye SPRDJ 各 2 台
- ④ 測定器（ヘリ、搭乗者の汚染検査用：）GM 2 台

資料 2-4

浦安市消防本部 CBRNE テロ対処研修

1. 目的

消防職員に対し、CBRNE テロ発生における現場対応要領について必要な知識と技術について情報を提供する。

2. 対象

- CBRNE に関する専門的知識は保有していない一般の隊員
- 救出を主任務とする救助隊員と、応急処置及び搬送を主任務とする救急隊員

3. 参加者数

(1) 12月16日(月)：浦安市消防本部 56名、市川市消防局 23名*、浦安市危機管理室 3名

(2) 12月17日(火)：浦安市消防本部 56名、市川市消防局 23名*

*午前中の講義のみ参加

4. 日時

12月16日(月)および17日(火) 10:00～17:00

5. 会場

浦安市消防本部 講堂

6. 時間割

- | | |
|-------------------|----------------------------|
| (1) 10:00 - 10:45 | 講義；放射線テロ災害対処 |
| (2) 10:50 - 11:35 | 講義：事故・テロ・災害時の初動対応（化学剤・爆発物） |
| (3) 12:40 - 14:40 | 簡易机上演習 |
| (4) 14:50 - 16:50 | 実習 |

7. 講師

岩熊真司（東洋紡、量研機構）
小林圭輔（量研機構）
富永隆子（量研機構）
山本荘一郎（エステイジヤパン）

8. 研修会内容

- (1) 講義：放射線テロ災害対処
- 放射線の基礎
 - 放射線テロ災害での対策：外部被ばく対策、内部被ばく対策、汚染拡大防止

- 要救助者対応

(2) 講義：事故・テロ・災害時の初動対応（化学剤・爆発物）

- テロで使用される可能性のある C 剤の特性
- 初動対応者自身の防護要領
- 救命率向上のための着意事項
- 爆発物が併用された場合の対応



(3) 簡易机上演習：8~10 人／班 × 6 班

化学テロ、放射線テロ、爆発物テロが発生した場合の軽易な状況を作為し、初期情報に基づく状況判断と対応要領について討議した。



(4) 実習

① 電子式個人線量計の動作確認（5分）

電源を入れて、使用方法、注意事項を説明後、タイベックスーツの中に着用する。

② 個人防護装備（15分）

タイベックスーツ、マスク、ディスポ帽子、ゴム手袋二重、靴カバーを着用し、テープで目張りする。着用の前にパウチしたマントルを各自適当に隠す。

③ 化学剤検知（30分）×2回

擬剤（サリチル酸メチル、マロン酸ジエチル）を用いて、被服が汚染されたことを想定し、擬剤を浸したガーゼと水を浸したガーゼを設置し、化学剤検知器（LCD3.3）と検知紙を使用して化学剤の検知実習を行った。化学剤検知器は気状の化学剤を、検知紙は液状の化学剤を検知するため、その特性に応じた運用場面を作為するため、気状化学剤が滞留しやすい室内と、風向により気状化学剤が流動する屋外において実習を行い、化学剤検知器及び検知紙を組み合わせた効果的な使用法について習得させた。



④ 放射線検知（30分）×2回

室内に表示付認証機器 5 個を隠し、3 人一組（10 班）で、1 人が記録、2 人が空間線量計各 1 台を使用して、 $0.5\mu\text{Sv/h}$ のエリアを設定できるように放射線マッピングする。測定器によっては、マイクロ、ミリなどの単位も確実に確認、報告することを指導した。



約 30m² 程の会議室で、20 分ほどの時間を要すること、測定していない場所

は、危険性を確認できていないことを認識し、実際には、救助活動の場所、動線を優先して測定することを指導した。

⑤ 脱衣（10分）

汚染拡大防止に注意しながら、個人防護装備を脱衣し、個人線量計の値を確認する。

⑥ 汚染検査（30分）

3人一組となって、検査者、被検者、記録者を決め、汚染検査する。

測定器の台数に応じて、単位時間あたりに汚染検査できる隊員数が決まることを確認し、活動計画に反映できる知見等を習得させた。

※方法；①、②、⑤、⑥は全員で実施。③、④は2つに分かれて、同時並行で実施。

資料 2-5

浦安市消防本部 CBRNE テロ対処机上演習

1. 目的

CBRNE テロ発生時の現場対応、現地調整所での活動について、関係機関との連携、協力、役割分担等を検討し、相互理解を深める。

2. 参加者：54 名

- (1) 浦安市消防本部（24 名）；指揮隊、救助隊、ポンプ隊、救急隊の各隊員
- (2) 行政（3 名）、警察（7 名）、近隣消防（10 名）、医療機関（2 名）、事業者（10 名）

3. 講師

岩熊真司（東洋紡、量研機構）

奥村徹（中毒情報センター）

國府田洋明（帝京大学）

富永隆子（量研機構）

4. 開催日時

2019 年 12 月 19 日(木)13:00 – 17:00 机上演習

5. 机上演習想定

(1) 想定：駅でサリンが散布され、30 名程度が暴露した。さらに 100m ほど離れた地点で塩化セシウムのダーティボムが爆発し、5 名ほどが負傷した。

(2) 討議事項

- 通報から出動までの対応方針
- 複合の事象が発生した時の現着からの状況判断と対応要領
- 広報、避難に関する調整
- 医療機関への搬送調整、受入調整

資料 2-6

市川市消防局 CBRNE テロ対処机上演習

1. 目的

CBRNE テロ発生時の現場対応、現地調整所での活動について、関係機関との連携、協力、役割分担等を検討し、相互理解を深める。

2. 参加者：72名

- (1) 市川市消防局（33名/日×2回）；指揮隊、救助隊、ポンプ隊、救急隊の各隊員
- (2) 警察（3名/日×2回）

3. 講師

岩熊真司（東洋紡、量研機構）

國府田洋明（帝京大学）

富永隆子（量研機構）

4. 開催日時・会場

- (1) 2020年1月20日(月)9:00 - 12:00 市川市消防局ホール
- (2) 2020年1月21日(火)9:00 - 12:00 市川市消防局ホール

5. 机上演習概要

- ・ 4つの消防署から参加
- ・ 消防署毎に班分け（3班）し、西署の救助隊は各班に応援部隊として配置
- ・ 3つの班毎に発災場所（駅）が異なるが、想定は同じ
- ・ 現有の資器材と部隊で検討
- ・ 各班にファシリテーター1名を配置

6. 机上演習想定

- (1) 想定：駅の改札前で、ダーティボム（塩化セシウム、TATP）とサリンを所持した男性1名が嘔吐（高線量被ばくの前駆症状）し、駅員と通行人が介抱し、救急通報。救急隊到着時には、サリンが漏出し、男性は痙攣等発症、駅員、通行人もサリンに暴露され、発症。さらに救助隊到着時には駅員、通行人は症状が進行し、他2名にもサリンによる症状が出現している。

(2) 討議事項

- ・ 通報から出動までの対応方針
- ・ 事態が想定と異なる、あるいは被害が拡大している時の到着からの状況判断と活動方針の変更
- ・ 第1報ではCBRNEテロ災害の判断ができない場合の活動の変更



資料 2-7 CBRNE テロ対策合同訓練

1. 訓練概要

開催日時：2019年6月12日(水)13:30 - 15:00

開催場所：国際空港内

参加機関：警察、消防本部、国際空港株式会社、警備会社等

訓練内容：CBRNE テロを想定した実働訓練

訓練想定：国際空港第2旅客ターミナル到着ロビーにおいて、大きな爆発音と閃光があり、煙が立ち込めている。周辺には多数の負傷者が倒れており、多くの人が現場から避難している。検知の結果、爆発現場周辺からは放射線が検知された。

2. 訓練内容

発災通報から現場出動、検知活動、救助活動、避難誘導、一次トリアージ、汚染検査、除染活動、指揮所設置、現地調整所設置、搜索、救急搬送を実施していた。

(1) 発災通報から現場出動

到着ロビーでの爆発により多数の負傷者が発生し、警備員が避難誘導や負傷者への声かけの対応をしていた。ただし、警備員は呼吸保護のためのマスク等は着用しておらず、これは、放射線を検知した後も同様であった。



(2) 検知活動

消防と警察が同時に爆発現場である建屋内に進入して検知活動を実施した。消防については、化学剤等の有毒ガスと放射線の検知結果をリアルタイムで伝送し、指揮本部などの遠隔地でデータを共有できる CBRNe クラウドシステムを使用していた。化学剤は検知されず、建物の出入り口付近で放射線 100 μ Sv/h を検知したとの想定であった。屋内の放射線量率の検知結果は見学者には情報がなかった。



(3) 救助活動、避難誘導

検知のために進入してきた消防と警察によって、歩行可能な被災者は屋外へ避難誘導され、歩行不能の負傷者は消防と警察とで、検知活動と同時に救助されていた。迅速に危険区域から救助するために、一人あるいは二人で要救助者を屋外へショートピックアップしていた。その後、別の救助隊によって一次トリアージ



エリアまで担架で搬送されていた。

(4) 汚染検査、除染活動

歩行不能の負傷者は、救助後一次トリアージエリアに搬送され、止血の応急処置後に除染、汚染検査という処置の手順であったが、除染テントの立ち上がり、汚染検査の順番待ちの状況が続き、複数の負傷者が一次トリアージエリアに滞留していた。

歩行可能の被災者については、避難誘導後、汚染検査を実施し、汚染があれば脱衣の方法を説明しながら、脱衣をさせていた。この時、内部被ばくへの対策として使い捨ての防塵マスク(N95)を着用させていた。

(5) 捜索

警察により不審物の捜索などなされたが、防護装備としてタイベックスーツとシューズカバーを使用していた。屋外を歩き回って捜索していたため、シューズカバーが破損し、汚染拡大防止の機能を失っていた。



資料 2-8 国際空港エマルゴ訓練

1. 訓練概要

開催日時：2019年7月11日(木)10:00 - 16:00

開催場所：国際空港内 多機能施設

参加機関：警察、消防機関、医療機関、警備会社等

訓練内容：CBRNE テロを想定したシミュレーション訓練

(エマルゴトレーニングシステムを使用)

訓練想定：第1旅客ターミナル北ウィング到着ロビーで、何者かがペットボトルに入った液体をベンチのそばで床にこぼし、立ち去った。その後、原因不明だが、数人が倒れたと消防に通報あり。NBC 出動、毒劇物対処の指令となった。現場ではサリンが検知された。

2. 訓練内容

(1) 国際空港 CBRNE テロ対策合同訓練振り返り

- ・ 6月12日に実施された訓練をDVDで供覧した。

(2) 各エリアでの検討

- ・ 参加者の約半数は、本訓練の参加が初めてのようであり、訓練の進め方やルールの説明といった事前演習を各エリア、活動部隊に分かれて実施した。

(3) エマルゴトレーニングシステム※による訓練

- ・ 活動部隊ごとに状況を付与し、活動方針を検討し、訓練の時間想定に合わせて対応の結果を反映させ、全ての要救助者の救助完了と医療機関への搬送の途中までを実施した。
- ・ 被災者の汚染状況として、液滴の付着はフィギュアに赤いマークがついている。
- ・ 被災者発生からの対応の時系列は下記の通り。

12:50 原因不明で複数名が倒れているとの通報により、NBC 第三出動、毒劇物対処での出動指令

13:05 出動から到着までの状況を全体で共有。ビルから 100m 手前で集結、周辺は立入り規制し、20 人ほどは歩行可能で、ターミナルビルの外に出てきている。

13:15 レベル A 防護装備で進入し、屋外では検知無し、屋内でサリンを検知

13:58 消防による現場からの救助完了

14:00 サリンを検知した情報が医療機関へ伝達

14:16 一次トリアージエリア、除染エリアを経て、一人目が二次トリアージエリア、救護所に到着

14:17 医療チームが救護所に到着し、酸素投与の処置開始

14:40 赤タグ2名が医療機関へ搬送

14:45 二次トリアージエリアで被災者18人が滞留。救護所には6名が搬送の待機状態。

15:00 訓練終了

- ・ 酸素投与や気道確保が遅れたため、30人の被災者のうち、4人が死亡と判定された。
- ・ 訓練終了後に、各部隊でフィードバックし、活動報告及び訓練総括を実施した。

※エマルゴトレーニングシステム；エマルゴトレーニングシステム®とは、スウェーデンのリンショーピング大学病院に隣接された Centre for Teaching and Research in Disaster Medicine & Traumatology（災害医療・外傷学教育研究センター）にて20年以上前から地域とともに開発されてきた救急・災害医療の机上シミュレーションによる研修法である。

災害を想定し、医療従事者及び被災者に見立てたマグネット人形を使用し、これらを白板上で災害現場や病院などに移動する。これらは設定された病床数・増床数職員数・限られた資源を用い、訓練上の時間経過に沿って行われ、評価は、設定された対応法の妥当性及び避けられた合併症避けられた死の有無の検討で行われる。様々な職種の方が参加することが有用であり、行政職員、自衛隊警察、消防、病院関係者などがトレーニングに参加することにより実災害に近い訓練となる。

資料 2-9

医療機関における CBRNE テロ災害訓練

1. 概要

医療機関で化学テロ災害に対応するための院内のマニュアルの検証、職員の対応能力向上のために開催された CBRNE テロ災害訓練に講師および評価者として参加し、all hazard approach による医療機関での初期対応について、課題等を抽出し、解決策を検討した。

2. 日時

2019年6月10日(月) 9:00～17:00

9:00～9:15	訓練概要説明
9:20～10:00	基調講演「CBRNの基礎」 岩熊真司氏(東洋紡、量研客員研究員)
10:00～10:45	基調講演「化学テロ災害初動 より多くの命を救うために」 奥村徹氏(日本中毒情報センター)
10:55～11:30	チームビルディング
13:30～15:00	実動訓練
15:30～16:00	講評

3. 参加機関

医療機関、陸上自衛隊、名消防、警察、日本中毒情報センター、東洋紡、量子科学技術研究開発機構

4. 訓練想定

地下鉄駅構内でサリンが散布され、多数の被害者が発生した。現場から自力で受診および救急搬送された多数の患者について、自衛隊、消防、警察の関係機関と連携して、被害者の初療、除染等を実施し、処置をする。

5. 評価項目と内容

● 実動訓練の実施

平日の通常診療時間帯にこの規模の訓練を行った医療機関には敬意を表したい。雨天にもかかわらず、実務者から病院上層部まで数多くの参加者が熱心に訓練に取り組まれていた。自衛隊との連携においては、自衛隊家族が配偶者、幼児、乳児にいたるまで模擬患者として参加しており、それだけ実際的に訓練できていた。これは国民保護訓練等各種テロ対策訓練としてはかつてない被災者想定への取り組みであり、他の地域でも大いに参考にすべきものだと思われた。

● All hazard approach での放射線検知のタイミング

訓練想定が化学剤と周知されていたため、放射線検知、放射線防護の活動がなかった。テロ災害時には、すべての脅威について考慮し、対策を講じる必要がある。

その中で、放射性物質による汚染がある場合、院内に汚染を持ち込まないように汚染検査を実施するべきである。また、個人被ばく線量計を装着していないため、対応後に放射線の関与が判明した場合には、被ばく線量の管理が困難となることが予想された。

- 職員の安全確保

化学テロ対応の防護装備としては、「TST 防護服ユニット」が4着程あり、除染担当のエリアで装着していた。しかし、一次トリアージエリアでは、現場から直接来院した被害者、および現場除染の実施が不明な傷病者が搬送されてきた場合でも現場の対応に当たる職員が感染防護衣、N95 マスクを装着して対応しており、化学テロ対応としては、安全確保ができていない状況であった。さらに、汚染が疑われる被災者の除染においては、TST 防護ユニットを装着した職員と感染防護衣と N95 マスクの職員が除染エリアで混在して除染しており、化学テロ対応としては、危険であった。



除染が必要な被災者に感染防護衣、N95 マスクで対応

- エリアと動線の設定

赤タグの重症者を除染テントで水除染後に、ストレッチャーで救急外来まで移動しており、その動線は自力歩行者の脱衣後の動線と同じであった。院内で重症者の対応をしているその横に自力歩行者が待機している場面があった。エリア設定としては、重症者が他の被災者の目に触れずに、救急外来に搬入される動線が必要であった。



除染エリアで「TST 防護服ユニット」での対応と感染防護衣、N95 マスクで対応が混在

今回は 30 名程度の被害者の想定で、ほとんどが自力歩行であったが、自力歩行者の一次トリアージの受付と搬送されてきた重症者の受け渡し場所と一次トリアージの場所が同じであったことは、汚染の可能性が低い自力歩行者と汚染が残存している可能性のある重症者が混在し、交差汚染の危険が予想される。



重症と軽症の患者の動線が同じ

- 現場除染の有無の確認

現場から救急搬送された負傷者について、現場除染の有無の確認がなかった。さ

らに除染後であっても、汚染の残存がないかなどの確認がなく、そのまま救急外来に搬入していた。この場合、化学剤の汚染残存があった場合は、院内での対応者の二次被害の発生が予想された。また、せっかく現場除染が行われていても重ねて除染することになり、効率の悪い対応になりかねなかった。

- 水除染

自力歩行不能な重症者に対して水除染を実施していた。さらに水をかけるのみであり、拭き取りなどは実施されていなかった。患者到着前には原因物質がサリンと判明していたこと、視認できる汚染の付着がないことを考慮して、脱衣と拭き取りによる乾的除染を選択できたと思われる。

また、汚染水の処理が不適切なためテント内に汚水が溜まっており、除染対応者がその水の中に入ることもあったため、汚染が拡大し、二次被害が拡大してしまうと予想された。これは放射性物質であっても同様であった。



水をかけるのみの除染
ふき取りなどされなかった

- 除染後の確認

多くの被災者を水除染する場合、十分に時間をかけて綿密に除染する時間的余裕はなく、除染の効果を確認せずに病院内へと搬入するのは危険である。より多くの被災者に努めて早く医療処置を施す為にも、効率的な除染と除染効果を確認し安全を確保することが必要である。

- 多機関連携として地域の医療機関等との情報共有

重症者への薬剤（アトロピンとパム）の院内在庫の確認がなされていたが、多数傷病者への対応が必要となった場合は、地域内での薬剤の調達等が必要であり、行政や他の医療機関等との被災者の受け入れ状況などについて情報共有が必要であった。さらに消防機関やメディカルコントロールとして、患者の分散搬送や他の医療機関への転院搬送の調整も必要であったと思われる。

今回は、医療機関での受け入れ、除染を主体にした訓練であったため、一部、歩行可能者への脱衣後の事情聴取は県警が対応していたのみであった。このようなテロ災害の想定では、警察、消防、行政、他の医療機関不可欠である。

- 症状のない歩行可能者への対応

地下鉄構内のテロでは、被災者は数千人規模となると予想される。その中には化学剤に暴露されていなくても来院する被災者われるが、すべての被災者の一次トリアージに START 法による呼吸と脈拍の確認をしていたら時間がかかってしま

うと考えられる。化学テロに特化した簡易スコアでのトリアージを検討する。

- 幼児、小児への対応

幼児や小児の生理学的徴候や異常の判断には、小児科医、小児病棟・外来の看護師の協力が必要であったと思われる。



START 法による受付でのトリアージ。小児科医の協力も必要。

3. 【調査研究2】医療機関での受け入れ体制整備

3.1. 本年度の研究計画

全国の医療機関の被ばく医療の診療能力の向上により迅速かつ適切な被ばく医療を提供する手段の開発を目的とする。

昨年度提案した原子力災害医療の研修の体系化に基づいて実施される研修の状況を調査し、研修の課題を整理し、作成した標準テキストを改訂する。また、昨年度提案した初療マニュアルについても、現場除染なし、または乾的除染で医療機関が傷病者を受入れるために必要な項目を整理した上で、フローチャートを修正し、マニュアルを作成する。

3.2. 検討の経緯

調査研究2を担当する研究協力者、研究参加者による検討会を4回開催（第1回～第4回）し、以下の項目について議論した。

- 原子力災害医療に関する研修の体系化
- 原子力災害医療に関する高度専門研修
- 原子力災害医療に関する研修で使用する標準テキスト改訂
- 原子力災害拠点病院等での全職員向けの研修資料
- 標準テキストの公開
- 被ばく医療の初療のフローチャートとマニュアル

検討会の開催日程は下記の通りである。

1. 第1回検討会

日時：2019年8月9日(金) 14:00 – 17:00

場所：フクラシア丸の内オアゾ

東京都千代田区丸の内 1-6-5 丸の内北口ビルディング 15階

- 議題： 議題1：事業概要説明
議題2：研修実施報告・開催予定
議題3：標準テキスト公開・改定作業
議題4：医療機関の初療マニュアル
議題5：今後のスケジュール

2. 第2回検討会

日時：2019年9月13日(金) 14:00 – 16:00

場所：フクラシア東京ステーション

東京都千代田区大手町 2-6-1 朝日生命大手町ビル

- 議題： 議題1：標準テキスト改訂について

議題 2：医療機関の初療マニュアル

議題 3：その他

3. 第 3 回検討会

日時：2019 年 12 月 25 日(水) 14:00～16:00

場所：フクラシア丸の内オアゾ

議題： 議題 1：研修開催報告

議題 2：標準テキスト改定について

議題 3：標準テキストの新規作成（医療機関向け研修資料）

議題 4：医療機関における初療マニュアル

議題 5：その他

4. 第 4 回検討会

日時：2020 年 1 月 27 日(水) 14:00 – 16:00

場所：フクラシア丸の内オアゾ

議題： 議題 1：研修体系化案について

議題 2：標準テキスト改定について

議題 3：標準テキスト公開について

議題 4：バイオアッセイ研修について

議題 5：その他

3.3. 結果

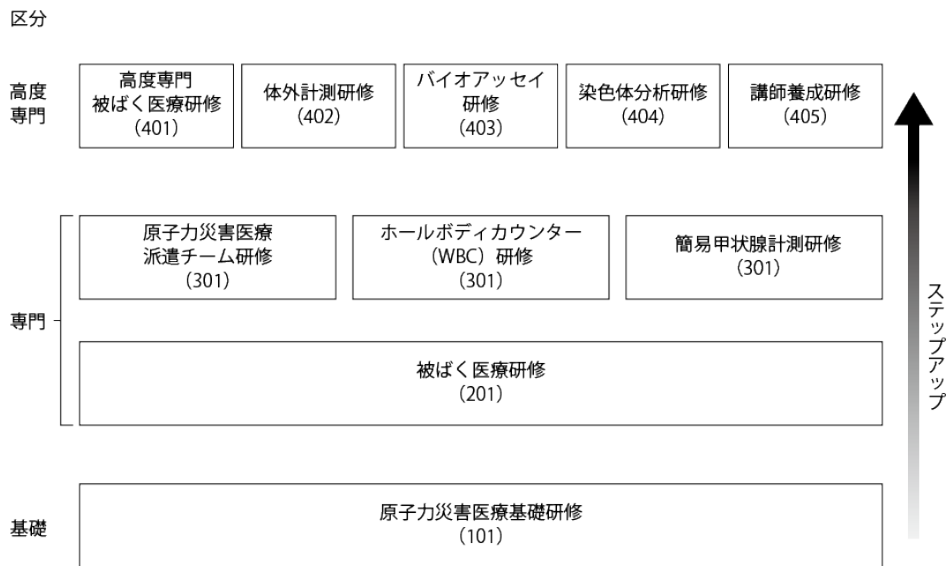
3.3.1. 原子力災害医療に関する研修の体系化

昨年度に提案した原子力規制庁の委託事業として実施してきた原子力災害医療の研修体系化（図 3-1）を【検証 1】での研修の実施の結果も踏まえて、再度検討し、修正案（図 3-2）を提案した。高度専門研修のバイオアッセイ研修と染色体分析研修の受講対象者は必ずしも基礎研修、専門研修（中核人材研修、派遣チーム研修など）のステップアップの過程を経由せず、専門技術を持った人材が全国各地から受講することを想定している。そのため、各研修にはコースコードを付与し、基礎研修が 100 番台、専門研修の被ばく医療研修が 200 番台、専門研修としての原子力災害医療派遣チーム研修、WBC 研修、甲状腺簡易計測研修が 300 番台、高度専門研修が 400 番台と提案していた中で、バイオアッセイ研修と染色体分析研修は、コースコードを変更した。

なお、基礎研修を修了して、専門研修の原子力災害医療中核人材研修を修了して、原子力災害医療派遣チーム研修、ホールボディカウンター（WBC）研修、簡易甲状腺計測研修を受講するステップアップとしている。原子力災害医療派遣チーム研修終了後に、高度専門被ばく医療研修、講師要請研修を受講し、ホールボディカウンター（WBC）研修終了後に講師要請研修と体外計測研修を受講するステップアップを提

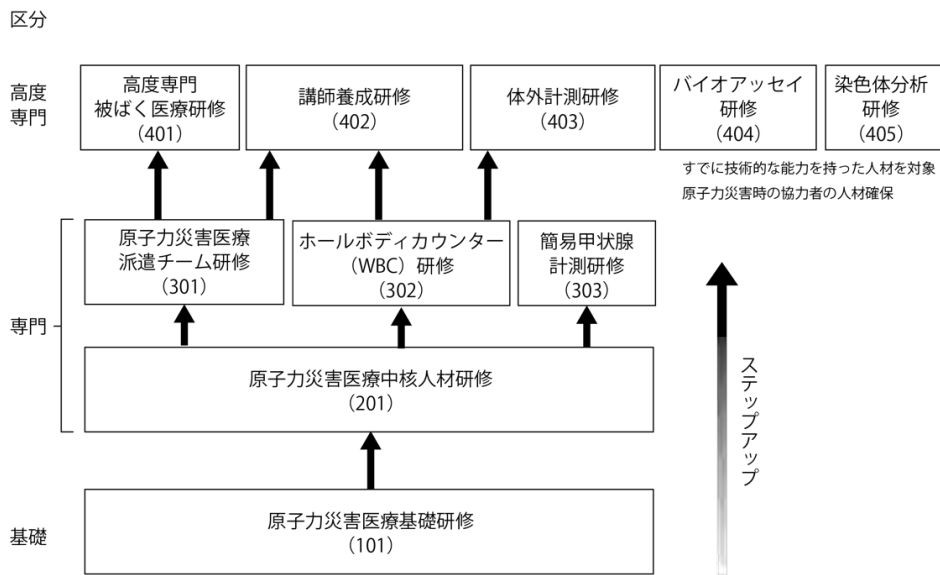
案した。

来年度以降は、提案した原子力災害医療に関する研修の体系化で各地域、高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センター等で開催予定である。研修制度は、基幹高度被ばく医療支援センターに設置される「被ばく医療研修認定委員会」で基準等が設定され、研修および受講者の修了認定がなされる予定である。さらに研修と人材の一元管理のシステムも基幹高度被ばく医療支援センターで構築しており、来年度から稼働する予定である。



()内の数字はコースコード

図 3-1 2018 年度に提案した原子力災害時の医療に関する研修体系化案



()内の数字はコースコード

図 3-2 本年度修正した原子力災害時の医療に関する研修体系化案

3.3.2. 原子力災害医療に関する高度専門研修

前述の新たな研修体系化の中で高度専門研修として、高度被ばく医療支援センターと原子力災害医療・総合支援センターの職員を対象とした研修を提案している。現行の原子力災害医療に関する研修は、各地域の原子力災害拠点病院での被ばくあるいは汚染のある傷病者の受け入れのための研修であり、高線量被ばくの病態や治療、内部被ばくの専門的な治療や線量評価、あるいはより複雑な状況（複数の核種が関与している場合など）での体外計測などに関する高度専門的な研修の機会がなかったという問題の解決策の一つとして提案した。高度被ばく医療支援センターとして、バイオアッセイによる線量評価が可能となる技術を有した人材を、さらに各センターに1～2名程度増員できるようにすることが目標である。

本研究事業において、「バイオアッセイ研修」と「染色体分析研修」を実施した（【検証1】参照）。なお、高度専門被ばく医療研修は、基幹高度被ばく医療センターの委託事業として実施した。

(1) バイオアッセイ研修

昨年度、試行的に量研機構で実施したバイオアッセイ研修により研修内容を取りまとめた（【検証1】参照）。

次年度以降は、基幹高度被ばく医療支援センターにおいて高度専門研修として実施予定である。施設の受入の状況によるが、1回の研修で2～3人の研修生を受け入れることが可能であると想定している。

(2) 染色体分析研修

今年度は、日本人類遺伝学会臨床細胞遺伝学認定士制度の更新単位として染色体分析研修を申請し、実施した【検証1】参照）。日本人類遺伝学会臨床細胞遺伝学認定士制度は、臨床検査として染色体検査にたずさわる医師、研究者および技術者を対象として、臨床細胞遺伝学の専門家の養成と認定を目的としており、染色体分析の基本的な知識と技術をすでに保持している人材であることから、被ばく線量推定での染色体分析の画像診断の知識を習得することで、被ばく医療での染色体分析の支援者としての活躍が期待できる。

3.3.3. 原子力災害医療に関する研修で使用する標準テキスト改訂

昨年度は、原子力災害医療に関する研修の体系化で示した研修のうち、基礎研修、被ばく医療研修、原子力災害医療派遣チーム研修、WBC（ホールボディカウンター）研修、簡易甲状腺計測研修については、必要な講義項目を整理し、内容が極力重複しないように講義資料を作成した。本年度は、この標準テキストを使用して、基礎研修、原子力災害医療中核人材研修、原子力災害医療派遣チーム研修を実施して使用し、標準テキストを改訂した（別添資料）。主な改訂は、次のとおりである。

- ・ 原子力防災体制：体制図を変更
- ・ 安定ヨウ素剤：安定ヨウ素剤の配布・服用に当たって（令和元年7月3日全部改訂）に合わせて修正
- ・ 医療機関の原子力災害対策：診療エリアのレイアウト図の修正
- ・ 外部被ばくと内部被ばくの線量評価：安定ヨウ素剤のスライドと同様に修正
- ・ その他：誤字等の修正

3.3.4. 原子力災害拠点病院等での全職員向けの研修資料

「原子力災害拠点病院等の施設要件」により、原子力災害拠点病院は原則として時施設の全職員に、原子力災害医療協力機関は原子力災害対策に係る所属職員に対する教育研修を定期的実施することとなっている。このため、原子力災害拠点病院等の事務職員を含めた全職員向けの資料として、各施設の役割や最低限必要な知識を効率的に短時間で習得できるように原子力災害医療に関する研修で使用する標準テキストに準じて作成した（別添資料）。

3.3.5. 標準テキストの公開

作成した標準テキストは、誰でもがダウンロードし、活用できるように量研機構のウェブページで2020年3月より公開した。活用状況を把握するためにダウンロードを希望する者には、勤務地（47都道府県）、勤務先属性、使用目的を申請した後にダウンロードサイトのIDとパスワードを送付する仕組みとした。また、それぞれのテキストのダウンロードのためのクリック数を把握できる。

原子力災害医療研修テキストのダウンロード

URL : <https://www.qst.go.jp/soshiki/101/37231.html>

テキストダウンロード申請

<https://www.qst.go.jp/ques/questionnaire.php?openid=18&check>

3.3.6. 被ばく医療の初療のフローチャートとマニュアル

現場除染なし、または乾的除染で医療機関が傷病者を受入れるために必要な体制整備として、被ばく医療の診療マニュアルやプロトコルが必要であることから、昨年度は、救急外来等で外部被ばく、あるいは内部被ばく、または放射性物質が皮膚や創傷部に付着した傷病者を受け入れた時の初療について、外来で必要な処置や検査を一つの流れとしてフローチャートを示し、フローチャートを組み込んだ診療記録用紙も作成した。今年度は、このフローチャートを見直し、CBRNE テロ対応の All hazard

approach の視点で、救急外来等における初期診療のフローチャートに変更した。さらにフローチャートの各項目の解説を作成し、医療機関における初期診療マニュアルとして作成した（別添資料）。

マニュアルの作成に際しては、医療機関における CBRNE テロ災害訓練の視察（資料 2-9）により見出した課題も踏まえ作成した。

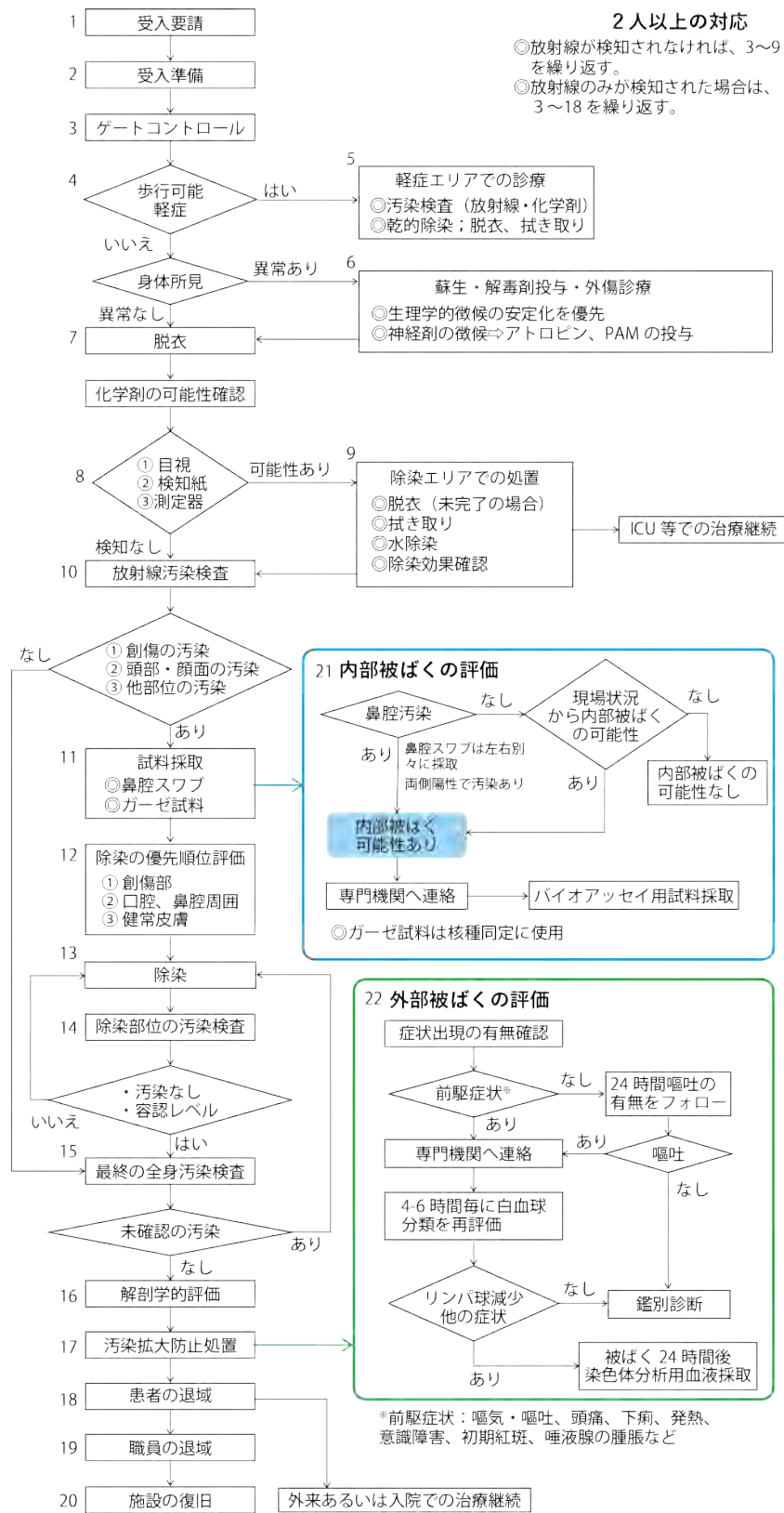


図 3-3 被ばく医療の初療フローチャート

3.4. 考察

3.4.1. 原子力災害医療の研修の今後の展望

昨年度提案した原子力災害医療の研修として体系化案、標準テキスト、研修制度により、今年度は試行的に研修を開催した。研修制度については、基幹高度被ばく医療支援センターに設置される被ばく医療研修認定委員会において研修の認定基準や研修終了の基準等が決定され、令和2年度より新体系化の研修が実施されることになっていることから、本研究事業の成果が原子力防災体制整備において活用される見込みである。

今後は、標準テキスト等の教材の活用状況を調査し、再度内容を検証し、より使い易く、学習効果のあるテキストに改定していく必要もある。また、研修には測定器の取り扱いやシミュレーションなどの実習も必要であり、これらの実習の項目、指導要領についても今後検討が必要である。ただし、実習は、それぞれの研修の主催者である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各施設の状況や資機材、指導者によって柔軟に対応すべきであり、実習の指導要領は各高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターで作成されるべきである。

各研修の講師は、高度専門研修の修了者が担うことが望ましいことから、本研究事業で提案している講師養成研修の内容を検討し、試行的に実施する。また、提案している高度専門研修のうち、体外計測研修は研修内容の検討が終了していないため、次年度は研修内容を研究協力者、研究参加者によって検討し、試行的に研修を開催する。

3.4.2. 包括的被ばく医療に関する課題と今後の展望

外部被ばく、内部被ばく、放射性物質による汚染の傷病者に対する処置、診断、治療は、原子力災害でも放射線事故、テロでも発生原因にかかわらず同じである。そのため、医療機関での処置については、事故や災害発生の原因ごとに区別する必要はない。しかし、その教育に関して、原子力災害対策重点区域（24道府県）とそれ以外の地域（23都県）では、機会に差があり、それぞれ別の教育方法を用意する必要がある。また、原子力災害対策重点区域以外の地域において、被ばく医療の教育や訓練を実施するには、CBRNE テロ災害対応などの動機付けが重要である。原子力災害時の医療対応のみを対象としていては、他の地域の救急・災害医療の関係者の参画の機会が失われる可能性があるため、今後は、包括的被ばく医療としての研修制度の設計、運用あるいは統合することも検討すべきである。さらに全国の救命救急センターや各地域のDMAT 隊員への被ばく医療の研修の開催を支援する体制構築が望まれる。また、作成したマニュアルや教材が、多くの医療関係者が活用できるように提供方法の検討が必要である。

本年度作成した初期診療のためのマニュアルには、下記の点を追加することを次年度は検討する。

- 職員の安全確保
対応する職員の安全確保は必須であり、CBRNE テロ災害で、最初に化学剤の脅威を否定できない場合は、化学防護服の着用、全面マスクと吸収缶による呼吸保護が望ましい。また、これらの着用には、事前に練習して、適切に着用できるようになっておく必要がある。一方で、全面マスクは高価で、対応する全職員分を準備することは困難であり、また、全面マスクを装着した状態で患者対応をすることは症状の確認が難しく、患者の不安感を増長する点において好ましくなく、使い捨てのサージカルマスクよりも安全性があり、重装備にはならない程度の簡易防毒マスクも必要となるものと思われた。化学剤への対応で、後から放射性物質による汚染が判明しても、十分に対応可能である。
- エリアと動線の設定
放射線テロ災害や原子力災害のみでなく、化学剤テロ災害にも対応可能となるように、汚染による重症者と汚染の可能性の低い自力歩行可能者が交差したり、同じエリアに滞在しないで済むような動線とエリアの設定を事前に検討する必要がある。また、汚染の可能性のある地域と、非汚染地域を明確に区分し、誰が見ても明瞭に認識できるよう明示すべきである。
- 症状のない歩行可能者への対応
症状のない歩行可能者への対応を医療機関で実施すると、処置が必要な被災者への対応の人員を裂かなければならなくなる。そのため、行政等と連携し、相談窓口の開設や避難所等での対応について調整すべきである。RN テロ災害でも放射性物質の付着のみで被ばくがない被災者が、医療機関に搬送されることなく、汚染検査と除染ができる体制が必要である。
また、化学剤テロ時に迅速に生理学的徴候の異常を判断できる基準やスコアを整理し、活用することも検討すべきである。

3.5. 結論

昨年度提案した原子力災害時の医療に関する研修の体系化、標準テキストを再検討し、修正、改訂した。次年度はこれらの研修体系化での標準テキスト等の教材の活用状況を調査し、必要な修正箇所等を検討し、修正する。

高度専門研修については、講師養成研修、体外計測研修の内容を検討し、試行的に開催する。

また、原子力災害以外の被ばく医療については、初期診療の手順を検討し、フローチャートと初療マニュアルを作成した。次年度は、医療機関における包括的被ばく医療の対処能力の向上に貢献できるように作成したマニュアルや教材を広く活用してもらうための方策を検討する。

4. 【調査研究3】専門的支援体制等の整備

4.1. 本年度の研究計画

専門的支援の充実による初動対応、被ばく医療の実効性向上を目的とする。

専門機関、染色体および物理学的線量評価のネットワークを活用した被ばく線量評価、被ばく医療等の専門的支援に必要な項目、課題を整理する。平常時、災害時に活用できる専門的支援における情報共有システムについて課題等を整理し、システムを設計する。また、既存の広域災害救急医療情報システム（EMIS）や健康危機管理支援ライブラリー（H-CRISIS）との連携についても検討する。

4.2. 検討の経緯

昨年度整理した専門的支援体制に必要な項目と課題を再度検討し、染色体分析の人材確保について、さらに実効的な方法について、被ばく医療の専門機関である量研が設置している高度被ばく医療支援センター連携会議線量評価部会の部会長等と検討した。

さらに専門的支援として、G20 大阪サミットでの実際の対応を含め、現地派遣の専門家による脅威や原因物質の検知結果を派遣元の災害対策本部等で共有できるシステムとして CBRNE クラウドシステム等の最新の検知器、検知システムを使用した検討を行った。また、CBRNE テロ災害時の専門家と初動対応機関との連携や専門的支援についても、実際の活動等を元に検討した。

情報共有システムについては、既存の広域災害救急医療情報システム（EMIS）の項目等を確認し、量研放医研で運用している「緊急被ばく線量評価情報共有・伝達システム」を利用して、量研放医研からの専門家派遣時の情報共有、量研放医研以外の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派遣者との情報共有について、システムの設計に着手できるようにした。

原子力災害時の医療チームの連携についても学会等で最新の知見を収集し、シンポジウム等で討議された内容をまとめた。

これらは、研究協力者、研究参加者が2回の検討会で検討し、取りまとめた。なお、検討会は、調査研究1および3、検証1をまとめて開催した。

4.3. 結果

4.3.1. ネットワーク会議を活用した専門的支援

調査研究2で提案している原子力災害時の医療に関する研修体系の中で、高度専門研修の一つである染色体分析研修を受講した日本人類遺伝学会臨床細胞遺伝学認定士を、染色体分析の支援者として登録し、事故や災害時に支援を依頼することを検討している。この専門的支援体制の構築には、実施主体、支援要請の基準や制度設計が

必要である。また、画像診断を依頼する際には、運用方法、画像の受け渡し方法、結果の受け渡し方法などを決めておく必要がある。

日本人類遺伝学会の臨床細胞遺伝学認定士は、2019年4月時点で、全国に179名、指導士は61名おり、認定士・指導士のうち87名は立地隣接道府県の医療機関に所属している。ただし、原子力災害拠点病院、原子力災害医療協力機関に所属している認定士は17名、指導士は8名である。さらに高度被ばく医療支援センターに所属している認定士は量研放医研、弘前大学、広島大学、長崎大学に各1名おり、指導士は量研放医研、弘前大学、広島大学に各1名である。原子力災害対策重点区域外の機関に所属している認定士・指導士は、153名であり、この認定士・指導士から、被ばく医療での染色体分析で協力を得られると多数の染色体分析による線量評価が可能となり、線量評価体制の充実にもなる。しかし、原子力災害対策重点区域外の機関に所属している場合は、被ばく医療の線量評価における染色体分析の画像診断の研修の機会が皆無でありことから、この認定士・指導士への研修が不可欠である。今年度は、【検証1】で記載しているように高度専門研修として、染色体分析研修を実施した。

物理学的線量評価のネットワークを活用した専門的支援体制としては、高度被ばく医療支援センター連携会議線量評価部会で線量評価に関するマニュアルあるいはガイドライン等の作成を検討されており、今後はそのマニュアル等の活用について検討する。

表 4-1 日本人類遺伝学会臨床細胞遺伝学認定士・指導士数

数値は人数

		認定士	指導士	合計
高度被ばく医療 支援センター	量研機構	1	1	2
	弘前大学	1	1	2
	福島県立医科大学	0	0	0
	広島大学	1	1	2
	長崎大学	1	0	1
原子力災害対策 重点区域	原子力災害拠点病院	7	3	10
	原子力災害医療協力機関	6	2	8
	上記以外	47	15	62
原子力災害対策重点区域外		115	38	153
合計		179	61	240

2019年4月時点

4.3.2. 検知システム等を活用した専門的支援

本研究事業で検討した検知システムは放射線モニタリングシステム（ラジプローブ

システム) と CBRNE 情報共有システム(CBRNe クラウドシステム)であり、各システムの概要を示す。

1. 放射線モニタリングシステム (ラジプローブシステム)

可搬型の機材は、放射線測定器、制御用パソコン、カメラ、GPS、通信機器から構成され、測定結果等を地上通信もしくは、衛星通信で量研放医研のサーバーにも伝送する。伝送された情報は、モニタリングマップ、核種分析のスペクトル、線量率時間変化、積算線量、中性子線量、周辺映像が一画面として、サーバーにアクセスできるパソコンやタブレットで閲覧可能である。さらに放射線測定器は、高線量 γ 線・中性子線検出器、携帯型ゲルマニウム半導体検出装置(高精度測定装置)、高感度小型線量計(CsI(Tl)シンチレーション検出器)を接続できる。これらは環境モニタリング、核種分析など用途に応じて選択する。



図 4-1 ラジプローブシステムの概要

2. CBRNE 情報共有システム(CBRNe クラウドシステム)

CBRNE 情報共有システムは、化学剤検知器と放射線測定器をネットワーク化させて、検知情報、位置情報等をクラウドサーバーに転送し、このクラウドサーバーを通じて測定現場の携帯端末と対策本部等の遠隔地の端末で情報共有ができるシステムである。本システムでは、化学剤検知器は、イオンモビリティ・スペクトロメーターであり、放射線測定器は、空間線量率、各種識別が可能である器材を使用している。さらに、以下のマニュアル類を横断的に検索でき、検知結果とリンクし、警戒区域や新入統制ライン等を地図上に表示できる。

- ・ 緊急時応急処置指針（Emergency Response Guidebook：通称 ERG）
- ・ 総務省消防庁 BC 災害マニュアル（平成 28 年度 救助技術の高度化等検討会報告書）からの引用
- ・ 総務省消防庁特殊災害室「医療機関、研究機関その他の放射性同位元素等取扱施設等における消防活動上の留意事項に関する検討会」の報告書からの引用、および添付資料個票（RI, 装備機器, 発生装置）
- ・ 爆発物探知ハンドブックからの引用（元 科学警察研究所爆発研究室 中村順先生監修）

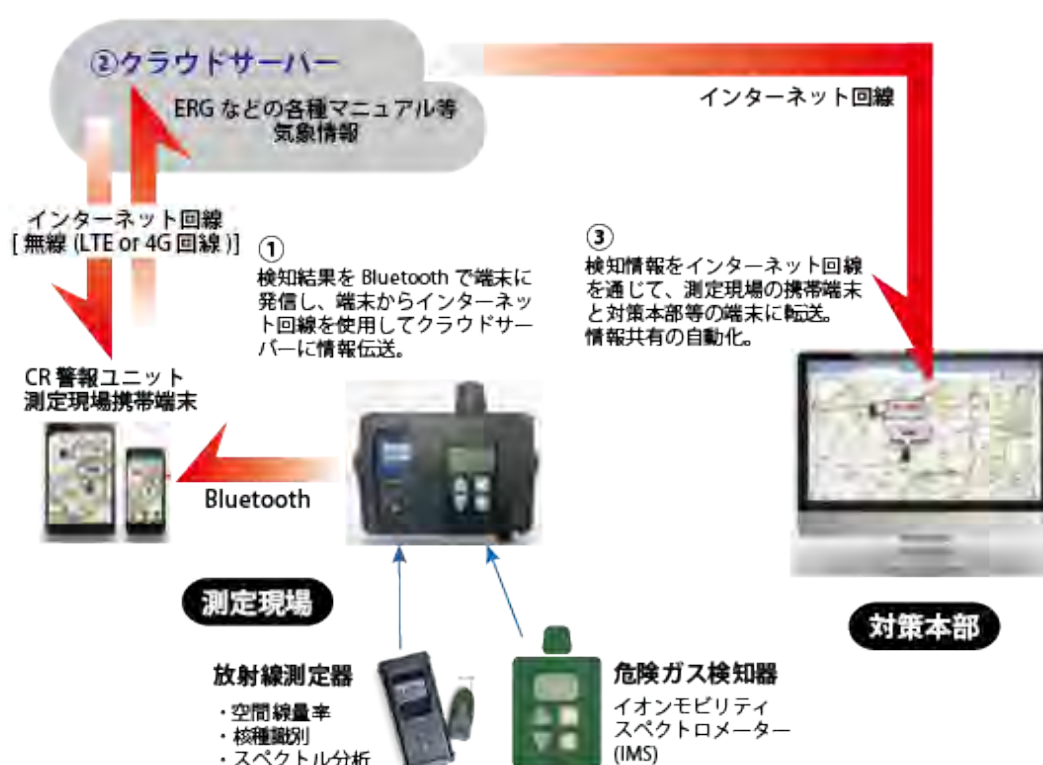


図 4-2 CBRNe クラウドシステムの概要

4.3.2.1. 専門家派遣での活用

放射線モニタリングシステム（ラジプローブシステム）は、量研の研究成果の一つであり、原子力災害や放射線テロ災害での活用も考慮している。昨年度は、核種の特定や内部被ばくの詳細検査の一つであるバイオアッセイ法による生体試料の簡易的な計測、測定結果を後方支援の本部等と情報共有、より詳細な分析結果を現場での専門的支援に活用できること、医療機関でのエリアモニターとしての活用を提案した。

今年度は、G20 大阪サミットでの NBC の専門機関としての実際の活動において、このラジプローブシステムおよび CBRNe クラウドシステムを実際に活用した。

ラジプローブシステムは、量研機構のみで情報共有したが、CBRNe クラウドシス

テムは、日本中毒情報センター、現地対応の消防機関も同時に稼働したことで、複数の組織でリアルタイムに、化学剤および放射線のモニタリング結果を共有できた。



図 4-3 派遣先でのラジプロブシステムの活用事例

G20 大阪サミット対応において、現地派遣の量研機構の職員が、現地医療対策本部あるいは関西国際空港の派遣先で、ラジプロブシステムと CBRNe クラウドシステムを連続稼働させて監視した。



図 4-4 ラジプロブシステムの画面
複数の拠点で、リアルタイムの測定結果を共有した。

4.3.2.2. 初動対応での活用

国際空港の CBRNE テロ対策合同訓練において、消防機関が CBRNe クラウドシステムを活用していた（資料 2-7）。「NBC テロその他大量殺傷型テロ対処現地関係機関連携モデル」¹では、NBC テロ発生時の対処においては、各都道府県を始めとする地方公共団体を中心とした関係機関の連携が重要であるとされている。この中で、救助・救急搬送、救急医療体制連携モデル、原因物質の特定における連携モデル、汚染検査・除染等における連携モデルが示されており、研究機関、専門機関は、消防本部、都道府県警察、保健所などの実働組織と連携することが示されている。本文書において、専門機関として量研が記載されていることから、放射線テロ災害発生時には、量研は助言や支援を求められる。しかし、発災場所によっては、現地に職員を派遣することに時間を要したり、困難であることも予想され、また、放射線検知結果の詳細（マッピングの情報等）を把握するにも時間を要することが予想される。そこで、本訓練で使用されていた CBRNe クラウドシステムのように、遠隔地でも検知結果の詳細（化学剤の検知結果、放射線の検知結果、マッピング情報）を確認、共有できるシステムにより、遠隔地でも的確な専門的支援が可能となることが考えられる。また、現地に専門家が派遣された場合でも、マッピング情報等の検知結果の把握が短時間で

¹ NBC テロ対策会議幹事会「NBC テロその他大量殺傷型テロ対処現地関係機関連携モデル」（平成 13 年 11 月 22 日（平成 28 年 1 月 29 日改定））

可能であると思われる。原因物質の特定まで CBRNe クラウドシステム等で実施されていたら、除染方法や医療処置についても、より詳細な助言や支援が早期から可能となり、二次災害の防止に資すると考える。

4.3.3. 情報共有システムを活用した専門的支援

昨年度は、量研放医研で運用している「緊急被ばく線量評価情報共有・伝達システム」の機能の中で、専門家派遣で活用できる機能としては、複数の職員間での情報共有としての掲示板機能とラジプロブシステムの閲覧機能を提案し、情報共有システムに派遣先である量研放医研以外の場所からアクセスが可能となるように設定を変更した。

量研放医研以外の高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターとその派遣者との情報共有については、それぞれの専門家派遣の状況、患者の受入れの状況が考えられるが、これらも掲示板機能で対応可能と思われる。

既存の広域災害救急医療情報システム（EMIS）の項目等を確認したところ、医療機関の検索結果として、以前の被ばく医療機関の情報が表示される状況であり、現在の原子力災害時の医療体制で各道府県が指定している原子力災害拠点病院、原子力災害医療協力機関の情報を更新するための情報提供が必要があると思われる。

また、原子力災害医療派遣チームの派遣と待機の状況、チームの派遣先、活動状況の共有が必要と思われるが、情報共有システムを構築するには、原子力災害医療派遣チームの活動の具体的運用方法の整理が必要である。情報共有システムのページの構成としては、ログイン画面、掲示板、放射線モニタリング、EMIS、原子力災害拠点病院の基本情報等、原子力災害医療派遣チームの活動状況を提案する（図4-5）。

システム設計案

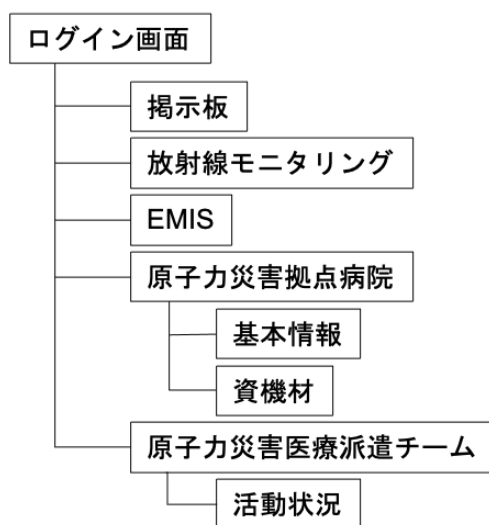


図4-5 情報共有システムのページの構成案

4.3.4. 災害医療との連携

DMAT (Disaster Medical Assistance Team) とは、大地震や列車事故などの災害現場で迅速に救命治療を行う専門的な訓練を受けた災害派遣医療チームであり、規定の研修・訓練を終了した医師、看護師、業務調整員（事務員や放射線技師、薬剤師、検査技師など）の医療従事者から編成される。この DMAT には、厚生労働省が開催する日本 DMAT 隊員養成研修会を受講し登録された日本 DMAT、東京 DMAT のように都道府県と医療機関との間で締結された協定に基づき地域に発生した局地災害現場に日本 DMAT 隊員登録者が出動できる体制、日本赤十字社における DMAT などがある。他に災害時の医療派遣チームとしては、集団災害が発生した場合、被災地域の精神保健医療ニーズの把握、他の保健医療体制との連携、各種関係機関等とのマネージメント、専門性の高い精神科医療の提供と精神保健活動の支援を行う災害派遣精神医療チーム(DPAT; Disaster Psychiatric Assistance Team)や、災害発生後の健康危機管理・公衆衛生学的支援を行う災害時健康危機管理支援チーム (DHEAT; Disaster Health Emergency Assistance Team) などがある。いずれも原子力災害時の活動については明確な規定等はない状況である。原子力災害時に、原子力災害派遣医療チームと様々な医療チームが連携するためには、それぞれの活動の場所、活動の内容、役割分担、相互に協力や支援を要請する活動を明確にすることが不可欠である。

第 25 回日本災害医学会総会 学術集会 (2020.2.20 - 22) では、これまでの災害医療の活動から、シンポジウムの一つでは、原子力災害医療について、原子力災害での医療・保健・福祉の活動や体制についての現状の把握、災害医療との連携や役割分担、人材育成について討議された。

災害医療と原子力災害時の被ばく医療の連携としては、被災地域の医療の状況、原子力災害拠点病院と原子力災害医療協力機関の被災状況、原子力災害医療派遣チームの活動状況の情報共有がある。原子力災害時の被ばく医療に特有の情報として、被ばくあるいは汚染がある傷病者の受入れに関する情報、避難退域時検査の状況、放射線モニタリング情報、原子力災害医療派遣チームの活動状況などがあり、この情報共有の手段としては、前述の通り、原子力災害時の情報共有システムとして独自に設計、構築する必要がある。

4.3.5. 医療機関への専門的支援体制

原子力災害では、医療支援として基幹高度被ばく医療支援センター、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指定され、それぞれの役割や要件が示されている²。高度被ばく医療支援センターの診療機能としては、原子力災害拠点病院等との医療連携が示されているが、具体的に内部被ばくの治療に必要な薬剤

² 原子力規制庁「原子力災害拠点病院等の施設要件」(平成 27 年 5 月 15 日 (平成 30 年 7 月 25 日全部改定))

の備蓄等については言及されていない。

国際空港エマルゴ訓練（資料 2-8）において、医療機関では、サリン検知の情報を入手し、治療薬として硫酸アトロピンやプラリドキシム（PAM）の準備、現場での投与を検討していた。通常、医療機関で保有している量では不足することが予想される。そのため、化学テロ災害に備えて、これらの化学剤を用いたテロへの対応に必要な医薬品については、厚生科学審議会健康危機管理部会で提言され^{3,4}、国家備蓄されている。これらの国家備蓄の薬剤は、分配場所や緊急配備のスキームなどの課題も指摘されている⁵。一方で、放射線テロ災害への対応に必要と考えられる DTPA やプルシアンブルーなどの医薬品は、国家備蓄となっておらず、高度被ばく医療支援センターが、原子力災害時の医療体制整備の一環として、保有している状況である。2017 年に発生した日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターでのプルトニウムによる汚染事故では、治療のために一人に対して Ca-DTPA と Zn-DTPA を合計で 63 アンブル投与した。これは量研機構が保有する DTPA の約 1/4 である。そのため、多数の内部被ばく患者が発生するような放射線テロ災害が起こった場合には、国内の高度被ばく医療支援センターが保有している数量では、不足することが懸念される。

4.4. 考察

量研放医研が設置している染色体ネットワークを活用する方策の一つとして、日本人類遺伝学会の臨床細胞遺伝学認定士の協力を得る方法がある。今年度は、認定士の更新の単位として認められるように日本人類遺伝学会に申請し、染色体分析研修を開催した。しかし、受講者を原子力災害時等の染色体分析の協力あるいは支援者として活用するには、人材情報の管理、支援要請の主体や手順、運営方法等の制度設計が必要である。

検知システムを活用した専門的支援については、実際の専門家派遣において検討したが、多機関が連携するには、情報の取り扱いやセキュリティ対策といった取り決めが必要である。

情報共有システムとして、EMIS の活用があり、高度被ばく医療支援センターでの利用であれば、現行の EMIS にそれぞれがアクセスし、情報共有が可能であるが、医療機関でない原子力災害医療協力機関が使用するには、災害医療と原子力災害のそれ

³ 厚生科学審議会健康危機管理部会「化学テロリズム対策についての提言」平成 26 年 7 月 10 日

⁴ 厚生労働科学研究「化学テロ等健康危機事態における医薬品備蓄及び配送に関する検討」（研究代表者：吉岡敏治）

⁵ 厚生労働科学研究費補助金 行政政策研究分野 厚生労働科学特別研究「2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会等に向けた化学テロ等重大事案への準備・対応に関する研究」（研究代表者：小井土雄一）

それぞれの所管省庁である厚生労働省、原子力規制庁、内閣府での調整、制度設計が必要である。また大規模災害発生時には、被災地の医療ニーズ、保健ニーズ、福祉ニーズに応えるため、多くの支援チームが被災地で支援活動を行う。このため EMIS の医療に関する情報のみでなく、災害時の保健、福祉の情報等も共有する手段である災害時保健医療福祉活動情報支援システム -D24H- (Disaster/Digital information system for Health and well-being) といったものも研究開発されている。原子力災害時にこれらの情報共有システム、情報支援システム等と連携するのであれば、原子力災害の情報共有システムを構築する際には、プラットフォーム等をしっかりと検討する必要がある。

4.5. 結論

原子力災害、RN テロ・災害、RI 事業所等での労災事故などにおける専門的支援体制について、染色体ネットワーク会議等の活用、検知システムの活用、情報共有システムの利用、災害医療との連携の各項目について実際の活動や訓練等によって検討した。今後、この専門的支援体制の構築と強化のためには、原子力災害派遣医療チームの活動要領として、活動場所、活動範囲、活動内容をさらに明確にし、他の医療チームに要請する支援や協力の活動について明示する。また、専門的支援ができること、できないことを明確にすることも重要である。

5. 【検証1】モデル地域での検証

5.1. 本年度の研究計画

本年度は、【調査研究1】、【調査研究2】で作成した教材や標準テキストを使用して、原子力災害対策重点区域（24道府県）及びそれ以外の地域（23都県）で研修等を実施し、調査研究1～3へ反映する。

5.2. 検討の経緯

5.2.1. 初動対応機関の研修

量研機構に依頼があった CBRNE 災害対処に関連する研修を活用し、原子力災害、RN テロ災害での消防や警察、自衛隊等の初動対応、多機関連携に関連する必要な知識と検知器材の使用についての技能を習得できるように教材を作成し、実習を含めた研修を実施した（【調査研究1】参照）。これらの研修会開催により得られた知見等で使用した教材を見直し、初動対応の手順としてフローチャートおよび解説のマニュアルに反映させた。

原子力災害対策重点区域（24道府県）における初動対応機関の研修を実施する地域については研究協力者と検討し、次年度以降に開催を検討することとした。

5.2.2. 原子力災害時医療の研修

原子力災害時の医療に関する研修は、昨年度【調査研究2】で提案する新たな体系化による研修を、標準テキストを用いて開催し、標準テキストの改訂に反映した。また、高度専門研修の染色体分析研修を開催し、染色体分析の技術者が原子力災害時に協力者として活躍できる方法を検討し、昨年度実施したバイオアッセイ研修については、研修内容を研究参加者と再確認した。

5.2.3. 災害医療との連携の研修

原子力災害が発生した際、地震や津波などの自然災害との複合災害である場合は、災害医療と緊密に連携して、活動することとなっている。今年度は、量研機構が NBC テロ災害対応の専門機関として実働する際に、東京 DMAT と連携して活動することも想定されたことから、東京 DMAT および量研機構の協力協定病院の医療従事者に向け NBC テロ災害対応の研修を開催した（資料5-2）。このことにより【調査研究3】の専門的支援体制について検討した。

5.3. 結果

5.3.1. 初動対応機関の研修

原子力災害対策重点区域（24道府県）の初動対応機関では、各地域あるいは各地域

の消防本部等で研修や訓練が実施されているので、統一された研修体系や教材がない。そこで、本年度は、原子力災害等の対応に関して、実際に初動対応機関の職員が必要と考えている研修や教材、All hazard approach での初動対応手順について、研究協力者等を交えて検討し、標準的なテキストおよび自己学習できる教材として作成した（【調査研究1】参照）。さらに作成した教材と初動対応手順のフローチャートを用いて、研修や机上演習を実施して、修正した。

特に、防護装備の着脱や救急車の養生は、原子力災害、RN テロ災害にかかわらず CBRNE テロ災害対処時の基本的な必須技能であり、すべてのテロ災害への対応で、活用できる。ヘリコプターの養生についても訓練によって知見を得られた。このことから、次年度は、放射性物質による汚染した傷病者の搬送時の車両やヘリコプターの養生方法の資料を作成する。

5.3.2. 原子力災害医療の研修

新たに提案した体系化の研修の中で、本研究事業では5つの研修を開催した。基礎研修、原子力災害医療中核人材研修、原子力災害医療派遣チーム研修は、5つの高度被ばく医療支援センター（弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学、量研機構）の職員を対象として、量研機構で開催した。

すべての研修は、講義と実習の7割以上の出席を修了認定の基準とした。また、原子力災害医療中核人材研修は、ポストテストの合格も終了の基準とした。

(1) 基礎研修

開催日：2019年5月7日

修了人数：合計29名（弘前大学：6名、福島県立医科大学：5名、広島大学：6名、長崎大学：5名、量研機構：7名）

プログラム：

開始		終了		タイトル
14:30	-	14:40	開講式	
14:40	-	15:10	講義1	原子力防災体制
15:10	-	15:40	講義2	放射線の基礎
15:40	-	16:10	講義3	放射線の影響
16:10	-	16:40	講義4	放射線防護
16:40	-	16:50	休憩	
16:50	-	17:20	講義5	汚染検査・除染
17:20	-	17:50	講義6	安定ヨウ素剤
17:50	-	18:20	講義7	避難退域時検査
18:20	-	18:50	講義8	避難と屋内退避の支援
18:50	-	19:00	修了式	

(2) 原子力災害医療中核人材研修

開催日：2019年5月8日～10日

修了人数：合計20名（弘前大学：4名、福島県立医科大学：3名、広島大学：4名、長崎大学：3名、量研機構：6名）

プログラム：

1日目

開始		終了		タイトル
9:00	-	9:10	研修概要説明	
9:10	-	9:40	プレテスト	
9:40	-	10:10	講義1	医療機関での原子力災害対策
10:10	-	10:40	講義2	医療機関での初期対応
10:40	-	10:50	休憩	
10:50	-	11:20	講義3	放射線障害の診断と治療
11:20	-	12:00	講義4	外部被ばくと内部被ばくの線量評価
12:00	-	13:00	昼食	
13:00	-	15:30	実習1	放射線測定器の取扱い
15:30	-	15:40	休憩	
15:40	-	16:40	実習2	防護装備着脱

2日目

開始		終了		タイトル
9:00	-	9:30	講義6	放射線管理要員の役割
9:30	-	10:00	講義7	放射線事故事例
10:00	-	10:40	講義5	原子力災害時のメンタルヘルス
10:40	-	11:00	移動	
11:00	-	11:30	実習3	医療施設の養生
11:30	-	12:00	実習4	除染（蛍光剤使用）
12:00	-	12:30	実習5	傷病者の汚染検査
12:30	-	14:00	昼食	
14:00	-	17:00	机上演習	

3日目

開始		終了		タイトル
9:00	-	9:30	実習準備	役割分担
9:30	-	9:50	移動	
9:50	-	10:40	実習6	WBC

10:40	-	12:10	実習 7	被ばく医療
12:10	-	13:10	昼食	
13:10	-	14:40	実習 7	被ばく医療
14:40	-	15:00	休憩	
15:00	-	15:30	ポストテスト	
15:30	-	16:30	総合討論	
16:30	-	16:50	修了式	

(3) 原子力災害医療派遣チーム研修

開催日：2019年5月11日

修了人数：合計 23 名（弘前大学：3 名、福島県立医科大学：6 名、広島大学：4 名、長崎大学：4 名、量研機構：6 名）

プログラム：

開始		終了		タイトル
9:00	-	9:30	講義 1	原子力災害医療派遣チームの活動
9:30	-	10:00	講義 2	原子力災害時の救護所活動
10:00	-	10:30	講義 3	原子力災害時のリスクコミュニケーション
10:30	-	10:40	休憩	
10:40	-	12:10	机上演習	
12:10	-	13:10	昼食	
13:10	-	15:10	実習	
15:10	-	15:40	移動	
15:40	-	16:10	閉講式	

(4) 染色体分析研修

日時：2019年11月26日（火）

場所：量研機構東京事務所

修了人数：5 名

プログラム：

13:30 - 13:40	開講式
13:40 - 14:20	講義 1 「放射線事故災害と被ばく医療」
14:20 - 15:00	講義 2 「被ばく線量推定～染色体分析を中心に～」
15:10 - 16:40	実習「画像診断練習」（ギムザ染色法による二動原体分析、FISH 法による転座分析）
16:40 - 16:50	閉講式

(5) バイオアッセイ研修

対象：化学実験経験のある研修生 1 名（放射線業務従事者、化学専攻_技術職）

バイオアッセイ法：従来法(図 3-3)による研修

内容：①放射線教育研修：1 日（核燃料施設作業用の教育訓練、研修の概要）

②分析研修（試料の準備から解析まで）：

化学分析実習：3 日～4 日

測定及び解析：0.5 日

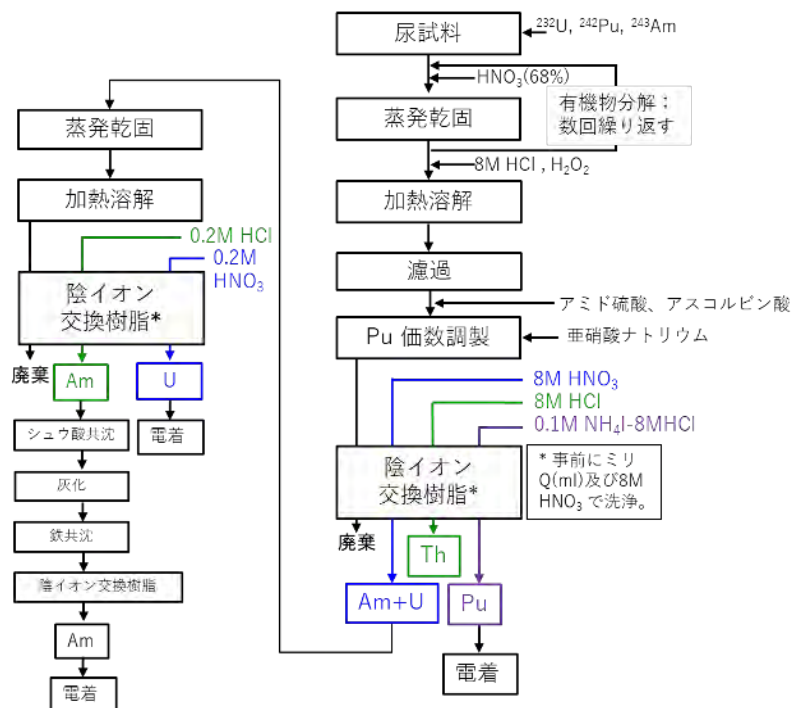


図 5-1 バイオアッセイ 従来法

5.3.3. 災害医療との連携の研修

災害医療と原子力災害医療、被ばく医療の体制が連携するには、それぞれの活動を担う医療従事者が共通認識を持つことが不可欠である。防災基本計画では、原子力災害対策編において、「被災地方公共団体及び被災地の医療機関は、原子力災害以外の災害の発生状況等を勘案しつつ、拠点となる原子力災害医療機関を中心として医療活動を行うものとする。その際、災害拠点病院や DMAT 等が行う災害医療活動と緊密に連携するものとする」との記載があり、DMAT との連携にあたり、被ばく医療と災害医療について相互に共通認識を持つ必要がある。

放射線テロ災害時の患者対応には、放射線の管理が必要であり、放射性物質による汚染がある負傷者の対応には、汚染および除染の有無によらず医療処置が必要な場合がある。そのためには DMAT が放射線テロ災害の現場で救護を実施することが有用であると思われる。この DMAT には、厚生労働省が開催する日本 DMAT 隊員養成研修会

を受講し登録された日本 DMAT、東京 DMAT のように都道府県と医療機関との間で締結された協定に基づき地域に発生した局地災害現場に日本 DMAT 隊員登録者が出動できる体制、日本赤十字社における DMAT などがある。

本年度は、東京 DMAT との研修を開催した（資料 5-1）。災害医療派遣チーム（「東京 DMAT」）NBC 災害発生時活動要領では、特殊災害チームは、NBC 災害時に東京消防庁の管理下で「消防警戒区域」での活動を行う方針となっている。これは、傷病者の救出及び除染の優先度、汚染検査及び除染結果、消防隊員の活動危険、救命処置等への医学的な助言に加え、必要に応じて傷病者に対する救命処置を行うこととなっており、さらに N 災害発生時に限り、「除染区域内」での活動も明記されている。このために、特殊災害チームには、研修を受講した隊員が指定されており、大規模テロ災害対処訓練等への参加が求められている。さらに装備品や医薬品等は東京都が準備している。

放射線テロ災害時での DMAT の活動は、行政と医療機関が必要性を認識し、活動方針を決定しておき、現場での消防機関との連携の調整ができれば、原子力災害に関わらず可能であると思われる。そこで、原子力災害あるいは放射線テロ災害で、原子力災害対策重点区域（24 道府県）以外の都県の DMAT が活動するための課題を次のように整理した。

(1) 行政機関による放射線テロ災害現場での DMAT の必要性の認識と体制整備

DMAT の資器材は行政機関により準備されている。そのため、放射線テロ災害に DMAT の派遣が有益であると認識し、DMAT の活動に必要な放射線測定器、個人線量計、個人防護装備等を準備することが求められる。さらに DMAT の放射線テロ災害現場での活動要領や研修等の隊員の教育体制の整備も求められる。

(2) 医療機関による放射線テロ災害現場での DMAT の必要性の認識と人材育成

放射線テロ災害現場への DMAT の派遣は、放射線被ばくやその他の脅威による危険が伴う。しかし負傷者の救命には、現場での救助と早期の医療処置の連携が重要である。このことを医療機関が認識し、放射線テロ災害現場での DMAT の安全な活動のために必要な教育を隊員に提供することが求められる。

(3) 消防機関等の初動対応機関との調整

DMAT が放射線テロ災害現場で活動する際には、現場の消防機関等と連携する必要があり、さらに現場での安全の確保のためには消防機関等の初動対応機関の指示、指揮下で対応する必要がある。そのため、初動対応機関と DMAT の活動について、活動場所や連携方法の調整が求められる。

(4) 専門機関による支援

DMAT が放射線テロ災害現場で活動する時に、専門機関が測定した放射線の計測結果を共有することは、現場の安全危険情報として必要である。また、放射性物質による汚染がある場合、その除染方法や汚染が残存した場合の対応について助言することも DMAT の活動を支援することになると思われる。このために、

DMAT の派遣要請とともに、行政による放射線テロ災害に対応できる専門機関への支援要請がなされる体制整備も必要と思われる。

「NBC テロその他大量殺傷型テロ対処現地関係機関連携モデル」¹では、救助・救急搬送、救急医療体制連携モデルにおいて、研究機関・専門機関への情報共有と助言は消防機関と行うこととなっており、DMAT の活動を支援する場合でも消防機関との連携、情報共有が必要と思われる。このことから、前述の初動対応機関と DMAT との調整においては、専門機関との連携も同時に実施することが望まれる。

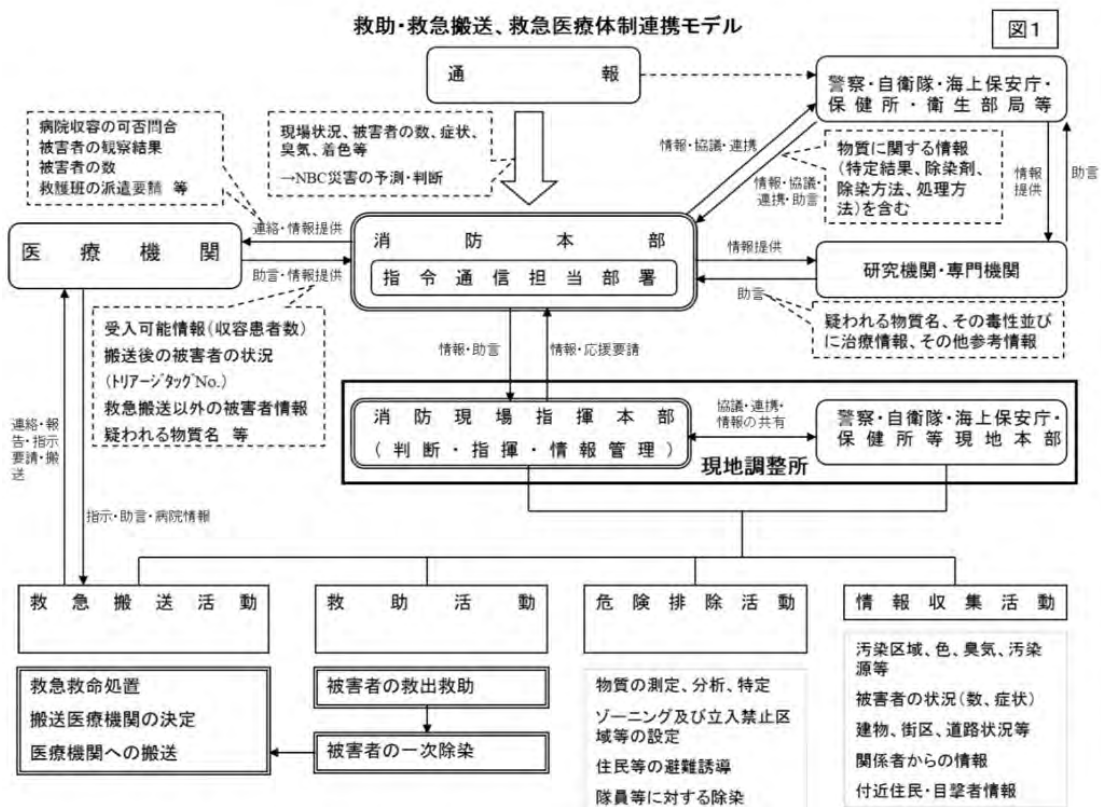


図 5-2 救助・救急搬送・救急医療体制連携モデル

5.4. 考察

包括的被災者医療の体制構築には、原子力災害対策重点区域（24道府県）以外でも初動対応機関、医療機関が、RN テロ・災害や被災者医療についての共通認識を持っていることが重要である。また、防護装備の着脱やゾーニングの概念などは、原子力災害に限らず、CBRNE テロ災害での対応の基本的かつ共通の知識と技能である。

日本 DMAT の技能研修での被災者医療研修の機会の提供については、日本 DMAT

¹ NBC テロ対策会議幹事会「NBC テロその他大量殺傷型テロ対処現地関係機関連携モデル」（平成 13 年 11 月 22 日（平成 28 年 1 月 29 日改訂））

と原子力災害医療の所管省庁が異なることから、統一した研修による認識、知識の共通化に支障があると予測されることより、災害医療と原子力災害時の被ばく医療が円滑に連携できないため、省庁間の調整は不可欠である。しかし、原子力災害時の医療体制整備には、関係しない医療機関や DMAT であっても、昨今の社会情勢や東京オリンピック・パラリンピックの開催を目前に控え、CBRNE テロ災害に関する研修や訓練には、非常に高い関心を示している。これは医療機関や医療チームだけでなく、消防や警察などの初動対応機関も同様である。原子力災害にかかわらず CBRNE テロ災害での初動対応や医療機関での初期診療の人材育成、教育が、原子力災害対策重点区域だけでなく、全国で実施されることで、原子力災害時に全国から支援を受けられる体制も整備できるようになると思われる。

5.5. 結論

原子力災害に関する研修は、原子力災害対策指針、原子力災害拠点病院等の施設要件で、教育研修、訓練等の実施について言及されている。しかし、RI 事業所での事故や RN テロ・災害等に関連する教育は、関係機関の独自の研修があるのみで、原子力災害の研修や訓練と統一されたものは実施されていない。そのため、今後は、原因ごとに必要な研修や教育の内容と、統一して実施すべき研修や教育の内容を詳細に検討し、相互に整合性の取れた研修や教材を作成すべきである。

次年度は最終年度として、原子力災害に関する研修の標準テキストをさらに改定し、RN テロ災害や CBRNE テロ災害に関連する教育で活用できる教材の作成と初動対応手順や初期診療手順のマニュアルの作成し、広く活用されるようにすることを目標とする。

資料 5-1

協力協定病院・東京 DMAT 被ばく医療研修

1. 目的

CBRNE テロ災害発生時に、量子科学技術研究開発機構（量研機構）の協力協定病院あるいは東京 DMAT NBC 指定病院と日本中毒情報センターや量研機構等の NBC テロ災害対処の専門機関が発災現場および医療機関で連携して活動するために、各機関の活動と資機材等について相互理解を深めるため、研修を開催した。

2. 主催等

主催：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

後援：公益財団法人日本中毒情報センター

3. 参加機関、参加人数

量研機構の協力協定病院、東京 DMAT NBC 指定病院、日本中毒情報センター、量研機構の職員 計 26 名

4. 日時

令和元年 10 月 20 日(日) 14:00～17:30

5. 場所

量研機構東京事務所

千代田区内幸町 2 丁目 2 - 2 富国生命ビル 22 階

6. 研修内容

14:00 - 14:05 開会挨拶

量子科学技術研究開発機構 神田玲子

14:05 - 14:20 「G20 大阪サミットの化学テロ対策と即位礼正殿の儀への準備状況」

日本中毒情報センター 理事長 吉岡敏治

14:20 - 14:35 「東京都の特殊災害医療体制の概要」

杏林大学 教授 山口芳裕

14:35 - 14:50 「量研機構の NR テロ災害対応」

量子科学技術研究開発機構 富永隆子

15:00 - 15:15 実習 個人線量計の取り扱い

量子科学技術研究開発機構 北村尚

15:15 - 16:30 実習 防護装備着脱、放射線測定、除染

量子科学技術研究開発機構

濱野毅 富永隆子 佐藤眞二 北村尚 小林圭輔 佐々木昭徳

16:35 - 17:00 意見交換

17:00

閉会

7. 実施内容

(1) 講演

日本中毒情報センターと量研機構から CBRNE テロ災害対応の専門機関としてのこれまでの活動と即位礼正殿の儀等での救急・災害医療体制における計画について紹介した。とくに量研機構からは、所有する放射線測定器やラジプロブシステムの説明を行い、放射線テロ災害時に医療機関や DMAT との連携で支援できることを説明した。さらに東京都の特殊災害医療体制の概要として特に東京 DMAT の活動と東京消防庁との連携について紹介があった。



(2) 実習

「個人線量計の取り扱い」では、デジタル式警報付個人線量計について簡単な説明と注意点、電源の On、Off の方法、警報値の確認と電池交換の方法などを実際に扱いながら実施した。その後の実習に引き続き、電源を入れた個人線量計を各人が装着した。



「防護装備着脱、放射線測定、除染」の実習では、実際の現場活動と同様に、まず各人にタイベックスーツ等の防護装備一式を着用してもらった。



その後、空間線量計の取り扱いを説明し、表示付認証機器を使用して、空間線量率の測定を実施した。この時、線源との距離と空間線量率の関係も体験してもらった。汚染検査の実習としては、まず、マネキン（パウチしたマントルを使用した模擬の汚染、模擬の創傷を準備）の汚染検査を複数人で同時に実施し、汚染箇所、その後の除染の順番等を確認した。

模擬の創傷汚染の部分に対し、汚染拡大防止の処置をした上で、除染をした。除染後の汚染検査時には、周辺の汚染した資材は除去するなどの注意点を説明した。さらに皮膚の除染方法について説明した。

最後にタイベックスーツ等の脱衣について、説明した後に全員が脱衣し、2人1組となってお互いに全身の汚染検査を実施した。この時、PPE 着用時にあらかじめパウチしたマントルを着衣に隠していたため、丁寧に汚染検査を行うように実習ができた。

6. まとめ

本研究事業は、包括的被ばく医療の体制構築のために、原子力災害、放射線テロまたは核攻撃（以下、RN テロ・災害）、放射線障害防止法の対象事業所（以下、RI 事業所）での放射線事故や労災事故など、それぞれの相違を明確にした上で、発生場所あるいは CBRNE テロ災害を含む災害の種類によって区別されることなく、その事象に対して All hazard approach による適切な初動対応や緊急被ばく医療が実施されるように、初動対応機関、医療機関の体制整備、人材育成に資する課題、解決策、システム、教材等を提案することが目的である。この包括的な被ばく医療の体制構築には、これまでの緊急被ばく医療体制、原子力災害医療体制、原子力防災体制などを鑑み、原子力災害への対応の充実と強化、原子力災害以外の RN テロ・災害、労災事故、放射線事故などへの対応能力の向上が必要となる。そこで、本研究事業では、初動対応機関、医療機関、専門機関に分けてそれぞれの対応の充実と強化のための方策を調査、検討し、課題の抽出と整理を行い、体制構築や人材育成に必要な資料、教材の作成、教育方法や専門機関と専門組織等の支援体制や連携について提案した。

【調査研究 1】では、昨年度から継続して避難退域時検査及び簡易除染マニュアルの実効性のある運用についての課題と解決のために必要な情報、All hazard approach も含めた対応手順の作成のために必要な情報を整理し、フローチャートと各項目の解説のマニュアルを作成し、初動対応機関等が使用できる教材を作成した。

【調査研究 2】では、昨年度提案した原子力災害での被ばく医療に関する研修の新たな体系化に基づき作成した標準テキストの教材を用いた研修を実施し、標準テキストの改定を行った。原子力災害以外の被ばく医療については、初療のためのフローチャートとマニュアルを作成した。なお、昨年度全国の医療機関（救命救急センター等）で効率的に短時間での研修における座学と実習から構成されるプログラムとテキストを提案しており、これらは令和元年度放射線対策委託費（被ばく傷病者への対応のための研修）事業において、実施されていることから、本年度はテキストの改訂等は実施しなかった。

【調査研究 3】では、昨年度に引き続き、専門的支援体制として既存のネットワークと検知システムの活用について検討し、情報共有システムによる原子力災害時の専門的支援を実施する機関と現場医療間の情報共有や連携について考察し、課題と解決策を提案した。

【検証 1】では、昨年度および本年度に作成した教材、研修内容で、実際に研修を行うことで、参加者からのフィードバックが得られ、包括的被ばく医療の体制構築に必要な人材育成の方法、教材等について調査研究 1～3 に反映できる課題を見出し、標準テキストや教材を改定した。

次年度以降は、対応機関ごとの研修や人材育成、専門的支援体制からの視点で得られたことや作成した教材、マニュアルを実際に使用し、さらに多くの関係者に活用してもらう

方策についても検討し、関係機関等とも調整して実行していくこととする。

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
成果報告書

別添資料

令和 2 年 3 月

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

初動対応機関のための教材

放射線テロ災害対処	別-1
化学テロ災害対処	別-41
爆発物テロ災害対処	別-72
化学剤検知紙説明資料	別-88
CBRNE テロ災害初動対応マニュアル	別-89
原子力災害拠点病院等研修資料	別-105
原子力災害医療研修の標準テキスト	別-121
原子力災害・放射線テロ災害医療対応マニュアル	別-515

放射線テロ災害対処

初動対応者のための基礎知識

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。

内容

- 初動対応の目標
- 放射線、放射性物質、放射能
- 測定器
- 放射線テロ災害対処
 - 外部被ばく対策
 - 内部被ばく対策
 - 汚染対策
- 要救助者対応

初動対応の目標

- ❖ 医療優先 → 防ぎ得た死をなくす
 - * 被ばく・汚染だけで緊急に治療が必要なことはない
 - * 除染は救命処置にならない

- ❖ 無用な被ばくをしない
 - * 救助者の安全確保、被ばく線量管理（放射線防護）

- ❖ 二次災害の予防
 - * 汚染拡大防止
 - * 関係機関での安全・危険情報の共有
 - * 公衆の保護

放射線テロ災害に限らず、CBRNEテロ災害が発生した場合は、完璧な対応は難しく、大過ない対応が求められる。放射線テロ災害では、被ばく、汚染だけでは、化学テロとは異なり、緊急に治療が必要なことはなく、除染は救命処置にならないため、放射線以外の脅威（化学剤や爆発、外傷など）に対する医療処置を優先し、防ぎえた死をなくすことが目標となる。次に、救助者と要救助者、被災者の無用な被ばくをしないための安全確保、被ばく線量管理が目標となる。そして、汚染拡大防止や関係機関間の安全、危険情報の共有、公衆の保護による二次災害の予防が目標となる。

放射線

放射性物質から出てくる**エネルギー**

を持った粒子や電磁波

ガンマ線

ベータ線

アルファ線 など



- 五感で感じられない
- 測定器で検知できる

いつの間にか被ばくする。
どこに放射線・放射性物質があるか、測定器がないとわからない。
線源に近いと放射線は強い。

放射線とは、放射性物質から放出されるエネルギーを持った粒子や電磁波である。種類としては、高いエネルギーを持つ電磁波のガンマ線、エックス線と高速で動く粒子線のアルファ線、ベータ線などがある。中性子線は、電荷を持たない放射線である。放射線は原子核が不安定な状態から安定な状態に変化（壊変）するときに放出されたり、原子核以外では発生装置からも放出される。原子は原子核とその周りを回る電子から構成されており、原子核はプラスの電荷を持つ陽子と電荷を持たない中性子で構成されている。原子核がエネルギー的に不安定な場合、安定になろうとして放射線を放出する。原子核から放射線を放出することを壊変といい、壊変は大きく分けると α （アルファ）壊変と β （ベータ）壊変になる。

放射線は五感で感じることはできないが、測定器で検知、計測ができる。

放射性物質

放射線源



放射線を出す物質

気体、液体、固体、エアロゾル（液滴）

放射性物質を漏れないように容器に密封したものが密封線源

放射性物質とは、放射線を出す物質のことである。形状としては気体、液体、固体、エアロゾル（液滴）がある。放射性物質を漏れないように容器に密封したものを密封線源といい、この放射性物質を放射線源ということもある。

放射能



放射性物質が**放射線を出す能力**

数値が大きいほど、放射性物質からたくさんの放射線が出ている。

5

放射性物質が放射線を出す能力のことを放射能という。放射能の単位はBq（ベクレル）であり、数値が大きいほど放射性物質からたくさんの放射線が出ていることになる。

放射能は、単位時間あたりに放射性物質に含まれている原子核が「どれだけ壊れるか」で定義され、1 Bqは1秒間あたり1個の原子核が壊れることを表す。Bqは単独で使う以外に、単位体積、単位面積あるいは単位重量あたりの放射能を表す、 Bq/cm^3 、 Bq/cm^2 、 Bq/kg などで使われる。

測定器



6

放射線測定器の種類、性能は様々である。測定する目的に合ったものを選択する必要がある。

活動する場所の外部被ばくの危険性の評価には、ガンマ線の空間線量率を測定する器材を用いる。

表面汚染の程度は、単位面積当たりの放射性物質の密度に依存する。そのため、表面汚染計で放射能の程度を評価する。

放射性物質を特定するにはスペクトルグラムを分析する。

放射線テロ災害対処

❖被ばく対策（外部被ばく・内部被ばく）

*空間線量率測定、個人線量計、呼吸保護、ゾーニング



❖汚染拡大防止

*汚染検査、個人防護装備、養生、ゾーニング、除染



放射線テロ災害の現場では、被ばく対策と汚染拡大防止が重要である。

被ばく

放射線をあびること



外部被ばく

放射性物質（線源）から放出される放射線を**体の外から**浴びること。
被ばく後、身体には放射線は残らない。



吸入摂取

経口摂取
経皮（創傷）吸収

内部被ばく

身体に取り込んだ（吸入、摂食）放射性物質からの放射線を**体内**で浴びること。

放射線の事故、災害時には、「被ばく」と「汚染」が生じる。被ばくとは、放射線を浴びることであり、体の外から放射線を浴びるのが外部被ばくであり、放射性物質を身体に取り込んで体の中から放射線を浴びることが内部被ばくである。

外部被ばく対策

9

放射線テロ災害の現場対応では、放射線を完全に遮蔽して被ばくしないようにすることはできない。そのため、外部被ばく対策は、放射線の測定、被ばく管理が重要になる。

個人線量計の装着

- * 被ばく線量管理：活動中の被ばく線量の積算値
- * 線量限度以下での活動
- * アラーム設定で線量限度以上の被ばくを避ける
- * アラームは2段階設定のものもある

10

外部被ばく対策の一つは、個人線量計を装着し、活動中の被ばく線量の積算値を管理することである。放射線の関与が疑われる状況で、個人線量計を装着しておく。被ばく線量は、現場で放射線を検知した後で測定を開始しても、測定開始前の被ばく線量を確認することができない。

管理としては、被ばく線量限度以下での活動を補助するために、アラーム（警報）を設定する。電子式個人線量計は機種によってはアラームを2段階に設定することも可能である。

個人線量計

- ❖ 汚染させないように防護服の中あるいはビニール袋などに入れて装着
- ❖ 装着の方向を確認
- ❖ アラーム音は小さい
- ❖ 誤計数の可能性があるため、携帯電話、PHS、高出力トランシーバーなどの装置の近辺での使用は十分注意する。



個人線量計は汚染させないように防護服の中に装着するか、ビニール袋に入れて装着する。装着の方向を間違えないようにする。またアラーム音が小さいこともあり、活動中に聞き取れない可能性もあるため、可能であれば振動による発報の機能があるとよい。個人線量計の機種によっては、高出力トランシーバーやスマートフォンの電波によって誤計数の可能性があるため、これらの装置と同じポケットには入れないなどの注意が必要である。

消防活動時の被ばく線量限度

外部被ばくと内部被ばくを合わせた線量限度

区分		個人被ばく線量計 警報設定値
通常の 消防活動	1回の活動あたりの 被ばく線量の上限 10 mSv 以下	左記の値未満で設定
人命救助等の 緊急時活動	被ばく線量限度 100 mSv	30 ~ 50 mSv の範囲で設定
繰り返し活動 を行う場合	決められた5年間の線量が 100 mSv (ただし、任意の1年に50 mSvを超えるべきでない。)	左記の条件を確実に満たす ように設定する。

原子力施設等における消防活動対策マニュアル
(2014.3. 消防庁 消防・救助技術の高度化等検討会報告書)

12

消防活動時の被ばく線量限度と個人被ばく線量計の警報設定値を示す。

通常の活動時の警報設定値は8~9mSvとする。緊急時の警報設定値は、鳴動後に退避する間も被ばくするため、退避時の被ばく線量も考慮して30~50mSvとする。

出典：原子力施設等における消防活動対策マニュアル
(2014.3. 消防庁 消防・救助技術の高度化等検討会報告書)

放射線検知_{活動}

- *放射線の存在を確認する（警報）
 - ❖放射線が関わることを認識する
- *放射線量率を測る（分析）
 - ❖ゾーニング、被ばく管理
 - ❖複数の検知器



13

外部被ばく対策の一つとして放射線検知活動がある。
まず、放射線の関与が疑われる現場では、空間線量計や表面汚染計によって放射線の存在を確認する。バックグラウンドレベル以上の放射線が検知されたら、放射線が関与している。
放射線を検知したら、放射線量率（空間線量率）を測定し、詳細な危険の程度を分析する。

ゾーニング

- *危険区域（ $100\mu\text{Sv/h}$ 以上）の設定
- *放射線計測、放射線管理ができる状態で進入
- *放射線源から離れるほど安全

14

線量率に応じてゾーニングと外部被ばく管理を行う。外部被ばく対策のためのゾーニングは、危険区域を $100\mu\text{Sv/h}$ 以上の区域で設定し、準危険区域をバックグラウンド以上から $100\mu\text{Sv/h}$ の区域で設定する。準危険区域、危険区域に進入する場合は、放射線の測定器の持参と個人線量計の装着は必須である。また、危険区域あるいは準危険区域では、放射線源からは離れるほど放射線量は弱くなるため、安全である。

放射線測定器到着までの目安

情 況	暫定的安全境界域
屋 外	
非遮蔽あるいは破壊された危険性のある線源	周囲30m
危険性の高い線源からの漏洩	周囲100m
危険性の高い線源を巻き込んだ火災、爆発、煙霧	周囲300m
ダーティーボム（爆発後、未爆発）	爆発から防護するため半径400m以上
屋 内	
危険性の高い線源の破壊、遮蔽消失、漏洩	現場の部屋と隣接する部屋（上下階を含む）
危険性の高い線源を巻き込んだ火災などで、建物内に換気システムなどにより放射性物質が蔓延する可能性	建物全体と上記周囲
放射線学的モニタリングに基づく拡大	
地上1mでの空間線量率 100 μ Sv/h	左記の計測値が計測される範囲

- 空間線量率>100mSv/h；救命活動のため、30分以内
- 空間線量率>0.1mSv/h；安全境界線
- 注意：測定器が“0”を示したエリアは、放射線レベルが高く、非常に危険

先着隊の到着時に放射線測定器がない場合は、状況に応じて暫定的に安全境界域を設定する必要があり、その目安を表に示す。この表の数値は、ある程度大きな線源（例えば100TBq Cs-137など）が存在している場合を想定している。

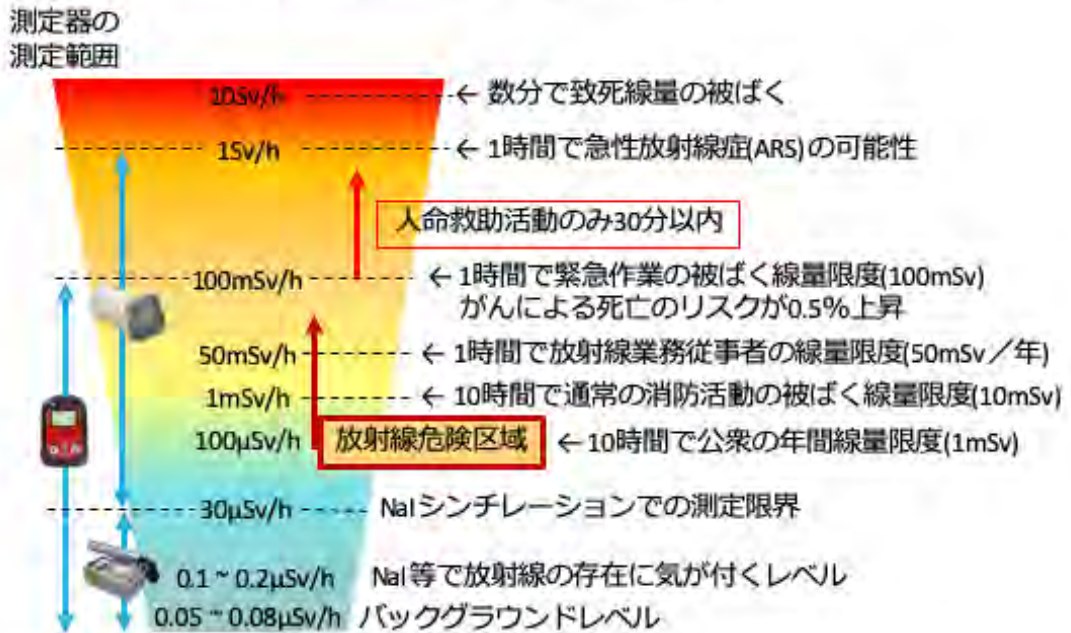
時間管理

*現場の空間線量率に応じて、線量限度を超えないように管理

*100mSv/h以上の場所での活動は
30分以内

活動現場の空間線量率に応じて、各個人が被ばく線量限度を超えないように活動内容、活動時間を管理する必要がある。また、100mSv/h以上の空間線量率の場所では、人命救助などの緊急作業のみ立ち入ることができ、活動時間は30分以内とすることが望ましい。

空間線量率と危険性



17

空間線量計は、測定器の機種等によって測定範囲が異なる。放射線危険区域（ $100\mu\text{Sv/h}$ 以上）を設定する場合は、このレベル以上を計測できる空間線量計が必要である。

例えば、 $100\mu\text{Sv/h}$ の場所に1時間滞在した場合の被ばく線量はおよそ $100\mu\text{Sv}$ となり、10時間の滞在で、公衆の年間線量限度の 1mSv となる程度である。放射線危険区域を設定したら、区域内に進入する場合は、放射線測定器、個人線量計を装着し、必ず放射線管理ができる装備で進入する。区域への入退域管理をしっかりと実施する。

100mSv/h 以上の場所は、それ以上の線量率の場所が存在する可能性もあり、場合によっては数分～1時間程度で急性障害を引き起こす可能性のある高線量被ばくをする可能性があるため、進入は人命救助活動のみとし、活動時間は30分以内とすることが望ましい。

外部被ばくの防護三原則

時間 活動計画、時間管理

作業時間を短く

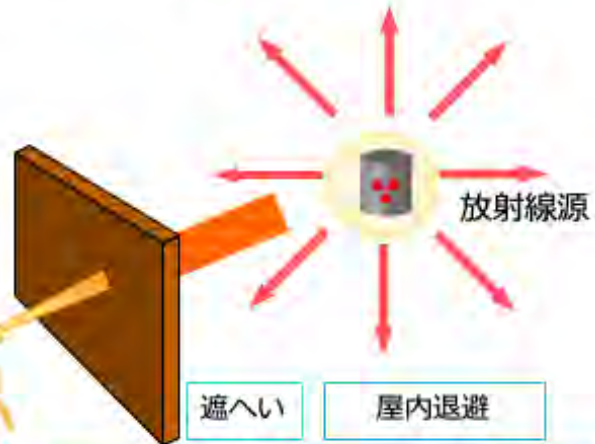
被ばく量は時間とともに増えます。
活動時間を短くします。

距離

避難

線源からできるだけ離れる

放射線の強さは遠くに離れると弱くなり、
線量は距離の2乗に反比例して減ります。
ゾーニングによる危険区域の設置で距離を
とります。



放射線に応じた遮へい体を線源と人の間に置く

物体によって空気と比べて放射線を弱めてくれます。
建物の壁などは遮へい体になります。

18

外部被ばく防護のポイントは「時間」「距離」「遮へい」である。被ばくする時間を短くする、放射線源からの距離をとる、放射線を遮へいすることで、被ばく線量が低減できる。

放射線にさらされる活動時間を短くすることで被ばく線量を少なくできる。

放射線は、放射線源からの距離の二乗に反比例して減少するため、放射線源からの距離をとることで被ばく線量を少なくすることができる。逆に、放射線源からの距離が半分の位置(1/2の距離)に近づくと放射線量は元の位置の4倍になり、急激に空間線量が上昇することになるため、特に危険区域での活動時には注意が必要である。

放射線源との間に遮へい物があると放射線量は減少する。コンクリートの壁、鉄や鉛の金属の板などがあれば、遮へい材として使用できる。放射線源の位置、形状が明確であれば、鉛のブロックなどで線源を囲むことによって周辺の空間線量率を低減することもできる。

鉛入り防護服

- ❖ 遮蔽効果なし
- ❖ 重くて活動性低い
- ❖ 時間がかかると余計に被ばくする



エネルギー(keV)	遮へい効果(%)
60 (Am-241)	94.2
662 (Cs-137)	9.4
1250 (Co-60)	4.4

防護服一式に含まれる鉛ベストは鉛3mm相当

19

鉛入りのインナーベストや放射能防護服があるが、その遮へい効果を実際に確認した結果を示している。防護服一式に含まれる鉛ベストは鉛3mm相当でしかなく、アメリカシウム-241から放出される低エネルギーの放射線に対しては遮へい率95%前後と、有効であるが、セシウム-137やコバルト-60に対しては遮へい率が10%以下となる。また、鉛ベストの側面(脇腹部分)は鉛が入っておらず、側面から被ばくをした場合、遮へい効果は期待できない。防護服一式の総重量等による機動性の低下により、活動時間が延長し、被ばく線量が増大することも考えられる。

出典；総務省消防庁 スタート！RI119 消防職員のための放射性物質事故対応の基礎知識（平成23年3月（平成27年3月一部改定））

❖放射線の遮蔽効果はどれにもない

❖汚染の付着防止の効果はどれも同じ

レベル	A	B	C	D
				
適用する状況	最高レベルの防護を要する場合	皮膚の危険がより低い場合	空気中の有害物質が少ない場合	化学物質暴露の危険がない場合
防護装備	<ul style="list-style-type: none"> 完全に密封された化学防護服と自給式呼吸器 (SCBA) 陽圧式化学防護服 *爆発の危険がある場合は着用しない。 →ダーティボムの事案では着用しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 呼吸保護に関してはレベルAと同じ装備 (供給式) だが、スーツから露出 化学防護服 (皮膚防護はレベルA程度を必要としない) 	<ul style="list-style-type: none"> 供給式以外のガスマスク (吸取缶を装着したもの) 化学防護服 	<ul style="list-style-type: none"> 通常の作業衣 マスクは必要ないレベル
				放射線災害の場合 汚染対策

化学防護服は、どのレベルのものであっても放射線の防護効果はない。皮膚に放射性物質が付着することを防止する効果は、どれも同じである。また、陽圧式化学防護服は爆発の危険がある場所では着用しないことが望ましく、ダーティボムの事案では着用しない方が良い。

放射線テロ災害の現場では、放射性物質の汚染が付着した場合に、すぐに脱衣し、廃棄できる防護服の方が望ましく、防護服は汚染対策のための装備である。

放射線による外部被ばくに関しては、防護服ではなく、個人線量計と放射線測定器による放射線管理と時間管理を行う。

内部被ばく対策

21

放射線テロ災害の現場での内部被ばく対策は体内に放射性物質を取り込まないようにすることである。

呼吸保護

- ❖ 体内に放射性物質を吸入しない
- ❖ 放射性物質の浮遊がある／疑われる



空気呼吸器



全面マスク
フィルタ
(吸収缶)



半面マスク
フィルタ
(吸収缶)

- ❖ 汚染対応（汚染検査、搬送など）



使い捨て
防じんマスク
(N95マスク)



サージカルマスク

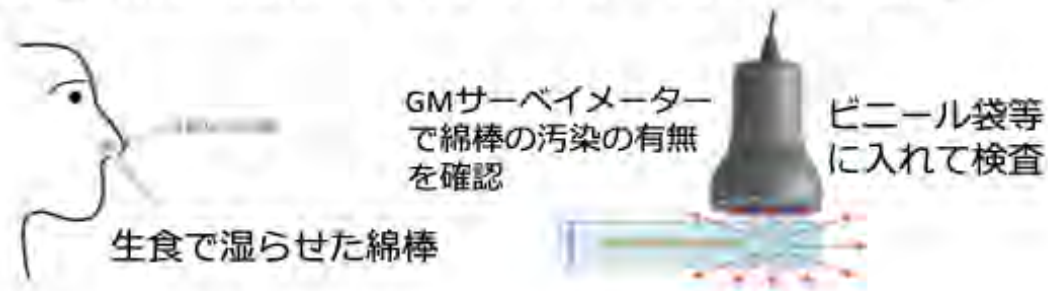
内部被ばく対策として、呼吸によって放射性物質を吸入しないように、呼吸保護が重要である。

屋内で持続的な放射性物質が放出されている場合は、活動中は常に呼吸保護が必要である。屋外では、一時的な放射性物質の散布であれば、時間が経過すると放射性物質は拡散して、多量の放射性物質を吸入する危険性は低下すると考えられる。

しかし、放射性物質の浮遊がある場合あるいは疑われる場合（周辺に汚染がある場合など）は、空気呼吸器、防塵フィルタを使用する。汚染検査や汚染した患者の搬送、応急救護などウォームゾーンでの活動は、使い捨て防塵マスクでの対応が良い。医療機関での処置など放射性物質が浮遊する可能性が少ない場合は、サージカルマスクでの対応が良い。

鼻腔スワブ

- ❖内部被ばくの有無の確認
- ❖鼻腔を傷つけないように左右別々に採取
- ❖汚染があれば、内部汚染の可能性があるので、詳細な検査（ホールボディカウンターなど）を実施



放射線テロ災害での現場活動が終了した後、内部被ばくの有無を簡易的に検査する方法が鼻腔スワブである。放射性物質を吸入した場合、鼻腔や口腔の粘膜に放射性物質が付着する。そこで、鼻腔や口腔を生理食塩水等で湿らせた綿棒で擦り、綿棒に汚染が付着しているか検査する。綿棒に汚染があれば、放射性物質を吸入している可能性があるため、より詳細な検査としてホールボディカウンターやバイオアッセイ法による検査を実施する。

汚染

放射性物質が付着



汚染に接触
⇒汚染拡大



放射性物質の吸入 = 内部被ばく

↓
汚れた大気の場合に滞在

↓
頭部、顔面の汚染

放射線の事故、災害時には、「被ばく」と「汚染」が生じる。被ばくとは、放射線を浴びることであり、体の外から放射線を浴びるのが外部被ばくであり、放射性物質を身体に取り込んで体の中から放射線を浴びることが内部被ばくである。汚染とは、体の表面や衣服、資器材に放射性物質が付着することである。汚染に接触すると汚染は広がって行く。また、噴霧、放出された放射性物質を吸入すると内部被ばくすると同時に、頭部、顔面の汚染も存在する場合が多い。

表面汚染では危険な

外部被ばくはしない



全身または皮膚の被ばくの症状は出ない

25

表面汚染が皮膚や衣服にあっても、健康影響が出るような外部被ばくはしない。

β 線核種による高濃度の汚染では、放射線皮膚障害が発症した事例があるが、通常のGMサーベイメーターで測定できる範囲内の汚染の程度では、全身または皮膚に被ばくの症状は出ない。

汚染対策 (汚染拡大防止)

26

放射線テロ災害現場の汚染対策は、放射性物質の拡散、汚染の拡大を防止することである。

個人防護装備

- *皮膚、衣類への付着を防止
- *外部被ばくは防護しない



破れる



安全のため、
靴カバー使用なし

ゴム製の靴底
野外での活動でも破れない

タイベックスーツ

ゴーグル
マスク



ゴム手袋
(二重)
目張り

靴カバー

個人防護装備は、皮膚や衣類への放射性物質の付着を防止するものであり、放射線の外部被ばくを防護するものではない。基本的には不織布の防護服（タイベックスーツ）、ゴーグル、マスク、ゴム手袋（二重）、靴カバーを装着する。内側のゴム手袋と靴カバーの端はタイベックスーツに袖や裾にテープで目張りし、放射性物質の侵入を防ぐ。野外での活動では、不織布の靴カバーは破損するため、ゴム製の靴底の靴カバーを使用する方が良い。

呼吸保護

***浮遊した放射性物質による内部被ばくに注意**



28

表面汚染から浮遊した放射性物質を吸入することには注意が必要であり、そのような現場活動時には、呼吸保護を確実に実施する。

養生

*資器材への付着を防止

*汚染検査用の測定器もビニールで養生



29

資機材に放射性物質が付着するのを防止するためにビニールシート等で器材を被覆する。このことを養生ともいう。

特に汚染検査に使用する測定器は、汚染され易いので、ビニール袋でしっかりと養生する。

資器材を養生した場合は、ビニールやテープなどで動作が制限されていないか、正常に動作するか確認する。

封じ込め

*汚染を直接触らないようにする



30

放射性物質が付着し、除染できない場合は、汚染を直接触らないように、ビニールシートや防水シートなどで覆い、放射性物質が拡散しないように封じ込める。

ゾーニング

*100 μ Sv/h以下でも汚染区域がある

*汚染はホットゾーン、ウォームゾーン

*汚染を持ち出さない

放射性物質による汚染区域であっても、空間線量率が100 μ Sv/hまで上昇しないこともあるため、空間線量率による放射線危険区域以外にも汚染による放射線危険区域を設定する必要がある。汚染がある現場はホットゾーンであり、汚染検査や除染を行う場所はウォームゾーンとなる。ウォームゾーン、ホットゾーンは汚染がある区域となるため、進入時には汚染対策の個人防護装備を着用し、退出時には汚染検査、除染を実施して、コールドゾーンに汚染を持ち出さないようにする。

汚染検査

*汚染の持ち出しを防止

*表面汚染計



簡易汚染検査

- ❖ 頭部、顔面、肩、手指の汚染検査
* 汚染が付着しやすい部位を検査
- ❖ 検査時間を短縮

放射性物質の汚染検査は、表面汚染計を用いて測定し、汚染があれば除染して、汚染をコールドゾーンに持ち出さないようにする。簡易汚染検査は、放射性物質が付着しやすい頭部、顔面、肩、手指、足（靴底）の汚染検査を実施する。これらの身体の一部の検査は、1～2分程度で実施でき、検査時間を短縮することができる。多数の対象者を短時間で検査する場合に用いられる。

表面汚染の測定

❖プローブ（検出部）を汚染しないようにビニール袋、ラップ等で覆う

❖消音

距離を一定に保つ



- ・測定する表面からの距離が離れると測定値が小さくなる。
- ・除染前後で距離が異なると、正確な比較ができない。

角度を一定に保つ



- ・測定する表面と検出部の角度が異なると、検出部との距離が異なる。
- ・測定器への放射線の入射方向によって感度が異なる。

速度を一定に保つ



- ・測定値や応答時間を意識する。
- ・早く動かすと、指示値が表示される前に汚染のない箇所に移動してしまい、汚染を見逃してしまう。

33

測定器のプローブ（検出部）に放射性物質が付着しないように通常はビニール袋やラップなどで覆い、汚染したらこのビニール袋等を交換する。また、被災者の放射線被ばくに対する不安を考慮して、サーベイメータは消音にする。

測定時は、測定の対象物から一定の距離を保つこと、角度を一定に保つこと、ゆっくり動かすことに注意する。

計測する表面からの距離が離れると計数値は小さくなる。また、距離が異なると正確な評価ができなくなる。

GMサーベイメータは、検出部の窓以外からはベータ線が入射しない。表面と検出部の角度が異なると検出部との距離も異なる。そのため、表面と検出部の角度を一定に保つ。

表面汚染検査では、検出部は1秒間に5～10cmの距離を動かす。速度が速すぎると、指示値が表示される前に汚染のない箇所に移動してしまい、汚染を見逃してしまう。

除染

*脱衣

✦脱衣した衣類はビニール袋に入れて汚染拡大防止

*拭き取り

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る。搬送時に傷病者を包んだ毛布やシーツ、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する。汚染した衣類などを触った後は、他の箇所を触る前に素早く外側のゴム手袋を交換する。

脱衣で除染できなかった皮膚や資器材の汚染は、濡れたガーゼやタオルなどで拭き取る。拭き取りに使用したガーゼやタオルは放射性物質が付着しているので、ビニール袋へ入れ、汚染が拡大しないようにする。

要救助者対応

35

放射線テロ災害で要救助者がいる場合は、その対応を優先する。

まず避難、救出

- *外部被ばく →とりあえず被ばくを低減
- *内部被ばく →可能な限り吸入しない
- *体表面汚染 →付着の機会を少なく
- *その他の脅威→離れることで危険を回避

放射線災害での現場対応では、要救助者をまず避難、救助し、発災現場から可能な限り離れた安全な場所に移動させることが優先である。

外部被ばくについては、現場から離れることで被ばくを低減でき、内部被ばくも可能な限り吸入する放射性物質の量を減らすことができる。体表面汚染は、放射性物質の付着する機会を少なくする。また、放射線以外の化学剤や爆発物等の脅威についても現場を離れることで危険を回避できる。

❖外傷等（放射線以外の原因）の 応急処置

- *放射線の影響は現場では出現しない。
- *大量出血に対する止血帯（ターニケット）

外部被ばくと内部被ばくは現場での症状出現はほぼないため、被ばくに対する現場の医療活動はない。体表面汚染は、生命の危険には関与せず、除染は救命処置にはならない。このため、放射線テロ災害での現場医療での救命処置は、放射線以外の原因である外傷や化学剤等への症状の改善が目的となる。これらの救命処置は、除染よりも優先される。
特に大量出血に対する止血帯の使用は、救命に大きく関与する。

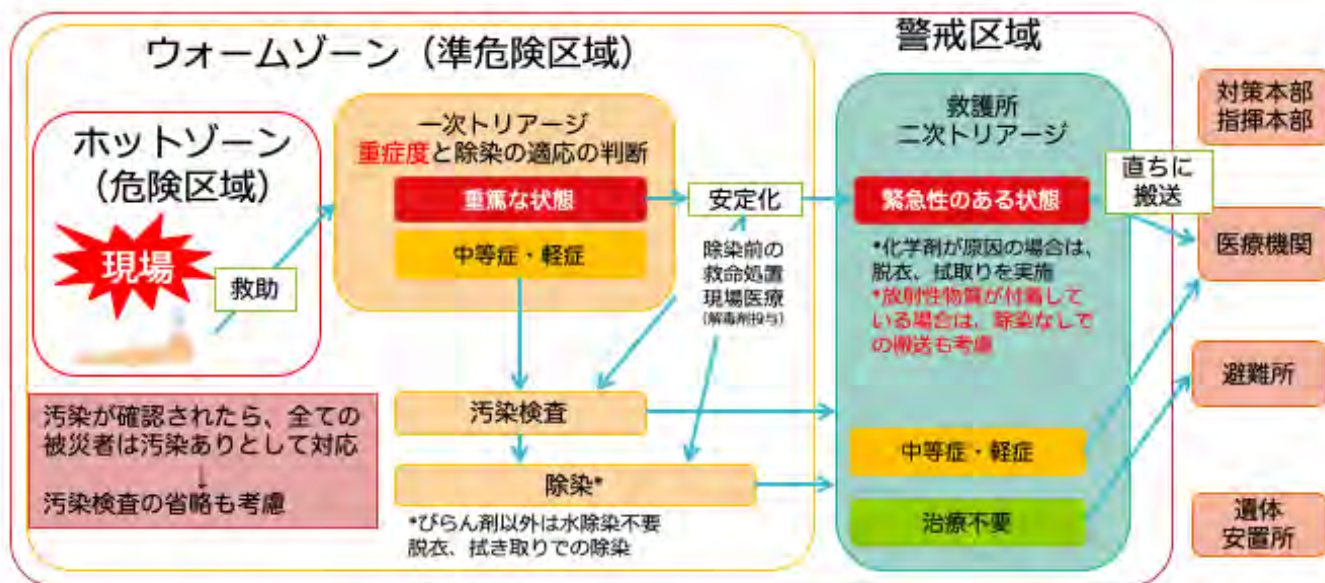
汚染検査

❖避難、救助してきた人々には汚染が付着している可能性がある。

❖可能な限り、汚染検査を実施

放射線の発災現場から避難、救助してきた人々には、放射性物質が付着している可能性がある。応急処置等で状態が安定している（緊急の処置が不要）場合、外傷等がなく医療処置が不要な場合は、可能な限り汚染検査を実施し、汚染拡大防止対策を実施する。

現場でのトリアージ



39

要救助者を危険区域から救助し、一次トリアージを行う。一次トリアージでは、重症度と除染の適応を判断する。重篤な状態であれば、安定化のための応急処置を実施し、汚染検査をせずに脱衣のみで直ちに医療機関に搬送する。中等症、軽症であれば、汚染検査を実施し、必要に応じて除染する。放射性物質の付着では、生命に危機的状況となることはなく、化学剤への対処と異なり、除染は救命処置とはならない。危険区域で放射性物質による汚染が確認されたら、すべての被災者に汚染があると脱衣等の対応をする。汚染検査を実施していなくても、脱衣をすることで、汚染拡大防止となる。

放射線テロ災害対処

❖被ばく対策（外部被ばく・内部被ばく）

*空間線量率測定、個人線量計、呼吸保護、ゾーニング



❖汚染拡大防止

*汚染検査、個人防護装備、養生、ゾーニング、除染



放射線テロ災害対処で重要なのは、被災者、活動隊員に対して、被ばく対策と汚染拡大防止の措置を実施することである。

化学剤テロ災害対処

初動対応者のための基礎知識

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。

内容

- ・ 化学剤の基礎
- ・ 化学剤からの防護
- ・ 化学剤の検知
- ・ 化学テロ災害対応

化学剤の基礎

1. 有毒化学の種類と特性
2. 身体への影響
3. 有毒化学剤の防護
4. 有毒化学剤の検知

2

有毒化学剤について、その種類と特性、身体への影響、防護、検知について、基本的な内容を解説する。

現場対応として重要なのが、自分自身の安全確保と要救助者の人命救助である。

さらに化学剤には拡散する特性があるため、その二次被害拡大を防止することが現場対応に求められる。

化学剤の種類と特性

	名称	外観	臭気	蒸気密度 (空気比)	持久度	半数致死量 mg・min/m ³
神経剤 神経系	タブン	無色液	無臭	5.6	数日	400
	サリン	無色液	無臭	4.8	数時間	100
	ソマン	無色液	無臭	6.3	数日	50
	VX	無色液	無臭	9.2	数日～週	10
びらん剤 皮膚・呼吸器系	マスタード	無色液 (淡黄)	にんにく臭	5.5	数日～週	1,500
	ルイサイト	無色液 (褐色)	ゼラニウム臭	7.1	数日	1,500
血液剤 細胞系	青酸	無色液・気	アーモンド臭	0.9	数分～時	2,500
	塩化シアン	無色液・気		2.1	数時間	10,000
窒息剤 呼吸器系	ホスゲン	無色気	干し草臭	3.5	数分～時	3,000
	塩素	無色液・気	刺激臭	2.5	数時間	6,000
	クロルピクリン	無色液・気	刺激臭	5.7	数時間	2,000

3

化学剤にはいくつかの種類があり、それぞれ特性が大きく異なるため、種類ごとに対応の仕方も異なることを意識しなければならない。

少量で人体に影響があるもの、匂いや色がないものが危険な化学剤である。表は軍用化学剤である。血液剤、窒息剤は産業毒性物質として、事業所、工場などで使用されている。神経剤、びらん剤は殺傷目的で合成されたものである。

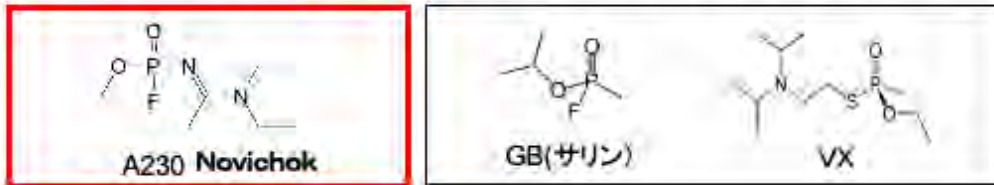
ほぼ全ての化学剤は空気より重い。そのため、特に室内においては低い位置に滞留するため低い姿勢でいると危険である。

持久度は、揮発しやすさであり、持久度が短いものは有毒ガスとして揮発しやすく、持久度が長いものは、汚染物質として残留し除染が必要となる。

半数致死量は数値が小さいほど、危険である。産業毒性物質は、半数致死量が大きく、匂いもあるため、何らかの匂いがした時点で防護措置を講じることにより被害を局限できる。

Novichok (ノビチョク)

- ❖ 1970年代にソ連が開発した神経剤で、第4世代の化学兵器
- ❖ 派生の化学物質は100種類以上。VXの5～8倍の毒性
- ❖ 液体、固体（超微粒子）の各種存在
- ❖ バイナリーとして安全性、安定性が高く取扱いが容易
- ❖ 速効性（30秒から2分）～遅効性（パウダー状で約18時間）
- ❖ エージングが数分と短く、拮抗薬PAMの効果期待できない
- ❖ 不可逆的な神経損傷を起こし、永久的な障害の可能性



新たな神経剤として登場したのが、ノビチョクである。ソビエト連邦が開発したと言われているが、構造式が明らかとなっており、有機化学合成の技術があれば製造は可能である。100種類以上の派生型があると言われており、基本的には検知器による検知は困難である。これまで最も毒性が高いと言われていたVXのさらに5～8倍の毒性と言われており、極めて脅威が高い。パウダー状で使用された場合、10数時間後に発症する例もあり、使用されたことすら不明のまま被害が拡大する可能性もある。

神経剤の特徴

- ❖ 化学剤の中で**最も毒性が強く致死**的
- ❖ 神経組織に作用
縮腫、涎、鼻汁、呼吸困難、嘔吐、頭痛、全身痙攣、失禁、呼吸停止
- ❖ 呼吸器からの**吸入**又は皮膚からの**浸透**し **速やかに症状**が現れる
- ❖ 通常、**無色**、**無臭**で五感による検知は困難
- ❖ 汚染持久度の長いものと短いものがある。

5

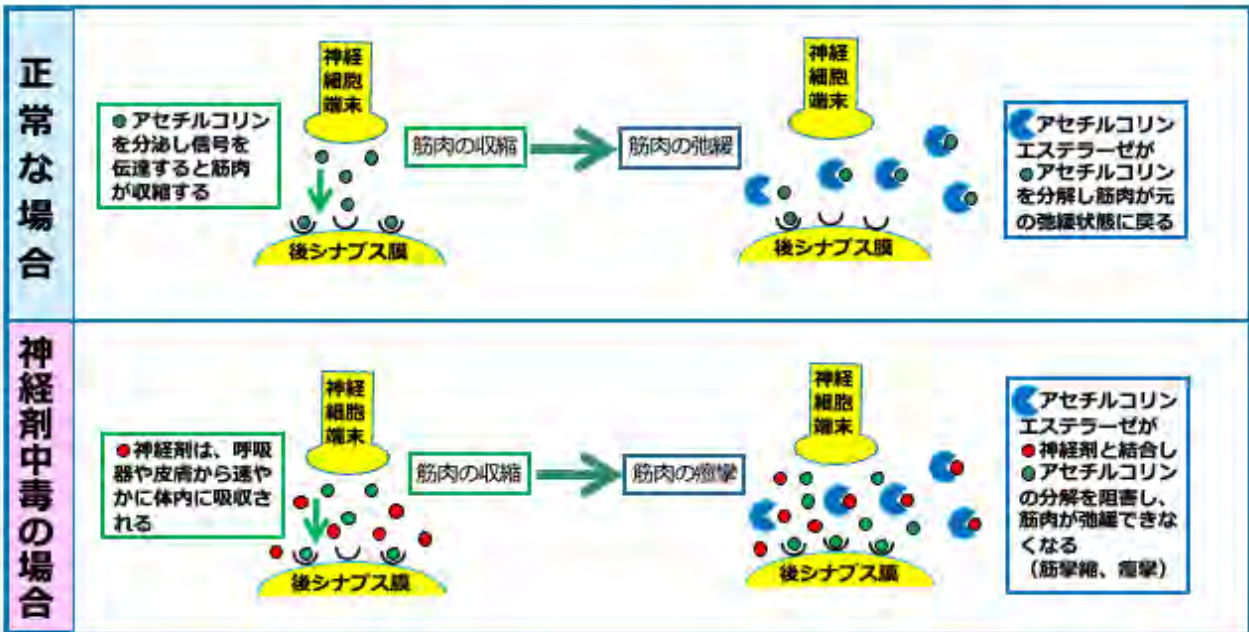
神経剤は吸入後、時間の経過とともに症状が進行する。最初に発現するのが縮腫である。その後、流涎、鼻汁の出現があり、呼吸困難、呼吸停止に至る。

経路としては、吸入が主であるが、液滴が直接皮膚に触れた場合、10数分で浸透し同様の症状を発症する。

通常は無職、無臭で五感による検知は困難である。

持久度が短いサリンは揮発して有毒ガスとなりやすく呼吸器保護が重要となるが、持久度が長いVXはほとんど揮発することなく、呼吸器の保護は重要ではないが、数mgの液滴の付着で致死である。

神経剤の人体への作用



6

神経剤の人体への作用としては、神経伝達物質（アセチルコリン）が元に戻ろうとする時必要な物質（コリンエステラーゼ）を阻害し、筋肉が元の状態に戻れず、弛緩、収縮できなくなる（筋攣縮、痙攣）ことで影響が出現し、瞳孔収縮、分泌過多、痙攣、心肺停止に至る。神経剤とコリンエステラーゼの結合は時間が経つと離れなくなり、この現象をエージングと言う。この神経剤とコリンエステラーゼの結合を解除するか、過剰な神経伝達物質の伝達を阻止する働きをするのが拮抗剤である。

神経剤に対する応急処置

- ❖ アトロピン(直接的な治療剤)
 - * アセチルコリン過剰状態を受容体側でブロック
- ❖ パム(直接的な治療剤)
 - * アセチルコリンエステラーゼから神経剤を解離吸着
 - * 解離できなくなる現象をエージングと言い、エージングが起きる前に投与する必要がある
- ❖ ジアゼパム (二次時的な影響 (痙攣) の治療)
 - * 直接神経剤には作用せず、痙攣で生じる脳障害を抑制
- ❖ 気道確保及び呼吸補助 (根本的治療までの対処療法)
 - * 呼吸停止状態を補助することで救命が可能



神経剤には拮抗薬がある。抗コリン剤であるアトロピンは、末梢性ムスカリン作動部位（全ての副交感神経末端と、汗腺への交感神経末端）において過剰のアセチルコリンの効果を阻止することにより作用する。

PAMは神経剤とコリンエステラーゼの結合を解除し、コリンエステラーゼを再生することにより作用する。

ジアゼパムは抗痙攣薬で直接神経剤には作用しないが、痙攣持続で生じる脳障害を抑制する。

現場で対応できることとして、化学剤を吸入する状況から少しでも早く救出し、清浄な空気を吸入させることである。

びらん剤の特徴

- ❖ 熱傷状の水疱を生じ、皮膚、口、鼻、喉、肺、目に障害を及ぼす
特に湿った部位に影響する
- ❖ 吸入により肺を損傷し、肺水腫により死に至る
- ❖ マスタードは無痛、ルイサイトは激痛を伴う
- ❖ 蒸気曝露では、目の刺激症状、充血、上気道の刺激症状が起きる
- ❖ マスタードは数時間後に発症し、皮膚細胞が液化壊死する
- ❖ 独特の臭気により存在を察知することができる
- ❖ 持久性であり、汚染が必要である（人員、地域、施設）

8

びらん剤は第二次大戦時の化学剤である。国内各地から旧軍の化学弾が発掘または海中から発見されることがある。
症状としては、熱傷の症状と類似した皮膚症状が出現する。
発赤の徴候が1時間後、その後2～3時間で紅斑が現れ、10数時間後に水疱が発生する。
マスタードは当初無痛のため汚染に気づかないが、ルイサイトは付着すると痛みがあるため、直ぐに覚知することが可能である。

びらん剤に対する応急処置

- ❖ マスタードの解毒薬はなく、**対症療法**が主体
- ❖ ルイサイトには、BALが内部臓器の傷害を軽減
- ❖ 迅速な除染、水洗、ふき取りが有効
- ❖ 皮膚の損傷には、通常の熱傷と同様の処置



R S D L (Reactive Skin Decontamination Lotion)



個人用除染具（自衛隊装備）

9

マスタードには解毒薬はなく、皮膚のびらんに対する対症療法が主体となる。

ルイサイトにはBAL（British Anti-lewisite）が、内部臓器の傷害を軽減する効果がある。

被服の上からの汚染であれば、汚染面を皮膚に付着させないように脱衣する。

皮膚に付着した場合は、迅速な除染剤による除染、または水洗、ふき取りが有効である。

皮膚細胞の液化壊死の症状に対しては、通常の熱傷と同様の処置を施す。

血液剤（シアン化物）の特徴

- ❖ 細胞の酸素代謝を直接阻害（細胞の窒息）
- ❖ めまい、頭痛、嘔吐、頻呼吸、皮膚紅潮、痙攣、昏睡、呼吸困難、心肺停止
- ❖ 数秒で発症し、高濃度時は10分程で心肺停止
- ❖ アーモンド臭により嗅覚での検知が可能
- ❖ 持久効果はない（除染の必要はない）
- ❖ 産業毒性物質（メッキ、プラスチック工場等）
- ❖ 気道確保、拮抗薬（亜硝酸アミル）の吸入が有効
- ❖ 口による人工呼吸厳禁、吐物も危険

10

窒息性化学物質の塩化シアン及び青酸は、作用速度が極めて早く、細胞の酸素代謝を直接阻害する。

症状としては、眼や鼻、喉に刺激性の痛みを感じる、頭痛、めまい、吐き気を起こす、胸部圧迫感、呼吸困難、痙攣がある。

処置は、亜硝酸アミルの吸入、呼吸補助の実施である。現場では、早期に酸素投与、呼吸補助をする。

メッキ工場、写真工業等での漏洩事故、またはアクリル製品工場等での火災で発生する。この化学剤は、持久効果はなく、除染の必要はない。

窒息剤の特徴

- ❖ 肺胞毛細血管床の透過性を亢進し肺細胞を損傷
- ❖ 気道、肺胞から組織液が漏出し肺水腫により窒息
- ❖ 咳、胸部圧迫感、頭痛、嘔吐、皮膚の青紫変色、泡を含んだ痰、肺水腫、呼吸困難、心肺停止
- ❖ 低濃度では24時間以上の潜伏期（遅発性）の場合あり
- ❖ 特有の臭気により嗅覚での検知が可能
- ❖ 持久効果はない（除染の必要はない）
- ❖ 産業毒性物質（ポリウレタン原料）
- ❖ 解毒薬はなく、呼吸管理等の対処療法

11

窒息剤のホスゲン、塩素、クロルピクリンは、呼吸により肺の中に入り、気道、肺細胞を損傷し、気道、肺胞から組織液が漏出し肺水腫により窒息する。

症状は咳、胸部圧迫感、頭痛、嘔吐、皮膚の青紫変色、泡を含む痰、の症状を呈し、肺水腫、呼吸困難、心肺停止に至る。

激しい刺激を伴い即効性であるが、低濃度の場合、24時間以上の潜伏期を経て発症する場合がある。

特有の臭気または激しい刺激臭により嗅覚での検知が可能である。揮発性が高いので液体から有毒ガスが発生しやすいが、身体への付着物に対する除染の必要はない。

染料、ポリウレタン製品、ポリカーボネート樹脂等の原料に広く使用され、フロンの過熱でも発生することがある。

防護のレベル

	レベルA	レベルB	レベルC	レベルD
外観				
概要	全身を化学防護服で覆い、自給式空気呼吸器で呼吸保護し、陽圧で汚染物の被服内侵入を防止	化学防護服を装着し、自給式空気呼吸器で呼吸保護、ポンベ交換が容易で連続使用が可能	化学防護服を装着し、吸収缶式防護マスクで呼吸保護、低酸素、高濃度環境下では使用が制限	危険物質がないことが確認され、化学防護服及び呼吸保護の必要がない場合

12

レベルAは、自給式空気呼吸器と耐化学防護服で全身を覆い、呼気による陽圧により汚染物の侵入を防護できるため、最も防護性が高いが、生理的負担が大きいことと、ポンベ交換が困難であるため、30分程度の活動時間に限られる。空気呼吸器は防護服の内側にある。

レベルBは、自給式空気呼吸器と耐化学防護服で全身を防護し、空気呼吸器は防護服の外側にあるため、ポンベ交換により比較的長時間の活動が可能となるが、完全に気密させるためには、マスク、手袋、ブーツとの接合部をテープで目張りする必要がある。

レベルCは、吸収缶式の防護マスクに耐化学防護衣で全身を防護し、吸収缶の破過（通常10時間程度）まで活動が可能であるが、酸素濃度が低い場合、低分子量の有害物質（青酸等）では使用できず、高濃度の有毒ガス環境下では使用時間が短くなる。

どのような危険物質があるか不明だが迅速に要救助者を危険な地域からショートピックアップするにはレベルAが、被災者の状況（生存者の存在）から判断し、比較的長時間汚染地域内で活動するためにはレベルCが、その中間の用途でレベルBが適している。

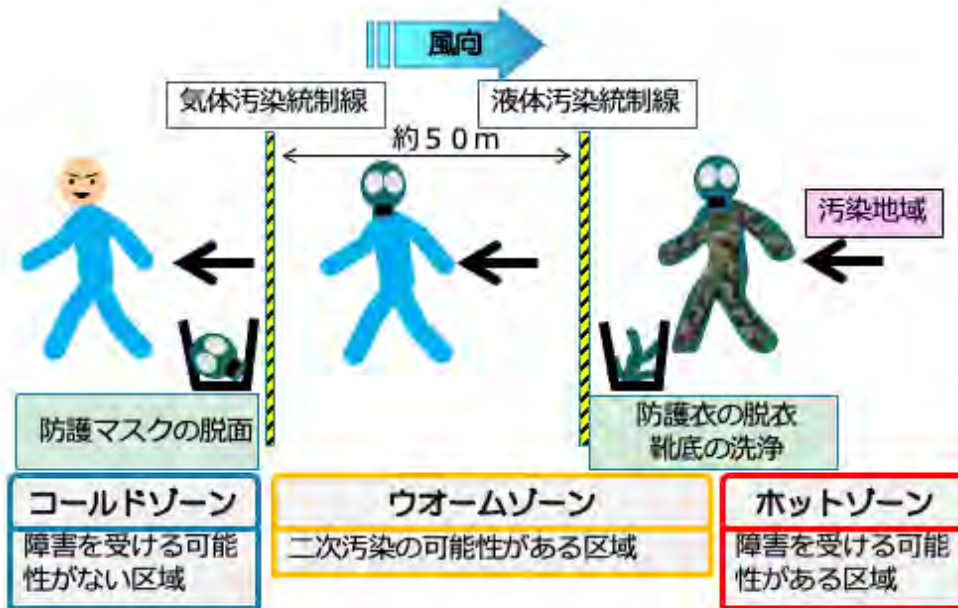
戦闘用防護衣（レベルC）



13

自衛隊及び警察のNBC部隊が保有する防護衣は、長時間（10時間程度）汚染環境内で活動するのに適している。これを可能にするため、呼吸器は活性炭式の吸収缶で、微粒子状の有害物質を濾過し、活性炭で有毒ガスを吸着する。防護衣は、生理的負担を軽減するため機能性の布帛により通気性を有しつつ、気状・液状の有毒化学剤から防護することが可能である。

脱面・脱衣の位置



14

汚染区域から退出してきたら、ウオームゾーンで防護衣を脱衣し、液状の有毒化学剤を拡散させない様に留意する（液体汚染統制線）。

有毒ガスは流動するので、防護マスクは風上側の安全な区域まで約50m程移動して、コールドゾーン（期待汚染統制線）で呼吸保護具を外す。

有毒化学剤の検知

- ❖ 見えない敵をいかに見るか（見えないから怖い）
- ❖ 検知器が反応しなければ大丈夫なのか
- ❖ 検知器がなければ何もわからないのか

15

見えない敵をいかに見る（知る）か、検知器だけが検出手段ではない。

VXなどはほとんど揮発しないため、ガスを検知する機器では検知が難しい。検知器だけで全てを検知できるものではない。

最も早く現着する消防隊員が検知器を保有しているとは限らないため、検知器以外での化学剤の存在を確認する手段を理解しておく必要がある。

徴候による化学剤の存在の判断

- ❖ 視覚、嗅覚
 - * 異様な液体、不自然な容器、異臭
- ❖ 動植物の異変
 - * 死骸、異常な行動、植物の変色
- ❖ 自覚症状
 - * 鼻水、胸喉の締め付け感、息苦しい、目がボンヤリ、チカチカ、暗く感じる
- ❖ 被災者の症状
 - * 流涎、鼻汁、縮瞳、嘔吐、痙攣、失禁、呼吸困難

16

初動対応者が現着した際、視覚・嗅覚、動植物の状況等、普段と違う徴候に注意をはらうと共に、自覚症状がないかも留意する必要がある。

また、被災者の状況・様態は危険物質の存在を判断する非常に重要な情報源である。

これらの情報は、関係機関で共有すると共に、保健所、市町村等関係機関、専門機関（日本中毒情報センター）情報提供し、原因物質の特定・分析、対処要領等の支援を受けることが重要である。

検知紙

- ◆微量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) の化学剤を数秒以内で検知
- ◆びらん剤 (赤)、G剤 (黄)、V剤 (濃緑) を検知
- ◆水以外の有機溶媒等に偽陽性を示す

アセトン、トルエン、マロン酸ジエチル → 黄色
サリチル酸メチル、水酸化ナトリウム → 赤色
ジエチルアミン、アミノブタノール → 深緑色



17

検知紙は、液状化学剤に反応して、発色する。液状のものがあるということは、除染が必要ということである。びらん剤は赤色、G剤は黄色、V剤は濃緑色となる。化学剤以外にも発色するので、疑陽性を示す場合がある。しかしながら訓練では、このような化学物質を擬剤として使用し、実戦的な訓練が可能となる。

CBRNテロ災害の特徴

- ❖ 大量の傷病者が発生、現場以外に被害が拡大
- ❖ 地域・施設が一時的に使用不能となり経済的損失
- ❖ 発災当初の即時の認知が困難
- ❖ 対処要員が二次被害を受ける可能性
- ❖ 対応にあたり専門的知識が必要
- ❖ 迅速な判断、対応、統制、多機関の連携が必要
- ❖ パニックを防止する適切な情報発信が重要

18





CBRNテロの特性として、一度に大量の傷病者が発生し、現場周辺から風下方向への流動や、汚染物質が付着した人員の移動により被害が拡散する可能性がある。また、地域・施設が一時的に使用不能となり経済的な損失も伴う。

CBRN兵器は軍事的には大量破壊兵器（WMD：Weapons of Mass Destruction）と言われているが、目に見えないため、発災当初の使用の認知が困難で、CBRN対応のスイッチが入り難い。また、通常災害の準備で対応すると、対処要員が二次被害を受けることになる。

したがって、対応にあたり専門的知識が必要であり、また、被災者の救命のためには迅速な判断、対応が必要となり、また、強制力を持った統制、警察、消防、自治体、事業所、医療機関、専門機関、自衛隊等、多機関の連携も必要となる。

また、被害拡大防止のため、近隣住民等に速やかに危険を伝達し、避難または屋内退避等を促す必要があるが、パニックを防止するような情報発信、広報に努めることが重要である。

化学テロの主な散布手段

	携行型	噴霧装置	時限式散布	無人機等
外観				
特性	<ol style="list-style-type: none"> 1 化学剤をペットボトルやスプレー等で散布 2 地下鉄サリン事件では、ビニール袋で携行し散布 3 携行・秘匿性に優れている反面、自曝する可能性 	<ol style="list-style-type: none"> 1 化学剤を大型の噴霧装置で大量に散布 2 松本サリン事件では、加熱式噴霧器を荷台に設置して使用 3 多量の化学剤を噴霧できるため広範囲にわたる被害 	<ol style="list-style-type: none"> 1 爆発力の小さい爆薬に化学剤を入れた容器を抱かせて時限装置等で起爆させて散布 2 携行・秘匿性に優れており、同時多発的に使用可能 	<ol style="list-style-type: none"> 1 化学剤を無人機等に搭載したタンク等から散布 2 車両等に搭載して移動後、警戒線等を容易に超えて比較的広範囲にわたる被害

19

化学剤の散布手段としては、地下鉄サリン事件で使用された携行型は、最も簡単で、閉鎖空間で使用すれば甚大な被害につながるが、使用者本人が自爆する可能性もある。

松本サリン事件で使用された噴霧装置では、大量の化学剤を散布することが可能で、影響範囲は広範囲（松本サリン事件では800m×570m）に及ぶ。

爆発物と複合的に化学剤が使用された場合、対応に多大な労力を要し、テロの目的である恐怖を与えるには最も効果的な方法である。

ドローンを使用した場合は、使用者の安全、秘匿を確保しつつ犯行に及ぶことが可能であり、また、警戒を厳重にしている要点であっても攻撃が可能となる。

サリン事件の被害状況

	地下鉄サリン事件	松本サリン事件
死亡者数	13名	8名
負傷者数	6,300名	143名
被害範囲	消防職員、病院職員等に大量の二次被害発生	南北800m、東西570mに拡散
散布要領	サリン約500gを入れたビニール袋2～3個を新聞に包み傘で突き刺して電車内に散布	車両に搭載した散布装置からサリン約12Lを気化させ約10分間屋外で放出

20

地下鉄サリン事件では、13名の死亡者と6,300名に及ぶ負傷者が発生した。負傷者の内、99%は二次被害であり、救助に当たった消防隊員も135名が二次被害を受けた。このため、二次被害を防止するための教育訓練が行われてきたが、二次被害を恐れる余り、現場対応に非常に時間を要するようになった。CBRNによる被害は、汚染環境下にいる時間経過と共に重篤化する。

二次被害を出さないよう準備し、迅速な対応により、救命率を向上させなければならない。

また、松本サリン事件では、放出したサリンが南北800m東西570mに拡散して被害者が発生しており、風下に危険地域が広がることわかる。

また、被害防止として、窓を閉めていた部屋からは被害者が出ておらず、風下地域の住民は避難するよりも屋内で窓を閉鎖し密閉した方が安全が確保できる。

初動対応：判断

どの情報をもってCBRNテロのスイッチを入れるか

- ❖ 通常可燃物を取り扱わない場所での爆発
- ❖ 通常有害物質が存在しない場所での中毒症状
- ❖ 同時、同一箇所、同一症状の複数患者の発生
- ❖ テロ災害が疑われたら、最悪を想定
 - * 二次攻撃の可能性
 - * 有毒化学剤、放射性物質、生物剤の存在

21

事案が発生した場合、CBRNテロなのか、通常の事故なのか判断する必要がある。

通常、可燃物等がない場所での爆発、通常有害物質がない場所での中毒症状、同時、同一箇所、同一症状の複数患者の発生等の徴候は、CBRNテロを疑って対応を開始しなければならない。

CBRNテロを疑った場合、二次攻撃、化学剤、放射性物質、生物剤の存在等最悪を想定すべきである。

初動対応：出動準備

誤情報、混乱、情報不足が常態

- ❖ 有毒化学物質、放射性物質を検出する器材の準備
- ❖ 呼吸保護具の準備、化学防護衣の装着、ゴム手袋（ニトリル製）
- ❖ 火災対応装備（空気呼吸器、火炎防護服）でも可
- ❖ 情報不十分な状態での出動
- ❖ 風向がわかれば極力風上側から接近、拠点の決定

22

CBRN対応装備を保有していれば、化学剤、放射性物質、生物剤に対応できるよう全て携行する。

これらを保有しない消防署では、初動の速さが勝負であるので、とりあえず、空気呼吸器とゴム手袋（ニトリルなど耐化学薬品のもの）、火炎防護服等通常の準備の延長線上で出動し、現場では、呼吸器の確実な保護、不審な液体等に絶対に接触しない、生存者のいないような高濃度の閉鎖空間には近づかないことに留意する。当初の情報は不正確、不十分、誤報であることが多く、現場の状況の確認、通報者等からの情報収集が重要となる。

また、安全を確保するため、風向に注意し、極力風上側からの接近に努める。

初動対応：現着後

時間との勝負、迅速に救助することが重要

- ❖ 現場情報の入手
 - * 被害者の位置、症状→被災者の状況は重要な情報源
 - * 通報者からの聞き取り
- ❖ 現着後10分以内が勝負
- ❖ 二次被害を過剰に避けると被災者の命を失う
- ❖ 除染を待たせない→すぐに脱衣、ふき取り

23

入電時に全ての正しい情報が得られるわけではない。何らかの異常が発生していることを察知し、安全対策を講じて迅速な対応が求められる。

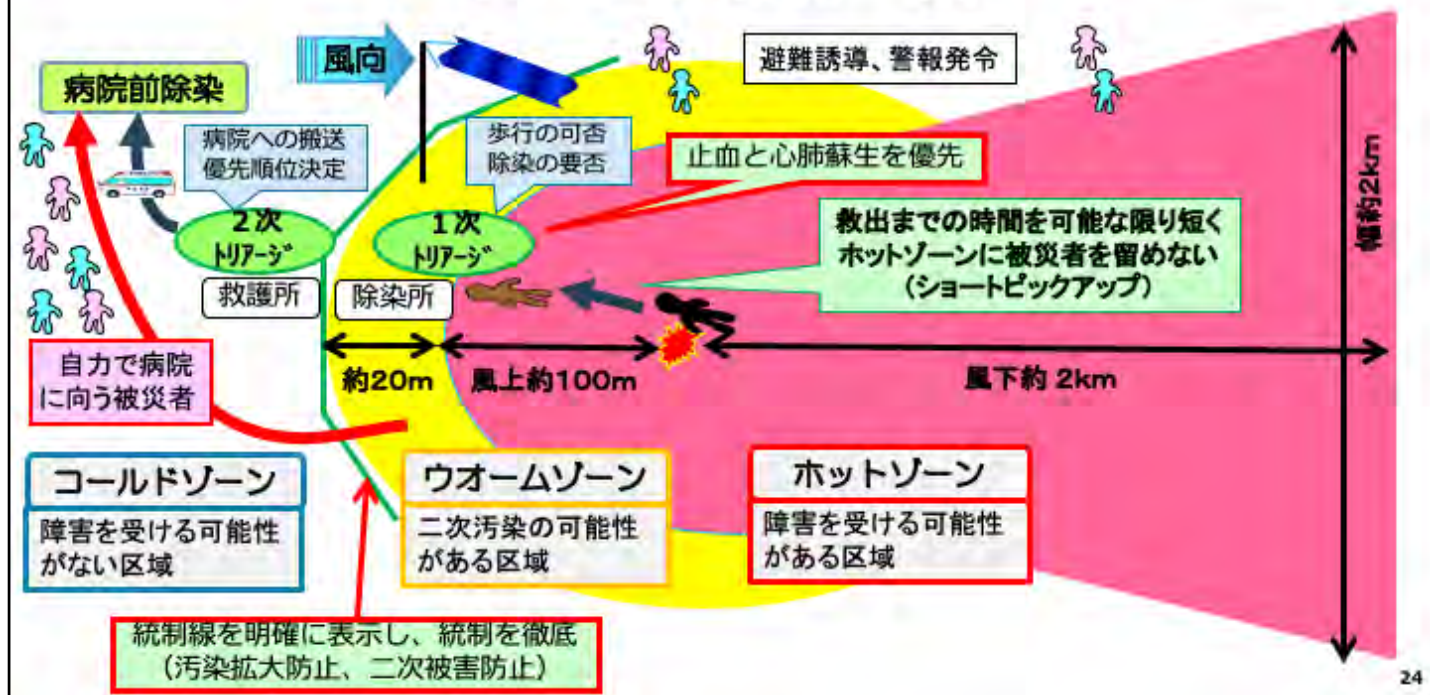
現着後、通報者や施設管理者等からの聞き取りも重要であるが、被害者の状況からの判断も重要である。

被害者の状況から、有害物質が使用されたこと、使用された場所、が判明し、その後速やかな汚染箇所からの被災者のショートピックアップが重要となる。

できれば現着後10分以内には危険地域から被災者を引き離すことを追及するべきである。

その後の除染も、できるだけ早く脱衣と皮膚への付着が確認されたら、ふき取りを行うことも救命のために重要となる。

ゾーニングの一例



以下の条件をホットゾーンとし、ホットゾーンを基準にウオームゾーン及び統制線、コールドゾーンを決定する。

ホットゾーン

- 化学剤収納容器等の残留物が目視で確認（液体等）できる場所及び液体等による曝露危険がある付近一帯
- 人が倒れている、人がうずくまっている付近一帯
- 簡易検知により反応がでる付近一帯
- 曝露者のものと思われる吐しゃ物、血液等がある付近一帯

進入統制ラインの設定

1. 目的

簡易検知活動を経て各ゾーンが設定される前に、危険な事象が発生している若しくは発生する可能性がある地域と安全な地域とを区別することにより、活動隊員の安全を確保するとともに、曝露者（疑いがある者を含む。）の退出を規制し、二次曝露（曝露者が媒体となった被害の拡大）を防止する。

2. 実施要領

各ゾーンが設定され、ウォームゾーンとコールドゾーンの境界が明確にされるまでの間、周囲の状況を確認し危険がない場所（異常がある場所から目安として120m以上離れた風上側の場所を参考）に進入統制ラインを設定する。

ロープ、標識、カラーコーン、立入禁止テープ等に加え、文字情報より、設定した進入統制ラインを関係機関や要救助者に対しても明確に分かるように表示する。

3. 留意事項

必ずしも検知結果に基づき設定しなければならないものではなく、設定時点の災害状況（臭気の有無、負傷者のいる位置等）から指揮者が「危険」と判断したところを基準に設定し、適宜確認して安全を確保するとともに、必要に応じて変更を行う。

各ゾーン設定後は、現地調整所において関係機関と共有する必要がある。

迅速な医療介入

- ❖ ショートピックアップ
 - * 危険な地域からの迅速な救出
- ❖ 一時トリアージ
 - * 迅速な分類（歩行の可否、除染の要否）
 - * いかに早く医療介入するか
- ❖ 二次トリアージ
 - * 病院搬送の優先順位の決定
- ❖ 二次被害防止のための除染
 - * 脱衣、ふき取り、状況により水除染

25

救命にあたり最も重要な事は、迅速な医療介入である。

まずは、CBRNによる汚染物質が存在する危険な地域からの迅速な救出であり、ショートピックアップする。この際、大量出血を伴っていた場合、止血を最優先すべきである。

次に一次トリアージを実施し、必要に応じて心肺蘇生、気道確保である。状況により（縮瞳、分泌亢進、痙攣）の処置（拮抗剤の投与）を実施する。

汚染検査、除染後に二次トリアージを行い、状態、緊急度に応じて病院搬送の優先順位を決定する。最大多数に最善を尽くすため、様態により治療・搬送の優先順位を決めるが、逐次変化する様態に注意をはらう必要がある。

二次被害の防止のためには、除染により原因物質を除去する（病院前除染）ことが最善であるが、完璧な除染が出来ない場合もあるため、医療機関では、簡易マスクによる呼吸保護を実施しておく。

除 染

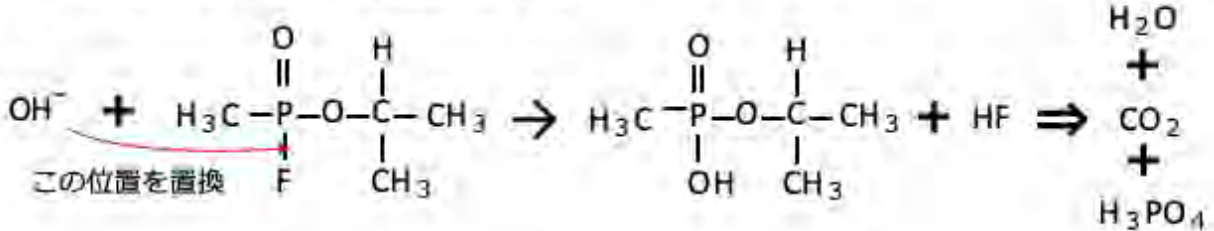
- ❖ 除染が先か、救護が先か
 - * 止血、心肺蘇生を優先
 - * 神経剤症状対処（拮抗剤の投与）
- ❖ 除染はどこで実施するべきか
 - * 現場除染と病院前除染
- ❖ どのように除染すればいいのか
 - * 大量の被災者を効率的に除染するには→脱衣・ふき取りを主体
 - * 除染が必要な被災者の選別
- ❖ 除染後の汚染被服、汚水をどうすべきか
 - * 汚染物、汚水は全て回収しビニール袋等で密閉保管
 - * できるだけ汚水を出さない→ふき取りを主体

26

救命が目的であり、除染を優先したため死亡してしまうことのないよう被災者の様態をよく観察し、止血、心肺蘇生、気道確保、神経剤の症状への処置を迅速に判断し対応しなければならない。除染の目的は、被災者の被害を局限することと、二次被害の発生を防止することであり、現場での除染及び病院での除染（処置室に搬入前の除染）に区別される。汚染された傷病者が自力で病院に行く可能性があり、病院前除染は必ず必要である。大量の被災者が発生した場合、本当に除染が必要な被災者の除染を待たせることがあってはならない。汚染物質が身体に付着した被災者のみが除染対象であり、有毒ガスを吸入して発症した被災者は除染する物質が付着していないので除染の必要はない。除染が必要な被災者であっても、脱衣とふき取りにより現場での除染は十分である。水洗による除染は効果的ではあるが、時間を要する事、汚水が発生すること、低体温のリスク等の問題を有している。

除染と汚水の発生

❖ 除染剤で分解して無害化する



❖ 拭き取り、脱衣は汚染物質が残る⇒ビニール袋に密封保管

❖ 水洗は、毒物が移動するだけ⇒汚水が発生⇒密封容器に回収

27

水洗による除染は、効果が高いが、汚水が発生し二次被害の可能性があるので下水に放出することはできない。

この汚水は除染剤により無害化されるが、下水への排出基準への適合を確認するまで放出することはできない。

脱衣や拭き取りにより発生した汚染物はビニール等の密封容器に入れ、ウオームゾーンで一時保管し、処置について自治体と協議する。

これら汚染物の処理は、高温焼却炉での焼却か、除染剤による無害化の後、廃棄する等の処置が必要となる。

被害者大量発生時の除染

- ❖ 脱衣：10分以内が理想。汚染面を皮膚に付けない→約90%除去
- ❖ 応急除染：拭き取る手段で直ちに汚染を除去→約99%まで除去
 - * ドライ：紙おむつ等の吸着素材で皮膚から汚染を除去
 - * ウェット：水（ガーゼ、スポンジ等）で濡らし、拭き取る
- ❖ 水的除染：消防車2台を並べ、ミスト状でスプレー（15～90秒）
 - * タオル等で皮膚に押し込まない様に摘み取って拭き取る→99.9%
- ❖ 完全除染：専用の除染ユニットや多くの資器材を使用
 - * 準備に時間を要し、除染にあたり汚水が発生する

28

最も効率的な除染は脱衣である。迅速な脱衣による除染が重要である（理想としては10分以内）。これにより約90%の除染が可能であり、汚染の皮膚浸透を防ぎ、衣服からの蒸発・気化による二次被害を防ぐことができる。

脱衣は汚染面が皮膚に触れない様注意し、汚染面を包み込むように脱衣する。可能であればハサミで被服を切断し脱衣を容易にする。

皮膚の露出部位、または被服を浸透し皮膚が汚染されている場合は、ふき取りにより除染をする。この際、紙おむつ等に使用されている吸着素材または濡れたガーゼで湿らせた後拭き取る方法により、約99%の除染が可能である。

水的除染は、被服に付着した汚染がシャワーで皮膚へと移動するので、シャワー前に必ず脱衣することが必要である。

現場での完全除染は、専用の除染ユニットや多くの資器材を使用するため準備に時間を要し、除染に当たり汚水が発生するため、汚水の回収保管が必要となる。

また、救助者を冷たい水で除染することは、体温を下げるなど、状態を悪化させることになるため、全身に水をかける除染は推奨しない。

除染の必要性

- ❖ 被災者の9割は液体の付着ではなく、ガスの吸引
- ❖ 歩行可能な被災者は、皮膚の汚染はほぼない



大量の被災者の中で本当に除染が必要なのは誰か

- ❖ 歩行可能な被災者は除染を待たない
- ❖ 救急車を待たず勝手に病院に押し寄せる



二次被害防止のための病院前除染

障害が発生している被害者全てが除染対象となるわけではない。除染が必要な化学剤の汚染物質（液体）に直接接触した被害者は、発生現場のすぐ近くにいた人員のみであり、大半は除染の必要がない有毒化学剤のガスを吸引し発症した被害者である。神経剤の場合は、ある程度時間が経った後に、歩行可能な被災者（神経剤による症状がない被災者）には皮膚の汚染はないと判断できる。被服や靴底が汚染された歩行可能被害者は、消防が準備した除染を待つことなく、自力でまたはタクシー等を使用して病院に向かうことを止めることはできない。したがって、病院では二次被害を防止するためゲートコントロールを厳正に実施し、汚染の有無の確認と除染の実施が必要である。

まとめ

- ❖ 見えない敵を見極め、正しく認識すればCBRNは怖くない
- ❖ CBRNE事態は100%阻止も100%完璧な対応も困難
- ❖ いかなる事態も大過なく合格点がとれる対応
- ❖ 警察、消防、自衛隊、自治体、専門機関の連携が不可欠
- ❖ 想像したくない最悪を考え、空振は幸運と思い万全の備え

30

CBRNテロは目に見えない有害物質であるため、非常に恐怖心を煽り、この恐怖心がテロを行う側の目的でもある。

この見えない物質の存在を見極め、関連する知識により正しく認識すれば、安全を確保しつつ被災者の救助が可能である。

しかしながら、CBRNEテロ災害対処は、常に受け身であるため、完璧な阻止も完璧な対応も困難である。

これに対応するファーストレスポンドーは、いかなる事態でも、大過ない対応、つまり被災者の防ぎ得る死をいかになくすかである。このため、消防、警察、自治体、自衛隊、事業所管理者、専門機関の連携が不可欠であり、この連携を有効に発揮するため、日頃からの関係機関による、最悪事態を想定した机上演習及び実践的な訓練が重要となる。

爆発物テロ災害対処

初動対応者のための基礎知識

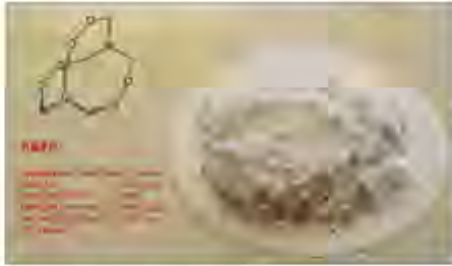
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

内容

- ・爆弾テロの概要
- ・爆弾テロ災害対応

爆発物テロの特性

- ❖ 爆弾テロは最も蓋然性が高く、テロの70%を占める
- ❖ 市販薬品とインターネット情報で作成可能
- ❖ 最も蓋然性が高いのは有機過酸化物による爆破テロ
- ❖ 二段攻撃、化学剤、放射性物質等、複合的危険の存在の可能性



HMTD(有機過酸化物)



IED (Improvised Explosive Device)

2

世界で発生しているテロの約7割は爆発物によるもので、誰でも手に入れることのできる市販薬とインターネット情報で爆発物を作成することが可能である。

紛争地域では、軍用爆弾と起爆装置を組み合わせたIEDが使われることが多いが、我が国において最も蓋然性が高いのは、市販薬で容易に製造できる有機過酸化物である。

また、テロは対応する側が最も嫌がる手段を使うため、爆発の二段攻撃や、爆発物に化学剤や放射性物質を組み合わせたダーティボムも警戒する必要がある。

爆発物テロ未然防止対策

❖ 未然防止

- * 巡回強化、職務質問の徹底
- * 監視カメラの増設
- * アナウンス、ポスター等による協力要請

❖ 不審物対応

- * 触れず、速やかに遠ざかり、警察に通報
- * 周囲の人への注意喚起、避難誘導
- * 処置は専門家に任せる

爆発物テロを未然に防止するためには、まず、不審物を設置させる隙を与えないことである。特に集客施設等テロの対象となる場所では、監視や不審者への警戒を強化すると共に、イベントへの参加者等に対しても、不審物・不審者への警戒の協力を促すことも未然防止のため重要である。

不審物を発見した場合、不用意に触れることなく、速やかに遠ざかり、警察に連絡すると共に、周囲に人にも注意喚起を促し、パニックに陥ることなく冷静に避難することが重要である。

爆発の可能性のある不審物からは十分な距離を設けて立ち入り禁止とし、専門部隊である警察の爆発物処理班の出動を待つ。

爆発物テロ初動対応

- ❖ 二次爆発物の存在に留意し行動する
- ❖ 爆発物の疑いのある不審物に近づかない
- ❖ 救助のためやむを得ない場合は
 - * 建物等の隠蔽物を最大限利用する
 - * 爆処理用の盾等を使用する
 - * 車両、土嚢、水缶等遮蔽物を使用する
 - * いかなる場合も20m以内には近づかない

4

爆発物テロは、当初の爆発による被害者を助けるファーストレスポonderに攻撃を与える二段階攻撃が行われる可能性がある。したがってテロが疑われた場合、爆発物の疑いのある不審物には掩護物を利用する等、十分に注意を払う必要がある。

人命救助のためやむを得ない場合、前スライドの避難命令距離以内に入ることを避け、爆発物に内包された金属片から防護するため建物等の遮蔽物の最大限利用、防護盾、車両、土嚢、水缶等の遮蔽物を使用し、極力低い姿勢で要救助者を救出する。

爆発物の種類

区分	爆燃物質	爆ごう物質		
法的区分	火薬	一次爆薬	二次爆薬	三次爆薬
代表例	黒色火薬 無煙火薬	有機過酸化物 TATP,HMTD DDNP(雷管)	TNT、C4 ヘキソーゲンRDX ペンスリットPETN ニトログリセリン 含水爆薬	硝酸アンモニウム ニトロメタン
起爆源	点火具	点火玉	雷管、一次爆薬	二次爆薬
伝播速度	数100m/s以下	数1,000m/s～10,000m/s		
圧力	密閉度に依存	10～数10 GPa		
用途	推進薬、発射薬	発破、地雷、榴弾、魚雷		

5

過去には、花火等に使用されている黒色火薬を集めて密閉容器に入れて爆破させるケーもあったが、これらは爆燃物質と言われ爆発威力は限定的である。

紛争地域における爆弾テロであれば、爆轟物質といわれる軍用のTNTが使用されることが多いが、外国からわが国に持ち込み可能な爆薬としてプラスチック爆薬（RDX、C4）等がある（韓国大統領暗殺未遂、大韓航空機爆破など）。

西側先進国では、最近ではTNTは使用されず、パリ、ロンドン、ブリュッセル、ボストン、ニューヨークで発生した爆発物テロでは、いずれも有機過酸化物が使用されている。

爆発の影響

- ❖ 空気を圧縮し衝撃波を形成、全方向に音速を超えて伝搬
- ❖ 閉鎖空間における爆発は、衝撃波が反射し被害が拡大
- ❖ 水中での爆発は影響が強く、危険距離が3倍となる
- ❖ 爆風圧、熱、破片、有害物質により多様な傷病者が発生
- ❖ 爆発物の内容物（金属片等）は、初速千m/s以上で飛散する
- ❖ 爆発物の近くの物体は、大きな物でも数百m/sで飛散する

6

爆発の影響は、爆風による殺傷と爆風に伴い金属片等が飛散し、これによる殺傷効果がある。

爆風は、爆発物に近い程致命的であり、また閉鎖空間や水中ではその効果が増大する。

爆発物の内容物（ボールベアリング等）は初速千m/s以上で飛散し、これは拳銃等の弾丸よりも危険である。

また、爆風により窓ガラスやテーブル等も数百m/sの速度で飛散し身体に衝突した場合、生命の危険がある。

爆発による被害（爆傷）

区 分	損傷の原因	症 状
一次爆傷	衝撃波による損傷	鼓膜破裂、肺挫傷、眼球破裂、 腹腔内出血、腸管穿孔、脳震盪
二次爆傷	飛散物による損傷	多発性穿通創、体内遺物、 皮膚軟部組織損傷、外傷性剥離骨折
三次爆傷	吹き飛ばされる損傷 建物の崩壊による損傷	内出血、脳損傷、脊椎脊髓損傷、 骨折、胸腹部骨盤損傷
四次爆傷	その他の損傷 主に熱傷及び有害ガス	熱傷、煙及び粉塵による呼吸症状、 一酸化炭素等中毒

7

爆発による被害の原因は、一次爆傷から四次爆傷がある。
 一次爆傷は、爆発による衝撃波による損傷で、避難命令距離以内で爆発を受けた場合で、致命的である。
 二次爆傷は、爆発物に内包された金属片または爆破により破壊されたガラス片等の飛散物による損傷である。銃で撃たれた場合と同様の殺傷力があり、身体の重要部位または穿通・穿刺により大量出血した場合、致命的であるが、防護盾等で防護可能である。
 三次爆傷は、爆風に身体が吹き飛ばされ、床や壁面にたたきつけられることによる損傷で、低い姿勢または伏せることにより回避が可能である。また、建物の崩壊による損傷もこれに含まれるが、堅固な建造物の柱等の活用が有効である。
 四次損傷は、爆発に伴い発生したガス、熱傷、煙、粉塵等による呼吸症状、及び一酸化炭素中毒であり、通常の火災対応と同様である。

爆薬量と避難距離

爆発物の種類 (容器、車両等の種類)	爆発物 TNT換算薬量(kg)	避難命令距離(m)	避難推奨距離(m)
鉄パイプ、圧力鍋	2.3	21	366
ベスト	9.2	34	518
スーツケース	23	46	564
軽自動車	227	98	580
バン、RV車	454	122	732
2tトラック	1,814	195	1,159
4tトラック	4,536	263	1,555
大型トレーラー	27,216	479	2,835

出典：爆発物検知・CBRNEテロ対策ハンドブック

8

避難命令距離は、建物内に避難する場合の距離で、避難推奨距離は屋外で避難する場合の距離の基準である。

避難命令距離は、建物の強度に依存するが大きな被害や崩壊などが発生しない建物の中にいて、かつ窓から離れている場合の距離である。日本の木造家屋は、この避難距離では半壊し、爆破片が壁を貫通する可能性もあることから、この距離はビルなど堅固な建造物を対象として避難距離と考えたほうが良い。

避難推奨距離は、爆発物に仕込まれた金属片等が飛散する距離、またはガラスの破損等による危険の恐れがある距離に相当する。西側先進国で、空港、地下鉄、バスなどの爆破にはいずれも有機過酸化物が5kg程度使用されている。これは自爆ベルトやデイバッグなどに入れて怪しまれず持ち込める量のためである。

遮蔽物による防護

❖ 飛散物から防護するために遮蔽物が必要

❖ 建造物の頑丈な柱等による遮蔽
頑強な建造物の影（通視できない所）の利用

❖ 防護盾、土嚢等による遮蔽
防護盾の使用、土嚢壁の設置

❖ 避難命令距離以内には立ち入らない
爆発破片からの防護（二次爆傷からの防護）
爆風からの防護困難（一時爆傷からの防護効果なし）

遮蔽物素材	厚さ
鋼板	5mm
ポリカーボネート	10mm
コンクリート	20mm
砂	125mm
直径9.5mm鋼球 衝突速度500m/s	

9

人命救助等止むを得ない場合、遮蔽物を最大限利用する着意が必要となる。

建造物の頑丈な柱の陰や床が低くなっている構造等を利用し、不審物が爆発した場合であっても飛散物が身体を直撃しないよう防護することが重要である。

建造物の利用が困難な場合、防護盾の使用や土嚢の設置が有効である。防護盾は、直径9.5mmの鉄球が500m/sで飛散することを過程した場合、

鋼板であれば約5mm、ポリカーボネートであれば約10mmで防護可能である。また、土嚢であれば砂を詰め約125mmの厚さにすることで防護できる。

これは2次爆傷（破片効果への防護）であり、防護盾がある場合であっても避難命令距離以内に入ってはいけない。

爆発物テロによる負傷者への対応

- ❖ 医療関係者は爆破地点付近に極力近づかない
- ❖ 二次爆発に留意する
- ❖ 多数傷者発生に対するトリアージが重要
- ❖ 創傷部の迅速な止血が救命率を左右する
- ❖ 体表が軽傷でも臓器損傷の可能性を疑う
- ❖ 化学剤、放射性物質等による汚染を疑う

10

爆発による負傷者への対応として、応急救護、現場医療があるが、医療関係者がテロ現場に派遣された場合は、極力爆破地点付近には近づかないことである。

さらに爆発物の他、化学剤や放射性物質などが同時に使用される可能性にも留意する。爆発物テロ発生時には、多数傷病者が発生するため、救命率の向上にはトリアージも重要なポイントであり、現場での迅速な止血が有効である。さらに爆傷では体表の損傷が軽微でも臓器損傷が隠れている可能性があることに留意する。

トリアージ、現場医療、搬送、医療機関の選定、広域搬送等には、関係機関の連携が必要である。

爆傷（多数傷）のトリアージ

区 分	症 状
緊急治療群 (赤タグ)	気道閉塞、呼吸困難、非代償性ショックの徴候のある患者
待機治療群 (黄タグ)	代償性ショックの有無に関わらず内臓臓器損傷の患者
治療不要群 (緑タグ)	鼓膜損傷や難聴などの歩行可能な傷病者
救命困難群 (黒タグ)	呼吸停止、心肺停止の患者

出典：CBRNE テロ災害対処ガイドブック

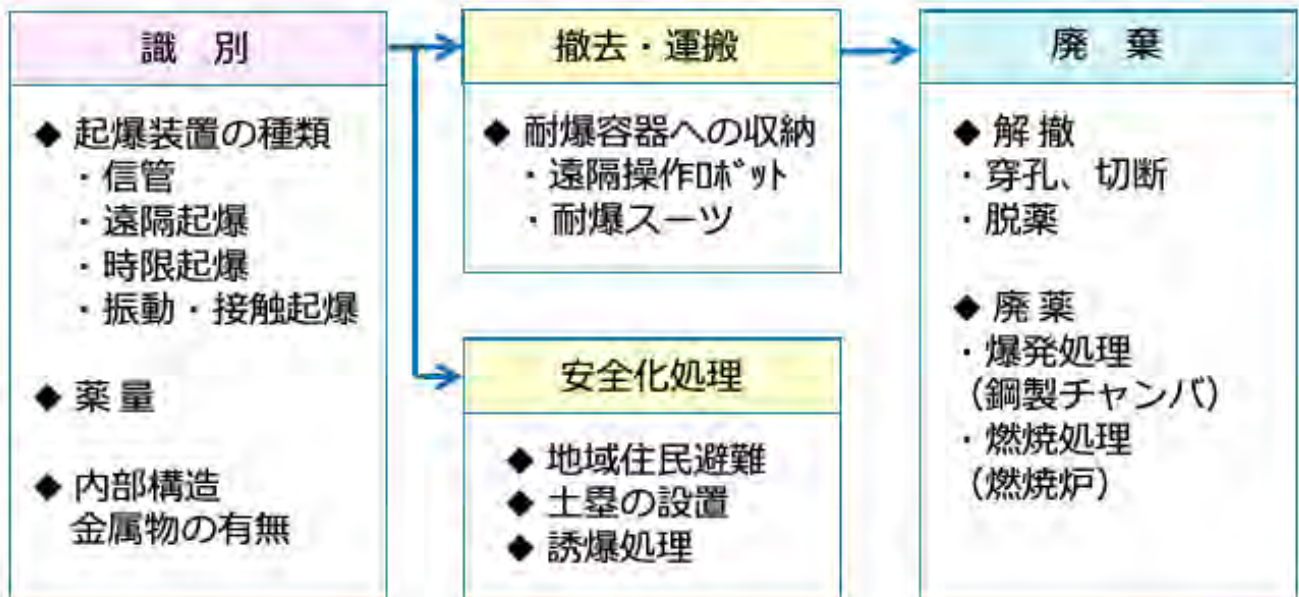
11

爆発が発生した場合、多くの被害者が一度に発生する。このため、現場ではトリアージが重要となる。

現場では、止血及び心肺蘇生等の応急処置を速やかに実施した後、医療機関への搬送を行う。

この際、気道閉塞、呼吸困難、非代償性ショックの徴候のある患者の搬送を優先し、次いで内臓臓器破損の疑いがある患者となる。多数傷対応の場合、生命に影響がない鼓膜破損や難聴等の歩行可能者は自力による医療機関への受診を推奨する。

爆発物処理の概要



12

爆発物処理は専門部隊の仕事である。その概要は、まず識別であり、起爆装置の種類を確認し爆発の緊急度を確認すると共に薬量を確認し爆発の影響度を推定する。爆発物を移動させることが可能と判断した場合、耐爆容器に収納し、処理可能な施設へ運搬する。

移動させることが非常に危険である場合、地域住民を避難させ、土塁等により周りを取り囲み、誘爆により処理を行う。

廃棄は、解体が可能であれば穿孔・切断により爆薬を抜き取り焼却処理を行う。解体が困難な場合、薬量に応じた鋼製チャンバの中で爆破処理する。

爆発物の探知方法と特性

探知方法	トレース探知	バルク探知	液体物検査	ボディスキャナー
対象	手指、被服等に付着する微量の爆薬成分	爆薬、起爆装置等の有無	危険な液体か安全な液体かの識別	被服内に隠し持つ爆発物の探知
方法	イオンビーム法 質量分析法 増幅蛍光ポリマー 爆弾探知犬	X線透過像 X線CT X線回析	レーザーラマン X線後方散乱 赤外分光	X線 ミリ波
特徴	極微量検出 低誤報率 量の判別は困難	形状情報から判断 材質識別 高処理速度	液体物種類判別 容器材質種類判別	高処理速度 被ばく問題 プライバシー問題

13

不審物は各種探知方法により、爆発物か否か、危険性の程度等を判断する。

トレース検知は、微量な爆薬成分を探知する技術で、pg（ピコグラム）オーダーの検知が可能である。これは爆発物を取り扱った人物の手や服はもちろんの事、手や服が触れた部分にも次々と痕跡が転写され追跡が可能な程精度が高い。

バルク探知は、X線を使用するもので、形状から判断する。

液体物検査は容器に入った液体爆薬を探知するもので、空港等で機内持ち込みの場面等で目にすることが多い。

ボディスキャナーはX線または身体に影響のないミリ波を使用し高速で被服内に隠し持つ不審物を探知するものである。

爆発物からの防護

防護装備



ヘルメット



防爆盾



簡易防護服
重量約6kg

- ◆ 距離
- ◆ 遮蔽
- ◆ 低い姿勢



ターニケット

専門部隊装備



爆発物処理用具



防爆スーツ
最大45kg

爆発物からの防護装備として、ヘルメット、防護盾、また、飛散する金属片等から防護可能な簡易防護服等がある。

専門部隊が使用し、爆発物に緊迫する際の装備として、遠隔操作や防弾板で防護されたマジックハンド、車両タイプの爆発物処理用具、防爆スーツ等がある。

この他、爆発物から身体を防護する着意として、できる限り距離をとり近付かない、遮蔽物の最大限の利用、低い姿勢の保持が原則である。

また、爆発による被災者は四肢切断、動脈損傷等、大量出血を伴う場合が多い為、救助にあたりターニケットの準備も重要である。

耐爆防護容器

- ❖ 空港や鉄道等公共施設に設置
- ❖ 緊急時の処置として一時的に保管
- ❖ 爆発しても周囲への被害を局限
- ❖ 数kg程度の爆発物の爆風と爆発破片を防護



耐爆防護容器
(直径60cm高さ100cm)

15

耐爆防護容器は、空港や鉄道等公共施設にごみ箱と共用で設置し、爆発物にも対応できるよう設計された容器である。

諸外国では比較的多くみられるが、我が国で見るとはまだ少ない。

これは、緊急時の処置として不審物を一時的に保管するもので、この容器内で爆発しても周囲に爆風や飛散物が飛散せず、被害を局限することが可能である。

写真の容器で、数kgの薬量の爆発物から防護が可能である。しかしながら、爆発物をこの容器に入れるため移動させる時に危険が伴う。

まとめ

- ❖ テロの7割は爆発物による
- ❖ 爆発は最初の爆発の後の2次攻撃に留意する
- ❖ 不審物に不用意に近づかない
- ❖ 人命救命等止むを得ない場合、遮蔽物を最大限利用する
- ❖ 止血、心肺蘇生を安全な場所で速やかに実施する
- ❖ 爆発物処理は専門部隊に任せる
- ❖ 放射性物質、有毒化学剤等の併用を疑う

16

世界で発生するテロの内、約7割は爆発物によるテロである。爆発は最初の1回だけでは終わらず、続いて起きる2次攻撃の被害を局限しなければならない。

不審物から迅速に離隔することが原則であるが、1次爆発で負傷した傷病者の救出のためやむを得ない場合は、遮蔽物を最大限利用することが重要である。

救助にあたっては、不審物の爆発の影響のない所で、止血、心肺蘇生を速やかに実施することが優先される。

爆発物の処理は専門部隊に任せ、爆発に伴い放射性物質や湯毒化学剤等が併用された複合攻撃も疑う着意が必要である。

化学剤 検知紙

化学剤の種類と特性

	名称	外観	臭気	蒸気密度 (空気比)	持久度	半致死量 mg・min/m ³
神経剤 神経系	タブン	無色液	無臭	5.6	数日	400
	サリン	無色液	無臭	4.8	数時間	100
	ソマン	無色液	無臭	6.3	数日	50
	VX	無色液	無臭	9.2	数日～週	10
びらん剤 皮膚・ 呼吸器系	マスタード	無色液 (淡黄)	にんにく臭	5.5	数日～週	1,500
	ルイサイト	無色液 (褐色)	ゼラニウム臭	7.1	数日	1,500
血液剤 細胞系	青酸	無色液・気	アーモンド臭	0.9	数分～時	2,500
	塩化シアン	無色液・気		2.1	数時間	10,000
窒息剤 呼吸器系	ホスゲン	無色気	干し草臭	3.5	数分～時	3,000
	塩素	無色液・気	刺激臭	2.5	数時間	6,000
	クロル ピクリン	無色液・気	刺激臭	5.7	数時間	2,000

化学剤にはいくつかの種類があり、それぞれ特性が大きく異なるため、種類ごとに対応の仕方も異なることを意識しなければならない。
 少量で人体に影響があるもの、匂いや色がないものが危険な化学剤である。表は軍用化学剤である。血液剤、窒息剤は産業毒性物質として、事業所、工場などで使用されている。神経剤、びらん剤は殺傷目的で合成されたものである。
 ほぼ全ての化学剤は空気より重い。そのため、特に室内においては低い位置に滞留するため低い姿勢でいると危険である。
 持久度は、揮発しやすさであり、持久度が短いものは有毒ガスとして揮発しやすく、持久度が長いものは、汚染物質として残留し除染が必要となる。
 半数致死量は数値が小さいほど、危険である。産業毒性物質は、半数致死量が大きく、匂いもあるため、何らかの匂いがした時点で防護措置を講じることにより被害を局限できる。



- ◆微量 (μg/cm²) の化学剤を数秒以内で検知
- ◆びらん剤 (赤)、G 剤 (黄)、V 剤 (濃緑) を検知
- ◆水以外の有機溶媒等に偽陽性を示す
 アセトン、トルエン、マロン酸ジエチル → 黄色
 サリチル酸メチル、水酸化ナトリウム → 赤色
 ジエチルアミン、アミノブタノール → 深緑色



C B R N E テロ災害 初動対応マニュアル

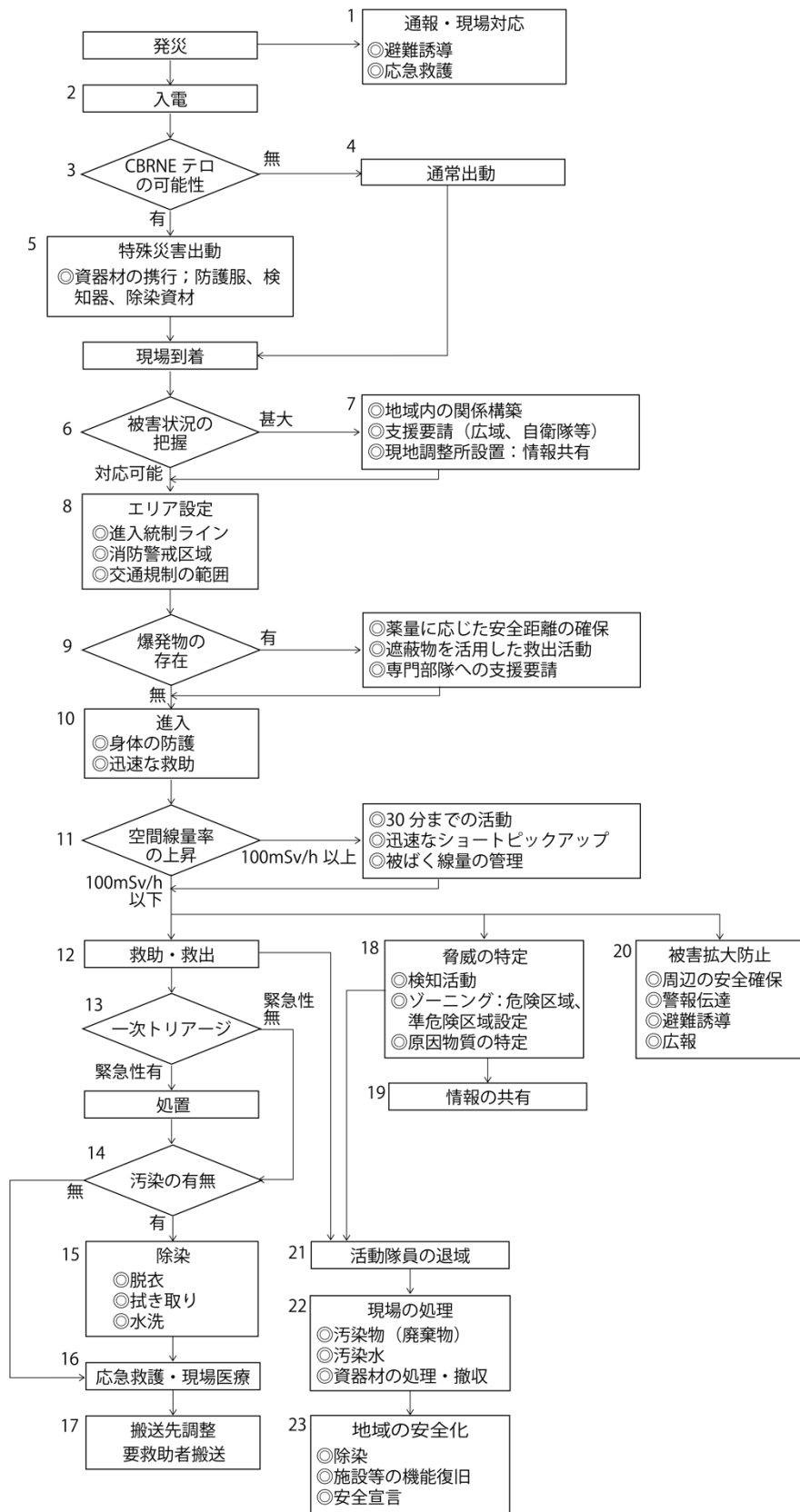
Ver. 201912

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。

目次

災害現場、災害医療の CSCATTT	1
1. 通報・現場対応	1
2. 入電	1
3. CBRNE テロの可能性の判断	1
4. 通常出動	1
5. 特殊災害出動準備	2
6. 被害状況の把握	3
7. 被害甚大時の対応	3
8. エリア設定	4
9. 爆発物存在時の対処	4
10. 進入	5
11. 空間線量率の上昇	5
12. 救助・救出	6
13. 一次トリアージ	6
14. 汚染の有無	6
15. 除染	7
16. 応急救護・現場医療	7
17. 搬送先調整、要救助者搬送	7
18. 脅威の特定	8
19. 情報の共有	8
20. 被害拡大防止	9
21. 活動隊員の退域	9
22. 現場の処理	10
23. 地域の安全化	10

対応フローチャート



災害現場、災害医療の CSCATTT

災害時には、「医療ニーズ」が「供給能力」を上回った状態であり、最大多数の救命、一人でも多くの救える命を救うことが目標になる。そのために、トリアージ (Triage) を行い、医療資源を投入すべき傷病者を選別し、治療 (Treatment) や搬送 (Transportation) の順位を決定します。これらの医療行為を行う体制を整えるために、指揮命令系統の確立 (Command & Control)、安全確保 (Safety)、情報収集と伝達 (Communication)、評価 (Assessment) が重要とされ、このコンセプトが CSCATTT である。

	Command&Control 指揮と調整	Safety 安全	Communication 情報共有	Assessment 評価	Triage トリアージ	Treatment 治療	Transportation 搬送
1				○			
2	○		○	○			
3				○			
4		○					
5		○					
6				○			
7	○						
8		○					
9		○					
10		○					
11		○		○			
12		○					
13		○			○		
14				○			
15				○			
16						○	
17	○						○
18				○			
19	○		○				
20	○	○	○				
21		○					
22	○	○		○			
23	○	○					

1. 通報・現場対応
 - (1) 施設管理者または現場警備担当者等
可燃物のない場所での爆発、同症状の複数患者の発生、異臭や不審物、不審な液体等を確認した場合、CBRNE テロを疑って行動する。
 - (2) 通報
発生場所、被災者数、被災者の様態、原因（爆発、火災、異臭、煙、不審な液体）を通報する。
 - (3) 避難誘導
発災場所の風上方向を基準に、避難方向を明確に示し、冷静沈着な行動を促す。
 - (4) 応急救護
CBRNE テロを疑った場合、発災場所に不用意に近づかない。周辺の被災者の様態を確認し、化学剤の徴候がなければ、大量出血及び心肺停止患者については応急的な止血及び蘇生を行う。

2. 入電
 - (1) 被害状況の確認
不正確、不足した情報であることが多い、また多数傷病者が発生した場合は、複数の通報となる。
 - (2) 確認項目
発生場所、被災者数、被災者の様態、原因（爆発、火災、異臭、煙、不審な液体）

3. CBRNE テロの可能性の判断
 - (1) 化学テロ
同一場所での複数の同一症状、異臭、不審な液体、可燃物等扱っていない場所での爆発
 - (2) 生物テロ（秘匿的攻撃、パンデミックは含まない）
不審な粉
 - (3) 放射線テロ（核兵器によるテロ等は含まない）
不審な粉、可燃物等扱っていない場所での爆発、不審物の放置
 - (4) 爆発物テロ
可燃物等扱っていない場所での爆発、不審物の放置

4. 通常出動
 - (1) 携行品、装備等
通常出動となった場合でも、呼吸保護装備、防護手袋（ニトリル系）は携行し、事象の変化が生じた場合、あるいは化学テロを疑った場合は直ちに着用する。

(2) 継続的な情報収集

専門機関及び警察等関係機関との情報共有、及び現場状況の変化等継続的な情報収集に努める。

(3) 現着後特殊災害と判明した場合

呼吸保護装備を装着し、身体の露出部位をなくし、特に手袋は二重に装着し、不審な液体等に絶対に触れないように注意して風上側から接近し、被災者のショートピックアップが可能であれば短時間で実施する。また、可能な範囲で応急救護を実施し、専門部隊の応援を要請する。

5. 特殊災害出動準備

(1) 携行資材の準備

CBRNE テロ発生を判断し、特殊災害出動となった場合、複合使用等最悪を想定し全ての CBRNE 脅威に対応できるよう準備する。

(2) 防護服

a レベル A 防護服

化学テロ災害時、現場到着後直ちに発災場所に進入し、最も危険な発災点から歩行不能被災者を迅速にショートピックアップする場合に適する。

b レベル B 防護服

化学テロ災害時、ホットゾーン及びウオームゾーンにおける被災者の搬送、除染、検知をする場合に適する。(30分以上行動する場合はボンベ交換が必要)

c レベル C 防護服

化学テロ災害時、ホットゾーン及びウオームゾーンにおける被災者の搬送、除染、検知をする場合に適する。しかしながら、長時間(一般的に12時間有効、高濃度の有毒ガスが存在する場合はこれより短時間となる)行動する場合は吸収缶の交換が必要となる。また、酸素が欠乏している場合及び吸収缶の適用ガス以外の有毒ガスが存在している場合は使用できない。

d 簡易防護服(タイベック)

放射線テロまたは生物テロ災害時、身体の汚染を防止する場合に適する。なお、ゴム手袋、靴カバー、防護マスク(N95以上)を装着し、結合部はテープによる目張りをする。

(3) 検知器

a 化学

化学剤検知器、分析器、検知紙、可燃性ガス測定器、酸素濃度測定器、有毒ガス測定器

b 放射線

個人線量計、線量率計(空間線量測定用、汚染密度測定用)

個人線量計および空間線量率計は出動時から電源を入れ、測定を継続しながら出動する。

c 生物

簡易検査チケット、テストストリップ

(4) 除染器材

a 乾的除染

ビニール袋（汚染物回収用）、はさみ、ふき取り用紙タオル、毛布等

b 水的除染

除染剤（器資材除染用）、紙タオル、ビニール袋（汚染物回収用）、除染テント、毛布、汚水回収用ポンプ、汚水回収用容器等

6. 被害状況の把握

(1) 優先事項

発災現場に残された被害者の迅速なショートピックアップを最優先とし、到着後の情報収集、現場確認及び測定器による確認は、努めて速やかに実施する。

(2) 情報収集

通報者、現場施設責任者、目撃者等から情報を収集する。

(3) 現場確認

被害者の概数及び被害様相により化学剤の可能性の有無を判断し、放射線の有無については検知器により迅速に確認する。さらに不審物（爆発物、化学剤など）に注意し、二次攻撃に留意する。

7. 被害甚大時の対応

(1) 地域内の関係構築（顔の見える関係構築）

先着隊の活動計画では対応ができないほど被害が甚大である場合は、県内外の消防本部、警察、自衛隊等へ支援要請をすることとなるが、各組織への支援要請の方法、手順は事前に把握し、カウンターパートを確認しておく必要がある。

(2) 現地調整所の開設；情報共有

当初現着消防隊の指揮所に情報を集約・共有し、逐次現着する関係機関の各指揮所を当初の現場指揮所近傍に開設する。自治体による担当者の現着後、現地調整所として開設し、情報の集約、現状把握、行動方針の決定、役割分担の調整、広報等を組織的に実施する。

(3) 広域支援要請

多数被害、汚染物質の存在及び被害拡大の可能性が確認された場合、直ちに消防本部に通報し、増援、NBC 災害対応部隊の支援を要請する。自衛隊への支援要請は、支援要請の内容、目的等を明確にし、地区担当自治体担当者から都道府県防

災担当者（知事権限）へ連絡し、都道府県防災担当者（知事権限）から災害派遣要請をする。

8. エリア設定

(1) 進入統制ライン

発災現場の状況を確認し、各ゾーンが設定される前に、危険な事象が発生しているもしくは、発生する可能性がある地域と安全な地域とを区別し、活動隊員の安全を確保する。また、この進入統制ラインから発災現場への進入は防護装備の着用、検知器材の携行が必須である。

放射線テロ災害の場合は、バックグラウンドレベル以上の空間線量率が検知される、あるいは放射性物質の飛散による汚染が疑われる地域との境界で設定するのが原則である。

化学テロ災害の場合は、要救助者が倒れている場所から風上 120m で設定するのが原則である。

(2) 立入禁止区域等

現場での消防活動、捜査等を効果的に行うために必要なエリアを確保し、住民や一時滞在者等の安全確保を図り、外周を標識等により明示する。消防警戒区域、立入禁止区域等がそれぞれ担当の消防、警察により設置される。区域内からの退避および区域内への出入りを禁止または制限する。

(3) 交通規制の範囲

緊急車両、救急車の傷病者搬送等の円滑な通行の確保、住民や通行者の二次災害防止のため、発災現場を中心に十分広い区域において、交通規制する。交通規制は警察によって実施される。

9. 爆発物存在時の対処

(1) 安全距離の確保

不審物の大きさから概略を判断（人員可搬型のテロの場合、薬量 5kg 以下が大半）し、爆発物の薬量に応じた安全距離を確保する（下表）。なお、いつ爆発するかわからないことを常に意識して行動する。

爆発物の種類 (容器、車両等の種類)	爆発物 TNT 換算薬量 (kg)	避難命令距離 (m)	避難推奨距離 (m)
鉄パイプ、圧力鍋	2.3	21	366
ベスト	9.2	34	518
スーツケース	23	46	564
軽自動車	227	98	580
バン、RV 車	454	122	732
2tトラック	1,814	195	1,159

4tトラック	4,536	263	1,555
大型トレーラー	27,216	479	2,835

出典：火薬学会爆発物探知専門部会編 爆発物探知・CBRNE テロ対策ハンドブック

(2) 専門部隊への支援要請

警察（爆発物処理班）への出動を要請する。専門部隊到着までの間、要救助者の様態（大量出血、化学剤併用による症状の出現等）の確認し、専門部隊到着時間と要救助者の救命のための時間的猶予を判断する。

(3) 遮蔽物等を利用した救出

建築物、構築物の壁、柱、堅固な施設付帯物、ソファ等々の遮蔽物、防爆盾、車両等遮蔽に活用できるものは全て活用し、救命のための時間的余裕のない被災者のショートピックアップに努める。遮蔽物があっても 20m 以内に近付いてはいけない。

10. 進入

(1) 身体の防護

呼吸器と皮膚が防護されていれば化学剤及び生物剤からは防護可能である。レベル A 防護服であれば、爆発、強度の放射線を除き、身体の防護は可能である。

(2) 迅速な救助

CBRNE テロ災害の場合の被災者は、汚染物質からの離隔、及び拮抗剤の投与（神経剤の場合）、心肺蘇生、止血（大量出血の場合）、を可能な限り迅速に行うことが救命率を向上させる。

11. 空間線量率の上昇

(1) 空間線量率の測定

出勤時から放射線の測定を実施し、バックグラウンド以上の放射線を検知した場合、あるいは個人線量計で数値が上昇した場合は、放射線の測定を継続する。100mSv/h 以下の地域では、個人線量計による被ばく線量管理を行い、被ばく線量が 100mSv を超えないように活動計画を立て、救助等必要な活動を実施する。

(2) 100mSv/h を超える地域での活動

100mSv/h 以上の地域では、活動時間を 30 分以下に制限し、人命救助のみを行い、迅速なショートピックアップを行う。

(3) 放射線防護の 3 原則

a 時間の原則

時間に比例し被ばく線量が蓄積されるため、迅速な活動に徹する。

b 距離の原則

放射線源から離れば著しく低減するため、放射線発生源の近くを避ける。

c 遮蔽の原則

建造物、車両等が遮蔽物として利用できれば努めて活用する。

12. 救助・救出

(1) 処置の優先順位

拍動性出血を確認した場合、止血を最優先する。原因物質により汚染されている地域における心肺停止患者は、風上側にショートピックアップした後、速やかに心肺蘇生の処置を行う。

(2) 歩行不能患者

化学剤または放射性物質が存在する地域からの離隔を迅速に実施する。多数傷の場合、レスキューキャリーマット（患者を包み込みロープで引きずるタイプの救出具）を活用すると効率的である。

(3) 歩行可能患者

避難方向を明確に示し、冷静沈着な避難を促す。視覚障害、意識レベルの低下、錯乱している場合、歩行を補助する。

13. 一次トリアージ

(1) 緊急度の判断

生命維持に必要なバイタルサイン（心拍、意識状態、呼吸、痙攣、出血）を確認し迅速な処置を実施する。

(2) 拮抗薬の投与

神経剤による症状が発生している場合、新鮮な空気を投与する。また条件を満たしている場合は、自動注射器により拮抗薬（アトロピン、パム）を投与する。

(3) 除染の必要性の判断

歩行の可否と汚染物質の付着状況により除染要領（脱衣、ふき取り、水洗）を分類する。汚染物質が付着していない有毒ガスを吸引しただけの患者は除染の必要がなく、速やかコールドゾーンに誘導する。

14. 汚染の有無

(1) 化学剤による汚染の検査

化学剤による汚染は液体の付着によるものであるため、目視、検知紙による検査が有効である。化学剤検知器による検査はウォームゾーン内では汚染空気存在の可能性があり、汚染検査において疑陽性の誤報が出る場合がある。

(2) 放射性物質による汚染の検査

放射線測定器を体表面から1cmの距離を維持し、1秒間で5～6cmの速度で動

かし確認する。また、 α 線放出核種による汚染の場合、汚染検査は難しく、汚染拡散予測等の状況によっても汚染の有無を判断せざるを得ない。

(3) 生物剤による汚染の検査

炭疽菌の場合、鼻腔スメア、または被服等に付着した白い粉のスメアにより検査できる場合があるが、それ以外の生物剤の場合、除染の要否を確認するための汚染検査は困難である。生物剤テロが発生した場合、その近傍の拡散予測範囲にいた人員は全員除染対象となる。

15. 除染

(1) 脱衣による除染

一番外側の衣服の脱衣及び脱靴で概ね 90%の除染が可能であり、脱衣した被服等はビニールの袋に入れてウオームゾーンに一時保管する。

(2) 拭き取りによる除染

露出皮膚及び被服の浸透が疑われる場合、ふき取りにより除染する。この際、RSDL等の除染具があれば使用する。脱衣とふき取りにより 99%の除染が可能である。

(3) 水洗による除染

水洗が最も効果があるが、時間を要し、低体温、汚水発生等の問題を有する。大人数の迅速な除染の要領として、消防車等からシャワー状に放水し汚染人員を通過させて除染をする方法（ラダーパイプ）もある。

(4) 除染後の確認

化学剤は化学剤検知器あるいは検知紙を用い、放射性物質は表面汚染計で除染効果を確認する。

16. 応急救護・現場医療

(1) 応急救護

呼吸補助、止血、創傷の応急処置を実施する。

(2) 現場医療

現場に医療チームがいる場合は、気管挿管、拮抗薬の投与などを実施する。

17. 搬送先調整、要救助者搬送

(1) 搬送先調整

地域の災害医療体制、計画に基づいて、搬送先を選定、調整する。

(2) 要救助者搬送

放射性物質が付着している場合は、汚染拡大防止として被覆し、搬送する。通常の救急搬送と同様の車内活動は実施する。

18. 脅威の特定

(1) 検知活動

a 化学剤の検知

化学剤検知器及び検知紙等を使用し、汚染物質の特定及び汚染範囲の決定を行う。この際、被災者の症状、証言、不審物の状況等も総合的な判断要素とする。

b 放射線の検知

放射線量率計により放射線強度を測定し危険範囲を決定する。また、スメア法（ふき取り）により汚染の有無、範囲を決定する。核種が判明できる検知器があればその結果を医療従事者に通報する。

c 生物剤の検知

白い粉の散布等、明示的なテロ以外では発災現場での検知は困難である。明示的な散布の場合、抗原抗体反応を利用した簡易検査キットやテストストリップで特定の生物剤の検知が可能である。秘匿的な散布の場合、数日から十数日経過後発症するため、保健機関による疫学調査により特定せざるを得ない。

(2) ゾーニング

a 危険区域（ホットゾーン）

原因物質に直接接触する可能性のある区域で、不審物の存在、検知器による反応を示す一帯、歩行不能者が倒れている一帯で、発災地点から約 100m 距離を目安とする地域に設定し、立ち入り禁止テープ、カラーコーン等で表示する。

b 準危険区域（ウォームゾーン）

直接的な危険は少ないが、救出活動等により二次汚染の可能性がある地域で、ホットゾーンの風上側 100m～120m の地域に設定し、除染活動等を行う。

c 安全区域（コールドゾーン）

危害が及ばない安全な区域で救護所や現場指揮本部、現地調整所等を設置する。

(3) 原因物質の特定

分析装置または専門機関に採取試料を後送し剤種を特定する。

19. 情報の共有

(1) 現地関係機関の活動に関する情報

現地関係機関の部隊等の編成、装備、能力、救出、検知等活動状況の現状、支援要請、増援部隊等の状況等について関係機関で情報を共有し、効率的・効果的な活動に資する。

(2) 災害に関する情報

被害者の人数、様態、歩行不能者の位置、有害物質の特性、散布量、汚染範囲、二次被害、被害拡大の状況等の情報を集約し、迅速な救出活動による救命率の向上に資する。

(3) 住民に関する情報

現場付近に存在した歩行可能者の状況、危険が予測される区域の住民等の状況、警報発令、避難誘導、避難場所の状況等の情報を共有し、被害の拡大を防止する。

20. 被害拡大防止

(1) 周辺の安全確保

CBRNE テロ災害では危険区域は発生現場だけでなく風下方向に拡散し、大気の状態が安定しており風速2～5 m/sの場合、風下数 km に拡散する場合がある。

スマホアプリの WISER(The Wireless Information System For Emergency Responders)を使用し、気象、化学剤等の条件の入力で風下危険区域が算定できる。

(2) 警報伝達

発災現場周辺では、拡声器等により避難を呼びかけ、迅速な避難を促す自治体を通じ、周辺住民に対し警報を伝達し、屋内待機又は避難指示を徹底すると共に、警察による交通統制、地域封鎖との連携を図る。伝達手段としてエリアメール、テレビ、ラジオ、防災無線などを活用する。

(3) 避難誘導

汚染の流動方向から迅速に離脱する方向に誘導するため、避難方向、避難場所、危険個所の回避を明確に伝わるよう努める。また、パニックによる二次被害を防止するため、冷静沈着な対応を促す。

(4) 広報

周辺住民の安全を確保するための情報発信を最優先し、住民の不安を除去するため、適時・正確な情報発信に努める。この際、広報の窓口を一本化し、整理された公式見解の発表を行う。

21. 活動隊員の退域

(1) 二次汚染の有無の確認

活動時に付着した汚染の有無を検知器、検知紙を用いて確認する。特に靴、要救助者に触れた箇所は汚染されていると判断する。

(2) 防護衣の脱衣

汚染面に身体が触れないように脱衣する。また、化学テロ対応時は、脱衣した場所から風上側に約 50m移動した地点で呼吸保護具を外すことが望ましい。脱衣した防護衣は十分に除染するかビニール袋に入れウォームゾーンに一時保管する。

(3) 残留汚染の確認と除染

防護装備の脱衣後は、化学剤検知器及び放射線測定器により、身体の汚染の有無を確認する。

身体に汚染を確認した場合、直ちに洗浄（石鹼水の使用が望ましい）し、被服に

汚染を確認した場合は、直ちに脱衣しビニール袋に封入しウォームゾーン内で一時的に保管する。

汚染地域内で使用した検知器、救助具等はウォームゾーンで確実に除染する。

(4) 汚染状況及び汚染物質等の表示

退域時には、汚染された地域・施設等はその後の除染を容易にするため可能な範囲で汚染状況及び汚染範囲を表示する。また、活動により発生した汚染廃棄物等は、密閉容器等により安全化し所要の表示をする。

22. 現場の処理

(1) 汚染物（廃棄物）の処理

救助活動、検知活動等で発生した汚染物、及び発災現場の汚染物等は、密閉容器への封入により危険物質の漏洩がないことを確認後、焼却処分できる施設に移送する。移送が困難な汚染物は、現場にて除染剤により無害化する。この際発生する汚水についても回収する。輸送の可否、一時保管、処分要領等について自治体の指示に従い実施する。

(2) 汚水の処理

除染により発生した汚水は極力回収して密閉容器に封入し、じ後の処置について、自治体の指示に従う。

回収した汚水を放出する場合は、専門機関による安全性と排出基準への適合について確認し、安全の確認後、自治体の許可を得て下水に放水する。

(3) 資器材の処理

養生が施されている場合、汚染面を包むように養生シートを外しビニール袋に密封する。

放射性物質による汚染がある場合は、原則としてふき取または水洗を実施する。除染できない場合は、廃棄、交換することが原則となる。化学剤による汚染があり、養生が施されていない場合、5%次亜塩素酸でのふき取りを実施する。布製部位は原則として廃棄し交換することが望ましい。

水除染が不適な精密器材等は事前にビニール等で養生することが望ましい。

23. 地域の安全化

(1) 地域等の除染

化学剤により汚染された地域の除染は、大量の除染剤が必要となるため自衛隊の支援を要請する。地域の除染により発生する汚水は通常回収が困難であるため、除染開始前に自治体と除染要領について協議する。

除染剤は腐食性があるため、除染が適さない部位については、化学剤の種類により放置して揮発させることが適する場合もある。

放射性物質による地域の汚染を除去する場合は、吸引、除土、水洗（汚水回収）等の手段がある。

(2) 安全宣言

除染後、検知器等を使用し残留する危険物質の有無を確認する。

安全宣言は、専門機関の助言を得ながら自治体が判断する。

原子力災害拠点病院等 研修資料

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

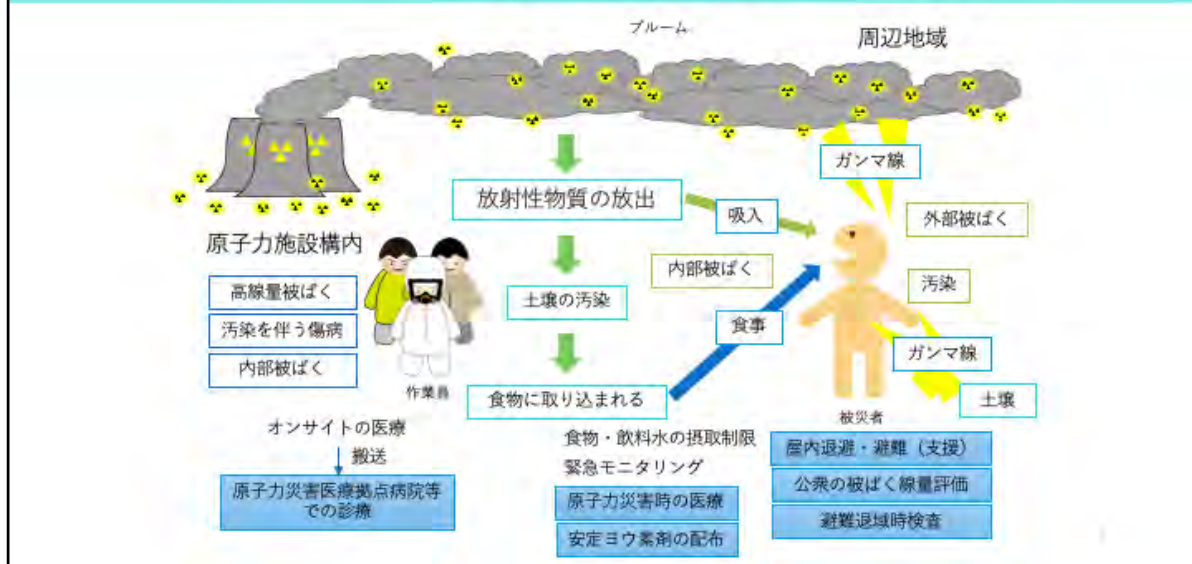
Ver.201912

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。

内容

- 原子力災害と医療体制
- 被ばくと汚染
- 医療機関での準備と対策

原子力災害

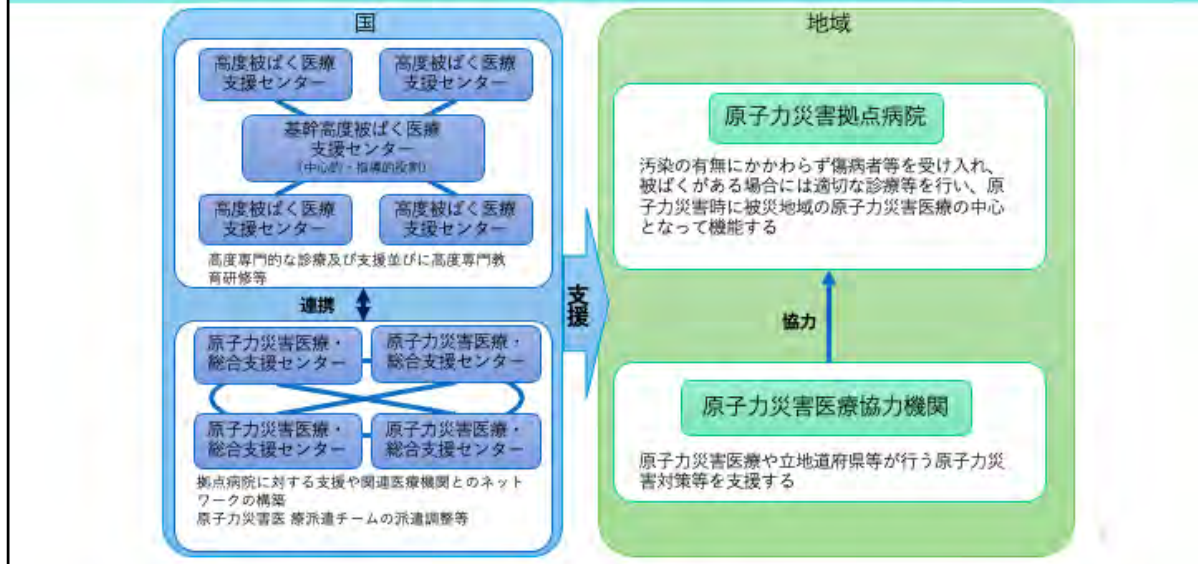


原子力発電所では、ウランが核分裂して発生する熱を発電に利用しています。この核分裂によって生じたものが核分裂生成物で、放射性物質を多く含んでいます。主に、キセノン、クリプトンなどの放射性希ガス、ヨウ素-131、ヨウ素-133、トリチウムの揮発性物質、クロム-51、マンガン-54、鉄-59、コバルト-58、コバルト-60、セシウム-134、セシウム-137、ストロンチウム-90など粒子状物質の気体や液体が生じます。事故で燃料のペレットや被覆管が破損すると、これらの放射性物質が外部へ漏れ出ます。

東京電力福島第一原子力発電所の事故では、津波によって全電源が喪失し、そのために原子炉を冷却できなくなり、原子炉内の温度や圧力が上昇して大量の放射性物質が環境中に放出されました。放出された気体状の放射性物質は、雲のような状態（プルーム）で大気中を流れます。このプルームから降ってきた放射性物質が地表に沈着したり、野菜などの食物に取り込まれます。そこで、プルームが通過した地域にいと汚染したり、プルームや地表からのガンマ線による外部被ばくをしたり、吸入や食事から内部被ばくをしたりします。

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。

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。

原子力災害時の医療として、次の体制が整備されています。

- **原子力災害拠点病院**：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。
- **原子力災害医療協力機関**：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。
- **高度被ばく医療支援センター**：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。
- **基幹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。
- **原子力災害医療・総合支援センター**：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。
- **原子力災害医療派遣チーム**：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・総合支援センターが整備する。

地域の担当



量子科学技術研究開発機構は、基幹高度被ばく医療支援センターと高度被ばく医療支援センターに指定されています。

弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学は、高度被ばく医療支援センターと原子力災害医療・総合支援センターに指定されています。

原子力災害医療・総合支援センターの担当地域は次のようになっています。

- 弘前大学；北海道、青森県、宮城県
- 福島県立医科大学；福島県、新潟県、茨城県、神奈川県、静岡県
- 広島大学；富山県、石川県、福井県、岐阜県、滋賀県、京都府、大阪府、鳥取県、島根県、岡山県、山口県、愛媛県
- 長崎大学；福岡県、佐賀県、長崎県、鹿児島県

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。

被ばく医療での診療は、放射線による外部被ばくと内部被ばくに対して治療し、放射性物質が付着した創傷や皮膚は除染して放射性物質を取り除きます。線量評価には外部被ばくの線量評価と内部被ばくの線量評価があり、様々な手法があります。原子力災害拠点病院等に設置されているホールボディカウンターは、内部被ばく線量評価のための計測機器です。

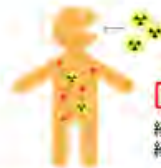
被ばく

放射線をあびること



外部被ばく

放射性物質（線源）から放出される放射線を**体の外から**浴びること。
被ばく後、身体には放射線は残らない。



吸入摂取

経口摂取
経皮（創傷）吸収

内部被ばく

身体に取り込んだ（吸入、摂食）放射性物質からの放射線を**体内で**浴びること。

被ばくとは、放射線を浴びることです。体の外から放射線を浴びるのが外部被ばくで、放射性物質を身体に取り込んで体の中から放射線を浴びることが内部被ばくです。

外部被ばくでは、一度にたくさんの放射線を浴びると急性障害が起こります。少量の被ばくでは、放射線の被ばく量に応じて発がんのリスクが高くなります。

内部被ばくでは急性障害が生じることは非常に稀です。放射性物質を体内に取り込む経路としては、呼吸による吸入摂取、飲食物の摂取による経口摂取、創傷や皮膚からの経皮吸収があります。医療機関では、吸入摂取をしないように使い捨て防塵マスクで呼吸保護をします。

汚染

放射性物質が付着



汚染に接触
⇒汚染拡大



創傷の汚染
⇒創傷処置と除染

汚染とは、創傷部位や体の表面（皮膚）、衣服、資器材に放射性物質が付着することです。汚染に接触すると汚染は広がります。創傷部の汚染は、通常の処置に加えて、除染が必要となります。除染とは、拭き取りや水による洗浄によって、付着した放射性物質を除去することです。創傷部に放射性物質の付着があれば、創傷の措置と同時に、除染をします。除染で使ったガーゼや水などの資器材は放射性物質が付着しています。除染できるものは除染し、廃棄できるものは、汚染拡大防止としてビニール袋に入れ、廃棄します。原子力災害では、放射性物質が付着した廃棄物は、事業者が引き取ることになっています。

汚染による被ばく

表面汚染では危険な



外部被ばくはしない

全身または皮膚の被ばくの
症状は出ない

身体表面に放射性物質が付着しても、急性障害を生じるような外部被ばくはしません。

特に医療機関で通常使用されている一般的なGMサーベイメーターでは、測定範囲を超過したような汚染の濃度が極端に高い場合は、皮膚障害が起こる可能性もありますが、通常は表面汚染で全身または皮膚に被ばくの症状は出ません。

また、表面汚染がある患者の処置をしても、対応者が外部被ばくすることもありません。

医療機関での準備

- ❖ 対応者の安全対策
- ❖ 施設の汚染対策（養生）
- ❖ 資器材

医療機関で被ばくあるいは汚染のある患者を受け入れる場合は、対応者の安全対策、施設の汚染対策、資器材の準備が必要です。

対応者の安全対策

被ばく管理



個人線量計

汚染拡大防止

個人防護装備



対応者の安全対策は、個人線量計の装着による被ばく管理と、個人防護装備の着用による汚染拡大防止となります。

被ばく管理は個人線量計を装着します。これは、活動中の被ばく線量の積算値を計測します。様々な種類のものがありますが、緊急時の対応では電子式、直読式の個人線量計を使用します。

汚染拡大防止は、衣服や身体に放射性物質が付着しないようにディスポ手術用ガウン、タイベックスーツなどの個人防護装備を着用します。

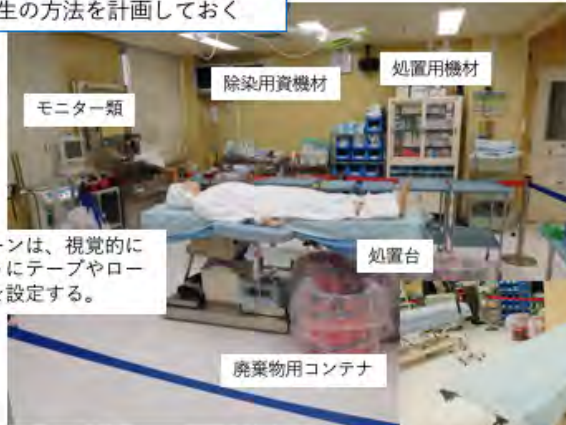
個人防護装備



個人防護装備は、基本的に Disposable のものを使用します。医療機関での対応には、通常の業務でも使用しているガウンや Disposable 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、全員が同様の格好をするため、識別できるように職種あるいは所属と氏名を記載します。

施設の汚染対策（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



ホットゾーンは、視覚的に分かるようにテープやロープで区域を設定する。

床はビニールシートとろ紙シートで二重に養生（被覆）

ストレッチャーや処置台には、シーツを複数枚かけておく
（脱衣や除染で汚染した場合に取り除く）



シーツ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。

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くことですぐに汚染を除去できます。病院の入り口から処置室までの廊下も養生をします。廊下の養生は、処置室とは異なり、ビニールシートのみで良いです。ストレッチャーや通行者が安全に通行できるようにシーツの重なり部分、つなぎ目の部分は、引っかからないようにテープ等でしっかりと床に貼り付けます。

医療器材の養生

❖ 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

医療器材は、その機能や操作の妨げにならない程度にビニール袋やビニールシートなどで養生します。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。

放射線測定器は検知部（プローブ）は汚染が付着しやすいため、汚染が付着したらすぐに交換できるようにします。モニター類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。

資器材

❖ 個人防護装備

❖ 養生用資器材

❖ 放射線測定器

❖ 除染用資器材



ビニールシート、ろ紙シート、
養生テープなど



吸水シート



膿盆



ガーゼ類



使い捨て鑷子

使い捨てケリーパッド

通常の診療に必要な資器材に加え、個人防護装備、放射線測定器、養生用資器材、除染用資器材を準備します。

個人防護装備は前述の通りです。放射線測定器は、空間線量計、表面汚染計を準備します。養生用資器材は、ビニールシート、ろ紙シート、養生テープなどを準備します。除染用資器材は、吸水シート、膿盆や使い捨てケリーパッド、ガーゼ、鑷子などを準備します。

まとめ

- ❖ 原子力災害時には、被ばく医療を提供する。
- ❖ 汚染では、危険な被ばくはしない。

原子力災害拠点病院あるいは原子力災害医療協力機関は、原子力災害時に被災者等に必要な被ばく医療を迅速、的確に提供することが役割です。
また、職員の安全対策、施設の汚染対策を適切に実施できれば、汚染がある被災者を医療機関で受け入れても、対応する職員は危険な被ばくはしません。

原子力防災体制

原子力災害医療 基礎研修
原子力災害基礎-1

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
Ver.201909

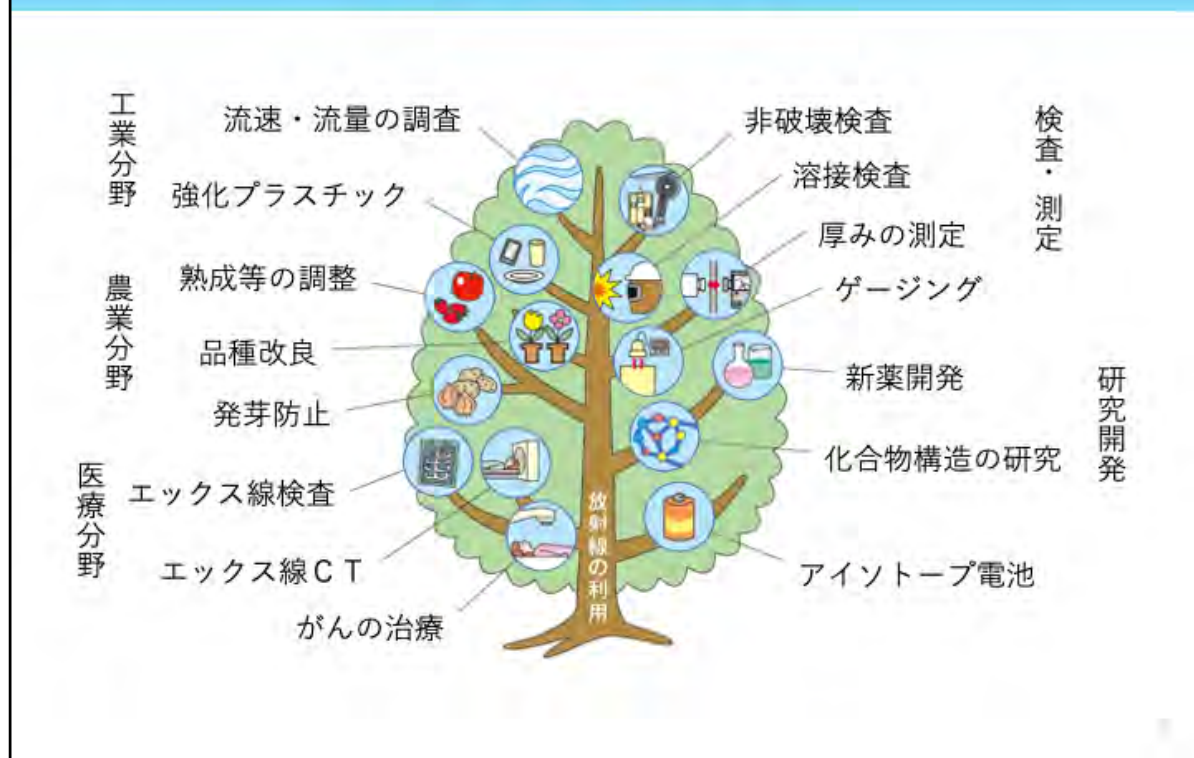
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間：30分

内容

- 放射線の様々な利用
- 放射線事故・災害の種類
- 原子力災害
- 関連文書
- 原子力災害対策指針
- 原子力災害対策重点区域
- 緊急事態の段階
- 緊急事態区分及び緊急時活動レベル(EAL)
- 運用上の介入レベル(OIL)
- OILの初期設定値と防護措置の内容
- 原子力災害時の防護の考え方・基準
- 安定ヨウ素剤の予防服用の体制
- 緊急時モニタリング
- 避難退域時検査及び除染
- 原子力災害時の医療体制

放射線の様々な利用



放射線は、医療のみならず、農業、工業などの様々な分野で利用されています。

医療の分野では、診断に利用するX（エックス）線撮影、X（エックス）線の透過度の差から臓器を画像化するCT（コンピューター断層撮影）、注射器、手術用の手袋やガウンなどの滅菌、ガンの治療にも利用されています。

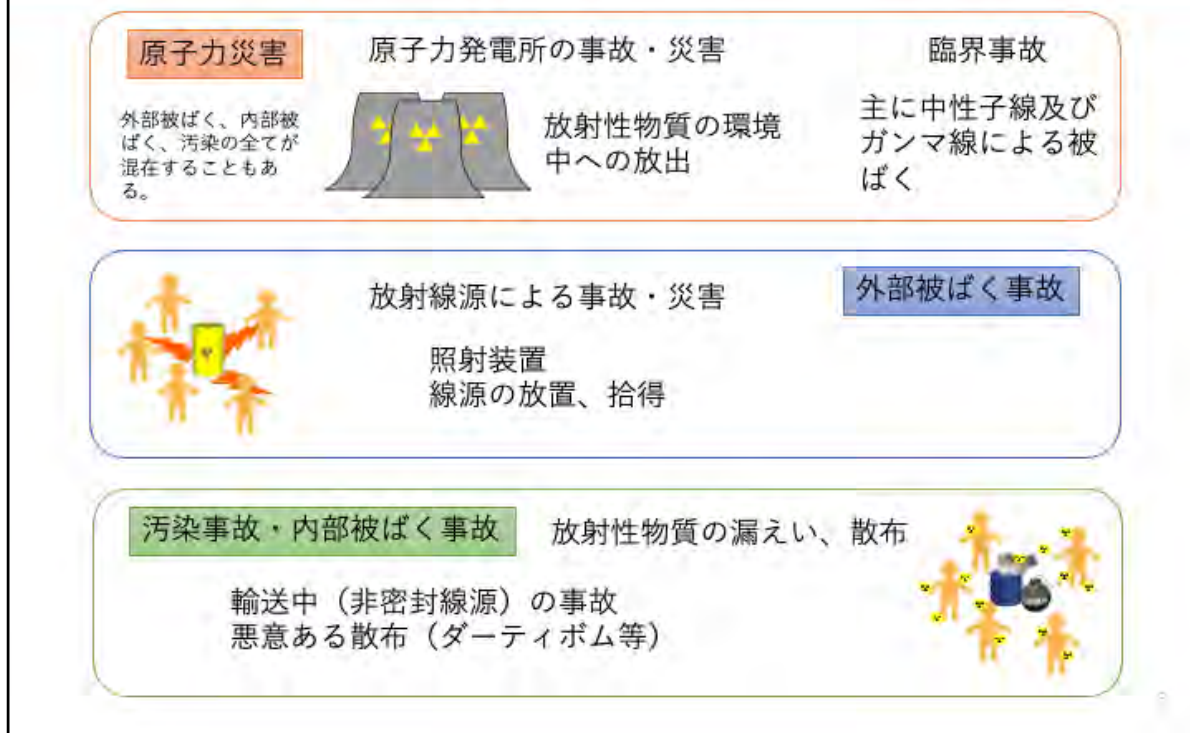
農業分野では、放射線を照射することで突然変異を惹起して、病気に強い品種や栄養価値を高めた品種の開発などの品種改良やジャガイモの発芽防止にも利用されています。また、不妊化した成虫を野外に放し、繁殖を抑制することによる害虫の駆除にも役立っています。

工業の分野では、自動車のタイヤなどの高分子化合物に放射線を当てると、熱が強くなり、機械的強度も増します。また、医療のX（エックス）線撮影と同じように物を壊さないで内部を検査する非破壊検査や連続的に物の厚さや密度を測るのにも利用されています。

また、半減期を使用した年代測定や放射性物質の熱を使用したアイソトープ電池等にも利用されています。

出典：原子力・エネルギー図面集2016

放射線事故・災害の種類



原子力災害は、原子力発電所や原子力施設などの事故・災害です。原子力災害対策特別措置法では、原子力災害とは、原子力緊急事態により国民の生命、身体または財産に生ずる被害を指します。ここでいう原子力緊急事態とは、原子力事業者の原子炉等の運転等により放射性物質または放射線が異状な水準で当該原子力事業者の原子力事業所外へ放出された事態を指します。

その他、放射線の事故・テロ・災害には、放射線源による外部被ばく、放射性物質の拡散による汚染と内部被ばくを生じるものがあります。爆発物を使用した放射性物質の拡散の場合は、被災者に放射性物質による汚染や体内への吸入等による内部被ばくに加えて爆傷の被害が生じます。また原子力施設の破壊行為や核兵器の使用では、外部被ばく、内部被ばく、汚染の全てが混在することになります。

放射線事故や災害の種類は、

原子力施設の事故

放射性物質及び放射線の使用施設の事故

核物質や放射性物質の輸送中の事故

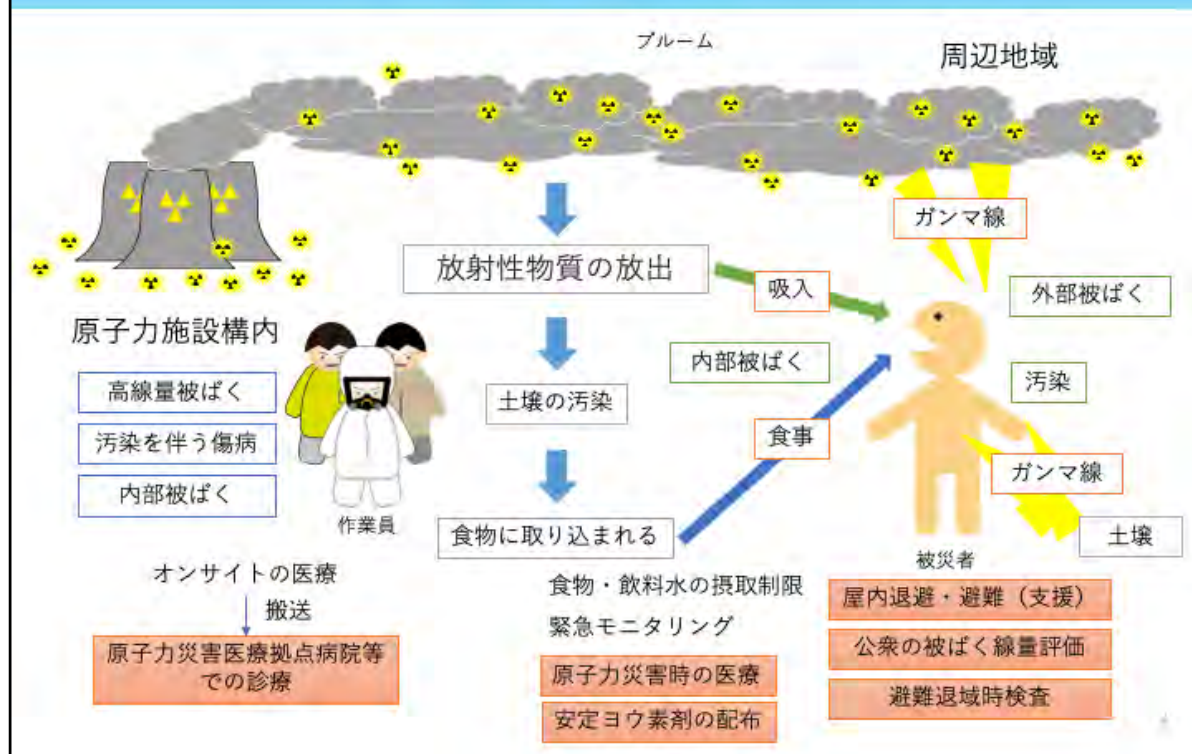
小規模な核兵器

原子力発電所や放射線使用施設への破壊行為、いわゆるテロ

放射性物質を意図的なまき散らし、いわゆる、ダーティボムなど、

様々種類が考えられます。

原子力災害

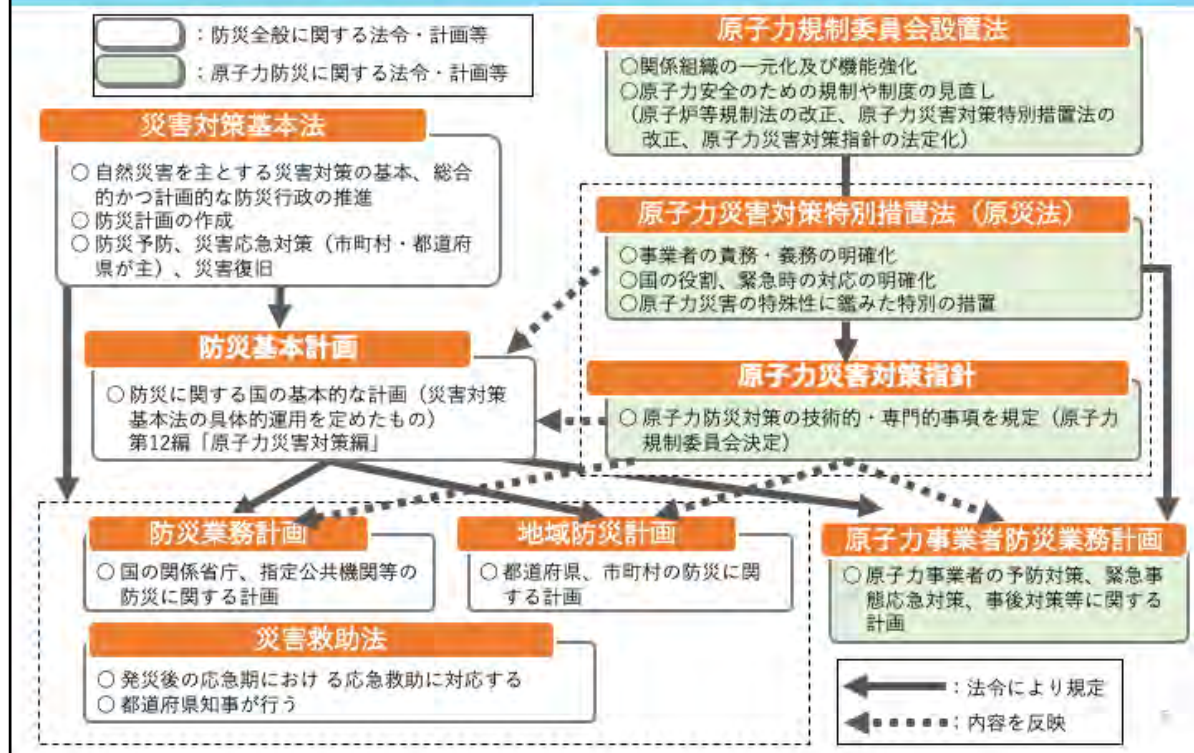


原子力発電所では、ウランが核分裂して発生する熱を発電に利用しています。この核分裂によって生じたものが核分裂生成物で、放射性物質を多く含んでいます。主に、キセノン、クリプトンなどの放射性希ガス、ヨウ素-131、ヨウ素-133、セシウム-134、セシウム-137、ストロンチウム-90など粒子状物質の気体や液体が生じます。事故で燃料のペレットや被覆管が破損すると、これらの放射性物質が外部へ漏れ出ます。

福島第一原子力発電所の事故では、津波によって全電源が喪失し、そのために原子炉を冷却できなくなり、原子炉内の温度や圧力が上昇して大量の放射性物質が環境中に放出されました。放出された気体状の放射性物質は、雲のような状態で大気中を流れます。このプルームから降ってきた放射性物質が地表に沈着したり、野菜などの食物に取り込まれます。そこで、プルームが通過した地域にいと汚染したり、プルームからのガンマ線や地表からのガンマ線による外部被ばくをしたり、吸入や食事から内部被ばくをしたりします。

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。

原子力防災に関する主な法令及び計画



原子力災害も他の災害と同じように「災害対策基本法」と、「災害対策基本法」等の特別法である、「原子力災害対策特別措置法」が基本になります。

また、「災害対策基本法」に基づき、中央防災会議は、内閣の重要政策に関する会議の一つとして、内閣総理大臣をはじめとする全閣僚、指定公共機関の代表者及び学識経験者により構成され、防災基本計画の作成や、防災に関する重要事項の審議等を行います。

この防災基本計画は、政府の防災対策に関する基本的な計画で、災害の種類に応じて、災害予防・事前準備、災害応急対策、災害復旧・復興という災害対策の時間的順序に沿って記述され、国、地方公共団体、住民等、各主体の責務を明確にするとともに、それぞれが行うべき対策をできるだけ具体的に記述されています。その第12編が原子力災害対策についてです。

さらに、原子力災害対策指針は、「原子力災害対策特別措置法」に基づき、原子力規制委員会が、原子力災害策を円滑に実施するために、専門的・技術的事項について定めたものです。

この防災基本計画及び原子力災害対策指針に基づき、指定行政機関及び指定公共機関は防災業務計画を、地方公共団体は地域防災計画を作成し、災害に備えます。

原子力災害対策指針

- 原子力災害対策指針は、原子力災害対策特別措置法に基づき、原子力事業者、指定行政機関の長及び指定地方行政機関の長、地方公共団体、指定公共機関及び指定地方公共機関その他の者が原子力災害対策を円滑に実施するために定めるもの。
- 国民の生命及び身体の安全を確保することが最も重要であるという観点から、緊急事態における原子力施設周辺の住民等に対する放射線の重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するための防護措置を確実なものとする。
- 原子力災害特別措置法では、本指針で次の事項を定めるとされている。
 - 一 原子力災害対策として実施すべき措置に関する基本的な事項
 - 二 **原子力災害対策の実施体制**に関する事項
 - 三 原子力災害対策を重点的に実施すべき区域の設定に関する事項
 - 四 前三号に掲げるもののほか、**原子力災害対策の円滑な実施の確保に関する重要事項**

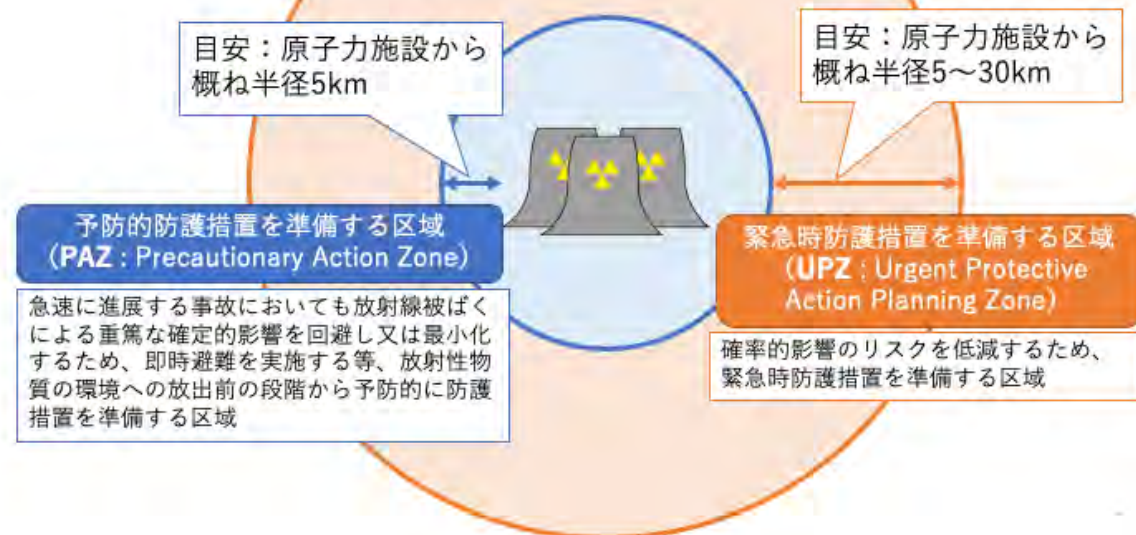
本指針は、原子力災害対策特別措置法(平成11年法律第156号。以下「原災法」という。)第6条の2第1項に基づき、原子力事業者、指定行政機関の長及び指定地方行政機関の長、地方公共団体、指定公共機関及び指定地方公共機関その他の者が原子力災害対策を円滑に実施するために定められたものです。

本指針の目的は、「国民の生命及び身体の安全を確保することが最も重要であるという観点から、緊急事態における原子力施設周辺の住民等に対する放射線の重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するための防護措置を確実なものとする」とあります。

この指針を十分に理解し、関係者の間で共通認識としておくことは、原子力災害に対応するにあたって、極めて重要です。また、様々な防護措置等についても基本的事項、実施体制等が策定されています。

原子力災害対策重点区域

実用発電用原子炉の場合の
原子力災害対策重点区域



予防的防護措置を準備する区域（PAZ：Precautionary Action Zone）

PAZとは、急速に進展する事故においても放射線被ばくによる重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、緊急事態の区分に応じて、即時避難を実施する等、通常の運転及び停止中の放射性物質の放出量とは異なる水準で放射性物質が放出される前の段階から予防的に防護措置を準備する区域です。発電用原子炉施設に係るPAZの具体的な範囲については、IAEAの国際基準において、PAZの最大半径を原子力施設から3～5 kmの間で設定すること（5kmを推奨）とされていること等を踏まえ、「原子力施設からおおむね半径5km」を目安としています。

緊急防護措置を準備する区域（UPZ：Urgent Protective Action Planning Zone）

UPZとは、確率的影響のリスクを低減するため、緊急防護措置を準備する区域です。発電用原子炉施設に係るUPZの具体的な範囲については、IAEAの国際基準において、UPZの最大半径は原子力施設から5～30kmの間で設定されていること等を踏まえ、「原子力施設からおおむね半径30km」を目安としています。

ただし、炉規法第43条の3の33の規定に基づく廃止措置計画の認可を受け、かつ、照射済燃料集合体が十分な期間冷却されたものとして原子力規制委員会が定めた発電用原子炉施設については、原子力災害対策重点区域の範囲は原子力施設からおおむね半径5kmを目安とし、当該原子力災害対策重点区域の全てをUPZとしています。

緊急事態の段階

1. 準備段階

- ・原子力事業者、国、地方公共団体等がそれぞれの行動計画を策定
- ・関係者に周知
- ・訓練等で検証・評価し、改善

2. 初期対応段階

- ・情報が限られた中でも、放射線被ばくによる重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するため、迅速な防護措置等の実施

3. 中期対応段階

- ・放射性物質又は放射線の影響を適切に管理
- ・環境放射線モニタリングや解析による放射線状況の把握
- ・初期対応段階で実施した防護措置の変更・解除や長期にわたる防護措置の検討

4. 復旧段階

- ・復旧段階への移行期に策定した被災地域の長期的な復旧策の計画に基づき、通常の社会的・経済的活動への復帰の支援

緊急事態においては、事態の進展に応じて、関係者が共通の認識に基づき意思決定を行うことが重要です。

すなわち、緊急事態への対応の状況を、準備段階・初期対応段階・中期対応段階・復旧段階に区分し、各段階の対応の詳細について検討しておくことが有効です。

・準備段階では、原子力事業者、国、地方公共団体等がそれぞれの行動計画を策定して関係者に周知するとともに、これを訓練等で検証・評価し、改善する必要があります。

・初期対応段階では、情報が限られた中でも、放射線被ばくによる重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するため、迅速な防護措置等の対応を行う必要があります。

・中期対応段階では、放射性物質又は放射線の影響を適切に管理することが求められ、環境放射線モニタリングや解析により放射線状況を十分に把握し、それに基づき、初期対応段階で実施した防護措置の変更・解除や長期にわたる防護措置の検討を行う必要があります。

・復旧段階では、その段階への移行期に策定し被災した地域の長期的な復旧策の計画に基づき、通常の社会的・経済的活動への復帰の支援を行う必要があります。

緊急事態区分及び緊急時活動レベル(EAL)

- 緊急事態区分の判断基準：緊急時活動レベル(Emergency Action Level ; EAL)
- 緊急事態区分
 - 原子力施設の状況に応じた3区分
 - 各区分での原子力事業者、国及び地方公共団体の果たすべき役割の明確化
 - **警戒事態**；その時点では公衆への放射線による影響やそのおそれがある緊急のものではないが、原子力施設における異常事象の発生又はそのおそれがあるため、情報収集や、緊急時モニタリングの準備、施設敷地緊急事態において早期の避難等の防護措置の実施が必要な者の避難等の防護措置の準備を開始する必要がある段階
 - **施設敷地緊急事態**；原子力施設において公衆に放射線による影響をもたらす可能性のある事象が生じたため、原子力施設周辺において緊急時に備えた避難等の主な防護措置の準備を開始する必要がある段階
 - **全面緊急事態**；原子力施設において公衆に放射線による影響をもたらす可能性が高い事象が生じたため、重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するため、迅速な防護措置を実施する必要がある段階

緊急事態の初期対応段階においては、情報収集により事態を把握し、原子力施設の状況や当該施設からの距離等に応じ、防護措置の準備やその実施等を適切に進めることが重要です。このような対応を実現するため、以下のとおり、原子力施設の状況に応じて、緊急事態を、警戒事態、施設敷地緊急事態及び全面緊急事態の3つに区分し、各区分における、原子力事業者、国及び地方公共団体のそれぞれが果たすべき役割を明らかにしています。この緊急事態の区分を判断するための基準として用いるのが緊急時活動レベル(Emergency Action Level ; EAL)です。

これらの緊急事態区分に該当する状況であるか否かを原子力事業者が判断するための基準として、原子力施設における深層防護を構成する各層設備の状態、放射性物質の閉じ込め機能の状態、外的事象の発生等の原子力施設の状態等に基づき緊急時活動レベル(Emergency Action Level ; EAL)を設定しています。

運用上の介入レベル（OIL）

- OIL（Operational Intervention Level）とは、防護措置導入の判断に用いられる測定器による測定値などより求めたレベル
- OILは、事故の態様、放出放射性核種の別、気象条件、被ばくの経路（外部、吸入、食物摂取）等を仮定して、包括的判断基準（個々の防護措置の実施によって予想される線量あるいは既に受けてしまった線量によって表わされる判断基準）に相当する計測可能な値として導き出される。
- OILとしては、空間線量率、表面汚染密度、食品中の放射性核種濃度から初期設定値が定められている。

緊急時活動レベル（EAL）の他に、放射性物質の放出後、緊急時モニタリングの結果等の実測値に基づいて防護措置を実施する必要があります。この防護措置を実施すべき基準が、運用上の介入レベル（OIL）です。

次項に初期設定値と防護措置の内容を記載しています。

OILの初期設定値と防護措置の内容

	基準の種類	基準の概要	初期設定値 ^{*1}	防護措置の概要		
緊急防護措置	OIL 1	地表面からの放射線、放射性物質の吸入等による被ばくを防止するため、住民等を避難や屋内退避等させるための基準	地上1mでの線量率 ^{*2} 500 μ Sv/h	数時間内に区域を特定し、避難等を実施		
	OIL 4	経口摂取、皮膚汚染からの被ばくを防止するため、除染を講じるための基準	β 線：40,000cpm ^{*3} β 線：13,000cpm ^{*4} 【1ヶ月後】	避難者のスクリーニング、除染		
早期防護措置	OIL 2	地表面からの放射線、放射性物質の吸入等による被ばく影響を防止するため、地域生産物 ^{*5} の摂取を制限、住民等を1週間程度内に一時移転させるための基準	地上1mでの線量率 ^{*2} 20 μ Sv/h	生産物の摂取制限、1週間程度内に一時移転		
飲食物摂取制限 ^{*6}	飲食物のスクリーニング基準	OIL6による飲食物の摂取制限を判断する基準として、飲食物中の放射性核種濃度測定を実施すべき地域を特定する際の基準	地上1mでの線量率 ^{*2} 0.5 μ Sv/h ^{*5} (BGIによる寄与も含めた値)	数日内に飲食物中の放射性核種濃度の測定区域を特定		
	OIL 6	経口摂取による被ばく影響を防止するため、飲食物の摂取を制限する際の基準	核種 ^{*7}	飲料水 牛乳・乳製品 魚	野菜類、穀類、肉、卵、魚、他	基準を超えるものは摂取制限
			ヨウ素	300Bq/kg	2,000Bq/kg ^{*8}	
			セシウム	200Bq/kg	500Bq/kg	
			プルトニウム、超U元素、 α 核種	1Bq/kg	10Bq/kg	
ウラン	20Bq/kg	100Bq/kg				

- ※ 1 「初期設定値」とは緊急事態当初に用いるOIL の値であり、地上沈着した放射性核種組成が明確になった時点で必要な場合にはOIL の初期設定値は改定される。
- ※ 2 本値は地上1mで計測した場合の空間放射線量率である。実際の適用に当たっては、空間放射線量率計測機器の設置場所における線量率と地上1mでの線量率との差異を考慮して、判断基準の値を補正する必要がある。
- ※ 3 我が国において広く用いられている β 線の入射窓面積が20cm²の検出器を利用した場合の計数率であり、表面汚染密度は約120Bq/cm²相当となる。他の計測器を使用して測定する場合には、この表面汚染密度より入射窓面積や検出効率を勘案した計数率を求める必要がある。
- ※ 4 ※ 3 と同様、表面汚染密度は約40Bq/cm²相当となり、計測器の仕様が異なる場合には、計数率の換算が必要である。
- ※ 5 「地域生産物」とは、放出された放射性物質により直接汚染される野外で生産された食品であって、数週間以内に消費されるもの（例えば野菜、該当地域の牧草を食べた牛の乳）をいう。
- ※ 6 実効性を考慮して、計測場所の自然放射線によるバックグラウンドによる寄与も含めた値とする。
- ※ 7 その他の核種の設定の必要性も含めて今後検討する。その際、IAEAのGSG-2におけるOIL6値を参考として数値を設定する。
- ※ 8 根菜、芋類を除く野菜類が対象。
- ※ 9 IAEAでは、飲食物摂取制限が効果的かつ効率的に行われるよう、飲食物

中の放射性核種濃度の測定が開始されるまでの間の暫定的な飲食物摂取制限の実施及び当該測定の対象の決定に係る基準であるOIL3等を設定しているが、我が国では、放射性核種濃度を測定すべき区域を特定するための基準である「飲食物に係るスクリーニング基準」を定める。

原子力災害時の防護の考え方・基準

		PAZ	UPZ	UPZ外
警戒事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 施設敷地緊急事態要避難者の避難準備 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 	<ul style="list-style-type: none"> 施設敷地緊急事態要避難者の避難準備への協力
	国	<ul style="list-style-type: none"> 施設敷地緊急事態要避難者の避難準備の指示 		<ul style="list-style-type: none"> 施設敷地緊急事態要避難者の避難準備への協力の要請
施設敷地緊急事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 施設敷地緊急事態要避難者の避難 住民避難の準備 安定ヨウ素剤の服用の準備 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 屋内退避の準備 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 施設敷地緊急事態要避難者の避難の受け入れ 住民の避難準備への協力
	国	<ul style="list-style-type: none"> 施設敷地緊急事態要避難者の避難の指示 住民避難の準備の指示 安定ヨウ素剤の服用の準備の指示 	<ul style="list-style-type: none"> 屋内退避の準備の指示 	<ul style="list-style-type: none"> 施設敷地緊急事態要避難者の避難の受け入れ要請 住民の避難の準備への協力の要請
全面緊急事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 住民避難 住民等への安定ヨウ素剤の服用の指示 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 屋内退避 安定ヨウ素剤の服用の準備の指示 防護措置基準に基づく防護措置への対応 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 住民避難の受け入れ 安定ヨウ素剤の服用の準備 防護措置基準に基づく防護措置への対応
	国	<ul style="list-style-type: none"> 住民避難の指示 地方公共団体への安定ヨウ素剤の服用の指示 	<ul style="list-style-type: none"> 屋内退避の指示 安定ヨウ素剤の服用の準備の指示 防護措置基準に基づく防護措置への対応 	<ul style="list-style-type: none"> 住民避難の受け入れ要請 安定ヨウ素剤の服用の準備の指示 防護措置基準に基づく防護措置への対応

原子力発電所の事故が発生した場合、防護措置が開始されます。

防護措置は、緊急時活動レベル（EAL）に基づいた緊急事態区分に基づいて予め定められている防護措置と、緊急時モニタリング等で得られた測定値を基準値とした運用上の介入レベル（OIL）に基づいて実施されます。

緊急時活動レベル（EAL）に基づいた防護措置の考え方

予防的防護措置を準備する区域（PAZ）においては、確定的影響を回避するために、警戒事態において、施設敷地緊急事態要避難者の避難準備を行い、施設敷地緊急事態において、施設敷地緊急事態要避難者の避難、住民避難の準備及び安定ヨウ素剤の服用の準備を行い、全面緊急事態にいたった場合は、住民避難及び安定ヨウ素剤服用が指示されます。

また、緊急時防護措置を準備する区域（UPZ）においては、確率的影響のリスクを低減するために、施設敷地緊急事態において、屋内退避の準備を行い、全面緊急事態において、屋内退避及び安定ヨウ素剤の服用の準備を行います。

放射性物質の放出後、UPZ及びUPZ外においては、OILに基づいて、防護措置が実施されます。

施設敷地緊急事態要避難者

避難の実施に通常以上の時間がかかり、かつ、避難の実施により健康リスクが高まらない災害時要援護者等（傷病者、入院患者、高齢者、障害者、外国人、乳幼児、妊産婦その他の災害時に援護を必要とする者をいう。）、安定ヨウ素剤を事前配布されていない者及び安定ヨウ素剤の服用が不適切な者のうち、施設敷地緊急事態において早期の避難等の防護措置の実施が必要な者をいいます。

安定ヨウ素剤の予防服用の体制

- 放射性ヨウ素は、身体に取り込まれると、甲状腺に集積し、数年～十数年後に甲状腺がん等を発生させる可能性がある。このような放射性ヨウ素による内部被ばくは、安定ヨウ素剤をあらかじめ服用することで低減することが可能である。このため、放射性ヨウ素による内部被ばくのおそれがある場合には、安定ヨウ素剤を服用できるよう、その準備をしておくことが必要である。
- 服用の指示は、原子力規制委員会が判断する。
[服用の方策] 投与指示は、原子力規制委員会が判断
 - PAZ：事前配布し、原則として、避難の際に服用の指示に基づき服用し、服用できない者は、施設敷地緊急事態において避難する。
 - PAZ外：避難や一時移転等と併せて、原子力施設の状況等に応じて必要性を判断して配布・服用を指示。

原子力発電所で事故が発生した場合、放射性ヨウ素を含む放射性物質が環境中に放出される場合があります。放射性ヨウ素が体内に取り込まれると甲状腺に集積し、将来ガンなどを発生させる可能性があります。

そのため、事前に安定ヨウ素剤を服用すると、血中のヨウ素濃度が高くなり、甲状腺ホルモンの合成が一時的に抑えられ、甲状腺へのヨウ素の取り込みが抑制されます。これが、安定ヨウ素剤の予防服用です。

安定ヨウ素剤の服用に当たっては、甲状腺に対する被ばく防止以外に効果がないこと、抑制効果は1日程度しか続かず、服用するタイミングが重要なこと、副作用の可能性があること、避難や屋内退避等の防護措置と組み合わせ実施されることにも注意しなければなりません。

通常は、市販されている丸薬を大人が2丸、小児が1丸、3歳未満には、ヨウ化カリウムゼリー剤またはヨウ化カリウム末から調整した水薬を服用してもらいます。

服用の指示は、原子力規制委員会が判断し、予防的防護措置を準備する区域（PAZ）においては、事前に配布し避難の際に服用します。緊急時防護措置を準備する区域（UPZ）においては、プラントの状況、空間放射線量率等に応じて避難や一時移転等の防護措置が講じられ、その際に服用が指示されます。

緊急時モニタリング

- 国、地方公共団体、原子力事業者及び関係指定公共機関は、緊急時モニタリング実施計画に基づいて緊急時モニタリングセンターの指揮の下、緊急時モニタリングを実施する。初期モニタリングにおいては、**OILによる防護措置の判断に必要な空間放射線量率の測定**を重視する。また、**放射性ヨウ素を中心とした空气中放射性物質濃度の測定**も行う。
- 緊急時モニタリングの結果は、緊急時モニタリングセンターで妥当性を判断した後、国が一元的に集約し、必要な評価を実施して、OILによる防護措置の判断等のために共有し、活用する。また、国は、集約及び共有した全ての緊急時モニタリング結果を分かりやすく、かつ迅速に公表する。

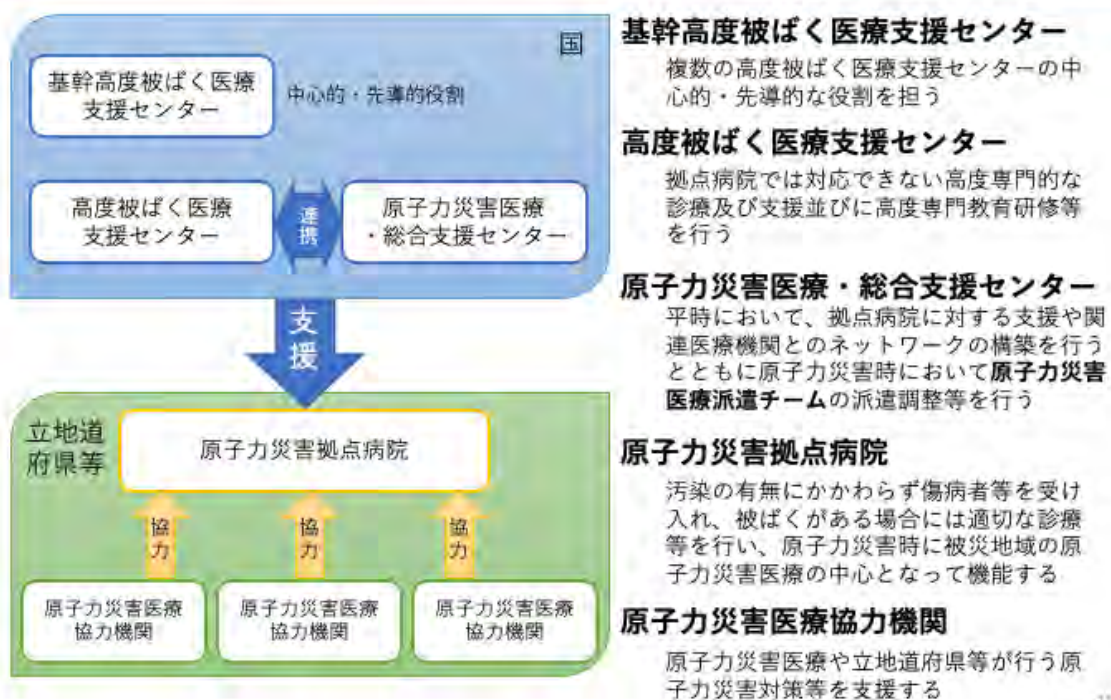
施設敷地緊急事態において、国は、地方公共団体の協力を得て、緊急時モニタリングセンターを立ち上げ、動員計画に基づき必要な動員の要請を行い、緊急時モニタリングを開始する等の初動対応を行います。

避難退域時検査及び除染

- 避難退域時検査等による汚染程度の把握は、吸入及び経口摂取による内部被ばくの抑制及び皮膚被ばくの低減、汚染の拡大防止のためには不可欠であり、医療行為を円滑に行うためにも実施しなければならない。
- 避難退域時検査等の実施に当たっては、それが必要な対象全てに対して実施できるような場所を選定するべきであり、この避難退域時検査等は、可能な限りバックグラウンドの値が低い所で行うことが望ましい。
- なお、OILに基づく防護措置としての避難又は一時移転の対象となった住民等については、原子力災害対策重点区域の境界周辺から避難所等までの場所において、避難退域時検査を行い、基準値を超えた場合には簡易除染等を行うことが必要である。

立地道府県等は、OILに基づく防護措置として避難又は一時移転を指示された住民等(ただし、放射性物質が放出される前に予防的に避難した住民等を除く。)を対象に避難退域時検査及び簡易除染を実施します。なお、避難退域時検査及び簡易除染は、避難や一時移転の迅速性を損なわないよう十分留意して行います。また、避難退域時検査及び簡易除染によって健康リスクが^①高まると判断される住民等については、体調等が悪化しないよう十分配慮します。

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」

各地域の担当



量子科学技術研究開発機構は、基幹高度被ばく医療支援センターと高度被ばく医療支援センターに指定されています。

弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学は、高度被ばく医療支援センターと原子力災害医療・総合支援センターに指定されています。

原子力災害医療・総合支援センターの担当地域は次のようになっています。

- 弘前大学；北海道、青森県、宮城県
- 福島県立医科大学；福島県、新潟県、茨城県、神奈川県、静岡県
- 広島大学；富山県、石川県、福井県、岐阜県、滋賀県、京都府、大阪府、鳥取県、島根県、岡山県、山口県、愛媛県
- 長崎大学；福岡県、佐賀県、長崎県、鹿児島県

まとめ

- 原子力施設においては、原子力災害の発生を未然に防止するため、炉規法*、原災法等に基づき、原子力災害予防対策が講じられる。
- しかし、原子力災害予防対策を講じているにもかかわらず、原子力災害が発生した場合には、原子力事業者、国、地方公共団体等が、住民の健康、生活基盤及び環境への影響を、事態の段階に応じた最適な方法で緩和し、影響を受けた地域が可能な限り早く通常の社会的・経済的な活動に復帰できるよう、様々な行動をとらなければならない。
- これらの行動が、事態の段階に応じて有効に機能するためには、平時から、適切な緊急時の計画の整備を行い、訓練等によって実行できるように、準備を十分に行っておく必要がある。

*核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

確定的影響の包括的判断基準(IAEA)

包括的判断基準	防護措置あるいは他の措置の例
急性外部被ばく (10時間未満) 赤色骨髄 ^{*1} : 1 Gy 胎児: 0.1 Gy 体組織 ^{*2} : 25 Gy (深部0.5cm) 皮膚 ^{*3} : 10 Gy (100cm ²)	線量が予測されたら、包括的判断基準以下に線量を保つための予防的緊急防護措置(困難な状況下においても) ・ 公衆への情報提供及び警告 ・ 早期除染等の防護活動を予防的に行う
急性摂取による内部被ばく AD (Δ) (Δ=30日間 ^{*4}) 赤色骨髄: 0.2 Gy (原子番号90以上の核種 ^{*5}) 2 Gy (原子番号89以下の核種 ^{*5}) 甲状腺: 2 Gy 肺 ^{*7} : 30 Gy 結腸: 20 Gy 胎児 ^{*8} : 0.1 Gy	もし被ばくを受けたら、以下を実施: ・ 迅速な医療診断、問診及び所要の処置 ・ 汚染管理 ・ 直ちに体内除染 ^{*6} (適用可能な場合) ・ 長期医療追跡調査の登録 ・ 包括的な心理カウンセリング

出典: IAEA GSR Part7 TABLE II.1.

*1 均一な放射場での強い透過性放射線の照射によって生じる赤色骨髄、肺、小腸、生殖腺、甲状腺、水晶体に対する外部被ばく
 *2 (手やポケットに入れて携帯される放射源などとの) 接触により、組織の深さ0.5cm で100cm²にもたらされる線量
 *3 線量は、表皮から40mg/cm²の深度 (すなわち0.4mm) で100cm²の皮膚組織に対するものである。
 *4 AD (Δ)は、被ばくした人の5%に健康影響を生じるような摂取量(I₀₅)

によって期間Δの間にもたらされる吸収線量を指す。
 *5 放射性核種の摂取量閾値の違いを考慮するため異なる基準を使用。
 *6 体内除染に対する包括的判断基準は、体内除染なしの予測線量に基づく。
 *7 本文書の目的上、「肺」とは、気道の肺胞-間質領域(AI)を意味する。
 *8 子宮内での成長期間における吸収線量。

国際的には、重篤な確定的影響を回避する為の包括的判断基準Generic Criteria (以下GC)、確率的影響のリスクの低減に関する緊急のGC、確率的影響のリスクの低減に関する早期のGC、飲食物制限に関するGC、の4つのGCが定められて、GCを達成するべく種々の基準値が定められている。

確率的影響の包括的判断基準(IAEA)

包括的判断基準		防護措置あるいは他の措置の例
以下の包括的判断基準を超える予測線量：緊急防護措置と他の対応措置を実施する		
甲状腺等価線量	50mSv (最初の7日間)	安定ヨウ素剤予防服用
実効線量	100mSv (最初の7日間)	屋内退避、避難、除染、食物やミルク、水の摂取制限、汚染管理、公衆の安心確保
胎児等価線量	100mSv (最初の7日間)	
以下の包括的判断基準を超える予測線量：緊急時の早い段階での防護措置と他の対応措置を実施する。		
実効線量	100mSv (年間)	一時的避難、除染、食物やミルク、水の摂取制限、汚染管理、公衆の安心確保
胎児等価線量	100mSv (子宮内発育全期間)	
以下の包括的判断基準を超えて受けた線量：放射線に起因する健康影響を検出し効率よく対処するため、長期医療対策を実施する。		
実効線量	100mSv (月間)	(医療追跡調査の基礎としての) 特定の放射線感受性の高い臓器の等価線量に基づくスクリーニング、カウンセリング
胎児等価線量	100mSv (子宮内発育全期間)	個々の状況で告知に基づく決定を実施するためのカウンセリング

出典：IAEA GSR Part7 TABLE II.2.

79

確率的影響に関する包括的基準に関しては、ALARAの概念に従い、可能な限り無理なく達成することを目標としています。

ALARAとは、国際放射線防護委員会が1977年勧告で示した放射線防護の基本的考え方を示す概念であり、“as low as reasonably achievable”の略語です。

飲食物に関する包括的判断基準(IAEA)

包括的判断基準		防護措置あるいは他の措置の例
食物、牛乳、飲料水の摂取および他の商品の使用により以下の包括的判断基準を超える予測線量：防護措置と他の対応措置を実施する		
実効線量	10mSv (年間)	食物、牛乳、飲料水の消費、流通、販売を制限し、他の商品の仕様と流通を制限する。必要な食物、牛乳、飲料水をできるだけ早く交換するか、代替品が入手できない場合は影響を受ける人々を避難させます。食物、牛乳、飲料水を摂取あるいは他の商品を使用した可能性のある人の線量を推定して、表II.2に従って、医療上の注意が必要な線量になったかどうかを判断します。
胎児等価線量 (子宮内発育全期間)	10mSv	

出典：IAEA GSR Part7 TABLE II.3.

食品、牛乳、飲料水を制限すると、脱水症状、深刻な栄養失調、その他の深刻な健康への影響が生じる可能性があります。したがって、必要不可欠な食品、牛乳、飲料水は、代替品がある場合に限り制限されるべきです。

IAEAと原子力災害対策指針のOIL比較

	IAEA (EPR-NPP-OILs)			原子力災害対策指針				
	包括的判断基準 (実効線量)	初期設定値		初期設定値				
避難等	100mSv/週	OIL1	1,000µSv/h	OIL1	500µSv/h 【GC: 50mSv/週に相当】			
除染	皮膚線量10Gy/10時間 100mSv/週	OIL4	γ線: 1µSv/h β線: 60,000cpm	OIL4	β線: 40,000cpm 【GC: 50mSv/週に相当】 β線: 13,000cpm (1ヶ月後の値)			
一時移転等	100mSv/年	OIL2	100µSv/h (炉停止後10日間) 25µSv/h (11日以降)	OIL2	20µSv/h 【GC: 20mSv/年に相当】			
飲食物 摂取制限	10mSv/年	OIL3	1µSv/h	飲食物に係るスクリーニング基準 OIL5 (放射線ヨウ素は 甲状腺等価線量 50mSv、それ以外は 実効線量5mSv/年)	0.5µSv/h 【GC: 5mSv/年に相当】			
	10mSv/年	OIL7	核種		飲料水 牛乳 食べ物	核種	飲料水 牛乳・乳製品	野菜類、穀類、肉、魚、 その他
			I-131		1,000Bq/kg	放射性ヨウ素	300Bq/kg	2,000Bq/kg*
	10mSv/年	OIL6 (GSG-2より、 核種合計 で評価 I≤1)	357核種ごとの値を設定。 うち、 I-131: 3,000Bq/kg Cs-137: 2,000Bq/kg U-238: 100Bq/kg Pu-239: 50Bq/kg		放射性セシウム	200Bq/kg	500Bq/kg	
			ウラン	20Bq/kg	100Bq/kg			
健康調査対象 スクリーニング	幼児の甲状腺 等価線量100mSv	OIL8	0.5µSv/h	OIL8	—			

* : 根菜、芋類を除く野菜類が対象

出典：平成 30 年 4 月 11 日 原子力規制庁 資料2 「包括的判断基準 (GC) 及び運用上の介入レベル (OIL)について」

放射線の基礎

原子力災害医療 基礎研修

原子力災害基礎-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。

講義時間；30分

内容

- 放射線、放射能、放射性物質
- 放射線の種類
- 放射線の性質
- 原子の構造と周期律
- 壊変
- 物理学的半減期
- 放射性核種と半減期
- 放射線の作用
- 放射線の作用と放射線測定器
- 放射線の単位
- 補助単位
- 身の回りの放射線
- 大地の放射線
- まとめ

放射線、放射能、放射性物質

放射線
放射性物質から出てくるエネルギー
ガンマ (γ) 線
ベータ (β) 線
アルファ (α) 線 など

空間中、物質を通過するときのエネルギーの放出あるいは伝播

X線は原子核の外で発生する電磁波
放射線発生装置から放出される。
(病院や検診でのレントゲン撮影)

放射線源 放射性物質
放射線を出す物質
気体、液体、固体、エアロゾル（液滴）といった形状がある。
放射性物質を漏れないように容器に密封したものが密封線源

放射能
放射性物質が放射線を出す能力
数値が大きいほど、放射性物質からたくさんの放射線が出ている。

五感で感じられないが、測定器で検知できる

放射線の事故、災害対応、マニュアルを使用する際には、放射線、放射性物質、放射能という用語を知っておく必要があります。

放射線とは、放射性物質から出てくるエネルギーです。種類としては、高いエネルギーを持つ電磁波のガンマ線、エックス線と高速で動く粒子線のアルファ線、ベータ線などがあります。中性子線は、電荷を持たない放射線です。放射線は原子核が不安定な状態から安定な状態に変化（壊変）するときに出したり、原子核以外では発生装置からも放出されます。

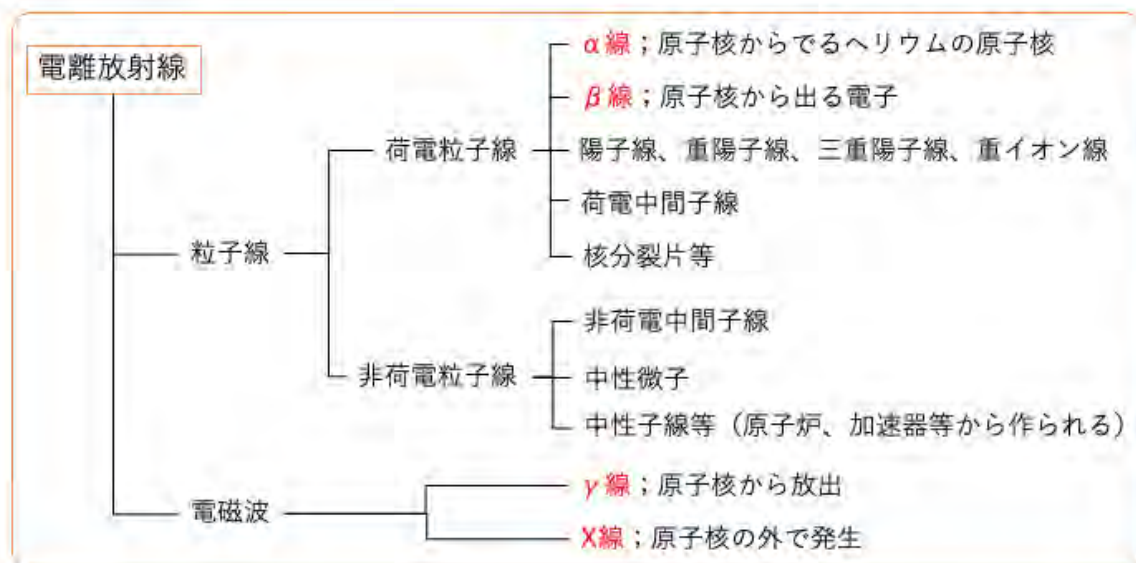
原子は原子核とその周りを回る電子から構成されており、原子核はプラスの電荷を持つ陽子と電荷を持たない中性子で構成されています。原子核がエネルギー的に不安定な場合、安定になろうとして放射線を出します。原子核から放射線を出すことを壊変といい、壊変は大きく分けると α （アルファ）壊変と β （ベータ）壊変があります。

放射線は五感で感じることはできませんが、測定器で検知、計測ができます。

放射性物質とは、放射線を出す物質のことです。形状としては気体、液体、固体などがあります。放射性物質を放射線源ということもあります。

放射性物質が放射線を出す能力のことを放射能といいます。放射能の単位はBq（ベクレル）であり、数値が大きいほど放射性物質からたくさんの放射線が出ていることとなります。

放射線の種類



非電離放射線

紫外線、可視光線、赤外線、マイクロ波、電波

※一般的に放射線といった場合は、電離放射線を指す。

放射線には、物質を構成する原子を電離（+電荷のイオンと-電荷の電子に分離）する能力を持つ電離放射線と原子を電離する能力を持たない非電離放射線があります。

放射線と一般的にいった場合は、電離放射線を指します。

電離放射線には、粒子の粒の流れの粒子線と光の仲間の電磁波があります。粒子線の仲間には、 α （アルファ）線、 β （ベータ）線、中性子線等が含まれます。

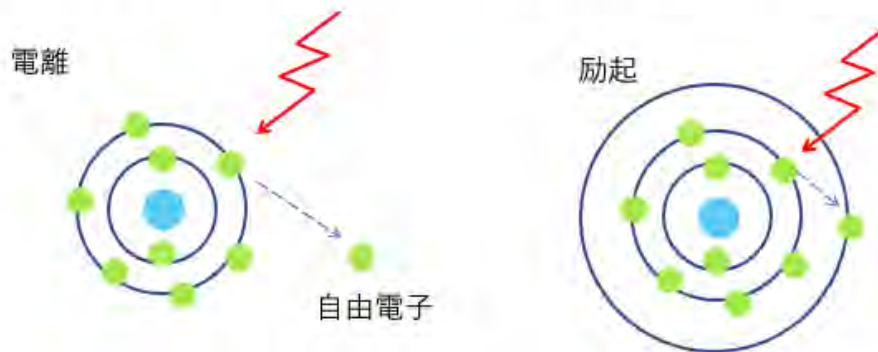
α （アルファ）線は、原子核から放出された陽子2個と中性子2個とが一つになった、ヘリウムの原子核の流れです。 β （ベータ）線は、原子核から放出された電子の流れです。

中性子線は、原子核を構成する、中性子の流れです。

電磁波には、X（エックス）線、 γ （ガンマ）線があります。X（エックス）線は原子核の外側で発生し、 γ （ガンマ）線は原子核の内側で発生し、発生機構で区別しています。

電離と励起

- 放射線が物質を通過するとき、放射線が原子や分子にぶつかり相互作用が起こる。
 - 電離：分子（原子）がエネルギーを受けて電子を放出したり、外から電子を得ること
 - 励起：軌道電子が原子から出ず、外側の軌道に移ること



放射線は、物質を通過する際に、物質を構成する原子や分子と互いに影響を与えます。これが放射線と物質の相互作用です。

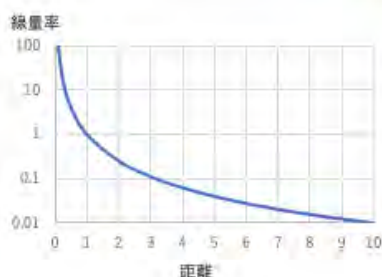
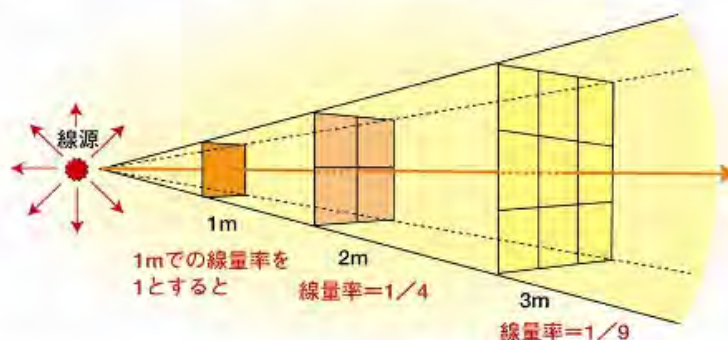
放射線が物質中を通過する場合、持っているエネルギーにより、原子が持つ軌道電子をはじき出して、陽電荷を帯びた状態の原子（または陽イオンの分子）と自由な電子（自由電子）とに分離します。軌道電子が原子の外に弾き出してしまうことを電離と言います。

軌道電子が原子から飛び出さず、外側の軌道に移ることを励起と言います。励起原子では、外側の軌道電子が内側の空の軌道に移ろうとします。内側の軌道電子が持つエネルギーは小さいので、電子は余分なエネルギーを光（電磁波）の形で放出します。この励起原子から出る光は蛍光と呼ばれます。

放射線の性質；等方性

等方性

放射線は、放射性物質（線源）から全方向に均一に放出される。



放射線の密度は線源からの距離の二乗に反比例して減少する（逆二乗則）。

線源からの距離が2倍だと線量率は1/4となり、1/10の距離であれば線量率は100倍となる。

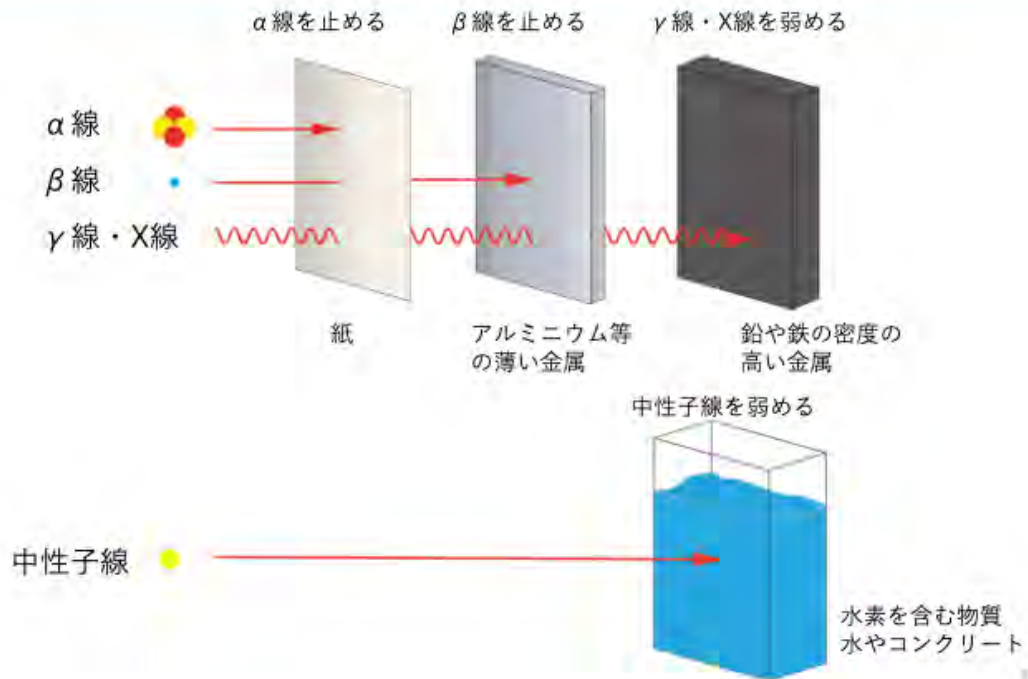
放射性物質からの放射線は光と同様に全方向に均一に放出され、これを等方性といいます。

電球の近くでは明るく、遠くでは暗いのと同様に、放射性物質の近くでは放射線の量は多く、遠くでは少なくなります。放射線の密度は放射性物質からの距離の二乗に反比例することから「逆二乗則」といいます。

例えば、1 mの距離の放射線量率を1とすると、2 mの距離では4分の1、3 mの距離では1/9になります。

なお、逆二乗となるのは放射線源が点線源かそれに近い場合で、点線源とみなせない場合は、必ずしも当てはまらないことには注意が必要です。（例えば、地表などに沈着した放射性物質や空気中の放射性物質からの放射線、リニアック、コリメートされた線源形状、加速器等からのビーム状の放射線等）

放射線の性質；透過力



放射線には物質を通り抜ける力（透過力）があります。物質内に入った放射線（電荷を持つ粒子や電磁波）は、電気、磁気的作用によってエネルギーを失い、最終的には止まります。つまり、遮へい物によって放射線を遮ることができます。

アルファ線は、透過力が弱いので、紙一枚で止めることができます。ベータ線は、核種ごとのエネルギーに依存しますが、アルミニウムやアクリルなどの薄い板で止めることができます。ガンマ線、X線は、透過力が大きく、密度の高い鉛や鉄の板で弱めることができます。中性子線は、電荷を持たないため、透過力が大きいですが、水素原子の弾性衝突で止めることができます。そのため、水素原子の密度が高い、水やコンクリートで弱めることができます。

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」を改変

原子の構造と周期律

原子



原子核
 ● 陽子；+（プラス）の電荷を持つ
 ● 中性子；電荷を持たない

電子；-（マイナス）の電荷を持つ

化学的性質；陽子の数で決まる。
 質量数 = 陽子 + 中性子
 同位元素；陽子の数が同じで、中性子の数が異なる元素

		族																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
周期	1	1 H 1.008																	2 He 4.003	
	2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18	
	3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95	
	4	19 K 39.1	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.9	36 Kr 83.8	
	5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	(99)*	43 Tc 101.1	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
	6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 192.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)	
	7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (261)*	105 Db (262)*	106 Sg (263)*	107 Bh (264)*	108 Hs (265)*	109 Mt (268)*	110 Ds (269)*	111 Rg (272)*	112 Cn (277)*	113 Uut (278)*						
		57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 151.9	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0				
		89 Ac (227)	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np (237)*	94 Pu (243)*	95 Am (243)*	96 Cm (247)*	97 Bk (247)*	98 Cf (251)*	99 Es (252)*	100 Fm (257)*	101 Md (258)*	102 No (259)*	103 Lr (260)*				

(*) 空欄は、その元素の代表的な放射性同位体の質量数である (IUPAC) 文部科学省 「一家に一枚周期表第6版」

原子は原子核とその周りを回る電子から構成されています。原子核はプラスの電荷を持つ陽子と電荷を持たない中性子で構成されています。

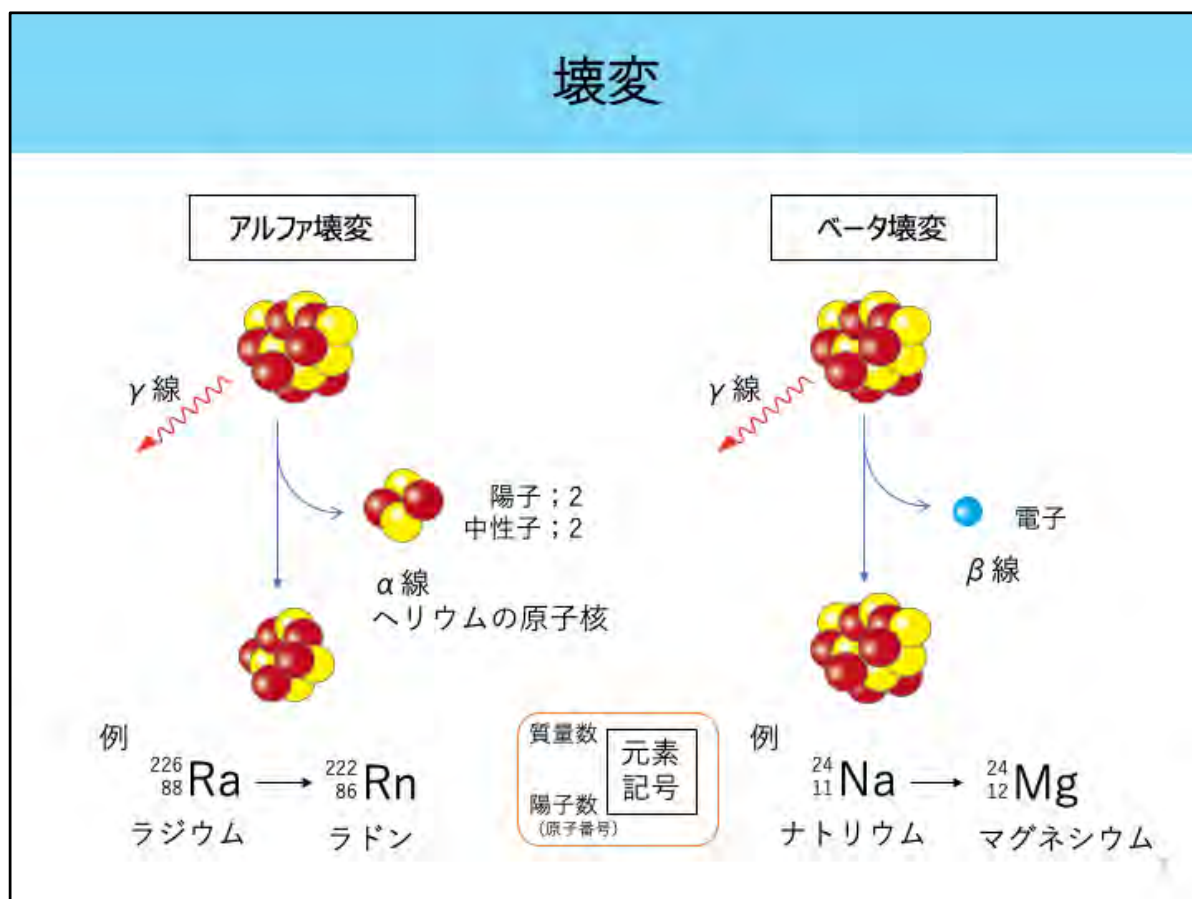
原子の化学的性質は陽子の数で決まります。例えば炭素は陽子が6個の元素ですが、中性子が5個のもの、6個のもの、7個のもの、8個の炭素などが存在しています。

陽子と中性子の数を足したものを質量数と呼びます。

例えば陽子が6個の炭素は、中性子が5個のものは質量数11、中性子が6個のものは質量数12、中性子が7個のものは質量数13、中性子が8個のものは質量数14となります。陽子の数が同じで、中性子の数が異なる元素を放射性同位元素と言います。

これらの原子を区別して呼ぶ場合は、元素名のあとに質量数を付けて、炭素11、炭素12、炭素13、炭素14と呼びます。

壊変



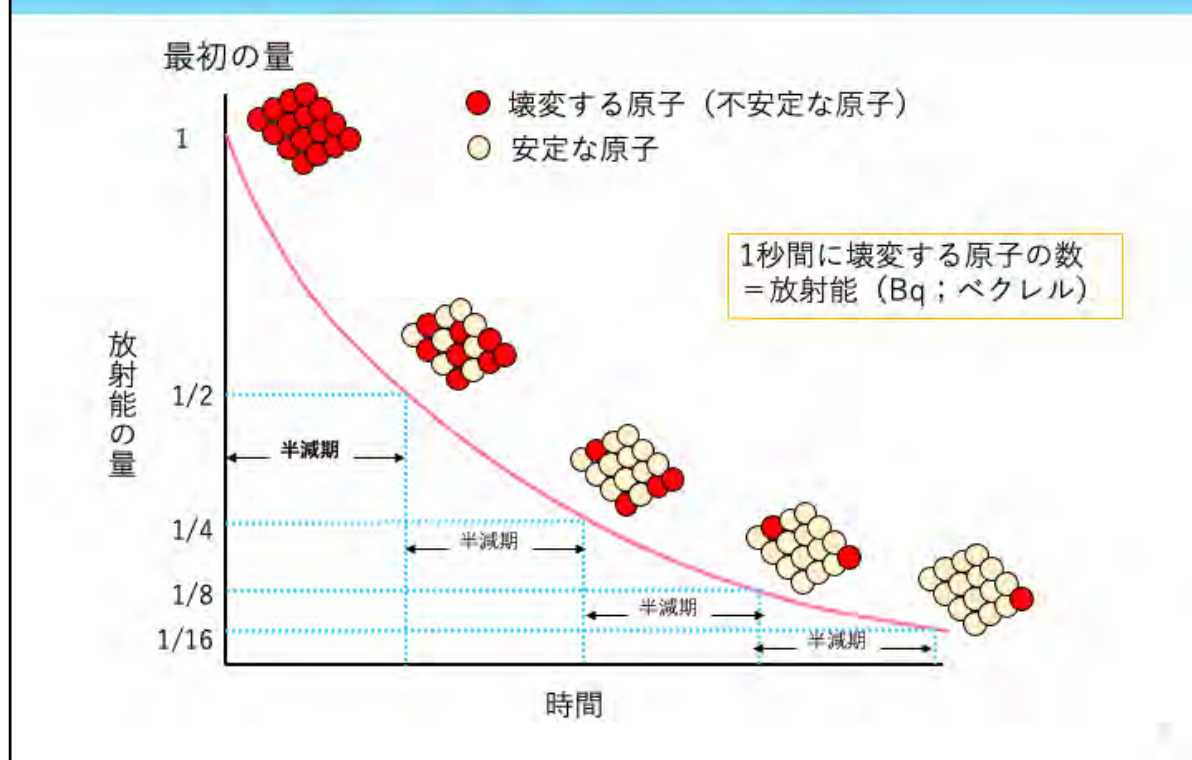
原子核がエネルギー的に不安定な場合、安定になろうとして放射線を放出します。原子核から放射線を放出し、別の原子核に変化する現象を壊変といいます。壊変は大きく分けると α 壊変と β 壊変になります。

α 壊変は、原子核から陽子2個と中性子2個が一塊の粒子（ヘリウムの原子核）となって放出される壊れ方で、このヘリウムの原子核が α （アルファ）線です。多くの場合、 α 線の放出に伴って電磁波である γ 線も放出されます。比較的質量数の大きい原子核で起こり、質量数が4、原子番号（陽子の数）が2つ減ります。

β 壊変は、原子核から電子が放出される壊れ方で、この電子が β 線です。 α 壊変同様、多くの場合、 β 線の放出に伴って電磁波である γ 線も放出されます。 α 壊変を起こす質量数より小さい原子核で起こり、質量数は変わらず、原子番号（陽子の数）が1つ増えます。中性子線はウランやプルトニウムが核分裂したときや、 α 壊変に伴って放出される中性子です。

例えば、炭素14は、窒素14に宇宙線の一つである中性子が当たり、陽子を追い出してできる自然界に存在する放射性物質です。原子核には陽子が6個、中性子が8個ありますが、両者の数のバランスが悪く、エネルギー的に不安定な状態です。一つの中性子が陽子になると、陽子も中性子も7個ずつになって安定します。このとき、余分なエネルギーが電子として放出されます。これが β 線の正体です。つまり、炭素14は β 線を出すことで、陽子数が7個の窒素に戻り、エネルギー的に安定になります。

物理学的半減期



放射能の単位にはBq (ベクレル) が用いられます。放射能は、単位時間当たりに放射性物質に含まれている原子核が「どれだけ壊れるか」で定義され、1 Bqは1秒間当たり1個の原子核が壊れることを表します。Bqは単独で使う以外に、単位体積、単位面積あるいは単位重量当たりの放射能を表す、 Bq/cm^3 、 Bq/cm^2 、 Bq/kg などを使います。

放射性核種が壊れて別の原子核に変わるということは、時間の経過とともに放射性物質に含まれる放射性核種の数も段々減っていくことになります。したがって、放射能も段々減っていきます。この変化の時間は、核種(放射性物質)の種類ごとに決まっており、元の放射性物質が半分に減少するまでの期間を「物理学的半減期」と呼んでいます。

半減期は放射性核種の種類によって異なり、数十億年という長いものから1秒以下の短いものまで色々あります。

核分裂反応

- 核分裂反応；不安定核が分裂してより軽い元素を二つ以上作る反応

- U-235原子核に低速の中性子が当たるといったん複合核を形成した後、2個の核分裂片XとYに分裂し、その際2～3個の中性子が放出される。

- 核分裂によって膨大な熱エネルギーが発生する。



- 核分裂生成物；核分裂反応によって発生する核分裂片

- 核分裂では、原子番号の和と質量数の和は、いずれも分裂の前後で保存されるが、A、B、a、bの値が一意的には定まらず、分裂パターンは多様化し、核分裂生成物の質量数は、72～162まで広く分布する。

熱中性子による核分裂で生じる主な核分裂生成物

生成物	U-235収率	Pu-239収率	半減期
セシウム133	6.70%	7.02%	安定
ヨウ素135	6.28%	6.54%	6.57h
ジルコニウム93	6.30%	3.80%	1.53My
セシウム137	6.19%	6.61%	30.17y
テクネチウム99	6.05%	N/A	211ky
ストロンチウム89	4.73%	1.72%	50.53d
ストロンチウム90	5.75%	2.10%	28.9y
ヨウ素131	2.83%	3.86%	8.02d
プロメチウム147	2.27%	N/A	2.62y
サマリウム149	1.09%	1.22%	安定
ヨウ素129	0.54%	1.37%	15.7My
キセノン133	6.70%	7.02%	5.2475d

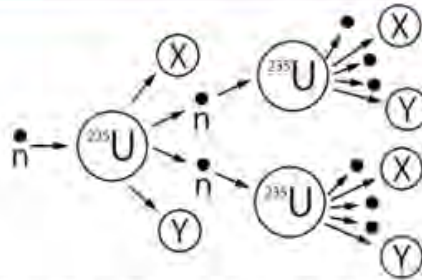
U-235原子核に低速の中性子が当たるといったん複合核を形成した後、2個の核分裂片XとYに分裂し、その際2～3個の中性子が放出されます。さらに核分裂を伴って膨大な熱エネルギーが発生します。これを核分裂反応といい、核反応の一つです。核分裂はU-235だけでなく、Th-232やU-233、U-238、Pu-239でも起こります。

核分裂片は核分裂生成物（FP; Fission Products）と呼ばれます。核分裂生成物の大部分は、強い放射能を帯びており、放射性廃棄物になります。核分裂では、原子番号の和と質量数の和は、いずれも分裂の前後で保存されますが、A、B、a、bの値が一意的には定まらず、分裂パターンは多様化し、核分裂生成物の質量数は、72～162まで広く分布します。

ウラン238、カリウム40のように半減期が長い放射性物質は、遠い昔に宇宙で作られ、地球が誕生する時に地球に取り込まれたものです。

セシウム137、ストロンチウム90、ヨウ素131、プルトニウム239は、原子力発電所が事故を起こすと環境中に放出されることがあります。

臨界



- **連鎖反応**；核分裂の際に放出された中性子が、近くのU-235原子核に当たると、そこでも核分裂が起こる。このように中性子が担い手となって次々にねずみ算式に次々と増大しながら進む反応
- **臨界**；中性子の数が増えもせず、減りもしない状態で、核分裂の連鎖反応が一定に持続している状態
 - 原子炉は連鎖反応が徐々に進み、それを制御できるようにした装置
 - U-235の濃度や量が少ないと核分裂で生じた中性子が次のU-235に当たらないので、連鎖反応が起こらない。

核分裂の際に放出された中性子が、近くのU-235原子核に当たると、そこでも核分裂が起こります。このように中性子が担い手となってねずみ算式に次々と増大しながら進む反応を連鎖反応と言います。

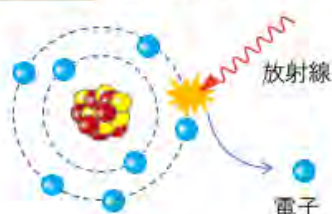
原爆は連鎖反応が瞬時に進むようにしたものであり、原子炉は連鎖反応が徐々に進み、それを制御できるようにした装置です。

中性子の数が増えもせず、減りもしない状態で、核分裂の連鎖反応が一定に持続している状態を臨界と言います。U-235の濃度や量が少ないと核分裂で生じた中性子が次のU-235に当たらないので、連鎖反応が起こりません。連鎖反応が起こるためには、一定量以上のU-235が必要になります。その最小量を臨界量と言います。

臨界量は、核燃料の種類、濃度、量、形状、溶液の有無などのよって変わります。そのため、臨界量以上の核燃料を1箇所に集めると、連鎖反応が一気に進み、危険です。これが臨界事故となります。

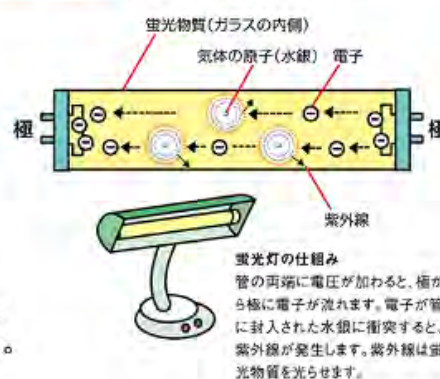
放射線の作用

電離作用 電子をはじき出す



直接作用；物質を直接電離する。
間接作用；物質との相互作用によって発生した二次電子によって間接的に電離する。

蛍光作用 光を出させる



透過作用

物質を通り抜ける



放射線が物質中を通過する場合、持っているエネルギーにより、原子が持つ軌道電子をはじき出して、陽電荷を帯びた状態の原子（または陽イオンの分子）と自由な電子とに分離します。これを電離作用といいます。

電離放射線の中には、直接物質を電離するものと、間接的に電離するものがあります。

α （アルファ）線、 β （ベータ）線等の電気を持った粒子線は、物質を直接電離します。特に α 線は、 β 線等の数百倍の密度の電離を引き起こします。

γ （ガンマ）線、X（エックス線）は、物質との相互作用によって発生した二次電子によって、物質を間接的に電離します。

蛍光作用とは、紫外線や放射線などが特別な物質に当たった時、その物質から特殊な光を出させる働きのことです。

透過作用とは、前述の通り物質を通り抜ける作用です。物質を通り抜けるときに、放射線（電荷を持つ粒子や電磁波）は、電気、磁気的作用によってエネルギーを失い、最終的には止まります。

放射線の他の作用として写真作用や化学作用もあります。写真作用の原理は、原則としてフィルムの写真と同じです。放射線が写真乳剤中の原子・分子に電離作用を及ぼしてイオンや自由電子を発生させます。このイオンを還元すると像として残ります。この像を現像、定着すると放射線の写真ができます。

出典；「原子力・エネルギー図面集2015」より改変

放射線の作用と放射線測定器

検出方法	測定器の例	主な測定対象放射線
気体の電離作用を利用	電離箱式サーベイメータ	γ線
	GM計数管式サーベイメータ	β線, γ線
固体の電離作用を利用	電子式ポケット線量計	γ線
蛍光作用を利用	シンチレーション式 サーベイメータ	γ線, α線
	TLD、蛍光ガラス線量計	γ線, β線

放射線は人間の五感に感じないので、なんらかの手段によって検出する必要があります。放射線の検出（測定器）は、電離作用、蛍光作用などを利用して、放射線を検出し、測定することができます。

放射線の検出方法と測定器の例及び主な測定対象放射線を示します。

気体の電離作用を利用した放射線測定器に、電離箱式サーベイメータがあります。電離箱式サーベイメータは、放射線の電離作用によって生じた、電離箱内の空気中を流れる電流を測定することにより、放射線の量を測る測定器です。

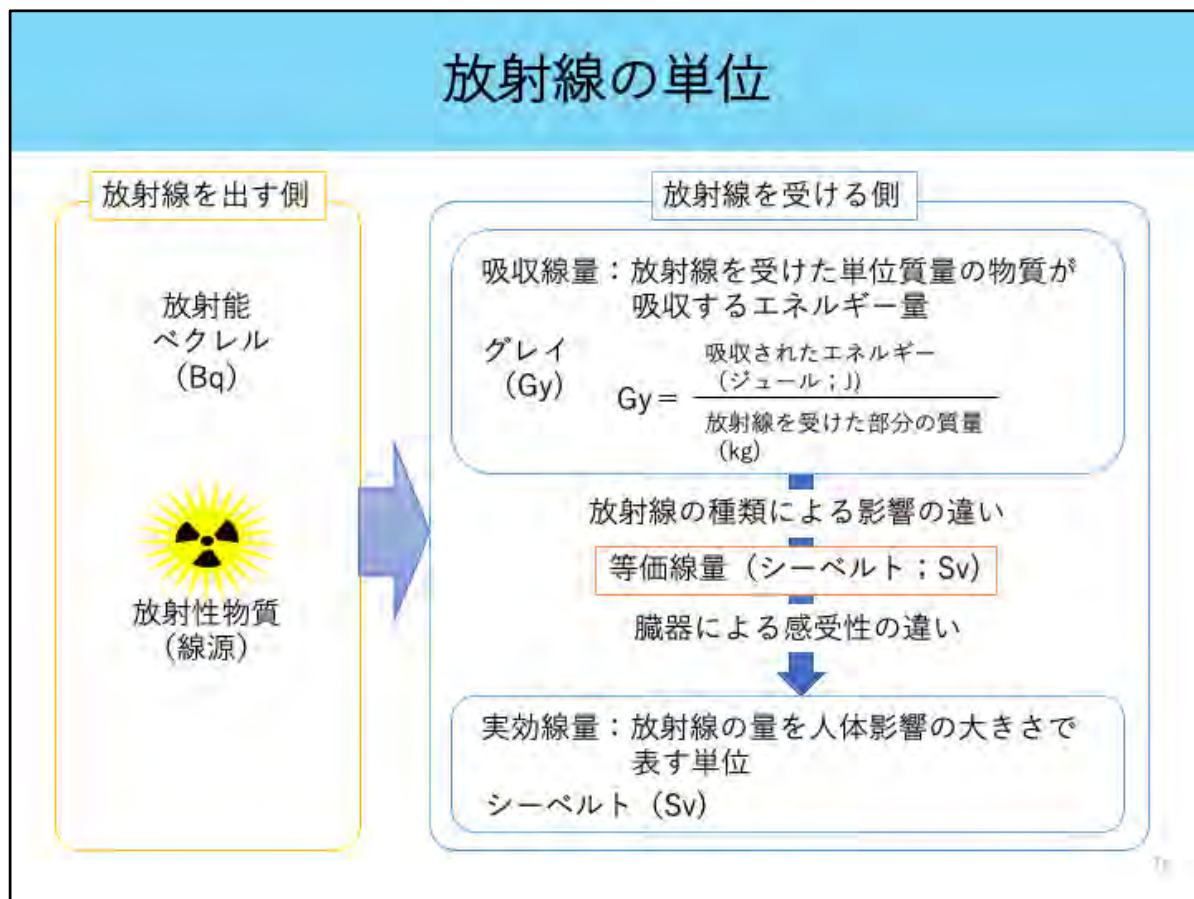
GM計数管式サーベイメータも放射線の電離作用を利用した測定器ですが、GM計数管は信号を増幅しているため電離箱よりも感度がよく、微量な放射線の測定に適しています。

個人線量計の一つである電子式ポケット線量計は固体（半導体）の電離作用を利用した測定器です。同じ作用を利用したものに、γ線のエネルギーの違いから放射性核種の種類を判別するために用いられるゲルマニウム半導体γ線スペクトロメータがあります。

蛍光作用を利用した放射線測定器に、シンチレーション式サーベイメータがあります。シンチレーション式サーベイメータはシンチレータと呼ばれる蛍光物質が出す光を電気信号に変えて計測することにより、放射線の量を測定する測定器です。

TLD（熱ルミネセンス線量計）及び蛍光ガラス線量計は、放射線を照射した後、に所要の処理を施すことにより蛍光を発する作用を利用しています。

放射線の単位



放射線が物質に当たった場合、放射線の「エネルギーがどれだけ物質に吸収されたか」を表す量を吸収線量といいます。吸収線量の単位にはGy（グレイ）を用います。1 Gyは、物質1 kg当たり1ジュールのエネルギーが吸収されたときの放射線量です。

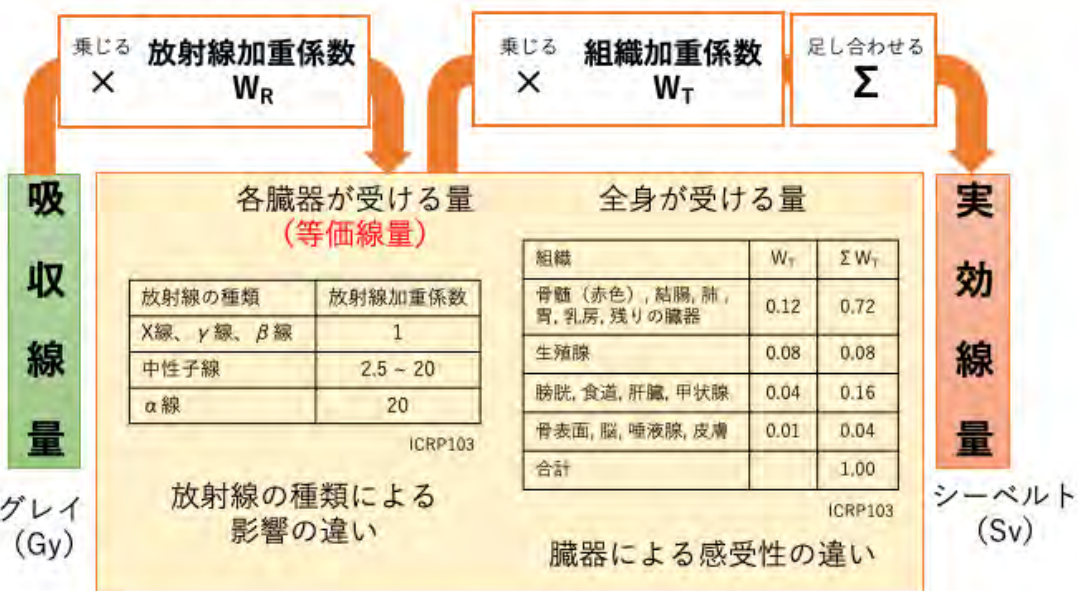
人が被ばくしたとき、放射線が人体に与えた影響の大きさを表す単位がSv（シーベルト）です。人体への影響は、各組織・臓器に対する影響と全身に対する影響とに分けて評価します。各組織・臓器に対する影響を「等価線量」、全身に対する影響を「実効線量」といいます。等価線量、実効線量ともにSvで表します。

放射線による各組織・臓器への影響は、吸収線量が同じでも、受けた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。甲状腺の等価線量、水晶体の等価線量といった使われかたをします。各組織・臓器は、受けた等価線量が同じでも、その部位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。防災業務活動では実効線量を測定します。

Svは単独で使う以外に、単位時間当たりの線量としてのSv/h（1時間当たりの線量）やSv/年（年間当たりの線量）のような使い方があります。自然界のバックグラウンド線量率は μ Sv/h又はn Sv/hで表され、緊急時の防護対策ではmSv/hやmSvが多く使われます。

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」より改変

放射線の影響と単位



人が被ばくしたとき、放射線が人体に与えた影響の大きさを表す単位がSv (シーベルト) です。

人体への影響は、各組織・臓器に対する影響と全身に対する影響とに分けて評価します。各組織・臓器に対する影響を「等価線量」、全身に対する影響を「実効線量」で表します。等価線量、実効線量ともに単位はSvです。

放射線による各組織・臓器への影響は、吸収線量が同じでも、受けた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。甲状腺の等価線量、水晶体の等価線量といった使われかたをします。

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。防災業務活動では実効線量を測定することになります。

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」より改変

補助単位（接頭語）

- 非常に大きな数値や小さな数値を扱う場合、その数値をそのまま表現したら分かりにくいので、補助単位（接頭語）を使用する。

大きい数値を表す補助単位

補助単位	よみ	大きさ
k	キロ	10^3
M	メガ	10^6
G	ギガ	10^9
T	テラ	10^{12}

小さい数値を表す補助単位

補助単位	よみ	大きさ
m	ミリ	10^{-3}
μ	マイクロ	10^{-6}
n	ナノ	10^{-9}
p	ピコ	10^{-12}

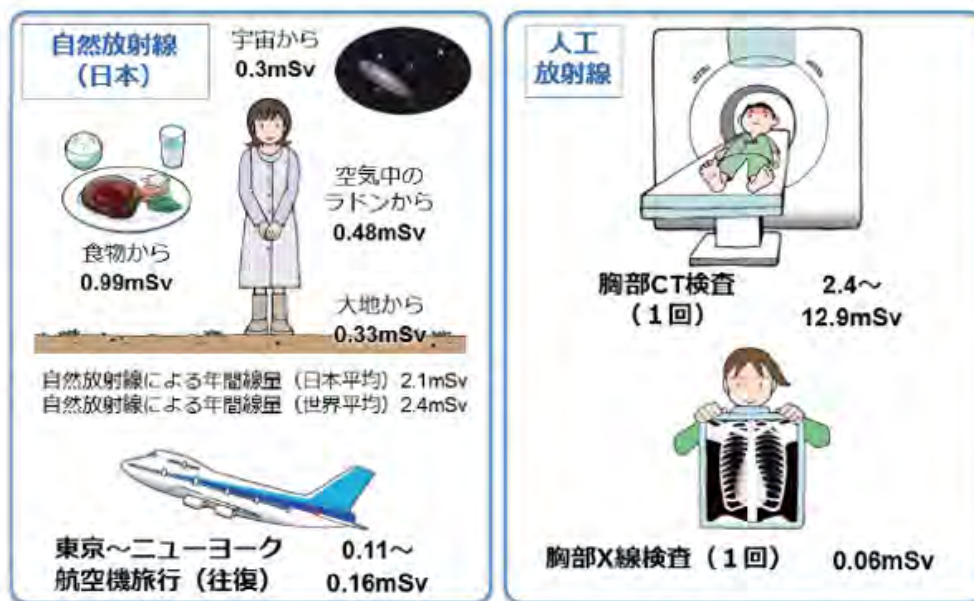
$$1 \text{ Sv} = 1000 \text{ mSv} = 1000000 \text{ }\mu\text{SV}$$
$$1 \text{ }\mu\text{SV} = 0.001 \text{ mSv} = 0.000001 \text{ Sv}$$

Bq、Sv、Gyなどの単位の他に、接頭語が使われます。

これは、放射線分野で扱う数値が非常に大きいものから小さいものまであり、その数値をそのまま表現したら分かりにくいいため、特に、M（メガ、百万倍）、m（ミリ、千分の一）、 μ （マイクロ、百万分の一）、n（ナノ、十億分の一）などの接頭語が多く使われます。

1Svは1000mSvであり、1,000,000 μ Svということになります。

身の回りの放射線



mSv : ミリシーベルト

出典：国連科学委員会〔UNSCEAR〕2008年報告、
原子力安全研究協会「新生活環境放射線（平成23年）」、ICRP103 他より作成

17

日常生活をする中で、知らず識らず、私たちは放射線を受けています。

宇宙からそして大地から受ける自然放射線による外部被ばくや、食物や空気中のラドンから受ける自然由来の放射性物質から受ける内部被ばくは、合計すると年間で2.4mSv になります(世界平均)。また日本においては放射線検査等で受ける医療被ばくの割合が大きいことが知られています。これは一回の検査あたりの被ばく量が多いCT検査が広く普及していることや胃がん検診で上部消化器検査が行われているためと考えられます。

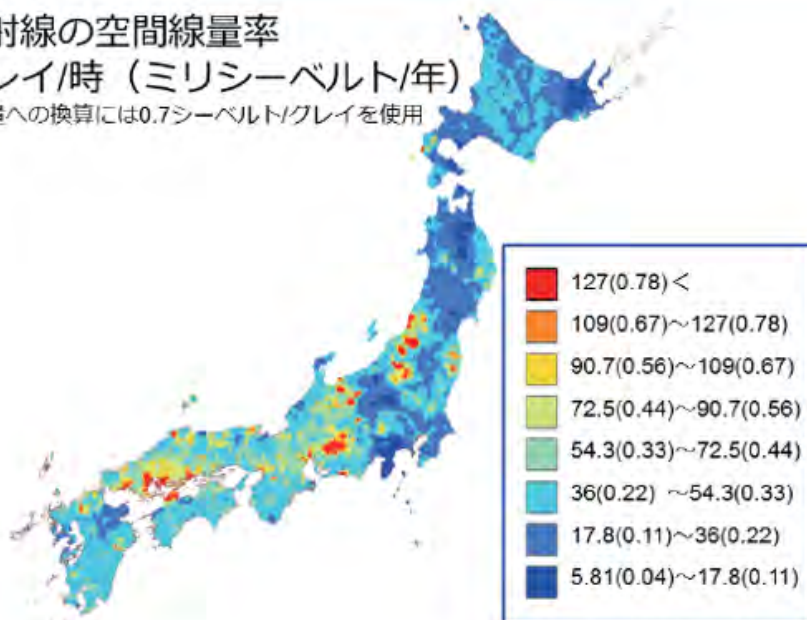
日本人が欧米諸国に比べて食品からの線量が高い理由は、魚介類を多く摂取する日本人の食生活が関係しています。魚介類にはポロニウム210が多く含まれているため、その分、実効線量が大きくなっています。一方、ラドン・トロンによる被ばくが少ないのは、日本家屋は通気性が良く、地中から屋内に侵入したラドン・トロンが速やかに屋外に拡散するためと考えられています。

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」

大地の放射線

自然放射線の空間線量率 ナノグレイ/時 (ミリシーベルト/年)

・実効線量への換算には0.7シーベルト/グレイを使用



出典：日本地質学会ウェブサイトより

19

日本国内でも、大地からの放射線レベルにはわずかに差があります。

関東ローム層が大地からの放射線を遮へいする関東平野では、おおむね大地からの放射線量は少なくなっています。一方、花崗岩が直接地表に露出した地質が多い西日本では、東日本より大地からの放射線の量が高い傾向にあります。

最も高い岐阜県と最も低い神奈川県では年間0.4ミリシーベルトの差があるといわれています。しかし、だからといって、西日本に住んでいる人達に、放射線による悪影響がある、ということではありません。そのような事実はありません。この高低差はあくまで、低い自然放射線のレベルの中での高低差であって、日常生活の範囲での話です。事故時などのレベルは、これよりもはるかに高いレベルになります。

自然放射線量を計算で求めるには、大地に含まれるウランとトリウムとカリウム（放射性K-40）の濃度を用いますが、すでに公表されている元素の濃度分布図である地球化学図のデータを用いることができます。

地上1mの高さでの線量率D(nGy/h)の計算

$$D = 13.0 C_K + 5.4 C_U + 2.7 C_{Th}$$

ここでCK(%), CU(ppm), CTh(ppm)はそれぞれカリウム、ウラン、トリウムの濃度です。単位はナノグレイ(nGy)であるのでこれをマイクログレイ(μ Gy)に換算して表したのが上図です。

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」（日本地質学会ウェブサイトより引用）

産総研地質調査総合センターウェブサイト
(<http://www.geosociety.jp/hazard/content0058.html>)

参考：<https://gbank.gsj.jp/geochemmap/>
<https://gbank.gsj.jp/geochemmap/setumei/radiation/setumei-radiation.htm>

まとめ

- 放射線 (α 線、 β 線、 γ 線、X線、n線) と放射能 (放射線を出す能力)
- 放射線的作用による、電離 (電子の放出) と励起 (外側の軌道に移転)
 - 電離作用、蛍光作用→放射線測定器、透過作用→X線撮影、CT
- 等方性による距離の2乗減衰と遮蔽減衰 (α :紙、 β :7 μ m、 γ :鉛、n:水)
- α 壊変 (α 線+ γ 線)、 β 壊変 (β 線+ γ 線)、核分裂 (n線+ γ 線)
- 臨界 (連鎖反応に至る限界) →連鎖反応 (核分裂が次々に増大)
- 放射線により透過力が違う。
- 核種毎固有の半減期を有し、放射能は1半減期で1/2、2半減期で1/4
- 放射線の単位
 - ベクレル(放射能の単位)
 - グレイ(物質が吸収したエネルギーを表す単位)
 - シーベルト (放射線量、被ばく線量の単位)
- 自然界にも放射線は存在する。
 - 日本の年間自然放射線の量 2.1mSv
 - 世界の年間自然放射線の量 2.4mSv

放射線の影響

原子力災害医療 基礎研修

原子力災害基礎-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。

講義時間；30分

内容

- 外部被ばくと内部被ばく
- 放射線の影響と単位
- 放射線とDNA損傷
- 生存率曲線
- ベルゴニー・トリボンドーの法則
- 実質細胞の放射線感受性
- 放射線の人体影響
- 確率的影響
- 確定的影響（組織反応）
- しきい値
- 被ばくの種類
- 急性放射線症
- 放射線皮膚障害
- 晩発障害
- 放射線によるがんの増加

外部被ばくと内部被ばく

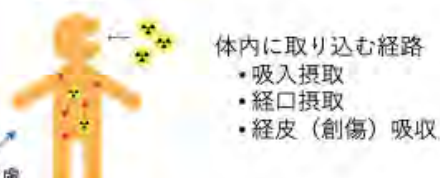
外部被ばく

外部被ばくとは、放射性物質（線源）から放出される放射線を体の外から浴びること。被ばく後、身体には放射線は残らない。



内部被ばく

内部被ばくとは、身体に取り込んだ（吸入、摂食）放射性物質からの放射線を体内で浴びること。



体表面汚染



放射線を受ける事を放射線被ばくと言います。

体の外から放射線を浴びるのが外部被ばく、放射性物質を体内に取り込んで体の中から放射線を浴びることが内部被ばくです。

外部被ばくには、全身あるいは体幹部の重要な臓器の大部分を被ばくする全身被ばくと、手指や四肢の一部など身体の一部だけを被ばくする局所被ばくがあります。局所被ばくでは、被ばくした部分の皮膚や骨の影響が現れます。

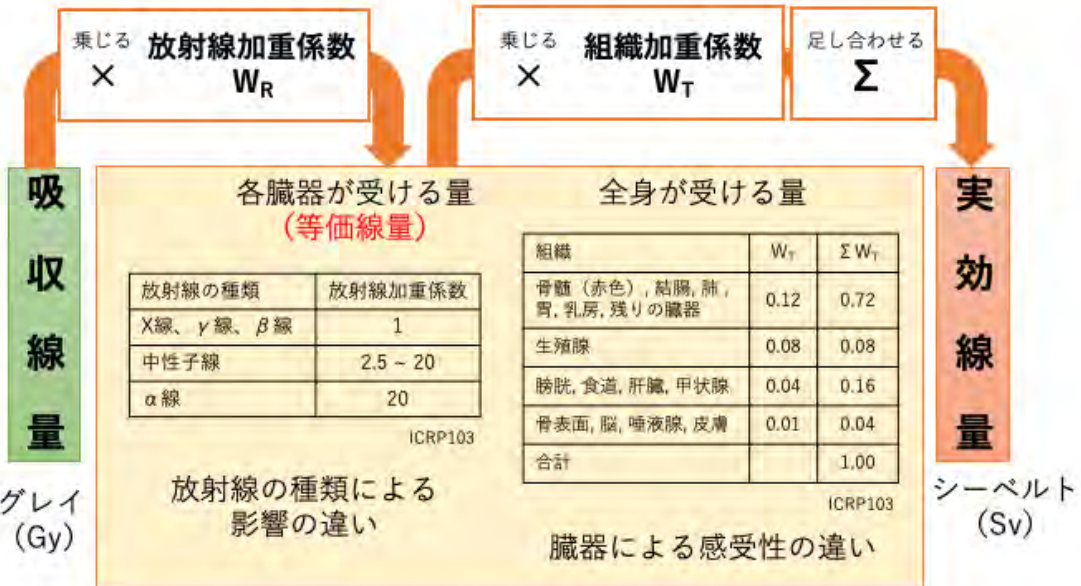
内部被ばくには、吸入摂取、経口摂取、経皮（創傷）吸収の3つの経路があります。

放射性物質が体の表面や衣服等に付着した状態が汚染です。頭部や顔面に体表面汚染がある場合は、噴霧あるいは放出された放射性物質を吸入したり、放射性物質が浮遊していた空間に滞在していた可能性があるため、内部被ばくの可能性を考えます。

体表面汚染のある部位からは、放射線を検知できますが、局所被ばくの症状が出現するほどの被ばくは通常はありません。ただし、とてもエネルギーが高い放射性物質が高濃度に付着した場合は、皮膚が外部被ばくすることもあります。表面汚染がある人から、周囲の人が外部被ばくするのはとても低いレベルです。

汚染に接触すると汚染拡大するため、注意が必要です。

放射線の影響と単位



放射線を受ける側の単位としては、グレイ (Gy)とシーベルト (Sv)があります。放射線が通ったところでは、放射線のエネルギーを吸収します。この吸収線量の単位がGyです。

人体への影響は、各組織・臓器に対する影響と全身に対する影響とに分けて評価します。各組織・臓器に対する影響を「等価線量」、全身に対する影響を「実効線量」で表します。等価線量、実効線量ともに単位はSvです。

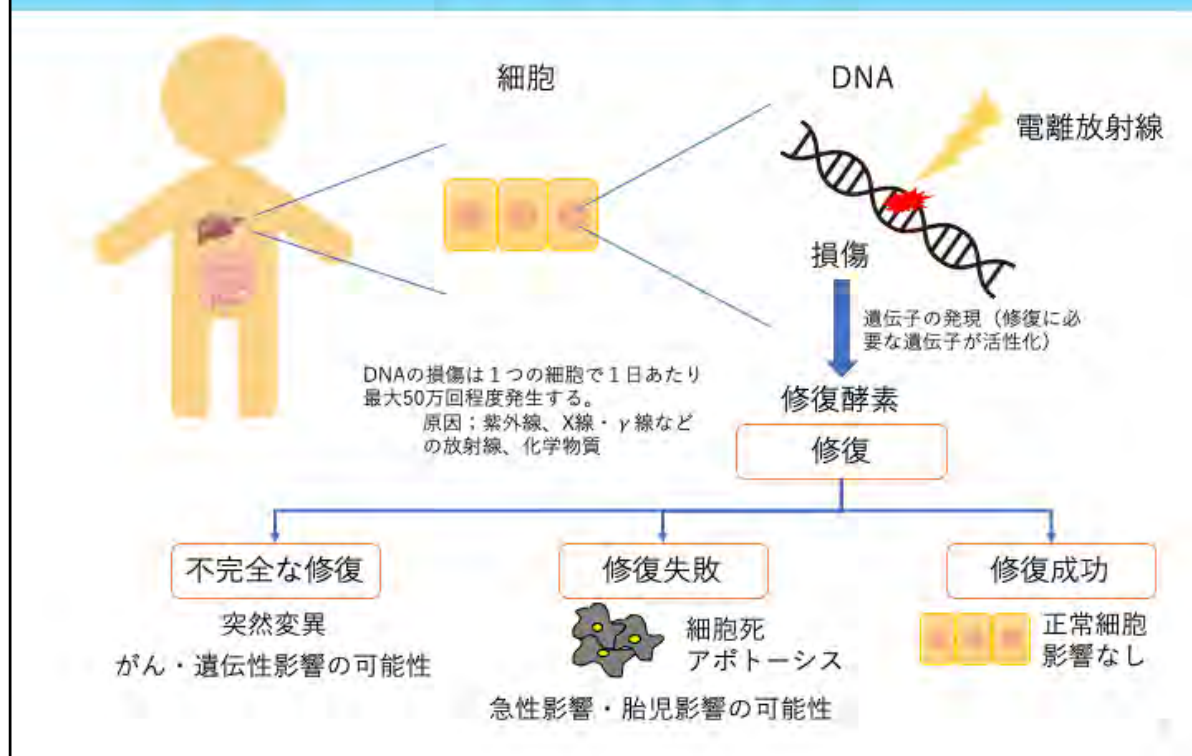
放射線による各組織・臓器への影響は、吸収線量が同じでも、受けた放射線の種類やエネルギーによって異なることが知られています。この放射線の種類やエネルギーによる影響の違い（放射線荷重係数）を考慮して、各組織・臓器への影響を評価した線量が等価線量です。甲状腺の等価線量、水晶体の等価線量といった使われかたをします。

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。防災業務活動では実効線量を測定することになります。

このようにシーベルトは、全身が受ける放射線の量（実効線量）、内部被ばくによって受ける放射線の量（預託実効線量）、ある場所だけ放射線を受ける局所被ばくの量（等価線量）の単位として用いられます。

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」より改変

放射線とDNA損傷



放射線の生物影響は、生体を通過してエネルギーを与える際の連鎖反応の結果です。

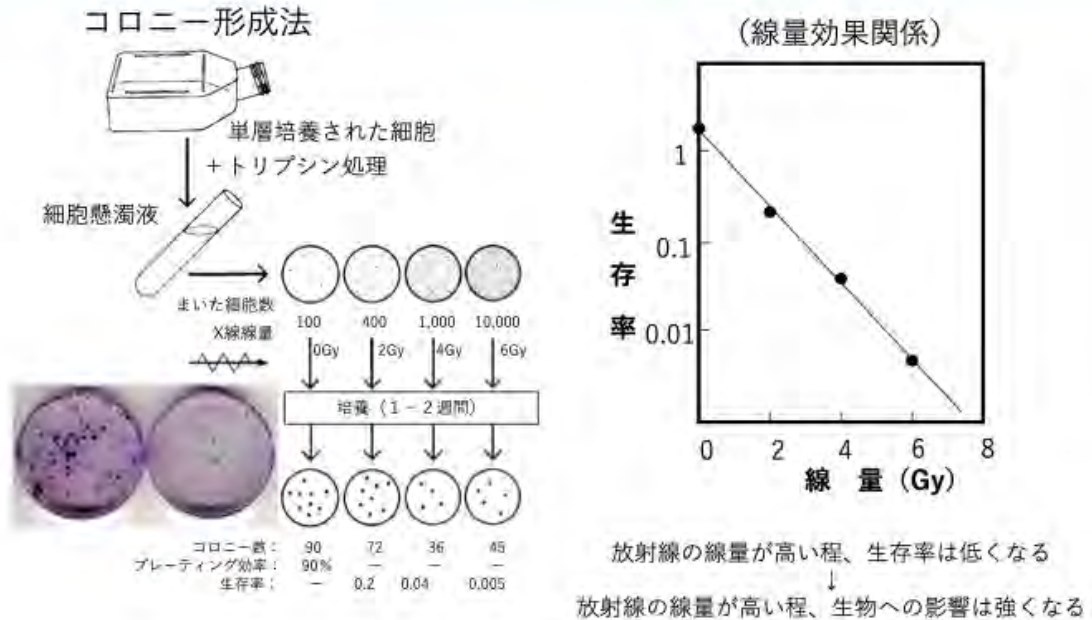
細胞での放射線のターゲットはDNAです。DNAの傷は体の中に備わっているシステムで修復されます。少しの傷なら修復が成功し、元に戻ります。傷が多ければ修復できずに細胞自体が死んでしまいます。また修復が不完全のまま、この細胞は生きながらえた場合、この細胞からがん細胞などが生じる可能性があります。

放射線による人体影響は、細胞が死ぬか、あるいは突然変異を起こすかのどちらかによるものです。

放射線の物理的相互作用は 10^{-15} 秒で起こります。がんが発症するまでには年単位での時間がかかります。

遺伝性影響とは被ばくした個体の子孫に現れる影響を指しますが、ヒトでは観察されていません。

生存率曲線



自己増殖する細胞をシャーレに播いて培養すると細胞が増殖を繰り返し、シャーレに細胞塊（コロニー）が形成されます。この細胞の増殖を定量的するために用いられる方法がコロニー形成法です。

放射線を照射した細胞は、増殖が出来なくなりコロニーの形成が少なくなります。放射線を照射していない細胞群を1としたとき、放射線を照射した細胞群でコロニーが形成される割合を生存率と言います。放射線の線量が高くなるほど生存率は低下します。

$$\text{生存率} = \frac{\text{コロニー数}}{\text{蒔いた細胞数} \times \text{プレーティング効率}}$$

ベルゴニー・トリボンドーの法則

細胞分裂頻度が高い（細胞周期が短い）細胞
将来、長期にわたって分裂を続ける細胞
形態的・機能的に未分化な細胞

→ 放射線感受性が高い



放射線の影響を受け易い

基本的に“未分化で増殖盛んな細胞の放射線感受性が高い”


細胞の種類によっても放射線の感受性が異なり、その細胞の再生能力に比例し、分化の程度に反比例します。

細胞分裂の頻度が高い細胞ほど、将来、長期にわたって分裂を続ける細胞、形態や機能が未分化な細胞ほど放射線の感受性が高いため、放射線の影響を受けやすくなります。これをベルゴニー・トリボンドー（Bergonie and Tribondeau）の法則といいます。

この法則は、組織内の細胞の放射線感受性について細かい比較にまで当てはまるものではないが、基本的に“未分化で増殖盛んな細胞の放射線感受性が高い”ことを示しています。

細胞レベルでの放射線の影響は、細胞周期と関連します。細胞が分裂して再び分列を終了するまでの期間を細胞周期といい、G₁期（DNA合成が始まるまでの準備期間）、S期（DNA複製が行われる期間）、G₂期（細胞分裂に必要なタンパク質が合成される細胞分裂準備期間）、M期（細胞分裂が行われる期間）に分けられます。また、G₁期から静止期(G₀期)に移行します。放射線感受性はM期が最も高く、G₁初期から中期にかけていったん低下し、G₁後期からS期にかけて再び感受性が高まります。S期に入ると再び感受性が低下し、この状態がG₂期まで続きます。G₀期は一般に感受性が低いです。このことから盛んに細胞分裂を繰り返している組織や器官では、放射線の感受性が高くなります。

実質細胞の放射線感受性

感受性	グループ	増殖、分化	実質細胞の例	
 高い	増殖幹細胞	分裂未分化	造血幹細胞、小腸クリプト（幹細胞）、精原細胞、表皮幹細胞、リンパ球	
	分化している幹細胞	分裂分化	血液系の分化した幹細胞、精母細胞、食道上皮細胞、膀胱上皮細胞	
	(血管系、線維芽細胞などの結合組織系)			
	再生可能な分裂頻度の低い細胞	通常はほとんど分裂しない	分化	肝臓、腎臓、膵臓、副腎、甲状腺、脳下垂体、成人の骨、成人の軟骨
	低い	分裂終了細胞	分裂終了分化	神経細胞、筋繊維、顆粒球、超上皮細胞

出典：日本放射線技術学会「放射線生物学（改訂2版）」

細胞分裂が盛んで、分化の程度の低い細胞ほど、放射線感受性が高い傾向にあります。

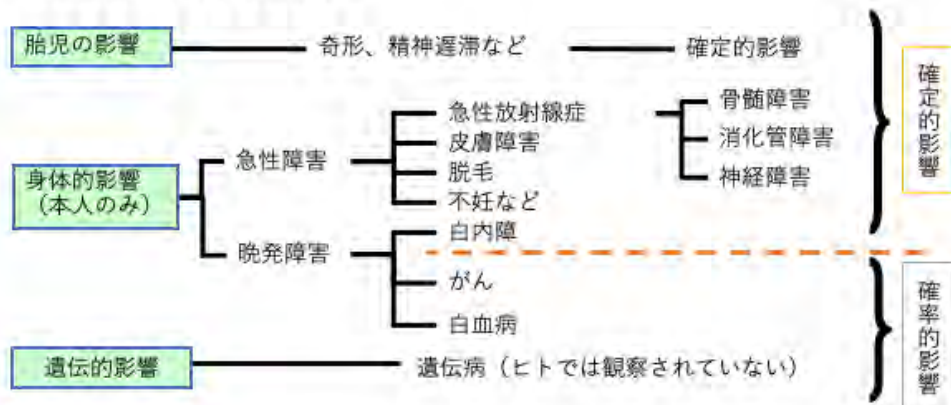
例えば、骨髄にある造血幹細胞はさかんに分裂しながら、血液中の各種細胞に分化する細胞です。幹細胞から分裂（増殖）が進んだ未成熟（未分化）な造血細胞の放射線感受性は極めて高く、分化した細胞よりも少量の放射線で細胞死が起こります。

その結果、血液細胞の供給が止まり、血中の各種の細胞の数が減少します。また消化管の上皮も常に新しい細胞に置き換わる新陳代謝が激しい臓器なので、放射線感受性が高くなります。

一方、細胞分裂をしない神経組織や筋組織は放射線に強いことが知られています。

放射線の人体への影響

- 急性障害
 - 急性放射線症：全身に短時間で1Gy以上の線量を被ばくしたときに生じる
 - 放射線熱傷：放射線による皮膚障害、体の一部分の被ばくでも生じる
- 晩発障害
 - 白内障：数年～十数年後に現れる目の症状
 - 悪性腫瘍：がんや白血病など



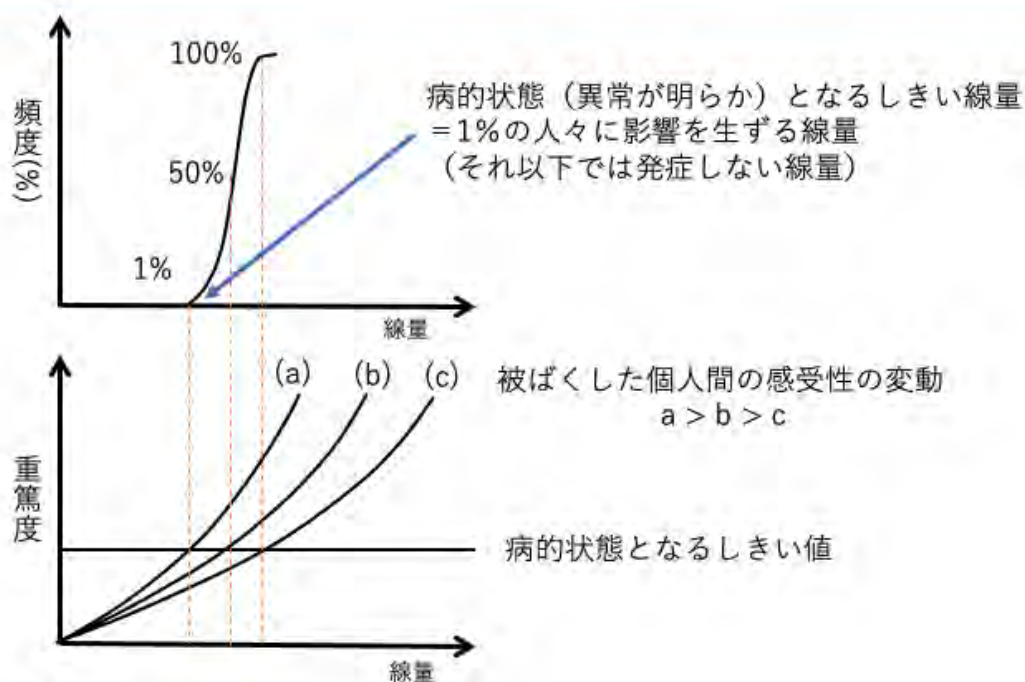
放射線の人体への影響は、医学的な観点から被ばくした本人に現れる身体的影響と被ばくした人の子孫に現れる遺伝的影響があります。遺伝的影響は人では観察されていません。

身体的影響は、被ばくした本人の体に症状が現れる時期によって急性障害と晩発障害に分けられます。急性障害は、被ばくして数週間以内に現れる症状で、全身に短時間で1 Gy以上の線量を被ばくした時には、骨髄障害、消化管障害、神経障害などの全身の症状が現れます。これを急性放射線症といいます。また、体の一部分だけを被ばくする事を局所被ばくといい、高線量の局所被ばくをした場合は、皮膚の障害として、熱傷のような症状が現れます。

被ばく後数年から数十年経ってから現れる症状を晩発障害といいます。晩発障害には、白内障、がん、白血病などがあります。

母親の胎内にいた時に被ばくした場合は、胎児の影響があり、奇形や精神遅滞などが現れます。

確定的影響（組織反応）



確定的影響とは、大量の放射線を被ばくした場合に、死滅する多くの細胞を補う正常な細胞の分裂増殖が十分でないために発生すると考えられているもので、ある線量以上の被ばくを受けた場合にだけ現れます。この線量を「しきい値」といい、しきい値を超えた線量を被ばくすると、症状の現れ方には多少の個人差はありますが、誰にも同じように症状が現れます。

確定的影響の特徴を整理すると、次のようになります。

- ・症状は、しきい値以上の放射線を被ばくした場合に現れる。
- ・症状の重さは、被ばくした放射線の量に依存する。
- ・同じ程度の量の放射線を被ばくした人には、誰にでも同じような症状が現れる。

なお、症状の発生する頻度が1%の値をしきい値としています。

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」より改変

しきい値

影響	器官/組織	発症までの期間	受けた線量 (Sv)	出展
			1%の人に生じる	
罹患率:				
一時的な不妊	精巣	3-9週間	~0.1	a, b
永久不妊	精巣	3週間	~6	a, b
永久不妊	卵巣	< 1週間	~3	a, b
造血能低下	骨髄	3-7日間	~0.5	a, b
皮膚の発赤	皮膚 (広範囲)	1-4 週間	<3-6	b
放射線熱傷	皮膚 (広範囲)	2-3 週間	5-10	b
一時的な脱毛	皮膚	2-3 週間	~4	b
白内障 (視力障害)	水晶体	数年	~1.5	a, c
死亡:				
骨髄症候群:				
- 治療なし	骨髄	30-60 日間	~1	b
- 適切な治療	骨髄	30-60日間	2-3	b, d
胃腸の障害:				
- 治療なし	小腸	6-9日間	~6	d
- 適切な治療	小腸	6-9日間	>6	b, c, d
肺臓炎:	肺	1-7ヶ月	6	b, c, d

放射線の確定的影響は、それぞれ被ばく後から発現するまでの期間としきい値が決まっています。この表はICRPによって示された、全身γ線被ばく後の成人の臓器および組織にかかわる罹病の1%発生率と死亡に対する、急性吸収線量のしきい値の予測推定値です。急性に1回で被ばくした場合の値です。

出典：ICRP Publication 103

a) ICRP (1984)

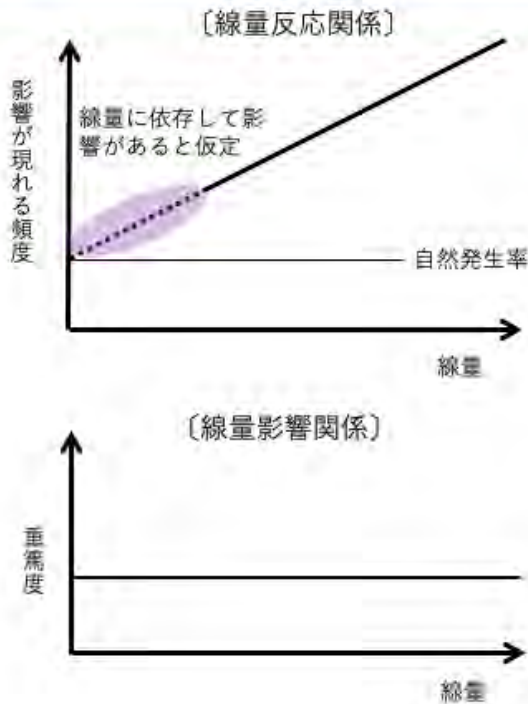
b) UNSCEAR (1988)

c) Edwards と Lloyd (1996)

d) Scott と Hahn (1989) , Scott (1993)

e) ほとんどの数値は四捨五入してGy に丸められている。範囲は、皮膚については面積依存性が、骨髄については様々な補助的治療があることを示している。

確率的影響



しきい線量は存在しないと仮定

確率的影響とは、**しきい値が存在しない**と考えられている影響であり、具体的には、発がんや遺伝的影響である。一定の線量以下では、喫煙や飲酒といった他の発がん影響が大きすぎて見えないが、ICRP等ではそれ以下の線量でも影響はあると仮定して、放射線防護の基準を定めることとしている。

確率的影響とは、しきい値が存在しないと考えられている影響であり、具体的には、発がんや遺伝的影響です。

これらの影響には、細胞の突然変異が関わっています。遺伝的影響の場合、生殖細胞に1回、発がんの場合、ひとつの体細胞に数回の突然変異が生じることで起こります。つまり、確率的影響は細胞が一つでも性質を変えれば、発生する可能性があります。

放射線の被ばく線量と影響の間には、しきい値がなく直線的な関係が成り立つという考え方をLNT(Liner non-threshold)仮説といいます。

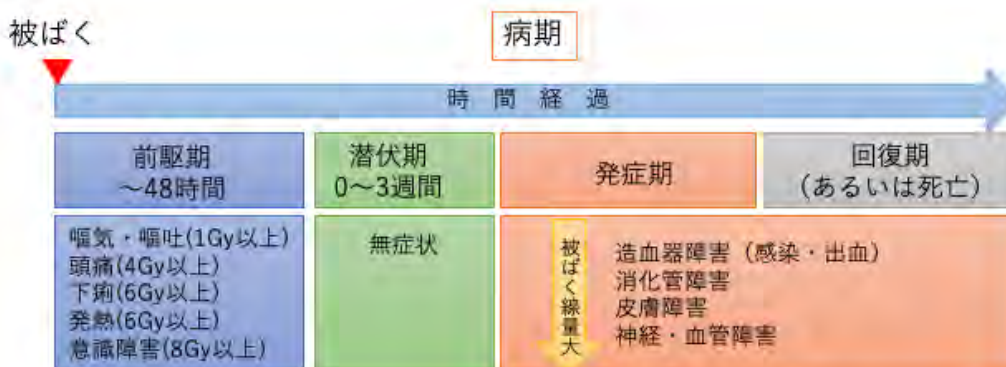
出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」より改変

急性放射線症

短時間に1 Gy (1000mGy) 以上の全身被ばく後、数時間～数週間後に起こる臨床症状の総称

→多くの組織や臓器障害をおこす

特に細胞増殖の盛んな組織（造血器、消化管粘膜、皮膚、生殖腺の幹細胞など）が影響を受けやすく、これらの臓器の障害による症状が主体



全身に1グレイ（1,000ミリグレイ）以上の放射線を一度に受けた場合、急性放射線症と呼ばれる、一連の臓器障害をきたすことがあります。この時間経過をみると、典型的には、前駆期、潜伏期、発症期の経過をたどり、その後、回復するか、あるいは死に至ります。

被ばく後およそ48時間以内に見られる前駆症状により、およそその被ばく量を推定することができます。

1グレイ以上の被ばくで、食欲不振、悪心、嘔吐と言った症状が見られることがあります。

4グレイ以上の被ばくをした場合、頭痛などを訴えることがあります。

下痢や発熱といった症状を示す場合は6グレイ以上被ばくした可能性があります。その後、潜伏期を経て、発症期に入ると、被ばくした線量に応じて造血器障害、消化管障害、神経血管障害が現れます。これらの障害は、放射線感受性の高い臓器や組織を中心に現れます。概して線量が多いほど潜伏期は短くなります。

皮膚は、大人で1.3～1.8m²と、大きな面積を持つ組織です。被ばく直後に初期皮膚紅斑がでることもありますが、一般には皮膚障害は被ばく後数日以上たってから現れます。

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」より改変

急性放射線症の前駆症状

症状と治療方法		軽度 (1-2Gy)	中等度 (2-4Gy)	重症 (4-6Gy)	非常に重症 (6-8Gy)	致死的 (>8Gy)
嘔吐	発現時期 発現頻度	2時間以降 10-50%	1-2時間以降 70-90%	1時間以内 100%	30分以内 100%	10分以内 100%
下痢	発現時期 発現頻度	なし —	なし —	軽度 3-8時間 <10%	重度 1-3時間 >10%	重度 数分以内-1時間 ほぼ100%
頭痛	発現時期 発現頻度	軽微 —	軽微 —	中等度 4-24時間 50%	重度 3-4時間 80%	重度 1-2時間 80-90%
意識	発現時期 発現頻度	障害なし —	障害なし —	障害なし —	障害の可能性 —	意識喪失 秒分のオーダー 数秒-数分 <100% (> 50Gy)
体温	発現時期 発現頻度	正常 —	微熱 1-3時間 10-80%	発熱 1-2時間 80-100%	高熱 <1時間 100%	高熱 <1時間 100%

(| AEA/WHO Safety Reports Series No.2 "Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries".1998.Vienna
に基づき原子力施設等防災専門部会が作成)

17

急性放射線症の前駆症状と被ばく線量をまとめた表です。

前駆期は被ばく後数分から数時間以内に現れ、48時間まで続くことがあります。食欲低下・悪心・嘔吐・下痢が主な前駆症状で、線量が高いほど出現までの時間が短く重篤です。

嘔吐であれば、1～2Gyの被ばくの場合、2時間以降に10～50%に症状が出現し、2～4Gyでは1～2時間以降に70～90%、4～6Gyでは1時間以内に100%、6～8Gyでは30分以内に100%、8Gy以上では10分以内に100%に症状が出現します。

急性放射線症の症状



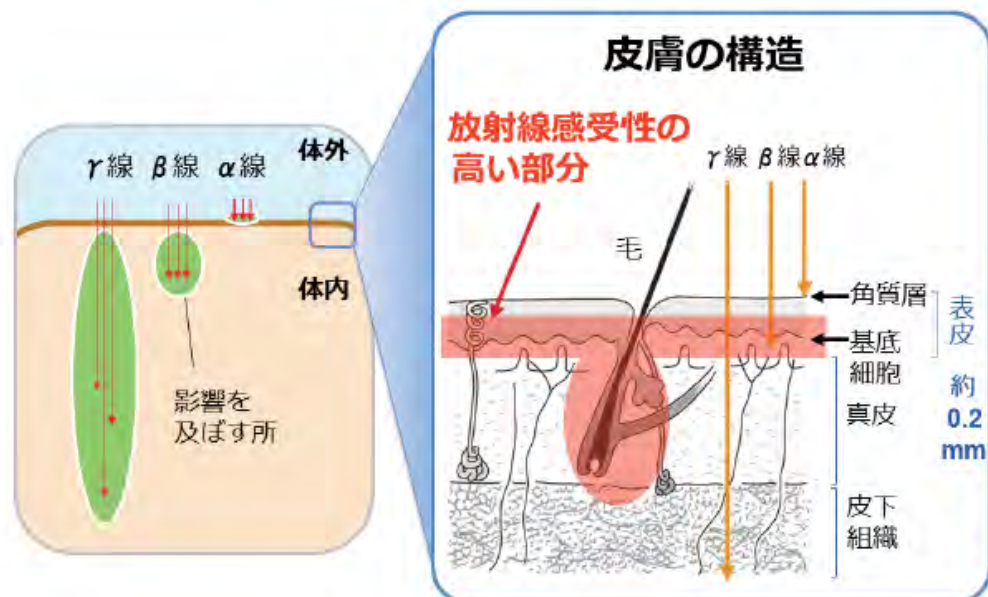
急性放射線症の症状は主に骨髄障害、消化管障害、中枢神経・循環器障害、皮膚障害に分けられます。

骨髄障害は、被ばく後に白血球、血小板が減少し、感染症、敗血症、出血症状を引き起こします。

致死的な線量の被ばくの場合、脳浮腫や血圧低下などの中枢神経と循環器障害が起こり、意識障害となります。

皮膚障害も被ばく線量に応じて、紅斑、水疱、びらん、潰瘍、壊死といった症状が出現します。

放射線皮膚障害



19

放射線による皮膚障害は、症状が熱傷に似ているため、放射線熱傷ともいいます。γ線は皮膚の基底細胞層まで透過するため、皮膚障害を発生します。透過力の弱いα（アルファ）線は表皮で止まってしまうので影響を及ぼすことはありませんが、β（ベータ）線を出す放射性物質が大量に体表面に付着し、長く放置された場合は、皮膚の放射線感受性の高い基底細胞層や毛根細胞に影響を及ぼすこともあります。

皮膚障害では、被ばくの線量と面積が予後を大きく左右する因子です。

初発症状は発赤（初期紅斑）で、通常は一過性です。およそ2-3 Gy（グレイ）の被ばくから現れます。線量により数日から1~2週間のを経て、脱毛、色素沈着、落屑、水疱、潰瘍、壊死が生じます。

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

	熱傷	放射線皮膚障害 (放射線熱傷)
症状	すぐに痛む 激しい炎症反応 患部の細胞死 組織の破壊	始めは痛みがない 被ばくの線量に応じて症 状の発現時期は異なる
障害の 機序	高温による障害 蛋白凝固 細胞代謝障害 局所循環障害	放射線によるDNA損傷 (細胞の種類により感受 性は異なる)
エネルギー (2度熱傷)	大 (4Cal/cm ²)	小 (0.0126Cal/cm ²) :30Gy

- 皮膚障害の無自覚と深達度の判断の困難性
- 遅発性；症状発現が遅い
 - 潜伏期（期間は被ばく線量による）がある
- 難治性；治りにくい
 - 例えば、中性子被ばく（線質）、高線量被ばく（線量）などにより障害がより深達性となる
- 反復性；繰り返す
 - 障害が反復したり、一度治癒した部分が血流障害の悪化により再度症状再燃する（～年単位）

放射線による局所の皮膚障害は、熱傷の症状と似ており、放射線熱傷とも呼ばれます。しかし、その発症のメカニズムは異なります。

熱傷は、高温によるタンパク凝固、細胞代謝障害、局所循環障害が原因となり、受傷直後から痛みや水疱、びらんなどの症状が出現します。

放射線熱傷の場合は、皮膚の基底細胞が放射線による影響を受けた結果、細胞分裂ができなくなり、皮膚細胞が再生されなくなるために症状が出現します。このため、始めは痛みの症状はなく、症状の出現にも時間がかかります。

放射線皮膚障害の線量と時期

皮膚症状は被ばく直後には出現しない
(時間が経ってから現れる)

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)

国際放射線防護委員会 (ICRP) などが放射線皮膚障害のしきい線量、症状の出現時間をまとめています。

皮膚障害も被ばく線量が高くなればなるほど症状は重篤になります。さらに、症状の出現が遅いため、被ばく直後に皮膚障害の程度を判断するのは、非常に困難です。

紅斑は、被ばくから2週間ほどの時間を経て出現します。

3Gy以上の被ばくで脱毛が起こります。8~12Gyでは乾性落屑が起こり、15~20Gyでは湿性落屑や水疱が出現します。

20Gy以上では潰瘍が出現し、25Gy以上では壊死します。潰瘍や壊死などの皮膚障害は、非常に治療が難しく、一旦症状が軽快しても再び潰瘍が出現する等の難治性、再発性といった特徴があります。

晩発障害

晩発障害		潜伏期間	例	放射線影響の機序
影響の出現	身体的影響	数週間以内 = 急性影響 (早期影響)	急性放射線症候群 ^{※1} 急性皮膚障害	細胞死/細胞変性 で起こる 確定的影響 ^{※2} 
		数か月以降 = 晩発影響	胎児の発生・発達異常(奇形)	突然変異で起こる 確率的影響 
	水晶体の混濁		がん・白血病	
	遺伝性影響		遺伝性疾患	

※1：主な症状としては、被ばく後数時間以内に認められる嘔吐、数日から数週間にかけて生じる下痢、血液細胞数の減少、出血、脱毛、男性の一過性不妊症等。
 ※2：一定量以上の被ばくがないと発生しない。

放射線被ばく後、数ヶ月以上経過した後に現れる影響を晩発障害といい、皮膚障害（表皮の萎縮、色素沈着など）、白内障、がん（白血病を含む）などの症状があります。

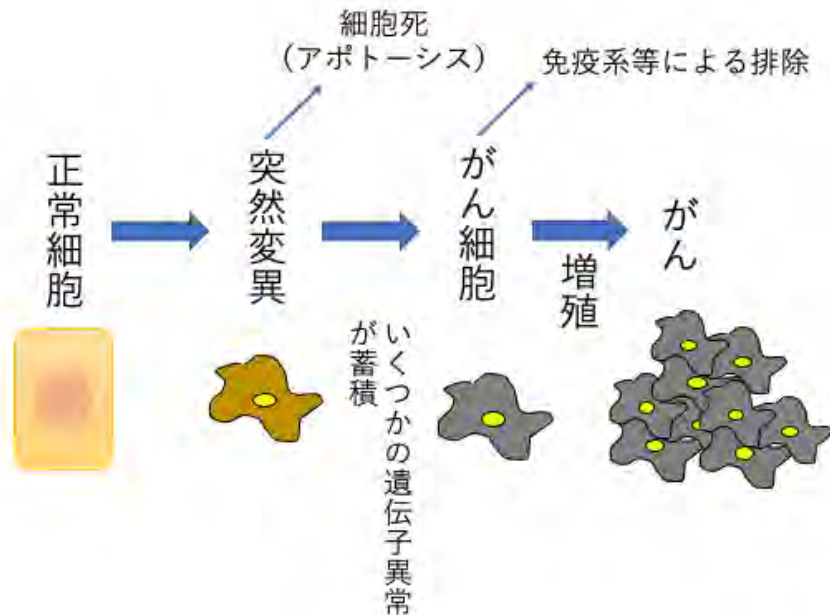
軽度の白内障である水晶体の混濁は500mSvから発症し、白内障は2,000mSv以上の線量を受けた場合に発症します。

急性障害を起こさない程度の放射線を被ばくした場合でも、数年から数十年経過した後にがんを発症することがあります。原爆被爆者の追跡調査によると、がんによる死亡リスクは100-200mSv以上では放射線の被ばく線量に正比例していますが、それ以下の被ばくについては確認されていません。

また、遺伝的影響も人では確認されていません。

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」

発がんの仕組み

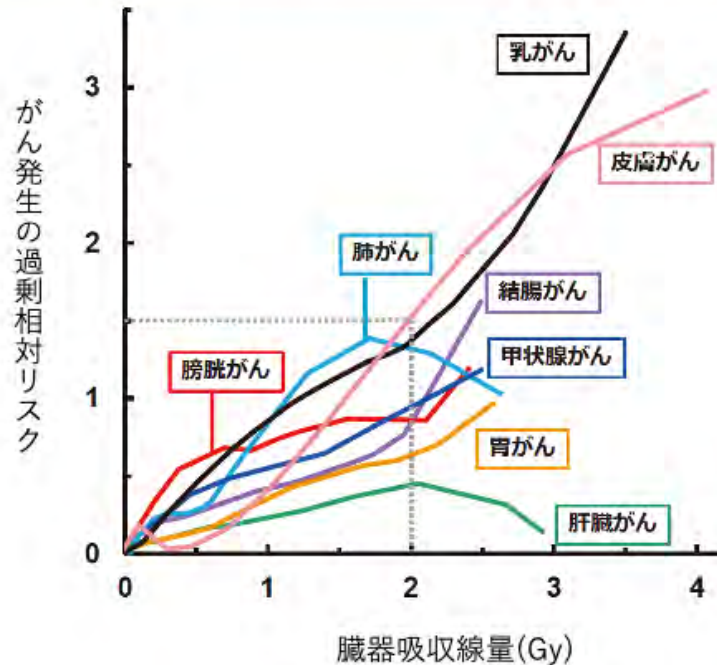


放射線ばかりではなく、様々な化学物質や紫外線等にもDNAを傷つける作用があります。しかし、細胞には傷ついたDNAを修復する仕組みがあり、大抵の傷はすぐに元どおりに修復され、また修復に失敗した場合でも、その細胞を排除する機能が体には備わっています。

ごく稀に、修復し損なった細胞が、変異細胞として体の中に生き残ることがあります。こうしたがんの芽は生じては消え、消えては生じといたことを繰り返します。その中でたまたま生き残った細胞に遺伝子の変異が蓄積し、がん細胞となることがありますが、それには長い時間が掛かります。

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」より改変

がん発生の過剰相対リスク



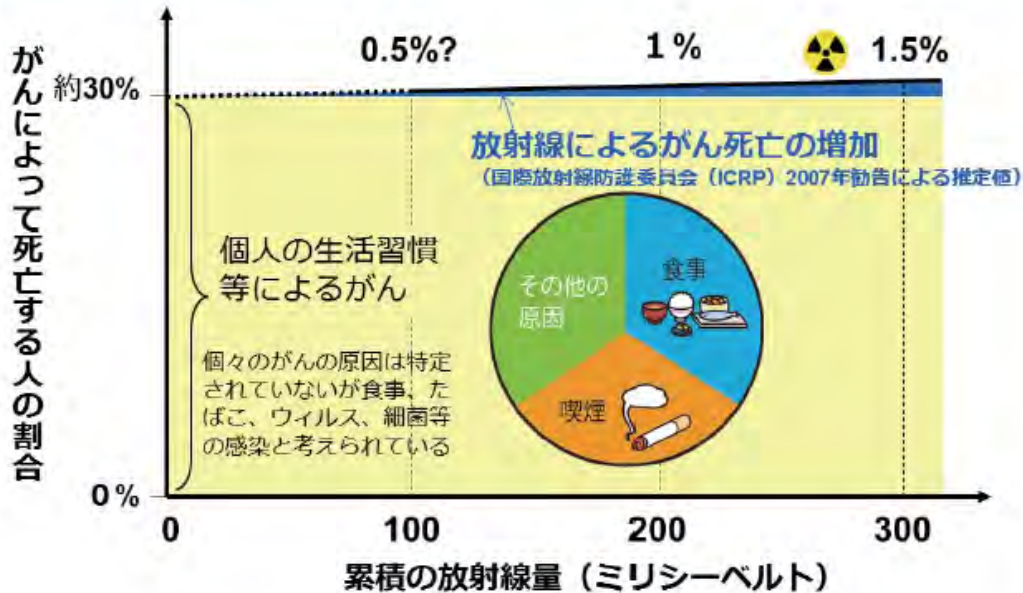
原爆被爆者を対象に、どれだけの線量をどこに受けるとがんのリスクが増加するかを調べたものです。横軸は、原爆投下時の高線量率一回被ばくによる臓器吸収線量で、縦軸は、過剰相対リスクです。相対リスクは、被ばくしていない集団と比べて、被ばくした集団ではどのくらいがん発症のリスクが増加したかを調べたものです。相対リスクが1であれば影響がないことになります。過剰相対リスクは、相対リスクから1を引いたもので、過剰リスクだけを示したものです。

例えば、臓器吸収線量が2Gyの場合は、皮膚がんの過剰相対リスクは1.5となっています。放射線を受けなかった集団と比べて1.5倍のリスクが過剰に発症していることを意味しています。つまり、2Gy被ばくした集団では皮膚がんの発症リスクは、放射線を受けていない集団（1倍）の2.5倍（1+1.5）となります。

こうした疫学研究の結果から、乳腺、皮膚、結腸等は、放射線によってがんが出やすい組織・臓器であることが分かりました。国際放射線防護委員会（ICRP）の2007年勧告では、臓器の感受性やがんの致死性等も考慮し、組織加重係数を定めています。

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」より改変

放射線によるがんの増加



がんは放射線だけでなく、食事、喫煙、ウイルス、大気汚染など様々な要因によって発症すると考えられます。起こった個々のがんが放射線によるものであると特定することはできません。従って、放射線でがんが起きているかどうかを検証するには、多くの集団において、受けた線量とともにがんが起こる確率も上昇するかどうかを調べる必要があります。

原爆被爆者を主とした疫学調査では、およそ100ミリシーベルト以上の線量では、線量とともにがん死亡が増加することが確認されています。およそ100ミリシーベルトまでの線量では、放射線とがんについての研究結果に一貫性はなく、放射線によりがん死亡が増えることを示す明確な証拠はありません。しかしながら放射線防護の目的のための慎重な考え方として、年間100ミリシーベルトまでゆっくりと被ばくする場合、放射線によるがん死亡が1,000ミリシーベルトあたりおよそ5%であるとされており、国際放射線防護委員会 (ICRP) もこれを妥当であるとしています。

日本人は元々約30% (1,000人のうち300人) ががんで亡くなっています。この国際的な推定値を用いると、仮に1,000の方が100ミリシーベルト*の線量を受けたとすると、生涯にがんで亡くなる方が300人から305人に増加すると計算できます。ただし、ICRPは同時に、この仮定は確実ではないが起こる可能性のある障害を予防するという考え方であり、100ミリシーベルトよりもごく低い線量を合計して集団で出るがんなどの症例数を計算するといった影響の評価には不確実性が大きく、適切でないとしています。

*ここで言う100ミリシーベルトとは年間の被ばく線量ではなく、これまで受けた積算線量です。また、この100ミリシーベルトには自然界から受け

る放射線量は含まれません。

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」

まとめ

- 各組織・臓器への影響は「等価線量」、全身への影響は「実効線量」である。
- 放射線はDNAを損傷し、その結果、修復、細胞死（急性影響）、突然変異（発癌など）が起こる。
- 確定的影響には、しきい値があり、被ばく線量に応じて重篤度が増す。
- 確率的影響には、しきい値がなく、発生頻度が被ばく線量に応じて高くなる。
- 短時間で大量の放射線を被ばくすると急性放射線症を発症する。
- 局所の被ばくでは、放射線皮膚障害を生じる。
- 癌発生リスクは被ばく量に相関する。

放射線防護

原子力災害医療 基礎研修
原子力災害基礎-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：30分

内容

- 原子力災害時の放射線防護の目的
- 防護の三原則
- 被ばく線量限度
- 放射線測定器
- 外部被ばく防護の三原則
- 外部被ばく対策
- 空間線量率個人被ばく線量
- 個人被ばく線量計
- 個人被ばく線量管理
- 遮へいの効果
- 遮へいと屋内退避
- 放射能防護服
- 内部被ばく経路の防護
- 吸入摂取の防護
- 鼻スワブ検査
- 汚染対策
- 汚染と被ばく線量

原子力災害時の放射線防護の目的

- 無用な被ばくをしない
 - 確定的影響の防止と確率的影響のリスクを合理的に達成できる程度に減少させる
 - 外部被ばくの防護
 - 内部被ばくの防護
- 二次災害の予防
 - 対応者の無用な被ばくの防止
 - 汚染拡大防止：汚染検査、除染
 - 関係機関での安全・危険情報の共有
- 住民の保護
 - 広報：情報提供（内容、方法）
 - 避難退域時検査
 - 避難
 - 屋内退避

原子力災害時の放射線防護の目的は、外部被ばく防護と内部被ばく防護による無用な被ばくをしないことと、二次災害の予防です。具体的には、確定的影響の防止と確率的影響のリスクを合理的に達成できる程度に減少させることとなります。このために、原子力災害時には、放射線防護を実施します。放射線防護の方法は、外部被ばくの防護と内部被ばくの防護に分けられます。さらに二次災害の予防として汚染拡大防止対策を講じます。

防護の三原則

正当化

便益
(ベネフィット、メリット) >> 放射線のリスク

防護の最適化

個人の被ばく線量や人数を、経済的及び社会的要因を考慮に入れた上、合理的に達成できる限り低く保つこと

ALARA(As Low As Reasonably Achievable)

線量限度の適用

職業人 (実効線量)	一般公衆 (実効線量)
1年間 50mSv かつ	1年間 1mSv
5年間 100mSv	

がんや遺伝性影響では、影響の現れ方が確率的であり、現在の放射線防護では、低線量域でも直線しきい値なし(LNT)モデルを適用しているため、安全と危険を明確に区分することはできません。そこで、国際放射線防護委員会(ICRP)は、どんなに小さくても有限のリスクがあるものとして、「リスクを容認できること」を基準に、防護のレベルを考えることを推奨しています。その防護の三原則が、「正当化」「線量限度の最適化」「線量限度の適用」です。

正当化とは、放射線を使う、被ばくの変化をもたらす行為や活動に対して、もたらされる便益（ベネフィット、メリット）が放射線のリスクを上回る場合のみ認められることです。

放射線を伴う行為のメリットが放射線のリスクを上回る場合は、合理的に達成可能な限り被ばく量を減らして、放射線を利用します。これがALARAの原則です。防護の最適化とは、社会的、経済的なバランスも考慮しつつ、できるだけ被ばくを少なくするよう努力するということで、必ずしも被ばくを最小化することではありません。

線量限度は計画被ばく状況に適用されます。ICRPの2007年勧告では、職業人の実行線量限度は5年間で100mSv、特定の1年間に50mSvと定めています。一般公衆の場合は、実行線量限度は年間1mSvです。線量限度は、管理の対象となるあらゆる放射線源からの被ばくの合計が、その値を超えないように管理するための基準値であり、安全と危険の境界を示す線量ではありません。

被ばく線量限度

電離放射線障害防止規則による線量限度

区 分	実効線量限度	等価線量限度
業務従事者	100 mSv/5年 (50mSv/年) 女子 5mSv/3月 妊娠中の女子 (出産までの内部被ばく) 1mSv	水晶体：150mSv/年 皮膚：500mSv/年 妊娠中の女子 (出産までの腹部表面) 2mSv
	緊急作業：100mSv	水晶体：300mSv 皮膚：1Sv
一般公衆	1mSv/年	水晶体：15mSv/年 皮膚：50mSv/年

※ 国家公務員の場合は、人事院規則10-5（職員の放射線障害の防止）で被ばく線量限度が定められている。

ICRPの放射線防護の考え方及びその勧告に基づき、放射線障害の防止に関する法令で放射線を職業的に扱う人（放射線業務従事者）に対し、線量限度を定めています。国家公務員の場合は、人事院規則10-5（職員の放射線障害の防止）で被ばく線量限度が定められています。また、放射線業務従事者である個人の線量のほか、公衆に対する線量の寄与を把握するため、事業所の境界や、放射線を取り扱う管理区域の境界など、場所についての線量も定められています。

放射線業務従事者の線量限度は、男性では1年間で50mSv、5年間で100mSv、女性の場合は、3ヶ月で5mSvと定められています。人命救助などの緊急作業では100mSvです。一般公衆の線量限度は、1年間で1mSvです。

原子力災害や放射線事故、災害の現場活動では、被ばくを”0（ゼロ）”とすることはできません。このため、線量限度を越えないように活動計画では被ばく線量を管理しなければなりません。また、無用な被ばくをしないように対処することも重要です。

放射線測定器

対象	測定方法	測定する放射線	測定器
空間線量率	1時間あたりの線量 測定場所ごとの短時間測定	ガンマ線	NaI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
		GM計数管式サーベイメーター	
		中性子線	^3He 計数管式（レムカウンタ）
表面汚染	直接法 （対象物を直接測定） 間接法 （スミア法など）	アルファ線	ZnSシンチレーション式 サーベイメーター
		ベータ（ガンマ）線	GM計数管式サーベイメーター
個人被ばく 線量	積算線量	ガンマ線 中性子線	電子式個人線量計
			警報付き個人線量計

放射線を測定する場合、測定する目的と測定の対象とする放射線の種類によって、適切な測定機器を選ぶ必要があります。適切な放射線測定器を選択していないと、過剰な被ばくをしたり、身体汚染を起こすこととなり、注意する必要があります。

放射線を測定する目的は、

- ・空間放射線量率の測定
- ・表面汚染の測定
- ・個人被ばく線量の測定 があります。

空間放射線量率の測定に適している測定器は、ガンマ(γ)線を測定する場合は、NaIシンチレーション式、電離箱式、GM計数管式です。中性子線の空間放射線量率を測定する場合、 ^3He 計数管式（レムカウンタ）です。

アルファ(α)線を放出する放射性物質の表面汚染の測定に適しているのは、ZnSシンチレーション式が、ベータ(β)線（ガンマ(γ)線）を放出する放射性物質の表面汚染の測定に適しているのはGM計数管式です。

個人被ばく線量の測定に使用される、電子式個人線量計は、活動中に被ばく線量ができ、さらに、設定した線量に至るとアラーム等で警報を発する、警報付個人線量計（アラームメータ）もあります。

外部被ばく防護の三原則



時間

作業時間を短くする。

被ばく線量は時間とともに増えます。被ばく時間を短くすることで被ばく線量を少なくできます。



距離

線源からできるだけ離れる。

放射線の強さは遠くに離れると弱くなり、線量は距離の2乗に反比例して減ります。



線源

遮へい

線源と人の間に遮へい体を置く。

物体を間に置くと放射線を弱めてくれます。建物の壁などは遮へい体になり、空間線量率が低くなります。

外部被ばく防護のポイントは「時間」「距離」「遮へい」です。被ばくする時間を短くする、放射線源からの距離をとる、放射線を遮へいすることで、被ばく線量が低減できます。

放射線にさらされる活動時間を短くすることで被ばく線量を少なくできます。放射線は、放射線源からの距離の二乗に反比例して減少します。そのため放射線源からの距離をとることで被ばく線量を少なくすることができます。逆に、放射線源からの距離が半分の位置(1/2の距離)に近づくと放射線量は元の位置の4倍になり、急激に空間線量が上昇することになるため、特に危険区域での活動時には注意が必要です。

放射線源との間に遮へい物があると放射線量は減少します。コンクリートの壁、鉄や鉛の金属の板などがあれば、遮へい材として使用できます。放射線源の位置、形状が明確であれば、鉛のブロックなどで線源を囲むことによって周辺の空間線量率を低減することもできます。

外部被ばく対策

空間線量率の測定

活動する場所の安全確認、管理
危険区域の設定



個人線量計の装着

線量限度以下での活動、個人被ばく線量の管理
アラームの設定：線量限度以上の被ばくを避ける



時間管理

現場の空間線量率に応じて、線量
限度を超えないように管理

$$\text{被ばく線量} = \text{空間線量率} \times \text{活動時間}$$



外部被ばくの対策には、空間線量率を測定して、活動する場所の安全確認と管理をします。

個人被ばく線量計を装着して、被ばく線量管理を行います。

活動時間は、活動する場所の空間線量率に応じて、線量限度を越えないように管理します。

空間線量率と個人被ばく線量

実効線量

放射線被ばくによる全身の影響を表す。計算により算出し、直接測定はできない。

被ばく管理のために、実効線量の代わりに実際に測定できる線量当量を用いる。

周辺線量当量（空間線量）；Sv シーベルト

環境モニタリングで用いられる。
人体の組織を模した直径30cmの球の表面から深さd※で生じる線量当量測定を行った空間の線量を表す。



個人線量当量；Sv シーベルト

個人モニタリングで用いられる。
人体のある指定された点における深さd※の線量当量測定器を体に身につけて測定するときの単位



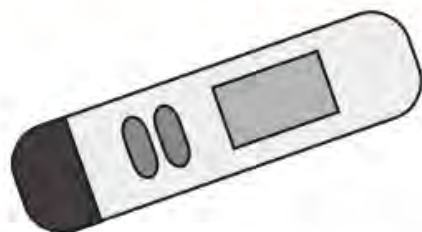
※深さd：実効線量 1 cm、水晶体3mm、皮膚70μm

実効線量は計算によって算出される量で、直接測定することはできません。そこで、被ばく管理のために、実効線量の代わり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を用います。

空間線量計は周辺線量当量を示し、個人線量計は個人線量当量が示されま

す。
周辺線量当量は、人体の組織を模した直径30cmの球の表面から 1 cmの深さにおける線量（1 cm線量当量）で表されます。人体の組織の多くは体表面から 1 cmより深いところにあるので、結果的に周辺線量当量は実効線量よりも高い値となります。そのため周辺線量当量を用いることで、安全側での被ばく管理ができます。

個人被ばく線量計



電子式個人線量計



汚染させないように防護服の中あるいはビニール袋などに入れて装着する。

- ・ 活動中の被ばく線量の積算値
- ・ 装着の方向を確認する。
- ・ アラームの設定ができる。
- ・ アラーム音は小さいため、聞こえない場合がある。
- ・ 誤計数の可能性があるため、携帯電話、PHS、高出力トランシーバーなどの装置の近辺での使用は十分注意する。

電子式・直読式の個人線量計を用いると、被ばくの積算線量がリアルタイムで表示されるので、一定期間ごと、あるいは作業ごとに、自分の線量を知ることができます。また、被ばく線量があらかじめ設定した値に達すると、アラームや振動で着用者に知らせてくれる、アラーム付きのポケット線量計もあります。放射線の事故や災害などの緊急時の対応にはアラーム付きのポケット線量計を使用します。

男性は胸部に、女性は妊娠の可能性も考慮し腹部に付けることが一般的です。個人線量計は汚染させないように防護服の内側に、向きを確認して装着します。誤計数の可能性があるため、携帯電話、PHS、高出力トランシーバーなどの装置の近辺での使用は十分注意します。

個人線量計には、光刺激ルミネッセンス（OSL）線量計、ガラス線量計といったタイプのももあります。これらは、一ヶ月等の一定期間、身につけて、積算線量を測定するもので、リアルタイム値は表示されません（現像しないと分からない写真フィルム、のようなイメージに近いです）。

個人被ばく線量管理

個人被ばく線量の測定記録票の例

記録年月日	平成 年 月 日(曜日)							
記録者氏名								
測定条件	①天候(晴れ、曇り、雨、雪) ②その他()							
作業場所								
作業者氏名	線量計型式及び番号		作業前指示値 (μ Sv)	作業後指示値 (μ Sv)	被ばく線量 (μ Sv)	作業時間		
	型 式	番 号				作業前時刻	作業後時刻	作業時間

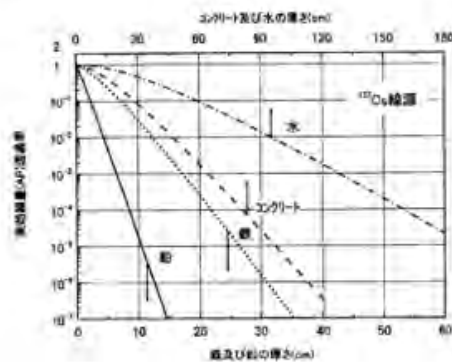
注：被ばく線量 = 作業後指示値 - 作業前指示値

11

活動時の個人被ばく線量を記録します。
個人線量計の中には、電源を切ると測定結果がリセットされてしまうものやホルダーに戻すとリセットされるものもありますので、注意が必要です。

遮蔽の効果

核種	鉛(cm)		鉄(cm)		コンクリート (cm)	
	半価層	1/10価層	半価層	1/10価層	半価層	1/10価層
Co-60	1.2	4.0	2.0	6.7	6.1	20.3
I-131	0.7	2.4	-	-	4.6	15.3
Cs-137	0.7	2.2	1.5	5.0	4.9	16.3



放射線は透過する物質の密度が高いほど減衰する。

遮へい材の遮へい効果を表すのに半価層及び1/10価層がよく用いられています。半価層は入射 γ 線の線量率を1/2に減じるのに必要な遮へい物の厚さ、1/10価層は入射ガンマ(γ)線の線量率を1/10に減じるのに必要な遮へい物の厚さになります。

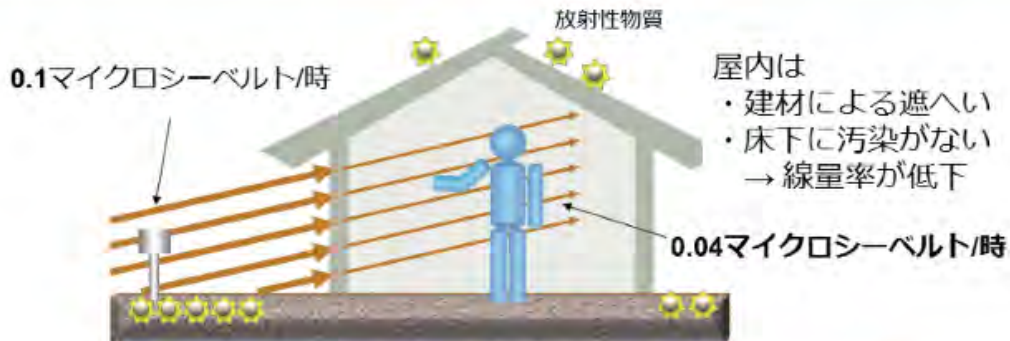
ガンマ(γ)線では、実効線量透過率を1/10程度にするのに、鉛や鉄を用いても数cmの厚さが必要なこと、コンクリートでは同程度の遮へい効果を得るには、20cm前後の厚さが必要となることが分かります。

実効線量透過率とは遮へい体がない場合のガンマ(γ)線の実効線量率と遮へい体がある場合のガンマ(γ)線の実効線量率の比をいいます。この図は、線源から5m離れた場所に遮へい物を置いたときに、その後方でどれだけ実効線量透過率が低下するかを示しています。例えば、Co-60線源の場合、厚さ30cmの鉄では、その後方で実効線量透過率は約 10^{-4} 、すなわち、1万分の1に低下します。

出典；JAERI-Data/Code 2000-044 実効線量評価のための光子・中性子・ベータ線制動放射線に対する遮へい計算定数

総務省消防庁 スタート！RI119 消防職員のための放射性物質事故対応の基礎知識（平成23年3月（平成27年3月一部改定））

遮へいと屋内退避



場所	低減係数*
木造家屋（1～2階建）	0.4
ブロックあるいはレンガ家屋（1～2階建）	0.2
各階450～900m ² の建物（3～4階建）の1～2階	0.05
各階900m ² 以上の建物（多層）の上層	0.01

*建物から十分離れた屋外での線量を1とした時の、建物内の線量の比

原子力災害時の防護措置として屋内退避があります。これは、屋内では建材による遮へいの効果、床下には汚染がないことから屋外よりも空間線量率が低くなるためです。

屋内での線量率を求める場合は、建築物による遮へいや床下に汚染がないことを考慮して、近くの屋外線量率の値に低減係数を乗じて、屋内の空間線量率を推定します。

低減係数は、建材の種類によって異なります。木造家屋は、外からの放射線の約6割を低減します。ブロックやレンガの家屋、鉄筋コンクリート家屋ではより遮へい効果が高まります。また、高層階になるに従い、土壌表面の放射性物質からの距離が離れるため、放射線量も少なくなります。

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」

原子力安全委員会「原子力施設等の防護対策について」（昭和55年6月（平成22年8月一部改訂））

鉛入り防護服



人体ファントム（人体模型）に個人線量計を装着し、防護服の有無による遮へい効果を、3種類（Am-241 (60keV)、Cs-137 (662keV)、Co-60 (1250keV)）の線源を用いて確認した。

エネルギー(keV)	遮へい効果(%)
60	94.2
662	9.4
1250	4.4

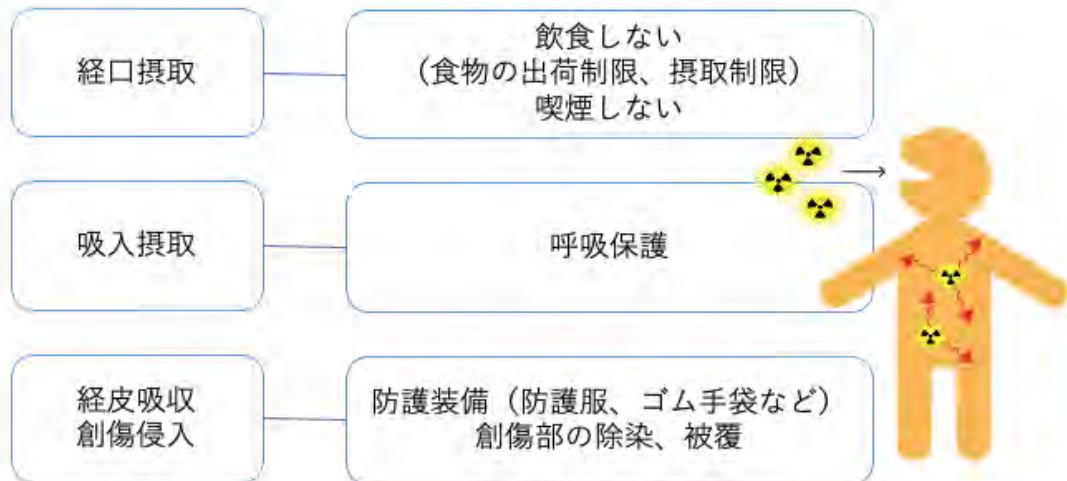
防護服一式に含まれる鉛ベストは鉛3mm相当でしかなく、アメリカシウム-241や放射線といった低エネルギーの放射線に対しては遮へい率95%前後と、有効であると言えるが、セシウム-137やコバルト-60に対しては遮へい率が10%以下となる。

鉛入りのインナーベストや放射能防護服がありますが、その遮へい効果を実際に確認した結果を示しています。防護服一式に含まれる鉛ベストは鉛3mm相当でしかなく、アメリカシウム-241や放射線といった低エネルギーの放射線に対しては遮へい率95%前後と、有効であると言えますが、セシウム-137やコバルト-60に対しては遮へい率が10%以下となります。また、鉛ベストの側面(脇腹部分)は鉛が入っておらず、側面から被ばくをした場合、遮へい効果は期待できません。

防護服一式の総重量等による機動性の低下により、活動時間が延長し、被ばく線量が増大することも考えられます。

出典；総務省消防庁 スタート！RI119 消防職員のための放射性物質事故対応の基礎知識（平成23年3月（平成27年3月一部改定））

内部被ばく経路の防護



内部被ばくの経路には、経口摂取、吸入摂取、傷口や皮膚から体内に入る経皮摂取の三つがあります。そのため、内部被ばくを防ぐためには、この三つの経路から、放射性物質が体のなかに取り込まれないようにします。

経口摂取を防ぐには、汚染している区域で飲食、喫煙等をしない、手や物品を舐めるなど、口を使った作業をしないようにします。

吸入摂取の防止は、次のページに例示するマスクなど、必要に応じて、呼吸保護具を着用します。

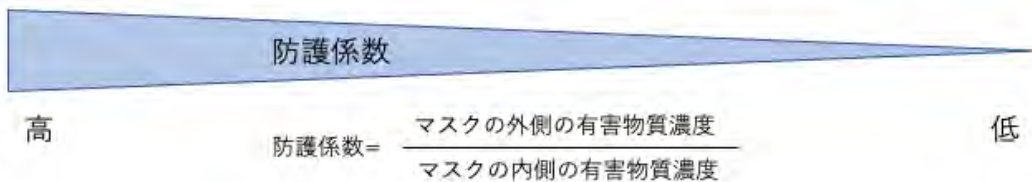
経皮摂取の防止ですが、傷口や皮膚からの放射性物質の取り込みを防ぐためには、傷口であれば保護（カバー、覆い）をする、皮膚については、次のページに例示する身体用の防護装備（つなぎ服、ゴム手袋等）を着用するなどして、放射性物質が直接、皮膚に接触しないようにします。

以上の3つは、人の内部被ばくにつながる三つの経路を断つという、身体に関する防護ですが、放射性物質そのものに対する防護としては、「閉じ込め」、「除染」、「整理・整頓（線源の管理）」の、内部被ばく防護の三原則があります（数は諸説あり）。これらはいずれも、「汚染状況の把握と拡大・飛散の防止」という、シンプルな原則に基づくもので、考え方は難しくないので、いずれも放射線計測・測定を伴うため、放射性物質の取扱い・管理について不明な場合には、放射線管理要員の助言を得ることがよいでしょう。

吸入摂取の防護

防護性能は、顔面とマスクの密着度合にも左右される。

 空気呼吸器	 全面マスク フィルタ (吸収缶)	 半面マスク フィルタ (吸収缶)	 使い捨て防じんマスク (DS-2,DS-3) 粒子捕集率95%以上	 サージカルマスク
放射性物質の浮遊がある／疑われる			汚染対応（汚染検査、搬送など）	



吸入摂取の防護には、呼吸保護具（マスク）を装着します。このマスク性能を表す数値として防護係数があります。防護係数が高いほどマスク内への粉じんの漏れ混みが少ないことを示しています。

原子力災害時の対応では、使用するマスクは、空気中に舞っている放射性物質の種類と濃度によりますが、汚染の程度が低ければ、サージカルマスクやN95マスクで対応します。

放射性物質濃度が高い場合、放射性ヨウ素、 α 線放出核種等の場合には、チャコールフィルター（活性炭フィルター）等によりろ過可能な、半面マスクや全面マスクを使うこともあります。

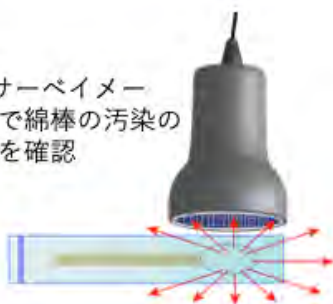
なお、派遣チームで標準的に利用することは想定されませんが、事業所内の状況によっては、陽圧式呼吸保護具など、特殊な装備が使われることもあります。

マスク着用に際しての注意点ですが、写真の例であれば、サージカル・N95などでは、鼻筋に当たる部分を密着させる（針金部を曲げて調整する）こと、面体のあるマスク（写真の例は全面マスク）では、顔にしっかり密着させることです。

鼻腔スワブ（鼻スメア）検査



GMサーベイメーターで綿棒の汚染の有無を確認



- 綿棒を生食で湿らせ、鼻腔を傷つけないように採取
- 左右別々に採取
- 採取部位、日時、氏名等を記入
- 汚染があれば、内部汚染の可能性があるため、詳細な検査（ホールボディカウンターなど）を実施

10

放射性物質を吸入した場合、鼻腔の粘膜に放射性物質が付着します。そこで、内部被ばくの可能性を確認する場合に鼻腔スワブの汚染検査で確認する方法があります。綿棒を生食で湿らせて、鼻腔を擦ります（綿棒を生食等で湿らせる方が粘膜を傷つけません。）。綿棒やスワブに汚染があれば、放射性物質を吸入した可能性があるため、ホールボディカウンターでの計測などで、詳細な検査を行います。

汚染対策

放射線あるいは放射性物質のみが原因の場合、放射性物質の付着防止のために防護服はタイベックスーツが選択される。
(どんな防護服でも外部被ばくは防護できない)

タイベックスーツ

二重のゴム手袋

テープで
目張り

くつカバー

靴底が全面ゴム製
になったものだと
野外での活動でも
破れない

ゴーグル

マスク(シールド付)

必要に応じて吸収缶付きマスクを着用

・放射線を防ぐものではない
+放射性物質の吸入、付着を防ぐことが目的

表面汚染対策としては、防護衣、マスク、ゴーグル、ゴム手袋、靴カバーを装着します。

適切な防護装備の選択には、作業環境の線量率、汚染（表面汚染密度）、放射性物質の種類（核種）等を勘案します。

例えば、汚染が低い場合は、白衣、綿手及びマスク等で十分ですが、汚染が高い場合には、より重い装備を選択する必要があります。対象となる放射性物質の種類や、作業環境の情報が得られず、不明である場合は、重装備を選びます。

汚染することが前提である場合や可能性が高い場合は、ゴム手袋を二重にし、外側のゴム手袋を交換していくなどの運用も必要です。

汚染と被ばく線量

$$H = A \times D \times T \times K \quad (\text{nSv})$$

A：単位皮膚表面汚染密度あたりの吸収線量 [(nGy/h)/(Bq/cm²)]
(皮膚表面から70μm直下)で図より読取ります

D：汚染した箇所の表面汚染密度 (Bq/cm²)

T：皮膚被ばくの継続時間 (h)

K：吸収線量 (Gy) から皮膚の被ばく線量 (Sv) への換算係数 (1Sv/Gy)

皮膚が表面密度120Bq/cm²のI-131に汚染し、汚染してから除染が完了するまで2時間かかったときの皮膚の被ばく線量は、

$$\begin{aligned} H &= A \times D \times T \times K \\ &= 1,400 \times 120 \times 2 \times 1 \\ &= 336,000 \quad (\text{nSv}) \\ &= 0.34 \quad (\text{mSv}) \end{aligned}$$

皮膚の被ばく線量の計算式； $H = A \cdot D \cdot T \cdot K$ (nSv)

A：単位皮膚表面汚染密度あたりの吸収線量

[(nGy/h) / (Bq/cm²)] (皮膚表面から70μm直下)で図(参考資料を参照)より読取ります

D：汚染した箇所の表面汚染密度 (Bq/cm²)

T：皮膚被ばくの継続時間 (h)

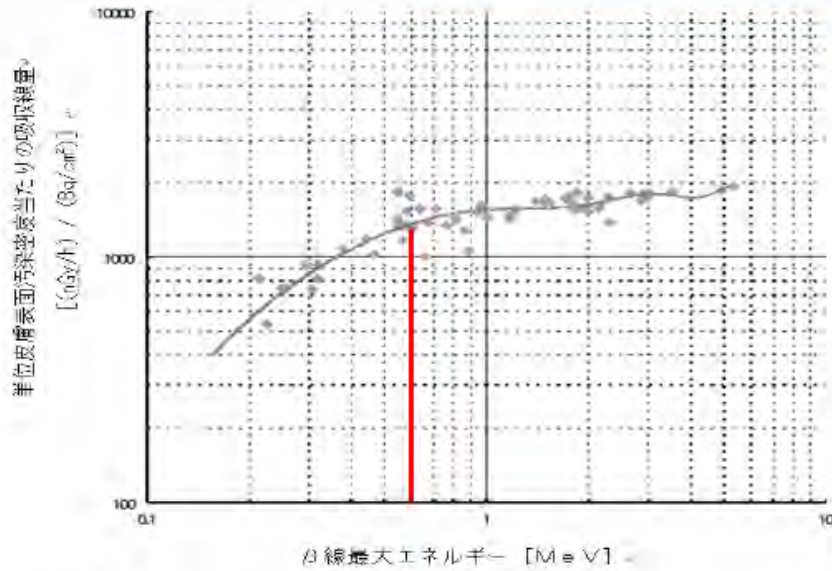
例として、I-131が表面汚染密度120 Bq/cm²で汚染して、汚染してから除染が完了するまでに2時間かかったときの、皮膚の被ばく線量は0.34mSvとなります。

放射線業務関係者の皮膚に関する等価線量限度500mSv(緊急時においては1Sv(1,000mSv))にくらべて、小さいことが分かります。

まとめ

- 防護の三原則；正当化、防護の最適化、線量限度の適用
- リスクの容認(便益>>リスク、可能な限り低く(ALARA)、線量限度の適用)
- 目的に応じた測定器の使用(空間線量率Sv/h、表面汚染cpm、個人被ばく線量Sv)
- 外部被ばく防護三原則:出来るだけ短時間、距離を離隔、遮蔽体を使用
- 個人被ばく線量計:防護服内側、胸部(男)腹部(女)、向き確認、電波機器から離す
- 半価層:鉛1.2cm(Co-60)、0.7cm(Cs-137)であり、鉛ベスト(3mm)では、遮蔽の効果10%、屋内退避が有効
- 内部被ばく防止:口、鼻、皮膚、創傷からの侵入防止、汚染の把握・拡大飛散防止
- 放射性浮遊物:空気呼吸器・吸収缶マスク、汚染検査等;防塵マスク(密着注意)
- 汚染対策:防護衣、マスク、ゴーグル、ゴム手袋(二重)、靴カバー、テープ目貼り

参考



例えば、
I-131の場合、β線の
エネルギーを
0.6MeV (横軸) とする
と、単位皮膚表面汚
染密度あたりの吸収
線量 (縦軸) は
約1,400 (nGy/h) /
(Bq/cm²) と読みます。

図1-5 単位皮膚表面汚染密度あたりの吸収線量とβ線最大エネルギーとの関係 (出典: ICRU Report 56, 1997 改)

汚染検査・除染

原子力災害医療 基礎研修
原子力災害基礎-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

- 表面汚染
- 汚染検査
- 表面汚染計の使用方法
- 身体の汚染検査
- 記録用紙の例
- 表面汚染の測定時の注意点
- 表面密度の計算
- OIL4について
- 医療機関での汚染検査
- 除染
- 身体除染

表面汚染

- 放射性物質が体表面、衣服等に付着した状態
- 表面汚染では危険な外部被ばくはしない
- 浮遊した放射性物質による内部被ばくに注意
- 原子力災害・放射線災害で汚染があれば汚染拡大防止
- **表面汚染計**で測定
- 防護服で皮膚、衣類への付着を防止



汚染の濃度が極端に高くない限り、全身または皮膚の被ばくの症状は出ない

放射性物質が体表面、衣服、資機材等に付着した状態が表面汚染です。体表面の汚染からの放射線は、それほど強くないため、近くで対応しても危険な外部被ばくはしません。

原子力災害や放射線災害で汚染が関与していれば、汚染拡大防止を行います。。そのためには表面汚染計で汚染の程度を測定し、防護服で皮膚、衣類等への付着を防止します。

汚染検査

- 表面汚染検査は、物体や身体、衣服などに付着した放射性物質の量を測定
- 表面汚染の程度を測る測定器は、測定器に入ってきた放射線の数を1分間当たりあるいは1秒間当たりの計数として表示
 - 単位；は min^{-1} 、cpm (count per minute)、 s^{-1} 、cps (count per second)
- 表面汚染の測定器の種類
 - GM計数管式サーベイメータ；ベータ線、ガンマ線の表面汚染を測定
 - ZnS(Ag)シンチレーションサーベイメータ；アルファ線の表面汚染を測定



GM計数管式サーベイメータの例

表面汚染検査は、物体や身体、衣服などに付着した放射性物質の量を測定します。

表面汚染の程度を測る測定器は、測定器に入ってきた放射線の数を1分間当たりあるいは1秒間当たりの計数として表示し、単位は min^{-1} 、 s^{-1} などを使用します。測定器の種類には、GM計数管式サーベイメータ、シンチレーション式サーベイメータがあります。ベータ線の表面汚染の計測には、GM計数管式サーベイメータが用いられ、アルファ線の表面汚染の計測には、ZnS(Ag)シンチレーションサーベイメータが用いられます。ZnS(Ag)シンチレーションサーベイメータでは、ベータ線は測定できませんし、GM計数管式サーベイメータでは、アルファ線は測定できません。

表面汚染計の使用法

1. 電源を入れる。
 - サーベイメーターは電池を使用するため、電池の残量を確認する。
 2. バックグラウンドレベル (B.G.) を測定する。
 - 自然界にも放射線は存在する。そのため、自然界の放射線のレベルを測定しておく。
 - 測定結果の計数値からこのバックグラウンドレベルの値を差し引くことで正味の計数値が得られる。
 3. 汚染と判断する基準値あるいは警報値の設定を確認する。
 - 同じ表面密度でも測定器ごとに測定値が異なる。
 - 測定器によっては警報値を設定することができる機種もある。
 4. 測定を開始する。
- ❖測定器は経年劣化するため年1回校正する。
❖校正：測定器の指示値の正確さを確認する。
❖検出部を汚染させない。ビニール等で覆う。

基本的な表面汚染計の使用法は以下です。

1. 電源を入れる。

サーベイメーターは電池を使用するため、電池の残量を確認します。
2. バックグラウンドレベル (B.G.) を測定する。

自然界にも放射線は存在するため、自然界の放射線のレベルを測定します。そして、測定結果の計数値からこのバックグラウンドレベルの値を差し引くことで正味の計数値が得られます。
3. 汚染と判断する基準値あるいは警報値を設定を確認する。

同じ表面密度でも測定器ごとに測定値が異なります。また、測定器によっては警報値を設定することができる機種もあります。
4. 測定を開始する。

放射線測定器は、経年劣化します。そのため、測定器の性能をチェックするために最低でも年1回の校正が推奨されています。放射線測定器の校正とは、国家計量標準とつながる基準測定器の値（基準値）と、測定器の値（測定値）を比較し、測定器の指示値の正確さを確認する作業です。

また、検出部を汚染させないようにビニール等で覆います。使用中にビニール等が汚染した場合は、ビニール等を交換します。

身体の汚染検査

- 検査は、2人 or 3人 1組が望ましい。
- GMサーベイメーターを使用して体表面汚染を検査する。
- 頭部からつま先まで検査する。
- 身体表面から約1cm離し、1秒間に5cm程度のゆっくりした速さで、検出部を移動
- 全身の汚染検査には5～10分程度必要
- 汚染の箇所と数値を記録する。

全身汚染検査



簡易汚染検査（指定箇所検査）



身体の汚染検査では、GM計数管式サーベイメーターを使用して、全身を測定します。原則として、検査は2人1組で行い、1人が測定を、もう1人が記録を行います。要員に余裕があれば、検査員2人が協力して検査し、時間短縮が可能です。

全身汚染検査では、頭からつま先、背中側をまんべんなく検査します。このため、全身汚染検査には、一人当たり約10分ほど時間を要します。

簡易汚染検査では、頭部、顔面、肩、手指、靴といった汚染が付着しやすい部位を検査します。この場合は、全身汚染検査よりも検査時間を短縮することができます。

汚染検査の結果を記録用紙に記載します。

口角、鼻周囲などの顔面に汚染が確認された場合は、放射性プルームの吸入が疑われますので、体内汚染の有無を判断するために、鼻腔スワブを綿棒で採取します。汚染検査の結果、有意な体内汚染の可能性が高いと判断された場合は、WBC（ホールボディカウンター）や甲状腺モニターによる内部被ばくの評価が必要となります。これらの検査は、被ばく医療機関等に設置されているWBC、甲状腺モニターを利用します。

記録用紙の例

実習・汚染検査		スクリーニング測定記録票	
氏名	被災者A		<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">記入例</div>
測定年月日	平成29年12月6日		
時間	16:30 ~ 18:40		
測定器機種	GMサーベイメータ TGS-136		
測定器番号	変則3-3		
B.G値	70 cpm		
測定者氏名	*** **		
記録者氏名	*** **		
除染	要 <input checked="" type="radio"/> 不要 <input type="radio"/>		
備考			

除染後の値について、除染回数を○で、数値を () 内に記載する。

記録用紙には、被検査者氏名、測定年月日、時間、測定器機種、測定器番号、バックグラウンド値、測定者氏名、記録者氏名、除染の要否等を記載します。

これらの情報があれば、後日、表面密度を求めることも可能となります。

測定結果は、汚染のある部位を○で囲み、計数値を記載します。

除染した場合は、除染の回数を○で示し（例；1回目の除染①、2回目の除染②）、除染後の計数値を記載します。

表面汚染の測定時の注意点

- プローブ（検出部）を汚染しないようにビニール袋、ラップ等で覆う。
- 消音とする。

距離を一定に保つ



- 測定する表面からの距離が離れると測定値が小さくなる。
- 除染前後で距離が異なると、正確な比較ができない。

角度を一定に保つ



- 測定する表面と検出部の角度が異なると、検出部との距離が異なる。
- 測定器への放射線の入射方向によって感度が異なる。

速度を一定に保つ



- 時定数や応答時間を意識する
- 早く動かすと、指示値が表示される前に汚染のない箇所へ移動してしまい、汚染を見逃してしまう。

測定器のプローブ（検出部）に放射性物質が付着しないようにします。通常はビニール袋やラップなどで覆い、汚染したらこのビニール袋等を交換します。

また、被災者の放射線被ばくに対する不安を考慮して、サーベイメータのスピーカーはオフにします。

測定時は、測定の対象物から一定の距離を保つこと、角度を一定に保つこと、ゆっくり動かすことに注意します。

計測する表面からの距離が離れると計数値は小さくなります。また、距離が異なると正確な評価ができません。

GMサーベイメータは、検出部の窓以外からはベータ線が入射しません。表面と検出部の角度が異なると検出部との距離も異なります。そのため、表面と検出部の角度を一定に保ちます。

表面汚染検査では、検出部は1秒間に5～6cmの距離を動かします。速度が速すぎると、指示値が表示される前に汚染のない箇所へ移動してしまい、汚染を見逃してしまいます。

表面密度の計算

$$\text{表面密度 } A [\text{Bq/cm}^2] = \frac{n - n_b}{\varepsilon_i \cdot W \cdot \varepsilon_s}$$

A : 表面密度[Bq/cm²]

n : 測定された計数率 [cps]

n_b : バックグラウンド計数率 [cps]

ε_i : β(α) 線に対する機器効率 (2π)

W : 検出部の入射窓面積 [cm²]

ε_s : 対象核種の線源効率

ALOKA TGS-146の場合
入射窓面積 : 19.6 cm²

S/N	R03011
機器効率	48.3%(2πat5mm)
校正日	平成24年7月23日
線源	Cl-36

10000 cpm (min⁻¹) の
汚染を検出した

計算すると・・・

35 Bq/cm²

表面汚染は、単位表面積に存在する放射能(Bq/cm²)で表され、これを表面密度といいます。

表面汚染の測定器によって得られた計数(min⁻¹)から表面密度を求めるには、計算が必要です。

機器効率とは、標準線源に対して一定の条件で測定した時のアルファ線またはベータ線表面放出率に対する測定器の正味の計数率の比（線源から放出される放射線の量と測定器で検出される放射線の量の比率）であり、測定器ごとに異なります。測定器の校正をしている場合、校正証明書に記載されています。線源効率とは、汚染表面の材質、状態等によるアルファ線やベータ線の散乱や吸収の程度を示すものです。測定器の入射窓面積は取扱説明書に記載されています。

同じ汚染を測定しても、測定器が異なると測定器の機器効率、入射窓面積が異なるため、実際に表示される計数は異なります。そのため、同じ現場で、異なる種類の表面汚染の測定器を使用する場合、除染の適応のレベルを同じ表面密度で統一するには、あらかじめ測定器ごとに計数を設定しておく必要があります。

線源効率

β線最大エネルギーが0.4MeV以上；0.5

β線最大エネルギーが0.15から0.4MeV；0.25

α線放出核種；0.25

OIL4について

- 不注意な経口摂取、皮膚汚染からの外部被ばくを防止するため、除染を講じるための基準
- 基準を超える際は迅速に除染



40,000cpm



?? cpm
計数率を求める

- β 線：40,000cpm
 - 主に放射性ヨウ素を想定
 - 我が国において広く用いられている β 線の入射窓面積が 20cm^2 の検出器を利用した場合の計数率であり、表面密度は約 $120\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当となる。他の計測器を使用して測定する場合には、この表面密度より入射窓面積や検出効率を勘案した計数率を求める必要がある。
- β 線：13,000cpm【1ヶ月後の値】
 - 放射性ヨウ素が減少し、放射性セシウムが汚染の主体となることを想定
 - 表面密度は約 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当となり、計測器の仕様が異なる場合には、計数率の換算が必要である。

OIL4は不注意な経口摂取、皮膚汚染からの外部被ばくを低減するために、除染を講じるための基準です。

基準値を超える場合は、迅速に除染します。

原子力災害が発生し、最初の1ヶ月は β 線で40,000cpmが基準値です。これは主に放射性ヨウ素を想定しており、さらに日本で広く用いられている入射窓面積が 20cm^2 の測定器での計数値を想定しています。この場合、表面密度は約 $100\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当となります。他の測定器を使用する場合は、この表面密度から計数値を計算します。

原子力災害が発生して1ヶ月後には、OIL4は β 線で13,000cpmになります。これは、半減期の短い放射性ヨウ素が減少して、汚染の主体は放射性セシウムとなるためです。この場合、表面密度は約 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当となります。

医療機関での対応

- 救命や蘇生に必要な処置を優先する。汚染検査のために医療処置が遅れてはならない。
- 創傷部位があれば優先する。
- 「可能な限り」除染するが、健常皮膚を傷めるなどは逆効果。
- 臥位の傷病者は、背部も忘れずに実施。



19

救命や蘇生に必要な処置を優先します。また、臥位の傷病者の汚染検査では、背部の汚染検査を忘れないようにします。

病院での除染は、創傷部の汚染は可能な限り除染します。また、健常皮膚部の汚染も、除染の効果があれば、可能な限り除染します。

どこまで除染をするかは、医療にかける時間（傷病者の負担を含む）と除染の効果（低減される線量）により判断されます。

除染

- 除染の目的
 - 汚染拡大防止
 - 内部被ばくの危険性を低減
- 除染を行う者
 - 本人による実施が基本、必要により介助
- 除染の原則
 - ①できるだけ早く行う
 - ②汚染の拡大を防止しながら行う
 - ③体内への侵入を防止しながら行う

汚染があれば、除染します。除染とは、放射性物質を拭きとったりして、除去する事です。

拭きとった布やタオルには、汚染が付着します。これらは、汚染を広げないようにビニール袋などに入れて保管し、可能であれば除染します。廃棄できる使い捨ての不織布等を使用した場合や除染ができない場合は、廃棄します。

除染は、基本的に本人が実施しますが、必要な場合は、介助します。

また、除染はできるだけ早く実施します。これは、汚染拡大防止のためでもあり、汚染からの被ばくをできるだけ低減する事にもなります。除染時には、汚染が広がらないように、汚染の中心に向かって拭きとることが原則です。なお、頭髪や顔面の除染時には、流れた水を飲み込まないように注意が必要です。

身体除染 衣服の除染（脱衣）

汚染した衣服は脱いで着替える



被災者の汚染は、ほとんどの場合、衣服で、脱衣によりほぼ除染ができます。脱衣がされずに搬送されてきた場合は、そこから始めます。汚染されている衣類は、ポリ袋に入れ、氏名・日時を明記したラベルを貼り、保管します。着替えやバスタオル等をあらかじめ用意しておくことが望まれます。

脱衣によって約90%の汚染を除くことができます。

身体除染 頭髪の除染



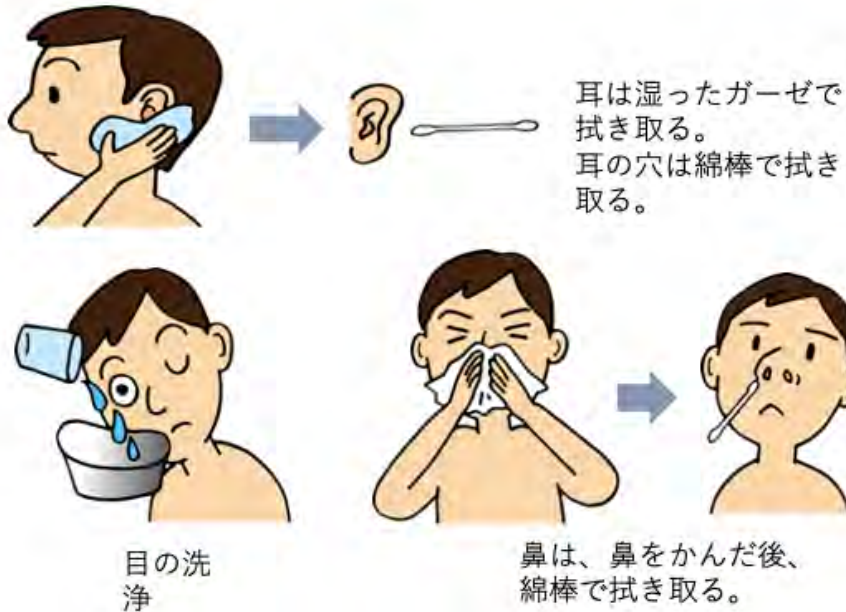
湿った布で拭き取る。
拭き取りは上から下に一方向に限定



拭き取りで不十分な場合、
シャンプーを用いて洗髪
する。

頭髪は湿った布で毛先に向かって拭き取ります。これで除染が不十分な場合は、シャンプーで頭髪を洗う等の処置を行います。頭髪を切ることは、通常行いません。

身体除染 顔面の除染



目は清潔な水を用いて、洗びんなどをつかって、除染側を下にして受水器を当てながら洗い流します。水は鼻側から外側へ流れるようにします。

鼻は本人に鼻をかませてから、湿った綿棒で軽く拭き取ります。

口は口角を綿棒で拭き取り、洗ってから、うがいをします。

耳は表面を湿ったガーゼでよく拭き取ってから、聞こえや痛みなどの異常が無いことを確認後湿った綿棒で耳の穴を拭き取ります。

その他の皮膚は湿ったガーゼで拭き取ります。いずれの場合も、目、鼻、耳に除染に用いた濡れたガーゼの水（汚染水）が入らないよう注意します。

これらの処置で生じる洗い水、ガーゼ、綿棒等は、場合によっては測定・分析対象とすることがありますので、安易に廃棄扱いとしないようにします。

身体除染 皮膚の除染

ガーゼに水を
しみこませる。



汚染を広げないよう、外側
から内側に向かって拭き取る。
使用するガーゼは、こまめ
に取り換える。
除染は、2回程度に止める。

皮膚の除染は湿ったガーゼ等によるふき取りで行います。

拭き取りは、常に汚染の中心に向かって行い、汚染を拡げないように注意します。このため一度使用したガーゼは再使用しません。

皮膚の除染は、除染効果が期待できるかどうかによりますが、通常は2回程度までを目安とします。

落ちないからといって、過度の除染を試みることは、健常な皮膚を傷つけ、逆効果になりかねません。

除染しても落ちないということは、汚染が拡散・拡大しない、ということでもありますので、その部分はシート等で覆って、より高度な除染が可能な機関へ搬送するなどの対応も考えられます。

まとめ

- 身体表面の汚染検査の目的
 - 外部被ばく、内部取り込み、汚染拡大の防止 → 線量低減
- 身体表面の汚染検査の方法
 - 検出部を身体表面から約1cm離し、約5cm/秒で動かし測定
- 身体を除染
 - 衣服を除染 脱衣
 - 頭髪を除染 湿った布で拭き取る。洗髪する。
 - 顔面を除染 湿った布で拭き取る。綿棒も活用する。
 - 皮膚を除染 汚染を広げないように除染する。

参考 GMサーベイメーターの使い方



・電源スイッチを約2秒間押すと、液晶表示器の表示が下記のようになり、自動的に電源チェック等が行われ、問題がなければ測定状態となる。

ALOKA TGS-146 : 形名
 ↓
 15/02/14 13:30 : 時刻
 ↓
 BATT. = ■■■■ : 電池残量
 ↓
 ALARM OFF : 警報動作設定
 ↓
 HV=OK : HV状態
 ↓
 3 : 時定数
 ↑
 0 : 測定状態
 ↑
 計数率

なお、エラー表示については、以下のとおりである。

- ・電池残量表示

電池残量表示がBATT.= ■□□□で点滅している場合、バッテリーダウン予告表示なので電池を早めに交換する。なお、測定中に液晶表示器の左に“B”が点灯した 場合も同様である。

- ・HV状態表示

HV=ERRORは、HV出力異常のため、正しい計測ができないので、調整をメーカー等に依頼する。

安定ヨウ素剤

原子力災害医療 基礎研修
原子力災害基礎-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

- 安定ヨウ素剤の服用等に関する検討チーム
- 放射性ヨウ素の摂取経路
- 安定ヨウ素剤服用の必要性
- 放射性ヨウ素による健康障害
- 安定ヨウ素剤の働き
- 服用対象者
- 服用量、服用回数
- 安定ヨウ素剤の副作用
- 過剰服用による影響
- 副作用が起こった場合の対処方法
- 服用に注意が必要な場合
- 安定ヨウ素剤配布と服用指示
- 防災業務関係者の安定ヨウ素剤服用

安定ヨウ素剤の服用等に関する検討チーム



令和元年7月3日 全部改訂

- 提言1：適切な服用のタイミング、他の防護措置との組み合わせ
- 提言2：服用を優先すべき対象者
- 提言3：40歳以上の方への効果
- 提言4：副作用
- 提言5：複数回の服用を避けるべき対象者
- 提言6：服用後の経過観察
- 提言7：事前配布の対象区域における事前配布方法

検討チーム会合において、「安定ヨウ素剤の配布・服用に当たって」等の記載内容の確認を行い課題を抽出するとともに、関係自治体の実情等を踏まえ、安定ヨウ素剤の配布方法等に係る課題について検討し、WHOガイドライン2017年版およびそれを踏まえた課題について、7つの提言が報告書として取りまとめられました。

放射性物質の摂取経路

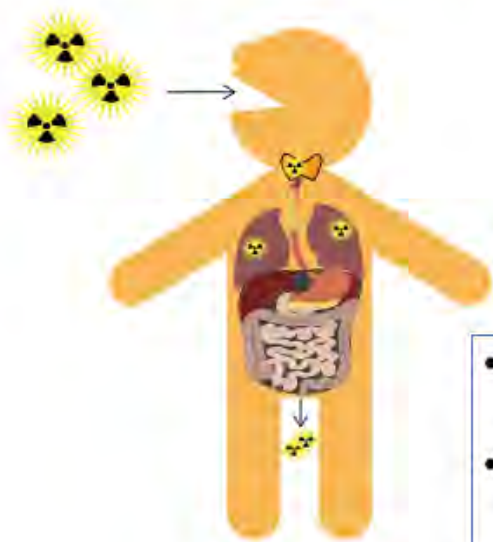


原子力発電所の事故時に大気中に放出された放射性ヨウ素を含む放射性物質の摂取経路としては、吸入摂取と経口摂取があります。

吸入摂取は、呼吸とともに放射性ヨウ素を含む放射性物質を吸い込むことで、体内に放射性ヨウ素を取り込みます。

経口摂取は、大気中に放出された放射性ヨウ素を含む放射性物質が土壌や水に沈着した後、農作物、海産物に移行したり、飲料水に取り込まれたりして、食事とともに食べることで体内に放射性物質を取り込みます。

放射性物質の体内動態



1. 臓器に蓄積する
2. 排泄される
3. 自然に減っていく

- 体の中に残っている放射性物質からの放射線によって被ばくする
- 体の中から放射性物質は時間が経つと減っていく
- 時間経過と共に体内残留量、排泄量に変化する

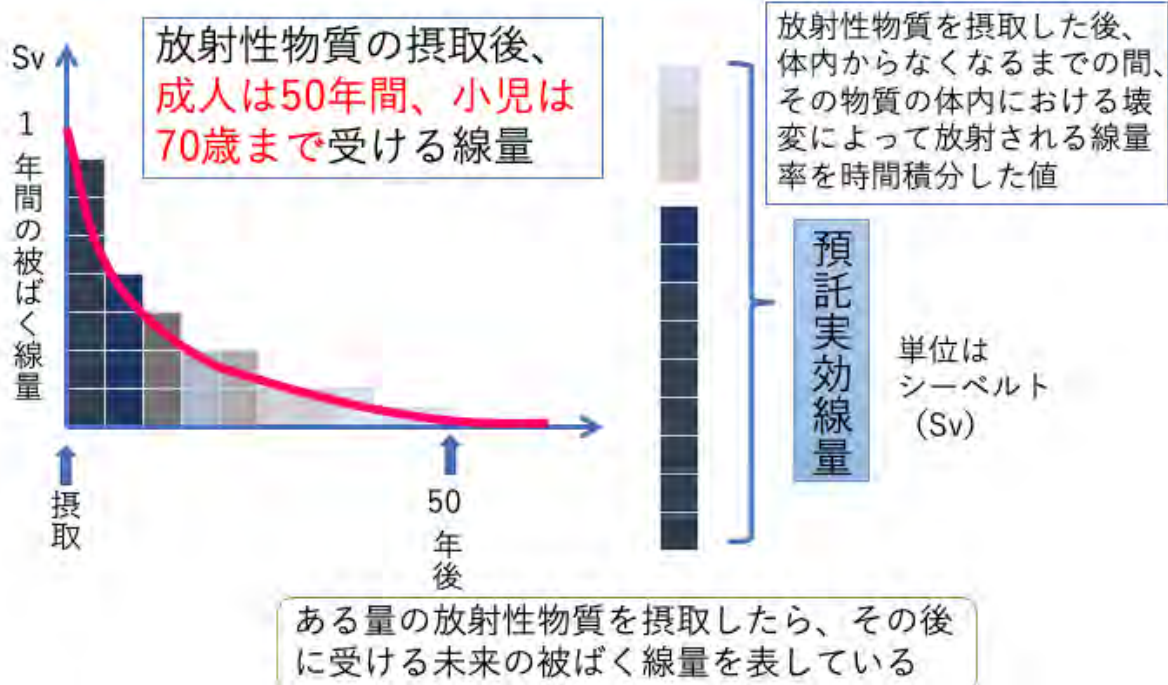
体の中に取り込まれた放射性物質は、臓器に蓄積したり、尿や便で体外に排泄されたりします。この代謝によって排泄されることで体内の放射性物質の量が半分になる時間を生物学的半減期と言います。また、放射性物質に含まれる放射能は時間とともに減っていくため（物理学的半減期）、体内の放射能も時間経過とともに減っていきます。体内に取り込まれた放射性物質が、物理的減衰と生物学的な排泄の両方で、半分の量になるまでの時間を実効半減期と言います。

内部被ばくは放射性物質が体内に存在している間は被ばくし続けることとなります。しかし、内部被ばくでは外部被ばくと異なり、預託実効線量が1シーベルト（Sv）を超えても急性の症状がでることはほとんどありません。

また、放射性物質である元素の種類によって蓄積する臓器が異なります。たとえば、放射性ヨウ素は甲状腺に蓄積し、その他の臓器にはほとんど集積しないため、全身への影響は少ないのが特徴です。放射性セシウムはカリウムと性質が似ており、量に違いはありますが、特定の臓器に集積せず、全身に分布します。

このようなことから、時間経過とともに放射性物質の体内残留量や排泄量は変化します。

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」

安定ヨウ素剤服用の必要性

- ヨウ素は甲状腺ホルモンの成分で、体内ではほとんどが甲状腺内に存在する。
- 甲状腺ホルモンは、新陳代謝を促したり、子供では成長を促進する。
- 甲状腺は、頸部前面に位置し、重さ15～20 g、3～5 cmの蝶が羽を広げたような形をしてる。
- 放射性ヨウ素を体内に取り込んだ場合、肺や消化管から体循環に入り、10～30%が甲状腺に集積し、残りは尿中に排泄される。
- 安定ヨウ素剤を適切なタイミングで服用することで、放射性ヨウ素の甲状腺への集積を阻害、低減する。



ヨウ素は甲状腺ホルモンの成分で、体内ではほとんどが甲状腺内に存在します。

甲状腺ホルモンは、新陳代謝を促したり、子供では成長を促進します。甲状腺ホルモンは、全身の細胞に作用して、呼吸量、エネルギー産生量が増大します。

甲状腺は、頸部前面に位置し、大人では15～20g、3～5cmの蝶が羽を広げたような形をしています。

放射性ヨウ素を吸入または経口摂取した場合、肺や消化管から血液中に入り、吸収された放射性ヨウ素の10～30%が甲状腺に集積します。甲状腺に集積しなかった放射性ヨウ素は腎臓から尿中に排泄され、体の外にでます。甲状腺に集積した放射性ヨウ素からはベータ線が放出されるので、甲状腺の細胞が障害を受けやすくなります。

安定ヨウ素剤を適切なタイミングで服用しておくことで、放射性ヨウ素が甲状腺へ集積するのが阻害されます。このため、原子力災害時に放射性ヨウ素の環境中への放出の可能性がある場合は、事前に安定ヨウ素剤を服用します。

放射性ヨウ素による健康障害

・急性障害

・甲状腺機能低下症

- ・しきい線量は5,000 mGy以上
- ・甲状腺の細胞が障害を受け、細胞死の結果、甲状腺ホルモンの分泌が低下して発症する
- ・症状：全身倦怠感、無力感、皮膚の乾燥、発汗減少、便秘、体重増加、低体温、浮腫、不整脈

高濃度の放射性ヨウ素を吸入する可能性のある作業員のみ

・晩発性障害

・甲状腺がん

- ・予後が比較的よい乳頭がんが多い
- ・致命的なことは少ない
- ・甲状腺線量50-100 mGyを超えると増加がみられる可能性がある
- ・被ばくして数年～数十年後に甲状腺がん等を発症するリスクが上昇
- ・乳幼児の方が甲状腺がんの発生のリスクは高い
- ・I-131内部被ばくと甲状腺がんリスクとの定量的関係に関する情報は十分でない（国連科学委員会2008年報告書）

放射性ヨウ素による被ばくに関して、住民の放射線防護の目的は、晩発性障害の低減である

放射性ヨウ素が甲状腺に極めて大量に集積した場合、甲状腺の細胞が放射線の影響で細胞死を起こし、その結果、急性障害として甲状腺ホルモンの分泌が低下して甲状腺機能低下症が起こります。甲状腺機能低下症の症状は、活動性の低下、全身倦怠感、無力感、皮膚の乾燥、発汗の減少、便秘、体重増加、低体温、浮腫、不整脈などがあります。

また、晩発性障害として、放射性ヨウ素が甲状腺に集積し、放射性ヨウ素が放出する放射線によって数年～数十年後に甲状腺がんを発症する可能性があります。

広島、長崎の原爆被爆者の疫学調査やチェルノブイリ原子力発電所の事故後の調査などによって、甲状腺被ばく線量が増加するに従って甲状腺がん発生率は上昇することが示されています。また、原爆被爆者の調査では、甲状腺被曝線量と甲状腺がん発生率は線形の線量反応関係が認められることが知られており、甲状腺吸収線量で100～200mGyを超える線量から甲状腺がんの増加がみられる可能性があります。

※この資料では、被ばく線量の単位としてGyとSvが用いられています。

特定の臓器・組織に対する放射線の影響と被ばく線量との関連性を調べる時は、その臓器・組織の吸収線量（Gy）を評価します。一方、線量係数によって計算できる実効線量（Sv）は、各臓器・組織の感受性を考慮した全身に対する低線量リスクに対する指標であり、確率的影響の有意な増加がみられない低線量域において、リスクを低減する防護措置の必要性を判断する基

準として使用できません。低線量域での放射線防護は、放射線誘発がんと遺伝性疾患に対する防護に主として関係しており、影響は確率的であるとされています。

また、高線量で特に緊急時の状況においては、放射線被曝は確定的影響（組織反応）を引き起こすことがあるため、比較的高い線量の定量化または組織反応に関係する場合は、等価線量、実効線量（Sv）は用いるべきではなく、吸収線量（Gy）によって評価すべきであるとされています。

甲状腺の悪性腫瘍

甲状腺悪性腫瘍の組織分類

乳頭がん	Papillary carcinoma	一番多いタイプ
濾胞がん	Follicular carcinoma	甲状腺がんの約8%
低分化がん	Poorly differentiated carcinoma	乳頭がんや濾胞がんに比べて進行がやや早い
髄様がん	Medullary carcinoma	甲状腺がんの約1.5%
未分化がん	Undifferentiated carcinoma	甲状腺がんの約1%
悪性リンパ腫	Malignant lymphoma	甲状腺がんの約2.5%

- チェルノブイリ原発事故時(1986年4月26日)に18歳以下だった12,514人が対象
 - 2001年～2007年の2～4回目の検査で65人の甲状腺がんが診断された
 - Papillary : 61名
 - Follicular : 1名
 - Medullary thyroid cancer : 3名

Brenner et al., Environmental Health Perspectives 119(7):933 – 939, 2011

甲状腺悪性腫瘍の組織分類としては、乳頭がん、濾胞がん、低分化がん、髄様がん、未分化がん、悪性リンパ腫があります。甲状腺がんの発生率のピークは60～70歳代で、他のがんに比べると20～30歳代の若年者での発症も比較的多いです。甲状腺がんの生命予後は10年生存率約90%と比較的良好です。

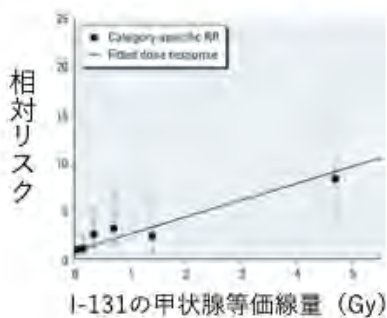
放射線被ばくによって誘発される甲状腺がんのほとんどは、甲状腺濾胞細胞に由来する乳頭がん、一般的に予後が良いとされています。

チェルノブイリ原発事故での甲状腺がん

ロシア、ベラルーシ、ウクライナにおける甲状腺吸収線量 (mGy)

	未就学児	就学児童	青年	成人	全人口
3カ国合計	48	19	13	12	16
汚染地域*	289	110	84	75	102

*汚染地域とは、土壌表面のセシウム-137の量が1平方メートルあたり37キロベクレルを上回る地域 UNSCEAR 2008年報告



- * ウクライナの研究、チェルノブイリ原発事故時に18歳以下だった人を対象
- * 甲状腺がんのリスクは被ばく線量に依存して直線的に増加する
- * 過剰相対リスク 1.91 / Gy
- * 過剰絶対リスク 2.21 / 1万人・年・Gy

Brenner et al., 2011

放射線被ばくにより甲状腺がんが誘発され、その発生確率は、特に乳幼児において高くなります。

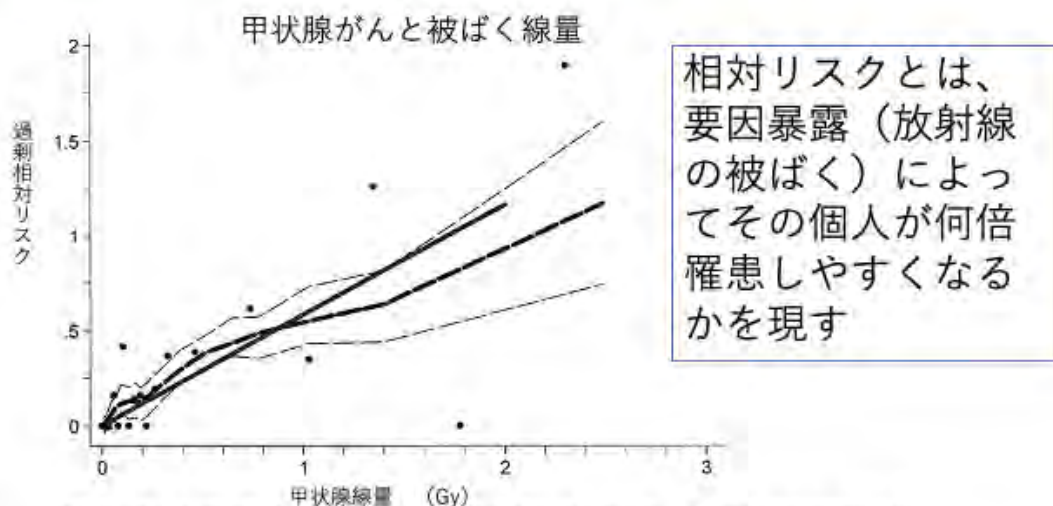
チェルノブイリ原子力発電所事故では、放射性ヨウ素による甲状腺の内部被ばくが問題となりました。

チェルノブイリ原発事故での調査では、過剰絶対リスクの大きさは、2.21 / 1万人・年・Gyです。言い換えると、1万人の甲状腺等価線量の平均が100 mSvの場合、40年間で8.8人の甲状腺がんが過剰に発生することになります。

がんで死亡する人が被ばくのないときに比べてどれだけ増加するかの比率を表わしたのが過剰相対リスクであり、死亡率がどれだけ上乘せされたかを表わすのが過剰絶対リスクです。

甲状腺がんと過剰相対リスク

広島・長崎の原爆被ばく者の追跡調査



直線は、被ばく時年齢30歳の人70歳に達した場合に当てはめた、男女平均過剰相対リスク (ERR) の線形線量反応を示す。太い点線は、線量区別リスクを平滑化したノンパラメトリックな推定値であり、細い点線はこの平滑化推定値の上下1標準誤差を示す。

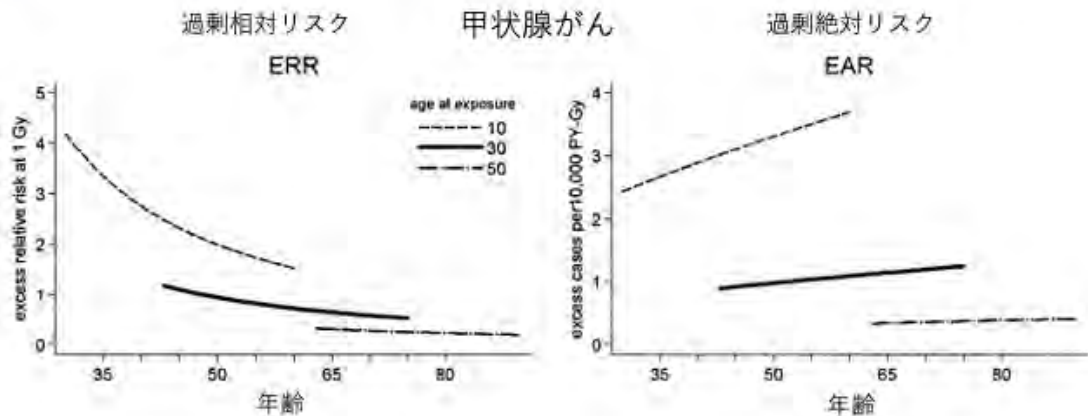
Preston, D. L., etc., Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors: 1958-1998. Radiat. Res. 168, 1-64 (2007).

甲状腺がんは、内部被ばく以外でも原爆被爆者や医療被ばくでの外部被ばくに起因するものもあります。原子爆弾被爆者の追跡調査では、甲状腺被ばく線量の増加に伴い、甲状腺がんの発生率は増加しており、線形の線量反応関係が認められています。

過剰相対リスクは、性別と年齢を一致させた対照群と比較して被ばく群のリスクが何倍になっているかを示すものが相対リスクで、相対リスクが1であれば影響がないことになります。過剰相対リスクは、相対リスクから1を引いたもので、過剰リスクだけを示したものです。いずれも対照群に対する比率を示しています。

甲状腺がんの年齢依存性

- 広島・長崎の原子爆弾被爆者の調査
- 被ばく時の年齢が若いほど、リスクが高い



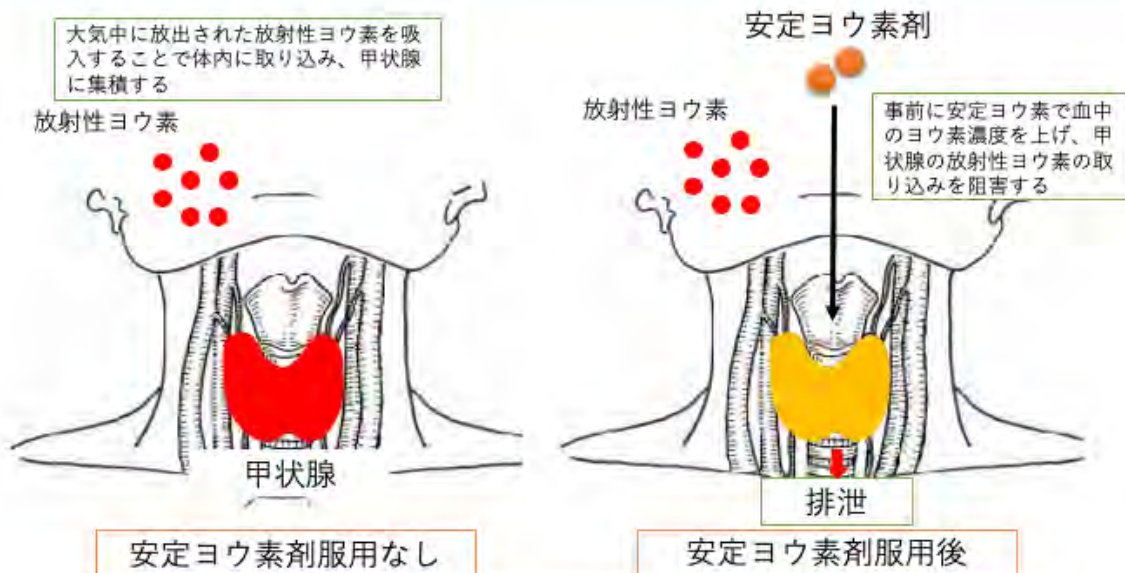
Preston, D. L., etc., Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors: 1958-1998. Radiat. Res. 168, 1-64 (2007).

11

原子爆弾被爆者の調査では、被ばく時の年齢が低いほど甲状腺がんの過剰相対リスクは増加し、リスクが高いことが示唆されています。特に5歳未満では顕著であることが示唆されています。

また、到達年齢70歳のERR/Gyは、被爆時年齢10歳で1.21、30歳で0.57、50歳で0.27となっており、被爆時年齢が10年増加するに従い過剰相対リスクが31%減少していたことも示されています。

安定ヨウ素剤の働き



放射性ヨウ素以外の内部被ばく及び希ガス等による外部被ばくに対する防護効果は全くないため、同時に他の防護措置と組み併せて活用することが重要である。

放射性ヨウ素は、呼吸により吸入されて、肺から血液中に移行します。また、吸入された放射性ヨウ素の一部は、食道、消化管から吸収されて血液中に移行します。取り込まれた放射性ヨウ素の約10～30パーセントは、24時間以内に甲状腺に集積し、残りの大部分は、主に腎臓から尿中に排泄されます。

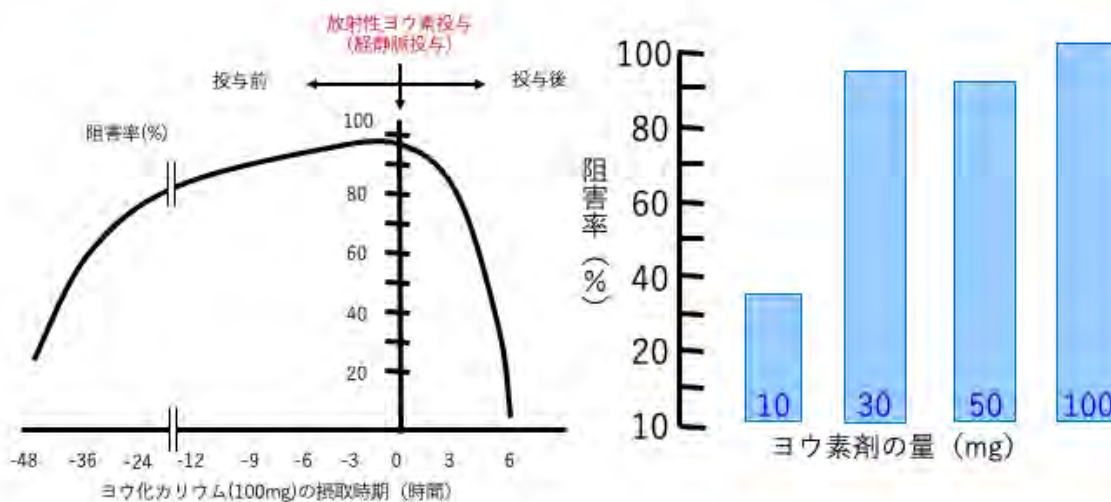
健康な人が安定ヨウ素剤を服用すると、服用後1～2時間以内に、その尿中排泄量が最大となります。その後、時間とともに排泄量は減少し、72時間後には服用した安定ヨウ素剤のほとんどが体から排泄されます。

安定ヨウ素剤の服用による放射性ヨウ素の甲状腺への集積を低減させる効果は、高濃度の安定ヨウ素剤との共存によって血中の放射性ヨウ素の甲状腺への取込みと競合することや細胞内へのヨウ素の取込みを抑制することによります。

安定ヨウ素剤は、放射性ヨウ素以外の内部被ばく及び希ガス等による外部被ばくに対する防護効果は全くないため、避難、一時移転、屋内退避、飲食物の摂取制限等の他の防護措置と組み合わせて活用することが重要です。

服用のタイミング、服用量と効果

放射性ヨウ素にばく露される24時間前からばく露後2時間までの服用が効果的



Becker, JAMA 1987; 258: 649-654から引用

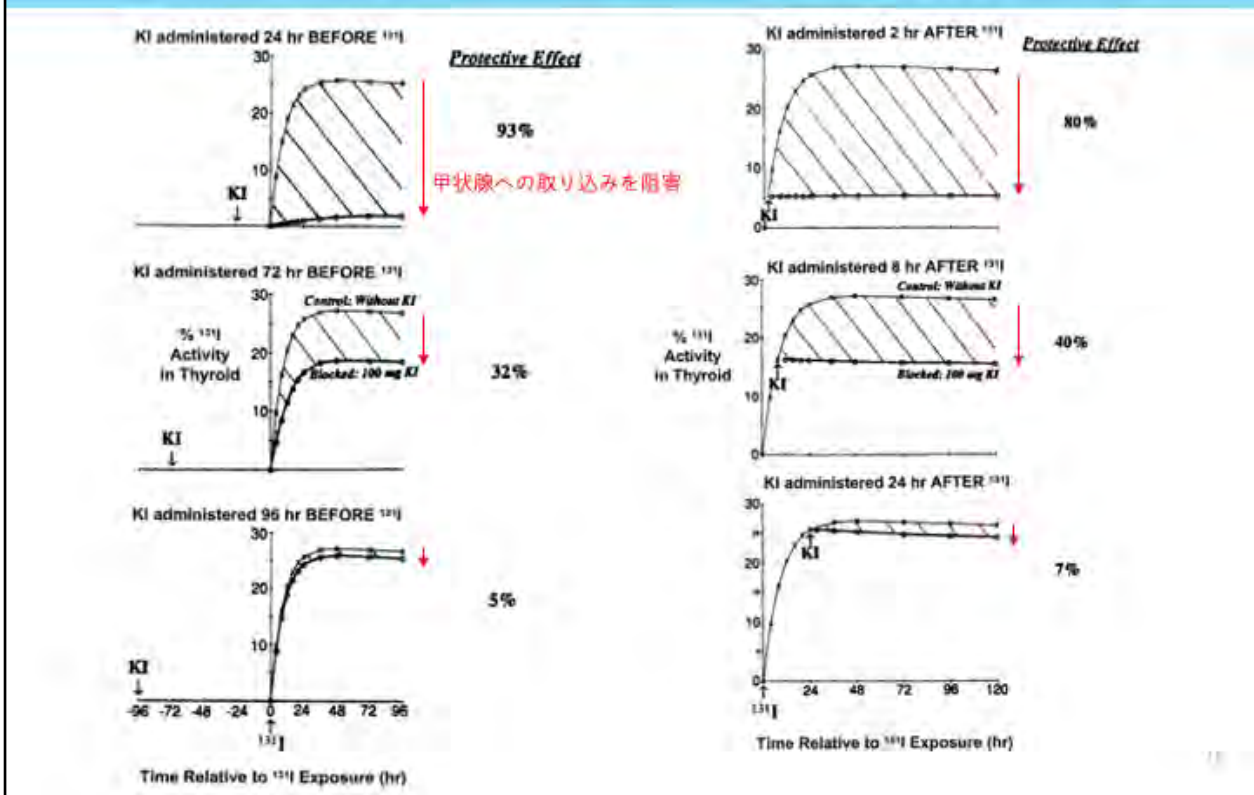
放射性ヨウ素を吸入あるいは、摂取する前24時間以内または2時間以内に、安定ヨウ素剤を服用すると、放射性ヨウ素の甲状腺への集積を約90パーセント以上抑制することができます。すでに放射性ヨウ素が吸入された後でも数時間以内の服用であれば、約40パーセントの抑制効果が期待できます。

しかし、放射性ヨウ素にばく露後16時間以降であればその効果はほとんどないと報告されています。また、甲状腺機能亢進症の患者のデータでは、放射性ヨウ素にばく露後24時間以上経過して安定ヨウ素剤を服用すると、甲状腺に蓄積した放射性ヨウ素の生物学的半減期を延長させることが分かっており、服用のタイミングによっては有益性よりも有害性が大きくなる可能性があります。

成人では、ヨウ素量30 mg以上であれば、放射性ヨウ素の甲状腺への集積を効果的に抑制できます。日本で医療用医薬品として承認されている安定ヨウ素剤（ヨウ化カリウム丸）50 mgはヨウ素を38 mg含有している製剤で、成人の場合1回で2丸の服用が必要となります。

出典：Becker, JAMA 1987; 258: 649-654

安定ヨウ素剤の効果



Zanzonicoらによると、ヨウ化カリウム（安定ヨウ素剤）100mgの経口投与のタイミングと放射性ヨウ素の摂取後を評価したところ、放射性ヨウ素の摂取24時間前、72時間前、96時間前のヨウ化カリウム服用で、それぞれ93%、32%、5%の阻害効果があると報告されています。また、放射性ヨウ素摂取2時間後、8時間後、24時間後のヨウ化カリウム（安定ヨウ素剤）100mgの経口投与では、それぞれ80%、40%、7%の阻害効果があると報告されています。このことから、放射性ヨウ素にばく露される24時間前からばく露後2時間までの安定ヨウ素剤の服用が効果的だと言えます。

出典：Zanzonico, Pat; Becker, David, Health Physics. 78(6):660-667, June 2000.

服用対象者

・服用を優先すべき対象者

- ・未成年者（乳幼児を含む）
- ・授乳婦および妊婦
 - ・母最大1/4程度が母乳に移行
 - ・母体が放射性ヨウ素にばく露された場合には、**母乳栄養を一時的に中断し**、乳児に安定ヨウ素剤を服用させる
 - ・安全性が確認されたミルクを確保できない間は、母乳栄養を継続する
 - ・母体が定められた安定ヨウ素剤を単回服用した場合、母乳栄養は継続し、乳児も定められた容量の安定ヨウ素剤を服用する
 - ・**新生児**が安定ヨウ素剤を服用した場合には、甲状腺機能低下症に関する経過観察を行う

・40歳以上の者への効果

- ・40歳以上の者は安定ヨウ素剤を服用する必要性は低い
- ・40歳以上であっても妊婦及び授乳婦は安定ヨウ素剤の服用を優先すべき対象者

年齢が低いほど放射性ヨウ素による内部被ばくの影響として甲状腺がん等の発症のリスクが高くなります。このため、服用を優先すべき対象者は、妊婦、授乳婦及び未成年者(乳幼児を含む。)です。授乳婦、新生児及び乳幼児については、母体が摂取したヨウ素(放射性ヨウ素及び安定ヨウ素)の最大1/4程度が母乳に移行するとされているため、母体が放射性ヨウ素にばく露された場合には、母乳を介して乳児が放射性ヨウ素にばく露されるリスクがあることから、母乳栄養を一時的に中断した上で乳児に安定ヨウ素剤を服用させることが適切です。安全性が確認されたミルクを確保できない間は、母乳栄養を継続する選択が考えられます。

一方で、緊急時に母乳栄養を一時的に中断するリスク(母体側として乳房緊満による乳腺炎、乳児側として母乳以外を受け付けない場合の脱水、低血糖等)についても十分に考える必要があり、母体が定められた用量の安定ヨウ素剤を単回服用した場合、母乳に移行する安定ヨウ素が乳児の甲状腺機能に与える健康影響は小さいことから、母体の放射性ヨウ素による内部被ばくの可能性が低いことを前提として母乳栄養は継続し、乳児自身も定められた用量の安定ヨウ素剤を服用します。なお、乳児のうち特に新生児が安定ヨウ素剤を服用した場合には、甲状腺機能低下症に関する経過観察を行うことが適切です。

原爆被爆者については、成人期以降に被ばくした者における甲状腺がんの発症について統計的に有意なリスクの上昇は確認されておらず、チェルノブイリ原発事故の被災者については、甲状腺がんの発症のリスクの上昇が明ら

かであるのは18歳未満の者で、その中でも特に6歳未満の乳幼児に甲状腺がんが多発していることから、服用を優先すべき対象者は乳幼児を含む未成年者です。また、WHOガイドライン2017年版においては、40歳以上の者への安定ヨウ素剤の服用効果はほとんど期待できないとされています。したがって、40歳以上の者は安定ヨウ素剤を服用する必要性は低いですが、40歳以上であっても妊婦及び授乳婦は、胎児及び乳児に対する放射性ヨウ素による甲状腺の内部被ばくの影響が大きいことから、安定ヨウ素剤の服用を優先すべき対象者です。

出典：原子力規制庁原子力防災課：安定ヨウ素剤の配布・服用に当たって
(令和元年7月3日全部改正)

服用量、服用回数



ヨウ化カリウム丸 (50mg)



ヨウ化カリウム内服ゼリー 16.3mg



ヨウ化カリウム内服ゼリー 32.5mg

- 服用回数
 - 原則 1 回
 - 連続服用をしなくてよいように、避難等の防護措置を講じることが前提
 - ただし、放射性ヨウ素による内部被ばくの可能性が24時間以上継続し、再度の服用がやむを得ない場合は、原子力規制委員会が服用の必要性を判断し、国又は地方公共団体の指示があった場合のみ、24時間の間隔をあけて服用
- 服用方法
 - 経口摂取

対象者	ヨウ素量	ヨウ化カリウム量
生後1ヶ月未満	12.5 mg	16.3 mg (安定ヨウ素剤水薬1 ml) 16.3mgゼリー剤1包
生後1ヶ月以上3歳未満	25 mg	32.5 mg (安定ヨウ素剤水薬2 ml) 32.5mgゼリー剤1包
3歳以上13歳未満	38 mg	50 mg (ヨウ化カリウム丸1丸) 16.3mgゼリー剤1包 + 32.5mgゼリー剤1包
13歳以上	76 mg	100 mg (ヨウ化カリウム丸2丸) 32.5mgゼリー剤3包

服用回数は原則1回とし、複数回の服用をしなくてよいように避難等の防護措置を講ずることを前提としています。ただし、放射性ヨウ素による内部被ばくの可能性が24時間以上継続し、再度の服用がやむを得ない場合は、24時間の間隔を空けて服用することとなっています。

年齢に応じた服用量を表に示します。適切な服用量を超えて服用しても効能又は効果を高めることにはならないことから、適切な服用量を守る必要があります。

副作用（急性のアレルギー反応）

- 極めてまれな事象
- ヨード系造影剤により引き起こされるようなアナフィラキシーショックを含むアレルギー反応は、ヨウ素含有量や投与方法等が異なり、安定ヨウ素剤の服用で生じる可能性は極めて低い。
- 安定ヨウ素剤に含まれるヨウ化カリウムによりアレルギー症状が生じる可能性は極めて低く、ヨウ化カリウム以外の添加物についても、他の薬剤及び食品添加物として汎用されている使用実績や、含有量が微量である点からも安全性は極めて高いといえる。
- チェルノブイリ原子力発電所事故
 - ポーランドでの安定ヨウ素剤服用：成人5,061名
 - うち2名が緊急対応を必要とする気管支れん縮を発症
 - どちらも既に重度の気管支症を発症しており、安定ヨウ素剤の服用との明確な因果関係は示されていない
- 東京電力福島第一原子力発電所
 - 安定ヨウ素剤服用：緊急作業に従事した約2,000人
 - 急性のアレルギー反応の報告なし

地方公共団体は、救護所等での体制整備や受入れ可能な医療機関との連携等に努め、適切な対応を行う必要がある。

安定ヨウ素剤の副作用としては、急性のアレルギー反応と甲状腺ホルモンの分泌異常による中長期的な健康影響が考えられます。

【急性のアレルギー反応】

ヨード系造影剤により引き起こされるようなアナフィラキシーショックを含むアレルギー反応は、ヨウ素含有量や投与方法等が異なり、安定ヨウ素剤の服用で生じる可能性は極めて低いです。

安定ヨウ素剤に含まれるヨウ化カリウムによりアレルギー症状が生じる可能性は極めて低く、ヨウ化カリウム以外の添加物についても、他の薬剤及び食品添加物として汎用されている使用実績や、含有量が微量である点からも安全性は極めて高いといえます。

チェルノブイリ原子力発電所事故時に安定ヨウ素剤の服用を実施したポーランドでは、5,061名の成人のうち2名が緊急対応を必要とする気管支れん縮を発症しましたが、どちらも既に重度の気管支症を発症しており、安定ヨウ素剤の服用との明確な因果関係は示されていません。

東京電力福島第一原子力発電所の緊急作業に従事した者のうち約2,000人が安定ヨウ素剤を服用しま下が、急性のアレルギー反応の報告はありませんでした。

このように、アナフィラキシーショックを含む急性のアレルギー反応は極めてまれですが、地方公共団体は、救護所等での体制整備や受入れ可能な医療機関との連携等に努め、適切な対応を行う必要があります。

副作用（中長期的な健康影響）

- 甲状腺ホルモンの分泌異常による中長期的な健康影響
 - 単回服用で生じる可能性は極めて低い
 - チェルノブイリ原子力発電所事故
 - ポーランドで安定ヨウ素剤服用：34,491人（うち16歳未満12,641人）
 - 永続的な甲状腺機能障害は見られない
 - 生後1日目に安定ヨウ素剤を服用した新生児3,214人
 - 甲状腺機能低下症が12名（0.37%）に認められたが、16～20日後にはすべて正常化した
 - 東京電力福島第一原子力発電所
 - 安定ヨウ素剤服用：緊急作業に従事した約2,000人
 - 安定ヨウ素剤を連続14日間以上又は合計20丸服用した229人（すべて男性）
 - 3人（1.3%）に、血液検査で一過性の甲状腺機能低下症が疑われた
 - 4人（1.7%）に血液検査で潜在性の甲状腺機能低下症が疑われた
 - 一般人口における比率との違いは認められなかった。
- 妊婦の単回服用の場合、一般成人のデータによると甲状腺機能は正常範囲内の一過性的な変化
 - 新生児は、経過観察を優先すべき対象者
 - 服用後数日以降の経過観察について、血液検査等による確認を行う

【中長期的な健康影響】

甲状腺ホルモンの分泌異常による中長期的な健康影響についても、単回服用で生じる可能性は極めて低い。

チェルノブイリ原子力発電所事故時に安定ヨウ素剤の服用を実施したポーランドでは、12,641人の16歳未満の者を含む34,491人において、永続的な甲状腺機能障害は見られなかった。生後1日目に安定ヨウ素剤を服用した新生児3,214人では、甲状腺機能低下症が12名（0.37%）に認められたが、16～20日後にはすべて正常化したことが報告されている。

東京電力福島第一原子力発電所の緊急作業に従事した者のうち約2,000人が安定ヨウ素剤を服用した。安定ヨウ素剤を連続14日間以上又は合計20丸服用した229人（すべて男性）中3人（1.3%）に、血液検査で一過性の甲状腺機能低下症が疑われた。また、229人中4人（1.7%）に血液検査で潜在性の甲状腺機能低下症が疑われたが、一般人口における比率との違いは認められなかった。

甲状腺ホルモンの分泌異常による中長期的な健康影響は、妊婦の単回服用の場合、一般成人のデータによると甲状腺機能は正常範囲内の一過性的な変化であると考えられ、経過観察を優先すべき対象者は新生児です。

服用後数日以降の経過観察について、特に新生児が服用した場合の甲状腺機能低下症については配慮が必要であり、血液検査等による確認を行うことが考えられます。

服用に注意が必要な場合①

安定ヨウ素剤の成分、ヨウ素（ヨード）に対する過敏症（アレルギー）がある場合は、安定ヨウ素剤は服用できない。服用不適切項目該当者として登録。

次の場合は安定ヨウ素剤の服用の際に起こり得る症状ですが、**安定ヨウ素剤を適量服用した場合に、健康影響が生じる可能性は極めて低いです。**

- **ヨード造影剤過敏症**；ヨード造影剤により引き起こされるような過敏症は、ヨウ素含有量や投与方法等が異なり、ヨード造影剤過敏症の人が、安定ヨウ素剤服用によってヨウ素過敏症を発症するとは限りませんが、造影剤過敏症の人は、事前にヨウ素過敏症があるか医師に相談しておくことが望ましい。
- **甲状腺機能亢進症**；甲状腺機能亢進症がある場合は、ヨウ素の甲状腺摂取率が上昇しているため、安定ヨウ素剤を服用すると病状の悪化の恐れがある。
- **甲状腺機能低下症**；甲状腺機能低下が悪化する恐れがある。
- **腎機能障害、先天性筋強直症、高カリウム血症**；安定ヨウ素剤には、カリウムが含まれるため、血清カリウム濃度の上昇によって病状が悪化する恐れがある。
- **低補体血症性蕁麻疹様血管炎、ジューリング疱疹状皮膚炎**；日本では、極めて稀な病気であるが、ヨウ素に過敏であると考えられており、ヨウ素摂取により病状が悪化するとされている。
- **肺結核**；ヨウ素は結核組織に集まりやすく、結核を再燃させる恐れがある。

安定ヨウ素剤の成分、ヨウ素（ヨード）に対する過敏症（アレルギー）がある場合は、安定ヨウ素剤は服用できません。服用不適切項目該当者として登録します。

次の場合は安定ヨウ素剤の服用の際に起こり得る症状ですが、**安定ヨウ素剤を適量服用した場合に、健康影響が生じる可能性は極めて低いです。**

- **ヨード造影剤過敏症**；造影剤過敏症には種々の要因による過敏症が含まれており、その一部がヨウ素過敏症と考えられます。しかし造影剤過敏症に含まれるヨウ素過敏症の割合は推測できません。そのため、すべての造影剤過敏症の人が、安定ヨウ素剤服用によってヨウ素過敏症を発症するとは限りませんが、造影剤過敏症の人は、事前にヨウ素過敏症があるか医師に相談しておくことが望ましいです。
- **甲状腺機能亢進症**；ヨウ素の甲状腺摂取率が上昇しているため、安定ヨウ素剤を服用すると病状の悪化の恐れがあります。
- **甲状腺機能低下症**；悪化する恐れがあります。
- **腎機能障害、先天性筋強直症、高カリウム血症**；安定ヨウ素剤には、カリウムが含まれるため、血清カリウム濃度の上昇によって病状が悪化する恐れがあります。
- **低補体血症性蕁麻疹様血管炎、ジューリング疱疹状皮膚炎**；日本では、極めて稀な病気ではありますが、ヨウ素に過敏であると考えられており、ヨウ素摂取により病状が悪化するとされています。
- **肺結核**；ヨウ素は結核組織に集まりやすく、結核を再燃させる恐れがあります。

服用に注意が必要な場合②

現在服用している薬剤と安定ヨウ素剤を併用した場合に起こり得る症状ですが、**安定ヨウ素剤を適量服用した場合に、健康影響が生じる可能性は極めて低いです。**

- ・カリウム含有製剤：カリウム補給・・・高カリウム血症
- ・カリウム貯留性利尿剤：高血圧症・・・高カリウム血症
- ・リチウム製剤：双極性障害・・・甲状腺機能低下症
- ・抗甲状腺薬・・・甲状腺機能低下症
- ・ACE阻害剤：高血圧・・・高カリウム血症
- ・アンジオテンシンII受容体拮抗剤：高血圧・・・高カリウム血症

安定ヨウ素剤に含まれるカリウム量は、食品に含まれる量と比較すると僅かであり、成人の1回分の服用量である安定ヨウ素剤2丸中に含まれるカリウム24mgは、以下に示す食品の可食部100g中に含まれる量と比較すると、食パン1/4、バナナ1/15、納豆1/29～1/28、焼き芋1/23、カツオ生食1/18～1/16、焼きイワシ1/15と同量程度である。

「慎重服用項目」及び「相互作用の可能性のある薬剤」について、適量の服用であれば健康影響が生じる可能性は極めて低く、該当する者が安定ヨウ素剤の配布及び服用に際し不利益を被ることのないよう、配布に携わる者への周知が必要である。

現在服用している薬剤と安定ヨウ素剤を併用した場合に起こり得る症状ですが、**安定ヨウ素剤を適量服用した場合に、健康影響が生じる可能性は極めて低いです。**

- ・カリウム含有製剤：カリウム補給・・・高カリウム血症
- ・カリウム貯留性利尿剤：高血圧症・・・高カリウム血症
- ・リチウム製剤：双極性障害・・・甲状腺機能低下症
- ・抗甲状腺薬・・・甲状腺機能低下症
- ・ACE阻害剤：高血圧・・・高カリウム血症
- ・アンジオテンシンII受容体拮抗剤：高血圧・・・高カリウム血症

事前準備

- 予防的防護措置を準備する区域
(Precautionary Action Zone; PAZ)
 - 全面緊急事態に至った場合には、避難の際に、服用指示に基づき速やかに安定ヨウ素剤を服用
 - 対象の住民に対して事前に安定ヨウ素剤を配布
 - 事前配布方法：原則として医師による説明、説明書と安定ヨウ素剤の配布
- 緊急防護措置を準備する区域
(Urgent Protective Action Planning Zone; UPZ)
 - 全面緊急事態に至った場合には、避難または一時移転の際、原子力規制委員会が配布および服用の必要性を判断
 - 原子力防災対策本部または地方公共団体が指示
 - 地方公共団体は、避難または一時移転の際に安定ヨウ素剤を緊急配布できる体制を整備

予防的防護措置を準備する区域(Precautionary Action Zone; PAZ)では、全面緊急事態に至った場合に、避難の際、服用指示に基づき速やかに安定ヨウ素剤を服用します。このような迅速な服用を可能とするためには、地方公共団体はこの区域の対象住民に対して事前に安定ヨウ素剤を配布しておく必要があります。

事前配布方法は、原則として医師による説明、説明書と安定ヨウ素剤の配布です。説明会等において、薬剤師に医師への協力を要請することができます。

緊急防護措置を準備する区域(Urgent Protective Action Planning Zone; UPZ)では、全面緊急事態に至った場合に、避難または一時移転の際、原子力規制委員会が配布および服用の必要性を判断し、原子力防災対策本部または地方公共団体が服用を指示します。地方公共団体は、避難または一時移転の際に安定ヨウ素剤を緊急配布できる体制を整備する必要があります。

事前配布

- 説明会（地方公共団体が実施主体）
 - 医師（原則）による住民への説明会を定期的で開催
 - 医師による説明を受けることができる保健所等の公共施設や医療機関に住民が出向き、説明を受けた上で受領できるよう対応
 - 地方公共団体が指定する薬局等に住民が出向き、薬剤師等による説明を受けた上で安定ヨウ素剤を受領できるよう対応
- 説明内容：安定ヨウ素剤の配布目的、効能又は効果、服用指示の手順とその連絡方法、配布後の保管方法、服用時期、服用を優先すべき対象者、副作用等の留意点等
- 説明書と一緒に安定ヨウ素剤を配布
- 住民が記載したチェックシートに照らし合わせて、保健師、薬剤師等の専門職が確認書を記載し、安定ヨウ素剤の取扱いに係る留意事項について理解しているか等を確認するため、受領書に記入及び提出をさせる

地方公共団体は、住民への説明会を定期的を開催することを前提とした上で、地域の実情を踏まえ、**地域の医師会及び薬剤師会と具体的な配布方法等を協議の上、薬剤師会会員が所属する薬局等を指定し、その薬局等で、安定ヨウ素剤を配布することもできる。**

地方公共団体は、原則として医師による住民への説明会を定期的を開催する必要があります。説明会においては、原則として医師により、安定ヨウ素剤の配布目的、効能又は効果、服用指示の手順とその連絡方法、配布後の保管方法、服用時期、服用を優先すべき対象者、副作用等の留意点等を説明し、それらを記載した説明書とともに安定ヨウ素剤を配布します。地方公共団体は、配布等を円滑に行うために、説明会等において、薬剤師に医師への協力を要請することができます。

地方公共団体は、説明会に参加できない住民に対しては、医師による説明を受けることができる保健所等の公共施設や医療機関に住民が出向き、説明を受けた上で受領できるよう対応する必要があります。

地方公共団体は、住民への説明会を定期的を開催することを前提とした上で、地域の実情を踏まえ、地域の医師会及び薬剤師会と具体的な配布方法等を協議の上、薬剤師会会員が所属する薬局等を指定し、その薬局等で、安定ヨウ素剤を配布することもできます。

地方公共団体は、住民への説明会に参加できない住民に対して、地方公共団体が指定する薬局等に住民が出向き、薬剤師等による説明を受けた上で安定ヨウ素剤を受領できるよう対応する必要があります。

説明会又は地域の薬局等においては、住民が安定ヨウ素剤を受け取る際に、住民が記載したチェックシートに照らし合わせて、保健師、薬剤師等の専門職が確認書を記載し、安定ヨウ素剤の取扱いに係る留意事項について理解しているか等を確認するため、受領書に記入及び提出をさせることが必要

緊急配布

・配布場所

- ・ 備蓄場所と同じまたはその近隣の施設
- ・ 避難経路上、住宅地の近くで交通の便がよい場所等の住民が避難の際に容易に立ち寄れるところ

・配布方法

- ・ 住民が配布のために屋外に並ぶことを避け、屋内や車内で待機できるように配布場所を指定
- ・ 備蓄してある安定ヨウ素剤を地方公共団体職員等が備蓄場所から搬出して配布し、指示に従い服用させる
- ・ 受領書については、事前配布と同様に取り扱うことが望ましいが、時間的制約等により対応が困難な場合には、口頭による確認等で代替することも考えられる

配布場所

備蓄場所と同じまたはその近隣の施設

避難経路上、住宅地の近くで交通の便がよい場所等の住民が避難の際に容易に立ち寄れるところ

配布方法

住民が配布のために屋外に並ぶことを避け、屋内や車内で待機できるように配布場所を指定

備蓄してある安定ヨウ素剤を地方公共団体職員等が備蓄場所から搬出して配布し、指示に従い服用させる

受領書については、事前配布と同様に取り扱うことが望ましいが、時間的制約等により対応が困難な場合には、口頭による確認等で代替することも考えられる

服用指示の情報の伝達手段の確保

- 原則として、原子力規制委員会が必要性を判断



- その判断に基づき原子力災害対策本部又は地方公共団体は服用の指示



- 住民等はその指示に基づき服用

- 地方公共団体及び国は防災無線や 広報車等の地域における伝達手段とともに、テレビ・ラジオ放送やインターネット等を利用した広範な伝達手段を準備し、確実に指示が伝わる体制を整備し、伝わることを事前に確認

安定ヨウ素剤の服用は、その効果が服用の時期に大きく左右されるため、原則として、原子力規制委員会が必要性を判断し、その判断に基づき原子力災害対策本部又は地方公共団体は服用の指示を出し、住民等はその指示に基づき服用します。

ここで、住民等に安定ヨウ素剤を適切に服用させるためには、原子力災害対策本部又は地方公共団体の指示を服用すべき住民等まで速やかに伝達することが必要となります。したがって、各家庭のみならず、服用すべき対象者が集まる保育所、幼稚園、学校、病院、会社等に対しても情報提供を行う等、状況にあわせた情報伝達網の整備が必要です。

防災業務関係者の服用



防災関係者のうち、原子力施設内において災害に発展する事態を防止する措置等の災害応急対策活動を実施する者で、かなりの被ばくが予測される恐れのある場合は、甲状腺等価線量を瞬時に測定できる計測器がないこと、防護マスク等の装備の機能を考慮しつつ、甲状腺機能低下症の急性障害を予防するため、念のため、安定ヨウ素剤の服用について考慮します。

また、防災関係者が住民の避難誘導、連絡等のために全面緊急事態以降において屋外で災害対策業務に従事する場合は、各所属機関から安定ヨウ素剤の配布を受けて携行し、服用の指示に基づき、安定ヨウ素剤を服用します。また、作業が1日以上継続する場合は、連続服用も考慮します。業務が長期に及ぶ場合には、交代要員を確保する等により、安定ヨウ素剤を複数回服用する必要のない環境を整えることが望ましいです。これらの業務に関わる可能性があるものは、事前に教育研修を受けるか、それに相当する防護知識を習得しておくことが望ましいです。

放射性ヨウ素がほとんど存在しない場合や、原子炉の運転停止後から時間が経過して、放射性ヨウ素がほとんどなくなっている場合には、安定ヨウ素剤の服用は必要ありません。

まとめ

- 安定ヨウ素剤は体内に取り込んだ放射性ヨウ素の甲状腺への影響のみに防護効果
- 安定ヨウ素剤は、外部被ばくの防護効果なし
- 安定ヨウ素剤服用時は、避難や屋内退避など他の防護措置も必要
- 安定ヨウ素剤は、放射性ヨウ素の放出がない場合には、服用不要
- 安定ヨウ素剤は服用のタイミングが重要であり、服用の必要性は原子力規制委員会が判断し、国又は地方公共団体が指示する
- 妊婦、授乳婦および未成年者（乳幼児含む）は、服用を優先すべき対象者
- 40歳以上でも妊婦および授乳婦は、服用を優先すべき対象者
- 服用を優先すべき対象者は、避難を優先する対象者でもあるが、服用の指示が出た際に服用を躊躇することのないよう、平時からの周知が重要

避難退域時検査

原子力災害医療 基礎研修
原子力災害基礎-7

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

出典；原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル（原子力規制庁）より抜粋

内容

- 避難帯域時検査の概要
- 避難帯域時検査の流れ
- 検査及び簡易除染の体制
- 標準的な要員の役割と人数
- 資機材

避難退域時検査の概要

- 原子力災害時に放射性物質が放出された後に緊急時モニタリングの結果により必要があると判断された場合にOIL1に基づく防護措置として住民に避難や一時移転の指示される。その防護措置としての避難等の際に避難や一時移転される方の汚染状況を確認することを目的として実施される検査
- 対象者
 - OILに基づく防護措置としての避難等の指示を受けた住民等
 - 避難等の指示があった後に、この指示の対象となる区域から避難等をする住民のほか、労働者や旅行者等の一時滞在者も含む
- 国がOILに基づく防護措置の指示とともに地方公共団体に実施を指示
- 検査場所
 - 原子力災害対策重点区域の境界周辺(境界から概ね数キロメートルの範囲)から避難所等までの場所
 - 地域の実情を踏まえ選定
 - 避難経路上に複数の検査場所を設置

原子力災害時においては、国又は地方公共団体は、放射性物質が放出される前に予防的に実施する避難の指示の他、放射性物質が放出された後に緊急時モニタリングの結果により必要があると判断された場合には、「OIL1に基づく防護措置として住民に避難や一時移転(以下：避難等)」の指示を出します。

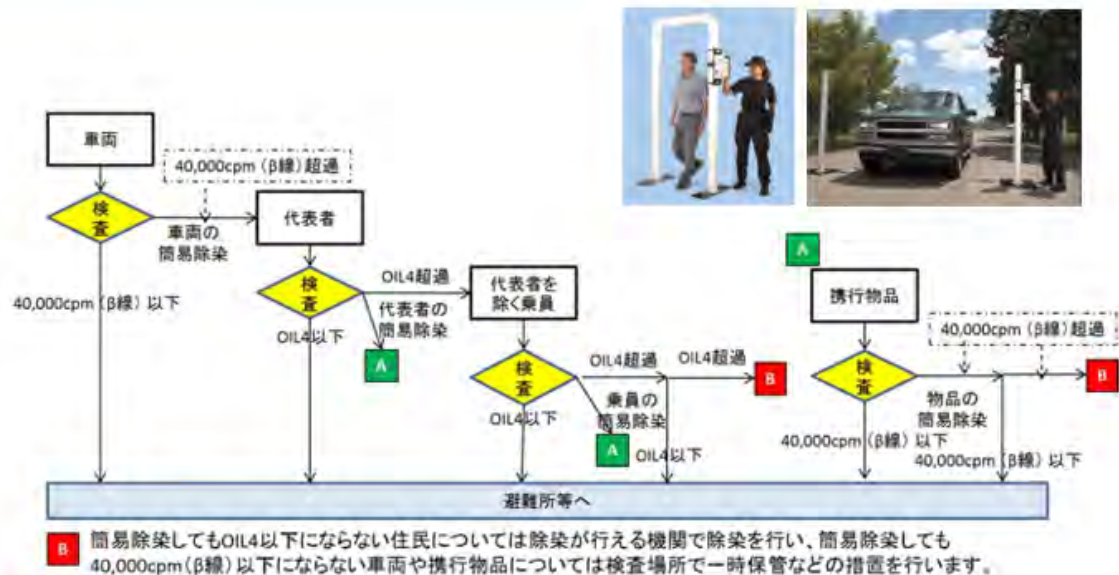
このOILに基づく防護措置としての避難等の際に、避難や一時移転される方の汚染状況を確認することを目的として実施される検査のことを「避難退域時検査」といいます。

対象者は、OILに基づく防護措置としての避難等の指示を受けた住民等で、避難等の指示があった後に、この指示の対象となる区域から避難等をする住民のほか、労働者や旅行者等の一時滞在者も含まれます。

検査の指示は、国がOILに基づく防護措置の指示とともに地方公共団体に実施を指示します。

検査場所は、原子力災害対策重点区域の境界周辺(境界から概ね数キロメートルの範囲)から避難所等までの場所で、地域の実状を踏まえ選定します。

避難退域時検査の流れ



自家用車やバス等の車両を利用して避難等をする住民の検査は、乗員の検査の代用として、まず車両の検査を行います。この結果がOIL4 (初期設定 40,000 cpm (β線)) 超の場合には、乗員の代表者に対して検査を行います。この代表者がOIL4超の場合には、乗員の全員に対して検査を行います。

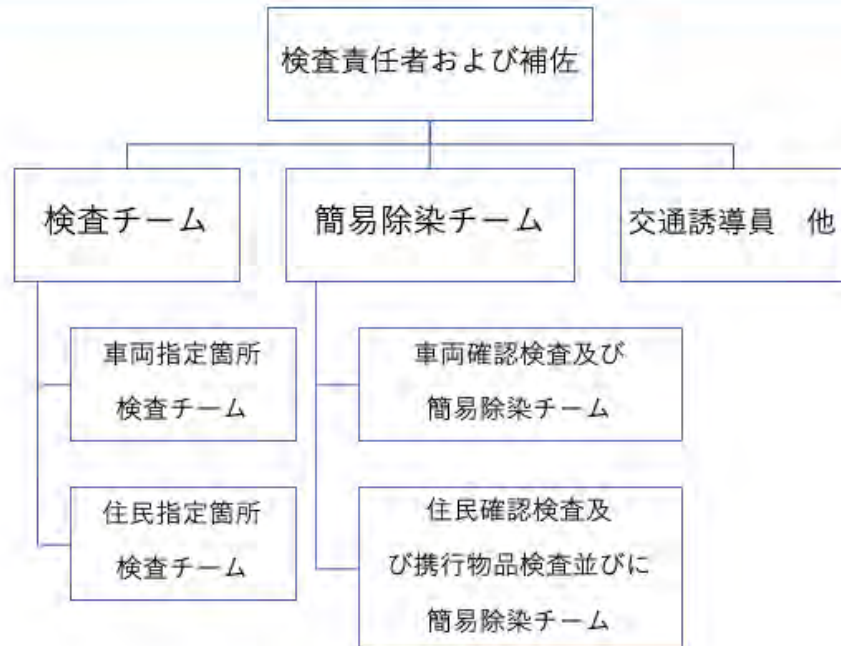
携行物品の検査は、これを携行している住民がOIL4超の場合にのみ検査を行います。

検査の結果、OIL4超の住民、車両及び携行物品には簡易除染を行います。簡易除染によってもOIL4超の住民は除染が行える機関で除染を行い、簡易除染によってもOIL4超車両や携行物品は検査場所で一時保管などの措置を行います。

なお、検査の実施に際しては、要配慮者に対する健康上の配慮等が必要です。例えば、避難所等から離れた場所で行う場合、この検査によって健康リスクが高まると判断される要配慮者及びその車両については、避難所等にそのまま向かっていただき、そこで健康上の配慮を行いつつ検査を行うことも考慮する必要があります。

出典；原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル（原子力規制庁）より抜粋

検査及び簡易除染の体制



検査及び簡易除染を行う者だけではなく、検査場所の規模に応じ、車両の誘導を行う交通誘導員、空調等の運転保守要員、受付・説明員、通信・連絡員等を配置することが望ましいです。

出典；原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル（原子力規制庁）より抜粋

標準的な要員の役割と人数

チーム区分、要員	役割	要員数
検査責任者及び補佐	<ul style="list-style-type: none"> 検査場所における業務の全体統括及び地方公共団体の現地災害対策本部等との連絡調整(検査及び簡易除染の状況、バックグラウンドレベル等の報告等) バックグラウンドの測定、検査責任者へ検査チームや簡易除染チームの活動状況等の報告 	2名
車両指定箇所検査チーム	<ul style="list-style-type: none"> 車両用ゲート型モニタ又は表面汚染検査用の放射線測定器による車両の指定箇所検査 	1名以上
車両確認検査及び簡易除染チーム	<ul style="list-style-type: none"> 表面汚染検査用の放射線測定器による車両の確認検査及び簡易除染後の簡易除染の効果の確認 車両の簡易除染 	2名以上
住民指定箇所検査チーム	<ul style="list-style-type: none"> 体表面汚染モニタ又は表面汚染検査用の放射線測定器による住民の指定箇所検査 	1名以上
住民確認検査及び携行物品検査並びに簡易除染チーム	<ul style="list-style-type: none"> 表面汚染検査用の放射線測定器による住民の確認検査及び携行物品の検査並びに簡易除染後の簡易除染の効果の確認 住民及び携行物品の簡易除染並びにその補助(説明・指導等) 	2名以上
その他	<ul style="list-style-type: none"> 車両の誘導 他 	1名以上

検査の効率化を図るため、検査対象となる車両、住民及び携行物品の数に応じて、上記に示すチームの複数配置や他のチームによる支援などのチーム間での役割分担の調整、必要に応じて各チームの要員の増員を考慮します。

検査責任者及び補佐は、原則、地方公共団体の職員(又は地方公共団体が指定する者)で、原子力防災に関する基礎的な研修を受講した者、同等の知識を有する者又は実務経験者等の中から、検査会場の全体統括など、その役割を果たすことができる者が担います。

また、検査責任者及び補佐を除く要員には、本マニュアルで示す検査及び簡易除染が実践できるよう、原子力防災に関する基礎的な研修及び機器の取扱い実習を、予め受講しておくことが望ましいです。

資機材

個人防護装備	不織布防護服、綿手袋、ゴム手袋、サージカルマスク、キャップ(帽子)、シューズカバー、個人被ばく線量計(ポケット線量計(PD)等
放射線測定器	表面汚染検査用の放射線測定器(GM サーベイメータ等)、空間線量率用の放射線測定器(Nal シンチレーション式サーベイメータ等) (使用できる場合)体表面汚染モニタ、車両用ゲート型モニタ
養生資材	養生用シート、粘着テープ等
簡易除染用品	養生用シート、粘着テープ、ウェットティッシュ、ウエス、洗車用ブラシ、ビニールシート、大小ポリ袋、帽子、綿手袋、ゴム手袋、サージカルマスク、着替え用衣類とタオル等

このほか、地方公共団体の現地災害対策本部等との通信連絡のため、携帯電話、衛星携帯電話などの通信機器を整備する必要があります。
また、検査場所によっては、運営に必要な仮設テントや机、照明器具、熱中症対策のための保冷剤、送風機、暖房器具、雨具、荒天時対策の装備等が必要となります。なお、自動体外式除細動器(AED)は用意することが望ましいです。

数量等はチーム数等に応じて調整します。

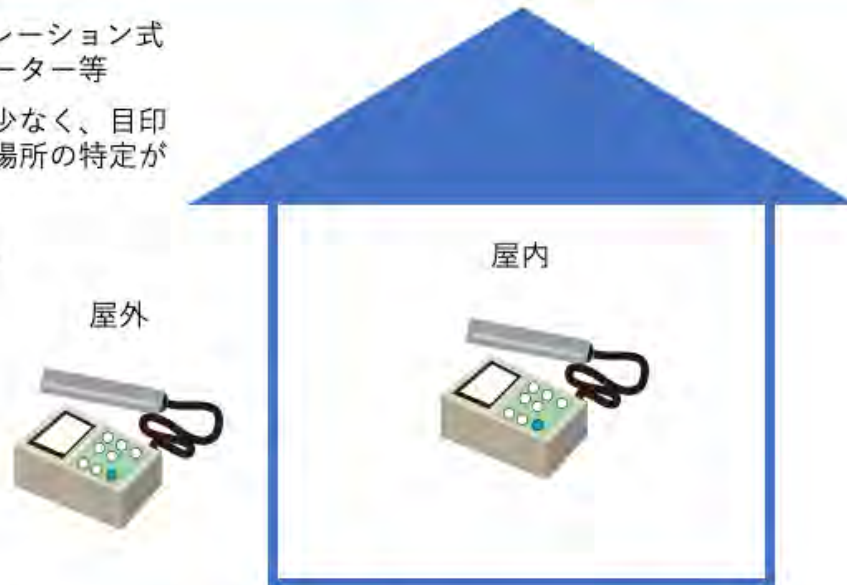
- 個人被ばく線量計は、原則として、日本工業規格(JIS Z4511)に準拠して校正された機器を用います。また、長期使用しない場合は、電池を取り外し、予備電池を用意しておきます。必要数は、要員と交代要員の数に加え、予備を考慮します。
- 空間線量率用の放射線測定器は、原則として、日本工業規格(JIS Z4511)に準拠して校正された機器を用います。放射線測定器は、定期的(半年に1回以上推奨)に動作確認を行い、バックグラウンド計測値に異常がないことを確認しておきます。また、長期使用しない場合は、電池を取り外しておくとともに、予備電池を用意しておきます。
- GMサーベイメーター(入射窓面積が 20cm^2)以外の表面汚染検査用の放射線測定器を使用する場合は、指示値のOIL4 (40,000 cpm)への換算を個別に確認しておきます。また、機器の仕様によっては、メーター針とデジタル表示を持つもの、デジタル表示のみのものなど、様々です。
- 体表面汚染モニタ又は車両用ゲート型モニタを使用する場合は、40,000cpmを検出できる性能であることをメーカーに確認しておきます。

バックグラウンドの測定方法と取扱い

NaI シンチレーション式
サーベイメーター等

車の通行が少なく、目印
があって、場所の特定が
容易な地点

時定数10秒

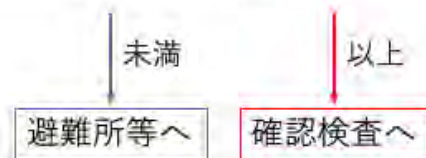


測定日時、測定場所、測定者及び測定値を記録

検査責任者の補佐は、検査の準備段階から検査終了までの間、空間線量率用の放射線測定器(NaI シンチレーション式サーベイメーター等)を使って、以下の方法により、定期的にバックグラウンド測定を行います。

1. 検査責任者の補佐は、検査場所の屋内・外の2ヶ所程度を選んで測定点(定点)とします。測定点は、車の通行が少なく、目印があって、場所の特定が容易な地点を選びます。
2. 測定器を準備し、測定点において検出部を地上から1m(腰部付近)の高差で水平に保ちます。毎回、同一の向きで測定します。
3. 時定数を10秒とし、約30秒(時定数の3倍)経過後、指示値を読み、記録します。指示値の読み方は、メーター針のある機種では、針の振れの中央を読みます。
4. 空間線量率の測定は、検査を開始する前及び検査中1時間に1回程度行います。
5. 測定結果として測定日時、測定場所、測定者及び測定値を記録します。
6. 原子力施設の状況の変化や各チームからの検出報告等、注意すべき情報が得られた場合には、連続監視等、測定の頻度を上げます。

- GMサーベイメータ（入射窓面積が20cm²のもの）を用いた測定
- 設定
 - 時定数；3秒
 - 測定レンジ；10kcpm(10,000cpm)
 - 消音
 - 距離；対象物の表面から数cm以内
 - 速度；毎秒約10cm
- 測定箇所；放射性物質が付着する可能性が高いところ(指定箇所)
- 基準値；6kcpm(6,000cpm)



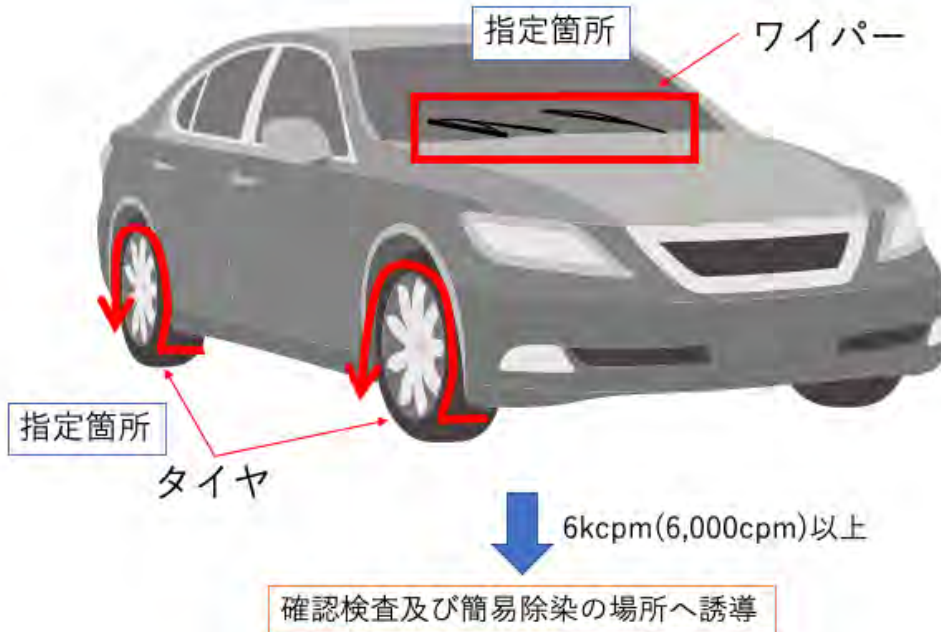
1. 時定数を3秒に設定します。
2. 測定レンジは、10kcpm (10,000 cpm)に設定します。
3. 計数音はオフ(消音)にします。
4. 検査対象の表面と検出部の距離を数cm以内に保ちながら、毎秒約10cmの速度でプローブを移動させます。
5. 検査を行う箇所は、放射性物質が付着する可能性が高いところ(指定箇所)とします。
6. 指示値が6kcpmを超えていないことを確認します。超えた場合は、次の「確認検査」に移行します。
7. 一世帯又は車両1台の検査が終わった後、バックグラウンド値に著しい変化がないことを確認します。確認の結果、著しい変化があった場合は、ラップフィルムを交換します。ラップフィルムの交換後もバックグラウンド値が戻らない場合は、他の原因が考えられますので、検査責任者の補佐に連絡します。

確認検査

- GMサーベイメータ
- 設定
 - 時定数；3秒
 - 測定レンジ；指示値に応じて切り替える
 - 消音
 - 距離；対象物の表面から数cm以内
 - 速度；毎秒約10cm
 - 測定箇所
- 測定箇所；指定箇所検査で検出された箇所を含めた検査対象の全面又は簡易除染を行うときはその箇所
- 有意に指示値が高い場所でプローブを縦・横に動かし、指示値が最も高くなる箇所でプローブを約 10 秒固定して、測定

1. 時定数を3秒に設定します。
2. 測定レンジは、指示値に応じて適宜、切り替えます。
3. 計数音はオフ(消音)にします。
4. 検査対象の表面と、検出面の距離を数cm以内に保ちながら、毎秒約10 cmの速度でプローブを移動させます。
5. 検査を行う箇所は、指定箇所検査で検出された箇所を含めた検査対象の全面又は簡易除染を行うときはその箇所です。原則として検査員による検査が可能な範囲とします。
6. 有意に指示値が高い場所でプローブを縦・横に動かし、指示値が最も高くなる箇所でプローブを約 10 秒固定して、測定値を読み、OIL4以下であるかを確認します。バックグラウンドの減算は行いません。
7. 有意に指示値が高い場所が複数あるときは、それぞれの箇所で同様に測定します。
8. バックグラウンド値の確認と処置は、指定箇所検査の7と同様に行います。

車両の検査

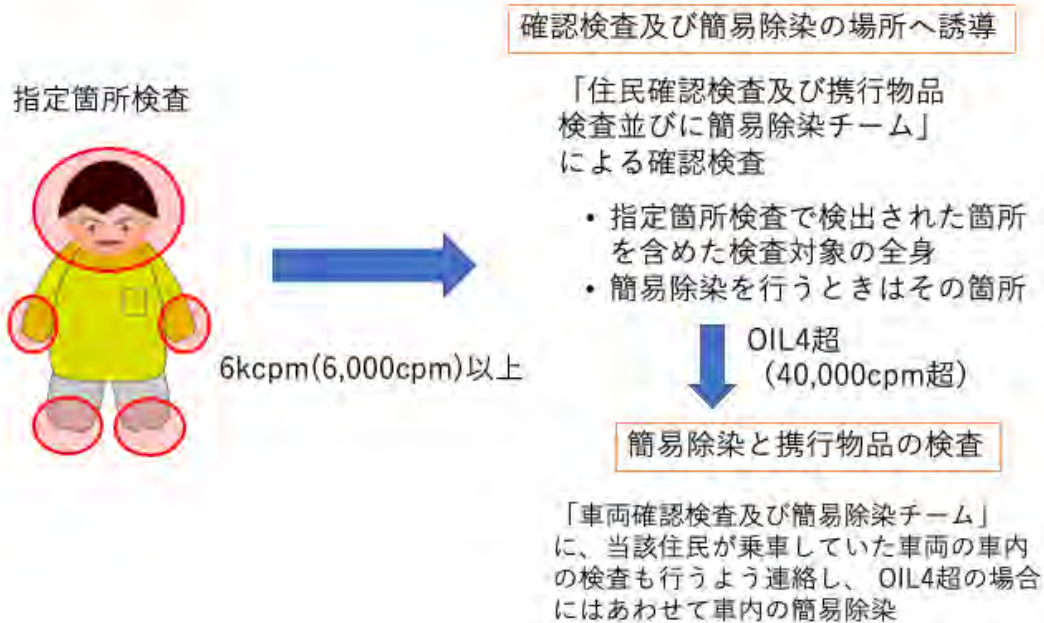


車両は以下の指定箇所検査を行います。

1. タイヤ(原則として全輪) シャーシより下部の接地面(ゴム部)を中心に、側面ゴム部も検査します。
2. ワイパー部(フロントガラス下部) ワイパーのゴム部分だけでなく、フロントガラスの下部パッキンにかけてのワイパー周辺一帯も検査します。

指定箇所検査でOIL4超の可能性があると判定(6,000cpm以上)された場合は、確認検査及び簡易除染の場所へ誘導し、「車両確認検査及び簡易除染チーム」による確認検査を実施します。その結果、OIL4超の場合は、簡易除染と乗員の検査を行います。

住民の検査

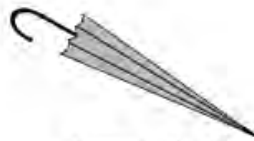


「住民指定箇所検査チーム」による表面汚染検査用の放射線測定器を用いた住民の検査では、放射性物質が付着している可能性が高い、①頭部、顔面、②手指、③靴底を指定箇所検査します。なお、検査の際には、帽子、上着等は着衣のまま、その上から検査します。

指定箇所検査でOIL4超の可能性があると判定された場合は、確認検査及び簡易除染の場所へ誘導し、「住民確認検査及び携行物品検査並びに簡易除染チーム」による確認検査を実施します。その結果、OIL4超の場合は、簡易除染と携行物品の検査を行います。また、「車両確認検査及び簡易除染チーム」に、当該住民が乗車していた車両の車内の検査も行うよう連絡し、OIL4超の場合にはあわせて車内の簡易除染を行います。

携行物品の検査

- 対象となる物品の表面検査
- 原則として表面全面の検査
- スーツケース、鞆、袋など密封されたものは、開封せずに、外側を検査



表面を検査



外側を検査



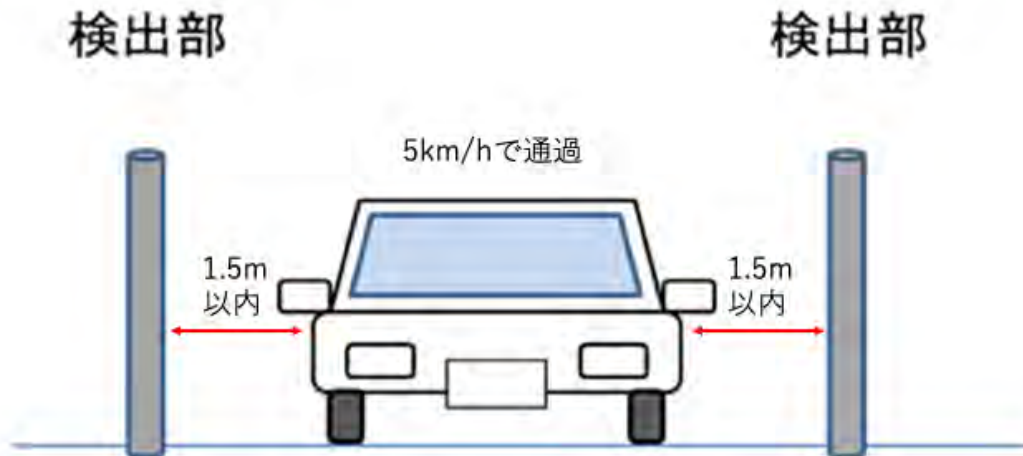
OIL4超 (40,000cpm超)

簡易除染

「住民確認検査及び携行物品検査並びに簡易除染チーム」による表面汚染検査用の放射線測定器を用いた携行物品の検査では、対象となる物品の表面を検査します。原則として表面全面を行って下さい。なお、スーツケース、鞆、袋等密閉されたものは、開封して検査する必要はありません。

検査OIL4超の場合は、簡易除染を行います。

車両用ゲート型モニタによる検査



一般的に車両用ゲート型モニタは、検出部に大容量のプラスチックシンチレータ等を用いており、 β 線ではなく γ 線を検出する方式のものが多です。検出部は移動できる2本のポールで構成し、車両は、ポールとポールの間(ゲート)を通過する方式としたものがほとんどです。

車両用ゲート型モニタは、以下に示す検査方法等であれば、表面汚染検査用の放射線測定器による指定箇所検査に代えることができます。実際に車両用ゲート型モニタを導入するときには、その性能等をメーカーによく確認して下さい。

1. 検査員は、通過する車両の大きさ(バス、乗用車の車幅等)に合わせて、車体側面からポールまで1.5 m以内の間隔となるように設置します。
2. ゲートの手前で車両を一時停止させ、ゲートの中心線に沿って、およそ5km/h以下で一台ずつ通過させます。
3. 検査員は、ゲート通過後、車両を再度、一時停止させます。このとき、要員の安全を確保するため、ギアはパーキング又はニュートラルに、また、サイドブレーキが引いてあることを確認します。
4. 検査員は、ワイパー部(フロントガラス下部)を表面汚染検査用の放射線測定器で指定箇所検査します。ワイパー部は、車体に体が触れない程度の、手の届く範囲を検査します。
5. 検査の終わった車両を、次のところに誘導します。

車両の簡易除染

- 原則として、簡易除染員が濡らしたタオル等を用い、付着している放射性物質を拭き取る
 - OIL4超の箇所の周囲から中心に向かって一方向に拭き取ります。
 - 1枚のタオル等で何度も繰り返して拭き取らないようにします。
 - 1度拭き取りに使ったタオル等は所定の容器等へ入れます。
 - 該当箇所に強固に泥が付着している場合は、洗車用ブラシを使うなどして、泥を落とす。

原則として、簡易除染員が濡らしたタオル等を用い、付着している放射性物質を拭き取ります。拭き取りの方法は、以下のとおりです。

- OIL4超の箇所の周囲から中心に向かって一方向に拭き取ります。
- 1枚のタオル等で何度も繰り返して拭き取らないようにします。
- 1度拭き取りに使ったタオル等は所定の容器等へ入れます。

該当箇所に強固に泥が付着している場合は、洗車用ブラシを使うなどして、泥を落とします。落とした泥は、シートで受け、ビニル袋等に集めておき、一般の廃棄物と分別しておきます。

流水を利用する場合は、簡易除染員の吸入・汚染防止(マスク、防水用装備の着用)と水の拡散防止(周囲に防水シートを敷き、立ち上がりを設けて堰とします)を確保した上で行います。

住民・携行品の簡易除染

- 原則として住民本人による脱衣
- 手袋とマスクを着用
- 衣服の表を中に巻き込むように脱衣

携行品の簡易除染

- 水で濡らしたタオル等による拭き取り
- 所有者の希望があれば、本人が手袋をした上で、拭き取り



脱衣

衣服がOIL4超の場合は、原則として住民本人による脱衣を行ってまいります。その際、替えの衣服も予め用意しておきます。脱衣の際は、衣服や身体への放射性物質の拡大を防止する必要があります。そのため、簡易除染員から住民へ以下の説明と指導を行います。なお、自分で脱衣を行えない住民には、簡易除染員が手伝います。

- 手袋とマスクを着用します。
- 衣服の表を中に巻き込むように脱ぎます。
- 脱衣の際に皮膚に触れる場合は、テープ等で覆ってから脱衣します。

脱衣後、該当箇所の身体を確認検査し、測定の結果、OIL4超の場合は、次の簡易除染を行います。

なお、放射性物質の付着がごく一部分に限られている場合は、拭き取ることもできます。

拭き取り

頭髪や皮膚がOIL4超の場合は、原則として住民本人によるウェットティッシュ等を用いた拭き取りを行ってまいります。

簡易除染員から住民へ以下の説明と指導を行います。なお、自分で拭き取りが行えない住民には、簡易除染員が手伝います。

- 手袋(手の簡易除染時は着用しません)とマスクを着用します。
- OIL4超の箇所の周囲から中心に向かって拭き取ります。
- 1枚のウェットティッシュ等で何度も繰り返して拭き取らないようにします。

- ・ 1度拭き取りに使ったウェットティッシュ等は所定の容器等へ入れます。
- ・ アルコールにアレルギーのある住民には、水でぬらしたガーゼ、布等を使います。

1回の簡易除染でOIL4超の場合は、2回を目安に簡易除染を行い、確認検査を行います。

流水の利用

流水を利用する場合は、原則として住民本人に洗い流してもらいます。簡易除染員から住民へ以下の説明と指導を行います。なお、自分で行えない住民には、簡易除染員が手伝います。

- ・ 目や口に水が入らないようにします。
- ・ 頭髪がOIL4超の場合は、洗髪します。
- ・ 傷がある場合には、傷口に水がかからないよう、絆創膏で保護するなどして行います。なお、創傷の程度によっては、医療処置を優先します。

携行品は、水で濡らしたタオル等で拭き取ります。所有者の希望があれば、本人が手袋をした上で、拭き取りをしてもらうこともできます。

簡易除染の効果の確認方法は、「確認検査」に準じて行います。1回の簡易除染でOIL4超の場合は、2回を目安に簡易除染を行い、確認検査を行います。

OIL4以下にならなかった場合の処置

- 車両
 - 車両の所有者氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録
 - 当該車両に対する取扱いについては、例えば、検査場所が避難所等に近接している場合は、検査場所に一時保管（駐車）して徒歩で移動
 - 避難所等から離れている場合は、一時保管後、バス等の代替え交通手段で移動
- 住民等
 - 住民の氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録
 - 当該住民に対しては、追加の除染を行う必要があるため、検査結果を記載した書面を渡すとともに、OIL4以下でない部位をタオル等で覆うなどして拡散防止処置を施した上で、除染処置について専門的な知識及び技能を有する機関まで移動
- 衣服、携行品
 - 脱衣した衣服、携行物品は、ポリ袋に入れて封をし、所有者氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録
 - 封をしたまま避難所まで持参、廃棄処分、検査場所で一時保管のいずれか

<車両>

車両の所有者氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録します。

当該車両に対する取扱いについては、例えば、検査場所が避難所等に近接している場合は、検査場所に一時保管(駐車)して徒歩で移動することが考えられます。一方、避難所等から離れている場合は、一時保管後、バス等の代替え交通手段で移動することも考えられます。

<住民等>

住民の氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録します。

当該住民に対しては、追加の除染を行う必要があるため、検査結果を記載した書面を渡すとともに、OIL4超の部位をタオル等で覆うなどして拡散防止処置を施した上で、除染処置について専門的な知識及び技能を有する機関まで移動をお願いします。

<衣類、携行物品>

脱衣した衣服、携行物品は、ポリ袋に入れて封をし、所有者氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録します。その後の取り扱いは、(イ) 封をしたまま避難所等まで持参、(ロ) 廃棄処分（住民が所有権を放棄した場合）、(ハ) 検査場所で一時保管します。

汚染物等の取扱い



簡易除染で発生したタオルやウェットティッシュ等の汚染物（所有者が所有権を放棄した携行物品を含む）は、「汚染」と表記したポリ袋に入れ、一般の廃棄物と分別



流水を利用した場合等の廃水の処理については、「汚染」と表記したドラム缶やポリ容器等に封入

17

簡易除染で発生したタオルやウェットティッシュ等の汚染物（所有者が所有権を放棄した携行物品を含みます。）は、「汚染」と表記したポリ袋に入れ、一般の廃棄物と分別しておきます。なお、検査員等が使用したゴム手袋や防護服、マスク等も、汚染している可能性があるともみなし、同様に取り扱います。

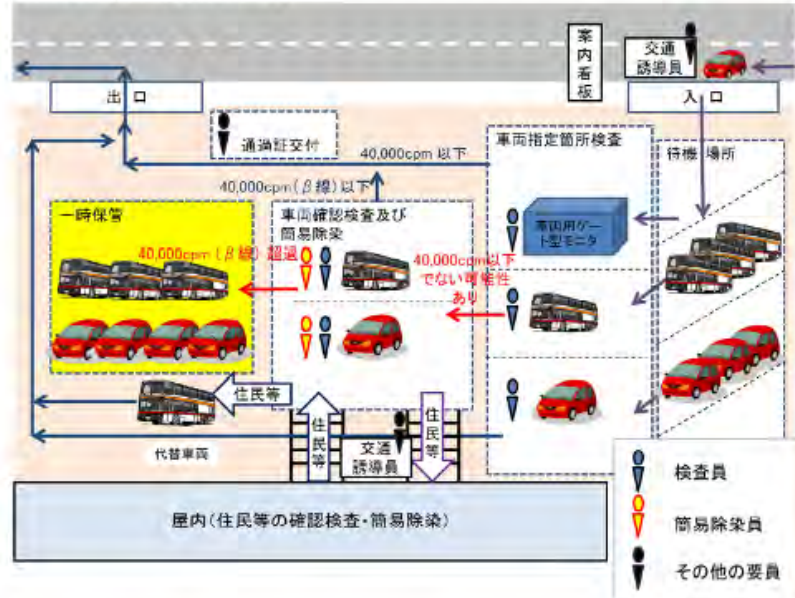
流水を利用した場合等の廃水の処理については、環境や一般の下水道へ排水することは適切でないため、「汚染」と表記したドラム缶やポリ容器等に封入し、一時的に貯留します。

これらの汚染物等は、計画に定めた保管場所に一時保管します。一時保管場所は、住民や要員の出入りの少ない場所とし、可能であれば、施錠できる場所であってコンクリート壁等に囲まれた、遮へい効果が期待できる場所を選びます。

汚染物等の引取りは、地方公共団体が、予め、国及び原子力事業者と協議の上、決めておく必要があります。

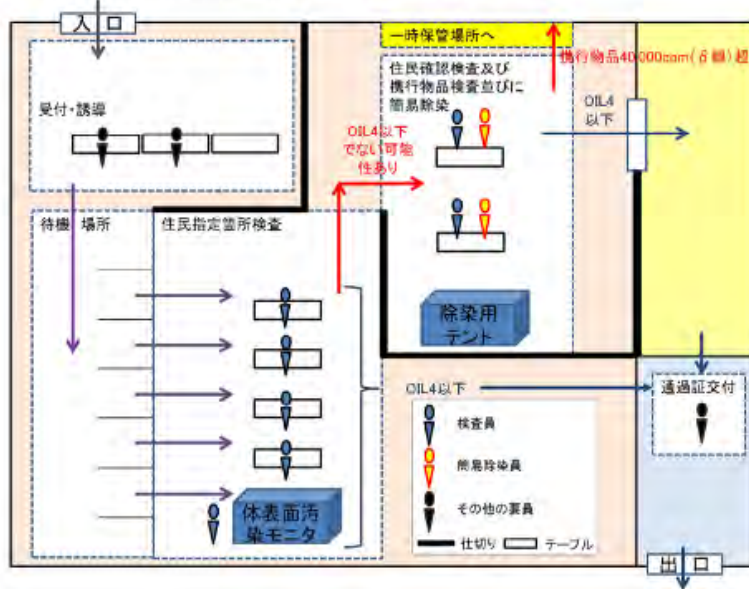
検査場所の例（屋外）

屋外の配置計画図、動線図の例



検査場所の例（屋内）

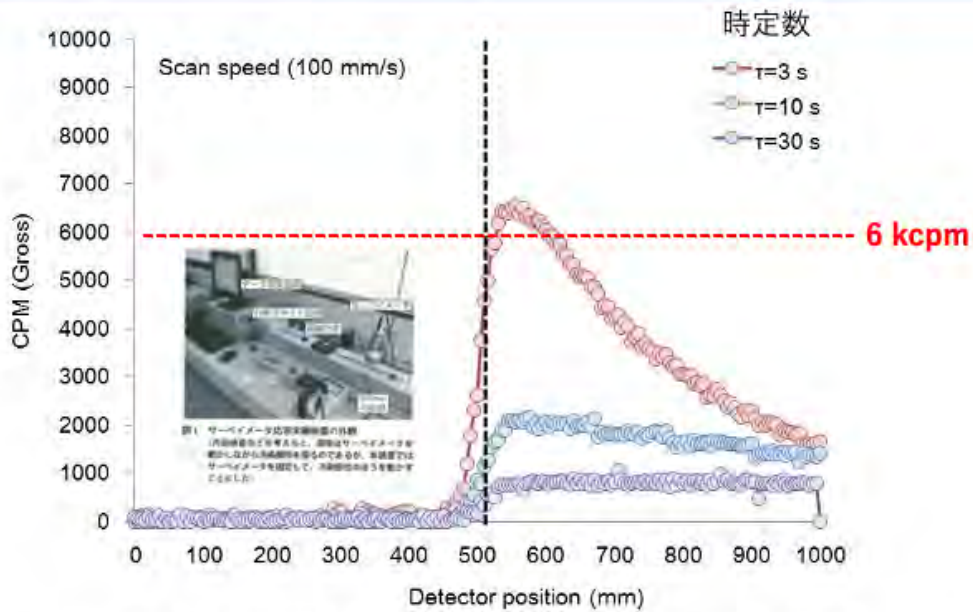
屋内の配置計画図、動線図の例(住民等の検査が必要となった場合)



まとめ

- 判断基準：OIL4（初期値40,000cpm）
- 体制：責任者、検査チーム、簡易除染チーム、交通誘導員他
- 資機材：個人防護装備、放射線測定器、養生資材、簡易除染用品
- 車両の検査（ワイパー、タイヤ）：6,000cpm以上→確認監査、簡易除染
- 住民の検査（頭部、手、靴）：6,000cpm以上→簡易除染、携行品検査
- 携行品検査（表面全面の検査、開封しない）：OIL4超→簡易除染
- 車両の簡易除染：濡らしたウエスで拭き取る
- 住民の簡易除染：表を中に巻き込む様に脱衣しポリ袋に入れる
- 携行物品の簡易除染：濡らしたウエスで拭き取る
- OIL4超の場合：氏名、連絡先、月日、検査結果を記録（保管、飛散防止）
- 汚染物の取扱い：ゴミ袋に「汚染」と記載し、一時保管

補足



スキャン速度に応じたGMサーベイメータの指示値の変動
 (コイン線源の1cm直上にプローブが静止状態にある場合の指示値は40000cpm)

白川, Isotope News 2007年3月号参考

線源と検出部の距離を10mmに固定して測定した際に40,000cpm (β 線)に相当する計数率が得られる場合、この線源に対し、時定数3秒、検出部入射面との高さを10mmに保ち、毎秒約10cmで水平移動させて測定できる計数率の最大値は6,000cpm以上となります(白川芳幸「サーベイメータの適切な使用のための応答実験」『ISOTOPE NEWS』第635号, 2007年3月, 19-24頁を参照)。

避難と屋内退避の支援

原子力災害医療 基礎研修

原子力災害基礎-8

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

Ver.201912

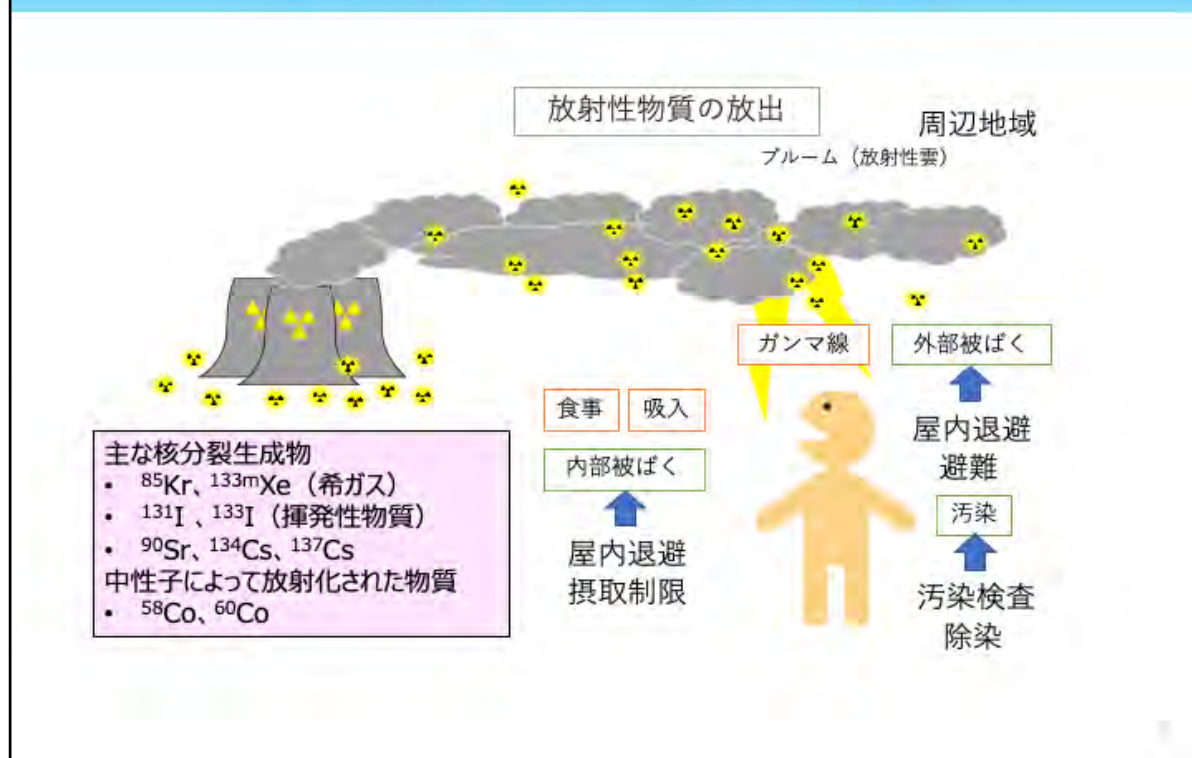
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- 原子力発電所事故での影響
- 原子力災害時の防護措置
- 原子力発電所事故時の防護
- 防護措置の効果
- 屋内退避時の注意点
- 医療・福祉施設の避難
- 避難時の注意点
- 避難退域時検査
- 汚染検査
- 原子力災害時の病院避難
- 避難時の防護対策
- 車椅子の汚染検査
- 受け入れ先医療機関での対応
- 屋内退避・避難時のチェックリスト

原子力発電所事故での影響



原子力発電所では、ウランが核分裂して発生させる熱を発電に利用しています。この核分裂によって生じたものが核分裂生成物で、放射性物質を多く含んでいます。

原子力災害では、事故で燃料のペレットや被覆管が破損すると、大量の放射性物質が環境中に放出されます。

放出された気体状の放射性物質は、雲のような状態で大気中を流れます。このプルームから降ってきた放射性物質が地表に沈着したり、野菜などの食物に取り込まれます。そこで、プルームが通過した地域にいと汚染したり、プルームからのガンマ線による外部被ばくをしたり、吸入や食事から内部被ばくをしたりします。このため、原子力施設周辺の住民等に対する放射線の重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するための防護措置を講じる必要があります。

原子力災害時の防護措置

	主体	PAZ	UPZ	UPZ外
警戒事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 施設敷地緊急事態要避難者の避難準備 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 	<ul style="list-style-type: none"> 施設敷地緊急事態要避難者の避難準備への協力
	国	<ul style="list-style-type: none"> 施設敷地緊急事態要避難者の避難準備の指示 		<ul style="list-style-type: none"> 施設敷地緊急事態要避難者の避難準備への協力の要請
施設敷地緊急事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 施設敷地緊急事態要避難者の避難 住民避難の準備 安定ヨウ素剤の服用の準備 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 屋内退避の準備 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 施設敷地緊急事態要避難者の避難の受け入れ 住民の避難準備への協力
	国	<ul style="list-style-type: none"> 施設敷地緊急事態要避難者の避難の指示 住民避難の準備の指示 安定ヨウ素剤の服用の準備の指示 	<ul style="list-style-type: none"> 屋内退避の準備の指示 	<ul style="list-style-type: none"> 施設敷地緊急事態要避難者の避難の受け入れ要請 住民の避難の準備への協力の要請
全面緊急事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 住民避難 住民等への安定ヨウ素剤の服用の指示 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 屋内退避 安定ヨウ素剤の服用の準備 防護措置基準に基づく防護措置への対応 	<ul style="list-style-type: none"> 住民への情報伝達 住民避難の受け入れ 安定ヨウ素剤の服用の準備 防護措置基準に基づく防護措置への対応
	国	<ul style="list-style-type: none"> 住民避難の指示 地方公共団体への安定ヨウ素剤の服用の指示 	<ul style="list-style-type: none"> 屋内退避の指示 安定ヨウ素剤の服用の準備の指示 防護措置基準に基づく防護措置への対応 	<ul style="list-style-type: none"> 住民避難の受け入れ要請 安定ヨウ素剤の服用の準備の指示 防護措置基準に基づく防護措置への対応

原子力発電所の事故が発生した場合、防護措置が開始されます。

緊急時活動レベル（EAL）に基づいた防護措置の考え方

予防的防護措置を準備する区域（PAZ）においては、確定的影響を回避するために、警戒事態において、施設敷地緊急事態要避難者の避難準備を行い、施設敷地緊急事態において、施設敷地緊急事態要避難者の避難、住民避難の準備及び安定ヨウ素剤の服用の準備を行い、全面緊急事態にいたった場合は、住民避難及び安定ヨウ素剤の服用されます。

また、緊急時防護措置を準備する区域（UPZ）においては、確率的影響のリスクを低減するために、施設敷地緊急事態において、屋内退避の準備を行い、全面緊急事態において、屋内退避及び安定ヨウ素剤の服用の準備を行います。放射性物質の放出後、UPZ及びUPZ外においては、OILに基づいて、防護措置が実施されます。

PAZの医療機関は施設敷地緊急事態で、避難を開始することになります。

施設敷地緊急事態要避難者

避難の実施に通常以上の時間がかかり、かつ、避難によって健康リスクが高くなる要配慮者等（傷病者、入院患者、高齢者、障害者、外国人、乳幼児、妊産婦その他の災害時に援護を必要とする者をいう。）、安定ヨウ素剤を事前配布されていない者及び安定ヨウ素剤の服用が不適切な者のうち、施設敷地緊急事態において早期の避難等の防護措置の実施が必要な者をいいます。

原子力発電所の事故時の防護



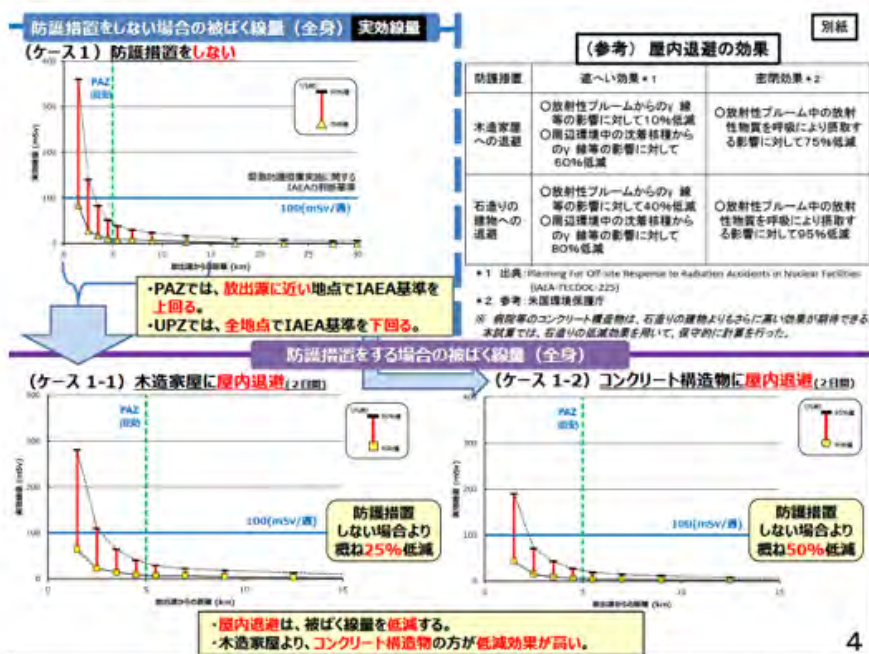
放射性物質が環境中に放出された場合、大気中あるいは地表の放射性物質からのガンマ線によって外部被ばくします。屋内に滞在した場合は、建物の壁や屋根によって放射線を遮ることができ、被ばく線量を低減できます。建物は木造建屋よりもコンクリート建屋の方が放射線の遮へい効果があります。

また、窓や扉を閉めることで、大気中の放射性物質が建物の中に入ってくることを防ぎ、放射性物質の吸入を防ぐことによって内部被ばくの防護ができます。

原子力災害が起こった時の防護の基本は、屋内退避と避難です。これらの行動の基準は、原子力災害対策指針（原子力規制委員会）に定められており、国や地方公共団体によって指示されます。医療機関や介護福祉施設等の避難に支援が必要な機関では、地域防災計画等によって定められている屋内退避や避難をします。

原子力災害時には、空間線量率が毎時500マイクロシーベルトを超えた地域は、直ちに避難をします。また、毎時20マイクロシーベルトを超えた地域は、1週間を目処に一時移転します。これらは、防護措置の実施を判断する基準として運用上の介入レベル(OIL)として設定されています。

防護措置の効果（全身の被ばく線量）



出典：緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）
 平成26年5月28日 原子力規制委員会

屋内退避の防護効果を示します。ここでは、セシウム137が100テラベクレル、その他核種がセシウム137と同じ割合で換算された量、さらに希ガス類が全量、環境中に放出されるような仮想的な事故を想定しています。

防護措置をしない場合に比べて、屋内退避は被ばく線量を低減することができます。さらに木造家屋より、コンクリート構造物の方が被ばく線量の低減効果は高いです。

このように、一時的には、屋内退避による防護効果が期待できるため、PAZでは、予防的な避難を行うことによって、かえって健康リスクが高まるような要配慮者については、無理な避難を行わず、屋内退避を行うとともに、適切に安定ヨウ素剤を服用することが合理的です。

病院等のコンクリート建物に対して放射線防護機能を付加することで、より一層の低減効果を期待できます。

避難勧告・避難指示、屋内退避が長期に及ぶと予想される場合は、避難に切り替えることが必要です。

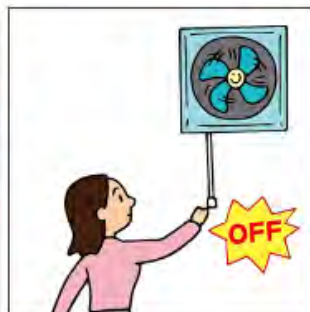
出典：緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案） 平成26年5月28日 原子力規制委員会

屋内退避時の注意点

窓を閉める



換気扇を止める



冷暖房器具
を止める。



空調を止める。



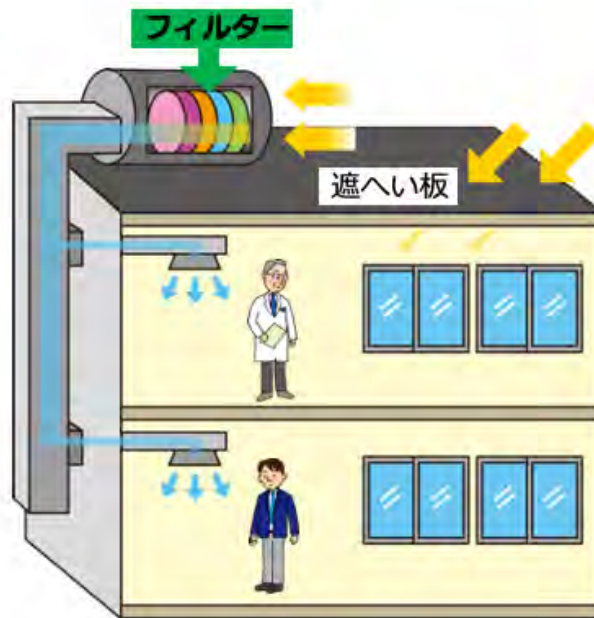
屋内退避が指示されたときの注意事項は、外気を取り入れないことがポイントです。

- ・窓や扉を閉める。
- ・換気扇を止める。（空気の流れを止める。）
- ・冷暖房器具を止める。
ただし、家庭用のエアコンなど外気を取り入れない（熱交換だけを行う物）は、使用することができます。
- ・大きな建物などに設置されている、換気装置を止める。

その他

- ・テレビ、ラジオ、防災無線、広報車等から、正確な最新の情報を入手します。
- ・外から建物の中に入るとき、手洗い等を行います。
- ・食品を汚染させないように、食品をタッパ、ラップ、冷蔵庫等に保管します。
- ・避難、一時移転の防護措置が指示された場合に備えて、避難の際に持ち出す物品を準備します。

屋内退避時の注意点



避難や一時移転を実施した方が良いが、避難により健康リスクが高まる災害時要配慮者（傷病者、入院患者、高齢者、障害者、外国人、乳幼児、妊産婦等）等、実施が困難な場合、国及び地方公共団体の指示により屋内退避が実施されます。その際、一般的に遮へい効果や建家の気密性が比較的高いコンクリート建屋への屋内退避が有効です。さらに、空気の清浄装置や遮へい材の設置も考慮されます。

特に、屋内退避を実施している期間は、食料、医薬品及び日常生活の必需品等支援を受ける必要があるため、事前に市町村や道府県等の関係機関と十分調整し、実効性のある計画を策定する必要があります。

原子力緊急事態が発生した場合は、道府県や市町村の災害対策本部と連絡を密にし、上記の支援物資の提供や放射線防護について留意し、必要な情報の提供を絶えず受けます。情報が提供されない場合は、退避者側から取りに行くことも大切です。

医療・福祉施設の避難

- 施設内にいた患者、職員は基本的に汚染されていない。
- 放射性物質の放出後に外出した職員あるいは外から来た家族等は汚染の可能性がある。
- 放射線防護の観点から、汚染検査よりも迅速な避難が優先される。



病院や福祉施設において、屋内退避から避難に防護措置が切り替わったときは、避難者に医師や看護師が同行します。

医師や看護師は、避難先へ避難者に関する情報をできるだけ早い段階に提供することも必要です。

防災計画として、避難先と受け入れの調整を事前に実施しておくことが推奨されます。

避難時の注意点



戸締まりを忘れずにする。



近所の人に避難するよう声をかける。



皮膚を出さない服装をする。



常用薬、お薬手帳は必ず携行する。



元栓を閉め、ブレーカーを忘れずに落とす。

原子力災害が起こった時の防護の基本は、屋内退避と避難です。避難の時には、放射性物質が、万が一、環境中に放出された場合の対策も必要です。

外部被ばくの対策として、屋外の滞在時間をなるべく短くします。避難する場合には、車やバスなどを使用します。

内部被ばくの対策として、放射性物質を吸入しないようにマスクを使用します。マスクがない場合は、ハンカチなどで口を覆と放射性物質の吸入が少なくなります。

汚染の対策として、帽子、手袋、コートなどの長袖の衣類を一枚多く着用します。これは、汚染が髪や皮膚に付着することを防ぎ、汚染した場合には脱衣することで放射性物質を取り除くことができます。

避難する際には、戸締まりをして、電気のブレーカーを落とし、ガス・水道の元栓を閉め、近所の人に声をかけることも必要です。

医療・衛生関係では、常用薬、お薬手帳、粉ミルク、紙おむつなどは忘れずに必ず携行しましょう。

避難退域時検査



避難時の検査

避難時に汚染していないことを確認するために、避難退域時検査が行われます。特に、避難の初期は迅速性が重んじられ、避難車両の検査が中心に行われ、検査結果がOILの基準を超えている場合は、除染が実施されます。

汚染検査



GMサーベイメーターを使用して、体表面の放射性物質の付着の有無を調べます。これを汚染検査と言います。
測定器のプロブを体表面から1 cmほど離して、毎秒5～6 cm動かしながら検査します。



頭からつま先まで腹側と背側の両方を検査します。靴底も忘れずに検査します。



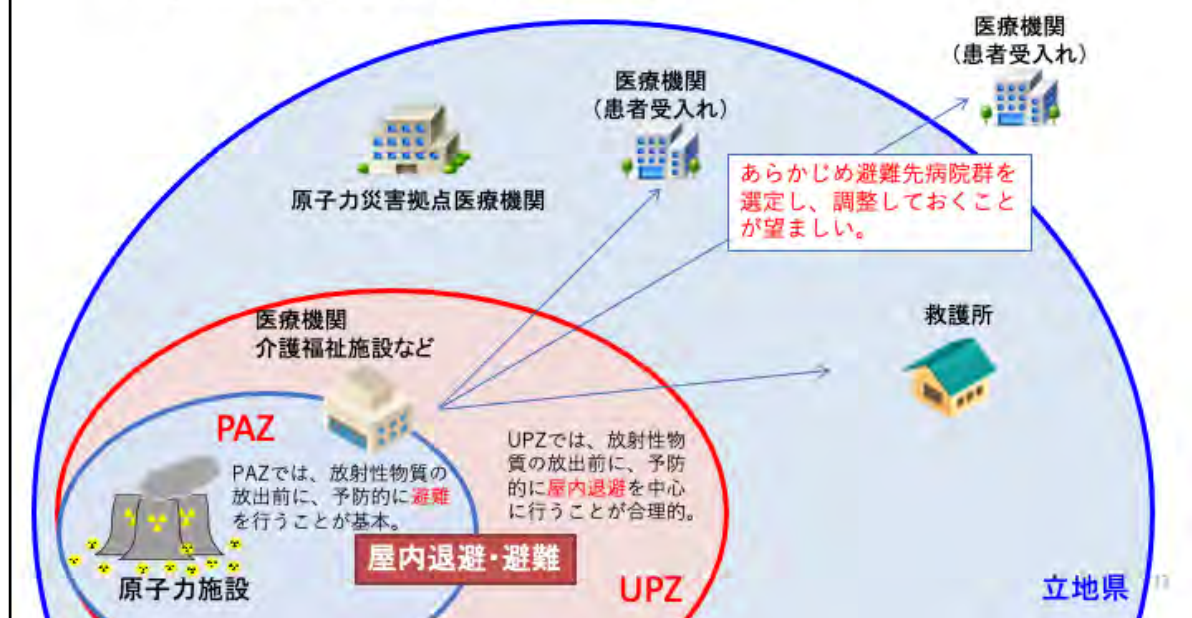
車椅子やストレッチャーに乗っている場合も、全身の汚染検査をできる限り実施します。

汚染検査には、GMサーベイメーターなどの表面汚染計を使用します。人の汚染検査の場合、手や靴底の汚染検査が重要で、手指の汚染は内部被ばくの可能性を示唆し、靴底の汚染は、歩行した範囲の汚染を示唆します。

ストレッチャーや車椅子での避難時にもできる限り汚染検査を実施します。

原子力災害時の病院避難

地元自治体からの指示に基づき、屋内退避、避難を行う。
搬送手段は、原則地元自治体が確保する。



入院患者は、施設敷地緊急事態要避難者であることから、PAZに立地する医療機関や介護福祉施設などは、施設敷地緊急事態となった時点で避難を開始することになります。また、避難先の選定には時間を要するため、平時にあらかじめ避難先病院群を選定し、調整しておくことが望ましいです。

搬送手段は、原則地元自治体が確保することになります。

避難時の防護対策

- 避難時の外部被ばくの対策
 - 屋外の滞在時間を短くする
 - 車やバスなどを利用する
- 避難時の内部被ばく対策
 - マスク、ハンカチ
- 避難時の汚染対策
 - 帽子
 - 手袋
 - コートなどの長袖の洋服



ストレッチャー等での搬送時には、使い捨てのシーツを上からかけておくと、毛布や衣服の汚染防止になる。



避難時の服装
汚染した場合は、帽子、マスク、上着、手袋を脱ぐ。

医療・福祉施設の避難時にも、外部被ばく、内部被ばくの防護対策が必要です。これらの防護対策は入院患者も病院職員なども同じです。ストレッチャーでの搬送時には、使い捨てのシーツを上からかけておくと、毛布や衣服の汚染防止になります。

車椅子の汚染検査



15

車椅子を使用している避難者の汚染検査は、車椅子に乗ったまま行うか、車椅子から移動できる場合は、別の椅子や車椅子に移動してから汚染検査を行います。

車椅子を養生する場合は、車輪の養生は難しく、汚染が付着します。そのため、汚染がある区域から汚染がない区域へ移動する場合は、車椅子を変えることで汚染拡大防止ができます。また、移動中に手や衣類が車輪に触れないように注意が必要です。

ストレッチャーでの搬送の場合も同様です。

受入れ先医療機関での対応

- 基本的に、放射性物質が環境中に放出される前に避難が開始されるので、汚染されている可能性は小さい。
- そのため、受け入れ医療機関での安全確保、汚染対策は基本的に不要である。
 - 対応者の安全確保
 - 汚染検査と除染の対応者は個人線量計、防護装備を準備する。
 - 被ばく対策：空間線量計と個人線量計による管理
 - 汚染対策：防護装備
 - 施設の受入れ準備
 - 汚染対策
 - 汚染が院内に広がらないように汚染検査、除染のエリアを設置する。
 - 受入れ
 - 汚染検査と除染（必要な場合）を行なったのち、汚染のない区域へ移動する。

医療・福祉施設等の避難の場合、入院患者や高齢者にとって長距離の避難は負担となります。また、屋内に滞在していたのち、車両での避難である場合は、身体表面の汚染はほとんどないことが予想されます。そのため、受け入れ先の医療機関等では、汚染検査に時間をかけることで、避難してきた入院患者や高齢者等の負担を増幅することがないようにすべきです。

避難者の汚染が想定される場合には、汚染検査を実施し、必要に応じて除染します。

まとめ

- 原子力災害時の防護措置はEAL及びOILを組み合わせる実施
- 避難は、放射線・放射性物質から遠ざかることによって防護
- 屋内退避は、建物の気密性や遮へい効果を利用して防護
- 屋内退避の注意点
 - 扉・窓を閉める
 - 換気扇を止める
 - 正確で最新の情報の入手
 - 避難等を実施すべき際の屋内退避
 - 支援を確実に受けられる体制の整備
- 避難時の注意点
 - 皮膚を出さない服装
 - 戸締まりやガスの元栓等を閉める
 - 避難退域時検査
 - 救護所
- 原子力災害時の医療機関の避難では、あらかじめ避難先病院群を選定し、調整しておくことが望ましい。

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

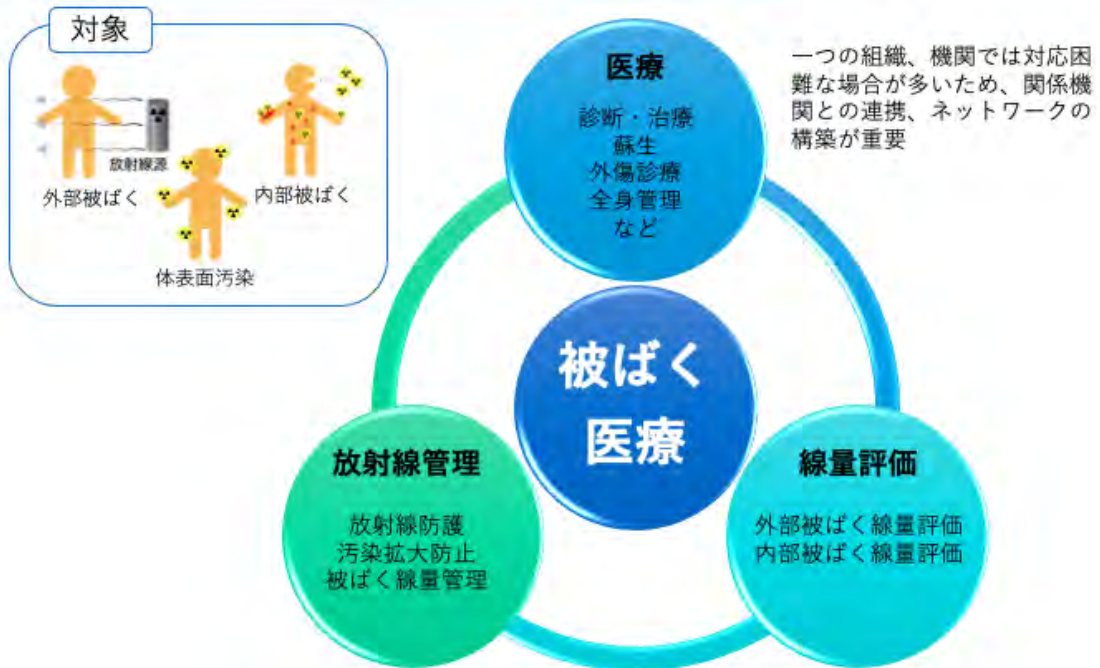
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

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

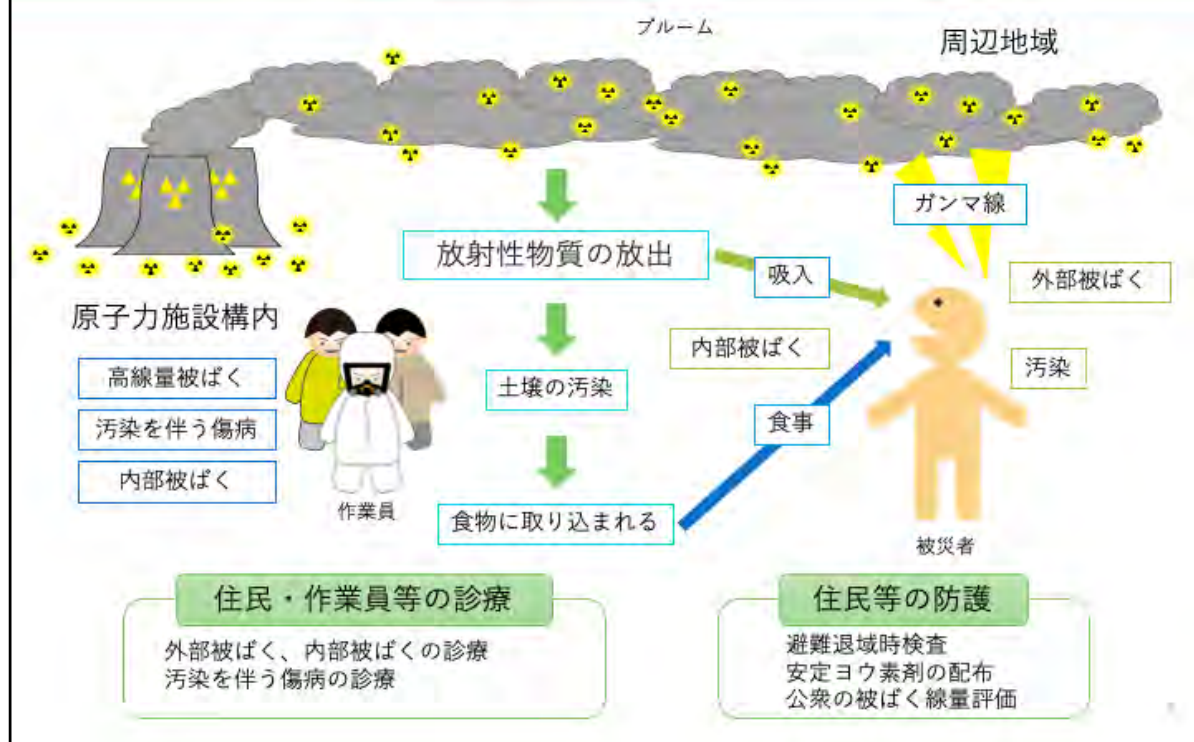
被ばく医療



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

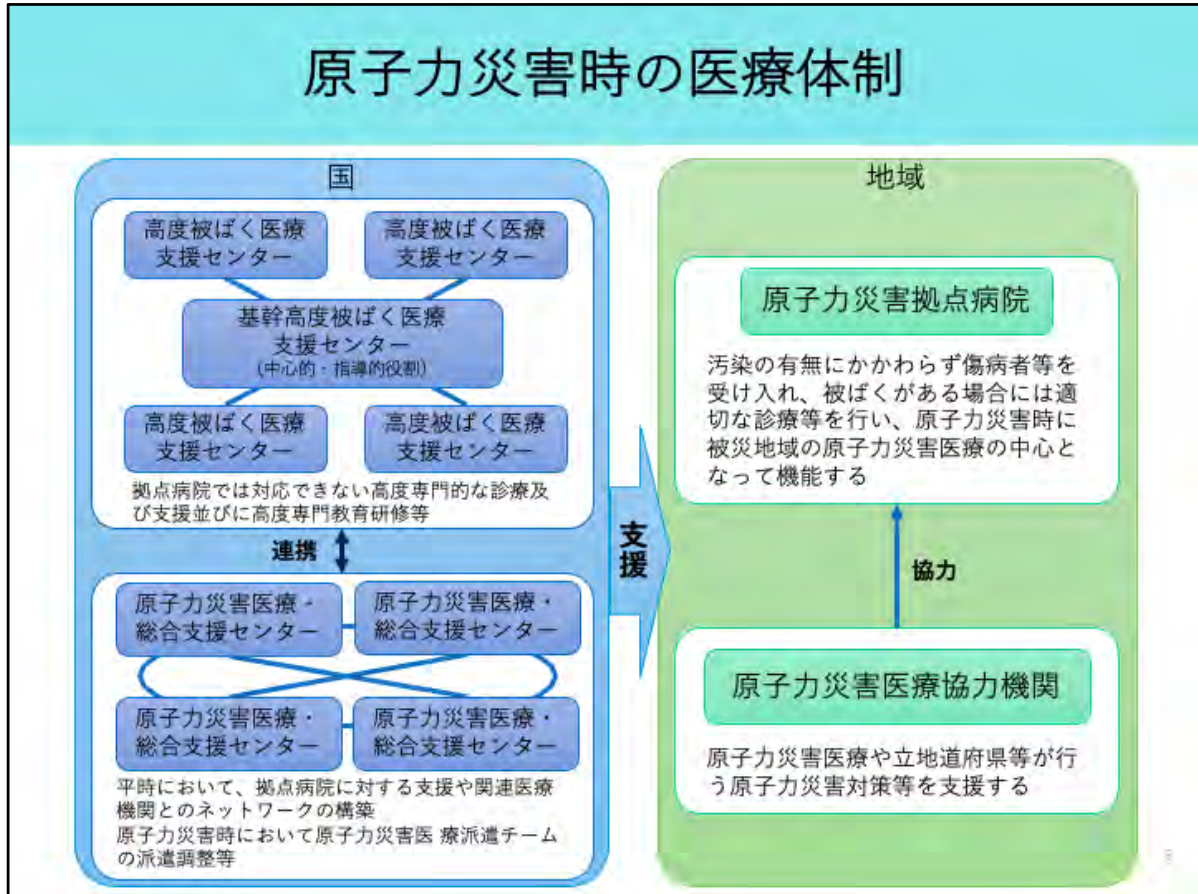
災害（地震、火災、津波、豪雨水害・豪雪、火山噴火、または航空機事故などの大規模な事故）により、対応する側の医療能力を上回るほど多数の医療対象者が発生した際に行われる、災害時の急性期・初期医療

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

被ばく医療の診療の準備

- ❖ 被ばく医療のマニュアル等の整備
- ❖ 人材；被ばく医療に関する研修・訓練を受けた人材の確保
 - ◇ 教育、研修、訓練
 - ◇ 被ばく医療チーム（医療機関での受入れ）
 - ◆ チームリーダー；被ばく医療に精通していること
 - ◆ 医師
 - ◆ 看護師
 - ◆ 診療放射線技師
 - ◆ 臨床検査技師
 - ◆ 薬剤師
 - ◆ ロジスティック
- ❖ 施設；被ばく医療の診療の場所、資機材の保管場所を確保
 - ◇ 汚染がある傷病者の対応が可能な除染室、処置室、入院病室等の設定
 - ◇ 動線の確認；汚染と非汚染が交差しないように設定
- ❖ 資機材；通常の診療で使用する医療機材に加え、以下のものを準備
 - ◇ 個人防護装備（PPE）
 - ◇ 養生用資機材；汚染拡大防止のための資機材
 - ◇ 除染用資機材
 - ◇ 放射線測定器
 - ◇ 試料採取用資材；染色体分析やバイオアッセイなどの試料採取用
 - ◇ 災害時の通信機器；衛星電話、衛星回線など

必要な種類、個数を
確認、保管

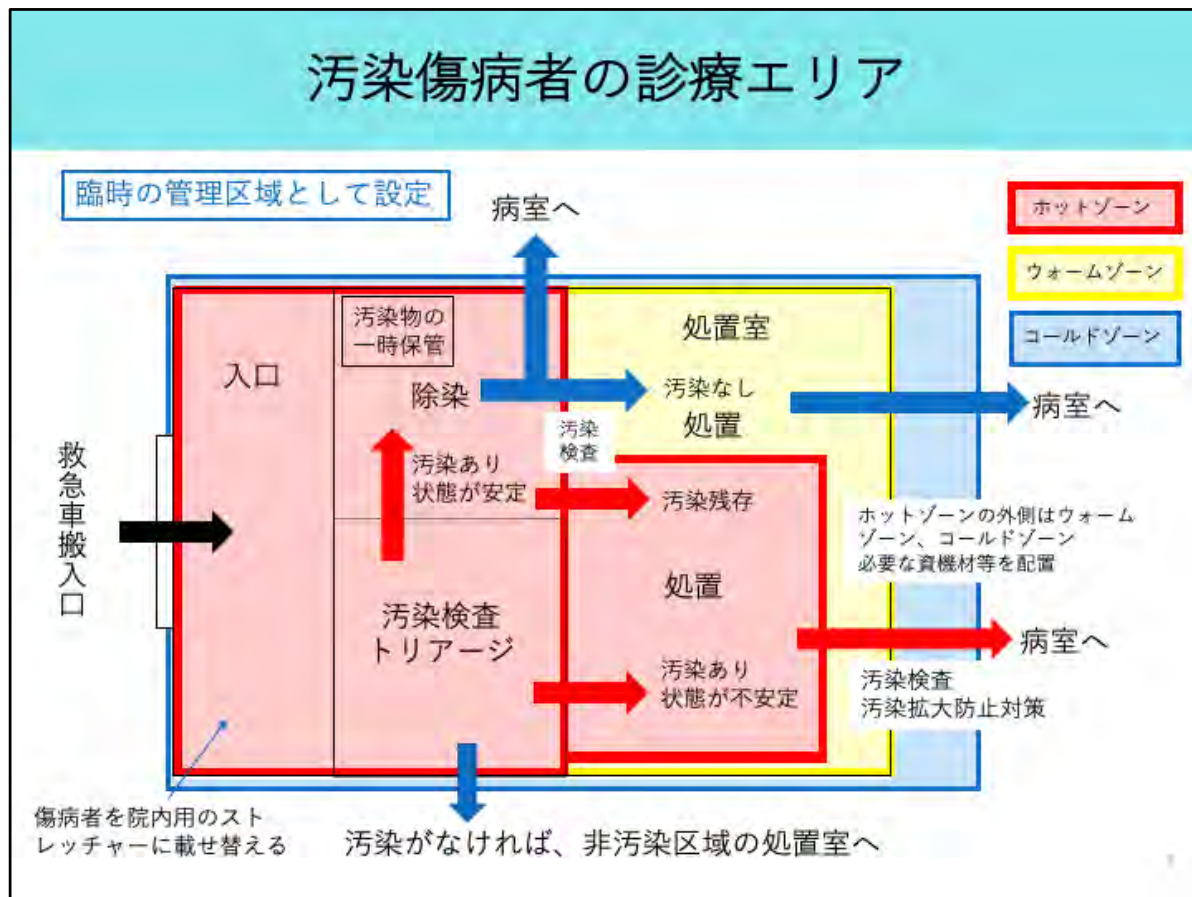
放射線障害あるいは放射性物質による汚染のある傷病者の診療をするには、準備が必要です。

まず、医療機関や地域の実情に合わせた被ばく医療のマニュアル等を整備します。マニュアル等を作成したら実効性のある体制を確保するため、教育、研修、訓練等を実施して人材育成するとともに、マニュアルの実効性も検証します。

被ばく医療の診療の場所や資機材の保管場所の確保も必要です。汚染がある傷病者の対応が可能な除染室、処置室、入院病室等を予め設定しておきます。また、汚染がある傷病者と汚染がない傷病者が交差しないように動線も確認しておきます。

通常の診療で使用する医療機材に加え、個人防護装備、養生用資機材、除染用資機材、放射線測定器、試料採取用資材、災害時の通信機器等を準備します。資機材は、必要な種類、個数を確認し、保管します。

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



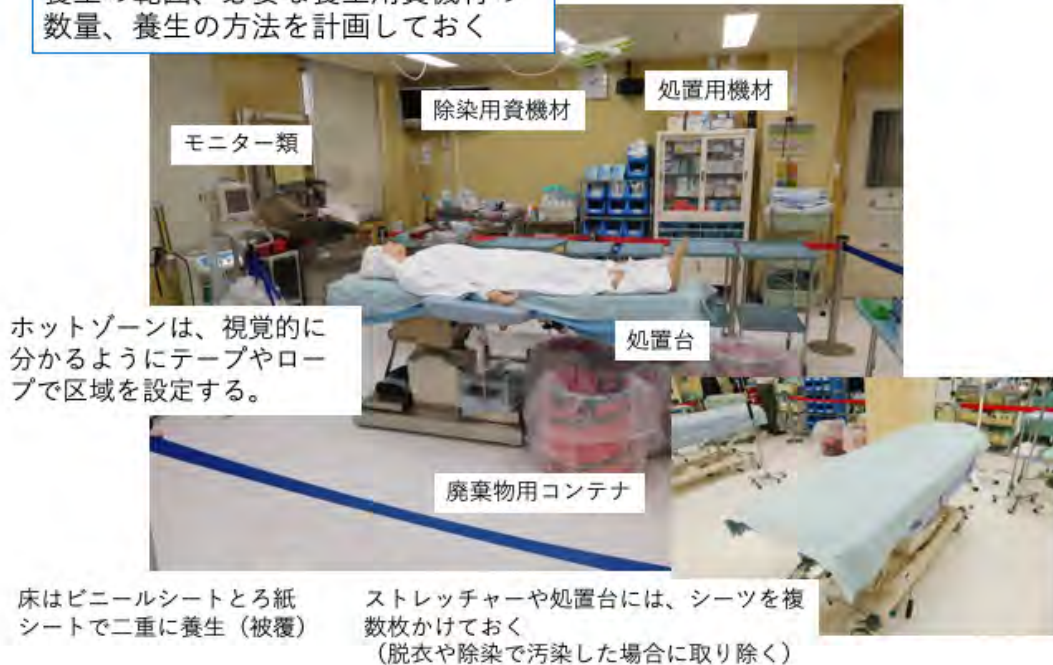
個人防護装備は、基本的にディスポのものを使用します。

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



❖ 超音波診断装置



❖ 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



使い捨て鑷子



ガーゼ類



膿盆
使い捨てケリーパッド 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

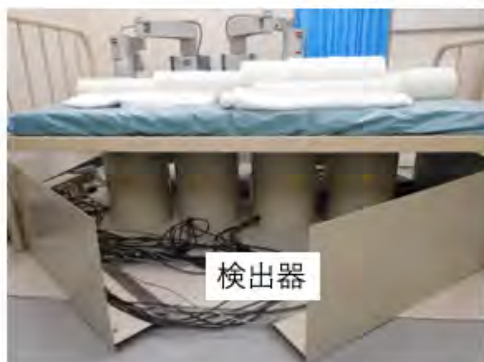


デジタル式の場合、活
動後に被ばく線量の確
認がすぐに出来る

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の実施して、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:)		汚染物	
	衣服()		所持物品()	
	その他()			
採取日時	年	月	日	時 分
汚染検査結果	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

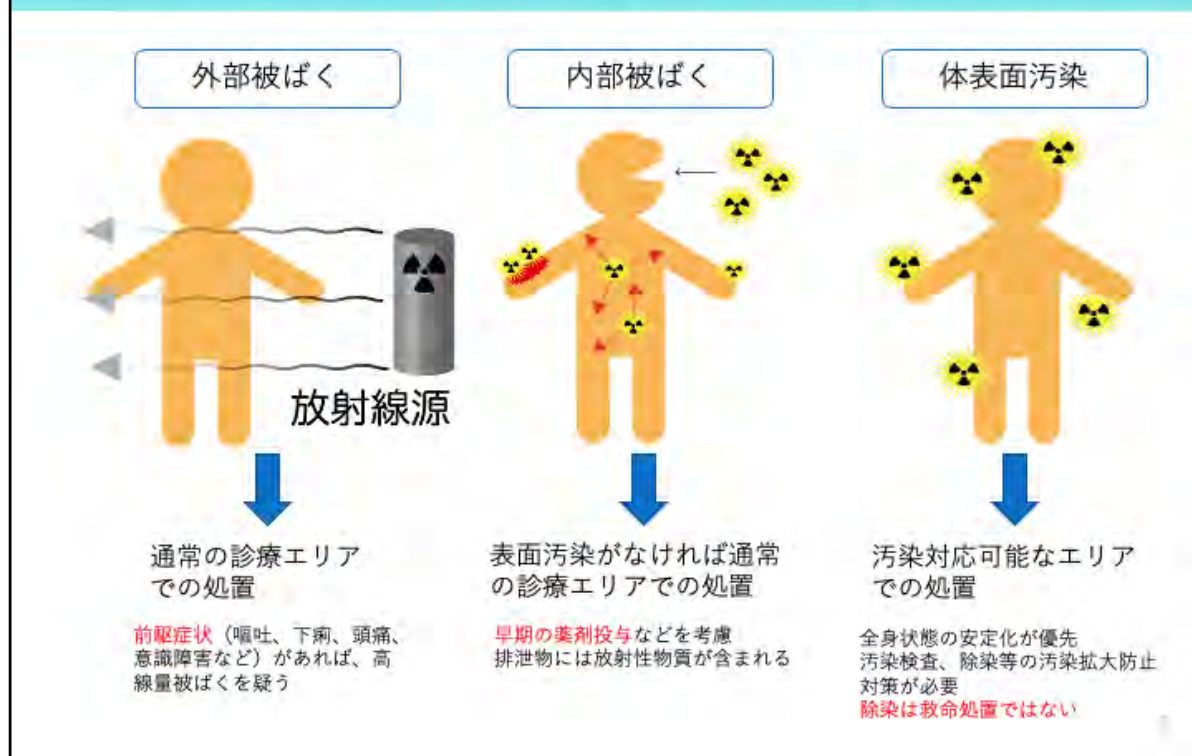
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

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。

外部被ばくのみの場合は、通常の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、通常の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

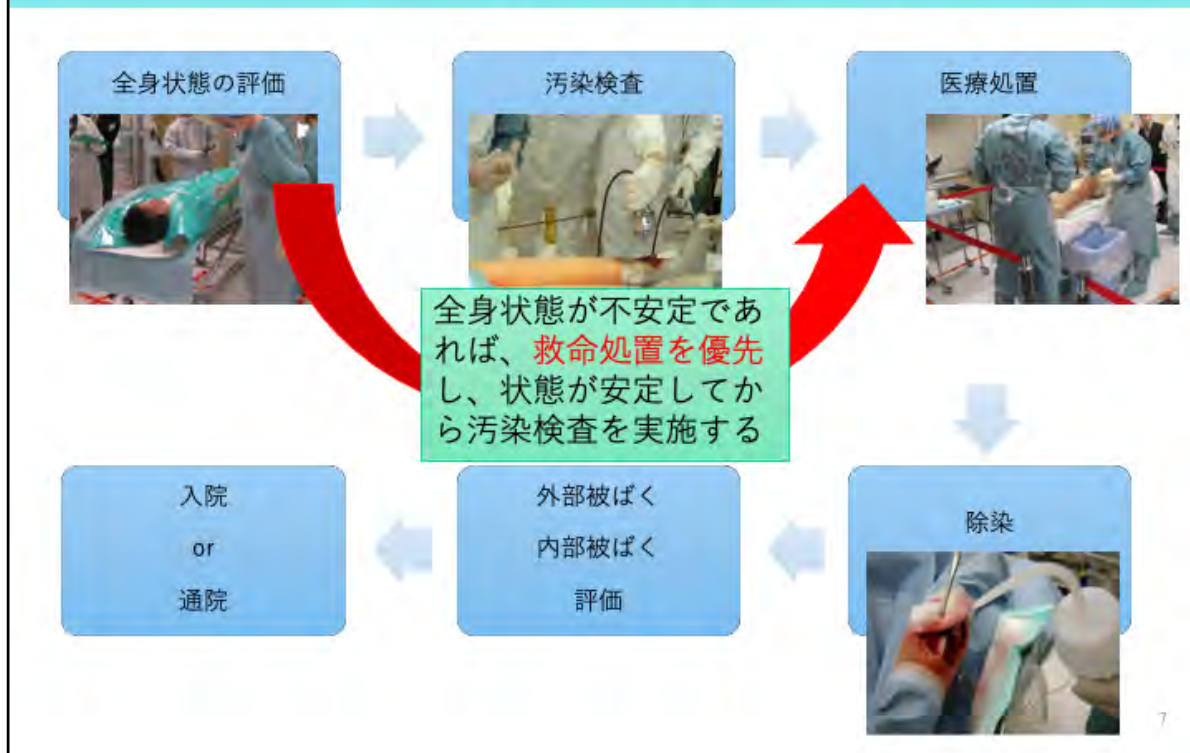


原子力災害時の対応者の安全確保としては、外部被ばく対策として、空間線量計による活動場所の測定を行い、個人被ばく線量計を装着します。

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

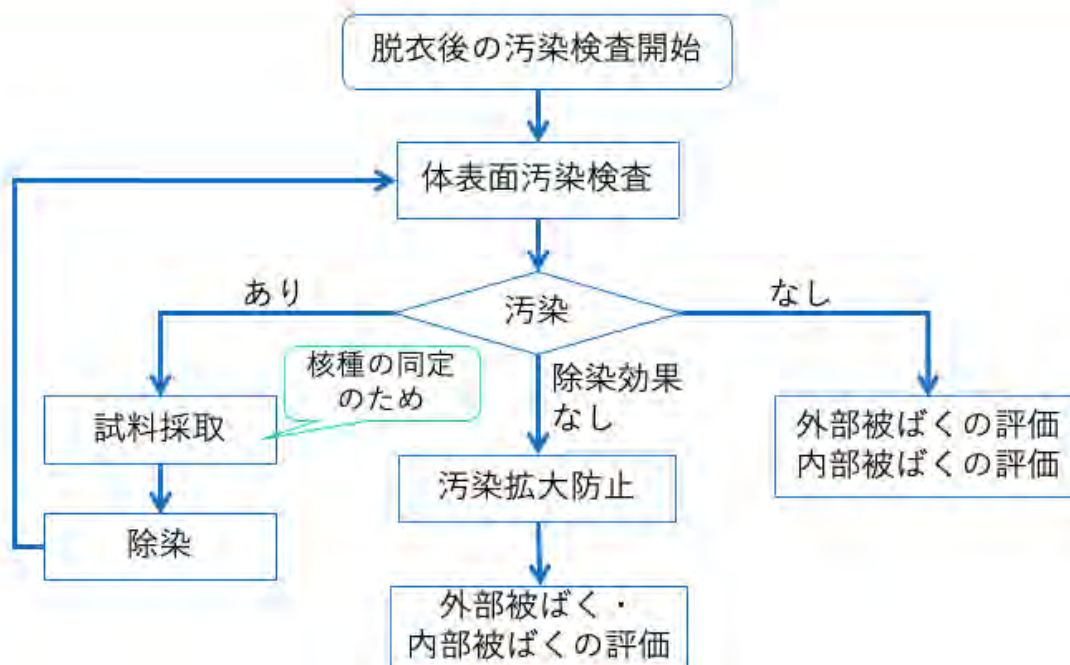
被ばく医療の初期診療としては、バイタルサインの確認により、被ばく医療の重篤な状態を評価し、処置、治療を行います。

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。濡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

The form is titled "記録" (Record) and is used for documenting radiation exposure incidents. It includes the following sections:

- Header:** Fields for name, sex, age, and date of birth.
- Flowchart:** A central flowchart with three main colored sections:
 - Red Section (Top Left):** Focuses on initial assessment and decision points regarding the severity of symptoms.
 - Yellow Section (Middle Left):** Details the examination process, including physical and laboratory tests.
 - Green Section (Top Right):** Focuses on the final assessment and decision points regarding the need for further treatment or observation.
- Body Diagrams:** Three human figures (front, side, and back views) for marking the location and extent of radiation exposure.
- Checkboxes and Text Boxes:** Numerous fields for recording specific symptoms (e.g., skin, eye, respiratory), examination results, and treatment administered.
- Footer:** Fields for the recorder's name and date.

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も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

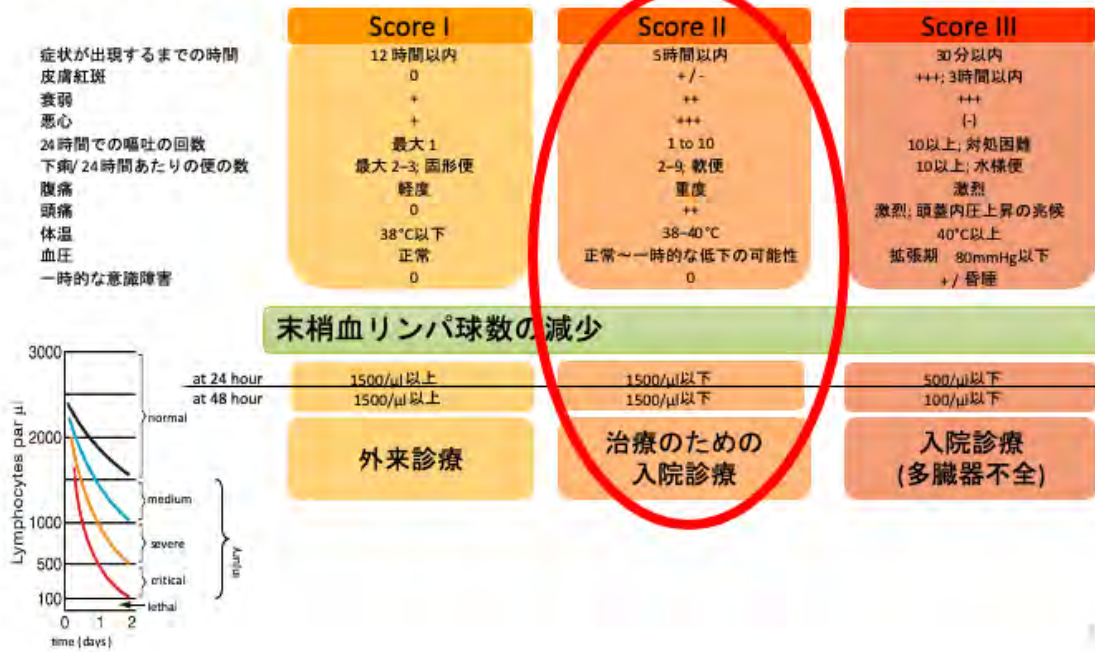
- ❖ 放射線の関与が不明な場合
 - ◇ 原因不明の嘔吐、発熱、下痢、頭痛、意識障害、唾液腺の腫脹、疼痛があれば、発症時期、1～2週間の生活歴、仕事内容などの問診
 - ◇ 手指や胸腹部、臀部、四肢に浮腫、紅斑、脱毛、落屑、水疱形成、潰瘍形成、壊死などの皮膚変化の診察
 - ◇ 血液検査の変化
 - ◇ 臨床症状が顕在化するまで慎重な観察と検査の繰り返し

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。

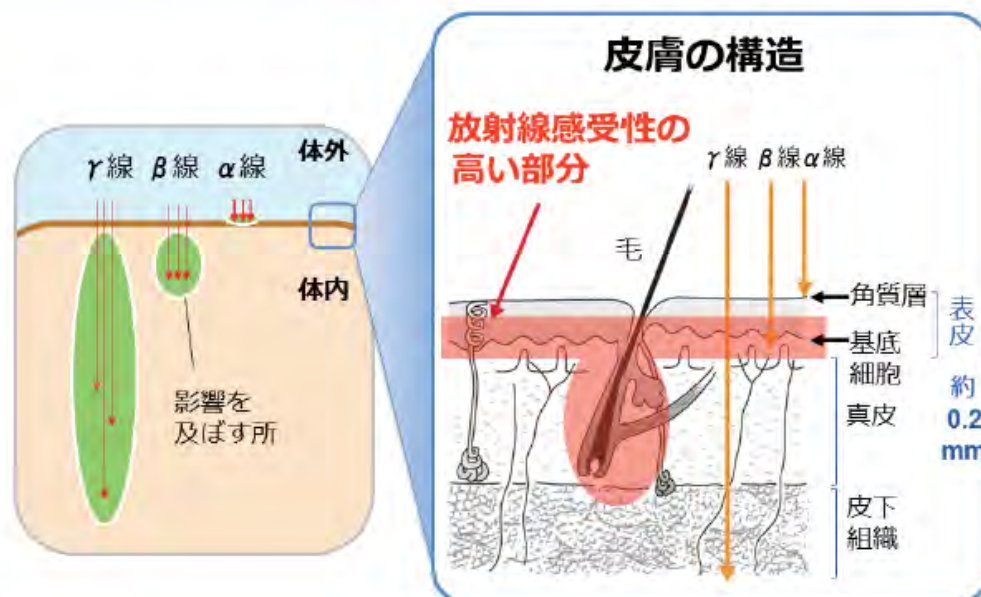
複合障害 (combined radiation injuries)

- ❖ 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週後以内に出現します。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

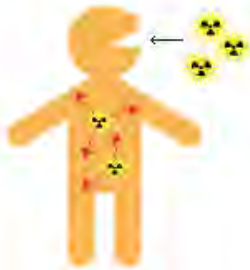
20Gy以上の高線量を被ばくすると受傷から3～4週からIII度熱傷相当の全層にわたる乾酪壊死、壊死の皮膚障害を呈します。前述の症状が出現せずに徐々に皮膚構造が崩れ始め、表皮が剥離し、真皮が露出します。潰瘍層ができ、血流に乏しく、出血は認められません。2～3ヶ月以上治癒傾向がないものは、植皮手術の対象となります。しかし、皮下脂肪や筋層の損傷もおこっており、壊死組織の切除深度や四肢の切断の適応の判断は難しいです。

- 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

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、 Fe ₄ [Fe(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

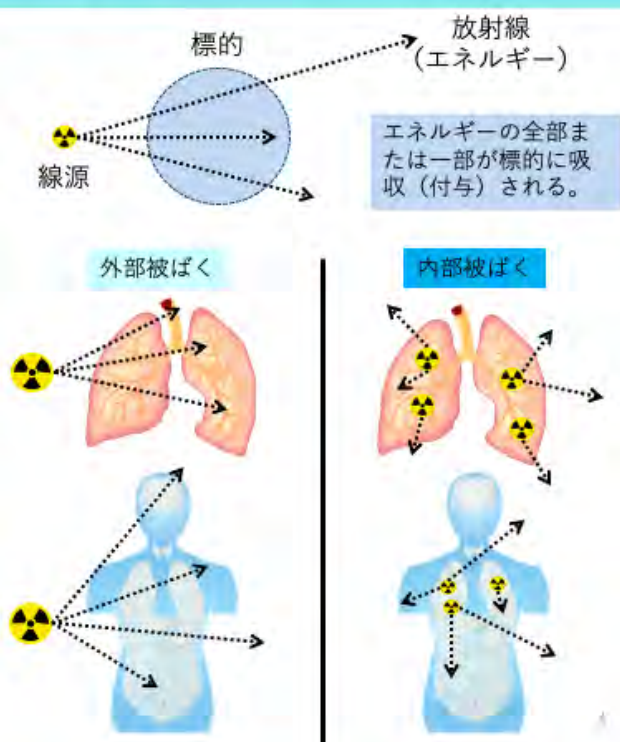
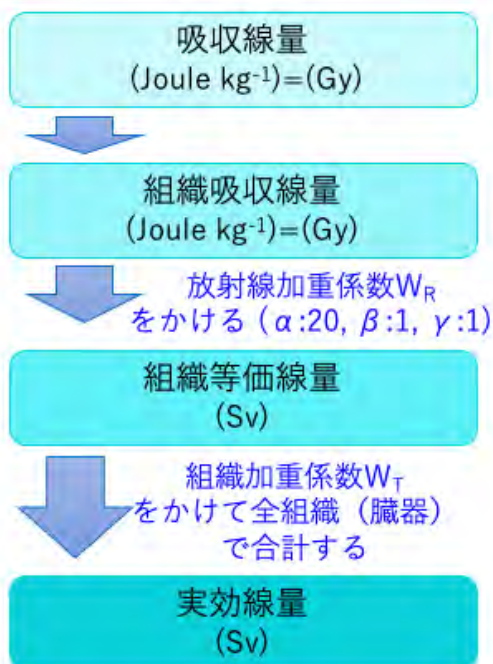
	試料・資料	対象	内容
生体試料の測定・観察 放射線の影響による変化の観察、測定	血液	血球細胞数の変化	リンパ球、好中球の減少など
		染色体異常の解析	放射線による染色体異常の発現頻度
	身体所見	唾液腺の腫脹、疼痛、口腔粘膜の症状等	高線量被ばくによる前駆症状
		皮膚症状の出現	紅斑や放射線皮膚障害の症状
	スワブ	鼻腔や口腔粘膜のスワブ	汚染の有無による内部被ばくの可能性と推定
	血液、嘔吐物等	生体内のナトリウム、塩素の放射化から計測	中性子線による放射化の分析
歯のエナメル質	生体組織に生じるラジカルを測定	電子スピン共鳴(Electron Spin Resonance; ESR)	
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

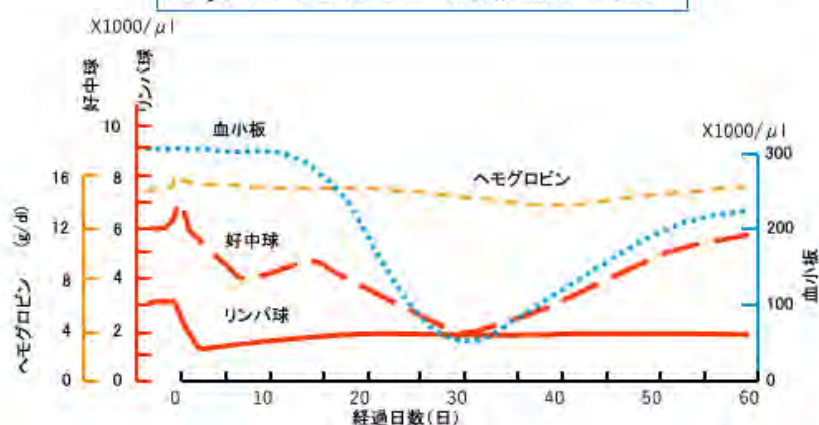


物質が吸収するエネルギーによる影響は、放射線の種類やエネルギーによって異なることが知られています。この放射線の種類やエネルギーによる影響の違い（放射線荷重係数）を考慮して、各組織・臓器への影響を評価した線量が等価線量です。各組織・臓器は、受けた等価線量が同じでも、その臓器により影響の現れ方（感受性）が異なります。各組織・臓器の等価線量にこの影響の現れ方の違い（組織荷重係数）を加味して全身について合計したものが実効線量です。

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



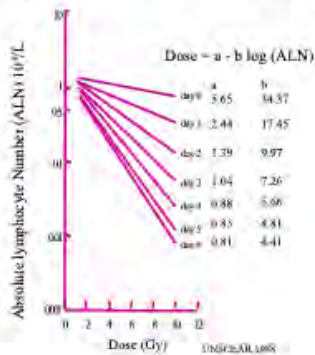
末梢血の血球による被ばく線量評価は、容易であり、侵襲の度合いの低い被ばく線量評価となります。これは、全身の平均線量を評価できます。血球数の推移による評価や染色体異常の分析による線量評価があります。2 Gyの被ばくをした場合の末梢血の血球数の推移を図に示しています。

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。

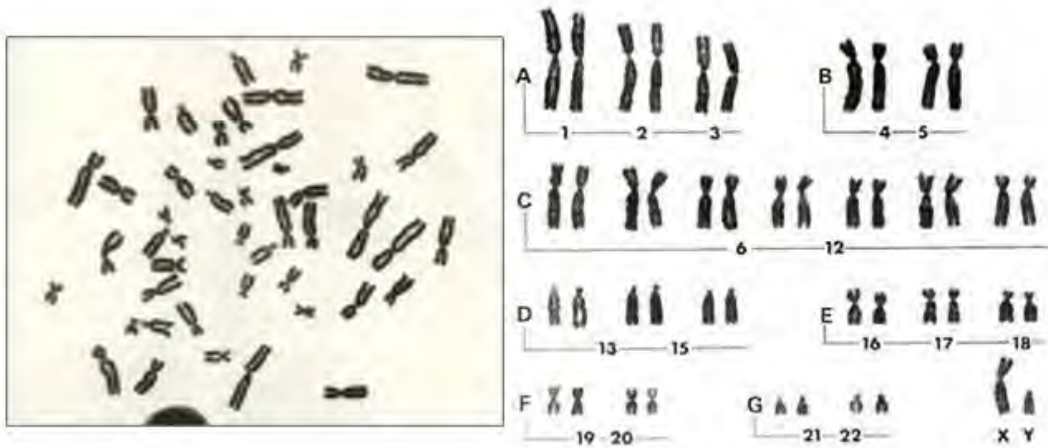
血球数の推移による線量推定の目安を表に示しています。高線量被ばくが疑われる場合は、4～8時間ごとに末梢リンパ球数を評価し、その推移によって被ばく線量を推定します。

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

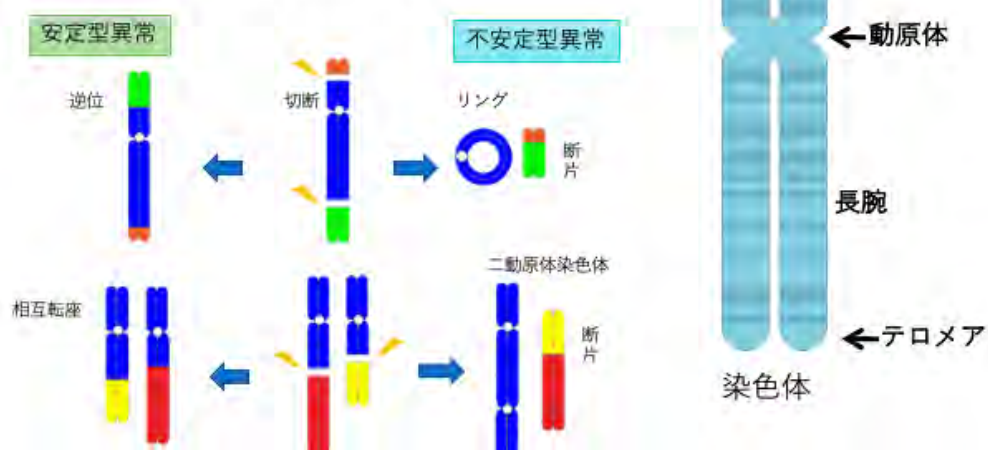


DNAはヌクレオチドという分子が長く繋がった糸状の分子で、そのほとんどが細胞の核の中にあります。DNAは核の中では、ヒストンというタンパク質に巻きついた形で存在し、これをクロマチン構造と言います。クロマチンが最大限に凝縮されたものがM期に見られる中期染色体です。

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



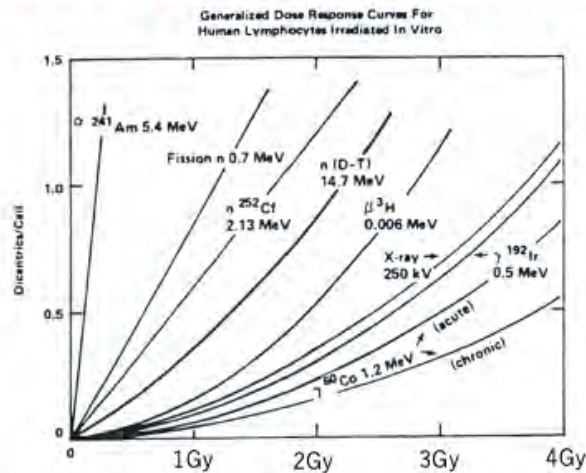
放射線により被ばくすると染色体異常が起こります。放射線によって染色体が切断され、切断面同士が再度接着するときに、染色体異常が起こります。染色体異常の頻度と線量との関係が分かっていると、染色体異常の頻度から被ばく線量を推定することができます。

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

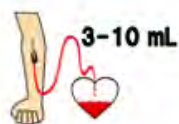
予め細胞のin vitro照射実験で検量線を作製しておけば、放射線被ばくを受けた人の染色体異常頻度から線量評価ができる。

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

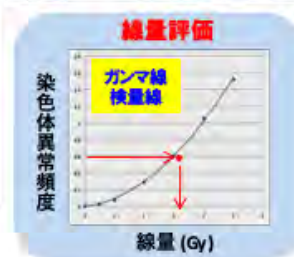
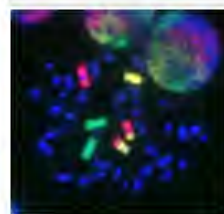
染色体異常頻度にもとづく線量評価



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

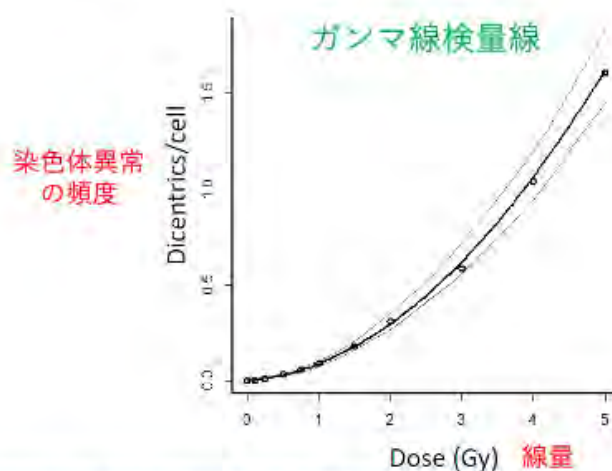


染色体分析用の採血後、リンパ球を分離し、48時間培養します。その後、細胞を回収し、標本を作成します。顕微鏡画像解析システムによる染色体分析を行い、異常の頻度に基づく線量評価を実施します。この手順は、国際標準の手順があります。

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

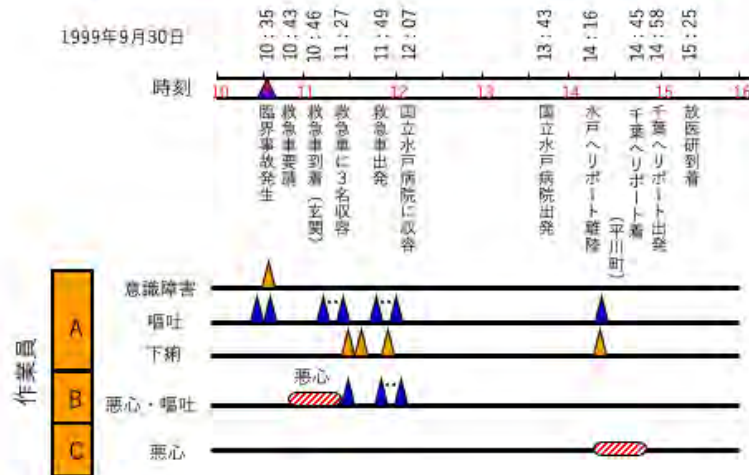
臨床症状からの被ばく線量の推定としては、急性放射線症(ARS)の前駆症状の重篤度と発症時期による推定があります。

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。

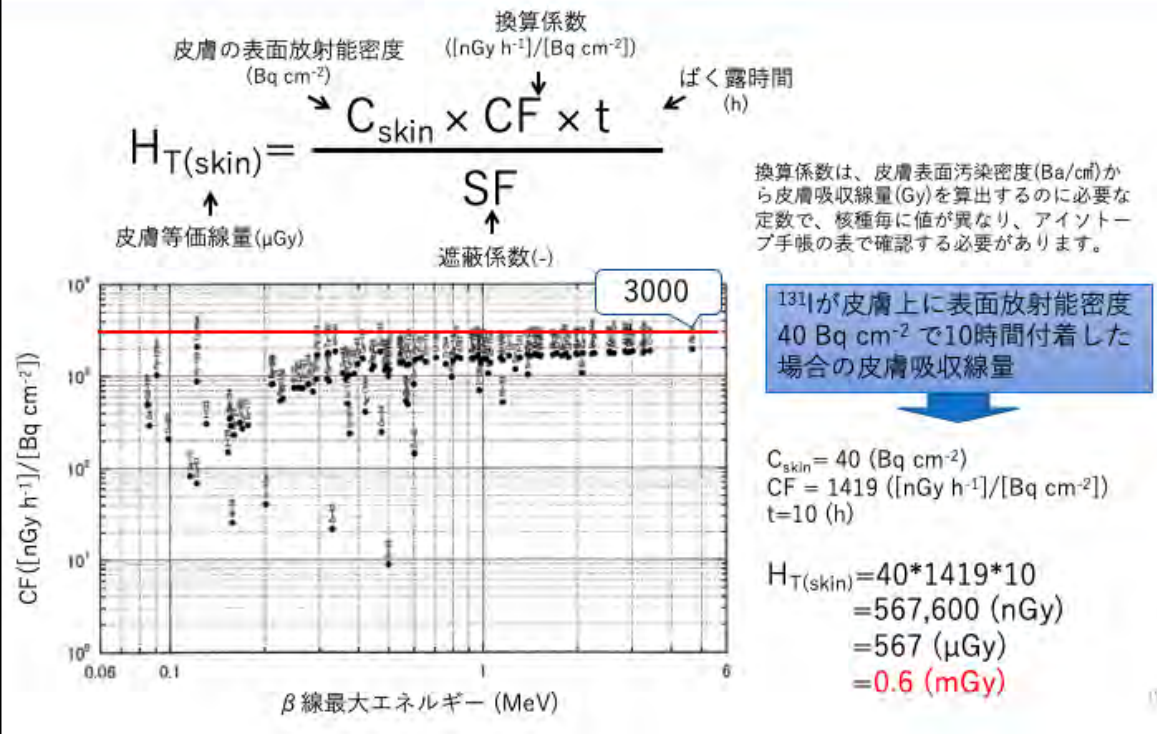
外部被ばく線量率定数

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

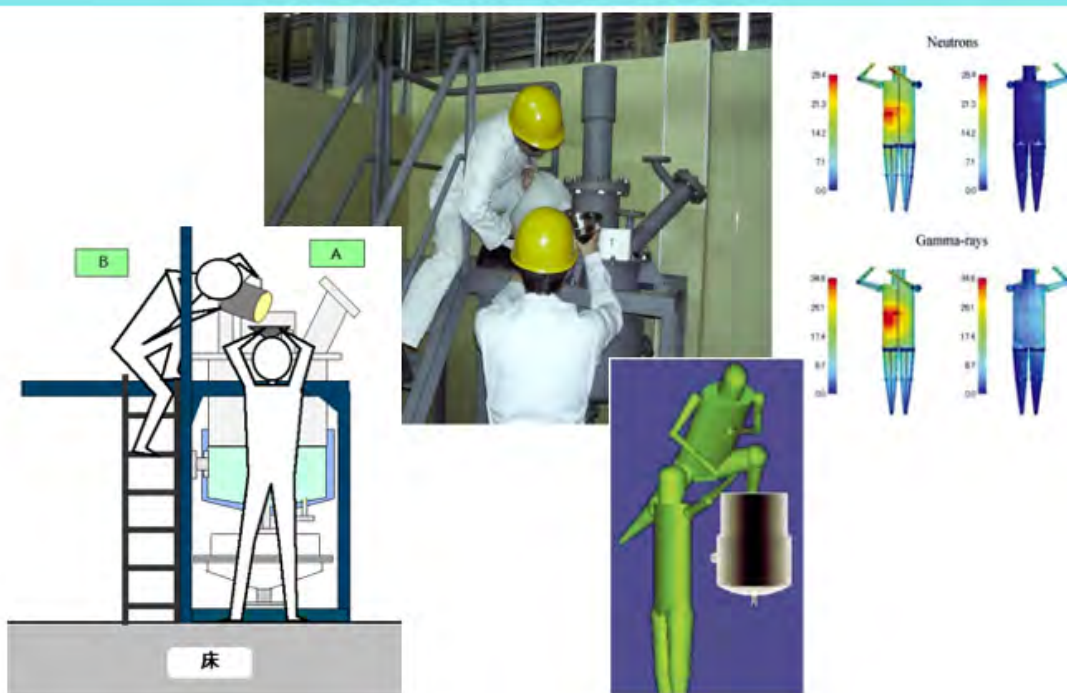
皮膚線量の計算



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)

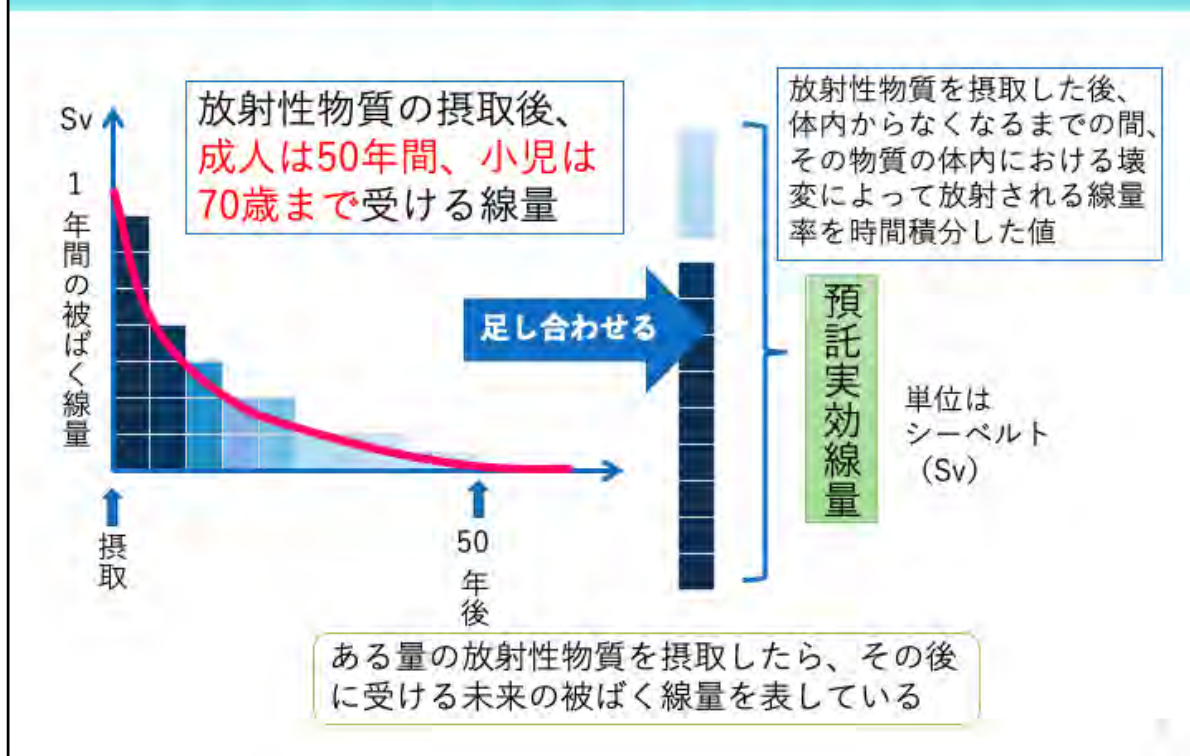
↑
後で説明

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)

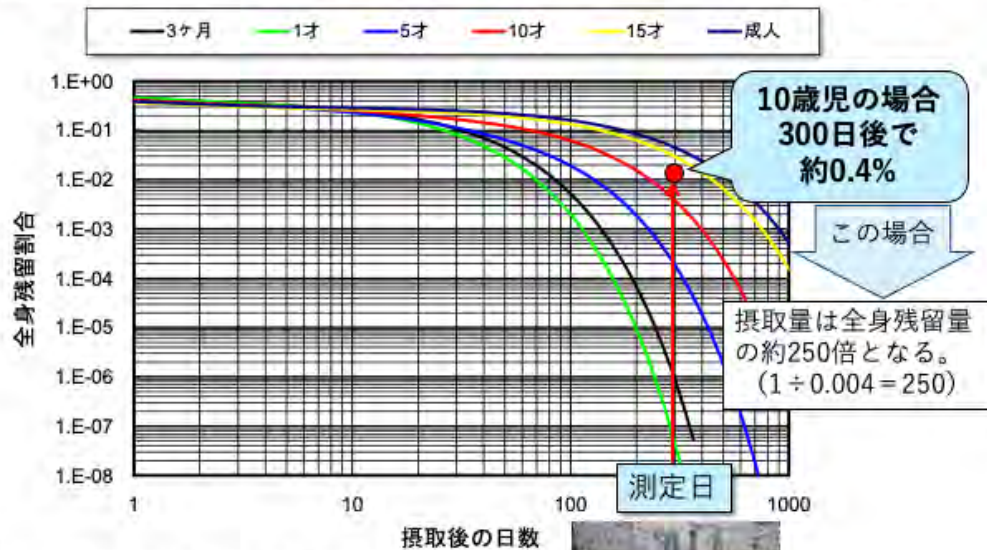
放射能定量

(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 $1\ \mu\text{m}$ ）



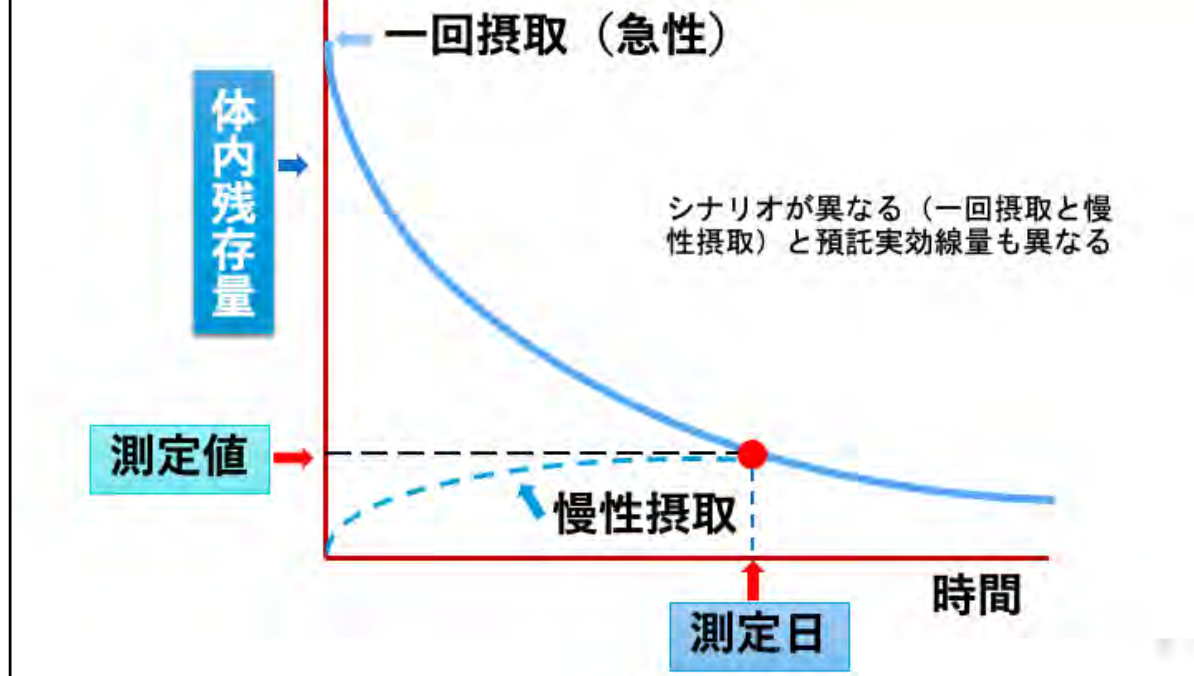
摂取量は全身残留量の約250倍となる。
($1 \div 0.004 = 250$)



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関係を表す係数（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。

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

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



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関係を表す係数です。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):
- 公衆による吸入摂取 (Public inhalation intake):
- 作業による経口摂取 (Worker oral intake):
- 公衆による経口摂取 (Public oral intake):
- AMAD (年齢/タイプ) (AMAD (Age/Type)): 5 ミクロン(デフォルト)
- AMAD (粒径) (AMAD (Particle Size)): 5 ミクロン(デフォルト)
- 吸収のタイプ (Absorption Type): タイプS
- AMAD・年齢/タイプ・粒径 (AMAD・Age/Type・Particle Size): 酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硝酸塩
- 計測量 (Measurement): 全身残留量
- 放射能 (Activity): 1000000 Bq

Calculation Results:

- 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, displaying **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

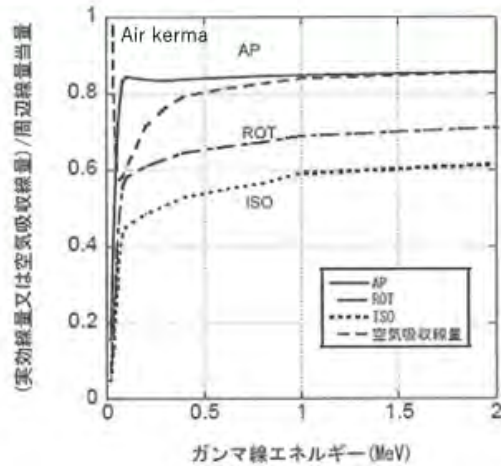
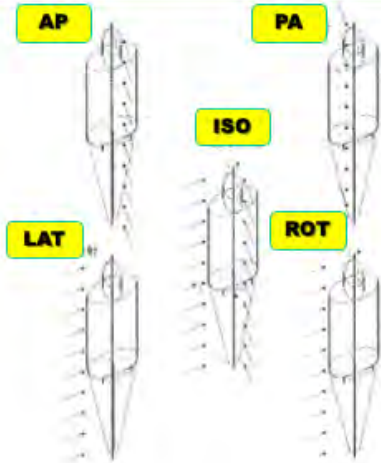
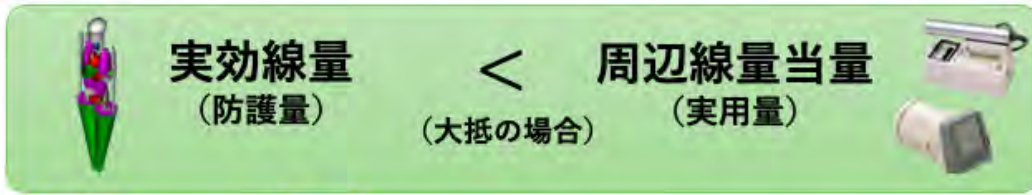
- ❖ 被ばく線量評価は、治療方針、予後の推定等に重要である。
- ❖ 被ばく線量評価は、治療方針・予後の推定等に必要であり、様々な方法を用いて実施し、総合的に判断する。
- ❖ 外部被ばく線量計算: $Bq \rightarrow Sv$ 実効線量率定数 [$\mu Sv m^2 MBq^{-1} h^{-1}$]
- ❖ 皮膚等価線量計算: $Bq/cm^2 \rightarrow Gy$ 換算係数 [$nGy h^{-1}/Bq cm^{-2}$]
- ❖ 内部被ばく線量計算: $Bq \rightarrow Sv$ 内部被ばく線量係数 [Sv/Bq]
- ❖ 急性摂取の残留割合(減衰率×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	9.6×10 ⁻⁹	7.1×10 ⁻⁹	0.1	3.4×10 ⁻⁹	W	8.0×10 ⁻⁹
	S	0.05	2.9×10 ⁻⁸	1.7×10 ⁻⁸	0.05	2.5×10 ⁻⁹	Y	4.1×10 ⁻⁸
¹⁰⁶ Ru	F	0.05	8.0×10 ⁻⁹	9.8×10 ⁻⁹	0.05	7.0×10 ⁻⁹	D	1.5×10 ⁻⁸
	M	0.05	2.6×10 ⁻⁸	1.7×10 ⁻⁸	-	-	W	2.5×10 ⁻⁸
	S	0.05	6.2×10 ⁻⁸	3.5×10 ⁻⁸	-	-	Y	1.2×10 ⁻⁷
¹³¹ I	F	1.0	7.6×10 ⁻⁹	1.1×10 ⁻⁸	1.0	2.2×10 ⁻⁸	D	8.8×10 ⁻⁹
	V	1.0	2.0×10 ⁻⁸	-	-	-	-	-
¹³⁴ Cs	F	1.0	6.8×10 ⁻⁹	9.6×10 ⁻⁹	1.0	1.9×10 ⁻⁸	D	1.3×10 ⁻⁸
¹³⁷ Cs	F	1.0	4.8×10 ⁻⁹	6.7×10 ⁻⁹	1.0	1.3×10 ⁻⁸	D	8.7×10 ⁻⁹
²³⁸ U	F	0.02	4.9×10 ⁻⁷	5.8×10 ⁻⁷	0.02	4.4×10 ⁻⁸	D	6.4×10 ⁻⁷
	M	0.02	2.6×10 ⁻⁶	1.6×10 ⁻⁶	0.002	7.6×10 ⁻⁹	W	1.7×10 ⁻⁶
	S	0.002	7.3×10 ⁻⁶	5.7×10 ⁻⁶	-	-	Y	3.2×10 ⁻⁵
²³⁹ Pu	M	5×10 ⁻⁴	4.7×10 ⁻⁵	3.2×10 ⁻⁵	5×10 ⁻⁴	2.5×10 ⁻⁷	W	1.1×10 ⁻⁴
	S	1×10 ⁻⁵	1.5×10 ⁻⁵	8.3×10 ⁻⁶	1×10 ⁻⁵	9.0×10 ⁻⁹	Y	8.1×10 ⁻⁵
			-	-	1×10 ⁻⁴	5.3×10 ⁻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

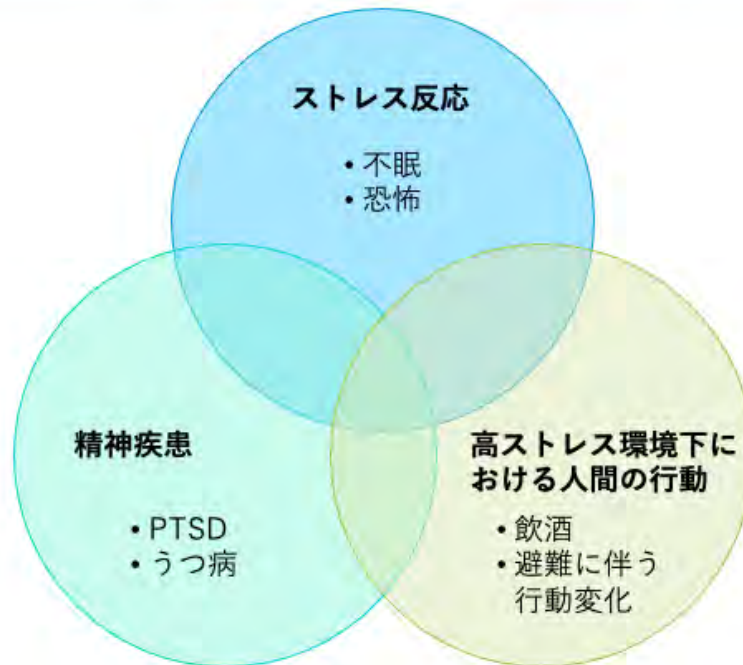
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

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。

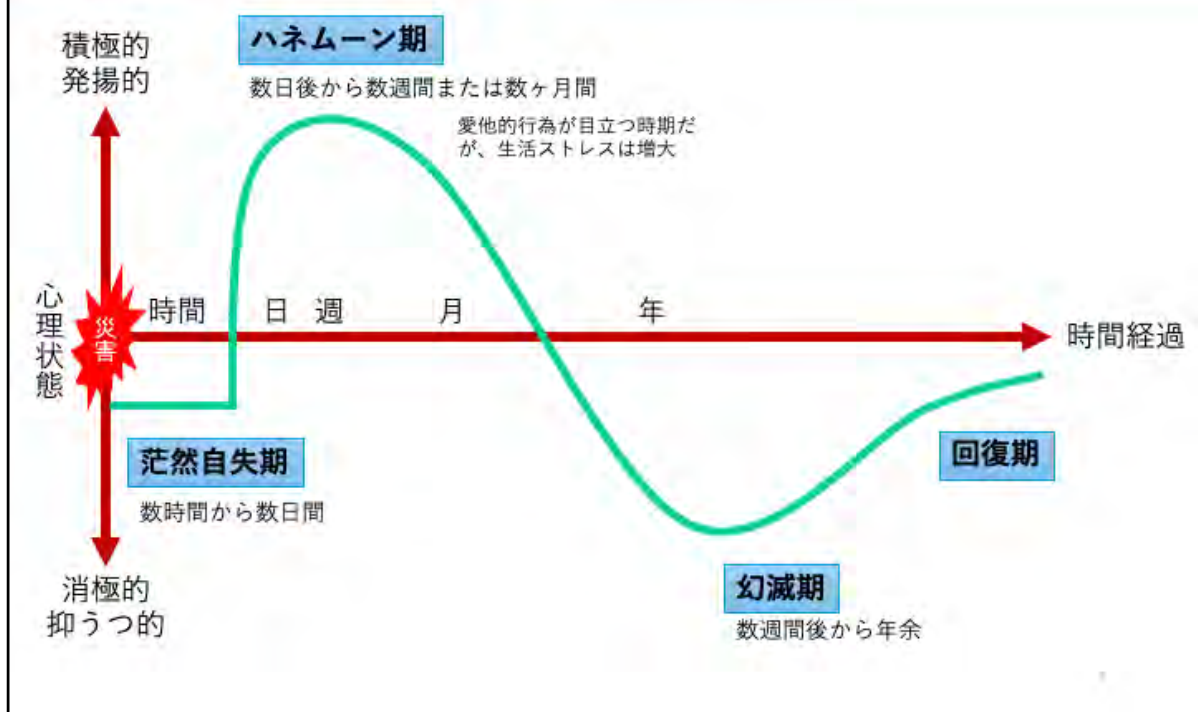
多くの場合、行動の変化やストレス反応の程度や移り変わりの早さは時間とともに落ち着きます。しかし、このような改善が見られず、いろいろな問題が重なってくると、精神疾患を発症するに至ることもあります。最もよくみられる災害後の精神疾患として、心的外傷後ストレス障害（post-traumatic stress disorder: PTSD）、うつ病、アルコール使用障害があげられます。

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

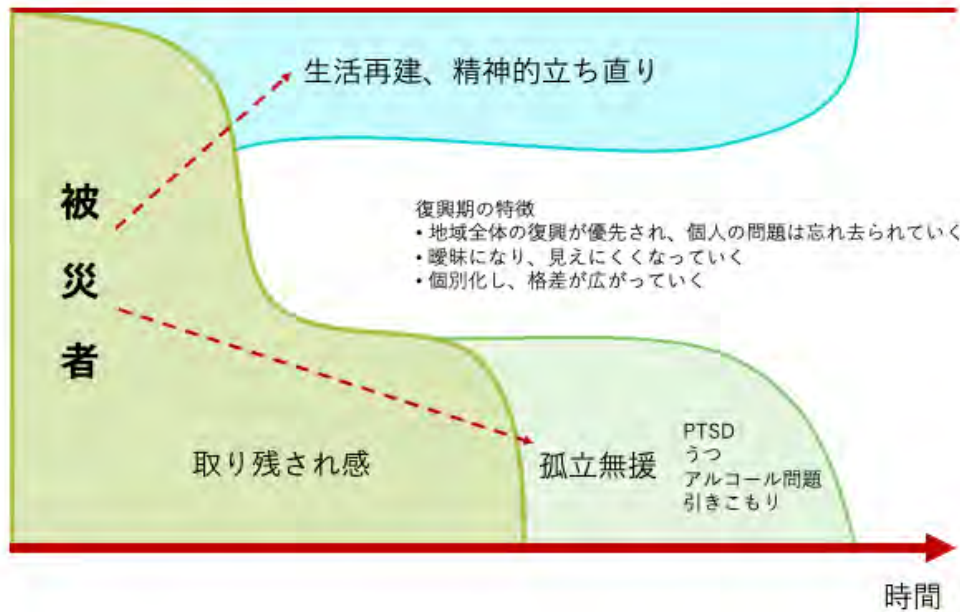
悲嘆反応

❖ 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；サバイパ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)

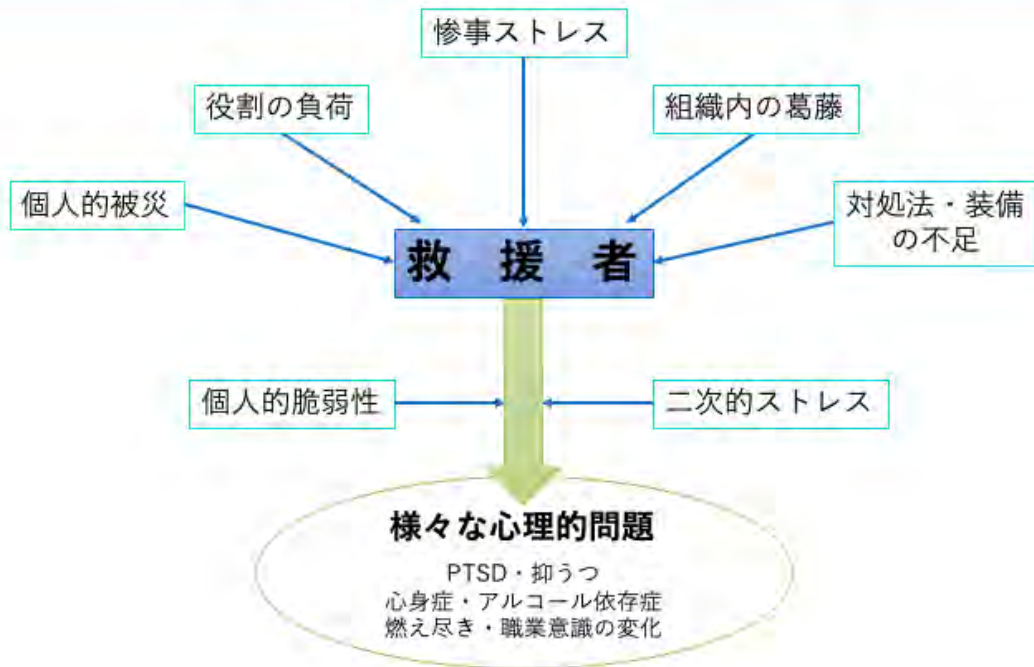
- ❖ 目的；トラウマ的出来事によって引き起こされる**初期の苦痛の軽減、短期・長期的な適応機能と対処行動の促進**
- ❖ 活動内容
 1. 被災者に近づき、活動を始める
 - ◆ 被災者の求めに応じる。あるいは、被災者に負担をかけない共感的な態度でこちらから手を差し伸べる。
 2. 安全と安心感
 - ◆ 当面の安全を確かなものにし、被災者が心身を休められるようにする。
 3. 安定化
 - ◆ 圧倒されている被災者の混乱を鎮め、見通しが持てるようにする。
 4. 情報を集める
 - ◆ 周辺情報を集め、被災者が今必要としていること、困っていることを把握する。その上で、その人にあったPFA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。

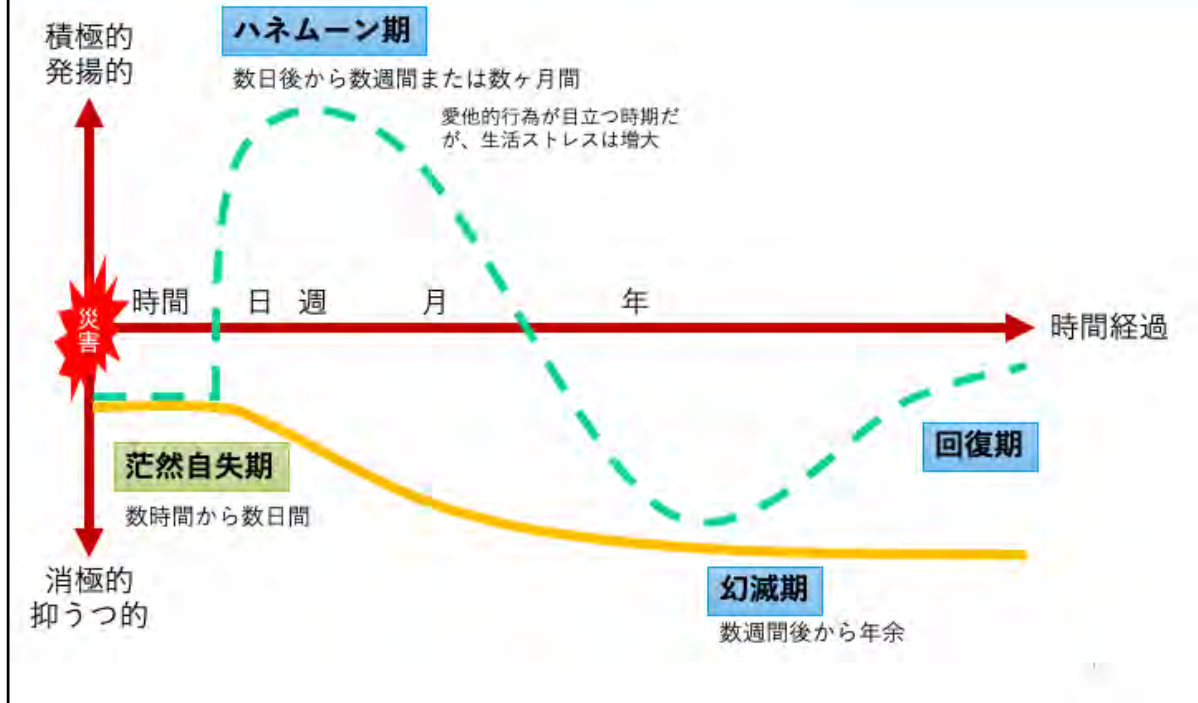
所属する組織や団体において、職員が自らのストレス状況と心身の状態を知り、対処法を知ることは重要です。日常的なストレスへの対処法だけでなく、異常な状況の現場に遭遇した場合の対処法を事前に学習しておく必要があります。経験のある同僚や上司から対処法について学ぶなどして、具体的な対処法（例えば、悲惨な死体を扱う場合は死体の顔を見ないようにする、単なる物体と思うようにするなど）を知っておくことは、その後の心理的影響を軽減するだけでなく、ストレスの高い現場で最大限に能力発揮するのにも役立ちます。また、利用しやすい相談窓口を整備する必要もあります。

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

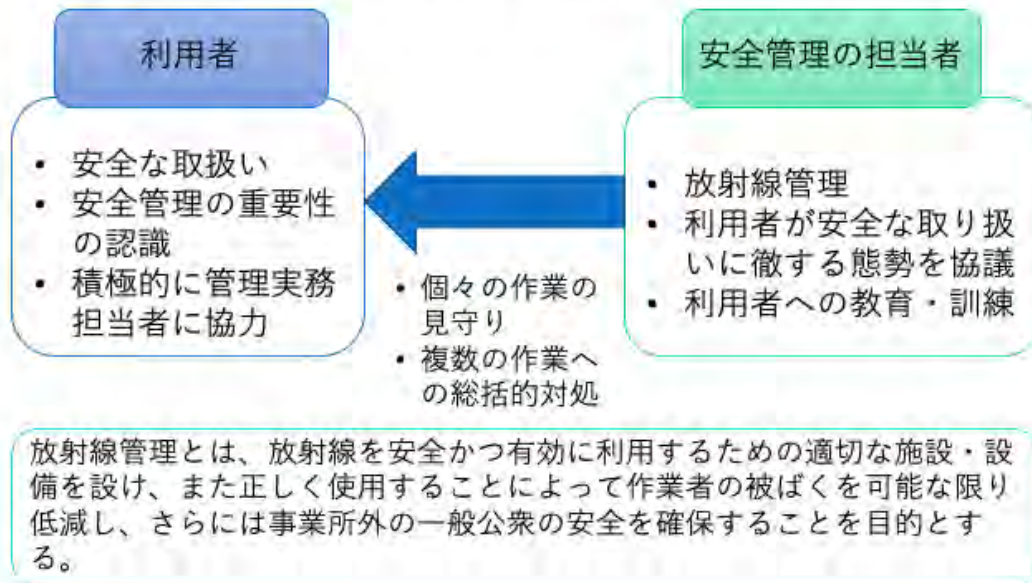
❖ 放射線防護

- ◇ 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

原子力基本法（昭和30年12月19日 法律第186号）

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が基本方針

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

放射線障害の防止と公共の安全確保が目的

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

エネルギー利用の個別法

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施行令

施行令

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施行規則

施行規則

放射線を放出する同位元素の数量等を定める件

告示

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

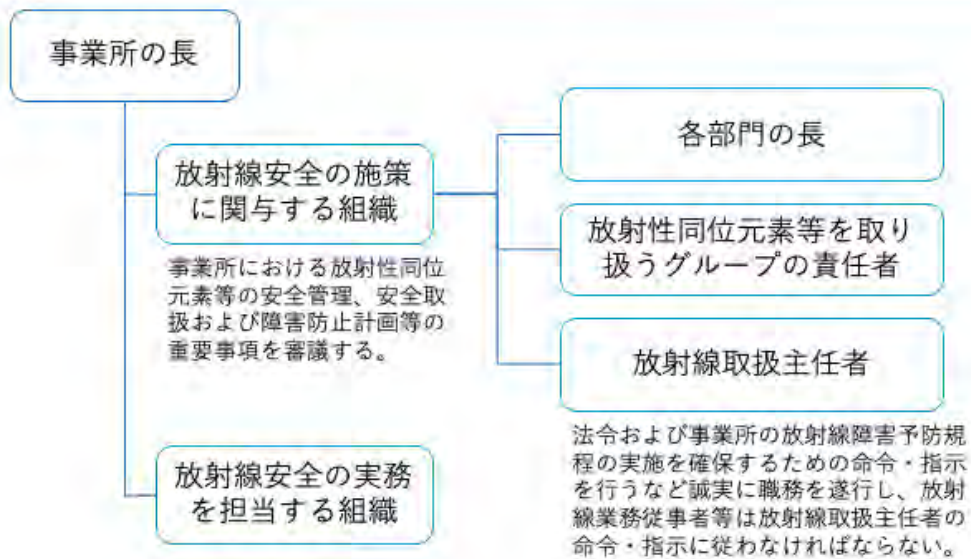
- ◇ 放射性同位元素等車輛運搬規則（運輸省令）

❖ 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

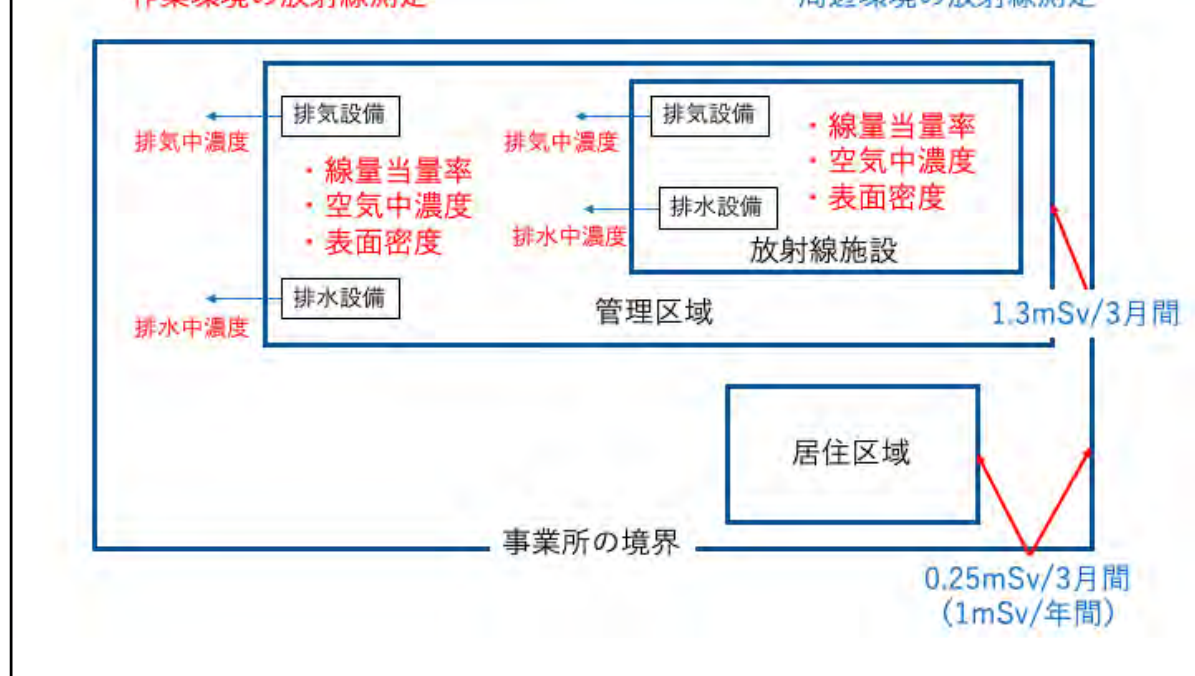
- ◇ 放射線障害の防止；放射線作業従事者等の作業環境の管理
 - 放射線管理区域とその境界の放射線管理
- ◇ 公共の安全確保；公衆が生活する一般環境の保全のための管理
 - 公衆の生活圏の境界における線量が公衆の被ばく線量限度(1mSv/年)を超えないようにする

❖ 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員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

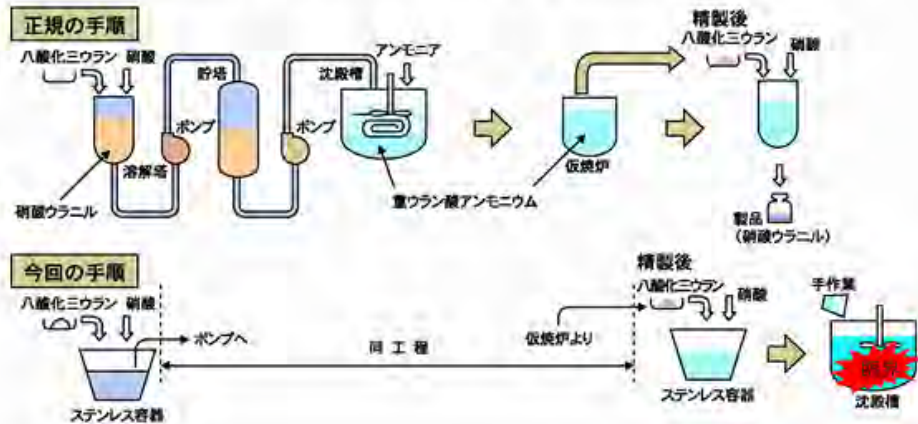
ウラン加工工場臨界事故は、1999年茨城県東海村で発生しました。

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%)



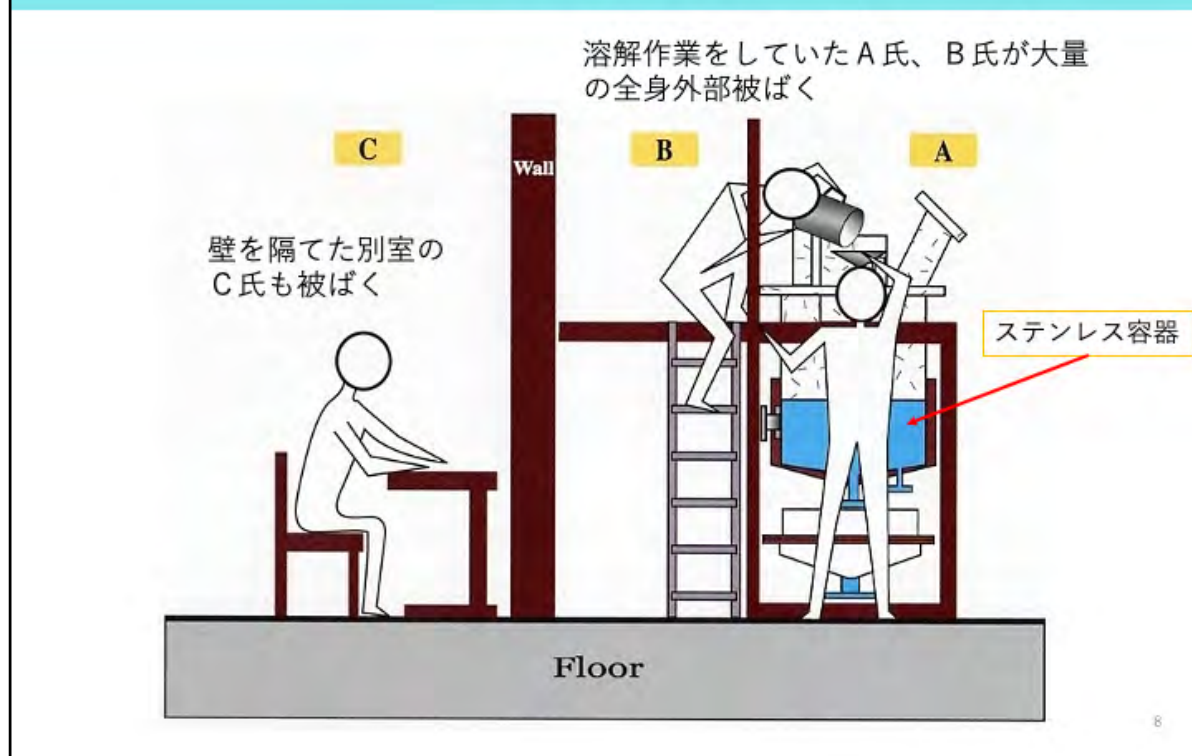
1999年9月30日午前10時35分、茨城県の原子力施設が集中する地域で、高濃度ウラン燃料の加工をしていた工場（茨城県東海村（株）JCO東海事業所 **転換試験棟**）で国内初の臨界事故が発生しました。

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。

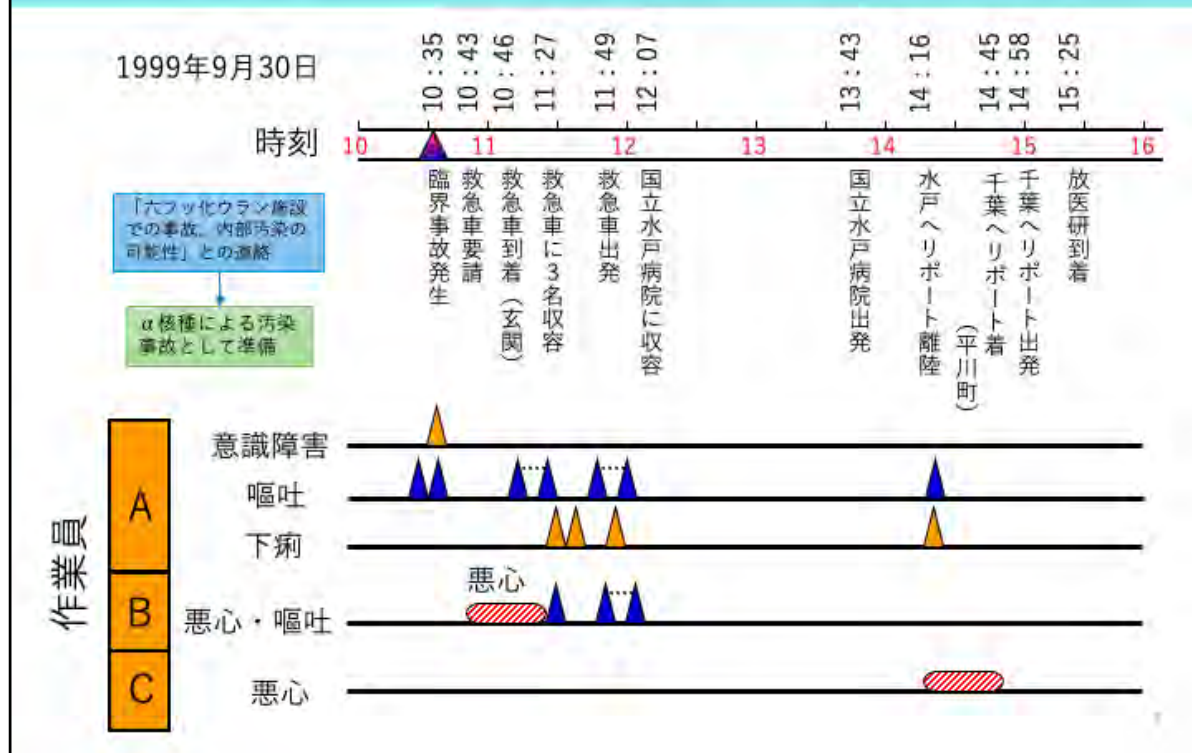
1999年10月1日午前8時50分 臨界から約20時間後に臨界は終息しました。

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。

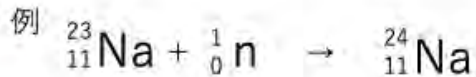
B氏は被ばくから数十分後に悪心を訴え、約1時間後に嘔吐の症状が出現しました。C氏は被ばくから約4時間後に悪心の症状を訴えていました。

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 $\rightarrow {}^{24}\text{Na}$ 、 ${}^{42}\text{K}$ } などが検出された
患者の所持品 $\rightarrow {}^{24}\text{Na}$ 、 ${}^{56}\text{Mn}$ 、 ${}^{198}\text{Au}$ } \Rightarrow 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

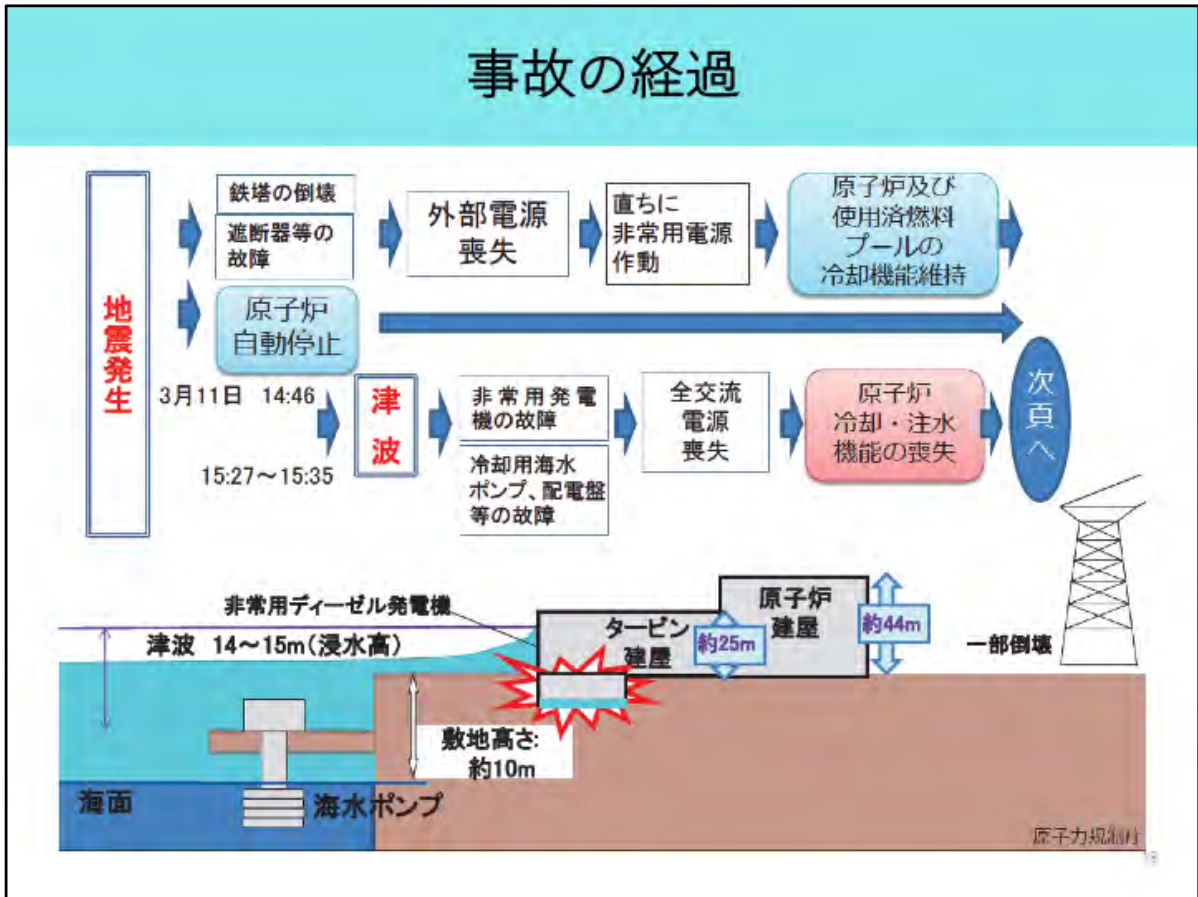
この臨界事故後に原子力安全規制の抜本的強化と原子力災害に係わる防災対策について、平成11年12月13日に「原子炉等規制法」の一部改正と「原子力災害対策特別措置法」が成立しています。また、医療体制も緊急被ばく医療体制が整備され、「緊急被ばく医療のあり方について」（平成13年6月（平成20年10月一部改定）原子力安全委員会 原子力施設等防災部会）が示されています。この中で、緊急被ばく医療に関わるすべての関係者が適切な研修及び訓練を受けることにより、被ばく患者の診療に際し不安を感じずに、円滑かつ迅速に患者を診療できる具体的体制、原子力関連施設での事象に限らず、放射性物質が関係した緊急事態をも視野に入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

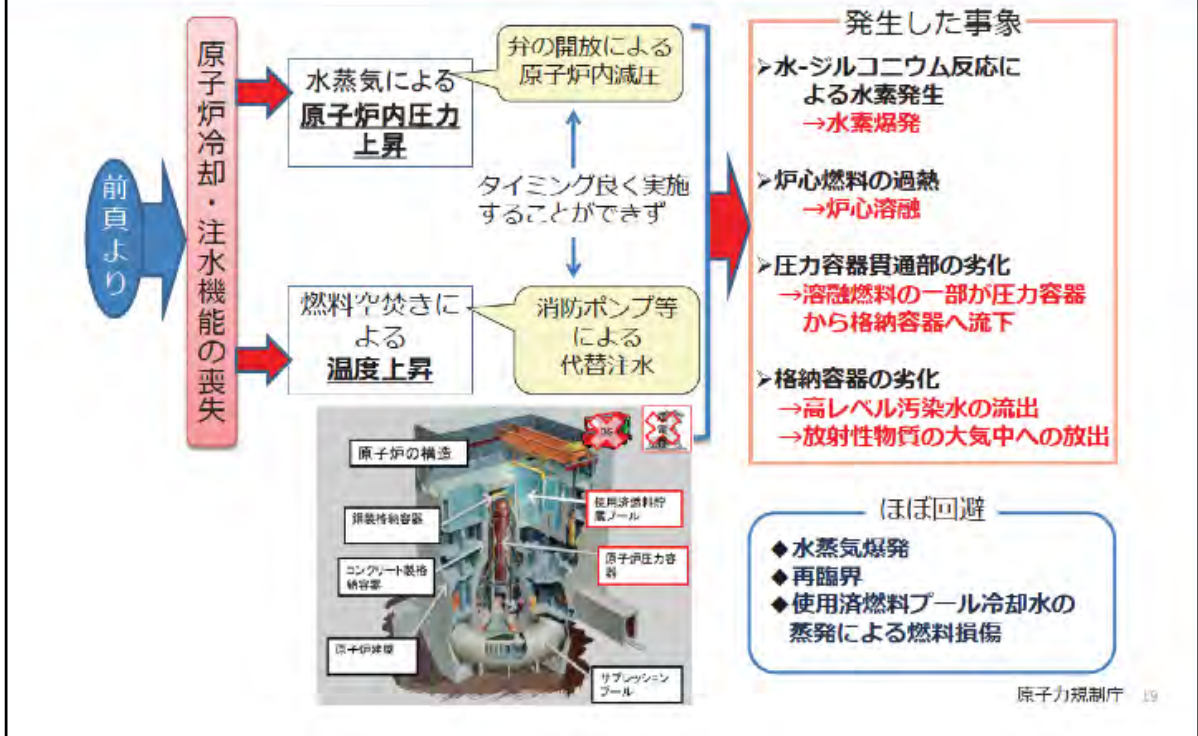
事故の経過



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及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

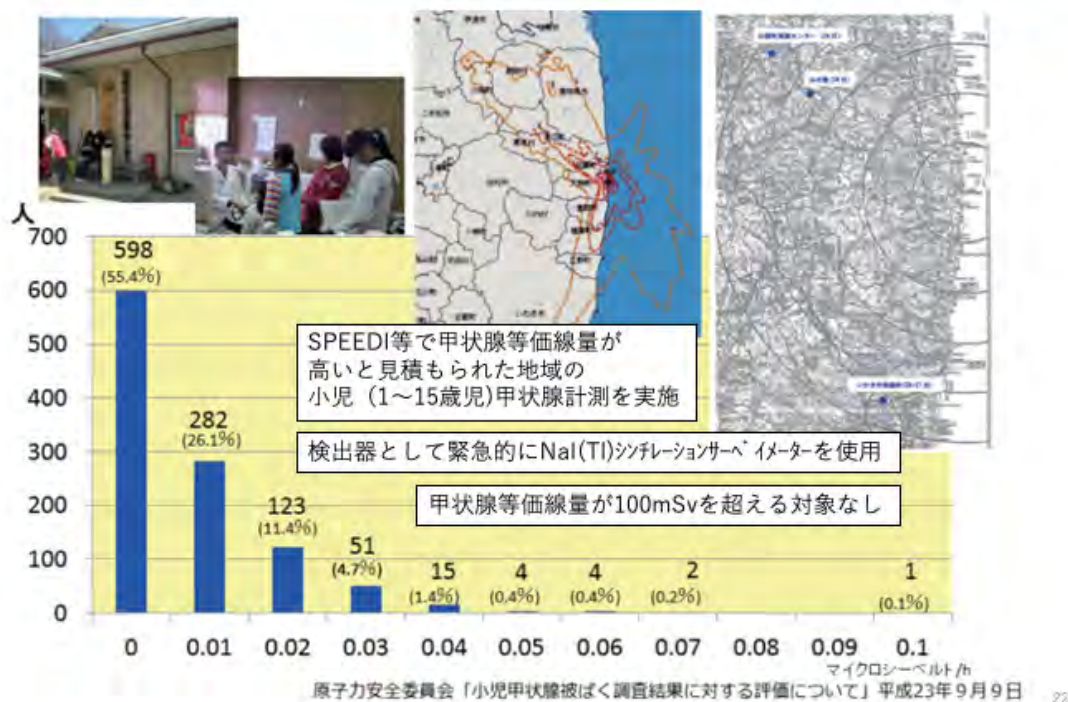
77

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0.2μSv」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。

3号機原子炉建屋水素爆発



地震同時、運転中だった1～3号機は、地震とその後の津波によりその全てで交流電源が喪失、冷却システムが停止したことから、原子炉冷却ができなくなり、最終的に燃料の溶融に至りました。燃料の溶融の過程（炉心損傷に伴う高温下において、燃料被覆管の金属（ジルコニウム）と水蒸気が反応）で、大量の水素ガスが発生し、原子炉建屋内にその水素ガスが滞留した1号機、3号機では、3月12日（1号機）と14日（3号機）に水素爆発が起きました。この3号機建屋の水素爆発では、注水作業をしていた自衛官4名と東電および協力会社の作業員7名が汚染を伴う負傷をしました。大熊町のオフサイトセンターで搬送先の調整をしましたが、汚染による搬送拒否や受け入れ拒否が発生し、搬送先の決定に2～3時間を要しました。また、最後の患者が医療機関に搬送されたのは、負傷から20時間後でした。いずれも重篤な外傷と高線量の被ばくはありませんでした。

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

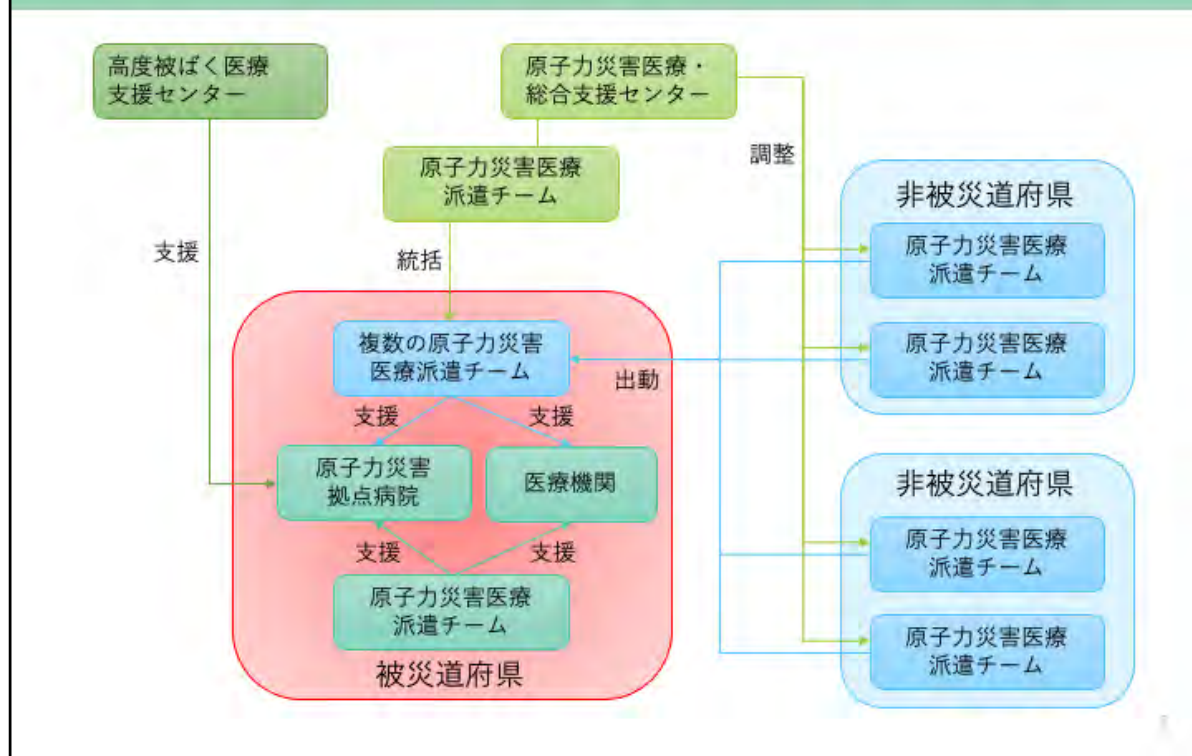
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

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-)

[6B6B6D40DD150D47D0FB91F8E7521B5C6FD7E359DEF65B6C1DEF4A07C6](http://kenkyuukai-113.skillupjapan.tv/images/sys%5Cinformation%5C20110510100123-6B6B6D40DD150D47D0FB91F8E7521B5C6FD7E359DEF65B6C1DEF4A07C6)

[57661C.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

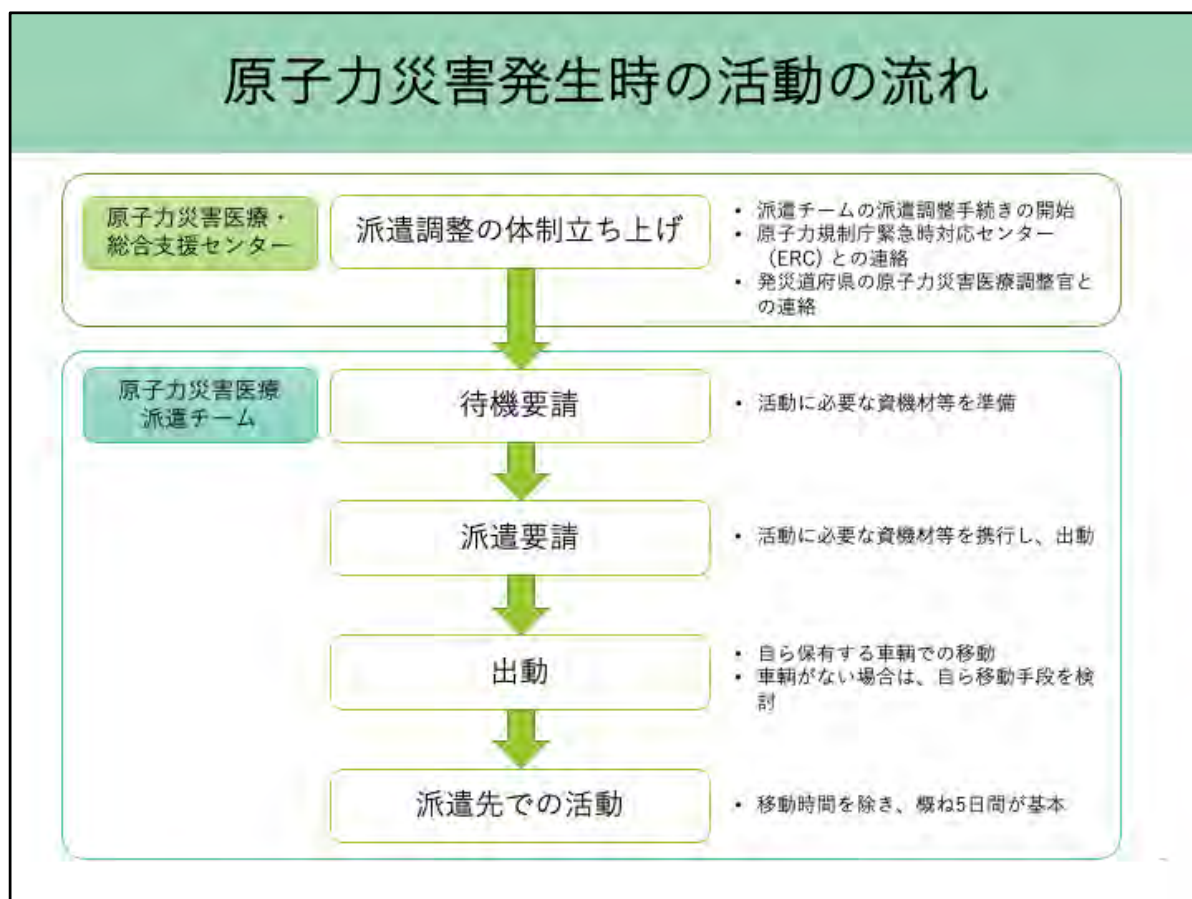
派遣チームの支援を受け入れる可能性のある原子力災害拠点病院等の医療機関は、複数の派遣チームの支援を受け入れることを想定し、外部からの原子力災害医療の支援受入に関する院内原子力災害医療コーディネーター（以下「院内コーディネーター」という。）を定めます。また、必要に応じて、医師、看護師、診療放射線技師、薬剤師といった職種ごとに受入に関する職種別院内コーディネーターを定めます。

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。

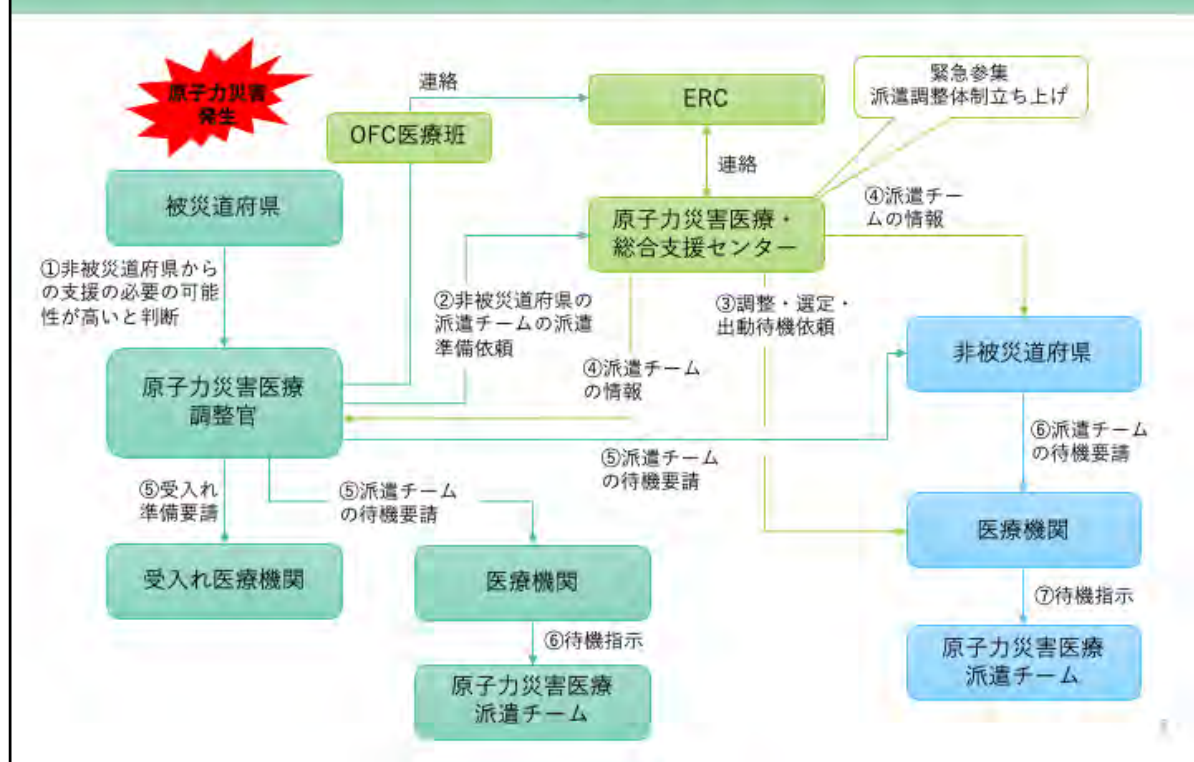
原子力災害発生時の活動の流れ



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。

待機要請



原子力災害が発生またはそのおそれがある場合であって、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必要になる可能性が高い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原子力災害医療・総合支援センター（以下、総合支援センター）に対し、非被災道府県の派遣チームの派遣準備の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。

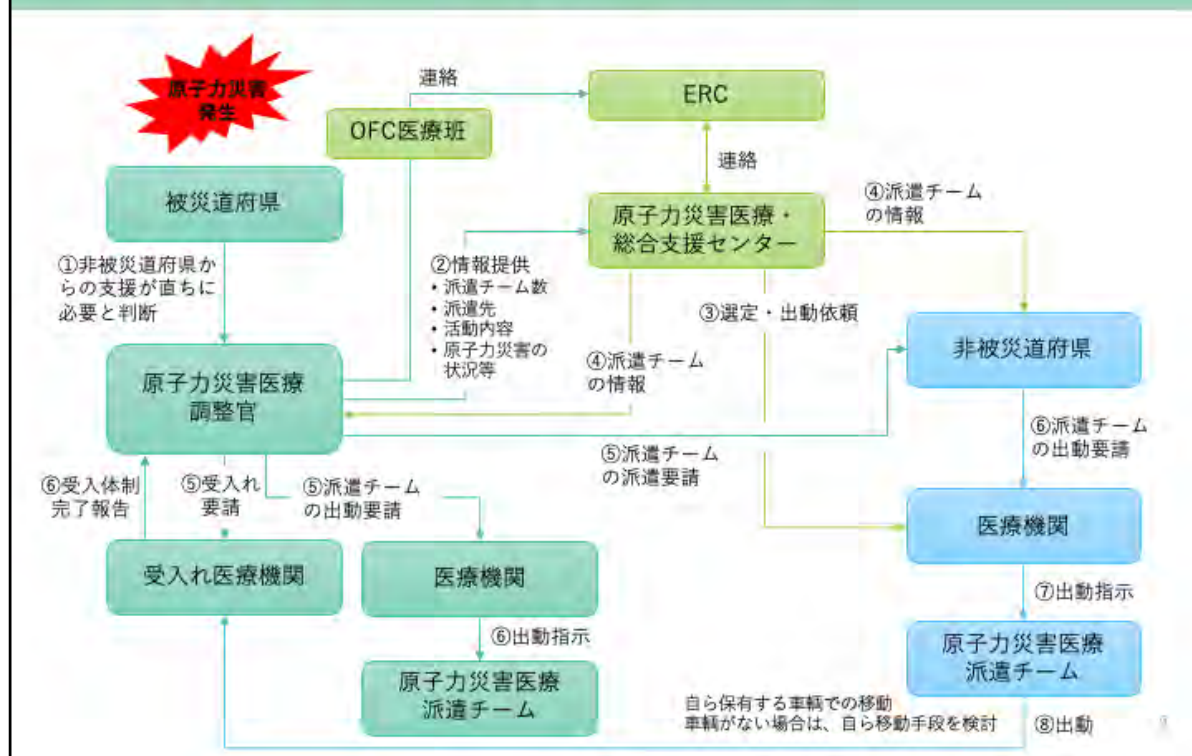
被災道府県を担当する総合支援センターは、非被災道府県の派遣チームを保有する医療機関と調整、派遣チームを選定し、派遣チームを保有する医療機関に対して当該チームの出動待機を依頼します。さらにその派遣チームの情報を被災道府県の原子力災害医療調整官、出動待機を依頼された医療機関を管轄する道府県及びERC医療班にも伝達します。

被災道府県の原子力災害医療調整官は、非被災道府県に派遣チームの待機要請を行い、支援受入医療機関に対し、派遣チームの受入準備の要請を行います。受入準備の要請を受けた派遣チームの支援受入医療機関は、速やかに院内の受入準備を開始します。

管轄の非被災道府県から待機の要請を受けた医療機関の長は、派遣候補となる派遣チームの構成員に対して待機を指示し、派遣チームの構成員は、活動に必要な資機材等を準備し、出動に備えます。

国は被災道府県からの派遣要請がない場合であっても、緊急の必要性があると認めるときは、非被災道府県に対して派遣チームの待機を要請することができます。

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。

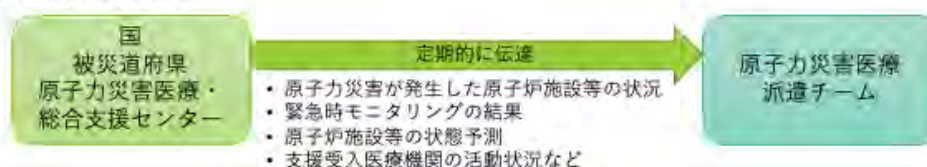
支援受入医療機関での活動は、その医療機関の長の指揮下で行います。汚染のある患者に対する救急医療等の提供、高度被ばく医療支援センター等への搬送支援など原子力災害医療に係る活動の支援が基本となります。また、事前に策定されている各種計画において、派遣チームによる対応の方がより適切と判断される場合（例えば医療機関における避難計画を実施しようとした際や避難所等での救護活動を行おうとした際に計画上の人員確保が困難と判断される場合）等には、必要に応じて原子力災害時の医療ニーズに可能な範囲で柔軟に対応します。

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

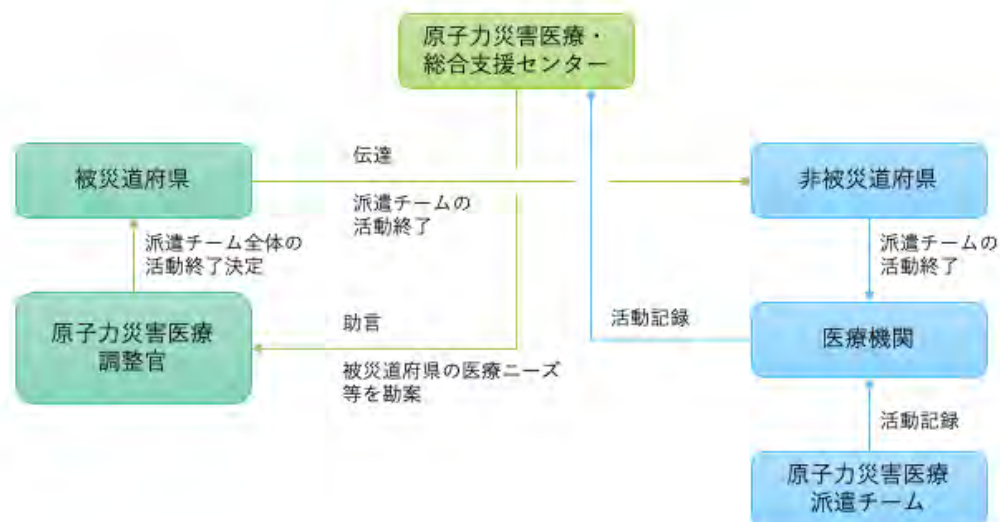
❖ 活動記録

- ◇ 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。

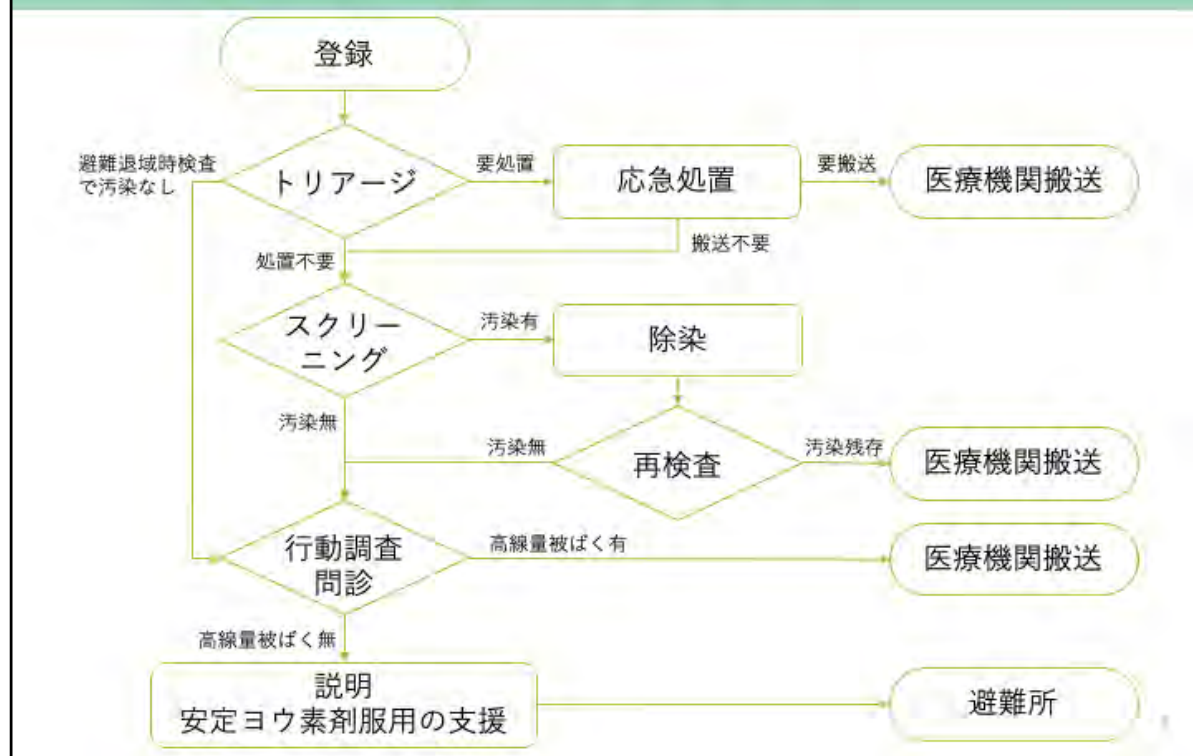
(i)避難した周辺住民等に対し放射線被ばくによる健康影響について説明を行うとともに、住民からの健康相談への対応を行います。

(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



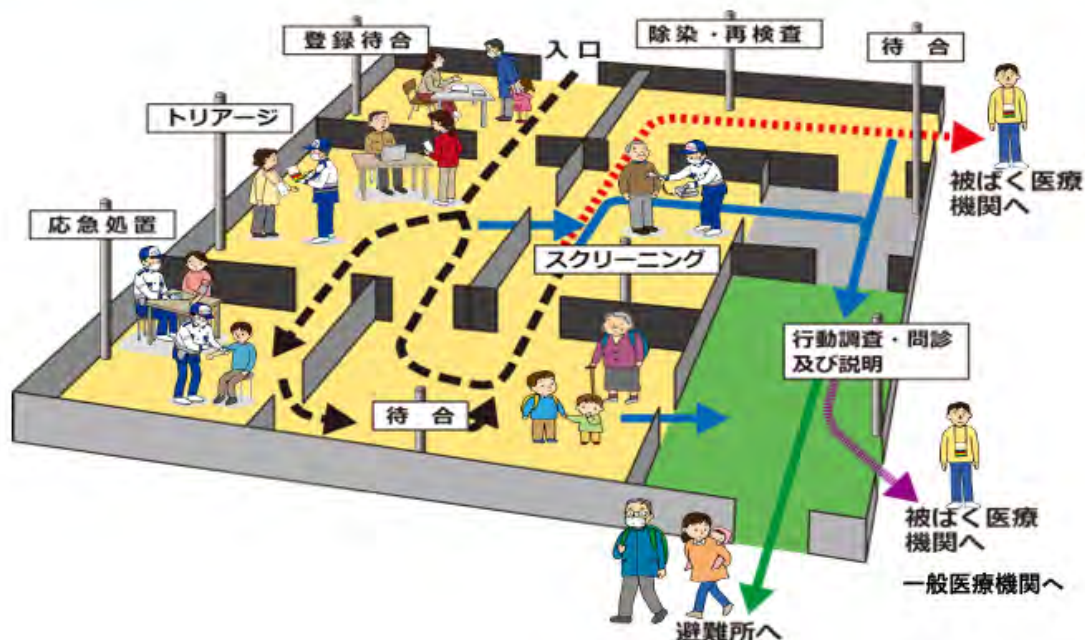
救護所の基本的な流れは、周辺住民の登録、移動中に怪我や具合の悪くなった人に応急処置を行うためのトリアージ、汚染の有無を測定するスクリーニングより除染が必要とされた人への除染及び再測定、外部被ばく線量を推定するための行動調査・問診、最後に救護所で行われたスクリーニングの結果等の説明となります。

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。

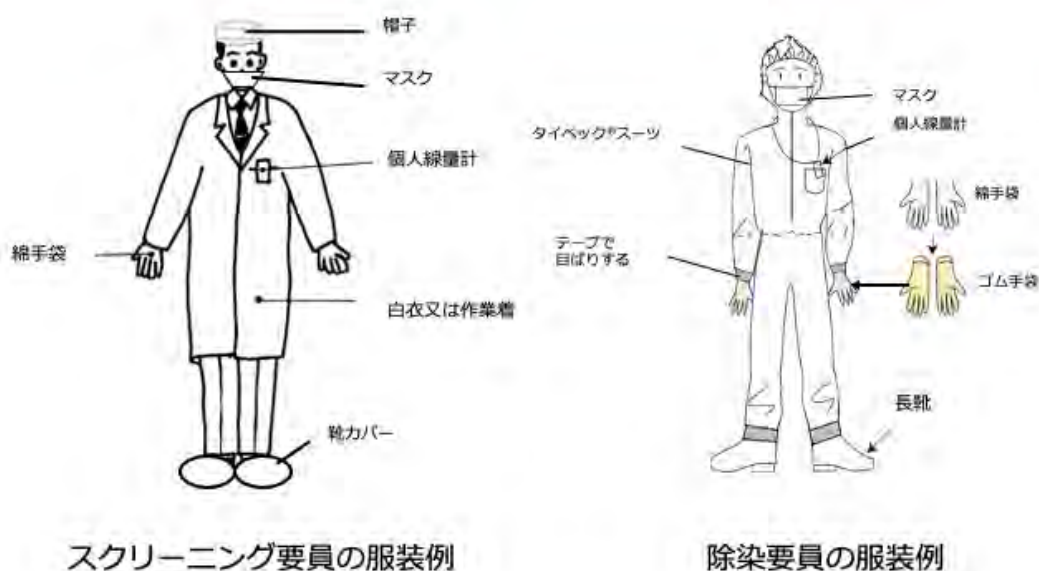
役割分担

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。

被災地住民行動記録票(例)

様式2

		個人保存票					
調査・避難場所		調査・避難期間					
実施年月日		年	月	日	機関名、担当者名	(サイン)	
調	開始日時→	日	日	日	日	日	日
	(時刻)	時	分	時	分	時	分
訪	調査所						
	行動目的 移動方法						
訪	室内・屋外						
	室内 室内の材質 建物の構造 参考						
人	調査した期間	曜					
	測定マシ	型					
	主観	型					
	コンタクト	型					
	その他	型					

開始日時→	日	日				
(時刻)	時	分				
調査所						
行動目的 移動方法						
室内・屋外						
室内 室内の材質 建物の構造 参考						
調査した期間	曜					
測定マシ	型					
主観	型					
コンタクト	型					
その他	型					

出典：実地研製急務ばく医療活動・健康影響調査マニュアル

様式3 スクリーニング測定記録票

型番番号		スクリーニング			
ふりがな 氏名					
男・女	年・月・日	年	月		日
住所					
電話番号					
勤務先					
電話番号					
記録年月日	年	月	日		
場所					
受け手	サイン				
自傷	<input type="checkbox"/> 有 放射線 <input type="checkbox"/> 有 分 濁 <input type="checkbox"/> 有 加				
病状 その他 (特記)	<input type="checkbox"/> 有 放射線 <input type="checkbox"/> 有 分 濁 <input type="checkbox"/> 有 加 <input type="checkbox"/> 無 加				
一次診断検査結果 (月 日 時)	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無				
外部線ばく露記録簿	A (胸部) B (腕 (特に手指)) C (両脚)				
スクリーニング結果	D (両手の掌) E (両手のひら) F (足の指)				
スクリーニング結果	G (足の指) H (両脚)				
スクリーニング結果	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無				
スクリーニング結果	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無				

出典：実地研製急務ばく医療活動・健康影響調査マニュアル

被災地住民行動記録票の例です。

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。

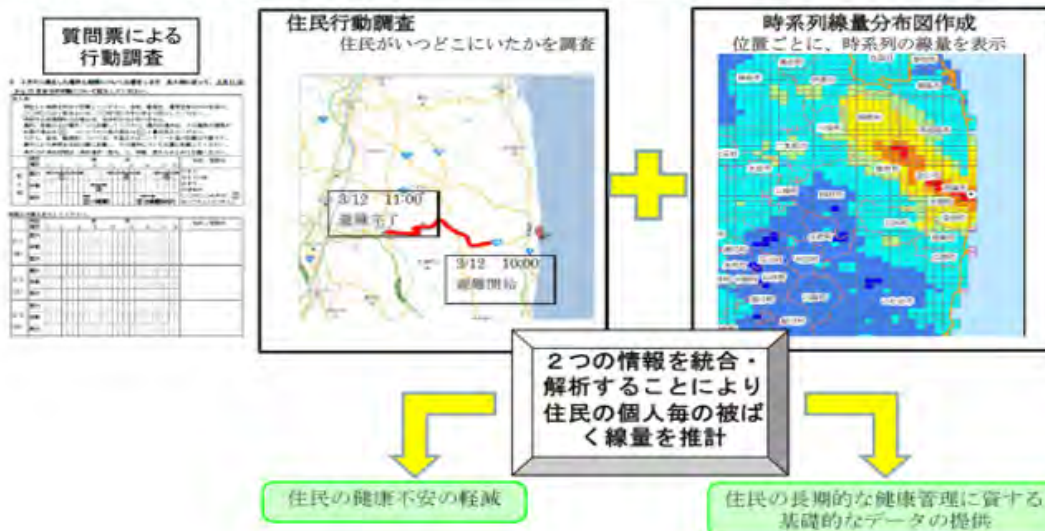
事故発生後から、救護所に来るまでに、以下のことを確認します。これらの情報から、外部被ばくの線量評価を行います。

- 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

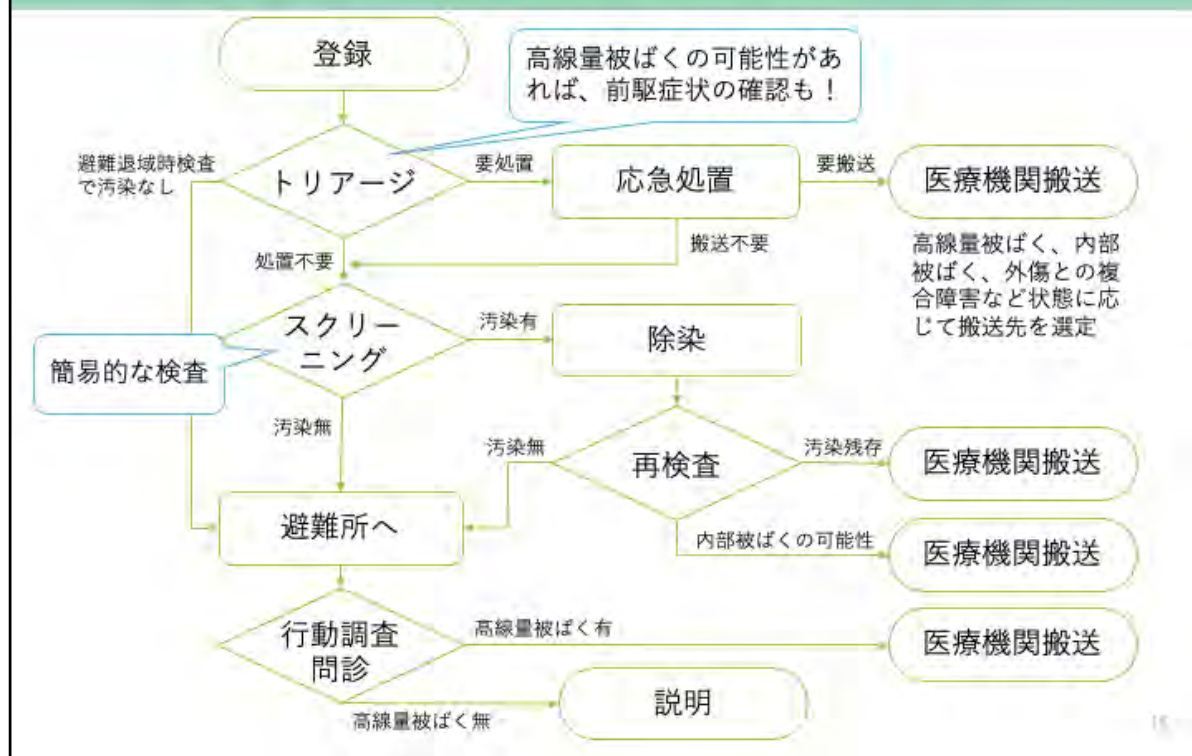
- ❖ いくつかの自治体では、救護所で内部被ばく検査を行うため、移動型WBC車輛を導入しています。
- ❖ 救護所での身体表面汚染検査によって顔面の汚染があったり、放射性プルームの吸入が疑われる場合は、このWBCによって内部被ばくの検査ができます。
- ❖ 内部被ばくがあれば、原子力災害拠点病院等へ搬送し、より精密な評価を行います。



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がある場合は、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、避難所に移動後に実施することで、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間で、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、その他の関係者の間で、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。

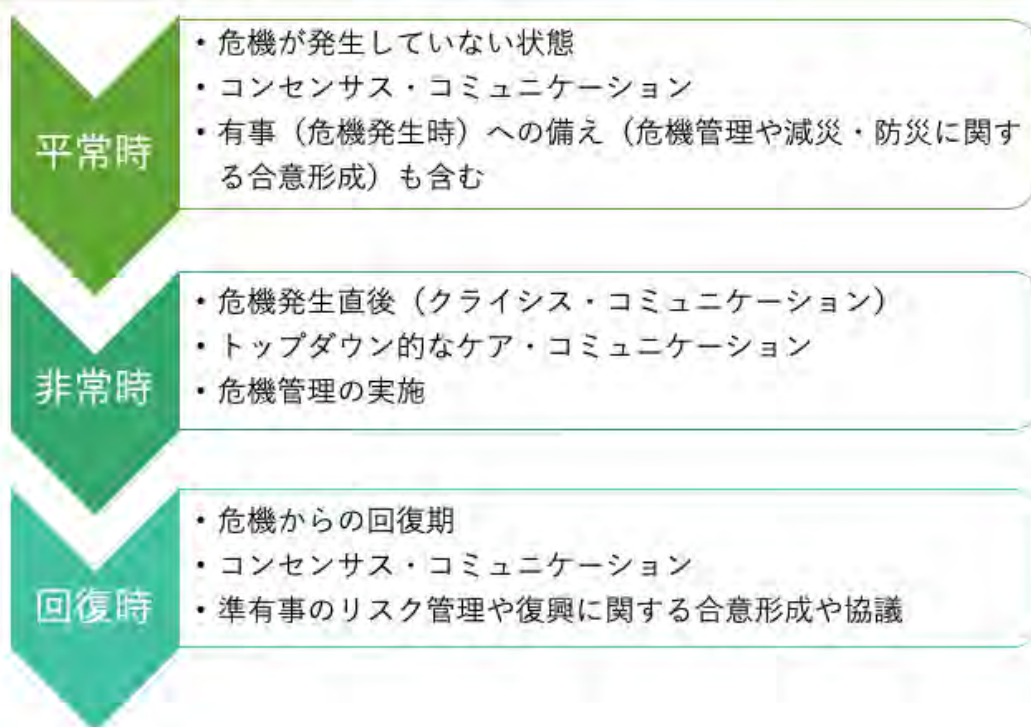
リスクとは、「ハザード（危険・危害因子）と確率の積、コストをベネフィット（利益）で割ったもの、ハザードとアウトレージ（怒りや不安、不満、不信など感情的反応をもたらす因子）の和など多様」、「危害の発生確率（発生頻度）と危害の重大性（危害のひどさ）の組合せ」、「期待される結果に対する不確かさの影響」など様々に定義されますが、多くの定義に共通するのは、なんらかの不確かさや確率、不確実性を含む点です。

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
- ❖ 社会的な関心と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。特に社会的な関心と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 種別
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。

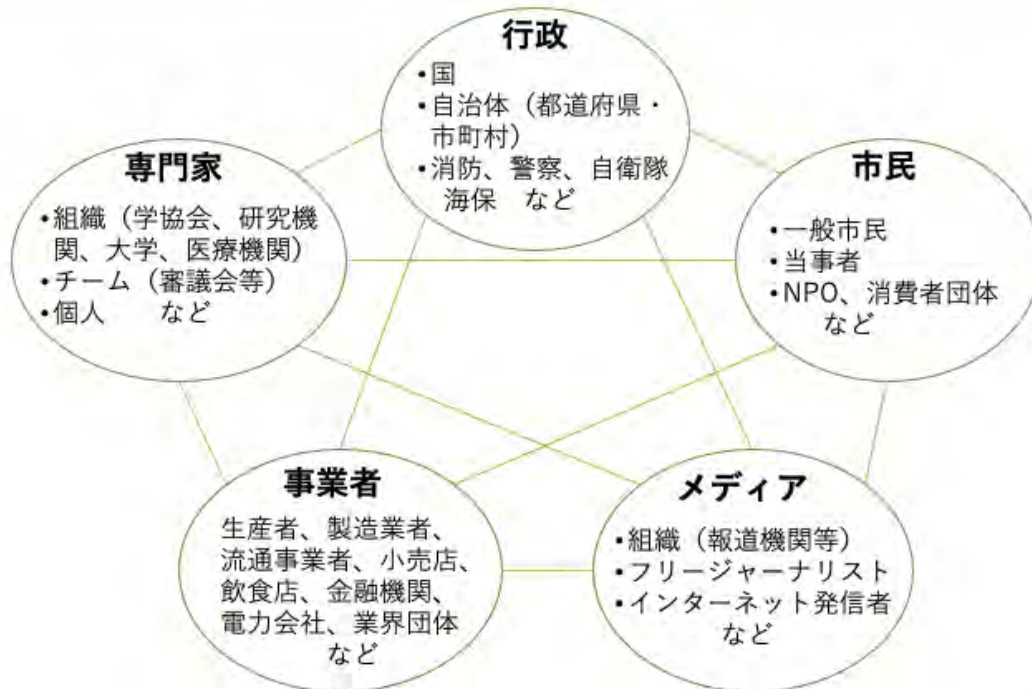
もう一つの基準は、「知識の不定性の度合いによる分類」です。これは、有害事象の発生によってどのような結果（損害）が生じる可能性があるか（発生結果）や、それがどの程度の頻度・確率で発生するのか（発生確率）、あるいはいつどこで発生するのかについての「知識」に、どの程度の不確実性や曖昧さ（多義性）がどれくらいあるか、という基準です。

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は対話・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・社会的な要素も含みます。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う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。我が国の事例に照らし、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

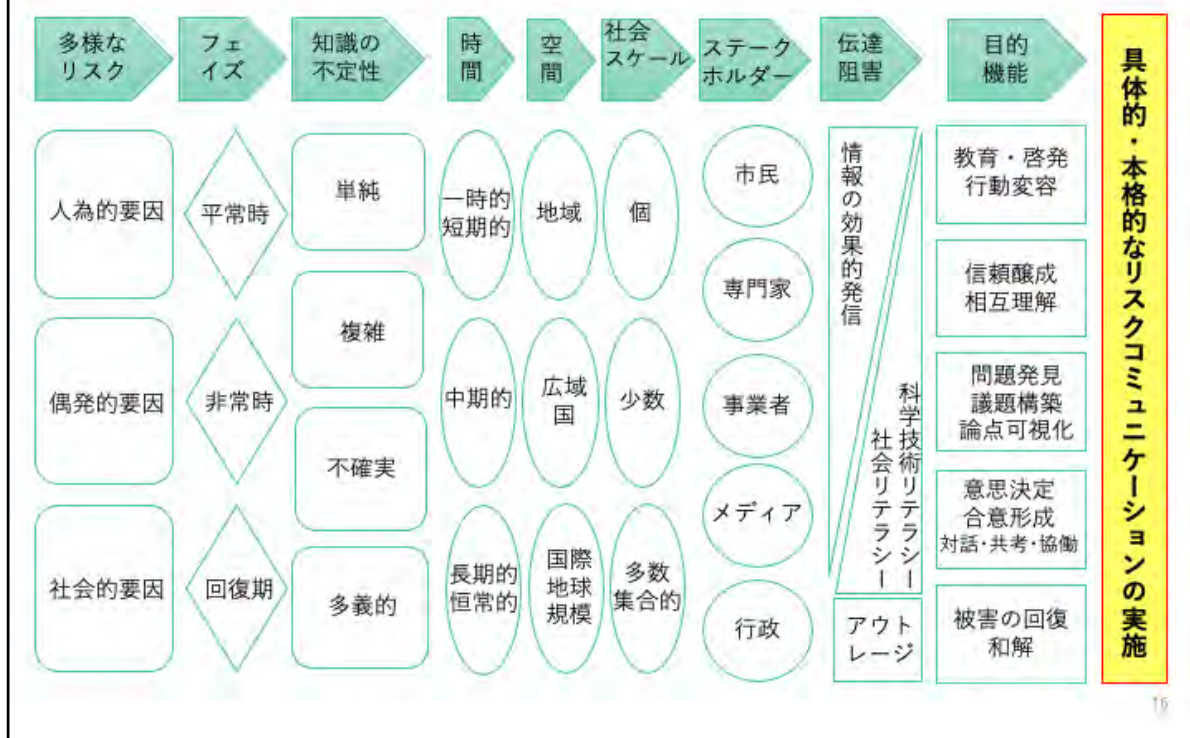
リスクについて管理も含めてよく知られており、十分に制御可能だと見なされてきた（従来科学技術だと考えられてきた）技術が、想定を外れた事故を起こし、収束困難になる例

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。

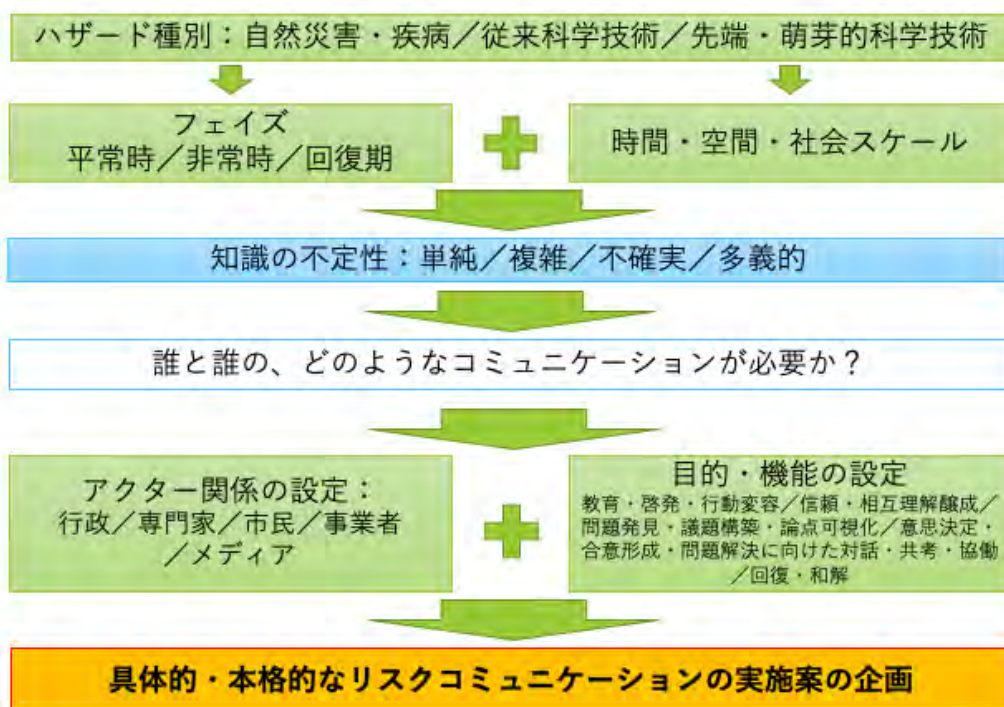
出典：「リスクコミュニケーション事例調査報告書」 独立行政法人科学技術振興機構（2014年3月）

「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

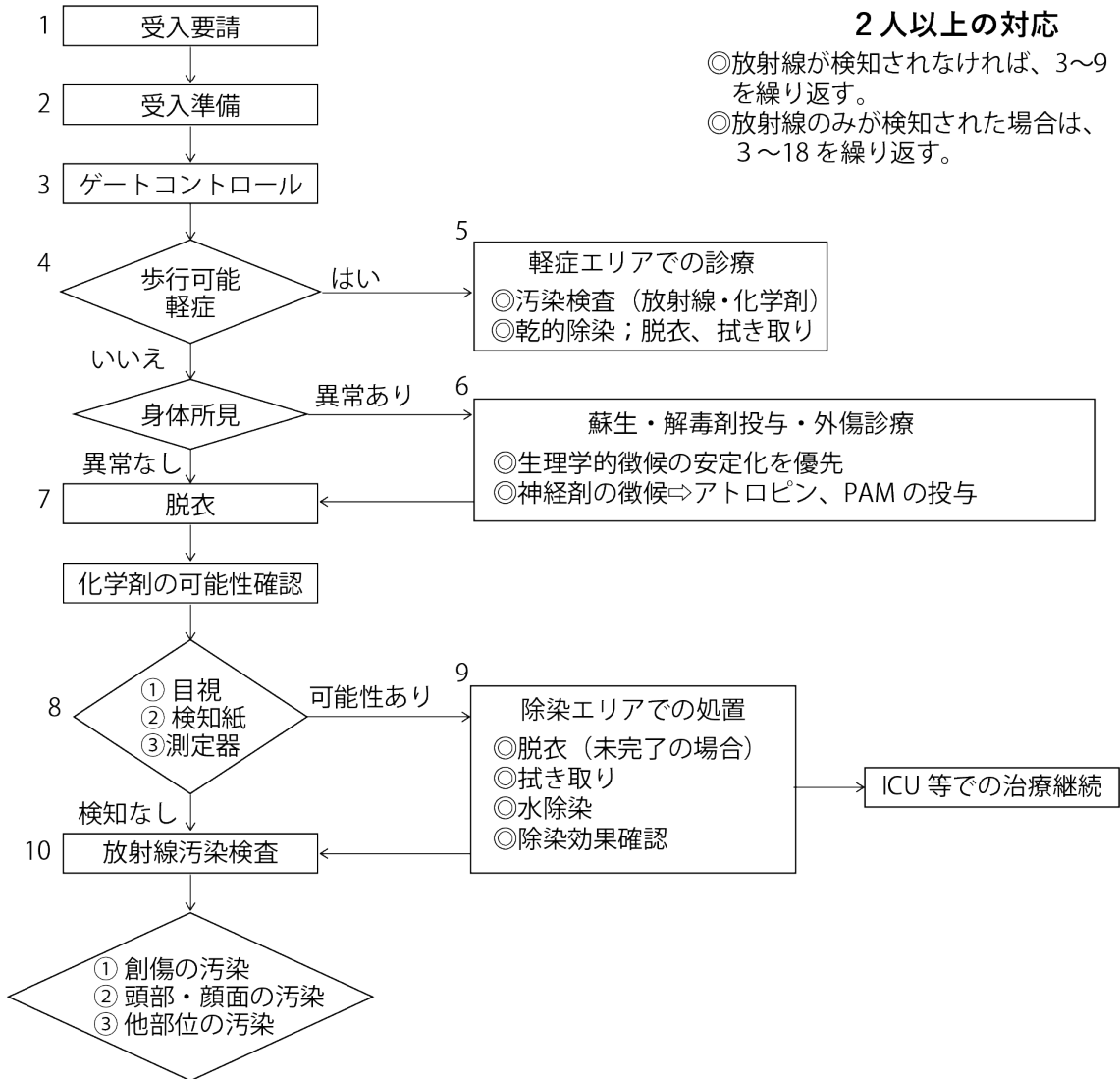
本資料は、原子力規制庁平成 31 年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

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

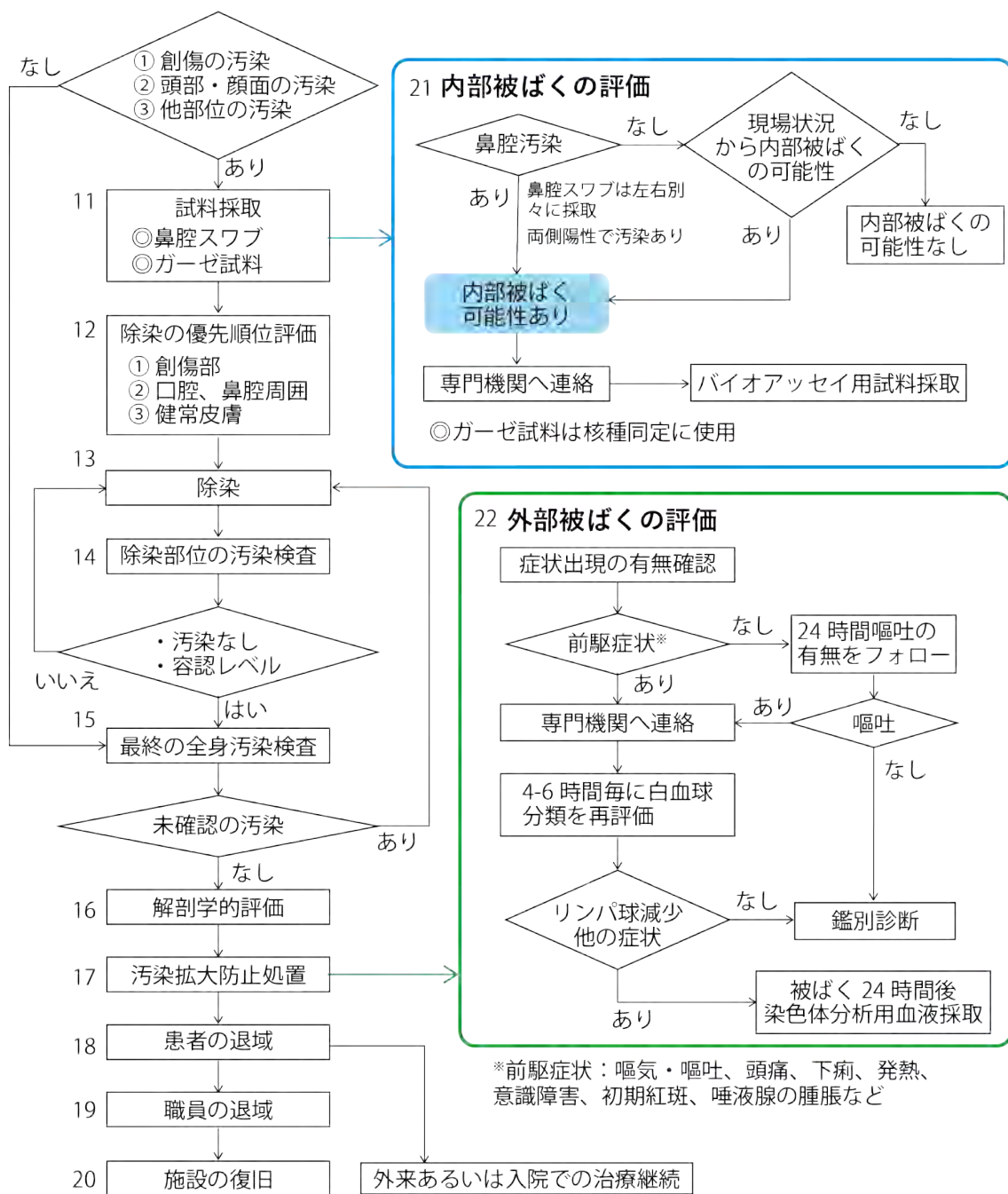
対応フロー



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。

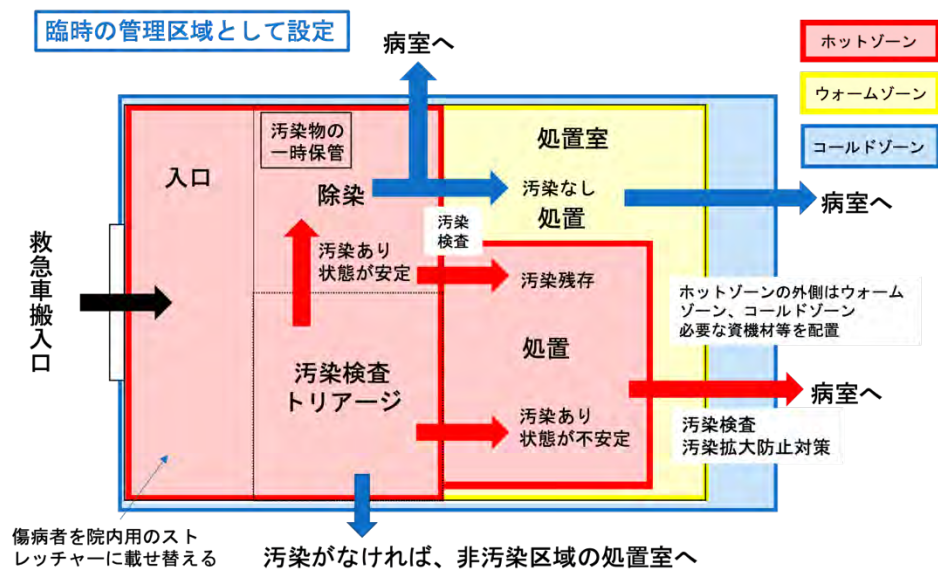


図1 診療エリアの設定 (例)

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

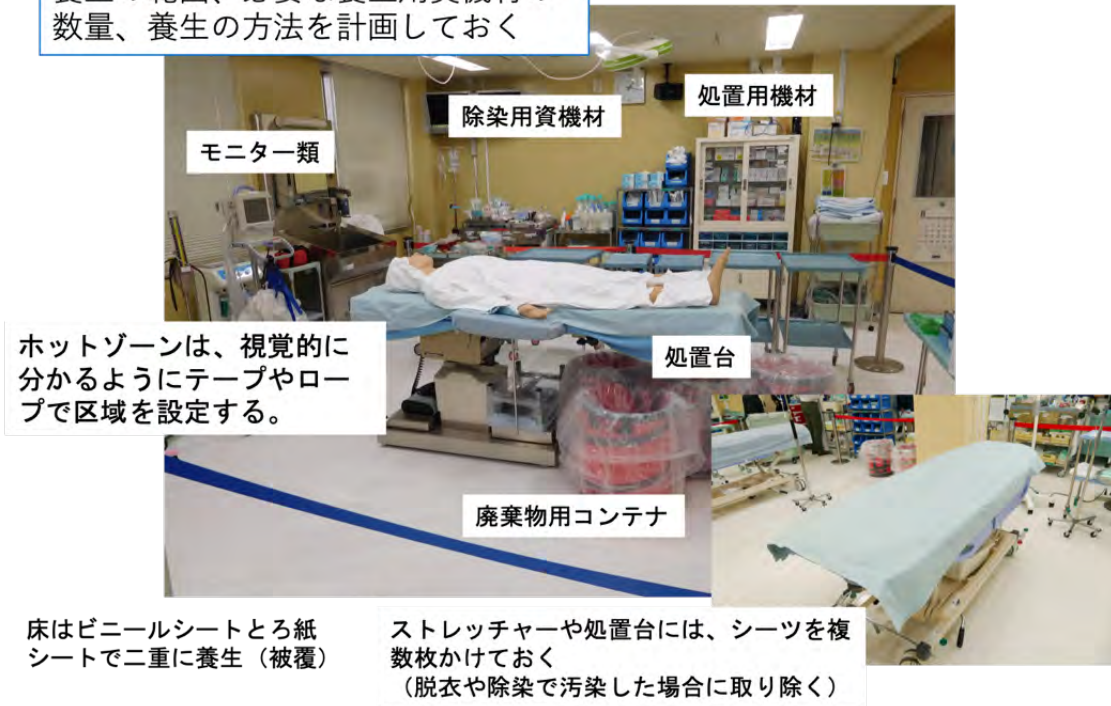


図3 処置室の養生（例）

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いる。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ム、オピオイドトキシドローム、窒息性トキシドロ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 トキシドローム

分類	症状と徴候	解毒薬
コリン作動性 トキシドローム	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 トキシドローム	粘膜刺激症状、気道刺激など	

トキシドロ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

ID	氏名 (男・女)	年齢	事故概要
受傷日時	年 月 日 時 分		
来院日時	年 月 日 時 分		
末院時バイタルサイン	BP / mmHg	HR /min	RR /min
	BT °C	JCS	GCS (E V M)
			SpO ₂ % (O ₂ L/min)

測定器	表面汚染計	空間線量計	汚染残存 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有
型式			外部被ばくの可能性 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有
B.G.レベル	min ⁻¹	μSv/h	内部被ばくの可能性 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有
B.G.測定日時			評価・診断
窓面積			
機器効率			
校正定数			

表面密度 = $\frac{(\text{測定値} - \text{B.G.}) / 60}{\text{機器効率} \times \text{窓面積} \times \text{線源効率}}$

Bq/cm²

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。

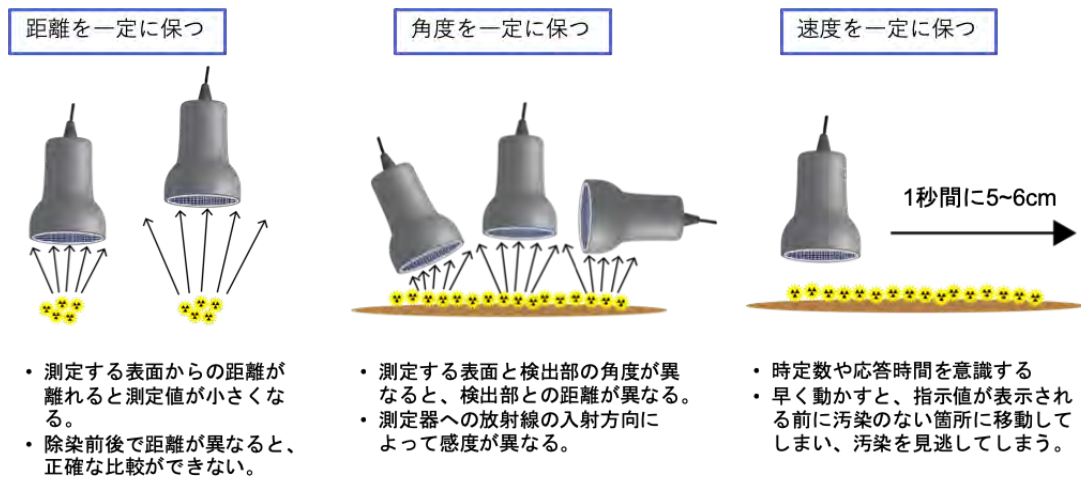


図 11 表面汚染検査時の注意点

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 妊婦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	ジメルカプロール	
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	・塩化アンモニウム：1 日 6g（8 時間ごとに 2g）経口投与。 ・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。
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	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	・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-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	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
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		

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。